

最新标准规范，请微信关注公众号
回复：规范，即可下载！



微信扫二维码关注！

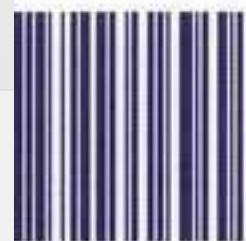
全网首发最新标准规范



找规范加群205309449



工程试验标准分享群
扫一扫二维码，加入群聊。



1135832

定价：34.00 元

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB 10120 — 2019
J 160 — 2019

P

铁路瓦斯隧道技术规范

Technical Code for Railway Tunnel with Gas

2019-04-18 发布

2019-08-01 实施

国家铁路局 发布

最新标准规范, 请微信关注公众号
回复: 规范, 即可下载!



微信扫二维码关注!

中华人民共和国行业标准
铁路瓦斯隧道技术规范

TB 10120—2019

J 160—2019

*

中国铁道出版社有限公司出版发行
(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

出版社网址: <http://www.tdpress.com>

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850 mm × 1 168 mm 1/32 印张: 5.875 字数: 145 千

2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷

书号: 15113 · 5832 定价: 34.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社发行部联系调换。

发行部电话: 路(021)73174, 市(010)51873174

国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告 (工程建设标准 2019 年第 1 批)

国铁科法[2019]19 号

现公布《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2019)等 8 项铁路工程建设标准(详见附表 1), 自 2019 年 8 月 1 日起实施。《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—2007)等 7 项铁路工程建设标准(详见附表 2)同时废止。

以上标准由中国铁道出版社出版发行。

附表 1 新发布标准目录

序号	标准名称	标准编号
1	铁路工程地质勘察规范	TB 10012—2019
2	铁路工程岩土分类标准	TB 10077—2019
3	铁路瓦斯隧道技术规范	TB 10120—2019
4	铁路工程基桩检测技术规程	TB 10218—2019
5	铁路工程爆破振动安全技术规程	TB 10313—2019
6	铁路建设工程监理规范	TB 10402—2019
7	铁路工程结构混凝土强度检测规程	TB 10426—2019
8	客货共线铁路工程动态验收技术规范	TB 10461—2019

附表2 废止标准目录

序号	标准名称	标准编号
1	铁路工程地质勘察规范	TB 10012—2007
2	铁路工程岩土分类标准	TB 10077—2001
3	铁路瓦斯隧道技术规范	TB 10120—2002
4	铁路工程基桩检测技术规程	TB 10218—2008
5	铁路建设工程监理规范	TB 10402—2007
6	铁路工程结构混凝土强度检测规程	TB 10426—2004
7	客货共线铁路工程竣工验收动态检测指导意见	铁建设[2008]133号

国家铁路局

2019年4月18日

最新标准规范，请微信关注公众号
回复：规范，即可下载！



微信扫二维码关注！

前言

为满足铁路瓦斯隧道建设的需要，统一铁路瓦斯隧道技术标准，保障铁路瓦斯隧道安全和质量，在总结近年铁路瓦斯隧道建设、运营实践经验的基础上，本次对《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120—2002 进行了全面修订。

本规范贯彻落实了“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产总方针。强化了安全质量、风险防范等技术要求，进一步提升了规范的科学性和技术经济合理性。

本规范共分为 15 章，包括：总则，术语，基本规定，勘察，结构设防设计，运营通风及监控系统设计，超前地质预报，钻爆作业及支护，防突揭煤，施工通风、瓦斯检测和监测，施工电气设备及作业机械，施工安全管理，风险管理，质量检验及工程验收，运营管理；另有 4 个附录。

本规范修编的主要技术内容如下：

1. 提出了瓦斯隧道设计、施工应遵循的原则，强调了施工中的全过程管理。
2. 补充了瓦斯涌出、瓦斯风化带、始突深度等术语，将瓦斯术语修订为在地层中赋存或逸出的以甲烷为主的有害气体。
3. 对瓦斯隧道的分类分级进行了修订，瓦斯隧道分为微瓦斯、低瓦斯、高瓦斯、瓦斯突出四类隧道；修订了瓦斯工区的判定指标；规定了平均厚度 0.3 m 及以上的煤层应进行突出危险性预测。
4. 补充了按照勘察阶段收集相关资料的要求，并对各阶段瓦斯预测和评估进行了规定。

5. 明确了瓦斯隧道结构设防等级,修订了瓦斯隧道结构、瓦斯隔离层及瓦斯引排措施的相关内容和要求,调整了初期支护中喷混凝土厚度的规定。修订了辅助坑道设置、衬砌、封堵的相关规定,强化了辅助坑道封堵措施,增加了瓦斯隧道附属洞室的设置要求。

6. 修订了瓦斯隧道运营期间瓦斯检测要求,规定了瓦斯突出隧道设置运营机械通风的要求。

7. 强化了瓦斯隧道超前地质预报措施,明确了物探作业安全要求。

8. 修订了钻爆作业安全要求,增加了施工中防煤尘爆炸、防煤层自燃的措施。

9. 修订了防突设计、施工的内容,吸纳了煤矿“四位一体”综合防突的理念,明确了对具有煤与瓦斯突出危险煤层的防突工作应按超前综合防突措施先行、工作面综合防突措施补充的原则开展。

10. 修订了瓦斯隧道巷道式施工通风的规定,明确了瓦斯工区洞内最低风速要求,补充完善了施工通风瓦斯检测及监测的要求。

11. 修订了瓦斯隧道施工电气设备的要求,明确了各级瓦斯工区的电气设备及作业机械的防爆要求。

12. 强化了瓦斯工区的人员管理,增加了瓦斯工区动火作业安全管理要求,明确了应急管理的相关内容。

13. 增加了瓦斯隧道建设各阶段风险评估的内容。

14. 补充了衬砌背后瓦斯引排系统验收检查及评估要求。

15. 增加了瓦斯隧道运营管理的有关要求。

16. 删除了瓦斯测定仪检测质量的控制、煤层瓦斯压力测定方法等附录,增加了绝对瓦斯涌出量的实测方法。

在执行本规范过程中,希望各使用单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改或补充之处,请及时将意见和有关资料寄交中铁二院工程集团有限责任公司技术中心(地址:四川省成都市通锦路3号,邮政编码:610031),并抄送中国铁路经济规划研究院有限公司(地址:北京市海淀区北蜂窝路乙29号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

本规范由国家铁路局科技与法制司负责解释。

主编单位:中铁二院工程集团有限责任公司。

参编单位:中国铁路经济规划研究院有限公司、成贵铁路有限公司、中铁五局集团有限公司、中铁一局集团有限公司、中铁十二局集团有限公司、中铁十九局集团有限公司。

主要起草人:高杨、杨昌宇、朱勇、郑伟、卿伟宸、唐进才、李敬、李济良、霍建勋、刘喆、王唤龙、蒋良文、范圣明、薛斌、吴俊猛、汶文钊、黄直久、郑杰元、崔玉斗、夏真荣、王江水、傅强、曹磊、敬洪武、阳昌标、朱剑峰、石少帅。

主要审查人:刘赫、黄鸿健、林传年、余鹏、张翠兵、薛晖、唐国荣、肖广智、郭强、刘招伟、肖道坦、喻渝、陶伟明、马志富、顾湘生、苗德海、苏新民、李传富、钟友江、黄国庆、张宗喜、王鹏程、苏在林、王小平。

本规范的历次版本发布情况:《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120—2002。

最新标准规范，请微信关注公众号
回复：规范，即可下载！



微信扫二维码关注！

全网首发最新标准规范



找规范加群205309449



工程试验标准分享群
扫一扫二维码，加入群聊。

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	6
3.1 瓦斯隧道分类	6
3.2 设计、施工及运营	7
4 勘 察	9
4.1 一般规定	9
4.2 勘 察	9
4.3 瓦斯预测与评估	11
5 结构设防设计	12
5.1 一般规定	12
5.2 瓦斯封闭系统设计	12
5.3 瓦斯引排系统设计	13
5.4 辅助坑道与附属洞室	14
6 运营通风及监控系统设计	16
6.1 一般规定	16
6.2 运营监控系统设计	16
6.3 运营通风设计	17
6.4 运营机电设备	18
7 超前地质预报	19
7.1 一般规定	19
7.2 地质素描及物探	19
7.3 超前钻探	20
8 钻爆作业及支护	22

8.1	一般规定	22
8.2	开挖及爆破作业	22
8.3	支护与衬砌	25
8.4	防治煤层自燃和煤尘爆炸	26
9	防突揭煤	27
9.1	一般规定	27
9.2	超前综合防突	27
9.3	工作面综合防突	29
9.4	揭煤及煤层开挖	31
10	施工通风、瓦斯检测和监测	34
10.1	一般规定	34
10.2	通风方式	34
10.3	通风系统	34
10.4	通风设备	36
10.5	瓦斯检测和监测	38
11	施工电气设备及作业机械	41
11.1	一般规定	41
11.2	电 缆	41
11.3	洞内照明	43
11.4	电器与保护	43
11.5	作业机械	44
12	施工安全管理	45
12.1	一般规定	45
12.2	进洞人员管理	45
12.3	电气及机械设备管理	46
12.4	消防管理	47
12.5	应急管理	48
13	风险管理	51
13.1	一般规定	51

13.2	设计阶段风险管理	52
13.3	施工阶段风险管理	53
14	质量检验及工程验收	56
15	运营管理	57
附录 A	煤的破坏类型分类	58
附录 B	绝对瓦斯涌出量实测方法	60
附录 C	绝对瓦斯涌出量计算方法	65
附录 D	瓦斯自动监控报警与断电系统	68
D.1	自动监控系统	68
D.2	自动监控系统的布置与安装	68
D.3	瓦斯自动监测报警断电装置传感器的布置 及断电要求	71
本规范用词说明		73
《铁路瓦斯隧道技术规范》条文说明		74

最新标准规范，请微信关注公众号
回复：规范，即可下载！



微信扫二维码关注！

最新标准规范，请微信关注公众号
回复：规范，即可下载！



微信扫二维码关注！

1 总 则

- 1.0.1 为贯彻国家有关法规和技术政策,满足铁路瓦斯隧道勘察、设计、施工及运营的需要,统一铁路瓦斯隧道技术标准,使铁路瓦斯隧道符合技术先进、措施合理、风险可控、运营安全、工程经济等要求,制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于新建铁路瓦斯隧道及其辅助坑道的勘察、设计、施工及验收。
- 1.0.3 铁路隧道勘察与施工过程中,通过地质勘探或施工检测表明隧道通过地层存在瓦斯时,该隧道应定为瓦斯隧道。
- 1.0.4 铁路瓦斯隧道应坚持安全第一,并遵循超前预报先行、施工通风为主、瓦斯监测并重、综合措施配套、应急预案落实的基本原则。
- 1.0.5 铁路瓦斯隧道的勘察设计,应贯穿于隧道建设的全过程,并根据不断更新的地质、环境、安全及施工信息资料,及时修正设计。
- 1.0.6 铁路瓦斯隧道施工应强化全过程管理,采取有效的工程措施,积极采用机械化、信息化手段。
- 1.0.7 铁路瓦斯隧道的设计、施工应执行国家节能、节材和环保等有关法律法规,积极采用新技术、新材料、新设备、新工艺。
- 1.0.8 铁路瓦斯隧道的勘察、设计、施工及验收,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 总 语

2.0.1 瓦斯 gas

在地层中赋存或逸出的以甲烷(CH_4)为主的有害气体,有时单指甲烷。根据其生成、赋存条件将其分为煤层瓦斯、非煤瓦斯两类。

2.0.2 瓦斯工区 work area with gas

由某一隧道洞口或辅助坑道口开辟工作面施工的隧道范围称其为隧道工区,该范围含瓦斯时则为瓦斯工区。

2.0.3 瓦斯涌出 gas emission

瓦斯以较低压力较为均匀地从煤体或岩体裂隙、孔洞、炮眼中进入作业空间的现象,不会对煤层或岩体产生破坏。

2.0.4 绝对瓦斯涌出量 absolute gas emission rate

单位时间内从煤层、岩层及已开挖的煤(岩)体所涌(逸)出的瓦斯量,以 m^3/min 计量;进行瓦斯抽放时,应包括瓦斯抽放量。铁路隧道施工期间,绝对瓦斯涌出量中洞内涌出量部分一般按每班测一次且每日不少于3次的测风获取瓦斯浓度及风速计算求取。

2.0.5 煤层瓦斯 coal seam gas

生成于煤并储存于煤(岩)层或煤系地层的瓦斯。

2.0.6 瓦斯压力 gas pressure

煤(岩)层孔隙、裂隙中的瓦斯对隙壁所产生的应力,单位为MPa。一般指隧道开挖前煤(岩)中瓦斯的原始压力。

2.0.7 瓦斯风化带 gas weathered zone

煤层气成分中甲烷浓度低于80%的瓦斯区带称为瓦斯风化带。瓦斯风化带包括二氧化碳-氮气带、氮气带、氮气-甲烷带。

2.0.8 施钻瓦斯动力现象 gas dynamic phenomenon while drilling

钻孔在施作过程及使用过程中,由瓦斯和地应力诱发的钻孔喷孔(喷水汽、煤屑、岩粉、泥沙等)、钻孔变形、顶钻、抱钻、夹钻等现象。

2.0.9 吨煤瓦斯含量 gas content for each ton of coal

未开挖煤体中,每吨煤含有的游离瓦斯与吸附瓦斯量之和,以 m^3/t 计量。

2.0.10 瓦斯区段 one section of work area with gas

含瓦斯地层向两侧非瓦斯地层各延伸一定长度范围称为瓦斯区段,延伸长度不应小于50 m。

2.0.11 煤系地层 coal measure strata

在成因上有共生关系并含有煤层或煤线的沉积岩地层。

2.0.12 煤(岩)与瓦斯突出 coal(rock) and gas outburst

在地应力和瓦斯的共同作用下,破碎的煤(岩石)和瓦斯由煤体(岩体)内突然向开挖空间抛出的异常动力现象,可以简称为瓦斯突出或突出。

2.0.13 始突深度 shallowest of outburst

同一地质单元内突出煤层发生实际突出的最小深度。

2.0.14 煤层倾角 dip angle of coal seam

煤层层面与水平面的夹角,以 θ 表示。当 $\theta < 8^\circ$ 时,称近水平煤层; $8^\circ < \theta \leq 25^\circ$ 时,称缓倾斜煤层; $25^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 时,称倾斜煤层; $\theta > 45^\circ$ 时,称急倾斜煤层。

2.0.15 煤层厚度 thickness of coal seam

煤层顶、底板层面间的垂直距离,以 t 表示。 $t < 1.3 \text{ m}$ 的为薄煤层; $1.3 \text{ m} \leq t \leq 3.5 \text{ m}$ 的为中厚煤层; $t > 3.5 \text{ m}$ 的为厚煤层。

2.0.16 瓦斯浓度 gas concentration

空气中瓦斯与空气的体积之比,以百分数表示。

2.0.17 超前探孔 probing hole

为探明开挖面前方煤与瓦斯赋存地质条件、煤层位置等特征

和瓦斯情况的钻孔。

2.0.18 揭煤 coal mining at the rock wall

隧道或导坑工作面从距突出煤层顶(底)板最小法向距离 5 m 开始至穿过煤层进入底(顶)板最小法向距离 2 m 的开挖作业过程。

2.0.19 煤矿许用炸药 coal permitted explosive

允许在有可燃气或煤尘爆炸危险的煤矿井下使用的炸药。

2.0.20 超前综合防突措施 advance comprehensive anti-outburst measures

在煤与瓦斯突出煤层开挖前,对其较大范围采取的消除突出危险性的工程措施,煤矿称为区域综合防突措施。

2.0.21 工作面综合防突措施 comprehensive anti-outburst measures of tunnel face

针对工作面前方有局部突出危险的煤层采取的消除突出危险性的工程措施,煤矿称为局部综合防突措施。

2.0.22 预测孔 forecasting hole

用于获取煤层各项参数,预测煤层突出危险性的钻孔。

2.0.23 检验孔 detection hole

用于检验防突措施效果的钻孔。

2.0.24 抽放孔 drainage borehole

利用机械设备产生负压强制排放工作面前方未揭开煤层中瓦斯、降低瓦斯压力和含量的钻孔。

2.0.25 岩墙 rock wall

开挖工作面与煤层之间的岩体,其厚度定义为开挖工作面与煤层间的法向距离。当其最小厚度足以抵御煤与瓦斯的动力作用破坏时,称为安全岩墙。

2.0.26 排放孔 gas releasing hole

采用正压自然排放工作面前方未揭开煤层中的瓦斯、降低瓦斯压力和含量的钻孔。

2.0.27 局部通风机 local ventilator

洞内用于防止瓦斯局部积聚或引导风流的通风机,也简称局扇。

2.0.28 主要通风机 main ventilator

向工作面提供新鲜风的通风机。

2.0.29 瓦斯爆炸 gas explosion

一定浓度的甲烷和空气中的氧气在一定温度作用下产生的激烈氧化反应;爆炸的瓦斯浓度界限一般为 5%~16%。

2.0.30 瓦斯燃烧 gas combustion

瓦斯浓度处于爆炸限值之外时,甲烷和空气中的氧气在一定温度作用下发生的氧化反应。

2.0.31 瓦斯逸出 gas escaping

瓦斯从隧道围岩中或衬砌背后释放的现象。

2.0.32 瓦斯喷出 gas spraying out

瓦斯从煤体或岩体裂隙、孔洞或炮眼中大量异常涌出的现象。

3 基本规定

3.1 瓦斯隧道分类

3.1.1 瓦斯隧道可分为微瓦斯隧道、低瓦斯隧道、高瓦斯隧道及瓦斯突出隧道,瓦斯隧道的类型应按隧道内瓦斯工区的最高等级确定。

3.1.2 瓦斯隧道工区分为非瓦斯工区、微瓦斯工区、低瓦斯工区、高瓦斯工区、瓦斯突出工区五级。

3.1.3 微、低、高瓦斯工区可根据全工区绝对瓦斯涌出量($Q_{\text{绝}}$)按表 3.1.3 进行确定。

表 3.1.3 瓦斯工区绝对瓦斯涌出量判定指标表

项目	分类	判定指标	
		中等、大、特大跨度	小跨度
隧道工区	非瓦斯工区	0	
	微瓦斯工区	$Q_{\text{绝}} < 0.5 \text{ m}^3/\text{min}$	$Q_{\text{绝}} < 0.3 \text{ m}^3/\text{min}$
	低瓦斯工区	$1.5 \text{ m}^3/\text{min} > Q_{\text{绝}} \geq 0.5 \text{ m}^3/\text{min}$	$1.0 \text{ m}^3/\text{min} > Q_{\text{绝}} \geq 0.3 \text{ m}^3/\text{min}$
	高瓦斯工区	$Q_{\text{绝}} \geq 1.5 \text{ m}^3/\text{min}$	$Q_{\text{绝}} \geq 1.0 \text{ m}^3/\text{min}$

3.1.4 瓦斯隧道只要有一处突出危险,该处所在的工区即为瓦斯突出工区。判定瓦斯突出必须同时满足表 3.1.4 规定的 4 项指标。

表 3.1.4 判定煤层突出危险性指标临界值

判定指标	煤的破坏类型	瓦斯放散初速度 Δp	煤的坚固性系数 f	煤层瓦斯压力 $P(\text{MPa})$
临界值	Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ	≥ 10	≤ 0.5	≥ 0.74

注:煤的破坏类型可按本规范附录 A 确定。

3.1.5 当隧道埋置于瓦斯风化带以下,通过具有下列情况之一的煤层时,应认定为突出煤层:

- 1 邻近矿区或工程发生经调查认定为突出事故的同一煤层。
- 2 邻近矿区或工程已鉴定为突出的同一煤层。
- 3 煤(岩)层有瓦斯动力现象。
- 4 瓦斯压力达到或超过 0.74 MPa,尚未进行突出危险性鉴定的煤层。

3.1.6 前期勘察及可行性研究阶段隧道绝对瓦斯涌出量等指标获取困难时,亦可根据调查的煤层瓦斯含量或瓦斯压力按表 3.1.6 划分工区等级,确定瓦斯隧道类别,并开展工作;当按瓦斯含量或瓦斯压力确定的工区等级不一致时,应取较高者。后续设计、施工阶段应按工区绝对瓦斯涌出量指标进行核查、修正。

表 3.1.6 瓦斯工区瓦斯含量、瓦斯压力判定指标表

工区等级	非瓦斯	微瓦斯	低瓦斯	高瓦斯	瓦斯突出
吨煤瓦斯含量 $W_0(\text{m}^3/\text{t})$	0	< 0.5	$0.5 \leq W_0 < 1.0$	$1.0 \leq W_0 < 8$	≥ 8.0
瓦斯压力 $P(\text{MPa})$	0	< 0.1	< 0.1	$0.1 \leq P < 0.74$	≥ 0.74

3.1.7 根据隧道通过地层的瓦斯赋存情况,设计、施工可将瓦斯工区划分为若干非瓦斯区段及瓦斯区段,并结合不同区段类型和分布关系,坚持全工区持续通风和瓦斯检测,制定工区施工组织方案。

3.2 设计、施工及运营

3.2.1 线路选线确定隧道位置时,应尽量避免穿越煤系地层及其他含瓦斯地层。当不可避免时,应以较短距离通过。

3.2.2 铁路瓦斯隧道应设衬砌,根据瓦斯赋存条件、运营环境要求,建立瓦斯设防综合结构体系。

3.2.3 铁路瓦斯隧道施工应在超前地质预报、超前煤与瓦斯探测、煤与瓦斯突出预测等工作成果的指导下进行,平均厚度在

0.3 m 及以上的煤层应进行突出危险性预测。具有煤与瓦斯突出危险性的煤层必须采取综合防突措施,未消除突出危险,严禁开挖掘进。

3.2.4 瓦斯工区施工期间应实施连续通风,并建立瓦斯通风监控、检测的组织系统,全程监测瓦斯和通风状况。

3.2.5 瓦斯隧道风险管理应贯穿建设全过程,煤与瓦斯突出隧道应按极高风险隧道进行管理。

3.2.6 瓦斯隧道运营期间,应进行瓦斯检测、监测,并建立专项管理制度,保证设备及系统运行状态良好。

4 勘 察

4.1 一 般 规 定

4.1.1 线路选线时应充分考虑隧道施工、运营期间的安全风险和经济代价,尽量避开煤矿、油气田矿区。当不可避免时,应尽量以最短距离或从其边缘地带通过。

4.1.2 隧道通过煤系地层应避开活动断裂、构造交叉带、褶皱密集带、节理密集带等构造复杂地段。当不可避免时,应以最短距离或大角度相交通过。

4.1.3 线路通过含瓦斯地层应尽量选择傍河谷、小埋深、短隧群方案;越岭隧道应尽量抬高线路高程。

4.1.4 隧道穿越、邻近煤系地层或其他含瓦斯地层时,应按不同勘察阶段的要求,采用综合勘探手段开展瓦斯隧道的地质工作。当瓦斯地质条件复杂时,其工作范围应较一般隧道适当扩大,内容适当加深,其成果应满足隧道设计和施工的需要。

4.1.5 瓦斯隧道设计应充分利用瓦斯风化带等有利地质条件,规避煤与瓦斯突出风险煤层,不能规避时,应进行充分论证和技术经济比较。

4.2 勘 察

4.2.1 踏勘阶段收集资料应包括下列内容:

1 区域地质、矿产地质、水文地质资料,邻近煤矿、油气田、气井资料及有关煤层分布和瓦斯赋存、突出的相关资料。

2 井田的分布、开采水平、瓦斯等级划分、采煤方式及顶板管理办法、接替采区和规划采区的位置及范围。

3 煤与瓦斯突出危险性鉴定资料、瓦斯事故分析报告。

4 区域内瓦斯风化带及始突深度等资料。

5 区域内类似工程的煤与瓦斯相关资料及施工情况。

4.2.2 初测阶段勘察工作应符合下列要求:

1 在收集资料的基础上开展地质调绘,辅以必要的钻探和现场测试,应初步查明隧区煤层和瓦斯分布情况及与隧道工程的关系。

2 油气田或含油气构造影响范围内的隧道,应查明天然气的生成、运移、储集、封闭条件,并宜进行专项调查评价工作。

4.2.3 定测阶段和补充定测阶段勘察工作应符合下列要求:

1 应详细查明隧道通过的地层层序、年代、岩层种类及含煤地层的分布,煤层数及顶底板特征和位置,煤层厚度及倾角、变化特征,隧道穿煤里程及长度。

2 结合隧区煤层分布布置钻孔采取煤样和气样,应对煤层的主要物理性质、指标以及工业成分进行分析,包括颜色、光泽、重度、硬度、水分、挥发分、固定碳、灰分、瓦斯含量、瓦斯压力、瓦斯放散初速度等。

3 应确定煤的自燃及煤尘爆炸性判断,煤与瓦斯突出危险性判断。

4 应查明形成瓦斯的地质构造,包括煤层、油页岩层所处的构造部位,天然气的生成、运移、储集、封闭条件及影响因素,地下水对天然气运移、储存的影响。

5 应结合钻孔现场测定瓦斯及天然气含量、涌出量及压力。

4.2.4 瓦斯隧道施工期间,应进行地质复查工作。对于揭露的煤层,应取样复测煤层的瓦斯含量和其他有关参数,必要时应钻孔埋管实测瓦斯压力,以及通过通风和瓦斯检测计算全坑道的瓦斯涌出量(可按本规范附录 B 计算),根据检测结果核对施工工区和煤系地层的瓦斯等级,必要时应进行修正,同时应相应修改设计。

4.3 瓦斯预测与评估

4.3.1 地质勘察报告应有专门篇章评述煤层、瓦斯和天然气的情况,以及瓦斯地质分析、采空区及压煤量、邻近的煤矿和油气田、气井情况、隧道瓦斯严重程度预测及对工程的影响、建议技术措施等。

4.3.2 踏勘、初测阶段应以定性判断为主,结合必要的勘探手段判定是否为瓦斯隧道,初步划分瓦斯地层等级。

4.3.3 定测及补充定测阶段,瓦斯预测及评估工作应满足下列要求:

1 根据煤与瓦斯参数,结合施工组织、进度安排,分段分煤层预测隧道及辅助坑道的绝对瓦斯涌出量,绝对瓦斯涌出量计算可按本规范附录 C 确定。

2 根据煤体结构及有关参数,进行煤层突出危险性评估和瓦斯隧道的瓦斯工区、含瓦斯地段的等级划分。

5 结构设防设计

5.1 一般规定

5.1.1 瓦斯隧道设防综合结构体系宜根据结构设防等级,结合隧道长度、线路平纵断面、行车速度和密度、气象条件等因素综合确定。

5.1.2 瓦斯隧道结构设防等级可根据地层赋存瓦斯情况,按表 5.1.2 确定。

表 5.1.2 瓦斯隧道结构设防等级

设防等级	吨煤瓦斯含量 W_0 (m^3/t)	瓦斯压力 P (MPa)
三	$W_0 < 2.0$	$P < 0.15$
二	$W_0 \geq 2.0$	$0.15 \leq P < 0.74$
一	—	$P \geq 0.74$

注:当按吨煤瓦斯含量及瓦斯压力确定的设防等级不一致时,应取较高者。

5.1.3 瓦斯隧道设防综合结构体系应具有瓦斯封闭功能,必要时设置瓦斯引排措施。

5.1.4 瓦斯隧道结构设防等级较高地段应向等级较低地段适当延长,延伸长度不应小于 50 m。

5.2 瓦斯封闭系统设计

5.2.1 瓦斯隧道应采用复合式衬砌。结构设防段瓦斯封闭系统由二次衬砌、初期支护、瓦斯隔离层、围岩封堵圈等根据需要组合构成。

5.2.2 结构设防段初期支护喷射混凝土应拱墙、仰拱(底板)全

环设置,厚度不小于 10 cm,强度等级不低于 C25。

5.2.3 结构设防段二次衬砌结构厚度不应小于 40 cm,混凝土透气系数不应大于 10^{-11} cm/s。

5.2.4 二次衬砌施工缝、变形缝应采用综合防渗措施,其封闭瓦斯性能不应低于衬砌本体。

5.2.5 一级结构设防地段应设置全封闭瓦斯隔离层,二级结构设防地段宜设置全封闭瓦斯隔离层。

5.2.6 瓦斯隔离层应设置于初期支护与二次衬砌之间,并应符合下列规定:

1 透气系数不大于 1×10^{-14} cm/s。

2 厚度不小于 1.5 mm,幅宽不小于 3 m。

3 垫层可采用单位面积质量不低于 400 g/m^2 且标称断裂强度不小于 20 kN/m 的土工布。

5.2.7 一级结构设防地段可结合瓦斯赋存条件、瓦斯涌出及补给情况采用超前周边注浆、开挖后径向注浆等措施封闭围岩瓦斯通道,减少瓦斯涌(逸)出量。

5.3 瓦斯引排系统设计

5.3.1 设置全封闭瓦斯隔离层地段应于二次衬砌背后设置水气收集管路,并引入水气分离装置处,分离出的瓦斯气体可由排放管道引出洞外在高处放散。

5.3.2 全封闭瓦斯隔离层地段的末端应设置水气分离装置,段内根据地下水情况以及封闭段落长度可增设水气分离装置。

5.3.3 当隧道内含瓦斯地段的初始瓦斯压力大于 0.74 MPa 且采用结构封闭瓦斯困难时,宜进行瓦斯引排降压。瓦斯引排降压可选用下列方式:

1 衬砌背后预埋通向洞外的排放管。

2 利用或增设辅助坑道钻设瓦斯降压孔。

5.3.4 水气收集和瓦斯排放管的设置应符合下列规定:

1 二次衬砌背后左右边墙下部纵向排水盲管、拱墙范围的环向盲管可兼作瓦斯气体收集管路。

2 纵向盲管直径不宜小于 100 mm,环向盲管直径不宜小于 50 mm。

3 盲管间连接采用预制接头。

4 瓦斯排放管内径不小于 100 mm。

5.3.5 从隧道内引出瓦斯的排放管,其上端管口距离拱顶以上不应小于 3 m,其周围 20 m 内禁止有明火火源及易燃易爆物品。采用金属排放管时应妥善接地,接地电阻不得大于 5 Ω 。

5.4 辅助坑道与附属洞室

5.4.1 瓦斯隧道辅助坑道应结合瓦斯工区划分、施工通风、防灾救援等需要,综合研究确定,并符合下列要求:

1 辅助坑道应尽量减少通过煤层瓦斯段的长度。

2 斜井、竖井、横洞不宜通过高瓦斯段,应避免通过煤与瓦斯突出段。

3 瓦斯工区设置有平导时,应减少平导与正洞间的横通道,且横通道尽量避开煤层瓦斯段设置。

5.4.2 瓦斯隧道的斜(竖)井作为抽出式通风井时,不得兼作提升井。井内应设方便检修人员工作及避难行走的人行台阶(竖井为梯子间)。

5.4.3 辅助坑道的高瓦斯区段、煤与瓦斯突出区段应设置复合式衬砌,其余地段应结合地质围岩条件、使用功能等选取相应的衬砌类型。

5.4.4 采用巷道式通风的瓦斯工区,两条巷道间的横通道应设置复合式衬砌。

5.4.5 运营期间予以利用的辅助坑道,瓦斯地段设防标准应与正洞一致。

5.4.6 通过含瓦斯地段的斜井、横洞及独头平导不宜作为运营期

间的防灾疏散救援工程。

5.4.7 竣工后不予利用的通过含瓦斯地段的辅助坑道,交付运营前应进行封堵处理,并于辅助坑道洞口预留排气条件,其封堵应符合下列规定:

1 辅助坑道与正洞交叉口处采用混凝土封堵,厚度不小于 1 倍正洞洞径;当辅助坑道内地下水需引入正洞时,应有防止瓦斯进入正洞的措施。

2 辅助坑道洞口采用混凝土封堵,厚度不小于 3 m,并于封堵范围内设置排放管引出洞外,其上端管口距离拱顶以上不小于 3 m;平导、横洞等洞口封堵范围尚应于坑底预留排水条件。

3 通过煤与瓦斯突出地段的辅助坑道,其防突揭煤段宜采用混凝土回填,回填范围内拱部预留排气条件,坑底预留排水条件。

4 平导与正洞间的横通道,采用混凝土回填密实。

5 封堵、回填混凝土的强度等级不低于 C20。

5.4.8 隧道内煤与瓦斯突出区段不应设置电气设备洞室,其他含瓦斯区段应减少附属洞室设置。

6 运营通风及监控系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 瓦斯隧道在运营中,瓦斯浓度在任何时间、任何地点都不得大于0.5%。

6.1.2 瓦斯隧道运营期间,必须进行瓦斯检测。微瓦斯、低瓦斯隧道可采用人工检测,高瓦斯和瓦斯突出隧道应采用自动检测。

6.1.3 瓦斯突出隧道应设置运营机械通风,其余瓦斯隧道应根据线路条件、自然环境条件、瓦斯封闭效果、运营维护模式等综合确定。

6.1.4 瓦斯隧道运营期间予以利用的辅助坑道,应设置运营维修管理工作需要的瓦斯检测仪表和通风设备。

6.2 运营监控系统设计

6.2.1 高瓦斯隧道和瓦斯突出隧道的自动检测系统应具有瓦斯超限报警,通风机自动控制等功能,系统可采用洞口或远程计算机集中控制。

6.2.2 隧道运营期间瓦斯检测范围和检测断面的位置,应根据施工期间的瓦斯涌出情况及段落确定,并应符合下列规定:

1 检测范围应覆盖隧道内所有瓦斯地段,并向瓦斯地段两侧各延伸200 m~300 m。

2 施工期间含瓦斯地段,检测断面应每50 m~100 m设置一处,其他地段视具体情况确定。人工检测点或自动检测探头应位于检测断面中部隧道拱顶下25 cm处。

6.2.3 瓦斯自动检测系统的设置应符合下列规定:

1 系统应由信息采集设备、系统主机设备等组成,并能抗强电磁干扰。

2 检测点探头宜设置双探头,探头的安装结构应便于定时检查维修。

3 瓦斯隧道的控制室应对隧道内各分站的瓦斯相关参数及分站设备的工作状态等进行连续自动监控。当出现瓦斯浓度超限或其他异常情况时,系统主机应能自动报警,并具备联动启动风机的功能。

6.2.4 设有瓦斯自动检测系统的隧道应设置机电设备监控系统,对隧道内风速、瓦斯检测设备及设置的运营机械通风设备、电源等进行监控。机电设备监控系统应就近设置于设备维护单位。

6.2.5 设置机械通风的瓦斯隧道的监控中心与车站运转室和风机房之间应设置直通专线电话。

6.3 运营通风设计

6.3.1 瓦斯隧道的机械通风方式,可采用壁龛式射流风机纵向通风、洞口风道式纵向通风或竖(斜)井分段式纵向通风,应在技术经济比较后确定。高速铁路瓦斯隧道采用机械通风时,不宜采用壁龛式射流风机纵向通风。

6.3.2 瓦斯隧道运营通风机应采用防爆型,并具有短时反转控制风流大小及方向的消防功能。

6.3.3 瓦斯隧道机械通风的选型及布置应符合下列要求:

1 隧道通风机械可采用射流风机或轴流风机,或者射流风机和轴流风机的组合。

2 正洞内安装射流风机时,不应采用拱顶吊装式。

3 轴流风机宜选用低风压、大风量的轴流风机,采用多台轴流风机时,宜并联设置。

6.3.4 设置机械通风的瓦斯隧道的通风量,应在稀释隧道内瓦

斯、防止瓦斯积聚最小风速以及隧道正常换气通风需风量中取大者确定。计算风压时需计入适量自然反风。防止瓦斯积聚的最小风速按 1 m/s 计。

6.3.5 瓦斯隧道运营期间当隧道内瓦斯浓度达到 0.4% 时,必须启动风机进行通风;当瓦斯浓度降到 0.3% 以下时,可停止通风。

6.3.6 瓦斯隧道的机械通风运转时间由计算确定,风机每次运转时间不应小于 15 min。

6.4 运营机电设备

6.4.1 机械通风的风机应有一定的备用量,采用射流风机时应有 50% 的备用量,采用大型风机时应有 100% 的备用量。备用风机必须能在 10 min 内启动。

6.4.2 瓦斯隧道机械通风及监控设备的供电应采用一级负荷供电标准。

6.4.3 瓦斯隧道内变配电设备与继电保护装置不宜设置在瓦斯地段。

6.4.4 通过瓦斯地段的辅助坑道运营期间予以利用时,坑道内安装的电气、机电设备等应使用防爆型。

7 超前地质预报

7.1 一般规定

7.1.1 瓦斯隧道应按先探后掘的原则组织施工,将煤层及瓦斯超前地质预报纳入施工工序进行严格管理,根据预报成果动态调整设计、施工方案。

7.1.2 瓦斯隧道应以地质调查法为基础、超前钻探法为主,结合物探、洞内地质素描、参数测试等进行综合超前地质预报。

7.1.3 煤层瓦斯超前地质预报应探明煤层及瓦斯赋存参数,评价隧道瓦斯严重程度及对工程的影响,提出技术措施建议等。

7.1.4 瓦斯隧道应及时整理超前地质预报资料,并进行综合分析,编制成果报告并反馈有关各方。

7.2 地质素描及物探

7.2.1 瓦斯区段地质素描间距不宜大于 5 m,高瓦斯、煤与瓦斯突出工区过煤层段每开挖循环应作地质素描。

7.2.2 开挖工作面进入瓦斯地层前不小于 50 m 至整个瓦斯地层结束,应开展物探法超前地质预报工作,前后两次预报重叠长度不宜小于 10 m。

7.2.3 物探实施过程中应采取安全措施,并符合下列规定:

1 实施物探的工作位置应避开瓦斯集中涌出段。

2 物探实施过程中应保持工作环境的瓦斯监测和通风,确保瓦斯浓度低于 0.5%。

3 采用需辅助爆破的物探手段时,其辅助爆破作业应满足瓦斯工区爆破作业相关要求。

4 高瓦斯及瓦斯突出区段物探设备应采用防爆型。

7.3 超前钻探

7.3.1 瓦斯区段应设置不少于1个超前探孔进行全过程探测,并符合下列规定:

- 1 每循环钻孔长度不宜小于35 m,前后两循环重叠长度不小于8 m。
- 2 探孔宜取芯,当取芯困难时可采用孔内成像方法核实地层情况。
- 3 实施超前探孔应开展孔口、孔内瓦斯检测工作。
- 4 物探异常段应增设不少于2个探孔。探孔应结合煤(岩)层产状合理布设。

7.3.2 距预测或初探煤层15 m~20 m(垂距)处,应采用超前探孔确定煤层准确位置,掌握其赋存情况及瓦斯状况,并应符合下列规定:

- 1 超前探孔应不少于3个,分别探测开挖工作面前方上部及左右部位煤层位置,探测孔宜结合煤层走向、煤层倾角合理布置。
- 2 每个探孔均宜穿透煤层并进入顶(底)板不小于0.5 m。当探孔不能一次穿透煤层全厚时,应当保证探孔末端至少超前工作面20 m。
- 3 探孔应取完整的岩(煤)芯,湿式钻孔,进入煤层后宜干钻取样,并对煤样和气样进行物理、化学分析。
- 4 按各孔见煤、出煤点计算煤层厚度、倾角、走向及与隧道的关系,并分析煤层顶、底板岩性。
- 5 探测确认平均厚度0.3 m及以上的煤层还应按本规范第9章的要求开展突出危险性预测。

7.3.3 超前探孔作业应符合下列规定:

- 1 钻机应采用防爆型,钻孔直径不宜小于76 mm。
- 2 当作业地点附近20 m以内风流中瓦斯浓度达到1.0%时,

应停止钻孔作业。

3 高瓦斯及瓦斯突出地段超前探孔应单工序作业;微、低瓦斯地段超前探孔宜采用单工序作业。

4 钻孔过程中应观察记录孔口排出的浆液、钻屑、孔内瓦斯浓度变化情况,结束后应及时整理钻孔记录表和成果。

7.3.4 施钻过程中出现顶钻、夹钻、顶水、喷孔等动力现象时,应立即报警,停止工作,撤出人员,切断电源,并进行分析处理。

7.3.5 瓦斯地层掘进过程中应采用加深炮孔对洞周进行探测,加深炮孔应符合下列规定:

- 1 高瓦斯及瓦斯突出区段拱墙范围不少于5个,底部不少于2个。
- 2 微瓦斯及低瓦斯区段拱墙范围不少于3个,底部不少于1个。
- 3 炮孔长度不小于5 m,终孔位置距离开挖轮廓线外不小于2 m。
- 4 探测煤与瓦斯的周边加深炮孔严禁装药放炮。
- 5 当加深炮孔施工过程中出现异常情况时,应及时采取措施。

8 钻爆作业及支护

8.1 一般规定

8.1.1 瓦斯区段应严格控制超欠挖,避免塌方,减少开挖面坑凹形成瓦斯局部积聚。

8.1.2 隧道内同一瓦斯区段宜划分在同一工区,各工区间的贯通点不应处于揭煤段。

8.1.3 瓦斯工区爆破工作应由专职爆破工担任,爆破作业必须执行“一炮三检”和“三人连锁爆破”制度。

8.1.4 瓦斯区段必须使用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管。一次爆破必须使用同一厂家、同一品种的煤矿许用炸药和电雷管。

8.1.5 具有煤层自燃倾向、煤尘爆炸危险的瓦斯工区应采取相应的预防措施。

8.2 开挖及爆破作业

8.2.1 瓦斯区段应根据地质条件、断面大小、煤层及瓦斯的赋存情况合理选择开挖方法,高瓦斯及煤与瓦斯突出区段宜采用分部开挖。

8.2.2 瓦斯工区钻孔作业应符合下列规定:

- 1 开挖工作面附近 20 m 风流中瓦斯浓度必须小于 1.0%。
- 2 必须采用湿式钻孔。
- 3 炮眼深度不宜小于 0.6 m。

8.2.3 瓦斯区段炮眼封泥必须使用水炮泥。水炮泥外剩余的炮眼部分应当用黏土炮泥或者不燃性、可塑性松散材料制成的炮泥封实,其长度不应小于 0.3 m。严禁用煤粉、块状材料或者其他可

燃性材料作炮眼封泥。无封泥、封泥不足或者不实的炮眼,严禁爆破。严禁裸露爆破。

8.2.4 炮眼深度和炮眼的封泥长度应符合下列要求:

1 炮眼深度小于 0.6 m 时,不得装药、爆破;在特殊条件下确需进行炮眼深度小于 0.6 m 的浅孔爆破时,必须制定安全措施并封满炮泥。

2 炮眼深度为 0.6 m ~ 1 m 时,封泥长度不得小于炮眼深度的 1/2。

3 炮眼深度超过 1 m 时,封泥长度不得小于 0.5 m。

4 炮眼深度超过 2.5 m 时,封泥长度不得小于 1 m。

5 深孔爆破时,封泥长度不得小于孔深的 1/3。

6 光面爆破时,周边光爆炮眼应当用炮泥封实,且封泥长度不得小于 0.3 m。

7 工作面有 2 个及以上自由面时,在煤层中最小抵抗线不得小于 0.5 m,在岩层中最小抵抗线不得小于 0.3 m。浅孔装药爆破大块岩石时,最小抵抗线和封泥长度都不得小于 0.3 m。

