

建设项目环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称：文昌油田群清洁能源综合调整项目

建设单位（盖章）：中海油融风能源有限公司

编制日期：二〇二二年八月

目 录

1	建设项目基本情况	1
2	建设内容	4
2.1	项目背景.....	4
2.2	项目概况.....	4
2.3	地理位置.....	5
2.4	建设方案概述.....	6
2.5	施工方案.....	13
2.6	产污环节分析.....	15
2.7	项目各阶段污染源强核算.....	16
2.8	污染因子筛选.....	18
3	生态环境现状、保护目标及评价标准	19
3.1	规划区划符合性分析.....	19
3.2	环境概况.....	21
3.3	生态环境保护目标.....	53
3.4	评价标准.....	59
4	生态环境影响分析	61
4.1	施工期生态环境影响分析.....	61
4.2	运营期生态环境影响分析.....	72
4.3	环境风险分析.....	73
4.4	选址选线环境合理性分析.....	85
5	主要生态环境保护措施	86
5.1	施工期生态环境保护措施.....	86
5.2	运营期生态环境保护措施.....	87
5.3	环保投资.....	88
6	生态环境保护措施监督检查清单	89
7	结论	90
附表 1	海水水质调查结果.....	1
附表 2	浮游植物种名录.....	6
附表 3	浮游动物种名录.....	8
附表 4	底栖生物种名录.....	15
附表 5	渔业调查渔获种类名录.....	19
附表 6	鱼卵仔稚鱼名录.....	29

一、建设项目基本情况

建设项目名称	文昌油田群清洁能源综合调整项目		
项目代码	[REDACTED]		
建设单位联系人	[REDACTED]	联系方式	[REDACTED]
建设地点	中国南海北部文昌海域		
地理坐标	[REDACTED]		
建设项目行业类别	海洋矿产资源勘探开发及其附属工程	用地（用海）面积（m ² ）	2801200
建设性质	<input type="checkbox"/> 新建（迁建） <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）	国家能源局	项目审批（核准/备案）文号（选填）	[REDACTED]
总投资（万元）	[REDACTED]	环保投资（万元）	[REDACTED]
环保投资占比（%）	[REDACTED]	施工工期	8个月
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是：_____		
专项评价设置情况	无		
规划情况	无		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	无		
其他符合性分析	<p>1 “三线一单”分区管控符合性分析</p> <p>根据生态环境部发布的《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》，要求切实加强环境影响评价管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”约束，下面分析本项目“三线一单”符合性。</p> <p>（1）生态红线符合性</p> <p>根据《海南省生态保护红线划定方案》（2018年11月），海南省生态保护红线包括陆域生态保护红线和近岸海域生态保护红线两部分。海南岛近岸海域各类海洋生态保护红线98个，总面积8317平方公里，占海南岛及邻近海域总面积的35.1%。海南岛近岸海域海洋生态保护红线自然岸段58段，总长1166.62km，自然岸线保有率达到60%。</p> <p>本项目所属文昌油田群与海南省近岸海域生态保护红线区的相对位置见图1.1-1。由图可见，本项目不在海南省近岸海域生态保护红线区内，与最近的限制类红线区相距约97.8km，本项目符合《海南省生态保护红线划定方案》的相</p>		

关要求。

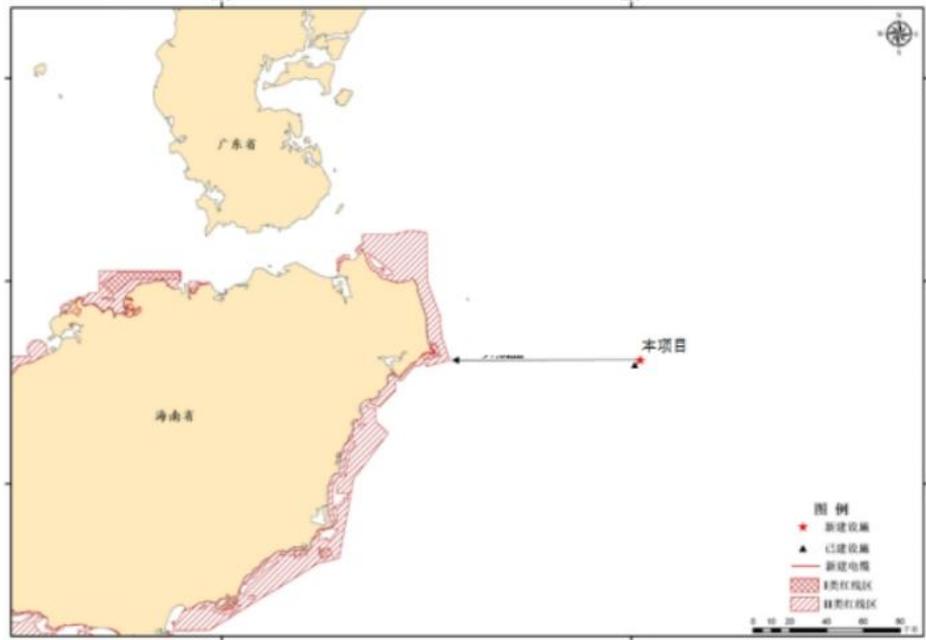


图 1.1-1 海南省近岸海域生态保护红线区

(2) 环境质量底线

本项目位于《全国海洋功能区划（2011-2020年）》的“珠江口盆地矿产与能源区”，该区的海洋环境保护要求为“海水水质标准应维持现状”；根据2019年秋季调查结果，海水水质调查30个站位中，15个站位执行第一类海水水质标准，其中pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准；15个站位按照保持现状水质评价，其中pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准。溶解氧8个站位符合第二类海水水质标准，7个站位符合第三类海水水质标准；活性磷酸盐1个站位符合第一类海水水质标准，14个站位符合第二类海水水质标准；铅有9个站位符合第一类海水水质标准，6个站位符合第二类海水水质标准。

沉积物调查20个站位中，各站位石油类、有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬等均符合海洋沉积物第一类质量标准要求，表明调查海域表层沉积物质量良好。

综上，本项目建设符合环境质量底线要求。

(3) 资源利用上线

本项目利用海上风力生产清洁能源，本身不消耗资源和能源，也不占用土地资源，因此，本项目不会影响资源上线。

(4) 环境准入负面清单

根据《海南省生态环境准入清单（2021年版）》，海上清洁能源项目未被

列入负面清单内，因此，本项目符合环境准入条件。

(5) 分区管控分析

根据《海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》，海南省共划定环境管控单元 871 个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分区管控。优先保护单元，指以生态环境保护为主的区域。主要包括生态保护红线（陆域、海洋）、饮用水水源保护区、自然保护地等生态功能重要区和生态环境敏感区；重点管控单元，指涉及水、大气、土壤、自然资源等资源环境要素重点管控的区域，主要包括重要产业园区、重要港区、机场以及城镇建设集中区域、现有和规划的工业或城镇建设用海区、港口区、倾废区、排污混合区等开发利用强度较高的海域，以及水动力条件较差、水质超标、生态破坏较重和存在重大风险源的海域；一般管控单元，指除优先保护单元、重点管控单元以外的其他区域，衔接乡镇区边界形成管控单元。

本项目位于海南省海域环境管控单元之外，与分区管控要求相协调。

2 国家产业政策符合性分析

本项目属于国家《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中“第一类 鼓励类”的“五、新能源”中的“16、传统能源与新能源发电互补技术开发及应用”，属于国家产业结构调整指导目录中鼓励类项目。因此，本项目符合国家产业政策。

二、建设内容

2.1 项目背景

习近平总书记在 2020 年 9 月 22 日第七十五届联合国大会上提到“中国碳排放力争在 2030 年达峰，努力在 2060 年实现碳中和。”中国海洋石油集团有限公司明确了大力推进海上绿电低碳战略，2021 年 1 月 15 日，中国海洋石油集团有限公司正式宣布启动碳中和规划，全面推动公司绿色低碳转型，积极推进清洁能源与传统油气业务的协同发展。

在海洋油气增储上产的背景下，依托海上自然资源，开发清洁绿色电力降低碳排放量，节省燃料气消耗，实现油气低碳高效开发。目前文昌油田群电力供应存在缺口，新建清洁能源项目发电全部接入文昌微电网补充绿色能源。同时，随着南海奋进号 FPSO 解脱，新建清洁能源项目浮式基础可对系泊系统再利用，降低开发成本。因此本项目建设不仅能够缓解文昌油田群电力短缺问题，而且具有极强的技术示范作用。

受建设单位中海油融风能源有限公司委托，中海油研究总院有限责任公司承担了本项目的环评工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），编制了本报告表。

2.2 项目概况

项目名称：文昌油田群清洁能源综合调整项目。

项目性质：海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，改建。

工程规模：通过对 WC13-2WHPB 平台进行改造，利用南海奋进号 FPSO 单点系泊系统，新建 1 台 7.25MW 海上风力发电机组给油气田提供绿色电力。

工程组成：本项目在南海奋进号 FPSO 解脱后的单点位置，安装 1 台 7.25MW 浮式风机，利用原南海奋进号 FPSO 单点 [REDACTED]，所发电力通过 5km 电缆接入 WC13-2WHPB 平台，全部进入文昌油田群消纳。项目总投资约 [REDACTED] 亿元，年发电量约 [REDACTED] MWh，计划于 2023 年 7 月并网发电。

本项目建设内容主要包括：

- 南海奋进号 FPSO 系泊系统改造；
- WC13-2WHPB 平台电网适应性改造；
- 新建 1 台功率 7.25MW 的风机及浮式平台；
- 新建 1 条约 5km 海底电缆连接 WC13-2WHPB 平台与发电装置。

本项目工程特性见表 2.2-1。

表 2.2-1 本项目工程特性表

名称		单位(或型号)	数量	备注	
项目 场址	经度(东经)		████████		
	纬度(北纬)		████████		
	平均海平面高程	m	1.20	相对于海图基准面	
	水深	m	████████		
	设计高潮位	m	2.96		
	设计低潮位	m	-0.49	相对于海图基准面	
	50年一遇极值高潮潮位	m	████████	相对于海图基准面	
	离岸最近距离	km	████████		
	多年平均气温	°C	26.8		
	历史最高气温	°C	36.0		
	历史最低气温	°C	13.0		
	年平均风速	m/s	████████		
	空气密度	kg/m ³	1.196		
	年平均风功率密度(轮毂高度)	W/m ²	████████		
	50年一遇最大风速(轮毂高度)	m/s	████████		
	盛行风向		E、ENE		
主要 设备	机组	台数	台	1	
		额定功率	kW	7250	
		叶片数	片	3	
		风轮直径	m	158	
		切入风速	m/s	3	
		额定风速	m/s	11-12	标准空气密度
		切出风速	m/s	25	10分钟平均值
		设计极大风速	m/s	████████	3秒最大值
		轮毂高度	m	100	
		发电机功率因数		-0.95~+0.95	
		额定电压	V	690	
	变压器	台数	台	1	
		容量	kVA	████████	
		额定电压	kV	35	
平浮 台式	风电机组基础	数量	座	1	
		型式		半潜式	
施 工	基础钢材	t	████████		
	海底电缆敷设	km	5		
	施工期	月	8		

2.3 地理位置

本项目位于中国南海珠江口西部海域，距海南省文昌市以东约 130km，距岸最近距离约 ██████，水深约为 ██████m。本项目地理位置见图 2.3-1。

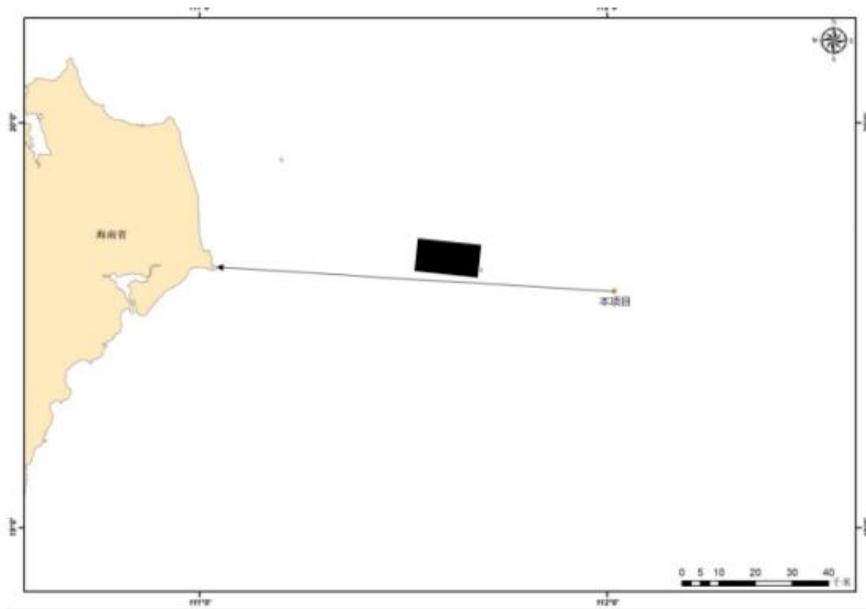


图 2.3-1 本项目地理位置

2.4 建设方案概述

本项目建设内容主要包括：南海奋进号 FPSO 系泊系统适应性改造；WC13-2WHPB 平台电网适应性改造；新建 1 台功率 7.25MW 的风机及浮式平台；新建 1 条约 5km 海底电缆连接 WC13-2WHPB 平台与浮式平台。

2.4.1 海底电缆

本项目通过 1 条长约 5km 海缆连接 WC13-2WHPB 平台与机组，海缆路由从机组浮式平台到 WC13-2WHPB 平台，沿已建管缆平行布置。为降低海缆被破坏的风险，海缆进行挖沟埋设保护，埋深约 1.5m，海缆近平台处未挖沟部分采用水泥压块保护。本项目总体开发方案示意图见图 2.4-1，海缆路由示意图见图 2.4-2，海缆路由关键点坐标表 2.4-1。

表 2.4-1 海缆路由关键点坐标

关键点	东经 (E)	北纬 (N)	备注
A1	██████	██████	WC13-2WHPB 接入点
A2	██████	██████	
A3	██████	██████	
A4	██████	██████	
A5	██████	██████	
A6	██████	██████	浮式基础接入点



图 2.4-1 总体开发方案示意图

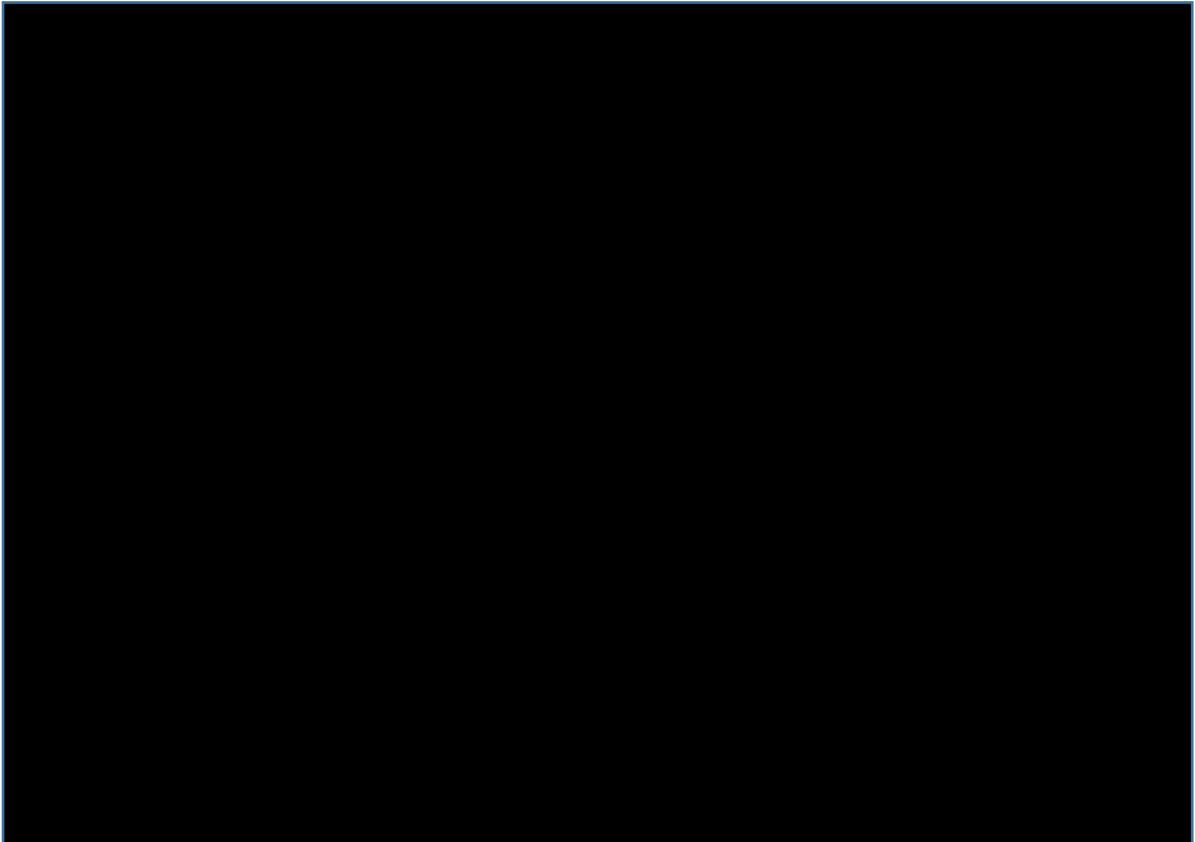


图 2.4-2 海缆路由示意图

在 WC13-2WHPB 平台侧，海缆由平台东南侧登平台，水面以下 30m 采用附着式夹具与导管架结构进行缆体固定，其余下端部分采用悬链线型。在浮式平台侧，海缆通过塔筒底部结构的电缆入口处连接到浮式平台，采用动态构型。海底电缆登平台方案见图 2.4-3。

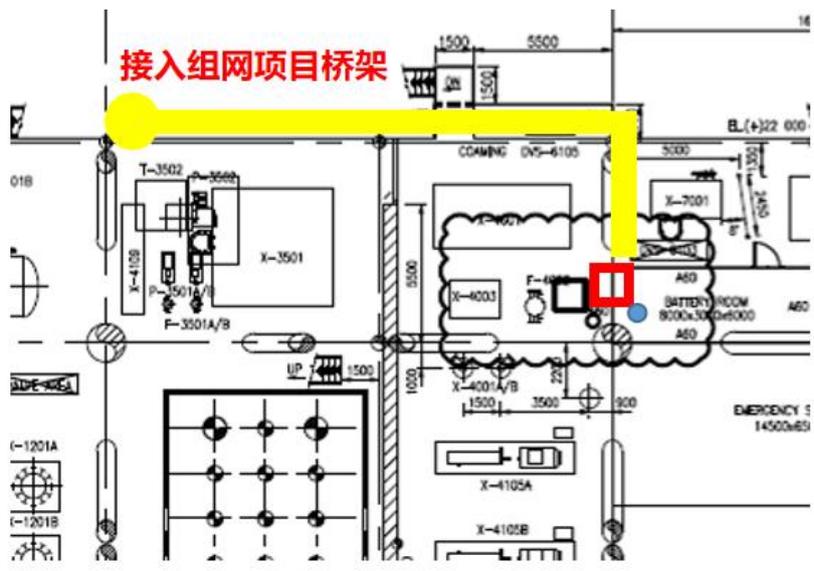


图 2.4-3 海底电缆登平台方案

2.4.2 WC13-2WHPB 平台改造

WC13-2WHPB 平台改造主要是为满足本项目机组接入的需要，改造内容主要包括：海缆箱及锚固点布置，高压电缆桥架安装，安装 3 面控制柜，电缆敷设及连接。

海缆箱拟布置在 WC13-2WHPB 平台 B2 立柱西北侧，海水粗过滤器旁边，海缆箱规格为 885*1400*2770mm；高压电缆桥架长度约 28m，与组网项目 1 轴北侧平台边缘新建竖直高压桥架相连；海缆登临 WC13-2WHPB 平台后接入 35kV 配电盘，拟定在原高压配电间新增相关的控制柜及接入柜。WC13-2WHPB 平台内容见图 2.4-4，新建电气控制及接入柜见图 2.4-5。



新建高压桥架
 海缆箱(含光纤盒)
 预留高压开关

图 2.4-4 WC13-2WHPB 平台改造内容

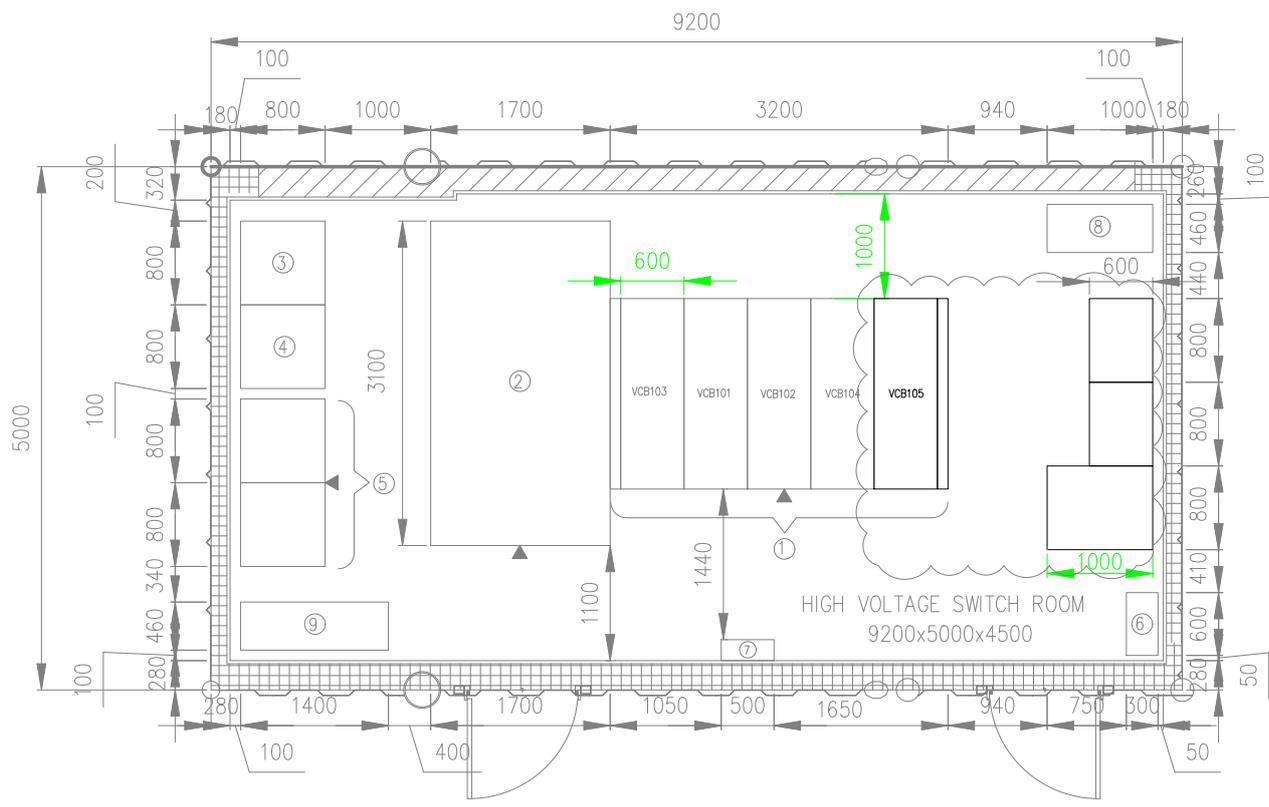


图 2.4-5 WC13-2WHPB 平台新增控制柜及接入柜

2.4.3 发电机组

2.4.3.1 机型

根据场址风资源条件以及海上的水文气象条件,综合考虑国内外海上风机的认证情况、

制造水平、技术成熟程度、运行业绩、设备制造的可行性等因素，本项目拟采用 [REDACTED] 机组。该机型主要参数见表 2.4-2。

表 2.4-2 机组主要技术参数

项 目	单 位	参 数
机组型号	/	[REDACTED]7.25-158-[REDACTED]
额定功率	kW	7250
设计等级	/	IEC S(B)
发电机类型	/	中速 永磁同步
轮毂高度	m	100
叶轮直径	m	158
风速范围	m/s	3~25
运行温度	°C	-10 ~ +40
设计寿命	年	25

机组包括以下系统：风轮系统、传动/制动系统、偏航系统、变桨系统、机舱和机座、塔筒、电气系统和控制保护系统、冷却系统及消防系统等，如图 2.4-6 所示。



图 2.4-6 机组主要系统组成示意图

塔筒结构形式为钢结构桶式塔筒，第一段塔筒为直段，第二、第三、第四段塔筒为锥

段。塔筒布置主要分为底段塔筒、第2段塔筒、第3段塔筒和顶段塔筒布置，其中底段塔筒布置主要分为四层电气平台。

2.4.3.2 浮式基础

漂浮式海上基础主要有四类：张力腿式（TLP）、立柱式（Spar）、驳船式(Barge)、半潜式（Semi）。根据锚链的受力状态，又可将张力腿归为张紧式基础，后三种归为悬链式基础，中立柱式、半潜式漂浮式基础技术最为成熟，应用最为广泛。各类浮式基础的优缺点如表 2.4-3 所示：

表 2.4-3 各类浮式基础优缺点对比

浮式基础形式	适用条件	优点	缺点
张力腿式(TLP)	用于对风电机组运动性能要求较低的工程；适用水深通常大于 40m。	风电机组适应性好、结构自重轻。	对高频波浪二阶力敏感；筋腱承受载荷较大，张力系泊系统安装工艺复杂、费用高；国内缺乏相关制造和适用安装经验。
单柱式(SPAR)	水深较深的海域，通常大于 100 米水深。	结构简单、垂向波浪激励力小、稳定性优异；较小的水线面设计，可减小平台垂荡运动	立柱长度过大导致制造、安装及运维难度大。
驳船式(Barge)	适合平静或波浪较小的海域；适用水深通常大于 30m。	结构形式简单，容易制造，稳性较好，可采用湿拖法整体运输，部署灵活且成本较低。	垂向运动固有频率在一阶波浪频率范围内，故波频响应较为敏感；重量极大，极端天气下稳定性欠佳。
半潜式(SEMI)	适用水深范围广，40m 以上水深均适用。	安装方便，运维方便，稳定性较好，并且运行可靠；可采用湿拖法运输，部署灵活，技术较为成熟。	低频波浪二阶力较为敏感；结构庞大、建造结构相对复杂。

对四种浮式基础主要特点总结如下：

单柱式（SPAR）：水深需 100m 以上，施工需大型安装船舶；

张力腿式(TLP)：系泊系统复杂，施工安装难度大，存在卡脖子技术；

驳船式（Barge）：重量极大，极端天气下稳定性欠佳，波频响应敏感；

半潜式（SEMI）：建造结构相对复杂，适用于 40m 以上水深，结构重量轻，码头组装施工灵活，对水深不敏感，悬链线式系泊在施工和成本上具有较大的优势，不存在卡脖子技术，具备自主设计能力。

从国际上来看，半潜式浮式基础类型最多，进入样机试验阶段和商业化阶段的风机概念也较多，这也从另一个侧面说明半潜式浮式基础的优势是得到广泛认同的。目前，国内海上风电开始迈向产业融合发展和深水开发的阶段，结合我国海域特点，优先发展技术成

熟可靠、适用海域广、相关施工资源和经验较为完善的半潜式浮式基础是较为合理的选择。本项目采用半潜式浮式基础平台，浮式基础示意图见图 2.4-7。



图 2.4-7 浮式基础示意图

本项目采用半潜式浮式基础平台，平台基础由 4 根立柱、3 段下浮体和下浮体连接结构组成。浮式平台基础采用板壳式结构，按照舱室划分进行结构设计。中心立柱与上部塔筒结构相连接，直接支撑上部载荷。

浮式风机塔筒安装在中间立柱，风机扫风时叶片安全距离约 3~5 米。舱室划分为海水压载舱、空舱。风机塔架的设备平台空间内能提供通风和照明，浮式基础的 IMMS 控制柜、UPS 布置在该空间。

中心立柱外侧设置 [REDACTED] 平台。主要满足人员通行、风机和浮式基础连接螺栓的安装检测。平台布置有烟火信号箱、救生衣箱、电池箱和导航控制柜。配备的吊机基座生根在上横撑平台处。

配备了救生相关设备和导航设备，布置在浮式基础顶部；配备了拖带设备，安装后拆除。设置了临时人员/设备通道。设置了登船平台（吸能器方式），布置吊机有吊人功能。

2.4.3.3 系泊系统

原南海奋进号 FPSO 系泊系统于 [REDACTED] 年进行更换，经初步评估，系泊缆满足规范要求，满足百年一遇环境条件，吸力锚土壤承载力、结构强度和疲劳强度均满足要求，可作为浮式风机基础继续使用。

系泊系统部分利旧南海奋进号 FPSO 系泊系统，该系泊系统共分三组，每组三根系泊缆，共计 9 根，组间隔 120 度，同组系泊缆夹角 [REDACTED] 度。

2.4.3.4 防腐设计

浮式基础和水下结构采用涂层和阴极保护联合腐蚀防护方案。系泊锚链提供腐蚀裕量，无涂层防护。

根据海洋防腐涂层标准进行涂装系统设计，浮式基础分为 4 个区域：浸没区、飞溅区或者干/湿交替区、大气区、舱室内部。

浮式基础防腐涂装系统：

浮式结构外表面采用玻璃鳞片涂装系统（飞溅区厚度 █████ 微米，浸没区 █████ 微米）

浮式结构内部舱室采用 █████ 涂装系统（厚度 █████ 微米）

水下结构外表面采用浸没级无溶剂环氧涂装系统（厚度 █████ 微米）

阴极保护：

浮式基础外部和舱室内部被海水浸没的部分采用牺牲阳极保护。阳极采用铝合金牺牲阳极，阳极保护寿命按 25 年考虑。

2.5 施工方案

施工方案包括拖航、海上安装、海底电缆铺设等。在实施本项目时，系泊系统根据设计要求进行指定的锚腿更换作业，由锚系处理作业船舶负责实施。浮式平台基础在船坞建造，机组的组装工作在船坞组装或码头组装，组装完成后由大马力拖轮将浮式平台和机组整体湿拖至项目现场，进行浮式机组限位作业和锚系回接作业。

2.5.1 拖航运输

从操作便利性及经济性考虑，拖航推荐湿拖方案，将浮式平台整体从船坞组装或码头组装拖航至海上安装现场，使用一艘 █████ HP 的主拖轮和一艘 █████ HP 的护航船进行拖航作业。

2.5.2 海上安装

海上包括浮式基础限位、锚链回接、调试工作等。

a 浮式基础限位

浮式平台整体湿拖抵达安装现场后，浮式基础限位工作需用拖轮。拖轮按照限位方案调整其拖带位置，并连接护航船实施限位作业。在锚系回接的过程中，限位船根据现场锚系回接顺序进行灵活调整限位布置。

b 锚链回接

浮式风机湿拖至项目海域，利用限位拖轮按照设计的位置进行限位。施工作业船舶传送抽拉人员到达风机平台，进行锚系回接工作。

2.6 产污环节分析

施工期主要为海上机组安装、海底电缆铺设以及 WC13-2WHPB 平台的适应性改造等。运营期利用风能转化为机械能，然后通过发电机转化为电能，通过内变压器升压后送出。

2.6.1 施工期产污环节分析

本项目海上施工主要作业内容有海上安装、海底电缆铺设以及 WC13-2WHPB 平台的改造等。安装、海底电缆铺设的产生的污染物主要是施工船舶污染物，包括机舱污水、生产垃圾，作业人员产生的生活垃圾、生活污水，铺设海底电缆挖沟产生悬浮物，WC13-2WHPB 平台的改造过程中，施工人员将产生少量的生活污水、食品废弃物等生活垃圾。

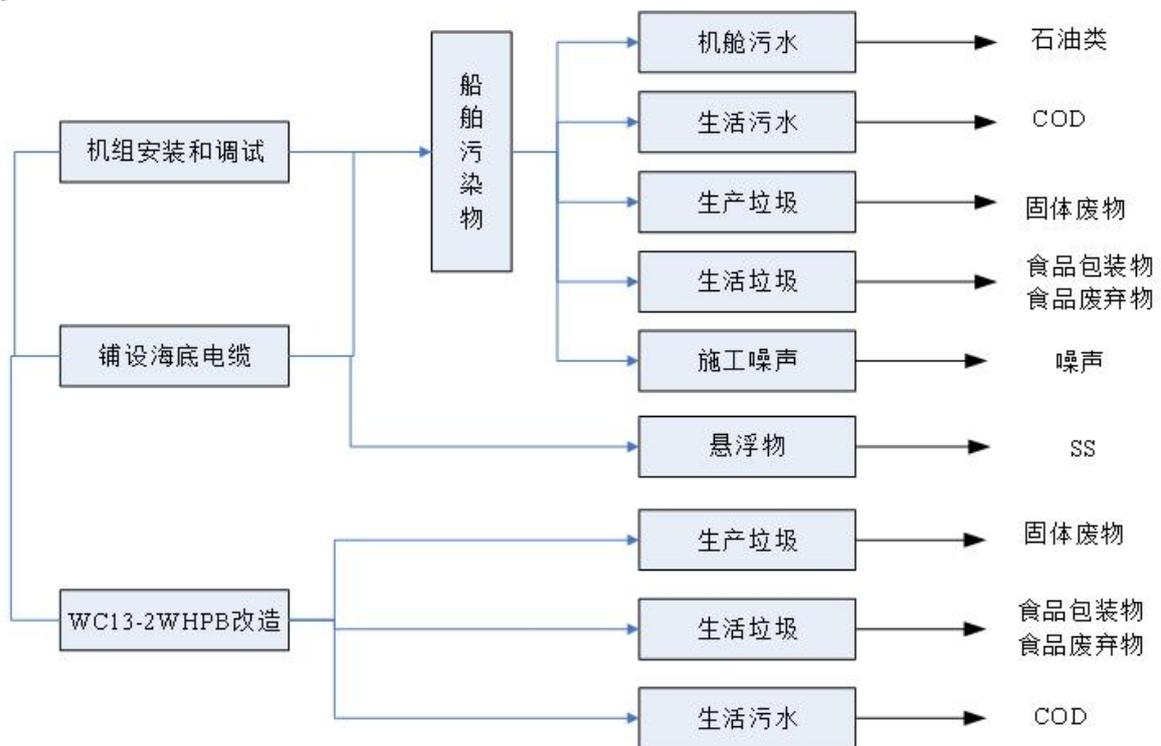


图 2.6-1 施工期产污环节

2.6.2 运营期产污环节分析

运营期仅是风能向电能的转化过程，该转化过程本身不产生污染物。运营期主要环境污染因素是运行噪声。另外，运行维护船舶将产生少量的船舶污染物，包括生产垃圾、生活垃圾、生活污水、机舱污水等。

2.7 项目各阶段污染源强核算

2.7.1 建设阶段污染源强核算

2.7.1.1 船舶污染物

a 机舱污水

根据参加作业船舶类型和数量、作业天数及作业人数和中国海油多年统计资料，大型施工船舶机舱污水产生量为 $(0.3\sim 0.5)\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$ ，一般工作船舶机舱污水产生量为 $(3\sim 5)\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$ ；本项目大型施工船舶机舱污水产生量按 $0.5\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$ ，一般工作船舶机舱污水产生量按 $5\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$ ，据此计算本项目建设阶段机舱污水产生量约 177.2m^3 。

b 船舶生活污水

根据中国海油统计资料，生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算，估算本项目建设阶段产生的生活污水总计约为 5212m^3 。

c 船舶生活垃圾

建设阶段产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。根据中国海油统计资料多年统计资料，生活垃圾按 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算，其中食品废弃物按 $1\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ；其它生活垃圾按 $0.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 。由此估算本项目建设阶段共产生生活垃圾约 22.3t 。

d 船舶生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废旧零件、边角料、油棉纱和包装材料等。根据中国海油多年统计资料，大型施工船舶按 $5\text{t}/\text{年}$ 计算，小型船舶 $0.5\text{t}/\text{年}$ 计算。由此估算出本项目建设阶段生产垃圾产生量总计约为 2.9t 。

2.7.1.2 铺设海缆悬浮物

本项目新铺 1 条风机~WC13-2WHPB 长约 5km 的海底电缆，采用铺缆船挖沟埋设，挖沟断面尺寸接近似倒梯形，顶宽 2.0m ，底宽 0.5m ，沟深 1.5m ，铺设速率约为 $1.5\text{km}/\text{d}$ ，则共挖起海底泥沙约为 9375m^3 ；本项目海域沉积物密度按 $1700\text{kg}/\text{m}^3$ ，起沙率 15% 进行估算，则铺设海底电缆挖沟悬浮物源强为 $8.3\text{kg}/\text{s}$ 。

2.7.1.3 WC13-2WHPB 平台改造

参与 WC13-2WHPB 平台改造约 20 人，作业时间约 60 天，作业人员产生的生活垃圾按 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，作业人员产生的生活污水按 $0.35\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，则平台改造期间产生生活垃圾约 1.8t ，生活污水约 420m^3 。改造产生的生产垃圾估计约为 1t 。

表 2.7-1 本项目建设阶段污染物汇总

污染物		产生量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
船舶污染物	机舱污水 (m ³)	177.2	—	石油类	经船用油水分离器处理达标后间断排放
	生产垃圾 (t)	2.9t	—	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理
	生活垃圾 (t)	22.3	—	食品废弃物、食品包装物	食品废弃物经处理至颗粒直径<25mm后排放,其他运回陆地处理
	生活污水 (m ³)	5212	—	COD 等	处理达标后间断排放
铺设海缆	悬浮物 (m ³)	9375	5.53kg/s	SS	原地沉降自然消散
平台改造	生产垃圾 (t)	1t	—	废旧设施、废旧器件	运回陆地处理
	生活垃圾 (t)	1.8	—	食品废弃物、食品包装物	食品废弃物经处理至颗粒直径<25mm后排放,其他运回陆地处理
	生活污水 (m ³)	420	30.3m ³ /d	COD 等	处理达标后排放

2.7.2 运营阶段污染源强核算

a 噪声

本项目运营期主要噪声源为发电机组运行产生的噪声,根据有关研究,发电机组声功率级在 100~106dB 之间,海面噪声在 38.7~65.8dB 之间。

b 生活污水

运营期每季度进行一次机组维护,维护船舶每次维护产生的生活污水量约为 6m³,每年产生的生活污水约为 24m³,经船舶生活污水处理系统处理合格后达标排放。

c 生活垃圾

运营期每个季度一次巡检维护,维护船舶每次维护人员 4~6 人,每次维护产生的生活垃圾约为 50kg,每年维护产生的生活垃圾约为 200kg,船舶生活垃圾收集后运至陆上处理。

d 固体废物

参考同类项目,单台机组每年更换的润滑油类约 174.5kg,每年产生含油棉纱约 1kg;每年产生废手套约 8kg。以上固体废物均运回陆地交由有资质单位处理。

表 2.7-2 本项目运营阶段污染物汇总

种类	污染源	污染物	产生量	排放量	拟采取措施
废水	生活污水	SS、COD 等	24m ³ /a	24m ³ /a	经船舶生活污水处理系统处理合格后达标排放
固废	生活垃圾	固体废弃物	200kg/a	0	船舶生活垃圾收集后运至陆上处理
	废润滑油	石油类	174.5kg/a	0	运回陆地交由有资质单位处理
	含油棉纱	石油类	1kg/a	0	
	废手套	石油类	8kg/a	0	

