



中国工程建设标准化协会标准

CECS/T ×××-2021

---

# 公路隧道 LED 照明调光系统 设计规范

Design Specification for Dimming System of LED Lighting  
in Highway Tunnels

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。

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

---

中国工程建设标准化协会

中国工程建设标准化协会标准

# 公路隧道 LED 照明调光系统设计规范

Design Specification for Dimming System of LED Lighting  
in Highway Tunnels

CECS/T ×××—20××

主编单位：合肥源辉光电子有限公司  
中交第一公路勘察设计研究院有限公司  
批准部门：中国工程建设标准化协会  
实施日期：××××年××××月××××日

XXX 出版社

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会建标协字【2018】030号《关于印发2018年第二批协会标准制订、修订计划的通知》，由合肥源辉光电子有限公司和中交第一公路勘察设计研究院有限公司共同承担《公路隧道LED照明调光系统设计规范》的编制工作。

本标准在制定过程中，编制组遵循国家有关法律、法规和技术标准，进行了广泛深入的调查研究，认真总结了公路隧道照明系统工程的实践经验，参考了国内外相关标准规范，吸取了先进的科研成果，广泛征求了设计、施工、产品制造、科研院校等有关单位专家的意见，最后经审查定稿。

本标准共分7章和2个附录。主要内容包括：1总则、2术语、3.系统分类、系统结构及选择、4系统调光设计规定、5设备设置规定、6调光要求的关联设备性能规定、7系统调光性能指标、附录A洞内路面亮度测试方法、附录B系统调光性能检测方法。

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。

主 编 单 位：合肥源辉光电子有限公司

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司

中设设计集团股份有限公司

云南省交通规划设计研究院

山西省交通规划勘察设计院

合肥工业大学

主 编：吕晓峰 杨晓东

主要参编人员：张 辉 王维娜 韦 卫 周正兴 鲍学俊

朱季平 周 群 王永强 李 浩 李 军

张 阳 赵建周 魏雅萍 胡 皓 高劲松

葛 明 辛炳春 孙 颖 张恒旺

# 目 次

<b>1 总则</b> .....	1
<b>2 术语和符号</b> .....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
<b>3 系统分类、系统结构及选择</b> .....	3
3.1 系统分类.....	3
3.2 系统结构.....	3
3.3 系统的选择.....	4
<b>4 系统调光设计规定</b> .....	5
4.1 一般规定.....	5
4.2 加强照明调光控制规定.....	5
4.3 基本照明调光控制规定.....	6
4.4 随车调光控制规定.....	6
4.5 火灾系统联动.....	6
<b>5 设备设置规定</b> .....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 公路隧道照明控制器设置.....	7
5.3 手动/自动转换器设置.....	7
5.4 车辆探测器及区间信号控制器设置.....	7
5.5 远程管理站设置.....	8
5.6 其他有关设备设置.....	8
<b>6 调光要求的关联设备性能规定</b> .....	9
6.1 一般规定.....	9
6.2 公路隧道照明控制器性能.....	9
6.3 公路 LED 照明灯具调光性能技术要求.....	10
6.4 车辆探测器及区间信号控制器的性能.....	11
6.5 调光系统远程管理软件性能.....	11

---

6.6	网络通讯性能.....	12
6.7	其他关联设备性能.....	12
<b>7</b>	<b>系统调光性能指标.....</b>	<b>13</b>
7.1	一般规定.....	13
7.2	调光技术参数.....	14
7.3	性能检测.....	15
<b>附录 A</b>	<b>.....</b>	<b>16</b>
A.1	一般规定检测.....	16
A.2	调光技术参数检测方法.....	18
	<b>本规范用词说明.....</b>	<b>21</b>
	<b>引用标准名录.....</b>	<b>22</b>

# 1 总则

1.0.1 为了规范公路隧道 LED 照明调光系统的设计，降低照明能耗，提升运营安全和智能化技术水平，特制订本规范。

1.0.2 本标准适用于新建和改建公路隧道 LED 照明调光系统的设计。

1.0.3 公路隧道 LED 照明调光系统的设备供电，应采用 TN-S 系统。

## 条文说明

由于 LED 灯具有一定的正流性负载特性，使得中性线上的电流不为零，当采用 TN-C 或 TN-C-S 系统时，会产生较大地谐波电压。

1.0.4 公路隧道 LED 照明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。

1.0.5 公路隧道 LED 照明调光控制系统的设计，除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

- 2.1.1 待车功率 low luminance lighting power of waiting for vehicle to arrive  
在无车辆行驶情况下仅提供额定功率 5%~10%的照明功率。

