

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目
（一期）填海工程环境影响报告书
（公示稿）

青岛博研海洋环境科技有限公司

山东 青岛

2020 年 02 月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）填海工程		
环境影响评价文件类型	环境影响报告书		
一、建设单位情况			
建设单位（签章）	山东裕龙石化有限公司		
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话			
二、编制单位情况			
主持编制单位名称（签章）	青岛博研海洋环境科技有限公司		
社会信用代码	9137021255080250XP		
法定代表人（签字）			
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话	路建安 15552720679		
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
路建安	HP00020021		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
路建安	HP00020021	第 1、2、4、5、6、11、12、14 章	
马玉莹	201805035370000016	第 3、7、8、9、10、13 章	
四、参与编制单位和人员情况			

目 录

1 总论	1
1.1 评价任务由来与评价目的	1
1.2 报告书编制依据	2
1.3 评价技术方法和技术路线	6
1.4 环境保护目标和环境敏感目标	10
2 工程概况	15
2.1 建设项目名称、性质、工程与投资规模及地理位置	15
2.2 项目建设过程回顾性分析	17
2.3 工程的建设内容、平面布置、结构和尺度	24
2.4 填海工程后续施工	31
2.5 占用海域情况及岸线情况	34
2.6 建设必要性分析	34
3 工程分析	36
3.1 生产工艺与过程分析	36
3.2 环境影响回顾性分析	36
3.3 工程各阶段污染环节与环境影响分析	40
3.4 工程各阶段生态影响因素分析	44
3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选	44
3.6 环境影响评价范围、内容和方法	46
4 区域自然环境和社会环境概况	47
4.1 工程区域自然环境概况	47
4.2 工程区域社会环境概况	63
4.3 工程区域海洋资源和海域开发利用概况	65
5 环境质量现状调查与评价	83
5.1 海水水质质量状况调查与评价	83
5.2 海洋沉积物质量现状调查与评价	97
5.3 海洋生态现状调查与评价	100
5.4 渔业资源现状调查与评价	152
5.5 海洋生物体质量	180

5.6 海流现状调查与评价	190
5.7 地形地貌冲淤现状调查与评价	211
6 环境影响预测与评价	243
6.1 水文动力环境影响预测评价	243
6.2 水质环境影响预测与评价	262
6.3 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	267
6.4 海洋沉积物环境影响分析	277
6.5 生态环境影响预测与评价	278
6.6 对环境敏感区环境影响预测与评价	285
6.7 其他内容的环境影响预测与评价	309
7 环境事故风险分析与评价	312
7.1 事故危害识别	312
7.2 事故后果分析	312
7.3 污染物扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布	314
7.4 风险事故的防范与应急措施	330
8 清洁生产	347
8.1 清洁生产分析	347
9 总量控制	349
9.1 总量控制原则	349
9.2 总量控制	349
10 环境保护对策措施	350
10.1 防治污染对策	350
10.2 建设项目的环境保护对策措施及处理效果	352
11 环境保护的技术经济合理性	353
11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算	353
11.2 环境保护的经济损益分析	354
11.3 环保措施技术、经济可行性分析	355
12 海洋工程的环境可行性	356
12.1 与海洋主体功能区规划符合性分析	356
12.2 海洋功能区划符合性	356

12.3 与海洋环境保护规划的符合性分析	365
12.4 与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013~2020年）》的符合性分析	367
12.5 与相关规划符合性分析	368
12.6 建设项目政策符合性	373
12.7 工程选址与布局的合理性	374
12.8 环境影响可接受性分析	377
13 环境管理与监测计划.....	378
13.1 环境管理	378
13.2 环境保护管理建议	379
13.3 环境监测计划	379
14 环境影响综合评价结论与对策建议.....	384
14.1 工程分析结论	384
14.2 环境现状分析与评价结论	385
14.3 环境影响预测分析与评价结论	388
14.4 环境风险分析与评价结论	389
14.5 清洁生产和总量控制结论	389
14.6 环境保护对策措施的合理性、可行性结论	389
14.7 区划规划和政策符合性结论	390
14.8 建设项目环境可行性结论	390
14.9 其他意见和建议	390
附表：	392
附表 1：水质监测结果	392
附表 2：沉积物监测结果	400
附件：	402

1 总论

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务由来

裕龙岛用海规划于 2010 年 5 月由原国家海洋局《关于龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划的批复》（国海管字〔2010〕250 号）批准，规划填海面积 35.23 平方公里，建设 7 个离岸式人工岛，用途为高端制造、临港化工。

裕龙岛围填海工程于 2011 年初开工，2013 年底总长度 120 公里的围堤和施工通道全部建设完成，至 2016 年 10 月完成填海工程量约 2.99 亿方，7 个人工岛全部围成，2# 岛、3# 岛大部分形成陆域，1# 岛和 5# 岛小部分形成陆域，其余部分尚未露出水面，浅水区的 4# 岛、6# 岛和 7# 岛大部分未露出水面，水下回填了不同高度的沙土、石料。

2016 年 1 月 20 日国家海洋局关于印发《区域建设用海规划管理办法（试行）》的通知（国海规范[2016]1 号），办法要求：规划区内所有用海活动要依法取得海域使用权，办理海洋工程环境影响评价核准文件后方可实施。至今，裕龙岛围填海尚未完全结束，裕龙岛围填海区内没有确权的项目用海。

2018 年，山东省委、省政府认真贯彻落实党的十九大精神，将新旧动能转换作为统领全省经济建设的重大工程，以供给侧结构性改革为主线，开展地炼企业的重组整合和转型升级。由南山集团、万华集团和山东发展投资控股集团牵头，成立混合所有制企业主体，负责项目的建设工作。

山东裕龙石化有限公司拟开发建设山东裕龙石化产业园，建设裕龙岛炼化一体化项目（一期），利用区域为人工岛的 2 号、3 号岛。项目总用海面积为 1427.9366hm²，其中，2 号岛用海面积为 1002.5530hm²，用海方式为建设填海造地；2 号岛西侧防波堤用海面积为 30.2892 hm²，长度约为 1280m，用海方式为非透水构筑物；3 号岛用海面积为 395.0944 hm²，用海方式为建设填海造地；填海总面积约为 1397.6474 hm²，建设围堰总长度 41.259km。

本项目新建炼油部分加工原油 2000 万吨/年。项目实施后，每年可生产优质乙烯原料 828.20 万吨/年，混合二甲苯 300 万吨/年，汽煤柴 339.95 万吨/年，丙烯 96.44 万吨/年，苯 86.05 万吨/年（30.54 万吨送化工），同时生产润滑油基础油 25.50 万吨/年和白油 33.64 万吨/年，及其他类白油 114.98 万吨/年，以及副产气分碳四、硫磺、重芳烃等产品。项目的开发建设符合国家产业政策，可以推动山东省化工产业转型升级，推动石

油化工产业集聚化、规模化、高端化、清洁安全发展。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）填海工程主要工程内容包括海堤围堰工程和陆域形成。环境影响报告书将重点评价项目填海造地工程的海洋环境影响，形成陆域后上部项目的建设环境影响将另行开展。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境保护法》、国务院[1998]253 号令《建设项目环境保护管理条例》以及《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年）等国家有关法律法规的要求，山东裕龙石化有限公司委托青岛博研海洋环境科技有限公司承担山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）填海工程的环境影响评价工作。

接受委托后，在认真研究建设单位提供的有关资料，并收集评价区已有资料的基础上，对拟建工程进行了现场踏勘，根据国家有关海洋工程环境影响评价工作的行政法规和技术规范，编制了本报告书。

1.1.2 评价目的

本评价根据推荐方案的工程内容，旨在查明项目所在地区范围内的环境质量现状，在充分论证分析项目围填海工程的工艺流程及各工序产生的污染物种类数量及环境影响因子后，预测本工程在围填海形成过程中，对海洋环境的影响程度和范围，评价项目采取的环保措施的可行性，提出可行的防治对策，为项目施工和环境建设、环境管理提供科学依据。

1.2 报告书编制依据

1.2.1 法律、法规依据

（1）《中华人民共和国环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日实施；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2017 年 11 月 4 日修正，2017 年 11 月 5 日实施；

（3）《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人民代表大会常务委员会，2001.10 发布，2002.1 实施；

（4）《中华人民共和国港口法》，全国人民代表大会常务委员会，2017 年 11 月 4 月修正，2017 年 11 月 5 日；

（5）《中华人民共和国渔业法》，全国人民代表大会常务委员会，2013.12.28 修

订，2013.12.28 实施；

(6) 《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人民代表大会常务委员会，2016年11月7日修订，2016年11月7日；

(7) 《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会，2018年12月29日修订，2018年12月29日实施；

(8) 《中华人民共和国水污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2017年6月27日修正，2018年1月1日实施；

(9) 《中华人民共和国大气污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2018年10月26日修正并实施；

(10) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2018年12月29日修订并实施；

(11) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2016年11月7日修订并实施；

(12) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，全国人民代表大会常务委员会，2012年2月29日修订，2012年7月1日实；

(13) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，中华人民共和国国务院，2017年3月1日修订，2017年3月1日实施；

(14) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，中华人民共和国国务院，2017年3月1日修订并实施；

(15) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，中华人民共和国交通运输部令2017年第15号，2017年5月23日修订并实施；

(16) 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》，中华人民共和国交通运输部令2015年第6号，2015年5月12日修订，2015年5月12日起施行；

(17) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》，中华人民共和国国务院办公厅，2002.7 发布，2002.7 实施；

(18) 《中华人民共和国自然保护区条例》，中华人民共和国国务院，2017年10月7日修订，2017年10月7日实施；

(19) 《海洋特别保护区管理办法》，国家海洋局，2010.8 发布，2010.8 实施；

(20) 《水产种质资源保护区管理暂行办法》，中华人民共和国农业部，2011.1 发

布，2011.3 实施。

(21) 《国家海洋局关于印发《宗海图编绘技术规范（试行）》的通知》，国家海洋局，2016.5.3 发布，2016.6.1 实施；

(22) 《海域使用申请审批暂行办法》，国家海洋局，2002.5.1 实施；

(23) 《山东省海域使用管理条例》，山东省人民代表大会常务委员会，务委员会，2015 年 7 月 24 日修订，2015 年 7 月 24 日实施；

(24) 《山东省海洋环境保护条例(2018 年修订版)》，山东省人民代表大会常务委员会，2019 年 1 月 1 日实施；

(25) 《山东省人民政府关于海域使用管理有关问题的通知》，山东省人民政府，2002.10 发布，2002.10 实施；

(26) 《全国海洋主体功能区规划》，中华人民共和国国务院，2015 年 8 月；

(27) 《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，中华人民共和国国务院，2012 年 10 月；

(28) 《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）局部修改方案》，山东省人民政府，2016 年 4 月；

(29) 《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》，山东省人民政府，2015 年 12 月；

(30) 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013~2020 年）》，山东省人民政府，2013 年 12 月。

(31) 《山东省海洋环境保护规划》（2008~2020），山东省人民政府，2008 年 8 月；

(32) 《烟台港总体规划》（2016-2030），山东省人民政府，2017 年 3 月；

1.2.2 技术依据

(1) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），国家海洋局，2009.3 发布，2009.5 实施；

(2) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007），国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，1998.6 发布，2008.5 实施；

(3) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007），国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，2007.8 发布，2008.2 实施；

(4) 《近岸海域环境监测规范》（HJ 442-2008），中华人民共和国环境保护部，

2008.11 发布，2009.1 实施；

(5) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，2014.4.1 发布，2014.10.1 实施；

(6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)，环境保护部，2016.12 发布，2017.01 实施；

(7) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)，环境保护部，2018 年 7 月 31 日发布，2018 年 12 月 1 日实施；

(8) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)，环境保护部，2009.12 发布，2010.4 实施；

(9) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011)，环境保护部，2011.4 发布，2011.9 实施；

(10) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169—2018)，生态环境部，2018.10 发布，2019.03 实施；

(11) 《港口建设项目环境影响评价规范》(JTS 105-1-2011)，中华人民共和国交通运输部，2011.07 发布，2011.09 实施；

(12) 《港口与航道水文规范》(JTS145-2015)，中华人民共和国交通运输部，2015.8.21 发布，2016.1.1 实施；

(13) 《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)，中华人民共和国交通运输部，2013.11 发布，2014.5 实施；

(14) 《港口工程环境保护设计规范》(JTS 149-1-2007)，中华人民共和国交通运输部，2007.12 发布，2008.2 实施；

(15) 《城镇污水处理厂运行监督管理技术规范》(HJ 2038-2014)，中华人民共和国环境保护部，2014.6 发布，2014.9 实施；

(16) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，中华人民共和国农业部，2008 年 3 月 1 日实施；

(17) 《用于建设项目海洋生态损失补偿评估技术导则》(DB37/T1448-2015)，山东省质量技术监督局，2015.12 发布，2016.1 实施；

(18) 《围填海工程填充物成分限值》(GB30736-2014)，国家质量监督检验检疫总局，2014.6.9 发布，2015.04 实施。

1.2.3 项目依据

(1) 《龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划论证报告（报批稿）》，国家海洋局第一海洋研究所，2010年3月；

(2) 《裕龙岛4000万吨/年炼化一体化填海项目生态评估报告》（中国海洋大学，2019年03月）；

(3) 《裕龙岛4000万吨/年炼化一体化填海项目生态保护修复方案》（龙口市人民政府、中国海洋大学，2019年3月）。

1.3 评价技术方法和技术路线

1.3.1 环境质量要求

1.3.1.1 环境质量标准

(1) 海水质量标准：保护区海域海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的第一类标准；农渔业区、文体休闲娱乐区、风景旅游区海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的第二类标准；工业与城镇用海区、航道及锚地海域海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的第三类标准；港口区海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的第四类标准。

(2) 沉积物质量标准：保护区、农渔业区、文体休闲娱乐区海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类标准；工业与城镇用海区、风景旅游区、航道及锚地海域海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第二类标准；港口区海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第三类标准。

(3) 生物质量标准：贝类评价标准采用《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中的第一类标准值，鱼类、甲壳类评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）》中的标准值。

(4) 声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3类环境噪声限值。

(5) 大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级浓度限值。

1.3.1.2 污染物排放标准

(1) 污水排放执行《流域水污染物综合排放标准 第5部分：半岛流域》（DB37/3416.5-2018）一级标准及《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ343-2010）；

(2) 大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）无组织排放监控浓度限值；

(3) 工程施工场界噪声限值执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；

(4) 厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准；

(5) 船舶污染物执行《船舶污染物排放标准》(GB3552-88)；

(6) 危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001)。

1.3.2 环境影响评价内容

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485—2014)海洋工程建设项目的环评内容，依照建设项目的具体类型及其对海洋环境可能产生的影响，本项目属于围填海、海上堤坝工程，环境影响评价必选内容包括海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境、环境风险。依据本项目具体情况，其他评价内容选择了大气、噪声进行评价。

1.3.3 环境影响评价工作等级

本项目利用2号岛和3号岛进行建设，建设填海造地总面积1397.6474 hm²；2号岛西侧防波堤用海面积为30.2892 hm²，长度约为1280m，用海方式为非透水构筑物。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)以及建设项目环境影响有关评价工作等级的判定原则，进行评价工作等级的判定。

(1) 海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物和海洋生态环境影响评价等级判定

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，工程位于龙口湾海域，属于“生态环境敏感区”。填海面积1397.6474hm²，工程规模属于“50×10⁴m³以上”。海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物和海洋生态环境影响评价等级均为1级，且属于特大型海洋建设工程项目。判定情况见表1.3.3-1。

表 1.3.3-1 海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物和海洋生态环境影响评价等级判定情况

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
人工岛填海工程	50×10 ⁴ m ³ 以上	生态环境敏感区	1	1	1	1
防波堤	长度 2km~1km	生态环境敏感区	1	2	2	1
最终判定结果			1	1	1	1

(2) 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判定

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，本工程属于“面积50×10⁴m³以上的围海、填海、海湾改造工程”，其海洋地形地貌与冲淤环境影响评价

等级为 1 级。

(3) 环境风险评价等级判定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169—2018），项目海洋工程不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用、储存（包括使用管线运输），因此，对项目环境风险仅进行简单分析。

(4) 大气环境、声环境

工程位于龙口湾海域，周边大气环境和声环境敏感目标主要为距离工程 2.4km 的龙口市海岸华府小区。工程产生的废气主要为车辆、船舶尾气，均为无组织排放，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）本工程大气环境影响评价仅进行简单分析；根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009），本工程声环境影响评价进行性简单分析。

项目评价等级见表 1.3.3-2。

表 1.3.3-2 本项目评价等级

环境要素	评价等级	依据
水文动力环境	1 级	GB/T19485-2014
水质环境评价	1 级	GB/T19485-2014
沉积物环境评价	1 级	GB/T19485-2014
海洋生态环境评价	1 级	GB/T19485-2014
地形地貌与冲淤环境	1 级	GB/T19485-2014
环境风险评价等级	——	HJ 169—2018
大气环境	——	HJ 2.2-2018
声环境	——	HJ 2.4-2009

1.3.4 环境影响评价范围与评价重点

1.3.4.1 评价范围

本工程对水环境影响主要是块石抛填、港池疏浚和吹填溢流等因素对水域环境的影响，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》确定水动力环境、水质环境、沉积物环境和海洋沉积物环境的调查和评价范围。

(1) 水动力环境评价的范围

水文动力环境的 1 级评价，范围垂向距离不小于 5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

(2) 水质环境评价范围

水质环境评价等级为级评价，评价范围应能覆盖建设项目的评价区域及周边环境影响所及区域，并能充分满足环境影响评价与预测的要求。根据上述原则，确定水质环境

评价范围应与水文动力环境影响评价范围保持一致。

(3) 沉积物环境评价范围

沉积物环境评价等级为级评价，评价范围应能覆盖受影响区域，并能充分满足环境影响评价和预测的需求。根据上述原则，确定沉积物环境评价范围应与水文动力环境影响评价范围保持一致。

(4) 海洋生态环境

海洋生态环境评价等级为 1 级评价，海洋生态环境的调查评价范围，主要依据被评价区域及周边区域的生态完整性确定。1 级生态环境评价，确定以工程区向两侧各延伸 8~30km 范围作为调查和评价范围。

(5) 评价范围

根据以上分析，确定评价范围为以工程为中心，向西延伸 30km，南北延伸 56.9km，评价区域面积约 2114.9km²，评价范围边界点坐标见表 1.3.4-1，评价范围如图 1.3.4-1 中部分所显示。

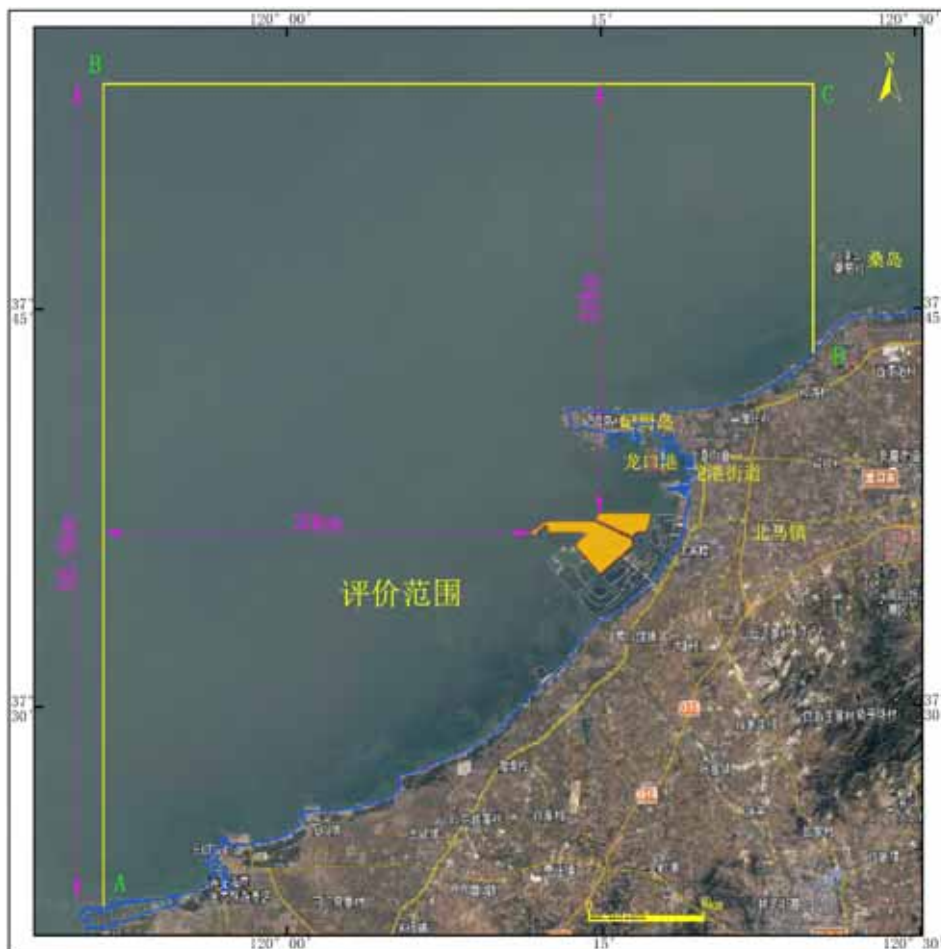


图 1.3.4-1 评价范围图

表 1.3.4-1 评价范围四至坐标 (CGCS2000 坐标系)

点号	纬度	经度
A	37° 22' 29.331"	119° 51' 19.230"
B	37° 53' 31.035"	119° 51' 15.609"
C	37° 53' 28.678"	120° 25' 07.460"
D	37° 43' 20.822"	120° 25' 04.031"

1.3.4.2 评价内容

(1) 现状评价内容

水文条件，包括潮汐、波浪、海流（流速和流向）；海水水质；海洋沉积物；生态环境，包括浮游植物、浮游动物、底栖生物等。

(2) 预测评价内容

工程建成前后流速、流向变化；施工产生的悬浮泥沙所引起的水质变化；工程建设引起的冲淤环境变化。

1.3.4.3 评价重点

- (1) 海洋工程建设回顾性分析
- (2) 施工过程中产生的悬浮泥沙对海洋环境的影响；
- (3) 水动力环境和冲淤环境变化影响；
- (4) 对海洋生态环境的影响；
- (5) 污染防治措施和事故防范措施以及相应的对策建议。

1.4 环境保护目标和环境敏感目标

1.4.1 环境保护目标

根据工程所在地周围海域的环境状况、工程的环境影响因素和影响方式，施工期的环境保护目标如下：

(1) 海域水环境：加强项目环境污染治理，项目建设产生的生活污水、含油污水收集后送有资质单位处理，采取工程措施降低工程悬浮泥沙扩散影响，减少本工程的建设可能对周边水环境构成的影响。

(2) 海域沉积物环境：不破坏项目所在海域的沉积物环境，采取一定的工程措施减少施工悬浮泥沙扩散对海域沉积物环境的影响。

(3) 海域水文动力及冲淤环境：满足海域功能区管理使用要求，不影响周围航道及龙口港各码头泊位等水工构筑物的正常运行。

(4) 海域生态环境：满足该海域生态功能要求，保护区域自然资源与生态系统及

景观系统；维持和改善生态环境质量，减少本工程的建设可能对周边生态环境构成的影响。

(5) 陆域环境主要保护目标为附近的居民区，大气环境质量达到 GB 3095-2012 中的二级标准，声环境质量达到 GB 3096-2008 中的 3 类标准、施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

1.4.1 环境敏感目标

工程附近海洋环境敏感区主要为辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区，南侧的招远砂质黄金海岸国家级海洋公园和招远砂质海岸海洋特别保护区，北侧的开放式养殖区、围海养殖、龙口市养殖区，工程西南侧的招远市养殖区。

本项目涉及的主要环境敏感目标与工程区的相对方位、距离见表 1.4.1-1 和图 1.4.1-1~1.4.1-2，具体自然保护区和敏感目标调查概况见 4.3 节。

表 1.4.1-1 项目附近环境敏感区及环境保护目标

敏感目标类型	敏感目标	方位	距离（边界）
保护区	水产种质资源保护区莱州湾保护区	位于保护区实验区内	占用
	招远砂质黄金海岸国家级海洋公园	S	4.6km
	招远砂质海岸海洋特别保护区	S	8.9km
养殖区	开放式养殖	N	2.7km
	围海养殖	N	3.9km
	龙口市养殖区	N	9.4km
	招远市养殖区	SW	7.3km

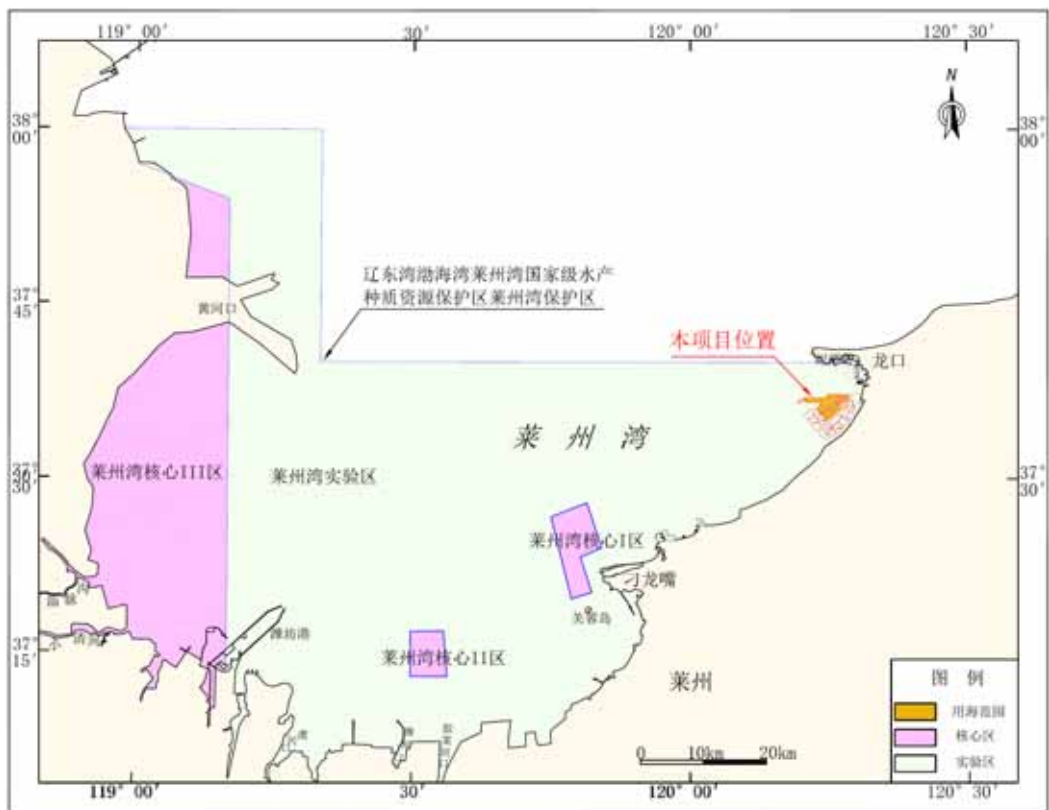


图 1.4.1-1a 水产种质资源保护区莱州湾保护区

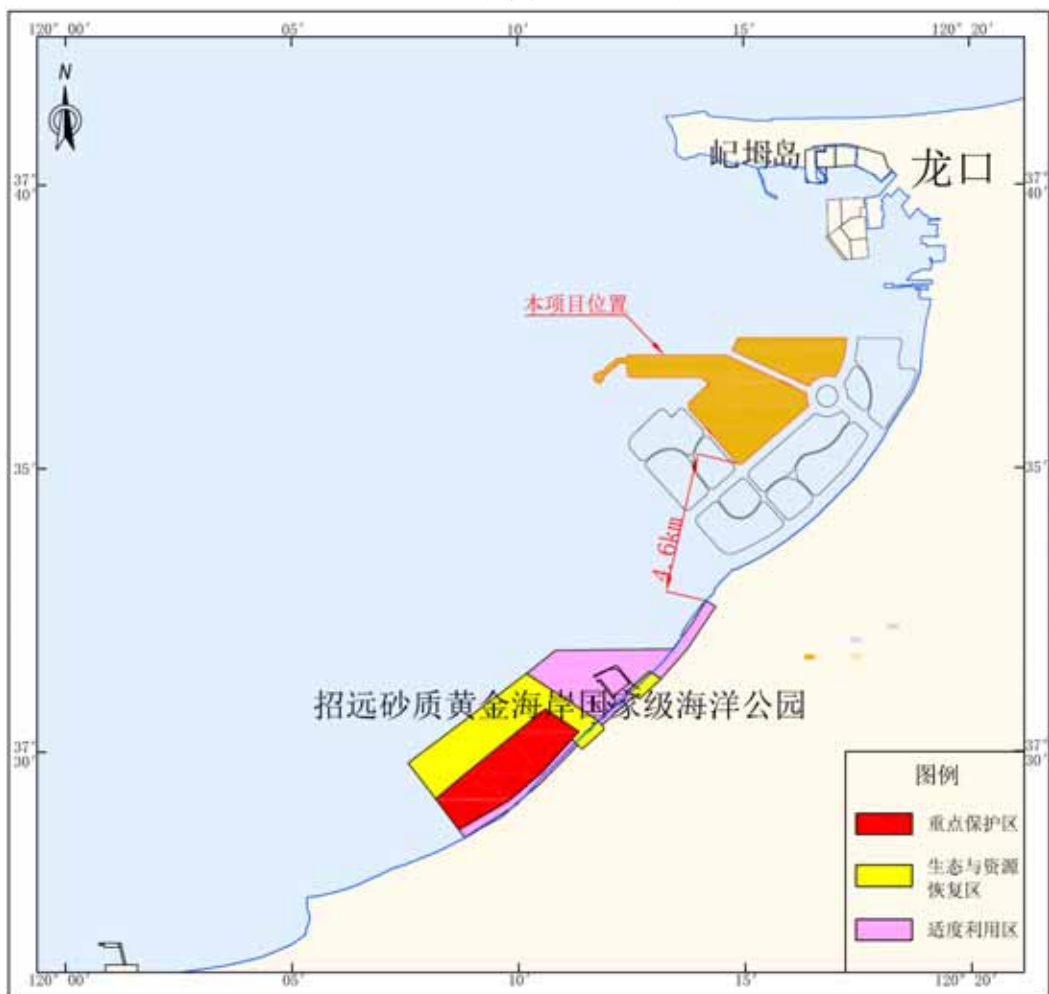


图 1.4.1-1b 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园



图 1.4.1-1c 招远砂质海岸海洋特别保护区

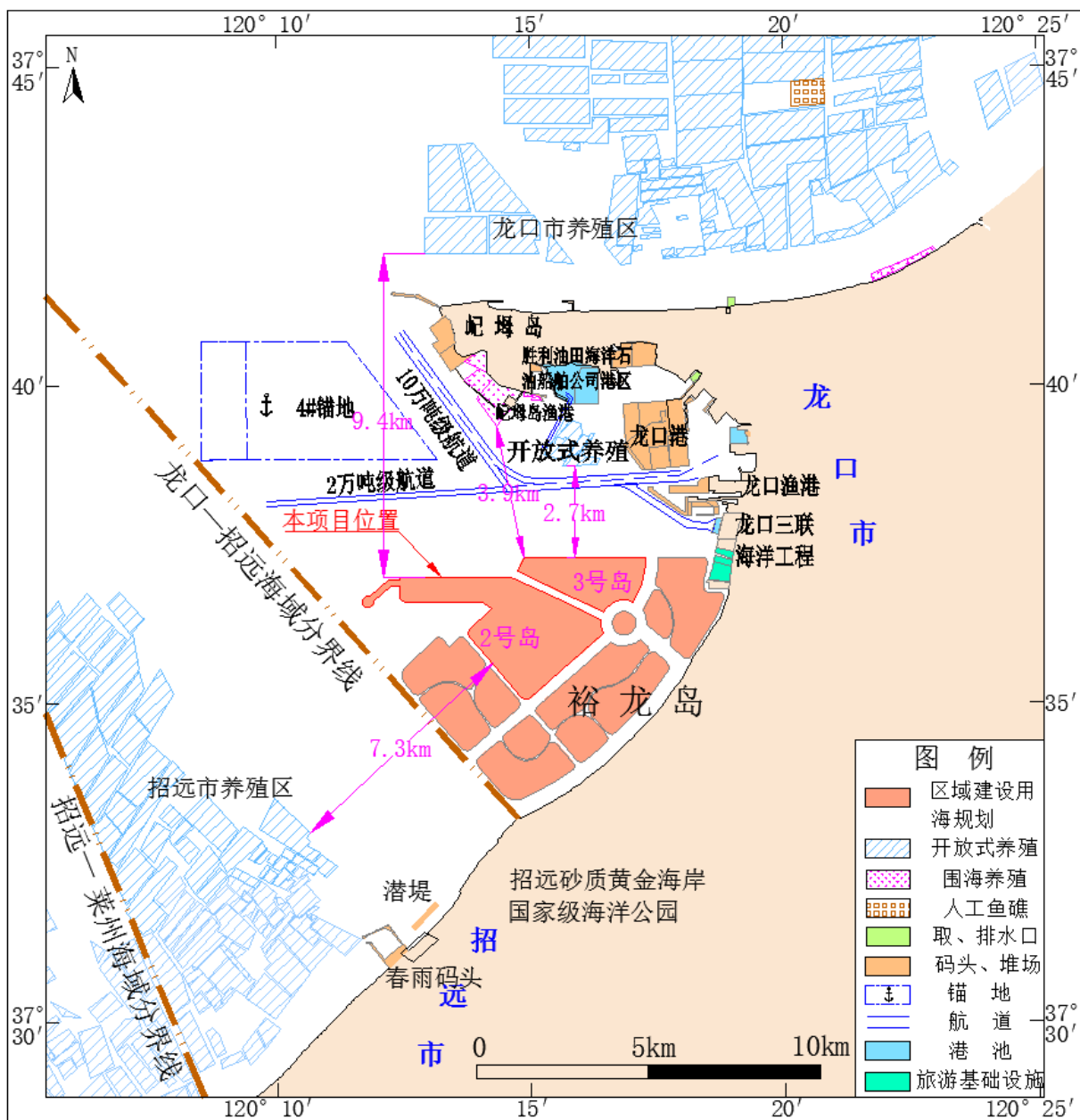


图 1.4.1-4 环境敏感区分布图 (养殖区)

2 工程概况

2.1 建设项目名称、性质、工程与投资规模及地理位置

(1) 项目名称

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）填海工程。

(2) 项目性质

新建项目。

(3) 工程与投资规模

2#岛和 3#岛围填海工程总用海面积为 1427.9366hm²，其中，2 号岛用海面积为 1002.5530hm²，用海方式为建设填海造地；2 号岛西侧防波堤用海面积为 30.2892 hm²，长度约为 1280m，用海方式为非透水构筑物；3 号岛用海面积为 395.0944 hm²，用海方式为建设填海造地。

除 2 号岛西南侧还未形成围填海外，其余区域的围堤工程已全部完成，陆域吹填也已大部分完成，后续施工内容为：2 号岛西南侧未围填区形成围堰，围堰内吹填成陆；2 号岛和 3 号岛岛间水道封闭，水道内部水域吹填成陆；岛内水域部分吹填至设计标高，已成陆区和后续回填区地基处理。

2#、3#岛填海工程总投资约 58.68 亿元人民币。

2#岛东南部和 3#岛拟建设山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期），布置炼油区和化工区，拟建设 2000 万吨/年原油加工能力和 2×150 万吨/年乙烯装置。项目实施后，每年可生产优质乙烯原料 828.20 万吨/年，混合二甲苯 300 万吨/年，汽煤柴 339.95 万吨/年，丙烯 96.44 万吨/年（全部送化工），苯 86.05 万吨/年（30.54 万吨送化工），同时生产润滑油基础油 25.50 万吨/年和白油 33.64 万吨/年，及其他类白油 114.98 万吨/年，以及副产气分碳四、硫磺、重芳烃等产品。新建化工部分产各类产品 25 种。

2 号岛西北侧海域将建设码头泊位，陆域（化工区以外区域）为码头后方配套罐区。

本次海洋工程环境影响评价将重点评价项目填海造地工程的海洋环境影响，形成陆域后上部项目的建设环境影响评价将另行开展。

(4) 地理位置

裕龙岛围填海工程位于龙口湾南部海域，西南自界河东北 300m 处起，至北马河入海口南侧，西侧从-10m 等深线向东至-0.3m 海域。裕龙岛炼化一体化项目（一期）填海工程位于裕龙岛围填海区的 2 号人工岛和 3 号人工岛。工程地理位置见图 2.1-1a~c。



图 2.1-1a 项目地理位置图

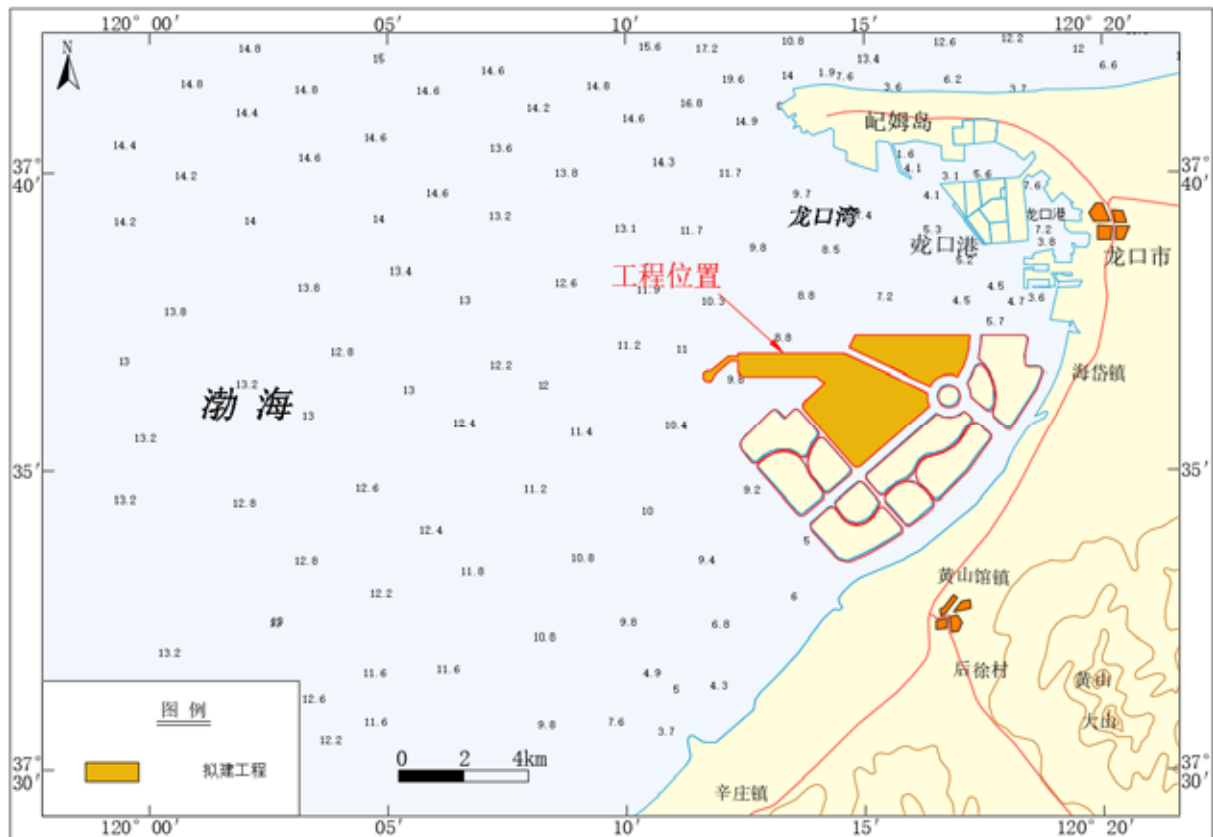


图 2.1-1b 项目地理位置图

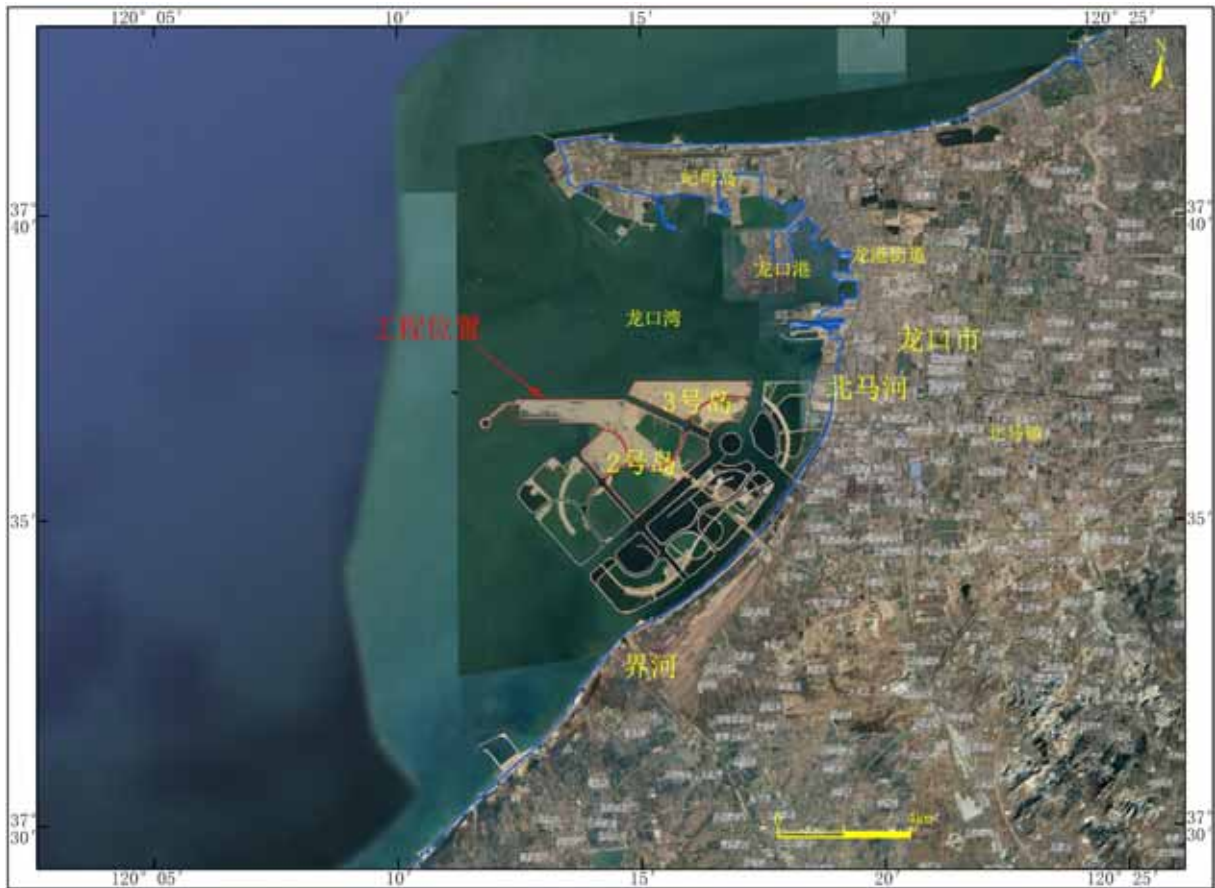


图 2.1-1c 项目地理位置图 (2019 年 5 月遥感影像)

2.2 项目建设过程回顾性分析

2.2.1 区域用海规划历史沿革

2009 年 6 月 30 日，山东省委、省政府发出《关于打造山东半岛蓝色经济区的指导意见》，提出“在 2015 年基本形成具有核心竞争力的海洋优势产业，到 2020 年建成山东半岛蓝色经济区”，并形成“一区三带”发展格局。

2010 年 5 月，龙口湾临港高端制造业聚集区一期(龙口部分)区域建设用海规划(现已命名为“裕龙岛”)用海规划获得原国家海洋局批复(国海管字[2010]250 号)。规划用海面积 4428.71 公顷，其中规划填海面积 3523.12 公顷，用于建设 6 个人工岛和 1 个突堤式人工岛；其余为水道用海，面积 905.59 公顷。

2011 年 1 月，国务院批复《山东半岛蓝色经济区发展规划》，蓝色经济区规划主体区包括山东全部海域和沿海 7 市 51 个县(市、区)，海域面积 15.95 万平方公里。规划中将海州湾北部、董家口、丁字湾、前岛、龙口湾、莱州湾东南岸、潍坊滨海、东营城东海域、滨州海域 9 个集中集约用海区正式纳入国家发展战略。其中，“龙口湾临港高端制造业聚集区”被列为 9 大集中集约用海区之一。

2011年9月，龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划优化方案获得了原国家海洋局批复（国海管字[2011]638号），优化方案与原方案的形状及外围线轮廓基本保持不变，内部原二纵一横水道宽度略微变窄，原4号岛与陆地之间新增100米的水道，各岛屿内部预留宽度约60米的水系，使原方案的7个人工岛变为16个，增加了亲水岸线。

裕龙岛围填海工程于2011年初开工，至2013年底，总长度120公里的围堤和施工通道全部完成，到2016年9月完成填海工程量约2.99亿方，7个人工岛全部围成，3#岛填海形成陆域，2#岛大部分形成陆域，1#岛和5#岛部分形成陆域，部分尚未露出水面，浅水区的4#岛、6#岛、7#岛大部分未露出水面，未露出水面部分水下回填高度不等的沙土、石料。

2018年，山东省委、省政府认真贯彻落实党的十九大精神，将新旧动能转换作为统领全省经济建设的重大工程，以供给侧结构性改革为主线，开展地炼企业的重组整合和转型升级。计划以烟台龙口裕龙岛为承接地，通过整合5000万吨“地炼”产能，新上4000万吨炼油、配套芳烃和乙烯的大型炼化一体化项目。由万华集团、山东炼化能源集团以及南山集团牵头，有关“地炼”企业参股，成立混合所有制企业主体，负责项目的建设。目前确认的项目包括2000万吨炼油、配套芳烃和乙烯的大型炼化一体化项目、南山乙烷综合利用项目和裕龙岛万华炼化新材料项目等。

2.2.2 围填海施工概况

裕龙岛围填海于2011年初开工，至2016年10月累计填方总量2.99亿方。施工采用先围后填方式，围堤全部采用抛石斜坡堤结构，扭王子块体护面；填海采用陆域推填与吹填相结合的方式进行。

22.2.1 建设时序及进度安排

在充分拓展投融资渠道，完善市场化运作机制；充分保障吹填回填物料来源，最大限度整合施工装备、施工能力的基础上，依据原国家海洋行政主管部门批复的用海总体规划，集中人力物力财力，按照“由南及北、由外向内、先难后易、压茬推进”的指导思想，在2013年底前基本完成了整个片区围堰建设任务。

建设次序上先期推填建设5号人工岛和2号人工岛的主干道路，而后以其为轴，向两侧建设5号、2号人工岛的围堰，随后完成1号、3号人工岛的建设。1号、2号、3号人工岛围堰完成后开始岛内吹填，疏浚区主要为2号、3号岛北侧以及岛间淤积较为

严重的水道，吹填作业的同时进行4号、6号、7号人工岛的围堰建设。



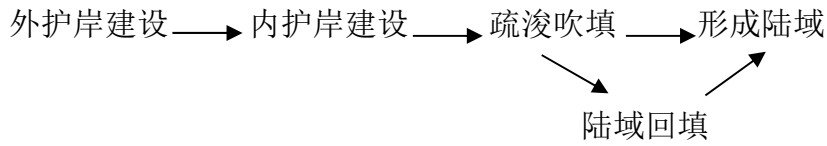
图 2.2-1 施工过程历史遥感影像图

2.2.2.2 施工内容

(1) 主要施工内容

工程施工内容主要包括护岸建设、围堰建设和疏浚吹填以及局部陆域回填，以便

形成陆域。施工顺序如下：



(2) 主要实施步骤

考虑陆地上直接自卸车回填速度远远大于船装进行海上抛填的速度，因此结合各人工岛的形状先行形成施工临时通道，采用自卸车推填、海上抛填同步进行。

在施工通道、各岛护岸的施工过程中分阶段进行，海上抛填、陆上推进同时进行，用最少的完成各岛护岸、施工临时通道。

为了加快施工进度，分成以下阶段：一、护岸进行施工，分段、水陆同时施工直至各岛护岸基本形成独立的回填单元；二、对 2# 岛、3# 岛进行海上吹填、对 1#、4#、5#、6# 岛进行陆上快速回填和吹填，对 7# 岛进行海上抛填后进行扭王字护面建设。

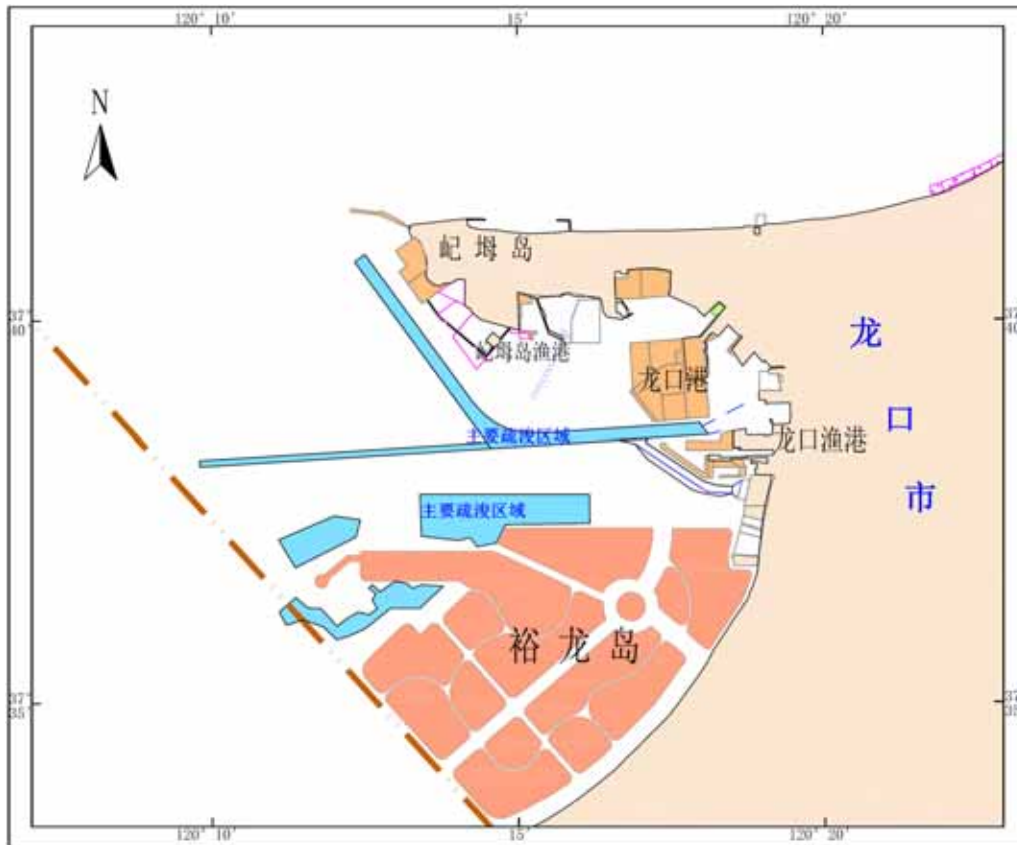


图 2.2-2 吹填疏浚区

2.2.2.3 施工期的污水处理情况

污水主要为船舶生活污水、船舶含油污水及后方陆域施工人员产生的生活污水。施工船舶主要依托周边龙口港、龙口渔港等进行施工；船舶产生的生活污水、含油污水利用港区污水收集设施进行统一收集；生活污水利用港区污水槽车送市政污水处理厂处

理，含油污水送入港区油污水处理站处理。后方陆域施工人员主要利用邻近的村庄作为施工营地，产生的生活污水利用民宿厕所收集，后期用于农田肥料。

施工过程中没有污水乱排放发生，没有对周边海洋环境产生明显的不利影响。

2.2.3 围填海现状（2号岛、3号岛）

裕龙岛属于人工填海离岸岛共分为7个岛区，山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）坐落于该岛2#、3#岛区。

2018年中国海洋大学、中海基业海洋科技有限公司进行了无人船内水作业、无人机陆域测量和用海周边海域单波束、多波束测量。

（1）岛屿构成

2#岛由2A、2B、2C三岛组成，3#岛由3A、3B组成。2#、3#岛的陆地面积为7.65km²（不包括道路面积）；水域面积为4.09km²（不包括内环河面积）；总面积为11.74km²。目前，2号岛和3号岛共完成土石方量约11570万方。项目填海区现状见图2.2-3。

表 2.2-1 各岛陆、水域分布面积

区 域	2#岛			3#岛	
	A	B	C	A	B
陆域面积 (km ²)	3.16	1.20	0.26	2.31	0.72
全岛陆域面积 (km ²)	4.62			3.03	
水域面积 (km ²)	1.16	无水域	2.59	无水域	0.34
全岛水域面积 (km ²)	3.75			0.34	
分岛总面积 (km ²)	4.32	1.20	2.85	2.31	1.07
全岛总面积 (km ²)	8.37			3.37	



图 2.2-3 项目填海工程现状图

(2) 场地标高

1) 成陆部分（高程基准为国家 85 高程）

① 2#岛大部分已形成陆域，成陆部分陆域标高约 1.2-5.1m，平均标高约 3.2m。

② 3#岛大部分已填海形成陆域，成陆部分陆域标高约 2.0-4.8m，平均标高约 3.7m。

2) 水域部分

① 2#岛 2B、2C 未露出水面部分填海部分标高约-2.5m~-4.5m，平均标高约-4m；2A 岛东部水域由于天气原因水面结冰，无法施测，根据现场观测及询问原施工单位的相关资料，2A 岛东部水域内填海部分标高推测约-1m~-2m。

② 3#岛仅 3B 岛西南侧小范围内未完全露出水面，平均标高约 0.56m。

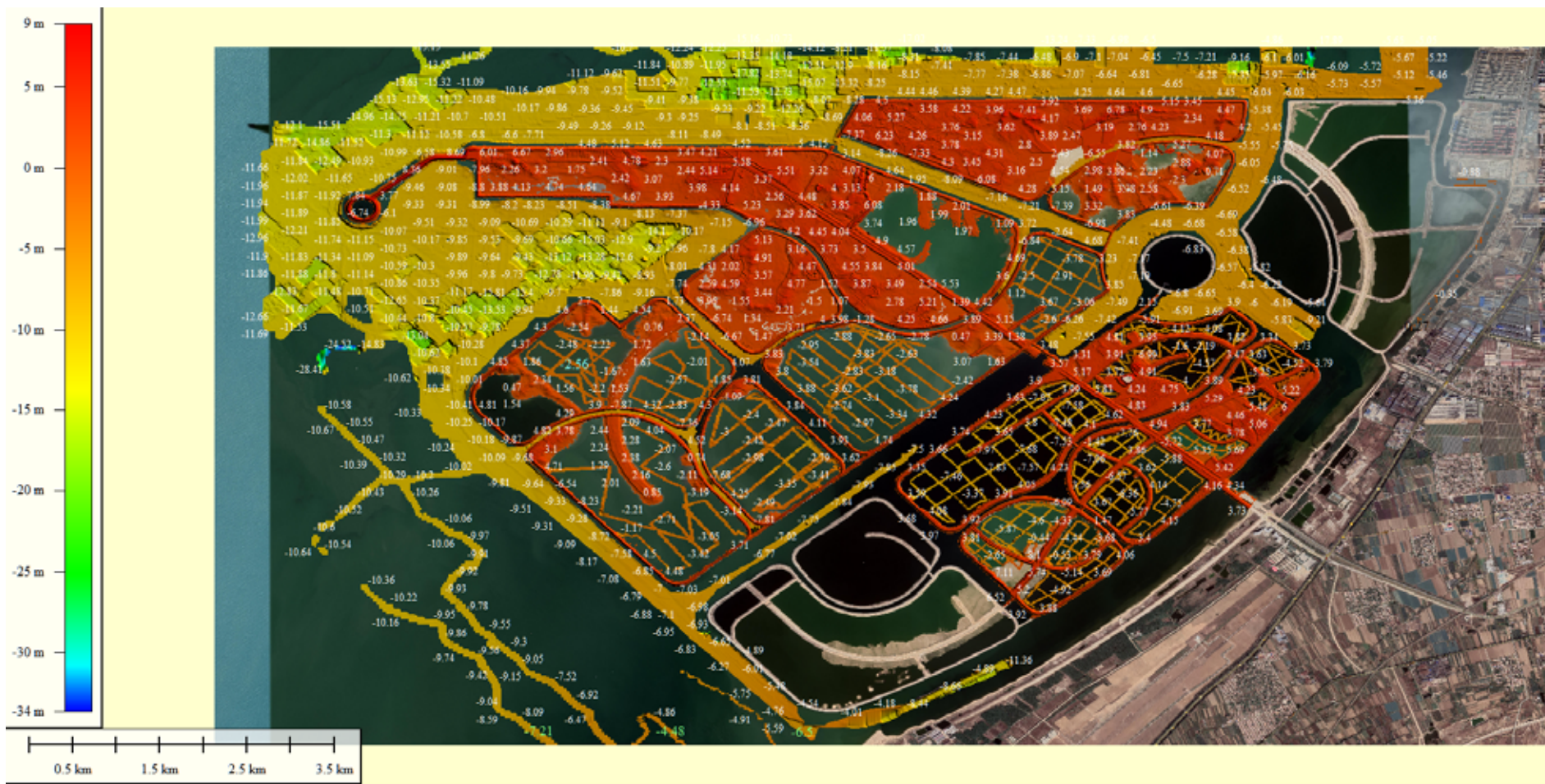


图 2.2-4 项目及周边地形图

2.3 工程的建设内容、平面布置、结构和尺度

2.3.1 工程建设内容、平面布置概况

2.3.1.1 总平面布置原则

1) 遵照工厂设计模式改革的精神，因地制宜，充分适应气象、地形、工程地质等自然条件，依据工艺流程合理，满足防火、防爆等安全规范的要求，总平面布置采用流程式集中布置，力求达到减少占地，降低能耗，节约投资的目的。

2) 符合当地城市（镇）规划、区域规划、石化基地总体规划的要求。符合炼化一体化工程总体统一规划。

3) 符合生产、物流和运输的要求：炼化一体化布置，力求流程顺畅，布局紧凑，尽量缩短生产区与外部以及生产区内部（各装置之间以及装置与辅助、公用设施、贮罐、装卸站、仓库之间）的物流输送距离。

将生产特点相同，在生产过程中原料互供关系密切的生产装置集中布置。控制室集中设置。

4) 考虑厂址外部条件及水、电、排污等线路的进出方位，结合用地条件，合理安排循环水场、动力站、总变电站、污水处理场的位置。

5) 将有大宗固体物料公路运输的装置、设施靠近厂区边缘布置，以减少产品对外运输对厂区的影响。

6) 公用工程设施尽量靠近负荷中心，以缩短公用设施管线，降低能耗。

7) 基础设施以及生活服务设施等，尽量依托社会设施，以便节省投资，减少定员，提高项目的经济效益。

2.3.1.2 平面分区

按照龙口市裕龙石化园区总体布局要求，根据总图布置原则，整个裕龙岛共划分为7个小岛：其中3#岛为炼化一体化项目（一期）的2000万吨/年炼油厂区，2#岛为二套150万吨/年化工厂区，2#与3#之间的小岛为整个项目的公用工程区，1#岛为远期规划的2000万吨/年炼油厂区，5#岛和6#岛为远期的化工厂区。7#岛为远期规划的人工智能控制区。全厂火炬设施布置在裕龙岛的北侧，火炬中心距离2#岛和3#岛最西侧的距离约为1~2公里。

（1）裕龙岛炼化一体化项目（一期）：在2#岛东南部和3#岛上建设，主要布置炼油厂区和化工厂区。厂区总占地占地面积约为934公顷，其中2#岛占地面积约为574

公顷，3#岛占地面积约为 360 公顷。位置见图 2.3-1，平面布置见图 2.3-2。

炼油厂区和化工厂区总平面布置根据其功能，可划分为如下区块：

1) 厂区

管理区——包括中心控制室、中央化验室、综合楼和消防分站等；装置区——分别相对集中布置的炼油装置和化工装置，各装置区内包括其专用配电、机柜室等；

动力及辅助设施区——总变、动力中心、循环水场、水处理、给水泵站等；油品储运区——包括低温罐区、原料罐区、中间罐区、产品罐区等。固体产品仓库区——集中布置对外固体产品运输量较大的仓库。

2) 火炬区

包括新建火炬设施。

(2) 码头及罐区

2 号岛西北侧海域将建设码头泊位，陆域（化工区以外区域）为码头后方配套罐区，即图 2.3-2 中 2-1、2-2、2-3、2-4、2-6、2-7 区域。2#岛最西端为防波堤段。

2#A 岛：拟布置低温乙烷储罐、油品储罐（球罐）、综合办公楼、工艺系统、泵棚、装卸车区、停车场、化验、消防、水电、通信、污水处理、绿化等配套设施，主要为原油、成品油、液体化工品、石油芳烃、液化烃、乙烷等提供仓储、物流运输及相关服务。

2#B 岛：拟布置油品储罐（球罐）、综合办公楼、工艺系统、泵棚、装卸车区、停车场、化验、消防、水电、通信、污水处理、绿化等配套设施，主要为原油、成品油、液体化工品、石油芳烃等提供仓储、物流运输及相关服务。

码头及罐区布置见图 2.3-3。

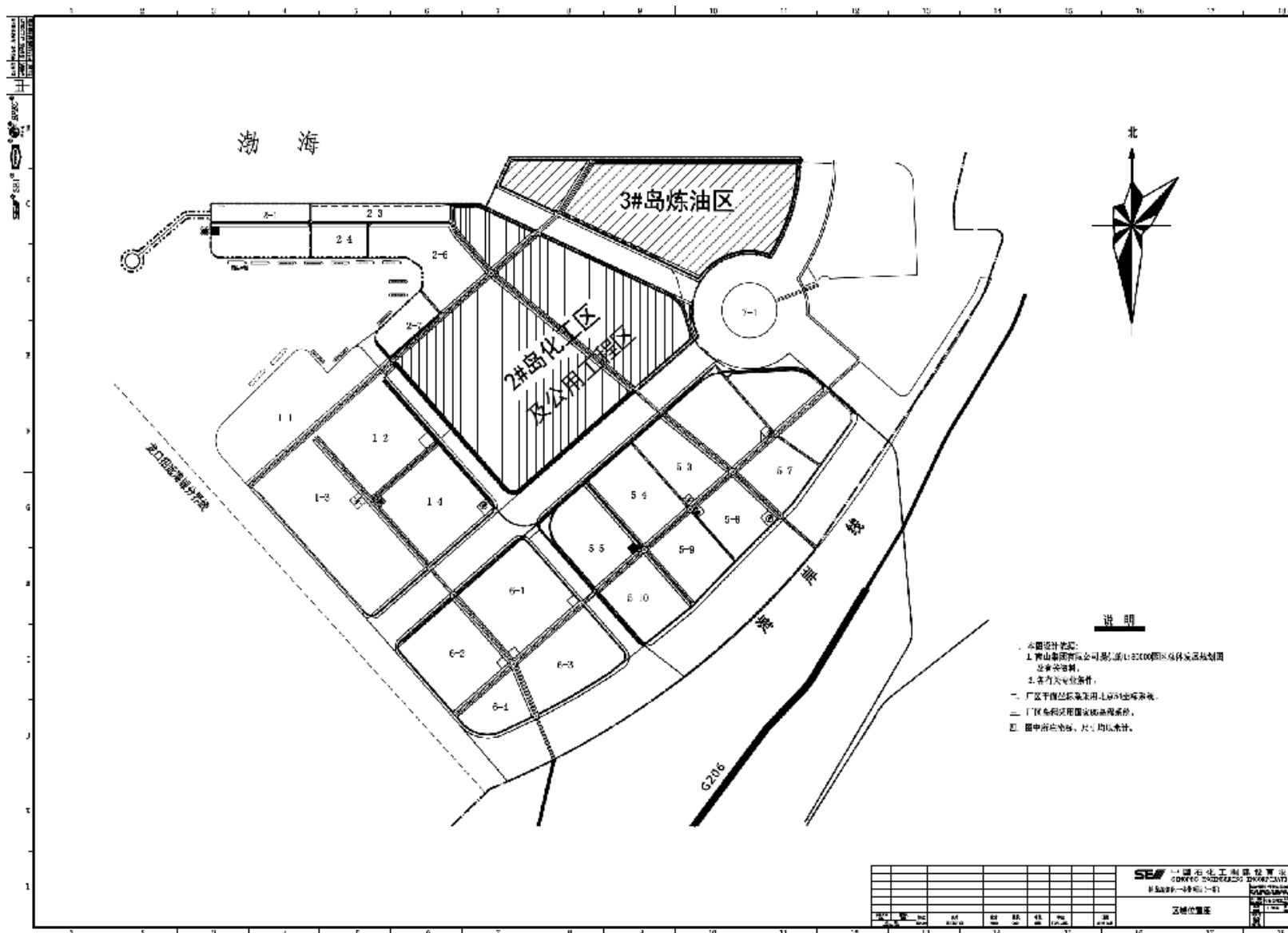


图 2.3-1 炼油厂区和化工厂区位置图



图 2.3-2 炼油厂区和化工厂区总平面布置图



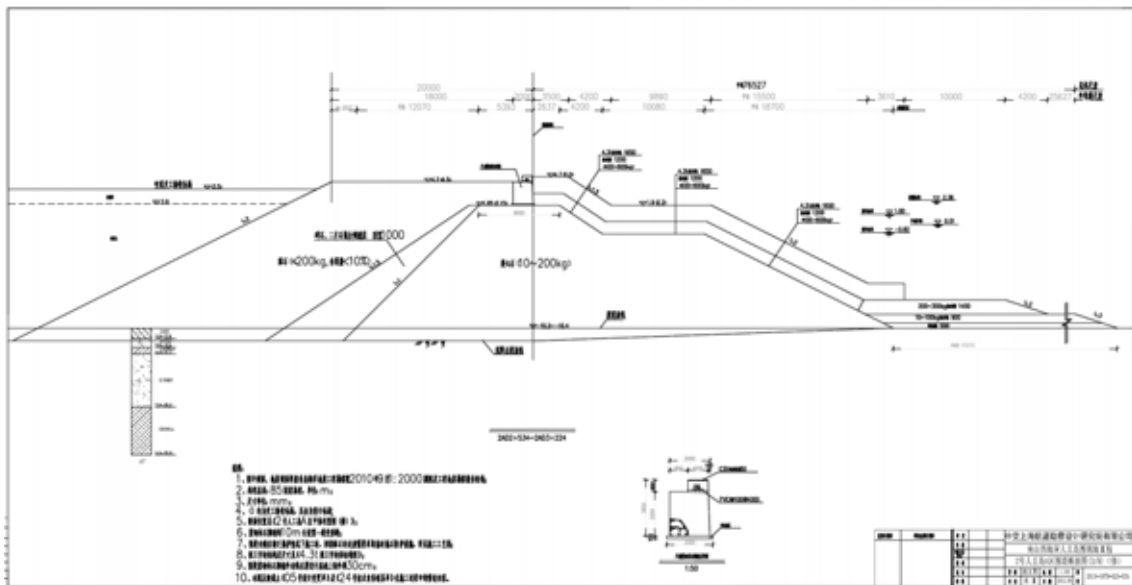
图 2.3-3 2#岛码头及罐区布置图

2.3.2 围堤结构

填海围堤全部采用斜坡式。

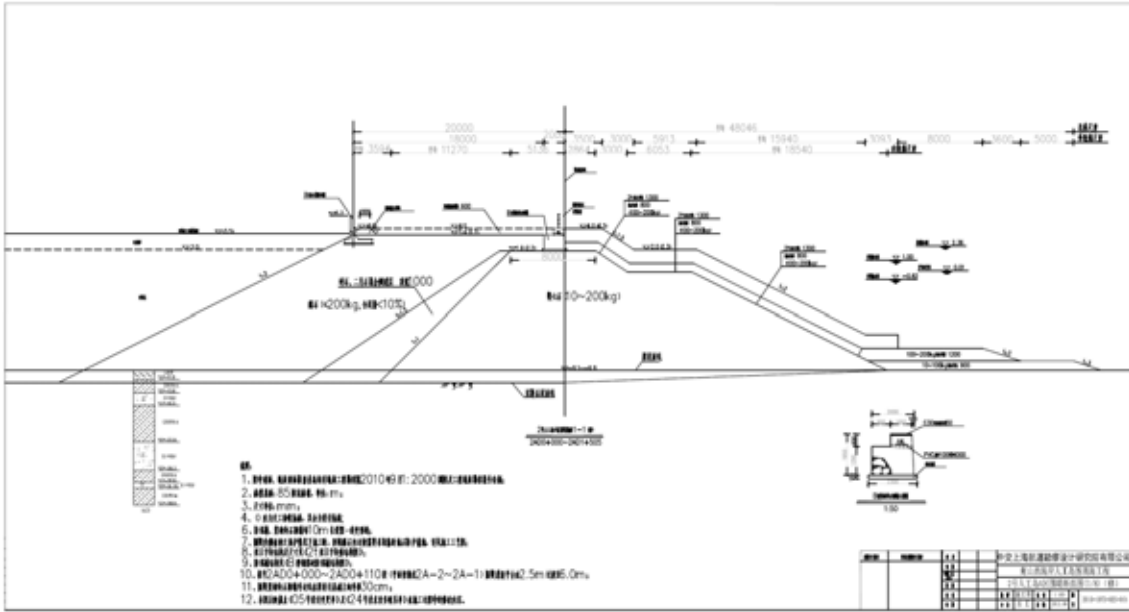
(1) 北护岸和西护岸（4.3T 扭工字块护面）

北护岸和西护岸采用斜坡式抛石结构。浆砌挡浪墙顶高程 5.5m、护岸堤顶高程 4.0~4.5m、外海侧为二级放坡，采用 4.3T 扭工字块护面、内侧 400~600kg 抛石垫层。护岸外海侧设有水下棱体，采用 10~100kg 抛石护底和 200~300kg 抛石护脚。堤心石采用 10~200kg 块石，顶部挡浪墙为 M15 浆砌。见图 2.3-5a。



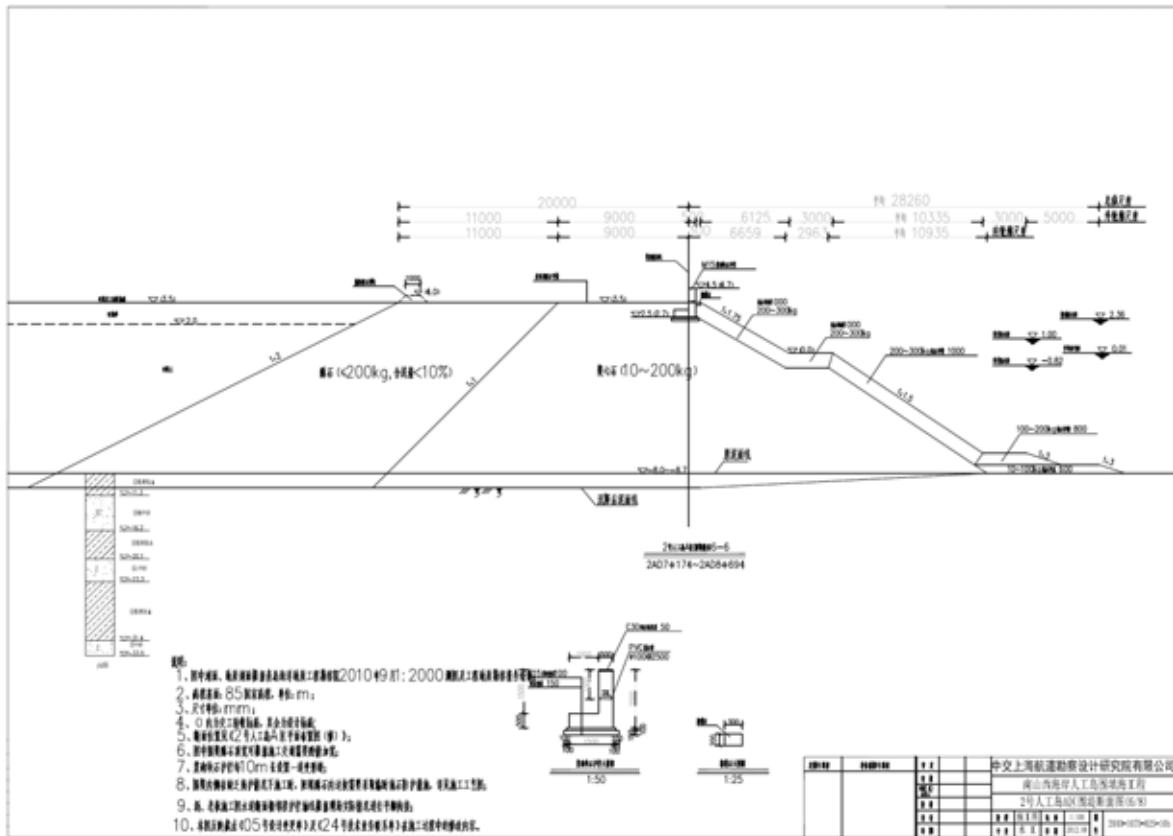
(2) 南护岸（2T 扭工字块护面）

南护岸采用斜坡式抛石结构。浆砌挡浪墙顶高程 5.2m、护岸堤顶高程 3.5~3.7m、外海侧为二级放坡，采用 2T 扭工字块护面、内侧 100~200kg 抛石垫层。护岸外海侧设有水下棱体，采用 10~100kg 抛石护底和 200~300kg 抛石护脚。堤心石采用 10~200kg 块石，顶部挡浪墙为 M15 浆砌。见图 2.3-5b。



(3) 内护岸（主水道）

内护岸（主水道）采用斜坡式抛石结构。浆砌挡浪墙顶高程 4.0m、护岸堤顶高程 3.5~3.7m、外海侧为二级放坡，采用 200~300kg 抛石护坡。护岸外海侧设有水下棱体，采用 10~100kg 抛石护底和 100~200kg 抛石护脚。堤心石采用 10~200kg 块石，顶部挡浪墙为 M15 浆砌。见图 2.3-5c。



2.4 填海工程后续施工

2.4.1 施工方案、工程量

除 2 号岛西南侧还未形成围填海外，其余区域的围堤工程已全部完成，陆域吹填也已大部分完成，后续施工内容为：

- (1) 2 号岛西南侧未围填区形成围堰，围堰内吹填成陆；
- (2) 2 号岛和 3 号岛岛间水道封闭，水道内部水域吹填成陆；
- (3) 岛内水域部分吹填至设计标高，已成陆区和后续回填区地基处理。



图 2.4-1 项目后续施工内容示意图

2.4.1.1 回填标高

经召开填岛专题会议讨论后，场地预处理回填标高确定为+4.00m。水域吹填区域吹填标高为+4.60m（综合考虑自然沉降和处理沉降），地基处理后标高为+3.50m（85 高程基准）。

2.4.1.2 回填量、回填土源、土质、填筑方式

根据西海岸提供的 2#、3#岛吹填施工计划，裕龙石化工程部进行了研究，现已成陆

部分宜采用回填方式，水域部分采用吹填。

(1) 回填量

1) 2号岛西南侧未围填区形成围堰长度约为1912m，约需土石方100万方；围堰内吹填成陆区面积约为20公顷，平均水深为10.0m，吹填至4.0m，吹填工作量约为280万方；

2) 2号岛和3号岛间水道封闭，水道内部水域吹填成陆。根据设计、施工图纸，小水道断面呈上宽下窄的梯形，上口宽60m，下口宽约6m（1:2放坡），吹填平均深约13.5m，2#、3#岛内部小水道总长约7500m，回填工作量约为350万m³。

3) 目前2#、3#岛陆地面积约765万m²，约需开山土石460.5万m³，全部从当地石料厂购入；水域部分吹填土方约2900万m³，从西侧码头区港池水域取土。

综上，项目海洋工程施工至设计标高仍需回填开山土石方560.5万m³，吹填土方量3530万m³。

(2) 回填土源：回填土质可为粘土或强风化料，本工程部分土石方从当地石料厂购入，主要为位于裕龙岛东南方向的邢家料场和王寿料场，料场中的回填料强风化层适宜回填，储量可以满足2号岛和3号岛成陆区表层回填及道路回填。所购买的土石方在回填前应经有资质的单位进行检测，其物质成分限值应满足《围填海工程填充物成分限值》（GB30736-2014）的要求。

(3) 吹填土源：取土区面积约452万m²，平均水深约为10.5m，疏浚至-20.0m，土方量为4294万m³，能够满足水域部分吹填成陆需求。



图 2.5-1 吹填取土区位置及吹填管线布置示意图

2.4.1.3 回填标准

(1) 回填标准按《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012 执行，回填过程中要分层碾压，压实系数 ≥ 0.90 ，土质中不得掺杂 $>100\text{mm}$ 以上的石子，以免影响后续勘探和桩基钻孔施工。

(2) 吹填施工顺序及吹填土质要求

吹填施工应遵循如下顺序：首先将取土区表层淤泥质土吹填至下层（厚度约 3m），然后将粉质粘土、砂吹填至中层（厚度约 6~9m），最后表层 2.0m 吹填砂性土。

吹填土质要求如下：

①表层 2.0m（标高+2.0~+4.0m）为砂性土，粒径 $\geq 0.075\text{mm}$ 颗粒含量 $\geq 50\%$ ，粘粒含量平均值 $<10\%$ ，最大值 $<15\%$ ，不得出现淤泥包、淤泥质土夹层；

②标高+2.0m 以下为淤泥质粉质粘土、粉质粘土、砂等的混合物，土质不作要求。

2.4.1.4 地基处理

根据目前场地地质条件及前期场地预处理试验结果，预处理方案设计按地质条件划分为 A、B、C 三种区域，并分别采用不同的处理方法：

A 区：该区表层为砂性吹填土，根据已有资料显示，平均深度约 12.5m，下部无软土层，主要分布在 2A 岛中部，2B 岛北部及 3B 岛中部，总面积约 123.5 万平方米。拟

采用无填料振冲的处理方法。

B区：该区表层为砂性吹填土，下部为软土层，根据已有资料显示，平均深度约13.0m，主要分布在2A岛的北部、中部、南部，2B岛的中部，3A岛的西部，以及3B岛零星分布，总面积约246.4万平方米。拟采用塑料排水板+强夯的处理方法。

C区：该区为流塑~软塑状的黏性吹填土层及②1层淤泥质粉质黏土层，根据已有资料显示，平均深度约14.0m，主要分布在2A岛中北部，2B岛南部，3A岛东部及3B岛零星分布，总面积约304万平方米。该层拟采用真空预压的处理方法。

2.4.2 施工进度安排

由于项目建设施工时间紧迫，从施工过程、工程数量、作业时间以及作业受自然条件的影响程度等方面分析，项目回填和吹填成陆为填海工程的主体，其他项目可配合主要项目进行施工。在施工中，力求同一性质的工作连续施工，不同性质的工作尽可能组织搭接施工。工程施工条件许可后，工期确定为6个月。

2.5 占用海域情况及岸线情况

山东裕龙石化有限公司拟开发建设龙口高端化工新材料产业园，建设炼化一体化项目（一期），利用区域为人工岛的2号、3号岛，总用海面积为1427.9366hm²，其中2号岛（建设填海造地）用海面积为1002.5530hm²、防波堤（非透水构筑物）用海面积30.28923hm²，3号岛（建设填海造地）用海面积为395.0944hm²。

项目不占用自然岸线和人工岸线。

2.6 建设必要性分析

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的建设将成为全国先进炼化一体化项目的创新引领，示范标杆。本项目在布局设计之初，积极对标国内镇海、盛虹、浙石化等高水平炼化一体化项目安全、环保、综合运营效率等先进指标，其综合能耗、整体水耗、中水回用率、三废排放等指标均比肩国际先进水平。同时，项目在盘活中层级产业脉络方面独辟蹊径。以新技术贯通产业层级间承接延伸的通道壁垒，依托万华化学在烯烃下游精深加工领域HEMA、牛磺酸、异构醇醚、聚醚、MIBK和IP等一批自有高端技术，真正实现炼化一体化下游高端化建设，全面提升炼化下游末端的增值空间和潜力。炼化新材料项目的建设将开创全国先进炼化一体化项目的新模式、新名片、新标杆。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的建设是全面落实山东省新旧动能转换的有力支撑。按照国务院关于山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案的重要批示，项目将围绕新技术、新产业、新业态、新模式，积极探索传统“地炼”质量变革、效率变革、动力变革的发展路径，深度挖掘炼化产业下游终端的增值潜力。坚持全省炼油产业存量变革和增量崛起并举，凤凰涅槃、浴火重生，努力实现山东由炼油大省到炼油强省的转化。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的布局是稳步推进鲁北高端石化基地建设的重要着力点。按照山东省《鲁北高端石化产业基地规划》的统一部署，未来将重点布局发展烟台石化新材料产业区。项目的布局将充分整合大型炼化一体化资源优势，提供有竞争力的石化原料，将烟台新材料产业基地进一步做大做强。同时，项目将全面统筹技术、土地、港口、区位、资源等多重要素，充分发挥示范引领和虹吸效应，打造世界级的先进石化产业集群。带动省内其他区域石化产业按照“改造提升、搬迁转移、转型转产、关闭淘汰”的路径，提质增效、优化发展。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的实施是积极引导炼油供给侧优化升级的有效补充。项目在实施过程中将处理好现有产能和新增产能之间的关系，坚决淘汰落后装置和安全环保不达标企业，确保全省炼油产能只减不增。利用资产重组、产业链整合、环保倒逼等方式引导现有炼油产能减量整合。全面推进现有“地炼”产能供给侧的改革升级，通过基础产业整合优化、中下游延伸产业高端化提升、新兴产业创新超越，推动全省石化产业结构由“一油独大”向“油化并举”转变。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的实施是万华化学跻身全球石化产业链竞争的重要踏板和有力抓手。按照习总书记在烟台视察时对万华的重要指示，万华化学将在未来 10 年努力成为全球异氰酸酯行业和聚氨酯行业的领军者，中国最有竞争力的 C3 和 C4 下游衍生物制造商以及全球涂料行业的主要原料供应商。炼化新材料项目是万华化学全产业链布局的重要一环，项目产出的烯烃、芳烃等石化原料将为万华化学在聚氨酯、涂料、新材料、功能化学品等领域高端化延伸提供全面的原料供应体系支撑保障，引领万华跻身全球化工产业链分工，参与国际产业竞争，最终成为世界级石化龙头企业。

3 工程分析

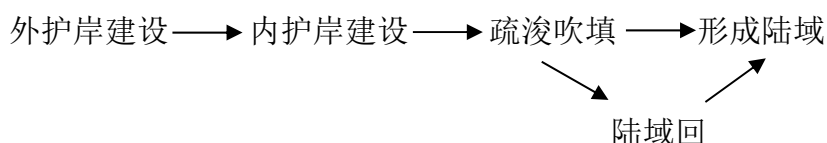
3.1 生产工艺与过程分析

工程施工内容主要包括护岸围堰建设和疏浚吹填以及局部陆域回填，以便形成陆域。施工顺序如下：

(1) 围堰

施工准备→块石抛填→块石护底→二片石垫层→碎石倒滤层→块石护面→现浇砼压顶。

(2) 陆域形成



3.2 环境影响回顾性分析

3.2.1 水质、沉积物质量变化

根据《龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海海洋环境 2010 年跟踪监测报告》（山东省海洋环境监测中心）和《裕龙岛 4000 万吨/年炼化一体化填海项目生态评估报告》（中国海洋大学），裕龙岛外侧海域，除施工期间悬浮物、无机氮含量升高，其余所有监测要素的含量在围填海施工前后变化不明显。施工期间无机氮含量升高，一方面可能与围填海过程中搅动海底沉积物，海底沉积物中掩埋的有机碎屑等无机氮被海水释出有关，另一方面可能与施工污染物排放有关。根据其后续监测结果，随着施工期结束，悬浮物很短时间恢复原状，无机氮含量逐渐降低。

工程围填海区域水道内无机氮、磷酸盐含量超标，可能与八里沙河、北马河携带污染物及陆侧养殖池塘废水排放有关。同时，近岸水道不畅，影响了水道内及周边流场和水体交换。需采用修建桥梁，打通水道、促进水道内水体交换，入海河道污水治理等生态修复方案，对水道内的水质环境进行整治。

裕龙岛周边海域，沉积物质量在施工前后总体上符合一类沉积物质量标准，沉积物质量良好。沉积物有机质、石油类、铜、铅、锌、铬、镉含量均在正常范围内波动，未因围填海工程出现显著的相关性变化。

围填海水道内的部分站位个别因子超一类沉积物质量标准。但除 D19 号站位部分重金属因子超标外，其余站位各沉积物监测因子均符合相应的功能区划对沉积物质量的要

求。D19 站位部分重金属因子超标，可能与界河搬运物质有关。

总体而言，工程围填海对海水水质存在一定程度的影响，但影响较小且逐渐恢复，裕龙岛周边海水水质和沉积物质量无明显变化，裕龙岛水道内由于水体交换不畅、养殖废水排放及河流污染物输入，无机氮含量增多，需尽快打通水道，提高水道与外部海域水体交换，改善水道水质。

3.2.2 生物生态变化

根据《裕龙岛 4000 万吨/年炼化一体化填海项目生态评估报告》（中国海洋大学），工程所在海域叶绿素 a 含量较为稳定，围填海后较围填海前叶绿素 a 含量有所增加，围填海建设对叶绿素 a 含量变化影响较小。工程所在海域浮游植物、浮游动物和底栖生物种类和数量年际和空间变换较大，但生物多样性指数较为稳定，填海前后变化不大。围填海对该区域海洋生物生态影响较小，对周边渔业资源种类和资源密度影响较小。

围填海工程除施工期产生悬浮泥沙外，无其他污染物排海，工程建设对周边海洋生态的影响较小。

3.2.3 前期施工过程中悬浮泥沙变化

2010.9~2013.8 山东省海洋环境监测中心裕龙岛海域开展了为期 4 年 12 个航次的海洋环境跟踪监测，监测站位见图 3.2-1、表层悬浮泥沙监测结果见表 3.2-1、底层悬浮泥沙监测结果见表 3.2-2。

根据各期《龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海海洋环境跟踪监测报告（山东省海洋环境监测中心）》对悬浮泥沙变化进行简要分析。2010.9~2013.8 监测过程中表层悬浮泥沙变化曲线见图 3.2-2、底层悬浮泥沙变化曲线见图 3.2-3。

从对比图可以看出，2010 年 9 月即项目施工之前表层悬浮泥沙含量在 16.3~45.1mg/L、平均值为 28.8 mg/L，底层悬浮泥沙含量在 14.6~49.8 mg/L、平均值为 29.3 mg/L，表层和底层悬浮泥沙含量均较低且相差不大；2011 年初开始施工，监测时期悬浮泥沙含量整体呈上升趋势，但最高浓度基本在 150 mg/L 以下，平均值多在 100 mg/L 以下；从图 3.2-2 可以看出，表层悬浮泥沙含量在 2012 年 3 月、2012 年 12 月、2012 年 3 月含量陡降，根据实际施工过程，当时为冬季和春节前后，基本停止施工，施工强度低，前期施工造成的较高悬浮泥沙已消失。

总体来说，施工期会造成悬浮泥沙的相对升高，但悬浮泥沙浓度升高是短暂的，会很快落淤，不会对工程周边水质造成持续影响。

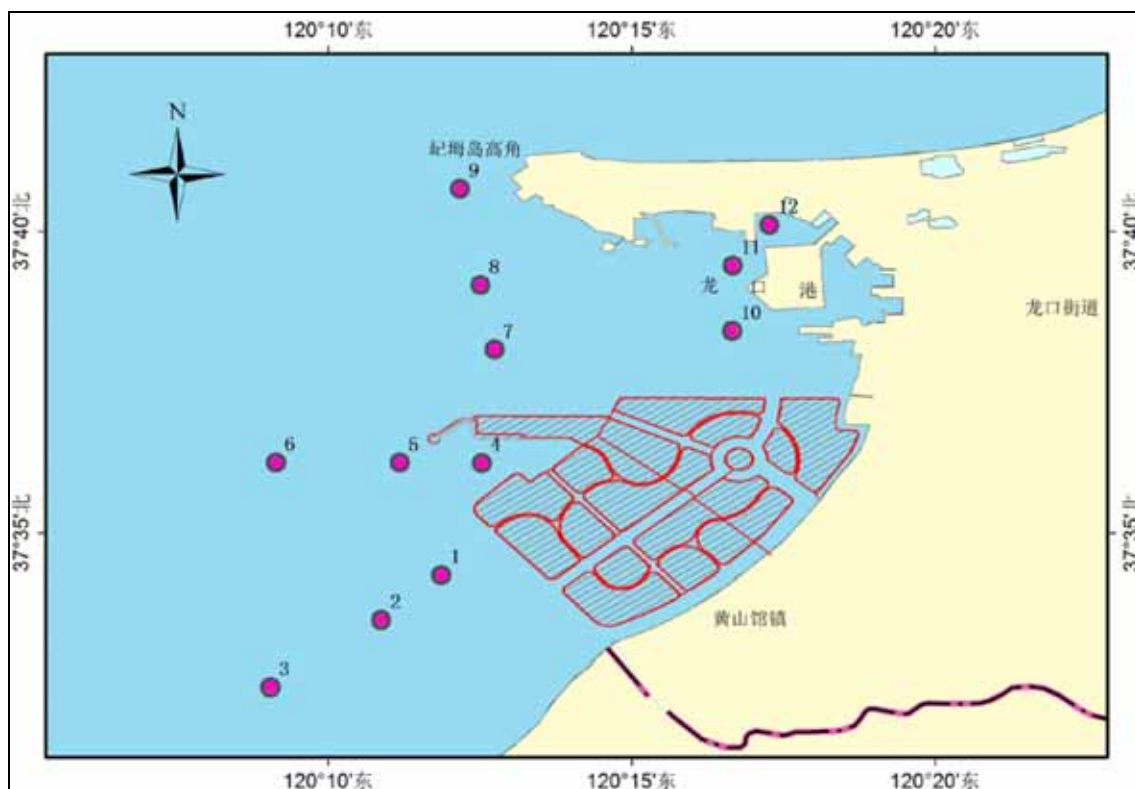


图 3.2-1 监测站位图

表 3.2-1 表层悬浮泥沙监测结果 (mg/L)

站号	2010.9.19	2010.9.20	2011.3.9	2011.3.10	2011.5.16	2011.5.17	2011.8.24	2011.8.25	2011.1.20	2011.1.21	2012.3.15	2012.3.16
1	16.3	46.6	24.3	25.26	41.1	61.5	20	32.2	76.1	79.8	25.46	25.21
2	43.7	38.5	28.09	30.08	13.8	42.4	21.8	24.6	54.4	100.5	27.16	30.14
3	32.4	30.5	25.52	25.8	13.1	44	53.4	57.1	51.3	47	26.48	25.4
4	29.9	28.6	29.82	38.76	48.2	40.9	46.2	41.6	52.5	54.6	28.49	38.44
5	27.9	24.3	21.89	23.25	33.8	51.3	61	57.6	74.1	86.9	22.46	24.77
6	17.9	16.5	32.44	32.69	23.8	16.1	42.7	48.1	58.3	69.5	35.48	33.41
7	21.4	21.7	49.03	51.2	55.1	52.8	15	49.2	73.1	38.9	48.45	50.78
8	32.4	22.6	41.98	42.09	18.5	17.2	85.9	92.5	70.6	49.3	42.15	44.19
9	28.7	41.1	25.53	28.6	60.9	27.9	28.7	28.2	76.5	75.9	25.48	28.99
10	24.8	30.8	24.32	24.42	42.9	30.7	37	36.9	79.2	72.7	25.12	25.1
11	45.1	41.5	20.49	20.61	24.8	43.2	26.5	24.2	54	67.7	20.98	22.68
12	25.4	25.2	20.75	20.89	63.5	68.1	43.3	43	44.3	111.4	20.75	24.62
最大值	45.1	46.6	49.03	51.2	63.5	68.1	85.9	92.5	79.2	111.4	48.45	50.78
最小值	16.3	16.5	20.49	20.61	13.1	16.1	15	24.2	44.3	38.9	20.75	22.68
平均值	28.8	30.7	28.7	30.3	36.6	41.3	40.1	44.6	63.7	71.2	29.0	31.1
站号	2012.6.1	2012.6.2	2012.9.11	2012.9.12	2012.1.2.11	2012.1.2.12	2013.3.5	2013.3.6	2013.5.9	2013.5.10	2013.8.13	2013.8.14
1	66.2	91.8	109.2	77.9	24.2	30	24.37	25.33	96.9	95	91.3	99
2	78.9	76.2	95.5	110	34.8	32.7	28.17	30.17	105.5	119.7	104.7	105.1
3	76.7	71	85.4	84.8	17.1	50.8	25.59	25.87	105	88.7	103.8	95.9
4	59.4	85.2	74	122.5	32.6	62.2	29.91	38.87	152	76.8	84.1	113.6
5	92.4	78.3	94.2	87.5	21.7	54.8	21.95	23.27	106.5	74.3	61.4	64.5
6	83.6	78.2	72.4	77.5	46.4	43.7	32.41	32.79	103.4	127.5	47.7	101.7
7	109.1	125.4	114.9	87.3	53.3	42.4	49.17	51.17	93.1	100.8	123.4	98.3
8	133.7	101.6	76.5	69.1	43.6	29.6	41.99	42.21	67	95.5	63.2	110.5
9	78	77.4	102.9	73.3	37.7	44.9	25.55	28.68	100.9	93.5	74	91.2
10	82.1	77.6	82.1	91.3	47.4	36.8	24.39	24.43	92	88.9	53.7	102.6
11	100.6	81.8	89.9	76.1	43.4	20.3	20.55	20.67	90.8	102.6	93.2	82.5
12	71.7	83.3	95.6	85.5	20	16.2	20.79	20.93	87.2	69.3	86.6	79.7
最大值	133.7	125.4	114.9	122.5	53.3	62.2	49.17	51.17	152	127.5	123.4	113.6
最小值	59.4	71	72.4	69.1	17.1	16.2	20.55	20.67	67	69.3	47.7	64.5
平均值	86.0	85.7	91.1	86.9	35.2	38.7	28.7	30.4	100.0	94.4	82.3	95.4

表 3.2-2 底层悬浮泥沙监测结果 (mg/L)

监测时间	2010.9.19	2010.9.20	2011.5.16	2011.5.17	2011.8.24	2011.8.25	2011.11.20	2011.11.21
1	17.8	16	31.4	27.1	26.8	47.2	61.3	63.9
2	22.7	22.3	51.6	21.1	16.4	53.8	96.1	97.3
3	31.5	27.5	16.9	20.2	25.6	28.2	44.8	89.9
4	14.6	30.1	39.1	67.6	38.7	38.7	74.7	77.1
5	41.4	36.1	22.6	27.8	34	33.7	88.7	88.2
6	38.2	22.6	29.1	18.2	18.7	59.6	45.1	77.3
7	27.1	33.4	43	17.9	18.9	19.6	74.1	91.4
8	29.2	27.5	28.2	35.3	68.7	71.5	73.6	87.5
9	49.8	49.2	64.7	27.2	47.9	45	68.2	56.9
10	31.2	28.7	56.7	51.9	60.7	61.3	48.9	86.5
11	19.6	22.6	30	44.5	33.5	32.2	108.8	62.2
12	28.7	25.8	49.5	42.4	36.6	35.6	73.6	126.9
最大值	49.8	49.2	64.7	67.6	68.7	71.5	108.8	126.9
最小值	14.6	16	16.9	17.9	16.4	19.6	44.8	56.9
平均值	29.3	28.5	38.6	33.4	35.5	43.9	71.5	83.8
监测时间	2012.6.1	2012.6.2	2012.9.11	2012.9.12	2013.5.9	2013.5.10	2013.8.13	2013.8.14
1	76.8	48.1	88.2	83.6	129.9	63	89.3	84.1
2	59.4	112.8	145.7	137.8	192.3	72.2	88.6	111.1
3	122.4	101.5	107.1	76.8	133.8	119.7	64.6	87.6
4	47.1	61.7	113.1	93.2	71.8	99.3	118.1	76.4
5	64.5	54.8	120	82.5	121.8	67.7	94.6	95.9
6	82.8	68.1	101.1	99.4	70.2	95	64.7	113.1
7	103.3	70.1	100.2	97.2	89.5	66.3	69.7	86.6
8	72.3	67.4	92.2	99.6	87.5	99.3	87.2	81.2
9	136.2	49.8	76.1	118	102.5	131.2	100.1	80.4
10	77.7	98.1	71.6	101.5	57.6	89.3	96.9	98.2
11	83.3	110.2	80	74.4	28.8	64.6	83.9	92.9
12	98.6	81.6	133.7	77.9	89.7	89.4	83.8	72.2
最大值	136.2	112.8	145.7	137.8	192.3	131.2	118.1	113.1
最小值	47.1	48.1	71.6	74.4	28.8	63	64.6	72.2
平均值	85.4	77.0	102.4	95.2	98.0	88.1	86.8	90.0

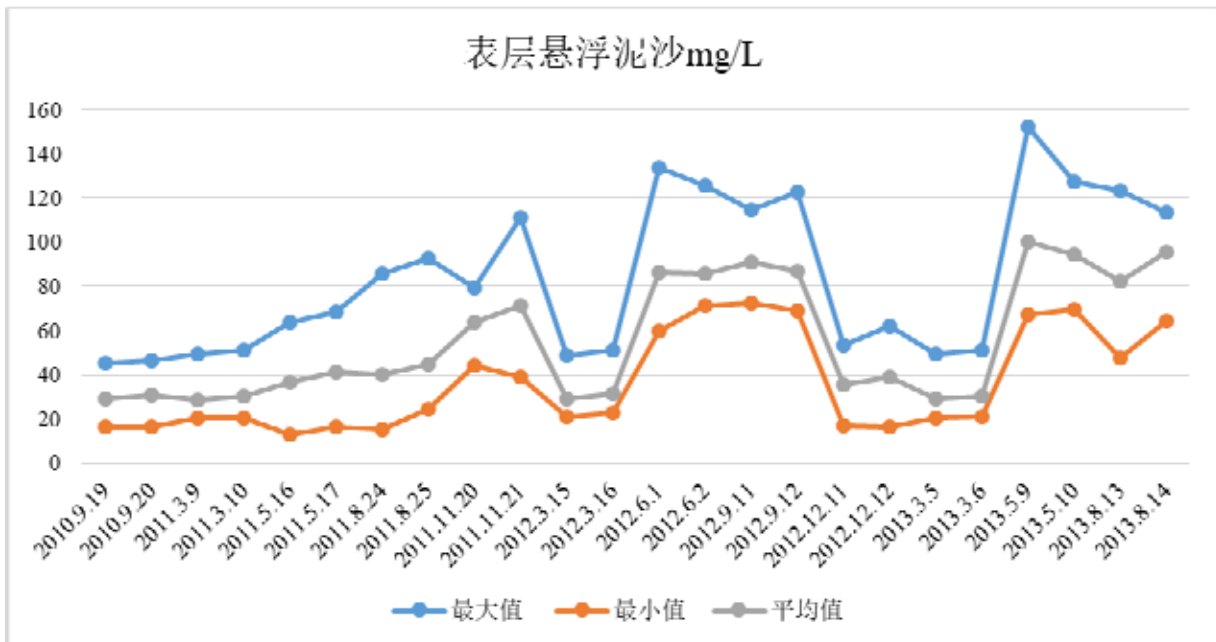


图 3.2-2 2010.9~2013.8 表层悬浮泥沙变化曲线

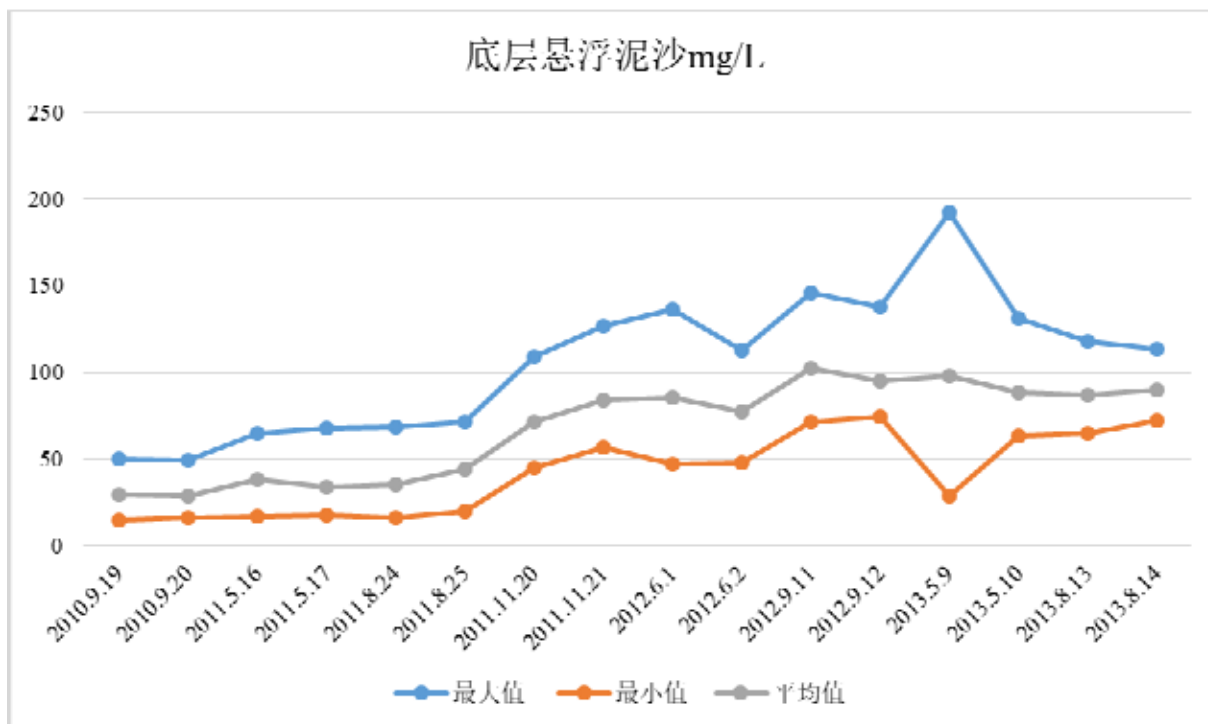


图 3.2-3 2010.9~2013.8 底层悬浮泥沙变化图

3.2.4 利益相关协调

业主在项目施工之前与周边养殖业户等利益相关者进行了充分协调，并完成拆迁补偿工作，施工过程中未发生利益纠纷。

3.3 工程各阶段污染环节与环境影响分析

3.3.1 施工悬浮泥沙

疏浚等施工使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，并使得工程海域内底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响。主要污染物为 SS。

①围堰抛石

围堰抛石产生的悬浮泥沙源强：抛石一方面由于将细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度，另一方面抛石挤出的泥沙过程也产生颗粒悬浮物。抛石形成的颗粒物悬浮源强按下式计算：

$$S_1 = (1 - \theta_1) \rho_1 \alpha_1 P$$

式中： S_1 —为抛石挤淤的悬浮物源强(kg/s)，

θ_1 —为海底沉积物天然含水率（%），

ρ_1 —为海底泥沙中颗粒物的天然干密度（ kg/m^3 ），

α_1 —为泥沙中悬浮物颗粒所占百分率（%），

P —平均挤淤强度 (m^3/s)。

计算得到 $S_1 = (1-0.4) \times 1400 \times 0.45 \times 0.0075 = 2.8\text{kg/s}$ 。

②吹填溢流

本工程按照每个岛采用 2 艘 $4500\text{m}^3/\text{h}$ 绞吸式挖泥船进行吹填，则溢流速度为 $9000\text{m}^3/\text{h}$ ，回填区的泥浆水流经分隔围堰、多道防污屏沉隔、布设双层土工布，经排水口排出，溢流浓度可以控制在 1000mg/L 以内，按照每个岛同时有两个溢流口发生溢流，经计算，溢流源强约为： $9000/3600 \times 1.0/2 = 1.25\text{kg/s}$ 。

③疏浚

绞吸船疏浚产生的悬浮泥沙源强：如某绞吸式挖泥船，使用 $4500\text{m}^3/\text{h}$ 的吸泥泵，输泥管内充泥系数为 0.2，则挖泥速率 $V=900\text{m}^3/\text{h}$ ，根据底质情况，挖泥点产生悬浮泥沙 k 一般为 $3\sim 5\text{kg}/\text{m}^3$ ，可获得悬浮物发生率 S (kg/s)。

即： $V=900\text{m}^3/\text{h}$ ， $k=5\text{kg}/\text{m}^3$ ，则： $S=900 \times 5/3600 = 1.25\text{kg/s}$

3.3.2 废水污染源

施工期污水主要为生活污水、含油污水。

(1) 生活污水

工程后期围堰工程施工期间平均施工人数约为 100 人，作业天数为 180 天，生活污水的发生量按照每人每天 60L 计算，则生活污水日发生量约 6.0t/d ，则施工期生活污水产生量为 1080t 。污水中 COD、BOD₅、氨氮和 SS 浓度分别按 350mg/L 、 225mg/L 、 40mg/L 和 200mg/L 计，估算工程施工期间 COD、BOD₅、氨氮和 SS 年排放量分别约为 0.378t 、 0.243t 、 0.043t 、 0.216t 。

陆域回填及吹填施工期约 80 人，时间约 180 天，按平均每人每天 60L 的生活污水产生量计算，生活污水最大产生量为 4.8t/d ，则生活污水产生量为 864t 。污水中 COD、BOD₅、氨氮和 SS 浓度分别按 350mg/L 、 225mg/L 、 40mg/L 和 200mg/L 计，估算工程施工期间 COD、BOD₅、氨氮和 SS 年排放量分别约为 0.302t 、 0.194t 、 0.035t 、 0.302t 。

表 3.3-1 施工生活污水产生量

作业阶段	施工人数	作业天数	产生系数	生活污水量 (t)	COD _{cr} (t)	SS (t)	NH ₄ -N (t)	BOD ₅ (t)
围堰工程	100	180	60 L/d	1080	0.378	0.243	0.043	0.216
陆域回填、吹填	80	180	60 L/d	864	0.302	0.194	0.035	0.302
合计	/	/	/	1944	0.680	0.437	0.078	0.518

(2) 船舶含油污水

根据本工程施工作业量及工期安排，本工程施工期施工船舶数量最多约为 10 艘，施工期间的含油污水主要来自施工船舶产生的机舱油污水，根据《港口工程环境保护设计规范》（JTJ231-94），油污水的产生量按 0.3t/d 艘计，每天共产生油污 10.5t，施工天数为 180d，则施工期船舶含油污水产生量为 540t，废水含油浓度为 5000mg/L，石油类排放量约 2.7t。

（3）机修油污水

工程施工期间机械设备、车辆约 50 台（辆），若每天设备检修率按 1%计，机械、车辆冲洗用水量标准以 0.6t/台·次计，则每天废水发生量约 0.3t，施工作业天数 180d 计算，则施工期机修油污水的产生量约 54t。废水含油浓度为 5000mg/L，石油类排放量约 0.27t。

施工船舶主要依托周边龙口港、龙口渔港等进行施工，船舶产生的生活污水、含油污水利用港口污水收集设施进行统一收集，生活污水利用港区污水槽车送市政污水处理厂处理，含油污水送入港区油污水处理站处理。后方陆域施工人员主要利用邻近的村庄作为施工营地，产生的生活污水利用民宿厕所收集，后期用于农田肥料。

3.3.3 施工期环境空气污染物源强分析

1) 港口施工现场污染源强估算

类比同类项目的建设，在沙石料堆存过程中的风蚀起尘、卡车卸料时产生的粉尘污染、道路二次扬尘、水泥拆包的粉尘污染、场地扬尘等共同作用下，未采取环保措施时，施工现场面源污染源强为 539g/s。采取环保措施时，施工现场面源污染源强为 140g/s。

2) 汽车运输沙石对运输线路的粉尘污染源强估算

参照国内港口道路扬尘的实验研究成果，汽车道路场尘量可按下式计算：

$$Q=0.123(V/5)(W/6.8)^{0.65}(P/0.05)^{0.72}$$

式中：Q—汽车扬尘量，（kg/km，辆）；V—汽车速率，（km/h）；W—汽车载重量，（t/辆）；P—道路表面积尘量，（kg/m²）。

最大车流量按 10 辆/h，载重量 10t/辆。行驶车速 10km/h，道路表面积尘量 0.05kg/m²。可计算得每小时最大扬尘增量值约 3.16kg/h，每天工作时间按 10 小时计算，日增值约 31.6kg/d。

3) 车辆排放废气

根据《公路建设项目环境影响评价规范（试行）》（JTJ005-96）中气态排放污染物等速工况单车排放因子推荐值，确定车辆单车排放因子见表 3.3-2。根据单车污染物平

均排放量、最大车流量，本工程年施工作业天数按 180 天计，每天工作时间 10 小时，车辆在港平均行驶距离按 10km/h·辆计算，每天车辆按 50 辆计（其中小型车 5 辆，中型车 5 辆，大型车 40 辆），则 CO、THC、NO_x 的年排放量分别 9.32 t/a、3.60 t/a、8.16 t/a，具体计算结果见表 3.3-3。相关调查所得到的资料表明，如果港内通风条件良好，车辆在怠速工况下排放的废气中污染物对外界环境的影响基本上可以接受。

此类废气为间断排放，随着机械使用频率的不同而随时变化，同时随施工结束而结束。

表 3.3-2 车辆单车排放因子推荐值 单位：g/km·辆

污染物	小型车	中型车	大型车
CO	31.34	30.18	5.25
THC	8.14	15.21	2.08
NO _x	1.77	5.40	10.44

表 3.3-3 施工期间机动车辆污染物年排放量 单位：t/a

污染物	小型车	中型车	大型车	合计
CO	2.821	2.716	3.780	9.317
THC	0.733	1.369	1.498	3.599
NO _x	0.159	0.486	7.517	8.162

3.3.4 施工期噪声污染源强估算

本工程按常规施工方法，施工期对声环境的影响因素主要是施工机械、船舶噪声。本项目施工主要包括围堰建设、陆域形成。根据以上工程的施工特点，对声环境影响较大的施工机械主要有推土机、压路机、自卸卡车、铲土机混凝土搅拌机、混凝土振捣器、施工船舶等。通过对其它相关建设施工现场的类比监测，主要施工机械噪声源强见表 3.3-4。

表 3.3-4 主要施工机械设备的噪声源强

污染源	测量声级 (dB)	测量距离 (m)	排放方式
推土机	86	5	自然传播
铲土机	75	15	
自卸卡车	70	15	
混凝土搅拌机	79	15	
混凝土振捣器	80	12	
施工船舶	65	60	

3.3.5 施工期固体废弃物源强分析

施工期间平均施工人数约为 180 人，作业天数为 180 天，施工人员产生的生活垃圾一般每人每天约为 1.5kg/d，共产生生活垃圾为 48.6t。生活垃圾集中收集后送城市垃圾处理场统一处理。

施工期污染物排放情况见表 3.3-5。

表 3.3-5 施工期主要污染物源强

环境要素	污染源	发生情况	污染物	污染物发生情况	排放/处理方式
水环境	围堰抛石	2.8kg/s	SS	2.8kg/s	自然排放
	吹填溢流	1.25kg/s	SS	1.25kg/s	自然排放
	疏浚	1.25kg/s	SS	1.25kg/s	自然排放
	生活污水	1944t	COD	0.680t	收集后送污水处理厂处理
			BOD ₅	0.437t	
			氨氮	0.078t	
			SS	0.518t	
机修油污水	54t	石油类	0.27t	送有资质单位处理	
船舶油污水	540t	石油类	2.7t		
大气环境	施工粉尘	539g/s	TSP	140g/s	洒水抑尘
	汽车扬尘	31.6kg/d	TSP	31.6kg/d	洒水抑尘
	车辆废气	9.317t	CO	9.317t	无组织排放
		3.599t	THC	3.599t	
8.162t		NO _x	8.162t		
声环境	各类施工机械	65dB~86dB	噪声	65dB~80dB	自然传播
固体废物	生活垃圾	1.5kg/d/人	生活垃圾	48.6t	统一收集送城市垃圾处理场处理

3.4 工程各阶段生态影响因素分析

工程对环境的生态影响因素，主要是工程建设造成的岸线、水深变化，从而使工程海域的流场产生变化，进而对污染物输移，对泥沙回淤、海床演变产生的影响；构筑物建设等对海洋生态环境的影响等。

3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选

3.5.1 环境影响要素识别

主要环境影响因素分析见表 3.5-1。本工程环境影响要素主要为：

(1) 污染要素

施工期间，主要污染物包括疏浚、围堰抛填、吹填等施工环节产生的悬浮泥沙，陆域和海上施工人员产生的生活污水、机修油污水、船舶含油污水，施工过程中各种施工车辆、机械的作业处、砂石料的运送及存放物料的堆场、水泥包拆包等造成的扬尘污染，施工船舶、车辆、机械等作业过程中产生的噪声和废气，施工期间产生的生活垃圾。

表 3.5-1 项目环境影响因素识别

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋生态	底栖生物	构筑物掩埋	+++
		鱼类	疏浚等产生悬浮物	++
		甲壳类和头足类等	疏浚等产生悬浮物	++
	海水水质	SS	疏浚等产生悬浮物	+++
		COD、氨氮	施工人员	+
	海洋水文动力	潮流	构筑物影响	+
	海洋沉积物	底质	构筑物石料	++
	地形地貌与冲淤	冲淤环境	构筑物影响	+
	噪声环境	噪声	车辆和机械作业、混凝土拌和站	+
	大气环境	TSP	沙石料堆放、车辆运输	+
		CO、NO _x	车辆运输	+
	固体废弃物	生活垃圾	施工人员	+

+ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；
 ++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；
 +++ 环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

(2) 生态影响要素

水动力环境变化、冲淤环境变化、生态环境变化。

3.5.2 评价因子筛选

通过对工程附近海域的环境质量现状调查，结合环境影响因素识别，对环境影响评价因子进行了筛选，确定本项目的的环境评价因子为：

(1) 海水水质

现状评价因子：pH、DO、COD、SS、无机氮（亚硝酸盐、硝酸盐、铵盐）、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、锌、镉、总铬、砷等 13 项。

预测因子：SS。

(2) 海洋沉积物

现状评价因子：有机碳、硫化物、石油类和重金属（铜、锌、铅、镉、总铬、砷）等。

(3) 海洋生物

现状评价因子：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物等。

(4) 大气环境

评价因子：CO、NO_x、TSP。

(5) 声环境

评价因子：等效连续 A 声级。

(6) 非污染要素

现状评价因子：海流、水动力环境、冲淤环境。

预测评价因子：悬浮泥沙扩散影响、水动力和冲淤环境影响。

3.6 环境影响评价范围、内容和方法

运用定性和定量分析的方法对海域海水水质、海洋沉积物、海洋生态、渔业资源、海流、地形地貌冲淤等环境现状进行评价。

采用数值模拟分析方法评价施工期间产生的悬浮泥沙扩散对海洋环境的影响。

运用定性和定量分析的方法，评价施工期和运营期污水、噪声、废气以及固体废弃物等方面的污染对环境的影响；运用相关计算的方法分析噪声、大气对周边环境的影响等。

4 区域自然环境和社会环境概况

4.1 工程区域自然环境概况

4.1.1 气象与气候

(1) 气象

龙口气象站位于龙口镇南郊（37°37'N，120°19'E），距龙口港区约 2km。该站观测场地海拔高度 3.5m，测风仪器离地面高度 10.9m。从 1956 年 11 月开始有观测记录，至今已有 60 多年的历史，观测资料代表性较好。

(2) 气温

本区多年平均气温为 11.6℃。月平均气温的年变化较显著，7 月份最高、平均气温为 25.4℃，1 月份最低、平均气温为 -3.1℃，年温差为 28.5℃。年平均最高气温为 16.5℃。年平均最低气温为 7.0℃。年极端最高气温为 38.3℃（1972 年 7 月 5 日）。年极端最低气温为 -21.3℃（1977 年 1 月 30 日）。

(3) 降水

据统计的特征值如下：

年平均降水量 624.9mm 年最大降水量 944.9mm（1964 年）

年最小降水量 401.7mm（1981 年）

日最大降水量 163.3mm（1982 年 8 月 25 日）

日降水量 > 10.0 mm 年平均降雨日数为 17.8 d

日降水量 > 25.0 mm 年平均降雨日数为 6.7 d

日降水量 > 50.0 mm 年平均降雨日数为 2.0 d

(4) 风况

龙口气象站测风仪器海拔高度 14.4m，自 1970 年起为自动记录 10min 平均风速。统计 1958-1980 年风况记录资料显示：本区常风向为 S、频率为 19%，次常风向为 NNE、频率未 9%；多年平均风速为 4.4m/s；历年最大风速 34m/s，风向 NNE。详见年风况统计表（表 4.1-1）和风玫瑰图（图 4.1-1）。

根据龙口气象站 1957-1980 年大风资料统计（表 4.1-2），龙口各月均有大风出现，月平均大于 8 级风天数一般在 3-6 天，最少月份平均为 1.4 天（8-9 月），最多月份平均为 8.5 天，全年平均为 47.7 天。

表 4.1-1 龙口气象站 1958-1980 年风频、风速统计表

风 向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	4.5	8.5	8.0	6.5	4.5	1.5	2.0	4.0
平均风速 (m/s)	4.0	5.1	4.5	3.3	2.8	2.1	2.1	4.1
最大风速 (m/s)	20	34	18	18	12	7	11	20
风 向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	19.0	8.3	3.3	3.3	4.8	4.8	4.3	3.8
平均风速 (m/s)	5.4	3.5	3.8	4.2	4.1	4.8	5.2	5.0
最大风速 (m/s)	24	14	15	12	18	20	18	16

表 4.1-2 各月大风天数 (大于 8 级) 统计

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	统计年限	
平均	3.7	3.5	6.2	8.5	5.0	3.6	3.1	1.5	1.4	3.3	4.7	3.3	47.7	1957~1980	
最多	10	11	16	14	10	15	10	6	4	10	13	9	93	1957~1982	
年份	3a	1966	1966	1968 1969	1965	1968	1963	1964	1966	1963	1962	1965	1966		
最少	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8/1982		

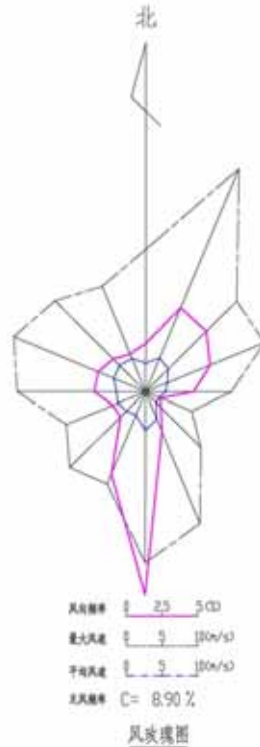


图 4.1-1 龙口风玫瑰图

(5) 雾况

能见度小于 1km 的雾日多年平均为 9.9d, 年最多雾日数为 19d (1976 年), 最少雾日数未 6d (1958 年、1961 年、1963 年)。

(6) 湿度

龙口地区累年平均湿度为 70%, 年际变化不大, 月平均湿度以 8 月份较大, 达 84%; 3 月份最小, 湿度为 63%。

(7) 冰况

据 1963~1979 年的冰况统计资料，工程区域冰情较轻，固定冰出现机会较少。每年初冰日最早出现于 12 月上旬，1 月份前多为初生冰，至 2 月中旬冰层加厚，冰终日最晚在 3 月中旬。多年平均冰期为 62.8 天，最多 97 天。本港正常年份无冰冻影响，只在 1968 年出现一次冰封现象。港口作业受冰凌影响天数每年计 2 天。

4.1.2 水文

(1) 潮汐

龙口港验潮站为一长期正规验潮站，验潮井座落在龙口港码头西端，地理坐标为东经 $120^{\circ}19'$ ，北纬 $37^{\circ}39'$ ，为岸式，水深 7m，自 1961 年开始进行自记验潮，迄今已积累了 60 多年的潮位观测资料，其中由于港口扩建缺失 1990 年和 1991 年的潮汐资料，其它年代的潮位资料比较完整可靠，可根据龙口验潮站的潮位资料来分析本工程海域的潮汐特征并计算工程设计潮位。

① 基准面换算关系

高程基准面为当地理论最低潮面，在 1985 年国家高程基准面下 0.70m。

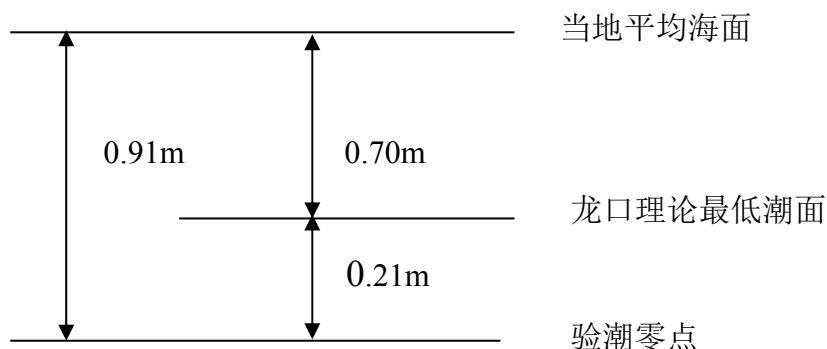


图 4.1-2 基准面关系图

② 潮型

本港潮汐型态数为 0.92，属不规则半日潮型。

③ 潮位特征值：

根据龙口验潮站长期资料统计分析，龙口湾内的潮汐性质属于不规则半日潮型。龙口港潮汐特征值如下：

年最高潮位	3.19m	(1972 年 7 月 2 日)	
年最低潮位	-1.46m	(1972 年 4 月 1 日)	
平均高潮位	1.15m	平均低潮位	0.24m
平均潮差	0.91m	最大潮差	2.87m
平均涨潮历时	6h23min	平均落潮历时	5h59min

(2) 设计水位

设计高水位	1.68m	设计低水位	-0.14m
极端高水位	3.18m	极端低水位	-1.72m

(3) 乘潮水位 (见表 4.1-3)

表 4.1-3 乘潮水位表

单位: m

累计频率 (%)	乘 潮 历 时 及 水 位 (m)			
	1h	2h	3h	4h
80	0.89	0.84	0.77	0.71
85	0.84	0.79	0.71	0.64
90	0.74	0.69	0.62	0.57
95	0.53	0.51	0.51	0.38

(4) 波浪

龙口海洋站位于龙口湾外, 具有多年的观测资料; 该站测波浮鼓设在砣姆岛高角 NNW 方向 (距岸 528m、水深 15.7m 处), 从 1961 年 1 月开始观测至今。

根据观测资料统计分析, 龙口湾外海域常波向为 NE 向, 频率为 14%; 次常波向为 NNE, 频率为 9%; 强波向为 NE 向, 最大波高 7.2m (出现于 1979 年的寒潮大风过程)。本海域常波向及强波向四季变化不大, 常波向为 NE 向。波浪以风浪为主, 频率占 88%。

本海区波高出现频率最多的是 0.4~1.0m, 占 50.92%; 出现最多的周期为 3~5s, 频率为 64.24%。波高大于 3m、周期大于 7 秒的波浪仅占 3%左右。年平均波高 1.23m, 平均周期 4.3s。可见龙口港区外海域波高较大, 周期较小。

龙口湾内有一短期波浪资料, 其统计结果见表 4.1-4。

表 4.1-4 龙口湾内波浪要素统计表

方向	平均周期(s)	平均波高(m)	最大波高(m)	频率(%)
N	1.3	0.3	1.2	5
NNE	1.6	0.4	1.3	5
NE	1.2	0.2	1.5	12
ENE	0.3	0.1	0.5	1
E	0	0	0	3
ESE	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
SSE	1.9	0.7	1.3	1
S	1.8	0.6	2.3	13
SSW	2.2	0.6	2.3	12
SW	2.4	0.5	2.3	15
WSW	2.2	0.5	2.9	8
W	1.7	0.5	2.0	4
WNW	2.4	0.8	2.1	4
NW	2.1	0.6	2.0	9
NNW	1.9	0.5	2.0	6
C				12

龙口湾由于有一长约 10km 的连岛砂坝伸入海中, 形成了天然的防波堤, 所以湾内

外波浪有很大不同。从上表可以看出，湾内常波向为 SW，出现频率为 15%；次常波向为 SSW、NE，频率为 12%。强浪向为 WSW 向，最大波高为 2.9m；次强浪向为 S、SSW 和 SW 向，最大波高均为 2.3m。全年平均波高为 0.4m，仅为湾外三分之一左右，最大波高为湾外的 40%。可见湾内外波浪不论是常浪向、强浪向以及波高都有很大差别。

本工程码头布置在掩护良好的港池内，工程区域基本不受波浪影响。

(5) 海流

海流观测资料分析结果表明，本海区属不规则半日潮流。潮流以旋转流为主，湾内附近呈往复流型态。

本区域最大涨潮流速 84cm/s，方向 172°；最大落潮流速 91cm/s，方向 13°。湾口流速大于湾内流速，湾内龙口商港航道附近表层最大流速 35cm/s，而港内表层最大流速仅 21cm/s。故海流对建筑物及作业影响很小。

本海区余流较强，这主要是受龙口湾内地形及风海流的影响，表层最大余流流速 42cm/s，方向 336°。

4.1.3 地质

4.1.3.1 工程地质

山东省烟台金宇岩土有限责任公司 2018 年对裕龙岛（填海后）进行了工程地质勘察，本报告在此引用其调查资料，钻孔布置图见图 4.1-3，典型工程地质钻剖面图见 4.1-4。

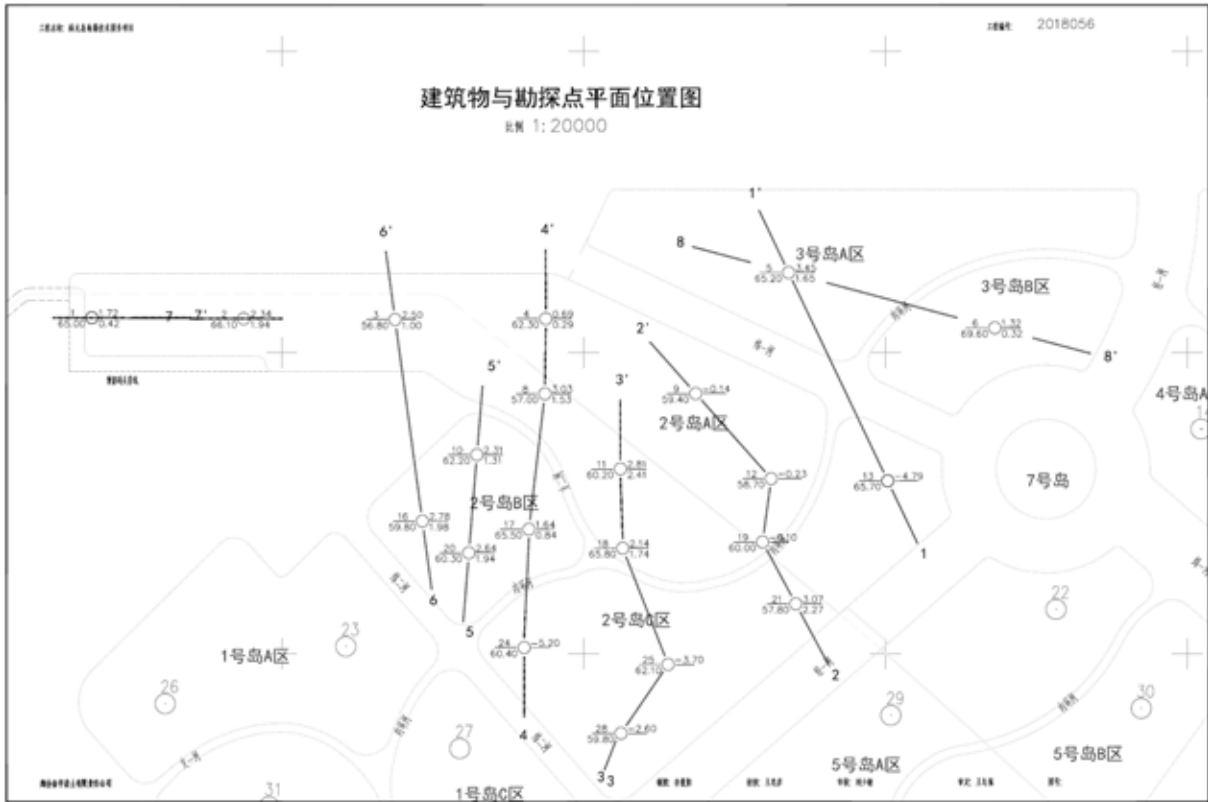


图 4.1-3a 钻孔布置图 (2#、3#岛)

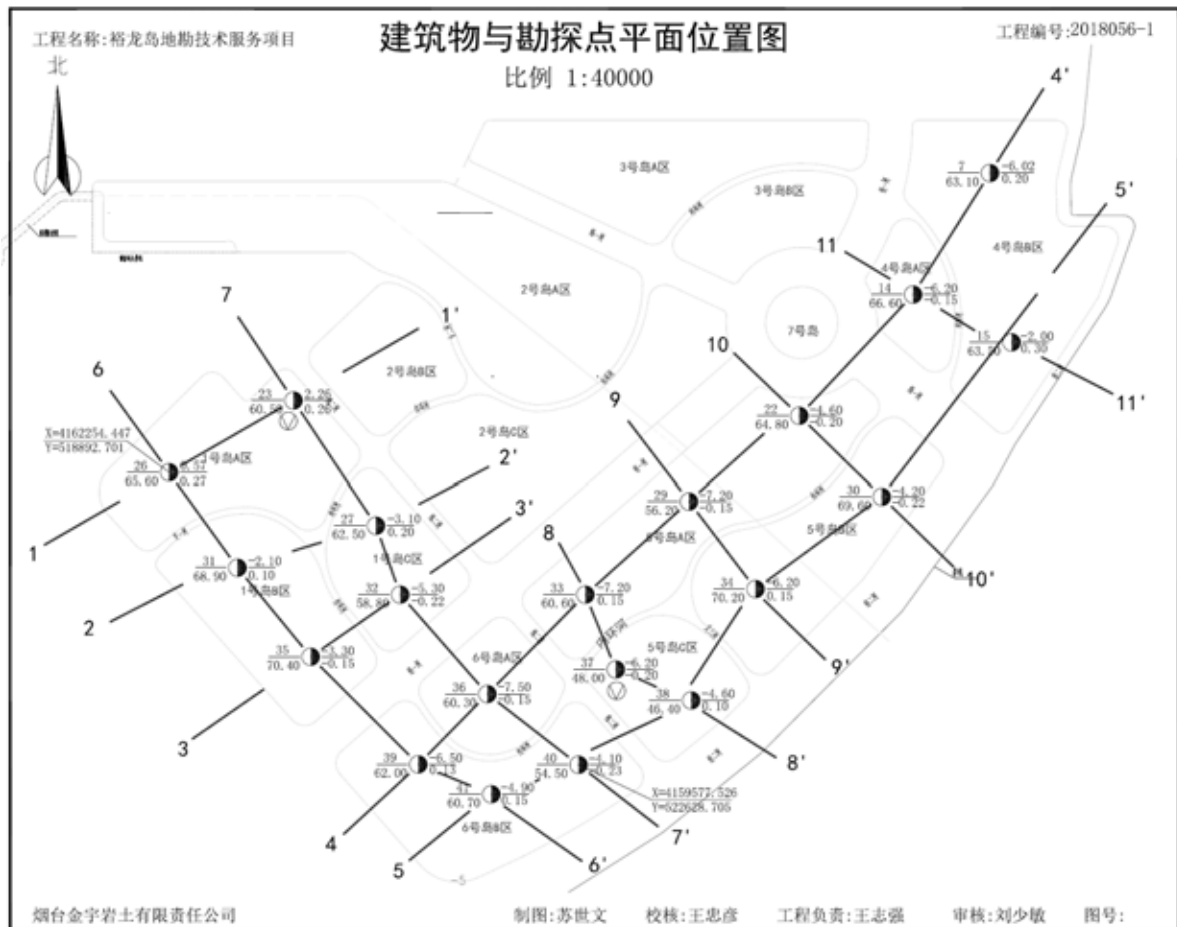


图 4.1-3b 钻孔布置图 (1#、4#~6#岛)

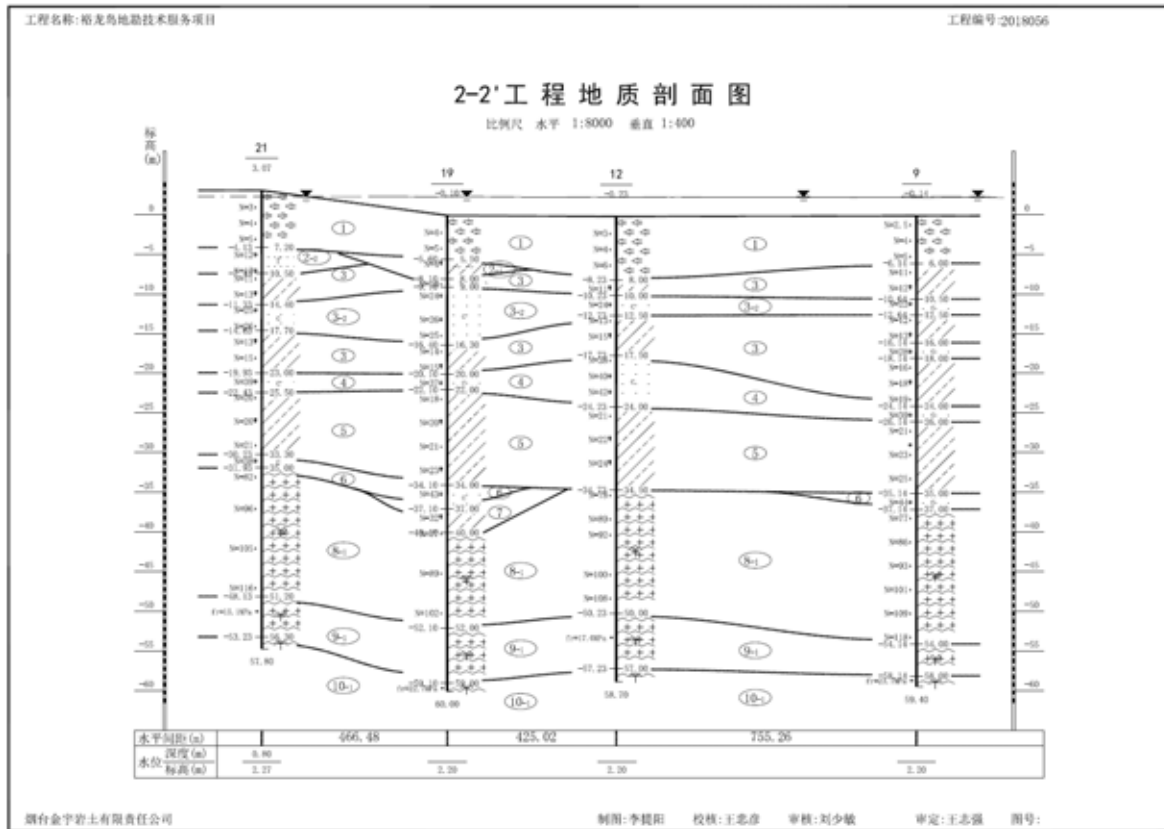


图 4.1-4 典型工程地质剖面图 (2-2' 剖面)

