

ICS 93.080.30 P 66

CECS

团体标准

T/CECS xxx: 2021

公路隧道节能诱导设施技术规程

Technical Specification for Energy-Saving Guiding Facilities
in Highway Tunnels

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路隧道节能诱导设施技术规程

Technical Specification for Energy-Saving Guiding Facilities
in Highway Tunnels

T/CECS xxx: 2021

主编单位：浙江省金华市公路与运输管理中心

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2022 年 X 月 X 日

前 言

随着我国经济的发展，公路隧道快速发展，给人民群众带来的便捷的同时，隧道安全和节能问题突出。在我国提出碳达峰、碳中和的生态文明建设目标下，应用公路隧道节能诱导设施，能改善公路隧道光环境，增强公路隧道应急发光照明和逃生诱导能力，提高隧道通行安全性，促进公路隧道节约电能。为规范公路隧道节能诱导设施的应用，特编制《公路隧道节能诱导设施技术规程》（以下简称“本规程”）。

本规程按照 GB/T1.1-2020 和 GB/T 20001.10-2-2014 给出的规则起草。

本规程按中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2019]22 号）的要求制定。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会提出。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理。

本规程负责起草单位：浙江省金华市公路与运输管理中心。

本规程参加起草单位：金华交通投资集团有限公司、浙江路光科技有限公司、浙江绿艺建设有限公司、武汉理工大学、云南省公路科学技术研究院、贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司。

本规程主要起草人：汤振农、马永刚、华文龙、吕宁生、陈出新、楼文辉、张阳、陈久武、陈学军、徐子琪、楼欧阳、金家宏、吕宇雯、周刚、杜志刚、韩磊、许富强。

本规程主要审查人：唐琤琤、沈国华、徐欣、吴京梅、孙芙灵、房锐、郭敏、葛书芳、杨勇、胡澄宇。

目 录

1 总则	1
2 术语与定义	3
3 设施分类及应用	5
3.1 设施分类	5
3.2 应用类型	12
4 设计	13
4.1 基本规定	13
4.2 设计要求	13
4.3 布设	13
4.4 设施材料技术要求	18
4.5 设施性能技术要求	18
4.6 供电控制设施技术要求	19
4.7 其他规定	21
5 施工	22
5.1 施工准备	22
5.2 施工作业	23
5.3 质量检验	23
6 养护	26
6.1 一般规定	26
6.2 养护内容	26
6.3 养护质量要求	27
附录 A	28
附录 B	30
附录 C	32
附录 D	40
附录 E	43

1 总则

1.1 为规范公路隧道节能诱导设施技术的应用，提升公路隧道节能减排和安全水平，特编制本规程。

1.2 本规程共分为 6 章和 4 个附录，分别是：1 总则，2 术语与定义，3 设施分类及应用，4 设计，5 施工，6 养护，以及附录 A（规范性附录）节能诱导设施的功能和应用范围一览表、附录 B（规范性附录）反光膜最小逆反射系数要求、附录 C（规范性附录）自发光交通标识试验要求、附录 D（资料性附录）公路隧道节能诱导设施应用案例和附录 E（资料性附录）碳排放减少量计算。

1.3 在不设照明设施的公路隧道，自发光节能诱导设施应作为最低安全诱导设施配置，以下隧道应设置公路隧道节能诱导设施

1.3.1 长度 $L < 200\text{m}$ 的高速公路隧道(不含长度 $100\text{m} < L \leq 200\text{m}$ 的高速公路光学长隧道、一级公路光学长隧道)；

1.3.2 长度 $L < 1000\text{m}$ 的二级公路隧道；

1.3.3 三级、四级公路隧道；

1.4 在有照明设施的公路隧道，宜同时设自发光节能诱导设施作为低碳节能、应急逃生、安全诱导、景观改善提升功能应用。

1.5 设有公路隧道节能诱导设施的长度 $L \leq 500\text{m}$ 的高速公路和一级公路隧道、长度 $L \leq 1000\text{m}$ 的二级公路隧道夜间可关闭全部灯具。

1.6 设照明的长度 $L < 1000\text{m}$ 的二级公路隧道和三级、四级公路隧道在设置公路隧道节能诱导设施的公路隧道夜间可关闭全部灯具。

1.7 本规程适用于公路隧道节能诱导设施应用的设计、施工和质量检验。

征求意见稿

2 术语与定义

GB/T 24970-2010、JTG/T D70/2-01-2014、DB33/T 975-2015、DB33/T 2033-2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

2.1 节能诱导设施 energy-saving induction facilities

是指依靠光致蓄能发光材料和逆反射发光材料组合,同时具有主动和被动发光,既能诱导有灯光驾车人员和又能诱导无灯光的行路人员的节能安全通行的设施。

2.2 节能照明诱导设施 energy-saving lighting induction facilities

是指依靠光致蓄能发光材料和逆反射发光材料和照明灯光组合,同时具有主动和被动发光,既能诱导有灯光驾车人员、又能诱导无灯光的行路人员,并能达到最低应急照明亮度的节能安全通行的设施。

2.3 节能诱导设施最低照度(亮度) energy saving lighting brightness

无照明灯具的公路隧道内,采用节能诱导设施诱导行车及行人的最低照度(亮度)。

2.4 景观型节能诱导设施 landscape self luminous energy-saving lighting system

在设置有节能诱导设施的公路隧道中,设置一定色彩图案、具有景观美化效果的设施。

2.5 轮廓带 contour belt

由反光轮廓带构件和电光蓄能自发光轮廓带构件或反光自发光照明轮廓带构件串联组成,沿隧道拱顶拱侧横向设置的节能诱导设施。

2.6 侧壁标 sidewall mark

设置在隧道侧壁的节能诱导设施。

2.7 侧边标 side mark

设置在隧道检修道的侧面或顶面的节能诱导设施。

2.8 突起路标 raised road sign

设置在隧道路面标线位置的诱导设施。

2.9 指引标 guideline

设置在隧道灭火器、报警电话、逃生横洞，逃生方向等位置的节能诱导设施。

2.10 洞门标 tunnel portal sign

设置在隧道洞门拱圈上的节能诱导设施。

2.11 光致发光路面 photoluminescence pavement

设置在人行道或检修道表面的，在蓄光后能发光 10 小时以上的发光路面。

2.12 环形发光诱导标 annular luminescence inducer

设置在隧道侧壁的诱导设施，通过定向发光在隧道拱壁形成环状的明亮光带。

3 设施分类及应用

3.1 设施分类

3.1.1 公路隧道节能诱导设施分以下 11 类，并符合本规程附录 A 的规定。

3.1.1.1 轮廓带

- a) 反光轮廓带；
- b) 反光照明轮廓带；
- c) 自发光轮廓带；

3.1.1.2 侧壁标

- a) 侧壁照明标；
- b) 侧壁诱导标；

3.1.1.3 侧边标

- a) 侧边诱导标；

3.1.1.4 突起路标

- a) 自发光突起路标；
- b) 电光突起路标；
- c) 智能突起路标；

3.1.1.5 指引标识

- a) 通行指引标；
- b) 设施指引标；
- c) 横洞指引标；

3.1.1.6 光致发光路面

- a) 光致发光路面；

3.1.1.7 环形发光诱导标

a) 环形发光诱导标;

3.1.1.8 洞门标

a) 洞门标;

3.1.2 结构要求

3.1.2.1 轮廓带

轮廓带按本规程 3.1.1.1 的分类组成如下:

