

ICS 93.060

CCS P 21

DB 63

青海省地方标准

DB 63/T 2384-2024

公路硫化氢隧道设计与施工技术规范

2024 - 12 - 11 发布

2025 - 01 - 10 实施

青海省市场监督管理局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总则..... 2

5 勘察..... 2

6 设计..... 5

7 施工..... 6

8 安全管理..... 10

9 环境保护..... 12

附录 A （规范性） 硫化氢隧道分类相关标准..... 13

附录 B （规范性） 硫化氢隧道超前探测孔布置图..... 14

附录 C （规范性） 硫化氢处理流程..... 16

附录 D （规范性） 硫化氢超前周边注浆布置图..... 17

附录 E （规范性） 硫化氢径向注浆布置图..... 19

附录 F （规范性） 硫化氢监测系统..... 21

附录 G （资料性） 硫化氢浓度记录..... 23

附录 H （资料性） 硫化氢对人体生理影响及危害..... 24

附录 I （资料性） 呼吸防护用品的选择 25

附录 J （资料性） 硫化氢中毒救护常识 27

附录 K （规范性） 应急救援流程..... 28

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省交通工程技术服务中心、青海省交通建设管理有限公司、中铁十六局集团第一工程有限公司、招商局重庆交通科研设计院有限公司、青海省交通规划设计研究院有限公司、青海交通职业技术学院、青海省育才工程技术咨询有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：张丹锋、温嘉伟、兰文学、黄班玛、程亮、石福林、胡居义、王军、陈生金、蔡爽、陈棚、刘有亮、高亮、赵春波、董远浪、周兵、朱文凯、卢晓娟、李想、吴登文、徐海斐。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

公路硫化氢隧道设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路硫化氢隧道设计与施工技术的术语和定义、总则、勘察、设计、施工、安全管理及环境保护等内容。

本文件适用于新建公路硫化氢隧道的勘察、设计及施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范
- GB/T 32327 工业废水处理与回用技术评价导则
- JTG/T 3374 公路瓦斯隧道设计与施工技术规范
- JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范
- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 2008 污水过滤处理工程技术规范
- SY/T 7356 硫化氢防护安全培训规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硫化氢

标准状态下一种无色、有臭鸡蛋味，易溶于水，有剧毒，浓度达到 4.3%~46%时具有爆炸性的气体，对空气的相对密度为 1.19。

3.2

硫化氢浓度

硫化氢在空气中的体积占比，单位 ppm（百万分之一）。

3.3

健康阈值

人员长期暴露而不会产生不利影响的硫化氢最大浓度，为 6.6 ppm。

3.4

安全临界浓度

在硫化氢环境中 8h 内未采取任何人身防护措施，可接受的空气中硫化氢最大浓度值，为 20ppm。

3.5

危险临界浓度

对生命和健康会产生不可逆转或延迟性影响的硫化氢最小浓度值，为 100 ppm。

3.6

硫化氢工区

隧道内出现硫化氢溢出时，掌子面至隧道洞口的施工区段。

3.7

硫化氢积聚

隧道内包括但不限于横通道、排水管、排水沟、沉淀池等任一局部空间内积聚的硫化氢浓度超过 6.6 ppm 的现象。

3.8

局部通风机（局扇）

隧道内用于防止有害气体积聚或引导风流的通风机。

3.9

化学中和法

采用碱液、缓冲溶液、表面活性剂等通过喷、洒、注等方式中和空气、地层或水体中硫化氢的方法。

3.10

注浆封堵

以注浆方式封堵硫化氢，防止其溢出的措施。

4 总则

4.1 公路硫化氢隧道设计与施工应贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”方针，并遵循“以人为本、安全环保、经久耐用、科学经济”原则。

4.2 地质勘察应进行硫化氢综合分析，设计与施工阶段应进行安全风险评估。

4.3 硫化氢地段施工应实施超前地质预报，选择的预报方法应能校核并评定硫化氢地层和硫化氢工区类别。

4.4 硫化氢隧道施工应制定施工通风、硫化氢检测与监测、施工人员管理等制度，编制生产安全事故应急预案并进行演练。

4.5 硫化氢隧道施工期间应全程监测、检测硫化氢。

4.6 硫化氢工区应实施连续通风。

4.7 隧道内硫化氢浓度超过 1%时，作业机械、电气设备、爆破作业应符合 JTG/T 3374 关于高瓦斯工区的防爆规定。

4.8 公路硫化氢隧道勘察、设计与施工应积极慎重地采用四新技术。

4.9 硫化氢隧道有瓦斯存在时，设计与施工应符合 JTG/T 3374 规定。

4.10 硫化氢隧道应按照硫化氢工区的最高类别确定，分为非硫化氢隧道、低危险性硫化氢隧道、中危险性硫化氢隧道、高危险性硫化氢隧道四类。硫化氢工区类别划分见附录 A。

4.11 运营期硫化氢隧道应实时监测硫化氢浓度。

5 勘察

5.1 预可勘察

5.1.1 应了解隧道所处区域内的工程地质条件、硫化氢赋存条件。

5.1.2 可采用资料收集、地质调绘等手段进行勘察，并应包含如下内容：

a) 资料收集：

- 区域地质、水文地质、矿产地质、油气显示、地质灾害分布图等资料，
- 邻近煤矿、油气田、采空区的相关图件以及有关硫化氢灾害的资料，
- 邻近其他地下工程有关硫化氢的地质资料；

b) 地质调绘：

- 隧址区地形、地貌、工程地质、水文地质条件，
- 隧址区直接揭露的煤层、采空区、溶洞等可能赋存硫化氢的部位，
- 隧道穿越含硫化氢地层的分布、含硫化氢岩体及节理裂隙发育情况，
- 隧道的硫化氢气体的来源及地质构造。

5.1.3 报告编制应包括但不限于下列内容：

- a) 说明：判定硫化氢隧道，初步确定硫化氢地层类别，并阐述含硫化氢地层的工程地质条件、隧道路线方案比选意见及下阶段地质勘察工作建议；
- b) 图表：全线工程地质平、纵面图（1:50000~1:200000）。图中应标明含硫化氢地层及其他赋存硫化氢分布位置；隧道工程地质平、纵面图（1:5000~1:10000）。图中地层应划分至组或段，并标明含硫化氢地层的空间位置。

5.2 工可勘察

5.2.1 应分析公路隧道所处区域内硫化氢地层的分布范围。

5.2.2 应以资料收集和地质调绘为主，并应符合 5.1.2 规定。

5.2.3 评估为硫化氢隧道时，可开展下列工作：

a) 物探：当一种物探方法解译困难时，可增加 1~2 种物探方法进行平行验证；

b) 钻探：

- 钻孔宜布置在隧道物探异常区、穿越含硫化氢地层部位或构造中最有利于硫化氢储存部位，
- 钻孔孔底应钻至隧道路面设计高程 10 m 以下或应查清的构造部位，
- 含硫化氢地层钻孔宜布置 1~3 个，每个钻孔内取样宜不少于 2 组，钻孔内遇气体时封闭取气样宜不少于 2 组；

c) 现场测试和室内试验：

- 应对岩体的颜色、光泽、构造特征、节理面特征、断口性质、岩体类型等进行描述，
- 应对钻孔中或采空区、溶洞内气体进行封闭取样，测定硫化氢浓度等指标，
- 应对含硫化氢岩体进行成分分析试验，
- 应采集地下水样进行成分检测，评价其对混凝土和钢筋的腐蚀性。

5.3 初步勘察

5.3.1 应基本查明隧址区硫化氢地层分布。

5.3.2 勘察应包括但不限于以下内容：

- a) 隧道内硫化氢气体伴生成分、来源；
- b) 隧道通过的地质构造、地层种类及含硫化氢地层的分布，硫化氢地层层序、年代、岩层种类，隧道穿越含硫化氢地层的里程和长度；
- c) 含硫化氢地层特征和硫化氢含量及相关参数；

d) 硫化氢地层危险性类别判断。

5.3.3 应采用资料收集、地质调绘、物探、钻探、现场测试和室内试验等手段进行勘察，成果应包含如下内容：

- a) 资料收集：收集区域性地质资料以及临近煤矿、油田及其它地下工程与硫化氢有关的地质资料；
- b) 地质调绘：
 - 硫化氢与地层段岩性及其组合特征、沉积环境，
 - 硫化氢生成、运移、储存条件，
 - 隧址区地质构造，特别是赋存硫化氢的圈闭构造及盖层对硫化氢赋存的影响，
 - 地下水的补、迳、排条件以及地下水与硫化氢的相互关系；
- c) 物探：
 - 隧道临近煤矿、油气田、采空区的分布及变化特征，
 - 隧址层断层、褶皱、富水段、岩性变化、采空区等物性异常区，
 - 隧道覆盖层厚度、基岩埋深、分层、不良地质体分布、及岩层弹性系数，
 - 电法应用于探测地层岩性的电性变化，探测浅部不均匀地质体的空间分布，用于判定溶岩、滑坡及断裂带中地下水的活动情况；
- d) 钻探：
 - 硫化氢地层分布及硫化氢来源，
 - 钻孔岩体和气体取样，成分分析与测试，
 - 硫化氢地层部位或构造中最有利硫化氢赋存部位；
- e) 现场测试和室内试验：
 - 现场测定岩层硫化氢浓度，
 - 岩体和气样室内成分分析试验，
 - 地下水样成分检测，评价其腐蚀性。

5.3.4 初勘报告编制应包括但不限于以下内容：

- a) 说明：应以专篇具体阐述隧道工程地质条件及硫化氢地层情况，影响硫化氢含量的地质因素，硫化氢主要参数以及危险性评价等。根据拟建线路评价隧道硫化氢类别、初步划分硫化氢地层类别，提出工程措施及对详细勘察工作的建议等；
- b) 图表 隧道 1:2000 工程地质平面图，图中应标明含硫化氢地层以及附近存在的煤矿、油气田、采空区的分布范围。隧道 1:2000 工程地质纵断面图，图中应填绘含硫化氢地层和附近存在的煤矿、油气田、采空区的空间分布位置及有关测试参数等。采空区及硫化氢浓度较高等段落应附 1:200~1:500 工程地质纵断面和横断面图；1:50~1:200 钻孔柱状图；物探解释成果资料。资料收集、地质调绘、物探、钻探、勘探测试的附图、附表和照片等附件。