根据本次钻探及室内土工试验结果, 本场区勘察的范围内, 场区地层自上而下依次为: 吹填土、(2)粉质粘土、(2)-1淤泥质粉质黏土、(2)-2粉砂、(3)粉质黏土、(3)-1细砂、(3)-2粗砂、(4)粗砂、(5)粉质黏土、(5)-1粗砂、(6)粗砂、(7)残积土、(8)泥岩、(8)-1强风化花岗片麻岩、(8)-2强风化砂岩、(9)-1中风化花岗片麻岩、(9)-2中风化砂岩、(10)-1微风化花岗片麻岩、(10)-2微风化砂岩。

(一) 第四系全新世人工层 (Q₄^{ml})

(1)吹填土: 该层为拟建场地填海造陆吹填造陆材料。围堰以袋装砂、块石为主; 造陆吹填材料以粗砂、细砂、粉砂、淤泥为主, 偶见植物贝壳残骸及风化岩块。主要呈黄色~灰黑色, 松散~稍密状态, 稍湿~湿。吹填地基结构松散, 固结度差。均匀性整体表现为不均匀。

该层在场区(1-6、8-13、16-21#)等钻孔有揭露, 厚度不均, 钻探揭露层厚介于:1.00~15.00m, 平均 7.81m; 层底标高:-13.28~-3.98m, 平均-6.30m; 层底埋深:1.00~15.00m, 平均 7.81m。

(二) 第四系海相沉积层 (Q₄^m)

(2)粉质粘土: 灰褐色~灰黑色, 可塑状态。土质均匀, 切面稍光滑, 干强度及任性低等, 局部夹粉土薄层, 分布无规律。

该层在场区（3、4、6、8、10、11、16、17、18、20#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:2.20~8.60m,平均 5.16m;层底标高:1.50~8.90m,平均 5.40m;层底标高:-14.19~-8.48m,平均-11.35m;层底埋深:9.80~16.50m,平均 13.54m。

(2)-1 淤泥质粉质黏土：灰黑色，流塑~软塑状态。土质均匀，无光泽，无臭味，干强度及任性低等，切面稍光滑，局部混细砂。

该层在场区（2、13、19、24、25、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:2.50~6.80m,平均 4.63m;层底标高:-12.66~-7.10m,平均-9.43m;层底埋深:4.50~15.00m,平均 7.08m。

(2)-2 粉砂：灰黑色，稍密~中密状态，饱和。砂质均匀，磨圆度一般，分选好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（21、1#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:3.30~4.50m,平均 3.90m;层底标高:-17.78~-7.43m,平均-12.61m;层底埋深:10.50~19.50m,平均 15.00m。

(3)粉质黏土：褐黄色，可塑状态。土质均匀，切面光滑，干强度及任性中等，局部夹细砂薄层，分布无规律。

该层在场区（1-6、8-13、16-21、24、25、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:1.00~14.50m,平均 7.91m;层底标高:-25.99~-13.31m,平均-20.09m;层底埋深:14.00~27.00m,平均 20.84m。

(3)-1 细砂：灰褐色~灰黑色，稍密~中密状态，饱和。砂质较均匀，分选较好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（2、6、11、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:2.60~4.20m,平均 3.43m;层底标高:-18.78~-12.49m,平均-15.93m;层底埋深:14.60~20.10m,平均 16.90m。

(2)-2 粗砂：灰白色~黄色，中密~密实状态，饱和。砂质一般均匀，局部混角砾，磨圆度一般，级配良好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（9、12、13、18、19、21、25#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:2.00~7.30m,平均 3.94m;层底标高:-18.14~-12.73m,平均-15.51m;层底埋深:11.00~18.00m,平均 14.97m。

(4)粗砂：灰白色~黄色，密实状态，饱和。砂质不均匀，局部混角砾，磨圆度一般，级配良好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（1-6、8-13、16-21、24、25、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于:1.00~9.20m,平均 2.91m;层底标高:-34.90~-15.69m,平均-23.01m;层底埋深:16.00~31.20m,平均

23.75m。

(三) 第四系冲沉积层 (Q₄^{dl+pl})

(5)粉质黏土：黄褐色，可塑～硬塑状态。土质均匀，切面光滑，干强度及任性中等，局部混粗砂较多，偶见铁锰结核。

该层在场区（1-6、8-13、16-21、24、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于：4.70～17.40m,平均 11.11m;层底标高：-47.68～-30.23m,平均-35.18m;层底埋深：32.00～49.00m,平均 36.15m。

(5)-1 粗砂：灰白色～黄色，密实状态，饱和。砂质不均匀，局部混粘性土，磨圆度一般，级配良好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（2、4、5、8、11、13、18、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于：1.20～6.50m,平均 3.69m;层底标高：-37.98～-28.66m,平均-31.69m;层底埋深：28.00～39.30m,平均 32.62m。

(6)粗砂：灰白色～黄色，密实状态，饱和。砂质不均匀，局部混粘性土，磨圆度一般，级配良好，成份以石英及长石为主。

该层在场区（2、4、5、9、18-21#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于：1.50～3.40m,平均 2.24m;层底标高：-37.46～-31.93m,平均-35.44m;层底埋深：35.00～39.80m,平均 37.20m。

(7)残积土：暗褐色，风化呈土状，原岩结构完全破坏，矿物成份难以辨认。

该层在场区（1-3、5、8、17、19、20#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于：1.00～8.20m,平均 3.79m;层底标高：-44.28～-35.85m,平均-38.81m;层底埋深：38.90～46.00m,平均 40.96m。

(四) 下伏基岩

(8)泥岩：暗褐色，泥状结构，层状构造，主要矿物成份由粘土矿物组成。岩芯呈柱状，岩石坚硬程度等级为极软岩，岩体完整程度为破碎，岩体基本质量等级 IV 级。

该层在场区（6、13#）等钻孔有揭露，该层未揭穿，最大揭露厚度为 26.70m。

(8)-1 强风化花岗片麻岩：灰褐色～灰绿色，鳞片粒状变晶结构，片麻状构造，主要矿物成份为云母、长石、石英等。岩芯呈碎块状～短柱状，风化裂隙发育。岩石坚硬程度等级为软岩，岩体完整程度为破碎，岩石质量等级为 级。

该层在场区（1、3-5、8-12、16-21、24、25、28#）等钻孔有揭露，钻探揭露层厚介于：7.60～23.70m,平均 16.49m;层底标高：-59.86～-46.20m,平均-52.91m;层底埋

深:48.00~61.50m,平均 53.84m。

(8)-2 强风化砂岩:黄色,细颗粒结构,块状构造,主要矿物成份为长石及石英。岩芯呈碎块状,风化裂隙发育。岩石坚硬程度等级为软岩,岩体完整程度为破碎,岩石质量等级为 级。

该层在场区(2#)等钻孔有揭露,钻探揭露层厚介于:18.50~18.50m,平均 18.50m;层底标高:-58.16~-58.16m,平均-58.16m;层底埋深:60.50~60.50m,平均 60.50m。

(9)-1 中风化花岗片麻岩:青蓝色~灰白色,鳞片粒状变晶结构,片麻状构造,主要矿物成份为云母、长石、石英等。岩芯呈短柱状,岩石坚硬程度等级为较软岩,岩体完整程度为较破碎,岩体基本质量等级为 IV 级

该层在场区(1、3-5、8-12、16-21、24、25、28#)等钻孔有揭露,钻探揭露层厚介于:2.70~13.00m,平均 5.73m;层底标高:-64.70~-51.50m,平均-58.64m;层底埋深:54.00~64.70m,平均 59.57m。

(9)-2 中风化砂岩:灰白色,细颗粒结构,块状构造,主要矿物成份为长石及石英。岩芯呈碎块状~短柱状,风化节理发育。岩石坚硬程度等级为较软岩,岩体完整程度为较破碎,岩体基本质量等级为 IV 级。

该层在场区(2#)等钻孔有揭露,钻探揭露层厚介于:4.20~4.20m,平均 4.20m;层底标高:-62.36~-62.36m,平均-62.36m;层底埋深:64.70~64.70m,平均 64.70m。

(10)-1 微风化花岗片麻岩:青蓝色~灰白色,鳞片粒状变晶结构,片麻状构造,主要矿物成份为云母、长石、石英等。岩芯呈柱状,岩石坚硬程度等级为较软岩,岩体完整程度为较破碎,岩体基本质量等级为 IV 级。该层在场区(1、3-5、8-12、16-21、24、25、28#)等钻孔有揭露,该层未揭穿,最大揭露厚度为 2.80m。

(10)-2 微风化砂岩:灰白色,细颗粒结构,块状构造,主要矿物成份为长石及石英。岩芯呈碎块状~柱状。节理发育,岩石坚硬程度等级为较软岩,岩体完整程度为较破碎,岩体基本质量等级为 IV 级。该层在场区(2#)等钻孔有揭露,该层未揭穿,最大揭露厚度为 1.40m。

4.1.3.2 地基土工程特性评价

(1)吹填土:黄色~灰黑色,松散~稍密状态。物理力学性质差,且会发生严重液化,未经地基处理不能作为基础持力层。

(2)粉质粘土:灰褐色~灰黑色,可塑状态。物理力学性质一般,承载力一般。

(2)-1 淤泥质粉质黏土:灰黑色,流塑~软塑状态,物理力学性质差,未经地基处理

不能作为基础持力层。

(2)-2 粉砂：灰黑色，稍密～中密状态。物理力学性质较差，承载力低。

(3)粉质黏土：褐黄色，可塑状态。物理力学性质较好，可作为桩基础持力层。

(3)-1 细沙：灰褐色～灰黑色，稍密～中密状态，。物理力学性质较差，承载力低。

(3)-2 粗砂：灰白色～黄色，中密～密实状态。物理力学性质较好，但分布不均匀且层厚相对较薄。

(4)粗砂：灰白色～黄色，密实状态，局部地段分布层厚较小，物理力学性质较好，可以作为桩基础持力层。

(5)粉质黏土：黄褐色，可塑～硬塑状态。土质均匀，物理力学性质较好，可以作为桩基础持力层。

(5)-1 粗砂：灰白色～黄色，密实状态。物理力学性质较好，但分布不均匀且层厚相对较薄。

(6)粗砂：灰白色～黄色，密实状态。物理力学性质较好，可以作为桩基础持力层。但该层埋置较深，会对工程施工增加一定的成本及难度。

(7)残积土：暗褐色，风化呈土状。物理力学性质一般，分布不均且层厚相对较薄，埋置较深。

(8)泥岩：暗褐色，泥状结构。物理力学性质稍好，可做为桩基础持力层。

(8)-1 强风化花岗片麻岩：灰褐色～灰绿色，岩体完整程度为破碎。物理力学性质较好，承载力较高，可以做为桩基础持力层。

(8)-2 强风化砂岩：黄色，岩体完整程度为破碎。物理力学性质一般，承载力较高，可以做为桩基础持力层。

(9)-1 中风化花岗片麻岩：青蓝色～灰白色，岩体完整程度为较破碎。物理力学性质好，承载力高，可以做为桩基础持力层。

(9)-2 中风化砂岩：灰白色。物理力学性质好，可以做为桩基础持力层。

(10)-1 微风化花岗片麻岩：青蓝色～灰白色，物理力学性质好，承载力高，可以做为基础持力层。但该层埋置较深，会对工程施工增加一定的成本及难度。

(10)-2 微风化砂岩：灰白色。物理力学性质好，承载力高，可以做为基础持力层。但该层埋置较深，会对工程施工增加一定的成本及难度。

4.1.3.3 构造

(1) 基底构造

以断裂构造为主，分为两组：

近东西向黄县大断裂为盆地南部边界断裂，走向 NNE（ $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ），倾向 N，倾角 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，区内全长 28km。

新华夏系北沟断裂是玲珑—北沟镇断裂北延部分，是黄县断陷盆地的东部边界。区内长 15km，走向 20° ，倾向 NW，倾角 $50^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，宽 20~40m。

（2）新构造运动

区域断裂构造发育，区域发现大小断裂近 50 条，断层性质多表现正断层。主要断裂为近东西断裂、北东向和北西向断裂。

山东半岛北部地区，除黄县断陷盆地外，在新构造运动期间，基本上为较稳定的缓慢上升的低山丘陵区。黄县断陷盆地新构造运动主要表现是老断裂的复活，新断裂也有发生。

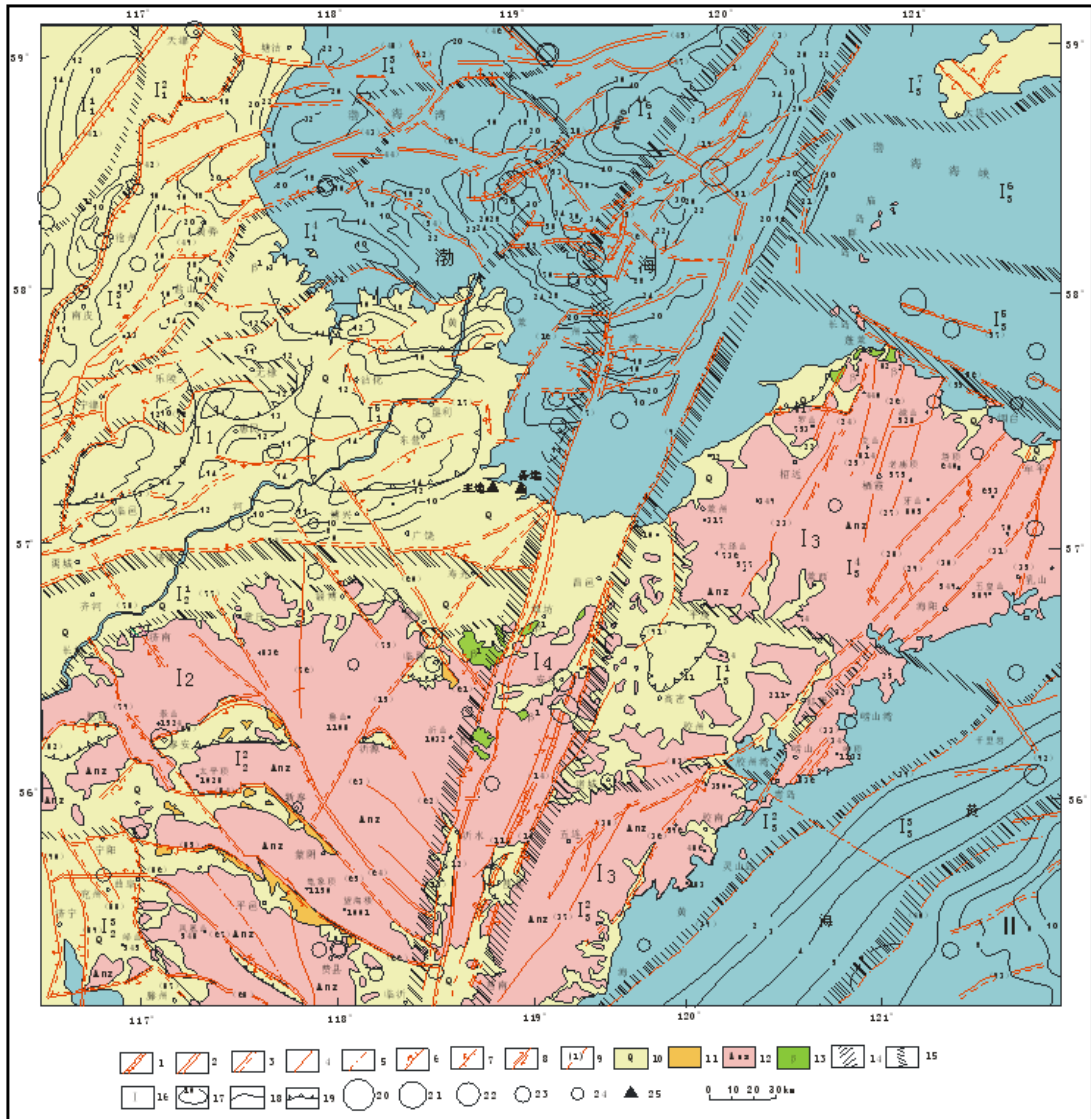
同时，本区是山东半岛新生代火山异常活跃地区，喷发次数多，规模较大。

本区新构造活动的另外一种表现—地震的活动也很明显，山东半岛北部地区北西向断裂和北东向断裂是孕育地震的主要构造，这两组断裂严格地控制了本区地震活动，尤其是与北西向构造关系极为密切，它是持续活动时间最长的一组断裂带，至今仍在活动。

根据胶东近代地震资料记载，共发生 5 次 4~6 级地震，其中有 4 次是发生在北西断裂带内。另据史书及地方志上记载，统计了 1403 年~1980 年，掖县（莱州府）、黄县、蓬莱（登州府）在 522 年中共发生 76 次地震，而黄县占 14 次，这些地震均为有感地震。据山东省地震局 1978 年地震烈度区划报告介绍，将龙口地区列为地震危险区，并预测今后十年内可能发生 6.0M 左右的中强地震，震区烈度可达 Ⅴ 度，因此，今后在建筑物设计和施工中应给予重视。

本区新构造运动在半岛北部沿海区还发育着 50~20m 的剥蚀——堆积台地，如玄武岩台地，黄土台地。在低山丘陵区形成海拔 150~50m 剥蚀面，这也都是新构造运动间歇性抬升的表现。

勘察深度范围内未发现全新活动断裂、发震断裂等影响工程稳定的地质构造行迹发育。



1全新世活动断裂, 2晚更新世活动断裂, 3早、中更新世活动断裂, 4前第四纪活动断裂, 5隐伏断裂, 6正断层, 7逆断层, 8走滑断层, 9主要断裂及编号, 10第四系, 11第三系, 12前第三系, 13玄武岩, 14二级新构造分区, 15三级新构造分区, 16区新构造分区编号, 17上第三系等深线, 18下第三系底等深线, 19盆地边界, 20M=8.0-8.5, 21M=7.0-7.9, 22M=6.0-6.9, 23M=5.0-5.9, 24M=4.7-4.9, 25场地

新构造分区名称 I₁华北盆地凹陷区: I₁₁内黄断陷, I₁₂沧县断陷, I₁₃黄骅断陷, I₁₄埕宁断陷, I₁₅济阳断陷, I₁₆渤海断陷, I₂鲁西南块隆起区: I₂₁鲁西北沉降斜坡带, I₂₂鲁中南较强烈断陷, I₂₃鲁西南断陷, I₃鲁东断块隆起区: I₃₁胶莱稳定弱断陷, I₃₂胶南弱断陷, I₃₃千里岩断陷, I₃₄胶东较强烈断陷, I₃₅青岛-刘公岛断陷, I₃₆海洋岛断陷, I₃₇辽东断陷, I₄郯庐断裂带活动区, II 扬子新构造区。

- (1) 渤海1号断裂, (2) 渤海南1号断裂, (3) 渤海2号断裂, (4) 渤海南3号断裂, (5) BZ28断裂, (6) BZ34断裂, (7) KL-3断裂, (8) 蓬莱1号断裂, (9) 龙口断裂, (10) 昌邑-大店断裂, (11) 白粉子-浮水山断裂, (12) 沉水-汤头断裂, (13) 鄱南-高台断裂, (14) 安丘-莒县断裂, (15) 上五井断裂, (16) 益东西侧断裂, (17) 陈南断裂, (18) 沙南3号断裂, (19) 渤海1号断裂, (20) 庙西1号断裂, (21) 庙西2号断裂, (22) 玲珑北沟断裂, (23) 招远-平度断裂, (24) 凤仪店断裂, (25) 林家庄断裂, (26) 二十里铺露头断裂, (27) 蛇窝泊断裂, (28) 桃村断裂, (29) 郯城-即墨断裂, (30) 朱吴断裂, (31) 海阳断裂, (32) 沧口断裂, (33) 劈石口断裂, (34) 王哥庄断裂, (35) 金牛山断裂, (36) 日照断裂, (37) 相岭-高河断裂, (38) 郝戈庄断裂, (39) 海头-长门岛断裂, (40) 响水-千里岩断裂, (41) 大城东断裂, (42) 沧东断裂, (43) 海-海断裂, (44) 海-海断裂, (45) 石臼地3号断裂, (46) 栢格庄断裂, (47) 石臼地1号断裂, (48) 海河断裂, (49) 徐黑西断裂, (50) 黄骅断陷东缘断裂, (51) 五湖东南(渤海中)号断裂, (52) 沙东北断裂, (53) 渤海1号断裂, (54) 埕北断裂, (55) 长岛-芝罘断裂, (56) 长岛-芝罘断裂南缘断裂, (57) 长岛-芝罘断裂北缘断裂, (58) 渤海2号断裂, (59) 黄北断裂, (60) 益都断裂, (61) 双山-李家庄断裂, (62) 沂源-沂水断裂, (63) 马牧池-铜冶店断裂, (64) 铜冶店-孙坦断裂, (65) 新泰-蒙阴断裂, (66) 蒙山前断裂, (67) 苍山-尼山断裂, (68) 兖山断裂, (69) 沙南号断裂, (70) 黄河断裂, (71) 程南断裂, (72) 郯城-阳信断裂, (73) 临邑断裂, (74) 齐河-饶断裂, (75) 张店-仁河断裂, (76) 禹王山断裂, (77) 文祖断裂, (78) 千佛山断裂, (79) 泰山-西麓断裂, (80) 泰山前断裂, (81) 黄县断裂, (82) 肥城断裂, (83) 百尺河断裂, (84) 莲花山断裂, (85) 汶酒断裂, (86) 郛城断裂, (87) 崂山断裂, (88) 胶州断裂, (89) 孙氏断裂, (90) 济宁断裂, (91) 景芝断裂, (92) 千里岩东断裂, (93) 北部凹陷西凸南侧断裂。

图 4.1-5 区域地区构造图

4.1.4 地震

著名的沂沭断裂分布在本区的西侧, 是非常有名的地震活动带。在历史时期本区及其附近地震活动比较频繁, 在历史和地方志上有关地震的记载屡见不鲜。据统计华北断块历史时期共发生 6 级以上破坏性地震 70 余次。根据黄县、登州(蓬莱)、莱州(掖县) 1408 年到 1930 年统计资料表明: 登州记载地震次数为 34 次, 莱州 28 次, 黄县 14

次，这些地震均为有感地震。

本区在历史时期地震比较频繁，也有比较严重破坏性地震，但深入分析表明：除 1548 年地震震中位于蓬莱外，其他破坏性地震均发生在其他地区，如安邱、临沂、菏泽和渤海。从历史地震图可证龙口地区很少发生地震，弱震震中也分布在龙口区外。

从历史上看，地震也有相对活跃期和相对宁静期交替出现的现象。以资料比较完整的公元 1000 年以来的 900 年间，大致可分为四个地震活跃期，三个间隔其间的宁静期：

第一活跃期：公元 1011 年—1076 年；

第二活跃期：公元 1290 年—1368 年；

第三活跃期：公元 1484 年—1730 年；

第四活跃期：公元 1812 年—现在。

从本区的地震频度和强度看，第三活跃期对本区影响最大，持续时间最长，第四活跃期从 1812 年到现在，地震主要发生在华北沉陷区地震带内，如菏泽、邢台等。

山东省地震局根据地震地质构造的研究和历史时期地震情况的分析，并考虑其他因素，将龙口地区定位今后几十年可能发生 6.0ML 的中强地震，震区烈度为Ⅷ度（见图 4.1-6）。因此，在工程设计中按烈度 7 级考虑，设计基本地震加速度值为 0.15g，设计地震分组属第一组。



图 4.1-6 龙口地震动峰值加速度图

4.1.4 地貌

地貌、地质与构造资料主要引用《中国海湾志 第三分册》中资料，燕山运动时，由于近 EW 向的黄县断裂和 NE 向的北林院断裂的活动，形成了黄县断陷盆地，从而奠定了本区的地貌格局。进入新生代以来，大量河湖相物质沉积在黄县断陷盆地之中，逐渐形成黄县冲洪积平原，晚更新世末到全新世的海侵，使黄县平原部分淹没成海。随之本区便出现了海陆对照明显的地貌形态，以后逐渐演化而形成今日的地貌（图 3.1.3-2）。

①海岸地貌

海蚀崖：主要分布在砵姆岛的北岸和西岸。该岛北岸主要由石英岩组成，质地坚硬，加之受断层控制，海崖陡立，高达 30—40m，崖脚下有海蚀穴；西岸部分海崖由泥质板岩组成，岩石较软，故海崖凸凹不平，且海崖日益老化。

海蚀平台：分布在砵姆岛的北侧和西侧，宽 500—600m，台面比较平坦，且有少量沉积物分布。北侧平台上有一海蚀柱——将军石，高 20m。

沿岸堤：区内非常发育，高度多在 4m 左右，宽度各地不等，有的上百米，有的只有几十米。有的沿岸有数条沿岸堤，有的岸段，如河抱河口处，沿岸堤不发育，只有一条，宽仅几十米。组成物质为细、中、粗砂，有的地方有砾石。

连岛坝：砵姆岛连岛坝是全国有名的大型连岛坝。坝长 8km，宽 1—2km。北侧岸线平直，南侧岸线具有弧形弯曲。连岛坝有数条砂脊组成。由于北岸水动力条件比南岸强，所以砂坝北岸比南岸高出 1m 多，组成物质主要是中粗砂，在西部还有少量大小不等的砾石。

砂咀：本区有两列砂咀：老砂咀和新砂咀。老砂咀即龙口砂咀，总的方向近南北向，其外侧呈 NW—SE 向，内侧为泻湖平原，根部宽约 3km，头部仅有几百米，砂咀长 3km 左右，由中粗砂组成，是连岛坝形成过程中的产物。新砂咀主要分布在河口，如北马河、界河等，这些砂咀规模不大，具有指向性，平时围封河口，在洪水季节沙面才被河水冲开。

海滩：本区海滩由于所处环境不同，其地貌形态、物质组成、床面构造均有很大差别。

连岛砂坝北岸和界河以西海岸基本相似，海滩宽度只有 30—40m，坡度很大为 1:10—1.5:10，滩面由中粗砂和细砾组成，小浪时形成滩肩，大浪时冲掉。砵姆岛南侧海滩较宽，一般在 100m 左右，平均坡度为 1:50，除前滨滩面较陡外，其余部分都很平缓，组成物质除海滩上部较粗外，其它部分由中细砂组成。通过 2—3 年观测表明：大砂坝

北侧和界河口以西的海滩不但有明显的季节变化，而且多年来明显侵蚀后退，而湾内海滩基本稳定。

②海岸类型与海岸动态

基岩侵蚀海岸：这类海岸仅分布在砮姆岛北侧和西侧。

砮姆岛为一陆连岛，其北侧和西侧为高达 30—40m 的海蚀崖，其下有宽 300—600m 的海蚀平台，平台上残有海蚀柱。这段海岸仍受侵蚀，只是后退速率较慢。

稳定微曲的平原砂质海岸：东起港口栾家，西至龙口林场，长 12km，该段岸线初为 NE—SW，后转 EW 向，为一开阔微曲的海岸，陆上为宽阔的冲积平原，沿岸风积地貌发育，岸边有数条沿岸堤构成的所谓滩脊平原。海滩宽 100m 左右，坡度 6° — 7° ，由石英质中粗砂组成。由本段岸段海岸入海河流有黄水河、中村河。由于河流上游修建水库，向海输沙大为减少，岸线稳定，多年来变化不大。

微受冲刷的连岛海岸：该岸段位于龙口林场至砮姆岛的连岛坝的北岸，长 7km，平直，东西走向，海滩狭窄（40—50m），坡度 7° — 8° ，由中粗砂组成。本段海岸不但有明显的季节变化，而且逐年后退，观测表明后退速度为 1—5m/a。

稳定的平原港湾海岸：该类海岸从砮姆岛至界河口，岸线长 30km，其平面形态呈对数螺旋形，本段海岸沿岸堤低，海滩较宽，坡度缓，物质细，湾内发育有著名的官道砂咀和尖子头砂咀等。由于大砂坝的存在，湾内波浪左右不强，潮流很小，加之没有大河流入海，故海岸很稳定。

龙口湾地貌见图 4.1-7。

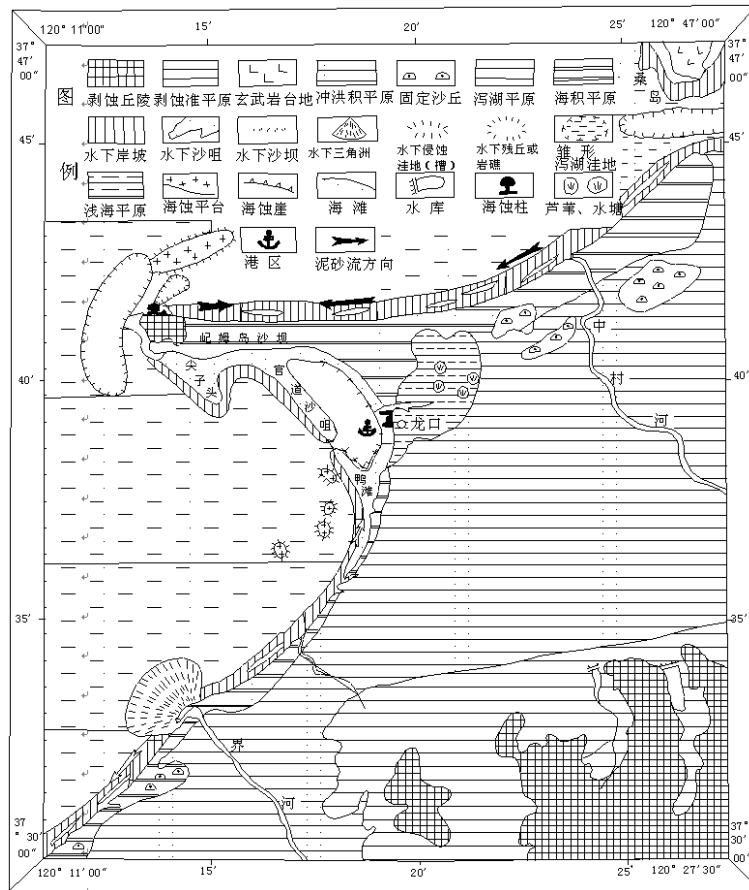


图 4.1-7 龙口湾地貌图

4.2 工程区域社会环境概况

4.2.1 社会经济发展

4.2.1.1 社会经济基本概况

2018 年龙口市全市生产总值完成 1260 亿元，比上年增长 6.8%；一般公共预算收入突破百亿元大关，达到 104.5 亿元，增长 6.6%；固定资产投资完成 543.1 亿元，增长 8.2%；单位 GDP 能源消耗降至 0.53 吨标准煤/万元。龙口市名列全国营商环境百强县第 5 位、全面小康指数百强县第 7 位、工业百强县第 8 位、综合经济竞争力百强县第 10 位，入选全国新时代文明实践中心建设 50 个试点县(市、区)，连续三届蝉联全省文化强省建设先进县，被列入全国首批创新型县市建设名单，获评国家农产品质量安全县和全省健康促进市、食品安全市。

4.2.1.2 海洋经济基本概况

2018 年，龙口港吞吐量突破 8000 万吨大关、海洋设备制造业总产值同比大幅增长四成、全市渔业生产总值首破百亿元……龙口素有经略海洋的传统和特质，走向蔚蓝的

雄心与勇气。在国家“加快建设海洋强国”和全省做好经略海洋大文章的背景下，烟台市顺势而上，勇立潮头，敢于向海洋要空间、要资源、要效益，海洋经济发展亮点纷呈，“海洋强市”建设成绩斐然。

2019年3月，三座自升式海洋牧场平台在龙口中集来福士同时下水。自2016年海洋牧场平台产品建造以来，龙口中集来福士以降低下水成本为出发点的下水方式改善就从未止步，2017年5月成功实现了两座海洋牧场平台联合下水。

聚焦海洋强市建设。烟台市不断调控海洋产业结构，推进现代海洋产业体系建设，推进传统产业转型升级和海洋新技术、新产业、新模式的加速成长，培育壮大海洋食品、海水利用、海洋生物医药、游钓型游艇、海洋工程装备等战略性新兴产业，将海洋产业培育成烟台市新旧动能转换的新引擎。以涉海重点项目为重心，烟台市大力发展海洋高端装备制造业。启动海洋牧场多功能平台等高端海洋装备建设，去年10月，省海洋渔业厅在烟台市集中签订了20个海洋牧场多功能平台合同和多个深水网箱合同。

与此同时，烟台市积极推进海洋牧场建设，发展海洋渔业经济。针对海洋渔业服务业发展层次不高的现状，烟台市在发展休闲渔业上破思路、求突破，启动了海洋牧场(养殖设施生态方)建设项目。今年，烟台市海洋牧场将实现“零”的突破，力争到2020年，再建成1处海洋牧场，全市渔业总产值达到130亿元，推动传统渔业向海洋牧场、休闲渔业和海产品深加工转型，促进农业生产由增产向提质转变。

港依城建，城以港兴。近年来，烟台市大力实施港口提升工程，持续增强临港产业承载力。把港口作为拉动龙口融入“一带一路”、实现跨越发展的决定性资源和关键性支撑，深入实施“以港兴市”战略。到2020年，龙口港计划完成吞吐量突破1亿吨，集装箱量达到百万标箱，形成东北亚国际物流中心和非洲国际物流中心；全国区域性煤炭分销基地、国内重要的件杂货集散基地、长江以北最大的木材(木片)物流基地和粮食物流基地、山东省主要的液体化工分拨基地、渤海南岸集装箱内贸中转基地和客滚运输中心。

烟台市还聚焦海洋生态文明建设，树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，把海洋生态文明建设摆在突出位置，全方位开展海洋生态环境保护。大力实施海域生态环境修复、海岸线修筑保护等工程项目，严格海洋工程建设项目环境影响评价，严控陆源污染物入海，加强海洋环境监测，强化海洋环境执法，坚守海洋生态红线，提升海洋保护区规范化管理水平，实现人与海洋和谐相处。

驶向深海，精耕深蓝。烟台市正在精心谋划经略海洋这篇大文章，不断培育壮大海洋经济发展新动能，向海而生、向海图强。

4.2.2 区位优势

龙口市地处胶东半岛西北部，渤海湾南岸，是一座新兴的沿海开放港口城市，东临烟台，南接青岛，西与潍坊毗邻，东北与天津、大连、秦皇岛、北戴河等名城以及朝鲜半岛隔海相望，是中国环渤海经济区中最具发展活力的地区之一。全市总面积 893km²，辖 13 个镇（区、街），海岸线长 68.4km，63 万人口。

龙口市腹地水陆交通方便，基础设施十分完备。水路距烟台港 89 海里，大连港 127 海里，秦皇岛港 143 海里，塘沽港 155 海里，青岛港 314 海里，上海港 591 海里。客运有直达天津、大连的定期客班轮航线和至大连的滚装船航线。陆路以烟（台）潍（坊）、龙（口）青（岛）等干线公路及威乌高速公路为框架组成的公路网，形成了四通八达的陆路集疏运体系；有国家干线 206（烟台—汕头）和省干线 042（牟平—黄山馆）、061（黄城—水集）三条公路通过市区。公路距烟台市 120km，潍坊市 166km，青岛市 202km，距蓝（村）烟（台）铁路莱西站 102km。

德（州）—龙（口）—烟（台）铁路已经纳入山东省“十一五”规划的重点工程正在建设之中，其中大（家洼）—莱（州）—龙（口）段已全线拉通，连接该铁路的进港线已投入运营；大莱龙铁路向西（北）与即将建设的黄（骅）—大（家洼）铁路相连，构成一条连接西北、横贯山东境内的沿海铁路大通道。

龙口港地处渤海南岸，胶东半岛西北部，水陆交通十分便捷，是距离秦皇岛、天津、黄骅等煤炭输出港和鲁中、鲁西最近的规模港口，距朝鲜等海外煤源地较近，运输成本低，区位优势明显。

4.3 工程区域海洋资源和海域开发利用概况

4.3.1 海洋资源概况

（1）港口航运资源

龙口湾优越的地理位置，良好的自然条件和社会条件，是建设和发展港口的有利区域。龙口港是国内最大的地方港口，腹地广阔，水陆交通发达，大莱龙铁路将直达港区，进出、储运和集散货物的能力较强。龙口港隶属山东省交通厅管辖，是大、中、小泊位兼备，内、外贸易货物兼营，功能比较齐全的地方港口。龙口港始建于 1914 年，1985 年对外开放，1997 年荣获“山东省管理示范企业”称号，2002 年通过了 ISO9001 系列质量认证，2007 年被中华全国总工会授予全国“五一”劳动奖状。港口现有职工 4000 多人，资产总额 30 亿元。

龙口港是山东省北部对外物资交流的重要集散地。2006年4月，龙口港集团有限公司与烟台港集团有限公司实施重组整合，成为全国沿海主要港口——烟台港的三大核心港区之一，国家规划建设烟台市两个亿吨港区之一。

港口拥有码头岸线15000m，生产泊位27个。目前主航道水深-15.5m，底宽200m。进港铁路、10万吨级航道拓宽工程正处于施工阶段，为港口快速发展打造了更高的平台。

龙口港区总占地面积320万平方米，库场面积140万平方米，其中仓库面积5万平方米，公用型保税仓库面积3.4万平方米。石油化工仓储能力70万立方米，散粮罐一期存储能力10万吨。港口拥有可变螺距式全回转拖轮、高架吊、桥吊等现代化机械设备800余台（套），最大荷重80吨。

港口主要从事煤炭、石油化工、铁矿石、铝矾土、散粮、水泥及熟料、非金属矿石及集装箱等装卸堆存业务。

2003年以来，龙口港坚持将发展作为第一要务，大力实施投资主体多元化战略。目前已与10多个中外公司开展合作，合同金额达53亿元，已完成和正在实施的项目金额达30亿元。2004年，港口吞吐量首次突破千万吨大关，2007年完成吞吐量2678.7万吨，2008年吞吐量达到3039.5万吨。2011年10月24日，龙口港累计完成货物吞吐量5033.9万吨，同比增长27%。

（2）渔业资源

龙口湾主要渔业资源包括：日本枪乌贼、无针乌贼、双喙耳乌贼、金乌贼、中国对虾、鹰爪虾、脊尾白虾、日本鲟、口虾蛄、日本鼓虾、红线黎明蟹、皱皮鲨、槌头双髻鲨、孔鳐、赤魴、鳎、青鳞鱼、斑鱼祭、鳀、长颌棱鳀、棱鳀、黄鲫、长蛇鲻、鳗鲡、星鳗、海鲳、颚针鱼、鱻、燕鳐、鳕、海龙、冠海马、油鱼子、鲈、细条天竺鲷、鱧、黄条鱼师、沟鲈、棘头梅童鱼、黑鳃梅童鱼、小黄鱼、白姑鱼、黄姑鱼、叫姑鱼、真鲷、黑鲷、云鲷、玉筋鱼、鱼衔、带鱼、小带鱼、鲐、蓝点鲛、银鲳、白鳍鰕虎鱼、矛尾刺鰕虎鱼、黑鲳、短鳍红娘鱼、绿鳍鱼、六线鱼、鲷、牙鲆、高眼鲽、木叶鲽、长鲽、尖吻黄盖鲽、油鲽、石鲽、条鲷、米滑舌鲷、莱氏舌鲷、短吻舌鲷、三刺鲷、绿鳍马面鲷、假睛东方鲷、星点东方鲷和黄鲛鳓等。主要经济种类的生产情况：青鳞鱼是龙口湾优势种，1974年年产量达450t，斑鱼祭年产量一般在200t以上；颚针鱼为地方性鱼，年产量400t左右。鲐鱼1971年年产最500t，1980年年产最350t；梭鱼、鲽类年产量分别为50t；鲈鱼年产量15t；中国对虾年产量200t；三疣梭子蟹年产量250t；真鲷俗称“加吉鱼”，1950年前为延绳钓和大拉网主要捕捞对象，现产量极少；黄姑鱼1957年年产量

100 t, 1982 年年产量15 t; 鲉1976 年年产量125t, 1982 年年产量10 t, 1985 年12 月中旬, 龙口湾沿岸(含招远县)死亡大量鲉鱼, 数量达200 t, 死因不明; 带鱼每年途经龙口湾近海入渤海湾产卵, 50 年代前大拉网日产高者可达100 t, 延绳钓产量亦可观, 50 年代后资源日衰; 鳎俗称“鲞”, 50 年代前大拉网日产量也可达10 t, 现在资源枯竭; 小黄鱼60 年代前资源丰富, 随着渤海湾捕虾产量提高, 小黄鱼资源严重破坏; 鲑类鱼50 年代前3 人帆船钓勾作业, 日产量0.2~0.5 t, 现在几乎绝产。

(3) 旅游资源

龙口市历史悠久, 五千年沧桑变幻, 为这块物阜民丰的土地留下了诸多历史古迹和人类文明, 增添了她的神秘和魅力。先后涌出了春秋战国时期以滑稽擅辩著称, 讽束齐威王建立霸业的淳于髡; 秦代率领数千童男童女和五谷百工扬帆东渡, 开创中、日、韩友好先河的著名方士徐福; 三国时代英勇善战的东吴名将太史慈; 明朝开国元勋越国公胡大海为官清正的尚书王时中, 内阁首辅范复粹, 著名画家姜逸; 清代掌管文衡多年的礼部尚书贾桢; 参加国史编修的翰林院士王守训; 民国初期的书法家、金石篆刻和古文学家丁佛言等一批历史名人, 可谓人杰地灵。

改革开放以来, 龙口市经济和社会各项事业迅猛发展, 经济实力日益增强, 1991 年即跻身全国农村综合实力百强县行列, 94 年居全国百强县第 35 位, 在山东省居第 2 位。以雄厚的经济实力为后盾, 近年来, 龙口市对丰富的旅游资源进行了综合开发。现已形成了以新石器到夏朝时期的唐家遗址、乾山遗址、邵家遗址、鲁家沟遗址为主线的远古文化旅游景点; 以古代文明发展为主线的归城故城址、徐福故里徐乡遗址、徐公祠、黄县故城址、丁氏故宅等旅游景点。在挖掘历史文化遗产的同时, 以自然风光为依托的砮姆岛旅游度假区和充满时代气息的南山旅游风景区也已形成了规模。砮姆岛素以人间仙岛著称, 时有海市蜃楼奇观出现, 现在区内已建成了娱乐区、疗养度假区等多功能区, 完备的设施、美丽的自然景观伴着动人的传说, 让旅者流连忘返; 南山旅游风景区是一处现代化的大型旅游游乐场所, 区内的国际高尔夫俱乐部、南山康乐宫、南山古刹等组合景点, 为游客提供了休闲娱乐的绝好去处。

4.3.2 海域现状

通过现场调查并收集相关资料, 项目你海域开发利用现状主要为保护区、港区及临港工业、海水养殖业和区域用海规划等。保护区主要为辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区、招远砂质黄金海岸国家级海洋公园、招远砂质海岸海洋特别保护区; 龙口湾北部主要分布有港区和临港工业, 包括: 龙口港、胜利油田港区、龙口渔港、砮

姆岛渔港、百年电力、龙口三联海洋工程等；养殖区包括龙口市养殖区和招远市养殖区，龙口市养殖区主要分布在砣姆岛北侧海域，招远市养殖区主要分布在界河以南的海域；龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划位于龙口湾南部，界河和龙口港航道之间海域。工程周边海域开发利用现状见图 4.3-4。

1、保护区

(1) 辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区总面积为 23219km²，位于渤海的辽东湾、渤海湾和莱州湾三湾内，范围在东经 117° 35′ -122° 20′，北纬 37° 03′ -41° 00′ 之间，分为辽东湾保护区、渤海湾保护区和莱州湾保护区三部分。

本项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区（以下简称“莱州湾国家级水产种质资源保护区”）实验区内。莱州湾国家级水产种质资源保护区总面积为 7124 km²，其中核心区面积为 1710 km²，实验区面积为 5414 km²。

核心区包括三个区域，其中核心一区面积为 66.7 km²，主要保护对象有真鲷、花鲈、三疣梭子蟹；核心二区面积为 40 km²，主要保护对象有三疣梭子蟹；核心三区面积为 1603 km²，主要保护对象有中国明对虾、文蛤、青蛤、中国毛虾。

实验区是由 4 个拐点顺次连线与南面的海岸线所围的海域（不包括其中的 3 个核心区），海岸线北起山东省东营市孤岛镇向南经黄河口镇、黄河入海口、小清河入海口，以白浪河入海口为拐点，向东经潍河、胶莱河入海口到莱州市虎头崖镇转向东北经三山岛刁龙咀、辛庄镇、黄山馆镇，北至龙口市砣姆岛南侧。主要保护对象有中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、花鲈，另外还有蓝点马鲛、口虾蛄、半滑舌鳎、文蛤、青蛤、中国毛虾。栖息的其他物种包括银鲳、黄鲫、青鳞沙丁鱼、鲚、凤鲚、鳓、鲢、赤鼻棱鳀、玉筋鱼、黄姑鱼、白姑鱼、叫姑鱼、棘头梅童、鮫等。

莱州湾国家级水产种质资源保护区分布图见图 4.3-1。

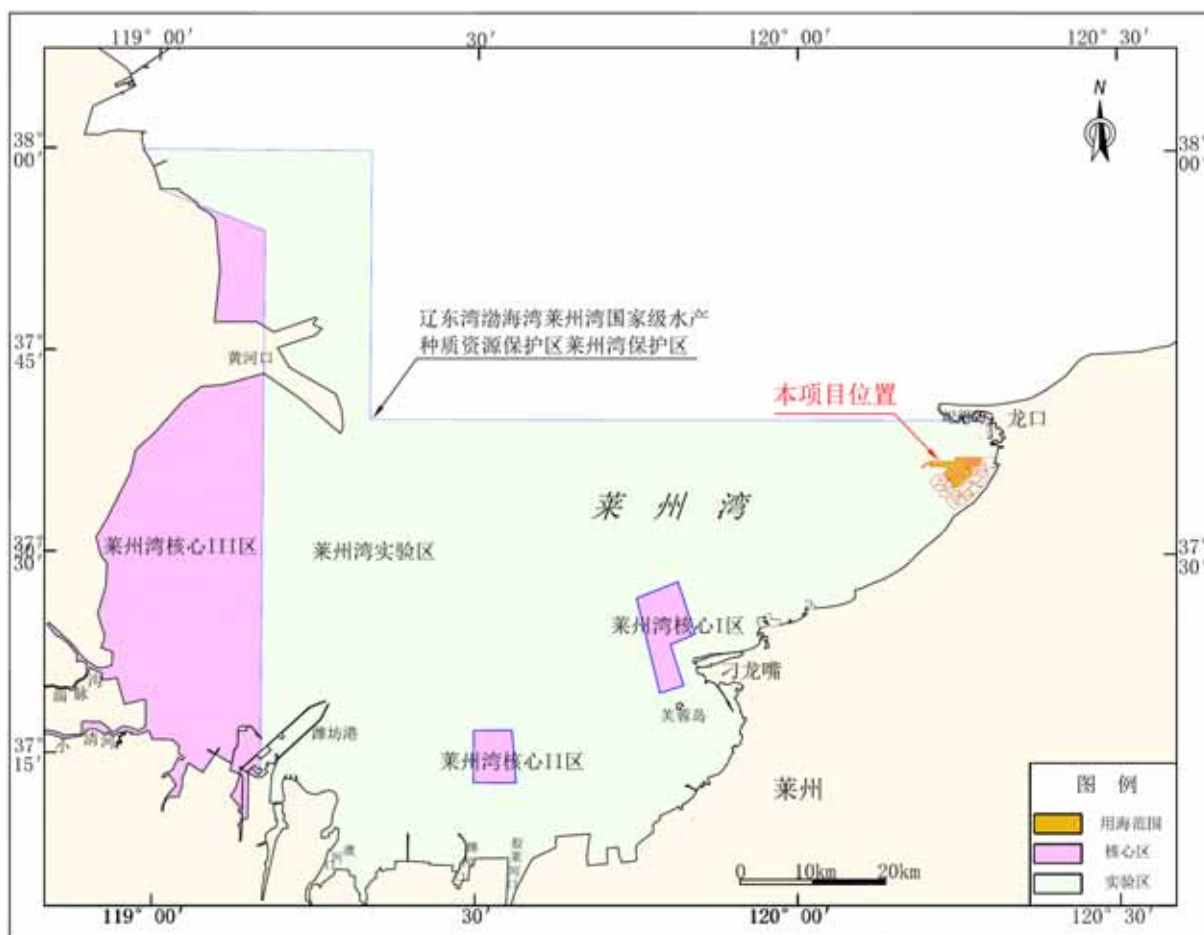


图 4.3-1 莱州湾国家级水产种质资源保护区分布图

(2) 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园 2014 年 3 月 13 日经国家海洋局批准建立。保护区位于山东省招远市辛庄镇境内,东西自招莱线向东延伸约 11670 米至淘金河东侧海域,南北为自高潮线以下向海中延伸约 3200 米左右的区域。保护区面积约 2699.94 公顷,其中重点保护区 816.08 公顷,生态与资源恢复区 970.24 公顷,适度利用区 913.62 公顷。

保护对象: 主要保护对象为海岸带生态系统和海洋生物资源。

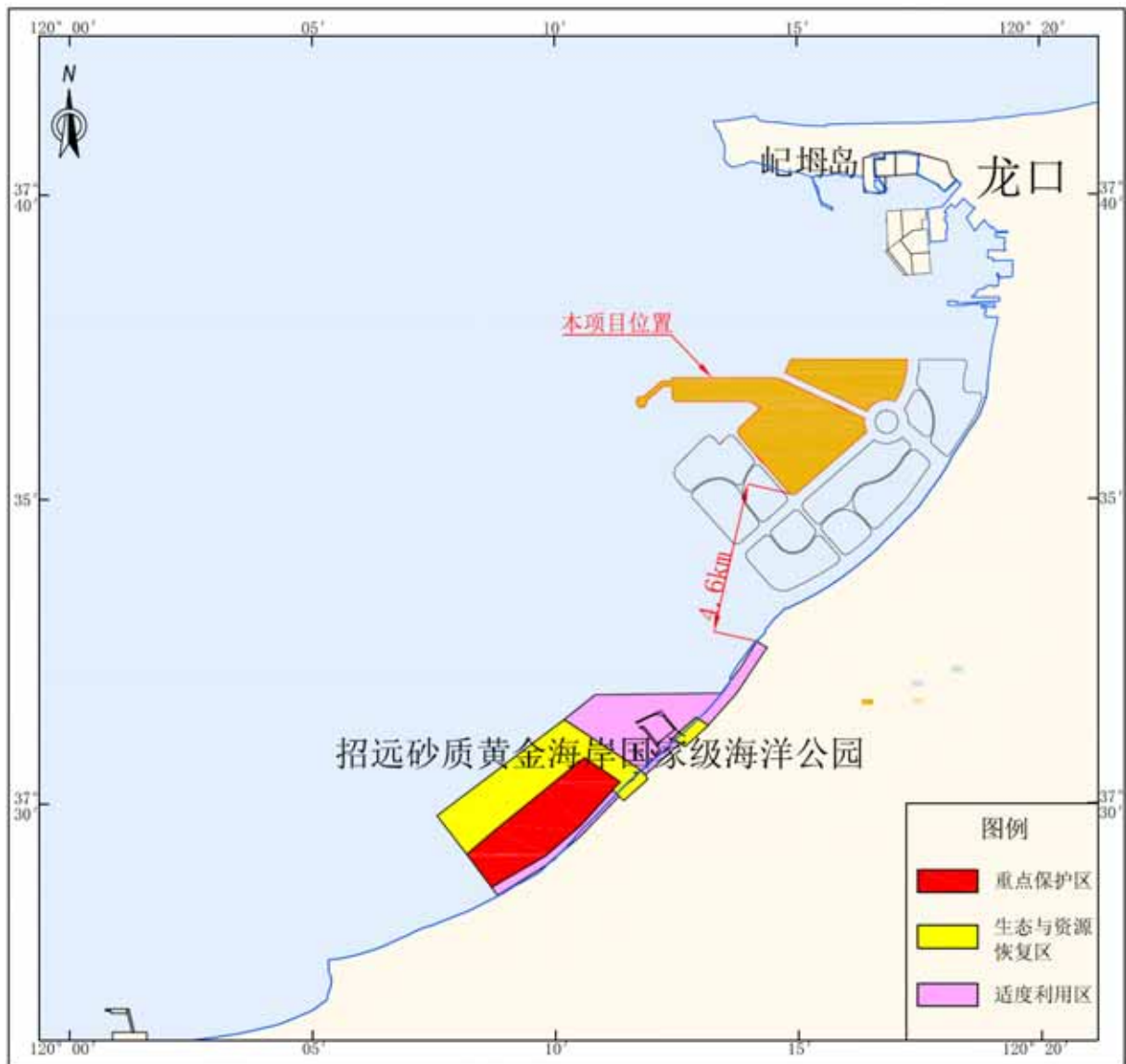


图 4.3-2 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

(3) 招远砂质海岸海洋特别保护区

招远砂质海岸海洋特别保护区成立于 2011 年，属于省级海洋特别保护区，保护区总面积 841.79 公顷。

保护对象：砂质岸线及海洋生态系统。

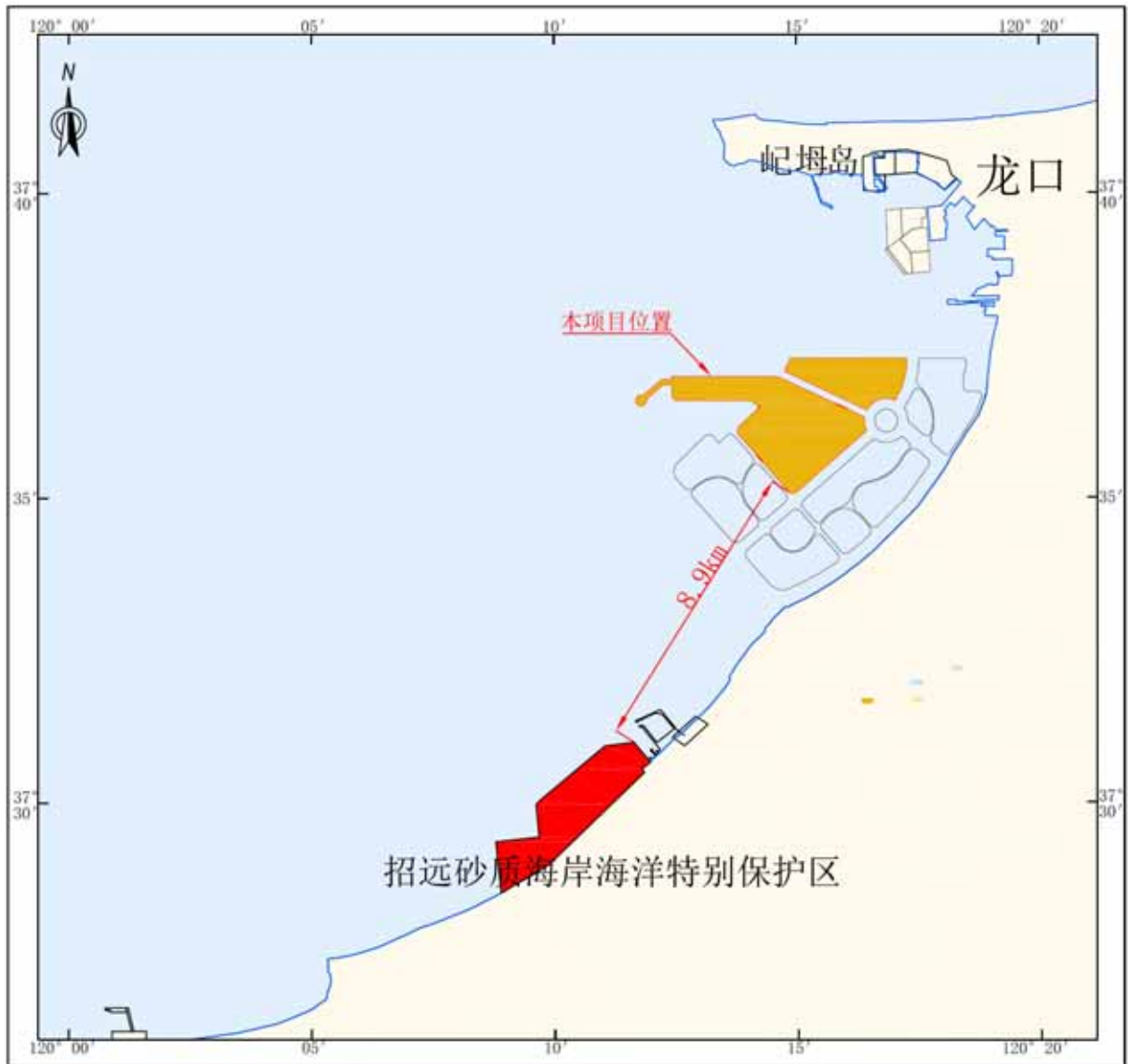


图 4.3-3 招远砂质海岸海洋特别保护区

2、港区及临港工业

(1) 烟台港龙口港区

1) 烟台港总体情况

烟台港是中国沿海地区主要港口之一，1861 年开埠，已与世界 100 多个国家和地区的 150 多个港口通航，逐渐发展成为连接海内外的重要枢纽港。目前拥有芝罘湾港区、西港区、龙口港区、蓬莱港区、莱州港区、海阳港区等 9 个主要港区，其中芝罘湾港区的铝土矿及化肥业务、龙口港区的中非杂货班轮及石油焦业务和蓬莱港区的木材业务在中国各港口中居领先地位。

烟台港码头泊位主要分布于芝罘湾港区、西港区、龙口港区、蓬莱港区、莱州港区、海阳港区等 9 个主要港区。截至 2015 年底，烟台全市公用性生产性泊位 154 个，其中万吨级以上泊位 80 个，5 万吨级以上泊位 30 个，全港综合设计年通过能力 13380 万 t。

2016 年以来，烟台港不断加快物流体系建设，完善港口功能，促进港口业务发展；依托资源优势 and 烟台港商品车滚装运输经验及特色物流服务，吸引国内多家车企将烟台港作为商品车出口和分拨基地。全港今年共完成商品车吞吐量 20.1 万辆，同比增长 33%。其中，外贸出口增长 2.8 倍，商品车吞吐量和外贸出口量两项指标增幅均居全国主要港口首位。

2) 龙口港区情况

龙口港区水域分为外港和内港两部分。自龙口港区南立标至北立标连线为内港界，以东为内港水域，面积约 11km²；自龙口港南立标至岬岬岛西南角连线为外港界，内外港界之间为外港水域，面积约 15km²。海岸线从南立标起至岬岬岛西端长约 25km。1986 年国家投资兴建龙口港煤炭专用码头，山东省人民政府又批准从油码头至北马河口长约 2500m 处均为龙口港发展岸线。目前龙口港区南北长达 3km，生产与非生产性占地面积达 76 万 m²。龙口港区现状见图 3.4.2-2。

龙口港区的码头设施主要分布在龙口湾的北、东侧，湾北侧建有龙口胜利船舶公司所属的胜利码头、龙口宏港码头、龙口滨港液体化工码头、龙口港区煤炭专用码头；湾东侧从南至北建有中海石油龙口基地码头、龙口渔港滚装码头、龙口渔港商用码头、散杂和件杂货码头、粮食码头、通用码头、集装箱码头等。龙口港区主要泊位情况见表 3.4.2-1。

截至 2015 年底，龙口港区拥有泊位共计 38 个，年设计通过能力散杂货 3442 万 t/年，集装箱 22 万 TEU，旅客 50 万人，滚装汽车 2 万标辆；其中公用性生产性泊位 14 个，年设计通过能力散杂货 2093 万吨 t/年，集装箱 6 万 TEU。

2016 年是“十三五”规划的开局之年，龙口港蓄势前行，生产经营稳中向好，2016 年港口吞吐量完成 7360.8 万吨，同比增长 3.6%。

龙口港全力打造港口支柱性货源，铝土矿、铁矿、煤炭、粮食和液体化工品等各类货种争奇斗艳，依托港口成熟的物流体系，致力于构建铝土品牌物流链，在做好铝土汽运和集装箱运输工作的基础上，不断强化铝土国铁疏运，为港口铝土业务的发展创造了有利的条件；紧紧抓住民营炼油企业陆续获得原油进口权和使用权的有利局面，大力开拓民营地炼客户，不断丰富完善液体化工码头功能，提高自身的竞争力，在做好油品汽运工作的基础上，不断增强铁路运输能力建设。2016 年，龙口港原油进口量再创新高，中非杂货班轮、外贸出口煨烧焦的市场占有率居全国沿海港口首位。

表 4.3-1 龙口港区主要泊位情况统计表

泊位编号	主要用途	泊位长度 (米)	泊位 个数	靠泊吨级	年通过能力
					(万吨/万 ETU)
客#1	客滚	141	1	5000	-----
客#2	客滚	119	1	5000	-----
#1	件杂	180	1	16000	54
#2	通用	120	1	5000	36
#3~#4	件杂	200	2	3000	30
#5~#6	通用	208	2	3000	40
#9~#10	通用	262	2	5000	76
#11	粮食	288	1	50000	90
#12~#13	通用	435	2	50000	360
#14~#15	多用途	410	2	20000	230/6
#16~#17	集装箱	360	2	16000	146/16
#18	件杂	178	1	16000	68
#19	煤炭	177	1	16000	150
#20	成品油	260	1	16000	50
#21~#22	液体化工	577	2	50000	285
#23、#25	通用	618	2	50000	320
#26	通用	309	1	100000	720
妃姆岛港#4	通用	360	1	100000	720
#27~#29	通用	891	3	100000	2160



图 4.3-3 龙口港区现状图

(2) 胜利油田海洋石油船舶公司港区

为胜利油田自用港区，位于龙口湾北部、妃姆岛南岸，建有防波堤，有妃姆岛掩护，避风条件良好，现有码头长 1450m，港池水深 5~7.5m，5000t 泊位 2 个、3000t 泊位 4

个，并有 1500t 级船坞 1 个。1997 年山东省政府批准为一类开发口岸，是我国北方重要的海洋石油船舶基地。

（3）龙口渔港

为农业部公布的一级渔港，是进入渤海最大的渔业港口，上世纪 70 年代曾是每年三省一市秋汛捕对虾渔业指挥部的所在地，渔船云集。近年虽对虾资源衰退，但该港仍是三省一市渤海作业及过往渔船的主要避风、鱼货上岸和渔船补给的首选港口，汛期日进港船可高达 2000 多艘，年吞吐量达 10 余万 t。毗邻龙口商港建设，可为渔港提供极好的掩护条件，具备提升为中心渔港的条件和潜力。

1) 龙口渔港北港区

龙口渔港北港区位于龙口湾东部、龙口港南邻，始建于 1968 年 3 月，1970 年 1 月投产使用，该港由于地理位置的优势，自 70 年代初期至 80 年代中期的十几年间，是我国北方三省一市（山东、辽宁、河北、天津）渔船的重要集散地。渔汛季节最多日进船只可达 2000 余艘，港口年吞吐量可达 10 余万 t。北港区现有泊位总长 546m，港池水域面积约 30hm²，可使用面积约 20hm²，可停泊 400t 以下船舶，航道水深为自然水深，最浅水深 0.6m。本港避风条件好，但港池东部稍有淤积。

2) 龙口渔港万吨级码头

位于龙口湾东南部、龙口渔港北港区西南侧，港池面积 42hm²，陆域面积 20hm²，泊位水深 10m，现有滚装船泊位和万吨级多用途泊位各一个，目前正在续建配套工程，以尽早形成港口规模。1997 年 12 月，省政府批准为一类开放口岸。

3) 龙口渔港南港区

龙口渔港南港区位于龙口渔港万吨级码头南部。始建于 2000 年，现有简易浆砌块石码头 2000m 左右，内建有 1600m²冷库一座，理鱼车间 846m²，水产区批发市场 10000 多 m²，承接附近沿海水产品的批发零售业务。水深 3~3.5m，水域面积 6.75 hm²，港池狭长，避风条件好，停泊渔船较多，已形成龙口港渔船停泊中心。

（4）砣姆岛渔港

砣姆岛渔港位于龙口湾北部、胜利油田港区西邻，砣姆岛村南侧。渔港现有码头岸线 860m，陆域面积 4.7hm²，港池水域面积约 12.5hm²，停泊渔船多为养殖船和近岸捕捞船，船舶吨位较小，航道水深为自然水深，最浅水深约 3.4m。

（5）百年电力

位于砣姆岛的百年电力其发展前身为山东龙口发电厂，是全国第一个国家和地方集资兴建的大型坑口电厂、山东电网骨干电厂。现有六台机组，装机容量 110 万千瓦(增容后)，职工总数 2432 人。一期工程 2×10 万千瓦机组分别于 1984 年和 1985 年投产；二期工程 2×20 万千瓦机组分别于 1988 年初和年底投产；三期工程 2×20 万千瓦机组分别于 1995 年和 1996 年投产。

百年电力于龙口湾内北部湾顶处、龙口港北侧布置有一至四期取水口工程，用海项目主要有水泵房、取水前池及引水明渠等，用海面积约 9.3hm²。

(6) 龙口三联海洋工程

龙口三联海洋工程有限公司位于龙口渔港南港区南侧，业务范围是海洋工程设施的建造与安装，现有用地 46.67hm²，专用码头长 898m，码头分为 1#、2#、3#泊位，可停靠万吨级船舶。规划总占地面积 1000 亩，分三期进行建设：一期占地面积 300 亩，二期占地面积 400 亩，三期占地面积 300 亩。

其中，一期建设主要设施包括：1 号、2 号滑道，滑道长度 333m，两根滑道可以同时满足 6 条 SUPER M2 型自升式钻井船的建造，两条滑道龙门吊起重能力 250t；桩腿预制车间；分段预制车间；库房；综合办公楼；涂装车间等。二期建设主要设施包括：10 万平方米分段预制车间、办公室以及 800t 桥吊，桥吊吊装高度 143.8m，桥吊下面配置：宽 71m，长 62.5m，深-8.5 船坞一座；三期建设主要设施包括：海工建造坞 2 个，船坞的尺寸为 120m×350m，船坞上面配置龙门吊为 600t。

3、海水养殖业

工程周边临近海域海上养殖、岸边池塘养殖和陆上工厂化养殖已有一定程度开发，根据现状调查和资料收集，海上养殖方式为筏式养殖和底播养殖，养殖品种主要为扇贝、贻贝及牡蛎，岸边池塘养殖主要养殖品种为海参和扇贝，陆上工厂化养殖主要是鱼类和贝类。

(1) 龙口市养殖区

论证范围内龙口市养殖区总面积约 111.36km²，养殖户合计约 106 家，养殖品种为底播（海参、杂色蛤）、扇贝、牡蛎、贻贝。主要养殖方式有底播养殖、设施养殖、池塘养殖和人工鱼礁。其中底播养殖和设施养殖主要位于砣姆岛北侧海域，龙口港内零星分布有 6 处设施养殖；池塘养殖主要位于砣姆岛北部岸边和工程东南侧区域；砣姆岛以北有一处面积约 51.82hm² 的人工鱼礁。

(2) 招远市养殖区

论证范围内招远市养殖区总面积约 25.22km²，养殖户合计约 42 家，主要养殖方式为筏式养殖和底播养殖。其中从海岸线向海延伸约 5km 为底播养殖区，从 5km 至 15km 为筏式养殖区。

4、区域用海规划

本部分内容引自国家海洋局 2010 年 3 月编制的《龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划论证报告（报批稿）》。

龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划位于莱州湾东北部、龙口湾南部及附近海域，规划区域采用人工岛式与区块组团相结合的方式填海造地，与龙口港南北相呼应，形成 6 个人工岛和 1 个突堤式岛填海，共形成面积约 33.21km² 的陆地（城市建设用地）。

区域用海规划由一座突堤式半岛和六座独立人工岛围合而成，整体布局呈现“一轴双心、产业环绕、五桥内联、港口外延”的空间结构。规划区整体划分为工业集中区、港口及现代物流区、综合服务区三大片区，其中工业集中区包括现代海洋装备制造产业区、高端金属材料加工制造产业区、汽车改装及零部件制造产业区和新能源和新材料产业区，各功能分区面积分别为 368hm²、363 hm²、785 hm² 和 169 hm²。港口及现代物流区和综合服务区面积分别为 639 hm² 和 666 hm²。

4.3.3 海域使用权属现状

工程周边海域开发活动较多，除部分开放式养殖、航道和锚地外，其余用海活动均已确权，确权海域用海类型主要为港口用海和养殖用海，还有部分渔业基础设施用海、旅游基础设施用海和电力工业用海。

工程周边海域使用权属情况见图 4.3-4、表 4.3-2。

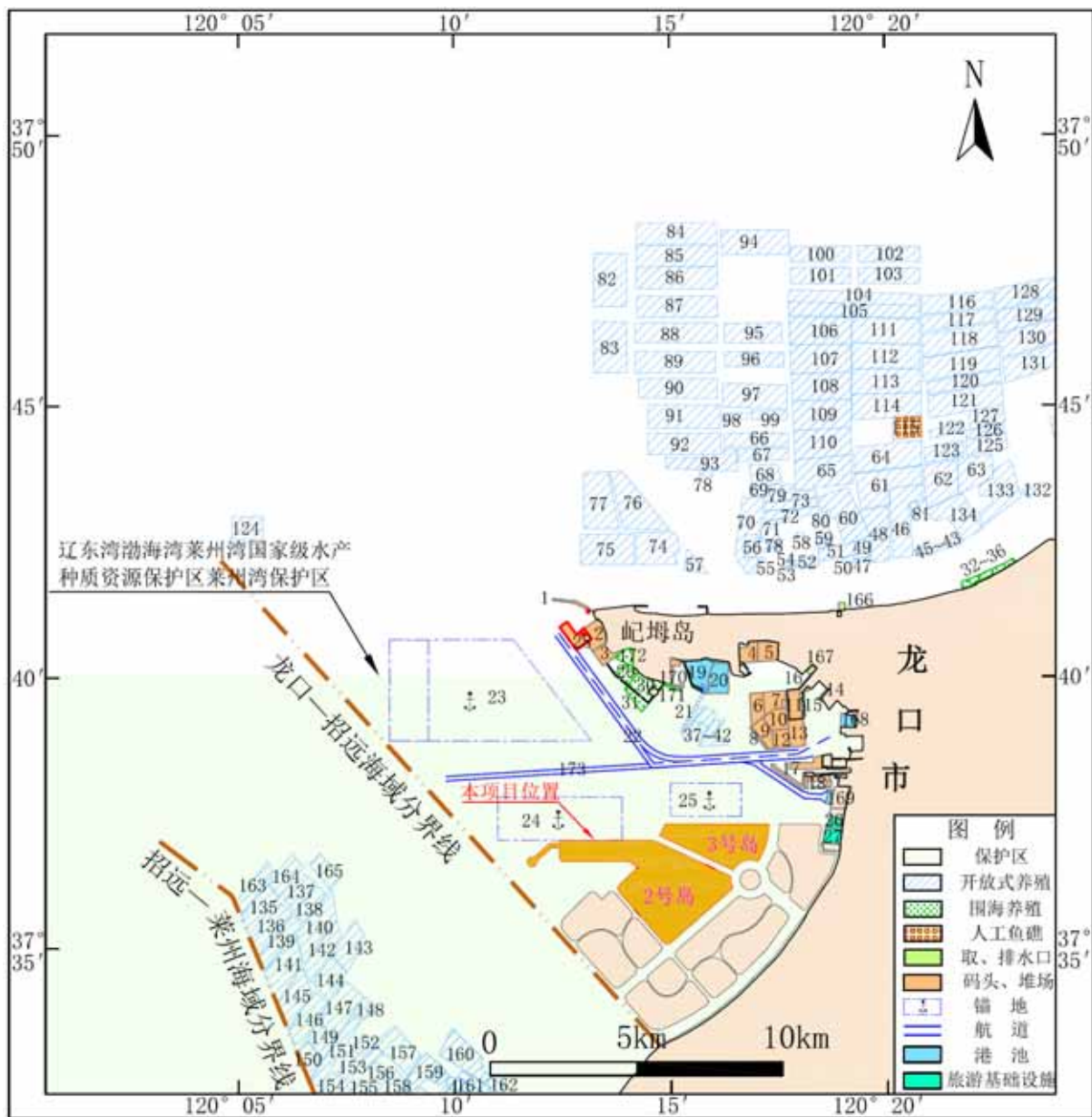


图 4.3-4 工程周边海域开发利用现状

表 3.4.3-2 工程周边海域使用权属一览表

图中编号	名称	海域使用权人	用海类型	用海方式
1	龙口港防波堤填海工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
2	龙口港 10 万吨级通用泊位工程	国投龙口西港开发有限公司	港口用海	建设填海造地
3	龙口港西港区#5、#6 泊位工程	龙口南山妃母岛港发展有限公司	港口用海	建设填海造地
4	龙口海达物流有限公司散货堆场工程	龙口海达物流有限公司	港口用海	建设填海造地
5	龙口海达物流有限公司集装箱货场项目	龙口海达物流有限公司	港口用海	建设填海造地
6	烟台港龙口港区木材堆场	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
7	烟台港龙口港区煤炭基地配套洗煤场地工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
8	烟台港龙口港区 3X50000 吨级通用泊位 27#、28#、29#工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
9	龙口港煤炭储备堆场工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
10	山东省龙口煤炭储备配送基地工程	山东龙海煤炭配送有限公司	港口用海	建设填海造地
11	龙口港燃油化工码头扩建工程	山东省龙口港务管理局	港口用海	建设填海造地
12	山东海港煤炭储配物流中心项目	山东龙海煤炭配送有限公司	港口用海	建设填海造地
13	龙口港东港区通用泊位工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
14	龙口港 2X2 万吨级多用途泊位工程	龙口港集团有限公司	港口用海	建设填海造地
15	龙口滨海港液体化工码头有限公司货场工程	龙口滨海港液体化工码头有限公司	港口用海	建设填海造地
16	龙口港进港铁路工程	龙口港务管理局	港口用海	建设填海造地
17	龙口渔港改扩建二期工程	龙口市渤海水产有限公司	渔业基础设施用海	非透水构筑物
18	龙口渔港改扩建工程	龙口市渤海水产有限公司	渔业基础设施用海	非透水构筑物
19	胜利油田分公司海洋石油船舶中心港池水域	胜利油田分公司船舶中心	港口用海	港池、蓄水等
20	胜利油田分公司海洋石油船舶中心港池 2	胜利油田分公司船舶中心	港口用海	港池、蓄水等
21	胜利油田分公司海洋石油船舶中心航道	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
22	龙口港 10 万吨级航道	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
23	龙口港 4#锚地	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
24	龙口港 3#锚地	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
25	龙口港 2#锚地	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
26	龙口经济技术开发区科普文化基地建设项目	龙口市第二文化馆	旅游基础设施用海	建设填海造地
27	龙口经济技术开发区体育公园建设项目	龙口经济开发区体育公园建设项目	旅游基础设施用海	建设填海造地
28	龙口南山 LNG 接收站一期工程	龙口兰亭液化天然气有限公司	港口用海	透水构筑物、港池、蓄水等、海底电缆管道和取、排水口
29	龙口南山妃母岛港发展有限公司海珍品养殖场	龙口南山妃母岛港发展有限公司	围海养殖用海	围海养殖
30	南山集团有限公司海珍品养殖场	南山集团有限公司	围海养殖用海	围海养殖
31	烟台新瑞经贸有限公司海珍品养殖场项目	烟台新瑞经贸有限公司	围海养殖用海	围海养殖
32	王艳丽围海养殖场	王艳丽	围海养殖用海	围海养殖
33	曹玉彬围海养殖场	曹玉彬	围海养殖用海	围海养殖

34	隋信朋围海养殖场	隋信朋	围海养殖用海	围海养殖
35	邢济君围海养殖场	邢济君	围海养殖用海	围海养殖
36	孙志亮围海养殖场	孙志亮	围海养殖用海	围海养殖
37	张和祥设施养殖	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
38	王道范设施养殖	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
39	姜延超设施养殖	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
40	郑丙横养殖用海	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
41	王念彩养殖用海	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
42	王振军养殖用海	未确权	开放式养殖用海	开放式养殖
43	梁维勋养殖用海	梁维勋	开放式养殖用海	开放式养殖
44	梁维勋养殖用海	梁维勋	开放式养殖用海	开放式养殖
45	王振军养殖用海	王振军	开放式养殖用海	开放式养殖
46	姜永美养殖用海	姜永美	开放式养殖用海	开放式养殖
47	胡国卫养殖用海	胡国卫	开放式养殖用海	开放式养殖
48	解承波养殖用海	解承波	开放式养殖用海	开放式养殖
49	解承云养殖用海	解承云	开放式养殖用海	开放式养殖
50	张尚生养殖用海	张尚生	开放式养殖用海	开放式养殖
51	姜训方养殖用海	姜训方	开放式养殖用海	开放式养殖
52	姚吉平养殖用海	姚吉平	开放式养殖用海	开放式养殖
53	胡国卫养殖用海	胡国卫	开放式养殖用海	开放式养殖
54	李广明养殖用海	李广明	开放式养殖用海	开放式养殖
55	李广明养殖用海	李广明	开放式养殖用海	开放式养殖
56	胡欢庆养殖用海	胡欢庆	开放式养殖用海	开放式养殖
57	姜训芳养殖用海	姜训芳	开放式养殖用海	开放式养殖
58	胡国宪养殖用海	胡国宪	开放式养殖用海	开放式养殖
59	逢吉祥养殖用海	逢吉祥	开放式养殖用海	开放式养殖
60	姜训春养殖用海	姜训春	开放式养殖用海	开放式养殖
61	邹志地养殖用海	邹志地	开放式养殖用海	开放式养殖
62	邹丽月养殖用海	邹丽月	开放式养殖用海	开放式养殖
63	姜开享养殖用海	姜开享	开放式养殖用海	开放式养殖
64	毕先增养殖用海	毕先增	开放式养殖用海	开放式养殖
65	徐庆兰养殖用海	徐庆兰	开放式养殖用海	开放式养殖
66	胡守礼养殖用海	胡守礼	开放式养殖用海	开放式养殖
67	白富顺养殖用海	白富顺	开放式养殖用海	开放式养殖
68	刘天青养殖用海	刘天青	开放式养殖用海	开放式养殖
69	蒋晓平养殖用海	蒋晓平	开放式养殖用海	开放式养殖
70	仲大伟养殖用海	仲大伟	开放式养殖用海	开放式养殖

71	吴宪亮养殖用海	吴宪亮	开放式养殖用海	开放式养殖
72	陈大江养殖用海	陈大江	开放式养殖用海	开放式养殖
73	姜训方养殖用海	姜训方	开放式养殖用海	开放式养殖
74	刘思仪养殖用海	刘思仪	开放式养殖用海	开放式养殖
75	孙爱英养殖用海	孙爱英	开放式养殖用海	开放式养殖
76	胡国旭养殖用海	胡国旭	开放式养殖用海	开放式养殖
77	胡海涛养殖用海	胡海涛	开放式养殖用海	开放式养殖
78	付振杰养殖用海	付振杰	开放式养殖用海	开放式养殖
79	陈大江养殖用海	陈大江	开放式养殖用海	开放式养殖
80	栾庆任养殖用海	栾庆任	开放式养殖用海	开放式养殖
81	王振军养殖用海	王振军	开放式养殖用海	开放式养殖
82	胡英丽养殖用海	胡英丽	开放式养殖用海	开放式养殖
83	刘艳玲养殖用海	刘艳玲	开放式养殖用海	开放式养殖
84	胡国一养殖用海	胡国一	开放式养殖用海	开放式养殖
85	胡国鹏养殖用海	胡国鹏	开放式养殖用海	开放式养殖
86	胡晓莲养殖用海	胡晓莲	开放式养殖用海	开放式养殖
87	胡国鹏养殖用海	胡国鹏	开放式养殖用海	开放式养殖
88	刘思仪养殖用海	刘思仪	开放式养殖用海	开放式养殖
89	刘思仪养殖用海	刘思仪	开放式养殖用海	开放式养殖
90	胡欢庆养殖用海	胡欢庆	开放式养殖用海	开放式养殖
91	胡国君养殖用海	胡国君	开放式养殖用海	开放式养殖
92	胡欢庆养殖用海	胡欢庆	开放式养殖用海	开放式养殖
93	仲大伟养殖用海	仲大伟	开放式养殖用海	开放式养殖
94	姜雷养殖用海	姜雷	开放式养殖用海	开放式养殖
95	胡国绪养殖用海	胡国绪	开放式养殖用海	开放式养殖
96	胡守礼养殖用海	胡守礼	开放式养殖用海	开放式养殖
97	栾思东养殖用海	栾思东	开放式养殖用海	开放式养殖
98	郭兆亮养殖用海	郭兆亮	开放式养殖用海	开放式养殖
99	王永养殖用海	王永	开放式养殖用海	开放式养殖
100	银贝海珍品有限公司养殖用海	银贝海珍品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
101	曲广苓养殖用海	曲广苓	开放式养殖用海	开放式养殖
102	银贝海珍品有限公司养殖用海	银贝海珍品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
103	解士享养殖用海	解士享	开放式养殖用海	开放式养殖
104	龙口市温流水育苗养殖有限公司养殖用海	龙口市温流水育苗养殖有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
105	解承波养殖用海	解承波	开放式养殖用海	开放式养殖
106	龙口市温流水育苗养殖有限公司养殖用海	龙口市温流水育苗养殖有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
107	解承波养殖用海	解承波	开放式养殖用海	开放式养殖

108	龙口市温流水育苗养殖有限公司养殖用海	龙口市温流水育苗养殖有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
109	解承波养殖用海	解承波	开放式养殖用海	开放式养殖
110	龙口市温流水育苗养殖有限公司养殖用海	龙口市温流水育苗养殖有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
111	解乘云养殖用海	解乘云	开放式养殖用海	开放式养殖
112	黄建忠养殖用海	黄建忠	开放式养殖用海	开放式养殖
113	曲广苓养殖用海	曲广苓	开放式养殖用海	开放式养殖
114	曲彩兰养殖用海	曲彩兰	开放式养殖用海	开放式养殖
115	龙口市温流水育苗养殖有限公司人工鱼礁	龙口市温流水育苗养殖有限公司	人工鱼礁用海	开放式养殖
116	张卫刚养殖用海	张卫刚	开放式养殖用海	开放式养殖
117	李宪峰养殖用海	李宪峰	开放式养殖用海	开放式养殖
118	李效平养殖用海	李效平	开放式养殖用海	开放式养殖
119	解承波养殖用海	解承波	开放式养殖用海	开放式养殖
120	遇贵树养殖用海	遇贵树	开放式养殖用海	开放式养殖
121	栾思东养殖用海	栾思东	开放式养殖用海	开放式养殖
122	许建梅养殖用海	许建梅	开放式养殖用海	开放式养殖
123	仲大伟养殖用海	仲大伟	开放式养殖用海	开放式养殖
124	龙口市海林水产工程化养殖有限公司开放式养殖用海	龙口市海林水产工程化养殖有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
125	解德峰养殖用海	解德峰	开放式养殖用海	开放式养殖
126	王振军养殖用海	王振军	开放式养殖用海	开放式养殖
127	齐俊智养殖用海	齐俊智	开放式养殖用海	开放式养殖
128	邹志国养殖用海	邹志国	开放式养殖用海	开放式养殖
129	张新圣养殖用海	张新圣	开放式养殖用海	开放式养殖
130	袁占杰养殖用海	袁占杰	开放式养殖用海	开放式养殖
131	崔玉山养殖用海	崔玉山	开放式养殖用海	开放式养殖
132	胡国绪设施养殖	胡国绪	开放式养殖用海	开放式养殖
133	刘振普设施养殖	刘振普	开放式养殖用海	开放式养殖
134	王道敏设施养殖	王道敏	开放式养殖用海	开放式养殖
135	招远市马埠庄子村陈俊廷筏式养殖	陈俊廷	开放式养殖用海	开放式养殖
136	招远市徐家疃村王莲筏式养殖	王莲	开放式养殖用海	开放式养殖
137	招远市西上庄子村薛建军筏式养殖 1	薛建军	开放式养殖用海	开放式养殖
138	招远市徐家疃村王云胜筏式养殖 1	王云胜	开放式养殖用海	开放式养殖
139	招远市徐家疃村王祥文筏式养殖	王祥文	开放式养殖用海	开放式养殖
140	招远市魁星南路村陈建刚筏式养殖	陈建刚	开放式养殖用海	开放式养殖
141	招远市徐家疃村王世忠筏式养殖	王世忠	开放式养殖用海	开放式养殖
142	招远市徐家疃村王铎筏式养殖	王铎	开放式养殖用海	开放式养殖
143	招远市张志刚筏式养殖	张志刚	开放式养殖用海	开放式养殖
144	招远市初山路张钧彦筏式养殖	张钧彦	开放式养殖用海	开放式养殖

145	招远市徐家疃村王祥斌筏式养殖	王祥斌	开放式养殖用海	开放式养殖
146	招远市解家村蒋云良筏式养殖	蒋云良	开放式养殖用海	开放式养殖
147	招远市徐家疃村宋永亮筏式养殖	宋永亮	开放式养殖用海	开放式养殖
148	招远市温泉路于华军底播养殖	于华军	开放式养殖用海	开放式养殖
149	招远市西上庄子村薛建军筏式养殖 2	薛建军	开放式养殖用海	开放式养殖
150	招远市马埠庄子村陈俊廷筏式养殖 2	陈俊廷	开放式养殖用海	开放式养殖
151	招远市徐家疃村王云胜筏式养殖 3	王云胜	开放式养殖用海	开放式养殖
152	招远市徐家疃村王永胜筏式养殖 1	王永胜	开放式养殖用海	开放式养殖
153	招远市徐家疃村王铁兴筏式养殖 2	王铁兴	开放式养殖用海	开放式养殖
154	招远市徐家疃村王铁兴筏式养殖	王铁兴	开放式养殖用海	开放式养殖
155	招远市徐家疃村王世忠底播养殖	王世忠	开放式养殖用海	开放式养殖
156	招远市马格庄村李谋兴筏式养殖	李谋兴	开放式养殖用海	开放式养殖
157	招远市徐家疃村王永胜筏式养殖 3	王永胜	开放式养殖用海	开放式养殖
158	招远市徐家疃村王祥武底播养殖	王祥武	开放式养殖用海	开放式养殖
159	招远市辛庄镇李国增筏式养殖	李国增	开放式养殖用海	开放式养殖
160	招远市王立兴底播增殖用海	王立兴	开放式养殖用海	开放式养殖
161	招远市罗峰街道栾向东底播养殖	栾向东	开放式养殖用海	开放式养殖
162	招远市罗峰街道栾向东底播养殖	栾向东	开放式养殖用海	开放式养殖
163	招远市徐家疃村王永胜筏式养殖	王永胜	开放式养殖用海	开放式养殖
164	招远市西上庄子村薛建军筏式养殖 3	薛建军	开放式养殖用海	开放式养殖
165	招远市徐家疃村王祥武筏式养殖 2	王祥武	开放式养殖用海	开放式养殖
166	华电龙口发电股份有限公司排水口项目	华电龙口发电股份有限公司	电力工业用海	取、排水口
167	华电龙口发电股份有限公司纳水口项目	华电龙口发电股份有限公司	电力工业用海	取排水口
168	散杂货码头港池	龙口港集团有限公司	港口用海	港池、蓄水等
169	龙口中集来福士海洋工程有限公司港池	龙口中集来福士海洋工程有限公司	港口用海	港池、蓄水等
170	砣姆岛渔港	-	渔业基础设施用海	非透水构筑物
171	砣姆岛村围海养殖	砣姆岛村	围海养殖用海	围海养殖
172	龙口南山砣姆岛港发展有限公司围海养殖	龙口南山砣姆岛港发展有限公司	围海养殖用海	围海养殖
173	龙口港 2 万吨级航道	-	港口用海	航道、锚地及其他开放式
-	莱州湾国家级水产种质资源保护区	-	保护区用海	特殊用海

5 环境质量现状调查与评价

5.1 海水水质质量状况调查与评价

5.1.1 调查范围与站位布设

中国海洋大学在工程附近海域布置水质调查站位 66 个, 分别于 2018 年 5 月(春季)、2018 年 7 月(夏季)、2018 年 11 月(秋季)、2019 年 1 月(冬季)进行采样监测, 其中, 1#~30#站位分布在工程外侧海域, D1~D24 站位分布在工程内部主水道, J1~J12 分布在工程内小水道内。具体调查站位见图 5.1-1、表 5.1-1。

5.1.2 调查分析项目

2018 年 5 月(春季)、2018 年 7 月(夏季)、2018 年 11 月(秋季)和 2019 年 1 月(冬季)水质监测项目: 盐度、PH、DO、温度、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铅、镉、铜、锌、铬、砷、汞。其中, 人工岛间主水道采用 D 开头编号, 人工岛次水道采用 J 开头编号。

表 5.1-1 调查站位表

站号	站位坐标		调查内容	所在功能区	功能区划标准		备注
	北纬	东经			水质	沉积物、生态	
1	37°52'59.948"	120°02'25.185"	水质、底质、生态	/	/	/	大面站, 生态站位包括鱼卵仔稚鱼
2	37°52'59.293"	120°12'39.018"	水质	/	/	/	
3	37°52'57.476"	120°24'14.684"	水质、底质、生态	蓬莱-长岛港口航运区(A2-10)	三类	二类	
4	37°47'35.414"	119°52'52.792"	水质、底质、生态	/	/	/	
5	37°47'35.604"	120°02'25.008"	水质	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
6	37°47'34.951"	120°12'38.095"	水质、底质、生态	龙口港北部保留区(A8-10)	/	/	
7	37°47'33.140"	120°24'12.916"	水质	龙口北农渔业区(A1-9)	二类	一类	
8	37°42'43.501"	119°52'53.258"	水质	/	/	/	
9	37°42'43.711"	120°01'03.194"	水质、底质、生态	龙口港保留区(A8-9)	维持现状	维持现状	
10	37°42'43.454"	120°07'51.474"	水质	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
11	37°42'42.627"	120°16'01.406"	水质、底质、生态	龙口北农渔业区(A1-9)	二类	一类	
12	37°42'41.234"	120°24'11.331"	水质	龙口南山东海旅游休闲娱乐区(A5-7)	二类	一类	
13	37°38'07.802"	119°52'53.696"	水质、底质、生态	/	/	/	
14	37°38'08.011"	120°01'03.129"	水质	龙口港保留区(A8-9)	维持现状	维持现状	
15	37°38'07.755"	120°07'50.990"	水质、底质、生态	龙口港保留区(A8-9)	维持现状	维持现状	
16	37°38'07.342"	120°12'36.490"	水质、底质、生态	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
17	37°38'07.107"	120°14'38.848"	水质	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
18	37°38'06.777"	120°17'05.675"	水质、底质、生态	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
19	37°34'53.188"	119°52'54.004"	水质	莱州港口航运区(A2-8)	三类	二类	
20	37°34'53.397"	120°01'03.083"	水质、底质、生态	莱州港口航运区(A2-8)	三类	二类	
21	37°34'53.141"	120°07'50.649"	水质、底质、生态	莱州-招远农渔业区(A1-8)	二类	一类	
22	37°31'38.573"	119°52'54.312"	水质、底质、生态	莱州三山岛农渔业区(A1-6)	二类	一类	
23	37°31'38.782"	120°01'03.038"	水质	莱州-招远农渔业区(A1-8)	二类	一类	
24	37°31'38.526"	120°07'50.309"	水质、底质、生态	莱州-招远农渔业区(A1-8)	二类	一类	
25	37°27'19.084"	119°52'54.721"	水质、底质、生态	莱州三山岛农渔业区(A1-6)	二类	一类	
26	37°27'19.292"	120°01'02.977"	水质、底质、生态	莱州港口航运区(A2-8)	三类	二类	
27	37°29'28.782"	120°07'50.083"	水质	莱州-招远农渔业区(A1-8)	二类	一类	
28	37°31'38.295"	120°11'14.066"	水质、底质、生态	莱州-招远农渔业区(A1-8)	二类	一类	
29	37°32'42.987"	120°12'35.579"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)	三类	二类	
30	37°34'52.867"	120°11'14.431"	水质、底质、生态	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
D1	37°37'12.664"	120°11'14.781"	水质、底质、生态	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
D2	37°37'12.270"	120°14'38.412"	水质、底质、生态	龙口港口航运区(A2-9)	三类	二类	
D3	37°37'19.079"	120°17'23.074"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)	三类	二类	
D4	37°37'16.828"	120°18'30.270"	水质	龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)	三类	二类	

站号	站位坐标		调查内容	所在功能区	功能区划标准		备注
	北纬	东经			水质	沉积物、生态	
D5	37°36'02.603"	120°11'14.606"	水质	龙口港口航运区 (A2-9)	三类	二类	
D6	37°36'08.209"	120°13'36.724"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-11)	三类	二类	
D7	37°36'17.770"	120°14'35.700"	水质	龙口港口航运区 (A2-9)	三类	二类	
D8	37°36'32.870"	120°15'55.620"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-11)	三类	二类	
D9	37°36'59.260"	120°16'32.530"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-12)	三类	二类	
D10	37°36'35.440"	120°17'09.950"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-13)	三类	二类	
D11	37°36'42.747"	120°17'38.662"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-14)	三类	二类	
D12	37°36'37.086"	120°18'49.231"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-15)	三类	二类	
D13	37°35'02.379"	120°12'41.524"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-16)	三类	二类	
D14	37°35'10.470"	120°13'49.110"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-17)	三类	二类	
D15	37°35'12.562"	120°14'39.585"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-18)	三类	二类	
D16	37°35'32.789"	120°15'52.847"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-19)	三类	二类	
D17	37°35'51.959"	120°17'25.324"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-20)	三类	二类	
D18	37°35'44.130"	120°18'11.550"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-21)	三类	二类	
D19	37°34'05.750"	120°13'44.450"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-22)	三类	二类	
D20	37°34'28.849"	120°15'25.754"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-23)	三类	二类	
D21	37°35'06.131"	120°16'09.599"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-24)	三类	二类	
D22	37°33'20.330"	120°14'46.540"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-25)	三类	二类	
D23	37°34'21.629"	120°16'39.134"	水质、底质、生态	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-26)	三类	二类	
D24	37°34'58.530"	120°17'19.420"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-27)	三类	二类	
J1	37°35'24.040"	120°13'52.530"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-28)	三类	二类	
J2	37°34'31.370"	120°14'04.640"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-29)	三类	二类	
J3	37°34'44.850"	120°14'23.350"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-30)	三类	二类	
J4	37°35'21.607"	120°15'15.638"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-31)	三类	二类	
J5	37°35'48.580"	120°15'55.320"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-32)	三类	二类	
J6	37°36'29.210"	120°16'25.610"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-33)	三类	二类	
J7	37°34'02.280"	120°15'41.920"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-34)	三类	二类	
J8	37°34'29.130"	120°16'25.920"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-35)	三类	二类	
J9	37°34'54.170"	120°16'57.930"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-36)	三类	二类	
J10	37°35'14.766"	120°16'52.339"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-37)	三类	二类	
J11	37°35'46.806"	120°17'11.099"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-38)	三类	二类	
J12	37°36'08.780"	120°17'57.380"	水质	龙口湾工业与城镇用海区 (A3-39)	三类	二类	

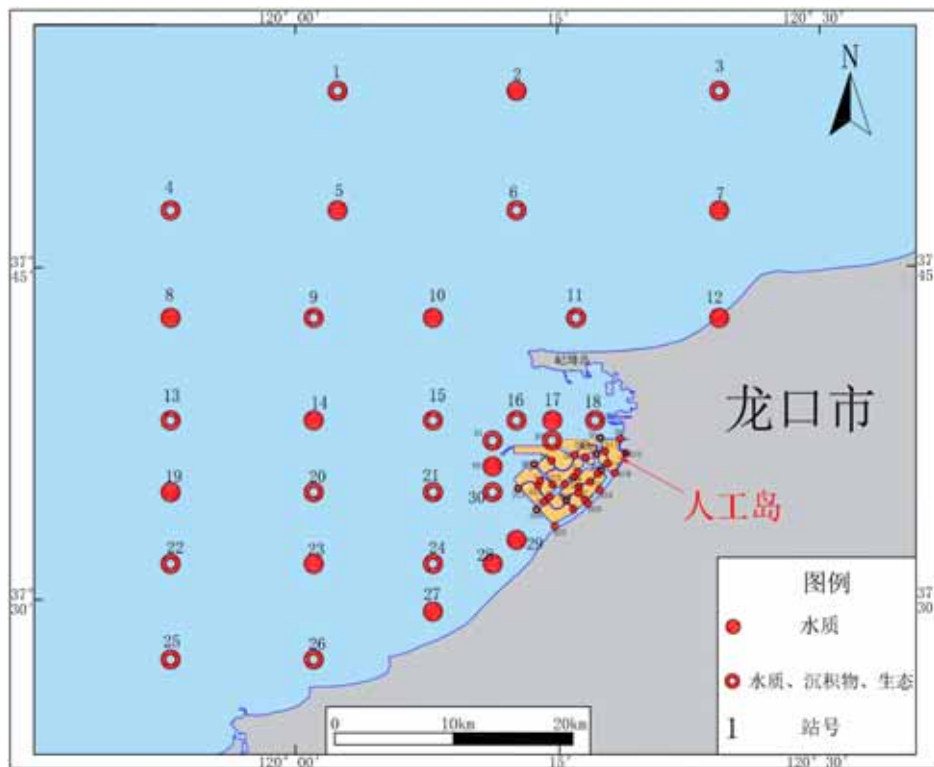


图 5.1-1a 水质沉积物生态调查站位图

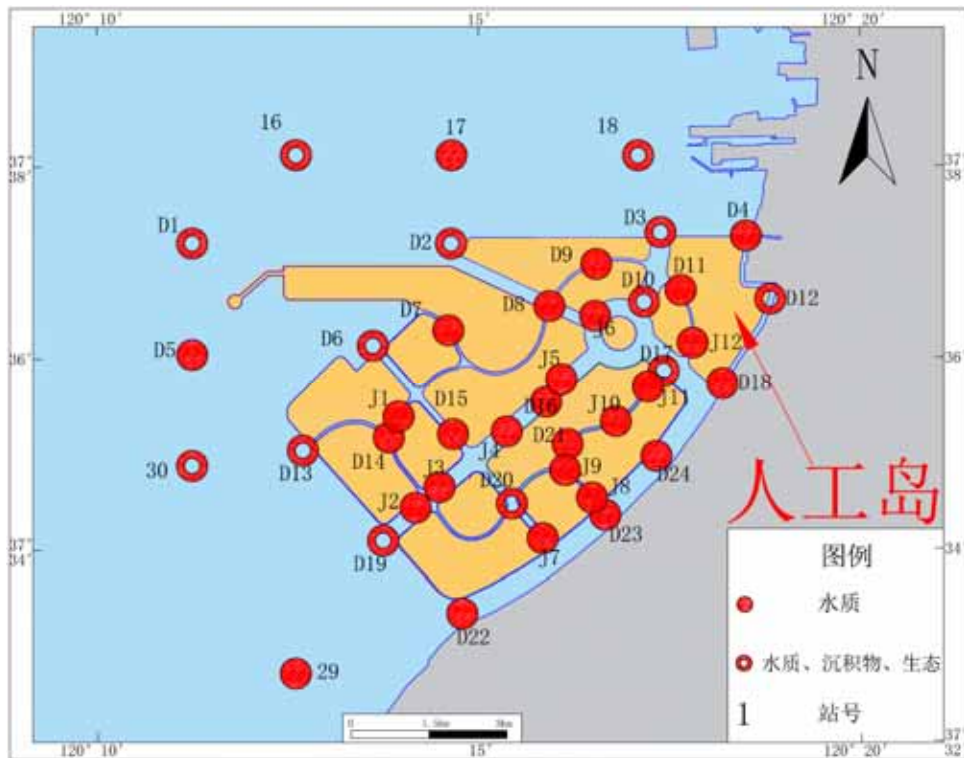


图 5.1-1b 水质沉积物生态调查站位图

5.1.3 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)的规定进行。各项目分析方法见表 5.1-2。

5.1.4 评价标准与方法

以海水水质监测中各监测项目作为评价因子(除温度、盐度、SS 外),采用单站单因子质量指数法进行评价。

(1) 评价标准

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020 年)》的海洋环境保护要求以及《海水水质标准》(GB3097-1997)的水质分类要求,保护区水质评价执行第一类标准,农渔业区和保留区水质评价执行第二类标准,港口航运区(航道、锚地)和工业与城镇用海区水质评价执行第三类标准,港口航运区(港口区)水质评价执行第四类水质标准。各类水质标准值见表 5.1-3。

(2) 评价方法

①一般水质因子采用标准指数法进行评价,按下列公式计算:

$$I_i = C_i / S_i$$

式中: I_i —— i 项评价因子的标准指数;

C_i ——i 项评价因子的实测浓度；

S_i ——i 项评价因子的评价标准值。

②溶解氧（DO）采用下式计算：

$$I_i(\text{DO}) = \frac{|\text{DO}_f - \text{DO}|}{(\text{DO}_f - \text{DO}_s)} \quad \text{DO} \geq \text{DO}_s$$

$$I_i(\text{DO}) = 10 - 9\text{DO}_j / \text{DO}_s \quad \text{DO} < \text{DO}_s$$

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + t)$$

式中： $I_i(\text{DO})$ ——溶解氧标准指数

DO_f ——现场水温及氯度条件下，水样中氧饱和浓度（mg/L）

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + T)$$

DO_s ——溶解氧标准值（mg/L）；

t——现场温度；

DO_j ——溶解氧实测值（mg/L）

③ pH

pH 有其特殊性，根据国家海洋局 2002 年颁布的《海水增殖养殖区监测技术规程》，其计算式为：

$$SpH = |\text{pH} - \text{pH}_{sm}| / DS \quad \text{其中：} \text{pH}_{sm} = (\text{pH}_{su} + \text{pH}_{sd}) / 2; DS = (\text{pH}_{su} - \text{pH}_{sd}) / 2$$

式中： SpH ——pH 的污染指数；pH——pH 调查实测值*； pH_{su} ——海水 pH 标准的上限值，根据《海水水质标准》取 8.5； pH_{sd} ——海水 pH 标准的下限值，根据《海水水质标准》取 7.8。

表 5.1-2 水质监测分析及检出限

项目	分析方法	检出限, mg/L
pH	酸度计	——
SS	重量法	2
DO	碘量滴定法	0.042
COD	碱性高锰酸钾法	0.15
活性磷酸盐	抗坏血酸还原的磷钼蓝法	0.62×10^{-3}
硝酸盐	镉柱还原法	0.6×10^{-3}
亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	0.3×10^{-3}
铵盐	次溴酸盐氧化法	0.7×10^{-3}
铜	无火焰原子吸收分光光度计法	1.4×10^{-3}
铅	无火焰原子吸收分光光度计法	0.19×10^{-3}
锌	火焰原子吸收分光光度计法	16×10^{-3}
镉	无火焰原子吸收分光光度计法	0.014×10^{-3}
总铬	无火焰原子吸收分光光度计法	0.91×10^{-3}
石油类	环己烷萃取荧光分光光度法	9.2×10^{-3}
温度	温度计法	——

表 5.1-3 海水水质标准 (GB3907-1997) (单位: mg/L, 除 pH 值外)

项目	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	铜	铅
一类	7.8~8.5	>6	≤2	≤0.20	≤0.015	≤0.05	≤0.005	≤0.001
二类	7.8~8.5	>5	≤3	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≤0.010	≤0.005
三类	6.8~8.8	>4	≤4	≤0.40	≤0.030	≤0.30	≤0.050	≤0.010
四类	6.8~8.8	>3	≤5	≤0.50	≤0.045	≤0.50	≤0.050	≤0.050
项目	锌	镉	总铬	总汞	砷	挥发酚	硫化物	
一类	≤0.020	≤0.001	≤0.05	≤0.00005	≤0.020	≤0.005	≤0.020	
二类	≤0.050	≤0.005	≤0.10	≤0.0002	≤0.030	≤0.005	≤0.050	
三类	≤0.10	≤0.010	≤0.20	≤0.0002	≤0.050	≤0.010	≤0.100	
四类	≤0.50	≤0.010	≤0.50	≤0.0005	≤0.050	≤0.050	≤0.250	

5.1.5 海水水质质量状况与评价

5.1.5.1 水质监测结果

2018年5月(春季)、2018年7月(夏季)、2018年11月(秋季)2019年1月(冬季)见附表1。

5.1.5.2 海水水质评价结果

(1) 2018年5月春季海水水质评价结果

2018年5月中国海洋大学调查的66个站位中,1#~30#站位位于裕龙岛外侧海域,D1~D24及J1~J12位于工程水道内。水质各评价因子标准指数统计见表5.1.5-1。

1) 工程外侧海域有6、7、9、11、12、14、15、21、22、23、24、25、27、28#等14个站位位于农渔业区,执行二类评价标准,各站位的各监测因子均符合二类水质标准;其余16个站位位于港口航运区,执行三类水质标准,各站位的各监测因子均符合三类水质标准。

2) 工程水道内36个站位位于工业与城镇用海区,执行三类水质评价标准,D18站位活性磷酸盐含量比较高,超过三类水质标准;无机氮有19个站位超标,超标率为29%,其余站位的各监测因子均符合三类水质标准。

(2) 2018年7月夏季海水水质评价结果

2018年5月中国海洋大学调查的66个站位中,1#~30#站位位于工程外侧海域,D1~D24及J1~J12位于工程水道内。水质各评价因子标准指数统计见表5.1.5-2。

1) 工程外侧海域有6、7、9、11、12、14、15、21、22、23、24、25、27、28#等14个站位位于农渔业区,执行二类评价标准,各站位的各监测因子均符合二类水质标准;其余16个站位位于港口航运区,执行三类水质标准,各站位的各监测因子均符合三类水质标准。

2) 工程水道内 36 个站位位于工业与城镇用海区, 执行三类水质评价标准, D18 站位 COD 超过三类水质标准; 活性磷酸盐有个别站位超标, 超标率为 12%, D18 号站位超标最为严重; 无机氮有 9 个站位超标, 超标率为 14%, 其余各站各监测因子均符合三类水质标准。

(3) 2018 年 11 月秋季海水水质评价结果

2018 年 11 月中国海洋大学调查的 66 个站位中, 1#~30#站位位于工程外侧海域, D1~D24 及 J1~J12 位于工程水道内。水质各评价因子标准指数统计见表 5.1.5-3。

1) 工程外侧海域有 6、7、9、11、12、14、15、21、22、23、24、25、27、28#14 个站位位于农渔业区, 执行二类评价标准, 各站位的各监测因子均符合二类水质标准; 其余 16 个站位位于港口航运区, 执行三类水质标准, 各站位的各监测因子均符合三类水质标准。

2) 工程水道内 36 个站位位于工业与城镇用海区, 执行三类水质评价标准, 活性磷酸盐有 5 个站位超标; 无机氮有 10 个站位超过三类水质标准, 超标率为 16%; D18 号站位的 COD 和石油类超过三类水质标准; 其余各站位各评价因子均符合三类评价标准。

(4) 2019 年 1 月冬季海水水质评价结果

2019 年 1 月(中国海洋大学)的 66 个调查站位中有 14 个站位执行二类水质评价标准, 52 个站位执行三类水质评价标准。水质各评价因子标准指数统计见表 5.1.5-4。

执行二类评价标准的 14 个站位中, 石油类有 1 个站位超标; 无机氮有 9 个站位超标, 超标率为 64%; 其余各站位各评价因子均符合二类评价标准。

执行三类评价标准的 52 个站位中, 活性磷酸盐有 1 个站位超标; 无机氮有 39 个站位超过三类水质标准, 超标率为 75%; 其余各站各站位各评价因子均符合三类评价标准。冬季评价海区的水质质量良好。

5.1.6 小结

通过水质调查资料发现, 绝大多数站位调查因子都能满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中的水质标准, 部分站位无机氮、活性磷酸盐、锌超标, 调查海域海水水质现状与莱州湾整体现状相符。其中, 无机氮超标可能与生活污水等向河流排污进入海域以及养殖排水等有关, 建议相关单位和部门加强排污管理和水质质量监测, 改善海水水质质量。

表 5.1.5-1 中国海洋大学 2018 年 5 月水质标准指数统计表 (春季)

站号	pH	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb	汞	水质标准
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
D1														
D10														
D11														

站号	pH	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb	汞	水质标准
D12														
D13														
D14														
D15														
D16														
D17														
D18														
D19														
D2														
D20														
D21														
D22														
D23														
D24														
D3														
D4														
D5														
D6														
D7														
D8														
D9														
J1														
J2														
J3														
J4														
J5														
J6														
J7														
J8														
J9														
J10														
J11														
J12														

表 5.1.5-2 中国海洋大学 2018 年 7 月海水水质标准指数统计表 (夏季)

站号	pH	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	砷	汞	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	水质标准
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
D1														
D2														
D3														

站号	pH	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	砷	汞	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	水质标准
D4														
D5														
D6														
D7														
D8														
D9														
D10														
D11														
D12														
D13														
D14														
D15														
D16														
D17														
D18														
D19														
D20														
D21														
D22														
D23														
D24														
J1														
J2														
J3														
J4														
J5														
J6														
J7														
J8														
J9														
J10														
J11														
J12														

表 5.1.5-3 中国海洋大学 2018 年 11 月海水水质标准指数统计表 (秋季)

站位	PH	磷酸盐	无机氮	溶解氧	COD	油类	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	水质标准
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
D1														
D2														
D3														
D4														

站位	PH	磷酸盐	无机氮	溶解氧	COD	油类	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	水质标准
D5														
D6														
D7														
D8														
D9														
D10														
D11														
D12														
D13														
D14														
D15														
D16														
D17														
D18														
D19														
D20														
D21														
D22														
D24														
J1														
J2														
J3														
J4														
J5														
J6														
J7														
J8														
J9														
J10														
J11														
J12														

表 5.1.5-4 2019 年 1 月水质评价结果表 (冬季)

站位	pH	溶氧	化学需氧量	石油类	磷酸盐	无机氮	砷	汞	铜	铅	锌	镉	总铬	水质标准
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
D1														
D10														
D11														
D12														

站位	pH	溶氧	化学需氧量	石油类	磷酸盐	无机氮	砷	汞	铜	铅	锌	镉	总铬	水质标准
D13														
D14														
D15														
D16														
D17														
D18														
D19														
D2														
D20														
D21														
D22														
D23														
D24														
D3														
D4														
D5														
D6														
D7														
D8														
D9														
J1														
J10														
J11														
J12														
J2														
J3														
J4														
J5														
J6														
J7														
J8														
J9														

5.2 海洋沉积物质量现状调查与评价

5.2.1 调查范围与站位布设

中国海洋大学在工程附近海域布置水质调查站位 28 个，分别于 2018 年 5 月（春季）、2018 年 11 月（秋季）进行采取监测。

具体调查站位见图 5.1-1，表 5.1-1。

5.2.2 调查分析项目

2018 年 5 月、2018 年 11 月沉积物监测项目：有机碳、硫化物、石油类、锌、铅、铜、砷、镉、铬、汞。

5.2.3 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》（GB12763-2007）的规定进行。分析方法见表 5.2-1。

表 5.2-1 沉积物项目分析及检出限

项目	分析方法	检出限/ ω
有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	0.03×10^{-2}
硫化物	碘量法	4×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	1×10^{-6}
汞	冷原子吸收分光光度法	5×10^{-9}
锌	火焰原子吸收分光光度法	6×10^{-6}
铬	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	2×10^{-6}
砷	原子荧光法	1×10^{-6}

5.2.4 评价标准与方法

(1) 评价标准

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020）》的海洋环境保护要求和《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)，保护区、农渔业区和保留区沉积物质量评价执行第一类标准，港口航运区(航道、锚地)执行第二类标准，港口航运区（港口）执行第三类标准。各标准值详见表 5.2-2。

(2) 评价方法

沉积物环境质量评价采用单因子标准指数法进行，公式如下：

$$I_i=C_i/S_i$$

式中： I_i — i 项评价因子的标准指数；

C_i — i 项评价因子的实测浓度；

S_i — i 项评价因子的评价标准值。

表 5.2-2 海洋沉积物评价标准

项目	一类标准	二类标准	三类标准
石油类 ($\times 10^{-6}$)	≤ 500.0	≤ 1000.0	≤ 1500.0
硫化物 ($\times 10^{-6}$)	≤ 300.0	≤ 500.0	≤ 600.0
有机碳 ($\times 10^{-2}$)	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0
铜 ($\times 10^{-6}$)	≤ 35.0	≤ 100.0	≤ 200.0
铅 ($\times 10^{-6}$)	≤ 60.0	$130.0 \leq$	≤ 250.0
锌 ($\times 10^{-6}$)	≤ 150.0	≤ 350.0	≤ 600.0
镉 ($\times 10^{-6}$)	≤ 0.50	≤ 1.50	≤ 5.00
汞 ($\times 10^{-6}$)	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.00
铬 ($\times 10^{-6}$)	≤ 80.0	≤ 150.0	≤ 270.0
砷 ($\times 10^{-6}$)	≤ 20.0	≤ 65.0	≤ 93.0

5.2.5 海洋沉积物质量状况与评价

5.2.5.1 沉积物监测结果

2018年5月（春季）、2018年11月（秋季）沉积物质量监测结果，详见附表2。

5.2.5.2 沉积物质量评价

(1) 春季沉积物质量评价结果

2018年5月中国海洋大学调查的28个站位中，8个站位执行一类沉积物评价标准，20个站位执行第二类沉积物评价标准，全部站位均符合相应的沉积物质量评价标准。

沉积物质量各评价因子标准指数统计见表5.2.5-1。

(2) 秋沉积物质量评价结果

2018年11月中国海洋大学调查的27个站位中，8个站位执行一类沉积物评价标准，19个站位执行第二类沉积物评价标准，除D19站位的镉超二类沉积质量标准，符合三类沉积物质量标准外，其余各站位各监测因子均符合相应的沉积物质量标准。

沉积物质量各评价因子标准指数统计见表5.2.5-2。

表 5.2.5-1 中国海洋大学 2018 年 5 月海洋沉积物标准指数统计表（春季）

站位编号	有机碳	石油类	硫化物	铅	镉	铜	锌	铬	砷	汞	评价标准
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5.2.6 小结

2018年5月沉积物质量均符合所在功能区沉积物质量标准；2018年11月除D19站位的镉超二类沉积质量标准，符合三类沉积物质量标准外，其余各站位各监测因子均符合相应的沉积物质量标准。总体来说，工程周边海域沉积物质量良好。

5.3 海洋生态现状调查与评价

2018年5月（春季）、2018年7月（夏季）、2018年11月（秋季）和2019年1月（冬季）中国海洋大学在工程附近海域进行了海洋生物调查，布设生物调查站位30个，调查内容包括：叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物，具体调查站位见图5.1-1和表5.1-1。

5.3.1 生物采集与分析方法

现场采集所有生物样品带回实验室分析，采集与分析方法如下：

（1）调查方法

①叶绿素a

取叶绿素a样品水样1000mL，经孔径0.45 μ m的滤膜过滤后，干燥冷藏保存，采用分光光度法进行分析，按Jeffrey-Humphrey的方程式计算叶绿素a的含量。

②浮游生物

浮游生物样品用浅水、型浮游生物网，自底至表垂直拖网取得，经5%福尔马林海水溶液固定保存。室内分析鉴定按《海洋调查规范》中规定的方法进行，最后浮游植物出现的个体数换算成个/m³，浮游动物个体数换算成个/m³和生物量换算成mg/m³作为调查水域的现存量指标。

③底栖生物

底栖生物样品用0.05m²曙光型采泥器采集，每站采集3次，所获泥样经孔径为0.5mm的套筛冲洗后，挑拣全部生物个体作为一个样品，生物标本浸于75%酒精溶液中固定保存。生物量根据酒精标本重量计算，称重在感量为0.001g的电子天平上进行。

（2）评价方法

根据各站浮游植物、动物和底栖生物的种类组成、生物量及生物密度平面分布，计算生物样品的多样性指数、均匀度、丰度等，其方法按《海洋监测规范》的要求进行。

①香农-韦弗（Shannon-Weaver）多样性指数

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 P_i$$

式中：H'---生物多样性指数；S ---样品中的种类数量；P_i ---第 i 种的个体数与总个体数的比值

②均匀度指数

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

式中：J ---均匀度指数；H'---多样性指数；H_{max}---log₂S，表示多样性指数的最大值
S ---样品中的种类数量

③优势度指数

$$D = \frac{N_1 + N_2}{N_T}$$

式中：D ---优势度指数；N₁---样品中第一优势种的个体数-；N₂ ---样品中第二优势种的个体数-；N_T ---样品的总个体数-

④丰度指数

$$d = \frac{S - 1}{\log_2 N}$$

式中：d ---丰度指数；S ---样品中的种类数量；N ---样品中的生物个体总数

5.3.2 叶绿素 a

(1) 春季调查结果

2018 年 5 月份的调查中，各测站叶绿素 a 含量为 0.000~3.623μg/L，平均为 1.597μg/L。2018 年 5 月叶绿素 a 监测结果见表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 2018 年 5 月叶绿素 a 浓度

站位	叶绿素(ug/L)	站位	叶绿素(ug/L)	站位	叶绿素(ug/L)
1					
3					
4					
6					
9					
11					
13					
15					
16					
18					
20					

(2) 夏季调查结果

2018年7月份的调查中,各测站叶绿素a含量为0.431~8.483 $\mu\text{g/L}$,平均为2.507 $\mu\text{g/L}$ 。2018年7月叶绿素a监测结果见表5.3.2-2。

表 5.3.2-2 2018年7月叶绿素a浓度

站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)
1					
3					
4					
6					
9					
11					
13					
15					
16					
18					
20					

(3) 秋季调查结果

2018年11月份的调查中,各测站叶绿素a含量为1.289~47.4 $\mu\text{g/L}$,平均为6.281 $\mu\text{g/L}$ 。2018年11月叶绿素a监测结果见表5.3.2-3。

表 5.3.2-3 2018年11月叶绿素a浓度

站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)
1					
3					
4					
6					
9					
11					
13					
15					
16					
18					
20					

(4) 冬季调查结果

2019年1月份的调查中,各测站叶绿素a含量为0~5.02 $\mu\text{g/L}$,平均为1.561 $\mu\text{g/L}$ 。2019年1月叶绿素a监测结果见表5.3.2-4。

表 5.3.2-4 2019年1月叶绿素a浓度

站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)	站位	叶绿素($\mu\text{g/L}$)
1					
3					
4					
6					
9					
11					
13					

14		■		■		■		■
15		■		■		■		■
18		■		■		■		■

5.3.3 浮游植物

5.3.3.1 春季调查结果

(1) 种类组成

2018年5月调查共鉴定浮游植物50种，其中硅藻45种，占浮游植物种类组成的90%，甲藻4种，占浮游植物种类组成的8%，蓝藻1种，占浮游植物种类组成的2%。浮游植物名录见表5.3.3-1。

表 5.3.3-1 2018 年 5 月浮游植物名录

种类	中文名	拉丁文名
	硅藻门	<i>Bacillariophyta</i>
1	短柄曲壳藻	<i>Achnanthes brevipes Agardh</i>
2	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i>
3	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
4	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei karsten</i>
5	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus Lauder</i>
6	缢缩角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i>
7	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
8	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus Cleve</i>
9	密联角毛藻	<i>Chaetoceros densus (Cleve) Cleve</i>
10	罗氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>
11	洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
12	角毛藻	<i>Chaetoceros spp.</i>
13	冕孢角毛藻	<i>Chaetoceros subsecundus Hustedt</i>
14	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
15	中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i>
16	弓束圆筛藻	<i>Coscinodiscus curvatus var. curvatus</i>
17	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii Grouh</i>
18	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
19	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
20	辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus Ehrenberg</i>
21	孔圆筛藻	<i>Coscinodiscus sp.</i>
22	圆筛藻	<i>Coscinodiscus sp.</i>
23	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii Gran & Angst</i>
24	小环藻	<i>Cyclotella sp.</i>
25	菱软几内亚藻	<i>Guinardia flaccica (Castr.) Peragallo</i>
26	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i>
27	波罗的海布纹藻	<i>Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Rabenhorst</i>
28	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus Cleve</i>
29	短楔形藻	<i>Licmophora abbreviata Agardh</i>
30	具槽直链藻	<i>Melosira sulcata (Ehrenberg) Cleve</i>
31	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium (Ehr.) W. Smith</i>

种类	中文名	拉丁文名
32	柔弱菱形藻	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve
33	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Breb.) Ralfs
34	弯端长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> var. <i>reversa</i>
35	洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow
36	三角褐指藻	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>
37	羽纹藻	<i>Pinnularia</i> spp.
38	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.
39	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle
40	细长翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve) Grunow
41	印度翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Perag.) Hustedt
42	柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve
43	脆根管藻	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> .
44	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
45	针杆藻	<i>Synedra</i> sp.
甲藻门		<i>Dinophyta</i>
46	三角角藻	<i>Ceratium tripos</i> (Muller) Nitzsch
47	尖锐鳍藻	<i>Dinophysis acuta</i>
48	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid et Swezy
49	歧散原多甲藻	<i>Protoperidinium divergens</i>
蓝藻门		<i>Cyanobacteria</i>
50	颤藻属	<i>Oscillatoria</i> sp.

