

CECS:22;2005

团体标准

T/CECS G XXXXX—XXXX

公路工程蓄能发光材料应用 技术规程

Technical Specification for Application of Energy Storage
Luminescent Materials in Highway Engineering

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工程建设化协会标准 发布

团 体 标 准

公路工程蓄能发光材料应用
技术规程

Technical Specification for Application of Energy Storage
Luminescent Materials in Highway Engineering

T/CECS G XXXXX—XXXX

(征求意见稿)

主编单位：武汉广益交通科技股份有限公司
发布单位：中国工程建设标准化协会
实施日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

XXXXXX

前言

本规程是根据 2017 年中国工程建设标准化协会下达标准编制计划通知（建标协[2017]031 号）的要求为依据制订。

编制过程中，编制组经过广泛调研和专题研究，充分吸收了国内外应用多功能蓄能发光材料的成功经验，采纳了经实践证明行之有效的成果，并在广泛征求意见的基础上制定而成。

本规程共分 9 章、4 个附录，主要内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 多功能蓄能发光涂料；5 多功能蓄能发光隧道轮廓带及拱部亮化标；6 多功能蓄能发光轮廓标；7 多功能蓄能发光突起路标；8、多功能蓄能发光标线及标线钉；9 多功能蓄能发光标牌。

本规程实施过程中，请将发现的问题和意见、建议反馈至武汉广益交通科技股份有限公司（地址：湖北省武汉市东湖开发区东信路 SBI 创业街 10 号；联系电话：027-87458105；电子邮箱：gytst@gytst.com），供修订时参考。

本规程由武汉广益交通科技股份有限公司主编，中国工程建设标准化协会标准与出版工作委员会负责管理，由武汉广益交通科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。

主编单位：武汉广益交通科技股份有限公司

参编单位：安徽中益新材料科技股份有限公司、广益引路交通设计研究有限责任公司、同济大学、中交第二公路勘察设计研究院、天津大学、安徽广益科研检测有限责任公司、四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、四川省交通勘察设计研究院有限公司、贵州省公路工程集团有限公司

主要起草人：冯守中、朱合华、胡彦杰、李玉文、高巍、李洁、冒卫星、周龙、屈双双、朱小康、刘先玲、戴海涛、陈雪峰、张生、袁松、陈晓云、王利梅、杜存雨

主要审查人：

目次

1 总则1

2 术语2

3 基本规定.....3

4 多功能蓄能发光涂料.....4

5 多功能蓄能发光隧道轮廓带及拱部亮化标.....8

6 多功能蓄能发光轮廓标.....12

7 多功能蓄能发光突起路标.....17

8 多功能蓄能发光标线.....21

9 多功能蓄能发光标牌.....26

附录 A 多功能蓄能发光材料负离子释放量测试方法.....30

附录 B 多功能蓄能发光涂层涂料发光环境主峰波长测试方法.....32

用词说明.....34

条文说明.....35

1 总则

1.0.1 为指导公路工程多功能蓄能发光材料的应用，提高公路工程运营安全、节能与环保水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级新建和改建公路工程，城市道路工程可予参照。

1.0.3 除应符合本规程的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语

2.0.1 多功能蓄能发光材料 (Multifunctional Energy-Storage and Luminescent Material)

一种能吸收自然光和人造光能量的改性稀土铝酸盐（或硅酸盐）物质，可将不可见光转化为波长集中在 480 nm~580 nm 的可见光，具有反射及延时自发光、在空气中不间断释放负离子和抗菌防霉的特性。

2.0.2 多功能蓄能发光反射体 (Multifunctional Energy Storage Luminous Reflector)

以多功能蓄能发光材料与高分子树脂制作成的具有逆反射、又可自发光，且可提高人眼视距，指引车辆、行人顺利通行的几何形体。

2.0.3 多功能蓄能发光有源轮廓标 (Multifunctional energy storage luminous active contour mark)

具有多功能蓄能发光材料特性，能够逆反射、延时自发光，又同时具有电光诱导作用的道路轮廓标。

2.0.4 多功能蓄能发光标线钉 (Multifunctional Energy-Storage and Luminescent Road Marking nail)

以多功能蓄能发光材料与高分子树脂制作成既逆反射、又可延时发光，能将非连续光谱光源反射为连续光谱的路面诱导地钉，在车道限界处按照一定间距线状安装，依据物体快速运动时人眼的视觉暂留现象可形成连续标线。

2.0.5 多功能蓄能发光反光膜 (Multifunctional energy storage luminous reflective film)

以多功能蓄能发光材料、颜料与高分子树脂经特殊工艺制作成既逆反射、又可自发光的高分子树脂膜。

2.0.6 多功能发光道路标牌 (Multi-purpose Energy Storage Luminous Road Sign)

以多功能蓄能发光反光膜与铝板粘合成用于传递道路行车方向、地点、距离、设计限速、警告、禁令、指示等信息的各类道路指示标牌。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 公路工程应提倡采用多功能蓄能发光材料，以实现低碳、环保、文旅融合、提高品质工程建设。

3.1.2 多功能蓄能发光材料具有释放负离子、增光增亮、延时余辉发光的功能，发光光谱主波长 480 nm~570 nm。

表 3.1.2 多功能蓄能发光材料释放负离子、发光亮度、波长技术要求

序号	项目		指标	检测方法
1	负离子释放量		≥ 350 个/cm ³	按本规程附录 A 执行
2	a 发光亮度	激发停止 10 min 时	≥ 100.00 mcd/m ²	按 JG/T 446 执行
		激发停止 1 h 时	≥ 15.00 mcd/m ²	
3	b 余辉时间		≥ 12 h	
4	发光主峰波长		480 nm~570 nm	按本规程附录 B 执行

注：a、b 为白色和浅色颜色产品。

3.2 分类

3.2.1 多功能蓄能发光材料根据使用目的的不同进行产品分类，具体可分为多功能蓄能发光涂料、多功能蓄能发光隧道轮廓带、多功能蓄能发光隧道拱部亮化标、多功能蓄能发光轮廓标、多功能蓄能发光突起路标、多功能蓄能发光标线、多功能蓄能发光标线钉、多功能蓄能发光道路标牌。