5.3.5 采用钻探控制硫化氢地层分布时，钻孔可与常规钻孔合并布置，每个钻孔内取样宜不少于 2 组，勘探深度应至隧道路面设计高程 10m 以下。

5.4 详细勘察

5.4.1 应查明含硫化氢地层分布范围、性质与特征，确定硫化氢隧道等级，划分硫化氢工区。

5.4.2 勘察内容应包括但不限于以下内容：

- a) 查明和解决初勘阶段未能查明的硫化氢地层地质问题，补充、校对初勘的硫化氢地层地质资料；

- b) 提供设计施工所需的硫化氢地质定量指标、防治措施及注意事项等建议。
- 5.4.3 详细勘察的方法应以钻探测试为主、物探测试为辅的勘察方法，并应符合 5.3.3 条的规定。
- 5.4.4 应在初步勘察基础上实施勘察工作，补充、校对初步勘察成果。报告编制应符合 5.3.4 条的规定。

6 设计

6.1 超前探测设计

- 6.1.1 开挖掌子面距硫化氢地层的距离及预报方法应符合下列规定：
 - a) 150 m~100 m：可采用物探初步判断可能存在硫化氢的地层异常情况及岩体完整状况；
 - b) 100 m~50 m：应采用不少于两种物探方法，初步查明含硫化氢地层、采空区位置以及与隧道的空间关系；
 - c) 50 m 以内：应以超前钻孔为主。
- 6.1.2 超前钻孔孔径直径宜不小于 65 mm，每循环钻孔长度不宜小于 50 m，搭接长度不应小于 5 m，具体布置如下：
 - a) 低危险性硫化氢地层段：布置 1~3 个；
 - b) 中、高危险性硫化氢地层段：不少于 3 个；
 - c) 超前钻孔布置符合附录 B 规定。
- 6.1.3 硫化氢地层段应采用加深炮孔进行补充探测，加深炮孔深度不小于 5 m，加深炮孔终孔位置距离开挖轮廓线外不小于 2 m，并应检测孔口、孔内硫化氢浓度。
- 6.1.4 加深炮孔布置应符合下列规定：
 - a) 低危险性硫化氢地层段拱墙部位不应少于 3 个，底部不应少于 1 个；
 - b) 中高危险性硫化氢地层段拱墙部位不应少于 5 个，底部不应少于 2 个。

6.2 通风

- 6.2.1 施工图设计阶段应编制硫化氢隧道通风方案。
- 6.2.2 隧道内高危险性硫化氢工区通风应满足硫化氢浓度不超过阈限值的需要。
- 6.2.3 硫化氢工区各开挖掌子面应独立通风，任何两个掌子面不得串风。

6.3 衬砌结构

- 6.3.1 硫化氢溢出段衬砌结构应符合下列规定：
 - a) 应采用复合式衬砌，并应设仰拱；
 - b) 应向无溢出地段进行延伸，延伸长度不宜小于 50 m。
- 6.3.2 硫化氢溢出段初期支护应符合下列规定：
 - a) 结构钢材应采取防腐蚀处理措施，可采用表面涂抹缓蚀剂等；
 - b) 喷射混凝土厚度不应小于 15 cm，强度等级不应低于 C25；
 - c) 防腐蚀材料网可洞外预制、洞内组装，钢筋预制网或塑料网之间应采用铁丝绑扎连接；
 - d) 钢架应分节段预制、洞内组装，节段之间及钢架纵向均应采用螺栓连接；
 - e) 可采用掺入纤维材料取代喷射混凝土中的钢筋网；
 - f) 设塑料网时，网格间距应不大于 200 cm×200 cm；
 - g) 设钢架时，宜采用格栅钢架。

6.3.3 硫化氢溢出段二次衬砌混凝土结构应符合下列要求：

- a) 二次衬砌采用钢筋混凝土时，钢筋应采取防腐蚀处理措施；
- b) 混凝土可采取掺气密剂，提高混凝土标号，增加混凝土保护层厚度、掺加钢筋阻锈剂等措施；
- c) 二次衬砌结构厚度不应小于 40 cm，混凝土强度等级不应低于 C30，透气系数应小于 10^{-11} cm/s；
- d) 混凝土中可掺入硅灰、减水剂、气密剂等外加剂，混凝土抗渗等级不应小于 P10。

6.3.4 硫化氢隧道衬砌防排水应符合下列规定：

- a) 硫化氢隧道应设中心水沟；
- b) 两侧衬砌边墙脚背后宜设纵向盲管，纵向盲管直径不宜小于 100 mm；
- c) 在硫化氢地层段可不设纵向盲管，环向盲管、竖向盲管可与横向盲管直接连接，接入中心水沟，横向盲管直径不小于 80 mm，间距宜与环向盲管、竖向盲管间距相等；
- d) 硫化氢溢出段二次衬砌可设置全封闭防水板，防水板厚度不宜小于 1.5 mm，防水卷材搭接应采用焊接，防水板卷材幅宽不应小于 3 m，搭接长度不应小于 100 mm；
- e) 硫化氢溢出段，二次衬砌施工缝应采用中埋式止水带和背贴式止水带组合防水，止水带宽度不应小于 30 cm。

6.4 机电

6.4.1 硫化氢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：

- a) 高压不应大于 10000 V，低压不应大于 1140 V；
- b) 照明、信号、电话和手持式电气设备的供电额定电压，硫化氢工区不大于 220 V；
- c) 远距离控制线路的额定电压和手灯等移动式照明灯具电压不应大于 36 V；
- d) 电气设备不准许超过额定值运行，隧道内高压电网单相接地电容的电流不准许超过 10 A。

6.4.2 电缆选用应符合下列规定：

- a) 带有供保护接地用的足够截面的导体；
- b) 主线芯的截面满足供电线路负荷要求。

6.5 辅助通道

6.5.1 硫化氢隧道辅助通道根据隧道规模、功能需求、硫化氢工区类别及长度等综合确定。

6.5.2 硫化氢隧道洞口的截、排水工程和场地周围防护设施应在辅助通道施工前完成。

6.5.3 硫化氢隧道衬砌结构要求应与主洞一致。

6.5.4 硫化氢隧道竣工后废弃的辅助通道除应进行回填，各交叉口应设置密封墙，密封墙应采用模筑混凝土现浇、厚度不小于 2 m，封闭墙连接缝应采取封闭措施。

6.6 监测与检测

6.6.1 硫化氢隧道施工应编制硫化氢监测与检测方案。

6.6.2 硫化氢检测应同时采用自动监测和人工检测。硫化氢监测设备和仪器应具有超限自动报警、与通风自动联动控制功能。

6.6.3 自动监测除监测硫化氢浓度外，还应具有包括甲烷、氮氧化物及其他有毒气体浓度、粉尘浓度、氧含量和洞内风速的监测功能，必要时还应监测风压与温度。

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 硫化氢隧道施工前应制定专项施工方案。
- 7.1.2 硫化氢隧道开挖过程中硫化氢处治流程见附录 C。
- 7.1.3 隧道开挖后应立即进行初喷，并应及时施作初期支护。
- 7.1.4 喷射混凝土应采用湿喷工艺。

7.2 超前地质预报

- 7.2.1 掌子面前方可能有硫化氢气体聚集地段，应按设计要求打设超前探孔，并应检测孔内硫化氢气体浓度。
- 7.2.2 硫化氢隧道应开展跟踪地质调查，并应符合下列规定：
 - a) 地勘资料显示含有硫化氢区段跟踪地质调查间距不宜大于 5 m，开挖面评价为硫化氢工区时，每开挖循环应进行跟踪地质调查；
 - b) 开挖掌子面进入硫化氢地层前 50 m 至整个硫化氢地层结束区段，应实施超前钻探工作，前后 2 次预报重叠长度不应小于 5 m。
- 7.2.3 超前钻探作业应采用单工序作业。

7.3 通风

- 7.3.1 应根据实际硫化氢涌出位置和涌出量，调整和细化施工通风方案。
- 7.3.2 硫化氢隧道施工应采用机械通风。应根据隧道通风长度、纵坡、断面，需风量及经济性等配置通风系统。
- 7.3.3 硫化氢隧道洞口应配备气象参数测定仪，风速、风向测定仪。
- 7.3.4 硫化氢隧道应建立施工通风监控系统，能监控通风系统工作状态、出风口风速和风量。
- 7.3.5 硫化氢隧道施工掌子面通风检测应符合下列规定：
 - a) 配置风速自动监测装置，应随时、随机测定掌子面任意一点的风速；
 - b) 应每 5d 进行 1 次掌子面全断面测定风速；
 - c) 通风方式改变或延长压入式风管后，应及时进行掌子面全断面测定风速；
 - d) 对开挖掌子面等用风地点，应随时、随机测点测定风速；
 - e) 根据测风结果核定每个掌子面通风能力，及时调节风量；
 - f) 每次测风结果应在现场挂牌记录。
- 7.3.6 硫化氢隧道通风长度大于 1500 m 时符合下列规定：
 - a) 海拔小于 3000 m 的地区，宜采用巷道式通风；
 - b) 海拔大于 3000 m 的地区，应采用巷道式通风。
- 7.3.7 局部易积聚的区域应增加局部风机（扇）；横通道开挖施工时，应建立局部的通风系统。
- 7.3.8 硫化氢工区作业期间，因检修、停电等原因停风时，应立即撤出人员，恢复洞内作业前应强制通风，检测硫化氢浓度低于 6.6 ppm 后方可进洞作业。
- 7.3.9 硫化氢工区相向掘进掌子面相距 50 m 前，应停止并封闭 1 个掌子面，改为单向掘进。但 2 个掌子面均不准许停风。
- 7.3.10 相向掘进贯通前应做好风流调整的准备。贯通后，应立即切换通风方式，并应检测风速、风向、硫化氢浓度。
- 7.3.11 采用巷道式通风时，除用作回风的横通道外，其它不用的横通道应及时封闭，封闭的横通道应设置硫化氢浓度自动检测仪。

