



T/CECS G XXXX: 2017

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction  
Standardization

公路隧道智慧低碳LED照明  
技术规程

Technical Specification for Intelligent Low-carbon LED Lighting  
in Tunnels

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

**公路隧道智慧低碳 LED 照明技术规程**  
Technical Specification for Intelligent Low-carbon LED Lighting in  
Tunnels

T/CECS G: D31-01-2025

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：2025 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023] 50号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《公路隧道智慧低碳LED照明技术规程》（以下简称“本技术规程”）的制订工作。

编写组在总结公路隧道LED照明控制技术十余年来工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升公路隧道智慧降碳的LED照明调光控制技术为核心，完成了本技术规程的编写工作。

本技术规程分为9章及1篇附录，主要内容包括总则、术语、基本规定、智慧照明调光系统控制层、智慧照明调光系统传输层、智慧照明调光系统终端层、系统安全、安装与调试、节能评价，附录A不同速度与随车照明开启照明长度的情况下的临界交通量。

请注意本技术规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本技术规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本技术规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本技术规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本技术规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本技术规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本技术规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或李卓（地址：陕西省西安市雁塔区科技四路205号；邮编：710075；电子邮箱：18034351@qq.com），以便修订时研用。

**主 编 单 位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

**参 编 单 位：**九通智路有限公司

陕西交控西宝分公司

西安公路研究所

陕西省高速电子公司

长安大学

四川省交通勘察设计研究院有限公司

**主 编:** 李 卓

**主要参编人员:** 龚绍杰 李敬阳 袁有位 党伟荣 李广华 张彦晓  
李弘博 王松涛 靖勃 周群 张扬 余理 张建会  
杨晓柯 郑暄 杜凯 毛坤 袁海峰 刘运龙

**主 审:** 王 辉

**参与审查人员:** 杨晓东 许宏科 杨祥妹 杨 勇 余志华 田盟刚

征求意见稿

# 目 次

1 总 则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4 智慧照明调光系统控制层.....	5
4.1 一般规定.....	5
4.2 系统设备.....	5
4.3 控制策略.....	9
5 智慧照明调光系统传输层.....	13
5.1 一般规定.....	13
5.2 系统设备.....	13
6 智慧照明调光系统终端层.....	15
6.1 一般规定.....	15
6.2 系统设备.....	15
7 系统安全.....	19
8 安装与调试.....	22
8.1 安装.....	22
8.2 调试.....	23
9 节能评价.....	25
9.1 一般规定.....	25
9.2 使用能耗模型的能耗估算.....	26
9.3 使用电表数据的能耗计算.....	27

9.4 使用照明控制系统数据的能耗计算.....	27
9.5 节能计算.....	28
9.6 减碳量计算.....	28
9.7 节能评价指标.....	29
附录 A.....	30
用词说明.....	31
引用标准名录.....	32

征求意见稿

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Provisions .....	3
4	Smart Lighting Dimming System Control Layer .....	5
4.1	General Provisions .....	5
4.2	System Device .....	5
4.3	Control Strategy .....	9
5	Intelligent Lighting Dimming System Transmission Layer .....	13
5.1	General Provisions .....	13
5.2	System Device .....	13
6	Intelligent Lighting Dimming System Terminal Layer .....	15
6.1	General Provisions .....	15
6.2	System Device .....	15
7	System Safety .....	19
8	Installation and Commissioning .....	22
8.1	Installation .....	22
8.2	Commissioning .....	23
9	Energy Saving Evaluation .....	25
9.1	General Provisions .....	25
9.2	Energy Consumption Estimation Using Energy Consumption Models .....	26
9.3	Energy Consumption Calculation Using Electricity Meter Data .....	27
9.4	Energy Consumption Calculation Using Lighting Control System Data .....	27
9.5	Energy Saving Calculation .....	28
9.6	Carbon Eeduction Calculation .....	28
9.7	Energy Saving Evaluation Indicators .....	29
	Appendix A .....	30
	Explanation of Wording .....	31
	List of Quoted Standards .....	32

征求意见稿

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻国家节能低碳、绿色交通政策，规范公路隧道智慧低碳 LED 照明系统的建设，保证智慧低碳 LED 照明系统性能，制定本技术规程。

**1.0.2** 本技术规程适用于公路隧道智慧低碳 LED 照明系统的设计、安装、调试、运行及节能评价。

**1.0.3** 公路隧道智慧低碳 LED 照明系统除应符合本技术规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.4** 本技术规程适用于新建和改扩建高速公路、一级公路隧道，其他等级公路隧道可参照执行。

征求意见稿

## 2 术语

### 2.0.1 智慧照明 Wisdom illuminates

基于多源数据融合感知技术，通过计算机、有（无）线通讯数据传输、智能化信息处理及节能型电器控制等技术，可实现动态精确感知、按需调控的照明系统。

### 2.0.2 低碳照明 Low carbon lighting

以减少温室气体排放为目标，构筑低能耗、低污染为基础的照明体系。

### 2.0.3 随车照明调光 On-board lighting dimming

在无车时隧道照明为待车亮度，在有车时车辆行驶前方的调光区段以正常工作亮度伴随车辆前行的一种调光控制模式。

### 2.0.4 临界交通量 Critical traffic volume

当交通小于该值时，采用随车照明调光控制系统会产生节能收益。

### 2.0.5 单位照明区段 Unit lighting section

随车照明调光可使隧道内照明系统达到正常照明亮度的最小长度。

### 2.0.6 随车照明区段 On-board lighting section

随车照明调光模式下，车辆前方达到正常照明亮度的总长度。

### 2.0.7 待车亮度 Waiting for vehicle brightness

随车照明区段以外的照明亮度，该亮度值较低，仅可做应急使用。

### 2.0.8 照明系统减碳量 Carbon reduction of lighting system

通过采用节能型设备和控制技术等措施，降低能源消耗，通过排放因子计算排放 CO<sub>2</sub> 的减少量。

### 3 基本规定

**3.0.1** 公路隧道智慧低碳 LED 照明设计、建设与管理，必须遵守国家以及行业隧道照明现行相关标准规范的规定。

**3.0.2** 公路隧道智慧低碳 LED 照明应坚持以人为本、安全优先、节能兼顾的原则，通过智能化的技术手段实现按需照明，达到节能减排目的，节约资源、保护环境。

**3.0.3** 公路隧道智慧低碳 LED 照明的智慧照明调光系统需以确保隧道内外光环境平滑过渡为目标，宜结合洞内外亮度、交通量、运行速度、供电电压、天气条件、光源特性等综合因素，遵循“保障安全、优化配置，适度超前”的原则，制定合理的照明低碳控制方案。