4 多功能蓄能发光涂料

4.1 一般规定

- 4.1.1 多功能蓄能发光涂料具有防火阻燃、增光增亮、延时自发光、耐污染、易清洗、耐腐蚀、耐紫外线、耐候性好等特点。
- 4.1.2 多功能蓄能发光涂料可用于构筑物混凝土表面的装饰、亮化及引导照明，能明显提高混凝土耐腐蚀、自洁净能力。
- 4.1.3 公路路基工程中的车行或人行涵洞宜用多功能蓄能发光涂料装饰壁面，其余辉发光功能可在夜间提高引导照明。
- 4.1.4 公路桥梁工程下部墩柱、上部箱梁、护栏及路面混凝土分隔墩的混凝土面宜使用多功能蓄能发光涂料装饰、亮化。
- 4.1.5 公路隧道应使用多功能蓄能发光涂料装饰美化和辅助照明；在隧道壁面 2.5 m~3.0 m 高度使用多功能蓄能发光涂料可减少养护费用，进行隧道照明计算时，可将灯具维护系数取值在原设计方案基础上提高 10 %~20 %。
- 4.1.6 路基涵洞内部全断面或两侧壁面，桥梁下部墩柱、上部箱梁底部、护栏内外面，隧道内壁全断面或 3 m 高拱墙壁面，均宜覆涂多功能蓄能发光涂料，涂膜厚度不应小于 300 μm 。
- 4.1.7 公路隧道壁面上宜用多功能蓄能发光涂料进行警示、文字、符号的设计，以达到精准救援逃生指示的目的。

1 消防设备箱警示。

在隧道内消防箱边框周边采用多功能蓄能发光涂料加强涂装，涂装宽度宜为 30 cm。

2 紧急停车带警示。

沿行车方向，在距紧急停车带边缘 28 m 段的检修道表面至上方 2.5 m~3.5 m 范围隧道边墙，宜采用浅绿色纳米硅负离子涂料与多功能蓄能发光涂料涂装“紧急停车带”标识及诱导箭头，见图 4.1.7-1。

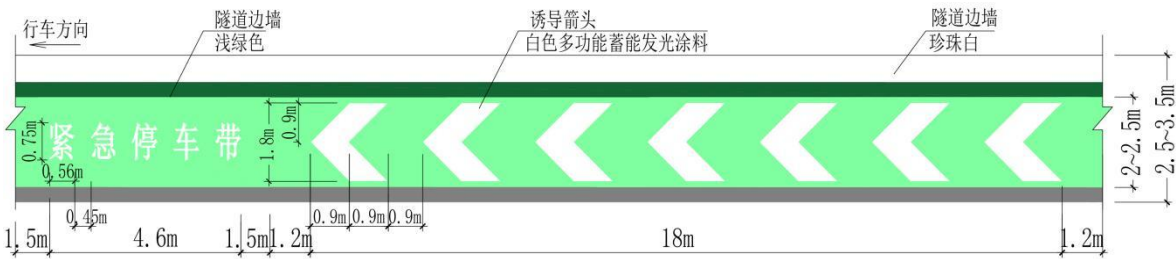


图 4.1.7-1 紧急停车带警示加强涂装示意图

3 人行横通道安全诱导。

人行横通道两端在检修道表面至上方 2.5 m~3.5 m 范围隧道边墙，两侧各 6.0 m~12 m 长范围宜采用浅绿色纳米硅负离子涂料涂装，并以多功能蓄能发光涂料涂刷醒目的白色箭头标志指明逃生方向。

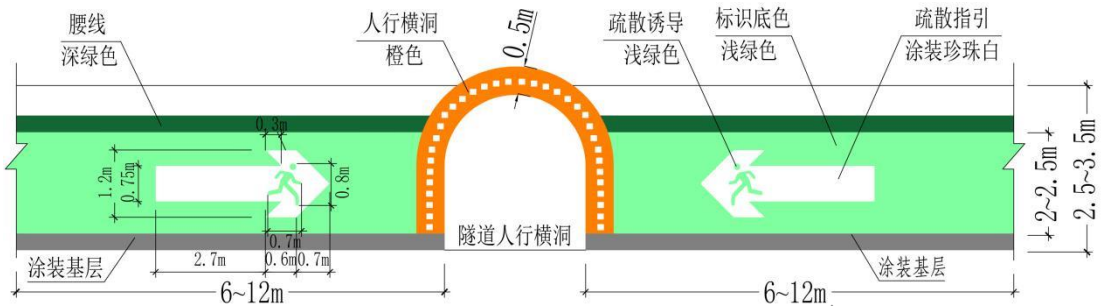


图 4.1.7-2 人行横通道安全诱导加强涂装示意图

4 机电分区涂装。

利用浅绿色、橙黄色纳米硅负离子涂料在检修道表面至上方 2.5 m~3.5 m 范围隧道边墙设置机电分区图标，图标中的浅色符号、文字采用多功能蓄能发光涂料涂装；图标设置在行车方向的左侧，与消防箱位置正对，间距 150 m，见图 4.1.7-3。



图 4.1.7-3 车行横通安全诱导与机电控制分区警醒加强涂装设计

4.1.8 多功能蓄能发光涂料施工前，应检测技术指标要求，满足设计和本规程技术要求的原材料才可施工。

4.1.9 混凝土基层表面应平整、无油污、无浮尘、无麻面及无松散空鼓现象，且含水率不宜大于 10 %。

4.1.10 施工顺序应按基层防水腻子施工、底涂、面涂喷涂步骤进行；一般底涂施工一至两遍，漆膜厚度 $\geq 180\text{ }\mu\text{m}$ ；面涂施工一遍下面漆、一至三遍上面漆，漆膜厚度 $\geq 120\text{ }\mu\text{m}$ 。

4.1.11 多功能蓄能发光涂料施工宜采用无气喷涂，喷枪压力宜控制在 0.4 MPa~0.8 MPa 范围

内；喷涂时喷枪与墙面应保持垂直，距离宜在 500 mm 左右，匀速平行移动。

4.1.12 多功能蓄能发光涂料施工中，两行重叠宽度宜控制在喷涂宽度的 1/3，上层涂料应在下层涂料漆膜表干后才可施工。

4.1.13 多功能蓄能发光涂料施工后基层表面应粘结牢固、无露底、无流挂、无起皮、无掉粉、无咬色、无疙瘩，余辉亮度均匀。

1) 检验方法：采用开灯和关灯进行肉眼观察、手摸等方式检查。

2) 检查数量：不超过 1000 m² 为一个检验批，每批抽取 3 处。

4.1.14 多功能蓄能发光涂料施工后 7 天，涂膜干燥后方可验收，质量验收规定如下：

1 厚度应符合设计要求，且允许偏差：底漆干膜厚度 $\pm 10\ \mu\text{m}$ 、面漆干膜厚度 $\pm 10\ \mu\text{m}$ 。

1) 检验方法：针测法或割取 20 mm $\times$ 20 mm 实样用卡尺测量。

2) 检查数量：不超过 1000 m² 为一个检验批，每批抽取 3 处。

2 发光亮度验收应符合下列规定：

1) 黑暗状态下，采用 D₆₅ 光源在 1000 lx 的照度下照射 5 min，用瞄点式亮度计在照射面瞄准待测点，调整好目镜观测焦距，分别在停止照射 10 min、1 h 时读取延时发光亮度值且应符合表 4.2.1 的要求和 design 规定；

