

公路隧道环境检测技术规程

Technical specification for highway tunnel environment detection

地方标准信息服务平台

2022-12-13 发布

2023-06-01 实施

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 基本要求	2
5 气体浓度检测	3
6 照度和亮度检测	7
7 风速检测	13
8 噪声检测	16
9 烟尘浓度检测	17
10 粉尘浓度检测	18
11 检测安全防护措施	20
附录 A（规范性）检测报告格式要求	21
附录 B（规范性）记录表格格式	22
附录 C（资料性）检测测点布置示例	23
附录 D（规范性）气体浓度准入检测方法	26
附录 E（规范性）隧道照明入口段、过渡段、出口段长度计算方法	27

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。

本文件由江西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江西省天驰高速科技发展有限公司、江西交通咨询有限公司。

本文件主要起草人：周杨、伍坤、胡宗林、梁国卿、王斯倩、王新武、陈祥峰、司徒丽新、陈凯尔、王青明、胡方小、朱振江、徐召滨。

地方标准信息服务平台

公路隧道环境检测技术规程

1 范围

本文件规定了公路隧道环境检测的范围、规范性引用文件、术语和定义、基本要求、气体浓度检测、照度和亮度检测、风速检测、噪声检测、烟尘浓度检测、粉尘浓度检测、检测安全防护措施以及文件附录。

本文件适用于公路工程在建和运营隧道环境检测与监测。

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/T 15173 电声学声校准器

GB/T 26944.4 隧道环境检测设备 第4部分：风速风向检测器

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 192.2 工作场所空气中粉尘测定第2部分：呼吸性粉尘浓度

GBZ/T 206 密闭空间直读式仪器气体检测规范

JJG 211 亮度计

JJG 245 光照度计检定规程

JT/T 828 公路水运试验检测数据报告编制导则

JTG/T 3374 公路瓦斯隧道设计与施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

最高容许浓度 maximum allowable concentration, MAC

任何时间都不应超过的浓度。

3.2

时间加权平均容许浓度 permissible concentration-time weighted average, PC-TWA

以时间为权数规定的8h平均容许接触浓度。

3.3

短时间接触容许浓度 permissible concentration-short term exposure limit, PC-STEL

在遵守PC-TWA前提下容许短时间（15min）接触浓度。

3.4

A声级 A-weighted sound pressure level

用A计权网络测得的声压级，用 L_A 表示，单位dB（A）。

3.5

等效连续 A 声级 equivalent continuous A-weighted sound pressure level

在规定测量时间 T 内 A 声级的能量平均值，简称为等效声级，用 $L_{Aeq,T}$ 表示（简写为 L_{eq} ），单位 dB (A)。

3.6

昼夜等效声级 day-time equivalent sound level

在昼间（6:00 至 22:00）时段内测得的等效连续 A 声级，用 L_d 表示，单位 dB (A)。

3.7

夜间等效声级 night-time equivalent sound level

在夜间（22:00 至次日 6:00）时段内测得的等效连续 A 声级，用 L_n 表示，单位 dB (A)。

3.8

微瓦斯工区 work area with micro-gas

绝对瓦斯涌出量小于 $1.0\text{m}^3/\text{min}$ 的工区。

3.9

低瓦斯工区 work area with low-gas

绝对瓦斯涌出量介于 $1.0\text{m}^3/\text{min}$ ~ $3.0\text{m}^3/\text{min}$ 的工区。

3.10

高瓦斯工区 work area with high-gas

绝对瓦斯涌出量大于 $3.0\text{m}^3/\text{min}$ 的工区。

4 基本要求

4.1 检测与监测内容和范围

4.1.1 公路隧道环境检测包括以下内容：氧气、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮、二氧化硫、瓦斯、硫化氢等气体浓度，照度，亮度，风速，噪声，烟尘浓度，粉尘浓度；公路隧道环境监测内容包括瓦斯气体浓度。

4.1.2 公路隧道环境检测与监测包括在建阶段及运营阶段。

4.2 检测单位和人员

4.2.1 隧道环境检测应由具有相关检测资质的单位实施。

4.2.2 检测人员应持交通运输部公路水运工程隧道专业助理检测工程师或检测工程师证，现场检测人员不应少于 2 人。

4.3 检测方案

4.3.1 隧道环境检测前应由检测单位提交隧道环境专项检测方案并经监理或管理单位审批。

4.3.2 隧道环境专项检测方案应包含以下内容：

a) 工程概况；

- b) 检测目的、检测内容、检测依据；
- c) 拟投入检测人员、仪器设备及检测进度计划；
- d) 检测方法及工作程序；
- e) 环保及安全防护措施。

4.4 检测方案

公路隧道环境检测工作流程宜按图1进行。

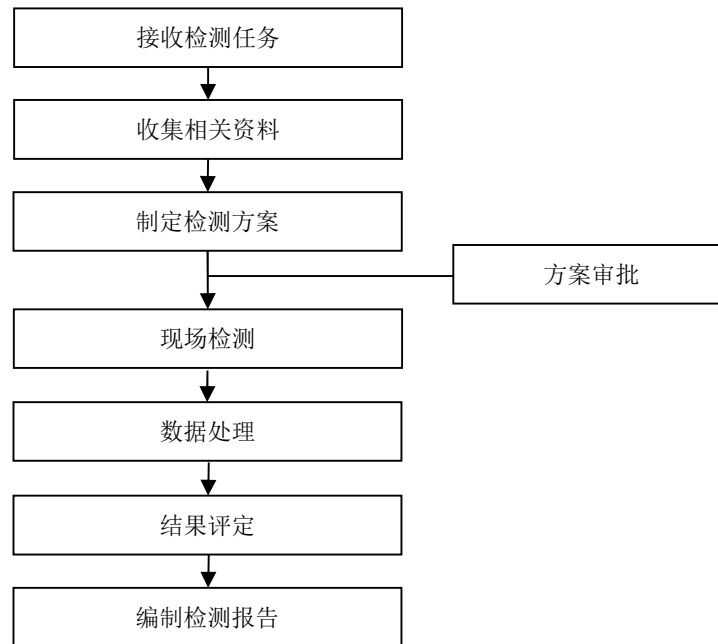


图1 公路隧道环境检测工作流程图

4.5 检测报告

检测报告及记录表格格式应符合附录A和附录B的规定。

5 气体浓度检测

5.1 一般规定

5.1.1 检测类型

检测类型包括准入检测、监护检测及事故检测：

- a) 准入检测：适用于人员进入隧道前，对其空气中的有毒有害气体进行的检测，为准入隧道提供依据；
- b) 监护检测：适用于对隧道内空气中有毒有害气体进行的连续或定期检测，以保障准入者的安全；
- c) 事故检测：适用于隧道发生事故时进行的紧急采样检测，为处理事故、抢救人员和保障抢修提供有毒有害气体的信息。