(2) 细胞数量

2018年5月浮游植物调查结果显示，调查海域内浮游植物平均细胞数为 1.02×10^6 个/m³，其变化范围在 7×10^4 个/m³ ~ 7.60×10^6 个/m³ 之间，出现细胞数最多的是22号站，最少的是16号站。调查海区各站浮游植物细胞数量分布见表5.3.3-2。

表 5.3.3-2 2018年5月浮游植物细胞数量统计

站号	细胞总量 (10 ⁻⁴ 个/m ³)	站号	细胞总量 (10 ⁻⁴ 个/m ³)
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			
21			
22			
24			
25			
26			

(3) 优势种

2018年5月浮游植物优势种为夜光藻 (*Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid et

Swezy)、印度翼根管藻 (*Rhizosolenia alata f. indica (Perag.) Hustedt*)。优势度分别为 0.40、0.02。

(4) 群落特征

生物的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等参数分析，是反映调查海域浮游植物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也可反映出调查海域生态环境状况的优劣。若样品的多样性指数值高、均匀度大、丰度值高、优势度低，表明调查海域环境质量好，否则环境质量不好。

2018 年 5 月浮游植物调查结果显示，多样性指数 0.08~3.08 之间，平均值为 1.27；均匀度指数在 0.03~0.98 之间，平均值为 0.43；丰度指数在 0.13~0.92 之间，平均值为 0.42；优势度指数在 0.09~0.99 之间，平均值为 0.73。浮游植物综合指数见表 5.3.3-3。

表 5.3.3-3 2018 年 5 月浮游植物综合指数值统计表

站位	种类数	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	12	0.830	2.613	0.729	0.087
3	14	0.667	3.083	0.810	0.094
4	14	0.688	0.446	0.117	0.955
6	11	0.477	1.386	0.401	0.848
9	10	0.576	1.455	0.438	0.849
11	14	0.631	2.362	0.620	0.630
13	9	0.462	1.596	0.503	0.653
15	6	0.254	1.751	0.677	0.788
16	5	0.421	2.281	0.982	0.222
18	4	0.139	0.482	0.241	0.941
20	10	0.594	2.031	0.611	0.604
21	16	0.922	2.040	0.510	0.462
22	12	0.481	0.996	0.278	0.876
24	4	0.133	0.422	0.211	0.937
25	6	0.297	0.488	0.189	0.937
26	8	0.411	0.298	0.099	0.965
28	7	0.306	1.094	0.390	0.811
29	5	0.219	0.927	0.399	0.843
30	9	0.475	0.462	0.146	0.938
D1	4	0.172	1.845	0.923	0.290
D10	3	0.155	0.457	0.288	0.984
D13	6	0.274	0.083	0.032	0.994
D16	4	0.151	0.931	0.466	0.765
D17	9	0.532	1.062	0.335	0.846
D19	6	0.264	1.045	0.404	0.818
D2	11	0.663	2.005	0.579	0.697
D20	7	0.312	1.576	0.561	0.624
D3	7	0.285	0.757	0.270	0.908
D6	7	0.407	0.724	0.258	0.894
最小值	3	0.13	0.08	0.03	0.09
最大值	16	0.92	3.08	0.98	0.99
平均值	8.28	0.42	1.27	0.43	0.73

5.3.3.2 夏季调查结果

(1) 种类组成

2018年7月共采集到浮游植物的种类为86种,隶属于硅藻、甲藻、金藻。其中硅藻较多,占86.0%,甲藻占据了13.8%,金藻占1.2%。浮游植物名录见表5.3.3-4。

表 5.3.3-4 2018 年 7 月浮游植物名录

序号	种名	拉丁名
硅藻	<i>Bacillariophyta</i>	
1	冰河拟星杆藻	<i>Asterionellopsis glacialis</i>
2	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i>
3	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>
4	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis Greville</i>
5	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
6	桥联角毛藻	<i>Chaetoceros anastomosans</i>
7	北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i>
8	短孢角毛藻	<i>Chaetoceros brevis</i>
9	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei karsten</i>
10	密聚角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i>
11	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus Lauder</i>
12	缢缩角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i>
13	发状角毛藻	<i>Chaetoceros crinitus</i>
14	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
15	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus Cleve</i>
16	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis Cleve</i>
17	密联角毛藻	<i>Chaetoceros densus (Cleve) Cleve</i>
18	远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i>
19	爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibenii</i>
20	罗氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>
21	洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
22	日本角毛藻	<i>Chaetoceros nipponica</i>
23	窄面角毛藻	<i>Chaetoceros paradoxus Cleve</i>
24	海洋角毛藻	<i>Chaetoceros pelagicus</i>
25	拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus Mangin</i>
26	暹罗角毛藻	<i>Chaetoceros siamense</i>
27	聚生角毛藻	<i>Chaetoceros socialis Lauder</i>
28	角毛藻	<i>Chaetoceros sp.</i>
29	冕孢角毛藻	<i>Chaetoceros subsecundus Hustedt</i>
30	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres Cleeve</i>
31	扭链角毛藻	<i>Chaetoceros tortissimus Gran</i>
32	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
33	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii Grough</i>
34	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
35	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
36	辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus Ehrenberg</i>
37	圆筛藻	<i>Coscinodiscus sp.</i>
38	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii Gran & Angst</i>
39	小环藻	<i>Cyclotella sp.</i>
40	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii (West) Grunow</i>
41	唐氏藻	<i>Donkinia sp.</i>

序号	种名	拉丁名
42	长角弯角藻	<i>Eucampia cornuta</i>
43	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i>
44	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus Cleve</i>
45	舟形藻	<i>Navicula sp.</i>
46	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium (Ehr.)W. Smith</i>
47	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima (Breb.) Ralfs</i>
48	菱形藻	<i>Nitzschia sp.</i>
49	羽纹藻	<i>Pinnularia spp.</i>
50	曲舟藻	<i>Pleurosigma spp.</i>
51	柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden et al</i>
52	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) Hasle</i>
53	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera Brightwell</i>
54	中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i>
55	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
56	针杆藻	<i>Synedra sp.</i>
57	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides (Grun.) Van Heurck</i>
58	佛氏海毛藻	<i>Thalassiothrix franuenfeldii Grunow</i>
59	短叉角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</i>
	甲藻	<i>Dinophyta</i>
60	大角角藻	<i>Ceratium macroceres (Her.)Cleve</i>
61	三角角藻	<i>Ceratium tripos (Muller) Nitzsch</i>
62	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid et Swezy</i>

(2) 细胞数量

2018年7月浮游植物调查结果显示，调查海域内浮游植物平均细胞数为 100.8×10^4 个/m³，数量范围为 $0.69 \sim 1756 \times 10^4$ 个/m³，以 D20 号站位最高，24 号站位数量最低。调查海区各站浮游植物细胞数量分布见表 5.3.3-5。

表 5.3.3-5 2018 年 7 月浮游植物细胞数量统计

站位	细胞数量(10^4 个/m ³)	站位	细胞数量(10^4 个/m ³)
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			
21			
22			
24			
25			
26			
28			

(3) 优势种

2018年7月份的调查海域浮游植物群落中占优势的种类主要有短孢角毛藻、窄面角毛藻、远距角毛藻。

(4) 群落特征

生物的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等参数分析，是反映调查海域浮游植物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也可反映出调查海域生态环境状况的优劣。若样品的多样性指数值高、均匀度大、丰度值高、优势度低，表明调查海域环境质量好，否则环境质量不好。

2018年7月浮游植物调查结果显示，多样性指数0.445~3.471之间，平均值为2.471，均匀度指数在0.114~0.908之间，平均值为0.693，丰度指数在0.445~0.955之间，平均值为0.646，优势度在0~0.920之间，平均值为0.359，浮游植物综合指数见表5.3.3-6。

表 5.3.3-6 2018年7月浮游植物综合指数值统计表

站位	种类数	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	11	0.656	2.583	0.747	0.000
3	17	0.955	3.096	0.757	0.066
4	9	0.547	2.577	0.813	0.000
6	8	0.508	2.458	0.819	0.000
9	10	0.580	2.307	0.694	0.508
11	14	0.800	2.975	0.781	0.000
13	16	0.886	3.471	0.868	0.164
15	10	0.494	2.179	0.656	0.570
16	14	0.718	2.871	0.754	0.504
18	13	0.645	2.763	0.747	0.190
20	11	0.548	2.898	0.838	0.319
21	11	0.682	3.124	0.903	0.238
22	12	0.619	2.612	0.728	0.124
24	7	0.470	2.550	0.908	0.000
25	12	0.579	3.091	0.862	0.118
26	12	0.612	2.323	0.648	0.647
28	17	0.843	2.720	0.666	0.496
29	16	0.792	2.381	0.595	0.685
30	8	0.507	2.449	0.816	0.000
D1	13	0.699	2.189	0.592	0.576
D10	9	0.620	2.730	0.861	0.182
D13	12	0.614	1.676	0.468	0.718
D16	15	0.671	2.655	0.680	0.458
D17	10	0.465	1.660	0.500	0.649
D19	11	0.469	1.042	0.301	0.753
D2	17	0.846	2.669	0.653	0.587
D20	15	0.582	0.445	0.114	0.920
D23	16	0.719	3.061	0.765	0.171
D3	16	0.804	2.911	0.728	0.260
D6	9	0.445	1.654	0.522	0.856
最小值	7	0.445	0.445	0.114	0.000
最大值	17	0.955	3.471	0.908	0.920
平均值	12	0.646	2.471	0.693	

5.3.3.3 秋季调查结果

(1) 种类组成

2018年11月共采集到浮游植物的种类为77种，隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多69种，占89.61%，甲藻8种占据了10.39%。浮游植物名录见表5.3.3-7。

表 5.3.3-7 2018 年 11 月浮游植物名录

序号	种名	拉丁名
	硅藻	<i>Bacillariophyta</i>
1	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i>
2	活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>
3	高盒形藻	<i>Biddulphia regia (Sch.)Ostenf.</i>
4	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis Greville</i>
5	盒形藻	<i>Biddulphia spp.</i>
6	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
7	桥联角毛藻	<i>Chaetoceros anastomosans</i>
8	北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i>
9	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei karsten</i>
10	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus Lauder</i>
11	缢缩角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i>
12	中肋角毛藻	<i>Chaetoceros costatus</i>
13	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
14	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus Cleve</i>
15	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis Cleve</i>
16	并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens Cleve</i>
17	密联角毛藻	<i>Chaetoceros densus (Cleve) Cleve</i>
18	双突角毛藻	<i>Chaetoceros didymus Ehrenberg</i>
19	远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i>
20	奇异角毛藻	<i>Chaetoceros diversus</i>
21	爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibonii</i>
22	罗氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>
23	洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
24	秘鲁角毛藻	<i>Chaetoceros peruvianus Brightwell</i>
25	暹罗角毛藻	<i>Chaetoceros siamense</i>
26	角毛藻	<i>Chaetoceros sp.</i>
27	冕孢角毛藻	<i>Chaetoceros subsecundus Hustedt</i>
28	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres Cleeve</i>
29	棘冠藻	<i>Corethron criophilum Castracane</i>
30	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
31	中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i>
32	明壁圆筛藻	<i>Coscinodiscus debilis Grove</i>
33	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii Grough</i>
34	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
35	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
36	辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus Ehrenberg</i>
37	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii Gran & Angst</i>
38	小环藻	<i>Cyclotella sp.</i>
39	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii (West) Grunow</i>

序号	种名	拉丁名
40	长角弯角藻	<i>Eucampia cornuta</i>
41	浮动弯角藻	<i>Eucampia zoodiacus Ehrenberg</i>
42	菱软几内亚藻	<i>Guinardia flaccica (Castr.) Peragallo</i>
43	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i>
44	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus Cleve</i>
45	波状石丝藻	<i>Lithodesminum undulatum</i>
46	膜状舟形藻	<i>Navicula membranacea Cleve</i>
47	舟形藻	<i>Navicula sp.</i>
48	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium (Ehr.) W. Smith</i>
49	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima (Breb.) Ralfs</i>
50	菱形藻	<i>Nitzschia sp.</i>
51	具槽帕拉藻	<i>Paralia sulata</i>
52	曲舟藻	<i>Pleurosigma spp.</i>
53	柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden et al</i>
54	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) Hasle</i>
55	翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata Brightw.</i>
56	印度翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata f. indica (Perag.) Hustedt</i>
57	透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina Ostenfeld et A. Schmidt</i>
58	覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata Brightwell</i>
59	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera Brightwell</i>
60	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis Brightwell</i>
61	优美旭氏藻	<i>Schroederella delicatula</i>
62	优美旭氏藻矮小变型	<i>Schroederella delicatula f. schroederi</i>
63	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
64	掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana (Grev.) Grunow</i>
65	塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxis turris (Grev. et Arndt) Ralfs</i>
66	扭鞘藻	<i>Streptothecha thamesis Schrubsole</i>
67	针杆藻	<i>Synedra sp.</i>
68	佛氏海线藻	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>
69	圆海链藻	<i>Thalassiosira rotula Meunier</i>
甲藻		<i>Dinophyta</i>
70	叉角藻	<i>Ceratium furca (Ehr.) Claparede et Lachmann</i>
71	纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i>
72	梭角藻	<i>Ceratium fusus Schutii (Her.) Dujardin</i>
73	大角角藻	<i>Ceratium macroceres (Her.) Cleve</i>
74	三角角藻	<i>Ceratium tripos (Muller) Nitzsch</i>
75	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid et Swezy</i>
76	多甲藻	<i>Peridinium sp.</i>
77	微小原甲藻	<i>Prorocentrum minimum</i>

(2) 细胞数量

2018年11月浮游植物调查结果显示,调查海域内浮游植物平均细胞数为 30.14×10^4 个/ m^3 ,数量范围为 $1.71 \sim 87.60 \times 10^4$ 个/ m^3 ,以4号站位最高,D2号站位数量较低。调查海区各站浮游植物细胞数量分布见表5.3.3-8。

表 5.3.3-8 2018 年 11 月浮游植物细胞数量统计

站位	细胞数量(10^4 个/ m^3)	站位	细胞数量(10^4 个/ m^3)
1			

3							
4							
6							
9							
11							
13							
15							
16							
18							
20							
21							
22							
24							
25							
26							

(3) 优势种

2018年11月份的调查海域浮游植物群落中占优势的种类主要有卡氏角毛藻、洛氏角毛藻、星脐圆筛藻、格氏圆筛藻、尖刺伪菱形藻、大角角藻、三角角藻、夜光藻。

(4) 群落特征

生物的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等参数分析，是反映调查海域浮游植物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也可反映出调查海域生态环境状况的优劣。若样品的多样性指数值高、均匀度大、丰度值高、优势度低，表明调查海域环境质量好，否则环境质量不好。

2018年11月浮游植物调查结果显示，多样性指数1.49~4.14之间，平均值为2.92，均匀度指数在0.50~0.89之间，平均值为0.74，丰度指数在0.38~1.63之间，平均值为0.86，优势度指数在0.02~0.75之间，平均值为0.29。浮游植物综合指数见表5.3.3-9。

表 5.3.3-9 2018年11月浮游植物综合指数值统计表

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	0.83	3.02	0.74	0.19
3	0.68	3.13	0.85	0.13
4	1.06	2.99	0.67	0.47
6	0.63	2.98	0.83	0.49
9	0.80	3.26	0.81	0.26
11	0.89	3.43	0.86	0.33
13	1.63	4.14	0.83	0.06
15	1.10	3.35	0.80	0.14
16	0.51	2.19	0.66	0.20
18	0.63	2.74	0.76	0.33
20	1.05	3.22	0.73	0.38
21	0.74	2.03	0.55	0.09
22	1.09	3.68	0.83	0.32
24	0.38	1.49	0.50	0.75
25	0.60	2.23	0.62	0.63

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
26	0.56	1.74	0.55	0.12
28	0.69	1.92	0.53	0.17
29	0.56	2.89	0.87	0.44
30	0.68	2.73	0.76	0.21
D1	1.27	3.32	0.71	0.48
D10	1.20	3.79	0.83	0.08
D13	0.73	2.22	0.60	0.39
D16	1.31	3.29	0.70	0.48
D17	1.33	3.66	0.77	0.18
D19	0.75	2.32	0.63	0.28
D2	0.71	3.09	0.89	0.25
D20	0.83	3.38	0.84	0.20
D3	0.87	3.03	0.78	0.02
D6	0.90	3.52	0.86	0.28
最小值	0.38	1.49	0.50	0.02
最大值	1.63	4.14	0.89	0.75
平均值	0.86	2.92	0.74	0.29

5.3.3.4 冬季调查结果

(1) 种类组成

2019年1月（中国海洋大学）共采集到浮游植物的种类为51种，隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多47种，占92.16%，甲藻4种占据了7.84%。浮游植物名录见表5.3.3-10。

表 5.3.3-10 2019年1月浮游植物名录

序号	种名	拉丁名
	硅藻	<i>Bacillariophyta</i>
1	北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey
2	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell
3	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
4	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve
5	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
6	短柄曲壳藻	<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh
7	浮动弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg
8	辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg
9	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
10	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i> Grouh
11	海洋角管藻	<i>Cerataulina pelagica</i>
12	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
13	棘冠藻	<i>Corethron criophilum</i>
14	尖布纹藻	<i>Gyrosigma acuminatum</i>
15	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle
16	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i> karsten
17	孔圆筛藻	<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg 1845
18	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grun.) Van Heurck
19	菱形藻	<i>Nitzschia</i> sp.
20	洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>

序号	种名	拉丁名
21	密联角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i> (Cleve) Cleve
22	冕孢角毛藻	<i>Chaetoceros subsecundus</i> Hustedt
23	膜状舟形藻	<i>Navicula membranacea</i> Cleve
24	诺氏海链藻	<i>Thalassiosira nordenskioldii</i> Cleve
25	桥联角毛藻	<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow
26	柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve
27	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve
28	柔弱菱形藻	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve
29	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i>
30	太平洋海链藻	<i>Thalassiosira pacifica</i>
31	萎软几内亚藻	<i>Guinardia flaccica</i> (Castr.) Peragallo
32	暹罗角毛藻	<i>Chaetoceros siamense</i> Ostenfeld
33	小环藻	<i>Cyclotella</i> sp.
34	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
35	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
36	缢缩角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i>
37	印度翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Perag.) Hustedt
38	优美旭氏藻矮小变种	<i>Schroderella delicatula</i> f. <i>schroderi</i> (Bergon) Sournia, 1968
39	圆海链藻	<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier
40	圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> sp.
41	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve
42	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
43	掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Grev.) Grunow
44	针杆藻	<i>Synedra</i> sp.
45	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i> Greville
46	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
47	舟形藻	<i>Navicula</i> sp.
甲藻		<i>Dinophyta</i>
48	大角角藻	<i>Ceratium macroceres</i> (Her.) Cleve
49	纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i>
50	三角角藻	<i>Ceratium tripos</i>
51	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid et Swezy

(2) 细胞数量

2019年1月(中国海洋大学)浮游植物调查结果显示,调查海域内调查海域内浮游植物平均细胞数为 210.97×10^4 个/ m^3 ,数量范围为 $65.53 \sim 570.40 \times 10^4$ 个/ m^3 ,以20号站位最高,6号站位数量较低。调查海区各站浮游植物细胞数量分布见表5.3.3-11。

表 5.3.3-11 2019年1月(中国海洋大学)浮游植物细胞数量统计

站位	细胞数量(10^4 个/ m^3)	站位	细胞数量(10^4 个/ m^3)
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			

16		■		■		■	
18							
20							
21		■		■		■	
22		■		■		■	
24		■		■		■	
25		■		■		■	

(3) 优势种

2019年1月份的调查海域浮游植物群落中占优势的种类主要有尖刺伪菱形藻、暹罗角毛藻、中肋骨条藻、斯氏几内亚藻、优美旭氏藻矮小变种、舟形藻、夜光藻、浮动弯角藻、卡氏角毛藻、密联角毛藻。

(4) 群落特征

生物的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等参数分析，是反映调查海域浮游植物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也可反映出调查海域生态环境状况的优劣。若样品的多样性指数值高、均匀度大、丰度值高、优势度低，表明调查海域环境质量好，否则环境质量不好。

2019年1月（中国海洋大学）浮游植物调查结果显示，多样性指数 2.099~4.539 之间，平均值为 3.201，均匀度指数在 0.46~1.02 之间，平均值为 0.72，丰度指数在 0.75~1.38 之间，平均值为 1.01，优势度指数在 0.07~0.54 之间，平均值为 0.26。浮游植物综合指数见表 5.3.3-12。

表 5.3.3-12 2019 年 1 月（中国海洋大学）浮游植物综合指数值统计表

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	1.03	3.002	0.67	0.10
3	0.98	2.824	0.65	0.26
4	1.24	2.789	0.59	0.54
6	1.09	3.060	0.69	0.13
9	1.01	2.747	0.63	0.12
11	1.34	3.216	0.66	0.44
13	1.04	3.509	0.78	0.24
15	1.38	3.497	0.71	0.39
16	0.86	3.451	0.81	0.20
18	0.89	3.060	0.71	0.34
20	0.98	3.256	0.72	0.30
21	0.99	4.539	1.02	0.25
22	1.05	2.099	0.46	0.49
24	0.95	3.877	0.88	0.32
25	0.88	2.200	0.51	0.41
26	1.19	3.472	0.73	0.30
28	1.10	3.689	0.82	0.21
29	0.75	3.664	0.92	0.15
30	1.11	2.985	0.64	0.31
D1	1.18	4.061	0.87	0.27

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
D2	1.01	3.124	0.69	0.44
D3	0.91	3.213	0.74	0.10
D6	0.96	2.714	0.62	0.10
D10	0.80	3.087	0.76	0.07
D13	0.79	3.116	0.76	0.08
D17	0.91	3.335	0.78	0.27
D19	0.84	2.853	0.68	0.13
最小值	0.75	2.099	0.46	0.07
最大值	1.38	4.539	1.02	0.54
平均值	1.01	3.201	0.72	0.26

5.3.4 浮游动物

5.3.4.1 春季调查结果

(1) 种类组成

2018年5月浮游动物调查结果表明,调查海域共鉴定出浮游动物38种(不含鱼卵、仔鱼),其中,原生动物1种,刺胞动物3种,节肢动物21种,毛颚动物1种,浮游幼虫12种。浮游动物名录见表5.3.4-1。

表 5.3.4-1 2018 年 5 月浮游动物名录

序号	中文名	拉丁文名
一	原生动物	<i>Protozoa</i>
1	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
二	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>
2	海月水母	<i>Aurelia aurita (Linnaeus)</i>
3	四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla (Chamisso & Eysenhardt)</i>
4	嵎山秀氏水母	<i>Sugiura chengshanense (Ling)</i>
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
5	双刺纺锤水蚤	<i>Acartia bifilosa</i>
6	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi Giesbrecht</i>
7	洪氏纺锤水蚤	<i>Acartia hongii Soh et Suh</i>
8	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis Sato</i>
9	中华胸刺水蚤	<i>Centropages sinensis Chen et Zhang</i>
10	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis Thompson et Scott</i>
11	中华哲水蚤	<i>Cladocera sinicus Brodsky</i>
12	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis McMurrichi</i>
13	平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli Tanaka</i>
14	太平洋真宽水蚤	<i>Eurytemora pacifica Sato</i>
15	小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica (Boeck)</i>
16	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis Giesbrecht</i>
17	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis Claus</i>
18	针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
19	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris Dahl</i>
20	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus (Claus)</i>
21	多型圆囊溞	<i>Podon polyphemoides (Leuckart)</i>
22	海洋伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus marinus Sato</i>

序号	中文名	拉丁文名
23	火腿伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus poplesia (Shen)</i>
24	中华华哲水蚤	<i>Sinocalanus sinensis (Poppe)</i>
25	细巧华哲水蚤	<i>Sinocalanus tenellus (Kikuchi)</i>
四	毛颚动物	<i>Chaetognatha</i>
26	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
五	浮游幼虫	<i>Pelagic larvae</i>
27	双壳类幼体	<i>Bivalvia larva</i>
28	短尾类溞状幼体	<i>Brachyura zoea larva</i>
29	桡足类幼体	<i>Copepodite larva</i>
30	鱼卵	<i>Fish eggs</i>
31	仔鱼	<i>Fish larva</i>
32	仔稚鱼	<i>Fish larva</i>
33	腹足类幼体	<i>Gastropoda post larva</i>
34	长尾类溞状幼体	<i>Macrura larva</i>
35	长尾类糠虾幼体	<i>Mysidacea larva</i>
36	蔓足类无节幼虫	<i>Nauplius larva (Cirripectida)</i>
37	桡足类无节幼虫	<i>Nauplius larva (Copepoda)</i>
38	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>

(2) 生物量

1) 生物量（湿重）平面分布

2018年5月浮游动物调查结果表明，调查海区中浮游动物（湿重）平均为14554mg/m³，各站位生物量的波动范围在1665mg/m³~61005.3mg/m³之间，最高生物量站点出现在D19号站，而最低生物量站点出现在9号站。调查海区各站浮游动物生物量分布见表5.3.4-2。

2) 个体数量（生物密度）的平面分布

2018年5月浮游动物调查结果表明，浮游动物的个体数量平均分布为37.44×10⁴个/m³，其个体数量的波动范围在1.54×10⁴~204.89×10⁴个/m³之间，最高个体数量的分布站点在D19号站，最低的站点为3号站。调查海区各站浮游动物个体数量分布见表5.3.4-2。

表 5.3.4-2 2018 年 5 月浮游动物生物量及个体数量统计表

站位	个数数量*10 ⁴ (个)	种数 (种)	湿重生物量 (mg/m ³)
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			

站位	个数数量*10 ⁴ (个)	种数 (种)	湿重生物量 (mg/m ³)
21			
22			
24			
25			
26			
28			
29			
30			
D1			
D10			
D13			
D16			
D17			
D19			
D2			
D20			
D3			
D6			
最小值			
最大值			
平均值			

(3) 优势种

2018年5月浮游动物调查结果表明，调查海区内浮游动物优势种为夜光藻、克氏纺锤水蚤、双刺纺锤水蚤。

(4) 群落特征

2018年5月浮游动物调查结果表明，调查海域内浮游动物种类多样性指数值在0.42~3.35之间变动，平均值为1.50；均匀度在0.12~0.80之间，平均值为0.39；丰度在0.47~1.22之间，平均值为0.79；优势度在0.00~0.97之间，平均值为0.72。浮游动物综合指数见表5.3.4-3。

表 5.3.4-3 2018 年 5 月浮游动物综合指数值统计表

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	0.68	2.368	0.68	0.00
3	1.22	3.350	0.80	0.22
4	1.04	1.947	0.49	0.03
6	0.73	2.402	0.65	0.62
9	0.70	1.814	0.49	0.59
11	0.72	1.308	0.35	0.86
13	0.47	0.880	0.26	0.89
15	0.87	1.431	0.35	0.72
16	0.78	1.462	0.37	0.66
18	0.80	1.226	0.33	0.74
20	0.74	0.602	0.15	0.97
21	0.76	0.992	0.26	0.84
22	0.60	0.681	0.19	0.90
24	0.80	0.946	0.25	0.85
25	0.51	0.420	0.12	0.94
26	0.86	1.694	0.42	0.84

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
28	1.13	2.301	0.54	0.73
29	0.78	1.539	0.39	0.78
30	0.79	0.915	0.23	0.86
D1	0.68	1.291	0.34	0.95
D10	0.79	1.478	0.39	0.83
D13	0.65	1.611	0.44	0.60
D16	0.70	1.455	0.38	0.93
D17	0.70	2.825	0.79	0.15
D19	0.95	1.179	0.27	0.96
D2	0.85	1.390	0.35	0.74
D20	0.84	1.232	0.30	0.92
D3	0.94	1.647	0.38	0.89
D6	0.74	1.18	0.30	0.96
平均值	0.79	1.50	0.39	0.72
最大值	1.22	3.35	0.80	0.97
最小值	0.47	0.42	0.12	0.00

5.3.4.2 夏季调查结果

(1) 种类组成

2018年7月调查共鉴定浮游动物48种，其中原生动物3种，占6%；浮游幼虫20种，占42%；节肢动物19种，占40%；毛颚动物1种，占2%；尾索动物1种，占2%；刺胞动物4种，占8%。浮游动物名录见表5.3.4-4。

表 5.3.4-4 2018 年 7 月浮游动物名录

序号	种名	拉丁文名
一	原生动物	<i>Protozoa</i>
1	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid et Swezy</i>
2	根状拟铃虫	<i>Tintinnopsis radix (Imhof)</i>
3	巴拿马网纹虫	<i>Favella panamensis</i>
二	浮游幼虫	<i>Pelagic larvae</i>
4	蔓足类无节幼虫	<i>Nauplius larva (Cirripedia)</i>
5	纽虫类帽状幼虫	<i>Pilidium larva</i>
6	鱼卵	<i>Fish eggs</i>
7	糠虾幼体	<i>Mysidacea larva</i>
8	海蛇尾长腕幼虫	<i>Ophioplutes larva</i>
9	仔鱼	<i>Fish larva</i>
10	仔稚鱼	<i>Fish larva</i>
11	长尾类糠虾幼体	<i>Mysidacea larva</i>
12	长尾类溞状幼体	<i>Macrura larva</i>
13	长尾类无节幼虫	<i>Macrura nauplius larva</i>
14	腹足类幼体	<i>Gastropoda post larva</i>
15	磁蟹溞状幼体	<i>Porcellana zoea larva</i>
16	短尾类大眼幼虫	<i>Megalopa larva</i>
17	短尾类溞状幼体	<i>Brachyura zoea larva</i>
18	阿利玛幼虫	<i>Alima larva</i>
19	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
20	双壳类幼体	<i>Bivalvia larva</i>

序号	种名	拉丁文名
21	辐射幼体	<i>Actinul larva</i>
22	桡足类无节幼虫	<i>Nauplius larva (Copepoda)</i>
23	桡足类幼体	<i>Copepodite larva</i>
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
24	双刺纺锤水蚤	<i>Acartia bifilosa</i>
25	中华华哲水蚤	<i>Sinocalanus sinensis (Poppe)</i>
26	中华哲水蚤	<i>Clalnus sinicus Brodsky</i>
27	单尾猛水蚤	<i>Harpacticus uniremis Kroyer</i>
28	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis Giesbrecht</i>
29	背针胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus Thompson et Scott</i>
30	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis Sato</i>
31	洪氏纺锤水蚤	<i>Acartia hongii Soh et Suh</i>
32	尖额谐猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons (Dana)</i>
33	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis McMurrichi</i>
34	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi Giesbrecht</i>
35	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis Claus</i>
36	鸟喙尖头溞	<i>Penilia avirostris Dana</i>
37	平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli Tanaka</i>
38	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris Dahl</i>
39	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica Steuer</i>
40	汤氏长足水蚤	<i>Calanopia thompsoni A.Scott</i>
41	小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica (Boeck)</i>
42	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus (Claus)</i>
四	尾索动物	<i>Tunicata</i>
43	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica Fol</i>
五	毛颚动物	<i>Chaetognatha</i>
44	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa Tokioka</i>
六	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>
45	罗氏水母	<i>Lovenella assimilis (Browne)</i>
46	曲膝蕨枝螅水母	<i>Obelia geniculata (Linnaeus)</i>
47	绿杯水母	<i>Phialidium virens Maas</i>
48	白氏真囊水母	<i>Euphysora bigelowi Maas</i>

(2) 生物量

1) 生物量(湿重)平面分布

2018年7月浮游动物调查结果表明,调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $1315\text{mg}/\text{m}^3$,各站位生物量的波动范围在 $105\text{mg}/\text{m}^3\sim 5363\text{mg}/\text{m}^3$ 之间,最高生物量站点出现在30号站,而最低生物量站点出现在D20号站。调查海区各站浮游动物生物量分布见表5.3.4-5。

2) 个体数量(生物密度)的平面分布

2018年7月浮游动物调查结果表明,浮游动物的个体数量平均分布为 3.26×10^4 个/ m^3 ,其个体数量的波动范围在 $0.01\times 10^4\sim 10.62\times 10^4$ 个/ m^3 之间,最高个体数量的分布站点在D23号站,最低的站点为D6号站。调查海区各站浮游动物个体数量分布见

表 5.3.4-5。

表 5.3.4-5 2018 年 7 月浮游动物生物量及个体数量统计表

站位	个体数量*10 ⁴ ind/m ³	种类数	湿重生物量 mg/m ³
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			
21			
22			
24			
25			
26			
28			
29			
30			
D1			
D10			
D13			
D16			
D17			
D19			
D2			
D20			
D23			
D3			
D6			
最大值			
最小值			
平均值			

(3) 优势种

2018 年 7 月浮游动物调查结果表明，调查海区浮游动物群落优势种类为桡足类无节幼虫、小拟哲水蚤、双壳类幼体、强额拟哲水蚤、短角长腹剑水蚤、异体住囊虫、近缘大眼剑水蚤。

(4) 群落特征

2018 年 7 月浮游动物调查结果表明，调查海域内浮游动物种类多样性指数值在 1.502~3.042 之间变动，平均 2.427；均匀度在 0.347~0.898 之间，平均 0.603；丰度在 0.79~1.67 之间，平均 1.13；优势度在 0.16~0.81 之间，平均 0.54。浮游动物综合指数见表 5.3.4-6。

表 5.3.4-6 2018 年 7 月浮游动物综合指数值统计表

站点	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	0.81	1.666	0.45	0.81
3	1.17	1.583	0.40	0.78
4	1.13	2.798	0.72	0.47
6	1.08	2.637	0.63	0.39
9	0.80	1.991	0.52	0.43
11	1.05	1.882	0.48	0.76
13	0.91	2.083	0.53	0.65
15	1.01	2.314	0.57	0.57
16	1.53	2.914	0.65	0.58
18	1.06	2.394	0.59	0.57
20	0.82	2.292	0.60	0.16
21	1.37	2.460	0.59	0.71
22	1.11	2.257	0.54	0.71
24	0.84	2.310	0.59	0.44
25	1.56	2.377	0.54	0.76
26	1.52	2.332	0.54	0.70
28	1.22	3.042	0.73	0.38
29	0.97	2.729	0.68	0.44
30	1.67	2.573	0.54	0.50
D1	1.18	2.806	0.67	0.59
D10	1.15	2.688	0.66	0.59
D13	1.25	2.631	0.62	0.38
D16	1.31	2.671	0.64	0.39
D17	1.25	2.426	0.56	0.61
D19	1.06	2.796	0.68	0.23
D2	1.20	1.502	0.35	0.71
D20	1.30	2.909	0.71	0.47
D23	0.96	2.612	0.64	0.53
D3	0.87	2.823	0.76	0.45
D6	0.79	2.322	0.90	0.40
最大值	1.67	3.042	0.90	0.81
最小值	0.79	1.502	0.35	0.16
平均值	1.13	2.427	0.60	0.54

5.3.4.3 秋季调查结果

(1) 种类组成

2018 年 11 月调查共鉴定浮游动物 41 种，其中原生动物 4 种，占 9.76%；节肢动物 21 种，占 51.22%；毛颚动物、轮虫动物和尾索动物各 1 种，各占 2.44%；刺胞动物 2 种，占 4.88%；浮游幼虫 11 种，占 26.83%。浮游动物名录见表 5.3.4-7。

表 5.3.4-7 2018 年 11 月浮游动物名录

序号	种名	拉丁名
一	原生动物	<i>Protozoa</i>
1	运动类铃虫	<i>Codonellopsis mobilis</i> Wang
2	巴拿马网纹虫	<i>Favella panamensis</i>
3	有孔虫	Foraminiferida
4	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid et Swezy
二	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>

序号	种名	拉丁名
5	米勒氏水母	<i>Moerisia lyonsi</i> Boulenger, 1908
6	太阳水母属	<i>rhodoloma</i> sp.
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
7	双刺纺锤水蚤	<i>Acartia bifilosa</i>
8	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht
9	洪氏纺锤水蚤	<i>Acartia hongi</i> Soh et Suh
10	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i> Steuer
11	暴猛水蚤	<i>Clytemnestra</i> Dana
12	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i> McMurrichi
13	平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli</i> Tanaka
14	尖额谐猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana)
15	钩虾	Gammaridean
16	单尾猛水蚤	<i>Harpacticus uniremis</i> Kroyer
17	小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck)
18	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i> Giesbrecht
19	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i> Claus
20	介形虫	Ostracoda
21	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i> Dahl
22	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)
23	鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i> Dana
24	多型大眼蚤	<i>Podon polyphemoides</i> (Leuckart)
25	海洋伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato
26	火腿伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus poplesia</i> (Shen)
27	中华华哲水蚤	<i>Sinocalanus sinensis</i> (Poppe)
四	毛颚动物	<i>Chaetognatha</i>
28	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i> Tokioka
五	浮游幼虫	<i>Pelagic larvae</i>
29	辐射幼体	Actinul larva
30	双壳类幼体	Bivalvia larva
31	桡足类幼体	Copepodite larva
32	腹足类幼体	Gastropoda post larva
33	长尾类无节幼虫	Macrura nauplius larva
34	蔓足类无节幼虫	Nauplius larva (Cirripedia)
35	桡足类无节幼虫	Nauplius larva (Copepoda)
36	海蛇尾长腕幼虫	Ophioplutes larva
37	纽虫类帽状幼虫	Pilidium larva
38	多毛类幼体	Polychaeta larva
39	面盘幼虫	Veliger larva
六	轮虫动物	<i>Rotifera</i>
40	萼花臂尾轮虫	<i>Brachionus calyciflorus</i>
七	尾索动物	<i>Tunicata</i>
41	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i> Fol

(2) 生物量

2018年11月浮游动物调查结果表明,调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $1325.10\text{mg}/\text{m}^3$,各站位生物量的波动范围在 $22.75\text{mg}/\text{m}^3\sim 4463.67\text{mg}/\text{m}^3$ 之间;浮游动物的个体数量平均分布为 3.26×10^4 个/ m^3 ,其个体数量的波动范围在 $0.01\times 10^4\sim$

2.48×10⁴个/m³之间，最高个体数量的分布站点在4号站，最低的站点为15号站。调查海区各站浮游动物个体数量分布见表5.3.4-8。

表 5.3.4-8 2018 年 11 月浮游动物生物量及个体数量统计表

站位	个体数量 (*10 ⁴ ind./m ³)	种类数	湿重生物量 mg/m ³
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			
21			
22			
24			
25			
26			
28			
29			
30			
D1			
D10			
D13			
D16			
D17			
D19			
D2			
D20			
D3			
D6			
最大值			
最小值			
平均值			

(3) 优势种

2018 年 11 月浮游动物调查结果表明，调查海区浮游动物群落优势种类为夜光虫、强额拟哲水蚤、小拟哲水蚤、桡足类无节幼虫、异体住囊虫。

(4) 群落特征

2018 年 11 月浮游动物调查结果表明，调查海域内浮游动物种类多样性指数值在 1.54~2.68 之间变动，平均 2.21；均匀度在 0.42~0.81 之间，平均 0.61；丰度在 0.68~1.43 之间，平均 0.96；优势度在 0.20~0.80 之间，平均 0.50。浮游动物综合指数见表 5.3.4-9。

表 5.3.4-9 2018 年 11 月浮游动物综合指数值统计表

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	0.99	2.028	0.52	0.72
3	0.81	2.123	0.56	0.77
4	0.72	1.864	0.49	0.80
6	0.95	2.659	0.74	0.37
9	1.10	2.315	0.57	0.52
11	0.90	2.684	0.71	0.44
13	0.95	2.490	0.64	0.31
15	1.43	2.514	0.73	0.33
16	0.95	1.542	0.45	0.75
18	1.36	2.542	0.62	0.47
20	1.12	2.381	0.61	0.50
21	0.95	2.216	0.58	0.54
22	1.13	2.110	0.54	0.64
24	1.10	2.436	0.66	0.20
25	0.93	2.407	0.67	0.53
26	0.95	2.293	0.69	0.42
28	0.81	2.581	0.81	0.46
29	0.68	1.909	0.64	0.49
30	0.97	1.593	0.42	0.31
D1	0.70	2.164	0.77	0.48
D10	1.19	2.204	0.53	0.28
D13	0.88	2.444	0.74	0.59
D16	0.77	2.112	0.59	0.49
D17	0.71	2.250	0.65	0.41
D19	1.04	1.955	0.53	0.53
D2	1.03	2.083	0.56	0.64
D20	0.78	1.857	0.49	0.40
D3	0.90	2.606	0.67	0.51
D6	1.02	1.809	0.49	0.64
最大值	1.43	2.68	0.81	0.80
最小值	0.68	1.54	0.42	0.20
平均值	0.96	2.21	0.61	0.50

5.3.4.4 冬季调查结果

(1) 种类组成

2019 年 1 月（中国海洋大学）调查共鉴定浮游动物 36 种，其中原生动物 2 种，占 5.56%；节肢动物 22 种，占 61.11%；毛颚动物和尾索动物各 1 种，各占 2.78%；刺胞动物 2 种，占 5.56%；浮游幼虫 8 种，占 22.21%。浮游动物名录见表 5.3.4-10。

表 5.3.4-10 2019 年 1 月浮游动物名录

序号	种名	拉丁名
一	原生动物	<i>Protozoa</i>
1	运动类铃虫	<i>Codonellopsis mobilis</i> Wang
2	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid et Swezy
二	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>
3	双手鲍氏水母	<i>Bougainvillia bitentaculata</i>
4	卡玛拉母属	<i>Malagazzia carolinae</i> (Mayer)
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>

序号	种名	拉丁名
5	双刺纺锤水蚤	<i>Acartia bifilosa</i>
6	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht
7	洪氏纺锤水蚤	<i>Acartia hongii</i> Soh et Suh
8	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i> Steuer
9	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i> Sato
10	胸刺水蚤	<i>Centropages</i> sp.
11	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson et Scott
12	中华哲水蚤	<i>Clalnus sinicus</i> Brodsky
13	中华螺赢蜚	<i>Corophium Sinensis</i>
14	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i> McMurrichi
15	平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli</i> Tanaka
16	太平洋真宽水蚤	<i>Eurytemora pacifica</i> Sato
17	钩虾	Gammaridean
18	单尾猛水蚤	<i>Harpacticus uniremis</i> Kroyer
19	真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i> Giesbrecht
20	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i> Giesbrecht
21	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i> Claus
22	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i> Dahl
23	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)
24	火腿伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus poplesia</i> (Shen)
25	细巧华哲水蚤	<i>Sinocalanus tenellus</i> (Kikuchi)
26	细足法戎	<i>Themisto gracilipes</i>
四	毛颚动物	<i>Chaetognatha</i>
27	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i> Tokioka
五	浮游幼虫	<i>Pelagic larvae</i>
28	双壳类幼体	<i>Bivalvia larva</i>
29	桡足类幼体	<i>Copepodite larva</i>
30	仔稚鱼	<i>Fish larva</i>
31	腹足类幼体	<i>Gastropoda post larva</i>
32	长尾类无节幼体	<i>Nauplius larva</i>
33	蔓足类无节幼虫	<i>Nauplius larva</i> (Cirripedia)
34	桡足类无节幼体	<i>Nauplius larva</i> (Copepoda)
35	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
六	尾索动物	<i>Tunicata</i>
36	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i> Fol

(2) 生物量

2019年1月浮游动物调查结果表明,调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $5728.25\text{mg}/\text{m}^3$,各站位生物量的波动范围在 $1571.00\text{mg}/\text{m}^3\sim 13998.33\text{mg}/\text{m}^3$ 之间;浮游动物的个体数量平均分布为 7.01×10^4 个/ m^3 ,其个体数量的波动范围在 $1.31\times 10^4\sim 15.42\times 10^4$ 个/ m^3 之间,最高个体数量的分布站点在21号站,最低的站点为D2号站。调查海区各站浮游动物个体数量分布见表5.3.4-11。

表 5.3.4-11 2019 年 1 月浮游动物生物量及个体数量统计表

站位	个体数量 (*10 ⁴ ind./m ³)	种类数	湿重生物量 mg/m ³
1			
3			
4			
6			
9			
11			
13			
15			
16			
18			
20			
21			
22			
24			
25			
26			
28			
29			
30			
D1			
D2			
D3			
D6			
D10			
D13			
D17			
D19			
最大值			
最小值			
平均值			

(3) 优势种

2019 年 1 月（中国海洋大学）浮游动物调查结果表明，调查海区浮游动物群落优势种类为夜光虫、桡足类无节幼体、强额拟哲水蚤、小拟哲水蚤。

(4) 群落特征

2019 年 1 月（中国海洋大学）浮游动物调查结果表明，调查海域内浮游动物种类多样性指数值在 0.382~2.578 之间变动，平均 1.266；均匀度在 0.10~0.75 之间，平均 0.34；丰度在 0.58~1.06 之间，平均 0.77；优势度在 0.58~0.97 之间，平均 0.85。浮游动物综合指数见表 5.3.4-12。

表 5.3.4-12 2019 年 1 月（中国海洋大学）浮游动物综合指数值统计表

站位	丰度 d	多样性指数 H'	均匀度 J	优势度
1	1.06	2.034	0.50	0.77
3	0.76	2.117	0.57	0.75
4	0.74	2.009	0.54	0.77
6	0.92	2.376	0.61	0.58

9	0.73	0.382	0.10	0.97
11	0.75	1.216	0.33	0.85
13	0.95	0.970	0.24	0.91
15	0.62	0.482	0.14	0.95
16	0.80	1.760	0.46	0.82
18	0.70	1.335	0.37	0.83
20	0.80	0.768	0.20	0.92
21	0.58	0.674	0.19	0.93
22	0.66	0.624	0.17	0.94
24	0.66	1.160	0.34	0.83
25	0.90	1.301	0.33	0.84
26	0.59	0.425	0.12	0.96
28	0.94	1.638	0.42	0.81
29	0.76	0.765	0.21	0.92
30	0.77	0.703	0.18	0.93
D1	0.83	1.409	0.38	0.81
D2	0.88	0.715	0.19	0.60
D3	0.70	1.120	0.31	0.94
D6	0.87	1.428	0.39	0.80
D10	0.59	2.578	0.75	0.85
D13	0.79	0.631	0.17	0.93
D17	0.83	1.863	0.50	0.86
D19	0.73	1.702	0.47	0.79
最大值	1.06	2.578	0.75	0.97
最小值	0.58	0.382	0.10	0.58
平均值	0.77	1.266	0.34	0.85

5.3.5 底栖生物

5.3.5.1 春季调查结果

(1) 种类组成

2018年5月底栖生物调查结果表明，调查海域共检出底栖生物7类63种，其中，环节动物26种，软体动物28种，节肢动物5种，纽形动物1种，腕足动物1种，星虫动物1种，棘皮动物1种。底栖生物名录见表5.3.5-1。

表 5.3.5-1 2018年5月底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
	环节动物	<i>Annelida</i>
1	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata (Renier)</i>
2	齿吻沙蚕科	<i>Nephtyidae sp.</i>
3	独指虫	<i>Aricidea fragilis Webster</i>
4	多齿全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes multignatha</i>
5	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
6	光背节鞭水虱	<i>Syniotea laecidorsalis</i>
7	河螺赢蜚	<i>Corophium acherusicum Costa, 1857</i>
8	敏捷螺赢蜚	<i>Corophium kitamori Nagata, 1965</i>
9	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
10	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>

序号	中文名	拉丁名
11	丝鳃虫	<i>Cirratulus cirratus</i>
12	缩头竹节虫	<i>Maldane sarsi</i>
13	索沙蚕	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin et M-Edwards, 1834
14	索沙蚕科	<i>Lumbrineris</i> sp.
15	围巧言虫	<i>Eumida sanguinea</i> (Oersted, 1843)
16	吻蛭虫	<i>Artacama proboscidea</i> Malmgren, 1866
17	无疣齿吻沙蚕	<i>Inermonephtys inermis</i>
18	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i> Keferstein, 1862
19	狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus anguotifrons</i>
20	异足索沙蚕	<i>Lumbrineris heteropoda</i> (Marenzeller)
21	粘海蛭	<i>Ophelia limacina</i> (Rathke, 1948)
22	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
23	长叶尖索沙蚕	<i>Scoletoma longifolia</i> (Imajima et Higuchi, 1975)
24	中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>
25	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i> Hartman
26	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
	软体动物	<i>Mollusca</i>
27	扁角蛤	<i>Angulus compressissima</i>
28	扁平管帽螺	<i>Siphonotus walshi</i> (Reeve, 1859)
29	齿口螺属	<i>Odostomia</i> sp.
30	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalis</i> (Yokoyama, 1920)
31	短滨螺	<i>Littorina brevicula</i> (Philippi)
32	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
33	菲律宾蛤仔	<i>Venerupis philippinaraum</i> (Adams et Reeve, 1850)
34	橄榄胡桃蛤	<i>Nucula (Leionucula) tenuis</i> (Montagu, 1808)
35	古氏滩栖螺	<i>Batillaria cumingi</i> (Crosse, 1862)
36	光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabra</i>
37	广大扁玉螺	<i>Glossaulax reniana</i> (Dunker, 1877)
38	胶州湾顶管角贝	<i>Episiphon kiaochoowwanense</i>
39	丽小笔螺	<i>Mitrella bella</i>
40	麦氏大口螺	<i>Megastomia makiyamai</i> (Nomura, 1937)
41	木户锥形螺	<i>Turbonilla kidoensis</i> (Yokoyama, 1922)
42	内卷盒螺	<i>Cylichna involuta</i> (A.Adams, 1850)
43	内卷螺	<i>Volvulella radiola</i> (A.Adams, 1862)
44	碗梨螺	<i>Pyrunculus phialus</i>
45	小囊螺	<i>Retusa minima</i> (Yamakawa, 1911)
46	小杂螺	<i>Zafra pumila</i> (Dunker, 1860)
47	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festivus</i>
48	锈凹螺	<i>Chlorostoma rustica</i> Gmelin
49	哑金螺	<i>Turbonilla munia</i> (A.Adams, 1861)
50	圆筒原盒螺	<i>Eocylichna braunsi</i> (Yokoyama)
51	云石肌蛤	<i>Musculus cupreus</i> (Gould, 1861)
52	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)
53	栉孔扇贝	<i>Chlamys farreri</i>
54	纵肋饰孔螺	<i>Decorifera matusimana</i>
	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
55	哈氏和美虾	<i>Nihonotrypaea harmandi</i> (Bouvier, 1901)
56	日本浪漂水虱	<i>Cirolana japonensis</i>

序号	中文名	拉丁名
57	日本拟背尾水虱	<i>Paranthura japonica</i>
58	三角柄螺赢蛭	<i>Corophium triangulapedarum Hirayama, 1986</i>
59	特异大权蟹	<i>Macromedaeus distinguendus (de Haan, 1835)</i>
	纽形动物	<i>Nemertea</i>
60	纽虫	<i>Nemertinea</i>
	腕足动物	<i>Brachiopod</i>
61	酸浆贯壳贝	<i>Terebratalla coreanica(Adams et Reeve,1850)</i>
	星虫动物	<i>Sipuncula</i>
62	星虫	<i>Sipuncula ap.</i>
	棘皮动物	<i>Echinodermata</i>
63	心形海胆	<i>Echinocardium cordatum (Pennant, 1777)</i>

(2) 生物量平面分布

2018年5月底栖生物调查结果表明，调查海区底栖生物的生物量平均为19.58g/m²，各站位生物量的波动范围介于0.38g/m²~220.00g/m²之间，以28号站位最高，29号站位最低，以环节动物和软体动物占优势。各站位生物量分布见表5.3.5-2。

表 5.3.5-2 2018年5月底栖生物生物量

站位	求和项:密度 ind/m ²	求和项:生物量 g/m ²
1		
3		
4		
6		
9		
11		
13		
15		
16		
18		
20		
21		
22		
24		
25		
26		
28		
29		
30		
D1		
D10		
D13		
D16		
D17		
D19		
D2		
D20		
D3		
D6		
最小值		
最大值		
平均值		

(3) 优势种

2018年5月调查海域底栖动物优势种为耳口露齿螺和丽小笔螺，优势度分别为0.06和0.02。

(4) 群落特征

2018年5月调查海域内底栖生物多样性指数在0.81~3.38之间，平均值为2.04；均匀度指数在0.72~1.0之间，平均值为0.93；丰度指数在0.16~1.23之间平均值为0.55，优势度在0.00~0.67之间，平均值为0.21。底栖生物综合指数见表5.3.5-3。

表 5.3.5-3 2018 年 5 月底栖生物综合指数统计表

站位	丰度 d	均匀度 J	多样性指数 H'	优势度
1	0.56	0.92	2.13	0.14
3	0.60	1.00	2.32	0.00
4	0.70	0.98	2.52	0.14
6	0.47	1.00	2.00	0.50
9	0.28	0.72	1.15	0.00
11	1.23	0.98	3.38	0.14
13	0.16	0.81	0.81	0.00
15	0.95	0.89	2.82	0.00
16	0.30	0.96	1.52	0.40
18	0.56	0.92	2.13	0.57
20	0.82	0.98	2.75	0.13
21	0.17	0.92	0.92	0.67
22	0.30	0.96	1.52	0.40
24	0.29	0.92	1.46	0.50
25	0.47	1.00	2.00	0.00
26	0.71	0.92	2.58	0.29
28	0.75	0.91	2.57	0.31
29	0.32	0.95	1.50	0.00
30	0.72	1.00	2.58	0.17
D1	0.65	0.98	2.52	0.20
D2	0.42	0.92	1.84	0.43
D3	0.67	0.94	2.42	0.00
D6	0.56	0.96	2.24	0.00
D10	0.59	0.78	2.01	0.18
D13	0.92	0.97	2.92	0.30
D16	0.17	0.92	0.92	0.00
D17	0.32	0.95	1.50	0.50
D19	0.19	1.00	1.00	0.00
D20	1.03	0.95	3.03	0.00
最小值	0.16	0.72	0.81	0.00
最大值	1.23	1.00	3.38	0.67
平均值	0.55	0.93	2.04	0.21

5.3.5.2 夏季调查结果

(1) 种类组成

2018年7月底栖生物调查结果表明，调查海域共检出底栖生物4类69种，其中，

环节动物 26 种，软体动物 17 种，软体动物纽形动物 40 种，节肢动物 10 种，棘皮动物 2 种。底栖生物名录见表 5.3.5-4。

表 5.3.5-4 2018 年 7 月底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
一	环节动物	Annelida
1	背褶沙蚕	<i>Tambalagamia fauveli</i>
2	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata (Renier)</i>
3	独指虫	<i>Aricidea fragilis Webster</i>
4	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
5	光缨鳃虫属	Genus <i>Sabellastarte</i>
6	角海蛹	<i>Ophelina acuminata</i>
7	米列虫	<i>Melinna cristata</i>
8	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
9	梳鳃虫	<i>Terebellides stroemii</i>
10	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
11	丝鳃虫	<i>Cirratulus cirratus</i>
12	长双须虫	<i>Eteone (sensu stricto) longa (Fabricius, 1780)</i>
13	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
14	枕围沙蚕	<i>Perinereis vallata (Grube, 1857)</i>
15	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
16	中华半突虫	<i>Phyllodoce (Anaitides) chinensis Uschakov et Wu, 1959</i>
17	中华异稚虫	<i>Heterospio sinica (Wu et Chen, 1966)</i>
二	软体动物	Mollusca
18	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
19	布尔小笔螺	<i>Mitrella burchardi (Dunker, 1877)</i>
20	彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens (Benson)</i>
21	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalis (Yokoyama, 1920)</i>
22	东京梨螺	<i>Pyrrunculus tokyoensis</i>
23	短竹蛏	<i>Solen dunkerianus</i>
24	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
25	菲律宾蛤仔	<i>Venerupis philippinaraum (Adams et Reeve, 1850)</i>
26	光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabra</i>
27	广大扁玉螺	<i>Glossaulax reniana (Dunker, 1877)</i>
28	红明樱蛤	<i>Moerella rutila (Dunker, 1860)</i>
29	厚摺塔螺	<i>Splendrillia crassiplicata (Kuroda, Habe et Oyama, 1971)</i>
30	华美捻塔螺	<i>Monotygma lauta</i>
31	胶州湾顶管角贝	<i>Episiphon kiaochohwanense</i>
32	金星蝶铰蛤	<i>Trigonothracia jinxiingae</i>
33	经氏壳蛞蝓	<i>Philine kinglipini Tchang, 1934</i>
34	肋骨若塔螺	<i>Guraleus deshayesii (Dunker, 1860)</i>
35	丽小笔螺	<i>Mitrella bella</i>
36	麦氏大口螺	<i>Megastomia makiyamai (Nomura, 1937)</i>
37	木户锥形螺	<i>Turbonilla kidoensis (Yokoyama, 1922)</i>
38	内卷螺	<i>Volvulella radiola (A. Adams, 1862)</i>
39	内肋蛤	<i>Endopleura lubrica (Gould, 1861)</i>
40	双带棒形螺	<i>Bacteridium vittatum (A. Adams, 1861)</i>
41	笋金螺	<i>Chrysallida terebra (A. Adams, 1861)</i>
42	托氏蛞蝓	<i>Umbonium thomasi</i>

序号	中文名	拉丁名
43	香螺	<i>Neptunea cumingi</i>
44	小凹三口螺	<i>Triphora alveolatus A. Adams et Reeve)</i>
45	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festivus</i>
46	雅异篮蛤	<i>Anisocorbula venusta</i>
47	燕麦拟捻螺	<i>Acteocina avenaria(Watson,1886)</i>
48	腰带螺	<i>Cingulata cingulata</i>
49	圆筒原盒螺	<i>Eocylichna braunsi (Yokoyama)</i>
50	月形圆蛤	<i>Cycladicama lunaris (Yokoyama, 1927)</i>
51	云石肌蛤	<i>Musculus cupreus (Gould, 1861)</i>
52	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas (Thunberg,1793)</i>
53	栉孔扇贝	<i>Chlamys farreri</i>
54	中国笔螺	<i>Mitra (Mitra) chinensis Griffith et Pidgeon, 1834</i>
55	中国不等蛤	<i>Anomia chinensis Philippi, 1849</i>
56	紫壳阿文蛤	<i>Alvenius ojanus</i>
57	纵肋织纹螺	<i>Nassarius variciferus (Adams)</i>
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
58	博氏双眼钩虾	<i>Ampelisca bocki</i>
59	大泵钩虾	<i>Haustorioides magnus Bousfield, 1982</i>
60	单节古糠虾	<i>Archaeomysis Vvulgaris</i>
61	短角双眼钩虾	<i>Amprlisca brevicornis</i>
62	极地蚤钩虾	<i>Pontocrates altamarimus</i>
63	介形类	<i>Subclass Ostracoda ap.</i>
64	美原双眼钩虾	<i>Ampelisca miharaensis</i>
65	日本拟背尾水虱	<i>Paranthura japonica</i>
66	三齿螺赢蜚	<i>Corophium tridentium(Hirayama,1986)</i>
67	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
四	棘皮动物	<i>Echinodermata</i>
68	尖豆海胆	<i>Fibularia acuta Yoshiwara, 1898</i>
69	心形海胆	<i>Echinocardium cordatum (Pennant, 1777)</i>

(2) 生物量平面分布

2018年7月底栖生物调查结果表明,调查海区底栖生物的生物量平均为8.65g/m²,各站位生物量的波动范围介于0g/m²~74g/m²之间,以D19号站位最高,3号站位最低,以环节动物和软体动物占优势。各站位生物量分布见表5.3.5-5。

表 5.3.5-5 2018 年 7 月底栖生物生物量

站位	密度 ind/m ²	生物量 g/m ²
1		
3		
4		
6		
9		
11		
13		
15		
16		
18		
20		
21		

站位	密度 ind/m ²	生物量 g/m ²
22		
24		
25		
26		
28		
29		
30		
D1		
D10		
D13		
D17		
D19		
D2		
D20		
D23		
D3		
D6		
最小值		
最大值		
平均值		

(3) 优势种

2018年7月调查海域底栖动物优势种为耳口露齿螺和丽小笔螺，优势度分别为0.06和0.02。

(4) 群落特征

2018年7月调查海域内底栖生物多样性指数在0.81~3.38之间，平均值为2.04；均匀度指数在0.72~1.0之间，平均值为0.93；丰度指数在0.16~1.23之间平均值为0.55，优势度在0.00~0.67之间，平均值为0.21。底栖生物综合指数见表5.3.5-6。

表 5.3.5-6 2018年7月底栖生物综合指数统计表

站位	种数	丰度 d	均匀度 J	多样性指数 H'	优势度
1	2	0.56	0.92	2.13	0.14
3	0	0.60	1.00	2.32	0.00
4	5	0.70	0.98	2.52	0.14
6	1	0.47	1.00	2.00	0.50
9	4	0.28	0.72	1.15	0.00
11	7	1.23	0.98	3.38	0.14
13	7	0.16	0.81	0.81	0.00
15	5	0.95	0.89	2.82	0.00
16	4	0.30	0.96	1.52	0.40
18	1	0.56	0.92	2.13	0.57
20	8	0.82	0.98	2.75	0.13
21	4	0.17	0.92	0.92	0.67
22	9	0.30	0.96	1.52	0.40
24	2	0.29	0.92	1.46	0.50
25	5	0.47	1.00	2.00	0.00
26	8	0.71	0.92	2.58	0.29
28	8	0.75	0.91	2.57	0.31

站位	种数	丰度 d	均匀度 J	多样性指数 H'	优势度
29	2	0.32	0.95	1.50	0.00
30	4	0.72	1.00	2.58	0.17
D1	5	0.65	0.98	2.52	0.20
D2	2	0.42	0.92	1.84	0.43
D3	3	0.67	0.94	2.42	0.00
D6	6	0.56	0.96	2.24	0.00
D10	4	0.59	0.78	2.01	0.18
D13	5	0.92	0.97	2.92	0.30
D16	7	0.17	0.92	0.92	0.00
D17	5	0.32	0.95	1.50	0.50
D19	2	0.19	1.00	1.00	0.00
D20	7	1.03	0.95	3.03	0.00
最小值	0	0.16	0.72	0.81	0.00
最大值	9	1.23	1.00	3.38	0.67
平均值	4.55	0.55	0.93	2.04	0.21

5.3.5.3 秋季调查结果

(1) 种类组成

2018年11月调查海域共近海29个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物54种，隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、纽形动物五个门类。底栖生物名录见表5.3.5-7。

表 5.3.5-7 2018 年 11 月底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
一	环节动物	<i>Annelida</i>
1	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata (Renier)</i>
2	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>
3	额刺裂虫	<i>Ehlersia cornuta (Rathke, 1843)</i>
4	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
5	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
6	巧言虫	<i>Owstonia grammodon (Fowler)</i>
7	丝线沙蚕	<i>Drilonereis filum (Claparède, 1870)</i>
8	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
9	四索沙蚕	<i>Lumbrineris tetraura (Schmarda, 1861)</i>
10	梯额虫	<i>Scalibregma inflatum Rathke, 1843</i>
11	小头虫	<i>Capitella capitata (Fabricius)</i>
12	长鳃树蛭虫	<i>Pista brevibranchia Caullery, 1915</i>
13	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
14	中国涟虫	<i>Bodotria chinensis</i>
15	中华螺赢蜚	<i>Corophium sinense</i>
16	中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>
17	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis Hartman</i>
18	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
19	管缨虫	<i>Chone infundibuliformis Kröyer, 1856</i>
二	软体动物	<i>Mollusca</i>
20	白带三角口螺	<i>Trigonostoma scalariformis</i>
21	扁脊突海牛	<i>Okenia plana Baba, 1960</i>

序号	中文名	拉丁名
22	扁平管帽螺	<i>Siphopatella walshi</i> (Reeve,1859)
23	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
24	东京梨螺	<i>Pyrrunculus tokyoensis</i>
25	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
26	菲律宾蛤仔	<i>Venerupis philippinaraum</i> (Adams et Reeve,1850)
27	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i> (Adams)
28	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i> (Gould,1861)
29	江户明樱蛤	<i>Moerella jedoensis</i>
30	肋骨若塔螺	<i>Guraleus deshayesii</i> (Dunker,1860)
31	丽小笔螺	<i>Mitrella bella</i>
32	麦氏大口螺	<i>Megastomia makiyamai</i> (Nomura,1937)
33	木户锥形螺	<i>Turbonilla kidoensis</i> (Yokoyama,1922)
34	笋锥形螺	<i>Turbonilla terebra</i> (A.Adams,1861)
35	小囊螺	<i>Retusa minima</i> (Yamakawa,1911)
36	小笋螺	<i>Terebra tantilla</i> (Smith,1873)
37	腰带螺	<i>Cingulata cingulata</i>
38	月形圆蛤	<i>Cycladicama lunaris</i> (Yokoyama, 1927)
39	中国不等蛤	<i>Anomia chinensis</i> Philippi, 1849
40	纵肋织纹螺	<i>Nassarius variciferus</i> (Adams)
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
41	爱氏麦杆虫	<i>Caprella aino</i>
42	寄居蟹	<i>Pagurus minutus</i>
43	锯额豆瓷蟹	<i>Pisidia serratifrons</i> (Stimpson, 1858)
44	雷伊著名团水虱	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i> Hoestlandt, 1969
45	理石叶钩虾	<i>Jassa marmorata</i> Holes, 1903
46	平尾拟棒鞭水虱	<i>Cleantioides planicauda</i> (Benedict,1899)
47	日本拟背尾水虱	<i>Paranthura japonica</i>
48	日本螯	<i>Charybdis japonica</i>
49	日本长尾虫	<i>Apseudes nipponicus</i>
50	赛切尔泥钩虾	<i>Eriopisella sechellensis</i> (Chevreux,1901)
51	特异大权蟹	<i>Macromedaeus distinguendus</i> (de Haan, 1835)
52	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
四	纽形动物	<i>Nemertea</i>
53	纽虫	<i>Nemertinea</i> app.
五	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>
54	海葵	<i>Actiniaria</i>

(2) 生物量平面分布

2018年11月调查海域底栖动物湿重变化范围为0.1~30.04g/m²，平均11.10g/m²。

最高值出现在29号站，最低值出现在20号站。各站位生物量分布见表5.3.5-8。

表 5.3.5-8 2018 年 11 月底栖生物生物量

站位	栖息密度: ind/m ²	生物量: g/m ²	站位	栖息密度: ind/m ²	生物量: g/m ²
1			28		
3			29		
4			30		
6			D1		
9			D10		
11			D13		

13			D16		
15			D17		
16			D19		
18			D2		
20			D20		
21			D3		
22			D6		
24			最小值		
25			最大值		
26			平均值		

(3) 优势种

2018年11月调查海域底栖生物优势种为耳口露齿螺、理石叶钩虾。

(4) 群落特征

2018年11月调查海域内底栖生物多样性指数在0~3.096之间，平均1.710；均匀度指数在0.811~1之间，平均0.870；丰度指数在0~1.028之间，平均0.432。底栖生物综合指数见表5.3.5-9。

表 5.3.5-9 2018年11月底栖生物综合指数统计表

站位	均匀度 J	多样性指数 H'	丰度 d	优势度
1	0.946	1.500	0.316	0.500
3	1.000	1.000	0.188	0.000
4	1.000	2.000	0.475	0.000
6	1.000	1.585	0.339	0.333
9	0.930	2.790	0.851	0.200
11	0.861	2.000	0.546	0.500
13	0.977	3.096	1.028	0.091
15	--	0.000	0.000	0.000
16	1.000	1.000	0.188	0.500
18	0.811	0.811	0.158	1.000
20	0.983	2.948	0.934	0.111
21	0.946	1.500	0.316	0.500
22	0.946	1.500	0.316	0.000
24	0.836	2.161	0.654	0.600
25	0.977	3.096	1.028	0.000
26	0.921	1.842	0.421	0.000
28	1.000	2.585	0.724	0.000
29	0.832	1.664	0.421	0.000
30	1.000	2.000	0.475	0.250
D1	0.946	1.500	0.316	0.500
D10	0.918	0.918	0.169	0.000
D13	0.961	1.922	0.452	0.400
D16	1.000	1.585	0.339	0.333
D17	0.649	1.506	0.499	0.692
D19	0.946	1.500	0.316	0.000
D2	1.000	1.585	0.339	0.000
D20	0.861	2.000	0.546	0.500
D3	1.000	1.000	0.188	0.000
D6	--	1.000	0.000	1.000
最小值	0.811	0.000	0.000	0.000
最大值	1.000	3.096	1.028	1.000

站位	均匀度 J	多样性指数 H'	丰度 d	优势度
平均值	0.870	1.710	0.432	0.276

5.3.5.4 冬季调查结果

(1) 种类组成

2019年1月调查(中国海洋大学)海域共近海27个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物70种,隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、棘皮动物五个门类。底栖生物名录见表5.3.5-10。

表 5.3.5-10 2019年5月底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
一	环节动物	<i>Annelida</i>
1	背褶沙蚕	<i>Tambalagama fauveli</i>
2	渤海格鳞虫	<i>Gattyana pohaiensis</i>
3	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
4	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
5	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
6	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
7	管缨虫	<i>Chone infundibuliformis</i>
8	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>
9	内刺盘管虫	<i>Hydroides ezoensis</i>
10	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
11	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
12	梭形驼背涟虫	<i>Campylaspis amblyoda</i>
13	西方似蛭虫	<i>Amaeana occidentalis</i>
14	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i>
15	须鳃虫	<i>Cirriformia tentaculata</i>
16	粘海蛹	<i>Ophelia limacina</i>
17	长鳃树蛭虫	<i>Pista brevibranchia</i>
18	真旋虫	<i>Eudistylia vancouveri</i>
19	中华半突虫	<i>Phyllodoce chinensis</i>
20	中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>
21	中华异稚虫	<i>Heterospio sinica</i>
22	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i>
23	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
24	足刺拟单指虫	<i>Cossurella aciculata</i>
二	软体动物	<i>Mollusca</i>
25	扁平管帽螺	<i>Siphopatella walshi</i>
26	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
27	布尔小笔螺	<i>Mitrella burchardi</i>
28	脆杆全海笋	<i>Barnea fragilis</i>
29	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalis</i>
30	东京梨螺	<i>Pyrrunculus tokyoensis</i>
31	多变织纹螺	<i>Nassarius mutabilis</i>
32	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
33	菲律宾蛤仔	<i>Venerupis philippinaraum</i>
34	宫田神角蛤	<i>Semelangulus miyatensis</i>

序号	中文名	拉丁名
35	广大扁玉螺	<i>Glossaulax reniana</i>
36	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>
37	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i>
38	江户明樱蛤	<i>Moerella jedoensis</i>
39	胶州湾顶管角贝	<i>Episiphon kiaochoowwanense</i>
40	肋骨若塔螺	<i>Guraleus deshayesii</i>
41	理蛤	<i>Theora lata</i>
42	玛利亚瓷光螺	<i>Eulima maria</i>
43	麦氏大口螺	<i>Megastomia makiyamai</i>
44	木户锥形螺	<i>Turbonilla kidoensis</i>
45	内肋蛤	<i>Endopleura lubrica</i>
46	双带棒形螺	<i>Bacteridium vittatum</i>
47	笋金螺	<i>Chrysallida terebra</i>
48	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>
49	碗梨螺	<i>Pyrunculus phialus</i>
50	小亮樱蛤	<i>Nitidotellina minuta</i>
51	小囊螺	<i>Retusa minima</i>
52	小笋螺	<i>Terebra tantilla</i>
53	腰带螺	<i>Cingulata cingulata</i>
54	异白樱蛤	<i>Musculus cupreus</i>
55	中国不等蛤	<i>Anomia chinensis</i>
56	中华拟锯齿蛤	<i>Arvella sinica</i>
57	紫壳阿文蛤	<i>Alvenius ojanus</i>
三	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
58	大泵钩虾	<i>Haustorioides magnus</i>
59	格氏星萤	<i>Asteropina grimaldi</i>
60	尖额麦秆虫	<i>Caprella penantis</i>
61	介形类	<i>Subclass Ostracoda</i>
62	理石叶钩虾	<i>Jassa marmorata</i>
63	日本拟背尾水虱	<i>Paranthura japonica</i>
64	日本长尾虫	<i>Apseudes nipponicus</i>
65	头角泥钩虾	<i>Eriopisella propagatio</i>
66	中华螺赢蜚	<i>Corophium sinense</i>
67	中华原钩虾	<i>Eogammarus sinensis</i>
68	二齿半尖额涟虫	<i>Hemileucon bidentatus</i>
四	棘皮动物	<i>Echinodermata</i>
69	心形海胆	<i>Echinocardium cordatum</i>
五	刺胞动物	<i>Cnidaria</i>
70	强壮仙人掌海鳃	<i>Cavernularia obesa</i>

(2) 生物量平面分布

2019年1月(中国海洋大学)调查海域底栖动物湿重变化范围为0.38~697.10g/m², 平均43.65g/m²。最高值出现在13号站, 最低值出现在D19号站。各站位生物量分布见表5.3.5-11。

表 5.3.5-11 2019 年 10 月底栖生物生物量

站位	栖息密度: ind/m ²	生物量: g/m ²	站位	栖息密度: ind/m ²	生物量: g/m ²
1			26		
3			28		
4			29		
6			30		
9			D1		
11			D2		
13			D3		
15			D6		
16			D10		
18			D13		
20			D17		
21			D19		
22			最小值		
24			最大值		
25			平均值		

(3) 优势种

2019年1月(中国海洋大学)调查海域底栖生物优势种为耳口露齿螺、拟特须虫。

(4) 群落特征

2019年1月(中国海洋大学)调查海域内底栖生物多样性指数在1.00~3.70之间,平均2.05;均匀度指数在0.92~1.00之间,平均0.94;丰度指数在0.19~1.56之间,平均0.60。底栖生物综合指数见表5.3.5-12。

表 5.3.5-12 2019年10月(中国海洋大学)底栖生物综合指数统计表

站位	均匀度 J	多样性指数 H'	丰度 d	优势度
1	0.95	1.50	0.32	0.50
3	0.92	2.93	1.00	0.15
4	0.96	1.52	0.30	0.00
6	1.00	1.00	0.19	0.00
9	0.96	3.32	1.22	0.27
11	0.97	2.73	0.80	0.33
13	0.95	3.70	1.56	0.12
15	1.00	1.00	0.19	0.50
16	0.96	1.92	0.45	0.40
18	1.00	1.58	0.34	0.33
20	0.96	3.45	1.31	0.24
21	0.92	2.13	0.56	0.43
22	0.89	2.84	0.98	0.36
24	0.86	2.40	0.77	0.45
25	0.92	2.13	0.56	0.14
26	0.87	2.91	1.05	0.16
28	0.99	0.99	0.14	0.00
29	0.77	1.22	0.27	0.00
30	0.90	1.79	0.43	0.00
D1	0.96	3.18	1.12	0.23
D2	1.00	1.00	0.19	0.00
D3	0.95	3.00	0.94	0.33
D6	1.00	1.00	0.19	0.50
D10	1.00	1.58	0.34	0.33
D13	1.00	1.00	0.19	0.00

站位	均匀度 J	多样性指数 H'	丰度 d	优势度
D17	0.89	2.50	0.75	0.46
D19	0.92	0.92	0.17	0.00
最小值	0.92	1.00	0.19	0.00
最大值	1.00	3.70	1.56	0.50
平均值	0.94	2.05	0.60	0.23

5.3.6 潮间带生物

(1) 春季

2018年5月中国海洋大学在工程附近海域进行了潮间带生物调查, 布设潮间带生物调查站位6个, 具体调查站位见图5.3.6-2和表5.3.6-2。

(2) 夏季

2019年8月(夏季)中国海洋大学在工程附近海域进行了潮间带生物调查, 布设潮间带生物调查站位7个, 具体调查站位见图5.3.6-1和表5.3.6-1。

(3) 秋季

2018年11月中国海洋大学在工程附近海域进行了潮间带生物调查, 布设潮间带生物调查站位6个, 具体调查站位见图5.3.6-2和表5.3.6-2。

(4) 冬季

2019年1月中国海洋大学进行生态调查调查的同时, 布设了6个潮间带调查站位, 因天气寒冷, 海边结冰, 未取得潮间带生物。

表 5.3.6-1 2019年8月(夏季)调查点坐标

点号	经度	纬度
1	120.21178544	37.52102494
2	120.22534132	37.53245115
3	120.24918079	37.55517483
4	120.27277350	37.56669760
5	120.28555155	37.57648230
6	120.25604725	37.68598080
7	120.19145966	37.50513554

表 5.3.6-2 2018年5月、2018年11月调查点坐标

点号	经度	纬度
1	120.28971355	37.57982815
2	120.28188865	37.57320660
3	120.27294576	37.56697473
4	120.25957834	37.55909208
5	120.24955228	37.55562441
6	120.22153372	37.53011463

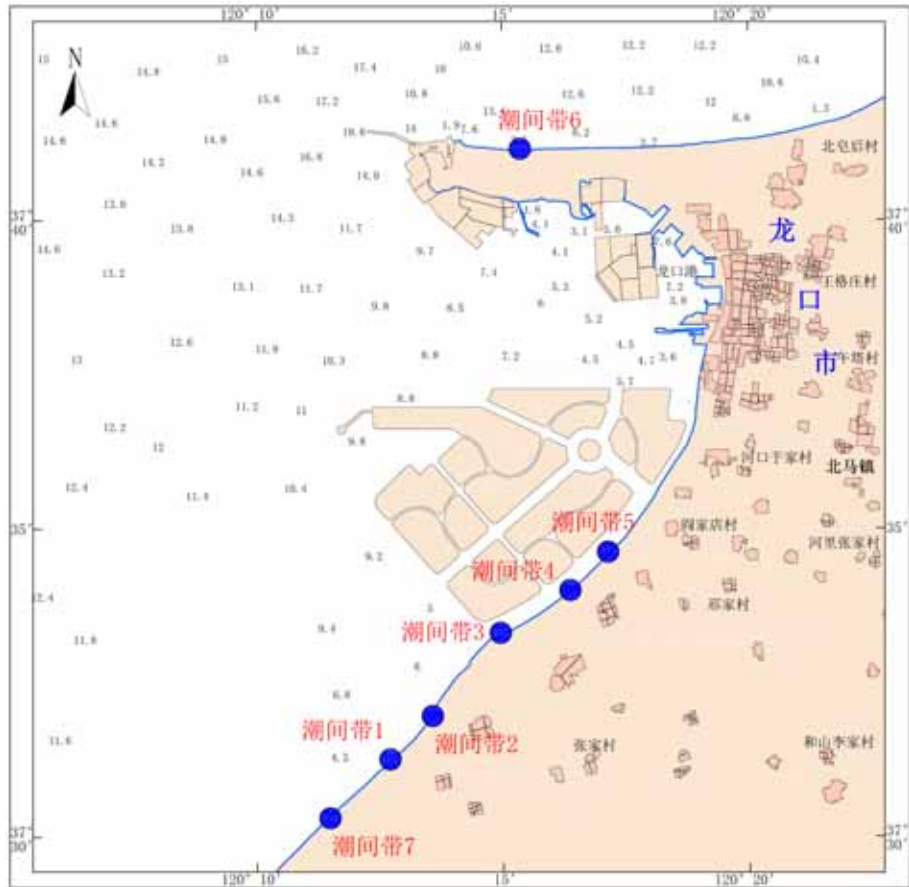


图 5.3.6-1 2019 年 8 月调查站位图

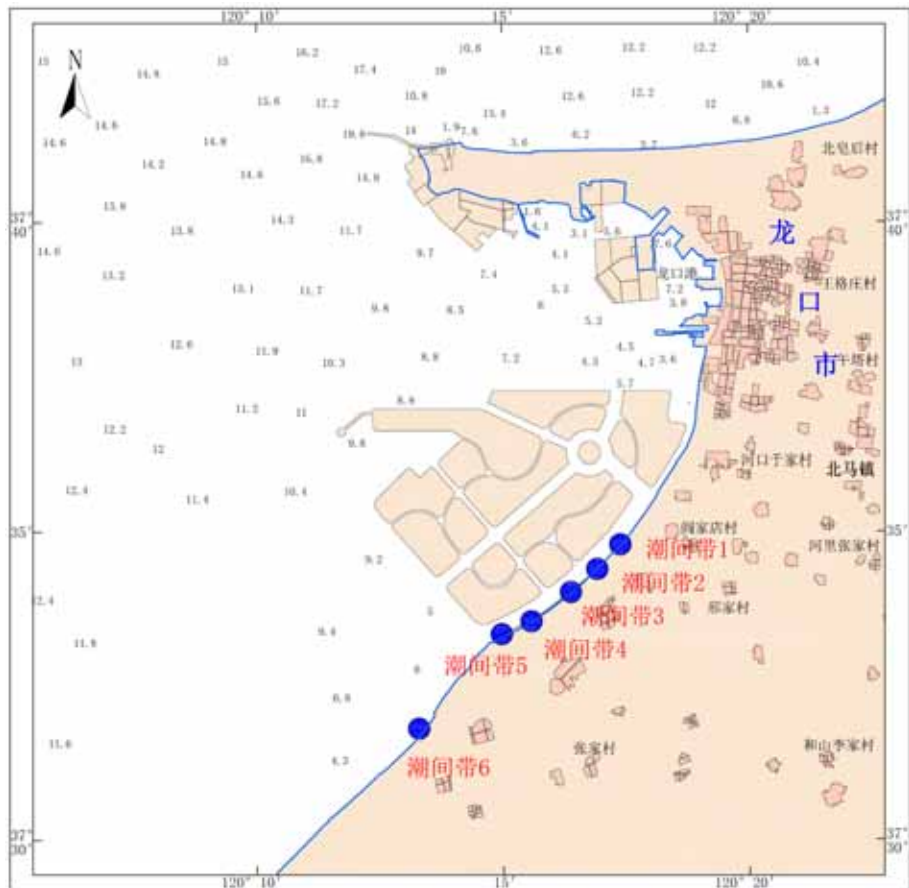


图 5.3.6-2 2018 年 5 月、2018 年 11 月调查站位图

5.3.6.1 2018年5月结果

1、种类组成

本次调查共调查到潮间带生物 56 种，其中多毛类 21 种，软体动物 22 种，节肢动物 8 种，其他 5 种。

表 5.3.6-3 春季潮间带生物种类名录

种类	中文名	拉丁名
多毛类	双齿围沙蚕	<i>Perinereis aibuhitensis</i>
	头吻沙蚕	<i>Glycera capitata</i>
	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
	浅古铜吻沙蚕	<i>Glycera subaenea</i>
	巢沙蚕	<i>Diopatra amboinensis</i>
	异足索沙蚕	<i>Lumbrineris heteropoda</i>
	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
	日本刺沙蚕	<i>Neanthes japonica</i>
	长锥虫	<i>Haploscoloplos elongatus</i>
	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
	丝鳃虫	<i>Cirratulus cirratus</i>
	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
	马丁海稚虫	<i>Spio martinensis</i>
	稚齿虫	<i>Prionospio steenstrupi</i>
	鳞腹沟虫	<i>Scolecopsis squamata</i>
	深沟毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
	尖锥虫	<i>S. Armiger</i>
	才女虫属	<i>Polydora cornuta</i>
磷腹钩虫	<i>Scolecopsis.sp</i>	
软体动物	文蛤	<i>Meretrix meretrix</i>
	青蛤	<i>Cyclina sinensis</i>
	异白樱蛤	<i>Macoma incongrua</i>
	江戸明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>
	彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>
	光滑河蓝蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>
	凸壳肌蛤	<i>Musculista senhausei</i>
	日本镜蛤	<i>Dosinia japonica</i>
	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>
	薄壳绿螂	<i>Glaucanome primeana</i>
	砂海螂	<i>Mya arenaria Linnaens</i>
	四角蛤蜊	<i>Mactra quadrangularis</i>
	秀丽织纹螺	<i>Nassarius dealbatus</i>
	不洁织纹螺	<i>Nassarius spurcus</i>
	黑纹班捻螺	<i>Punctateon yamamurae</i>
	托氏昌螺	<i>Umbonium thomasi</i>
	泥螺	<i>Bullacta exarata</i>
	古氏滩栖螺	<i>Batillaria cumingi</i>
马氏核螺	<i>Pyrene martensi</i>	

	笋螺属	<i>Terebralia sp</i>
	大竹蛭	<i>Solen grandis</i>
	细长竹蛭	<i>Solen gracilis</i>
节肢动物	钩虾类	<i>Gammarus sp</i>
	日本美人虾	<i>Callinassa japonica</i>
	哈氏美人虾	<i>Nihonotrypaea harmandi</i>
	圆球股窗蟹	<i>Scopimera globosa</i>
	绒毛近方蟹	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>
	宽身大眼蟹	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>
	豆形拳蟹	<i>Philyra pisum</i>
	日本大眼蟹	<i>Macrophthalmus japonicus</i>
	其他	适风海葵
海豆芽		<i>Lingula antina</i>
纽虫		<i>Lineus sp</i>
经氏壳蛞蝓		<i>Philine kinglipini</i>
中华栉孔虾虎鱼		<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>

2、生物量平面分布

调查区域潮间带生物平均生物量为 521.94 g/m²，最高值出现在 W3 断面的低潮区，达 2368.56 g/m²，最低值出现在 W4 断面的中潮区，仅为 8.40 g/m²。调查区域潮间带生物平均栖息密度为 989 ind/m²，最高值出现在 W3 断面的低潮区，为 3408 ind/m²，最低值出现在 W4 断面的中潮区，仅为 86 ind/m²。

表 5.3.6-4 潮间带生物栖息密度与生物量

断面	潮带	栖息密度(个/m ²)	生物量 (mg/m ²)
W1	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■
W2	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■
W3	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■
W4	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■
W5	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■
W6	低潮	■	■
	中潮	■	■
	高潮	■	■

3、优势种

调查区域优势种为菲律宾蛤仔、古氏滩栖螺和四角蛤蜊，重要种有光滑河蓝蛤、托氏昌螺、秀丽织纹螺、江户明樱蛤、寡鳃齿吻沙蚕、双齿围沙蚕和圆球股窗蟹。

表 5.3.6-5 潮间带生物优势种

种类	重量百分比 W%	栖息密度百分比 N%	出现频率 F%	优势度 IRI
菲律宾蛤仔	28.52	6.57	50.00	1754
古氏滩栖螺	15.59	23.00	44.44	1715
四角蛤蜊	33.64	4.56	27.78	1061
光滑河蓝蛤	1.81	19.53	33.33	711
托氏昌螺	6.48	10.81	27.78	480
秀丽织纹螺	1.40	5.77	66.67	478
江户明樱蛤	1.28	3.38	44.44	207
寡鳃齿吻沙蚕	0.03	3.33	55.56	187
双齿围沙蚕	0.68	4.06	27.78	132
圆球股窗蟹	0.90	1.72	38.89	102

5.3.6.2 2019 年 8 月结果

(1) 种类组成

2019 年 8 月潮间带生物调查结果表明，调查海域共检出潮间带生物 7 类 63 种，其中，腔肠动物 1 种，扁形动物 1 种，纽形动物 1 种，多毛类 23 种，软体动物 10 种，甲壳类 26 种，尾索动物 1 种。潮间带生物名录见表 5.3.6-2。

表 5.3.6-6 2019 年 8 月潮间带生物名录

序号	中文名	拉丁名
	腔肠动物	Coelenterata
1	海葵一种	Actiniaria
	扁形动物	Platyhelminthes
2	网纹平涡虫	<i>Planocera reticulata</i>
	纽形动物	Nemertea
3	纽虫	Nemertinea spp.
	多毛类	Polychaeta
4	长突半足沙蚕	<i>Hemipodus yenourensis</i>
5	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
6	珠角裸沙蚕	<i>Nicon moniloceras</i>
7	须鳃虫	<i>Cirriformia tentaculata</i>
8	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
9	马丁海稚虫	<i>Spio martinensis</i>
10	小健足虫	<i>Micropodark dubia</i>
11	扁模裂虫	<i>Typosyllis armillaris</i>
12	弯齿围沙蚕	<i>Perinereis camiguinoides</i>
13	微蚕	<i>Nematonereis unicornis</i>
14	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>
15	张氏神须虫	<i>Mysta tchangsii</i>
16	红角沙蚕	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>
17	丝鳃虫	<i>Cirratulus cirratus</i>
18	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
19	鳞腹沟虫	<i>Scolecopsis squamata</i>
20	膜质伪才女虫	<i>Pseudopolydora kempii</i>
21	异足索沙蚕	<i>Lumbrinereis heteropoda</i>
22	独齿围沙蚕	<i>Perinereis nuntia</i>

23	日本叉毛豆维虫	<i>Schistomeringos japonica</i>
24	昆士兰稚齿虫	<i>Prionospio queenslandica</i>
25	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
26	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
	软体动物	Mollusca
27	蓝无壳侧鳃	<i>Pleurobanchaea novaezealandiae</i>
28	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>
29	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>
30	绯拟沼螺	<i>Assiminea latericea</i>
31	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>
32	黑荞麦蛤	<i>Xenostrobus atratus</i>
33	高捻塔螺	<i>Monotygmia eximia</i>
34	双凹环新螺	<i>Circumstella biconcava</i>
35	虹光亮樱蛤	<i>Nitidotellina iridella</i>
36	短足蛭	<i>Solen dunkerianus</i>
	节肢动物	Arthropoda
37	理石叶钩虾	<i>Jassa marmorata</i>
38	朝鲜马尔他钩虾	<i>Melita Koreana</i>
39	锯额豆瓷蟹	<i>Pisidia serratifrons</i>
40	日本螯	<i>Charybdis japonica</i>
41	雷伊著名团水蚤	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i>
42	强壮藻钩虾	<i>Ampithoe valida</i>
43	达纳细身钩虾	<i>Maera danae</i>
44	中华原钩虾	<i>Eogammarus sinensis</i>
45	圆球股窗蟹	<i>Scopimera globosa</i>
46	中华近方蟹	<i>Hemigrapsus sinensis</i>
47	泥虾	<i>Lamoedia astacina</i>
48	大寄居蟹	<i>Pagurus ochotensis</i>
49	河独螺赢蜚	<i>Monocorophium acherusicum</i>
50	日本沙钩虾	<i>Byblia japonicus</i>
51	戈氏豆蟹	<i>Pinnotheres gordonae</i>
52	隐居独螺赢蜚	<i>Monocorophium insidiosum</i>
53	大角玻璃钩虾	<i>Hyale grandicornis</i>
54	锯齿铲钩虾	<i>Listriella serra</i>
55	日本游泳水虱	<i>Natatolana japonensis</i>
56	日本大螯蜚	<i>Planocera reticulata</i>
57	平背蜉	<i>Gaetice depressus</i>
58	伍氏螯蛄虾	<i>Upogebia wuhsienweni</i>
59	短小拟钩虾	<i>Gammaropsis nitids</i>
60	山羊直筒虱	<i>Caenanthura ibex</i>
61	秉氏泥蟹	<i>Ilyoplax pingi</i>
62	双斑螯	<i>Charybdis bimaculata</i>
	尾索动物	Urochordate
63	曼哈顿皮海鞘	<i>Molgula manhattensis</i>

(2) 生物量平面分布

1) 生物量(湿重)平面分布

2019年8月潮间带生物调查结果表明,调查海区潮间带生物的生物量平均为

24.36g/m²，各站位生物量的波动范围介于 0.01g/m²~195.82g/m² 之间，以 4 号站位最高，7 号站位最低，以软体动物占优势。

2) 个体数量（生物密度）的平面分布

2019 年 8 月潮间带生物调查结果表明，潮间带生物的个体数量平均分布为 414ind/m²，其个体数量的波动范围在 16~1536ind /m² 之间，最高个体数量的分布站点在 4 号站低潮，最低的站点为 1 号站高潮，2 号站中潮等站。

表 5.3.6-7 2019 年 8 月潮间带生物生物量

站位	密度 ind/m ²	生物量 g/m ²
1 上		
1 间		
1 下		
2 上		
2 间		
2 下		
3 上		
3 间		
3 下		
4 上		
4 间		
4 下		
5 上		
5 间		
5 下		
6 上		
6 间		
6 下		
7 上		
7 间		
7 下		
最大值		
最小值		
平均值		

(3) 优势种

2019 年 8 月调查海域潮间带生物优势种为曼哈顿皮海鞘和须鳃虫，优势度分别为 0.04、0.02。

(4) 群落特征

2019 年 8 月调查海域内潮间带生物多样性指数在 0.00~2.85 之间，平均值为 1.06；均匀度指数在 0.41~1.00 之间，平均值为 0.67；丰度指数在 0.00~1.00 之间平均值为 0.69。

表 5.3.6-8 2019 年 8 月潮间带生物综合指数统计表

站位	均匀度 J'	多样性指数 H'	丰度 d
1 上	-	0.000	0.00
1 间	-	0.000	0.00
1 下	0.93	1.868	0.58
2 上	-	0.000	0.00
2 间	-	0.000	0.00
2 下	0.97	0.971	0.23
3 上	0.94	2.642	1.21
3 间	0.96	2.236	0.85
3 下	0.82	2.851	1.69
4 上	0.42	0.669	0.36
4 间	0.36	0.918	0.80
4 下	0.49	1.380	0.89
5 上	0.45	0.895	0.43
5 间	0.75	1.943	0.77
5 下	0.36	1.088	1.03
6 上	0.79	2.039	0.82
6 间	0.10	0.100	0.14
6 下	0.99	0.992	0.16
7 上	-	0.000	0.00
7 间	-	0.000	0.00
7 下	1.00	1.585	0.52
最大值	1.00	2.851	1.69
最小值	0.10	0.000	0.00
平均值	0.69	1.056	0.50

5.3.6.3 2018 年 11 月结果

(1) 种类组成

2018 年 11 月潮间带生物调查结果表明, 调查海域共检出潮间带生物 3 类 15 种, 其中, 软体动物 9 种, 环节动物 3 种, 节肢动物 3 种。

表 5.3.6-9 2018 年 11 月潮间带生物名录

序号	中文名	拉丁名
	软体动物	<i>Mollusca</i>
1	短滨螺	<i>Littorina brevicula (Philippi)</i>
2	短文蛤	<i>Meretrix petechialis(Lamarck,1810)</i>
3	菲律宾蛤仔	<i>Venerupis philippinaraum(Adams et Reeve,1850)</i>
4	古氏滩栖螺	<i>Batillaria cumingi(Crosse,1862)</i>
5	群栖织纹螺	<i>Nassarius gregarius(Grabau et King,1928)</i>
6	笋锥形螺	<i>Turbonilla terebra(A.Adams,1861)</i>
7	汛潮环楔形蛤	<i>Cyclosunetta menstrualis (Menke, 1843)</i>
8	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas (Thunberg,1793)</i>
9	中国不等蛤	<i>Anomia chinensis Philippi, 1849</i>
	环节动物	<i>Annelida</i>
10	全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes oxypoda (Marenzeller,1879)</i>

11	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i> Keferstein, 1862
12	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
	节肢动物	<i>Arthropoda</i>
13	爱氏麦杆虫	<i>Caprella aino</i>
14	理石叶钩虾	<i>Jassa mormorata</i> Holesmes, 1903
15	圆球股窗蟹	<i>Scopimera globosa</i> De Haan, 1835

(2) 生物量平面分布

1) 生物量（湿重）平面分布

2018年11月潮间带生物调查结果表明，调查海区潮间带生物的生物量平均为28.48g/m²，各站位生物量的波动范围介于2.88g/m²~70.48g/m²之间，以5号站位中潮最高，4号站位中潮最低。

2) 个体数量（生物密度）的平面分布

2018年11月潮间带生物调查结果表明，潮间带生物的个体数量平均分布为59.33ind/m²，其个体数量的波动范围在16~144ind/m²之间，最高个体数量的分布站点在1号站中潮，最低的站点为4号站高潮。

表 5.3.6-10 2018 年 11 月潮间带生物生物量

站位	栖息密度: ind/m ²	生物量: g/m ²
1-1		
1-2		
1-3		
2-1		
2-2		
2-3		
3-1		
3-2		
3-3		
4-1		
4-2		
4-3		
5-1		
5-2		
5-3		
6-1		
6-2		
6-3		
最大值		
最小值		
平均值		

(3) 优势种

2018年11月调查海域潮间带生物优势种为菲律宾蛤仔、古氏滩栖螺，优势度分别为0.03、0.19。

(4) 群落特征

2018年11月调查海域内潮间带生物多样性指数在0.00~1.89之间,平均值为0.90;均匀度指数在0.79~1.00之间,平均值为0.90;丰度指数在0.00~0.42之间平均值为0.19。潮间带生物综合指数见表5.3.6-4。

表 5.3.6-4 2018 年 11 月潮间带生物综合指数统计表

站位	均匀度 J	多样性指数 H'	丰度 d	优势度
1-1	0.99	0.99	0.15	0.43
1-2	0.95	1.89	0.42	0.33
1-3	0.97	0.97	0.16	0.60
2-1	0.79	1.25	0.30	0.67
2-2	0.92	0.92	0.18	0.67
2-3	--	0.00	0.00	1.00
3-1	1.00	1.00	0.20	0.50
3-2	1.00	1.58	0.36	0.00
3-3	0.81	0.81	0.17	0.75
4-1	--	0.00	0.00	0.00
4-2	--	0.00	0.00	0.00
4-3	1.00	1.58	0.36	0.33
5-1	--	0.00	0.00	1.00
5-2	0.81	0.81	0.17	0.75
5-3	0.79	1.25	0.30	0.17
6-1	0.82	0.96	0.12	0.35
6-2	0.83	1.11	0.23	0.42
6-3	0.91	1.13	0.25	0.78
最大值	1.00	1.89	0.42	1.00
最小值	0.79	0.00	0.00	0.00
平均值	0.90	0.90	0.19	0.49

5.3.7 小结

(1) 叶绿素 a

2018年5月份的调查中,各测站叶绿素 a 含量为0.000~3.623 $\mu\text{g/L}$,平均为1.597 $\mu\text{g/L}$ 。2018年7月份的调查中,各测站叶绿素 a 含量为0.431~8.483 $\mu\text{g/L}$,平均为2.507 $\mu\text{g/L}$ 。2018年11月份的调查中,各测站叶绿素 a 含量为1.289~47.4 $\mu\text{g/L}$,平均为6.281 $\mu\text{g/L}$ 。2019年1月份的调查中,各测站叶绿素 a 含量为0~5.02 $\mu\text{g/L}$,平均为1.561 $\mu\text{g/L}$ 。

(2) 浮游植物

2018年5月调查共鉴定浮游植物50种,其中硅藻45种,占浮游植物种类组成的90%,甲藻4种,占浮游植物种类组成的8%,蓝藻1种,占浮游植物种类组成的2%。浮游植物平均细胞数为 1.02×10^6 个/ m^3 ,变化范围在 7×10^4 个/ m^3 ~ 7.60×10^6 个/ m^3 之间。

2018年7月共采集到浮游植物的种类为86种,隶属于硅藻、甲藻、金藻。其中硅藻较多,占86.0%,甲藻占据了13.8%,金藻占1.2%。浮游植物平均细胞数为 100.8×10^4 个/ m^3 ,数量范围为0.69~ 1756×10^4 个/ m^3 。

2018年11月共采集到浮游植物的种类为77种,隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多69种,占89.61%,甲藻8种占据了10.39%。调查海域内浮游植物平均细胞数为 30.14×10^4 个/ m^3 ,数量范围为 $1.71 \sim 87.60 \times 10^4$ 个/ m^3 ,

2019年1月共采集到浮游植物的种类为51种,隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多47种,占92.16%,甲藻4种占据了7.84%。调查海域内调查海域内浮游植物平均细胞数为 210.97×10^4 个/ m^3 ,数量范围为 $65.53 \sim 570.40 \times 10^4$ 个/ m^3 。

(3) 浮游动物

2018年5月浮游动物调查结果表明,调查海域共鉴定出浮游动物38种(不含鱼卵、仔鱼),其中,原生动物1种,刺胞动物3种,节肢动物21种,毛颚动物1种,浮游幼虫12种。浮游动物生物量(湿重)平均为 $14554 \text{mg}/m^3$,各站位生物量的波动范围在 $1665 \text{mg}/m^3 \sim 61005.3 \text{mg}/m^3$ 之间;个体数量平均分布为 37.44×10^4 个/ m^3 ,波动范围在 $1.54 \times 10^4 \sim 204.89 \times 10^4$ 个/ m^3 之间。

2018年7月调查共鉴定浮游动物48种,其中原生动物3种,占6%;浮游幼虫20种,占42%;节肢动物19种,占40%;毛颚动物1种,占2%;尾索动物1种,占2%;刺胞动物4种,占8%。调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $1315 \text{mg}/m^3$,各站位生物量的波动范围在 $105 \text{mg}/m^3 \sim 5363 \text{mg}/m^3$ 之间;个体数量平均分布为 3.26×10^4 个/ m^3 ,波动范围在 $0.01 \times 10^4 \sim 10.62 \times 10^4$ 个/ m^3 之间。

2018年11月调查共鉴定浮游动物41种,其中原生动物4种,占9.76%;节肢动物21种,占51.22%;毛颚动物、轮虫动物和尾索动物各1种,各占2.44%;刺胞动物2种,占4.88%;浮游幼虫11种,占26.83%。调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $1325.10 \text{mg}/m^3$,各站位生物量的波动范围在 $22.75 \text{mg}/m^3 \sim 4463.67 \text{mg}/m^3$ 之间;个体数量平均分布为 3.26×10^4 个/ m^3 ,波动范围在 $0.01 \times 10^4 \sim 2.48 \times 10^4$ 个/ m^3 之间。

2019年1月调查共鉴定浮游动物36种,其中原生动物2种,占5.56%;节肢动物22种,占61.11%;毛颚动物和尾索动物各1种,各占2.78%;刺胞动物2种,占5.56%;浮游幼虫8种,占22.21%。调查海区中浮游动物(湿重)平均为 $5728.25 \text{mg}/m^3$,各站位生物量的波动范围在 $1571.00 \text{mg}/m^3 \sim 13998.33 \text{mg}/m^3$ 之间;个体数量平均分布为 7.01×10^4 个/ m^3 ,波动范围在 $1.31 \times 10^4 \sim 15.42 \times 10^4$ 个/ m^3 之间,

(4) 底栖生物

2018年5月底栖生物调查结果表明,调查海域共检出底栖生物7类63种,其中,环节动物26种,软体动物28种,节肢动物5种,纽形动物1种,腕足动物1种,星虫

动物 1 种，棘皮动物 1 种。底栖生物的生物量平均为 $19.58\text{g}/\text{m}^2$ ，各站位生物量的波动范围介于 $0.38\text{g}/\text{m}^2\sim 220.00\text{g}/\text{m}^2$ 之间。

2018 年 7 月底栖生物调查结果表明，调查海域共检出底栖生物 4 类 69 种，其中，环节动物 26 种，软体动物 17 种，软体动物纽形动物 40 种，节肢动物 10 种，棘皮动物 2 种。底栖生物的生物量平均为 $8.65\text{g}/\text{m}^2$ ，各站位生物量的波动范围介于 $0\text{g}/\text{m}^2\sim 74\text{g}/\text{m}^2$ 之间。

2018 年 11 月调查海域共近海 29 个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物 54 种，隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、纽形动物五个门类。调查海域底栖动物湿重变化范围为 $0.1\sim 30.04\text{g}/\text{m}^2$ ，平均 $11.10\text{g}/\text{m}^2$ 。

2019 年 1 月调查海域共近海 27 个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物 70 种，隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、棘皮动物五个门类。底栖动物湿重变化范围为 $0.38\sim 697.10\text{g}/\text{m}^2$ ，平均 $43.65\text{g}/\text{m}^2$ 。

(5) 潮间带生物

2018 年 5 月调查共调查到潮间带生物 56 种，其中多毛类 21 种，软体动物 22 种，节肢动物 8 种，其他 5 种。潮间带生物平均生物量为 $521.94\text{g}/\text{m}^2$ ，最高值出现在 W3 断面的低潮区，达 $2368.56\text{g}/\text{m}^2$ ，最低值出现在 W4 断面的中潮区，仅为 $8.40\text{g}/\text{m}^2$ 。

2019 年 8 月潮间带生物调查结果表明，调查海域共检出潮间带生物 7 类 63 种，其中，腔肠动物 1 种，扁形动物 1 种，纽形动物 1 种，多毛类 23 种，软体动物 10 种，甲壳类 26 种，尾索动物 1 种。调查海区潮间带生物的生物量平均为 $24.36\text{g}/\text{m}^2$ ，各站位生物量的波动范围介于 $0.01\text{g}/\text{m}^2\sim 195.82\text{g}/\text{m}^2$ 之间，以 4 号站位最高，7 号站位最低，以软体动物占优势。

2018 年 11 月潮间带生物调查结果表明，调查海域共检出潮间带生物 3 类 15 种，其中，软体动物 9 种，环节动物 3 种，节肢动物 3 种。潮间带生物的生物量平均为 $28.48\text{g}/\text{m}^2$ ，各站位生物量的波动范围介于 $2.88\text{g}/\text{m}^2\sim 70.48\text{g}/\text{m}^2$ 之间。

2019 年 1 月中国海洋大学进行生态调查调查的同时，布设了 6 个潮间带调查站位，因天气寒冷，海边结冰，未取得潮间带生物。

(6) 通过对填海工程周边海洋生态调查及分析，工程所在海域叶绿素 a 含量较为稳定，围填海建设对叶绿素 a 含量变化影响较小。工程所在海域浮游植物、浮游动物和底栖生物种类和数量年际和空间变换较大，但生物多样性指数较为稳定。

围填海工程除施工期产生悬浮泥沙外，无其他污染物排海，工程建设对周边海洋

生态的影响较小。

5.4 渔业资源现状调查与评价

(1) 2018 年鱼卵仔稚鱼调查

中国海洋大学分别于 2018 年 5 月、2018 年 7 月、2018 年 11 月（秋季）和 2019 年 1 月在工程附近海域布置鱼卵仔鱼调查站位 30 个，调查站位及调查站位图见图 5.1-1、表 5.1-1。

(2) 2019 年 5 月渔业资源

为了解工程周边渔业资源现状，中国海洋大学于 2019 年 5 月在工程附近布置渔业资源站位 30 个，其中 4 个站位无法进行拖网，实际取样站位为 26 个，站位图见图 5.4-1、表 5.4-1。

(3) 2019 年 8 月渔业资源

调查资料来自于山东省海洋资源与环境研究院，调查时间为 2019 年夏季（8 月 1 日-8 月 14 日），站位图见图 5.4-2、表 5.4-2。

(4) 2018 年 11 月渔业资源

为了解围填海后工程周边渔业资源现状，中国海洋大学于 2018 年 11 月在工程附近布置渔业资源站位 28 个，其中 4 个站位（渔业 6、渔业 12、渔业 13、渔业 24）位于养殖区，无法进行拖网，实际取样站位为 24 个，站位图见图 5.4-3、表 5.4-3。

(5) 2018 年 12 月调查站位

冬季共布设调查 26 个，因周边有养殖渔网实际调查站位 23 个，站位图见图 5.4-1、表 5.4-4。

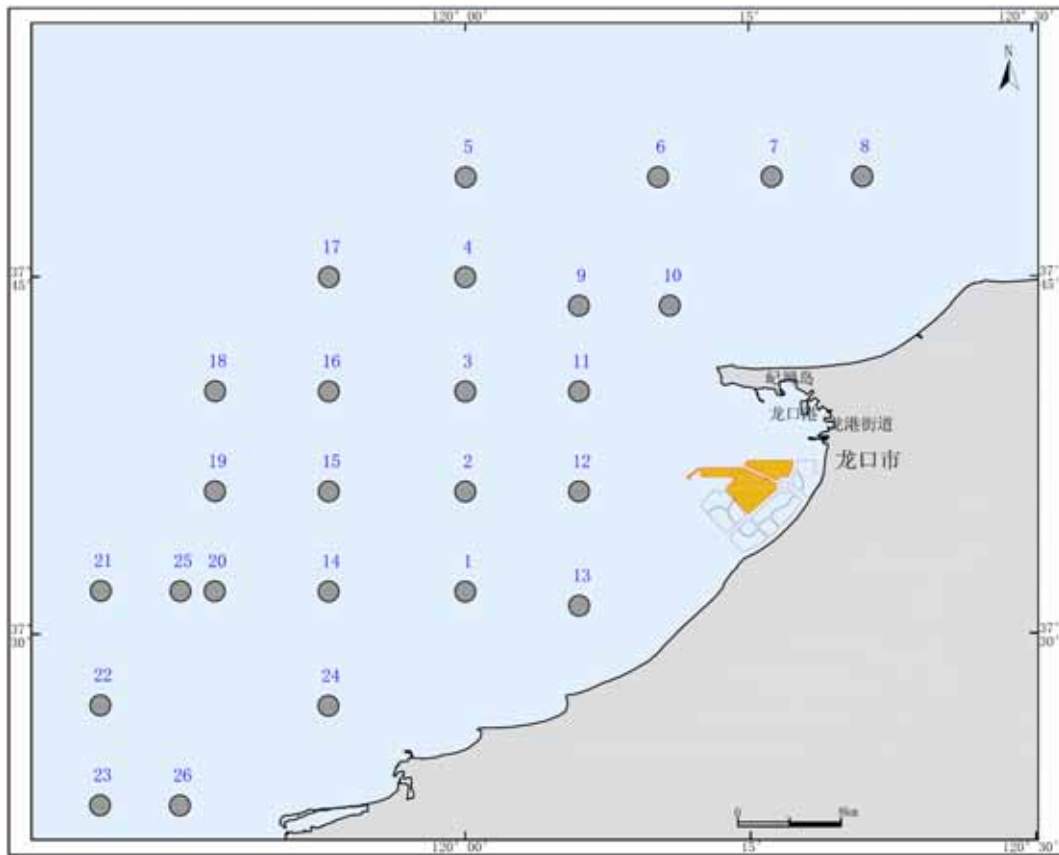


图 5.4-1 2019 年 5 月、2018 年 12 渔业资源调查站位图

表 5.4-1 2019 年 5 月渔业资源调查站位一览表

站位编号	经度	纬度	调查内容
1	120.00	37.53	渔业资源
2	120.00	37.60	渔业资源
3	120.00	37.67	渔业资源
4	120.00	37.75	渔业资源
5	120.00	37.82	渔业资源
6	120.17	37.82	渔业资源
7	120.27	37.82	渔业资源
8	120.35	37.82	渔业资源
9	120.10	37.73	渔业资源
10	120.18	37.73	渔业资源
11	120.10	37.67	渔业资源
12	120.10	37.60	渔业资源
13	120.10	37.52	渔业资源
14	119.88	37.53	渔业资源
15	119.88	37.60	渔业资源
16	119.88	37.67	渔业资源
17	119.88	37.75	渔业资源
18	119.78	37.67	渔业资源
19	119.78	37.60	渔业资源
20	119.78	37.53	渔业资源
21	119.68	37.53	渔业资源
22	119.68	37.45	渔业资源
23	119.68	37.38	渔业资源
24	119.88	37.45	渔业资源
25	119.75	37.53	渔业资源
26	119.75	37.38	渔业资源

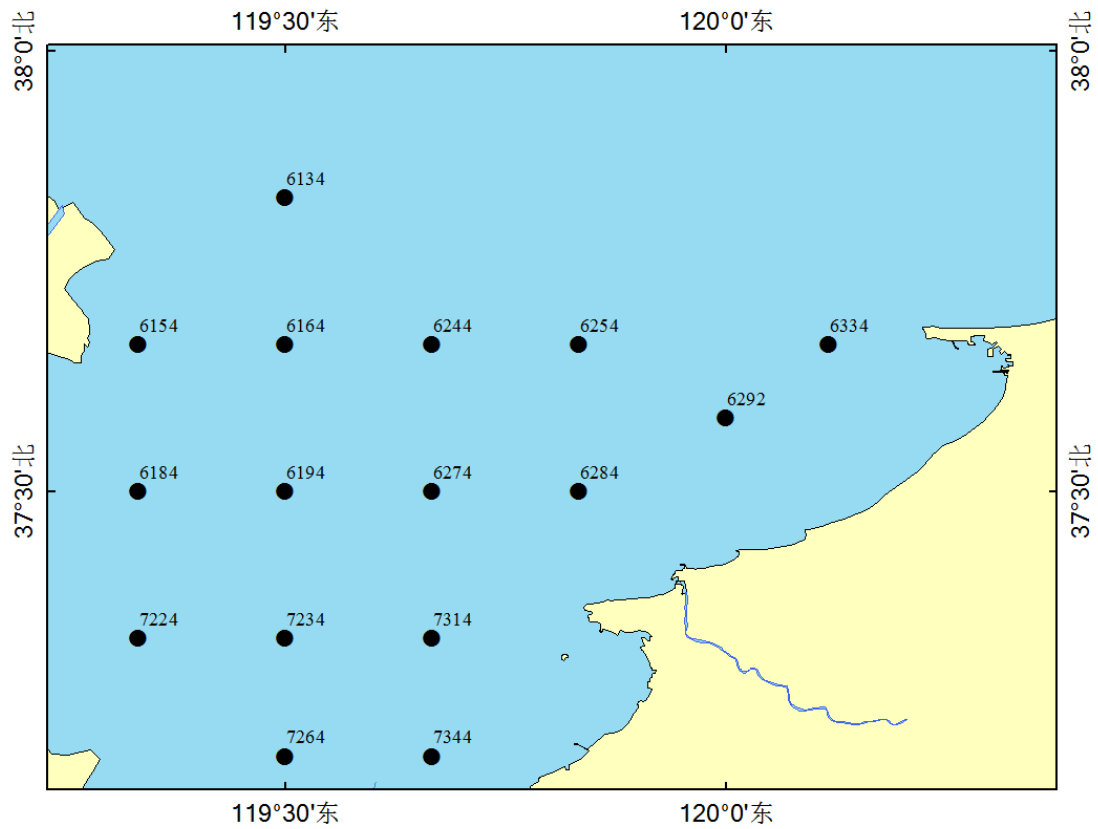


图 5.4-2 2019 年 8 月调查站位图
表 5.4-2 2019 年 8 月调查站位经纬度

S	经度	纬度	S	经度	纬度
6134	119°30'	37°50'	6284	119°50'	37°30'
6154	119°20'	37°40'	6292	120°00'	37°35'
6164	119°30'	37°40'	6334	120°07'	37°40'
6184	119°20'	37°30'	7224	119°20'	37°20'
6194	119°30'	37°30'	7234	119°30'	37°20'
6244	119°40'	37°40'	7264	119°30'	37°12'
6254	119°50'	37°40'	7314	119°40'	37°20'
6274	119°40'	37°30'	7344	119°40'	37°12'

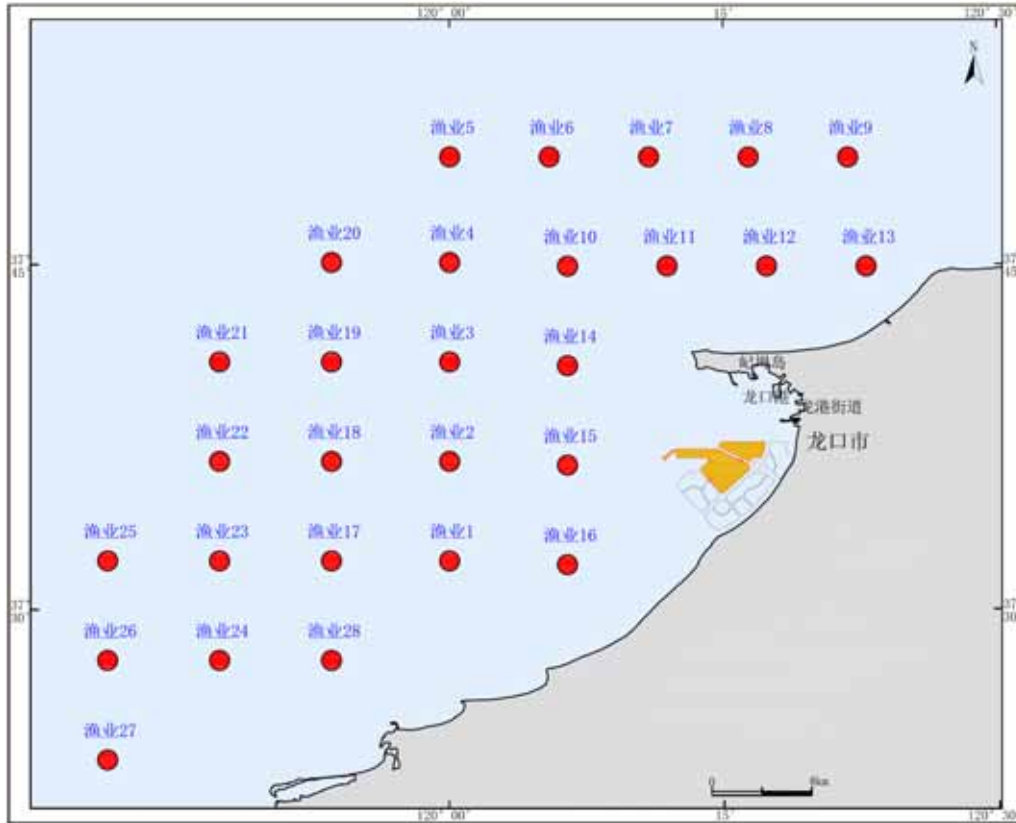


图 5.4-3 2018 年 11 月渔业资源调查站位图

表 5.4-3 2018 年 11 月渔业资源调查站位一览表

站位编号	调查站位	纬度	经度	调查内容
1	渔业 1	37°32'07.99"	120°00'01.51"	渔业资源
2	渔业 2	37°36'27.48"	120°00'01.51"	渔业资源
3	渔业 3	37°40'46.96"	120°00'01.51"	渔业资源
4	渔业 4	37°45'06.44"	120°00'01.52"	渔业资源
5	渔业 5	37°49'41.58"	120°00'01.52"	渔业资源
	渔业 6	37°49'41.45"	120°05'28.65"	渔业资源
6	渔业 7	37°49'41.07"	120°10'55.79"	渔业资源
7	渔业 8	37°49'40.44"	120°16'22.92"	渔业资源
8	渔业 9	37°49'39.56"	120°21'50.05"	渔业资源
9	渔业 10	37°44'56.48"	120°06'28.81"	渔业资源
10	渔业 11	37°44'56.59"	120°11'55.59"	渔业资源
	渔业 12	37°44'55.91"	120°17'22.38"	渔业资源
	渔业 13	37°44'54.98"	120°22'49.16"	渔业资源
11	渔业 14	37°40'37.00"	120°06'28.43"	渔业资源
12	渔业 15	37°36'17.52"	120°06'28.06"	渔业资源
13	渔业 16	37°31'58.03"	120°06'27.68"	渔业资源
14	渔业 17	37°32'07.82"	119°53'34.68"	渔业资源
15	渔业 18	37°36'27.30"	119°53'34.31"	渔业资源
16	渔业 19	37°40'46.79"	119°53'33.94"	渔业资源
17	渔业 20	37°45'06.27"	119°53'33.57"	渔业资源
18	渔业 21	37°40'46.29"	119°47'26.65"	渔业资源
19	渔业 22	37°36'26.81"	119°47'27.38"	渔业资源
20	渔业 23	37°32'07.33"	119°47'28.10"	渔业资源
	渔业 24	37°27'47.84"	119°47'28.82"	渔业资源
21	渔业 25	37°32'06.52"	119°41'21.52"	渔业资源
22	渔业 26	37°27'47.03"	119°41'22.60"	渔业资源
23	渔业 27	37°23'27.55"	119°41'23.67"	渔业资源
24	渔业 28	37°27'48.33"	119°53'35.05"	渔业资源

表 5.4-4 2018 年 12 月渔业资源调查站位一览表

站位编号	经度	纬度	调查内容
1	120.00	37.53	渔业资源
2	120.00	37.60	渔业资源
3	120.00	37.67	渔业资源
4	120.00	37.75	渔业资源
5	120.00	37.82	渔业资源
6	120.17	37.82	渔业资源
7	120.27	37.82	渔业资源
8	120.35	37.82	未取样
9	120.10	37.73	渔业资源
10	120.18	37.73	渔业资源
11	120.10	37.67	渔业资源
12	120.10	37.60	渔业资源
13	120.10	37.52	渔业资源
14	119.88	37.53	渔业资源
15	119.88	37.60	渔业资源
16	119.88	37.67	渔业资源
17	119.88	37.75	渔业资源
18	119.78	37.67	渔业资源
19	119.78	37.60	渔业资源
20	119.78	37.53	未取样
21	119.68	37.53	渔业资源
22	119.68	37.45	渔业资源
23	119.68	37.38	渔业资源
24	119.88	37.45	渔业资源
25	119.75	37.53	未取样
26	119.75	37.38	渔业资源

5.4.1 调查方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

鱼卵、仔稚鱼是鱼类资源进行补充和可持续利用的基础，在鱼类生命周期中数量最大、对环境的抵御能力最脆弱，是死亡最多的敏感发育阶段，这期间在形态学、生理学和生态学等特性方面均发生很大的变化，其孵化和成活率的高低、残存量的多寡将决定鱼类世代的发生量，即补充群体资源量的密度。

鱼卵、仔鱼调查根据 GB/T12763.6《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》的有关要求执行。定量样品采集使用浅水 I 型浮游生物网（口径 50 cm，长 145 cm）自底至表垂直取样，定性样品采集使用大型浮游生物网（口径 80 cm，长 280 cm）表层水平拖网 10 min，拖网速度 2 kn。采集的样品经 5%甲醛海水溶液固定保存后，在实验室进行样品分类鉴定和计数，定量分析中采用垂直拖网数据。

(2) 游泳动物

游泳动物拖网调查按《GB12763.6 海洋调查规范第 6 部分海洋生物调查》、《海洋水产资源调查手册》和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的相关规定执行。渔业资源调查网具为底拖网，网口直径 55m，网目尺寸 5cm，每网拖曳 1h，平均拖速 3 节，拖曳时，网口高度 1.8m，网口宽度 3.5m，每站的实际扫海面积为 0.02km²。现场对渔获物进行分类并记录各种类重量和尾数，并对每个种类进行生物学测定。

5.4.2 评价方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

鱼卵仔稚鱼密度计算公式：

$$G=N/V$$

式中：

G——单位体积海水中鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒每立方米或尾每立方米(ind./m³)；

N——全网鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒或尾(ind.)，V 为滤水量，单位为立方米(m³)。

(2) 游泳动物

1) 相对重要性指数

从各种类在数量、重量中所占比例和出现频率 3 个方面进行优势度的综合评价，判断其在群落中的重要程度，即：

$$IRI=(N+W) F$$

式中：

IRI——相对重要性指数；N——在数量中所占的比例；W——在重量中所占的比例；

F——出现频率。

IRI 值大于 1000 的定为优势种；IRI 值在 100~1000 的为重要种；IRI 值在 10~100 的为常见种；IRI 值小于 10 的为少见种。

2) 物种丰富度指数 (Margalef, 1958)

$$D=(S-1)/LnN$$

式中：

D——物种丰富度指数；S——种类数；N——总尾数。

3) 物种多样性指数 (Shannon-Wiener)

根据各个种类所占比例进行分析，即：

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

式中：

H' ——物种多样性指数； P_i —— i 种鱼的群落中所占的比例。

4) 物种均匀度指数 (Pielou)

$$J' = H' / \ln S$$

式中：

J' ——物种均匀度指数； H' ——物种多样性指数； S ——种类数。

5.4.3 调查结果

5.4.3.1 鱼卵、仔稚鱼

(1) 2018年5月调查结果

①种类组成

本次调查所获鱼卵 7 种，包括斑鰾、鯷、鳙、鲮等；所获仔稚鱼 3 种，包括多鳞鳊、鯷和虾虎鱼。

表 5.4.3-1 2018 年 5 月鱼卵仔稚鱼种类名录

序号	发育时期	种名	拉丁名
1	鱼卵	斑鰾	<i>Konosirus punctatus</i>
2	鱼卵	黄姑鱼	<i>Nibea albiflora</i>
3	鱼卵	鲈鱼	<i>Scomber japonicus</i>
4	鱼卵	鯷	<i>Engraulis japonicus</i>
5	鱼卵	鳙	<i>Callionymus sp.</i>
6	鱼卵	小黄鱼	<i>Larimichthys polyactis (Bleeker, 1877)</i>
7	鱼卵	鲮	<i>Platycephalus indicus</i>
1	仔鱼	多鳞鳊	<i>Sillago sihama</i>
2	仔鱼	鯷	<i>Engraulis japonicus</i>
3	仔鱼	虾虎鱼	<i>Gobiidae</i>

②鱼卵组成

调查共采获鱼卵 1032 粒/m³，其中鯷 1012 粒/m³，占总卵数的 98.12%，斑鰾、黄姑鱼等鱼卵占 1.88%。

③仔稚鱼组成

调查期间共采获仔稚鱼 11 尾/m³，其中鳊 6 尾/m³，占总数的 54.55%；虾虎鱼 3 尾/m³，占总数的 27.27%；多鳞鳊 2 尾/m³，占总数的 18.18%。

④数量分布

调查的 30 个站位中，9 个站位有鱼卵出现，鱼卵出现频率为 30%。鱼卵密度平均

为 34.39 粒/m³，以 20 号站最高为 528 粒/m³。超过 10 粒/m³ 的站位 5 个，1~10 粒/m³ 之间的站位 3 个。

调查 30 个站位中，5 个站位有仔稚鱼出现，出现频率为 16.67%。仔稚鱼密度平均为 0.35 尾/m³，以 22 号站最高为 5 尾/m³，5 个站位超过 1 尾/m³，25 个站位未出现仔稚鱼。

表 5.4.3-2 2018 年 5 月鱼卵仔稚鱼平面分布

站位	鱼卵 (粒/m ³)	仔稚鱼 (尾/m ³)	站位	鱼卵 (粒/m ³)	仔稚鱼 (尾/m ³)
1			26		
3			28		
4			29		
6			30		
9			D1		
11			D10		
13			D13		
15			D16		
16			D17		
18			D19		
20			D2		
21			D20		
22			D23		
24			D3		
25			D6		

(2) 2018 年 7 月夏季调查结果

① 种类组成

本次调查所获鱼卵 3 种，包括斑鲦、多鳞鳊、青鳞小沙丁；所获仔鱼 7 种，包括多鳞鳊、斑鲦和虾虎鱼青鳞小沙丁等；所获稚鱼 4 种，包括多鳞鳊、赤鼻棱鯷、石首鱼科和鲷。

表 5.4.3-3 2018 年 7 月鱼卵仔稚鱼种类名录

	鱼卵	
1	斑鲦	<i>Konosirus punctatus</i>
2	多鳞鳊	<i>Sillago sihama</i>
3	青鳞小沙丁	<i>Harengula zunasi</i>
	仔鱼	
1	白氏银汉鱼	<i>Atherina bleekeri</i>
2	斑鲦	<i>Konosirus punctatus</i>
3	赤鼻棱鯷	<i>Thryssa kammalensis</i>
4	多鳞鳊	<i>Sillago sihama</i>
5	棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>
6	青鳞小沙丁	<i>Harengula zunasi</i>
7	石首鱼科	Sciaenidae
	稚鱼	
1	赤鼻棱鯷	<i>Thryssa kammalensis</i>
2	多鳞鳊	<i>Sillago sihama</i>
3	石首鱼科	Sciaenidae
4	鲷	<i>Blennius sp.</i>

②鱼卵组成

调查共采获鱼卵 237 粒/m³，其中青鳞小沙丁 220 粒/m³，占总卵数的 92.83%；斑鰻 1 粒/m³，占 0.42%；多鳞鱧 17 粒/m³，占 7.17%。

③仔鱼组成

调查期间共采获仔稚鱼 48 尾/m³，其中多鳞鱧 22 尾/m³，占总数的 45.83%；青鳞小沙丁和石首鱼科各 8 尾/m³，各占总数的 16.67%；白氏银汉鱼 5 尾/m³，占总数的 10.42%；棘头梅童鱼 4 尾/m³，8.33%；斑鰻和赤鼻棱鯷分别 1 尾/m³，各占 2.08%。

④稚鱼组成

调查期间共采获仔鱼 4.75 尾/m³，其中赤鼻棱鯷、石首鱼科和鰺各 1.25 尾/m³，各占总数的 26.32%；多鳞鱧 1 尾/m³，占总数的 21.04%。

⑤数量分布

调查的 30 个站位中，17 个站位有鱼卵出现，鱼卵出现频率为 57%。鱼卵密度平均为 7.9 粒/m³，以 13 号站最高为 356.5 粒/m³。超过 10 粒/m³ 的站位 5 个，1~10 粒/m³ 之间的站位 12 个。

调查 30 个站位中，16 个站位有仔稚鱼出现，出现频率为 53%。仔稚鱼密度平均为 1.75 尾/m³，以 D23 号站最高为 10 尾/m³，16 个站位超过 1 尾/m³，14 个站位未出现仔稚鱼。

表 5.4.3-4 2018 年 7 月鱼卵仔稚鱼平面分布

站位	鱼卵 (粒/m ³)	仔稚鱼 (尾/m ³)	站位	鱼卵 (粒/m ³)	仔稚鱼 (尾/m ³)
1	0.5	0	26	1	2
3	3	0	28	0	1.25
4	65	1.5	29	13.33	1.67
6	0	0	30	11	5
9	10	1	D1	4.17	3.33
11	0	0	D10	0	3.33
13	356.5	0	D13	5	8
15	2.5	0	D16	1.25	1.25
16	5	2.5	D17	0	0
18	35	5	D19	1.67	1.67
20	1	0	D2	0	0
21	0	2.5	D20	3.75	0
22	43	5	D23	100	10
24	0	0	D3	2	2
25	6	1	D6	1	2

(3) 2018 年 11 月秋季调查结果

①种类组成

本次调查未采获鱼卵，采获稚鱼 1 种，为髯虾虎鱼。

表 5.4.3-5 2018 年 11 月鱼卵仔稚鱼种类名录

	稚鱼	
1	髯虾虎鱼	<i>Tridentiger barbatus</i>

②稚鱼组成

调查期间共捕获稚鱼 2 尾，种类为髯虾虎鱼，出现在 15 号站。

③数量分布

调查期间没有检测到鱼卵，调查的 30 个站位中，只有 15 号站位有仔稚鱼出现，密度平均为 0.079 尾/m³。

(4) 2019 年 1 月冬季调查结果

2019 年 1 月调查未捕获鱼卵和仔稚鱼。

5.4.3.2 游泳动物

5.4.3.2.1 2019 年 5 月调查结果

1、种类

渔业资源种类 58 种，其中鱼类 30 种，占总种类数的 52%；甲壳类 24 种，占 41%；头足类 4 种，占 7%。

表 5.4.3-6 春季渔业资源种类名录

序号	类别	种名	拉丁名
1	鱼类	斑鲹	<i>Konosirus punctatus</i>
2		鯷	<i>Engraulis japonicus</i>
3		赤鼻棱鯷	<i>Thrissa kammalensis</i>
4		中颌棱鯷	<i>Stolephorus Commersonii</i>
5		黄鲫	<i>Setipinna taty</i>
6		黄魮鰈	<i>Lophius litulon</i>
7		海马	<i>Hippocampus japonicus</i>
8		尖海龙	<i>Syngnathus acus</i>
9		许氏平鲉	<i>Sebastes schlegeli</i>
10		鲷	<i>Platycephalus indicus</i>
11		大泷六线鱼	<i>Hexagrammos otakii</i>
12		细纹狮子鱼	<i>Liparis tanakae</i>
13		皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>
14		白姑鱼	<i>Pennahia argentatus</i>
15		小黄鱼	<i>Larimichthys polyactis</i>
16		方氏云鲷	<i>Enedrias fangi</i>
17		绵鲷	<i>Enchelyopus elongatus</i>
18		绯衔	<i>Callionymus beniteturii</i>
19		小带鱼	<i>Eupleruogrammus punctamanus</i>
20		银鲳	<i>Pampus argenteus</i>
21		丝虾虎鱼	<i>Chaenogobius mororanus</i>
22		普氏细棘虾虎鱼	<i>Acentrogobius pflaumii</i>
23		矛尾虾虎鱼	<i>Chaetruichthys stigmatias</i>

24		六丝钝尾虾虎鱼	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	
25		红狼牙虾虎鱼	<i>Taenioides rubicundus</i>	
26		纹缟虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	
27		中华栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	
28		石鲈	<i>Kareius bicoloratus</i>	
29		短吻红舌鲷	<i>Cynoglossus joyneri</i>	
30		假睛东方鲀	<i>Takifugu pseudommmus</i>	
31	甲壳类	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>	
32		鹰爪虾	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	
33		鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>	
34		日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>	
35		中华安乐虾	<i>Eualus sinensis</i>	
36		疣背深额虾	<i>Latreutes planirostris</i>	
37		水母深额虾	<i>Latreutes anoplonyx</i>	
38		脊腹褐虾	<i>Crangon hakodatei</i>	
39		脊尾白虾	<i>Exopalaemon carinicauda</i>	
40		葛氏长臂虾	<i>Palaemon gravieri</i>	
41		细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	
42		大螯蛄虾	<i>Upogebia major</i>	
43		磁蟹	<i>Porcellanidae spp</i>	
44		日本关公蟹	<i>Heikeopsis japonicus</i>	
45		颗粒关公蟹	<i>Paradorippe granulata</i>	
46		端正关公蟹	<i>Paradorippe cathayana</i>	
47		隆线强蟹	<i>Eucrater crenata</i>	
48		泥脚隆背蟹	<i>Carcinoplax vestita</i>	
49		十一刺栗壳蟹	<i>Arcania undecimspinosa</i>	
50		枯瘦突眼蟹	<i>Oregonia gracilis</i>	
51		隆背黄道蟹	<i>Cancer gibbosulus</i>	
52		三疣梭子蟹	<i>Portunus trituberculatus</i>	
53		日本螯	<i>Charybdis japonica</i>	
54		豆形拳蟹	<i>Genus Pinnotheres</i>	
55		头足类	枪乌贼	<i>Loliolus sp</i>
56			双喙耳乌贼	<i>Sepiola birostrata</i>
57			短蛸	<i>Octopus fangsiao</i>
58			长蛸	<i>Octopus minor</i>

2、优势种

优势种有 5 种，为方氏云鲷、脊腹褐虾、口虾蛄、枪乌贼和葛氏长臂虾；重要种有 5 种，为日本鼓虾、六丝钝尾虾虎鱼、赤鼻棱鲷、日本螯、短吻红舌鲷；其他优势度较高的种类还有许氏平鲷、鲷、短蛸、细纹狮子鱼、长蛸、普氏细棘虾虎鱼、鲷等。

表 5.4.3-7 春季游泳动物优势种

种类	重量百分比 w%	尾数百分比 n%	出现频率 f%	IRI
方氏云鲷	13.62	26.52	92.31	3705.65
脊腹褐虾	4.36	22.33	84.62	2258.38
口虾蛄	20.48	7.81	73.08	2067.52
枪乌贼	8.55	6.37	103.85	1548.74
葛氏长臂虾	4.86	10.19	80.77	1215.04

日本鼓虾	3.12	7.37	73.08	766.79
六丝钝尾虾虎鱼	2.84	2.03	76.92	374.68
赤鼻棱鯧	2.03	1.17	84.62	270.64
日本蟳	2.38	0.31	57.69	155.38
短吻红舌鲷	1.30	0.33	61.54	100.66
许氏平鲉	5.00	0.14	19.23	98.69
鳀	4.40	0.70	19.23	98.02
短蛸	2.21	0.20	38.46	92.73
细纹狮子鱼	0.52	3.35	23.08	89.31
长蛸	3.52	0.08	23.08	83.19
普氏细棘虾虎鱼	0.41	0.71	61.54	69.19
鲷	2.37	0.14	26.92	67.42
豆形拳蟹	0.31	3.52	15.38	58.92
绯蛸	1.52	0.89	23.08	55.54
黄鲫	1.03	0.23	42.31	53.29
鲜明鼓虾	0.85	0.58	34.62	49.54
双喙耳乌贼	0.22	0.51	65.38	48.06
水母深额虾	0.20	1.41	23.08	37.12
斑鲷	1.16	0.12	23.08	29.57
矛尾虾虎鱼	0.55	0.21	34.62	26.50
三疣梭子蟹	1.99	0.05	11.54	23.55
绵鲷	1.08	0.10	19.23	22.70
大泷六线鱼	0.60	0.12	30.77	22.38
隆线强蟹	0.34	0.23	34.62	19.89
黄鮟鱇	5.04	0.02	3.85	19.45
泥脚隆背蟹	0.38	0.21	26.92	15.91
枯瘦突眼蟹	0.64	0.29	15.38	14.38
皮氏叫姑鱼	0.42	0.10	23.08	11.85

3、资源密度

调查海域渔业资源平均资源密度为 124.78 kg/km²，最小值为 10.13 kg/km²，最大值为 470.64 kg/km²；尾数密度为 32.65×10³ ind/km²，最小值为 1.44 ×10³ ind/km²，最大值为 163.07 ×10³ ind/km²。

表 5.4.3-8 春季各站位资源密度与尾数密度

站号	资源密度 (kg/km ²)				尾数密度 (10 ³ ind/km ²)			
	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类
1	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■	■
10	■	■	■	■	■	■	■	■

11	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
12	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
13	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
14	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
15	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
16	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
17	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
18	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
19	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
20	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
21	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
22	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
23	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
24	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
25	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
26	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
最小值	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
最大值	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
平均值	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■

4、幼体

幼体平均资源密度为 24.97 kg/km²，最小为 0.77 kg/km²，最大为 147.82 kg/km²；平均尾数密度为 17.1×10³ ind/km²，最小值为 0.21 ×10³ ind/km²，最大值为 136.55×10³ ind/km²。

表 5.4.3-9 春季各站位幼鱼资源密度与尾数密度

站号	资源密度 (kg/km ²)				尾数密度 (10 ³ ind/km ²)			
	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类
1	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
2	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
3	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
4	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
5	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
6	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
7	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
8	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
9	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
10	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
11	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
12	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
13	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
14	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
15	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
16	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
17	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
18	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
19	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
20	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■

21	■	■	■	■	■	■	■	■
22	■	■	■	■	■	■	■	■
23	■	■	■	■	■	■	■	■
24	■	■	■	■	■	■	■	■
25	■	■	■	■	■	■	■	■
26	■	■	■	■	■	■	■	■
最小值	■	■	■	■	■	■	■	■
最大值	■	■	■	■	■	■	■	■
平均值	■	■	■	■	■	■	■	■

5、多样性

调查区域渔业生物群落丰富度指数为 2.065，分布于 0.189~2.943 之间；多样性指数平均为 1.806，分布于 0.153~2.590 之间；均匀度指数平均为 0.657，分布于 0.221~0.861 之间。

表 5.4.3-10 春季各站位多样性

站位	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
1	2.424	2.288	0.807
2	2.193	2.049	0.757
3	1.700	1.983	0.861
4	2.570	1.887	0.602
5	2.455	2.078	0.694
6	2.834	2.406	0.747
7	2.916	2.590	0.815
8	2.738	2.384	0.741
9	2.722	1.952	0.632
10	2.302	1.577	0.510
11	2.108	2.068	0.784
12	2.348	2.420	0.822
13	2.144	1.770	0.639
14	0.707	0.482	0.299
15	1.773	1.625	0.654
16	2.898	2.157	0.708
17	0.968	0.870	0.447
18	2.943	2.134	0.648
19	1.607	1.971	0.856
20	1.951	1.463	0.516
21	2.215	2.091	0.738
22	0.955	1.417	0.728
23	0.189	0.153	0.221
24	2.060	2.123	0.804
25	1.031	0.767	0.349
26	2.939	2.243	0.697
最小值	0.189	0.153	0.221
最大值	2.943	2.590	0.861
平均值	2.065	1.806	0.657

5.4.3.2.2 2019年8月调查结果

1、种类组成

夏季调查共出现渔业资源种类 52 种，其中，鱼类 32 种，占总种类数的 61.54%；甲壳类 18 种，占 34.62%；头足类 2 种，占 3.85%。按重量计，本次调查鱼类占 39.21%；甲壳类占 48.55%，头足类占 12.24%。按数量计，本次调查鱼类占 54.93%，甲壳类占 29.72%，头足类占 15.35%。

表 5.4.3-11 游泳动物种类名录

种类	序号	种类	拉丁名
鱼类	1	青鳞小沙丁鱼	<i>Sardinella zunasi</i>
	2	斑鲙	<i>Konosirus punctatus</i>
	3	黄鲫	<i>Setipinna taty</i>
	4	赤鼻棱鲉	<i>Thrissa kammalensis</i>
	5	中颌棱鲉	<i>Thrissa mystax</i>
	6	长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>
	7	日本海马	<i>Hippocampus japonicus</i>
	8	尖海龙	<i>Syngnathus acus</i>
	9	许氏平鲷	<i>Sebastes schlegeli</i>
	10	鲷	<i>Platycephalus indicus</i>
	11	花鲈	<i>Lateolabrax maculatus</i>
	12	多鳞鱧	<i>Sillago sihama</i>
	13	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>
	14	银姑鱼	<i>Pennahia argentata</i>
	15	黑鲷	<i>Sparus macrocephalus</i>
	16	方氏锦𩚰	<i>Enedrias fangi</i>
	17	短鳍鱺	<i>Callionymus kitaharae</i>
	18	小带鱼	<i>Eupleurogrammus muticus</i>
	19	蓝点马鲛	<i>Scomberomorus niphonius</i>
	20	银鲳	<i>Pampus argenteus</i>
	21	髯缟虾虎鱼	<i>Tridentiger barbatus</i>
	22	丝虾虎鱼	<i>Cryptocentrus filifer</i>
	23	斑尾刺虾虎鱼	<i>Acanthogobius ommaturus</i>
	24	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>
	25	六丝钝尾虾虎鱼	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>
	26	中华栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>
	27	裸项蜂巢虾虎鱼	<i>Favonigobius gymnauchen</i>
	28	普氏缟虾虎鱼	<i>Amoya pflaumi</i>
	29	石鲈	<i>Kareius bicoloratus</i>
	30	短吻红舌𩚰	<i>Cynoglossus joyeri</i>
	31	绿鳍马面鲀	<i>Thamnaconus modestus</i>
	32	假睛东方鲀	<i>Takifugu pseudommus</i>
甲壳类	33	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>
	34	中国明对虾	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>
	35	周氏新对虾	<i>Metapenaeus joyneri</i>

	36	鹰爪虾	<i>Trachysalambria curvirostris</i>
	37	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>
	38	日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
	39	葛氏长臂虾	<i>Palaemon gravieri</i>
	40	疣背深额虾	<i>Latreutes planirostris</i>
	41	水母深额虾	<i>Latreutes anoplonyx</i>
	42	红条鞭腕虾	<i>Lysmata vittata</i>
	43	鞭腕虾	<i>Lysmata spp.</i>
	44	红线黎明蟹	<i>Matuta planipes</i>
	45	隆线强蟹	<i>Eucrate crenata</i>
	46	十一刺栗壳蟹	<i>Arcania undecimspinosa</i>
	47	三疣梭子蟹	<i>Portunus trituberculatus</i>
	48	日本螯	<i>Charybdis japonica</i>
	49	颗粒关公蟹	<i>Dorippe granulata</i>
	50	日本关公蟹	<i>Dorippe japonica</i>
头足类	51	枪乌贼	<i>Loliolus spp.</i>
	52	短蛸	<i>Octopus minor</i>

2、数量分布

调查海域渔获重量范围为 1.44 kg/h~129.64 kg/h, 平均渔获重量为 21.23 kg/h。渔获重量超过 100 kg/h 的站位 1 个, 20 kg/h~100 kg/h 的站位 3 个, 其余站位低于 50 kg/h。

调查海域平均渔获数量为 3547.19 ind./h, 各站位渔获数量在 155 ind./h~15306 ind./h 之间。渔获数量超过 10000 ind./h 的站位 82 个; 渔获数量在 1000~10000 ind./h 的站位 8 个; 其余站位小于 1000 ind./h。

3、优势种

本次调查优势种有 4 种, 为口虾蛄、青鳞小沙丁鱼、枪乌贼、日本螯, 重要种有 11 种, 分别为斑鲹、赤鼻棱鲉、矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷、白姑鱼、三疣梭子蟹、鲷、鹰爪虾、隆线强蟹、银鲳、蓝点马鲛。

重量比例超过 1% 的种类共 14 种, 占全部渔获物重量的 94.12%。重量组成比例超过 10% 的种类 4 种, 为口虾蛄 27.17%、日本螯 15.97%、枪乌贼 11.56%、青鳞小沙丁鱼 11.25%; 重量组成比例在 5~10% 之间的种类 1 种, 为斑鲹 7.75%; 重量组成比例在 1~5% 的种类 9 种, 依次为赤鼻棱鲉 3.81%、短吻红舌鲷 2.67%、矛尾虾虎鱼 2.5%、银鲳 2.47%、三疣梭子蟹 2.19%、鲷 2.05%、白姑鱼 1.82%、蓝点马鲛 1.74%、隆线强蟹 1.17%; 其余种类重量组成比例低于 1%。

数量比例超过 1% 的种类共 13 种, 占全部渔获物重量的 94.86%。数量组成比例超过 10% 的种类 3 种, 为青鳞小沙丁鱼 32.74%、口虾蛄 21.52%、枪乌贼 15.05%; 数量组

成比例在 5~10%之间的种类 1 种，为赤鼻棱鯧 6.84%；数量组成比例在 1~5%之间的种类 9 种，依次为矛尾虾虎鱼 4.23%、斑鰾 2.7%、鹰爪虾 2.38%、日本蟳 2.3%、六丝钝尾虾虎鱼 1.77%、白姑鱼 1.7%、短吻红舌鲷 1.55%、葛氏长臂虾 1.08%、黄鲫 1%；其余种类数量组成比例低于 1%。

表 5.4.3-12 游泳动物主要种类组成 (IRI > 100)

种类	W%	N%	F%	IRI
口虾蛄	27.17	21.52	81.25	3956
青鳞小沙丁鱼	11.25	32.74	75.00	3299
枪乌贼	11.56	15.05	100.00	2661
日本蟳	15.97	2.30	81.25	1484
斑鰾	7.75	2.70	93.75	980
赤鼻棱鯧	3.81	6.84	50.00	533
矛尾虾虎鱼	2.50	4.23	62.50	420
短吻红舌鲷	2.67	1.55	75.00	316
白姑鱼	1.82	1.70	81.25	285
三疣梭子蟹	2.19	0.46	75.00	199
鲷	2.05	0.41	75.00	184
鹰爪虾	0.39	2.38	62.50	173
隆线强蟹	1.17	0.43	81.25	130
银鲳	2.47	0.59	37.50	115
蓝点马鲛	1.74	0.10	56.25	104

4、现存资源密度

根据扫海面积法计算，调查海域渔业资源尾数密度和重量密度均值分别为 $185.70 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 和 913.92 kg/km^2 。其中，鱼类资源尾数密度为 $128.83 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ；甲壳类为 $32.54 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ；头足类为 $24.32 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。鱼类资源重量密度为 506.73 kg/km^2 ；甲壳类为 292.68 kg/km^2 ；头足类为 114.51 kg/km^2 。