噪声	机组运转	噪声	106dB(A)	106dB(A)	/
----	------	----	----------	----------	---

2.8 污染因子筛选

本项目施工阶段施工作业人员将产生少量的生活污水、生活垃圾和生产垃圾，以及钻井液和钻屑排放等。本项目环境影响要素的识别见表 2.8-1。

根据本项目各阶段各种污染物的产生量/排放量及其处理或排放方式和环境影响要素识别结果，通过综合判断可识别出各因子对环境的相对影响程度，并由此确定本项目环境影响评价的重点评价因子为建设阶段铺设海缆悬浮物的影响以及潜在的油类泄漏事故。本项目污染环境评价因子和非污染环境评价因子筛选详见表 2.8-2。

表 2.8-1 本项目环境影响因素识别

环境要素		海洋环境				海洋生态			海洋资源利用		
		水质	底质	地貌	大气	浮游生物	底栖生物	渔业资源	渔业捕捞	水产养殖	船舶运输
施工期	机组安装与调试				●						●
	海底电缆铺设	●	●				●	●			●
	相关平台改造										
运营期	机组运行								▲		▲
环境风险	油类泄漏事故	●			●	●		●	●		●

注：●短期不利影响；○短期有利影响；▲长期不利影响；△长期有利影响；空白为影响轻微或无影响。

表 2.8-2 本项目污染和非污染环境评价因子筛选

时段	环境要素	影响因子	工程内容及表征	影响程度
施工阶段	水环境	水质	污染物的排放	+
	底质环境	底质	海底电缆铺设	+
运营阶段	水环境	水质	机组运行噪声等	+
	底质环境	底质		+
	海洋生态	鱼卵/仔稚鱼		+
		底栖生物		+
	渔业资源	+		
事故风险	水环境	水质	油类泄漏对海洋生态的影响	++
	底质环境	底质		++
	海洋生态	海洋生物		++

注：+表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的分析与影响预测；
++表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行分析与影响预测；
+++ 环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点分析与影响预测。

三、生态环境现状、保护目标及评价标准

3.1 规划区划符合性分析

3.1.1 全国海洋主体功能区规划符合性

根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目位于海洋工程和资源开发区，属于优化开发区域。该区域“是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”

本项目属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，除施工期铺设海缆产生悬浮物影响外，运营期无污染物排放。因此，本项目符合《全国海洋主体功能区规划》。

3.1.2 全国海洋功能区划符合性

根据《全国海洋功能区划（2011-2020年）》，文昌油田群位于南海北部海域，区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、北部湾盆地油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。

海洋功能区管理要求：“重点保障油气资源勘探开发的用海需求，支持海洋可再生能源开发利用。遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电，促进海上风电与其他产业协调发展。禁止在海洋保护区、侵蚀岸段、防护林带毗邻海域开采海砂等固体矿产资源，防止海砂开采破坏重要水产种质资源产卵场、索饵场和越冬场。严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，防范海上溢油等海洋环境突发污染事件。油气区执行不劣于现状海水水质标准，固体矿产区执行不劣于四类海水水质标准，盐田区和可再生能源区执行不劣于二类海水水质标准”。

本项目属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，是所在功能区重点保障的项目。除施工期产生悬浮物短暂影响外，运营期无污染物排放。因此，本项目符合《全国海洋功能区划》（2011-2020年）的要求。

3.1.3 海南省海洋功能区划符合性

本项目位于《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》的“珠江口盆地矿产与能源区”，本项目毗邻海域海洋功能区分布见图 3.1-1。

珠江口盆地矿产与能源区海域使用管理要求为：“主导用海类型为油气开采用海，钻探、测量、钻井作业等用海活动需征求相关部门意见。允许适度改变海域自然属性，可建设油气平台和输油管道。加强对石油平台和管线的安全检查，防止溢油事故发生，尽量避免对海域生态环境产生影响”。海洋环境保护要求为“合理开发海洋油气资源。海水水质

标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状”。

本项目属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，符合主导类型为油气开采用海的管理要求。除施工期产生悬浮物短暂影响外，运营期无污染物排放，不会改变海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量，因此，本项目符合《海南省海洋功能区划》(2011~2020年)。

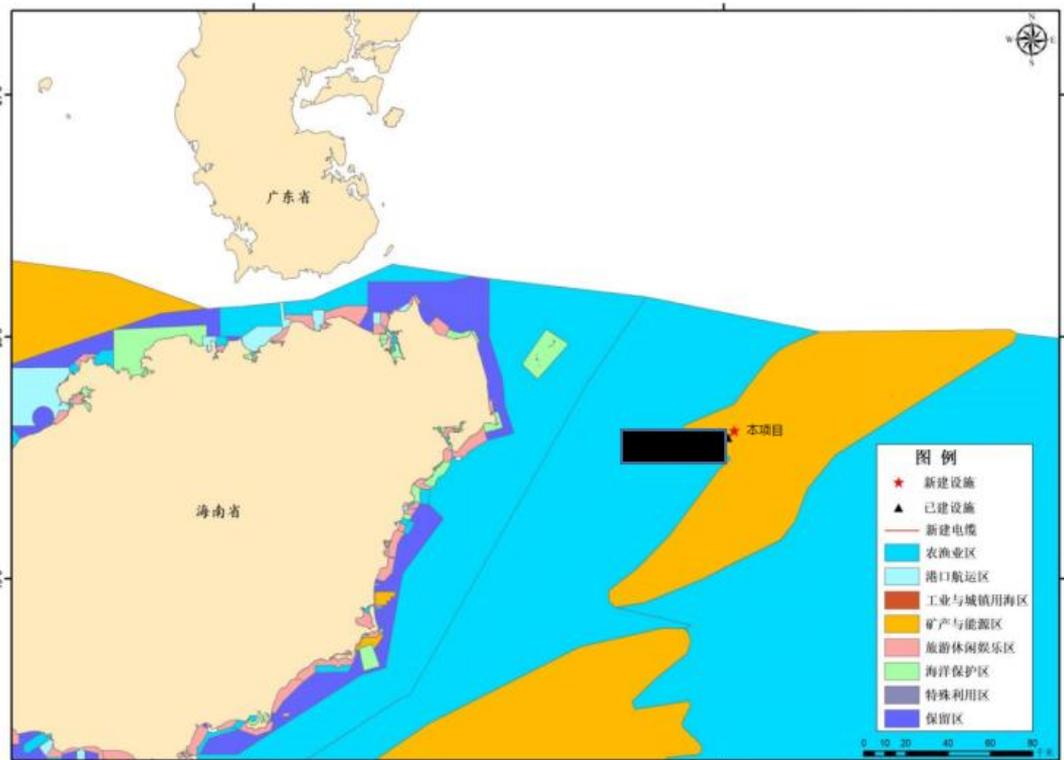


图 3.1-1 海南省海洋功能区划 (2011-2020 年)

3.1.4 海南省“十四五”能源发展规划符合性

《海南省“十四五”能源发展规划》提出“坚持安全底线，加快能源基础设施建设，提升能源供给质量和效率，着力构建清洁安全的能源供给体系”、“积极推进光伏发电、海上风电项目开发建设”，“十四五”期间优选 5 处示范项目场址，装机容量 300 万千瓦……其余项目开展前期工作或开工建设，力争“十四五”期间建成投产。海上风电项目开发要集约节约用海、综合利用，结合海南生态文明试验区的建设，与其他海洋活动进行融合开发。”

本项目为文昌油田群提供清洁能源，符合构建清洁安全能源供给体系的要求，符合《海南省“十四五”能源发展规划》。

3.2 环境概况

3.2.1 水文气象概况

文昌海域受季风控制，10月至翌年4月受冬季风控制，6-8月为夏季风，5月和9月为季风转换期，冬季盛行东北风，夏季盛行偏南风。强天气过程主要是热带气旋和寒潮。热带气旋是本海区最主要的灾害天气，多出现在夏季和秋季。寒潮入侵多发生在冬季和春季，特别在10-11月，寒潮一般持续时间较长。

该海区冬季以NE向波浪为主，夏季以SSW向为主，全年以NE向浪为主。

该海区潮流流速不大，一般在10-40cm/s。表层海流主要决定于非潮流，其中以季风驱动的海流占主导地位。在一般条件下底层流中非潮流成份减弱，潮流成为主导成份。

3.2.2 地形地貌概况

3.2.2.1 地貌

根据现有调查资料，在调查区域范围内，海底地貌灰度整体均匀，主要地貌特征为：麻坑区、底质异常、异常反射、已建管缆、桩腿坑，已建奋进号水下设施以及锚痕等。麻坑区分布在调查区域内，呈散落分布，局部存在小范围密集分布，直径小于20m，深度小于2m，本项目电缆预定路由距离麻坑较远，对铺设作业没有不利影响。

3.2.2.2 断层

根据现有资料，在调查范围内海底至解释深度范围（海底至海底以下100m）地层内未发现断层。

3.2.2.3 浅层气

根据现有资料，在调查范围内海底至解释深度范围（海底至海底以下100m）地层内未发现浅层气。

3.2.2.4 异常反射

根据现有资料，在调查范围内海底至解释深度范围（海底至海底以下100m）地层内未发现异常反射。

3.2.2.5 其它危害与制约

根据现有资料，在调查范围内海底至解释深度范围（海底至海底以下100m）中浅地层内未发现其它对电缆铺设不利影响的灾害地质现象。

3.2.3 海洋环境质量现状调查概况

文昌海域的海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物生态现状调查工作由国家海洋局南海环境监测中心承担。

3.2.3.1 调查时间与范围

调查时间为2019年9月21日~10月3日，调查内容包括海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物生态。

3.2.3.2 调查站位布设

本次环境质量现状调查采用网格布点，共设30个调查站位，以平行于海岸方向为纵断面，共设5个纵断面，断面间距为20km；以垂直于纵断面设6个横断面，断面间距为20km。纵横断面交点为站点所在位置，共计30个调查站位（P1~P30）。环境质量现状调查的站位布设、调查站位坐标见表3.2-1和图3.2-1。

表 3.2-1 调查站位及调查项目

站位	经度	纬度	调查项目
P1			水质、沉积物、生物生态
P2			水质
P3			水质、沉积物、生物生态
P4			水质
P5			水质、沉积物、生物生态
P6			水质
P7			水质、沉积物、生物生态
P8			水质、沉积物、生物生态
P9			水质、沉积物、生物生态
P10			水质
P11			水质、沉积物、生物生态
P12			水质、沉积物、生物生态
P13			水质、沉积物、生物生态
P14			水质
P15			水质、沉积物、生物生态
P16			水质
P17			水质、沉积物、生物生态
P18			水质、沉积物、生物生态
P19			水质、沉积物、生物生态
P20			水质
P21			水质、沉积物、生物生态
P22			水质、沉积物、生物生态
P23			水质
P24			水质、沉积物、生物生态
P25			水质、沉积物、生物生态

站位	经度	纬度	调查项目
P26			水质、沉积物、生物生态
P27			水质
P28			水质、沉积物、生物生态
P29			水质
P30			水质、沉积物、生物生态

注：P1~P30 站均调查水质和叶绿素。

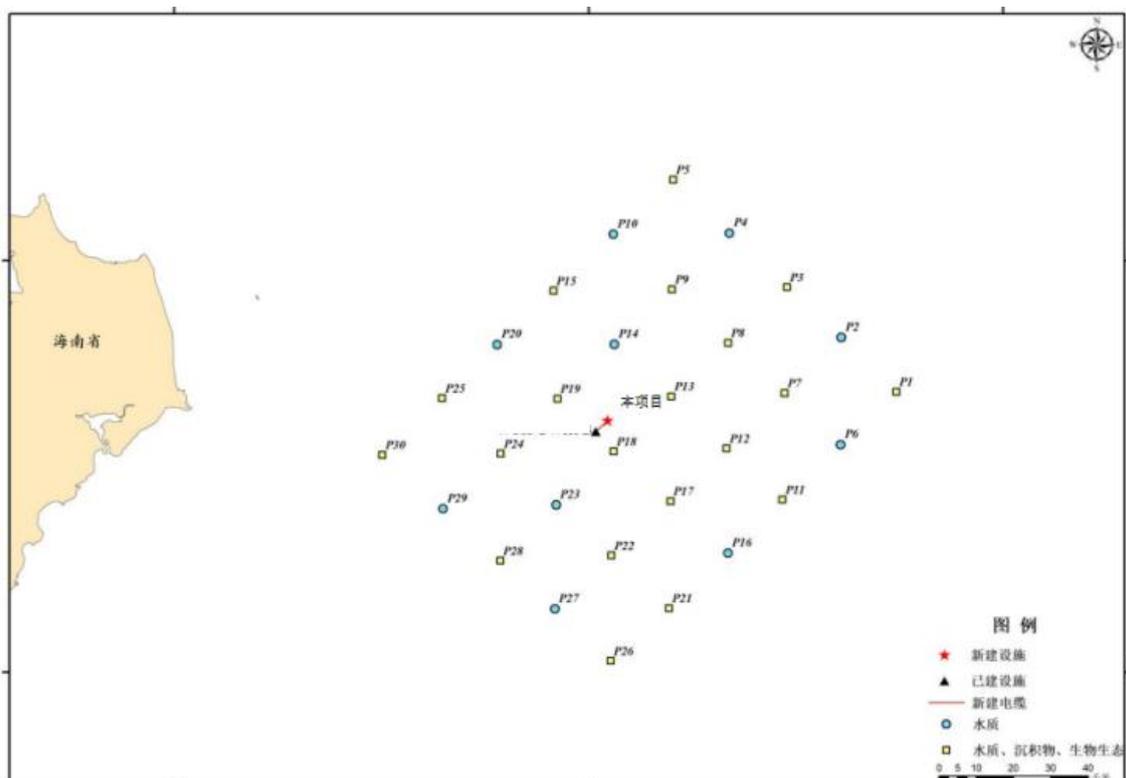


图 3.2-1 环境质量现状调查站位

3.2.3.3 调查项目及方法

海水水质、沉积物和生物生态的调查项目详见表 3.2-2。

调查方法依据《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)中的有关规定，各站位具体采样要求如下：

(1) 海水水质调查站位依据《海洋监测规范》(GB17378-2007)中的规定进行水样采集、保存和运输。海水采样层次：水深 $\leq 100\text{m}$ ，采 4 层，分别为：表层(0.5m)、10m、50m 和底层(离底 2m)；水深 $> 100\text{m}$ ，采 5 层，分别为：表层(0.5m)、10m、50m、100m 和底层(离底 2m)。石油类只调查表层样品。

(2) 海洋沉积物采集表层样品(0~5) cm，使用 0.1m^2 曙光型采泥器采集沉积物的表层样。

表 3.2-2 海水水质、沉积物和生物生态调查项目

调查对象	调查项目	项数
水质	透明度、水色、水深、水温、盐度、pH、溶解氧、石油类、挥发性酚、硫化物、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、悬浮物、铜、铅、锌、镉、砷、汞、总铬	21
沉积物	粒度、石油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、砷、汞、铬	11
生物生态	叶绿素 a、初级生产力	2
	浮游生物（包括浮游动物和浮游植物）：种类组成分布、优势种、生物量、密度及种类多样性指数、均匀度和丰富度等。	2
	底栖生物：种类组成分布、优势种、生物量、密度及种类多样性指数、均匀度和丰富度等。	1
	生物质量：石油类、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷	8

(3) 海洋生物生态调查站位依据《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的技术要求执行，具体的调查与分析方法如下：

a 叶绿素 a 及初级生产力

依据《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）水质样品采集的原则，叶绿素 a 样品按水质样品层次采样，采用萃取荧光法进行分析。

b 浮游生物

浮游植物样品用小型浮游生物网（网口面积 0.1m²，网口直径 37cm，网长为 280cm）由海底至海面垂直拖网一次。采集到的样品按照《海洋监测规范》，先用 5% 甲醛固定，然后带回实验室进行鉴定和计数。浮游植物密度换算成个细胞/m³。

浮游动物样品用大型浮游生物网（网口面积 0.5m²，网口直径 80cm，网长为 280cm）由海底至海面垂直拖网一次。采集到的样品用 5% 甲醛溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的个体数量计算。浮游动物的个体数换算成个/m³；生物量换算成 mg/m³。

c 底栖生物

底栖生物使用阿氏拖网（定性）及挖泥器（定量）采样。生物样品的采集、保存、运输和分析等过程严格按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）的技术要求进行。

d 生物质量

海洋生物质量检测分析样品来自底栖生物的定性调查。根据《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》（GB17378.6-2007），选取调查区底栖生物的甲壳类和鱼类等生物种类，测定底栖生物体内污染物的含量。生物样品的采集、保存、运输和分析等过程严格按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）的技术要求进行。

3.2.3.4 分析方法

各调查项目的分析方法均按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)执行,具体分析方法见表 3.2-3。

表 3.2-3 调查项目分析方法

项目	测定项目	分析方法	检出限	引用标准
海水水质	盐度	盐度计法	-	GB17378-2007
	pH	电位计法	-	
	DO	碘量法	0.32mg/l	
	COD	碱性高锰酸钾法	0.15mg/l	
	活性磷酸盐	磷钼蓝比色法	1.0μg/l	
	亚硝酸盐	萘乙二胺比色法	-	
	硝酸盐	镉柱还原法	0.1μg/l	
	氨	次溴酸盐氧化法	0.42μg/l	
	石油类	紫外分光光度法	0.0035mg/l	
	悬浮物	重量法	0.70μg/l	
	挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法	0.8μg/l	
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.1μg/l	
	叶绿素 a	荧光分光光度法	0.2μg/l	
	砷	原子荧光法	0.5μg/l	
	汞		0.007μg/l	
	铜	阳极溶出伏安法	0.12μg/l	
	锌		0.1μg/l	
	镉		0.03μg/l	
铅	0.07μg/l			
总铬	原子吸收分光光度法	0.05μg/l		
海洋沉积物	粒度	激光法	-	GB/T12763-2007
	有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	0.03%	
	硫化物	碘量法	4×10 ⁻⁶	
	锌	电感耦合等离子体质谱法	0.16×10 ⁻⁹	HY/T 147.2-2013
	铅		0.07×10 ⁻⁹	
	镉		0.015×10 ⁻⁹	
	铜		0.008×10 ⁻⁹	
	铬		0.07×10 ⁻⁹	
	油类	紫外分光光度法	3×10 ⁻⁶	GB/T12763-2007
	汞	原子荧光法	0.002×10 ⁻⁶	
砷	0.06×10 ⁻⁶			
海洋生物质量	石油类	荧光分光光度法	0.5×10 ⁻⁶	GB17378-2007
	锌	火焰原子吸收分光光度法	0.1×10 ⁻⁶	
	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.1×10 ⁻⁶	
	铅		0.1×10 ⁻⁶	
	镉		0.02×10 ⁻⁶	
	总汞	原子荧光法	0.002×10 ⁻⁶	
	砷		0.2×10 ⁻⁶	
铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.1×10 ⁻⁶		

3.2.3.5 评价因子与评价标准

a 海水水质

海水水质评价因子包括 pH、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、石油类（表层）、挥发性酚、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、总铬、砷共 15 项，各评价因子的评价标准值列于表 3.2-4。

海水水质评价采用《海水水质标准》（GB3097-1997）进行评价，位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》内的站位，采用《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》的海水水质标准要求；位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》外的站位，海水水质按照现状进行评价。各评价因子的标准值见表 3.2-4。

表 3.2-4 海水水质评价标准值

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
溶解氧	>6 mg/l	>5 mg/l	>4 mg/l	>3 mg/l
化学需氧量	≤ 2 mg/l	≤3 mg/l	≤ 4 mg/l	≤5 mg/l
活性磷酸盐	≤0.015 mg/l	≤0.030 mg/l		≤0.045 mg/l
无机氮	≤0.20 mg/l	0.30 mg/l	≤ 0.40 mg/l	≤0.50 mg/l
砷	≤0.020 mg/l	≤0.030 mg/l	≤0.050 mg/l	
汞	≤0.00005mg/l	≤0.0002 mg/l		≤0.0005 mg/l
铜	≤0.005 mg/l	≤0.010 mg/l	≤0.050 mg/l	
铅	≤0.001 mg/l	≤0.005 mg/l	≤0.010 mg/l	≤0.050 mg/l
锌	≤0.020 mg/l	≤0.050 mg/l	≤0.10 mg/l	≤0.50 mg/l
镉	≤0.001 mg/l	≤0.005 mg/l	≤0.010 mg/l	
总铬	≤0.05 mg/l	≤0.10 mg/l	≤0.20 mg/l	≤0.50 mg/l
石油类	≤0.05 mg/l		≤0.30 mg/l	≤0.50 mg/l
挥发性酚	≤0.005 mg/l		≤0.010 mg/l	≤0.25 mg/l
硫化物	≤0.02 mg/l	≤0.05 mg/l	≤0.10 mg/l	≤0.050 mg/l

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本次调查站位中有 28 个海水水质站位位于功能区划范围内，分布在海南岛外海农渔业区（代码 B1-10）、珠江口盆地矿产与能源区（代码 B4-04）和南海北部农渔业区（代码 B1-11）。评价因子执行相应标准见表 3.2-5。本次调查站位与海南省海洋功能区划叠加示意图见图 3.2-2。

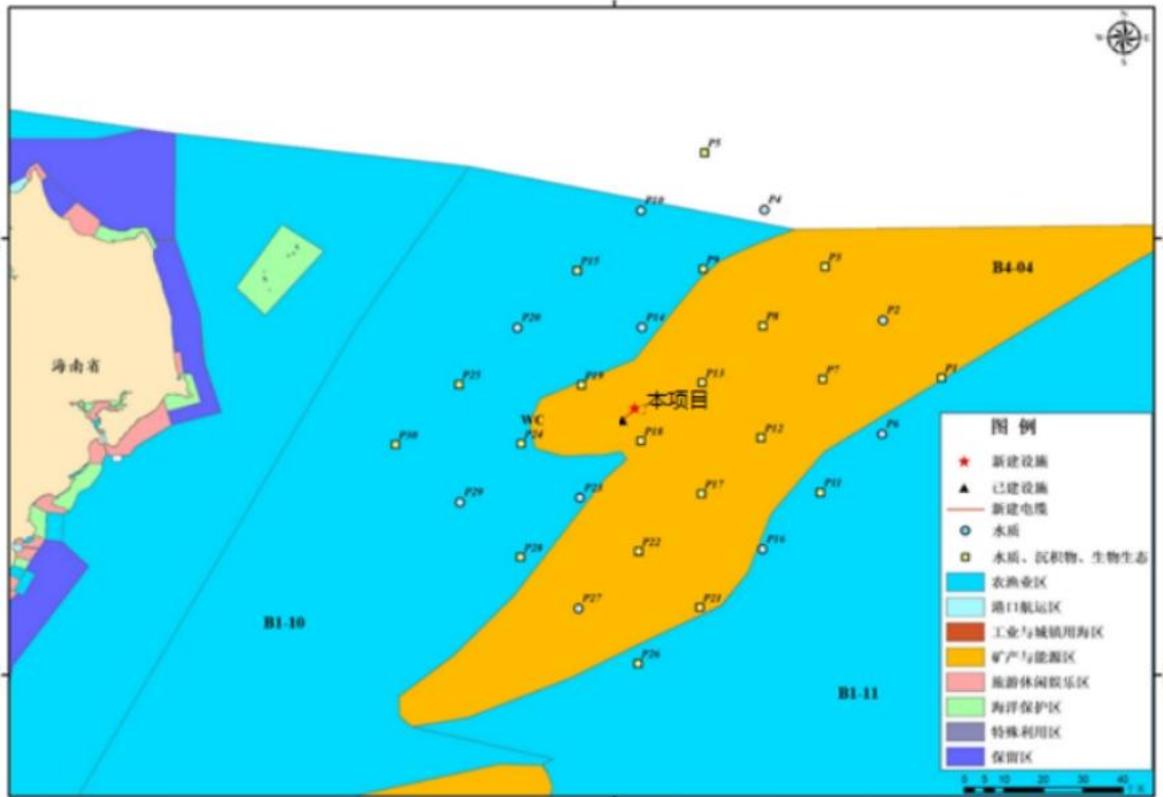


图 3.2-2 调查站位与海南省海洋功能区划叠加示意图

表 3.2-5 海南省海洋功能区划内海水水质调查站位评价标准

功能区代码	功能区名称	功能区包含监测站位	执行水质标准
B1-10	海南岛外海农渔业区	P9~P10、P14~P15、P20、P23~P25、P28~P30 (11 个)	一类
B1-11	南海北部农渔业区	P6、P11、P16、P26 (4 个)	一类
B4-04	珠江口盆地矿产与能源区	P1~P3、P7~P8、P12~P13、P17~P19、P21~P22、P27 (13 个)	维持现状

b 海洋沉积物质量

海洋沉积物评价因子为有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类共 10 项。海洋沉积物采用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 进行评价。位于《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》内的站位, 采用《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》的海洋沉积物标准要求; 位于《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》外的站位, 海洋沉积物按照现状进行评价。各评价因子的评价标准值列于表 3.2-6。

表 3.2-6 海洋沉积物质量标准

评价因子	第一类	第二类	引用标准
有机碳	$\leq 2.0 \times 10^{-2}$	$\leq 3.0 \times 10^{-2}$	《海洋沉积物质量》 (GB18668-2002)
硫化物	$\leq 300.0 \times 10^{-6}$	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	
石油类	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	$\leq 1000.0 \times 10^{-6}$	
汞	$\leq 0.20 \times 10^{-6}$	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	
铜	$\leq 35 \times 10^{-6}$	$\leq 100 \times 10^{-6}$	
铅	$\leq 60.0 \times 10^{-6}$	$\leq 130.0 \times 10^{-6}$	
锌	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	$\leq 350.0 \times 10^{-6}$	
镉	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	$\leq 1.50 \times 10^{-6}$	
铬	$\leq 80.0 \times 10^{-6}$	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	
砷	$\leq 20.0 \times 10^{-6}$	$\leq 65.0 \times 10^{-6}$	

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，本次调查站位中有 19 个海洋沉积物站位位于功能区划范围内，分布在海南岛外海农渔业区（代码 B1-10）、珠江口盆地矿产与能源区（代码 B4-04）和南海北部农渔业区（代码 B1-11）。评价因子执行相应标准见表 3.2-7。

表 3.2-7 海南省海洋功能区划内海洋沉积物调查站位评价标准

功能区代码	功能区名称	功能区包含监测站位	执行标准
B1-10	海南岛外海农渔业区	P9、P15、P24~P25、P28、P30（6个）	一类
B1-11	南海北部农渔业区	P11、P26（2个）	一类
B4-04	珠江口盆地矿产与能源区	P1、P3、P7~P8、P12~P13、P17~P19、P21~P22（11个）	维持现状

c 生物质量

海洋贝类（双壳类）的生物质量评价执行海洋生物质量（GB18421-2001）；甲壳类、鱼类生物体内污染物质（除石油类、总铬和砷外）含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，鱼类的石油类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。鱼类及甲壳类无总铬和砷的评价标准，甲壳类体内石油类也无评价标准，因此以上污染因子只列出检测结果，不予以评价。各类生物体污染物评价标准见表 3.2-8。

表 3.2-8 生物体污染物评价标准（单位： $\times 10^{-6}$ ）

标准	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油类
甲壳类	≤ 0.2	-	≤ 100	≤ 2	≤ 2.0	≤ 150	-	-
贝类	0.05	1.0	10	0.1	0.2	20	15	0.5
鱼类	≤ 0.3	-	≤ 20	≤ 2	≤ 0.6	≤ 40	-	≤ 20

3.2.3.6 评价方法

a 海水水质

海水水质环境质量现状评价采用单项标准指数法，计算公式如下：

$$PI_i = \frac{C_i}{S_{0i}}$$

式中： PI_i —某监测站位污染物 i 的污染指数；

C_i —某监测站位污染物 i 的实测浓度；

S_{0i} —污染物 i 的评价标准。

因为海水中溶解氧 DO 和 pH 不同于一般的污染指标，有其特殊性，所使用的标准指数计算公式如下。

溶解氧标准指数计算公式如下：

$$PI_{DO} = \frac{|DO_f - DO|}{(DO_f - DO_s)}, DO \geq DO_s$$
$$PI_{DO} = \frac{10 - 9DO}{DO_s}, DO < DO_s$$

式中： PI_{DO} —溶解氧的污染指数；

DO —溶解氧的实测浓度；

DO_s —溶解氧的评价标准；

DO_f —为饱和的溶解氧。

pH 标准指数的计算公式如下：

$$PI_{pH} = \frac{|pH - pH_{SM}|}{D_S}$$

式中： $pH_{SM} = \frac{1}{2}(pH_{su} + pH_{sd})$ ， $D_S = \frac{1}{2}(pH_{su} - pH_{sd})$

PI_{pH} —pH 的污染指数；

pH —pH 的实测浓度；

pH_{su} —海水 pH 标准的上限值；

pH_{sd} —海水 pH 标准的下限值。

b 海洋沉积物

海洋沉积物现状的评价亦采用单项标准指数法。

c 海洋生态

• 初级生产力

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织推荐的下列公式估算：

$$P = \frac{Chla \cdot Q \cdot D \cdot E}{2}$$

式中： P —现场初级生产力($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)； Chla —真光层内平均叶绿素 a 含量(mg/m^3)； Q —不同层次同化指数算术平均值，取 3.7； D —昼长时间(h)，根据季节和海区情况取 12.0h； E —真光层深度 (m)。

- 多样性指数、均匀度、丰富度和优势度的计算

生物群落特征的评价使用 Sharrnon-wiener(1963)的多样性指数计算公式、Pielous(1969)均匀度计算公式和 Margalef(1958)丰富度计算公式。浮游植物种类多样性(H')、均匀度(J)、丰富度(d)和优势度的计算公式如下：

$$\text{种类多样性 } (H') : H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$\text{均匀度 } (J) : J = H' / \log_2 S$$

$$\text{丰富度 } (d) : d = (S-1) / \log_2 N$$

式中： H' —多样性指数； J —均匀度； $P_i = n_i / N$ (n_i 是第 i 个物种的个体数， N 是全部物种的个数)； S —为种类数； d —丰富度。

对于某一个站上的优势度：

$$D = n_i / N \cdot 100\%$$

式中： D —第 i 种的百分比优势度； n_i ——第 i 种的数量； N ——该站群落中所有种的数量，本报告用密度表示。

对于某一区域的优势度：

$$Y = n_i / N \cdot f_i$$

式中： n_i 为第 i 种的数量； f_i 为该种在各站出现的频率； N 为群落中所有种的数量。其中， $Y \geq 0.02$ 的判定为该区域的优势种。

d 海洋生物质量

海洋生物质量的评价采用与海水水质相同的单项标准指数法。

3.2.4 海水水质现状调查与评价

3.2.4.1 海水水质调查结果

调查海域秋季海水水质调查项目分析结果见附表 1。

a 水温

秋季调查海域海水的温度值在 (11.88~30.15) °C 之间。

b 盐度

秋季调查海域海水盐度值在 (34.101~36.699) 之间。

c pH

秋季调查海域海水的 pH 值在 (8.01~8.21) 之间。

d 溶解氧 (DO)

秋季调查海域海水中 DO 的浓度在 (4.63~6.31) mg/l 之间。

e 化学需氧量 (COD)

秋季调查海域海水中 COD 的浓度在 (未检出~1.73) mg/l 之间。

f 无机氮 (DIN)

秋季调查海域海水中无机氮的浓度在 (10.1~176.8) $\mu\text{g/l}$ 之间。

g 活性磷酸盐 (PO₄-P)

秋季调查海域海水中 PO₄-P 的浓度在 (2.3~28.0) $\mu\text{g/l}$ 之间。

h 悬浮物

秋季调查海域海水中悬浮物的浓度在 (0.1~16.2) mg/l 之间。

i 汞

秋季调查海域海水中汞的浓度在 (0.015~0.024) $\mu\text{g/l}$ 之间。

j 砷

秋季调查海域海水中砷的浓度在 (1.4~2.6) $\mu\text{g/l}$ 之间。

k 铜

秋季调查海域海水中铜的浓度在 (0.12~4.21) $\mu\text{g/l}$ 之间。

l 铅

秋季调查海域海水中铅的浓度在 (未检出~1.95) $\mu\text{g/l}$ 之间。

m 锌

秋季调查海区海水中锌的浓度在 (0.30~11.51) $\mu\text{g/l}$ 之间。

n 镉

秋季调查海域海水中镉的浓度在 (未检出~0.21) $\mu\text{g/l}$ 之间。

o 总铬

秋季调查海域海水中总铬的浓度在 (0.12~2.47) $\mu\text{g/l}$ 之间。

p 石油类

秋季调查海域表层海水中石油类的浓度在 (0.004~0.017) mg/l 之间。

q 硫化物

秋季调查海域海水中硫化物的浓度范围在 (未检出~0.1) $\mu\text{g/l}$ 之间。

r 挥发性酚

秋季调查海域海水中挥发性酚的浓度范围在 (未检出~1.9) $\mu\text{g/l}$ 之间。

3.2.4.2 海水水质评价结果

调查站位中 28 个海水水质站位位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》内。位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》内的站位，采用《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》的水质标准要求；位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》外的站位，海水水质采用保持现状进行评价。综上所述，功能区划内的 28 个调查站位中有 15 个站位执行《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状进行评价。

水质评价分两种情况，一是功能区划内站位按照相应水质标准要求进行评价，二是功能区划外站位按照保持现状进行评价。

a 评价结果和超标统计

• 表层海水水质评价结果

本次调查有 28 个站位位于功能区划内，其中 15 个站位执行第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状评价；2 个站位位于功能区划外，按照保持现状进行评价。

评价结果为：pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合功能区海水水质标准，溶解氧和铅存在超标现象。

功能区划内的一类区 15 个站位中，溶解氧有 3 个站位超标，最大超标倍数 0.11；铅有 1 个站位超标，最大超标倍数 0.08；其余站位各评价因子均符合第一类海水水质标准。维持现状评价的 13 个站位中，溶解氧 8 个站位符合第一类海水水质标准，3 个站位符合第二类海水水质标准；铅 12 个站位均符合第一类海水水质标准，1 个站位符合第二类海水水质标准。

功能区划外的 2 个站位中，pH、COD、石油类、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铅、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准要求。

• 10m 层海水水质评价结果

本次调查有 28 个站位位于功能区划内，其中 15 个站位执行第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状评价；2 个站位位于功能区划外，按照保持现状进行评价。

评价结果为：pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合功能区海水水质标准，溶解氧和铅存在超标现象。

功能区划内的一类区 15 个站位中，溶解氧有 4 个站位超标，最大超标倍数 0.11；铅有 3 个站位超标，最大超标倍数 0.78；其余站位各评价因子均符合第一类海水水质标准。13 个维持现状评价的站位中，溶解氧 7 个站位符合第一类海水水质标准，4 个站位符合第二类海水水质标准；铅 8 个站位符合第一类海水水质标准；5 个站位符合第二类海水水质

标准。

功能区划外的 2 个站位中，pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铅、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准要求。溶解氧有 1 个站位符合第一类海水水质标准，1 个站位符合第二类海水水质标准。

- 50m 层海水水质评价结果

本次调查有 28 个站位位于功能区划内，其中 15 个站位执行第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状评价；2 个站位位于功能区划外，按照保持现状进行评价。

评价结果为：pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合功能区海水水质标准，溶解氧和铅存在超标现象。

功能区划内的一类区 15 个站位中，溶解氧有 6 个站位超标，最大超标倍数 0.48；铅有 3 个站位超标，最大超标倍数 0.28；其余站位各评价因子均符合第一类海水水质标准。13 个维持现状评价的站位中，溶解氧 7 个站位符合第一类海水水质标准，6 个站位符合第二类海水水质标准；铅 11 个站位符合第一类海水水质标准；2 个站位符合第二类海水水质标准。

功能区划外的 2 个站位中，pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铅、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准要求。溶解氧有 1 个站位符合第一类海水水质标准，1 个站位符合第二类海水水质标准。

- 100m 层海水水质评价结果

本次调查有 22 个站位位于功能区划内，其中 9 个站位执行第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状评价。

评价结果为：pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合功能区海水水质标准，活性磷酸盐、溶解氧和铅存在超标现象。

功能区划内的一类区 9 个站位中，溶解氧 9 个站位均超标，最大超标倍数 1.41；活性磷酸盐有 3 个站位超标，最大超标倍数 0.26；铅有 1 个站位超标，最大超标倍数 0.54；其余站位各评价因子均符合第一类海水水质标准。13 个维持现状评价的站位中，溶解氧 13 个站位符合第二类海水水质标准；活性磷酸盐 10 个站位第一类海水水质标准，3 个站位符合第二类海水水质标准；铅 12 个站位符合第一类海水水质标准，1 个站位符合第二类海水水质标准。

- 底层海水水质评价结果

本次调查有 28 个站位位于功能区划内，其中 15 个站位执行第一类海水水质标准，13 个站位按照维持现状评价；2 个站位位于功能区划外，按照保持现状进行评价。

评价结果为：pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合功能区海水水质标准，活性磷酸盐、溶解氧和铅存在超标现象。

功能区划内的一类区 15 个站位中，溶解氧 15 个站位均超标，最大超标倍数 2.06；活性磷酸盐 15 个站位均超标，最大超标倍数 0.64。13 个维持现状评价的站位中，溶解氧 8 个站位符合第二类海水水质标准，5 个站位符合第三类海水水质标准；活性磷酸盐 1 个站位符合第一类海水水质标准，12 个站位符合第二类海水水质标准；铅 12 个站位符合第一类海水水质标准；1 个站位符合第二类海水水质标准。

功能区划外的 2 个站位中，pH、COD、石油类、无机氮、铅、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准要求。溶解氧 2 个站位符合第二类海水水质标准；活性磷酸盐 2 个站位符合第二（三）海水水质标准。

表 3.2-9 功能区划内超标要素统计（一类区）

评价因子	层次	满足一类水质	满足二类水质	满足三类水质
pH	所有层次	P6、P9~P10、P11、P14~P15、P16、P20、P23~P25、P26、P28~P30（15 个）	-	-
COD				
石油类				
无机氮				
总汞				
砷				
锌				
镉				
铜				
总铬				
硫化物				
挥发性酚				
溶解氧				
	10m 层	P10、P14~P15、P16、P20、P23~P25、P28~P30（11 个）	P9、P11、P26、P28（4 个）	-
	50m 层	P6、P10、P14~P15、P16、P24~P25、P29~P30（9 个）	P9、P11、P20、P23、P26、P28（6 个）	-
	100m 层	-	P6、P11、P26、P23~P24、P26、P28~P30（9 个）	-
	底层	-	P9~P10、P14~P15、P20、P23~P25、P28~P30（11 个）	P6、P11、P16、P26（4 个）
活性磷酸盐	表层	P6、P9~P10、P11、P14~P15、P16、P20、P23~P25、P26、P28~P30（15 个）	-	-
	10m 层			
	50m 层			
	100m 层	P6、P11、P16、P26、P28~P29（6 个）	P23、P24、P30（3 个）	-
	底层	-	P6、P9~P10、P11、P14~P15、P16、P20、	-

评价因子	层次	满足一类水质	满足二类水质	满足三类水质
			P23~P25、P26、P28~P30 (15个)	
铅	表层	P6、P9~P10、P11、P14~P15、P16、 P20、P23~P25、P26、P28~P30 (15个)	-	-
	10m层	P9~P10、P14~P15、P16、P23~P25、 P26、P28~P30 (12个)	P6、P11、P20 (3个)	-
	50m层	P9~P10、P14~P15、P16、P20、P24~P25、 P26、P28~P30 (12个)	P6、P11、P23 (3个)	-
	100m层	P11、P16、P23、P24、P26、P28~P29、 P30 (8个)	P6 (1个)	-
	底层	P6、P9~P10、P11、P14~P15、P16、 P20、P23~P25、P26、P28~P30 (15个)	-	-