7.3.12 海拔大于 3000m 的地区硫化氢隧道施工应结合硫化氢气体、粉尘特性，合理选择风速，风速宜不低于 0.25m/s。

7.3.13 硫化氢工区的通风机应设双回路电源，并应装设风电闭锁装置，在施工过程中应按规定检查、检测通风设备。当一路电源停止供电时，另一路应在 10min 内接通，保证风机正常运转。

7.3.14 硫化氢工区应有一套同等性能的备用通风机，并应保持良好的使用状态，备用通风机应能在 10 min 内启动。

7.4 开挖

7.4.1 掌子面前方有大量硫化氢气体涌出的地段应提前实施超前周边围岩注浆，注浆液宜采用弱碱性吸收液。注浆孔布置示意图见附录 D。

7.4.2 掌子面采用湿式钻孔施工时，水中可加入适量碱液。

7.4.3 作业区浓度超标时可采取下列措施：

- a) 硫化氢气体浓度 6.6 ppm~20 ppm 时：可注入碱液、缓冲溶液、表面活性剂等；
- b) 硫化氢气体浓度 20 ppm~100 ppm 时：可增设硫化氢排放孔及排放管路进行硫化氢抽放，抽放至注满饱和碱性溶液的池中进行处理；
- c) 硫化氢气体浓度大于 100 ppm 时：应立即停止施工，封堵钻孔，撤出作业人员；
- d) 特别复杂条件下，宜开展专项研究。

7.4.4 开挖过程如遇含硫化氢油气田时，可用海绵铁、碱式碳酸锌等除硫、降低硫化氢含量的措施。

7.4.5 炮眼钻孔作业应符合下列规定：

- a) 作业地点附近 20m 风流中硫化氢浓度应小于 6.6 ppm，当硫化氢浓度大于 20 ppm 时，应停止钻孔作业；
- b) 应采用湿式钻孔，施钻时先开水后开风；
- c) 炮眼深度应大于 0.6m；
- d) 钻眼时，人员应站在风筒出口的新鲜风流中（上风侧），面部避开钻孔孔口位置，并应监测孔口周边 2m 范围空气中硫化氢浓度，当有硫化氢涌出预兆时，应立即停钻报警、撤人、断电。

7.4.6 爆破开挖时，炮孔内宜采用碱水炮泥。

7.4.7 当隧道内硫化氢浓度大于 6.6 ppm 时，可间隔安装全断面封闭式水雾装置，喷洒碱性水雾，间隔距离宜为 10m。

7.4.8 爆破后应采取下列措施：

- a) 应加大通风力度；
- b) 宜洒水喷雾，当硫化氢气体储量较大时，应喷洒生石灰水（乳）或采用高压水全断面覆盖喷雾。

7.4.9 当开挖后仍有硫化氢气体溢出时，应实施径向周边注浆封堵，径向注浆布置示意图见附录 E。

7.4.10 有水隧道施工期间，宜在洞内设置集水坑和积水沉淀池，应对含有硫化氢气体的水体做无害处理，可向坑内抛洒化学药剂或生石灰。

7.4.11 高危险性硫化氢工区放炮前，应进行喷洒生石灰水（乳），地质条件允许时应采用压力水冲洗洞壁。

7.5 初期支护

7.5.1 硫化氢地层段围岩潮湿有渗水时，初期支护钢筋、型钢防腐可采用表面电镀、化学镀惰性金属保护层或表面涂抹缓蚀剂等措施。

7.5.2 喷射混凝土应紧跟开挖及时施作，锚杆随钻孔及时安装，钻孔完成 1 孔安装 1 根。

7.5.3 初期支护的气密性喷射混凝土用水泥、骨料及外加剂等材料的质量、规格与性能指标应符合 JTG/T 3374 规定。

7.6 二次衬砌

7.6.1 初期支护、防水层、环纵向排水系统等均验收合格方可进行二次衬砌作业。

7.6.2 二次衬砌施工应符合 JTG/T 3660，衬砌表面应密实、平整，无凹陷、空鼓、脱落、裂缝和露筋等现象。

7.6.3 隧道二次衬砌混凝土用水泥、细骨料、粗骨料及外加剂等材料的质量、规格与性能指标应符合 GB 50010 要求。

7.6.4 二次衬砌钢筋应满足设计强度、防腐要求应符合 GB 50010 要求。

7.6.5 混凝土应加强养护，控制混凝土表面裂缝。

7.7 防排水

7.7.1 防水板铺设应超前二次衬砌，但不宜铺设过长。

7.7.2 二次衬砌混凝土施工缝止水带安装应符合下列规定：

- a) 背贴式止水带黏贴在防水板上，止水带中线位置应与衬砌环向施工缝、变形缝重叠。
- b) 中埋式止水带应沿施工缝、变形缝敷设、置于模筑混凝土衬砌厚度的中央，衬砌混凝土浇筑时，挡头模板应采用能固定中埋式止水带的定型模板。
- c) 纵向施工缝止水带安装应在前一模二衬混凝土浇筑时完成。

7.7.3 硫化氢隧道的防排水板、止水带以及纵、环向盲管应具有防止硫化氢腐蚀要求。

7.8 监测与检测

7.8.1 硫化氢隧道开工前，施工单位应制定施工全过程监测方案。

7.8.2 施工阶段应结合通风方式、施工开挖工法与施工组织对监测方案进行调整。

7.8.3 硫化氢工区应采用自动监测系统 24h 连续监测以及人工定时检测相结合的方式。

7.8.4 硫化氢自动监测测点（传感器）位置应紧接开挖、支护作业区域，测点高度应距地面不大于 2 m，迎风面上、下方均应布点。传感器布置位置可参见附录 F。

7.8.5 硫化氢自动监控报警系统设备的功能应符合下列要求：

- a) 具有断电、馈电状态监测和报警功能，显示、存储和打印报表功能；
- b) 能实时监测硫化氢浓度；
- c) 可对主要风机实现风电闭锁功能，其他设备实现硫化氢电闭锁功能；
- d) 硫化氢浓度超过要求时，自动切断超限区的电源后，自动监控报警系统仍可正常工作。

7.8.6 硫化氢工区应配备专职硫化氢检测员，硫化氢检测记录，可参见附录 G。

7.8.7 人工硫化氢检测频率应符合下列规定：

- a) 浓度低于 6.6 ppm 时应每 4 h 检测 1 次，高于 6.6 ppm 时应实时连续检测；
- b) 各工序作业前、交接班时应测取读数。

7.8.8 硫化氢工区班组长、作业人员应携带便携式硫化氢检测仪。

7.8.9 人工硫化氢检测区域应包括但不限于下列位置：

- a) 隧道内掌子面、仰拱及二次衬砌等作业面；
- b) 爆破地点附近 20m 内风流中；

- c) 地面滞留处、断面变化处、台车底部、横通道以及角隅处等通风不便、硫化氢易发生聚集处；
 - d) 过煤层、断层破碎带、裂隙带等硫化氢异常涌出点；
 - e) 局部通风机、电机、变压器、电气开关附近、电缆接头等隧道内可能产生火源的地点。
- 7.8.10 硫化氢工区采用注浆和硫化氢化学中和等措施后，应及时对所治理的硫化氢地层进行重新钻孔检测，硫化氢浓度低于 6.6 ppm 方可恢复开挖施工。
- 7.8.11 每班人工硫化氢检测结果应与自动检测相同位置、相同时间的检测值进行对比验证，发现异常时应及时查明原因。
- 7.8.12 硫化氢监测仪应定期校验。
- 7.8.13 停工封闭的硫化氢隧道复工前应进行全方位的硫化氢浓度检测，并应对高硫化氢工区方位的气体、硫化氢易积聚且风流不易到达的区域进行重点监测。
- 7.8.14 硫化氢浓度超限时处理措施应符合表 1 规定：

表1 隧道内硫化氢浓度限制及超限处理措施

序号	浓度限值 C (ppm)	超限处理措施
1	$C < 0.13$	正常监测
2	$0.13 \leq C < 6.6$	加强通风，加强监测
3	$6.6 \leq C < 20$	①加强通风，加强监测； ②喷生石灰雾水稀释硫化氢气体，围岩注碱； ③局部增加风扇使浓度降至 6.6ppm 以下。
4	$20 \leq C < 100$	①加强通风，加强监测； ②查明原因，超限处停工； ③喷生石灰雾水稀释硫化氢气体，围岩注碱； ④进洞人员应携带防护及急救设备。
5	$C \geq 100$	立即停止施工，并撤出施工人员

- 7.8.15 辅助通道的封闭墙施工前，应进行全方位的硫化氢气体浓度检测，重点检测高危险性硫化氢工区方位的气体、易积聚硫化氢且风流不易到达的部位。

8 安全管理

8.1 人员

- 8.1.1 应制定硫化氢隧道安全防护管理制度，内容应包括但不限于：人员培训及教育管理、人身防护用品管理、硫化氢浓度检测规定、作业过程中硫化氢防护措施、现场交叉作业安全规定、应急管理规定。
- 8.1.2 硫化氢隧道开工前，应对施工作业及管理人员进行安全技术培训考核，培训内容及要求应符合 SY/T 7356 规定，应取得合格证后上岗。爆破工、电工、检测员等特种作业人员应持证上岗。
- 8.1.3 应配备硫化氢控制处理班组，并在洞内作业区、洞外调度室、值班室内等建立通讯联络系统；各道工序、各种作业施工前，应对作业人员进行安全技术交底。
- 8.1.4 隧道洞口应设置静电消除装置，进洞人员应穿着防静电服，不得穿化纤衣服和携带易燃物品、易带静电物品。
- 8.1.5 隧道洞口应建立门禁管理系统，进洞人员应在洞口进行登记，接受洞口值班人员检查。