a) 反光轮廓带

反光轮廓带分 J 型和 V 型两种型号, 如图 1 所示制成一定长度的构件连成一体。由支架、防护膜、反光体等部件组装而成。

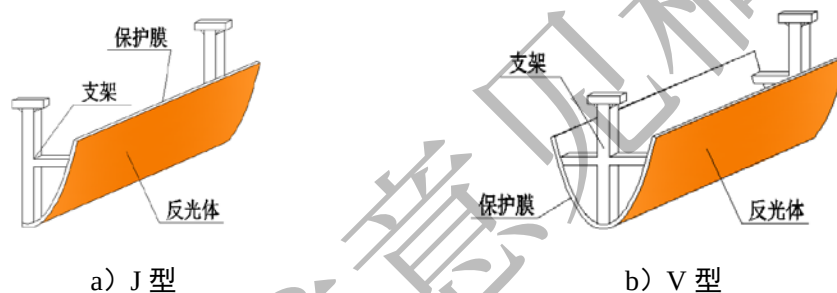


图 1 反光轮廓带

b) 照明轮廓带

照明轮廓带为 V 型, 如图 2 所示制成一定长度的构件连成一体, 由支架、防护膜、反光体、LED 灯等部件组成。

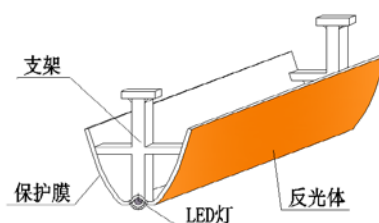


图 2 照明轮廓带

c) 自发光轮廓带

自发光轮廓带为 V 型, 如图 3 所示制成一定长度的构件连成一体, 由支架、防护膜、反光体、自发光体和 LED 灯等部件组装而成。

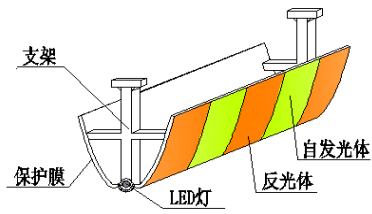


图 3 自发光轮廓带

3.1.2.2 侧壁（边）标识

按本规程 3.1.1.2 和 3.1.1.3 的分类组成如下：

a) 侧壁照明标

侧壁照明标如图 4 所示。

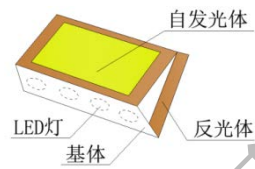


图 4 侧壁照明标

b) 侧壁诱导标

侧壁诱导标如图 5 所示。

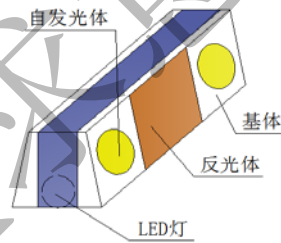


图 5 侧壁诱导标

c) 侧边诱导标

侧边诱导标如图 6 所示。

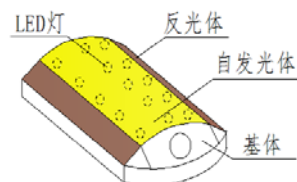


图 6 侧边诱导标

3.1.2.3 突起路面标识

突起路面标识按本规程 3.1.1.4 的分类组成如下：

a) 自发光突起路标

如图 7 所示，自发光突起路标由基体、反光体、自发光体和钢化玻璃猫眼球等组成。



图 7 自发光突起路标

b) 电光突起路标

如图 8 所示，电光突起路标由基体、反光体、自发光体、LED 灯和钢化玻璃猫眼球等组成。



图 8 电光突起路标

c) 智能突起路标

如图 9 所示，智能突起路标由基体、太阳能电池板、反光体、自发光体、LED 灯、蓄电池、传感器和控制模块等组成。

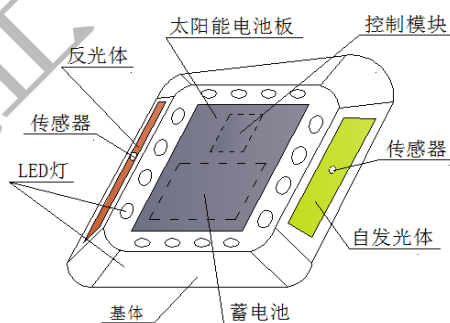


图 9 智能突起路标

3.1.2.4 指引标识

指引标识按本规程 3.1.1.5 的分类组成如下：

a) 通行指引标

如图 10 所示，通行指引标分为：图 a)指引方向标识、图 b)指引方向和距离标识，通行指

引标由基体、反光体、自发光体、LED 灯等组成。

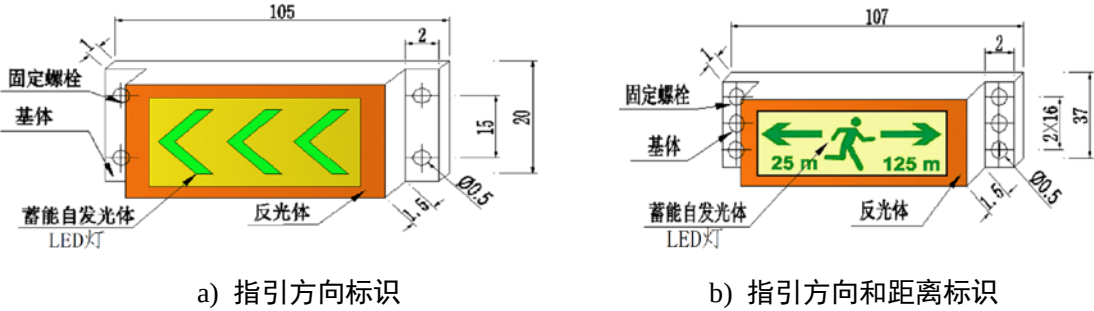
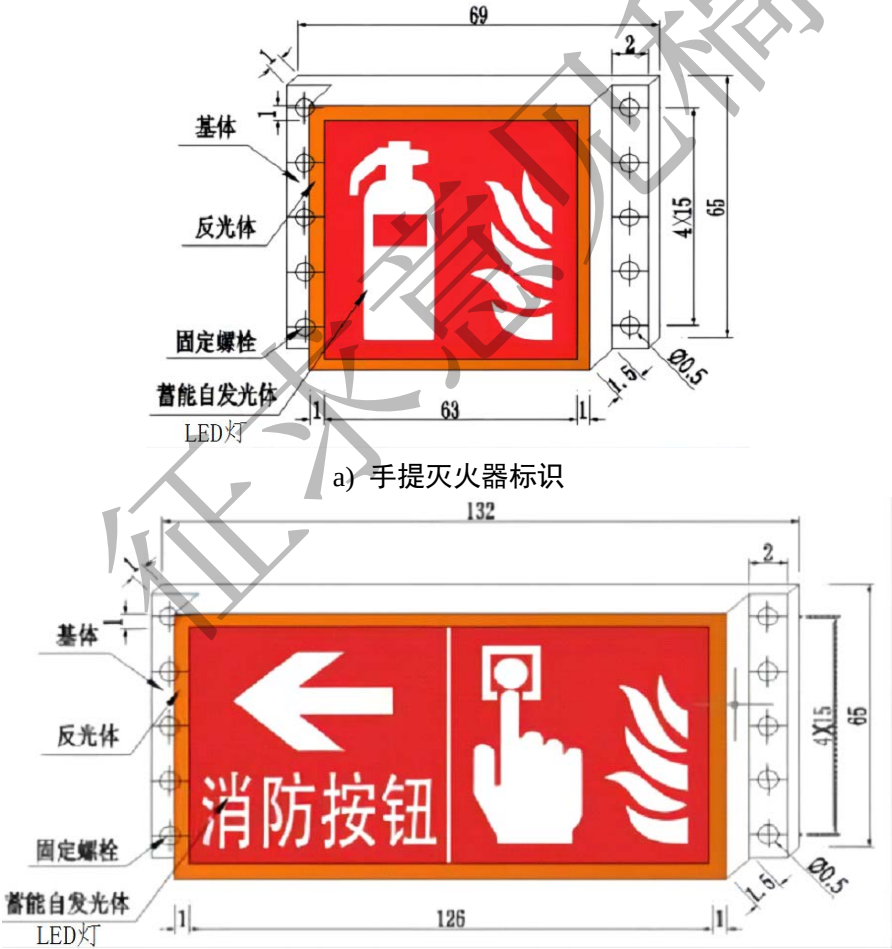
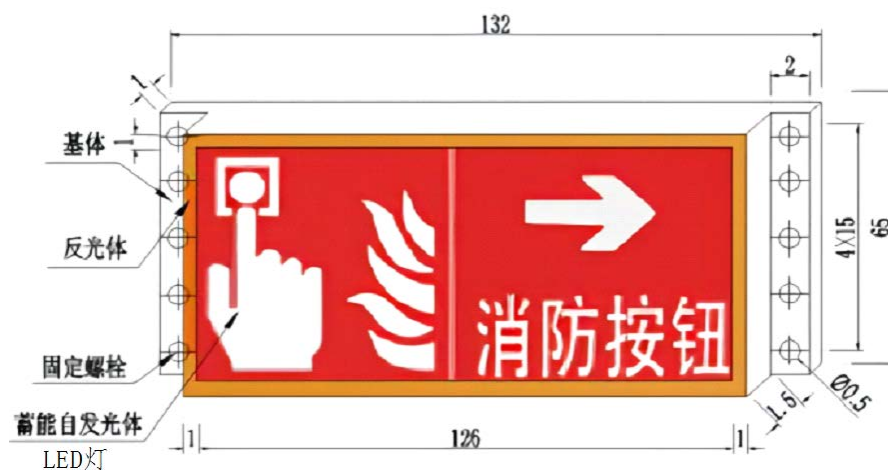


图 10 通行指引标

b) 设施指引标

如图 11 所示，设施指引标分为：a)手提灭火器标识、b)消防按钮与方向组合标识，设施指引标由基体、反光体、自发光体、LED 灯等组成。





b) 消防按钮与方向组合标识

图 11 设施指引标

c) 横洞指引标

横洞指引标由应急通行指引标识与条形标识组合安装，指示通道洞门位置。汽车通道应急通行指引标识与条形标识组合安装示意如图 12 所示，人行通道应急通行指引标识与条形标识组合安装示意如图 13 所示。

