

GDJTG

广东省交通运输行业地方标准

GDJTG/T J03—2013

广东省高速公路隧道 LED 照明 设计与施工技术指南

**Technical Guidelines for the Design and Construction of LED
Lighting of Expressway Tunnel in Guangdong Province**

2013-11-11 发布

2013-11-11 实施

广东省交通运输厅发布

广东省交通运输行业地方标准

**广东省高速公路隧道 LED 照明
设计与施工技术指南**

**Technical Guidelines for the Design and Construction of LED
Lighting of Expressway Tunnel in Guangdong Province**

GDJTG/T J03—2013

主编单位：广东省交通集团有限公司

批准部门：广东省交通运输厅

实施日期：2013 年 11 月 11 日

2013 · 广州

广东省交通运输厅

粤交科函〔2013〕2175号

广东省交通运输厅关于发布《广东省高速公路隧道LED照明设计与施工技术指南》的通知

各有关单位：

根据国家发展改革委员会、交通运输部、住房城乡建设部《关于组织申报半导体照明产品应用示范工程项目的通知》（发改办环资〔2010〕2082号）的精神，为进一步规范广东省高速公路隧道LED照明工程设计、施工、检测和验收的相关技术标准，厅组织编制了《广东省高速公路隧道LED照明设计与施工技术指南》（GDJTG/T J03—2013），现予以发布，自发布之日起在全省交通运输行业内施行。（电子版请登录“广东省交通运输厅公众网—通知公告栏”或“广东省交通科技网—科技工作—通知公告栏”下载。）

请各有关单位在实施中注意积累资料，总结经验，及时将发现的问题和修改意见、建议同时反馈至以下负责日常解释和日常管理工作的单位，以便修订时研用。

负责日常解释工作单位：

交通运输部路公路科学研究院（地址：北京市海淀区西土城路

8号，邮政编码：100088，联系电话：010-82019566，电子邮箱：
hf.jiang@rioh.cn）。

负责日常管理工作单位：

广东省交通运输规划研究中心（地址：广州市越秀区白云路
27号1510室，邮政编码：510101，联系电话：020-83730237，电
子邮箱：gdjtdb@gdcd.gov.cn）。



公开方式：主动公开

抄送：交通运输部，省质量技术监督局。

前 言

隧道 LED 灯具相对隧道高压钠灯具有启动快、能耗低、可控性好等显著优势，正逐渐成为高速公路隧道照明光源主流。广东省高速公路隧道通车里程日益增加，隧道照明系统规模不断增大，巨额隧道照明费用已成为广东省高速公路隧道运营期间最主要的开支。广东省交通运输厅根据国家发展改革委员会、交通运输部、住房城乡建设部《关于组织申报半导体照明产品应用示范工程项目的通知》（发改办环资[2010]2082 号）的文件精神，在广东省组织实施了高速公路隧道 LED 照明示范工程，并组织广东省交通集团有限公司、交通运输部公路科学研究院和广东省交通运输工程质量监督站等单位联合研究编制了《广东省高速公路隧道 LED 照明设计与施工技术指南》（以下简称“本指南”），为广东省高速公路隧道 LED 照明工程设计、施工、检测和验收提供标准依据。

编制过程中，编制单位对国内近 15 条已建和在建高速公路隧道 LED 照明工程进行了现场测试和调研，总结了高速公路隧道照明建设单位、设计单位、运营管理单位及有关专家的意见和建议，分析了国内 10 多家隧道 LED 照明灯具厂家的产品资料和技术成果，并针对隧道 LED 照明新理论、新方法和新技术等进行了专题研究，最终结合广东省高速公路 LED 隧道照明现状编制完成本指南。

本指南主要包括：总则、规范性引用文件、术语定义与符号、一般规定、设计参数、照明控制、供配电设计和施工要求共八章，以及附录 A 《高速公路隧道 LED 照明灯具技术要求》和附录 B 《高速公路隧道 LED 照明工程质量检测验收规程》。

本指南的管理权和解释权归广东省交通运输厅。编制单位交通运输部公路科学研究院负责本指南的日常解释工作，广东省交通运输规划研究中心负责本指南的日常管理工作。请各有关单位在执行本指南过程中及时将发现的问题和提出的意见、建议同时反馈至负责本指南日常解释和日常管理工作的单位，以便修订时参考。

负责本指南日常解释工作的单位：交通运输部公路科学研究院（地址：北京

北京市海淀区西土城路 8 号, 邮政编码: 100088, 联系电话: 010-82019566, 电子邮箱: hf.jiang@rioh.cn)

负责本指南日常管理工作的单位: 广东省交通运输规划研究中心 (地址: 广州市越秀区白云路 27 号 1510 室, 邮政编码: 510101, 联系电话: 020-83730237, 电子邮箱: gdjtdb@gdcd.gov.cn)。

主 编 单 位 : 广东省交通集团有限公司

参 编 单 位 : 交通运输部公路科学研究院

广东省交通运输工程质量监督站

广东省南粤交通投资建设有限公司

广东省公路建设有限公司

广东广乐高速公路有限公司

广东博大高速公路有限公司博深分公司

主要编写人: 黄建跃 韩文元 黄 晨 蒋海峰 吴 华

余长春 黄锡平 李卫民 支晓玲 文 涛

吕洪燕 赵梓城 江 凡 张春声 宋从军

目 录

1	总 则	1
2	规范性引用文件	2
3	术语与符号	3
3.1	术语与定义.....	3
3.2	符号.....	5
4	一般规定	7
5	设计参数	10
5.1	洞外亮度 L_{20} (S) 取值要求.....	10
5.2	入口段亮度指标要求.....	11
5.3	过渡段亮度指标要求.....	12
5.4	中间段亮度指标要求.....	13
5.5	出口段亮度指标要求.....	16
5.6	应急照明.....	17
5.7	行人横洞、行车横洞和紧急停车带照明.....	17
5.8	隧道洞口外引导路段照明.....	18
6	照明控制	19
6.1	控制原则.....	19
6.2	控制模式.....	19
6.3	控制信号传输方式.....	20
6.4	控制器.....	21
6.5	控制软件功能要求.....	22
6.6	横洞照明控制.....	22
7	供配电设计	23
8	施工要求	25
8.1	一般要求.....	25

8.2 隧道LED灯具安装要求	25
8.3 隧道洞外照明灯具安装要求	26
8.4 隧道洞外亮度检测设备安装要求	27
8.5 隧道LED照明控制器安装要求	28
8.6 隧道洞外设备基础施工要求	28
8.7 工程调试与检查要求	29
附录A.....	31
1 规范性引用文件	32
2 术语与定义	34
3 分类与型号	36
4 工作环境条件	37
5 技术要求	38
6 安全要求	41
7 结构要求	43
8 驱动电源技术要求	51
9 外观质量、材料及重量	55
10 试验方法	56
11 标志、包装、运输与贮存	60
附录B.....	62
1 一般规定	63
2 检测资格要求	64
2.1 检测资格要求	64
2.2 检测人员要求	64
2.3 检测仪器要求	65
3 验收依据及标准	67
4 检测内容及验收要求	68
5 验收形式与验收流程	69
5.1 验收形式	69
5.2 验收流程	69

6	验收资料要求.....	71
7	验收测试方法.....	72
7.1	测量条件要求.....	72
7.2	测试指标确定.....	72
7.3	测试位置确定.....	74
7.4	测试点布设.....	74
7.5	配合及保障条件.....	75
7.6	测试注意事项.....	77
8	测试数据处理.....	78
9	总体评价.....	82
	附录C.....	83

1 总 则

1.0.1 为规范广东省高速公路隧道 LED 照明示范工程的设计、施工、检测和验收，使之达到安全可靠、节能环保之目的，特制定本指南。

1.0.2 本指南适用于广东省新建、改建和扩建高速公路隧道 LED 照明示范工程的设计、施工、检测和验收，其它等级公路新建、改建和扩建的隧道 LED 照明示范工程可参照执行。

1.0.3 隧道 LED 照明设计应贯彻国家节能减排政策，本着经济、可靠的原则，积极稳妥地采用新理论、新技术。

1.0.4 高速公路隧道 LED 照明设计应考虑隧道断面与平纵线形、车道数、设计交通量、设计速度、洞口外绿化植被和洞内装饰等因素。

1.0.5 照明设计应考虑隧道正常交通工况和隧道洞内火灾等异常交通工况。

1.0.6 距离高速公路隧道洞口前 100m，应设置机动车驾驶员应开启前大灯行驶通过隧道警告标志。

2 规范性引用文件

下列文件对于本指南的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本指南，凡是没有标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

- GB2900.65-2004 电工术语 照明
- GB 7000.1-2007 灯具 第 1 部分 一般要求与试验
- GB 19510.1-2004 灯的控制装置 第 1 部分：一般要求和安全要求
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB 19510.14-2009 灯的控制装置 第 14 部分：LED 模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求
- GB/T 24825-2009 LED 模块用直流或交流电子控制装置 性能要求
- GB/T 26943-2011 升降式高杆照明装置
- JTJ026.1-1999 公路隧道通风照明设计规范
- JTG D70-2004 公路隧道设计规范
- JTG F80/20-2004 公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程

3 术语与符号

3.1 术语与定义

3.1.1 入口段 threshold zone

入口段是车辆进入隧道洞口后的第一段。

3.1.2 过渡段 transition zone

过渡段是隧道内连接入口段的一段,是为了避免入口段照明与中间段照明之间照明亮度急剧变化而设置的照明段。根据隧道长度,可将过渡段连续细分为过渡段 1、过渡段 2、过渡段 3。

3.1.3 中间段 interior zone

中间段是在隧道内行车方向前方连接过渡段和出口段的一段。

3.1.4 出口段 exit zone

出口段是隧道内靠近隧道出口的一段。

3.1.5 洞外亮度 $L_{20}(S)$ adaptation luminance

洞外亮度是指在距离隧道入口一个停车视距处,距地面 1.5m高,正对隧道洞口方向 20° 视场圆锥角范围内实测得到的环境平均亮度。单位: cd/m^2 。

3.1.6 入口段亮度 L_{th} threshold zone luminance

在隧道入口段区域内路面的平均亮度。单位: cd/m^2 。

3.1.7 过渡段亮度 L_{tr} interior zone luminance

在隧道过渡段区域内路面的平均亮度。单位: cd/m^2 。

3.1.8 中间段亮度 L_{in} interior zone luminance

在隧道中间段区域内路面的平均亮度。单位： cd/m^2 。

3.1.9 出口段亮度 L_{ex} exit zone luminance

在隧道出口区域路面的平均亮度。单位： cd/m^2 。

3.1.10 基本照明 basic lighting

为公路隧道路面提供全天24h照明而设置的照明系统。

3.1.11 加强照明 enhanced lighting

仅在白天开启，为消除公路隧道进口处的“黑洞”和出口处的“白洞”效应而设置的照明。

3.1.12 应急照明 emergency lighting

应急照明是在正常照明系统因电源发生故障，不再提供正常照明的情况下，供人员疏散、保障安全或继续工作的照明。

3.1.13 路面平均亮度 L_{av} average road surface luminance

是指各照明段范围内任意一段全路面所有计算点亮度的算术平均值。

3.1.14 路面亮度总均匀度 U_0 overall uniformity of road surface luminance

各照明段路面每个行车道中线的最小亮度和平均亮度的比值。为了使路面上所有区域都有足够的亮度和对比度，提供令人满意的能见度，规定的路面最小亮度和平均亮度比值范围。

3.1.15 路面中线亮度纵向均匀度 U_1 Longitudinal uniformity of road surface luminance

沿路面中线上的最小亮度和最大亮度之比。为了提供视觉舒适性，规定的沿路面中线最小亮度和最大亮度比值范围。

3.1.16 路面维持平均亮度 maintained average luminance of road surface

指路面平均亮度（照度）维持值。它是在计入光源计划更换时光通量的衰减以及灯具因污染造成效率下降等因素（即维护系数）后设计计算时所采用的平均亮度（照度）值。

3.1.17 动态调光 dynamic dimming

依据隧道洞口外环境亮度和隧道内环境亮度要求，动态调节隧道各照明段的LED灯具的亮度。

3.1.18 养护系数M maintenance factor

LED灯具使用一定时间之后的路面平均亮度与LED灯具初始安装时在同一路面上所得到的平均亮度之比。

3.1.19 光学长隧道 optically long tunnels

位于行车道中央、距隧道入口一个停车视距处不能完全看到隧道出口的、且几何长度 $\leq 500\text{m}$ 的短隧道，称为“光学长隧道”。

3.1.20 隧道洞口方位 tunnel entrance direction

是指隧道洞口的朝向，可分为南、北、东·西3个方位。

3.1.21 通透率 Ψ the ratio of permeability

通透率 Ψ 是指从距离隧道入口一个停车视距、视高1.5m的位置，可观察到的隧道出口面积占隧道入口面积的百分比 Ψ 。

3.2 符号

D_{th} : 入口段长度

D_s : 照明停车视距

L_{av} : 路面平均亮度

f: 闪烁频率

H: 灯具光源中心至路面的高度

I_{cy} : 灯具在计算点的光强值

k: 入口段亮度折减系数

L: 隧道长度

$L_{20}(S)$: 洞外亮度

L_{av} : 路面的平均亮度

L_{ex} : 出口段亮度

L_{in} : 中间段亮度

L_{min} : 路面最小亮度

L_{th} : 入口段亮度

L_{tr} : 过渡段亮度

L'_{min} : 路面中线最小亮度

L'_{max} : 路面中线最大亮度

N: 设计交通量

S: 灯具间距

M: 养护系数

Ψ : 通透率

4 一般规定

4.1 高速公路隧道按长度 L 可分为 4 类：

- 1 $L \leq 500\text{m}$ ，为短隧道；
- 2 $500\text{m} < L \leq 1000\text{m}$ ，为中隧道；
- 3 $1000\text{m} < L \leq 3000\text{m}$ ，为长隧道；
- 4 $L > 3000\text{m}$ ，为特长隧道。

4.2 照明系统的设置原则

4.2.1 $L > 300\text{m}$ 高速公路隧道应设置隧道照明系统。

4.2.2 $150\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 的短隧道规定如下：

- 1 $L \leq 150\text{m}$ 高速公路非光学长隧道可不设置照明系统。
- 2 $150\text{m} < L \leq 200\text{m}$ 高速公路非光学长隧道可不设置照明系统，应设置隧道诱导照明系统。
- 3 $150\text{m} < L \leq 200\text{m}$ 高速公路光学长隧道应设置照明系统。
- 4 $200\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 高速公路非光学长隧道应结合隧道通透率 Ψ 与隧道平、纵线形综合考虑是否设置照明系统。若隧道通透率 $\Psi \geq 95\%$ ，可不设置隧道照明系统，但应设置隧道主动发光轮廓标和车道边界标等隧道线形诱导照明系统。

通透率 Ψ 的计算可通过在距离隧道入口一个安全停车视距位置且在最不利视认条件的车道中间拍照实测隧道出口面积占隧道进口面积的比例进行确定。

4.3 隧道照明评价指标

4.3.1 应以隧道内路面平均亮度、亮度总均匀度、亮度纵向均匀度为评价指标。

4.3.2 隧道内路面平均亮度值应为路面维持平均亮度值。

4.4 照明设计调查和资料收集

4.4.1 隧道照明系统设计分为初步设计和施工图设计两个阶段，在初步设计阶段应进行以上资料收集和调查：

- 1 隧道设计交通量、设计速度、单向双向通行方式。
- 2 隧道周边地形和气象状况、隧道洞口朝向、隧道长度、平纵线形、洞门结构形式等。
- 3 隧道路面材料及颜色、洞内装饰材料及颜色。
- 4 隧道通风方式、通风系统布置方案、烟雾设计浓度等洞内环境指标。
- 6 隧道配电所位置、容量，供电电压及其变动幅度等供电条件。
- 7 隧道照明系统的控制方式与智能化程度。

在施工图设计阶段应对隧道供配电、隧道监控系统、通风系统等资料进行变更确认和联合设计，并应对隧道洞外亮度 $L_{20}(S)$ 的设计取值进行现场实际测试和评估。

