

团体标准

T/GI XXX-2022

隧道工程环境质量检测与验收规范

Code for environmental quality inspection and acceptance of
Tunnel Engineering

(征求意见稿)

2022-X-X 发布

2022-X-X 实施

中国国际科技促进会发

目 次

前 言	3
引 言	4
隧道工程环境质量检测与验收规范	5
1、总则	5
2、术语和符号	6
2.1 术语	6
2.2 符号	7
4、环境检测	8
4.1 气体浓度检测	8
4.1.1 CO 浓度检测	8
4.1.2 NO ₂ 浓度检测	12
4.1.3 CO ₂ 浓度检测	15
4.1.4 SO ₂ 浓度检测	18
4.1.5 O ₂ 浓度检测	20
4.1.6 瓦斯浓度检测	23
4.1.7 H ₂ S 浓度检测	28
4.1.8 氢气浓度检测	30
4.1.9 核辐射检测	32
4.2 粉尘浓度检测	34
4.2.1 粉尘卫生安全标准	34
4.2.2 粉尘浓度检测的基本方法与原理	36
4.2.3 仪器设备及环境要求	36
4.2.4 施工期测点布置	38
4.2.5 运营期测点布置	39
4.3 风速检测	39
4.3.1 风速安全标准	39
4.3.2 风速检测的基本方法与原理	40
4.3.3 仪器设备及环境要求	41
4.3.4 施工期测点布置	41
4.3.5 运营期测点布置	42
4.4 洞内温湿度检测	42
4.4.1 洞内温湿度安全标准	42
4.4.2 洞内温湿度检测的基本方法与原理	43
4.4.3 仪器设备及环境要求	44
4.4.4 施工期测点布置	45
4.5 光环境检测	45
4.5.1 光环境安全标准	45
4.5.2 洞内光环境检测的基本方法与原理	46
4.5.3 仪器设备及环境要求	46
4.5.4 施工期测点布置	46
4.5.5 运营期测点布置	47

4.6 噪声和振动检测.....	48
4.6.1 噪声和振动安全标准.....	48
4.6.2 噪声和振动检测的基本方法与原理.....	48
4.6.3 仪器设备及环境要求.....	50
4.6.4 施工期测点布置.....	50
4.6.5 运营期测点布置.....	51
4.7 渗水水质检测.....	51
4.7.1 渗水水质安全标准.....	51
4.7.2 渗水水质检测的基本方法与原理.....	52
4.7.3 测点布置.....	52
5、检测成果.....	53
5.1 环境检测数据要求.....	53
5.2 综合评定值.....	53
附录 A.....	54
规范性引用文件.....	57

前 言

本标准按照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。

某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由温州信达交通工程试验检测有限公司提出。

本标准由中国国际科技促进会归口。

本标准起草单位：温州信达交通工程试验检测有限公司，温州市交通工程管理中心，温州诚达交通发展股份有限公司，长安大学，温州市交通工程试验检测有限公司，温州华星建材检测有限公司。

本标准主要起草人：孙铁军，沈立中，陈良辉，徐伟，孟灵鑫，王亚琼，杨明，朱利亚，谢燕飞，毕池文，王丹锋，任锐，朱成豪，谢家兵，苏尔想，孙铭林，张豹。

本标准为首次发布。

引 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国环境噪声污染防治法》和《中华人民共和国水污染防治法》，完善隧道施工、运营环境要求和检测制度，建立明确的隧道环境质量检测—评价体系，制定本标准。

本标准规定了隧道施工与运营阶段的CO质量浓度、CO₂质量浓度、NO₂质量浓度、SO₂质量浓度、H₂S质量浓度、瓦斯质量浓度、氩气质量浓度、O₂质量浓度、粉尘质量浓度、风速、洞内温湿度、光环境、环境噪声与振动、隧道渗水水质等环境指标安全标准限值、检测方法与质量评价指标体系。

本标准附录A为现场记录表格样式。

隧道工程环境质量检测与验收规范

1、总则

1.0.1 为明确隧道施工、运营期间各项环境指标安全控制限值，确立各项环境指标数据采集仪器及测点布设方法，整合建立隧道环境质量检测—评价体系，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于隧道施工与运营过程中的各类环境质量检测。

1.0.3 隧道施工与运营期环境的检测必须遵守国家和行业的质量验收标准，建立完善的质量保证体系，制定切实可行的质量管理制度，采取质量保证措施。

1.0.4 隧道环境检测工作必须遵守国家和行业的安全生产法律法规，制定切实可行的安全制度。

1.0.5 隧道环境质量检测工作必须遵守国家的劳动保护法律法规。人工检测时应采取烟尘、有害气体、噪音、高温、低温、低氧、辐射等防护措施。

1.0.6 隧道环境质量检测除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

条文说明

以下是部分相关规范的现行版本，使用时需要确认其有效性。

- 1 《公路隧道施工技术规范（JTG/T3660-2020）》
- 2 《公路隧道通风设计细则（JTG/T D70 / 2-02-2014）》
- 3 《公路隧道照明设计细则（JTG/T D70 / 2-01-2014）》
- 4 《公路工程技术标准（JTG B01-2014）》
- 5 《建筑施工场界环境噪声排放标准（GB 12523—2011）》

- 6 《中华人民共和国国家环境保护标准 (HJ 1106-2020)》
- 7 《环境空气质量标准 (GB 3095—2012)》
- 8 《声环境质量标准 (GB 3096-2008)》
- 9 《地表水环境质量标准 (GB 3838-2002)》
- 10 《公路工程质量检验评定标准第一册(土建工程)》(JTG F80/1—2017)
- 11 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分:化学有害因素》(GBZ2.1—2019)
- 12 《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分:物理因素》(GBZ 2.2——2007)
- 13 《工作场所空气中有毒物质监测的采样规范》(GBZ159—2004)
- 14 《工作场所空气中粉尘测定》(GBZ/T 192)
- 15 《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T300)

2、术语和符号

2.1 术语

2.1.1 许可排放限值 **permitted emission limits**

指排污许可证中规定的允许排污单位排放的污染物最大排放浓度。

2.1.2 特殊时段 **special periods**

指根据地方人民政府依法制定的环境质量限期达标规划或其他相关环境管理文件,对排污单位的污染物排放有特殊要求的时段,包括重污染天气应对期间和冬防期间等。

2.1.3 环境空气质量手工监测 **manual methods for ambient air quality monitoring**

指在监测点位上用采样装置采集一定时段的环境空气样品,将采集的样品在实验室分析、处理的过程。

2.1.4 溶液吸收采样法 **solvent absorption sampling**

指利用空气中被测组分能迅速溶解于吸收液或能与吸收液迅速发生化学反应的原理,采集环境空气中气态污染物的采样方法。

2.1.5 滤膜采样法 filter sampling

指采用不同材质滤膜采集空气中目标污染物的采样方法。

2.1.6 直接采样法 direct sampling

指将空气样品直接采集在合适的气体收集器内的采样方法。

2.1.7 被动采样法 passive sampling

指将采样装置或气样捕集介质暴露于环境空气中，不需要抽气动力，依靠环境空气中待测污染物分子的自然扩散、迁移、沉降等作用而直接采集污染物的采样方法。

2.1.8 标准状态 standard state

指温度为 273.15K，压力为 101.325 kPa 时的状态。本标准中的污染物浓度均为标准状态下的浓度。

2.1.9 昼间 day-time、夜间 night-time

根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，“昼间”是指 6:00 至 22:00 之间的时段；“夜间”是指 22:00 至次日 6:00 之间的时段。

2.2 符号

MAC——最高容许浓度，指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度；

TWA——时间加权平均容许浓度（8h）；

STEL——短时间接触容许浓度（15min）；

——CO 设计浓度；

U_0 ——路面亮度总均匀度

3、基本规定

3.1 隧道施工及运营期气体浓度检测结果应同时满足 CO 浓度、NO₂ 浓度、CO₂ 浓度、瓦斯浓度、氩气浓度等限制要求。

3.2 隧道内环境质量检测工作应符合下列规定：

(1) 隧道内布点应满足环境空气质量手工检测技术规范规定；

- (2) 检测人员做好相应自身防护工作；
- (3) 多次检测，排除偶然误差。

3.3 隧道运营期环境质量检测宜采用自动检测。

3.4 隧道环境质量检测应积极而慎重地推广新技术、新工艺、新材料、新设备。

3.5 隧道环境质量检测过程中，应及时、准确填写检测数据。

4、环境检测

4.1 气体浓度检测

4.1.1 CO 浓度检测

4.1.1.1 CO 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 CO 卫生安全标准应符合表 13.2.3 的规定

表 4.1.1 工作场所空气中有毒物质容许浓度 (mg/m³)

名称		MAC	TWA	STEL
一氧化碳	非高原	—	20	30
	海拔 2000~3000m	20	—	—
	海拔>3000m	15	—	—

注：1. MAC：最高容许浓度，指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度；

2. TWA：时间加权平均容许浓度 (8h)；

3. STEL：短时间接触容许浓度 (15min)。

2 隧道运营期间 CO 卫生安全标准应符合下列规定

- 1) 正常交通时，隧道内 CO 设计浓度可按照表 5.3.1 取值。

表 4.1.2 CO 设计浓度 δ_{co}

隧道长度 (m)	≤ 1000	> 3000
$\delta_{co}(\text{cm}^3/\text{m}^3)$	150	100

注：隧道长度为 $1000\text{m} < L \leq 3000$ 时，可按线性内插法取值。

2) 交通阻滞时, 阻滞段的平均 CO 设计浓度 δ_{CO} 可取 $150 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, 同时经历时间不宜超过 20min。

3) 人车混合通行的隧道, 隧道内 CO 设计浓度不应大于 $70 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 。

4) 隧道内养护维修时, 隧道作业断空气的 CO 设计浓度不应大于 $30 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 。

4.1.1.2 CO 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

一氧化碳早期检测方法是检知管法。

目前 CO 传感器主要采用的是 3 点定电位的电化学原电池传感器。按敏感元件电解质性质的不同, 它主要分为胶体电解质 CO 敏感元件、固体电解质 CO 敏感元件和液体电解质 CO 敏感元件。从分析方法上分, 主要有电化学法、电气法(热导式和半导体)、色谱法(层析法)、光学吸收法(红外吸收法和紫外吸收法)等。

2 检测原理

1) 检知管测试原理

CO 气体缓慢而稳定的流过检知管时, 与管中试剂发生化学反应, 呈现一定的颜色(比色式)或变色长度(比长式), 通过对比测得 CO 浓度。

2) 定电位 CO 传感器的原理

电化学气体传感器的典型装置是由阴极和阳极组成的, 阴极是检测电极。阳极和阴极之间充有一层薄的电解质, 当气体与传感器电解液接触时, 在检测电极表面发生氧化还原反应, 反应产生的电流大小与气体浓度成正比。工作原理框图如图 所示。

被测量 CO, 通过 PTFE 薄膜扩散到工作电极 W, 电极 W 受到恒电位的控制作用, 具有一个恒定的电位, CO 在 W 电极上在催化剂的作用下与电解质中的水发生氧化反应, 生成 CO_2 和 H^+ , 同时释放出电子。W 极发生氧化反应:

在对电极 C 上, 氧在催化剂作用下与氢质子发生还原反应生成水, 并得到电子。电极 C 上发生氧的还原反应:

总化学反应式为:

参比电极：使 W 和 R 间保持恒定电位。

W 和 C 间的反应电流为 i (给定电极上发生化学变化的物质的量与通过的电量成正比) 其大小与一氧化碳浓度成比例。该电流经放大后由电表指示出一氧化碳的浓度值。

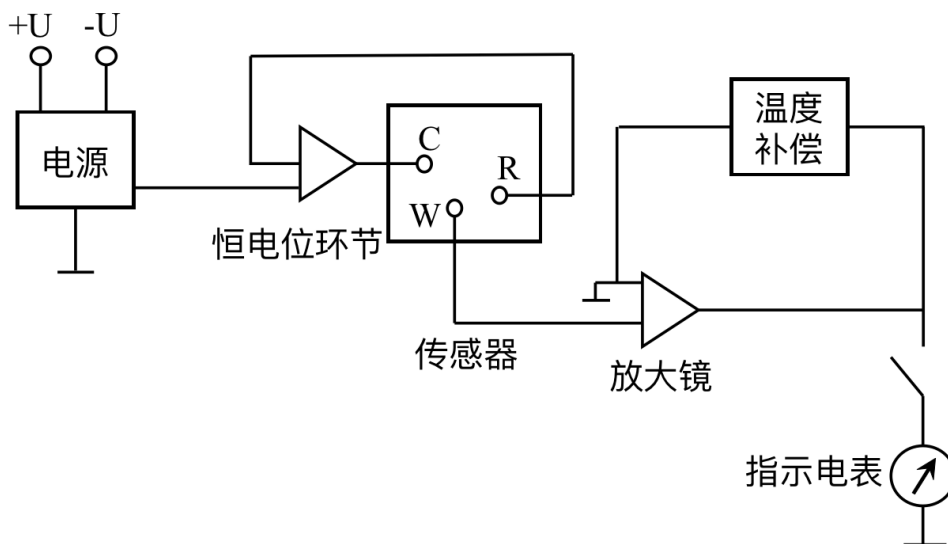


图 4.1.1 定电位 CO 传感器的工作原理图

4.1.1.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

- 1) 采用电化学 CO 气体传感器进行检测
- 2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。
- 3) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，如果采样口一边靠近建筑物，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。
- 4) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地质条件需长期稳定和足够坚实，所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响，安全和防火措施有保障。
- 5) 监测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修；
- 6) 设置监测点位设置时，保证通畅、便利的出入通道及条件，在出现突发状况时，可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

- 1) 采用电化学 CO 气体传感器进行检测

2) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间, 如果采样口一边靠近建筑物, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

3) 应考虑监测点位设置的合理性, 避免对运营隧道内的正常交通造成影响, 保证隧道内交通的通畅。

4) 测量期间, 避免测量时间段内周围环境的独特性, 避免最终测量数据的特殊化。

4.1.1.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 施工期对于 CO 浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道内各工作面, 主要为掌子面附近至风风管口的控制区内;
- (2) 爆破地点附近等可能出现释放 CO 处;
- (4) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等 CO 浓度有较大变化处。
- (5) 隧道内每隔 20m 设立一个测点

2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。

3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270° 以上的捕集空间, 不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物; 如果采样口一侧靠近建筑, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离, 应为该障碍物与采样口高度差的两倍以上, 或从采样口到建筑物顶部与地平线的夹角小于 30° 。

4) 检测点距地面高度在 1.5~15m 范围内, 距支撑物表面 1m 以上。有特殊监测要求时, 应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

CO 浓度的检测要求每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间; 每小时至少有 45 分钟采样时间

4.1.1.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 运营期对于 CO 浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道出入口附近; 隧道送排风口前后;

(2) 断面变化处、车流汇聚（分流）区前后、射流风机附近等 CO 浓度可能变化处；

(3) 隧道内每隔 50m 设置一个测点

2) 对于路边交通点，其采样口离地面的高度应在 2~5 米范围内；

3) 在建筑物上安装监测仪器时，监测仪器的采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离应大于 1 米；

4) 当某监测点需设置多个采样口时，为防止其他采样口干扰颗粒物样品的采集，颗粒物采样口与其他采样口之间的直线距离应大于 1 米。

5) 使用开放光程监测仪器进行空气质量监测时，在监测光束能完全通过的情况下，允许监测光束从日平均机动车流量少于 10000 辆的道路上空、对监测结果影响不大的小污染源和少量未达到间隔距离要求的树木或建筑物上空穿过，穿过的合计距离，不能超过监测光束总光程长度的 10%；

6) 采样口周围至少 50 米范围内无明显固定污染源，为避免车辆尾气突增等直接对监测结果产生干扰，采样口与道路之间应保持一定距离。

2 检测时间与检测频率的要求

CO 浓度的检测要求每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间；每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.1.2 NO₂ 浓度检测

4.1.2.1 NO₂ 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 NO₂ 卫生安全标准应符合表 13.2.3 的规定

表 4.1.3 工作场所空气中有毒物质容许浓度 (mg/m³)

名称	MAC	TWA	STEL
二氧化氮	—	5	10

注：1. MAC：最高容许浓度，指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度；

2. TWA：时间加权平均容许浓度 (8h)；

3. STEL：短时间接触容许浓度 (15min)。

2 隧道运营期间 NO₂ 卫生安全标准应符合下列规定

1) 隧道内 20min 内的的平均 NO₂ 设计浓度 δ_{NO_2} 可取 1.0 cm³/m³。

2) 人车混合通行的隧道，隧道内 NO₂ 设计浓度不应大于 0.2 cm³/m³

3) 隧道内养护维修时，隧道作业断空气的 NO₂ 设计浓度不应大于 0.12 cm³/m³。

4.1.2.2 NO₂ 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

1) 盐酸萘乙二胺分光光度法

用冰醋酸、对氨基苯磺酸和盐酸萘乙二胺配成吸收液，吸收空气中的二氧化氮后生成粉红色的偶氮染料，并测定吸光度，最后计算出空气中 NO₂ 的浓度。

2) 非色散光学法

2 检测原理

1) 盐酸萘乙二胺分光光度法

用冰醋酸、对氨基苯磺酸和盐酸萘乙二胺配成吸收液。空气中的二氧化氮溶于水后生成亚硝酸，亚硝酸与吸收液中的对氨基苯磺酸进行重氮化反应，再与 N-(1-萘基)-乙二胺盐酸盐溶液，生成粉红色的偶氮染料，在波长 540-545nm 之间测定吸光度。

用亚硝酸钠标准溶液配制成标准色列，于波长 540nm 处测其吸光度及试剂空白溶液的吸光度，用标准色列的吸光度对亚硝酸根含量绘制出标准曲线，并用最小二乘法计算标准曲线的回归方程。采样后，测定样品的吸光度，用固定公式计算空气中二氧化氮的浓度(mg/m³)。

2) 非色散光学法

根据 NO₂ 在紫外可见光波段有较强吸收的特点，先后测量背景光强度与通过气体吸收后的光强度，根据朗伯-比尔定律得到气体的吸收率。在实验室使用一组标准样气标定得到吸收率与柱浓度的关系曲线，从而可以从吸收率推导出柱浓度的大小。

4.1.2.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

1) 采用二氧化氮测试仪对隧道内二氧化氮浓度进行检测。

2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。

3) 检测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，如果采样口一边靠近建筑物，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

4) 检测点周围环境状况相对稳定, 所在地质条件需长期稳定和足够坚实, 所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响, 安全和防火措施有保障。

5) 检测点附近无强大的电磁干扰, 周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备, 通信线路容易安装和检修。

6) 应考虑设置监测点位设置时, 保证通畅、便利的出入通道及条件, 在出现突发状况时, 可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

1) 采用二氧化氮测试仪对隧道内二氧化氮浓度进行检测。

2) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间, 如果采样口一边靠近建筑物, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

3) 应考虑监测点位设置的合理性, 避免对运营隧道内的正常交通造成影响, 保证隧道内交通的通畅。

4) 测量期间, 避免测量时间段内周围环境的独特性, 避免最终测量数据的特殊化。

4.1.2.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 施工期对于 NO_2 浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道内各工作面, 主要为掌子面附近至风风管口的控制区内;
- (2) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等 NO_2 浓度有较大变化处。
- (3) 隧道内每隔 20m 设立一个测点。

2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。

3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270° 以上的捕集空间, 不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物; 如果采样口一侧靠近建筑, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离, 应为该障碍物与采样口高度差的两倍以上, 或从采样口到建筑物顶部与地平线的夹角小于 30° 。

4) 检测点距地面高度在 1.5~15m 范围内, 距支撑物表面 1m 以上。有特殊监测要求时, 应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

NO₂ 浓度的检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值;每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 天);每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间;每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.1.2.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

- 1) 运营期对于 NO₂ 检测测点主要布设于:
- (1) 断面变化处、车流汇聚 (分流) 区前后、射流风机附近等 NO₂ 浓度有较大变化处。
- (2) 送、排风口前后位置处、隧道出入口处
- 2) 对于手工采样, 其采样口离地面的高度应在 1.5~15 米范围内; 对于自动监测, 其采样口或监测光束离地面的高度应在 3~20 米范围内;
- 3) 在保证监测点具有空间代表性的前提下, 若所选监测点位周围半径 300~500 米范围内建筑物平均高度在 25 米以上, 无法按满足 1)、2) 条的高度要求设置时, 其采样口高度可以在 20~30 米范围内选取;
- 4) 在建筑物上安装监测仪器时, 监测仪器的采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离应大于 1 米;
- 5) 当某监测点需设置多个采样口时, 为防止其他采样口干扰颗粒物样品的采集, 颗粒物采样口与其他采样口之间的直线距离应大于 1 米。

2 检测时间与检测频率的要求

NO₂ 浓度的检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值;每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 天);每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间;每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.1.3 CO₂ 浓度检测

4.1.3.1 CO₂ 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 CO₂ 卫生安全标准应符合表 13.2.3 的规定

表 4.1.4 工作场所空气中有毒物质容许浓度 (mg/m³)

名称	MAC	TWA	STEL
二氧化碳	—	9000	18000

注: 1. MAC: 最高容许浓度, 指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度;

2. TWA：时间加权平均容许浓度（8h）；
3. STEL：短时间接触容许浓度（15min）。

4.1.3.2 CO₂ 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

(1) 体积测量法

将一定体积的空气经氢氧化钾溶液吸收二氧化碳后,体积减少,其减少量即为二氧化碳的量。奥氏气体分析器是最常用的一种分析器,它选用不同的吸收液还可以同时测定空气中氧的含量。这种方法不需要标准气校准,直接测定二氧化碳的体积含量。浓度低时由于体积测量误差较大而影响准确度。测量时操作费时。

(2) 滴定法

用装有氢氧化钡溶液的砂芯吸收管采集空气中二氧化碳,形成碳酸钡沉淀。为了增加二氧化碳气体的吸收效率,加入少量正丁醇作发泡剂。采样后,用草酸标准液反滴定剩余的氢氧化钡,同时滴定吸收液中的氢氧化钡含量作为空白值,根据空白与样品中氢氧化钡含量之差计算出二氧化碳含量。

(3) 红外线吸收法

红外吸收法二氧化碳分析器是利用 4.3 μ m 波长作为测量光束,3.9 μ m 波长作为参比光束。仪器的结构采用单光路,时间双光束的检测方式,达到双光路的目的。仪器内装有一个小电磁泵,可自动将环境空气吸入进行测量。将仪器置于环境中,可直接测量出二氧化碳含量。

(4) 检气管法

检气管法是一种快速、方便的半定量方法,将特异性指示剂颗粒装入细玻璃管,当空气进入玻璃管,二氧化碳与指示剂反应,使指示剂变色。将氧化铝吸附百里酚酞稀碱溶液作指示剂,指示剂呈蓝色,当含有二氧化碳的空气以 0.5ml/s 的速度流经检气管时,二氧化碳与碱中和,使 pH 降低,指示剂褪色,根据褪色长度测一氧化二氮含量。检出下限可达 0.02%。

(5) 热量法

二氧化碳与颗粒状碱金属或碱土金属氢氧化物反应为放热反应,释放出的热量可以用热敏元件测量,热敏元件温度升高值与放出的热量即二氧化碳量有定量关系。

2 检测原理

(1) 空气经氢氧化钾溶液吸收后,二氧化碳会与氢氧化钾发生反应而减少,从而导致空气体积减少,其减少量即为二氧化碳的量。

(2) 用装有氢氧化钡溶液的砂芯吸收管采集空气中二氧化碳,二氧化碳会与氢氧化钡反应形成碳酸钡沉淀,通过用草酸标准液反滴定初始与最终剩余的氢氧化钡,可以计算出二氧化碳含量

(3) 二氧化碳在 4.3 μ m 红外区有一个吸收峰,在此波长下,氧、氮、一氧化碳、水蒸汽都没有明显的吸收。

(4) 特异性指示剂颗粒与二氧化碳会发生反应,使指示剂变色。

(5) 二氧化碳与颗粒状碱金属或碱土金属氢氧化物反应为放热反应,释放出的热量可以用热敏元件测量

4.1.3.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求:

- 1) 采用便携式二氧化碳测试仪对隧道内二氧化碳浓度进行检测。
- 2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。
- 3) 检测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间,如果采样口一边靠近建筑物,采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。
- 4) 检测点周围环境状况相对稳定,所在地质条件需长期稳定和足够坚实,所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响,安全和防火措施有保障。
- 5) 检测点附近无强大的电磁干扰,周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备,通信线路容易安装和检修。
- 6) 应考虑监测点位设置时,保证通畅、便利的出入通道及条件,在出现突发状况时,可及时赶到现场进行处理。

4.1.3.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

- 1) 施工期对于 CO₂ 浓度检测测点主要布设于:
 - (1) 隧道内各工作面,主要为掌子面附近至风管道口的控制区内;
 - (2) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等 CO₂ 浓度有较大变化处。

- (3) 隧道内每隔 20m 设立一个测点。
- 2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。
- 3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270%以上的捕集空间，不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物；如果采样口一侧靠近建筑，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离，应为该障碍物与采样口高度差的两倍以上，或从采样口到建筑物顶部与地平线的夹角小于 30° 。
- 4) 检测点距地面高度在 1.5~15m 范围内，距支撑物表面 1m 以上。有特殊监测要求时，应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

CO₂ 浓度的检测要求每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间；每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.1.4 SO₂ 浓度检测

4.1.4.1 SO₂ 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 SO₂ 卫生安全标准应符合表 13.2.3 的规定

表 4.1.5 工作场所空气中有毒物质容许浓度 (mg/m³)

名称	MAC	TWA	STEL
二氧化硫	—	5	10

注：1. MAC：最高容许浓度，指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度；

2. TWA：时间加权平均容许浓度 (8h)；

3. STEL：短时间接触容许浓度 (15min)。

4.1.4.2 SO₂ 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

(1) 紫外荧光法

使用紫外光对待测气体进行光照，空气中的 SO₂ 分子受紫外光照射后会发出荧光，由荧光度通过计算换算可以测量出二氧化硫的浓度。

(2) 碘量法

用氨基磺酸铵和硫酸铵的混合液吸收烟气，混合液与烟气中的 SO₂ 产生反应，用碘标准溶液滴定吸收完毕烟气的混合液，按滴定量计算 SO₂ 浓度。

(3) 电导法

将含有 SO_2 的气体通入到弱酸性过氧化氢溶液中， SO_2 被氧化成硫酸，这样溶液中的离子浓度就会增加，溶液的电导率就会变强，通过计算电导率的变化得知 SO_2 的浓度。

(4) 比色法

将烟气通入过氧化氢原高氯酸，其中的 SO_2 会被其吸收从而产生高氯酸钡沉淀，产生的过量钡与针试剂会生成有色络合物，用比色法测量该络合物体系在一定波长的吸收，来确 SO_2 的浓度。

(5) 光谱吸收法

SO_2 在 7.30um 红外区域吸收波最强，当一束恒定的 7.30um 红外光通过含有 SO_2 的气体时，部分光会被 SO_2 吸收，光强变弱，通过测量光强确定 SO_2 浓度。

2 检测原理

(1) SO_2 分子受紫外光照射后会发出荧光，浓度越高，荧光强度越强，两者成正比关系，由此测量出二氧化硫的浓度。

(2) 以氨基磺酸铵和硫酸铵的混合液吸收烟气中的 SO_2 ，用碘标准溶液滴定按滴定量计算 SO_2 浓度。

(3) SO_2 与弱酸性过氧化氢溶液反应会生成氧化成硫酸，导致溶液中离子浓度增加，溶液的电导率变强，通过计算电导率的变化得知 SO_2 的浓度。

(4) 过氧化氢原高氯酸与 SO_2 会反应产生高氯酸钡沉淀，产生的过量钡与针试剂会生成有色络合物，用比色法测量该络合物体系在一定波长的吸收，来确 SO_2 的浓度。

(5) SO_2 在 7.30um 红外区域吸收波最强，当一束恒定的 7.30um 红外光通过含有 SO_2 的气体时，部分光会被 SO_2 吸收，光强变弱，通过测量光强确定 SO_2 浓度。

4.1.4.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求：

- 1) 采用便携式二氧化硫测试仪对隧道内二氧化硫浓度进行检测。
- 2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。
- 3) 检测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，如果采样口一边靠近建筑物，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

4) 检测点周围环境状况相对稳定, 所在地质条件需长期稳定和足够坚实, 所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响, 安全和防火措施有保障。

5) 检测点附近无强大的电磁干扰, 周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备, 通信线路容易安装和检修。

6) 应考虑监测点位设置时, 保证通畅、便利的出入通道及条件, 在出现突发状况时, 可及时赶到现场进行处理。

4.1.4.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 施工期对于 SO_2 浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道内各工作面, 主要为掌子面附近至风风管口的控制区内;
- (2) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等 SO_2 浓度有较大变化处。
- (3) 隧道内每隔 20m 设立一个测点。

2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。

3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270% 以上的捕集空间, 不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物; 如果采样口一侧靠近建筑, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离, 应为该障碍物与采样口高度差的两倍以上, 或从采样口到建筑物顶部与地平线的夹角小于 30° 。

4) 检测点距地面高度在 1.5~15m 范围内, 距支撑物表面 1m 以上。有特殊监测要求时, 应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

SO_2 浓度的检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值; 每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 天); 每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间; 每小时至少有 45 分钟采样时间

4.1.5 O_2 浓度检测

4.1.5.1 O_2 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 O_2 卫生安全标准应符合以下的规定:

- 1) 空气中的氧气含量应大于 19.5%;不符合规定时, 不应直接用纯氧换气, 可通过加大通风量等措施提高空气中的氧气含量。
- 2) 可根据高程、人员数量、制供氧条件等因素采取弥散式、分布式、单体便携式等方式供氧。
- 3) 高程超过 1500m 时, 应了解高原反应及应急救援相关知识, 准备应急供氧设施。
- 4) 高程超过 1500m 时, 应了解高原反应及应急救援相关知识, 准备应急供氧设施。
- 5) 高程超过 2400m 时, 应提醒高原反应注意事项。宜为 5%~10%的人员准备供氧。供氧设施可采用分布式或单体便携式。
- 6) 高程超过 3500m 时, 安排工作应考虑高原反应适用性。宜为 10%~30%的人员准备供氧设施。供氧设施可采用弥散式。
- 7) 高程超过 4600m 时, 应控制工作时间和强度, 为包括临时到场人员在内的所有人员准备足量的供氧设施和氧气。可对办公室、宿舍、二次衬砌工作面、开挖工作面进行弥散式供氧。
- 8) 弥散式供氧应具有氧气浓度控制、监测、显示、报警、中止等功能;氧气出口应远离明火并设置禁止烟火标志。不同海拔高度弥散式供氧氧浓度可按表 13.2.5 控制。
- 9) 氧气站建设和使用应符合现行《氧气站设计规范》(GB 50030) 规定。

表 4.1.6 弥散式供氧氧浓度控制表

海拔(m)	氧浓度设定值 (%)	氧浓度上限 (%)	氧浓度下限 (%)
3000	25.0	25.7	24.3
3500	25.5	26.3	24.7
4000	25.9	26.8	25.0
4500	26.4	27.5	25.3
5000	26.8	28.1	25.5
5500	28.0	28.7	27.3

4.1.5.2 O₂ 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

氧气早期检测方法是燃烧法, 通过燃烧来测量气体中的氧气含量。

目前氧气浓度检测仪主要采用的是电化学氧分析仪、氧化锆测氧仪、顺磁式测氧仪等。

2 检测原理

1) 电化学氧分析仪也叫氧电极测氧仪。由电化学氧传感器、气路单元和电子显示单元组成。氧电极传感器以铂为阴极（工作电极），铅或银为阳极（反电极），聚四氟乙烯薄膜（PTFE）将阴极端与一定浓度的电解质溶液隔开。氧在阴极被还原乙炔检测仪，电子通过电解液到达阳极，阳极的铅被氧化氧气检测仪，电流大小与氧浓度成正比。

2) 氧化锆测氧仪采用的是固体电解质氧传感器。仪器中的核心部件氧化锆管是以氧化锆掺以一定比例的氧化钇或氧化钙，经高温烧结而形成稳定的氧化锆陶瓷烧结体。由于氧化钇或氧化钙分子的存在，其立方晶格中存在氧离子空穴，在高温下是良好的氧离子导体氧气检测仪硫化氢报警器，当氧化锆管两侧气体中氧含量不同时，两侧电极上由于正负电荷的堆积而形成一定的电势。

3) 顺磁式测氧仪氧气分子具有强顺磁性，它会向磁场的增强方向移动，如果存在两种不同氧含量的气体，它们在同一磁场相遇时就会产生压力差。当其中一种气体的氧含量为已知时，检测该压力差可得出另一种气体的氧含量。以机械式氧分析仪为例氧气检测仪，其机械原理是用一根灵敏度很高的张丝悬吊着哑铃球，它会在该压力差的作用下发生偏转。在偏转角度较小的情况下氧气的浓度与偏转角度成正比，由光源、反射镜和感光元件组成的单元能准确检测出该偏转角。

4.1.5.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求：

1) 采用氧化锆测氧仪、氧电极测氧仪等氧气浓度检测仪对隧道内氧气浓度进行检测。

2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。

3) 检测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，如果采样口一边靠近建筑物，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

4) 检测点周围环境状况相对稳定，所在地质条件需长期稳定和足够坚实，所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响，安全和防火措施有保障。

5) 检测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修。

6) 应考虑监测点位设置时, 保证通畅、便利的出入通道及条件, 在出现突发状况时, 可及时赶到现场进行处理。

4.1.5.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 施工期对于 O_2 浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道内掌子面至风管道口的控制区内为重点检测区域;
- (2) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等 O_2 浓度有较大变化处。
- (3) 隧道内每隔 20m 设立一个测点。

2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。

3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270% 以上的捕集空间, 不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物; 如果采样口一侧靠近建筑, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离, 应为该障碍物与采样口高度差的两倍以上, 或从采样口到建筑物顶部与地平线的夹角小于 30° 。

4) 检测点距地面高度在 1.5~15m 范围内, 距支撑物表面 1m 以上。有特殊监测要求时, 应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

O_2 浓度的检测要求每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间; 每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.1.6 瓦斯浓度检测

4.1.6.1 瓦斯卫生安全标准

1 隧道施工作业环境瓦斯卫生安全标准应符合下列规定

表 4.1.7 隧道内瓦斯浓度限值及超限处理措施

序号	工区	地点	限值	超限处理措施
1	微瓦斯工区	任意处	0.25%	查明原因, 加强通风监测
2	低瓦斯工区	任意处	0.5%	超限 20m 范围内立即停工, 查明原因, 加强通风监测
3	高瓦斯工区 煤(岩)与 瓦斯突出工 区	瓦斯积聚处	1.0%	超限附近 20m 停工, 断电、撤人, 进行处理, 加强通风
4		开挖工作面风流中	1.0%	停止钻孔, 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	1.0%	停工、撤人、处理

6		放炮地点附近 20m 风流中	1.0%	严禁装药放炮
7		煤层放炮后工作面风流中	1.0%	继续通风、不得进入
8		局扇及电气开关 10m 范围内	0.5%	停机、通风、处理
9		电动机及开关附近 20m 范围内	1.0%	停止运转、撤出人员，切断电源，进行处理

瓦斯隧道装药爆破时，爆破地点 20m 内风流中瓦斯浓度必须小于 1.0%；总回风道风流中瓦斯浓度必须小于 0.75%。开挖面瓦斯浓度大于 1.5%时，所有人员必须撤至安全地点。

2 隧道运营期间瓦斯卫生安全标准应符合下列规定

- 1) 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%。
- 2) 瓦斯隧道运营期间通风需风量计算除应按正常通风考虑工况之外，尚应考虑防止瓦斯积聚的工况，防止瓦斯积聚的风速不应小于 1.0m/s。
- 3) 瓦斯隧道运营期间应根据瓦斯浓度监测值进行通风管理，当隧道内瓦斯浓度 $\geq 0.25\%$ 且 $\leq 0.5\%$ 时应开启风机；瓦斯浓度 $\geq 0.5\%$ 时应禁止通行，同时开启全部风机，查明原因并进行处理。
- 4) 衬砌结构防护等级为一级的瓦斯隧道内横通道、地下变电所、地下风机房等洞室宜设置瓦斯自动监测系统及换气设施。当洞室内瓦斯浓度大于或等于 0.25%时应开启换气设施；人员进入洞室前应先打开换气设施并检测瓦斯浓度，确认安全后方可进入。

