

水工隧洞瓦斯防治技术规范 条文说明

目次

1 总则	52
3 基本规定	53
3.1 总体要求	53
3.2 隧洞瓦斯分类	53
4 勘察	57
4.1 一般规定	57
4.2 勘察方法及要求	57
4.3 规划至可研阶段勘察	59
4.4 初设阶段至施工图详图设计阶段勘察	60
5 防治设计	61
5.1 一般规定	61
5.2 支护结构设计	61
5.3 防气与排气设计	61
6 超前地质预报	63
6.1 一般规定	63
6.2 地质素描	64
6.3 超前钻探	64
6.4 物探	65
7 施工	66
7.1 一般规定	66
7.2 施工通风	67
7.3 瓦斯检测及监测	68
7.4 电气设备	70
7.5 作业机械	72
7.6 钻爆作业	73
7.7 现场施工安全	76
8 开挖防突	78
8.1 一般规定	78
8.2 突出危险性预测	80
8.3 防突措施	81
8.4 防突措施效果检验	83
8.5 开挖	83
9 质量检验、评价与运行管理	85
9.1 质量检验和评价	85
9.2 运行管理	85

1 总则

1.0.1 隧洞瓦斯具有不可预见风险因素多、勘察设计难度大、施工工序繁多及安全问题突出等特点。为贯彻落实“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产总方针，规范化水利水电工程隧洞瓦斯勘察、设计、施工、运行等方面的程序和准则，衔接及补充《水工隧洞设计规范》、《引调水线路工程地质勘察规范》、《水工建筑物地下开挖工程施工规范》等规范，通过吸收公路、铁路系统的建设经验及成果，参考煤矿行业的标准，突出水利水电工程隧洞建设特点，做到技术先进、质量可靠、风险可控、经济合理。

1.0.2 目前钻爆法施工在水利水电隧洞建设中仍是普遍性的开挖方法，另外掘进机(TBM、盾构机)开挖的隧洞涉及到施工电气设备复杂及作业机械动力大、体积占比大，防爆有待进一步深入研究，因此本规范适用于以钻爆法开挖为主的含瓦斯隧洞。

1.0.3 参考 TB10120 条款 1.0.4 及煤矿瓦斯治理 16 字方针：通风可靠、抽采达标、监控有效、管理到位。

1.0.4 参考《防治煤与瓦斯突出细则》2019 版第四条，要求 1、密切跟踪、分析煤层瓦斯和地质异常、采掘活动、防突各环节等影响突出因素，及时发现突出预兆，对一段时间内煤层突出危险性变化趋势做出预警；2、突出预警机制就是建立实施突出预警管理制度、技术方法及装备，形成不同预警结果的处理规则，建立应对处理预警报告的人员、机制等。

1.0.5 自动化、智能化参考《煤矿安全规程》第 10 条，充分依靠科技进步，将自动化、智能化同施工深度融合。

目前煤矿正采用定向钻集成全景摄像成像、内置高精度三维罗盘、钻孔轨迹测量等多功能设备，构建透明地质模型，在此基础上，构建顶板、水灾、瓦斯、煤尘、火灾等多属性融合的灾害智能感知和预警平台，实现智能开采，也可进行借鉴学习。

3 基本规定

3.1 总体要求

3.1.1 选线时尽可能避开不利地段，如以隧洞形式通过，则在平面上应尽量绕避煤矿和油气田核心区或选择矮小丘包、傍山地段通过；纵向上采用短隧洞、浅埋隧洞等使线路穿行于瓦斯风化带内；对难以绕避的地段，应采取有效的工程措施规避瓦斯风险。

3.1.2 参考贵州省煤矿瓦斯防治综合管理办法 26 条规定：煤层瓦斯压力大于或等于 3.0MPa、埋深大于 800m 且无保护层开采的，或者地质构造复杂、突出危险严重且实施区域防突措施困难的，经专家论证现有技术不能满足瓦斯防治需要、安全风险不可控的区域，应划定为禁采区或者缓采区。

3.1.3 界定勘察、设计的相关内容。衔接 SL279 关于隧洞瓦斯不良地质洞段的相关条款，如 3.0.2 条，8.0.2 条、8.0.7 条等。

3.1.4 参考 JTG / T 3374 条款 3.1.4。瓦斯施工组织设计包括超前地质预报、钻爆作业、施工通风与瓦斯检测、电气设备与作业机械、开挖防突、施工安全管理等施工措施，并编制施工安全应急预案。建办质[2018]31 号文隧洞为危大工程，需要编制专项施工方案。

3.1.5 参考 JTG / T 3374-2020 第 3.1.5 条，隧洞通风、瓦斯检测是防止瓦斯积聚、瓦斯浓度超限，确保施工安全的重要手段和措施。《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL 378-2007) 11.1.1 条；《水利水电工程施工作业人员安全操作规程》(SL 401-2007)，第 2.0.12 条；《水利水电地下工程施工组织设计规范》(SL 642-2013) 9.1.1 条均有提及。

3.1.6 参考 JTG / T 3374 第 3.1.6、9.1.3 条，实际瓦斯洞段施工中瓦斯工区是一个动态调整变化的，为避免施工设备频繁调整影响施工工期、施工安全、增加施工管理难度和工程费用，故提出本规定。仅配置，到相应阶段再使用。而进行地质预报、钻爆作业及衬砌结构设防是根据瓦斯洞段等级进行调整。