4.5 隧道照明设计宜按下列顺序实施

4.5.1 首先通过现场测定隧道洞口方位、洞口外环境亮度，必要时制定洞外减光措施。如，在条件允许的情况下，充分利用隧道洞口方位和地形，采用密集种植乔木等绿色植被进行洞口减光设计。对于间距小于 100m 的两隧道出口、入口连接路段，宜设置遮阳棚或遮阳板等减光设施，有效降低下一隧道入口段的亮度设计值。

4.5.2 隧道 LED 照明系统设计交通量宜按 10 年设计交通量取值。

4.5.3 确定隧道 LED 照明灯具技术参数。

4.5.4 根据路面材料与灯具光强分布,计算各段灯具布置间距、路面均匀度等,确定灯具布置方式。

4.5.5 隧道主体完工后应对隧道洞口外亮度进行现场实测测试,按照 5.1.2 的规定修正洞外环境亮度 L_{20} (S) 的取值。

4.6 隧道照明区段可划分为:入口段照明、过渡段(过渡段 1、过渡段 2)照明、中间段照明、出口段照明、洞外引导照明以及洞口接近段减光设施构成。

4.7 隧道照明设计所采用的设计速度宜与隧道所在路段设计速度一致。当路段设计速度 $\leq 120\text{km/h}$ 时,照明系统设计所采用的设计速度可按表 4.7 取值。

表 4.7 照明设计所采用的设计速度取值表

隧道所在路段设计速度 (km/h)	隧道照明系统采用设计速度 (km/h)
80	80
100	100
120	100

4.8 隧道两侧洞壁 2.0m 高范围内,反射材料反射比不小于 0.7,平均亮度宜不低于同一位置路面平均亮度的 50%。

4.9 养护系数 M 值取 0.7。

5 设计参数

5.1 洞外亮度 L_{20} (S) 取值要求

5.1.1 高速公路隧道LED照明系统设计阶段, 如无实测资料, 暂按表 5.1.1 中规定的隧道洞口外亮度 L_{20} (S) 大小取值。

表 5.1.1 洞外亮度 L_{20} (S) (单位: cd/m^2)

天空面积百分比	洞口方位	设计速度 v_t (km/h)			
		40	60	80	100
35%~50%	南	—	—	3500	4000
	北	—	—	5000	5500
25%	南	2500	3000	3500	4000
	北	3000	3500	4500	5000
35%~50%	东·西	—	—	4000	4500
25%	东·西	3000	3500	4000	4500
10%	暗环境	2000	2500	2750	3000
	亮环境	2500	3000	3750	4000
0%	暗环境	1500	1750	2000	2500
	亮环境	2000	2500	2750	3000

注: 1 天空面积百分比指 20° 视场中天空面积百分比;
 2 南洞口指北行车辆驶入的洞口, 北洞口指南行车辆驶入的洞口;
 3 东洞口与西洞口取用南洞口与北洞口之中间值;
 4 暗环境指洞外景物 (包括洞门建筑) 反射率 $< 50\%$ 的环境;
 5 亮环境指洞外景物 (包括洞门建筑) 反射率 $\geq 50\%$ 的环境;
 6 根据广东省高速公路隧道实际设计速度和运行速度现状, 将设计速度 v_t 最高值定为 $40\sim 100\text{km}/\text{h}$ 。

5.1.2 在洞口土建完成时, 应对隧道入口段洞口亮度进行实测, 若实测值与设计值的误差超出 $\pm 15\%$, 应按实际测试结果, 调整隧道洞口外 L_{20} (S) 的设计亮度值。

5.2 入口段亮度指标要求

5.2.1 入口段长度

1 入口段长度应满足式 (5.2.1-1):

$$D_{th} = (1.154D_s - \frac{h-1.5}{\tan 10^\circ}) \quad (5.2.1-1)$$

式中:

D_{th} : 入口段长度 (m);

D_s : 照明停车视距 (m), 可按表 5.2.1 取值;

H : 洞口内净空高度 (m)。

表 5.2.1 照明停车视距 D_s 取值表 (单位: m)

设计速度 v_t (km/h)	纵坡 (%)								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
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

2 设计速度为 40km/h 时, 入口段总长度可取一个照明停车视距。

5.2.2 入口段亮度

隧道入口段亮度宜根据洞外亮度分两段设置, 每段长度 $D_{th1}=D_{th2}=1/2D_{th}$, 各段对应亮度应分别满足式 (5.2.2-1) 及式 (5.2.2-2):

$$L_{th1} = k \times L_{20} \text{ (S)} \quad (5.2.2-1)$$

$$L_{th2} = 0.5 \times k \times L_{20} \text{ (S)} \quad (5.2.2-2)$$

式中:

L_{th1} : 入口段 1 亮度 (cd/m^2);

L_{th2} : 入口段 2 亮度 (cd/m^2);

K: 入口段亮度折减系数, 可按表 5.2.2 取值;

$L_{20}(S)$: 洞外亮度 (cd/m^2)。

表 5.2.2 入口段亮度折减系数 k

设计交通量 N (veh/h·ln)		k				
		设计速度 $v_t(\text{km/h})$				
单向交通	双向交通	120	100	80	60	40
≥ 1200	≥ 650	0.070	0.045	0.035	0.022	0.012
≤ 350	≤ 180	0.050	0.035	0.025	0.015	0.01

注: 当设计交通量在中间值时, 按内插考虑。

5.2.3 连续隧道入口段亮度

当两座隧道间的行驶时间按路线设计速度计算小于 15s, 且通过前一座隧道的行驶时间大于 30s 时, 后续隧道入口段亮度应进行折减, 亮度折减率可按表 5.2.3 取值。

表 5.2.3 后续隧道入口段亮度折减率

两隧道之间行驶时间 (s)	<2	<5	<10	<15
后续隧道入口段亮度折减率 (%)	50	30	25	20

5.2.4 入口段灯具布置

1 入口段灯具宜按功能分为基本照明灯具和加强照明灯具, 基本照明灯具的功率及布置间距按中间照明考虑, 加强照明灯具可选用功率较大的灯具。如果隧道洞口型式采用削竹式, 加强照明灯具从洞口以内 10m 处开始布设; 如果隧道洞口型式采用端墙式, 加强照明灯具从洞口处开始布设。

2 入口段基本照明灯具和加强照明灯具宜采用交叉布置方式。

5.3 过渡段亮度指标要求

5.3.1 过渡段长度

1 过渡段宜分为 3 段设置, 各照明段长度可按表 5.3.1 取值。

表 5.3.1 过渡段长度 D_{tr} (单位: m)

设计速度 v_t (km/h)	D_{tr1}	D_{tr2}	D_{tr3}
100	106	111	167
80	72	89	133
60	44	67	100
40	26	44	67

其中, D_{tr1} 、 D_{tr2} 、 D_{tr3} 分别为过渡段 1、过渡段 2、过渡段 3 的长度。

2 $150\text{m} \leq \text{长度 } L < 200\text{m}$ 光学长隧道, 且通透率 $\Psi \geq 80\%$, 可不设置过渡段照明。

3 $200\text{m} \leq \text{长度 } L \leq 500\text{m}$ 的直线短隧道, 可不设置过渡段照明。

5.3.2 过渡段亮度

1 过渡段的三个照明段 TR1、TR2、TR3 的亮度可按表 5.3.2 取值。

表 5.3.2 过渡段亮度

照明段	TR ₁	TR ₂	TR ₃
亮度	$L_{tr1} = 0.15L_{th1}$	$L_{tr2} = 0.05L_{th1}$	$L_{tr3} = 0.02L_{th1}$

2 若 $L_{tr3} \leq 2 \times L_{in}$, 则过渡段 TR3 可不设置。

5.3.3 过渡段灯具布置

过渡段照明灯具的布设间距按照过渡段 1、过渡段 2、过渡段 3 的顺序可逐渐加大, 照明灯具可采取对称布置方式或交错布置方式。

5.4 中间段亮度指标要求

5.4.1 中间段长度

当单向交通且通过隧道的行车时间超过 135s 时, 隧道中间段宜分为两个区段, 每区段对应的长度可按表 5.4.1 取值。

表 5.4.1 中间段分区段设置的长度

区段	长度 (m)	备注
中间段第一区段	设计速度下的 30s 行程	
中间段第二区段	余下的中间段长度	采用连续光带布灯方式， 隧道壁面反射系数不小于 0.7 时

5.4.2 中间段亮度

1 中间段亮度可按表 5.4.2-1 取值。

表 5.4.2-1 中间段亮度 L_{in} (单位: cd/m^2)

设计速度 v_t (km/h)	L_{in}		
	单向交通 $N \geq 1200 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$ 双向交通 $N \geq 650 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$	单向交通 $350 \text{ veh/h} \cdot \text{ln} < N < 1200 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$ 双向交通 $180 \text{ veh/h} \cdot \text{ln} < N < 650 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$	单向交通 $N \leq 350 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$ 双向交通 $N \leq 180 \text{ veh/h} \cdot \text{ln}$
100	5.5	4.5	2.0
80	3.0	2.5	1.5
60	1.5	1.0	1.0
40	1.0	1.0	1.0

2 单向交通隧道中间段两个区段对应长度及亮度可按表 5.4.2-2 取值。

表 5.4.2-2 中间段分区段设置的长度及亮度取值

区段	长度 (m)	亮度 (cd/m^2)	备注
中间段 第一区段	设计速度下的 30s 行程	L_{in}	
中间段 第二区段	余下的中间段长 度	$L_{in} \times 80\%$, 且不低于 1.0 cd/m^2	
		$L_{in} \times 50\%$, 且不低于 1.0 cd/m^2	采用连续光带布灯方式, 或隧道壁面反射系数不 小于 0.7 时

3 中间段 LED 灯具应具备自动调光功能。

5.4.3 中间段灯具布置

1 中间段灯具可采用两侧照明灯具交错布置、两侧对称布置和中线侧偏单

光带布置三种方式。

2 灯具布置应满足闪烁频率低于 2.5 Hz 或大于 15 Hz。

3 隧道曲线段照明灯具的布置应符合下列要求：

(1) 应为驾驶员提供良好的诱导性；

(2) 平曲线半径不小于 1000m 的曲线段，其照明灯具可参照直线路段布置；

(3) 平曲线半径小于 1000m 的曲线段，当采用侧偏单光带布灯方式时，灯具应沿曲线外侧布置，并应减小灯具的间距，间距宜为直线路段灯具间距的 0.5 倍~0.7 倍（图 5.4.3.1），半径越小间距应越小。

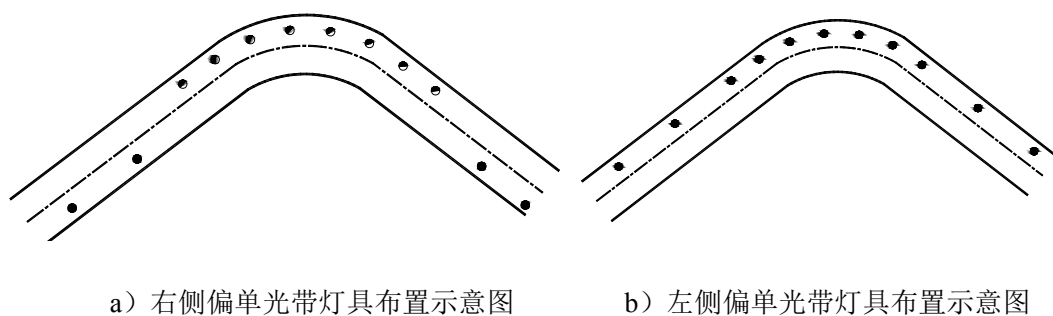


图 5.4.3.1 曲线段侧偏单光带灯具布置示意图

(4) 平曲线半径小于 1000m 的曲线段采用两侧布灯方式时，宜采用对称布置。

注：采用交错布置还是对称布置，其灯具的配光形式是不相同的，设计时不宜限定，由生产企业根据灯具的配光特性来确定，以满足均匀度要求。

(5) 在反向曲线路段上，宜在固定的一侧布设灯具，发生视线障碍时可在曲线外侧增设灯具（图 5.4.3.2）。

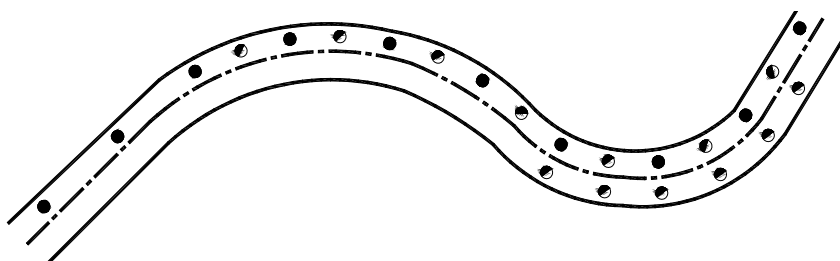


图 5.4.3.2 反向曲线段上的灯具布置示意图

4 在隧道内分岔口、交叉口等交通复杂路段的照明亮度指标应适当加强, 应为驾驶员提供良好的诱导性。

5.4.4 中间段路面亮度总均匀度

中间段路面亮度总均匀度应不低于表 5.4.4 所示值。

表 5.4.4 路面亮度总均匀度 U_0

设计交通量 N (veh/h·ln)		U_0
单向交通	双向交通	
≥ 1200	≥ 650	0.4
≤ 350	≤ 180	0.3

注: 当交通量在中间值时, 按内插考虑。

5.4.5 中间段路面中线亮度纵向均匀度

中间段路面中线亮度纵向均匀度应不低于表 5.4.5 所示值。

表 5.4.5 亮度纵向均匀度 U_1

设计交通量 N (veh/h·ln)		U_1
单向交通	双向交通	
≥ 1200	≥ 650	0.6
≤ 350	≤ 180	0.5

注: 当交通量在中间值时, 按内插考虑。

5.5 出口段亮度指标要求

5.5.1 出口段长度

在单向交通隧道中, 应根据隧道具体情况考虑是否设置出口段加强照明。在双向交通隧道中, 出口段照明和入口段照明做相同处理。

出口段的长度宜根据洞口朝向和地形情况设置为 50m~60m。

5.5.2 出口段亮度

1 出口段亮度应分段考虑, 靠近隧道出口 30m 的亮度宜取表 5.4.2.1 所列中

间段亮度的 5 倍，靠近隧道中间段末端 30m 的亮度宜取表 5.4.2.1 所列中间段亮度的 3 倍。

2 长度 $L \leq 300\text{m}$ 的单向交通直线隧道可不设置出口照明，可按照中间段亮度的 2 倍设置出口照明。

3 出口段亮度应根据不同时段及车流量情况进行动态调光。

5.5.3 出口段灯具布置

1 出口段照明灯具宜按功能分为基本照明灯具和加强照明灯具。

2 隧道洞口型式若采用削竹式，加强照明灯具从洞口以内 10m 处开始布置；若采用端墙式，加强照明灯具从洞口处开始布设。

3 两侧的基本照明灯具和加强照明灯具宜采用交错布置方式。

5.6 应急照明

5.6.1 应急照明设置

长度 $L \geq 500\text{m}$ 的高速公路隧道应设置应急照明。

5.6.2 应急照明要求

1 应急照明系统应保证照明中断时间不超过 0.3s，维持时间不短于 30 min。

2 配合启用应急照明，应在洞外一定距离处设置信号灯或可变标志显示警告信息。

3 启用应急照明时，洞内路面亮度应不小于表 5.4.2.1 所列中间段亮度的 10%，并不低于 $0.5\text{cd}/\text{m}^2$ 。

5.7 行人横洞、行车横洞和紧急停车带照明

1 人行横洞设计亮度不低于 $4.5\text{cd}/\text{m}^2$ ；

2 车行横洞设计亮度不低于 $3.5\text{cd}/\text{m}^2$ ；

3 紧急停车带设计亮度不低于隧道中间段照明亮度的 2 倍，且宜采用显色指数高的 LED 照明灯具。

5.8 隧道洞口外引导路段照明

- 1 在隧道左右线两端洞口外的引导路段宜设置引导照明；
- 2 引导路段的照明长度宜设置为 50m~100m；
- 3 引导路段照明灯具可根据引导路段路侧的具体地形情况选择低灯杆、中灯杆或护栏灯（所在引导路段是桥梁）等照明支撑方式；
- 4 引导路段路面亮度指标应与隧道中间段的照明亮度指标一致。