【条文说明】

本条条文说明如下：

本规定主要结合不同瓦斯工区类别的要求和国内铁路和公路瓦斯隧道施工调研成果而制定的。

4.1.6.2 瓦斯浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

对瓦斯隧道的瓦斯浓度监测应采用人工监测和自动监测相结合的方法。

- 1) 人工监测是专职瓦斯检测员使用便携式瓦斯检测仪在测点处直接读取数据。专职的瓦斯检测员定期检查各隧道瓦斯情况，瓦检员配备的检测仪器为便携式瓦斯测量仪和光干涉瓦斯检定器。

2) 自动监测则是在测点处安设甲烷传感器,将甲烷浓度转换成标准的电信号,传给分站(数据采集站), 分站将采集的信号经过运算处理后,传给监控计算机,通过监控计算机读取数据。

2 检测原理

1) 催化型瓦斯测量仪检测原理

在催化剂的作用下, 瓦斯与氧气在较低温度下发生强烈氧化(无焰燃烧), 反应的化学方程式为:

根据催化理论, 反应过程是由于催化剂 Pt、Pd 的存在, 降低了瓦斯(CH_4)和氧(O_2)发生链反应的活化能, 在催化剂表面的活化中心附近, 被吸附的 CH_4 分子内部结构离开了稳定状态而活化裂解, 加速链反应的进行。 CH_4 与 O_2 在 Pt、Pd 催化下的反应是一种多相反应, 在这种反应中, 气体在催化剂表面上的吸附与否与活化程度和催化反应密切相关。金属催化剂的吸附能力取决于金属和气体分子结构以及吸附条件。另外, 催化剂的分散度对化学反应也有重要影响。

利用载体催化元件测量瓦斯浓度。无瓦斯时, 通过调整, 可使电桥处于平衡状态, 此时在工作电流加热下, 元件温度为 500°C 左右。当有瓦斯时, 瓦斯与氧气在工作元件表面发生反应, 放出反应热 Q 。反应热被元件吸收引起温度升高。由于铂丝是电阻温度系数很高的热敏材料, 元件的温度增量将引起电阻增量, 从而使电桥不平衡, 产生一个与瓦斯浓度成正比的输出信号。利用这个原理可以检测瓦斯浓度。如果把获得的信号放大传送到远处, 就可以实现瓦斯浓度的遥测。

2) 光干涉瓦斯检定器的检测原理

根据光学知识, 某种物质的折射率等于光在真空中传播的速度除以光在这种物质中传播的速度。光程等于光线所通过的路程乘以光所通过的物质的折射率。

由此可知: 如果两束光波通过的路程长短不同, 或是通过的物质不同, 或是通过的路程和物质都不同, 光程都可能不同。两束光波光程长短的差别, 叫作光程差。两束具有光程差的相干波(同一光源发出的光波)相遇, 就会产生光的干涉现象。当两束光波的光程差等于 $(n+1/2)\lambda$ 时, 产生暗条纹; 当两列光波的光程差等于 $n\lambda$ 时, 产生亮条纹。因为白色光是各种单色光的混合光, 白色光具有

不同的波长，在一定的路程内，各色光的光程差不同。如果使用单色光为光源，干涉将形成明暗相间的条纹；如果使用白色光源，干涉所产生的条纹是彩色条纹。

当气室各小室内充进相同的气体时，两列光波所经过的光程一定。如在一支光路中改变气体的化学成分或温度、压力等，则因折射率起了变化，光程及光程差也就随之变化所看到的干涉条纹便会移动。光通过的路程是固定的，根据条纹移动的大小可测知气体折射率的变化。如使两通路的温度、压力相同，当被测气体的化学成分已知时，则可做定量分析，测出被测气体的浓度。这就是光干涉检定器的工作原理。

4.1.6.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求：

- 1) 高瓦斯工区、煤(岩)与瓦斯突出工区应同时配备低浓度光干涉式甲烷测定器和高浓度光干涉式甲烷测定器。
- 2) 非瓦斯工区、微瓦斯工区、低瓦斯工区应配备低浓度光干涉式甲烷测定器。
- 3) 当地层富含 H_2S 、 CO 、 N 、 NO_2 、 NH_3 等有害气体时，应配备相应的气体测定器。
- 4) 洞内班组长、特殊工种等人员进入瓦斯工区应配备便携式甲烷检测报警仪。
- 5) 瓦斯检测仪器、仪表应定期检测、调试、校正。

4.1.6.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 人工检测的测点布置

(1) 瓦斯隧道内施工工作面。

隧道内各工作面(掌子面开挖、掌子面初期支护、仰拱开挖、仰拱混凝土施工、防水板挂设、二次衬砌立模、二次衬砌混凝土灌注、隧道防水治理等)，每个隧道断面均采用五点法(如图 所示)检测瓦斯，取最大值作为该断面瓦斯浓度。

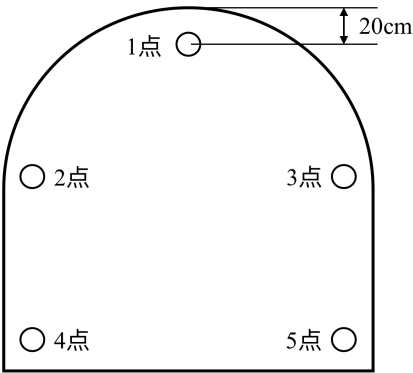


图 4.1.2 五点法瓦斯检测断面图

- (2) 爆破地点附近 20m 内风流中。
- (3) 拱顶、脚手架顶、台车顶、塌腔区、断面变化处、联络通道及预留洞室等风流不易到达、瓦斯易发生积聚处。
- (4) 过煤层、断层破碎带、裂隙带及瓦斯异常涌出点。
- (5) 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。
- (6) 隧道进行水平钻孔时，水平钻孔附近。

2) 自动监测系统测点布设

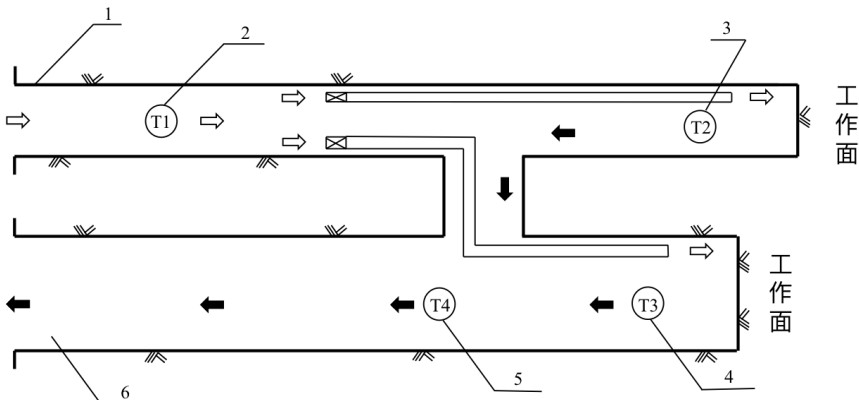


图 4.1.3 平行双洞通风时测点布设图

- 1- 进风洞；2 - 进风区测点；3 - 进风洞开挖工作面测点；4 - 回风洞开挖工作面测点；5 - 回风区测点；6 - 进风洞

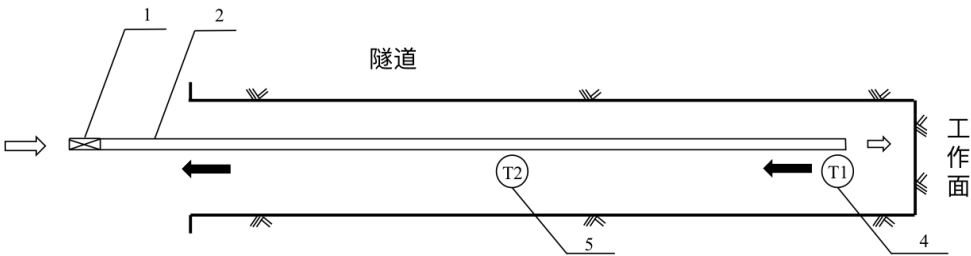


图 4.1.4 独头掘进送风式通风时测点布设图

1- 风机；2- 风管；3- 工作面测点；4- 回风区测点

2 检测时间与检测频率的要求

(1) 瓦斯浓度低于 0.5% 时，应每 0.5~1h 检测一次；高于 0.5% 时，应随时检测。

(2) 瓦斯工区内进行钻孔作业、塌腔及采空区处治和焊接动火、切割时，应随时检测瓦斯。

(3) 瓦斯隧道运营期间应采用人工检测，检测频率不低于 1 次/月，并作好记录。防护等级为一级的瓦斯隧道，运营期间宜设置瓦斯自动监测系统，自动监测系统应具有瓦斯超限报警，运营通风机应具有自动控制和手动控制功能。

4.1.7 H₂S 浓度检测

4.1.7.1 H₂S 卫生安全标准

1 隧道施工作业环境 H₂S 卫生安全标准应符合表 13.2.3 的规定

表 4.1.8 工作场所空气中有毒物质容许浓度 (mg/m³)

名称	MAC	TWA	STEL
二氧化硫	10	—	—

注：1. MAC：最高容许浓度，指在一个工作日内任何时间都不应超过的浓度；

2. TWA：时间加权平均容许浓度 (8h)；

3. STEL：短时间接触容许浓度 (15min)。

4.1.7.2 H₂S 浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

硫化氢在低浓度时可闻到臭鸡蛋味；当浓度达到 4.6ppm 时，会使人的嗅觉钝化。如果硫化氢在空气中的含量达到 100ppm 以上，嗅觉会迅速钝化，而感觉不到空气中硫化氢的存在。因此根据嗅觉器官来判断硫化氢是否存在是极不可靠，十分危险的。应该采用检测仪器来确定的存在及其含量。

国家、行业标准规定的硫化氢测定方法是亚甲基蓝比色法。现场检测常用的方法主要有：检知管法、醋酸铅试纸法和硫化氢传感器法。

2 检测原理

1) 亚甲基蓝比色法

该方法的原理是用碱性锌氨络合盐溶液吸收一定体积的气体,使其中的硫化氢形成稳定的络合物。然后在硫酸溶液中,硫化氢与对氨基-N,N-二甲基苯胺溶液和三氯化铁溶液作用,生成亚甲基蓝。根据颜色深浅进行分光光度测定。测定结果用标准状况(0°C, 1 atm)下的浓度(mg/m^3)表示。它表示在吸收时间内,被吸收气体所含硫化氢的量。

2) 检知管法

比长式硫化氢检知管法原理是将吸附醋酸铅(PbAc_2)和氯化钡(BaCl_2)的硅胶装入细玻璃管内,抽取 100mL 含硫化氢的气体,在 60s 内注入,形成褐色硫化铅(PbS)。根据硅胶柱变色的长度测定硫化氢的体积分数。通过硅胶柱变色长度与标准尺比较,求得硫化氢的体积分数。此法具有简便、快捷、便于携带和灵敏度高的优点。

4.1.7.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

- 1) 仪器采用便携式气体监测仪或固定式硫化氢检测仪。
- 2) 空气中硫化氢浓度小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 时,施工现场正常施工,气防员间断检测,工序转换时必须进行检测。
- 3) 空气中硫化氢浓度小于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 时,气防员必须连续监测。
- 4) 空气中硫化氢浓度等于或大于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 而小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 时,操作人员进入施工现场、必须使用便携式硫化氢报警仪和佩带正压式空气呼吸器。
- 5) 空气中硫化氢浓度等于或大于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 而小于 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 时,立即停止作业,组织现场人员撤离,指派专人在距掌子面 100m、500m、1000m 处进行硫化氢监测,需要时可适当加密。监测人员必须佩带正压式空气呼吸器。
- 6) 空气中硫化氢浓度超过 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 时,立即实施对工区和附近驻地人员的紧急撤离,现场工作人员佩带空气呼吸器,立即组织危险区域的员工和群众有秩序地向上风方向迅速撤离到安全区域;设置警戒区,任何人未经许可不得入内。
- 7) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。
- 8) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间,如果采样口一边靠近建筑物,采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。
- 9) 监测点周围环境状况相对稳定,所在地质条件需长期稳定和足够坚实,所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响,安全和防火措施有保障。

