

DB33

浙 江 省 地 方 标 准

DB 33/T 987—2015

公路隧道照明节能控制系统应用 技术规程

Technical specification for application of highway tunnel lighting energy-saving
control system

2015 - 07 - 27 发布

2015 - 08 - 27 实施

浙江省质量技术监督局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总体要求	2
5 软硬件技术要求	3
6 安装要求	6
7 检测要求	7
附录 A（规范性附录） 可调光照明灯具技术要求	9
附录 B（规范性附录） 照明参数检测方法	10
附录 C（规范性附录） 相关指标（数值）计算或获取方法	13

前 言

本标准按GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：丽水市公路管理局、丽水市海威光控科技有限公司、浙江佳途勘测设计有限公司、浙江省交通科学研究院、交通运输部公路科学研究院。

本标准主要起草人：李承广、傅长荣、陈志军、周家鹏、曹发文、杨晓东、王长华、叶承松、黄大康、叶建胜、徐子良、周再青、邱铭、杨松、诸葛申、严勇、韩文元、蒋海峰、支晓伶。

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。

公路隧道照明节能控制系统应用技术规程

1 范围

本标准规定了公路隧道照明节能控制系统的术语与定义、总体要求、软硬件技术要求、安装要求和检测要求等。

本标准适用于采用LED灯、高压钠灯和无极灯等照明灯具的新建/改建公路隧道照明节能控制系统的设计、安装和检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 5700	照明测量方法
GB/T 13259	高压钠灯
GB 16895.15	建筑物电气装置
GB 17625.1	电磁兼容限值谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16A$ ）
GB/T 18226	高速公路交通工程钢构件防腐技术条件
GB 18595	一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求
GB/T 24969	公路照明技术条件
GB 29142	单端荧光无极灯能效限定值及能效等级
JTG/T D70/2-01	公路隧道照明设计细则
JTG D70/2	公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施
JTG F80/2	公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程
JTG H30	公路养护安全作业规程
JT/T 817	公路机电系统设备通用技术要求及检测方法
QB/T 2938	单端无极荧光灯

3 术语与定义

GB/T 5700、JTG D70/2和JTG/T D70/2-01界定的以及下列术语与定义适用于本标准。

3.1

隧道照明节能控制系统 energy-saving control system for tunnel lighting
对隧道照明灯具进行调光控制的硬件和软件总称。

3.2

隧道照明控制器 lighting controller of tunnel
对隧道照明灯具进行调光控制的硬件装置。

3.3

可调光照明灯具 dimming lighting luminaires

由光源、配光组件、与电源连接附件、调光控制接口、机架外壳和安装连接件等组成，并可通过接收隧道照明控制器输出的控制信号调节光源亮度。

3.4

亮度检测器 luminance detector

用于检测隧道洞内外亮度的装置。

3.5

故障响应 emergency response

控制系统故障时将隧道照明灯具自动切换到满功率照明状态。

3.6

点播调光 unicast dimming

对隧道内单个灯具进行调光。

3.7

组播调光 multicast dimming

对隧道内具有相同组地址的灯具同时进行调光。

3.8

广播调光 broadcast dimming

对隧道内所有灯具同时进行调光。

3.9

场景调光 scene dimming

对隧道内灯具设置场景号和亮度指标进行调光。

4 总体要求

4.1 设计原则

- 4.1.1 隧道照明节能控制系统（以下简称控制系统）应遵循安全可靠、经济实用和技术先进的原则。
- 4.1.2 应根据隧道长度、隧道照明设计文件、隧道实际运营状况等确定合理的控制方案。
- 4.1.3 应满足隧道照明运营安全要求。