表 3.2-10 功能区划内现状评价符合统计

评价因子	层次	满足一类水质	满足二类水质	满足三类水质
pH	所有层次	P1~P3、P7~P8、P12~P13、 P17~P19、P21~P22、P27 (13 个)	-	-
COD				
石油类				
无机氮				
总汞				
砷				
锌				
镉				
铜				
总铬				
硫化物				
挥发性酚				
溶解氧*	表层	P3、P7、P12~P13、P17~P19、 P21 (8个)	P8、P22、P27 (3个)	-
	10m层	P3、P12~P13、P17~P19、P21 (7个)	P7、P8、P22、P27 (4个)	-
	50m层	P1~P3、P13、P17~P18、P21 (7个)	P7、P8、P12、P19、P22、 P27 (6个)	-
	100m层	-	P1~P3、P7~P8、P12~P13、 P17~P19、P21~P22、P27 (13个)	-
	底层	-	P1~P3、P8、P13、P17~P19 (8个)	P7、P12、 P21~P22、P27 (5 个)
活性 磷酸盐	表层	P1~P3、P7~P8、P12~P13、 P17~P19、P21~P22、P27 (13 个)	-	-
	10m层			
	50m层			
	100m层	P1~P3、P7~P8、P12~P13、 P17~P18、P27 (10个)	P19、P21、P22 (3个)	-
	底层	P1 (1个)	P2~P3、P7~P8、P12~P13、 P17~P19、P21~P22、P27 (12个)	-
铅	表层	P1~P3、P7、P12~P13、P17~P19、	P8 (1个)	-

评价因子	层次	满足一类水质	满足二类水质	满足三类水质
		P21~P22、P27 (12个)		
	10m层	P8、P13、P17~P19、P21~P22、P27 (8个)	P1~P3、P7、P12 (5个)	-
	50m层	P1~P3、P8、P13、P17~P19、P21~P22、P27 (11个)	P7、P12 (2个)	-
	100m层	P1~P3、P8、P12~P13、P17~P19、P21~P22、P27 (12个)	P7 (1个)	-
	底层	P1~P3、P8、P12~P13、P17~P19、P21~P22、P27 (12个)	P7 (1个)	-

注：溶解氧 P1 和 P2 站位在表层和 10m 层溶解氧含量超过了现场水温和盐度下水体的饱和溶解氧含量，未统计。

表 3.2-11 功能区划外现状评价符合统计

评价因子	层次	满足一类水质	满足二类水质	满足三类水质
pH	所有层次	P4、P5 (2个)	-	-
COD				
石油类				
无机氮				
总汞				
砷				
锌				
镉				
铜				
铅				
总铬				
硫化物				
挥发性酚				
溶解氧	表层	P4、P5 (2个)	-	-
	10m层	P4 (1个)	P5 (1个)	-
	50m层	P4 (1个)	P5 (1个)	-
	100m层	/	/	-
	底层	-	P4、P5 (2个)	-
活性磷酸盐	表层	P4、P5 (2个)	-	-
	10m层			
	50m层			
	100m层			
	底层	-	P4、P5 (2个)	-

注：“/”表示无 100m 层。

b 小结

综上所述，本次调查共 15 个站位执行第一类海水水质标准，其中 pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准。溶解氧 15 个站位均超过第一类海水水质标准，其中 11 个站位符合第二类海水水质标准，4 个站位符合第三类海水水质标准；活性磷酸盐 15 个站位均超过第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；铅有 11 个站位符合第一类海水水质标准，4 个站位第二类海水水质标准。

质标准。

溶解氧表层超一类原因主要是受当时的现场温度、盐度等因素影响所致；中底层超一类原因主要是海水水体出现温跃层，海水出现垂直分层，上层和下层水体之间交换较困难，使得底层海水较难获得溶解氧，底层消耗的氧补给不足，导致底层缺氧，属于较深海区的普遍现象。

活性磷酸盐超一类原因主要有三个方面：一是海洋生物有机体死亡后大都沉降到海底，其腐烂和降解过程中产生的活性磷酸盐溶解于海水中，使海水中的活性磷酸盐含量升高；二是浮游植物大都生长在光线充足的上层海水中，深层海水浮游植物的数量较少，对海水中营养盐（活性磷酸盐等）的吸收也相对要少，因此，底层海水中营养盐的含量往往比上层海水要高；三是海底沉积物中营养盐类物质的溶解析出也是造成底层营养盐含量较高的一个原因。

铅有少量样品超第一类海水水质标准，初步分析重金属超一类可能受过往船舶排污和大气污染物沉降等影响；而且南海水体本身铅含量偏高，许多研究表明南海区包括南海北部和中南部海域不论是背景值和水质状况，铅的含量都是相对较高的。分布规律上，铅超一类站位整体呈现随机分布，且海洋石油开发工程无含铅污染物排放，该海域铅超一类情况与本开发工程无关。

15个站位按照保持现状水质评价（13个位于矿产与能源区，2个位于功能区外），其中pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚均符合第一类海水水质标准。溶解氧8个站位符合第二类海水水质标准，7个站位符合第三类海水水质标准；活性磷酸盐1个站位符合第一类海水水质标准，14个站位符合第二类海水水质标准；铅有9个站位符合第一类海水水质标准，6个站位第二类海水水质标准。

3.2.5 海洋沉积物质量现状调查与评价

3.2.5.1 海洋沉积物粒度和类型

调查海域20个沉积物测站的粒度分析表明，该海域沉积物类型有砂和粉砂质砂，主要是粉砂质砂。沉积物测站粒度分析见表3.2-12。

表 3.2-12 调查海域沉积物类型及粒级类别

站号	中值粒径		名称与代号
	ϕ	mm	
P1	2.71	0.1524	砂 (S)
P3	2.60	0.1645	砂 (S)
P5	2.64	0.1610	砂 (S)
P7	2.64	0.1607	粉砂质砂 (TS)
P8	2.68	0.1564	粉砂质砂 (TS)
P9	2.59	0.1663	粉砂质砂 (TS)

站号	中值粒径		名称与代号
	ϕ	mm	
P11	2.70	0.1536	粉砂质砂 (TS)
P12	2.57	0.1686	粉砂质砂 (TS)
P13	2.77	0.1468	粉砂质砂 (TS)
P15	2.55	0.1709	粉砂质砂 (TS)
P17	2.79	0.1447	粉砂质砂 (TS)
P18	2.79	0.1449	粉砂质砂 (TS)
P19	2.93	0.1314	粉砂质砂 (TS)
P21	2.62	0.1624	粉砂质砂 (TS)
P22	2.65	0.1594	粉砂质砂 (TS)
P24	2.55	0.1706	粉砂质砂 (TS)
P25	2.49	0.1777	粉砂质砂 (TS)
P26	2.78	0.1453	粉砂质砂 (TS)
P28	2.81	0.1431	粉砂质砂 (TS)
P30	2.59	0.1660	粉砂质砂 (TS)

3.2.5.2 海洋沉积物质量调查结果

调查海区各站位海洋沉积物调查项目调查结果见表 3.2-13。

调查海域沉积物中有机碳含量范围为 $(0.12\sim 0.54)\times 10^{-2}$ ；石油类含量范围为 $(4.04\sim 8.63)\times 10^{-6}$ ；硫化物含量范围为未检出 $\sim 22\times 10^{-6}$ ；汞含量范围为 $(0.008\sim 0.024)\times 10^{-6}$ ；铜含量范围为 $(8.82\sim 21.85)\times 10^{-6}$ ；铅含量范围为 $(6.00\sim 12.75)\times 10^{-6}$ ；镉含量范围为 $(0.129\sim 0.176)\times 10^{-6}$ ；锌含量范围为 $(53.79\sim 70.65)\times 10^{-6}$ ；铬含量范围为 $(12.70\sim 19.56)\times 10^{-6}$ ；砷含量范围为 $(2.18\sim 3.49)\times 10^{-6}$ 。

表 3.2-13 表层海洋沉积物调查项目调查结果

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	$\times 10^{-2}$									$\times 10^{-6}$
P1	0.23	Δ	0.010	2.84	12.25	6.70	0.139	65.52	15.02	4.04
P3	0.48	4	0.010	2.85	11.46	12.75	0.150	63.42	17.10	6.33
P5	0.12	16	0.010	3.00	12.63	7.34	0.149	53.79	15.02	4.18
P7	0.16	4	0.008	2.72	12.31	7.83	0.155	70.65	17.16	4.05
P8	0.29	6	0.011	2.86	12.36	6.00	0.133	55.94	12.70	4.63
P9	0.26	22	0.012	2.86	11.88	7.21	0.129	60.07	14.01	4.25
P11	0.40	4	0.010	2.27	9.80	7.37	0.152	60.23	17.49	5.94
P12	0.53	Δ	0.010	2.31	12.14	8.33	0.162	64.03	18.70	5.89
P13	0.31	4	0.011	2.63	8.82	7.89	0.149	61.61	17.16	4.88
P15	0.27	Δ	0.010	2.61	10.87	8.25	0.141	60.46	14.78	5.00
P17	0.42	Δ	0.014	2.79	9.33	7.43	0.148	63.53	16.38	6.67
P18	0.31	4	0.014	2.92	21.85	9.65	0.150	67.89	17.95	6.75
P19	0.28	6	0.010	3.05	12.84	8.50	0.141	62.65	17.34	6.56
P21	0.30	4	0.014	3.49	11.58	8.96	0.166	61.91	18.10	8.63
P22	0.30	Δ	0.018	3.04	14.09	8.60	0.162	68.73	19.56	7.08
P24	0.34	4	0.017	2.31	10.09	8.56	0.157	57.94	15.91	6.64
P25	0.36	4	0.024	2.44	12.37	7.21	0.161	59.34	16.26	7.89

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	×10 ⁻²	×10 ⁻⁶								
P26	0.54	4	0.017	2.45	14.27	7.50	0.176	60.63	17.06	7.82
P28	0.46	4	0.016	2.18	13.31	7.35	0.170	58.80	16.62	7.34
P30	0.40	△	0.014	2.56	10.51	7.90	0.152	54.75	16.00	6.3
最小值	0.12	△	0.008	2.18	8.82	6.00	0.129	53.79	12.70	4.04
最大值	0.54	22	0.024	3.49	21.85	12.75	0.176	70.65	19.56	8.63
平均值	0.34	5	0.013	2.71	12.24	8.07	0.152	61.59	16.52	6.04

注：“△”表示样品测值低于检出限，检出率在 1/2 以上（包括 1/2）或不足 1/2 时，未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参加统计运算，检出率指测试结果高于检出限的样品数占总样品数的百分比。

3.2.5.3 海洋沉积物质量评价结果

沉积物调查站位总数为 20 个，其中 19 个位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》范围内。位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》内的站位采用《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》的沉积物要求，其中 8 个站位执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）的第一类标准，11 个站位按照维持现状进行评价。1 个站位位于《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》外的站位按照保持现状进行评价。

调查海域海洋沉积物中各评价因子的标准指数值和超标率见表 3.2-14。

调查海域各站位石油类、有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬的标准指数均低于 1，符合海洋沉积物第一类质量标准要求，表明调查海域表层沉积物质量良好。

表 3.2-14 海洋沉积物中各评价因子的标准指数值和超标率

站位	评价标准	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P1	现状	0.12	0.01	0.05	0.14	0.35	0.11	0.28	0.44	0.19	0.01
P3	现状	0.24	0.01	0.05	0.14	0.33	0.21	0.30	0.42	0.21	0.01
P5	现状	0.06	0.05	0.05	0.15	0.36	0.12	0.30	0.36	0.19	0.01
P7	现状	0.08	0.01	0.04	0.14	0.35	0.13	0.31	0.47	0.21	0.01
P8	现状	0.15	0.02	0.06	0.14	0.35	0.10	0.27	0.37	0.16	0.01
P9	一类	0.13	0.07	0.06	0.14	0.34	0.12	0.26	0.40	0.18	0.01
P11	一类	0.20	0.01	0.05	0.11	0.28	0.12	0.30	0.40	0.22	0.01
P12	现状	0.27	0.01	0.05	0.12	0.35	0.14	0.32	0.43	0.23	0.01
P13	现状	0.16	0.01	0.06	0.13	0.25	0.13	0.30	0.41	0.21	0.01
P15	一类	0.14	0.01	0.05	0.13	0.31	0.14	0.28	0.40	0.18	0.01
P17	现状	0.21	0.01	0.07	0.14	0.27	0.12	0.30	0.42	0.20	0.01
P18	现状	0.16	0.01	0.07	0.15	0.62	0.16	0.30	0.45	0.22	0.01
P19	现状	0.14	0.02	0.05	0.15	0.37	0.14	0.28	0.42	0.22	0.01
P21	现状	0.15	0.01	0.07	0.17	0.33	0.15	0.33	0.41	0.23	0.02
P22	现状	0.15	0.01	0.09	0.15	0.40	0.14	0.32	0.46	0.24	0.01
P24	一类	0.17	0.01	0.09	0.12	0.29	0.14	0.31	0.39	0.20	0.01
P25	一类	0.18	0.01	0.12	0.12	0.35	0.12	0.32	0.40	0.20	0.02
P26	一类	0.27	0.01	0.09	0.12	0.41	0.12	0.35	0.40	0.21	0.02
P28	一类	0.23	0.01	0.08	0.11	0.38	0.12	0.34	0.39	0.21	0.01

站位	评价标准	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P30	一类	0.20	0.01	0.07	0.13	0.30	0.13	0.30	0.37	0.20	0.01
	最小值	0.06	0.01	0.04	0.11	0.25	0.10	0.26	0.36	0.16	0.01
	最大值	0.27	0.07	0.12	0.17	0.62	0.21	0.35	0.47	0.24	0.02
	超标率%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.2.6 海洋生态环境现状调查与评价

3.2.6.1 叶绿素 a 和初级生产力

a 叶绿素 a

调查海域表层水体的叶绿素 a 含量在 (0.04~0.09) mg/m³ 之间, 平均含量 0.06mg/m³; 10m 层的叶绿素 a 含量在 (0.04~0.09) mg/m³ 之间, 平均含量 0.06mg/m³; 50m 层的叶绿素 a 含量在 (0.06~0.29) mg/m³ 之间, 平均含量 0.13mg/m³; 100m 层的叶绿素 a 含量在 (0.14~0.34) mg/m³ 之间, 平均含量 0.20mg/m³; 底层水体的叶绿素 a 含量在 (0.08~0.26) mg/m³ 之间, 平均含量 0.16mg/m³。调查海区叶绿素 a 含量总体偏低, 为贫营养海区。调查海域各站叶绿素 a 含量见表 3.2-15。

表 3.2-15 叶绿素 a 和海洋初级生产力

站位	叶绿素 a(mg/m ³)						初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均	
P1	0.07	0.06	0.13	0.20	0.18	0.13	62.52
P2	0.07	0.08	0.14	0.29	0.20	0.16	51.95
P3	0.08	0.06	0.14	0.29	0.17	0.15	49.28
P4	0.09	0.09	0.25	—	0.23	0.17	54.95
P5	0.08	0.05	0.24	—	0.17	0.14	53.95
P6	0.07	0.07	0.08	0.18	0.19	0.12	47.15
P7	0.08	0.06	0.24	0.14	0.13	0.13	51.95
P8	0.07	0.08	0.29	0.16	0.12	0.14	57.54
P9	0.07	0.07	0.17	—	0.19	0.13	49.95
P10	0.08	0.06	0.12	—	0.19	0.11	44.96
P11	0.07	0.07	0.10	0.15	0.12	0.10	40.76
P12	0.06	0.06	0.11	0.17	0.12	0.10	41.56
P13	0.07	0.07	0.13	0.17	0.16	0.12	47.95
P14	0.07	0.08	0.11	—	0.16	0.11	41.96
P15	0.07	0.06	0.11	—	0.18	0.11	41.96
P16	0.05	0.05	0.07	0.17	0.12	0.09	51.06
P17	0.04	0.05	0.06	0.16	0.10	0.08	32.77
P18	0.05	0.06	0.14	0.17	0.13	0.11	43.96
P19	0.05	0.06	0.11	0.16	0.11	0.10	39.16
P20	0.05	0.05	0.10	—	0.15	0.09	34.97
P21	0.05	0.05	0.08	0.19	0.10	0.09	37.56
P22	0.06	0.05	0.08	0.17	0.08	0.09	35.16
P23	0.05	0.06	0.07	0.16	0.09	0.09	34.37
P24	0.06	0.06	0.08	0.17	0.10	0.09	37.56

站点	叶绿素 a(mg/m ³)						初级生产力
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均	(mg·C/(m ² ·d))
P25	0.05	0.05	0.09	—	0.13	0.08	31.97
P26	0.05	0.04	0.09	0.34	0.18	0.14	55.94
P27	0.05	0.06	0.11	0.26	0.19	0.13	53.55
P28	0.04	0.04	0.12	0.24	0.26	0.14	55.94
P29	0.06	0.04	0.09	0.26	0.22	0.13	53.55
P30	0.06	0.05	0.10	0.29	0.20	0.14	55.94
最小值	0.04	0.04	0.06	0.14	0.08	0.08	31.97
最大值	0.09	0.09	0.29	0.34	0.26	0.17	62.52
平均值	0.06	0.06	0.13	0.20	0.16	0.12	46.39

b 初级生产力

调查海域各站初级生产力变化范围为 (31.97~62.52) mg·C/(m²·d)，平均值为 46.39mg·C/(m²·d)。调查海域各站初级生产力的具体情况见表 3.2-15。

3.2.6.2 浮游植物

a 种类组成

调查海域共出现浮游植物 3 门 36 属 76 种 (名录见附表 2)。其中硅藻种类最多, 有 42 种, 占总物种数的 55.26%; 甲藻有 33 种, 占总物种数的 43.42%, 蓝藻有 1 种。

b 数量分布

调查海域浮游植物密度变化范围在(0.30~35.48)×10⁴个/m³之间, 平均密度为 10.57×10⁴个/m³。调查海域各站浮游植物密度分别见表 3.2-16。

表 3.2-16 调查各站浮游植物密度 (×10⁴ 个/m³)

站点	总密度	站点	总密度
P1	0.62	P19	13.63
P3	0.68	P21	2.30
P5	0.65	P22	5.86
P7	1.27	P24	14.05
P8	0.54	P25	18.08
P9	9.40	P26	4.91
P11	4.11	P28	34.11
P12	33.77	P30	1.90
P13	19.56	最小值	0.30
P15	0.30	最小值	35.48
P17	10.24	平均值	10.57
P18	35.48		

c 优势种

调查海域浮游植物优势种有细弱海链藻、长海毛藻、伏氏海毛藻、铁氏束毛藻、角毛藻属和短刺角毛藻, 其中有细弱海链藻为该区域第一优势种。

d 群落特征

调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围在 1.07~4.01 之间，平均值为 2.89，多样性指数一般；均匀度变化范围在 0.31~0.98 之间，平均值为 0.71，均匀性一般；丰富度指数变化范围在 0.56~2.45 之间，平均值为 1.65，丰富度一般。以上指标显示该海区浮游植物生态环境状况一般，物种多样性和均匀度表现一般。调查海域浮游植物群落特征指数见表 3.2-17。

表 3.2-17 浮游植物多样性指数、均匀度和丰富度（秋季）

站位	多样性指数	均匀度	丰富度	站位	多样性指数	均匀度	丰富度
P1	2.95	0.98	0.80	P19	2.79	0.64	1.69
P3	3.17	0.88	1.25	P21	3.43	0.79	1.89
P5	2.93	0.85	1.14	P22	4.01	0.85	2.28
P7	3.20	0.82	1.48	P24	3.74	0.79	2.19
P8	1.47	0.49	0.81	P25	3.21	0.73	1.65
P9	3.70	0.78	2.27	P26	1.07	0.38	0.56
P11	3.88	0.82	2.45	P28	2.58	0.55	1.96
P12	1.52	0.31	2.28	P30	2.95	0.77	1.32
P13	3.05	0.65	2.05	最小值	1.07	0.31	0.56
P15	2.72	0.91	0.87	最小值	4.01	0.98	2.45
P17	3.54	0.77	1.99	平均值	2.89	0.71	1.65
P18	1.86	0.39	2.11				

3.2.6.3 浮游动物

a 种类组成

调查海域共鉴定出浮游动物 14 类 279 种（名录见附表 3）。各类群中以桡足类种类数最多，共出现 90 种，占总种类数的 30.0%；其次为水母类，共 50 种，占总种类数的 16.7%。

b 生物量和生物密度

调查海域浮游动物生物密度的变化范围在（27.69~196.10）个/m³ 之间，平均为 99.86 个/m³。浮游动物生物量的变化范围在（19.27~461.80）mg/m³ 之间，平均为 120.69mg/m³。调查海域各站浮游动物生物量和生物密度见表 3.2-18。

表 3.2-18 浮游动物生物量及生物密度

站位	生物量 (mg/m ³)	生物密度 (个/m ³)	站位	生物量 (mg/m ³)	生物密度 (个/m ³)
P1	123.10	127.28	P19	110.26	81.54
P3	461.80	196.10	P21	70.48	92.11
P5	285.48	152.27	P22	104.28	71.50
P7	38.94	51.18	P24	88.27	92.98
P8	19.27	27.69	P25	157.97	161.25

站位	生物量 (mg/m ³)	生物密度 (个/m ³)	站位	生物量 (mg/m ³)	生物密度 (个/m ³)
P9	32.50	39.20	P26	55.17	55.10
P11	70.79	109.78	P28	117.41	117.10
P12	119.26	122.99	P30	113.55	69.71
P13	79.12	82.55	最小值	19.27	27.69
P15	144.84	160.24	最小值	461.80	196.10
P17	118.71	84.26	平均值	120.69	99.86
P18	102.61	99.99			

c 优势种

调查海域浮游动物占优势的种类为后圆真浮萤、肥胖箭虫、叉真刺水蚤、中型莹虾、普通波水蚤、飞龙翼箭虫、狭额次真哲水蚤和达氏筛哲水蚤。

d 群落特征

调查海域中各站位浮游动物种类多样性普遍较好，各站位多样性指数变化范围在 4.22~5.76 之间，平均值为 4.99，所有站位均属于较好水平。均匀度同样普遍较高，介于 0.65~0.86 之间，平均值为 0.76，表明海区浮游动物优势种优势度不高，有利于群落结构保持稳定。丰富度介于 10.34~18.11 之间，平均值为 15.28，丰富度较好。从各项群落指数来看，调查海区浮游动物种类十分丰富，多样性水平较高，群落种间均匀度良好，群落结构较为稳定，表明海区水体环境较好。调查海域各站浮游动物群落特征指数分析统计结果见表 3.2-19。

表 3.2-19 浮游动物多样性指数、均匀度和丰富度

站位	多样性指数	均匀度	丰富度	站位	多样性指数	均匀度	丰富度
P1	4.22	0.65	13.08	P19	5.31	0.78	16.28
P3	4.65	0.73	12.79	P21	5.10	0.76	17.93
P5	4.24	0.71	10.34	P22	5.23	0.78	15.89
P7	4.85	0.75	16.08	P24	5.76	0.86	16.62
P8	5.08	0.81	17.61	P25	4.79	0.74	12.36
P9	4.99	0.78	16.78	P26	5.33	0.80	18.11
P11	4.91	0.73	16.17	P28	5.41	0.81	15.19
P12	4.55	0.68	15.54	P30	4.98	0.77	13.48
P13	5.01	0.75	15.83	最小值	4.22	0.65	10.34
P15	4.80	0.74	12.58	最小值	5.76	0.86	18.11
P17	5.50	0.82	17.04	平均值	4.99	0.76	15.28
P18	5.07	0.76	15.83				

3.2.6.4 底栖生物

a 种类组成

调查海域共鉴定出底栖生物 8 大门类 166 种（名录见附表 4），其中节肢动物种类最

多，有 58 种，约占总种数的 34.9%；软体动物次之，有 35 种，占总种数的 21.1%；脊索动物有 34 种，占总种数的 20.5%；环节动物有 17 种，占总种数的 10.2%；棘皮动物有 15 种，占总种数的 9.0%；腔肠动物有 5 种，占总种数的 3.0%；其他类群比例较低。

b 生物量和栖息密度

调查海域底栖生物生物量变化范围在 (0.05~3.33) g/m² 之间，平均为 0.74g/m²。底栖生物生物密度变化范围在 (5~55) 个/m² 之间，平均为 15.75 个/m²。调查海域各站位底栖生物的生物量和生物密度见表 3.2-20。

表 3.2-20 底栖生物的生物密度和生物量 (秋季)

站位	生物量 (g/m ²)	生物密度 (个/m ²)	站位	生物量 (g/m ²)	生物密度 (个/m ²)
P1	0.09	10	P19	0.23	15
P3	1.35	15	P21	0.32	5
P5	3.33	20	P22	0.71	10
P7	0.05	5	P24	0.24	20
P8	0.43	10	P25	0.7	35
P9	1.34	15	P26	0.75	10
P11	0.19	10	P28	1.76	55
P12	1.65	5	P30	0.14	15
P13	0.31	15	最小值	0.05	5
P15	0.43	15	最小值	3.33	55
P17	0.25	10	平均值	0.74	15.75
P18	0.43	20			

c 群落特征

调查海域中各站位底栖生物多样性指数变化在 2.95~5.01 间，平均值为 3.91；均匀度变化在 0.71~0.94 之间，平均值为 0.86；丰富度变化在 2.64~6.27 之间，平均值为 3.77。调查区底栖生物多样性指数、丰富度和均匀度的均值都较高，显示底栖生物群落结构稳定，生物多样性丰富，不同种类数量分布均匀度高。调查海域各站底栖生物群落特征指数分析统计结果见表 3.2-21。

表 3.2-21 底栖生物多样性指数、均匀度和丰富度

站位	多样性指数	均匀度	丰富度	站位	多样性指数	均匀度	丰富度
P1	3.74	0.82	3.52	P19	3.33	0.77	2.94
P3	5.01	0.93	6.27	P21	4.26	0.91	4.17
P5	3.52	0.86	2.97	P22	4.55	0.92	4.96
P7	4.00	0.9	3.65	P24	4.48	0.93	4.63
P8	3.51	0.81	3.37	P25	4.43	0.94	4.43
P9	3.17	0.79	2.64	P26	4.28	0.88	4.51
P11	3.87	0.82	3.79	P28	4.16	0.86	3.88
P12	4.31	0.91	4.12	P30	4.05	0.87	3.71
P13	3.59	0.85	2.91	最小值	2.95	0.71	2.64
P15	3.34	0.84	2.64	最小值	5.01	0.94	6.27
P17	2.95	0.71	2.76	平均值	3.91	0.86	3.77
P18	3.69	0.82	3.49				

3.2.7 海洋生物质量现状调查与评价

3.2.7.1 主要污染物含量状况

调查海域在 16 个站位采集到 22 个生物样品，包括鱼类 15 个，甲壳类 6 个，软体类 1 个。生物体内污染物含量见表 3.2-22。

表 3.2-22 秋季调查生物质量分析结果（湿重： $\times 10^{-6}$ ）

站位	种名	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油类
P3	黄鳍马面鲀	0.047	4.6	0.2	0.5	0.03	5.6	nd	4.52
P3	短蛸	0.038	5.2	1.8	nd	nd	2.0	nd	3.77
P5	琉球角魴鯆	0.096	3.7	0.4	nd	0.03	3.8	nd	1.48
P8	鳄齿鱼	0.026	1.3	0.2	nd	nd	4.3	nd	1.29
P8	武士蟳	0.099	5.7	2.8	nd	0.06	10.1	nd	2.70
P9	网纹裸胸鳝	0.016	1.4	0.1	nd	0.08	2.6	nd	nd
P11	深水金线鱼	0.122	4.5	0.1	1.2	0.03	3.8	nd	0.50
P12	日本瞳鲷	0.044	1.8	0.3	0.2	0.14	3.4	nd	0.41
P13	栉管鞭虾	0.077	7.6	3.2	0.2	0.27	8.7	nd	1.21
P15	羊舌鲆	0.014	0.8	0.3	nd	nd	4.7	nd	1.83
P17	鲷	0.035	0.7	nd	0.1	nd	nd	nd	0.68
P17	假长缝拟对虾	0.023	2.2	1.7	0.4	0.08	4.0	nd	1.26
P19	须赤虾	0.072	6.0	1.1	0.0	0.03	4.5	nd	0.22
P21	羊舌鲆	0.092	0.5	0.3	1.5	nd	nd	nd	0.38
P22	尖尾鳎	0.069	3.2	nd	0.0	nd	1.7	nd	nd
P24	前肛鳎	0.063	2.2	0.3	0.2	0.07	8.3	nd	1.78
P25	深水金线鱼	0.132	0.9	nd	nd	nd	1.7	nd	1.34
P28	前肛鳎	0.021	1.4	0.6	0.7	0.06	7.6	nd	4.21
P28	琉球角魴鯆	0.015	2.0	0.6	0.6	nd	3.9	nd	2.33
P28	须赤虾	0.017	5.8	1.3	0.3	nd	5.5	nd	2.99
P28	六突拟对虾	0.094	2.1	0.9	nd	0.05	2.0	nd	0.90
P30	宽条天竺鱼	0.057	2.7	0.3	1.0	nd	2.7	nd	2.27

注：“nd”表示未检出。

3.2.7.2 生物质量评价结果

调查海域中底栖生物样品中，鱼类、甲壳类和软体类的各项评价因子均满足生物质量标准的要求。调查海域底栖生物生物质量各评价因子的单项标准指数见表 3.2-23。

表 3.2-23 海洋生物质量标准指数值

站位	种名	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油类
P3	黄鳍马面鲀	0.16	0.01	0.26	0.04	0.14	0.23
P3	短蛸	0.13	0.02	0.01	0.00	0.01	0.19
P5	琉球角魴鯆	0.32	0.02	0.03	0.05	0.10	0.07
P8	鰐齿鱼	0.09	0.01	0.03	0.02	0.11	0.06
P8	武士蟳	0.50	0.03	0.03	0.03	0.07	0.14
P9	网纹裸胸鳝	0.05	0.01	0.03	0.13	0.07	0.01
P11	深水金线鱼	0.41	0.01	0.59	0.05	0.10	0.03
P12	日本瞳鲷	0.15	0.01	0.09	0.24	0.08	0.02
P13	栉管鞭虾	0.39	0.03	0.12	0.13	0.06	0.06
P15	羊舌鲆	0.05	0.01	0.03	0.02	0.12	0.09
P17	鲷	0.12	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03
P17	假长缝拟对虾	0.12	0.02	0.22	0.04	0.03	0.06
P19	须赤虾	0.36	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01
P21	羊舌鲆	0.31	0.01	0.73	0.02	0.00	0.02
P22	尖尾鳎	0.23	0.00	0.02	0.02	0.04	0.01
P24	前肛鳎	0.21	0.01	0.11	0.12	0.21	0.09
P25	深水金线鱼	0.44	0.00	0.03	0.02	0.04	0.07
P28	前肛鳎	0.07	0.03	0.36	0.10	0.19	0.21
P28	琉球角魴鯆	0.05	0.03	0.30	0.02	0.10	0.12
P28	须赤虾	0.09	0.01	0.13	0.01	0.04	0.15
P28	六突拟对虾	0.47	0.01	0.03	0.02	0.01	0.05
P30	宽条天竺鱼	0.19	0.01	0.50	0.02	0.07	0.11
鱼类	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
甲壳类	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
软体类	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%

3.2.8 渔业资源现状调查与评价

3.2.8.1 调查概况

本节根据广东海洋大学于 2019 年 9 月调查资料以及相关科研成果编写。

a 调查时间和范围

渔业资源调查范围为文昌油田群周边海域，调查时间为 2019 年 9 月 5 日~10 日。

b 调查站位布设

秋季渔业资源调查共设 12 个调查站位，调查站位布设见图 3.2-3 和 表 3.2-24。

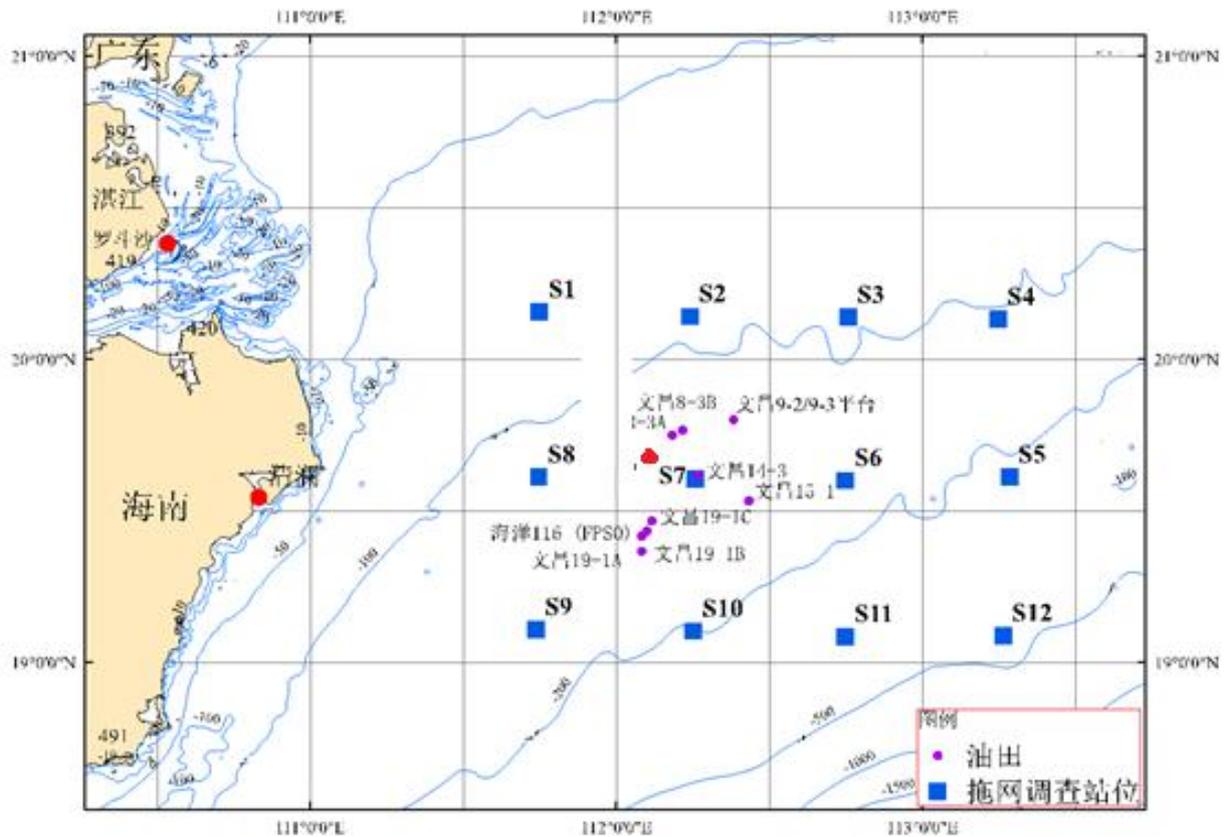


图 3.2-3 渔业资源调查站位

表 3.2-24 渔业资源调查站位坐标

站位	经度	纬度	调查内容
S1			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S2			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S3			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S4			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S5			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S6			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S7			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S8			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S9			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S10			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S11			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼
S12			游泳动物, 鱼卵仔稚鱼

c 调查取样和分析方法

• 游泳动物

游泳动物拖网调查租用拖网渔船桂北渔 31888 完成, 网口周长 44m, 最小网目尺寸 2.5cm, 拖速为 3nm/h。对渔获物进行分品种渔获重量和尾数统计, 记录网产量, 并对每个品种进行生物学测定 (体长、体重、成幼体等)。

拖网资源密度的估算采用扫海面积法。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$D = \frac{C}{qa}$$

式中：D—渔业资源密度，单位为尾/km²或 kg/km²；

C—平均每小时拖网渔获量，单位为尾/网/h或 kg/网/h；

a—每小时网具取样面积，单位为 km²/网/h；

q—网具捕获率，取值范围为 0~1，本报告中取 0.5。

• 鱼卵、仔稚鱼

鱼卵、仔稚鱼定量样品采集使用大型浮游生物网（口径 80cm）自海底垂直采样，完整性样本采集使用大型浮游生物网于表层水平拖曳 15min，拖速 1.5kn。采集的标本经 0°C 预冷的中性甲醛溶液固定后室温保存，实验室内挑拣鱼卵仔稚鱼，完成种类鉴定与计数。

鱼卵仔稚鱼密度的计算公式：

$$G=N/V$$

式中：

G—单位体积海水中的鱼卵或仔稚鱼个数，单位为粒/立方米或尾/立方米（尾/m³）；

N—全网采集到的鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒或尾；

V—滤水量，单位为立方米（m³）。

• 相对重要性系数

对于生物群落结构，不同物种的重要性是不相同的，其生态优势度也具有一定差异。优势种即是具有成功的生态学条件的物种，在此条件下，该物种对其他相联系的物种具有一定的控制能力。本文使用相对重要性指数 IRI（Pinkas, 1971）来衡量各渔获物类群的生态优势度：

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

式中：N—某一渔获种类的数量占总渔获数量的百分比（%）

W—该渔获种类的重量占总渔获质量的百分比（%）

F—该渔获种类在各站位的渔获物中出现的频率（%）

IRI≥1000 的种类称为优势种，1000>IRI≥100 的种类称为重要种。

3.2.8.2 鱼类资源状况

a 种类组成

本次调查共捕获鱼类 207 种，隶属于 26 目 83 科 141 属，其中经济价值较高的种类有

31种，占鱼类种类数的14.98%；经济价值一般的种类有74种，占鱼类种类数的35.75%；经济价值较低种类有102种，占鱼类种类数的49.28%。

b 渔获率

调查海域鱼类拖网渔获率重量变化范围为（18.46~426.84）kg/h，平均为80.01kg/h；拖网渔获率数量变化范围为（881~9364）尾/h，平均为2617尾/h（见表3.2-25）。

表 3.2-25 鱼类渔获率

站位	重量(kg/h)	尾数(尾/h)	站号	重量(kg/h)	尾数(尾/h)
S1	27.94	1605	S9	118.87	2986
S2	41.81	1930	S10	43.05	1496
S3	96.92	3587	S11	39.80	881
S4	54.94	2986	S12	18.59	1819
S5	426.84	9364	最小值	18.46	881
S6	18.46	1584	最大值	426.84	9364
S7	27.71	1675	平均值	80.01	2617
S8	45.21	1490			

c 资源密度和资源量评估

调查海域渔获鱼类重量资源密度变化范围为（226.48~5238.01）kg/km²，平均重量资源密度为981.88kg/km²；鱼类个体资源密度变化范围为（10815~114916）尾/km²，平均个体资源密度为32115尾/km²。调查海域各站鱼类资源密度见表3.2-26。