10) 监测点附近无强大的电磁干扰,周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备,通信线路容易安装和检修;

11) 应考虑监测点位设置在机关单位及其他公共场所时,保证通畅、便利的出入通道及条件,在出现突发状况时,可及时赶到现场进行处理。

4.1.7.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

隧道两端洞口各布置一个检测断面;隧道穿煤点附近布置检测断面;隧道穿越断层处与泄水洞等排水系统联通处设置检测断面;其他区域纵向每隔 500m 左右布置一个断面。

2 检测时间与检测频率的要求

硫化氢气体挥发性检测,对隧道渗漏不同段落取渗漏水样。硫化氢气体浓度测试在有机机械通风、无机机械通风等工况情况下各检测一天,每天检测三次(大、中、小车流量时间段)。

4.1.8 氡气浓度检测

4.1.8.1 氡气卫生安全标准

隧道施工作业环境氡气浓度引用国家职业卫生安全标准《地下建筑氡及其子体控制标准》(GBZ 116-2002)“ 4.2.2 待建地下建筑的设计水平 200Bq/m³。”

4.1.8.2 氡气浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

氡气检测方法很多,主要有以下种类。

表 4.1.9 常用氡测量方法分类及其特点

采样方式	方法	特点
瞬时采样	电离室法	直接,快速,灵敏度较低,设备笨重
	闪烁室法	操作简便,灵敏度较高,野外使用不便
	双滤膜法	可同时测量氧和子体浓度,受湿度影响大,不便携带
	气球法	简单,快速,便于携带,球壁效应难于修正,受湿度影响较大
连续采样	闪烁室连续监测仪	自动化程度高,可连续监测氧浓度的动态变化,但设备都比较复杂,不利于野外使用,较昂贵
	自动双滤膜法	
	扩散静电法	
	流气式电离室	
累积采样	固体径迹探测器	便于携带或邮寄,径迹稳定(不易衰退),无须及时测量,适合大规模布点,只用于长期测量
	热释光剂量计	小型价廉,无电源,无噪声,精度比径迹法稍差,读数方便,受湿度

		影响
	活性炭被动吸附法	灵敏度高，成本低，操作简便，无噪声，能重复使用，只用于短期测量，受湿度影响
	驻极体测氦法	价廉，重量轻，体积小，电荷信息稳定，可重复使用，不受温、湿度影响，可用于长期和短期测量

2 检测原理

1) 电离室法的工作原理

含氦气体进入电离室后，氦及其子体放出的 α 粒子在空气中电离，产生电子空穴对。电离室的中央电极积累的正电荷使静电计的中央石英丝带电，在外电场的作用下，石英丝发生偏转，偏转速度与其上的电荷量成正比，也就是与氦浓度成正比，测出偏转速度即可计算出氦的浓度。

2) 闪烁室法工作原理

闪烁室法的工作原理：氦进入闪烁室后，氦及其子体衰变产生的 α 粒子使闪烁室壁的 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ 产生闪光，光电倍增管将光信号转变成电脉冲信号，经过电子学线路放大、记录。单位时间内的脉冲数与氦浓度成正比，以此确定氦浓度。

3) 双滤膜法工作原理

双滤膜法是一种绝对测氦方法，它的工作原理是：含氦空气通过入口滤膜进入双滤膜筒，被滤掉子体的纯氦在通过双滤膜筒的过程中产生新的子体，其中一部分被出口滤膜收集。根据氦子体固有的积累、衰变规律，可确定被测气体中氦的浓度。

4) 扩散静电法工作原理

扩散静电法的工作原理是：采样室内外存在氦浓度差，被测环境中的氦以扩散的形式或者被抽气泵抽进采样室内。进入采样室之前，通过的滤膜已经将气体中已有的氦子体过滤。此时，进入采样室的氦衰变产生氦子体，主要是 ^{218}Po 正离子，在电场作用下被收集在中央电极上，由 ^{218}Po 再衰变产生 α 粒子， α 粒子被探测器收集，经电子学线路整形、计数得到相应脉冲数，通过相对刻度就可以确定待测空气的氦浓度。

4.1.8.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求：

- 1) 主要采用 DOSE man 便携式氦气监测仪和 FD-216 环境氦测量仪。
- 2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。

3) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间, 如果采样口一边靠近建筑物, 采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

4) 监测点周围环境状况相对稳定, 所在地质条件需长期稳定和足够坚实, 所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响, 安全和防火措施有保障。

5) 监测点附近无强大的电磁干扰, 周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备, 通信线路容易安装和检修;

6) 应考虑监测点位设置时, 保证通畅、便利的出入通道及条件, 在出现突发状况时, 可及时赶到现场进行处理。

4.1.8.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求:

1) 施工期对于粉尘浓度检测测点主要布设于:

- (1) 隧道掌子面附近至风管道口的控制区内;
- (2) 爆破地点附近; 隧道进行水平钻孔时, 水平钻孔附近; 出渣车附近;
- (4) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等粉尘浓度有较大变化处。

2) 对于手工采样, 其采样口离地面的高度应在 $1.5\sim 15$ 米范围内; 对于自动监测, 其采样口或监测光束离地面的高度应在 $3\sim 20$ 米范围内;

3) 在建筑物上安装监测仪器时, 监测仪器的采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离应大于 1 米;

4) 当某监测点需设置多个采样口时, 为防止其他采样口干扰颗粒物样品的采集, 颗粒物采样口与其他采样口之间的直线距离应大于 1 米。

2 检测时间与检测频率的要求

氢气浓度的检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值; 每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 个日平均浓度值); 每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间

4.1.9 核辐射检测

4.1.9.1 隧道施工作业环境核辐射卫生安全标准

《公路隧道施工技术规范》(JTGF60—2009)未对核辐射进行规定, 引用国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的有关规定“由来

自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录)中规定的相应剂量限值”,在实践中可直接采用国家标准《辐射防护规定》(GB 8703)的规定“公众人员的年有效剂量当量的基本限值全身为 1mSv。”

测定环境的 Y 辐射剂量率和照射量率都可表征环境辐射强度的高低。目前我国还没有关于辐射剂量率的控制标准限值,仅有的国家标准是《环境地表 Y 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)。因为我国国土辽阔,岩性繁多,放射性本底差别很大,在确定异常时很难用统一的标准数字来划分全国各地的异常。例如:在北京市,室内吸收剂量率一般为 100~110nGy/h;而在本底较高的广州市,室内吸收剂量率一般为 140~160nGy/h。因此,由于放射性本底的差异就决定了选取最低异常值的不同。异常要根据当地的具体条件和当地大面积和大量正常岩石测得的放射性本底值来确定,通常有两种方法:一是取大量正常平均本底值的 3 倍作为最低异常限;二是正常平均本底值+ (3× 本底值的标准误差) 作为最低异常限。

4.1.9.2 氡气浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

通过对隧道施工沿线天然环境的地表和隧道中的 γ 辐射剂量率进行测定,以检查施工地段是否存在天然放射性核素镭、钍、钾的异常。环境辐射测量用仪表要求能量线性较好,现在多采用塑料闪烁探测器。

测量方式有即时测量、连续测量。隧道内检测时一般采用点位上的即时测量方式:

(1) 即时测量:可用各种 γ 辐射剂量率仪直接测量出点位上的 Y 辐射空气吸收剂量率瞬时值。

(2) 连续测量:将仪器固定在环境中的某一点上,连续测量 γ 辐射剂量率值随时间的变化。

2 检测原理

辐射测量用仪表多采用对射线敏感的化学材料如碘化钠 NaI 或铊(Tl)等制成闪烁体,利用 X、 γ 射线打在闪烁体上引起发光,由光电倍增管进行光电转换和

倍增后转换为电流信号,再通过 1-F 变换把电流信号变换成计数频率,来测定环境(外照射)放射性强度。

4.1.9.3 仪器设备及环境要求

隧道施工期间仪器设备及环境要求:

1) 环境辐射测量用仪器般要求如下:

- (1) 量程范围: $(1\sim 50000)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。
- (3) 相对固有误差: $\leq 10\%$
- (4) 角响应: $\leq 15\%$ (^{137}Cs 源 $0^\circ \sim 150^\circ$ 相对于最大响应教值)。
- (5) 宇宙射线响应: $\leq 15\%$ 。
- (6) 长期稳定性: $\leq 5\%$ (连续工作 8h)。
- (7) 抗干扰能力: $\leq 5\%$ 。

2) 使用环境要求:

- (1) 温度: $(-10\sim +45)^\circ\text{C}$
- (2) 相对湿度: $\leq 90\%$ (40°C)

4.1.8.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求:

1) 测量点位选取时,在正常岩性地段,沿侧壁和底板测点距离一般取 1~2m 即可;当遇有断裂构造或其他情况时可加密测点。

2) 在地表测量环境 Y 辐射剂量率时,测量条件是在平面条件下,将仪器固定在 1.0m 高度上进行测量的。周围不存在任何反射物(包括人体),以免产生散射射线。

3) 测点数的要求:每测点的计数时间般设置为 20~30s;为了取得较准确的本底平均值,一般取 20 个以上的测点读数。

2 检测时间与检测频率的要求

具体核辐射检测时间与检测频率根据隧道实际情况与周围环境而定。

4.2 粉尘浓度检测

4.2.1. 粉尘卫生安全标准

1 隧道施工作业环境粉尘卫生安全标准应符合表 13.2.2 的规定

表 4.2.1 工作场所空气中粉尘容许浓度 (mg/m³)

名称		PC-TWA		临界不良健康效应
白云石粉尘		8	4	尘肺病
沉淀 SiO ₂ (白炭黑)		5	—	上呼吸道及皮肤刺激
大理石粉尘 (碳酸钙)		8	4	眼、皮肤刺激;尘肺病
电焊烟尘		4	—	电焊工尘肺
沸石粉尘		5	—	尘肺病, 肺癌
硅灰石粉尘		5	—	—
硅藻土粉尘 (游离 SiO ₂ 含量<10%)		6	—	尘肺病
滑石粉尘 (游离 SiO ₂ 含量<10%)		3	1	滑石尘肺
煤尘(游离 SiO ₂ 含量<10%)		4	2.5	煤工尘肺
膨润土粉尘		6	—	鼻、喉、肺、眼刺激;支气管哮喘
石膏粉尘		8	4	上呼吸道、眼和皮肤刺激;肺炎等
石灰石粉尘		8	4	眼、皮肤刺激;尘肺
石墨粉尘		4	2	石墨尘肺
水泥粉尘 (游离 SiO ₂ 含量<10%)		4	1.5	水泥尘肺
炭黑粉尘		4	—	炭黑尘肺
矽尘	10%≤ 游离 SiO ₂ 含量≤ 50%	0.7	0.7	矽肺
	50%~游离 SiO ₂ 含量 80%	0.2	0.3	
	游离 SiO ₂ 含量>80%	2.5	0.2	
游离 SiO ₂ 含量>80%		2.5	—	稀土尘肺;皮肤刺激
萤石混合性粉尘		1	0.7	矽肺
云母粉尘		2	1.5	云母尘肺
珍珠岩粉尘		8	4	眼、皮肤、上呼吸道刺激
蛭石粉尘		3	—	眼、上呼吸道刺激
重晶石粉尘		5	—	眼刺激;尘肺
其他粉尘		8	—	—