4.2 系统构成

控制系统包括隧道照明控制器（以下简称控制器）、洞外亮度检测器、入口段亮度检测器、车辆检测器、控制信号输出模块以及控制软件等，如图1所示。

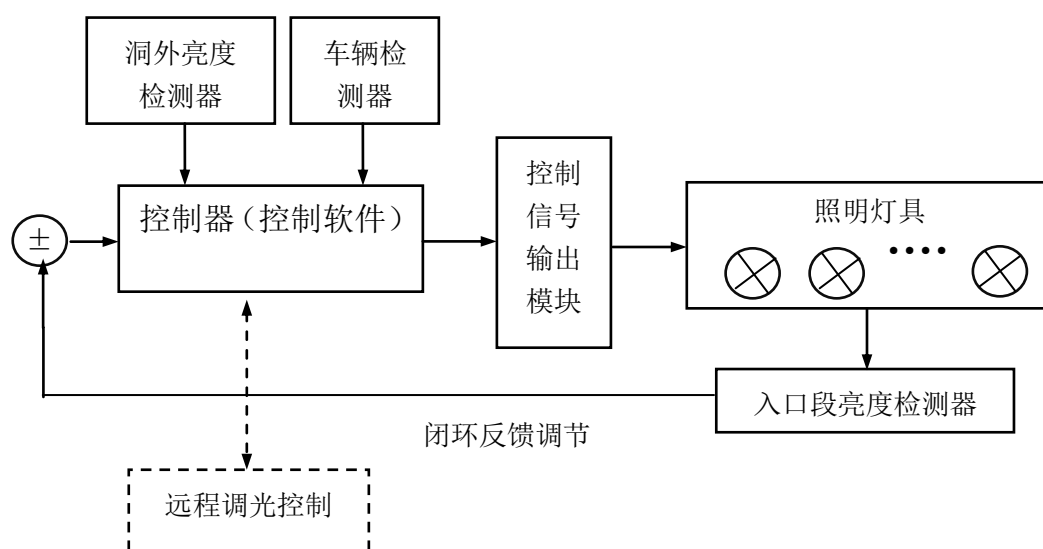


图1 控制系统构成图

4.3 功能要求

4.3.1 应依据采集的隧道洞外亮度和隧道内车辆通行状态等参数，可选用广播调光、组播调光、点播调光、场景调光等控制模式，对隧道照明灯具进行调光控制，并能根据实测的入口段亮度参数对隧道照明灯具进行闭环反馈调节。

4.3.2 可调光照明灯具的调光等级和调光范围应满足以下要求：

- a) 隧道 LED 灯的调光等级应不低于 24 级，可调光范围宜为 10%~100%。
- b) 隧道高压钠灯的调光等级应不低于 8 级，可调光范围宜为 70%~100%。
- c) 隧道无极灯的调光等级应不低于 12 级，可调光范围宜为 50%~100%。

4.3.3 应采用渐变方式对隧道照明灯具进行调光，不宜进行跨等级突变调光。

4.3.4 完成单次调光控制的时间宜不大于 1.0s。

4.3.5 应具备开机自检、时钟校准、电源状态指示、通信状态指示、控制参数设定、查询和修改等功能。

4.3.6 应具备数据采集与存储、通信传输、照明能耗数据监测统计和安全管理功能。

4.3.7 应具备本地控制功能，即控制器在不接收任何远端控制指令条件下独立完成调光控制。

4.3.8 应具备远程调光控制功能，即控制器通过网络接收远端控制指令完成调光控制，优先级应低于本地调光控制。

4.3.9 应具备降级处理、故障响应和特殊工况条件下隧道照明调光控制功能。

4.3.10 隧道照明调光控制后的亮度指标应满足 JTG/T D70/2-01 的规定。

5 软硬件技术要求

5.1 硬件要求

5.1.1 控制器

控制器应满足以下技术要求:

- a) 工作环境:
 - 1) 相对湿度: $\leq 98\%$;
 - 2) 环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 接口:
 - 1) 通信接口: 应满足远程调光控制的通信要求;
 - 2) 输入接口: 用于输入隧道洞外亮度、入口段亮度和车流量等参数。控制器应至少配置一路 RS485 输入接口、二路模拟量输入接口、二路开关量输入接口, 模拟量接口可输入电压或电流信号, 电压信号宜 $0 \sim 5\text{V}$, 电流信号宜 $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$;
 - 3) 输出接口: 用于调光控制信号输出。调光控制信号采用模拟量的控制器应至少配置一路 DC $0 \sim 5\text{V}$ 或一路 DC $0 \sim 10\text{V}$ 模拟调光输出接口; 调光控制信号采用数字量的控制器应至少配置一路 RS485 数字调光输出接口、一路开关量输出接口; 脉冲宽度调制 (PWM) 的数字调光控制信号波形频率应 $\geq 200\text{Hz}$, 高电平幅值宜为 $12\text{V} \pm 2\text{V}$, 低电平幅值应为 $0 \pm 2\text{V}$;
 - 4) 接口物理形式: 控制器宜采用螺钉式印刷电路板 (PCB) 接线端子, 并作永久性标识。
- c) 断电保护
断电条件下, 控制器内部时钟运行时间应 $\geq 30\text{d}$ 。
- d) 可靠性
平均无故障工作时间应 $\geq 30000\text{h}$ 。
- e) 防护等级:
 - 1) 室内安装的控制箱、控制柜防护等级应不低于 IP43;
 - 2) 室外安装的控制箱、控制柜防护等级应不低于 IP65。
- f) 防腐处理
采用钢构件材料作外壳时, 防腐性能应满足 GB/T 18226 的规定。
- g) 电气安全性能:
 - 1) 绝缘电阻: 控制器电源接线端子与机壳、控制端子的绝缘电阻应不小于 100M ;
 - 2) 电气强度: 在控制器电源接线端子与机壳之间施加频率 50Hz 、有效值 1500V 正弦交流电压, 历时 1min , 应无火花、闪络和击穿现象;
 - 3) 接触电阻: 控制器应设置安全保护接地端子, 接地端子与机壳连接可靠, 接地端子与机壳的接触电阻应小于 0.1 ;
 - 4) 控制器应能在以下条件下正常工作:
 - 电压: 交流 $220\text{V} \pm 15\%$;
 - 频率: $50\text{Hz} \pm 2\text{Hz}$ 。
- h) 谐波电流限值应满足 GB 17625.1 的规定;
- i) 浪涌试验应满足 GB 18595 的规定;
- j) 辐射电磁场抗扰度应满足 JT/T 817 的规定。

5.1.2 亮度检测器

亮度检测器应满足以下技术要求:

- a) 洞外亮度检测器与入口段亮度检测器的功能应满足 JTG D70/2 的规定;
- b) 洞外亮度检测器技术指标应满足以下要求:
 - 1) 防护等级不低于 IP65;
 - 2) 测量范围: $0 \sim 7000\text{cd}/\text{m}^2$;
 - 3) 输出信号: 模拟量信号输出电压 $0 \sim 5\text{V}$ 或输出电流 $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$; 数字量信号 RS485;

- 4) 亮度检测最大允许误差: $\pm 5\%$;
 - 5) 环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$;
 - 6) 相对湿度: $\leq 98\%$;
 - 7) 平均无故障时间: $\geq 10000\text{h}$ 。
- c) 入口段亮度检测器技术指标应满足以下要求:
- 1) 防护等级不低于 IP55;
 - 2) 测量范围: $0 \sim 500\text{cd}/\text{m}^2$;
 - 3) 输出信号: 输出电压 $\leq 5\text{V}$; 输出电流 $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$;
 - 4) 最大允许误差: $\pm 5\%$;
 - 5) 环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$;
 - 6) 相对湿度: $\leq 98\%$;
 - 7) 平均无故障时间: $\geq 10000\text{h}$ 。

5.1.3 车辆检测器

车辆检测器应满足以下技术要求:

- a) 车辆检测器功能应满足 JTG D70/2 的规定;
- b) 车辆检测器应满足以下技术要求:
 - 1) 防护等级不低于 IP65;
 - 2) 测量范围: $5\text{km}/\text{h} \sim 200\text{km}/\text{h}$;
 - 3) 检测精度: $\geq 95\%$;
 - 4) 具有故障自诊断功能;
 - 5) 环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$;
 - 6) 相对湿度: $\leq 98\%$;
 - 7) 平均无故障时间: $\geq 10000\text{h}$;
 - 8) 防雷接地: ≤ 10 。

5.1.4 可调光照明灯具

可调光照明灯具技术要求见本标准附录A。

5.1.5 调光控制信号线

调光控制信号线应选用阻燃控制电缆, 截面积宜为 $2.5\text{mm}^2 \sim 4\text{mm}^2$ 。

5.2 软件要求

- 5.2.1 应能采集、存储和查询隧道洞外亮度、入口段亮度、车辆通行状态、电压、电流、照明能耗、运行时间和故障信息等状态参数, 并生成相关报表。
- 5.2.2 应能对隧道洞外亮度、入口段亮度、车辆通行状态等参数进行分析处理, 并输出调光控制信号。
- 5.2.3 应能完成各种控制信息和指令的上传和下发。
- 5.2.4 应能执行特殊工况条件下隧道照明调光控制预案, 如表 1 所示。

