

ICS 93.060
CCS P 21



团 体 标 准

T/CI 1069—2025

隧道施工环境监测与自动化控制 技术指南

Technical guidelines for environmental monitoring and automated
control in tunnel construction

2025-06-30 发布

2025-06-30 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 监测控制系统技术要求	2
4.1 通风降尘监测参数要求	2
4.2 监测控制系统人员配备要求	4
4.3 监测控制系统设备要求	5
5 监测传感器类型选用	6
5.1 基本监测传感器	6
5.2 特殊监测传感器	6
6 监测控制系统安装	7
6.1 监测传感器安装	7
6.2 下位机安装	9
6.3 上位机安装	9
6.4 声光报警装置安装	9
6.5 风机联动系统安装	9
6.6 喷淋降尘装置安装	9
6.7 对讲系统安装	9
6.8 信号中继器安装	9
7 系统指令设置及应用	10
7.1 系统指令设置及优先级	10
7.2 瓦斯隧道中甲烷的超限指令和恢复指令	11
7.3 粉尘及其他有毒有害气体的超限指令和恢复指令	11
7.4 系统应用	11
8 设备维护保养及检校标定	13
8.1 防爆设备保养	13
8.2 监测传感器保养及检校标定	13
8.3 上位机、下位机维护保养	14
8.4 声光报警设备维护保养	14
8.5 喷淋降尘设备维护保养	14
8.6 对讲系统维护保养	14
8.7 信号传输设备及信号中继器维护保养	14

附录A(规范性) 风速控制及高海拔隧道弥散式供氧氧浓度控制	15
A.1 风速控制	15
A.2 氧浓度控制	16
附录B(规范性) 粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施	17
B.1 瓦斯隧道甲烷浓度限值及超限处理措施	17
B.2 粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施	18
附录C(规范性) 有毒有害气体浓度换算	21
C.1 有毒有害气体浓度换算	211

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专利的责任。

本文件由四川路航建设工程有限责任公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：四川路航建设工程有限责任公司、上海宝冶集团有限公司、四川三江交通建设工程有限公司、重庆交通大学、四川交通职业技术学院、中冶交通建设集团有限公司、四川欣顺建材有限公司、四川港建水利水电工程有限责任公司、中铁南方投资集团有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司、四川蜀通港口航道工程建设有限公司、中建八局城市建设有限公司、宁波市城建设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：张剑宁、朱长根、柳明、江利民、王华、智建华、蒋华斌、张军、陈维刚、童景盛、刘磊、孔令杰、杨兰强、汪舟、付聿旻、李林传、李先锋、杨征勋、杨辉、王涛、唐潇、余波、田贵洪、李钰、李清柳、董三平、张明波、龚啟明、张朝阳、李文峰、夏兆平、杨伟华、黄鹏、田羿、蒋露、陶媛媛、张志勇、孙海峰、李莹、黎大玮、齐晓丹、孟艳梅、王礼渊、于洁。

隧道施工环境监测与自动化控制 技术指南

1 范围

本文件提供了对隧道施工环境监测与自动化控制系统技术、监测传感器适用环境、安装、指令设置及应用、设备维护保养及检校标定等指导。

本文件适用于除TBM法、盾构法之外的公路、铁路隧道工程施工期间风速、氧浓度、粉尘和有毒有害气体监测与通风降尘自动化控制,也适用于水利水电隧洞工程的施工应用。

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。

- GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范
- GBZ/T 192.1 工作场所空气中粉尘测定 第1部分:总粉尘浓度
- GBZ/T 192.4 工作场所空气中粉尘测定 第4部分:游离二氧化硅含量
- GBZ/T 300.37 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
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求
- GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 3836.16 爆炸性环境 第16部分:电气装置的检查与维护
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 18664 呼吸防护用品的选择、使用与维护
- GB/T 28827.1 信息技术服务 运行维护 第1部分:通用要求
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范(附条文说明)
- DL/T 5099 水工建筑物地下工程开挖施工技术规范
- JJG 551 二氧化硫气体检测仪检定规程
- JJG 635 一氧化碳、二氧化碳红外气体分析器检定规程
- JJG 846 粉尘浓度测量仪检定规程
- JJG 1087 矿用氧气检测报警器检定规程
- JJG 1093 矿用一氧化碳检测报警器检定规程
- JJG 1105 氨气检测仪检定规程
- JJG 1133 煤矿用高低浓度甲烷传感器 检定规程
- JJG 1161 矿用硫化氢气体检测仪检定规程
- JJF 1939 热式风速仪校准规范
- 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
- TB 10003 铁路隧道设计规范

