

ICS 93.080
CCS P 66

DB36

江 西 省 地 方 标 准

DB36/T 1709—2022

公路隧道环境检测技术规程

Technical specification for highway tunnel environment detection

2022-12-13 发布

2023-06-01 实施

江西省市场监督管理局 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 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。

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) 检测方法和工作程序；
- 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。

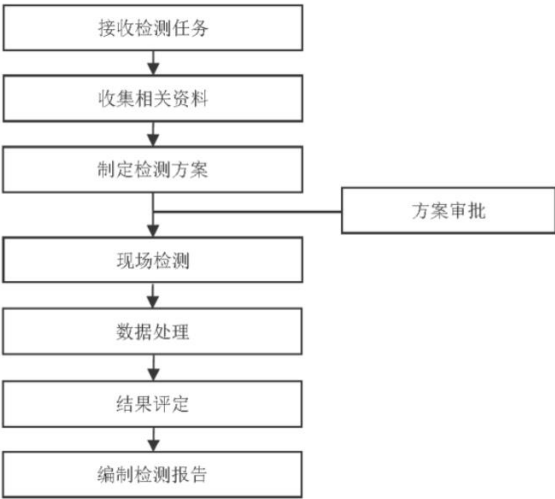


图1 公路隧道环境检测工作流程图

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→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—短时间接触容许浓度（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 $15lx/(cd \cdot m^{-2})$ 取值，水泥混凝土路面可按 $10lx/(cd \cdot m^{-2})$ 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；

DB36/T 1709—2022

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 TH₁、TH₂ 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：