6 照明控制

6.1 控制原则

6.1.1 隧道照明控制应本着安全可靠、节能环保、经济实用、技术先进的设计原则。

6.1.2 隧道 LED 照明控制系统包括：洞外、洞内亮度检测设备、隧道交通流量检测器、隧道 LED 照明灯具、灯具驱动电源、灯具控制器、通信传输设备、上位机照明监控管理软件。

6.1.3 隧道 LED 照明控制系统应能结合隧道洞外亮度、洞内亮度、交通流量等影响隧道照明亮度指标的参数制定合理的照明节能控制方案。

6.1.4 照明控制宜采用自动控制为主，半自动控制和人工控制为辅的控制模式。

6.2 控制模式

隧道 LED 照明控制模式主要包括：自动控制、半自动控制、手动控制三种模式。隧道 LED 照明控制宜优先选择自动控制模式。

6.2.1 自动控制模式

隧道 LED 照明系统应依据隧道洞内、洞外亮度检测器的数值通过调光控制器对隧道 LED 照明灯具输出功率和路面亮度进行自适应动态调光。

6.2.2 半自动控制模式

1 时序自动控制模式

(1) 应根据春、夏、秋、冬四个不同季节的洞外环境光亮度及每个季节内一天 24 小时时间段内洞外环境光亮度的变化规律,按每天不同时间段分时段自动调节隧道内各照明段的灯具功率和亮度指标。

(2) 时序自动控制模式时间段的划分应根据隧道洞口所处的地形、地貌及其洞口绿化植被情况进行大量的数据实测和分析后确定。

2 分级控制模式

(1) 分级控制模式为半自动控制,由隧道监控管理人员根据天气情况人工选取相应的照明控制模式。

(2) 分级控制模式可分为:晴天、云天、阴天、重阴天、晚上、夜间(晚上 12 点后)6 级。划分依据如表 6.2.2 所示。

表 6.2.2 隧道 LED 照明分级控制模式

	模式分级	划分依据
隧道 LED 照明分级 控制模式	晴天	$L_{20}(S) > 3500\text{cd/m}^2$
	云天	$3500\text{cd/m}^2 > L_{20}(S) > 2000\text{cd/m}^2$
	阴天	$2000\text{cd/m}^2 > L_{20}(S) > 1000\text{cd/m}^2$
	重阴天	$L_{20}(S) < 1000\text{cd/m}^2$
	晚上	/
	夜间(晚上 12 点后) 深夜照明	/

6.2.3 各级照明控制模式对应开启的隧道照明回路应根据照明配电系统的设计方案确定的。

6.3 控制信号传输方式

6.3.1 隧道 LED 照明控制信号传输可采用数字和模拟两种方式。

6.3.2 当采用模拟信号方式时,模拟控制信号电压范围宜选用 DC0~5V。不同的模拟信号电压对应 LED 灯具不同的发光亮度。其中,0V 对应最大亮度,5V 对应最小亮度。

6.3.3 当采用数字信号传输方式时，宜选用数字可寻址调光控制协议（DALI-T）。

6.4 控制器

6.4.1 隧道 LED 照明控制器可分为模拟控制器和数字控制器。

1 当采用模拟控制器时，隧道 LED 照明灯具驱动电源应能响应 PWM 调光信号 DC 0~5V 稳定直流恒电压信号。

2 当采用数字控制器时，宜选用数字可寻址调光控制协议（DALI-T）。

3 控制器调光等级宜 ≥ 64 级，调光等级可采用 8 位数字信号表示。从 0X00~0X3F（0000 0000~0011 1111）。0X3F 对应灯具最大亮度值，0X00 对应灯具最小亮度值。

6.4.2 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/T24825-2009《LED 模块用直流或交流电子控制装置性能要求》。

6.4.3 隧道 LED 照明控制器安全要求应符合 GB19510.1-2009《灯的控制装置 第 1 部分：一般要求和安全要求》。

6.4.4 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。

6.4.5 隧道 LED 照明控制器应具有操作显示界面，方便进行现场调试与控制。

6.4.6 隧道 LED 照明控制器可设置于隧道内 PLC 机柜内，利用 PLC 机柜内的交换机实现与上位机的通信。

6.4.7 控制器应能承受电源额定电压 $\pm 20\%$ 的波动。

6.5 控制软件功能要求

6.5.1 应具备用户登录权限管理功能,具备用户照明控制模式设置、控制参数读取和设置功能。应具备隧道照明正常工况、养护工况、交通事件异常工况和火灾工况等不同工况条件预先设置功能。

6.5.2 应能在图形化隧道平面图上显示、查询和控制隧道 LED 照明灯具的状态。

6.5.3 应能在图形化隧道平面图显示隧道照明控制系统当前工作状况,包括系统当前时间(年、月、日、小时和分钟)、隧道内各回路照明输出电压、电流和功率参数等。

6.5.4 应能在图形化隧道平面图上显示隧道洞内、洞外实时采集的亮度值。

6.5.5 应具备实时采集和记录照明控制输入参数信息和控制输出参数等相关数据信息,设置有工作状态和控制参数查询界面,方便数据查询调用。

6.5.6 具备与前端控制设备的远程通信和访问功能以及通信故障报警功能。

6.5.7 控制器时钟一天 24 小时的误差应 $\leq 1s$ 。

6.6 横洞照明控制

6.6.1 行车横洞照明控制应包括远程控制和本地手动控制两种模式。

6.6.2 行人横洞的照明系统宜具备感应控制功能。

6.6.3 隧道横洞的 LED 照明灯具应与横洞门具有联动控制功能。

7 供配电设计

7.1 根据隧道及隧道群的分布以及隧道供配电变电站（所）的具体情况进行合理规划和设计，应选择科学合理、经济可靠的供配电方案。

7.2 隧道内应设置照明配电箱，配电箱内应以洞为单位配置电能计量仪表。隧道照明配电箱电源应经电缆沟从变电站（所）低压配电柜引出。各配电回路经配电箱分出后可沿隧道两侧壁上引至隧道壁电缆桥架上，引线与分支以绝缘线缆连接。

7.3 变电站（所）内应设有应急电源，为隧道内以及变电站（所）内的应急照明灯具供电，同时为箱变和变电站（所）内的电力监控设备供电，应急电源可靠连续供电时间应不小于 30 分钟。应急电源系统应具备手动和自动控制功能。

7.4 基本照明和应急照明应按一级负荷供电，加强照明可按二级负荷供电。

7.5 紧急停车带灯具电源可引自应急照明回路。

7.6 在人行横洞两端应分别设置 1 个红外感应灯具电源开关，安装高度宜取 1.0m，可控制人行横洞照明灯具的开启与关闭。

7.7 在车行横洞两端入口分别设置 1 个灯具电源控制箱和按钮箱，安装高度宜取 1.0m，车行横洞照明灯具的开启应与车行横洞门的开启实现联动控制。

7.8 隧道照明供配电系统宜采用 TN-S 接地，并应满足下列条件：

7.8.1 配电线路的短路或接地故障过电流保护电器采用断路器时，应具有过载

长延时保护特性。

7.8.2 灯具线路分支处保护电器宜采用熔断器，灯具单相短路（或接地故障）电流不应小于该熔断器熔体电流的 4.5 倍。

7.8.3 箱变工作接地和保护接地应共用接地体。

7.8.4 灯具应设置保护接地装置。其接地电阻在断开配电线路 PE 线时的测量值应小于 4.0Ω 。

7.9 照明配电电压宜采用 220/380V，照明设备端子处电压波动宜控制在 $\pm 7\%$ 以内，并满足 GB/T 12325-2008 的相关规定和要求。隧道照明供配电系统应采用并联电力电容器作为无功补偿装置，所有照明配电回路的功率因数应 ≥ 0.9 。

7.10 照明供电三相照明线路负荷的分配宜保持平衡，最大相与最小相的负荷电流差 $\leq 30\%$ 。

8 施工要求

8.1 一般要求

8.1.1 高速公路隧道 LED 照明工程施工内容主要包括以下几个分项工程的安装、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 设备基础施工。

8.1.2 高速公路隧道 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。

8.2 隧道 LED 灯具安装要求

8.2.1 设备进场检查及质量控制

- 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 灯具电气原件、配件齐全，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 灯具底座的调节范围符合设计要求；
- 4 支撑系统材质、承载能力满足设计要求；
- 5 强电端子对机壳绝缘电阻不应小于 $50M\Omega$ ；
- 6 灯具通电后工作正常，发光均匀、无灭点。

8.2.2 设备安装要求

- 1 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。
- 2 LED 灯具及附属设施安装应牢固可靠、位置正确、整齐美观，灯具轮廓线形与隧道在横向、纵向、高度方面协调一致。
- 3 LED 灯具应发光均匀，从行车方向看去无刺眼的眩光。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。
- 4 照明设备及线缆数量、型号规格、程式符合设计要求，部件及配件完整。
- 5 LED 灯具的电力线、信号线、接地线端头制作规范；按设计要求采取保护措施，布线排列整齐美观、安装固定符合要求、标识清楚、插头牢固。
- 6 照明配电箱布线整齐、美观、绑扎牢固，接线端头焊（压）结牢固、平滑；编号标识清楚，布线预留长度适当；柜（箱）门开关灵活、出线孔密封措施得当，机箱内无积水、无霉变、无明显尘土，表面无锈蚀。柜（箱）体与强电端子的绝缘电阻应不小于 $50M\Omega$ ，并与接地干线可靠连接。
- 7 按相关要求和规定连接 LED 照明设备的保护线、信号线、电力线，排列规整、无交叉拧绞，经过通电测试，工作状态正常。
- 8 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，各个灯具光轴线应保持与竖直面成同一角度。
- 9 LED 灯具安装所用的配件及膨胀螺栓均为灯具配套产品，安装时根据产品说明书进行安装。

8.3 隧道洞外照明灯具安装要求

8.3.1 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 隧道洞外照明灯具电气原件、配件齐全，尺寸、型号符合设计要求，无机械损伤、变形、防腐层脱落、灯罩破裂等现象，灯具的防护等级应符合设计要求；

- 3 灯杆、灯臂、抱箍、螺栓、压板等金属构件防腐处理符合标准或设计要求；
- 4 反光器干净整洁，反光器表面无明显划痕；
- 5 封闭灯具的灯头引线应采用耐热绝缘管保护，灯罩与尾座的连接配合无间隙；
- 6 设备强电端子对机壳绝缘电阻不应小于 $50M\Omega$ ；
- 7 灯杆的直线度不大于 $2mm/m$ ，杆长误差不大于 $1mm/m$ ；
- 8 灯杆、灯具、配线等应符合设计要求。

8.3.2 设备安装要求

- 1 灯具的安装轴线应与车道中心线平行；
- 2 当安装位置的地质条件与设计不符时，应采取相应处理措施；
- 3 灯杆与架空供电线路的安全距离应符合有关规定；
- 4 吊装灯杆前必须制定安全合理的吊装方案；
- 5 灯具安装应牢固，灯杆安装应竖直牢固，灯杆垂直度不大于 $3mm/m$ ；
- 6 各种螺母紧固时应加垫片和弹簧垫，紧固后螺丝露出螺母不得少于两个螺距；
- 7 灯臂、灯盘、灯杆内的导线不得有接头；
- 8 灯具接线排列整齐美观、安装牢固、标志清楚，高杆灯宜采用三相供电，三相负荷应均匀分配；
- 9 灯具外壳、杆体等应可靠接地，接地电阻不大于 4Ω 。

8.4 隧道洞外亮度检测设备安装要求

8.4.1 设备进场检查及质量控制要求

- 1 隧道洞外亮度检测器应配遮光罩，防止日光照射，能承受车辆行驶引起的振动；
- 2 隧道洞外亮度检测器电气原件、配件应齐全，尺寸、型号符合设计要求，无机械损伤、变形、防腐层脱落等现象；

3 隧道洞外亮度检测器立柱和安装支架的材质、结构、防腐处理应符合设计要求。

8.4.2 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；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；

2 隧道洞外亮度检测器可靠接地，接地电阻不大于 4Ω；

3 隧道洞外亮度检测器的电力电缆、信号电缆端头制作应规范，接线应整齐美观、牢固、标志清楚。

4 一般可将隧道洞外亮度检测器安装在距离隧道洞口空旷处 30~100 米处，高度应不低于 2.5 米的位置，通过调整检测器视场角和仰角等，实现将隧道洞口、路面和隧道山体坡面等主要影响隧道洞口亮度的环境因素都覆盖在亮度检测图像内。

5 隧道洞外亮度检测器立柱顶端应采取避雷针形式，避雷针距离亮度检测仪所在位置应不低于 4.0m。

8.5 隧道 LED 照明控制器安装要求

8.5.1 设备进场检查及质量控制要求

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。

8.5.2 设备安装要求

隧道 LED 照明控制器应与低压配电柜、照明控制柜成套组装。

8.6 隧道洞外设备基础施工要求

8.6.1 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；

8.6.2 隧道洞外设备基础的地基承载力应符合设计文件的规定；

8.6.3 隧道洞外设备基础等所用的钢筋、水泥、细集料、粗集料、拌和用水、外加剂等材料，应符合现行《公路桥涵施工技术规范（JTJ041）》的相关要求；接地扁铁、缆线导管、地脚螺栓及预埋板等安装尺寸应符合设计要求；

8.6.4 基础平面应高于地面不低于 200mm，基础外形尺寸误差、对角线误差、水平度不大于 3mm/m；

8.6.5 浇筑基础混凝土时应现场取样，按规定养护后作强度试验；

8.6.6 基础混凝土表面应刮平、无损边、无掉角，不宜有蜂窝麻面，裸露金属无锈蚀且有防护处理措施；

8.6.7 预埋地脚螺栓的位置和相互尺寸应符合设计文件的规定，当设计文件无规定时，其中心距允许偏差 2mm，顶端标高允许偏差 20mm，垂直度允许偏差 5/1000；

8.6.8 预埋板埋设后的水平误差应不大于 3mm/m；

8.6.9 备的安装应在基础混凝土强度达到设计强度的 80%以上后进行；

8.6.10 应按设计及有关规范制作设备基础的接地，防雷接地电阻不应大于 10 Ω ，安全接地电阻不应大于 4 Ω 。

8.7 工程调试与检查要求

8.7.1 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 2M Ω ，各个设备接地应良好；

8.7.2 开启隧道 LED 照明回路，各照明段的 LED 灯具应运行正常；

8.7.3 UPS 或 EPS 供电的应急照明回路工作时间应符合设计要求；

8.7.4 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；

8.7.5 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；

8.7.6 应现场检查隧道 LED 照明检测设备的输出参数；

8.7.7 控制模式和控制功能应符合设计要求。

附录 A

广东省高速公路 隧道 LED 照明灯具技术要求

A.1 规范性引用文件

下列文件对于本指南的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本指南,凡是没有标注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本指南。

GB/T2423.8-1995 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Ed: 自由跌落

GB/T18226-2000 高速路交通工程钢构件防腐技术条件

GB/T18595-2001 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求(idt IEC 61547-1995)

GB/T2423.22-2002 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 N: 温度变化

GB/T5702-2003 光源显色性评价方法

GB 17625.1-2003 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$)

GB2900.65-2004 电工术语 照明

GB 7000.5-2005 道路与街路照明灯具安全要求

GB7000.7-2005 投光灯具安全要求

GB/T2423.3-2006 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Cab: 恒定湿热试验

GB 7000.1-2007 灯具 第 1 部分 一般要求与试验

GB/T9468-2008 灯具分布光度测量的一般要求

GB/T2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 A: 低温

GB/T2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 B: 高温

GB/T2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Fc: 振动(正弦)

-
- GB 4208-2008 外壳防护等级
- GB/T 191-2008 包装储运图示标志要求
- GB/T 24823-2009 普通照明用 LED 模块性能要求
- GB/T 24826-2009 普通照明用 LED 和 LED 模块术语和定义
- GB17743-2009 照明 EMC 限制和检测方法
- GB 24819-2009 普通照明用 LED 模块 安全要求
- QB/T 1551-1992 灯具油漆涂层
- LU030204200001001-2012 广东 LED 照明标准光组件技术规范 LU02LSC
系列 LED 照明光组件详细规范
- LU030204100001002-2012 广东 LED 照明标准光组件技术规范 LU02LSD
系列 LED 照明光组件详细规范
- LU030204100001003-2012 广东 LED 照明标准光组件技术规范 LU02LSD
系列 LED 照明光组件详细规范

