

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3692-2019

城市隧道照明设计标准

Standard for lighting design of city tunnels

2019-12-16 发布

2020-03-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅 发布

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 一般规定 4

5 照明指标 6

6 照明灯具及其附属装置选择 10

7 照明供电和控制 10

8 节能 12

附录 A （规范性附录） 灯具照明布置示意图..... 14

附录 B （规范性附录） 减光设施隧道照明区段划分法..... 16

附录 C （规范性附录） 导光管..... 18

附录 D （资料性附录） 蓄能发光材料..... 19

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由苏交科集团股份有限公司提出。

本标准由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本标准起草单位：苏交科集团股份有限公司、扬州市城市南部快速通道建设指挥部、长安大学、中建隧道建设有限公司、南京城建隧桥经营管理有限责任公司、中冶交通建设集团有限公司、武汉广益交通科技股份有限公司、武汉建隧工程设计咨询有限公司、华文科（上海）规划设计有限公司。

本标准主要起草人：黄俊、凌定祥、李大鹏、赵卫平、郑晖、李志远、黄毅翔、李志来、肖剑、何瑶、陈爱文、李雪、郭丽苹、郁伟、郑邦友、康志鹏、周学勇、刘思谋、邢冬冬、陈喜坤、李海光。

城市隧道照明设计标准

1 范围

本标准规定了城市隧道照明设计的术语和定义、一般规定、照明指标、照明灯具及其附属装置选择、照明供电和控制、节能。

本标准适用于新建、改扩建城市隧道照明设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 13495.1 消防安全标志第1部分：标志》
- GB 13955 剩余电流动作保护装置安装和运行
- GB 17945 消防应急照明和疏散指示系统
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50033 建筑采光设计标准
- GB 50034 建筑照明设计标准
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
- CJJ 45 城市道路照明设计标准
- CJJ 221 城市地下道路工程设计规范
- JGJ/T 374 导光管采光系统技术规程
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG/T D70/2-01 公路隧道照明设计细则
- JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册交通工程与附属设施
- GA 306.1~2 阻燃剂耐火电缆：塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求
- CIE 882 GUIDE FOR THE LIGHTING OF ROAD TUNNELS AND UNDERPASSES
- CR14380 Lighting Applications - Tunnel Lighting

3 术语和定义

3.1

城市交通隧道 city tunnel

地表以下供机动车或兼有非机动车、行人通行的城市道路。

3.2

设计小时交通量 design hourly traffic volume

混合车型设计高峰小时交通量，用每小时每车道的混合车辆数表示。

3.3

接近段 access zone

隧道入口外一个照明停车视距长度段。

3.4

入口段 threshold zone

进入隧道的第一照明段,是使驾驶员视觉适应由洞外高亮度环境向洞内低亮度环境过渡设置的照明段。

3.5

过渡段 transition zone

隧道入口段与中间段之间的照明段,是使驾驶员视觉适应由隧道入口段的高亮度向洞内低亮度过渡设置的照明段。

3.6

中间段 interior zone

沿行车方向连接入口段或过渡段的照明段,是为驾驶员行车提供最低亮度要求设置的照明段。

3.7

出口段 exit zone

隧道内靠近隧道行车出口的照明段,是使驾驶员视觉适应洞内低亮度向洞外高亮度过渡设置的照明段。

3.8

敞开段 open zone

隧道接地点至隧道洞口的照明段,是为驾驶员夜间行驶设置的照明段。

3.9

洞外亮度 adaptation luminance

距洞口一个停车视距处、离路面 1.5m 高,正对洞口方向 20° 视场范围内环境的平均亮度。

3.10

基本照明 basic lighting

为保障隧道内车辆正常通行所需 24 小时常亮的照明。

3.11

加强照明 intensive lighting

为了降低车辆进出隧道时所产生的“黑洞效应”、“白洞效应”所设置的洞口附加照明。

3.12

应急照明 emergency lighting

因正常照明的电源失效而启用的照明，供人员疏散、保障安全的照明。

3.13

路面平均亮度 average road surface luminance

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。

3.14

路面平均照度 average road surface illuminance

在路面上预先设定的点上测得的或计算得到的各点照度的平均值。

3.15

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

路面上最小亮度与平均亮度的比值。

3.16

路面亮度纵向均匀度 longitudinal uniformity of road surface luminance

路面上各车道的中心线上最小亮度与最大亮度的比值的最小值。

3.17

维护系数 maintenance factor

照明装置使用一定时期之后，在规定表面上的平均照度或平均亮度与该装置在相同条件下新安装时在同一表面上的平均照度或平均亮度之比。

3.18

减光设施 light reducing facility

为降低隧道接近段洞外亮度，在隧道口外的遮光棚，遮阳棚等设施。

3.19

导光管 tubular daylighting system

即导光管采光系统，是一套采集天然光，并经管道传输到室内，进行天然光照明的采光系统。

3.20

光学隧道 optically tunnels

驾驶员位于行车道中央、距隧道入口一个照明停车视距不能完全看到出口、且几何长度不大于 500m 的隧道。

3.21

符号

L -隧道长度;
H -灯具光源中心至路面的高度;
k -入口段亮度折减系数;
L20(S)-洞外亮度;
Lth-入口段亮度;
Ltr-过渡段亮度;
Lex-出口段亮度;
Lin-中间段亮度;
Lav-路面平均亮度;
Eav-路面平均照度;
Lmin-路面最小亮度;
L'min-路面中线最小亮度;
L'max-路面中线最大亮度;
f -闪烁频率;
N -设计小时交通量;
M -养护系数;
S -灯具间距。