8.2.5 瓦斯区段爆破严禁使用导爆管或普通导爆索、火雷管,应使用煤矿许用瞬发电雷管、煤矿许用毫秒延期电雷管或者煤矿许用数码电雷管,并应符合下列规定:

1 使用煤矿许用毫秒延期电雷管时,最后一段的延期时间不得超过 130 ms。

2 使用煤矿许用数码电雷管时,一次起爆总时间差不得超过 130 ms,并应当与专用起爆器配套使用。

8.2.6 瓦斯区段煤矿许用炸药的选用应遵守下列规定:

1 煤与瓦斯突出区段应使用安全等级不低于三级的煤矿许用含水炸药。

2 高瓦斯区段应使用安全等级不低于三级的煤矿许用炸药。

3 微、低瓦斯区段的岩层掘进应使用安全等级不低于一级的煤矿许用炸药;煤层、半煤层掘进应使用安全等级不低于二级的煤

矿许用炸药。

4 非煤地层的微、低瓦斯区段应使用安全等级不低于一级的煤矿许用炸药。

8.2.7 瓦斯工区装药和爆破作业应符合下列规定:

1 爆破地点附近 20 m 内,风流中瓦斯浓度小于 1.0%。

2 爆破地点 20 m 内,各类施工机具设备、碎石、煤碴或者其他物体堵塞隧道断面不得大于 1/3。

3 开挖工作面应保证通风风量足、风向稳定。

4 炮眼内无异状、无温度骤高骤低、无显著瓦斯涌出、无煤岩松散、无透老空区等情况。

5 装药前,炮眼内煤粉、岩粉应清除干净。

6 瓦斯区段严禁反向装药起爆。

8.2.8 爆破网路及连线必须符合下列要求:

1 爆破母线应符合标准。

2 爆破母线和连接线、电雷管脚线和连接线、脚线和脚线之间的接头相互扭紧并悬空,不得与轨道、金属管、金属网、钢丝绳等导体相接触。

3 巷道掘进时,爆破母线应随用随挂,不得使用固定爆破母线。母线的长度应大于规定的爆破安全距离。

4 爆破母线与电缆、电线宜分别挂在巷道的两侧。如果必须挂在同一侧,爆破母线必须挂在电缆的下方,并保持 0.3 m 以上的距离。

5 必须采用绝缘母线单回路爆破,严禁用轨道、金属管、金属网、水或者大地等当作回路。

6 爆破前,爆破母线应扭结成短路。

8.2.9 电力起爆必须使用防爆型发爆器作为起爆电源,一个开挖工作面不得使用两台发爆器同时进行爆破。

8.2.10 微、低、高瓦斯工区爆破后通风 15 min,爆破工、瓦检员和班组长应首先巡视爆破地点,检查通风、瓦斯、煤尘、支护、瞎炮、残

炮等情况,如有危险情况必须立即处理。在瓦斯浓度小于 1%,二氧化碳浓度小于 1.5%,解除警戒后,工作人员方可进入开挖工作面工作。

8.2.11 处理瞎炮、残炮时,应在当班组长指导下处理完毕,处理瞎炮时必须符合下列规定:

1 由于连线不良造成的瞎炮,可重新连线起爆。

2 在距瞎炮眼 0.3 m 以外另打与瞎炮眼平行的新炮眼,重新装药起爆。

3 严禁用镐刨或者从炮眼中取出原放置的起爆药卷,或者从起爆药卷中拉出电雷管。不论有无残余炸药,严禁将炮眼残底继续加深;严禁使用打孔的方法往外掏药;严禁使用压风吹瞎炮、残炮炮眼。

4 处理瞎炮的炮眼爆破后,爆破工必须详细检查炸落的煤和岩体,收集未爆的电雷管。

5 在瞎炮处理完毕以前,严禁在该地点进行与处理瞎炮无关的工作。

8.3 支护与衬砌

8.3.1 瓦斯区段开挖后应及时锚喷支护,在软弱破碎岩层或煤层中掘进,宜加强初期支护、超前支护,防止坍塌。

8.3.2 瓦斯区段钢架宜采用装配式钢架;二次衬砌主筋宜采用绑扎或套筒连接,其余钢筋可采用绑扎连接。

8.3.3 瓦斯区段二次衬砌施工工艺、养护应满足下列要求:

1 拱墙衬砌混凝土应采用模板台车,拱墙一次整体连续浇筑完成。

2 仰拱施作应各段一次成型,不得分幅浇筑。

3 混凝土应分层对称、边浇筑边振捣,应采用机械振捣。

4 二次衬砌应预留注浆孔,二次衬砌完成后应及时注浆,充填空隙,封闭瓦斯。

5 二次衬砌混凝土浇筑后应根据气候条件进行养护,养护时间应满足强度要求。气温低于 5°C 时不得洒水养护。

8.3.4 瓦斯区段施工缝设置应符合下列要求:

1 施工缝应尽量避免揭示的煤层,无法避开时宜设置在瓦斯压力小、逸出量较小的地段。

2 环向施工缝宜与瓦斯隔离层的搭接缝错开设置,错开距离应大于 1 m 。

3 仰拱施工缝宜与仰拱填充施工缝错开设置,错开距离应大于 1 m 。

8.4 防治煤层自燃和煤尘爆炸

8.4.1 通过具有自燃倾向性的煤层时,应采取下列防治措施:

1 煤层暴露面应及时喷混凝土封闭,初期支护背后空洞应采用注浆或混凝土回填密实。

2 开挖的煤或煤矸石应及时堆放至指定渣场并作覆盖处理。

8.4.2 具有煤尘爆炸危险的瓦斯工区,应采取下列防治措施:

1 加强通风,控制热源。

2 通过具有煤尘爆炸危险的煤层时,爆破前后在开挖工作面附近 20 m 巷道内应喷雾或洒水降尘。

3 施工中应及时清除隧道中的浮煤,清扫或冲洗沉积煤尘。

9 防突揭煤

9.1 一般规定

9.1.1 隧道穿越突出煤层应严格按照“超前综合防突措施先行、工作面综合防突措施补充”的原则开展设计与施工,并编制防突揭煤专项设计、施工方案。

9.1.2 隧道通过平均厚度为 0.3 m 及以上的煤层应进行突出危险性评估,评估为无突出危险时,施工中还应进行超前突出危险性预测,经最终验证无突出危险方可开挖。

9.1.3 突出煤层在实施超前探测、突出危险性预测、防突措施及防突措施效果检验过程中,应停止其他与防突工作无关的现场作业。

9.1.4 在煤层实施超前探孔、预测孔以及检验孔过程中,钻孔出现顶钻、夹钻、喷孔等动力现象或工作面出现明显的突出预兆时,应按突出煤层进行管理。

9.2 超前综合防突

9.2.1 超前综合防突应包括超前突出危险性预测、防突措施、效果检验、验证。

9.2.2 超前突出危险性预测应在距初探煤层位置 10 m (垂距)前开展,并应符合下列规定:

1 煤与瓦斯突出危险性预测应施作不少于3个预测孔(取芯),钻孔直径不宜小于 76 mm 。预测孔应穿透煤层全厚且进入顶(底)板不小于 0.5 m 。

2 测定瓦斯压力、吨煤瓦斯含量等参数,验证煤层位置、煤层

厚度。

3 危险性预测的临界值宜根据试验确定,当无试验确定的临界值时,可根据实测的瓦斯压力、吨煤瓦斯含量按表 9.2.2 进行突出危险性预测。

表 9.2.2 超前突出危险性预测临界值

临界指标	临界值	突出预测
瓦斯压力 P 吨煤瓦斯含量 W_0	$P < 0.74 \text{ MPa}$ 且 $W_0 < 8 \text{ m}^3/\text{t}$	无突出危险
	$P \geq 0.74 \text{ MPa}$ 或 $W_0 \geq 8 \text{ m}^3/\text{t}$	突出危险

9.2.3 预测为具有突出危险的煤层,应在距煤层位置 10 m (垂距)前实施超前防突措施。超前防突措施以预抽煤层瓦斯法为主,并应符合下列规定:

1 预抽范围应保证隧道开挖轮廓外沿煤层走向不小于 15 m,且外边缘至开挖轮廓的距离不小于 10 m。

2 预抽煤层瓦斯的抽放孔应穿过煤层进入顶(底)板不小于 0.5 m。当钻孔不能一次穿透煤层全厚时,应当保证钻孔末端至少超前工作面 20 m。

3 抽放孔应在整个预抽区域内均匀布置,钻孔间距应根据实际的煤层有效抽放半径确定,且孔底间距不宜大于 4 m。

4 穿层抽放孔的封孔段长度不得小于 5 m,顺层抽放孔的封孔段长度不得小于 8 m。孔口抽采负压不得小于 15 kPa。预抽瓦斯浓度低于 30% 时,应检查封孔质量及管路气密性。

5 瓦斯抽放时间可根据瓦斯有效抽放率、钻孔瓦斯衰减系数等参数计算确定。

6 应做好钻孔施工参数的记录及抽采参数的测定。

9.2.4 预抽煤层瓦斯方法应根据煤层与隧道位置关系、辅助坑道设置、施工方法等确定,可选用下列方法:

1 工作面穿层钻孔预抽瓦斯。

2 辅助坑道内顺层或穿层钻孔预抽瓦斯。

3 分部开挖的先行导坑顺层或穿层钻孔预抽瓦斯。

9.2.5 低透气性的煤层进行瓦斯预抽前,可采用加密钻孔、水压压裂增透等措施提高瓦斯抽放效果。

9.2.6 超前防突措施效果检验应通过检验孔直接测定预抽区域的煤层残余瓦斯压力或残余瓦斯含量等指标进行评定。检验孔布置应符合下列规定:

1 预抽工作面至少布置 4 个检验孔,分别位于预抽区域内的上部、中部和两侧,且至少有 1 孔距预抽区域边缘不大于 2 m。

2 在地质构造复杂区域,抽放孔密度较小、间距较大、预抽时间较短的位置应适当增加检验孔。

9.2.7 突出煤层经防突效果检验仍存在突出危险时,应延长抽放时间、增加钻孔或补充其他防突措施。

9.2.8 实施超前综合防突措施并经效果检验后,继续掘进至距煤层 5 m (垂距)前,应进行突出危险性验证。

9.3 工作面综合防突

9.3.1 工作面综合防突应包括突出危险性预测、防突措施、效果检验和安全防护措施。

9.3.2 工作面突出危险性预测孔应符合下列要求:

1 距煤层 5 m (垂距)前的工作面至少施作 3 个预测孔(取芯)。预测孔应穿透煤层全厚且进入顶(底)板不小于 0.5 m 或见煤深度不少于 10 m。

2 钻孔过程中应观察孔内排出的浆液、煤屑变化情况,并做好记录。

9.3.3 工作面突出危险性预测应选用两种方法,相互验证。岩墙揭煤可采用综合指标法、钻屑瓦斯解吸指标法;煤层中掘进可采用钻屑指标法、复合指标法、“R”值指标法,也可采用其他经试验验证有效的方法。

9.3.4 工作面突出危险性预测方法中有任何一项指标超过临界

值,应判定为突出危险工作面。其预测时的临界值应根据实测数据确定,当无实测数据时,可按表 9.3.4 确定。

表 9.3.4 工作面突出危险性预测指标临界值

序号	预测类型	预测方法	预测指标	突出危险性临界值
1	岩墙揭煤突出危险性预测	综合指标法	D	0.25
			K	20(无烟煤)、15(其他煤)
		钻屑瓦斯解吸指标法	Δh_2 (Pa)	160(湿煤)、200(干煤)
			K_1 [mL/(g·min ^{1/2})]	0.4(湿煤)、0.5(干煤)
2	煤层中掘进突出危险性预测	复合指标法	钻孔瓦斯涌出初速度 q (L/min)	5
			钻屑量 S (kg/m)	6
		"R" 指标法	R_m	6
		钻屑指标法	Δh_2 (Pa)	160(湿煤)、200(干煤)
			K_1 [mL/(g·min ^{1/2})]	0.4(湿煤)、0.5(干煤)
			钻屑量 S (kg/m)	6

9.3.5 工作面预测煤层具有突出危险时,可选用钻孔预抽瓦斯、钻孔排放瓦斯、水力冲孔、超前管棚及注浆加固煤体等防突措施。措施选用应符合下列规定:

1 应优先选用钻孔排放措施,当钻孔排放瓦斯较困难时,可采用抽放。

2 当选用超前管棚及注浆加固煤体措施时,应当在采用了其他防突措施并检验有效后在揭煤前实施。

3 实施工作面防突措施时要求揭煤工作面与突出煤层间的最小法向距离为:预抽瓦斯、排放钻孔均为 5 m,超前管棚及注浆加固煤体为 2 m。

9.3.6 防突效果检验时,应于距煤层 5 m(垂距)的工作面设置至少 5 个检验孔,分别检验工作面前方上、中、下、左、右各部位的排放效果。当采用分段分部分次排放时,每次可只检验排放部位的

排放效果。

9.3.7 防突效果检验应通过检验孔按本规范表 9.3.4 中的方法开展。检验结果超标或发生施钻瓦斯动力现象时,应补充防突措施。

9.3.8 经工作面预测或防突效果检验为无突出危险工作面时,掘进至距煤层 2 m(垂距)前,应按工作面突出危险性预测的方法进行最后验证。验证为无突出危险时,方可揭煤作业;否则,应补充工作面防突措施。

9.3.9 揭煤前应实施安全防护措施,并符合下列要求:

1 瓦斯突出工区长度大于 500 m 时,应在距离突出煤层不小于 300 m 处设置一处避难所。避难所尺寸应满足最大避难人数和扩散通风的需求,可结合隧道横通道和洞室进行设置。

2 利用施工用高压风管设置压风自救装置,并应在开挖面与二次衬砌之间的段落每隔 25 m~40 m 安装 1 组。每组压风自救装置应满足工作面最多施工人数使用,平均每人的压缩空气供给量不少于 0.1 m³/min。

3 进入隧道的所有人员必须随身携带隔离式自救器。

9.4 揭煤及煤层开挖

9.4.1 煤与瓦斯突出工区应编制揭煤专项方案,内容包括揭开岩墙、半煤半岩等各阶段的施工方法、支护手段、组织指挥、抢险救灾方案及安全措施等。

9.4.2 距煤层 2 m(垂距)至进入顶(底)板 2 m(垂距)范围的揭煤工作应采用远距离爆破,禁止使用震动爆破揭穿突出煤层。

9.4.3 不同倾角、厚度的煤层可采用下列方法揭煤:

1 急倾斜和倾斜的薄煤层,应一次全断面揭穿煤层全厚。

2 急倾斜和倾斜的中厚、厚煤层,一次全断面揭入煤层深度宜为 1 m~1.3 m。

3 缓倾斜煤层,应一次全断面揭开岩柱。当倾角小于 12°,岩柱水平长度大时,可刷斜面揭开煤层。

9.4.4 在半煤半岩和全煤层中开挖应符合下列要求:

1 揭开煤层后,应检验开挖工作面前方 10 m 上、中、下、左、右范围内煤与瓦斯突出的危险性,如各项指标均符合要求,可开挖 5 m,再检验 10 m,再开挖 5 m,即应始终保持工作面前方有 5 m 的安全区。如任一指标达到或超过临界值时,应采取补充防突措施,直至有效。

2 全煤层中开挖应少钻孔、少装药;半煤半岩中开挖应在岩石炮眼中装药,其总药量为普通爆破药量的 1/3 或 1/2,煤层中如煤质坚硬,需爆破时,应采用松动爆破。

3 应根据煤的破坏程度、瓦斯压力、地应力、顶底板岩层完整性等合理确定揭煤断面大小。当隧道开挖断面较大时,可采用分部揭煤。

4 开挖软弱破碎岩层或煤层时,应采用钢架、超前管棚、预注浆等加强措施,防止坍塌引起突出。

5 严禁使用风镐作业。

9.4.5 在揭开有煤与瓦斯突出危险的煤层时,应符合下列安全规定:

1 开挖工作面出现下列煤与瓦斯突出征兆时,应立即报警、停止工作、撤出人员、切断电源,并上报有关部门。

1) 瓦斯浓度忽大忽小,工作面温度降低,闷人,有异味。

2) 开挖工作面地层压力增大,鼓壁,深部岩层或煤层的破裂声明显,支护变形严重。

3) 煤层结构变化明显,层理紊乱,由硬变软,厚度与倾角发生变化,煤由湿变干,光泽暗淡,煤层顶、底板出现断裂、波状起伏等。

4) 钻孔时有顶钻、夹钻、顶水、喷孔等动力现象。

5) 工作面发出瓦斯强涌出的嘶嘶声,同时带有粉尘。

6) 工作面有移动感。

2 揭煤作业应明确起爆地点、避灾路线、警戒范围等。爆破

时,应停止工区内一切作业,切断洞内电源,撤出所有洞内人员至隧道洞口外 20 m,并应在洞外起爆。

3 揭煤爆破 30 min 后应由救护队员配戴防毒面具或自救器到开挖工作面对爆破效果、瓦斯浓度等进行检查,确认安全后通知送电,开动局部通风机,恢复正常通风 30 min 后由瓦检人员检测开挖工作面、回风道瓦斯浓度,在瓦斯浓度小于 1%,二氧化碳浓度小于 1.5% 后,方可通知施工人员进洞。

4 揭煤时,主风机正常运转,备用主风机及二路电源应保持待启动状态。

5 揭煤工作应由揭煤领导小组统一协调指挥。揭煤时救护队员应在洞口待命,并配置应急设备及物资,一旦发生险情立即采取救援措施。

10 施工通风、瓦斯检测和监测

10.1 一般规定

10.1.1 瓦斯隧道及辅助坑道施工的任何作业面、通道不应存在通风盲区。施工组织设计中应编制全隧道和各工区的施工通风设计方案,并考虑各工区贯通后的风流调整和防爆要求。

10.1.2 瓦斯工区施工期间应建立通风检查、瓦斯检测及监测的组织系统和管理制度,测定气象参数、风速、风量、瓦斯浓度等参数。

10.1.3 瓦斯工区洞内最低风速不应小于 0.25 m/s ,防止瓦斯局部积聚的风速不宜小于 1 m/s 。

10.1.4 瓦斯隧道及辅助坑道调整通风方案或因故停风重启等情况,应根据瓦斯检测及监测结果进行安全评估后,方可恢复正常施工。

10.2 通风方式

10.2.1 微瓦斯、低瓦斯工区的施工通风方式应采用压入式,也可采用巷道式。

10.2.2 高瓦斯、瓦斯突出工区可采用压入式或巷道式。当高瓦斯或瓦斯突出区段距洞口大于 2000 m 时,应采用巷道式通风。

10.2.3 瓦斯工区施工中,对瓦斯易于积聚的空间和区域,可实施局部通风的方法,消除瓦斯积聚。

10.3 通风系统

10.3.1 瓦斯隧道应根据各工区通风方式合理布置通风系统,根据需风量要求合理选择风机及风管等通风设备。瓦斯工区需风量

应符合下列要求:

1 瓦斯工区施工通风需风量应按照同时工作的最多人数、最小风速、爆破排烟、洞内作业机械及绝对瓦斯涌出量分别计算,取其最大值。

2 独头坑道绝对瓦斯涌出量计算可按本规范附录 C。

3 高海拔地区瓦斯隧道总需风量应根据大气压力进行修正。

4 瓦斯工区作业人员及内燃作业机械需风量标准应满足下列规定:

1) 作业人员需风量不小于 $4\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{人})$ 。

2) 作业机械需风量不小于 $4\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{kW})$ 。

5 瓦斯工区各处允许浓度应符合下列要求:

1) 采用压入式通风的瓦斯工区,应将洞内各处的瓦斯浓度稀释到 0.5% 以下。

2) 采用巷道式通风的瓦斯工区,应将开挖工作面及回风巷道风流中的瓦斯浓度稀释到 0.5% 以下。当平导仅作巷道式通风的回风道时,其瓦斯浓度应小于 0.75% 。

10.3.2 瓦斯隧道施工通风布置应考虑洞口自然风作用,必要时采取设置气动风机等防反风措施。

10.3.3 瓦斯隧道各开挖工作面必须采用独立通风,严禁任何两个工作面之间串联通风。

10.3.4 采用巷道式通风的瓦斯工区,除用作回风的横通道外,其他横通道应及时妥善封闭,并符合下列要求:

1 留作运输用的横通道应设两道风门,防止风流短路。

2 施工不再用的横通道,若运营期间予以利用,在施工期间需设置至少一道风门,并加强瓦斯检测、加强通风;若运营期间不予利用,应按本规范第 5.4.7 条要求永久性封堵。

10.3.5 瓦斯突出工区采用巷道式通风时,在揭煤工作面进风巷必须设置至少两道反向风门。风门之间的距离不得小于 4 m ,风

门距回风巷不得小于 10 m,与开挖工作面的距离不得小于 70 m。

10.3.6 瓦斯隧道两工区贯通前必须遵循下列规定:

1 两工区开挖作业面相距不小于 50 m 时,必须停止其中的非瓦斯或瓦斯等级低的工区工作面作业,做好调整通风系统的准备工作。

2 停止作业的工作面必须保持正常通风。

3 当贯通两工区均为瓦斯工区时,掘进的工作面每次爆破前,必须派专职瓦检员到停止作业的工作面检查瓦斯浓度,瓦斯浓度超限时,应停止爆破作业,及时处理。

10.3.7 瓦斯隧道各工区贯通后,必须调整通风系统,待通风系统风流稳定、瓦斯浓度满足安全要求后,方可恢复施工。

10.3.8 瓦斯隧道必须制定主要通风机停止运转的应急预案。因检修、停电或者其他原因停止主要通风机运转时,必须立即停止工作、切断电源,将洞内人员全部撤出,并制定停风和恢复正常通风的措施。

10.3.9 瓦斯工区使用局部通风机通风的工作面,因检修、设备故障、停电等原因导致局部通风机停风时,必须撤出人员,切断电源,设置栅栏、警示标志,禁止人员入内。恢复通风前,必须由瓦检员检查瓦斯浓度,并符合下列规定:

1 当停风区内瓦斯浓度不超过 1.0%,且在局部通风机及其开关地点附近 20 m 以内风流中的瓦斯浓度均不超过 0.5% 时,方可人工启动局部通风机。

2 当停风区中瓦斯浓度超过 1.0%,必须制定排除瓦斯的安全措施。只有经检查证实停风区中瓦斯浓度不超过 1% 时,方可人工恢复局部通风机供风的坑道中电气设备的供电。

10.4 通风设备

10.4.1 瓦斯工区通风设备应遵循下列规定:

1 瓦斯工区的通风机应设两路电源,并应装设风电闭锁装

置。当采用备用电源供电时,应保证风机在 10 min 内可靠启动和运行。

2 瓦斯工区必须配备一套同等性能的备用通风机,并保持良好的使用状态,且能在 10 min 内启动。

3 高瓦斯及瓦斯突出工区的洞内通风机,均应配备专用变压器、专用开关、专用线路供电、风电闭锁、瓦电闭锁装置。当通风机停止运转或开挖巷道内瓦斯超限时,应立即自动切断通风机供风区段的一切电源。

4 风管应采用抗静电、阻燃的风管,百米平均漏风率不宜大于 1%,宜采用大直径风管。

10.4.2 主要通风机必须装设在洞外或洞内新鲜风流中,避免污风循环。洞内风机应采用防爆型。

10.4.3 通风管布置应遵循下列规定:

1 通风管的节长尽量加大,以减少接头数量,接头应严密。弯管平面轴线的弯曲半径不得小于通风管直径的 3 倍。

2 通风管路安装完成后应调整至整个风路平、直、无扭曲和褶皱。

3 压入通风管靠近工作面的距离可根据具体情况确定,且必须满足下列要求:

1) 开挖工作面附近风速及瓦斯浓度必须满足安全要求。

2) 风管出风口距工作面的距离不宜大于 15 m。

10.4.4 瓦斯工区施工通风设备设施管理应符合下列规定:

1 主要通风机和局部通风机必须指定专职人员负责、挂牌管理。当工作通风机需要停运时,必须先启动备用通风机,严禁出现先停后启动或主、备通风机均停止运行的情况。

2 应定期对风管等通风设施进行检查,并指定专人进行维修和保养。

3 瓦斯隧道内外均应设置测风牌板。

4 通风管理人员至少每月检查 1 次主要通风机,每 15 天至

少进行一次风电闭锁和瓦电闭锁试验,每天应当进行一次正常工作的局部通风机与备用局部通风机自动切换试验,发现问题应及时处理。试验记录要存档备查。

10.5 瓦斯检测和监测

10.5.1 瓦斯工区必须建立瓦斯、二氧化碳等有害气体的检测及监测管理体系。

10.5.2 微瓦斯工区可采用人工检测,其他瓦斯工区除采用人工检测外,尚应建立瓦斯自动监测报警系统进行瓦斯监测、检测。

10.5.3 人工检测应配备专职瓦检员,专职瓦检员必须携带便携式光学甲烷检测仪和便携式甲烷检测报警仪,当地层富含 H_2S 、 CO 、 N_2 等有害气体时,尚应配备相应的气体测定器。其他进洞技术及管理人员应配备便携式甲烷检测报警仪。

10.5.4 人工瓦斯检测的巡检地点应包含下列地点:

- 1 开挖工作面及其他作业地点风流中。
- 2 爆破地点附近 20 m 内风流中。
- 3 作业台车和作业机械附近 20 m 内的风流中。
- 4 局扇及电气开关 20 m 内风流中。
- 5 电动机及开关附近 20 m 内风流中。
- 6 瓦斯易发生积聚处。
- 7 过煤层、断层破碎带、裂隙带及瓦斯异常涌出点。
- 8 隧道内可能产生火源的地点。
- 9 采用巷道式通风的回风流中。
- 10 其他通风盲区及通风薄弱区。

10.5.5 人工瓦斯检测的检查频次应符合下列规定:

- 1 微瓦斯工区每班至少 2 次。
- 2 低瓦斯、高瓦斯工区每班至少 3 次。
- 3 有煤与瓦斯突出危险的地段,瓦斯涌出量较大、变化异常的地段,应设专人经常检查。

4 停工后重新复工的工作面、发生隧道塌方的工作面,作业前应全面检查瓦斯浓度。

10.5.6 瓦斯自动监测报警系统应具备故障闭锁、瓦电闭锁和风电闭锁功能,断电状态、馈电状态监测和报警功能,实时监测瓦斯浓度、上传监控数据的功能,并应符合本规范附录 D 及下列规定:

1 供电电源应取自被控开关的电源侧或者专用电源,严禁接在被控开关的负荷侧。

2 自动监测传感器应在开挖面附近、作业台车附近、局扇及电气开关附近、回风流中以及其他瓦斯易于积聚的区域设置,各监测断面处自动监测传感器悬挂位置应能反应风流中瓦斯的最高浓度。

10.5.7 隧道内瓦斯浓度限值及超限处理措施应符合表 10.5.7 的规定。

表 10.5.7 铁路隧道内施工瓦斯浓度限值及超限处理措施

序号	地点	限值	超限处理措施
1	微瓦斯工区任意处	0.5%	超限处 20 m 范围内立即停工、查明原因、加强通风监测
2	局部瓦斯聚集 (体积大于 $0.5 m^3$)	2.0%	超限处附近 20 m 停工、断电、撤人、进行处理、加强通风
3	开挖工作面及其他 作业地点风流中	1.0%	停止电钻钻孔
		1.5%	必须停止工作,撤人、切断电源、查明原因、加强通风
4	回风巷或工作 面回风流中	1.0%	停工,撤人、处理
5	放炮地点附近 20 m 风流中	1.0%	严禁装药放炮
6	煤层放炮后 工作面回风流	1.0%	继续通风,不得进入
7	局扇及电气 开关 20 m 范围内	0.5%	停机、通风、处理

续表 10.5.7

序号	地点	限值	超限处理措施
8	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
9	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治

10.5.8 安全监控设备应定期进行调校、测试,瓦斯检测设备及仪器、仪表应按要求定期进行标定,调校、维护工作应由专职人员负责。

10.5.9 安全监控设备发生故障时,应及时处理,在故障处理期间必须采用人工检测等安全措施,并填写故障记录。

序号	地点	限值	超限处理措施
1	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
2	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治
3	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
4	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治
5	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
6	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治
7	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
8	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治
9	电动机及开关附近 20 m 范围内	1.5%	必须停止工作,切断电源、撤人、进行处理
10	竣工后洞内任何处	0.5%	查明渗漏点,进行整治

11 施工电气设备及作业机械

11.1 一般规定

11.1.1 隧道内微瓦斯工区的电气设备可使用非防爆型,低瓦斯、高瓦斯工区及瓦斯突出工区的电气设备应使用防爆型。

11.1.2 高瓦斯工区和瓦斯突出工区的作业机械应使用防爆型;微瓦斯和低瓦斯工区作业机械可使用非防爆型。

11.1.3 高瓦斯工区和瓦斯突出工区供电应配置两回路电源。工区内采用双电源线路,工区电源线路不得分接隧道以外的任何负荷。当不具备两回路电源条件采用单回路供电时,必须有备用电源,备用电源的容量应满足通风、排水、监控等要求。

11.1.4 瓦斯工区内各级配电电压和各种机电设备额定电压等级应符合下列规定:

1 高压不应大于 10 000 V;低压不应大于 1 140 V。

2 照明、手持式电气设备的额定供电电压:低、高瓦斯工区及瓦斯突出工区不应大于 110 V。

3 远距离控制线路的额定电压不超过 36 V。

11.1.5 电压在 36 V 以上的电气设备的金属外壳、构架,铠装电缆的钢带(钢丝)、铅皮(屏蔽护套)等必须有保护接地。

11.1.6 瓦斯工区洞内的配电变压器严禁中性点直接接地;严禁由洞外中性点直接接地的变压器或发电机直接向瓦斯隧道内供电。

11.2 电 缆

11.2.1 瓦斯工区内电缆主线芯的截面应满足供电线路负荷的要

求。电缆应当带有供保护接地用的足够截面的导体。

11.2.2 瓦斯工区内高压电缆的选用应符合下列规定:

- 1 电缆应采用铜芯。
- 2 正洞、平导、横洞及斜井内固定敷设的电缆,应采用矿用钢带或者细钢丝铠装电力电缆。竖井内则应采用矿用粗钢丝铠装电力电缆。

3 非固定敷设的高压电缆,必须采用矿用橡套软电缆。

11.2.3 瓦斯工区内低压电缆的选用应符合下列规定:

1 固定敷设的低压电缆,应当采用矿用铠装或者非铠装电力电缆或者对应电压等级的矿用橡套软电缆。

2 非固定敷设的低压电缆,必须采用矿用橡套软电缆,移动式 and 手持式电气设备应当使用专用橡套电缆。

3 开挖面的电缆必须采用铜芯。

11.2.4 电缆的敷设应符合下列规定:

1 电缆应悬挂。悬挂点间的距离,在竖井内不得大于6 m,正洞、平导、横洞和斜井内不得大于3 m。

2 电缆不应与风、水管敷设在同一侧,当受条件限制时需要敷设在同一侧时,必须敷设在管道上方,其间距应大于0.3 m。

3 在有瓦斯抽采管路的洞内,电缆(包括通信电缆)必须与瓦斯抽采管路分挂在巷道两侧。

4 通信、信号电缆应与电力电缆分挂在洞内两侧。当受条件限制时,在竖井内,应当敷设在距电力电缆0.3 m以外的地方;在正洞、平导、横洞及斜井内,应当敷设在电力电缆上方0.1 m以上的地方。

5 高、低压电力电缆敷设在同一侧时,其间距应大于0.1 m。高压与高压、低压与低压电缆间的距离不得小于0.05 m。

11.2.5 电缆的连接应符合下列要求:

1 电缆与电器设备连接时,电缆线芯必须使用齿形压线板(卡爪)、线鼻子或快速连接器与电气设备进行连接。

2 不同型电缆之间严禁直接连接,必须经过符合要求的接线盒、连接器或者母线盒进行连接。

3 在低瓦斯、高瓦斯工区及瓦斯突出工区内,电缆之间若采用接线盒连接,其接线盒必须是防爆型。

11.3 洞内照明

11.3.1 瓦斯工区洞内照明供电应从洞外或洞内低压变压器专用电缆单独引出。照明配电装置应当具有短路、过载和漏电保护的综合作用。

11.3.2 低、高瓦斯工区及瓦斯突出工区的照明灯具应符合下列要求:

1 固定照明灯具应采用 Exd I 型防爆照明灯。

2 移动照明应使用矿灯;洞内工作面作业照明亮度要求较高处,可配置移动隔爆型投光灯。

11.4 电器与保护

11.4.1 瓦斯工区的电气设备不应大于额定值运行。

11.4.2 瓦斯工区严禁使用油浸式电气设备。40 kW 及以上的电动机,应当使用真空电磁起动器控制。

11.4.3 容易碰到的、裸露的电气设备及其机械外露的转动和传动部分,必须加装护罩或遮拦等防护设施;手持式电气设备的操作手柄和工作中必须接触的部分必须有良好的绝缘。

11.4.4 隧道内高压电网的单相接地电容电流不得大于10 A。

11.4.5 瓦斯工区内禁止高压馈电线路单相接地运行,当发生单相接地时,应立即切断电源。低压馈电线路上,必须装设能自动切断漏电流的检漏保护装置。

11.4.6 直接向洞内供电的馈电线路上,严禁装设自动重合闸。手动合闸时,必须事先和工区内联系确认。

11.4.7 所有电气设备的保护接地装置与局部接地装置应当与主

接地极连接成一个总接地网,其接地电阻值应符合下列规定:

- 1 接地网上任一保护接地点的接地电阻值不得超过 $2\ \Omega$ 。
- 2 每一移动式 and 手持式电气设备与接地网间的保护接地,所用的电缆芯线和接地连接导线的电阻值,不得超过 $1\ \Omega$ 。

11.4.8 瓦斯工区的避雷措施应符合下列规定:

- 1 由地面架空线引入洞内的供电线路,必须在隧道洞口处装设避雷装置。
- 2 由洞外直接进入隧道的轨道和露天架空引入(出)的管路,必须在洞口附近对金属体设置不少于2处良好的集中接地。
- 3 通信线路必须在洞口设置熔断器和避雷装置。

11.5 作业机械

11.5.1 瓦斯工区内作业机械应使用电力、蓄电池或柴油动力装置,严禁使用汽油动力装置。

11.5.2 低瓦斯工区使用的非防爆型作业机械,应配置便携式甲烷报警仪,当瓦斯浓度超过 0.5% 时,应停止作业机械运行。

11.5.3 采用内燃机械导致施工通风困难或需大量增加辅助坑道时,应进行运输方式的技术经济比较。

12 施工安全管理

12.1 一般规定

12.1.1 瓦斯隧道开工前必须对施工作业及管理人员进行安全技术培训。爆破工、电工、瓦检员等特种作业人员必须持证上岗。在有煤(岩)与瓦斯突出危险区段,尚应配备专职防突员。

12.1.2 瓦斯工区应建立专门机构进行通风、防突、防爆及瓦斯检测工作,设置消防设施。高瓦斯工区、煤与瓦斯突出工区还应配备救护队或与附近有资质的矿山救护队签订服务协议。

12.1.3 瓦斯隧道应制定施工通风、瓦斯检测、施工人员等管理制度,编制事故预防及应急预案,储备应急救援物质,组织人员定期进行演练。

12.1.4 停工停风的瓦斯隧道,复工前必须首先检测瓦斯,制定安全专项技术措施。在回风流中瓦斯浓度小于 1% ,二氧化碳浓度小于 1.5% ,方可解除警戒,恢复作业。

12.2 进洞人员管理

12.2.1 瓦斯工区必须建立进洞人员检身制度和出入洞人员清点制度。

12.2.2 瓦斯工区应设置门禁系统、人员定位系统,进洞人员应在洞口进行登记、接受检查。

12.2.3 瓦斯工区洞口应设置静电消除装置。高瓦斯工区和瓦斯突出工区应穿防静电衣服进洞。

12.2.4 瓦斯工区进洞人员应随身携带标示卡和矿灯,严禁携带烟草、火种。进入煤(岩)与瓦斯突出工区的作业人员尚应随身携

带隔绝式自救器。

12.2.5 瓦斯隧道各工序作业前,必须严格执行对作业人员的安全技术交底制度。

12.3 电气及机械设备管理

12.3.1 高瓦斯工区和瓦斯突出工区,洞口至进入第一个瓦斯区段前的施工,在瓦斯自动实时监测报警系统、施工通风系统正常工作的前提下,可采用非防爆型作业机械;一旦出现高瓦斯情况,必须换装采用防爆型作业机械,换装后,非防爆作业机械严禁再进入该工区。

12.3.2 瓦斯工区应建立车辆机械进洞运行和检查制度,进洞车辆机械宜设置随车通信系统或者车辆位置监测系统。

12.3.3 瓦斯工区电气设备的防爆安全应符合下列规定:

1 瓦斯工区使用的电测距仪及其他有电源的设备,应采用防爆型,当不得不使用非防爆型时,在仪器设备 20 m 范围内瓦斯浓度必须小于 1.0%。

2 安装后的机电设备,必须经过外观、防爆性能、操作性能的检查,合格后方可投入使用。

3 机电设备应重点检查专用供电线路、专用变压器、专用开关,瓦斯浓度超限与供电的闭锁、局扇与供电的闭锁情况。供电线路应无明接头,无接头连接不紧密或散接头,有漏电保护装置,有接地装置,电缆悬挂整齐,防护装置齐全等。

4 电动装渣、开挖等作业机械在操作中,防爆开关表面温度过高时应立即停止作业。

5 蓄电池机车及矿灯充电房应距洞口 50 m 以外。

6 瓦斯工区内使用的机电设备,在使用期间,除日常检查外,尚应按规定的周期进行检查,其检查周期应符合表 12.3.3 的规定。

表 12.3.3 机电设备和电缆进行检测的周期规定

序号	检查调整项目	检查周期	备注
1	使用中的防爆电气设备的防爆性能检查	每月 1 次	专职电工应每日检查外部 1 次
2	配电系统继电保护装置检查、整定	每半年 1 次	负荷变化应及时调整
3	高压电缆的泄露和耐压试验	每年 1 次	
4	主要电气设备绝缘电阻的检查	每半年 1 次	
5	固定敷设电缆的绝缘及外部检查	每季 1 次	专职电工应每周检查外部和悬挂情况 1 次
6	移动式电气设备橡套电缆绝缘检查	每月 1 次	每班由当班司机或专职电工检查 1 次外皮有无破损
7	接地电网接地电阻值测定	每季 1 次	
8	新安装电气设备绝缘电阻或接地电阻值测定		投入运行前

12.3.4 瓦斯工区使用的防爆电气设备和作业机械,在使用期间,应由专人检查维护。不得带电检修电气设备,不得在洞内进行作业机械和机电设备的拆卸、修理。

12.4 消防管理

12.4.1 瓦斯工区消防设施应满足下列要求:

1 必须在洞外设置消防水池和消防用砂,水池中应保持不小于 200 m³ 储水量,保持一定的水压。

2 瓦斯工区内必须设置消防管路系统,并每隔 100 m 设置一个阀门(消防栓)。

3 洞内各种作业区内、机电设备及其他施工设备安装洞室内应设置灭火设备或设施,并经常保持良好状态。

4 每季度应对洞、内外的消防管路系统、消防材料库和消防器材的设置情况进行 1 次检查。

12.4.2 瓦斯工区严禁火源进洞,洞口、洞口房、通风机房等附近20 m范围内不得有火源,当通风机房不在洞口作业场内时,需另制订防火措施。

12.4.3 瓦斯工区动火作业安全管理应符合下列要求:

1 必须建立瓦斯隧道内动火作业审批制度,制定动火作业安全技术措施。

2 动火作业点附近必须配备灭火器、消防砂、消防用水等消防设施,瓦检员必须现场跟踪检查动火作业点20 m范围内的瓦斯浓度。

3 高瓦斯工区、煤与瓦斯突出工区不应进行电焊、气焊、喷灯焊接、切割等工作。当情况特殊必须进行以上作业时,应制定安全措施,并遵守下列规定:

- 1) 指定专人在现场检查 and 监督。
- 2) 工作地点前后两端各10 m范围内不得有可燃物,应有专人负责喷水并备有不少于2个灭火器。
- 3) 工作地点附近20 m风流中瓦斯浓度不得大于0.5%;工作地点附近20 m范围隧道顶部等易于瓦斯积聚处无瓦斯积存。
- 4) 工作完成后,再次用水喷洒作业地点,并应有专人至少检查1 h,确认无残火、高温物品后方可结束作业。

12.4.4 瓦斯工区易燃品管理应符合下列要求:

1 瓦斯工区内不得存放各种油类,洞内使用的各种油类物资,必须由专人押运至使用地点,剩余的油类及废油应及时运出洞外,不得洒在洞内。

2 瓦斯工区内待用和使用过的棉纱、布头和纸张等易燃可燃物品,必须存放在密闭的铁桶内。使用过的易燃可燃物品应由专人送到洞外处理。

12.5 应急管理

12.5.1 瓦斯隧道应提前制定事故预防与应急救援预案,按计划

配备安全防护用品、应急救援物资及消防设施等。并符合下列规定:

1 应急救援预案中应明确应急救援组织机构,分工明确,责任到人,联络通畅,外部救援满足最佳救援时间。

2 瓦斯工区通风系统图、电气设备配套分布图、施工进度计划图表、进洞人员信息等与事故救援有关的资料,应编制成册。

3 应设置洞内紧急撤离和避险设施,并与监测监控、人员位置监测、通信联络等系统结合,构成安全避险系统。

12.5.2 瓦斯隧道应按计划组织应急预案演练,进洞作业人员应熟悉应急救援预案和避险路线,具有自救互救和安全避险知识,并熟练掌握自救器和紧急避险设施的使用方法。瓦斯事故一旦发生,必须立即启动救援预案。

12.5.3 瓦斯工区塌方处理应有专项瓦斯引排、瓦斯监测方案。塌方区域前后20 m范围内的瓦斯浓度降至0.5%以下后,方可进行塌方处理。并应遵守下列规定:

- 1 对塌方体上方聚积的瓦斯应设置局部通风排除。
- 2 对塌方地段围岩岩隙应加强监测工作,专人检查瓦斯浓度,掌握瓦斯浓度变化情况,观察顶板和周围支护情况,及时发出险情报告。
- 3 加强隧道支护措施,防止发生二次塌方。
- 4 塌方地段应尽快处理封闭,减少瓦斯涌出量,并及时衬砌。

12.5.4 火灾处理应遵守下列规定:

- 1 瓦斯工区发生火灾时,应立即组织人员撤离,启动应急预案。
- 2 电气设备着火时,应首先切断电源。
- 3 不能直接灭火时,必须设置防火墙封闭火区。

12.5.5 火区处理应遵守下列规定:

1 防火墙应编号并在附近设置栏杆和警示牌,并经常检查,做到封闭严密。

2 封闭的火区确认火已经熄灭,达到启封条件方可启封。启封已熄灭火区应制定安全措施。

3 启封火区时应逐段恢复通风,加强有害气体检测;发现复燃征兆,应立即停止送风重新封闭火区。

4 启封火区及火区初期恢复通风等工作由救护队进行,回风流经过的坑道内的人员必须全部撤出。

13 风险管理

13.1 一般规定

13.1.1 瓦斯隧道应按可行性研究、初步设计、施工图和施工四个阶段开展风险管理工作。

13.1.2 瓦斯隧道的风险事件包括:煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸、瓦斯燃烧、煤层自燃及煤尘爆炸等。

13.1.3 设计及施工阶段应按表 13.1.3 开展相应风险管理工作。

表 13.1.3 风险管理对象及成果表

管理阶段		风险管理对象	风险管理成果
设计阶段	可行性研究	煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯隧道	风险评估结论 风险控制措施
	初步设计 施工图	煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯隧道	风险管理报告
		微、低瓦斯隧道	风险管理成果表
施工阶段	施工	所有瓦斯隧道	风险管理报告
	竣工后	所有瓦斯隧道	风险后期评估报告

13.1.4 设计阶段应准确识别风险源,合理评定瓦斯风险等级,采取有效降低风险的措施;施工阶段应全面落实设计风险控制措施,开展动态风险评估和风险管控。

13.1.5 瓦斯隧道风险等级应根据风险事件发生的概率等级、后果等级综合确定,煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯并具有煤层自燃或煤尘爆炸隧道应评定为极高风险隧道。

13.2 设计阶段风险管理

13.2.1 设计阶段风险因素辨识可采用核对表法、专家调查法、头脑风暴法、层次分析法等,全面辨识与排查风险因素。瓦斯事件风险因素识别可参照表 13.2.1 进行。

表 13.2.1 设计阶段风险因素表

风险类别	风险因素
自然因素	隧道地形、地貌条件
	煤层及矿藏采空区分布
	地表建(构)筑物、居民区及矿区
	其他
地质及勘察因素	区域地质、地貌、工程地质对方案的影响程度
	区域内已有瓦斯地质工作的成熟程度
	瓦斯地质对隧道方案的影响程度
	地质勘察的不确定性程度
	其他
技术因素	控制性隧道工程的线路情况
	辅助坑道、服务隧道方案比选
	瓦斯隧道类别、瓦斯工区等级
	施工通风、瓦斯检测方案设计
	防突揭煤措施
	瓦斯封闭体系设计
社会因素	其他
	瓦斯排放方案的环境及安全问题
	瓦斯事故对周边的影响
	其他

13.2.2 可行性研究阶段风险管理应包括下列内容:

- 1 通过瓦斯地质综合选线,对控制性瓦斯隧道作多方案比

较,评估各方案存在的安全、工期、投资、环境、第三方风险,尽力规避极高、高风险。

- 2 对不能规避的极高、高风险提出风险管理建议和注意事项。

13.2.3 初步设计、施工图阶段风险管理应包括下列内容:

- 1 评价瓦斯封闭条件、吨煤瓦斯含量、瓦斯压力、绝对瓦斯涌出量等因素的影响。
- 2 评价线位因素对煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯隧道的影响。
- 3 评估揭煤、过煤和煤与瓦斯突出隧道预防煤与瓦斯突出的专项措施及预案,防治煤层自燃及煤尘爆炸方案。
- 4 评估辅助坑道、服务隧道方案。
- 5 提出隧道瓦斯等级及工区划分。
- 6 提出超前地质预报、施工通风、瓦斯检测要求。
- 7 确定瓦斯设防结构体系和运营通风模式。

13.3 施工阶段风险管理

13.3.1 瓦斯隧道施工中应结合现场踏勘、地质素描、综合超前地质预报等手段对风险因素进行动态识别,施工阶段的瓦斯事件风险因素识别可参照表 13.3.1 进行。

表 13.3.1 施工阶段风险因素表

风险类别	风险因素
自然因素	煤层及矿藏采空区分布
	地表建(构)筑物、居民区及矿区
	其他
地质及勘察因素	区域内已有瓦斯地质工作的成熟程度
	地质勘察的不确定性程度
	其他
技术因素	超前地质预报结果

续表 13.3.1

风险类别	风险因素
技术因素	实施性施工通风方案及瓦斯检测方案
	爆破器材,火源管理
	瓦斯封闭措施
	防突揭煤措施、工艺、工法
	施工机械设备及电气设备
	人员要求及管理
	安全保障制度及措施
	其他
社会因素	瓦斯排放方案的环境及安全问题
	瓦斯事故对周边的影响
	其他

13.3.2 瓦斯隧道必须编制风险管理报告,实施过程中发生瓦斯风险因素变化、重大施工方案调整、主要人员变动时,应进行安全风险再评估。

13.3.3 施工阶段风险管理应包括下列内容:

- 1 评估超前地质预报、施工通风、瓦斯检测方案。
- 2 开展煤与瓦斯突出地段、高瓦斯地段施工安全风险评估。
- 3 开展瓦斯工区的施工组织,施工工艺、工法评估。
- 4 开展电气设备、作业机械及进洞人员等风险因素评估。
- 5 建立现场风险管理制度及组织机构,完善现场施工安全防范措施,储备救援物资。

13.3.4 瓦斯隧道施工阶段应建立瓦斯风险监控和预警预报体系,并符合下列要求:

- 1 确定合理的瓦斯监测方案和预警阈值。
- 2 确定基于瓦斯监测结果的风险预警等级。
- 3 建立风险预警等级和风险处理措施的对应关系。

4 发现异常或超过预警阈值,应及时采取风险处理措施。

13.3.5 瓦斯隧道竣工后应开展风险后期评估,形成评估报告并应随竣工文件一并交付。后期评估主要包括下列内容:

- 1 瓦斯设防体系的封闭效果评估。
- 2 辅助坑道工后处理的评估。
- 3 评估结果不满足要求时提出风险处理措施。

14 质量检验及工程验收

14.0.1 瓦斯隧道模筑混凝土的质量检验应包括透气系数指标,透气系数的检验可采用在位测试或试件检测。试件检测应每100 m 衬砌制作不少于1组(6块)试件,测试的透气系数应满足设计要求。

14.0.2 瓦斯设防段每道施工缝(变形缝)形成后、瓦斯设防段完工后、全隧贯通后,应逐缝进行瓦斯封闭效果检测。

14.0.3 设置有瓦斯排放系统的瓦斯隧道,工程验收前应定期检查并评估瓦斯排放系统的有效性。

14.0.4 瓦斯隧道交付运营前,应持续对全隧道进行瓦斯检测。瓦斯隧道竣工验收时,在拱顶以下25 cm 处的空气中瓦斯浓度不得大于0.5%。在有运营机械通风条件下,通风后应达到以上标准。其检测范围及检测点布置应符合本规范第6.2.2条的规定。

14.0.5 运营通风设施及自动监控系统功能的各项参数应满足设计要求。

14.0.6 瓦斯隧道竣工文件应包含已揭示煤层分布图、瓦斯排放系统竣工图、瓦斯处理记录及瓦斯风险后期评估报告等专项资料。

14.0.7 瓦斯隧道除按以上要求进行工程验收外,其他应按铁路隧道的相关验收规范验收。

15 运营管理

15.0.1 瓦斯隧道应保证隧道内检测、监测、通风系统运行状态良好,报警、预警、通信信号、自动控制系统有效运转。

15.0.2 瓦斯隧道应根据竣工、交验的瓦斯检测、监测资料建立运营期间的相关管理制度。运营期间必须进行瓦斯检测,设置自动监测系统的瓦斯隧道按要求进行监测和定期人工巡检。

15.0.3 瓦斯隧道运营期间应定期对机电设备、瓦斯排放系统和水气分离装置进行检查和维护。设置有瓦斯自动监测系统的隧道,应定期对自动监测探头进行标定和维护。

15.0.4 瓦斯隧道运营期间利用的辅助坑道,应纳入统一管理与维护;对不予利用的辅助坑道,应定期检查巡视洞口排气、排水设施。

附录 A 煤的破坏类型分类

A.0.1 煤的破坏类型分类可按表 A.0.1 确定。

表 A.0.1 煤的破坏类型分类

破坏类型	光泽	构造与构造特征	节理性质	节理面性质	断口性质	强度
I类煤 (非破坏型)	亮与半亮	层状或块状构造,条带清晰明显	一组或二、三组节理,系统发达,有次序	有充填物(方解石等)次生节理面很少,节理、劈理面平整	参差阶状,贝壳状,波浪状	坚硬,用手难以掰开
II类煤 (破坏煤)	亮与半亮	1. 尚未失去层状,较有次序 2. 条带明显,有时扭曲,有错动 3. 不规则块状,多棱角 4. 有挤压特征	次生节理面多,且不规则,与原生节理呈网状节理	节理面有擦痕、滑皮,节理面平整,易掰开	参差多角	用手极易剥成小块,中等硬度
III类煤 (强烈破坏煤)	半亮与半暗	1. 弯曲呈透镜体构造 2. 小片状构造 3. 细小碎块,层理较紊乱无次序	节理不清,系统不发达,次生节理密度大	节理面有大量擦痕	参差及粒状	用手捻之成粉末,硬度低
IV类煤 (粉碎煤)	暗淡	粒状或小颗粒胶结而成,形似天然煤团	无节理,成黏块状		粒状	用手捻之可成粉末,偶尔较硬

续表 A.0.1

破坏类型	光泽	构造与构造特征	节理性质	节理面性质	断口性质	强度
V类煤 (全粉煤)	暗淡	1. 土状构造,似土质煤 2. 如断层泥状			土状	可捻成粉末,疏松

附录 B 绝对瓦斯涌出量实测方法

B.0.1 瓦斯工区内开挖工作面附近绝对瓦斯涌出量根据实测通风量与回风流中最大瓦斯浓度计算确定。

B.0.2 瓦斯工区风速可配置自动监控系统,并在洞内测风断面设置风速传感器进行自动测风;也可采用人工测风,其风速测定仪表可采用机械翼式中速风表($0.5 \text{ m/s} \sim 10 \text{ m/s}$)或低速风表($0.3 \text{ m/s} \sim 5 \text{ m/s}$),或其他经检验合格的电子翼式风表、热效式风表等。

B.0.3 送风式通风管的送风口距离工作面不大于 15 m 。测风断面可选择在距工作面约 $20 \text{ m} \sim 35 \text{ m}$ 处的稳定回风流中,且测风断面前后 10 m 内无分支风流、无拐弯、无障碍、断面无变化,测风断面布置如图 B.0.3—1 所示。测风点及数量可参考图 B.0.3—2 确定(将隧道断面分为若干格,每格内测风 1 min 时间)。当风速较小,无法采用机械风表准确测定风速时,可采用风管出口风速和风管断面积参数计算压入新鲜风量。



图 B.0.3—1 风速测点布置断面图

B.0.4 采用机械翼式风表测风步骤应遵守下列规定:

1 测风员到达待测断面后,先估测风速范围,后选用相应量程的风表。

2 检查风表和秒表是否完好可用,并将风表指针和秒表

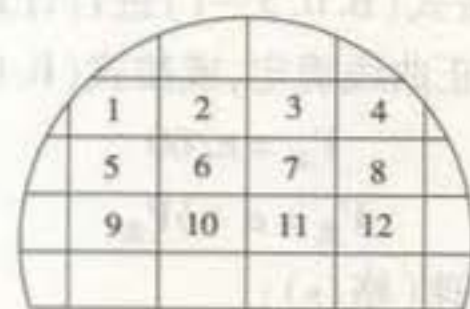


图 B.0.3—2 风速测点示意图

回零。

3 确定测风方法,测风方法可选用侧身法或迎面法,一般采用侧身法。

1) 采用侧身法时,测风员应背靠隧道侧壁,手持风表,将手臂向风流垂直方向伸直进行测风。

2) 采用迎面法时,测风员面向风流方向,手持风表,将手臂向正前方伸直进行测风。

4 使风表叶轮平面迎向风流,并与风流方向垂直,待叶轮转动正常(约 $20 \text{ s} \sim 30 \text{ s}$)。

5 同时打开风表的计数器和秒表,在断面处每格中的每个点每次测定 1 min 的时间,然后同时关闭秒表和风表,读取风表指针读数(表速:格/min),并记录在本规范表 B.0.9 中。每个测点测风次数不少于 3 次,每次测量误差不应超过 5%,后取 3 次测风结果的平均值(格/min)。如果测量误差大于 5%,应增加 1 次测风。

6 测风结束后,测量测风断面尺寸,计算测风断面面积。

7 根据表速求出真风速。

8 根据测风方法(测风员的站立姿势),对真风速进行校正,得到实际平均风速。

9 根据平均风速和测风断面面积,计算得到通过测风断面的通风量。

B.0.5 风表表速可按式(B.0.5—1)进行计算。测风断面真风速可根据表速查风表校正曲线确定,或按式(B.0.5—2)计算确定。

$$V_{表} = n/60 \quad (\text{B.0.5—1})$$

$$V_{真} = a + bV_{表} \quad (\text{B.0.5—2})$$

式中 $V_{表}$ ——测点表速(格/s);

$V_{真}$ ——真风速(m/s);

n ——三次测风风表刻度盘读数的平均值(格/min);

a ——表明风表启动初速的常数;

b ——风表系数,取决于风表的构造尺寸。

B.0.6 测风断面实际平均风速,可按式(B.0.6)对真风速 $V_{真}$ 进行校正后确定。

$$V_{均} = kV_{真} \quad (\text{B.0.6})$$

式中 $V_{均}$ ——测风断面平均风速(m/s);

k ——修正系数,与测风方法有关;

迎面法 $k = 1.14$; 侧身法 $k = (S - 0.4)/S$;

S ——测风断面面积(m^2);

0.4——测风员阻挡风流面积(m^2)。

B.0.7 测风断面的通风量,可按式(B.0.7)计算确定。

$$Q = S \times V_{均} \times 60 \quad (\text{B.0.7})$$

式中 Q ——通过测风断面的通风量(m^3/min)。

B.0.8 开挖工作面附近瓦斯浓度的测定应遵守下列规定:

1 测量瓦斯一定要在瓦斯工区风流范围内进行。工区内风流划定的范围:对于模板台车处是指距支架和巷底各 50 mm 的断面空间;对于无支架或用锚喷支护、已衬砌段,距拱顶、侧壁、底板各 200 mm 的断面空间。

2 开挖工作面附近瓦斯检测断面位置可按图 B.0.8—1 确定,测点布置可按图 B.0.8—2 确定,但应重点在隧道风流的上部即拱顶部位布设。



图 B.0.8—1 瓦斯检测断面布置

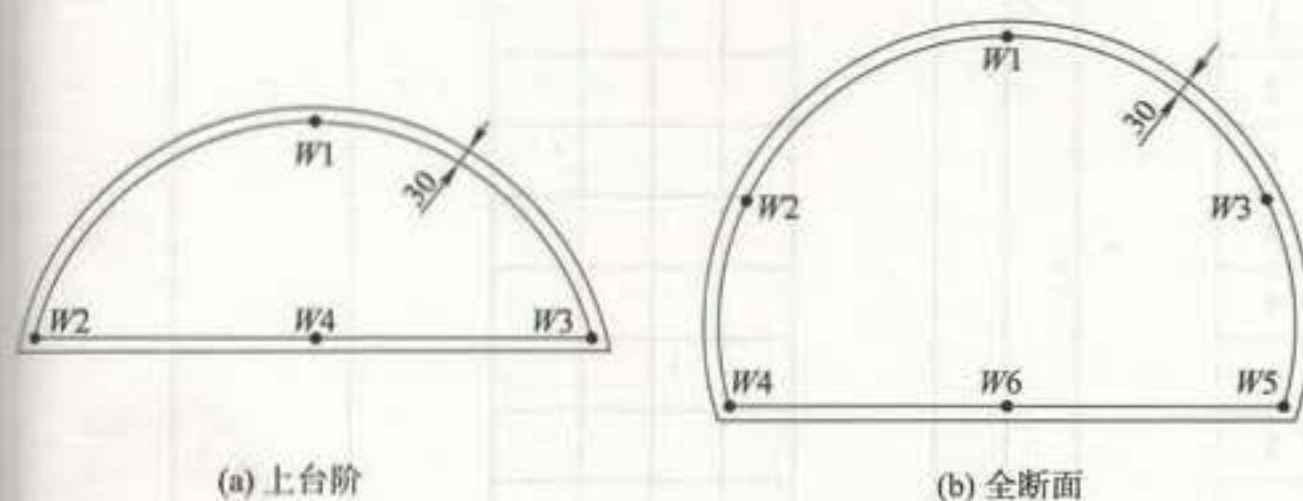


图 B.0.8—2 瓦斯检测断面测点示意图(单位:cm)

- 3 每个测点处的瓦斯浓度应连续检测 3 次,并取其平均值。
- 4 测风断面必须同时测定瓦斯浓度。
- 5 以开挖工作面附近及稳定回风流中测定的最大瓦斯浓度值作为该断面处的瓦斯浓度。

6 将瓦斯检测记录表中最大瓦斯浓度登记在本规范表 B.0.9 中。

B.0.9 瓦斯工区绝对瓦斯涌出量可根据测风断面通风量和实测最大瓦斯浓度可按式(B.0.9)计算确定。

$$Q_{绝} = Q \times \omega \quad (\text{B.0.9})$$

式中 $Q_{绝}$ ——瓦斯工区内绝对瓦斯涌出量(m^3/min);

Q ——测风断面通风量(m^3/min);

ω ——工作面附近及稳定回风流中实测最大瓦斯浓度(%)。

表 B.0.9 施工阶段瓦斯工区鉴定报表

隧道名称:工区:测风断面里程:年月日											
序号	实测最大瓦斯浓度	断面尺寸 (m)		测风断面面积 (m ²)	风表读数 (格/min)				测风断面平均风速 (m/s)	测风断面通风量 (m ³ /min)	绝对瓦斯涌出量 (m ³ /min)
	CH ₄	宽度	高度		—	二	三	均值			
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
分析及结论:											
测风:	记录:	计算:	审核:								

附录 C 绝对瓦斯涌出量计算方法

C.0.1 隧道独头掘进,绝对瓦斯涌出量 $Q_{\text{绝}}$ 可按式(C.0.1)确定。

$$Q_{\text{绝}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (\text{C.0.1})$$

式中 Q_1 ——开挖工作面爆落煤块瓦斯涌出量(m³/min);

Q_2 ——新暴露煤壁瓦斯涌出量(m³/min);

Q_3 ——喷混凝土地段洞壁瓦斯逸出量(m³/min)。

C.0.2 开挖工作面爆落煤块瓦斯涌出量 Q_1 可按式(C.0.2—1)计算。

$$Q_1 = V_a \rho W / 1440 \quad (\text{C.0.2—1})$$

式中 V_a ——每日开挖各循环爆落煤块总体积(m³);

ρ ——煤的密度,1.2 t/m³ ~ 1.6 t/m³;

W ——每吨煤块瓦斯逸出量(m³/t)。

$$W = W_0 - W'_0 \quad (\text{C.0.2—2})$$

式中 W_0 ——每吨煤瓦斯含量(m³/t);

W'_0 ——煤块中残存瓦斯量(m³/t),可按式(C.0.2—3)计算。

$$W'_0 = \frac{W'_k (100 - W^f - A^f)}{100(1 + 0.31W^f)} \quad (\text{C.0.2—3})$$

式中 W^f ——煤中水分(%),应根据试验测试得到;

A^f ——煤中灰分(%),应根据试验测试得到;

W'_k ——折合为可燃物的残留瓦斯含量(m³/t),与煤的挥发分 V 有关,可按表 C.0.2 取。

表 C.0.2 煤块中残存瓦斯量计算参数

V^r (%)	2~8	8~12	12~18	18~26	26~35	35~42	42~50
W_k (m^3/t 可燃物)	12~8	8~7	7~6	6~5	5~4	4~3	3~2

C.0.3 隧道新暴露煤壁瓦斯涌出量 Q_2 可按式(C.0.3—1)计算。

$$Q_2 = A Q_0 f(t) \quad (C.0.3-1)$$

式中 A ——每天新暴露未支护煤壁面积(m^2),当洞壁上岩壁与煤壁有相同强度的瓦斯逸出时,可按式(C.0.3—2)计算;

Q_0 ——单位时间单位坑壁面积瓦斯逸出初始强度 [$m^3/(m^2 \cdot min)$],可按式(C.0.3—3)计算;

$f(t)$ ——时间衰减函数,可按式(C.0.3—4)计算。

$$A = A_0 + SV \quad (C.0.3-2)$$

式中 A_0 ——隧道断面面积(m^2);

S ——隧道断面周长(m);

V ——每日开挖进尺(m),根据煤层实际情况取值。

$$Q_0 = 0.026 W_0 [0.0004 (V^r)^2 + 0.16] \quad (C.0.3-3)$$

式中 V^r ——煤层挥发分(%);

$$f(t) = e^{-\alpha t} \quad (C.0.3-4)$$

式中 α ——衰减系数,可实测,当不能实测时,可按式(C.0.3—5)计算;

t ——煤壁暴露计算时间(d);因煤壁暴露总时间为1d,设为均匀衰减,可取 $t = 0.5d$ 。

$$\alpha = 0.0047\lambda + 0.0026 \quad (d^{-1}) \quad (C.0.3-5)$$

式中 λ ——煤层透气性系数 [$m^2/(MPa \cdot d)$],可采用单孔流量测定煤层透气系数法或其他经试验验证有效的方法;当条件受限无法进行测试的情况下,可采用工程类比或选取邻近煤矿既有的测试成果资料进行取值。

C.0.4 喷射混凝土地段洞壁瓦斯逸出量 Q_3 可按式(C.0.4)计算。

$$Q_3 = \frac{10^5 KVS}{2 P_2 \rho_a \Delta} \left[\frac{P_0^2 (e^{-2\alpha_1} - e^{-2\alpha_1(n+1)})}{1 - e^{-2\alpha_1}} - n P_2^2 \right] \quad (C.0.4)$$

式中 K ——喷射混凝土层的瓦斯渗透系数,气密性喷射混凝土取 $6 \times 10^{-11} m/min$,普通混凝土 $6 \times 10^{-10} m/min$;

P_2 ——洞内大气压,可取 0.1 MPa;

ρ_a ——瓦斯气体密度,可取 $0.716 kg/m^3$;

Δ ——喷射混凝土厚度(m);

P_0 ——瓦斯初始压力(MPa);

α_1 ——喷射混凝土支护地段瓦斯压力衰减系数,可近似取 0.5α ;

n ——隧道煤层出露长度 L 与每日进尺 V 的比值,即 $n = L/V$;

其他符号意义同前。

附录 D 瓦斯自动监控报警与断电系统

D.1 自动监控系统

D.1.1 自动监控系统可由主控计算机监控中心、洞内分站、传感器(瓦斯传感器、风速传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、设备开停传感器等)、远程断电仪、报警器、设备电源和备用电源、电缆、防雷设施等组成。

D.1.2 自动监控系统应通过在洞内安装的瓦斯传感器、风速传感器、一氧化碳传感器等测定洞内瓦斯参数,并将此信息回馈主控计算机分析处理,对洞内瓦斯、风速、风量和主要风机实施风电瓦斯闭锁及风量控制。一旦瓦斯超标,洞内传感器和洞外监控中心应自动进行声光报警,再通过设备开停传感器、馈电断路器对被控设备自动断电。

D.2 自动监控系统的布置与安装

D.2.1 洞口主控计算机监控中心布置及安装应符合下列要求:

1 洞口主控计算机监控中心机房设置在隧道进口或出口的安全位置处,机房基本环境应符合《计算机场地通用规范》GB/T 2887—2011 的要求,在动力、温度、防尘、防静电、防雷击等方面采取措施满足相应的指标要求。

2 机房设专用配电箱,使用前对电源进线检测,满足供电电压和频率偏移要求。采用双路两级稳压电压供电,第一级为交流稳压器供一台 UPS 及其他计算机外设,第二级为 UPS,其输出主要供主控计算机,UPS 供电时间不少于 10 min。

D.2.2 洞内分站布置及安装应符合下列要求:

1 分站应安装在系统维护人员易于观察、调试、检修、维护的位置,同时应远离可燃物、杂物等、无滴水积水、方便安装。

2 分站安装时应垫支架,支架距地面不小于 300 mm。

3 分站设专用配电箱,使用前对电源进线检测,分站电源箱所接入的动力电缆及控制电缆,应与所配密封圈相匹配。接线端子与外接电压等级应符合。

4 分站应可靠接地,接地电阻小于 $2\ \Omega$ 。

D.2.3 瓦斯断电仪和瓦斯风电闭锁装置的安设应符合下列要求:

装设瓦斯断电仪和瓦斯风电闭锁装置的监控系统,远程断电使用 $1.5\ \text{mm}^2$ 电缆,分站到被控开关距离应小于 30 m。被控开关严禁使用 DW 系列开关,应使用磁力防爆开关。在断电安装完成后,应在隧道内用 1% 的标准气样检测是否正常断电。独立的声光报警箱应选择合理悬挂位置,确保报警声能让附近的人听到。

D.2.4 电缆选用、连接及敷设应符合下列要求:

1 监控中心机房到工区内的通讯电缆应选用铠装电缆、不延燃橡胶套电缆或矿用塑料电缆。

2 各设备之间的连接电缆需加长或分支连接时,被连接电缆的芯线盒,应用螺钉压接,不得采用电缆芯线导体直接搭接或绕接。接线盒应使用防爆型。

3 电缆线多路同向延伸布设时,可将其绑扎成束,固定在隧道洞壁上,支撑点间距不得大于 3 m,与电力电缆的间距不得小于 0.5 m,以防电磁干扰。

D.2.5 传感器的布置及安装应符合下列要求:

1 所有传感器的安装应充分考虑吊点、支撑及卡固强度,传感器接线走向及固定等。安设点应保证传感器位于系统维护人员易于观察、调试、检修、维护的位置,传感器前后无障碍物,并确保安装点无滴水、积水。

2 甲烷传感器应符合下列要求:

1) 在开挖面附近、作业台车附近、局扇及电气开关附近、回

风流中以及其他瓦斯易于积聚的区域,均应设置瓦斯传感器。工作面处安装的瓦斯传感器距离工作面不大于 5 m。洞口瓦斯传感器距离洞口 10 m~15 m 之间。

2) 甲烷传感器宜自由悬挂在拱顶以下 25 cm 处,其迎风流和背风流 0.5 m 内不得有阻挡物。悬挂处支护良好,无滴水,走台架过程等不会损坏传感器。

3 风速传感器应符合下列要求:

1) 在距开挖工作面 20 m 回风流处、防水板台车处、已衬砌地段回风流处、巷道式通风回风巷等主要测风站均应设置风速传感器。

2) 风速传感器安装点前后 10 m 内无分支风流、无拐弯、无障碍、断面无变化、能准确检测和计算测风断面平均风速、风量的位置。隧道拱顶应干燥、无明显淋水,不影响行人和行车。传感器探头风流指向与风流方向应一致,偏角不得大于 5°。吊挂时必须固定,传感器不得左右摇摆。

4 一氧化碳传感器、温度传感器应符合下列要求:

1) 在煤层易自燃或有煤尘爆炸危险的瓦斯工区地段,应设置一氧化碳传感器和温度传感器。模板台车前应布置温度传感器。

2) 一氧化碳传感器、温度传感器及压力传感器应垂直悬挂在隧道拱顶上部,并不影响行人和行车,方便安装和维护工作。

5 设有风门的瓦斯工区,应安装风门传感器,在满足上述通用要求基础上,根据风门的结构现场固定。

6 被控设备开关的负荷侧应安装馈电状态传感器。

7 瓦斯工区使用的机电设备(主要通风机、局部通风机等)处均应设置设备开停传感器。安装时将本安电源及输出信号与系统电源及信号输入口对应接线正确,在负荷电缆上按传感器调整要求寻找合适的位置卡固好传感器即可正常工作。

8 在满足上述要求的情况下,结合工程实际情况可调整增加各种传感器的种类和数量。

D.2.6 根据传感器的数量及种类按控制要求,可配置远程断电台。

D.3 瓦斯自动监测报警断电装置传感器的布置及断电要求

D.3.1 巷道式通风时,瓦斯自动监测报警断电装置传感器布置可按图 D.3.1 进行。

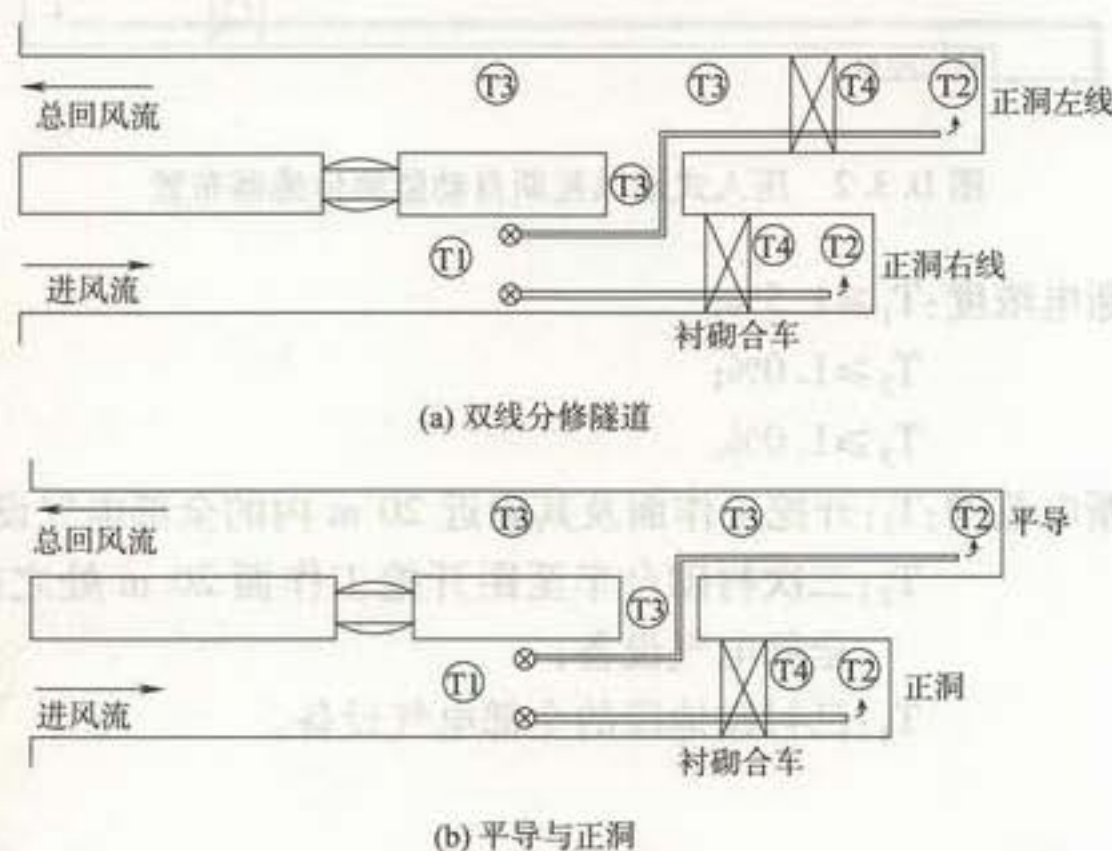


图 D.3.1 巷道式通风瓦斯自动监测传感器布置

⊗:通风机; T₁、T₂、T₃、T₄:瓦斯传感器; ◊:风门

断电浓度: T₁ ≥ 0.5%;

T₂ ≥ 1.5%;

T₃ ≥ 1.0%;

T₄ ≥ 1.0%。

断电范围: T₁:局部通风机及其供风坑道中的全部电气设备;

T₂:开挖工作面及其附近 20 m 内的全部电气设备;

- T_3 :回风道中的全部电气设备;
- T_4 :二次衬砌台车至距开挖工作面 20 m 处之间的全部电气设备。

D.3.2 压入式通风时,瓦斯自动监测报警断电装置传感器布置可按图 D.3.2 进行。

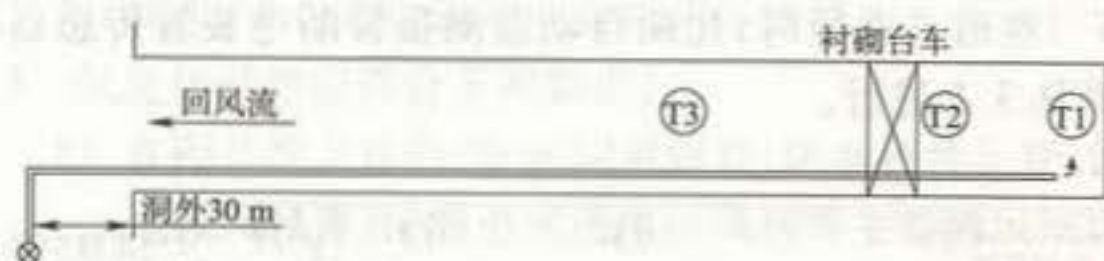


图 D.3.2 压入式通风瓦斯自动监测传感器布置

- 断电浓度: $T_1 \geq 1.5\%$;
- $T_2 \geq 1.0\%$;
- $T_3 \geq 1.0\%$ 。

- 断电范围: T_1 :开挖工作面及其附近 20 m 内的全部电气设备;
- T_2 :二次衬砌台车至距开挖工作面 20 m 处之间的全部电气设备;
- T_3 :已衬砌地段的全部电气设备。

本规范用词说明

执行本规范条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

(1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

(4)表示允许有选择,在一定条件下可这样做的,采用“可”。

《铁路瓦斯隧道技术规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行过程中应注意的事项等予以说明,不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。为减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

1.0.2 随着近年我国铁路建设的快速发展,高速铁路、城际铁路和客货共线等多种类型铁路隧道日益增多,为更好地适应铁路发展需要,提高铁路瓦斯隧道建设质量,保障铁路瓦斯隧道安全,在总结原规范《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120—2002 实施以来在建、已建铁路及公路瓦斯隧道的勘察、设计、施工、验收和运营使用的经验和教训,借鉴和吸纳煤矿系统近年来的对瓦斯防治的安全理念、指导思想和采用的先进技术,开展本次规范修订,修订后适用于铁路瓦斯隧道勘察、设计、施工、验收各阶段。

随着铁路建设发展,长、特长隧道的增多,为满足隧道建设工期及通风、排水需要,加之运营期间防灾疏散救援工程的要求,辅助坑道工程的设置也越来越多,其通过瓦斯地层的辅助坑道的施工安全也需要高度重视。因此,在本规范中,对通过瓦斯地层的辅助坑道补充了相关规定和要求。

1.0.3 瓦斯隧道由于瓦斯浓度与煤(岩)中的瓦斯含量常有对应关系,但不确定因素很多,因此定义瓦斯隧道尚无规定的定量指标。原规范第 1.0.2 条关于瓦斯隧道的定义没有排除施工中作业机械、爆破等人为因素对瓦斯检测的影响。铁建设〔2009〕62 号文

中对瓦斯隧道定义进行了修订。隧道通过地层含有瓦斯,无论瓦斯成因、来源、浓度大小、地点位置等,均确定为瓦斯隧道;但瓦斯浓度测量、瓦斯涌出量测定必须符合相关规定。

1.0.4 瓦斯隧道在建设过程中,若发生灾害,其后果往往非常严重。为准确的查明瓦斯地质条件,针对性的采取措施,防止瓦斯事故发生,超前地质预测预报是首要手段,前方煤层瓦斯赋存条件、煤层性质则是超前探测所需进行的工作内容,其目的是了解前方地层瓦斯基本状态、煤层产状、煤层特性、顶底板岩层性质等,以进一步修正瓦斯隧道等级,从而调整工程措施和管理等级,确保施工安全。因此坚持“超前预报先行”是瓦斯防治的基本原则之一。

对于通过含瓦斯地层,施工中采取的注浆等封闭措施或抽排放措施,只能达到减少瓦斯逸出的目的,对于渗入或涌入隧道的瓦斯,只有通过通风稀释到安全浓度以下后,才能确保安全。工程实践表明,加强施工通风,尤其是加强局部瓦斯易于集聚地段的通风,消除瓦斯积聚,是防止瓦斯事故发生的根本。施工通风是确保安全的根本手段。

煤系地层各煤层瓦斯赋存条件不同、非煤系瓦斯逸出通道和逸出量的不确定性,隧道施工过程中高、低瓦斯的情况可能发生转换。工程实践中,铁路瓦斯隧道施工只有建立了完善的瓦斯监测系统,以“持续监测”之不变应“瓦斯条件”之万变,及时处理异常情况,隧道施工风险才能有效控制,安全才有保障。针对防止煤与瓦斯突出,防突效果的检验至关重要,但究其根本,仍然是对煤层中瓦斯含量、瓦斯压力等参数的检测,也是瓦斯监测的范畴。《煤炭工业矿井设计规范》GB 50215—2005 第 7.4.2 条规定:“高瓦斯、煤(岩)与瓦斯突出矿井,必须装备矿井安全监控系统;低瓦斯矿井亦应装备矿井安全监控系统。装备矿井安全监控系统的矿井,甲烷传感器和其他传感器的设置地点与监控范围,必须符合现行《煤矿安全规程》的有关规定。”

瓦斯隧道修建的工程实践中,在超前预报、施工通风和瓦斯监

测的基础上,对洞内施工作业、施工设备及人员、防突揭煤等方面进行全面综合管理,合理组织,以确保瓦斯隧道安全、有序的施工。同时,参建单位针对瓦斯隧道的复杂性,影响安全的因素多的特点,在勘察设计、施工的全过程中,开展风险评估工作,在安全管理方面制定应急预案,施工中开展应急演练等,极大的控制、防范危及安全的风险发生的后果。

总结提出的“超前预报先行、施工通风为主、瓦斯监测并重、综合措施配套、应急预案落实”的铁路瓦斯隧道基本原则,也贯彻落实了我国《安全生产法》“安全生产工作应当以人为本,坚持安全发展,坚持安全第一、预防为主、综合治理的方针”。

1.0.5 由于瓦斯在煤(岩)中的含量、压力的存在形式、涌出规律、煤层的赋存条件、含水、涌水等情况很难在勘察设计阶段中完全、准确掌握,为确保安全,在施工中需要开展对煤层、瓦斯地质情况的进一步探测、验证、评判等工作,及时调整、优化措施,以确保施工安全。

瓦斯隧道所处的瓦斯环境不同,对瓦斯逸出进入隧道的状态差异极大;隧道长度、跨度、坡度、平面线型的不同,也会对隧道内自然通风条件及瓦斯扩散条件产生很大的影响;隧道区域内季节、温度、自然风向的变化与隧道通风方式的组合作用也会使隧道内瓦斯环境出现较大差异。这些都可能造成隧道建成后,洞内瓦斯浓度超过安全标准,通过瓦斯监测发现后,需要采取一定的安全防护措施,如增加运营通风等,以确保运营安全。

总之,勘察阶段、施工阶段、运营阶段对瓦斯条件及其安全影响是通过勘探,施工中超前地质预测预报、瓦斯检测和监测,竣工后检测及运营期间的检测等手段获取的,并通过不断更新的瓦斯相关资料,优化完善措施,确保施工和运营安全。因此,瓦斯的防治是动态的、信息化的过程。

1.0.6 瓦斯突出、瓦斯燃烧爆炸、煤尘爆炸是严重威胁施工人员生命安全的重大风险,具有突发性、毁灭性、连锁性、广域性的特

点,往往造成严重的次生灾害,直接导致对工程结构、工程质量、机械设备的重大损伤;而出现瓦斯灾害除自然原因和技术手段局限外,多是由于管理制度的缺失和制度管理的松懈所致;因此,强化管理制度、严格制度管理、全过程管理是防止瓦斯灾害的根本。而从风险管理的角度,瓦斯灾害由于诱发因素众多而属于高或极高风险,当极力规避;无法规避时,则不惜投入,采取一切有效的工程措施进行风险管控。

积极采用机械化、信息化手段施工,更有利于施工安全的控制和保证。同时,这是铁路隧道建设发展的方向,是铁路隧道建设和发展的需要,也是铁路隧道建设技术水平进步和需要的需要。

1.0.7 铁路瓦斯隧道设计、施工中,积极采用新技术、新材料、新设备、新工艺等,重视节能、节材和环保,这是贯彻国家相关法规的体现,也是社会发展和技术进步的需要。但是,对于瓦斯隧道而言,采用新技术、新材料、新设备、新工艺时,首先要保证其施工、运营安全,新工艺原则上不要求施工环境高于原技术要求且在安全措施的控制下,在隧道内完成试验验证;新材料应用的关键性能不低于已有技术,其施作环境要求不高于原有材料的要求;新设备的安全性能不低于已有设备。

1.0.8 本条所指的国家现行的有关标准和规范,主要有《煤矿安全规程》(2016 国家安全生产监督管理总局令第 87 号)、《煤矿瓦斯等级鉴定暂行办法》(安监总煤装[2011]162 号)、《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 国家安全生产监督管理总局令第 19 号)、《爆破安全规程》GB 6722—2014、《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016、《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009 等。

3.1.1 铁路隧道施工是按施工工区进行组织和管理,而瓦斯隧道的瓦斯防治工作也是按工区划分进行组织管理。因此,瓦斯隧道的类型是根据隧道内各施工工区的最高瓦斯等级确定的,如各工区中最高级为瓦斯突出工区,则该隧道为瓦斯突出隧道,如最高级为低瓦斯工区,则为低瓦斯隧道。

3.1.2 由一座隧道洞口(或辅助坑道口)开辟工作面施工的隧道范围称其为隧道施工工区。瓦斯隧道工区划分要根据煤与瓦斯地层分布及瓦斯防治、辅助坑道设置、工期及施工组织安排等,经经济技术比较后综合确定,划分为不同类型的工区后,在施工机械、施工方法、施工管理上要区别对待,从而达到简化施工和降低造价的目的。比如低瓦斯工区在加强通风和瓦斯监测的前提下,采用普通非防爆的施工机械设备;但是高瓦斯工区则要采用防爆设备;而煤与瓦斯突出工区,除采用防爆设备外,还有防突措施和相应的装备,且施工专业性强、工程费用大、处理工期长。近几年在建铁路项目中,如重庆至贵阳铁路的煤与瓦斯突出隧道,其揭煤防突工作均是引进煤矿专业化队伍进行施工,从预测、防突措施、效果检验等均完全是煤矿队伍实施,其工程措施费用巨大;瓦斯抽放等防突措施时间长,对建设工期影响大。因此,工区划分有条件时尽量将高瓦斯或煤与瓦斯突出等高风险段划分在一个工区,便于集中管理,控制风险。

随着工程技术人员对煤层瓦斯认识深入,隧道施工技术进步、隧道施工装备及通风技术的发展和提升,普遍认为把瓦斯隧道的工区划分为非瓦斯、低瓦斯、高瓦斯和瓦斯突出工区四类,其分类指标划分偏粗,没有完全体现铁路瓦斯隧道的特点。因此,在大量铁路、公路等瓦斯隧道工程实践总结基础上,对瓦斯工区进行细分,并与《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016 统一,增加了微瓦斯工区;这也与公路行业的瓦斯隧道工区划分基本一致。