2) 检查数量：不超过 1000 m² 为一个检验批，每批抽取 3 点。

4.1.15 多功能蓄能发光涂料在露天状态下具有自洁净的功能，在隧道中，当涂层反射率降低至设计要求的 75 % 时，应进行清洗；可用 0.1 Mpa~0.5 Mpa 压力水冲洗，或用湿布擦洗。

4.2 技术指标要求

4.2.1 多功能蓄能发光涂料应环保无害、不燃、耐污染、耐候性好，详细指标要求见表规定。

表 4.2.1 多功能蓄能发光涂料技术指标要求

序号	项目	指标	检测方法
1	容器中状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	按 JG/T 446 执行
2	施工性	刷涂二道无障碍	按 JG/T 446 执行
3	涂膜外观	涂膜均匀，无缩孔和开裂， 暗室观察有明显发光现象	按 JG/T 446 执行
4	干燥时间（表干）	$\leq 2\ \text{h}$	按 GB/T 1728 执行

5	耐水性		720 h 无异常	按 GB/T 1733 执行
6	耐碱性		720 h 无异常	按 GB/T 9265 执行
7	耐酸性		720 h 无异常	按 GB/T 9274 执行
8	附着力		≤1 级	按 GB/T 9286 执行
9	涂层耐温变性 5 次循环		无异常	按 JG/T 25 执行
10	耐洗刷性		≥10000 次	按 GB/T 9266 执行
11	可见光反射率 (D ₆₅ 标准光源)		≥0.80	按 GB/T 23981 执行
12	耐沾污性白色和浅色		≤5 %	按 GB/T 9780 执行
13	发光亮度	激发停止 10min 时	≥100.00 mcd/m ²	按 JG/T 446 执行
		激发停止 1h 时	≥15.00 mcd/m ²	
14	余辉时间		≥12 h	
15	耐人工气候老化性 (3000 h)	外观	不起泡、不剥落、无裂纹	按 JG/T 446 执行
		粉化	≤1 级	
		变色	≤2 级	
		发光亮度下降率	≤20 %	
		余辉时间	≥10 h	
16	挥发性有机化合物含量 VOC		≤50 g/L	按 GB 24408 中附录 A 和附录 B 的规定执行
17	苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和		≤50 mg/kg	按 GB 18582 执行
18	游离甲醛		≤5 mg/kg	按 GB/T 23993 执行
19	可溶性重金属	铅 Pb	≤2.5 mg/kg	按 GB 18582 执行, 其中砷按 GB/T 30647 执行
		镉 Cd	≤0.5 mg/kg	
		铬 Cr	≤2.5 mg/kg	
		汞 Hg	≤0.1 mg/kg	
		砷 As	≤1 mg/kg	
20	抗菌性能		I 级	按 HG/T 3950 执行
21	抗霉菌性能		I 级	按 HG/T 3950 执行
22	负离子释放量		≥350 个/cm ³	按本规程附录 A 执行
23	燃烧性能		不燃 (≥A2 级)	按 GB 8624 执行

24	发光主峰波长	480 nm~570 nm	按本规程附录 B 执行
----	--------	---------------	-------------

注：（1）多涂层组合时，应对每涂层漆样进行第 1~4 项和第 16~20 项检测，并应对多涂层叠合成试样板后统一检测第 5~15 项和第 21~26 项，涂料厚度满足本规程中设计规定；

（2）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 $Y_{D65} \geq 31.26$ ）；

（3）发光亮度是淡黄绿（原色）的技术指标，若涂料颜色是白色、黄色、橙色、蓝色、绿色和红色时，其技术指标分别乘以系数 0.90、0.70、0.65、0.55、0.45、0.20；

（4）纳米硅负离子涂料是多功能蓄能发光涂料的不发光型，其技术指标不包含发光亮度、余辉时间。

5 多功能蓄能发光隧道轮廓带及拱部亮化标

5.1 一般规定

5.1.1 为了营造公路隧道光环境空间，加强隧道行车诱导和辅助照明，有效提高隧道视觉环境质量，在隧道中宜设置多功能蓄能发光隧道轮廓带、多功能蓄能发光隧道拱部亮化标。

5.1.2 多功能蓄能发光隧道轮廓带、多功能蓄能发光隧道拱部亮化标应耐沾污、自洁净，具有逆反射、可延时自发光诱导照明的功能。

5.1.3 多功能蓄能发光隧道轮廓带、拱部亮化标的设计应满足表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 多功能蓄能发光隧道轮廓带、拱部亮化标设计要求

项目名称	设置位置	具体规定			说明
		低等级公路	城市道路、二级公路	高等级公路	
多功能蓄能发光隧道轮廓带	隧道进、出口洞内 20 m~30 m 处	设置一道			轮廓带宽 15 cm； 行车方向与反射面相对。
	隧道洞身段	间距 100 m~200 m	间距 200 m~300 m	间距 250 m~350 m	
	紧急停车带前	10 m~20 m 处		20 m~30 m 处	
多功能蓄能发光拱部诱导标	短隧道全长范围	横向间距 2 m~3 m；纵向间距 10 m~12 m。			行车方向与反射面相对；一般从离地面 4 m~4.5 m 高度开始布设。
	其他长度隧道进出口段	进出口及过渡段长度范围，按横向间距 2 m~3 m、纵向间距 10 m~12 m 布设。			
	其他长度隧道中间段	每隔 50 m~200 m 设置一单元阵列拱部诱导钉；每单元阵列按横向间距 2 m~3 m、纵向间距 10 m~12 m 布设。			

