

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

隧道顺光照明技术指南

Technical guide for tunnel pro-beam lighting

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 技术要求	4
4.1 一般规定	4
4.2 灯具要求	4
4.3 控制系统技术要求	5
5 设计	6
5.1 一般规定	6
5.2 洞内照明设计	7
5.3 引道照明设计	7
5.4 顺光照明计算	8
5.5 调光控制系统设计	8
6 智能控制	9
6.1 系统构成	9
6.2 洞内照明调光	9
6.3 引道照明调光	10
7 安装与调试	10
7.1 一般要求	10
7.2 隧道 LED 灯具安装要求	11
7.3 隧道洞外照明灯具安装要求	11
7.4 隧道洞外亮度检测设备安装要求	11
7.5 隧道 LED 照明控制器安装要求	12
7.6 车辆检测器安装要求	12
7.7 隧道洞外设备基础施工要求	12
7.8 工程调试与检查要求	12
8 质量评价	12
8.1 顺光照明质量评价	12
8.2 照明控制系统检测	13
9 维护与管理（调光控制、顺光方面的管理要求）	13
附 录 A （资料性） 质量检验评定表	14

前 言

本文件经中国交通运输协会批准立项，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。文件起草组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本文件。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。

本文件的主要技术内容是：1范围；2规范性引用文件；3术语和定义；4技术要求；5设计；6智能控制；7安装调试；8质量检验；9维护与管理；附录。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广州北二环交通科技有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、广西交科集团有限公司、济南金宇公路产业发展有限公司、武汉中交交通工程有限责任公司、广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司、北京中德建基路桥工程技术有限公司、越秀交通基建投资有限公司、北京云星宇交通科技股份有限公司。

本文件主要起草人：

隧道顺光照明技术指南

1 范围

本指南规定了隧道顺光照明的技术要求、设计、智能控制、安装调试、质量检验及维护管理。本指南适用于公路及城市道路单向交通隧道顺光照明系统的新建及改（扩）建工程。

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 24825 LED模块用直流或交流电子控制装置性能要求
- GB/T 24907 道路照明用LED灯 性能要求
- GB/T 24969 公路照明技术条件
- GB/T 26942 环形线圈车辆检测器
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 5700 照明测量方法
- JTG H12 公路隧道养护技术规范
- JTG 2182 公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程
- JT/T 609 公路隧道照明灯具
- JTG/T D70/2-01 公路隧道照明设计细则
- JTGD 70/2 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施
- JTG/T F72 公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范
- JT/T 939.1 公路 LED 照明灯具 第 1 部分：通则
- JT/T 939.2 公路 LED 照明灯具 第 2 部分：公路隧道 LED 照明灯具
- JT/T 939.5 公路 LED 照明灯具 第 5 部分：照明控制器
- GDJTG/T J03 广东省高速公路隧道 LED 照明设计与施工技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

3.1

顺光照明 pro-beam lighting

沿行车方向投射光线的照明形式，其光束投射方向与行车方向一致。

3.2

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。

3.3

广播调光 broadcast dimming

对隧道内所有灯具同时进行调光。

3.4

点播调光 unicast dimming

对隧道内单个灯具进行调光。

3.5

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 技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 顺光照明系统设计及产品选用应遵循安全、节能、绿色、环保的原则。

4.1.2 顺光照明系统应根据使用场所对照明的功能要求、系统性能特点、管理需求和建设条件等因素综合确定。

4.1.3 顺光照明系统的各设备及相关软件应相互兼容。

4.1.4 隧道顺光照明宜采用 LED 灯具。灯具及其附属装置的选择应符合相关灯具制造和检测的标准。光源和附件便于更换。灯具零部件具有良好的防腐性能。

4.2 灯具要求

4.2.1 顺光型灯具的光源照射范围逆行车方向偏角宜为 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，顺行车方向宜为 $65^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。如图 1 所示。