- 8.1.6 洞内作业人员应随身携带隔绝式自救器，携带防硫化物面具，并应配备防爆型对讲机，作业人员施工过程应有专人监护，不得单人作业。
- 8.1.7 硫化氢气体浓度达到安全临界浓度、停电、停风时，受影响施工区域应撤出全部作业人员，出洞后清点人数。
- 8.1.8 隧道内发生人员中毒时，应立即启动应急救援预案，应由现场负责人统一指挥，全部人员应佩戴呼吸器撤出洞外，并应将中毒人员运出洞外进行专业救治。
- 8.1.9 不同硫化氢浓度对人体的危害程度可参见附录 H。
- 8.1.10 作业过程中根据附录 I 选择不同硫化氢浓度条件下的呼吸防护用品。

8.2 作业场所

- 8.2.1 入口醒目位置应设置硫化氢职业病危害告知卡。
- 8.2.2 在可能溢出硫化氢的位置应设置“当心硫化氢中毒”等警示标识和红色警示线。
- 8.2.3 硫化氢工区应设置至少两条通往安全区的逃生通道。
- 8.2.4 硫化氢工区应配置空气呼吸器，逃生型呼吸防护器具，便携式硫化氢检测报警设备，应急照明灯，安全带或安全绳等救援设施，设施应置于作业人员易于获取的位置，并应有专人管理，定期检查与维护。硫化氢作业场所防护用具可参见附录 I。

8.3 应急救援

- 8.3.1 硫化氢隧道应制定专项生产安全事故应急救援预案，应包括以下要素：
- a) 事故特征及危险程度分析、应急组织机构及职责（应急组织体系、指挥机构、职责）；
 - b) 预防与预警（危险源监控、预警行动）信息报告程序包括应急响应（响应分级、响应程序、处置措施）应急保障等，以及必要的附件；
 - c) 根据实际情况变化对应急救援预案适时修订。
- 8.3.2 应急救援管理机构和作业人员应进行硫化氢施工现场安全急救常识培训。
- 8.3.3 应急救援管理机构应有计划、有重点地组织预案的演练，每年至少进行 1 次，并作好演练过程的记录和总结。
- 8.3.4 应制定硫化氢中毒事故现场处置方案，应包含：危险性分析、可能发生的事故特征、应急处置程序、应急处置要点和注意事项等内容。
- 8.3.5 发生硫化氢溢出或中毒事故时，应启用如下程序：
- a) 应立即报告相关部门（在应急预案中明确），停止引起硫化氢中毒事故的作业，启动应急救援预案和控制措施；
 - b) 事故现场作业人员应立即撤离事故现场；
 - c) 现场有中毒人员时，事故抢险救援人员应迅速将中毒人员转移至事故现场外上风向空气新鲜处，如皮肤或眼部被污染，用大量清水冲洗干净，输氧，并保持中毒人员的体温。如果中毒人员已停止呼吸和心跳，应立即实施人工心肺复苏术，立即送往附近医疗机构救治，硫化氢中毒应急救援常识见附录 J；
 - d) 当硫化氢溢出达到危险浓度时，事故现场应加强通风，使泄漏的硫化氢尽快消散；
 - e) 硫化氢浓度持续上升而无法控制时，应立即向当地政府部门报告，疏散下风向的居民，并实施应急方案，需要时可联系矿山专业救援队支援；
 - f) 应立即与邻近医疗机构和医疗急救机构联系进行紧急医疗救助。
- 8.3.6 应急救援实施流程可参见附录 K。

- 8.3.7 存在硫化氢的作业场所应配备事故应急救援设施，建立健全维护管理制度，保证应急救援设施处于正常使用状态。
- 8.3.8 存在硫化氢危害的重点防护区域应设置气防柜。气防柜应铅封存放，设置明显标识，并定期检查与维护，确保应急时使用。
- 8.3.9 硫化氢隧道施工单位应与附近有应急救援能力的医疗机构签订事故医疗救援协议。
- 8.3.10 对事故发生地点应进行妥善处理，收集泄漏物料，并用水冲洗干净，冲洗水应排入废水处理系统。
- 8.3.11 应查明事故原因，对事故设施设备进行维修维护，对其他可能的隐患点进行排查，杜绝类似事故再次发生。
- 8.3.12 应开展事故风险评估并形成报告，内容应包括评估依据、工程概况、评估方法、评估步骤、评估内容、评估结论及对策建议等。

9 环境保护

9.1 废水

- 9.1.1 未经收集处理的废水，不准许直接排入河流、湖泊或城市排水设施。
- 9.1.2 隧道内应设置专用排水系统，隧道外应设置废水处理站，对排出洞外的水应进行无害化处理后排放，所有排水含硫化合物均应低于 1mg/L。
- 9.1.3 废水采样检测应按 HJ 91.2 规定执行。
- 9.1.4 废水处理应结合现场实际情况设多级沉淀池，废水处理沉淀池、过滤池等设施应符合 HJ 2008 规定。所有洞内污水应经沉淀、中和处理、过滤后排放。沉淀淤泥应运至指定位置。
- 9.1.5 沉淀池旁应设置安全围标及危害警示标志；人工清理沉淀池应符合 GBZ/T 205。
- 9.1.6 被硫化氢污染的酸性废水，应放入生石灰等碱性药剂或杀菌药剂进行中和处理。
- 9.1.7 永久性采样口、采样测试平台、排污口标志和警示标志的设计、建设、维护应符合 GB/T 32327 规定。
- 9.1.8 应对废水排放状况开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。

9.2 废渣

- 9.2.1 废渣应遵循“先挡后弃”原则，未经处理不准许直接堆放或填埋。
- 9.2.2 装渣前应用生石灰水等淋湿石渣。
- 9.2.3 废渣场地应按设计规定布置，满足安全、防洪、环保、水保要求，少占耕地和林地，运距合理，方便挡护、行洪和废渣，设置警戒线、警示牌。
- 9.2.4 废渣场底部应铺设防水卷材用于防渗漏和隔排措施，避免长时间暴露和与水接触反应，防止污染水流入农田草场、水渠，危害人畜饮水安全，并做好弃渣场相关的引排水设施。
- 9.2.5 废渣应进行硫化氢气体浓度检测和含硫浓度检测等方式检测，并使用生石灰或碱吸收液对废渣进行中和反应降低硫化氢浓度。
- 9.2.6 含硫废渣应采取脱硫措施达到堆放、填满标准。
- 9.2.7 废渣场堆放处理含硫废渣时，应设置全面通风或局部通风设施。
- 9.2.8 堆放、填埋场投入使用前，应监测土壤本底水平。
- 9.2.9 应布设 1 个土壤监测对照点作为土壤背景值。土壤监测点依据地形特征、主导风向和地表径流方向等选取。

9.2.10 堆放、填埋场使用完成后，应及时采用粘土覆盖，并恢复原貌。

附录 A
(规范性)
硫化氢隧道分类相关标准

A.1 硫化氢气体人体控制等级说明见表 A.1。

表A.1 硫化氢气体控制等级

序号	等级	浓度 (ppm)	内容
1	健康阈值	6.6	在硫化氢环境中未采取任何人身防护措施，不会对人身健康产生伤害的空气中硫化氢最大浓度值。本规范的阈限值为 6.6 ppm
2	安全临界浓度	20	在硫化氢环境中 8h 内未采取任何人身防护措施，可接受的空气中硫化氢最大浓度。本规范的安全临界浓度为 20 ppm
3	危险临界浓度	100	在硫化氢环境中未采取任何人身防护措施，对人身健康会产生不可逆转或延迟性影响的空气中硫化氢最小浓度。本规范中的危险临界浓度为 100 ppm

A.2 硫化氢工区类别的判别指标为隧道内任意一点硫化氢浓度，符合表 A.2 规定。

表A.2 硫化氢工区类别划分

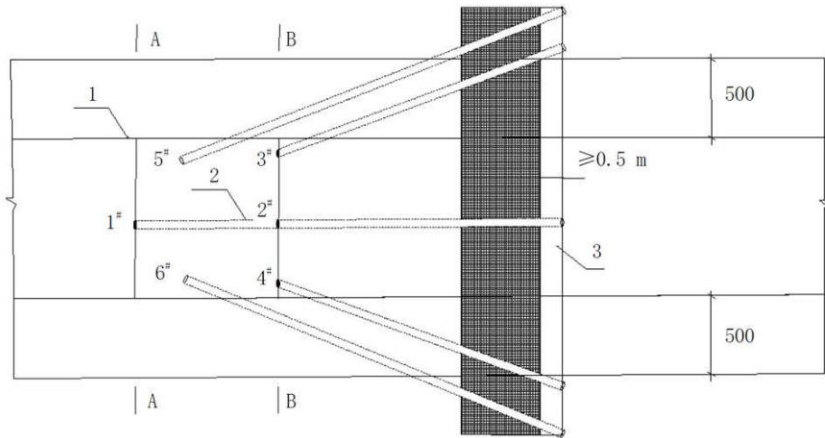
硫化氢工区类别	浓度 C (ppm)
非硫化氢	0
低危险性硫化氢	$0 \leq C < 6.6$
中危险性硫化氢	$6.6 \leq C < 20$
高危险性硫化氢	$C \geq 20$