3.1.3 根据绝对瓦斯涌出量判定瓦斯等级,煤矿、铁路、公路等都有各自的标准。

煤矿行业将矿井分类为煤与瓦斯突出矿井、瓦斯矿井两类;在瓦斯等级划分中也将煤与瓦斯突出作为矿井瓦斯等级划分中的一级,瓦斯矿井等级鉴定、突出矿井鉴定也各有规范。在《矿井瓦斯等级鉴定规范》AQ 1025—2006 按瓦斯涌出量和瓦斯涌出形式将

瓦斯矿井分为低瓦斯和高瓦斯矿井两级;2011 年国家安监总局、发改委、能源局、煤安局联合发布的《煤矿瓦斯等级鉴定暂行办法》(安监总煤装〔2011〕162 号)中仅分为瓦斯矿井和高瓦斯矿井;《煤矿安全规程》(2016 年版)中根据矿井相对瓦斯涌出量、矿井绝对瓦斯涌出量、工作面绝对瓦斯涌出量和瓦斯涌出形式,矿井瓦斯等级划分为低瓦斯矿井、高瓦斯矿井、突出矿井。

四川省地方标准《公路瓦斯隧道技术规程》DB51/T 2243—2016、《贵州省高速公路瓦斯隧道设计技术指南(试行)》均根据工区绝对瓦斯涌出量划分为微瓦斯、低瓦斯、高瓦斯及煤与瓦斯突出四类,按全工区绝对瓦斯涌出量划分指标见说明表 3.1.3。

说明表 3.1.3 部分公路技术规程或指南瓦斯等级划分参数表

瓦斯地层或瓦斯工区类别	绝对瓦斯涌出量 $Q_{\text{绝}}$ (m^3/min)
微瓦斯	$Q_{\text{绝}} < 0.5$
低瓦斯	$1.5 > Q_{\text{绝}} \geq 0.5$
高瓦斯	$Q_{\text{绝}} \geq 1.5$

公路瓦斯隧道按绝对瓦斯涌出量进行等级划分时,基本参照了原规范的计算分析方法,通过施工通风稀释瓦斯浓度计算确定瓦斯等级的限值。其计算分析基础参数为隧道面积两车道按 70 m^2 、三车道 105 m^2 ,瓦斯涌出不均衡系数双车道取 1.5,三车道取值 1.6,安全系数均取 2。(1)微瓦斯工区:回风流最低风速不小于 0.15 m/s ,隧道内瓦斯浓度不超过 0.25%,计算出绝对瓦斯涌出量为两车道 $0.525 \text{ m}^3/\text{min}$ 、三车道为 $0.59 \text{ m}^3/\text{min}$;因此规定微瓦斯工区划分限值为 $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。(2)低瓦斯工区:回风流最低风速不小于 0.25 m/s ,隧道内瓦斯浓度不超过 0.5%,计算出绝对瓦斯涌出量为两车道 $1.75 \text{ m}^3/\text{min}$ 、三车道为 $1.97 \text{ m}^3/\text{min}$,低瓦斯工区划分的上限值确定为 $1.75 \text{ m}^3/\text{min}$,但偏安全考虑取 $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。分析其公路瓦斯隧道计算分析过程,其最终确定的划分限值都是偏于安全的,且有较大的安全冗余度,主要体现在安全系数均为

2;微瓦斯工区最低风速与非瓦斯普通隧道一致,不小于0.15 m/s,瓦斯浓度不大于0.25%。但是低瓦斯工区风速不小于0.25 m/s,瓦斯浓度不大于0.5%,这与煤矿瓦斯矿井安全要求一致,但确定的划分限值却低于煤矿相关规定,《矿井瓦斯等级鉴定规范》AQ 1025—2006 第8条规定“在没有采区投产的情况下,当单条掘进巷道的绝对瓦斯涌出量大于3 m³/min时,矿井应定位高瓦斯矿井”。因此,公路瓦斯隧道工区划分标准具有较大可实施性、安全性。基于此,公路瓦斯隧道相关规范或规程中规定微瓦斯工区采用非防爆设备施工;低瓦斯工区除固定电缆铺设等采用防爆外,其他固定电气设备采用矿用一般型,移动作业设备可采用非防爆型。

《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016中,对瓦斯隧道的工区按隧道跨度(隧道断面)、绝对瓦斯涌出量、瓦斯动力现象等进行了划分,并规定了不同跨度情况下,瓦斯工区等级划分的限值。中等、大、特大跨度隧道(计算最小断面72 m²)瓦斯工区划分限值与公路隧道一致;小跨隧道(计算断面39 m²)微瓦斯工区的绝对瓦斯涌出量上限值0.3 m³/min,低瓦斯工区的绝对瓦斯涌出量上限值1.0 m³/min,其划分限值较公路隧道低,规定更严,这与铁路隧道建设、运营特点相适应的。因此,本规范中瓦斯工区按全工区绝对瓦斯涌出量的划分等级与《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016一致。

非煤系地层瓦斯隧道在施工阶段的工区划分可以参照表3.1.3绝对涌出量进行;由于非煤系地层的瓦斯赋存条件复杂多样,其逸出、涌出方式具有相当的不确定性,在勘察、设计期间甚至施工阶段,其瓦斯涌出量也难以通过预测、测量的方式量化,为安全计,当无法确定绝对瓦斯涌出量时,通过含非煤瓦斯的工区可划分为低瓦斯工区;根据地层中瓦斯的赋存、运移特征,当隧道工区通过圈闭构造、节理裂隙密集带及断层等瓦斯富集构造及运移通道时可将该段划为高瓦斯区段,相应工区为高瓦斯工区。在施工中,通过瓦斯检测等进一步核实修订工区瓦斯等级。

3.1.4 煤与瓦斯突出的根本是瓦斯动力现象,所以煤与瓦斯的动力现象是认定突出煤层的首要判据。隧道工程区域或隧道经由的矿区发生煤与瓦斯动力现象的基本特征不明显时,则需根据动力现象中抛出煤的吨煤瓦斯含量对突出煤层进行认定;按动力现象基本特征或抛出煤瓦斯含量都还不能判定性质的瓦斯动力现象,则要根据测定的煤层突出危险性指标或典型突出预兆进行综合分析,作出认定结论;煤层突出危险性指标临界值需根据实测资料确定,当无实测资料时,采用条文表3.1.4所列之值。

3.1.5 煤矿大量工程实践表明,瓦斯风化带内不具备煤与瓦斯突出的基本条件,故本条明确煤与瓦斯突出工区的判定首先是隧道要在瓦斯风化带以下通过具有突出危险性条件的煤层;同理,工区内突出煤层的认定仍然需要判定隧道穿煤点是否位于瓦斯风化带以下。换言之,煤层的瓦斯动力现象等瓦斯条件是突出煤层判定的必要条件,而隧道是否在瓦斯风化带以下穿煤是认定穿煤点煤层是否突出的充分条件。

煤与瓦斯突出煤层瓦斯的动力现象一般分为煤与瓦斯突然喷出(简称突出)、煤的压出伴随瓦斯涌出(简称压出)和煤的倾出伴随瓦斯涌出(简称倾出)三种类型,其基本特征见说明表3.1.5。

说明表 3.1.5 煤与瓦斯动力现象特征表

动力现象类型	煤与瓦斯突出	煤与瓦斯压出	煤与瓦斯倾出
煤体运动及破坏形态	突出的煤向外抛出距离较远;突出煤体破碎程度较高,含大量碎煤和一定数量手捻无颗粒感的煤粉,具有分选现象;煤堆积角小于自然安息角	煤有整体位移或有一定距离抛出,但位移或抛出距离都较小;煤层和顶板之间的裂隙中常留有细煤粉,整体位移的煤体上有大量裂隙;抛出的煤呈块状,无分选现象	倾出的煤就地按自然安息角堆积

续说明表 3.1.5

动力现象类型	煤与瓦斯突出	煤与瓦斯压出	煤与瓦斯倾出
动力效应	有明显的动力效应,如破坏支架、推倒矿车、损坏或移动安装在巷道内的设施设备		无明显动力效应
瓦斯涌出量的变化	大量涌出,远大于突出煤体的瓦斯含量,有时导致风流逆转	涌出增大	明显增加
形成的孔洞特征	呈口小腔大的梨形、舌形、倒瓶形、分岔形或其他形状	无孔洞或呈口大腔小的楔形、半圆形孔洞	多为口大腔小,孔洞轴线沿煤层倾斜或铅垂方向发展

《矿井瓦斯等级鉴定规范》AQ 1025—2006 规定“矿井瓦斯等级应当依据实际测定的瓦斯涌出量、瓦斯涌出形式以及实际发生的瓦斯动力现象、实测的突出危险性参数等确定,具备下列情形之一的矿井为突出矿井:(1)发生过煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出的。(2)经鉴定具有煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出煤(岩)层的。(3)依照有关规定按照突出管理的煤层,但在规定期限内未完成突出危险性鉴定的。”该规范同时还规定:“非突出矿井或者突出矿井的非突出煤层出现下列情况之一的,该煤层应当立即按照突出煤层管理:(1)采掘过程中出现瓦斯动力现象的。(2)相邻矿井开采的同一煤层发生突出的。(3)煤层瓦斯压力达到0.74 MPa 以上的。”

《煤矿安全规程》(2016年版)第189条规定:“在矿井井田范围内发生过煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出的煤(岩)层或者经鉴定、认定为有突出危险的煤(岩)层为突出煤(岩)层,在矿井的开拓、生产范围有突出煤(岩)层的矿井为突出矿井。煤矿发生生产安全事故,经事故调查认定为突出事故的,发生事故的煤层直接认

定为突出煤层,该矿井位突出矿井。有下列情况之一的煤层,需立即进行煤层突出危险性鉴定,否则直接认定为突出煤层;鉴定未完成前,需按突出煤层管理:(1)有瓦斯动力现象的;(2)瓦斯压力达到或超过0.74 MPa 的;(3)相邻矿井开采的同一煤层发生突出事故或者鉴定、认定为突出煤层的。”

在矿区内也会发生如二氧化碳与岩石突出的现象、硫化氢与岩石突出现象等,这类动力现象也会给工程安全带来极大危害,但其判定方法尚不能如煤层般定量化,更多的是根据邻近矿井、类似工程通过相同地层时的动力现象进行预判。

由于煤与瓦斯的动力现象是认定突出煤层的首要判据。因此本规范对突出危险煤层的认定进行了补充。施工中通过超前地质预报加强对动力现象前兆等进行观察、分析、验证是预防灾害的有效措施之一。

非煤瓦斯地层的岩石与瓦斯突出判定,目前尚无统一的标准,但应与瓦斯压力、储量、岩体强度和完整性、地层构造和地应力环境有关,一般参照矿山中岩石与二氧化碳突出的相关经验进行判定。

3.1.6 铁路隧道建设过程,前期勘察工作中往往难以确定隧道具体设计方案,无法针对具体的隧道位置开展大量的煤层瓦斯勘察工作,更难获取绝对瓦斯涌出量等重要判定依据,主要以调查、收集附近矿区或工程瓦斯条件为主;该阶段收集矿区瓦斯资料、采用少量钻孔方式获取瓦斯含量和压力相对较为容易,而该两项指标又是判定、影响瓦斯涌出量及瓦斯动力现象的基本条件和主要因素,采用此两项指标进行瓦斯隧道的分类基本确定瓦斯隧道的性质。

(1)本规范以吨煤瓦斯含量作为划分瓦斯隧道等级的主要指标;同时,结合瓦斯压力对隧道工程瓦斯涌出量、瓦斯动力现象及瓦斯封闭体系的影响程度,将其作为等级的辅助指标;两者共同作为判据,其中一项满足时即可认定。

(2)根据煤矿经验,首先考虑按煤与瓦斯突出条件确定的煤

层瓦斯压力和吨煤瓦斯含量作为高瓦斯隧道的上限,即:瓦斯压力 0.74 MPa、瓦斯含量 $8 \text{ m}^3/\text{t}$;以瓦斯风化带作为高瓦斯隧道瓦斯条件的下限,认为风化带底界以下煤层瓦斯含量高、可能有瓦斯动力现象,而底界以上无动力现象,瓦斯含量也随深度减少而降低,故按《矿井瓦斯涌出量预测方法》AQ 1018—2006 规定的风化带底界的最小瓦斯压力 0.1 MPa、不同煤质中瓦斯含量最低的长焰煤瓦斯含量 $1.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 作为高瓦斯隧道判定下限指标;低于该判定值者,统划为瓦斯隧道。根据《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 年版),对于防突措施一般用煤层残余瓦斯压力或含量进行效果判断,当残余瓦斯压力小于 0.74 MPa 且残余瓦斯含量低于 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 时认为无突出危险,故前期勘察及可研设计阶段瓦斯突出隧道的分级指标为吨煤瓦斯含量为 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 、瓦斯压力为 0.74 MPa。

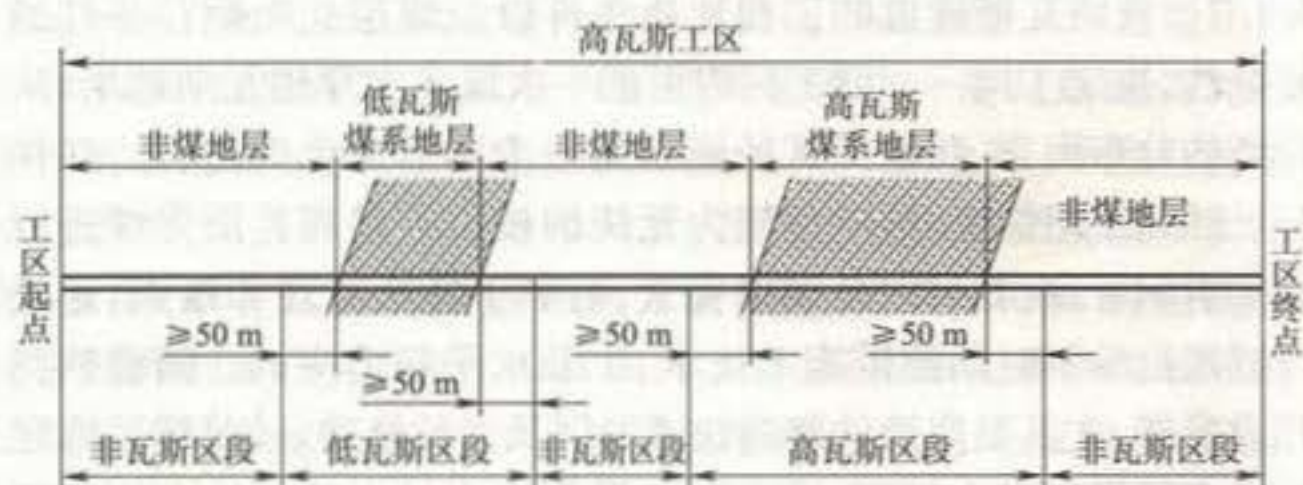
(3)为了瓦斯隧道的种类一致性,规定瓦斯压力小于 0.1 MPa 的条件下,瓦斯含量小于 $0.5 \text{ m}^3/\text{t}$ 作为低瓦斯隧道的下限标准。

按以上判定标准在可研阶段对瓦斯隧道进行等级划分,可以基本控制隧道下阶段的安全风险和投资风险,可以满足该时期工程筹划、风险评估、项目决策的需要,指导定测、初步设计工作。因此,本规范中提出在前期勘察及可研设计阶段绝对瓦斯涌出量等指标获取困难时,亦根据调查的煤层瓦斯含量、瓦斯压力等指标进行瓦斯工区、瓦斯隧道的判定。但是,定测和补定测阶段及初步设计、施工图阶段,以及施工阶段仍需要按绝对瓦斯涌出量进行修正。

非煤瓦斯包括类型较多、运移模式复杂、赋存条件各异,难以用勘察的手段确定其含量及压力并据以分类,但其逸出方式多由于囊状储存、沿裂隙或节理密集带运移的特征而出现局部、短时间、较大量逸出,其不确定性对隧道施工安全的危害程度较大,前期勘察及规划研究阶段,隧道通过含非煤瓦斯地层需按瓦斯隧道开展相关设计工作。

3.1.7 铁路瓦斯隧道的工程地质条件以及煤层瓦斯赋存条件的复杂性,决定了同一瓦斯工区内可能一次或多次穿越瓦斯地层,从瓦斯的分布而言,瓦斯工区的施工是一个动态变化的过程。在瓦斯工区施工组织上,原规范较为笼统的按工区最高瓦斯等级进行施工组织管理,其目的是确保安全,有利于施工管理和组织,这是与原规范编制时期隧道施工技术、工装水平相适应的。随着铁路建设发展,尤其是高速铁路的快速发展及大量修建,铁路隧道修建技术水平得以极大提高,施工工装设备也由过去的有轨专用设备为主发展为以无轨通用设备为主,隧道施工组织更具灵活性,效率也得以极大提升。同时,随着社会的发展,安全生产形势的要求,煤矿瓦斯防治技术、井下爆破作业、安全管理等也不断的提升和完善。而成贵铁路工程实践表明,在隧道的瓦斯工区中,由于瓦斯地层分布段落、长度有限,在坚持持续通风、瓦斯监测等条件下,对工区内非瓦斯地层的施工机械、钻爆作业按普通隧道实施,施工安全也得到了保障,且提高了工效,措施针对性也更强。在大量的调研和工程实践总结基础上,铁路瓦斯隧道在瓦斯工区施工组织中,充分考虑工区内瓦斯地层分布情况、不同瓦斯地层的瓦斯等级、非瓦斯地层与瓦斯地层的关系,贯彻精细化设计、施工、管理的理念,把瓦斯工区细分为若干非瓦斯区段和瓦斯区段。把瓦斯工区划分为若干区段后,坚持持续通风和瓦斯监测,以确保施工安全,同时有助于对不同瓦斯条件采取更具针对性的工程措施和管理措施;有利于施工效率、工期进度的实现和提高;有利于瓦斯工区的全过程管理,避免由于措施针对性不强在瓦斯工区管理过程中出现松懈、留下隐患。

瓦斯区段绝对瓦斯涌出量值一般按本规范表 3.1.4 限值时确定区段的瓦斯等级。而瓦斯工区划分则是按全工区绝对瓦斯涌出量判定,不考虑已施工瓦斯区段衬砌对瓦斯的封闭作用,按全工区考虑是偏于安全的。瓦斯工区不同区段划分如说明图 3.1.7 所示。



说明图 3.1.7 瓦斯工区内不同区段划分示意图

3.2.1 瓦斯隧道不同于普通隧道,安全风险因素多,风险事件的后果严重。瓦斯隧道需采取较多的特殊工程措施、施工通风及监控检测措施以及管理措施,以确保施工安全,由于瓦斯防治将产生更多的工程费用,尤其是高瓦斯、瓦斯突出隧道,安全风险高,其对施工专业化要求更高、投入更大;基于风险控制,从项目规划、勘察设计源头就需要采取转移风险、降低风险等控制措施,以保证工程安全。因此,在勘察设计阶段尽量避免穿过含瓦斯地层地段,不能避免也应以最短距离穿越,这也是铁路瓦斯隧道与煤矿矿井的基本区别。

3.2.2 瓦斯隧道所处的瓦斯环境不同,对瓦斯逸出进入隧道的状态差异极大;隧道长度、跨度、坡度、平面线型的不同,会对隧道通风及瓦斯扩散条件产生很大的影响;隧道区域内季节、温度、自然风向的变化与隧道通风方式和系统的组合作用会使隧道内瓦斯环境出现很大差异。在同一安全运营环境标准下,针对上述条件的不同,采用不同的工程措施来达成保证运营安全的目的。

铁路隧道复杂多变的地质条件,需要设置衬砌,而瓦斯隧道,更需要利用衬砌结构对瓦斯进行封闭。但是单纯依靠衬砌、瓦斯隔离层被动封闭瓦斯存在相当的技术难度,个别条件下甚至是不可行的,尤其是瓦斯压力较高、补充来源丰富地段,因此建立衬砌

背后瓦斯引导排放(包括主动引排、被动引排),降低瓦斯压力、减少瓦斯补给来源,对控制瓦斯入渗量可能是事半功倍的,且能避免现有建筑材料固有的弱点和结构对工作环境的依赖性;而煤系地层,尤其是具有煤与瓦斯突出危险性的煤系地层,较大断面的铁路隧道开挖和防突的需要,对围岩的加固可能是常用手段,充分利用这些手段在加固围岩的同时,兼顾对岩体中瓦斯渗透通道的封堵,也能起到减少瓦斯入渗、降低瓦斯入渗压力的作用。隧道内瓦斯浓度是直接决定运营安全的条件,在采用上述措施后,运营机械通风是保证和维护运营隧道瓦斯环境最后措施。因此,铁路隧道对瓦斯是采取综合治理的原则,考虑运营、自然环境等条件建立瓦斯设防综合结构体系。

3.2.3 铁路瓦斯隧道超前地质预报、煤与瓦斯探测、煤与瓦斯突出性预测内容上有本质差异,不能混淆;铁路瓦斯隧道超前地质预报与普通隧道的基本相同,都是以了解工作面前方地层岩性、地质构造、地应力环境、围岩完整性、地下水赋存状态、地下空洞等为主;而前方瓦斯赋存、煤层赋存条件、煤层性质则是超前煤与瓦斯探测所需进行的工作内容,其目的是了解前方地层瓦斯基本状态、煤层产状、煤层特性、顶底板岩层性质等。而作为综合防突措施中的煤与瓦斯突出危险性预测进行的钻孔、取煤样、孔中测试等工作更是其他工作所不能替代的。这几部分工作不能相互替代,但可相互借鉴。

《矿井瓦斯等级鉴定规范》AQ 1025—2006 规定“采掘工程可能揭露的所有平均厚度在 0.3 m 以上的煤层进行突出危险性评估”。《煤矿安全规程》(2016 年版)第 189 条规定:“新建矿井应当对井田范围内采掘工程可能揭露的所有平均厚度在 0.3 m 以上的煤层进行突出危险性评估,评估结论作为矿井初步设计和建井期间井巷揭煤作业的依据。评估为有突出危险时,建井期间应当对开采煤层及其他可能对采掘活动造成危险的煤层进行突出危险性鉴定或者认定。”借鉴其要求,并结合成贵铁路的工程实践,规定施

工中需对平均厚度在0.3 m及以上的煤层进行突出危险性预测。

《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第5条规定:“有突出矿井的煤矿企业、突出矿井应当根据突出矿井的实际状况和条件,制定区域综合防突措施和局部综合防突措施。区域综合防突措施内容包括:(1)区域突出危险性预测;(2)区域防突措施;(3)区域措施效果检验;(4)区域验证。局部综合防突措施包括内容:(1)工作面突出危险性预测;(2)工作面防突措施;(3)工作面措施效果检验;(4)安全防护措施。”第6条规定:“防突工作坚持区域综合防突措施先行、局部综合防突措施补充的原则。突出矿井采掘工作做到不掘突出头、不采突出面。未按要求采取区域综合防突措施的,严禁进行采掘活动”。《煤矿安全规程》(2016年版)第191条规定:“突出矿井的防突工作必须坚持区域综合防突措施先行、局部综合防突措施补充的原则。”

突出煤层的管理在煤矿行业中均是采用综合防突措施,其内容涵盖了危险性预测、防突措施、效果检验、验证和安全措施等全过程。成贵铁路的瓦斯突出隧道、渝黔铁路的新凉风垭隧道、林织铁路的坪子上隧道的突出煤层防突工作,均按这四个工艺步骤开展工作,并安全揭煤,取得较好效果。

3.2.4 瓦斯隧道施工中,瓦斯检测、监测和施工通风是防止瓦斯事故的基本手段。隧道开挖进入含瓦斯地层后,工作面一定范围内渗入或涌入隧道的瓦斯基本是持续不断的(气囊等状况除外),只有通过施工通风持续不间断送入足够的风量,才能够将作业环境及隧道内的瓦斯稀释到安全浓度以下,确保施工安全。但瓦斯尤其是非煤瓦斯的逸出、涌出位置及程度往往是难以预测的,往往也是突发的、可变的;从安全需要,要求隧道施工具备全过程及时检测、实时监测瓦斯的能力。

3.2.5 由于瓦斯对隧道建设安全影响大,出现瓦斯事故后其后果往往异常严重,因此从项目规划、勘察设计、施工修建等建设全过程开展风险评估及管理工作是必要的,这也是贯彻铁路工程建设

风险管理的重要体现。煤矿行业经验表明,煤与瓦斯突出往往会造成灾难性后果,安全风险极高,在国家、煤矿行业的安全管理规定、规程中,对煤与瓦斯突出都有专门的防治规定。因此,将煤与瓦斯突出隧道按极高风险管理,是贯彻落实国家相关安全规定的体现。

3.2.6 经验表明,随着时间的变化,隧道结构所处工作环境也在发生变化,在结构全寿命周期内不可避免发生一些劣化现象,也将导致期望的封闭效果出现变化;南昆线家竹箐隧道高瓦斯段采取了围岩注浆、喷气密性混凝土、全环瓦斯隔离板、气密性混凝土二次衬砌及二衬外瓦斯排放系统等一整套瓦斯处理措施,但在衬砌工作环境变异、材料性能劣化等因素作用下,衬砌结构体系对瓦斯的封闭作用弱化甚至部分失效,目前该隧道通过瓦斯自动监测和检测,运用原设置的运营机械通风系统稀释洞内瓦斯,保证了运营安全。因此,不管瓦斯设防结构综合体系如何建立,均需要开展运营期间隧道瓦斯检测,必要时设置运营机械通风设备,以确保运营安全。

4.1.1 瓦斯隧道一旦发生灾害,往往是灾难性的,在安全风险方面显著高于普通隧道。为降低瓦斯隧道施工、运营期间的安全风险,需采取大量的预防措施,如:施工期间的专项超前地质预报、不间断瓦斯监测、连续施工通风、防爆设备、瓦斯安全管理等,运营期间的瓦斯监测、瓦斯封闭、瓦斯排放、运营通风、防爆电器等,造成瓦斯隧道具有施工难度大、风险高、投资高等特点,因此在项目建设的源头勘察设计阶段充分考虑绕避瓦斯地段。对于铁路隧道通过煤矿、油气田矿区时,不仅存在瓦斯危害问题,还存在压矿、矿权归属甚至赔账问题,因此,更需要予以绕避。当不可避免时,则需要作充分的安全性、经济性比较,以最短距离或从其边缘通过。

4.1.2 地应力是驱动煤与瓦斯突出的重要因素,活动断裂、构造交叉带、褶皱密集带、节理密集带等往往是高地应力、复杂地应力强烈作用区域,围岩破碎、构造应力大、煤层畸变多发等都是产生

煤与瓦斯突出的有利条件,加之这些区域内隧道开挖成型、变形控制难度较大,容易诱发瓦斯灾害,施工安全、工期风险均加大。一般隧道位置选择都尽量避开以上构造带,作为瓦斯隧道则更要重视这些构造的影响。

4.1.3 当隧道通过瓦斯地段时,选择傍河谷、高线位、小埋深、短隧群方案,有利于缩短瓦斯隧道长度,为辅助坑道设置、施工通风提供了很大自由度,更可能将隧道置于瓦斯风化带中,大大降低煤与瓦斯突出危险性风险;兰渝线肖家河隧道通过调整线路通过高度,采用多通风竖井进行分段通风取得较好成效。同时也可降低运营期间在通风、瓦斯封闭等方面瓦斯防治难度,有利于保证运营安全。

4.1.4 瓦斯隧道地质工作的目的是通过调查、勘探、测试及取样分析,掌握隧道通过地区影响瓦斯赋存的各种地质条件和瓦斯赋存、分布规律,进行瓦斯预测,为隧道设计、施工提供必要的依据和参数。但由于设计各阶段的工作重点、勘察精度有所区别,因此本规范提出按不同勘察阶段开展瓦斯地质工作的原则。对瓦斯地质条件复杂的隧道,风险较一般瓦斯隧道高,为满足设计要求,降低工程风险,勘察的内容和要求要予以适当提高。按勘察阶段开展相应工作,也与铁路工程建设的基本程序相适应。

4.1.5 根据六沾、渝黔、成贵等铁路的设计施工实际,当隧道通过具有煤与瓦斯突出风险的煤层时,具有安全风险极高、工期不易控制、投资巨大等特点,隧道线位确定时原则上需避免通过。根据大量工程实践,瓦斯风化带内一般不具备煤与瓦斯突出的基本条件,因此,隧道通过区域上具有突出危险的煤层时,隧道高程的确定充分利用瓦斯风化带的有利条件,可以降低安全风险。

4.2.1~4.2.3 结合《铁路工程不良地质勘察规程》第十四章“有害气体”,分踏勘、初测、定测(含补定测)三个不同的勘察阶段对开展的瓦斯地质具体工作内容做出的要求。

4.2.4 设计阶段根据瓦斯地质资料划分瓦斯工区和含瓦斯地段

的等级后,施工阶段需要根据开挖后揭示的实际情况进行修正,尤其是对于煤层突出危险的判断,必须在开挖工作面进行现场检验和核实。由于煤层瓦斯地质条件的复杂性,在勘察阶段要准确查明煤层瓦斯的分布、性质等存在一定的困难,而且预测和推算的方法目前也不完善,所以在施工过程中进行进一步核实工作是十分必要的。

4.3.1 瓦斯隧道一旦发生灾害,将产生重大损失,设计、施工均十分重视,要求提供的勘察资料也较多,地质勘察报告中有专门篇章介绍瓦斯和煤层情况,使设计和施工人员获得系统、详尽的资料,有利于瓦斯隧道的修建工作。

4.3.2~4.3.3 不同的设计阶段对瓦斯预测及评估资料精度的要求各不相同,瓦斯地质成果资料按勘察设计过程分阶段提供,更符合设计工作的实际需求。定测前的各阶段,主要为现场踏勘及初测阶段,瓦斯地质的勘察工作以调查为主,对于重大工程进行必要的勘探工作;该阶段重点是论证路线方案的可行性与合理性,为编制可行性研究报告提供资料,瓦斯预测与评估工作以定性判断为主。定测及以后各勘察阶段瓦斯地质的勘察工作以全面进行勘探为主,进一步加深调查为辅;该阶段勘察细化至各含瓦斯地层,瓦斯预测与评估参考以下原则进行:

(1)根据隧道通过含瓦斯地层的不同绝对瓦斯涌出量,将隧道划分为非瓦斯、微瓦斯、低瓦斯、高瓦斯地段。

(2)按照工区划分,以工区内各瓦斯地段绝对瓦斯涌出量之和将隧道各工区划分为非瓦斯、微瓦斯、低瓦斯、高瓦斯工区。

(3)隧道通过经鉴定或事故调查确定为突出煤层的工区为煤与瓦斯突出工区,该隧道为煤与瓦斯突出隧道。

(4)根据绝对瓦斯涌出量判定为低瓦斯工区,但预测存在或发生瓦斯喷出的确定为高瓦斯工区。

(5)非煤瓦斯工区的等级参照本条规定以推测的绝对瓦斯涌出量划分,当无法确定绝对瓦斯涌出量时,一般划分为低瓦斯工区。

(6)当煤层具有说明表 4.3.3 的特征时,一般将其直接判定为煤与瓦斯突出煤层。

说明表 4.3.3 煤与瓦斯突出判定参数表

煤的坚固性系数 f	$f \leq 0.3$	$0.3 < f \leq 0.5$	$0.5 < f \leq 0.8$	—
瓦斯压力 P (MPa)	$P \geq 0.74$	$P \geq 1.0$	$P \geq 1.5$	$P \geq 2.0$

5.1.1 洞内瓦斯浓度是影响铁路瓦斯隧道运营安全的关键因素,而瓦斯浓度的大小主要受瓦斯地层情况(瓦斯压力、瓦斯含量等)以及结构对瓦斯的封闭作用确定,不同瓦斯地层情况的瓦斯压力、瓦斯含量差异较大,如瓦斯地段以煤线、鸡窝煤为主,初始瓦斯压力较大,但开挖后瓦斯已基本释放且无补给源,对结构封闭的要求较低;如果瓦斯压力持续较高且难以释放时,则对结构封闭的要求较高。为达到设防措施的经济合理性,故根据不同的设防等级确定不同的结构设防体系。而运营条件(隧道长度、线路平纵断面、行车速度与密度)、环境条件(气象情况)也影响瓦斯浓度。如活塞风可有效稀释洞内瓦斯,降低瓦斯浓度。行车密度较大、行车间隔时间较短、隧道长度较短时,活塞风稀释效果更为明显。单面陡坡隧道,洞内瓦斯具备自然扩散到洞外的条件,当隧道较短或自然风有利时,其对洞内瓦斯浓度具有明显改善作用。但是,目前运营、环境条件的影响量化困难,如果有相应的测试资料,结构设防时则需充分考虑上述因素。

5.1.2 瓦斯隧道中既有含瓦斯地段也有不含瓦斯地段,含瓦斯地段的瓦斯情况各异,对封闭瓦斯措施的要求不同,故将瓦斯隧道细分为不同等级的设防地段,根据各设防等级地段的瓦斯具体情况,构建对应的瓦斯隧道设防结构体系,从而使设计更科学合理。

瓦斯地段分为三级设防地段,二、三级结构设防地段的瓦斯压力阈值通过计算确定。考虑设防措施仅为 40 cm 厚的透气系数 1×10^{-11} cm/s 的二次衬砌,在衬砌背后瓦斯压力为 0.15 MPa 时,按如下公式计算 10 延米隧道 6 h 的瓦斯逸出量与瓦斯浓度。

$$Q = \frac{KA(P_1^2 - P_2^2)}{2L\gamma_g P_2} t \quad (\text{说明 } 5.1.2-1)$$

式中 Q ——固定时间通过二衬渗入洞内的瓦斯含量(cm^3);
 P_1 ——作用在衬砌上的瓦斯渗透压力(MPa);
 P_2 ——衬砌内侧的大气压力(MPa),计算可取 0.1 MPa;
 K ——衬砌透气系数(cm/s);
 L ——衬砌厚度(cm);
 A ——透气面积(cm^2);
 γ_g ——瓦斯单位容积重量(N/cm^3),计算可取 7.02×10^{-6} N/cm^3 ;
 t ——渗透时间(s),考虑客货共线隧道列车运行间隔时间、高铁天窗时间一般均不大于 6 h,此时间段为瓦斯逸出后不受活塞风影响而自然积聚的时间。

瓦斯浓度按如下公式计算:

$$\mu = Q/V \quad (\text{说明 } 5.1.2-2)$$

式中 μ ——瓦斯浓度;
 V ——瓦斯集聚空间体积(cm^3),结合瓦斯浓度检测探头安装位置,计算时考虑拱顶以下 25 cm 范围为瓦斯集聚空间。

通过以上计算分析,当二次衬砌厚 40 cm、混凝土透气系数 1×10^{-11} cm/s 时,在瓦斯压力为 0.15 MPa 的情况下,不同断面的瓦斯逸出量与浓度见说明表 5.1.2。

说明表 5.1.2 不同断面的瓦斯逸出量与浓度结果表

时速 (km)	断面特征	透气面积 A (m^2)	瓦斯集聚空间 V (m^3)	10 m 长 6 h 逸出量 Q (m^3)	瓦斯浓度 μ (%)
120	单线	20.43	0.40	0.009 8	0.25
	双线	21.5	0.51	0.010 4	0.20
160	单线	20.78	0.40	0.010 0	0.25
	双线	34.79	0.54	0.016 8	0.31

续说明表 5.1.2

时速 (km)	断面特征	透气面积 $A(\text{m}^2)$	瓦斯集聚 空间 $V(\text{m}^3)$	10 m 长 6 h 逸出量 $Q(\text{m}^3)$	瓦斯浓度 $\mu(\%)$
200	单线	27.98	0.44	0.013 5	0.30
	双线	35.33	0.58	0.017 0	0.30
250	双线	37.46	0.59	0.018 0	0.30
350	双线	39.16	0.60	0.018 9	0.31
辅助 坑道	无轨单车道 I 型	20.49	0.37	0.009 9	0.26
	无轨单车道 II 型	22.2	0.40	0.010 7	0.27
	无轨双车道	24.9	0.45	0.012 0	0.27
	有轨双车道	17.8	0.37	0.008 6	0.23

由计算结果可知,对于不同时速的隧道断面,断面湿周越大则瓦斯透气面积越大,因此瓦斯逸出量越大,但同时由于拱顶瓦斯集聚空间的增大,导致瓦斯浓度差距较小,最大浓度出现在时速 350 km 的双线隧道断面内。当瓦斯压力为 0.15 MPa 时,瓦斯浓度约为 0.3%,一般认为已经达到封闭目的。当瓦斯压力提高至 0.2 MPa 时,可计算得到各断面内瓦斯浓度均 $>0.5\%$,不满足运营环境“瓦斯浓度在任何时间、任何地点不得大于 0.5%”的要求。故取瓦斯压力 0.15 MPa 作为三级结构设防地段上限。瓦斯压力 >0.15 MPa 时,仅靠二衬结构难以控制瓦斯逸出,需增加如瓦斯隔离层等措施,则属二级或一级。一级结构设防地段有煤与瓦斯突出危险,需采用最严密的防瓦斯结构措施,其瓦斯压力下限为 0.74 MPa。

由于瓦斯风化带内瓦斯可与地表大气互相交换,导致瓦斯含量较小,瓦斯压力较低,对结构设防措施的要求较低,因此,参考瓦斯风化带的吨煤瓦斯含量指标作为二、三级设防等级划分的界限值。《矿井瓦斯涌出量预测方法》AQ 1018—2006 规范第 5.2.3 条,判定瓦斯风化带下部边界为:瓦斯压力 0.1 MPa ~ 0.15 MPa;

相对瓦斯涌出量 $2 \text{ m}^3/\text{t} \sim 3 \text{ m}^3/\text{t}$;吨煤瓦斯含量 $1.0 \text{ m}^3/\text{t} \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{t}$ (长焰煤)、 $1.5 \text{ m}^3/\text{t} \sim 2 \text{ m}^3/\text{t}$ (气煤)、 $2 \text{ m}^3/\text{t} \sim 2.5 \text{ m}^3/\text{t}$ (肥煤、焦煤)、 $2.5 \text{ m}^3/\text{t} \sim 3 \text{ m}^3/\text{t}$ (瘦煤)、 $3 \text{ m}^3/\text{t} \sim 4 \text{ m}^3/\text{t}$ (贫煤)、 $5 \text{ m}^3/\text{t} \sim 7 \text{ m}^3/\text{t}$ (无烟煤)。本规范考虑长焰煤在我国分布范围较小,故采用气煤风化带吨煤瓦斯含量 $2 \text{ m}^3/\text{t}$ 作为二级与三级设防标准判定的阈值。当瓦斯压力在 0.74 MPa 及以上时,一般按突出煤层进行管理,结构设防等级采用一级,不再对吨煤瓦斯含量做规定。

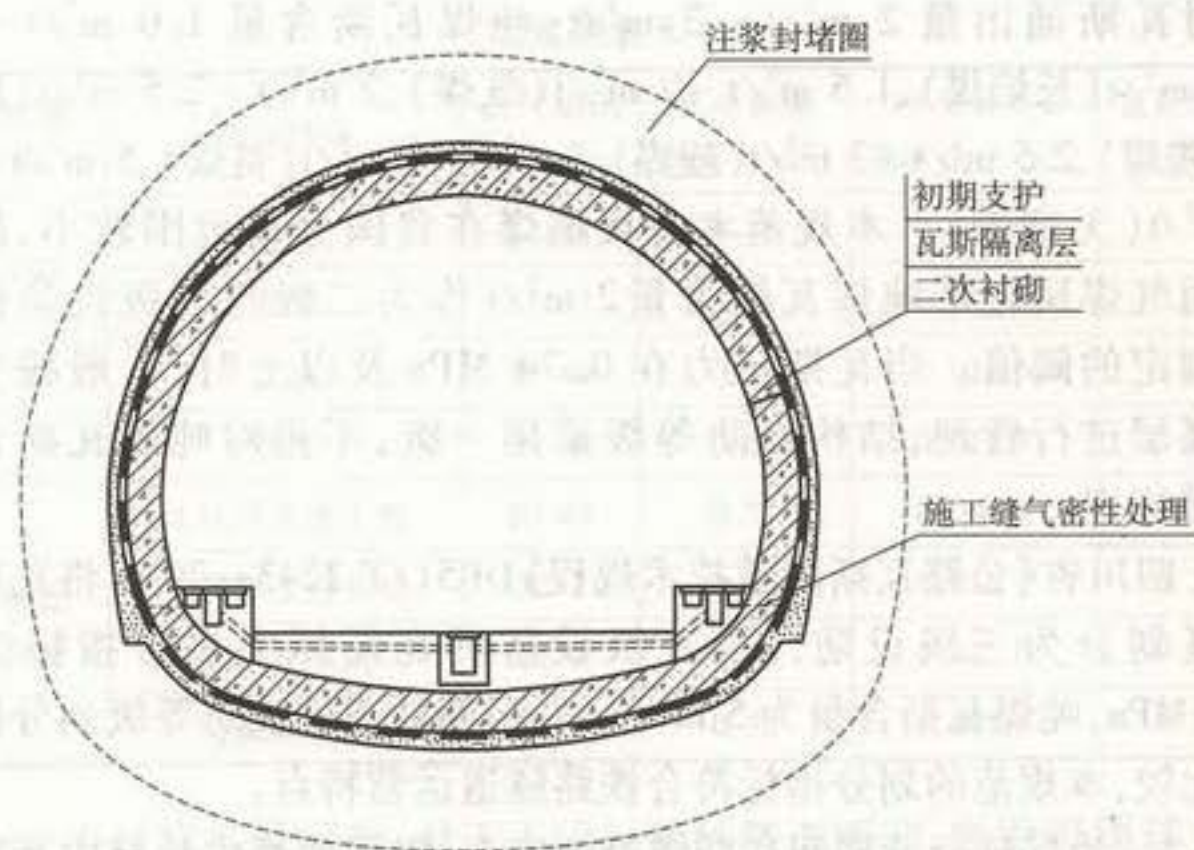
四川省《公路瓦斯隧道技术规程》DB51/T 2243—2016 将瓦斯工区划分为三级设防,二、三级设防的瓦斯压力划分指标为 0.2 MPa,吨煤瓦斯含量为 $5 \text{ m}^3/\text{t}$ 。与公路隧道的设防等级划分指标比较,本规范的划分指标符合铁路隧道运营特点。

5.1.3 为保证运营期间瓦斯隧道的安全,需尽量减少地层中瓦斯向洞内的逸出,因此结构设防需具有一定的瓦斯封闭功能。当单一的瓦斯封闭功能无法满足安全要求时,如瓦斯压力较大、瓦斯补给源较好的情况下,则需设置瓦斯引排措施。

5.1.4 瓦斯具有由压力高地段向压力低地段渗透扩散的特点,故隧道内结构设防段由措施较强的高等级设防地段向措施较弱的低等级设防地段适当延伸。延伸长度根据围岩松散程度和裂隙发育情况、岩层产状等因素确定。根据近年来铁路瓦斯隧道设计、施工经验,一般延伸长度取值为 50 m。隧道断面较大、围岩破碎、节理裂隙发育、岩层倾角较缓时需适当加大延伸长度。