#### 条文说明

灯具的最小功率各不相同，这里规定了最小功率范围。

- 2.1.4 随车调光系统 follow vehicle dimming system

将隧道内照明调光划分为若干个调光区间，各调光区间灯具功率无车时为待车功率，有车时亮度调亮区间保持与车随行的调光控制系统。

- 2.1.7 系统响应时间 system response time

洞外亮度变化某一值后，系统调节洞内亮度到达响应 90%变化值所需要的时间。

- 2.1.8 无级调光 stepless dimming

在隧道照明调光过程中将亮度等级细分为 100 级以上，使人眼难以辨识相邻亮度等级间亮度变化的调光方式。

- 2.1.9 平均调光照度 average dimming illumination

调光系统在某一调光值下的路面平均照度，用  $E_{avd}$  表示。

- 2.1.10 灌电流 injection current

外部控制电流通过灯具控制端引线向灯具内“流入”称为灌电流。

### 2.2 符号

PFC——功率因数校正；

AA——模拟调光 A 型，依据洞内外亮度和设计冗余进行调光的模拟调光照明系统；

AB——模拟调光 B 型，依据洞内外亮度、交通量和设计冗余进行调光的模拟调光照明系统；

DA——数字调光 A 型，依据洞内外亮度和设计冗余进行调光的数字调光照明系统；

DB——数字调光 B 型，依据洞内外亮度、交通量和设计冗余进行调光的数字调光照明系统；

SA——随车调光系统 A 型，依据洞内外亮度、设计冗余和车辆到来信号进行调光的分区段调光照明系统；

PA——电源回路调光 A 型，利用电源回路分断、闭合来调节洞内亮度的调光照明系统。

其他符号参照 GB/T 5700—2008《照明测量方法》和 JTG/T D70/2-01-2014《公路隧道照明设计细则》的有关规定。

## 3 系统分类、系统结构及选择

### 3.1 系统分类

- 3.1.1 调光系统可分为无级调光照明系统和电源回路调光照明系统。
- 3.1.2 调光方式按信号传输方式可分为模拟调光照明系统和数字调光照明系统。
- 3.1.3 调光系统按系统构成可分为 AA、AB、DA、DB、SA、PA 型。

### 3.2 系统结构

3.2.1 AA 型可由洞外亮度仪、洞内亮度仪、隧道照明控制器、模拟调光照明灯具和工作站等设备组成；长度较长的隧道还应考虑信号衰减并适当增设分控箱。

3.2.2 AB 型可由洞外亮度仪、洞内亮度仪、车流量测器、隧道照明控制器、模拟调光照明灯具和工作站等设备组成；长度较长的隧道还应考虑信号衰减并适当增设分控箱。

3.2.3 DA 型可由洞外亮度仪、洞内亮度仪、隧道照明控制器、数字调光照明灯具和工作站等设备组成；控制距离大于可靠传输距离时还应增设集线器或中继器。

3.2.4 DB 型可由洞外亮度仪、洞内亮度仪、车流量检测器、隧道照明控制器、数字调光照明灯具和工作站等设备组成；控制距离大于可靠传输距离时还应增设集线器或中继器。

3.2.5 SA 型可由洞外亮度仪、洞内亮度仪、车辆探测器、隧道照明控制器、区间信号控制器、模拟调光或数字调光灯具以及工作站等设备组成。

3.2.6 PA 型可由电源回路控制器、工作站和非调光灯具等设备组成。

3.2.7 模拟调光灯具还可配接信号转换器使之适应控制信号的需求。

#### 条文说明

有些电源的控制端所需控制电流过大，从而造成总线信号衰减加大。在每盏灯上配接控制信号转换器后，可改变控制端的输入阻抗特性，使之符合总线控制要求。

3.2.8 数字调光灯具还可由模拟调光灯具和单灯控制器组成可寻址灯具。

#### 条文说明

目前数字调光功能虽然具有数字调光功能，但不具有 IP 地址，因此需要通过单灯控制器来给灯具设置一个物理 IP 地址，从而便于工作站了解某盏灯的工作状况并下发控制

指令。(此条文在征求意见稿时先删除,待后面有人提出后再增加说明)

3.2.9 无级调光照明系统的电源回路宜与电源回路调光系统配合使用。

3.2.10 长隧道及特长隧道可增加分控箱或者中继器等具有信号转换和驱动的设备。

#### 条文说明:

长隧道及特长隧道因控制信号距离较远,易产生信号衰减。

### 3.3 系统的选择

3.3.1 系统的选择宜根据公路隧道的长度和交通量等因素确定,并按表 3.3.1 进行选择。

表 3.3.1 不同长度和交通量的公路隧道调光系统的选择

隧道长度	交通量		
	单向交通: $N \leq 650$ 双向交通: $N \leq 180$	单向交通: $650 < N \leq 1200$ 双向交通: $180 < N \leq 350$	单向交通: $N > 1200$ 双向交通: $N > 650$
$L \leq 500$	SA、AA、DA、PA	AA、DA、PA	AA、DA、PA
$500 < L \leq 1000$	SA、AA、DA	AA、DA	AA、DA
$1000 < L \leq 3000$	SA、AA、DA	AA、DA、AB、DB	AA、DA
$L > 3000$	SA、AA、DA	AA、DA	AA、DA

说明: L 为隧道长度,单位为 (m);  
N 为设计小时交通量,单位为 veh / (h·ln);  
夜晚小时交通量小于 60 veh / (h·ln) 时,长度大于 500m 的公路隧道均宜选用 SA 型;  
双向交通在选择 SA 型时,应进行特殊设计。  
长度大于 3000m 的公路隧道在选用 AA 和 DA 型调光照明系统时宜选用带可设定交通量的调光照明系统。