表 5.4.3-13 各站位资源密度

站位	类别	资源密度 (kg/km ²)	资源数量密度 (10 ³ ind./km ²)
6134	甲壳类	██████	██████
	头足类	██████	██████
	鱼类	██████	██████
6154	甲壳类	██████	██████
	头足类	██████	██████
	鱼类	██████	██████
6164	甲壳类	██████	██████
	头足类	██████	██████
	鱼类	██████	██████
6184	甲壳类	██████	██████
	头足类	██████	██████
	鱼类	██████	██████
6194	甲壳类	██████	██████

	头足类		
	鱼类		
6244	甲壳类		
	头足类		
6254	甲壳类		
	头足类		
6274	甲壳类		
	头足类		
6284	甲壳类		
	头足类		
6292	甲壳类		
	头足类		
6334	甲壳类		
	头足类		
7224	甲壳类		
	头足类		
7234	甲壳类		
	头足类		
7264	甲壳类		
	头足类		
7314	甲壳类		
	头足类		
7344	甲壳类		
	头足类		

5、生物多样性

调查海域生物种类多样性指数平均为 1.770，变化范围为 0.576~2.624；物种均匀度指数平均为 0.589，变化范围 0.262~0.801；物种丰富度指数平均为 2.702，变化范围 0.572~4.122。

表 5.4.3-14 游泳动物群落多样性指数

站位	H'	J'	D
6134	1.486	0.456	3.159
6154	1.446	0.444	3.310
6164	2.081	0.720	2.360
6184	2.468	0.749	2.875

6194	1.677	0.498	2.906
6244	1.311	0.454	2.593
6254	2.624	0.787	3.456
6274	2.404	0.757	3.036
6284	2.257	0.670	3.847
6292	2.167	0.644	4.122
6334	1.881	0.639	2.854
7224	2.359	0.801	3.569
7234	0.992	0.554	0.815
7264	0.576	0.262	0.858
7314	1.968	0.647	2.906
7344	0.625	0.349	0.572

6、小结

夏季调查共出现渔业资源种类 52 种，其中鱼类 32 种，甲壳类 18 种，头足类 2 种。调查海域渔获重量范围为 1.44 kg/h~129.64 kg/h，平均渔获重量为 21.23 kg/h。调查海域平均渔获数量为 3547.19 ind./h，渔获数量范围在 155 ind./h~15306 ind./h 之间。本次调查优势种有 4 种，为口虾蛄、青鳞小沙丁鱼、枪乌贼、日本蟳，重要种有 11 种，分别为斑鲷、赤鼻棱鳀、矛尾虾虎鱼、短吻红舌鳎、白姑鱼、三疣梭子蟹、鲷、鹰爪虾、隆线强蟹、银鲳、蓝点马鲛。根据扫海面积法计算，调查海域渔业资源尾数密度和重量密度均值分别为 185.70×10^3 ind./km² 和 913.92 kg/km²。其中，鱼类资源尾数密度为 128.83×10^3 ind./km²；甲壳类为 32.54×10^3 ind./km²；头足类为 24.32×10^3 ind./km²。鱼类资源重量密度为 506.73 kg/km²；甲壳类为 292.68 kg/km²；头足类为 114.51 kg/km²。调查海域生物多样性指数平均为 1.770，变化范围为 0.576~2.624；物种均匀度指数平均为 0.589，变化范围 0.262~0.801；物种丰富度指数平均为 2.702，变化范围 0.572~4.122。

5.4.3.2.3 2018 年 11 月调查结果

(1) 种类组成

本次调查共出现渔业资源种类 79 种，其中，鱼类 36 种，占总种类数的 45.57%；甲壳类 23 种，占 29.11%，其中虾类 8 种，蟹类 15 种；贝类 15 种，占总种类数的 18.99%，其中，头足类 3 种，双壳类 6 种，腹足类 5 种，等足目 1 种；棘皮动物 5 种，占 6.33%。

按重量计，本次调查鱼类占 28.62%，甲壳类占 16.99%，贝类占 54.38%，棘皮动物重量小。

按数量计，本次调查鱼类占 34.54%，甲壳类占 20.85%，贝类占 44.32%，棘皮动物占 0.28%。

表 5.4.3-15 2018 年 11 月游泳动物种类名录

序号	类群	种名	拉丁名
1	鱼类	斑尾刺虾虎鱼	<i>Acanthogobius ommaturus</i> (Richardson, 1845)
2	鱼类	六丝钝尾虾虎鱼	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>
3	鱼类	六丝钝尾虾虎鱼幼鱼	<i>Amblychaeturichthys hexanema juvenile</i>
4	鱼类	普氏缙虾虎鱼	<i>Amoya pflaumi</i>
5	鱼类	中华栉孔虾虎鱼	<i>Brachyamblyopus anotus</i> (Franz, 1910)
6	鱼类	短鳍鲆	<i>Callionymus kitaharae</i> (Jordan et Seale)
7	鱼类	李氏鲆	<i>Callionymus richardsoni</i>
8	鱼类	矛尾虾虎鱼幼鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias juvenile</i>
9	鱼类	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias</i> (Richardson,1844)
10	鱼类	棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>
11	鱼类	长丝虾虎鱼	<i>Cryptocentrus filifer</i>
12	鱼类	小头栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>
13	鱼类	舌鳎幼鱼	<i>Cynoglossidae juvenile</i>
14	鱼类	短吻红舌鳎	<i>Cynoglossus joyneri</i>
15	鱼类	方氏云鳎	<i>Enedrias fangi</i>
16	鱼类	鲉	<i>Engraulis japonicus</i>
17	鱼类	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i> (Cuvier,1830)
18	鱼类	斑鲷	<i>Konosirus punctatus</i>
19	鱼类	鮫	<i>Liza haematocheila</i> (Temminck et Schlegel, 1845)
20	鱼类	花尾胡椒鲷	<i>Plectorhynchus cinctus</i> (Temminck et Schlegel, 1843)
21	鱼类	长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>
22	鱼类	鲐	<i>Scomber japonicus</i>
23	鱼类	许氏平鲷	<i>Sebastes schlegelii</i> (Hilgendorf, 1880)
24	鱼类	黄鲫	<i>Setipinna tenuifilis</i>
25	鱼类	少鳞鳉	<i>Sillago japonica</i> (Temminck et Schlegel, 1843)
26	鱼类	尖海龙	<i>Syngnathus acus</i> (Linnaeus,1758)
27	鱼类	星点东方鲀	<i>Takifugu niphobles</i> (Jordan et Snyder, 1902)
28	鱼类	网纹东方鲀	<i>Takifugu retireticularis</i> (Tian, Cheng et Wang, 1975)
29	鱼类	赤鼻棱鲉	<i>Thryssa kammalensis</i> (Bleeker,1849)
30	鱼类	中颌棱鲉	<i>Thryssa mystax</i>
31	鱼类	带鱼	<i>Trichiurus lepturus</i>
32	鱼类	髯虾虎鱼	<i>Tridentiger barbatus</i>
33	鱼类	髯虾虎鱼幼鱼	<i>Tridentiger barbatus juvenile</i>
34	鱼类	纹缙虾虎鱼	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>
35	蟹类	日本螞	<i>Charybdis japonica</i>
36	蟹类	日本螞幼体	<i>Charybdis japonica juvenile</i>
37	蟹类	日本关公蟹	<i>Dorippe japonica</i>
38	蟹类	隆线强蟹	<i>Eucrater crenata</i>
39	蟹类	特异大权蟹	<i>Macromedaeus distinguendus</i> (De Haan, 1835)
40	蟹类	团岛毛刺蟹	<i>Pilumnus tuantaoensis</i> (Shen, 1948)
41	蟹类	锯额豆瓷蟹	<i>Pisidia serratifrons</i> (Stimpson, 1858)
42	蟹类	三疣梭子蟹	<i>Portunus trituberculatus</i>
43	蟹类	三疣梭子蟹幼体	<i>Portunus trituberculatus juvenile</i>
44	蟹类	绒毛细足瓷蟹	<i>Raphidopus ciliatus</i>
45	虾类	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus de Man</i>
46	虾类	日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
47	虾类	中国明对虾	<i>Fenneropenaeus chinensis</i> (Osbeck)

序号	类群	种名	拉丁名
48	虾类	直额七腕虾	<i>Heptacarpus rectirostris</i>
49	虾类	鞭腕虾	<i>Hippolysmata vittata</i>
50	虾类	疣背宽额虾	<i>Latreutes planirostris</i>
51	虾类	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
52	虾类	戴氏赤虾	<i>Metapenaeopsis dalei</i>
53	虾类	周氏新对虾	<i>Metapenaeus joyneri (Miers)</i>
54	虾类	日本和美虾	<i>Nihonotrypaea japonica Ortmann, 1891</i>
55	虾类	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>
56	虾类	口虾蛄幼体	<i>Oratosquilla oratoria juvenile</i>
57	虾类	葛氏长臂虾	<i>Palaemon gravieri</i>
58	虾类	细指长臂虾	<i>Palaemon tenuidactylus</i>
59	虾类	鹰爪虾	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>
60	头足类	日本枪乌贼	<i>Loligo japonica</i>
61	头足类	短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>
62	头足类	长蛸	<i>Octopus variabilis</i>
63	双壳类	海湾扇贝	<i>Argopecten irradians Lanmarck</i>
64	双壳类	近江牡蛎	<i>Crassostrea ariakensis (Wakiya, 1913)</i>
65	双壳类	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas (Thunberg, 1793)</i>
66	双壳类	橄榄蚶	<i>Estellarca olivacea (Reeva)</i>
67	双壳类	江户明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>
68	双壳类	橄榄胡桃蛤	<i>Nucula tenuis (Montagu)</i>
69	棘皮类	多棘海盘车	<i>Asterias amurensis</i>
70	棘皮类	海仙人掌	<i>Cavernularia habereri</i>
71	棘皮类	砂海星	<i>Luidia quinaria von Martens</i>
72	棘皮类	司氏盖蛇尾	<i>Stegophiura sladeni</i>
73	棘皮动物	心形海胆	<i>Echinocardium cordatum (Pennant, 1777)</i>
74	腹足类	杰氏裁判螺	<i>Inquisitor jeffreysii</i>
75	腹足类	平肩织纹螺	<i>Nassarius humeratus Yang et Zhang, 2010</i>
76	腹足类	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus (Adams)</i>
77	腹足类	香螺	<i>Neptunea cumingi</i>
78	腹足类	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
79	等足类	日本浪漂水虱	<i>Cirolana japonensis (Richardson)</i>

(2) 数量分布

调查海域鱼类平均渔获重量为 2.26kg/h，渔获重量最高站位为 1 号站，为 9.27 kg/h，渔获重量最低站位为 23 号站，为 0.63 kg/h。渔获重量超过 5 kg/h 的站位 1 个；渔获重量在 2~5 kg/h 之间的站位 7 个。调查海域平均渔获数量为 272.17 ind./h，渔获数量最高站位为 10 号站，达 660ind./h，最低渔获数量站位为 22 号站，100ind./h。渔获数量超过 500 ind./h 的站位 3 个；其余站位渔获数量低于 500 ind./h。

调查海域甲壳类平均渔获重量为 1.34 kg/h，渔获重量最高站位为 10 号站，为 5.84 kg/h，渔获重量最低站位为 22 号站，为 0.021kg/h。渔获重量大于 2 kg/h 的站位有 8 个。调查海域甲壳类平均渔获数量为 320 ind./h，渔获数量最高站位为 6 号站，达 1926 ind./h，最低渔获数量站位为 16 号站，仅 12 ind./h。渔获数量超过 1000 ind./h 的站位 2 个，

在 500~1000 ind./h 的站位 2 个，渔获数量低于 500 ind./h 的站位 20 个。

调查海域头足类平均渔获重量为 4.25 kg/h，渔获重量最高站位为 21 号站，为 7.92 kg/h，渔获重量最低站位为 10 号站，为 0.36 kg/h。渔获重量大于 2 kg/h 的站位 19 个，小于 2 kg/h 的站位有 5 个。调查海域头足类平均渔获数量为 677 ind./h，渔获数量最高站位为 18 号站，达 1410 ind./h，最低渔获数量站位为 8 号站，84 ind./h。渔获数量高于 1000 的 ind./h 站位有 7 个，介于 500~1000 ind./h 的站位 9 个，其余均低于 500 ind./h。

调查海域棘皮动物类平均渔获重量为 0.054 kg/h，渔获重量最高站位为 19 号站，为 0.312 kg/h，渔获重量最低为 0 kg/h。调查海域头足类平均渔获数量为 5.42 ind./h，渔获数量最高站位为 21 号站，达 32 ind./h，最低渔获数量为 0 ind./h。

表 5.4.3-16 2018 年 11 月游泳动物数量分布

站 位	鱼类		甲壳类类		贝类		棘皮动物	
	重量 (kg/h)	尾数 (ind./h)	重量 (kg/h)	尾数 (ind./h)	重量 (kg/h)	尾数 (ind./h)	重量 (kg/h)	尾数 (ind./h)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

(3) 优势种

本次调查优势种为矛尾虾虎鱼、日本鼓虾、口虾蛄、日本枪乌贼和短蛸，占全部渔获物重量的 73.85%。重要种有 6 种，依次为六丝钝尾虾虎鱼、普氏缙虾虎鱼、黄鲫、中颌棱鲷、口虾蛄幼体和鹰爪虾，占全部渔获物重量的 17.90%。

重量组成比例超过 10% 的种类 3 种，为枪乌贼 34.97%、短蛸 17.99%、口虾蛄 11.22%；

重量组成比例在 5~10%之间的种类 1 种，为矛尾虾虎鱼 8.49%；重量组成比例在 1~5% 的种类 8 种，依次为短鳍鱚4.40%、六丝钝尾虾虎鱼 3.83%、中颌棱鲷 2.17%、斑尾刺虾虎鱼 2.06%、日本鼓虾 2.02%、短吻红舌鲷 1.76%、黄鲫 1.68%、鹰爪虾 1.11%；其余种类重量组成比例低于 1%。

数量组成比例超过 10%的种类 2 种，为日本枪乌贼 50.85%、日本鼓虾 11.46%；数量组成比例在 5~10%之间的种类 2 种，为六丝钝尾虾虎鱼 5.90%、口虾蛄 5.53%；数量组成比例在 1~5%之间的种类 7 种，依次为矛尾虾虎鱼 4.61%、口虾蛄幼体 2.65%、黄鲫 2.49%、鹰爪虾 2.42%、中颌棱鲷 2.33%、普氏缙虾虎鱼 2.11%、短蛸 1.41%；其余种类数量组成比例低于 1%。

(4) 资源密度

根据扫海面积法计算，调查海域绝对资源密度为 681.30kg/km²，以 1 号站最高为 1790kg/km²，22 号站最低为 257.25kg/km²。调查海域绝对资源数量密度为 10.29×10⁴ ind./km³，以 10 号站最高为 21.53×10⁴ ind./km³，22 号站低为 4.16×10⁴ind./km³。

鱼类绝对资源密度为 300.94 kg/km²，以矛尾虾虎鱼最高，为 1742.05 kg/km²，甲壳类绝对资源密度为 90.79 kg/km²，以口虾蛄最高，为 1438.47 kg/km²，头足类绝对资源密度为 286.65kg/km²，以枪乌贼最高，为 4484.596 kg/km²。

鱼类绝对资源数量密度为 3.55×10⁴ ind./km³，以六丝钝尾虾虎鱼最高，为 19.48×10⁴ ind./km³；甲壳类绝对资源密度为 2.14×10⁴ ind./km³，以日本鼓虾最高，为 23.66×10⁴ ind./km³；贝类绝对资源密度为 4.56×10⁴ ind./km³，以日本枪乌贼最高，为 10.50×10⁴ ind./km³；棘皮动物绝对资源密度为 292 ind./km³，以海仙人掌最高，为 4319 ind./km³

表 5.4.3-17 2018 年 11 月游泳动物资源密度分布

站位	鱼类		甲壳类		贝类		棘皮动物	
	数量密度 (ind./km ³)	资源密度 (kg/km ²)	数量密度 (ind./km ³)	资源密度 (kg/km ²)	数量密度 (ind./km ³)	资源密度 (kg/km ²)	数量密度 (ind./km ³)	资源密度 (kg/km ²)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

表 5.4.3-19 2018 年 12 月游泳动物种类名录

序号	类别	种名	拉丁名
1	鱼类	安氏新银鱼	<i>Neosalanx andersoni</i>
2		鮫	<i>Liza haematocheilus</i>
3		冠海马	<i>Hippocampus coronatus</i>
4		许氏平鲷	<i>Sebastes schlegeli</i>
5		大泷六线鱼	<i>Hexagrammos otakii</i>
6		网纹狮子鱼	<i>Liparis chefuensis</i>
7		花鲈	<i>Lateolabrax maculatus</i>
8		黑鲷	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
9		方氏云鲷	<i>Enedrias fangi</i>
10		绵鲷	<i>Enchelyopus elongatus</i>
11		绯衔	<i>Callionymus beniteturii</i>
12		普氏细棘虾虎鱼	<i>Acentrogobius pflaumii</i>
13		长丝虾虎鱼	<i>Chaenogobius mororanus</i>
14		斑尾刺虾虎鱼	<i>Acanthogobius ommaturus</i>
15		黄鳍刺虾虎鱼	<i>Acanthogobius flavimanus</i>
16		矛尾虾虎鱼	<i>Chaetruichthys stigmatias</i>
17		六丝钝尾虾虎鱼	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>
18		红狼牙虾虎鱼	<i>Taenioides rubicundus</i>
19		髯缟虾虎鱼	<i>Tridentiger barbatus</i>
20		纹缟虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>
21		中华栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>
22		褐牙鲆	<i>Paralichthys olivaceus</i>
23		石鲈	<i>Kareius bicoloratus</i>
24		短吻红舌鲷	<i>Cynoglossus(Areliscus)joyneri</i>
25		半滑舌鲷	<i>Cynoglossus(Areliscus)semilaevis</i>
26	甲壳类	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>
27		鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>
28		日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
29		长足七腕虾	<i>Heptacarpus futilirostris</i>
30		疣背深额虾	<i>Latreutes planirostris</i>
31		水母深额虾	<i>Latreutes anoplonyx</i>
32		脊腹褐虾	<i>Crangon hakodatei</i>
33		脊尾白虾	<i>Exopalaemon carinicauda</i>
34		葛氏长臂虾	<i>Palaemon gravieri</i>
35		细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
36		哈氏和美虾	<i>Nihonotrypaea harmandi</i>
37		大螯蛄虾	<i>Upogebia major</i>
38		隆线强蟹	<i>Eucreate crenata</i>
39		三疣梭子蟹	<i>Portunus trituberculatus</i>
40		日本螯	<i>Charybdis japonica</i>
41		绒螯近方蟹	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>
42		头足类	枪乌贼
43	短蛸		<i>Octopus fangsiao</i>
44	长蛸		<i>Octopus minor</i>

2、优势种

冬季调查优势种为斑尾刺虾虎鱼、脊腹褐虾和矛尾虾虎鱼；重要种有口虾蛄、绯衔、

黄鳍刺虾虎鱼、葛氏长臂虾、脊尾白虾、绒螯近方蟹、日本鼓虾、隆线强蟹、短吻红舌鳎和鲛。

表 5.4.3-20 冬季调查优势种和重要种组成

种类	重量百分比 W%	尾数百分比 N%	出现频率 F%	重要性指数 IRI
斑尾刺虾虎鱼	44.11	8.60	100.00	5271
脊腹褐虾	3.93	36.15	100.00	4008
矛尾虾虎鱼	23.18	10.52	82.61	2783
口虾蛄	7.76	3.46	86.96	976
绯銜	5.92	6.85	69.57	888
黄鳍刺虾虎鱼	2.83	9.40	60.87	744
葛氏长臂虾	1.17	6.11	95.65	696
脊尾白虾	1.23	6.16	56.52	418
绒螯近方蟹	1.47	4.18	47.83	271
日本鼓虾	0.56	1.54	86.96	183
隆线强蟹	0.60	1.25	69.57	129
短吻红舌鳎	1.18	0.87	60.87	125
鲛	0.77	0.59	73.91	100

3、资源密度分布

冬季调查平均资源密度为 47.97 kg/km²，最大值为 240.96 kg/km²，最小值为 1.65 kg/km²；平均尾数密度为 4239 ind/km²，最大值为 26175 ind/km²，最小值为 51 ind/km²。

表 5.4.3-21 冬季调查资源密度和尾数密度

站位	资源密度 (kg/km ²)				尾数密度 (ind/km ²)			
	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
21								
22								
23								
24								
26								
最小值								
最大值								
平均值								

4、幼鱼

冬季，调查海域除存在个别种类成体外，几乎全部为幼体。幼体平均资源密度为

47.31 kg/km²，最大值为 240.71 kg/km²，最小值为 1.65 kg/km²；平均尾数密度为 4229 ind/km²，最大值为 26148 ind/km²，最小值为 36 ind/km²。

表 5.4.3-22 冬季幼鱼资源密度与尾数密度

站位	资源密度 (kg/km ²)				尾数密度 (ind/km ²)			
	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类	游泳动物	甲壳类	头足类	鱼类
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
21								
22								
23								
24								
26								
最小值								
最大值								
平均值								

5、多样性指数

冬季调查海域丰富度指数平均为 2.268，最大值为 3.409，最小值为 0.851；多样性指数平均为 1.403，最大值为 2.196，最小值为 0.075；均匀度指数平均为 0.505，最大值为 0.811，最小值为 0.054。

表 5.4.3-23 冬季游泳动物多样性

站位	丰富度指数 D	多样性指数 H'	均匀度指数 J'
1	2.327	1.442	0.532
2	2.766	1.864	0.633
3	2.101	1.512	0.545
4	2.261	1.333	0.471
5	2.236	1.149	0.398
6	2.116	0.684	0.252
7	1.957	2.008	0.741
9	3.409	1.517	0.498
10	2.795	1.510	0.504
11	2.573	1.388	0.471
12	2.749	1.405	0.448
13	2.184	1.336	0.472

14	2.029	2.196	0.811
15	3.204	1.695	0.548
16	3.152	1.890	0.642
17	2.410	1.548	0.526
18	2.484	1.165	0.411
19	1.300	1.721	0.718
21	1.735	1.436	0.518
22	1.763	1.548	0.572
23	1.229	1.244	0.639
24	2.530	0.592	0.201
26	0.851	0.075	0.054
最小值	0.851	0.075	0.054
最大值	3.409	2.196	0.811
平均值	2.268	1.403	0.505

5.4.4 小结

(1) 鱼卵、仔稚鱼

2018年5月调查所获鱼卵7种，包括斑鲈、鲢、鳙、蛹等；所获仔稚鱼3种，包括多鳞鱠、鲢和虾虎鱼。鱼卵1032粒/m³，仔稚鱼11尾/m³。

2018年7月所获鱼卵3种，包括斑鲈、多鳞鱠、青鳞小沙丁；所获仔鱼7种，包括多鳞鱠、斑鲈和虾虎鱼青鳞小沙丁等；所获稚鱼4种，包括多鳞鱠、赤鼻棱鲢、石首鱼科和鲷。鱼卵237粒/m³，仔稚鱼48尾/m³。

2018年11月未采获鱼卵，采获稚鱼1种、为髯虾虎鱼、密度平均为0.079尾/m³。

2019年1月调查未采获鱼卵和仔稚鱼。

(2) 海洋渔业资源现状

2019年5月调查共出现渔业资源种类58种，其中鱼类30种，占总种类数的52%；甲壳类24种，占41%；头足类4种，占7%。

2019年8月调查共出现渔业资源种类52种，其中，鱼类32种，占总种类数的61.54%；甲壳类18种，占34.62%；头足类2种，占3.85%。

2018年11月调查共出现渔业资源种类79种，其中，鱼类36种，占总种类数的45.57%；甲壳类23种，占29.11%，其中虾类8种，蟹类15种；贝类15种，占总种类数的18.99%，其中，头足类3种，双壳类6种，腹足类5种，等足目1种；棘皮动物5种，占6.33%。

2018年12月调查共出现游泳动物共44种，其中鱼类25种，甲壳类16种，头足类3种。

5.5 海洋生物体质量

5.5.1 调查范围和时间

(1) 2019 年 5 月调查

中国海洋大学于 2019 年 5 月在工程附近布置渔业资源站位 30 个，其中 4 个站位无法进行拖网，实际取样站位为 26 个，选取了 25 种生物进行生物体质量测试，站位图见图 5.4-1、表 5.4-1。

(2) 2019 年 8 月调查

调查资料来自于山东省海洋资源与环境研究院，调查时间为 2019 年夏季（8 月 1 日-8 月 14 日），站位图见图 5.4-2、表 5.4-2。

项目调查共收集 16 组海洋生物，其中鱼类选取鲮、白姑鱼、矛尾虾虎鱼、许氏平鲷、六丝钝尾虾虎鱼和矛尾虾虎鱼 6 种 7 组，甲壳类选取口虾蛄、葛氏长臂虾、三疣梭子蟹和日本蟳 4 种 8 组，软体类选取脉红螺 1 种 1 组。

(3) 2018 年 11 月调查

中国海洋大学于 2018 年 11 月在工程附近布置渔业资源站位 28 个，其中 4 个站位位于养殖区，无法进行拖网，实际取样站位为 24 个，每个站位选取几种生物进行生物体质量检测，调查站位及调查站位图见图 5.5.1-3。

(4) 2019 年 1 月调查

中国海洋大学于 2019 年 1 月在工程附近海域布置生物体质量调查站位 24 个，调查站位及调查站位图见图 5.5.1-3。

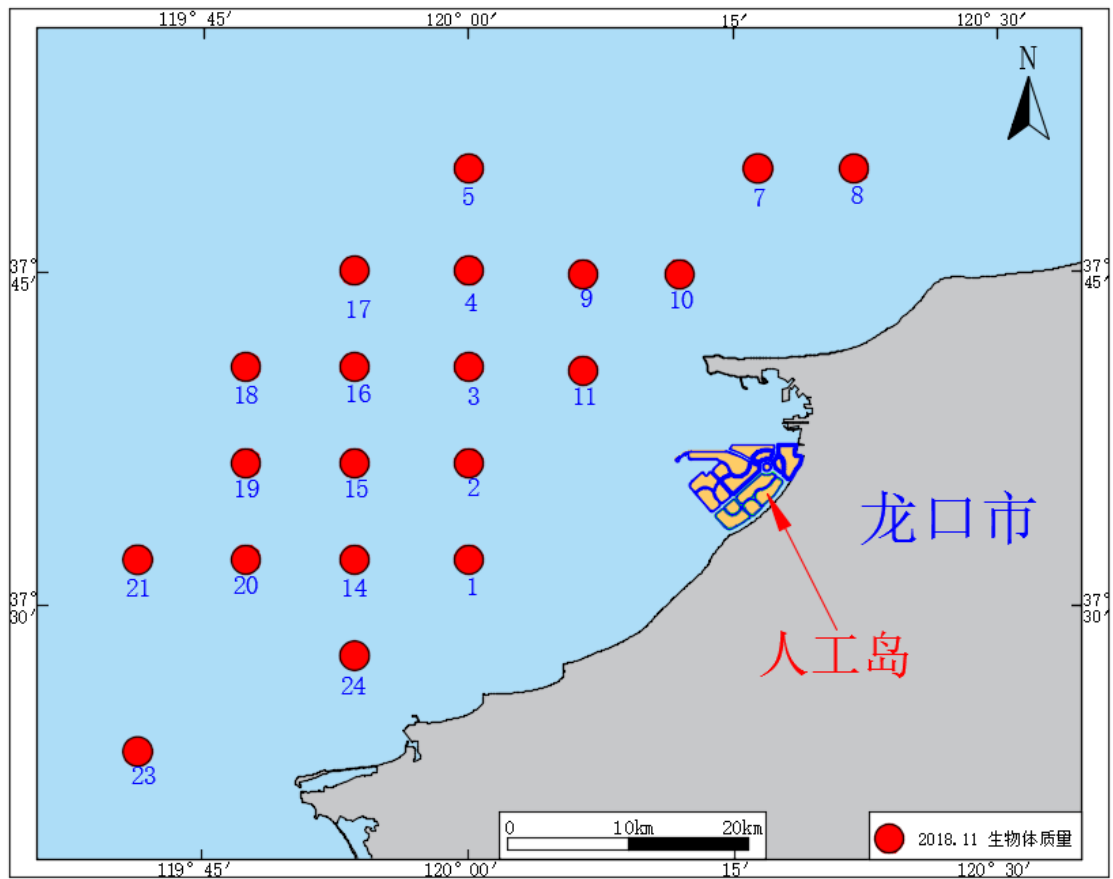


图 5.5.1-3 2018 年 11 月生物体质量调查站位

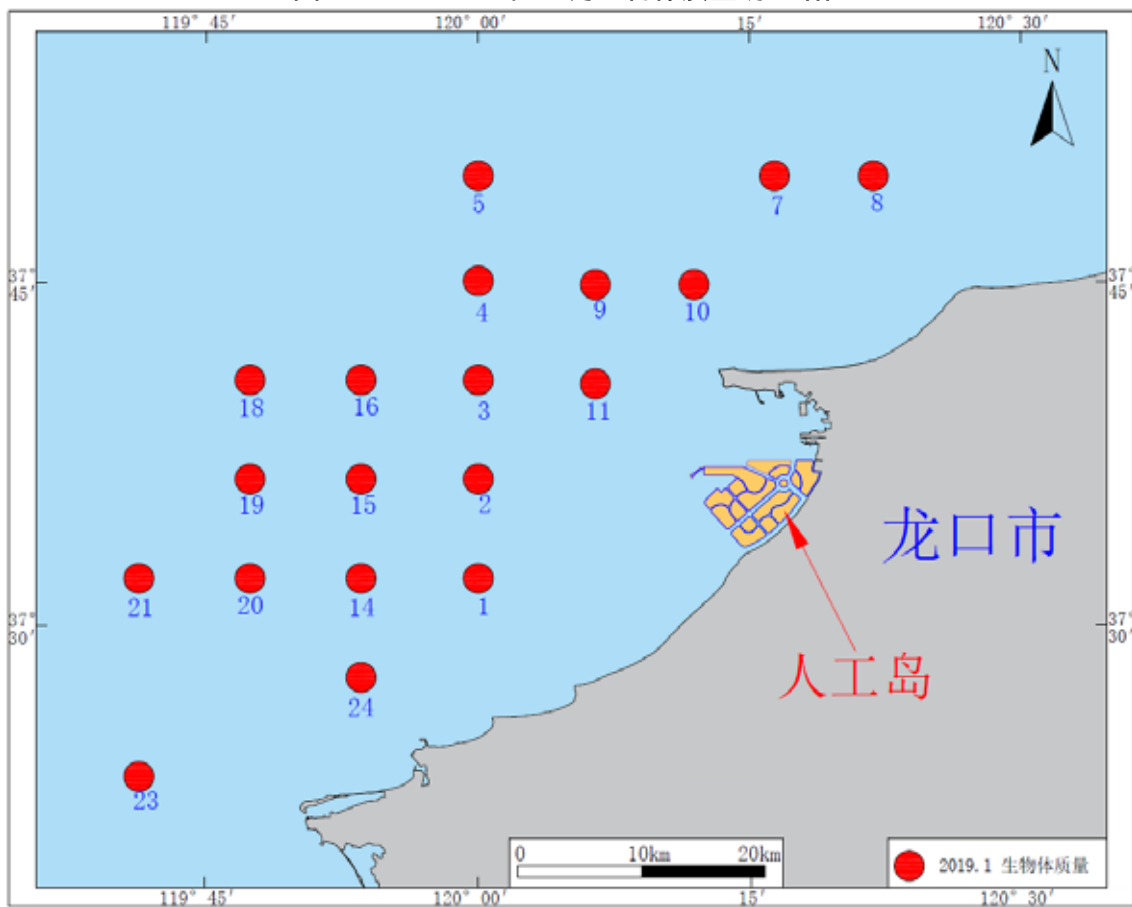


图 5.5.1-3 2019 年 1 月生物体质量调查站位

5.5.2 采样及分析方法

(1) 样品制备

鱼、虾类用现场海水冲洗干净，冰冻保存；贝类选择大小相近的个体约 2.5kg，现场海水冲洗干净后放入聚乙烯袋中，冷冻保存；生物体样品采集后，确保样品在冷藏条件下运输，样品由专人负责送回实验室保存。用于生物质量检测的生物体样品保存在-20℃以下的冰柜中。

(2) 分析方法

监测项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃等，样品的分析依据《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》（GB17378.6-2007）的相关规定执行。具体分析方法、仪器及检出限见表 5.5.2-1。

表 5.5.2-1 生物体质量分析方法和检出限

项目	分析方法与技术依据	仪器设备	检出限
铜	无火焰原子吸收分光光度法	AA-7000 原子吸收分光光度计	0.4×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法		0.4×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法		0.005×10^{-6}
铬	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10^{-6}
汞	原子荧光法	Mercur 测汞仪	0.005×10^{-6}
砷	原子荧光法	PF6-2 原子荧光光度计	1×10^{-6}
石油烃	分子荧光分光光度法	RF5301 荧光分光光度计	1×10^{-6}
666, DDT	气相色谱法	GC7900 气相色谱	-

5.5.3 评价标准与方法

(1) 评价方法

评价方法与水质评价方法相同，均采用标准指数法和超标统计法。其中单因子污染标准指数法，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项污染物的质量指数；

C_i —— i 项污染物的实测浓度；

S_i —— i 项污染物评价标准。

I_i 是无量纲量，其大小描述被测样品的质量状况。当评价因子大于 1.0 时，表明海域已超过评价标准，受到该评价因子的污染。

(2) 评价标准

贝类生物质量评价采用《海洋生物质量》（GB1842-2001）中规定的标准值，保护

区、养殖区和保留区执行第一类生物质量标准，工业区执行第二类标准，港口区和海洋开发作业区执行第三类标准，见表 5.5.3-1。

鱼类和甲壳类的生物质量评价采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的海洋生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，见表 5.5.3-2。

评价方法采用单因子标准指数法。

表 5.5.3-1 海洋生物质量 (GB1842-2001) (单位: mg/kg)

项目	第一类	第二类	第三类
镉≤	0.2	2.0	5.0
铅≤	0.1	2.0	6.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
砷≤	1.0	5.0	8.0
铜≤	10	25	50 (牡蛎 100)
锌≤	20	50	100 (牡蛎 500)
总汞≤	0.05	0.1	0.3
石油烃≤	15	50	80

注：以贝类去壳部分的鲜重计。

表 5.5.3-2 生物质量评价项目及其评价标准 (单位: mg/kg)

生物种类	铜≤	锌≤	铅≤	镉≤	铬≤	砷≤	汞≤	石油烃
鱼类	20	40	2.0	0.6	1.5	5.0	0.3	20
甲壳类	100	150	2.0	2.0	1.5	8.0	0.2	20
软体类	100	250	10.0	5.5	5.5	10	0.3	20

5.5.4 调查结果

- (1) 2019 年 5 月海洋生物质量监测结果见表 5.5.4-1。
- (2) 2019 年 8 月海洋生物质量监测结果见表 5.5.4-2a、b、c。
- (3) 2018 年 11 月海洋生物质量监测结果见表 5.5.4-3。
- (4) 2019 年 1 月海洋生物质量监测结果见表 5.5.4-4。

表 5.5.4-1 2019 年 5 月海洋生物质量监测结果

站位	样品名	汞 mg/kg	砷 mg/kg	铅 mg/kg	镉 mg/kg	铜 mg/kg	石油烃 mg/kg
2	日本蟳	■	■	■	■	■	■
2	脉红螺	■	■	■	■	■	■
4	口虾蛄	■	■	■	■	■	■
4	长蛸	■	■	■	■	■	■
4	日本鼓虾	■	■	■	■	■	■
5	脉红螺	■	■	■	■	■	■
5	口虾蛄	■	■	■	■	■	■
5	鲷	■	■	■	■	■	■
6	扁玉螺	■	■	■	■	■	■
6	葛氏长臂虾	■	■	■	■	■	■
7	日本鼓虾	■	■	■	■	■	■

10	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■
10	黄鮟鱇	■	■	■	■	■	■	■
12	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■
13	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■
15	日本蟳	■	■	■	■	■	■	■
18	许氏平鲉	■	■	■	■	■	■	■
18	短吻红舌鲷	■	■	■	■	■	■	■
20	方氏云鲷	■	■	■	■	■	■	■
21	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■
24	鲷	■	■	■	■	■	■	■
26	方氏云鲷	■	■	■	■	■	■	■
26	日本蟳	■	■	■	■	■	■	■
26	绯鲷	■	■	■	■	■	■	■
13	菲律宾蛤仔	■	■	■	■	■	■	■

表 5.5.4-2a 2019 年 8 月鱼类生物体质量检查结果 (mg/kg)

站号	种类	砷	汞	石油烃	铬	铜	锌	镉	铅
6194	鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
6274	白姑鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
6194	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
6292	许氏平鲉	■	■	■	■	■	■	■	■
6254	鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
6254	六丝钝尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
6254	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■

表 5.5.4-2b 2019 年 8 月甲壳类生物体质量检查结果 (mg/kg)

站号	种类	砷	汞	石油烃	铬	铜	锌	镉	铅
6274	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
6184	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■
6284	日本蟳	■	■	■	■	■	■	■	■
7314	日本蟳	■	■	■	■	■	■	■	■
7314	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
6194	葛氏长臂虾	■	■	■	■	■	■	■	■
6292	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
6194	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■

表 5.5.4-2c 2019 年 8 月软体类生物体质量检查结果 (mg/kg)

站号	种类	砷	汞	石油烃	铬	铜	锌	镉	铅
6274	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■	■

表 5.5.4-3 2018 年 11 月海洋生物质量监测结果

站位	生物名称	石油烃	砷	汞	铜	铅	锌	镉	铬
		10 ⁻⁶	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
1	短吻红舌鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
2	鹰爪虾	■	■	■	■	■	■	■	■
2	短吻红舌鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
2	短蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
3	枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
3	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■

3	长蛇鲻								
4	短蛸								
4	鲜明鼓虾								
4	短吻红舌鲷								
5	口虾蛄								
5	短蛸								
7	鹰爪虾								
7	短蛸								
7	短吻红舌鲷								
8	短蛸								
8	中国明对虾								
8	斑尾刺虾虎鱼								
9	鹰爪虾								
9	短蛸								
10	鹰爪虾								
10	短蛸								
10	斑尾刺虾虎鱼								
11	短吻红舌鲷								
11	鹰爪虾								
11	枪乌贼								
14	短蛸								
14	三疣梭子蟹								
15	日本蟳								
15	短吻红舌鲷								
15	枪乌贼								
16	短吻红舌鲷								
16	三疣梭子蟹								
16	短蛸								
17	短蛸								
18	短蛸								
19	鹰爪虾								
19	枪乌贼								
19	矛尾虾虎鱼								
20	短蛸								
21	斑尾刺虾虎鱼								
21	短蛸								
23	枪乌贼								
23	短吻红舌鲷								
24	短吻红舌鲷								
24	短蛸								
24	海湾扇贝								

表 5.5.4-4 2019 年 1 月海洋生物质量监测结果

站位	生物名称	石油烃	汞	砷	铜	铅	锌	镉	铬
		10 ⁻⁶							
1	枪乌贼								
2	鹰爪虾								
3	枪乌贼								

13	黄鲫	0.042	0.006	0.043	0.268	0.080	0.466
15	日本蟳	0.060	0.003	0.040	0.054	0.017	0.448
18	许氏平鲉	0.044	0.006	0.048	0.207	0.078	0.462
18	短吻红舌鲷	0.031	0.006	0.051	0.238	0.102	0.486
20	方氏云鲷	0.208	0.406	0.081	0.017	0.257	0.208
21	脉红螺	0.050	0.089	0.020	0.904	0.097	0.448
24	鲷	0.057	0.004	0.050	0.195	0.064	0.191
26	方氏云鲷	0.142	0.854	0.305	0.335	0.069	0.615
26	日本蟳	0.225	0.601	0.085	0.484	0.095	0.295
26	绯鲷	0.179	0.512	0.095	0.030	0.051	0.219
13	菲律宾蛤仔	0.670	1.230	1.190	3.065	0.148	0.318
最大值		0.670	1.230	1.190	3.065	0.474	0.615
最小值		0.031	0.003	0.009	0.004	0.017	0.176

(2) 2019年8月

鱼类生物体铜含量平均为 1.97 mg/kg，铅含量平均为 0.243 mg/kg，锌含量平均为 9.33 mg/kg，镉含量平均为 0.0168 mg/kg，铬含量平均为 0.266 mg/kg，砷含量平均为 0.322 mg/kg，汞含量平均为 0.0270 mg/kg，石油烃含量平均为 5.05 mg/kg。

甲壳类生物体铜含量平均为 21.23 mg/kg，铅含量平均为 0.392 mg/kg，锌含量平均为 16.1 mg/kg，镉含量平均为 0.326 mg/kg，铬含量平均为 0.689 mg/kg，砷含量平均为 0.722 mg/kg，汞含量平均为 0.0177 mg/kg，石油烃含量平均为 7.94 mg/kg。

软体类生物体铜含量平均为 8.32 mg/kg，铅含量平均为 0.430 mg/kg，锌含量平均为 37.4 mg/kg，镉含量平均为 0.493 mg/kg，铬含量平均为 0.185 mg/kg，砷含量平均为 0.840 mg/kg，汞含量平均为 0.0132 mg/kg，石油烃含量平均为 7.94 mg/kg。

调查海域除 6194 号站位葛氏长臂虾铬超标外其余站位的鱼类、贝类、甲壳类体内的重金属含量均符合评价标准要求，该海域生物体内污染物残留水平较低，生物体质量较好。

表 5.5.5-2a 2019年8月海洋生物质量评价结果

站号	种类	砷	汞	石油烃	铬	铜	锌	镉	铅
6194	鲷	0.076	0.198	0.188	0.183	0.219	0.150	0.028	0.079
6274	白姑鱼	0.053	0.051	0.133	0.145	0.094	0.194	0.012	0.087
6194	矛尾虾虎鱼	0.071	0.061	0.204	0.137	0.035	0.218	0.023	0.089
6292	许氏平鲉	0.070	0.041	0.468	0.150	0.082	0.212	0.014	0.154
6254	鲷	0.038	0.174	0.184	0.179	0.038	0.160	0.023	0.087
6254	六丝钝尾虾虎鱼	0.054	0.059	0.293	0.103	0.049	0.398	0.040	0.245
6254	矛尾虾虎鱼	0.088	0.046	0.299	0.341	0.173	0.303	0.057	0.113
6274	口虾蛄	0.106	0.135	0.328	0.577	0.301	0.139	0.660	0.122
6184	三疣梭子蟹	0.086	0.101	0.615	0.176	0.164	0.113	0.095	0.277
6284	日本蟳	0.118	0.067	0.486	0.229	0.358	0.131	0.070	0.179
7314	日本蟳	0.074	0.148	0.408	0.274	0.230	0.111	0.098	0.127

7314	口虾蛄	0.071	0.097	0.351	0.177	0.013	0.079	0.005	0.092
6194	葛氏长臂虾	0.088	0.016	0.258	1.067	0.331	0.088	0.089	0.138
6292	口虾蛄	0.067	0.082	0.369	0.222	0.015	0.077	0.004	0.362
6194	口虾蛄	0.112	0.064	0.363	0.947	0.285	0.119	0.281	0.271
6274	脉红螺	0.084	0.044	0.720	0.336	0.083	0.150	0.896	0.043
	最大值	0.118	0.198	0.720	1.067	0.358	0.398	0.896	0.362
	最小值	0.038	0.016	0.133	0.103	0.013	0.077	0.004	0.043

(3) 2018年11月

通过对调查海域的生物体质量进行评价发现：不同生物对各重金属的富集状况差异很大，相比较而言，甲壳类的富集能力较强，鱼类的富集能力较小。平均看来，生物对金属 Cu、Zn 和 Cr 的富集能力最强，对 Hg、Pb、Cd 和 As 的富集能力最弱。调查海域的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量和重金属均符合评价标准要求，表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低。

表 5.5.5-3 2018年11月海洋生物质量评价结果

站位	名称	石油烃	砷	汞	铜	铅	锌	镉	铬
1	枪乌贼	0.637	0.028	0.070	0.215	0.005	0.070	0.004	0.077
1	短吻红舌鳎	0.674	0.018	0.166	0.428	0.079	0.321	0.002	0.451
2	鹰爪虾	0.605	0.033	0.083	0.154	0.008	0.134	0.003	0.223
2	短吻红舌鳎	0.884	0.037	0.182	0.389	0.108	0.265	0.002	0.372
2	短蛸	0.424	0.020	0.073	0.095	0.008	0.024	0.002	0.122
3	枪乌贼	0.650	0.020	0.069	0.059	0.005	0.038	0.002	0.136
3	三疣梭子蟹	0.642	0.273	0.107	0.089	0.037	0.036	0.002	0.406
3	长蛇鲻	0.807	0.086	0.114	0.764	0.064	0.229	0.002	0.779
4	短蛸	0.697	0.001	0.059	0.305	0.025	0.063	0.002	0.045
4	鲜明鼓虾	0.522	0.020	0.072	0.108	0.045	0.066	0.003	0.467
4	短吻红舌鳎	0.404	0.019	0.109	0.683	0.099	0.163	0.003	0.457
5	口虾蛄	0.974	0.073	0.227	0.032	0.013	0.134	0.002	0.676
5	短蛸	0.369	0.025	0.060	0.014	0.001	0.047	0.002	0.144
7	鹰爪虾	0.320	0.053	0.184	0.077	0.032	0.061	0.002	0.296
7	短蛸	0.418	0.031	0.095	0.131	0.011	0.026	0.003	0.038
7	短吻红舌鳎	0.543	0.006	0.123	0.358	0.030	0.471	0.002	0.899
8	短蛸	0.291	0.063	0.062	0.117	0.010	0.027	0.002	0.025
8	中国明对虾	0.324	0.077	0.174	0.148	0.062	0.119	0.002	0.027
8	斑尾刺虾虎鱼	0.443	0.180	0.068	0.460	0.038	0.373	0.002	0.158
9	鹰爪虾	0.488	0.020	0.107	0.052	0.023	0.089	0.001	0.324
9	短蛸	0.961	0.107	0.078	0.150	0.012	0.065	0.003	0.142
10	鹰爪虾	0.515	0.011	0.084	0.098	0.041	0.055	0.002	0.032
10	短蛸	0.436	0.082	0.101	0.035	0.001	0.032	0.001	0.052
10	斑尾刺虾虎鱼	0.393	0.021	0.060	0.950	0.079	0.377	0.002	0.250
11	短吻红舌鳎	0.555	0.072	0.156	0.116	0.025	0.234	0.001	0.881

11	鹰爪虾	0.417	0.042	0.112	0.085	0.035	0.121	0.003	0.287
11	枪乌贼	0.448	0.064	0.104	0.111	0.009	0.021	0.001	0.049
14	短蛸	0.847	0.051	0.083	0.044	0.004	0.049	0.001	0.034
14	三疣梭子蟹	0.455	0.001	0.213	0.086	0.036	0.079	0.002	0.340
15	日本蟳	0.737	0.073	0.310	0.487	0.044	0.235	0.002	0.157
15	短吻红舌鳎	0.331	0.042	0.230	0.398	0.014	0.161	0.001	0.198
15	枪乌贼	0.635	0.064	0.130	0.095	0.008	0.036	0.002	0.199
16	短吻红舌鳎	0.734	0.020	0.157	0.632	0.092	0.356	0.004	0.206
16	三疣梭子蟹	0.434	0.000	0.332	0.202	0.219	0.179	0.009	0.583
16	短蛸	0.645	0.021	0.095	0.104	0.011	0.042	0.002	0.011
17	短蛸	0.567	0.020	0.081	0.168	0.032	0.085	0.007	0.122
18	短蛸	0.709	0.039	0.111	0.066	0.006	0.017	0.000	0.158
19	鹰爪虾	0.924	0.058	0.148	0.057	0.074	0.018	0.001	0.179
19	枪乌贼	0.619	0.127	0.119	0.088	0.005	0.032	0.001	0.125
19	矛尾虾虎鱼	0.402	0.000	0.149	0.115	0.012	0.050	0.003	0.097
20	短蛸	0.235	0.023	0.132	0.086	0.018	0.030	0.001	0.149
21	斑尾刺虾虎鱼	0.393	0.000	0.123	0.541	0.042	0.280	0.003	0.831
21	短蛸	0.675	0.000	0.093	0.124	0.002	0.055	0.004	0.116
23	枪乌贼	0.389	0.016	0.169	0.096	0.018	0.037	0.002	0.037
23	短吻红舌鳎	0.475	0.205	0.181	0.380	0.046	0.150	0.001	0.099
24	短吻红舌鳎	0.575	0.024	0.289	0.625	0.123	0.350	0.004	0.124
24	短蛸	0.272	0.033	0.176	0.099	0.003	0.039	0.002	0.136
24	海湾扇贝	0.842	0.078	0.053	0.067	0.036	0.009	0.001	0.119

(4) 2019年1月

通过对调查海域的生物体质量进行评价发现：不同生物对各重金属的富集状况差异很大，相比较而言，甲壳类的富集能力较强，鱼类的富集能力较小。平均看来，生物对金属 Cu、Zn、Cr 和 Cd 的富集能力最强，对 Hg、Pb 和 As 的富集能力最弱。调查海域个别站位的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量超过一类评价标准，重金属除个别站位外，均符合评价标准要求，表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低，但石油烃的残留水平较高。

表 5.5.5-4 2019年1月海洋生物质量评价结果

站位	生物名称	石油烃	汞	砷	铜	铅	锌	镉	铬
1	枪乌贼	-	0.082	0.013	1.124	0.029	0.165	1.549	0.220
2	鹰爪虾	-	0.033	-	0.640	0.103	0.203	0.290	0.343
3	枪乌贼	0.014	0.062	0.003	0.608	0.340	0.051	0.349	0.692
4	短蛸	1.436	0.087	0.257	1.880	0.800	0.875	3.285	1.255
5	短蛸	0.134	0.524	0.143	1.239	0.886	0.887	3.473	0.767
7	短蛸	1.344	0.272	0.517	0.151	1.025	0.713	3.442	0.609
8	短蛸	1.223	0.208	0.246	0.978	0.515	0.623	0.774	0.616
9	鹰爪虾	-	0.042	0.041	0.219	0.063	0.084	0.070	0.332
9	短蛸	2.292	0.267	0.016	1.150	0.628	0.646	0.915	0.644
10	鹰爪虾	-	0.025	0.074	0.191	0.034	0.076	0.064	0.256

10	短蛸	0.514	0.302	0.280	1.356	0.633	1.042	3.500	1.003
11	鹰爪虾	1.220	0.035	0.059	0.098	0.018	0.030	0.089	0.311
11	枪乌贼	1.746	0.024	0.035	0.026	0.000	0.000	0.028	0.009
14	短蛸	1.777	0.175	0.001	0.134	0.227	0.287	0.169	0.722
15	短尾红舌鳎	0.932	0.010	0.163	0.774	0.923	0.656	1.109	0.728
15	枪乌贼	0.880	0.068	0.024	0.999	0.194	0.081	0.842	0.375
16	三疣梭子蟹	0.015	0.122	0.071	0.206	0.041	0.041	0.191	0.425
16	短蛸	1.291	0.458	0.120	1.387	0.943	0.607	1.661	0.871
18	短蛸	3.546	0.288	0.005	1.075	0.618	0.866	1.129	1.115
19	毛尾虾虎鱼	-	0.335	0.366	1.072	0.332	0.548	0.401	1.353
20	短蛸	2.959	0.348	0.075	1.794	0.778	0.795	2.468	0.663
21	斑尾刺虾虎鱼	0.858	0.334	0.139	0.165	0.043	0.434	0.425	0.890
23	枪乌贼	2.588	0.069	0.033	1.282	0.117	0.093	1.382	0.266
24	扇贝	-	0.118	-	1.131	0.832	0.735	1.153	0.667
25	枚椎刺虾虎鱼	-	-	-	0.382	0.434	0.496	1.292	0.776

5.5.6 小结

2019年5月调查海域2号站位鱼类镉超标,13号站位菲律宾蛤仔砷、铅、镉超《海洋生物质量》(GB1842-2001)第一类生物质量标准,其余站位的鱼类、贝类、甲壳类体内的重金属含量均符合评价标准要求,该海域生物体内污染物残留水平较低,生物体质量较好。

2019年8月调查海域除6194号站位葛氏长臂虾铬超标外其余站位的鱼类、贝类、甲壳类体内的重金属含量均符合评价标准要求,该海域生物体内污染物残留水平较低,生物体质量较好。

2018年11月调查海域的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量和重金属均符合评价标准要求,表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低。

2019年1月调查海域个别站位的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量超过一类评价标准,重金属除个别站位外,均符合评价标准要求,表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低,但石油烃的残留水平较高。

5.6 海流现状调查与评价

5.6.1 潮汐

中国海洋大学在工程附近海域布设了2个潮位观测站,分别于2018年5月18日至19日(春季)、2018年7月29日至7月30日(夏季)、2018年11月23日至11月24日(秋季)和2019年1月6日至1月7日(冬季)进行四季潮位观测(站位布置如图5.6-1、表5.6-1)。

工程所在海域的潮汐属于半日潮类型。观测期间潮位站潮汐平均潮差为 1.14m，平均涨潮历时为 6h40min，平均落潮历时 5h50min。

表 5.6-1 潮位观测站位一览表

观测站位	观测内容
37°42'15.810"N, 120°13'45.590"E	潮位
37°35'57.390"N, 120°13'48.970"E	

5.6.2 海流

5.6.2.1 站位布设

中国海洋大学在工程附近海域布设了 12 个海流观测站位，分别于 2018 年 5 月 18 日至 19 日（农历四月初四至初五；春季）、2018 年 7 月 29 日至 7 月 30 日（农历六月十七至十八；夏季）、2018 年 11 月 23 日至 11 月 24 日（农历十月十六至十七；秋季）和 2019 年 1 月 6 日至 1 月 7 日（农历腊月初一至初二；冬季）进行四季大潮期单周日同步观测。站位布设如表 5.6-2、图 5.6-1 所示。

表 5.6-2 海流观测站位一览表

站位	北纬	东经
1#	37°42'09.750"	120°07'44.780"
2#	37°42'15.810"	120°13'45.590"
3#	37°38'07.755"	120°07'50.990"
4#	37°38'07.342"	120°12'36.490"
5#	37°38'06.920"	120°16'47.400"
6#	37°37'03.000"	120°17'21.010"
7#	37°35'57.390"	120°13'48.970"
8#	37°36'48.190"	120°15'13.960"
9#	37°34'35.640"	120°14'26.430"
10#	37°37'03.000"	120°17'21.010"
11#	37°33'44.510"	120°15'36.530"
12#	37°36'04.620"	120°17'18.820"

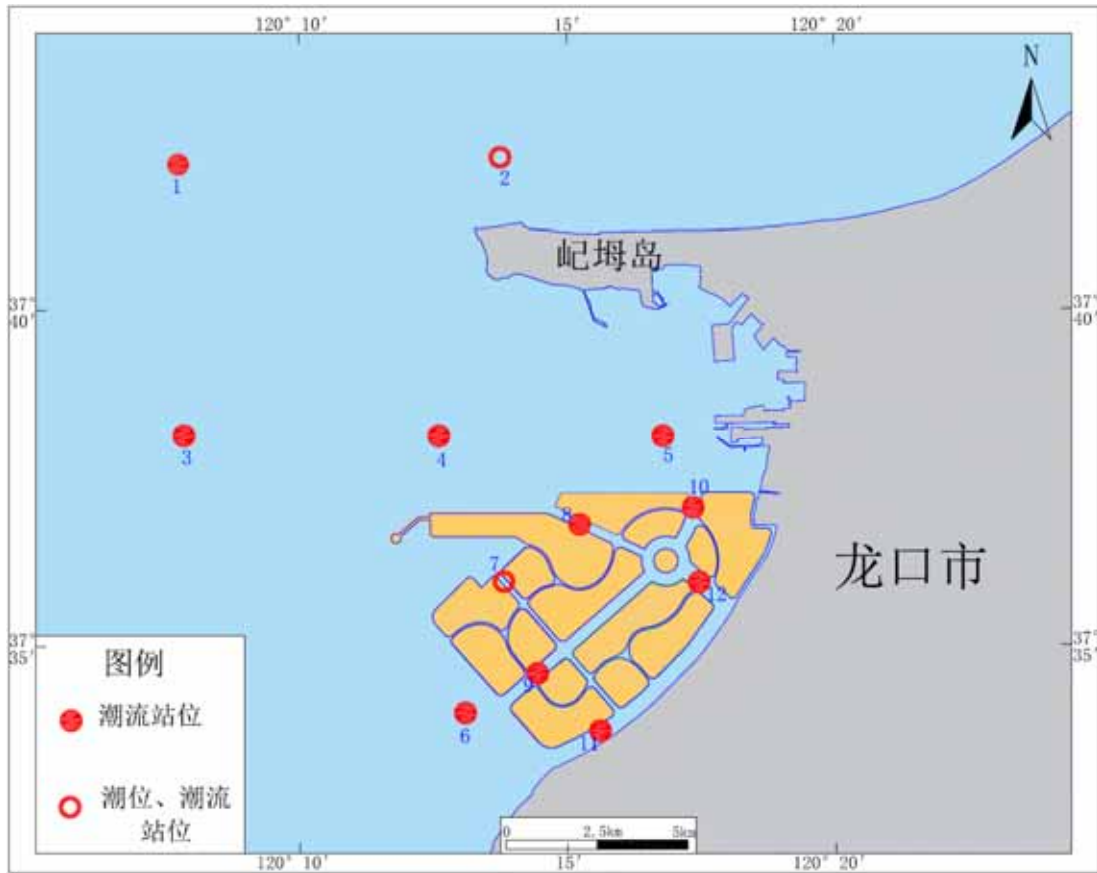


图 5.6-1 海流、潮位观测站位布设图

5.6.2.2 海流实测资料统计分析

(1) 2018 年 5 月（春季）调查结果

2018 年 5 月实测海流平均流速、涨落潮最大流速、流向统计结果见表 5.6-3 所示，海流矢量图如图 5.6-2 所示。

①该海域潮流运动形式以往复流为主，外侧海域的 1#~6#站点，表层、底层平均流速分别介于 12.6~52.4cm/s、11.1~34.1cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 24.3~92.7cm/s、19.4~58cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 17.8~130.0cm/s、20.5~79.7cm/s 之间。

水道内的 7#~12#站点，表层、底层平均流速分别介于 5.6~21.8cm/s、5.1~13cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 11.3~37.4cm/s、10.3~20.9cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 11.3~37.8cm/s、5.3~18.7cm/s 之间。

②从流速平面分布来看，外侧海域的 1#~6#站点涨潮时表层最大流速出现在 2#站，最大流速为 92.7cm/s，对应流向为 258.0°，落潮时表层最大流速出现在 2#站，最大流速为 130.0cm/s，对应流向为 76.3°；涨潮时底层最大流速出现在 2#站，最大流速为 58.0cm/s，对应流向为 256.0°，落潮时底层最大流速出现在 2#站，最大流速为 79.7cm/s，对应流向

91.3°。

水道内的 7#~12#站点涨潮时表层最大流速出现在 12#站，最大流速为 37.4cm/s，对应流向为 236.8°，落潮时表层最大流速出现在 12#站，最大流速为 37.8cm/s，对应流向为 346.9°；涨潮时底层最大流速出现在 11#站，最大流速为 20.9cm/s，对应流向为 302.5°，落潮时底层最大流速出现在 10#站，最大流速为 18.7cm/s，对应流向 35.2°。

③从涨落潮流速看，1#、3#、4#、5#、6#站点表层涨潮流速大于落潮流速，其余站点表层涨潮流速小于落潮流速。

(2) 2018 年 7 月（夏季）调查结果

2018 年 7 月实测海流平均流速、涨落潮最大流速、流向统计结果见表 5.6-4，海流矢量图见图 5.6-3。

①该海域大潮潮流运动形式以往复流为主，外侧海域的 1#~6#站点表层、底层平均流速分别介于 8.4~51.3cm/s、7.1~47cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 13.2~89cm/s、10.6~58.7cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 20.8~129.7cm/s、15~102.1cm/s 之间。

水道内的 7#~12#站点，表层、底层平均流速分别介于 6.3~24.4cm/s、3.2~11.2cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 10.3~35.1cm/s、5.7~20.7cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 9.8~39.6cm/s、7.9~24cm/s 之间。

②从流速平面分布来看，外侧海域的 1#~6#站点涨潮时表层最大流速出现在 2#站，最大流速为 89cm/s，对应流向为 330.7°，落潮时表层最大流速出现在 2#站，最大流速为 129.7cm/s，对应流向为 359°；涨潮时底层最大流速出现在 2#站，最大流速为 58.7cm/s，对应流向为 319.7°，落潮时底层最大流速出现在 2#站，最大流速为 102cm/s，对应流向 268.7°。

水道内的 7#~12#站点涨潮时表层最大流速出现在 10#站，最大流速为 35.1cm/s，对应流向为 310.6°，落潮时表层最大流速出现在 10#站，最大流速为 39.6cm/s，对应流向为 165.1°；涨潮时底层最大流速出现在 10#站，最大流速为 20.7cm/s，对应流向为 132.8°，落潮时底层最大流速出现在 10#站，最大流速为 24cm/s，对应流向 129.9°。

(3) 2018 年 11 月（秋季）调查结果

2018 年 11 月实测海流平均流速、涨落潮最大流速、流向统计结果见表 5.6-5，海流矢量图见图 5.6-4。

①该海域大潮潮流运动形式以往复流为主，外侧海域的 1#~5#站点表层、底层平均

流速分别介于 10.7~43.8cm/s、7~32.3cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 27~71.7cm/s、15.7~47.7cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 26~114.7cm/s、12.7~81.7cm/s 之间。

水道内的 7#、8#、10#、12# 站点，表层、底层平均流速分别介于 5.6~22.2cm/s、5.4~13.9cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 8.7~32.9cm/s、9.7~22.3cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 8~38.8cm/s、8~23.7cm/s 之间。

②从流速平面分布来看，外侧海域的 1#~5# 站点涨潮时表层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 71.7cm/s，对应流向为 263°，落潮时表层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 114.7cm/s，对应流向为 77.3°；涨潮时底层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 47.7cm/s，对应流向为 83.7°，落潮时底层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 81cm/s，对应流向 87.3°。

水道内的 7#、8#、10#、12# 站点涨潮时表层最大流速出现在 10# 站，最大流速为 32.9cm/s，对应流向为 189.8°，落潮时表层最大流速出现在 10# 站，最大流速为 38.8cm/s，对应流向为 11.3°；涨潮时底层最大流速出现在 12# 站，最大流速为 22.3cm/s，对应流向为 330.5°，落潮时底层最大流速出现在 10# 站，最大流速为 23.7cm/s，对应流向 67°。

(4) 2019 年 1 月（冬季）调查结果

2019 年 1 月实测海流平均流速、涨落潮最大流速、流向统计结果见表 5.6-6，海流矢量图见图 5.6-5。

①该海域大潮潮流运动形式以往复流为主，水道外的 1#~6# 站点表层、底层平均流速分别介于 9.9~26.3cm/s、7~19.3cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 21~45cm/s、11.5~36.5cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 18.2~59cm/s、9.8~39cm/s 之间。

水道内的 7#~12# 站点，表层、底层平均流速分别介于 3.7~21.7cm/s、3.2~9.7cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 6.3~36.1cm/s、5~16.7cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 6~34.9cm/s、4.7~16.6cm/s 之间。

②从流速平面分布来看，水道外的 1#~6# 站点涨潮时表层最大流速出现在 1# 站，最大流速为 26.3cm/s，对应流向为 249.9°，落潮时表层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 59cm/s，对应流向为 87°；涨潮时底层最大流速出现在 1# 站，最大流速为 36.5m/s，对应流向为 244.1°，落潮时底层最大流速出现在 2# 站，最大流速为 39cm/s，对应流向 81°。

水道内的 7#~12# 站点涨潮时表层最大流速出现在 12# 站，最大流速为 36.1cm/s，对

应流向为 171.8° ，落潮时表层最大流速出现在 10#站，最大流速为 34.9cm/s ，对应流向为 43.4° ；涨潮时底层最大流速出现在 12#站，最大流速为 16.7cm/s ，对应流向为 64.8° ，落潮时底层最大流速出现在 10#站，最大流速为 16.6cm/s ，对应流向 291.9° 。

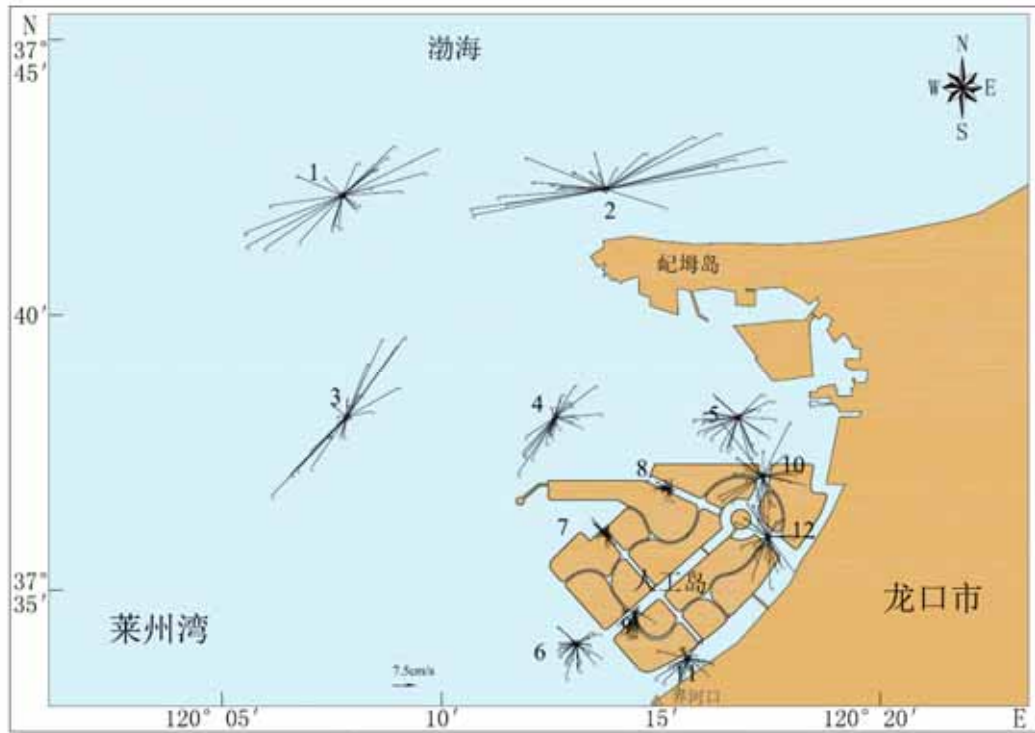


图 5.6-2a 2018 年 5 月海流观测矢量图 (表层)

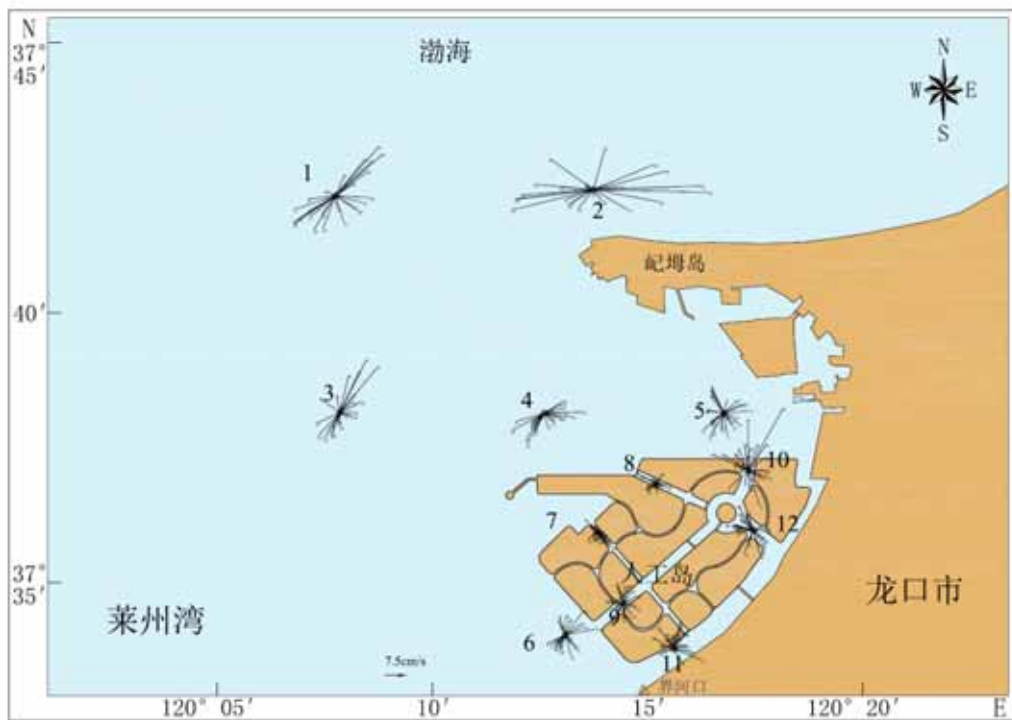


图 5.6-2b 2018 年 5 月海流观测矢量图 (底层)

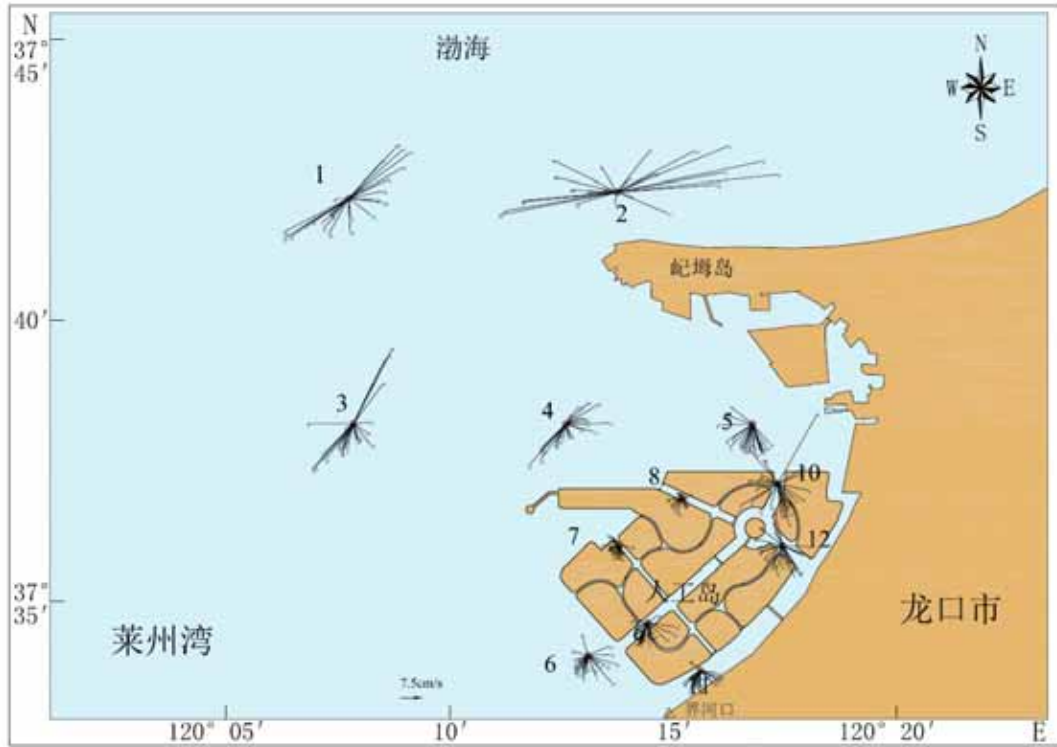


图 5.6-2c 2018 年 5 月海流观测矢量图 (垂向平均)

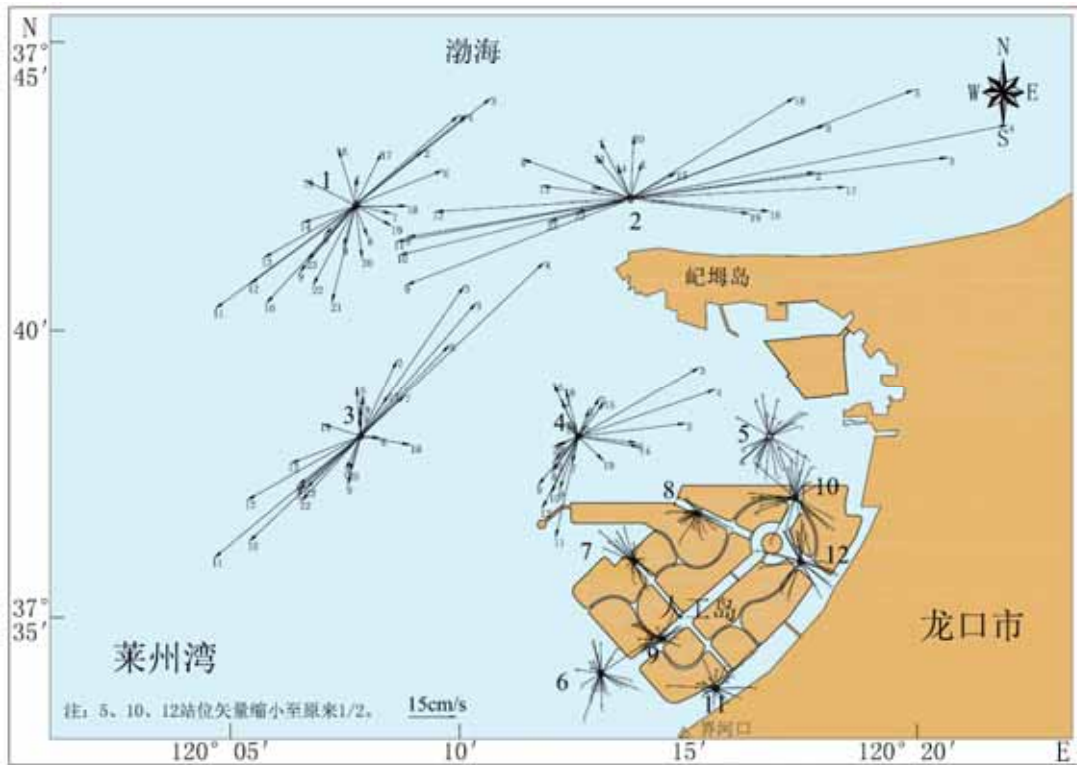


图 5.6-3a 2018 年 7 月海流观测矢量图 (表层)

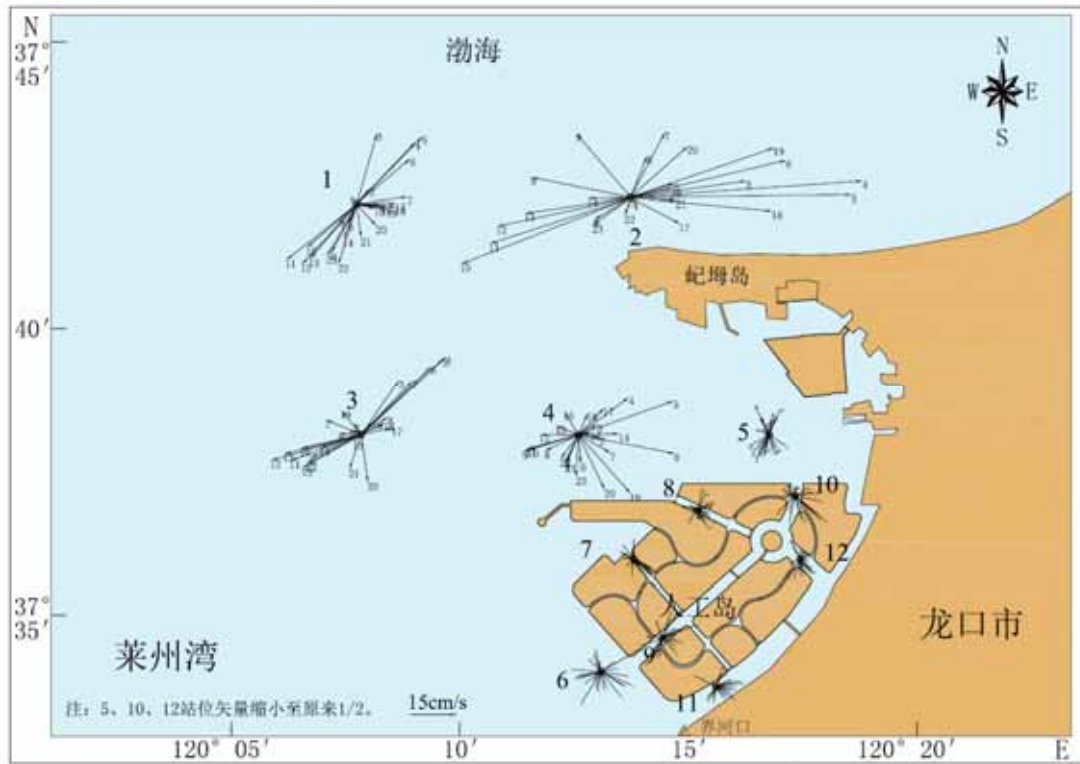


图 5.6-3b 2018 年 7 月海流观测矢量图 (底层)

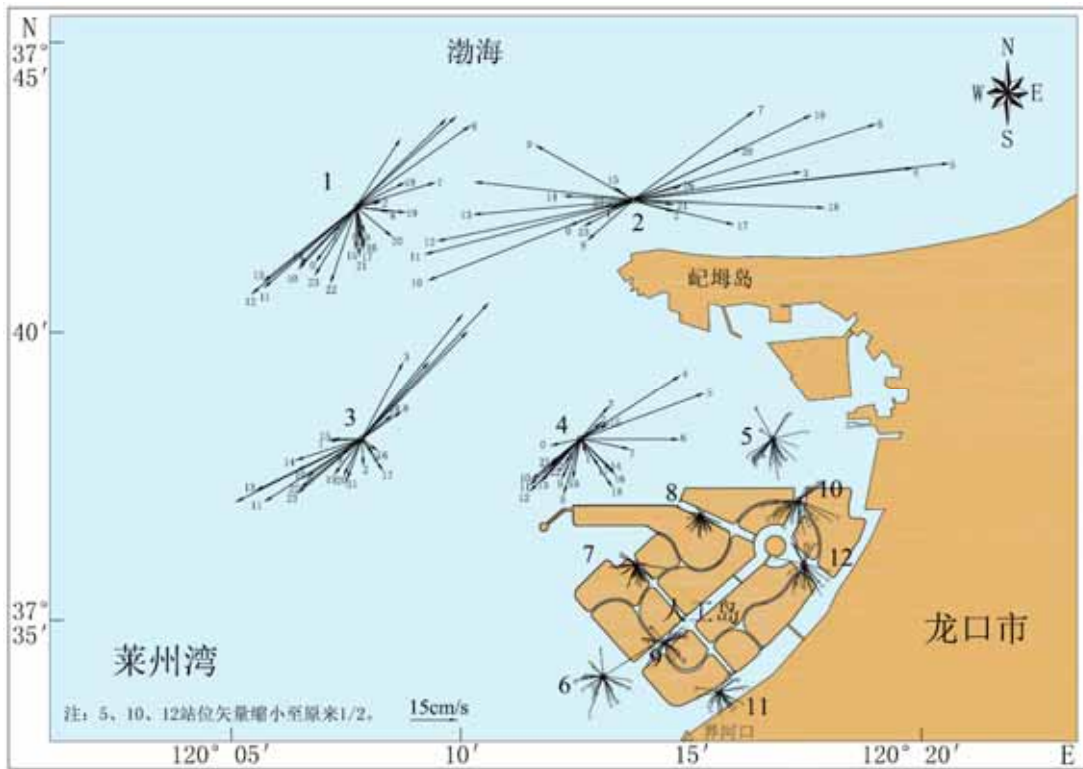


图 5.6-3c 2018 年 7 月海流观测矢量图 (垂向平均)

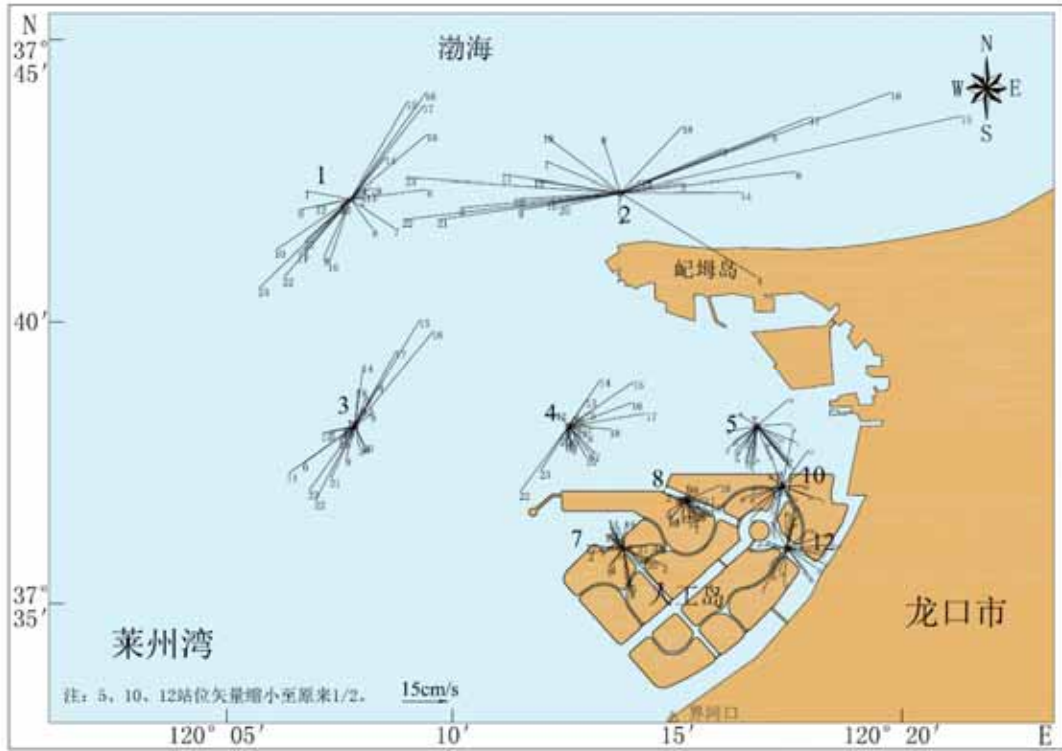


图 5.6-4a 2018 年 11 月海流观测矢量图 (表层)

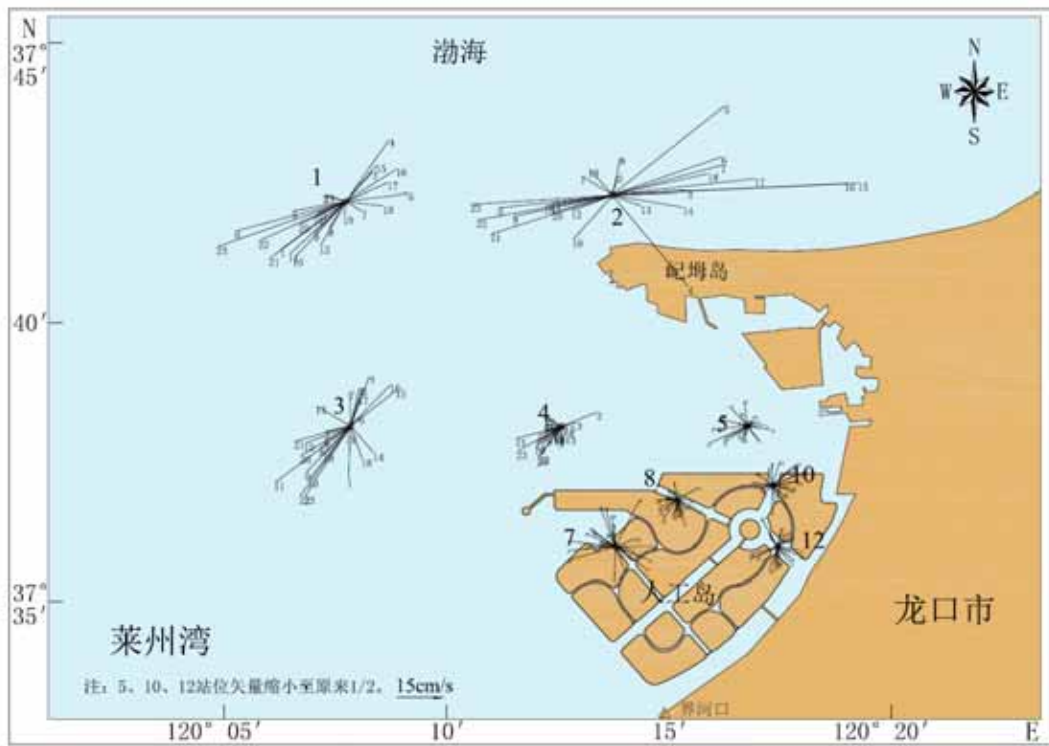


图 5.6-4b 2018 年 11 月海流观测矢量图 (底层)

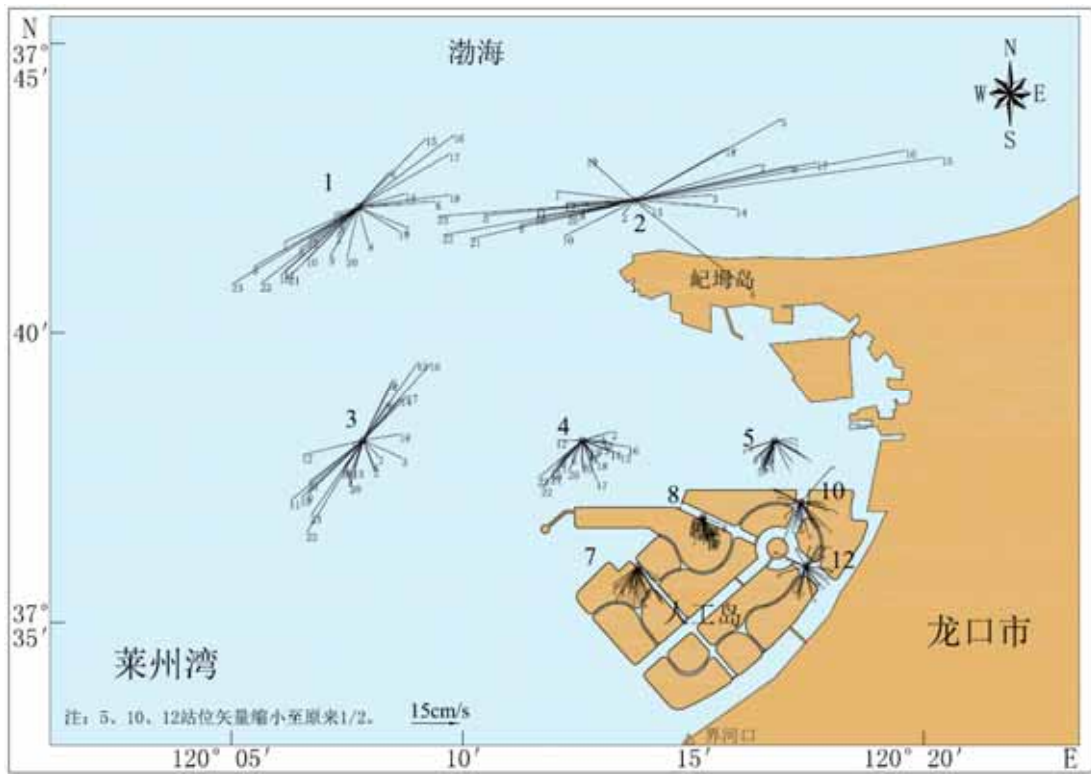


图 5.6-4c 2018 年 11 月海流观测矢量图 (垂向平均)

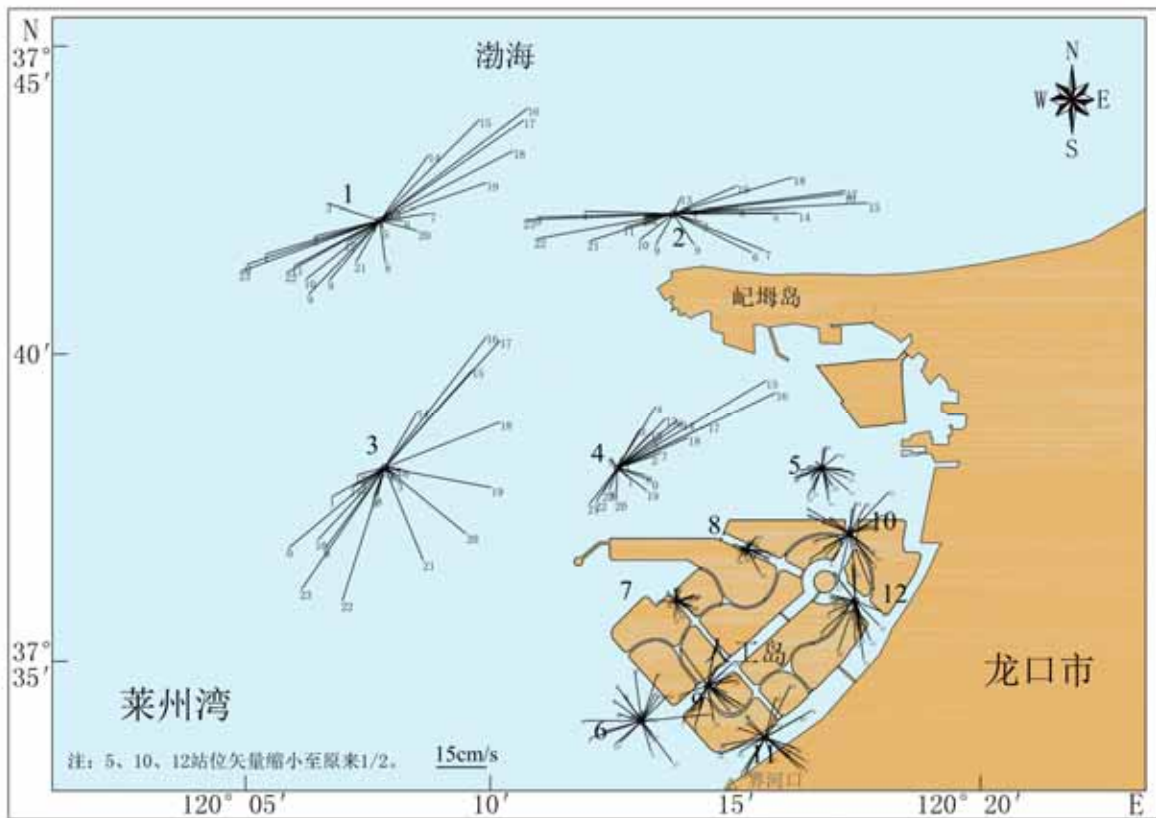


图 5.6-5a 2019 年 01 月海流观测矢量图 (表层)

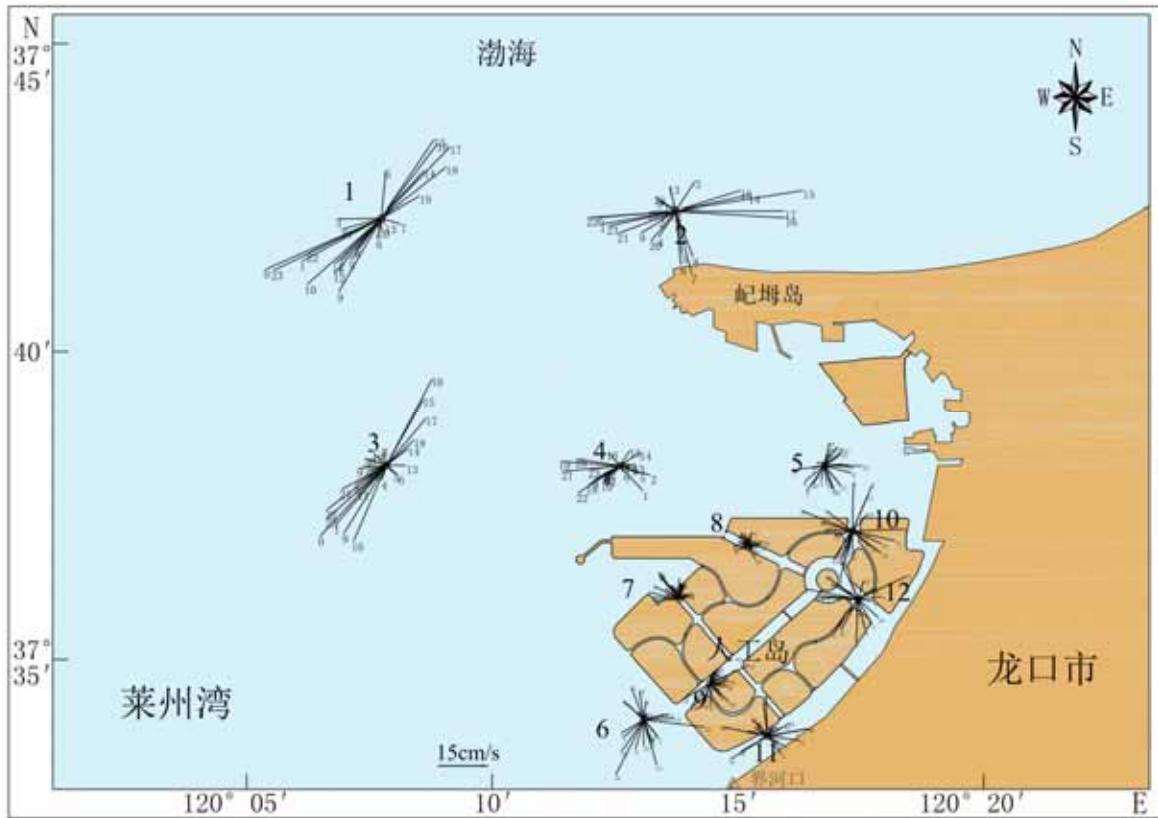


图 5.6-5b 2019 年 01 月海流观测矢量图 (底层)

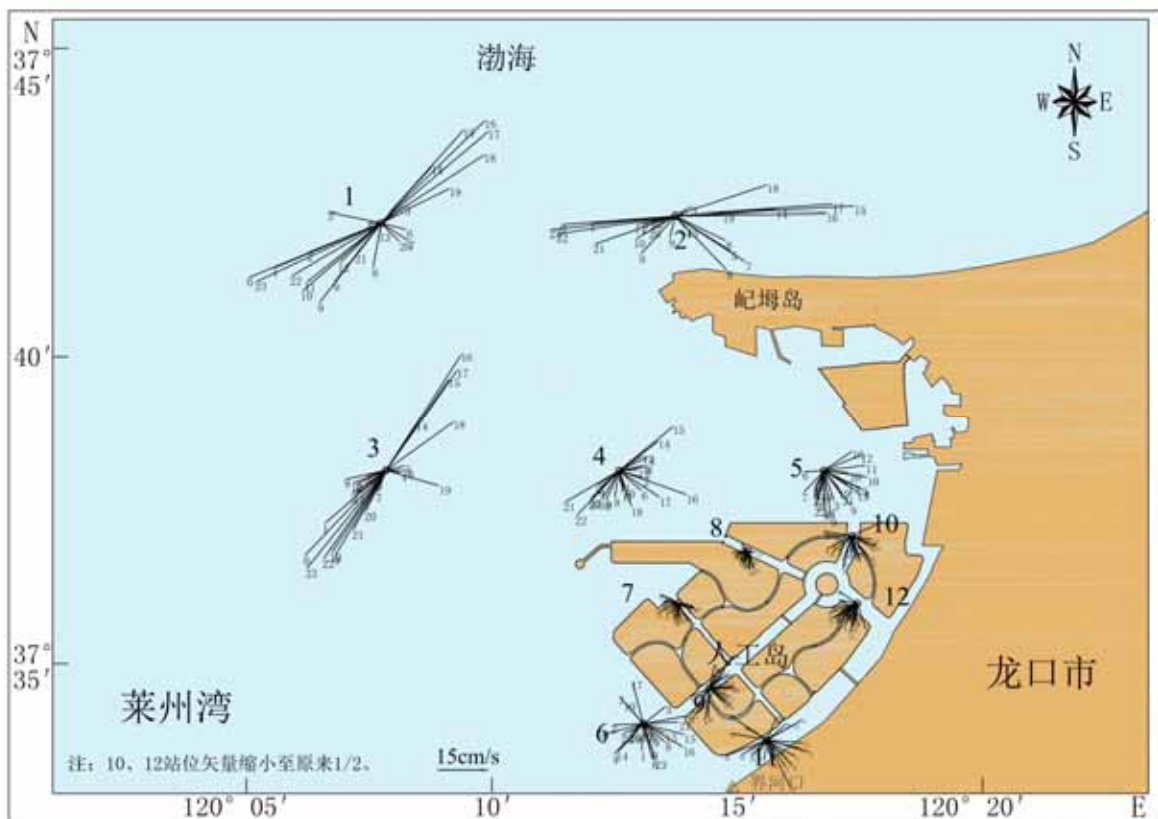


图 5.6-5c 2019 年 01 月海流观测矢量图 (垂向平均)

表 5.6-3 2018 年 5 月海流观测特征值单位：流速 (cm/s)、流向 (°)

站位	层位	平均流速		涨潮		落潮	
				最大流速		最大流速	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	表层	33.4	146.6	73.3	242.0	71.7	64.0
	0.2H	35.3	149.2	68.7	245.7	67.7	254.0
	0.4H	31.3	147.7	59.0	241.0	58.3	43.0
	0.6H	27.0	152.7	42.0	235.0	53.0	48.0
	0.8H	22.9	157.0	34.7	236.0	45.3	41.7
	底层	18.6	162.5	26.0	229.3	36.7	43.7
2#	表层	52.4	180.4	92.7	258.0	130.0	76.3
	0.2H	52.8	194.1	92.0	261.7	121.7	81.0
	0.4H	57.7	185.5	87.0	259.0	112.7	83.7
	0.6H	43.8	189.6	73.7	261.0	99.7	85.3
	0.8H	39.9	192.3	72.7	260.7	96.3	86.3
	底层	34.1	188.9	58.0	256.0	79.7	91.3
3#	表层	26.7	148.2	74.0	223.7	67.0	35.7
	0.2H	29.0	177.3	56.0	224.3	65.7	27.7
	0.4H	26.6	163.2	41.7	221.3	65.0	23.0
	0.6H	24.1	158.1	40.0	339.3	55.0	23.3
	0.8H	21.6	163.5	40.0	342.3	43.7	26.0
	底层	16.2	153.6	29.7	334.7	41.7	26.7
4#	表层	18.2	175.6	48.7	211.7	29.7	80.0
	0.2H	18.5	146.1	46.0	213.3	35.0	52.7
	0.4H	16.8	145.0	40.7	210.3	29.3	91.3
	0.6H	16.0	150.5	35.7	212.3	26.7	92.7
	0.8H	14.1	162.0	25.7	241.7	27.7	83.3
	底层	11.7	174.5	21.7	240.7	29.0	89.0
5#	表层	22.9	198.2	30.9	266.0	25.6	245.0
	0.6H	16.4	197.4	22.8	283.9	24.8	224.0
	底层	13.3	191.5	19.4	230.4	20.5	335.3
6#	表层	12.6	187.2	24.3	198.2	17.8	176.1
	底层	11.1	190.2	23.1	79.4	20.5	37.1
7#	表层	7.2	236.5	11.7	131.0	17.0	315.0
	0.2H	7.0	272.1	10.7	311.3	16.7	350.7
	0.4H	6.8	245.7	13.7	323.3	13.7	311.0
	0.6H	5.9	193.2	13.0	144.0	13.0	357.3
	0.8H	7.0	171.7	16.0	137.7	16.0	294.7
	底层	5.1	190.5	10.3	131.0	12.3	129.0
8#	表层	5.6	246.5	11.3	275.0	11.3	299.7
	0.2H	5.3	236.7	12.0	275.7	7.3	322.0
	0.4H	6.2	227.1	26.3	269.7	11.0	280.7
	0.6H	4.7	230.1	20.3	288.7	9.7	276.3
	0.8H	4.7	229.7	12.3	296.7	13.3	127.0
	底层	5.3	233.3	17.0	298.0	8.3	27.3
9#	表层	11.9	186.8	17.3	214.6	18.1	198
	底层	9.3	192.3	14.8	341.1	12.5	339.6
10#	表层	19.7	192.5	32.5	239	28.3	102.5
	0.6H	25.4	177.1	28.6	335.4	22.2	48.5
	底层	13.0	185.3	20.8	302.5	18.7	35.2
11#	表层	12.1	177.5	20.7	284.6	25.7	238.4
	底层	12.0	168.4	20.9	111.7	16.7	298.7
12#	表层	21.8	198.4	37.4	236.8	37.8	346.9
	0.6H	14.7	200.2	24.0	329.7	20.4	234.4
	底层	12.4	224.1	19.8	328.6	13.9	283.0

表 5.6-4 2018 年 7 月海流观测特征值单位：流速 (cm/s)、流向 (°)

站位	层位	平均流速		涨潮		落潮	
				最大流速		最大流速	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	表层	27.2	181.5	55.3	240.3	61.0	359.0
	0.2H	27.2	161.2	56.3	233.7	56.0	56.0
	0.4H	25.6	138.2	47.3	229.0	55.0	234.0
	0.6H	24.6	141.6	42.3	233.7	44.7	228.7
	0.8H	21.3	143.1	37.7	231.3	37.3	228.0
	底层	16.0	144.9	29.0	231.7	44.8	220.7
2#	表层	51.3	201.6	89.0	330.7	129.7	359.0
	0.2H	50.4	199.8	77.7	332.0	124.0	124.0
	0.4H	48.9	197.6	78.0	340.0	114.3	314.0
	0.6H	47.3	195.3	71.0	347.0	97.3	314.7
	0.8H	46.6	192.6	63.7	308.7	76.0	319.7
	底层	47.0	189.6	58.7	319.7	102.1	268.7
3#	表层	29.1	185.9	59.3	302.7	78.0	356.7
	0.2H	30.1	183.2	61.7	359.0	82.0	82.0
	0.4H	29.5	181.1	51.0	353.0	73.0	277.7
	0.6H	29.5	181.1	39.3	252.7	49.7	347.3
	0.8H	27.2	177.3	29.7	285.7	41.7	310.3
	底层	27.2	177.3	30.3	319.7	59.9	326.3
4#	表层	19.5	189.0	42.3	351.0	49.7	345.0
	0.2H	18.1	178.6	33.7	322.0	47.0	47.0
	0.4H	16.5	142.6	25.3	250.0	43.3	300.7
	0.6H	17.7	143.5	26.7	239.7	44.7	245.0
	0.8H	15.9	156.2	22.3	344.0	39.7	249.0
	底层	14.0	167.4	22.0	270.3	42.3	343.0
5#	表层	21.1	181.2	28.5	120.0	28.0	57.0
	0.6H	16.8	166.6	25.9	190.0	24.4	320.0
	底层	12.4	190.4	18.2	208.0	21.1	334.0
6#	表层	8.4	204.5	13.2	113.1	20.8	55.9
	0.6H	7.6	201.0	12.2	252.7	18.0	56
	底层	7.1	207.5	10.6	113.6	15.0	60
7#	表层	6.6	233.6	12.0	358.3	15.3	318.3
	0.2H	6.2	193.0	11.7	347.3	15.0	15.0
	0.4H	5.6	165.0	11.0	318.0	10.0	327.7
	0.6H	6.0	175.7	17.0	296.7	11.7	332.0
	0.8H	6.5	195.1	17.0	340.0	12.7	326.7
	底层	4.5	189.5	10.0	333.0	8.9	347.0
8#	表层	6.4	239.9	10.3	297.0	13.0	335.7
	0.2H	5.9	226.0	11.7	251.7	10.7	10.7
	0.4H	5.3	188.9	11.3	251.3	10.0	375.7
	0.6H	5.2	202.3	12.3	258.7	10.7	329.7
	0.8H	3.7	175.7	6.0	335.0	7.0	351.7
	底层	3.2	162.1	5.7	297.7	7.9	319.3
9#	表层	6.3	186.5	11.3	296.2	9.8	304.4
	0.6H	7.1	146.8	15.8	111	10.6	202.3
	底层	6.1	137.1	11.8	68.5	8.7	217.5
10#	表层	24.4	173.4	35.1	310.6	39.6	165.1
	0.6H	16.1	155.8	36.7	355.1	24.9	299.2
	底层	11.2	171.5	20.7	132.8	24.0	129.9
11#	表层	6.8	187.9	17.3	43.1	12.0	87.8
	0.6H	5.5	131.3	9.0	111	9.9	49.2
	底层	4.8	130.7	7.9	297.4	8.8	82.2
12#	表层	21.4	194.6	29.8	284.0	24.2	1.6
	0.6H	15.6	181.3	21.8	210	31.5	150
	底层	7.6	152.6	11.2	133.6	14.6	213.1

表 5.6-5 2018 年 11 月海流观测特征值单位：流速 (cm/s)、流向 (°)

站位	层位	平均流速		涨潮		落潮	
				最大流速		最大流速	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	表层	20.6	153.2	39.0	38.0	37.0	30.3
	0.2H	28.3	169.5	51.0	63.3	45.7	227.0
	0.4H	28.5	163.3	42.7	62.0	48.0	230.7
	0.6H	25.7	163.3	43.3	230.3	41.0	224.0
	0.8H	23.7	183.2	44.0	237.0	41.7	247.7
	底层	19.0	184.6	31.7	245.7	38.0	255.0
2#	表层	43.8	184.9	71.7	263.0	114.7	77.3
	0.2H	—	—	—	—	—	—
	0.4H	43.5	182.8	65.0	75.3	105.7	80.7
	0.6H	42.1	186.3	63.7	81.0	99.0	80.7
	0.8H	39.3	199.9	65.3	258.0	94.7	84.0
	底层	32.3	166.6	47.7	83.7	81.7	87.3
3#	表层	15.2	151.6	28.3	28.7	41.0	31.3
	0.2H	21.1	145.0	36.0	205.4	36.7	28.3
	0.4H	20.9	145.7	40.3	208.3	32.7	24.3
	0.6H	20.6	137.7	37.0	217.7	26.3	35.3
	0.8H	17.0	151.8	37.3	213.7	26.7	213.0
	底层	15.9	173.9	29.0	215.7	21.7	223.7
4#	表层	10.7	129.7	27.0	216.7	26.0	80.3
	0.2H	12.5	135.9	25.3	87.0	24.7	54.0
	0.4H	10.9	146.8	20.7	213.0	13.7	112.0
	0.6H	8.9	138.9	19.3	244.7	13.3	205.3
	0.8H	8.8	206.1	19.7	228.0	16.3	64.0
	底层	7.0	212.0	15.7	225.0	12.7	68.0
5#	表层	22.5	181.5	29.4	136.5	35.8	139.3
	0.6H	18.8	158.3	23.0	156.4	26.2	187.1
	底层	11.5	203.2	18.0	319.1	29.2	246.0
7#	表层	8.7	207.1	14.7	136.3	14.0	112.3
	0.2H	9.7	162.9	14.3	274.3	16.0	110.0
	0.4H	9.9	148.5	16.0	208.3	15.3	257.7
	0.6H	9.4	174.2	14.0	279.0	15.7	284.7
	0.8H	8.3	166.6	11.7	110.7	13.7	241.3
	底层	10.0	222.5	17.7	27.0	15.7	277.0
8#	表层	5.6	157.6	8.7	222.7	8.0	223.0
	0.2H	5.1	180.7	11.0	153.0	6.7	325.3
	0.4H	5.8	167.5	11.7	65.7	13.7	149.3
	0.6H	5.7	188.6	10.3	48.7	12.7	333.3
	0.8H	5.3	176.7	8.0	235.3	8.0	238.7
	底层	5.4	218.6	9.7	347.0	8.0	59.7
10#	表层	20.6	189.8	32.9	189.8	38.8	11.3
	0.6H	15.4	167.8	30.3	268.9	29.9	46.5
	底层	13.9	159.9	16.7	16.7	23.7	67
12#	表层	22.2	141.6	31.8	211.0	32.0	85.2
	0.6H	14.0	177.3	30.7	325.1	19.8	161.1
	底层	12.1	164.7	22.3	330.5	15.7	244.7

表 5.6-6 2019 年 01 月海流观测特征值单位：流速 (cm/s)、流向 (°)

站位	层位	平均流速		涨潮		落潮	
				最大流速		最大流速	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	表层	26.3	168.8	45.0	249.9	56.2	53.0
	0.2H	26.7	166.8	44.9	243.2	54.3	52.1
	0.4H	26.0	175.6	43.0	243.9	47.9	49.4
	0.6H	23.9	174.7	42.5	242.6	40.3	43.1
	0.8H	23.0	174.6	38.3	245.2	37.8	45.0
	底层	19.3	171.3	36.5	244.1	30.1	44.2
2#	表层	25.6	166.1	45.0	267.7	59.0	87.0
	0.2H	25.0	155.3	44.7	265.7	67.7	88.0
	0.4H	23.3	168.7	43.3	263.7	55.0	90.0
	0.6H	21.9	162.0	40.0	264.7	51.7	90.0
	0.8H	19.8	180.3	33.7	264.0	52.7	86.0
	底层	16.4	206.5	26.7	266.0	39.0	81.0
3#	表层	23.6	157.4	45.0	214.3	52.3	42.0
	0.2H	24.6	161.8	46.3	208.7	50.7	36.7
	0.4H	21.6	161.5	43.7	219.7	47.0	36.0
	0.6H	19.9	169.6	36.3	218.3	42.0	30.0
	0.8H	18.7	169.1	34.3	224.0	32.7	28.7
	底层	14.0	194.0	25.3	203.3	30.0	27.7
4#	表层	16.1	114.0	23.3	31.7	53.3	64.3
	0.2H	13.4	121.3	19.3	204.0	35.7	60.7
	0.4H	10.7	150.3	24.0	221.3	19.3	64.3
	0.6H	9.1	171.0	24.0	223.3	12.0	55.0
	0.8H	8.5	182.0	21.3	258.0	10.0	172.3
	底层	7.7	188.2	18.0	274.3	10.7	137.0
5#	表层	13.7	181.2	22.6	192.8	18.3	98.3
	0.6H	10.8	139.3	17.4	301.6	14.5	161.4
	底层	7.0	149.5	11.5	90.3	9.8	262.4
6#	表层	9.9	198.7	21.0	84.1	18.2	270.6
	底层	8.3	176.0	18.6	96.9	19.0	207.1
7#	表层	3.7	160.5	6.3	127.0	6.0	269.0
	0.2H	4.1	161.2	6.3	199.7	6.7	298.7
	0.4H	3.9	169.3	5.7	119.7	6.7	87.7
	0.6H	4.4	190.4	9.0	122.7	8.0	144.0
	0.8H	5.4	228.3	12.0	311.0	7.7	273.0
	底层	4.9	181.4	9.0	319.3	10.3	322.0
8#	表层	3.7	150	7.0	114.0	8.7	150.0
	0.2H	3.2	192.7	5.0	252.0	6.3	87.0
	0.4H	3.3	236.9	4.3	302.3	7.7	332.7
	0.6H	3.5	235.3	3.7	310.3	11.0	269.7
	0.8H	3.3	229.2	5.0	318.0	7.3	289.0
	底层	3.2	213.6	5.0	331.0	4.7	11.3
9#	表层	9.2	108.8	14.2	324.0	12.0	9.9
	底层	5.2	70.6	8.4	31.4	13.2	64.1
10#	表层	21.7	165.5	35.1	153.7	34.9	43.4
	0.6H	12.9	190.6	22.6	353.3	17.8	129.4
	底层	9.7	169.9	15.5	23.0	16.6	291.9
11#	表层	11.1	156.2	16.6	60.0	17.7	25.8
	底层	7.3	281.5	8.3	60.2	14.2	207.1
12#	表层	18.8	230.1	36.1	171.8	25.5	158.9
	0.6H	12.3	232.7	17.3	60.5	20.1	147.7
	底层	8.8	206.7	16.7	64.8	16.1	281.2

5.6.2.3 潮流特征分析

(1) 潮流性质

《港口与航道水文规范》中规定，潮流通常分为规则半日潮流、不规则半日潮流、不规则日潮流及规则日潮流。潮流性质判别依据为 $K=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ ，其判别标准分别为：

$K \leq 0.5$ 规则半日潮流 $0.5 < K \leq 2.0$ 不规则半日潮流
 $2.0 < K \leq 4.0$ 不规则日潮流 $K > 4.0$ 规则日潮流

其中 W_{O1} 、 W_{K1} 、 W_{M2} 分别为 O_1 、 K_1 、 M_2 分潮潮流椭圆长半轴之值。

根据 2018 年 05 月调查资料，1#~12#中，4#站点除表层和 0.2H 的 K 值大于 0.5，其余层位的 K 值小于 0.5；7#站点 0.4H 的 K 值小于 0.5，0.6H 的 K 值大于 2，其他 K 值均大于 0.5；除上述两个站点外其余各站点各层位的 K 值均介于 0.5~2（见表 5.6-7），所以 1#~12#所处海域主要为不规则半日潮流。

根据 2018 年 07 月调查资料， K 值（见表 5.6-8）。由表可知，在各站的潮流性质判别系数中，除 5#站、12#站 0.6H 以及 9#站、11#站表层的 K 值小于 0.5，6#站 0.6H，7#站表层、0.2H 的 K 值大于 2 以外，其余各站各层潮流类型判别数介于 0.5~2，为不规则半日潮。

根据 2018 年 11 月调查资料， K 值（见表 5.6-9）。由表可知，在各站的潮流性质判别系数中，1~4#站位，除 1#站位表层、0.2H、0.4H 以及 3#、4#表层的 K 值大于 0.5 外，其余各层位的 K 值均小于 0.5，所以 1~4#站位为规则半日潮。5#、7#、8#、10#、12#站各层的潮流类型判别数均介于 0.5~2，为不规则半日潮。

根据 2019 年 01 月调查资料， K 值（见表 5.6-10）。由表可知，在各站的潮流性质判别系数中，除 7#站表层、0.6H、0.8H，8#站表层、0.2H、0.4H 以及 9#站、10#站表层的 K 值大于 2 以外，其余各站各层潮流类型判别数介于 0.5~2，为不规则半日潮。

表 5.6-7 2018 年 05 月潮流性质判别系数 $(W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$

站位号 项目	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	
$(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$	表层	0.94	0.75	1.20	0.81	0.93	0.92	1.00	2.17	0.73	1.54	0.58	0.56
	0.2H	0.82	0.79	1.00	0.69	—	—	0.94	1.30	—	—	—	—
	0.4H	0.78	0.78	0.86	0.48	—	—	0.32	1.94	—	—	—	—
	0.6H	0.89	0.76	0.78	0.44	1.42	—	2.09	1.00	—	1.81	—	0.81
	0.8H	0.82	0.81	0.83	0.32	—	—	1.01	1.35	—	—	—	—
	底层	0.85	0.83	0.85	0.40	0.89	0.58	1.41	0.89	1.77	1.91	1.00	0.73

表 5.6-8 2018 年 07 月潮流性质判别系数 $(W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$

站位号 项目	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	
(W _{O1} +W _{K1})/W _{M2}	表层	1.06	0.70	1.07	1.07	1.51	0.75	3.70	0.90	0.43	0.73	0.45	0.55
	0.2H	0.81	0.67	0.76	0.82	—	—	3.98	0.84	—	—	—	—
	0.4H	0.62	0.71	0.74	0.62	—	—	1.16	1.45	—	—	—	—
	0.6H	0.63	0.73	0.71	0.41	0.47	2.20	1.34	1.97	0.51	0.43	0.79	0.21
	0.8H	0.61	0.76	0.72	0.47	—	—	0.91	3.10	—	—	—	—
	底层	0.63	0.78	0.71	0.57	0.62	1.77	1.83	1.27	0.85	0.58	0.83	0.72

表 5.6-9 2018 年 11 月潮流性质判别系数 $(W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$

站位号 项目	1#	2#	3#	4#	5#	7#	8#	10#	12#	
(W _{O1} +W _{K1})/W _{M2}	表层	0.61	0.34	0.57	0.69	1.20	0.84	1.35	0.88	0.71
	0.2H	0.59	—	0.27	0.33	—	1.25	0.51	—	—
	0.4H	0.55	0.29	0.15	0.31	—	2.47	0.65	—	—
	0.6H	0.38	0.33	0.10	0.31	0.99	0.33	1.06	1.37	0.91
	0.8H	0.40	0.31	0.31	0.33	—	0.56	1.50	—	—
	底层	0.33	0.33	0.17	0.34	1.69	1.10	1.20	0.96	0.44

表 5.6-10 2019 年 01 月潮流性质判别系数 $(W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$

站位号 项目	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	
(W _{O1} +W _{K1})/W _{M2}	表层	0.94	0.76	0.89	0.67	1.26	0.74	2.18	11.92	2.12	2.06	0.85	1.27
	0.2H	0.88	0.83	0.77	0.62	—	—	1.44	3.86	—	—	—	—
	0.4H	0.87	0.80	0.76	0.64	—	—	1.15	2.20	—	—	—	—
	0.6H	0.87	0.81	0.79	0.63	1.67	—	2.12	0.84	—	1.09	—	1.25
	0.8H	0.90	0.89	0.73	0.62	—	—	2.35	1.63	—	—	—	—
	底层	0.83	1.11	0.88	0.78	1.56	1.23	1.25	1.93	1.68	0.39	1.78	0.84

(2) 潮流运动形式

潮流的运动形式取决于本海区主要分潮流的椭圆要素。本海区的潮流为半日潮流，主要半日分潮流（M2 和 S2）的运动形式即代表海区潮流的运动形式。反映潮流运动形式的参量为旋转率（亦称椭圆率）K'，其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长轴的比值，其符号有“+”、“-”之分，“+”表示分潮流为逆时针旋转，“-”则为顺时针旋转。

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率 K' 的绝对值大小来判断，当 $|K'| = 1$ 时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当 $|K'| = 0$ 时，潮流椭圆为一直线，海水在某一直线上往返流动，为典型往复流。 $|K'|$ 值通常在 0-1 之间， $|K'|$ 值越大，旋转流的形式越显著， $|K'|$ 值越小，往复流的形式越显著。

根据 2018 年 05 月调查资料，经计算所有站位的 M2 分潮流的椭圆率 $|K'|$ 值都小于

0.5，潮流运动形式为往复流（见表 5.6-11）。2#站位的椭圆率为正值，潮流矢量的旋转方向以逆时针方向旋转，1#、4#、11#站位的椭圆率为负值，潮流矢量的旋转方向以顺时针方向旋转。其他各站各层潮流旋转方向不一致。

根据 2018 年 7 月调查资料，K 值（见表 5.6-12）。各站的潮流椭圆率 $|K'|$ 值均较小，除 6#站位 0.6H 的 $|K'|$ 大于 0.5 外，其余各站各层 M2 分潮流的 $|K'|$ 值在 0~0.5 之间，各站潮流运动形式以往复流为主。2#站位的椭圆率为正值，潮流矢量的旋转方向以逆时针方向旋转；1#、3#、6#、10#、11#、12#站位的椭圆率为负值，潮流矢量的旋转方向以顺时针方向旋转。其他各站各层潮流旋转方向不一致。

根据 2018 年 11 月调查资料，K 值（见表 5.6-13）。各站的潮流椭圆率 $|K'|$ 值大多数较小，除 5#站位以及 12#站位底层的 $|K'|$ 大于 0.5 外，其余各站各层 M2 分潮流的 $|K'|$ 值在 0~0.5 之间，各站潮流运动形式以往复流为主。2#、12#站位的椭圆率为正值，潮流矢量的旋转方向以逆时针方向旋转；1#、3#站位的椭圆率为负值，潮流矢量的旋转方向以顺时针方向旋转。其他各站各层潮流旋转方向不一致。

根据 2019 年 1 月调查资料， $|K'|$ 值（见表 5.6-14）。各站的潮流椭圆率 $|K'|$ 值均较小，除 5#站位 0.6H，6#站表层和底层，7#站表层、0.6H、0.8H，12#站表层的 $|K'|$ 大于 0.5 外，其余各站各层 M2 分潮流的 $|K'|$ 值在 0~0.5 之间，各站潮流运动形式以往复流为主。9#、10#站位的椭圆率为正值，潮流矢量的旋转方向以逆时针方向旋转；1#、2#、6#、7#站位的椭圆率为负值，潮流矢量的旋转方向以顺时针方向旋转。其他各站各层潮流旋转方向不一致。

表 5.6-11 2018 年 5 月各站各层 M2 分潮流的 K'值表

站位号 项目		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
K'值	表层	-0.30	0.09	-0.11	-0.14	-0.07	-0.87	-0.23	0.17	-0.11	-0.37	-0.14	0.28
	0.2H	-0.31	0.10	-0.23	-0.08	—	—	-0.44	0.17	—	—	—	—
	0.4H	-0.30	0.11	-0.07	-0.10	—	—	0.04	0.00	—	—	—	—
	0.6H	-0.20	0.10	0.07	-0.14	0.09	—	0.12	-0.83	—	0.01	—	-0.21
	0.8H	-0.17	0.11	0.11	-0.16	—	—	-0.16	0.70	—	—	—	—
	底层	-0.14	0.09	0.16	-0.16	0.13	0.49	-0.09	0.47	0.42	0.38	-0.04	0.36

表 5.6-12 2018 年 7 月各站各层 M2 分潮流的 K' 值表

站位号 项目		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
K' 值	表层	-0.35	0.06	-0.28	0.26	0.15	-0.21	-0.30	-0.31	-0.23	-0.50	-0.43	-0.09
	0.2H	-0.29	0.04	-0.16	0.06	—	—	-0.58	-0.40	—	—	—	—
	0.4H	-0.26	0.07	-0.18	-0.06	—	—	-0.19	-0.49	—	—	—	—
	0.6H	-0.24	0.09	-0.23	-0.19	0.23	-0.67	-0.05	-0.62	-0.11	-0.02	-0.46	-0.05
	0.8H	-0.20	0.11	-0.18	-0.14	—	—	0.26	-0.16	—	—	—	—
	底层	-0.18	0.12	-0.15	-0.38	-0.50	-0.21	0.39	0.26	0.15	-0.43	-0.23	-0.09

表 5.6-13 2018 年 11 月各站各层 M2 分潮流的 K' 值表

站位号 项目		1#	2#	3#	4#	5#	7#	8#	10#	12#
K' 值	表层	-0.26	0.06	-0.10	-0.25	-0.89	0.20	-0.10	0.03	0.41
	0.2H	-0.25	—	-0.10	-0.30	—	0.02	0.23	—	—
	0.4H	-0.27	0.06	-0.08	-0.24	—	0.43	-0.02	—	—
	0.6H	-0.31	0.07	-0.05	-0.05	0.57	-0.29	0.38	0.39	0.26
	0.8H	-0.21	0.08	-0.01	-0.16	—	0.12	-0.71	—	—
	底层	-0.16	0.09	-0.02	0.08	-0.58	-0.26	0.15	-0.13	0.63

表 5.6-14 2019 年 01 月各站各层 M2 分潮流的 K' 值表

站位号 项目		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
K' 值	表层	-0.25	-0.05	-0.36	-0.13	0.33	-0.51	-0.67	0.19	0.17	0.24	-0.12	0.59
	0.2H	-0.25	-0.05	-0.3	-0.05	—	—	-0.33	0.24	—	—	—	—
	0.4H	-0.24	-0.05	-0.12	-0.04	—	—	-0.27	0.31	—	—	—	—
	0.6H	-0.22	-0.05	0.04	0	-0.79	—	-0.58	0.45	—	0.24	—	0.22
	0.8H	-0.16	-0.09	0.11	0.09	—	—	-0.8	0.11	—	—	—	—
	底层	-0.12	-0.24	0.08	0.14	0.33	-0.59	-0.2	-0.07	0.35	0.18	0.11	-0.06

5.6.2.4 余流

余流是指从实测海流中分离出潮流后所余下部分，包括风海流、沿岸流和潮致余流。根据准调和分析得到的是潮致余流。由表 5.6-15 可以看出 2018 年 5 月余流值在 0.9~11.3cm/s 之间，2#站表层余流流速最大，为 11.3cm/s，流向为 20.6°；6#站底层余流流速最小，为 0.9cm/s，流向为 168.5°。由表 5.6-16 可以看出 2018 年 07 月余流值在 0.5~10cm/s 之间，2#站 0.4H 层余流流速最大，为 10cm/s，流向为 57.6°；10#站 0.6H 层余流流速最小，为 0.5cm/s，流向为 321.4°。由表 5.6-17 可以看出 2018 年 11 月余流值在 0.8~13.6cm/s 之间，5#站表层余流流速最大，为 13.6cm/s，流向为 170.2°；8#站 0.6H 层余流流速最小，为 0.8cm/s，流向为 266.2°。由表 5.6-18 可以看出 2019 年 1 月余流值在 0.2~11.8cm/s 之间，水道外的 1~6#站位，4#站表层余流流速最大，为 11.8cm/s，流向为 67.4°，1#站底层余流流速最小，为 1.9cm/s，流向为 248.7°；水道内的 7~12#站位，12#站表层余流流速最大，为 7.7cm/s，流向为 207.1°，8#站 0.2H 层余流流速最小，为 0.2cm/s，流向为 265.8°。

表 5.6-15 2018 年 05 月各站位余流分布特征

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
1#	2.2	154.7	2.7	99.5	1.1	166.4	2.4	116.9	2	149.4	2.1	148.3
2#	10.8	35	11.3	20.6	9.8	27.5	7.9	40.2	5.3	58.2	2.3	89.6
3#	2.1	291.6	5.5	327.8	5.8	327.5	3.6	349.1	1.9	6	3.1	38.1
4#	5	206.9	4.3	169.1	5.7	158.6	5.9	164.6	5.4	167.3	4.1	179.8
5#	7.6	205.3	—	—	—	—	2.3	278.2	—	—	1.7	233.6
6#	5.2	194	—	—	—	—	—	—	—	—	0.9	168.5
7#	2	306.4	4.8	309.4	3.5	310.3	1.5	180.9	4.6	153.1	3.4	141.4
8#	4	289.3	3.1	294.2	3.9	291.4	1.6	277.2	1	287.1	2.5	282
9#	9.9	196.3	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3	275.4
10#	1.9	210.2	—	—	—	—	3.6	137.9	—	—	5.9	11.6
11#	3.4	198.8	—	—	—	—	—	—	—	—	6	12.3
12#	3.4	218.8	—	—	—	—	5.5	174.4	—	—	2.5	276.7

表 5.6-16 2018 年 07 月各站位余流分布特征

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
1#	5.8	255.7	3.9	199.6	6.1	156.1	6.3	149.5	5.9	154.5	3.7	157.2
2#	5.9	48.9	9.2	49.1	10	57.6	9	64	7.4	70.4	6.1	81.6
3#	3.2	239.2	2.8	328.1	4.5	326.2	2.6	314.6	3.2	321.3	3.2	302
4#	3.4	113.5	3.2	104.1	1.8	99.2	5.1	139	3.1	123.8	3.9	141.3
5#	1.2	28.5	—	—	—	—	2.5	56.4	—	—	2.9	265.4
6#	0.8	109.2	—	—	—	—	1.2	202.6	—	—	1.3	171.8
7#	1.9	282.3	1.3	323.1	2.5	115.3	4	140.9	2.2	159.3	2.6	140.2
8#	3.8	260.2	3	222.5	2.6	183.7	3.1	173.5	1.7	145.5	0.8	94.4
9#	2.7	304.6	—	—	—	—	2	77.1	—	—	1.2	116.1
10#	3.7	307.6	—	—	—	—	0.5	321.4	—	—	4.8	142.8
11#	1.6	22.3	—	—	—	—	2.1	91.2	—	—	2.1	95.7
12#	1.3	318.3	—	—	—	—	2.9	231.7	—	—	2.5	143.9

表 5.6-17 2018 年 11 月各站位余流分布特征

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
1#	1.3	206.9	5.7	169.9	6.9	194.3	8.3	203.3	9.8	228.7	8.6	240.1
2#	6.1	16.6	—	—	2.3	32.9	2.6	45.5	3.2	80.6	5	89
3#	1.3	312.3	1.1	258.5	1.8	257	2.2	217.7	5.2	232.3	6.2	233.8
4#	4.8	103.1	4.6	109.2	3.6	142.6	3.3	189.2	5.6	242.4	4.5	235.2
5#	13.6	170.2	—	—	—	—	12.5	160.2	—	—	3.4	261.7
7#	1.2	176.1	4	145	3.4	133.4	1.4	196.9	0.8	172.5	2.4	327.7
8#	1.8	157.5	1.4	168.9	2.7	152	0.8	266.2	2.7	170.4	2.4	218.7
10#	4.3	218.7	—	—	—	—	1.5	289.6	—	—	4.6	70
12#	3.9	67.4	—	—	—	—	1.7	230.8	—	—	1.1	194.1

表 5.6-18 2019 年 01 月各站位余流分布特征

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
1#	5.8	245.7	7.2	248.1	5.8	240.4	3.9	236.5	2.1	246.8	1.9	248.7
2#	6.2	97.6	5.7	106.8	4	120.4	3.9	127.4	3.9	143.6	2.3	172.3
3#	5.2	145.9	2.7	152.7	3.1	221.3	3.7	251	5.5	256.9	4.4	238.3
4#	11.8	67.4	6.3	93.3	3.6	150.6	3.4	202.3	3.4	230.6	3.4	238.8
5#	4.7	175.4	—	—	—	—	3.4	128.1	—	—	1.9	132.1
6#	2.3	318.5	—	—	—	—	—	—	—	—	2.2	168.2
7#	1.4	85.5	1.2	100.3	1.2	120.2	0.7	129.3	2.8	326.3	3.6	330.6
8#	1.5	123.7	0.2	265.8	1.9	314.4	2.3	307.1	2	314	1.6	347.4
9#	3.7	95.8	—	—	—	—	—	—	—	—	3.2	56.5
10#	3	223	—	—	—	—	2.8	296	—	—	1.1	175.8
11#	2.5	127.1	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	35.6
12#	7.7	207.1	—	—	—	—	3.6	239.2	—	—	2	268.5

5.6.2.5 小结

调查资料显示：该海域潮流运动形式以往复流为主，外侧海域的 1#~4# 站位流速较大，涨潮流流向主要集中出现在偏西南向，落潮流流向主要集中出现在东到东北向，涨落潮时表层与底层的最大流速一般均出现在 2# 站位。水道内的站位，涨潮流流向与落潮流流向受地形影响，涨落潮时表层与底层的最大流速一般均出现在 10# 站位。

各站各层潮流类型判别数大多数小于 2，其潮流性质主要为半日潮流。其中，秋季 1#~4# 站位各层 K 值小于 0.5，为规则半日潮。其余各站位各层 K 值多介于 0.5~2 之间，为不规则半日潮流。春季、夏季各站位各层 K 值大多数介于 0.5~2 之间，为不规则半日潮流。各站潮流运动形式以往复流为主。

2018 年 5 月余流值在 0.9~11.3cm/s 之间，水道外的 1~6# 站位，2# 站表层余流流速最大，6# 站底层余流流速最小；水道内的 7~12# 站位，9# 站表层余流流速最大，8# 站 0.8H 余流流速最小。2018 年 07 月余流值在 0.5~10cm/s 之间，水道外的 1~6# 站位，2# 站 0.4H 层余流流速最大，6# 站表层余流流速最小；水道内的 7~12# 站位，10# 站底层余流流速最大，10# 站 0.6H 层余流流速最小。2018 年 11 月余流值在 0.8~13.6cm/s 之间，水道内的 1~5# 站位，5# 站表层余流流速最大，3# 站 0.2H 余流流速最小；水道内的 7#、8#、10#、12# 站位，10# 站表层余流流速最大，8# 站 0.6H 层余流流速最小。2019 年 1 月余流值在 0.2~11.8cm/s 之间，水道外的 1~6# 站位，4# 站表层余流流速最大，1# 站底层余流流速最小；水道内的 7~12# 站位，12# 站表层余流流速最大，8# 站 0.2H 层余流流速最小。

5.7 地形地貌冲淤现状调查与评价

5.7.1 底质粒度和沉积物类型特征

5.7.1.1 工程北侧底质粒度和沉积物类型特征

中国海洋大学于 2017 年 5 月在工程附近布置了 70 个沉积物调查站位，调查站位见图 5.7.1-1。

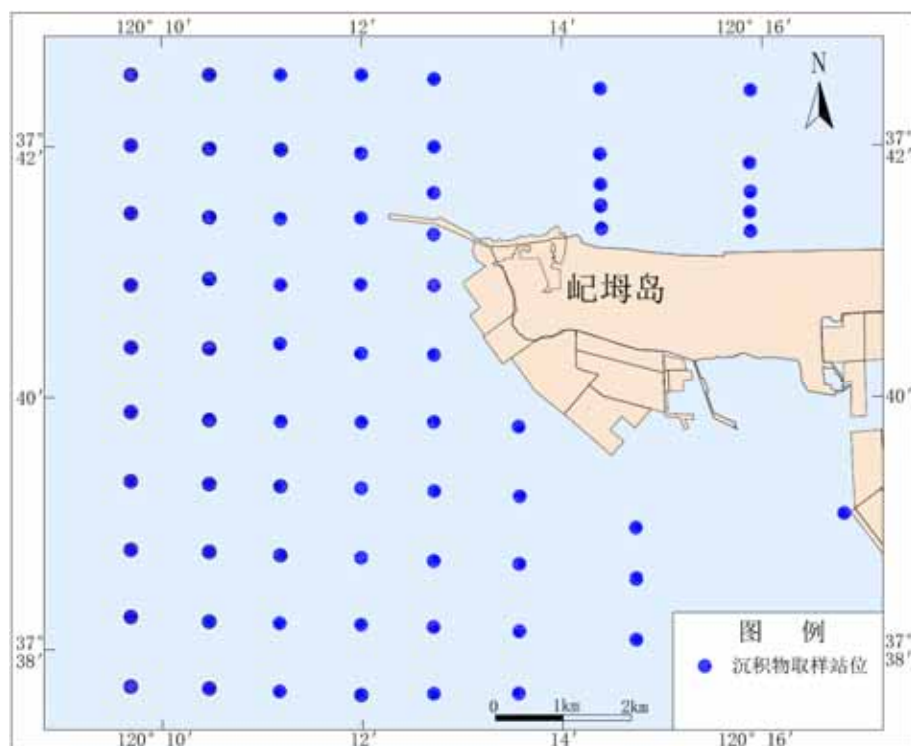


图 5.7.1-1 沉积物调查站位示意图

根据沉积物粒度调查结果，绘制了沉积物类型分布图（FOLK 法）和中值粒径分布图（图 3.1.3-5），工程附近海域表层沉积物类型主要包括粉砂、砂、泥、砂质粉砂、粉砂质砂、砾质泥等，其中分布最多的为粉砂、砂质粉砂、砾质泥和泥质砂，沉积物中值粒径在 $0.5\phi\sim 6.5\phi$ 之间，砣姆岛北部沉积物中值粒径主要为 $2\phi\sim 4.5\phi$ ，砣姆岛南侧（裕龙岛北侧）沉积物中值粒径主要为 $3.5\phi\sim 5.5\phi$ 。