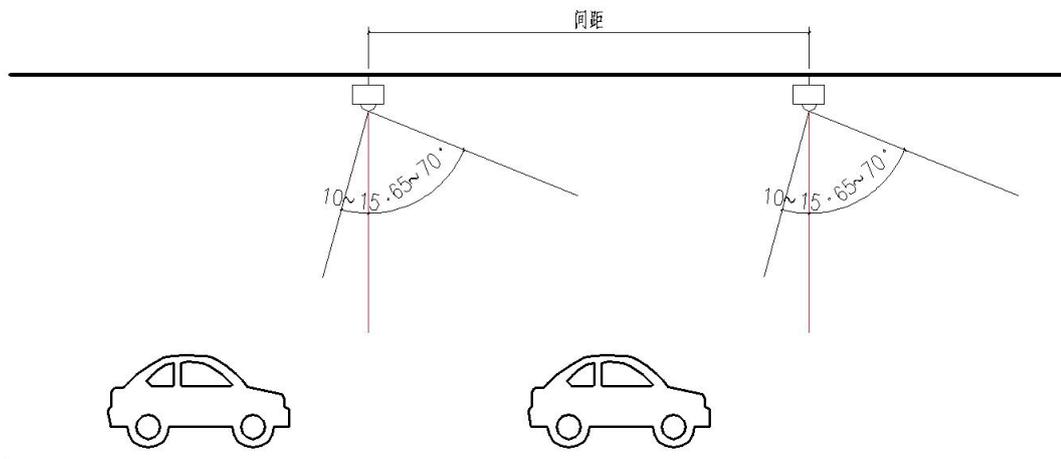


图 1 顺光照明光源照射范围

4.2.2 LED 灯具光效不应低于表 1 的规定。

表 1 LED 灯具能效等级

额定功率 W	光效 lm/W		
	1级	2级	3级
≤60	130	120	100
>60	135	125	105

4.2.3 正常使用情况下,LED 灯具的使用寿命(累计亮灯时间)应不低于 80,000 小时,灯具 6,000 小时光通维持率不应低于 98%,25,000 小时的光通维持率不低于 97%。

4.2.4 LED 灯具初始显色指数不应低于 65。

4.2.5 隧道 LED 灯具的额定相关色温应以 100K 为步长。同一隧道照明段的 LED 灯具色温应保持一致。入口段、过渡段和出口段设置的加强照明灯具的色温宜介于 4500K~5000K 之间。中间段设置的基本照明灯具的色温宜介于 3500K~4500K 之间。

4.2.6 灯具防护等级不应低于 IP65。

4.3 控制系统技术要求

4.3.1 照明控制系统的设计及应用应符合国家及行业现行标准《公路照明技术条件》GB/T 24969、《公路 LED 照明灯具 第 5 部分:照明控制器》JT/T 939.5、《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 的有关规定。

4.3.2 照明控制系统的控制管理设备、通信网络及协议应与传感器、镇流器或驱动电源、灯具等设备兼容。

4.3.3 系统应具有手动调节功能。

4.3.4 系统宜采用独立的控制系统,并接受上级计算机管理。

4.3.5 控制信号传输方式

- 1) 隧道 LED 照明控制信号传输可采用数字和模拟两种方式。
- 2) 当采用模拟信号方式时,模拟控制信号电压宜采用 DC0~5V 或 DC0~10V 模拟信号,其中 0V 对应 LED 灯具最大输出功率,5V/10V 对应 LED 灯具最小输出功率。单个模拟调光控制器输出驱动能力应不低于 20mA。
- 3) 当采用数字信号传输方式时,控制器应具备自动搜索并分配灯具地址功能。并应具备广播式调光控制、组播式调光控制和点播式单灯调光控制功能。

4.3.6 控制器技术要求

- 1) 时间:照明控制器应采用渐变方式对 LED 灯具进行调光,调光时间应不大于 10S。
- 2) 调光等级:照明控制器输出的调光等级应不低于 24 级。
- 3) 调光范围:照明控制器应对 LED 灯具在 10%~100%亮度范围内进行调光控制,并且具备关闭功能。
- 4) 通信接口:照明控制器应具备 RJ45 以太网接口和 RS485 接口。
- 5) 时钟校准:照明控制器应具备时钟校准功能。
- 6) 电保护:照明控制器断电后,已设置参数不应丢失,恢复供电时应能自动进入正常调光状态。并且控制器内部时钟在断电情况下运行时间不小于 10 天。
- 7) 响应:远程自动控制方式时照明控制器与上位机发生通信故障,照明控制器应能接管控制任务,根据预设的控制参数对 LED 灯具进行调光控制。
- 8) 可靠性:控制器平均无故障时间 MTBF 应不小于 30000h。
- 9) 隧道 LED 照明控制器性能要求应符合 IEC62384《LED 模块之交直流电源电子式控制装置性能要求》和 GB/T24825 《LED 模块用直流或交流电子控制装置性能要求》。