注：多功能蓄能发光拱部亮化标在特长、长隧道的中间段单元阵列设置可选取不同颜色以提升诱导效能。

5.1.4 多功能蓄能发光隧道轮廓带是由长 200 mm、宽 150 mm 的反射体沿隧道内拱断面连续并联安装，每只轮廓反射体的多功能蓄能发光反射面积 $\geq 300 \text{ cm}^2$ ，多功能蓄能发光反射体结构形状见图 5.1.4。

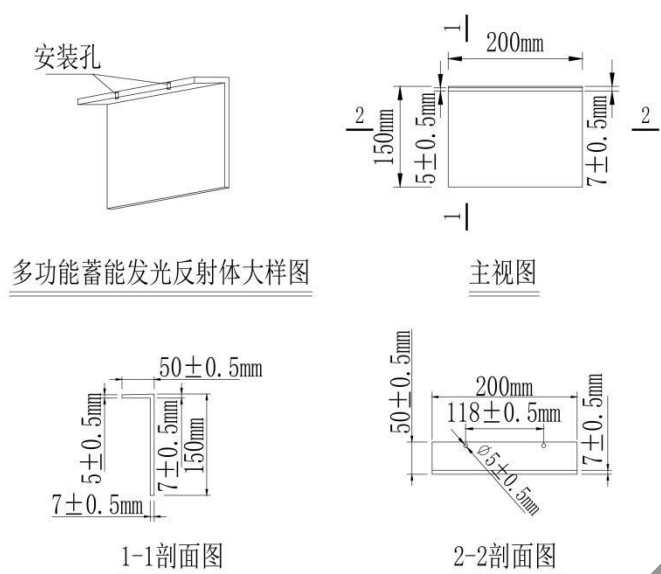


图 5.1.4 多功能蓄能发光反射体结构示意图

5.1.5 多功能蓄能发光隧道轮廓带设置可按图 5.1.5 实施。

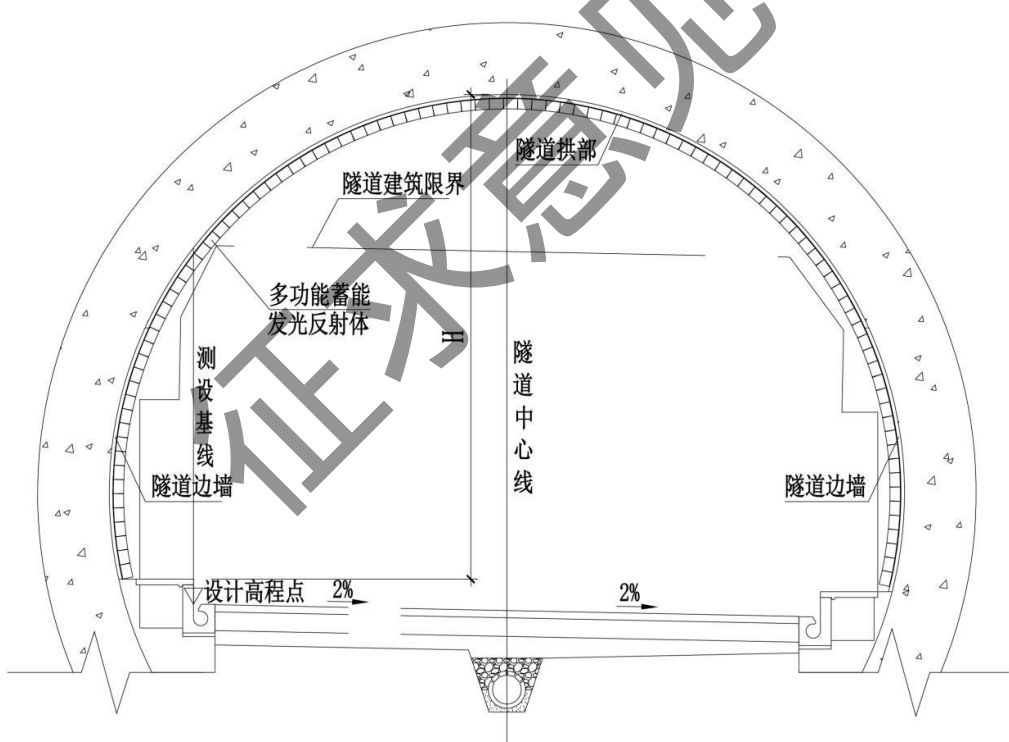


图 5.1.5 多功能蓄能发光隧道轮廓带安装示意图

5.1.6 多功能蓄能发光隧道拱部亮化标的多功能蓄能发光反射面积 $\geq 300\text{ cm}^2$ ，结构示意图如图 5.1.6-1，多功能蓄能发光拱部亮化标安装示意图 5.1.6-2。