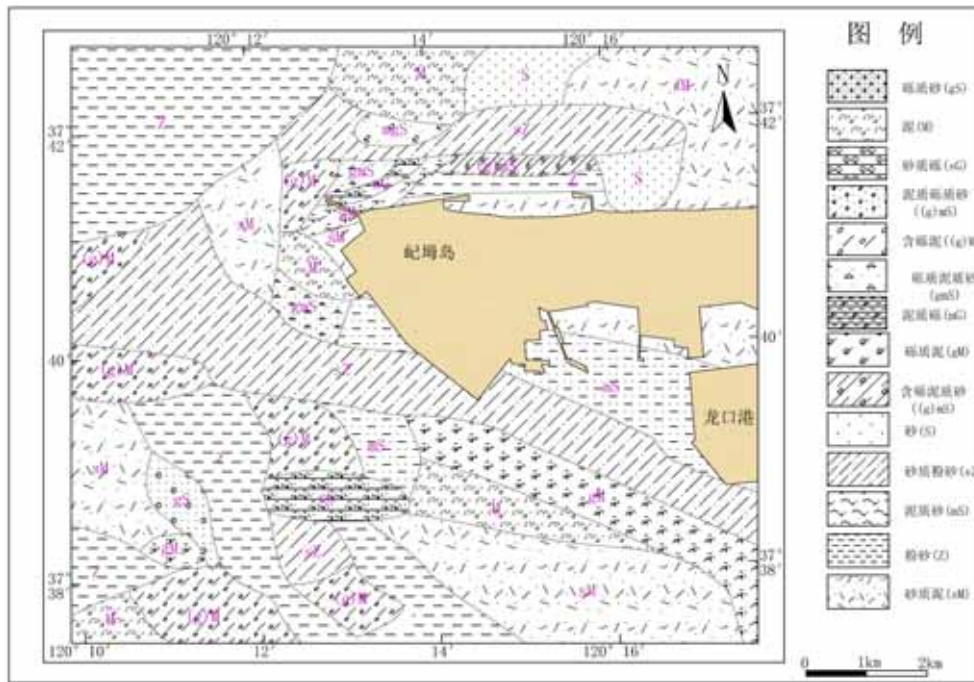


图 5.7.1-2a 表层沉积物类型图

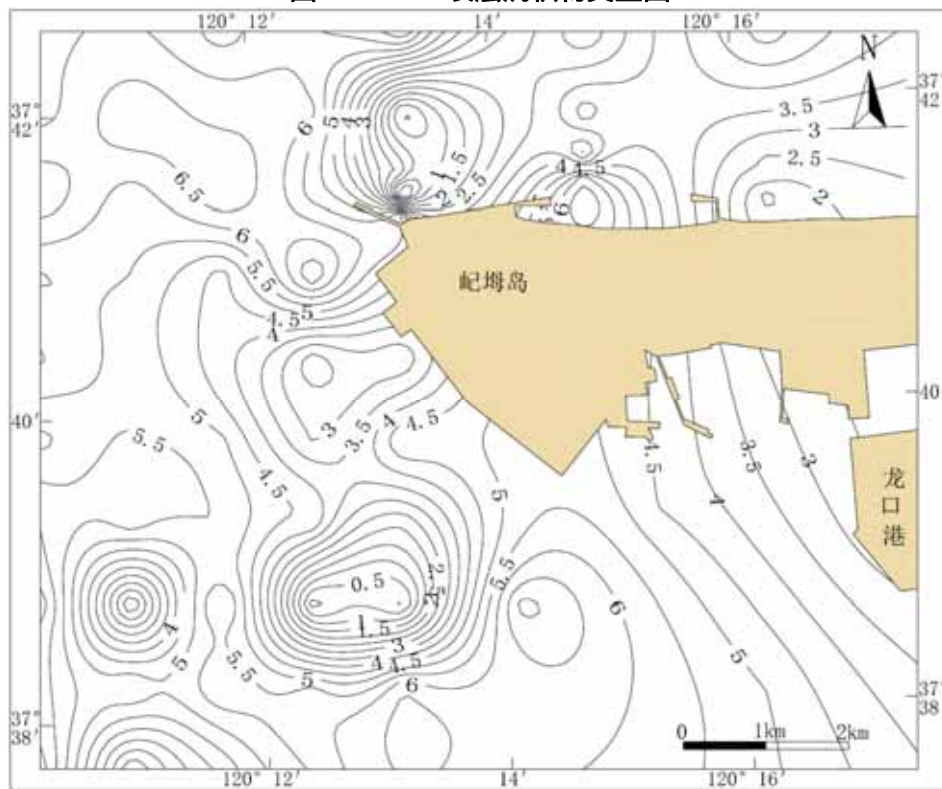


图 5.7.1-2b 沉积物中值粒径 (ϕ 粒级) 分布图

5.7.1.2 裕龙岛西侧底质粒度和沉积物类型特征

中国海洋大学分别于 2009 年 6 月和 2016 年 6 月在裕龙岛西侧近岸海域进行过两次表层沉积物取样。

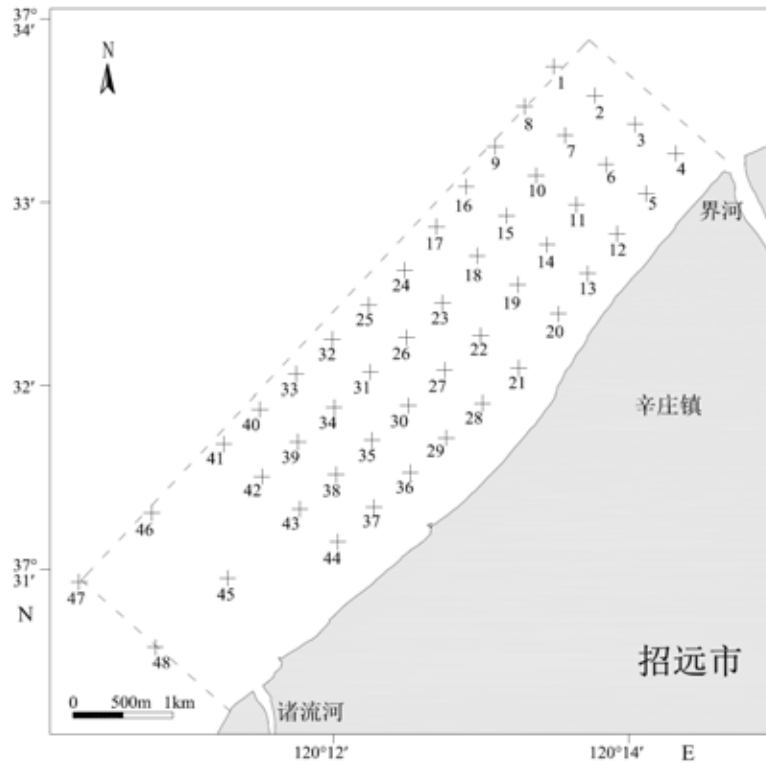


图 5.7.1-3 2009 年 6 月表层沉积物取样站位图

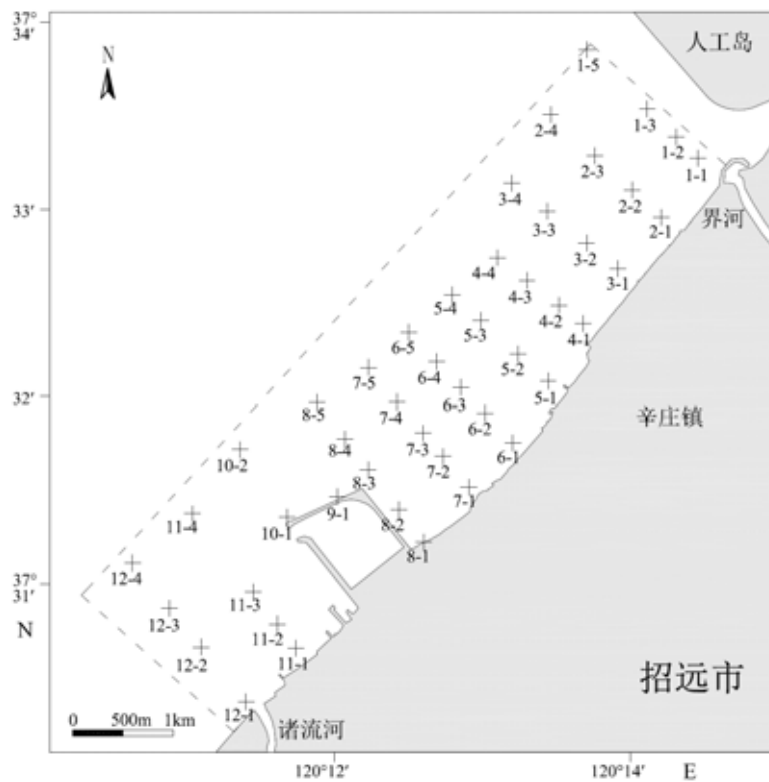


图 5.7.1-4 2016 年 6 月表层沉积物取样站位图

(1) 裕龙岛西侧底质粒度特征

1) 2009 年 6 月

2009 年 6 月调查结果表明，人工岛西侧表层沉积物平均粒径变化较大，介于

-1.24~3.86 Φ 之间，平均值为 0.467 Φ 。通过分析平均粒径变化规律可以发现，人工岛西侧区域粗颗粒物质主要集中于界河口及诸流河河口前方海域，细粒沉积物主要集中于人工岛西侧区域中部离岸 1km~2km 区间内，沉积物颗粒分布无明显规律，主要受界河输沙类型和数量控制。

2) 2016 年 6 月

2016 年 6 月调查表层沉积物平均粒径介于-1.86~7.39 之间，平均值为 0.76，人工岛西侧表层沉积物整体呈现粗化趋势。沉积物颗粒分布总体上表现为垂直岸线向海方向由细变粗的特点，界河口和诸流河河口粒度相对较粗，由河口向外沉积物粒度逐渐变细。

3) 2009 年-2016 年粒度特征变化

2016 年 6 月调查相对于 2009 年 6 月调查沉积物平均粒径分布规律变化较大，通过对比发现，人工岛西侧沉积物细粒物质有明显向岸边集中的趋势，垂直岸线由岸向海粗粒物质明显增加。

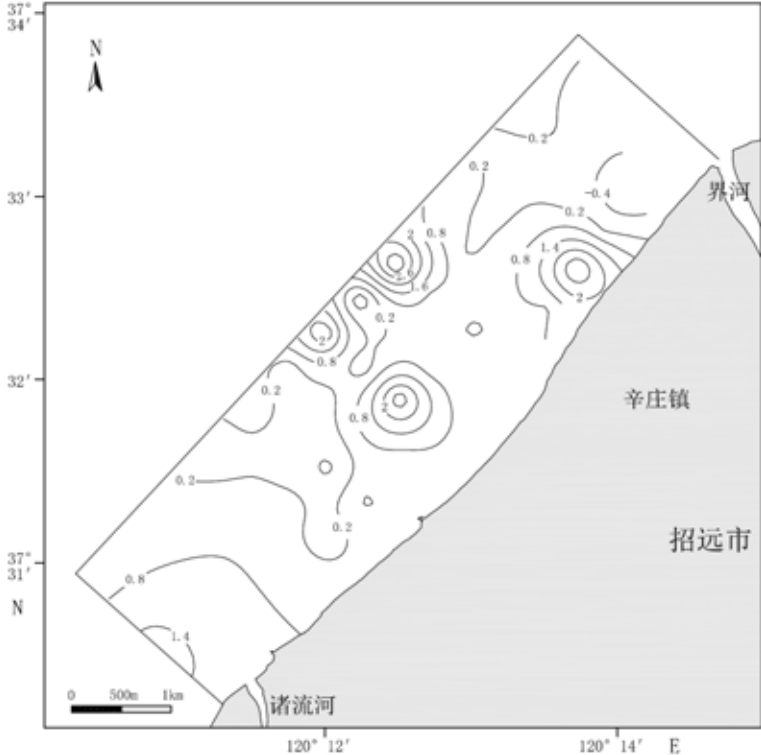


图 5.7.1-5 平均粒径 (Φ 粒级) 分布特征等值线图 (2009 年)

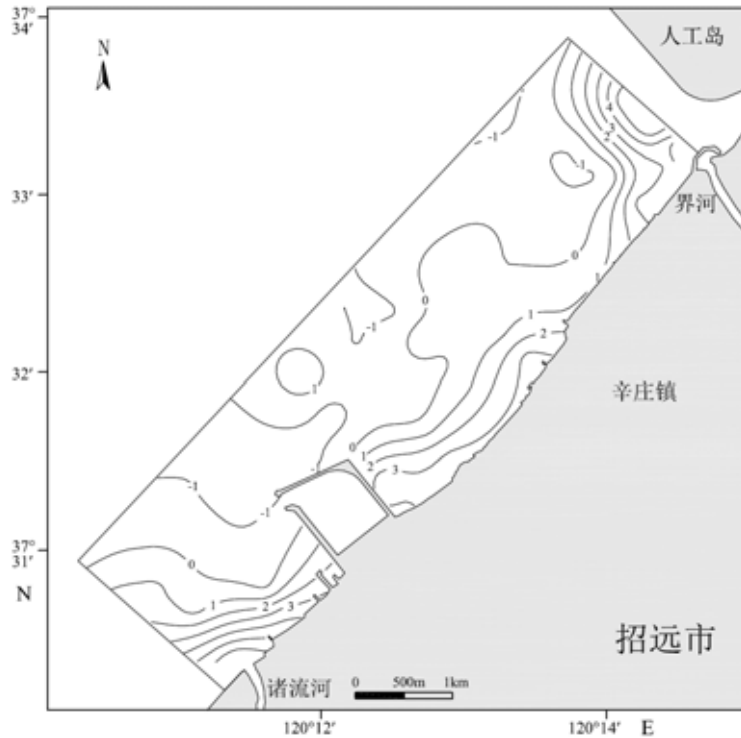


图 5.7.1-6 平均粒径 (ϕ 粒级) 分布特征等值线图 (2016 年)
(2) 工程西侧表层沉积物类型

1) 2009 年 6 月

2009 年 6 月调查结果显示, 人工岛西侧区域沉积物类型主要包括砂质砾 (sG)、砾质砂 (gS)、粉砂质砂 (zS) 以及含砾砂 ((g)S), 表层沉积物分布见图 5.7.1-7。

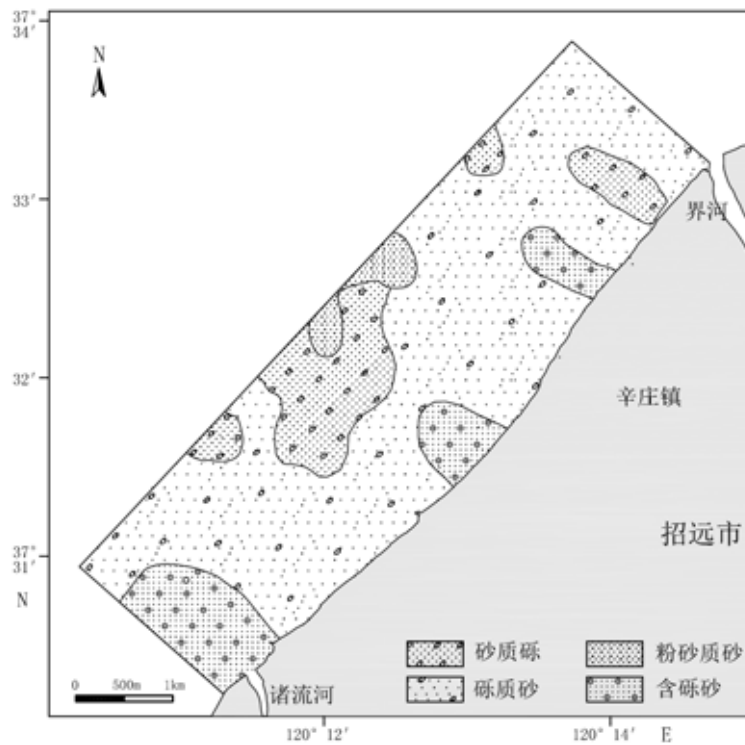


图 5.7.1-7 表层沉积物类型分布图 (2009.6)

由图 3.1-1 可以看出, 人工岛西侧区域沉积物类型主要以砾质砂为主, 诸流河河口

及辛庄镇附近近岸部分区域为含砾砂，呈条带状或块状由岸向海延伸趋势，人工岛西侧区域中部离岸约 1km 外沉积物类型由近及远依次为砂质砾、砾质砂、粉砂质砂。

2) 2016 年 6 月人工岛西侧区域沉积物类型

2016 年 6 月表层沉积物调查结果显示，人工岛西侧区域表层沉积物主要为砂质砾 (sG)、砾质砂 (gS)、粉砂质砂 (zS)、砂 (S)、含砾泥质砂 ((g) mG)、砂质粉砂 (sZ)、含砾泥 ((g) M)、泥 (M) 等，表层沉积物分布见图 5.7.1-8。

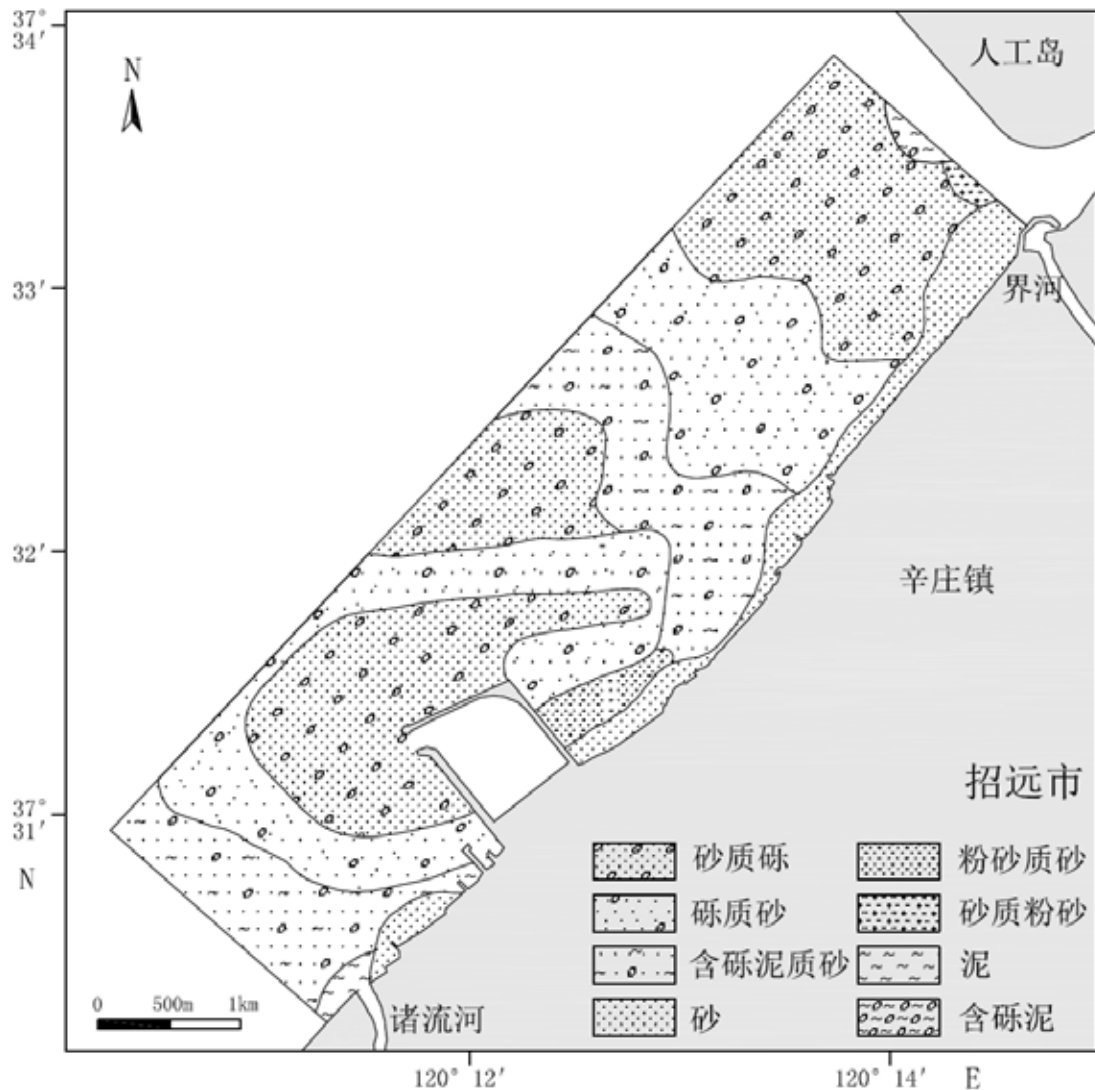


图 5.7.1-8 表层沉积物类型分布图 (2016.6)

由图 5.7.1-8 可以看出，2016 年 6 月人工岛西侧沉积物分布具有明显的条带状分布规律，由界河至诸流河，沿海岸线向海约 150m 范围之内主要为粉砂质砂，界河口外依次发育小块状砂质粉砂、泥，颗粒粒径整体偏细。近岸海域沉积物类型由东北向西南至人工岛西侧区域中部主要呈条带状分布，依次为砂质砾、砾质砂、含砾泥质砂，条带宽度分别为 1.3km、1.0km 和 0.6km，沉积物粒度亦依次减小。

5.7.1.3 工程区域底质粒度和沉积物类型特征

2018年7月，中国海洋大学在工程附近布置了131个沉积物调查站位，调查站位详见图5.7.1-9。

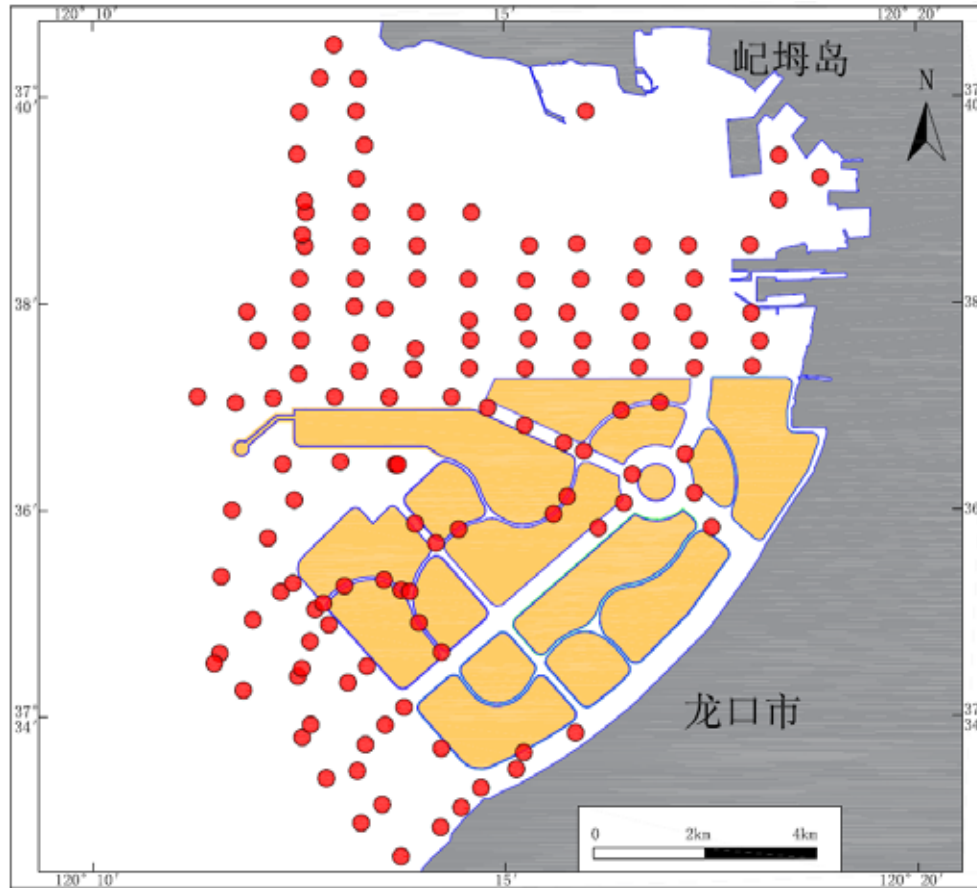


图 5.7.1-9 2018 年 7 月沉积物调查站位示意图

工程附近海域表层沉积物类型主要包括粉砂、砂、泥、砂质粉砂、粉砂质砂、含沙砾等，其中分布最多的为粉砂和砂质粉砂；粉砂主要分布在裕龙岛西南侧以及裕龙岛北侧龙口港区范围内，砂质粉砂主要分布在裕龙岛的西北侧；裕龙岛北侧沉积物类型有粉砂、砂质粉砂和粉砂质砂，南侧为砂质粉砂和粉砂，裕龙岛内部岛间水道主要为粉砂质砂，各岛间水道主要为砂质粉砂和粉砂。裕龙岛附近海域沉积物中值粒径在 $1\phi\sim6\phi$ 之间，岛间水道内粒径较细，在 $3\phi\sim6\phi$ 之间。人工岛水道内粒径变细说明裕龙岛建设后且水道未打通发生了细粒物质淤积。

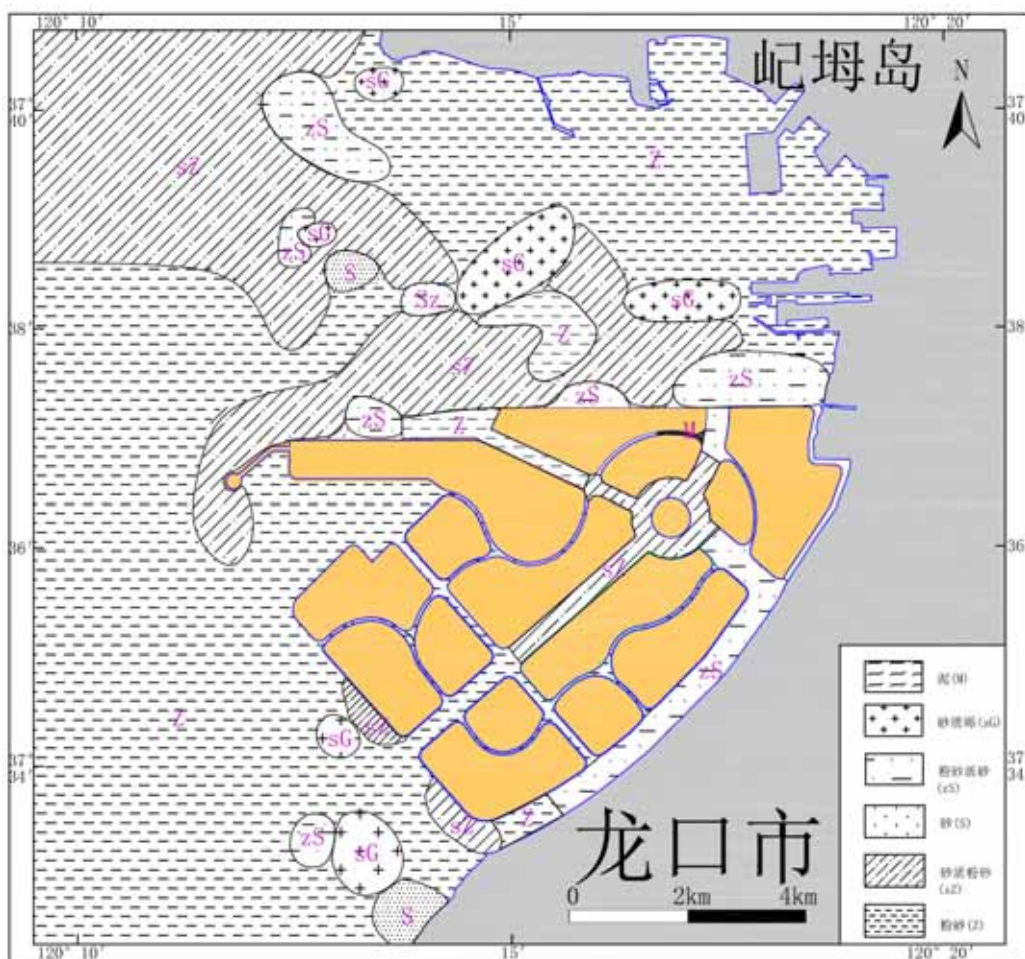


图 5.7.1-10 2018 年 7 月表层沉积物类型图

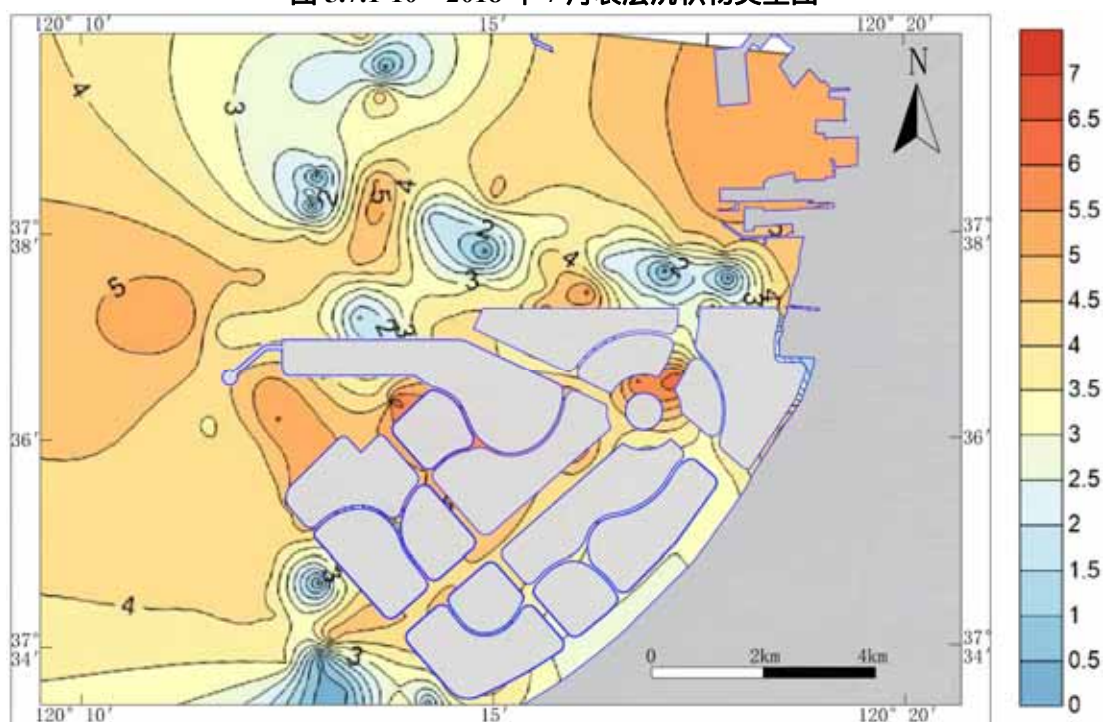


图 5.7.1-11 2018 年 7 月沉积物中值粒径 (ϕ 粒级) 分布图

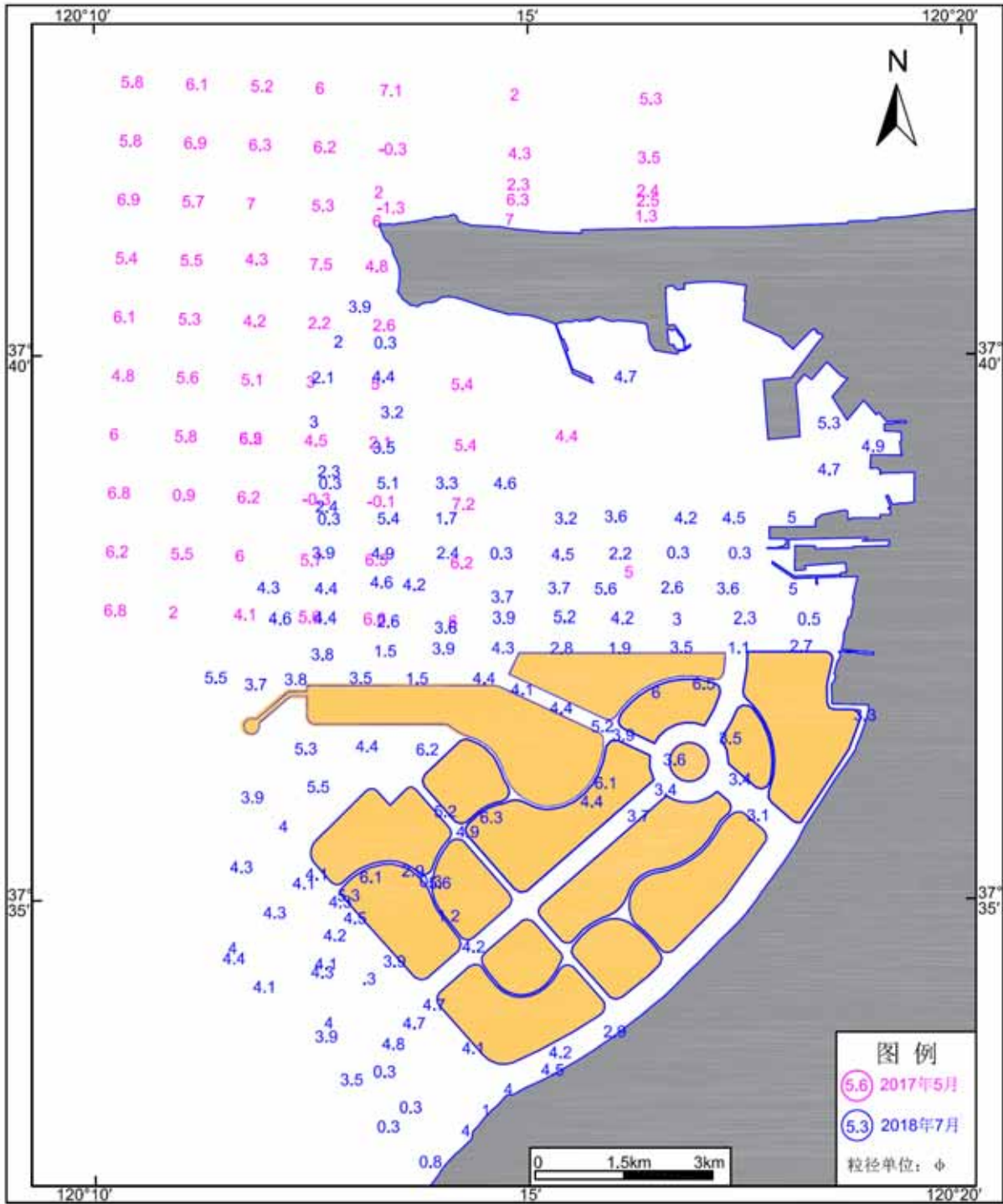


图 5.7.1-12 工程区取样点中值粒径 (ϕ 粒径) 分布图

5.7.2 实测地形地貌与冲淤特征

5.7.2.1 裕龙岛北侧海域冲淤现状与趋势分析

中国海洋大学于 2017 年 4 月在龙口湾布设了 11 条水深测量断面，同时收集了三期海图水深资料，结合实测水深测量结果，进行冲淤现状与趋势分析。

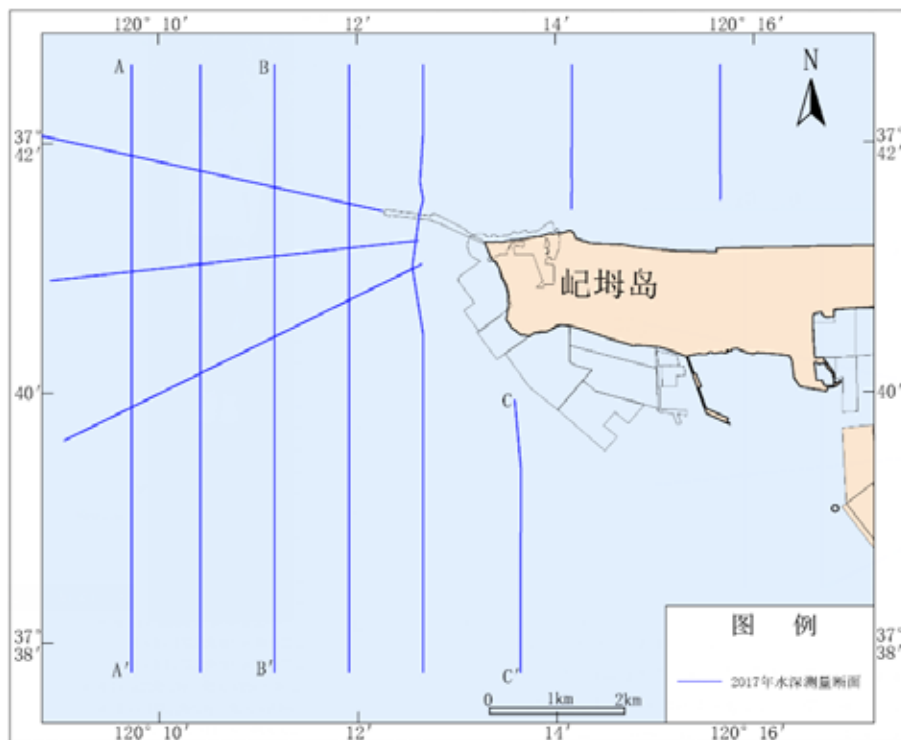


图 5.7.2-1 2017 年水深断面布设

根据中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的龙口港 2002 年海图（1999 年测量资料）和 1992 年海图（水深 1989 年测量资料）水深地形资料进行冲淤对比，对比结果见图 5.7.2-2。由图可知，1989-1999 年，龙口湾内处于淤积状态，年淤积量为 0.01~0.02m/a，砣姆岛高角处于侵蚀状态，年侵蚀量 0.02~0.10m/a。其它冲刷位置可能与龙口港疏浚有关。

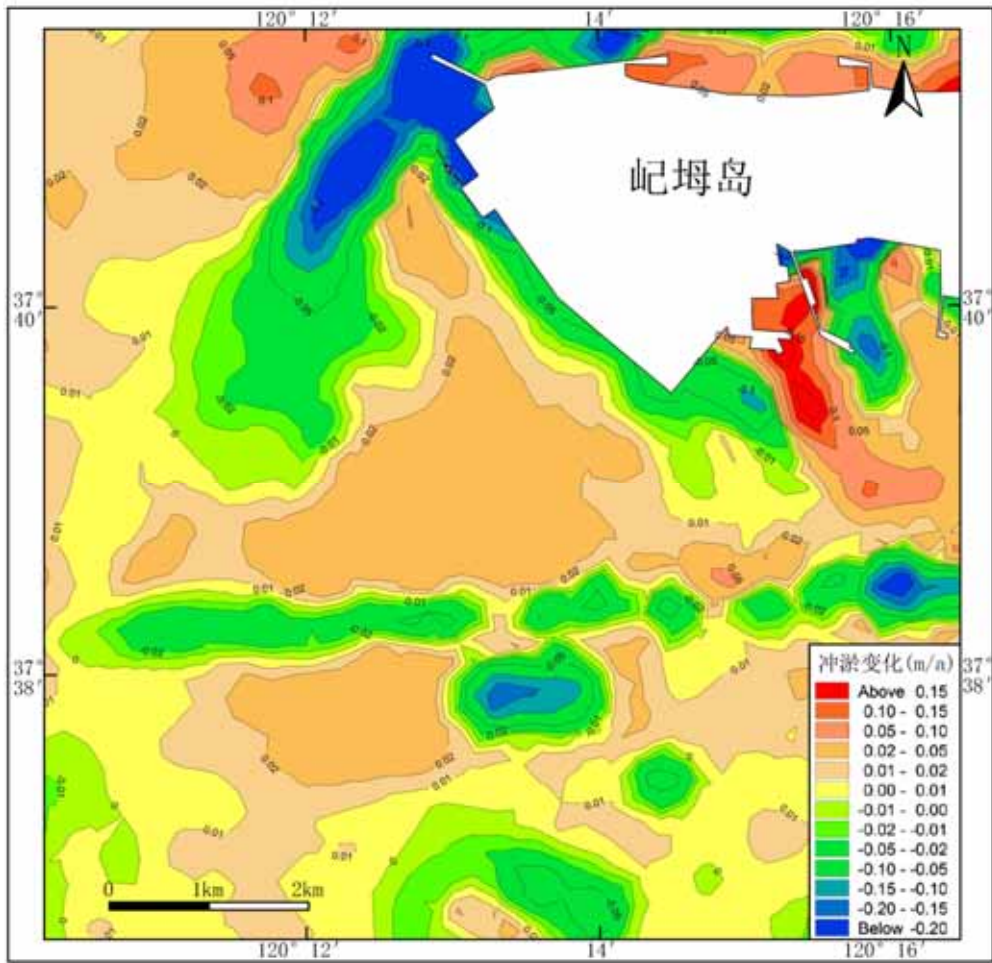


图 5.7.2-2 1989-1999 年水深对比结果

根据中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的龙口港 2002 年海图（1999 年测量资料）和 2014 年海图（2013 年测量资料）水深地形资料进行冲淤对比，对比结果见图 5.7.2-3。由图可知，1999-2013 年，由于龙口港的建设，工程附近海域水深变化较为复杂，但仍可以看出龙口湾内以淤积为主，砣姆岛高角处以侵蚀为主；湾内侵蚀区域主要位于航道内；龙口湾内存在多处冲刷坑，可能与人工岛或港口建设吹填取泥沙有关。

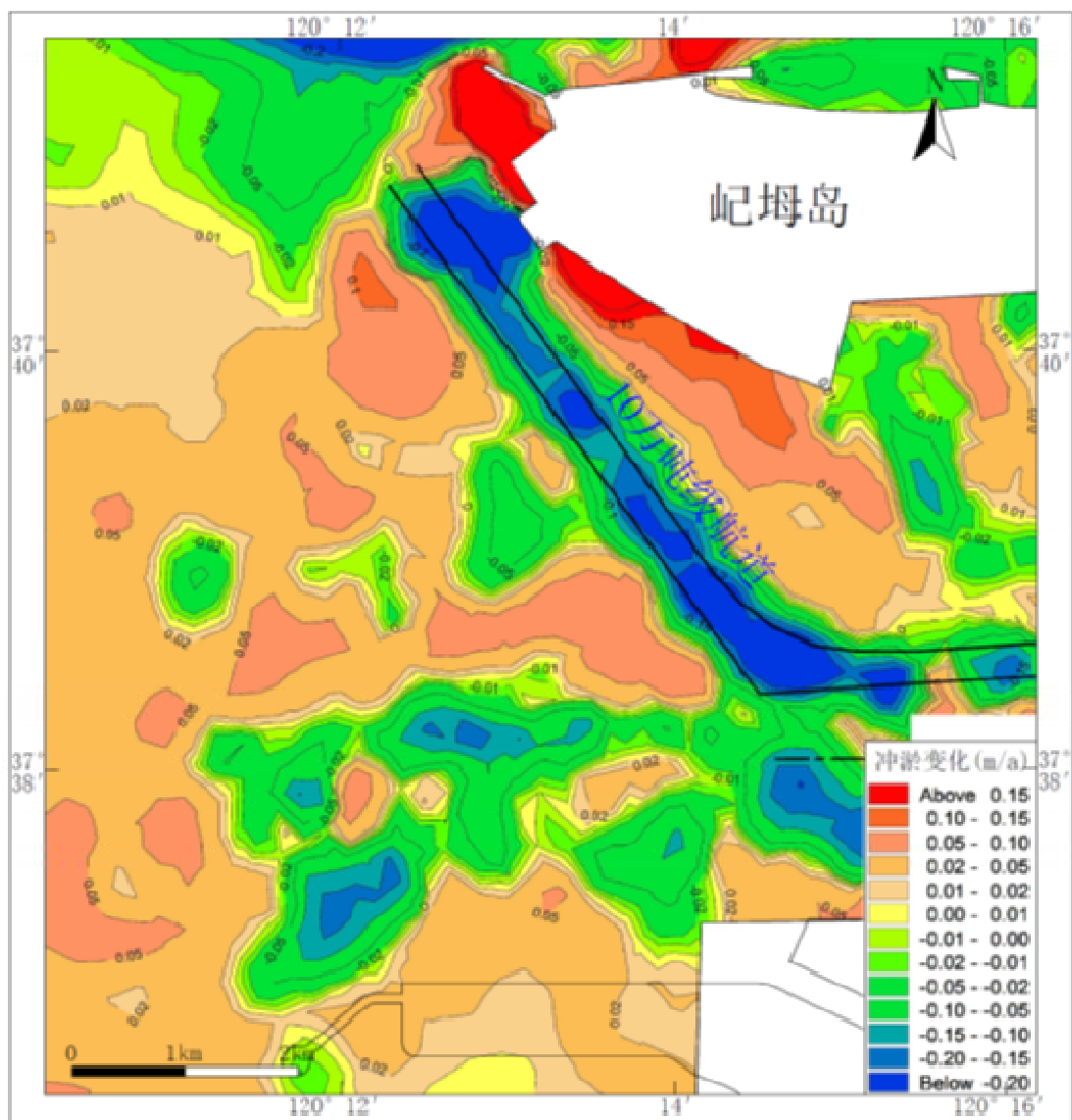


图 5.7.2-3 1992-2014 年水深对比结果

根据中国海洋大学 2017 年 4 月实测水深结果，结合 2002 年海图和 1992 年海图水深资料，选取 3 条断面进行水深对比，对比断面位置如图 5.7.2-1 所示，水深对比结果见图 5.7.2-4。

由图 5.7.2-4a 可知，A-A'断面主要处于淤积状态，0-3km 处（以 A 为起点，下同）淤积量较大，1989-1999 年淤积量在 0.15-0.25m 之间，平均淤积速率 1.5-2.5cm/a；3-7km 处淤积量较小，1989-1999 年淤积量在 0.06-0.10m 之间，平均淤积速率 0.6-1.0cm/a；5-6km 处水深变深主要是因为航道疏浚的结果。

由图 5.7.2-4b 可知，B-B'断面 0-4km 处主要处于侵蚀状态，年侵蚀量在 0.02-0.15m/a；4-7km 处主要处于淤积状态，1989-1999 年淤积量在 0.15-0.25m，平均淤积速率 1.5-2.5cm/a，1999-2017 年淤积量在 0.18-0.40m，平均淤积速率 1.0-2.3cm/a。

由图 5.7.2-4c 可知，C-C'断面主要处于淤积状态，1989-1999 年淤积量在 0.05-0.30m，

平均淤积速率 0.5-3.0cm/a ， 1999-2017 年淤积量在 0.50-0.60m， 平均淤积速率 2.7-3.3cm/a。

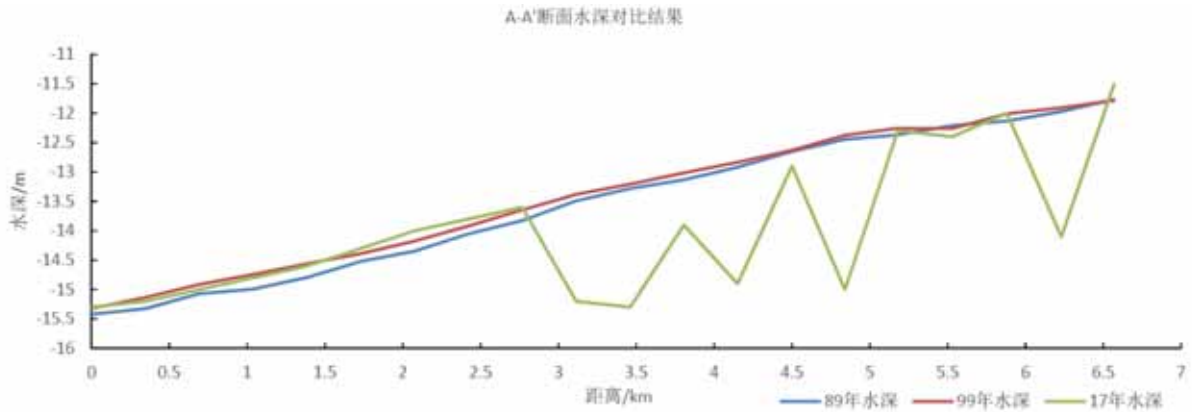


图 5.7.2-4a A-A'断面地形对比结果

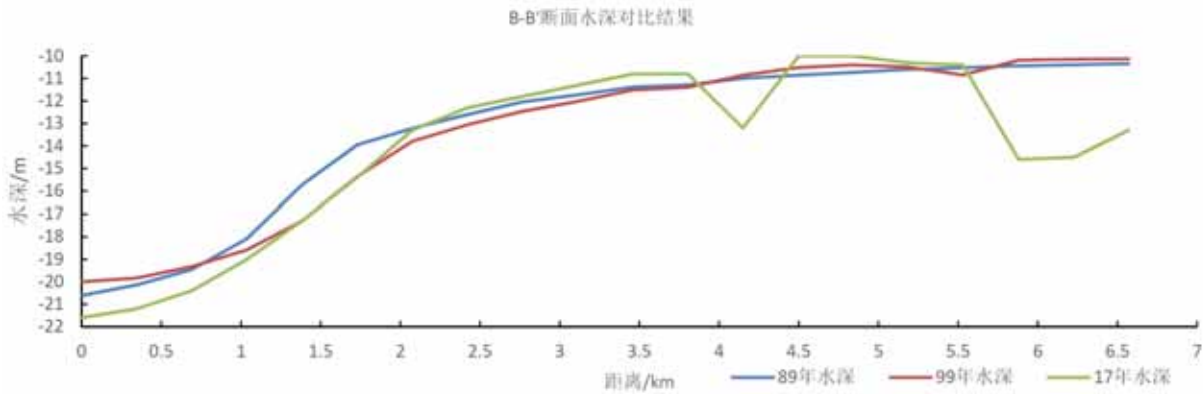


图 5.7.2-4b B-B'断面水深地形对比结果

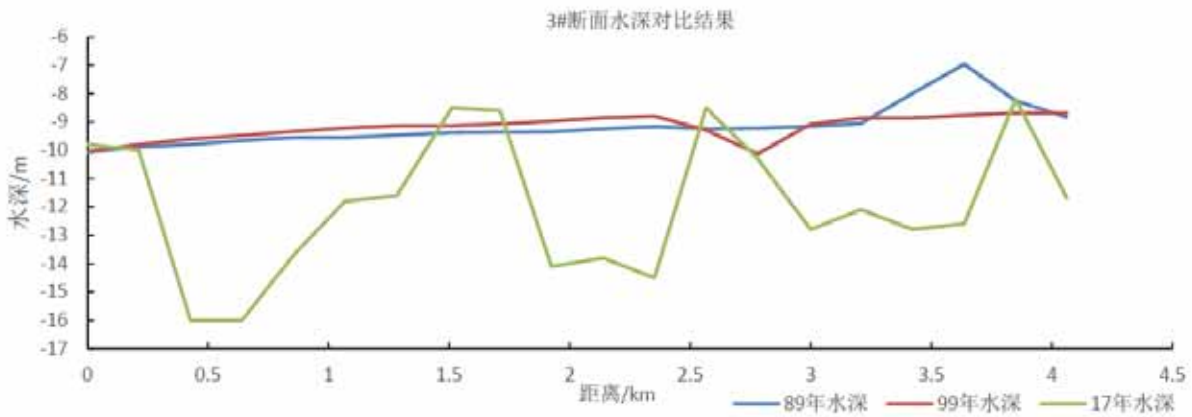


图 5.7.2-4c C-C'断面水深地形对比结果

5.7.2.2 裕龙岛西侧水深地形冲淤特征分析

中国海洋大学分别于 2010 年 6 月和 2016 年 6 月在人工岛西侧进行了两期水深地形测量，测线采用垂直岸线方式布设，从界河口开始连续布设 10 条，测线间距约 700m，设计测线总长约 15km，实际调查过程中由于调查海域分布较多地笼养殖，对水深测量工作造成一定影响，部分测线由于养殖区阻挡而无法到达。测线断面布设见图 5.7.2.2-1。

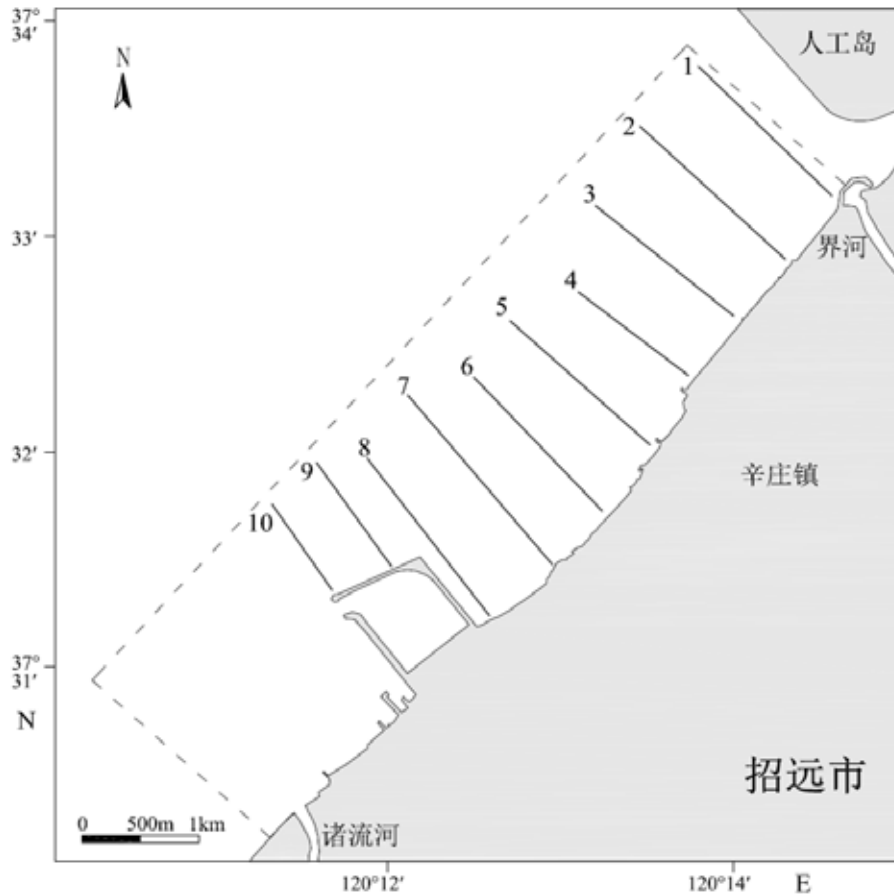


图 5.7.2.2-1 测线断面布置图

通过对 2010 年 6 月和 2016 年 6 月两期水深实测资料进行对比,可直观观测人工岛西侧区域近年的水深剖面变化情况,进一步分析人工岛西侧区域附近海域的冲淤变化特征,水深基准面采用当地理论深度基准,水深剖面对比情况见图 5.7.2.2-2~5.7.2.2-11。

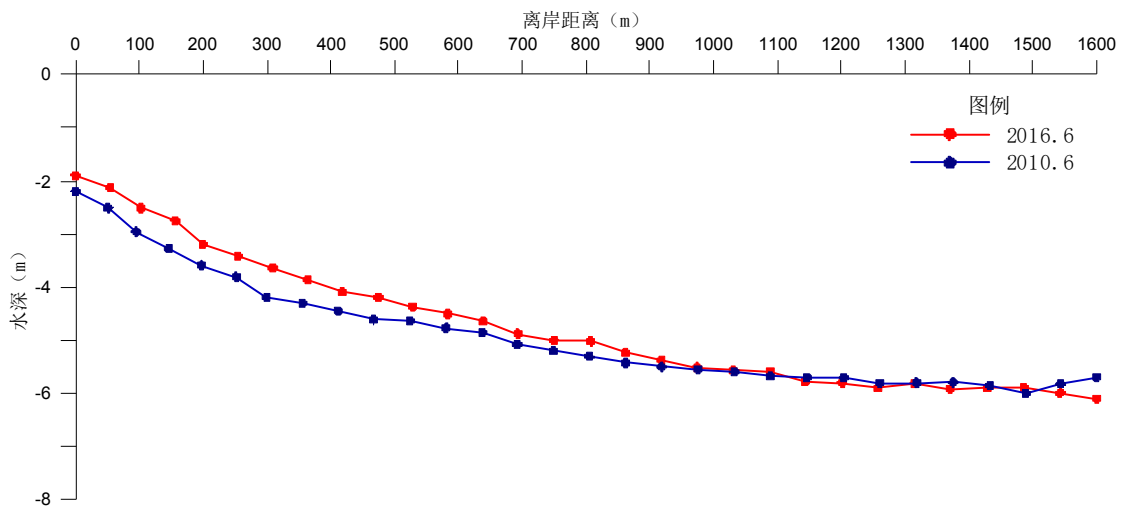


图 5.7.2.2-2 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 1)

水深测量对比结果表明:近 6 年时间内,人工岛西侧区域断面 1 处水深变化情况较大,海底坡度较稳定,平均坡度值约为 2.5‰。近岸 1km 范围内海底地形主要处于淤积状态,且呈现由岸向海淤积强度逐渐减小的特征,近岸 0~500m 范围内平均淤积速率约

为 0.067m/a, 500m~1km 范围内平均淤积速率 0.033m/a; 离岸 1km~1.5km 范围内海底地形主要处于冲淤动态平衡状态; 1.5km~1.6km 范围内局部处于冲蚀状态, 平均冲蚀速率约为 0.05m/a。

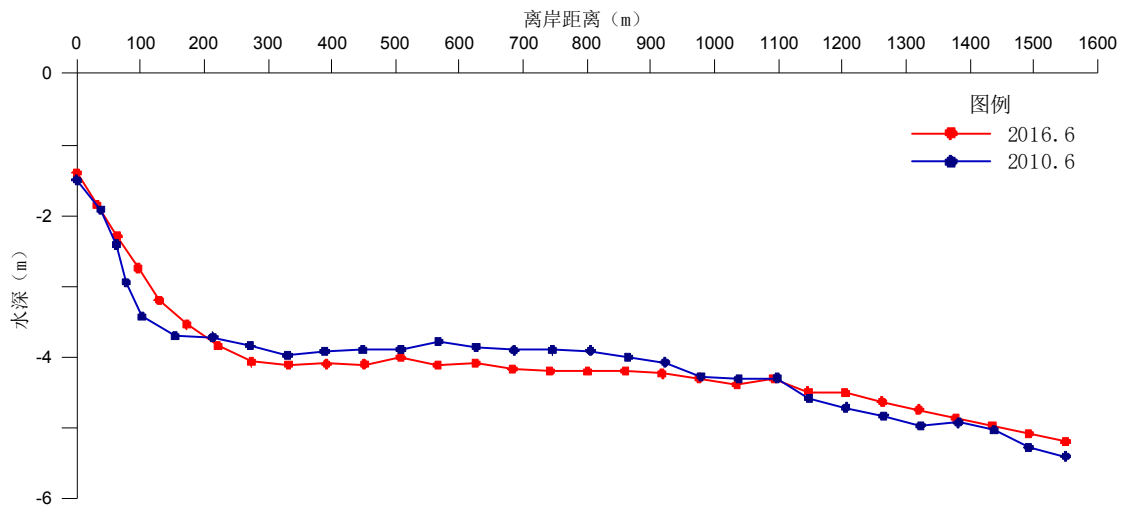


图 5.7.2.2-3 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 2)

水深测量对比结果表明: 断面 2 近岸 200m 范围内海底坡度较大, 平均坡度值约为 12.5‰, 200m~1.6km 范围内, 海底坡度明显变缓, 平均坡度值约为 1.07‰。近岸 200m 范围内海底地形主要处于淤积状态, 平均淤积速率约为 0.049m/a; 200m~1.1km 范围内海底地形主要处于轻微冲蚀状态, 平均冲蚀速率约为 0.046m/a; 1.1km~1.6km 范围内海底地形主要处于轻微淤积状态, 平均淤积速率约为 0.034 m/a。

200m~1.1km 该段 2010 年-2016 年总体呈现侵蚀状态, 可能与 2010 年到裕龙岛建设前的侵蚀量较大有关。裕龙岛围填海完成后该段总体呈淤积状态, 但淤积量较小, 不足以抵消前期的侵蚀量。随着时间推移, 该段将逐渐呈现弱淤积状态。

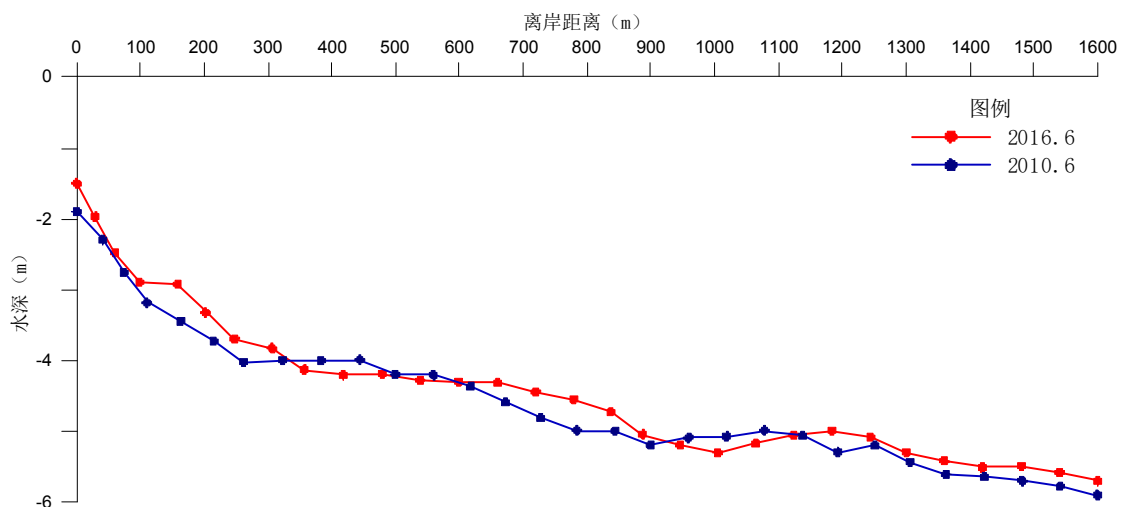


图 5.7.2.2-4 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 3)

水深测量对比结果表明: 断面 3 近岸 300m 范围内海底坡度变化程度相对较大, 平均坡度值约为 7.67‰, 300m~1.6km 范围内海底坡度相对近岸处有所减缓, 平均坡度值

约为 1.46‰。在人工岛西侧区域测量范围内，断面 3 附近海域海底地形基本处于冲淤动态平衡状态，仅有局部地区处于轻微淤积状态。

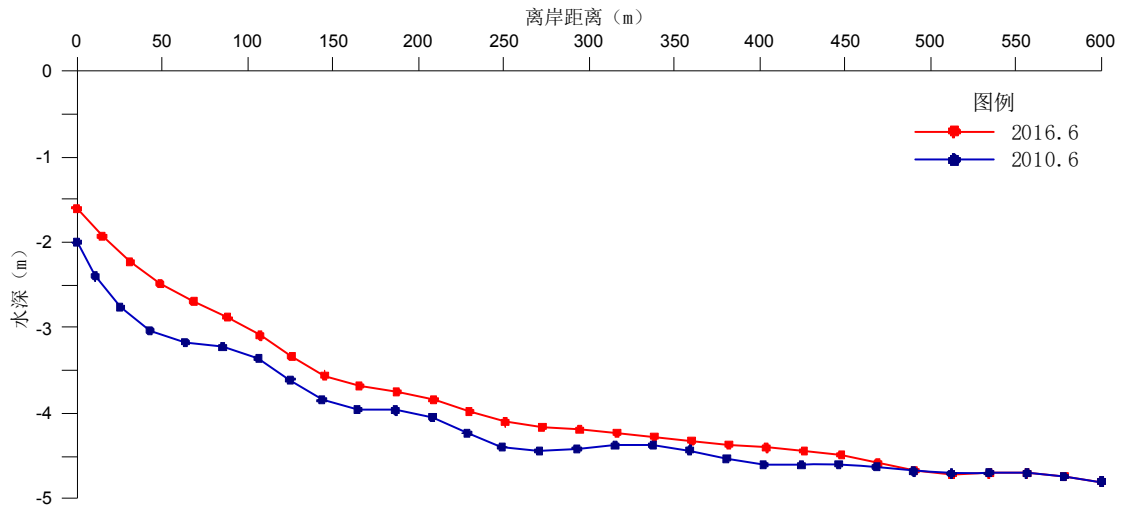


图 5.7.2.2-5 人工岛西侧区域水深断面对比图（断面 4）

水深测量对比结果表明：断面 4 实测长度较短，近岸 150m 范围内海底平均坡度值约为 12.7‰，150m~600m 范围内海底平均坡度值约为 2.67‰。近岸 450m 范围内海底地形基本处于淤积状态，且呈现近岸淤积强度大离岸淤积强度小的特点，450m~600m 范围内海底地形基本处于冲淤平衡状态。

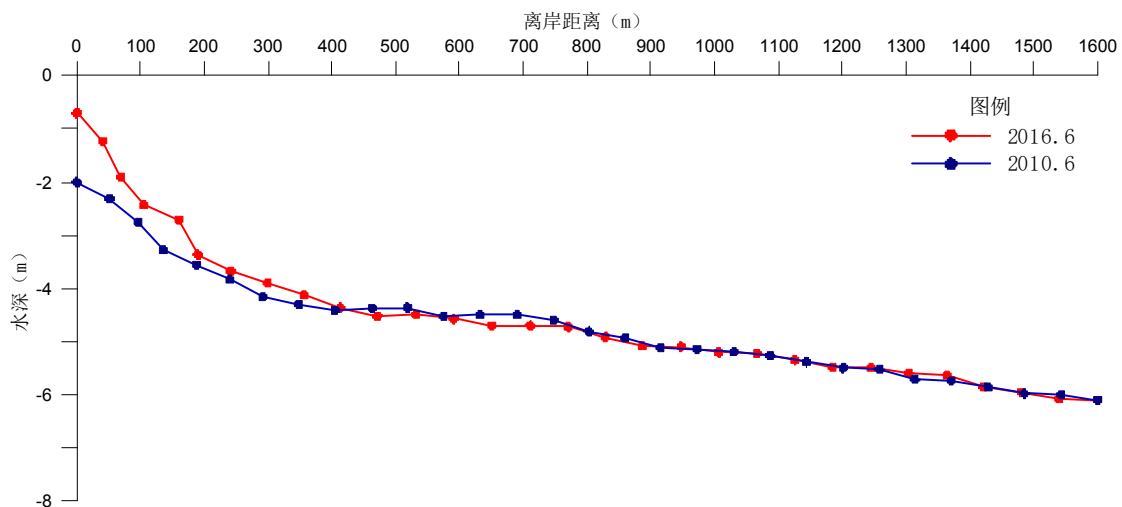


图 5.7.2.2-6 人工岛西侧区域水深断面对比图（断面 5）

水深测量对比结果表明：断面 5 与断面 3 海底地形地貌变化情况基本一致，均为近岸海底坡度相对较大，400m 范围内平均坡度值约为 9.0‰，400m~1.6km 范围内海底坡度相对较缓，平均坡度值约为 1.5‰。近岸 200m 范围内海底地形主要处于淤积状态，淤积速率约为 0.067m/a，200m~1.6km 范围内，海底地形基本处于冲淤平衡状态。

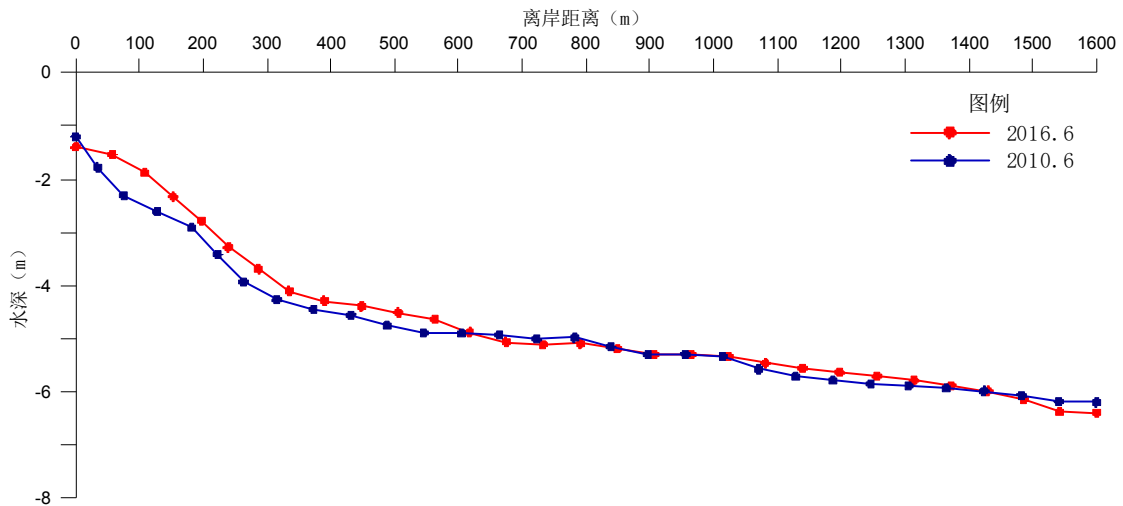


图 5.7.2.2-7 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 6)

水深测量对比结果表明：断面 6 近岸 300m 范围内海底坡度较大，平均坡度值约为 10.0‰，300m~1.6km 范围内海底坡度明显变缓，平均坡度值约为 1.54‰。近岸 600m 范围内海底地形主要处于轻微淤积状态，平均淤积速率约为 0.067m/a，600m~1.6km 范围内海底地形基本处于冲淤平衡状态。

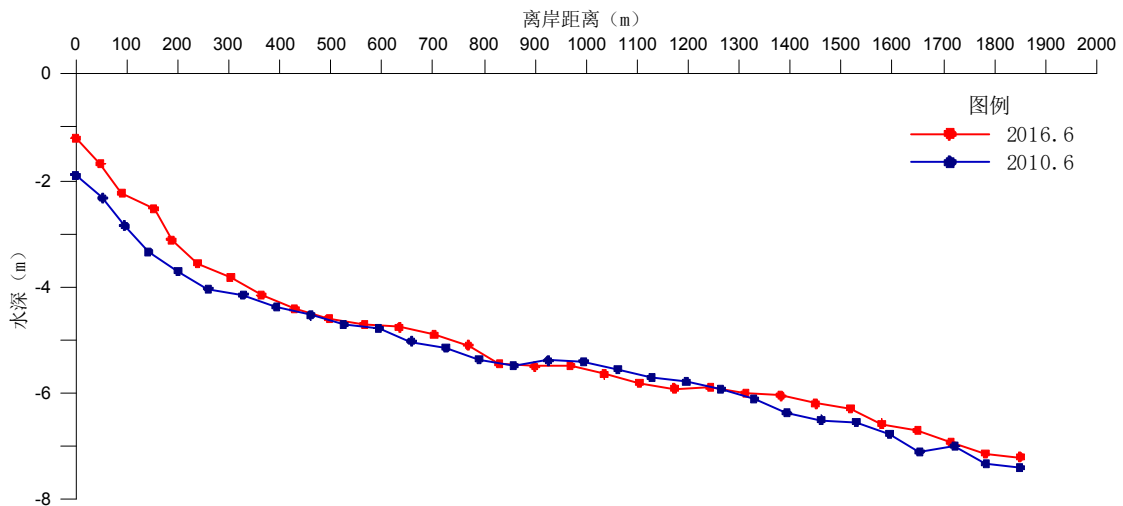


图 5.7.2.2-8 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 7)

水深测量对比结果表明：断面 7 与断面 6 变化趋势基本一致，近岸 300m 范围内海底平均坡度值约为 8.67‰，该段海底地形基本处于轻微淤积状态，平均淤积速率约为 0.083m/a；300m~1.8km 范围内海底平均坡度值约为 2.27‰，该段海底地形主要以动态冲淤平衡状态为主。

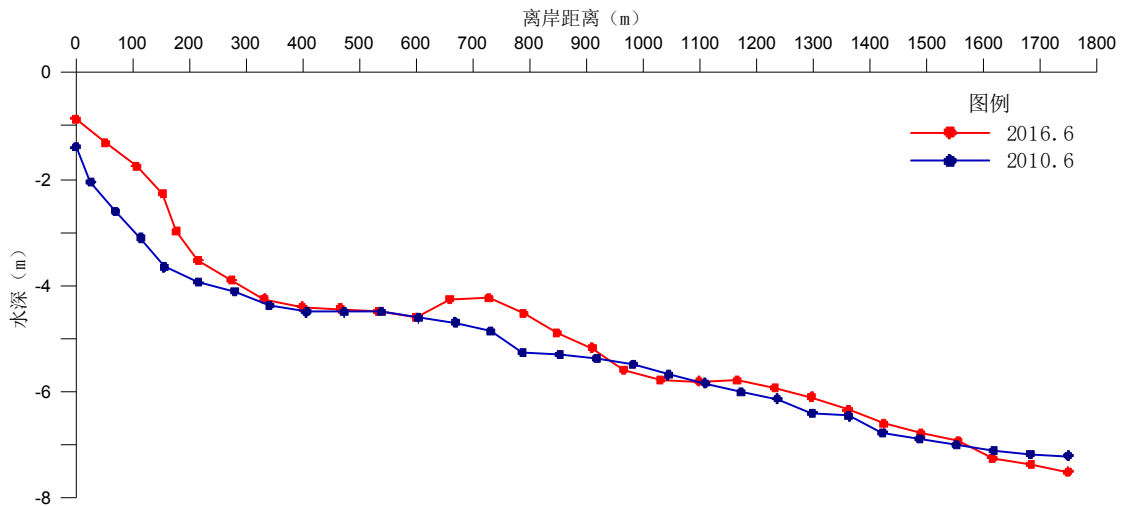


图 5.7.2.2-9 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 8)

水深测量对比结果表明：断面 8 近岸 300m 范围内海底坡度较大，平均坡度值约 9.33%，300m 至 1.8km 范围内海底平均坡度值减至 2%。近岸 200m 范围内海底地形基本处于淤积状态，平均淤积速率约为 0.2m/a，淤积速率较其他断面大，离岸 600m~900m 段处于淤积状态，其余各段海底地形均处于动态平衡状态。考虑到该断面紧邻招远春雨旅游码头东侧，600m~800m 范围处于码头东北角处，因此，认为该段 2016.6 水深测线明显变浅非自然冲淤变化引起，可能与码头建设有关。

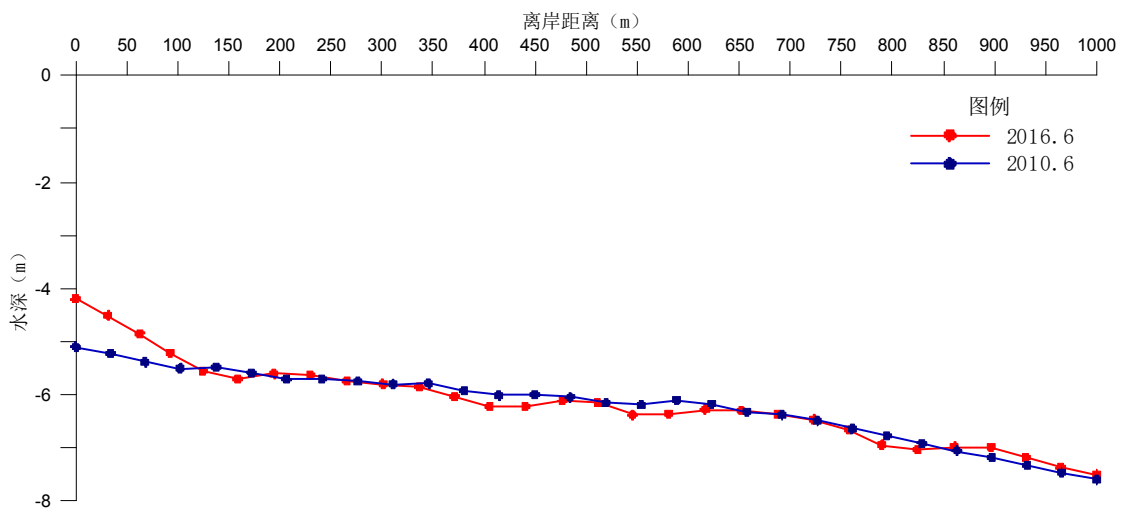


图 5.7.2.2-10 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 9)

水深测量对比结果表明：断面 9 海底坡度相对较缓，平均坡度值约为 2.5%，位于码头前沿 100m 范围内局部海域处于淤积状态，平均淤积速率约为 0.1m/a，100m~1km 范围内海底地形基本处于动态冲淤平衡状态。

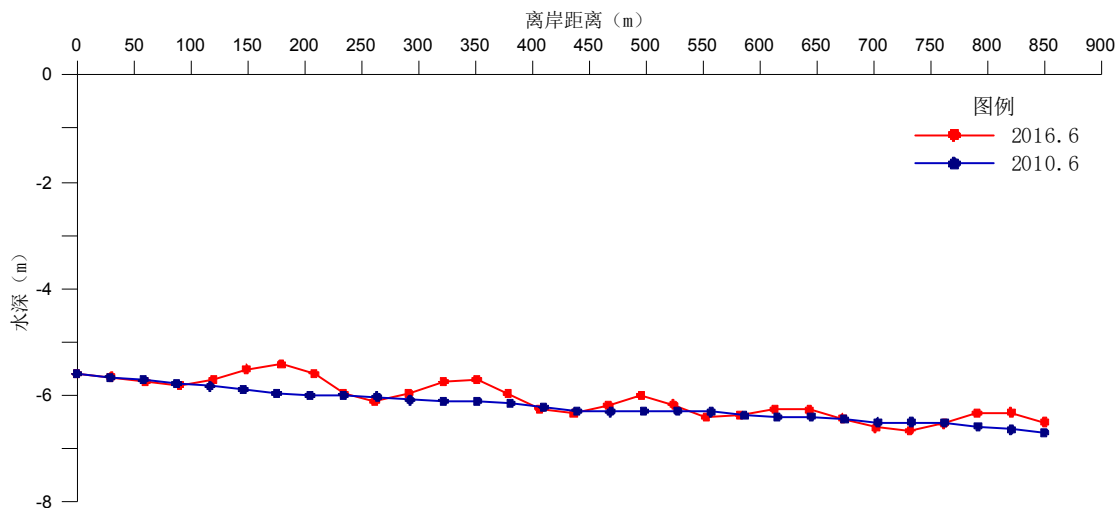


图 5.7.2.2-11 人工岛西侧区域水深断面对比图 (断面 10)

水深测量对比结果表明：断面 10 海底坡度较平缓，坡度值较小，平均为 1.29‰，该断面主要位于招远春雨码头前方，海底地形基本处于动态冲淤平衡状态。

综上所述，除断面 9、断面 10 外，其余各断面离岸 500m 左右范围内海岸坡度均相对较陡，离岸 500m 范围外海岸坡度则明显变缓。同时，离岸 500m 左右范围内海底地形基本处于淤积状态，仅断面 2 和断面 6 近岸处局部区域处于冲蚀或冲淤平衡状态；离岸 500m 范围外各断面基本处于动态冲淤平衡状态。

冲淤模拟结果表明，裕龙岛西侧海域整体处于淤积状态，淤积速率由岸向海逐渐增加，淤积速率介于 0.001-0.005m/a 之间，近岸 100 米左右范围内处于微侵蚀状态，侵蚀速率小于 0.001m/a。冲淤模拟结果见图 5.7.2.2-12。

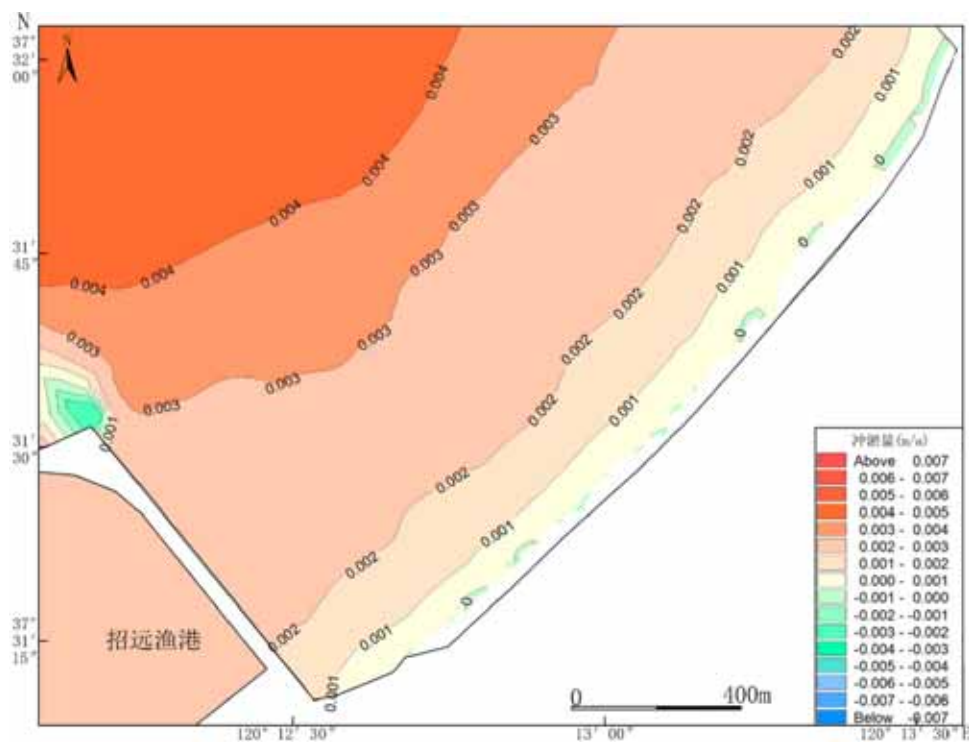


图 5.7.2.2-12 年冲淤速率分布图

5.7.2.3 龙口市北部岸线地形地貌冲淤变化特征

中国海洋大学 2017 年 4 月在龙口北部海域侧进行了水深地形测量，测线断面布设见图 2.2-1。

结合 2014 年海图（2013 年测量资料）水深地形资料和 2017 年 4 月水深实测资料进行对比，可直观观测龙口北部海域近年的水深剖面变化情况，进一步分析研究区附近海域的冲淤变化特征，水深基准面采用当地理论深度基准，水深剖面对比情况见图 5.4-1~5.4-10。

D-D'断面 0-400m 近岸段处主要处于侵蚀状态，年侵蚀量在 0.1-0.3m/a；400-1000m 处主要处于淤积状态，2013-2017 年的淤积量在 0.15-1.2m，年淤积量约 0.05-0.40m。

E-E'断面 0-200m 近岸段处主要处于侵蚀状态，年侵蚀量在 0.1-0.3m/a；200-600m 处主要处于淤积状态，2013-2017 年的淤积量在 0.15-1.0m，年淤积量约 0.05-0.30m。600-1800m 处于冲淤平衡状态。

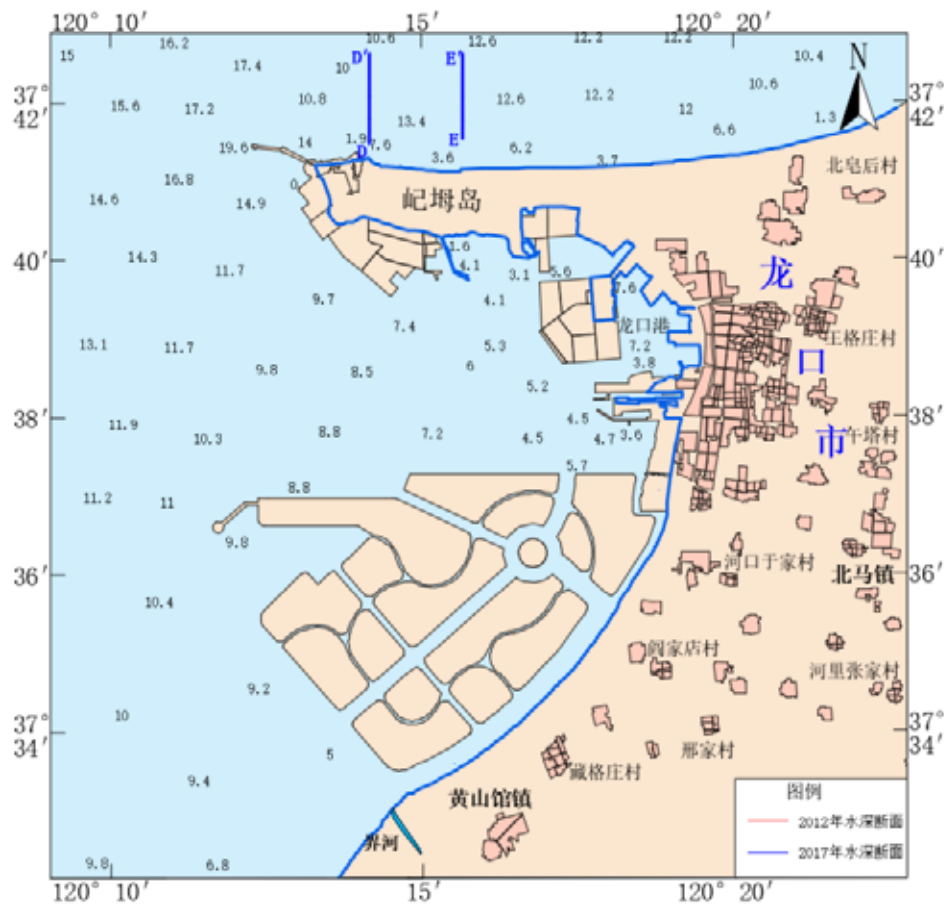


图 5.7.2.3-1 龙口北部海域水深地形断面布设图（2012~2017 年）

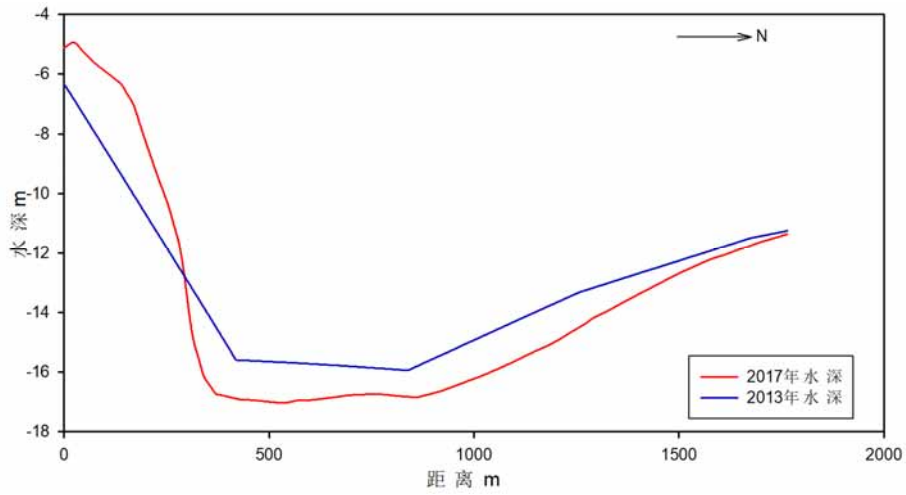


图 5.7.2.3-2 水深变化对比 (剖面 D)

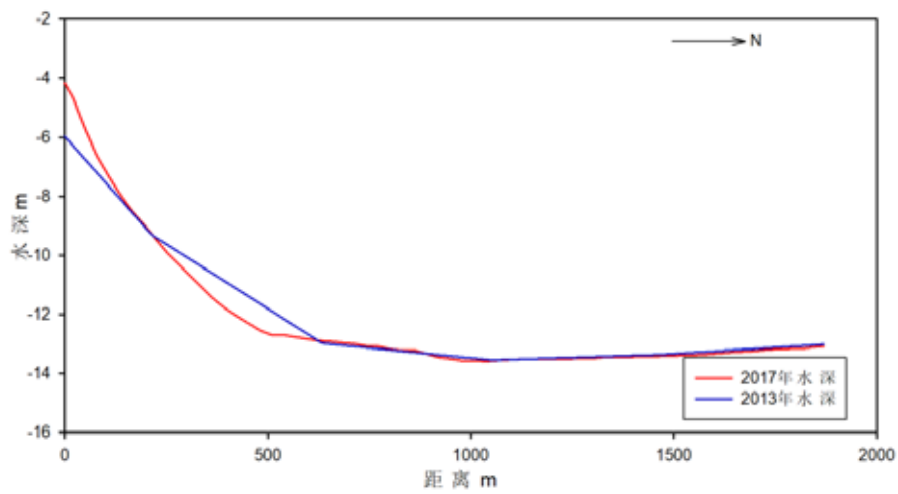


图 5.7.2.3-3 水深变化对比 (剖面 E)

5.7.2.4 裕龙岛区域地形地貌冲淤变化特征

(1) 工程建设前裕龙岛周边冲淤现状特征

根据建设单位提供的 2011 年工程建设前的水深地形图，工程所在区域的水深介于 -0.3 至 -10.0m（理论深度基准面）之间。

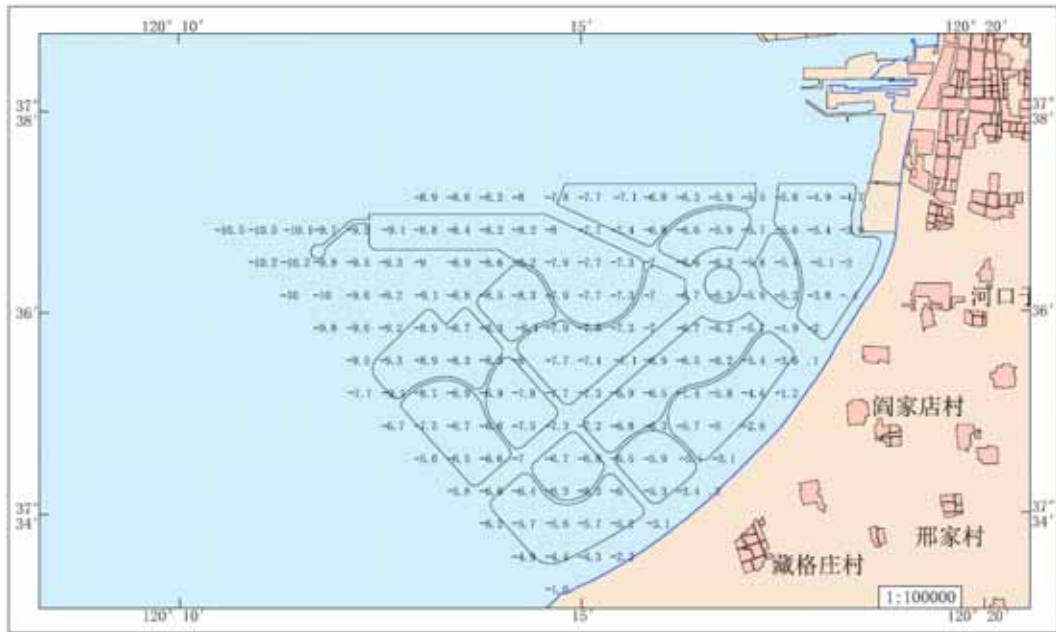


图 5.7.2.4-1 工程建设前水深地形图

(2) 裕龙岛周边冲淤变化特征

中国海洋大学于 2018 年 9 月在工程区附近进行了水深地形测量，结合 2017 年 4 月和 2016 年 6 月分别在工程区北侧和西侧进行的水深地形测量资料，根据实测水深测量结果进行冲淤现状分析。



图 5.7.2.4-2 剖面位置图

北侧断面位于砵姆岛西侧，受疏浚工程等影响，水深变化较剧烈，整体处于侵蚀状态，侵蚀量约 1-2m，最大可达 6m；局部区域发生淤积，2017-2018 年淤积量在 1.0-2.5m 之间；水深变化较大主要是因为航道疏浚造成的结果。

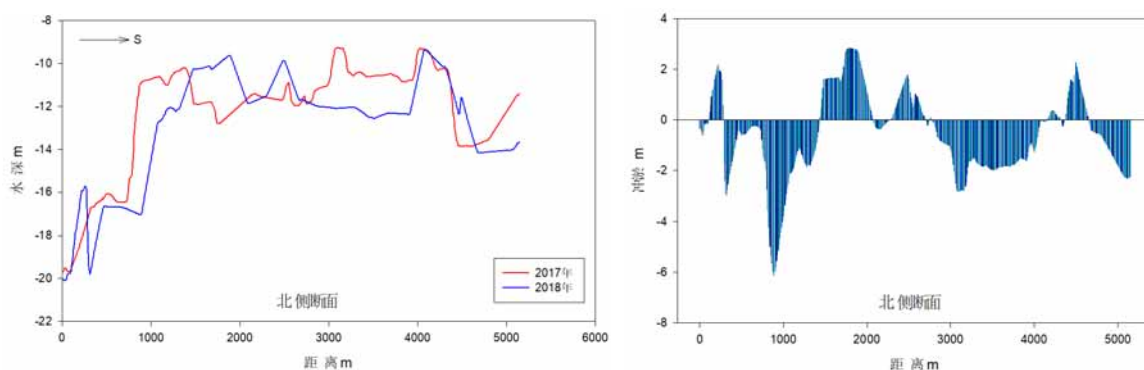


图 5.7.2.4-3 北侧断面水深地形对比

西侧断面位于裕龙岛界河口西侧，整体处于淤积状态。近岸段至 5m 等深线区域呈轻微淤积状态，2016-2018 年淤积量约 0.1-0.3m；5m 等深线向海侧局部发生侵蚀，2016-2018 年侵蚀量约 0.1-0.15m。

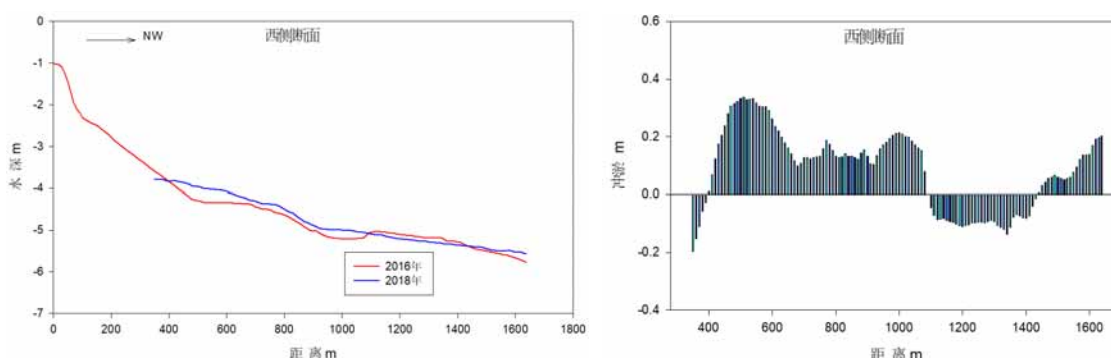


图 5.7.2.4-4 西侧断面水深地形对比

(3) 裕龙岛区域冲淤变化特征

根据 2018 年 9 月水深地形和 2011 年建设前区域的水深地形测量资料对工程区域冲淤变化情况进行分析，水深对比断面位置见图 5.7.2.4-4。结果表明：

- 1) 裕龙岛北侧附近周边海域的海底地形总体呈轻微淤积趋势，年冲淤变化量约 1-5cm/年；裕龙岛西南侧附近 7m 以深海底整体处于冲刷状态，年冲刷量约 1-3cm/年，近岸段 7m 以深海底处于淤积状态，年淤积量约 1-3cm/年。
- 2) 防波堤内侧 2#岛附近淤积严重，年淤积量约 10-15cm/年。
- 3) 水道内流速减弱处发生淤积，一般淤积段水道淤积厚度 0.1-0.5m，年淤积量约 4-7cm/年；主水道轻微淤积，年淤积量约 1-2cm/年；岛内小水道年淤积量约 4-7cm/年；
- 4) 防波堤内侧 1#岛和 2#岛间水道淤积严重，年淤积量约 25-30cm/年；
- 5) 疏浚区水深显著变大，疏浚坑深 3~6m。



图 5.7.2.4-5 水深对比剖面位置图

(4) 人工岛外侧区域水深地形变化

①剖面 1 位于 3#岛北侧，剖面 1 处海底整体处于轻微淤积状态，2011 年-2018 年的淤积量在 0.1-0.4m 之间，年淤积量约 1-5cm/年。

自 3#岛西北角向东 0.5km 段处于轻微的冲刷状态，冲刷量约 0-0.15m，向东 3.8km 处有一疏浚坑水深增大 3m。

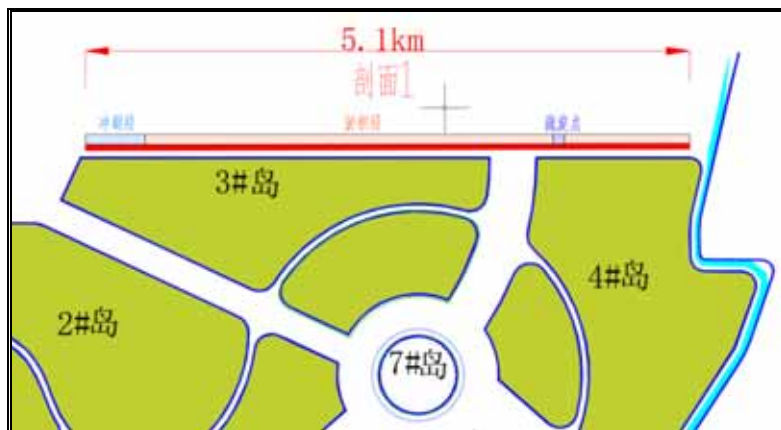


图 5.7.2.4-6 剖面 1 位置及冲淤状况示意图

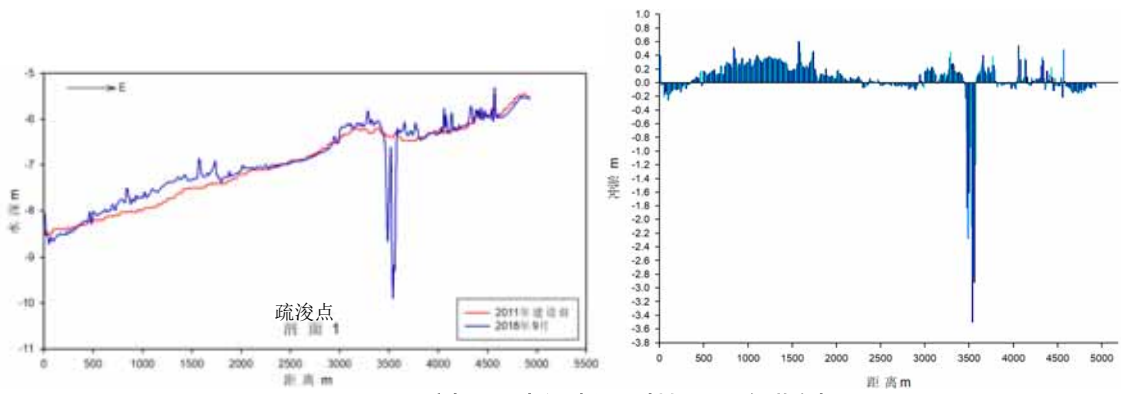


图 5.7.2.4-7 剖面 1 水深断面对比 (3#岛北侧)

②剖面 2 位于 2#岛北侧，剖面 2 处海底整体处于轻微淤积状态，年淤积量约 1-5cm/年。

西侧 0-2.2km 段由于受人工疏浚等影响，海底地形表现为冲刷状态，2011 年-2018 年的冲刷量在 0.1-0.2m 之间，最大可达 0.6m。

东侧 2.2-3.5km 段由于受到吹填溢流影响，表现为淤积状态，2011 年-2018 年的淤积量在 0.2-0.4m 之间，淤积严重部分可达 0.9m。



图 5.7.2.4-8 剖面 2 位置及冲淤状况示意图

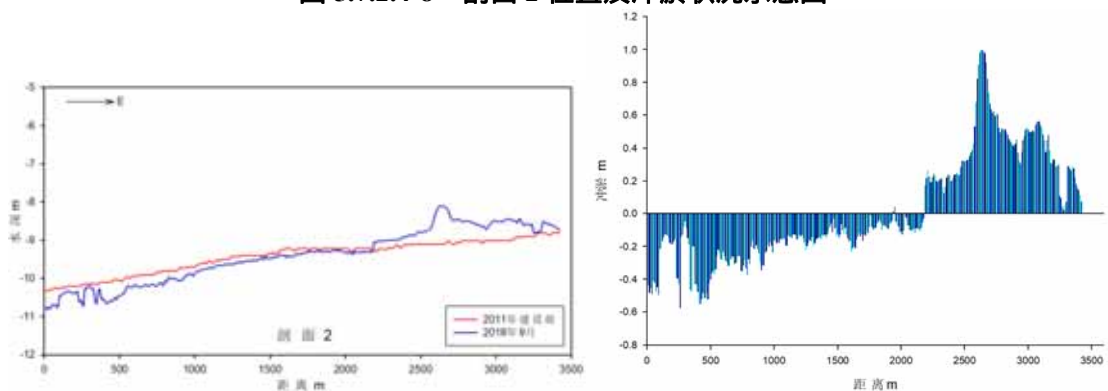


图 5.7.2.4-9 剖面 2 水深断面对比 (2#岛北侧)

③剖面 4 位于 2#岛防波堤西北侧。海底整体处于冲刷状态，年冲刷量约 3-5cm/年。

剖面 4 处海底地形整体处于冲刷状态，2011 年-2018 年的冲刷量在 0.2-1.0m 之间，300-700m 段存在一疏浚坑，疏浚坑浚深达 3.5-4.5m。

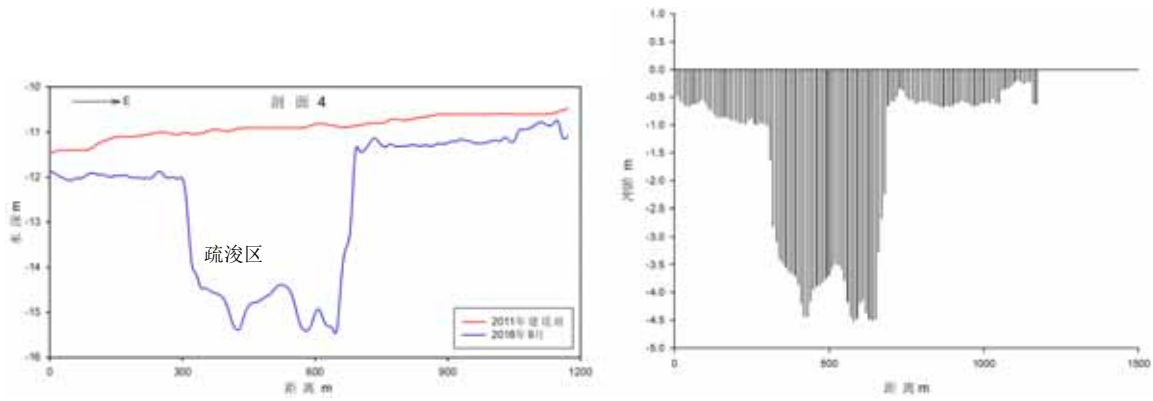


图 5.7.2.4-10 剖面 4 水深断面对比 (1#岛西北侧)

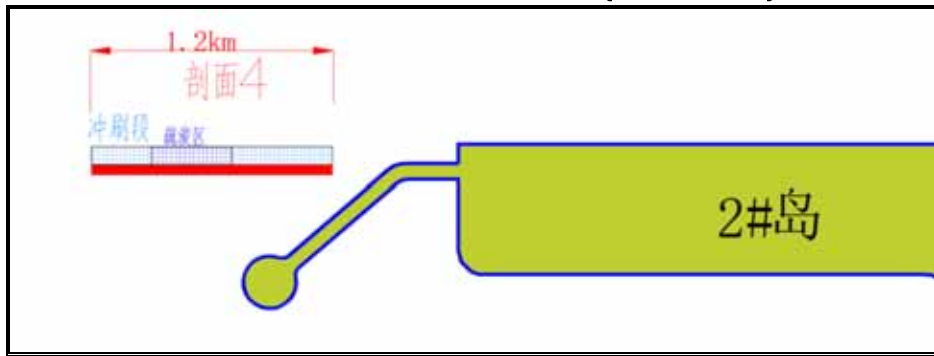


图 5.7.2.4-11 剖面 4 位置及冲淤状况示意图

④剖面 3 位于 1#岛-6#岛西侧。7m 以深海底整体处于冲刷状态，年冲刷量约 1-3cm/年。近岸段 7m 以深海底处于淤积状态，年淤积量约 1-3cm/年。

由图可知，西北侧 0-3.2km 段处于整体轻微冲刷状态，2011 年-2018 年的冲刷量在 0.1-0.3m 之间。自 1#岛-6#岛主水道入口南侧至东南方向近岸侧的 3.2-4.6km 段表现为淤积状态，2011 年-2018 年 1#岛-6#岛水道口南侧淤积量约 0.75m，近岸段淤积量约 0.2-0.4m。

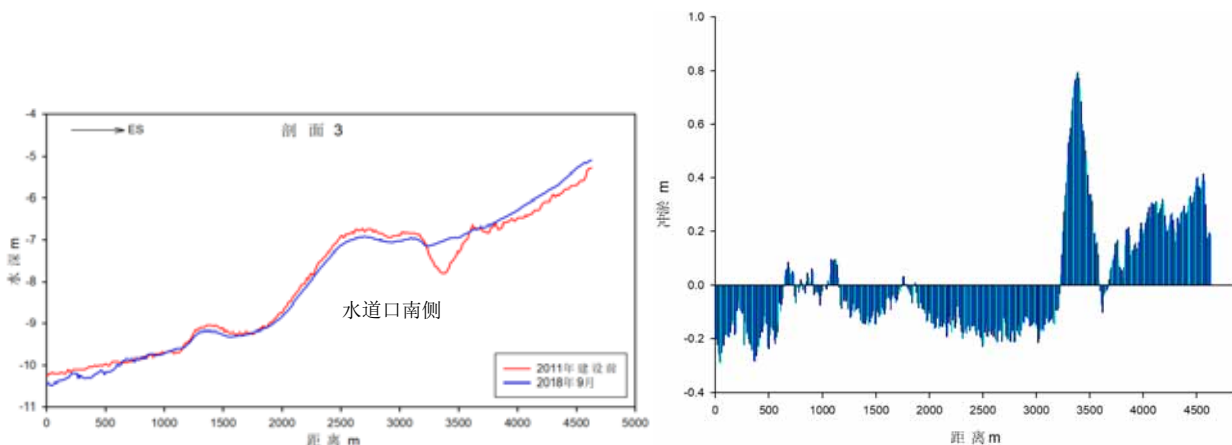


图 5.7.2.4-12 剖面 3 水深断面对比 (1#岛-6#岛西侧)

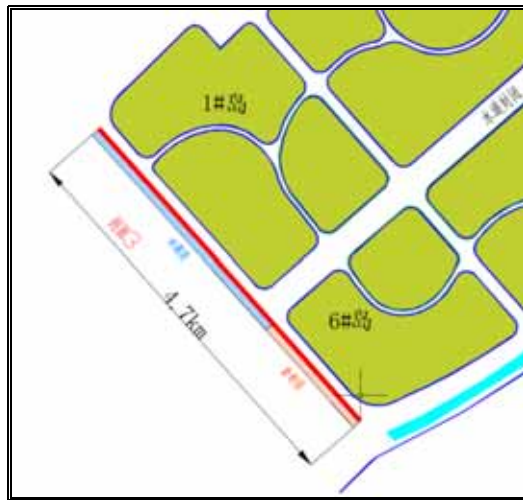


图 5.7.2.4-13 剖面 3 位置及冲淤状况示意图

(5) 2#岛防波堤内侧水深地形变化

剖面 5、剖面 6 位于 2#岛防波堤内侧。海底处于淤积状态，年淤积量约 10-15cm/年，且越靠近防波堤内侧，淤积情况愈加严重。

由于受到防波堤的遮挡，水道内流速减弱，由图可见，海底地形呈明显的淤积趋势，2011 年-2018 年淤积量约 1m-2.5m，且越靠近 2#岛淤积量越大。疏浚区水深显著变大，疏浚坑深 2.0-6.5m。

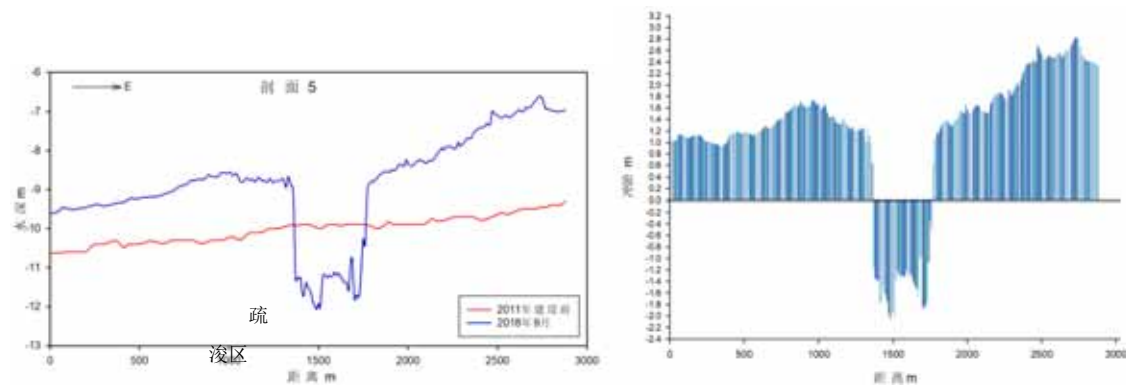


图 5.7.2.4-14 剖面 5 水深断面对比（防波堤内侧靠近围堰）

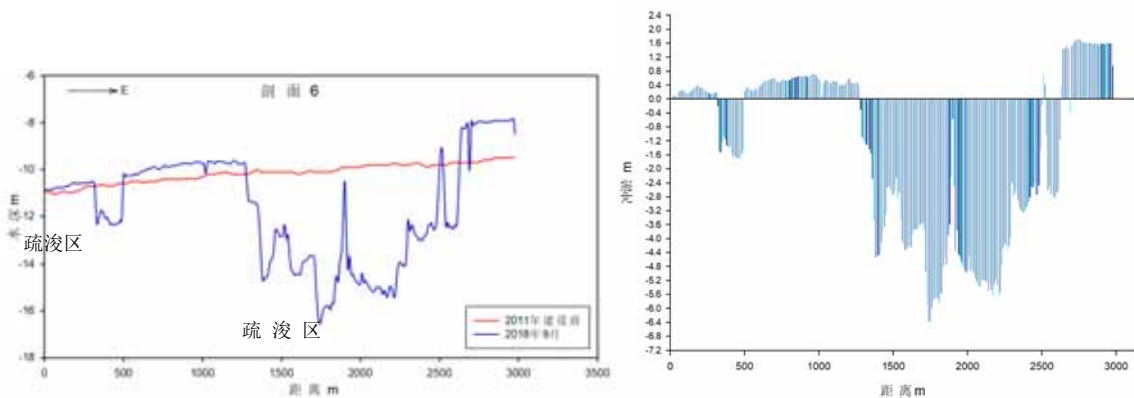


图 5.7.2.4-15 剖面 6 水深断面对比（防波堤内侧疏浚区）

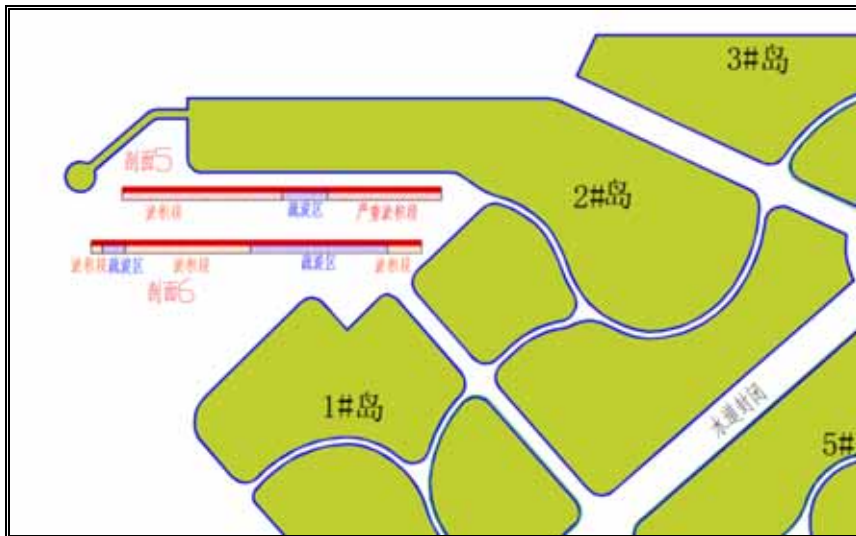


图 5.7.2.4-16 剖面 5、剖面 6 位置及冲淤状况示意图

(6) 人工岛水道内水深地形变化



图 5.7.2.4-17 剖面 7、剖面 8 位置及冲淤状况示意图

①剖面 7 位于 2#岛-3#岛间的主水道内。水道内整体处于淤积的状态，年淤积量约 3-7cm/年。

水道内由于流速减弱，整体处于淤积的状态，2011 年-2018 年的淤积量平均约 0.2m-0.5m，吹填溢流口附近淤积量明显增大，约 0.5-1.2m，最大淤积量局部可达 1.5m。

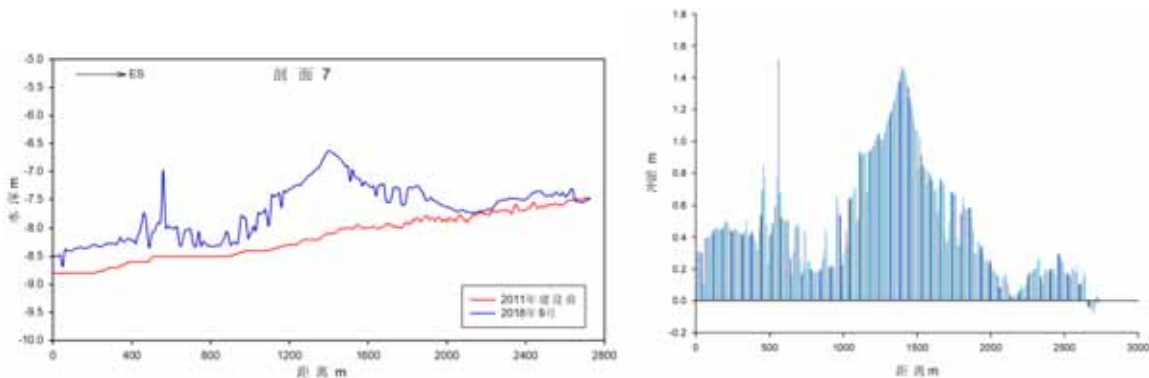


图 5.7.2.4-18 剖面 7 水深断面对比（北侧 2#岛-3#岛间主水道）

②剖面 8 位于东北侧 3#岛-4#岛-7#岛间主水道内。水道内整体处于淤积的状态，年

淤积量约 1-2cm/年。

由图可见，水道内总体处于淤积的状态，2011年-2018年的淤积量平均约 0.1m-0.3m，局部受到吹填溢流影响，淤积可达 0.8m。2.8km 段因疏通水道，水深明显变大，变化量约 3-5.0m。

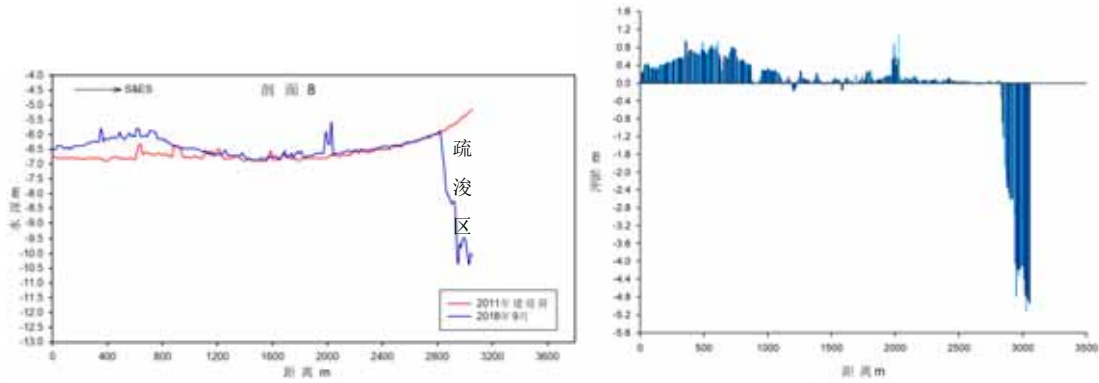


图 5.7.2.4-19 剖面 8 水深断面对比 (3#岛-4#岛-7#岛间主水道)

③剖面 9 位于南侧 1#岛-6#岛间主水道内。水道内整体处于淤积的状态，2011年-2018年的淤积量约 0.1m-0.4m。年淤积量约 1-2cm/年。

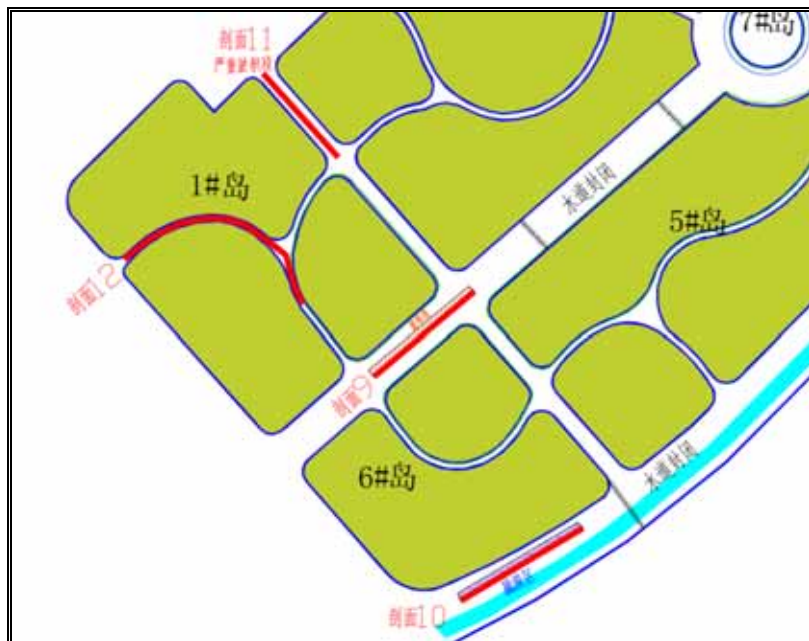


图 5.7.2.4-20 剖面 9—剖面 12 位置及冲淤状况示意图

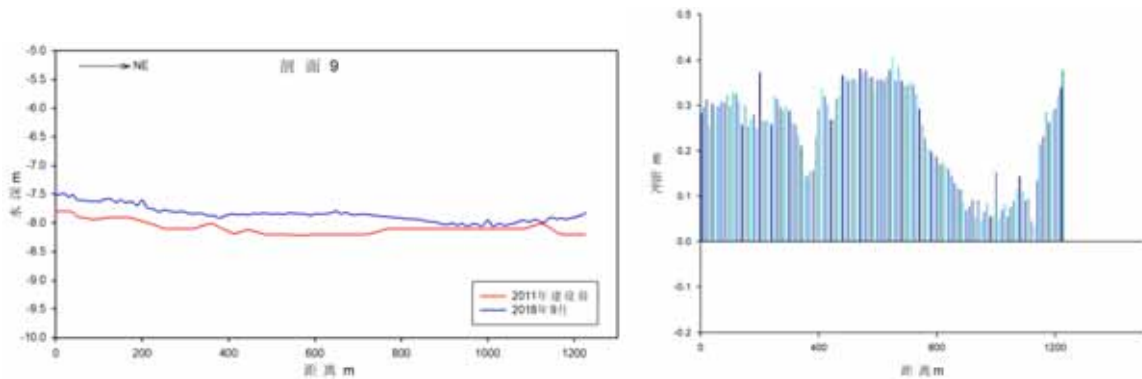


图 5.7.2.4-21 剖面 9 水深断面对比 (1#岛-6#岛间主水道)

④剖面 10 位于西南侧 6#岛至岸边的主水道内。水道经过疏浚,对比 2011 年建设前,2018 年浚后水深增加约 2.5m-8.0m, 局部位置加深可达 10.0m。水道入口处有轻微的淤积现象, 淤积量约 0.1-0.15m。

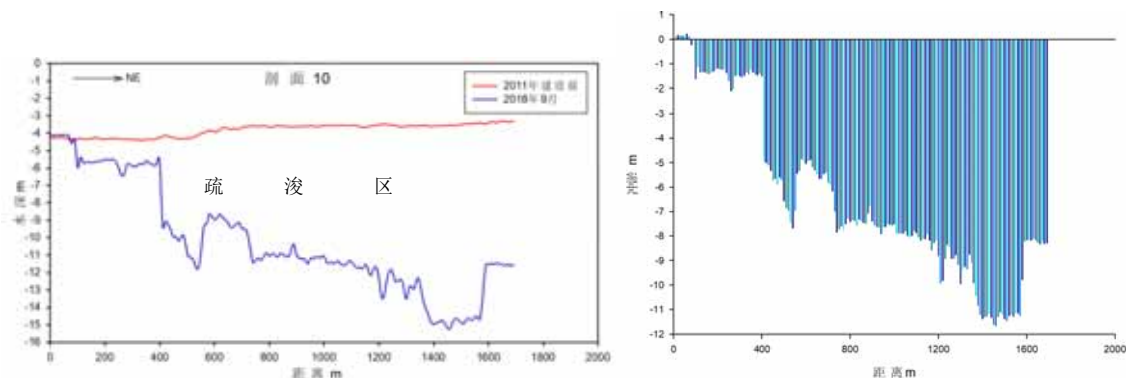


图 5.7.2.4-22 剖面 10 水深断面对比 (西南侧 6#岛至岸边的主水道)

⑤剖面 11 位于 1#岛至 2#岛之间的水道内。由图可见, 受防波堤遮挡和吹填溢流的影响, 水道内处于严重淤积的状态, 2011 年-2018 年的淤积量约 2.0m-2.5m。水道内整体处于严重淤积的状态, 年淤积量约 25-30cm/年。

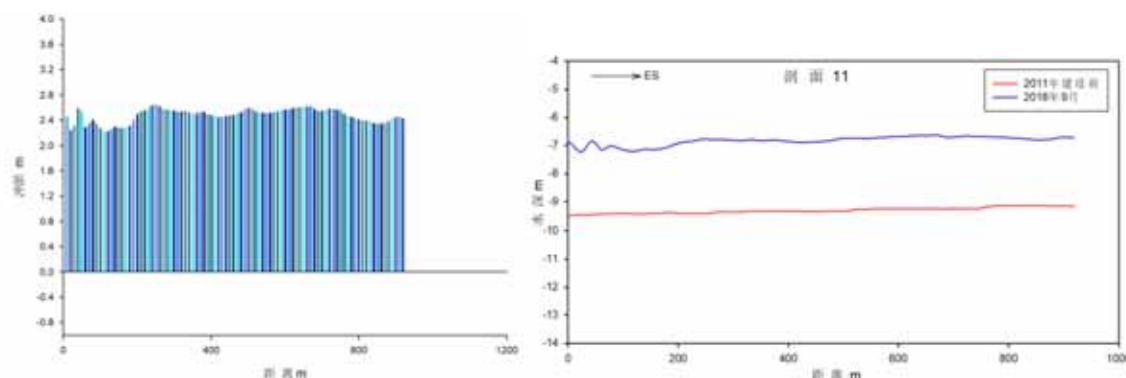


图 5.7.2.4-23 剖面 11 水深断面对比 (1#岛至 2#岛间水道)

⑥剖面 12 位于 1#岛间的小水道内。除个别区域受疏浚影响外水深加大, 水道内总体处于淤积的状态, 水道入口处淤积较严重, 淤积量约 1.0-1.5m; 水道内部处于轻微淤

积状态，2011年-2018年淤积量约0.1m-0.5m。年淤积量约4-7cm/年。

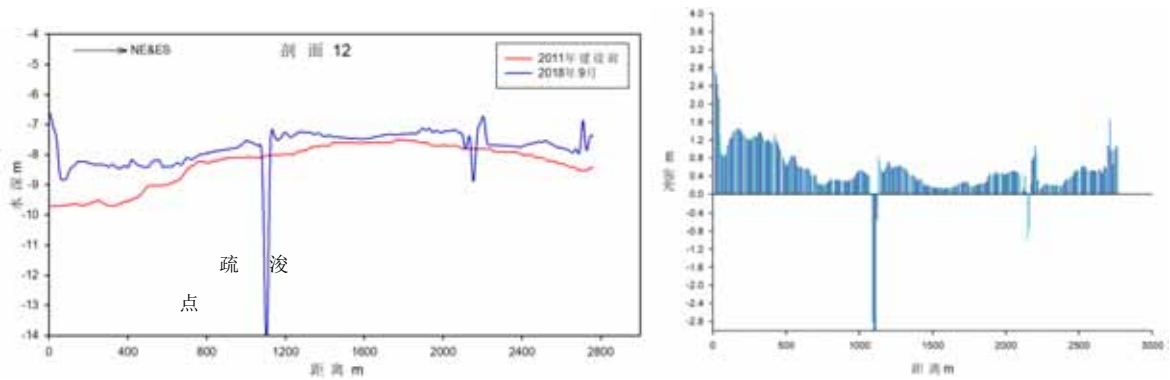


图 5.7.2.4-24 剖面 12 水深断面对比 (1#岛间小水道)

5.7.2.5 工程区附近岸线现状及工程建设对岸线的影响

目前，工程区附近岸线总体处于冲淤稳定状态，未发生明显的蚀退与淤进。现场踏勘过程中发现岸线部分区域堆存垃圾，影响了近岸砂质岸线的景观，后期拟采用垃圾清除、人工补砂，滩面修复等生态修复措施，修复美化沙滩。工程区附近岸线现状见图 5.7.2.5-1。



图 5.7.2.5-1 工程区岸线现状图

根据工程建设前后岸线的对比图可见，工程东北侧岸线受陆侧人工构筑物建设的影响变化较为明显。其他区域除界河口东侧部分岸线发生轻微淤进外，岸线总体变化不大。裕龙岛建设对附近岸线的影响总体较小。



图 5.7.2.5-2 工程建设前后岸线变化

6 环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响预测评价

6.1.1 水动力模型简介

采用平面二维数值模型来研究工程海域的潮流场运动及海域污染物扩散影响，采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密。采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

(1) 模型控制方程

质量守恒方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0 \quad (1.1-1)$$

动量方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial y} \right) - fv + \frac{gu\sqrt{u^2+v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad (1.1-2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + fu + \frac{gv\sqrt{u^2+v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad (1.1-3)$$

式中： ζ ——水位；

h ——静水深；

H ——总水深， $H=h+\zeta$ ；

u 、 v 分别为 x 、 y 方向垂向平均流速；

g ——重力加速度；

f ——科氏力参数 ($f = 2\omega \sin \varphi$ ， φ 为计算海域所处地理纬度)；

C_z ——谢才系数， $C_z = \frac{1}{n} H^{\frac{1}{6}}$ ， n 为曼宁系数；

ε_x 、 ε_y —— x 、 y 方向水平涡动粘滞系数。

(2) 定解条件

初始条件：

$$\begin{cases} \zeta(x, y, t)|_{t=t_0} = \zeta(x, y, t_0) = 0 \\ u(x, y, t)|_{t=t_0} = v(x, y, t)|_{t=t_0} = 0 \end{cases}$$

边界条件:

固定边界取法向流速为零, 即 $\vec{V} \cdot \vec{n} = 0$; 在潮滩区采用动边界处理。

6.1.2 计算域和网格设置

(1) 计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围见图 6.1-1, 即为图中 A(辽宁登沙河)、B(山东鸡鸣岛) 两点以及岸线围成的北黄海及渤海海域。坐标范围为北纬 $37^{\circ}04'14.22'' \sim 40^{\circ}58'08.25''$, 东经 $117^{\circ}29'33.27'' \sim 122^{\circ}41'36.62''$ 。模拟采用非结构三角网格, 计算域模拟网格分布见图 6.1-2。

为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况, 将本工程附近海域进行局部加密, 加密网格区域见图 6.1-3。裕龙岛建设前、裕龙岛周边海域现状、水道打通后网格区域见图 6.1-4a、b、c。模拟区域内由 16538 个节点和 27346 个三角单元组成, 最小空间步长约为 10m。

(2) 水深和岸界

水深和岸界选取 2005 年以来中国人民解放军海军航海保证部制作的 1: 100 万海图 (10011 号), 1: 15 万海图 (11370 号、11570 号、11710 号、11770 号、11840 号、11910 号): 1: 2.5 万海图 (11891 号) 及 2011 年、2013 年工程附近水深地形测量资料。岸界依据 2014-2017 年的卫星影像资料确定。

(3) 大海域模型水边界输入

开边界: 引用辽宁登沙河 (A 点)、山东鸡鸣岛 (B 点) 多年潮位观测资料调和求得的 M2、S2、K1 和 O1 四个主要分潮调和常数值输入计算。

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{H_i \cos[\sigma_i t - G_i]\}$$

这里, σ_i 是第 i 个分潮 (这里共取四分潮: M2、S2、O1 和 K1) 的角速度; H_i 和 G_i 是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角。

闭边界: 以大海域和工程周边岸线作为闭边界。

(4) 计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 0.2s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼宁系数 M 取 50.4~56 m^{1/3}/s。

(5) 水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中： c_s 为常数， l 为特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ， $(i, j=1, 2)$ 计算得到。