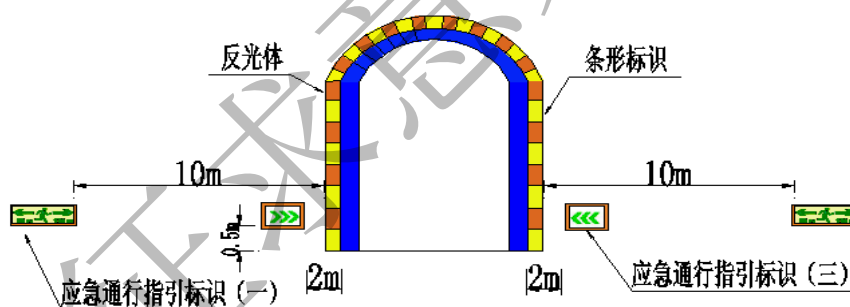


图 12 汽车通道横洞指引标

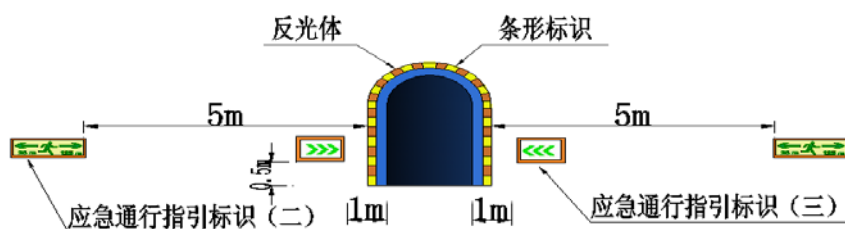


图 13 人行通道横洞指引标

3.1.2.5 光致发光路面

设置在人行道或检修道表面的在蓄光后能发光 10 小时以上的路面结构层，如图 14 所示。

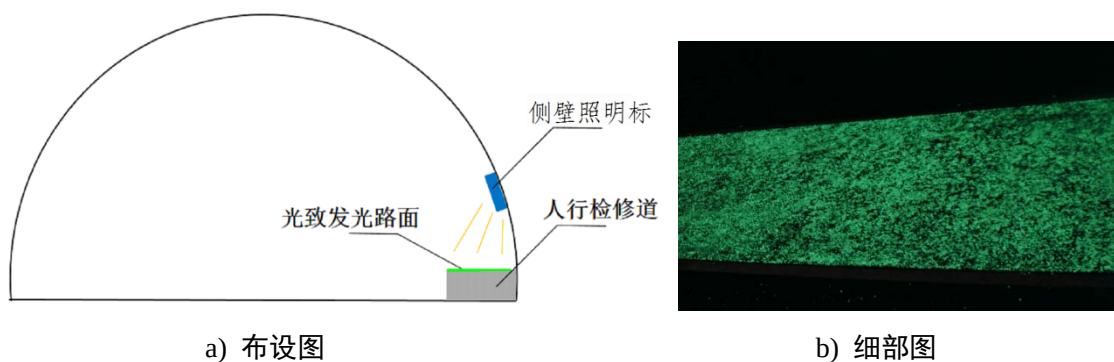


图 14 光致发光路面

3.1.2.6 环形发光诱导标

由环形 LED 灯、蓄光发光材料组合制成的发光标，图 15 所示。



图 15 环形发光诱导标

3.1.2.7 洞门标

如图 16 所示，洞门标设置于隧道洞口拱圈上，由下图放大的电光蓄能自发光标识和 JTG D70/2-2014 中 4.3.3 规定的立面标记组成。

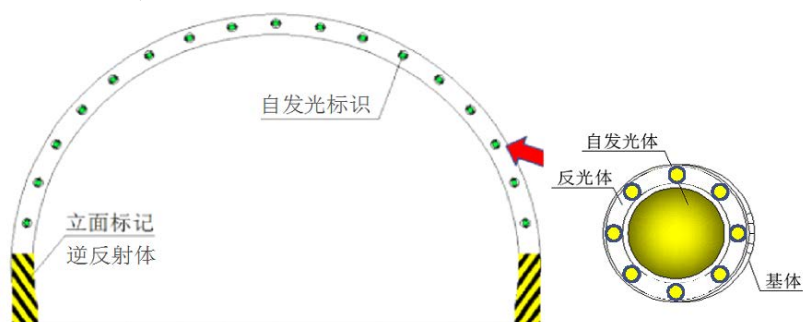


图 16 洞门标

3.1.3 标识的功能和应用范围详见本规程附录 A。

3.2 应用类型

3.2.1 公路隧道节能诱导设施应用分为节能诱导设施、节能照明诱导设施单独应用或组合应用。

3.2.2 公路隧道节能诱导设施，根据景观需求，可设置多色彩的轮廓带，成为具有景观效果的景观型诱导设施。

征求意见稿

4 设计

4.1 基本规定

4.1.1 公路隧道节能诱导设施的应用应遵循“因地制宜、科学设置、以人为本、安全至上、环保和谐、经济实用”的原则。

4.1.2 公路隧道节能诱导设施的设计应综合考虑公路等级、隧道长度、设计速度以及现有隧道照明诱导标识设置等实际情况，合理设置系统。

4.1.3 公路隧道节能诱导设施的设置不应影响其它有关交通安全设施的设置效果。

4.2 设计要求

设计总体要求、系统设计及适用范围应如表 1 所示。

表 1 节能诱导设施适用范围

类型	设计要求	系统设计	适用范围
节能诱导设施	行车行人视线诱导、应急逃生自发光指引	反光轮廓带、自发光轮廓带、侧壁照明标、侧壁诱导标、侧边诱导标、自发光突起路标、电光突起路标、智能突起路标、通行指引标、设施指引标、横洞指引标、洞门标	夜间行人少于 20 人次的隧道
节能照明诱导设施	行车行人视线诱导、应急逃生自发光指引、自发光节能最低照明	照明轮廓带、自发光轮廓带、侧壁照明标、侧壁诱导标、侧边诱导标、侧自发光突起路标、电光突起路标、智能突起路标、通行指引标、设施指引标、横洞指引标、洞门标	夜间行人多于 20 人次的隧道
景观型诱导设施	行车行人视线诱导、LED 灯照明、应急逃生自发光及景观美化功能	彩色反光轮廓带、照明轮廓带、自发光轮廓带、侧壁照明标、侧壁诱导标、侧边诱导标、侧自发光突起路标、电光突起路标、智能突起路标、通行指引标、设施指引标、横洞指引标、洞门标	景区隧道、2 公里以上长隧道区间段及有景观改善要求的隧道

4.3 布设

4.3.1 设施分段

公路隧道节能诱导设施分 5 段设置：接近段、入口段、中间段、出口段、驶离段，各段长度根据行车速度和隧道长度类型，可按表 2 取值。

表 2 公路隧道节能诱导设施分段设置表

接近段/驶离段取值表（m）					
设计速度（km/h）	20~40	60	80	100	120
接近段/驶离段长度（m）	40	75	110	160	220
入口段/出口段取值表（m）					
隧道长度分类 设计速度（km/h）		短隧道	中隧道	长隧道/特长隧道	
120		250	300	310	
100		170	180	190	
80		90	100	110	
60		50	60	80	
40		40			
20		40			

公路隧道节能诱导设施总体设置参照图 17，隧道内按表 3、表 4、表 5 布设，具体安装位置见本规程附录 A。应用示例见本规程附录 C。

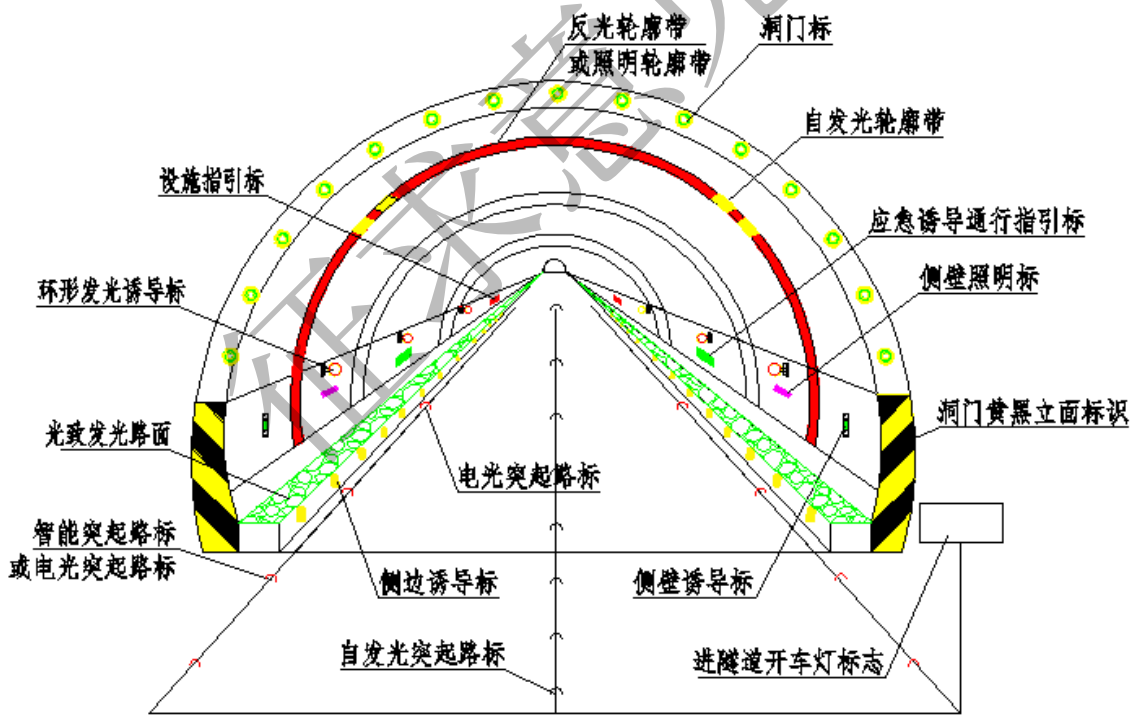


图 17 公路隧道节能诱导设施典型布设示意图

表3 公路隧道节能诱导设施设置表（短隧道）

设施名称	设置位置	纵向间距（m） ^a						备注
		接近段、 驶离段	入口段、 出口段	中间段				
				≤59 （km/h）	60～79 （km/h）	80～100 （km/h）	>100 （km/h）	
反光轮廓带	拱壁	-	10	20	40	40	40	
照明轮廓带	拱壁	-	10	20	40	40	40	每环 2 个或 4 个
自发光轮廓带	拱壁、侧壁	-	10	20	40	40	40	在横向环状轮廓带 两侧 1/3 总长度对 称设置
侧壁照明标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧壁诱导标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧边诱导标	检修道侧壁	-	5	10	10	10	10	
自发光突起路标	车道分界线或 边缘线	5	5	10	10	15	15	
智能突起路标	隧道外 边缘线外侧	5	5	10	10	15	15	
环形发光诱导标	侧壁	-	5	10	10	15	15	
设施指引标	侧壁	按本规程 3.1.2.4 规定设置						
光致发光路面	检修道上表面	按本规程 3.1.2.5 规定设置						
洞门标	洞门	按本规程 3.1.2.7 规定设置						
^a 当隧道总长度小于入口段长度时，纵向间距按入口段间距进行布置								

表 4 公路隧道节能诱导设施设置表（中隧道）

设施名称	设置位置	纵向间距（m）						备注
		接近段、 驶离段	入口段、 出口段	中间段				
				≤59 (km/h)	60～79 (km/h)	80～100 (km/h)	>100 (km/h)	
反光轮廓带	拱壁	-	10	20	40	60	80	
照明轮廓带	拱壁	-	10	20	40	60	80	每环 2 个或 4 个
自发光轮廓带	拱壁、侧壁	-	10	20	40	60	80	在横向环状轮廓带两侧 1/3 总长度对称设置
侧壁照明标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧壁诱导标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧边诱导标	检修道侧壁	-	5	10	10	10	10	
自发光突起路标	车道分界线或边缘线	5	5	10	10	15	15	
电光突起路标	隧道外边缘线外侧	5	5	10	10	15	15	
环形发光诱导标	侧壁	-	5	10	10	15	15	
通行指引标	侧壁	按本规程 3.1.2.4 规定设置						
设施指引标	侧壁							
横洞指引标	侧壁							
光致发光路面	检修道上表面	按本规程 3.1.2.5 规定设置						
洞门标	洞门	按本规程 3.1.2.7 规定设置						

表5 公路隧道节能诱导设施设置表（长隧道、特长隧道）

设施名称	设置位置	纵向间距 （m） ^a						备注
		接近段、 驶离段	入口段、 出口段	中间段				
				≤59 (km/h)	60～79 (km/h)	80～100 (km/h)	>100 (km/h)	
反光轮廓带	拱壁	-	10	40	60	80	100	
照明轮廓带	拱壁	-	10	40	60	80	100	每环 2 个或 4 个
自发光轮廓带	拱壁、侧壁	-	10	40	60	80	100	在横向环状轮廓带两侧 1/3 总长度对称设置
侧壁照明标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧壁诱导标	侧壁	-	5	10	10	10	10	
侧边诱导标	检修道侧壁	-	5	10	10	10	10	
自发光突起路标	车道分界线或边缘线	5	5	10	10	15	15	
智能突起路标	隧道外边缘线外侧	5	5	10	10	15	15	
环形发光诱导标	侧壁	-	5	10	10	15	15	
通行指引标	侧壁	按本规程 3.1.2.4 规定设置						
设施指引标	侧壁							
横洞指引标	侧壁							
光致发光路面	检修道上表面	按本规程 3.1.2.5 规定设置						
洞门标	洞门	按本规程 3.1.2.7 规定设置						
^a 在不关闭照明设施的公路隧道，节能诱导设施可按间距 200 米设置；								