5.2.1 目前的隧道工程普遍采用复合式衬砌,其较单层衬砌具有更好的瓦斯封闭效果,且符合“形成封闭瓦斯的三道防线”的设计思路。根据瓦斯赋存条件,考虑不同封闭措施(说明图 5.2.1)的设防效果,按需要进行组合,以充分发挥各单元的功能优势。

5.2.2 初期支护主要功能为控制围岩变形、减少或修复围岩损伤、防止围岩裂隙的过度发展、降低作用在二次衬砌的荷载,同时



说明图 5.2.1 瓦斯封闭系统示意图

对瓦斯渗透通道的发展具有约束作用。C25 喷射混凝土材料本身具有较好的强度与抗气渗能力,但随着围岩变形,混凝土会出现裂缝,导致其透气性增大,瓦斯封闭能力降低甚至丧失,故对喷射混凝土的透气系数不作要求。工程实践表明,施工中对开挖面及时喷射混凝土且厚度不小于 5 cm 时,能有效减少开挖洞壁瓦斯逸出量,继续增大喷混厚度对进一步减少开挖坑道的瓦斯涌出总量效果并不显著。考虑施工期间瓦斯的封闭效果,并结合现行铁路隧道的相关技术规程对隧道最大欠挖值一般不超过 5 cm 的要求,规定喷射混凝土最小厚度为 10 cm。

5.2.3 针对各结构设防等级地段的不同瓦斯压力情况,考虑运营环境的允许瓦斯渗入量为“6 个小时后瓦斯浓度达到 0.3% (无需启动风机的安全浓度)”的量值,利用公式(说明 5.1.2)对二衬的瓦斯封闭效果进行计算。结合铁路隧道工程的特点,对时速 350 km 的双线隧道断面进行计算分析,当仅采用二次衬砌封闭瓦斯

时,满足封闭要求所需的最小厚度见说明表 5.2.3。

说明表 5.2.3 正洞二衬厚度选取参考表(cm)

	透气系数(cm/s)			
	瓦斯压力(MPa)	1.0×10^{-10}	1.0×10^{-11}	1.0×10^{-12}
6 小时允许 浓度 0.3%	0.15	>100	40	30
	0.20		100	30
	0.30		30	
	0.35		40	
	0.40		>100	50
	0.50		80	
	≥ 0.60		>100	

计算结果表明,当瓦斯压力不大于 0.15 MPa 时,要满足 6 个小时后洞内瓦斯浓度不超过 0.3% 的安全浓度量值,则需衬砌厚度不小于 40 cm,混凝土透气系数不大于 1×10^{-11} cm/s。

根据中铁五局开展的《基于成贵铁路瓦斯隧道用气密性混凝土中气密剂掺量对混凝土性能的影响研究》报告,未掺气密剂的 C35、C40、C45 混凝土透气系数约为 $5.31 \times 10^{-9} \sim 3.24 \times 10^{-11}$ cm/s,掺气密剂后混凝土透气系数能达到 10^{-11} cm/s ~ 10^{-13} cm/s 量级。根据研究报告资料,结合上述计算分析,规定了混凝土透气系数的最低要求,对气密剂不再作具体要求。

5.2.4 根据《南昆铁路家竹箐高瓦斯长隧道运营防灾技术研究总报告》,隧道施工缝在采用橡胶止水带与自制 JCL-11 接缝界面剂两道防线时,施工缝透气系数即能达到 10^{-11} cm/s 数量级;变形缝在采用双组分聚硫橡胶或双组分聚氨酯作为填缝材料时,透气系数能达到 10^{-10} cm/s 数量级。经调研发现,一般情况下瓦斯隧道内施工缝、变形缝能够达到防渗要求,但部分隧道如沪昆客专斗磨隧道、云桂铁路老石山隧道等高瓦斯地段个别施工缝存在瓦斯渗漏超标现象。目前隧道施工缝、变形缝的防水要求较原规范编制

期间的要求更高,均采用综合防渗措施,故未对瓦斯地段的施工缝、变形缝作特殊要求。

5.2.5 本规范说明表 5.2.3 表明,当二次衬砌混凝土透气系数采用 1×10^{-11} cm/s 时,在保障洞内瓦斯浓度安全的条件下,仅依靠二次衬砌封闭瓦斯,瓦斯压力为 0.2 MPa 时二衬厚度将不小于 1 m;当透气系数采用 1×10^{-12} cm/s 时,瓦斯压力超过 0.5 MPa 时二衬厚度将不小于 1 m。分析结果可知,当瓦斯压力较大时,单纯依靠增加二衬厚度、减小透气系数往往难以实现封闭效果。一级设防地段规定的瓦斯压力不小于 0.74 MPa,在采用二衬封闭措施的基础上,还需增加附加的瓦斯封闭措施。二级设防地段瓦斯压力位于 0.15 MPa ~ 0.74 MPa 区间,当瓦斯压力较大时,仍需增加附加的瓦斯封闭措施;当瓦斯压力较小时,则一般不增加。

5.2.6 目前已建成的瓦斯隧道一般采用防水板作为瓦斯隔离层,也能达到封闭瓦斯的效果。规范编制组与西南交大共同开展了高分子卷材透气性试验,隔离层卷材透气系数测定参照《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法 压差法》GB/T 1038—2000,根据试验结果,EVA、ECB 与 PE 防水板的透气系数为 $10^{-15} \sim 10^{-16}$ cm/s 数量级。瓦斯逸出量与封闭层的厚度成反比,与封闭层的透气性系数成正比,故减小透气系数可大幅提高其瓦斯封闭效果。基于高分子防水板材料的特性,规定了瓦斯隔离层透气系数的最低要求。

考虑运营环境的允许瓦斯渗入量为“6 个小时后瓦斯浓度达到 0.3%(无需启动风机的安全浓度)”的量值,利用公式(说明 5.1.2)可对二次衬砌与瓦斯隔离层共同作用下的瓦斯封闭效果进行理论分析。结合铁路隧道工程的特点,对时速 350 km 的双线隧道断面进行计算分析,考虑二次衬砌混凝土透气系数采用 1×10^{-11} cm/s、瓦斯隔离层透气系数采用 1×10^{-14} cm/s,设置不同厚度的瓦斯隔离层

时,满足封闭要求所需的最小二次衬砌厚度见说明表 5.2.6。

说明表 5.2.6 设置瓦斯隔离层的正洞二衬厚度计算表(cm)

	隔离层厚度(mm)			
	1	1.5	2	
6 小时允许 浓度 0.3%	瓦斯压力(MPa)			
	0.15	30	30	30
	0.2	30	30	30
	0.23	40	30	30
	0.25	70	30	30
	0.26	>100	40	30
	0.29		90	40
	0.3		>100	60
	≥0.35		>100	>100

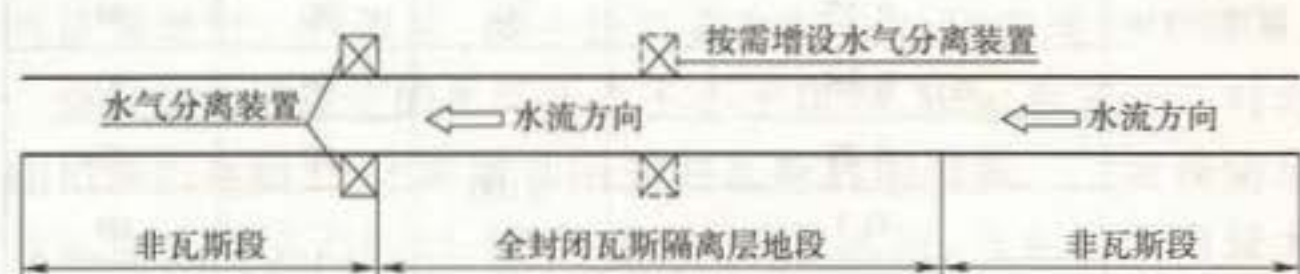
计算结果表明,设置瓦斯隔离层后,在正常二次衬砌厚度情况下,结构封闭瓦斯能力得到较大提高。采用较厚的瓦斯隔离层,其改善效果更为明显。结合现行铁路标准对防水板的要求,规定了隔离层最小厚度。

5.2.7 一级设防地段一般瓦斯压力较高,隧道开挖后瓦斯更易逸出,尤其在断层带、褶皱带、节理密集带等地段,由于瓦斯的大量逸出,洞内瓦斯更易于积聚,造成通风压力较大、施工安全风险较高。通过对破碎地层进行注浆、封闭裂隙能减少瓦斯逸出,降低安全风险。

5.3.1 设置全封闭瓦斯隔离层地段需考虑地下水及瓦斯气体的出路,一方面防止地下水无法引排、水压过大导致衬砌开裂;另一方面防止衬砌背后瓦斯积聚压力过大导致渗透至洞内的瓦斯量增加,因此,需在衬砌背后设置水气收集管路。收集的水气混合体需进行分离,分离后的气体由专用排放管直接引出洞外,地下水排入侧沟。

5.3.2 为了保证全封闭段的瓦斯封闭效果,收集的水气混合体—

般引出全封闭段之外进行水气分离。在工程实际中,由于全封闭地段长度较长、地下水丰富,仅在全封闭两端设置水气分离装置时,容易在施工缝、变形缝等薄弱环节出现地下水渗漏,也导致瓦斯气体逸出。根据引排需要,为保障瓦斯封闭效果,需根据地下水情况、全封闭段落长度等因素增设水气分离装置(说明图 5.3.2—1)。根据调研,水气分离装置间距一般不超过 400 m,当地下水量较大,其间距可以加密至 50 m ~ 100 m。

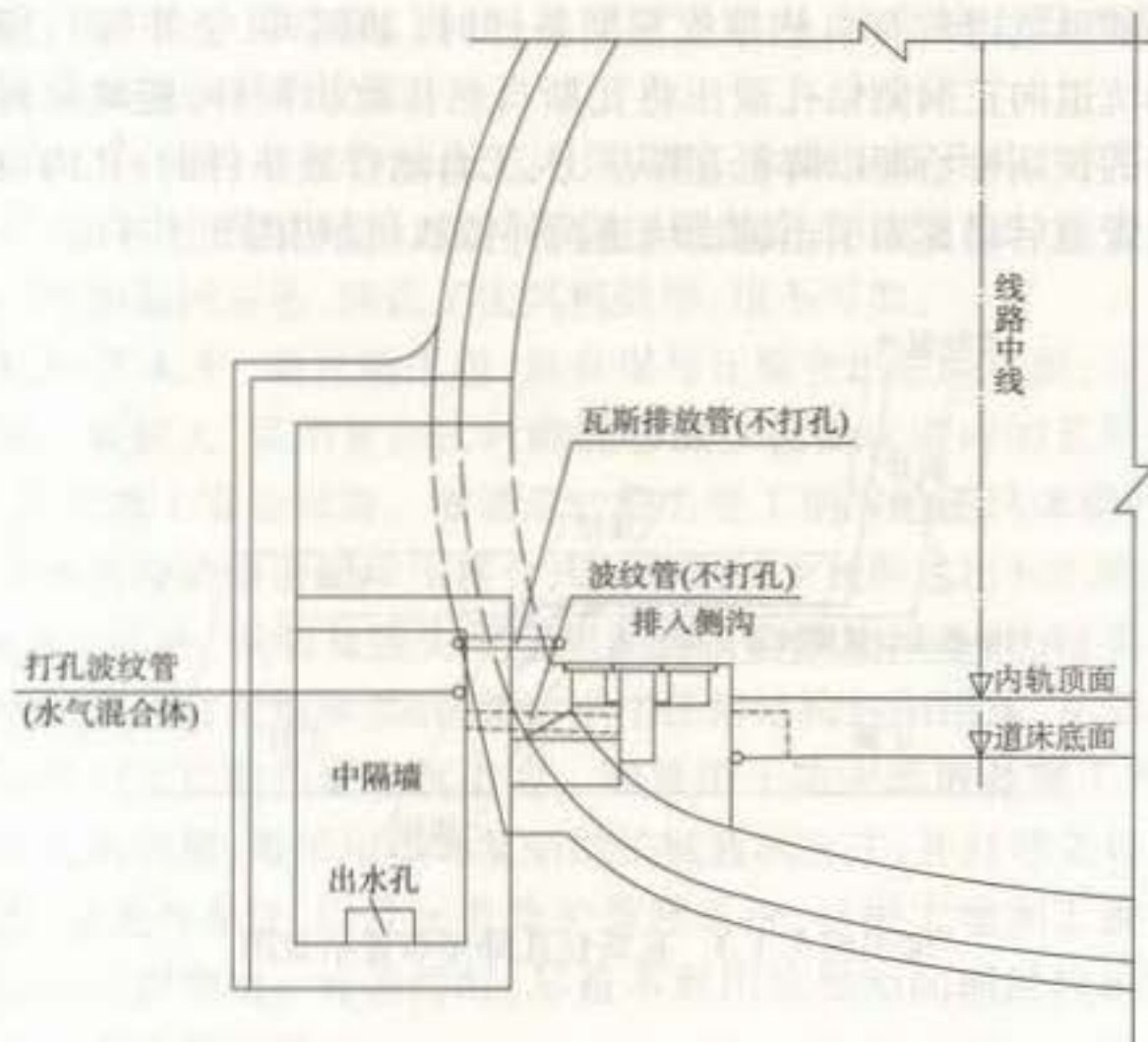


说明图 5.3.2—1 水气分离装置布置示意图

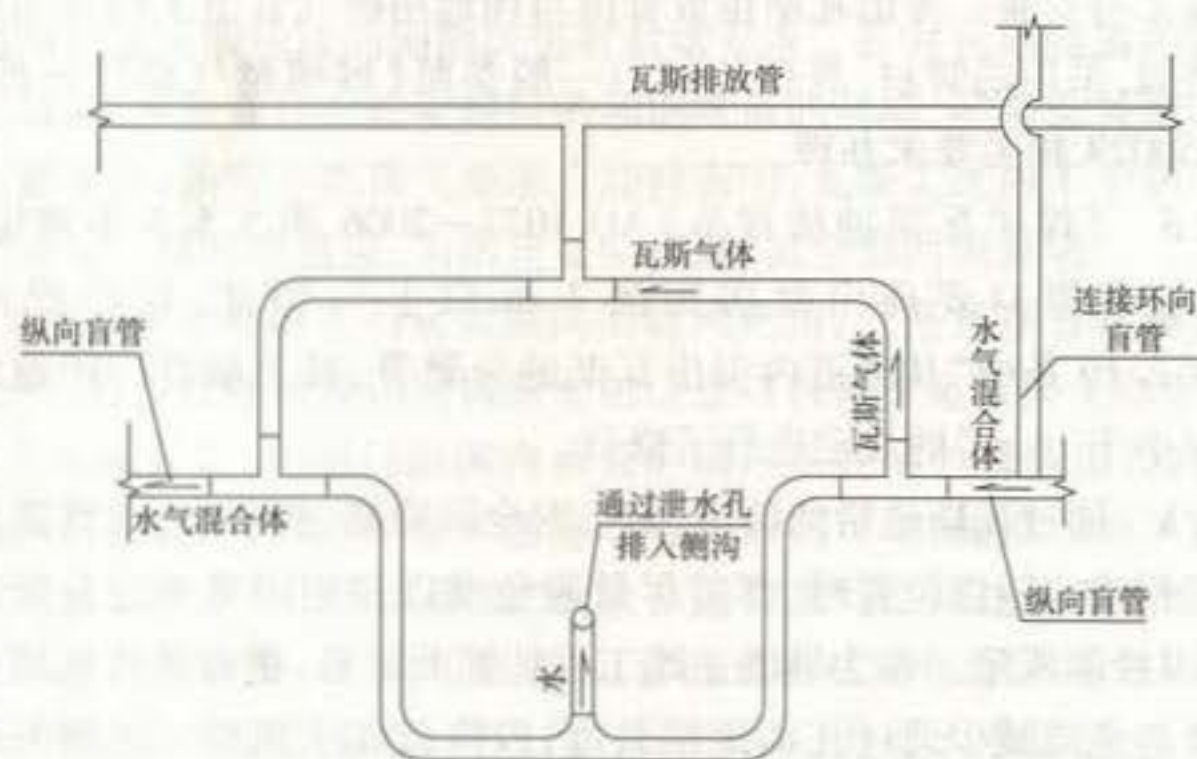
目前铁路隧道采用的水气分离装置一般为水气分离洞室装置(说明图 5.3.2—2),也能采用水气分离管路装置(说明图 5.3.2—3)。

通常在地下水发育、瓦斯赋存条件复杂、需设置水气分离装置数量较多时,为便于维护管理,一般采用水气分离洞室装置。

5.3.3 施工开挖释放瓦斯降低初始瓦斯压力后,一般情况下,衬砌背后的残余瓦斯压力较小。当含瓦斯地段较长、初始瓦斯压力较大、瓦斯补给条件较好时,衬砌背后的残余瓦斯将不断得到补给,二次衬砌施作后,将导致作用在结构上的瓦斯压力高,衬砌结构难以承受该荷载时,存在结构开裂、瓦斯封闭失效导致大量瓦斯逸入隧道,危及运营安全等风险。单纯采用衬砌结构承受瓦斯压力荷载时,衬砌结构过厚,施工工艺复杂,质量难以控制,施工安全风险高且不经济;对地层直接采用瓦斯引排措施,或在衬砌背后设置瓦斯排放管,将降低瓦斯压力,极大改善衬砌受力条件,结构对瓦斯的封闭效果也易于保障。

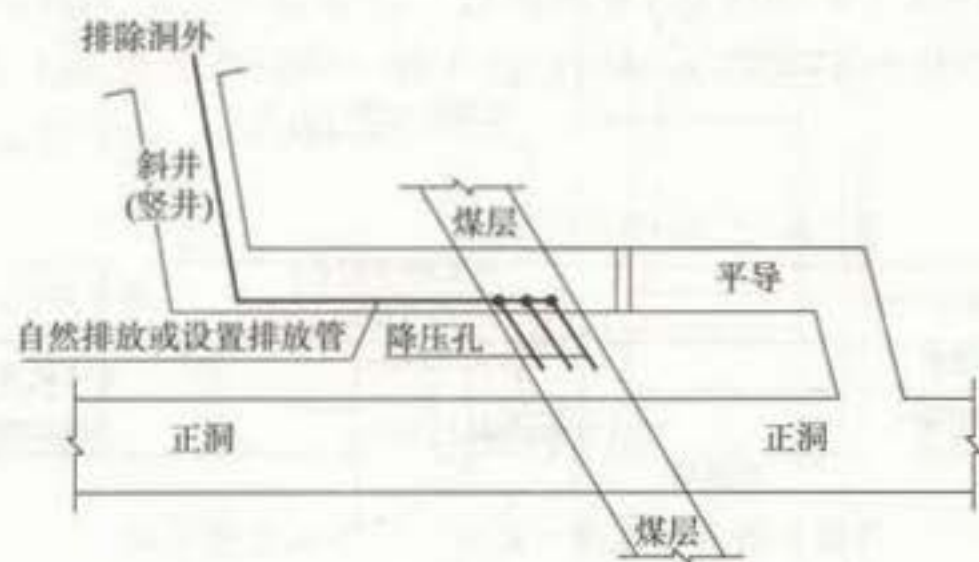


说明图 5.3.2—2 水气分离洞室装置示意图



说明图 5.3.2—3 水气分离管路装置示意图

辅助坑道具有自然排放瓦斯条件时(如斜井、竖井等),通过辅助坑道向正洞侧钻孔泄压将瓦斯自然排放出洞外,能减少衬砌背后的瓦斯补给源以降低瓦斯压力;无自然排放条件时,孔内设置排放管道后将瓦斯引出辅助坑道洞外排放(说明图 5.3.3)。



说明图 5.3.3 瓦斯钻孔降压布置示意图

5.3.4 采用预制接头能够较好地保证盲管的连接效果,也易于现场施工与安装。考虑瓦斯排放管道与埋地用燃气管道工程应用环境类似,采用的管材、管件与阀门一般参照《城镇燃气设计规范》GB 50028 相关要求办理。

5.3.5 《煤矿瓦斯抽放规范》AQ 1027—2006 第 5.5.5 条规定,“放空管管口要高出泵房房顶 3 m 以上”,因此,对原规范第 4.2.10 条中“从隧道内引出瓦斯的金属管,其上端管口距地面不应小于 10 m”的规定进行了修订。

5.4.1 通过瓦斯地层的隧道,施工安全风险高、投资大,在铁路正线工程确定隧道位置时,都需尽量避免或以较短距离通过瓦斯地层,以控制风险。作为辅助正线工程的辅助坑道,更有条件也更有必要避免或减少通过瓦斯地层长度,以降低施工风险。正洞与平导间的横通道,在施工期间往往是施工通风的薄弱环节,容易积聚

瓦斯,施工安全隐患高,因此,在瓦斯工区内,结合施工组织需要,尽量减少横通道的设置。

5.4.2 斜(竖)井在作抽出式通风井时,如兼作提升井,则需安设两道风门并开凿支风道,这样不但工程复杂而且提升时频繁开闭风门增加漏风系数,降低了主风机效率,很不可取。

5.4.3~5.4.5 高瓦斯区段、具有煤与瓦斯突出危险区段,瓦斯逸出量一般较大,采用复合式衬砌能够减少辅助坑道内的瓦斯逸出量,降低施工安全风险。横通道一般为施工期间的通风薄弱环节,瓦斯地层段的横通道采用复合式衬砌能减少瓦斯逸出和积聚。

5.4.6 斜井、横洞及独头平导均不具备自然通风条件,该类型的辅助坑道通过瓦斯地层时,无论采用任何结构封闭措施,瓦斯都会缓慢逸出并长期积聚在坑道内。如果用于防灾疏散救援工程,为防止瓦斯积聚,需采用较为复杂的机械通风方式,并且建立相应的监控、监测等系统,以及运营维护管理系统,将极大增加工程投资与运营维护费用。有条件时,尽量不利用该类型的辅助坑道作为防灾疏散救援工程。

5.4.7 《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016 对竣工后不予利用的通过含瓦斯地段的辅助坑道有封堵要求。针对瓦斯隧道的辅助坑道,尤其是通过含瓦斯地层的辅助坑道的封堵,除考虑封堵时排水要求外,还需考虑排气要求。经验表明,瓦斯工区内不予利用的平导与正洞间横通道,为防止瓦斯积聚,需全部回填封堵。

5.4.8 洞室是施工与运营期间的通风死角,也是瓦斯容易集聚的处所,减少瓦斯区段内附属洞室的设置可以减少运营安全隐患。

6.1.1、6.1.2 根据目前国内运营的南昆铁路家竹箐隧道、云桂铁路老石山隧道、沪昆客专斗磨隧道等的情况可知,隧道内尚不能达到运营期间完全没有瓦斯逸出,故在运营期间必须进行瓦斯检测。延续原规范第 4.4.1 条的要求,运营隧道内瓦斯允许浓度为 0.5%,系参照《铁路瓦斯隧道运营通风的技术标准》科研成果制定。

结合对运营瓦斯隧道的调研,条文中对各类瓦斯隧道,在运营

期间的瓦斯检测方式作了具体规定。

微瓦斯和低瓦斯隧道运营期间需结合工务养护工作采用人工检测,也能根据运输组织情况专门制订瓦斯检测工作要求。对于微瓦斯和低瓦斯的隧道,绝大部分情况是:通过瓦斯处理措施后能够将隧道内瓦斯浓度控制在安全范围内,通过定期的人工检测就可以进行检验和确认;即使在极其特殊的情况下出现异常,可以根据实际情况再另行增设自动瓦斯检测系统。

自动瓦斯检测系统工程投资大,维护工作量大,特别是瓦斯检测探头,需由专业机构人员定期进行标定才能保证其准确性和可靠性。自动瓦斯检测系统作为电子产品,长期处于隧道环境中,电气化铁路的强电磁场及环境条件对其可靠性影响大,如果维护不及时,极易出现误报、不报的现象。因此,除非确有必要,自动瓦斯检测系统并不适合大面积使用。从运营安全的角度,高瓦斯和瓦斯突出隧道需设置自动瓦斯检测系统。

客运专线、高速铁路较客货共线铁路维修天窗时间较长,一般不大于6 h,此时间段无活塞风作用瓦斯逸出易积聚,云桂铁路老石山隧道、沪昆客专斗磨隧道都出现了类似现象。考虑到隧道内结构复杂处瓦斯积聚最不利情况,可能会造成局部瓦斯浓度超标,客运专线、高速铁路的低瓦斯隧道运营期间也一般采用自动检测。

用作防灾疏散救援工程的辅助坑道,运营期间的瓦斯检测工作一般按本条文执行。

6.1.3 《铁路隧道运营通风设计规范》TB 10068—2010 第4.0.1条规定“有特殊要求的铁路隧道应设置机械通风”,其中“有特殊要求的铁路隧道”是指含瓦斯等有害气体隧道、高地温隧道和有异味隧道等。经统计,2005年至2011年中铁二院承担设计的78座铁路瓦斯隧道运营通风中,低瓦斯隧道61座,其中仅有4座隧道预留机械通风条件;高瓦斯隧道17座,其中8座预留机械通风条件,3座设置机械通风。近年来中铁二院设计的已开通和在建瓦斯隧道机械通风统计见说明表6.1.3—1。

说明表 6.1.3—1 近年已开通和在建瓦斯隧道机械通风统计表

线名	设计时速 (km)	隧道名称	线别 (单/双线)	长度 (m)	机车牵引 类型	状态	瓦斯等级	绝对瓦斯涌出 量(m ³ /min)	是否设计机械 通风情况	实际实施机械 通风情况
南昆线	120	家竹箐隧道	单线	4 990	电力	开通	瓦斯突出	2.189	是	是
织毕线	120	杨家坡隧道	单线	1 737	电力	开通	瓦斯突出	11.37	否	否
沪昆线	350	斗磨隧道	双线	2 076	电力	开通	瓦斯突出	3.41	预留	是
东环线	160	鸽子岩隧道	双线	4 782	电力	在建	瓦斯突出	2.94	是	—
渝黔线	200	新凉风垭隧道	双线	7 623	电力	开通	瓦斯突出	0.13~3.02	预留土建	否
云桂线	200	老石山隧道	双线	8 075	电力	开通	高	10.05~14.07	预留	否
六沾线	160	乌蒙山一号隧道	双线	6 451	电力	开通	瓦斯突出	8.06	预留土建	否
六沾线	160	三联隧道	双线	12 260	电力	开通	瓦斯突出	4.7	预留土建	否
六沾线	160	新且午隧道	双线	3 878	电力	开通	瓦斯突出	2.27	预留土建	否
达成线	200	云顶隧道	双线	7 858	电力	开通	高	3.03	是	是
成渝线	350	龙泉山隧道	双线	7 328	电力	开通	高	2.2	否	否
兰渝线	200	熊洞湾隧道	双线	6 992	电力	开通	高	0.56	否	否
兰渝线	200	轩盘岭隧道	双线	5 986	电力	开通	高	3.03	否	否
兰渝线	200	梅岭关隧道	双线	8 215	电力	开通	高	3.03	否	否
兰渝线	200	仲家山隧道	双线	5 683	电力	开通	高	>0.5	否	否
兰渝线	200	玄真观隧道	双线	7 447	电力	开通	高	>0.5	否	否
兰渝线	200	四方山隧道	双线	7 868	电力	开通	高	>0.5	否	否
兰渝线	200	肖家梁隧道	双线	5 215	电力	开通	高	3.03	否	否
西成线	250	黄家梁隧道	双线	11 617	电力	开通	高	30.64	否	否

续说明表 6.1.3—1

线名	设计时速 (km)	隧道名称	线别 (单/双线)	长度 (m)	机车牵引 类型	状态	瓦斯等级	绝对瓦斯涌出 量(m ³ /min)	是否设计机械 通风情况	实际实施机械 通风情况
西成线	250	岩边里隧道	双线	6 069	电力	开通	高	20.224	否	否
西成线	250	金家岩隧道	双线	12 024	电力	开通	高	13.16	否	否
巴达线	160	徐家湾隧道	单线	4 652	电力	开通	高	0.6	否	否
巴达线	160	张家湾隧道	单线	3 767	电力	开通	高	1.065	否	否
巴达线	160	康家院隧道	单线	3 142	电力	开通	高	0.84	否	否
巴达线	160	邓家湾隧道	单线	1 791	电力	开通	高	1.125	否	否
巴达线	160	潘家坡隧道	单线	1 693	电力	开通	高	0.675	否	否
沪昆线	350	大茶山隧道	双线	9 956	电力	开通	瓦斯突出	1.59~10.22	预留	否
沪昆线	350	刘家庄隧道	双线	7 583	电力	开通	高	2.81	预留	否
沪昆线	350	林家屋基隧道	双线	5 850	电力	开通	高	0.69	预留	否
沪昆线	200	太公山隧道	双线	6 396	电力	开通	高	3.03	预留土建	否
沪昆线	200	松岗隧道	双线	9 468	电力	开通	高	3.03	预留土建	否
沪昆线	200	老周岩隧道	双线	7 536	电力	开通	高	3.03	预留土建	否
沪昆线	120	新白沙沱隧道	单线	9 974	电力	在建	高	—	预留土建	—
叙大线	80	中坝隧道	单线	4 001	内燃 (预留电化)	在建	高	7.62	是	—
叙大线	80	余家坡隧道	单线	1 780	内燃 (预留电化)	在建	高	—	是	—
渝怀二线	120	黄草二线隧道	单线	7 131	电力	在建	高	0.97~2.19	是	—

注:表内瓦斯等级按《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120—2002 规定划分。

瓦斯突出隧道中,除织毕线杨家坡隧道(1 737 m)外未考虑机械通风外,其余瓦斯突出隧道如渝黔线新凉风垭隧道(7 623 m)、沪昆线斗磨隧道(2 076 m)、东环线鹞子岩隧道(4 782 m)均设计了机械通风系统或预留了土建条件。对于高瓦斯隧道,如成渝线龙泉山隧道(7 328 m)、兰渝线熊洞湾隧道(6 992 m)、兰渝线梅岭关隧道(8 215 m)、西成线岩边里隧道(6 069 m)、西成线黄家梁隧道(11 617 m)、巴达线邓家湾隧道(1 791 m)等隧道均未设置机械通风且未预留相关土建条件;渝黔线太公山隧道(6 396 m)、松岗隧道(9 468 m)、老周岩隧道(7 536 m)设计阶段均对机械通风预留了土建条件;而叙大线中坝隧道(4 001 m)、余家坡隧道(1 780 m)均设计了机械通风。

根据《铁路隧道运营通风设计规范》TB 10068—2010 对列车以不同时速(80 km~350 km)通过不同长度(0.5 km~20 km)的单线铁路隧道所引入的活塞风进行了计算,见说明表 6.1.3—2~说明表 6.1.3—5,各种情况下列车活塞风均无法完全将隧道内空气完全置换,但列车活塞风有稀释隧道内瓦斯的作用,对于平均每延米引入活塞风最小的 20 km 长单线铁路隧道,列车活塞风每延米在隧道断面引入的活塞风量占隧道断面面积的 20% 左右。

说明表 6.1.3—2 设计时速 140 km 隧道列车通过期间
每延米引入活塞风风量

列车编组 (m)	列车通过期间 每延米引入活塞风 风量(m ³)	列车时速(km)								
		80		100		120		140		
		有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	
20 辆	隧道长度 (m)	500	22.12	21.33	22.31	21.53	22.51	21.72	22.03	21.25
		1 000	20.12	19.60	20.08	19.56	20.19	19.68	19.99	19.46
		2 000	17.68	17.37	17.66	17.35	17.72	17.41	17.70	17.39
		3 000	16.20	15.98	16.19	15.97	16.23	16.01	16.08	15.86

续说明表 6.1.3—2

列车编组 (m)	列车通过期间 每延米引入活塞风 风量(m ³)	列车时速(km)								
		80		100		120		140		
		有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	
537	隧道长度 (m)	5 000	14.31	14.19	14.31	14.18	14.33	14.20	14.31	14.18
		10 000	11.80	11.75	11.79	11.75	11.80	11.76	11.77	11.72
		15 000	10.81	10.87	10.81	10.87	10.81	10.87	10.81	10.87
		20 000	9.78	9.84	9.78	9.84	9.78	9.84	9.78	9.84

说明表 6.1.3—3 设计时速 160 km 隧道列车通过期间
每延米引入活塞风风量

列车编组 (m)	列车通过期间 每延米引入活塞风 风量(m ³)	列车时速(km)										
		80		100		120		140		160		
		有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	
20 辆	隧道长度 (m)	500	25.56	24.54	25.79	24.77	26.03	25.00	25.46	24.45	25.85	24.83
		1 000	23.00	22.31	22.95	22.26	23.09	22.40	22.85	22.16	22.80	22.11
		2 000	20.03	19.61	20.01	19.58	20.08	19.65	20.05	19.63	20.12	19.70
537	隧道长度 (m)	3 000	18.27	17.97	18.25	17.95	18.30	18.00	18.12	17.83	18.20	17.90
		5 000	16.05	15.88	16.04	15.87	16.06	15.89	16.04	15.87	16.01	15.84
		10 000	13.12	13.07	13.12	13.06	13.13	13.07	13.09	13.03	13.14	13.08
		15 000	12.15	12.26	12.15	12.26	12.15	12.26	12.15	12.26	12.15	12.26
		20 000	10.94	11.04	10.94	11.04	10.94	11.04	10.94	11.04	10.94	11.04

说明表 6.1.3—4 设计时速 250 km 隧道列车通过期间每延米引入活塞风风量

列车编组 (m)	列车通过期间 每延米引入活塞风 风量(m ³)	隧道长度 (m)	列车时速(km)															
			80		100		120		140		160		200		250			
			有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟	有砟	无砟		
16 辆	500	隧道长度 (m)	有砟	27.11	25.99	27.40	26.28	26.89	25.79	26.79	25.68	26.68	25.58	26.85	25.75	27.57	26.45	
			无砟	25.99	24.53	23.71	24.47	24.18	23.37	24.23	23.42	24.74	23.93	24.16	23.36	24.29	23.49	
			有砟	21.45	20.94	21.42	20.91	21.28	20.77	21.42	20.91	21.34	20.82	21.28	20.76	21.06	20.54	
			无砟	19.60	19.25	19.59	19.23	19.49	19.14	19.66	19.30	19.68	19.32	19.49	19.14	19.63	19.27	
	1 000		有砟	17.25	17.05	17.24	17.04	17.19	16.99	17.22	17.02	17.28	17.09	17.18	16.99	17.31	17.12	
			无砟	14.09	14.06	14.09	14.05	14.07	14.03	14.11	14.07	14.08	14.04	14.07	14.03	14.12	14.08	
			有砟	13.30	13.48	13.30	13.48	13.30	13.48	13.30	13.48	13.30	13.48	13.30	13.48	13.30	13.48	
			无砟	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	
427	有砟	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11			
	无砟	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11			
	有砟	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11			
	无砟	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11	11.93	12.11			

说明表 6.1.3—5 设计时速 350 km 隧道列车通过期间每延米引入活塞风风量

列车编组 (m)	列车通过期间 每延米引入活塞风 风量(m ³)	列车时速(km)									
		80	100	120	140	160	200	250	300	350	
		无砟	无砟	无砟	无砟	无砟	无砟	无砟	无砟	无砟	无砟
16 辆	隧道长度 (m)	500	30.61	30.72	31.33	31.20	31.07	31.29	32.18	29.39	31.48
		1 000	27.60	27.39	27.74	27.80	27.31	27.72	27.89	26.65	27.51
		2 000	24.30	24.19	24.37	24.05	24.44	24.37	24.10	23.83	23.91
		3 000	22.37	22.30	22.41	22.30	22.28	22.41	22.58	22.07	22.69
402.8	隧道长度 (m)	5 000	19.88	19.84	19.90	19.77	19.83	19.90	19.75	19.72	19.81
		10 000	16.45	16.43	16.46	16.43	16.47	16.46	16.39	16.38	16.52
		15 000	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28
		20 000	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57

对于双线铁路隧道,列车双向通行,尽管可能出现隧道内空气紊流现象,但列车活塞风对洞内瓦斯还是有一定稀释作用。理论上,如果行车密度高,且不考虑天窗时间,铁路隧道可以不设置机械通风。但实际上隧道设置机械通风应根据牵引种类、隧道长度、线路平纵断面、道床类型、行车速度和密度、气象条件及两端洞口地形条件等因素综合考虑确定,瓦斯突出隧道由于吨煤瓦斯含量以及瓦斯压力较大,在多种不利因素耦合作用,隧道内也可能短时间内积聚瓦斯气体导致检测数据超标。

结合统计资料,不同隧道类型和不同瓦斯等级的瓦斯隧道,设置机械通风的情况不尽相同,且规律性不明显,从运营安全角度,规定瓦斯突出隧道不考虑单双线 and 隧道长度,均设置机械通风;其余瓦斯隧道根据线路条件(如时速标准、线型、纵坡)、自然环境条件(如隧道自然风条件、洞口高程差)、瓦斯封闭效果、运

营维护模式、行车密度和速度、隧道净空断面、辅助坑道设置等综合确定是否设置机械通风、预留机械通风条件或预留机械通风土建条件。需要注意的是,由于机械通风是一个系统,洞外的供电系统满足今后机械通风供电要求时,隧道内一般先期预留土建条件;不满足时,供电系统需列为预留对象,需同时预留土建和供电系统条件。根据运营实测数据确定机械通风设备的安装时机。

6.1.4 瓦斯隧道运营期间承担通风、排水以及防灾疏散救援等功能的辅助坑道,需定期进入人员进行检查和维护(如清理水沟、维护机电设备、加固裂损衬砌等),为保证养护人员以及列车疏散人员人身安全,辅助坑道需配置必要的通风和供配电设施,只有在彻底通风使瓦斯浓度小于 0.5% 以后,才能进入工作或疏散。用于防灾疏散救援的辅助坑道,需设置固定通风设备。检查和维护时,养护人员可配置移动设备。需要指出的是,通风风量逐渐由小变大,务必使坑道内排出的高浓度瓦斯与坑道口新鲜气流混合后其浓度不大于 1.5%。通风完毕,养护人员进入现场工作,并遵守安全规定。

6.2.3

1 自动检测范围要包含施工期间所有含瓦斯地段,由于瓦斯在隧道内逸出后,存在一定流动性的现象,因此结合目前站后专业对瓦斯隧道自动检测设计范围,条文规定瓦斯段落两侧各延伸 200 m ~ 300 m 范围也要纳入检测。

2 为避免检测探头失效、故障等情况造成漏报、误报等,条文中规定检测点探头需设置为双探头,同一点两个探头的检测数据需相互校核,剔除异常数据。

3 根据目前的设计分工、现场实际施工和设备采购及供货情况,风机的控制设备一般为风机设备自带,与自动瓦斯检测系统是接口关系,自动瓦斯检测系统应该具备向风机控制系统提供自动

信号来实现风机联动启动的功能。家竹箐隧道原通风控制设备采用自动监控系统,即当检测浓度超标后,通过程序自动启动风机。但在实际应用中,现场人员发现,风机启动后的短时间内,瓦斯浓度时高时低,导致风机频繁的启动、关停,最终,调整为采用人工值班控制。因此,控制室中心站需具有自动启动风机通风的功能,但根据隧道运营需要,也可对检测数据进行人工判断后再确定是否启动风机,瓦斯浓度超标时,既可以及时启动风机,也可以避免风机频繁启动造成设备故障。

6.3.1 目前铁路隧道运营机械通风多采用纵向式通风,条文中规定了三种纵向通风方式以供设计时根据实际条件选用。高速列车进入隧道后产生的空气动力学效应对隧道附属设施的影响是一个非常复杂的问题,它与列车速度、隧道面积、列车参数、隧道长度、辅助坑道设置、附属设施的种类位置和形状尺寸等众多因素有关。高速列车风对隧道附属设施会产生冲击荷载(交变荷载)并反复作用,不可忽视,因此从运营安全的角度,在条文中规定高速铁路瓦斯隧道不宜采用壁龛式射流风机纵向通风。

6.3.2 对运营瓦斯隧道现场调研,南昆铁路家竹箐隧道瓦斯运营通风分别于平导洞口和二号斜井洞口各设置了一套通风设备,其中二号斜井口设置2台132 kW的主风机,平导口设置2台90 kW的备用风机,所有风机均为防爆风机。

由于瓦斯隧道运营期间瓦斯逸出量较少,且有严格的瓦斯允许浓度标准,当隧道内微量瓦斯积聚接近允许浓度时,就必须启动风机通风,稀释和排出隧道内积聚的瓦斯以保安全。

风机一般安装在洞口或竖(斜)井口,已远离瓦斯地段,但是由于消防等需要,风机需具有短时反转控制风流大小及方向的功能,所以含瓦斯的风流可能经过风机,为保安全风机均采用防爆型风机。

6.3.3

2 射流风机采用拱顶吊装式对行驶列车存在安全隐患,且不利于维修养护。

3 选择叶轮直径大、转速低、轂比小的轴流风机主要考虑节省运营费用。需要风量小时,两台或多台风机并联使用。

6.3.4 根据《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016 规定,瓦斯隧道定时通风在列车进入隧道前或列车驶出隧道后进行,列车在隧道内运行时不应进行通风,所以隧道正常换气通风应考虑两列车之间的时间或隧道天窗时间能将隧道内空气至少置换一遍,特别是长大铁路隧道,由于风速较大导致的需风量也相应较高。因此条文中将隧道正常换气通风需风量也列入机械通风应考虑的因素之一。根据《铁路隧道运营通风设计规范》TB 10068—2010 规定,隧道内自然风应按对隧道通风不利的情况考虑。当缺乏资料时,单线隧道内自然风速可按 1.5 m/s 计算,双线隧道内自然风速可按 2.0 m/s 计算。《煤矿安全规程》(2016年版)第136条规定架线电机车巷道允许最低风速为 1 m/s ;南昆线家竹箐隧道实测资料,洞内风速小于 1 m/s 时,拱顶瓦斯浓度大多大于2%。因此条文中规定防止瓦斯积聚的最小风速按 1 m/s 计,瓦斯隧道通风量根据稀释隧道内瓦斯、防止瓦斯积聚最小风速以及隧道正常换气通风分别计算需风量,并取最大值。

根据南昆线家竹箐隧道运营通风试验研究结果,瓦斯是瓦斯隧道运营通风的主要对象,瓦斯逸出量是瓦斯隧道运营通风计算的依据之一。瓦斯逸出量与瓦斯压力、衬砌及缝隙的渗透系数有直接关系。衬砌及缝隙的渗透系数是依据家竹箐隧道的科研成果确定的。瓦斯逸出量能按式(说明5.1.2—1)进行估算。

瓦斯隧道最小风速的需风量按下式计算

$$q_{\min} = v_{\min} \cdot A$$

式中 q_{\min} ——隧道全长最小风速需风量(m^3/s);

v_{\min} ——瓦斯隧道最小风速,取 1 m/s ;