表1 特殊工况条件下隧道照明调光控制预案

隧道特殊工况	工况描述	照明调光控制要求
应急工况	发生交通事故、火灾以及拥堵等需紧急疏散救援的状况	隧道全部照明灯具开启到最大亮度
养护工况	隧道日常养护、检修和施工等需特殊照明的状况	隧道作业区照明灯具开启到最大亮度
断电恢复工况	断电恢复时的照明状况	隧道全部照明灯具开启到最大亮度，并维持时间 $\geq 1\text{min}$ ，进入程序自动控制模式

5.2.5 应具备故障监测、报警和响应功能，当控制系统故障时，应将隧道内所有照明灯具自动开启到最大亮度。

5.2.6 应能实现对控制系统访问权限的管理。

5.2.7 应支持开放式接口协议，具备可扩展性。

6 安装要求

6.1 控制器

6.1.1 宜安装在隧道洞外配电房控制柜内或隧道洞室的配电箱内。

6.1.2 安装前应对控制器进行开箱检验。

6.2 调光控制信号线

6.2.1 敷设应符合设计要求，避免短路。

6.2.2 宜与强电导线分开敷设，如敷设间距 $< 150\text{mm}$ ，应采取屏蔽措施，屏蔽层应做好有效接地，防止电磁干扰。

6.2.3 应予以固定并标识清楚。

6.3 洞外亮度检测器

6.3.1 宜安装在距隧道洞口一个停车视距处，高度宜为 2.5m，检测器探头方向应指向隧道洞口中心。

6.3.2 支撑立柱垂直度应 $\leq 5\text{mm/m}$ 。

6.3.3 应安装牢固，耐机械振动性能应满足 JT/T 817 的规定。

6.3.4 接地端应与隧道接地网可靠连接，工作接地电阻应 $\leq 4\ \Omega$ 。

6.4 入口段亮度检测器

6.4.1 宜安装在隧道洞内距离隧道洞口一倍隧道净高的侧壁上，高度宜为 2.5m，检测器探头方向应指向行车前进方向且距离检测器一个停车视距位置的路面中心处。

6.4.2 安装应牢固，耐机械振动性能应满足 JT/T 817 的规定。

6.4.3 接地端应与隧道接地网可靠连接，工作接地电阻应 $\leq 4\ \Omega$ 。

6.5 车辆检测器

6.5.1 安装于隧道洞口外，安装位置距隧道洞口距离符合表 2 的规定。

表2 车辆检测器安装距隧道洞口最小距离

隧道设计速度 (km/h)	距离 (m)
100	110~170
80	90~140
60	70~110
≤40	45~70

6.5.2 应安装牢固，当采用立杆支撑方式时，垂直度应 $\leq 5\text{mm/m}$ ，耐机械振动性能应满足 JT/T 817 的规定。

6.5.3 接地端应与隧道接地网可靠连接，工作接地电阻应 ≤ 4 。

7 检测要求

7.1 检测机构

检测机构应通过实验室计量认证，并具有交通工程专项检测资质，检测人员应具有公路机电工程试验检测工程师或检测员执业资格证书。

7.2 检测仪器

7.2.1 亮度计：用于测量洞外亮度和洞内各照明段的亮度，垂直方向视角应 $\leq 2'$ ；水平方向视角应为 $2' \sim 20'$ 。

7.2.2 光谱仪：用于测量显色指数和色度参数，波长范围：380nm~780 nm，测光重复性应在1%以内；波长示值： $\leq \pm 2.0\text{ nm}$ ；光谱带宽： $\leq 8\text{ nm}$ ；光谱测量间隔： $\leq 5\text{ nm}$ ；色品坐标测量误差： $\Delta x \leq 0.0015$ ， $\Delta y \leq 0.0015$ 。