- 10) 隧道 LED 照明控制器安全要求应符合 GB19510.1 《灯的控制装置 第 1 部分：一般要求和安全要求》。
- 11) 隧道 LED 照明控制器应具有断电检测和响应功能，应能与上位机实现通信，当通信中断时，应能进入时序自动控制模式。
- 12) 控制器应能承受电源额定电压±20%的波动。

4.3.7 调光技术参数

- 1) 在自动调光状态下入口段 1 路面调光亮度应符合《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 第 4.1 节的有关规定，且不宜超过 20%。
- 2) 在自动调光状态下中间段路面调光亮度应符合《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 第 6.1.1 条的有关规定，且不宜超过 20%，但不应低于 1.0cd/m²；其中间段交通量还可采用内插法进行调光。
- 3) 调光系统的亮度等级应符合《公路 LED 照明灯具 第 5 部分：照明控制器》JT/T 939 的有关规定。
- 4) 洞内入口侧加强照明对洞外亮度变化的响应时间：洞内亮度上升沿响应时间宜不大于 3s，下降沿响应时间宜大于等于 10s，小于等于 20s。

4.3.8 隧道照明监控管理软件应具有以下基本功能：

- 1) 能够显示所管理隧道的洞外亮度变化曲线，加强照明输出功率百分比和基本照明输出功率百分比的调光曲线。
- 2) 当系统带有洞内亮度检测时，能够显示洞内亮度变化曲线。
- 3) 通讯故障报警功能。
- 4) 数据备份和查询功能。
- 5) 远程手动亮度调节功能。
- 6) 当带有车流量检测设备时，能够显示车流量数值。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 顺光照明设计应满足路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、闪烁和诱导性要求。

5.1.2 顺光照明设计应充分收集和了解隧道土建工程及交通工程设计相关资料进行统筹设计，并应遵循下列原则。

- 1) 应调查洞口朝向及洞外环境。
- 2) 应初步判定或现场测定洞外亮度，必要时可制订洞外减光方案。
- 3) 应根据交通量变化分别确定各分期设计年限入口段、过渡段、中间段和出口段的亮度指标。
- 4) 应结合隧道断面形式确定灯具安装方式、位置。

5.1.3 单向交通隧道照明可划分为入口段照明、过渡段照明、中间段照明、出口段照明以及洞外引道照明。

5.1.4 隧道入口段、过渡段、中间段、出口段照明应由基本照明和加强照明组成；基本照明应与中间段照明一致。

5.1.5 顺光照明设计应考虑运营期灯具受污状况和养护情况，养护系数 M 值宜取 0.7；纵坡大于 2%且大型车比例大于 50%的特长隧道养护系数 M 宜取 0.6。

5.1.6 顺光照明灯具宜采用两侧对称的布置形式，也可采用两侧交错、中线、和中线侧偏等形式。

5.1.7 隧道两侧墙面 2m 高范围内的平均亮度,不宜低于路面平均亮度的 60%。在选取顺光照明灯具时,应采用合理的配光曲线,以兼顾墙面照明。

5.1.8 加强照明灯具可采用一体化成型的 LED 条状灯具,降低布灯间距,提升路面中线亮度纵向均匀度。

5.1.9 照明控制应结合洞外亮度、时间、交通量、设计速度、供电电压、天气条件、光源特性等设计运营方案。

5.1.10 照明控制设计宜采用智能控制为主、手动控制为辅的控制方式。

5.2 洞内照明设计

5.2.1 洞内照明应按入口段、过渡段、中间段、出口段进行分段设计,各分段的设计长度、设计亮度应满足《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 的要求。