注：1.表中的其他粉尘指游离 SiO₂ 低于 10%，不含石棉和有毒物质，而尚未制定容许浓度的粉尘。

2.表中列出的各种粉尘，凡游离 SiO₂ 高于 10%者，均按矽尘容许浓度对待；

3.PC-TWA：时间加权平均容许浓度，以时间为权数规定的 8h 工作日、40h 工作周的平均容许接触浓度。

4.总粉尘：可进入整个呼吸道（鼻、咽和喉、胸腔支气管、细支气管和肺泡）的粉尘，简称“总尘”。技术上是指用总粉尘采样器按标准方法在呼吸带测得的所有粉尘。

5.呼吸性粉尘：按呼吸性粉尘标准测定方法所采集的可进入肺泡的粉尘粒子，其空气动力学直径均在 7.07μm 以下，空气动力学直径 5μm 粉尘粒子的采样效率为 50%，简称“呼尘”。

2 隧道运营期间烟尘卫生安全标准应符合下列规定

1) 采用显色指数 $33 \leq R_a \leq 60$ 、相关色温 $2\,000 \sim 3\,000\text{K}$ 的钠光源时, 烟尘设计浓度 K 应按表 5.2.1-1 取值。

表 4.2.2 烟尘设计浓度 K (钠光源)

设计速度 v_t (km/h)	≥ 90	$60 \leq v_t < 90$	$60 \leq v_t < 90$	$60 \leq v_t < 90$	$v_t \leq 30$
设计速度 v_t (km^{-1})	0.0065	0.0070	0.0075	0.0090	0.0120*

注:*此工况下应采取交通管制或关闭隧道等措施。

2) 2 采用显色指数 $R_a \geq 65$ 、相关色温 $3\,300 \sim 6\,000\text{K}$ 的荧光灯、LED 灯等光源时, 烟尘设计浓度 K 应按表 5.2.1-2 取值。

表 4.2.3 烟尘设计浓度 K (荧光灯、LED 灯等光源)

设计速度 v_t (km/h)	≥ 90	$60 \leq v_t < 90$	$60 \leq v_t < 90$	$60 \leq v_t < 90$	$v_t \leq 30$
设计速度 v_t (km^{-1})	0.0050	0.0065	0.0070	0.0075	0.0120*

注:*此工况下应采取交通管制或关闭隧道等措施。

3) 双洞单向交通临时改为单洞双向交通时, 隧道内烟尘允许浓度不应大于 0.012m^{-1} 。

4) 隧道内养护维修时, 隧道作业段空气的烟尘允许浓度不应大于 0.003Om

4.2.2 粉尘浓度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

我国常采用质量法测定粉尘浓度, 目前普遍采用滤膜测尘法。

2 检测原理

1) 总粉尘(总尘)浓度检测原理

空气中的总粉尘用已知质量的滤膜采集, 由滤膜的增量和采气量, 计算出空气中总粉尘的浓度。

2) 呼吸性粉尘(呼尘)浓度检测原理

空气中粉尘通过采样器上的预分离器, 分离出的呼吸性粉尘颗粒采集在已知质量的滤膜上, 由采样后的滤膜增量和采气量, 计算出空气中呼吸性粉尘的浓度。

4.2.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

1) 总粉尘(总尘)浓度检测测试仪器要求

(1) 滤膜:过氯乙烯滤膜或其他测尘滤膜。

空气中粉尘浓度 $<50\text{mg}/\text{m}^3$ 时,用直径 37mm 或 40mm 的滤膜;粉尘浓度 $>50\text{mg}/\text{m}^3$ 时,用直径 75mm 的滤膜。

用直径 0.3 的油雾进行检测时,滤膜的阻留率不小于 99%;用 20L/min 的流量采样,过滤面积为 8cm^2 时,滤膜的阻力不大于 1000Pa;因大气中湿度变化而造成滤膜的质量变化,不大于 0.1%。

(2) 粉尘采样器:包括采样夹和采样器两部分。

①采样夹:应满足总粉尘采样效率的要求,总粉尘采样夹理想的入口流速为 $1.25\text{m}/\text{s} \pm 10\%$ 。

a.粉尘采样夹:可安装直径 40mm 和 75mm 的滤膜,用于定点采样。

b.小型塑料采样夹:可安装直径 $\leq 37\text{mm}$ 的滤膜,用于个体采样。

②采样器:用于个体采样时,流量范围为 1~5L/min;用于定点采样时,流量范围为 5~80L/min。用于长时间采样时,连续运转时间应 $>8\text{h}$ 。需要防爆的工作场所应使用防爆型粉尘采样器。

2) 应采取措施保证监测点附近 1000 米内的土地使用状况相对稳定。

3) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间,如果采样口一边靠近建筑物,采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

4) 监测点周围环境状况相对稳定,所在地质条件需长期稳定和足够坚实,所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响,安全和防火措施有保障。

5) 监测点附近无强大的电磁干扰,周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备,通信线路容易安装和检修;

6) 应考虑监测点位设置在机关单位及其他公共场所时,保证通畅、便利的出入通道及条件,在出现突发状况时,可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

1) 总粉尘(总尘)浓度检测测试仪器要求

(1) 滤膜:过氯乙烯滤膜或其他测尘滤膜。

空气中粉尘浓度 $<50\text{mg}/\text{m}^3$ 时,用直径 37mm 或 40mm 的滤膜;粉尘浓度 $>50\text{mg}/\text{m}^3$ 时,用直径 75mm 的滤膜。

用直径 0.3 的油雾进行检测时，滤膜的阻留率不小于 99%；用 20L/min 的流量采样，过滤面积为 8cm² 时，滤膜的阻力不大于 1000Pa；因大气中湿度变化而造成滤膜的质量变化，不大于 0.1%。

(2) 粉尘采样器：包括采样夹和采样器两部分。

①采样夹：应满足总粉尘采样效率的要求，总粉尘采样夹理想的入口流速为 1.25m/s±10%。

a. 粉尘采样夹：可安装直径 40mm 和 75mm 的滤膜，用于定点采样。

b. 小型塑料采样夹：可安装直径≤37mm 的滤膜，用于个体采样。

②采样器：用于个体采样时，流量范围为 1~5L/min；用于定点采样时，流量范围为 5~80L/min。用于长时间采样时，连续运转时间应>8h。

2) 采样口周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，如果采样口一边靠近建筑物，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。

3) 应考虑监测点位设置的合理性，避免对运营隧道内的正常交通造成影响，保证隧道内交通的通畅。

4) 测量期间，避免测量时间段的独特性，避免最终测量数据的特殊化。

4.2.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 施工期对于粉尘浓度检测测点主要布设于：

- (1) 隧道内各工作面，主要为掌子面附近至风风管口的控制区内；
- (2) 爆破地点附近 20m 内风流中；
- (3) 隧道进行水平钻孔时，水平钻孔附近
- (4) 断面变化处、射流风机附近、隧道洞口附近等粉尘浓度有较大变化处。

2) 对于手工采样，其采样口离地面的高度应在 1.5~15 米范围内；对于自动监测，其采样口或监测光束离地面的高度应在 3~20 米范围内；

3) 当某监测点需设置多个采样口时，为防止其他采样口干扰颗粒物样品的采集，颗粒物采样口与其他采样口之间的直线距离应大于 1 米。若使用大流量总悬浮颗粒物（TSP）采样装置进行并行监测，其他采样口与颗粒物采样口的直线距离应大于 2 米；

2 检测时间与检测频率的要求

对于隧道内的粉尘浓度检测时要求每日应有至少 20 个小时平均浓度值或采样时间。

4.2.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 运营期对于粉尘浓度检测测点主要布设于：

(1) 断面变化处、车流汇聚（分流）区前后、射流风机附近等粉尘浓度有较大变化处。

(2) 送、排风口前后位置处、隧道出入口处

2) 对于路边交通点，其采样口离地面的高度应在 2~5 米范围内；

3) 在建筑物上安装监测仪器时，监测仪器的采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离应大于 1 米；

4) 当某监测点需设置多个采样口时，为防止其他采样口干扰颗粒物样品的采集，颗粒物采样口与其他采样口之间的直线距离应大于 1 米。若使用大流量总悬浮颗粒物（TSP）采样装置进行并行监测，其他采样口与颗粒物采样口的直线距离应大于 2 米；

5) 采样口周围至少 50 米范围内无明显固定污染源，为避免突增的车辆尾气等直接对监测结果产生干扰，采样口与道路之间应保持一定距离。

2 检测时间与检测频率的要求

对于隧道内的粉尘浓度检测时要求每日应有至少 20 个小时平均浓度值或采样时间。

4.3 风速检测

4.3.1. 风速安全标准

1 隧道施工作业风速安全标准应符合下列的规定

隧道施工通风应能提供洞内各项作业所需要的最小风量。每人应供应新鲜空气 $3\text{m}^3/\text{min}$ ，采用内燃机械作业时，供风量不宜小于 $4.5\text{m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$ 。全断面开挖时风速不应小于 0.15m/s ，导洞内不应小于 0.25m/s ，但均不应大于 6m/s 。

2 隧道运营期间风速安全标准应符合下列规定

1) 采用纵向通风的隧道，隧道换气风速不应低于 1.5m/s 。

2) 单向交通隧道的设计风速不宜大于 10.0m/s, 特殊情况不应大于 12.0m/s; 双向交通隧道的设计风速不应大于 8.0m/s; 设有专用人行道的隧道设计风速不应大于 7.0m/s。

4.3.2 风速检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

1) 用风表检测

常用的风表有杯式和翼式 2 种。杯式风表用在检测大于 10m/s 的高风速; 翼式风表用在检测 0.5~10m/s 的中等风速, 具有高灵敏度的翼式风表也可以用在检测 0.1~0.5m/s 的低风速。

杯式和翼式风表内部结构相似, 由一套特殊的钟表传动机构、指针和叶轮组成。杯式的叶轮是 4 个杯状铝勺, 翼式的叶轮则是八张铝片。此外, 风表上有一个启动和停止指针转动的小杆, 打开时指针随叶轮转动, 关闭时叶轮虽转动但指针不动。某些风表还有回零装置, 以便从零开始计量风速。

检测时, 先回零, 待叶轮转动稳定后打开开关, 则指针随着转动, 同时记录时间。经过 1~2min 后关闭开关。测完后, 根据记录的指针读数和指针转动时间, 算出风表指示风速, 再换算成真实风速。

2) 用热电式风速仪和皮托管与压差计检测

热电式风速仪分热线和热球式 2 种, 其原理相同。以 QDF 型热球式风速仪为例, 该仪器由热球式探头、电表和运算放大器组成。在测杆的端部有一个直径约 0.8mm 的玻璃球, 球内绕有加热玻璃球用的镍铬丝线圈和 2 个串联的热电偶, 热电偶的冷端连接在磷铜质的支柱上直接暴露在风流中。当一定大小的电流通过加热线圈后, 玻璃球的温度上升, 则热电势小, 反之热电势大。热电势再经运算放大器后就可以在电表上指示出来, 校正后的电表读数即为风流的真实速度。

2 检测原理

以 QDF 型热球式风速仪为例, 该仪器由热球式探头、电表和运算放大器组成。在测杆的端部有一个直径约 0.8mm 的玻璃球, 球内绕有加热玻璃球用的镍铬丝线圈和 2 个串联的热电偶, 热电偶的冷端连接在磷铜质的支柱上直接暴露在风流中。当一定大小的电流通过加热线圈后, 玻璃球的温度上升, 则热电势小, 反

之热电势大。热电势再经运算放大器后就可以在电表上指示出来，校正后的电表读数即为风流的真实速度。

4.3.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

- 1) 隧道风速采用风表或热电式风速仪进行检测。
- 2) 监测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，保证采样点附近空旷无遮挡，确保仪器能真实检测到隧道内的风速。
- 3) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地区风速稳定，避免强暴风雨天气造成检测结果的特殊性，避免最终结果的不准确。
- 4) 监测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修；
- 5) 应考虑监测点位设置在机关单位及其他公共场所时，保证通畅、便利的出入通道及条件，在出现突发状况时，可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

- 1) 隧道风速采用风表或热电式风速仪进行检测。
- 2) 测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，保证采样点附近空旷无遮挡，确保仪器能真实检测到隧道内的风速。
- 3) 应考虑监测点位设置的合理性，避免对运营隧道内的正常交通造成影响，保证隧道内交通的通畅。
- 4) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地区风速稳定，避免强暴风雨天气造成检测结果的特殊性，避免最终结果的不准确。
- 5) 测量期间，避免测量时间段周围环境的独特性，对各种环境情况都进行检测，避免最终测量数据的特殊化。