TB 10120 铁路瓦斯隧道技术规范

TB 10204 铁路隧道施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

监测控制系统 monitoring and control system

结合数据采集、实时监控和自动化控制的综合技术系统。

3.2

浓度限值 concentration limit

隧道内空气介质中允许存在的粉尘或有毒有害气体的最高浓度,以及允许存在的氧浓度下限值和高海拔地区采用弥散式供氧时的氧浓度上限值。

3.3

一级阈值 first level threshold

系统中设定的粉尘或有毒有害气体浓度的初级临界值,按其浓度限值的75%设定。

3.4

二级阈值 secondary threshold

系统中设定的粉尘或有毒有害气体浓度的高级临界值,按其浓度限值的100%设定。

3.5

恢复阈值 recovery threshold

粉尘或有毒有害气体浓度从异常状态(超过一级阈值或二级阈值)恢复到正常状态的安全值,按其浓度限值的50%设定。

3.6

超限指令 over-limit command

粉尘或有毒有害气体浓度超过一级阈值或二级阈值时,所触发的超限处置工作指令。

3.7

恢复指令 recovery command

粉尘或有毒有害气体浓度降至恢复阈值以下时,所触发的解除超限工作指令。

4 监测控制系统技术要求

4.1 通风降尘监测参数要求

4.1.1 通用要求

4.1.1.1 公路隧道施工阶段的通风降尘应符合JTG/T 3660的相关规定,公路瓦斯隧道的施工通风应符合JTG/T 3374的相关规定。

4.1.1.2 铁路隧道施工阶段的通风降尘应符合TB 10003和TB 10204的相关规定,铁路瓦斯隧道的施工通风应符合TB 10120的相关规定。

4.1.1.3 水利水电隧洞的施工通风降尘应符合DL/T 5099的相关规定。

4.1.1.4 隧道粉尘的浓度测定方法宜按照GBZ/T 192.1、GBZ/T 192.4的规定进行。

4.1.1.5 有毒有害气体的浓度测定方法宜按照GBZ 159、GBZ/T 300.37和JJG 1105的相关规定进行。

4.1.2 风速限值

公路隧道、铁路隧道及水利水电隧洞空气中的风速限值宜参照附录A中A.1执行,符合DL/T 5099、JTG/T 3374、JTG/T 3660、TB 10003、TB 10120、TB 10204的相关规定。

4.1.3 气体浓度限值

各类隧道、隧洞的粉尘和有毒有害气体浓度限值宜按照附录B执行,有毒有害气体浓度换算宜按照附录C执行。

4.1.4 氧浓度限值

公路隧道、铁路隧道及水利水电隧洞,其工作场所空气中的氧浓度最低限值为19.5%。高海拔隧道工作场所采用弥散式供氧时,空气中的氧浓度控制宜参照A.2执行,符合JTG/T 3660的相关规定。

4.1.5 粉尘及有毒有害气体浓度阈值推荐参数

粉尘及有毒有害气体宜分别设置一级阈值、二级阈值和恢复阈值,阈值推荐参数详见表1~表8。

表1 粉尘浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
6.0	8.0	4.0

表2 甲烷浓度阈值推荐参数

序号	一级阈值	二级阈值	恢复阈值
1	0.19%	0.25%	0.13%
2	0.38%	0.50%	0.25%
3	0.75%	1.00%	0.50%
4	1.13%	1.50%	0.75%
5	1.50%	2.00%	1.00%

注:隧道各类瓦斯工区和监测地点的甲烷浓度限值(二级阈值)按照B.1的相关内容确定。

表3 一氧化碳浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

序号	区域	一级阈值	二级阈值	恢复阈值
1	非高原	22.5	30.0	15.0
2	高原	海拔2 000 m~3 000 m	15.0	20.0
3		海拔>3 000 m	11.3	15.0

注:非高原地区公路隧道洞内二级阈值按短接触允许浓度(PC-STEL)值确定,高原地区公路隧道洞内二级阈值按最高允许浓度(MAC)值确定。铁路隧道和水利水电隧洞可参照本表确定浓度阈值,也能参照B.2确定。

表4 二氧化碳浓度阈值推荐参数

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
0.80%	1.00%	0.50%
注：二级阈值按短时间接触允许浓度(PC-STEL)值确定。		

表5 二氧化氮浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
7.6	10.0	5.0
注：二级阈值按短时间接触允许浓度(PC-STEL)值确定。		

表6 二氧化硫浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
7.7	10.0	5.0
注：二级阈值按短时间接触允许浓度(PC-STEL)值确定。		

表7 硫化氢浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
7.5	10.0	5.0
注：二级阈值按短时间接触允许浓度(PC-STEL)值确定。		

表8 氨气浓度阈值推荐参数

单位为毫克每立方米

一级阈值	二级阈值	恢复阈值
22.7	30.0	15.0
注：二级阈值按短时间接触允许浓度(PC-STEL)值确定。		

4.2 监测控制系统人员配备要求

4.2.1 人员配置要求

监测控制系统的监控室宜配置2名~3名监控管理人员,每个隧道工点宜配置2名~3名粉尘和有毒有害气体现场监测人员和1名~2名设备维保人员。

4.2.2 人员上岗要求

现场监测人员和设备维保人员宜参加相关业务技能及安全培训,培训考核合格后方可上岗执业,瓦斯现场监测人员还宜持有省级煤矿安全培训主管部门颁发的瓦斯检测员证书,证书在有效期之内。

4.3 监测控制系统设备要求

4.3.1 通用要求

- 4.3.1.1 监测控制系统设备的设计及制造宜满足 GB/T 3836.1、GB/T 3836.4 和 GB 50058 的要求。
- 4.3.1.2 安装于隧道内的系统设备的外壳防护等级宜不低于 IP67,符合 GB/T 4208 的相关规定。
- 4.3.1.3 监测控制系统设备的电磁兼容性宜符合 GB/T 17626.2 的相关规定。
- 4.3.1.4 使用线缆连接的设备宜做好防雷接地处理,并安装必要的雷电防护设备。
- 4.3.1.5 监测控制系统的各设备之间宜使用无线通信传输信号。
- 4.3.1.6 各设备具有必要的部件,实现本文件 4.3.3~4.3.11 中的相应功能。
- 4.3.1.7 在同一位置安装多个监测传感器时宜采用模块化集成方式。
- 4.3.1.8 用于瓦斯隧道的监测控制系统,宜至少满足下列要求:
- 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;
 - 可实时监测甲烷浓度与洞内风速;
 - 可对主要风机实现风电闭锁功能,其他设备实现甲烷电闭锁功能;
 - 当甲烷浓度超过限值时,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。