A.2 术语与定义

A.2.0.1 隧道 LED 灯具 LED luminaries of tunnel

满足高速公路隧道（公路隧道）照明要求的组合式 LED 照明装置，除了 LED 发光二极管，还包括光学、机械、电气和电子部件等。隧道 LED 灯具产品与驱动电源、控制器可为分离式结构。

A.2.0.2 额定值 rated value

额定工作条件下隧道 LED 灯具产品的参数值，由产品生产商或责任销售商指定，包括初始光效、寿命、额定光通量、额定相关色温和额定功率等参数。

A.2.0.3 LED 灯具初始光效 initial luminous efficiency of LED luminaries

LED 灯具单位电功率所发出的光通量，用以表征电能转化为光能的能力。单位 lm/W。

A.2.0.4 LED 灯具寿命 life of LED luminaries

LED 灯具自燃点至光通维持率不低于初始光效指标 70%的累计燃点时间。

A.2.0.5 LED 灯具光通维持率 lumen maintenance of LED luminaries

光通量随燃点总时数的增长而衰减的程度，用百分比（%）表示。

A.2.0.6 LED 灯具色温 color temperature of LED luminaries

LED 色温指的是光波在不同能量下，人眼所感受的颜色变化。色温是以 Kelvin 为单位。在色温计算上是以黑体辐射的 0° Kelvin=摄氏-273° C 做为计算的起点。将黑体加热，随着能量的提高，便会进入可见光的领域。例如，在 2800K 时，发出的色光和 LED 灯泡相同，我们便说 LED 灯泡的色温是 2800K。可见光领域的色温变化，由低色温至高色温是由橙红→白→蓝。

A.2.0.7 LED 灯具显色指数 Ra color index of LED luminaries

表征物体在被测光源照射下，显现颜色逼真的程度。一般用 Ra 表示（0~100）。在被测光源照射下显现的颜色与标准光源的光照射下显现的颜色的一致程度越高，Ra 越大，显色性越好；反之，Ra 越小，显色性越差。

A.2.0.8 安装支架 installation lead frame

用于隧道 LED 灯具安装、支撑、角度可调的一种结构部件。

A.3 分类与型号

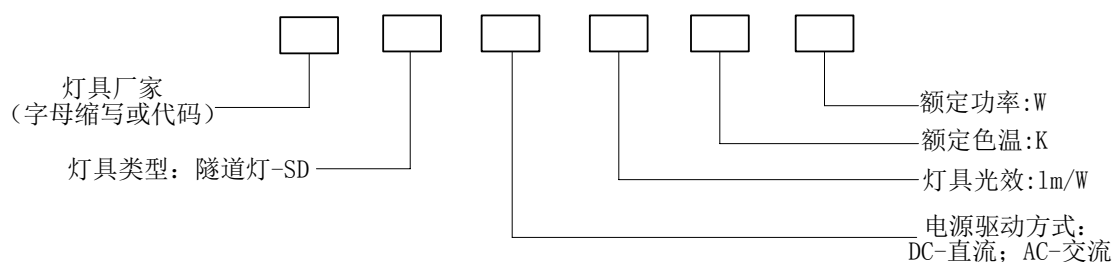
A.3.1 分类

A.3.1.1 隧道 LED 灯具按电源驱动方式可分为：直流驱动隧道 LED 灯具和交流驱动隧道 LED 灯具。

A.3.1.2 隧道 LED 灯具按芯片封装形式可分为集成封装和阵列封装两种。

A.3.2 型号编写原则

隧道 LED 灯具的产品型号表示如下：



示例 1: 某厂家生产的一个额定功率 80W, 额定色温 4500K, 灯具光效 80 lm/W, 直流驱动的隧道 LED 灯具产品, 其型号表示为: XXX-SD-DC-80-4500K-80W。

A.4 工作环境条件

隧道 LED 灯具在下列环境条件下应能正常工作：

- 1 环境温度：-30℃～+60℃；
- 2 相对湿度：0%～90%（40℃）；
- 3 大气压力：70 KPa～106 KPa；
- 4 工作电压：AC 176V～264V；
- 5 电源频率：48Hz～52Hz。

A.5 技术要求

A.5.1 隧道 LED 灯具发光二极管应符合 GBT24908-2010《普通照明用自镇流 LED 灯性能要求》和 GBT18904.3-2002《半导体器件 第 12-3 部分：光电子器件 显示用发光二极管空白详细规范》相关规定和要求。

A.5.2 隧道 LED 灯具直流驱动初始光效 (LPW) 可分为 3 级, 见表 A.5.1。

表 A.5.1 灯具光效等级

等级	灯具光效 LPW (lm/W)	
	额定相关色温 $\leq 3500\text{K}$	$3500\text{K} < \text{额定相关色温} \leq 6500\text{K}$
I	$\text{LPW} \geq 85$	$\text{LPW} \geq 95$
II	$75 \leq \text{LPW} < 85$	$85 \leq \text{LPW} < 95$
III	$65 \leq \text{LPW} < 75$	$75 \leq \text{LPW} < 85$

A.5.3 灯具额定光通量可分 4 级, 见表 A.5.2。

表 A.5.2 额定光通量 Ψ

等级	灯具额定光通量 Ψ (lm)
I	$\Psi \geq 16000$
II	$16000 > \Psi \geq 12000$
III	$12000 > \Psi \geq 8000$
IV	$\Psi < 8000$

A.5.4 在隧道正常环境温度工作条件下, 隧道 LED 灯具散热器结温升应 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 。结温升指标可分为 3 级, 见表 A.5.3。

表 A.5.3 温升指标等级

等级	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
I	$\Delta T \leq 25$
II	$25 < \Delta T \leq 35$
III	$35 < \Delta T \leq 45$

A.5.5 隧道 LED 灯具显色指数平均值 $R_a \geq 70$ 。

A.5.6 隧道 LED 灯具光衰应满足以下要求：

A.5.6.1 持续点亮 3000h: $\leq 4\%$;

A.5.6.2 持续点亮 6000h: $\leq 8\%$;

A.5.6.3 持续点亮 10000h: $\leq 12\%$;

A.5.6.4 隧道 LED 灯具在隧道照明系统正常规定条件下点亮，光通量维持率衰减到 70%的累计点亮时间应不低于 45000h。

A.5.7 隧道 LED 灯具配光宜采用对称式配光；纵向配光最大光强光束角应不小于 96° ，光斑分界线应渐变以减少斑马效应；横向配光应考虑截光设计，宜采用矩形光斑以提高有效光利用率。

A.5.7.1 隧道照明 LED 灯具应具有良好的防眩性能，配光设计时须考虑眩光限制。

A.5.7.2 隧道 LED 灯具配光曲线应与标称相一致。

A.5.8 公路隧道 LED 灯具应具有良好的散热性能。

A.5.9 距隧道 LED 灯具 1m 距离处, 其噪声指标应 $\leq 55\text{dB(A)}$ 声级)。

A.5.10 隧道 LED 灯具功率因数实测值应 ≥ 0.95 。

A.5.11 隧道 LED 灯具应具备动态调光控制功能, 即可根据隧道洞口外环境亮度和交通流量动态调节隧道内 LED 灯具亮度, 实现自适应调光控制。

A.5.12 隧道 LED 灯具经过配光设计照射在隧道内路面上的光分布应为矩形, 且满足 5.4.4 和 5.4.5 的均匀度要求。

A.5.13 设置于同一隧道照明段的隧道 LED 灯具在同一时间段内的光衰偏差不超过 3.0%。

A.5.14 隧道 LED 灯具的额定相关色温应以 100K 为步长, 且应 $\leq 6500\text{K}$ 。同一隧道照明段的 LED 灯具色温应保持一致。

A.5.14.1 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 5000K~6000K 之间。

A.5.14.2 中间段设置的基本照明灯具的色温宜介于 4000K~5000K 之间。

A.5.14.3 初始相关色温和额定相关色温 (T) 的最大偏差 (ΔT) 满足如下条件:

$$\Delta T = 0.0000108 \times T^2 + 0.0262 \times T + 8$$

A.6 安全要求

A.6.1 灯具应符合 GB7000.1、GB7000.5 及 GB7000.7 要求。

A.6.2 灯具的驱动控制部件或装置应符合 GB19510.14 要求。

A.6.3 隧道 LED 灯具的安全指标应满足 GB7000.5-2007 要求。防尘、防固体异物和防水等级应为 IP65。

A.6.4 隧道 LED 照明灯具的控制器金属外壳应可靠接地。

A.6.5 电磁兼容特性

灯具电磁兼容特性应符合 GB 17743-2009 和 GB 17625.1 要求。

A.6.6 耐腐蚀性能

灯具油漆部件之涂层应符合 QB/T 1551 中 II 类的规定和要求。

A.6.7 高低温性能

灯具在 $-15^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 温度下应能正常工作。灯具在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 温度环境中存储不应损坏。

A.6.8 抗振动性能

隧道LED灯具抗按GB/T2423.10的方法进行扫频试验。灯具通电工作时,在振动频率 $2\text{ Hz}\sim 150\text{ Hz}$ 的范围内按GB/T2423.10的方法进行扫频试验。在 $2\text{ Hz}\sim 9\text{ Hz}$ 时按位移控制,位移幅值 3.5 (峰峰值 7.0) mm ; $9\text{ Hz}\sim 150\text{ Hz}$ 时按加速度控制,加速度为 10 m/s^2 。 $2\text{ Hz}\rightarrow 9\text{ Hz}\rightarrow 150\text{ Hz}\rightarrow 9\text{ Hz}\rightarrow 2\text{ Hz}$ 为一个循环,扫频速率

为每分钟一个倍频程，共经历 20 个循环后，灯具应功能正常，结构不受影响，零部件无松动。

A.6.9 抗跌落性能

在完整的出厂包装中，灯具应能承受高度为 0.5m 的自由跌落。

A.7 结构要求

A.7.1 隧道 LED 灯具结构应坚固耐用，能承受一定的机械冲击，抗冲击性能应符合 GB7000.1 的要求。

A.7.2 隧道 LED 灯具总重应 $\leq 18\text{kg}$ ，灯具安装支架和支撑底座（含螺栓、螺帽、垫片）的承重能力应大于 3 倍灯具重量。

A.7.3 隧道 LED 灯具主要结构部件应采用可拆卸模块化设计，且拆卸方便。灯具散热器不得采用喷涂工艺。

A.7.4 隧道 LED 灯具及电源外壳必须为密封式，由特设导线引入，接线应为防水电缆，线间接头应为防水接头。

A.7.5 隧道 LED 灯具应采用利于散热和可靠的焊接方式和焊接材料。灯具外壳宜采用阻燃性好、散热性好和耐腐蚀的铝合金材料；灯具灯罩宜采用耐热和密封性能好的光学级透镜；灯具反射器宜采用纯铝板或耐热性能好、成形收缩率低、尺寸安定性良好的热塑型 PC 材料。

A.7.6 LED 灯具电源输入端应设防水接头，电源输出电缆应通过防水接头引入灯具。

A.7.7 LED 灯具输出电流可控型电源的控制电缆应通过防水接头与控制母线相连接。

A.7.8 相同功率型号的隧道 LED 应急照明灯具、基本照明灯具、加强照明灯具的结构、外形、尺寸应统一。

A.7.9 隧道 LED 应急照明灯具外观、结构和尺寸要求见附图 A.7.1 和附图 A.7.2。

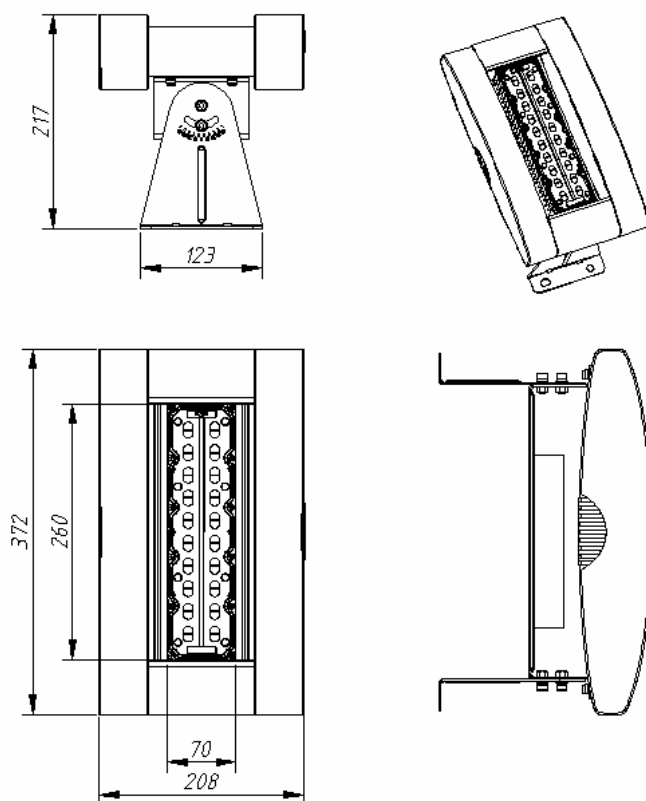
A.7.10 隧道 LED 基本照明灯具外观、结构和尺寸要求见附图 A.7.3 和附图 A.7.4。

A.7.11 隧道 LED 加强照明灯具外观、结构和尺寸要求见附图 A.7.5、附图 A.7.6 和附图 A.7.7。

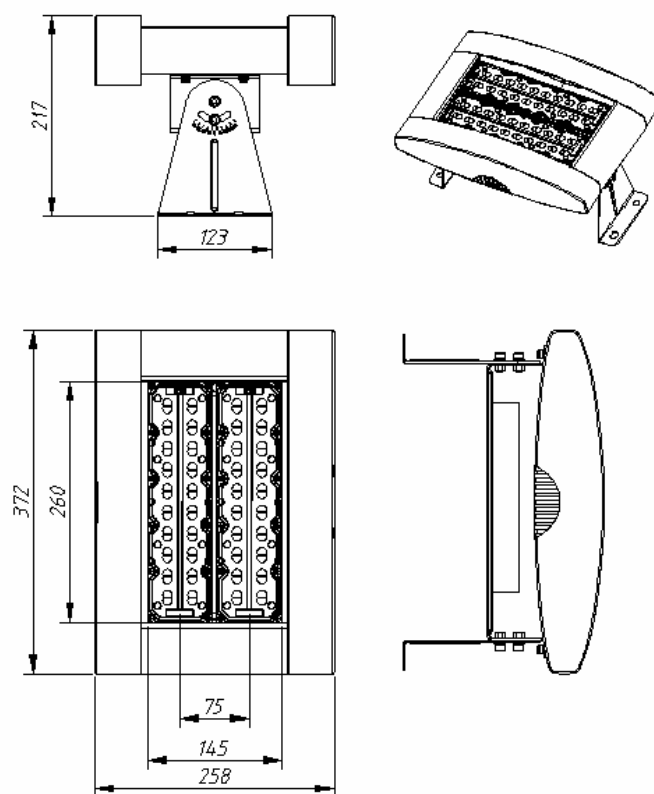
A.7.12 不同功率型号的隧道 LED 加强照明灯具安装支架结构尺寸应统一，便于维护更新和拆卸，具体要求见附图 A.7.8、附图 A.7.9、附图 A.7.10 和附图 A.7.11。

A.7.13 隧道 LED 灯具的 LED 光组件的详细参数应符合 LU030204200001001-2012、LU030204100001002-2012 和 LU030204100001003-2012 的相关规定和要求。