4.3.2 在隧道进洞门口应设置洞门标，洞门标按图 14 由电光蓄能自发光标识和立面标记组成。电光蓄能自发光标识应设置在在洞门拱圈上，按 80 cm 等间距均匀布置，立面标记设置应符合 JTG D70/2-2014 中 4.3.3 的规定。

4.3.3 入口段和出口段的所有节能诱导设施宜自隧道洞门 5 m 内开始布设。

4.3.4 在隧道的接近段和驶离段宜布设智能突起路标和自发光突起路标，智能突起路标宜布设在车道边缘线外侧，布设间距 5 m，自发光突起路标宜布设在车道分界线上，布设间距 5 m。

4.4 设施材料技术要求

4.4.1 隧道进口面迎行车方向应连续布置 3 道反光标识的反光膜类型为Ⅳ类，其他区域设置反光膜类型可为Ⅱ类～Ⅳ类。

4.4.2 单向通行只设反光轮廓带的隧道宜采用 J 型反光轮廓带。

4.5 设施性能技术要求

4.5.1 标识经耐候性能试验后，外观质量不低于附录 C 表 C.2 中质量等级的要求，评级方案及方法按照 GB/T 1766—2008 的相关规定执行。

4.5.2 标识力学性能和耐候性能要求见附录 C 表 C.4。

4.5.3 标识的发光性能应符合以下要求：

4.5.3.1 标识力学性能试验前和耐候性能试验前的发光性能要求见附录 C 表 C.3。

4.5.3.2 耐候性试验后，其外观质量符合表 6 的规定，发光性能试验，每个试样耐候性能试验后发光性能试验试样亮度应不小于表 8 中各时段亮度值的 75%。

4.5.3.3 设置节能诱导设施的隧道路边缘人行道（最小 75 厘米宽），最低照度应不低于 0.5LX，或失去外界光后 10 分钟应大于 1800cd/m²。

4.5.3.4 在公路隧道断电的应急情况下为诱导行人和驾驶员顺利逃生，公路隧道节能诱导设施

应具有不少于 12 小时发光。

4.5.4 智能突起路标除发光性能外，其余技术要求按 GB/T 19813 的规定执行。

4.5.5 除图案标按附录 C 表 C.3 中蓄能自发光应急诱导标识规定执行外，其余按附录 C 表 C.3 中电光蓄能自发光应急诱导标识执行。

4.5.6 标识的技术要求如表 6 所示。

表 6 标识技术要求

项目	轮廓带标识（1 个构件）			侧壁 照明标	侧壁 诱导标	侧边 诱导标	突起 路面标 ^b	通行指引标、设施 指引标和横洞指 引标	洞门 标	
	反光轮 廓带 ^a	自发光 轮廓带	照明 轮廓带							
功率（W）	-	3	2~3	5	1.2	0.3	0.1	8	3	
直流电压（V）	-	≤24								
自发光性能	-	按本规程附录 C 表 C.3 执行								
最小逆反射系数	按本规程附录 B 执行									
防护等级	带有电路的产品防护等级为 IP65									
表面硬度	按本规程附录 C 表 C.4 的规定执行									
^a 有防护膜的反光轮廓带阻燃等级应达到 GB 20286-2006 中规定的 1 级的要求，无防护膜的反光轮廓带可清洗类型按 JG/T 304-2011 的 5.1 表 1 的等级 C 型的规定要求；										
^b 突起路面标的抗压荷载、抗冲击和纵向弯曲强度按本规程附录 C 表 C.4 的规定执行。										

4.6 供电控制设施技术要求

4.6.1 供电设施技术要求

4.6.1.1 设施配电

各种自发光交通标识和装置可采用市电或隧道口太阳能设施供电；市电供电的交流电源应接自就近的配电变电所或配电柜或利用原有的照明线路进行布线。就近无可接电设备应采隧道口太阳能设施供电。

4.6.1.2 供电线路

4.6.1.2.1 供电线路的导体截面应按其载流量不小于线路计算电流，按容许电压损失、机械强度容许的最小导体截面进行校验，并应满足短路条件下的热稳定和动稳定要求。室外工作场所

配电干线和分支线，应采用铜芯绝缘电线或电缆，电缆截面不应小于 1.5 mm^2 。

4.6.1.2.2 如果隧道内装有大功率移动信号放大器或者红外、微波检测之类的仪器，电缆铺设的时候需要避开电源线。

4.6.2 控制设施技术要求

4.6.2.1 标识和装置连接方式

4.6.2.1.1 如图 18 所示，电光蓄能自发光诱导标识与供电电缆“T”型连接。

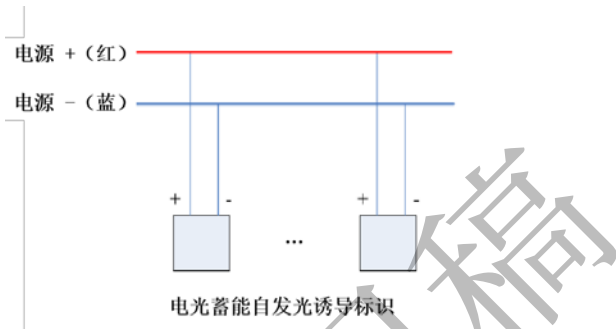


图 18 电光蓄能自发光诱导标识与供电电缆“T”型连接示意图

4.6.2.1.2 应采用 YJV2×2.5 及以上供电电缆。

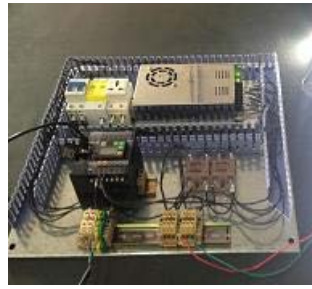
4.6.2.1.3 电光蓄能自发光诱导标识应采用总线供电方式，连接处应不剪断总线供电电缆。

4.6.2.2 设施控制

4.6.2.2.1 自发光标识为直流供电，经由标识控制器进行电源交直流转换，可实现本地控制，自动控制 and 远程控制的控制方式。

4.6.2.2.2 设施控制应根据使用条件，采用分区、分组集中控制方式，控制器应具备本地和远程两种工作模式。在本地模式下，具有操作改变频率与占空比、常亮、关闭等功能；在远程模式下，可与隧道可编程控制器设施相结合，实现联动控制。

4.6.2.2.3 如图 19 为控制器示例，应具备本地和远程两种工作模式：在本地模式下具有操作改变频率与占空比、常亮、关闭；在远控模式下可与隧道可编程逻辑控制器设施（PLC）相结合，实现联动控制。控制器统一为电光蓄能自发光照明诱导标识供电，并且按设计要求控制电光蓄能自发光照明诱导标识显示。



a)控制器内部

b)控制器箱体

图 19 电光蓄能应急诱导标识控制器示例

4.6.2.2.4 控制器宜设置在隧道的照明配电洞室内，控制器的供电半径不宜大于 500 m。

4.6.2.2.5 标识控制器主要技术指标：

输出路数：应不少于 2 路输出。

负载数：每台控制器最少可连接 1000 只电光蓄能自发光照明诱导标识。

输出电压：DC12 V~24 V。

安全性：控制器带过载、短路保护开关。

电光蓄能自发光照明诱导标识的动作方式：

电路占空比宜为 50%；闪烁频率宜为亮时间：1s~3 s 可调、灭时间：1s~3 s 可调。

4.6.2.2.6 公路隧道节能诱导设施宜设置控制设施，识别行车行人，控制公路隧道节能诱导设施开启和关闭。

4.7 其他规定

4.7.1 设置节能诱导设施的公路隧道进洞口前 200 米处应设置“进隧道开车灯”告示牌，有条件的可使用“进隧道开车灯”的声音提示装置。

4.7.2 设置有照明灯具同时又有节能诱导设施的但夜间行人少的隧道，可采取关闭部分照明灯具作为节碳措施。

5 施工

5.1 施工准备

5.1.1 在对施工现场进行全面考察和核对后，应根据设计要求、合同条件及现场情况等，按有关要求编制实施性施工组织设计。

5.1.2 落实好标识、装置等采购以及施工机械设备、人员和相关保障措施。

5.1.3 施工所用产品应具有产品合格证书，在施工前对每批次产品进行严格的抽验，确保产品的关键指标满足标准要求。

5.1.4 标识、装置及相关设施进场检验应符合下列规定：

a) 抽样方法：

- 1) 对有出厂合格证的标识和装置、母线槽、导管、绝缘导线、电缆等相关设施，应确认其有效性和真实性；
- 2) 对所有的产品应进行外观检查；
- 3) 标识每批次进场抽检最少 3 个，经检测如有 1 个不合格，则抽检数量增至 5 个；如抽检 5 个仍有 1 个不合格，则判定此本批次标识不合格，不得使用并全部退还厂家；
- 4) 本规程未规定的电气工程按 GB 50303 的规定执行。

b) 检测标准：

- 1) 轮廓带标识的自发光轮廓带、照明轮廓带 LED 灯发光性能按 GB/T 24907 的规定测试；
- 2) 外壳防护等级按 GB/T 4208 的规定测试；
- 3) 标识的塑料材料可燃性按 GB 20286-2006 中规定的 1 级的要求的规定测试；
- 4) 线缆、装置和标识控制器须有出厂合格证书。线缆按 GB/T 9330.1 和 GB/T 12706.1 的规定测试；
- 5) 标识所用的合成树脂材料、铝合金板、钢板等材料，应符合相关国家和行业标准的规定。

5.1.5 所有施工原材料应根据不同的品种、规格及用途分别妥善标识存放，对容易受潮、变质

的材料应有防雨、防潮的措施。

5.1.6 施工人员应在进场时进行施工质量控制技术与安全交底和岗前培训。培训的主要内容如下：

- 1) 施工安全管理和注意事项。
- 2) 施工产品类型和施工特点。
- 3) 施工图、施工工序中的要点和注意事项。
- 4) 专用施工设备操作方法和要领。
- 5) 相关技术标准规定和质量控制要点。