5.2.2 洞外亮度在设计阶段无法获得时,可查《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 表 4.2.1 进行计算。在洞口土建完成时,宜进行洞外亮度实测;实测值与设计取值的误差超出 $\pm 25\%$ 时,若不能通过调光控制系统达到所需亮度要求,则应调整照明系统设计。

5.2.3 顺光照明系统的入口段加强照明宜自隧道洞口顶部以内 5m 处开始布设,出口段加强照明宜自隧道洞口顶部以内 10m 处开始布设。

5.2.4 顺光照明驾驶员的前窗视角和后视镜中反射光线产生的眩光阈值增量 TI 值应小于 2%。

5.2.5 基本照明采用顺光照明方式,在单向交通量大于 1200veh/(h·ln) 时,亮度可按《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 表 6.1.1 所列亮度标准的 80%取值,但不应低于 1.0cd/m²。

5.2.6 顺光照明宜与调光控制系统协同设计,以达到综合节能的目的。

5.3 引道照明设计

5.3.1 引道照明宜进行亮度渐变设计,与隧道洞内照明亮度相适应。

5.3.2 对于新建项目,宜将灯杆间距设置为由疏到密的不等间距布置,以图 2 为例,灯杆间距由 50m 渐变至 10m,灯具功率统一为 260W,有利于路灯的维护更换,并可采用组播调光,降低控制难度。对于改建项目,可采用加密灯杆的方式实现亮度渐变。以图 3 为例,适当加密灯杆(虚线框内为新增灯具)。灯具功率由低到高,越靠近洞口功率越高,由 100W 渐变至 260W