A ——隧道通风断面面积(m^2)。

6.3.5 瓦斯浓度允许值的规定,系根据《铁路瓦斯隧道运营通风标准值研究》成果确定,隧道内瓦斯浓度达到 0.4% 时及时启动风机。

6.3.6 瓦斯隧道的机械通风时间根据瓦斯逸出量、隧道长度、隧道断面、洞内环境、行车间隔以及天窗维护时间等因素计算确定,为避免风机频繁启停增加风机故障率,风机每次运转时间不小于 15 min 。

6.4.1 隧道内一般采用轴流风机作为机械通风设备,由于轴流风机运行时,通过叶片液压调节装置,能调节叶片的安装角,并保持在一定角度上,使其在变工况工作时仍具有较高的效率,所以通常功率较大,为一种大型风机。本条参照《煤矿安全规程》(2016年版)第 158 条轴流风机和射流风机的特点制订。

6.4.2 根据《铁路电力设计规范》TB 10008—2015,用电负荷分级的意义,在于正确反映它对供电可靠性要求的界限,以便恰当地选择符合实际水平的供电方式,提高投资的经济效益,保护人员生命和设施的安全。负荷分级主要是从安全和经济损失两个方面来确定。安全包括了人身生命安全和生产过程、生产装备的安全。对于用电设备是否为一级负荷,其主要判据是对停电后果的评估。还有一个可供参考的判断方法是:用电设备本身是否允许停止工作。铁路用电负荷中还存在许多系统性的设备,其不同节点的设备对供电可靠性的需求不一定相同。属于各类系统组成内容的用电设备,需要根据其在系统中的使用性质、非正常停电的后果等因素分析确定负荷等级。因此,条文中规定瓦斯隧道机械通风及监控设备的供电采用一级负荷供电标准。

7.1.1 勘察设计阶段受各种因素的影响,往往难以非常准确地标定煤层位置、煤层瓦斯参数,通过施工过程中工作面的超前地质预报工作获得的煤层位置、煤层瓦斯参数更真实可靠,同时也可以避免因误穿煤层、误揭煤层而引起的瓦斯事故。非煤层瓦斯出露位置更具有不确定性,往往通过构造或者节理密集带等逸出,因此要求瓦斯隧道在施工阶段需遵循先探后掘的原则。

7.1.2 对煤层瓦斯而言,在未能有效准确获取煤层及瓦斯赋存参数的情况下盲目施工风险极高,所以重点探明煤层分布位置、煤层厚度,并测定瓦斯含量、瓦斯压力、涌出量、瓦斯放散初速度、煤的坚固性系数等,判定煤的破坏类型,分析判断煤的自然及煤尘爆炸倾向性、煤与瓦斯突出危险性等内容。开展以上工作最有效、最直接的超前探测手段是超前钻探。

7.2.1 一般来说,对地层岩性变化点、构造发育部位、岩溶发育带附近等复杂、重点地段需每开挖循环进行地质素描,其他一般地段不超过 10 m 进行一次。高瓦斯、煤与瓦斯突出工区的过煤层段段视为复杂重点地段,故规定每循环进行地质素描,其余瓦斯地段较非瓦斯地段更为重视,故规定为 5 m 一次地质素描。煤系地层地质素描一般利用地层层序、地层厚度、标志层和岩层产状等,通过作图分析确定煤层的里程位置。

7.2.2 对于勘察阶段比较明确的煤系地层,建设过程中较为重视,超前地质预报工作有针对性和相对明确的范围,但由于岩性分界线往往有一定的偏差,且煤系地层中的煤线、薄煤层及鸡窝状煤等难以查明,所以从确保安全的角度出发适当加大物探范围是必要的。一般隧道物探探测搭接长度不小于 5 m ,考虑瓦斯隧道特殊性以及对安全的更高要求,其搭接长度适当加长。

7.2.3 隧道内常用的物探方法有弹性波反射法、电磁波反射法及高分辨直流电法,其中弹性波反射法以地震波反射法(TSP)为主,利用人工激发的地震波进行探测;电磁波反射法主要采用地质雷

达,利用电磁波进行探测;高分辨直流电法是利用电场和电磁场的分布规律进行探测,以瞬变电磁法(TEM)为主。物探设备属于移动作业机械设备,其性能要求满足高瓦斯及瓦斯突出工区作业机械设备要求,通过对煤矿系统及矿业系统调查,常用的防爆型物探设备主要有:DTC-150或DTC-200型防爆超前探测仪、ZTR12矿用本安型地质雷达,TEMHZ75矿用本安型瞬变电磁仪、TEMJF50矿用隔爆兼本安型瞬变电磁仪、YD32(A)矿用本安型高分辨电发仪、YDZ(A)矿用本安型直流电法仪等。

地震波反射法需要在隧道内爆破激发地震波,存在一定的安全隐患。故规定物探实施位置要尽量避开瓦斯集中涌出地段,其余地段在满足作业环境安全及爆破作业要求的前提下,通过实践证明是可以采用地震波反射法的,通过现场调研,目前大多数瓦斯隧道仍在采用。

7.3.1 由于煤层瓦斯地质条件的复杂性,煤层位置在隧道内分布可能存在畸变,也可能无规律性的存在薄煤层,鸡窝状煤、煤线、气囊等,对施工存在一定的安全事故隐患,故在一般隧道的超前地质预报的基础上,需加强超前探测措施,增加了贯穿整个瓦斯区段的超前钻孔。

7.3.2 预测或初探煤层是指通过勘察设计阶段地质调查、物探、钻探等综合手段标定的煤层及施工中综合超前地质预报手段初步探测的煤层。

根据《煤矿安全规程》(2016年版)及《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)对平均厚度在0.3 m及以上的煤层需要进行突出危险性评估及预测的要求,根据此要求规定距煤层位置较远处需要开展准确探测煤层厚度、性质等;对突出危险性预测中超前综合防突先行、工作面综合防突补充的原则,也需要距煤层较远处开展突出危险性预测。因此,增大了探测煤层准确位置的超前探孔距煤层的起始距离。随着超前钻探设备制造技术的发展,根据调研,目前隧道内超前钻孔一般为30 m~50 m,专用钻探设备可达到

100 m以上。

7.3.3 高瓦斯及瓦斯突出地段,其瓦斯涌出量大、瓦斯压力高,为防止超前钻孔施工中瓦斯异常涌出造成灾害,因此规定需单工序作业;对于微、低瓦斯地段,瓦斯涌出量相对较小,但为避免由于煤(岩)层的畸变,或地层实际瓦斯赋存条件变化较大时可能出现的灾害,因此规定微、低瓦斯工区宜采用单工序作业。

7.3.4 施钻过程中出现条文中的动力现象时,发生突出危险的可能性极高,为确保安全,需要停工、撤人、断电。

7.3.5 瓦斯地层受沉积环境、地质构造作用,煤层产生分岔、尖灭、煤包等现象,煤层畸变和鸡窝状煤仅靠超前钻孔往往又难以查明,存在一定的安全隐患。利用加深炮孔对洞周进行探测是利用风钻或凿岩台车向在隧道开挖工作面周边钻小孔径浅孔获取煤层瓦斯信息,以利于采取更具针对性的安全措施。

8.1.1 瓦斯地段超欠挖过多或塌方时初期支护背后易形成空洞,造成瓦斯积聚在空洞中,浓度不断增大,成为施工安全隐患。某公路隧道由于塌方造成瓦斯积聚于塌腔,在其他因素的作用下发生瓦斯爆炸,导致重大事故。

8.1.2 揭煤段往往地质条件复杂,瓦斯压力大,含量高,施工工序多,安全风险较高,故需由单方向掘进通过更为安全经济合理,也更易于组织。同一瓦斯区段划分在同一工区能一定程度减少瓦斯工区的个数或降低其余瓦斯工区类别,简化施工组织、施工通风、降低施工风险、减小施工投入。

8.1.3 “一炮三检”制度是在装药前、爆破前、爆破后由瓦检员检查爆破地点的瓦斯浓度。装药前、爆破前爆破地点附近20 m以内的风流中的瓦斯浓度达到或者超过1%时,不准装药、爆破;爆破后瓦斯浓度达到或者超过1%时,必须立即处理,若经过处理,瓦斯浓度不能降到1%以下,不准继续作业。“一炮三检”是防止装药前、爆破前、爆破后瓦斯超限条件下违章作业的重要措施。

“三人连锁爆破”是指爆破工、班组长、瓦检员(安全员)三人

必须自始至终同时参与爆破工作的全过程,并执行换牌制。“三人连锁爆破”制度是防止爆破混乱、爆破警戒不严或警戒不落实造成爆破伤人事故的有效措施,其主要要求如下:

爆破工在检查连线工作无误后,将警戒牌交给班组长。

班组长接到警戒牌后,应检查顶板、支护、风量、瓦斯、洒水等爆破准备工作无误,达到爆破要求条件时下达爆破命令,并负责组织撤出人员、设置警戒,清点人数、确认无误后将瓦检牌交给瓦检员(安全员)。

瓦检员(安全员)接到瓦检牌,检查确认瓦斯浓度、煤尘浓度不超限,将自己携带的爆破牌交给爆破工。

8.1.4 《煤矿安全规程》(2016年版)第350条规定:井下爆破作业,必须使用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管。从工程的目的性而言,煤矿是以采煤为目的,煤矿选址均在煤系地层中,整个矿井系统复杂,巷道众多,互通互联,且很多巷道都是顺煤层掘进,矿井中任何一个坑道发生事故都会对整个矿井安全产生非常大的影响,因此煤矿系统规定井下爆破作业都必须使用煤矿许用炸药和电雷管。

而对于铁路隧道而言,首先是选线时就尽量避开煤系地层和煤层,当必须穿越时往往都是尽量大角度短距离穿越,而且多是单点单线穿越煤层。因此实际情况往往是整个隧道只有部分较短段落是位于煤系地层中,其余大部分段落都是位于不含煤和瓦斯的地层中通过,因此铁路隧道和煤矿系统从工程性质上而言是有非常大的区别的。本规范将煤系地层及其两端延伸段可能含有煤和瓦斯的段落划分为瓦斯区段,其性质与煤矿矿井类似,为确保施工安全,瓦斯区段的炸药和雷管严格执行《煤矿安全规程》(2016年版)中的相关规定,使用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管。而对于非瓦斯区段,其地层中不含煤和瓦斯,且与煤矿矿井中的岩石掘进巷道施工环境不同。基于这种认识,成贵铁路、渝黔铁路、叙毕铁路等瓦斯隧道施工中,在瓦斯工区的非瓦斯区段,为了提高工效,

在坚持瓦斯监测及施工通风的情况下,现场实际多采用普通型炸药和雷管。因此,根据铁路瓦斯隧道本身的特点,充分分析铁路隧道与煤矿矿井的区别,体现精细化设计、施工管理的理念,使工程措施更具有针对性,提高工效和降低成本,对瓦斯区段的炸药和雷管作出了使用煤矿许用型的规定。

8.2.1 煤系地层特别是穿越煤层时,综合考虑地质条件、断面大小、煤层及瓦斯的赋存条件,确定合理的开挖方法和进尺,防止一次暴露的煤及煤壁面积过大,瓦斯逸出量多,增大施工不安全因素。由于高瓦斯及突出地段瓦斯含量高,瓦斯压力大,加之综合考虑分步揭煤、瓦斯排放等因素,结合目前铁路行业基本的施工方法,建议采用台阶法分部开挖为主。

8.2.3 水炮泥是将水注入筒状聚乙烯塑料袋并封住口而制成的,其长度一般在250 mm~300 mm左右,代替炮眼充填料,直径略小于炮眼直径。水泡泥属于不可压缩材料,与孔壁的摩擦远不如固体炮泥。在有瓦斯的工作面,也就是瓦斯区段中,采用水泡泥与固体炮泥结合使用,可以解决单用固体炮泥存在的问题,炸药爆炸后,水泡泥的水由于爆生气体的冲击作用形成水雾,起到了降低爆温、缩短爆炸火焰延续时间的作用,从而减低了引爆瓦斯、煤尘的可能性。水泡泥形成的水幕,有降尘和吸收爆炸气体中有害气体的作用。若在水炮泥中加上适当的辅助剂,将会更好地起到降尘和减少有害气体的作用。采纳《爆破安全规程》GB 6722—2014中水泡泥外剩余炮孔部分炮泥封堵长度不应小于0.3 m的规定。

8.2.4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第359条制定。炮眼深度越小,药卷对自由面的抵抗线也越小,当炮眼深度小于0.6 m时,扣除所装药卷长度后,炮泥长度肯定不足,就不能阻止高温高压的爆生气体和灼热的固体颗粒冲破抵抗线最小的自由面,极易引燃、引爆瓦斯或煤尘。炮眼深度小于0.6 m时,属浅孔爆破,不得装药、爆破。在特殊条件下,如挖底、欠挖、挑顶确需爆破时,需制定安全措施,并符合下列要求:

(1) 每孔装药量不得超过 150 g。

(2) 炮眼必须封满填实炮泥。

(3) 爆破前必须在爆破地点附近洒水降尘并检查瓦斯, 瓦斯浓度超过 1% 不准爆破。

(4) 检查并加固爆破地点附近的支护。

(5) 爆破时, 必须设置警戒, 班长在现场指挥。

8.2.6 铁路隧道选线时首先尽量避开煤系地层, 不能避免时尽量短距离、大角度穿越, 因此隧道中的煤系地层的段落一般较短, 大部分段落位于非瓦斯地层, 实际情况中往往一个几公里甚至更长的隧道, 穿越煤系地层的段落只有几十米; 铁路隧道本身的巷道较为单一, 且多为单点单线大角度穿越煤层, 其工程性质与煤矿有较大差别; 根据对成贵、渝黔、叙毕、六沾等铁路瓦斯隧道选用的炸药类型调研, 在瓦斯区段中均采用煤矿许用炸药, 但在非瓦斯区段中, 多采用猛度更高、炸药用量更少、更经济的普通岩石乳化炸药, 通过实践证明在加强超前地质预报的基础上、坚持瓦斯监测及施工通风等确保安全的前提下, 在确定开挖面不含煤和瓦斯时, 非瓦斯区段采用普通岩石乳化炸药的做法是可行的, 也是安全的。基于铁路瓦斯隧道与煤矿矿井的差异性, 对瓦斯区段爆破作业炸药类型的规定与《煤矿安全规程》(2016 年版) 的要求是一致的。

8.2.7 炮眼内发现异状, 如炮眼内有水流出、煤壁发潮、挂水珠、工作面发冷等可能是透水的征兆; 响煤泡、地压突然增大、炮眼内瓦斯忽大忽小等, 则是煤与瓦斯突出的预兆。当遇到上述情况时, 都严禁装药、爆破, 因为遇到上述“征兆”时仍进行爆破, 极可能诱发灾害事故。铁路行业部分现行技术规程对瓦斯工区做出了严禁反向装药起爆的规定, 要求较为严格。《爆破安全规程》(2016 年版) 规定: 在高瓦斯矿井采掘工作面采用毫秒爆破时, 若采用反向起爆, 必须制定安全技术措施。从炸药发挥能力与威力看, 反向爆破更加合理, 炮眼利用率可提高 5%~20%, 但目前对正向起爆和反向起爆的安全性问题一直存在争论, 德国、法国和波兰等国家有许

多研究资料表明, 反向爆破比正向爆破安全; 根据中国对煤矿爆破事故的统计表明, 反向起爆事故占比较高, 因此本规范结合铁路行业现行规范及煤矿行业的规定, 根据本规范引入的瓦斯区段概念, 做出瓦斯区段严禁反向装药起爆的规定。

8.2.9 在一个工作面使用两台及以上的发爆器同时爆破, 由于爆破时间不可能同步, 会造成一台发爆器起爆后, 工作面风流中产生大量的浮游煤尘及瓦斯超限, 极易引发瓦斯或煤尘爆炸及炮烟中毒事故。

8.2.10 《煤矿安全规程》(2016 年版) 第 370 条规定: “爆破后, 待工作面的炮烟被吹散, 爆破工、瓦斯检查工和班组长必须首先巡视爆破地点, 检查通风、瓦斯、煤尘、顶板、支架、拒爆、残爆等情况。发现危险情况, 必须立即处理。”原规范对低瓦斯工区和高瓦斯工区也做出了爆破后 15 min 的规定, 本规范继续沿用并增加了微瓦斯工区。

8.3.1 瓦斯区段及时施作锚喷支护能减少煤壁、岩壁的暴露时间, 减少瓦斯逸出; 瓦斯区段特别是煤层段一般围岩的自稳性较差, 加强超前支护及预注浆加固可有效防止坍塌、加强瓦斯封闭、避免因坍塌引起大量的瓦斯逸出或突出, 故作出本规定。

8.3.2 瓦斯区段钢筋钢架连接尽可能采用套筒、装配、绑扎、螺栓等连接方式, 减少焊接, 降低安全风险。

8.3.3 原规范第 4.2.7 条规定: “掺气密剂的混凝土施工时连续养护时间不得少于 28 d, 并避免在 5℃ 以下施工”。实际上二次衬砌混凝土的养护时间是根据所处环境、混凝土水胶比、日平均气温等因素综合确定, 养护时间不尽相同, 一般为 7 d~21 d, 均低于原规范的规定, 调研现场瓦斯隧道二次衬砌养护时间, 均在小于 28 d 时即可达到强度要求, 因此本规范对二次衬砌混凝土养护时间未做具体要求。

8.3.4 施工缝是二次衬砌防水、防气的薄弱环节, 煤层段往往瓦斯压力大, 补给条件好, 所以规定施工缝尽量避开煤层位置设置。

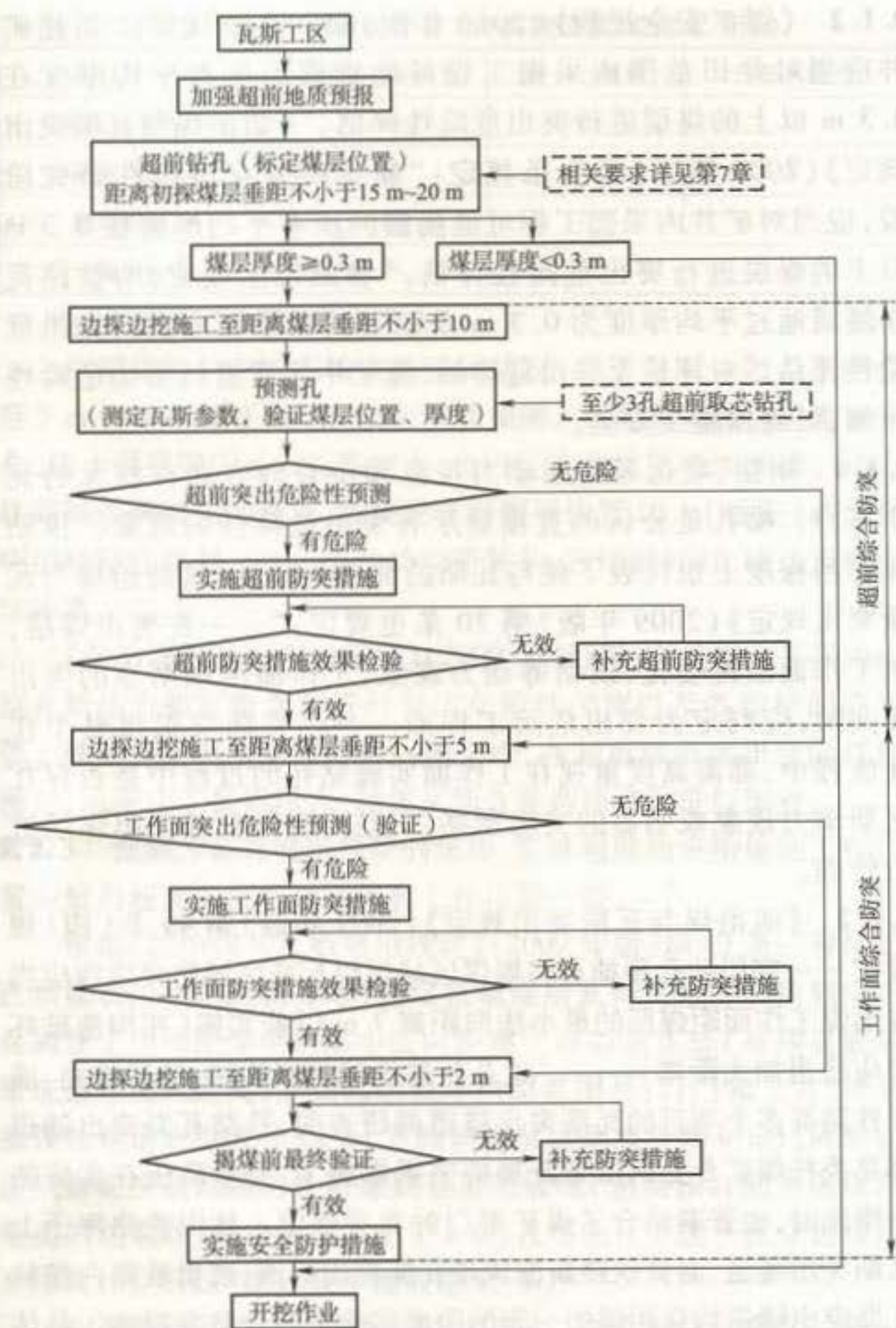
9.1.1 原规范关于突出煤层的相关规定是参照《防治煤与瓦斯突出细则》(1995 年版) 相关要求及结合南昆线家竹箐隧道的施工经验总结编制。在总结了几十年来我国防突工作的经验教训、考虑了我国经

济发展水平后,对防突工作的指导方针做出的重大转变。在《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)中,提出了“防突工作坚持区域综合防突措施先行、局部综合防突措施补充的原则”。对突出危险区,《防治煤与瓦斯突出细则》(1995年版)的要求是优先采取区域防突措施,没条件的则必须采取局部防突措施。而《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)则是必须先实施区域防突措施,然后在必要时再采取局部防突措施。新的防突规定强调首先依靠区域防突措施来提前、大范围、大幅度降低或消除突出危险。对于实施区域措施后的个别仍未完全消除突出危险的局部煤层,实施局部综合防突措施。由于实施了区域防突后,即使个别区域没有完全消除突出危险,但其突出危险性也已大幅度降低,将可避免在实施局部综合防突措施的作业期间诱发突出伤人事故,能够更好的保证生产人员的安全。同时,《煤矿安全规程》(2016年版)第191条规定:“突出矿井的防突工作必须坚持区域综合防突措施先行、局部综合防突措施补充的原则。区域综合防突措施包括区域突出危险性预测、区域防突措施、区域防突措施效果检验和区域验证等内容。局部综合防突措施包括工作面突出危险性预测、工作面防突措施、工作面防突措施效果检验和安全防护措施等内容。”

根据煤矿防突规定基本指导思想的变化及防突理念,结合铁路瓦斯隧道的特点,提出了铁路瓦斯隧道防突工作“超前综合防突措施先行,工作面综合防突措施补充”的原则。

煤矿区域综合防突措施与局部综合防突措施各自包括四项内容,也被称之为区域“四位一体”和局部“四位一体”。借鉴煤矿“四位一体”的理念,本规范也规定:超前综合防突工作包括超前突出危险性预测、防突措施、效果检验、验证。工作面综合防突工作包括工作面突出危险性预测、防突措施、效果检验和安全防护措施。

参照《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)防治煤与瓦斯突出基本流程,结合成贵铁路白杨林瓦斯突出隧道、林织铁路坪子上瓦斯突出隧道、渝贵铁路新凉风垭瓦斯突出隧道等多个铁路隧道的工程实践,铁路瓦斯隧道防突揭煤工作流程一般参照说明图9.1.1进行。



说明图9.1.1 防突揭煤工作流程图

9.1.2 《煤矿安全规程》(2016年版)第189条规定:“新建矿井应当对井田范围内采掘工程可能揭露的所有平均厚度在0.3 m以上的煤层进行突出危险性评估。”《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第9条规定:“新建矿井在可行性研究阶段,应当对矿井内采掘工程可能揭露的所有平均厚度在0.3 m以上的煤层进行突出危险性评估。”参照以上规定,对铁路瓦斯隧道通过平均厚度为0.3 m及以上的煤层相应进行突出危险性评估。对评估无突出危险的,施工中还需进行突出危险性预测,以确保施工安全。

9.1.4 顶钻、喷孔等瓦斯动力现象预示着前方存在较大的瓦斯压力。喷孔是公认的直接预示有突出危险性的现象。顶钻在相当程度上也代表了煤与瓦斯的突出危险性。《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第70条也规定:“……在突出煤层,当工作面出现喷孔、顶钻等动力现象、工作面出现明显的突出预兆时,应判定为突出危险工作面……。”在防突揭煤整个作业流程中,都需高度重视在工作面实施钻孔的过程中是否存在瓦斯动力现象或明显的突出预兆,一旦出现则应按突出煤层进行管理。

9.2.2 《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第49条(四)规定:“……穿层钻孔预抽石门揭煤区域煤层瓦斯区域防突措施应当在揭煤工作面距煤层的最小法向距离7 m以前实施(在构造破坏带应适当加大距离)……。”近几年建设的林织铁路、渝贵铁路、成贵铁路等多个项目的瓦斯突出隧道调研表明,铁路瓦斯突出隧道都是委托煤矿专业队伍来开展防突揭煤施工,专业队伍在实施防突措施时,也普遍结合了煤矿部门的有关规定。林织铁路坪子上瓦斯突出隧道、渝贵铁路新凉风垭瓦斯突出隧道、成贵铁路白杨林瓦斯突出隧道均在距煤层一定的距离实施了综合防突措施。具体情况见说明表9.2.2。

说明表 9.2.2 防突工作各工序实施位置(距煤层垂距)

综合防突措施	新凉风垭隧道	坪子上隧道	白杨林隧道
危险性预测(m)	10	10	10
防突措施(m)	10	7	7
效果检验(m)	10	7	7
超前验证	—	5	—

注:“—”表示未引入超前验证的概念。

根据这些工点的现场实施统计情况,调研发现一般是在距煤层7 m~10 m处开展了突出危险性预测。该距离即保证了施工安全,防止误揭煤层造成瓦斯突出,也可让实测数据更加准确。结合铁路隧道断面大的特点,故规定在距煤层位置10 m(垂距)前开展突出危险性预测工作。当地质构造复杂、岩体破碎时,应适当增大该距离。

《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第43条规定了采用煤层瓦斯压力和瓦斯含量进行突出危险性预测以及各指标的临界值。铁路瓦斯突出隧道的实际施工中,在超前综合突出危险性预测时,也采用了瓦斯压力、吨煤瓦斯含量两项参数进行预测。

9.2.3 预测为具有突出危险的煤层,实施超前防突措施的工作位置一般与超前突出危险性预测工作位置一致。

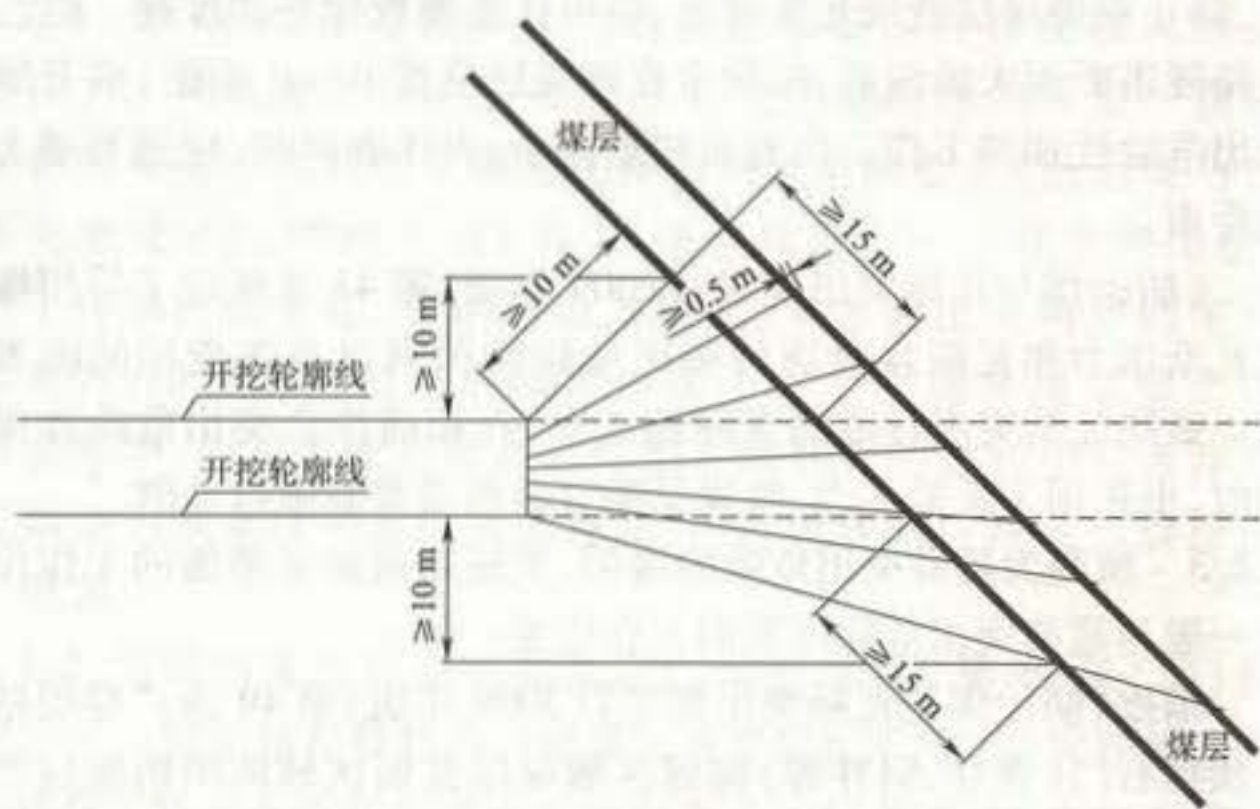
根据《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第49条:“穿层钻孔预抽石门(含立、斜井等)揭煤区域煤层瓦斯区域防突措施应当在揭煤工作面距煤层的最小法向距离7 m以前实施(在构造破坏带应适当加大距离)。钻孔的最小控制范围是:石门和立井、斜井揭煤处巷道轮廓线外12 m(急倾斜煤层底部或下帮6 m),同时还应当保证控制范围的外边缘到巷道轮廓线(包括预计前方揭煤段巷道的轮廓线)最小距离不小于5 m,且当钻孔不能一次穿透煤层全厚时,应当保持煤孔最小超前距15 m。”

根据铁路瓦斯隧道位置的确定原则,隧道与煤层走向一般是正交或大角度斜交,《煤矿安全规程》(2016年版)中规定“与煤层

走向正交或斜交的岩石水平巷道,称之为“石门”。铁路瓦斯隧道的防突揭煤类似于煤矿中的石门揭煤。

渝贵铁路新凉风垭瓦斯突出隧道抽放钻孔的控制范围为:上台阶开挖断面顶、底部轮廓线外 12 m,两边轮廓线外 14 m,同时满足控制边缘到隧道轮廓线的最小距离不小于 5 m。结合铁路隧道断面大的特点,为了大范围、大幅度消除或降低瓦斯突出危险性,将该范围设定为开挖轮廓外沿煤层走向不小于 15 m,其外边缘至开挖轮廓的距离不小于 10 m,以保证隧道周边较大区域的安全。

超前防突预抽瓦斯区域示意如说明图 9.2.3 所示。



说明图 9.2.3 超前防突预抽瓦斯区域示意图

结合近几年钻孔装备的改进,普通钻孔机械大多可以施作 30 m ~ 35 m 钻孔,中高端钻孔机械设备一般施作 50 m 以上的钻孔,故规定要尽可能延长单次钻孔长度,减少分步施作钻孔的次数,提高施工效率和预抽效果。根据《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 年版)第 49 条(四)的规定:“且当钻孔不能一次穿透煤层全厚时,应当保持煤孔最小超前距 15 m”,规定当钻孔不能一次穿透煤层全厚

时,钻孔应超前工作面 20 m 以上,以确保安全。

结合林织铁路坪子上瓦斯突出隧道、渝贵铁路新凉风垭瓦斯突出隧道等工程对超前防突措施的预抽钻孔孔底间距的工程实践,规定了孔底间距不大于 4 m。

预抽煤层瓦斯的关键点就是做好钻孔的封孔工作,钻孔封堵必须严密,才确保预抽效果。《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 年版)第 50 条规定:“钻孔孔口抽采负压不得小于 13 kPa。”成贵铁路瓦斯突出隧道预抽煤层瓦斯时,为更好保证预抽效果,抽采最小负压一般大于 15 kPa,故规定钻孔孔口抽采负压不得小于 15 kPa。

9.2.4 铁路瓦斯隧道通过突出煤层段一般埋深大、段落相对较短,其揭煤工作类似于煤矿中的石门揭煤。煤矿常用的地面钻孔预抽瓦斯的方法适用于预抽区域范围大,但预抽时间长、投资费用高。铁路瓦斯隧道一般不采用地面钻孔预抽瓦斯的方法,多采取洞内预抽瓦斯的方法。

工作面穿层钻孔预抽瓦斯法是隧道防突揭煤现场应用中较为常见的方法。如在隧道上台阶工作面直接施作钻孔预抽前方瓦斯。成贵铁路白杨林瓦斯突出隧道以及林织铁路坪子上瓦斯突出隧道、渝黔铁路新凉风垭瓦斯突出隧道均采用了该方法,取得了良好效果。

辅助坑道内顺层或穿层钻孔预抽瓦斯法主要针对有平导的隧道,在平导内通过施作钻孔预抽隧道正洞前方的煤层瓦斯,若平导已先行揭煤,可以进行顺层钻孔预抽。该方法也较好地规避了在正洞工作面一次性施作钻孔过长的问题。

当隧道采用分部开挖时,利用其先行导坑顺层或穿层钻孔预抽瓦斯。六沾铁路乌蒙山一号隧道正洞采用分部开挖,利用先行导坑实施了防突措施,效果良好。

9.2.5 本条文参照《煤矿瓦斯抽放规范》AQ 1027—2006 第 7.2 条进行制定。煤层瓦斯抽放难易程度分为三类,见说明表 9.2.5。

说明表 9.2.5 煤层瓦斯抽放难易程度表

类别	钻孔流量衰减系数(d^{-1})	煤层透气性系数 [$m^2/(MPa^2 \cdot d)$]
容易抽放	<0.003	>10
可以抽放	0.003~0.05	10~0.1
较难抽放	>0.05	<0.1

对于单一低透气性的煤层,一般选用加密钻孔、交叉钻孔、水力割缝、水力压裂等方法增加煤层的透气性,提高抽放效果。渝贵铁路新凉风垭瓦斯突出隧道采用了水力压裂增透技术,大幅度缩短了抽排时间,取得了良好的效果。

9.2.6 参照《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第55条进行制定。

9.3.2 参照《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第63条规定“石门和立井、斜井揭煤工作面的突出危险性预测必须在距突出煤层最小法向距离5m前进行”。

调研发现,目前铁路隧道基本都是委托煤矿专业队伍来施工瓦斯突出段落,专业队伍在实施防突措施时,也普遍结合了煤矿部门的有关规定。说明表9.3.2为近几年修建的典型瓦斯突出隧道的工作面综合防突实施位置。

说明表 9.3.2 工作面综合防突各工序实施位置(距煤层垂距)

类型	综合防突措施	新凉风垭隧道	坪子上隧道	白杨林隧道
工作面 综合防突	危险性预测(m)	5	5	5
	防突措施(m)	5	5	5
	效果检验(m)	5	5	5
	最后验证(m)	2	2	2

实践证明在5m垂距前进行工作面突出危险性预测是安全、可行的,故本条文规定不论是在超前预测为无突出危险或是采取防突措施后效果检验为无突出危险时,均要在5m垂距前进行工

作面突出危险性预测。另外,对于地质构造复杂、岩体破碎的区域,要适当加大预测工作面与煤层间的距离,以策安全。工作面突出危险性预测也是超前综合防突的验证工作。

为准确探测煤层层位,掌握煤层的赋存位置、形态,另考虑到工作面突出危险性预测所采用的综合指标法和钻屑指标法通常需不少于3个钻孔。因此,本条规定工作面危险性预测孔至少3个,并要求注意观测、记录钻孔过程中的浆液、煤屑变化等情况。

9.3.3、9.3.4 本条文主要参照煤矿石门揭煤的相关规定。本次修订删除了原规范第6.2.2条中的瓦斯压力法和钻孔瓦斯涌出初速度法。由于在工作面突出危险性预测采用瓦斯压力这一单一指标来判断可能存在偏差,结合《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第72条规定,采用了综合指标法代替了原来的瓦斯压力法。对于钻孔瓦斯涌出初速度法,因为其每循环预测较短,若采用此法,隧道开挖过程需频繁进行预测,难以保证隧道的工效。工作面突出危险性预测方法一般参照《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第71条至第77条的相关要求确定。

现场调研发现,铁路隧道工作面突出危险性预测采用综合指标法(该方法也需测瓦斯压力)和钻屑指标法的相对较为普遍。说明表9.3.3为常见瓦斯突出危险性预测方法的简介与参照规范。

说明表 9.3.3 瓦斯隧道防突预测方法简介表

序号	预测类型	预测方法	预测方法简介及参照规范
1	岩墙揭煤 突出危险性 预测	综合指标法	通过测定煤的瓦斯压力、坚固性系数和瓦斯放散初速度等参数,再换算成综合指标进行瓦斯突出危险性预测。测试方法可参照《防治煤与瓦斯突出规定》第72条
		钻屑瓦斯解吸指标法	通过实测钻屑解吸指标进行瓦斯突出危险性预测。测试方法可参照《钻屑瓦斯解吸指标测定方法》AQ/T 1065—2008

续说明表 9.3.3

序号	预测类型	预测方法	预测方法简介及参照规范
2	煤层中掘进突出危险性预测	复合指标法	通过实测钻孔瓦斯涌出初速度和钻屑量进行瓦斯突出危险性预测。测试方法可参照《钻孔瓦斯涌出初速度的测定方法》MT/T 639—1996、《钻屑瓦斯解吸指标测定方法》AQ/T 1065—2008。
		“R”指标法	“R”值是反应地应力、煤质特征、瓦斯赋存的一项综合预测指标。测试方法可参照《防治煤与瓦斯突出规定》第 77 条。
		钻屑指标法	通过实测钻屑指标进行瓦斯突出危险性预测。测试方法可参照《钻屑瓦斯解吸指标测定方法》AQ/T 1065—2008。

国内外关于突出危险性预测的方法还有很多,但预测准确率还有待提高。本条只列举了在我国应用较为普遍的几种方法。

9.3.5 按照“超前综合防突措施先行、工作面综合防突措施补充”的基本原则,首先开展超前综合防突,提前大范围、大幅度地消除或降低突出风险。成贵铁路白杨林、林织铁路坪子上以及渝黔铁路新凉风垭等瓦斯突出隧道工程实践表明,采取了超前综合防突措施后,一般情况下消除了突出危险,仅有个别隧道在工作面预测时还发现存在有局部危险区域。对于局部危险区域,仅需对该区域采取针对性的工作面防突措施。防突措施的选择与危险区域范围、施工条件、技术配置、施工工期等因素密切相关。

钻孔排放能够适应不同厚度、不同倾角及不同突出危险性的煤层,且对严重突出危险煤层也能取得较好的防突效果,因此通常以钻孔排放为主。当部分透气性差的煤层自燃排放困难时,一般采用抽放加速瓦斯排放;当围岩破碎时,选用超前管棚和注浆加固煤体等措施。揭煤工作面与突出煤层间的最小法向距离与隧道断面大小、围岩破碎程度相关。当隧道断面较大、岩石破碎程度较高时,需在本条文规定的最小距离的基础上适当加大距离。

水力冲孔是以留一定厚度的岩柱作为安全屏障,向具有自喷(喷煤、喷瓦斯)现象的突出煤层打钻(在安全屏障内不允许冲孔),在穿过岩柱见煤后,通过钻头切斜和高压水激发喷孔,使煤层突出能量在可控的条件下缓慢释放。水力冲孔能从钻孔中大量排出煤和瓦斯,同时起到卸压作用,从而使突出潜能降低。

超前管棚的主要作用是依靠超前管棚加强工作面前方煤体的稳定性。

注浆加固煤体是在揭煤前,将注浆材料注入预先在工作面断面周边布置的钻孔内,以增加工作面周围煤体的强度,起到防治煤与瓦斯突出作用。

超前管棚、注浆加固煤体的主要作用是防止煤体坍塌引起瓦斯突出,提高其自稳性。由于这两项措施不能大量主动释放突出潜能,只能在一定程度上起到抑制突出发生的作用,所以,其预防突出的能力有限,是属于辅助措施。故该措施要在采用了其他防突措施并检验有效后方能在揭开煤层前实施。

(1) 当采用钻孔排放措施时,一般参照以下要求:

1) 钻孔排放需进行专项设计,设计内容包括:煤层赋存状况、煤层参数、预测时的各项指标、排放范围、钻孔排放半径、排放时间、钻孔个数、每孔长度和角度、钻孔施工及排放期间的安全措施等。

2) 排放时间、排放半径及排放孔个数要根据排放范围、有效抽排半径及隧道总工期综合分析等计算确定。其排放范围及排放孔角度一般按说明表 9.3.5 取值。

说明表 9.3.5 钻孔排放参数值

距开挖轮廓的排放范围(m)				排放半径(m)	排放时间(d)	排放孔角度(°)		
左	右	上	下			水平角	仰角	俯角
≥5	≥5	≥5-7	≥3	0.3-1.0	15-30	0-90	0-45	0-20

3) 钻孔排放位置设在距煤层垂距不小于 5 m 的开挖工作面

上;施钻时各孔要穿透煤层,并进入顶(底)板岩层不小于0.5 m。钻孔直径一般取为76 mm~120 mm。

4) 钻孔排放布孔时,在煤层厚度1/2处的孔距不能大于2倍排放半径,钻孔的孔底间距一般根据实际情况试验确定,孔底间距不大于2 m,并以此计算各孔的角度和长度。

5) 当煤层倾角小、煤层厚、一次排放钻孔过长、俯角过大时,一般采用分段分部多次排放,但首次排放钻孔的穿煤深度不得小于15 m。

6) 揭穿突出煤层采用台阶法开挖时,可以利用上台阶排放下部台阶的部分瓦斯,并按下列要求进行:

① 在上部台阶底部打俯角孔排放。

② 孔距与排距宜为1 m。

③ 每排排放钻孔连线与煤层走向平行。

(2) 排放孔施工中需加强安全管理,一般重点从以下几个方面着手:

1) 施工前加强排放工作面及已开挖段的支护措施,防止坍塌造成突出。

2) 严格按设计施钻,钻孔过程中要有专人检查其角度和长度。

3) 施钻过程中要注意观察各种异常情况及动力现象,当某孔施工中动力现象严重,需暂停该孔施工,待其他孔施工完后再补钻该孔。

4) 每钻完一个孔要检测该孔瓦斯浓度,以后每天进行两次,掌握排放效果和修正排放时间。

(3) 当采用水力冲孔措施时,参照以下要求:

1) 钻孔范围要保证隧道开挖轮廓外3 m~5 m。

2) 冲孔顺序为先冲对角孔后冲边上孔,最后冲中间孔。

3) 水压根据煤层的软硬程度试验确定。

4) 全断面冲出的总煤量(t)数值不小于煤层厚度(m)乘

以20。

(4) 松软煤层一般采用煤体注浆加固措施,参照下列要求:

1) 注浆加固的钻孔应进入煤层顶(底)板0.5 m以上,加固范围为隧道开挖轮廓外3 m~5 m。当钻孔不能一次施工至煤层顶(底)板时,则进入煤层的深度不小于10 m。

2) 各钻孔需在孔口封堵牢固后进行注浆加固。

3) 从注浆完成到揭煤结束的时间超过5 d时,必须重新进行工作面突出危险性预测或措施效果检验。

(5) 采用超前管棚支护措施时,参照下列要求:

1) 超前管棚钻孔要穿过煤层并进入煤层顶(底)板至少0.5 m,当钻孔不能一次施工至煤层顶(底)板时,则进入煤层的深度不小于15 m。

2) 钻孔间距一般不大于0.3 m。对于松软煤层要设置双层超前管棚,钻孔间距需小于0.2 m。

3) 管棚材料需选用直径不小于50 mm钢管。

9.3.6、9.3.7 本条文主要沿用原规范第6.4.3条和第6.4.4条的内容。超前措施效果检验和工作面措施效果检验,都应该在实施防突措施的另一位置进行。检验方法参照工作面突出危险性预测方法。而且检验过程中要对动力现象等异常情况进行密切关注。

9.3.8 不论是预测为无突出危险的煤层,还是采取了防突措施消除了突出危险的煤层,都需在揭开煤层前,进行突出危险性的最后验证。因为隧道开挖掘进至距煤层2 m(垂距)时,揭煤处附近的煤层应力、瓦斯以及煤层力学性能等与5 m位置时相比可能已发生了较大变化,为保证揭煤的安全,故需在此位置进行突出危险性的最后验证。

9.3.9 本条参照《煤矿安全规程》(2016年版)第220条的相关规定,结合铁路隧道特点制定。避难所是供现场工作人员在隧道内遇到突发事件时无法及时撤离至洞外而临时躲避待救的设施。根

据统计资料,煤层从开始出现明显的预兆到发生突出之间的最短时间间隔一般为 2 min ~ 3 min,在此期间,一般人员能跑出 450 m ~ 550 m 的距离。故要求瓦斯突出工区大于 500 m 时要设置避难所。避难所设置向外开启的隔离门。室内净高不得低于 2 m,深度满足扩散通风的要求,长度和宽度根据可能同时避难的人数确定,但至少能满足 15 人避难,且每人使用面积不得少于 0.5 m²。避难所内需设有与洞口值班室直通的电话;避难所内放置足量的饮用水、安设供给空气的设施,每人供风量不得少于 0.3 m³/min。如果用压缩空气供风时,设有减压装置和带有阀门控制的呼吸嘴;避难所内要根据设计的最多避难人数配备足够数量的隔离式自救器。为了避免新增大量的洞室,造成不必要的工程浪费,故要求避难所结合隧道横通道和洞室进行设置。

《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 年版)第 106 条规定:“在以下每个地点都应至少设置一组压风自救装置:距采掘工作面 25 m ~ 40 m 的巷道内、爆破地点、撤离人员与警戒人员所在的位置以及回风道有人作业处等。”考虑到铁路隧道在开挖步距、二衬封闭、爆破地点、施工组织等方面均与煤矿有较大差异,故规定在开挖面与二次衬砌间的段落设置压风自救装置。

9.4.2 采用震动性爆破揭煤,炮眼多、装药量大、一次起爆,对工作面煤岩体产生巨大震动,可能诱发突出;同时震动作用过大,也可能造成洞内坍塌等情况,故本次修订删除了原规范中关于“采用震动放炮”的规定,提出了禁止使用震动爆破揭穿突出煤层。考虑到突出煤层的突出危险性高、突出强度大,为保证爆破时作业人员安全,规定在煤层 2 m 垂距前至过煤层 2 m 垂距后的段落采用远距离爆破。如果岩体松软、破碎,一般将 2 m 垂距进行适当增加。《煤矿安全规程》(2016 年版)第 214 条也有类似要求。

9.4.4 本条文基本沿用原规范第 6.5.5 条的内容,同时结合《煤矿安全规程》(2016 年版)第 213 条的相关要求进行了部分修订。揭煤断面的大小决定了安全岩柱的设置,断面越大,安全岩柱留设

越大,这将导致防突措施施作量大且困难;同时大断面揭煤还带来由于一次落煤量、煤壁面积的增大而导致隧道通风能力不足或配置不合理;再者,具有煤与瓦斯突出危险性的煤层地段,往往地质条件差、围岩变形较大,大断面开挖不利于及时支护、约束围岩变形、快速封闭瓦斯逸出通道而可能导致其向岩体深部发展。根据南昆、六沾等铁路及广邻高速公路华蓥山隧道煤与瓦斯突出隧道的设计、施工的成功实例,结合隧道施工分部施工工法,选择小断面先行揭煤更易防止煤与瓦斯突出灾害,保证安全,更具有简化其余分部工作面防突、瓦斯抽放、揭煤安全措施的优点。

揭煤过程中,为了防止坍塌引发瓦斯突出,要求在软弱破碎岩层或煤层中掘进时,需加强措施。

风镐作业时产生的冲击力以及挖掘煤体破坏地应力平衡的动荷载等作用可能会使处于临界应力状态下的煤岩体发生坍塌、冒顶等,进而诱导突出。

9.4.5

3 结合《煤矿安全规程》(2016 年版)第 222 条的相关要求将防突揭煤爆破后进入隧道的最短时间调整为 30 min。

10.1.1 瓦斯隧道因有易燃易爆的气态甲烷从煤层或岩缝中逸出,施工通风的好坏,直接关系到作业人员的人身安全。基于施工通风的重要性,铁建设[2009]62 号文在原规范第 7.1.1 条的基础上补充规定了“隧道施工的任何作业面不应存在通风盲区”,因此,需根据绝对瓦斯涌出量编制通风设计专项方案,确保洞内风速满足要求,控制洞内瓦斯浓度。

不同瓦斯工区,特别是瓦斯工区和非瓦斯工区贯通后,需高度重视风流系统的调整,尽量避免含瓦斯地段对非瓦斯工区产生影响,确保在贯通后洞内各处风流及瓦斯浓度能满足作业及安全要求。

10.1.2 施工通风是控制洞内瓦斯浓度、确保施工安全的根本手段,为避免出现通风盲区,确保通风能满足各用风地点风量要求,

需建立定期对瓦斯工区风量进行全面测定的管理制度,每10天至少进行1次全面测风,对开挖工作面和其他用风地点,需根据实际需要随时测风,记录测风结果,并填写在测风地点的记录牌上。通过对洞内风量的全面测定,了解进、回风巷和各个用风地点的风量、风速及漏风情况、有效风量等现状及变化情况,并根据测风结果采取措施,进行风量调节。

瓦斯检测及监测是防止瓦斯事故至关重要的措施,在瓦斯隧道施工中发挥着极为重要的作用。因此,瓦斯工区需建立瓦斯检查管理机构、瓦斯巡回检查及台账管理制度、瓦斯分级检查及管理制度,开展洞内瓦斯检测,一旦瓦斯超限,立即采取处理措施。

10.1.3 《煤矿安全规程》(2016年版)第136条对井巷中的允许风流速度进行了规定,其中采煤工作面、掘进中的煤巷和半煤岩巷最低允许风速为0.25 m/s,掘进中的岩巷及其他通风人行巷道最低允许风速为0.15 m/s。

隧道施工中,洞内内燃机车主要有挖机、装载机、混凝土罐车、出渣车、移动式混凝土湿喷机、人员运输车、工具车以及其他备用车辆。根据对成贵、安六、成兰、大瑞等铁路隧道施工中内燃车辆的配置调研,对独头掘进的隧道,出渣施工工况内燃机车配置至少包括1台挖机、1台装载机、不少于3辆出渣车(至少1辆重车、1辆空车、1辆正在装渣)。按稀释和排除内燃机械废气计算需风量为 $Q = q \times \sum N_i T_i = 4 \times (125 \times 0.65 + 162 \times 0.65 + 3 \times 213 \times 0.65) = 2407.6 (\text{m}^3/\text{min})$ 。式中: q 为内燃机每分钟每千瓦所要求的供风量,瓦斯隧道应不小于 $4 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$; N_i 为各内燃机功率(kW),不同车辆,同类车辆的不同型号,功率均不相同,根据调研,上式计算中,按目前常用的车辆功率取偏低值如下:挖掘机功率125 kW,装载机功率162 kW,运渣车功率213 kW; T_i 为同时工作柴油机设备利用系数,根据高速铁路隧道施工相关技术规程,挖掘机、装载机取0.65,运渣车取0.65,混凝土罐车取0.5。

结合满足稀释和排除内燃机械废气的需风量要求,进行风速

反分析,对时速140 km的单线隧道,洞内风速可达到0.5 m/s以上;对时速250 km的双线隧道,洞内风速可达到0.25 m/s以上。同时,通过对成贵铁路七扇岩、白杨林等瓦斯隧道洞内工作面通风风速测定,洞内风速基本控制在0.3 m/s~0.5 m/s,且能保证较好的通风效果。

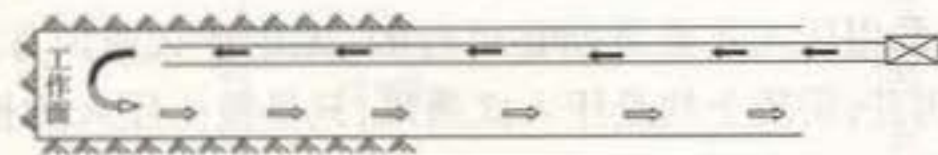
在瓦斯隧道中,若风量过小、风速过低,就不能有效地稀释瓦斯及其他有害气体,可能威胁安全生产。因此,为保证施工安全,结合《煤矿安全规程》(2016年版)现场调研及计算分析等,本规范规定瓦斯工区洞内最低风速不小于0.25 m/s。

国外有资料显示,风速在0.3 m/s时,甲烷会从发生点回流形成甲烷带;当风速为0.5 m/s时,甲烷几乎不会发生回流,但也会形成甲烷带;当风速大于1 m/s时,甲烷散乱,则不会形成甲烷带,不会在上部聚积。我国南昆线家竹箐隧道实测资料,洞内防瓦斯聚积风速小于1 m/s时,拱顶瓦斯浓度大多大于2%。因此,对瓦斯易于积聚的空间,为防止瓦斯局部积聚,保证施工安全,本规范规定“防止瓦斯局部积聚的风速不宜小于1 m/s”。

10.2.1、10.2.2 目前,瓦斯工区施工通风常用方式有压入式通风和巷道式通风;当隧道埋深较小时,一般结合通风距离、地形地质条件等设置通风竖井实现分段式通风。几种主要通风方式示意如说明图10.2.1—1~说明图10.2.1—3所示。

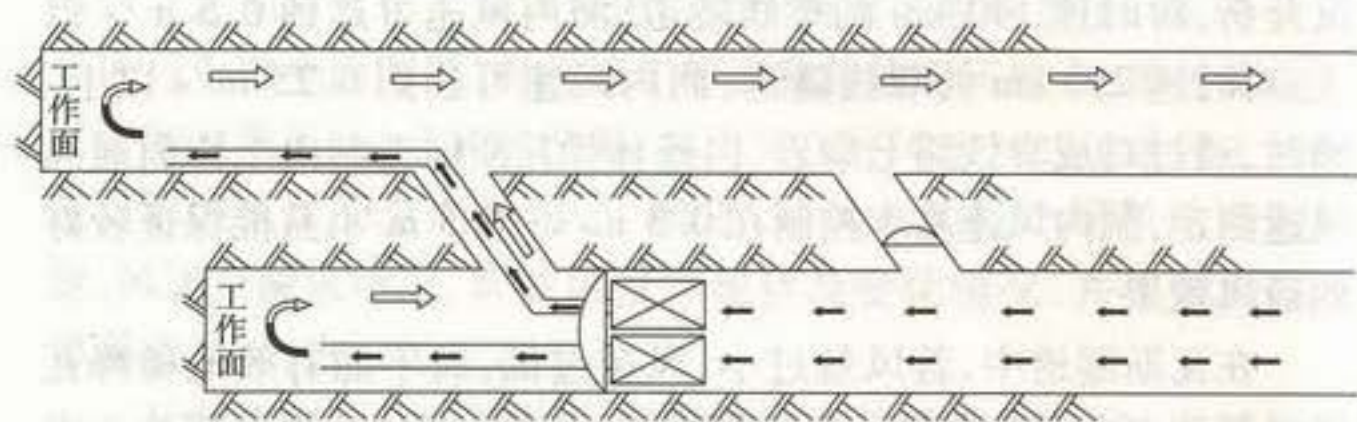
☒ 代表风机; → 代表新鲜风; D 代表风门;
⇨ 代表污风; == 代表风管。

(1) 压入式通风



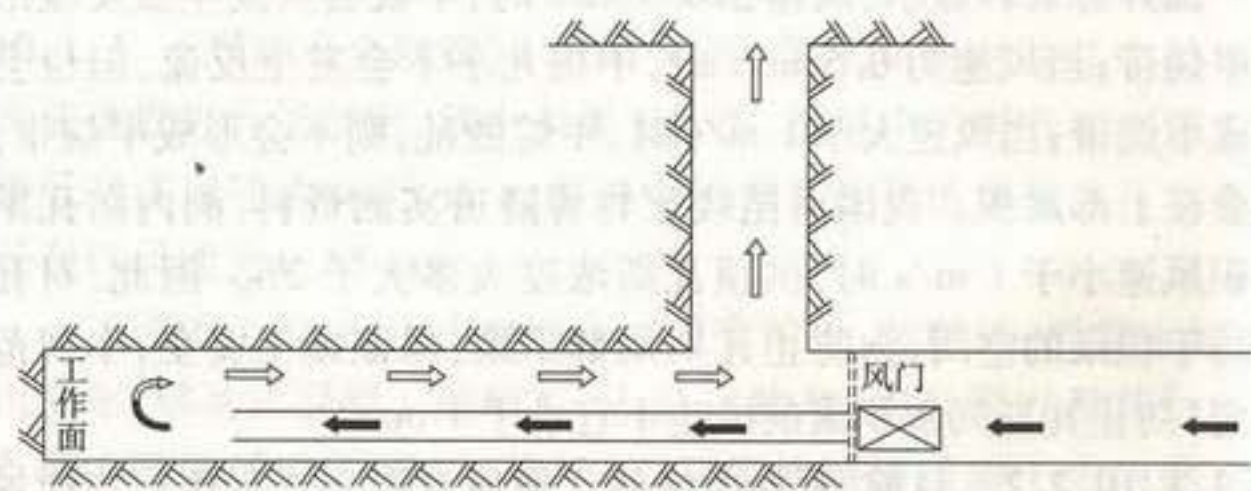
说明图 10.2.1—1 压入式通风示意图

(2) 巷道式通风



说明图 10.2.1—2 巷道式通风示意图

(3) 分段式通风



说明图 10.2.1—3 分段式通风(利用竖井作为排风坑道)示意图

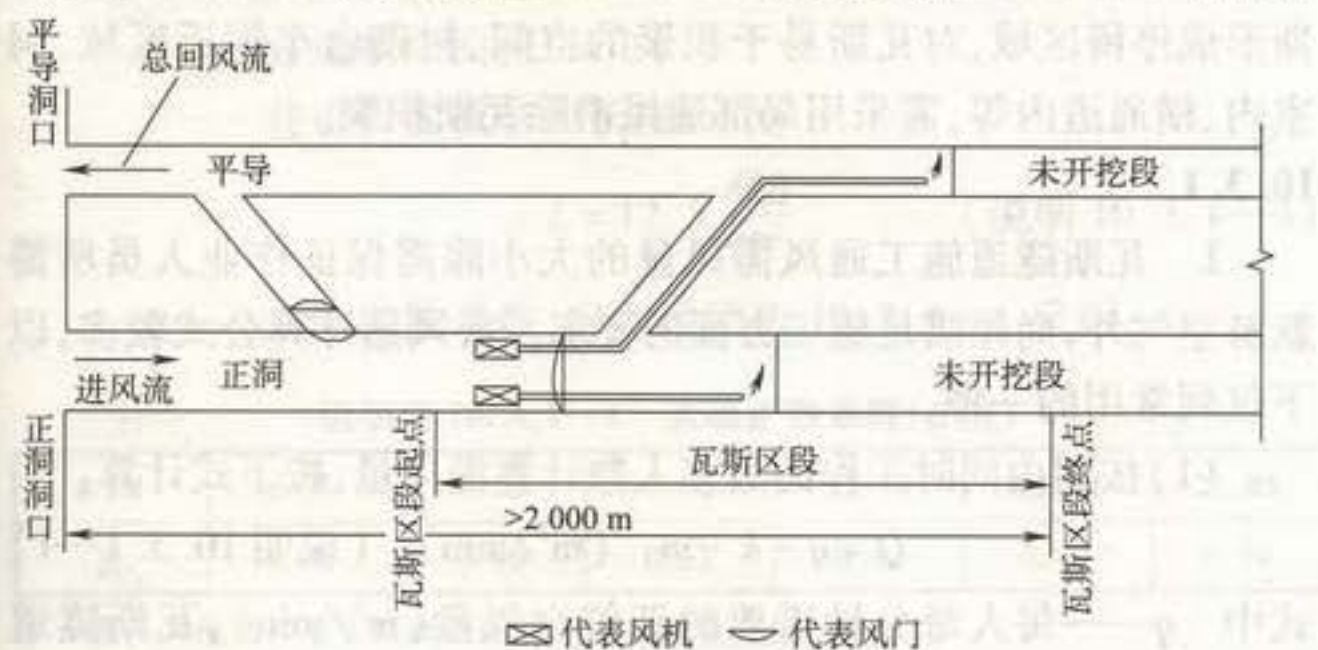
关于瓦斯工区的通风方式,原规范第 7.2.1 条规定“非瓦斯工区的施工通风方式宜采用压入式或混合式。低瓦斯工区的施工通风方式应采用压入式,也可采用巷道式。高瓦斯工区和瓦斯突出工区,施工通风方式宜采用巷道式”。

从理论上讲,无论什么类型瓦斯工区,只要能满足风量及洞内风速要求,采用压入式通风均是可行的;无论什么通风方式,对开挖工作面而言,实质上均是压入式通风,只是独头压入的长度不同而已。实际上,独头通风距离越长,考虑风管漏风及沿程风量损失、施工管理等,通风效果会越差。对巷道式通风而言,由于主风机安装在洞内,独头压入段的距离较短,一般小于 1.5 km,这也是

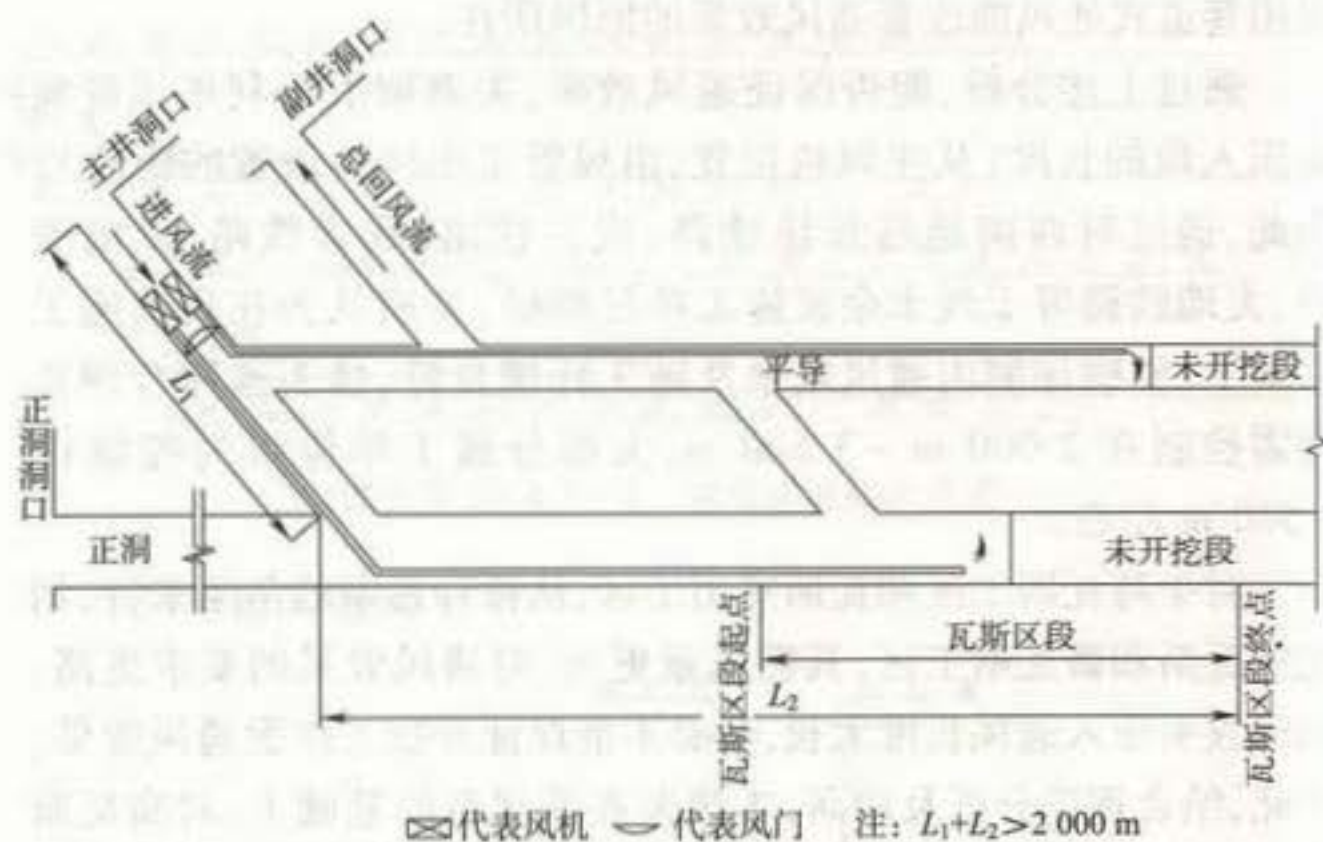
采用巷道式通风能改善通风效果的原因所在。

通过上述分析,能否保证通风效果,关键取决于利用风管独头压入段的长度(从主风机位置,沿风管至出风口位置的距离)。为此,通过对西南地区长昆铁路、成兰铁路、成贵铁路、成昆铁路、大瑞铁路等干线十余家施工单位调研,普遍认为在目前施工水平下,要确保洞内通风效果及施工环境良好,独头通风合理长度需控制在 2 000 m ~ 3 500 m,大部分施工单位认为控制在 2 500 m 左右。

对于高瓦斯工区和瓦斯突出工区,从稀释瓦斯的角度来讲,相比低瓦斯和微瓦斯工区,其需风量更大,对通风效果的要求更高,如果独头压入通风长度太长,势必不能保证开挖工作面通风效果。为此,结合理论分析及调研,本规范在原规范的基础上,对高瓦斯和瓦斯突出工区施工通风方式做了调整,规定“当高瓦斯或煤与瓦斯突出区段距洞口大于 2 000 m 时,应采用巷道式通风”。关于“高瓦斯或煤与瓦斯突出区段距洞口大于 2 000 m”是指高瓦斯或煤与瓦斯突出区段结束里程距离洞口(正洞洞口或辅助坑道洞口)大于 2 000 m,如说明图 10.2.1—4 及说明图 10.2.1—5 所示。



说明图 10.2.1—4 瓦斯区段距正洞洞口长度示意图



说明图 10.2.1—5 瓦斯区段距辅助坑道洞口长度示意图

10.2.3 瓦斯密度比空气小,如有瓦斯涌出源,且风速较低时,易积聚在拱顶部位,并形成瓦斯积聚层。此外,瓦斯的扩散速度比空气大 1.6 倍,当风速较低时,易反流形成甲烷带。因此,为不使瓦斯形成停留区域,对瓦斯易于积聚的空间、衬砌台车附近区域、洞室内、横通道内等,需采用局部通风消除瓦斯积聚。

10.3.1

1 瓦斯隧道施工通风需风量的大小除需保证作业人员所需新鲜空气外,尚须满足施工方面的要求。需风量计算公式较多,以下仅列常用的一种。

(1) 按洞内同时工作的最多人数计算需风量,按下式计算。

$$Q = q \cdot k \cdot m \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (\text{说明 } 10.3.1-1)$$

式中 q ——每人每分钟需要的新鲜空气量 (m^3/min), 瓦斯隧道

$$q \geq 4 \text{ m}^3/\text{min};$$

k ——风量备用系数,取 1.1 ~ 1.25;

m ——洞内同时工作的最多人数。

(2) 按最小风速要求计算需风量,按下式计算。

$$Q = V \cdot S \times 60 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (\text{说明 } 10.3.1-2)$$

式中 V ——洞内允许最小风速 (m/s);

S ——巷道断面面积 (m^2), 对正洞一般取仰拱填充顶面(或底板顶面)之上初期支护内净空面积,对平导、横洞及斜井一般取坑底面之上锚喷支护内净空面积,对竖井一般取模筑衬砌内净空面积。

(3) 按爆破排烟计算需风量,该需风量计算公式较多,参照下式计算。

$$Q = \frac{2.25}{t} \sqrt{\frac{A(SL)^2 Kb}{P^2}} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

(说明 10.3.1—3)

式中 t ——通风时间 (min);

A ——每循环爆破的炸药用量 (kg);

b ——1 kg 炸药爆破时有害气体生成量 (L), 一般按岩层中取 40, 煤层中取 100;

S ——巷道断面面积 (m^2);

L ——巷道长度或临界长度 (m);

$$L = 12.5 \frac{Ab\beta}{SP^2} \quad (\text{说明 } 10.3.1-4)$$

β ——紊流扩散系数,参考说明表 10.3.1—1 采用;

说明表 10.3.1—1 紊流扩散系数 (β 值)

$l/2d$	6.35	7.72	9.60	12.10	15.80	21.85
β	0.40	0.46	0.53	0.60	0.67	0.74

注: l 为出风口至工作面距离 (m), d 为风管直径 (m)。

K ——淋水系数,根据隧道渗水情况,参考说明表 10.3.1—2 采用;

说明表 10.3.1—2 淋水系数(K值)

级 别	淋水特征	系数(K)
1	干燥巷道	0.80
2	潮湿巷道	0.60
3	岩层含水或使用水幕	0.30

P ——巷道计算长度范围内漏风系数。

(4)按稀释和排除内燃作业机械废气计算需风量,按下式计算。

$$Q = q \times \sum N_i T_i \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (\text{说明 } 10.3.1-5)$$

式中 q ——内燃机每分钟 \times 每千瓦所要求的供风量 $\text{m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$,应不小于 $4 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$;

N_i ——各内燃机功率(kW);

T_i ——同时工作柴油机设备利用系数。挖掘机、装载机 0.65,运渣车 0.65,混凝土罐车 0.5。例如西南线刘家山双线隧道的利用率系数为:装载机 0.5,出渣车 0.45,混凝土罐车 0.5。

(5)按绝对瓦斯涌出量计算需风量,参照下式计算。

$$Q = \frac{100qK}{n - n_0} \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (\text{说明 } 10.3.1-6)$$

式中 q ——绝对瓦斯涌出量(m^3/min),通过地质勘探或隧道内实测获得;

n ——隧道内瓦斯最大容许含量的百分数;

n_0 ——进风中瓦斯含量的百分数;

K ——瓦斯涌出不均衡系数, $K=1.5 \sim 2.0$,抚顺煤炭研究所建议取 1.6。

3 由于高海拔地区的大气压力降低,故对总需风量进行修正。

$$Q_{\text{高}} = \frac{760}{P_{\text{高}}} Q \quad (\text{说明 } 10.3.1-7)$$

式中 $Q_{\text{高}}$ ——高海拔地区需风量(m^3/min);

Q ——正常条件下计算的需风量(m^3/min);

$P_{\text{高}}$ ——高海拔地区大气压力(mmHg)。

高海拔地区大气压力 $P_{\text{高}}$ 值一般参考说明表 10.3.1—3 采用。

说明表 10.3.1—3 海拔高度与大气压力关系表

海拔高度 (m)	500	1 000	1 600	2 000	2 600	3 000	3 200	3 400	3 600	3 800	4 000	4 400	5 000
大气压力 (mmHg)	716	674	620	592	550	523	510	497	484	471	459	436	403

4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第138条制定。《煤矿安全规程》(2016年版)第138条规定:“矿井需要的风量应当按下列要求分别计算,并选取其中的最大值:(一)按井下同时工作的最多人数计算,每人每分钟供给风量不得少于 4 m^3 。(二)按采掘工作面、硐室及其他地点实际需要风量的总和进行计算。各地点的实际需要风量,必须使该地点的风流中的甲烷、二氧化碳和其他有害气体的浓度,风速、温度及每人供风量符合本规程的有关规定。使用煤矿用防爆型柴油动力装置机车运输的矿井,行驶车辆的巷道的供风量还应当按同时运行的最多车辆数增加巷道配风量,配风量不小于 $4 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$ 。按实际需要计算风量时,应当避免备用风量过大或过小。煤矿企业应当根据具体条件制定风量计算方法,至少每5年修订1次。”

5 独头施工的瓦斯隧道,采用压入式通风,整个巷道都是回风流。考虑到洞内有电气设备,工作面还有后部工序作业,故洞内各处风流中瓦斯浓度稀释在 0.5% 以下。

结合铁路隧道的特点,采用巷道式通风的瓦斯隧道,利用平导或正洞作为回风巷道时,考虑到巷道内有电气设备,和其他作业工序,故风流中瓦斯浓度稀释在 0.5% 以下。当平导施工完成后,且利用平导运料、出渣的情况下,将平导仅作为回风巷道时,此时,回风巷道类似于煤矿系统中的总回风巷,结合《煤矿安全规程》

(2016年版)第171条“矿井总回风巷或者一翼回风巷中甲烷或者二氧化碳浓度超过0.75%,必须立即查明原因,进行处理”的规定,要求平导仅作为回风巷道时,其瓦斯浓度应小于0.75%。

10.3.2 采用压入式或巷道式通风,回风巷道在其废烟废气排出的洞口处,需考虑自然风的影响。当自然风力较强,并且风向与回风流方向大于等于 90° 时,可能导致回风流不能顺利排出洞外。因此,在洞口处增设气动风机,提升压力,保证污风顺利排出洞外。

10.3.3 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第150条“采、掘工作面应当实行独立通风,严禁2个采煤工作面之间串联通风”制定。所谓串联通风,指的是隧道内某工作面的回风在此进入其他工作面的通风方式。若将一个工作面含有瓦斯的气体引排至其他工作面,会扩大瓦斯分布范围,增加安全隐患。

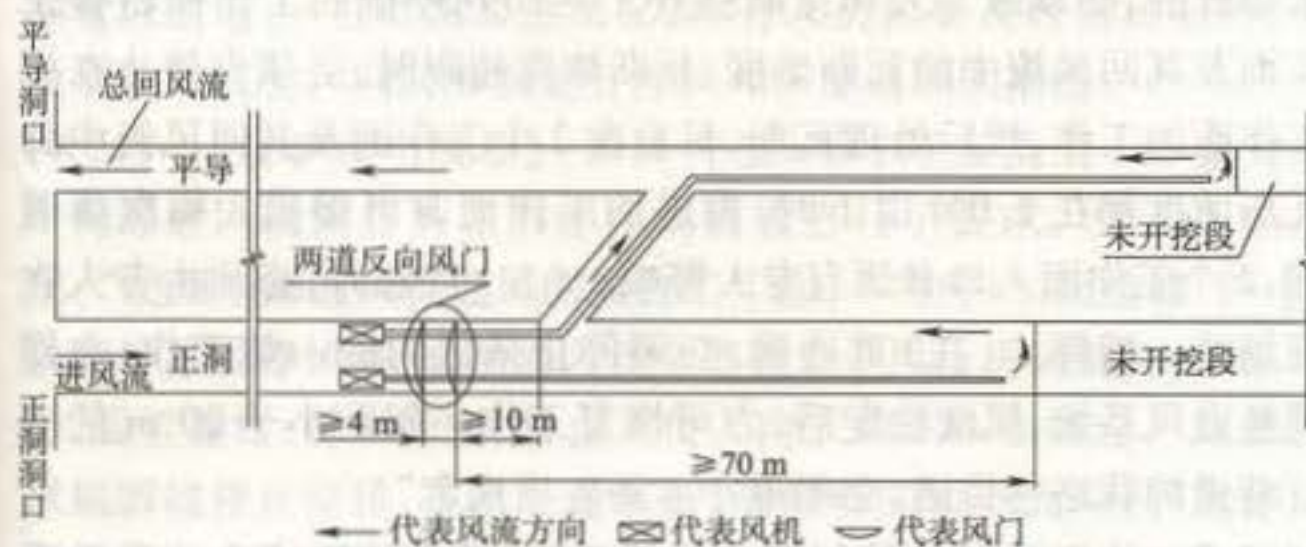
10.3.4 采用巷道式通风的瓦斯工区,施工期间及时封闭或封堵不利用的横通道,可有效防止风流短路,确保形成完整的通风系统。封闭或封堵的措施需根据横通道的功能来确定。

横通道按相关要求及时施作复合式衬砌后,对施工运输需要使用的横通道,需安设2道风门,且2道风门具有联锁功能,在人员或车辆通过横通道时,2道风门不能同时打开,而只能打开1道,另1道处于关闭状态,这样就避免了横通道的气流短路。风门设置需稳定牢固。施工中需要加强对横通道内瓦斯浓度检测,必要时加强通风,以确保安全。对于其他的横通道,若运营期间不利用的,需永久性封堵(具体封堵措施按照本规范第5.4.7条办理);若运营期间需要利用的,在施工期间需设置至少一道风门,并加强对横通道内瓦斯浓度检测、加强通风,以确保安全。

10.3.5 参照《防治煤与瓦斯突出规定》(2009年版)第103条“在突出煤层的石门揭煤和煤巷掘进工作面进风侧,必须设置至少2道牢固可靠的风门。风门之间的距离不得小于4m。反向风门距工作面的距离和反向风门的组数,应当根据掘进工作面的通风系统和预计的突出强度确定,但反向风门距工作面回风巷不得

小于10m,与工作面的最近距离一般不得小于70m,如小于70m时应设置至少三道反向风门”制定。根据铁路隧道的工程特点,一般情况下,通过调整反向风门位置,可满足其与工作面的最近距离不小于70m的要求,不存在“反向风门位置距作面的最近距离小于70m”的问题。

反向风门是防止突出时瓦斯逆流进入风道而设置的通风设施,在瓦斯突出工区进行揭煤施工时,在工作面进风巷道设置2道牢固可靠的风门,以隔断突出物流动到进风巷和控制突出时的瓦斯沿回风巷进入回风系统。平时工作人员进入工作面时必须把反向风门打开、顶牢,固定于开启状态,否则一旦发生突出,由于突出气流的作用,工作面的作业人员将无法打开反向风门,很难逃生。工作面爆破和无人时,反向风门必须关闭,以防止突出的灾害气体进入进风流中。正洞工作面揭煤时反向风门设置示意如说明图10.3.5—1所示;平导工作面揭煤时反向风门设置示意如说明图10.3.5—2所示。



说明图 10.3.5—1 正洞工作面揭煤反向风门布置示意图

10.3.6 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第143条制定。《煤矿安全规程》(2016年版)第143条规定“(一)巷道贯通前应制定贯通专项措施,综合机械化掘进巷道在相距50m前、其他巷道在相

时,必须制定安全排放瓦斯措施,报矿总工程师批准。在排放瓦斯过程中,排出的瓦斯与全风压风流混合处的甲烷和二氧化碳浓度均不得超过1.5%,且混合风流经过的所有巷道内必须停电撤人,其他地点的停电撤人范围应当在措施中明确规定。只有恢复通风的巷道风流中甲烷浓度不超过1.0%和二氧化碳浓度不超过1.5%时,方可人工恢复局部通风机供风巷道内电气设备的供电和采区回风系统内的供电。”

铁路瓦斯隧道的局部通风机,是指洞内用于防止瓦斯局部积聚或引导风流的通风机。参照煤矿的规定,对隧道内局部通风机的停风管理做出了要求。

原规范第7.2.9条规定:“当停风区内瓦斯浓度不超过1.0%,且在压入式局部通风机及其开关地点附近10m以内风流中的瓦斯浓度均不超过0.5%时,方可人工启动局部通风机。”经调研发现,为安全起见,现场施工管理中对此有更严格的规定,要求“局扇及电气开关20m范围内施工瓦斯浓度限值为0.5%”。现行铁路隧道相关规程也有类似规定。故本条在原规范及《煤矿安全规程》(2016年版)第176条基础上,结合现场调研情况做出了调整。

10.4.1

1 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第436条“矿井应当有两回路电源线路(即来自两个不同变电站或者不同电源进线的同一变电站的两段母线)。当任一回路发生故障停止供电时,另一回路应能担负矿井全部负荷。区域内不具备两回路供电条件的矿井采用单回路供电时,应当报安全生产许可证的发放部门审查。采用单回路供电时,必须有备用电源。备用电源的容量必须满足通风、排水、提升等要求,并保证主要通风机等在10min内可靠启动和运行。备用电源应有专人负责管理和维护,每10天至少进行一次启动和运行试验,试验期间不得影响矿井通风等,试验记录要存档备查”制定。

2 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第158条“(三)必须安装2套同等能力的主要通风机装置,其中1套作备用,备用通风机必须能在10min内开动”制定。为确保风机保持良好的使用状态,每天应当进行一次正常工作的通风机和备用通风机自动切换试验,试验期间不得影响通风,试验记录要存档备案。

3 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第164条“(三)高瓦斯、突出矿井的煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进工作面正常工作的局部通风机必须配备安装同等能力的备用局部通风机,并能自动切换。正常工作的局部通风机必须采用三专(专用开关、专用电缆、专用变压器)供电,专用变压器最多可向4个不同掘进工作面的局部通风机供电;备用局部通风机电源必须取自同时带电的另一电源,当正常工作的局部通风机故障时,备用局部通风机能自动启动,保持掘进工作面正常通风”及“(七)使用局部通风机供风的地点必须实行风电闭锁和甲烷电闭锁,保证当正常工作的局部通风机停止运转或者停风后能切断停风区内全部非本质安全型电气设备的电源”制定。

4 瓦斯隧道施工安全要求更高,为确保工作面和各用风地点满足风量风速要求,确保将瓦斯浓度稀释到允许浓度以下,除要求主风机能提供足够的风量和风压外,还必须减少沿程风量损失。因此,要求风管漏风率越低越好。根据调研,目前通风管百米漏风率最低可达0.1%,结合目前成贵、成昆、成兰、大瑞等铁路项目施工单位实际施工情况,本规范规定风管漏风率不宜大于1%;同时要求风管直径越大越好。在供风量不变的情况下,风管直径越大,风管内风速越小,沿程阻力越小,风压损失越小。结合现场调研,本规范规定风管直径不宜小于1.2m。

10.4.2 如果进风井口布置在粉尘、有害和高温气体能够侵入的地方,会使进入隧道内的空气温度升高,新鲜风流中的氧气浓度减少,粉尘和有害气体的浓度增大,空气的质量得不到保证,会严重影响隧道施工安全和作业人员的身体健康。因此,主要通风机要

放在新鲜风流中。对于压入式通风,主要通风机需安装在距洞口一定距离的适当地点,一般设在距洞口不小于30 m处、一定高度的稳固支架上,并保证基础及安装支架稳固;对于巷道式通风,主要通风机需布设在进风巷道的风流中并距回风排污口需有一定的距离,一般不小于30 m。

10.4.3

1 为减少漏风,降低风流沿程阻力,方便安装和管理,通风管路布置时,要尽量选用加长的风管节,从而减少接头个数;同时要尽量保证风管接缝处平滑无缝隙;此外,弯曲平面的弯曲半径要尽量大。

2 为减小风流沿程阻和局部阻力,通风管路安装过程中,要合理调整布置,确保整个通风管路平直、无扭曲、无褶皱。

3 原规范第7.3.4条规定“风管口到开挖工作面的距离应不大于5 m”。根据现场施工单位调研,普遍反映这个距离过小,爆破作业对风管口的破坏极大,从某种程度上,反而影响了通风效果。从爆破作业的角度来讲,风管口离开挖工作面距离越远越好;但风管口离开挖工作面距离太远,新鲜风流就不能到达工作面,因此,风管口距开挖工作面距离不能小于有效射程。

理论上有效射程为风管口到风流反向点的距离。在大瑶山隧道模型试验研究表明,回风流区末端与涡流区相接,该区域流场结构非常紊乱,封闭端风流并非静止。故在确定射流有效射程时,设定当管口射流速度减小到初始值的1%时为射程尽头。根据测试观察及测试结果所得风管口射流射程计算公式为: $L = (4.9 \sim 5.9)De$,其中 De 为隧道当量直径。以时速250 km的双线隧道为例,此时 $L = 66 \text{ m} \sim 79 \text{ m}$ 。目前施工中,风筒内风速一般控制在20 m/s以内,对时速250 km的双线隧道,在距风管口66 m~79 m外,风速可降至0.2 m/s以下。实际上,对瓦斯隧道,要求工作面风速不小于0.25 m/s。因此,按有效射程来控制风管口至开挖工作面的距离是偏大的。为此,在成贵铁路瓦斯隧道开展了试

验研究,对风管口距离工作面分别为5 m、15 m、30 m时的工作面各点风速进行风速测定,测试数据见说明表10.4.3。在风管口距工作面15 m~30 m时,工作面风速均不小于0.3 m/s,通风效果良好。因此,为了确保瓦斯隧道施工安全,结合现场调研情况,本次规定通风机出风口至工作面的距离不宜大于15 m。

说明表 10.4.3 成贵铁路瓦斯隧道风管口距开挖工作面距离与工作面风速情况

施工工法	风管口距开挖工作面距离 d (m)	上台阶风速 (m/s)	中台阶风速 (m/s)	下台阶风速 (m/s)
三台阶法	5	1	0.4	0.3
	15	0.8	0.5	0.3
	30	0.6	0.3	0.3
台阶法	5	0.4	—	0.3
	15	0.3	—	0.3
	30	0.3	—	0.3

10.4.4

4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第164条“每15天至少进行一次风电闭锁和甲烷电闭锁试验,每天应当进行一次正常工作的局部通风机与备用局部通风机自动切换试验,试验期间不得影响局部通风,试验记录要存档备查”制定。

10.5.1 为保证施工安全,防止洞内瓦斯、二氧化碳等有害气体超标,瓦斯工区必须建立瓦斯、二氧化碳等有害气体的检查管理体系,体系中需包括瓦斯检查管理机构、瓦斯巡回检查及台账管理制度、瓦斯分级检查及管理制度。

10.5.2 通过对成贵、成昆等铁路调研,目前瓦斯隧道施工中,为充分体现“安全第一、以人为本”的理念,均采用人工检测及自动监测相结合的方式进行检测,且投资增加并不多。原规范第7.1.2条规定“低瓦斯工区可用便携式瓦检仪,高瓦斯工区和瓦斯突出工区除便携式瓦检仪外,尚应配置高浓度瓦检仪和瓦斯自动

