

公路隧道照明节能技术指南

Technical guidelines for energy-saving lighting in highway tunnels

2025 - 09 - 15 发布

2025 - 10 - 15 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

 4.1 安全性 2

 4.2 经济性 2

5 光源与灯具 2

 5.1 光源性能 2

 5.2 灯具选择 2

 5.3 灯具布置 2

6 照明供电 2

 6.1 概述 2

 6.2 照明供配电 3

7 智能控制 3

 7.1 概述 3

 7.2 回路调光 3

 7.3 无级调光 3

 7.4 随车调光 4

 7.5 照明控制系统 4

8 洞口措施 5

 8.1 概述 5

 8.2 洞口节能措施 5

9 新能源利用 5

 9.1 导光管照明 5

 9.2 光伏发电 6

 9.3 风力发电 6

 9.4 储能与能源控制 6

参考文献 7

前 言

本文件按照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。

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专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

公路隧道照明节能技术指南

1 范围

本文件确立了公路隧道照明节能的总体原则，提供了光源与灯具、照明供电、智能控制、洞口措施及新能源利用等方面的指导与建议。

本文件适用于新建、改扩建及在役公路隧道照明的节能设计、施工、管养，其他隧道照明节能工程参照执行。

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 14549—1993 电能质量 公用电网谐波
GB/T 31832—2015 LED城市道路照明应用技术要求
GB/T 50034—2024 建筑照明设计标准
GB 50797—2012 光伏发电站设计规范
GB 51348—2019 民用建筑电气设计标准
JT/T 939.2—2025 公路LED照明灯具 第2部分：公路隧道LED照明灯具
JTG/T D70/2-01—2014 公路隧道照明设计细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

回路调光 circuit dimming

通过断开供电回路上的电源来关闭该回路照明灯具，实现隧道整体照明亮度变化的控制方式。

3.2

无级调光 stepless dimming

采用数字或模拟调光技术使亮度平滑调节的控制方式。

3.3

随车调光 light dimming control with the vehicle

在低交通流量情况下，车来灯亮、车走灯暗，明亮区域随着车辆移动的隧道照明控制模式。

3.4

待车照明 vehicle dome light

满足无车辆通行情况下的最低亮度照明。

3.5

导光管照明 light guide pipe system

将自然光通过导光管传输和强化后引入隧道内部的照明方式。

4 总则

4.1 安全性

4.1.1 隧道照明设计宜在满足行车安全性的前提下实现能耗优化。

4.1.2 行车安全性宜从照明标准、技术选型、智能控制、应急保障等多方面因素综合考虑。

4.2 经济性

4.2.1 隧道照明节能技术的经济性分析宜从成本构成（初期投资、运营能耗、维护费用）与收益（能耗节省、寿命延长）两方面切入，通过技术选型、系统优化及管理创新实现投入产出比最大化。