5.2 施工作业

5.2.1 施工安装前应对安装部位表面清扫或清洁后，按照施工图纸要求分测量、标线、标注、定位和安装等步骤进行。

5.2.2 施工完成后对安装的标识逐个检查设置位置、角度、垂直度、高度等，对不符合设计要求的及时调整，使之符合设计要求。

5.2.3 标识和装置整体安装调试符合设计要求后，应对所有的标识表面进行擦拭，使外观符合清洁要求。

5.2.4 安装完毕后，施工单位应进行节能诱导设施的调试，验证整个设施是否符合设计要求或本规程表 2、表 3 等相关规定，对不符合要求应进行返工，直至符合要求。

5.3 质量检验

5.3.1 基本要求

5.3.1.1 公路隧道节能诱导设施中各种标识和装置的类型、设置位置、设置要求、构件规格及隧道侧壁的连接应与设计文件相一致。

5.3.1.2 公路隧道节能诱导设施的设置位置、形式、安装角度应符合设计或本规程的规定，并

具有良好的视认性。

5.3.1.3 公路隧道节能诱导设施夜间各种标识的底色和字符应清晰明亮、颜色均匀，不应出现明暗不均和影响认读的现象。

5.3.2 实测项目

公路隧道节能诱导设施设置施工质量检验实测项目见表 7。表 7 未要求的按 JTG F71、JTG F80/1、JTG F80/2 的规定执行。

表 7 施工质量检验实测项目表

项次	分 类	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查频率和方法
1	标识安装 ^a	平面或立面位置 (mm)	±5	尺量：每 50m 检查 3 个断面
2	设施其他设施安装	供电线路	符合设计要求	按 GB 12706.1、GB 12706.2、GB/T 24716、CJJ 89 检验
3		标识控制器		按 SJ/T 11558.2.2 检验
4	标识	标识发光性能	符合设计要求	按本规程要求检验
5	节能诱导设施	照度或亮度	符合本规程 5.2.3.3 条规定	照度按《公路隧道照明设计细则》(JTG/T D70/2—01—2014) 规定；亮度按附录 C 执行
^a 标识应安装牢固，必要时对锚固螺栓抽样做拉拔试验，拉拔试验按 JG 160 的规定检验				

5.3.3 外观鉴定

5.3.3.1 公路隧道节能诱导设施中各种标识和装置不应存在以下缺陷：

- a) 裂纹、起皱、起泡、边缘剥离；
- b) 划痕以及各种损伤；
- c) 颜色不均匀；
- d) 发光性能不均匀。

5.3.3.2 公路隧道节能诱导设施中各种标识和装置表面应平整完好，无起皱、开裂、缺损或凹凸变形。

5.3.3.3 所有钢构件防腐层厚度应均匀、颜色一致，不得有流挂、滴瘤或多余结块，镀件表面应无漏镀等缺陷。

5.3.3.4 标识控制器出线管与箱体连接密封良好，箱体内存积水、尘土、霉变。

5.3.3.5 电力线、信号线、元器件等布线平直、整齐、固定可靠，插头牢固。

5.3.3.6 标识装配安装后，线形与道路线形在横向、纵向、高度协调一致，线形美观。

征求意见稿

6 养护

6.1 一般规定

6.1.1 公路隧道节能诱导设施的养护工作应贯彻经常性、及时性和周期性原则，保证设施的各项性能良好。

6.1.2 养护作业应按《公路养护安全作业规程》（JTG H30）和《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的有关要求进行。

6.1.3 日常巡查包括日查和夜查，高速公路以车行检查为主，人车混行公路采用车行检查和步行巡查结合的目测方法，重要情况应摄影或摄像。

6.1.4 检查频率应根据公路隧道技术等级、所处的环境、养护对象和养护要求确定，特别情况下可增加检查频率。检查频率不应低于 1 次/3 月，应急检查在特殊情况发生后随时进行。

6.1.5 节能诱导设施日常养护作业的内容主要为设施表面清洁、故障或损坏后修复、更换和增补等。

6.2 养护内容

6.2.1 发现公路隧道节能诱导设施表面受污染，影响视认性时，应及时清洁。清洁可采用冲洗或擦洗等方法。

6.2.2 轮廓带标识应进行以下维护：

- （1）总体变色或表面污染严重，无法视认的，应予以更换；
- （2）反光和发光性能明显失效的，应予以更换；
- （3）总体磨损、剥落缺损严重，无法视认的，应予以更换；
- （4）与隧道壁连接不牢固，出现松动的，应予以加固。

6.2.3 突起路面标识、侧壁（边）标识和洞门标应进行以下维护：

- (1) 存在开裂、破碎、基础松动的，应予以更换；
- (2) 反光和发光性能明显下降的，应予以更换；
- (3) 存在缺失时应予以增补；
- (4) 智能突起路面标识的太阳能电池板和控制器等核心模板失效的，应予以更换。

6.2.4 指引标识应进行以下维护：

- (1) 存在开裂、破碎、基础松动的，应予以更换；
- (2) 总体变色或表面污染严重，无法视认的，应予以更换；
- (3) 反光和发光性能明显下降的，应予以更换；
- (4) 存在缺失时应予以增补。

6.3 养护质量要求

6.3.1 经表面清洁后的节能诱导设施应保证干净、整洁、鲜明，无杂物覆盖，无明显污染，视认性良好。

6.3.2 各类节能诱导设施养护后应符合以下要求：

- (1) 完整、无缺失；
- (2) 与附着物（地面或隧道壁等）的连接牢固可靠，无松动；
- (3) 反光及发光性能良好，视认性较强。

6.3.3 经重新设置或补设后的节能诱导设施应符合本规程 4 的相关要求。

6.3.4 节能诱导设施在养护后不能正常发挥作用应进行更换。

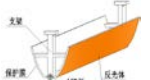
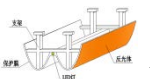
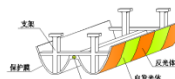
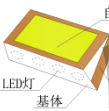
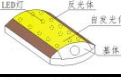
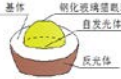
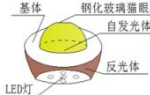
附录 A

(规范性附录)

节能诱导设施的功能和应用范围一览表

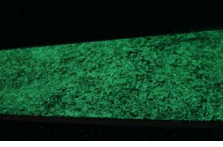
表 A.1 规定了节能诱导设施的结构形式、用途、外廓尺寸和安装位置一览表。

表 A.1 节能诱导设施的功能和应用范围一览表

名称	结构形式	用途	外廓尺寸（cm）	安装位置
反光轮廓带	 J 型	单向通行隧道按隧道横向轮廓形状由若干构件连接成环状隧道反光轮廓带，起到逆反射作用	每构件长宽高： 60×10×17	用固定架安设在拱部和侧壁
	 V 型	双向通行隧道按隧道横向轮廓形状由若干构件连接成环状隧道反光轮廓带，起到逆反射作用		
照明轮廓带	 V 型	具有照明和应急诱导双重功能，由若干构件分别与 V 型和 W 型反光轮廓带对应组合设置，在隧道突然停电失去照明或作为无照明隧道情况下起应急发光诱导的作用	每构件长宽高： 60×30×17	
	 W 型			
自发光轮廓带	 V 型	具有照明和应急诱导双重功能，由 2 构件或 4 构件与 V 型和 W 型反光轮廓带或照明轮廓带对应、对称组合设置，在隧道突然停电失去照明或作为无照明隧道情况下起应急发光诱导的作用	每构件长宽高： 60×10×17	
	 W 型		每构件长宽高： 60×30×17	
侧壁照明标		具有照明和应急诱导双重功能，在隧道突然停电失去照明或作为无照明隧道情况下起应急发光诱导的作用	20×11（8）×30	安装于隧道侧壁离人行检修道高 60 cm
侧壁诱导标		显示隧道侧壁轮廓，具有应急诱导照明功能	5.3×11.8×4.6	离检修道侧壁离地高 60 cm
侧边诱导标		显示隧道侧壁轮廓，具有应急诱导照明功能	11.5×8.5	检修道侧面离地高 5 cm
自发光突起路面标		对机动车、非机动车与行车进行路权及方向诱导，具有应急诱导照明功能	其直径为 20，高度为 1.9~2.5。	双向车道路面中央分隔标线组合使用
电光突起路面标		对机动车、非机动车与行车进行路权及方向诱导，具有应急诱导照明功能	其直径为 20，高度为 1.9~2.5。	与接近段、入口段、中间段、出口段、驶离段的路面边标线组合应用
智能突起路标		对机动车、非机动车与行车进行方向诱导。	10×10×2	与接近段、驶离段路面边线组合应用
通行指引标		指示应急逃生方向、车辆通道位置和距离	按 DB33/T2033-2017 中 6.2.3.1	离检修道侧壁 60 cm

			的规定	
--	--	--	-----	--

表 A.1 自发光交通标识的功能和应用范围一览表（续）

名称	样式	用途	尺寸（cm）	安装位置
设施指引标		指引应急设施的方向和位置	按 DB33/T 2033-2017 中 6.2.4.1 的规定	应急设施旁
横洞指引标	样式和设置按 DB33/T 2033-2017 中 6.2.3.1~6.2.3.3 的规定			
图案标		由单块景观图案标识，安装在洞门、侧壁组成各类几何形状、动物和风景等图案，景观图案标识起到装饰美化隧道整体环境作用	单块 11.5×8.5	侧壁合适位置
洞门标		由电光蓄能自发光标识或自发光标识和立面标记组成，起到警示作用	电光蓄能自发光标识或自发光标识直径 10 ~ 15，隧道洞门	洞门合适位置
光致发光路面		设置在人行道或检修道表面的在蓄光后能发光 10 小时以上的路面结构层	-	检修道表面
环形发光诱导标		设置在隧道侧壁的诱导设施，通过定向发光在隧道拱壁形成环状的明亮条纹	-	侧壁

附录 B

(规范性附录)

反光膜最小逆反射系数要求

表 B.1~表 B.3 规定了 II 类~IV 类反光膜的最小逆反射系数值, 其余类型反光膜按 GB/T 18833 的规定执行。

表 B.1 II 类反光膜最小逆反射系数要求

观察角	入射角	最小逆反射系数 R_A ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)						
		白色	黄色	橙色	红色	绿色	蓝色	棕色
0.2°	-4°	140	100	60	30	30	10	5
	15°	110	80	41	22	22	8	3.5
	30°	60	36	22	12	12	4	2
0.5°	-4°	50	33	20	10	9	3	2
	15°	39	27	16	8	7.5	2.5	1.5
	30°	28	20	12	6	6	2	1
1°	-4°	30	18	9	5	6	3	2
	15°	9	4	3.2	1.6	1.6	0.6	0.4
	30°	5	2	1.8	0.8	0.8	0.3	0.2