3.1.7 在隧道施工中采用地质预报、超前探测、预测等力图掌握前方的岩土体结构、性质、状态，以及地下水、瓦斯等的赋存情况、地应力情况等，并通过超前支护手段控制隧洞开挖变形，超前钻孔抽排瓦斯。如揭煤防突工作面运行进尺需保证不小于 5m 的措施超前距和不小于 2m 的检验超前距。

3.2 隧洞瓦斯分类

3.2.1 瓦斯洞段和瓦斯工区分类参考 JTG/T 3374 及 TB 10120-2019。

3.2.2 绝对瓦斯涌出量判定指标的计算公式如下：

$$Q_{CH_4} = \frac{V \times S \times \omega \times 60}{\alpha}$$

Q_{CH_4} —绝对瓦斯涌出量判定指标 (m^3/min);

ω —允许最高瓦斯浓度 (微瓦斯取 0.25%, 低瓦斯取 0.50%);

α —瓦斯涌出不均衡系数, 一般取 1.5 或 2.0;

V —隧道回风最低风速 (微瓦斯取 0.15m/s, 低瓦斯取 0.25m/s);

S —回风断面积 (m^2)。一般为隧洞面积减去风筒面积。

JTG/T 3374 根据微瓦斯工区风速不小于 0.15m/s、隧道内回风流瓦斯浓度不大于 0.25%的规定, 经测算确定低、微瓦斯工区分界指标值为 $1.0m^3/min$; 根据低瓦斯工区风速不小于 0.25m/s, 隧道内回风流瓦斯浓度不大于 0.5%的规定, 经测算确定低、高瓦斯工区分界指标值为 $3.0m^3/min$ 。

在 TB10003 第 12 章, 其隧道回风最低风速 V 取 0.15m/s, α 取值为 1.6, 低瓦斯浓度取 0.50%, 计算的高低瓦斯工区的界限为 $1.0 m^3/min$ (单线隧道, 面积为 $39m^2$); 微、低瓦斯工区的瓦斯浓度取 0.15%, 计算的微低瓦斯工区的界限为 $0.3 m^3/min$ (单线隧道, 面积为 $39m^2$)。

考虑水工隧洞开挖面积不是标准断面, 按开挖单位面积可考虑不同断面的绝对瓦斯涌出量, 试图体现因开挖断面大小不同而带来的落煤量、暴露煤壁面积、瓦斯涌出量的差异。不同规范绝对瓦斯涌出量判定指标见附表 3.2.2。

附表 3.2.2 不同规范绝对瓦斯涌出量判定指标对照表

	净面积 (m^2)	微瓦斯最小风速 (m/s)	低瓦斯最小风速 (m/s)	微瓦斯最高浓度	低瓦斯最高浓度	不均匀系数 K	微-低瓦斯界限	低-高瓦斯界限	规范微-低瓦斯取值	规范低-高瓦斯取值	注
公路两车道	70	0.15	0.25	0.25%	0.50%	1.5	1.05	3.5	1	3	
公路三车道	105	0.15	0.25	0.25%	0.50%	2	1.18	3.937	1	3	
铁路单线	39	0.15	0.15	0.15%	0.50%	1.6	0.329	1.097	0.3	1	
铁路双线	72	0.15	0.15	0.15%	0.50%	1.6	0.608	2.025	0.3	1.5	
水工隧洞	19.625	0.15	0.25	0.25%	0.50%	2	0.221	0.736	/	/	等效直径 5m
水工隧洞	28.26	0.15	0.25	0.25%	0.50%	2	0.318	1.06	/	/	等效直径 6m
水工隧洞	38.465	0.15	0.25	0.25%	0.50%	2	0.433	1.442	/	/	等效直径 7m
水工隧洞	50.24	0.15	0.25	0.25%	0.50%	2	0.565	1.884	/	/	等效直径 8m

3.2.3 参考《防治煤与瓦斯突出细则》2019 版 13 条, 动力现象优先;

另重庆大学胡千庭教授认为出现下列情况, 一般鉴定为突出煤层:

- 1) $f \leq 0.2$ 时, $H \leq 600\text{m}$, $P \leq 0.6\text{MPa}$; $H > 600\text{m}$ 或构造复杂, $P \leq 0.5\text{MPa}$ 。
- 2) $f = 0.2 \sim 0.3$ 时, $H \leq 600\text{m}$, $P \leq 0.65\text{MPa}$; $H > 600\text{m}$ 或构造复杂, $P \leq 0.55\text{MPa}$ 。
- 3) $f = 0.3 \sim 0.5$ 时, $H \leq 600\text{m}$, $P \leq 0.74\text{MPa}$; $H > 600\text{m}$ 或构造复杂, $P \leq 0.6\text{MPa}$ 。
- 4) $f > 0.5$ 时, $H \leq 600\text{m}$, $P \leq 1.0\text{MPa}$; $H > 600\text{m}$ 或构造复杂, $P \leq 0.74\text{MPa}$;
 $H > 800\text{m}$, $P \leq 0.6\text{MPa}$ 。H 为隧洞埋深, P 为瓦斯压力。