#### 条文说明

随车调光系统目前对于单向交通的隧道技术较为成熟,当用于双向交通时系统相对复杂。本考虑到未来技术的发展,在此未做限制,但需要进行特殊设计。长度大于 3000m 的公路隧道在单向交通大于等于  $650 \text{ veh} / (\text{h} \cdot \text{ln})$ ,双向交通大于等于  $180 \text{ veh} / (\text{h} \cdot \text{ln})$  时,仅选用 AA 和 DA 型而未选用 AB 和 DB 型是基于隧道过长,某一时刻的交通量不能涵盖隧道内所有区间交通量。选择带可设定交通量的调光照明系统是方便按照某月的交通量进行设定。

## 4 系统调光设计规定

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 无级调光照明系统应具有手动调节功能。
- 4.1.2 公路隧道 LED 照明调光系统宜采用独立的控制系统，并接受上级计算机管理。
- 4.1.3 灯具控制总线与控制器之间宜采取电气隔离措施。

#### 条文说明：

避免信号回路故障时相互影响。

4.1.4 灯具调光范围应符合《公路 LED 照明灯具 第 5 部分：照明控制器》JT/T 939.5-2014 的有关规定，但其最小输出功率不宜低于额定功率的 5%。

#### 条文说明

公路隧道内即使在没有车辆行驶的情况下也不应将灯具关闭，故提出最低输出功率限制。

4.1.6 当采用可调色温光源以及高显色性光源时，其路面调光亮度值均不应低于 JTG/T《公路隧道照明设计细则》D70/2-01-2014 的有关规定。

4.1.7 公路隧道 LED 照明调光控制系统中的灯具电源回路不应装设剩余电流动作保护器。

#### 条文说明

由于灯具数量较多，电缆线路较长，与大地之间存在较大地分布电容，使得零序电流不为零，会使电源回路跳闸。

- 4.1.8 加强照明的电源回路白天应能自动开启，傍晚应能自动关闭。

### 4.2 加强照明调光控制规定

- 4.2.1 加强照明电源回路宜具有手动和自动两种工作模式。
- 4.2.2 入口侧加强照明应具有依据洞外亮度调光和时序调光两种模式。

#### 条文说明

两种工作模式均可包含交通量调光，故未将交通量单独列为一种调光模式。

- 4.2.3 出口侧加强照明灯具调光控制线可接入基本照明控制总线。

### 4.3 基本照明调光控制规定

- 4.3.1 基本照明电源回路应具有手动和自动两种工作模式。
- 4.3.2 基本照明应具有交通量调光和时序调光两种工作模式。
- 4.3.4 当隧道长度大于等于 3000m 时，不宜采用实时的交通量进行调光。

#### 条文说明

这主要考虑到短时间的交通量不能反映特长隧道各个区间的交通量。

### 4.4 随车调光控制规定

4.4.1 对于车道数在二车道及以下的公路隧道，具有通行车辆少，间隔时间大且受季节性影响较大的交通工况时，宜采用随车调光照明系统。

4.4.2 车辆探测器应能提前感知所控区间即将有车辆到来，其提前的时间不应小于 10s；车辆探测器的漏检率应不大于 0.1%，并向调光系统的区间信号控制器提供车辆到来信号。

4.4.3 当车辆按照设计时速驶出所在区间且无车辆继续到来后，系统应能将所控区间的亮度调至待车照明状态。

4.4.4 各区间应能在该区间车辆探测器信号中断时自动将调光系统调至按需照明状态或接受总线控制状态。

4.4.5 车辆探测器宜选用遮挡式红外车辆探测器。

### 4.5 火灾系统联动

火灾工况下系统应能将灯具调至满功率状态。

## 5 设备设置规定

### 5.1 一般规定

5.1.1 调光控制设备宜设于室内粉尘较少的环境，其防护等级应不低于 IP6X。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。