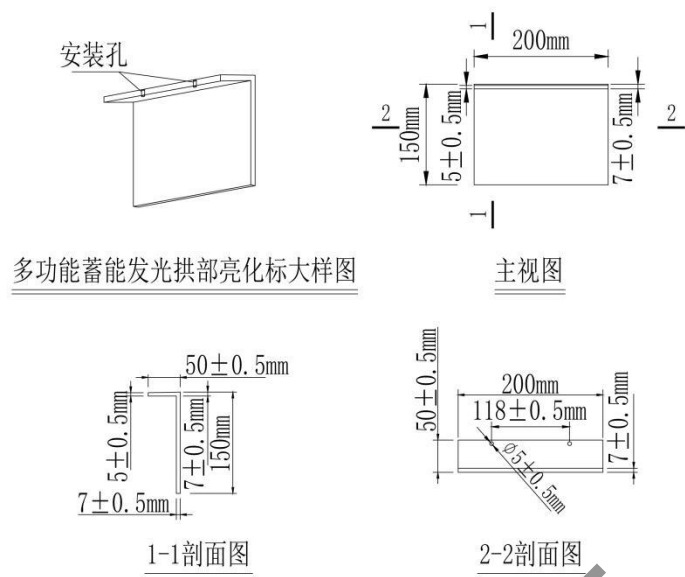


图 5.1.6-1 多功能蓄能发光拱部亮化标结构型式示意图

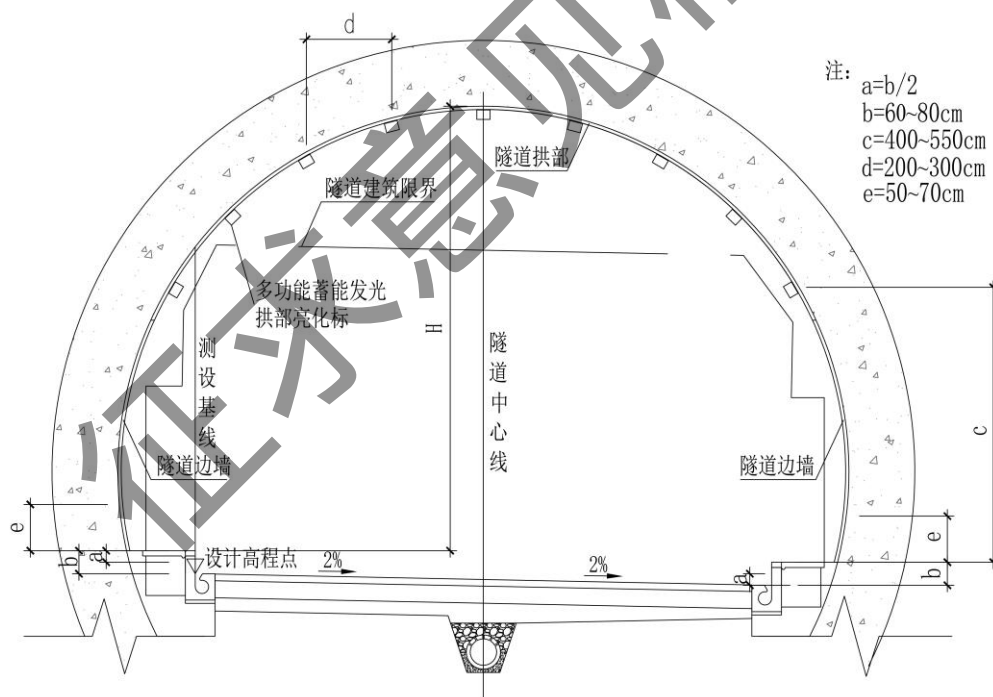


图 5.1.6-2 多功能蓄能发光拱部亮化标安装设置示意图

5.1.7 根据设计文件的要求确定隧道轮廓带、拱部亮化标的安装位置，多功能蓄能反光反射体应面对行车方向并与隧道轴线方向一致。

5.1.8 隧道轮廓带、拱部亮化标的色度应符合设计文件的规定，隧道轮廓带、拱部亮化标安装应避开隧道二衬钢筋和管线位置。

5.1.9 隧道轮廓带、拱部诱导标安装步骤:

- 1 沿安装位置用冲击钻成孔, 冲击钻头直径 $\phi 6\text{ mm}$, 成孔深度 $40\text{ mm}+2\text{ mm}$;
- 2 沿安装孔先打入 $\phi 6\text{ mm}$ 、长度 40 mm 的塑料膨胀管;
- 3 将多功能蓄能发光轮廓带放置在安装位置, 再采用直径 $\phi 3.5\text{ mm}$ 、长度 35 mm 自攻螺丝进行固定。

5.1.10 多功能蓄能发光隧道轮廓带和拱部亮化标质量验收规定:

- 1 按设计要求及产品说明书安装牢固;
- 2 安装位置、色度应符合设计文件的要求, 且纵向间距和横向偏位允许偏差 $\pm 20\text{ mm}$ 。
 - 1) 检验方法: 尺量或激光测距仪。
 - 2) 检查数量: 不小于总数量的 10% 。

5.1.11 多功能蓄能发光隧道轮廓带和拱部亮化标的逆反射系数降低至设计要求的 60% 时应进行清洁维护; 可专业清洗工具或用湿布擦洗。

5.2 技术指标要求

5.2.1 多功能蓄能发光隧道轮廓带和多功能蓄能发光隧道拱部亮化标外观质量应平整光滑, 无裂纹、拼接缝、边缘剥离、气泡、划痕等现象, 耐盐雾腐蚀、耐高低温性能、密封性应满足 GB/T24970 规定, 应满足 5.2.1 表规定。

表 5.2.1 技术指标要求

序号	项 目					指 标	检测方法
1	外观质量					成型完整，无明显的划伤、裂纹、气泡、凹陷、颜色不均	按 GB/T2497 0 执行
2	色度性能				表面色	符合 GB/T 24970 的规定	
					逆反射色		
3	^a 反射体逆反 射系数 mcd/(lx.m ²)	观 测 角	0.2°	入射 角	-4 ⁰	白色≥600	
					15 ⁰	白色≥450	
					30 ⁰	白色≥300	
			0.33°		-4 ⁰	白色≥360	
					15 ⁰	白色≥260	
					30 ⁰	白色≥160	
4	耐盐雾腐蚀性能					无变色或被侵蚀的痕迹	
5	耐高低温性能					无碎裂、剥落、裂缝、翘曲、等损坏	
6	密封性能					反射体无水、雾渗入的现象	

7	^b 反射体发光亮度 mcd/m ²	激发停止 10 min 时	≥145	按 JG/T 446 执行
		激发停止 1 h 时	≥25	
8	余辉时间 /h		≥12	
9	耐候性, 1200 h	外观	无明显的褪色、粉化、龟裂等现象	按 GB/T 24970 执行
		色度	满足色品坐标规定	
		逆反射系数损失, %	≤20	
		发光亮度损失, %	≤20	按 JG/T 446 执行
		余辉时间/h	≥12	
10	负离子释放量		≥350 个/cm ³	按本规程附录 A 执行

注: a. 白色的逆反射系数, 黄、橙、红、绿、蓝、棕等颜色反光膜逆反射系数满足 GB/T18833 规定;

b. 发光亮度只适用于白色, 其他颜色不做具体规定。

6 多功能蓄能发光轮廓标

6.1 一般规定

6.1.1 多功能蓄能发光轮廓标按设置条件分为埋设于地面上的独立柱式轮廓标、附着于构造物上的附着式轮廓标。

6.1.2 在不布设护栏的道路应设置独立柱式多功能蓄能发光轮廓标, 其由柱体、黑色标记和多功能蓄能发光反射体组成, 三部分应连接牢固, 柱身为白色、柱体上部应有 250 mm 长的一圈黑色标记, 黑色标记中间应有 180 mm×60 mm 的矩形多功能蓄能发光反射体, 反射体分为白色和黄色两种类型。