表 3.2-26 鱼类资源密度

站位	尾数密度（尾/km ² ）	重量密度(kg/km ²)
S1	19691	342.91
S2	23680	513.11
S3	44021	1189.32
S4	36642	674.24
S5	114916	5238.01
S6	19441	226.48
S7	20556	340.06
S8	18283	554.8
S9	36648	1458.69
S10	18364	528.33
S11	10815	488.4
S12	22321	228.15
最小值	10815	226.48
最大值	114916	5238.01
平均值	32115	981.88

d 优势种

调查海域鱼类优势种有4种，分别是蓝圆鲹、黄鳍马面鲀、深水金线鱼和短尾大眼鲷。

调查海域鱼类优势种的重要性指数 IRI 见表 3.2-27。

表 3.2-27 鱼类优势种

种类	IRI
蓝圆鲹	4155
黄鳍马面鲀	3188
深水金线鱼	1715
短尾大眼鲷	1226

e 幼体比例

秋季鱼类幼体占鱼类总数量的比例为 48.98%。秋季鱼类幼体平均渔获密度为 18604 尾/km²。

3.2.8.3 头足类资源

a 种类组成

秋季共捕获头足类 23 种，隶属于 4 目 5 科 6 属，其中以乌贼科最多（11 种），头足类名录见附表 5。

b 渔获率

秋季调查海域拖网渔获头足类重量渔获率变化范围为（1.43~38.66）kg/h，平均为 12.36kg/h；拖网渔获头足类数量渔获率变化范围为（36~556）尾/h，平均为 278 尾/h（见表 3.2-28）。

表 3.2-28 头足类渔获率

站位	重量(kg/h)	尾数(尾/h)	站号	重量(kg/h)	尾数(尾/h)
S1	6.26	86	S9	16.24	468
S2	15.12	556	S10	15.31	200
S3	20.08	375	S11	6.12	62
S4	1.43	36	S12	1.68	128
S5	38.66	252	最小值	1.43	36
S6	5.09	183	最大值	38.66	556
S7	9.68	536	平均值	12.36	278
S8	12.65	456			

c 资源密度和资源量评估

秋季调查海域头足类渔获重量资源密度变化范围为（17.51~474.41）kg/km²，平均为 151.68kg/km²；头足类数量资源密度变化范围为（443~6821）尾/km²，平均为 3413 尾/km²。秋季调查各站头足类资源密度见表 3.2-29。

表 3.2-29 头足类资源密度

站位	尾数密度 (尾/km ²)	重量密度(kg/km ²)
S1	1060	76.79
S2	6821	185.56
S3	4603	246.36
S4	443	17.51
S5	3092	474.41
S6	2244	62.46
S7	6575	118.84
S8	5595	155.24
S9	5742	199.34
S10	2451	187.91
S11	765	75.06
S12	1567	20.62
最小值	443	17.51
最大值	6821	474.41
平均值	3413	151.68

d 优势种

秋季调查头足类优势种均为 1 种，为中国枪乌贼，头足类优势种的重要性指数 IRI 为 5227。

3.2.8.4 甲壳类资源

a 种类组成

调查海域共捕获甲壳类 56 种，隶属于 2 目 22 科 37 属，其中以长额虾科最多（9 种），其次为对虾科（8 种），梭子蟹科第三（6 种），其余科均小于 5 种。

b 渔获率

调查海域甲壳类渔获率重量变化范围为（0.06~5.15）kg/h，平均为 1.80kg/h；渔获率数量变化范围为（1~1072）尾/h，平均为 224 尾/h（见表 3.2-30）。

表 3.2-30 甲壳类渔获率

站位	重量(kg/h)	尾数(尾/h)	站号	重量(kg/h)	尾数(尾/h)
S1	2.51	725	S9	3.14	25
S2	0.96	48	S10	0.09	4
S3	0.31	13	S11	5.15	164
S4	4.39	1072	S12	0.81	79
S5	0.06	1	最小值	0.06	1
S6	1.83	529	最大值	5.15	1072
S7	1.51	18	平均值	1.80	224
S8	0.84	5			

c 资源密度和资源量评估

调查海域甲壳类渔获重量变化范围为(0.68~63.23) kg/km², 平均为 22.09kg/km²; 甲壳类数量变化范围为(11~13161) 尾/km², 平均为 2745 尾/km²。调查海域各站甲壳类资源密度见表 3.2-31。

表 3.2-31 甲壳类资源密度

站位	尾数密度 (尾/km ²)	重量密度(kg/km ²)
S1	8903	30.83
S2	588	11.77
S3	158	3.84
S4	13161	53.90
S5	11	0.68
S6	6497	22.40
S7	227	18.48
S8	60	10.35
S9	303	38.56
S10	54	1.09
S11	2008	63.23
S12	968	9.95
最小值	11	0.68
最大值	13161	63.23
平均值	2745	22.09

d 优势种

调查海域甲壳类优势种有 3 种, 分别为卷折馒头蟹、武士蟳和银光梭子蟹。调查海域甲壳类优势种的 IRI 指数见表 3.2-32。

表 3.2-32 甲壳类优势种

种类	IRI
卷折馒头蟹	1784
武士蟳	1140
银光梭子蟹	1124

e 幼体比例

甲壳类幼体占总数量的比例为 57.93%。秋季甲壳类幼体平均渔获密度为 1590 尾/km²。

3.2.8.5 总资源评估

渔业资源的平均重量资源密度和平均个体资源密度分别为 1155.64kg/km² 和 38273 尾/km²。其中: 鱼类成体平均渔获密度为 732.79kg/km²; 幼体平均渔获密度为 18604 尾/km²。甲壳类成体平均渔获密度为 15.34kg/km²; 幼体平均渔获密度为 1590 尾/km²。头足类渔获重量资源密度平均为 151.67kg/km²; 头足类个体资源密度平均为 3413 尾/km²。综上, 渔

业资源秋季成体平均重量资源密度为 899.791kg/km²，幼体平均个体资源密度为 20194 尾/km²。

3.2.8.6 鱼卵、仔稚鱼

a 种类组成

调查海域共获得鱼卵和仔稚鱼 23 种，其中鲈形目种类数最多，有 12 种；其次为灯笼鱼目，有 4 种。颌针鱼目有 3 种，鲉形目 2 种，鳕形目和鳗鲡目 1 种。本次调查鱼卵、仔稚鱼名录见附表 6。

b 资源密度

调查海域在垂直采样中，鱼卵密度变化范围为（4~96）粒/100m³，平均密度为 36 粒/100m³；仔稚鱼密度变化范围为（2~143）尾/100m³，平均密度为 27 尾/100m³。各站鱼卵、仔稚鱼的密度见表 3.2-33。

表 3.2-33 秋季鱼卵、仔稚鱼垂直采样密度

站位	鱼卵（粒/100m ³ ）	仔稚鱼（粒/100m ³ ）
S1	30	48
S2	22	4
S3	19	15
S4	21	30
S5	4	2
S6	16	4
S7	84	8
S8	20	17
S9	96	23
S10	26	19
S11	65	143
S12	31	6
最小值	4	2
最大值	96	143
平均值	36	27

3.2.9 鸟类现状及迁徙路线

通过附近的平台观察，本项目海域有少量鸥科、燕科、鹭科鸟类飞行，主要为黑尾鸥、家燕和大白鹭。另据有关资料，迁徙季节有夜鹰科、雨燕科、鹭科和鸥科鸟类迁飞路过。

鸟类在全球的迁徙路线可分为 8 个主要迁飞区，我国南部沿海位于其中最大的东亚-澳大利西亚迁徙通道上（图 3.2-4），是多种候鸟迁徙的中途停歇驿站和越冬地，其中沿海滩涂是迁徙鸟类主要集中栖息区域。

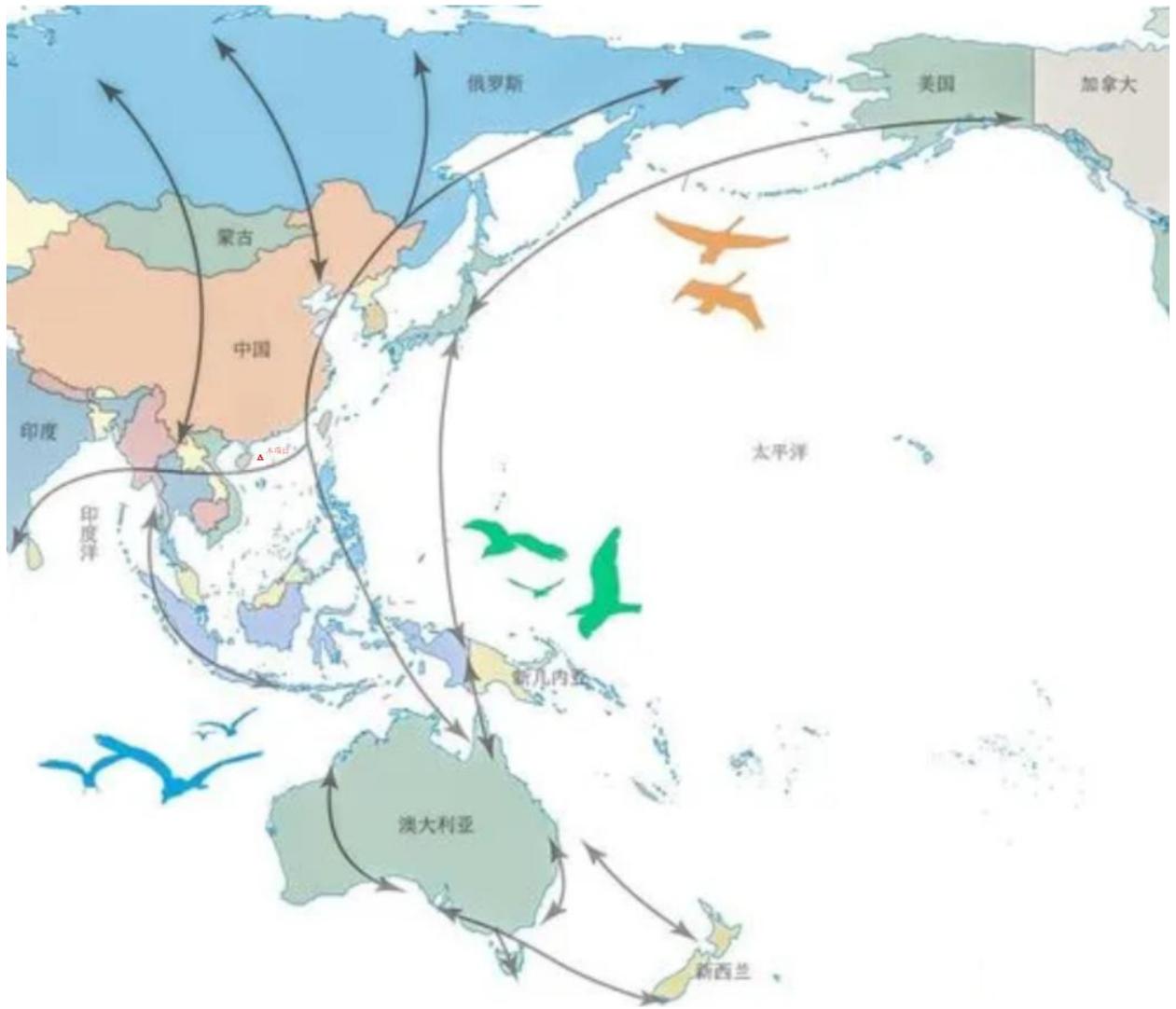


图 3.2-4 东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线示意图

鸟类的迁徙路线虽然在大尺度上可能体现出空间上的近似关系，但是具体的迁飞路径、停歇地点有很大的种间变异，甚至种内的不同种群之间均有变异。目前研究表明，大部分迁徙性鸟类的连续飞行距离较长，经常进行上千公里甚至数千公里的连续飞行。另据研究资料（图 3.2-5），候鸟迁徙飞行高度一般在 300 m 以上，普通鸟类迁徙飞行高度在 400 m 以下，鹤类在 300-500 m，鸕、雁等最高可达 900 m。本区主要沿海岸迁徙飞行种类为鸕类、鹭类、小型雁鸭类、鸥类，飞行高度一般为 300 m-400m 之间。大部分鸟类在飞行穿过风机时，会显著提升飞行高度以避免碰撞。另外，在不良的气象条件下，如大雾、降雨或强风时，大气能见度降低，鸟类也会降低飞行高度。

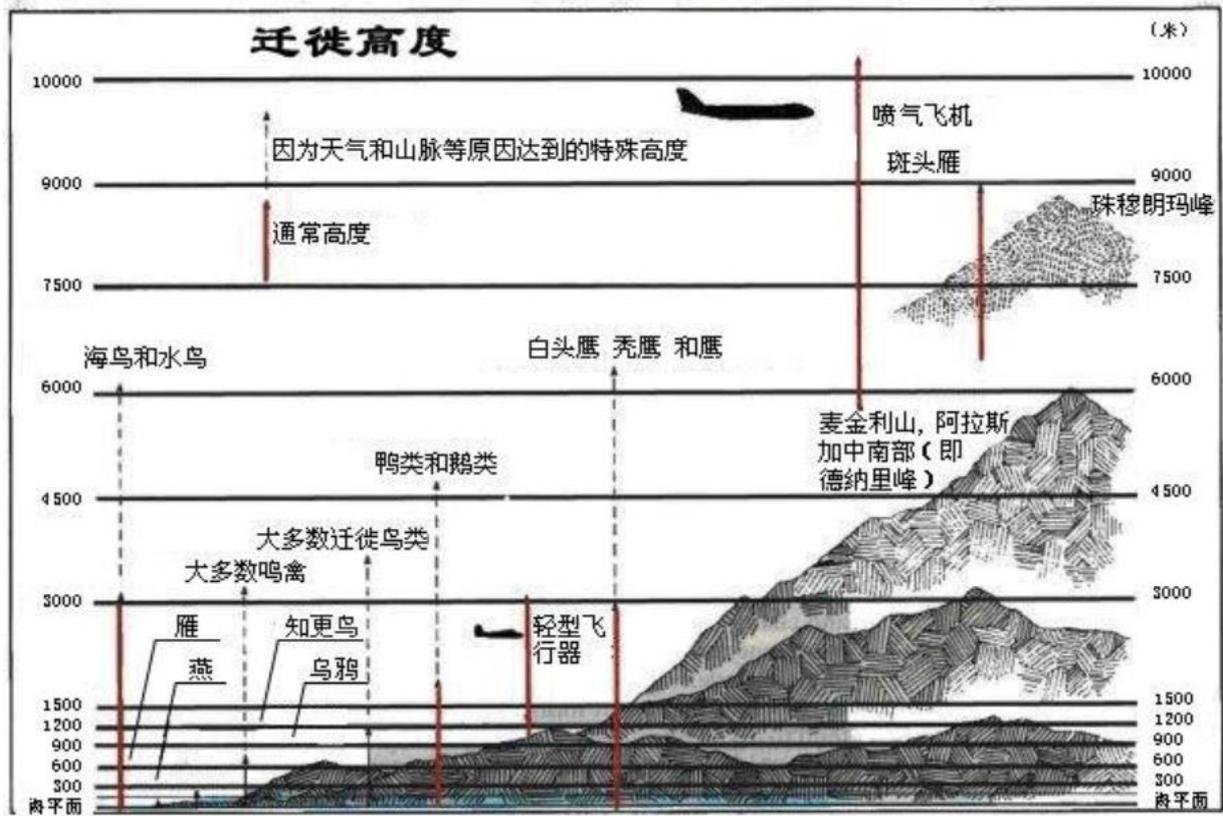


图 3.2-5 不同鸟类类群的飞行高度示意图

3.3 生态环境保护目标

本节首先分析周边海域的环境敏感目标，然后将本项目可能影响到的敏感目标及环境要素作为生态环境保护目标。

3.3.1 海洋保护区

文昌海域的海洋保护区主要有七洲列岛海洋保护区、铜鼓岭海洋保护区、文昌麒麟菜海洋保护区。本项目附近主要保护区分布见图 3.3-1。

3.3.1.1 七洲列岛海洋保护区

七洲列岛海洋保护区位于文昌市东北海域，面积 21178.91 公顷。海洋环境保护管理要求为：保护岛上的鸟类及其生态环境；执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。本项目距离该海洋保护区最近的是约为 83.7km。

3.3.1.2 铜鼓岭海洋保护区

铜鼓岭海洋保护区位于文昌市龙楼镇，宝陵河口的口岩至春桃村，岸线长 18.54km，面积为 3629.49 公顷，该海域内建有铜鼓岭国家级自然保护区。海洋环境保护管理要求为：保护海岸地形地貌和珊瑚礁及其生态系统；执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量

标准，一类海洋生物质量标准。本项目距离该海洋保护区约 100.5km。

3.3.1.3 文昌麒麟菜海洋保护区

文昌麒麟菜海洋保护区包括抱虎角片区和铜鼓岭-冯家湾片区，总岸线长 54.84km，面积 14225.09 公顷。海洋环境保护管理要求为：保护珊瑚礁、海草床、麒麟菜及其生态环境，保护海洋生物多样性，保护海底管线；执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。本项目距离文昌麒麟菜海洋保护区（抱虎角片区）最近约为 120.7km；距离文昌麒麟菜海洋保护区（铜鼓岭-冯家湾片区）最近约为 111.7km。

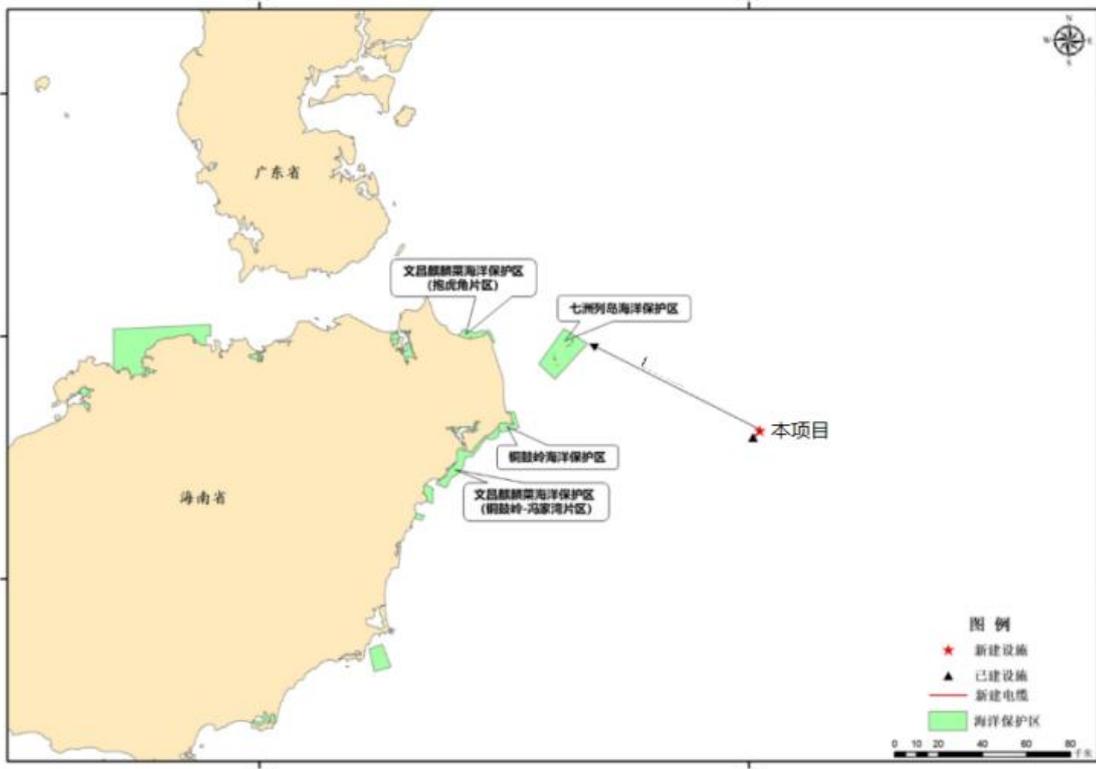


图 3.3-1 海南岛近海海洋保护区

3.3.2 产卵场

本节根据广东海洋大学编制的《文昌油田群产能释放二期项目渔业资源及渔业生产现状调查与评价》编写，其中的产卵场资料来源于“中国海洋渔业水域图（第一批），农业部，2002 年 8 月”。本项目附近主要产卵场分布见图 3.3-2。上述鱼类为渔业捕捞作业的主要经济鱼类，而非珍稀濒危保护物种，亦非本海区特有的物种。

a 黄鲷南海北部产卵场

黄鲷南海北部产卵场在南海分布广而狭，处于外海，沿着 90m 等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海，水深分布范围为 77~119m，产卵盛期为 1 月。黄鲷鱼卵为浮性卵，一般分布在水表层。本项目距离该产卵场约 18.6km。

b 绯鲤类产卵场

南海北部绯鲤类产卵场共有 4 处，其中与油田较近的产卵场为海南岛以东近海绯鲤类产卵场和珠江口-粤西外海绯鲤类产卵场。海南岛以东近海绯鲤类产卵场分布范围为 $110^{\circ}40' \sim 112^{\circ}00'E$ ， $19^{\circ}00' \sim 19^{\circ}30'N$ ，水深范围为 53~123m，产卵盛期为 5~7 月。珠江口-粤西外海绯鲤类产卵场分布范围为 $111^{\circ}30' \sim 114^{\circ}40'E$ ， $19^{\circ}50' \sim 21^{\circ}N$ ，分布水深为 60~100m，产卵盛期为 5 月。绯鲤鱼卵是否为浮性卵，目前研究尚不能确定。本项目距离海南岛以东近海绯鲤类产卵场约 66.6km，距离珠江口-粤西外海绯鲤类产卵场约 42.2km。

c 深水金线鱼产卵场

深水金线鱼产卵场在南海北部的分布范围很广，从海南岛东岸 $110^{\circ} 30' E$ 一直延伸到 $117^{\circ}00'E$ 的水深 90~200m 范围内均有分布，主要产卵盛期为 5~7 月。深水金线鱼鱼卵为浮性卵，一般分布在海水表层。本项目位于该产卵场内。

d 短尾大眼鲷产卵场

短尾大眼鲷南海北部产卵场分布范围较广，大约在 71~107m 等深线内，由海南岛东部向东北延伸到汕尾外海（ $110^{\circ}50' \sim 115^{\circ}45'E$ ），连成一条狭长海区，产卵期盛为 5 月。短尾大眼鲷鱼卵为浮性卵，一般分布在海水表层。本项目距离该产卵场约 43.6km。

e 鲈鱼粤西外海区产卵场

南海北部鲈鱼产卵场共有 4 处，其中与油田距离较近的产卵场为粤西外海区鲈鱼产卵场。粤西外海区产卵场分布范围为 $110^{\circ}15' \sim 113^{\circ}50'E$ ， $18^{\circ}15' \sim 19^{\circ}20'N$ ，水深分布范围为 90~200m，产卵盛期为 4~5 月。鲈鱼鱼卵为浮性卵，一般分布在海水表层。本项目距离该产卵场约 52.9km。

f 金线鱼产卵场

金线鱼产卵场分布范围较广，由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近（ $111^{\circ}45' \sim 115^{\circ}45'E$ ），水深 25~107m 范围，主要 40-80m 范围内，产卵盛期为 3~5 月。金线鱼鱼卵为浮性卵，一般分布在海水表层。本项目距离该产卵场约 86.6km。

g 蓝圆鲹粤西外海区产卵场

蓝圆鲹是南海北部重要的经济鱼类之一，其产卵场共有 5 处，其中与项目最近的产卵场为蓝圆鲹粤西外海区产卵场，产卵场介于 $110^{\circ}30' \sim 112^{\circ}40'E$ ， $18^{\circ}15' \sim 20^{\circ}05'N$ 之间的海域，水深范围为 70-180m。蓝圆鲹属于分批产卵型，产卵期长是蓝圆鲹的特点之一，这在海洋复杂的环境中，对于维护其种群数量有重要的作用，以 4~5 月为产卵盛期。蓝圆鲹鱼卵为浮性卵，一般分布在海水表层。本项目位于粤西外海区蓝圆鲹产卵场内。

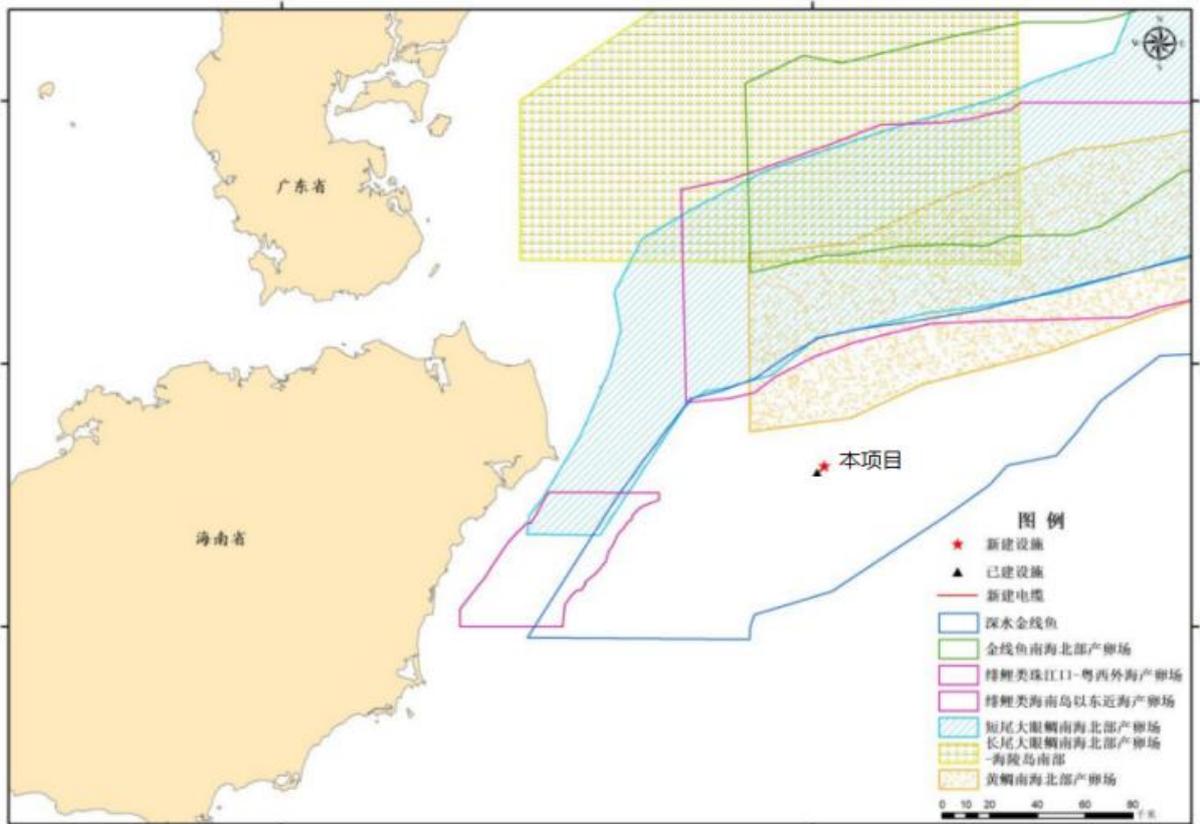
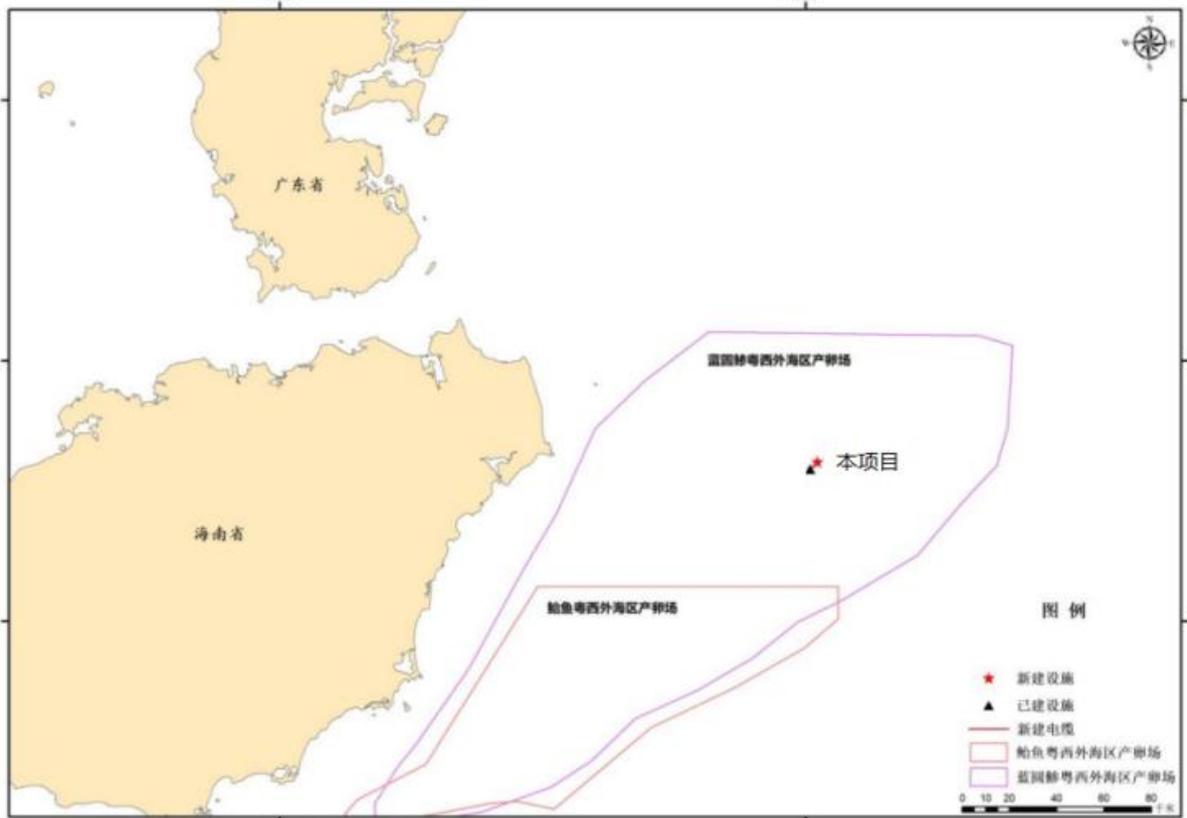


图 3.3-2 本项目附近产卵场

3.3.3 环境保护目标筛选

根据上述分析，本项目位于蓝圆鲹粤西外海区产卵场、深水金线鱼产卵场内，距离其他环境敏感目标均较远。此外，本项目所在海域的海水水质、海洋沉积物、海洋生物也作为本项目的环境保护目标，综上，本项目环境保护目标见表 3.3-1。

表 3.3-1 本项目环境保护目标

类型	环境保护目标	与风机距离 (km)	环境保护管理要求	敏感期
环境要素	海水水质	/	水质类型维持现状	/
	海洋沉积物	/	沉积物类型维持现状	/
	海洋生物	/	海洋生态(包括渔业资源)群落结构不因本项目建设而发生明显改变。	/
产卵场	深水金线鱼产卵场	包含	海洋生态(包括渔业资源)群落结构不因本项目建设而发生明显改变。	产卵盛期 5~7 月
	粤西外海区蓝圆鲹产卵场	包含	海洋生态(包括渔业资源)群落结构不因本项目建设而发生明显改变。	产卵盛期 4~5 月

3.4 评价标准

3.4.1 环境质量标准

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于珠江口盆地矿产与能源区范围内。珠江口盆地矿产与能源区海域使用管理要求：海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状。本项目采用的环境质量标准详见表 3.4-1。

表 3.4-1 环境质量标准

项目	采用标准	等级	适用对象
海水水质	海水水质标准 (GB3097-1997)	执行所在功能区划的相应标准	环境质量现状评价
海洋沉积物	海洋沉积物质量标准 (GB18668—2002)		海洋沉积物质量评价
海洋生物	海洋生物质量 (GB18421-2001)		海洋贝类（双壳类）的生物质量评价
	全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程	/	甲壳类、软体类和鱼类的重金属生物质量评价（石油类、砷和碲除外）
	第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）	/	软体类和鱼类的石油类生物质量评价

3.4.2 污染物排放标准

本项目位于中国南海珠江口西部海域，距海南省文昌市以东约 130km。本项目在建设和运营期产生的污染物的处理与排放所执行的标准值见表 3.4-2。

表 3.4-2 污染物排放标准

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
船舶机舱污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	/	含油量≤15mg/l 排放应在船舶航行中进行	建设/运营期船舶含油污水排放
船舶生活污水	船舶水污染物排放控制标准(GB3552-2018)	/	采用下列方式之一进行处理,不得直接排海: a) 利用船载收集装置,排入接收设施; b) 利用船载生活污水处理装置处理,达到以下规定要求后在航行中排放:(1)在2012年1月1日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶, BOD ₅ ≤50mg/l, SS≤150 mg/l, 耐热大肠菌群≤2500 个/l; (2)在2012年1月1日以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶, BOD ₅ ≤25 mg/l, SS≤35mg/l, 耐热大肠菌群≤1000 个/l, COD _{Cr} ≤125mg/l, pH: 6-8.5, 总氯(总余氯) <0.5mg/l。 污染物排放监控位置:生活污水处理装置出水口。	距最近陆地3海里以内(含)的海域产生的船舶生活污水
			同时满足下列条件: (1)使用设备打碎固形物和消毒后排放; (2)船速不低于4节,且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	3海里<与最近陆地间距离≤12海里的海域
			船速不低于4节,且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地间距离>12海里的海域
船舶垃圾	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	/	禁止排海,收集并排入接收设施	塑料、废弃食用油、生活废弃物等
			在距最近陆地3海里以内(含)的海域,应收集并排入接收设施;在距最近陆地3海里至12海里(含)的海域,粉碎或磨碎至直径不大于25mm后方可排放;在距最近陆地12海里以外的海域可以排放。	食品废弃物
生产垃圾	《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)	三级	禁止排放或废弃入海	海上施工阶段及生产阶段生活处置

四、生态环境影响分析

4.1 施工期生态环境影响分析

4.1.1 铺设海缆影响预测

本项目铺设1条海上浮式发电机组至WC13-2 WHPB平台的海底电缆,进行挖沟埋设,铺设过程中产生悬浮物。本节利用数值模拟方法对悬浮物影响进行预测,并根据预测结果分析与评价对海洋生态环境的影响。

4.1.1.1 海域流场模型

a 海流模型

模型建立在基于流体静压假定的三维不可压雷诺平均N-S方程的解决方案的基础上,其基本方程如下。

连续方程:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

x向动量方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) + f_x$$

y向动量方程:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial v}{\partial z} \right) - f_y$$

z向动量方程:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial w}{\partial z} \right) - g$$

式中:

t—时间 (s);

g—重力加速度 (m/s²);

ρ—海水密度 (kg/m³);

x, y, z—笛卡尔坐标系;

u, v, w—x, y, z方向上的速度分量(m/s);

P—水压力 (kg/m³);

N_x, N_y, N_z—x, y, z方向上的紊动粘性系数 (m²/s)。

- 边界条件

关于u、v和w的表面及底部边界条件为:

在z = η处:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0$$

$z = -d$ 处:

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中, (τ_{bx}, τ_{by}) 为底部摩擦应力在 x 及 y 方向上的分量。

固体侧边界条件:

$$v_n = 0$$

开边界水位边界条件:

$$\zeta = \sum f_c H_c \cos[\omega_c + (V_0 + u)_c - g_c]$$

其中, H 和 g 分别是调和常数的振幅和迟角, 下标 C 为某个分潮, ω 为分潮频率, f 为交点因子, u 为交点订正角, V_0 是天文潮的初位相。

- 初始条件

取零初始条件, 即从静止水位开始起算, 初始时刻水位起伏及各向流速均为 0, 即:

$$\xi(x, y, 0) = 0$$

$$u(x, y, z, 0) = 0$$

$$v(x, y, z, 0) = 0$$

$$w(x, y, z, 0) = 0$$

- 计算海域及网格设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围为南海珠江口西部海域, 在计算浓度场时将网格加密至最小网格 50m, 以求得准确的污染物浓度分布; 在垂向上采用 σ 坐标将水体分为 4 层, 从底层到表层水深依次为 10m、10m、10m、90m。计算海域及网格设置如图 4.1-1 所示。

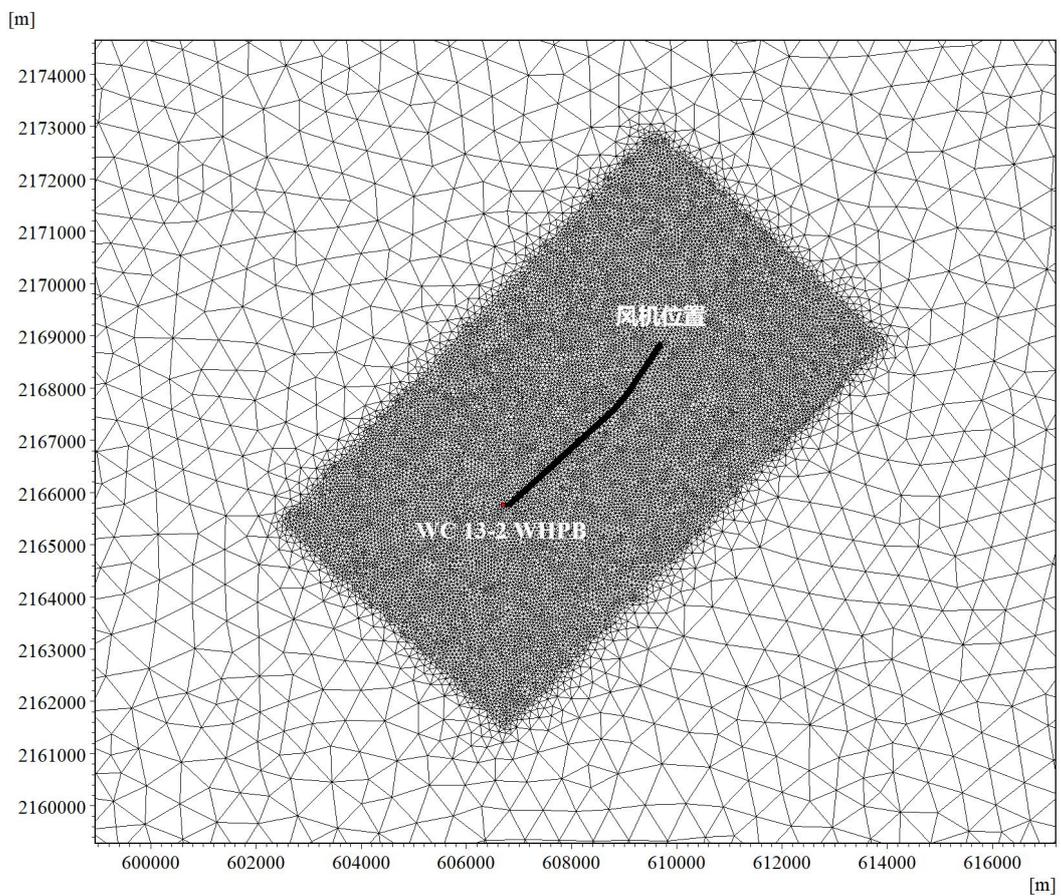
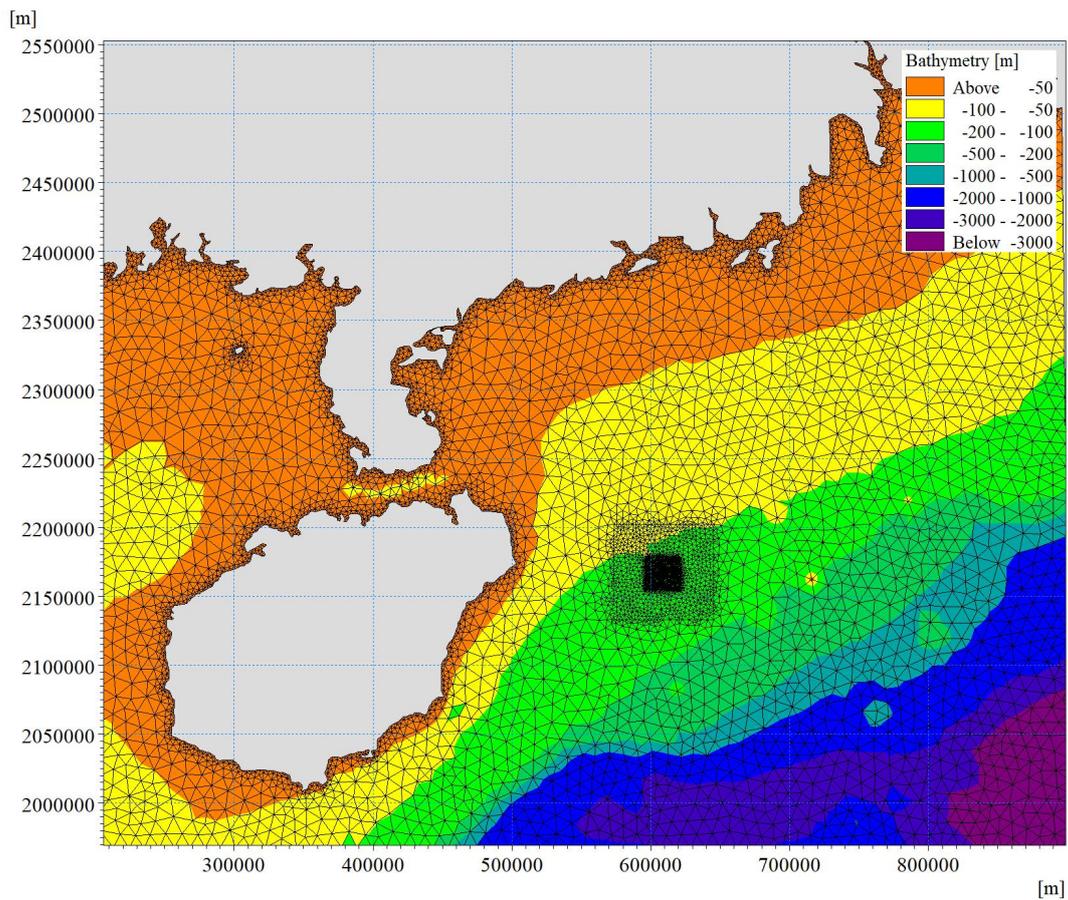