4.3.2 监测传感器

监测传感器的监测范围与分辨率参数,详见表 9。

表 9 监测传感器监测范围及分辨率参数表

序号	传感器类型	计量单位	监测范围	分辨率
1	风速传感器	m/s	0~4.0	0.05
2	氧气传感器	—	19.5%~28.7%	0.10
3	粉尘浓度传感器	mg/m ³	0~200.0	0.10
4	甲烷传感器	—	0%~20.0%	0.01
5	一氧化碳传感器	mg/m ³	0%~30.0%	0.10
6	二氧化碳传感器	—	0~1.0	0.05
7	二氧化氮传感器	mg/m ³	0~10.0	0.10
8	二氧化硫传感器	mg/m ³	0~10.0	0.10
9	硫化氢传感器	mg/m ³	0~10.0	0.10
10	氨气传感器	mg/m ³	0~30.0	1.00

4.3.3 下位机

下位机连接监测传感器,实时采集风速、氧浓度、粉尘和有毒有害气体浓度等数据,并同步传输至上位机。通过预设程序将采集到的实时数据与风速限值、氧浓度限值、粉尘和有毒有害气体浓度阈值进行比对,发出对应的超限指令或恢复指令,实现高实时性的闭环控制。下位机也可执行来自上位机的命令。

4.3.4 上位机

上位机设置风速限值、氧浓度限值、粉尘和有毒有害气体浓度阈值,以及对应的超限指令和恢复指令等参数,能监控整个监测控制系统的运行状态,同步接收、分析和显示下位机传输的各类数据,存储历史

数据和生成报表,推送报警信息,并能通过人工向下位机下达监测控制系统指令。

4.3.5 声光报警设备

根据下位机下达的超限指令启动相应的声光报警,警示语音声响 ≥ 80 dB(A),警示灯能以不同闪烁频率发出红色、黄色灯光,且在黑暗环境中20 m范围内清晰可见。

4.3.6 风机联动系统

风机联动系统宜具备与监测控制系统联动的功能,根据下位机下达的超限指令,通过矢量控制风机自动化调节风速,将粉尘和有毒有害气体浓度降低至恢复阈值以下。

4.3.7 喷淋降尘设备

喷淋降尘设备包括雾炮车和环形喷淋设备。其中,环形喷淋设备由雾化喷嘴、环形水管、进水管、连接件、有压水源和电磁阀组成。当系统接收到下位机下达的粉尘浓度超限指令时,启动喷淋降尘设备喷出水雾使灰尘颗粒和水雾颗粒相互结合形成大颗粒物实现快速降尘。喷淋用水宜满足JTG/T 3660对施工用水的要求。

4.3.8 对讲系统

对讲系统保证隧道监控室和有毒有害气体监测点与人员工作场所附近的联络通信,当系统需要人工监测时,可通过对讲系统将异常情况通知隧道监控室内操作人员。

4.3.9 报警接收终端

报警接收终端宜能够安装于日常使用的便携移动式通信设备上,能够接收到上位机推送的报警信息。

4.3.10 信号传输设备

信号传输设备宜模块化安装于系统中所有需进行通信的设备上,采用无线局域网连接方式,并满足各设备之间稳定的信号传输需求。

4.3.11 信号中继器

信号中继器用于双线隧道的左、右洞之间,以及出现信号死角的隧道转弯处等部位,具备放大信号和补偿信号衰减的功能,使信号传输满足4.3.10的要求。

5 监测传感器类型选用

5.1 基本监测传感器

监测控制系统中宜配备风速传感器、氧气传感器和粉尘传感器等基本监测传感器。

5.2 特殊监测传感器

监测控制系统中特殊监测传感器的类型,宜根据设计及地勘文件提供的信息和表10中的内容选定。施工期间发现有其他有毒有害气体时,宜补充安装对应的监测传感器。

表 10 隧道常见有毒有害气体赋存地质分类

序号	类型	赋存地质	
		常见地质构造	常见地层、岩性、矿物
1	瓦斯 (以 CH ₄ 为主)	封闭型断裂, 逆断层、背斜翼部、向斜构造轴部、断层褶皱带, 有地热区域	煤系地层; 千枚岩、碳质板岩、黑色泥岩、炭质页岩、炭质泥岩、粉砂泥岩等烃源岩
2	一氧化碳	深埋断裂地层、断层褶皱带	煤系地层; 花岗岩、闪长岩、玄武岩、辉长岩、板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、斜长岩、麻粒岩等
3	二氧化碳	深埋断裂地层、断层褶皱带、盆地边缘、穹窿	煤系地层; 花岗岩、闪长岩、玄武岩、辉长岩、板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、斜长岩、麻粒岩等
4	二氧化氮	附近区域有地热显示的断裂带、褶皱带、岩体破碎带, 含硫矿物分布的地层深部	煤系地层; 钠硝石、钾硝石、硝石、石硝; 石膏、芒硝、石盐
5	二氧化硫	深埋断裂地层、断层褶皱带	煤系地层; 方解石、白云石、石膏、黄铁矿
6	硫化氢	断裂和破碎带、富含地下水的地区, 有地热区域	煤系地层; 变质砂岩、板岩、片岩、磷灰岩、花岗岩、含硫岩石等烃源岩; 黄铁矿、金属异常区
7	氨气	附近区域有地热显示的断裂带、褶皱带、岩体破碎带, 含硫矿物分布的地层深部	煤系地层; 岩浆岩和变质岩; 钠硝石、钾硝石、硝石、石硝; 石膏、芒硝、石盐