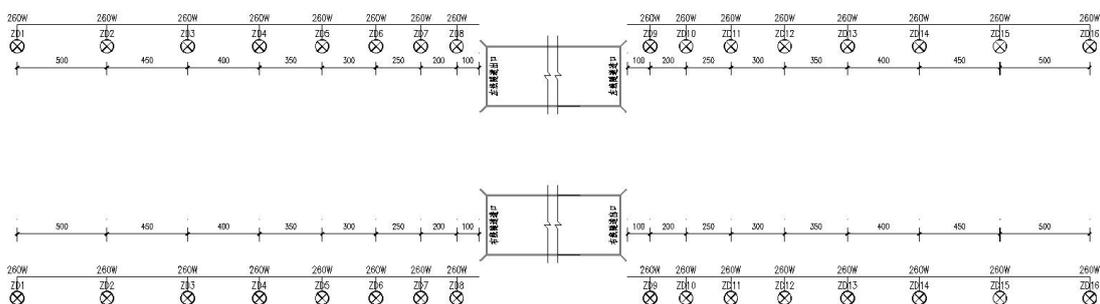


图 2 不等间距,相同功率的布灯方式

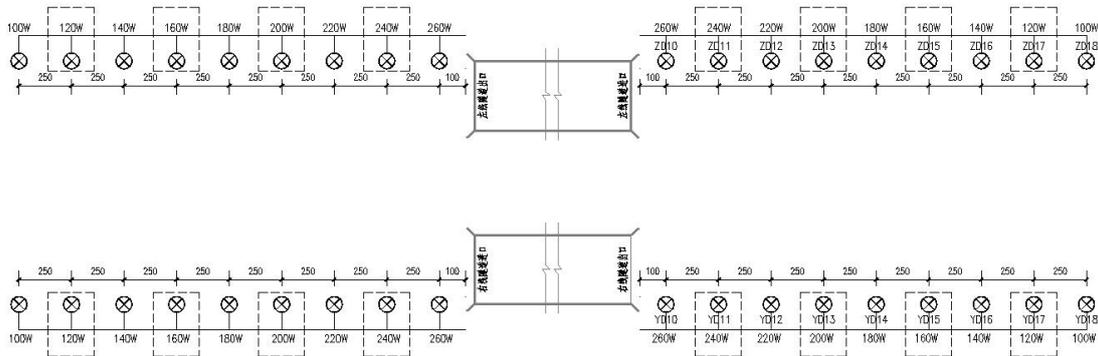


图3 加密灯杆，不同功率的布灯方式

5.3.3 引道照明灯杆设置于道路外侧时，可采用顺光照明灯具，但应考虑顺光照明灯具其对向车道的行车的影响，其眩光阈值增量 TI 值应小于 10%。

5.3.4 引道照明在隧道出入口的设计亮度宜与洞内基本照明设计亮度保持一致，其设置长度不宜低于下表所示值：

表2 引道照明设置长度

设计速度 (km/h)	长度 (m)
120	240
100	180
80	130
60	95
20~40	60

5.4 顺光照明计算

5.4.1 新建或改建项目中宜对顺光照明的亮度计算值等主要参数进行计算，不宜直接采用对称性照明灯具的设计方案。

5.4.2 顺光照明计算应补充收集灯具配光曲线，以及灯具安装高度、间距、仰角。宜采用软件模拟计算。

5.4.3 当无法获得灯具配光曲线，而采用利用系数法进行估算时，为确保路面亮度指标达到设计要求。当路面材料为水泥混凝土时，顺光照明灯具计算功率宜对称型灯具提高 5%；当路面材料为沥青路面时，顺光照明灯具计算功率宜对称型灯具提高 10%。

5.5 调光控制系统设计

5.5.1 调光控制系统的设备供电电源宜按一级负荷设计；没有一级负荷时，宜按最高等级负荷设计。

5.5.2 调光控制设备宜设于室内粉尘较少的环境。当调光控制设备设于露天环境时应采取防水防尘措施，其防护等级应不低于 IP65。

5.5.3 调光控制柜宜设置在变电站弱电室或箱式变电站低压侧。当隧道仅有一端设置变电站时，另一端可采用露天控制柜或在隧道内设置嵌入式调光控制箱。

5.5.4 隧道内设置的控制柜宜安装在硐室内。当明装于隧道壁时，不得入侵建筑限界。

5.5.5 调光系统控制柜内宜设置手动/转换功能。

5.5.6 远程管理站宜为调光工作站提供一个可靠的 IP 地址和网络端口。

5.5.7 洞内亮度仪探测区域宜朝向前方路面。中间段亮度仪探测方向应避免情报板、紧急停车带等光

线的干扰。

5.5.8 当控制距离较远需要采用分控箱、集线器或中继器时，其信号输入端与输出端应采取隔离措施。

6 智能控制

6.1 系统构成

6.1.1 照明系统包括隧道照明控制器、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。系统构成如下图所示：

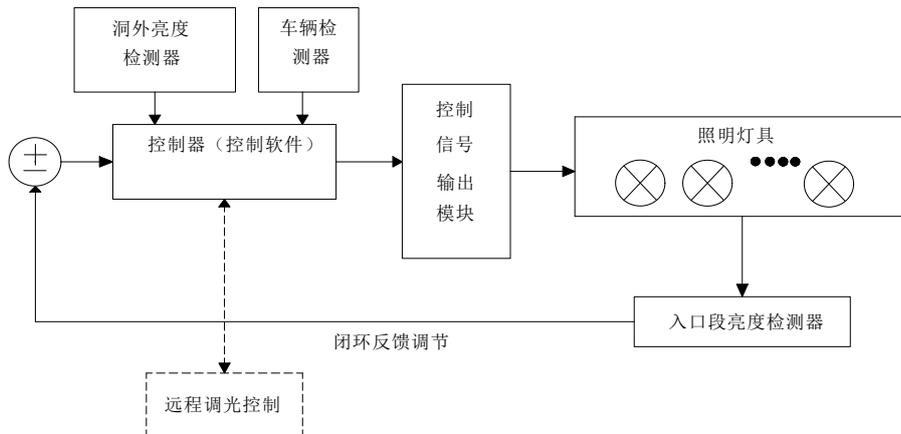


图 4 照明系统构成示意图

6.1.2 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自适应调节。

6.2 洞内照明调光

6.2.1 隧道洞内照明运行工况调整照明控制模式。如下表所示：

表 3 不同运行工况下的控制模式

工况名称	工况描述	控制模式
正常工况	交通状况良好，无事件、事故、火灾发生，隧道运行正常。	全段按需调光。
养护工况	养护管理人员对隧道进行养护。	养护段最大亮度，其余段按需调光控制。
交通异常工况	隧道内交通发生短暂性意外、拥挤或堵塞。	所有灯具开启到最大亮度。
火灾工况	隧道内发生火灾。	所有灯具开启到最大亮度。