6.1.3 柱式轮廓标的柱体断面为等腰三角形, 柱身高度 1250 mm, 三角形高 120 mm、底边长 100 mm, 尺寸见图 6.1.3。

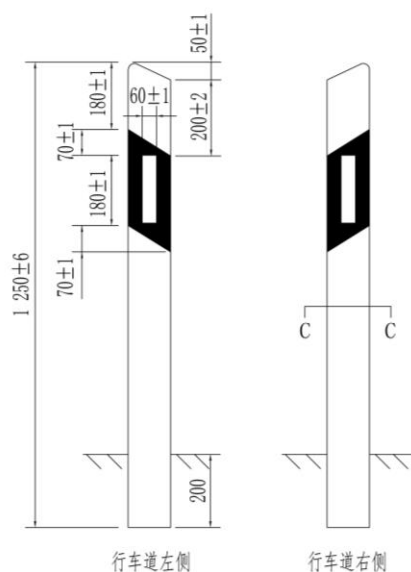


图 6.1.3 柱式多功能蓄能发光轮廓标示意图

6.1.4 附着式多功能蓄能发光轮廓标分为直立附着式及斜侧附着式两种类型结构，其多功能蓄能发光反射体尺寸为 180 mm×60 mm，两种结构示意见图 6.1.4-1、图 6.1.4-2。

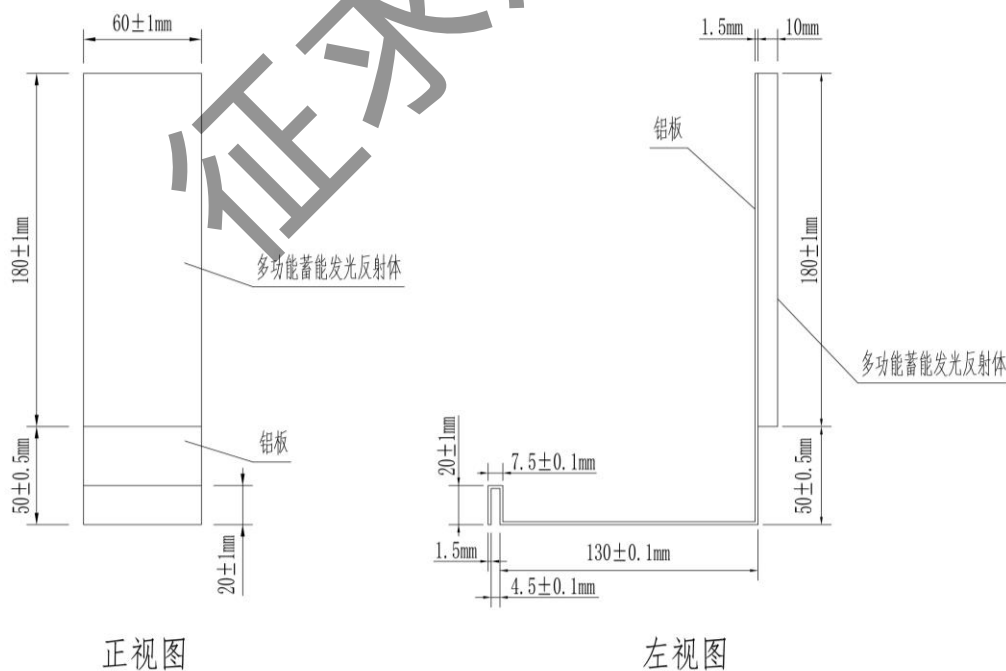


图 6.1.4-1 直立附着式多功能蓄能发光轮廓标

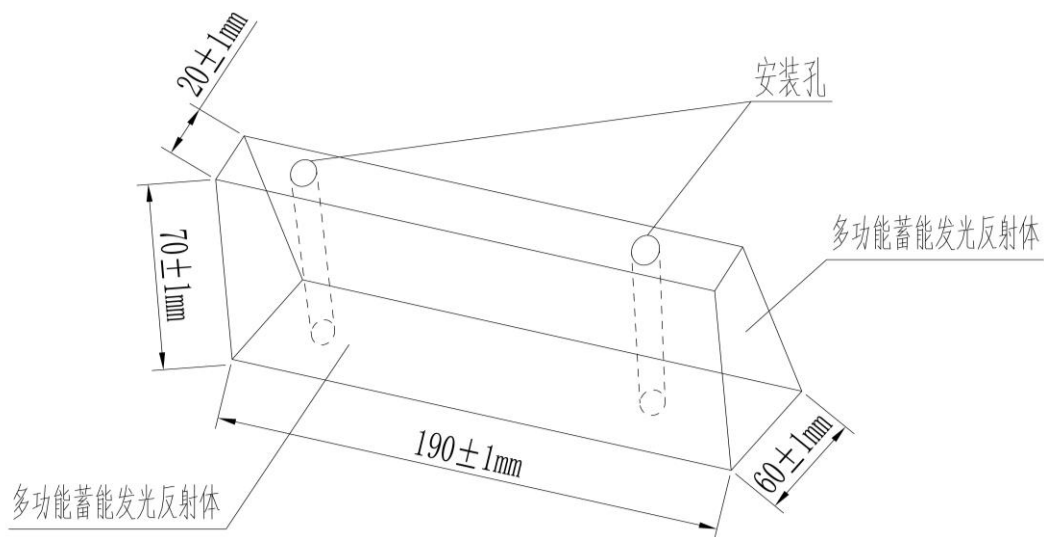
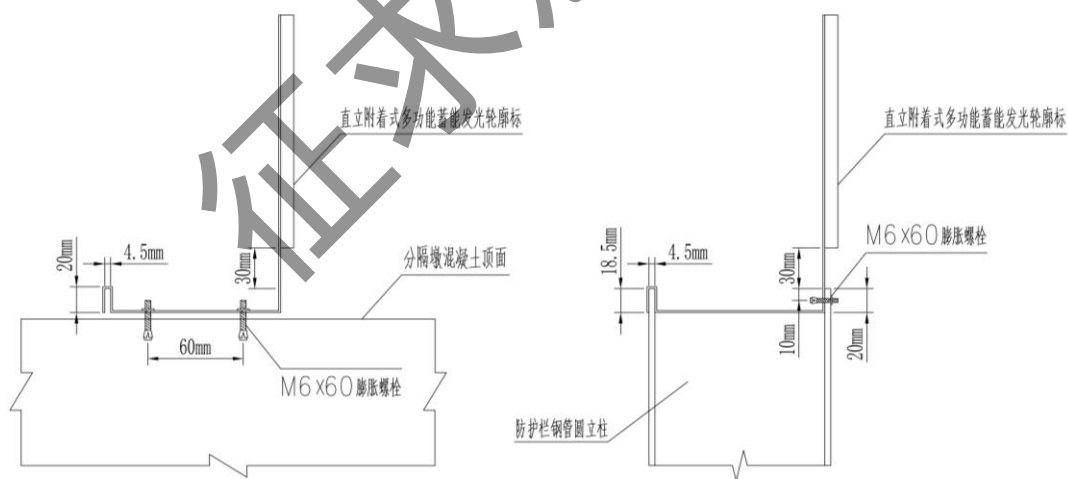
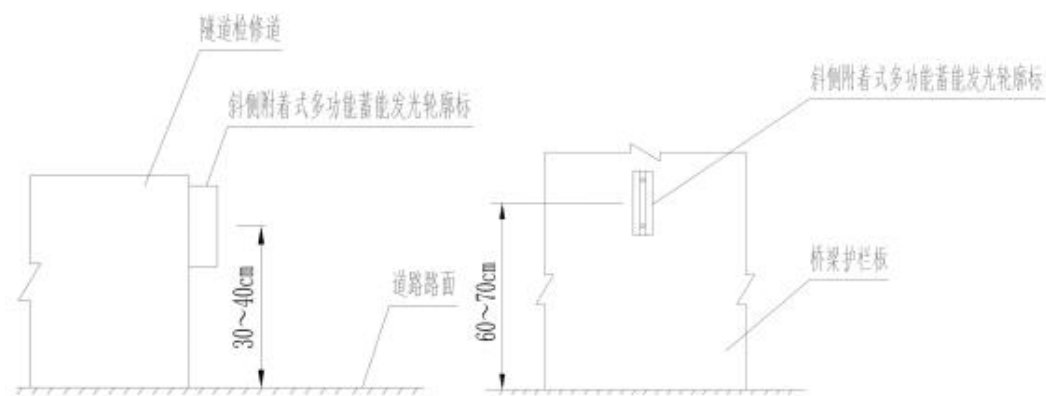