6 监测控制系统安装

6.1 监测传感器安装

6.1.1 一般规定

监测传感器的安装宜充分考虑吊点、支撑、卡固强度、传感器接线走向及固定等。传感器安设点易于系统维护人员观察、调试、检修和维护, 前后无障碍物, 干燥无明显淋水, 不影响行人和行车。

6.1.2 监测传感器布置与安装要求

6.1.2.1 风速传感器

风速传感器的布置与安装宜包括下列内容:

- 风速传感器宜布置在以下主要测风站: 距风机出风口 20 m 回风流处, 防水板台车处, 回风巷已衬砌段距离洞口 1/2~2/3 长度处, 回风巷距离洞口 10 m~15 m 处;
- 风速传感器宜固定安装于距离地面 1.5 m~2.0 m 高度的隧道侧壁或作业台车上, 机械密集作业区域宜悬挂安装于拱顶以下 250 mm 处;
- 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, 传感器探头风流指向与风流方向保持一致, 偏角 $\leq 5^\circ$ 。

6.1.2.2 氧气传感器

氧气传感器的布置与安装宜包括下列内容:

- 氧气传感器宜布置在以下地点: 距风机出风口 20 m 回风流处, 隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区, 回风巷已衬砌段距离洞口 1/2~2/3 长度处;
- 氧气传感器宜固定安装于距离地面 1.5 m~2.0 m 高度的隧道侧壁或作业台车上, 机械密集作业区域可悬挂安装于拱顶以下 250 mm 处。

6.1.2.3 粉尘浓度传感器

粉尘浓度传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 粉尘浓度传感器宜布置在以下地点：距掘进工作面 20 m~30 m 回风流处，巷道式通风的污风汇合点往洞口方向 30 m~50 m 处，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 粉尘浓度传感器宜固定安装于距离地面 1.5 m~2.0 m 高度的隧道侧壁，机械密集作业区域可悬挂安装于拱顶以下 250 mm 处。

6.1.2.4 甲烷传感器

甲烷传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 甲烷传感器宜布置在以下地点：距离掘进工作面 5 m 以内，距风机出风口 20 m 回风流处，防水板台车与衬砌台车处，横通道与隧道加宽区域，回风巷已衬砌段距离洞口 1/2~2/3 长度处，局部通风机附近，洞内变压器集中安设处，机电设备洞室的进风侧，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 甲烷传感器宜自由悬挂在拱顶以下 250 mm 处，其迎风流和背风流 0.5 m 内无阻挡物。

6.1.2.5 一氧化碳传感器

一氧化碳传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 一氧化碳传感器宜布置在以下地点：距离掘进工作面 5 m~10 m 混合风流处，隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 一氧化碳传感器宜悬挂安装于拱顶以下 250 mm 处。

6.1.2.6 二氧化碳传感器

二氧化碳传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 二氧化碳传感器宜布置在以下地点：距风机出风口 20 m 回风流处，隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 二氧化碳传感器宜固定安装于距离地面 1.0 m~1.5 m 高度的隧道侧壁。

6.1.2.7 二氧化氮传感器

二氧化氮传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 二氧化氮传感器宜布置在以下地点：距风机出风口 20 m 回风流处，隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 二氧化氮传感器宜固定安装于距离地面 1.0 m~1.5 m 高度的隧道侧壁。

6.1.2.8 二氧化硫传感器

二氧化硫传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 二氧化硫传感器宜布置在以下地点：距风机出风口 20 m 回风流处，隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区，回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处；
- b) 二氧化硫传感器宜固定安装于距离地面 1.0 m~1.5 m 高度的隧道侧壁。

6.1.2.9 硫化氢传感器

硫化氢传感器的布置与安装宜包括下列内容：

- a) 硫化氢传感器宜布置在以下地点:距风机出风口 20 m 回风流处,隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区,回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处;
- b) 硫化氢传感器宜固定安装于距离地面 1.0 m~1.5 m 高度的隧道侧壁。

6.1.2.10 氨气传感器

氨气传感器的布置与安装宜包括下列内容:

- a) 氨气传感器宜布置在以下地点:距风机出风口 20 m 回风流处,隧道仰拱施工点、衬砌台车等作业人员聚集区,回风巷距离隧道洞口 10 m~15 m 处;
- b) 氨气传感器宜固定安装于距离地面 1.0 m~1.5 m 高度的隧道侧壁。

6.2 下位机安装

下位机宜安装于隧道洞口安全位置处。

6.3 上位机安装

上位机安装于隧道监控室内。

6.4 声光报警装置安装

声光报警设备宜布置在以下地点:隧道洞内作业人员聚集区,机械设备作业集中区域,衬砌台车,隧道洞口。

6.5 风机联动系统安装

风机联动系统安装于隧道通风机。

6.6 喷淋降尘装置安装

喷淋降尘装置的安装宜包括下列内容:

- a) 隧道掘进工作面处宜使用雾炮车等移动式喷淋降尘设备;
- b) 环形喷淋设备宜布设在衬砌台车后方 30 m~100 m 范围内,间隔 100 m 再设置 1 处;
- c) 巷道式通风的隧道中,自风机风筒穿越的横通道起始,向洞口方向设置 1 处~2 处环形喷淋设备,间距宜控制在 100 m 左右;
- d) 环形喷淋设备的雾化喷嘴数量不宜少于 5 个,呈均匀布置,使降尘覆盖面积符合扩散粉尘的捕集需求。