4 一般规定

4.1 城市隧道照明设计应纳入城市隧道总体设计要求,并综合考虑工程环境条件、工程设计、交通状况、通风方式、供电条件、运营管理等因素。

4.2 城市隧道应设置照明设施,隧道照明段应由下列几部分构成:

- a) 敞开段照明
- b) 入口段照明
- c) 过渡段照明
- d) 中间段照明
- e) 出口段照明

4.3 城市隧道照明设计应充分收集隧道土建和交通工程专业相关资料进行统筹设计:

- a) 应调查洞口朝向及洞外环境;
- b) 应初步判定或现场测定洞外亮度,必要时可采取洞外减光措施;
- c) 应根据近、远期交通量,分别确定入口段、过渡段、中间段和出口段的亮度指标;
- d) 应选择节能光源与高效灯具,结合隧道断面形式和灯具类型等因素确定灯具安装方式、位置。
- e) 应根据路面材料与灯具光强分布表,计算各段灯具布置间距、路面均匀度等。

4.4 城市隧道照明设计小时交通量应根据隧道所在路段工程可行性研究报告提出的设计年份平均日交通量(AADT)进行换算,并应符合以下要求:

- a) 设计小时交通量系数宜采用工程可行性研究报告提供的数据;工程可行性研究报告没有明确提出该数据时,可取 9.3%。
- b) 单向交通隧道分布系数宜采用工程可行性研究报告提供的数据;工程可行性研究报告没有明确提出该数据时,方向分布系数可取 58%。

4.5 单向交通城市隧道照明可划分为入口段照明、过渡段照明、中间段照明、出口段照明以及敞开段照明。隧道照明区段构成如下图所示。

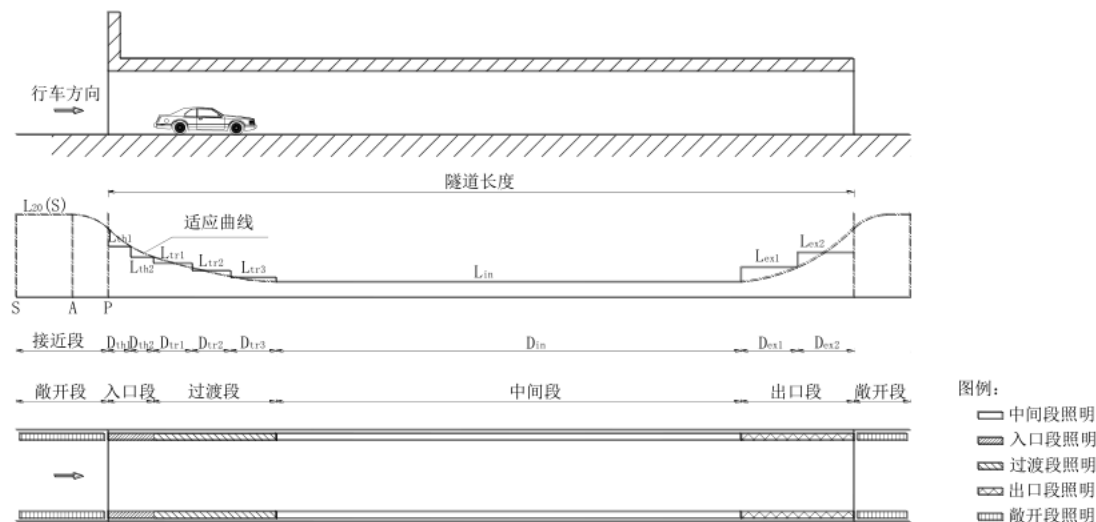


图1 单向交通隧道照明系统分段图

注：P-洞口；S-敞开段起点；A-适应点；d-适应距离； $L_{20}(S)$ -洞外亮度； L_{th1} 、 L_{th2} -入口段亮度； L_{tr1} 、 L_{tr2} 、 L_{tr3} -过渡段亮度； L_{in} -中间段亮度； L_{ex1} 、 L_{ex2} -出口段亮度； D_{th1} 、 D_{th2} -入口段TH1、TH2分段长度； D_{tr1} 、 D_{tr2} 、 D_{tr3} -过渡段 TR1、TR2、TR3分段长度； D_{in} -中间段长度； D_{ex1} 、 D_{ex2} -出口段EX1、EX2分段长度。