图 4.1-1 海域计算网格设置

4.1.1.2 悬浮物预测

a 泥沙输运模块

- 基本控制方程

悬浮物对流扩散方程如下

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) + QC_0 - S$$

式中， C 为海水中悬浮物浓度，单位 kg/m^3 ； w_s 为泥沙沉降速度，单位 m/s ； D_h 、 D_v 分别为水平和垂向泥沙扩散系数，单位 m^2/s ，参数取值为 $0.01\text{m}^2/\text{s}$ ； Q 为泥沙输入源强流量，单位 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^3$ ； C_0 为泥沙输入源强中的含沙量，单位 kg/m^3 ； S 为床沙侵蚀或淤积速率，单位 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$ 。

- 泥沙沉降速度

泥沙沉速采用斯托克斯公式计算：

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd^2}{18\nu}, d < 100\mu\text{m} \\ \frac{10\nu}{d} \left\{ \left[1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}, 100 < d < 1000\mu\text{m} \\ 1.1[(s-1)gd]^{0.5}, d > 1000\mu\text{m} \end{cases}$$

式中， d 为中值粒径，单位 m ； s 为泥沙密度，单位 kg/m^3 ； ν 为运动粘滞系数； g 为重力加速度， m/s^2 。

- 边界条件和初始条件

陆边界：

$$\frac{K_H}{D} \left[\frac{\partial S}{\partial n} \right] = 0$$

开边界：

$$S|_{\Gamma} = 0 \quad \text{入流段}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + V_n \frac{\partial S}{\partial n} = 0 \quad \text{出流段}$$

其中 n 为边界的法线方向， Γ 为水边界。

根据《海水水质标准（GB3097-1997）》，悬浮物是以人为造成的浓度增量划分水质类型的，因此计算初始条件以零值起算。

b 悬浮物浓度场预测

• 排放方式及源强

本项目新铺一条浮式基础至 WC13-2 WHPB 的长度约 5km 的海底电缆，该海缆挖沟埋设，挖沟速度约为 1.5km/d，海底泥沙湿容重约为 1.70g/cm³，起沙率按 15%计，则海底电缆悬浮物源强均为 8.3kg/s。

表 4.1-1 铺设海缆挖沟参数及悬浮物源强

起止点	长度 (km)	挖沟尺寸 (上宽/下宽/沟深, m)	挖沟速率 (km/d)	悬浮物源强(kg/s)
浮式基础至 WC13-2 WHPB	5	2.0/0.5/1.5	1.5	8.3

• 悬浮物预测结果

海底电缆悬浮物浓度分布图见图 4.1-2~图 4.1-3，从预测结果可以看出，悬浮物超标主要出现在海底以上 0~10m 和海底以上 10~20m 两层，其他层无悬浮物超标面积。海底以上 0~10m 悬浮物影响面积最大，其超一（二）类最大面积约为 3.284km²，海底以上 10~20m 超一（二）类最大面积约为 1.973km²，施工结束后悬浮物覆盖厚度超过 2cm 的总面积约为 0.055km²，海缆施工作业停止后 7.5h 海域即可恢复施工前的水质。

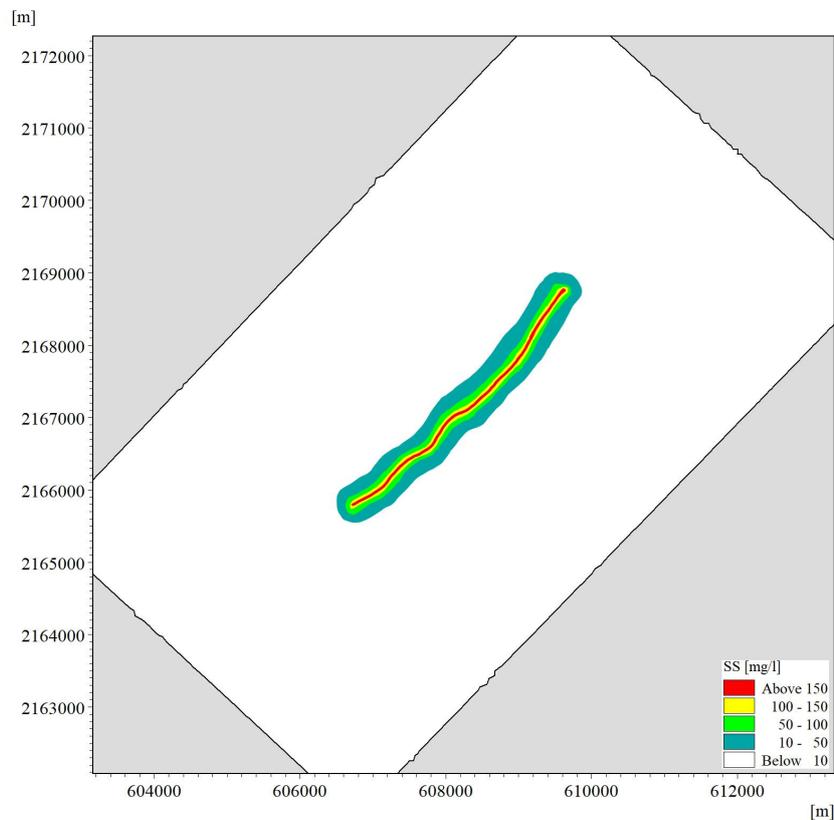


图 4.1-2 海缆铺设悬浮物浓度包络线（海底以上 0~10m）

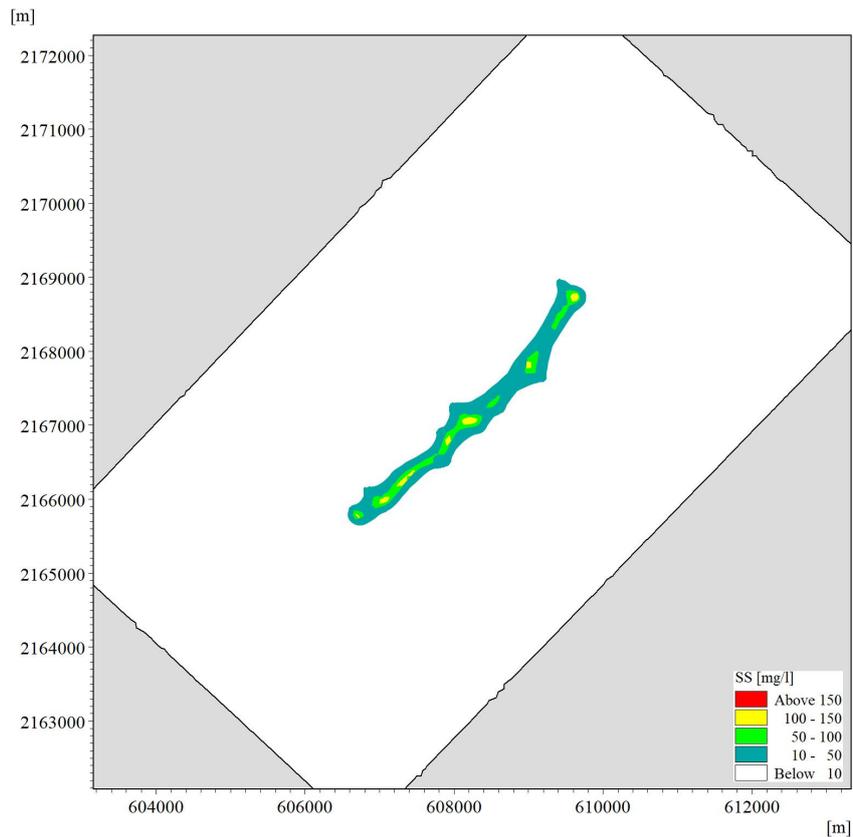


图 4.1-3 海缆铺设悬浮物浓度包络线（海底以上 10~20m）

表 4.1-2 海底电缆悬浮物预测结果

层位	超一（二）类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一（二）类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积(km ²)
海底以上 10~20m	1.973	0.330	/	0.35	7.5	0.055
海底以上 0~10m	2.553	0.389	0.263	0.55		

表 4.1-3 海底电缆悬浮物浓度区间面积 (km²)

层位	10~20 mg/l 包络面积 (km ²)	20~50 mg/l 包络面积 (km ²)	50~100 mg/l 包络面积 (km ²)	>100 mg/l 包络面积 (km ²)
海底以上 10~20m	0.905	0.397	0.341	0.330
海底以上 0~10m	1.152	0.566	0.446	0.389
两层平均	1.028	0.482	0.393	0.359

4.1.2 海水水质影响分析

铺设海底电缆挖沟搅起的悬浮物有部分进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，挖沟搅起的悬浮物的影响主要在施工线路两侧。

铺设海缆时超一（二）类海水最大影响距离为 0.55km，海底以上 0~10m 超一（二）类水质包络面积约为 2.553km²，海底以上 10~20m 超一（二）类水质包络面积约为 1.973km²，

超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小。铺设作业停止后约 7.5h，悬浮物浓度可恢复至施工前水平。

4.1.3 海底沉积物影响分析

铺设海底电缆对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填缆沟，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于缆沟两侧附近，因悬浮物均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境的变化。本项目新建一条长 5km 的浮式基础至 WC13-2 WHPB 的海底电缆，根据数值模拟结果，铺设海底电缆悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积为 0.055km²。

4.1.4 海洋生态环境影响分析

4.1.4.1 对浮游植物的影响分析

本项目海缆铺设搅起的小颗粒轻物质悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此挖沟而引起的海水透明度会很快得到恢复。

4.1.4.2 对浮游动物的影响分析

浮游植物生产的产物基本上要通过浮游动物这个环节才能被其他动物所利用，浮游动物通过摄食影响或控制初级生产力，同时其种群动态变化又可能影响许多鱼类和其他动物资源群体的生物量。海底电缆铺设挖起的悬浮物将增加海水的浑浊度，减少了透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

4.1.4.3 对底栖生物的影响分析

铺设海缆挖沟所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物造成毁灭性破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿海缆一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的掩埋作用。

堆积在缆沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于缆沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿

海缆一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，海缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

4.1.5 敏感目标影响分析

根据 3.3 节分析，本项目距离其他敏感目标均较远，正常建设和运营期可能影响到的只有深水金线鱼产卵场和粤西外海区蓝圆鲹产卵场，本项目位于其中，铺设海底电缆悬浮物可能会对其造成一定的影响。

根据预测结果，铺设海底电缆引起的悬浮物影响基本在海底 0-20m 范围内，而以上两种鱼类的卵为浮性卵，主要存在于表层海水，因此悬浮物对上述两个产卵场的影响轻微。从悬浮物影响范围来看，超一类海水水质标准的范围离排放点最远距离约 0.55km，且影响范围主要集中在海底以上 0~20m；从悬浮物影响时长来看，在停止铺设施工后 7.5h 即可恢复施工前的水质，其影响是短暂的、一次性的和可恢复的。

综合以上分析，本项目对敏感目标影响较小，在采取了生态补偿措施之后，其对敏感目标的影响是可接受的。

4.1.6 海洋生物资源损失评估

4.1.6.1 海洋生物资源损失计算方法

a 悬浮物海洋生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），悬浮物超标引起海洋生物的损失中按以下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad (4.1-1)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克(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、个平方千米或千克平方千米 (kg/km^2)；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积， 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，%；

N ——某一污染物浓度增量分区总数。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），各类生物的损失率取值如下。

表 4.1-4 各类海洋生物损失率

污染物超标倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵、仔稚鱼	游泳动物幼体	游泳动物成体
Bi ≤ 1 倍	5	5	1
1 < Bi ≤ 4 倍	10	10	5
4 < Bi ≤ 9 倍	30	30	15
Bi ≥ 9 倍	50	50	20

b 底栖生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，底栖生物损失按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i \quad (4.1-2)$$

式中：

W_i —第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克 (kg)，这里指底栖生物和潮间带生物资源受损量。

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾 (个) 每平方千米 [尾 (个) / km²]、尾 (个) 每立方千米 [尾 (个) / km³] 或千克每平方千米 (kg/km²)。在此为底栖生物和潮间带生物生物量。

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米 (km²) 或立方千米 (km³)。

c 海洋生物计算参数

鱼卵、仔稚鱼、头足类、甲壳类资源、底栖生物均采用工程海域秋季调查密度，海洋生物资源密度及来源详见表 4.1-5。

表 4.1-5 海洋生物资源密度及来源

资源类别	资源密度	调查单位	调查时间
鱼卵	0.36 粒 / m ³	广东海洋大学	2019 年 9 月
仔稚鱼	0.27 尾 / m ³		
幼鱼	18604 尾 / km ²		
幼甲壳类	1590 尾 / km ²		
成体	899.8kg / km ²		
底栖生物	0.74g/m ²	国家海洋局南海环境监测中心	2019 年 9-10 月

4.1.6.2 海洋生物损失估算结果

海洋生物密度根据调查结果 (表 4.1-5)，各类海洋生物损失率取自表 4.1-4，计算方法根据前述公式 (4.1-1)，铺设海缆搅起的悬浮物影响水深为海底以上 20m，据此估算铺设海缆海洋生物损失如表 4.1-6。

表 4.1-6 铺设海缆海洋生物损失

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计	
		1.028	0.482	0.393	0.359		
鱼卵	密度 (粒/m ³)	0.36	0.36	0.36	0.36	2.861	
	损失率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.370	0.347	0.849	1.294		
仔稚鱼	密度 (尾/m ³)	0.27	0.27	0.27	0.27	2.145	
	损失率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.278	0.260	0.637	0.970		
幼体	鱼类	密度 (尾/km ²)	18604	18604	18604	7391	
		损失率	5%	10%	30%		50%
		损失量 (尾)	957	896	2195		3344
	甲壳类	密度 (尾/km ²)	1590	1590	1590	632	
		损失率	5%	10%	30%		50%
		损失量 (尾)	82	77	188		286
成体	密度 (kg/km ²)	899.8	899.8	899.8	899.8	149	
	损失率	1%	5%	15%	20%		
	损失量 (kg)	9.25	21.68	53.08	64.68		

铺设海缆将对底栖生物造成一定的掩埋，并使其中部分底栖生物死亡，按海缆中心线两侧各 5m 范围内底栖生物损失率 100%，泥沙覆盖厚度超过 2cm 面积内（扣除前者面积）底栖生物损失率 50%，根据前述公式(4.1-3)估算悬浮物覆盖造成底栖生物损失见表 4.1-7。

表 4.1-7 铺设海缆的底栖生物损失

	面积 (km ²)		密度 (g/m ²)	损失率	损失量 (t)
	海缆	覆盖 2cm (扣除后者)	0.011	0.74	50%
两侧各 5m		0.044	0.74	100%	0.033
总计	—	—	—	—	0.037

4.1.6.3 海洋生物资源损失价值

a 计算方法

鱼卵和仔稚鱼损失

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵和仔稚鱼经济价值按下式计算：

$$M=W \times P \times E \quad (4.1.3)$$

式中：

M——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额；

W——鱼卵和仔稚鱼损失量；

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，根据近年来主要鱼类苗种平均价格，商品鱼苗的平均价格按0.8元/尾计算。

幼体经济价值计算

幼体的经济价值折算成成体进行计算，折算成体的经济价值按以下公式计算：

$$M=W \times P \times G \times V \quad (4.14)$$

式中：

M——幼体的经济损失额，元；

W——幼体的损失资源量，尾；

P——幼体折算为成体比例，按100%；

G——幼体、甲壳类幼体、头足类幼体长成最小成熟规格的重量按0.1kg/尾；

V——生物成体商品价格，按15元/kg（1.5万元/t）。

生物资源经济损失计算

$$M=W \times E \quad (4.15)$$

式中：

M ——第i种类生物成体生物资源的经济损失额；

W ——第i种类生物成体生物资源损失的资源量；

E ——生物资源的商品价格，生物资源、底栖生物的价格按近年来海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，为1.5万元/t。

b 海洋生物资源损失

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），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，幼体折算成体比例按100%，成体价格按1.5万元/t。铺设海缆海洋生物损失为一次性的，按损失量的3倍进行补偿，据此计算海洋生物资源补偿见表4.1-8。

表 4.1-8 海洋生物资源补偿

	资源类别	损失量	长成率	单价	补偿倍数	补偿金额 (万元)	
海缆挖沟 悬浮物	鱼卵 (×10 ⁶ 粒)	2.861	1%	■元/尾	3倍	■	
	仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)	2.145	5%	■元/尾		■	
	幼体	鱼类 (尾)	7391	100%		■元/kg	■
		甲壳类 (尾)	632	100%		■元/kg	■
	成体 (kg)	148.69	100%	■万元/t		■	
	底栖生物 (t)	0.037	100%	■万元/t		■	
合计						■	

4.2 运营期生态环境影响分析

4.2.1 水文动力环境影响分析

本项目对现有平台进行改造，平台为透水式导管架钢结构，新建机组浮式基础为透水式结构，新铺海缆埋设于海底，不会影响项目海域的流场，对本海区的水交换能力没有影响。

4.2.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

在建设过程中铺设海缆会对当地海底底质产生一定的影响，挖起的海底泥沙很快沉降，在海流作用下自然回填缆沟，总体而言对海底的冲淤环境影响很小。

4.2.3 项目对鸟类的影响分析

项目建设期对鸟类基本无影响，项目运营期对鸟类主要体现在以下 4 个方面：(1)影响鸟类行为，例如使鸟类产生趋避行为；(2)影响鸟类栖息地和觅食；(3)由于机组干扰影响鸟类迁徙；(4)碰撞引起的死亡。目前国内外研究表明，鸟类会产生趋避行为，随着时间的推移，鸟类对风机的环境会产生适应性，对鸟类栖息和觅食的影响较小，大量统计数据表明，不会引起鸟类的严重碰撞，本项目的建设期和运营期对周围鸟类的迁徙、觅食及碰撞影响均较小。

4.2.4 运营期水上噪声影响

机组在运转过程中产生的噪声来自于叶片扫风产生的噪声和机组内部机械运转产生的噪声，其中以机组内部的机械噪声为主。当风速达到或超过额定风速时，风机噪声源强亦达到最高。当风速进一步升高时风机噪声不会进一步增强，而周围自然风等的背景噪声会进一步提高，因此风电机组在额定转速条件下的噪声影响最为明显。

对近年来国内浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平所进行的实测结果表明，风机在地面附近噪声范围为 38.7~65.8dB，对海洋生态环境影响较小。

4.2.5 运营期水下噪声影响

4.2.5.1 对鱼类的影响分析

相关研究表明，不同种类鱼类对噪声的敏感程度存在显著差异，由于不同鱼类种群、不同生长阶段对噪声的敏感程度不同，可能对噪声高度敏感的鱼类造成一定不利影响，噪声可能导致其听觉损伤，鱼类也会通过行为上的改变来对噪声作出反应，如选择离开噪声对其引起不适的区域。机组运转中在水下产生的噪声，基本上与环境背景噪声相当，不会对较远处的水下噪声产生明显影响，对噪声敏感的鱼类可主动回避噪声影响区域，因此运营期水下噪声对海洋鱼类的影响是可以接受的。

4.2.5.2 对海洋哺乳动物的影响分析

Koschinski 等仿真海上风机水下噪声刺激海豚，并观察声源附近海豚行为的变化。结果表明，在发射仿真信号之后，浮出海面的海豚距离信号发射点平均距离从 239m 增加到 284m，最小距离从 120m 增加到 182m，通过记录的数据显示，海豚更加频繁地发射 click 信号。由此可见，该风机水下噪声仿真信号对海豚的影响是很微弱的。

Diederichs 等在 HornRev 风电场的东、西、南方向分别部署 3 排阵列，每个阵列包括 5 个监测点，其中 3 个部署在场内，2 个部署在场外，最远距离边缘风机 1.4km，场内监测点均距离风机 200m 以内。结果表明，在该风电场场内和场外海豚的数量没有区别，表明风机水下噪声不会对海豚造成影响。

4.3 环境风险分析

4.3.1 风险调查

根据《建设项目环境风险评价导则》（HJ169-2018），存在物质或能量意外释放，并可能产生环境危害的源为风险源。本项目风险源包括原油、天然气和燃料油，见下表。

表 4.3-1 新增环境风险源汇总

风险源	危险物质名称	最大在线量 q (t)	临界量 Q (t)	q/Q
浮式风机	油类物质	1	2500	0.0004

经计算， $Q=0.0004 < 1$ ，环境风险潜势为 I。

4.3.2 评价工作等级

环境风险潜势为 I，据此，对照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）相关规定，判定本次环境风险评价工作等级为简单分析。

4.3.3 环境风险识别

根据工程规模、建设特点及周边环境特征，工程建设阶段和运营阶段存在潜在的事故风险和環境风险。工程主要环境及事故风险为溢油事故风险。

4.3.4 溢油风险事故及影响分析

4.3.4.1 溢油事故风险识别

工程主要溢油风险为建设阶段施工船舶溢油事故及运营阶段机组损坏溢油事故。

a 船舶溢油风险事故概率分析

根据交通部海事部门有关统计资料，我国 1990 年至 2010 年各类等级的溢油事故分档

统计见下表。由于船舶溢油事故 50t 以下的的数据不够完整，该表对一般船舶污染事故不做统计。

表 4.3-2 我国 1990 年至 2010 年船舶、码头溢油事故分档统计

年份	较大船舶污染事故		重大船舶污染事故		特别重大船舶污染事故	
	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t
1990	1	100	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0
1992	2	430	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	3	300	0	0	0	0
1995	5	1367	1	700	0	0
1996	3	785	2	1532	0	0
1997	3	490	0	0	1	1000
1998	2	392	0	0	0	0
1999	0	0	2	1089	0	0
2000	1	230	0	0	0	0
2001	1	200	0	0	1	2000
2002	4	825	1	900	0	0
2003	2	650	1	670	0	0
2004	1	100	0	0	2	3268
2005	2	571	1	950	0	0
2006	2	664	0	0	0	0
2007	2	350	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	2	532	1	500	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
总计	36	7986	9	6341	4	6268

1990~2010 年期间，共发生船舶溢油事故（溢油量 $\geq 50t$ ），71 起，其中我国海域发生较大船舶溢油污染事故 36 起，发生频率为 1.71 次/a，所占比例 50.7%；发生重大船舶溢油事故 9 起，发生频率为 0.43 次/a，所占比例为 12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起，发生频率为 0.19 次/a，所占比例为 5.6%。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、船体损坏、火灾爆炸等引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究》，对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。从图 4.3-1 对船舶溢油的事故原因分析可以看出，7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，由碰撞引发的溢油事件共 42 起，其发生次数占总溢油次数的 59.15%，其导致的溢油总量也最高，占有溢油事故溢油总量的 44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件 14 起，占总

船舶溢油事件次数的 19.72%，其溢油总量为 6564t， 占有所有溢油事故溢油总量的 29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为 2 起， 占总船舶溢油事故的 2.82%。因此，碰撞、触礁/搁浅是我国溢油量在 50t 以上船舶溢油事故发生的主要原因。

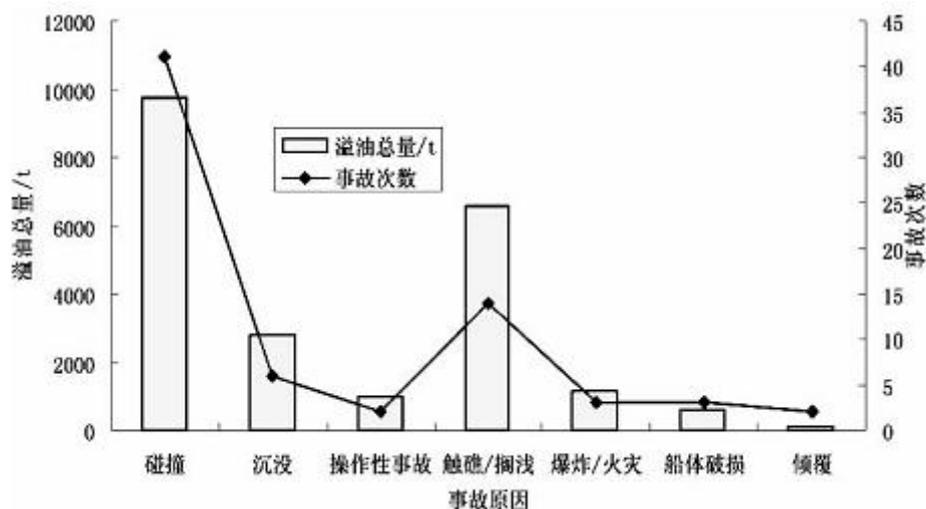


图 4.3-1 我国船舶溢油事故原因分析

b 发电机组损坏风险事故分析

台风、风暴潮等恶劣天气会对机组产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和半潜浮式基础的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏、半潜浮式基础倾覆。此外，台风、风暴潮等恶劣天气还可能导致单点系泊系统损坏失效以及锚缆损坏断裂等事故。[REDACTED]，平台具有较好的稳定性，较难发生倾覆或者漂移事故。

机组内部设置变压器，其油品为脂油，油量约为 1t，呈密封状态；同时机舱和轮毂中还存在较多润滑油，油品主要为油脂、液压油等，约 1.25m³。根据其组成特性，该类油具有较好的分水性，由于其油量较小，当半潜浮式基础倾覆导致内部油料泄漏后，对周边海洋环境影响相对较小。

4.3.4.2 溢油事故风险防范措施

工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故，将可能对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

a 施工期溢油风险防范措施

(1) 施工前需制定切实有效的安全管理措施和风险事故应急预案，并由建设单位负

责组织对施工人员进行安全环保培训教育，同时加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，预防溢油事故的发生。

(2) 施工作业前按规定向所属海事局申请办理水上、水下施工作业手续，并获得施工许可。

(3) 建设单位应根据工程施工水域和现场安全维护的需要，向海事管理机构申请设置施工水域警戒标志；当锚缆外伸较远时，应在锚缆入水处设置相应标志，夜间应有警示灯标，在锚缆伸出方向用灯光照明，以警示过往船舶避开水下锚缆。

(4) 施工作业前，建设单位应向海事主管机关申请发布与工程施工有关的航海通(警)告，以便过往船舶识别施工水域，避开航行。

(5) 在电缆铺设的过程中，应设置阶段性施工警戒区，随时根据电缆铺设进度及时设置施工警戒区，警戒区范围建议为海底电缆两侧各 500m 以内水域，防止周围船舶误闯施工区域。施工船要正确显示号灯号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近电缆铺设区域。必要的时候联系海事主管部门，对电缆铺设给予相应的协助。

(6) 施工船舶和相关辅助船舶，应配备雷达、AIS 等助导航设备，并在核定的工程施工水域范围内进行施工作业和停泊，尽量减小对附近航行船舶安全航行的影响。

(7) 海域海况差会增加发生船舶碰撞的几率，因此海域风力增加海浪较大时，在达到施工船舶的抗风浪等级前，施工船应停止施工作业撤离施工现场就近避风。

b 运营期溢油风险防范措施

(1) 海上发电机组应涂有醒目的警示色，夜间需采用警示灯，在装置上设置航行警示标，以警示船舶有效避让。

(2) 设定专门机构，定期进行巡视，安装监视系统随时掌握机组周围的船舶航行动态。并配置有效的通讯设备，与海事主管机关随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机的应急救援。

(3) 向海事主管机关申请发布航行通告和航行警告，提出协助进行水上安全维护申请，并在以后出版的有关海图上进行标记。

(4) 建设单位应建立安全维护和作业制度，相关制度应包括安全作业条件、作业程序和安全技术要求等。作业人员应满足海上高空作业环境和海上航行环境要求，熟悉安全作业的操作规程，具备基本的海上求生技能和急救技能，避免因操作失误引发的风险事故。

4.3.4.3 溢油事故应急处置措施

a 制定溢油应急预案

(1) 溢油应急组织机构

① 应急领导机构

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。应急领导机构负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥。

② 应急指挥部

由建设单位成立应急指挥部，负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，并设日常办公机构，挂靠在行政人事部，负责应急指挥部的日常工作。应急指挥部成员由公司领导层、高级指挥人员和公司各部门负责人组成。

总指挥可由应急指挥部指定，必须是高级指挥人员。总指挥应当具备对船舶污染事故应急反应的宏观掌控能力，能够根据事故情形综合评估风险，及时做出应急反应决策，有效组织实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

③ 现场指挥部

现场指挥部为应急指挥部指派到溢油事故现场的临时指挥机构，在应急指挥机构的统一领导下，负责船舶污染事故现场的应急组织、协调和指挥。根据船舶污染事故现场情况，制定具体的污染清除作业方案，并组织应急作业组开展污染物清除和污染物处置作业。现场指挥官由应急指挥部指派，必须由中级以上指挥人员担任。

现场指挥官应根据指挥机构的对策，结合现场情况，制定具体的清污方案并能组织应急操作人员实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

④ 应急作业组

根据应急救援的需要，在应急指挥部领导下组建应急作业组，包括污染物清除作业组、污染物处置作业组、后勤保障组、通讯保障组、医疗救治组、取证与费用记录组等，具体负责协议单位船舶各类突发事件的污染处置工作。

污染物清除作业组和污染物处置作业组人员应由应急操作人员组成。应急操作人员应具备应急反应的基本知识和技能，正确使用应急设备和器材，实施清污作业，并应当通过浙江海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

(2) 职责及分工

①应急指挥部主要职责

应急指挥部负责统一领导应急处置工作，发布指挥调度命令，确定环境污染事件处置的各项重大决策，负责组织、协调、开展应急处置行动，制定防止次生、衍生事件发生的措施与应对方案；调整、终止应急响应和处置行动发布相关信息、新闻、公告，及时向政府主管部门汇报事故信息，配合政府主管部门进行信息披露。

总指挥负责批准启动应急方案，指导、协调、督促有关部门开展工作；副总指挥负责事件的具体指挥和处置工作。

②应急指挥部办公室主要职责

负责应急响应期间，应急指挥部的日常运转、值班、应急处置工作；执行应急指挥部的决定；传达和贯彻落实上级处置突发事件的决定和指示；负责信息汇总、文件材料汇总及各相关部门、科室和工作组的组织协调工作；对各项处置突发事件行动措施进行评估，为指挥部提供应急处置决策依据；负责与外部有关部门的应急救援的协调、信息交流工作。

③应急队伍

物资供应组：迅速开启应急设备库，根据现场实际需要，准备抢险物资、抢险设备等；根据事故的程度及时向外单位调集物资；负责抢险人员的劳动防护用品；负责应急物资的运送。

技术保障组：负责应急抢险的电力保障；为溢油污染防控提供全面的技术支持，必要时请求外界专家协助。

消防抢险组：针对船舶事故位置以及船舶燃油泄漏请求采取有效的消防措施，防止因船舶事故导致火灾发生。

洗消去污组：负责溢油的收集；负责使用过的应急物资的收集；负责溢油的无害化处理；负责清洁现场。

(3) 信息报告

发生船舶溢油污染事故或者可能发生污染事故时，应向应急指挥部以及就近的海事管理机构报告。应安排专人进行信息报告，并保持 24 小时待命，报告内容包括以下事项：

- ①事故船舶的名称或编号；
- ②事故水域相关水文和气象情况；
- ③事故原因或者事故原因的初步判断；
- ④事故污染情况；
- ⑤已经采取或者准备采取的污染控制、清除措施以及救助要求；

对于情况不够清楚、要素不全的特别重大、重大突发环境事件信息，要及时核实补充

内容后报送。但时间紧急、性质严重的，可边报告、边核实。一般情况下，10分钟内核实不清楚时，可以先报告，并注明“正在核实中”，同时专人跟踪核实，及时报告后续情况。

b 建立分级响应机制

参考《中国海上船舶溢油应急计划》海域发生船舶污染事故，其事故及相应应急响应等级分为三级：一般事故(III级响应)、较大事故(II级响应)、重大事故(I级响应)，依次分别用蓝色、黄色和红色表示。

一般污染事故：对环境影响较轻，水面溢油不威胁环境敏感区和岸线，动用本项目预案溢油应急反应队伍和设备能够控制溢油源，并能围控和清除海面溢油。

较大污染事故：对环境敏感区产生一般影响，或满足以下条件之一的：

①溢油事故发生在敏感区内或距离敏感区有一定距离但极有可能对敏感区域或岸线造成污染损害；

②围控和清除水面溢油所需资源超出所在地应急清污能力，需调用本辖区内其他应急资源。

重（特）大污染事故：溢油量大并且污染物泄漏将造成重大环境损害，或满足下列条件之一的：

①溢油对环境敏感区及岸线构成一般或严重威胁，动用本辖区资源较难防护敏感区和清除溢油；

②溢油源不能控制，围控和清除水面溢油所需资源明显超出本辖区应急清污能力，需请求政府部门启动相应预案的应急行动。

工程发生溢油事故发生时，首先向海事主管部门报告事故溢油情况，并立即启动本项目应急预案。I级响应：现场指挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故，对应急工作中发生的争议采取紧急处理措施；根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、应急工作灵活开展；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。III级、II级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作，防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导、机构通报情况。

c 区域溢油应急资源

在发生溢油事故时，本项目可依托中海石油（中国）有限公司各分公司在附近海域的油气田及终端配备的溢油应急资源进行应急，配备的溢油应急资源详见表 4.3-3~表 4.3-9，溢油应急资源的位置图 4.3-2。

表 4.3-3 海洋石油 116FPSO 和文昌 9-2/9-3 气田群溢油应急资源

设备名称	型号	数量	存放地点
充气式橡胶围油栏	WQJ2000	600 米	海洋石油 116FPSO 货场甲板
充气式围油栏集装箱	WX2000	3 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
围油栏动力站	WQJ2000-00-02	1 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
船用喷洒装置	PSB100	1 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
围油栏拖头	WQJ2000-00-02	2 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
充吸气机	FGC	1 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
浮动油囊	FN10	2 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
高压蒸汽清洗机	HDS 1000 DE	1 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
LAMOR 浮式收油机	LMS	1 套	海洋石油 116FPSO 货场甲板
轻便型喷洒装置	PS40	5 套	海洋石油 116FPSO 及各平台
轻便型喷洒装置	PS40	1 套	文昌 9-2/9-3 中心平台
吸油棉	SPC 牌 100 片/箱	6 箱	海洋石油 116FPSO 库房
吸油棉	SPC 牌 100 片/箱	2 箱	文昌 9-2/9-3 中心平台
溢油分散剂	富肯 2 号, 200L/桶	12 桶	海洋石油 116FPSO 油料储存区及所属各个井口平台
溢油分散剂	富肯 2 号, 200L/桶	2 桶	文昌 9-2/9-3 中心平台
木屑		200 包	海洋石油 116FPSO 库房
抹布		300 公斤	海洋石油 116FPSO 库房
桶、铲		60 个、60 把	海洋石油 116FPSO 库房
铲		6 把	文昌 9-2/9-3 中心平台

表 4.3-4 WC14-3 WHPA/WC8-3 WHPA/WC13-6WHPA/WC8-3WHPB 平台溢油应急资源

WC13-6WHPA 平台溢油应急资源配备表		
设备名称	数量	存放地点
吸油毛毡, 规格: 800×450mm, 21 公斤×200 张/箱	20 公斤	底层甲板溢油应急资源箱
吸油棉, 型号: SPC100, 规格: PADS 38×48cm, 100 片/箱	3 箱	
吸油棉, 型号: SPC50, 规格: PADS 76×76cm, 50 片/箱	3 箱	
富肯 2 号溢油分散剂, 200KG/桶	2 桶	
消油剂喷洒装置, 型号 PS40	1 套	
抹机布片, 60%以上棉质, 规格: 30X 40cm	150 公斤	
棉纱, 60%以上棉质	100 公斤	
干木糠	200 公斤	
WC14-3WHPA 平台溢油应急资源配备表		
设备名称	数量	存放地点
吸油棉 (美国 SPC 牌 100 片/箱)	1 箱	中层甲板溢油应急资源柜
溢油分散剂, 200KG/桶	2 桶	
溢油喷洒装置	1 套	

抹布	20 公斤	
WC8-3WHPA 平台溢油应急资源配备表		
设备名称	数量	存放地点
吸油棉 (美国 SPC 牌 100 片/箱)	1 箱	工作间
溢油分散剂富肯 2 号, 200L/桶	2 桶	底层甲板
轻便型喷洒装置, PS40	1 套	底层甲板
抹布	2 袋	工作间
WC8-3WHPB 平台溢油应急资源配备表		
设备名称	数量	存放地点
吸油毛毡, 规格: 800×450mm, 21 公斤×200 张/箱	20 公斤	中层甲板溢油应 急资源柜
吸油棉, 型号: SPC100, 规格: PADS 38×48cm, 100 片/箱	2 箱	
吸油棉, 型号: SPC50, 规格: PADS 76×76cm, 50 片/箱	2 箱	
富肯 2 号溢油分散剂, 200KG/桶,	2 桶	
消油剂喷洒装置, 型号 PS40	1 套	
抹机布片, 60%以上棉质, 规格: 30X 40cm	200 公斤	
棉纱, 60%以上棉质	100 公斤	
干木糠	200 公斤	