5.1.2 当隧道照明由变电站供电时，调光控制柜或控制箱宜设置在弱电室。

5.1.3 当隧道照明由箱式变电站供电时，调光控制柜或控制箱宜设置于低压一侧。

5.1.4 当隧道仅有一端设有变电站时，在另一端宜采用露天控制柜或在隧道内设置嵌入式调光控制箱。

5.1.5 灯具电源回路中性导线上不得设置开关。

5.1.6 控制柜（箱）电源宜单独取自 EPS 电源，当无 EPS 电源时，负荷等级宜按现场具有的最高等级选取。

5.1.7 带有掉电检测的控制柜（箱），其掉电信号宜引自基本照明回路。

### 5.2 公路隧道照明控制器设置

5.2.1 隧道照明系统的控制器宜设在控制柜内。

5.2.2 在隧道内设置的控制柜和控制箱宜安装在硐室内，如需明装在隧道壁上，不得侵入建筑限界。

### 5.3 手动/自动转换器设置

5.3.1 隧道照明调光系统现场宜设置手动/自动转换功能或手动/自动转换器。

5.3.2 手动/自动转换器宜设置在控制柜或控制箱内。

### 5.4 车辆探测器及区间信号控制器设置

#### 条文说明

本节所规定的设备为新型设备，以往标准中均未对此作规定。

5.4.1 车辆探测器所设位置应满足本标准第 4.4.2 条的有关规定。

5.4.2 区间信号控制器宜设置在人行横洞、车行横洞内或紧急停车带上，且宜采用嵌

入式安装方式。

5.4.4 当区间信号控制器采用明装方式时，不得侵入建筑限界。

5.4.5 区间信号控制器的安装高度宜与灯具电源开关箱相同。

5.4.6 隧道调光区间的长度宜大于于 300m，小于 750m。

**条文说明：**

长度过短，灯具调亮时容易被驾驶人员察觉；长度过长，灯具持续调亮时间也随之加长，使得节能效果下降。

**5.5 远程管理站设置**

5.5.1 远程管理站宜为调光工作站提供至少一个可靠的 IP 地址和网络端口。

5.5.2 带有实时交通量检测的调光控制系统，调光设备所在区域应至少留有二个能正常通讯的网络端口。

**5.6 其他有关设备设置**

5.6.1 分控箱、集线器等设备宜嵌入在隧道墙壁内，如明装时，不应侵入建筑限界；其安装高度宜与灯具开关箱相同。

5.6.2 其他通用设备依据行业有关标准设置。

5.6.3 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。

**条文说明：**

这是为了防止洞外和车辆灯光等的干扰。中间段亮度仪由于灵敏度较高，容易受到各类杂散光的干扰。

## 6 调光要求的关联设备性能规定

### 条文说明:

本章针对产品提出一些基本要求, 如果不能满足这些要求, 系统调光将难以实现。

### 6.1 一般规定

6.1.1 模拟调光控制总线可使用非屏蔽电缆。

6.1.2 数字调光控制总线宜使用屏蔽电缆且应确保全线屏蔽层电气连通。

### 条文说明:

高频及谐波信号干扰对数字信号影响较大。通过采用屏蔽电缆, 可有效屏蔽大部分的高频干扰。

6.1.3 当洞外亮度仪白天出现断电、无输出等故障时, 系统应能将加强照明切换到按时序控制模式; 当洞外亮度仪恢复正常后, 系统应能恢复至亮度信号调光状态。

6.1.5 具有实时车流量检测的调光系统, 当车流量检测器发生故障时, 系统应能自动将加强照明和基本照明切换到最大交通量控制模式; 当故障排除后, 系统应能自动恢复到实时车检调光状态。

6.1.6 洞内、洞外亮度仪的测量允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

### 条文说明:

由于需要联动控制, 故对其精确度提出要求。

### 6.2 公路隧道照明控制器性能

6.2.1 现场控制器选用产品宜具有以下基本功能并能开放给工作站:

- 1 系统时钟设定及显示。
- 2 加强照明白天开启时间和傍晚关闭时间的设定。
- 3 时序控制时间设置功能。
- 4 加强照明输出功率百分比或路面亮度的设定和显示。
- 5 基本照明输出功率百分比或路面亮度的设定和显示。
- 6 基本照明下半夜输出功率百分比或路面亮度的设定和显示。
- 7 交通量设定功能, 并根据设定的交通量进行调光。
- 8 手动、时序、自动控制切换功能。
- 9 故障报警及记录、查询功能。

6.2.2 隧道照明控制器相邻两次调光输出信号或数据的间隔时间应不大于 2s。

### 条文说明:

设备的响应速度应当快于系统的响应。

6.2.3 控制器应能提供交互界面，方便现场进行参数设置。

6.2.4 加强照明和基本照明的输出功率百分比参数设置的分辨力不宜低于 1%。

6.2.5 采用交通量进行调光时，交通量折减系数宜采用内插法。

### 6.3 公路 LED 照明灯具调光性能技术要求

#### 条文说明：

本节的要求对系统的整体性能会产生较大影响，有的还涉及到行车安全，故做出规定。

#### 6.3.1 一般要求

1 公路隧道 LED 照明灯具绝缘电阻和电气强度应符合《公路 LED 照明灯具 第 1 部分：总则》JT/T 939.1-2014 的有关规定。

2 灯具驱动电流对控制信号允许非线性误差为±5%以内。

#### 6.3.2 模拟调光灯具调光性能技术要求

1 模拟调光灯具的亮度控制信号宜采用 DC0~5V 或 DC0~10V 的直流模拟信号进行控制，其中 0V 对应最高亮度，5V 或 10V 对应最低亮度，中间呈线性关系。

2 灯具控制端宜选用输入电阻不低于 5MΩ，控制端所需的控制电流不大于 1uA 的灯具。

3 灯具控制端悬空时，灯具的工作状态应为满功率状态。

4 灯具控制端宜采用灌电流控制。

5 灯具在断电状态下控制端的输入电阻不得降低。

6 公路隧道 LED 照明灯具，其电源的输出功率应在 10~100%的范围内连续可控，其最小功率应大于额定功率的 5%，小于等于额定功率的 10%。

#### 条文说明：

由于电源在最小功率情况下存在一定的误差，并不能做到标准的 10%额定功率，故对最小功率的下限作出限定。

7 模拟调光灯具也可采用单灯信号转换器与其他调光灯具组合方式组成模拟调光灯具。

#### 条文说明：

灯具的性能对调光照明系统影响较大，从目前国内许多项目的应用情况来看，许多由于灯具的原因而无法调光，6.3.3 条也是如此。

#### 6.3.3 数字调光灯具调光性能技术要求

1 数字调光灯具的亮度控制信号宜采用具备长距离传输，抗干扰能力强的总线传输方式，其通讯协议应符合《公路 LED 照明灯具 第 5 部分：照明控制器》JT/T 939.5-2014