4.3.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

隧道施工期间的风速测点布置与隧道的施工通风方式有关，隧道掌子面及风管附近应布设测点，同时检测各通风段的风速值，每通风段宜检测 3 个以上的断面。

每个测试断面如图 所示，共有十四个小测点，最终取各小块平均值为最终检测数值。

2 检测时间与检测频率的要求

施工期隧道内风速检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值；每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 天)。

4.3.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

隧道纵向的测点布置与隧道的通风方式有关，测点布置应远离射流风机 60m 以上，检测各通风段的风速值，每通风段宜检测 3 个以上的断面。

每个测试断面如图 所示，共有十四个小测点，最终取各小块平均值为最终检测数值。

2 检测时间与检测频率的要求

隧道内风速的检测要求每年至少有 324 个日平均浓度值；每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 天)。

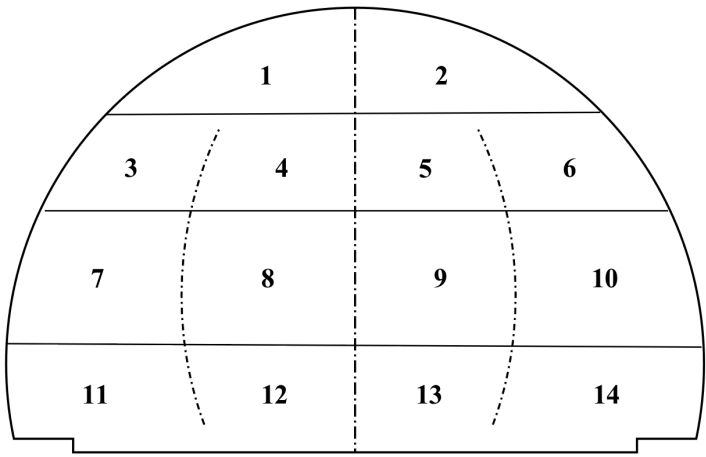


图 4.3.1 隧道断面划分的等面积测点小格

4. 4 洞内温湿度检测

4.4.1. 洞内温湿度安全标准

隧道施工作业洞内温湿度安全标准应符合下列的规定：

隧道内气温不宜高于 28℃。隧道内气温高于 28℃时，宜采取通风、洒水、加冰等措施降低温度。

4.4.2 洞内温湿度检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

1) 温度测量:

根据温度测量所依据的物理定律和所选择作为温度标志的物理量, 测量方法可以归纳成下列几类。

(1) 膨胀测温法采用几何量(体积、长度)作为温度的标志。最常见的是利用液体的体积变化来指示温度的玻璃液体温度计。

(2) 精密温度检测几乎都采用汞作测温媒质。用汞铊合金作为测温媒质, 测温下限可延伸到 -60°C ; 某些有机液体的测温下限可低至 -150°C 。

(3) 双金属温度计把两种线膨胀系数不同的金属组合在一起, 一端固定, 当温度变化时, 因两种金属的伸长率不同, 另一端产生位移, 带动指针偏转以指示温度。工业用双金属温度计由测温杆(包括感温元件和保护管)和表盘(包括指针、刻度盘和玻璃护面)组成。测温范围为 $-80\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。它适用于工业上精度要求不高时的温度测量。

(4) 压力表式温度计其密闭系统由温泡、连接毛细管和压力计弹簧组成, 在密闭系统中充有某种媒质。当温泡受热时, 其中所增加的压力由毛细管传到压力计弹簧。弹簧的弹性形变使指针偏转以指示温度。

2) 湿度测量:

湿度测量始终是世界计量领域中著名的难题之一。常见的湿度测量方法有: 动态法(双压法、双温法、分流法), 静态法(饱和盐法、硫酸法), 露点法, 干湿球法和电子式传感器法。

2 检测原理

1) 温度测量原理:

温度测量的原理主要是利用周围温度变化造成测温媒质体积或压强的改变来测量。

2) 湿度测量原理:

(1) 双压法、双温法是基于热力学 P 、 V 、 T 平衡原理, 平衡时间较长, 分流法是基于绝对湿气和绝对干空气的精确混合。

(2) 静态法中的饱和盐法，是湿度测量中最常见的方法，简单易行。但饱和盐法对液、气两相的平衡要求很严，对环境温度的稳定要求较高。用起来要求等很长时间去平衡，低湿点要求更长。特别在室内湿度和瓶内湿度差值较大时，每次开启都需要平衡 6~8 小时。

(3) 露点法是测量湿空气达到饱和时的温度，是热力学的直接结果，准确度高，测量范围宽。计量用的精密露点仪准确度可达 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 甚至更高。但用现代光-电原理的冷镜式露点仪价格昂贵，常和标准湿度发生器配套使用。

(4) 干湿球法是一种间接方法，它用干湿球方程换算出湿度值，而此方程是有条件的：即在湿球附近的风速必需达到 2.5m/s 以上。普通用的干湿球温度计将此条件简化了，所以其准确度只有 5~7%RH。

4.4.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

- 1) 隧道内温湿度采用温湿度计进行检测。
- 2) 监测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，保证采样点附近空旷无遮挡，确保仪器能真实检测到隧道内的一定区域的温湿度。
- 3) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地区温湿度稳定，避免强暴风雨天气造成检测结果的特殊性，避免最终结果的不准确。
- 4) 监测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修；
- 5) 应考虑监测点位设置在机关单位及其他公共场所时，保证通畅、便利的出入通道及条件，在出现突发状况时，可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

- 1) 隧道内温湿度采用温湿度计进行检测。
- 2) 测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间，保证采样点附近空旷无遮挡，保仪器能真实检测到隧道内的一定区域的温湿度。
- 3) 应考虑监测点位设置的合理性，避免对运营隧道内的正常交通造成影响，保证隧道内交通的通畅。
- 4) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地区温湿度稳定，避免强暴风雨天气造成检测结果的特殊性，避免最终结果的不准确。

5) 测量期间，避免测量时间段周围环境的独特性，对各种环境情况都进行检测，避免最终测量数据的特殊化。

4.4.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

- 1) 施工期对于温湿度检测测点主要布设于：
 - (1) 隧道内各工作面附近；断面变化处、大型仪器设备、隧道洞口附近等。
 - (2) 隧道内每隔 20m 设立一个测点。
- 2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。
- 3) 检测点采样口周围水平面应保证有 270° 以上的捕集空间，不能有阻碍空气流动的高大建筑、树木或其他障碍物；如果采样口一侧靠近建筑，采样口周围水平面应有 180° 以上的自由空间。
- 4) 检测点距地面高度在 2m 范围内。有特殊监测要求时，应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

温湿度检测要求每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间；每小时至少有 45 分钟采样时间。

4.5 光环境检测

4.5.1. 光环境安全标准

1 隧道施工作业洞内光环境标准应符合下列的规定

隧道施工作业地段应有充足的照明。隧道施工作业地段采用普通光源照明时，其照度应符合表 12.4.10 规定,并应符合下列规定:

表 4.5.1 隧道施工照明标准

施工作业地段	照度标准 (lx) 平均照度不小于
开挖作业面	50
混凝土、钢筋作业面、交叉运输区段	50
运输通道	15
特殊作业地段	50
成洞地段	10
竖井内	15

- 1) 在主要交通道路、洞内抽水机站或竖井等重要处所，应有安全照明。

- 2) 漏水地段照明应采用防水灯头和灯罩。瓦斯地段的照明器材料应采用防爆型。
- 3) 隧道施工不应采用白炽灯照明。可采用 LED 灯等节能光源照明。
- 4) 不安全因素较大地段宜加大光照度。

2 隧道运营期间光环境标准应符合下列规定

路面亮度总均匀度不应低于表 所示值。

表 4.5.2 路面亮度总均匀度 U_0

设计小时交通量 $N[\text{veh}/(\text{h} \cdot \text{ln})]$		U_0
单向交通	双向交通	
≥ 1200	≥ 650	0.4
≤ 350	≤ 180	0.3

4.5.2 洞内光环境检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

隧道中光环境检测主要为隧道内的照度检测，照度检测使用照度仪进行。

2 检测原理

照度计是利用光敏半导体元件的物理光电现象制成的。当外来光线射到硒光电池(光电元件) 后，硒光电池即将光能转变为电能，通过电流表显示出光的照度值。

4.5.3 仪器设备及环境要求

仪器设备及环境要求：

- 1) 隧道内光环境检测主要由照度仪进行检测
- 2) 应采取措施保证检测点附近光环境相对稳定。
- 3) 检测点周围水平面应保证 270° 以上的捕集空间。
- 4) 检测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修。
- 5) 应保证检测点位设置不影响周围正常施工或交通通行，保证通畅、便利的出入通道及条件，在出现突发状况时，可及时赶到现场进行处理。

4.5.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

- 1) 光环境检测测点主要布设于：
 - (1) 隧道内各工作面附近；断面变化处；隧道洞口附近等。

- (3) 隧道内每隔 50m 设立一个测点。
- 2) 检测点应地处相对安全、交通便利、电源和防火措施有保障的地方。
- 4) 检测点距地面高度在 2m 范围内。有特殊监测要求时, 应根据监测目的进行调整。

2 检测时间与检测频率的要求

施工期光环境检测频率视实际隧道情况与要求而定。

4.5.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 纵向照度曲线反映洞口段沿隧道中线照度的变化规律。第一个测点可设在距洞口 10m 处, 之后向内每米设一测点, 测点深入中间段 10m 用便携式照度仪测试各点照度, 并以隧道路面中线为横轴以照度为纵轴绘制隧道纵向照度变化曲线。

2) 横向照度曲线测试面横向的变化规律。洞口照明段分为人口段和过渡段, 过渡段由 TR1、TR2、TR3 组成。测试横向照度时, 可在各区段各设一条测线, 该线可位于各区段的中部。在各测线上, 测点由中央向两边对称布置, 间距 0.5m。用便携式照度仪测取各点照度, 并以各测线为横轴、以照度为纵轴绘制隧道横向照度变化曲线。横向照度越均匀越好。

3) 加强段路面平均照度检测测点布置

加强照明段分为人口段和过渡段, 过渡段由 TR1、TR2、TR3 三个照明段组成。测试路面平均照度时, 由于加强照明灯具布置的间距较小, 各测区长度以 10m 为宜, 也可根据灯具间距适应调整, 纵向各点间距取灯间距的一半均匀布置即 $d=s/2$, 横排由中央向两边对称布置, 分取路中心、行车道中线, 路缘点, 侧墙 2m 处。

4) 中间段路面平均照度检测测点布置

视隧道长度的不同, 中间段路面的平均照度测区的总长度可占隧道总长度的 5%~10%; 各测区基本段路面平均照度检测时测点布置: 取灯具间距这一长度均匀布置 10 个点即 $d=s/10$, 横排由中央向两边对称布置, 分取路中心、行车道中线, 路缘点, 侧墙 2m 处。

2 检测时间与检测频率的要求

运营期光环境检测频率视实际隧道情况与要求而定。

4.6 噪声和振动检测

4.6.1. 噪声和振动安全标准

1 隧道施工作业洞内噪声和振动标准应符合下列的规定

隧道施工中, 人员接触噪声 40h 等效声级应不大于 85dB(A)。洞口位于居民区时, 噪声声级限值应不大于 70dB(A)。

2 隧道运营期间噪声和振动安全标准应符合下列规定

隧道运营期间, 对于隧道洞口及隧道周围需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响区域, 昼间噪声声级限值应不大于 70dB(A), 夜间噪声声级限值应不大于 55dB(A)。

4.6.2 噪声和振动检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

1) 声级计

声级计是声学测量中最基本最常用的仪器, 适用于室内噪声、环境保护、机器噪声、建筑噪声等各种噪声测量。

按精度来分: 根据最新国际标准 IEC61672-2002, 声级计分为 1 级和 2 级两种。在参考条件下, 1 级声级计的准确度 $+0.7\text{dB}$ 。2 型声级计的准确度 $\pm 1\text{dB}$ 。(不考虑测量不确定度)

按功能来分: 测量指数时间计权声级的通用声级计, 测量时间平均声级的积分平均声级计, 测量声暴露的积分声级计 (以前称为噪声暴露计)。另外有的具有噪声统计分析功能的称为噪声统计分析仪, 具有采集功能的称为噪声采集器 (记录式声级计), 具有频谱分析功能的称为频谱分析仪。