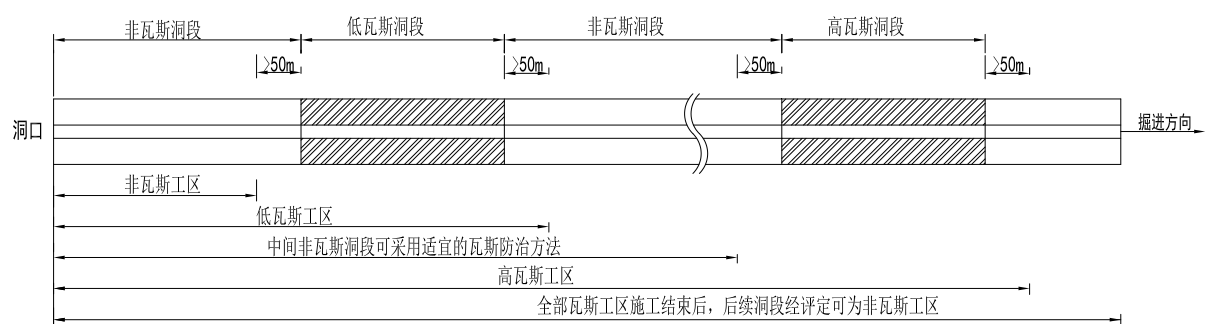
3.2.4 参考《防治煤与瓦斯突出细则》2019 版 11 条; 由于煤与瓦斯突出是地应力、瓦斯压力和煤的物理力学性质共同决定的, 煤与瓦斯突出单项指标并没有完全反映出这 3 个方面, 煤层突出危险性单项指标本身存在缺陷, 对于低瓦斯压力高变质煤和高瓦斯压力低变质煤容易产生误判。因此, 当突出危险性单项指标不完全符合单项指标临界值范围时, 原则上由鉴定单位根据实际情况采用综合分析的方法以实现优势互补确保鉴定结果的准确性。鉴于煤层瓦斯含量在区域预测和措施效果检验中是一个可靠的指标, 能够有效反映煤层的突出危险程度, 因此在单项指标的基础上, 可结合瓦斯含量进行综合分析, 更有利于鉴定结果的可靠性和准确性。

也有学者指出指标未反映地应力因素的指标; 没有考虑瓦斯赋存梯度的急剧变化, 且为静态分析与采掘布置脱钩。

《防治煤与瓦斯突出细则》2019 版 11 条, 列举了当 $f \leq 0.3$ 、 $P \geq 0.74\text{MPa}$, 或者 $0.3 < f \leq 0.5$ 、 $P \geq 1.0\text{MPa}$, 或者 $0.5 < f \leq 0.8$ 、 $P \geq 1.50\text{MPa}$, 或者 $P \geq 2.0\text{MPa}$ 的, 一般鉴定为突出煤层。

3.2.5 参考 TB 10120 第 3.1.6 条。以瓦斯风化带的瓦斯特性作为高瓦斯隧道瓦斯条件的下限。一般认为风化带底界以下煤层瓦斯含量高, 而底界以上无动力现象, 瓦斯含量也随深度减小而降低, 故按风化带底界的最大瓦斯压力 0.15MPa 、不同煤质中瓦斯含量最低的长焰煤瓦斯含量 $1.0\text{m}^3/\text{t}$ 作为高瓦斯和低瓦斯划分的界限。 0.15MPa 及 $1.0\text{m}^3/\text{t}$ 取至煤层瓦斯风化带确定方法 (MT/T 1174-2019), 0.1MPa 适当弱化了压力值。

3.2.6 参考 JTG/T 3374 条款 3.2.5 及 TB 10120 条款 3.1.7。由于隧洞可能多次穿越瓦斯地层, 随着工程的建设, 瓦斯工区和非瓦斯工区也是一个动态变化的过程, 瓦斯工区的划分, 有利于根据不同瓦斯等级采用不同的安全、经济的工程措施和管理措施, 确保安全、经济、高效。工区及洞段划分如下图:



附图 3.2.6 瓦斯工区示意图

4 勘察

4.1 一般规定

4.1.1 参考煤矿地质工作规定（2014）第一条、第四条、第二十九条及TB 10120第4.1.4条。煤矿隐蔽致灾地质因素主要包括：采空区、废弃老窑（井筒）、封闭不良的钻孔，断层、裂隙、褶曲，陷落柱，瓦斯富集区，导水裂缝带，地下含水层，井下火区，古河床冲刷带、天窗等不良地质体。

4.1.2 各阶段的勘察深度要求。

4.1.3 参考煤矿地质工作规定（2014）第十九条、九十四条。目前煤矿采用井下定向钻探技术为主，集成测量、岩屑编录、钻孔窥视和巷道三维扫描等技术，逐步实现煤层透明化，并以数字化方式对整个工作面进行全面统一的三维可视化展示。是未来隧洞勘察的信息化方向。

4.2 勘察方法及要求

4.2.2 参考 JTG/T 3374 第 4.2.2 条。煤矿生产资料包括井田分布、矿井地质图和水文地质图；开采水平、巷道布置图；风化带深度及瓦斯等级；采煤方式；通风系统图；运输系统图；采掘工程平面图；安全监控布置图、压风、排水防尘抽采瓦斯管路系统图，采空区分布图等。煤与瓦斯突出鉴定、突出、爆炸的实测资料和历史记载，瓦斯事故分析报告。