4.6 双向交通城市隧道照明可划分为入口段照明、过渡段照明、中间段照明以及敞开段照明。隧道照明区段构成如下图所示。

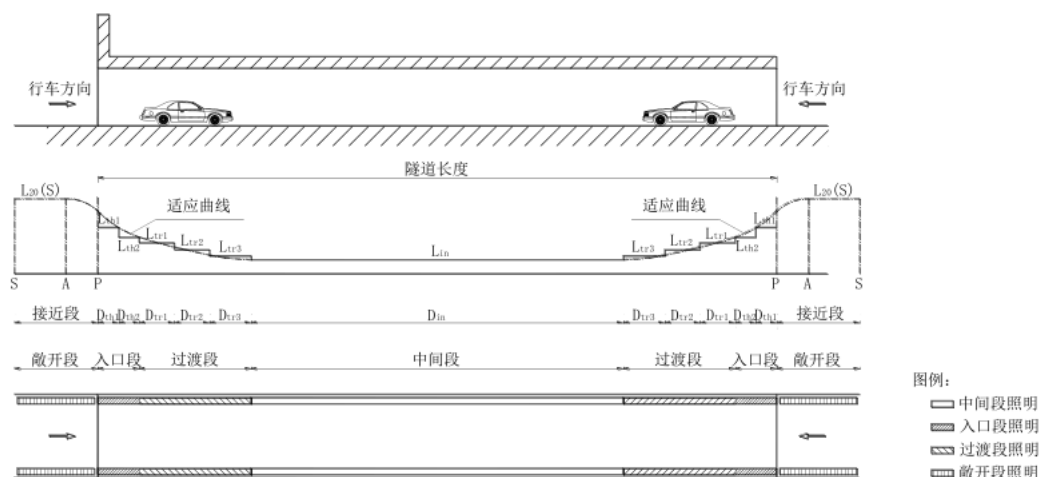


图2 双向交通隧道照明系统分段图

4.7 城市隧道入口段、过渡段、出口段照明由基本照明和加强照明组成；基本照明应与中间段照明指标一致。

4.8 城市隧道两侧墙面 2m 高范围内的平均亮度，不宜低于路面平均亮度的 60%。

4.9 城市隧道照明设计应考虑运营期灯具维护系数，城市隧道照明灯具维护系数 M 值宜取 0.7~0.75。

4.10 城市隧道照明设计应满足路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面亮度纵向均匀度、眩光限制、闪烁频率和诱导性要求。

4.11 基本照明的路面亮度总均匀度，路面亮度纵向均匀度，路面照度均匀度不应低于表 1 的规定。

表1 隧道照明质量

道路类型	路面亮度总均匀度 U_0 最小值	路面亮度纵向均匀度 U_1 最小值	路面照度均匀度 U_e 最小值
快速路、主干路隧道	0.5	0.75	0.5
次干路隧道	0.5	0.6	0.5
支路隧道	0.5	0.4	0.4

4.12 隧道照明的眩光采用失能眩光限制阈值增量 TI(%) 评价，中间段照明眩光限制阈值增量 TI(%) 最大初始值不应大于 10。

4.13 隧道内基本照明光源色温宜按 <4000K 取值，加强照明光源色温宜按 ≥4000K 取值。

4.14 入口段和出口段的加强照明灯具宜自隧道洞口以内 10m 开始布设。

4.15 设有遮光设施的隧道，遮光段应设照明，其亮度应与基本照明亮度一致。

5 照明指标

5.1 一般规定

5.1.1 隧道照明包括入口段照明、过渡段照明、中间段照明、出口段照明和敞开段照明。

5.1.2 隧道行车道照明分为快速路和主干路、次干路、支路四级，以及联络车道和匝道照明。

5.2 入口段照明

5.2.1 入口段宜划分为 TH1、TH2 两个照明段、与之对应的亮度应分别按式 (1)、式 (2) 计算：

$$L_{th1} = k \times L_{20(S)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

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

式中： L_{th1} - 入口段 TH1 的亮度 (cd/m²)；

L_{th2} - 入口段 TH2 的亮度 (cd/m²)；

k - 入口段亮度折减系数，可按表 2 取值；

$L_{20(S)}$ - 洞外亮度 (cd/m²)。

表2 入口段亮度折减系数 k

设计小时交通量 N[veh/(h·ln)]		设计速度 v_t (km/h)			
单向交通	双向交通	100	80	60	20~40
≥ 1200	≥ 650	0.045	0.035	0.022	0.012
≤ 350	≤ 180	0.035	0.025	0.015	0.010
注：当交通量在其中间值时，按线性内插取值。					

5.2.2 暗埋段长度 $L > 300\text{m}$ 的隧道及暗埋段长度 $100\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 的光学隧道，入口段 TH1、TH2 的亮度应分别按式（1）及式（2）计算。

5.2.3 暗埋段长度 $100\text{m} < L \leq 300\text{m}$ 的非光学隧道，入口段 TH1、TH2 的亮度宜分别按式（1）及式（2）计算值的 50%取值。

5.2.4 暗埋段长度 $L \leq 100\text{m}$ 的隧道，不设加强照明。暗埋段长度 $L \leq 100\text{m}$ 的光学隧道入口段 TH1、TH2 的亮度宜分别按式（1）及式（2）计算值的 20%取值。

5.2.5 暗埋段长度 $L \leq 100\text{m}$ 的非光学隧道，不设加强照明。

5.2.6 匝道入口亮度折减系数 $k=0.01$ 。

5.2.7 隧道照明设计的洞外亮度 $L_{20}(S)$ 应实测取得，实测有困难时， $L_{20}(S)$ 可按 $3000 (\text{cd}/\text{m}^2)$ 取值。

5.2.8 设置减光设施的城市隧道，减光设施的长度不小于 3 秒的行驶长度。

5.2.9 照明停车视距可按表 3 取值。

表3 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
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

5.2.10 入口段 TH1、TH2 长度应按式（3）计算：

$$D_{th1} = D_{th2} = \frac{1}{2} \left(1.154 D_s - \frac{h-1.5}{\tan 10^\circ} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中： D_{th1} —入口段TH1长度（m）；

D_{th2} —入口段TH2长度（m）；

D_s —照明停车视距（m），可按表3取值；

h —隧道内净空高度 (m)。

5.2.11 设计速度为 20~40km/h 时, 主洞和匝道的入口段总长度可按 30m 取值。

5.3 过渡段照明

5.3.1 过渡段宜按渐变递减原则划分为 TR1、TR2、TR3 三个照明段, 与之对应的亮度应按式 (4) ~ 式 (6), 计算:

$$L_{tr1} = 0.15 \times L_{th1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$L_{tr2} = 0.05 \times L_{th1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$L_{tr3} = 0.02 \times L_{th1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