5.1.2 检测顺序

检测前，在现场调查的基础上分析、判断隧道内可能存在的有毒有害气体的种类、浓度范围及其释放源。气体浓度应按照测氧→测爆→测毒的顺序检测，对于毒性较高的可燃气体应首先测毒，具体参考如下：氧气→瓦斯→硫化氢→一氧化碳→一氧化氮→二氧化氮→二氧化硫→二氧化碳。

5.1.3 监护检测要求

监护检测时，应符合以下规定：

- a) 选择具有代表性的工作地点，其中包括空气中有毒有害物质浓度最高、劳动者接触时间最长的地点。在不影响施工作业的情况下，采样点尽可能靠近劳动者；
- b) 采样应在正常工作状态和环境下进行，避免人为因素影响；
- c) 空气中有毒有害气体物质浓度随施工或车流量发生变化的隧道，应将空气中有毒有害物质浓度最高的时间段选择为重点采样时间段。

5.1.4 仪器操作要求

每次检测的通气时间应大于仪器响应时间，两次检测的间隔时间应大于仪器恢复时间。

5.2 检测设备及要求

气体浓度检测可采用直读式气体浓度检测仪，其应符合GBZ/T 206中对直读式检测仪的规定，具备PC-TWA、PC-STEL、MAC等检测及声光报警功能，同时应配备近似气体允许浓度的标准气体，用于标定仪器。

5.3 测点布置

5.3.1 在建阶段

根据隧道下列实际情况确定检测点的数量和位置：

- a) 同一断面内两个检测点之间的距离不宜超过 8m；
- b) 两车道隧道设上、中、下 1 组 3 个检测点，上下两点分别距隧道顶部和底部不超过 1m，三车道及以上隧道每车道增设 1 个检测点；
- c) 设置检测点应考虑有毒有害气体的密度，比空气密度大或小的气体，应分别在隧道底部或顶部每车道增设不少于 1 个检测点；
- d) 检测点宜避免设置在隧道的开口通风处，应深入隧道开口通风处 1m 以上，以避免外部气流和内部对流对检测结果产生影响；
- e) 在有毒有害气体的释放源或空间的死角、拐角部位应增设不少于 1 个检测点；
- f) 在建阶段隧道瓦斯浓度检测时，检测地点应包括：
 - 1) 掌子面、仰拱及二次衬砌等作业面，爆破地点附近 20m 内风流中；
 - 2) 拱顶、脚手架顶、台车顶、塌腔区、断面变化、联络通道及预留洞室等风流不易到达、瓦斯易发生积聚处；
 - 3) 过煤层、断层破碎带、裂隙带及瓦斯异常涌出点；
 - 4) 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；
 - 5) 施工期间有瓦斯涌出地段，每 50m~100m 设置 1 处，其他地段视具体情况确定；
 - 6) 每个隧道断面宜采用六点法检测，每个测点处的瓦斯浓度应连续检测 3 次，计算平均值，取各测点平均值的最大值作为该断面的瓦斯浓度。测点布置相关示例见附录 C。

5.3.2 运营阶段

运营阶段测点布置:

- a) 除瓦斯浓度检测外,运营阶段隧道气体浓度测点设置应符合 5.3.1 中的相关规定;
- b) 运营阶段瓦斯浓度检测与监测时,在瓦斯地层地段宜按 100m 间距设置检测与监测断面,在两端洞口附近、人字坡隧道变坡点处、紧急停车带、横通道等区域应设置瓦斯检测与监测断面。瓦斯检测点位置应位于隧道断面中部拱顶下 25cm 处,测点布置相关示例见附录 C。

5.4 检测步骤

5.4.1 设备标定

设备标定步骤:

- a) 打开直读式气体检测仪待其稳定后,将高纯氮气(浓度 99.999%)接入仪器进气口,进行零点标定;
- b) 将待测气体标准气(不确定度小于 1%)接入仪器进气口,进行终点标定;
- c) 零点与终点标定重复 2~3 次,使仪器处于正常工作状态,设备标定工作结束。

5.4.2 准入检测

准入检测步骤应符合附录 D 的规定。

5.4.3 监护检测

- a) 瓦斯浓度人工检测频率可依据表 1 选取。

表1 瓦斯浓度检测频率表

检测项目		检测频率
在建阶段 瓦斯浓度	微瓦斯工区	不低于1次/4h
	低瓦斯工区、高瓦斯工区	不低于1次/2h
	高瓦斯工区和煤(岩)与瓦斯突出工区的开挖工作面及瓦斯涌出量较大、变化异常区域	1次/(1h~2h)
	瓦斯浓度低于0.5%区域	1次/(0.5h~1h)
	瓦斯浓度高于0.5%区域	随时检测
	进行钻孔作业、塌腔及采空区处治和焊接动火、切割的瓦斯工区	随时检测
运营阶段瓦斯浓度		不低于1次/月

- b) 检测方式:连续自动检测或定时检测时,检测点宜设置在劳动者呼吸带处,读取相应的 PC-TWA、PC-STEL 和 MAC 值;
- c) 隧道瓦斯浓度自动监测应符合 JTG/T 3374 的规定。

5.4.4 事故检测

- a) 进入事故现场前,应确定有毒有害气体种类及检测点;
- b) 检测方法应符合附录 D 的规定,直至空气中有毒有害气体浓度低于最高容许浓度(MAC)或短时间接触容许浓度(PC-STEL)为止。

5.5 检测数据处理与评定

5.5.1 检测数据处理

5.5.1.1 时间加权平均容许浓度（PC-TWA）应按公式（1）计算：

$$PC - TWA = \frac{C}{F \cdot t_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- PC - TWA—8h 时间加权平均容许浓度（mg/m³）；
- C—规定时间内测得的有毒有害气体质量（mg）；
- F—采样流量（m³/min）；
- t₁—480（min）。

5.5.1.2 短时间接触容许浓度（PC-STEL）应按公式（2）计算：

$$PC - STEL = \frac{C}{F \cdot t_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- PC - STEL—短-time接触容许浓度（mg/m³）；
- C—规定时间内测得的有毒有害气体质量（mg）；
- F—采样流量（m³/min）；
- t₂—15（min）。

5.5.2 结果评定

气体浓度标准应依据表2及表3选取。

表2 气体浓度评定标准

气体名称	评价标准	
	在建阶段	运营阶段
氧气	空气中的氧气含量最低容许浓度：19.5%	-
二氧化碳	PC-TWA 容许浓度：9000mg/m ³ ，PC-STEL 容许浓度：18000mg/m ³	-
一氧化碳	PC-TWA容许浓度：20mg/m ³ ，PC-STEL容许浓度：30mg/m ³	1) 正常交通时，隧道长度≤1000m 时，一氧化碳浓度不应大于 150cm ³ /m ³ ； 2) 隧道长度>3000m 时，一氧化碳浓度不应大于 100cm ³ /m ³ ，其余隧道长度可按线性内插法取值； 3) 交通阻滞时，阻滞段的平均一氧化碳浓度不应大于 150cm ³ /m ³ ，同时经历时间不宜超过 20min； 4) 人车混合通行的隧道，隧道内一氧化碳浓度不应大于 70cm ³ /m ³ ； 5) 隧道内养护维修时，隧道作业段空气的一氧化碳浓度不应大于 30 cm ³ /m ³