4.2.2 隧道照明设计在符合 JTG/T D70/2-01—2014 规定的基础上，宜采用节能设备及技术。

5 光源与灯具

5.1 光源性能

5.1.1 光源相关色温宜为 3 000 K~5 000 K，显色指数宜大于 70，初始效能宜大于 150 lm/W。

5.1.2 LED 灯具光通量维持率宜符合 JT/T 939.2—2025 中 5.12 的相关要求。

5.2 灯具选择

5.2.1 选择灯具时，宜考虑显色指数、启动时间等参数，并根据光源效能、灯具效率、使用寿命、用电安全、建设投资等进行综合技术分析比较后确定。

5.2.2 隧道照明灯具的选用，宜采用与安装环境相匹配的节能型 LED 灯具。

5.2.3 LED 灯具的能效等级宜满足一级能效要求。

5.2.4 LED 灯具宜具有良好的散热性能，稳定运行时，结温不宜大于 105 ℃。

5.2.5 LED 灯具宜采用可调电源，电源的输出功率宜在 10%~100% 范围内连续可控，灯具电源宜具备调控关断功能。

5.2.6 LED 灯具的平均寿命宜大于 50 000 h，灯具损坏率宜符合 GB/T 31832—2015 中 6.5.3 的相关要求。

5.2.7 LED 灯具功率宜符合 JT/T 939.2—2025 中 5.8 的相关要求。

5.2.8 LED 灯具功率因数宜符合 JT/T 939.2—2025 中 5.9 的相关要求。

5.3 灯具布置

5.3.1 灯具布置宜符合 JTG/T D70/2-01—2014 中 9.3.2 的相关要求。

5.3.2 根据路面宽度、亮度及均匀度，综合确定隧道照明灯具的安装高度和角度。条件允许时，宜采用连续型线光源照明灯具。

5.3.3 隧道入口段、出口段加强照明宜布置导光管照明，补充加强照明。

5.3.4 隧道入口段亮度的取值，宜按非光学和光学长隧道区分，并符合 JTG/T D70/2-01—2014 中 4.1.2~4.1.5 的相关要求。

5.3.5 隧道中间段亮度的取值，宜符合 JTG/T D70/2-01—2014 中 6.1 的相关要求。

6 照明供电

6.1 概述

- 6.1.1 隧道照明供电宜选用太阳能、风能等新能源对市政电网进行补充供电。
- 6.1.2 结合实际情况及新能源的利用方式，宜进行交流、直流方案比选后，确定隧道照明供配电系统方案。

6.2 照明供配电

- 6.2.1 供照明用的配电变压器应符合 GB/T 50034—2024 中 7.2.1 的相关要求。
- 6.2.2 宜选用低损耗、低噪声、接线组别为 Dyn11 的环保节能型变压器。电力变压器、交流接触器和照明产品的能效水平宜高于能效限定值或不低于能效等级 2 级的要求。
- 6.2.3 合理设置无功补偿装置，供电系统功率因数宜达到 90% 以上。
- 6.2.4 配电系统中谐波电压和在公共连接点注入的谐波电流允许值，应符合 GB/T 14549—1993 中第 4 章和第 5 章的相关要求。
- 6.2.5 三相照明线路各相负荷电流应符合 GB 51348—2019 中 10.6.4 的相关要求。
- 6.2.6 隧道照明系统直流供电方式：
 - a) 采用多脉冲整流供电或开关电源直流供电模式，标称电压不宜低于 DC375V；
 - b) 当输入相电压为 230 V（线电压 400 V），负载率 50% 及以上时，整流装置的输出效率宜大于 95%；
 - c) 系统输出供电回路末端设计电压，不宜小于直流电源系统标称电压的 80%。
- 6.2.7 隧道内照明用电设备处电压偏差允许值应符合 GB 51348—2019 中 3.4.3 的相关要求。
- 6.2.8 隧道照明供电主干电缆不宜断开，分支电缆宜采用穿刺线夹或 T 接形式与主干电缆可靠连接。

7 智能控制

7.1 概述

- 7.1.1 隧道照明宜采用智能控制系统进行统一调控。
- 7.1.2 隧道照明控制宜根据不同需求，选用回路调光、无级调光或随车调光的方式。
- 7.1.3 亮度检测仪、照明控制器、照明灯具等控制设备宜接入同一平台，实现联动控制。
- 7.1.4 隧道加强照明段亮度宜结合洞外亮度、交通量等条件进行实时调控。
- 7.1.5 隧道夜间照明调光设计符合 JTG/T D70/2-01—2014 中 9.3.5 的相关要求。
- 7.1.6 隧道内在拥堵、事故或检修等特殊工况时，宜开启全部照明灯具。

7.2 回路调光

- 7.2.1 长度不大于 500 m 或设计时速不大于 40 km/h 的隧道，照明灯具宜采用回路控制模式。
- 7.2.2 未设置监控系统的隧道，宜采用回路控制。回路控制的策略可采用时序控制的方式，调控时间随季节调整。

7.3 无级调光

- 7.3.1 长度大于 500 m 或设计时速大于 40 km/h 的隧道，照明灯具宜采用无级调光控制模式。
- 7.3.2 加强段照明宜根据洞外亮度的变化按需调光，具体调光策略应符合表 1 中的规定。