5.3.2 长度 $L \leq 300m$ 的隧道, 可不设置过渡段加强照明; 当 TR3 的亮度 L_{tr3} 不大于中间段亮度 L_{in} 的 2 倍时, 可不设置过渡段 TR3 加强照明。

5.3.3 过渡段长度应按式 (7) ~ 式 (9) 计算:

a) 过渡段 TR1 长度应按式 (7) 计算:

$$D_{tr1} = \frac{D_{th1} + D_{th2}}{3} + \frac{v_t}{1.8} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: v_t —设计速度 (km/h);

$\frac{v_t}{1.8}$ — 2s 内的行驶距离。

b) 过渡段 TR2 长度应按式 (8) 计算:

$$D_{th2} = \frac{2v_t}{1.8} \quad \dots\dots\dots (8)$$

c) 过渡段 TR3 长度应按式 (9) 计算:

$$D_{th3} = \frac{3v_t}{1.8} \quad \dots\dots\dots (9)$$

5.4 中间段照明

5.4.1 中间段照明亮度宜按表 4 取值。

表4 中间段亮度表 $L_{in}(\text{cd}/\text{m}^2)$

与隧道衔接道路类型	快速路和主干路	次干路	支路
L_{in}	2.5	1.5	1.0

5.4.2 当中间段位于曲线时, 照明灯具的布置宜符合下列要求:

- a) 平曲线半径不小于 1000m 的曲线段, 照明灯具可参照直线段布置。
- b) 平曲线半径小于 1000m 的曲线段, 当采用两侧布灯方式时, 宜采用对称布置; 当采用中线侧偏布灯方式时, 照明灯具应沿曲线外侧布置, 间距宜为直线段照明灯具间距的 0.5~0.7 倍, 半径越小布灯间距应越小, 如图 3 所示。

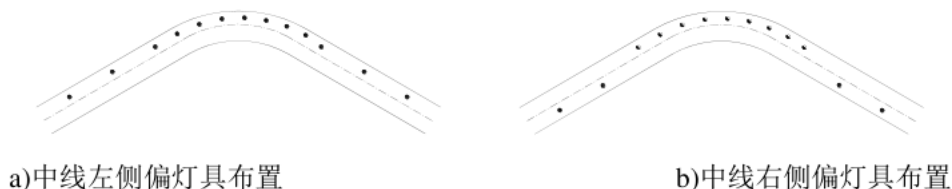


图3 曲线段中线侧偏灯具布置示意图

- c) 在反向曲线段上, 宜在固定的一侧设置灯具; 若有视线障碍, 宜在曲线外侧增设灯具, 如图 4 所示。

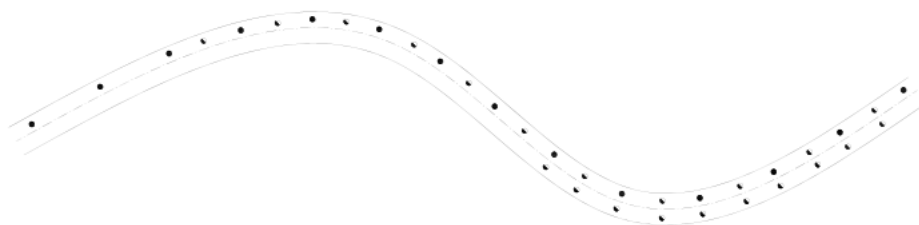


图4 反向曲线段上的灯具布置示意图

5.4.3 当隧道内按设计速度行车时间超过 20s 时, 照明灯具布置间距应满足闪烁频率低于 2.5Hz 或高于 15Hz。

5.4.4 隧道内交通分流段、合流段的亮度不宜低于中间段亮度的 3 倍。

5.4.5 双向通行隧道基本照明亮度标准取单向通行隧道的 1.5 倍。

5.4.6 行人与车辆混合通行的隧道, 中间段亮度不应低于 2.0 cd/m^2 。

5.4.7 紧急停车带宜采用显色指数 (R_a) ≥ 80 的灯具, 亮度不应低于 4.0 cd/m^2 。

5.4.8 人行、车行横通道照明、疏散通道照明亮度不应低于 1.0 cd/m^2 。

5.5 出口段照明

5.5.1 出口段宜划分为 EX1、EX2 两个照明段, 每段长度宜取 30m, 与之对应的亮度应按式 (10)、式 (11) 计算:

$$L_{ex1} = 3 \times L_{in} \dots\dots\dots (10)$$

$$L_{ex2} = 5 \times L_{in} \dots\dots\dots (11)$$

5.5.2 长度 $L \leq 300\text{m}$ 的隧道可不设置出口段加强照明。

5.6 应急照明

5.6.1 城市隧道应设置应急照明, 应急照明灯具可利用基本照明灯具, 且应满足消防产品认证要求。

- 5.6.2 城市隧道两侧应设置疏散指示标志，其设置高度不宜大于 1.5m，间距不应大于 50m；横通道、人行疏散通道应设置疏散指示标志，其设置高度不宜大于 1.0m，疏散标志间距不应大于 20m。
- 5.6.3 应急照明亮度不应低于表 4 所列中间段亮度的 10%，且不应低于 0.2cd/m²。
- 5.6.4 防火等级为一、二类隧道内应急照明和疏散指示标志的连续供电时间不应小于 1.5h；其他隧道，不应小于 1.0h。
- 5.6.5 应急照明在正常供电电源停止供电后，其应急电源供电转换时间不应大于 0.3s。（满足钠灯要求）