**3.0.4** 智慧照明调光系统可由控制层、传输层、终端层构成。

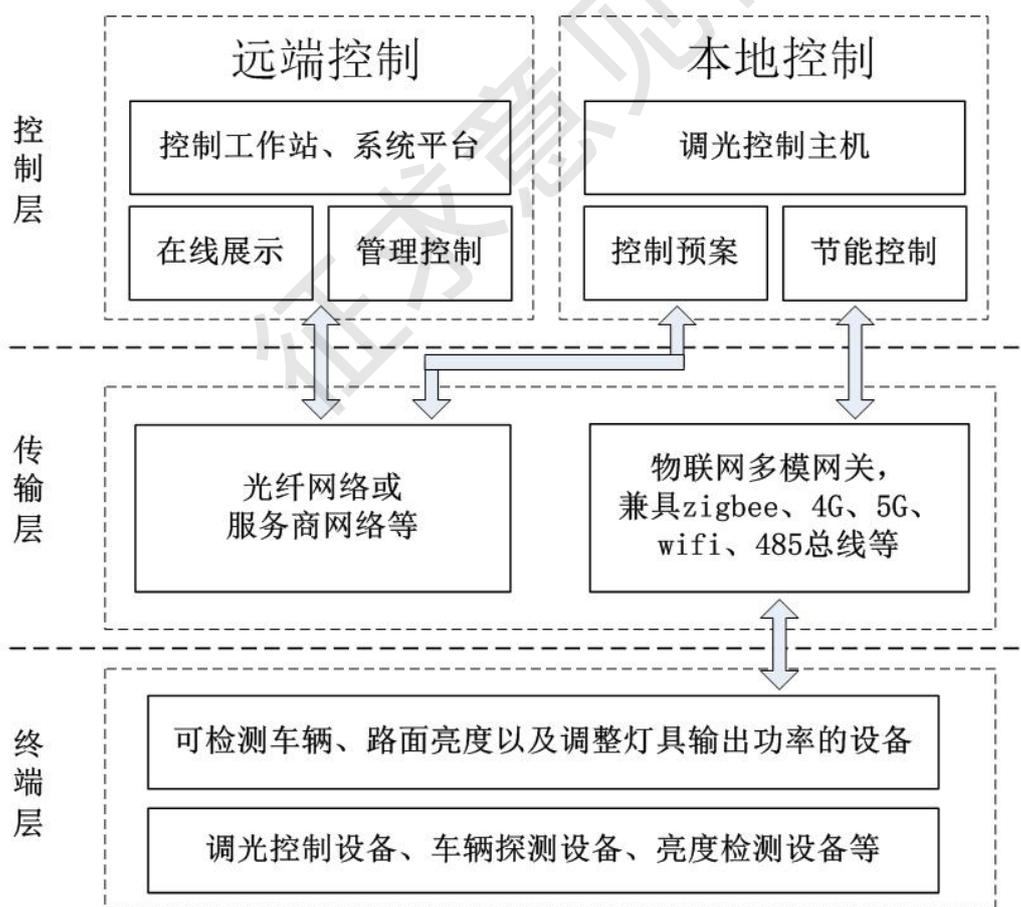


图 3.0.4 智慧照明调光系统总体架构图

### 3.0.5 采用智慧照明调光系统，包括但不限于：

- 1 系统设计应符合隧道照明工程项目的要求，并应优先保证行车安全；
- 2 系统设计应满足运营和预算的要求，宜根据预测车流量、隧道环境亮度分布情况，估算节能效果，并根据节能预期进行投资成本分析对比选取系统构成方案；
- 3 系统设计应满足基本控制功能需求，并可根据项目需求配置附加或扩展功能；
- 4 系统设计应根据交通构成、洞外亮度、隧道环境、隧道照明灯具布设情况选取控制策略，并应能利用系统软件估算和预测节能效果；
- 5 系统设计应统筹规划，宜与隧道照明系统同步设计；
- 6 采用随车照明调光系统后，在运营阶段宜具有较好的节能性、经济性，其中经济性宜考虑项目所在地碳排放指标交易市场情况；
- 7 智慧照明调光系统宜与隧道异常事件检测系统联动，实现隧道异常事件下照明的自动控制，自动控制策略应符合 JTG/T D70/2-01 规定；
- 8 若系统含有能见度检测与色温调节功能，宜与能见度关联调节亮度与色温。

## 4 智慧照明调光系统控制层

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 智慧照明调光系统的控制层可分为远端控制部分与本地控制部分：

1 远端控制部分主要包含管理调光系统控制工作站和系统平台等，可实现单个隧道或区域内多个隧道照明系统的在线展示与远程管理和控制。系统平台应能展示隧道照明灯具布置和照明状态并统计展示洞外亮度、节能效率等数据，宜展示实时动态照明效果，应能实现对照明系统的控制与在线巡查，实现故障报警；

2 本地控制部分主要包含调光控制主机，可实现隧道照明设施的本地控制。调光控制主机应能接收远端控制预案和节能控制模型，实时接收各子区域采集设备信息，并可完成现场设备整体调光调度功能。当调光控制主机与远端控制系统通讯断开之后，应能独立实现调光调度功能。

**4.1.2** 控制层应具有安全性、可靠性、兼容性、开放性和可扩展性。

**4.1.3** 智慧照明调光系统的控制策略宜以自动控制为主、人工控制为辅，具有无级照明调光、随车照明调光模式自动切换功能，并应对异常交通工况具有快速反应与保通的功能。

### 4.2 系统设备

**4.2.1** 调光控制系统设备应包括但不限于调光平台管理软件服务器、调光控制主机、通信设备、供电电源等，调光平台管理软件服务器应配置显示器，调光控制主机宜配置本地触摸屏。

**4.2.2** 调光平台管理软件服务器可以连接多个调光控制主机。

**4.2.3** 调光控制主机应向上负责与调光平台管理软件的交互，宜提供多种数据接口，便于接入隧道其他子系统；向下负责接收各区域调光信息，根据系统模式及现场信息完成系统整体调光调度。

**4.2.4** 调光控制主机应负责采集对应区域车流量、亮度、灯具工况等参数，接收调光平台管理软件调光指令，下发至隧道现场进行灯具亮度控制。

**4.2.5** 调光控制主机宜采用冗余供电，控制器宜考虑冗余配置，保证系统稳定性，

冗余切换时间宜小于 500 毫秒，确保灯具无明显闪烁。

**4.2.6** 调光控制主机宜具有时钟功能，与上层控制通讯中断时也可独立实现时序控制，自主管控照明区段。

**4.2.7** 远端控制应符合下列规定：

1 调光平台管理软件可通过浏览器在线访问管理平台，无需安装专用客户端软件。客户端负责提供用户操作界面，包括实时监控、照明控制、参数设置、故障报警、系统管理、统计报告等功能；

2 调光平台管理软件应采用数据库系统来实现对关键数据的存储与管理，包括设备信息、参数配置信息、用户信息、系统运行信息和用户操作日志等，其中设备信息、参数配置信息、用户信息等宜长期存储，系统运行信息和用户操作日志宜存储 1 年以上；

3 调光平台管理软件应充分考虑信息安全方面的需求，用户密码进行加密存储，限制数据库的访问权限；

4 调光平台管理软件应具备对多个隧道照明系统的统一管理与控制功能。用户能够通过软件界面选择不同的隧道，以便进行实时监控、管理和调控各个照明系统的运行状态和调光策略；

5 调光平台管理软件应提供随车照明调光模式、无级照明调光模式、时序照明调光模式、异常事件模式的选择，用户可根据不同需要选择不同的调光模式进行隧道照明系统的整体控制；