表 B.2 III 类反光膜最小逆反射系数要求

观察角	入射角	最小逆反射系数 R_A ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)										
		白色	黄色	橙色	红色	绿色	蓝色	棕色	灰色	荧光黄绿	荧光黄	荧光橙
0.2°	-4°	250	175	100	50	45	20	12	125	200	150	75
	15°	210	145	84	42	35	16	10	100	170	125	65
	30°	175	120	70	35	25	11	8.5	75	140	105	50
0.5°	-4°	95	66	38	19	15	7.5	5	48	75	55	30
	15°	90	62	36	18	13	6.3	4.3	40	70	55	25
	30°	70	50	28	14	10	5	3.5	32	55	40	20
1°	-4°	28	27	15	6	8	4	3	12	31	26	6
	15°	10	7	4.5	2	2	0.7	0.6	4.8	8	6	3
	30°	9	6	3	1	1	0.4	0.3	4.5	7	5	2

表 B.3 IV 类反光膜最小逆反射系数要求

观察角	入射角	最小逆反射系数 R_A ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)									
		白色	黄色	橙色	红色	绿色	蓝色	棕色	荧光黄绿	荧光黄	荧光橙
0.2°	-4°	360	270	145	65	50	30	18	290	220	105
	15°	265	202	106	48	38	22	13	212	160	78
	30°	170	135	68	30	25	14	8.5	135	100	50
0.5°	-4°	150	110	60	27	21	13	7.5	120	90	45
	15°	111	82	44	20	16	9.5	5.5	88	65	34
	30°	72	54	28	13	10	6	3.5	55	40	22
1°	-4°	60	45	20	13	10	6	5	55	45	35
	15°	28	20	9.4	4.1	3	1.5	0.8	22	17	8.5

	30°	20	15	6.8	3	2	1	0.6	16	12	6
--	-----	----	----	-----	---	---	---	-----	----	----	---

征求意见稿

附录 C

(规范性附录)

自发光交通标识试验要求

C.1 试验项目

C.1.1 分类

自发光交通标识（以下简称标识）各种试验检测性能如下：

- a) 发光性能试验：试验标识的亮度及衰减特性；
- b) 力学性能试验：试验标识的抗压荷载性能、表面硬度性能、抗冲击性能、纵向弯曲强度等；
- c) 耐候性试验：试验标识的耐温度交变性能、耐高温湿热性能、耐热氧老化性能、耐循环盐雾性能、耐二氧化硫性能、耐风沙吹蚀性能、耐紫外光暴晒性能、氙弧灯人工加速老化性能等。

C.1.2 要求

C.1.2.1 标识的试验项目按表1中的“√”要求进行。

C.1.2.2 标识的力学性能试验为破坏性试验，试验后残样不再进行发光性能及耐候性能试验。

C.1.2.3 标识的耐候性能试验前后各做一次发光性能试验。

表 C.1 试验项目要求

试验项目		蓄能自发光交通标识				电光蓄能自发光应急诱导标识					
		诱导标识、指示标识	警示标识		路面标识	立面标识	轮廓标识	条形标识	应急通行指引标识	应急设施指引标识	应急诱导标识(装置)
			绊阻物	其他							
发光性能试验		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
力学性能试验	抗压荷载试验				√						
	表面硬度试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	抗冲击试验		√		√						
	纵向弯曲强度试验				√						
耐候性能试验	耐温度交变试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐高温湿热试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐热氧老化试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐循环盐雾试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐二氧化硫试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐风沙吹蚀试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	耐紫外光暴晒试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	氙弧灯人工加速老化试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

C.2 技术要求

C.2.1 外观质量要求

标识经耐候性能试验后，外观质量不低于表C.2中质量等级的要求，评级方案及方法按照GB/T 1766—2008的相关规定执行。

表C.2 外观质量等级要求

内 容		等级要求	变化程度
变色等级		3	明显变色（灰色样卡评定法）
粉化等级		1	很轻微，试布上刚可观察到微量颜色粒子（天鹅绒布法粉化等级评定法）
开裂等级	开裂数量	1	很少几条，小的几乎可以忽略的开裂
	开裂大小	S1	10倍放大镜下才可见开裂
气泡等级		0	无泡
生锈等级	锈点数量	1	很少，几个锈点
	锈点大小	S1	10倍放大镜下才可见锈点
剥落等级	剥落面积	0	0
	剥落大小	S0	10倍放大镜下无可见剥落
综合等级		1	保护性漆膜综合老化性能等级要求

C.2.2 性能要求

C.2.2.1 发光性能要求

标识力学性能试验前和耐候性能试验前的发光性能要求见表 C.3。

表 C.3 发光性能要求

名称	时段	蓄能自发光标识		电光蓄能自发光应急诱导标识	
		试验条件	亮度 mcd/m ²	试验条件	亮度 mcd/m ²
发光性能	1	本规程6.1.3.1和6.1.3.2	—	本规程 6.1.3，激发光源停止后 10 S 时	≥32000
	2	停止激发10 min时	≥1550	停止激发 10 min 时	≥2400
	3	停止激发60 min时	≥220	停止激发 90 min 时	≥270
	4	停止激发180 min时	≥52	停止激发 180 min 时	≥150

C.2.2.2 力学性能和耐候性能要求

标识力学性能和耐候性能要求见表 C.4。

表 C.4 力学性能和耐候性能要求

名称	试验项目	性能指标
力学性能	抗压荷载	按 GB/T 24725—2009 中 6.8 A1 和 A2 类试验, 试样破坏或产生明显变形 (大于 3.3 mm) 抗压荷载应不小于 160 kN。
	表面硬度	按 GB/T 2411—2008 试验, 表面邵氏硬度不小于 80 H _D 。
	抗冲击性能	经 GB/T 24725—2009 中 6.6 的整体抗冲击试验后, 以冲击点为圆心, 直径 12mm 的区域外不应有任何形式的破损。
	纵向弯曲性能	按 GB/T 24725—2009 中 6.9 加载试验时, 试样彻底断裂或突然卸荷的荷载应不小于 9 kN。
耐候性能	耐温度交变性能、耐高温湿热性能、耐热氧化性能、耐循环盐雾性能、耐二氧化硫性能、耐风沙吹蚀性能、耐紫外光暴晒性能、氙弧灯人工加速老化性能。	标识经耐候性试验后, 其外观质量符合本规程表 2 的规定, 其后再次进行发光性能试验, 每个试样耐候性能试验后发光性能试验试样亮度应不小于本规程表 3 中各时段亮度值的 75%。

C.3 试验方法

C.3.1 发光性能试验

C.3.1.1 试验目的

试验测试标识的力学性能试验前和耐候性能试验前后不同时段发光性能指标, 要求试样发光性能符合本规程表 3 和表 4 的规定。

C.3.1.2 试验仪器

C.3.1.2.1 蓄能自发光交通标识试验仪器符合以下要求:

亮度测试仪: 测量时间不低于 3 h, 测量区间包括 $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$, 测量精确度达到 1 mcd/m^2 , 其他指标按 JJG 2033—1989 规定执行;

标准光源箱: 人工日光 D65 光源, 照度为 $(1000 \pm 30) \text{ lx}$ 范围内;

干湿温度计: 由两支相同的普通温度计组成, 一支用于测定气温, 称干球温度计; 另一支在球部用蒸馏水浸湿的纱布包住, 纱布下端浸入蒸馏水中, 称湿球温度计, 测试所用干湿温度测定范围为 $-20 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$;

计算机: 普通计算机, 安装测试软件, 进行相关指标测试时控制和记录用。

C.3.1.2.2 电光蓄能自发光应急诱导标识试验仪器符合以下要求:

- a) 亮度测试仪: 测量时间不低于 3h, 测量区间包括 $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$, 测量精确度达到 1 mcd/m^2 , 其他指标按 JJG 2033—1989 规定执行;

- b) 标准光源箱：人工日光 D65 光源，照度为 (1000 ± 30) lx 范围内；
- c) 干湿温度计：由两支相同的普通温度计组成，一支用于测定气温，称干球温度计；另一支在球部用蒸馏水浸湿的纱布包住，纱布下端浸入蒸馏水中，称湿球温度计，测试所用干湿温度测定范围为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- d) LED 光源：电源供电电压 12 V 或 24 V，LED 工作电流 2 mA，IP66 防水等级， 600 cd/m^2 峰值亮度，发光均匀，无突出亮点。
- e) 计算机：普通计算机，安装测试软件，进行相关指标测试时控制和记录用。
- f) 标识控制器：DB33/T 2033—2017 中 7.2 规定的标识控制器。

C.3.1.3 试验条件

C.3.1.3.1 标识发光性能试验的试样一组为 5 个。

C.3.1.3.2 标识试验的通用条件如下：

- a) 标准环境温度为 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ ，工作环境用照明光源应使用暗室红灯；
- b) 试样、仪器和用具的温度应与实验室内室温一致；
- c) 试样外观质量符合本规程表 2 的要求。试样测试前，应在标准温湿度的暗室环境中放置 24 h；
- d) 亮度测试仪、标准光源箱、LED 光源、标识控制器等电子设备应进行预热，预热参照仪器说明书且不少于 10 min；
- e) 测量时环境照度应小于 10 lx。

C.3.1.3.3 电光蓄能自发光应急诱导标识专用条件如下：

- a) LED 光源：如图 C.1 所示，LED 光源总功率为 0.25 W，用蓝光 LED 灯珠点阵（或面）光源布置在片状（或板状）上，每 2 cm^2 灯珠数为 1 颗，灯珠间距为 1 cm，分布均匀，计 12 颗灯；

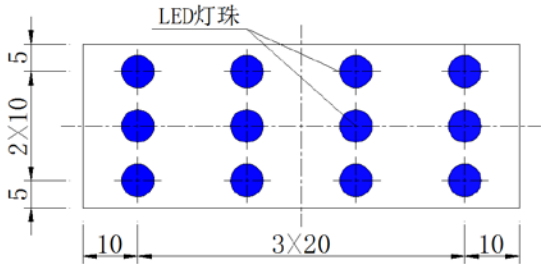


图 C.1 LED 光源布置图 (mm)

b) 试样距离 LED 光源自发光体 5 mm 处。

C.3.1.4 试验步骤

C.3.1.4.1 蓄能自发光交通标识

C.3.1.4.1.1 开启仪器，打开人工日光 D65 光源，将亮度测试仪探头放置在标准光源箱中间位置。过 5min 待光源照度稳定后，调节遮光片，控制照度为 (1000 ± 30) lx 范围内。