6.7 对讲系统安装

洞内对讲设备宜由现场监测人员随身携带,安装于固定位置的对讲设备宜选择在有毒有害气体监测点和人员作业集中区域。洞外对讲设备安装于监控室内。

6.8 信号中继器安装

信号中继器宜布置在双线隧道的横通道两端和小半径隧道的转弯处,固定于距离地面 3 m 高度的隧道侧壁。

7 系统指令设置及应用

7.1 系统指令设置及优先级

7.1.1 系统指令设置

系统指令设置内容,详见表11与表12。

表11 系统指令组工作内容

序号	系统指令组代号	系统指令组工作内容
1	(1)	黄色闪烁(1 Hz);警示语音:“初级预警、注意观察”;轴流风机转速提升至最大转速的85%;开启备用射流风机
2	(2)	红色闪烁(3 Hz);人员撤离至超限处20 m外;轴流风机提升至最大转速;开启备用射流风机
3	(3)	红色闪烁(3 Hz);轴流风机提升至最大转速;开启备用射流风机
4	(4)	开启备用射流风机;开启喷淋降尘设备
5	(5)	关闭警示灯;播报语音:“风险解除、正常施工”;轴流风机逐渐降至正常转速;关闭备用射流风机
6	(6)	轴流风机逐渐降至正常转速;关闭备用射流风机;关闭喷淋降尘设备

表12 系统指令工作内容

序号	系统指令代号	系统指令工作内容
1	①	轴流风机转速提升至最大转速的85%
2	②	轴流风机提升至最大转速
3	③	开启局部通风机
4	④	警示语音:“部位断电、紧急疏散”
5	⑤	警示语音:“停止钻孔,部位断电,撤离隧道”
6	⑥	警示语音:“停止工作,撤离隧道”
7	⑦	警示语音:“部位断电,撤离隧道,不得钻孔、装药、放炮”
8	⑧	警示语音:“人员不得进入”
9	⑨	警示语音:“部位断电,撤离隧道”
10	⑩	警示语音:“紧急疏散”

7.1.2 系统指令优先级设置

当系统监测到粉尘和有毒有害气体中有2种或2种以上物质的浓度同时超过设定阈值时,超过同级阈值按瓦斯、一氧化碳、硫化氢和氨气浓度>其他有毒有害气体浓度>粉尘浓度的优先级触发系统指令,否则按二级阈值>一级阈值>恢复阈值的优先级触发系统指令。

7.2 瓦斯隧道中甲烷的超限指令和恢复指令

瓦斯隧道中甲烷的超限指令和恢复指令,详见表13。

表13 瓦斯隧道中甲烷的超限指令和恢复指令

序号	瓦斯工区	地点	一级阈值超限指令	二级阈值超限指令	恢复指令
1	微瓦斯	任意处	(1)	(2)	(5)
2	低瓦斯	任意处			
3	高瓦斯和 瓦斯突出区	局部瓦斯积聚 (体积>0.5 m ³)	(1)+③	(2)+③④	(5)
4		开挖工作面及其作业地点风流中	(1)	(3)+⑤	(5)
5		回风巷或工作面回风流中	(1)	(3)+⑥	(5)
6		当爆破作业面附近20 m内风流中	(1)	(3)+⑦	(5)
7		放炮地点附近20 m风流中			
8		钻孔排放瓦斯时回流中			
9		过煤系地层段放炮后工作面 风流中	(1)	(3)+⑧	(5)
10		局部风机及电气开关20 m范围内	(1)	(3)+⑨	(5)
11		电动机及开关附近20 m范围内			

7.3 粉尘及其他有毒有害气体的超限指令和恢复指令

粉尘及其他有毒有害气体的超限指令和恢复指令,详见表14。

表14 粉尘及其他有毒有害气体的超限指令和恢复指令

序号	气体名称	一级阈值超限指令	二级阈值超限指令	恢复指令
1	粉尘	(4)+①	(4)+②	(6)
2	一氧化碳	(1)	(3)+⑨	(5)
3	二氧化碳	(1)	(3)	(5)
4	二氧化氮	(1)	(3)+⑩	(5)
5	二氧化硫	(1)	(3)+⑩	(5)
6	硫化氢	(1)	(3)+⑥	(5)
7	氨气	(1)	(3)+⑩	(5)

7.4 系统应用

7.4.1 系统应用流程

监测控制系统由监测传感器、下位机、上位机、声光报警设备、风机联动系统、喷淋降尘设备、对讲系统、报警接收终端、信号传输设备和信号中继器组成,系统的应用流程如图1所示。