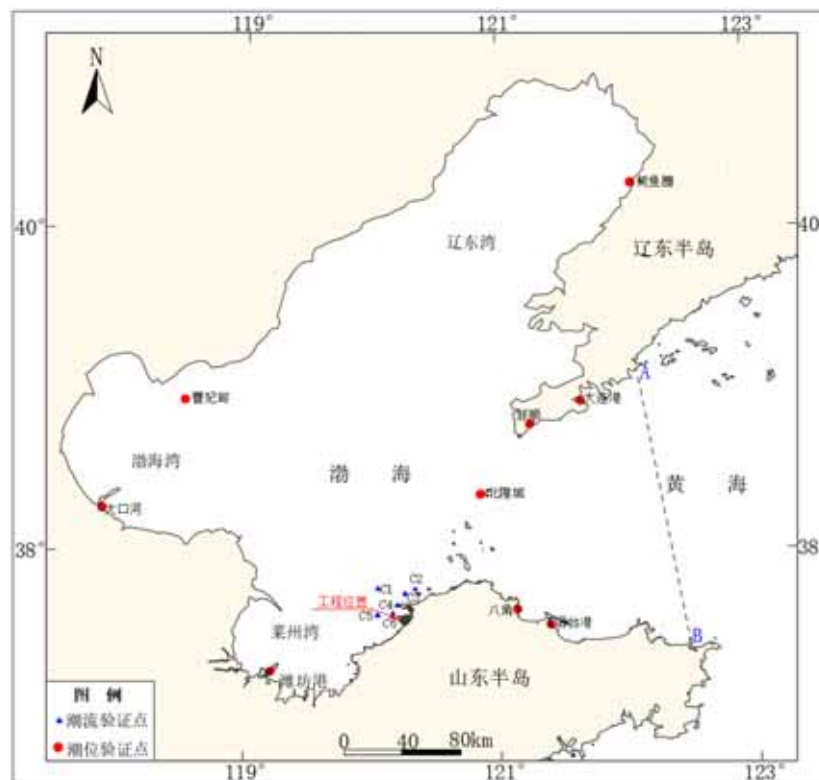


图 6.1-1 模拟计算域及验证点位置图

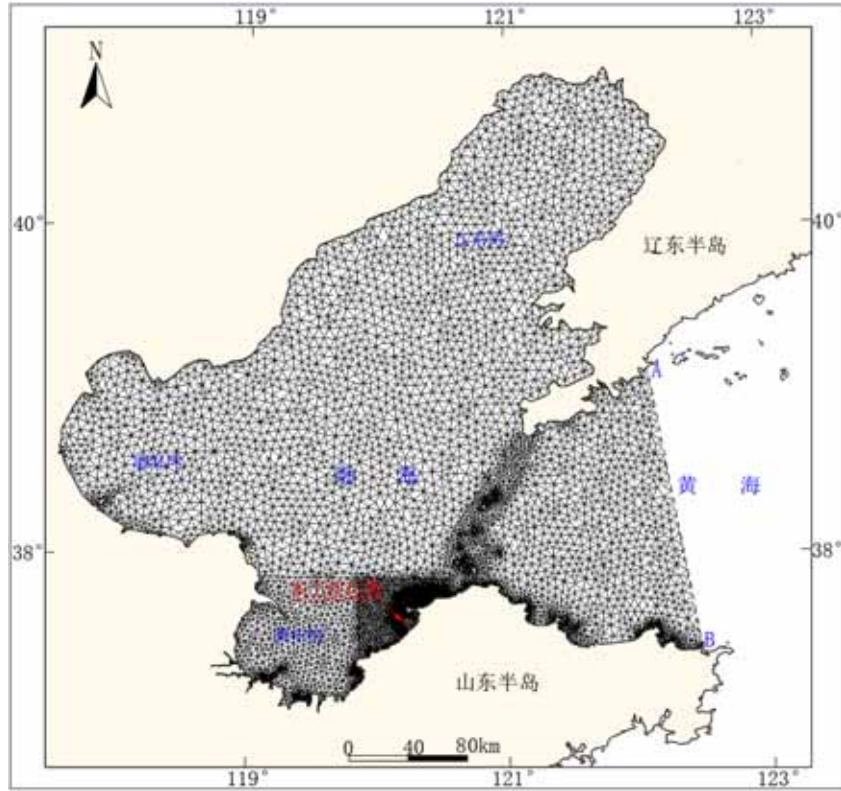


图 6.1-2 大海域计算域网格图

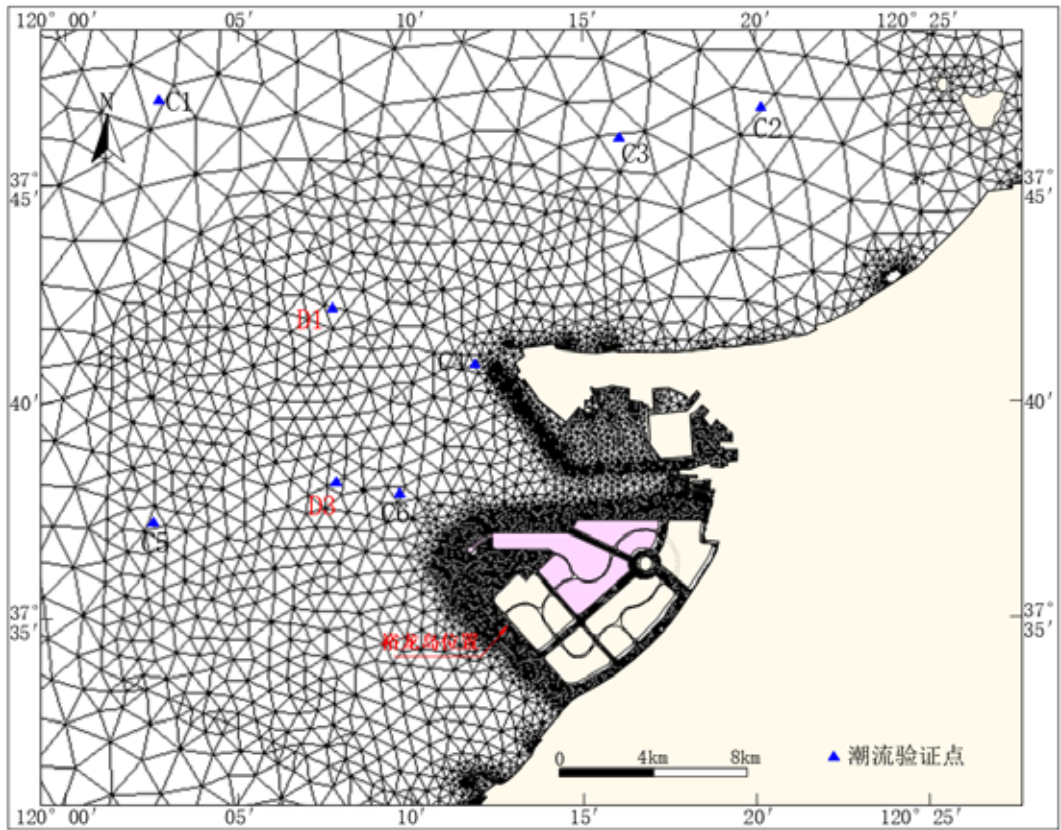


图 6.1-3 围填海周边加密区计算网格及潮流验证点位置图

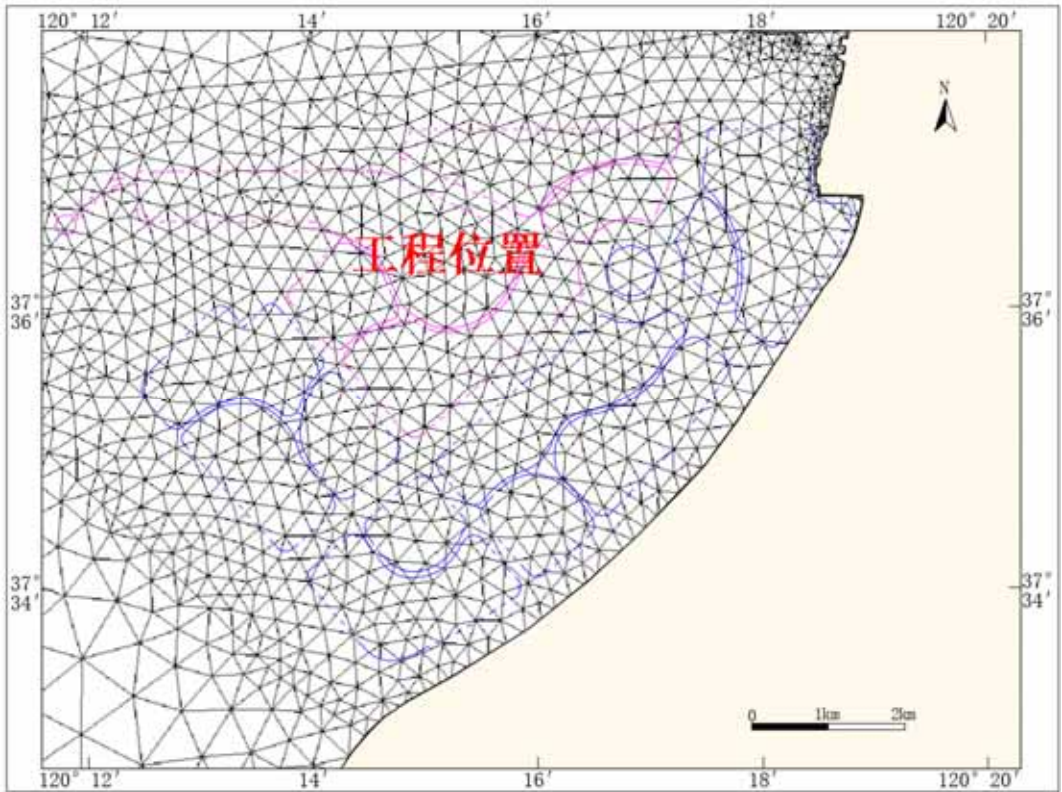


图 6.1-4a 围填海区计算网格图（建设前）

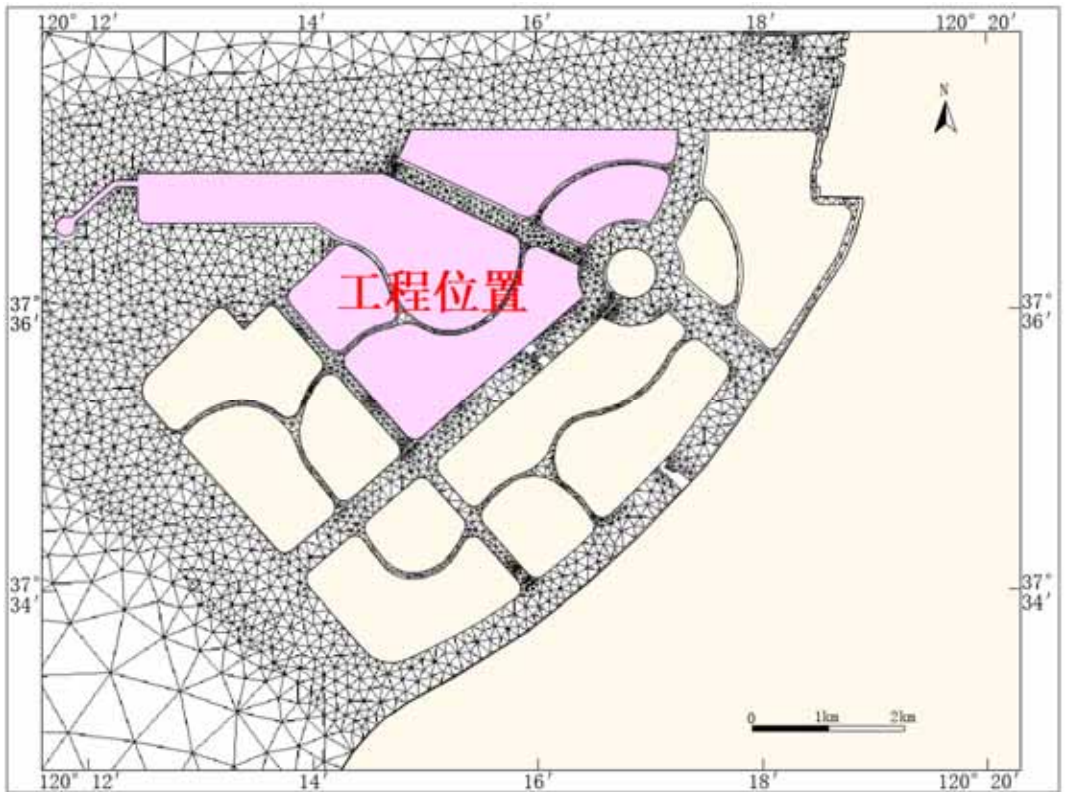


图 6.1-4b 围填海区计算网格图（现状）

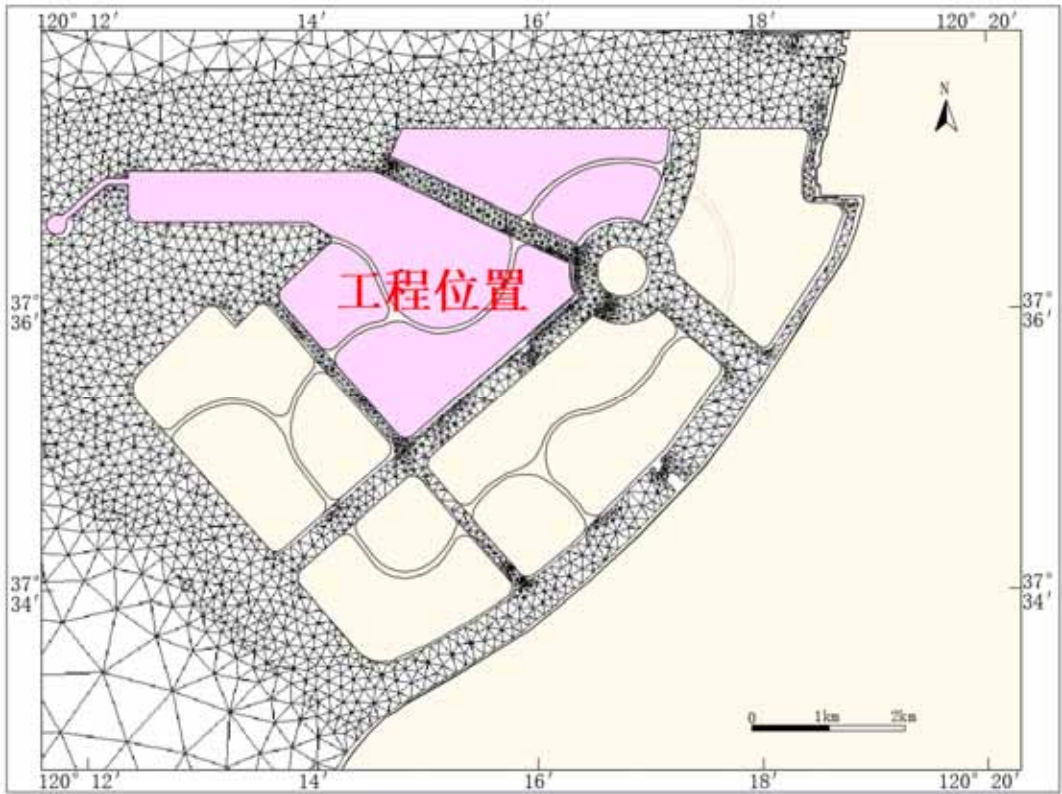


图 6.1-4c 围填海区计算网格图（水道打通）

6.1.3 潮流数值模型及验证

1) 潮位验证

利用大连、旅顺、鲅鱼圈、曹妃甸、大口河、潍坊港、北隍城、八角、烟台港、龙口港等 10 个潮位站历史观测资料经调和与分析后，选用 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 四个分潮的调和常数预报出大潮期的潮位与计算结果进行验证；同时选用中国海洋大学 2017 年 5 月 10 日至 11 日在工程附近进行的 2 个站位（C4、C6）的潮位现场观测资料进行验证。潮位验证曲线见图 6.1-5a-6.1-5k。

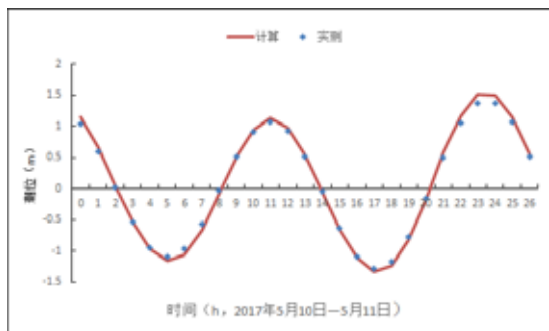


图 6.1-5a 潮位验证曲线（大连）

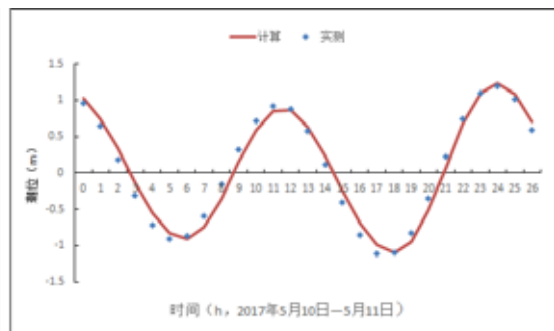


图 6.1-5b 潮位验证曲线（旅顺）

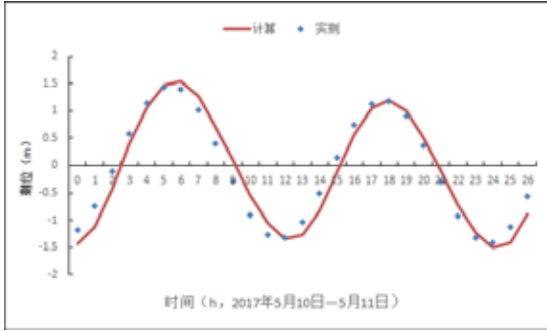


图 6.1-5c 潮位验证曲线 (鲛鱼圈)

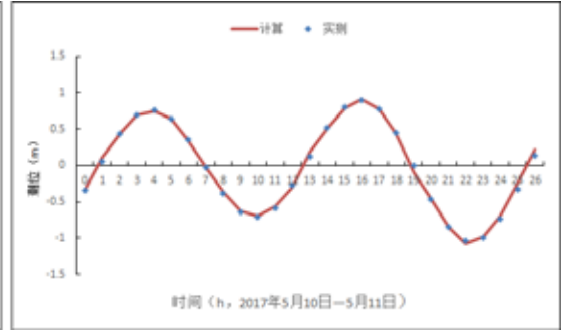


图 6.1-5d 潮位验证曲线 (曹妃甸)

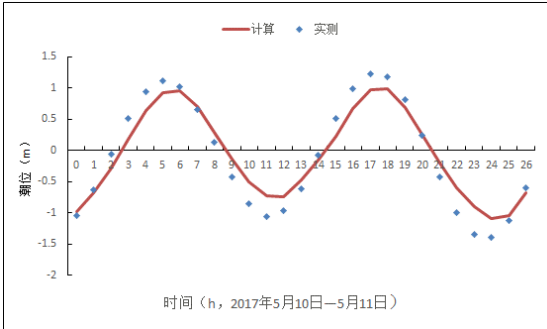


图 6.1-5e 潮位验证曲线 (大口河)

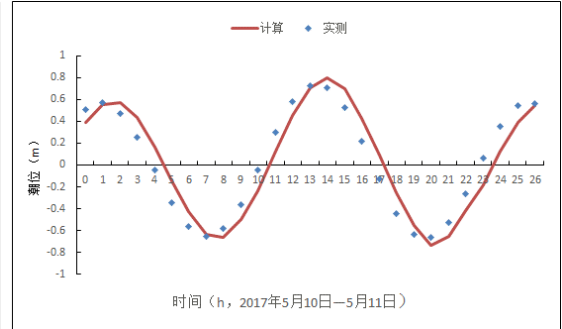


图 6.1-5f 潮位验证曲线 (潍坊港)

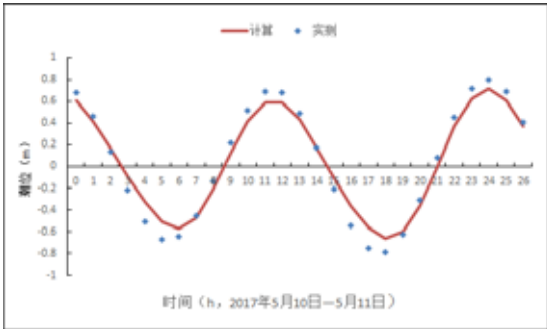


图 6.1-5g 潮位验证曲线 (北隍城)

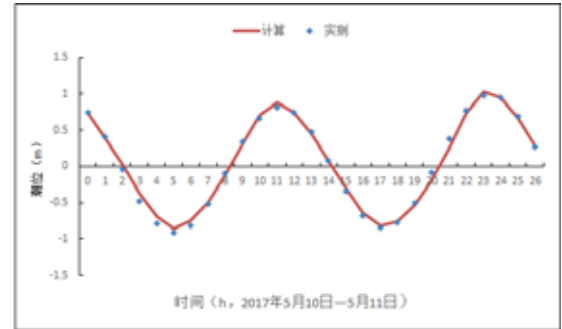


图 6.1-5h 潮位验证曲线 (八角)

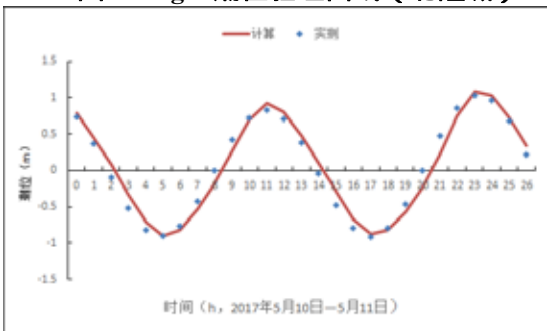


图 6.1-5i 潮位验证曲线 (烟台港)

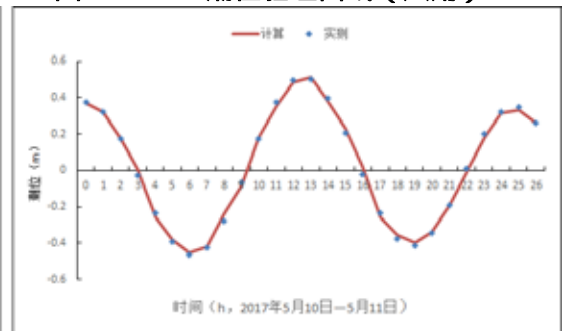


图 6.1-5j 潮位验证曲线 (龙口港)

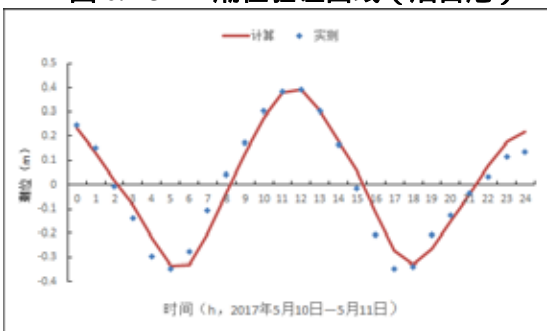


图 6.1-5k 潮位验证曲线 (实测 C4 站位)

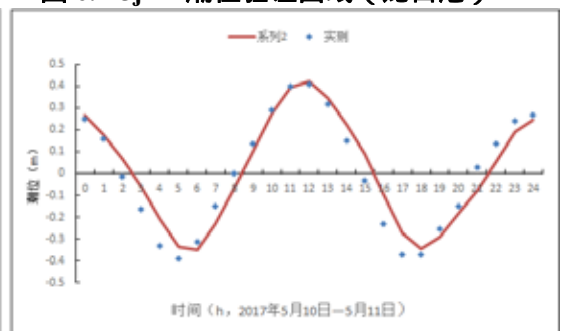


图 6.1-5l 潮位验证曲线 (实测 C6 站位)

2) 潮流验证

采用中国海洋大学于2018年5月18日~19日2个站位(D1、D3)和2017年5月10日~11日(大潮)6个站位(C1、C2、C3、C4、C5、C6)的27小时海流同步连续观测资料(观测站位分布见图6.1-1)与计算结果进行验证,潮流验证曲线见图6.1-6a~图6.1-6f。

验证结果表明,对应观测点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合,能够较好地反映工程周边海域潮流状况。

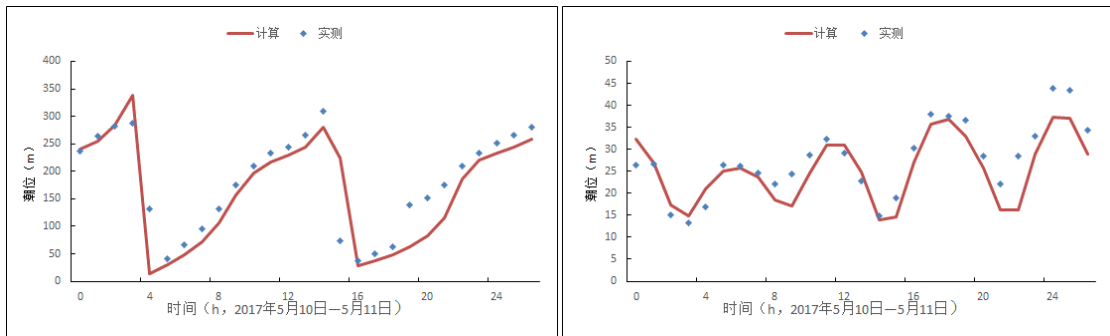


图 6.1-6a 流速、流向验证曲线 (C1 站位)

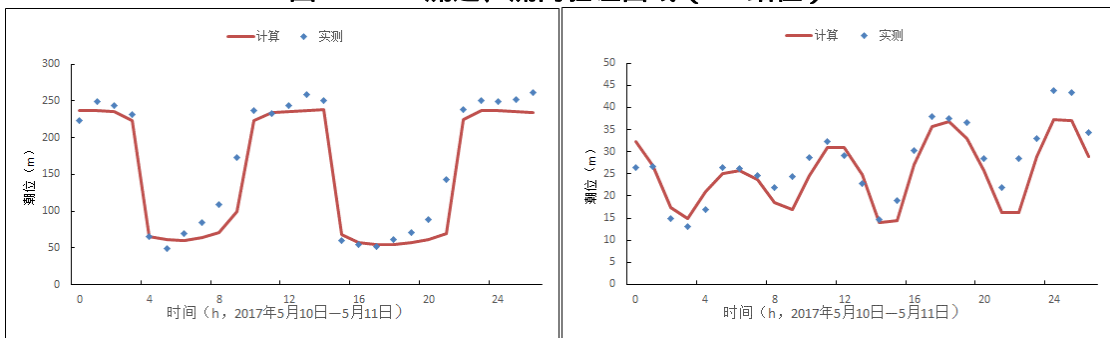


图 6.1-6b 流速、流向验证曲线 (C2 站位)

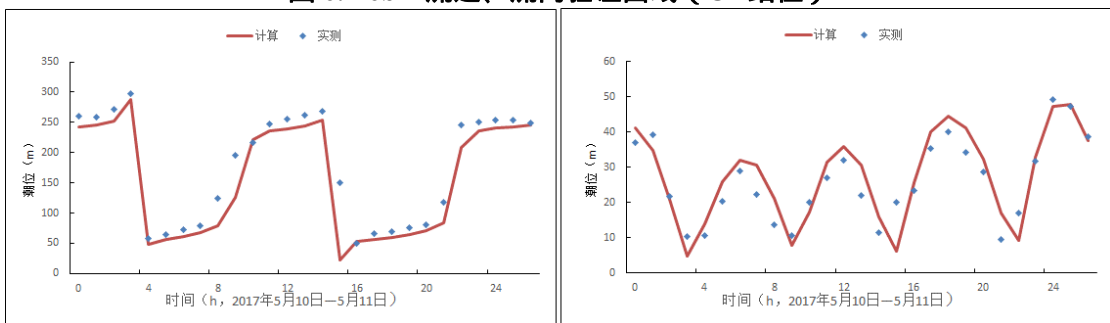


图 6.1-6c 流速、流向验证曲线 (C3 站位)

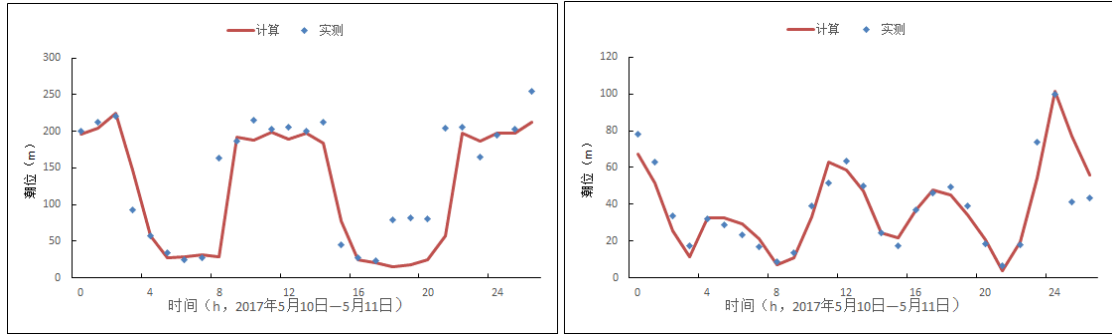


图 6.1-6d 流速、流向验证曲线 (C4 站位)

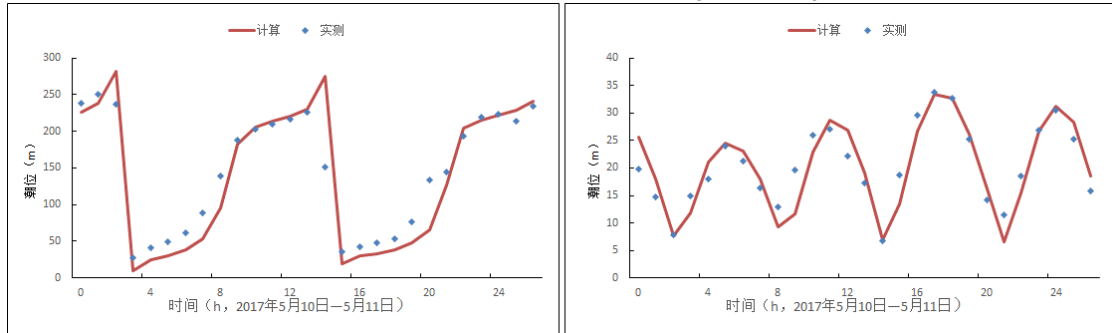


图 6.1-6e 流速、流向验证曲线 (C5 站位)

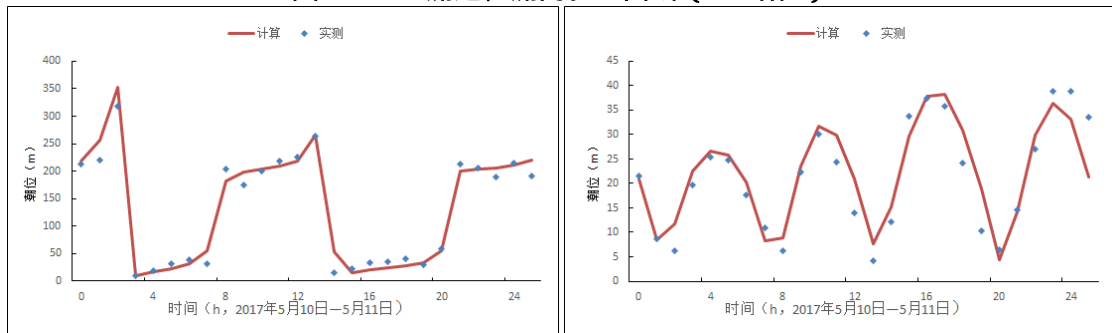


图 6.1-6f 流速、流向验证曲线 (C6 站位)

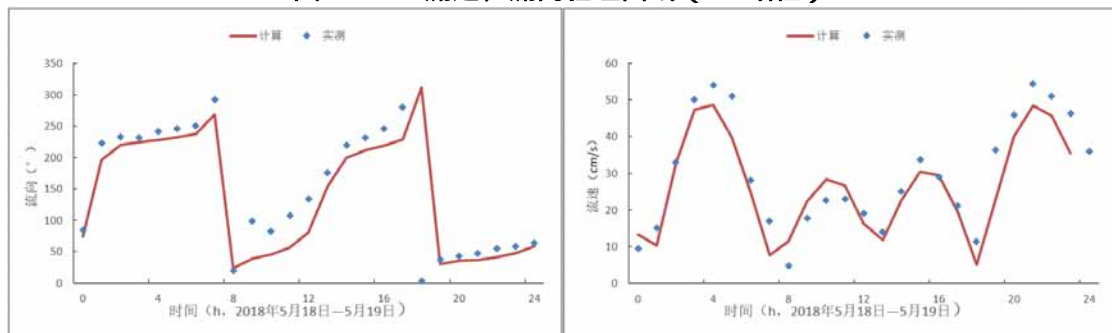


图 6.1-6g 流速、流向验证曲线 (D1 站位)

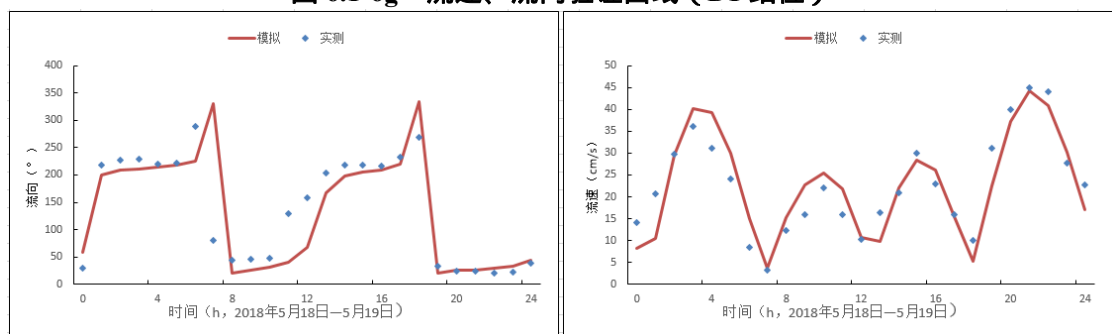


图 6.1-6h 流速、流向验证曲线 (D3 站位)

6.1.4 潮流计算结果分析

6.1.4.1 大海域潮流场数值模拟

(1) 大海域潮流场

为清楚表示工程所在莱州湾的潮流运动状态，本报告只给出了莱州湾周边海域的潮流场，结果见图 6.1-7a、7b。给出的流场图中的时刻，是以龙口港的潮汐变化为参照时间。

图 6.1-7a 是涨急时潮流场，计算域内的潮流由莱州湾外向湾内流动，潮流流速一般在 30cm/s-65cm/s 之间。黄河口东北侧海域潮流由北向南流动，绕过黄河口后，潮流转为向西和西北流动，黄河口外海域潮流流速最大值可达 76cm/s。刁龙嘴东北侧海域潮流由东北向西南流动，至莱州浅滩处流速最大值可达 88cm/s，绕过莱州浅滩，潮流转向南流动，进入太平湾后，向偏东方向流动。莱州浅滩以西至黄河口之间海域，潮流由东北往西南流，至湾顶附近逐渐转为西向流。

图 6.1-7b 为落潮中间时潮流场，潮流分布情况与涨急时潮流场相似，只是流向与涨急时潮流场相反。潮流整体由莱州湾内向湾外流动，黄河口外海域潮流流速最大值可达 87cm/s，莱州浅滩处流速最大值可达 92cm/s。

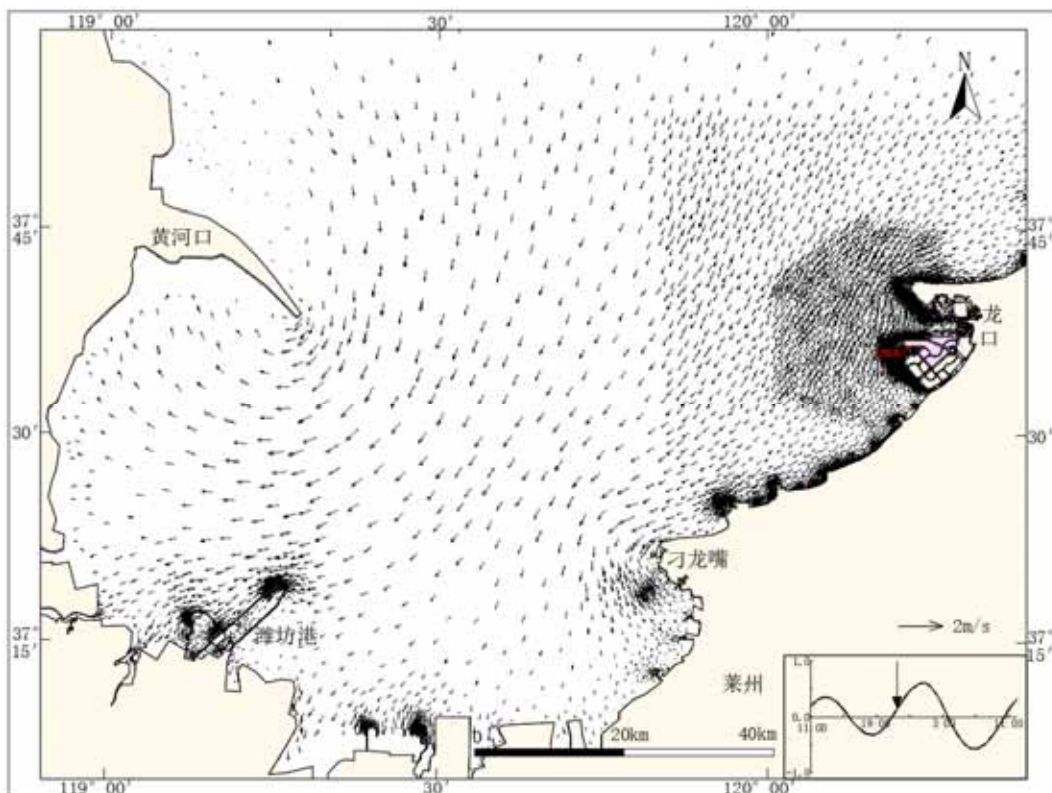


图 6.1-7a 莱州湾潮流场（涨急时，以龙口港的潮汐变化为参照时间）

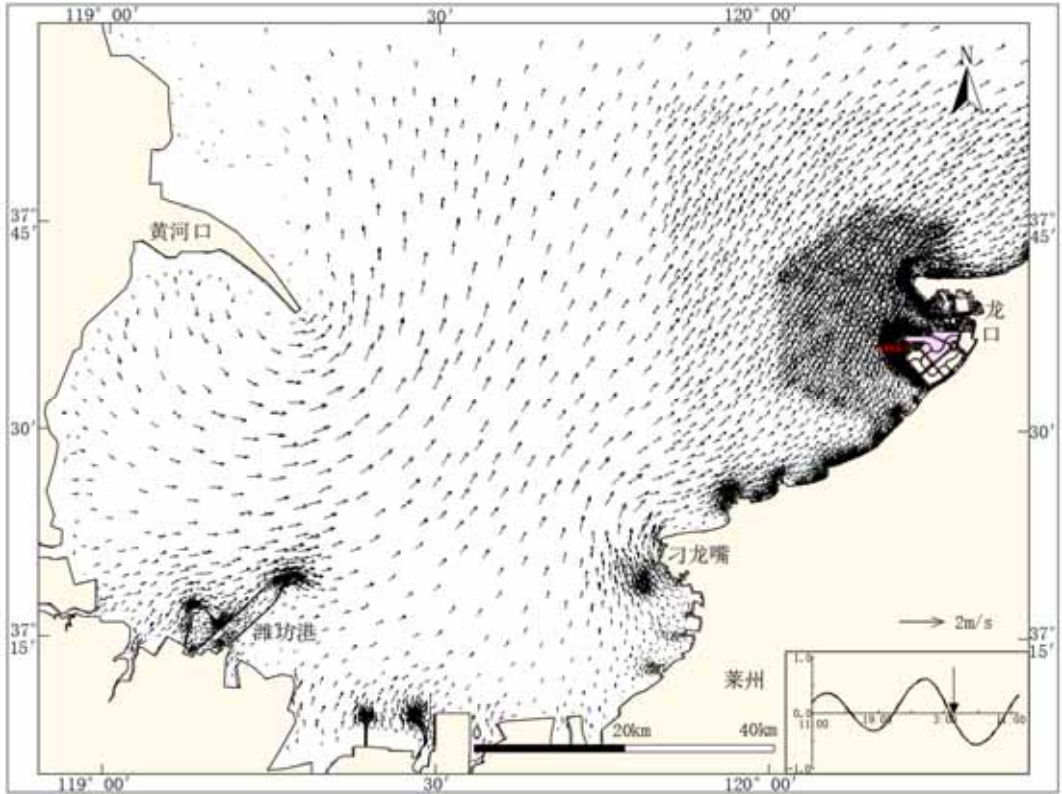


图 6.1-7b 莱州湾潮流场（落急时，以龙口港的潮汐变化为参照时间）

6.1.4.2 周边海域潮流场数值模拟

(1) 工程周边海域潮流场

图 6.1-7a、b 分别为工程周边现状涨急时和落急时潮流场，在给出的流场图中的时刻，是以龙口港的潮汐变化为参照时间。

涨急时，砣姆岛北侧潮流整体由 E 向 W 流，流速一般在 20 cm/s~45 cm/s；潮流绕过砣姆岛高角后转向 SW 流；龙口港防波堤堤头处最大流速可达 103cm/s；裕龙岛防波堤堤头最大流速约 60 cm/s，裕龙岛南北两侧流速较小，一般小于 20cm/s。

落急时，砣姆岛西侧潮流整体由 S 向 N 流，北侧潮流整体由 W 向 E 流，流速一般在 40cm/s~60cm/s，防波堤堤头最大流速可达 92cm/s；裕龙岛防波堤堤头最大流速约 73cm/s，裕龙岛南北两侧流速较小，一般小于 20cm/s。

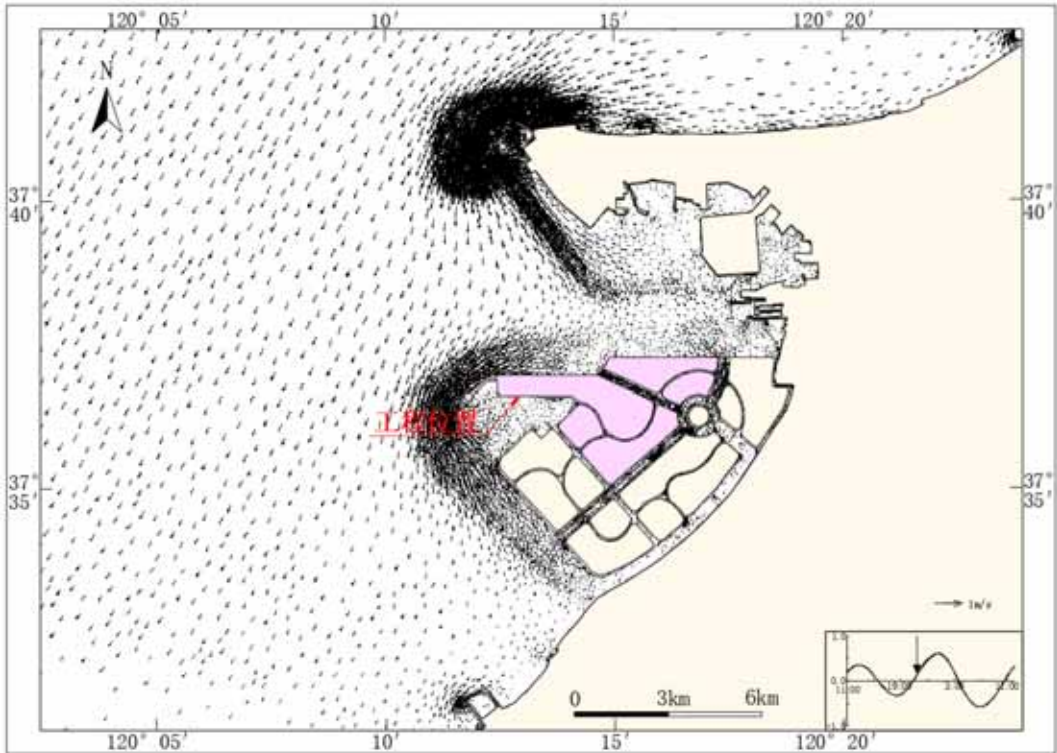


图 6.1-8a 工程周边海域现状潮流场（涨急时）

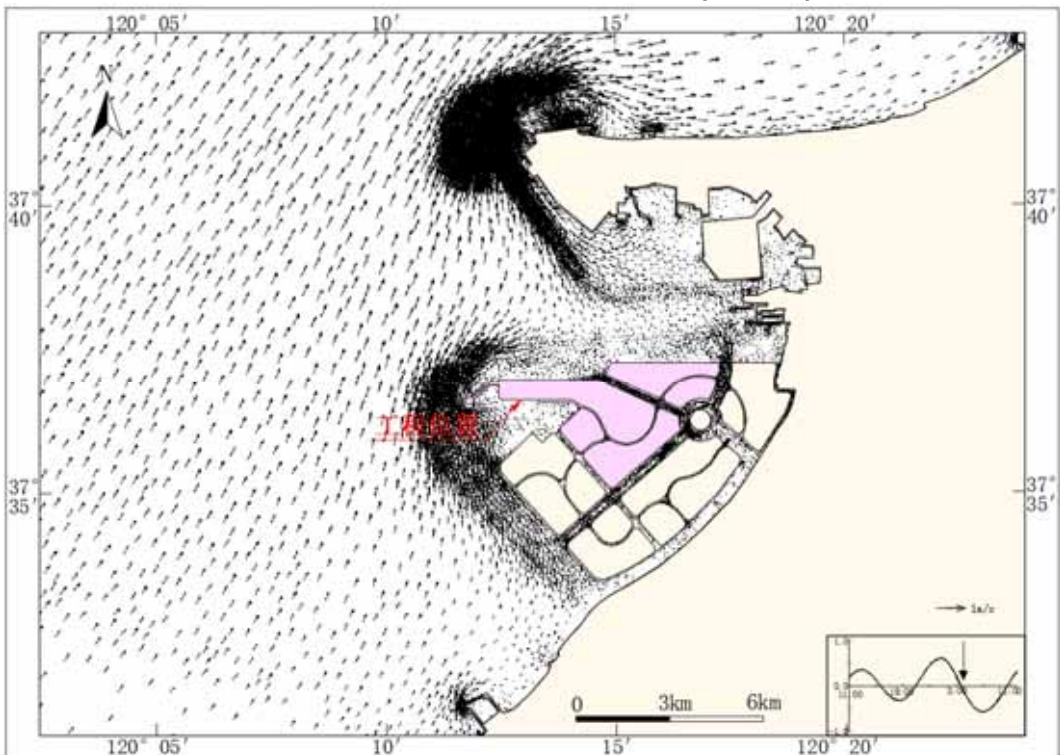


图 6.1-8b 工程周边海域现状潮流场（落急时）

(2) 海域潮流场

1) 围填海实施前潮流场

图 6.1-9a、b 分别为裕龙岛围填海实施前涨急时和落急时潮流场。涨急时，裕龙岛所在海域潮流整体由北向南流，流速一般小于 20 cm/s，离岸边越近流速呈现减小

的趋势；落急时，裕龙岛围填海所在海域潮流整体由南向北流，流速一般小于 25 cm/s，离岸边越近流速呈现减小的趋势。

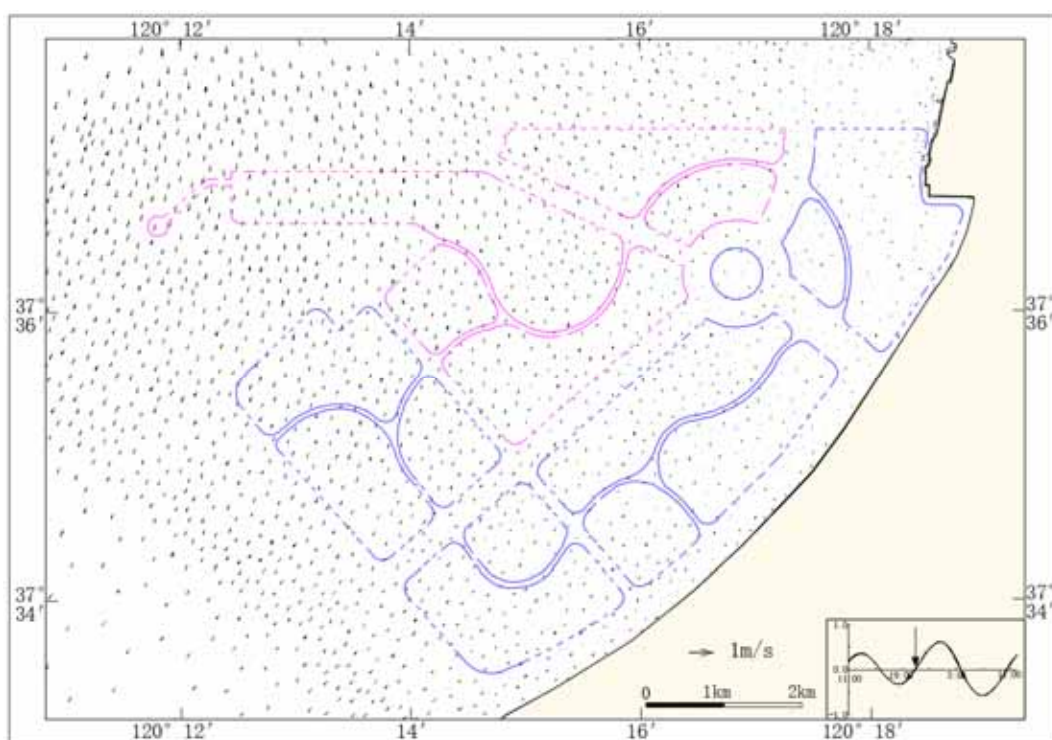


图 6.1-9a 裕龙岛围填海实施前潮流场（涨急时）

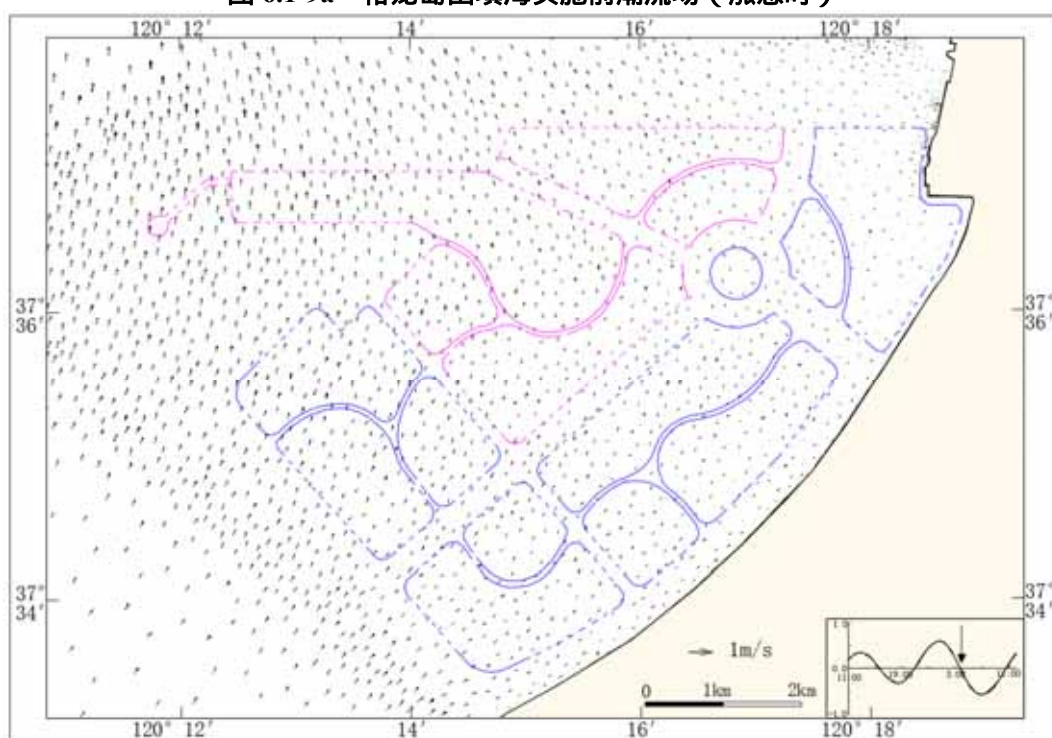


图 6.1-9b 裕龙岛围填海实施前潮流场（落急时）

2) 现状潮流场

图 6.1-10a、b 分别为现状涨急时和落急时潮流场。涨急时，裕龙岛防波堤堤头

流速较大，一般在 40 cm/s~60 cm/s，流向由北向南流；由于裕龙岛内部水道进行了阻断，水道内及南北两侧流速均较小，一般小于 10cm/s；排水口附近流速整体较小，一般小于 10cm/s，流向由西向东流。落急时，裕龙岛防波堤堤头流速较大，一般在 40 cm/s~70 cm/s，流向由南向北流；水道内及南北两侧流速均较小，一般小于 10 cm/s；排水口附近明显大于涨急时，流速一般在 10 cm/s~25 cm/s，流向由西南向东北流。

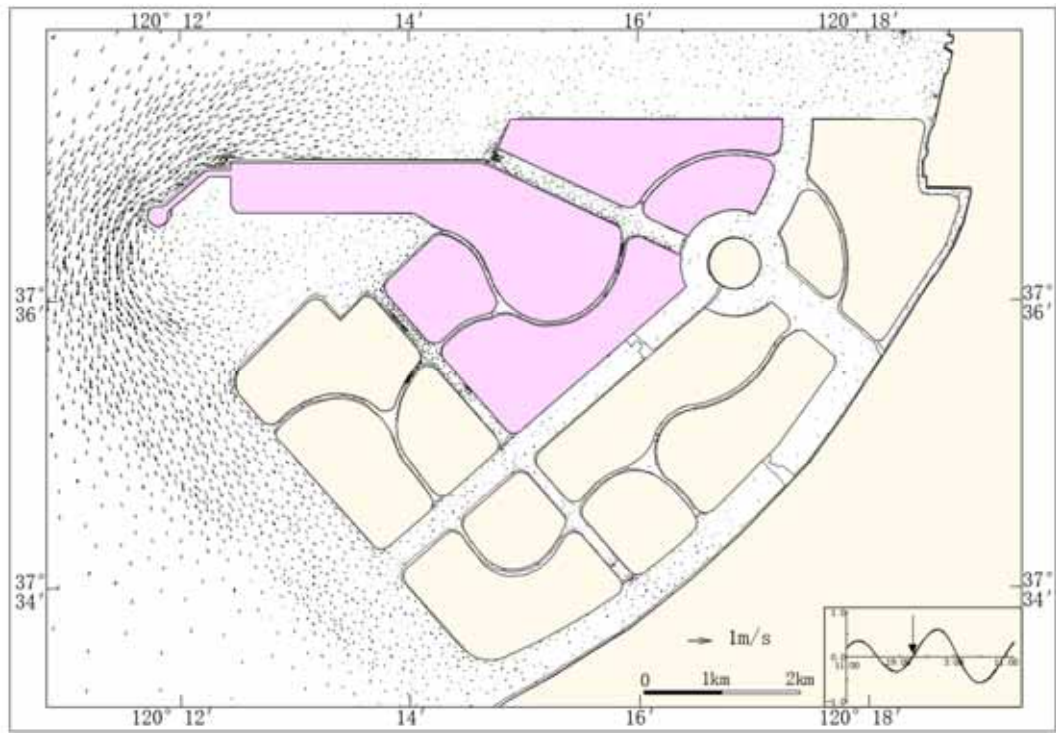


图 6.1-10a 现状潮流场（涨急时）

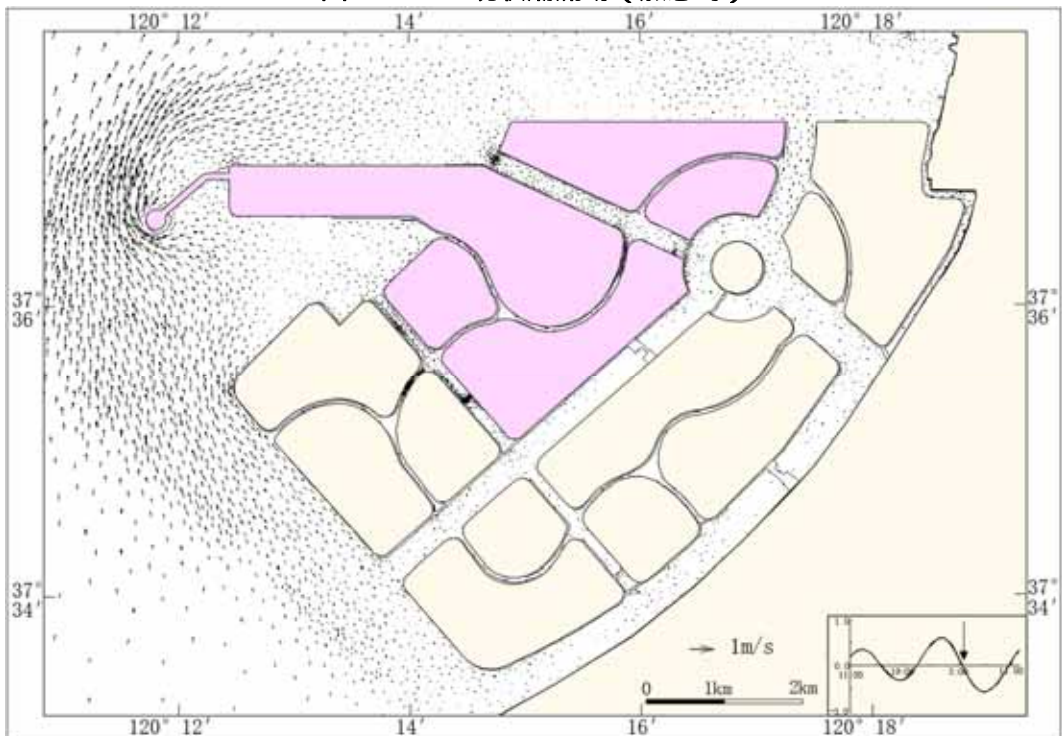


图 6.1-10b 现状潮流场（落急时）

3) 水道打通后潮流场

图 4.1.1-12a、b 分别为水道打通后涨急时和落急时潮流场。水道打通后，裕龙岛西侧潮流场与打通前基本一致，水道内流场有所增大。涨急时，北东-南西向主水道流速一般在 10 cm/s~25cm/s，流向为由北向南流，北西-南东向主水道流速一般在 5 cm/s~15cm/s，流向为由西向东流；落急时，北东-南西向主水道流速一般在 10 cm/s~33cm/s，流向为由南向北流，北西-南东向主水道流速一般在 5 cm/s~15cm/s，流向为由东向西流。

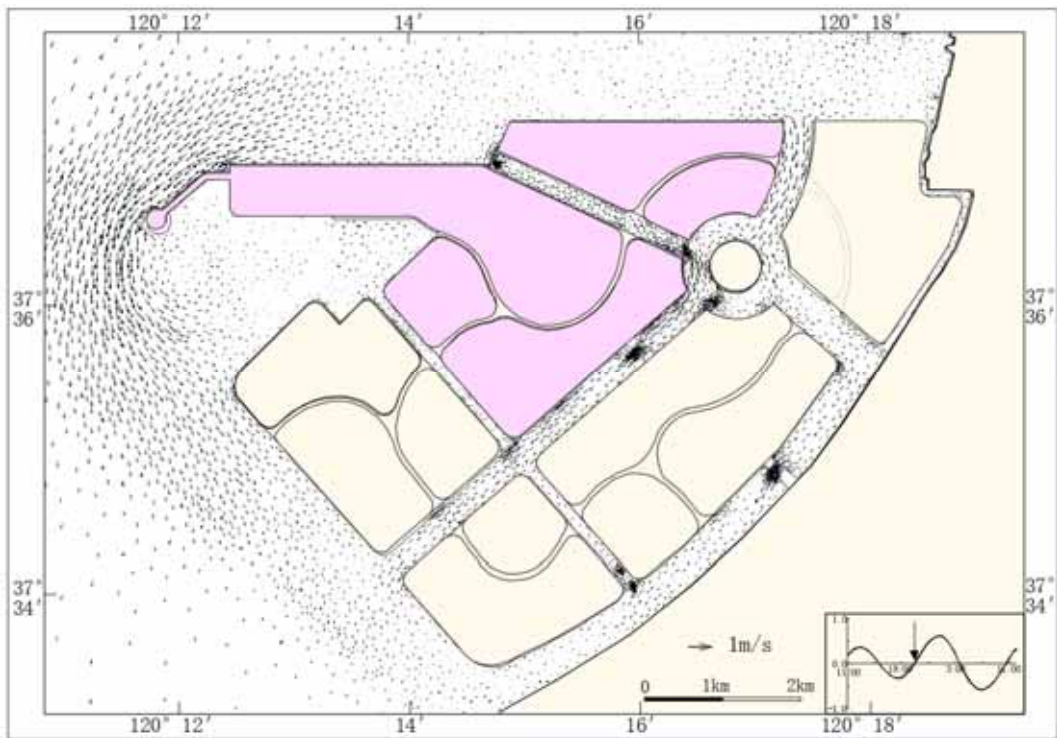


图 6.1-11a 水道打通后潮流场（涨急时）

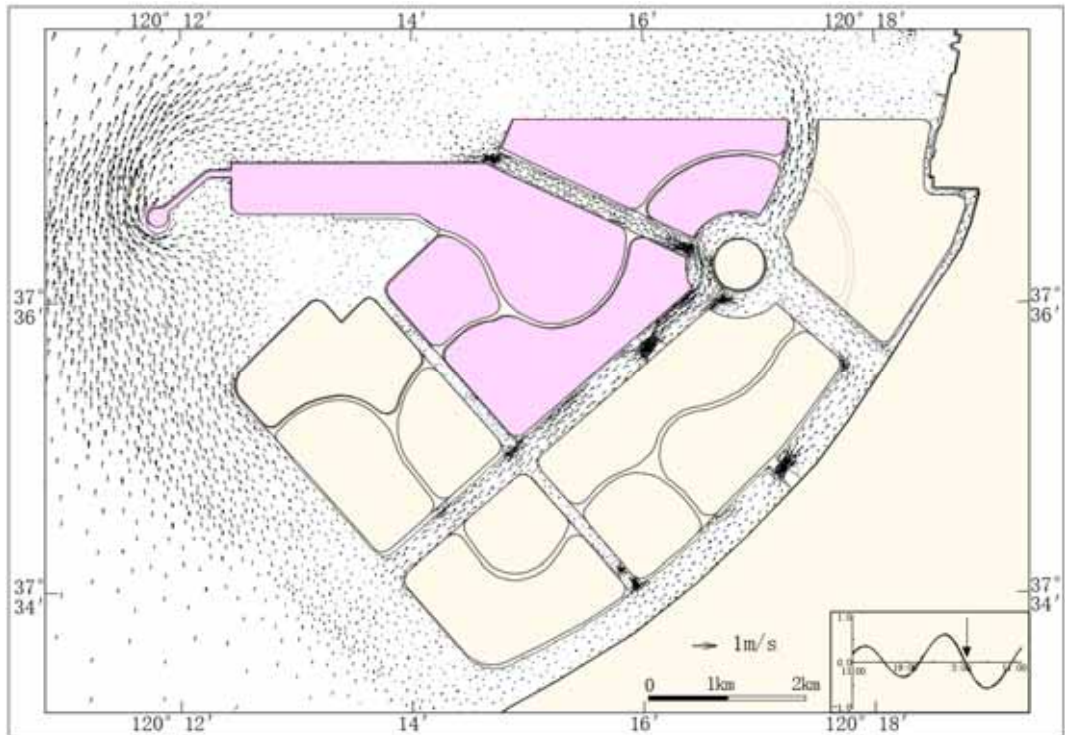


图 6.1-11b 水道打通后潮流场（落急时）

6.1.4.3 裕龙岛围填海实施前后潮流场对比

(1) 现状与裕龙岛围填海实施前潮流场对比

为了分析裕龙岛围填海实施对潮流场的影响，选取大潮期涨急时和落急时的潮流场，对裕龙岛围填海实施前和现状潮流场进行对比，涨急时和落急时流速变化见图 6.1-12a、b。

涨急时，裕龙岛周边的潮流场整体呈减小的趋势，流速增大区域主要位于防波堤堤头附近，流速减小区流速变化量一般小于 10cm/s，防波堤堤头流速最大增大量达 45 cm/s，水道内的流速减小量一般在 5~10cm/s 之间。

落急时，裕龙岛周边的潮流流速整体呈减小的趋势，流速增大区域主要位于防波堤堤头附近，流速减小区流速变化量一般小于 15cm/s，防波堤堤头流速最大增大量达 56 cm/s，水道内的流速减小量一般在 5~15cm/s 之间。

裕龙岛实施至现状对周边潮流场产生了一定的影响，流速变化大于 5cm/s 的区域距离，裕龙岛的最大距离约 8.6km。

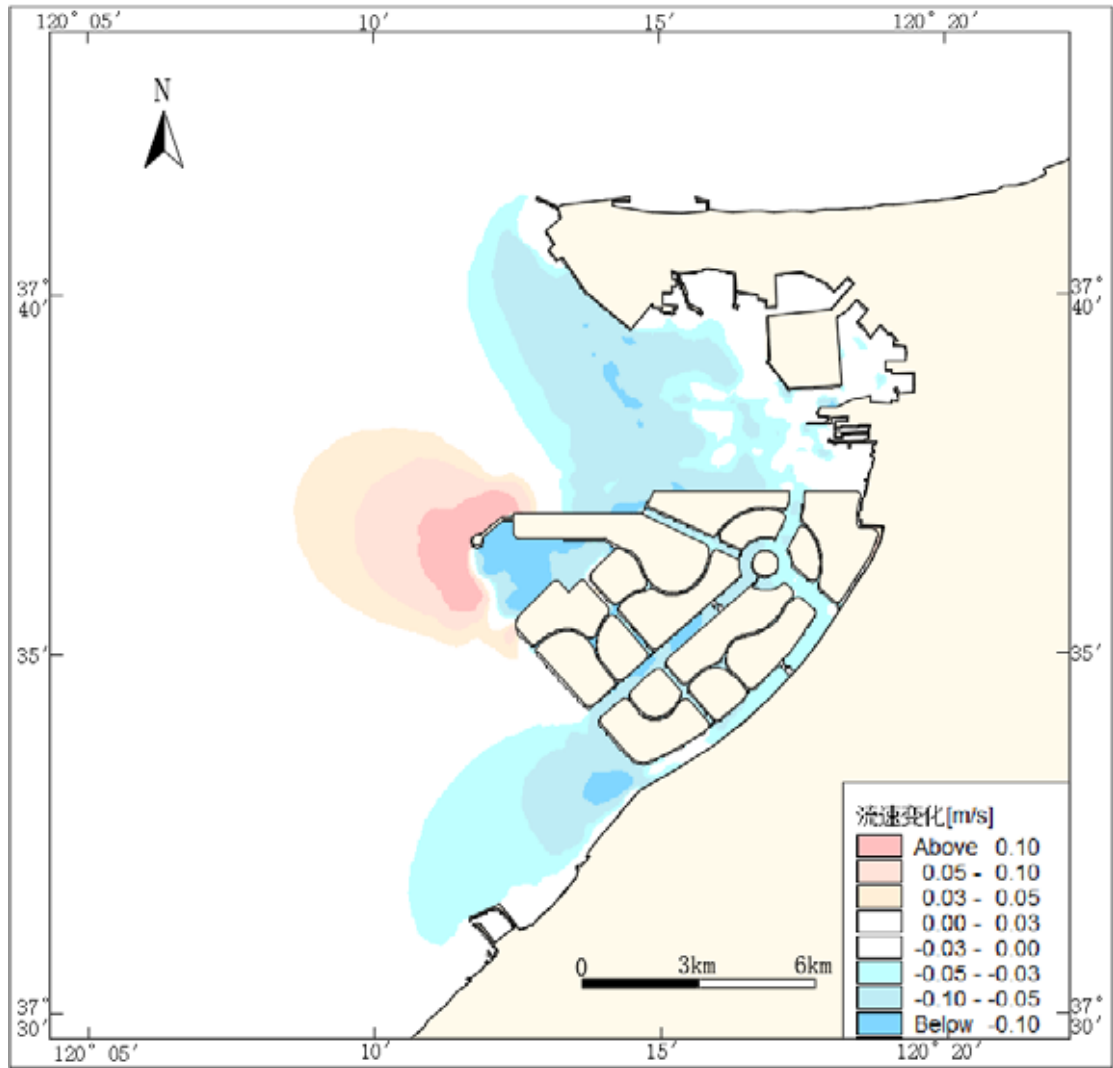


图 6.1-12a 现状与裕龙岛围填海实施前潮流场对比（涨急时）

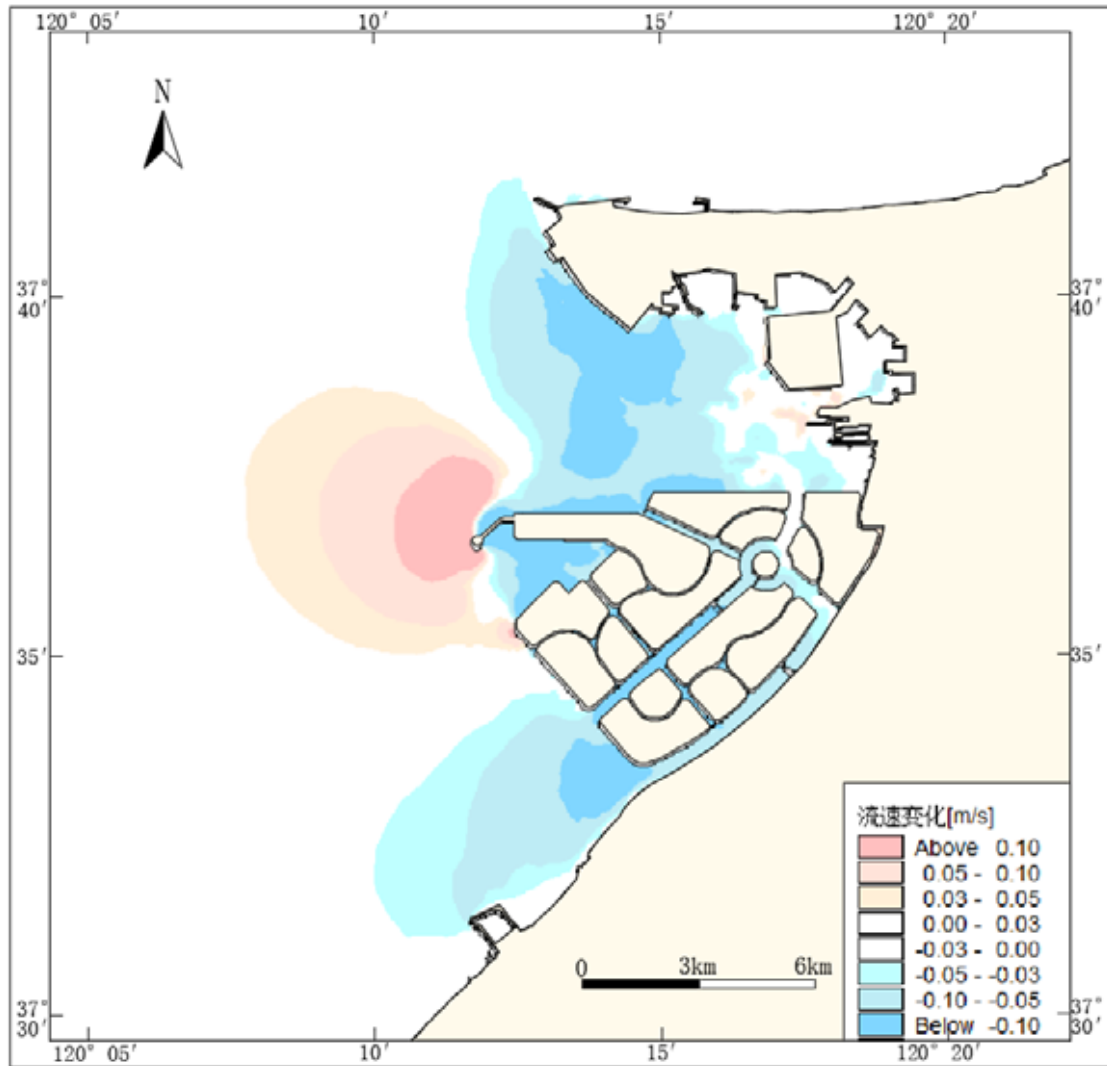


图 6.1-12b 现状与裕龙岛围填海实施前潮流场对比 (落急时)

(2) 水道打通后与裕龙岛围填海实施前潮流场对比

为了分析裕龙岛围填海实施对潮流场的影响，选取大潮期涨急时和落急时的潮流场，对裕龙岛围填海实施前和水道打通后潮流场进行对比，涨急时和落急时流速变化见图 6.1-13a、b。

涨急时，裕龙岛周边的潮流场整体呈减小的趋势，流速增大区域主要位于防波堤堤头及水道附近，流速减小区流速变化量一般小于 10cm/s，防波堤堤头流速最大增大量达 45 cm/s，北西-南东向水道流速变化不大，北东-南西水道内的流速增大量一般在 5~20cm/s 之间。

落急时，裕龙岛周边的潮流场整体呈减小的趋势，流速增大区域主要位于防波堤堤头及水道附近，流速减小区流速变化量一般小于 15cm/s，防波堤堤头流速最大增大量达 56 cm/s，北西-南东向水道流速变化不大，北东-南西向水道内的流速增大量一般在 5~25cm/s 之间。

裕龙岛围填海实施对周边潮流场产生了一定的影响，流速变化大于 5cm/s 的区域距离裕龙岛的最大距离约 8.6km。

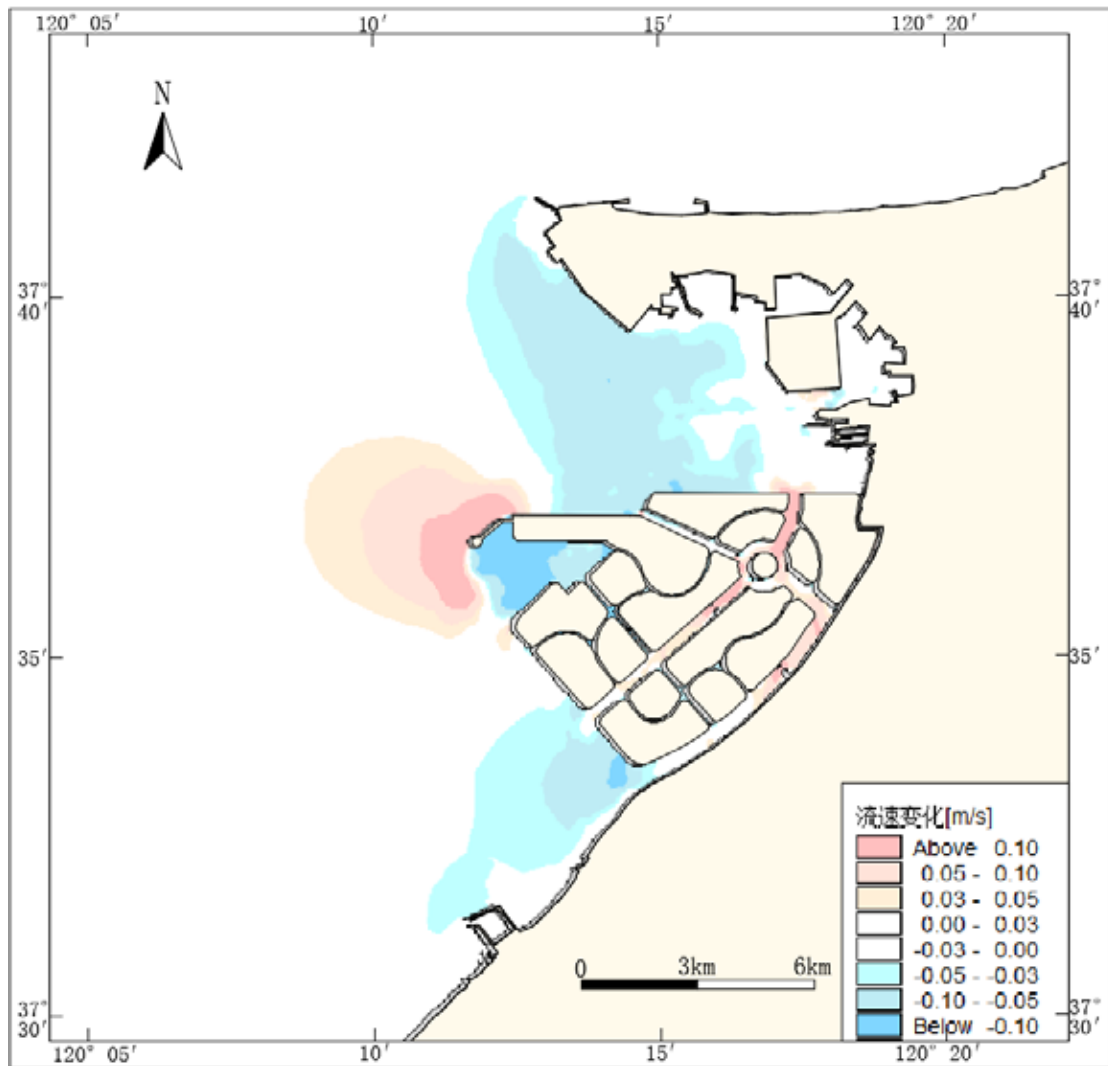


图 6.1-13a 水道打通后与裕龙岛围填海实施前潮流场对比（涨急时）

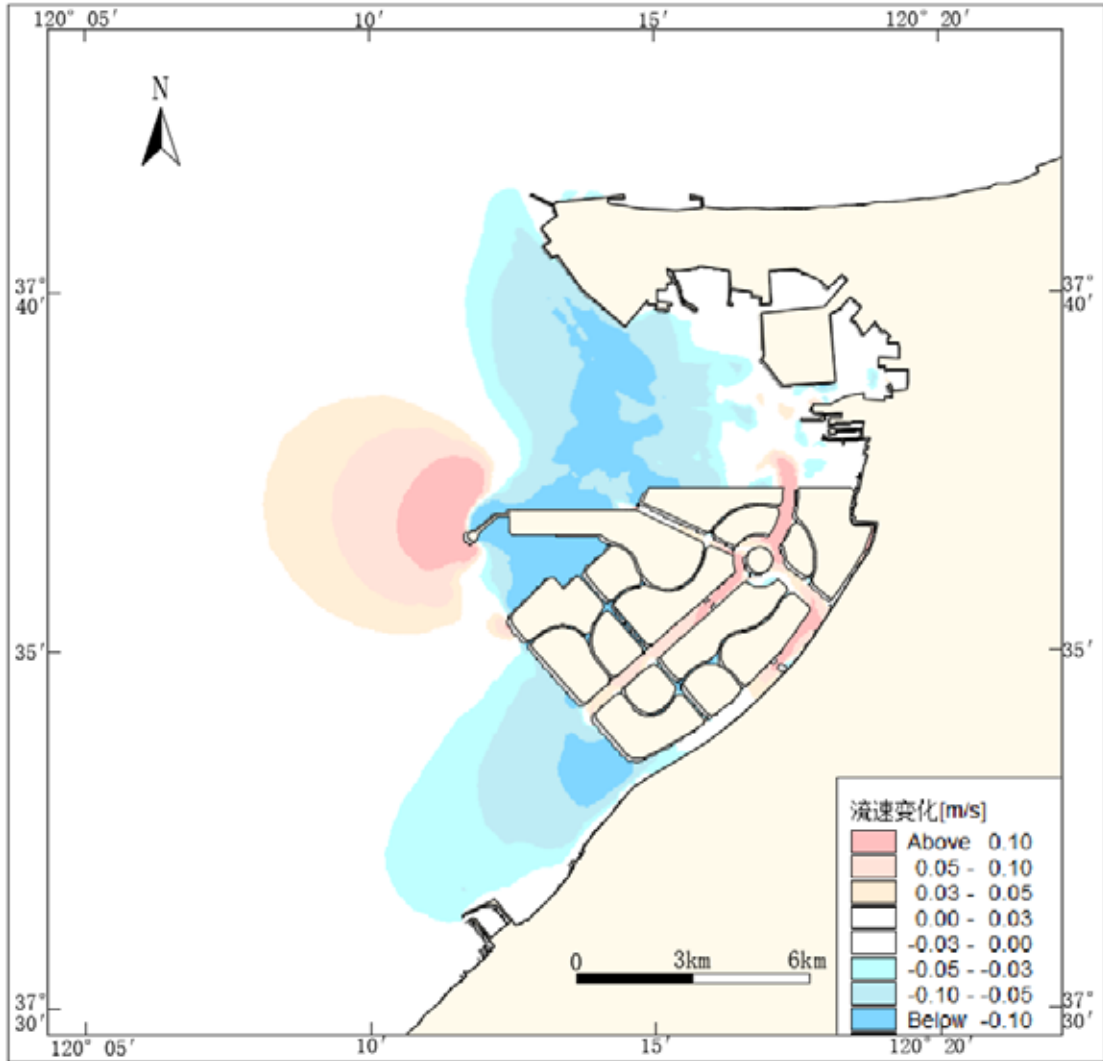


图 6.1-13b 水道打通后与裕龙岛围填海实施前潮流场对比（落急时）

6.2 水质环境影响预测与评价

6.2.1 水质预测模型

悬浮泥沙扩散数值模拟建立在流场数值模拟的基础上进行。通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），进行水质预测计算。

① 二维污染物对流扩散控制方程

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) - Fc + s$$

式中， c 为悬浮泥沙浓度（ kg/m^3 ）； u 、 v 分别为 x 、 y 向流速分量； D_x 、 D_y 为 x 、 y 向分散系数； s 为污染物排放源强， $s=Q_s C_s$ ，式中 Q_s 为单位面积内点源排放量（ $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ）， C_s 为污染物排放浓度（ kg/m^3 ）； F 为衰减系数， $F = p\omega$ ， p 为沉降概率（无量纲）， ω 为沉降速度（ m/s ）。

②边界条件

岸边界条件：浓度通量为零；

开边界条件：入流： $c|_{\Gamma} = c_0$ ，式中 Γ 为水边界， c_0 为边界浓度，模型仅计算增量影响，取 $c_0=0$ 。

出流： $\frac{\partial c}{\partial t} + V_n \frac{\partial c}{\partial n} = 0$ ，式中 V_n 边界法向流速， n 为法向。

③初始条件

$$c(x, y)|_{t=0} = 0$$

6.2.2 悬浮泥沙源强及发生点位置

(1) 入海悬浮泥沙发生点位置

本工程围海及部分海域已完成吹填，已完成施工期间悬浮泥沙的主要产生环节是块石抛填、疏浚、吹填溢流。根据施工环节的施工位置和特点，模拟中选取代表点进行模拟预测。施工环节泥沙发生点位置见图 6.2-1。

本工程后期需继续进行施工，施工期间悬浮泥沙的主要产生环节是疏浚、吹填溢流。根据施工环节的施工位置和特点，模拟中选取代表点进行模拟预测。施工环节泥沙发生点位置见图 6.2-2。

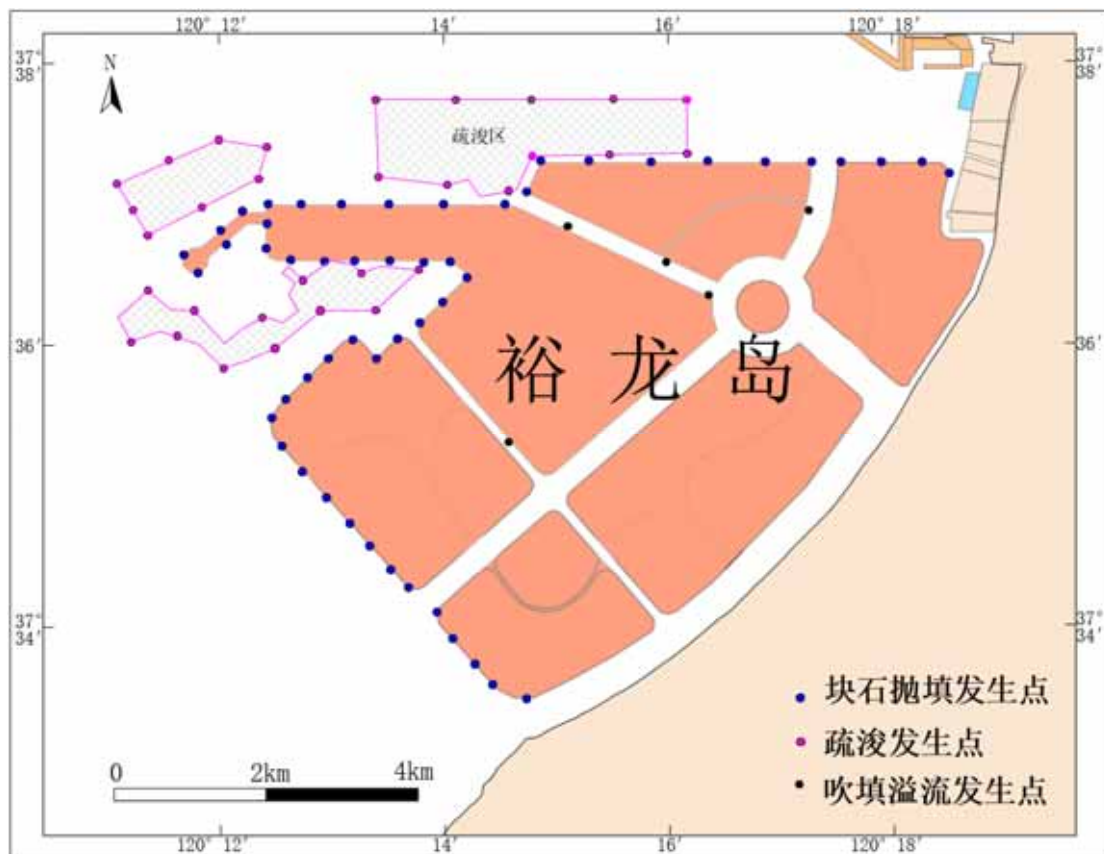


图 6.2-1 施工悬沙发生点位置图 (已完成工程)



图 6.2-2 施工悬沙发生点位置图 (后续工程)

(2) 入海悬浮泥沙源强

块石抛填：一方面由于细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度，另一方面抛砂挤出的泥沙清除过程也产生颗粒悬浮物。

根据计算，本工程块石抛填悬浮泥沙平均源强约为 2.80kg/s。

绞吸船疏浚产生的悬浮泥沙源强：如某绞吸式挖泥船，使用 4500m³/h 的吸泥泵，输泥管内充泥系数为 0.2，则挖泥速率 V=900m³/h，根据底质情况，挖泥点产生悬浮泥沙 k 一般为 3~5kg/m³，可获得悬浮物发生率 S（kg/s）。

即：V=900m³/h，k=5kg/m³，则：S=900×5/3600=1.25kg/s

吹填溢流本工程按照每个岛采用 2 艘 4500m³/h 绞吸式挖泥船进行吹填，则溢流速度为 9000m³/h，回填区的泥浆水流经分隔围堰、多道防污屏沉隔、布设双层土工布，经排水口排出，溢流浓度可以控制在 1000mg/L 以内，按照每个岛同时有两个溢流口发生溢流。

经计算，溢流源强约为：9000/3600*1.0/2=1.25kg/s。

6.2.3 预测悬浮泥沙浓度增量分布

图 6.2-3 表明块石抛填施工期间，10mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 810m，面积（包含工程区）为 5567ha；20mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 268m，面积（包含工程区）为 4957ha；50mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 93m，面积（包含工程区）为 4646ha。

图 6.2-4 表明已完成疏浚施工期间，10mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 430m，面积为 1290ha；20mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 250m，面积为 934ha；50mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 130m，面积为 779ha。

图 6.2-5 表明吹填溢流施工期间，10mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 2020m，面积为 67.33ha；20mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 710m，面积为 5.43ha；50mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 110m，面积为 2.06ha。

图 6.2-6 表明后续疏浚施工期间，10mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 340m，面积为 673ha；20mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 130m，面积为 496ha；50mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离约 60m，面积为 451ha。



图 6.2-3 块石抛填悬浮泥沙扩散范围图



图 6.2-4 已完成疏浚悬浮泥沙扩散范围图

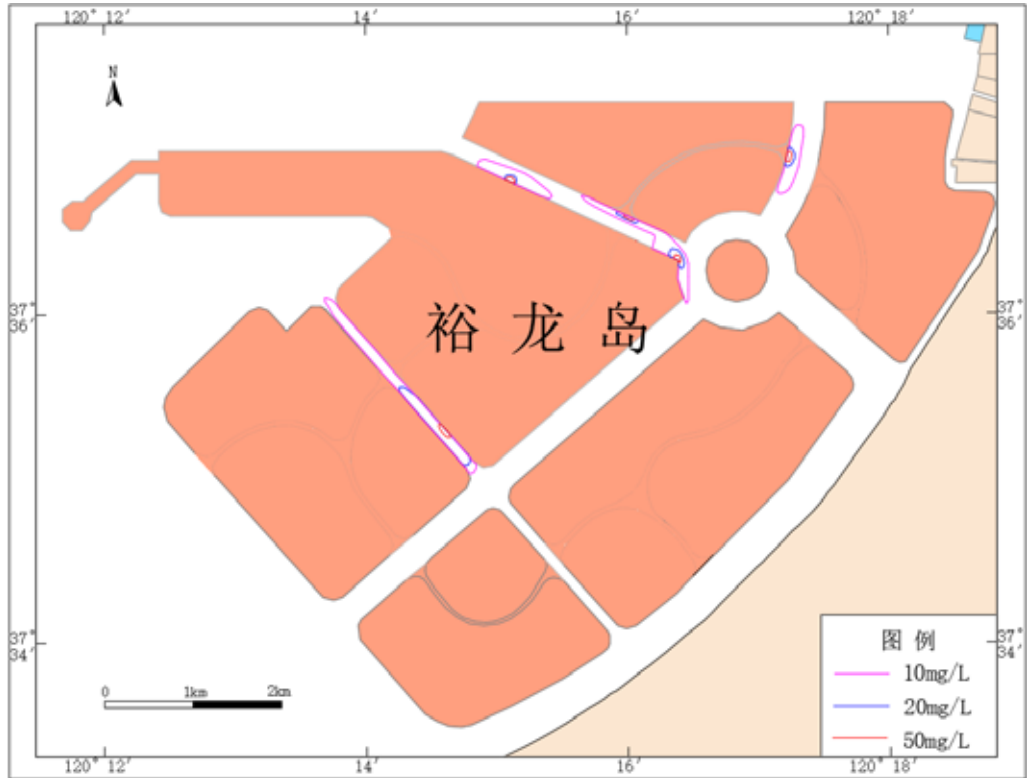


图 6.2-5 溢流悬浮泥沙扩散范围图



图 6.2-6 后续疏浚悬浮泥沙扩散范围图

6.3 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

6.3.1 地形地貌冲淤数值模拟

6.3.1.1 泥沙运动控制方程

泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S$$

式中：

\bar{c} ——水深平均悬浮泥沙浓度 (g/m^3)； u, v ——水深平均流速 (m/s)；

D_x, D_y ——分散系数 (m^2/s)； h ——水深 (m)；

S ——沉积/侵蚀源汇项 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$)； Q_L ——单位水平区域内点源排放量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)；

C_L ——点源排放浓度 (g/m^3)。

6.3.1.2 沉积物沉积和侵蚀计算公式

(1) 粘性土沉积和侵蚀

1) 沉积速率

根据 Krone (1962)等提出的方法计算粘性土沉积，公式如下：

$$S_D = w_s c_b p_d$$

式中：

S_D ——沉积速率； w_s ——沉降速度 (m/s)； c_b ——底层悬浮泥沙浓度 (kg/m^3)；

p_d ——沉降概率；

沉降速度计算公式：

$$w_s = \begin{cases} kc^\gamma, & c \leq 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ w_{s,r} \left(1 - \frac{c}{c_{gel}} \right)^{w_{s,n}}, & c > 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \end{cases}$$

式中：

c ——体积浓度；

k, γ ——系数， γ 取值介于 1~2 之间；

$w_{s,r}$ ——沉降速度系数；

$w_{s,n}$ ——组分能量常数；

c_{gel} ——泥沙絮凝点。

沉降概率公式：

$$P_1 = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, & \tau_b \leq \tau_{cd} \\ 0, & \tau_b > \tau_{cd} \end{cases}$$

τ_b ——海底剪应力 (N/m²) ; τ_{cd} ——沉积临界剪应力 (N/m²) 。

2) 泥沙浓度分布

泥沙浓度分布计算包括 2 种方法:

①Teeter 公式

$$c_b = \bar{c}\beta$$

式中:

$$\beta = 1 + \frac{P_e}{1.25 + 4.75p_b^{2.5}}$$

$$p_e = \frac{w_s h}{D_z} = \frac{6w_s}{kU_f}$$

k ——Von Karman 常数 (0.4) ;

U_f ——摩擦速度, $\sqrt{\tau_b / \rho}$ 。

②Rouse 公式

$$-\varepsilon \frac{dC}{dz} = w_s C \quad \varepsilon = kU_f z \left(1 - \frac{z}{h}\right) \quad C = C_a \left[\frac{a}{h-a} \frac{h-z}{z} \right]^R, a \leq z \leq h$$

$$R = \frac{w_s}{kU_f}$$

底层悬浮泥沙浓度公式:

$$c_b = \frac{\bar{c}}{RC}$$

式中:

ε ——扩散系数; C ——悬浮泥沙浓度; z ——垂向笛卡尔坐标。

h ——水深; C_a ——深度基准面处的悬浮泥沙浓度; a ——深度基准面;

\bar{c} ——水深平均浓度; R ——Rouse 参数。

3) 底床侵蚀

根据底床密实程度, 侵蚀计算可以分为 2 种方式:

①密实、固结底床侵蚀计算公式

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{ce}$$

式中：

E ——底床侵蚀度 ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)； τ_b ——底床剪切力 (N/m^2)；

τ_{ce} ——侵蚀临界剪切力 (N/m^2)； n ——侵蚀能力。

②软、部分固结底床侵蚀计算公式

$$S_E = E \exp[\alpha(\tau_b - \tau_{ce})^{1/2}], \tau_b > \tau_{ce}$$

α ——参考系数。

(2) 非粘性土沉积和侵蚀

1) 无量纲颗粒参数的确定

根据 Van Rijn (1984)等提出的方法计算非粘性土再悬浮，公式如下：

$$d^* = d_{50} \left[\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right]^{1/3}$$

式中：

S ——颗粒比重； G ——重力加速度； ν ——粘滞系数； d_{50} ——中值粒径。

2) 底床临界起动流速

泥沙悬浮的判定通过实际摩擦流速 U_f 和临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 的比较得以实现。其主要通过两种方式，一种是利用泥沙运移阶段参数 T ；另一种是利用临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值。

①泥沙运移阶段参数 T

$$T = \begin{cases} \left(\frac{U_f}{U_{f,cr}} \right) - 1, & U_f > U_{f,cr} \\ 0, & U_f \leq U_{f,cr} \end{cases}$$

$$U_f = \sqrt{ghI} = \frac{\sqrt{g}}{C_z} |\vec{V}|$$

式中：

I ——能量梯度；

C_z ——谢才系数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$) ($=18 \ln(4h/d_{90})$)；

$|\vec{V}|$ ——流速 (m/s)。

②临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值

$$\frac{U_{f,cr}}{w_s} = \begin{cases} \frac{4}{d^*}, 1 < d^* \leq 10 \\ 0.4, d^* > 10 \end{cases}$$

3) 沉降速度

非粘性土沉降速度公式:

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd^2}{18\nu}, d \leq 100 \mu m \\ \frac{10\nu}{d} \left\{ \left[1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}, 100 < d \leq 1000 \mu m \\ 1.1[(s-1)gd]^{0.5}, d > 1000 \mu m \end{cases}$$

式中:

d ——非粘性土颗粒粒径

; s ——非粘性土密度;

ν ——粘滞度;

g ——重力加速度。

4) 悬移质运移

悬移质泥沙平衡浓度计算公式:

$$\bar{c}_e = \frac{q_s}{\bar{u}h} \quad q_s = \int_a^h c \cdot dy \quad a = k_s = 2d_{50}$$

式中:

\bar{u} ——水深平均流速 (m/s);

q_s ——悬移质运移量 (kg/m/s);

c ——距离底床 y (m) 处的悬浮泥沙浓度 (kg/m³);

u ——距离底床 y (m) 处的流速 (m/s);

h ——水深 (m);

a ——底床分层厚度 (m);

k_s ——等效粗糙高度 (m);

d_{50} ——中值粒径。

5) 非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布主要取决于湍流扩散系数 ϵ_s 和沉降速度 w_s 。

①湍流扩散系数计算公式为：

$$\varepsilon_s = \beta \Phi \varepsilon_f$$

$$\beta = \begin{cases} 1 + \left(\frac{w_s}{U_f} \right)^2, & \frac{w_s}{U_f} < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq \frac{w_s}{U_f} < 0.25 \\ \text{不悬浮} & , \frac{w_s}{U_f} \geq 2.5 \end{cases}$$

式中：

β ——扩散因子；

Φ ——阻尼系数。

②非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布由 Peclet 系数 P_e 确定：

$$P_e = \frac{C_{rc}}{C_{rd}}$$

式中：

C_{rc} ——Courant 对流系数 ($= w_s \Delta t / h$)； C_{rd} ——Courant 扩散系数 ($= \varepsilon_f \Delta t / h^2$)；

ε_f ——水深平均流体扩散系数。

6) 非粘性土沉积

$$S_d = - \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s} \right), \bar{c}_e < \bar{c}$$

$$t_s = \frac{h_s}{w_s}$$

$$\bar{c}_e = 10^6 \cdot F \cdot C_a \cdot s$$

$$F = c / c_a$$

式中：

\bar{c}_e ——平衡浓度；

s ——相对密度，取 2.65。

7) 非粘性土侵蚀

$$S_e = - \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s} \right), \bar{c}_e > \bar{c}$$

6.3.1.3 输入参数确定

(1) 沉积物类型、粒度特征参数

根据该区近期和历史表层沉积物调查资料，确定沉积物类型、性质、粒度特征等相关参数。

(2) 风的资料输入

数值模拟风的资料参照龙口气象站，该气象站位于龙口镇南郊（37° 37' N，120° 19' E），距龙口港区约 2km。根据该区静风和各向大风出现频率输入模型进行计算。

用龙口气象站 2002~2006 年每日 24 次风资料统计：常风向为 S 向，出现频率为 22.78%，次常风向为 NE 向，出现频率为 15.6%，强风向为 NE 向，该向 ≥ 6 级风出现频率为 4.53%， ≥ 7 级风出现频率为 2.10%。

(3) 其它输入参数

根据该海域沉积物粒度特征，侵蚀临界剪应力取值介于 0.75~1.5N/m² 之间；根据海底沉积物组成和粒度特征，曼宁系数取值介于 45~58m^{1/3}//s。

6.3.2 冲淤模拟结果分析

6.3.2.1 冲淤验证

采用中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的龙口港 2002 年海图（1999 年测量资料）和 1992 年海图（水深 1989 年测量资料）水深地形资料进行对比分析，计算典型断面水深年变化量，将工程建设前的年模拟冲淤变化量与海图水深变化量进行对比，验证冲淤数值模型的准确性。

对比断面位置见图 6.3.2-1，断面对比结果见图 6.3.2-2。海图对比资料显示 M-M' 断面北段发生侵蚀，南段发生淤积，在 5.5km 处进行过疏浚，水深变化较大；N-N' 断面整体呈淤积状态，2.7km、3.6km 处进行过疏浚，水深变化较大。总体而言，从冲淤厚度和趋势上看，模拟值与实测值基本吻合。

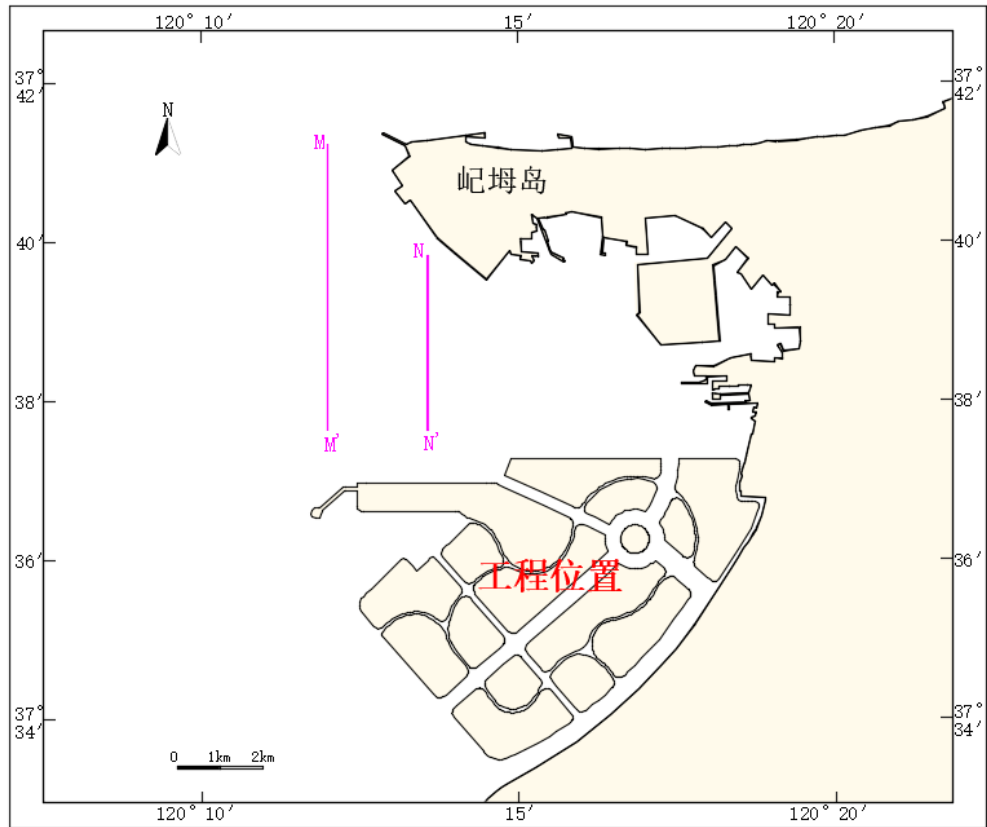


图 6.3.2-1 对比断面位置图

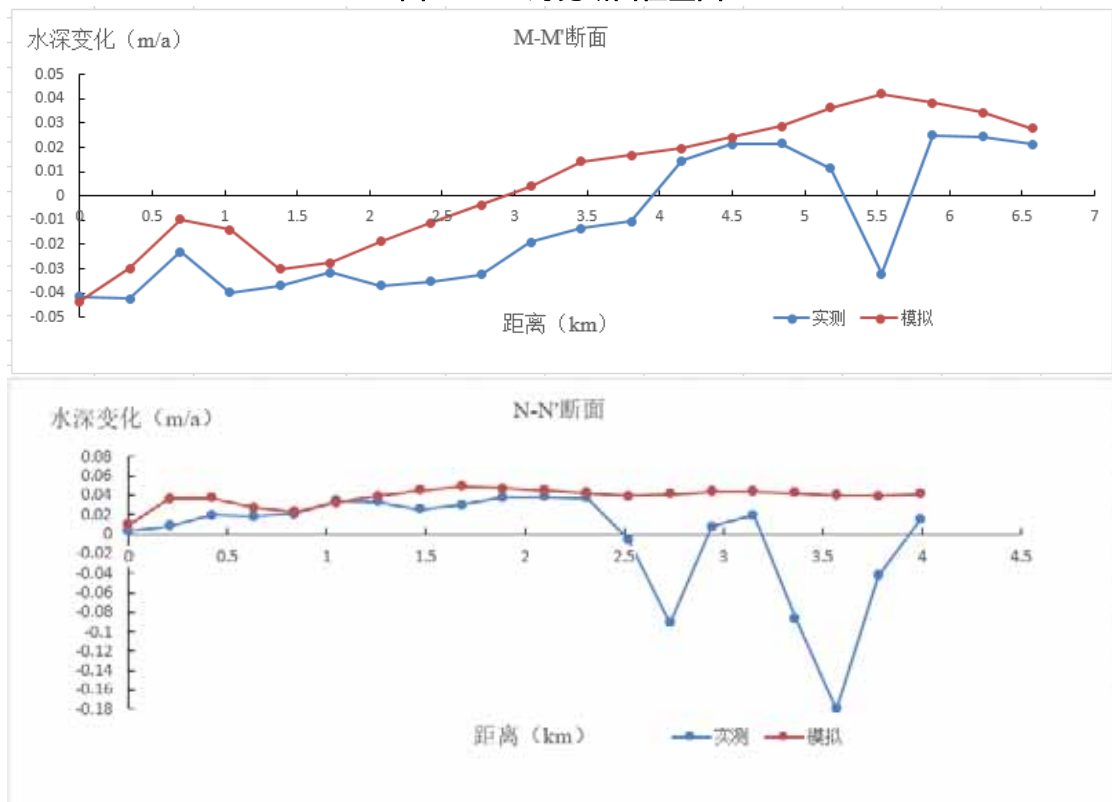


图 6.3.2-2 实测水深与模拟结果对比

6.3.2.2 裕龙岛周边冲淤模拟结果

(1) 围填海实施前年冲淤结果

围填海实施前，岷姆岛北侧以冲刷为主，年冲刷量一般在 2cm-6cm；龙口湾内发生淤积，年淤积量一般在 1cm-4cm；龙口湾内龙口渔港与春雨渔港之间近岸区域发生侵蚀，年侵蚀量一般小于 4cm。年冲淤效果见图 6.3.2-3。

(2) 现状年冲淤结果

现状情况下，岷姆岛北侧以冲刷为主，年冲刷量一般在 2cm-6cm；岷姆岛与裕龙岛之间海域发生淤积，年淤积量一般在 2cm-5cm；裕龙岛码头兼防波堤发生较强侵蚀，年侵蚀量最大达 13cm，码头内侧及裕龙岛西南侧发生淤积，年淤积量一般小于 2.5cm；裕龙岛水道内发生微淤积。年冲淤效果见图 6.3.2-4。

(3) 水道打通后年冲淤结果

水道打通后周边冲淤趋势与现状基本一致，其影响主要位于裕龙岛南北向水道内，由微淤积变为侵蚀，南北向主水道年侵蚀量一般小于 1.5cm，沿岸水道侵蚀量一般小于 2.5cm；过水通道区域侵蚀量较大。年冲淤效果见图 6.3.2-5。

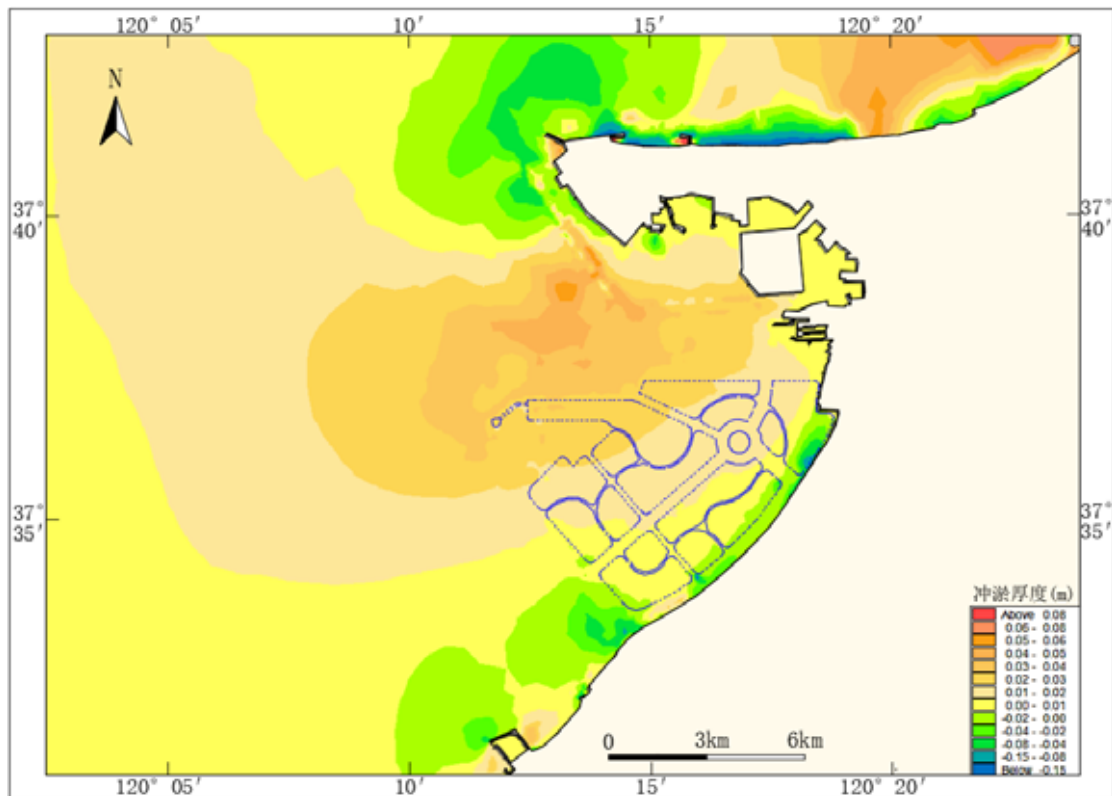


图 6.3.2-3 围填海实施前冲淤厚度图

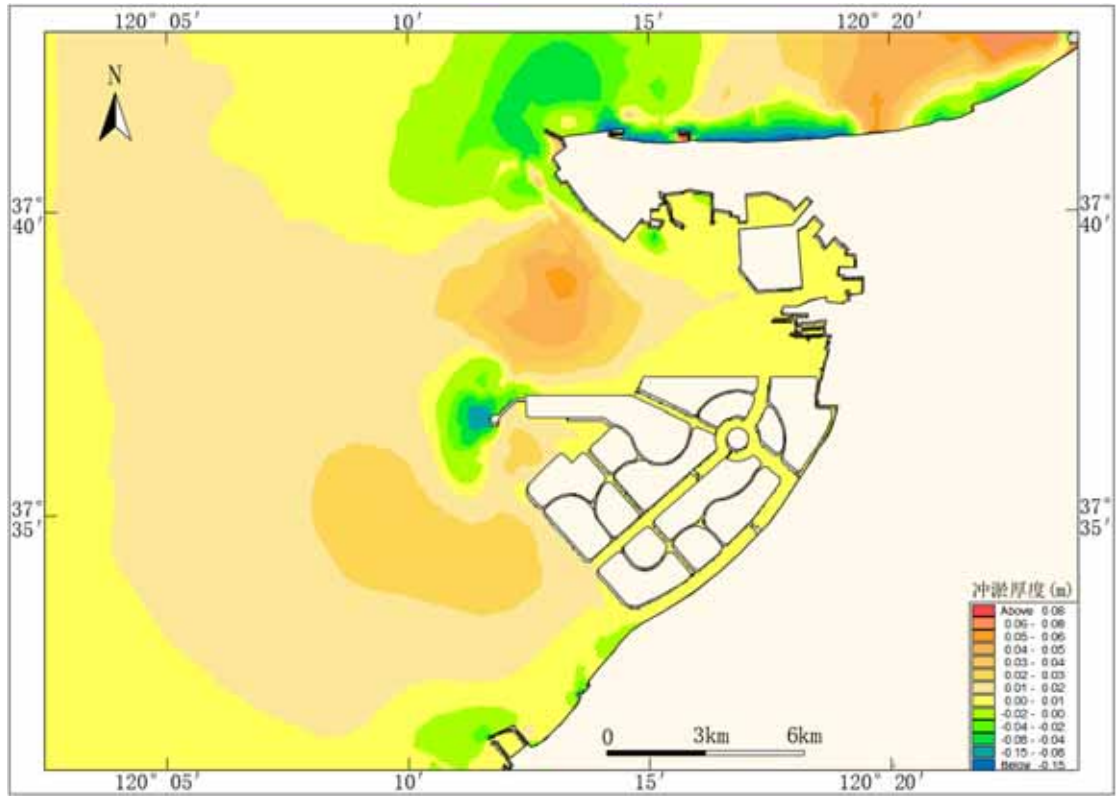


图 6.3.2-4 现状年冲淤厚度图

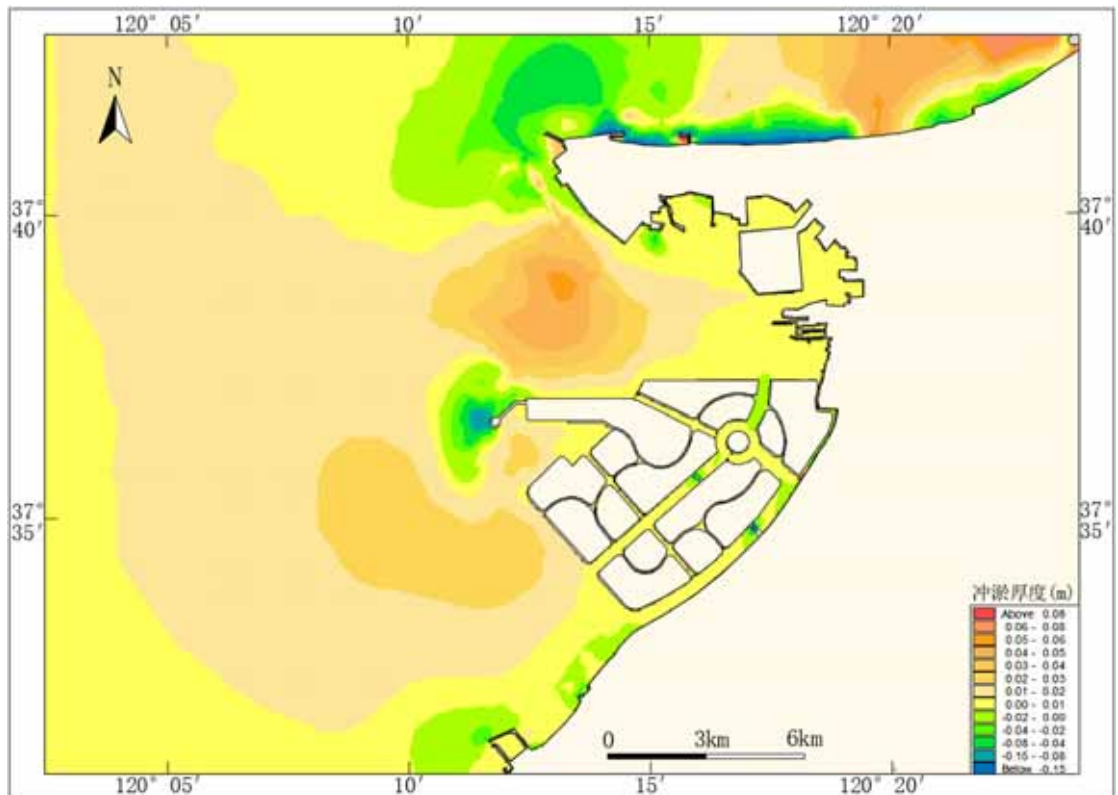


图 6.3.2-5 水道打通后年冲淤厚度图

(4) 冲淤对比分析

为了研究裕龙岛建设对周边冲淤环境的影响，将现状冲淤与裕龙岛实施前冲淤进行对比，对比结果见 6.3.2-6。裕龙岛建设后砵姆岛西侧冲刷强度有所降低，年最大变化量为 3.5cm；防波堤堤头由原来的淤积变为强冲刷，年最大变化量达 16cm；裕龙岛北侧淤积强度有所降低，年淤积减小量一般在 1cm~2.5cm 之间；裕龙岛西南侧冲刷强度减弱，部分区域变为微淤积，年冲淤变化量一般在 1cm~5cm 之间；数值模拟结果与实测地形冲淤结果吻合较好，受人工疏浚挖泥影响、吹填溢流影响区域差异较大。冲淤变化大于 1cm 的区域距裕龙岛的最大距离为 7.7km。

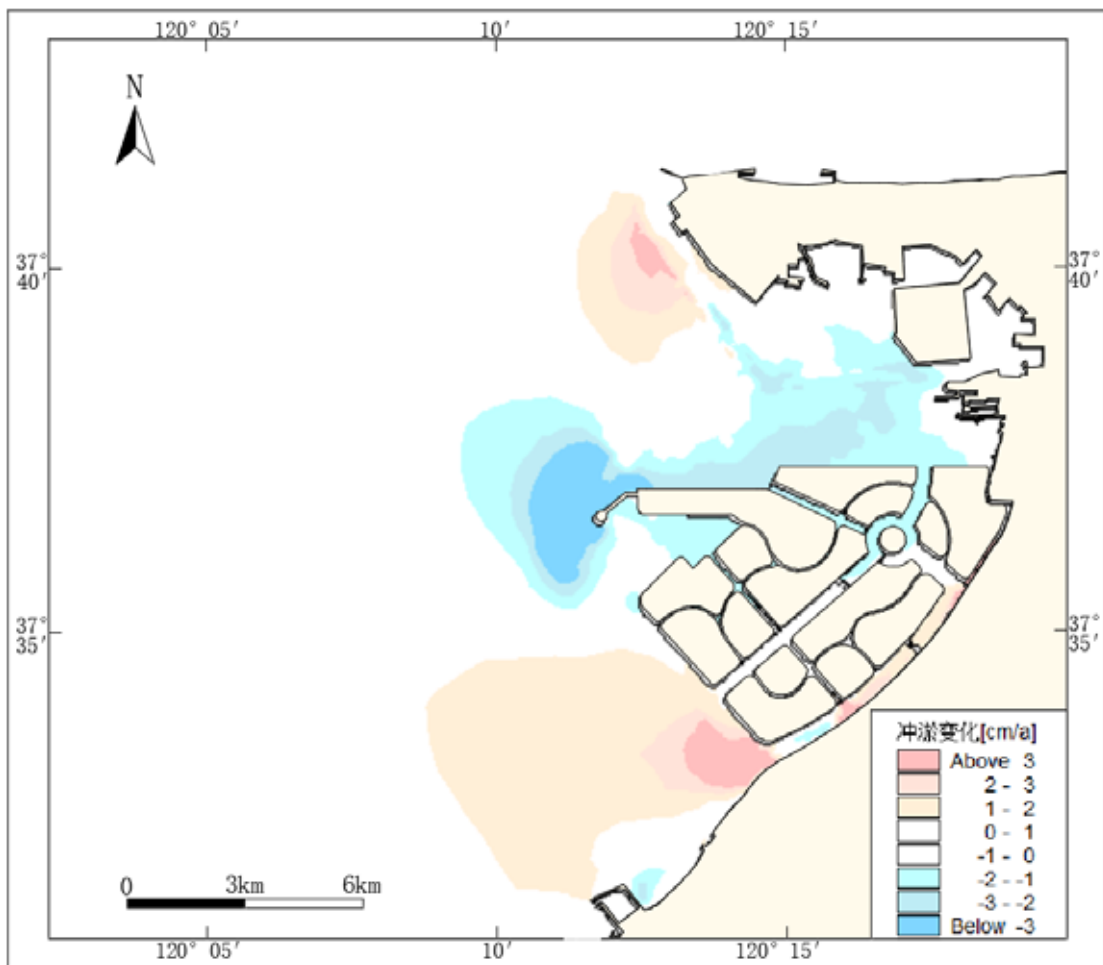


图 6.3.2-6 裕龙岛围填海实施前后年冲淤对比图

6.4 海洋沉积物环境影响分析

工程施工对沉积物环境质量的影响一是占用海域使该部分沉积物环境消失，二是疏浚范围内沉积物环境遭受破坏，三是施工过程中的悬浮泥沙沉降对海域沉积物

环境的影响。工程施工所用的回填料来源于当地石料场，不会对该海域的沉积物产生破坏性影响；疏浚区域主要为项目周边的锚地、航道及港池，上述每年进行维护性疏浚或因各自工程建设的需要进行疏浚，对疏浚土进行吹填利用，避免了从其他区域疏浚而增加额外影响。

工程施工过程中会使海域内悬浮泥沙含量增大，悬浮泥沙粒径小、粘度大，沉降到海底后使海底表层沉积物粒径变小，粘性变大。工程搅动海底沉积物在 2 天内沉积海底，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

现状调查结果表明，调查海域各站位的海洋沉积物质量基本符合各站位所在功能区划的沉积物质量标准要求。

6.5 生态环境影响预测与评价

本工程建设造成的生态影响主要发生在施工期，施工期生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要限定在疏浚的施工范围和回填范围之内，这些作业内容将直接破坏底栖生物生境，并造成海洋生物的直接死亡。间接影响主要指工程施工致使施工水域的悬浮物浓度增加，导致水质变差而造成的影响。

6.5.1 悬浮泥沙对海洋生态环境的影响

(1) 悬浮泥沙对浮游生物的影响

悬浮泥沙对浮游生物的影响主要为：施工过程中产生的悬浮泥沙将导致水体的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长。此外，还表现在对浮游动物的生长率、摄食率的影响等方面。长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物毒性效应的试验结果表明：当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。嵊泗洋山深水港环评工作中，东海水产所曾做过疏浚泥沙对海洋生态系统的影响实验，实验结果表明虽然疏浚泥沙对海洋生态系统没有显著影响，但却会引起浮游动植物生物量有所下降。东海水产所对长江口疏浚泥沙所做的不同暴露时间动态悬沙对微绿球藻(*N. oculata*)和牟氏角毛藻(*CMuelleri*)的生长影响试验结果进行统计回归分析，结果表明海水中的悬沙浓度的增加对浮游植物的生长有明显的抑制作用。施工期间对浮游动物的相对损失率 1~3 月约 5%，在 4 月份浮游动物旺发期可达 20%以上，其它月份大约在 8~13%之间，各月平均损失率为 12%。同时会降

低水体的透明度，影响浮游植物的光合作用，导致初级生产力下降，大量的悬浮物出现在局部水域可能会堵塞仔幼鱼的鳃部造成窒息死亡，在自然环境中，悬沙量的增加会影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响蚤状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其正常发育。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙使周围海水中悬浮物浓度增大，透明度降低，引起浮游植物的光合作用的减少，同样会对浮游植物产生一定的影响和破坏作用。但由于悬浮沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮沙的排放，其影响将会逐渐减轻。

（2）对游泳生物的影响

悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。工程不会产生悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

（3）对底栖生物的影响

由于围堰抛石、吹填溢流等施工等过程导致悬浮物含量增高，从而影响到底栖生物的生存环境。当悬浮物覆盖厚度超过 2cm 时，还会对底栖生物造成致命性损害。悬浮物的沉积，可能引起贝类动物的外套腔和水管受到堵塞而致死。悬浮物的沉积主要影响工程区附近海域的底栖群落，施工结束后一段时间内，受影响的底栖生物群落会逐渐被新的群落所替代。

6.5.2 工程对渔业生产和渔业资源的影响分析

本工程疏浚等施工期间产生的悬浮泥沙使周围海水中悬浮物浓度增大，透明度降低，悬浮泥沙主要在项目周边小范围内扩散，且游泳动物能够有效进行回避，由于悬浮沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮沙的排放，其影响将会逐渐减轻，悬浮泥沙扩散对渔业生产和渔业资源的影响较小。

6.5.3 生态损失量估算

本工程对海洋生物资源的主要影响因素为：永久性占用渔业水域及填海工程产

生的悬浮沙。

6.5.3.1 生物资源损失量

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行生态损失量计算。

（1）评估内容

建设项目对海洋生物资源的评价内容依照建设项目的具体类型及其对海洋生物资源可能产生的影响，建设填海造地将直接破坏底栖生物生存环境，并造成底栖生物的直接死亡；抛石、疏浚等造成施工区域周围海水中悬浮物浓度增大，在一定程度上破坏了生物的生存环境；本项目所处水深较大，属于潮下带。

由于游泳动物的逃避能力较强，填海主要造成浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵和仔稚鱼的生物量损失；水体中悬浮泥沙扩散主要造成浮游植物、浮游动物、鱼卵和仔稚鱼的生物量损失。

综合以上分析，最终确定本项目的评估内容为鱼卵、仔稚鱼、浮游生物和底栖动物。

（2）评估方法

①悬沙造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于 15 天，因此按一次性平均受损量评估。

悬浮泥沙对海洋生物资源损害，按公式 4.3-1 计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \dots\dots\dots (6.5-1)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2 ）、个平方千米（个/ km^2 ）、千克平方千米（ kg/km^2 ）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表 6.5.3-1。

n—某一污染物浓度增量分区总数。

表 6.5.3-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标 倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
Bi ≤ 1 倍	5	<1	5	5
1 < Bi ≤ 4 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
4 < Bi ≤ 9 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
Bi ≥ 9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：1.本表列出污染物 i 的超标倍数(Bi)，指超《渔业水质标准》或超 II 类《海水水质标准》的倍数，
对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种
污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据。
2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合
系数。
3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染
物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

②占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要，占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按公式 4.3-2 计算：

$$W_i = D_i \times S_i \dots\dots\dots (6.5-2)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克 (kg)；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾 (个) 每平方千米[尾 (个) / km^2]、尾 (个) 每立方千米[尾 (个) / km^3]、千克每平方千米 (kg/ km^2)；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米 (km^2) 或立方千米 (km^3)。

(3) 项目用海区域生物资源密度

项目围填海施工大部分已经结束，后期将进行局部围填施工，因围填海前调查资料站位分布不均、不全面，2018 年和 2019 年调查资料详实、全面，且生物资源较之前调查有所增加，因此，浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔稚鱼的生物资源密度根据 2018 年 5 月 (春季)、2018 年 7 月 (夏季)、2018 年 11 月 (秋季) 和 2019 年 1 月 (冬季) 调查结果取平均值，站位布设及调查结果见 5.3 节、5.4 节。本节生物资源密度统计结果见表 6.5.3-2。

表 6.5.3-2 工程附近海域生物资源密度

类别	时间	生物资源密度		平均值
		单位	密度	
浮游植物	2018年5月	个/m ³	10.2×10 ⁵	11.08×10 ⁵
	2018年7月	个/m ³	10.0×10 ⁵	
	2018年11月	个/m ³	3.01×10 ⁵	
	2019年1月	个/m ³	21.1×10 ⁵	
浮游动物	2018年5月	mg/m ³	14554	5730.59
	2018年7月	mg/m ³	1315	
	2018年11月	mg/m ³	1325.10	
	2019年1月	mg/m ³	5728.25	
底栖生物	2018年5月	g/m ²	19.58	20.75
	2018年7月	g/m ²	8.65	
	2018年11月	g/m ²	11.10	
	2019年1月	g/m ²	43.65	
鱼卵	2018年5月	粒/m ³	34.39	10.57
	2018年7月	粒/m ³	7.9	
	2018年11月	粒/m ³	0	
	2019年1月	粒/m ³	0	
仔稚鱼	2018年5月	尾/m ³	0.35	0.54
	2018年7月	尾/m ³	1.75	
	2018年11月	尾/m ³	0.079	
	2019年1月	尾/m ³	0	

(4) 损失评价结果

1) 填海造成的海洋生物损失

项目总用海面积 1427.9366hm²，平均水深按照 5.3m 进行计算。填海造成的生物损失量见表 6.5.3-3。

表 6.5.3-3 填海造成的生物资源损害评估

种类	资源密度	单位	水深 (m)	填海面积 (hm ²)	损失量	
					数量	单位
浮游植物	11.08×10 ⁵	个/m ³	5.3	1427.9366	8.39E+13	个
浮游动物	5730.59	mg/m ³	5.3	1427.9366	433.69	t
底栖生物	20.75	g/m ²	-	1427.9366	296.30	t
鱼卵	10.57	粒/m ³	5.3	1427.9366	8.00E+08	粒
仔稚鱼	0.54	尾/m ³	5.3	1427.9366	4.09E+07	尾

综合以上计算结果，本工程占用水域共造成浮游植物损失量为 8.39×10¹³ 个，浮游动物损失量为 433.69t，底栖生物损失量为 296.30t，鱼卵损失量为 8.00×10⁸ 粒，仔稚鱼损失量为 4.09×10⁷ 尾。

2) 悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

根据 6.2 节水质环境影响预测结果，块石抛填施工期间，10mg/L 悬浮泥沙扩散面积（包含工程区）为 5567ha；20mg/L 悬浮泥沙扩散面积（包含工程区）为 4957ha；

50mg/L 悬浮泥沙扩散面积（包含工程区）为 4646ha。

疏浚施工期间，10mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 1290ha；20mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 934ha；50mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 779ha。

吹填溢流施工期间，10mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 67.33ha；20mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 5.43ha；50mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 2.06ha。

疏浚施工期间，10mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 673ha；20mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 496ha；50mg/L 悬浮泥沙扩散面积为 451ha。

根据表 6.5.3-1 生物损失按各超标倍数对应的平均生物损失率计算，大于 9 倍时按 50%计（表 6.5.3-4）。悬浮泥沙扩散影响海域内平均水深取 8.3m。水体中悬浮泥沙扩散造成的生物损失量见表 6.5.3-5。

表 6.5.3-4 各级悬浮泥沙计算参数值

悬浮泥沙浓度	悬浮泥沙扩散面积 (hm ²)	损失率		
		浮游植物	浮游动物	鱼卵和仔稚鱼
10-20mg/L	1204.9	5	5	5
20-50mg/L	514.37	20	20	17.5
50-100mg/L	2355.06	40	40	40
>100mg/L	0	50	50	50

注：悬浮物增量 10~20mg/L 浓度范围面积为>10mg/L 浓度范围面积减去>50mg/L 浓度范围面积；悬浮物增量 50~100mg/L 浓度范围面积为>50mg/L 浓度范围面积减去>100mg/L 浓度范围面积。

表 6.5.3-5 悬浮泥沙造成的生物资源损害评估表

种类	资源密度	损失率	受损面积	水深	损失量	总计
		(%)	(hm ²)	(m)		
浮游植物	11.08×10 ⁵ 个/m ³	5	1204.9	5.3	3.54E+12	6.49E+13 个
		20	514.37	5.3	6.04E+12	
		40	2355.06	5.3	5.53E+13	
		50	0	5.3	0.00E+00	
浮游动物	5730.59g/m ³	5	1204.9	5.3	18.30	335.66t
		20	514.37	5.3	31.25	
		40	2355.06	5.3	286.11	
		50	0	5.3	0.00	
鱼卵	10.57 粒/m ³	5	1204.9	5.3	3.37E+07	6.12E+08 粒
		17.5	514.37	5.3	5.04E+07	
		40	2355.06	5.3	5.28E+08	
		50	0	5.3	0	
仔稚鱼	0.54 尾/m ³	5	1204.9	5.3	1.72E+06	3.13E+07 尾
		17.5	514.37	5.3	2.58E+06	
		40	2355.06	5.3	2.70E+07	
		50	0	5.3	0	

综合以上计算结果，本工程悬浮泥沙扩散共造成浮游植物总损失量为 6.49×10¹³ 个，浮游动物总损失量为 335.66t，鱼卵损失量 6.18×10⁸ 粒，仔稚鱼损失量 3.13×10⁷ 尾。

3) 生态损失评价结果

工程建设共造成浮游植物损失量为 1.49×10^{14} 个，浮游动物损失量为 769.35 t，底栖生物损失量为 296.30t，鱼卵损失量 1.41×10^9 粒，仔稚鱼损失量 7.21×10^7 尾。

6.5.3.2 生态损失补偿计算

(1) 计算方法

1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值的计算

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按下式计算：

$$M = W \times P \times E$$

式中：

M——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元（元）；

W——鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个（个）、尾（尾）；

P——鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E——鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，单位为元每尾（元/尾）。

2) 潮间带生物、底栖生物的经济价值的换算

潮间带生物、底栖生物经济损失按下式计算：

$$M = W \times E$$

式中：

M——经济损失额，单位为元（元）；

W——生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E——生物资源的价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。

(2) 补偿年限（倍数）

各类工程施工对海洋生态系统造成不可逆转影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算；

一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍；

持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补

偿；实际影响年限为3年~20年的，按实际年限补偿；影响持续时间20年以上的，补偿时间不应低于20年。

(3) 计算结果

1) 占用水域生物损失补偿计算

占用渔业水域造成的生物损失补偿计算结果见表6.5.3-6。占用渔业水域造成的生态补偿金额为20419.6万元。

2) 悬浮物扩散生物损失补偿计算

悬浮泥沙扩散造成的生物损失补偿计算结果见表6.5.3-7。悬浮物扩散造成的生态补偿金额为1663.6万元。

3) 合计

综合以上计算结果，工程建设共造成浮游植物损失量为 1.49×10^{14} 个，浮游动物损失量为769.35t，底栖生物损失量为296.30t，鱼卵损失量 1.41×10^9 粒，仔稚鱼损失量 7.21×10^7 尾。

占用渔业水域造成的生态补偿金额为20419.6万元。悬浮物扩散造成的生态补偿金额为1663.6万元。生态补偿金额总计22083.2万元。

表 6.5.3-6 占用海域造成的生物损失补偿计算表

补偿类型	生物类型	损失量		成活或转化率	价格(元/尾,元/kg)	补偿倍数	经济损失计算式	补偿金(万元)
		单位	量值(W)					
填海造地 占用海域	浮游植物	个	8.39E+13	-	-	-	-	-
	浮游动物	kg	433694.72	10%	5	20	$W \times C \times J \times a / 10000$	433.7
	底栖动物	kg	296296.84	-	10	20	$W \times J \times a / 10000$	5925.9
	鱼卵	个	799944362.7	1%	0.7	20	$W \times C \times J \times a / 10000$	11199.2
	仔稚鱼	尾	40867545	5%	0.7	20	$W \times C \times J \times a / 10000$	2860.7
小计								20419.6

表 6.5.3-7 悬浮泥沙扩散造成的生物损失补偿计算表

补偿类型	生物类型	损失量		成活率或转化率	价格(元/尾,元/kg)	补偿倍数	经济损失计算式	补偿金(万元)
		单位	量值(W)					
悬浮泥沙	浮游植物	个	6.49E+13	-	-	-	-	-
	浮游动物	kg	335655.44	10%	5	3	$W \times C \times J \times a / 10000$	50.3
	鱼卵	个	611908279.6	1%	0.7	3	$W \times C \times J \times a / 10000$	1285.0
	仔稚鱼	尾	31261160.93	5%	0.7	3	$W \times C \times J \times a / 10000$	328.2
小计								1663.6

6.6 对环境敏感区环境影响预测与评价

工程周边存在的生态敏感目标主要包括：周边养殖区、工程占用的辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区试验区、工程南侧 4.6km 的招远砂质黄金海岸国家级海洋公园、工程南侧 8.9km 的招远砂质海岸海洋特别保护区。

施工悬浮泥沙浓度包络线与环境敏感目标叠置图见图 6.6-1。

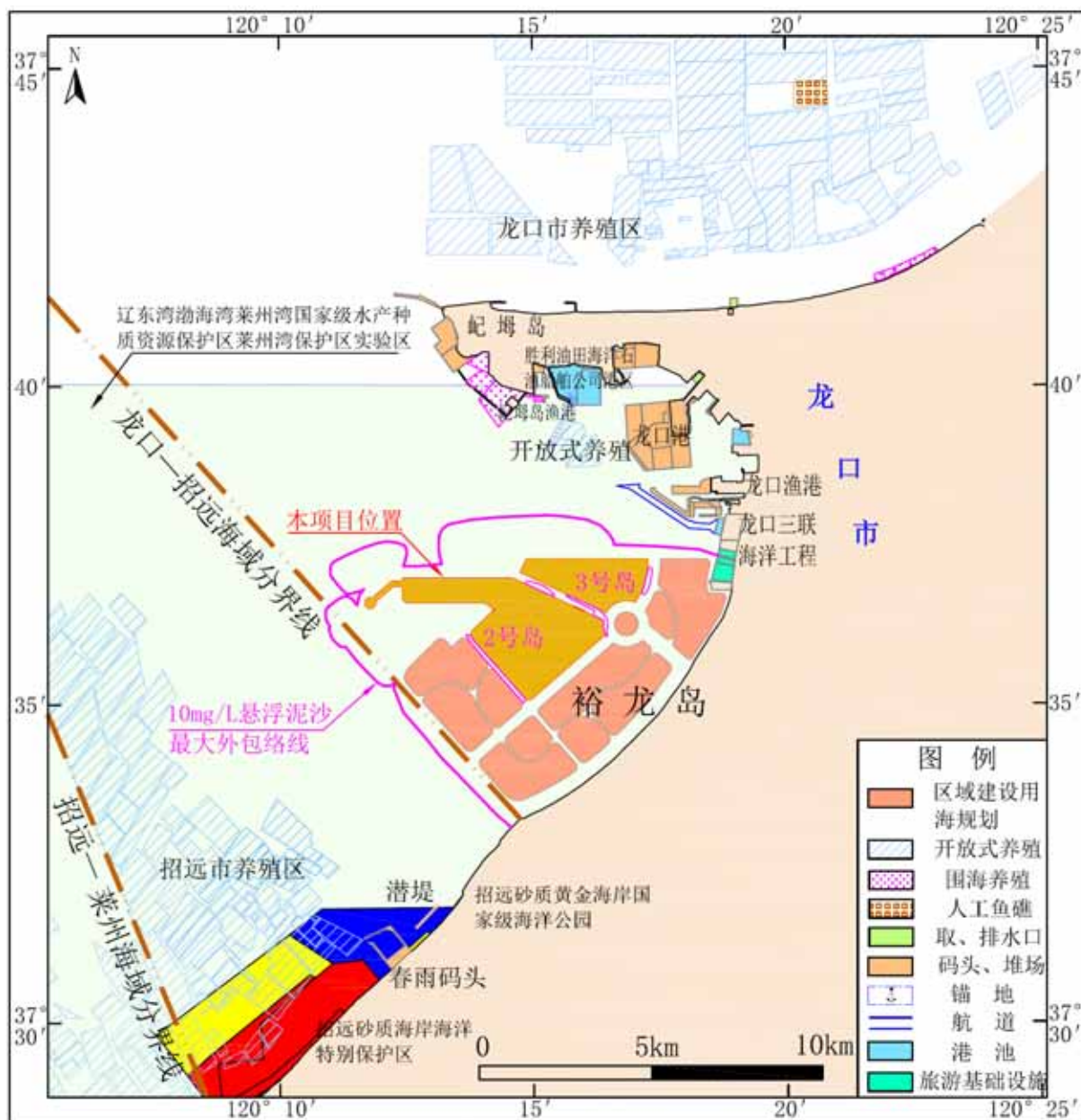


图 6.6-1 10mg/L 悬浮泥沙与环境敏感目标叠置图

6.6.1 对养殖区影响

离工程最近的养殖区为工程北侧 2.7km 的开放式养殖。从图中可以看出，10mg/L 悬浮泥沙主要在工程周边扩散，最大扩散距离 830m。施工期悬浮泥沙不会对周边养殖区造成明显不利影响。

施工船舶不会进入养殖区内，施工船舶产生的含油污水不向海域内排放，对周边养殖业不会产生明显影响。但是，施工单位必须切实做好施工船舶的管理工作，严禁施工船舶向海域内违规倾倒污水，乱扔垃圾，杜绝此类人为因素对海洋环境的影响，从而避免对周边养殖业带来的潜在危害。

6.6.2 对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的影响

对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的影响分析内容引自《裕龙岛炼化一体化项目（一期）对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》（鲁东大学，二〇一九年九月）。

6.6.2.1 保护区情况介绍

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区总面积为 23219km²，其中核心区面积为 9625km²，实验区总面积为 13594km²。核心区特别保护期为 4 月 25 日—6 月 15 日。保护区位于渤海的辽东湾、渤海湾和莱州湾三湾内，范围在东经 117°35′—122°20′，北纬 37°03′—41°00′之间。