5.7 敞开段照明

敞开段照明亮度应与道路照明亮度一致，如该道路无照明，则按表5取值。

表5 敞开段亮度表(cd/m²)

与隧道衔接道路类型	快速路和主干路	次干路	支路
亮度值	2.5	1.5	1.0

6 照明灯具及其附属装置选择

- 6.1 选用的照明灯具应符合国家现行规定，满足显色性、启动时间等要求，并应根据光源、灯具及镇流器等的效率或效能、寿命等进行综合技术经济分析。
- 6.2 应急照明灯具应选用能快速点亮的光源。
- 6.3 灯具选择应满足安装环境的要求，防护等级不应低于 IP65。
- 6.4 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，并满足如下条件：
- a) 1 光源和附件便于更换；
 - b) 2 灯具零部件具有良好的防腐性能；
 - c) 选择适合隧道环境的驱动电源。

7 照明供电和控制

7.1 照明供电

- 7.1.1 隧道行车道基本照明为二级负荷，加强照明为三级负荷。一、二类隧道的应急照明为一级负荷；三、四类隧道的应急照明为二级负荷。
- 7.1.2 照明供电应符合下列要求：
- a) 照明安装功率较大或谐波含量较大时，宜采用照明专用变压器；需接自同一变压器时，照明应由专用馈电线供电；
 - b) 照明系统最大相负荷不宜超过三相负荷平均值的 115%，最小相负荷不宜小于三相负荷平均值的 85%。
- 7.1.3 一、二级负荷供电要求应符合《供配电系统设计规范》GB50052-2009 第 3 节的规定。为应急照明供电的应急电源，应采用下列方式之一：
- a) 采用蓄电池（或干电池）装置；
 - b) 采用蓄电池（或干电池）与供电系统中有效地独立于正常照明电源的专用馈电线路的组合；

c) 采用蓄电池（或干电池）装置与自备发电机组组合的方式。

7.1.4 一、二类隧道内疏散照明和疏散指示标志的连续供电时间不应小于 1.5h；其他隧道，不应小于 1.0h。

7.1.5 LED 照明光源可采用直流集中供电或者交流供电。

7.1.6 照明的配电系统应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB50054 的相关规定，配电线缆的导体截面应同时满足负荷计算电流和电压值要求（《建筑照明设计标准》GB50034-2013 的第 7.1.4 相关规定）

7.1.7 明敷照明电缆应采用阻燃型。照明分支线宜采用阻燃型电线穿钢管敷设。

7.1.8 应急照明电缆的敷设应符合下列规定：

a) 明敷时（包括敷设在吊顶内），应穿金属导管或采用封闭式金属槽盒保护，金属导管或封闭式金属槽盒应采取防火保护措施；。当采用阻燃或耐火电缆并敷设在电缆井、沟内时，可不穿金属导管或采用封闭式金属槽盒保护；当采用矿物绝缘类不燃性电缆时，可直接明敷。

b) 暗敷时，应穿管并应敷设在不可燃性结构内且保护层厚度不应小于 30mm。

7.1.9 灯具金属外壳及构件、配电及控制箱等外露可导电部分均应与保护导体相连接。

7.2 照明控制

7.2.1 照明控制应综合考虑洞外亮度、季节变化、交通量、车速、天气条件、光源等情况确定控制方案。

7.2.2 照明控制宜采用智能调光控制或自动控制为主，手动控制为辅的控制方式；远程控制终端应具有通信中断情况下根据内置程序自动控制的功能。

7.2.3 隧道内发生火灾时，应强制点亮应急照明灯具。

7.2.4 横通道照明灯具应设置就近控制开关，并具有与洞门联动开启的功能。

7.2.5 隧道白昼照明调光设计应满足下列要求：

a) 加强照明应根据洞外亮度和交通量变化，进行入口段、过渡段和出口段的调光方案设计，可按表 6 进行调光分级组合；

b) 基本照明应根据交通量变化，按本标准第 5.4.1 条～第 5.4.3 条的亮度值进行调光方案设计。

表6 加强照明调光分级

季节及天气	调光分级	洞外亮度 (cd/m^2)	交通量 $N[\text{veh}/(\text{h} \cdot \text{ln})]$	
			单向交通	双向交通
夏季晴天	I	$L_{20(S)}$	≥ 1200	≥ 650
	II		$350 < N < 1200$	$180 < N < 650$
	III		≤ 350	≤ 180
其他季节晴天/夏季 云天	IV	$0.5L_{20(S)}$	≥ 1200	≥ 650
	V		$350 < N < 1200$	$180 < N < 650$
	VI		≤ 350	≤ 180
其他季节云天/夏季 阴天	VII	$0.25L_{20(S)}$	≥ 1200	≥ 650
	VIII		$350 < N < 1200$	$180 < N < 650$
	IX		≤ 350	≤ 180
其他季节阴天/重阴 天	X	$0.13L_{20(S)}$	≥ 1200	≥ 650
	XI		$350 < N < 1200$	$180 < N < 650$
	XII		≤ 350	≤ 180

7.2.6 隧道夜间照明调光设计应满足下列要求：

- a) 夜间应关闭隧道入口段、过渡段和出口段的加强照明灯具。
- b) 城市隧道夜间照明亮度应与同一路段洞外路灯照明的亮度保持一致。
- c) 单向交通隧道夜间交通量不大于 $350[\text{veh}/(\text{h} \cdot \text{ln})]$ 、双向交通隧道夜间交通量不大于 $180[\text{veh}/(\text{h} \cdot \text{ln})]$ 时，可调整隧道基本照明亮度为正常亮度的 50%，且不低于 $1.0\text{cd}/\text{m}^2$ 。