C.3.1.4.1.2 在计算机上打开软件，填写相关信息，设置测量时长及读取亮度的间隔时间，间隔时间宜设置为 5 s。

C.3.1.4.1.3 再次检测照度值是否在容许误差范围内，确认后，将待测试样放置到照度探头平行的位置，开始计算激发时间，即激发时间为 10 min。

C.3.1.4.1.4 仔细观察照度，控制照度在规定范围内。待激发时间达到要求后，迅速将亮度测试仪探头放置在试样上进行测量并同步关闭标准光源，在试样周围放上遮光装置（此过程应在 5 s 内完成）。

C.3.1.4.1.5 仪器开始自动检测，记录人工日光 D65 激发光源停止后 10 min、60 min、180 min 时自发光体的亮度。所有试样检测完成后保存及打印检测数据，关闭仪器、清理检测试样。

C.3.1.4.2 电光蓄能自发光应急诱导标识

C.3.1.4.2.1 电光蓄能自发光标识连接标识控制器，将标识放进标准光源箱中间位置。

C.3.1.4.2.2 开启仪器，接通 LED 光源激发自发光体 1 s，然后断开 10 s，再激发 1 s，断开 10 s……循环持续 10 min 后，关闭 LED 光源。用精确度为 1 mcd/m² 的亮度测试仪对 5 个试样进行亮度性能测试。

C.3.1.4.2.3 将照度探头放置在标准光源箱标识上。

C.3.1.4.2.4 在计算机上打开软件，填写相关信息，设置测量时长及读取亮度的间隔时间，间隔时间宜设置为 5 s。

C.3.1.4.2.5 仪器开始自动检测，记录激发 LED 光源停止后 10 s、10 min、90 min、180 min 时自发光体的亮度值。所有试样检测完成后保存及打印检测数据，关闭仪器、清理检测试样。

C.3.1.5 结果整理

C.3.1.5.1 蓄能自发光交通标识

C.3.1.5.1.1 记录 5 个试样在光源停止激发后 10 min、60 min 和 180 min 时的亮度值，取各时段三次测试的平均值作为每个试样该时段的亮度值，再对 5 个试样进行平均值计算。

C.3.1.5.1.2 测试应保留 1 位小数，平均值计算结果精确至 1 mcd/m²。

C.3.1.5.2 电光蓄能自发光应急诱导标识

C.3.1.5.2.1 记录 5 个试样在激发光源停止后 10 s、10 min、90 min、180 min 时的亮度值，取各时段三次测试的平均值作为每个试样该时段的亮度值，再对 5 个试样进行平均值计算。

C.3.1.5.2.2 测试应保留 1 位小数，平均值计算结果精确至 1 mcd/m²。

C.3.1.5.3 一组试样发光性能单项判定

一组试样中一个及以上试样单项判定不合格，则一组试样单项判定为不合格。

C.3.2 力学性能试验

C.3.2.1 标识力学性能试验的每项试验试样一组为 3 个。

C.3.2.2 标识力学性能试验要求和试验方法见表 C.5。

表 C.5 力学性能试验方法和试验要求

试验项目	试验方法	结果整理
抗压荷载试验	GB/T 24725—2009 中 6.8 规定进行	记录试样破坏时的最大力值为试验结果；3 个试样的测试记录值和平均值计算结果均应保留 1 位小数。
表面硬度试验	GB/T 2411—2008 规定进行	在同一试样上至少相隔 6 mm 测量 5 个硬度值，并计算其平均值作为一个试样的试验值；3 个试样的测试记录值和平均值计算结果均应保留 1 位小数。
抗冲击试验	GB/T 24725—2009 中 6.6 规定进行	检查、记录以冲击点为圆心、直径 12 mm 的区域外不应有任何形式的破损。
纵向弯曲强度试验	GB/T 24725—2009 中 6.9 规定进行	记录试样彻底断裂或突然卸荷的力值为试验结果，3 个试样的测试记录值和平均值计算结果均应保留 1 位小数。

C.3.3 耐候性能试验

C.3.3.1 标识耐候性能试验的每项试验试样一组为 5 个。

C.3.3.2 按表 6 要求进行耐候性能试验。单个试样外观一个及以上单类判定不合格，整体外观质量单项判定为不合格。

表 C.6 耐候性能试验方法和试验要求

试验项目	试验方法	结果整理
耐温度交变试验	GB/T 22040—2008 中 6.2 规定进行	检查试验后标识外观质量应符合本规表 2 要求。
耐高温湿热试验	GB/T 22040—2008 中 6.3 规定进行	
耐热氧化试验	GB/T 22040—2008 中 6.4 规定进行	
耐循环盐雾试验	GB/T 22040—2008 中 6.5 规定进行	
耐二氧化硫试验	GB/T 22040—2008 中 6.6 规定进行	
耐风沙吹蚀试验	GB/T 22040—2008 中 6.7 规定进行	
耐紫外光暴晒试验	GB/T 22040—2008 中 6.8 规定进行	
氙弧灯人工加速老化试验	GB/T 22040—2008 中 6.9 规定进行	

C.3.3.3 标识经耐候性能试验后，试样再次进行发光性能试验时，每个试样各时段的测试平均值应不小于耐候性试验前本规程表 3 的 75%。

附录 D

(资料性附录)