一氧化氮	PC-TWA 容许浓度: 5mg/m ³	-
------	---------------------------------	---

表2 气体浓度评定标准(续)

气体名称	评价标准	
	在建阶段	运营阶段
二氧化氮	PC-TWA 容许浓度: 5mg/m ³ , PC-STEL容许浓度:10mg/m ³	1) 隧道内 20min 内的平均二氧化氮浓度不应大于 1cm ³ /m ³ ; 2) 人车混合通行的隧道, 隧道内 60min 内二氧化氮浓度不应大于 0.2cm ³ /m ³ ; 3) 隧道内养护维修时, 隧道作业段空气的二氧化氮浓度不应大于0.12cm ³ /m ³
二氧化硫	PC-TWA 容许浓度: 5mg/m ³ , PC-STEL 容许浓度:10mg/m ³	-
硫化氢	MAC 容许浓度: 10mg/m ³	MAC 容许浓度: 10mg/m ³
瓦斯	1) 隧道内瓦斯日常管理限值应依据表3选取; 2)隧道交(竣)工验收时, 隧道内任一处(包括隧道主洞、辅助通道、横通道、预留洞室、电缆沟等)瓦斯浓度不应大于 0.25%。	应根据瓦斯浓度监测值进行通风管理: 1) 当隧道内瓦斯浓度≥0.25%且<0.5%时应开启风机; 2) 瓦斯浓度≥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。

表3 瓦斯浓度标准

瓦斯工区	地点	限值
微瓦斯	任意处	0.25%
低瓦斯	任意处	0.5%
高瓦斯和瓦斯突出	局部瓦斯积聚(体积大于 0.5m ³)	1.0%
	开挖工作面风流中	1.0%
	总回风道或工作面回风流中	0.75%
	放炮地点附近20m风流中	1.0%
	过煤系地层段放炮后工作面风流中	1.0%
	局部风机及电气开关10m范围内	0.5%
	电动机及开关附近20m范围内	1.0%

6 照度和亮度检测

6.1 一般规定

6.1.1 在建阶段

在建阶段隧道应检测各施工作业地段照度。

6.1.2 运营阶段

运营阶段要求:

- a) 运营阶段隧道应检测入口段、过渡段、中间段及出口段路面平均亮度，中间段路面总亮度均匀度及路面中线亮度纵向均匀度；
- b) 运营阶段隧道入口段、过渡段、出口段长度计算方法应符合附录 E 的规定。将运营阶段隧道总长度减去入口段、过渡段及出口段长度后，即得到中间段长度，其中设计速度下 30s 行车距离段为中间第一照明段，剩余为中间第二照明段；
- c) 对测试结果准确度要求不高时，运营阶段隧道路面平均亮度可通过路面平均照度与换算系数计算得到，平均亮度与平均照度的换算系数宜通过现场实际测试得到。无实测条件时，黑色沥青路面可按 $151x/(cd \cdot m^{-2})$ 取值，水泥混凝土路面可按 $101x/(cd \cdot m^{-2})$ 取值；
- d) 运营阶段隧道入口段和出口段路面亮度应在夜间检测。

6.2 检测设备及要求

6.2.1 照度检测仪不应低于 JJG245 中一级照度计精度要求。

6.2.2 亮度成像测量法检测仪不应低于 JJG211 中一级亮度计精度要求。

6.3 测点布置

6.3.1 在建阶段

- a) 宜在距隧道掌子面 20m 范围内选取测试区域，其余施工作业地段测区长度宜为 10m~20m；
- b) 采用中心布点法，对各测区划分网格并进行编号，网格纵向长度 1m~2m、横向宽度为 1m，测点布置相关示例见附录 C；
- c) 隧道台车作业时，每层平台纵向前、中、后位置应各增设 3 个测点。

6.3.2 运营阶段

- a) 应在同一照明段内选择检测区域，检测区域不应包括可能受到相邻照明段影响的区域；
- b) 检测区域纵向的起点和终点宜选择同侧基本照明灯具所在位置对应的隧道横断面，纵向范围距离宜为 100m；
- c) 纵向范围距离不足 100m 时，应选择被检测照明段内不包括第一组和最后一组灯具的照明区域作为纵向检测区域；
- d) 入口段、过渡段、中间段及出口段路面平均亮度检测：
 - 1) 两车道隧道各待测区域内，纵向应按间距不大于 3m 的原则等间距设置测点；横向应每车道内设置不少于 3 个测点，其中中间测点应位于车道的中心线上，两侧测点应分别位于距车道两侧边界线 $1/6$ 车道宽处，两车道测点布置相关示例见附录 C；
 - 2) 对于三车道及以上隧道，每增加一个车道，横向增设不少于 3 个测点。
- e) 中间段路面亮度总均匀度检测时，亮度计的观测点应在被检测道路内，纵向位置距检测区域第一排测量点 60m，横向位置距观测方向右侧路缘 $1/4$ 路面宽度；
- f) 中间段路面中线亮度纵向均匀度检测时，亮度计的观测点应在被检测道路内，纵向位置距检测区域第一排测量点 60m，横向位置应位于路面中心线上。

6.4 检测步骤

6.4.1 在建阶段

- a) 检测时，应将照度检测仪光传感器面朝上受光，手持照度计手柄，水平放置照度检测仪于待测区；

b) 开启照度仪开关,待显示值相对稳定后,测取各网格照度 E_i ,并计算检测区域内平均照度 E_0 。

6.4.2 运营阶段

- a) 清扫路面亮度检测区域并保持干燥,现场进行检测时,应确保灯具发光处于稳定状态;
- b) 沿隧道内车辆行驶方向检测,在待测区内亮度检测仪高度距路面 1.5m,读取各测点路面亮度检测值 L_i 并记录;
- c) 双向通行隧道,当灯具采用单侧布设方式时,应对两个观测方向分别检测。

6.5 检测数据处理与评定

6.5.1 检测数据处理

6.5.1.1 平均照度 E_0 应按公式 (3) 计算:

$$E_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_0 —测区内平均照度 (lx);

E_i —各测点照度 (lx)。

6.5.1.2 平均亮度 L_{av} 应按公式 (4) 计算:

$$L_{av} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \dots\dots\dots (4)$$

式中:

L_{av} —测区内平均亮度 (cd/m²);

L_i —各测点亮度 (cd/m²)。

6.5.1.3 中间段路面亮度总均匀度 U_0 应按公式 (5) 计算:

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{av}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

U_0 —中间段路面亮度总均匀度;

L_{av} —中间段计算区域内路面平均亮度 (cd/m²)；

L_{min} —中间段计算区域内路面最小亮度 (cd/m²)。

6.5.1.4 中间段路面中线亮度纵向均匀度 U_1 应按公式 (6) 计算：

$$U_1 = \frac{L'_{min}}{L'_{max}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