(1) 辽东湾保护区

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区辽东湾保护区位于辽东湾北部海域，海岸线西起绥中县和兴城市的交界点六股河入海口，向东北经葫芦岛连山河入海口、锦州的大笔山为折点，向东经大凌河入海口、大鱼沟，双台子河口为拐点，向东南经二界沟、辽河口、东至大清河口，向西南经大望海赛、鲅鱼圈、仙人岛，南至营口市和大连市交界点浮渡河入海口。

核心区：是由 4 个拐点顺次连线围成的海域，拐点坐标分别为(121°15'E, 40°45'N; 121°45'E, 40°45'N; 122°00'E, 40°30'N; 121°00'E, 40°30'N)；

实验区：是由于 7 个拐点顺次连线与北面的海岸线（即大潮平均高潮痕迹线）所围的海域，拐点坐标分别为（120°30'15"E, 40°15'45"N; 120°40'00"E, 40°10'00"N; 120°55'00"E, 40°10'00"N; 121°00'00"E, 40°20'00"N; 120°45'00"E, 40°20'00"N; 121°20'00"E, 39°55'00"N; 121°57'37"E, 40°06'40"N; ）

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区辽东湾保护区辽东湾保护区总面积 9935 平方公里，其中核心区面积 1755 平方公里，实验区面积 8180 平方公里。渤海湾保护区

渤海湾核心区面积为 6160km²,核心区范围是由 4 个拐点顺次连线与西面的海岸线（即大潮平均高潮痕迹线）所围的海域,拐点坐标为（118°15'00"E, 39°02'34"N; 118°15'E, 39°25'N; 118°20'E, 38°20'N; 118°20'E, 38°01'33"N）。

海岸线北起河北省唐山市南堡渔港西侧,经丰南、沙河黑沿子入海口、涧河地理位置入海口,向西经天津的海河、独流减河入海口,向西至歧口河口为折点向南再经河北省黄骅市、海兴县的南排河李家堡、石碎河赵家堡入海口、马颊河、徒骇河入海口,南至山东省滨州市湾湾沟乡。

（2）渤海湾保护区

渤海湾核心区面积为 6160km²,核心区范围是由 4 个拐点顺次连线与西面的海岸线（即大潮平均高潮痕迹线）所围的海域,拐点坐标为（118°15'00"E, 39°02'34"N; 118°15'E, 39°25'N; 118°20'E, 38°20'N; 118°20'E, 38°01'33"N）。

海岸线北起河北省唐山市南堡渔港西侧,经丰南、沙河黑沿子入海口、涧河地理位置入海口,向西经天津的海河、独流减河入海口,向西至歧口河口为折点向南再经河北省黄骅市、海兴县的南排河李家堡、石碎河赵家堡入海口、马颊河、徒骇河入海口,南至山东省滨州市湾湾沟乡。

（3）莱州湾保护区

本保护区总面积为 7124km²,其中核心区面积为 1710km²,试验区面积为 5414km²。核心区包括以下三个区域:

核心一区:是由 6 个拐点顺次连线所围的海域,面积为 66.7km²（主要保护对象有真鲷,花鲈,三疣梭子蟹）。拐点坐标分别为（37°19'45"N, 119°47'10"E; 37°26'48"N, 119°44'57"E; 37°28'01"N, 119°48'49"E; 37°24'09"N, 119°50'26"E; 37°23'21"N, 119°48'08"E; 37°20'18"N, 119°49'22"E）。

核心二区:是由 4 个拐点顺次连线所围的海域,面积为 40km²（主要保护对象有三疣梭子蟹）。拐点坐标分别为（37°13'01"N, 119°29'50"E; 37°16'54"N, 119°29'50"E; 37°16'57"N, 119°33'24"E; 37°13'01"N, 119°33'48"E）。

核心三区:是由 3 个拐点顺次连线与西侧海岸线（海岸线北起东营市黄河口镇,经黄河入海口,小清河入海口,南至潍坊市白浪河入海口）所围的海域,面积为 1603km²（主要保护对象有中国对虾,文蛤,青蛤,中国毛虾）。拐点坐标分别为（37°57'00"N, 119°00'00"E; 37°54'00"N, 119°10'00"E; 37°09'10"N, 119°10'00"E）。

莱州湾实验区：是由 4 个拐点顺次连线与南面的海岸线（即大潮平均高潮痕迹线）所围的海域（不包括其中的 3 个核心区）。拐点坐标分别为（38°00'00"N，118°58'30"E；38°00'00"N，119°20'00"E；37°40'00"N，119°20'00"E；37°40'00"N，120°18'03"E）。

海岸线北起山东省东营市孤岛镇向南经黄河入海口，小清河入海口，以白浪河入海口为拐点，向东经潍河，胶莱河入海口到莱州市虎头崖镇转向东北经三山岛刁龙咀，辛庄镇，黄山馆镇，北至龙口市矾姆岛南侧。主要保护对象有中国对虾，小黄鱼，三疣梭子蟹，真鲷，花鲈，另外还有蓝点马鲛，口虾蛄，半滑舌鳎，文蛤，青蛤，中国毛虾。栖息的其他物种包括银鲳，黄鲫，青鳞沙丁鱼，鲚，凤鲚，鳓，鳀，赤鼻棱鳀，玉筋鱼，黄姑鱼，白姑鱼，叫姑鱼，棘头梅童，鮟等。

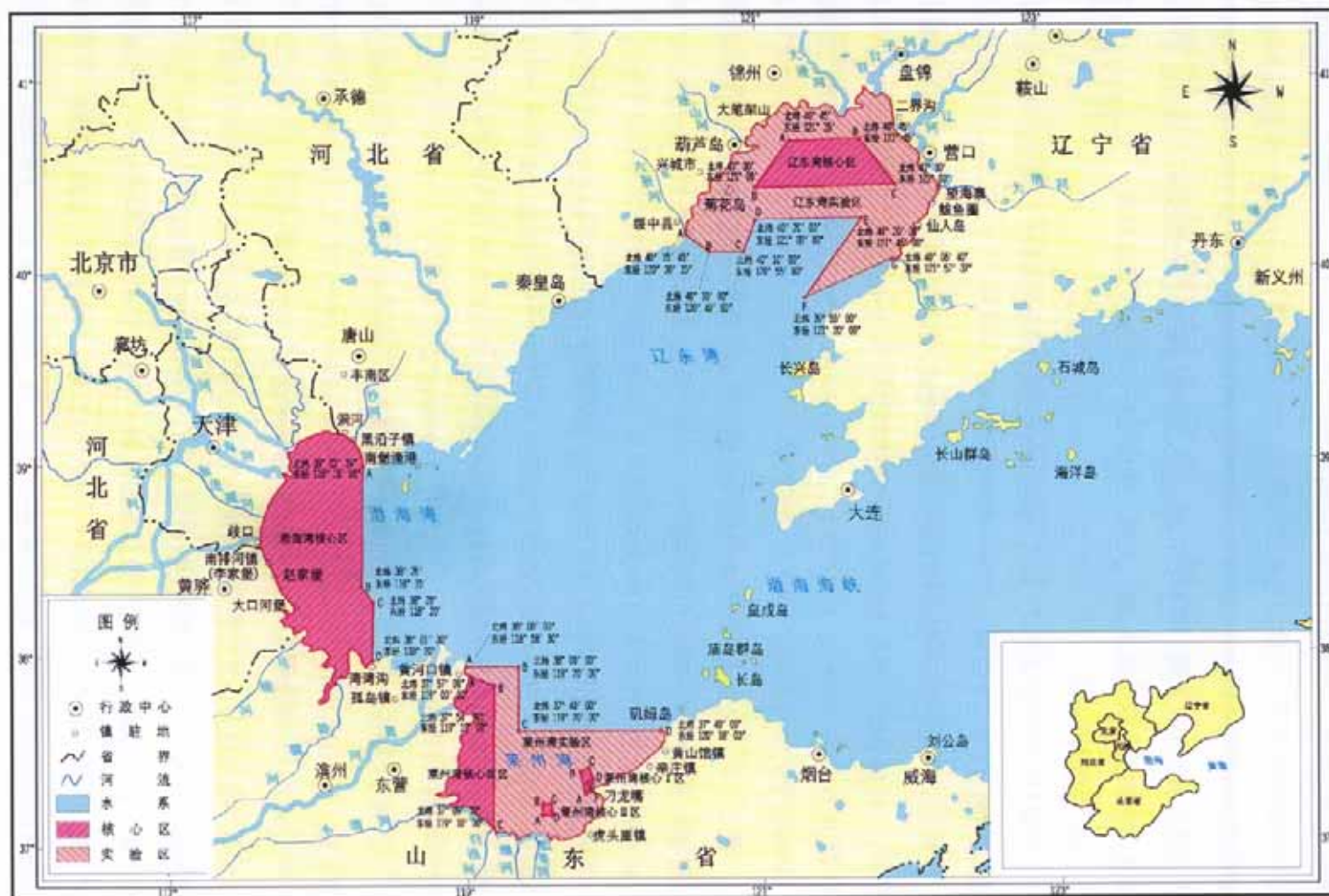


图 6.6-2 辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区功能分区

6.6.2.2 填海工程与国家级水产种质资源保护区的关系

本项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾实验区内。项目与保护区的位置关系见图 6.6-3。

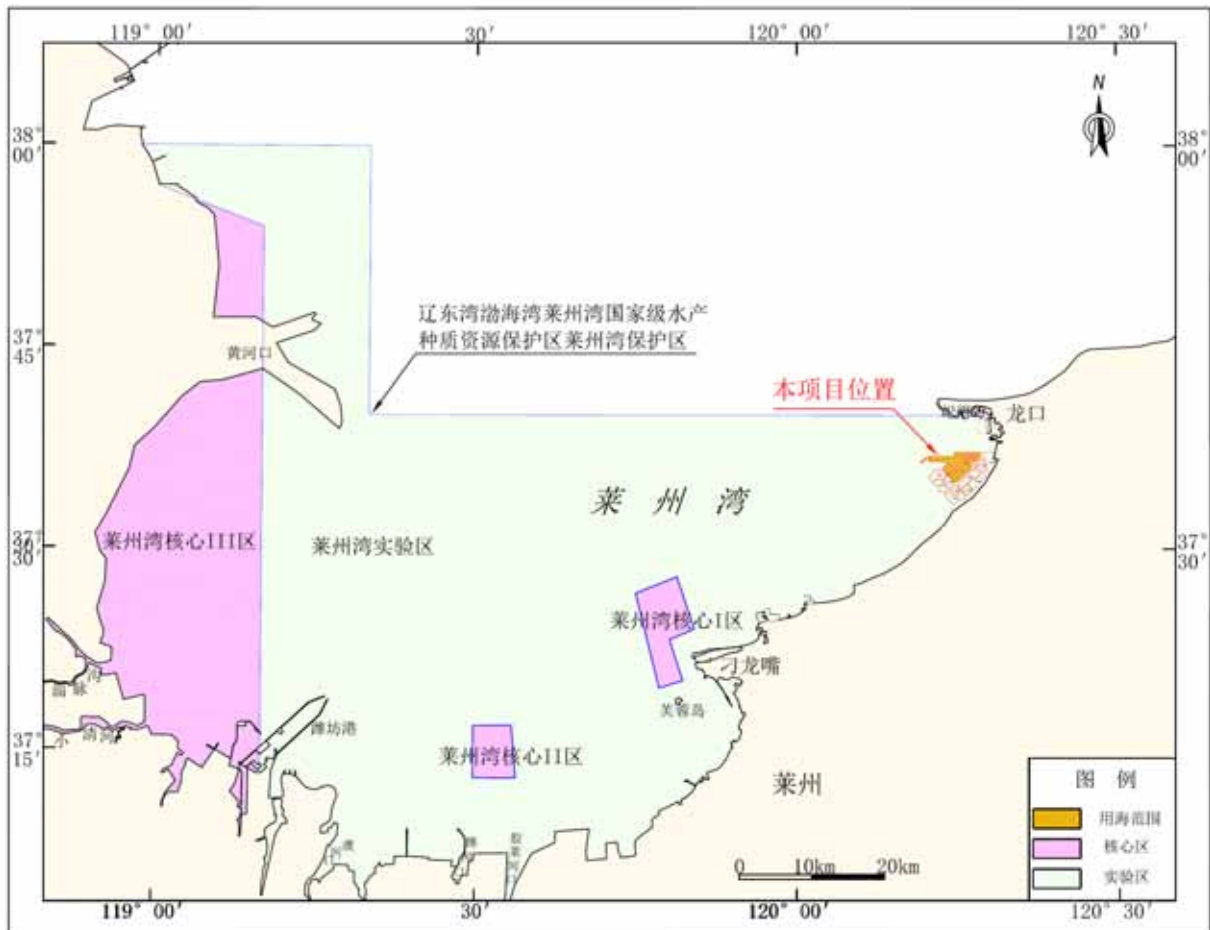


图 6.6-3 辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区

6.6.2.3 保护区保护对象

(1) 主要保护对象

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区中的莱州湾保护区核心区的主要保护对象有中国对虾、三疣梭子蟹、文蛤、青蛤、中国毛虾、真鲷、鲈等；

实验区主要保护对象有中国对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、鲈，另外还有蓝点马鲛、口虾蛄、半滑舌鳎、文蛤、青蛤、中国毛虾。栖息的其他物种包括银鲳、黄鲫、青鳞沙丁鱼、鲚、凤鲚、鳓、鲢、赤鼻棱鳀、玉筋鱼、黄姑鱼、白姑鱼、叫姑鱼、棘头梅童鱼、鮫等。

(2) 主要保护对象生活习性

1) 中国对虾 (*Pseudosquillaesetacea* Bleeker)

中国对虾又称东方对虾，旧称中国对虾，属节肢动物门，甲壳纲，十足目，对虾科，对虾属。是我国分布最广的对虾类，中国明对虾属广温、广盐性、一年生暖水性大型洄游虾类，雄虾俗称“黄虾”，一般体长 155 毫米，体重 30~40 克；雌虾俗称“青虾”，一般体长 190 毫米，体重 75~85 克。对虾全身由 20 节组成，头部 5 节、胸部 8 节、腹部 7 节。除尾节外，各节均有附肢一对。平时在海底爬行，有时也在水中游泳。

中国明对虾的生殖活动分交配和产卵 1 次进行，9~10 月是当年虾交配的盛期，可是直至翌年 5 月中旬产卵季节，交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至 11 月初离开近岸进行越冬洄游；翌年 4~5 月下旬底层水温升至 12℃ 时虾开始产卵，这时 60% 以上虾雌体已经抱卵，卵块呈鲜艳的的碌褐色，随着卵子的发育，约经 20 多天至 5 月下旬，卵子逐渐变为褐色或黑碌色，表示即将进入产卵孵化期，第一次散仔时间为 5 月底~6 月初；6 月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6 月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。一般每年 2 次产卵，两次产卵的间隔时间为 30 天左右。

渤海中国对虾每年秋末冬初，便开始越冬洄游，到黄海东南部深海区越冬；翌年春北上，形成产卵洄游。4 月下旬开始产卵，怀卵量 30~100 万粒，雌虾产卵后大部分死亡。卵经过数次变态成为仔虾，仔虾约 18 天经过数十次蜕皮后，变成幼虾，于 6~7 月份在河口附近摄食成长。5 个月后，即可长成 12cm 以上的成虾，9 月份开始向渤海中部及黄海北部洄游，形成秋收渔汛。其渔期在 5 月中旬至 10 月下旬。

2) 小黄鱼 (*Pseudosciaenapolyactis* Bleeker)

小黄鱼隶属石鲈形目、石首鱼科、黄鱼属。属暖温性底层鱼类，广泛分布于渤海、黄海、东海，是我国最重要的海洋渔业经济种类之一。小黄鱼体形较小，一般体长 16~25cm、体重 200~300g，背侧黄褐色，腹侧金黄色。小黄鱼一般食性较杂，主要以鱼虾为食。

小黄鱼是莱州湾的主要经济鱼类，一般春季向沿岸洄游，主要产卵期为 5~6 月，由南向北略为推迟，产卵场一般都分布在河口区和受入海径流影响较大的沿海区，底质为泥砂质、砂泥质或软泥质，产卵场的主要范围一般都分布在低盐水与高盐水混合区的偏高温区。小黄鱼昼夜产卵，主要产卵时间在 17~22 时，以 19 时左右为产卵高峰，小黄鱼产卵场的底层适温为 11~14℃。渤海和黄海中部产卵场小黄鱼卵径为 1.30~1.60mm，黄海南部为 1.28~1.65mm。卵子孵化时间随水温的变化而不同，通常为 63~90 小时。渤海小黄鱼目测性腺发育 5 月中旬 76% 的雌性个体已达到 V 期，6 月中旬 61%

的个体已产卵完毕，因此，推测渤海的小黄鱼产卵期应在5月下旬到6月上旬。3~6月间产卵后，分散在近海索饵，秋末返回深海，冬季于深海越冬。其越冬场在黄海中南部至东海北部，每年4月份北上到达成山头外海，然后分2支，一支继续向北到鸭绿江口进行产卵，另一支则向西，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾和辽东湾等产卵场，产卵期为5月~6月，10月末到11月初向渤海中部集中。本项目距小黄鱼产卵场较远，至少100km以上。

3) 三疣梭子蟹 (*Portunustrituberculatus*)

梭子蟹属甲壳纲十足目梭子蟹科，因头胸甲呈梭子形，甲壳的中央有三个突起，所以又称“三疣梭子蟹”。为暖温性多年生大型蟹类动物，我国沿海均有分布，也是我国最大的一种蟹类。三疣梭子蟹终生生活在渤海，是一种地方性资源，每年12月下旬至翌年3月下旬为越冬期，梭子蟹生长在近岸浅海，栖息水深10~50米的海区，以10~30米泥沙底质的海区群体最密集。3月末4月初梭子蟹开始出蛰并逐渐向近岸河口区移动，5月初产卵群体已经游至河口附近浅水区开始产卵，第一次散仔时间为5月底~6月初；6月中旬开始出现第二次产卵高峰，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。梭子蟹一般每年2次产卵，两次产卵的间隔时间为45天左右。经过2次产卵的产卵亲体开始向外海移动，集中分布在内湾的相对深水区，8月当年补充群体大量出现，并集中分布在内湾的近岸浅水区；9月是梭子蟹分布密度最高的月份，补充群体也开始向外海移动；10月份随着水温的下降向外海洄游的数量不断增加，12月初开始短距离的越冬洄游，陆续到达黄河口东北渤海中部水深20~25m水域越冬。

4) 真鲷 (*Pagrosomusmajor*)

真鲷 (*Pagrusmajor*)，硬骨鱼纲，鲈形目，鲷科，真鲷属。体侧扁，呈长椭圆形，一般体长15~30厘米、体重300~1000克、自头部至背鳍前隆起。体被大弱栉鳞，头部和胸鳍前鳞细小而紧密，腹面和背部鳞较大。头大，口小、左右额骨愈合成一块，上颌前端有犬牙4个，两侧有臼齿2列。前部为颗粒状，后渐增大为臼齿；下颌前端有犬牙6个，两侧有颗粒状臼齿2列、前鳃盖骨后半部具鳞、全身呈现淡红色，体侧背部散布着鲜艳的蓝色斑点。尾鳍后缘为墨绿色，背鳍基部有白色斑点。

真鲷为近海暖水性底层鱼类，喜栖息于水清而盐度较高的岩礁、沙砾及贝藻丛生的水域，一般水深30~40米。真鲷喜结群，游泳较迅速。生殖季节游向近岸，性凶猛，食性较杂，主要摄食底栖甲壳类、软体动物、棘皮动物、小鱼蟹及海藻等。真鲷生活的适

宜水温 22 ~27 。真鲷对盐度的适应范围为 16‰~33‰。 ，体长 12 厘米以上，以重 500-1000 克者居多，寿命较长，有的可达 30 龄，长达 1 米。北方黄渤海区的真鲷生殖期为 5~7 月，盛期在 5 月下旬。

5) 花鲈 (*Lateolabrax maculatus*)

花鲈属鲈形目，鮨科，花鲈属。俗称鲈鱼、花寨、板鲈、鲈板。花鲈体长，侧扁，背腹面皆钝圆；头中等大，略尖。鲈鱼喜欢栖息于河口咸淡水处，亦能生活于淡水中生活。主要在水的中、下层游弋，有时也潜入底层觅食。鱼苗以浮游动物为食，幼鱼以虾类为主食，成鱼则以鱼类为主食。性成熟的亲鱼一般是 3 冬龄体长达 600 毫米左右的个体。生殖季节于秋末，产卵场在河口半咸淡水区。分布于东亚中国、朝鲜及日本的近岸浅海；中国沿海均有分布，此鱼喜栖息于河口或淡水处，亦可进入江河淡水区。花鲈属底栖性鱼类，喜欢在清洁、溶氧量较高(4 毫克~6 毫克/升)、透明度在 30 厘米~40 厘米的水体中生活。

鲈鱼是渤海大型经济鱼类，终年栖息在近海水域，只作近距离移动，不作长距离洄游。在渤海终年都能捕到。冬季主要在渤海湾、辽东湾和莱州湾渔场的较深海域和烟威渔场、石岛渔场一带越冬。1~2 月鲈鱼主要分布在渤海中部，3 月渤海水温降到最低点，大部分鲈鱼游到渤海海峡一带，4 月数量开始增加，主要分布在莱州湾和渤海湾，5~12 月的分布比较分散。春、秋两季数量较多，主要集中在莱州湾、渤海湾、黄河口及辽东湾南部。主要索饵期为 3~8 月，鲈鱼的产卵场较广，主要在 38 ~40 N，119 ~121 E，产卵期主要在秋季(9~11 月)，其次在春季(4~6 月)，产卵后进入深水区越冬。

6) 蓝点马鲛

在蓝点马鲛种群的研究中，把越冬场在沙外和江外渔场，洄游于黄、渤海各个产卵场的蓝点马鲛鱼群为一个种群；把越冬场在浙、闽外海渔场，洄游于浙、闽和南黄海近海产卵场的蓝点马鲛鱼群划为另一种群。山东近海的蓝点马鲛属前一种群。

山东近海群系的蓝点马鲛越冬场在黄海东南部(32°00'~33°40'N，124°00'~127°15'E)，底质为泥沙和细沙，水深 60~80m。4 月下旬，蓝点马鲛由越冬场经大沙渔场，进入海州湾和山东半岛南部各产卵场，产卵期在 5~7 月。主群则沿 122°30'N 北上，首批鱼群 4 月底越过山东高角，向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、渤海湾等主要产卵场，产卵期为 5~7 月。在山东高角处，从主群分出的另一支群体继续北上，抵达黄海北部的又一产卵场海洋岛，产卵期为 5 月中到 6 月初。产卵之后，亲鱼和

幼鱼均在产卵场附近海域分散索饵。8月下旬随着近岸水温下降，鱼群陆续向较深水域行适温洄游，并继续强烈摄食，生长育肥，渤海蓝点马鲛幼鱼开始外泛，主群于9月上旬至10月上旬前后抵达烟威渔场西部水深20~30m水域。10月上、中旬，表层水温降至12~13℃时，黄、渤海的蓝点马鲛主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在11月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。

蓝点马鲛产卵场主要有莱州湾、渤海湾、烟威近海、乳山近海和海州湾等。产卵期5~7月，由南至北相应推迟。其中，莱州湾和渤海湾的产卵期为5月下旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期，产卵个体（性腺成熟度为Va和Vb期）占10.1%~41.5%。烟威近海产卵期为5月中旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期，产卵个体占10.2%~30.1%。乳山近海产卵期为5月上旬至6月下旬，以5月中旬至6月上旬为产卵盛期，产卵个体占10.4%~12.0%。海州湾产卵期为5月中旬至6月中旬，产卵盛期在5月中旬至6月上旬，产卵个体占10.1%~34.4%。

7) 口虾蛄

口虾蛄（*Oratosquilla oratoria*）隶属于十足目（*Bathysquilloidea*），虾蛄科（*Squillidae*），口虾蛄属（*Oratosquilla*），俗称：虾耙子、耙虾、虾虎、螳螂虾、琵琶虾。是一种广分布于热带、亚热带、温带海域多年生大型甲壳类。我国沿海、日本沿海及菲律宾沿岸都有分布，生活在5~60m的泥质巢穴中。在黄、渤海沿岸，它是小型底拖网、定置网和流刺网的主要捕捞对象，其味道鲜美，具有较高的经济价值。

黄、渤海口虾蛄是地方资源，越冬不做长距离洄游，只在深浅水之间做短距离移动。渤海的口虾蛄终生在渤海生活，其越冬期是12月中旬至翌年3月中旬，营穴居越冬，越冬水深一般为10~40m，水温在3~12℃之间，盐度为28.0~33.0。3月下旬开始，口虾蛄向近岸移动，5~7月集中于近岸浅水区产卵。

黄、渤海沿岸水域为口虾蛄的产卵场，产卵期的水温为12~18℃，秋后，当水温下降至12℃以下时，开始向深水区移动，行穴居越冬。口虾蛄的生殖活动可分为两个阶段，即交配和产卵。交配一般在9月底~10月，10月中、下旬大个体口虾蛄已完成交配，已交配雌性个体后三对胸节的腹面，有乳白色的“王”字出现。已交配雌性个体的最小体长为90mm，交配后性腺即开始发育，10月下旬性腺成熟系数为42%，到翌年4月中旬，性腺成熟系数可达到100%，5月中旬，性腺成熟系数增至116%。口虾蛄产卵期为4月底至7月，产卵盛期为5月。卵产出后，口虾蛄用颚足将产出的卵团抱在口的

外面。如果将产生的卵团展开，呈现为网片状，排出的卵则刚好位于网的结节位置上。雌性口虾蛄所抱的卵团随时都可抛掉，其抱卵的时间比较短暂，即使在产卵盛期也很少能在渔获物中发现其抱卵的个体。

6.6.2.4 保护区主要保护物种现状

本节将根据调查情况对中国对虾、小黄鱼、毛虾等主要经济渔业生物的产卵场、索饵场、洄游路线的分布现状进行描述分析。

(1) 中国对虾 (*Pseudosquilla polyactis* Bleeker)

中国对虾，属节肢动物门，甲壳纲，十足目，对虾科，对虾属。是我国分布最广的对虾类，中国对虾属广温、广盐性、一年生暖水性大型洄游虾类，雄虾俗称“黄虾”，一般体长 155 毫米，体重 30—40 克；雌虾俗称“青虾”，一般体长 190 毫米，体重 75—85 克。对虾全身由 20 节组成，头部 5 节、胸部 8 节、腹部 7 节。除尾节外，各节均有附肢一对。平时在海底爬行，有时也在水中游泳。

渤海湾对虾每年秋末冬初，便开始越冬洄游，到黄海东南部深海区越冬；翌年春北上，形成产卵洄游。4 月下旬开始产卵，怀卵量 30~100 万粒，雌虾产卵后大部分死亡。卵经过数次变态成为仔虾，仔虾约 18 天经过数十次蜕皮后，变成幼虾，于 6~7 月份在河口附近摄食成长。5 个月后，即可长成 12cm 以上的成虾，9 月份开始向渤海中部及黄海北部洄游，形成秋收渔汛。其渔期在 5 月中旬至 10 月下旬。从图 6.6-4 中可知，项目区距离中国对虾的产卵场、索饵场、越冬场以及中国对虾的洄游路线较远。

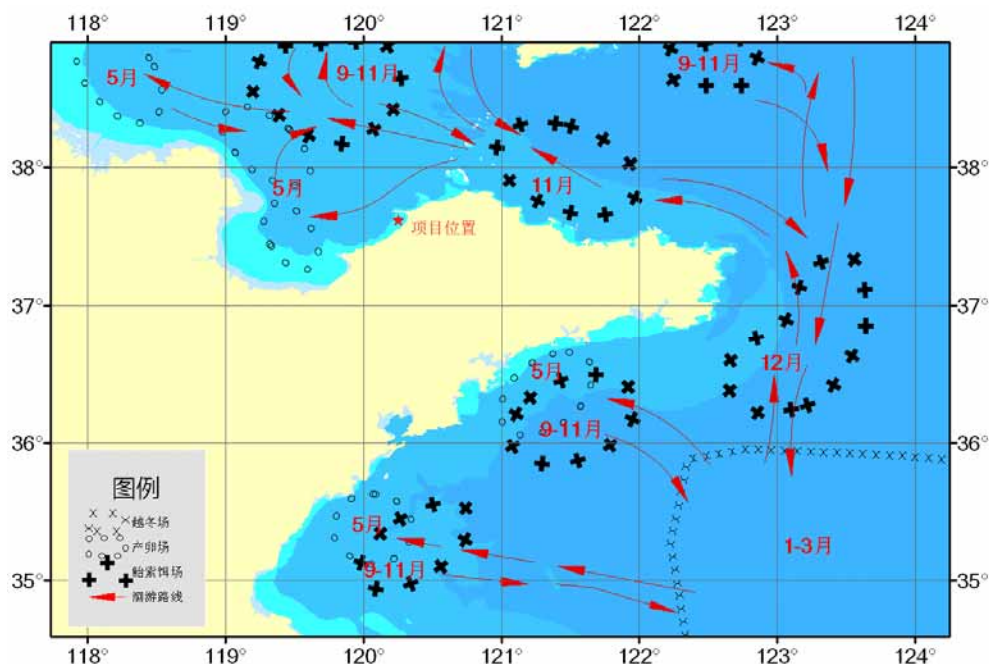


图 6.6-4 中国对虾洄游路线图

中国对虾的生殖活动分交配和产卵 1 次进行，9~10 月是当年虾交配的盛期，可是直至翌年 5 月中旬产卵季节，交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至 11 月初离开近岸进行越冬洄游；翌年 4-5 月下旬底层水温升至 12℃ 时虾开始产卵，这时 60% 以上虾雌体已经抱卵，卵块呈鲜艳的的碌褐色，随着卵子的发育，约经 20 多天至 5 月下旬，卵子逐渐变为褐色或黑碌色，表示即将进入产卵孵化期，第一次散仔时间为 5 月底~6 月初；6 月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6 月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。一般每年 2 次产卵，两次产卵的间隔时间为 30 天左右。本工程邻近中国对虾的产卵场、索饵场。

山东省海洋资源与环境研究院于 2016 年 8 月中旬开展了莱州湾及渤海湾南部对虾资源量调查，调查内容包括中国对虾数量及群体组成，评估中国对虾资源量，调查站位 31 个（图 3.4-2），方式为单船底拖网。数量分布，在渤海湾南部及莱州湾 31 个有效调查站位中，中国对虾出现站位 22 个，出现频率 70.97%。整个航次共捕获中国对虾 353 尾，重 9641 克，平均每站捕获中国对虾 11.39 尾/小时、311.00 克/小时资源量，根据 2007 年~2015 年渤海湾南部及莱州湾中国对虾产量与相对资源量（表 2）的回归分析结果，中国对虾产量的经验分析公式为：

$$Y = -0.92x^2 + 76.35x + 424.94$$

以本次调查结果，经扫海面积法，平均每站捕获中国对虾 11.39 尾/小时，则 2016 年秋汛渤海湾南部及莱州湾海域沿海中国对虾资源量为 2702.54 万尾，以近三年秋汛期中国对虾平均体重 45g 计，则资源量为 1216.14t。

(2) 小黄鱼

小黄鱼隶属石鲈形目、石首鱼科、黄鱼属。属暖温性底层鱼类，广泛分布于渤海、黄海、东海，是我国最重要的海洋渔业经济种类之一。小黄鱼体形较小，一般体长 16~25cm、体重 200~300g、背侧黄褐色，腹侧金黄色。小黄鱼的鳞片较大而稀少，尾柄较短，臀鳍第二鳍棘小于眼径，颌部具 6 个小孔；小黄鱼上、下唇等长、口闭时较尖。该鱼种随栖息环境、季节以及体长的变化较大，且 109mm 是其发生食性转换的一个关键的临界体长。小黄鱼食性较杂，主要以鱼虾为食。

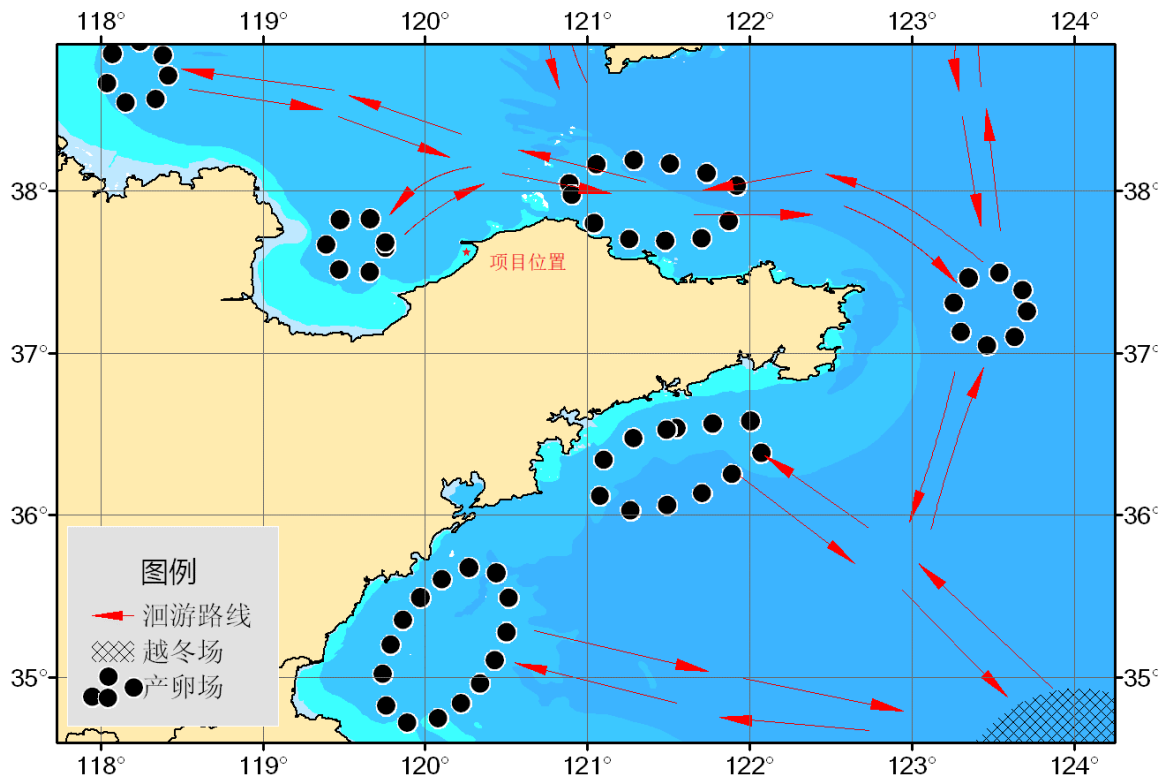


图 6.6-5 小黄鱼洄游路线图

小黄鱼是渤海的主要经济鱼类，一般春季向沿岸洄游，3~6 月间产卵后，分散在近海索饵，秋末返回深海，冬季于深海越冬。其越冬场在黄海中南部至东海北部，每年 4 月份北上到达成山头外海，然后分 2 支，一支继续向北到鸭绿江口进行产卵，另一支则向西，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾和辽东湾等产卵场，产卵期为 5 月~6 月，10 月末到 11 月初向渤海中部集中。

黄渤海小黄鱼主要产卵期为 5~6 月，由南向北略为推迟，产卵场一般都分布在河口区和受入海径流影响较大的沿海区，底质为泥砂质、砂泥质或软泥质，产卵场的主要范围一般都分布在低盐水与高盐水混合区的偏高温区。小黄鱼昼夜产卵，主要产卵时间在 17~22 时，以 19 时左右为产卵高峰，小黄鱼产卵场的底层适温为 11~14℃。渤海和黄海中北部产卵场小黄鱼卵径为 1.30~1.60mm，黄海南部为 1.28~1.65mm。卵子孵化时间随水温的变化而不同，通常为 63~90 小时。渤海小黄鱼目测性腺发育 5 月中旬 76% 的雌性个体已达到 V 期，6 月中旬 61% 的个体已产卵完毕。

小黄鱼性腺成熟度系数，全年雌鱼以 9 月最低，10 月至翌年 2 月增长缓慢，3~4 月增长迅速，5 月达到高峰，雄鱼 3~4 月为最高。春季（5 月）小黄鱼处于产卵期，夏秋季为恢复期，主要为 I~II 期，冬季略有增长。小黄鱼怀卵量与年龄有关，2~4 龄鱼为 32~72 千粒，5~9 龄鱼处于怀卵高峰期，怀卵数为 83~125 千粒，从 10 龄鱼开始，怀卵量开始下降。本工程未占用小黄鱼的产卵场、索饵场。

(3) 毛虾

黄、渤海的毛虾有两种，即中国毛虾和日本毛虾，俗称水虾，渤海毛虾全部为毛虾。毛虾的加工品主要为盐水煮干或淡干，市场商品名称为虾皮。毛虾在世界上的分布范围较窄，仅分布于渤、黄海沿岸，在我国的东海和南海沿岸也有分布，其他海域迄今尚未发现。毛虾也是毛虾属中向北分布最远的一个种，最北达渤海辽东湾的北部 40°50'N 附近。

中国毛虾属较为典型的地方性海洋渔业生物资源，因游泳能力较弱不作长距离的洄游，喜栖于海水中下层，夏季有时也上升到表层，春、夏、秋三季在分布区内随涨落潮而往返，有昼夜垂直移动的习性，晴天比阴天尤为明显。在水深和透明度大的水域比水浅透明度小的水域要显著，有明显的季节性定向的浅、深水之间的移动。

在渤海区中国毛虾形成两部分独立的群体（在分布和生殖上都是独立的），通称辽东湾群和渤海西部群，辽东湾群终年不离开辽东湾，渤海西部群中国毛虾在渤海中西部的深水区越冬。

2月下旬，渤海西部群的毛虾开始向近岸移动，分布范围扩大。在向近岸移动过程中分为两支：南支向莱州湾移动，进入山东滨州、潍坊沿海河口附近海区索饵、产卵；北支向西南移动，先移至大清河河口渔场。因为大清河河口渔场离毛虾越冬区最近，且水深较深，早春水温高于近岸浅水区，所以渔期最早，同时结束也早。大部分毛虾继续向西和西南方向移动，进入南堡及塘沽沿海渔场，最后进入黄骅歧口沿海。渔期早的年份，每年2月下旬，“雨水”刚过，近岸水域仍是一片冰封时，渔民即破冰出海，开始了春汛生产，在渔期早的年份，很快进入旺汛；当近岸河口区水温上升，毛虾逐渐向近岸河口区转移，渔期即告结束，有的年份在3月中旬结束，有的年份可持续到4月中下旬。其他渔场的渔期较晚，例如黄河口以西海区毛虾渔期在3月中下旬开始，5月中旬以后，开始是大个体毛虾，以后包括中型毛虾接近沿岸区产卵。6月份是越年虾群的产卵盛期，南堡海河口、大口河口和莱州湾西部近岸水域也都是越年毛虾的产卵场。7月上旬后，剩余的越年虾群和夏一世代幼虾离开近岸浅水区向较深水域转移，分布范围扩大，在渤海湾的中西部形成了中心渔场。8月虾群分布区不变，但已是夏一世代毛虾的产卵盛期。9月份毛虾继续向外移动，产卵场扩大到渤海湾东部黄河口和大清河附近海区。11月下旬至12月上旬，随着水温下降，渤海湾南部毛虾和莱州湾毛虾主群，均向越冬场转移。本工程距离毛虾产卵场、索饵场较远。

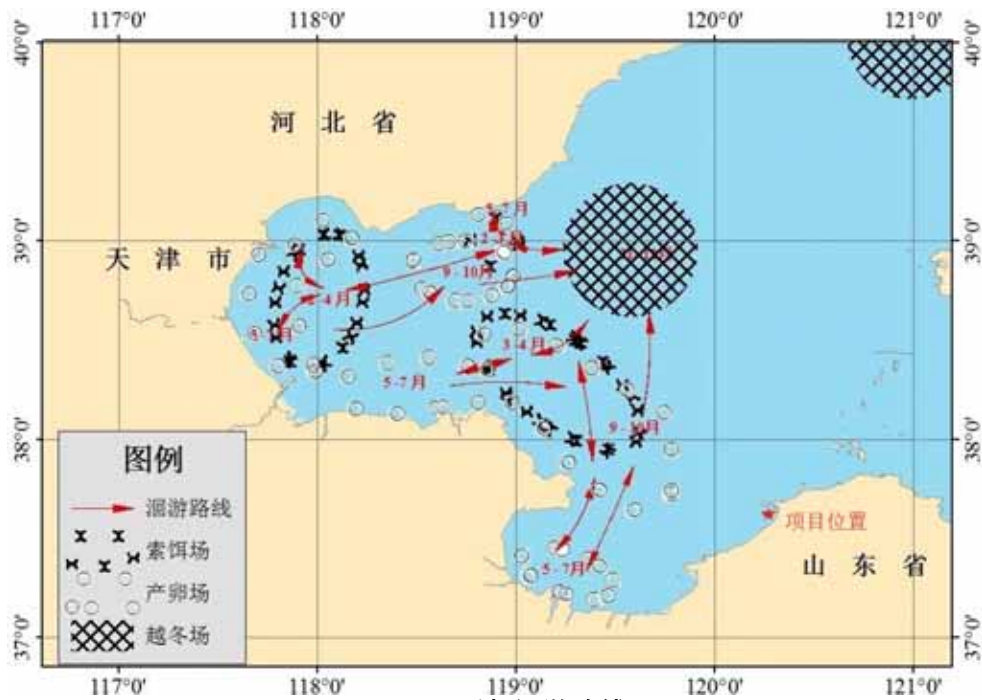


图 6.6-6 毛虾洄游路线图

(4) 三疣梭子蟹

梭子蟹属甲壳纲十足目梭子蟹科，因头胸甲呈梭子形，甲壳的中央有三个突起，所以又称“三疣梭子蟹”。为暖温性多年生大型蟹类动物，我国沿海均有分布，也是我国最大的一种蟹类。善于游泳，也会掘泥沙，常潜伏海底或河口附近，性凶猛好斗，繁殖力强，生长快。雄性脐尖而光滑，螯长大，壳面带青色；雌性脐圆有绒毛，壳面呈赭色，或有斑点。梭子蟹头胸甲梭形，宽几乎为长的2倍；头胸甲表面覆盖有细小的颗粒，具2条颗粒横向隆及3个疣状突起；额具2只锐齿；前侧缘具9只锐齿，末齿长刺状，向外突出。螯脚粗壮，长度较头胸甲宽长；长节棱柱形，雄性长节较修长，前缘具4锐棘。

梭子蟹生长在近岸浅海，栖息水深10~50m的海区，以10~30m泥沙底质的海区群体最密集。梭子蟹畏强光，白天多潜伏在海底，夜间则游到水层觅食，最喜食动物尸体，一条死鱼或死虾，常会招来蟹群争食。

三疣梭子蟹终生生活在渤海，是一种地方性资源。每年12月下旬至翌年3月下旬为越冬期，3月末4月初梭子蟹开始出蛰并逐渐向近岸产卵场洄游，渔获数量明显增加；5月初产卵群体已经游至河口附近浅水区开始产卵，6~7月经过2次产卵的产卵亲体开始向外海移动，集中分布在内湾的相对深水区，8月当年补充群体大量出现，并集中分布在内湾的近岸浅水区；9月是梭子蟹分布密度最高的月份，补充群体也开始向外海移动；10月份随着水温的下降向外海洄游的数量不断增加。

梭子蟹的生殖活动分交配和产卵2次进行，7~8月是越冬蟹交配的盛期，当年生蟹

的交配盛期在 9~10 月，可是直至翌年 6 月中旬产卵季节，仍有一定数量的幼蟹尚未交配。交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至 11 月初离开近岸进行越冬洄游；翌年 4 月下旬底层水温升至 12℃ 时梭子蟹开始产卵，这时 60% 以上梭子蟹雌体已经抱卵，卵块呈鲜艳的桔黄色，随着卵子的发育，约经 20 多天至 5 月下旬，卵子逐渐变为褐色或黑灰色，表示即将进入散仔孵化期，第一次散仔时间为 5 月底~6 月初；6 月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6 月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。梭子蟹一般每年 2 次产卵，两次产卵的间隔时间为 45 天左右。本工程邻近三疣梭子蟹索饵场（图 6.6-7）。

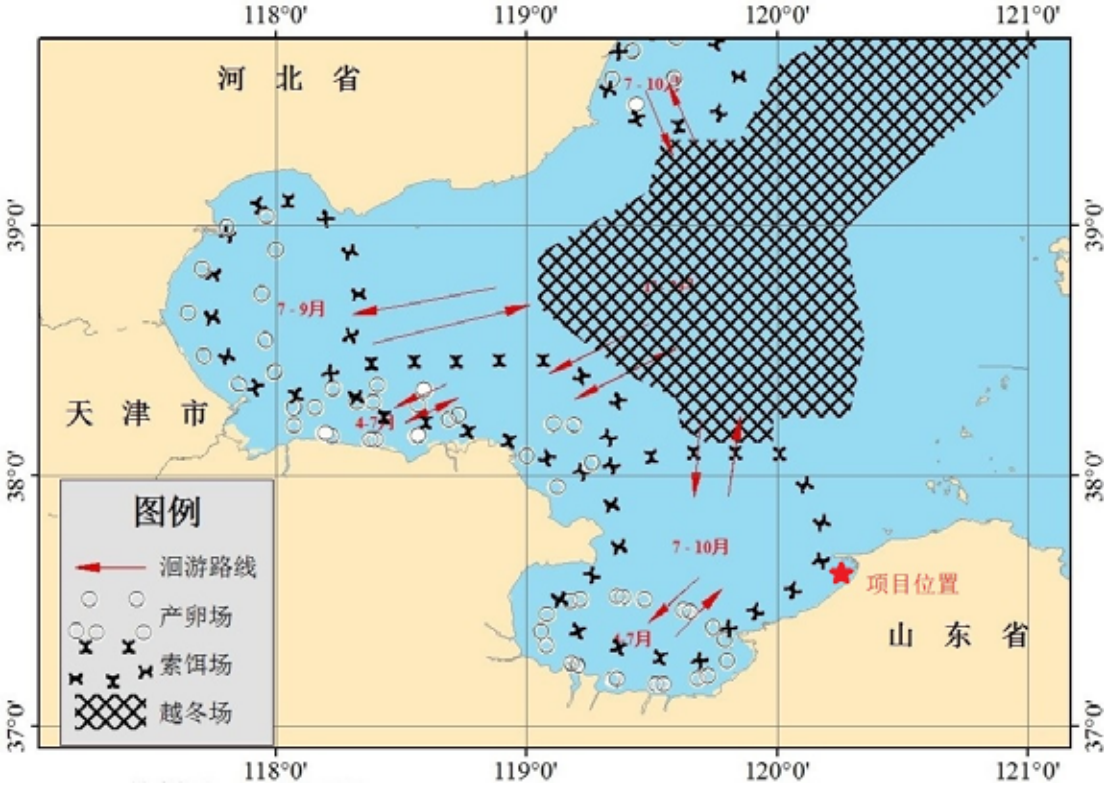


图 6.6-7 三疣梭子蟹洄游路线图

(5) 真鲷 (Pagrosomus major)

真鲷 (Pagrosomus major)，硬骨鱼纲，鲈形目，鲷科，真鲷属。体侧扁，呈长椭圆形，一般体长 15~30 厘米、体重 300~1000 克、自头部至背鳍前隆起。体被大弱栉鳞，头部和胸鳍前鳞细小而紧密，腹面和背部鳞较大。头大，口小、左右额骨愈合成一块，上颌前端有犬牙 4 个，两侧有臼齿 2 列。前部为颗粒状，后渐增大为臼齿；下颌前端有犬牙 6 个，两侧有颗粒状臼齿 2 列、前鳃盖骨后半部具鳞、全身呈现淡红色，体侧背部散布着鲜艳的蓝色斑点。尾鳍后缘为墨绿色，背鳍基部有白色斑点。

真鲷为近海暖水性底层鱼类，喜栖息于水清而盐度较高的岩礁、沙砾及贝藻丛生的水域，一般水深 30~40 米。真鲷喜结群，游泳较迅速。生殖季节游向近岸，性凶猛，食

性较杂，主要摄食底栖甲壳类、软体动物、棘皮动物、小鱼蟹及海藻等。真鲷生活的适宜水温 22 ~27 。真鲷对盐度的适应范围为 16‰~33‰。 ，体长 12 厘米以上，以重 500-1000 克者居多，寿命较长，有的可达 30 龄，长达 1 米。北方黄渤海区的真鲷生殖期为 5~7 月，盛期在 5 月下旬。



图 6.6-8 真鲷回游路线

(6) 花鲈 (*Lateolabrax maculatus*)

花鲈属鲈形目，鮨科，花鲈属。俗称鲈鱼、花寨、板鲈、鲈板。花鲈体长，侧扁，背腹面皆钝圆；头中等大，略尖。鲈鱼喜欢栖息于河口咸淡水处，亦能生活于淡水中生活。主要在水的中、下层游弋，有时也潜入底层觅食。鱼苗以浮游动物为食，幼鱼以虾类为主食，成鱼则以鱼类为主食。性成熟的亲鱼一般是 3 冬龄体长达 600 毫米左右的个体。生殖季节于秋末，产卵场在河口半咸淡水区。分布于东亚中国、朝鲜及日本的近岸浅海；中国沿海均有分布,此鱼喜栖息于河口或淡水处，亦可进入江河淡水区。花鲈属底栖性鱼类，喜欢在清洁、溶氧量较高(4 毫克~6 毫克/升)、透明度在 30 厘米~40 厘米的水体中生活。

鲈鱼是渤海大型经济鱼类，终年栖息在近海水域，只作近距离移动，不作长距离回游。在渤海终年都能捕到。冬季主要在渤海湾、辽东湾和莱州湾渔场的较深海域和烟威

渔场、石岛渔场一带越冬。1~2月鲈鱼主要分布在渤海中部,3月渤海水温降到最低点,大部分鲈鱼游到渤海海峡一带,4月数量开始增加,主要分布在莱州湾和渤海湾,5~12月的分布比较分散。春、秋两季数量较多,主要集中在莱州湾、渤海湾、黄河口及辽东湾南部。主要索饵期为3~8月,鲈鱼的产卵场较广,主要在38~40N,119~121E,产卵期主要在秋季(9~11月),其次在春季(4~6月),产卵后进入深水区越冬。

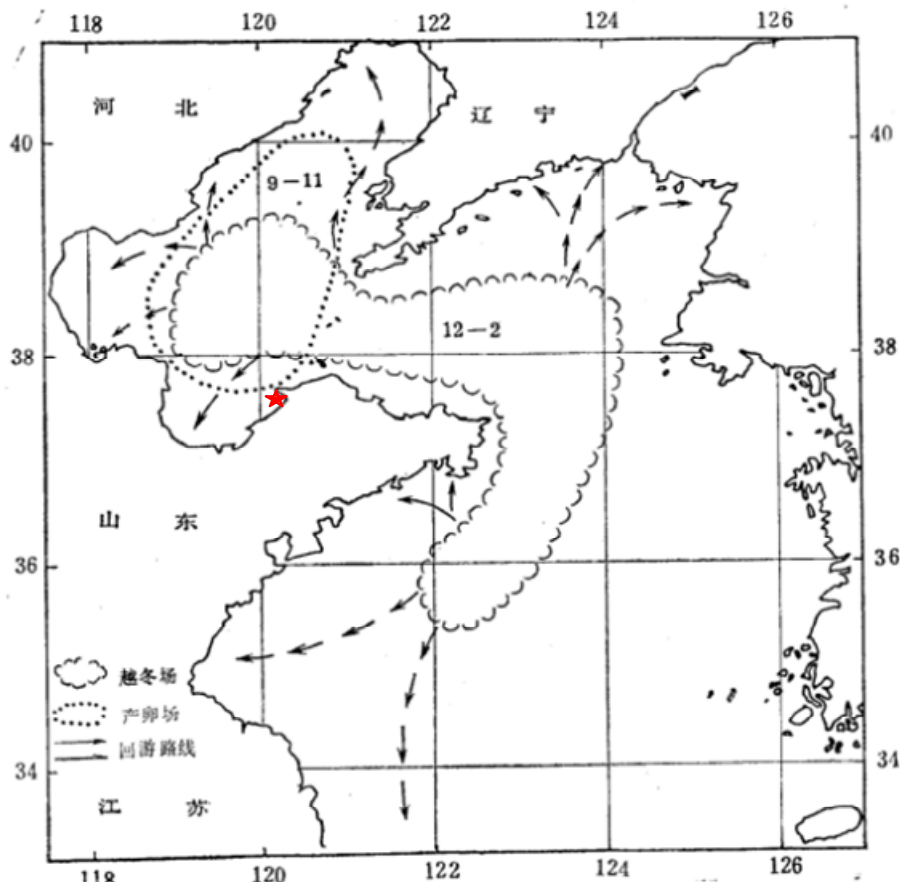


图 6.6-9 鲈产卵场、越冬场及洄游路线图

(7) 蓝点马鲛

在蓝点马鲛种群的研究中,把越冬场在沙外和江外渔场,洄游于黄、渤海各个产卵场的蓝点马鲛鱼群为一个种群;把越冬场在浙、闽外海渔场,洄游于浙、闽和南黄海近海产卵场的蓝点马鲛鱼群划为另一种群。山东近海的蓝点马鲛属前一种群。

山东近海群系的蓝点马鲛越冬场在黄海东南部(32°00'~33°40'N, 124°00'~127°15'E),底质为泥沙和细沙,水深60~80m。4月下旬,蓝点马鲛由越冬场经大沙渔场,进入海州湾和山东半岛南部各产卵场,产卵期在5~7月。主群则沿122°30'N北上,首批鱼群4月底越过山东高角,向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、渤海湾等主要产卵场,产卵期为5~7月。在山东高角处,从主群分出的另一支群体继续北

上，抵达黄海北部的又一产卵场海洋岛，产卵期为5月中到6月初。产卵之后，亲鱼和幼鱼均在产卵场附近海域分散索饵。8月下旬随着近岸水温下降，鱼群陆续向较深水域行适温洄游，并继续强烈摄食，生长育肥，渤海蓝点马鲛幼鱼开始外泛，主群于9月上旬至10月上旬前后抵达烟威渔场西部水深20~30m水域。10月上、中旬，表层水温降至12~13℃时，黄、渤海的蓝点马鲛主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在11月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。

蓝点马鲛产卵场主要有莱州湾、渤海湾、烟威近海、乳山近海和海州湾等。产卵期5~7月，由南至北相应推迟。其中，莱州湾和渤海湾的产卵期为5月下旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期，产卵个体（性腺成熟度为Va和Vb期）占10.1%~41.5%。烟威近海产卵期为5月中旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期，产卵个体占10.2%~30.1%。乳山近海产卵期为5月上旬至6月下旬，以5月中旬至6月上旬为产卵盛期，产卵个体占10.4%~12.0%。海州湾产卵期为5月中旬至6月中旬，产卵盛期在5月中旬至6月上旬，产卵个体占10.1%~34.4%。

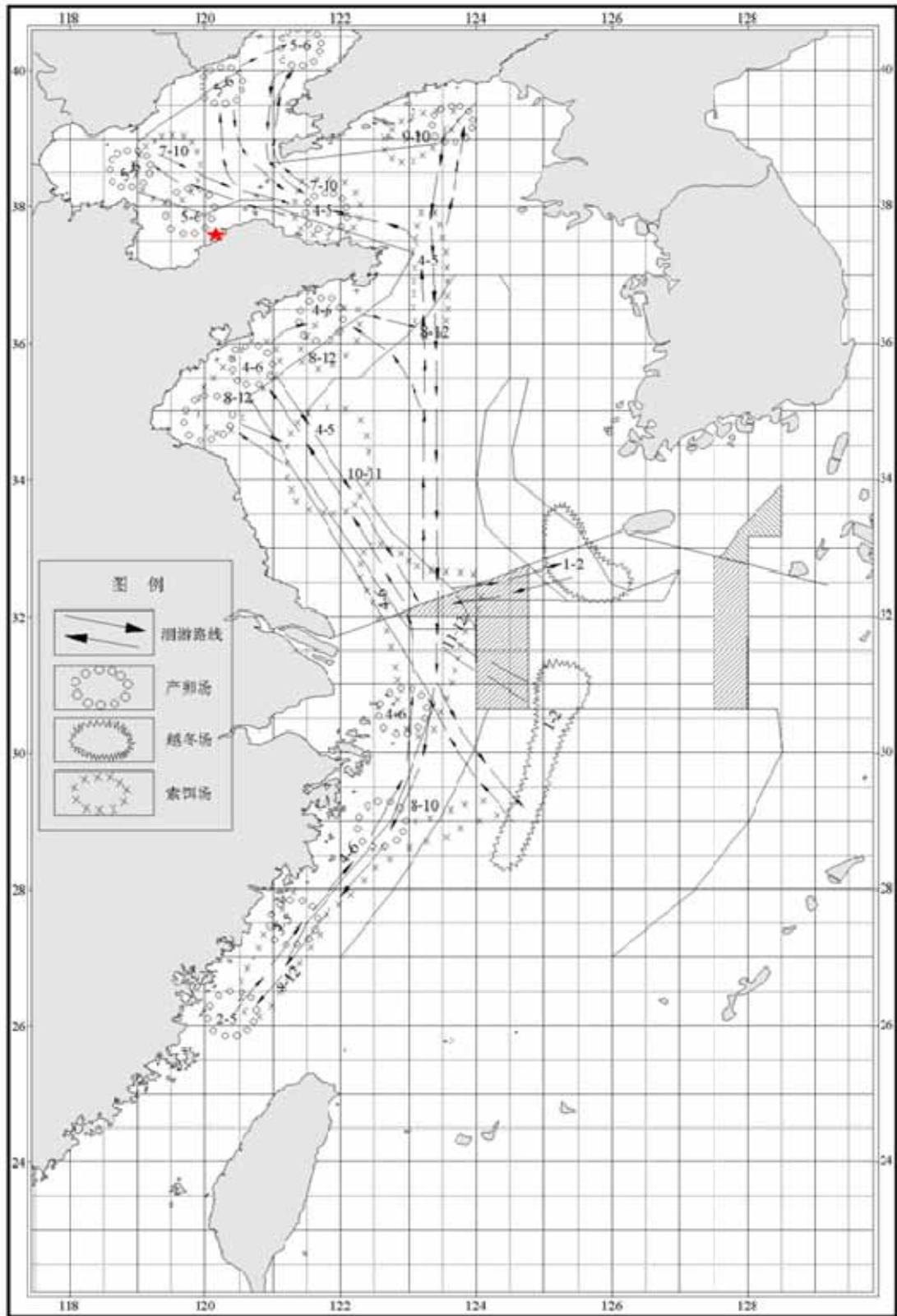


图 6.6-10 蓝点马鲛产卵场、越冬场、索饵场及洄游路线图

6.6.2.5 保护区管理要求

为加强水产种质资源保护，根据《渔业法》等有关法律法规，2010年12月30日经农业部第12次常务会议审议通过，2011年3月1日起施行《水产种质资源保护区管理

暂行办法》。《水产种质资源保护区管理暂行办法》的实行对于强化和规范水产种质资源保护区管理、保护重要水产种质资源及其生存环境、促进渔业可持续发展和国家生态文明建设将发挥重要作用。水产种质资源保护区的保护和管理措施具体如下：

“第十六条农业部和省级人民政府渔业行政主管部门应当分别针对国家级和省级水产种质资源保护区主要保护对象的繁殖期、幼体生长期等生长繁育关键阶段设定特别保护期。特别保护期内不得从事捕捞、爆破作业以及其他可能对保护区内生物资源和生态环境造成损害的活动。特别保护期外从事捕捞活动，应当遵守《渔业法》及有关法律法规的规定。”

“第十七条在水产种质资源保护区内从事修建水利工程、疏浚航道、建闸筑坝、勘探和开采矿产资源、港口建设等工程建设的，或者在水产种质资源保护区外从事可能损害保护区功能的工程建设活动的，应当按照国家有关规定编制建设项目对水产种质资源保护区的影响专题论证报告，并将其纳入环境影响评价报告书。”

“第十八条省级以上人民政府渔业行政主管部门应当依法参与涉及水产种质资源保护区的建设项目环境影响评价，组织专家审查建设项目对水产种质资源保护区的影响专题论证报告，并根据审查结论向建设单位和环境影响评价主管部门出具意见。建设单位应当将渔业行政主管部门的意见纳入环境影响评价报告书，并根据渔业行政主管部门意见采取有关保护措施。”

“第二十条禁止在水产种质资源保护区内从事围湖造田、围海造地或围填海工程。”

“第二十一条禁止在水产种质资源保护区内新建排污口。在水产种质资源保护区附近新建、改建、扩建排污口，应当保证保护区水体不受污染。”

“第二十三条单位和个人违反本办法规定，对水产种质资源保护区内的水产种质资源及其生存环境造成损害的，由县级以上人民政府渔业行政主管部门或者其所属的渔政监督管理机构、水产种质资源保护区管理机构依法处理。”

6.6.2.6 工程建设对国家级水产种质资源保护区环境影响分析与评价结论

根据《裕龙岛炼化一体化项目（一期）对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》（鲁东大学，二〇一九年九月）：

工程占用辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区的实验区。本工程建设对保护区内渔业资源的影响主要表现为围填海施工使得原有海域属性变为陆地，侵占了渔业资源的栖息环境以及施工过程中产生的悬浮泥沙对保护区生物资源

的影响。

由于工程用海整体位于莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区内，工程施工对莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区的水质和生态环境产生影响，实验区的保护对象有中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、花鲈等；根据渔业资源调查资料，根据相关研究资料，项目建设未占用保护区主要保护对象的的产卵场和洄游通道，大部分主要经济动物均不在此处越冬，对保护区主要保护对象的影响较小。施工期产生的悬浮泥沙对保护区生物的影响是短暂的，随着施工期的结束，悬浮泥沙的影响将不复存在。施工期和运营期产生的生活污水、含油污水等收集后送陆域处理，不向海域排放，不会对莱州湾国家级水产种质资源保护区的水质产生明显影响。

运营期温排水和卷载效应对保护区实验区内的渔业资源会产生较大的影响。运营期间采取增殖放流、人工鱼礁建设等修复措施，对所处海域渔业资源进行修复和养护。

因此，本项目对水产种质资源保护区主要功能的影响可接受。

6.6.3 对招远砂质黄金海岸国家级海洋公园和砂质海岸海洋特别保护区的影响

(1) 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园 2014 年 3 月 13 日经原国家海洋局批准建立。保护区位于山东省招远市辛庄镇境内，东西自招莱线向东延伸约 11670 米至淘金河东侧海域，南北为自高潮线以下向海中延伸约 3200 米左右的区域。保护区面积约 2699.94 公顷，其中重点保护区 816.08 公顷，生态与资源恢复区 970.24 公顷，适度利用区 913.62 公顷。

主要保护对象为海岸带生态系统和海洋生物资源。

重点保护区以自然保护为主，禁止进行海岸带的开发利用以及一切有关的能够影响该保护区生态系统稳定性的活动；生态与资源恢复区，主要通过培育水生植物，恢复水禽栖息地，来修复受损的河口湿地环境；适度利用区，主要通过开展海上生态旅游，让公众参与其中，体验近海、亲海的乐趣。

(2) 招远砂质海岸海洋特别保护区

招远砂质海岸海洋特别保护区成立于 2011 年，属于省级海洋特别保护区，保护区总面积 841.79 公顷。保护对象：砂质岸线及海洋生态系统。

根据相关研究，裕龙岛建设前招远砂质黄金海岸国家级海洋公园所在区域海岸总体处于侵蚀状态，岸线蚀退明显。根据 6.1 节水文动力环境影响评估，工程建设对海洋公园所在区域潮流场及波浪场影响较小。根据 5.7 节地形地貌与冲淤环境影响评估，裕龙岛围堰完成后，该区域总体上由侵蚀变为弱淤积状态，在一定程度上缓解了该区域岸线的蚀退，但春雨码头东侧部分岸滩仍发生侵蚀。2016 年前后招远市人民政府对招远春雨码头东侧雨滨海岸带综合整治与生态修复，通过修建潜堤等方式，保护了后方砂质岸线，改善其被侵蚀的现状，同时采取补砂等措施进行岸滩修复，保护岸滩自然景观，综合整治与生态修复效果较明显。

工程建设不会破坏海洋公园和招远砂质海岸的海岸生态系统，通过制定合理有效的生态修复措施，海岸生态系统将得到进一步的保护。

综上所述，项目建设对招远砂质黄金海岸国家级海洋公园和招远砂质海岸的影响较小。

6.6.4 对斑海豹的影响

根据《斑海豹约会渤海湾》（左凌仁，《户外探险》2013 年第 07 期）：

现存于世的海豹共有 18 种（不包括亚种），有胡须密而多的髯海豹、有凶残好斗的

豹海豹、有身披白色带纹的带纹海豹，还有栖息在淡水湖中的贝加尔环斑海豹和港海豹，以及体型庞大的南方象形海豹等等。其实海豹的分布范围相当广泛，从南极到北极，从海洋到淡水、湖泊都有。不过在极地等较寒冷的海域，海豹的数量和种类才是最多的。

斑海豹是在温带、寒温带的沿海和海岸生活的一种海豹，主要分布在北太平洋的北部和西部海域及其沿岸和岛屿，如黄海、楚科奇海、白令海、鄂霍茨克海等。在我国主要分布于渤海和黄海，偶见于南海。渤海辽东湾结冰区是世界上斑海豹八个繁殖区中最南的一个。

斑海豹是惟一能够在中国海域繁殖的海兽，但对其繁育的研究却是空白。斑海豹大部分时间是在海水中度过的，仅在生殖、哺乳、休息和换毛时才爬到岸边或者冰块的边缘上。但斑海豹的栖息环境不仅仅是海水，还包括河水、浮冰、泥沙滩、岩礁和沼泽地。为确定斑海豹在渤海的栖息地，辽宁省海洋水产科学研究院的研究员王丕烈在渤海沿岸的辽宁省、河北省和山东省进行了走访调查，并对自然环境比较适合斑海豹栖息的沿岸进行了现场调查。经过多年的走访调查，他得出了这样的结论：“每年 11 月至来年 5 月份，斑海豹在辽宁省盘锦双台子河口附近岸滩，大连市旅顺虎平岛及山东庙岛群岛海域比较常见，上述三处地点是目前发现的斑海豹在渤海的主要栖息地。”其中的辽东湾北部双台子河口区既是斑海豹在冬冰消融后的传统栖息地，又是冬季斑海豹的繁殖区。

项目位于龙口市西侧海域，未发现有斑海豹在工程周边海域出现，项目建设不会对斑海豹造成不利影响。

6.7 其他内容的环境影响预测与评价

6.7.1 声环境影响预测与评价

(1) 噪声影响评价方法

工程施工期间的主要噪声为各种施工机械设备，为点声源，其噪声影响随距离增加而逐渐衰减，噪声衰减公式如下：

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20L_g(r_A / r_0) - \Delta L$$

式中： $L_A(r)$ 、 $L_A(r_0)$ ——距噪声源 r (m)和 r_0 (m)处的 A 声级；

ΔL ——噪声传播路径上因遮挡物、空气和地面状况引起的附加衰减。

(2) 噪声源分析

工程施工期的主要噪声源为推土机、压路机、铲土机、自卸卡车、混凝土搅拌机、混凝土振捣器等机械设备及施工船舶产生的噪声。噪声级一般在 65~86dB (A)。声源

至场界的最近距离约 80m。

(3) 评价标准

施工期边界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。建筑施工场界环境噪声排放限值为昼间 70 dB(A)，夜间 55 dB(A)。

(4) 施工期声环境影响分析

预测结果见表 6.7-1。

表 6.7-1 施工机械噪声影响评价 单位：dB(A)

噪声源	测量声级 dB(A)	距离 (m)	限值标准		厂界外 1m 处声级 dB(A)
			昼	夜	
推土机	86	5	70	55	62
铲土机	75	15			60
自卸卡车	70	15			55
混凝土搅拌机	79	15			64
混凝土振捣器	80	12			63
施工船舶	65	60			62

从表 6.7-1 中的数据可以看出，昼间各施工机械噪声在场界处声级均能够满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的标准要求；夜间各施工机械噪声均不满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的标准要求。工程周边声环境敏感目标主要为离工程 2.4km 的龙口市海岸华府小区，距离工程较远，工程施工不会对其造成影响。

6.7.2 大气环境影响预测与评价

施工期对大气环境的主要污染因子是粉尘。产生污染环节主要为建筑材料堆放场地、运输过程物料洒落、道路二次扬尘等。

(1) 料场扬尘

根据同类建筑工地类比调查资料，在施工现场无防尘设施情况下，施工时下风向的影响较大，污染范围在 150m 范围内，在下风向 20m 处 TSP 浓度最高为 1.30mg/m³。在有防尘措施情况下(施工现场围挡风板)，施工现场粉尘污染范围在 50m 内，在下风向 20m 处 TSP 浓度为 0.82mg/m³，可以达到《大气污染物综合排放标准》中无组织排放界外监控浓度限值要求。

(2) 道路扬尘

本报告第三章对汽车运输过程中产生的道路扬尘已作出预算，引起道路扬尘的因素很多，主要跟车辆行驶速度、风速、路面积尘量和路面湿度有关，其中风速还直接关系到扬尘的传播距离。根据表 6.7-3 交通部公路所对京津塘高速公路施工期车辆扬尘的监

测，下风向 150m 处，TSP 浓度为 5.093mg/m³，超过国家《环境空气质量标准（GB3095-1996）》中的二级标准，风速大时污染影响范围增大。如果通过对地面洒水，可有效抑制扬尘的散发量，具体见表 6.7-4。

表 6.7-3 京津塘高速公路施工期车辆扬尘的监测结果

监测地点	尘污染源	采样点距离(m)	监测结果 (mg/m ³)
武清杨村施工路边	铺设水泥稳定类路顶基层时运输车辆扬尘	50	19.694
		100	11.652
		150	5.093

表 6.7-4 施工路段洒水抑制扬尘试验结果

距路边距离		0	20	50	100	200
TSP (mg/m ³)	不洒水	11.03	2.89	1.15	0.86	0.56
	洒水	2.11	1.40	0.68	0.60	0.29

施工场地材料堆存区采用洒水抑尘、使用篷布遮盖、设置围挡等措施，施工期对居民区等大气敏感保护目标影响较小，且随着施工结束而消失。

7 环境事故风险分析与评价

项目用海风险是指由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害的程度。

本工程的风险事故主要有风暴潮、地震、船舶碰撞溢油等事故导致海域使用项目发生破坏以及对海域的危害。

7.1 事故危害识别

(1) 风暴潮

台风、大风等引起的风暴潮主要表现为：海水异常升高，漫溢于陆地，冲垮建筑物，淹没农田和人畜等。如果风暴潮恰好与影响海区的天文潮的高潮相重叠，就会使水位暴涨，以至海水涌进内陆，造成巨大破坏。

施工期间，当风暴潮发生时，狂风夹着巨浪引起风暴潮增水，巨浪迫击海岸，对沿海海堤、海岸工程、公路都会造成严重的破坏，可能发生部分岸段受毁，并引起工程区内沙石流失。运营期间，台风、大风等非污染事故有能造成房屋倒塌、电力、通讯线路中断，给建造场的生产造成损失。

(2) 地震

地震可造成建造场内房屋、围堰倒塌，破坏建造场地，给建造场基地生产和人员生活造成损失。

(3) 船舶碰撞溢油事故

本工程发生溢油主要为施工期施工船舶与过往船舶发生碰撞，造成船体损坏，燃油及船舱内油污水泄漏。

7.2 事故后果分析

7.2.1 风暴潮事故后果分析

风暴潮是热带风暴、温带气旋与寒潮过境时引起的海平面异常升高与降低现象。当强风暴与天文大潮同时出现时，伴随狂风暴雨海平面迅速上升，造成严重的风暴潮灾害损失。如 9216 号风暴潮，水高浪大，高水位使波浪加大，破坏力增强，波浪破碎又使水位增高，其联合作用将温泉镇 7.5m 高、2170m 长的石坝彻底摧垮，造成巨大损失。

风暴潮灾害对山东沿海地区的影响波及许多方面，对山东沿海未来的可持续发展产

生极其不利的影晌。强风暴潮可冲毁海岸防潮堤坝，淹没沿海低平原，对工农业生产造成严重危害，如黄河三角洲地区 1987 年春季大风引发的风暴潮对沿海护岸工程破坏严重，直接经济损失近千万元；风暴潮还可造成强烈的海岸侵蚀，沿海农田被毁、旅游海滩资源破坏严重；风暴潮来势迅猛，沿海海岸防护工程破坏后，附近工矿企业、港口码头、城镇的人民生命财产常造成巨大损失。

龙口湾位于莱州湾东岸，当东北大风急转西北大风时，龙口湾增水尤为显著，往往形成海水倒灌现象。据 1961~1979 年的资料统计结果，>70cm 的增水过程有 156 次，平均每年 8.2 次。龙口港增水 70~99cm 的频率为 78%，增水 100~119cm 的频率为 15%，增水 120~149cm 的频率为 5%，≥150cm 增水的频率为 3%。

7.2.2 地震事故后果分析

本区位处郯庐大断裂山东境内部分沂沭断裂的东侧，地震较频繁，地震可破坏建造场地，给建造场基地生产和人员生活造成损失。山东省地震局将本区定为百年内可发生烈度为七度的地震区。因此，应引起注意，在施工建设期间和运营期采取相应的抗震措施。

7.2.3 溢油事故后果分析

一、溢油事故风险危害识别

本工程溢油事故风险主要来源于施工期间施工船舶与过往船舶发生碰撞引起的溢油事故，由于船舶施工期较短，随着施工的结束，施工船舶发生溢油事故的风险将不存在，施工期的船舶发生溢油事故的概率和发生事故的溢油量均小于运营期，船舶碰撞事故发生频率较工程中其它事故发生频率相对较低，但一旦发生，后果十分严重。

二、溢油事故概率分析

风险事故概率是指在特定时间内，事故可能出现的次数。评价采用国内外常用的类比法预测本项目油品泄漏事故概率。本资料主要来自于相关论文统计资料。

据统计，从 1976-1985 年间，全球海上共发生 100t 以上重大溢油事故 293 次（包括开阔海面、狭长航道、港口码头溢油事故），每年 29.3 次，期间全球海上运输石油平均每年 1.7×10^9 t，则平均每运输 5.8×10^7 t 石油发生一次重大溢油事故。而根据统计估算，航道和港口溢油事故发生率占整个石油运输过程事故发生率 75%。

海上轮船溢油事故率即溢油事故发生的概率，是指在特定的时间内，事故可能出现的次数。从我国 1997-2002 年船舶溢油事故的统计情况来看，6 年间沿海船舶、码头共发生 1 t 以上溢油事故 178 起，其中操作性事故 145 起，占总事故数的 82%，事故性事故 33 起，占总事故数的 18%。按溢油量计算，145 起操作性事故的溢油量为 648t，平均每起 4.47t，占总溢油量的 8%；33 起事故性事故的溢油量为 7735t，平均每起 234t，占总溢油量的 92%。

对我国近 14 年内发生的 452 起较大溢油事故调查分析表明，虽然发生溢油事故的原因有多种多样，但是最主要的原因是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高，加之轮机失控，造成船舶触礁和搁浅，引发重大溢油事故发生。特别是在河口、港湾、沿海等近岸水域，由于海底地形复杂多变，船舶溢油事故发生的频率较外海大得多。我国 452 起较大溢油事故的统计分析，因碰撞和搁浅而导致的船舶溢油事故比例高达 55.3%（见表 7.2-1），绝大部分都发生在近岸海域，相应的溢油量占总溢油量的 43.6%，船舶溢油事故对近海的环境污染危害很大。

表 7.2-1 近 14 年内重大船舶溢油事故统计表（中国）

事故原因	溢油次数	百分数	溢油量估计值	溢油量/货量	溢油地区					
		(%)	t	(%)	码头	港湾	进港处	近岸(25km 以)	外海	其它
机械事故	11	2	30500	3	0	1	1	5	3	1
碰撞	126	28	189000	19	5	41	25	45	9	1
爆炸	31	7	97000	10	5	4	0	6	15	1
失火	17	4	3000	0.5	10	2	0	1	4	0
搁浅	123	27	235000	24	1	27	40	53	0	2
撞击	46	10	14000	1.5	18	15	5	5	2	1
结构损坏	94	21	346000	36	8	9	4	7	54	12
其它原因	4	1	56000	6	1	0	0	2	1	0
总计	452	100	9705000	100	48	99	75	124	88	18

7.3 污染物扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布

7.3.1 船舶碰撞溢油事故

7.3.1.1 溢油事故可能性分析

本工程发生溢油主要为施工期施工船舶与过往船舶发生碰撞，造成船体损坏，燃油及船舱内油污水泄漏。

7.3.1.2 溢油扩散模型

溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等油膜组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等油膜组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生不断变化。油粒子模型是基于拉格朗日体系，把溢油离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，油膜就是由这些大量的油粒子所组成的云团。首先计算各个油粒子的位置变化、组分变化、含水率变化，然后统计各网格上的油粒子数和各组分含量可以模拟出油膜的浓度时空分布和组分变化，再通过热量平衡计算模拟出油膜温度的变化，最后根据油膜的组分变化和温度变化计算出油膜物理化学性质的变化。

①扩展运动：采用修正的 Fay 重力—粘力公式计算油膜扩展

$$\frac{dA_{oil}}{dt} = K_a A_{oil}^{1/3} \left(\frac{V_{oil}}{A_{oil}} \right)^{4/3}$$

式中， A_{oil} 为油膜面积， $A_{oil} = \pi R_{oil}^2$ ， R_{oil} 为油膜直径； K_a 为系数； t 为时间；

油膜体积为： $V_{oil} = \pi R_{oil}^2 h_s$

初始油膜厚度 $h_s=10\text{cm}$ 。

②漂移运动：油粒子漂移的作用力是水流和风拽力，油粒子总漂移速度由以下权重公式计算

$$U_{tot} = c_w(z)U_w + U_s$$

其中 U_w 为水面以上 10m 处的风速； U_s 为表面流速； c_w 为风漂移系数，一般在 0.03 和 0.04 之间。

风场数据从气象部门获得，而流场从二维水动力模型计算结果获得。但是一般二维水动力模型计算出的是垂向平均值，必须据此估算流速的垂向分布。假定其符合对数关系

$$V(z) = \frac{U_f}{\kappa} \ln\left(\frac{h-z}{k_n/30}\right)$$

其中 z 为水面以下深度； $V(z)$ 为对数流速关系； κ 为冯卡门常数（0.42）； k_n 为 Nikuradse 阻力系数； U_f 为摩阻速度，定义为

$$U_f = \frac{V_{mean} K}{\ln\left(\frac{h}{k_n/30} - 1\right)}$$

其中 V_{mean} 为平均流速。 $z = h - \frac{k_n}{30}$

当水深大于此位置时模型假定对流速度为 0。当 $z=0$ 时，即可求出表面流速 U_s ：

$$U_s = V(0)$$

③紊动扩散：假定水平扩散各向同性，一个时间步长内 α 方向上的可能扩散距离 S_α 可表示为

$$S_\alpha = [R]_{-1}^1 \sqrt{6D_\alpha \Delta t}$$

其中 $[R]_{-1}^1$ 为 -1 到 1 的随机数， D_α 为 α 方向上的扩散系数。

④风化过程：油粒子的风化包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组成发生改变，但油粒子水平位置没有变化。对轻质油主要考虑蒸发的影响。

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。假定：

在油膜内部扩散不受限制（气温高于 0℃ 以及油膜厚度低于 5—10cm 时基本如此）；

油膜完全混合；

油组分在大气中的分压与蒸气压相比可忽略不计。

蒸发率可由下式表示

$$N_i^e = k_{ei} \frac{P_i^{sat}}{RT} \frac{M_i}{\rho_i} X \quad [\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}]$$

其中 N 为蒸发率； k_e 为物质输移系数； P^{SAT} 为蒸气压； R 为气体常数； T 为温度； M 为分子量； ρ 为油组分的密度； i 为各种油组分。 k_{ei} 由下式估算

$$k_{ei} = k A_{oil}^{0.45} S_{ci}^{-2/3} U_w^{0.78}$$

其中 k 为蒸发系数； S_{ci} 为组分 i 的蒸气 Schmidt 数。

⑤热量迁移：蒸气压与粘度受温度影响，而且观察发现通常油膜的温度要高于周围的大气和水体。

i. 油膜与大气之间的热量迁移：油膜与大气之间的热量迁移可表达为

$$H_T^{oil-air} = A_{oil} k_H^{oil-air} (T_{air} - T_{oil})$$

$$k_H^{oil-air} = k_m \rho_a C_{pa} \left(\frac{S_c}{P_r}\right)_{air}^{0.67}$$

其中 T_{oil} 为油膜温度； T_{air} 为大气温度； ρ_a 为大气密度； C_{pa} 为大气的热容量； P_r 为大气 Prandtl 数

$$P_r = \frac{C_{pa}\rho_a}{0.0241(0.18055 + 0.003T_{air})}$$

当蒸发可忽略不计时， $k_H^{oil-air}$ 可简单用下式计算

$$k_H^{oil-air} = 5.7 + 3.8U$$

ii. 太阳辐射：油膜接受的太阳辐射取决于许多因素，其中最重要的为溢油位置、日期、时刻、云层厚度以及大气中的水、尘埃、臭氧含量。一天中的太阳辐射变化可假定为正弦曲线

$$H(t) = \begin{cases} K_t H_0^{\max} \sin\left(\pi \frac{t - t^{sunrise}}{t^{sunset} - t^{sunrise}}\right) & t^{sunrise} < t < t^{sunset} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

其中 $t^{sunrise}$ 为日出时刻（午夜后秒数）； t^{sunset} 为日落时刻（午夜后秒数）； T_d 为日长，即

$$t^{sunset} = t^{sunrise} + T_d \quad T_d \text{ 由下式计算：} \quad T_d = a \cos(\tan \phi \tan \zeta)$$

其中 ϕ 为纬度； ζ 为太阳倾斜角度（太阳在正午时与赤道平面的角度），

$$\zeta \cong 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad H_0^{\max} \text{ 为正午的星际辐射}$$

$$H_0^{\max} = \frac{12K}{t^{sunset} - t^{sunrise}} I_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365}\right) (\cos \phi \cos \zeta \sin \omega_h + \omega_h \sin \phi \sin \zeta) \quad \text{其中 } I_{sc} \text{ 为}$$

太阳常数（ 1.353 W/m^2 ）； n 为一年中日数。 ω_h 为日出的小时角度，正午时为 0，每小时等于 15（上午为正）； K_t 为系数，晴天时取 0.75，随着云层厚度增加而减少，很大一部分的太阳辐射到达地面时已被反射，因此净热量输入为

$$(1 - a)H(t)$$

其中 a 为漫射系数（albedo）。

iii. 蒸发热损失：蒸发将引起油膜热量损失

$$H^{vapor} = \sum_i N_i \Delta H_{vi} \quad [\text{W/m}^2] \text{ 其中 } \Delta H_{vi} \text{ 为组分 } i \text{ 的汽化热。油膜总的动态热平衡综合考虑了上述各种因素：}$$

$$\frac{dT_{oil}}{dt} = \frac{1}{\zeta C_p h} [(1-a)H + l_{air} T_{air}^4 + l_{water} T_{water}^4 - 2l_{oil} T_{oil}^4] + h_{ow}(T_{water} - T_{oil}) + h_{oa}(T_{air} - T_{oil}) - \sum N_i \Delta H_{vi} + \left(\frac{dV_{owater}}{dt} \zeta C_{pw} + \frac{dV_{oil}}{dt} \zeta_{oil} C_{poil}\right)(T_{water} - T_{oil}) A_{oil}$$

iv. 油膜与大气之间的热量迁移：油膜

与大气之间的热量迁移可表达为

$$H_H^{oil-air} = A_{oil} k_H^{oil-air} (T_{water} - T_{oil}) \quad k_H^{oil-air} = 0.332 + r_w \cdot C_{pw} \cdot Re^{-0.3} \cdot Pr_w^{-2/3}$$

其中 C_{pw} 为水的热容量。 Pr_w 为水的 Prandtl 数

$$Pr_w = C_{pw} v_w \rho_w \frac{1}{0.330 + 0.000848(T_w - 273.15)} \quad Re \text{ 为特征雷诺数: } Re = \frac{v_{rel} \sqrt{4A_{oil}/\pi}}{\eta_w}$$

其中 v_{rel} 为油膜的运动粘滞系数。

v. 反射和接受辐射：油膜将损失和接受长波辐射。净接受量由 Stefan-Boltzman 公式计算： $H_{total}^{rad} = \sigma(l_{air} T_{air}^4 + l_{water} T_{water}^4 - 2l_{oil} T_{oil}^4)$

其中， σ 为 Stefan-Boltzman 常数 [$5.7210^8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$]； l_{air} 、 l_{water} 、 l_{oil} 分别为大气、水和油的辐射率。

7.3.1.3 溢油预测参数选取

(1) 油种和油量

本工程发生溢油主要为施工期施工船舶与过往船舶发生碰撞，取燃料油为溢油油种，施工期最大船舶为 1 万吨，最大储油量约为 600t，假定溢油在 1 小时内入海。

(2) 溢油发生点

因施工船舶主要来自龙口港、龙口渔港，进入施工场地过程中，在防波堤西侧与过往船舶发生碰撞的概率较大，因此预测时溢油发生点选择在航道交汇处。

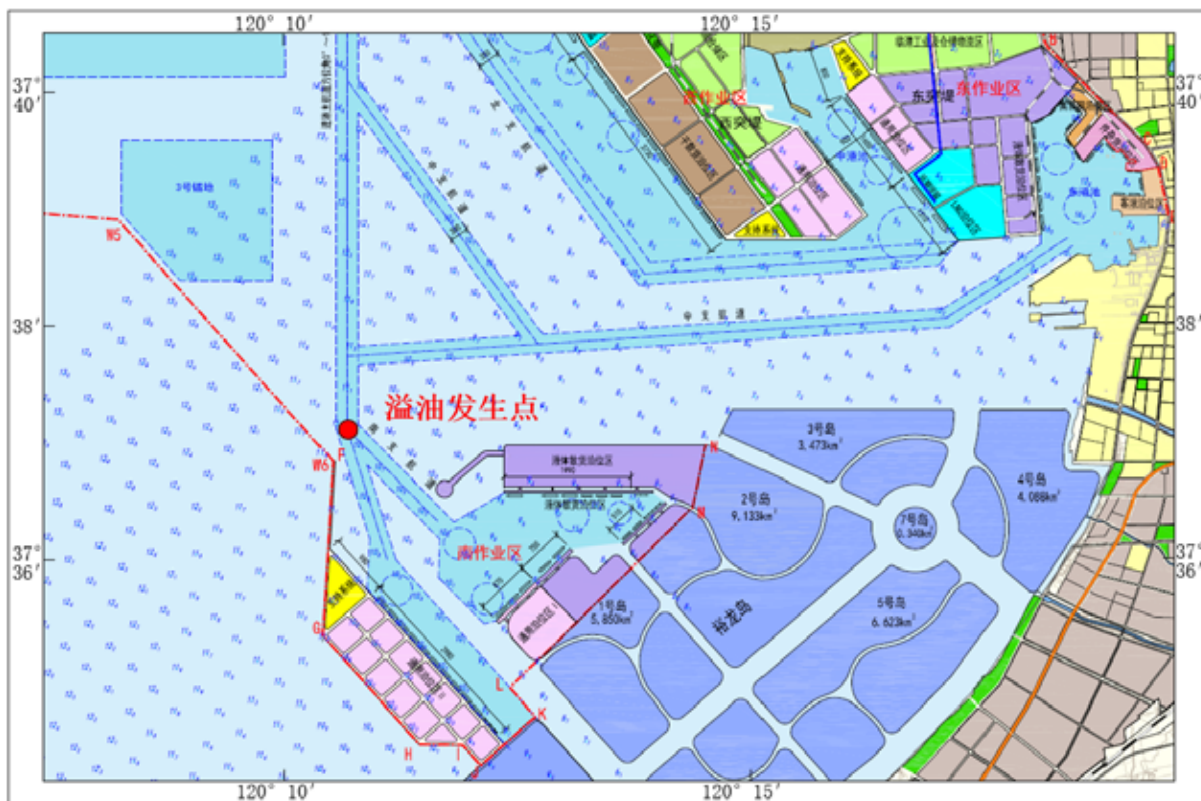


图 7.3.1-1 船舶碰撞溢油发生点

(3) 模型参数设定

模拟采用轻质燃料油，各组分含量分别为环烷（C6-C12）含量 51%、环烷（C13-C23）含量 31%、芳烃（C6-C11）含量 8%、芳烃（C12-C18）含量 8%、其他 2%。根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.3-2。蒸发系数 k 取值 0.029。

光辐射所能测出的水面油膜厚度为 $1\ \mu\text{m}$ (T.IO.塞维列娃等，1980)^[8]，模拟结果提取时将油膜厚度 $1\ \mu\text{m}$ 作为油膜扩散范围的边界。

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.3.1-1。

表 7.3.1-1 部分模型参数设置

系数过程取值	系数过程取值	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流 0.035	风漂移系数 cw
油的最大含水率 y_w^{\max}	乳化	0.85
油的最大含水率 (K1)	乳化	5×10^{-7}
释出系数 (K2)	乳化	1.2×10^{-5}
传质系数 KSi	溶解	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 $loil$	热量迁移	0.82
水辐射率 $lwater$	热量迁移	0.95
大气辐射率 $lair$	热量迁移	0.82
漫射系数 (Albedo) α	热量迁移	0.1

模型中水平（横向和纵向）扩散系数 DL 和 DT 的取值非常重要，反映了油粒子在水体中的扩散强度和随机紊动强度，对模拟结果影响较大，而且不同的应用场合下取值范围很大。模型采用的是油粒子模型，其中的扩散系数概念与常规的对流扩散模型有所不同，体现在：①油粒子只在水体表面运动；②粒子不按水动力模型中设定的网格运移，而是按实际运移路径准确计算，扩散系数取值与模型网格布置方式和时间步长关系不大。

气温和水温均采用年平均值 12.8°C。

5) 风况选择

根据龙口气象站多年的风速、风频统计资料，结合本项目周边养殖区等敏感目标分布情况，模拟选取、ENE（平均风速 3.3m/s）、NNE（平均风速 5.1m/s）、S（平均风速 5.4m/s）、SE（平均风速 4.1m/s）向风进行模拟。

6) 溢油工况组合

根据项目附近海域风资料统计结果及养殖区的分布情况，模拟选取 ENE、NNE、S、SE 四种典型气象条件，在低潮时和高潮时两个典型时刻发生溢油，共 8 种工况组合。

7.3.1.4 溢油预测结果

(1) ENE 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：ENE向风(风速 3.3m/s)作用下，航道交汇处低潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向西扩散。溢油发生后，第 5 小时进入招远海域，第 23 小时进入招远市养殖区。第 25 小时扫海面积约 31.51km²，油膜距溢油发生点约 7.4km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

高潮时发生溢油：ENE向风(风速 3.3m/s)作用下，航道交汇处高潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向北、向西扩散。溢油发生后，第 2 小时进入招远海域，第 25 小时进入招远市养殖区。第 25 小时扫海面积约 42.28km²，油膜距溢油发生点约 8.4km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

(2) NNE 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：NNE向风(风速 5.1m/s)作用下，航道交汇处低潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向南扩散。溢油发生后，第 6 小时进入招远海域，第 23 小时进入招远市养殖区。第 25 小时扫海面积约 31.49km²，油膜距溢油发生点约 10.1km。油膜扫海

面积和残油量见表 7.3.1-2。

高潮时发生溢油：NNE向风(风速 5.1m/s)作用下，航道交汇处高潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要沿南北方向扩散。溢油发生后，第 2 小时进入招远海域，第 25 小时进入招远市养殖区。第 25 小时扫海面积约 41.20km²，油膜距溢油发生点约 9.1km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

(3) S 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：S向风(风速 5.4m/s)作用下，航道交汇处低潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向西北扩散。溢油发生后，第 8 小时招远海域，扩散过程没有抵达养殖区。第 25 小时扫海面积约 58.85km²，油膜距溢油发生点约 14.2km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

高潮时发生溢油：S向风(风速 5.4m/s)作用下，航道交汇处高潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向北扩散。溢油发生后，第 9 小时进入龙口市养殖区，而后开始向西扩散。第 25 小时扫海面积约 43.53km²，油膜距溢油发生点约 14.4km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

(4) SE 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：SE 向风(风速 4.1m/s)作用下，航道交汇处低潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向北西扩散。溢油发生后，第 6 小时进入招远海域，扩散过程没有抵达养殖区。第 25 小时扫海面积约 50.73km²，油膜距溢油发生点约 9.8km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

高潮时发生溢油：SE 向风(风速 4.1m/s)作用下，道交汇处高潮时刻发生燃料油泄漏时，油膜主要向北西扩散。溢油发生后，第 14 小时进入招远海域，扩散过程没有抵达养殖区。第 25 小时扫海面积约 47.51km²，油膜距溢油发生点约 11.19km。油膜扫海面积和残油量见表 7.3.1-2。

ENE、NNE、S 和 SE 向风作用下，低潮时和高潮时燃料油泄露溢油漂移轨迹见图 7.3.1-2~图 7.3.1-13。

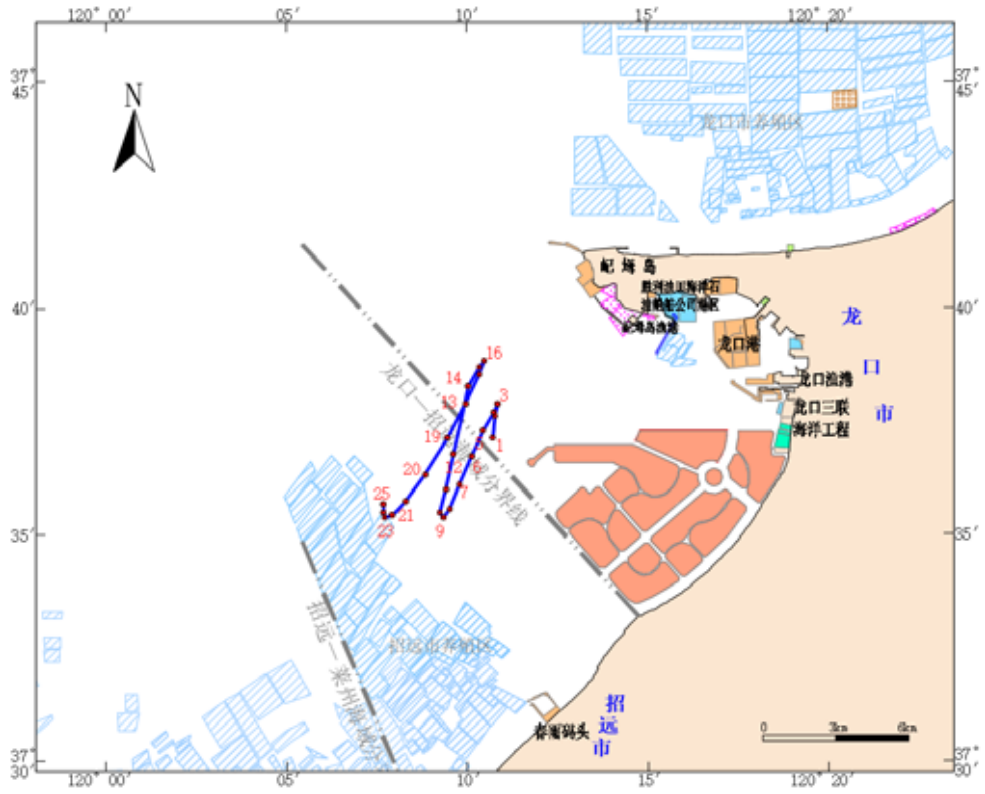


图 7.3.1-2a ENE 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

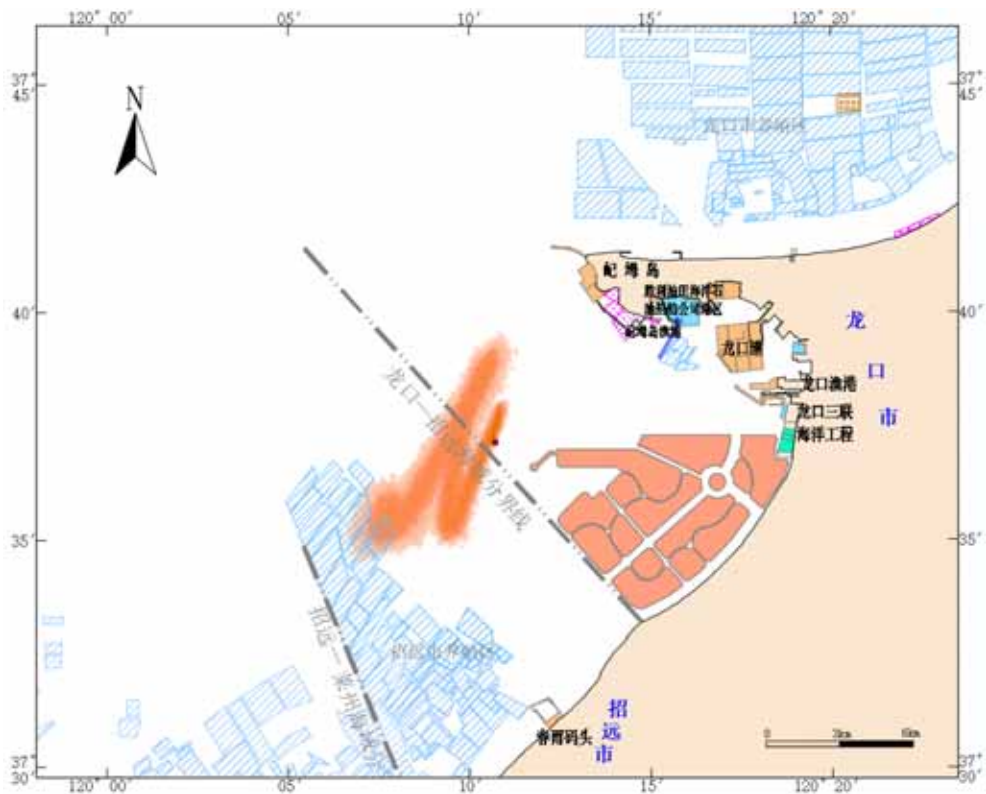


图 7.3.1-2b ENE 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

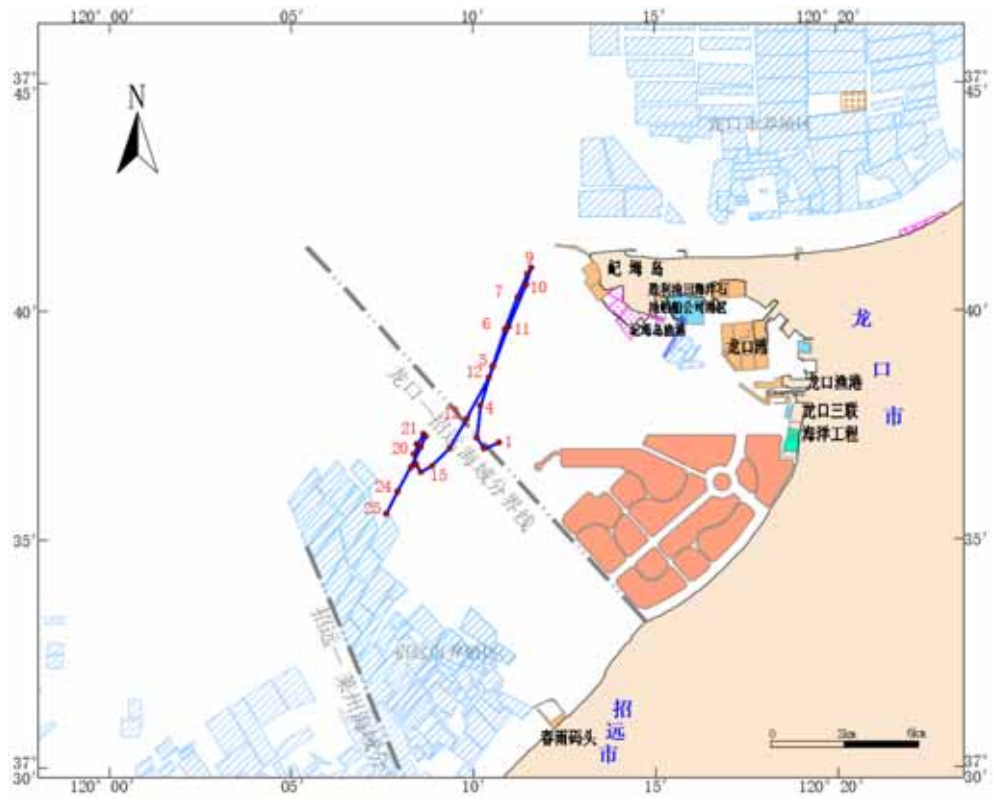


图 7.3.1-2a ENE 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

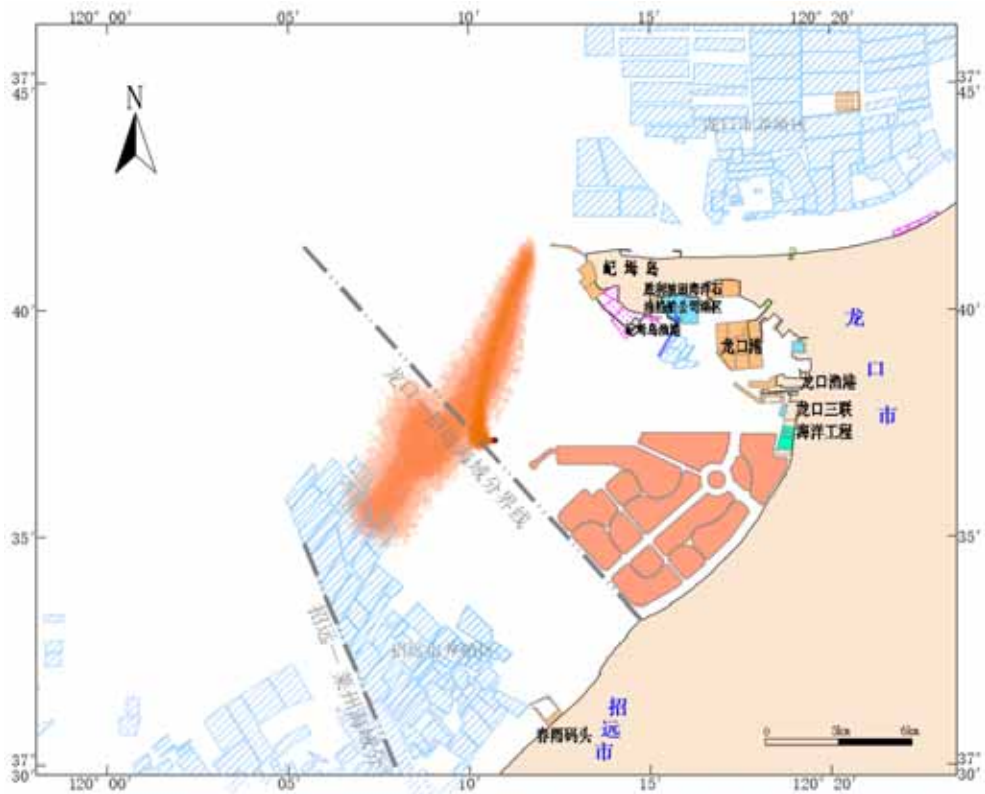


图 7.3.1-2b ENE 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

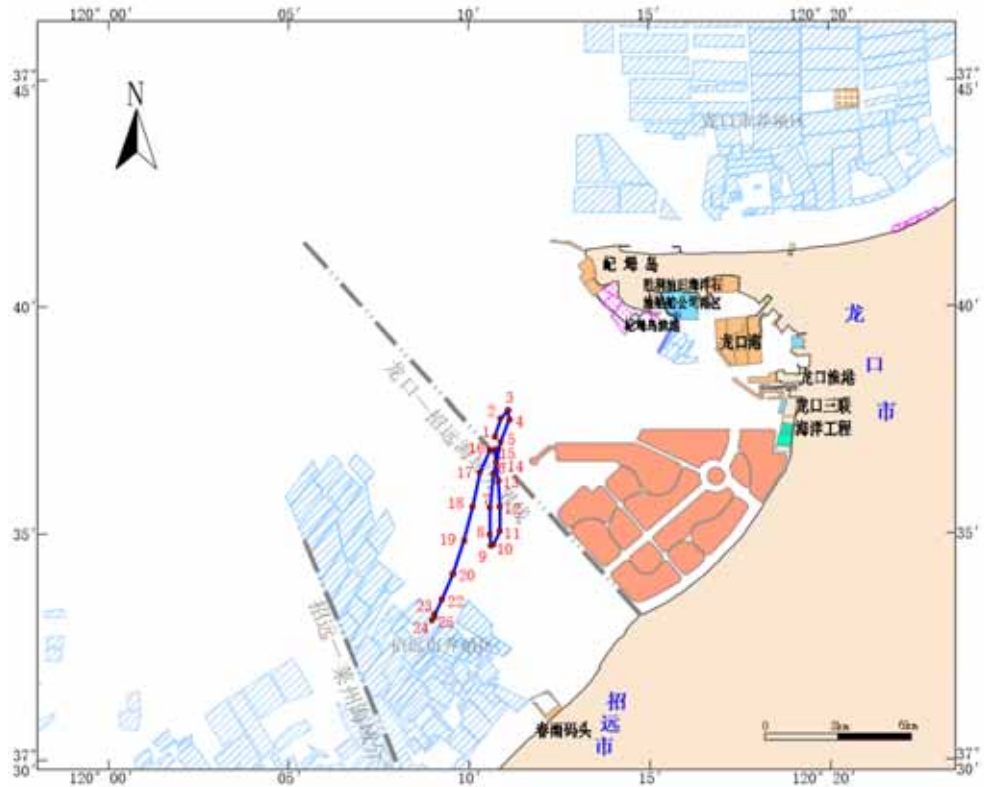


图 7.3.1-3a NNE 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

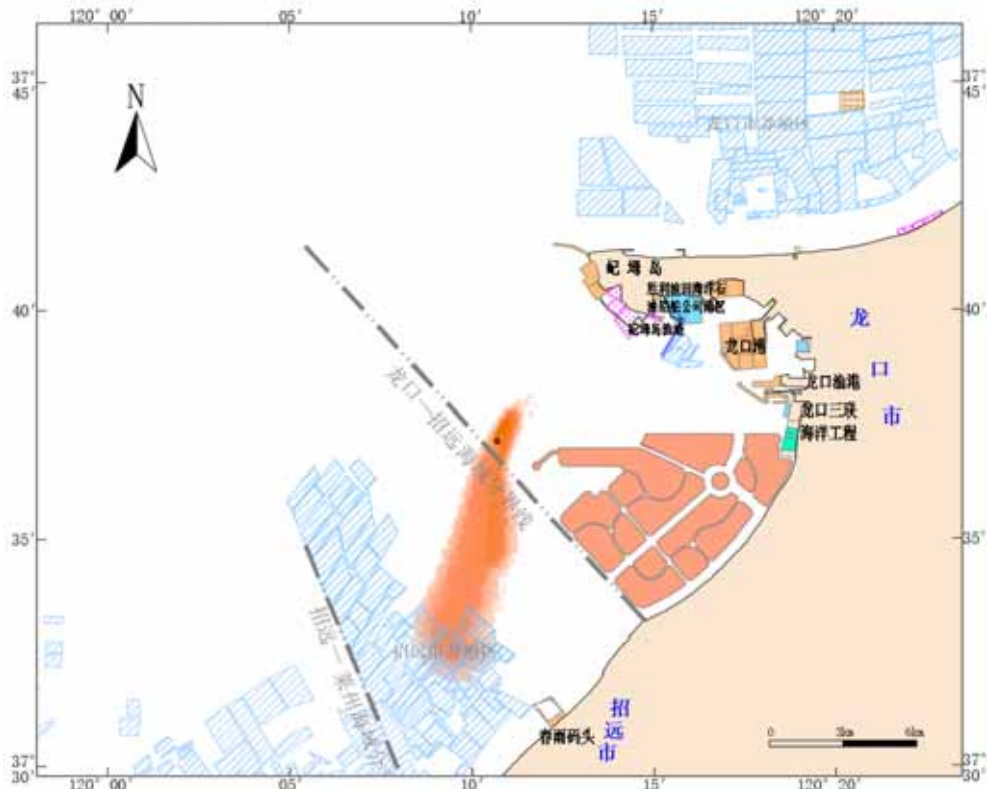


图 7.3.1-3b NNE 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

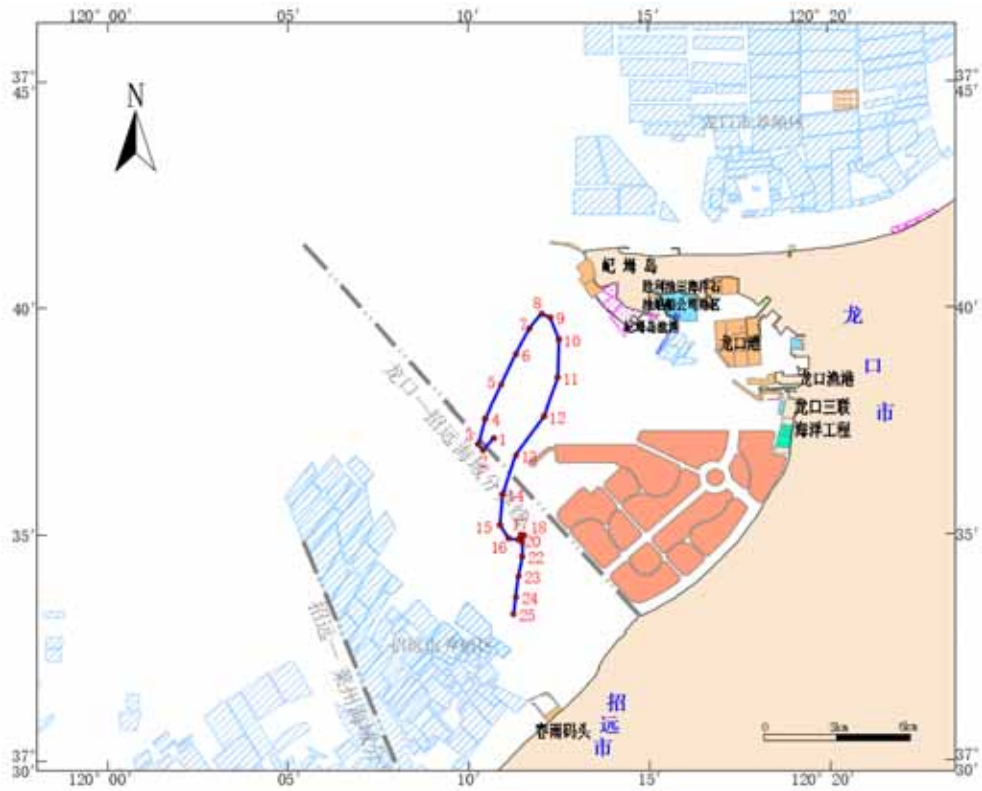


图 7.3.1-3a NNE 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

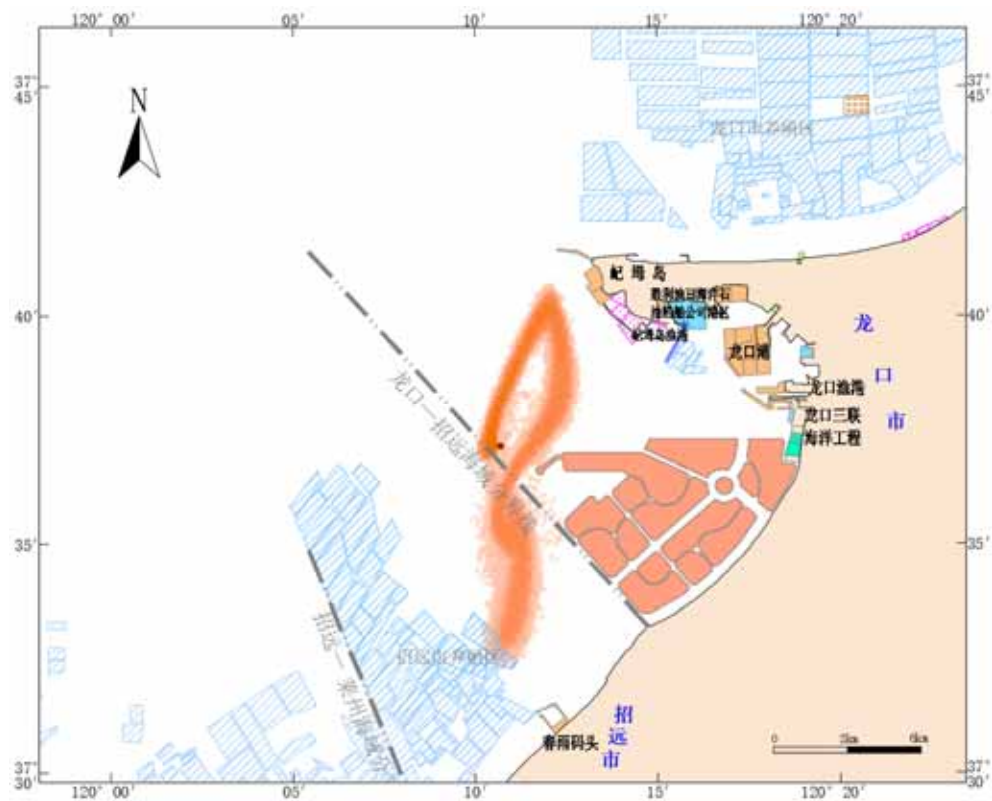


图 7.3.1-3b NNE 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

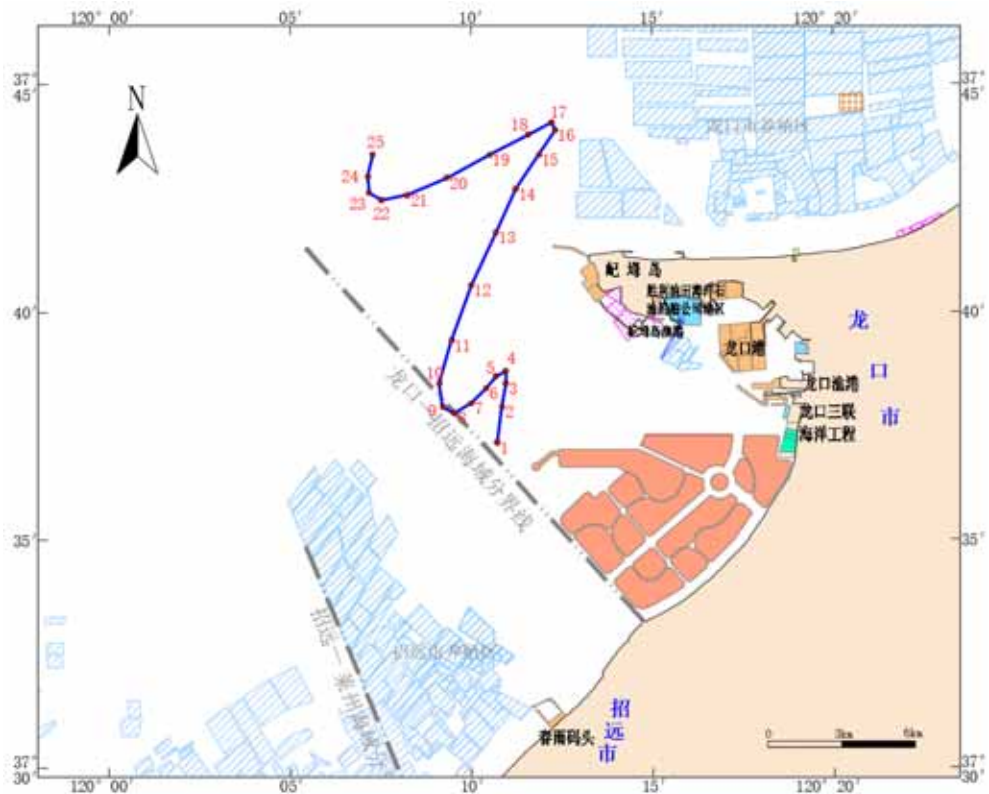


图 7.3.1-4a S 向风条件下溢油轨迹图（低潮）



图 7.3.1-4b S 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

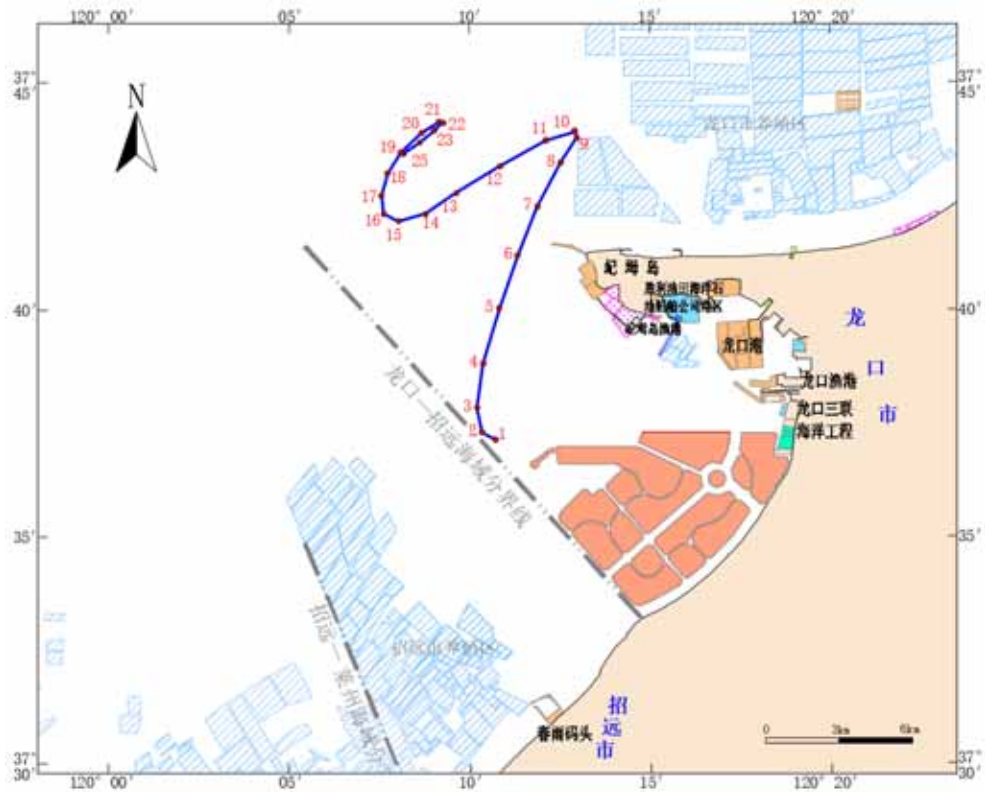


图 7.3.1-4a S 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

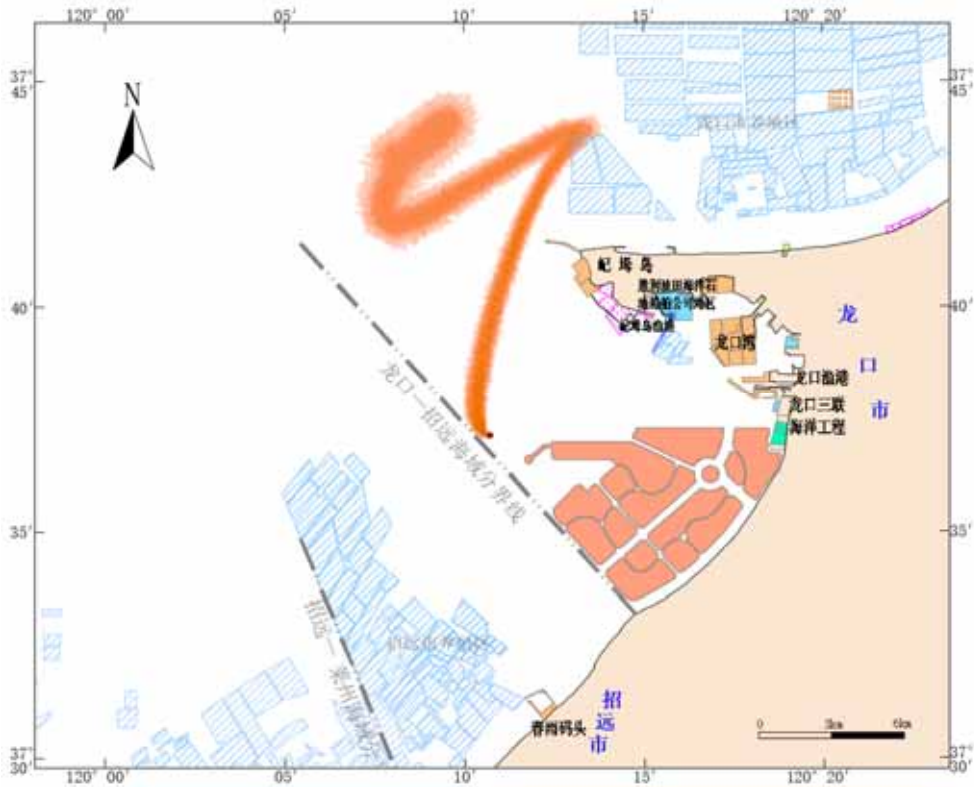


图 7.3.1-4b S 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

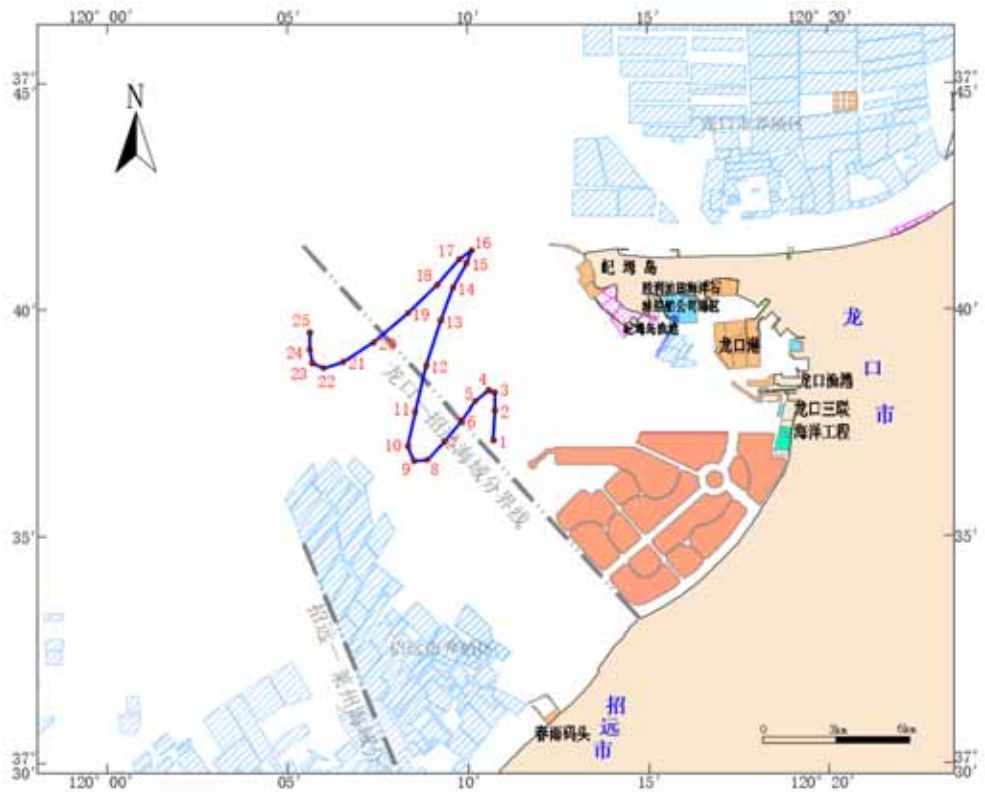


图 7.3.1-5a SE 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

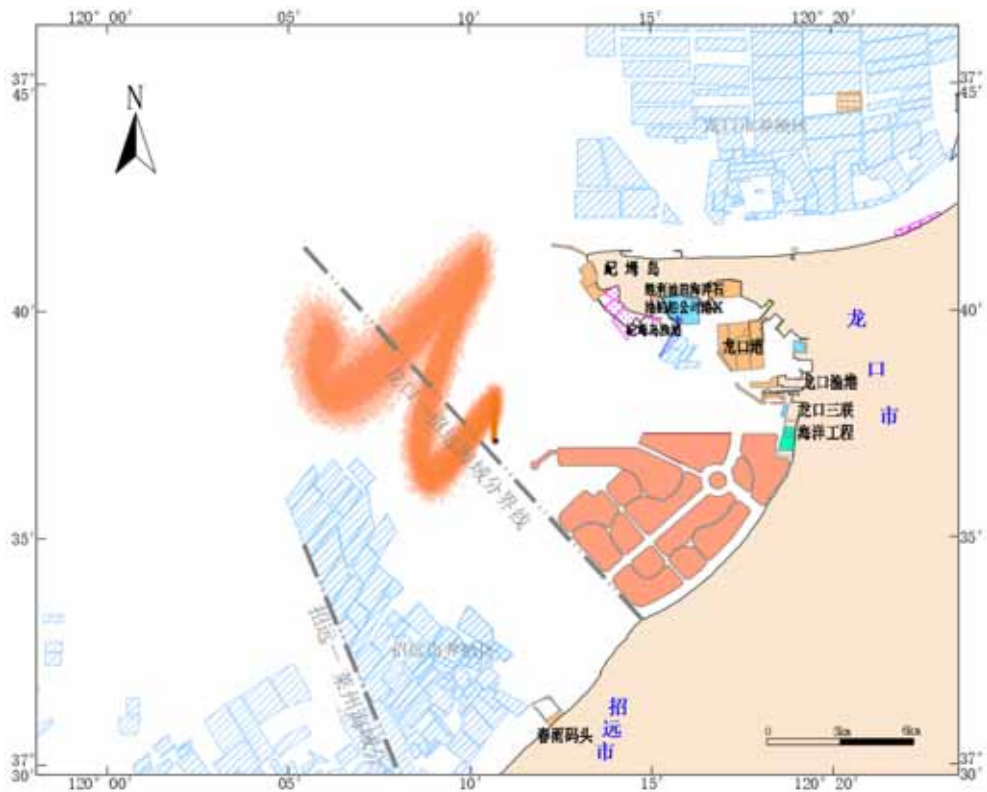


图 7.3.1-5b SE 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

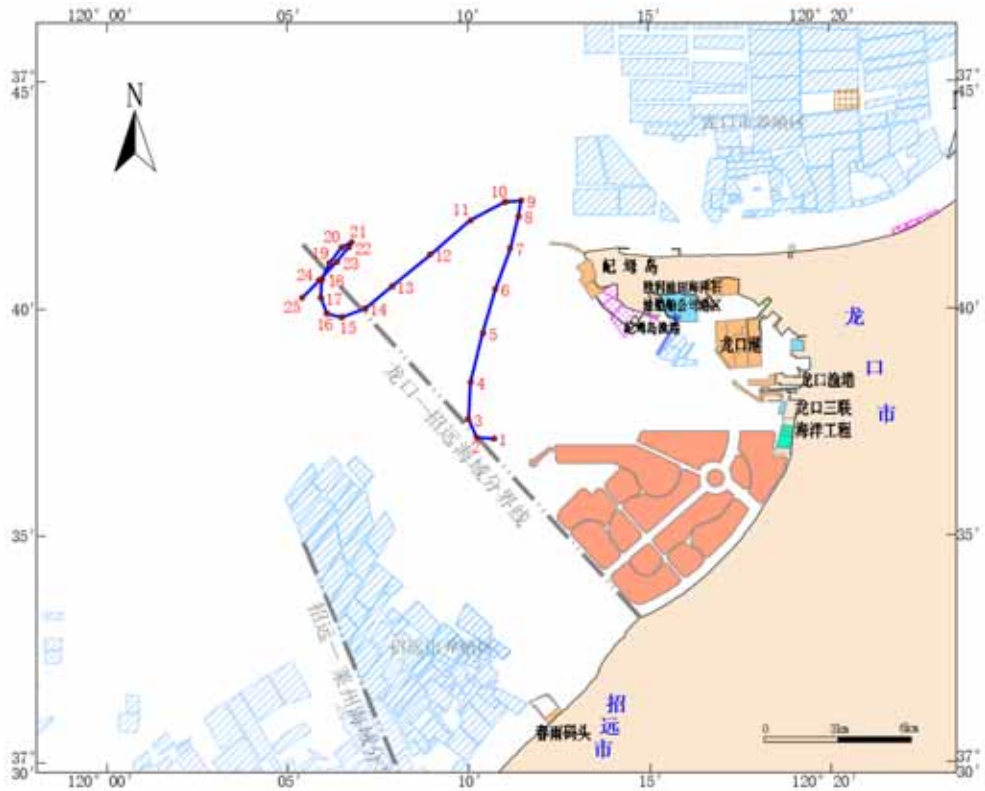


图 7.3.1-5c SE 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

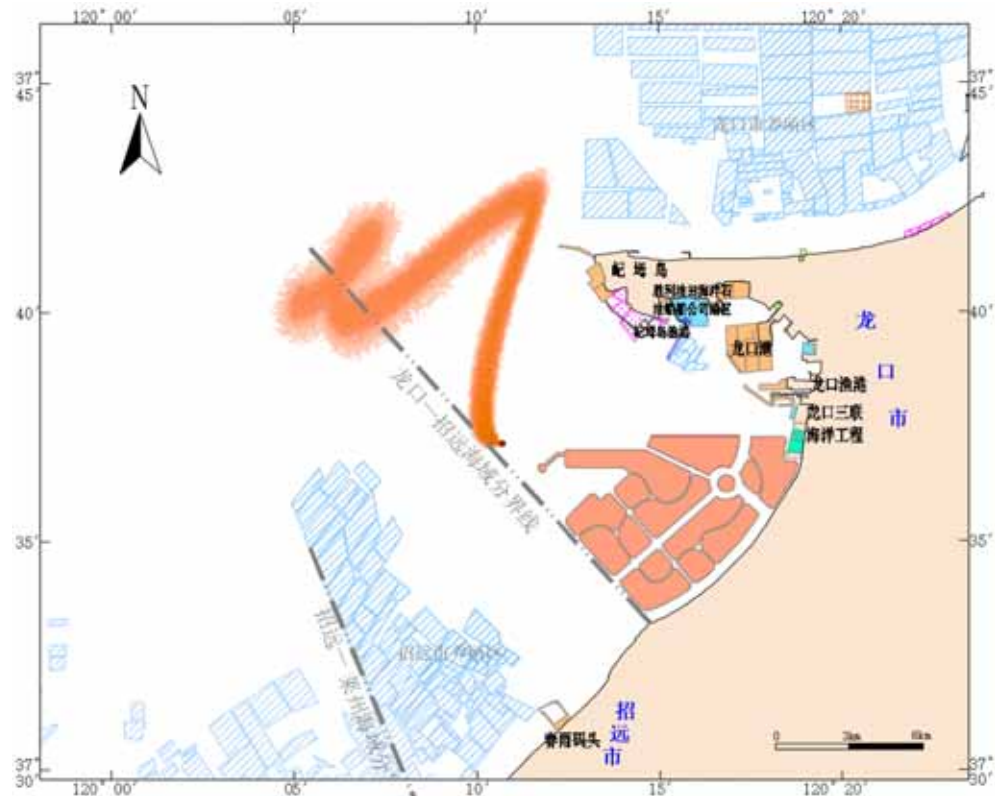


图 7.3.1-5d SE 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

表4.4.1-2 溢油事故溢油面积和残油量统计表

风况	溢油持续时间(h)	低潮时发生溢油			溢油持续时间(h)	高潮时发生溢油		
		扫海面积(km ²)	残油量(t)	备注		扫海面积(km ²)	残油量(t)	备注
ENE 风	25	31.51	239.8		25	42.28	217.9	
NNE 风	25	31.49	240.3		25	41.20	220.2	
S 风	25	58.85	184.0		25	43.53	211.8	
SE 风	25	50.73	187.6		25	47.51	195.1	

7.4 风险事故的防范与应急措施

7.4.1 风暴潮事故的防范与应急措施

7.4.1.1 施工期风暴潮事故防范与应急措施

施工期应进行定期检查和验收，确保工程质量达标。施工期间还应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

由于本项目施工期较长，为确保工程和施工安全，降低灾害损失，本项目还应制定风暴潮应急预案。

(1) 风暴潮安全防护体系：

1) 成立应急抢险防护领导小组，组长：建设单位相关负责人；成员：各施工队负责人。

2) 主要职责：领导小组负责预案的检查、指导及协调工作和预案的现场落实工作。

(2) 具体措施

1) 建立对施工区域范围内的观测点，由专人负责。每个施工场地由施工场地领队负责该项工作，随时掌握天气及潮水变化情况并进行统计记录。现场与施工总部保持联络，及时了解相关动态，遇紧急情况时，在接到通知后两小时内，迅速组织现场施工队伍撤离。

2) 强化对进入该区域施工的施工队及负责人的安全防护意识的培训教育工作，做到平日施工有序，临风暴潮时服从命令，听从指挥，平稳撤离。

3) 分工明确，责任到人。

①各施工队伍，各施工队伍各工段、各班组、各工种都要形成人员预案网络，都要有专人负责，在接到撤离通知后整个网络要上下左右形成协调联动，做到撤离时不漏一人。

②材料、设备有专人管理，责任落实到具体管理人员。每个设备、材料管理人员都

要有应急管理措施。对管理的材料、设备必须心中有数，对哪些材料需进行风雨加固、哪些设备不能进屋、不能开走，需重点设防加固，都必须了如指掌，以便应急处理。

③物资准备必须充足：准备足够的木桩、钢管、雨帐篷以便在人员撤离时对水泥堆放点、设备集聚地进行加固、掩盖，以便确保材料、设备不受损失。

④确保通讯畅通：为预防手机受水侵后的不良作用，应配备足额的对讲机，以保证突发风暴潮时的通讯联络。

⑤建立特殊联系信号：在夜间突发风暴潮时，建立防水照明联络信号系统，以方便自家本身及与外界的救生联络。

⑥以人为本，确保人身安全。备有足够的、完好的救生衣、救生圈。以在特殊的、来不及逃生的情况下使用。

（3）以防风暴潮预案指导平时工作

1）施工人员驻地选址时要选择在地势较高、背风暴潮面建设。要特别注意修建房舍的加固措施。

2）主要材料如水泥等，应放在高地上，且应高出高地地面 30cm，并平时就要做好防雨。

3）大型主要设备要注意加固、防雨。在风暴潮袭来时带不走和不能进屋的设备特别加固好。

4）道路要通畅：对预防风暴潮撤离的路线要特别明显，主要指挥者要牢记清楚，在撤离干道上绝不准乱堆乱放材料、设备、以免影响顺利撤离，对撤离的道路必须严加巡查，随时保持道路畅通。