公路隧道节能诱导设施设计示例

D.1 工程概况

二级公路隧道，隧道全长 1000 m，双向两车道，设计速度 60 km/h。洞内路面为沥青路面，隧道内路面净宽 9m。年平均日交通量为 15353 辆/日。

D.2 系统分段

根据本指南的 4.3.1 款，该公路隧道的接近段/驶离段取 75m，入口段/出口段取 60 m，中间段为 880m。

D.3 系统布设

根据本指南的 4.3.1 款，对该公路隧道进行总体布设。公路隧道节能诱导设施总体布设示意如图 D.1 所示（横断面图）。

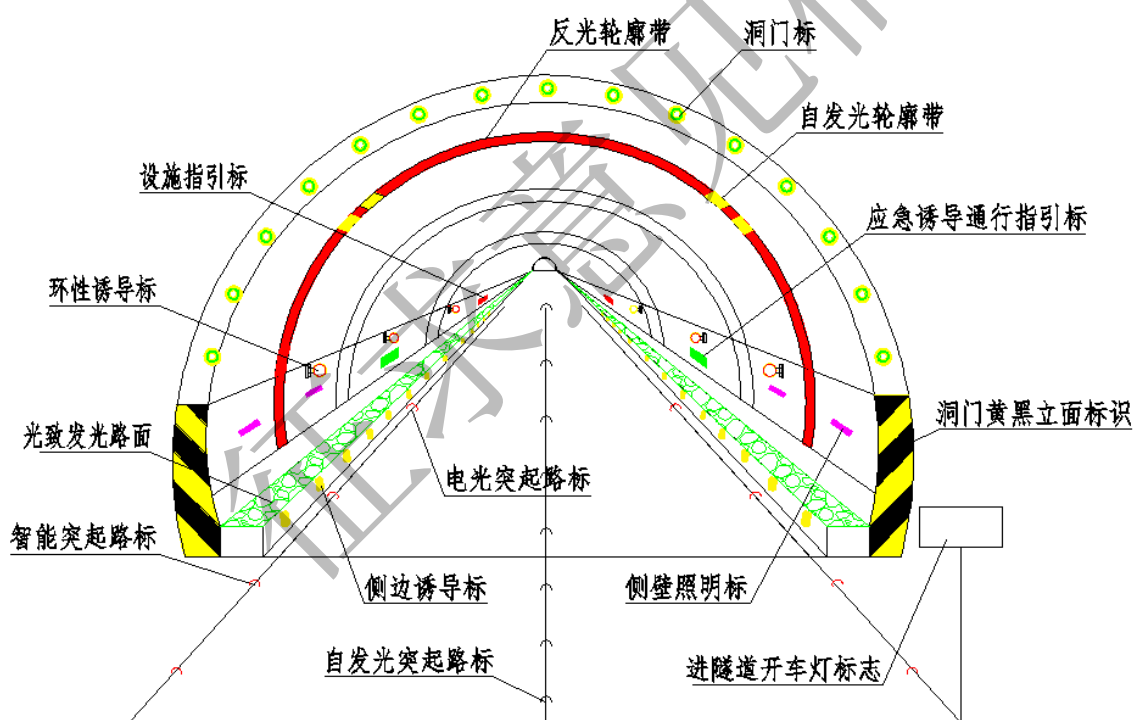


图 D.1 公路隧道节能诱导设施总体布设示意图

公路隧道节能诱导设施标识布置如图 D.2 所示。

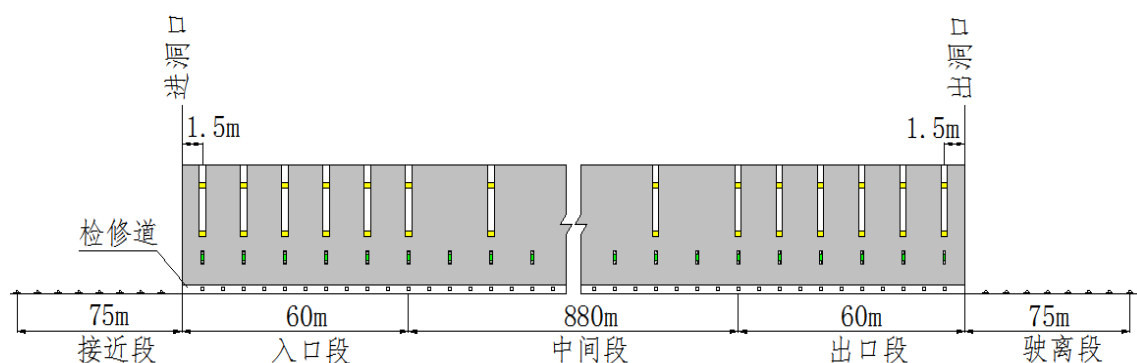


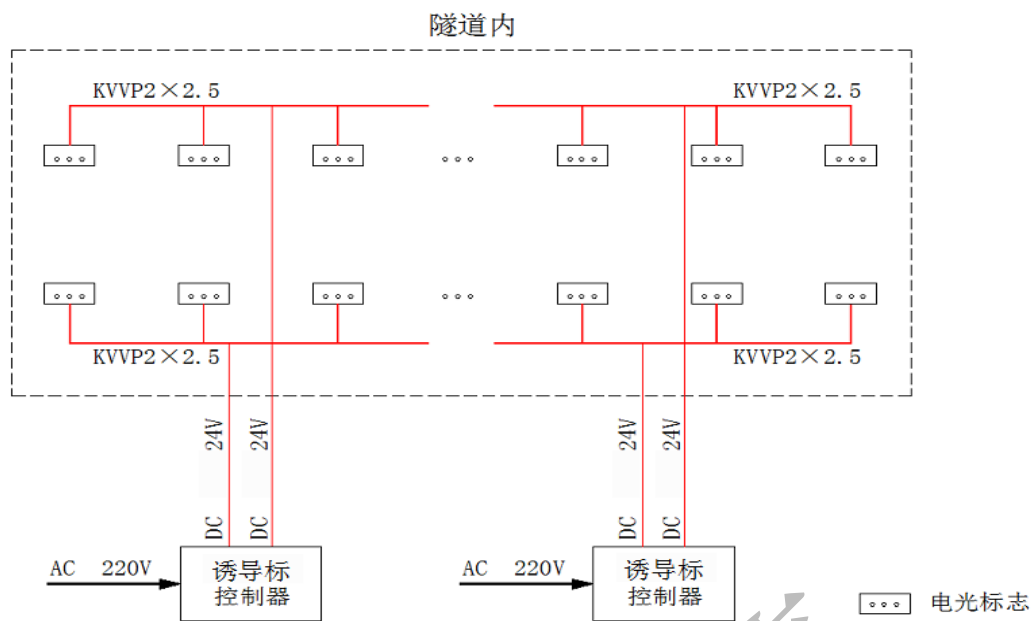
图 D.2 公路隧道节能诱导设施标识布置图

公路隧道节能诱导设施设置如表 D.1 所示。

表 D.1 二级公路隧道节能诱导设施设置表

标识	设置位置	纵向间距 (m)			备注
		入口段、 出口段	中间段	接近段、 驶离段	
反光轮廓带	拱壁	10	40	/	
自发光轮廓带	拱壁、侧壁	10	40	/	每环 4 个 V 型
侧壁照明标	离检修道路面 60Dm 侧壁	5	10	/	
侧边诱导标	检修道侧壁离路面 5Dm 或紧贴检修道路面外缘	5	10	/	
环形发光诱导标	离检修道路面 120Dm 侧壁	5	/	/	
自发光突起路标	车道分界线	5	10	/	洞内路面标线表面
电光突起路标	隧道内边线外侧	5	10	/	
智能突起路标	隧道洞外边线外侧	/	/	5	
洞门标	洞门	/			
洞门黄黑立面标识	洞门	/			
光致发光路面	检修道上表面	/			
通行指引标	离检修道侧壁 60 Dm	/			
设施指引标	紧挨灭火器、电话报警按钮等位置安设	/			
进隧道开车灯标志	洞外	/			

公路隧道弱电供电设施如图 D.3 所示。



附录 E

(资料性附录)

公路隧道节能诱导设施的碳排放减少量计算示例

E.1 工程概况

二级公路隧道，隧道全长 1000 m，双向两车道，设计速度 60 km/h。洞内路面为沥青路面，隧道内路面净宽 9m。年平均日交通量为 15353 辆/日。

E.2 隧道节能设施布置

根据《公路隧道照明细则》对上述隧道进行 LED 照明灯具布置，该公路隧道的接近段/驶离段取 75m，入口段取 60m，过渡段取 118m，中间段为 644m；根据本标准《公路隧道节能诱导设施技术规程》对上述隧道进行节能诱导设施布置，该公路隧道的接近段/驶离段取 75m，入口段取 60 m，中间段为 880m。详见下表。

表 E.1 隧道（LED 照明灯具）布置表

设施	灯具类型	接近段 (75m)	入口段 (60m)	过渡段 (118m)	中间段 (644m)	过渡段 (118m)	出口段 (60m)	驶离段 (75m)	灯具数 量小计	瓦数小计 (W)
亮度要求(cd/m ²)		/	66+33	9.9+3.3	2	3.3+9.9	33+66	/	/	
250W-LE	加强照明	/	20	/	/	/	20	/	40	10000
150W-LE		/	16	/	/	/	16	/	32	4800
60W-LED		/	/	16	/	16	/	/	32	1920
60W-LED	基本照明	/	8	20	112	20	8	/	168	10080
合计	传统 LED 照明的加强照明瓦数 16720W，基本照明 10080W，瓦数合计 26800W									26800

表 E.2 隧道（节能诱导设施）布置表

设施	设置位置	瓦数/个	接近段 (75m)	入口段 (60m)	中间段 (880m)	入口段 (60m)	驶离段 (75m)	数量 小计	瓦数 小计 (W)
反光轮廓带	拱壁	0	/	6	22	6	/	34	0.0
自发光轮廓带	拱壁、侧壁	3.0	/	12	43	12	/	67	201.0
侧壁照明标	侧壁	3.0	/	24	174	24	/	222	666.0
侧边诱导标	检修道侧壁	0.5	/	24	174	24	/	222	111.0
环形发光诱导标	侧壁	15.0	/	24	/	24	/	48	720
自发光突起路标	车道分界线	0.0	15	12	87	12	15	141	0.0
电光突起路标	隧道内边线外侧	0.3	/	24	174	24	/	222	66.6
智能突起路标	隧道洞外边线外侧	0.2	30	/	/	/	30	60	12.0
洞门标	洞门	0.4	13	/	/	/	13	26	10.4
洞门黄黑立面标识	洞门	/							
光致发光路面	检修道上表面	/							
进隧道开车灯标志	洞外	/							
合计	隧道节能设施的瓦数合计 1787W								1787

E.3 隧道运营电费的节能效益分析

对浙江省 10 年（2011-2020）天气类型进行统计分析，浙江省晴天天数占全年（晴天、多云、阴天、雨天）18.9%。按照《公路隧道照明设计细则》9.3.4 条文中的天气类型，进行分类统计，加强照明在各级调光下的洞外亮度取值和灯具开启瓦数见下表。

表 E.3 分级调光下的灯具开启瓦数及运营电费计算表

天气类型	白昼 (加强照明)				夜间 (基本照明)
	夏季晴天	其他季节晴天/ 夏季云天	其他季节云天/ 夏天阴天	其他季节阴天/ 重阴天	-
天气比例(根据 10 年气象统计)	2.80%	16.10%	33.70%	47.40%	100%
根据《公路隧道照明设计细则》9.3.4 款: 加强照明调光分级下洞外亮度 L20	1.0*L20	0.5*L20	0.25*L20	0.13*L20	0
不同天气下,隧道 LED 照明灯具(加 强照明+基本照明)的瓦数小计	16720W+ 10080W=26 800W	8360W+ 10080W =18440W	4180W+ 10080W =14260W	2173W+ 10080W =12253W	10080W
工况 1 (白天依靠 LED 照明灯具+夜 间依靠 LED 照明灯具)的电费小计	总瓦数: $2.8\% \times 26800 + 16.1\% \times 18440 + 33.7\% \times 14260 + 47.4\% \times 12253 = 14333W$				10080W
	年均运营电费: $(14333 \times 12 + 10080 \times 12) \times 365 \times 0.6656 / 1000 = 7.12$ 万元				
工况 2 (白天依靠 LED 照明灯具+夜 间依靠节能诱导设施)的运营电费小 计	总瓦数: $2.8\% \times 26800 + 16.1\% \times 18440 + 33.7\% \times 14260 + 47.4\% \times 12253 = 1787W$				1787W
	年均运营电费: $(14333 \times 12 + 1787 \times 12) \times 365 \times 0.6656 / 1000 = 4.70$ 万元				
	(工况 2-工况 1) 节能: $(7.12 - 4.70) / 7.12 = 33.99\%$				
工况 3 (白天依靠节能诱导设施+夜 间依靠节能诱导设施)的运营电费小 计	1787W				1787W
	年均运营电费: $(1787 \times 12 + 1787 \times 12) \times 365 \times 0.6656 / 1000 = 1.04$ 万元				
	(工况 3-工况 1) 节能: $(7.12 - 1.04) / 7.12 = 85.39\%$				

由上表分析可知，对于长度 1000m 的二级公路隧道，采用隧道节能诱导设施，具有较大节能效益。具体分析如下：

(a) 对设置有 LED 照明灯具的二级公路隧道，当白天依靠 LED 照明灯具，夜间依靠节能诱导设施时，年均耗电量减少 36323 度，年均节能 33.99%。

(b) 对未设置 LED 照明灯具的二级公路隧道，当白天依靠节能诱导设施，夜间依靠节能诱导设施时，年均耗电量减少 91275 度，年均节能 85.39%。

E.4 隧道碳排放减少量分析

2020 年全国公路隧道已达 21316 处、21999.3 公里，每年耗电量达 28.81 亿度。按照每发电 1000 度电需要 333.33 公斤标准煤，且产生 873.33 公斤二氧化碳、2.83 公斤二氧化硫、2.47 公斤氮氧化物等有害气体的标准。对该二级公路隧道进行碳排放量计算，并对全国公路隧道的碳排放量进行估计。详见下表。

表 E.5 碳排放减少量计算表

名称	工况	排放减少量				
		耗电量年 均节约(度)	煤炭年均节 约(吨)	二氧化碳年 均减排(吨)	二氧化硫 年均减排 (吨)	氮氧化物年 均减排(吨)
该二级 公路隧道	白天依靠 LED 照明灯具 +夜间依靠节能诱导设	-36323	-12108	-31722	-103	-90
	白天依靠节能诱导设施+ 夜间依靠节能诱导设施	-91275	-30425	-79713	-258	-225
全国 公路隧道	白天依靠 LED 照明灯具 +夜间依靠节能诱导设	-9.79 亿	-32641 万	-85521 万	-277 万	-242 万
	白天依靠节能诱导设施+ 夜间依靠节能诱导设施	-24.6 亿	-82002 万	-214847 万	-696 万	-608 万

综上所述，可知：

公路隧道节能诱导技术对未设置照明的农村公路隧道，是一项低碳技术，年均节能 33.99%~85.39%以上，具有较大的节能减排效益。