U_1 —中间段路面中线亮度纵向均匀度；

L'_{min} —中间段路面中线上测点路面亮度的最小值 (cd/m²)；

L'_{max} —中间段路面中线上测点路面亮度的最大值 (cd/m²)。

6.5.2 结果评定

6.5.2.1 在建阶段

在采用普通光源照明时，平均照度标准应依据表4选取。

表4 隧道施工照明标准

施工作业地段	照度标准 (lx) (平均照度 E_0 不小于)
距掌子面20m及其余作业面范围内	50
运输通道	15
成洞地段	10
竖井内	15

6.5.2.2 运营阶段

6.5.2.2.1 入口段亮度标准

a) 入口段宜划分为 TH_1 、 TH_2 两个照明段，与之对应的亮度标准应分别按公式 (7) 及公式 (8) 计算：

$$L_{th1} = k \times L_{20}(S) \dots\dots\dots (7)$$

$$L_{th2} = 0.5 \times k \times L_{20}(S) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

L_{th1} —入口段 TH₁ 的亮度标准值 (cd/m²) ;

L_{th2} —入口段 TH₂ 的亮度标准值 (cd/m²) ;

k —入口段亮度折减系数, 可按表 5 取值;

$L_{20}(S)$ —洞外亮度 (cd/m²) , 可按表 6 取值, 宜采用实测最大洞外亮度。

表5 入口段亮度折减系数表

交通量 N [veh/(h·ln)]		设计速度 v_t (km/h)				
单向交通	双向交通	20~40	60	80	100	120
≥1200	≥650	0.012	0.022	0.035	0.045	0.070
≤350	≤180	0.010	0.015	0.025	0.035	0.050

表6 洞外亮度 $L_{20}(S)$ (cd/m²)

天空面积百分比 (%)	洞口朝向或洞外环境	设计速度 v_t (km/h)				
		20~40	60	80	100	120
35~50	南洞口	-	-	4000	4500	5000
	北洞口	-	-	5500	6000	6500
25	南洞口	3000	3500	4000	4500	5000
	北洞口	3500	4000	5000	5500	6000
10	暗环境	2000	2500	3000	3500	4000
	亮环境	3000	3500	4000	4500	5000
0	暗环境	1500	2000	2500	3000	3500
	亮环境	2000	2500	3000	3500	4000

- b) 长度 $L > 500\text{m}$ 的非光学长隧道及长度 $L > 300\text{m}$ 的光学长隧道, 入口段 TH₁、TH₂ 的亮度标准值应分别按公式 (7) 及公式 (8) 计算; 长度 $300\text{m} < L \leq 500\text{m}$ 的非光学长隧道及长度 $100\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 的光学长隧道, 入口段 TH₁、TH₂ 的亮度标准值宜分别按公式 (7) 及公式 (8) 计算值的 50%取值; 长度 $200\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 的非光学长隧道, 入口段 TH₁、TH₂ 的亮度标准值宜分别按公式 (7) 及公式 (8) 计算值的 20%取值。

6.5.2.2.2 过渡段亮度标准

过渡段宜划分为 TR₁、TR₂、TR₃ 三个照明段, 亮度标准应依据表7选取。

表7 过渡段亮度标准

照明段	TR ₁	TR ₂	TR ₃
亮度标准	$L_{tr1} = 0.15 \times L_{th1}$	$L_{tr2} = 0.05 \times L_{th1}$	$L_{tr3} = 0.02 \times L_{th1}$

6.5.2.2.3 中间段亮度标准

- a) 行人与车辆混合通行的隧道，中间段亮度不应小于 2.0cd/m²，横通道亮度不应小于 1.0cd/m²，紧急停车带采用显色指数高的光源，其亮度不应小于 4.0cd/m²；
- b) 中间段亮度标准应依据表 8 选取，中间段第一照明段、中间段第二照明段亮度标准应依据表 9 选取。

表8 中间段亮度标准

设计速度V _d (km/h)	L _{in} (cd/m ²)		
	单向交通		
	N ≥ 1200veh/(h·ln)	350veh/(h·ln) < N < 1200veh/(h·ln)	N ≤ 350veh/(h·ln)
	双向交通		
	N ≥ 650veh/(h·ln)	180veh/(h·ln) < N < 650veh/(h·ln)	N ≤ 180veh/(h·ln)
120	10.0	6.0	4.5
100	6.5	4.5	3.0
80	3.5	2.5	1.5
60	2.0	1.5	1.0
20~40	1.0	1.0	1.0

注1：当设计速度为100km/h时，中间段亮度标准值按80km/h对应亮度取值。
注2：当设计速度为120km/h时，中间段亮度标准值按100km/h对应亮度取值。

表9 中间段各照明段长度及亮度标准

项目	长度 (m)	亮度 (cd/m ²)	适用条件
中间段第一照明段	设计速度下30s行车距离	L _{in}	-
中间段第二照明段	余下的中间段长度	L _{in} × 80%，且不应小于1.0cd/m ²	
		L _{in} × 50%，且不应小于1.0cd/m ²	采用连续光带布灯方式，或隧道壁面反射系数不小于0.7时

- c) 中间段路面亮度总均匀度 U₀ 及路面中线亮度纵向均匀度 U₁ 标准应依据表 10 及表 11 选取。

表10 路面亮度总均匀度 U₀ 标准

设计小时交通量 N [veh/(h·ln)]		U ₀
单向交通	双向交通	
≥1200	≥650	0.4
≤350	≤180	0.3

注：当交通量在中间值时，按线性内插取值。

表11 路面中线亮度纵向均匀度 U_1 标准

设计小时交通量 N [veh/(h·ln)]		U_1
单向交通	双向交通	
≥ 1200	≥ 650	0.6
≤ 350	≤ 180	0.5

注：当交通量在中间值时，按线性内插取值。

6.5.2.2.4 出口段亮度标准

出口段宜划分为 EX_1 、 EX_2 两个照明段，每段长度宜取30m，亮度标准应依据表12选取。

表12 出口段亮度标准

照明段	EX_1	EX_2
亮度标准	$L_{ex1} = 3 \times L_{in}$	$L_{ex2} = 5 \times L_{in}$

7 风速检测

7.1 一般规定

7.1.1 检测断面不应选择隧道主洞轮廓变化明显的区域。

7.1.2 在检测期间应保持隧道车行横洞、人行横洞等处于关闭状态。

7.2 检测设备及要求

风速检测设备可采用数字式风速表，其应符合GB/T 26944.4中对风速测量精度的规定。

7.3 测点布置

7.3.1 在建阶段

在建阶段测点布置如下：

- 检测隧道断面平均风速时，可选择在距工作面 20m~30m 处的稳定回流流中或其他需检测的断面，将隧道断面分为 10 格~20 格，每格内进行风速检测，各测点距墙壁不小于 0.5m；
- 检测绝对瓦斯涌出量时，风速检测方法还应符合 JTG/T 3374 的规定。