6 调光平台管理软件宜提供远程手动调光控制的功能，实现对洞内照明灯具的直接控制；

7 调光平台管理软件应提供能耗统计功能，可接入智能电表等能耗监测设备的数据，实现对照明系统整体能耗的统计和分析，为节能评价提供依据；

8 调光平台管理软件宜提供开放的接口，接口应遵循行业标准，并具备良好的文档支持，以便于其他系统能够高效、可靠地访问和交互数据，实现信息共享与功能协同；

9 调光平台管理软件服务器应通过直接或间接的方式实现对与智慧照明调光系统相关的调光工作站、车辆检测器、亮度检测器等设备的数据接入和统一管理；

10 调光平台管理软件服务器应提供实时监控功能，实现对智慧照明调光系统的设备运行状态进行实时监控，在有异常发生时，需以声光报警等方式提醒监控人员及时处理；

11 调光平台管理软件服务器宜采用性能稳定的机架式服务器，安装于监控室等室内场所。

#### 4.2.9 本地控制应符合下列规定：

1 调光控制主机用于运行本地管理软件，应选用工业级计算机，设备硬件配置、操作系统、输入/输出接口应满足调光控制平台管理软件的应用需求，工作站操作系统应具备良好的平台兼容性和扩展性，并具备优良的电磁兼容性和电磁抗干扰性，具有较宽温度适应范围；

2 调光控制主机宜安装于变电所、箱变等临近控制区域的场所；

3 调光控制主机应按一级负荷进行供电；

4 调光控制主机宜与火灾自动报警系统通信联网、联动控制；

5 调光控制主机宜具有现场参数显示功能、手动控制功能；

6 在供电中断时，调光控制主机应能保存程序、参数和必要的数据库，当电源恢复时，调光控制主机的嵌入功能应能自动重启，并按预设的方式运行；

7 调光控制主机应支持故障的监测与报警，支持控制模块和网关模块的离线报警及控制与状态不一致的反馈，并具备远程升级维护功能；

8 调光控制主机宜具备常用通信接口或无线通信功能，以用于接收区域控制系统调光信息，实现灯具远程监测及控制；

9 调光控制主机宜满足多路调光输出，可实现在 0~100%范围内调节灯具亮度，实现无级调光，满足照明需求和节能需求；

10 调光控制主机在调节亮度或照度时，不宜改变光源色度参数，并应避免灯

具系统产生频闪影响；

11 对需要进行调节色温的情况，调光控制主机应能够对光源色温进行设置和管理，并按照照明需求实现色温调整。

#### 4.2.10 调光控制主机应满足下列技术要求：

- 1 可在相对湿度 $\leq 98\%$ 、环境温度范围不小于 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的环境下正常工作；
- 2 通信接口应满足远程调光控制的通信要求；
- 3 输入接口可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 1 个 RS485 输入接口、2 个模拟量输入接口、2 个开关量输入接口，模拟量接口可输入电压或电流信号，电压信号宜为  $0\sim 5\text{V}$  或  $0\sim 10\text{V}$ ，电流信号宜  $4\text{mA}\sim 20\text{mA}$ ；
- 4 输出接口可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 2 个 DC  $0\sim 5\text{V}$  或 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 2 个 RS485 数字调光输出接口、1 个开关量输出接口；
- 5 控制器的接口宜采用螺钉式印刷电路板(PCB)接线端子，并作永久性标识。
- 6 断电条件下，控制器内部时钟运行时间应  $> 30\text{d}$ 。
- 7 平均无故障工作时间应  $> 30000\text{h}$ 。
- 8 室内安装的控制箱、控制柜防护等级应不低于 IP43，室外安装的控制箱、控制柜防护等级应不低于 IP65。
- 9 采用钢构件材料作外壳时，防腐性能应满足 GB/T 18226 的规定。
- 10 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  $100\text{M}\Omega$ ；
- 11 在控制器电源接线端子与机壳之间施加频率  $50\text{Hz}$ 、有效值  $1500\text{V}$  正弦交流电压，历时  $1\text{min}$ ，应无火花、闪络和击穿现象；
- 12 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  $0.1\Omega$ ；

- 12 谐波电流限值应满足 GB 17625.1 的规定;
- 13 浪涌试验应满足 GB 18595 的规定;
- 14 辐射电磁场抗扰度应满足 JT/T 817 的规定

### 4.3 控制策略

4.3.1 当交通小于临界交通量时采用随车照明调光控制系统可产生节能收益,但应对系统节能效益进行估算,根据全生命周期最省原则选择合适的调光控制系统,临界交通量按附录 A 确定。

4.3.2 当单向交通小于 350veh/(h.ln)、双向交通小于 180veh/(h.ln)时,宜采用随车照明调光控制系统。

4.3.3 当采用随车照明调光控制系统时,应符合下列规定:

- 1 随车照明调光控制系统宜兼容无级照明调光模式、时序照明调光模式,并可按随车照明调光模式—无级照明调光模式—时序照明调光模式顺序进行切换;
- 2 随车照明调光控制系统应具有动态车流量、车速检测功能,并可根据单台车辆位置使隧道内随车照明区段的照明灯具调整为需求照明亮度;
- 3 随车照明区段跟随车辆行驶位置沿隧道纵向移动,车辆前方的照明长度应符合表 4.3.3-1 的规定,其他速度时可采用插值法计算车辆前方调光长度;

**表 4.3.3-1 随车照明区段车辆前方的最短长度**

设计速度 (km/h)	车辆前方长度 (m)
120	≥273
100	≥273
80	≥200
60	≥139

4 随车照明区段的车辆后方照明长度可根据实际运营环境,结合节能效果分析,确定调光长度;

5 单位照明区段的照明持续时间应不小于车辆通过该区段的时间,宜根据实际运营环境结合节能效果分析,适当延长单位照明区段的照明持续时间;

6 随车照明区段的亮度控制方式宜优先采用无级照明调光控制模式，根据洞外亮度、车流量进行亮度调节；

7 随车照明区段以外的亮度不应低于正常照明亮度的 10%，且最低路面亮度不应小于  $0.2 \text{ cd/m}^2$ ；

8 随车照明区段可由多个单位照明区段组成，应在设计阶段进行不同单位照明区段长度下的工程造价、节能效率计算，安装工程总投资和节能期望值选择适合的基本照明区段长度；

9 应急照明宜根据灯具功率、隧道车流量、占基本照明比例等多种因素评估后，明确是否参与调光控制；

10 当车辆被车辆探测设备识别后，车辆行驶方向的后续车辆探测设备未检测到车辆通过时，该随车照明区段的灯具需保持常亮；

11 随车照明调光控制系统在调亮灯具时宜采用平滑过渡或多阶梯过渡至需求照明亮度，保证照明环境过渡和行车舒适度，并减少对电源的冲击；

12 车辆进入隧道前，系统应在距离洞口不小于一个调光照明区段长度的位置探测到车辆；

13 当隧道内发生异常事件时，系统应能将整个隧道全部灯具调至最大功率状态。若异常事件发生在隧道群中，系统应能开启距事件点不小于 2km 范围内的隧道照明，并根据交通拥堵情况，延长开启照明的长度，其长度应不小于拥堵前后 500m 范围；

14 当车辆检测设备故障时，系统应关闭故障所在的单个隧洞的随车照明调光模式，自动开启全部灯具，并根据洞外亮度进行无级调光控制；当故障排除后，系统应能自动恢复到动态车流量调光状态；