表 4.3-5 涠洲 11-4NB 油田溢油应急资源

设备名称	规格	数量	存放地点
充气式橡胶围油栏	WQJ2000	400 米	存于涠洲 11-4NWHPB 平台
围油栏动力站	PK1650C2	1 套	
围油栏拖头	WQJ2000-02	2 套	
充吸气机	FGY	1 套	
浮动油囊	FN10-00	2 套	
转刷/转盘收油机	ZSPS20-01-WX	1 套	
转刷/转盘收油机动力站	ZSPS20-02C-0	1 套	
船用喷洒装置	PSC40-WX	2 台	
热水高压清洗机	BCH-1217B	1 套	
手提风机	EB-415	2 套	
溢油分散剂	富肯 2 号	2 桶	
溢油分散剂喷洒装置	PSC40	1 台	
吸油毛毡	龙善牌	21KG	
棉沙	无	200KG	
木糠	无	100KG	
抹布	无	100KG	

表 4.3-6 涠洲终端溢油应急资源

设备名称	规格	数量	存放地点
充气式围油栏 (含卷绕辊)	HRA1500	400m	存于涠洲终端
充气式围油栏 (含卷绕辊)	HRA2000	600m	
固体浮子式围油栏	HPFZ/900/25	1000m	
沙滩围油栏	WQV600T	400m	
防火型围油栏	WGT-900	400m	
真空撇油器	ZK30	1 套	
多功能撇油器	多功能	1 套	
液压驱动槽式轮鼓收油机	MAGNUM ² 00	1 套	
多功能收油机	HAF12	1 套	
浮式收油机	HBSh30	1 套	

设备名称	规格	数量	存放地点
储油囊	FN5	2套	
便携式储油罐	QG5	2套	
金属储油罐	7方	10套	
溢油分散剂	富肯2号200升/桶	50桶	
溢油分散剂	富肯2号20公斤/桶	100桶	
吸附材料	羊毛型	2吨	
圆形吸油拖栏	XTL-Y220	500m	
消油剂喷洒装置	PS80	2套	
船用喷洒	HDSK40	2套	
空中喷洒	VIKOMA	1套	
液压充气机		2套	
高压清洗机	HDS1000DE	3台	
动力站	LPP30	1套	
动力站	HPP50	1套	
动力站	HDPP50A	2套	
动力站	HPP50G	1套	
应急发电机	KDE6500E	1套	
柴油驱动充气机	HIS1000	1套	
液压驱动充气机	HIS300	1套	
捞油抄网		50个	
捞油钩		50个	
卸载泵	DOP250	1台	
集装箱		9套	
托盘		2套	

表 4.3-7 海南码头公司溢油应急资源

应急资源名称	型号	数量	存放地点
固定浮子式橡胶围油栏	WGJ1100	627m	海南码头
转盘式收油机	ZK-10m ³ /h	1台	
油拖网	TYT-4m ³	1套	
吸油毛毡	PP型	1000公斤	
溢油分散剂	浓缩型	1000公斤	
轻便储油罐	10m ³	1套	
溢油分散剂喷洒装置	速度0.19t/h	1套	

表 4.3-8 南山终端溢油应急资源

	名称	型号	数量	存放地点
消油剂	溢油分散剂	富肯-2号(200L)	6桶	生产平台主甲板
	溢油分散剂	富肯-2号(200L)	6桶	南山终端2#化学品仓库
	溢油分散剂	富肯-2号(200L)	6桶	海洋石油606
吸油类设备	吸油粉末	56.6升/袋	200袋	南山终端
	吸油垫纸	3M,T-151,17“X19”,200片/袋	30袋	南山终端
	沾油丝	12.5米/条	80条	南山终端

	名称	型号	数量	存放地点
	吸油栏	2.9 米/条	250 条	南山终端
	吸油栏	3M Petroleum	65 条	南山终端
	吸油栏	3M POWERSORB	3 件	生产平台主甲板
消油剂喷洒设备	船载喷洒装置		1 套	海洋石油 606
	喷雾器	X-PERT/4 加仑	9	南山终端
	喷雾器	2 加仑	2	南山终端
	喷雾器	3 加仑	2	南山终端
	喷雾器	2 1/4 加仑	18	南山终端
围油栏	围油栏	6"×12"(30 米/节)	420m	南山终端
	围油栏	12"×24"	600m	南山终端
	围油栏	38"	200m	南山终端
	防火围油栏	WGJ-900H	200m	南山终端二级维场
撇油器及其组件	撇油器	CRUCIAL	1 台	南山终端
	撇油器	Skim-Pak	1 台	南山终端
	液压吸油泵	CRUCIAL	1 台	南山终端
	撇油头	Skim-Pak	1 台	南山终端
	撇油头	CRUCIAL	1 台	南山终端
	吸油管	2"	2 条	南山终端
	吸油管	2"	1 批	南山终端
	柴油机(Manual Start)	带驱动液压泵	1 台	南山终端
	柴油机(Battery Start)	带驱动液压泵	1 台	南山终端
其它	清刷泵	CURICAL	1 台	南山终端
	布栏机 Boom Roller	BR-75*8HM	3 套	南山终端
	移动式水箱 Fast Tank		5	南山终端

表 4.3-9 海洋石油 255 环保船性能表（南海西部值班）

序号	主要性能	尺度
1	主尺度	75×15.2×7m
2	主机功率	1520KW×4
3	最大航速	15.2kn
4	续航力	8000 海里
5	自持力	30 天
6	溢油回收能力	2×100 m ³ /h
7	溢油/测试井液舱/污水水回收舱容	441.71m ³ +227.06 m ³ (3 号轻柴油舱兼做回收舱)
8	溢油监测	不小于 4.5 公里
9	溢油设备安装形式	舷侧内置式
10	甲板载货面积	459 m ²
11	甲板载货量	600t
12	甲板载荷	5t/m ²

序号	主要性能	尺度
13	消油剂存储舱	每侧喷洒能力 15 方/小时

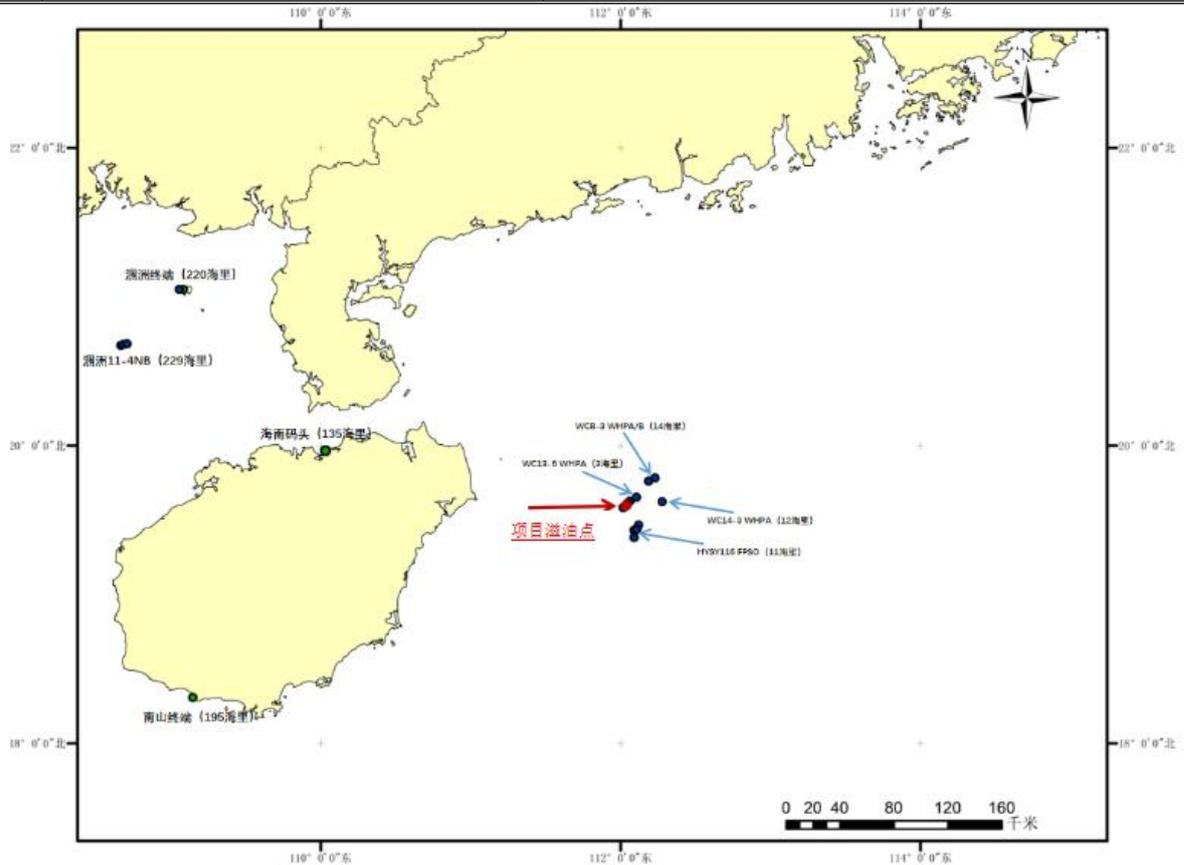


图 4.3-2 本项目可依托溢油应急资源分布示意图

d 溢油应急可行性分析

• 应急响应时间分析

本项目发生溢油事故时，首先向海事主管部门报告事故溢油情况，并立即启动本项目应急预案，调度临近溢油应急资源进行响应。本项目主要可依托临近中海石油（中国）有限公司所属海洋石油 116FPSO 和文昌 9-2/9-3 气田群、WC14-3WHPA/WC8-3WHPA/WC13-6WHPA/WC8-3WHPB 平台、涠洲 11-4NB 油田、涠洲终端、海南码头、南山终端的溢油应急资源进行响应。上述溢油应急资源吊装、装船的动员时间约为 2 小时，船舶航行速度为平均巡航速度 12 节（约 22.2km/h）计算。本项目可依托溢油应急资源抵达溢油现场时间详见表 4.3-10。

表 4.3-10 本项目可依托溢油应急资源抵达溢油现场时间

起点	终点	距离 (海里)	动员 时间 (h)	航行 时间 (h)	到达现场 时间 (h)	交通 工具
海洋石油 116FPSO/ 文昌油田群	溢油现场	≤12	2	1.0	3.0	船舶

文昌油田群各平台	溢油现场	≤14	2	1.2	3.2	船舶
海南码头	溢油现场	135	2	11.3	13.3	船舶
南山终端	溢油现场	195	2	16.3	18.3	船舶
涠洲终端	溢油现场	220	2	18.3	20.3	船舶
涠洲 11-4NB 油田	溢油现场	229	2	19.1	21.1	船舶
海洋石油 255 环保船	溢油现场	-	-	-	3-15	船舶

4.3.5 小结

本项目在建设阶段、运营阶段可能存在的主要环境风险类型包括船舶溢油、发电机组损坏等事故。根据应急响应时间分析，本项目可依托溢油应急资源可以在 21.1h 内到达溢油现场，并陆续进行溢油回收作业。当发生超出自身控制能力的溢油事故时，还可以通过集团公司的统一指挥协同，联系政府主管部门、海事局、国家其它救助机构或国际的资源。因此，借助外部溢油应急能力能够满足突发溢油事故时的应急需要。

本项目发生溢油事故的概率较低，且本项目制定了周密的溢油应急预案，配备了相应的溢油应急资源，采取了有效的环境风险防范措施，可以避免或者减轻事故对海洋生态环境的影响。

4.4 选址选线环境合理性分析

4.4.1 选址符合相关规划区划

本项目选址建设符合全国海洋主体功能区规划、海南省海洋功能区划、海南省海洋生态红线保护规划、海南省“十四五”能源发展规划等。

4.4.2 可以充分利用现有设施

本项目选址在原南海奋进号 FPSO 位置，可部分利用 [REDACTED] 系泊系统，可以充分利用现有设施资源，降低项目建设成本。

综合以上分析，本项目的选址是合理可行的。

五、主要生态环境保护措施

5.1 施工期生态环境保护措施

5.1.1 施工期污染防治对策措施

a 降低悬浮物影响的措施

根据项目海域水文气象条件合理安排铺设海缆时间，尽量安排在风浪相对小等不利于悬沙扩散的时间窗口，避免悬浮物扩散范围较大。

海缆铺设作业采用专用铺海缆船，铺设时严格控制铺设速度，降低悬浮物产生速率和悬浮物产生量。

b 水污染防治措施

参与作业的施工船舶，水上作业时要遵守《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》、《船舶水污染物排放控制标准》的相关规定，船舶油污水排入岸上船舶污染物接收单位处理或经处理达标后在航行中排放，船舶生活污水处理达标后在规定区域航行中排放。

海洋生态红线区内严禁各类船舶污水排放；严禁船舶垃圾在施工海域排放，船舶垃圾分类收集后交岸上船舶污染物接收处理单位处理。

加强施工船舶的清洁工作，及时维护和修理施工船舶及机械，防止船舶、施工机械发生跑冒滴漏油类污染物。

c 大气污染防治措施

施工船舶按照《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求，使用硫含量不大于0.1% m/m 的船用燃油，妥善保存燃油供受单证以备海事部门检查。

施工船舶应按《中华人民共和国海事局关于发布海船应持证书、文书清单的公告》要求，持有《国内航行海船安全与环保证书》等相关证书和文书。

d 噪声污染防治措施

采用噪声较低的施工设备，对船载振动大的机械设备使用减振机座降低噪声。

加强施工船舶的日常保养，确保船舶动力部件性能良好，避免不必要的船舶鸣笛。

e 固体废物污染防治措施

施工船舶垃圾分类集中收集，待船舶靠岸后交由有资质单位处理。

机组海上安装和调试过程中的废弃材料、包装材料等不得随意丢弃，统一进行收集，施工结束后运回陆上回收再利用或处置。

5.1.2 施工期海洋生态保护措施

合理安排施工作业时间，优化施工方案，在保证施工质量的前提下缩短水下作业时间，减小施工作业对海洋生态环境的扰动时间。

海缆铺设施工时，优化施工工艺，尽量避免由于操作不当导致的悬浮物增大，同时严格控制作业带宽度减少超挖量，从而降低对海洋生物的影响。

5.1.3 施工期鸟类保护措施

严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强风的夜晚，应该停止施工，减小施工期对鸟类的影响。

施工期间加强船只管理，合理布置施工运输路线，施工船舶应采取有效措施控制噪声排放，减小对鸟类的影响。

加强施工人员管理及生态保护教育培训，禁止捕杀鸟类，减小人为活动噪声，确保施工期鸟类保护措施落实到位。

5.2 运营期生态环境保护措施

5.2.1 运营期污染防治对策措施

本项目运营期产生的污染主要来源于两方面，一是机组运行维护产生的废水、固体废物，二是机组正常运行所产生的噪声，具体污染防治措施如下。

a 水污染防治措施

运维船舶产生的少量含油污水经处理达标后在航行中排放；

运维人员产生的少量生活污水处理达标后在航行中排放。

b 噪声污染防治措施

提高机组的加工工艺和安装精度，避免由于安装精度或者运营维护的欠缺造成齿轮和轴承的摩擦，进而增加机组运行噪音。

风机设计时齿轮箱采取弹性连接替代刚性连接，以减小运转过程产生的振动；发电机散热风扇及变频器散热器等辅助设备处安装消音装置；机舱外壳采用高阻尼材料吸收机组机械部位的振动能，降低振动噪声。

定期对机组进行运营维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑，确保处于良好运行状态，降低机组运行噪声。

c 固体废物防治措施

维护工作中产生的废弃物应及时清理，更换的部件应妥善收集，收集后带回陆上进行再利用或处置，严禁在海上燃烧废弃物。

运维人员产生的生活垃圾随船携带，集中分类收集，船舶靠岸后由船舶污染物接收处理单位接收。

机组更换的废油（风电机组主齿轮箱润滑油、偏航和变桨减速器齿轮箱废油、液压系

统液压油)和废弃蓄电池(变桨电池、UPS 电池等)分类收集,运回陆地交由有资质单位处理。

5.2.2 运营期海洋生态保护措施

本项目的建设将会造成一定的海洋生物损失,根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)进行估算,本项目海洋生物资源损害补偿额约为 [REDACTED] 万元。

建议建设单位在相关主管部门指导下,与本海域其他项目统筹考虑,采取增殖放流的方式进行海洋生物资源补偿。

5.2.3 运营期鸟类保护措施

机组的叶片以警示色涂色,使鸟类在飞行中能及时及时规避,以降低鸟类碰撞的几率;机组上方设闪烁灯光,以降低鸟类在夜间碰撞的几率;机组整机使用非反光涂料,以减少反射阳光对鸟类的影响。

对机组的运维人员进行鸟类保护知识的宣传和教育。

5.3 环保投资

环境经济损益分析是环境影响评价的一项重要内容,其任务是通过分析环保投资及其所能收到的环境保护经济效果,重点评价工程环保投资的经济合理性和可行性;并通过分析油田工程项目的环境经济效益,从环境经济角度对项目的可行性进行评估,为建设项目的决策提供依据。

在确定环境保护投资费用时,凡属污染治理和环境保护需要的专用设备、装置、监测仪器等,其资金按 100%列入环境保护投资;生产需要又为环境保护服务的设备或设施分别按不同情况以 25%~50%比例列入环境保护投资。

根据上述原则,将本项目的环境保护设施投资费用列于表 5.3-1。

表 5.3-1 环境保护设施投资

环保设备/措施	设备/措施投资(万元)	折合比例	折合环保投资(万元)
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

项目总投资约为 [REDACTED] 万元,环保投资约为 [REDACTED] 万元,环境保护投资占工程投资的比例为:

$$[REDACTED] = 0.85\%$$

其中,CT:环境保护投资占工程投资的比例;C1:环保投资额;T:工程设施投资总额。

六、生态环境保护措施监督检查清单

内容 要素	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
水环境	施工船舶机舱污水、生活污水经处理达标排放	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	运维船舶机舱污水、生活污水经处理达标排放	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)
固体废物	船舶垃圾中的塑料、废弃食用油、生活废弃物等禁止排海；食品废弃物在距最近陆地3海里以内(含)的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地3海里至12海里(含)的海域，粉碎或磨碎至直径不大于25mm后方可排放；在距最近陆地12海里以外的海域可以排放。	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	船舶垃圾中的塑料、废弃食用油、生活废弃物等禁止排海；食品废弃物在距最近陆地3海里以内(含)的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地3海里至12海里(含)的海域，粉碎或磨碎至直径不大于25mm后方可排放；在距最近陆地12海里以外的海域可以排放。	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)
声环境	采用噪声较低的施工设备；对船载振动大的机械设备使用减振机座降低噪声；加强施工船舶的日常保养；船舶避免不必要的鸣笛。	同左	提高机组的加工工艺和安装精度；齿轮箱采取弹性连接替代刚性连接；发电机散热风扇及变频器散热器等辅助设备处安装消音装置；机舱外壳采用高阻尼材料吸收振动能；定期对机组进行运营维护。	同左
鸟类保护	严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少漏光量；在有雾或强风的夜晚停止施工；施工船舶应采取有效措施控制噪声排放；加强施工人员管理及生态保护教育培训。	同左	机组的叶片以警示色涂色；机组上方设闪烁灯光；机组整机使用非反光涂料；对机组的运维人员进行鸟类保护知识的宣传和教	同左
环境风险	海上施工前制定或者修订防治船舶及其有关作业活动污染海洋环境的应急预案	应有溢油应急预案	纳入文昌海域溢油应急管理体系	文昌海域溢油应急计划

七、结论

文昌油田群清洁能源综合调整项目符合我国能源发展战略，符合碳达峰、碳中和新发展理念，为文昌油田群提供清洁能源改善能源结构，项目的社会效益、经济效益和环境效益显著。本项目建设造成的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响可以通过采取相应的环保措施避免或减小。因此，只要在项目的建设和运行过程中加强管理，切实落实本报告表中提出的环保措施，从环境保护角度，本项目建设是可行的。

附表1 海水水质调查结果

站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发性 酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/l)					(µg/l)									
检出限		—	—	—	0.32	0.15	—	0.0035	0.1	0.8	0.007	0.5	—	1.0	0.10	0.03	0.07	0.12	0.05
P1	0.5	29.95	34.225	8.21	6.21	0.42	0.5	0.012	nd	1.1	0.021	1.9	20.9	3.6	7.22	nd	0.97	3.28	0.52
P1	10.0	29.3	34.289	8.20	6.22	0.29	1.0		nd	nd	0.024	1.8	18.9	2.5	6.31	0.03	1.51	2.01	0.24
P1	50.0	25.39	34.556	8.17	6.25	0.31	0.5		nd	0.8	0.019	1.9	23.0	3.7	2.96	nd	0.76	2.41	0.27
P1	100.0	20.56	34.706	8.08	5.23	0.28	3.7		0.1	nd	0.021	1.7	23.9	12.6	2.74	0.03	0.94	2.61	0.25
P1	143.0	16.23	34.722	8.03	5.01	0.22	4.6		0.1	nd	0.020	1.8	112.6	18.8	2.11	0.03	0.66	2.24	0.23
P2	0.5	30.15	34.222	8.20	6.15	0.51	4.5	0.011	nd	0.8	0.019	1.6	15.5	3.3	4.79	nd	0.63	3.73	0.32
P2	10.0	29.52	34.289	8.20	6.21	0.49	0.4		nd	0.8	0.023	1.7	15.2	2.7	6.48	0.04	1.95	2.18	0.28
P2	50.0	25.58	34.569	8.17	6.17	0.44	0.4		nd	nd	0.023	1.5	22.2	4.0	2.73	nd	0.84	4.21	0.27
P2	100.0	20.64	34.712	8.06	5.21	0.39	0.9		0.1	nd	0.019	1.4	86.9	9.6	2.55	nd	0.79	2.30	0.24
P2	118.0	19.26	34.739	8.05	5.05	0.34	0.6		0.1	nd	0.018	1.6	109.8	14.8	3.02	nd	0.81	3.94	0.25
P3	0.5	29.78	34.258	8.20	6.12	0.57	1.1	0.017	nd	0.8	0.023	1.8	33.1	3.4	4.20	nd	0.54	1.5	0.28
P3	10.0	29.32	34.345	8.20	6.16	0.52	7.6		nd	0.8	0.023	1.8	14.9	2.3	6.50	nd	1.77	3.51	0.28
P3	50.0	25.4	34.476	8.14	6.14	0.50	8.4		nd	nd	0.019	2.0	27.5	3.5	3.04	nd	0.93	3.87	0.25
P3	100.0	20.76	34.776	8.05	5.28	0.42	4.2		0.1	nd	0.018	1.9	83.8	13.4	2.60	nd	0.82	3.48	0.25
P3	101.0	20.76	34.782	8.05	5.26	0.34	0.8		0.1	nd	0.022	2.4	87.5	15.1	3.81	nd	0.72	1.64	0.27
P4	0.5	29.62	34.226	8.20	6.06	0.67	1.0	0.006	nd	1.1	0.019	1.8	17.5	7.6	2.99	nd	0.54	2.49	0.27
P4	10.0	29.21	34.312	8.20	6.07	0.64	3.9		nd	0.8	0.018	1.7	20.6	3.6	8.37	0.04	0.96	1.46	0.26
P4	50.0	25.37	34.521	8.12	6.15	0.69	3.8		nd	nd	0.020	1.8	28.3	5.2	4.85	nd	0.68	1.24	0.47
P4	96.0	21.07	34.681	8.06	5.29	0.69	6.3		0.1	nd	0.019	1.7	70.4	28.0	3.09	nd	0.88	2.78	0.32
P5	0.5	29.53	34.212	8.19	5.97	0.65	2.9	0.006	nd	nd	0.024	1.8	20.3	11.5	2.64	nd	0.60	1.31	0.25
P5	10.0	28.91	34.332	8.19	5.98	0.67	0.9		nd	1.3	0.021	1.9	20.8	8.4	9.82	0.04	0.49	2.36	0.47
P5	50.0	25.41	34.589	8.12	5.81	0.72	2.8		nd	1.1	0.024	2.1	20.6	12.0	4.80	nd	0.88	1.98	0.42
P5	85.0	22.4	34.692	8.06	5.25	0.73	2.0		0.1	nd	0.020	2.5	56.3	20.8	2.61	nd	0.65	0.75	0.28
P6	0.5	29.41	34.225	8.20	6.04	0.42	3.9	0.009	nd	1.1	0.020	1.9	20.1	3.5	5.45	nd	0.48	2.88	0.26
P6	10.0	29.03	34.322	8.19	6.07	0.37	4.7		nd	0.8	0.020	1.8	13.7	2.8	7.81	nd	1.78	4.15	0.28
P6	50.0	25.31	34.523	8.16	6.02	0.35	3.7		nd	1.6	0.018	1.9	18.5	4.2	7.68	nd	1.21	2.63	0.67
P6	100.0	20.39	34.711	8.09	5.22	0.31	4.8		0.1	nd	0.021	2.0	61.7	10.1	6.91	nd	1.54	4.04	0.51
P6	168.0	14.81	34.655	8.02	4.80	0.26	3.8		0.1	0.8	0.019	1.8	107.1	15.6	3.32	nd	0.95	4.15	0.35
P7	0.5	29.32	34.118	8.19	6.00	0.38	0.7	0.009	nd	nd	0.022	1.6	24.6	3.7	2.02	nd	0.69	4.15	0.27

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发性 酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/l)				(μg/l)										
P7	10.0	28.95	34.226	8.19	5.99	0.42	1.8		nd	0.8	0.020	1.7	17.1	3.0	1.87	nd	1.67	2.20	0.24
P7	50.0	25.29	34.555	8.17	5.96	0.33	1.0		nd	0.8	0.019	1.9	14.2	4.5	2.42	nd	1.08	1.86	2.47
P7	100.0	20.44	34.676	8.08	5.20	0.30	1.1		0.1	0.8	0.022	1.9	105.6	10.7	3.28	0.03	1.25	3.95	0.57
P7	133.0	17.19	34.707	8.03	4.97	0.24	0.6		0.1	nd	0.021	1.7	130.8	16.3	11.51	0.04	1.43	3.43	0.97
P8	0.5	29.11	34.247	8.19	5.95	0.40	0.7	0.012	nd	0.5	0.022	2.0	22.5	4.9	7.70	0.01	1.08	3.71	0.62
P8	10.0	28.70	34.300	8.18	5.93	0.35	4.4		nd	0.7	0.023	1.7	17.8	4.0	3.16	0.03	0.99	2.40	0.28
P8	50.0	25.18	34.560	8.16	5.83	0.32	2.4		nd	0.8	0.018	2.2	25.0	4.5	2.73	0.03	0.87	3.49	0.31
P8	100.0	20.31	34.692	8.07	5.15	0.22	3.5		0.1	0.5	0.022	2.4	145.6	13.0	2.09	0.01	0.70	1.27	0.81
P8	111.0	19.24	34.690	8.05	5.08	0.20	2.9		0.1	0.5	0.021	2.6	176.8	17.8	4.54	0.12	0.80	2.89	0.80
P9	0.5	29.26	34.222	8.19	5.96	0.42	3.7	0.009	nd	1.6	0.023	1.9	21.0	10.3	1.64	nd	0.27	1.41	0.27
P9	10.0	28.75	34.285	8.18	5.97	0.29	6.4		nd	0.8	0.018	2.0	17.9	7.4	4.76	nd	0.85	2.31	0.27
P9	50.0	25.42	34.428	8.18	5.75	0.28	0.2		nd	1.3	0.020	1.7	21.1	10.7	2.27	nd	0.62	2.17	0.27
P9	97.0	20.8	34.612	8.05	5.20	0.22	2.7		0.1	1.1	0.022	2.0	103.2	18.7	1.40	nd	0.70	1.95	1.18
P10	0.5	29.65	34.312	8.19	6.14	0.38	1.7	0.008	nd	nd	0.019	2.0	17.7	8.1	1.48	nd	0.35	2.19	0.23
P10	10.0	29.13	34.358	8.18	6.18	0.34	0.3		nd	1.3	0.021	1.8	18.0	3.2	5.50	nd	0.55	2.27	0.37
P10	50.0	25.45	34.489	8.18	6.17	0.29	1.8		nd	1.6	0.018	1.9	14.7	4.7	1.11	nd	nd	0.12	0.12
P10	97.0	20.83	34.655	8.06	5.34	0.24	0.6		0.1	1.6	0.017	2.2	157.0	25.1	1.42	0.03	0.67	1.81	0.27
P11	0.5	29.1	34.202	8.18	5.97	0.38	1.6	0.008	nd	0.8	0.017	2.1	20.1	7.1	1.86	nd	0.54	1.10	0.54
P11	10.0	28.42	34.312	8.18	5.93	0.38	1.8		nd	1.3	0.017	2.4	15.7	3.1	3.19	nd	1.66	1.07	0.51
P11	50.0	25.33	34.522	8.18	5.68	0.31	1.7		nd	0.8	0.016	2.1	23.3	4.7	2.46	nd	1.28	2.00	0.33
P11	100.0	20.3	34.654	8.10	5.15	0.26	1.2		0.1	0.8	0.018	2.2	94.0	11.0	3.69	0.04	0.49	0.8	0.29
P11	166.0	14.39	34.718	8.03	4.87	nd	1.4		0.1	0.8	0.016	2.1	139.5	17.0	1.88	0.04	0.31	1.05	0.28
P12	0.5	29.26	34.101	8.19	6.04	0.41	0.2	0.006	nd	1.6	0.019	1.8	15.7	8.4	1.30	nd	0.29	0.83	0.38
P12	10.0	28.73	34.199	8.19	6.02	0.30	3.4		nd	nd	0.021	2.0	10.1	3.8	1.99	nd	1.58	0.89	0.31
P12	50.0	25.52	34.455	8.16	5.79	0.31	4.1		nd	nd	0.017	2.0	14.8	5.5	3.35	nd	1.11	0.97	0.35
P12	100.0	20.46	34.628	8.08	5.15	0.24	8.1		0.1	1.1	0.018	2.1	79.9	12.9	2.88	nd	0.53	0.81	0.35
P12	136.0	17.34	34.71	8.04	4.92	0.26	3.1		0.1	nd	0.018	2.5	133.3	19.7	2.22	0.05	0.42	1.00	0.54
P13	0.5	29.32	34.261	8.20	6.12	0.42	0.4	0.008	nd	0.8	0.017	2.0	27.1	7.6	1.37	nd	0.22	1.23	0.28
P13	10.0	28.86	34.252	8.20	6.11	0.33	1.1		nd	1.1	0.020	1.8	20.5	3.3	4.31	nd	0.96	2.46	0.27
P13	50.0	25.42	34.489	8.19	6.01	0.29	2.4		nd	nd	0.020	2.3	21.6	5.0	1.53	nd	0.59	2.68	0.29
P13	100.0	20.41	34.648	8.07	5.21	0.23	0.5		0.1	nd	0.016	2.2	110.2	11.7	5.51	nd	0.67	3.82	0.34
P13	114.0	19.39	34.668	8.07	5.12	0.21	0.5		0.1	nd	0.015	1.9	134.6	17.9	2.14	nd	0.50	1.91	0.27

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发性 酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/l)					(μg/l)									
P14	0.5	29.78	34.264	8.19	6.22	0.47	0.7	0.008	nd	1.9	0.020	2.1	17.1	12.8	5.47	nd	0.31	2.82	0.22
P14	10.0	29.27	34.312	8.19	6.31	0.39	1.1		nd	nd	0.017	2.2	17.1	3.1	2.53	nd	0.81	1.47	0.22
P14	50.0	25.46	34.653	8.19	6.19	0.33	2.3		nd	nd	0.015	1.9	23.1	4.5	1.31	nd	0.61	1.55	0.27
P14	98.0	20.61	36.699	8.07	5.28	0.25	4.6		0.1	nd	0.019	2.4	172.3	24.6	2.59	nd	0.44	1.72	0.27
P15	0.5	29.82	34.229	8.19	6.21	0.42	0.9	0.01	nd	1.1	0.016	2.4	16.0	10.0	1.51	nd	0.31	1.46	0.24
P15	10.0	29.4	34.335	8.19	6.22	0.36	0.3		nd	1.3	0.018	2.1	13.7	7.3	6.39	0.03	0.69	3.26	1.00
P15	50.0	25.5	34.568	8.19	6.15	0.29	16.2		nd	1.9	0.017	1.9	21.6	10.5	1.41	nd	0.64	1.27	0.29
P15	92.0	20.93	34.693	8.07	5.31	0.23	8.1		0.1	1.3	0.020	2.0	140.0	18.3	1.88	nd	0.41	1.19	0.23
P16	0.5	29.72	34.352	8.20	6.24	0.38	1.4	0.009	nd	1.2	0.019	1.5	20.4	5.7	0.87	0.01	0.30	1.85	0.38
P16	10.0	29.32	34.460	8.19	6.29	0.34	3.1		nd	0.5	0.024	2.2	14.2	4.8	2.52	0.06	0.90	2.67	0.39
P16	50.0	25.36	34.536	8.19	6.21	0.28	2.2		nd	0.7	0.018	2.1	20.8	5.3	1.43	0.01	0.86	1.65	0.31
P16	100.0	20.55	34.624	8.08	5.36	0.25	1.1		0.1	nd	0.021	2.6	132.9	15.0	1.68	0.01	0.30	1.81	0.28
P16	168.0	14.73	34.712	8.03	4.81	nd	0.3		0.1	nd	0.023	1.7	160.0	20.5	0.91	0.01	0.39	1.57	0.39
P17	0.5	29.81	34.227	8.20	6.12	0.36	4.0	0.010	nd	nd	0.020	1.9	23.6	7.3	1.81	nd	0.32	2.10	0.43
P17	10.0	29.32	34.335	8.20	6.17	0.34	5.8		nd	1.3	0.016	2.2	17.3	5.7	4.34	nd	0.31	3.59	0.37
P17	50.0	25.39	34.558	8.19	6.08	0.25	2.9		nd	nd	0.017	2.4	25.6	5.4	1.40	nd	0.28	2.21	0.34
P17	100.0	20.67	34.684	8.05	5.34	nd	4.8		0.1	nd	0.019	2.2	102.5	12.8	1.89	nd	0.70	2.21	0.25
P17	125.0	18.47	34.721	8.05	5.07	nd	6.0		0.1	1.6	0.017	2.0	139.4	19.4	1.87	nd	0.33	1.96	0.30
P18	0.5	29.47	34.317	8.20	6.07	0.44	1.2	0.008	nd	1.1	0.015	1.9	19.2	7.1	4.89	nd	0.52	2.58	0.30
P18	10.0	29.06	34.436	8.20	6.10	0.34	3.7		nd	0.8	0.021	1.7	10.8	5.0	3.28	nd	0.45	0.90	0.39
P18	50.0	25.39	34.531	8.19	6.03	0.28	3.7		nd	0.8	0.021	1.8	19.6	5.2	2.90	nd	0.70	3.61	0.25
P18	100.0	20.58	34.688	8.06	5.22	0.24	4.2		0.1	0.8	0.017	2.2	86.3	12.2	1.76	nd	0.36	3.17	0.26
P18	116.0	19.2	34.713	8.05	5.05	0.22	4.6		0.1	0.8	0.019	2.6	128.3	18.7	1.53	0.06	0.71	2.41	0.36
P19	0.5	29.05	34.311	8.18	6.06	0.34	0.2	0.008	nd	1.3	0.018	1.6	28.0	8.4	3.00	nd	0.30	0.84	0.39
P19	10.0	28.42	34.397	8.17	6.00	0.32	0.6		nd	nd	0.019	1.8	21.0	5.2	4.62	nd	0.89	0.90	0.34
P19	50.0	25.36	34.465	8.17	5.83	0.29	0.2		nd	nd	0.018	2.0	20.6	4.5	3.91	nd	0.83	0.85	0.26
P19	100.0	20.69	34.662	8.06	5.18	0.22	1.1		0.1	1.6	0.019	2.4	118.9	15.1	9.55	0.03	0.46	1.11	0.33
P19	105.0	20.31	34.679	8.05	5.16	0.19	1.1		0.1	1.1	0.021	2.3	148.6	22.6	2.08	nd	0.57	0.99	0.29
P20	0.5	29.65	34.331	8.18	6.03	0.33	1.5	0.007	nd	nd	0.019	1.9	17.8	6.9	4.17	nd	0.45	1.19	0.89
P20	10.0	29.28	34.386	8.18	6.02	0.33	0.5		nd	nd	0.017	1.7	18.8	2.8	3.57	nd	1.54	1.27	0.30
P20	50.0	25.39	34.662	8.17	5.93	0.31	1.0		nd	0.8	0.016	1.9	15.1	4.0	4.46	nd	0.98	0.81	0.36
P20	93.0	21.01	34.734	8.07	5.38	0.20	1.0		0.1	nd	0.019	2.0	143.2	17.3	5.23	nd	0.90	1.01	0.53

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发性 酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/l)					(μg/l)									
P21	0.5	29.22	34.209	8.19	6.06	0.34	1.0	0.015	nd	nd	0.020	1.9	15.8	5.8	1.20	nd	0.18	2.17	0.39
P21	10.0	28.91	34.258	8.19	6.04	0.33	1.5		nd	nd	0.017	2.2	23.9	4.0	1.93	nd	0.59	1.70	0.41
P21	50.0	25.4	34.409	8.18	6.04	0.28	1.1		nd	1.6	0.021	2.3	20.9	5.9	5.28	nd	0.77	1.91	0.49
P21	100.0	20.37	34.673	8.08	5.19	0.25	0.6		0.1	nd	0.020	2.4	129.4	21.6	1.57	nd	0.43	1.93	0.21
P21	181.0	12.88	34.621	8.02	4.65	0.16	1.3		0.1	1.3	0.022	1.9	159.9	24.3	4.70	0.06	0.70	3.15	0.43
P22	0.5	29.1	34.305	8.17	5.94	0.34	2.3	0.017	nd	1.6	0.020	1.6	26.4	7.3	0.71	nd	0.16	2.92	0.31
P22	10.0	28.61	34.356	8.17	5.91	0.30	4.7		nd	nd	0.019	1.6	24.6	4.6	3.77	nd	0.76	3.81	0.47
P22	50.0	25.47	34.481	8.16	5.83	0.26	6.3		nd	1.6	0.023	1.7	27.0	6.9	2.39	nd	0.78	2.89	0.71
P22	100.0	20.53	34.638	8.06	5.11	0.22	6.6		0.1	nd	0.022	1.8	97.1	15.6	4.02	nd	0.68	3.16	0.55
P22	128.0	18.19	34.676	8.05	4.98	0.18	3.8		0.1	1.3	0.018	1.5	122.7	23.8	1.49	nd	0.50	3.92	0.43
P23	0.5	29.36	34.193	8.19	6.03	0.38	3.4	0.008	nd	1.6	0.020	1.8	23.2	8.8	2.86	nd	0.43	3.42	0.71
P23	10.0	29.01	34.224	8.19	6.06	0.33	1.7		nd	nd	0.020	1.9	16.1	5.7	5.64	0.09	0.75	3.33	0.33
P23	50.0	25.44	34.551	8.18	5.98	0.28	2.8		nd	1.1	0.016	2.4	25.7	8.4	1.92	nd	1.26	3.03	0.29
P23	100.0	20.51	34.87	8.06	5.17	0.22	3.7		0.1	0.8	0.019	2.2	115.2	18.9	2.42	nd	0.64	3.14	0.24
P23	119.0	19.13	34.861	8.05	5.09	0.16	12.3		0.1	nd	0.019	2.5	147.5	21.7	1.53	nd	0.41	2.71	0.47
P24	0.5	29.64	34.236	8.20	6.16	0.36	2.3	0.009	nd	0.8	0.018	2.0	23.6	7.9	1.00	0.01	0.23	2.06	0.72
P24	10.0	29.12	34.348	8.20	6.22	0.33	4.5		nd	0.5	0.020	2.0	18.2	5.3	0.31	0.01	0.04	1.11	0.51
P24	50.0	25.39	34.497	8.20	6.11	0.28	8.8		nd	0.5	0.020	2.3	26.2	5.9	0.36	0.01	0.88	1.99	0.47
P24	100.0	20.47	34.675	8.06	5.26	0.21	1.5		0.1	0.5	0.019	2.2	158.9	16.6	2.89	0.06	0.40	2.20	0.43
P24	115.0	19.30	34.689	8.05	5.18	nd	1.9		0.1	nd	0.017	2.1	168.0	22.6	2.50	0.06	0.60	1.97	0.38
P25	0.5	29.88	34.289	8.20	6.17	0.38	2.3	0.008	nd	1.1	0.016	2.1	15.6	7.2	0.86	nd	0.24	1.61	0.42
P25	10.0	29.31	34.334	8.19	6.14	0.33	2.3		nd	nd	0.018	2.1	16.9	2.9	1.95	nd	0.22	3.35	0.44
P25	50.0	25.42	34.449	8.19	6.16	0.26	0.3		nd	1.6	0.018	2.4	15.5	4.2	2.25	nd	0.76	1.39	0.28
P25	97.0	20.89	34.668	8.06	5.21	0.23	2.3		0.1	nd	0.017	2.2	136.2	18.2	4.96	nd	0.84	1.58	0.33
P26	0.5	29.07	34.222	8.17	5.93	0.32	1.4	0.008	nd	0.8	0.020	2.0	17.5	7.1	2.21	nd	0.49	1.78	0.24
P26	10.0	28.4	34.289	8.17	5.92	0.35	1.0		nd	0.8	0.019	2.1	16.1	5.4	1.19	nd	0.27	1.55	0.16
P26	50.0	25.39	34.512	8.16	5.79	0.29	0.4		nd	nd	0.020	2.2	22.3	5.2	2.27	0.13	0.44	1.75	0.23
P26	100.0	20.37	34.663	8.10	5.06	0.25	1.9		0.1	nd	0.020	2.4	120.5	12.5	0.93	nd	0.31	1.34	0.58
P26	197.0	11.88	34.692	8.01	4.63	0.19	4.1		0.1	nd	0.016	2.2	143.5	18.9	0.80	nd	0.25	1.24	0.46
P27	0.5	29.02	34.285	8.18	5.94	0.35	0.7	0.008	nd	1.1	0.018	2.0	16.8	6.9	3.85	nd	0.32	1.54	0.29
P27	10.0	28.39	34.335	8.18	5.95	0.35	1.3		nd	0.8	0.021	1.8	17.1	4.8	0.43	nd	0.29	1.51	0.26
P27	50.0	25.36	34.498	8.17	5.81	0.33	1.2		nd	nd	0.020	1.6	22.0	5.1	1.56	nd	0.26	1.88	0.31