7.3.2 运营阶段

运营阶段测点布置如下：

- 纵向上，检测点宜布置在距离隧道进出口内 60m 处，距离风机出风口不应小于 60m，每个检测段应检测 3 个邻近断面，断面间距宜为 (100 ± 10) m；

- b) 横向上，检测点位置应位于建筑界限右顶角的右侧端点垂线上，高度距离检修道（人行道）上方 250cm，测点布置相关示例见附录 C。

7.4 检测步骤

检测步骤如下：

- a) 根据检测员与风流方向的相对位置，分迎面和侧面两种测风方法；
 - 1) 迎面法：检测员面向风流站立，手持风速表，手臂向正前方伸直；
 - 2) 侧面法：检测员背向隧道壁站立，手持风速表，手臂向风流垂直方向伸直。
- b) 应将风速表的传感器置于各测点位置处，检测时先回零；
- c) 开始测试风速至风速表显示值相对稳定后，读取各测点风速检测值并记录，同时记录对应的检测区域信息；
- d) 当检测断面基本对称时，可只检测半幅断面所包含检测区域风速值。

7.5 检测数据处理与评定

7.5.1 检测数据处理

7.5.1.1 迎面法

迎面法校正后的风速 v_1 应按公式（9）计算：

$$v_1 = 1.14v_{s1} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

v_1 —迎面法校正后的风速(km/h)；

v_{s1} —迎面法检测得到的风速(km/h)。

7.5.1.2 侧面法

侧面法校正后的风速 v_2 应按公式（10）计算：

$$v_2 = \frac{v_{s2}(S-0.4)}{S} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

v_2 —侧面法校正后的风速(km/h)；

v_{s2} —侧面法检测得到的风速(km/h)；

S —所有检测区域的面积总和(m²)。

7.5.1.3 在建阶段隧道断面平均风速

在建阶段隧道断面平均风速 \bar{v}_1 应按公式（11）计算：

$$\bar{v}_1 = \frac{\sum v_i S_i}{S} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

\bar{v}_1 —在建阶段隧道断面平均风速（km/h）；

v_i —第*i*个检测区域的测点校正后的风速值（km/h）；

S_i —第*i*个检测区域的面积（m²）；

S —所有检测区域的面积总和（m²）。

7.5.1.4 运营阶段隧道断面平均风速

运营阶段隧道断面平均风速 \bar{v}_2 应为邻近3个断面风速检测值的算术平均值，按公式（12）计算：

$$\bar{v}_2 = \frac{v_{21} + v_{22} + v_{23}}{3} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

\bar{v}_2 —运营阶段隧道断面平均风速（km/h）；

v_{21} —第1个断面检测得到的校正后的风速值（km/h）；

v_{22} —第2个断面检测得到的校正后的风速值（km/h）；

v_{23} —第3个断面检测得到的校正后的风速值（km/h）。

7.5.2 结果评定

7.5.2.1 在建阶段

在建阶段隧道风速标准应依据表13选取。

表13 在建阶段隧道风速标准

施工作业地段	断面平均风速标准
全断面开挖	不小于0.15m/s，不大于6m/s
导洞内	不小于0.25m/s，不大于6m/s
微瓦斯工区	不小于0.15m/s
低瓦斯工区	不小于0.25m/s
高瓦斯工区和煤(岩)与瓦斯突出工区	不小于0.5m/s

施工作业地段	断面平均风速标准
瓦斯易积聚处	不小于1.0m/s

7.5.2.2 运营阶段

运营阶段隧道风速标准应根据表14选取。

表14 运营阶段隧道风速标准

隧道类型	断面平均风速标准
单向交通隧道	不大于10m/s，特殊情况不大于12m/s
双向交通隧道	不大于8.0m/s
设有专用人行道的隧道	不大于7.0m/s
采用纵向通风的隧道	不小于1.5m/s

8 噪声检测

8.1 一般规定

8.1.1 应在风速 5m/s 以下时进行噪声检测。

8.1.2 在建阶段检测时，隧道洞内施工作业面应进行一个工作台班、40h 连续检测，隧道洞口居民区应至少进行一昼夜 24h 连续检测，分别计算得到一个工作台班、一昼夜 24h 及 40h 等效声级 L_{eq} 。

8.1.3 运营阶段检测时，应至少进行一昼夜 24h 连续检测，分别计算得到昼间、夜间的等效声级 L_d 、 L_n 。

8.2 检测设备及要求

8.2.1 噪声检测可采用噪声检测仪，其应符合 2 型或 2 型以上的积分平均声级计的规定。

8.2.2 噪声检测仪标定用声校准器应符合 GB/T 15173 对 1 级或 2 级声校准器的规定。

8.3 测点布置

- 选择能反映隧道洞内或洞外声环境质量特征的检测点进行长期定点检测，每次测量的位置、高度应保持不变；
- 隧道洞内测点应选在施工作业面或噪声可能最大值处；
- 隧道洞外测点应设置在第一排居民区内，且洞外两侧居民区检测点各不应少于 2 个。

8.4 检测步骤

- 用声校准器对噪声检测仪进行标定，示值偏差应小于 0.5dB；
- 检测时测点应距离隧道边墙和其他反射面不小于 1m，距地面 1.2m~1.5m；
- 用声级计慢档每隔 5s 读取一个瞬时 A 声级值，在规定的时段内连续读取若干数据并记录。

8.5 检测数据处理及评定

8.5.1 检测数据处理

等级声级 L_{eq} 应按公式 (13) 计算:

$$L_{eq} = 10 \lg\left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 \cdot L_A} dt\right) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

L_{eq} — 等效声级 (dB (A));

L_A — t 时刻的瞬时 A 声级 (dB (A));

T — 规定的测量时间段。

8.5.2 结果评定

8.5.2.1 在建阶段

在建阶段隧道噪声标准应根据表15选取。

表15 在建阶段隧道噪声标准

检测项目	噪声标准
人员接触噪声40h等效声级	不大于85dB (A)
一个工作台班噪声等效声级	不大于90dB (A)
洞口居民区24h噪声等效声级	不大于70dB (A)

8.5.2.2 运营阶段

运营阶段隧道噪声标准应根据表16选取。

表16 运营阶段隧道噪声标准

检测项目	噪声标准
昼间等效声级 L_d	不大于70dB (A)
夜间等效声级 L_n	不大于55dB (A)

9 烟尘浓度检测

9.1 检测设备及要求

烟尘浓度检测可采用光透过率检测仪, 其相对示值误差绝对值不应大于±1%。

9.2 测点布置

9.2.1 纵向靠近进出口的测点应布置在距洞口 10m 位置处。

9.2.2 每通风段宜检测 3 个以上断面，断面间距不宜大于 500m。

9.3 检测步骤

- a) 布设检测地点，且检测地点应能看到所有目标物，采样高度距离地面 1.5m；
- b) 烟尘浓度检测采用光透过率仪，每个断面应读取 3 次光透过率数据，3 次结果的平均值为该断面光透过率值；
- c) 如检测到某一断面烟尘浓度超标时，应向隧道进出口方向增加检测断面，以便能判断在何处开始超过允许浓度；
- d) 光透过率与隧道照明水平有关，其修正系数可依据表 17 选取。