的有关规定。

- 2 数字调光灯具每盏灯均宜具有对应的可寻址地址。
- 3 数字调光灯具的输入电阻宜符合相应的总线电气规范。
- 4 通讯中断时，灯具的工作状态应为满功率状态。
- 5 数字调光灯具也可采用单灯控制器与模拟调光灯具组合的方式组成数字调光灯具；采用单灯控制器时，其单灯控制器宜具有相应的可寻址地址。

#### 6.4 车辆探测器及区间信号控制器的性能

6.4.1 车辆探测器及区间信号控制器整体应能在车辆到达所控区间时，提前将本区间灯具调至需要的亮度；其提前时间宜不低于 10s，并确保车辆按照设计时速驶出该区间后方能将灯具功率调至待车功率状态。

##### 条文说明：

这里未采用在各区间内设置车辆检测器方式检测区间内是否有车辆？当没有车辆后再将区间灯具功率调至待车功率状态。主要原因一方面是投资过大，另一方面目前尚无成熟的应用。而根据车辆通过的时间来判断是否驶出所在区间，是一种简单易行且有成熟应用的方案。从安全角度上讲，即使有车辆缓慢行驶或是滞留，其待车功率情况下的路面亮度相当于夜晚小区路面的平均亮度，足以让其看见周边的路况。待有车辆到时来时，灯具依旧会调亮，让后车看清滞留车辆。

6.4.2 区间信号控制器宜设有火灾信号接口，高电平为正常状态，低电平为火警或紧急事故状态。

6.4.3 调光系统的车辆探测器及区间信号控制器的信号低电平为有车状态，高电平为无车状态，且二者信号电压应能相互兼容。

6.4.4 车辆探测器的漏检率应符合 4.4.2 条的要求。

##### 条文说明：

车辆探测器仅检测所在断面是否有车，不对连续驶入车辆的数量进行分辨；因此漏检率是指对离散驶入车辆的漏检统计。

6.4.5 介电性能应符合《电气控制设备》GB/T 3797-2016 的有关规定。

#### 6.5 调光系统远程管理软件性能

6.5.1 隧道照明监控管理软件宜具有以下基本功能：

- 1 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。

6.5.2 远程管理软件应在各隧道界面首页显著位置设有一键满功率工作键。

**条文说明：**

本条便于事故状态下操作人员能够迅速找到并点击此键后，使所管隧道内的照明立即满功率工作。

6.5.3 具有本标准第 6.2.1 条中各款功能的远程设定能力。

6.5.4 远程管理软件应能对各隧道的入口加强照明和基本照明分别进行远程手动亮度调节。

## 6.6 网络通讯性能

6.6.1 当系统设有远程工作站时，隧道现场照明控制系统与监控中心的网络应能正常通讯。

**条文说明：**

公路隧道照明系统中现场与监控中心或上位机之间的通讯有的是采用以太网，有的仅采用光端机等。不论采用那种通讯方式，均应能实现上下正常通讯功能。

## 6.7 其他关联设备性能

6.7.1 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。

6.7.2 分控箱、集线器或中继器等调光控制设备应有足够地驱动能力。

**条文说明：**

驱动电流过大已无意义，且过大在线路上产生较大压降，致使首尾亮度差变大。

## 7 系统调光性能指标

### 7.1 一般规定

7.1.1 灯具控制线路在开路以及短路条件下的状态应为满功率状态。

7.1.2 具有远程管理功能的无级调光控制系统，其在监控中心软件界面宜能够显示洞外亮度变化曲线，加强照明输出功率百分比变化曲线，基本照明输出功率百分比变化曲线；具有洞内亮度检测的系统宜能显示洞内入口段 1 亮度变化曲线和中间段亮度变化曲线。

7.1.3 调光控制系统现场应具有以手动方式调节灯具亮度的功能，具有远程管理和远程控制功能的无级调光控制系统还应具有以远程手动方式调节灯具亮度的功能。

7.1.4 公路隧道照明控制系统的控制决策应在公路隧道现场的照明控制器中完成，照明控制器的正常运行应不依赖监控中心的控制。

7.1.5 信号总线宜选用同一规格的电缆；信号总线正端宜采用红、黄、棕色，负端宜采用蓝、黑、白、灰色；当信号线为红色和黄色芯线时，红色为正端，黄色为负端。

#### 条文说明：

本条是防止信号线出现断路和总线正负极定义混乱，导致系统无法调光。规定此条目的在于明确设备和施工单位的责任。

7.1.6 模拟信号与灯具相接的控制总线各回路电阻应不低于  $10\text{k}\Omega$ ，但不大于该回路灯具控制端输入并联电阻的 1.1 倍。其控制回路电阻按式 (7.1.1) 计算：

$$R=R_i/n \quad (7.1.1)$$

式中： $R$ ——某一组灯具受控回路的回路输入电阻；

$R_i$ ——灯具控制端的输入电阻；

$n$ ——并联在该回路上的灯具总数。

#### 条文说明：

为了规范系统设备生产、施工和调试，保障调光系统能够正常工作，明确各方责任，故做此规定。

7.1.7 数字调光灯具各控制总线回路电阻宜符合相应地电气规范。

7.1.8 所选灯具的绝缘电阻应符合《公路 LED 照明灯具 第 2 部分：公路隧道 LED 照明灯具》JT/T 939.2 的有关规定，在灯具控制端接入后，各回路控制总线对大地的绝缘电阻宜不小于  $100\text{k}\Omega$ 。控制回路对大地电阻按式 (7.1.2) 计算：