站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发性 酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/l)				(µg/l)										
P27	100.0	20.42	34.659	8.09	5.05	0.27	2.0		0.1	nd	0.022	1.8	131.6	11.9	0.80	nd	0.49	1.72	0.31
P27	168.0	14.67	34.712	8.02	4.85	0.19	4.1		0.1	nd	0.021	1.9	162.3	18.3	0.82	nd	0.17	1.84	0.41
P28	0.5	29.33	34.247	8.18	6.04	0.33	4.8	0.004	nd	nd	0.016	1.6	21.5	7.7	1.67	nd	0.21	1.87	0.23
P28	10.0	28.82	34.326	8.17	5.96	0.39	2.8		nd	0.8	0.020	1.9	16.3	5.9	1.99	nd	0.46	2.33	0.18
P28	50.0	25.5	34.515	8.17	5.93	0.36	3.3		nd	1.1	0.020	2.0	23.2	5.7	2.05	nd	0.54	1.82	0.26
P28	100.0	20.38	34.666	8.05	5.14	0.25	2.6		0.1	nd	0.021	2.1	100.8	13.5	2.45	nd	0.22	1.72	0.28
P28	120.0	18.52	34.678	8.04	5.04	0.16	3.2		0.1	0.8	0.020	1.8	130.9	20.4	1.79	0.21	0.47	1.63	0.17
P29	0.5	29.5	34.285	8.19	6.11	0.35	1.8	0.005	nd	0.8	0.019	1.9	15.9	7.4	3.58	nd	0.37	3.52	0.26
P29	10.0	29.08	34.333	8.18	6.10	0.33	2.0		nd	1.1	0.022	2.1	17.0	5.2	1.09	nd	0.25	2.46	0.37
P29	50.0	25.61	34.492	8.18	6.04	0.29	0.1		nd	1.1	0.024	2.3	17.5	5.5	1.81	nd	0.60	2.48	0.27
P29	100.0	20.57	34.687	8.05	5.15	0.24	3.0		0.1	nd	0.020	2.2	86.4	12.8	1.44	nd	0.40	2.11	0.32
P29	116.0	19.39	34.705	8.05	5.11	0.17	1.9		0.1	nd	0.017	2.1	115.0	19.7	1.42	nd	0.32	1.98	0.18
P30	0.5	29.69	34.332	8.20	6.20	0.33	1.8	0.005	nd	1.3	0.019	1.8	25.8	8.8	1.13	nd	0.18	1.27	0.54
P30	10.0	29.34	34.399	8.20	6.19	0.32	1.9		nd	1.6	0.020	2.0	21.8	5.5	0.71	nd	0.79	1.54	0.41
P30	50.0	25.53	34.482	8.19	6.23	0.29	0.3		nd	nd	0.018	2.2	21.2	4.8	1.56	nd	nd	0.54	0.58
P30	100.0	20.43	34.697	8.06	5.23	0.26	0.7		0.1	nd	0.020	2.3	113.2	15.9	1.06	nd	0.35	1.71	0.30
P30	106.0	20.11	34.712	8.06	5.13	0.18	1.8		0.1	1.6	0.022	2.1	141.5	23.7	1.07	nd	0.20	1.31	0.31

附表 2 浮游植物种名录

中文名	拉丁学名
硅藻门	BACILIARIOPHYTA
范氏星纹藻	<i>Asterolampravanheurckii</i>
椭圆星脐藻	<i>Asteromphalusheptactis</i>
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrumhyalinum</i>
钟形中鼓藻	<i>Bellerocheahorologicalis</i>
锤状中鼓藻	<i>Bellerochea malleus</i>
中华盒形藻	<i>Biddulphiasinensis</i>
窄隙角毛藻	<i>Chaetocerosaffinis</i>
大西洋角毛藻	<i>Chaetocerosatlanticus</i>
密聚角毛藻	<i>Chaetoceroscoarctatus</i>
并基角毛藻	<i>Chaetocerosdecipiens</i>
短刺角毛藻	<i>Chaetocerosmessanensis</i>
角毛藻属	<i>Chaetoceros</i> sp.
双凹梯形藻	<i>Climacodiumbiconcavum</i>
巨圆筛藻	<i>Coscinodiscusgigas</i>
具边线性圆筛藻	<i>Coscinodiscusmarginato-lineatus</i>
圆筛藻属	<i>Coscinodiscus</i> sp.
地中海指管藻	<i>Dactyliosolenmediterraneus</i>
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i>
短角弯角藻	<i>Eucampiazoodiacus</i>
热带戈斯藻	<i>Goslerielatropica</i>
萎软几内亚藻	<i>Guinardiaflaccida</i>
霍氏半管藻	<i>Hemiaulushauckii</i>
楔形半盘藻	<i>Hemidiscuscuneiformis</i>
舟形藻属	<i>Navicula</i> sp.
美丽漂流藻	<i>Planktoniellaformosa</i>
柔弱伪菱形藻	<i>Pseudonitzschidelicatissima</i>
尖刺伪菱形藻	<i>Pseudonitzschiapunges</i>
翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosoleniaalata f. gracillima</i>
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosoleniaalata f. indica</i>
伯氏根管藻	<i>Rhizosoleniabergonii</i>
距端根管藻	<i>Rhizosoleniacalcar-avis</i>
粗刺根管藻	<i>Rhizosoleniacrassospina</i>
粗根管藻	<i>Rhizosoleniarobusta</i>
斯氏根管藻	<i>Rhizosoleniastolterforthii</i>
笔尖形根管藻	<i>Rhizosoleniastyliformis</i>
笔尖形根管藻长棘变种	<i>Rhizosoleniastyliformis var. longispina</i>
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxispalmeriana</i>
菱形海线藻	<i>Thalassionemanitzschioides</i>
海链藻属	<i>Thalassiosiras</i> sp.
细弱海链藻	<i>Thalassiosirasubtilis</i>
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrixfrauenfeldii</i>
长海毛藻	<i>Thalassiothrixlongissima</i>
甲藻门	PYRROPHYTA
二齿双管藻	<i>Amphisoleniabidentata</i>

球形双管藻	<i>Amphisoleniaglobifera</i>
三叉双管藻	<i>Amphisoleniathrinax</i>
亚速尔角藻	<i>Ceratiumazoricum</i>
二裂角甲藻	<i>Ceratium biceps</i>
腊台角藻	<i>Ceratium candelabrum</i>
歧分角藻	<i>Ceratiumcarriense</i>
扭角藻	<i>Ceratiumcontortum</i>
偏转角藻	<i>Ceratiumdeflexum</i>
镰角藻	<i>Ceratiumfacatum</i>
叉角藻	<i>Ceratiumfurca</i>
纺锤角藻	<i>Ceratiumfusus</i>
纺锤角藻刚毛变种	<i>Ceratiumfusus v. seta</i>
网纹角藻	<i>Ceratiumhexacanthum</i>
新月角藻	<i>Ceratiumlunula</i>
大角角藻	<i>Ceratiummacroceros</i>
马西里亚角藻	<i>Ceratiummassiliense</i>
五角角藻	<i>Ceratiumpentagonum</i>
角藻属	<i>Ceratiumsp.</i>
三叉角藻	<i>Ceratiumtrichoceors</i>
三角角藻	<i>Ceratiumtripos</i>
兀鹰角藻	<i>Ceratiumvultur</i>
兀鹰角藻苏门答腊变种	<i>Ceratiumvultur v. sumatranum</i>
长刺角甲藻	<i>Ceratocoryshorrida</i>
四叶鸟尾藻	<i>Ornithocercussteinii</i>
瑟氏鸟尾藻	<i>Ornithocercusthurnii</i>
优美原多甲藻	<i>Protoperidiniumelegans</i>
原多甲藻属	<i>Protoperidiniumsp.</i>
纺锤梨甲藻	<i>Pyrocystisfusiformis</i>
钩梨甲藻	<i>Pyrocystishamulus</i>
新月梨甲藻	<i>Pyrocystislunula</i>
拟夜光梨甲藻	<i>Pyrocystisnoctiluca</i>
钟扁甲藻	<i>Pyrophacushorologicum</i>
蓝藻门	CYANOPHYTA
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmiumthiebautii</i>

附表 3 浮游动物种名录

中文名	拉丁学名
水母类	MEDUSA
八手八束水母	<i>Koellikerina octonemalis</i>
巴斯水母	<i>Bassia bassensis</i>
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
顶大多面水母	<i>Abyla schmidti</i>
端粗范氏水母	<i>Vannuccia forbesii</i>
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>
隔膜水母属	<i>Leuckartiara sp.</i>
红斑游船水母	<i>Nausithoe punctata</i>
峭状镰螳水母	<i>Zanclaea costata</i>
尖角水母	<i>Eudoxoides mitra</i>
尖囊双钟水母	<i>Amphicaryon acaule</i>
介螳水母属	<i>Hydractinia sp.</i>
宽膜棍手水母	<i>Rhopalonema velatum</i>
镰螳水母属	<i>Zanclaea sp.</i>
两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>
螺旋尖角水母	<i>Eudoxoides spiralis</i>
马蹄水母	<i>Hippopodius hippopus</i>
墓形棍手水母	<i>Rhopalonema funerarium</i>
拟扁胃鲍螳水母	<i>Bougainvillia paraplatygaster</i>
拟铃浅室水母	<i>Lensia campanella</i>
拟双生水母	<i>Diphyes bojani</i>
拟细浅室水母	<i>Lensia subtiloides</i>
扭歪爪室水母	<i>Chelophyes contorta</i>
膨大无棱水母	<i>Sulculeolaria turgida</i>
气囊水母	<i>Physophora hydrostatica</i>
浅室水母属	<i>Lensia sp.</i>
热带伪帽水母	<i>Pseudotiara tropica</i>
盛装水母	<i>Agalma okeni</i>
束状鲍螳水母	<i>Bougainvillia ramosa</i>
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>
四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>
太阳水母属	<i>Solmaris sp.</i>
歪钟水母	<i>Forskalia edwardsi</i>
微脊浅室水母	<i>Lensia cossack</i>
无棱水母属	<i>Sulculeolaria sp.</i>
细浅室水母	<i>Lensia subtilis</i>
细球水母	<i>Sphaeronectes gracilis</i>
小方拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>
小体浅室水母	<i>Lensia hotspur</i>
心钟水母	<i>Cordagalma cordiformis</i>
性鞭小型水母	<i>Nanomia bijuga</i>

夜光游水母	<i>Pelagia noctiluca</i>
异板浅室水母	<i>Lensia challengerii</i>
异双生水母	<i>Diphyes dispar</i>
长无棱水母	<i>Sulculeolaria chuni</i>
真囊水母	<i>Euphysora bigelowi</i>
正型单手水母	<i>Gotoea typica</i>
皱口双手水母	<i>Amphinema rugosum</i>
锥形面具水母	<i>Pandea conica</i>
球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
枝角类	CLADOCERA
肥胖三角蚤	<i>Evadne tergestina</i>
桡足类	COPEPODA
奥氏胸刺水蚤	<i>Centropages orsinii</i>
北方乳点水蚤	<i>Pleuromamma boraelis</i>
背突隆剑水蚤	<i>Oncaea clevei</i>
鼻锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus nasutus</i>
伯氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix bradyi</i>
伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i>
叉刺角水蚤	<i>Pontella chierchiaie</i>
叉大眼剑水蚤	<i>Corycaeus furcifer</i>
叉胸刺水蚤	<i>Centropages furcatus</i>
叉真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>
齿厚剑水蚤	<i>Pachysoma dentatum</i>
齿隆剑水蚤	<i>Oncaea dentipes</i>
刺褐水蚤	<i>Phaenna spinifera</i>
粗大眼剑水蚤	<i>Corycaeus robustus</i>
粗新哲水蚤	<i>Neocalanus robustior</i>
达氏筛哲水蚤	<i>Cosmocalanus darwinii</i>
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i>
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>
单隆哲水蚤	<i>Acrocalanus monachus</i>
典型大眼剑水蚤	<i>Corycaeus typicus</i>
短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>
短平头水蚤	<i>Candacia curta</i>
腹斧角水蚤	<i>Pontella securifer</i>
高斯光水蚤	<i>Lucicutia gaussae</i>
弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>
股异肢水蚤	<i>Heterorhabdus cohibilis</i>
黑点叶剑水蚤	<i>Sapphirina nigromaculata</i>
红大眼剑水蚤	<i>Corycaeus erythraeus</i>
红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>
后截唇角水蚤	<i>Labidocera detruncata</i>
厚指平头水蚤	<i>Candacia pachydactyla</i>
黄角光水蚤	<i>Lucicutia flavicornis</i>
纪氏鹰嘴水蚤	<i>Aetideus giesbrechti</i>
尖额唇角水蚤	<i>Labidocera acuta</i>

尖额次真哲水蚤	<i>Subeucalanus mucronatus</i>
角锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</i>
截拟平头水蚤	<i>Paracandacia truncata</i>
金叶剑水蚤	<i>Sapphirina metallina</i>
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>
阔节角水蚤	<i>Pontella fera</i>
蓝基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus lividus</i>
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>
亮大眼剑水蚤	<i>Corycaeus andrewsi</i>
灵巧大眼剑水蚤	<i>Corycaeus catus</i>
隆剑水蚤属	<i>Oncaea sp.</i>
芦氏拟真刺水蚤	<i>Pareuchaeta russelli</i>
帽形次真哲水蚤	<i>Subeucalanus pileatus</i>
美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</i>
平头水蚤属	<i>Candacia sp.</i>
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>
奇桨剑水蚤	<i>Copilia mirabilis</i>
强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus crassus</i>
柔大眼剑水蚤	<i>Corycaeus flaccus</i>
乳状异肢水蚤	<i>Heterorhabdus papilliger</i>
锐额海羽水蚤	<i>Haloptilus acutifrons</i>
瘦新哲水蚤	<i>Neocalanus gracilis</i>
瘦长真哲水蚤	<i>Eucalanus elongatus</i>
双翼平头水蚤	<i>Candacia bipinnata</i>
汤氏长足水蚤	<i>Calanopia thompsoni</i>
驼背大眼水蚤	<i>Farranula gibbula</i>
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
微胖大眼剑水蚤	<i>Corycaeus crassiusculus</i>
微驼隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</i>
胃叶剑水蚤	<i>Sapphirina gastrica</i>
细拟真哲水蚤	<i>Pareucalanus attenuatus</i>
狭额次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subtenuis</i>
狭叶剑水蚤	<i>Sapphirina angusta</i>
小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>
小突大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i>
小型大眼剑水蚤	<i>Corycaeus pumilus</i>
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i>
秀真胖水蚤	<i>Euchirella bella</i>
芽叶剑水蚤	<i>Sapphirina gemma</i>
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>
叶剑水蚤属	<i>Sapphirina sp.</i>
异尾宽水蚤	<i>Temora discaudata</i>
印度真刺水蚤	<i>Euchaeta indica</i>
幼平头水蚤	<i>Candacia catula</i>
羽丽哲水蚤	<i>Calocalanus plumulosus</i>

羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>
羽长腹剑水蚤	<i>Oithona plumifera</i>
圆矛叶剑水蚤	<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>
长刺大眼剑水蚤	<i>Corycaeus longisylis</i>
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i>
长角胸刺水蚤	<i>Centropages longicornis</i>
长角真刺水蚤	<i>Euchaeta longicornis</i>
长尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus furcatus</i>
哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>
磷虾类	EUPHAUSIACEA
二晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron microphthalmum</i>
近缘柱螯磷虾	<i>Stylocheiron affine</i>
宽额假磷虾	<i>Pseudeuphausia latifrons</i>
柔弱磷虾	<i>Euphausia tenera</i>
三晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron suhmii</i>
驼磷虾	<i>Euphausia gibba</i>
长额磷虾	<i>Euphausia diomedea</i>
长眼柱螯磷虾	<i>Stylocheiron longicorne</i>
柱螯磷虾	<i>Stylocheiron elongatum</i>
柱螯磷虾属	<i>Stylocheiron sp.</i>
糠虾类	MYSIDACEA
极小假近糠虾	<i>Pseudanchialina pusilla</i>
节糠虾属	<i>Siriella sp.</i>
近糠虾	<i>Anchialina typica</i>
宽尾刺糠虾	<i>Acanthomysis laticauda</i>
太平洋疣背糠虾	<i>Lophogaster pacificus</i>
汤氏节糠虾	<i>Siriella thompsoni</i>
端足类	AMPHIPODA
锥[虫戎]属	<i>Scina sp.</i>
阿海四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus arafurae</i>
巴西似泉[虫戎]	<i>Hyperioides sibaginis</i>
半月喜[虫戎]	<i>Phrosina semilunata</i>
触角扁鼻[虫戎]	<i>Simorhynchotus antennarius</i>
春氏路[虫戎]	<i>Vibilia chuni</i>
刺拟慎[虫戎]	<i>Phronimopsis spinifera</i>
大西洋慎[虫戎]	<i>Phronima atlantica</i>
大眼蛮[虫戎]	<i>Lestrigonus macrophthalmus</i>
短密海神[虫戎]	<i>Primno brevidens</i>
甘氏近海精[虫戎]	<i>Parapronoe campbelli</i>
厚足伪狼[虫戎]	<i>Pseudolycaea pachypoda</i>
怀氏棒体[虫戎]	<i>Rhabdosoma whitei</i>
近法拟狼[虫戎]	<i>Lycaeopsis themistoides</i>
拉氏海神[虫戎]	<i>Primno latreillei</i>
狼[虫戎]属	<i>Lycaea sp.</i>
裂颧蛮[虫戎]	<i>Lestrigonus schizogeneios</i>

吕宋小泉[虫戎]	<i>Hyperietta luzoni</i>
拟波氏狼[虫戎]	<i>Lycaea bovallioides</i>
钳形四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus forcipatus</i>
球形门足[虫戎]	<i>Thyropus sphaeroma</i>
三宝拟狼[虫戎]	<i>Lycaeopsis zamboanmgae</i>
双刺双门[虫戎]	<i>Amphithyrus bispinosus</i>
斯氏小泉[虫戎]	<i>Hyperietta stephensi</i>
苏氏蛮[虫戎]	<i>Lestrigonus shoemaker</i>
微小真海精[虫戎]	<i>Eupronoe minuta</i>
武装路[虫戎]	<i>Vibilia armata</i>
小棒体[虫戎]	<i>Rhabdosoma minor</i>
小猪司氏[虫戎]	<i>Streetsia porcella</i>
渔夫尖头[虫戎]	<i>Oxycephalus piscator</i>
蚤狼[虫戎]	<i>Lycaea pulex</i>
长形小慎[虫戎]	<i>Phronimella elongata</i>
长足似泉[虫戎]	<i>Hyperioides longipes</i>
中间真海精[虫戎]	<i>Eupronoe intermedia</i>
十足类	DECAPODA
细螯虾	<i>Leptocheila gracilis</i>
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>
介形类	OSTRACODA
齿形海萤	<i>Cypridina dentata</i>
葱萤	<i>Porroecia porrecta</i>
大西洋直浮萤	<i>Orthoconchoecia atlantica</i>
短棒真浮萤	<i>Euconchoecia chierchiaie</i>
短形小浮萤	<i>Microconchoecia curta</i>
肥胖吸海萤	<i>Halocypris brevirostris</i>
后圆真浮萤	<i>Euconchoecia maimai</i>
尖头毛浮萤	<i>Conchoecetta acuminata</i>
拟浮萤属	<i>Paraconchoecia sp.</i>
双刺直浮萤	<i>Orthoconchoecia bispinosa</i>
同心假浮萤	<i>Pseudoconchoecia concentrica</i>
猬刺拟浮萤	<i>Paraconchoecia echinata</i>
细齿浮萤	<i>Conchoecia parvidentata</i>
细长真浮萤	<i>Euconchoecia elongata</i>
小刀曲萤	<i>Gaussicia gaussi</i>
亚弓浮萤	<i>Conchoecia subarcuata</i>
圆形后浮萤	<i>Metaconchoecia rotundata</i>
长拟浮萤	<i>Paraconchoecia oblonga</i>
涟虫类	CUMACEA
针尾涟虫属	<i>Diastylis sp.</i>
翼足类	PTEROPODA
棒笔帽螺	<i>Creseis clava</i>
玻杯螺	<i>Hyalocylix striata</i>
钩龟螺	<i>Cavolinia uncinata</i>
蝴蝶螺	<i>Desmopterus papilio</i>

尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>
马蹄[虫虎]螺	<i>Limacina trochiformis</i>
冕螺	<i>Corolla ovata</i>
拟海若螺	<i>Paraclione longicaudata</i>
胖[虫虎]螺	<i>Limacina inflata</i>
泡[虫虎]螺	<i>Limacina bulimoides</i>
皮鳃螺属	<i>Pneumoderma</i> sp.
强卷螺	<i>Agadina stimpsoni</i>
球龟螺	<i>Cavolinia globulosa</i>
蛆状螺	<i>Cuvierina columella</i>
四齿厚唇螺	<i>Diacria quadridenlata</i>
芽笔帽螺	<i>Creseis virgula</i>
舢舨螺属	<i>Cymbulia</i> sp.
长吻龟螺	<i>Cavolinia longirostris</i>
锥笔帽螺	<i>Creseis virgula</i> v. <i>conica</i>
异足类	HETEROPODA
扁明螺	<i>Atlanta depressa</i>
大口明螺	<i>Atlanta lesueuri</i>
海马翼管螺	<i>Pterotrachea hippocampus</i>
明螺属	<i>Atlanta</i> sp.
拟翼管螺	<i>Firoloida desmaresti</i>
小翼管螺	<i>Pterotrachea minuta</i>
翼体螺	<i>Pterosoma planum</i>
多毛类	POLYCHAETA
浮蚕属	<i>Tomopteris</i> sp.
瘤蚕属	<i>Travisopsis</i> sp.
玫瑰浮蚕	<i>Tomopteris nationalis</i>
西沙鼻蚕	<i>Rhynchonerella xishaensis</i>
毛颚类	CHAETOGNATHA
百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>
粗壮箭虫	<i>Sagitta robusta</i>
飞龙翼箭虫	<i>Pterosagitta draco</i>
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>
六翼箭虫	<i>Sagitta hexaptera</i>
太平洋箭虫	<i>Sagitta pacifica</i>
太平洋撬虫	<i>Krohnitta pacifica</i>
纤细撬虫	<i>Krohnitta subtilis</i>
小形箭虫	<i>Sagitta neglecta</i>
凶形箭虫	<i>Sagitta ferox</i>
正形箭虫	<i>Sagitta regularis</i>
被囊类	TUNICATA
白住囊虫	<i>Oikopleura albicans</i>
北方褶海鞘	<i>Fritillaria borealis</i>
北方褶海鞘海藻亚种	<i>Fritillaria borealis sargassi</i>
大纽鳃樽	<i>Salpa maxima</i>
大西洋火体虫	<i>Pyrosoma atlanticum</i>

大住囊虫	<i>Oikopleura megastoma</i>
单胃褶海鞘	<i>Fritillaria haplostoma</i>
钝住囊虫	<i>Oikopleura cophocera</i>
多手纽鳃樽	<i>Traustedia multitentaculata</i>
红住囊虫	<i>Oikopleura rufescens</i>
宽肌纽鳃樽	<i>Iasis zonaria</i>
贫肌纽鳃樽	<i>Pegea confoederata</i>
软拟海樽	<i>Doliolletta gegenbauri</i>
双角褶海鞘	<i>Fritillaria bicornis</i>
双尾萨利纽鳃樽	<i>Thalia democratica</i>
梭形纽鳃樽	<i>Salpa fusiformis</i>
头状住囊虫	<i>Stegosoma magnum</i>
韦氏纽鳃樽	<i>Weelia cylindrica</i>
小齿海樽	<i>Doliolum denticulatum</i>
蚁褶海鞘	<i>Fritillaria formica</i>
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>
羽环纽鳃樽	<i>Cyclosalpa pinnata</i>
长尾住囊虫	<i>Oikopleura longicauda</i>
长吻纽鳃樽	<i>Brooksia rostrata</i>
褶海鞘属	<i>Fritillaria sp.</i>
住囊虫属	<i>Oikopleura spp.</i>
浮游幼体	LARVAE
阿利玛幼体	<i>Alima larvae</i>
端足类幼体	<i>Amphipoda larvae</i>
短尾类幼体	<i>Brachyura larvae</i>
多毛类担轮幼虫	<i>Trochophora larvae (Polychaeta)</i>
多毛类幼体	<i>Polychaeta larvae</i>
腹足纲幼体	<i>Gastropoda larvae</i>
海参纲耳状幼虫	<i>Auricularia larvae</i>
糠虾幼体	<i>Mysidacea larvae</i>
口足类伊雷奇幼虫	<i>Erichthus larvae</i>
磷虾幼体	<i>Euphausiacea larvae</i>
毛颚类幼体	<i>Chaetognatha larvae</i>
桡足类幼体	<i>Copepoda larvae</i>
蛇尾纲长腕幼虫	<i>Ophiopluteus larvae</i>
双壳纲幼体	<i>Bivalvia larvae</i>
头足纲幼体	<i>Cephalopoda larvae</i>
莹虾幼体	<i>Lucifer larvae</i>
鱼卵	<i>Fish eggs</i>
仔鱼	<i>Fish larvae</i>
长尾类幼体	<i>Macrura larvae</i>
柱螯磷虾幼体	<i>Stylocheiron larvae</i>
柱头幼虫	<i>Tornaria larvae</i>

附表 4 底栖生物种名录

中文名	拉丁学名
环节动物门 ANNELIDA	
杰氏内卷齿蚕	<i>Aglaophamusjeffreysii</i>
暖湿内卷齿蚕	<i>Aglaophamustepens</i>
震摇球盖虫	<i>Apomatusenosimae</i>
独指虫	<i>Aricideafragilis</i>
短脊虫	<i>Asychissp.</i>
丝鳃虫	<i>Cirratuluscirratus</i>
矾沙蚕	<i>Eunice sp.</i>
明管虫	<i>Hyalinoeciatubicola</i>
索沙蚕	<i>Lumbrinerissp.</i>
长手沙蚕	<i>Magelonasp.</i>
岩虫	<i>Marphysasanguinea</i>
中蚓虫	<i>Mediomastuscaliforniensis</i>
背肛虫属	<i>Notopygosp.</i>
角海蛭	<i>Ophelia acuminata</i>
刺管萨欧虫	<i>Sarsonuphiswillemoesii</i>
鳞腹沟虫	<i>Scolelepissquamata</i>
梳鳃虫	<i>Terebellidestroemii</i>
棘皮动物门 ECHINODERMATA	
模式辐瓜参	<i>Actinocucumistypicus</i>
小指阳遂足	<i>Amphiuradigitula</i>
单棘槭海星	<i>Astropectenmonacanthus</i>
绿盾海胆	<i>Clypeastervirescens</i>
日本海齿花	<i>Comanthusjaponicus</i>
镶边海星	<i>Craspidasterhasperus</i>
扁拉文海胆	<i>Loveniasubcarinatus</i>
东方砂海星	<i>Luidiaorientalis</i>
皮蛇尾	<i>Ophiodermatidaesp.</i>
棕板蛇尾	<i>Ophiomazacacaotica</i>
简氏瓷蛇尾	<i>Ophiomusium simplex</i>
瘤五角瓜参	<i>Pentactatuberculosa</i>
蔷薇海星	<i>Rosastersymbolicus</i>
骑士章海星	<i>Stellasterequestris</i>
菲律宾正海星	<i>Zoroaster carinatusphilippinensis</i>
脊索动物门 CHORDATA	
齐头鳗	<i>Anagoanago</i>
四线天竺鲷	<i>Apogonquadrifasciatus</i>
宽条天竺鱼	<i>Apogonichthysstriatus</i>
羊舌鲆	<i>Arnoglossussp.</i>
麦氏犀鲂	<i>Bregmacerosmaccllelandi</i>
麦氏犀鲂	<i>Bregmacerosmaccllelandi</i>
基岛鱼街	<i>Callionymuskaianus</i>
赤刀鱼	<i>Cepolaschlegeli</i>
鳄齿鱼	<i>Champsodoncapensis</i>

绿尾草鳎	<i>Chlopsisfierasfer</i>
前肛鳎	<i>Dysommaanguillaris</i>
鳞烟管鱼	<i>Fistulariapetimba</i>
网纹裸胸鳝	<i>Gymnothoraxreticularis</i>
辣茄鱼	<i>Halieutaeastellata</i>
蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthyslangsdorfii</i>
棘鲈鲷	<i>Hoplosebastespristigenys</i>
日本瞳鲷	<i>Inegociajaponicus</i>
黑鲛鲷	<i>Lophiomussetigerus</i>
无备虎鲷	<i>Minousinermis</i>
大头蚓鳎	<i>Moringuamacrocephalus</i>
黄鳍马面鲀	<i>Navodon</i>
深水金线鱼	<i>Nemipterusbathybius</i>
骨鳞鱼	<i>Ostichthysjaponicus</i>
食蟹豆齿鳎	<i>Pisoodonophiscancrivorus</i>
鲷	<i>Platycephalusindicus</i>
拟花鲷	<i>Pseudanthiasp.</i>
斑鳍蓑鲷	<i>Pterois miles</i>
琉球角魴鲱	<i>Pterygotrigraryukyensis</i>
尼氏突吻鳎	<i>Rhynchocymbanystromi</i>
斑鳍鲷	<i>Scorpaena neglecta</i>
带纹仙鲷鲷	<i>Sirembomarmoratum</i>
东方无线鲷	<i>Symphurusorientalis</i>
叉斑狗母鱼	<i>Synodusmacrops</i>
尖尾鳎	<i>Urocongerlepturus</i>
节肢动物门 ARTHROPODA	
日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
鼓虾	<i>Alpheus sp.</i>
七刺栗壳蟹	<i>Arcaniaheptacantha</i>
五刺栗壳蟹	<i>Arcaniaquinquespinosa</i>
脊七刺栗壳蟹	<i>Arcaniaseptemspinosa</i>
十一刺栗壳蟹	<i>Arcaniaundecimspinosa</i>
逍遥馒头蟹	<i>Calappaphilargius</i>
美人虾属	<i>Callianassasp.</i>
中华隆背蟹	<i>Carcinoplaxsinica</i>
武士螯	<i>Charybdis miles</i>
日本圆柱水虱	<i>Cirolanajaponensis</i>
日本圆柱水虱	<i>Cirolanajaponensis</i>
下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanariusinfraspinatus</i>
中华螺赢蜚	<i>Corophiumsinensis</i>
覆毛羊角蟹	<i>Criocarcinussuperciliosus</i>
伪装关公蟹	<i>Dorippefacchino</i>
镰虾	<i>Glyphocrangonsp.</i>
肾眼长脚蟹	<i>Goneplaxrenoculis</i>
滑脊等腕虾	<i>Heterocarpoideslaevicarina</i>
横展异隐蟹	<i>Heteroryptatransitans</i>
海绵精干蟹	<i>Iphiculusspongiosus</i>
双角转轮蟹	<i>Ixoidescornutus</i>

长踦蛛形蟹	<i>Latreilliaphalangium</i>
艾氏突额蟹	<i>Ligystesedwardsi</i>
花瓣蟹	<i>Liomerasp.</i>
菲岛狼牙蟹	<i>Lupocyclophilippinensis</i>
三齿琵琶蟹	<i>Lyreidustridentatus</i>
须赤虾	<i>Metapenaeopsisbarbata</i>
日本刺铠虾	<i>Munida japonica</i>
武装眶形蟹	<i>Mursiaarmata</i>
线寄居蟹属	<i>Nematopagurussp.</i>
扁尾美人虾	<i>Nihonotrypaeapetalura</i>
无刺口虾姑	<i>Oratosquillainornata</i>
长额虾	<i>Pandalus sp.</i>
假长缝拟对虾	<i>Parapenaeusfissuroides</i>
六突拟对虾	<i>Parapenaeussex tuberculatus</i>
海绵拟精干蟹	<i>Pariphiculusmariannae</i>
锐刺长踦蟹	<i>Phalangipushystrix</i>
长足长崎蟹	<i>Phalangipuslongipes</i>
疙瘩拳蟹	<i>Philyratuberculosa</i>
基刺红虾	<i>Plesionikamartia</i>
银光梭子蟹	<i>Portunusargentatus</i>
疣状梭子蟹	<i>Portunustuberculosis</i>
威迪梭子蟹	<i>Portunustweediei</i>
日本异指虾	<i>Processa japonica</i>
标记声蟹	<i>Psopheticusinsignis</i>
四齿矶蟹	<i>Pugettiaquadridens</i>
象牙长螯蟹	<i>Randalliaeburnea</i>
双斑蝉虾	<i>Scyllarusbertholdi</i>
马氏蝉虾	<i>Scyllarusmartensii</i>
日本单肢虾	<i>Sicyonia japonica</i>
华虾姑	<i>Sinosquillasinica</i>
栉管鞭虾	<i>Solenocerapectinata</i>
光辉圆扇蟹	<i>Sphaerozsiusnitidus</i>
强鳞虫	<i>Sthenolepissp.</i>
双额短桨蟹	<i>Thalamitasima</i>
裸盲蟹	<i>Typhlocarcinusnudus</i>
雷氏扇蟹	<i>Xanthoreynaudii</i>
纽形动物门 NEMERTEA	
中华枝吻纽虫	<i>Dendrorhynchussinensis</i>
腔肠动物门 COELENTERA	
日本侧花海葵	<i>Anthopleura japonica</i>
美洲角海葵	<i>Cerianthusamericanus</i>
扇形珊瑚科	<i>Flabelliidae</i>
扇形珊瑚科	<i>Flabelliidae</i>
拟翼轮杯珊瑚	<i>Trochocyathuspseudowingedus</i>
软体动物门 MOLLUSCA	
尖高旋螺	<i>Acrillaacuminata</i>
红侍女螺	<i>Ancillarubiginosa</i>
配景轮螺	<i>Architectonicaperspectiva</i>

小鳍螺	<i>Biplexpulchra</i>
南方芋螺	<i>Conusaustralis</i>
梭形芋螺	<i>Conusorbigny</i>
深闺芋螺	<i>Conuspraecellens</i>
沟芋螺	<i>Conussulcatus</i>
中华嵌线螺	<i>Cymatium sinense</i>
网纹扭螺	<i>Distorsioreticulata</i>
长琵琶螺	<i>Ficusgracilis</i>
塔形纺锤螺	<i>Fusinuscfforceps</i>
美丽蕾螺	<i>Gemmulaspeciosa</i>
直吻泵骨螺	<i>Haustellum rectirostris</i>
象牙光角贝	<i>Laevidentaliumeburneum</i>
火枪乌贼	<i>Loligobeka</i>
印度乐飞螺	<i>Lophiotomaindica</i>
白龙骨乐飞螺	<i>Lophiotomaleucotropis</i>
三带缘螺	<i>Marginellatricincta</i>
同心蛤	<i>Meiocardia vulgaris</i>
浅缝骨螺	<i>Murex trapa</i>
顶尖织纹螺	<i>Nassariusacuminatus</i>
焦斑织纹螺	<i>Nassariuscrematus</i>
西格织纹螺	<i>Nassariussiquijorensis</i>
环肋笔螺	<i>Neocancillacircula</i>
胡桃蛤属	<i>Nuculasp.</i>
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>
双沟鬘螺	<i>Phaliumbisulcatum</i>
相模乳玉螺	<i>Polinicesagamensis</i>
乌贼	<i>Sepia sp.</i>
耳乌贼	<i>Sepiolasp.</i>
珍笋螺	<i>Terebrapretiosa</i>
沟纹笛螺	<i>Tibia powisi</i>
爪哇拟塔螺	<i>Turriculajavana</i>
波纹塔螺	<i>Turriscrispa</i>
星虫动物门 SIPUNCULA	
毛头梨体星虫	<i>Apionsomatrichocephala</i>