7.2.3 检测仪器应经过国家计量部门检定，并在有效期内。

7.3 检测依据

控制系统的检测依据包括隧道照明节能控制系统设计文件、本标准4.3、5.1、5.2和6的技术要求以及JTG F80/2的规定。

7.4 检测内容与方法

7.4.1 隧道入口段、过渡段、中间段、出口段路面平均亮度、总均匀度、亮度纵向均匀度、洞外亮度以及有关测点相关色温和显色指数的检测按附录B的规定进行。

7.4.2 控制系统主要功能检测项和检测方法如表3所示。

7.4.3 控制系统安装质量检测应满足 JTG F80/2 的规定。

7.5 相关指标（数值）计算或获取方法

相关指标（数值）计算或获取方法按附录C的规定进行。

表3 控制系统主要功能检测项与检测方法

检测项	功能要求	检测方法
单次调光控制时间	≤1.0s	现场实际测试,采用电子秒表进行计时
控制系统调光范围	设计文件	现场实际操作,在现场通过调光控制软件逐级发送调光控制指令,分别测试对应调光控制照明段的亮度指标或调光控制灯具的工作电流
广播调光、组播调光、点播调光或场景调光功能	设计文件	现场实际测试,目测调光控制结果
根据隧道洞外亮度参数调光控制功能	本标准 4.3.1 条	现场采用遮挡亮度计模拟测试
根据入口段亮度参数反馈调光控制功能	本标准 4.3.1 条	现场采用遮挡亮度计模拟测试
根据隧道内车辆通行状态参数调光控制功能	本标准 4.3.1 条	现场模拟车辆通行测试
降级处理功能	本标准 4.3.9 条	现场模拟测试
远程控制功能	本标准 4.3.8 条	现场实际操作
特殊工况条件下照明功能	本标准 5.2.4 条	现场模拟测试
故障监测、报警与故障响应功能	本标准 5.2.5 条	现场模拟测试

附录 A
(规范性附录)
可调光照明灯具技术要求

A.1 可调光照明灯具的具体技术要求如下：

A.1.1 调光控制接口与控制器输出接口匹配。

A.1.2 高压钠灯可调光电子镇流器应满足70%~100%的调光范围要求，高压钠灯技术指标应满足GB/T 13259的规定。

A.1.3 LED灯驱动电源应满足10%~100%的调光范围要求。LED灯技术指标应满足以下要求：

- a) 额定相关色温应为 4000K~5500K，初始光效应 $\geq 90\text{lm/w}$ ；
- b) 显色指数应不小于 70，眩光要求应满足 GB/T24969 的规定；
- c) 90%额定光通量 \leq 初始光通量 \leq 120%额定光通量。灯具经老化试验后，其光通量维持率应符合表 A.1 的规定：

表 A.1 隧道 LED 灯具光通量维持率

老化时间 h	光通量维持率
3000	96%
6000	92%
10000	86%
注：老化时间包括灯具老炼试验时间 1000h。	

- d) 额定电压为 AC160V~AC265V；
- e) 防护等级不低于 IP65；
- f) 在额定工作条件下灯具实测功率 \leq 定功率的 110%；
- g) 功率因数应 ≥ 0.95 。

A.1.4 无极灯驱动电源应满足50%~100%的调光范围要求。无极灯技术指标应满足以下要求：

- a) 无极灯启动性能、初始光通量、显色指数和相关色温等指标应满足 QB/T 2938 的规定；
- b) 额定电压为 AC180V~AC265V；
- c) 防护等级不低于 IP65；
- d) 在额定工作条件下灯具实测功率 \leq 额定功率的 110%；
- e) 功率因数应 ≥ 0.96 ；
- f) 光效应满足 GB 29142 的规定。

附 录 B
(规范性附录)
照明参数检测方法

B.1 检测条件

B.1.1 隧道照明灯具开启并稳定点亮，高压钠灯 $\geq 30\text{min}$ ，LED灯 $\geq 10\text{min}$ ，无极灯 $\geq 10\text{min}$ 。

B.1.2 隧道照明供电系统正常。

B.1.3 隧道路面清洁和干燥。

B.1.4 控制系统运行稳定。

B.2 检测位置

按照隧道照明设计文件确定入口段、过渡段、中间段和出口段的检测区域的位置和长度。

B.3 检测点布设

B.3.1 单向2车道、单向3车道和双向2车道各照明段检测点布设可按照图A.1、图A.2和图A.3进行，可选择一个方向的对称车道进行测试。图A.1、图A.2和图A.3中的黑色实心点表示路面亮度指标检测点，L为检测点布设间距。