6.2.2 隧道洞内自适应调光系统应同时具备智能调光和时序调光两种工作模式。

6.2.3 隧道洞内自适应调光系统应加强照明和基本照明分别制定调光控制策略。

6.2.4 入口段、过渡段加强照明亮度应根据洞外亮度、交通量、灯具养护系数综合确定灯具输出功率。考虑实际交通量条件下的入口段亮度折减系数和实时洞外亮度，分别用为 $k(t)$ 、 $L_{20}(S)(t)$ 表示。养护系数随灯具使用年限变化的函数用 $M(t)$ 表示，则隧道运营初期有 $M(t)_{t=0}=0.7$ 。加强照明段隧道照明灯具的实时输出功率百分比以 ψ 表示，则有：

$$\psi = M(t) \times \frac{k(t) \times L_{20}(S)(t)}{k \times L_{20}(S)} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- K (t) ——实际交通量下的入口段亮度折减系数；
- $L_{20}(S)(t)$ ——洞外亮度实际值；
- K ——设计交通量下的入口段亮度折减系数；
- $L_{20}(S)$ ——洞外亮度设计值；
- M(t) ——养护系数随灯具使用年限变化的函数；
- ψ ——加强照明段隧道照明灯具的实时输出功率百分比。

6.2.5 中间段基本照明应根据交通量、设计车速、灯具养护系数确定灯具输出功率。根据实际交通量可以计算出一个实时的 $L_{in}(t)$ ，则有：

$$\psi = M(t) \times \frac{L_{in}(t)}{L_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $L_{in}(t)$ ——实际交通量下的中间段亮度取值；
- L_{in} ——设计交通量下的中间段亮度取值；
- M(t) ——养护系数随灯具使用年限变化的函数；
- ψ ——基本照明段隧道照明灯具的实时输出功率百分比。

6.2.6 出口段亮度为中间段照明的固定倍数，其调光控制策略与中间段相同。

6.3 引道照明调光

6.3.1 引道照明通常在夜间开启，其调光控制应与洞内基本照明联动。

6.3.2 引道照明宜根据灯杆数量分级渐变。以洞口共设四杆引道照明为例，引道照明调光策略如下表：

表4 引道照明入口调光策略

灯杆号	对应引道照明亮度比例
入口第一杆	0.5/L
入口第二杆	$(L_{in}-0.5)/4+0.5)/L$
入口第三杆	$(L_{in}-0.5)*2/4+0.5)/L$
入口第四杆	$(L_{in}-0.5)*3/4+0.5)/L$

表5 引道照明出口调光策略

灯杆号	对应引道照明亮度比例
出口第一杆	$(L_{in}-0.5)*3/4+0.5)/L$
出口第二杆	$(L_{in}-0.5)*2/4+0.5)/L$
出口第三杆	$(L_{in}-0.5)/4+0.5)/L$
出口第四杆	0.5/L

注：(1) L为引道路灯输出100%亮度值；
 (2) L_{in} 为隧道洞内实时亮度；
 (3) 亮度调节范围低于0.5cd/m²按0.5cd/m²亮度取值。

7 安装与调试

7.1 一般要求

7.1.1 隧道顺光 LED 照明工程施工内容主要包括以下六个分项工程的安装、调试及检查：

- 1) 隧道 LED 照明线路；
- 2) 隧道 LED 照明灯具；
- 3) 隧道 LED 照明检测设备；

- 4) 隧道 LED 照明控制设备;
- 5) 车辆检测器;
- 6) 设备基础施工。

7.1.2 隧道 LED 照明工程施工前应该具备以下条件:

- 1) 隧道主体工程全部完成;
- 2) 隧道装饰工程基本完成;
- 3) 隧道内预埋电力管路完工并经检查验收。

7.2 隧道 LED 灯具安装要求

7.2.1 设备进场检查及质量要求

- 1) 产品合格证、质量检测报告等资料齐全,各种产品参数均满足设计要求;
- 2) LED 灯具尺寸、型号规格符合设计要求,无机械损伤、变形、防腐层脱落、灯罩破裂等现象;
- 3) LED 灯具通电后发光均匀,无灭点,工作正常;
- 4) LED 灯具性能要求及检验规则等方面应符合《公路 LED 照明灯具 第 2 部分:公路隧道 LED 照明灯具》(JT/T 939.2)和《公路隧道照明灯具》(JT/T 609)的有关规定。

7.2.2 设备安装要求

- 1) 灯具应发光均匀,从行车方向看去无刺眼的眩光;
- 2) LED 照明灯具安装支架结构尺寸、预埋件、安装方位、安装间距等符合设计要求;
- 3) LED 灯具安装的纵向偏差不大于 30mm,横向偏差不大于 20mm,高度偏差不大于 10mm;
- 4) LED 灯具的安装不得侵入隧道建筑限界,安装时应调整灯具角度调节器,使路面亮度尽量一致。
- 5) 隧道 LED 灯具其他安装要求应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》(JTG/T F72-2011)和《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》(JTG 2182-2020)的有关规定。

7.3 隧道洞外照明灯具安装要求

7.3.1 设备进场检查及质量控制要求

- 1) 产品合格证、质量检测报告等资料齐全,各种产品参数均满足设计要求;
- 2) 灯杆的直线度不大于 2mm/m,杆长误差不大于 1 mm/m;
- 3) 隧道洞外照明灯具性能要求及检验规则等方面应符合《道路照明用 LED 灯 性能要求》(GB/T 24907-2010)的有关规定。

7.3.2 洞外照明灯具安装要求

- 1) 当灯具安装位置地质条件与设计不符时,需采取相应措施;
- 2) 灯具安装应牢固,灯杆安装应竖直牢固,灯杆垂直度不大于 3mm/m;
- 3) 灯具外壳、杆体等应可靠接地,接地电阻不大于 4 Ω ;
- 4) 应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》(JTG/T F72-2011)和《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》(JTG 2182-2020)的有关规定。

7.4 隧道洞外亮度检测设备安装要求

7.4.1 设备进场检查及质量控制要求

- 1) 隧道洞外亮度检测器电气原件、配件应齐全,规格型号符合设计要求,无机械损伤、变形、防腐层脱落、防护罩破裂等现象;
- 2) 隧道洞外亮度检测器立柱、安装支架的材质、结构、防腐处理应符合设计要求。

7.4.2 设备安装要求

- 1) 隧道洞外亮度检测器安装应牢固，检测器探头方向应与设计方向一致；
- 2) 立柱安装应该竖直牢固，结构应满足抗风要求，杆体垂直度应不大于 5mm/m；
- 3) 隧道洞外亮度检测器可靠接地，接地电阻不大于 4Ω；
- 4) 应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》（JTG/T F72-2011）和《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》（JTG 2182-2020）的有关规定。

7.5 隧道 LED 照明控制器安装要求

7.5.1 隧道 LED 照明控制器的电气原件、配件应齐全，规格、型号、配置数量应符合设计要求。

7.5.2 隧道 LED 照明控制器安装要求应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》（JTG/T F72-2011）和《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》（JTG 2182-2020）的有关规定。

7.6 车辆检测器安装要求

7.6.1 设备进场检查及质量控制要求

- 1) 产品合格证、质量检测报告等资料齐全，各种产品参数均满足设计要求；
- 2) 车辆检测器性能要求及检验规则等方面应符合现行国家标准《环形线圈车辆检测器》（GB/T 26942-2011）和《环形线圈车辆检测器》（JJG(交通) 078）的有关规定。

7.6.2 车辆检测器设备安装要求应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》（JTG/T F72-2011）和《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》（JTG 2182-2020）的有关规定。

7.7 隧道洞外设备基础施工要求

7.7.1 应根据设计及现场实际情况确定设备基础位置及制作方法。

7.7.2 隧道洞外设备基础的地基承载力应符合设计文件的规定。

7.7.3 其他安装要求应符合《公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范》（JTG/T F72-2011）的有关规定。