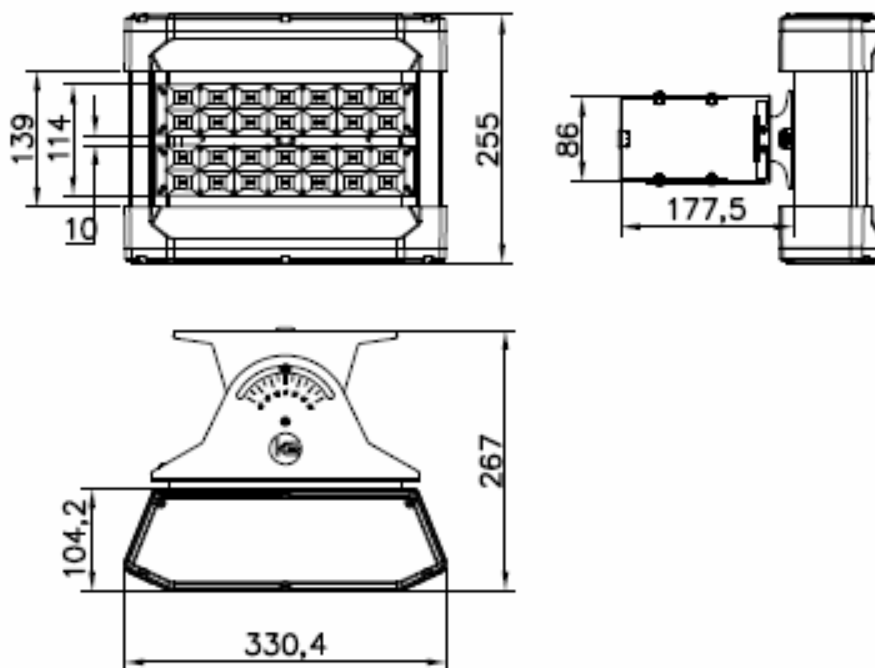
A.7.14 灯具控制器（控制器）接口插件外形、结构与尺寸要求见附图 A.7.12。尺寸误差范围应 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。