4.2.3 参考JTG/T 3374第4.2.3及SL 629附录F.2及TB 10120第14.4.2条。

（一）火成岩侵入容易造成应力集中和瓦斯聚集。

4.2.4 参考 JTG/T 3374第4.6.4条，物探方法的适用性可参考GB 50487附录B。物探主要目的是探测隧址区分布的断裂构造、褶皱核部、采空区、老窑积水等具备物性差异的部位。发现异常区后，还需配合地质调绘、钻探等勘察方法进行验证。

4.2.5 （二）参考煤矿地质工作规定（2014）第 23、24 条。

（四）参考《铁路不良地质勘察规范》14.4.2 和 14.4.4 条。

（五）煤层岩芯采取率在《铁路不良地质勘察规范》为 80%，水利水电工程钻探规程第 11.1.2 条对于较破碎的弱风化、微风化岩层为 85%。

其它参考 JTG/T 3374 第 4.2.5 条及 GB 50487-2008 第 5.5.4 条及 TB 10120 第 14.4.2 条、地勘期间煤层瓦斯含量测定方法存在问题及对策分析、浅谈炭质板岩瓦斯隧道勘察方法与评价_王建军、瓦斯隧道的地质勘察问题探讨_熊灵阳、瓦斯隧道工程地质勘察_王贯国、瓦斯隧道工程地质勘察与评价_徐世静。

4.2.6 参考 JTG/T 3374 第 4.2.6 条,秦玉金-《地勘期间煤层瓦斯含量测定方法存在问题及对策分析》推荐采用绳索取芯、保压取芯。通过采集的煤样和气样进行室内试验测试煤层瓦斯含量、煤的工业分析、物性指标和其他的瓦斯参数。如下:

1) 物理性质, 主要包括颜色、光泽、煤层结构、重度、硬度、断口性质, 节理发育程度等; 煤工业分析参数, 主要包括水分、挥发分、全硫、灰分等; 煤层瓦斯参数, 主要包括瓦斯成分、瓦斯含量、瓦斯压力、瓦斯放散初速度、坚固系数、煤的破坏类型等;

2) 煤的破坏类型分类应符合《煤矿瓦斯等级鉴定规范》附录 B;

3) 勘察时期的瓦斯含量测试应符合《地勘时期煤层瓦斯含量测定方法》(GB/T 23249)的有关规定, 隧洞施工期煤层瓦斯含量测试应符合《煤层瓦斯含量井下直接测定方法》(AQ1066)的有关规定;

4) 井下煤层瓦斯压力测定应符合《煤矿井下煤层瓦斯压力的直接测定方法》AQ1047的有关规定;

5) 煤样的水分、灰分、挥发分测定应符合《煤的工业分析方法》(GB/T 212)的有关规定, 全硫测定应符合《煤中全硫的测定方法》(GB/T214)的有关规定;

6) 测试煤样的瓦斯放散初速度应符合《煤的瓦斯放散初速度指标 (Δp)测定方法》(AQ 1080)的有关规定;

7) 煤的坚固性系数测试应符合《煤和岩石物理力学性质测定方法第 12 部分: 煤的坚固性系数测定方法》(GB/T 23561.12), 钻屑解吸指标测试应符合《钻屑瓦斯解吸指标测定方法》(AQ/T1065) 及《防治煤与瓦斯突出细则》(2019 年)中第八十八条和第九十条相关规定。

SL629 要求地下水水样分析和对输水水质影响, 确定腐蚀性和硫化物含量。

4.2.7 非煤系地层隧洞瓦斯的测试、试验, 可利用元素分析仪、同位素质谱仪或气相色谱仪进行有害气体成分分析, 研究有害气体的来源; 并结合研究区内地质构造背景, 分析有害气体的形成机制。气样检测依据为《天然气的组成分析气相色谱法》(GB/T13610) 和《工作场所空气有毒物质测定第 37 部分: (一氧化碳和二氧化碳》(GBZ/T300.37)。岩石薄片鉴定看矿物是否为可能产生烃类物质。

通过现场采取岩芯, 送试验室进行岩石岩性、结构、构造、孔隙度、渗透率以及荧光性等测试, 判定岩石是否有油气浸染及存储油气的可能性, 确定油气在岩石中的渗透性和饱和度。——大临铁路红豆山非...气体成因机制与防治技术研究_陈浩栋。

水文地质环境相对静止，且受气源断裂的影响，易产生水溶性天然气。勘察阶段现场天然气检测结果可能偏低，因此，当线路穿越或邻近气源断裂带且地下水丰富时，有必要进行气水比试验，探明地层中浅层天然气浓度。-非煤系地层浅层天然气赋存规律及瓦斯隧道工程防护方案_苏培东

4.3 规划至可研阶段勘察

4.3.3 基于地质构造、隧洞埋深、地下水活动程度、煤层厚度等指标，可采用层次分析法、关系矩阵法、灰色关联分析法进行多因素下不同权重影响的因素综合评判法，并结合相关资料，进行隧洞瓦斯洞段等级定性划分。