（4）风暴潮后的处理

1）风暴潮造成的损失由领导小组及时专人赴现场落实。

2）风暴潮过后现场领导小组要及时组织施工人员返回工地并及时恢复施工。

7.4.1.2 运营期风暴潮事故防范与应急措施

为切实做好运营期防风暴潮工作，确保在风暴潮来临及其它紧急情况下能采取及时有效的措施，最大限度地减少海上突发性事件所造成的人员财产损失，特制定本应急预案。

（1）组织机构及职责

集团公司成立防海上风暴潮、台风应急指挥部，总指挥由集团公司总经理担任，副总指挥由分管安全生产副总经理担任，成员为集团公司各单位主要负责人。应急指挥部

办公室设在生产业务部总调度室，负责防海上风暴潮、台风工作的日常运行管理和事件处理，办公室主任由生产业务部经理担任。集团公司各单位根据本预案，结合实际，制定本单位防风暴潮、台风应急预案，做好相应的准备和实施工作。

1) 应急指挥部职责

① 负责贯彻落实国家、省、市有关防台风、风暴潮工作的法律法规、方针政策。

② 建立由防海上风暴潮、台风应急指挥部和通讯网、各级应急队伍、应急物资与装备保障所组成的防风暴潮、台风应急系统，提高抗击台风、风暴潮的快速应急救援反应能力。

③ 及时掌握防台风、风暴潮信息，并将防台风、风暴潮情况及时通报各有关单位。

④ 研究防风暴潮、台风工作对策，组织、协调港口防风暴潮、台风工作，科学调控。

⑤ 组织召开各有关单位工作会议，研究解决存在的问题，制定并审核防台风、风暴潮工作的规章、工作计划及实施情况。

⑥ 做好风暴潮、台风灾害预防和宣传工作，不断提高全员防风暴潮、台风的意识。

2) 指挥部办公室职责

具体负责防海上风暴潮、台风预案的制定及演练的组织工作。密切关注台风、风暴潮信息的预报，准确掌握其位置、风速、移动方向以及可能对我港造成的影响，及时上报主管领导。当台风、风暴潮临近并有可能对我港安全生产造成重大灾害时，按有关规定及时召集指挥部成员就位，同时按照指挥部的指示做好积极防御和抢险救助的组织协调工作。

3) 指挥部成员单位职责

⑦ 贯彻执行上级有关防风暴潮、台风工作的法律、法规和有关政策。

⑧ 在集团公司防风暴潮、台风应急指挥部领导下做好防风暴潮、台风救灾工作和宣传工作。确保做到早准备、早检查、早安排、早落实，最大限度地减少灾害损失。

⑨ 参加防风暴潮、台风应急指挥部召开的工作会议。

⑩ 建立健全防海上风暴潮、台风应急组织指挥机构，实施防风暴潮责任到人，并配备第二防风暴潮责任人，两位责任人在风暴潮、台风发生期间不得同时外出，第一责任人外出时，应向第二责任人做好工作部署。将所属防风暴潮、台风任务分解至承担具体防风暴潮任务的队伍，加强防风暴潮队伍的建设，并落实防风暴潮、台风抢险物资、器械。

⑩ 及时掌握防风暴雨、台风执行情况，督促各项相关工作的落实，及时向防风暴雨、台风应急指挥部汇报防抗工作情况。

⑪ 保障本单位的应急救援力量和资源处于随时可用的良好状态，及时按应急指挥部要求参与防风暴雨、台风工作。

⑫ 根据本单位或系统职能，制定详细的防风暴雨、台风方案和切合实际的应急工作程序，组织员工参加防风暴雨、台风知识培训，不断提高应急反应能力。

⑬ 在防抗防风暴雨、台风应急行动中，向集团公司应急指挥部提出合理建议。

(2) 预防与预警

生产业务部负责收集、汇总台风和风暴潮信息，分析形势，提出防台风、风暴潮预警发布和响应启动建议。

1) 预警等级

根据台风和风暴潮影响程度不同，预警等级由低到高划分四级、三级、二级、一级四个级别，预警信号颜色依次为蓝色、黄色、橙色和红色，分别代表一般、较大、重大和特别重大。

2) 预警等级条件

①当符合下列条件之一时可发布Ⅳ级预警（蓝色）：

a 市气象台发布台风蓝色预警（24小时内可能或者已经受热带气旋影响，沿海或者陆地平均风力达6级以上，或者阵风8级以上并可能持续）；

b 受台风影响，国家海洋局北海分局发布风暴潮蓝色预警、海浪黄色预警，沿岸受到较大影响；

c 其他需要发布蓝色预警的情况。

②当符合下列条件之一时可发布Ⅲ级预警（黄色）：

a 市气象台发布台风黄色预警（24小时内可能或者已经受热带气旋影响，沿海或者陆地平均风力达8级以上，或者阵风10级以上并可能持续）；

b 受台风影响，国家海洋局北海分局发布风暴潮黄色预警、海浪黄色预警，沿岸受到较严重影响；

c 其他需要发布黄色预警的情况。

③当符合下列条件之一时可发布Ⅱ级预警（橙色）：

a 市气象台发布台风橙色预警（12小时内可能或者已经受热带气旋影响，沿海或者陆地平均风力达10级以上，或者阵风12级以上并可能持续）；

b 受台风影响，国家海洋局北海分局发布风暴潮橙色预警或风暴潮黄色预警、海浪橙色预警，沿岸受到严重影响；

c 其他需要发布橙色预警的情况。

④当符合下列条件之一时可发布 I 级预警（红色）：

a 市气象台发布台风红色预警信号（6 小时内可能或者已经受热带气旋影响，沿海或者陆地平均风力达 12 级以上，或者阵风达 14 级以上并可能持续）；

b 受台风影响，国家海洋局北海分局发布风暴潮红色预警或海浪红色预警；

c 其他需要发布红色预警的情况。

3) 预警发布

①I 级预警（红色）由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除建议，报集团公司应急指挥部，经总指挥批准后由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除。

②II 级预警（橙色）由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除建议，报集团公司应急指挥部，经总指挥或常务副总指挥批准后由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除。

③III 级预警（黄色）由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除。

④IV 级预警（蓝色）由集团公司应急指挥办公室提出预警发布和解除。

（3）应急响应

1) 应急响应级别

对应一般（蓝）、较大（黄）、重大（橙）、特别重大（红）预警级别，分别设置 IV 级、III 级、II 级、I 级四个级别应急响应。

2) 应急响应行动

①IV 级应急响应

a 指挥中心带班领导启动 IV 级应急响应命令，分析台风和风暴潮形势，研究部署防御措施。

加强值班，有关责任人到岗到位，及时传达各项指示，通报有关信息，加强重点调度。

b 各相关单位按照职责分工做好相关工作。各单位带班领导负责安排部署本单位防台风和风暴潮工作，每日向集团公司指挥中心报告防台风和风暴潮情况。

生产业务部与气象局密切协调，随时监视台风动向并及时发布台风、海浪、风暴潮和洪水预测预报信息,并做好《恶劣天气预警信息发布和部署情况记录》。

②III级应急响应

a 指挥中心主任启动III级应急响应命令，重点研究部署防台风和风暴潮工作，做好有关应急队伍、物资调度准备，检查督导落实重点防御区域和重要防御对象安全防范措施。

b 各相关单位按照职责分工做好相关工作。各单位分管领导部署本单位防台风和风暴潮工作，采取应对措施，有关情况每隔4小时报应急指挥中心，重要情况随时报告。

生产业务部与气象局密切协调，随时监视台风动向并及时发布台风、海浪、风暴潮和洪水预测预报信息，并做好《恶劣天气预警信息发布和部署情况记录》。各作业公司落实设备、设施、人员、物力到位情况，确保各个应急通道畅通，各级应急队伍随时准备执行应急任务。中理公司提前检查货坨、货趸加固情况，提前找出排水点和接电点，做好防水排水准备工作。根据气象部门预报的风暴预警等级，总调度室安排港口作业停止时间，确定并安排码头危险品船、空载和吃水小的船舶出港到锚地避风；通知在港船舶加缆绳防风，落实船舶防碰撞措施避免损失；并采取措施，组织可能受到袭击的地区内人员、车辆躲避、疏散，积极做好防抗准备工作。港内拖轮密切注意风暴潮、台风预警信息，及时停靠安全地带，并根据风速、风向和锚位变化及周围情况调整方向，做好自身防抗工作并保持通讯畅通。台风、风暴潮影响前24小时，总调度室不再安排船舶进出港作业。于台风、风暴潮影响前24小时，指挥部办公室组织各相关单位主要负责人对大型设备、场地货物堆存及在港船舶作业进行检查，重点检查安全防范、重点监控部位、危险地段、抢险救助、专业队伍的组织落实、应急救援措施落实情况，对查出的安全隐患，应按照管理职责，落实责任人，立即进行整改。

③II级应急响应

a 常务副总指挥启动II级应急响应命令，研究部署防台风和风暴潮工作，组织指挥重大险情抢险救灾工作。

指挥部成员到岗参与工作，及时传达上级指示，通报有关信息，适时发出紧急通知，要求各单位做好防御工作，加强重点部位的实时调度，做好抢险救灾队伍、物资调度准备，全面收集整理工情、灾情和救灾行动等情况。

b 各相关单位按照职责分工做好相关工作。各单位主要负责人部署本单位防台风和风暴潮工作，加强检查督导，有关情况每隔3小时报指挥中心，重要情况随时报告。

生产业务部与气象局密切协调，随时监视台风动向并及时发布台风、海浪、风暴潮和洪水预测预报信息，并做好《恶劣天气预警信息发布和部署情况记录》。各作业公司

落实设备、设施、人员、物力到位情况，确保各个应急通道畅通，各级应急队伍随时准备执行应急任务。中理公司提前检查货坨、货趸加固情况，提前找出排水点和接电点，做好防水排水准备工作。根据气象部门预报的风暴预警等级，总调度室安排港口作业停止时间，确定并安排码头危险品船、空载和吃水小的船舶出港到锚地避风；通知在港船舶加缆绳防风，落实船舶防碰撞措施避免损失；并采取措施，组织可能受到袭击的地区内人员、车辆躲避、疏散，积极做好防抗准备工作。港内拖轮密切注意风暴潮、台风预警信息，及时停靠安全地带，并根据风速、风向和锚位变化及周围情况调整方向，做好自身防抗工作并保持通讯畅通。台风、风暴潮影响前 24 小时，总调度室不再安排船舶进出港作业。于台风、风暴潮影响前 24 小时，指挥部办公室组织各相关单位主要负责人对大型设备、场地货物堆存及在港船舶作业进行检查，重点检查安全防范、重点监控部位、危险地段、抢险救助、专业队伍的组织落实、应急救援措施落实情况，对查出的安全隐患，应按照管理职责，落实责任人，立即进行整改。

④ I 级应急响应

a 总指挥启动 I 级应急响应命令，研究部署防台风、风暴潮和抢险救灾应急工作，视情设立应急指挥机构应急组和派出工作组，进行紧急动员部署。

指挥部成员参与工作，及时传达上级指示，通报有关信息，适时发出紧急通知，要求各相关做好防御工作，检查落实指挥部确定的工作部署,加强重点部位的实时调度，做好抢险救灾队伍、物资调度工作,全面收集整理工情、灾情、抢险救灾行动和人员转移等情况。

b 各相关单位按照职责分工做好相关工作。各单位主要负责人部署本单位防台风和风暴潮工作，加强检查督导，有关情况每隔 2 小时报指挥中心，重要情况随时报告。

生产业务部与气象局密切协调，随时监视台风动向并及时发布台风、海浪、风暴潮和洪水预测预报信息，并做好《恶劣天气预警信息发布和部署情况记录》。各作业公司落实设备、设施、人员、物力到位情况，确保各个应急通道畅通，各级应急队伍随时准备执行应急任务。中理公司提前检查货坨、货趸加固情况，提前找出排水点和接电点，做好防水排水准备工作。根据气象部门预报的风暴预警等级，总调度室安排港口作业停止时间，确定并安排码头危险品船、空载和吃水小的船舶出港到锚地避风；通知在港船舶加缆绳防风，落实船舶防碰撞措施避免损失；并采取措施，组织可能受到袭击的地区内人员、车辆躲避、疏散，积极做好防抗准备工作。港内拖轮密切注意风暴潮、台风预警信息，及时停靠安全地带，并根据风速、风向和锚位变化及周围情况调整方向，做好

自身防抗工作并保持通讯畅通。台风、风暴潮影响前 24 小时，总调度室不再安排船舶进出港作业。于台风、风暴潮影响前 24 小时，指挥部办公室组织各相关单位主要负责人对大型设备、场地货物堆存及在港船舶作业进行检查，重点检查安全防范、重点监控部位、危险地段、抢险救助、专业队伍的组织落实、应急救援措施落实情况，对查出的安全隐患，应按照管理职责，落实责任人，立即进行整改。

3) 汛情通报

汛情通报内容由应急指挥办公室会同有关部门拟定，总指挥或常务副总指挥签批，统一发布。

4) 信息发布与新闻报道

防台风和风暴潮工作的有关新闻报道，由应急指挥办公室会同党群工作部共同商定宣传报道意见。

(4) 应急扩大

如局势不能控制或有发生灾情扩大的可能时，现场应急抢险指挥部应及时向集团公司应急抢险指挥部报告，由集团公司应急抢险指挥部决定向上级政府部门或兄弟单位请求增援。

(5) 应急结束

1) 各单位在抢险救灾结束后，要组织人员对受灾人员、物资进行清点，确信所有人员全部救出。

2) 风暴潮、台风过后，根据气象部门预测的风暴潮、台风前进路径、中心气压等情况，确定可以解除防抗状态时，由应急指挥部宣布解除，进入善后处理阶段。立即组织力量修复海上和港口作业设备、恢复生产、组织抢险救灾。

3) 对造成的海上事故，在完成抢险救生的同时，有关单位要组织人员开展调查，并做好善后处理工作。

4) 由受灾单位、财务部、技术部等有关单位，对灾害损失做出评估。

5) 当险情得以有效控制，危害被消除、遇险人员获救后，由集团公司应急抢险总指挥下达行动终止命令。

6) 由于抢险中出现其它客观情况需要中止或终止抢险行动时，由现场指挥部提出建议，报集团公司应急抢险总指挥批准后，方可中止抢险行动。

7) 集团公司应急抢险指挥部负责对灾害损失情况进行上报。

(6) 应急保障

1) 应急指挥部办公室根据各部门和单位上报情况, 编制防风暴潮、台风组织指挥体系及通信网络图, 确保通信畅通; 不断完善应急救助体系, 使海上防风暴潮、台风工作能够快速、有序、有效进行。

2) 各部门要认真贯彻“谁主管、谁负责”的原则, 在风暴潮、台风来临前, 对各自防抗工作准备情况进行认真检查, 切实做好各项准备工作。

3) 成员单位要切实做好有关防抗风暴潮、台风应急设备、物料的准备, 调试船舶、车辆及其它机械, 使其处于良好的工作状态, 确保各项防抗措施落实到位。

7.4.2 地震事故防范与应急措施

7.4.2.1 防范措施

90%以上的地震灾害的直接或间接损失是由于地震对建筑物、构筑物破坏性造成的, 做好建设工程抗震防灾工作是减轻地震灾害损失的主要措施。在工程建设的规划、勘察、设计、施工、验收的全过程抓好工程抗震防灾的科学化、制度化、规范化管理, 保证工程抗震能力达到国家规定的抗震标准。

(1) 勘察设计公司应严格执行《房屋建筑工程建设标准强制性条文》、《建筑工程抗震设计规范》、《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》等有关技术标准, 做好工程抗震勘察和工程抗震设计。

(2) 勘察设计审查机构应严格执行工程抗震设计施工图专项审查制度, 对不符合工程抗震强制性标准规定的, 勘察设计文件不予审查通过, 未经审查合格的施工图不予通过施工报建和验收备案许可, 把好新建工程抗震设防质量关。

(3) 施工单位应严格按抗震设计要求进行施工, 工程质量监督部门要加强对施工阶段落实抗震设防技术标准的管理, 强化工程质量监督监理, 把执行抗震设防技术标准作为工程质量监督的一项重要内容, 保证工程抗震措施的施工质量, 确保建设工程抗震防灾能力。

(4) 通过采取抗震加固岸壁(或简称为抗震岸壁或抗震泊位)的装备与防止地基液化的措施, 加强港口抗震能力。

(5) 应加强抗震防灾知识的普及和演练教育。平时, 要树立“宁可千日不震, 不可一日不防”的震情观念。

7.4.2.2 应急预案

(1) 组织机构与职责

集团公司成立地震灾害应急指挥部，总指挥为集团公司总经理，安全生产副总经理任常务副总指挥，集团公司其他领导为副总指挥，成员由集团公司各部门、单位负责人组成。

地震灾害应急指挥部下设办公室和专业工作组。办公室设在生产业务部总调度室，办公室主任由生产业务部经理兼任。各区（分）应急抢险指挥部要成立以本单位第一负责人为总指挥的应急指挥系统，并接受指挥中心指挥。

（2）预警

1) 预警级别

按照可能发生地震事件的严重性和紧迫程度，地震预警发布级别分为三级，分别用红色、橙色、黄色表示。

地震临震预警为Ⅰ级预警（红色）：就是对未来10日内可能发生 $M \geq 5.0$ 级地震区域做出预报。

地震短期预警为Ⅱ级预警（橙色）：就是对未来3个月内可能发生 $M \geq 5.0$ 级地震区域做出预报。

地震中期预警为Ⅲ级预警（黄色）：就是对未来一年或稍长时间内可能发生 $M \geq 5.0$ 级地震区域做出预报。

2) 根据上级地震预警，集团公司结合实际把地震应急做出以下分类及相应措施：
应急分类：

地震应急工作分平时应急准备、临震应急准备和震后应急准备。平时应急准备的重点是不断完善地震应急预案，做好应急工作队伍、应急物资器材的准备等；临震应急准备的重点是检验防震工作和应急措施的落实；震后应急准备的重点是抢救人员、财产和维护社会秩序。

采取措施：

① 接到上级地震、临震预（警）报后，地震灾害应急指挥部立即召集全体会员会议，根据预报地震等级及时间，决策动员口径、部署预防地震的措施。利用各种宣传、通信手段，通知到各个部门、单位及家属区，做好应急准备，必要时，根据统一安排，组织避灾。各有关组织随时准备执行防震减灾任务。

② 立即组织人员进行港区巡查，监视码头，加强水文观测，掌握气象情况，有情况及时上报。组织有关人员对所属建筑及设备进行全面检查，封堵、关闭危险场所，停止大型活动。

③ 加强对易燃易爆物品、有毒有害化学品的管理，加强对拖轮、驳船、门机、桥吊、供电输电、机房等重要设备、场所的防护，保证防震减灾顺利进行。

④ 加强宣传教育，做好员工思想工作。

⑤ 完善各类值班执勤制度，保持通信畅通，及时掌握基层情况，全力维护正常工作和生活秩序。

(3) 应急响应

1) 接警

① 公司应急抢险指挥部接到省、市或各级地震台预警通知后，立即利用各种宣传、通信手段，通知到各个部门、单位及家属区，做好应急准备，必要时迅速发出紧急警报，按预案组织滞留在各种建筑物内的所有人员撤离避灾。

② 各部门、单位接到通知后，做好应急准备，并对重点场所、目标以及重要设施进行保护。安全监督部、技术部、工程建设部组织专业人员检查基础设施防震情况，按照建筑物、设备所属单位划分，检查是否符合防震要求。对检查出的缺陷、隐患提出整改补救措施和意见，并及时报告地震灾害应急指挥部，经批准后进行整改。检查各单位房屋、车间（水、电、暖、气）是否符合要求，对达不要求的提出防震措施，必要时组织搭建临时防震棚。动力公司迅速关闭、切断输电、燃气、供水系统（同时启动应急照明系统）。鲁东应急中心处于临战状态。

2) 应急启动

① 破坏性地震灾害发生后，应急指挥部立即启动本预案，通知指挥部成员到达指挥部（如指挥部遭受破坏，应在指定地点集合），成员单位做好应急准备，各抢险救灾队伍必须在震后半小时内在本单位集结待命随时听从集团公司应急抢险指挥部的统一部署。

② 技术保障小组做好震情跟踪工作，及时向指挥部通报趋势判定意见，提出防范措施；为指挥部提供其它与地震有关的信息，提出有关工作建议对易发生次生灾害的地段和设施采取紧急措施，加强监视，防止灾害扩展；对威胁人员安全的崩塌地段、易燃、易爆、有毒设施进行考察，提出预防措施；对堤岸、码头、车间、高大设备等进行考察、鉴定；根据考察结果与指挥部共同研究决定是否停产以及采取必要的安全措施。

③ 通讯保障小组组织立即组织力量恢复被破坏的通信设施，尽快全面恢复通信保证抗震救灾指挥部与受灾点及各部门的通信联络；恢复被破坏的发、送、变、配电设备的运行；恢复电力调度系统功能；保证港口电力供应。

④ 治安保卫小组立即组织警力加强危险、有害有毒物品的管理；严厉打击现行破坏活动，严防哄抢事件的发生，制定颁发震区社会治安管理规定；加强集团公司本部、重要部门、重要建筑设施和财产的安全保卫工作；防火、防盗，做好消防和抢险工作；交通安全管理和灾区特别管制措施。

⑤ 医疗保障小组迅速确定医疗救护工作队的布局和工作区，统一调度医疗力量；及时提供所需药品和器械；做好伤员的紧急处治和危重伤员的转移、登记、护送工作；做好卫生防疫、人畜疫病防治和污染源、传染源的处理工作。

3) 救援行动

① 集团公司应急抢险指挥部根据各单位汇报的人员伤亡情况和事故的破坏程度，向受灾严重区域派出现场指挥官，并成立现场抢险指挥部，同时调派应急抢险队伍，赶赴受灾现场组织抢救。

② 地震灾害现场实行应急抢险指挥部统一领导、现场指挥部综合协调、各部门参与的应急救援工作体制。救援队伍到达灾区后向现场指挥部报到，报告队伍实力，了解灾情与救援行动进展；由现场指挥部划定责任区，部署救援任务；必要时向现场指挥部请求大型机械等条件支援；在救援行动进程中报告救援行动进展、新发现的情况、需要请示的问题；与现场指挥部协调转移、撤离的安排。

a 现场应急抢险指挥部成立后，收集并及时上报信息（包括地震破坏、人员伤亡和被压埋的情况、灾民自救互救成果、救援行动进展情况）；分配救援任务、划分区域，组织接待外部救援队、分配搜索营救任务并协助工作，协调各级各类救援队伍的行动；组织查明次生灾害危害或威胁；组织采取防御措施，必要时疏散居民；组织力量消除或减轻次生灾害后果；组织协调抢修通信、交通、供水、供电等生命线设施；估计救灾需求的构成与数量规模，组织援助物资的接收与分配；组织建筑物安全鉴定工作；组织灾害损失评估工作。

b 救援活动开展的初期，应以伤员的救助及无关人员的疏散、撤离为主，人员救助、疏散、撤离完毕后，在确保安全的前提下，开始对贵重物资、设备、设施进行转移。

c 对易于发生次生灾害的地点和设施要采取紧急处置措施，并加强监视、控制，防止灾害扩大。

③ 抢险人员应根据部署，携带专用防护器材及专用工具迅速到达指定现场，根据现场指挥部的布置，对灾情事故采取有效措施，进行现场抢险作业；及时控制事故扩散，防止连锁事故的发生；积极搜寻被困人员及伤亡人员，疏导现场人员撤离现场；配合事

故单位查清现场被困、失踪、伤亡人员数量；在抢险过程中要保护好自身安全，避免应急人员出现不必要的伤亡。

④ 公安分局人员赶赴受灾现场后，根据现场指挥部的命令，划定警戒区域、设置警戒带、围栏等明显标志，部署警戒人员，禁止无关人员进入现场，保护事故现场，做好事故现场区域、周边道路的交通管制工作，安排运输急救物资及抢救伤员道路沿途的值勤人员，禁止无关车辆进入事故现场，保证救援道路畅通，维护撤离区和疏散安全区场所的社会治安工作，保护主要目标和财产的安全。

⑤ 有关单位的人员、物资撤离完毕后，单位要及时对疏散到安全区域的人员、物资进行清点（包括应到人员、实到人员、未到人员、物资受损情况等），对清点情况及时间向指挥部进行汇报。

⑥ 海港医院根据集团公司应急抢险指挥中心的安排，在安全地带设立临时医疗救护点，组织医护人员对受伤人员进行紧急救治，并根据伤员的情况，积极与外部医疗单位联系，做好伤员救治准备。

⑦ 综合办公室负责对集团公司小车进行集中调配，确保应急救援指挥中心及现场应急抢险指挥部的用车；港城宾馆安排好急救人员的住宿、就餐；财务部保障应急资金及时到位，垫付、支付抢救费用。

⑧ 应急抢险指挥部要及时为现场指挥部的救援工作提供技术上的支持，对事故现场救援工作提出具体的技术处置方案及安全措施。

⑨ 人力资源部、党群工作部、安全监督部做好伤亡人员的善后处理工作。按照规定和指挥部要求及时向社会公布震情、灾情等有关信息；做好防震减灾知识的宣传；宣传报道抗震救灾工作的先进人物事迹，报道捐资捐物消息等。

（4）应急扩大

如局势不能控制或有发生灾情扩大的可能时，现场应急抢险指挥部应及时向集团公司应急抢险指挥部报告，由集团公司应急抢险指挥部决定向上级政府部门或兄弟单位请求增援。后勤保障小组优先保证抢险救灾人员、物资的运输工作；划定飞机空投点和直升机临时机场，确保救灾物资的及时调运，保证人员的疏散和伤残病员的转移、转院；协助工程抢险抢修专业人员做好被毁坏的道路、铁路、桥梁等抢修工作。

（5）应急恢复

① 各单位在抢险救灾结束后，要组织人员对受灾人员、物资进行清点，确信所有人员全部救出。

② 受灾人员抢救结束后，指挥部宣布救援行动结束，进入恢复重建阶段。

③ 应急抢险指挥部、宣传部门要及时发布信息，正确引导公众舆论，消除灾害带来的恐慌。

(6) 应急结束

① 由受灾单位、财务部、技术部等有关单位，对灾害损失做出评估。

② 集团公司地震灾害应急抢险指挥部负责对灾害损失情况进行上报。

7.4.3 船舶溢油事故防范与应急措施

7.4.3.1 风险事故的防范措施

(1) 划定施工作业区

本工程施工过程中，水上设施和施工船舶会不可避免地影响到附近水域船舶的安全。考虑到工程涉及水域范围比较广，为保障施工作业的顺利进行，尽量减少工程施工对通航的影响，建议在本工程施工前，划定工程施工的安全作业区，安全作业区应当经海事主管机关核准公告，施工安全作业区的申请可以在向海事管理机构申请施工许可证时一并提出。

除此之外，安全作业区应设置专用标志，该标志的设置标准按《中华人民共和国国家标准 GB12317-90》18.10.6 的要求设置。具体设标要求是：标志形状可任选，但不得与助航标志相抵触，颜色为黄色。并且根据工程的施工进度，适时调整施工水域范围及专用标志。施工期间，应确保施工船舶昼夜显示必要的警示标志或信号，以供施工水域周围船舶识别。

为加强施工水域的现场监督管理，维护施工水域通航秩序和通航环境，保障施工水域人员、船舶、设施和财产的安全，保护水域环境，保证施工作业的正常进行，建议对施工作业水域实施现场动态监控。

(2) 施工作业船舶活动安全保障

1) 对施工作业区进行维护，严防其它船舶误入施工作业区撞击施工作业船舶或纠缠施工作业船舶锚链。

警戒船在施工作业区附近值守，夜间及能见度不良时尤其应注意。

2) 认真值守 VHF 相关频道，主动播发作业动态，提醒过往船舶注意。

3) 夜间及能见度不良时应正确显示号灯，白天正确显示号型。

4) 认真接收气象预报和预警信息，做好防风防浪准备工作。

5) 严格按照作业限制条件下进行施工。

本工程施工作业限制标准:

风力: 当风力达到蒲氏风级 6 级以上时, 禁止施工船从事施工作业;

能见度低于 1500m 时, 禁止施工船及不熟悉港口通航环境的船舶进出港、靠离泊。

当风浪超出相应标准时, 施工作业船舶应停止作业, 寻找合适的地点锚泊或系靠避风。

(3) 施工作业船舶警示标志

确保施工船舶昼夜显示必要的警示信号以供施工水域周围船舶识别。特别是在能见度不良时, 施工船舶应能有足够的措施保证施工水域周围船舶在安全距离内避开施工船舶。

施工船应按“操作能力受到限制”的船舶显示相应的号灯号型: 根据《1972 年国际海上避碰规则》第二十七条, 水工作业施工期船舶应遵守以下信号标志的规定: 操纵能力受到限制的船舶, 除从事清除水雷作业的船舶外, 应显示:

1) 夜间在最易见处, 垂直三盏环照灯, 最上和最下者应是红色, 中间的一盏是白色;

2) 白天在最易见处, 垂直三个号型, 最上和最下者应是球体, 中间一个应是菱形体。

7.4.3.2 应急措施

为保护工程海域生态环境和资源, 防治船舶及其相关作业造成的溢油污染损害, 保护社会公共利益, 保障人命健康, 建立船舶碰撞事故应急预案系统。

(1) 应急队伍与设备

1) 应急队伍建设

溢油应急反应队伍分专业应急队伍和兼职应急队伍两种, 专业应急队伍由龙口市海上溢油应急指挥中心组建, 相关单位建立相应兼职应急队伍。应不定期开展针对性的业务培训, 提高应急队伍的知识技术水平和应急防治能力, 不断增强各队伍的实战能力和各队伍之间的协调配合能力。

2) 应急设备

根据《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》(JTJ 451-2017) 进行配备, 本工程最大设计船型为 100000GT 油品船, 按《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》(JTJ 451-2017) 表 2 中 50000 吨级~100000 吨级(含) 进行配备, 应配备的溢油应急

设备见表 7.4-1。

表 7.4-1 工程应配备的溢油应急设备一览表

序号	设备名称	数量
1	围油栏（永久布放型）	不低于 778m
2	围油栏（应急型）	不低于 738m
3	收油机	总能力 65m ³ /h
4	油拖网	2 套
5	吸油材料	5T
6	溢油分散剂（浓缩型）	4T
7	溢油分散剂喷洒装置	0.5t/h
8	储存装置	65 m ³
9	围油栏布放艇	1 艘
10	溢油应急处置船	回收仓容 130 m ³
11		收油能力 65m ³ /h

（2）应急反应

溢油事故的应急反应由中心组织实施，反应过程主要包括评估溢油风险、优化清污方案、调配应急资源、按等级采取应急反应行动。

（3）反应行动

接到溢油事故初始事故报告后，应立即通知相关单位实施应急处置；各单位将处置情况及时报告中心办公室。

1) 专家组

在常务副总指挥的组织下，主要负责：事故等级鉴定、优先保护次序、应急反应时间和所需费用以及清污行动方案等。

2) 专业行动组

在职责范围内迅速采取应急反应行动，并将行动情况及时报告中心办公室，同时做好应急行动记录。

3) 现场指挥

现场指挥应立即采取以下应急行动：

①确定溢油事故现场的准确地点和溢油原因（包括船名、船型、碰撞/搁浅、溢油种类、溢油事故的规模、船东/货主），及时向中心报告，同时组织紧急处置；

②组织必要的监视监测，并定时（一般为 10 分钟）向中心报告溢油漂流向；

③及时报告进一步溢油的可能性，判断溢油应急反应等级，责令责任方采取可能做到的一切防溢油措施，要求中心迅速调动应急队伍及装备；

④溢油应急队伍及装备到达现场后，组织指挥现场溢油围控和清除，并根据溢油种类、规模、地点、扩散方向采取相应防治措施；

4) 应急行动结束

清污行动已达到预期目的，继续清污作业已无效或继续清污代价与收效相比极不合算时，由总指挥适时宣布应急反应行动结束。

5) 行动方案决策

溢油应急反应决策应遵循敏感资源优先保护原则。

(4) 技术指导

1) 对于汽油、轻质柴油、航空煤油、轻质原油等自然挥发非持久性油类，一般采取自然挥发方式；当有可能向附近敏感区域扩大时，使用围油栏拦截和导向；在有可能引起火灾的情况下，可根据情况使用化学消油剂使其乳化分散，但应按实际需要严格控制用量；

2) 对柴油、中、重质原油、船舶燃料油、重油等持久性油类，一般采取浮油回收船、撇油器、油拖把、油拖网、吸油材料以及人工捞取等方式进行回收；

3) 当人工清除比自然清除更有害以及不能确定清除方法的有效性时，可暂不采取清除行动。

(5) 注意事项

1) 溢油初期是油气蒸发最大阶段。为避免对作业和急救人员的安全造成威胁，所有人员应尽量处于浮油的上风处，关闭船上不必要的进风口，消除所有火源，防止易燃气体进入居住舱室和机舱处所；

2) 在大规模溢油的初期，禁止无关船舶进入浮油区域内，清污工作应在浮油边缘区进行，在经过一段时间挥发后，方可进入浮油区域内清污作业；

3) 在溢油应急行动期间，港口集团消防船/车应处于待命状态，一旦发生火灾，应迅速赶往现场实施救助；

4) 所有参加清污的船艇及动力设备工具必须配备火星消除装置，防止清污作业产生火种。

(6) 应急行动总结

应急反应行动结束后，中心办公室负责做好应急行动的总结工作；对在应急中的有关单位、个人提出奖惩意见；评估事故对环境造成的影响，提出污染损害场所的恢复建议等。

8 清洁生产

清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。将清洁生产纳入环境影响评价中，可使环境影响评价制度更加完善，在预防和控制污染方面发挥更大的作用。为了推进我国的清洁生产工作，《中华人民共和国清洁生产促进法》以 72 号主席令在 2002 年 6 月 29 日发布，自 2003 年 1 月 1 日起实行。

清洁生产的内容包括：

(1) 清洁的能源

包括常规能源的清洁利用，可再生资源的利用，再生能源的开发；各种节能技术等。

(2) 清洁的生产工艺过程

包括尽量少用、不用有毒有害的原料；保证中间产品的无毒、无害；减少生产过程中各种危险因素；采用少废、无废的工艺和高效的设备；进行物料再循环；完善管理等。

(3) 清洁的产品

指节约原料和能源，少用昂贵和稀缺的原料的产品；利用二次能源作原料的产品；产品在使用过程中及使用后不会危害人体健康和生态环境，易于回收、复用和再生的产品等。

施工期主要考虑施工过程、污染物产生与治理措施等；运营期主要考虑采用污染物产生和治理措施等。

8.1 清洁生产分析

施工期的清洁生产措施包括采用节能的设备和机械，采用合理的施工顺序，施工期间污染物的预防与治理措施等。施工期对环境的影响是短期的，因此主要分析施工期污染物的治理。其污染治理措施如下：

(1) 生活污水收集后用污水槽车送污水处理厂处理；机修油污水、机械冲洗水等含油污水统一收集后送有资质处理；生活垃圾由收集后由垃圾车运往城市垃圾处理场统一处理。

(2) 施工现场设置泥沙沉淀池，用来处理施工泥浆废水。凡进行现场搅拌作业，必须在搅拌机前台及运输车清洗处设沉淀池，废水经沉淀后回用于洒水抑尘。严禁向水域倾倒垃圾和废渣。施工垃圾应及时清运、适量洒水，以减少扬尘产生量。

(3) 选取低噪声施工机械和运输车辆。施工机械产生的噪声，其影响仅局限在施工现场附近，因此不会对环境产生大的影响。应合理安排施工进度，避免夜间高噪声施工和车辆鸣笛。

(4) 应保持施工场地平整，运输物料加盖篷布以减少物料散落。易起尘物料堆放应搭盖临时仓库或适当洒水防尘。施工机械的尾气应达标排放。

(5) 施工人员生活集中区设置临时厕所。

(6) 施工结束后对剩余建筑材料的处置，做到不污染周围环境。

根据施工期的清洁生产分析可知，施工过程中充分结合所处海域的自然环境状况，合理选择施工顺序、施工时间和施工工艺，相比国内其他海域工程作业，项目施工具有切合实际，可操作性强，利于资源的有效利用、减小污染影响范围等特点，清洁生产水平相对较高。同时，项目施工产生的生产废水、生活污水均收集后集中处理，不随意外排；固体废弃物全部统一收集处理，回收利用率高，符合国家有关环保政策和清洁生产要求，和同类建设项目相比，清洁生产水平较高。

9 总量控制

9.1 总量控制原则

国家提出的“总量控制”实际上是区域性的，也就是说，当局部不可避免地增加污染物排放时，应对同行业或区域内进行污染物排放量消减，使区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定的数量内，使污染物的受纳水体、空气等的环境质量可达到规定的环 境目标。

9.2 总量控制

根据国家环境保护部《“十二五”期间全国主要污染物排放总量控制计划》，在“十二五”规划期，对纳入约束性考核的 4 项污染物即化学需氧量(COD_{Cr})、氨氮(NH₄-N)、二氧化硫(SO₂)和氮氧化物(NO_x)实行排放总量控制计划管理。

本次填海造地在其施工期产生少量的污染物，且不属于国家确定的约束性考核污染物，因此，本工程建设实施不涉及总量控制。

10 环境保护对策措施

10.1 防治污染对策

(1) 施工期水污染防治措施

1) 施工悬浮泥沙污染防治措施

施工过程中，施工单位合理安排施工船舶数量、位置，按照分区、分块的方法组织施工，减少悬浮泥沙的产生和排放。

①严格遵守施工程序，减少海域污染。在疏浚过程中，应实施悬浮物监控计划，控制悬浮泥沙的浓度和扩散范围；

②避开大风浪季节施工，减少对海域的污染影响。施工期应作好恶劣天气条件下的防护准备，6级以上大风应停止作业；

③施工单位应有效控制泥浆外溢，最大限度减少海水中悬浮物增量；

2) 陆域施工废水污染防治措施

①施工现场道路保持通畅，排水系统处于良好的使用状态，使施工现场不积水。

②施工现场建议设置泥沙沉淀池，用来处理施工泥浆废水。凡进行现场搅拌作业，必须在搅拌机前台及运输车清洗处设沉淀池，废水经沉淀后回收或用于洒水除尘。

③合理规划施工场地的临时供、排水设施，采取有效措施消除跑、冒、滴、漏现象。

④严格管理和节约施工用水、生活用水。

⑤施工期产生的废水按照规定处理，禁止排海。

(2) 施工期环境空气污染防治措施

工程施工用水泥、沙、石料等建筑材料在使用与堆放时，建材的运输及场地的平整等过程将会产生一定数量的粉尘，从而使施工区附近大气环境质量有所下降。因此，施工期环境空气污染防治措施应重点针对施工粉尘，具体如下：

1) 对粉状及混凝土拌等建筑材料必须加盖运输，否则严禁上路的规定。同时控制行车速度，减少装卸落差；

2) 加强施工现场的科学管理，合理安排施工作业，合理堆放施工材料，尽量减少搬运过程，对易起尘的材料实行库内存放；

3) 合理安排砼搅拌场，水泥拆包尽可能选择在有遮挡的地方进行，对易起尘的建材应加盖篷布或安置在室内仓库；

4) 及时清扫洒落物，道路给以适当洒水。

（3）施工期噪声污染防治措施

- 1) 选取低噪声、低振动的施工机械和运输车辆，加强机械、车辆的维修、保养工作，使其始终保持正常运行。
- 2) 施工现场应严格控制施工时间，一般不得超过 22:00 时。特殊情况需连续作业的，应尽量采取降噪措施，并报工地所在地区环保部门批准方可施工。
- 3) 做好施工机械和运输车辆的调度和交通疏导工作，禁止车辆鸣笛，降低交通噪声。

（4）施工期生态环境保护措施

- 1) 为了避免悬浮物对附近养殖区的影响，需加强对海水中悬浮物的监测，应有效控制泥浆外溢，最大限度减少海水中悬浮物增量；其次应避开养殖季节。
- 2) 建设单位应严格遵守国家和地方有关法律、法规。应对建设区外周围空地、进港公路两侧、建设区内边坡面、裸露地、闲置地、绿化用地、干道两侧、辅助生产区、生活区进行绿化规划、设计、建设和管理。通过营造环境保护林，绿化裸地，美化环境，保持水土，净化污染，改善生态。
- 3) 该工程建设单位所涉及的绿化工程应与其主体工程同时规划、同时设计、同时投资，并在其主体工程竣工后一年内按照设计方案的要求完成绿化工程建设。各种绿化植被的布设及其植物种类的选择应符合各自绿化功能要求及生产运行、交通安全要求。
- 4) 建议该项目施工分片分区进行，每完成一片的工程，即对该片进行水土保持、场地清理等工作，在减少水土流失的同时，也保持视觉上的美感。

（5）施工期固体废物处置措施

施工区内设置垃圾箱和卫生责任区，并确定责任人和定期清扫的周期。施工期间施工人员产生的生活垃圾应集中收集后送当地环卫部门处理；施工过程中产生的废弃包装袋、废铁线、废钢材、废木料等生产废料应妥善安排收集并尽可能回收利用，不能回收利用的与生活垃圾一起，送当地环卫部门统一处理；严禁将施工营地产生的各类固体废弃物直接在海边堆放或抛海处理。

（6）施工期其它环保措施

- 1) 施工单位应重视保护环境的问题，做好施工设备日常维修工作，以保证各种设备正常运行。
- 2) 建设单位应加强对施工的管理，提高工程施工效率、缩短施工时间，做到文明施工，有序作业，从而缩短施工的影响。此外，合理安排施工时间，避开雨季施工，避

免施工期径流污水影响水域。

10.2 建设项目的环境保护对策措施及处理效果

建设项目的环境保护对策措施及处理效果见表 10.3-1。

表 10.2-1 环保措施及效果一览表

环境要素	污染源	主要污染物	环保措施	处理效果	
施工期	水环境	围堰抛石、疏浚、溢流	SS	严格按照施工工艺进行	扩散影响范围较小
		生活污水	COD、氨氮、SS	送污水处理厂处理	达到 CJ 3082-1999 标准
		船舶含油污水	石油类	上岸后送有资质单位处理	无排放
		机修油污水			
	大气环境	施工粉尘	TSP	洒水抑尘	TSP 浓度较低
		车辆废气	NO _x 、CO	无组织排放	-
	声环境	施工机械、车辆	噪声	选用低噪声机械、加强维修和保养、减少夜间施工	噪声影响较小
	固体废物	施工场所	垃圾	设垃圾箱，统一收集处理	无排放

11 环境保护的技术经济合理性

11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

11.1.1 编制依据

- 1) 交通部交水发[2004] 247 号《沿海港口建设工程概算预算编制规定》；
- 2) 交通部交水发[2004] 247 号《沿海港口水工建筑工程定额》；
- 3) 交通部交水发[2004] 247 号《沿海港口装卸机械设备安装工程定额》；
- 4) 交通部交水发[2004] 247 号《沿海港口水工建筑及装卸机械设备安装工程船舶机械艘（台）班费用定额》；
- 5) 交通部交水发[2004] 247 号《水运工程混凝土和砂浆材料用量工程定额》；
- 6) 本项目工程可行性研究报告各方案设计的工程量；
- 7) 有关指标、有关定额、有关文件及规定。

11.1.2 环境保护投资估算

根据工程特点，建议从以下方面入手：

（1）施工期

- 1) 施工期废水处理需建设泥砂沉淀池。
- 2) 施工建筑垃圾清理；施工期洒水、道路清扫。
- 3) 含油污水处理、生活污水处理。
- 4) 施工期生活垃圾处理。
- 5) 施工期环境监测费用。
- 6) 施工期环境监测费用：工程施工期和运营期的环境监测计划见 13 章内容，根据环境监测收费标准计算。
- 7) 施工期噪声防护设施：对高噪声设备采取降噪措施；对设备基础采取减振处理。对高噪声设备采用隔离和装设吸音板等措施。
- 8) 不可预见费用：工程建设过程中有些环保设施需要进一步完善，有些环保设施需要增补，还应为工程竣工环保验收中发现的新问题预留补救措施的资金，为此应预留 20 万元资金，用来弥补遗漏和不足。

（3）环保建设投资估算

通过估算，本工程环保投资约 210 万元。环保投资估算见表 11.1-1。

表 11.1-1 环保投资估算一览表

阶段	项目	单价 (万元)	数量和 单位	金额(万 元)
施工期	含油污水处理	30	1 项	30
	施工期生活污水处理	50	1 项	50
	建筑垃圾清理	20	1 项	20
	施工期洒水、道路清扫等	20	1 项	20
	施工期生活垃圾处理（垃圾清运车、垃圾箱）	10	1 项	10
	施工期环境监理	10	1 项	10
	施工期环境监测	50	1 项	50
	不可预见费用			20
合计				210

11.2 环境保护的经济损益分析

环境经济损益分析，旨在分析项目建设带来的经济效益、社会效益和环境损失三者之间的平衡利害关系，同时分析环保投资的合理性以及所能取得的环境保护效果，以便更好地实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

对环境造成的直接、间接经济损益采用定量与定性分析相结合的方法。

11.2.1 环境直接、间接经济损失估算

(1) 工程对环境的影响

项目建设对环境产生一定的影响，如局部水域水质混浊（短时间），对区域水质及海洋生物的影响，施工现场粉尘、噪声的影响等。

在工程设计和施工方案中采取必要环境保护措施，将工程对环境造成的不利影响控制在国家允许的限值以内，使其不影响周围环境的使用功能要求，以实现项目建设、国民经济的可持续发展。

11.2.2 环境直接、间接经济收益估算

本项目施工期和建成初期各项环保工程措施，包括直接投资的环保设施及其附属管理设施。其环境经济效益主要体现在：通过各项环保工程措施的落实，使清洁生产整体预防战略在本项目建设施工期和营运初期全过程得到有效贯彻，从而确实有效的保护生态环境，并创建港区良好的环境，达到社会经济建设和环境资源保护的协调发展。

通过施工期各项环保措施的落实，可减小工程建设过程疏浚施工环节中各环境污染因子产生的强度，并进行必要的污染治理，使施工场地附近海域水环境和生态环境得到有效保护，降低对海洋物种生态环境潜在的环境风险影响，同时避免或减少施工过程对陆域生态、声环境和大气环境的破坏和影响。

项目施工期和建成初期污染防治措施的设置及运行、环保人员工资等投入，从财务角度看利润是负值。但环保投入的间接经济效益是显著的，可以减少废水、废气、噪声、固体废弃物对环境的污染，防范、减小事故对海域的污染，既保护了环境，又节约了水资源、能源。环保设施的实施对区域经济的可持续发展意义重大。

11.2.3 环境经济损益综合分析与评价

工程施工过程会增加海水中悬浮物含量，导致海水透明度和光照强度的下降，对浮游生物、游泳生物会造成一定程度的影响。本项目会局部掩埋底栖生物的栖息环境，造成底栖生物的损失，但工程附近海域无珍稀和濒危海洋生物，因此，本项目对海洋生物资源稍有影响，但不会破坏海洋生态结构，对海洋生态环境的影响不明显。

综合分析项目的建设经济损益，项目建设带来的环境资源的损失及负面影响有限，并在可接受范围内。项目建设带来的社会效应和经济效益是比较明显的。因此，该项目是可行的。

11.3 环保措施技术、经济可行性分析

施工期，严格按照施工管理要求，减少悬浮泥沙发生量和悬浮泥沙扩散、杜绝施工机修含油污水排放等方面在技术上是可行的，在经济方面没有较大投入。

12 海洋工程的环境可行性

12.1 与海洋主体功能区规划符合性分析

根据《全国海洋主体功能区规划》，项目用海位于山东半岛海域，为优化开发区域，符合主体功能区规划的“强化沿海港口协调互动，培育现代化港口集群，加快发展海洋新兴产业”的要求。

根据《山东省海洋主体功能区规划》，项目用海位于龙口市，为优化开发区域，符合主体功能区规划功能定位中“优化龙口湾先进海洋制造业集中集约用海区，发展海洋工程装备制造业、临港化工业、能源产业为支柱的临港产业体系”的要求。因此，项目用海符合海洋主体功能区规划。



图 12.1-1 山东省海洋主体功能区规划

12.2 海洋功能区划符合性

12.2.1 与《全国海洋功能区划（2011-2020年）》的符合性分析

根据《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，工程位于黄河口与山东半岛西北部海域，包括冀鲁海域分界至蓬莱角毗邻海域，主要功能为海洋保护、农渔业、旅游休闲娱乐、工业与城镇用海。黄河口海域主要发展海洋保护和海洋渔业，加强以国家重要湿地、国家地质公园、海洋生物自然保护区、国家级海洋特别保护区、黄河入海口、水产

种质资源保护区等为核心的海洋生态建设与保护，维护滨海湿地生态服务功能，保护古贝壳堤典型地质遗迹以及重要水产种质资源，维护生物多样性，促进生态环境改善，严格限制重化工业和高耗能、高污染的工业建设。**黄河口至莱州湾海域集约开发滨州、东营、潍坊北部、莱州、龙口特色临港产业区**，发展滨海旅游业，合理发展渔业、海水利用、海洋生物、风能等生态型海洋产业，加强水产种质资源保护，重点保护三山岛等海洋生物自然保护区。区域海洋开发应与黄河口地区防潮和防洪相协调；**妃姆岛北部至蓬莱角及庙岛群岛海域**重点发展滨海旅游、海洋渔业，加强庙岛群岛海洋生态系统保护，维护长山水道航运功能。开展黄河三角洲河口滨海湿地、莱州湾海域综合整治与修复。区域实施污染物排海总量控制制度，改善海洋环境质量。

工程位于莱州湾东部、烟台港龙口港区以南，区域主要重点发展港口航运、临港产业，本工程建设**高端化工新材料产业园**，符合《全国海洋功能区划（2011~2020年）》确定的功能要求。



图 12.2-1 全国海洋功能区划（2011-2020 年）

12.2.2 与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》符合性分析

(1) 在《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的位置

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目用海范围位于龙口湾工业与城镇用海区（A3-11）、龙口湾特殊利用区（A7-5）和龙口港口航运区（A2-9）。项

目所在海域及周边海域的功能区的分布见图 12.2-2。

(2) 与《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》符合性分析

1) 与龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)符合性分析

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》，龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)用途管制要求为：本区域基本功能为工业与城镇用海，河口处兼容污水达标排放功能。在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。用海方式：允许适度改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式。海域整治：优化围填海海岸景观设计。生态保护重点目标：近岸生态系统。环境保护要求：加强海洋环境质量监测，加强工业区环境治理及动态监测；实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。

本项目3号岛主要位于龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)，主要建设大型高端石化产业基地，符合“基本功能为工业与城镇用海”的用途管制要求；本工程采用区块组团式与人工岛式相结合的围填海方式，用海方式为建设填海造地，符合“允许适度改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式”的用海方式要求；建设单位制定了合理有效的生态保护修复方案，减少对周边海域生态环境的影响，符合“优化围填海海岸景观设计”的海域整治要求；园区产生的污水和固体废弃物不向海域排放，符合该区的环境保护要求。

2) 与龙口湾特殊利用区(A7-5)符合性分析

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》，龙口湾特殊利用区(A7-5)用途管制要求为：本区域基本功能为特殊利用功能。应充分论证，合理规划，科学确定用海的位置和范围。用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证。生态保护重点目标：海洋自然生态系统。环境保护要求：海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。

本项目3号岛西侧部分位于龙口湾特殊利用区(A7-5)，主要建设消防设施。《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》编制过程中，裕龙岛最终的设计方案尚未论证完成，因此功能区划中确定的特殊利用区与裕龙岛实际建设方案有所出入。由于龙口湾特殊利用区(A7-5)多已形成陆域，不具备设置排污口的条件和优势，建设单位目前正在进行排污口及混合区选划工作，根据初步方案，混合区拟设立在3号岛北侧，龙

口港口航运区(A2-9)内。因此,根据工程所在海域实际情况,龙口湾特殊利用区(A7-5)已不具备设置混合区的条件,工程利用已填陆域进行建设,符合《国务院关于加强滨海湿地保护 严格管控围填海的通知》(国发〔2018〕24号)妥善处置合法合规围填海项目的要求。

因此,从作为项目配套属性角度分析,在保证项目建设符合山东省海洋功能区划、港区主体功能满足的前提下,工程利用已填陆域进行建设,排污口及混合区拟布设在龙口湾特殊利用区(A7-5)北西侧,在规划港区范围内,不影响龙口港口航运区(A2-9)主导功能的发挥,也符合龙口湾特殊利用区(A7-5)“调整时需经科学论证”的要求,与《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》是基本符合的。

3) 与龙口港口航运区(A2-9)符合性分析

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》,龙口港口航运区(A2-9)用途管制要求为:本区域基本功能为港口航运功能,在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。保障港口航运用海,航道及两侧缓冲区内禁止养殖。用海方式:允许适度改变海域自然属性,港口内工程用海鼓励采用多突堤式透水构筑物方式。生态保护重点目标:港口水深地形条件。环境保护要求:防止渔港环境污染,加强环境综合治理。避免对毗邻海洋保护区产生影响。港口区海域海水水质不劣于四类标准,海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准,海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。

本项目2号岛主要位于龙口港口航运区(A2-9)内,主要建设液化品、干散货码头及配套的罐区和堆场,符合该区“基本功能为港口航运功能”的用途管制要求;用海方式为建设填海造地,符合该区“允许适度改变海域自然属性”的用海方式要求;项目产生的污水统一处理达标排放,固体废弃物不向海域排放,符合该区的环境保护要求。

综上,本项目建设符合《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》。

表 12.2-1 项目用海与周边海洋功能区的位置关系(《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》)

代码	功能区名称	方位	距离	功能区类型
A3-11	龙口湾工业与城镇用海区	位于功能区内	-	工业与城镇用海区
A7-5	龙口湾特殊利用区	位于功能区内	-	特殊利用区
A2-9	龙口港口航运区	位于功能区内	-	港口航运区
A1-8	莱州-招远农渔业区	SW	1.7	农渔业区
A5-6	招远旅游休闲娱乐区	SW	3.1km	旅游休闲娱乐区

(3) 对周边海洋功能区的影响分析

距离裕龙岛较近的海洋功能区有 1#岛西南侧 1.7km 处的莱州-招远农渔业区 (A1-8) 和 3.1km 处的招远旅游休闲娱乐区 (A5-6)。

裕龙岛陆域形成过程中, 回填的土石方主要来源于陆域开山石及工程周边锚地、码头前沿及内部水道的疏浚土, 未在莱州-招远农渔业区内采挖海砂; 施工过程中回填溢流产生的悬浮泥沙仅在工程周边扩散, 不会扩散至莱州-招远农渔业区, 不会影响经济鱼类的产卵、索饵。项目运营后, 园区规划建设公共污水处理厂, 尾水排放口拟设置在 3#人工岛北侧, 混合区位于港口航运区内, 不会对莱州-招远农渔业区的水质产生影响。建设单位制定了详细的生态修复措施, 包括海参增殖和贝类增殖建设, 加强了对渔业资源养护。因此, 工程建设不会对莱州-招远农渔业区产生明显影响。

根据现状监测资料及水文动力数据模拟结果, 裕龙岛围堰完成后, 界河口西南侧岸线总体上由侵蚀变为弱淤积状态, 在一定程度上缓解了该区域岸线的蚀退, 保护了砂质海岸。本工程制定了详细的生态修复措施, 拟采用修建潜堤及人工补砂的方式进一步修复砂质岸线的生态环境, 不会影响招远旅游休闲娱乐区主导功能的发挥。

综上, 本项目建设不会对周边的海洋功能区产生明显影响。

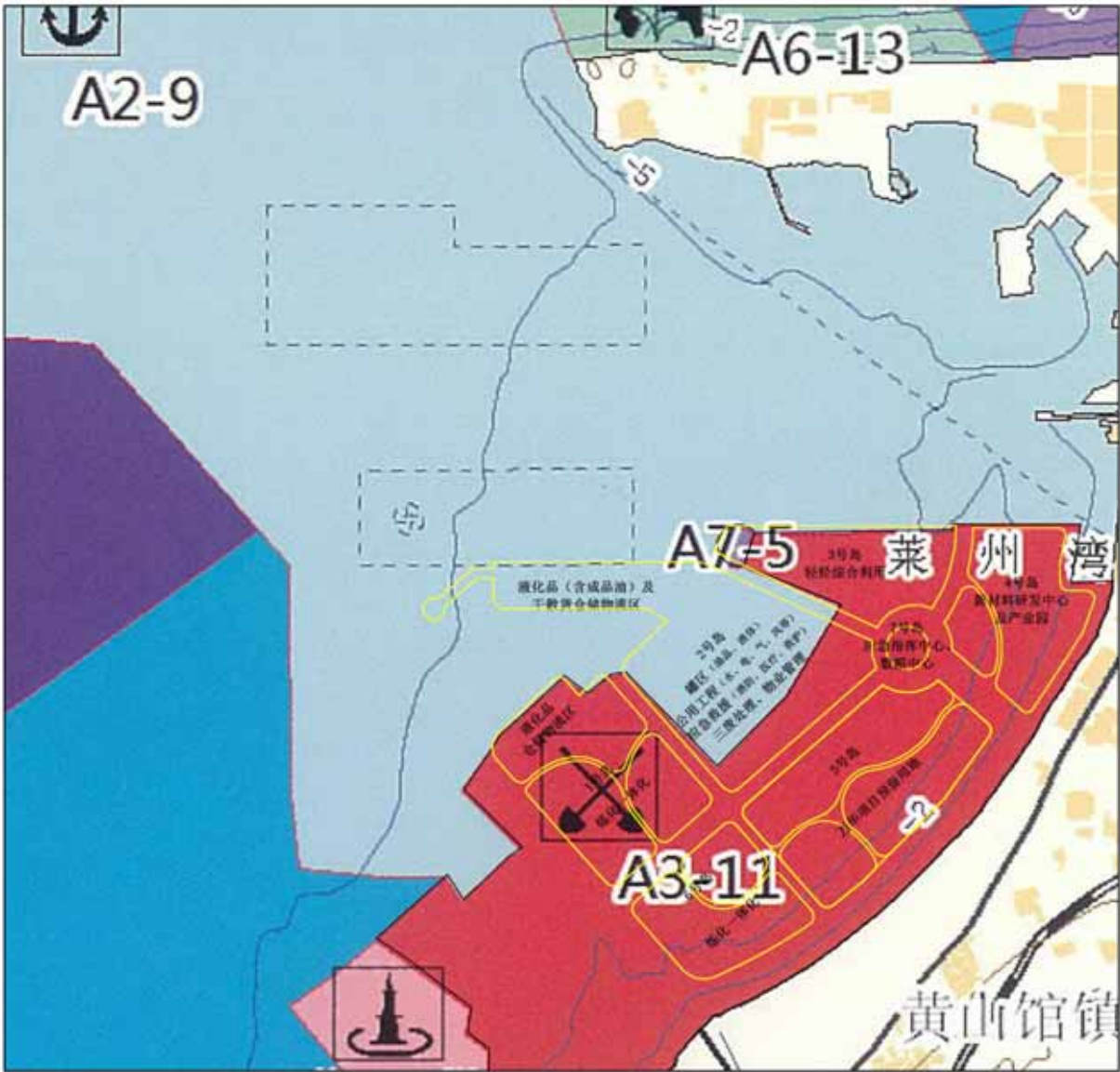


图 12.2-2 山东省海洋功能区划 (2011-2020 年)

表 12.2-2 工程所在海域及周边海域的功能区登记表

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A2-9	龙口港口航运区	烟台	龙口湾内及北部近海 四至：120° '8.5"--120° 19'27.21";37°34'10.07"--37° 49'12.73"	港口航运区	252.51	36.51	用途管制：本区域基本功能为港口航运功能，在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。保障港口航运用海，航道及两侧缓冲区内禁止养殖。用海方式：允许适度改变海域自然属性，港口内工程用海鼓励采用多突堤式透水构筑物方式。	生态保护重点目标：港口水深地形条件。 环境保护要求：防止渔港环境污染，加强环境综合治理。避免对毗邻海洋保护区产生影响。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。
A3-11	龙口湾工业与城镇用海区	烟台	龙口湾内 四至：120° 11'10.86"--120° 18'55.21";37°31'58.1"--37° 37'17.94"	工业与城镇用海区	51.64	12.25	用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海，河口处兼容污水达标排放功能。在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。用海方式：允许适度改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式。海域整治：优化围填海海岸景观设计。	生态保护重点目标：近岸生态系统。 环境保护要求：加强海洋环境质量监测，加强工业区环境治理及动态监测；实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。
A7-5	龙口湾特殊利用区	烟台	龙口湾内 四至：120° 14'46.37"--120° 15'9.7";37°36'57.19"--37° 37'17.98	特殊利用区	0.27	0	用途管制：本区域基本功能为特殊利用功能。应充分论证，合理规划，科学确定用海的位置和范围。用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证。	生态保护重点目标：海洋自然生态系统。 环境保护要求：海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。
A1-8	莱州-招远农渔业区	烟台	石虎咀至界河以北海域 四至：119° 59'18.28"--120° 11'55.74";37°26'6.67"--37° 37'16.68"	农渔业区	216.27	6.39	用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容矿产与能源等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。保障河口的行洪安全。用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。海域整治：严格保护砂质自然岸线，禁止破坏其自然形态。	生态保护重点目标：对虾种质资源；近岸砂质海岸。 环境保护要求：加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。水产种质资源保护区、捕捞区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积(km ²)	岸段长度(km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A5-6	招远旅游休闲娱乐区	烟台	招远辛庄镇西北 四至: 120° 6'55.79"--120° 13'35.46";37°27'59.52"--37° 33'50.73"	旅游休闲娱乐区	20.24	6.63	<p>用途管制: 本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能, 兼容农渔业等功能。允许建设旅游基础设施, 严格控制岸线附近的景区建设工程; 不得破坏自然景观, 严格控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。</p> <p>用海方式: 严格限制改变海域自然属性; 控制岸线附近的景区建设工程; 合理控制旅游开发强度, 严格论证基础设施建设。</p> <p>海域整治: 保护砂质岸线, 严格限制改变岸线的自然形态, 对侵蚀岸段进行合理整治, 逐步恢复自然生态环境。</p>	<p>生态保护重点目标: 自然景观、海岸线。</p> <p>环境保护要求: 治理和保护海域环境, 加强水质监测, 控制污染损害事故的发生; 防止渔港环境污染, 加强环境综合治理。妥善处理生活垃圾, 避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。本海域文体休闲娱乐区海水水质不劣于二类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准; 风景旅游区海水水质不劣于二类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。</p>

12.3 与海洋环境保护规划的符合性分析

12.3.1 与《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》符合性分析

《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》提出了“治、用、保、测、控、防”6个方面的工作，即推进海洋环境治理修复，构建海洋绿色发展格局，加强海洋生态保护，推动海洋生态环境监测提能增效，强化陆海污染联防联控和防控海洋生态环境风险。

《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》提出“严控围填海规模和实施区域，领海基点保护范围内的海岛区域、重点海湾、海洋自然保护区的核心区和缓冲区、海洋特别保护区的重点保护区和预留区、具有特殊保护价值的海岛、具有国防用途的无居民海岛、重点河口区域、重要滨海湿地区域、重要砂质岸线及沙源保护海域、重要渔业海域禁止实施围填海，海洋生态脆弱敏感区、自净能力差的海域严格限制围填海。”

本项目填海工程是为山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）提供建设用地，是加快石化区发展的需要，项目所在地为港口区和工业与城镇用海区。经过影响预测分析，本项目对水动力条件和冲淤环境影响在可接受范围内，符合《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》规定。

12.3.2 与《山东省近岸海域环境功能区划》符合性

根据《山东省近岸海域环境功能区划》（山东省环境保护厅，2016年5月），近岸海域环境功能区是为执行《海洋环境保护法》和《海水水质标准》，根据海域水体的使用功能和地方经济发展的需要对海域环境划定的按水质分类管理的区域。

第一类环境功能区，适用于海洋渔业水域，海上自然保护区、珍稀濒危海洋生物保护区及特殊海洋研究区域。

第二类环境功能区，适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区。

第三类环境功能区，适用于一般工业或城镇建设用水区，滨海风景旅游区。

第四类环境功能区，适用于海洋港口水域，海洋开发作业区。

对尚待开发的留用备择区，未来使用功能需要经过科学论证后确定，调整前依据现状使用功能并入上述环境功能区进行管理。

混合区分为两种情况：一种是入海河口混合区，该区为河水与海水交汇混合区域，入海河口混合区内严格控制新设点源直排口；另一种为排污口附近的混合区，要准确的计算并论证其范围，不得影响其邻近环境功能区的水质。无论是那种混合区，在布设水

质监测点位时，应避免上述区域。

项目位于 SD070CIII、SD071DIV 两个功能区，属于第三类环境功能区和第四类环境功能区，分别执行《海水水质标准（GB3097-1997）》中第三类、第四类海水水质标准。

通过水质调查资料发现，绝大多数站位调查因子都能满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中的水质标准，部分站位无机氮、活性磷酸盐超标，调查海域海水水质现状与渤海湾、莱州湾整体现状相符。其中，无机氮超标可能与生活污水等向河流排污进入海域以及养殖排水等有关，建议相关单位和部门加强排污管理和水质质量监测，改善海水水质质量。

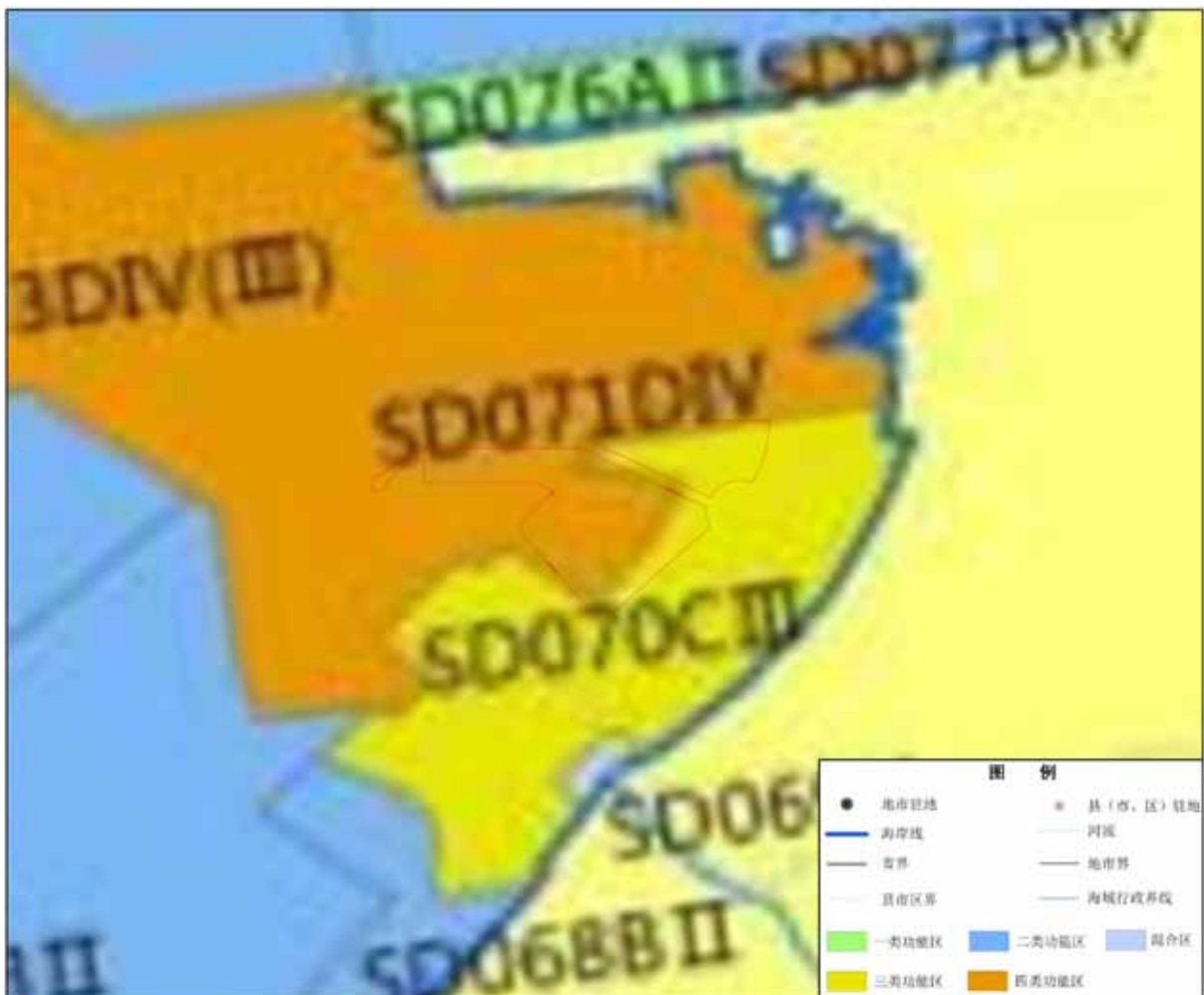


图 12.3-1 山东省近岸海域环境功能区划

12.4 与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013~2020年）》的符合性分析

我省渤海海洋生态红线区划定范围涉及海域总面积 16313.90 平方公里，海岸线总长 931.41 公里。具体范围为：沿海岸线西起漳卫新河河口的鲁冀海域界线，东至蓬莱角东侧的蓬莱沙河口，向陆至山东省人民政府批准的海岸线，向海至离海岸线约 12 海里的海域，包括长山列岛两侧各约 12 海里，即为我省管辖全部渤海海域。同时为保持生态系统的完整性，也包括了长山列岛以东部分黄海海域。

根据《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》，裕龙岛围填海项目用海范围不在生态红线区控制范围内，项目周边的生态红线区主要包括工程西北侧最近 2.89km 的招远渔业海域限制区（XZ5-11），西南侧最近 4.19km 的莱州湾中国对虾渔业海域限制区（XZ5-10），工程西南侧最近 6.20km 的招远砂质海岸限制区（XZ2-8），工程西南侧最近 6.58km 的招远砂质海岸禁止区（JZ2-8）。

本项目用海不占用生态红线区。陆域形成过程中，回填的土石方主要来源于陆域开山石及工程周边锚地、码头前沿及内部水道的疏浚土，未在生态红线区内采挖海砂；根据现状监测资料及水文动力数据模拟结果，项目施工过程中产生的悬浮泥沙和围填海后对海洋水动力的影响主要集中于龙口湾内，不会对周边的海洋红线区产生明显影响。项目运营后，建设公共污水处理厂，尾水排放口拟设置在 3#人工岛北侧，混合区位于港口航运区内，不会对周边生态红线区的水质产生影响。

综上，项目用海符合《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》。

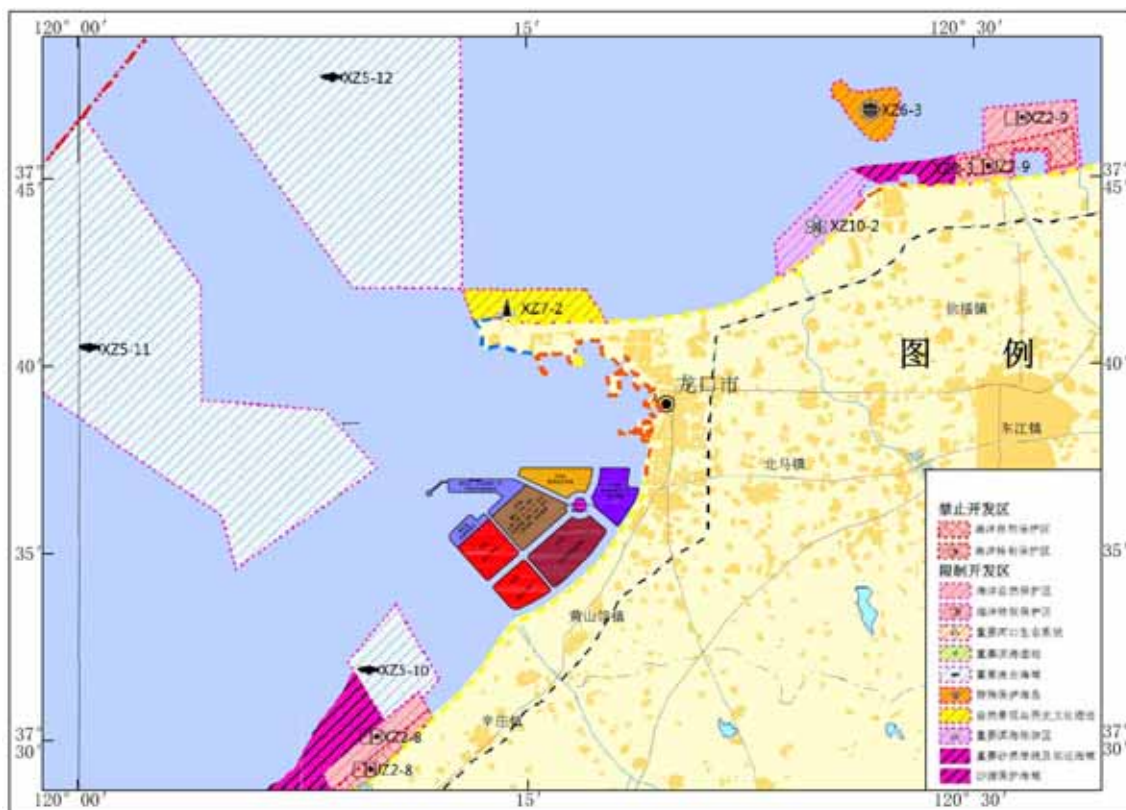


图 12.4-1 山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020 年）

12.5 与相关规划符合性分析

12.5.1 项目符合《山东半岛蓝色经济区发展规划》

2011 年 1 月 4 日，国务院以国函〔2011〕1 号文件批复了《山东半岛蓝色经济区发展规划》，这是“十二五”开局之年第一个获批的国家发展战略规划。在《山东半岛蓝色经济区海洋与海岸空间布局规划》中，规划布局了 9 大集中集约用海核心区，其中“龙口湾临港高端制造业聚集区”被列为 9 大核心区之一。同年 8 月，烟台市委、市政府出台了《关于打造烟台蓝色经济区的指导意见》，对龙口湾的功能定位也提出了“科学开发利用滩涂和浅海区域，适时填海造地，建设重化产业和装备制造业园区”的发展方向。目前，人工岛填海造地工程基本结束，在人工岛建设炼化一体化项目，发展作为现代先进制造业高端化工产业，具有较强的政策优势。

12.5.2 项目符合《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》

国务院国函〔2018〕1 号批复了《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》（以下简称总体方案），总体方案第六部分提升传统产业改造形成新动能中提出发展高端化工产业，要求“加大化工产业技术创新、优化整合力度，加强园区的环保基础设施建设，开展循环化改造，实现近零排放，推动绿色化、规模化、集约化发展，提高上下游全产

业链协同创新能力。加快推动化工企业进入园区集聚发展，支持在符合条件的重点石化园区设立海关特殊监管区域。优化发展新型煤化工和精细盐化工，推动传统化工转型。”另外，总体方案的高端化工业重点建设内容中提出“龙口石化产业园重点发展乙烯产业链，推进南山百万吨乙烷综合利用项目建设”。

按照国务院关于山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案的重要批示，项目将围绕新技术、新产业、新业态、新模式，积极探索传统“地炼”质量变革、效率变革、动力变革的发展路径，深度挖掘炼化产业下游终端的增值潜力。坚持全省炼油产业存量变革和增量崛起并举，凤凰涅槃、浴火重生，努力实现山东由炼油大省到炼油强省的转化。

项目将充分利用炼油下游乙烯、丙烯、芳烃等石化原料，积极推进一批高端功能材料、特种专用化学品等高附加值产业的发展。重点布局高端聚烯烃，PO/SM 下游系列化工新材料，聚碳酸酯工程塑料，丙烯酸下游系列精细化学品等高端石化产品，并可结合万华化学现有产业基础和技术优势，利用本项目资源进一步延伸发展下游特种聚氨酯材料、间苯二腈-间苯二胺/1, 3-环己胺-XDI 以及邻苯二甲酸酐及下游芳香族聚酯多元醇等高端精细化产业链。真正实现炼化下游产业链末端的增值进程，逐步推动全省炼化产业由成本竞争向价值提升转变。

12.5.3 项目符合《石化产业布局规划方案（修订版）》

2018年8月，经国务院同意，国家发展改革委、工业和信息化部联合印发了《石化产业布局规划方案（修订版）》。《规划方案》对今后一段时期石化产业的发展进行了总体部署。针对炼油项目方案中明确提出严格控制新增炼油产能，未列入《布局方案》的新增炼油产能一律不得建设。严禁以“重油综合利用”、“原料预处理”、“沥青装置”等名义，审批新建、改扩建炼油装置。有序推动落后和低效炼油产能退出，做好辖区内炼油企业情况调查和评估，科学制定城镇人口密集区高风险生产装置搬迁改造、企业兼并重组或资源整合、应用先进工艺改造提升或淘汰落后炼油装置的项目实施方案，综合运用市场、法律、政策等手段推动实施方案贯彻落实。按照《布局方案》的总体要求，存量优化应重点围绕工艺改造、技术创新、城镇人口密集区危化品企业搬迁改造、等核心焦点问题来展开，按照等量或减量置换的原则，探索形成新增炼油产能与淘汰炼油产能的产能置换机制。在保持全国炼油产能规模总体可控的前提下，通过等量、减量置换，不断提高优质产能的比例，有序提升存量产业的发展质量。

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）注重炼化产能存量与增量的协同互补，减量置换现有炼油产能，共计腾退 5000 万吨/年的炼量指标。在去产能的同

时，全面提升新布局炼化项目的产业发展质量与综合竞争力。通过港口、物流、管道以及一体化公用工程设施等多元优势，全面降低项目运营的综合成本；依托万华化学在新材料以及专用化学品领域的技术优势，全面推动产业链终端的价值链提升工程，从而有力提升新布局项目的盈利水平。项目年净利润将达到 196 亿元，远超现有 5000 万吨/年的地炼产能创造的效益（约 66 亿元），真正实现减能不减效。

因此，项目建设符合《石化产业布局规划方案（修订版）》。

12.5.4 项目符合《龙口市城市总体规划》

山东省人民政府于 2019 年 6 月 22 日，以鲁政字〔2019〕114 号文批复了《龙口市城市总体规划(2018-2035 年)》。

1、城市定位

龙口市是山东半岛蓝色经济区新材料产业先行区和烟台市装备制造业升级创新示范区，同时也是滨海优秀旅游城市和宜居、宜业的生态城市。

①山东半岛蓝色经济区新材料产业先行区以临港经济为主线，发挥区位优势，充分利用世界新能源革命的机遇，以新能源新材料大项目为增长引擎，打造中国新能源利用与新材料制造的产业集群，使其成为龙口经济发展倍增器、助推器。

②烟台市装备制造业升级创新示范区以现有产业链为对象，以技术创新为手段，以中国制造 2025 为主要目标，升级现有铝精深加工与装备制造产业板块，使其成为龙口经济发展的稳定器。

③滨海旅游城市

发挥龙口市自然景观资源、历史文化资源优势，继续提升滨海景观生态特色，挖掘文化底蕴，逐步完善特色民俗村落的旅游设施建设，打造生态休闲、文化探寻、度假疗养、民俗体验于一体的北方旅游服务中心，完善各项公共服务设施，建设国家优秀旅游城市。

④宜居宜业的国家生态城市

优化提升城市环境品质，完善公共服务设施和基础设施，打造中国先进制造业基地，激发和保护企业家精神，吸引技术人才落户龙口，打造知识型、技能型和创新型劳动者大军，建设宜居舒适、产业发达的现代生态城市。

2、产业布局规划(第二产业部分)

龙口市形成临港产业区、省级开发区和高新技术园区、镇工业集中区的产业体系布局。

①临港产业区

依托人工岛打造临港产业园，布局新能源新材料园区，引进页岩油气原料，建立烷醇深加工为主的烯烃产业链，积极拓展 EG、LLDPE、HDPE 等下游产品，实现一体化、集约化、大型化、高端化、清洁化，远期发展海水综合利用、海洋装备制造等产业，打造清洁能源综合利用的产业集群。

②山东省龙口经济开发区

龙口经济开发区包含以龙口港为主体的现代海洋运输物流业特色产业园和外向型加工产业园两个产业区。现代海洋运输物流业特色产业园位于海港路以北、疏港铁路以西，以龙口港及砣姆岛港区为核心，汇集水运、公路、铁路等多种运输方式，集物流、仓储、运输、配送、电子商务等多种服务功能为一体，持续提升港口物流功能，园区东部做大做强临港化工产业，实现区港一体化发展。

外向型加工产业园是西城区内部的产业园区，位于河南路以南、八里沙河以北，升级现有产业板块，进一步做大做强汽车零部件及整车制造、海洋工程装备及船舶制造和食品加工业，构建新型汽车产业（包括大容量汽车动力电池、超级电解电容器、汽车相关传感器、汽车智能设备等），构建智能装备制造业。探索航空装备产业链条，布局航空装备制造、维修、组装等基础产业。

③高新技术产业园区

高新技术产业园区位于南山路以东、龙烟铁路以南，以发展先进加工制造业为功能定位，大力发展有色金属新材料、高端装备制造、食品精深加工等产业，使之成为全市高新技术产业密集区、战略性新兴产业率先突破区。保留原有工业单元内容，调整引进工业类别，延伸产业链的深度和广度。

④镇工业集中区

诸由观镇、兰高镇和北马镇建设工业集中区，引导现有企业升级创新，为城镇居民提供就业岗位，打造产业发展、生活宜居的现代化小城镇。

3、用地布局(人工岛部分)

人工岛充分发挥远离陆域、临港滨海的优势，优先发展炼化一体化及上下游产业链，打造世界级化工园区。落实《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的要求，人工岛用地以港口用地、工业用地和仓储物流用地为主。滨海岛屿规划港口用地，北部岛屿发展炼化一体化产业及高端制造业聚集区，南侧东部岛屿发展装备制造业、新材料加工制造产业园，西侧岛屿远期发展炼化一体化下游化工产业。

《龙口市城市总体规划(2018-2035年)》详见图 12.1-1。

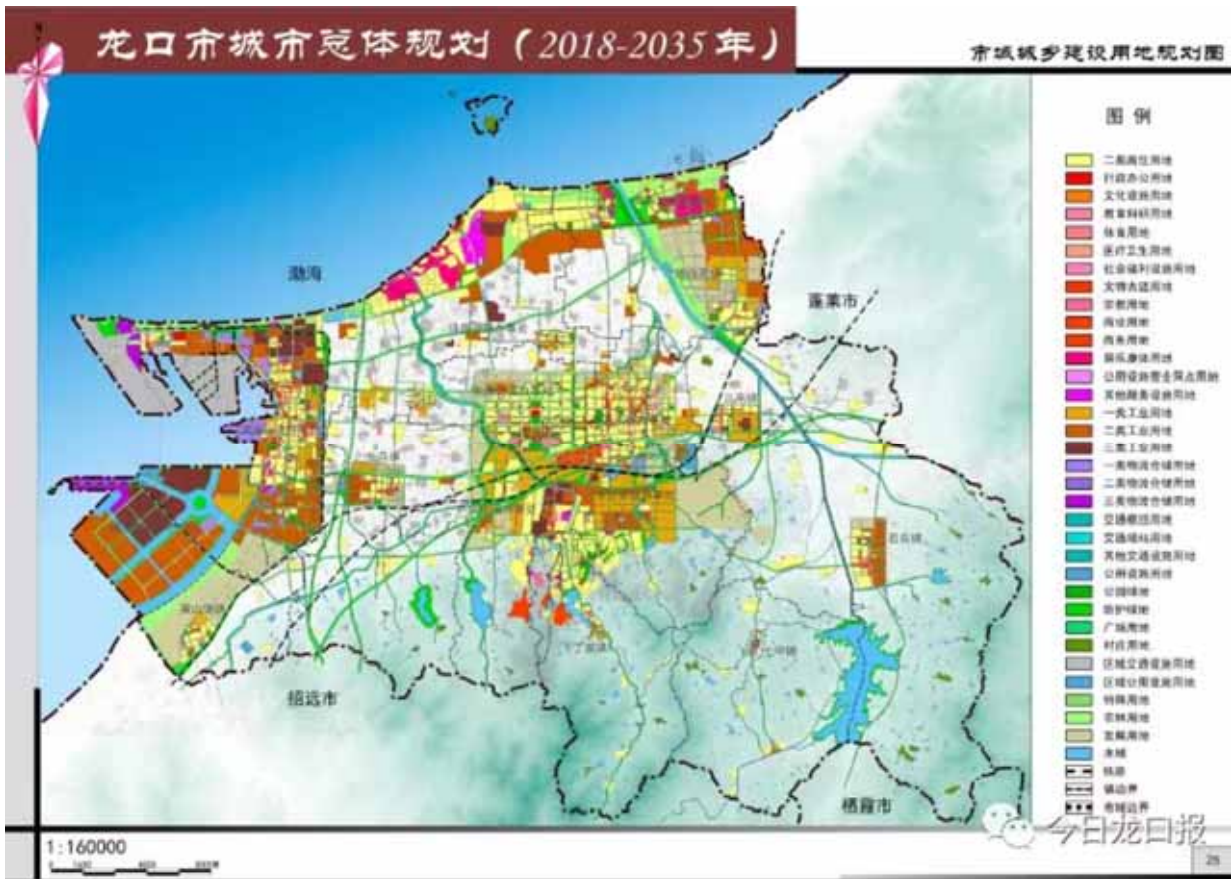


图 12.1-1 龙口市城市总体规划(2018-2035 年)

12.5.5 项目符合《烟台港总体规划（2016-2030）》

烟台港是我国沿海主要港口和国家综合运输体系的重要枢纽，是山东省、烟台市全面建成小康社会、率先基本实现现代化的重要依托，是山东半岛蓝色经济区和黄河三角洲高效生态经济区发展的重要支撑，是山东半岛及其腹地能源和原材料进出的重要口岸，是铁路轮渡和客货滚装运输的重要节点，是烟台市和山东省对外开放和经济社会持续发展的重要依托。

规划烟台港维持“一港十区”的总体发展格局不变，但今后应在发展中区分层次、突出重点、错位发展，规划西港区、芝罘湾港区、**龙口港区**、莱州港区作为烟台港的主要港区，蓬莱东港区、栾家口港区、海阳港区、长岛港区是烟台港的重要组成部分。

龙口港区：以大宗散货、**液体化工品运输**为主，开展集装箱喂给服务和客滚运输，加快发展临港工业、现代物流等功能，逐步发展成为现代化的综合性港区。

裕龙岛围填海项目后期拟在 2#人工岛规划建设液化品、干散货仓储物流区、罐区及相应的配套码头，与烟台港总体规划基本一致。山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）新建炼油部分加工原油 2000 万吨/年，项目开发建设与龙口港区以大宗

散货、液体化工品运输为主的港口功能定位一致，项目建设可以推动山东省化工产业转型升级，推动石油化工产业集聚化、规模化、高端化、清洁安全发展。综上所述，项目建设符合《烟台港总体规划（2016-2030）》。

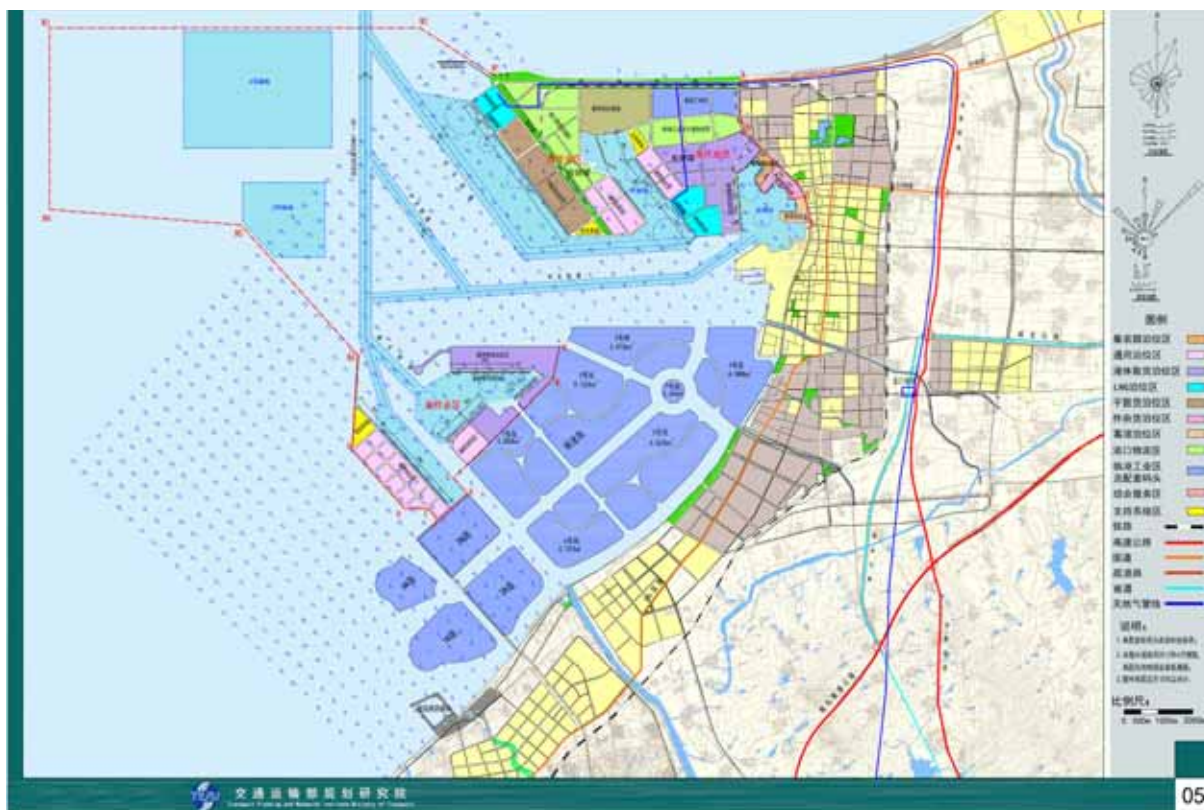


图 12.5-1 《烟台港总体规划（2016-2030）》

12.6 建设项目政策符合性

本项目积极对接华北、华东地区成品油供需市场条件，按照“少油多化”的原则，最终成品油收率为 40%，在国内处于较低水平；项目整体油化比例为 0.99，处于国内先进水平，远高于山东省地炼行业平均水平。本项目的布局建设将大幅提高本地资源转化率，加快区域产业资源整合。有助于改变目前山东省炼化产业结构单一、高端产品缺乏的局面，引导区域炼化产业向新型化、高端化方向发展，促进产业优化升级。

根据国家发展改革委公布的《产业结构调整指导目录（2019 年修正）》，本项目不属于“限制类”、“淘汰类”，符合国家产业结构调整政策。

对照国家《外商投资产业指导目录（2015 年修订）》、《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》和《国务院批转发展改革委等部门关于抑制部分行业产能过剩和重复建设引导产业健康发展若干意见的通知》（国发〔2009〕38 号），本项目所属行业、建设规模、生产工艺及产品均属于允许类，且符合国家有关法律、法规和政策规定的。因此，本项目建设符合国家产业政策要求。

12.7 工程选址与布局的合理性

12.7.1 用海选址合理性分析

12.7.1.1 用海选址的区位和社会条件适宜性分析

(1) 政策规划适宜性

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的建设将成为全国先进炼化一体化项目的创新引领、示范标杆，是全面落实山东省新旧动能转换的有力支撑，是稳步推进鲁北高端石化基地建设的重要着力点，是积极引导炼油供给侧优化升级的有效补充。项目建设符合国家产业政策，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》和《山东省海洋主体功能区规划》，不占用生态红线，符合《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》。同时，项目建设符合《山东半岛蓝色经济区发展规划》、《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》和《石化和化学工业发展规划（2016—2020年）》等相关规划。

(2) 区位条件适宜性

工程用海区域位于龙口经济开发区西部海域。龙口湾所在地—龙口市交通便利，是胶东地区和渤海之滨的水陆交通要冲。围绕龙口港，已经形成了以威乌高速公路、大莱龙铁路为框架，四通八达、高效便捷的交通体系。全市公路通车里程 1391 公里，通车密度 156 公里/百 km²；大莱龙铁路直通港区；龙青高速公路、龙烟铁路正在规划建设之中。龙口港现拥有国内外航线 70 多条，与世界 60 多个国家和地区的港口有业务往来，可与全国沿海各港通航。开通了龙口至东南亚、日本、韩国等国际集装箱班轮航线及龙口至大连、上海、汕头等沿海内贸干线支线集装箱班轮航线，并打通了至东北的集装箱“黄金航线”，运力大幅度提升。该区域距离青岛流亭机场不足 2 小时车程、距离烟台莱山机场不足 1 小时车程，距新建的烟台潮水机场也仅有 45 公里。工程所需水、电、通讯及道路等地方配套设施，能够满足工程的需要。

龙口市境内有大中型水库 3 座，总库容 2.2 亿 m³，兴利库容 1.3 亿 m³，建有亚洲最大的地下水库---黄水河地下水库，库容 5300 万 m³。城镇供水能力已达到 16 万 m³/日。龙口市电力工业十分发达，境内发电装机容量已达 200 万千瓦，并有 165 万千瓦机组正在规划建设。水、电供应充足，为临港高端制造业聚集区的建设提供了可靠的基础保障。

工程用海区域北侧邻近龙口港。近年来，龙口港围绕膨胀港口规模，提升港口功能，先后投资 30 多亿元实施了通用泊位、航道工程、液体化工专用码头等一批重点工程，

港口日集疏港能力达到 10 万吨，液体化工仓储能力达到 150 万 m³，成为渤海南岸最大的液体化工品仓储和中转基地。港区内 13.8 万平方米的保税货场和 31 万 m³ 的保税罐区均已投入运营，除了能够提供规划港口物流区及海洋工程制造区适合船舶进出所需要的航道和锚地，还可以为原料和产品运输提供便捷的条件；项目建设便于发挥区位优势，综合利用周边海域资源，与龙口港的发展相辅相成，在拓展和完善龙口港港口功能的同时，更好地促进龙口临港经济的发展。

拟建工程周边岩矿材料丰富，适合工程使用的岩石类别较多，填方材料较丰富，可就地取材。钢材、水泥、木材等建筑用材在项目所在地均有供应，可满足使用。周边有多家技术力量雄厚，设备齐全，施工经验丰富的工程专业施工队伍，完全具备承建本工程的能力。这为本工程的施工创造了良好的条件。

综上所述，本工程的建设，具有优越的施工条件及供水、供电等基础设施。项目所在区域的基础设施条件能够满足项目建设的需要。

12.7.1.2 用海选址的自然资源和生态环境适宜性分析

工程选址于莱州湾东北角、龙口湾南部及附近海域。莱州湾为渤海三大海湾之一，海湾面积 6966km²，为开敞式“U”形海湾，工程用海区域所处水域开阔、形态开敞、水交换能力相对较强，且不占用主要经济鱼类产卵场和洄游通道，用海选址符合莱州湾的自然环境特征。

龙口湾北部有东西长 8 公里的砣姆岛天然沙坝为屏障，对 NE 强浪向可以起到有效地阻挡作用，且湾内水深腹阔，不冻不淤，可以为工程用海区域的施工、营运提供很好的掩护及依托条件，同时对本规划港口码头区内的船舶航行、靠泊等提供便利因素。

龙口湾规划区是典型的砂质海岸，项目所在海域具备了建造工业区的基本自然条件，区域内的波浪比较平缓，岸滩坡降平缓，泥沙冲淤量较小，并具有良好的地质基础，适于填海造陆工程的实施。

龙口湾素有“稳油盆”之称，根据烟台海洋环境监测中心站观测资料，该海域泥砂运动弱，淤积速度缓慢，龙口港区平均年回淤量约 2-3cm，是山东半岛各港口中回淤量最小的港区。

工程用海区无需征地拆迁，海域利益相关者已协调完毕，龙口港航道、锚地疏浚泥沙以及龙口市南部山区开采石料，运距短，成本低，可为项目的实施提供充足的填充物料。

12.7.1.3 用海选址与周边海域其它用海活动的适应性分析

(1) 工程周边的用海活动距离用海区较远，后续建设不会对周边用海造成不利影响。

(2) 根据悬浮泥沙数值模拟预测，在正常施工状态下本工程的建设不会对周边海洋功能区产生明显影响。

项目用海选址与周边海域其他用海活动相适应。

12.7.1.4 选址备选方案分析

“临港产业区”区域建设用海规划是顺应“打造山东半岛蓝色经济区”这样一个环境背景而产生的。山东省委、省政府出台《关于打造山东半岛蓝色经济区的指导意见》提出“在胶东半岛着力打造沿海高端产业带”；山东省海洋与渔业厅在《山东半岛蓝色经济区集中集约用海专项规划》中提出了建设“山东半岛蓝色经济区”9大核心区，其中，“龙口湾临港高端制造业聚集区”被列为9大核心区之一；烟台市委、市政府出台《关于打造烟台蓝色经济区的指导意见》，对龙口湾的功能定位提出了“科学开发利用滩涂和浅海区域，适时填海造地，建设重化产业和装备制造业基地”的基本方向；烟台市委办公室、市政府办公室转发《烟台市发改委关于建设高端产业聚集区的意见》中也明确提出，“龙口市要依托港口优势和产业基础，进一步加快临港先进制造业、港口物流发展，打造高端产业聚集区的重要增长极”。

在大力发展蓝色经济的背景下，“临港产业区”区域建设用海规划选址于龙口港航道以南海域，龙口湾内的港口及临港工业区附近海域，除了因当地土地资源条件受限以外，其核心和关键目的就是要把握住龙口湾港口及临港工业的资源及区位优势，通过港口和临港工业区的强力结合来互相带动、进而创造出巨大生产力，从而实现龙口市以港口及临港工业为起点，形成沿海工业带，带动了整个区域经济发展的战略目标。从这一点上来，区域用海的选址于龙口湾内是唯一的。

12.7.1.5 小结

项目选址所在海域的周边依托条件好，后方配套设施完备，属于较成熟的港区，从工程位置、自然条件、依托条件等各方面分析，本工程的建设是十分适宜的；工程选址位于烟台港西南部海域，对外侧海域影响较小，工程建设与周边用海活动相适宜。因此，本项目选址是合理的。

12.7.2 用海方式和平面布置合理性分析

工程所在的区域用海的设计方案采用的是人工岛组团式填海。区域用海选址于龙口湾内，龙口湾是一个自然条件极其优越的海湾。由于本工程填海规模较大，对龙口湾的自然环境会造成一定的影响，为了尽可能的减小这种影响，设计方案通过多次数值预测分析及水动力泥沙专题研究而不断优化，由最初的单岛方案调整为双岛方案并最终调整为现在的组团式人工岛方案，调整过程中考虑了人工岛群整体外轮廓按照龙口湾自然形态延展，岛与岛之间设置宽度适宜的水道沟通，来减小对湾内水动力条件的改变，与龙口湾南部湾底近千米宽度水道的设置也是为了保护原始岸线不受破坏。

总体来说，在充分考虑了自身的优势和劣势后，对比国内外相关案例的先进思维理念，选用组团式人工岛的填海方式，既是最大程度上降低对海湾造成的影响，保护了自然岸线不受破坏，又增加了深水岸线长度。同时，在现状岸线资源有限的条件下，离岸人工岛的填海方式还使得区域内的物流园区及港区毗邻龙口湾内现有港口而建，从而可具备高效的集疏运系统，保证了工程所依托的港口条件，也保证了可持续发展的海湾及岸线资源。

因此，工程的用海方式和平面布局是合理的。

12.8 环境影响可接受性分析

工程施工期，港池疏浚、围堰抛填、吹填等施工作业会增加海水中悬浮物含量，导致海水透明度和光照强度的下降，对浮游生物、游泳生物会造成一定程度的影响。本项目会掩埋底栖生物的栖息环境，造成底栖生物的损失，工程附近海域无珍稀和濒危海洋生物，因此，本项目对海洋生物资源会产生一定的不利影响，但不会破坏海洋生态结构，对海洋生态环境无明显影响。

综合分析项目的建设的经济损益，项目建设带来的环境资源的损失及负面影响有限，并在可接受范围内。

13 环境管理与监测计划

13.1 环境管理

为防止环境污染，维护生态平衡，保证本项目的发展与环境保护相互协调，建设和施工单位需设置专门的环境管理机构，制定系统的环境管理方案，配备先进的环境管理设施以做好本项目的环境管理工作。

13.1.1 施工单位环境管理机构设置

施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

①负责监督、落实有关环境保护管理规章制度，实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

②及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目施工有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

③按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

13.1.2 建设单位环境管理机构

为了有效保护拟建项目所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理单位对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

加强建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的环境污染防治办法和措施。

项目建设单位环保管理机构的职责如下：

①宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；

②负责本项目施工期与运营期的环境保护管理工作。负责监督各项环保措施的落实与执行情况；

③在施工地点，应由工程环境监理人员在施工现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；

④工程环境监理纳入工程监理，接受环保主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；

⑤按环保部门地规定和要求填报各种环境管理报表；

⑥配合环保部门进行环保设施竣工验收；

⑦负责对运营期污染事故的调查、监测分析工作，并写出调查报告；

⑧协调、处理因本项目的建设和营运所产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；

⑨环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位的环保机构完成，在不具备条件的情况下亦可委托有资质的环境监测站协助进行。

13.2 环境保护管理建议

针对本项目的建设，提出如下环境保护管理要求和建议：

(1) 所有与本项目直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

(2) 建议本项目在落实各项环境保护设施时，采用环保主管部门认证合格单位的污染治理技术或设施。

(3) 本项目应根据交通部交环发[2004]314号文“关于开展交通工程环境监理工作的通知”以及“开展交通工程环境监理工作实施方案”的要求，落实施工期的工程环境监理制度。

(4) 将厂区的环境保护纳入到生产经营管理中，贯穿到生产建设的全过程。环境管理指标要纳入企业计划指标，同时下达，并进行考核。

(5) 建立和健全环保岗位责任制。

13.3 环境监测计划

13.3.1 已开展的环境监测

山东省海洋环境监测中心根据《龙口临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海海洋环境跟踪监测实施方案》，于2010年9月-2013年8月进行了12期环境监测，包括水文监测、水质监测、沉积物监测、生态监测，各期监测结果已形成监测报告，不再赘述。监测站位见图13.3.1-1。

因后期还需继续施工，施工过程中可根据《龙口临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海海洋环境跟踪监测实施方案》继续进行监测。

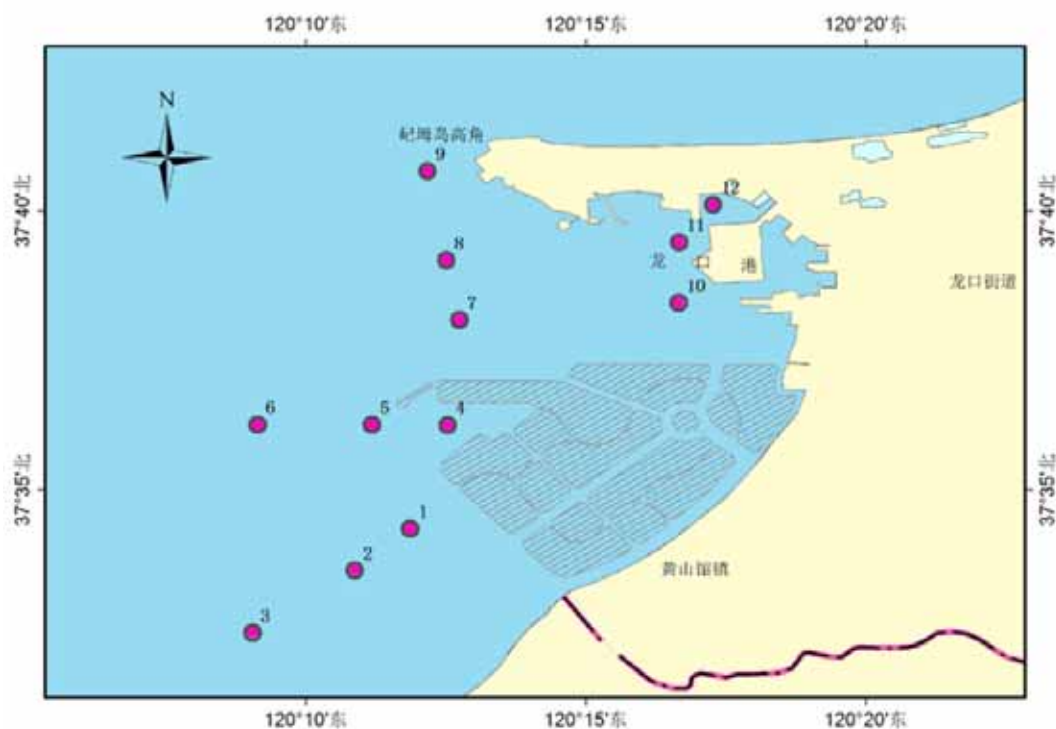


图 13.3.1-1 施工期环境监测站位

13.3.2 后续环境监测计划

为了解后续项目建设对海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态环的影响，进一步评估其影响范围和影响程度，需在项目运营后对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。

(1) 海洋水文监测计划

监测站位布设：共布置8个水文调查站位，其中裕龙岛周边海域布设3个站位（L1、L2、L8），主水道内布置5个站位（L3、L4、L5、L6、L7）。

监测项目：流速、流向、潮位、悬浮物。

监测频率：项目建设完成主水道疏通后监测一次。

监测方法：采样监测工作由当地有资质的环保监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

(2) 海洋水质监测计划

监测站位布设：共布置 24 个水质调查站位，其中裕龙岛周边海域（距离人工岛 1 公里范围内）布设 7 个站位，主水道内布置 17 个站位。

监测项目：COD、溶解氧、pH 值、温度、盐度、氨氮、硫化物、石油类、挥发酚、苯、二甲苯、重金属、非甲烷总烃。

监测频率：后续施工开始过程中监测一次，施工完成后监测一次；化工园区运营前一年春、秋两季各监测一次；园区运营后裕龙岛周边海域每年监测一次，主水道内每年春、秋各监测一次；极端气候条件或发现污染变化时，临时增加一次监测。

监测方法：采样监测工作由当地有资质的环保监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

（3）海洋沉积物监测计划

监测站位布设：共布置 14 个沉积物调查站位，其中裕龙岛周边海域布设 7 个站位，主水道内布置 7 个站位。

监测项目：硫化物、石油类、重金属。

监测频率：后续施工开始过程中监测一次，施工完成后监测一次；化工园区运营前一年监测一次；园区运营后裕龙岛周边海域每年监测一次，主水道内每年春、秋各监测一次；极端气候条件或发现污染变化时，临时增加一次监测。

监测方法：采样监测工作由当地有资质的环保监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

（4）海洋生态监测计划

监测站位布设：共布置 14 个沉积物调查站位，其中裕龙岛周边海域布设 7 个站位，主水道内布置 7 个站位。

监测项目：浮游动物、浮游植物、底栖生物。

监测频率：后续施工开始过程中监测一次，施工完成后监测一次；化工园区运营前一年春、秋两季各监测一次；园区运营后每年春、秋两季各监测一次；极端气候条件或发现污染变化时，临时增加一次监测。

监测方法：采样监测工作由当地有资质的环保监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

（5）地形地貌与冲淤环境监测计划

监测断面布设：人工岛主水道及岸边水道内各布置 2 条监测断面，共布置 6 条；人工岛外围布置 6 条，监测人工岛周边海域地形地貌冲淤变化。

监测项目：水深地形。

监测频率：每年监测一次。

监测方法：采样监测工作由当地有资质的监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

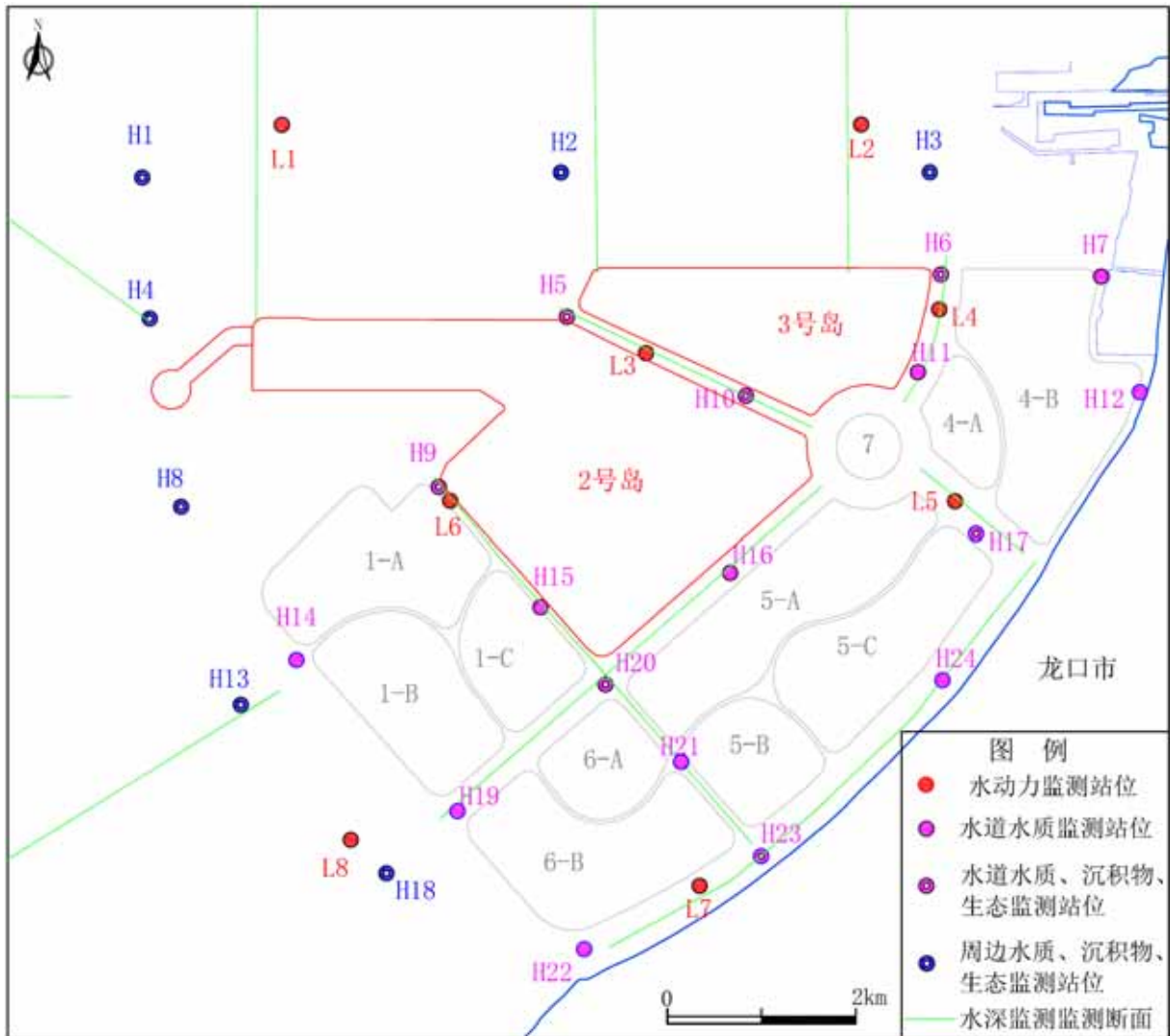


图 13.3-1a 海洋生态环境监测站位布置图

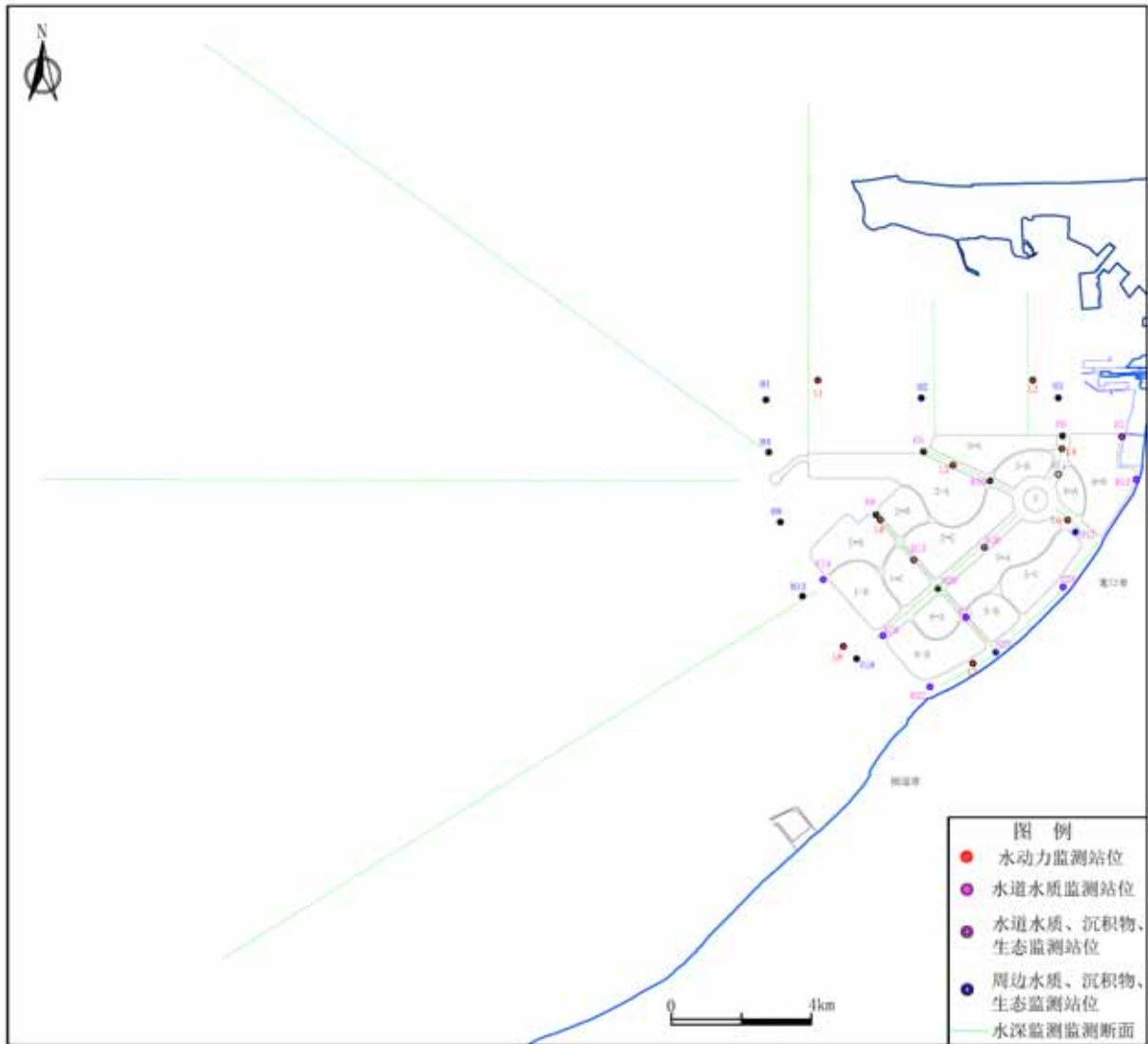


图 13.3-1b 海洋生态环境监测站位布置图

14 环境影响综合评价结论与对策建议

14.1 工程分析结论

14.1.1 项目概况

裕龙岛围填海工程位于龙口湾南部海域，西南自界河东北 300m 处起，至北马河入海口南侧，西侧从-10m 等深线向东至-0.3m 海域。工程于 2011 年初开工，至 2013 年底总长度 120 公里的围堤和施工通道全部完成，到 2016 年 9 月完成填海工程量约 2.99 亿方，7 个人工岛全部围成，3#岛填海形成陆域，2#岛大部分形成陆域，1#岛和 5#岛部分形成陆域，部分尚未露出水面，浅水区的 4#岛、6#岛、7#岛大部分未露出水面，未露出水面部分水下回填高度不等的沙土、石料。

2#岛东南部和 3#岛拟建设山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期），布置炼油区和化工区，拟建设 2000 万吨/年原油加工能力和 2×150 万吨/年乙烯装置。项目实施后，每年可生产优质乙烯原料 828.20 万吨/年，混合二甲苯 300 万吨/年，汽煤柴 339.95 万吨/年，丙烯 96.44 万吨/年（全部送化工），苯 86.05 万吨/年（30.54 万吨送化工），同时生产润滑油基础油 25.50 万吨/年和白油 33.64 万吨/年，及其他类白油 114.98 万吨/年，以及副产气分碳四、硫磺、重芳烃等产品。新建化工部分产各类产品 25 种。

2 号岛西北侧海域将建设码头泊位，陆域（化工区以外区域）为码头后方配套罐区。

2#岛和 3#岛围填海工程总用海面积为 1427.9366hm^2 ，其中，2 号岛用海面积为 1002.5530hm^2 ，用海方式为建设填海造地；2 号岛西侧防波堤用海面积为 30.2892hm^2 ，长度约为 1280m，用海方式为非透水构筑物；3 号岛用海面积为 395.0944hm^2 ，用海方式为建设填海造地；填海总面积约为 1397.6474hm^2 ，建设围堰总长度 41.259km。

2 号岛由 2A、2B、2C 三岛组成，大部分已形成陆域，成陆部分陆域标高约 1.2-5.1m，平均标高约 3.2m；2B、2C 未露出水面部分填海部分标高约-2.5m~-4.5m，平均标高约-4m。3 号岛由 3A、3B 组成，大部分已填海形成陆域，成陆部分陆域标高约 2.0-4.8m，平均标高约 3.7m。2 号、3 号岛的陆地面积为 7.65km^2 （不包括道路面积）；水域面积为 4.09km^2 （不包括内环河面积）；总面积为 11.74km^2 ，目前，2 号岛和 3 号岛共完成土石方量约 11570 万方。

场地预处理回填标高为+4.00m。水域吹填区域吹填标高为+4.60m（综合考虑自然沉降和处理沉降），地基处理后标高为+3.50m（85 高程基准）。

项目填海工程后续主要施工内容为：（1）2 号岛西南侧未围填区形成围堰，形成围

堰长度约为 1912m，约需土石方 100 万 m³；围堰内吹填成陆区面积约为 20 公顷，吹填工作量约为 280 万 m³。（2）2 号岛和 3 号岛岛间水道封闭，水道内部水域吹填成陆，回填工作量约为 350 万方。（3）岛内成陆区回填至设计标高，约需开山土石 460.5 万 m³，全部从当地石料厂购入；岛内水域部分吹填至设计标高，回填工作量 2900 万方，从西侧码头区港池水域取土。（4）已成陆区和后续回填区地基处理。

项目海洋工程施工至设计标高仍需回填开山土石方 560.5 万 m³，吹填土方量 3530 万 m³。2 号、3 号岛填海工程总投资约 58.68 亿元人民币。

14.1.2 工程分析

施工期间，主要污染物为围堰抛石、疏浚、吹填溢流等过程中产生的悬浮泥沙、生活污水、机修油污水、机械冲洗水以及施工产生的生产污水；施工过程中各种施工车辆、机械的作业处、砂石料的运送及存放物料的堆场、水泥包拆包等造成的扬尘污染；施工车辆、机械等作业过程中产生的噪声和废气，施工期间产生的生活垃圾。

14.2 环境现状分析与评价结论

（1）海水水质现状

通过水质调查资料发现，绝大多数站位调查因子都能满足《海水水质标准》（GB3097—1997）中的水质标准，部分站位无机氮、活性磷酸盐、锌超标，调查海域海水水质现状与莱州湾整体现状相符。

（2）沉积物质量现状

2018 年 5 月沉积物质量均符合所在功能区沉积物质量标准；2018 年 11 月除 D19 站位的镉超二类沉积质量标准，符合三类沉积物质量标准外，其余各站位各监测因子均符合相应的沉积物质量标准。

（3）海洋生物调查及分析结果

1) 叶绿素 a

2018 年 5 月份的调查中，各测站叶绿素 a 含量为 0.000~3.623μg/L，平均为 1.597μg/L。2018 年 7 月份的调查中，各测站叶绿素 a 含量为 0.431~8.483μg/L，平均为 2.507μg/L。2018 年 11 月份的调查中，各测站叶绿素 a 含量为 1.289~47.4μg/L，平均为 6.281μg/L。2019 年 1 月份的调查中，各测站叶绿素 a 含量为 0~5.02μg/L，平均为 1.561μg/L。

2) 浮游植物

2018年5月调查共鉴定浮游植物50种，其中硅藻45种，占浮游植物种类组成的90%，甲藻4种，占浮游植物种类组成的8%，蓝藻1种，占浮游植物种类组成的2%。

2018年7月共采集到浮游植物的种类为86种，隶属于硅藻、甲藻、金藻。其中硅藻较多，占86.0%，甲藻占据了13.8%，金藻占1.2%。

2018年11月共采集到浮游植物的种类为77种，隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多69种，占89.61%，甲藻8种占据了10.39%。

2019年1月共采集到浮游植物的种类为51种，隶属于硅藻、甲藻。其中硅藻较多47种，占92.16%，甲藻4种占据了7.84%。

3) 浮游动物

2018年5月浮游动物调查结果表明，调查海域共鉴定出浮游动物38种（不含鱼卵、仔鱼），其中，原生动物1种，刺胞动物3种，节肢动物21种，毛颚动物1种，浮游幼虫12种。

2018年7月调查共鉴定浮游动物48种，其中原生动物3种，占6%；浮游幼虫20种，占42%；节肢动物19种，占40%；毛颚动物1种，占2%；尾索动物1种，占2%；刺胞动物4种，占8%。

2018年11月调查共鉴定浮游动物41种，其中原生动物4种，占9.76%；节肢动物21种，占51.22%；毛颚动物、轮虫动物和尾索动物各1种，各占2.44%；刺胞动物2种，占4.88%；浮游幼虫11种，占26.83%。

2019年1月调查共鉴定浮游动物36种，其中原生动物2种，占5.56%；节肢动物22种，占61.11%；毛颚动物和尾索动物各1种，各占2.78%；刺胞动物2种，占5.56%；浮游幼虫8种，占22.21%。

4) 底栖生物

2018年5月底栖生物调查结果表明，调查海域共检出底栖生物7类63种，其中，环节动物26种，软体动物28种，节肢动物5种，纽形动物1种，腕足动物1种，星虫动物1种，棘皮动物1种。

2018年7月底栖生物调查结果表明，调查海域共检出底栖生物4类69种，其中，环节动物26种，软体动物17种，软体动物纽形动物40种，节肢动物10种，棘皮动物2种。

2018年11月调查海域共近海29个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物54种，隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、纽形动物五个门类。

2019年1月调查海域共近海27个站位进行了底栖生物的调查。近海调查中获底栖动物70种，隶属于环节动物、软体动物、节肢动物、刺胞动物、棘皮动物五个门类。

5) 潮间带生物

2018年5月调查共调查到潮间带生物56种，其中多毛类21种，软体动物22种，节肢动物8种，其他5种。

2019年8月潮间带生物调查结果表明，调查海域共检出潮间带生物7类63种，其中，腔肠动物1种，扁形动物1种，纽形动物1种，多毛类23种，软体动物10种，甲壳类26种，尾索动物1种。

2018年11月潮间带生物调查结果表明，调查海域共检出潮间带生物3类15种，其中，软体动物9种，环节动物3种，节肢动物3种。

2019年1月中国海洋大学进行生态调查调查的同时，布设了6个潮间带调查站位，因天气寒冷，海边结冰，未取得潮间带生物。

(4) 海洋渔业资源现状

2019年5月调查共出现渔业资源种类58种，其中鱼类30种，占总种类数的52%；甲壳类24种，占41%；头足类4种，占7%。

2019年8月调查共出现渔业资源种类52种，其中，鱼类32种，占总种类数的61.54%；甲壳类18种，占34.62%；头足类2种，占3.85%。

2018年11月调查共出现渔业资源种类79种，其中，鱼类36种，占总种类数的45.57%；甲壳类23种，占29.11%，其中虾类8种，蟹类15种；贝类15种，占总种类数的18.99%，其中，头足类3种，双壳类6种，腹足类5种，等足目1种；棘皮动物5种，占6.33%。

2018年12月调查共出现游泳动物共44种，其中鱼类25种，甲壳类16种，头足类3种。

(5) 海洋生物体质量现状

2019年5月调查海域2号站位鱼类镉超标，13号站位菲律宾蛤仔砷、铅、镉超《海洋生物质量》(GB1842-2001)第一类生物质量标准，其余站位的鱼类、贝类、甲壳类体内的重金属含量均符合评价标准要求，该海域生物体内污染物残留水平较低，生物体质量较好。

2019年8月调查海域除6194号站位葛氏长臂虾铬超标外其余站位的鱼类、贝类、甲壳类体内的重金属含量均符合评价标准要求，该海域生物体内污染物残留水平较低，

生物体质量较好。

2018年11月调查海域的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量和重金属均符合评价标准要求，表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低。

2019年1月调查海域个别站位的鱼类、贝类、甲壳类体内石油烃的含量超过一类评价标准，重金属除个别站位外，均符合评价标准要求，表明该海域生物体内重金属污染物残留水平较低，但石油烃的残留水平较高。

14.3 环境影响预测分析与评价结论

(1) 对工程海域流场的影响

裕龙岛实施至现状对周边潮流场产生了一定的影响，流速变化大于5cm/s的区域距离，裕龙岛的最大距离约8.6km。

(2) 工程施工产生的悬浮泥沙对海域水质的影响

10mg/L悬浮泥沙主要在工程周边扩散，最大扩散距离830m，不会对周边敏感目标产生明显不利影响。

(3) 对工程海域冲淤的影响

工程建设后砬子岛西侧冲刷强度有所降低，年最大变化量为3.5cm；防波堤堤头由原来的淤积变为强冲刷，年最大变化量达16cm；裕龙岛北侧淤积强度有所降低，年淤积减小量一般在1cm~2.5cm之间；裕龙岛西南侧冲刷强度减弱，部分区域变为微淤积，年冲淤变化量一般在1cm~5cm之间；数值模拟结果与实测地形冲淤结果吻合较好，受人工疏浚挖泥影响、吹填溢流影响区域差异较大。冲淤变化大于1cm的区域距裕龙岛的最大距离为7.7km。

(4) 工程对海域生态环境的影响

工程建设共造成浮游植物损失量为 1.49×10^{14} 个，浮游动物损失量为769.35t，底栖生物损失量为296.30t，鱼卵损失量 1.41×10^9 粒，仔稚鱼损失量 7.21×10^7 尾。占用渔业水域造成的生态补偿金额为20419.6万元，悬浮物扩散造成的生态补偿金额为1663.6万元，生态补偿金额总计22083.2万元。

(5) 对环境敏感保护目标的影响

工程周边存在的生态敏感目标主要包括：周边养殖区、工程占用的辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区试验区、工程南侧4.6km的招远砂质黄金海岸国家级海洋公园、工程南侧8.9km的招远砂质海岸海洋特别保护区。

离工程最近的养殖区为工程北侧 2.7km 的开放式养殖，10mg/L 悬浮泥沙主要在工程周边扩散，最大扩散距离 830m，施工期悬浮泥沙不会对周边养殖区造成明显不利影响。

项目所在区域为近岸的港口航运区，项目建设未占用辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区主要保护对象的产卵场和洄游通道，大部分主要经济动物均不在此处越冬。项目施工产生的悬浮泥沙主要在工程周边扩散，10mg/L 悬浮泥沙最大扩散距离 830m，施工悬浮泥沙多在 2 天内沉降海底，随着施工结束悬浮泥沙影响也相应结束。炼化一体化项目的实施对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的影响在可接受范围之内。

对招远砂质黄金海岸国家级海洋公园和砂质海岸海洋特别保护区等其他敏感目标均不会造成明显不利影响。

14.4 环境风险分析与评价结论

项目存在船舶碰撞溢油事故、台风和风暴潮、地震等事故的风险，有可能造成海水污染、海洋生态系统破坏，甚至发生围堰坍塌，从而造成设备及人员生命损失。工程施工期和运营期通过采取严格的管理措施和应急计划，可以避免环境事故对周围敏感目标的影响。

14.5 清洁生产和总量控制结论

本工程按照清洁生产的要求进行了设计，在生产工艺、能耗指标和污染物排放量控制等方面都达到了一定的清洁水平，能耗水平达到国内先进水平，清洁生产水平较高。

生活污水送污水处理厂处理，含油污水由槽车送有资质单位处理，不外排。本次填海造地在其施工期产生少量的污染物，且不属于国家确定的约束性考核污染物，本工程建设实施不涉及总量控制。

14.6 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

施工期生活污水、含油废水、生活垃圾等全部收集上岸处理，严禁向海域内排放。工程施工过程中加强船舶的管理和施工工艺的控制，尽量降低悬浮泥沙产生浓度和扩散范围。委托有资质的海洋监测单位，加强保护区及周边海域的生态环境监测。环保措施在技术上是可行的，在经济方面没有较大投入。

14.7 区划规划和政策符合性结论

山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）的建设将成为全国先进炼化一体化项目的创新引领、示范标杆，是全面落实山东省新旧动能转换的有力支撑，是稳步推进鲁北高端石化基地建设的重要着力点，是积极引导炼油供给侧优化升级的有效补充。项目建设符合国家产业政策，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》和《山东省海洋主体功能区规划》，不占用生态红线、符合《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》。同时，项目建设符合《山东半岛蓝色经济区发展规划》、《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》和《石化和化学工业发展规划（2016—2020年）》等相关规划。

14.8 建设项目环境可行性结论

项目附近海域海水水质和沉积物质量整体良好，仅个别站位存在一定程度的污染；项目施工期间产生的污染物不外排入海，不会对周边海域的环境产生明显影响；项目建设对附近海域的水文动力环境、地形地貌冲淤环境、生态环境影响较小；采取严格的风险防范对策措施和应急预案，可最大程度的减少风险对环境的影响。

项目用海符合《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》、《烟台市海洋功能区划（2013~2020年）》、《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013~2020年）》和《烟台港总体规划（2016-2030）》等。根据环境质量现状调查和影响预测结论，在该工程环保设施建设和提出的环保对策建议得以全面实施的情况下，该工程对环境的影响较小，能够满足功能区环境质量标准要求。因此，从环保角度看，工程选址符合功能区划和相关规划，项目建设可行。

14.9 其他意见和建议

（1）项目施工前，应认真设计科学的施工工艺，优化施工方案，确保项目施工的科学、合理性；

（2）工程施工期间应加强环保管理监察工作，严格按照既定的施工工艺进行施工作业，确保工程建设期间安全施工、合理用海，使项目施工对海洋环境的影响降到最低。在项目运营期间，严格执行国家关于海上安全和海洋环境保护等一系列法律法规，避免发生安全和环境事故；

（3）工程施工期应及时公告，密切关注工程周边有无养殖活动，做好沟通协调工

作，避免与湾内养殖活动产生利益冲突和纠纷，应在工程开工前与利益相关者签订补偿协议；

(4) 定期进行环境监测，避免发生污染。

附表：

附表 1：水质监测结果

监测单位：中国海洋大学

监测时间：2018 年 5 月、2018 年 7 月、2018 年 11 月、2019 年 1 月

附表 1-1 2018 年 5 月水质监测结果（春季）

站号	pH	温度	盐度	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb	汞	砷
		°C	ppt													
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																

站号	pH	温度	盐度	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb	汞	砷
		°C	ppt													
28																
29																
30																
J1																
J2																
J3																
J4																
J5																
J6																
J7																
J8																
J9																
J10																
J11																
J12																
D1																
D2																
D3																
D4																
D5																
D6																
D7																
D8																
D9																
D10																
D11																
D12																
D13																
D14																
D15																
D16																
D17																
D18																
D19																
D20																
D21																
D22																
D23																
D24																

附表 1-2 2018 年 7 月水质监测结果 (夏季)

站号	pH	温度	盐度	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	砷	汞	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb
		°C	ppt													
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
J1																
J2																
J3																
J4																
J5																
J6																
J7																
J8																

站号	pH	温度	盐度	DO	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	砷	汞	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb
		°C	ppt													
J9																
J10																
J11																
J12																
D1																
D2																
D3																
D4																
D5																
D6																
D7																
D8																
D9																
D10																
D11																
D12																
D13																
D14																
D15																
D16																
D17																
D18																
D19																
D20																
D21																
D22																
D23																
D24																

附表 1-3 2018 年 11 月水质监测结果 (秋季)

站位	温度	盐度	PH	磷酸盐	无机氮	溶解氧	COD	油类	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As
		ppt		(mg/L)					μg/L						
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
J1															
J2															
J3															
J4															
J5															
J6															
J7															
J8															

站位	温度	盐度	PH	磷酸盐	无机氮	溶解氧	COD	油类	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As
		ppt		(mg/L)					μg/L						
J9															
J10															
J11															
J12															
D1															
D2															
D3															
D4															
D5															
D6															
D7															
D8															
D9															
D10															
D11															
D12															
D13															
D14															
D15															
D16															
D17															
D18															
D19															
D20															
D21															
D22															
D24															

附表 1-4 2019 年 1 月水质监测结果 (冬季)

站位	pH	盐度	溶氧	化学需氧量	悬浮物	油类	亚硝酸盐	硝酸盐	氨氮	磷酸盐	无机氮	砷	汞	铜	铅	锌	镉	总铬	
			mg/L										μg/L						
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
D1																			
D2																			
D3																			
D4																			
D5																			
D6																			
D7																			
D8																			

附表 2：沉积物监测结果

监测单位：中国海洋大学

监测时间：2018 年 5 月、2018 年 11 月

附表 2-1 2018 年 5 月沉积物质量监测结果（春季）

站 位	有机	油类	硫化	Hg（修改）	As	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb
	(%)	10 ⁻⁶									
1											
3											
4											
6											
9											
11											
13											
15											
16											
18											
20											
21											
22											
24											
25											
26											
30											
D1											
D2											
D3											
D6											
D10											
D12											
D13											
D16											
D17											
D19											
D20											

附表 2-2 2018 年 11 月沉积物质量监测结果 (秋季)

站位	有机碳	石油类	硫化物	汞	砷	铜	铅	锌	镉	铬
	(%)	(10^{-6})								
1										
3										
4										
6										
9										
11										
13										
15										
16										
18										
20										
21										
22										
24										
25										
26										
30										
D1										
D2										
D3										
D6										
D10										
D13										
D16										
D17										
D19										
D20										

附件：