15 当亮度检测设备故障时，随车照明区段的亮度应能按时序控制模式的亮度进行调节；当洞外亮度检测器恢复正常后，随车照明区段的亮度应能恢复至亮度信号调光状态；

16 随车照明调光控制系统可在无上级管理平台信号时独立运行。

**4.3.4** 当采用无级照明调光控制系统时，应符合下列规定：

- 1 无级照明调光控制系统应具有手动和自动控制功能，手动控制功能包括本地控制和远程控制；
- 2 无级照明调光控制系统应具有时序调光功能；
- 3 入口段和过渡段的加强照明应能根据洞外亮度动态调光，并且亮度等级应随隧道外亮度变化而进行亮度分级控制，控制分级不宜低于 100 级，各照明段落的亮度宜根据隧道照明需求曲线进行计算：

入口段和过渡段加强照明的亮度分级宜使用如下策略：

$$P_n = L_n \times L_{20}(S) / L_{20} \quad (1)$$

式中： $P_n$ 为各照明段输出亮度， $L_n$ 为各照明段设计亮度， $L_{20}(S)$ 为实时洞外亮度， $L_{20}$ 为设计洞外亮度；

加强照明控制策略与洞外亮度关系应符合表 4.3.5 的规定；

**表 4.3.4 加强照明控制策略与洞外亮度关系**

实时洞外亮度 $L_{20}(S)$	照明控制策略
$L_{20}(S) \geq L_{20}$	灯具最大功率
$5\text{cd/m}^2 < L_{20}(S) < L_{20}$	按输出亮度计算灯具功率
$L_{20}(S) \leq 5\text{cd/m}^2$	关闭入口段、过渡段和出口段加强照明

- 4 基本照明应能根据交通量动态调光；
- 5 应急照明宜根据灯具功率、隧道车流量、占基本照明比例等多种因素评估是否参与调光控制；
- 6 出口段加强照明灯具调光控制线可接入基本照明控制总线；
- 7 照明的电源回路宜与调光系统配合使用，加强照明的电源回路在自动控制模式下，白天应能自动开启，傍晚应能自动关闭；
- 8 对亮度调节的频率不宜小于 30 秒/次，不宜大于 5 分钟/次；

9 当亮度检测设备出现故障时，应能切换到时序调光模式；

10 时序照明调光模式从季节上宜至少分为冬、夏两季，从一天时间上宜至少划为清晨、上午、中午、下午、夜晚、深夜共 6 个时段。时序控制策略宜预制入控制系统中；

12 无级调光控制器应能独立工作并可通过网络接受上级平台管理。

**4.3.5** 当隧道内发生异常事件时，系统应能将整个隧道全部灯具调至最大功率状态。

征求意见稿

## 5 智慧照明调光系统传输层

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 传输层主要包含支持多种通信协议的物联网多模网关或光纤网络等。传输层设备宜具有 RJ45、RS485 等有线传输方式以及蓝牙等无线传输方式，同时具有数据汇聚及转发功能。

**5.1.2** 传输层的通信网络及通信协议应能满足智慧照明调光系统的设计要求。

**5.1.3** 通信网络宜采用专网或采取具备加密机制的公网，通信协议应采用标准通信协议或开放专用协议。

**5.1.4** 传输层应能提供与其他系统协调适配的通用接口及协议，支持与其他符合软硬件接口标准的设备互连，以实现数据传输、信息交换和系统之间的联动。

**5.1.5** 传输层应具备自诊断功能或网络监控工具。

**5.1.6** 传输层应具有良好的环境适应性，能够在高温、低温、湿度和粉尘等恶劣条件下正常工作；

**5.1.7** 传输层 在设计规定允许的电磁场干扰条件下，不应出现故障和性能下降。

### 5.2 系统设备

**5.2.1** 传输层设备应符合下列规定：

1 调光控制系统中的通讯设备可根据实际设备布设情况、通讯技术规则、经济性原则进行灵活布设，但应满足调光控制系统的应用，实现各系统、设备间稳定高效通信；

2 有线以太网接口应支持百兆及千兆速率，以满足高带宽数据传输需求，应保证设备之间在数据交换时具有足够的速度和稳定性；

3 无线接口应支持安全的加密通讯，无线网络应包含设备接入认证，确保只有授权设备及用户的网络访问；

4 控制系统中通讯安全区域应通过防火墙进行保护，具备监测和控制区域边界通信的能力，以防止未授权的访问和数据泄露，防护机制需要支持实时监控和

警报功能，确保系统安全性；

5 调光控制系统间的设备交互方式宜采用成熟的工业通讯协议，以确保低延时的稳定通讯，总体调光命令响应时间不宜超过 1 秒；协议应经过广泛的实践验证，具备良好的兼容性和互操作性，有助于不同厂商的设备无缝集成；

6 调光控制系统中的主机应充分考虑网络信息安全需求，宜具备独立网口实现网络隔离，宜符合 IEC 62443-4-2 相关规定，包含防火墙、用户管理等信息安全功能。

#### 5.2.2 有线通信应符合下列规定：

- 1 过电压、过电流等保护器件应齐全，且性能良好；
- 2 不应对电网或电源产生干扰；
- 3 应符合网络安全管理功能检查的相关规定；
- 4 通信网络应满足所支持数据的带宽、时延和误码率的要求。

#### 5.2.3 无线通信应符合下列规定：

- 1 传输频率应符合国家无线电管理规定，宜优先选择无线通信运营商的企业级通信方案，并可在频段许可的前提下适当采用其他无线通信方案作为补充；
- 2 无线网络应具有良好的组网能力和传输纠错能力；
- 3 无线通信系统宜专网专用；
- 4 应具有较强的抗干扰特性；
- 5 应支持灵活组网，并应具有良好的可扩展性；
- 6 应支持多信道频率复用或同一信道的时分复用；
- 7 应具有处理数据传输时延的措施；
- 8 无线射频应采用信道负荷较少的网络频段。

## 6 智慧照明调光系统终端层

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 终端层主要包括车辆探测设备、亮度（色温）检测设备、物联网调光控制器等可检测车辆、路面亮度以及调整灯具输出功率的各类数据采集和调光控制相关设备。

**6.1.2** 终端层的设计应符合隧道照明工程项目的要求，功能应满足 JIG D70/2 的规定，并可根据项目需求配置附加或扩展功能，在深化设计时进行全寿命周期经济性分析。

**6.1.3** 应根据灯具数量、灯具类型、灯具布局、控制分区来选择合适的终端层设备布置方案。

**6.1.4** 终端层应能实现对环境信息信息的采集，并通过有线通信或无线通信向控制管理设备准确传输现场信息。

**6.1.5** 当采用无线方式输出信号时，控制层设备应统一采用一种通信方式。

**6.1.6** 配置的传感器、控制器、人机界面、通信网络和接口应相互兼容。

**6.1.7** 设置在非箱体内的设备应符合下列规定：

- 1 防护等级不低于 IP65，灯具结构具有良好的防腐能力；
- 2 可在相对湿度 $\leq 98\%$ 、环境温度范围不小于 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的环境下正常工作；
- 3 平均无故障工作时间应 $> 30000\text{h}$ ；
- 4 具有良好的电磁兼容性。