8 节能

8.1 一般规定

8.1.1 城市隧道照明设计应合理选择设计参数，在满足规定的亮度和照明质量要求的前提下，通过多方案的经济技术分析论证，确定合理、节能的照明方案。

8.1.2 城市隧道照明设计应根据交通量变化、洞外亮度变化、季节更替等多种工况制定调光及运营管理方案。

8.2 节能标准

8.2.1 隧道照明设计时，基本照明功率密度值宜小于等于表 7 的要求。

8.2.2 设计亮度不应低于照明标准值，且不宜超过+10%。

表7 隧道基本照明功率密度限值

与隧道衔接道路类型	快速路和主干路	次干路	支路
照明功率密度 (LPD) 限值 (W/m^2)	≤ 1.2	≤ 0.90	≤ 0.60

8.3 节能措施

8.3.1 城市隧道照明设计应积极而稳妥地采用新技术、新工艺，实现隧道照明节能。

8.3.2 隧道接近段可采用下列减光措施：

- a) 隧道接近段宜根据工程现状，采取设置遮阳棚、遮光棚。
- b) 洞口采用端墙形式时，墙面可采用暗色调，其装饰材料的反射率应小于 0.17。
- c) 隧道洞外侧墙可进行暗化处理。
- d) 洞口外至少一个照明停车视距长度的路面可采用黑色路面。
- e) 利用植被实现遮光、减光。
- f) 有条件时，可利用导光和反光装置将自然光引入隧道内进行照明，或利用太阳能作为照明能源。
- g) 灯具在满足眩光限制和隧道建筑限界要求时，可降低安装高度。

8.3.3 设置减光设施的隧道，洞外亮度应在减光段亮度应实测取得或者根据减光设施类型相应折减取值。其隧道照明可按以下原则设置：

- a) 若取得减光段亮度实测亮度取得，可则根据第四章进行照明设计内容计算洞内各段亮度值；
- b) 若减光段亮度和长度满足接近隧道入口段和出口段加强照明段长度要求，可将减光段替代入口段和出口段加强照明，即隧道照明重新划分照明区段，具体见附录 B。

8.3.4 城市隧道加强照明宜结合采用导光管系统导光管系统，并且满足下列要求：

- a) 导光管采光系统的设计应根据隧道类型、使用要求、光气候和安装条件等因素综合确定。

- b) 导光管采光系统主体结构使用寿命不少于 20 年。
 - c) 导光管采光设计应和基本照明相结合，满足加强照明亮度要求。
 - d) 导光管采光系统宜有调光控制功能，控制功能宜和隧道电光照明控制系统相结合。
 - e) 导光管采光系统的管径不宜小于 650mm。
- 8.3.5 路面两侧 2m 高范围内墙面宜铺设反射率高的材料。
- 8.3.6 在隧道侧墙可喷涂设置蓄能发光多功能涂料。
- 8.3.7 隧道照明采用中线或中线侧偏布置形式时，基本照明宜选用逆光型灯具；隧道照明采用两侧交错或两侧对称布置形式时，宜选用宽光带对称型照明灯具。
- 8.3.8 应制定维护计划，宜定期进行灯具清扫、光源更换及其他设施的维护。

附 录 A
(规范性附录)
灯具照明布置示意图

照明灯具的布置形式影响照明系统的效率。一般的照明灯具布置形式如图所示。

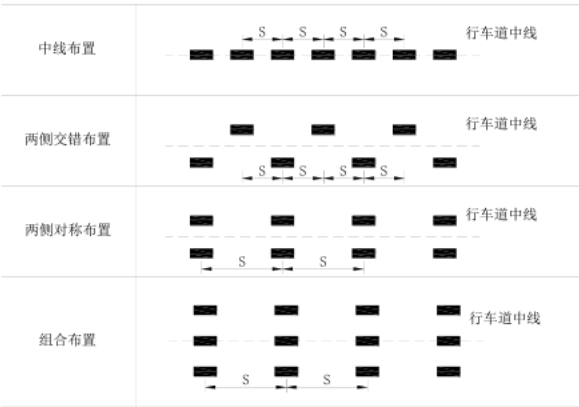
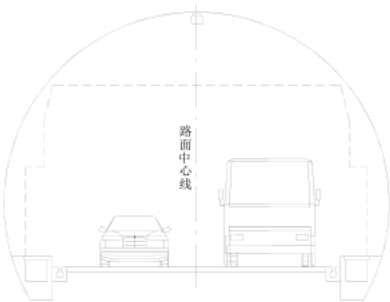
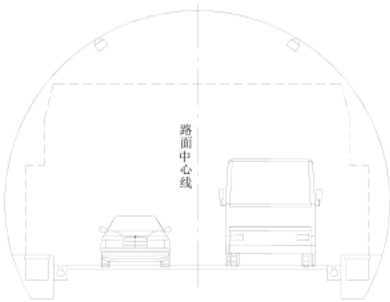