$$R=R_j/n \quad (7.1.2)$$

式中： $R$ ——回路对大地电阻；

$R_j$ ——单灯控制线正负端连在一起对灯壳的电阻值，按  $100\text{M}\Omega$  取值；

**条文说明：**

本条原因与 7.1.6 条相同。

**7.1.9 控制回路始端和终端亮度差**

1 模拟调光控制回路末端与始端的亮度差不宜大于 5%。当有可能大于 5%时，宜增设分控箱。

2 数字调光的信号最末端 10 盏灯中失控灯具数量不应超过 10%，中间的灯具失控数量不应超过 3%。当失控灯具数量有可能超过时，宜增加集线器或中继器数量。

**条文说明：**

通讯总线末端的信号是最弱的，故选取末端 10 盏灯进行对比计算。

**7.1.10 系统洞内、洞外亮度检测误差应不大于 5%。**

**条文说明：**

目前国内许多公路隧道用于检测洞内路面亮度的设备普遍误差很大。对于洞内亮度仅作参考，不参与调光的照明系统而言，误差大对调光系统影响并不大；但系统无法知道亮度是否满足要求，自动化程度低；而当亮度低于标准要求时也难以发现，存在一定的事故隐患。对于需要与调光系统联动的照明调光系统而言，亮度正向误差过大会出现低于标准要求的现象，存在事故隐患；亮度负向误差过大会使节能幅度下降。

**7.2 调光技术参数**

**7.2.1 入口段 1 路面调光亮度技术参数**

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%。

**条文说明：**

考虑到调光值的正确与否会影响到行车安全，故对调光亮度值做出规定。第 7.2.2 条与此类似。

**7.2.2 中间段路面调光亮度技术参数**

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%；其中间段交通量还可采用内插法进行调光。

**7.2.3 无级调光系统亮度等级**

无级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 939.5 的有关规定。

**7.2.4 洞内入口侧加强照明对洞外亮度变化的响应时间**

1 洞内亮度上升沿响应时间宜不大于 3.6s。

2 下降沿响应时间宜大于等于 10s，小于等于 20s。

**条文说明：**

加强照明亮度跟随洞外亮度的变化响应时间滞后，在云系多变的天气，会导致入口段频繁出现黑洞效应，特别是上升沿，因此在此作出规定。

**7.3 性能检测**

7.3.1 本章调光性能指标宜按附录 A 的方法检测。

## 附录 A

### (规范性附录)

## 系统调光性能检测方法

#### 条文说明：

目前国内对于公路隧道 LED 照明调光系统缺少相应地检测方法，在 GB/T 5700—2008《照明测量方法》中并未对调光系统的测试作为规定，而 JTGT L80—2014《高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则》中针对调光系统的检测仅限于亮度传感器与照明器的联动功能检测，在调光亮度值是否符合要求的安全指标上并未给出定量的测试方法。因此，本规范附录根据《标准编写规则 第 5 部分：规范标准》GB/T 20001.5—2017 第 4.1.3 条可证实原则编写了系统整体的检测方法，以弥补公路行业相关标准在调光方面的不足。

#### A.1 一般规定检测

##### A.1.1 灯具控制总线在短路和开路条件下的输出状态测试

将控制系统调至手动状态，通过手动操作将加强照明和基本照明调至满功率输出，分别测出入口段 1 和中间段任一参考测试点的照度值。将加强照明和基本照明的控制总线从控制设备上拆下，使其断开，测量两个参考测试点的照度与满功率值误差，允许误差±5%。再将断开的控制线的正负极短接，测量两参考测试点的照度与满功率值误差，允许误差±5%。

##### A.1.2 远程工作站功能检查

打开监控中心调光系统主界面，进入某一隧道子界面，观察界面上所绘制的各项参数变化曲线应符合本标准第 7.1.2 条的有关规定。

##### A.1.3 手动调控功能检查

###### 1 现场手动调节检查

将现场手动/自动转换器的转换开关切换至手动位置，通过手动调节灯具的亮度并在隧道内观察亮度变化情况，应符合本标准第 7.1.3 条的有关规定。

###### 2 远程手动调节检查

打开工作站调光管理软件，进入相应的软件界面，通过鼠标或键盘手动调节洞内入口侧加强照明亮度和全隧道基本照明和应急照明亮度，再通过监控画面观察亮度瞬间变化情况，应符合本标准第 7.1.3 条的有关规定。

#### A. 1.4 现场调光功能检查

在自动调光状态下，断开现场调光设备与工作站的通讯，用不透光物体遮挡洞外亮度仪，洞内亮度应能缓慢下降，当移开遮挡物时，洞内亮度应能迅速上升。

A. 1.5 关闭被测回路所有灯具电源，将控制回路末端短路，用数字万用表测量控制回路始端的电阻值应不大于线路总电阻 1.2 倍。 $2 \times 1.5\text{mm}^2$  导线电阻按  $12 \Omega/\text{km}$  计算， $2 \times 2.5\text{mm}^2$  导线电阻按  $7.5 \Omega/\text{km}$  计算。测量完成后再将短路点断开并作绝缘处理。