图 6.1.4-2 斜侧附着式多功能蓄能发光轮廓标

6.1.5 在道路的护栏柱、混凝土分隔墩顶面宜用直立附着式多功能蓄能发光轮廓标，在桥梁护栏板、公路隧道检修道侧壁宜用斜侧附着式多功能蓄能发光轮廓标，安装示意图见图 6.1.5。



a) 直立附着式多功能蓄能发光轮廓标安装示意



b) 斜侧附着式多功能蓄能发光轮廓标安装示意

图 6.1.5 附着式多功能蓄能发光轮廓标安装示意图

6.1.6 多功能蓄能发光轮廓标安装时，多功能蓄能发光反射体应面向交通流，其表面法线应与公路中心线成 $0^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 的角度；多功能蓄能发光反射体的中心高度宜距路面 60 cm~70 cm，公路隧道检修道侧壁的多功能蓄能发光反射体中心高度可距路面 30 cm~40 cm。

6.1.7 在多雨多雾路段的道路宜设置具有透雨雾、自闪烁警示功能的自带太阳能板的多功能蓄能发光有源轮廓标，其光源电源应不大于 36 V，闪烁频率 1-2 次/秒。

6.1.8 在公路隧道检修道侧壁宜安装斜侧附着式多功能蓄能发光有源轮廓标，其光源不应有警示闪烁现象。

6.1.9 多功能蓄能发光轮廓标的设置间距应满足表 6.1.9 的规定。

表 6.1.9 多功能蓄能发光轮廓标设置间距

项目名称		具体规定			说明
		低等级公路	城市道路、二级公路	一级公路、高速公路	
多功能蓄能发光轮廓标	道路直线段	12 m~24 m	24 m~36 m	36 m~48 m	行车方向右侧白色反射体，左侧黄色反射体。
	道路弯曲段	8 m~12 m	12 m~24 m	24 m~36 m	
	隧道检修道侧壁	安装间距 10 m~16 m			

6.1.10 将合格的多功能蓄能发光轮廓标安装在设计文件规定的位置；轮廓标的安装位置及反射器的安装角度应符合设计要求。

6.1.11 柱式多功能蓄能发光轮廓标施工时应设置混凝土基础，混凝土基础可采用现浇或预制的方法施工，并应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）；附着式多功能蓄能发光轮廓标施工安装：

1 安装在混凝土构筑物上时，放线量准固定孔位，用 6mm 直径冲击钻在孔位打孔，安装塑料膨胀管，将轮廓标就位后用直径 3mm 自攻螺丝紧固。

2 安装在护栏钢管柱头上时，放线量准轮廓标的安放位置，在轮廓标上的锚固孔内安放直径 3mm 的自攻螺丝，手枪钻安装固定在护栏钢管柱头上。

6.1.12 多功能蓄能发光有源轮廓标施工时电缆接头必须做好防水密封。

6.1.13 多功能蓄能发光轮廓标质量验收规定：

1 按设计要求及产品说明书安装牢固；

2 安装完成后应与公路隧道线形协调一致。应反光明亮、线条流畅。安装高度宜保持一致，且允许偏差 ± 20 mm。

1) 检验方法：尺量。

2) 检查数量：不小于总数量的 5 %

6.1.14 多功能蓄能发光轮廓标的逆反射系数降低至设计要求的 60 %时应进行清洁维护；可专业清洗工具或用湿布擦洗，结构或光源有损坏现象必须更换。

6.2 技术指标要求

6.2.1 多功能蓄能发光轮廓标外观质量应平整光滑，无裂纹、拼接缝、边缘剥离、气泡、划痕等现象，耐盐雾腐蚀、耐高低温性能、密封性应满足 GB/T 24970 规定，技术指标要求应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 多功能蓄能发光轮廓标（有源）技术指标

序号	项目		指标		检测方法	
1	外观质量		成型完整，表面平整光滑		GB/T 24970	
			无裂纹、无明显气泡、皱纹、划痕及各种损伤			
			颜色、性能、反光亮度均匀			
2	结构尺寸	长边/mm	180±2		GB/T 24970	
		短边/mm	60±2			
		逆反射材料	符合 GB/T 24970 的规定		GB/T 24970	
3	反射体光度性能 (cd.lx ⁻¹ .m ⁻²)	观测角	入射角	逆反射系数		GB/T 18833
				白色	黄色	
		0.2°	-4°	≥580	≥435	
			15°	≥348	≥261	