A.3 当施工区段全部穿越硫化氢地层，经检测评定确认无硫化氢后可认为后续施工区段为非硫化氢工区。

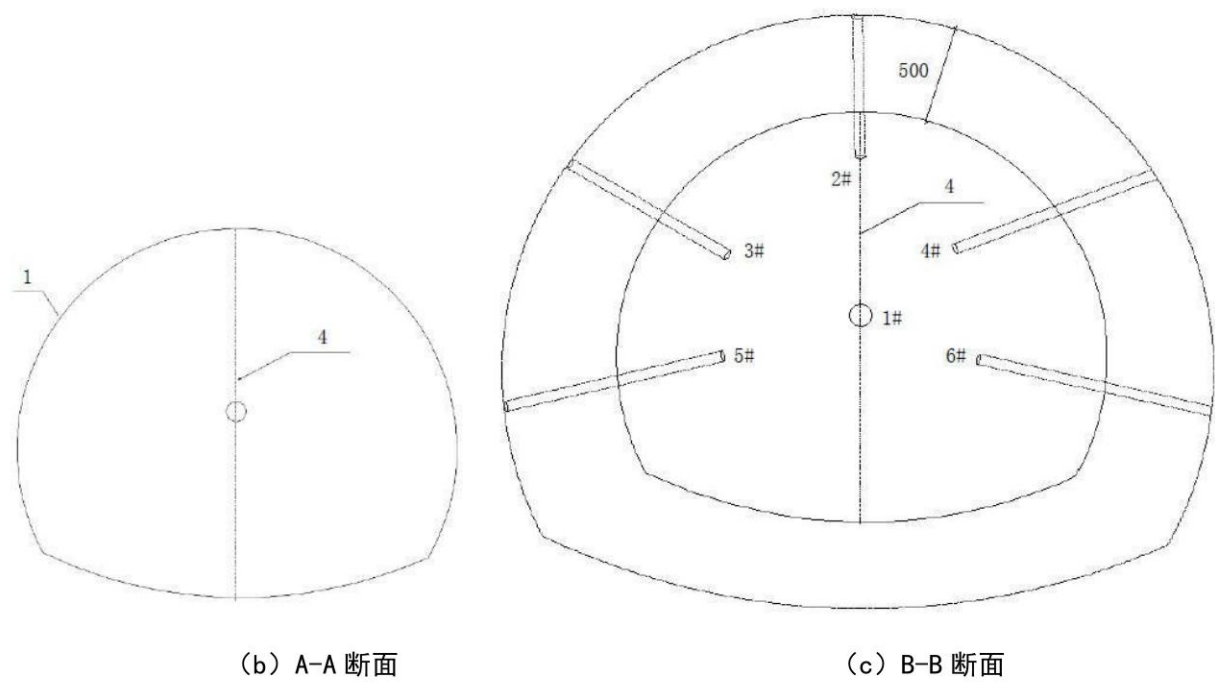
附录 B
(规范性)
硫化氢隧道超前探测孔布置图

B.1 硫化氢隧道含硫化氢地段超前钻孔及探测布置示意图见 B.1，具体如下：

- a) 在距硫化氢地层 20 m（垂距）位置进行超前钻孔初探钻孔为 1 孔（1#钻孔），布置在掌子面中心位置，具体布置形式见图 B.1（b）断面所示；
- b) 开挖时，在距硫化氢地层 10 m（垂距）处掌子面布置 3 孔定位孔（图中为 2#、3#、4#钻孔）再次进行探测，至少选择 1 孔钻芯，根据超前钻孔验证硫化氢地层的具体位置、厚度及倾角。由于硫化氢赋存位置的不确定性，必要时需施作 5#、6#超前钻孔准确判断其位置，具体布置形式见图 B.1（c）所示；
- c) 除 1 号钻孔外，其余钻孔应位于开挖轮廓线 5 m 以外，且所有钻孔应进入硫化氢地层底板不准许小于 0.5 m；
- d) 钻孔采用 $\Phi 89$ 钻孔，仰角宜控制在 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ；
- e) 当作业点附近 20 m 以内风流中硫化氢浓度达到 20 ppm 以上，应停止钻孔作业，进行硫化氢中和处理，且在实施超前钻孔应单工序作业。



(a) 钻孔布置平面示意图



标引序号说明:

1—开挖轮廓线;

2— $\Phi 89$ 钻孔;

3—硫化氢地层;

4—隧道中线;

1#~6#—超前钻孔。

图 B.1 超前钻孔及探测断面布置示意图

附录 C
(规范性)
硫化氢处理流程

C.1 硫化氢隧道开挖过程中硫化氢处理措施流程见图 C.1:

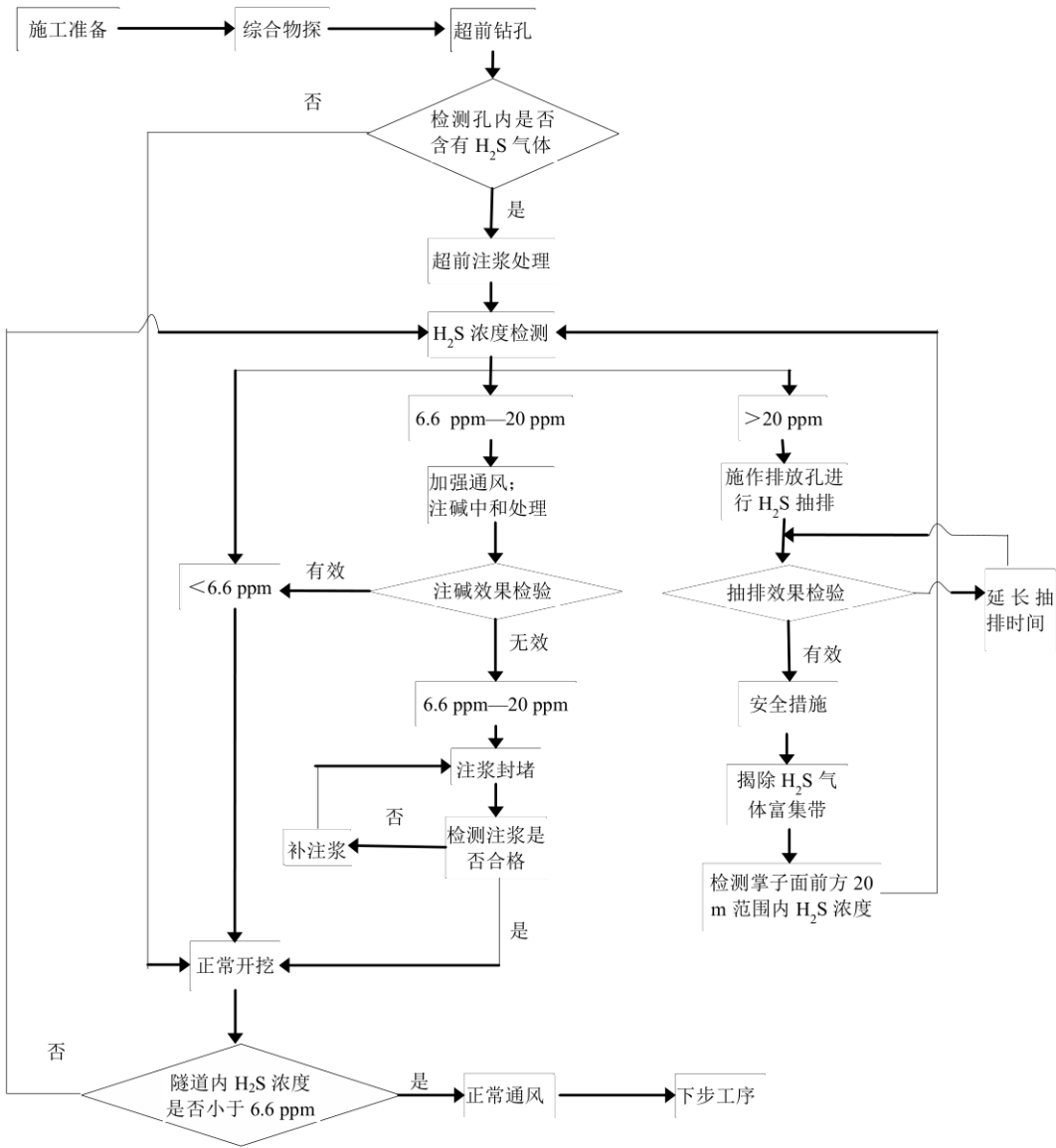


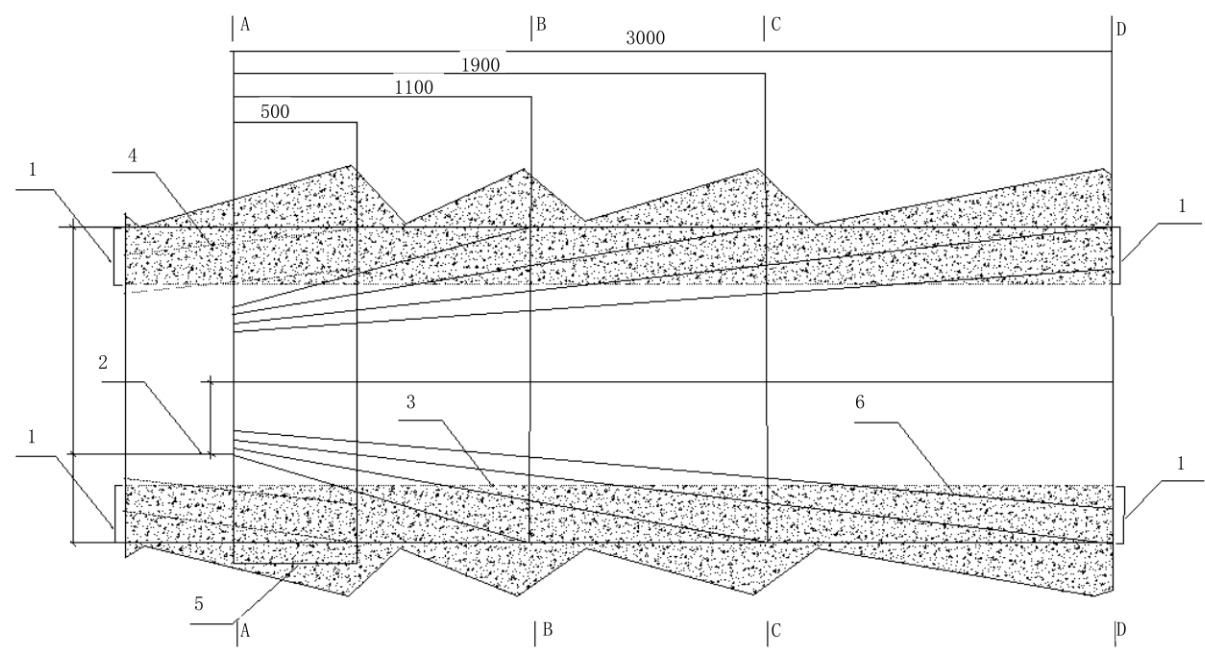
图 C.1 硫化氢处理流程

附 录 D

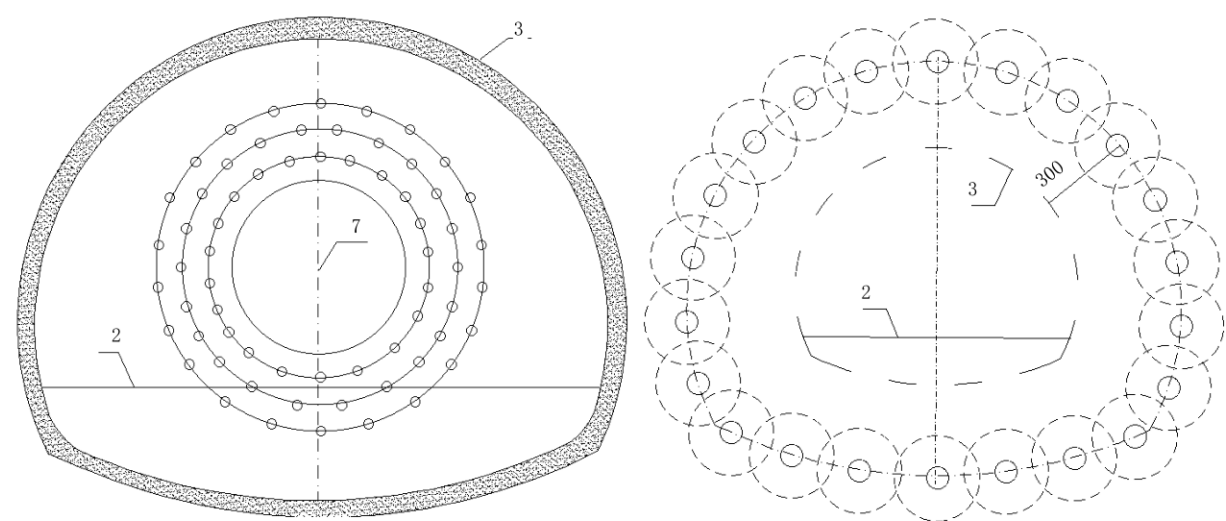
(规范性)

硫化氢地层超前周边注浆布置图

D.1 根据超前地质预报结果，判定前方可能有大量硫化氢气体涌出时，应实施超前周边注浆措施，注浆孔断面布置示意图见 D.1:

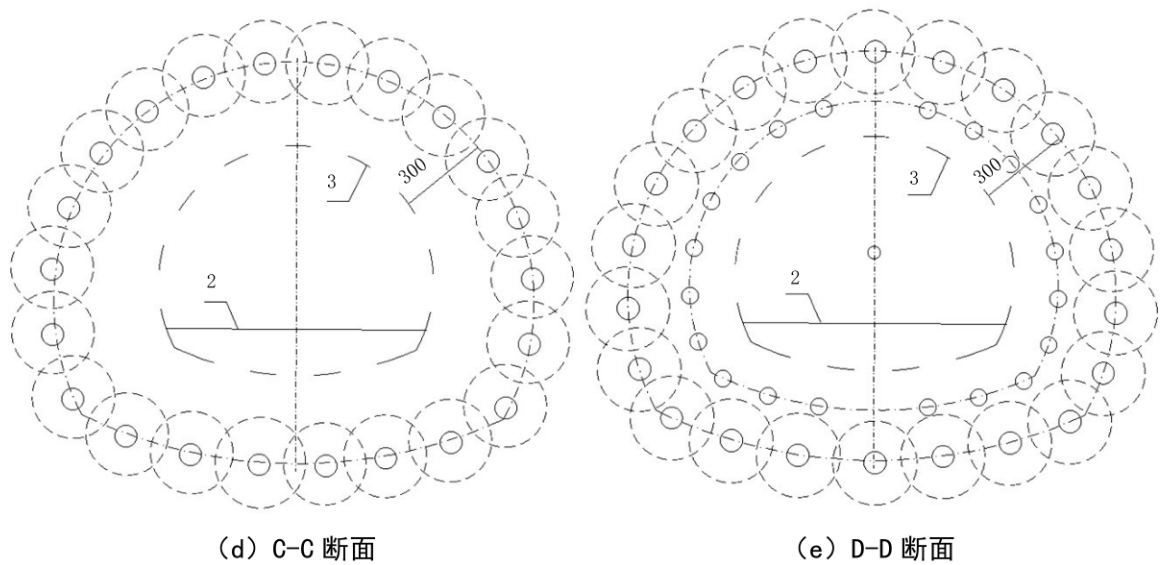


(a) 注浆孔布置平面示意图



(b) A-A 断面

(b) B-B 断面



标引序号说明:

- 1—注浆加固厚度;
- 2—设计高程;
- 3—开挖轮廓线;
- 4—上循环注浆孔;
- 5—止浆岩盘;
- 6—本循环注浆孔;
- 7—隧道中线。

图 D.1 超前周边注浆孔横断面布置示意图

- D.2 在确定实施前,应在综合超前地质预报指引下钻 3~5 个超前钻孔探明前方硫化氢气体赋存、地下水发育及岩体完整情况等综合判断。
- D.3 在距探测硫化氢气体涌出地段前 5m 位置实施超前周边注浆措施,每一注浆循环长 30m,其中开挖 25m,保留 5m 止浆岩盘;每一注浆循环设 4 环注浆孔,注浆孔水平长度第 1 环 10m、第 2 环 19m,第 3~4 环 30m。
- D.4 注浆孔布置由掌子面向开挖方向呈伞形辐射状,钻孔布置成数圈,内外圈按梅花形排列,并采用长短孔相结合的方式。

附录 E
(规范性)
硫化氢地层径向周边注浆布置图

- E.1 含硫化氢地层开挖后有硫化氢气体随岩层裂隙及地下水溢出时，应采用全断面径向注浆封堵。
- E.2 径向注浆孔布置示意图见 E.1:

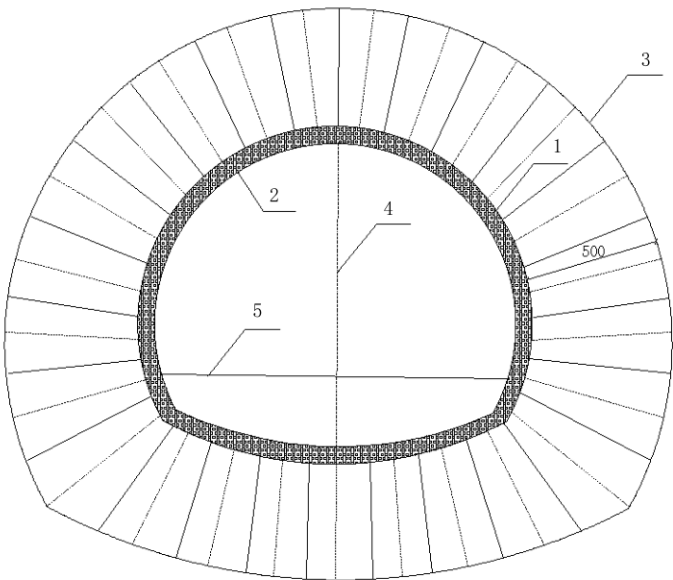
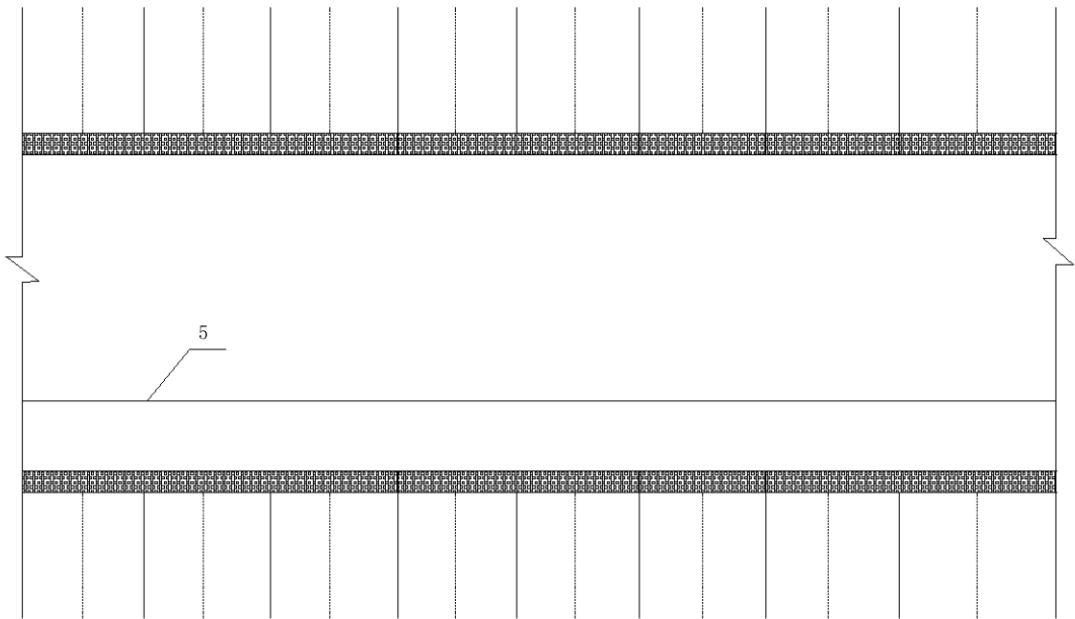


图 E.1 径向注浆孔横断面布置示意图



标引序号说明:

- 1—开挖轮廓线;
- 2—初期支护;
- 3—注浆加固边界;
- 4—隧道中线;
- 5—设计高程。

图 E.2 径向注浆孔纵断面布置示意图

- E.3 根据开挖后硫化氢气体衰减浓度、地下水出水及围岩稳定性综合确定适用条件及注浆范围。
- E.4 注浆孔按梅花形布置，注浆开孔直径不小于 50 mm，终孔直径不小于 42 mm。
- E.5 对硫化氢气体溢出地段进行封堵注浆时，注浆结束后应检查该段洞内硫化氢浓度，确认达到注浆效果后方可结束注浆，否则应进行加密加深注浆孔进行补强。