附表 5 渔业调查渔获种类名录

序号	种名	秋季
	鱼类	
1	南非拟鮫鯨 <i>Lophiodes insidiator</i> Smith & Radcliffe, 1912	+
2	黄鮫鯨 <i>Lophius litulon</i> (Jordan, 1902)	+
3	黑鮫鯨 <i>Lophiomus setigerus</i> Vahl, 1797	+
4	夏威夷拟鮫鯨 <i>Lophiodes bruchius</i> Caruso, 1981	+
5	带纹躄鱼 <i>Antennarius striatus</i> Shaw & Nodder, 1794	+
6	黑躄鱼 <i>Antennarius meals</i> Bleeker, 1857	
7	阿部单棘躄鱼 <i>Chaunax abei</i> Le Danois, 1978	+
8	单棘躄鱼 <i>Chaunax fimbriatus</i> (Hilgendorf, 1879)	
9	斑点海蝠鱼 <i>Malthopsis tiarella</i> Jordan, 1902	+
10	环纹海蝠鱼 <i>Malthopsis annulifera</i> Tanaka, 1908	+
11	密星海蝠鱼 <i>Malthopsis lutea</i> Alcock, 1891	+
12	棘茄鱼 <i>Halieutaea stellata</i> (Vahl, 1797)	+
13	云纹棘茄鱼 <i>Halieutaea fumosa</i> Alcock, 1894	+
14	牙棘茄鱼 <i>sp. Halicmetus sp.</i>	+
15	日本辨鱼 <i>Ateleopus japonicus</i> Bleeker, 1853	+
16	紫辨鱼 <i>Ateleopus purpureus</i> Tanaka, 1915	+
17	毛烟管鱼 <i>Fistularia villosa</i> Klunzinger, 1871	+
18	埃氏标灯鱼 <i>Symbolophorus evermanni</i> Gilbert, 1905	
19	七星底灯鱼 <i>Benthoosema pterotum</i> Alcock, 1891	
20	安氏眶灯鱼 <i>Diaphus anderseni</i> Tåning, 1932	
21	华丽眶灯鱼 <i>Diaphus perspicillatus</i> Ogilby, 1898	
22	金鼻眶灯鱼 <i>Diaphus chrysorhynchus</i> Gilbert & Cramer, 1896	
23	眶灯鱼 <i>sp. Diaphus sp.</i>	+
24	翘光眶灯鱼 <i>Diaphus regani</i> Tåning, 1932	+
25	瓦氏眶灯鱼 <i>Diaphus watasei</i> Jordan & Starks, 1904	
26	短鳍新灯鱼 <i>Neoscopelus microchir</i> (Matsubara, 1943)	+
27	普来隆瓦鲽 <i>Poecilopsetta praelonga</i> Alcock, 1894	+
28	双斑瓦鲽 <i>Poecilopsetta plinthus</i> Jordan & Starks, 1904	+
29	短颌沙鲽 <i>Samariscus inornatus</i> (Lloyd, 1909)	
30	高知沙鲽 <i>Samariscus xenicus</i> Ochiai & Amaoka, 1962	+
31	满月沙鲽 <i>Samariscus latus</i> Matsubara & Takamuki, 1951	+
32	日本沙鲽 <i>Samariscus japonicus</i> Kamohara, 1936	
33	舌形斜颌鲽 <i>Plagiopsetta glossa</i> Franz, 1910	
34	短鲽 <i>Brachypleura novaezeelandiae</i> Günther, 1862	+
35	鳞眼鲆 <i>Lepidoblepharon ophthalmolepis</i> Weber, 1913	+
36	大鳞拟棘鲆 <i>Citharoides macrolepis</i> Gilchrist, 1904	
37	长鳍短额鲆 <i>Engyprosopon filipennis</i> Wu & Tang, 1935	+
38	大口鲆 <i>Kamoharaia megastoma</i> Kamohara, 1936	
39	少鳞拟鲆 <i>Parabothus kiensis</i> Tanaka, 1918	
40	台湾拟鲆 <i>Parabothus taiwanensis</i> Amaoka & Shen, 1993	

序号	种名	秋季
41	日本左鲆 <i>Japonolaeops dentatus</i> Amaoka, 1969	
42	小眼新左鲆 <i>Neolaeops microphthalmus</i> (von Bonde, 1922)	
43	多斑羊舌鲆 <i>Arnoglossus polyspilus</i> (Günther, 1880)	+
44	日本羊舌鲆 <i>Arnoglossus japonicus</i> (Hubbs, 1915)	+
45	无斑羊舌鲆 <i>Arnoglossus aspilos</i> (Bleeker, 1851)	+
46	纤羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i> Günther, 1880	+
47	长冠羊舌鲆 <i>Arnoglossus macrolophus</i> Alcock, 1889	+
48	长鳍羊舌鲆 <i>Arnoglossus tapeinosoma</i> (Bleeker, 1865)	+
49	双带缨鲆 <i>Crossorhombus kanekonis</i> (Tanaka, 1918)	+
50	北原氏左鲆 <i>Laeops kitaharae</i> (Smith & Pope, 1906)	+
51	小头左鲆 <i>Laeops parviceps</i> Günther, 1880	+
52	斑头舌鲷 <i>Cynoglossus puncticeps</i> (Richardson, 1846)	+
53	黑鳍舌鲷 <i>Cynoglossus nigropinnatus</i> (Ochiai, 1963)	
54	考普斯舌鲷 <i>Cynoglossus kopsii</i> Bleeker, 1851	
55	宽体舌鲷 <i>Cynoglossus robustus</i> Günther, 1873	+
56	双线舌鲷 <i>Cynoglossus bilineatus</i> (Lacepede, 1802)	
57	印度舌鲷 <i>Cynoglossus arel</i> (Bloch & Schneider, 1801)	+
58	桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamoneus</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	+
59	五点斑鲆 <i>Pseudorhombus quinquocellatus</i> Weber & de Beaufort, 1929	+
60	圆鳞斑鲆 <i>Pseudorhombus levisquamis</i> (Oshima, 1927)	+
61	高体大鳞鲆 <i>Tarphops oligolepis</i> (Bleeker, 1858)	+
62	金色小沙丁鱼 <i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	+
63	康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonnii</i> Lacepede, 1803	
64	太平洋副海鲂 <i>Parazen pacificus</i> Kamohara, 1935	+
65	红腹刺海鲂 <i>Cyttopsis rosea</i> (Lowe, 1843)	+
66	远东海鲂 <i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	+
67	云纹亚海鲂 <i>Zenopsis nebulosa</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	
68	日本小海鲂 <i>Zenion japonicum</i> Kamohara, 1934	+
69	几内亚湾异菱的鲷 <i>Xenolepidichthys dalgleishi</i> Gilchrist, 1922	
70	隆背拟海鲂 <i>Cyttopsis cypho</i> Fowler, 1933	
71	鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i> Lacepede, 1803	+
72	朴蝴蝶鱼 <i>Roa modestus</i> Temminck & Schlegel, 1844	+
73	红金眼鲷 <i>Beryx splendens</i> (Lowe, 1833)	
74	松球鱼 <i>Monocentris japonica</i> (Houttuyn, 1782)	+
75	日本骨鯧 <i>Ostichthys japonicus</i> Cuvier, 1829	+
76	斯氏银斧鱼 <i>Argyropelecus sladeni</i> Regan, 1908	+
77	东方双光鱼 <i>Diplophos orientalis</i> Matsubara, 1940	+
78	粗纹鳐 <i>Leiognathus lineolatus</i> Valenciennes, 1835	
79	背点棘赤刀鱼 <i>Acanthocephala limbata</i> (Cuvier et Valenciennes, 1835)	+
80	印度棘赤刀鱼 <i>Acanthocephala indica</i> (Day, 1888)	+
81	土佐欧氏鳐 <i>Owstonia tosaensis</i> Kamohara, 1934	+
82	短尾大眼鳐 <i>Priacanthus macracanthus</i> Cuvier, 1829	+
83	日本锯大眼鳐 <i>Pristigenys nipponia</i> Cuvier, 1829	+

序号	种名	秋季
84	高鳍带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	+
85	日本带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> Temminck & Schlegel, 1844	+
86	珠带鱼 <i>Trichiurus margarites</i> Li, 1992	
87	沙带鱼 <i>Lepturacanthus savala</i> (Cuvier, 1829)	+
88	中华窄颌带鱼 <i>Pseudoxymetopon sinensis</i> Chu & Wu, 1962	
89	勒氏笛鲷 <i>Lutjanus russellii</i> (Bleeker, 1849)	+
90	黄线紫鱼 <i>Pristipomoides multidentis</i> Day, 1871	
91	真鲷 <i>Pagrus major</i> (Temminck & Schlegel, 1843)	
92	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> Tanaka, 1916	+
93	黄鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus latus</i> (Houttuyn, 1782)	+
94	黄鲷 <i>Evynnis tumifrons</i> Temminck & Schlegel, 1843	+
95	短鳄齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i> (Franz, 1910)	+
96	弓背鳄齿鱼 <i>Champsodon atridorsalis</i> Ochiai & Nakamura, 1964	+
97	赤鲉 <i>Doederleinia berycoides</i> (Hilgendorf, 1878)	
98	日本发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i> (Gunther, 1859)	+
99	腹棘尖牙鲈 <i>Synagrops philippinensis</i> Günther, 1880	
100	日本尖牙鲈 <i>Synagrops japonicus</i> Döderlein, 1883	+
101	灰软鱼 <i>Malakichthys griseus</i> Döderlein, 1883	+
102	大眼鲈 <i>Sphyaena forsteri</i> Cuvier et Valenciennes, 1829	
103	横带副眶棘鲈 <i>Parascolopsis inermis</i> (Temminck & Schkegel, 1843)	+
104	日本副眶棘鲈 <i>Parascolopsis tosenensis</i> Kamohara, 1938	
105	金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i> Houttuyn, 1782	+
106	日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i> Bloch, 1971	
107	深水金线鱼 <i>Nemipterus bathybius</i> Snyder, 1911	+
108	细鳞鲷 <i>Terapon jarbua</i> (Forsskål, 1775)	+
109	褐篮子鱼 <i>Siganus fuscescens</i> Houttuyn, 1782	+
110	曲线鲷状鱼 <i>Bembrops curvatura</i> (Okada et Suzuki, 1952)	+
111	单列齿鲷 <i>Monotaxis grandoculis</i> (Forsskål, 1775)	+
112	燕赤鲷 <i>Chelidoperca hirundinacea</i> (Valenciennes, 1831)	+
113	珠赤鲷 <i>Chelidoperca margaritifera</i> Weber, 1913	+
114	姬鲷 <i>Tosana niwae</i> (Smith et Pope, 1906)	+
115	丝鳍拟花鲷 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> (Peters, 1855)	+
116	宝石石斑鱼 <i>Epinephelus areolatus</i> Forsskål, 1775	+
117	橙点石斑鱼 <i>Epinephelus bleekeri</i> Vaillant et Bocourt, 1877	
118	宽条石斑鱼 <i>Epinephelus latifasciatus</i> Temminck & Schlegel, 1842	+
119	南海石斑鱼 <i>Epinephelus stictus</i> Randall & Allen, 1987	+
120	网纹石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> Bloch, 1793	+
121	小点石斑鱼 <i>Epinephelus epistictus</i> (Temminck & Schlegel, 1842)	+
122	七带石斑鱼 <i>Hyporthodus septemfasciatus</i> (Thunberg, 1793)	+
123	东方狐鲣 <i>Sarda orientalis</i> Temminck et Schlegel, 1844	
124	银方头鱼 <i>Branchiostegus argentatus</i> (Cuvier, 1830)	+
125	东方新蛇鲭 <i>Neopinnula orientalis</i> (Gilchrist & von Bonde, 1924)	
126	短蛇鲭 <i>Rexea prometheoides</i> (Bleeker, 1856)	+

序号	种名	秋季
127	脂眼凹肩鲈 <i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	+
128	高体若鲈 <i>Carangoides equula</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	
129	白舌尾甲鲈 <i>Uraspis helvola</i> (Forster, 1801)	+
130	红尾圆鲈 <i>Decapterus akaadsi</i> Abe, 1958	+
131	蓝圆鲈 <i>Decapterus maruadsi</i> Temminck & Schlegel, 1844	+
132	长体圆鲈 <i>Decapterus macrosoma</i> Bleeker, 1851	+
133	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (Temminck & Schlegel, 1844)	+
134	横带髭鲷 <i>Hapalogenys analis</i> Richardson, 1845	+
135	寿鱼 <i>Banjos banjos</i> (Richardson, 1846)	
136	怀氏方头鲳 <i>Cubiceps whiteleggii</i> Waite, 1894	
137	拟鳞首方头鲳 <i>Cubiceps squamicepoides</i> (Deng, Xiong et Zhang)	+
138	少鳞鲳 <i>Uranoscopus oligolepis</i> Bleeker, 1878	+
139	项鳞鲳 <i>Uranoscopus tosaе</i> (Jordan & Hubbs, 1925)	+
140	日本鲳 <i>Uranoscopus japonicus</i> Houttuyn, 1782	
141	中华鲳 <i>Uranoscopus chinensis</i> Guichenot, 1882	
142	燕尾箭天竺鲷 <i>Rhabdamia cypselus</i> Weber, 1909	
143	燕尾箭天竺鲷 <i>Rhabdamia cypselus</i> Weber, 1909	+
144	斑鳍天竺鲷 <i>Apogon carinatus</i> Cuvier, 1828	+
145	半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i> Temminck & Schlegel, 1842	+
146	中线天竺鲷 <i>Apogon kiensis</i> Jordan & Snyder, 1901	+
147	截尾银口天竺鲷 <i>Jaydia truncata</i> (Bleeker, 1855)	+
148	条纹银口天竺鲷 <i>Jaydia striata</i> (Smith & Radcliffe, 1912)	+
149	细条银口天竺鲷 <i>Jaydia lineata</i> (Temminck & Schlegel, 1842)	+
150	带鲷 <i>Xiphasia setifer</i> (Swainson, 1839)	+
151	松原带鲷 <i>Xiphasia matsubarai</i> Okada & Suzuki, 1952	+
152	叉短带鲷 <i>Plagiotremus spilistius</i> Gill, 1865	
153	印度无齿鲷 <i>Ariomma indicum</i> (Day, 1871)	+
154	帆鳍鱼 <i>Histioporus typus</i> Temminck & Schlegel, 1844	
155	红连鳍鲷 <i>Synchiropus altivelis</i> Temminck et Schlegel, 1850	+
156	基岛深水鲷 <i>Bathycallionymus kaianus</i> (Günther, 1880)	+
157	纹鳍深水鲷 <i>Bathycallionymus sokonumeri</i> (Kamohara, 1936)	+
158	斑鳍鲷 <i>Callionymus enneactis</i> Bleeker, 1879	
159	扁身鲷 <i>Callionymus planus</i> Ochiai, 1955	+
160	日本鲷 <i>Callionymus japonicus</i> Houttuyn, 1782	
161	台湾深水鲷 <i>Callionymus formosanus</i> Fricke, 1981	+
162	丝鳍斜棘鲷 <i>Repomucenus virgis</i> Jordan et Fowler, 1903	+
163	香鲷 <i>Repomucenus olidus</i> (Günther, 1873)	+
164	条尾绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	+
165	红点副绯鲤 <i>Parupeneus heptacanthus</i> Lacepede, 1802	
166	细刺鱼 <i>Microcanthus strigatus</i> (Cuvier, 1831)	
167	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i> Forsskål, 1775	+
168	褐海鳗 <i>Muraenesox bagio</i> Hamilton, 1822	+
169	鞍斑裸胸鲷 <i>Gymnothorax rueppelliae</i> (McClelland, 1844)	+

序号	种名	秋季
170	网纹裸胸鲢 <i>Gymnothorax reticularis</i> Bloch, 1795	+
171	异纹裸胸鲢 <i>Gymnothorax richardsonii</i> (Bleeker, 1852)	+
172	匀斑裸胸鲢 <i>Gymnothorax reevesii</i> (Richardson, 1845)	+
173	前肛鳗 <i>Dysomma anguillare</i> Barnard, 1923	+
174	顶鼻康吉鳗 <i>Acromyster nezumi</i> (Asano, 1958)	
175	银色突吻鳗 <i>Gnathophis nystromi</i> (Jordan & Snyder, 1901)	+
176	灰康吉鳗 <i>Conger cinereus</i> Rüppell, 1830	+
177	大眼拟海蠕鳗 <i>Parabathymyrus macrophthalmus</i> Kamohara, 1938	+
178	尖尾鳗 <i>Uroconger lepturus</i> Richardson, 1844	+
179	黑尾吻鳗 <i>Rhynchoconger ectenurus</i> Jordan et Richardson, 1909	+
180	穴美体鳗 <i>Ariosoma anago</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	
181	伯恩斯裸胸鲢 <i>Gymnothorax buroensis</i> Bleeker, 1857	
182	食蟹豆齿鳗 <i>Pisodonophis cancrivorus</i> (Richardson, 1848)	+
183	光唇鳗 <i>Xestochilus revulsus</i> Jordan & Snyder, 1901	
184	艾氏蛇鳗 <i>Ophichthus evermanni</i> Jordan et Richardson, 1909	+
185	浅草蛇鳗 <i>Ophichthus asakusae</i> Jordan & Snyder, 1901	
186	裙鳍蛇鳗 <i>Ophichthus urolophus</i> Temminck & Schlegel, 1846	
187	石蛇鳗 <i>Ophichthus lithinus</i> (Jordan & Richardson, 1908)	+
188	西里伯蛇鳗 <i>Ophichthus celebicus</i> (Bleeker, 1856)	
189	小尾油蛇鳗 <i>Myrophis microchir</i> (Bleeker, 1864)	
190	野蜥鳗 <i>Saurenchelys fierasfer</i> (Jordan & Snyder, 1901)	+
191	黑边鳍康吉鳗 <i>Bathycongrus retrotinctus</i> Jordan & Snyder, 1901	
192	鼠鳢 <i>Gonorynchus abbreviatus</i> Temminck & Schlegel, 1846	+
193	鹿儿岛水珍鱼 <i>Argentina kagoshimae</i> (Jordan et Snyder, 1902)	+
194	黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i> (Cope, 1871)	+
195	布什勒副单角鲀 <i>Paramonacanthus pusillus</i> (Rüppell, 1829)	
196	日本副单角鲀 <i>Paramonacanthus japonicus</i> (Tilesius, 1809)	
197	绒纹线鳞鲀 <i>Paramonacanthus sulcatus</i> (Tilesius, 1809)	+
198	长方副单角鲀 <i>Paramonacanthus oblongus</i> (Temminck & Schlegel, 1850)	
199	单角革鲀 <i>Aluterus monoceros</i> (Linnaeus, 1758)	+
200	密斑马面鲀 <i>Thamnaconus tessellatus</i> (Gunther, 1880)	+
201	丝背细鳞鲀 <i>Stephanolepis cirrhifer</i> (Temminck & Schlegel, 1850)	+
202	尤氏拟管吻鲀 <i>Macrorhamphosodes uradoi</i> (Kamohara, 1933)	
203	尖尾倒刺鲀 <i>Tydemanina navigatoris</i> Weber, 1913	
204	倒刺副三刺鲀 <i>Paratriacanthodes retrospinis</i> Fowler, 1934	
205	管吻鲀 <i>Halimochirurgus alcocki</i> (Weber, 1913)	+
206	拟三刺鲀 <i>Triacanthodes anomalus</i> (Temminck & Schlegel, 1850)	+
207	水纹扁背鲀 <i>Canthigaster rivulatus</i> (Temminck et Schlegel, 1847)	+
208	淡鳍兔头鲀 <i>Lagocephalus wheeleri</i> Abe, Tabeta & Kitahama, 1984	+
209	克氏兔头鲀 <i>Lagocephalus gloveri</i> Abe & Tabeta, 1983	
210	棕斑兔头鲀 <i>Lagocephalus spadiceus</i> (Richardson, 1845)	+
211	密沟圆鲀 <i>Sphoeroides pachygaster</i> (Müller & Troschel, 1848)	+
212	头纹窄额鲀 <i>Torquigener hypselogoneion</i> (Bleeker, 1852)	+

序号	种名	秋季
213	星点东方鲀 <i>Takifugu niphobles</i> (Jordan & Snyder, 1901)	
214	铅点东方鲀 <i>Takifugu alboplumbeus</i> (Richardson, 1844)	
215	双峰三棱箱鲀 <i>Tetrosomus concatenatus</i> (Bloch et Schneider, 1785)	+
216	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i> Bloch et Schneider, 1801	+
217	背斑狗母鱼 <i>Synodus fuscus</i> Tanaka, 1917	+
218	叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i> Tanaka, 1917	+
219	肩斑狗母鱼 <i>Synodus hoshinonis</i> Tanaka, 1917	+
220	多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i> Bloch, 1775	+
221	花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i> Richardson, 1848	+
222	方斑狗母鱼 <i>Synodus kaianus</i> Gunther, 1880	
223	大眼青眼鱼 <i>Chlorophthalmus albatrossis</i> Jordan et Starks, 1904	+
224	短吻青眼鱼 <i>Chlorophthalmus agassizi</i> Bonaparte, 1840	+
225	隆背青眼鱼 <i>Chlorophthalmus acutifrons</i> (Hiyama, 1940)	
226	裸蜥鱼 <i>Lestidium nudum</i> Gilbert, 1905	
227	萨氏须鰾 <i>Polymixia sazonomi</i> Kotlyar, 1992	
228	须鰾 <i>sp. Polymixia sp.</i> Lowe, 1836	
229	长棘须鰾 <i>Polymixia longispina</i> Deng, Xiong & Zhan, 1983	+
230	日本小褐鳉 <i>Physiculus japonicus</i> Hilgendorf, 1879	+
231	带斑腔吻鳉 <i>Coelorinchus cingulatus</i> Gilbert & Hubbs, 1920	
232	多棘腔吻鳉 <i>Coelorinchus multispinulosus</i> Katayama, 1942	+
233	拟星腔吻鳉 <i>Coelorinchus asteroides</i> Okamura, 1963	
234	麦氏犀鳉 <i>Bregmaceros maclellandi</i> Thompson, 1840	+
235	膜首鳉 <i>sp. Hymenocephalus sp.</i> McMillan & Iwamoto, 2014	+
236	纹喉膜首鳉 <i>Hymenocephalus striatissimus</i> Jordan & Gilbert, 1904	+
237	长头膜首鳉 <i>Hymenocephalus longiceps</i> Smith & Radcliffe, 1912	
238	细身膜首鳉 <i>Hymenocephalus gracilis</i> Gilbert & Hubbs, 1920	
239	腔吻鳉 <i>sp. Coelorinchus sp.</i> Iwamoto, McMillan & Shcherbachev, 1999	+
240	长管腔吻鳉 <i>Coelorinchus longissimus</i> Matsubara, 1943	
241	淡红小褐鳉 <i>Physiculus roseus</i> Alcock, 1891	
242	单棘豹魴鲱 <i>Daicocus peterseni</i> (Nystrom, 1908)	+
243	东方豹魴鲱 <i>Dactyloptena orientalis</i> (Cuvier et Valenciennes, 1829)	
244	中华鬼鲉 <i>Inimicus sinensis</i> (Valenciennes, 1833)	
245	绯红虎鲉 <i>Minous coccineus</i> Alcock, 1890	+
246	无备虎鲉 <i>Minous inermis</i> Alcock, 1889	+
247	单指虎鲉 <i>Minous monodactylus</i> Bloch & Schneider, 1801	
248	丝棘虎鲉 <i>Minous pusillus</i> Temminck & Schlegel, 1843	
249	斑鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla punctipectoralis</i> Fowler, 1938	+
250	贡氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla guentheri</i> Hilgendorf, 1879	
251	姬红娘鱼 <i>Lepidotrigla hime</i> Matsubara & Hiyama, 1932	+
252	尖鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla kanagashira</i> Kamohara, 1936	+
253	日本红娘鱼 <i>Lepidotrigla japonice</i> Bleeker, 1857	+
254	深海红娘鱼 <i>Lepidotrigla abyssalis</i> Jordan et Starks, 1902	
255	翼红娘鱼 <i>Lepidotrigla alata</i> (Houttuyn, 1782)	+

序号	种名	秋季
256	长指红娘鱼 <i>Lepidotrigla longimana</i> Li, 1981	
257	尖棘角魴鯉 <i>Pterygotrigla hemisticta</i> Temminck et Schlegel, 1843	+
258	琉球角魴鯉 <i>Pterygotrigla ryukyuensis</i> Matsubara & Hiyama, 1932	+
259	密点角魴鯉 <i>Pterygotrigla multipunctata</i> Yatou & Yamakawa, 1983	+
260	吉氏豹魴鯉 <i>Dactyloptena gilberti</i> (Snyder, 1911)	
261	红鲷 <i>Bembras japonicus</i> Cuvier et Valenciennes, 1829	+
262	轮头魴鯉 <i>Gargariscus prionocephalus</i> (Duméril, 1869)	+
263	黑带黄魴鯉 <i>Peristedion nierstraszi</i> Weber, 1913	
264	菲律宾须魴鯉 <i>Heminodus philippinus</i> Smith, 1917	
265	蓝氏棘鲷 <i>Hoplichthys langsdorfii</i> Cuvier, 1829	+
266	丝鳍棘鲷 <i>Hoplichthys filamentosus</i> Matsubara & Ochiai, 1950	+
267	多斑角魴鯉 <i>Pterygotrigla multiocellata</i> Matsubara, 1937	
268	根室氏囊头鲷 <i>Setarches guentheri</i> (Johnson, 1862)	
269	囊头鲷 <i>sp. Setarches sp.</i>	+
270	长臂囊头鲷 <i>Setarches longimanus</i> (Alcock, 1894)	+
271	平滑虹鲷 <i>Erisphex simplex</i> Chen, 1981	+
272	须蓑鲷 <i>Apistus carinatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	
273	凹鳍鲷 <i>Kumococius detrusus</i> (Jordan et Seale, 1905)	+
274	倒棘鲷 <i>Rogadius asper</i> Cuvier, 1892	+
275	鳄鲷 <i>Cociella crocodilus</i> Cuvier, 1829	
276	大鳞鳞鲷 <i>Onigocia macrolepis</i> Bleeker, 1854	
277	粒突鳞鲷 <i>Onigocia tuberculatus</i> Cuvier et Valenciennes, 1829	
278	犬牙鲷 <i>Ratabulus megacephalus</i> (Tanaka, 1917)	+
279	日本瞳鲷 <i>Inegocia japonica</i> (Cuvier, 1829)	+
280	褐莖鲷 <i>Sebastiscus marmoratus</i> (Cuvier, 1829)	+
281	锯棱短棘蓑鲷 <i>Brachypterois serrulata</i> (Richardson, 1846)	
282	美丽短鳍蓑鲷 <i>Dendrochirus bellus</i> (Jordan et Hubbs, 1925)	
283	长头光鲷 <i>Lioscorpius longiceps</i> Günther, 1880	
284	盔蓑鲷 <i>Ebosia bleekeri</i> (Doderlein, 1884)	+
285	拟蓑鲷 <i>Parapterois heterura</i> Bleeker, 1856	
286	翱翔蓑鲷 <i>Pterois volitans</i> Linnaeus, 1758	
287	环纹蓑鲷 <i>Pterois lunulata</i> Temminck & Schlegel, 1843	+
288	勒氏蓑鲷 <i>Pterois russelii</i> Bennett, 1831	+
289	长鳍新平鲷 <i>Neosebastes entaxis</i> Jordan & Starks, 1904	+
290	后颌鲷 <i>Scorpaena onaria</i> Jordan & Snyder, 1900	+
291	斑鳍圆鳞鲷 <i>Parascorpaena mcadamsi</i> (Fowler, 1938)	+
292	棕黄姬鲷鲷 <i>Pycnocraspedum fulvum</i> Machida, 1984	
293	棘鲷鲷 <i>Hoplobrotula armata</i> Temminck et Schlegel, 1847	+
294	仙鲷鲷 <i>Sirembo imberbis</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	+
295	黑斑新鲷鲷 <i>Neobythites nigromaculatus</i> (Kamohara, 1938)	+
296	日本单鳍电鳐 <i>Narke japonica</i> (Temminck & Schlegel, 1850)	+
297	短吻角鲨 <i>Squalus megalops</i> Macleay, 1881	+
298	尖吻角鲨 <i>Squalus mitsukurii</i> Jordan & Snyder, 1903	+

序号	种名	秋季
299	日本角鲨 <i>Squalus japonicus</i> Ishikawa, 1908	+
300	橙黄鲨 <i>Cirrhoscyllium exolitum</i> Smith et Radcliffe, 1913	+
301	条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i> (Anonymous [Bennett], 1830)	+
302	匀棘深海鳐 <i>Bathyraja isotrachys</i> (Günther, 1877)	+
303	褶尾深海鳐 <i>Bathyraja tzinovskii</i> Dolganov, 1983	
304	尖吻深海鳐 <i>Bathyraja shuntovi</i> Dolganov, 1985	
305	斑鳐 <i>Okamejei kenojei</i> (Müller & Henle, 1841)	+
306	鲍氏鳐 <i>Okamejei boesemani</i> (Ishihara, 1987)	+
307	何氏鳐 <i>Okamejei hollandi</i> (Jordan et Richardson, 1909)	+
308	长鼻鳐 <i>Raja tengu</i> Jordan & Fowler, 1903	
309	广东鳐 <i>Dipturus kwangtungensis</i> (Chu, 1960)	+
310	日本锯尾鲨 <i>Galeus nipponensis</i> (Nakaya, 1975)	
311	梅花鲨 <i>Halaelurus burgeri</i> (Muller et Henle, 1841)	
312	阴影绒毛鲨 <i>Cephaloscyllium umbratile</i> Jordan & Fowler, 1903	+
313	网纹绒毛鲨 <i>Cephaloscyllium fasciatum</i> Chan, 1966	
314	前鳍星鲨 <i>Mustelus griseus</i> Pietschmann, 1908	+
	鱼类合计	207
	甲壳类	
315	脊尾齿虾蛄 <i>Odontodactylus cultrifer</i> (White, 1850)	+
316	塞氏芳虾蛄 <i>Faughnia serenei</i> Moosa, 1982	+
317	尖刺糙虾蛄 <i>Kempella mikado</i> (Kemp & Chopra, 1921)	+
318	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i> (De Haan, 1844)	+
319	眼斑猛虾蛄 <i>Harpisquilla annandalei</i> (Kemp, 1911)	+
320	方尾牛虾蛄 <i>Busquilla quadraticauda</i> (Fukuda, 1911)	
321	长叉三宅虾蛄 <i>Miyakea nepa</i> (Latreille in Latreille, Le Peletier, Serville & Guérin, 1828)	
322	多齿棒指虾 <i>Stylodactylus multidentatus</i> Kubo, 1942	+
323	短角蝉虾 <i>Scyllarus brevicornis</i> Holthuis, 1946	+
324	双斑蝉虾 <i>Scyllarus bertholdi</i> (Paulson, 1875)	+
325	九齿扇虾 <i>Ibacus novemdentatus</i> Gibbes, 1850	+
326	毛缘扇虾 <i>Ibacus ciliatus</i> (von Siebold, 1824)	+
327	刺铠虾sp. <i>Munida sp.</i> Leach, 1820	
328	红斑宦虾 <i>Agononida rubrizonata</i> Macpherson & Baba, 2009	+
329	毛手宦虾 <i>Agononida pilosimanus</i> (Baba, 1969)	+
330	日本单肢虾 <i>Sicyonia japonica</i> Balss, 1914	+
331	宽突赤虾 <i>Metapenaeopsis palmensis</i> (Haswell, 1879)	+
332	门司赤虾 <i>Metapenaeopsis mogiensis</i> Rathbun, 1902	
333	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i> (De Haan, 1844)	+
334	日本囊对虾 <i>Penaeus japonicus</i> Spence Bate, 1888	+
335	假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroides</i> Crosnier, 1986	+
336	长足拟对虾 <i>Parapenaeus longipes</i> Alcock, 1905	+
337	长角似对虾 <i>Penaeopsis eduardoi</i> Pérez Farfante, 1977	+
338	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> (Stimpson, 1860)	+

序号	种名	秋季
339	长足鹰爪虾 <i>Trachypenaeus longipes</i> (Paulson)	+
340	多螯虾 <i>sp. Polycheles sp.</i> Heller, 1862	
341	疣面关公蟹 <i>Dorippe frascione</i> (Herbst, 1785)	
342	凹管鞭虾 <i>Solenocera koelbeli</i> de Man, 1911	+
343	高脊管鞭虾 <i>Solenocera alticarinata</i> Kubo, 1949	+
344	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> (H. Milne Edwards, 1837)	+
345	刀额拟海虾 <i>Haliporoides sibogae</i> (de Man, 1907)	
346	红斑后海螯虾 <i>Metanephrops thomsoni</i> (Bate, 1888)	+
347	中华后海螯虾 <i>Metanephrops sinensis</i> (Bruce, 1966)	+
348	褐虾 <i>sp. Crangonidae sp.</i> Haworth, 1825	+
349	首颈刺铠虾 <i>Cervimunida princeps</i> Benedict, 1902	+
350	脊龙虾 <i>Linuparus trigonus</i> (von Siebold, 1824)	+
351	泥污脊龙虾 <i>Linuparus sordidus</i> Bruce, 1965	
352	武装筐形蟹 <i>Mursia armata</i> De Haan, 1837	+
353	卷折馒头蟹 <i>Calappa lophos</i> (Herbst, 1782)	+
354	逍遥馒头蟹 <i>Calappa philargius</i> (Linnaeus, 1758)	+
355	小型馒头蟹 <i>Calappa pustulosa</i> Alcock, 1896	+
356	颗粒板蟹 <i>Petalomera granulata</i> Stimpson, 1858	
357	的氏拉绵蟹 <i>Lauridromia dehaani</i> (Rathbun, 1923)	+
358	巨螯拟人面蟹 <i>Paromola macrochira</i> Sakai, 1961	
359	扇蟹 <i>sp Xanthidae sp.</i> MacLeay, 1838	
360	圆形鳞斑蟹 <i>Demania rotundata</i> (Serène in Guinot, 1969)	+
361	菲岛狼牙蟹 <i>Lupocyclus philippinensis</i> Semper in Nauck, 1880	+
362	红星梭子蟹 <i>Portunus sanguinolentus</i> (Herbst, 1783)	+
363	银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i> (A. Milne-Edwards, 1861)	+
364	光掌蜉 <i>Charybdis (Charybdis) riversandersoni</i> Alcock, 1899	+
365	双斑蜉 <i>Charybdis (Gonioneptunus) bimaculata</i> (Miers, 1886)	+
366	武士蜉 <i>Charybdis (Charybdis) miles</i> (De Haan, 1835)	+
367	日本异指虾 <i>Processa japonicus</i> (De Haan, 1844)	+
368	双角转轮蟹 <i>Ixoides cornutus</i> (MacGilchrist, 1905)	+
369	骨脊等腕虾 <i>Heterocarpoides laevicarina</i> (Bate)	+
370	敖氏红虾 <i>Plesionika ortmanni</i> Doflein, 1902	+
371	半滑红虾 <i>Plesionika semilaevis</i> Spence Bate, 1888	+
372	大红虾 <i>Plesionika grandis</i> Doflein, 1902	+
373	双斑红虾 <i>Plesionika binoculus</i> (Spence Bate, 1888)	+
374	台湾红虾 <i>Plesionika taiwanica</i> Chan & Yu, 2000	+
375	厚角绿虾 <i>Chlorotocus crassicornis</i> (A. Costa, 1871)	+
376	东方异腕虾 <i>Heterocarpus sibogae</i> de Man, 1917	+
377	强刺异腕虾 <i>Heterocarpus woodmasoni</i> Alcock, 1901	+
378	长手隆背蟹 <i>Carcinoplax longimanus</i> (De Haan, 1833)	+
379	大扁蛛蟹 <i>Playmais bartschi</i> Rathbun, 1916	+
380	慈母互敬蟹 <i>Hyastenus pleione</i> (Herbst, 1803)	
381	双角互敬蟹 <i>Hyastenus diacanthus</i> (De Haan, 1839)	+

序号	种名	秋季
382	短小英雄蟹 <i>Achaeus pugnax</i> (de Man, 1928)	
383	锐刺长踦蟹 <i>Phalangipus hystrix</i> (Miers, 1886)	+
	甲壳类合计	56
	头足类	
384	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i> Gray, 1849	
385	广东蛸 <i>Octopus guangdongensis</i> Dong, 1976	+
386	卵蛸 <i>Octopus ovulum</i> Sasaki, 1917	+
387	蛸sp.1 <i>Octopus sp.1</i> Cuvier, 1797	+
388	蛸sp.2 <i>Octopus sp.2</i> Cuvier, 1797	+
389	条纹蛸 <i>Octopus striolatus</i> Dong, 1976	+
390	弯斑蛸 <i>Octopus dollfusi</i> Robson, 1928	+
391	长蛸 <i>Octopus variabilis</i> (Sasaki, 1929)	
392	真蛸 <i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	+
393	莱氏拟乌贼 <i>Sepioteuthis lessoniana</i> d'Orbigny, 1826	
394	杜氏枪乌贼 <i>Loligo duvaucelii</i> d'Orbigny, 1835	+
395	剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i> Hoyle, 1885	+
396	中国枪乌贼 <i>Loligo chinensis</i> Gray, 1849	+
397	阿根廷滑柔鱼 <i>Illex argentinus</i> (Castellanos, 1960)	
398	夏威夷双柔鱼 <i>Nototodarus hawaiiensis</i> (Berry, 1912)	
399	太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i> (Steenstrup, 1880)	+
400	<i>Rossia megeptera</i> <i>Rossia megeptera</i> Verrill, 1881	
401	澳洲后耳乌贼 <i>Sepiadarium austrinum</i> Berry, 1921	
402	柏氏四盘耳乌贼 <i>Euprymna berryi</i> Sasaki, 1929	+
403	四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i> (Verrill, 1881)	
404	图氏后乌贼 <i>Metasepia tullbergi</i> (Appelöf, 1886)	+
405	赫氏乌贼 <i>Sepia hedleyi</i> Berry, 1918	+
406	短穗乌贼 <i>Sepia brevimana</i> Steenstrup, 1875	+
407	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonis</i> Ehrenberg, 1831	+
408	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i> Hoyle, 1885	+
409	盔形乌贼 <i>sepia prashadi</i> Winckworth, 1936	
410	罗氏乌贼 <i>Sepia robsoni</i> (Massy, 1927)	+
411	马氏乌贼 <i>Sepia madokai</i> Adam, 1939	+
412	目乌贼 <i>Sepia aculeata</i> Van Hasselt, 1835	+
413	神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i> Hoyle, 1885	+
414	蛙乌贼 <i>Sepia murrayi</i> Adam & Rees, 1966	+
415	沃氏乌贼 <i>Sepia vossi</i> Khromov, 1996	+
416	乌贼属sp. <i>Sepia sp.</i> Linnaeus, 1758	
417	针乌贼 <i>Sepia andreana</i> Steenstrup, 1875	
418	珠乌贼 <i>Sepia torosa</i> Ortmann, 1888	
419	单盘蛸科 sp. <i>Bolitaenidea sp.</i>	
	头足类合计	23

附表 6 鱼卵仔稚鱼名录

种名	拉丁名
阿氏鬚唇飞鱼	<i>Cheilopogon abei</i>
黑背鬚唇飞鱼	<i>Cheilopogon nigricans</i>
小鳍针飞鱼	<i>Oxyporhamphus micropterus</i>
麒麟	<i>Coryphaena hippurus</i>
锯棱短棘蓑鲉	<i>Brachypterois serrulata</i>
西氏眶灯鱼	<i>Diaphus thiollierei</i>
瓦明氏角灯鱼	<i>Ceratoscopelus warmingii</i>
喀氏眶灯鱼	<i>Diaphus garmani</i>
眶灯鱼属	<i>Diaphus sp.</i>
少鳍方头鲳	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>
深水金线鱼	<i>Nemipterus bathybius</i>
眼镜鱼	<i>Mene maculata</i>
拟鲈	<i>Parapercis sp.</i>
狭颅带鱼	<i>Tentoriceps cristatus</i>
紫红笛鲷	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>
圆舵鲳	<i>Auxis rochei</i>
青干金枪鱼	<i>Thunnus tonggol</i>
鲔	<i>Euthynnus affinis</i>
黄鳍金枪鱼	<i>Thunnus albacares</i>
日本美尾鲷	<i>Calliurichthys japonicus</i>
蛇鲭	<i>Gempylus serpens</i>
犀鲳属 sp.	<i>Bregmaceros sp.</i>
海鲷科 sp.	<i>Muraenidae sp.</i>
未定种	ND