7.8 工程调试与检查要求

7.8.1 通电调试前应检查、核对各个设备的安装与接线，各个回路的绝缘电阻应不小于 0.5MΩ，各个设备接地应良好。

7.8.2 依次开启隧道 LED 照明回路，各照明段回路的 LED 灯具应运行正常。

7.8.3 EPS（UPS）供电的应急照明回路工作时间应符合设计要求。

7.8.4 隧道 LED 照明入口段、过渡段、中间段、出口段和洞外引导路段的指标应符合本指南和相关设计文件要求。

7.8.5 隧道紧急停车带、人行横通道、车行横通道亮度应符合设计要求。

7.8.6 应现场检查隧道 LED 照明检测设备的输出参数，应符合设计要求。

8 质量评价

8.1 顺光照明质量评价

8.1.1 顺光照明路段的路面平均亮度、总均匀度、亮度纵向均匀度、色温、显色指数等，应满足本指南和工程设计文件相关规定。其测量方法可参照 GB/T 5700—2008《照明测量方法》。

表 6 照明质量检测项目及技术要求

序号	检测项目	技术要求
1	基本要求与外观鉴定	灯具、检测与控制设备安装质量等应符合本指南和相关设计文件的要求。
2	照度总均匀度	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求。
3	平均亮度	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求
4	亮度总均匀度	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求
5	纵向亮度均匀度	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求
6	额定相关色温	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求
7	显色指数平均值	符合GB/T 5700—2008和相关设计的要求
8	电能计量	按照48小时为一个周期进行计量统计（含白天、夜晚2个照明周期，条件允许可考虑晴天、阴天和雨天等不同的天气条件）。

8.2 照明控制系统检测

8.2.1 单次调光控制响应时间检测。现场测试，采用电子秒表进行计时。

8.2.2 控制系统调光范围。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。

8.2.3 广播调光、组播调光、点播调光或场景调光功能。现场实际测试，目测调光控制结果。

8.2.4 根据隧道洞外亮度参数调光控制功能。现场采用遮挡亮度计模拟测试。

8.2.5 根据隧道洞内亮度参数反馈调光控制功能。现场采用遮挡亮度计模拟测试。

8.2.6 根据隧道内车辆通行状态参数调光控制功能。现场模拟车辆通行测试。

8.2.7 远程控制功能。现场实际操作。

8.2.8 降级处理，特殊工况下照明功能，故障监测、报警与故障响应功能。现场模拟测试。

8.2.9 节能率测试。测试参数是节能率 η ，不采用节能控制系统运行 24 小时记录用电量为 W_0 ，采用节能控制系统运行 24 小时记录用电量为 W_1 。则节能率按下式计算：

$$\eta = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- η ——节能率；
 W_0 ——不采用节能控制系统运行24小时记录用电量；
 W_1 ——采用节能控制系统运行24小时记录用电量；

9 维护与管理

9.1 主管单位应当建立健全各项规章制度，加强对隧道照明系统的监管，保证隧道照明设施的完好和正常运行。

9.2 隧道照明相关设备维护与管理应符合《公路隧道养护技术规范》（JTG H12-2015）的有关规定。

9.3 隧道照明设施维护单位应当定期对照明灯具进行清扫，改善照明效果。

9.4 通过安全检测和评估，对影响隧道照明安全和照明效果的照明设施，应及时予以修复、回收、更换。

9.5 损坏隧道照明设施的单位和个人，应当立即保护事故现场，防止事故扩大，并通知隧道照明主管部门。

附录 A
(资料性)
质量检验评定表

表 A.1 分部工程质量检验评定表

分部工程名称： _____ 分布工程编号： _____ 工程部位： _____

所属单位工程： _____ 所属建设项目（合同段）： _____ 施工单位： _____
基本要求

	项次	检查项目	规定值或允许偏差	实测值或实测偏差值										质量评定			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	合格率(%)	合格判定	
实测项目																	
外观质量													质量保证资料				
工程质量等级评定			<input type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格														

检验负责人： _____ 检测： _____ 记录： _____ 复核： _____ 年 月 日