附录 F
(规范性)
硫化氢监测系统

F.1 硫化氢监测系统构成如图 F.1:

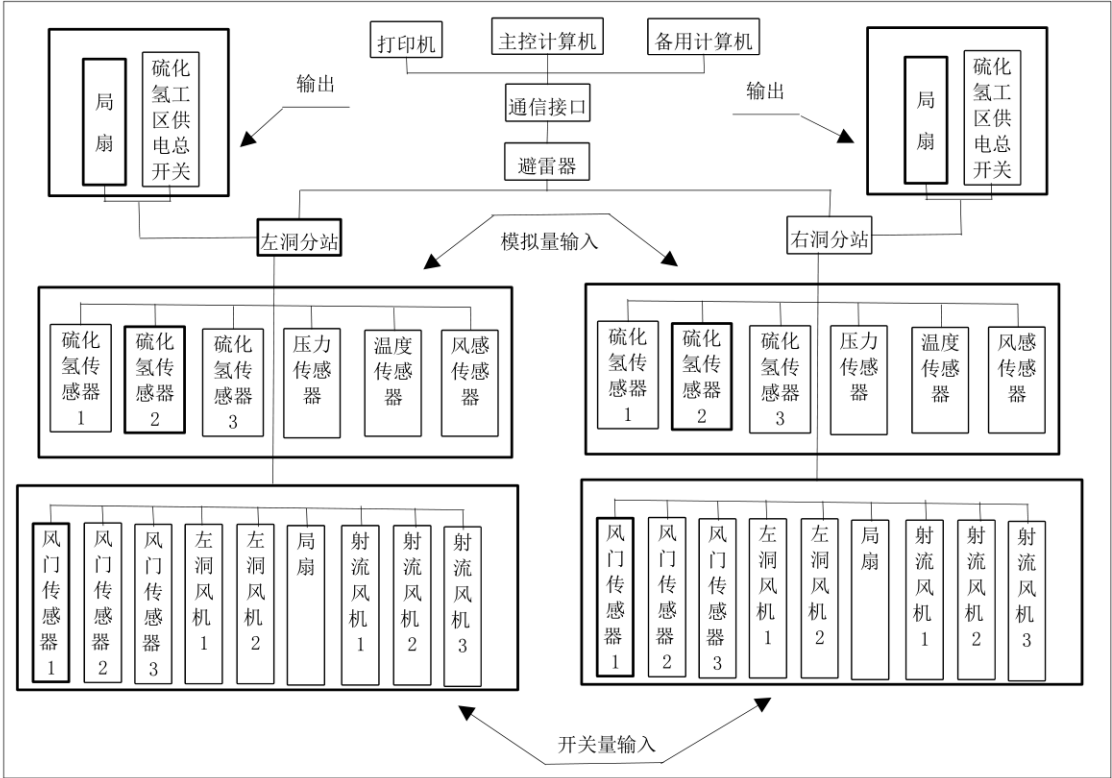


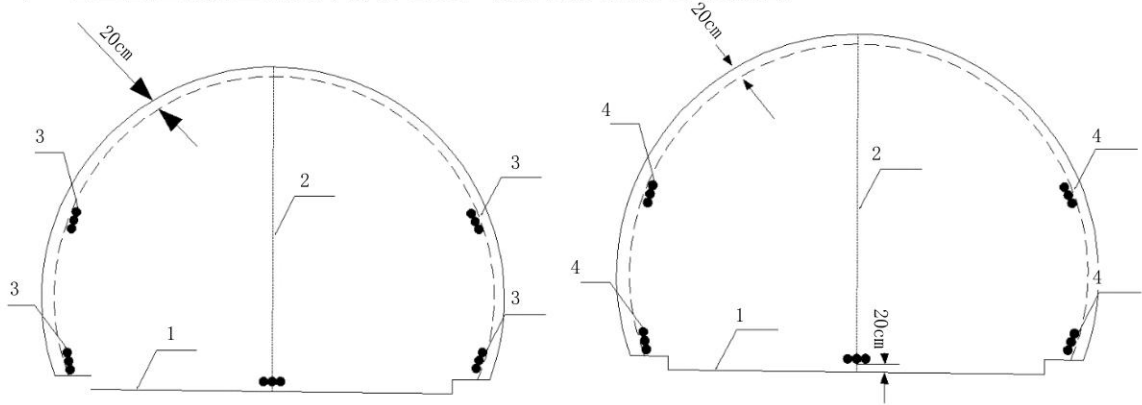
图 F.1 硫化氢隧道自动监控系统原理图

F.2 自动监控系统的组成包括系统包括主控计算机、洞内分站、高浓度硫化氢传感器、低浓度硫化氢传感器、风速传感器、远程断电仪、报警器、设备电源和备用电源、电缆、防雷设施等。

F.3 传感器布设位置见图 F.2 所示，具体要求如下：

- a) 系统可及时准确地对洞内各掌子面的硫化氢状况进行 24 h 全方位监控；
- b) 测量硫化氢应在硫化氢工区风流范围进行，对于模板台车处是指距支架和洞底各为 50 mm 的断面空间；对无支架或用锚喷衬砌支护、已衬砌段，距侧壁、底板各为 200 mm 的断面空间；
- c) 硫化氢监测传感器主要布置在开挖掌子面迎头及距开挖掌子面 20 m 回风流处、模板台车前后、横通道、巷道式通风的回风巷、局部通风及附近、错车带、洞内变压器集中安设处或机电设备洞室及其他硫化氢易积聚的区域，其迎风流和背风流 0.5 m 内不准许有阻挡物，悬挂处支护良好，无滴水，台架走行过程中不会损坏传感器，掌子面迎头安装的硫化氢传感器距离掌子面不大于 5 m，洞口硫化氢传感器距离洞口 10~15 m；
- d) 风速传感器主要安装在距开挖掌子面 20 m 回风流处、防水板台车处、已衬砌地段回流处、巷道式通风回风巷等主要测风站。安装点前后 10 m 内无分支风流、无拐弯、无障碍、断面无变化、能准确检测和计算风断面平均风速、风量的位置，悬挂式应固定，不准许左右摇摆；

- e) 硫化氢工区使用的主通风机、局部通风机应设置设备开停传感器。主要风门应设置风门传感器，背控设备开关的负荷侧应设置馈电状态传感器并应根据控制要求，配置远程断电仪；
- f) 各工区应根据工程实际情况增设、调整传感器的种类及数量。



标引序号说明：

1—设计高程；

2—隧道中线；

3—硫化氢检测探头；

4—硫化氢、风速检测探头。

图 F.2 传感器布置位置示意图

F.4 检测要求如下：

- a) 测风时可采用迎风法，每个测点测风次数不少于 3 次，每次测量误差应不超过 5%，并取其平均值；
- b) 测风断面应同时测定硫化氢浓度；
- c) 已开挖掌子面附近及稳定回风流中测定的最大硫化氢浓度值作为该断面处的硫化氢浓度。

F.5 监控系统要求如下：

- a) 自动监控系统布置和安装应满足相关要求，机电设备和电缆要求要符合硫化氢隧道相关规定；
- b) 洞内分站应安装在易于人员操作、检修、维护的位置，同时应满足硫化氢隧道相关防护要求，洞内分站安装时应垫支架，距地面不小于 300 mm 并可开接地，接地电阻不小于 20 Ω；
- c) 装设硫化氢断电仪和硫化氢风电闭锁装置的监控系统，远程断电使用 1.5 mm² 电缆，分站到被控开关距离应小于 30 m，被控开关不准许使用 DW 系列开关，应使用磁力防爆型开关。被控开关的负荷侧应安装馈电状态传感器；
- d) 自动监控报警系统在断电状态和馈电状态具有监测、报警、显示、存储和打印报表功能。可实现风、硫化氢、电的锁闭功能，硫化氢浓度超过要求时，自动切断超限区的电源后，自动监控报警系统仍可正常工作。

附录 G
(资料性)
硫化氢浓度人工检测记录

G.1 硫化氢隧道内硫化氢浓度记录格式见表G.1。

表G.1 硫化氢浓度人工检测记录表

[illegible]

附录 H
(资料性)
硫化氢对人体生理影响及危害

- H.1 人体接触硫化氢而引起的反应取决于其浓度和所接触时间的长短。
- H.2 空气中不同浓度的硫化氢对人体的相应危害程度见表 H.1:

表 H.1 硫化氢对人的生理影响及危害

序号	浓度 (ppm)	暴露于硫化氢的典型特性
1	0.13	空气中硫化氢浓度为0.13ppm时,有明显臭鸡蛋气味,当浓度为4.6ppm时,气味相当激烈
2	6.6	在硫化氢环境中未采取任何人身防护措施,不会对人身健康产生伤害。
3	10	允许暴露8h,即安全临界浓度值
4	20	在暴露1h或更长时间后,眼睛有烧灼感,呼吸道受到刺激
5	50	暴露15min或15min以上的时间后嗅觉逐渐丧失,时间超过1h,可能导致头痛、头晕或摇晃,超过50ppm将会出现肺水肿,也会对人员的眼睛产生严重刺激或伤害
6	100	3min~15min就会出现咳嗽、眼睛受刺激和失去嗅觉。在5min~20min过后,呼吸逐渐加重变样、眼睛就会疼痛并昏昏欲睡,在1h后就会刺激喉道
7	300	明显的结膜炎和呼吸道刺激
8	500	短期暴露后就会不省人事,不迅速处理就会停止呼吸;头晕、失去理智和平衡感。患者需要迅速进行人工呼吸或心肺复苏技术
9	700	意识快速丧失,应迅速营救,呼吸就会停止并导致死亡。应立即采取人工呼吸和(或)心肺复苏技术
9	1000+	立即丧失知觉,结果将会产生永久性的脑伤害或脑死亡。应迅速进行营救,应用人工呼吸和(或)心肺复苏