按大小来分: 台式、便携式、袖珍式。

按指示方式: 模拟指示 (电表、声级灯)、数字指示、屏幕指示。

2) 滤波器和频谱分析仪

噪声是由许多频率成分组成的, 为了了解这些频率成分, 需要进行频谱分析, 通常采用倍频程滤波器或 $1/3$ 倍频程滤波器。这是两种恒百分比带宽的带通滤波器, 倍频程滤波器的带宽是 100%, $1/3$ 倍频程滤波器是 23%。为了统一起见, 国际标准及国家标准对滤波器的中心频率、带宽及衰减特性等作了规定。

2 检测原理

1) 声级计原理

(1) 传声器：用来把声信号转换成交流电信号的换能器，在声级计中一般均用电容式测试传声器，它具有性能稳定、动态范围宽、频响平直、体积小等特点。电容传声器由相互紧靠着的后极板和绷紧的金属膜片所组成，后极板和膜片在电气上互相绝缘，构成以空气为介质的电容器的两个电极。两电极上加有电压（极化电压 200V 或 28V），电容器充电，并贮有电荷。当声波作用在膜片上时，膜片发生振动，使膜片与后极板之间距离变化，电容也变化，于是就产生一个与声波成比例的交变电压信号，送到后面的前置放大器。

(2) 前置放大器：由于电容传声器电容量很小，内阻很高，而后级衰减器和放大器阻抗不可能很高，因此中间需要加前置放大器进行阻抗变换。

(3) 衰减器：将大的信号衰减，提高测量范围。

(4) 计权放大器：将微弱信号放大，按要求进行频率计权（频率滤波）

(5) 有效值检波器：将交流信号检波整流成直流信号，直流信号大小与交流信号有效值成比例。

(6) 电表：模拟指示器，用来直接指示被测声级的分贝数。

(7) A/D：将模拟信号变换成数字信号，以便进行数字指示或送 CPU 进行计算、处理。

(8) 数字指示器：以数字形式直接指示被测声级的分贝数，读数更加直观。

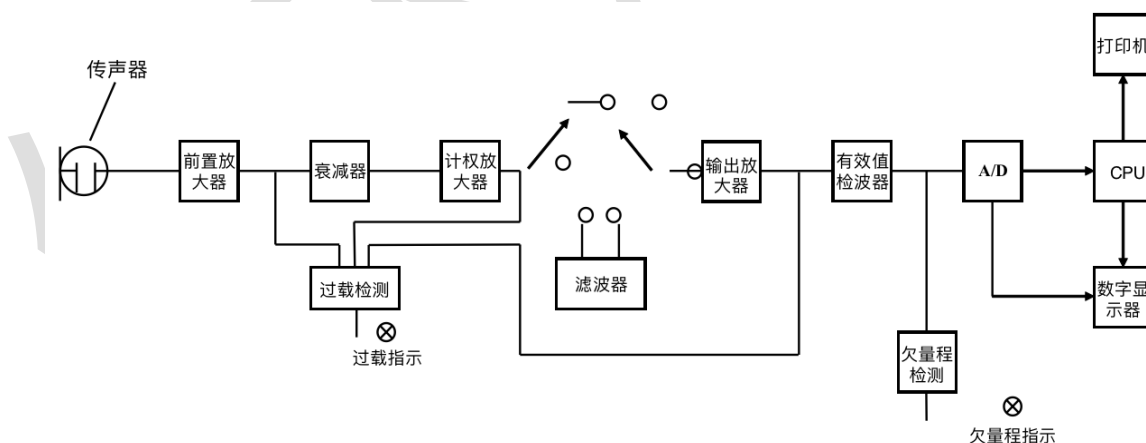


图 4.6.1 声级计工作原理方框图

2) 滤波器和频谱分析仪

A WA 5 7 2 1 型倍频程滤波器和 A WA 5 7 2 2 型分数倍频程滤波器是采用新型元件—开关电容滤波器设计创造的。它不需任何外部元件，只需改变时钟频率，就改变滤波器的中心频率。它们主要用来配合 A WA 5 6 6 1、A WA 5 6 7 1(A)、A WA 5 6 10B、A WA 5 6 3 3 A 等声级计、积分声级计使用，组成频谱分析仪，进行倍频程、1/ 3 倍频程谱分析。

4.6.3 仪器设备及环境要求

1 隧道施工期间仪器设备及环境要求

1) 测量仪器：1 型或 2 型声级计或积分声级计、噪声统计分析仪、噪声剂量计；倍频程滤波器：含有中心频率为 31.5~8000Hz 九个倍频程。

2) 应采取措施保证检测点附近环境状况相对稳定，防止突然发生的机器轰鸣声等影响检测的结果。

3) 采样口周围保证有一个空旷、开阔的空间，便于测量数据的进行。

5) 监测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修；

6) 监测点位设置时，保证通畅、便利的出入通道及条件，在出现突发状况时，可及时赶到现场进行处理。

2 隧道运营期间仪器设备及环境要求

1) 测量仪器：1 型或 2 型声级计或积分声级计、噪声统计分析仪、噪声剂量计；倍频程滤波器：含有中心频率为 31.5~8000Hz 九个倍频程。

2) 采样口周围保证有一个空旷、开阔的空间，便于测量数据的进行。

3) 应采取措施保证检测点附近车流环境状况相对稳定，避免大车的汽笛声等影响检测的结果。

4) 测量期间，避免测量时间段的独特性，避免最终测量数据的特殊化。

4.6.4 施工期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 测点应当选在掌子面等工作面的人头位置，职工无需在场，如职工需在场或在周围走动，测点高度应参照人耳高度，距外耳道水平距离约 0.1m。

2) 对非稳态噪声，用 2 型以上的积分声级计或个人声暴露计（剂量计）直接测量等效连续声级。

3) 对噪声强度超标时, 应测量中心频率 31.5~8000Hz 的九个倍频带的声压级。

2 检测时间与检测频率的要求

隧道施工期间选择如爆破、钻孔等噪声较大的时间对隧道内的噪声强度进行检测, 检测频率根据隧道施工实际情况而定。

4.6.5 运营期测点布置

1 测点位置选择与布置范围要求

1) 测点应该选在隧道出入口、车流交汇 (分流) 处等, 测点高度应参照人耳高度。

2) 采样口周围无明显不可控的噪声源, 为避免突增的噪声等直接对检测结果产生干扰。

2 检测时间与检测频率的要求

昼间、夜间各选在接近其机车车辆运行平均密度的某一个小时, 用其分别代表昼间、夜间。必要时, 昼间、夜间分别进行全段时间检测。

4.7 渗水水质检测

4.7.1 渗水水质安全标准

1) PH 值评定

漏水是助长衬砌材质劣化的原因之一, 特别是当漏水显示出强酸性时, 混凝土有严重劣化的危险。检查时, 一般使用 pH 试纸对漏水的酸碱度作简易测定。

隧道内渗水水质 PH 值应符合 $6 \sim 9 \text{ mg/L}$ 的标准。

2) 浑浊度评定

漏水如果是浑浊的, 需检查砂土是否和漏水起流出, 如有, 则需测定每处砂土流失量 (如水槽内堆积的砂土量); 降雨后隧道出现漏水浑浊或有泥沙析出则需进行隧道衬砌背后空洞和水流来源的详细勘察查, 地下水渗流规律的长期观测。

3) SO_4^{2-} 值评定

隧道内渗水水质 SO_4^{2-} 值应符合 250 mg/L 的标准。

4) NH_4^+ 值评定

隧道内渗水水质 NH_4^+ 值应符合 2.0 mg/L 的标准。

4.7.2 渗水水质检测的基本方法与原理

1 检测方法分类

- 1) PH 值采用玻璃电极法检测
- 2) 浑浊度由光电式浊度仪测定法
- 3) 氨氮会以 NH_4^+ 的形式存在于水中, 通常可用水杨酸分光光度法测定

2 检测原理

1) 玻璃电极法

PH 值由测量电池的电动势而得。该电池通常由饱和甘汞电极为参比电极, 玻璃电极为指示电极, 在 25°C 时, 溶液每变化 1 个 PH 单位, 电位差改变 59.16mV , 据此在酸度计上直接以 PH 的读数表示。

2) 光电式浊度仪测定法

光电浊度仪是利用一稳定的光源通过被水样直射至光电池(硒光电池或硅光电池)。当水中的悬浮物和胶体颗粒越多、则透射光愈强, 当透射光强弱受到不同程度变化时, 在光电池上也产生相应变化的电流强度, 直接推动直流输出电表, 从表面上直接读出水样的浑浊度。

3) 水杨酸分光光度法

在碱性介质 ($\text{pH}=11.7$) 和亚硝基铁氰化钠存在下, 水中的氨、铵离子与水杨酸盐和次氯酸离子反应生成蓝色化合物, 在波长 697nm 具最大吸收。

4.7.3 测点布置

隧道内渗水水质的检定位置与时间频率等根据隧道现场的渗漏水位置与具体情况进行决定。

5、检测成果

5.1 环境检测数据要求

上述粉尘浓度、风速、洞内温湿度、光环境、噪声等检测均为单项检测，根据检测结果可直接对其进行评定，此处主要对隧道内气体浓度检测值进行评定。

5.2 综合评定值

(1) 确定评价指标, 建立分级标准, 选取二氧化碳 (CO₂)、一氧化碳 (CO)、二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、瓦斯浓度、硫化氢 (H₂S)、氡气浓度等空气洁净度指标作为评价指标。

(2) 计算分指数:

其中为 i 指标分指数, 为 j 等级分指数最小值; U_{ij} 为 i 指标 j 等级分级标准下、上限。

(3) 综合指数计算

综合指数

其中为分指数算术平均值; S 为分指数算术标准差; K 为常数, (其中 n 为评价指标个数)。

(4) 质量判定标准:

等级	质量描述	P
I	良好	
II	合格	
III	较差	
IV	很差	

附录 A

污染物常用检测记录表

受检单位													
检测类型		检测项目						检测日期					
检测仪器		仪器编号						检测方式					
采样点编号	检测地点	检测仪器读数值								读数平均值	浓度 (mg/m³)	工人在此接触时间 (h)	
备注													
布点示意图													

噪声检测记录表

受检单位										
检测项目								检测日期		
检测仪器		仪器编号						检测方式		
采样点编号	检测位置	检测仪器读数值							读数平均值	工人在此接触时间 (h)
备注										
布点示意图										

渗水水质检测记录表

受检单位				检测日期			
采样点编号	检测位置	检测时间	现场检测项目				
			水温 (°C)	浑浊度	PH 值	SO ₄ ²⁻ 值	NH ₄ ⁺ 值
备注							
布点示意图							

规范性引用文件

本规范引用了以下文件：

- 1 《公路隧道施工技术规范 (J T G/ T 3 6 6 0- 2 02 0)》
- 2 《公路隧道通风设计细则 (J T G/ T D 7 0 / 2 - 02 - 2 014)》
- 3 《公路隧道照明设计细则 (J T G/ T D 7 0 / 2 - 01- 2 014)》
- 4 《公路工程技术标准 (J T G B 01- 2 014)》
- 5 《建筑施工场界环境噪声排放标准 (GB 12 5 2 3 -2 011)》
- 6 《中华人民共和国国家环境保护标准 (H J 1106 - 2 02 0)》
- 7 《环境空气质量标准 (GB 3 09 5 —2 012)》
- 8 《声环境质量标准 (GB 3 09 6 - 2 008)》
- 9 《地表水环境质量标准 (GB 3 8 3 8 - 2 002)》
- 10 《公路工程质量检验评定标准第一册(土建工程) 》(J T G F 8 0/ 1—2 017)
- 11 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GB Z 2 . 1 —2 019)
- 12 《工作场所有害因素职业接触限值第 2.部分：物理因素》(GB Z 2 . 2 —2 007)
- 13 《工作场所空气中有毒物质监测的采样规范》(GB Z 15 9 —2 004)
- 14 《工作场所空气中粉尘测定》(GB Z / T 19 2)
- 15 《工作场所空气有毒物质测定》(GB Z / T 3 00)