### 6.2 系统设备

**6.2.1** 亮度检测仪应符合下列规定：

- 1 洞外亮度检测仪测量范围不应小于 $0\sim 7500\text{cd}/\text{m}^2$ ，洞内亮度检测仪测量范围不应小于 $0\sim 500\text{cd}/\text{m}^2$ ；
- 2 测量精度宜为 $\pm 1\%$ ，最大允许误差小于 $\pm 5\%$ ，测量角度垂直方向 $\geq 20^{\circ}$ ；

3 应具备高灵敏度和快速响应能力，其采样频率不应高于亮度调节的频率；

4 可根据智慧照明调光系统采用有线或无线方式输出信号，当采用有线方式输出信号时，模拟量信号输出宜为电压 0~5V 或电流 4mA~20mA，数字量信号宜为 RS485 方式；当采用无线方式输出信号时，应与智慧照明调光系统控制层其他设备的无线通信方式一致；

#### 6.2.2 车辆检测器应符合下列规定：

1 测量范围不应小于 5km/h~250km/h；

2 车辆探测器对车辆的漏检率不宜大于 0.1%；

3 可根据智慧照明调光系统采用有线或无线方式输出信号，当采用有线方式输出信号时，宜采用 RS485 方式；当采用无线方式输出信号时，应与智慧照明调光系统控制层其他设备的无线通信方式一致；

4 宜具有故障自诊断功能；

5 车辆检测器宜具备较强的抗干扰能力，能够在电磁干扰和其他外部干扰情况下稳定工作，确保检测数据的准确性；

6 车辆探测器宜能将探测到的车辆速度进行分析计算，解析出不同车速对应的照明停车视距，并将车辆信息提前传输至调光控制主机进行调光控制；

7 车辆探测器应能提前至少一个随车照明区段长度，感知所控区间即将有车辆到来，并向调光控制主机提供车辆到来信号。

#### 6.2.3 灯具应符合下列规定：

1 隧道照明灯具应采用隧道专用 LED 灯具；

2 灯具的控制硬件应与控制层的调光方案保持一致，调光信号输入接口应与控制器输出接口匹配，并自带不少于 1 米的控制线缆；

3 亮度应能在 10%~100%进行无级调节；

4 显色指数应不小于 65，色温应在 3500K~6500K 之间，初始整灯光效（含电源）应大于 130 lm/w；

5 灯具经 3000h 老化试验后，其光通量维持率不应低于 97%，灯具经 10000 小时老化试验后，其光通量维持率应大于 90%；

6 眩光要求应满足 GB/T24969 的规定；

7 功率因数不应小于 0.98；

8 应具有适合公路隧道特点的防眩装置；

9 灯具配件安装应易于操作，并能调整安装角度；

10 灯具尺寸合理，在安装位置不得侵入隧道建筑限界，隧道照明灯光轴正对道路中线两侧，投光方向可根据具体灯具特点现场调整以达到最佳照明效果；

11 灯具与电源配套生产，应保证五年以上的稳定工作；

12 灯具安装附件由灯具厂家统一提供，应验算安装受力，保障灯具不会掉落；

#### 6.2.4 物联网调光控制器应符合下列规定：

1 应以调光控制主机的控制命令为优先事项，配合其调节灯具亮度或色温。

2 应能够对照明灯具进行分组、分区控制，有特殊要求时可采用单灯控制；

3 应能够按照照明需求实现时钟、定时开关控制，对设定的场景模式进行自动切换；

4 宜具备数据处理、计算和优化功能；

5 应支持控制模块和网关模块的离线告警，支持控制与状态不一致反馈；

6 发生通讯故障时，设备在离线时应能按预设程序正常运行；

7 应具有断电或发生故障时自锁和存储记忆功能；

8 应具有故障自动反馈、自动恢复功能；

9 宜支持通过移动设备等实现查询及监控；

10 应能够根据授权就地或远程修改系统参数；

11 可与其他隧道内的物联网设施联动。

**6.2.5** 照明能耗监测设备应符合下列规定：

- 1 主电表设备宜安装在主电源入口处，用于监测总能耗；
- 2 分电表设备宜安装在各个照明分支回路配电箱内，实时监测各分支能耗；
- 3 在照明强度变化较大的区域，如隧道进出口、交叉口宜额外安装电表设备，监测局部能耗；
- 4 选用电表设备应支持电流、电压、功率因数、能耗等测量类型，支持主流通讯协议，如 Modbus、Profinet 等，便于接入隧道监控管理平台。

征求意见稿

## 7 系统安全

### 7.0.1 系统的信息安全应符合下列规定：

- 1 网络安全应满足结构安全、访问控制、网络设备防护的要求；
- 2 主机安全应满足身份鉴别、访问控制、入侵防范和恶意代码防范的要求；
- 3 应用安全应满足身份鉴别、访问控制、通信完整性和软件容错的要求；
- 4 数据信息安全应符合下列规定：
  - 1) 应能检测到重要业务数据在传输过程中完整性受到破坏；
  - 2) 应能够对重要信息进行备份和恢复，提供关键网络设备、通信线路、和数据处理系统的硬件冗余，保证系统的可用性；
  - 3) 能够收集并处理信息系统运行信息；
  - 4) 能够显示信息系统安全状态和安全事件；
  - 5) 通过防火墙、SIEM、IPS、IDS、WAF 等系统构建一个全方位入侵检测体系；
  - 6) 能有效检测并处置网络入侵、主机入侵、无线入侵等；
  - 7) 能够对信息系统安全事件进行报警；
  - 8) 能够监测异常行为，并报警提醒；
  - 9) 能够对异常行为进行必要的阻断；
  - 10) 能够对发生的入侵事件进行查询；
  - 11) 能够发现系统存在的漏洞；
  - 12) 能够对发现的漏洞进行补丁加固；
  - 13) 能够及时更新漏洞库；
  - 14) 能够发现不合规定的弱口令；
  - 15) 能够对脆弱性进行查询、增加、修改和删除等操作。

5 系统的信息安全功能宜包括但不限于：

- 1) 资产管理；
- 2) 信息系统安全分级；
- 3) 访问控制；
- 4) 物理和环境安全；
- 5) 备份；
- 6) 信息传输；
- 7) 恶意软件防范；
- 8) 脆弱性管理；
- 9) 入侵管理；
- 10) 异常行为管理；
- 11) 密码控制；
- 12) 通信安全。

**7.0.2** 系统的电气安全应符合国家现行有关标准的规定。

**7.0.3** 系统的电磁兼容性应符合下列规定：

- 1 国家标准《静电放电抗扰度试验》GB/T 17626.2-2018 中 2 级的要求；
- 2 《射频电磁场辐射抗扰度试验》GB/T 17626.3-2023 中 2 级的要求；
- 3 《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》GB/T 17626.4-2018 中 2 级的要求；
- 4 浪涌抗扰度应满足国家标准《电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验》GB/T 17626.5-2019 中 2 级的要求；
- 5 符合其他应遵循的国家标准及规范。