表17 光透过率与照度修正系数表

路面照度 (lx)	30	40	50	60	70	80
光透过率修正系数	1	0.93	0.87	0.80	0.73	0.67

9.4 检测数据处理及评定

9.4.1 检测数据处理

100m烟尘浓度 K 应按公式 (14) 计算：

$$K = \frac{1}{100} \cdot \ln \tau \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- K —100m 烟尘浓度 (m^{-1})；
- τ —烟尘光线的透过率 (%)。

9.4.2 结果评定

9.4.2.1 采用显色指数 $R_a \geq 65$ 、相关色温 3300K~6000K 的荧光灯、LED 灯等光源时，烟尘允许浓度 K 应依据表 18 选取。

表18 烟尘浓度标准

设计速度 v_t (km/h)	≥ 90	$60 \leq v_t < 90$	$50 \leq v_t < 60$	$30 \leq v_t < 50$	$v_t \leq 30$
烟尘允许浓度 K (m^{-1})	0.0050	0.0065	0.0070	0.0075	0.0120

9.4.2.2 双洞单向交通临时改为单洞双向交通时，隧道内烟尘浓度应小于 $0.012m^{-1}$ 。

9.4.2.3 隧道内养护维修时，隧道作业段空气的烟尘浓度应小于 $0.0030m^{-1}$ 。

10 粉尘浓度检测

10.1 一般规定

10.1.1 粉尘浓度检测适用于在建阶段隧道环境检测。

10.1.2 粉尘浓度检测可采用滤膜测尘法。

10.1.3 粉尘浓度低于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 时，可采用直径 40mm 的滤膜；粉尘浓度高于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 时，可采用直径 75mm 的滤膜。

10.1.4 检测前应确认粉尘类型，宜在作业半小时粉尘浓度稳定后进行检测。

10.2 检测设备及要求

粉尘检测仪应符合 GBZ/T 192.1 及 GBZ/T 192.2 中对粉尘检测仪器的规定。

10.3 测点布置

- a) 开挖作业时，可在风筒出口后 4m~6m 处采样；
- b) 其他作业点宜在工作面上方采样。

10.4 检测步骤

- a) 采样器进风口应迎着风流，距作业点地面高度宜为 1.3m~1.5m；
- b) 为保证检测的准确性，应在同一测点相同流量下，同时采集两个样品；
- c) 粉尘浓度测定方式应符合 GBZ159 的规定。

10.5 检测数据处理与评定

10.5.1 检测数据处理

10.5.1.1 单个样品总粉尘及呼吸性粉尘时间加权平均容许浓度（PC-TWA）应按公式（1）计算。

10.5.1.2 两个平行样品分别计算之后，粉尘浓度的偏差小于 20% 时，方属合格，合格的两个平行样品，用计算结果平均值作为测点的粉尘浓度。

10.5.2 结果评定

在建阶段隧道粉尘浓度标准应依据表19选取。

表19 隧道粉尘浓度标准

名称	PC-TWA (mg/m^3)		临界不良健康效应
	总粉尘	呼吸性粉尘	
白云石粉尘	8	4	尘肺病
沉淀二氧化硅（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
点焊烟尘	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（游离二氧化硅含量<10%）	6	-	尘肺病
滑石粉尘（游离二氧化硅含量<10%）	3	1	滑石尘肺
煤尘（游离二氧化硅含量<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（游离二氧化硅含量<10%）	4	1.5	水泥尘肺
炭黑粉尘	4	-	炭黑尘肺

表 19 隧道粉尘浓度标准（续）

名称		PC-TWA (mg/m ³)		临界不良健康效应
		总粉尘	呼吸性粉尘	
矽尘	10%≤游离二氧化硅含量≤50%	1	0.7	矽肺
	50%<游离二氧化硅含量≤80%	0.7	0.3	
	游离二氧化硅含量>80%	0.5	0.2	
稀土粉尘（游离二氧化硅含量<10%）		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	-	-
<p>注1：表中的其他粉尘指游离二氧化硅低于10%，不含石棉和有毒物质，而尚未制定容许浓度的粉尘。</p> <p>注2：表中列出的各种粉尘，凡游离二氧化硅高于10%者，均按矽尘容许浓度对待。</p> <p>注3：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。</p> <p>注4：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7.07 μm以 下，空气动力学直径5 μm粉尘粒子的采样效率为50%，简称“呼尘”。</p>				

11 检测安全防护措施

11.1 检测人员应在进场前对其进行岗前培训和技术、安全交底。

11.2 检测人员必须做好安全防护措施，配备防护设备，检测时应根据检测项目配备反光锥、施工牌、导向牌等，避免高空坠物、机械及来往车辆造成伤害。

11.3 有害气体检测时采取边进入边检测的方式，进入速度应根据仪器响应速度来确定。

11.4 所有气体检测时，如超过规范允许值则人员必须撤离。

附录 A
(规范性)
检测报告格式要求

A.1 检测报告封面、扉页、签字页格式应符合 JT/T 828 的规定。

A.2 检测报告正文部分应根据委托合同要求、工程特点等具体情况进行编制，内容应包括项目概况、检测目的、检测依据、人员和仪器设备、检测内容与方法、检测数据分析、结论与分析评估、有关建议等。

A.2.1 项目概况与检测目的

隧道名称、隧道长度（起止桩号）、工程水文地质条件、设计支护参数、检测目的等。

A.2.2 检测依据

检测依据的标准规范，检测结果评定依据的标准规范及相关技术资料。

A.2.3 人员和仪器设备

投入人员和仪器设备类型和数量。

A.2.4 检测内容与方法

包括检测区段、检测内容、检测方法、检测频率、测线布置及检测工作量等。

A.2.5 检测数据分析

说明检测结果的统计和整理检测数据分析的基本理论或方法，并阐述利用实测数据进行推演计算的过程。还宜包括推演计算结果与设计值、理论值、标准规范规定值、历史检测结果的对比分析。必要时，可采用图表表达数据变化的趋势和规律。

A.2.6 结论与分析评估

宜包括各检测结果与设计值、理论值、标准规范规定值、历史检测结果的对比分析结论及必要的原因分析评估。如需要，应给出各检测结果是否满足设计文件或评判标准要求的结论。

A.2.7 有关建议

可根据检测结论和分析评估，提出应采取的处置措施或注意事项等建议。

附 录 B
(规范性)
记录表格格式

B.1 记录表格应符合 JT/T 828 的规定。以隧道风速检测为例给出记录表实例。

第 页, 共 页

隧道风速检测原始记录表 JGLZ01003

检测单位名称:

记录编号:

工程名称				工程部位/用途						
样品信息										
试验检测日期				试验条件						
检测依据				判定依据						
主要仪器设备名称及编号										
测试断面位置 (桩号)										
测点编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
风速值 (m/s)										
测点区域面积	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
面积 (m ²)										
测点布置图										
附加声明:										

检测:

记录:

复核:

日期: 年 月 日

附录 C
(资料性)
检测测点布置示例

C.1 气体浓度检测（监测）测点布置示例

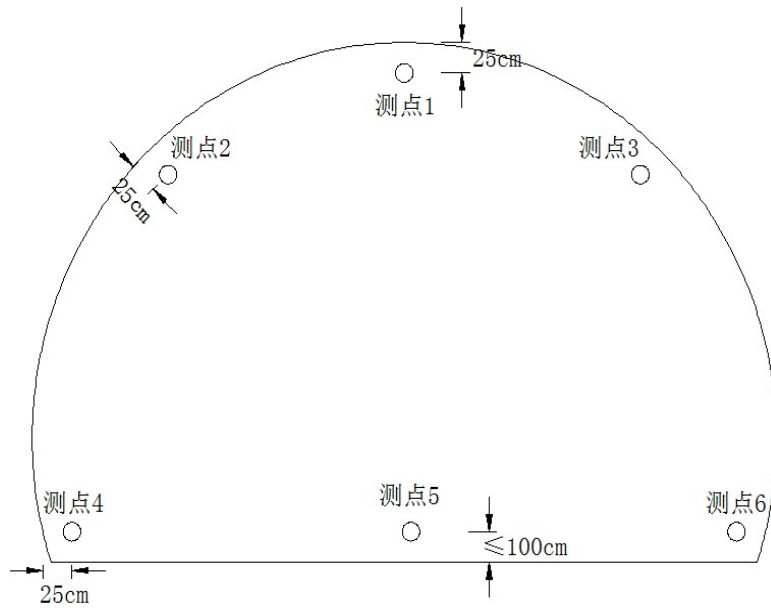


图 C.1 在建阶段隧道瓦斯检测六点法测点布置示例图

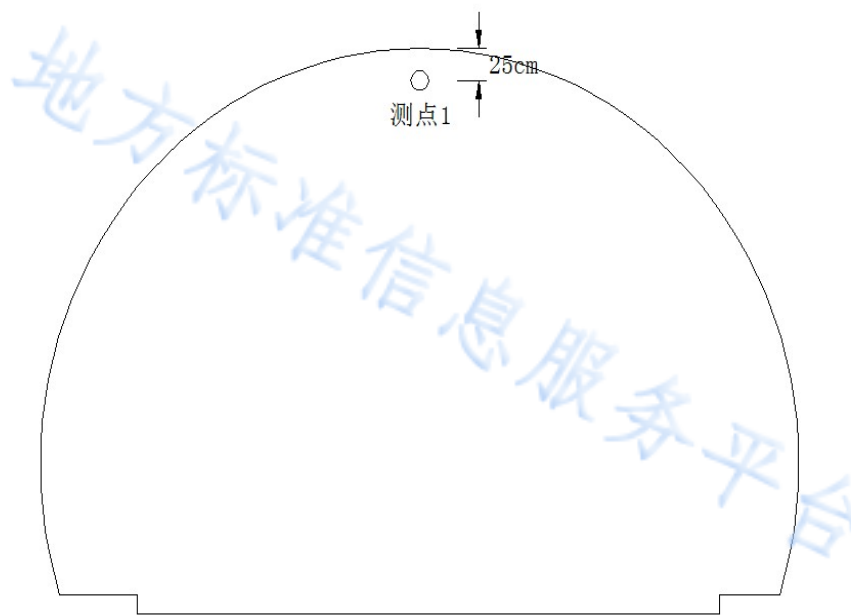


图 C.2 运营阶段隧道瓦斯检测（监测）测点布置示例图

C.2 照度和亮度检测测点布置示例

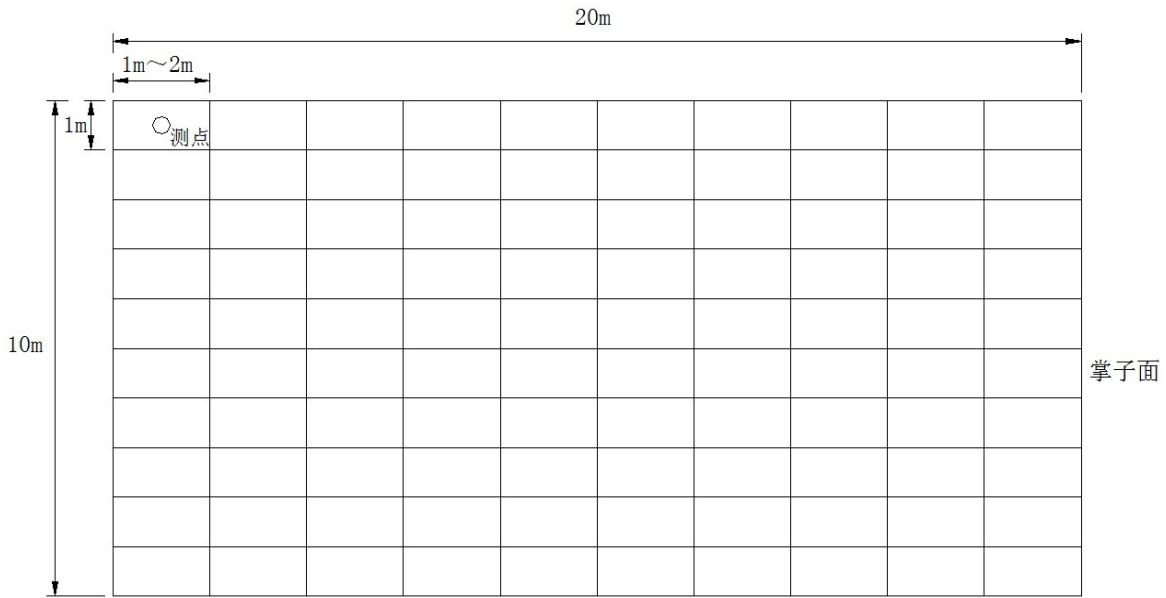


图 C.3 在建阶段隧道照度测点布置示例图

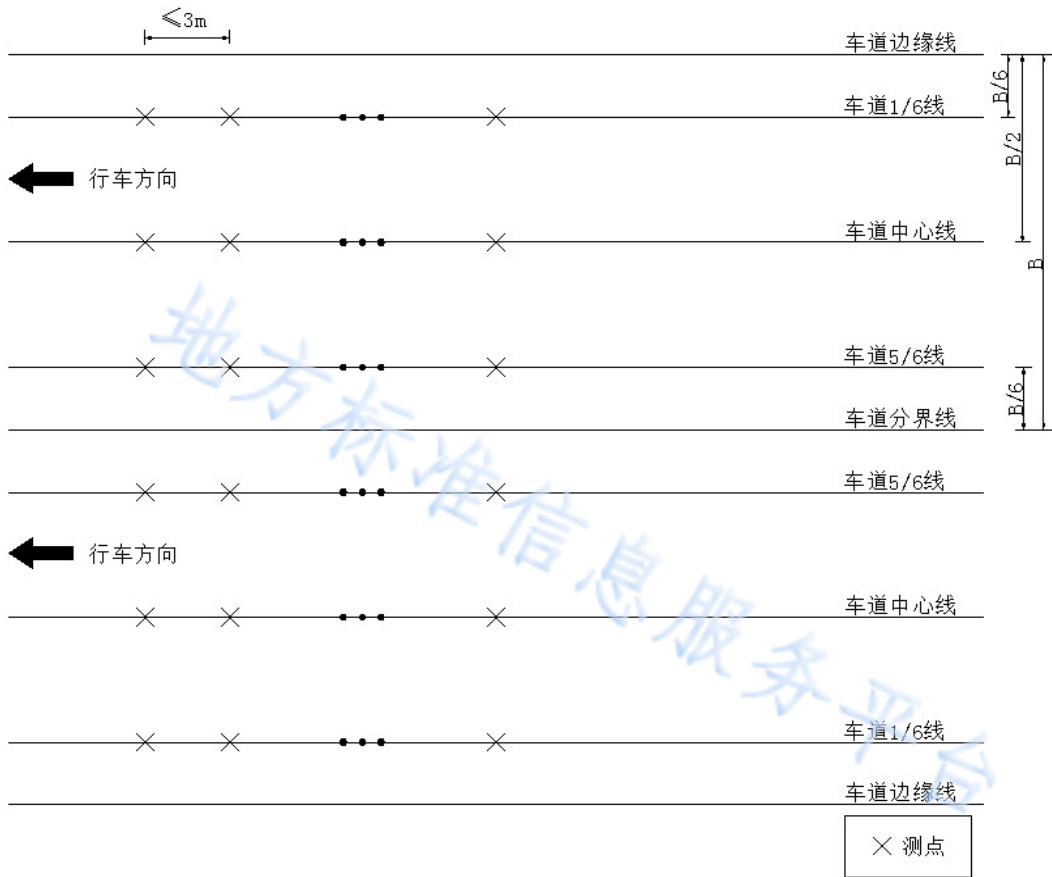


图 C.4 运营阶段双车道隧道平均亮度检测测点布置示例图

C.3 风速检测测点布置示例

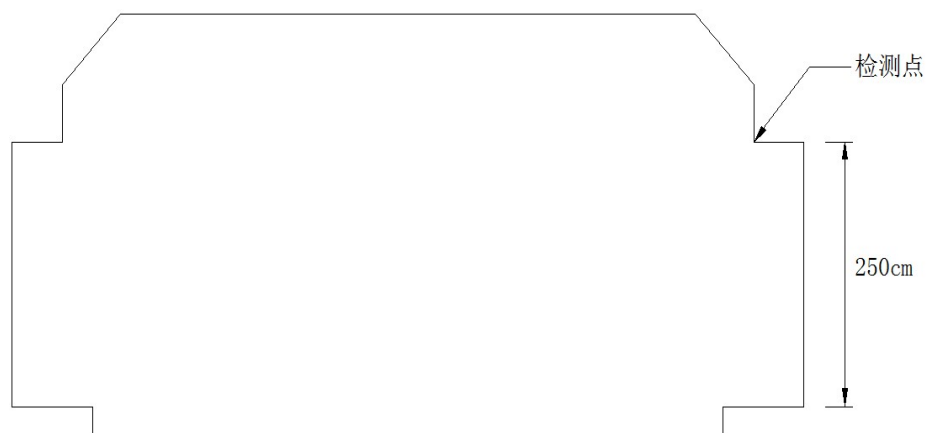


图 C.5 运营阶段隧道风速检测测点布置示例图

地方标准信息服务平台

附录 D
(规范性)
气体浓度准入检测方法

D.1 初测

在隧道进口内1m位置处,手持直读式气体检测仪,采样和检测内部的有毒有害气体,根据检测数据,决定是否采用相应措施。

D.2 检测

D.2.1 进入隧道内部进行常规检测,每个检测点检测不应少于3类气体(氧气、可燃气体、有毒气体),可燃气体及有毒气体以3次检测数据最高值(MAC)作为评定值,氧气以3次检测数据最低值作为评定值,有一种气体超标即认为该隧道相应的气体浓度超标。

D.2.2 若发现检测值严重超标,应立刻将检测仪器放置新鲜空气中抽气冲洗2min~5min,以免传感器损坏,指示回零后,方可进行下一次检测。

D.2.3 检测仪器若发生故障报警,应立即停止检测。

D.2.4 检测结束后,检测仪器应通入高纯氮气(浓度99.999%)2min~5min,清洗仪器,使指示回零。