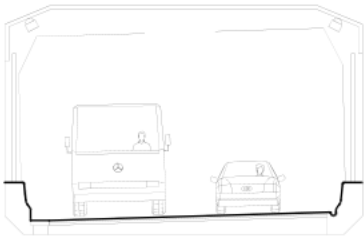
图 A-1 灯具布置形式示例图



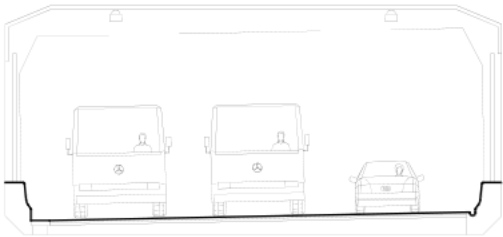
a) 拱形中线布置



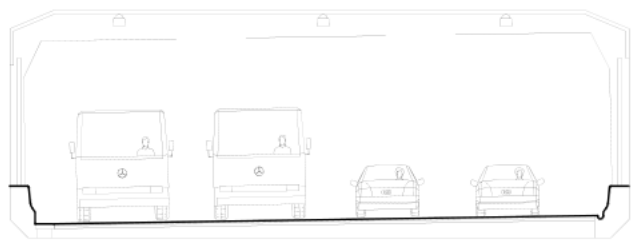
b) 拱形两侧交错或对称布置



c) 矩形两车道两侧交错或对称布置



d) 矩形三车道两侧交错或对称布置



e) 矩形四车道组合布置

图 A-2 灯具布置形式断面图

单车道灯具布置可参照两车道布置方式。

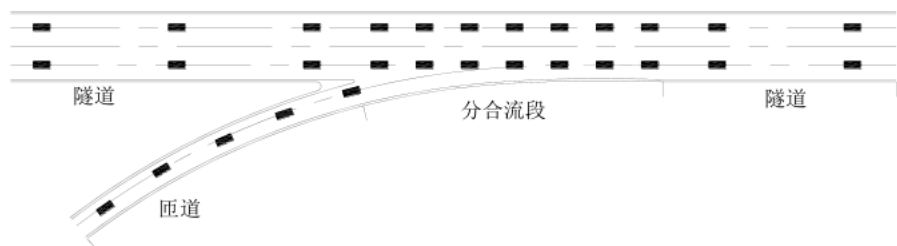


图 A-3 匝道灯具布置方式示意图

附录 B
(规范性附录)
减光设施隧道照明区段划分法

单向交通城市隧道照明可划分为入口减光段照明、入口过渡段照明、中间段照明、出口过渡段照明、出口减光段照明。隧道照明区段构成如下图所示。

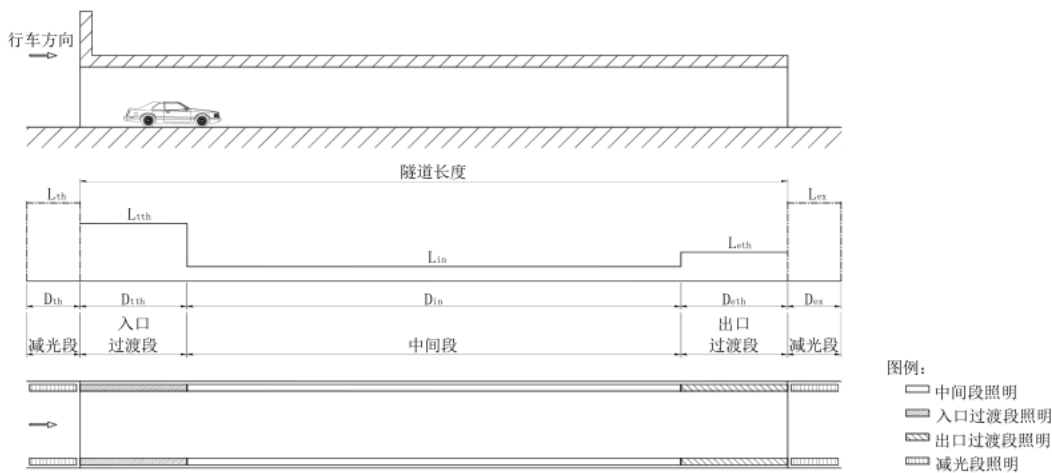


图 B-1 单向交通隧道照明系统分段图

L_{th} -入口减光段亮度; L_{tth} - 入口过渡段亮度; L_{in} -中间段亮度; L_{eth} - 出口过渡段亮度; L_{ex} - 出口减光段亮度; D_{th} -入口减光段长度; D_{tth} - 入口过渡段长度; D_{in} -中间段长度; D_{eth} - 出口过渡段长度; D_{ex} - 出口减光段长度。

双向交通城市隧道照明可划分为减光段照明、入口过渡段照明、中间段照明。隧道照明区段构成如下图所示。

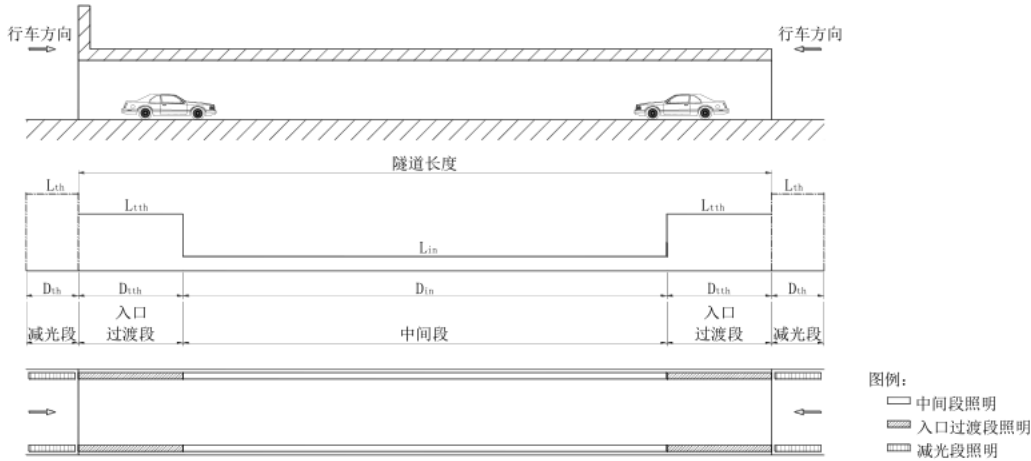


图 B-2 双向交通隧道照明系统分段图

隧道照明分区段设置是为满足驾驶员视觉从高亮度向低亮度，或从低亮度向高亮度变化适应的需求。视觉从高亮度向低亮度适应的反应时间通常较长，反之则较短，因此行车进口端加强照明段长度大于行车出口端加强照明段长度。