**7.0.4** 调光控制系统设备选型应力求技术先进、安全可靠、经济耐用、能耗低、

运营维护方便,所有材料和设备应由有生产许可的专业生产商制造、组装及测试,流程应符合有关的国家或行业标准规定。

**7.0.5** 隧道照明系统中的通讯设备需要通过接入控制、数据加密、权限管理、日志监控等手段进行多层次防护,同时要结合网络分区、冗余配置和应急预案,全面提升系统的网络安全性与可靠性。

**7.0.6** 调光控制系统应考虑电磁兼容和谐波问题,主要设备应符合 EMC 指标 IEC 61000-6-2:2017,不应影响隧道监控设备的正常工作和对隧道供电系统造成污染。

**7.0.7** 调光控制系统各个设备应能适应隧道恶劣运行环境采用工业化设计,具有宽温、防潮、抗腐蚀、抗振等功能。

征求意见稿

## 8 安装与调试

### 8.1 安装

#### 8.1.1 随车照明调光控制设备布置宜满足以下要求：

- 1 调光控制器可根据隧道的车流量情况、灯具布设情况、经济性原则进行灵活布设，但不宜跨越隧道照明区段；
- 2 为提高系统容错性，车辆探测器的布置应有冗余方案，且布设间距不应大于其检测范围；
- 3 宜在监控中心或隧道管理站部署工作站和智慧调光系统软件。

#### 8.1.2 无级调光设备安装宜满足以下要求：

- 1 隧道照明由变电所供电时，调光控制柜宜设置在变电所弱电间，照明控制器设置于控制柜内；
- 2 隧道照明由箱式变电站供电时，调光控制柜宜设置于弱电柜侧；箱式变电站受空间限制而难以放置时，可就近露天设置，采用露天型设备，防护等级不低于IP65；
- 3 洞外亮度检测器宜安装在距隧道洞口一个停车视距处，高度宜为1.5m，检测器探头方向应指向隧道洞口中心，停车视距应不小于表5.2.2中的数值；

表 5.2.2 照明停车视距  $D_s$  (m)

设计速度 $v_t$ (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
20~30	20	20	20	20	20	20	20	20	20

- 4 车辆检测器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来车方向；

- 5 车辆检测器宜设置在距离隧道入口前不小于一个随车照明区段长度处；
- 6 调光平台管理软件服务器宜布设在监控分中心或隧道管理站。

**8.1.3** 设于隧道内的控制和检测设备布设不得侵入建筑限界。

**8.1.4** 照明的电源回路宜根据调光控制方案进行设置。

**8.1.5** 宜在变电所的照明电源出线回路处设置可远控的交流接触器。

**8.1.6** 调光系统的施工安装应在具备以下条件时进行：

- 1 主体工程的预留孔洞、预埋件已完成；
- 2 应在隧道内喷涂作业完成后进行；
- 3 洞内相关设施安装点的设备基础、预埋件、预留洞室、机房等均经过检查，位置、尺寸等满足设计要求，预留管孔通畅。

**8.1.7** 系统施工完成后，应进行系统调试和试运行。

**8.1.8** 无线通信设备应远离强电、强磁和强腐蚀性设备，安装环境应满足设备正常工作的环境要求。

## **8.2 调试**

**8.2.1** 调试前应编制调试计划，对于改造项目应封路调试。

**8.2.2** 系统调试前应具备下列条件：

- 1 施工安装完成，并自检合格；
- 2 自带控制单元的被监控设备能正常运行；
- 3 数字通信接口通过接口测试；
- 4 针对项目编制的应用软件编制完成。

**8.2.3** 系统的调试工作应包括下列内容：

- 1 系统校线调试；

- 2 单体设备调试;
- 3 网络通信调试;
- 4 各设备功能调试;
- 5 系统功能调试。

**8.2.4** 系统调试应符合现行国家标准和现行《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80)的有关规定。

**8.2.5** 应用软件的调试和测试应符合下列规定:

- 1 应按照安装部署说明书、配置计划、功能说明书、使用说明书进行应用软件参数配置,检测软件功能并应作记录;
- 2 应对被测系统进行单元测试、集成测试、系统测试,并应对修改后的情况进行回归测试;
- 3 应测试软件的可靠性、安全性、可恢复性、鲁棒性、压力测试及自检功能等内容,并应作记录;
- 4 应以系统使用的实际案例、实际数据进行调试,系统处理结果应正确;
- 5 应根据需要对应用软件进行图形界面、业务功能、数据容量、数据存储、系统安全、系统性能、软件兼容性、系统日志、可扩展性、可维护性等测试,并应对测试过程与结果进行记录;
- 6 自校准的基于传感器信息的调光控制系统必须在校准后对系统性能进行验证。

**8.2.6** 系统调试结束后,应模拟各种运行工况进行自检,系统应能按设计要求实现预设功能。应在质检全部合格后,进行工程验收。

## 9 节能评价

### 9.1 一般规定

9.1.1 公路隧道照明系统节能减碳评价宜采用节能率、节能量、减碳量等指标。

9.1.2 公路隧道照明系统节能减碳指标宜通过智慧控制方案能耗量与基准能耗量进行计算。

9.1.3 公路隧道照明智慧控制方案能耗量可采用能耗模型估算或根据电能计量及照明控制系统统计数据计算。照明系统尚未投入实际运营时,可采用能耗模型估算。照明系统单独安装电能计量表时宜采用计量表数据计算,未单独安装计量表时,宜使用照明控制系统统计数据计算。

9.1.4 基准能耗量宜采用无级调光控制方案或时序控制方案下各照明段平均亮度,并按式(1)计算能耗量:

$$Q = \sum_i \alpha_i \times L_i \times l_i \quad (1)$$

式中:

$Q$ —根据公式计算的隧道照明系统单位时间(24 h)的照明能耗参考值,单位为千瓦时(kW·h);

$\alpha_i$ —某一隧道照明段单位长度、单位路面亮度的能耗系数,单位为千瓦时·平方米每米·坎德拉[(kW·h·m<sup>2</sup>)/(m·cd)],按表 9.1.4 确定;

$L_i$ —某一隧道照明段路面平均亮度标准值,单位为坎德拉每平方米(cd/m<sup>2</sup>);

$l_i$ —某一隧道照明段长度标准值,单位为米(m)。

表 9.1.4 公路隧道照明系统单位能耗系数表

序号	照明段	两车道隧道	三车道隧道
1	入口段 1	0.0290	0.0312
2	入口段 2	0.0335	0.0279
3	过渡段 1	0.0373	0.0413

4	过渡段 2	0.0820	0.0670
5	中间段	0.1368	0.1156
6	出口段 1	0.0485	0.0634
7	出口段 2	0.0623	0.0530

9.1.5 照明系统能耗量和基准能耗量宜按照日、周、月、年等周期计算。

9.1.6 照明系统减碳量宜根据节能量和碳排放因子进行计算。

## 9.2 使用能耗模型的能耗估算

9.2.1 能耗模型宜根据历史气象条件、交通量及其时间分布并按照如下步骤估算能耗量。

1 根据历史气象条件统计一定年份内每个季节的天气和光照情况，并根据照明系统相关标准获得各种情况对应的洞外亮度；

2 依洞外亮度确定灯具在白天亮灯功率，根据照明系统相关标准确定灯具在夜晚亮灯功率；

3 根据历史交通量及其时变图，结合微观交通流模型获得车辆车头间距，利用随车照明区段长度获得照明灯具亮灯和暗灯的时长；

4 根据白天和夜晚亮灯时长和功率、暗灯时长和功率估算日能耗量，通过对日能耗量求和估算月、年能耗量；

9.2.2 基准能耗量宜按照如下步骤计算

1 根据历史气象条件统计一定年份内每个季节的天气和光照情况，获得各种情况对应的洞外亮度；

2 根据《公路隧道照明设计细则》(JTG D70/2-01—2014)计算各照明段在各时段的亮度要求，并按式 (2) 计算平均亮度：

$$L_i = \frac{\sum L_i^p \times t^p}{\sum t^p} \quad (2)$$

式中：

$L_i$ —某一隧道照明段路面平均亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m<sup>2</sup>)；