JTG/T 3374 第 4.3.1 条，煤系地层按煤层厚度定性划分；非煤系地层隧洞瓦斯按岩层倾角和构造定性划分。

附表 4.3 规划、可研勘察阶段隧洞瓦斯洞段初步类别划分表		
隧洞瓦斯洞段类别	煤系地层隧洞瓦斯洞段	非煤系地层隧洞瓦斯洞段
非瓦斯洞段	地层中不含煤层	下伏地层无深层瓦斯分布；下伏地层有深层瓦斯，隧址区为缓倾岩层且无区域性断裂分布。
微、低瓦斯洞段	煤层厚度≤0.3m	下伏地层有深层瓦斯，隧址区为缓倾岩层，倾角小于 20°，但地质构造较发育，有区域性断裂分布。
高瓦斯洞段	煤层厚度>0.3m	下伏地层有瓦斯赋存，岩层倾角大于 20°，处于背斜、向斜或区域性断裂构造。
瓦斯突出洞段	煤层厚度>0.3m，且含有疑似突出煤层。	满足高瓦斯洞段条件，并且邻近地下工程出现过突出现象。

注：类别划分时，由高向低，当条件之一满足时即可定为相应类别。

4.3.6 封孔 24 h 后瓦斯浓度大于 1.0%且浓度较终孔增加比例超过 40% 的划分为高瓦斯工区；瓦斯浓度为 0.6%~1.0%的可划分为低瓦斯工区；其余为微瓦斯或无瓦斯工区。（成贵铁路四川红层段瓦斯特征...划分隧道瓦斯工区类别的建议_孙意）

分层检测，以浓度 1%作为高瓦斯的判定参考值，将浓度-深度折线上的所有 1%连接，拟合得到高低瓦斯纵向分界线（非煤系地层浅层天然气赋存规律及瓦斯隧道工程防护方案_苏培东）

非煤系地层瓦斯隧道在施工阶段的工区划分按实测的绝对涌出量进行判定。由于非煤系地层的瓦斯赋存条件复杂多样，其溢出、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，故为安全计，当无法确定非煤瓦斯地层绝对瓦斯涌出量时，通过含非煤瓦斯的工区均划分为低瓦斯工区；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。（铁路瓦斯隧道分类分级

标准探讨_高杨)

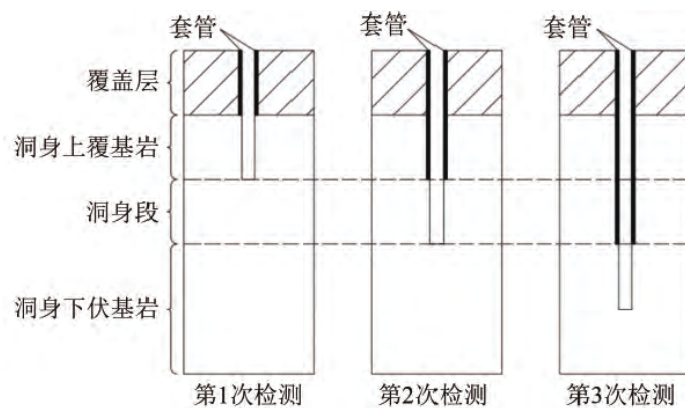


图6 分层检测实施方式示意图

成贵铁路乐山至兴文段的相关经验表明，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分类，其溢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、较大量溢出，其不确定性对隧道施工安全的危害程度较大，故在前期勘察阶段，可结合多种方法进行综合判定。隧洞瓦斯量化评价可参考 TB 10120 中不同影响因素评分获得。估算天然气溢出量见下式：

$$G_y = \frac{A_g \cdot h \cdot \phi \cdot c_p}{B_{gi}}$$

G_y —天然气溢出量(m^3)；

A_g —含气面积(m^2)； h —平均有效厚度(m)；

Φ —平均有效孔隙度(小数)；

B_{gi} —平均地层天然气体积系数(无量纲)。

C_p —天然气单位时间浓度(相当于气体流速)(用小数)（
计算时可采用现场检测天然气测试浓度值）。

———成贵铁路川南、川西南浅层天然气勘察_岳志勤

亭子口灌区一期工程总承包（EPC）第 III、IV 标隧洞有害气体调查及评价采用隧洞瓦斯量化评价法、瓦斯浓度、瓦斯压力法、绝对瓦斯涌出量综合确定瓦斯洞段等级。

4.3.7 参考《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487 章节 5.5、5.9、5.15。

4.4 初设阶段勘察至施工图详图设计阶段勘察

4.4.2 参考SL629附录F、TB10027第14.8节及JTG/T 3374。

（一）煤层自燃倾向性测试宜采用流动色谱吸氧法，测定煤的吸氧量、全硫等指标进行评价，具体操作需符合《煤尘爆炸性鉴定规范》（AQ1045）的有关规定。

5 防治设计

5.1 一般规定

5.1.3 《公路隧道设计规范》(JTG3370.1-2018)第 14.6.2 条规定延伸距离不应小于 20m;《公路瓦斯隧道设计与施工技术规范》(JTGT3374-2020)第 5.1.21 的规定延伸长度不应小于 50m;《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB10120-2019)第 5.2.3 的规定延伸长度不应小于 50m。考虑隧洞地质条件复杂、煤层分布易受地质构造影响等因素,从地质勘察的误差及安全角度综合考虑,50m 的延伸防护长度是比较合适的。

5.1.4 微瓦斯洞段施工期间应做好相应的通风措施,对结构设计可按常规水工隧洞设计。

5.1.5 微瓦斯及低瓦斯工区,一般通过施工通风,可以有效降低瓦斯浓度,采用常规施工也不易引起瓦斯燃爆。但是高瓦斯及煤与瓦斯突出工区,在施工期间容易造成瓦斯局部富集,存在较大的瓦斯燃爆风险,因此需要避免动火作业。如隧洞混凝土二衬期间,衬砌台车位置空间狭小,通风交叉,易造成瓦斯富集,一旦出现明火,就引发瓦斯燃爆。