地方标准信息服务平台

附录 E

(规范性)

隧道照明入口段、过渡段、出口段长度计算方法

E.1 隧道照明入口段长度计算方法

入口段 TH₁、TH₂ 长度应按公式 (E.1) 计算:

$$D_{th1} = D_{th2} = \frac{1}{2} (1.154 D_s - \frac{h - 1.5}{\tan 10^\circ}) \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

D_{th1} —入口段 TH₁ 长度 (m);

D_{th2} —入口段 TH₂ 长度 (m);

D_s —照明停车视距 (m), 应按表 E.1 取值;

h —隧道内净空高度 (m)。

表 E.1 照明停车视距 D_s (m)

设计速度 v_d (km/h)	纵坡 (%)								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
120	260	245	232	221	210	202	193	186	179
100	179	173	168	163	158	154	149	145	142
80	112	110	106	103	100	98	95	93	90
60	62	60	58	57	56	55	54	53	52
40	29	28	27	27	26	26	25	25	25
20~40	20	20	20	20	20	20	20	20	20

设计速度为 20km/h~40km/h 时, 入口段总长度可取 1 倍照明停车视距。

E.2 隧道照明过渡段长度计算方法

过渡段长度应按表 E.2 取值。

表 E.2 过渡段长度 D_{tr} 计算表 (m)

设计速度 v_d (km/h)	D_{tr1}			D_{tr2}	D_{tr3}
	隧道内净空高度 h (m)				
	6	7	8		
120	139	137	135	133	200
100	108	106	103	111	167

表 E.2 过渡段长度 D_{tr} 计算表 (m) (续)

设计速度 V_d (km/h)	D_{tr1}			D_{tr2}	D_{tr3}
	隧道内净空高度 h (m)				
	6	7	8		
80	74	72	70	89	133
60	46	44	42	67	100
40	26	26	26	44	67

注: D_{tr1} 、 D_{tr2} 、 D_{tr3} 分别为过渡段 TR₁、TR₂、TR₃ 长度。

E.3 隧道照明出口段长度计算方法

出口段宜划分为 EX₁、EX₂ 两个照明段, 每段长度宜取30m。

地方标准信息服务平台