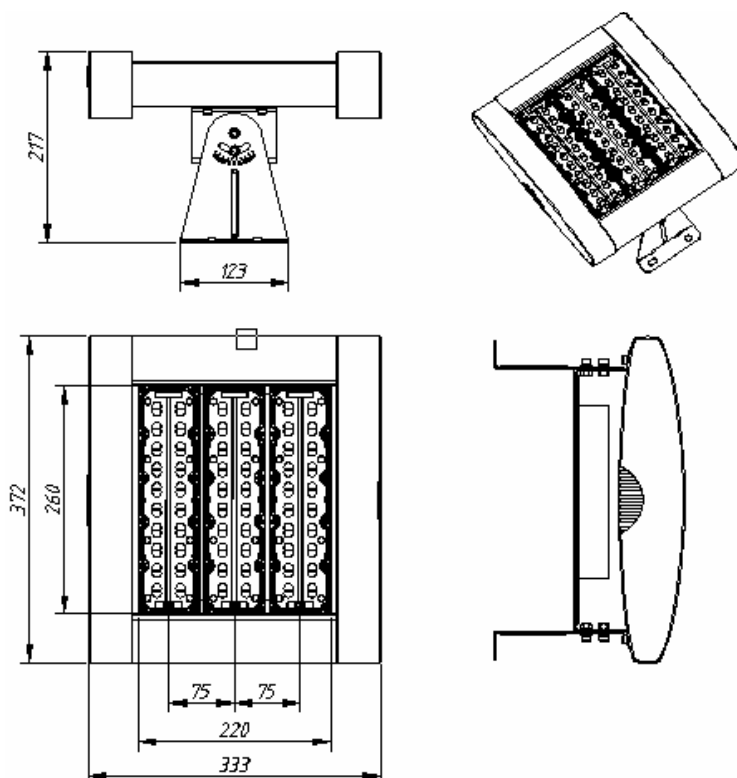
附图 A. 7. 1 隧道 LED 应急照明灯具 (30W) 外观尺寸图



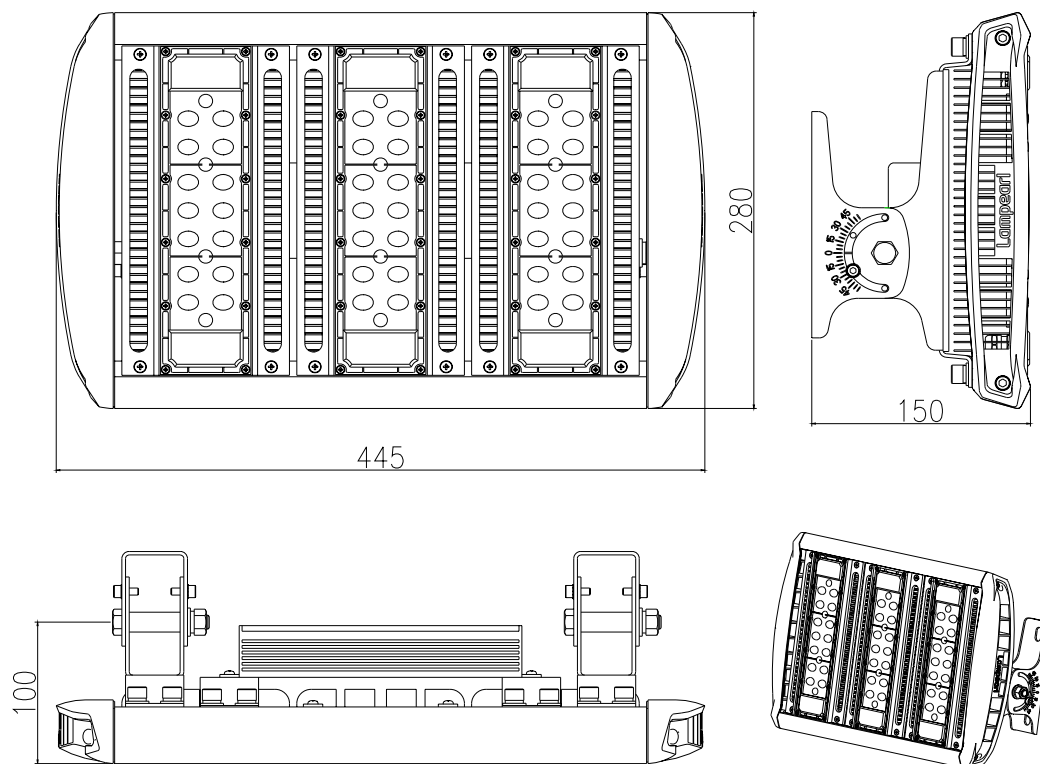
附图 A. 7. 2 隧道 LED 应急照明灯具 (55W) 外观尺寸图



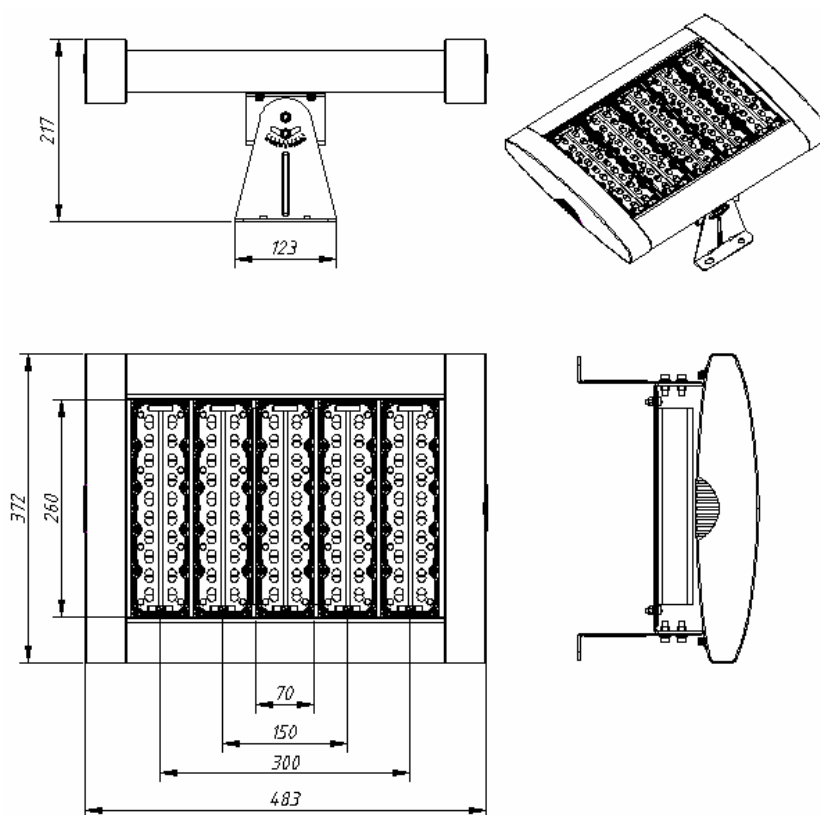
附图 A. 7. 3 隧道 LED 基本照明灯具 (70W) 外观尺寸图



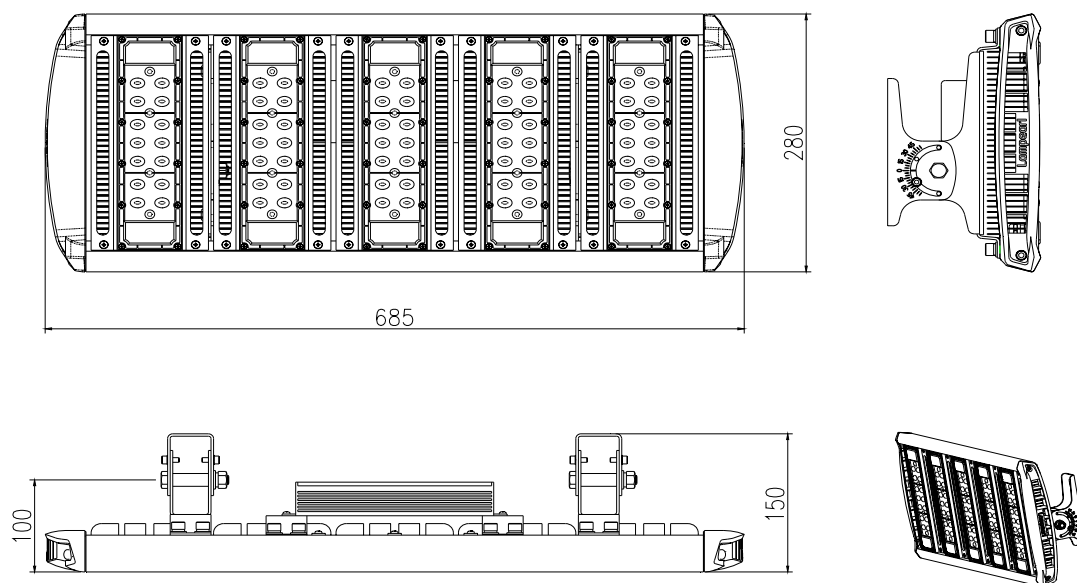
附图 A. 7. 4 隧道 LED 基本照明灯具 (85W) 外观尺寸图



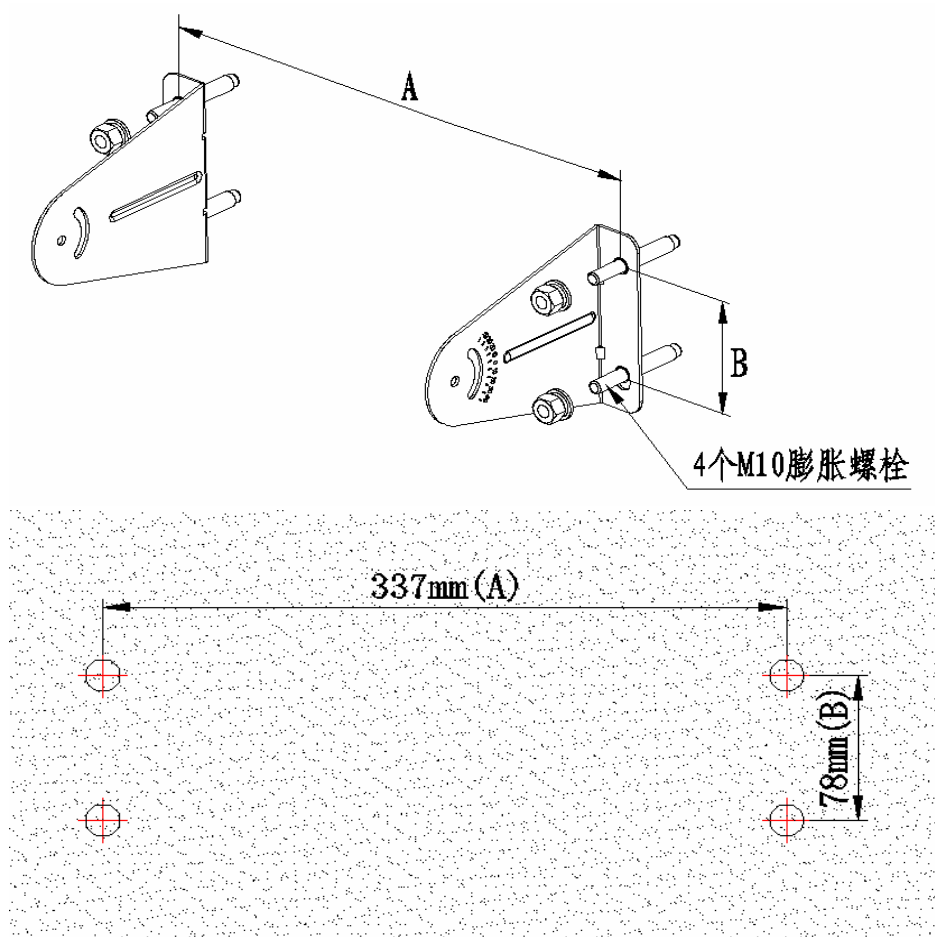
附图 A. 7. 5 隧道 LED 加强照明灯具 (108W) 外观尺寸图



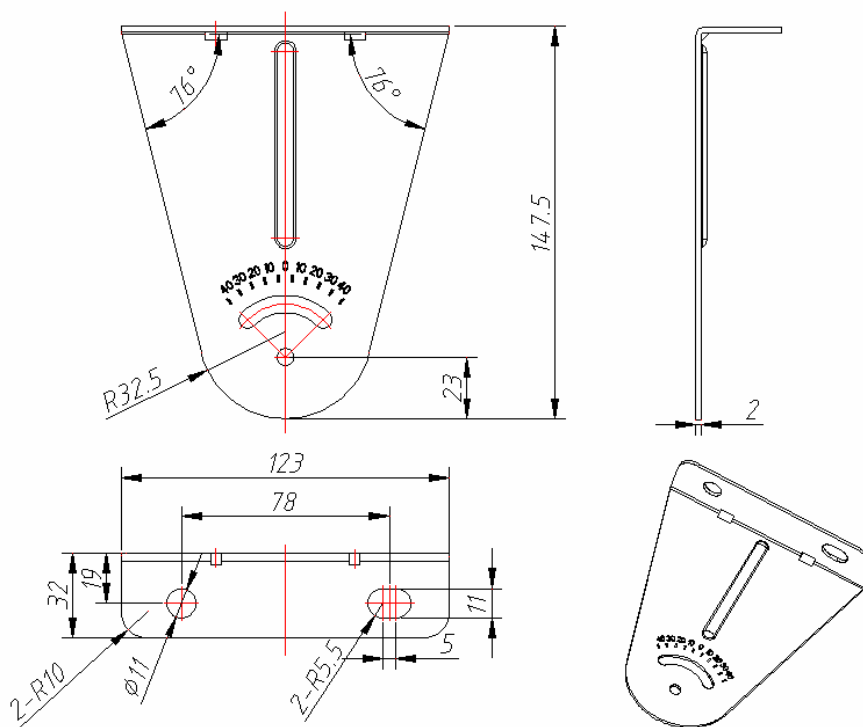
附图 A. 7. 6 隧道 LED 加强照明灯具 (145W) 外观尺寸图



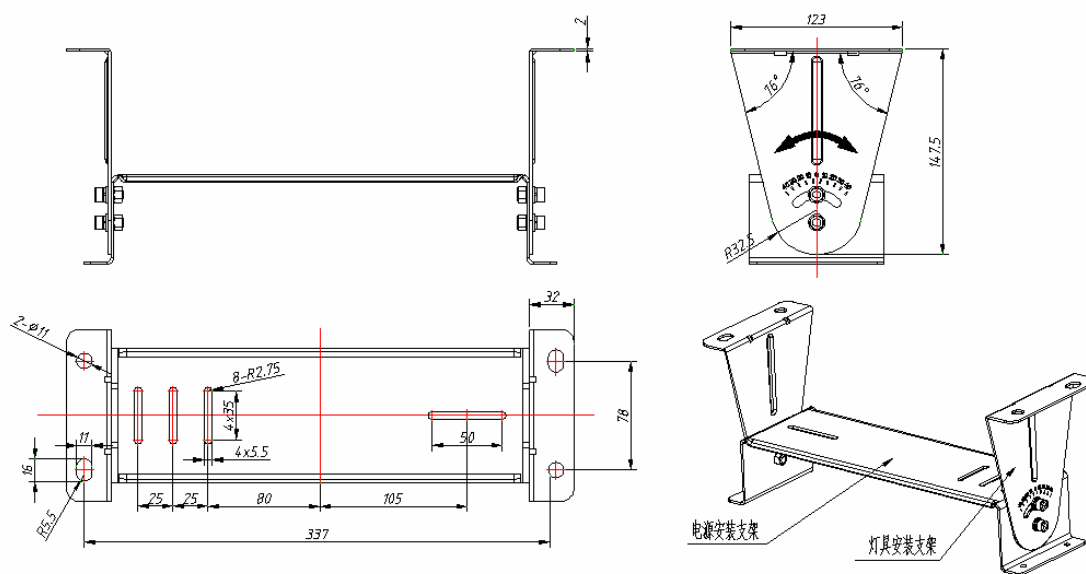
附图 A. 7. 7 隧道 LED 加强照明灯具 (185W) 外观尺寸图



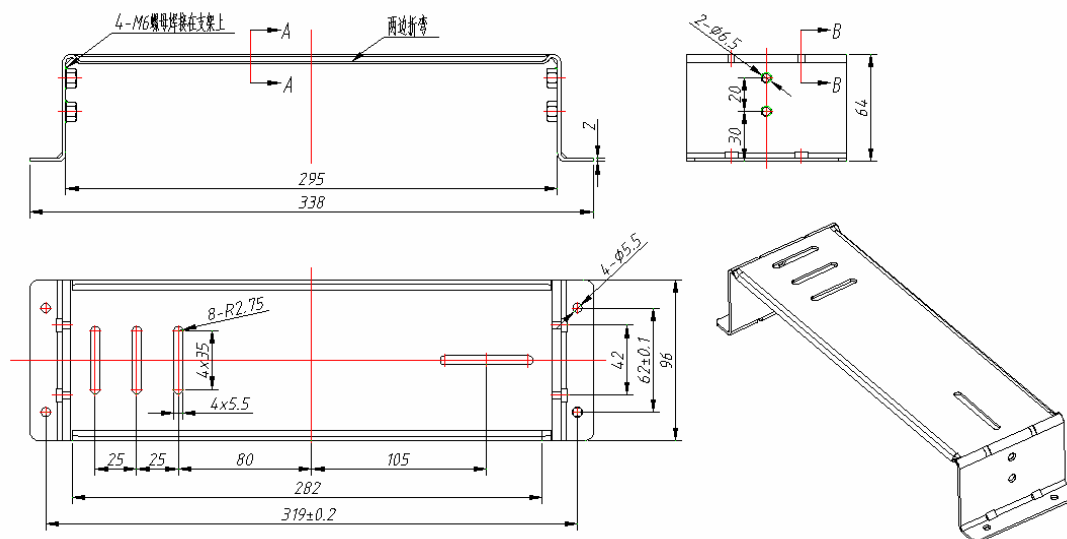
附图 A. 7. 8 灯具安装尺寸图



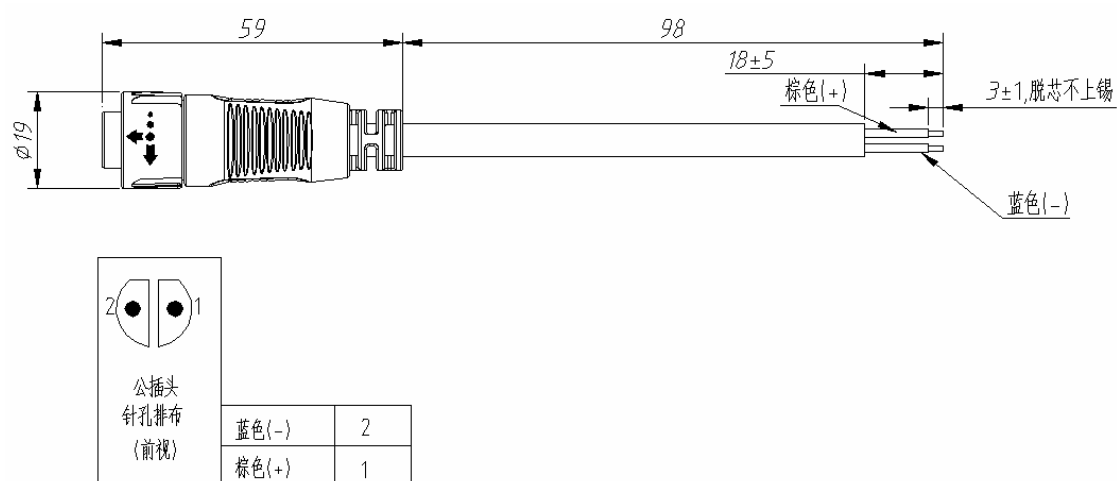
附图 A. 7. 9 灯具支架外形尺寸图



附图 A. 7. 10 灯具电源安装支架与灯具安装支架组装图



附图 A. 7. 11 电器安装支架外形尺寸图



附图 A. 7. 12 灯具控制器接口插件外形结构尺寸图

A.8 驱动电源技术要求

A.8.1 隧道 LED 灯具驱动电源应具备控制接口，技术指标符合表 A.8.1 规定和要求。

表 A.8.1 隧道 LED 灯具驱动电源技术要求

技术指标	技术要求
安全要求	GB 19510.14
性能要求	GB/T 24825
外壳防护	GB 7000.1, \geq IP65
驱动类型	应采用恒流驱动输出
驱动效率(电源效率)	输出/输入功率之比 \geq 88%
功率因数	\geq 0.95
谐波电流	GB 17625.1 CLASS C
骚扰电压	GB 17743
浪涌抗扰度	GB/T 18595
重量	\leq 2kg

A.8.2 驱动电源在 $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 工作环境温度、 $\text{AC}220\text{V} \pm 15\%$ 工作电压和 $50\text{Hz} \pm 2$ 工作频率下应正常工作。

A.8.3 驱动电源寿命应符合 CQC3127-2010《LED 道路/隧道照明产品节能认证技术规范》的规定。

A.8.4 驱动电源的控制端的控制电流应 $\leq 1\mu\text{A}$ 。

A.8.5 驱动电源输出功率应在 10~100%的范围内连续可控。

A.8.6 驱动电源输入端与电源壳体之间或电源输出端之间的绝缘电阻 $\geq 50\text{M}\Omega$ 。电源输出端与灯具壳体、散热体之间的绝缘电阻不小于 $100\text{M}\Omega$ 。

A.8.7 驱动电源输入端与电源壳体之间或电源输出端之间应能承受 1500V 的工频电压。

A.8.8 驱动电源应具有过流、过热、短路、雷击以及开关冲击等防护功能，其防护功能应符合有关标准。

A.8.9 驱动电源应具有过压保护功能，即输入端超过额定电压的 20% 时，保护电路应动作；等电压回复正常时，保护电路可自恢复。

A.8.10 驱动电源输入端与电源壳体之间或电源输出端之间必须采取电气隔离措施。与灯具电源输入端相连通的金属构件不得外露。

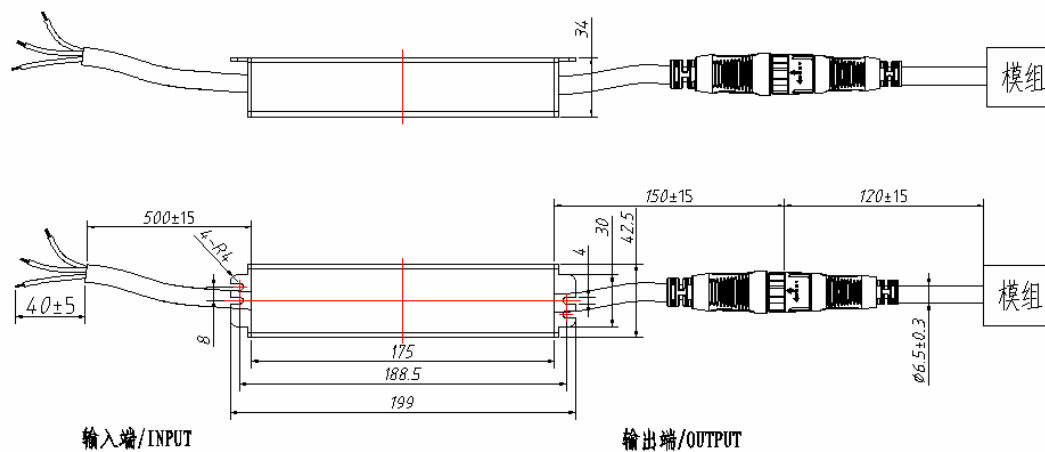
A.8.11 驱动电源防护等级应达到 IP65 以上。

A.8.12 驱动电源驱动方式宜采用多路恒流输出供电方式，若采用直接恒流供电方式，应避免某个 LED 故障时影响其他 LED 运行。

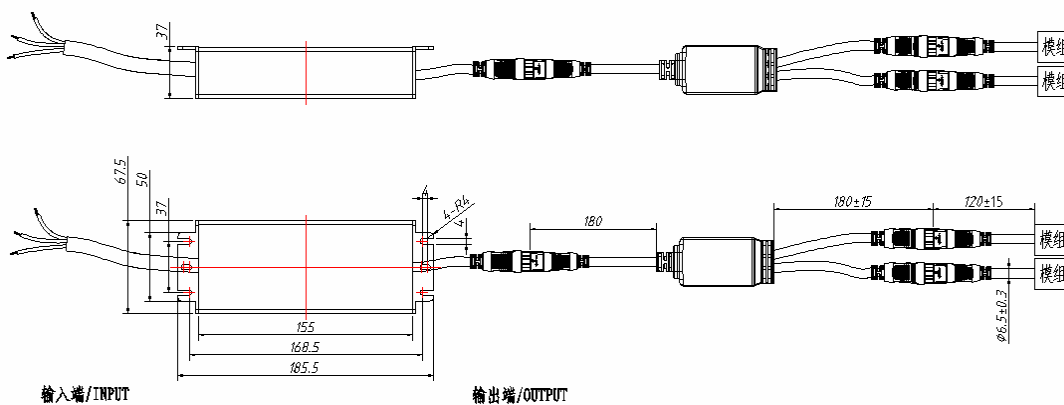
A.8.13 驱动电源应符合安规和电磁兼容的要求，其结构应防水、防潮，耐腐蚀。

A.8.14 驱动电源应具备抑制浪涌侵入，保护 LED 不被损坏的保护功能。

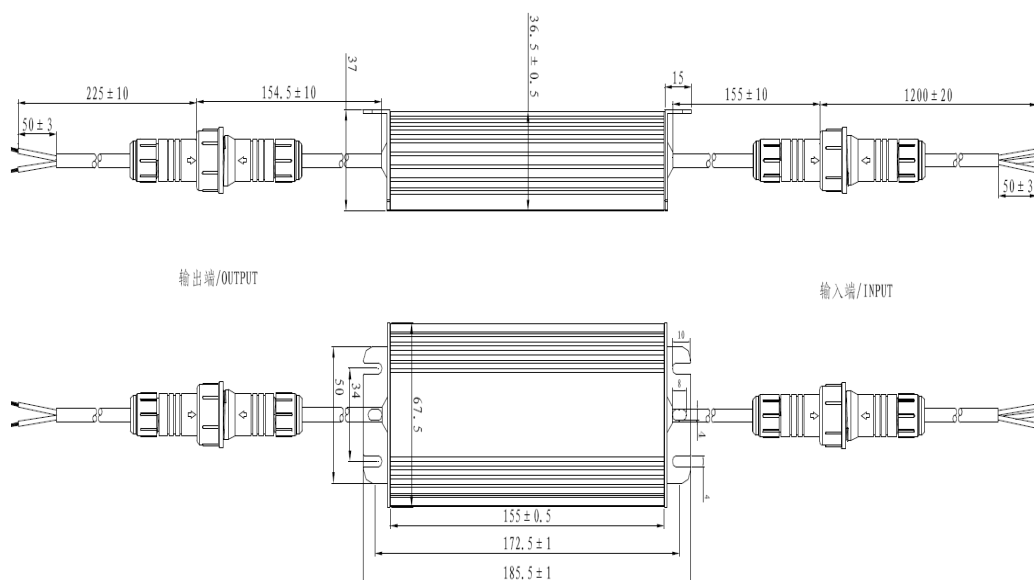
A.8.15 驱动电源规格型号要求见附图 8.1～附图 8.6。驱动电源输入线 $3 \times 1.0\text{mm}^2$ 橡胶线，输出线 $2 \times 1.0\text{mm}^2$ 橡胶线。