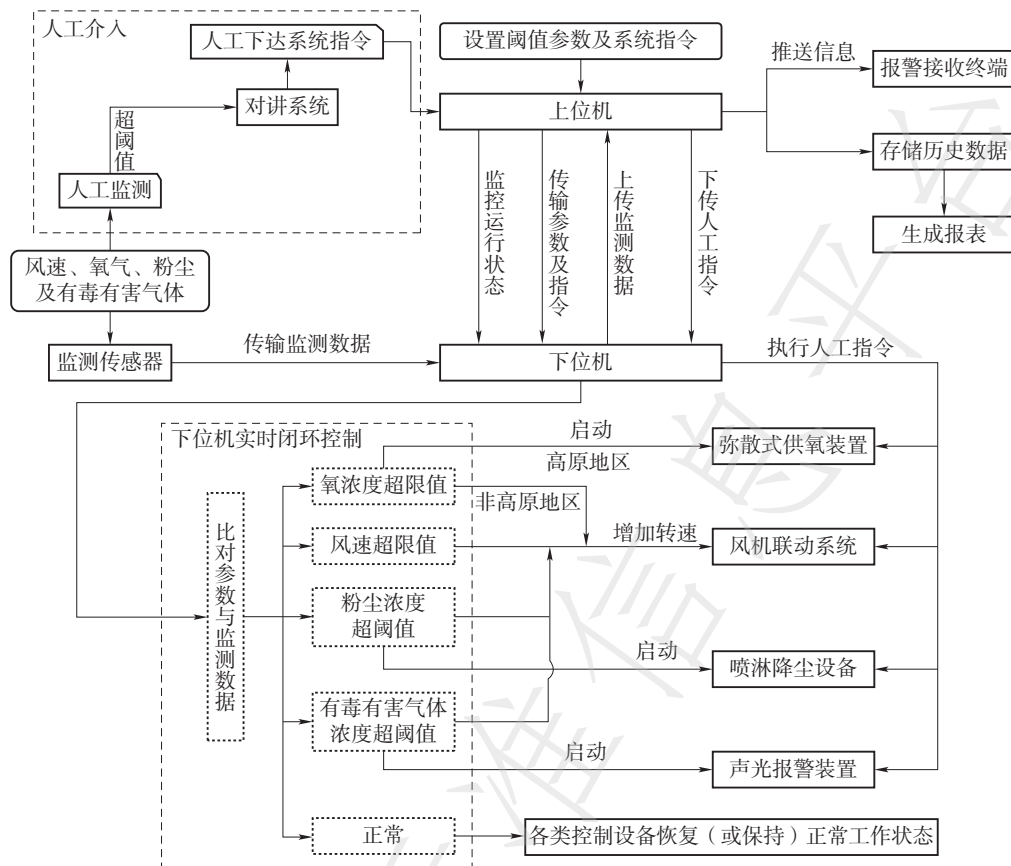


图1 监测控制系统应用流程图

7.4.2 系统调试期间

在监测控制系统安装后正式投入使用前,可通过录入超出一级阈值、超出二级阈值和低于恢复阈值的粉尘和有毒有害气体浓度值,分别测试监测控制系统指令的执行情况,并做好调试记录。

7.4.3 系统运行期间

7.4.3.1 粉尘、有毒有害气体浓度虽处于升高或上下波动状态,但始终低于一级阈值时,监测控制系统无需发出系统指令。

7.4.3.2 粉尘、有毒有害气体浓度超出一级阈值或二级阈值时,监测控制系统发出对应的超限指令。

7.4.3.3 粉尘、有毒有害气体浓度从超出一级阈值或超出二级阈值处开始下降,当降低至恢复阈值以下时,监测控制系统发出对应的恢复指令。

7.4.3.4 下位机实时对比风速监测数据与风速限值,自动调节风机联动系统。

7.4.3.5 非高原地区的氧浓度超限时,下位机自动调节风机联动系统并增大供风量。

7.4.3.6 高海拔隧道采用弥散式供氧时,下位机实时对比氧浓度监测数据与氧浓度限值,自动调节弥散式供氧装置。

7.4.4 人工介入

7.4.4.1 出现下列情况之一时,宜实施人工监测:

- 需对某种有毒有害气体采取人工与自动化系统相结合的监测方式时;
- 监测控制系统未正常运行或出现监测数据异常时;

- c) 人的感知发现粉尘和有毒有害气体浓度较大时；
- d) 监测控制系统采取加强通风等措施后,控制设备恢复正常工作状态时。

7.4.4.2 当人工监测发现某一种或几种有毒有害气体浓度超过一级阈值或二级阈值时,可通过对讲系统通知监控管理人员,并由监控管理人员通过上位机下达对应的监测控制系统指令。

7.4.4.3 瓦斯易聚集处宜加强人工监测,并用局部通风机实施局部通风。

7.4.5 监测控制系统运行检查

监测控制系统运行期间,宜每季度至少开展1次演练。可选择粉尘或随机选择1种~2种有毒有害气体按7.4.2的相关要求进行演练,使系统能正常运行,并做好运行检查记录。

8 设备维护保养及检校标定

8.1 防爆设备保养

监测控制系统中的防爆设备宜按照 GB/T 3836.16 中的相关规定进行日常保养。

8.2 监测传感器保养及检校标定

8.2.1 监测传感器日常维护

8.2.1.1 监测传感器的日常维护,宜包括下列内容:

- a) 监测传感器表面的松散灰尘宜使用气吹或吸尘器清除；
- b) 监测传感器表面油污宜涂抹专用清洁剂并用洁净软布擦拭干净；
- c) 监测传感器内部受到污染时,需专业人员进行拆卸清洗；
- d) 宜对监测传感器与电子设备接头处做防水处理,并加强防水、防潮维护保养。

8.2.1.2 监测传感器出现故障或损坏时及时更换。

8.2.1.3 做好监测传感器的维护保养记录,形成维保档案。

8.2.2 监测传感器检校标定

各类监测传感器宜按表 15 中的相关要求进行检校标定。

表 15 监测传感器检定校准方法

序号	监测传感器	检校方法
1	风速传感器	JJF 1939
2	氧气传感器	JJG 1087
3	粉尘浓度传感器	JJG 846
4	甲烷传感器	JJG 1133
5	一氧化碳传感器	JJG 1093
6	二氧化碳传感器	JJG 635
7	二氧化硫传感器	JJG 551
8	硫化氢传感器	JJG 1161
9	氨气传感器	JJG 1105