入口过渡段设计照明长度按相应设计车速的停车视距取值；亮度指标不低于中间段亮度的 10 倍。

中间段照明亮度宜按表 4 取值。

出口过渡段，设计照明长度按相应设计车速的停车视距取值；设计亮度值不低于中间段亮度的 5 倍。

附 录 C
(规范性附录)
导光管

导光管采光系统在隧道照明设计时应进行采光计算，计算公式如下：

$$L_{av} = \frac{n \times E_v \times A_t \times \eta \times CU \times MF}{k \times W \times D} \quad (C-1)$$

其中： L_{av} —隧道平均亮度值

n —导光管设计数量

k —平均亮度与平均照度换算系数

W —隧道限界净宽

A_t —导光管有效采光面积见《导光管采光系统技术规程》（JGJ/T374）

η —导光管采用系统效率见《导光管采光系统技术规程》（JGJ/T374）

E_v —室外天然光设计照度

D —隧道内照明段落长度

D_{tr} —过渡段长度

CU —导光管采光利用系数见《导光管采光系统技术规程》（JGJ/T374）

MF —导光管维护系数见《导光管采光系统技术规程》（JGJ/T374）

E_s —室外天然光设计照度值（lx），可按现行国家标准《建筑采光设计标准》GB50033的有关规定取值

城市隧道加强照明不同区段的导光管设计数量，可按下列公式计算

$$n_{th} = \frac{k \times L_{th} \times W \times D_{th}}{E_s \times A_t \times \eta \times CU \times MF} \quad (C-2)$$

$$n_{tr} = \frac{k \times L_{tr} \times W \times D_{tr}}{E_s \times A_t \times \eta \times CU \times MF} \quad (C-3)$$

$$n_{ex} = \frac{k \times L_{ex} \times W \times D_{ex}}{E_s \times A_t \times \eta \times CU \times MF} \quad (C-4)$$

其中： n_{th} ——入口段导光管设计数量

n_{tr} ——过渡段导光管设计数量

n_{ex} ——出口段导光管设计数量

D_{th} ——入口段长度

D_{tr} ——过渡段长度

D_{ex} ——出口段长度

L_{th} ——入口段亮度

L_{tr} ——过渡段亮度

L_{ex} ——出口段亮度

附 录 D
(资料性附录)
蓄能发光材料

表 D-1. 蓄能发光多功能涂料技术指标

序号	项目		指标
1	容器中状态		无硬块, 搅拌后呈均匀状态
2	施工性		刷涂二道无障碍
3	涂膜外观		涂抹均匀, 无缩孔和开裂, 暗室观察有明显发光现象
4	干燥时间(表干)/h		≤ 2
5	耐水性		720h 无异常
6	耐碱性		720h 无异常
7	耐酸性		720h 无异常
8	附着力/级		≤ 1
9	涂层耐温变性 5 次循环		无异常
10	耐洗刷性/次		≥ 10000
11	可见光反射率(D65 标准光源)		≥ 0.80
12	耐沾污性白色和浅色 a/%		≤ 10
13	发光亮度 mcd/m ²	激发停止 10min 时	≥ 50.00
		激发停止 1h 时	≥ 10.00
14	余辉时间/h		≥ 12
15	耐人工气候老化 性 1000h	外观	不起泡、不剥落、无裂纹
		粉化/级	≤ 1
		变色/级	≤ 2
		发光亮度下降率%	≤ 20
		余辉时间/h	≥ 10
16	放射性能	内照射指数	≤ 1.0
		外照射指数	≤ 1.3
17	挥发性有机化合物含量 VOC(g/L)		≤ 120
18	苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和(mg/kg)		≤ 10
19	游离甲醛(mg/Kg)		≤ 50
20	可溶性重金属 (mg/Kg)	铅 Pb	≤ 5
		镉 Cd	≤ 1
		铬 Cr	≤ 5
		汞 Hg	≤ 1
21	抗霉菌性能		I 级
22	余辉透烟可视度		烟雾浓度 100mg/m ³ 时, 余辉可视距离 ≥ 3 m
23	防静电性能		表面电阻 $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^{10} \Omega$
24	不发火性		黑暗房间内, 转速为 (600~1000) r/min 接触样

序号	项目	指标
		品表面, 施加 (10~20) N 压力, 磨损量不小于 20g, 无火花。
25	燃烧性能	不燃, A2 级
注: ^a 浅色是指以白色涂料为主要成分, 添加适量色浆后配制成的浅色涂料形成的涂膜所呈现的浅颜色, 按 GB/T 15608 中规定明度值为 6 到 9 之间 (三刺激值中的 $Y_{D65} \geq 31.26$)。 涂料的参数应满足国家及地方相关规范及标准的要求。		