表1 隧道照明调光策略

加强照明		
洞外实际亮度 (L_1) cd/m^2	实际交通量 (q) veh/ (h.ln)	各区段实际亮度输出 %
$L_1 \geq L_{20}$	$q \geq N$	100
	$q < N$	$k_1/k \times 100$
$L_1 < L_{20}$	$q \geq N$	$L_1/L_{20} \times 100$
	$q < N$	$L_1/L_{20} \times k_1/k \times 100$
基本照明		
—	$q \geq N$	100
—	$q < N$	10~60
<p>注1: L_{20}为设计洞外亮度, 单位为坎德拉每平方米 (cd/m^2)。</p> <p>注2: L_1为实际洞外亮度, 单位为坎德拉每平方米 (cd/m^2)。</p> <p>注3: N为设计小时交通量, 单位为单条车道每小时内通过的标准车辆数 [veh/ (h.ln)]。</p> <p>注4: q为实际小时交通量, 单位为单条车道每小时内通过的标准车辆数 [veh/ (h.ln)]。</p> <p>注5: k为设计小时交通量对应入口段亮度折减系数。</p> <p>注6: k_1为实际小时交通量对应入口段亮度折减系数。</p>		

7.3.3 加强照明对洞外亮度变化的响应时间宜符合下列规定:

- a) 洞内亮度上升沿响应时间不大于 3.6 s;
- b) 下降沿响应时间不小于 30 s。

7.3.4 洞内、洞外亮度仪的测量允许偏差不宜大于±5%。

7.4 随车调光

- 7.4.1 单向交通隧道交通量不大于 350 veh/ (h.ln) 、双向交通隧道交通量不大于 180 veh/ (h.ln) 且长度大于 1 000 m 的公路隧道宜选用随车调光模式。
- 7.4.2 随车调光系统包括隧道照明调光控制系统、车辆检测与感知系统等。
- 7.4.3 车辆探测器提前感知所控区间即将有车辆到来, 其提前的时间不宜小于 10 s; 车辆探测器的漏检率不宜大于 0.1%。
- 7.4.4 当车辆驶出所在区间且无后续车辆驶入时, 系统宜将所控区间的亮度调至待车照明状态。
- 7.4.5 随车调光系统宜采用单灯调光控制模式实现。
- 7.4.6 车辆行驶前方的最小亮度区间宜大于停车视距。

7.5 照明控制系统

- 7.5.1 系统宜具备边缘处理功能, 控制中心失去通讯时, 根据现场环境参数自行控制, 宜预留与其他系统的联动标准接口。
- 7.5.2 系统宜由不间断电源供电。
- 7.5.3 系统宜具备采集照明控制器、照明灯具等设备实时运行状态及故障预警、报警功能。
- 7.5.4 系统宜具有监测、统计、分析功能, 用能分析宜包括下列内容:
 - a) 隧道照明总体用能情况;
 - b) 隧道照明各回路、各区间用能情况;
 - c) 按照日、周、月、年对照明进行用能统计。

8 洞口措施

8.1 概述

- 8.1.1 隧道洞口加强照明及浅埋段的基本照明宜充分利用自然光。
- 8.1.2 隧道装饰材料宜符合 JTG/T D70/2-01—2014 中 9.3.6 的相关要求。

8.2 洞口节能措施

- 8.2.1 条件允许时，宜考虑选择削竹式洞门或喇叭式洞门形式。
- 8.2.2 洞口边坡、仰坡宜根据实际地形、地质情况优先种植植被，降低洞外环境亮度。
- 8.2.3 为降低洞外环境亮度及入口段照明功率，宜在隧道洞门增设减光措施或减光棚。
- 8.2.4 洞外减光棚总体分为混凝土减光棚、钢结构减光棚、生态减光棚三种形式，宜考虑均匀度高的钢结构减光棚。
- 8.2.5 隧道洞口减光棚的设置，宜根据隧道洞口环境的亮度条件，结合照明、景观设计要求，综合考虑后确定。
- 8.2.6 减光棚的主要设计参数推荐值，宜根据表 2 取值。

表2 不同设计速度下的减光棚参数推荐值

设计速度 km/h	120	100	80
减光棚长度 m	100~120	80~100	50~70
减光棚段亮度 $L_{20}(S1)$ cd/m^2	$L_{20}(S) \times (1/6 \sim 1/2)$	$L_{20}(S) \times (1/6 \sim 1/2)$	$L_{20}(S) \times (1/6 \sim 1/2)$
减光棚段亮度均匀度	0.6	0.6	0.6
L(S)为洞外亮度，宜按JTG/T D70/2-01-2014表4.2.1取值。			