8.2.3 监测传感器检定周期

监测传感器的检定周期为1年。监测控制系统运行期间,宜每隔15 d用便携式监测仪对比监测数据,出现较大偏差时及时送检并重新标定。

8.3 上位机、下位机维护保养

8.3.1 硬件维护保养

宜对上位机和下位机的接口及外露部分做防尘处理,监测控制系统运行期间定期对设备进行维护保养。

8.3.2 数据资源维护

宜每半年对上位机、下位机搭载的虚拟资源、平台资源、应用和数据进行一次维护,符合 GB/T 28827.1 的相关规定。

8.4 声光报警设备维护保养

宜每月对声光报警设备进行一次清洁保养,确保警示灯亮度、警示语音声响符合要求。

8.5 喷淋降尘设备维护保养

宜每周至少清理一次喷淋降尘设备的管路及喷嘴。

8.6 对讲系统维护保养

宜定期进行对讲系统的日常维护保养,确保其正常传递语音。

8.7 信号传输设备及信号中继器维护保养

宜每隔15 d对信号传输设备及信号中继器进行一次维护保养。

附录 A

(规范性)

风速控制及高海拔隧道弥散式供氧氧浓度控制

A.1 风速控制

A.1.1 公路、铁路非瓦斯隧道

公路和铁路的非瓦斯隧道工作场所空气中的风速宜按全断面开挖时 ≥ 0.15 m/s、分部开挖时 ≥ 0.25 m/s 进行控制,最大风速 ≤ 6 m/s,符合JTG/T 3660、TB 10003、TB 10204中的相关规定。

A.1.2 公路瓦斯隧道

公路瓦斯隧道工作场所空气中的风速控制,详见表 A.1,符合JTG/T 3374中的相关规定。

表 A.1 公路瓦斯隧道风速控制表

序号	施工作业地段	限值 m/s
1	微瓦斯工区	≥ 0.15
2	低瓦斯工区	≥ 0.25
3	高瓦斯工区和煤(岩)与瓦斯突出工区	≥ 0.50
4	瓦斯易积聚处实施局部通风	≥ 1.00

注:通风风速指隧道内回风流的断面平均风速。

A.1.3 铁路瓦斯隧道

铁路瓦斯隧道工作场所空气中的风速控制,详见表 A.2,符合TB 10003、TB 10120中的相关规定。

表 A.2 铁路瓦斯隧道风速控制表

序号	施工作业地段	限值 m/s
1	微瓦斯工区和低瓦斯工区	≥ 0.25
2	高瓦斯工区和煤(岩)与瓦斯突出工区	≥ 0.50
3	瓦斯易积聚处实施局部通风	≥ 1.00

注1:通风风速指隧道内回风流的断面平均风速。
注2:依据TB 10003的规定,高瓦斯工区、瓦斯突出工区最低风速宜适当加大,故参照JTG/T 3374取值为 ≥ 0.50 m/s。

A.1.4 水利水电隧洞

水利水电隧洞工作场所空气中的风速控制,详见表 A.3,符合DL/T 5099中的相关规定。

表 A.3 水利水电隧洞风速控制表

序号	施工作业地段	限值 m/s	超限处理措施
1	洞室、竖井、斜井	0.15~4.00	加强监测,自动化控制系统自动 调整通风机功率
2	运输与通风洞	0.15~6.00	
3	升降人员与器材的井筒	0.15~8.00	

A.2 氧浓度控制

高海拔隧道采用弥散式供氧时,氧浓度控制,详见表 A.4,符合 JTG/T 3660 中的相关规定。

表 A.4 弥散式供氧氧浓度控制表

序号	海拔 m	氧浓度设定值 %	氧浓度上限值 %	氧浓度下限值 %
1	3 000	25.0	25.7	24.3
2	3 500	25.5	26.3	24.7
3	4 000	25.9	26.8	25.0
4	4 500	26.4	27.5	25.3
5	5 000	26.8	28.1	25.5
6	5 500	28.0	28.7	27.3

附 录 B

(规范性)

粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施

B.1 瓦斯隧道甲烷浓度限值及超限处理措施

B.1.1 公路瓦斯隧道

公路瓦斯隧道内甲烷浓度限值及超限处理措施,详见表B.1,符合JTG/T 3374中的相关规定。

表 B.1 公路瓦斯隧道内甲烷浓度限值及超限处理措施

序号	瓦斯工区	地点	浓度限值 %	超限处理措施
1	微瓦斯	任意处	0.25	超限处 20 m 范围内立即停工,查明原因 加强通风和瓦斯监测
2	低瓦斯	任意处	0.50	
3	高瓦斯和 瓦斯突出区	局部瓦斯积聚(体积 $>0.5\text{ m}^3$)	1.00	超限处附近 20 m 停工,撤人、断电, 及时进行处理,加强通风
4		开挖工作面风流中	1.00	停止电钻钻孔,超限处停工,撤人,切断 电源,查明原因,加强通风等
5		回风巷或工作面回风流中	1.00	停工、撤人、处理
6		放炮地点附近 20 m 风流中	1.00	不得装药放炮
7		过煤系地层段放炮后工作面风流中	1.00	继续通风、不得进入
8		局部通风机及电气开关 10 m 范围内	0.50	停机、通风、处理
9		电动机及开关附近 20 m 范围内	1.00	停机、撤人、断电,进行处理
10		钻孔排放瓦斯时回流中		1.50

B.1.2 铁路瓦斯隧道

铁路瓦斯隧道内甲烷浓度限值及超限处理措施,详见表B.2,符合TB 10003和TB 10120中的相关规定。

表 B.2 铁路瓦斯隧道内甲烷浓度限值及超限处理措施

序号	地点	浓度限值 %	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 $>0.5\text{ m}^3$)	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
4		1.5	停止工作,撤人、切断电源、查明原因、加强通风
5	回风巷或工作面回风流中	1.0	停工,撤人、处理
6	放炮地点附近 20 m 风流中	1.0	不得装药放炮

表 B.2 铁路瓦斯隧道内甲烷浓度限值及超限处理措施 (续)