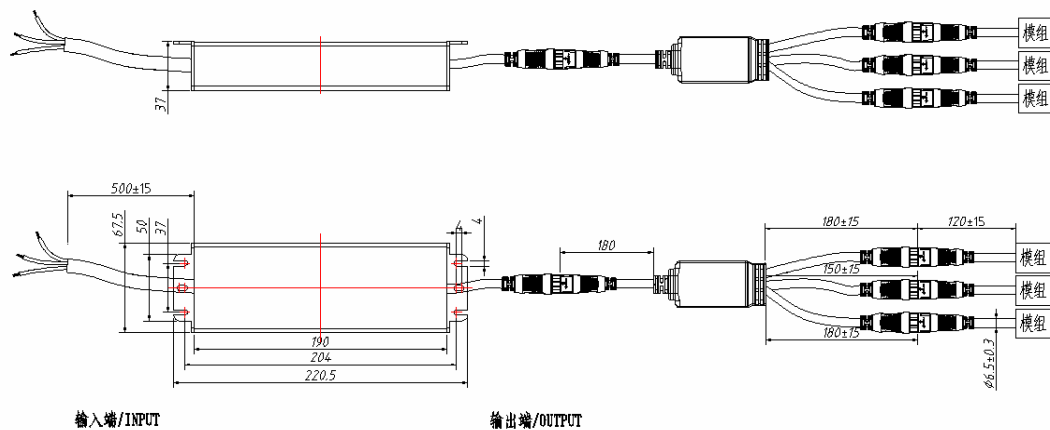
附图 A. 8. 1 30W 驱动电源规格型号图



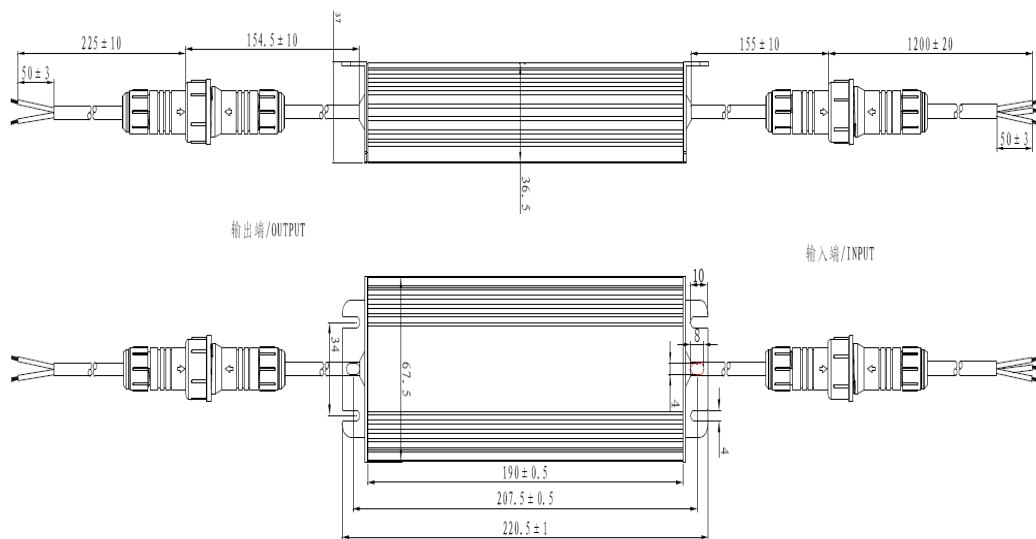
附图 A. 8. 2 55W 驱动电源规格型号图



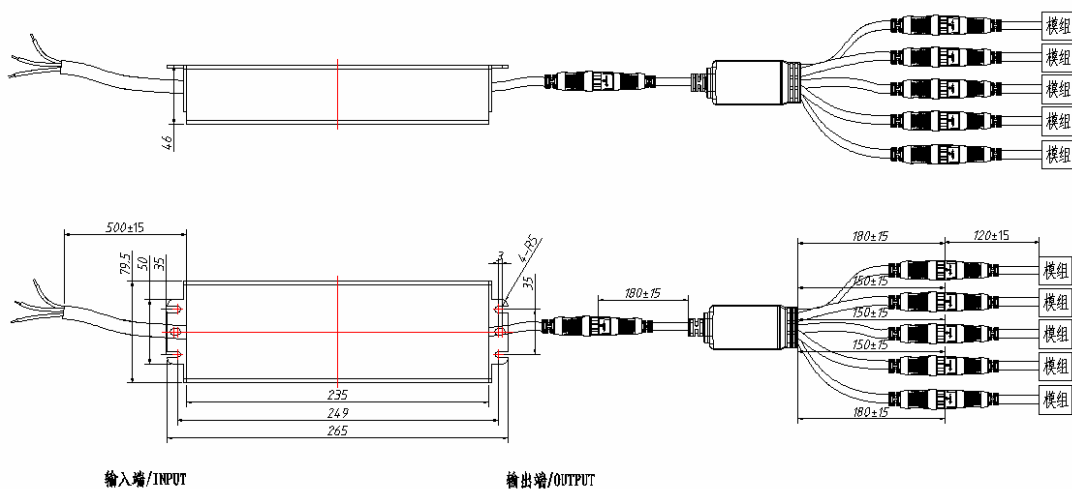
附图 A. 8. 3 70W 驱动电源规格型号图



附图 A. 8. 4 85W 驱动电源规格型号图



附图 A. 8. 5 108W 驱动电源规格型号图



附图 A. 8. 6 145W/185W 驱动电源规格型号图

A.9 外观质量、材料及重量

A.9.1 隧道 LED 灯具表面应光滑，以防污物堆积，便于清洗，无损伤、变形、涂层剥落；透光材料应无气泡、明显划痕和裂纹等缺陷。

A.9.2 隧道 LED 灯具单灯包括支架不大于 18kg。

A.9.3 隧道 LED 灯具外部材料应采用阻燃材料，且耐废气、盐、烟雾、混凝土和隧道内大气中含有的其他化学物质的腐蚀。

A.9.4 隧道 LED 灯具外壳应采用铝合金制成，其他外部构件如插销、铰链和螺钉等应采用具有一定强度、耐腐蚀的铬镍合金材料制成。

A.9.5 隧道 LED 灯具支架和安装板应采用具有一定强度、经过防腐处理的金属材料制成。

A.9.6 隧道 LED 灯具灯罩宜采用钢化玻璃等耐火材料。

A. 10 试验方法

A.10.1 试验条件

除特殊规定外，一般试验条件如下：

——环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；

——相对湿度： $35\%\sim75\%$ ；

——大气压力： $85\text{kPa}\sim106\text{kPa}$ 。

A.10.2 测试结果的处理

除特殊规定，一般对可重复的客观测试项目进行 3 次测试，取算术平均值为测试结果。

对于主观测试项目，测试人员应不少于三人，测试结果分为合格、不合格两级。

A.10.3 材料试验

主要核查隧道 LED 灯具外部的原材料材质证明单是否齐全有效。按 GB 7000.1-2007 中第 4.11 节的规定方法进行试验和检验。

隧道 LED 灯具的外壳防护等级试验按 GB7000.1-2007 相关规定进行试验。

A.10.4 结构尺寸

外形结构尺寸，用分辨力 0.05mm 、精度 A 级的钢板尺和卷尺，分辨力 0.02mm 、精度 0.02mm 的游标卡尺进行测量。

A.10.5 外观质量

主观评定项目用目测和手感法，涉及涂层厚度等客观指标的按 GB/T18226 规定执行。

A.10.6 安全试验

A.10.6.1 按 GB7000.1-2007、GB7000.5-2005 及国家相关标准规定的方法进行试验。

A.10.6.2 按 GB19510.1-2004、GB19510.14-2009 及国家相关标准规定的方法进行试验。

A.10.7 环境试验

A.10.7.1 按照 GB/T2423.1 的 Ad 类方法进行低温试验。

A.10.7.2 按照 GB/T2423.2 的 Bd 类方法进行高温试验。

A.10.7.3 按照 GB/T2423.3 的方法进行恒定湿热试验。

A.10.8 初始光通量

隧道 LED 灯具点燃 1000 小时后,按 GB/T 9468-2008 规定的方法进行试验。

A.10.9 灯具功率与功率因数

隧道 LED 灯具点燃 1000 小时后,采用数字式仪表测得其功率和功率因数。

A.10.10 初始光效

第 10.8 条测得的实际光通量除以第 10.9 条测得的灯具功率可计算出隧道 LED 灯具的光效。

A.10.11 光通维持率

采用分布光度计测量隧道 LED 灯具的光通量。特定时间段测得的光通量。

A.11.12 IP 等级试验

按照 GB 7000.1 中第 9 章规定的方法进行试验。

A.10.13 功率因数试验

按照 GB 17625.1 附录 A 和附录 B 的电测量仪表量测。

A.10.14 抗冲击性能试验

按照 GB 2423.8 的方法进行试验和检验。

A.10.15 腐蚀性能试验

按照 GB 2423 的方法进行试验和检验。

A.10.16 电气安全性能试验

A.10.16.1 绝缘电阻：用精度 1.0 级的兆欧表在电源接线端子与机壳之间施加 500V 直流电压 1min 后读取测量结果。

A.10.16.2 电气强度：用精度 1.0 级的耐电压测试仪在接线端子与机壳之间测量。

A.10.16.3 连接电阻：用精度 0.5 级、分辨力 0.01Ω 的电阻表在机壳顶部金属部位与安全保护接地端子之间测量。

A.10.16.4 电压波动适应性：用自耦变压器或可调交流电源给标志供电，测试电压分别为 180V→200V→220V→240V→255V→230V→210V→180V。每调整到一档电压并稳定后，分别开启和关闭标志电源开关，检查逻辑和功能是否正常。

A.10.16.5 频率波动适应性：用可调频交流电源给标志供电，电源电压为交流 220V，测试频率分别为 48Hz→49Hz →50Hz →51Hz →52Hz。每调整到一档并稳

定后，分别开启和关闭标志电源开关，检查逻辑和功能是否正常。

A.10.16.6 防雨、防尘及安全防护，按 GB7000.1 的试验方法进行。

A.10.17 LED光源试验

驱动电流按照GB/T 24824的规定进行试验和检验，显色指数按照GB7922的规定进行试验和检验。

A.10.18 驱动控制器试验

驱动控制器按照 GB/T 24825 的规定进行试验和检验。

A.10.19 眩光限制试验

采用目测方法进行试验和检验。

A.10.20 温升试验

在额定功率条件下将灯具通电1h，然后用辐射温度计在距灯壳50mm处测量灯具外壳的温度最大值，再以该值减去环境温度。

A.11 标志、包装、运输与贮存

A.11.1 标志

A.11.1.1 隧道 LED 灯具分为灯具标志和外包装标志。

A.11.1.2 隧道 LED 灯具标志内容应清晰、牢固，主要内容应包括：

- 1 制造厂名称；
- 2 注册商标；
- 3 电源电压、频率；
- 4 标称功率或型号；
- 5 光、电关键参数；
- 6 生产日期（×××年-×××月-×××日）。

A.11.2 隧道 LED 灯具产品说明书应符合 GB9969.1 的规定，并有下列内容说明：

- 1 产品名称、型号；
- 2 额定输入电压；
- 3 额定输入电流；
- 4 额定输入频率；
- 5 额定输入功率；
- 6 灯具光通量；
- 7 灯具光效等级；
- 8 灯具温升等级；
- 9 显色指数；
- 10 色温；
- 11 功率因数；
- 12 驱动电源效率；

13 安装方法。

A.11.3 隧道 LED 灯具用外包装箱包装应安全可靠，包装箱内应附有产品合格证或盖有符合 12.2 要求的合格印章以及产品说明书。

A.11.4 隧道 LED 灯具合格证上应标明以下内容：

- 1 制造厂名称或注册商标；
- 2 检验日期；
- 3 检验员签章。

A.11.5 外包装箱和包装箱上应使用汉字注明以下内容：

- 1 制造厂名称或注册商标及厂家地址；
- 2 产品名称和型号；
- 3 额定电压和频率、额定光通量及额定色温；
- 4 包装箱内隧道 LED 灯具数量；
- 5 产品标准号。

A.11.6 隧道 LED 灯具应贮存在相对湿度不大于 85%的通风的室内，空气中不应有腐蚀性气体。

A.11.7 隧道 LED 灯具在运输过程中应避免雨雪淋袭和强烈的机械振动、冲击。储运图示标志应符合 GB/T 191-2008 包装储运图示标志要求。

附录 B

广东省高速公路 隧道 LED 照明工程质量检测验收规程

B.1 一般规定

B.1.1 本规程适用于广东省新建、改建和扩建高速公路 LED 照明工程质量检测与验收，其它等级公路新建、改建和扩建隧道 LED 照明工程可参照执行。

B.1.2 广东省高速公路隧道 LED 照明工程质量检测与验收应符合本规程的规定和要求。

B.2 检测资格要求

B.2.1 检测资格要求

B.2.1.1 资质要求：检测单位应通过国家实验室认证认可，具有国家质量监督检验检疫总局或交通运输部基本建设质量监督总站颁发的交通工程专项检测资质。

B.2.1.2 执业资格：检测单位的检测人员应具有交通运输部基本建设质量监督总站颁发的机电工程试验检测工程师和检测员资格。

B.2.1.3 业绩要求：近 3 年应做过不少于 4 项高速公路隧道（含公路隧道）LED 照明工程竣工验收检测和节能评价项目。

B.2.2 检测人员要求

B.2.2.1 作为主检的检测人员应具有交通运输部基本建设质量监督总站颁发的机电工程试验检测工程师（至少 1 人）；

参与检测的机电工程试验检测员（不低于 2 人）需具有机电工程检测员资质证书。

B.2.2.2 作为主检的检测人员应具有丰富的隧道 LED 照明工程检测经验，在近 3 年内要求主持检测过高速公路隧道（含公路隧道）LED 照明工程 3 条以上，且能对检测数据正确合理分析和判定。

B.2.2.3 如果要对某一个隧道 LED 照明工程进行多次测试，应固定检测人员。

B.2.3 检测仪器要求

检测用仪器主要包括：照度计、全景影像式亮度计、光谱辐射计、激光测距仪、电压计、功率计等。所采用的检测仪器设备应经过国家计量部门检定，并在有效期内。

B.2.3.1 检测仪器

1 照度计

- (1) 用于测量隧道照度指标；
- (2) 分辨力应优于 0.1 lx 的光照度计。

2 全景影像式亮度计

- (1) 用于测量隧道洞内外亮度指标；
- (2) 宜采用带望远镜头的光亮度计；
- (3) 垂直方向视角应小于或等于 2'；
- (4) 水平方向视角应为 2'~20'。

3 激光测距仪

- (1) 利用激光对目标的距离进行准确测定；
- (2) 测量范围：30~5000m；
- (3) 测量误差：+/-1m。

4 光谱辐射计

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

5 电压计

- (1) 电压测量应采用精度不低于 1.5 级电压仪表。
- (2) 功率计
- (3) 电功率测量应采用精度不低于 1.5 级的数字功率计；

（4） 功率计应有谐波测量功能。

B.2.3.2 检定或校准：检测仪器应使用由计量检定机构检定或校准合格的仪器设备。

B.2.3.3 如果要进行多次测量，应使用同一台仪器设备进行检测。

B.3 验收依据及标准

B.3.1 本规程作为隧道 LED 照明工程质量检测验收依据。

B.3.2 《公路工程质量检验评定标准（第二册）机电工程技术手册》（JTG F80/2-2004）。

B.3.3 《广东省高速公路隧道 LED 照明设计与施工技术指南》。

B.3.4 隧道 LED 照明工程合同文件及相关设计文件和要求。

B.4 检测内容及验收要求

隧道入口段、过渡段、中间段、出口段的路面平均亮度、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。

表 B.4 高速公路隧道 LED 照明工程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	符合本指南和相关设计的要求。
3	平均亮度	符合本指南和相关设计的要求。
4	亮度总均匀度	符合本指南和相关设计的要求。
5	纵向亮度均匀度	符合本指南和相关设计的要求。
6	额定相关色温	符合本指南和相关设计的要求。
7	显色指数平均值	符合本指南和相关设计的要求。
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）。

B.5 验收形式与验收流程

B.5.1 验收形式

B.5.1.1 高速公路隧道 LED 照明工程需分阶段开展检测与验收工作。

B.5.1.2 高速公路隧道 LED 照明工程安装完成并运行 1000 小时后，委托单位（工程建设单位）应向具备检测资格要求的检测机构提出工程交工检测验收申请，检测机构按照本指南和工程设计文件等要求对隧道 LED 照明工程质量进行交工检测验收。

B.5.1.3 高速公路隧道 LED 照明工程运行 10000 小时（满一年），委托单位应向具备检测资格要求的检测机构提出工程竣工检测验收申请，检测机构按照本指南和工程设计文件等要求对隧道 LED 照明工程质量进行竣工检测验收。

B.5.2 验收流程

B.5.2.1 委托单位提出检测验收需求，书面委托具备检测资格要求的检测验收机构。

B.5.2.2 双方沟通具体检测验收内容、条款和检测验收日期、进度安排等，并签订检测验收技术服务合同书。

B.5.2.3 检测验收机构按照检测验收要求，配备具备资质的检测人员及相关检测仪器设备。

B.5.2.4 检测验收前，应召开由委托单位、监理单位、系统承包商和检测单位参加的检验验收预备会议，明确检测计划、确定现场检测点，并对人员、车辆和时间进度等进行统一部署。

B.5.2.5 检测人员与委托单位、监理单位、系统承包商等相关技术人员进驻现场进行测试。

B.5.2.6 现场测试结束后，检测人员应对工程相关内页资料进行现场检查审核。

B.5.2.7 检测验收结果判定及异常情况处理。

1 若检测过程中无异常情况，检测结果均符合本指南和工程设计文件的规定，则由检测机构出具检测报告，提交委托单位进行审核。

2 若检测过程中出现异常情况或者出现不满足本指南和工程设计文件的规定，检测单位将协同委托方、监理方、系统承包商等商讨检测过程中发现的问题，并提交委托单位，委托单位依据检测初步意见下发整改通知，并明确下一步检测工作的可执行性和准确性。

3 系统承包商整改后由检测机构进行复核检测，复合检测结果和处理意见由委托单位再次进行确认。

B.5.2.8 检测完成后，检测方按照时间要求出具检测报告。

B.5.2.9 检测报告发出后 30 天内委托方可对检测报告提出异议，如 30 内无异议，则本次检测验收工作结束。

B.6 验收资料要求

B.6.1 隧道 LED 照明工程质量检测验收时，应提交下列设计资料 and 文件：

- 1 工程竣工资料（含全套设计文件、设计图纸）；
- 2 设计变更文件。

B.6.2 隧道 LED 照明工程质量检测验收时，应提交下列产品及施工资料或文件：

- 1 隧道 LED 照明灯具、芯片等生产厂提供的产品说明书、试验记录、合格证件 及安装图纸等技术文件；
- 2 隧道 LED 照明灯具应具有相应资质的第三方产品质量检测合格报告及现场抽检合格报告；
- 3 隧道 LED 照明供配电系统提供的产品说明书、试验记录、合格证件及安装图纸等技术文件；
- 4 隐蔽工程验收记录、分项工程自检和设备调试记录、安装和非安装设备及附（备）件清单、有效的设备检验合格报告或证书等资料齐全。