附录 I
(资料性)
呼吸防护用品

I.1 各类呼吸防护用品的防护因数（APF）见表 I.1：

表 I.1 各类呼吸防护用品的防护因数（APF）表

呼吸防护用品类型	面罩类型	防护因数（APF）	
		正压式	负压式
自吸过滤式	半面罩	不适用	10
	全面罩		100
送风过滤式	半面罩	50	不适用
	全面罩	$200 < APF \leq 1000$	
	开放型面罩	25	
	送气头罩	$200 < APF \leq 1000$	
供气式	半面罩	50	10
	全面罩	1000	100
	开放型面罩	25	不适用
	送气头罩	1000	
携气式	半面罩	> 1000	10
	全面罩		100

I.2 根据硫化氢作业环境选择呼吸防护用品的种类见表 I.2：

表 I.2 不同硫化氢作业环境选择呼吸防护用品种类选择

有害环境		使用的呼吸防护用品种类													
		隔绝式								过滤式					
		携气式				供气式				送风过滤式			自吸过滤式		
		正压式		负压式		正压式		负压式		防毒			防毒		
		H	F	H	F	H	T	L	H	F	H	T	L	H	F
氧气浓度未知、氧气浓度<19.5%、硫化氢浓度未知、硫化氢浓度超过 IDLH 浓度的环境		—	√	—	—			—	—	—	—	—	—		—
硫化氢浓度 mg / m³	<100	—	√	—	—	—	√	—	—	—	√	√		√	√
	<250	—	√	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—
	<500	—	√	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	<1000	—	√	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
硫化氢浓度 mg / m³	<10000	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	≥10000	—	√							—					
注：√—允许选用；H—半面罩；F—全面罩；T—全面罩和送气头罩；L—开放型面罩； √表示在配备适合的辅助逃生型呼吸防护用品前提下，配全面罩和送气头罩的正压供气式呼吸防护用品。辅助逃生型呼吸防护用品应适合硫化氢 IDLH 浓度 100 ppm 的环境性质。例如：在硫化氢浓度未知，是否缺氧未知及缺氧环境下，选择的辅助逃生型呼吸防护用品应为携气式，不允许使用过滤式；在不缺氧，但硫化氢浓度超过 IDLH 浓度的环境下，选择的辅助逃生型呼吸防护用品可以是携气式，也可以是过滤式，但应适合硫化氢的浓度水平。多人长时间在含硫化氢环境中工作时，应建立正压供气系统，供气系统的空气压缩机应置于上风侧。															

I.3 硫化氢浓度小于 6.6 ppm 时，可按表 I.3 选择呼吸防护及眼部防护器具。

表 I.3 根据硫化氢作业环境浓度选择呼吸防护及眼部防护器具

序号	硫化氢浓度 C (ppm)	呼吸防护用品	眼部防护用品	备注
1	C≤6.6	—	—	—
		可防硫化氢的过滤式呼吸防护用品	护目镜	硫化氢敏感
2	6.6<C≤33.3	全面罩过滤式呼吸防护用品	—	—
		半面罩过滤式呼吸防护用品	护目镜	—
		全面罩隔绝式呼吸防护用品	—	—
		半面罩隔绝式呼吸防护用品	护目镜	—
3	33.3<C≤66.6	全面罩携气式或供气式空气呼吸器、全面罩送风过滤式呼吸防护用品	—	—

附录 J
(资料性)
硫化氢中毒救护常识

J.1 早期抢救

J.1.1 进入毒气区抢救中毒人员，应先戴上空气呼吸器；

J.1.2 迅速将中毒人员从毒气区抬到通风且空气新鲜的上风地区，应采用正确救护方式将中毒人员放于平坦干燥的地方；

J.1.3 如果中毒人员没有停止呼吸，应使中毒人员处于放松状态，解开其衣扣，保持其呼吸道的通畅，并给予输氧，随时测量中毒人员的体温；

J.1.4 如果中毒人员已经停止呼吸和心跳，需立即进行人工呼吸和胸外心脏按压，有条件的可使用呼吸器代替人工呼吸，直至呼吸和心跳恢复正常，具体如下：

a) 人工呼吸法：

- 让中毒人员仰卧，解开领口和腰带，将中毒人员头部转向一边，清除中毒人员口中粘痰、泥沙等异物，
- 将中毒人员下腭用向前张开，使之呼吸道畅通，
- 抬起下颌用一只手捏住中毒人员鼻子，口对中毒人员的口做深呼吸，吸出中毒人员体内废气，
- 吸大口气口对口吹气入中毒人员体内，此时看到中毒人员胸部鼓起，证明呼吸无阻塞，
- 吹足气后，将嘴移开，让其呼出体内的气，每 3 s 均匀吹 1 次。重复上述动作，直至中毒人员能自由呼吸为止；

b) 胸外心脏挤压法

- 解开有碍呼吸的领扣、腰带（注意防止着凉），平放仰卧在有衣物垫护的硬板上，拉开中毒人员下颌，使口腔张开，以利呼吸，
- 救护者跨跪在中毒人员腰部，正确找准挤压点，两手相叠，手掌根部放在心窝稍高一点的地方，即掌根放在胸骨底下三分之一部位，
- 掌根向下（脊背方向）挤压，压出心脏内血液，每秒 1 次，压陷 3 cm~5 cm，用力应均匀，
- 挤压后掌根很快放松，使中毒人员胸廓自动复原，血液又充满心脏。如此反复挤压、放松，用力应适当，既有效挤压，又避免内伤。

J.2 一般护理

硫化氢中毒的一般护理知识应符合下列规定：

- a) 若中毒人员被转移到新鲜空气区后能立即恢复正常呼吸，可认为其已迅速恢复正常；
- b) 当呼吸和心跳完全恢复后，可给中毒人员食用兴奋性饮料（如浓茶、浓咖啡等）；
- c) 如果中毒人员眼睛受到轻微损害，可用清水清洗或冷敷，并给予抗生素眼膏或眼药水；
- d) 中毒人员应休息 1 d~2 d，不准许再度受硫化氢伤害。

附录 K
(规范性)
应急救援流程

- K.1 硫化氢工区应提前制定事故预防与应急救援预案，一旦硫化氢气体超标，应急预案将能够控制事故的扩大，降低事故后果的严重程度，保证相关人员的生命安全。
- K.2 硫化氢事故应急救援流程见图 K.1：

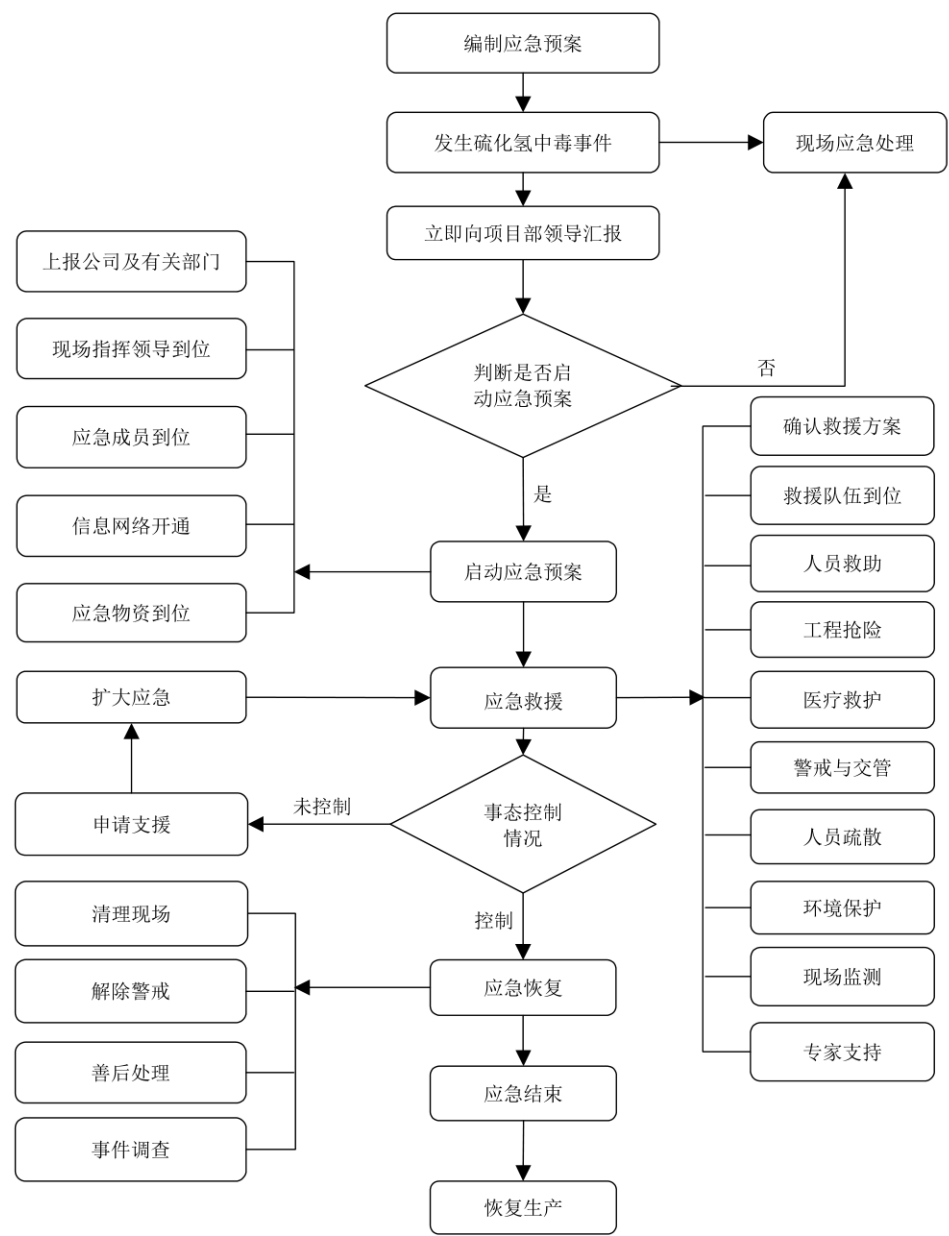


图 K.1 应急救援流程图