序号	地点	浓度限值 %	超限处理措施
7	煤层放炮后工作面回风流	1.0	继续通风,不得进入
8	局扇及电气开关 20 m 范围内	0.5	停机、通风、处理
9	电动机附近 20 m 范围内	1.5	停止工作,切断电源、撤人、进行处理

B.1.3 水利水电瓦斯隧洞

水利水电瓦斯隧洞内甲烷浓度限值及超限处理措施,详见表 B.3,符合 DL/T 5099 中的相关规定。

表 B.3 水利水电瓦斯隧洞内甲烷浓度限值及超限处理措施

地点	浓度限值 %	超限处理措施
任意处	1	立即停工,查明原因加强通风和瓦斯监测

B.2 粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施

B.2.1 公路隧道

公路隧道内粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施,详见表 B.4,符合 JTG/T 3660 中的相关规定。

表 B.4 公路隧道内有有毒有害气体浓度限值与超限处理措施

序号	气体名称	浓度限值 mg/m ³	超限处理措施	备注
1	一氧化碳(CO)	20	加强通风	PC-TWA
2		30	撤人,停电,加强通风	PC-STEL
3	二氧化碳(CO ₂)	9 000	撤人、加强通风	PC-TWA
4		18 000		PC-STEL
5	二氧化氮(NO ₂)	5	撤人、加强通风	PC-TWA
6		10		PC-STEL
7	二氧化硫(SO ₂)	5	撤人、加强通风	PC-TWA
8		10		PC-STEL
9	粉尘	8	佩戴防尘面罩,加强通风、开启喷淋降尘设备	总粉尘
10	硫化氢(H ₂ S)	10	停止一切作业,撤人、加强通风	—
11	氨气(NH ₃)	20	立即撤离现场人员,加强通风	PC-TWA
12		30		PC-STEL

注 1: PC-STEL 指短时间接触浓度限值。
注 2: 在遵守 PC-TWA 前提下容许短时间(15 min)接触的浓度。

B.2.2 铁路隧道

铁路隧道内粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施,详见表B.5,符合TB 10003和TB 10204中的相关规定。

表B.5 铁路隧道内有毒有害气体浓度限值与超限处理措施

序号	气体名称	浓度限值	超限处理措施	备注
1	一氧化碳(CO)	30.0 mg/m ³	加强通风,加强监测	一般情况
2		100.0 mg/m ³	撤人,停电,加强通风	在特殊情况下,施工人员必须进入开挖工作面时,但工作时间≤30 min
3	二氧化碳(CO ₂)	0.5%	撤人、加强通风	按体积
4	二氧化氮(NO ₂)	5.0 mg/m ³	撤人、加强通风	按质量
5	粉尘	2.0 mg/m ³	佩戴防尘面罩,加强通风、开启喷淋降尘设备	含10%以上游离二氧化硅的粉尘
6		4.0 mg/m ³		含10%以下游离二氧化硅的矿物性粉尘
7	硫化氢(H ₂ S)	10.0 mg/m ³	停止一切作业,撤人、加强通风	—

B.2.3 水利水电隧洞

水利水电隧洞内粉尘及有毒有害气体浓度限值与超限处理措施,详见表B.6,符合DL/T 5099中的相关规定。

表B.6 水利水电隧洞内有毒有害气体浓度限值与超限处理措施

序号	气体名称	浓度限值	超限处理措施	备注
1	一氧化碳(CO)	0.002 4%	停工,撤人、加强通风	按体积
2		30 mg/m ³		按质量
3		50 mg/m ³		1 h以内
4		100 mg/m ³		0.5 h以内
5		200 mg/m ³		15 min~20 min
6	二氧化碳(CO ₂)	0.5%	加强通风	按体积
7	二氧化氮(NO ₂)	0.000 25%	撤人、加强通风	按体积
8		5 mg/m ³		按质量
9	二氧化硫(SO ₂)	0.000 5%	撤人、加强通风	按体积
10		15 mg/m ³		按质量
11	粉尘	2 mg/m ³	佩戴防尘面罩,加强通风、开启喷淋降尘设备	含有10%以上游离二氧化硅的粉尘
12		6 mg/m ³		含10%以下游离二氧化硅的水泥粉尘
13		10 mg/m ³		含10%以下游离二氧化硅的其他粉尘

表 B.6 水利水电隧洞内有毒有害气体浓度限值与超限处理措施（续）

序号	气体名称	浓度限值	超限处理措施	备注
14	粉尘	$\leq 1 \text{ mg/m}^3$	佩戴防尘面罩,加强通风、开启喷淋降尘设备	含有 80% 以上游离二氧化硅的生产粉尘
15	硫化氢(H_2S)	0.000 66%	停止一切作业,撤人、加强通风	按体积
16		10 mg/m^3		按质量

附 录 C
(规范性)
有毒有害气体浓度换算

C.1 有毒有害气体浓度换算

根据GB/T 18664的相关规定,隧道中有毒有害气体在环境温度为20℃时,换算系数详见表C.1。

表 C.1 有毒有害气体浓度换算

序号	气体名称	温度 ℃	1 ppm 换算 mg/m ³ 系数
1	一氧化碳(CO)	20	1.16
2	二氧化碳(CO ₂)	20	1.83
3	二氧化氮(NO ₂)	20	1.91
4	二氧化硫(SO ₂)	20	2.66
5	硫化氢(H ₂ S)	20	1.42
6	氨气(NH ₃)	20	0.71

中国国际科技促进会
团体标准
隧道施工环境监测与自动化控制
技术指南

T/CI 1069—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 41 千字
2025年8月第1版 2025年8月第1次印刷

*

书号:155066·5-16242 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



T/CI 1069-2025