5.2 支护结构设计

5.2.2 注浆可以改变周边岩体的渗透性,减少瓦斯渗漏的可能性,但是一次支护期间,围岩注浆措施的评定指标不易确定,因此本规范仅对防护等级为一级的瓦斯地层的一次支护可选用该措施。

5.2.5 《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB10120-2019)第 5.2.3 的规定“结构设防段二次衬砌结构厚度不应小于 40cm,混凝土透气系数不应大于 10^{-11}cm/s ”。衬砌混凝土的渗透性,主要与混凝土的厚度及密实度有关,鉴于实际工程应用中,混凝土的透气系数现场试验室检测难度太大,因此本规范主要参考《公路瓦斯隧道设计与施工技术规范》(JTG/T3374-2020)第 5.2.7 的规定,通过混凝土的厚度、强度等级、抗渗性指标对混凝土的透气性进行控制。

5.3 防气与排气设计

5.3.1 注浆可以改变周边岩体的渗透性,减少瓦斯渗漏的可能性。

5.3.2 考虑水工隧洞的主要功能为输水,大部分时间洞内并无人员流动的特点,且通过防瓦斯措施治理后,洞内出现瓦斯渗漏的概率较低,因此水工隧洞可以不采取引排气措施。但是考虑一级防护等级洞段的瓦力含量及压力都比较大,瓦斯渗漏的概率相对提高,在具备一定条件的情况下,可以选择引排气措施(如一级防护段距离洞口较近、隧洞已经采取了环纵向排水设计等条件)。

5.3.3 为防止排放到洞外的瓦斯重新进入隧洞的可能,因此规定高出隧洞洞顶一定的距离

排放，具体高度参照 JTGT3374 第 5.2.10 条；为防止雷击起火，对洞口排放设施需做好接地等防雷击措施。

5.3.4 《公路瓦斯隧道设计与施工技术规范》(JTGT3374-2020) 第 5.3.1 的规定“瓦斯隧道交（竣）工验收时，隧道内任一处瓦斯浓度不应大于 0.25%。”；《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB10120-2019)第 6.1.1 的规定“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%。”考虑水工隧洞大多数时间均为输水状态，只有在检修期间才有人进入，因此选择两者的低标准确定水工隧洞竣工验收时的洞内瓦斯浓度指标。

6 超前地质预报

6.1 一般规定

6.1.1 参考贵州省煤矿瓦斯防治综合管理办法 30 条，坚持“物探先行、钻探跟进、物钻结合”及“有掘必探、先探后掘（采）”原则，查明地质构造、煤层瓦斯赋存等隐蔽致灾因素。

较多行业的超前地质预报分级实施，级别越高，采用的技术手段越多，频次越高。由于隧洞瓦斯洞段不确定因素多、施工风险高，其超前地质预报均包括地质素描、物探和超前钻探，可根据地质条件和瓦斯区段等级采取不同的设备和频次。

近些年来，突出防治的地球物理监测预警方法发展迅猛，主要包括微震、声发射（地音）、电磁辐射、地质雷达和震动波 C T 等技术手段。

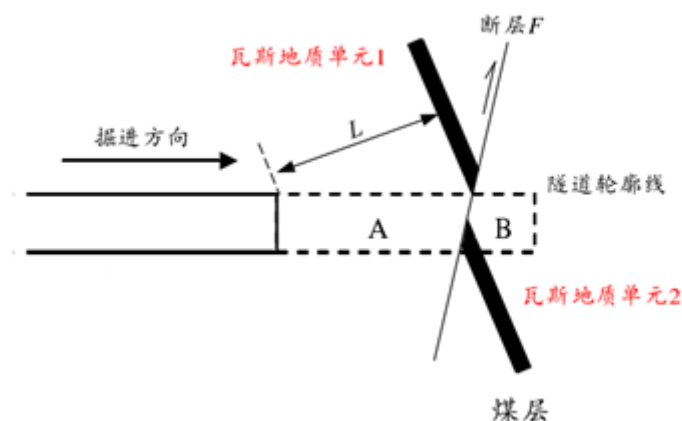
6.1.2 在分析区域地质资料的基础上，重点研究隧洞勘察、设计和施工组织设计资料，利用肉眼观察法和简易地质工具进行洞内和洞外地质调查，利用物探技术从宏观上分析隧洞掌子面前方围岩等级、裂隙发育情况和有害气体赋存情况。在此基础上布置超前地质钻孔，对重点部位、可疑的异常部位进行超前地质钻探，进行重点查明。钻孔过程中利用高压防喷技术防止高压气体喷出，实时监测钻孔内气体压力。根据钻探结果和实时有害气体监测成果，采样进行现场和室内研究。并结合有害气体形成机制，综合分析有害气体分布位置、类型、含量、浓度、压力、涌出量等相关参数，进行地质预报，指导隧洞施工作业。

6.1.4 施工单位应积极配合预报工作的实施，并将预报工作纳入施工组织设计及现场施工作业管理；监理单位应对预报工作的实施进行监督管理；勘测设计单位根据预报结果动态调整设计，提出施工建议。

6.1.5 超前钻探可能发生瓦斯突出、瓦斯涌出并造成危害，故需要单工序作业。

6.1.6 断层发育会将煤层分割成错开的两盘，被断层分割开的上下两盘受顶底板透气性和断层密封性等因素影响，瓦斯赋存情况可能各不相同，为保证准确预测断层构造带突出危险，可以将上下两盘看作不同的地质单位，分别进行突出危险性预测。如附图 6.1.6.