#### A. 1.6 模拟调光控制回路电阻检测

关闭所测控制回路灯具的供电电源，拆下控制回路与控制信号端的线头，用数字万用表测量对应控制回路的电阻值应符合本标准第 7.1.6 条的有关规定。

#### A. 1.7 调光控制回路电阻检测

关闭所测控制回路灯具的供电电源，拆下控制回路与控制信号端的线头，用数字万用表测量对应控制回路的电阻值应符合本标准第 7.1.7 条的有关规定。

#### A. 1.8 控制回路绝缘电阻检测

关闭所测控制回路灯具的供电电源，拆下控制回路与控制信号端的线头，并将其连接在一起，用数字万用表测量控制线与大地之间的绝缘电阻，其值应符合本标准第 7.1.8 条的有关规定。

#### A. 1.9 控制回路始端和终端亮度误差检测

1 模拟调光照明系统控制始端和终端亮度误差可在以下两种方法中任选一种：

1) 信号电压测试法：分别将控制信号电压调至最大和最小两种状态，测量控制信号回路始端和终端的电压，其电压差值占信号最大电压的百分比宜不大于 7.1.8 条的有关规定。

2) 照度测试法：按 GB/T 5700—2008《照明测量方法》的有关规定分别在始端和终端位置测出路面的最高平均照度  $E_{sh}$  和  $E_{zh}$  以及路面最低平均亮度  $E_{s1}$  和  $E_{z1}$ ，并分别选择某测试点为参考测试点，列出其照度值  $E_{snh}$  和  $E_{znh}$ ，其始端和终端在满功率状态下的照度误差百分比  $\delta_{szh}$  按式 (A.1.9-1) 计算：

$$\delta_{szh} = [(E_{snh} \div E_{sh}) - (E_{znh} \div E_{zh})] * 100\% \quad (\text{A. 1.9-1})$$

其值应符合本标准第 7.1.8 条的有关规定。

始端和终端在最低功率状态下的亮度误差百分比  $\delta_{sz1}$  按式 (A.1.9-2) 计算：

$$\delta_{sz1} = [(E_{sz1} \div E_{s1}) - (E_{zn1} \div E_{z1})] * 100\% \quad (\text{A. 1.9-2})$$

其值应符合本标准第 7.1.9 条的有关规定。

#### 2 数字调光

选择相对较长的数字信号调光回路，在 60S 内等间隔时间连续 5 次给其施加由最大亮度变至最小亮度，再由最小亮度变至最大亮度的循环，观察灯具亮度变化情况；再将灯具亮度由最亮调至最暗状态，检查该信号回路上未变暗的灯具占该信号回路上总灯数的百分比，其失控灯具数量应符合本标准第 7.1.9 条的有关规定。

#### A. 1.10 洞内、洞外亮度测量误差检测

##### 1 洞外亮度仪显示误差测试

用标准面光源给洞外亮度仪分别施加 50%和 90%的设计亮度，在控制器上读出相应的洞外亮度值，其误差应符合本标准第 7.1.10 条的有关规定。

## 2 洞内亮度仪显示误差测试

在路面清洁干燥的条件且没有洞外环境光干扰和车辆行驶的条件下，将洞内灯具调至满功率状态，在中控室上位机上观察洞内相应位置的亮度读数，其值与按本标准附录 A.1 的方法测得的路面亮度值之差应符合本标准第 7.1.10 条的有关规定。

## A.2 调光技术参数检测方法

### A.2.1 入口段 1 加强照明调光亮度值测试宜采用以下二种方法之一：

#### 1 参考测试点法

- 1) 将控制系统转至手动状态，再通过手动操作将加强照明和基本照明调至满功率输出，按 GB/T 5700—2008《照明测量方法》的有关规定测出路面的平均照度，并取其中某点为参考测试点；
- 2) 将调光控制系统设置在自动运行状态；
- 3) 带有车流量的系统，应将车流量数据输入到系统内；
- 4) 用标准面光源给洞外亮度仪分别施加 50%和 80%的洞外亮度，读出两种亮度条件下参考测试点的照度值，其路面平均调光照度按式 (A.2.1) 计算：

$$E_{avd}(x) = (\text{参考测试点调光照度} / \text{参考测试点最大照度}) \times \text{路面平均照度} \quad (\text{A.2.1})$$

式中：x 分别代表 50%和 80%两种情况。

- 5) 依据 JTG/T D70/2-01-2014《公路隧道照明设计细则》的有关规定将平均调光照度换算为平均调光亮度，并计算出 50%和 80%两种洞外亮度和特定交通量情况下的入口段 1 亮度，其与实测值的误差应符合 7.2.1 条的有关规定。

#### 2 平均亮度法

- 1) 路面亮度测试应在路面清洁干燥且没有洞外环境光干扰的条件下进行；
- 2) 将调光控制系统选择在自动运行状态；
- 3) 带有车流量的系统，应将车流量设定到系统内；
- 4) 选用探测角与路面宽度相当的亮度仪，对准路面中心被测区域；
- 5) 按 GB/T 5700—2008《照明测量方法》的有关规定检测出满功率条件下路面的平均亮度值；
- 6) 用标准面光源给洞外亮度仪分别施加 50%和 80%的洞外亮度信号，然后检测洞内路面亮度，读出两种洞外亮度条件下的洞内亮度值。
- 7) 依据 JTG/T D70/2-01-2014《公路隧道照明设计细则》的有关规定将计算出 50%和 80%两种洞外亮度和特定交通量情况下的入口段 1 亮度，其与实测值的误差应符合 7.2.1 条的有关规定。