$L_i^P$ —某一隧道照明段在时段 $P$ 的亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m<sup>2</sup>)。

$t^P$ —时段 $P$ 的时长，单位为秒(s)；

3 按照式(1)计算日能耗量，通过对日能耗量求和计算周、月、年能耗量。

### 9.3 使用电表数据的能耗计算

9.3.1 隧道照明的日、月、年能耗量从照明系统电表获取，通过相应周期开始和结束时电表读数。

9.3.2 基准能耗量宜按照如下步骤计算

1 根据既有洞外亮度仪或时序控制方案，确定日周期内不同时间段的洞外亮度；

2 根据《公路隧道照明设计细则》(JTGD70/2-01—2014)计算各照明段在各时段的亮度要求，并按式(2)计算平均亮度；

3 按照式(1)计算日能耗量，通过对日能耗量求和计算周、月、年能耗量。

### 9.4 使用照明控制系统数据的能耗计算

9.4.1 隧道照明日能耗宜按照如下步骤计算

1 获取照明控制系统记录的日内各时段照明灯具亮度等级及处于该等级的照明时长；

2 获取照明灯具各亮度等级对应的功耗；

3 根据照明灯具各时段功耗及对应时长计算日能耗量，通过对日能耗量求和计算周、月、年能耗量。

9.4.2 基准能耗量宜按照如下步骤计算

1 获取照明控制系统记录的日内白天各时段洞外亮度；

2 根据《公路隧道照明设计细则》(JTGD70/2-01—2014)计算各照明段在各

时段的亮度要求，并按式（2）计算平均亮度；

3 按照式（1）计算日能耗量，通过对日能耗量求和计算周、月、年能耗量。

## 9.5 节能计算

9.5.1 公路隧道智慧照明节能量宜采用式（3）计算：

$$E_{\text{save}}^T = E_B^T - E_P^T \quad (3)$$

式中：

$T$ —隧道照明系统节能计算周期，可取日、周、月、年。

$E_{\text{save}}^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的节能量；

$E_B^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的基准能耗量；

$E_P^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的能耗量。

9.5.2 公路隧道智慧照明节能比宜采用（4）计算：

$$E_r^T = \frac{E_P^T}{E_B^T} \quad (4)$$

式中：

$T$ —隧道照明系统节能计算周期，可取日、周、月、年。

$E_r^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的节能比；

$E_B^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的基准能耗量；

$E_P^T$ —隧道照明系统在周期 $T$ 的能耗量。

## 9.6 减碳量计算

9.6.1 照明系统减碳计入期不超过 10 年，且须在项目寿命期限范围内。对于单座公路隧道的照明系统，项目寿命期的开始时间为项目正式运营的日期，项目寿

命期的结束时间为公路隧道照明系统不能满足使用要求或再次升级改造的日期。对于多座公路隧道的照明系统，项目寿命期的开始时间为多座公路隧道中最早正式运营的日期，项目寿命期的结束时间为多座公路隧道中最早不能满足使用要求或再次升级改造的日期。

**9.6.2** 照明系统减碳量宜按照年周期计算，年节能量乘以生态环境部于 2022 年公开发布的全国统一外购电力排放因子 0.5810 tCO<sub>2</sub>/MWh 得出：

$$E_{\text{reduction}}^y = E_{\text{save}}^y \times 0.5810 \text{ tCO}_2/\text{MWh} \quad (5)$$

式中：

$E_{\text{reduction}}^y$  — 第  $y$  年减碳量；

$E_{\text{save}}^y$  — 第  $y$  年节能量。

## 9.7 节能评价指标

公路隧道智慧照明节能效果宜采用节能率对应的节能评价等级作为节能指标，并符合表 8.7 中的规定。

表 9.7 节能评价等级

节能等级	节能比区间
1 级	$E_r \leq 0.649$
2 级	$0.649 < E_r \leq 0.838$
3 级	$0.838 < E_r \leq 0.992$

附录 A 不同速度与随车照明开启照明长度的情况下的临界  
交通量 (veh/d)

速度 (km/h) 开灯 总长度 (m)	60	80	100	120
100	14400	-	-	-
120	12000	-	-	-
140	10286	13715	-	-
160	9001	12000	-	-
180	8001	10667	-	-
200	7201	9600	12000	-
220	6546	8728	10910	-
240	6001	8000	10000	-
260	5539	7385	9231	-
280	5143	6858	8572	10286
300	4801	6400	8001	9600
320	4501	6000	7501	9000
340	4236	5648	7059	8471
360	4001	5334	6667	8000
380	3790	5053	6316	7579
400	-	4800	6001	7200

## 用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

征求意见稿

## 引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01

《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2

《公路 LED 照明灯具 第五部分：照明控制器》JT/T 939.5

《公路隧道 LED 照明调光系统设计标准》T/CECS G:D85-11

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准  
公路隧道智慧低碳 LED 照明技术规程

T/CECS xxx—20XX

条文说明

征求意见稿

# 制定说明

本标准制定过程中，编制组进行了隧道照明控制方面的实际项目工程调查研究，总结了我国工程建设中隧道照明控制与节能的实践经验，参考了国内外先进技术法规、技术标准。在吸收国际先进理念的同时，本标准结合了我国工程建设的特点和实际，更加符合国情。此外，编制组还对隧道照明智慧化控制的发展趋势、当前问题的原因等进行了系统调研，明确了本标准的适用范围，保证标准的可操作性。

标准的编制以技术先进、安全适用、经济合理为基本原则，与现行相关国家、行业标准相协调，并结合了项目调研、技术研讨、检测试验、工程应用等的成果结论。标准规范了隧道照明的智慧化控制，为实现对隧道照明控制过程的中能耗数据规范化采集，为优化调光控制模型和提升隧道照明管理的科学化水平，提供可靠的数据支撑，为隧道建设的数字化转型提供技术支撑。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定，《公路隧道智慧低碳 LED 照明技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

3	基本规定 .....	36
4	智慧照明调光系统控制层 .....	37
4.1	一般规定 .....	37
4.3	控制策略 .....	37
9	节能评价 .....	41
9.4	使用照明控制系统数据的能耗计算 .....	41
9.6	减碳量计算 .....	41
9.7	节能评价指标 .....	41

征求意见稿

### 3 基本规定

**3.0.1** 公路隧道智慧低碳 LED 照明的设计、建设与管理，必须是依法依规，遵守国家以及行业隧道照明现行相关标准规范的有关规定。

**3.0.2** 本条规定公路隧道智慧低碳 LED 照明应当坚持以人为本、安全优先、节能兼顾的基本原则，在保证行车安全的前提下，利用先进的智能技术控制照明调光，达到节能减排目的。

**3.0.3** 公路隧道智慧低碳 LED 照明系统控制方式和规模,应当与所在项目的交通量、工程造价、能源管理等综合因素相匹配。同时还应当遵循“资源配置优化、理念适度超前”的原则。

征求意见稿

## 4 智慧照明调光系统控制层

### 4.1 一般规定

4.1.3 隧道管理人员可根据实际运营管理情况，由自动控制方式切换到手动控制方式，改为手动操作。自动控制方式优先级低于手动控制方式。

### 4.3 控制策略

4.3.1 随车照明调光系统想要得到节能效益，其与交通量的大小密不可分，根据上文所述其节能率与交通量呈现明显的反比关系，在交通量小于某一临界值时，该系统即可产生节能效果。