断层周围地应力分布复杂，煤体构造变化多样：原生结构—碎粒结构—糜棱结构（含断层泥）—碎粒结构—原生结构。如新景煤矿遇正断层，未能泄压上盘煤层，掘进机切割扰动，诱发突出。



附图 6.1.6 断层两侧不同的地质单元

6.2 地质素描

6.2.2 瓦斯《防治煤与瓦斯突出细则》第五十条 在采掘过程中应当随时观测突出预兆。典型的突出预兆主要包括：响煤炮声（机枪声、闷雷声、劈裂声），喷孔、顶钻，煤壁外鼓、掉渣，瓦斯涌出持续增大或者忽大忽小，煤尘增大，煤壁温度降低、挂汗等。

6.3 超前钻探

6.3.1 利用超前钻探法对隧道掌子面前方的地质情况进行预报时，其判别指标主要钻进速度、钻孔岩芯采取率、钻孔岩芯鉴定、冲洗液颜色及岩芯强度测试等。钻孔过程中应特别注意判断地下水特征、断层、煤层、天然气包及天然气顶钻等现象。

超前探孔处可设瓦斯监测点，监测瓦斯的浓度。在超前钻孔施工时，随时监测孔口处的瓦斯浓度，每钻进一定深度检测一次孔内瓦斯的浓度、瓦斯压力及孔口处的浓度，掌握钻孔穿越地层的瓦斯发育情况。通过对孔内瓦斯浓度和孔口瓦斯浓度对比，判断瓦斯是否存在压力、以及有无涌出可能。

当为油气瓦斯时，赋存不集中，不利于准确探测。施工中如遇断层破碎带、隐伏断裂、节理密集带、透镜状储集砂体、岩性突变、地下水涌出等情况时，可能涌出残余“气包”，可利用泵吸式瓦斯检定器，对钻孔不同深度的瓦斯浓度进行测试。

根据《煤矿井下煤层瓦斯压力直接测定方法》要求，对于测定煤层原始瓦斯压力的测压钻孔应避开采动、瓦斯抽采及其他人为卸压影响范围，至于采动影响范围多大，需要进行实际考察。可根据经验和数值模拟确定。

6.3.2 （二）有害气体成分检测可佩戴便携式多合一气体检测仪。

（四）如果钻进速度在同等推力条件下突然加快，或施工钻孔回水量突然减小或无回水时，则可能遇裂隙，由于裂隙是有毒有害气体良好的储集空间，所以当遇到上述情况时，应加强有毒有害气体测量，并防止气体发生喷出等情况。

观察掌子面岩体变形情况是安全施工的一部分。

（六）危险区域可按以下参考：区域原始瓦斯含量 $W \geq 8\text{m}^3/\text{t}$ 或原始瓦斯压力 $P \geq 0.74\text{MPa}$ 区；在钻孔钻进过程中，出现喷孔、顶钻及其他突出预兆区域；煤层厚度异常区；煤层的构造破坏带，包括断层、剧烈褶曲等区域，在构造带的延伸位置及其两侧一定范围内；其它地应力集中区域。

6.3.3 按煤矿《煤矿安全规程》，在地下开采时，近水平煤层为倾角 8° 以下的煤层；缓倾斜煤层为倾角 $8^\circ \sim 25^\circ$ 的煤层；倾斜煤层为倾角 $25^\circ \sim 45^\circ$ 的煤层；急倾斜煤层为倾角在 45° 以上的煤层。

在近水平煤层和缓倾斜煤层中，存在不满足6.3.1要求垂距大于20m的条件，参考《防治煤与瓦斯突出细则》第29条，为防止误穿煤层，必须先探后掘，为安全操作，需保证隧洞轮廓线外10m（垂距）范围内的煤层为无突出煤层或已实施防突措施并效果检验有效。10m是与第8章的防突措施实施距离对应。

6.3.5 加深炮孔主要为探明本次开挖循环的前方5m范围内是否存在瓦斯富集区及是否有异常情况，使工作面始终保持距不良地质2m以上的安全距离。加深炮孔数量可根据隧洞截面尺寸和瓦斯工区情况适当增加。

6.4 物探

6.4.1 如地质雷达法主要适用于岩溶探测，亦可用于断层破碎带、软弱夹层等不均匀地质体的探测。

瞬变电磁法对岩溶水、溶洞的探测较为准确。

高分辨率直流电法适用于探测地层中存在的地下水体位置及相对含水量大小，如断层破碎带、溶洞、溶隙、暗河等地质体中的地下水。

地震波反射法适用于划分地层界线、查找地质构造、探测不良地质体的厚度和范围。

红外探测适用于定性判断探测点前方有无水体存在。

6.4.3 如避开瓦斯集中涌出段；通风且瓦斯浓度小于0.5%；高瓦斯段物探设备为防爆型。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 “一炮三检”是防止装药前、爆破前和爆破后瓦斯超限条件下违章作业的重要措施，是在装药前、爆破前由瓦检工检查爆破地点的瓦斯浓度，当爆破地点附近 20m 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。