3 当二种测量方法存在较大差异时，以第一种方法为准。路面平均调光亮度值应符合本标准第 7.2.1 条的有关规定。

### A.2.2 中间段路面亮度检测

- 1 路面亮度测试应在路面清洁干燥的条件下进行。
- 2 按运营后第六年的预测交通量通过现场控制器键盘输入到控制器中，使控制器工作于自动调光状态，并在控制器与监控中心网络断开的条件下进行测试。
- 3 按 GB/T 5700—2008《照明测量方法》的有关规定检测出路面的平均照度值，并

将某一测试点 N 标记为参考测试点。

4 在自动状态下，测出参考测试点的调光照度值  $E_n$  和最大值  $E_{nm}$ 。

5 依据 JTG/T D70/2-01-2014《公路隧道照明设计细则》的有关规定将所测照度值换算为亮度值。

6 中间段实际调光亮度值按式 (A.2.2-1) 计算：

$$L_r(t) = (L_n / L_{nm}) * L_{in} \quad (\text{A.2.2-1})$$

式中： $L_r(t)$  ——中间段实测调光亮度；

$L_n$  ——参考测试点的调光亮度值；

$L_{nm}$  ——参考测试点的满功率亮度值。

7 中间段的调光误差按式 (A.2.2-2) 计算：

$$[L_r(t) - L_{in}(t)] / L_{in} * 100\% \quad (\text{A.2.2-2})$$

式中： $L_{in}(t)$  ——中间段调光亮度，为根据《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 第 6.1.1 条的有关规定计算的理论值；

$L_{in}$  ——中间段亮度。

中间段调光误差值应符合本标准第 7.2.2 条的有关规定。

### A.2.3 调光亮度等级测试

1 将交通量设定为最大交通量或关闭实时交通量检测功能。

2 基本照明应在中间段测试。加强照明应在入口段 1 测试，且测试前应将照明控制器设置成按时序控制方式，并将时钟修改在正午前后。在自动状态下通过参数设置使灯具功率为满功率输出。

3 测出某参考测试点 N 的最大照度  $E_{nm}$ ，再将输出功率设置为 50%，测出此时的参考测试点照度  $E_0$ ，按系统说明书给定的最小亮度等级递增亮度，但最小增量不宜低于 2%，连续递增 5 次，测出参考测试点各次对应的照度值  $E_i$ ，并按式 (A.2.3) 计算：

$$\frac{E_{nm}}{\text{Max}\{E_i - E_{i-1}\}} \quad (i=1,2,3,4,5) \quad (\text{A.2.3})$$

式中： $\text{Max}\{E_i - E_{i-1}\}$  ——取后一次数据与前一次数据差值中的最大值；

$E_i$  ——后一次参考测试点的照度值；

$E_{i-1}$  ——前一次参考测试点的照度值；

$E_{nm}$  ——参考测试点最大照度值。

按式 (A.2.3) 计算的亮度等级应不低于 JT/T-939.1 的有关规定。

### 条文说明：

由于经度不同，因而正午的时间会略有差异，故不做具体规定。

### A.2.4 洞内入口侧加强照明对洞外亮度变化的响应时间测试

1 将交通量设定为最大交通量或关闭实时交通量检测功能；

2 在自动调光状态下用标准面光源给洞外亮度仪施加 60%设计亮度值，同时测出洞内入口段 1 参考测试点 N 的照度稳态值  $E_{60}$ 。按式 (A.2.4) 计算出 90%目标值的照度：

$$90\% * E_{60} \quad (\text{A.2.4})$$

再给洞外亮度仪施加从 0 突变至 60%设计亮度的阶跃亮度跳变，记录自亮度突变时刻至洞内照度计显示 90%目标值所需的时间，其时间应符合本标准第 7.2.4 的有关规定。

3 在监控中心,利用远程调光监控管理平台,先将某隧道调光控制设置为手动状态,再将入口段 1 加强照明亮度调至 50%的输出功率。通过手动操作瞬间将该段输出功率调节至 90%并用秒表开始计时,同时观察该段监控屏幕亮度由暗变亮的时间,其值应符合本标准第 7.2.4 条的有关规定。

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，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用词，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用词，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用词，采用“可”。
  
- 2 条文中指明应按有关标准执行的写法为：“应符合… … 的规定”或“应按… … 执行”。

## 引用标准名录

- GB/T 3797—2016 《电气控制设备》
- JT/T 939.5-2014 《公路 LED 照明灯具 第 5 部分：照明控制器》
- JT/T 939.2-2014 《公路 LED 照明灯具 第 2 部分：公路隧道 LED 照明灯具》
- JT/T 939.1-2014 《公路 LED 照明灯具 第 1 部分：总则》
- JTG/T D70/2-01-2014 《公路隧道照明设计细则》
- GB/T 20001.5—2017 《标准编写规则 第 5 部分：规范标准》
- JTGT L80-2014 《高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则》
- GB/T 5700—2008 《照明测量方法》