随车照明调光系统的原理就是在隧道内无车的情况下降低灯具功率来减少照明能耗，那么通过对其运行原理的分析就可以得：出当交通量达到某一定值 $p_l$ （单位为 veh/d）时，使其刚好能全部打开所有隧道灯具，那么若交通量小于 $p_l$ 时系统就会产生节能效果，则 $p_l$ 即为随车照明调光系统的临界交通量。

临界交通量可以看作隧道内的车辆一纵队形式，间隔固定距离匀速驶入隧道，在此情况下刚好可以使调光系统全部点亮所有灯具。现在假设某一隧道的行车速度为 $v$ （单位为 m/s），随车照明调光系统设计的车辆前部照明距离为 $d_q$ （单位为 m）、车辆后部照明距离为 $d_h$ （单位为 m），则可以得到单辆车的临界亮灯持续时间（单位为 s/veh）为：

$$s_l = \frac{d_q + d_h}{v}$$

那么每天的临界交通量为：

$$p_l = \frac{24 \times 60 \times 60}{s_l}$$

即可以得到在不同速度与照明长度的情况下的临界交通量。

表 4.3.3-1 中所列照明长度为随车照明控制系统根据单台车辆位置所开启的照明区段总长。并以《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）中的第 4.0.15 条与附录 B 中的停车视距为最小照明长度，列出对应的临界交通量。

实际运行中，多车道多车并行或者单车道多车小间距行车时，交通量大于目前的临界交通量时，也可实现节能，但在该交通量下产生的节能收益已小于投资成本，故作此规定。

**4.3.2** 依据《公路隧道照明设计细则》（JTG/T D70/2-01-2014）表 6.1.1 中对交通量的分级规定，结合实际案例调查，在此状态下交通流为完全自由流，交通量小，车速高，行车密度低，产生的节能能耗可观，随车照明调光控制系统的投资回报率较高，故作此规定。

**4.3.3** 当采用随车照明调光控制系统时：

1 根据不同调光模式的原理，按上述优先级顺序可实现最佳的节能减排效果。

3 随车照明调光系统开启的灯具照明区段长度直接影响了隧道的行车安全，而这个照明长度也与节能效果直接相关，若照明长度偏短，则影响驾驶员的视距判断，而若长度过长，其节能效果则会大幅降低，所以需要计算一个合理的照明区段长度。

目前《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）中的第 4.0.15 条与附录 B 中对停车视距有详细的规定：

**表 F4.3.3a 停车视距**

设计速度 $V_t$ (km/h)	120	100	80	60	40	30	20
停车视距 (m)	210	160	110	75	40	30	20
货车停车视距 (m)	245	180	125	85	50	35	20

**表 F4.3.3b 不同纵坡的货车停车视距**

纵坡坡度 (%)		设计速度 (km/h)										
		120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
下坡 方向	0	245	210	180	150	125	100	85	65	50	35	20
	3	265	225	190	160	130	105	89	66	50	35	20
	4	273	230	195	161	132	106	91	67	50	35	20
	5	-	236	200	165	136	108	93	68	50	35	20
	6	-	-	-	169	139	110	95	69	50	35	20
	7	-	-	-	-	-	-	-	70	50	35	20
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	20
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20

故该车距已给定在相应速度下发生各类交通安全问题时车辆可以停止的最小距离。而通过调查，目前的隧道内的交通状况通常都会有超速行为发生，所以

安全的照明区段长度可以依据《公路工程技术标准》中停车视距进行提档定值，即设计时速不小于 60km/h 的均按高一等级速度取值，40km/h 的按 80km/h 取值，小于 40km/h 的按 60km/h 取值。

4 对于车辆后方的照明，由于当车辆后方有车驶来时，后方车辆的前方照明将被正常开启，故对于前方车辆来说其后方的照明已由后方车辆的随车照明区段开启，故随车照明区段的车辆后方照明长度可根据实际运营环境，结合节能效果分析，确定调光长度。

5 灯具开启的时间也影响着行车安全与节能效果。根据照明区段长度即可得出按标准设计速度驶过相应照明区段长度的时间，该时间即为开启照明区段的最小持续时间，由于在计算照明灯具开启长度时已考虑过安全余量，故在计算开启照明区段的持续时间时不再增加安全余量。

9 照明灯具设计之初一般有 20%左右功率冗余，在车流量较小时，仅开启应急照明亦远超规范要求，因此建议综合评估是否将应急照明纳入调光范围。

13 可联动隧道内异常事件检测，当隧道内出现异常时，提供安全常亮照明。

16 隧道本地的系统可独立运行，当本地与隧管所断开时，本地系统仍可独立运行。

#### 4.3.4 当采用无级照明调光控制系统时：

3 调光系统的控制分级越大对驾驶者的视觉影响，同时也避免瞬间过快调光控制对灯具及电源产生冲击影响寿命，故作此规定。另外根据依据《公路隧道照明设计细则》（JTG/T D70/2-01-2014）表 6.1.1 中对中间段亮度的规定，目前大部分隧道的中间段亮度取值为  $2.5\text{cd}/\text{m}^2$ ，再结合《公路隧道照明设计细则》（JTG/T D70/2-01-2014）第 5.0.2 条，故当洞外亮度不大于  $2.5\text{cd}/\text{m}^2$  的 2 倍时，加强段的照明作用意义已不大，故将  $5\text{cd}/\text{m}^2$  作为加强照明关闭的阈值。

10 建议清晨时段为 5:00~7:00，上午时段为 7:00~10:00，中午时段为 10:00~15:00，下午时段为 15:00~18:00，夜晚时段为 18:00~21:00，深夜时段为 21:00~5:00（下一天）。由于公路隧道实际情况差异化程度大，因此隧道管理单位在制定照明具体控制策略时，还宜充分考虑日照时间、洞口朝向、季节日长短、功能定位等多种因素，形成细化实用的操作手册。

11 隧道本地的系统可独立运行，当本地与隧管所断开时，本地系统仍可独立

运行。

12 可联动隧道内异常事件检测，当隧道内出现异常时，提供安全常亮照明。

征求意见稿

## 9 节能评价

### 9.4 使用照明控制系统数据的能耗计算

9.4.1 表 9.4.1 中数据取自《公路机电设施用电设备能效等级及评定方法 第 3 部分：公路隧道照明系统》（JT/T 1431.3-2022）》第 6.4 条。

### 9.6 减碳量计算

9.6.2 考虑照明灯具光衰等因素，年能耗量随使用年限逐渐增加，节能量相应减少，减碳量也相应减少，因此需按使用年限计算每年减碳量。

### 9.7 节能评价指标

表 9.7 中数据取自《公路机电设施用电设备能效等级及评定方法 第 3 部分：公路隧道照明系统》（JT/T 1431.3-2022）》第 5 部分。

征求意见稿