- 8.2.7 设置减光棚之后，入口段加强照明的设计宜按照公式（1）和公式（2）进行

$$L_{th1} = K \times L_{20}(S1) \times r \dots\dots\dots (1)$$
$$L_{th2} = 0.5 \times k \times L_{20}(S1) \times r \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$L_{20}(S1)$ ——减光棚段亮度推荐值，宜按表2取值；

r ——修正系数，取值范围为1.1~1.5；

k ——入口段亮度折减系数；

L_{th1} ——入口段1的亮度，单位为坎德拉每平方米（ cd/m^2 ）；

L_{th2} ——入口段2的亮度，单位为坎德拉每平方米（ cd/m^2 ）。

9 新能源利用

9.1 导光管照明

- 9.1.1 根据隧道所在的位置、气候环境条件、隧道洞门自身的特点等，通过经济技术比较、隧道结构稳定性分析，合理选择导光设备。

- 9.1.2 导光管照明一般适用于隧道洞口段照明，同时配合人工照明，以满足隧道内夜间照明需求。
- 9.1.3 导光管采光系统反射材料的反射率不宜低于 0.95。
- 9.1.4 导光管的长度不宜超过管径的 20 倍，总的传输效率不宜低于 0.75。

9.2 光伏发电

- 9.2.1 光伏发电宜利用公路隧道进出口附近中央隔离带、路堤、路堑等场地，并结合棚洞等设施进行布设，不对公路交通造成不利影响。
- 9.2.2 光伏发电系统宜根据不同地区气候条件、使用环境，采取防雷、防雹、抗风、抗震和保证电气安全等技术措施。
- 9.2.3 光伏发电系统的并网方式宜与其供电系统的模式相匹配，光伏发电系统并网类型宜根据隧道照明负载确定，其并网电压不宜低于 AC 380V 或 DC 375V。
- 9.2.4 光伏装机容量宜综合照明等运营用能需求，重点考虑满足加强照明的用能需求，以实现光伏发电高比例消纳。
- 9.2.5 光伏发电系统中的光伏组件设计使用寿命不宜低于 25 年，系统中 N 型晶硅组件自系统运行之日起，一年内的衰减率不宜高于 1%，之后每年衰减率不宜高于 0.4%，25 年内的衰减率不宜高于 11%。
- 9.2.6 光伏发电系统的无功补偿装置宜符合 GB 50797—2012 中 8.6.1 的相关要求。

9.3 风力发电

- 9.3.1 在风力资源较为丰富的地区，宜根据当地资源布设风力发电系统。
- 9.3.2 风机的选址宜考虑风机运行对道路交通的影响及倒塔距离。
- 9.3.3 风力发电系统装机容量，宜与隧道常态化负荷匹配，并与光伏发电形成互补，实现新能源的稳定供给。
- 9.3.4 风力发电系统并网电压不宜低于 AC 380V 或 DC 375V。

9.4 储能与能源控制

- 9.4.1 新能源发电宜配置储能装置，储能的容量宜结合新能源的装机情况及公路隧道的负荷情况配置，以解决新能源发电间歇性和不稳定性问题。
- 9.4.2 储能装置的选择宜符合 GB 50797—2012 中 6.5.3 的相关要求。
- 9.4.3 宜配置能源控制装置，实现新能源及储能装置的动态控制调度和稳定运行。

参 考 文 献

- [1] GB 37478—2019 道路和隧道照明用LED灯具能效限定值及能效等级
 - [2] GB 50797—2012 光伏发电站设计规范
 - [3] GB 51348—2019 民用建筑电气设计标准
 - [4] GB 55015—2021 建筑节能与可再生能源利用通用规范
 - [5] DL/T 5383 风力发电场设计技术规范
 - [6] JT/T 609 公路隧道照明灯具
 - [7] JTG D70/2—2014 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施
 - [8] NB/T 10639 风电场工程场址选择技术规范
-