B.3.2 纵向检测点布设位置为隧道路侧边缘线内、车道路面中心、车道与车道分界线。

B.3.3 横向检测点布设位置为从灯具正下方，沿隧道纵向方向布设测试点。入口段、过渡段和出口段L可取1.0m，中间段L可取1.5m。

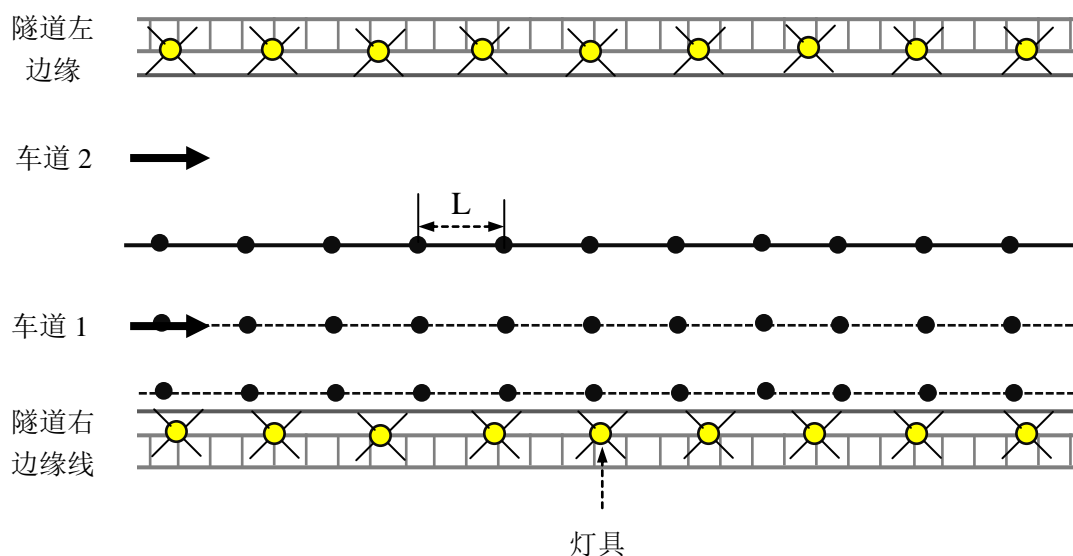


图 B.1 单向 2 车道隧道照明段半幅路面检测点布设示意图

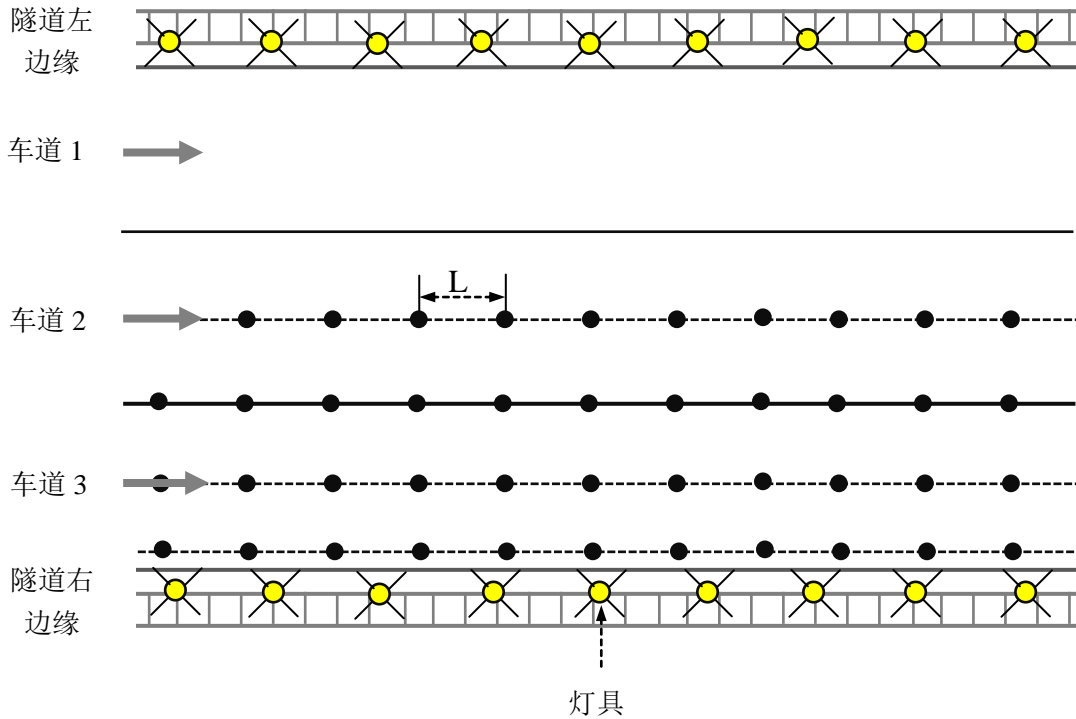


图 B.2 单向 3 车道隧道照明段半幅路面检测点布设示意图

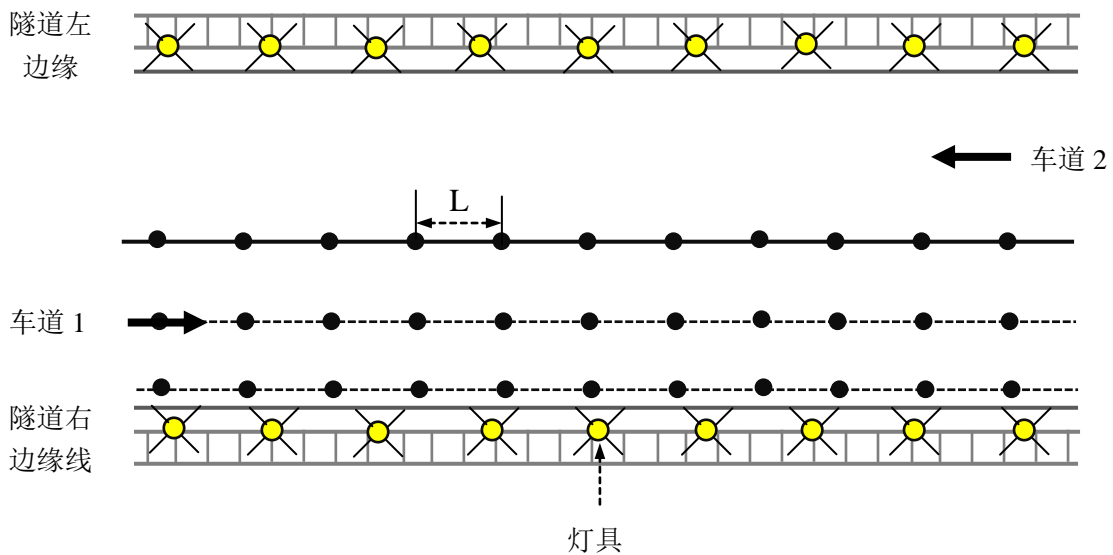


图 B.2 双向 2 车道隧道照明段半幅路面检测点布设示意图

B.4 检测方法

B.4.1 用亮度计对确定的各照明段检测区域进行全景拍照，测试区域亮度；

B. 4. 2 用光谱仪在确定的各照明段检测区域内选择9个均匀分布的检测点测试相关色温和显色指数,取算术平均值;

B. 4. 3 用亮度计按JTG/T D70/2-01的规定检测隧道洞外亮度L20 (S)。

B. 5 检测作业区安全保障

检测作业区安全保障措施应满足JTG H30的相关规定和要求。

附 录 C
(规范性附录)
相关指标(数值)计算或获取方法

C.1 路面平均亮度: L_{av}