B.7 验收测试方法

B.7.1 测量条件要求

高速公路隧道 LED 照明工程质量检测验收需满足如下条件:

- 1 工程交工后正常运行 1000 小时, 竣工后正常运行 10000 小时;
- 2 天气状况良好、外部光线影响小;
- 3 点亮 LED 灯具稳定 60min 后再进行测量;
- 4 隧道照明供电电源电压应保持稳定;
- 5 检测时应避免人员遮挡和反射光线的影响;
- 6 隧道路面照明测量应在清洁和干燥的路面上进行。

B.7.2 测试指标确定

B.7.2.1 隧道内路面照度

选取隧道内不同照明区段的路面照度作为验收测试指标。

B.7.2.2 路面平均照度

按照国际照明委员会(CIE)有关规定, 在隧道内不同照明区段的路面上预先设定若干测试点, 然后测试并计算得到各点照度的平均值。

B.7.2.3 路面平均亮度

按照国际照明委员会(简称 CIE)有关规定在路面上预先设定的点上测得的或计算得到的各点亮度的平均值。

B.7.2.4 路面照度均匀度

隧道内不同照明区段的路面照度均匀度是分别测试和计算的。同一照明区段上的路面最小照度与平均照度的比值就是该照明区段的路面照度均匀度。

B.7.2.5 路段亮度总均匀度

各照明段路面每个行车道中线的最小亮度和平均亮度的比值。为了使路面上所有区域都有足够的亮度和对比度，提供令人满意的能见度，规定的路面最小亮度和平均亮度比值范围。

B.7.2.6 路面纵向均匀度

沿各路面中线纵向方向上的最小照度和最大照度之比。

B.7.2.7 路面横向均匀度

沿各路面横向方向上的最小照度和最大照度之比。

B.7.2.8 相关色温

当光源的色品点不在黑体轨迹上，且光源的色品与某一温度下的黑体的色品最接近时，该黑体的绝对温度为此光源的相关色温。

B.7.2.9 一般显色指数

光源对国际照明委员会（CIE）规定的八种标准颜色样品特殊显色指数的平均值。通称显色指数。

B.7.2.10 照明功率密度 LPD

照明功率密度，是指单位面积上的照明安装功率（包括光源、电器），单位为瓦特每平方米（ W/m^2 ），LPD，是一个能耗指标，表征了单位照明面积的电功率。

B.7.2.11 光衰

光衰是指隧道 LED 照明灯具点亮使用一段时间后, 其光通量会比原来的初始光通量要低, 而降低的光通量就是 LED 的光衰。

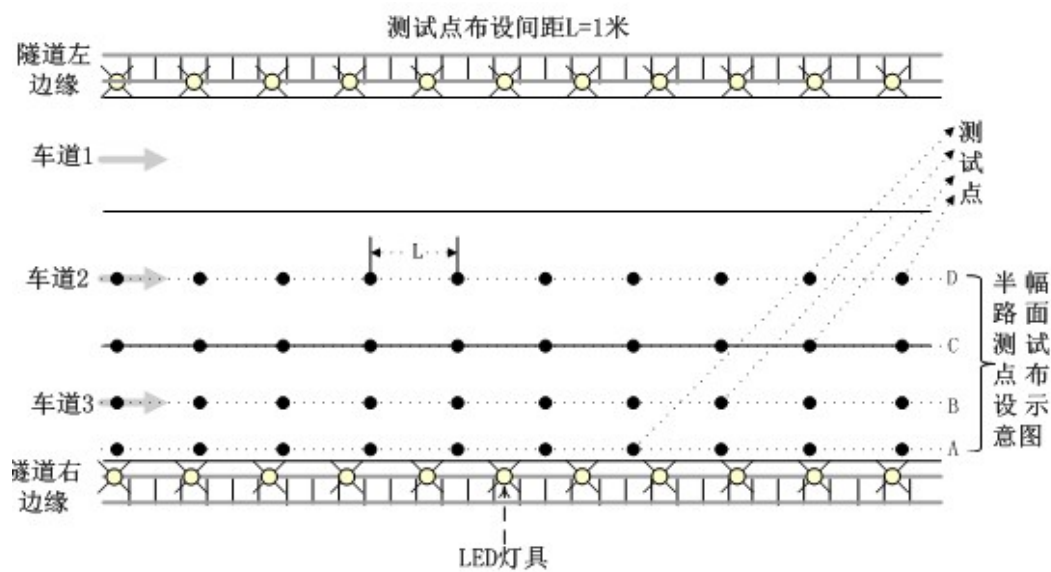
B.7.3 测试位置确定

按照高速公路隧道 LED 照明工程设计文件分别确定所要进程测试的隧道各照明段长度和位置。

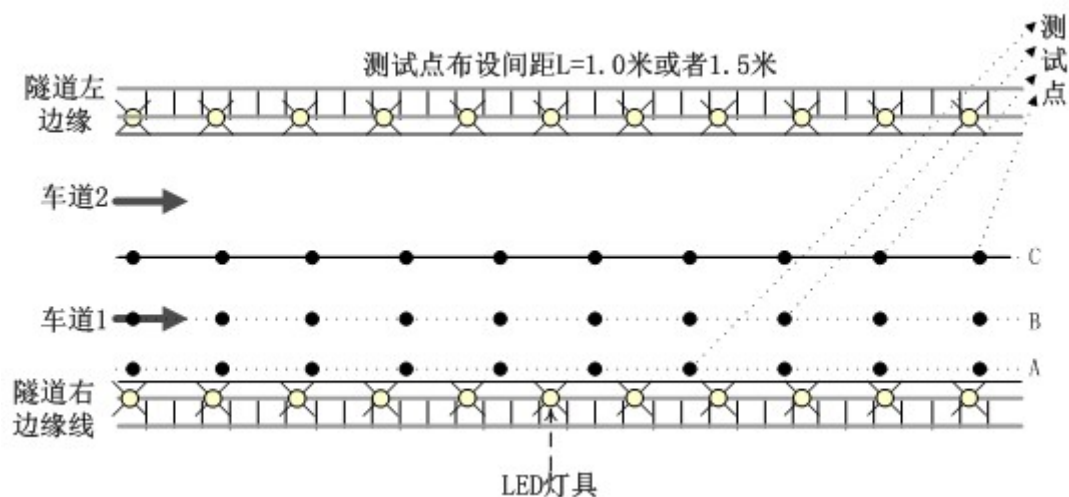
测试位置分为纵向和横向两个方向, 纵向测试位置为各照明段区域, 横向测试位置为整条隧道路面宽度。

B.7.4 测试点布设

对于灯具双侧对称布置和双侧交错布置方式的单向 3 车道和单向 2 车道的高速公路隧道 LED 照明工程, 各照明段测试点布设方式均可按照图 B.7.4 进行布设。每一个照明段分别测试 $4 \times 10 = 40$ 个点。



a) 单向 3 车道隧道照明段测试点布设示意图



b) 单向 2 车道隧道照明段测试点布置示意图

图 B. 7. 4 隧道车道照明段测试点布置示意图

B.7.4.1 纵向布置方式

隧道路侧边缘线、车道 3 路面中心、车道 2 与车道 3 的分界线路面、车道 2 路面中心共 4 处。

B.7.4.2 横向布置方式

每一个纵向布置测试点之间的间距等间隔取为 1.0 m。

B.7.5 配合及保障条件

B.7.5.1 配合及保障条件

检测期间需要 5-8 人进行现场沟通和配合，以及安全保障等。

B.7.5.2 检测区域及安全布控

单向 3 车道隧道照明测试区域测试时应靠右侧封闭 2 个车道，单向 2 车道隧道照明测试区域测试时应靠右侧封闭 1 个车道（图 B.7.5）。用安全锥桶等隔离

设施在隧道入口进行全部封闭, 并采用安全锥桶将右侧的 2 个测试车道与最左侧的一个车道进行隔离, 隔离安全锥桶的布设间距不超过 10m。

1 隧道入口外布控诱导

入口前 1500m 处设置“前方施工、谨慎驾驶”等警示标志。

2 隧道洞内布控诱导

(1) 沿最左侧车道与中间车道之间的车道分隔线, 间隔 5m~10m 连续放置安全锥桶, 直到隧道出口;

(2) 右侧 2 个车道的车道通行指示标志显示红色“×”禁行。

3 隧道出口外布控诱导

(1) 出口处安全锥桶摆放自中间分隔线逐渐向右侧护栏靠拢, 直至洞口外 50m 处终止;

(2) 出口 100m 处设置“解除限速”标志。

4 在隧道封道测试时, 应由建设单位或管理单位联系路政部门配备路政车辆, 做好相应的安全布控工作。

如图 B.7.5 所示, 单向 2 车道隧道照明测试安全布控区域, 其中, 黑色斜划区域为 2 车道隧道照明测试区域。单向 3 车道隧道照明测试区域测试时应封闭右侧 2 个车道。封闭及安全布控可参考图 B.7.5。

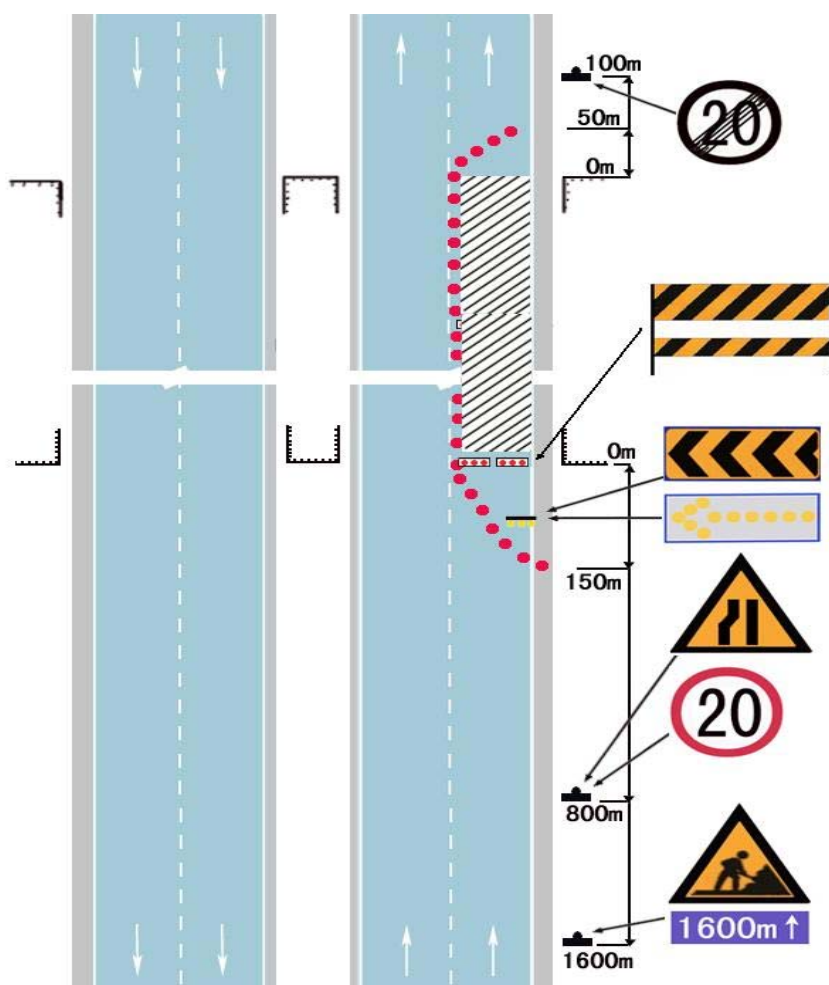


图 B. 7. 5 检测区域及安全布控示意图

B.7.6 测试注意事项

B.7.6.1 每次路面照度（亮度）测试均选定在固定不变的路面区域和位置。

B.7.6.2 确保测试区域的 LED 灯具自隧道开通营运以来持续点亮。

B.7.6.3 路面、路缘、路面中心点均采用水平照度值。

B.8 测试数据处理

根据原始测试数据计算出各路面的路面平均照度（亮度）、总均匀度、亮度纵向均匀度、色温、显色指数、节能率、照明功率密度等指标。原始测试数据记录表格见表 B.8.1。

B.8.1 照度指标

路面平均照度 E_{av}

$$E_{av} = \frac{\sum_{p=1}^m E_p}{m} \quad (\text{B-8-1})$$

式中：

E_{av} ：路面平均照度 (lx)；

E_p ：p 点的照度 (lx)；

m ：测试区域内的总测点数。

B.8.2 亮度指标

1 路面平均亮度 L_{av}

$$L_{av} = \frac{\sum_{p=1}^m L_p}{m} \quad (\text{B-8-2})$$

式中：

L_{av} ：路面平均照度 (cd/m^2)；

L_p ：p 点的照度 (cd/m^2)；

m ：测试区域内的总测点数。

2 路面亮度总均匀度 U_0

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{av}} \quad (\text{B-8-3})$$

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)。

3 路面亮度纵向均匀度 U_1

$$U_1 = \frac{L'_{\min}}{L'_{\max}} \quad (\text{B-8-4})$$

式中:

U_1 : 路面亮度纵向均匀度;

L'_{\min} : 为路面中心最小亮度 (cd/m^2);

L'_{\max} : 为路面中心最大亮度 (cd/m^2)。

B.8.3 显色指数和色温指标

用光谱辐射计测量显色指数和色温的数值。

B.8.4 节能率

测试参数是节能率 Ψ , 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:

$$\Psi = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (\text{B-8-5})$$

B.8.5 照明功率密度 LPD

是指单位面积上的照明安装功率 (包括光源、电器), 单位为瓦特每平方米 (W/m^2), LPD, 是一个能耗指标, 表征了单位照明面积的电功率。

根据现场实测挂灯试验段总照明功率, 计算出单位面积上的照明安装功率。将同规格不同品牌灯具的 LPD 进行比较, 由小到大进行排序, 并赋予由高到低的分值。

$$LPD = \frac{\text{测试区域装灯总功率}}{\text{测试区域面积}} \quad (\text{B-8-6})$$

B.8.6 光衰

根据现场实测挂灯试验段的照度, 计算出测试区域初始平均照度与本次测试平均照度的差值, 此差值与初始平均照度的比值即为初始与本次测试时间段内的光衰。将同规格不同品牌灯具的光衰进行比较, 由小到大进行排序, 并赋予由高到低的分值。

$$\text{光衰} = \frac{(\text{初始平均照度} - \text{本次平均照度})}{\text{初始平均照度}} \quad (\text{B-8-7})$$

其中: 初始平均照度为 LED 灯具安装调试完 1000h 后测的平均照度。

表 B.8.1 隧道 LED 照明工程检测原始数据记录表

表格编号

共 页 第 页

隧道名称: _____		建设项目名称: _____									
温度:	_____ °C	测试照明段	<input type="checkbox"/> 入口段 <input type="checkbox"/> 中间段 <input type="checkbox"/> 出口段 <input type="checkbox"/> 过渡段 1 <input type="checkbox"/> 过渡段 2 <input type="checkbox"/> 过渡段 3								
湿度:	_____ %R.H	位置									
主要测试仪器	照度计	灯具布设间距	_____ m								
测试区域	路面照度 (亮度) 测试值 (lx)										备注
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	
A 路面照度											
B 路面照度											
C 路面照度											
D 路面照度											
	测试指标计算值		路面照度测试示意图 								
路面平均照度 (亮度)	A 路面										
	B 路面										
	C 路面										
	D 路面										
总均匀度											
纵向均匀度	A 路面										
	B 路面										
	C 路面										
	D 路面										

检测: _____

复核: _____ 日期: _____

B.9 总体评价

B.9.1 检测机构依据检测数据，出具高速公路隧道 LED 照明工程质量交工和竣工检测验收报告。

B.9.2 委托单位依据检测机构出具检测报告进行交工和竣工验收。

附录 C

本指南用词说明

为便于在执行本指南条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示严格，在正常情况下均应这样做：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2 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”。

3 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

4 本指南中指明应按其他相关标准和规范执行的写法为：

“应符合……的相关规定”、“应满足……的相关要求”和“应按照……执行”。