“三人连锁爆破”制度是爆破工、班组长(跟班队长)、瓦检工(安全员)三人必须同时自始至终参加爆破工作的全过程，并执行换牌制。

7.1.2 《煤矿安全规程》第 9 条，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。

7.1.3 参考贵州省煤矿瓦斯防治综合管理办法第 50 条。

系统合理，风流稳定：工作面必须有完整、独立的通风系统，并确保通风系统合理，严禁采用不符合规定的串联通风，确保风向、风速、风量稳定。同时加强局部通风管理。

设施完好：要制订明确的通风设施构筑标准和验收程序，确保通风设施质量；已有设施要建立日常检查和维护制度，保持通风设施完好可靠。

风量充足：供风量必须满足所有采掘工作面及硐室的风量需求。

7.1.4 参考成都地铁瓦斯隧道施工安全技术指导书（2016），瓦斯检测和监测是为了通过检测瓦斯浓度、瓦斯压力、瓦斯含量、空气中氧气的含量、洞内温度、风速和各种有害气体 CH_4 、 CO_2 、 CO 、 H_2S 、 NO_2 等指标，了解瓦斯涌出、积聚情况，掌握其变化规律，进而制定瓦斯治理措施对瓦斯进行治理，预防瓦斯事故的发生。瓦斯洞段重点检测及监测项目为 CH_4 浓度、 CO 浓度、 CO_2 浓度、进风流风速、总回风流风速等。

不同成分气体浓度应符合《煤矿安全规程》第 135 条。

7.1.5 参考《煤矿安全规程》第 441 条及 JTG/T 3374 第 9.1.1 和 9.1.2 条。铁路和公路要求不一样，公路低瓦斯工区的电气设备使用矿用一般型，铁路低瓦斯工区的电气设备使用矿用防爆型，考虑到较多的低瓦斯工区已有较多的电器使用经验，本规范在低瓦斯工区采用矿用一般型。

7.1.6 参考《贵州省煤矿安全生产基本要求》130、131 条及 JTG/T 3374 第 9.1.4 条。必须加强防爆电气设备管理，按规程和标准制定专项制度和相应的检、维、修作业规程。定期进行防爆电气设备防爆性能检查，严禁防爆性能遭受破坏的电气设备入洞，严禁继续使用失爆的防爆电气产品。同时必须加强在用的所有主要机电设备、安全设施以及非金属制品的阻燃性和抗静电性的日常检查。

7.1.7 参考成都地铁经验及煤矿重大事故隐患判断标准。

7.2 施工通风

7.2.3 参考《煤矿安全规程》第 163 条，长度大于 1500m 参考 JTG/T 3374 第 7.2.2 条。煤矿行业规定掘进巷道必须采用矿井全风压通风或者局部通风机通风。煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进采用局部通风机通风时，应当采用压入式，不得采用抽出式（压气、水力引射器不受此限）；如果采用混合式，必须制定安全措施。

高瓦斯工区和煤（岩）与瓦斯突出工区瓦斯涌出量较大，当隧洞长度较长时，对风机和风管的性能要求高，考虑到水工隧洞较少采用巷道式通风，故可结合施工竖井和支洞进行通风。

7.2.5 参考《煤矿安全规程》第 175 条，从设计和采掘生产管理上采取措施，防止瓦斯积聚；当发生瓦斯积聚时，必须及时处理。

检查循环风的方式有感觉和测试两种，当从局扇边往工作面内行走时，如果感觉到局扇前后的气体味道、温度明显不一样，可能存在循环风。可以在离局扇 2 米以里隧洞内，用粉笔刮灰或者从隧洞内抓些干燥的粉尘，让其自由飘落，观察结果。若掉落的粉尘沿隧洞正常风流反方向飘落，即产生循环风。

7.2.6 参考《煤矿安全规程》第 136 条及 JTG/T 3374 第 7.1.4 条，限制风速主要是从安全生产、人员健康、作业条件与环境等方面的。风速过高，人员作业困难、注意力不集中，存在隐患。另外，洞内湿度较大，风速过高也会影响作业人员的身心健康。同时风速过高容易引起粉尘飞扬，不利于作业安全。风速过大也会导致通风阻力过大，也增加了通风设备的负荷。

规定最低风速的地点，主要是针对生产条件变化、有害气体涌出较多的采工作地点。风量过小、风速过低，就不能有效地稀释瓦斯及其他气体和粉尘，威胁安全生产。对于容易发生瓦斯集聚的位置，根据 JTG/T 3374 第 7.1.5 条及煤矿架线机车巷道的经验，均要求风速不低于 1.0m/s。同时从工作气候条件和排尘需要，一般认为最优排尘风速为 1.5-2.0m/s。

7.2.7 参考《煤矿安全规程》第 138 条及 JTG/T 3374 第 7.2.1 条。供给每人的新鲜空气量按 4m³/min 计（公路为 3m³/min）；最小风速按 7.2.6；按 AQ1064 规定，多辆车辆运行时应增加配风量，其配风量不小于 4m³/（min.kW）（公路为 4.5m³/（min.kW）），因为柴油车会消耗氧气并排出 CO 和氮氧化合物等有害气体。按绝对瓦斯涌出量计算需风量，风量应能将高、低瓦斯工区内各处瓦斯浓度稀释到 0.5%以下，将微瓦斯工区内各处瓦斯

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/458067042142006066>