检测报警断电装置并配备救护队”。根据本规范第3章对瓦斯工区等级划分的调整,本规范的微瓦斯即为原规范的低瓦斯,本规范的低瓦斯即为原规范的高瓦斯。因此,本次规定实质是沿用原规范的规定。

10.5.3 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第180条“(一)矿长、矿总工程师、爆破工、采掘区队长、通风区队长、工程技术人员、班长、流动电钳工下井时,必须携带便携式甲烷检测报警仪。瓦斯检查工必须携带便携式光学甲烷检测仪和便携式甲烷检测报警仪。安全监测工必须携带便携式甲烷检测报警仪”制定。

为防止瓦斯隧道瓦斯浓度超限,确保施工安全,要求人工检测配备专职瓦检员,专职瓦检员需带便携式甲烷检测报警仪或便携式光学甲烷检测仪,若地层中富含 H_2S 、 CO 、 N_2 等有害气体时,则还需配备相应的气体测定器;其他进洞技术及管理人员需配备便携式甲烷检测报警仪。其他进洞技术及管理人员包括工程技术人员、班组长、安全员以及特殊工种作业人员等。

10.5.4

1 加强隧道内开挖工作面及其他作业地点的瓦斯浓度检测,是确保施工及作业人员安全的重要措施。隧道其他作业地点主要包括初期支护、防排水系统、仰拱及二次衬砌等作业点及其他临时作业点。

6 拱顶、脚手架顶、塌腔区、超挖凹腔、断面变化处、辅助坑道与正洞交汇处、附属洞室及横通道内等风流不易到达的位置,瓦斯极易发生积聚,需加强检测。对塌腔区要尽快处理,处理前在确保安全的情况下,加强瓦斯检测。

8 隧道内可能产生火源的地点,如局部通风机、电机、变压器、电气开关附近、电缆接头等位置,一旦瓦斯浓度超标,会酿成重大灾害,施工中要严肃对待,加强瓦斯浓度检测。

10.5.6 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第490条及第495条制定。第490条规定:“安全监控设备必须具有故障闭锁功能。当

与闭锁控制有关的设备未投入正常运行或者故障时,必须切断该监控设备所监控区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁;当与闭锁控制有关的设备工作正常并稳定运行后,自动解锁。安全监控系统必须具备甲烷电闭锁和风电闭锁功能。当主机或者系统线缆发生故障时,必须保证实现甲烷电闭锁和风电闭锁的全部功能。系统必须具有断电、馈电状态监测和报警功能。”第495条规定:“安全监控系统必须具备实时上传监控数据的功能。”

1 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第491条“安全监控设备的供电电源必须取自被控开关的电源侧或者专用电源,严禁接在被控开关的负荷侧。安装断电控制系统时,必须根据断电范围提供断电条件,并接通井下电源及控制线。改接或者拆除与安全监控设备关联的电气设备、电源线和控制线时,必须与安全监控管理部门共同处理。检修与安全监控设备关联的电气设备,需要监控设备停止运行时,必须制定安全措施,并报矿总工程师审批”制定。

2 瓦斯易于积聚的区域主要包括断面变化处、辅助坑道与正洞交汇处、附属洞室及横通道内等风流不易到达的位置。

10.5.7 本条在原规范第9.1.7条基础上,结合《煤矿安全规程》(2016年版)第172条、第173条内容进行补充完善。

10.5.8 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第492条、第496条制定。

第492条规定“安全监控设备必须定期调校、测试,每月至少1次。采用载体催化元件的甲烷传感器必须使用校准气样和空气气样在设备设置地点调校,便携式甲烷检测报警仪在仪器维修室调校,每15天至少1次。甲烷电闭锁和风电闭锁功能每15天至少测试1次。可能造成局部通风机停电的,每半年测试1次……”。

第496条规定“便携式甲烷检测仪的调校、维护及收发必须由专职人员负责,不符合要求的严禁发放使用”。

10.5.9 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第492条“……安全监

控设备发生故障时,必须及时处理,在故障处理期间必须采用人工监测等安全措施,并填写故障记录”制定。

11.1.1 《煤矿安全规程》(2016年版)第441条规定,瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域的井下固定设备采用矿用防爆型。高瓦斯矿井除在井底车场、总进风巷、主要进风巷使用的高低压电机和电气设备可采用矿用一般型外,其余地点所需各类设备要求矿用防爆型。低瓦斯矿井除在井底车场、总进风巷、主要进风巷使用的固定设备可采用矿用一般型外,其余地点的设备均为矿用防爆型。说明表11.1.1为《煤矿安全规程》(2016年版)井下电气设备选型表。

说明表 11.1.1 《煤矿安全规程》(2016年版)井下电气设备选型

设备类别	突出矿井和瓦斯喷出区域	高瓦斯矿井、低瓦斯矿井				
		井底车场、总进风巷、主要进风巷		翻车机洞室	采区进风巷	总回风巷、主要回风巷、采区回风巷、采掘工作面和工作面进、回风巷
		低瓦斯矿井	高瓦斯矿井			
高低压电机和电气设备	矿用防爆型(增安型除外)	矿用一般型	矿用一般型	矿用防爆型	矿用防爆型	矿用防爆型(增安型除外)
照明灯具	矿用防爆型(增安型除外)	矿用一般型	矿用防爆型	矿用防爆型	矿用防爆型	矿用防爆型(增安型除外)
通信、自动控制的仪表、仪器	矿用防爆型(增安型除外)	矿用一般型	矿用防爆型	矿用防爆型	矿用防爆型	矿用防爆型(增安型除外)

铁路隧道建设,基本是以穿煤通过为主,与矿井以找煤、采煤是有极大区别的。铁路隧道的施工,更类似于矿井中的巷道掘进;铁路隧道施工通风也是以压入式、巷道式为主。按铁路瓦斯隧道的划分,参照《煤矿安全规程》(2016年版)的规定,低瓦斯、高瓦斯

工区及瓦斯突出工区的电气设备使用防爆型。

本规范中微瓦斯与原规范的低瓦斯划分标准基本一致,即在施工通风在最小风速下(0.15 m/s),微瓦斯工区洞内的瓦斯浓度均可稀释在安全值0.5%以下,并有一定安全冗余量。原规范规定低瓦斯工区可用非防爆电气设备,多年使用的工程实践表明,在加强瓦斯监测、保证施工通风的条件下,能保证施工安全。

工区的电气设备主要是固定的设备,在安装配置好后,要换装非常困难,对工期也不利;另一方面,一旦进入瓦斯区段,其洞口至瓦斯区段间处于回风流中,为保证安全,该段固定设备也需要按瓦斯的要求进行配置。因此,对工区的电气设备配置、管理要从进洞开始就要按工区最高瓦斯类别要求进行。

低瓦斯、高瓦斯工区及煤与瓦斯突出工区采用防爆型机电设备是为了防止电气设备工作时产生火花引爆瓦斯。当低瓦斯、高瓦斯工区或瓦斯突出工区与非瓦斯工区、微瓦斯工区开挖贯通后,如低瓦斯、高瓦斯工区或瓦斯突出工区尚未封闭或设立风门等防止瓦斯涌入后者工区的措施时,则非瓦斯工区和微瓦斯工区的固定设备和照明从一开始也需使用防爆型。

11.1.2 《煤矿安全规程》(2016年版)第376条对采用轨道机车运输作出了规定:突出矿井必须使用符合防爆要求的机车;新建高瓦斯矿井不得使用架线电机车运输;低瓦斯矿井的主要回风巷、采区进(回)巷应当使用符合防爆要求的机车;第378条对使用的防爆型柴油动力装置进行了规定;第392条对采用无轨胶轮车运输进行规定,并要求“严禁非防爆、不完好无轨胶轮车下井运行”。

《煤炭工业矿井设计规范》GB 50215—2005中第6.3.1条规定“井下辅助运输系统,应根据井下开拓部署、煤的运输方式、辅助运输物料和人员的运距、运量等因素综合比较确定”,第6.3.3条规定“辅助运输设备宜按下列要求选择:1 当采用无轨运输系统时,应采用矿用防爆型低污染无轨胶轮车”。

煤矿以上规定表明,在矿井中使用无轨运输设备均要求采用防爆型;使用有轨运输设备时,突出矿井必须使用防爆要求的机车,低瓦斯矿井的主要回风巷、采区进(回)风巷要使用符合防爆要求的机车。

原规范第 8.1.1 条规定“非瓦斯工区和低瓦斯工区的电气设备与作业机械可使用非防爆性”。在调研成贵铁路、兰渝铁路等低瓦斯隧道施工使用设备配置中,均采用的通用型的无轨设备。因此原规范的标准及要求,实践证明是可行的。

《铁路隧道设计规范》TB 10003—2016 基于分析的结果,认为低瓦斯工区只要满足最小回风风速 0.25 m/s,可以把瓦斯浓度稀释控制到 0.5% 以下,这种情况下采用非防爆的作业机械是安全的。因此规定高瓦斯工区和煤与瓦斯突出工区的作业机械使用防爆型。微、低瓦斯工区的作业机械可使用非防爆型。

11.1.3 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 436 条规定:矿井应当有两回路电源(即来自两个不同变电站或者来自不同电源进线的同一变电站的两段母线)。当任一回路发生故障停止供电时,另一回路应当担负矿井全部用电负荷。区域内不具备两回路供电条件的矿井采用单回路供电时,应当报安全生产许可证发放部门审查,采用单回路供电时,必须有备用电源。备用电源的容量必须满足通风、排水、提升等要求,并保证主要通风机等在 10 min 内可靠启动和运行。

结合煤矿安全规程的要求,在原规范的基础上,补充了采用单回路供电时,其备用电源的基本要求。

11.1.4 《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009 第 12.5.12 条规定隧道和瓦斯突出隧道的照明与电气信号设备的额定供电电压不应大于 110 V。《煤矿安全规程》(2016 年版)第 445 条要求照明、手持式电气设备的额定供电电压不应大于 127 V。结合铁路隧道施工的特点以及瓦斯隧道分类的情况,规定低、高瓦斯工区及瓦斯突出工区照明、手持式电气设备的额定供电电压不应

大于 110 V。

11.1.5 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 475 条规定“电压在 36 V 以上和由于绝缘损坏可能带有危险的电气设备的金属外壳、构架,铠装电缆的钢带(或钢丝)、铅皮(屏蔽护套)等必须有保护接地”。因此借鉴该要求,对瓦斯隧道内的电气设备的保护接地做了基本要求。

11.1.6 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 440 条规定“严禁井下配电变压器中性点直接接地。严禁由地面中性点直接接地的变压器或者发电机直接向井下供电”。

11.2.1 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 463 条规定“电缆主线芯的截面应当满足供电线路负荷的要求;电缆应当带有供保护接地用的足够截面的导体”。本条内容参照煤矿安全规程的要求制定。

11.2.2 《煤矿安全规程》(2016 年版)中,对于井下的电缆的选用没有区分高低瓦斯矿井和突出矿井,仅区分高、低压电缆。原规范中也仅对瓦斯工区的高压电缆、低压动力电缆进行规定,并没有区分高、低瓦斯工区。因此本次规范在沿用原规范的基础上,参照《煤矿安全规程》(2016 年版)的要求,仅对瓦斯工区的高、低压电缆进行了规定。

《煤矿安全规程》(2016 年版)第 463 条除规定立井、水平巷道、斜井内的高压电缆的选用要求外,还规定“在进风斜井、井底车场及其附近、中央变电所至采区变电所之间,可以采用铝芯电缆;其他地点必须采用铜芯电缆”。

原规范第 8.2.1 条规定瓦斯工区高压电缆应采用铜芯。工程实践中,铁路隧道施工中单独采用进风斜井、洞内设置中央变电所的情况较少,结合铁路隧道的具体情况,借鉴煤矿安全规定的要求,本条在原规范基础上,对作业环境条件进行了具体明确,规定高压电缆采用铜芯。

11.2.3 参照《煤矿安全规程》(2016 年版)第 463 条内容,将原规范第 8.2.2 条中“低压动力电缆”统一为“低压电缆”,“低压电缆”

包含了固定敷设的照明、通信、信号和控制用的电缆。因此本条内容参照煤矿安全最新要求,对低压电缆的要求进行了修改;同时也沿用了原规范中关于开挖面的电缆必须采用铜芯的规定。

11.2.4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第464条、第465条的规定,在原规范第8.2.4条内容基础上,增加了抽采管路与电缆必须分设、竖井内电缆设置的要求。

11.2.5 《煤矿安全规程》(2016年版)第468条对电缆的连接规定“(1)电缆与电气设备连接时,电缆线芯必须使用齿形压线板(卡爪)、线鼻子或者快速连接器与电气设备进行连接。(2)不同型电缆之间严禁直接连接,必须经过符合要求的接线盒、连接器或者母线盒进行连接。(3)同型电缆之间直接连接时必须遵守下列规定:1)橡套电缆的修补连接(包括绝缘、护套已损坏的橡套电缆的修补)必须采用阻燃材料进行硫化热补或者与热补有同等效能的冷补,在地面热补或者冷补后的橡套电缆,必须经浸水耐压试验,合格后方可在洞内使用。2)塑料电缆连接处的机械强度以及电气、防潮密封、老化等性能,应当符合该型矿用电缆的技术标准”。

参照上述规定,取消了原规范第8.2.4条中关于电缆与电气设备连接必须使用与电气设备的防暴性能相符合的接线盒的要求。

11.3.1 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第474条规定“井下照明和信号的配电装置应当具有短路、过负荷和漏电保护的综合作用”。《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009第11.4.3条规定“照明和动力电线路安装在同一侧时,必须分层架设”。

11.3.2 原规范第8.3.3条按不同瓦斯工区,结合施工组织及施工通风方式等对照明灯具进行了规定。在成贵铁路、渝黔铁路瓦斯隧道的施工现场调研中,普遍认为:由于Exd I型Exd II型灯具市场价格差异不是太大,无论衬砌与否,瓦斯工区内均采用较高标准的一种防爆灯具,易于施工管理和维护,缺点是安装时稍复杂,

安装要求较高。结合工程实践及调研意见,本次规范规定低、高瓦斯工区和突出工区采用固定防爆照明灯具时,均统一采用Exd I型。

11.4.1 《煤矿安全规程》(2016年版)第437条规定“矿井供电电能质量应当符合国家有关规定;电力电子设备或者变流设备的电磁兼容性应当符合国家标准、规范要求。电气设备不应超过额定值运行”。参照煤矿安全要求,制定本条规定。

11.4.2 《煤矿安全规程》(2016年版)第450条规定“井下严禁使用油浸式电气设备。40 kW及以上的电动机,应当采用真空电磁起动器控制”。因此,参照煤矿安全要求,制定本条规定。

11.4.3 《煤矿安全规程》(2016年版)第443条规定“操作井下电气设备应当遵守下列规定:(一)非专职人员或者非值班电气人员不得操作电气设备。(二)手持式电气设备的操作手柄和工作中必须接触的部分必须有良好绝缘”。第444条规定“容易碰到的、裸露的带电体及机械外露的转动和传动部分必须加装护罩或者遮拦等防护设施”。参考煤矿安全规程的要求,对原规范第8.1.6条内容进行补充。

11.4.4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第453条规定“矿井6 000 V及以上高压电网,必须采取措施限制单相接地电容电流,生产矿井不超过20 A,新建矿井不超过10 A”。按照煤矿安全的规定,单相接地电容电流不超过10 A,更有利于井下用电安全。因此,本规范对原规范中关于单相接地电容电流的值进行了修订。

11.4.5 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第453条规定“井上、下变电所的高压馈电线上,必须具备有选择性的单相接地保护;向移动变电站和电动机供电的高压馈电线上,必须具有选择性的动作于跳闸的单相接地保护”。“井下低压馈电线上,必须装设检漏保护装置或者有选择性的漏电保护装置,保证自动切断漏电的馈电线路”。

11.4.6 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第454条规定“直接向

井下供电的馈电线路,严禁装设自动重合闸。手动合闸时,必须事先同井下联系”。

11.4.7 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第476条、第477条制定,第476条规定“任一组主接地极断开时,井下总接地网上任一保护接地点的接地电阻值,不得超过 $2\ \Omega$ 。每一移动式和手持式电气设备至局部接地极之间的保护接地用的电缆芯线和接地连接导线的电阻值,不得超过 $1\ \Omega$ ”。第477条规定“所有电器设备的保护接地装置(包括电缆的铠装、铅皮、接地芯线)和局部接地装置,应当与主接地极连接成1个总接地网”。

11.4.8 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第455条、第489条制定,第455条规定“井上、井下必须装设防雷装置,并遵守下列规定:(1)经由地面架空线路引入井下的供电线路和电机车架线,必须在入井处装设防雷电装置。(2)由地面直接入井的轨道、金属架构及露天架空引入(出)井的管路,必须在井口附近对金属体设置不少于2处的良好的集中接地”。第489条规定“矿用有线调度通信电缆必须专用。设备应当满足电磁兼容要求。系统必须具有防雷电保护,入井线缆在入井口处必须具有防雷措施”。

11.5.1 铁路隧道的作业机械主要指挖装渣、运输机械,而装渣设备有电力驱动和柴油内燃机驱动为主,运输设备有汽车无轨运输、蓄电池电机车或内燃机车牵引有轨矿车运输等方式。目前在铁路隧道施工中,从施工管理、施工组织灵活性、施工功效等方面,通常以通用型的无轨运输方式为主。《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009第6.2.9条规定严禁汽油机械进洞。因此,瓦斯隧道的施工更需禁止汽油机械进洞。

11.5.2 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第501条制定。第501条规定“井下的以下设备必须设置甲烷断电仪或者便携式甲烷检测报警仪:(1)采煤机、掘进机、掘锚一体机、连续采煤机。(2)梭车、锚杆钻车。(3)采用防爆蓄电池或者防爆柴油机为动力的运输设备。(4)其他需要安装的移动设备”。

工程实践表明,车辆在洞内可能处于待避、停车装载等多种工况或状态,在低瓦斯工区还是有一定的风险,因此低瓦斯工区作业设备安装或配置便携式甲烷检测报警仪,易于驾驶员及时掌握瓦斯浓度情况,当瓦斯浓度超过 0.5% 时,及时采取停止机械运行处置措施。

11.5.3 铁路隧道的工程实践表明,瓦斯隧道施工机械只要满足瓦斯工区相应等级的要求,无论采用有轨机械还是无轨机械,在施工通风、瓦斯监测系统正常运行情况下,都可以安全施工。但是隧道作业机械有轨、无轨系统的选用,与隧道长度、通风条件、辅助坑道设置有关系。因此,提出在施工通风困难、需要大量增加辅助坑道的条件下,进行有轨运输和无轨运输方案的比较也是必要的。

12.1.1 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第9条制定。《煤矿安全规程》第9条规定“煤矿企业必须对从业人员进行安全教育和培训。培训不合格的,不得上岗作业。主要负责人和安全生产管理人员必须具备煤矿安全生产知识和管理能力,并经考核合格。特种作业人员必须按国家有关规定培训合格,取得资格证书,方可上岗作业。矿长必须具备安全专业知识,具有组织、领导安全生产和处理煤矿事故的能力”。

结合铁路隧道施工特点,爆破工、电工、瓦检员等均为特种作业人员,瓦斯隧道爆破、电气设备等均有特殊要求,而瓦检员更是相对普通隧道施工增加的一个保证安全的重要岗位;而瓦斯突出区段,由于突出煤层的危险性和危害性,加之综合防突措施的工序的复杂性和揭煤防突“四位一体”的要求,为确保安全,配置专职防突员是非常必要的。

12.1.2 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第5条、第676条内容并结合铁路瓦斯隧道特点制定。《煤矿安全规程》第5条规定“煤矿企业必须设置专门机构负责煤矿安全生产与职业病防治管理工作,配备满足工作需要的人员及装备”。《煤矿安全规程》第676条规定“所有煤矿必须有矿山救护队为其服务。井工煤矿企业应

当设立矿山救护队,不具备设立矿山救护队条件的煤矿企业,所属煤矿应当设立兼职救护队,并与就近的救护队签订救护协议;否则,不得生产”。

12.1.3 《煤矿安全规程》(2016年版)第17条规定“煤矿企业必须建立应急救援组织,健全规章制度,编制应急救援预案,储备应急救援物质、装备并定期检查补充。煤矿必须建立矿井安全避险系统,对井下人员进行安全避险和应急救援培训,每年至少组织1次应急演练”。

结合铁路瓦斯隧道特点,其管理制度需包含多方面,包括超前预报、施工设备及人员、钻爆作业、施工通风、瓦斯检测和监测等,由于施工通风和瓦斯检测是施工安全保证的根本手段和措施,进洞人员一方面是瓦斯隧道施工各项工作的实施者,其分工不同,工种多,进洞人员多,因此其可能导致风险的因素多而杂,必须加强管理,另一方面进洞人员也是安全保护的对象,也需要通过加强管理,为其提供更安全的保障。因此本规范强调了施工通风、瓦斯检测、进洞人员管理制度的建立。

12.1.4 《煤矿安全规程》(2016年版)第127条规定“修复旧井巷时,必须首先检测瓦斯。当瓦斯积聚时,应按规定排放,只有在回风流中甲烷浓度不超过1%、二氧化碳浓度不超过1.5%、空气成分符合本规程第135条的要求时,才能作业”。国内某公路瓦斯隧道曾发生过因恢复瓦斯隧道施工时管理不严,在未检测瓦斯浓度和采取通风排出积聚瓦斯的情况下,盲目进洞,且操作不当而引发瓦斯爆炸,造成人员伤亡事故。参照煤矿安全生产要求,结合铁路隧道施工管理特点,对停工的瓦斯隧道的复工要求进行规定。

12.2.1 ~ 12.2.5 《煤矿安全规程》(2016年版)第13条规定“入井(场)人员必须戴安全帽等个体防护用品,穿带有反光标识的工作服。入井(场)前严禁饮酒。煤矿必须建立入井人员检身制度和出入井人员清点制度;必须掌握井下人员数量、位置等实时信息。入井人员必须随身携带自救器、标识卡和矿灯,严禁携带烟草

和点火物品,严禁穿化纤衣服”。

结合成贵铁路瓦斯隧道施工组织管理的经验,借鉴《煤矿安全规程》(2016年版)第13条入井人员规定以及第504条~第506条下井人员位置监测的要求,对原规范第9.1.11条内容进行补充。增加了人员位置监测、施工前安全技术交底的有关要求。

12.3.1 作业机械主要指移动机械设备。在成贵铁路、渝黔铁路等瓦斯隧道工程中,大部分瓦斯地层或煤与瓦斯突出地层均分布在工区中部或距洞口较远的地段,从洞口到第一处瓦斯地层之间的非瓦斯地层段落较长。基于这种情况,瓦斯工区的监测、通风及固定电气设备及施工管理从进洞开始就严格按工区最高瓦斯类别要求开展,但由于防爆性能的作业机械设备的动力等均小于通用型普通机械,为提高效率,从洞口至第一处瓦斯地层前的非瓦斯地层,其移动作业机械设备一般采用普通型;当瓦斯监测、检测发现高瓦斯,则立即进行移动作业设备的防爆换装,换装后,非防爆设备就严禁进入该工区,直至工区内瓦斯地段全部施工完成且衬砌封闭。其经验表明,在坚持瓦斯实时监测、施工通风正常工作的基础上,移动作业机械的这种管理是成功的,其施工安全得到保障,施工效率也得到了提高。

12.3.2 ~ 12.3.4 在原规范内容基础上,参照《煤矿安全规程》(2016年版)第376条、第378条、第392条以及第481条~第483条的相关要求进行补充。说明表12.3.4引自《煤矿安全规程》(2016年版)第483条的表17。

《煤矿安全规程》(2016年版)第481条规定“电气设备的检查、维护和调整,必须由电器维修工进行。高压电气设备和线路的修理和调整工作,应当有工作票和施工措施。高压停、送电的操作,可以根据书面申请或者其他联系方式,得到批准后,由专责电工执行。采区电工,在特殊情况下,可对采区变电所内高压电气设备进行停、送电的操作,但不得打开电气设备进行维修”。

第482条规定“井下防爆电气设备的运行、围护和修理,必须

符合防爆性能的各项技术要求。防爆性能遭受破坏的电气设备,必须立即处理或者更换,严禁继续使用”。

第 483 条规定“矿井应当按要求对电气设备、电缆进行检查和调整。检查和调整结果应当记入专用的记录簿内。检查和调整中发现的问题应当指派专人限期处理”。

说明表 12.3.4 《煤矿安全规程》(2016 年版)电气设备、电缆的检查和调整

检查调整项目	检查周期	备注
使用中的防爆电气设备的防爆性能检查	每月 1 次	每日应当由分片负责电工检查 1 次外部
配电系统继电保护装置检查整定	每 6 个月 1 次	负荷变化应当及时整定
高压电缆的泄露和耐压试验	每年 1 次	
主要电气设备绝缘电阻的检查	至少每 6 个月 1 次	
固定敷设电缆的绝缘及外部检查	每季 1 次	每周应当由专职电工检查 1 次外部和悬挂情况
移动式电气设备的橡套电缆绝缘检查	每月 1 次	每班由当班人或专职电工检查 1 次外皮有无破损
接地电网接地电阻值测定	每季 1 次	
新安装的电气设备绝缘电阻和接地电阻的测定		投入运行前

12.4.1 在原规范第 9.1.10 条基础上,参照《煤矿安全规程》(2016 年版)第 249 条、第 257 条、第 258 条规定的内容进行了完善。其中:

《煤矿安全规程》(2016 年版)第 249 条规定“矿井必须设地面消防水池和井下消防管路系统。井下消防管路系统应当敷设到采掘工作面,每隔 100 m 设置支管和阀门,但在带式输送机巷道中应当每隔 50 m 设置支管和阀门。地面的消防水池必须经常保持不少于 200 m³ 的水量。消防用水同生产、生活用水共用同一水池时,应当有确保消防用水的措施。开采下部水平的矿井,除地面消防水池外,可以利用上部水平或者生产水平的水仓作为消防水池”。

第 257 条规定“井下爆炸物品库、机电设备硐室、检修硐室、材料库、井底车场、使用带式输送机或者液力耦合器的巷道以及采掘工作面附近的巷道中,必须备有灭火器材,其数量、规格和存放地点,应当在灾害预防和处理计划中确定。井下工作人员必须熟悉灭火器材的使用方法,并熟悉本职工作区域内灭火器材的存放地点”。

第 258 条规定“每季度应当对井上、下消防管路系统、防火门、消防材料库和消防器材的设置情况进行 1 次检查,发现问题,及时解决”。

12.4.2 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 251 条规定“井口房和通风机房附近 20 m 内,不得有烟火或者用火炉取暖。通风机房位于工业广场以外时,除开采有瓦斯喷出的矿井和突出矿井外,可用隔焰式火炉或者防爆式电热器取暖。暖风道和压入式通风的风硐必须用不燃性材料砌筑,并至少装设 2 道防火门”。

12.4.3 《煤矿安全规程》(2016 年版)第 254 条规定“井下和井口房内不得进行电焊、气焊和喷灯焊接等作业,如果必须在井下主要硐室、主要进风井巷和井口房内进行电焊、气焊和喷灯焊接等工作,每次必须制定安全措施,由矿长批准并遵守下列规定:(一)指定专人在场检查和监督。(二)电焊、气焊和喷灯焊接等工作地点的前后两端各 10 m 的井巷范围内,应当是不燃性材料支护,并有供水管路,有专人负责喷水,焊接前应当清理或者隔离焊渣飞溅区域内的可燃物。上述工作地点应当至少备有 2 个灭火器。(三)在井口房、井筒和倾斜巷道内进行电焊、气焊和喷灯焊接等工作时,必须在工作地点的下方用不燃性材料设施接受火星。(四)电焊、气焊和喷灯焊接等工作地点风流中,甲烷浓度不得超过 0.5%,只有在检查证明作业地点附近 20 m 范围内巷道顶部和支护背板后无瓦斯积存时,方可进行作业。(五)电焊、气焊和喷灯焊接等作业完毕后,作业地点应当再次用水喷洒,并有专人在作业地点检查 1h,发现异常,立即处理。(六)突出矿井井下进行电焊、气焊和喷

灯焊接时,必须停止突出煤层的掘进、回采、钻孔、支护以及其他所有扰动突出煤层的作业。煤层中未采用砌碛或者喷浆封闭的主要硐室和主要进风大巷中,不得进行电焊、气焊和喷灯焊接等工作”。

结合成贵铁路瓦斯隧道的施工经验,参照《煤矿安全规程》(2016年版)的要求,以及在原规范第9.1.10条以及铁建设(2009)62号修改条文基础上,增加了关于瓦斯工区洞内进行焊接、切割等动火作业的有关要求,对动火作业的安全管理进行规定。

12.4.4 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第255条关于井下使用的汽油、煤油、润滑油等油类及剩油废油处置规定,以及待用和使用过的棉纱、布头和纸张等管理规定,对原规范第9.1.10条内容进行补充。

《煤矿安全规程》(2016年版)第255条规定“井下使用的汽油、煤油必须装入盖严的铁桶内,由专人押运送至使用地点,剩余的汽油、煤油必须运回地面,严禁在井下存放。井下使用的润滑油、棉纱、布头和纸等,必须存放在盖严的铁桶内;用过的棉纱、布头和纸,也必须放在盖严的铁桶内,并由专人定期送到地面处理,不得乱放乱扔;严禁将剩油、废油泼洒在井巷或者硐室内。井下清洗风动工具时,必须在专用硐室进行,并必须使用不燃性和无毒性洗涤剂”。

12.5.1 参照《煤矿安全规程》(2016年版)第17条规定,在原规范第9.2.1条内容基础上进行了补充。

12.5.3 本条在原规范第9.2.2条基础上,参照《煤矿安全规程》(2016年版)第717条相关内容制定。

《煤矿安全规程》(2016年版)第717条规定“处理顶板事故时,应当遵管或者打钻向被困人员供给新鲜空气、饮料和食物。(二)指定专人检查甲烷浓度、观察顶板和周围支护情况,发现异常,立即撤出人员。(三)加强巷道支护,防止发生二次冒顶、片帮,保证退路安全畅通”。

12.5.4、12.5.5 封闭的火区,具备下列条件时,可以认为火区已经熄灭,方准启封。

(1)火区启封前,火区内空气温度、氧气、一氧化碳和水温的指标测区要符合下列条件:

1)火区内空气温度下降到 30°C 以下,或者与火灾发生前该区的日常空气温度相同。

2)火区内空气中氧气浓度降到5.0%以下。

3)火区内空气中部含有乙烯、乙炔,一氧化碳浓度在封闭期间逐渐下降,并稳定在0.001%以下。

以上指标均要在大气压力稳定或下降期间于回风侧的防火内或钻孔测取,并以最大值为准。

4)火区内出水温度低于 25°C ,或者与火灾发生前该区的日常水温度相同。

(2)以上4项指标持续稳定1个月以上,每天测试不少于3次。

(3)启封火区和恢复火区初期通风等工作,由矿山救护队负责进行。启封火区工作完成后,由矿山救护队检查通风工作,并测定水温、空气温度和空气成分,在连续3d以上无上升趋势,方可认定火区已完全熄灭。

13.1.2 煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸、瓦斯燃烧、煤层自燃及煤尘爆炸是瓦斯隧道所特有的风险事件,往往多发生于隧道施工过程中,相对于隧道的其他风险事件而言,瓦斯事故后果往往是灾难性的,因此设计阶段要充分考虑瓦斯防治、确保安全措施,施工阶段要全过程、全方位加强安全风险因素管理,杜绝瓦斯事故的发生。

13.1.3 可行性研究阶段瓦斯隧道属于重点工程,需提交风险评估结论和风险控制措施,该阶段主要以选线时规避煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯等不良地质地段为主,评估煤层瓦斯对工程影响程度。初步设计及施工图阶段瓦斯隧道属于控制性隧道,需开展瓦斯专项风险管理报告,煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯隧道往往地质条

件更为复杂,风险更高,也是设计的重点,故此阶段规定煤与瓦斯突出隧道、高瓦斯隧道要提交瓦斯专项风险管理报告,而微、低瓦斯的危险相对较低,按一般隧道进行处理。施工阶段要求所有的隧道均提交风险管理报告,针对瓦斯隧道而言,瓦斯事故的危险因素包含施工中的众多方面,任何一点产生疏漏均可能产生灾难性的后果,因此所有的瓦斯隧道在施工中均要高度重视,完成风险管理报告。竣工后的风险后期评估报告尤为重要,一是对瓦斯封闭效果进行检验及评估,成果又是运营管理阶段的重要基础资料。

13.1.4 施工阶段的瓦斯危险因素多,包括施工组织因素、地质因素、超前地质预报因素、工法因素、通风及瓦斯监测因素、防突揭煤处理因素、人员及设备管理因素等等,任何一个因素发生变化都可能会引起瓦斯事件,因此开展危险因素变化的动态评估是必须要开展的一项工作。

13.1.5 煤与瓦斯突出是对人身安全、工程安全、工程质量影响极大甚至是毁灭性的施工灾害,一旦发生将导致人身伤亡、工程投资、施工工期的重大损失,而防突、消突本身工序繁复、工艺复杂、工期较长,以上因素致使煤与瓦斯突出是一个极高的风险,在选线和设计时首先要规避,对于无法规避者,就是不惜代价地进行防治,这个代价可能是工期、也可能是工程投资。这些都是符合极高风险的特征的。故本规范明确煤与瓦斯突出工区要确定为极高风险工区。

煤层自燃、煤尘爆炸都可能加剧高瓦斯工区中瓦斯的危害,因此不同于单纯的高瓦斯工区,其处理更为复杂、对工程质量、安全、投资的影响加大,因此,高瓦斯并具有煤层自燃、煤尘爆炸可能的工区或区域要确定为极高风险工区或区域。

高瓦斯工区往往瓦斯压力较高,瓦斯涌出量大,易引起瓦斯浓度超标,发生瓦斯燃烧或爆炸等事故,一般可确定为高风险;也可按高瓦斯工区内的高瓦斯区段的分布情况,发生的概率等级,综合分析后确定为极高或中度风险。

非煤瓦斯的探测性、可定量性较差,往往由于地质构造、圈闭结构和节理密集带的存在而出现不均匀赋存、不规律运移,呈现突然涌出甚至喷出,这对瓦斯的防爆、防燃是极为不利的,往往因疏于防范而出现瓦斯爆炸、燃烧等意外事故,鉴于此特性,非煤瓦斯地层的高瓦斯工区要确定为高度风险。

13.2.1 风险评估方法分为定性、定量、定性与定量相结合三种,定性的主要包括:核对表法、头脑风暴法、事故统计法和专家调查法等;定量的方法主要包括模糊评判法、蒙特卡罗法和故障法等;定性与定量相结合的方法主要包括层次分析法、风险矩阵法、敏感性分析法、外推法等。目前国内风险评估采用的主要还是以定性为主,通过核对表法进行风险辨识,初步确定风险等级,采用头脑风暴法通过会议,借助于专家的经验对风险等级进行修正。

13.2.2 可行性研究阶段在确定线路平面位置及高程时要充分考虑隧道穿越煤层瓦斯的段落范围、瓦斯隧道类别,尽量减少煤与瓦斯突出及高瓦斯隧道的个数及长度。特长、长大瓦斯隧道及瓦斯地质条件复杂的隧道需进行深入的瓦斯地质调查,开展地质及瓦斯地质综合选线。

13.2.3 在非瓦斯隧道的基础上结合瓦斯隧道的特点增加了线路方案、瓦斯等级判定、工区划分、施工工法、辅助坑道、设防体系等方面的内容,更加全面、系统的对设计阶段的风险管理进行了补充。

13.3.1 瓦斯隧道施工阶段的风险因素不同于设计阶段,其影响因素更多,除设计阶段的风险因素外,还包括施工中的机械设备、电气设备、开挖爆破器材、实施性的施工通风方案、瓦斯检测方案、人员管理、安全制度等,涉及的方面更多,要求更高。

13.3.2 施工阶段瓦斯危险因素的变化主要指煤层位置、煤层瓦斯参数等发生变化;重大施工方案调整主要指辅助坑道方案、施工通风方案、施工组织方案等;主要人员变动主要指现场主要管理人员、技术负责人、专职爆破工、瓦检员等专业人员。

13.3.3 条文中列出的是结合瓦斯隧道特点,从防止瓦斯事件方面重点强调并严格执行的风险管理内容。

13.3.4 瓦斯隧道的预警阈值主要有:洞内各处瓦斯浓度、回风流风速、瓦斯压力、吨煤瓦斯含量、绝对瓦斯涌出量等超过既定值后均需预警。

13.3.5 瓦斯隧道竣工后需对瓦斯设防体系封闭效果进行检验,实测洞内瓦斯浓度,进行评估后为运营管理提供基础信息。工后废弃的辅助坑道需对交叉口或横通道的封堵措施效果进行评估,利用的辅助坑道则需对瓦斯设防体系封闭效果进行检验,实测坑道内瓦斯浓度,并进行评估,为运营期间的管理提供基础信息。

14.0.1 瓦斯隧道的质量检验除混凝土透气系数指标外,其他项目均要按现行铁路隧道施工质量验收标准中的规定检验。

14.0.2 对瓦斯地段的混凝土施工缝要逐道检测其瓦斯封闭效果。施工期间,当每模混凝土衬砌施作完成后,需对其施工缝瓦斯封闭效果进行检测,检测其瓦斯逸出量与临近施工缝瓦斯逸出量是否出现明显异常;瓦斯地段施工完成后,还需对所有位于瓦斯地段的施工缝进行瓦斯封闭效果检测,瓦斯浓度不得超过0.5%;当全隧贯通后,再次对所有位于瓦斯地段的施工缝进行瓦斯封闭效果检测,瓦斯浓度不得超过0.5%。各阶段施工缝瓦斯逸出量检测结果异常或超标时,需及时处理,达到竣工验收条件。

附录 C

独头坑道绝对瓦斯涌出量计算示例

设已知正在煤层中开挖的独头坑道,施工速度为每日开挖2 m,喷射混凝土支护起点距开挖面2 m,已施作喷射混凝土500 m,其中前300 m为煤巷或半煤巷,后200 m为岩巷,其他有关参数如下:

坑道断面积 $A_0 = 10 \text{ m}^2$;

周长 $S = 15 \text{ m}$;

喷射气密性混凝土支护厚度 $\Delta = 0.10 \text{ m}$;

煤层吨煤瓦斯含量 $W_0 = 10 \text{ m}^3/\text{t}$;

挥发分 $V = 17$;灰分 $A^f = 19$;水分 $W^f = 2.2$;

透气系数 $\lambda = 12.21 \text{ m}^2/(\text{MPa} \cdot \text{d})$;

瓦斯初始压力 $P_0 = 1.5 \text{ MPa}$;

煤层密度 $\rho = 1.5 \text{ t/m}^3$;

瓦斯密度 $\rho_a = 0.716 \text{ kg/m}^3$ 。

计算该坑道绝对瓦斯涌出量 $Q_{\text{绝}}$:

(1) 煤落煤块瓦斯涌出量 Q_1

查表 C.0.2,由 $V = 17\%$,可得:

$W'_k = 6.1667 \text{ m}^3/\text{t}$ (内插)

煤块中残存瓦斯量 $W'_0 = \frac{W'_k(100 - W^f - A^f)}{100(1 + 0.3W^f)} = 2.889$

每吨煤落煤块瓦斯涌出量

$$W = W_0 - W'_0 = 10 - 2.889 = 7.111 (\text{m}^3/\text{t})$$

每日开挖所爆落煤块总体积 $V_u = VA_0 = 2 \times 10 = 20 (\text{m}^3)$

将 V_u 、 W 及煤的密度 ρ 代入式(C.0.2—1)得

$$\begin{aligned} Q_1 &= V_u \rho W / 1440 \\ &= 20 \times 1.5 \times 7.111 / 1440 \\ &= 0.15 (\text{m}^3/\text{min}) \end{aligned}$$

(2) 每天新暴露洞壁煤层瓦斯涌出量 Q_2

每天新暴露未支护洞壁面积 $A = A_0 + SV$

代入已知数得: $A = 10 + 15 \times 2 = 40 (\text{m}^2)$

每分钟每平方米洞壁逸出瓦斯初始强度 Q_0 按式(C.0.3—3)

计算:

$$\begin{aligned} Q_0 &= 0.0026 W_0 [0.0004(V)^2 + 0.16] \\ &= 0.0026 \times 10 \times (0.0004 \times 17^2 + 0.16) \\ &= 0.0717 [\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})] \end{aligned}$$

由式(C.0.3—5),瓦斯逸出衰减系数为

$$\begin{aligned}\alpha &= 0.0047\lambda + 0.0026 \\ &= 0.0047 \times 12.21 + 0.0026 \\ &= 0.06\end{aligned}$$

由式(C.0.3—1)及式(C.0.3—4)有

$$\begin{aligned}Q_2 &= A Q_0 f(t) \\ &= 40 \times 0.00717 \times e^{-\alpha t} \\ &= 40 \times 0.00717 \times e^{-0.06 \times 0.5} \\ &= 2.78 (\text{m}^3/\text{min})\end{aligned}$$

(3)喷射混凝土地段洞壁瓦斯逸出量 Q_3

由式(C.0.4)有

$$Q_3 = \frac{10^5 KVS}{2 P_2 \rho_a \Delta} \left[\frac{P_0^2 (e^{-2\alpha_1} - e^{-2\alpha_1(n+1)})}{1 - e^{-2\alpha_1}} - n P_2^2 \right]$$

式中 K ——喷层瓦斯渗透系数,对于气密性喷射混凝土为

$$K = 6 \times 10^{-11} \text{ m/min}$$

V ——每日进尺,2 m;

S ——巷道周长,15 m;

P_2 ——洞内气压,0.1 MPa;

ρ_a ——瓦斯气体密度,0.716 kg/m³;

Δ ——喷层厚,0.10 m;

P_0 ——瓦斯初始压力,1.5 MPa;

α_1 —— $\alpha/2 = 0.03$ 。

$$n = L/V = 300/2 = 150$$

将各已知数代入上式得

$$\begin{aligned}Q_3 &= \frac{10^5 \times 6 \times 10^{-11} \times 2 \times 15}{2 \times 0.1 \times 0.716 \times 0.10} \times \\ &\quad \left[\frac{1.5^2 \times (e^{-2 \times 0.03} - e^{-2 \times 0.03 \times 151})}{1 - e^{-2 \times 0.03}} - 150 \times 0.1^2 \right] \\ &= 0.44 (\text{m}^3/\text{min})\end{aligned}$$

300 m长喷混凝土坑道平均每1 m²逸出瓦斯:

$$0.44 / (300 \times 15) = 0.0001 [\text{m}^3 / (\text{min} \cdot \text{m}^2)]$$

此值仅为煤壁瓦斯涌出强度 Q_0 的1/717,可见用10 cm厚的气密性混凝土及时封闭洞壁,可以有效地减少瓦斯逸出。

(4)该独头坑道涌出瓦斯总量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.15 + 2.78 + 0.44 = 3.37 (\text{m}^3/\text{min})$$

最新标准规范,请微信关注公众号
回复:规范,即可下载!



微信扫二维码关注!