$$L_{av} = \frac{\sum_{p=1}^m L_p}{m} \dots\dots\dots (C-1)$$

式中:

L_{av} —路面平均亮度 (cd/m^2);

L_p —p点的测试亮度 (cd/m^2);

m —测试区域内的总测点数。

C.2 路面亮度总均匀度: U_0

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{av}} U_0 = \frac{L_{min}}{L_{av}} \dots\dots\dots (C-2)$$

式中:

U_0 —路面亮度总均匀度;

L_{min} —测试区域内路面最小亮度 (cd/m^2);

L_{av} —测试区域内路面平均亮度 (cd/m^2)。

C.3 路面亮度纵向均匀度: U_1

$$U_1 = \frac{L'_{min}}{L'_{max}} U_1 = \frac{L'_{min}}{L'_{max}} \dots\dots\dots (C-3)$$

式中:

U_1 —路面亮度纵向均匀度;

L'_{min} —路面中心最小亮度 (cd/m^2);

L_{max} —路面中心最大亮度 (cd/m²)。

C.4 显色指数和相关色温

用光谱仪测量获取显色指数和相关色温数值。

C.5 洞外亮度 L_{20} (S)

用亮度计按JTG/T D70/2-01规定的检测方法获取隧道洞外亮度 L_{20} (S) 的值。