			30°	≥220	≥165	
		0.5°	-4°	≥420	≥315	
			15°	≥252	≥189	
			30°	≥150	≥110	
		1°	-4°	≥120	≥90	
			15°	≥72	≥54	
			30°	≥45	≥34	
4	反射体亮度性能 (mcd/m ²)	激发停止 10min 时		≥90	/	JG/T446
		激发停止 1h 时		≥10	/	
5	耐盐雾腐蚀性能			反射体部位无水、雾渗入痕迹		GB/T 24970
6	耐高低温性能			无裂缝、剥落、碎裂、气泡、翘曲或变形等破损的痕迹		GB/T 24970
7	耐候性/1200h	外观		无明显的裂缝、刻痕、气泡、侵蚀、剥离、褪色、粉化或变形等破损的痕迹		GB/T 24970
		色度		色坐标和亮度因素满足 GB/T 24970 表 1 和表 2 规定的范围内		
		反射体逆反射系数/%		≥规定值的 80 %		
		反射体发光亮度损失/%		≥试验前的 75 %		
8	负离子释放量			≥350 个/cm ³		按本规程附录 A 执行
9	光源参数	电源性质		直流		IES LM-79-2008
		输入电压		12V-24 V		
		功率/W		1.0-3.0		
		色温/K		2500-3500		
		光效/ lm/W		≥120		
		显色指数 Ra		≥70		
备注：多功能蓄能发光轮廓标技术指标 1-8 项；多功能蓄能发光有源轮廓标技术指标 1-8 项。						

7 多功能蓄能发光突起路标

7.1 一般规定

7.1.1 多功能蓄能发光突起路标固定于路面，其可给车辆提供的诱导警示、给行人和非机动车辆提供夜间指示引导。

7.1.2 多功能蓄能发光突起路标由多功能蓄能发光反射体、自发光体和基体组成，突起路标分为定向反射和全向反射两种类型；定向反射的多功能蓄能发光反射体应面向行车方向，两种类型结构示意图如图 7.1.2。

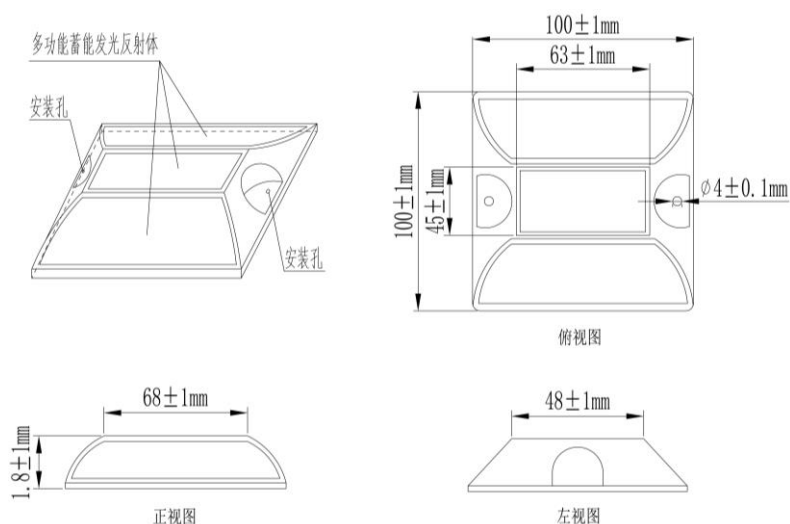


图 7.1.2-1 定向反射多功能蓄能发光突起路标结构示意图

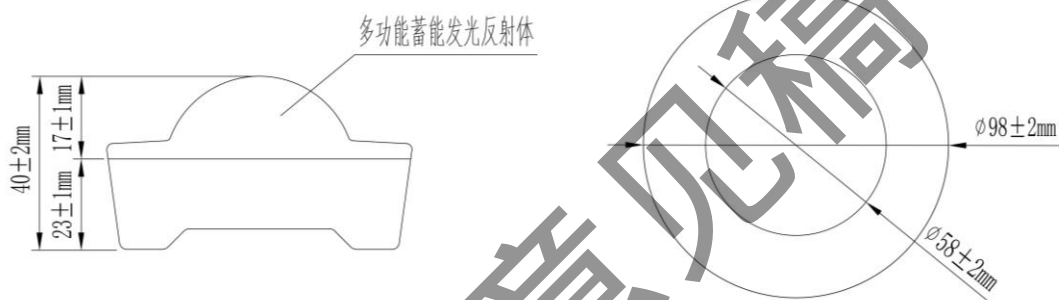


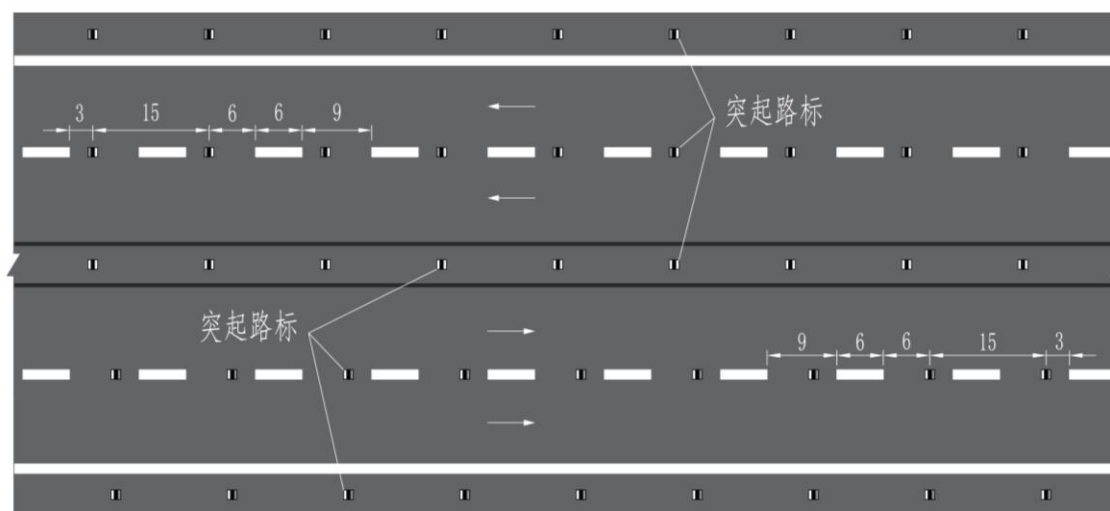
图 7.1.2-2 全向反射多功能蓄能发光突起路标结构示意图

7.1.3 多功能蓄能发光突起路标宜与道路进出口匝道标线、导流标线、路面宽度渐变段标线、路面障碍物标线等配合使用，以逆反射形态、颜色传递车道信息。

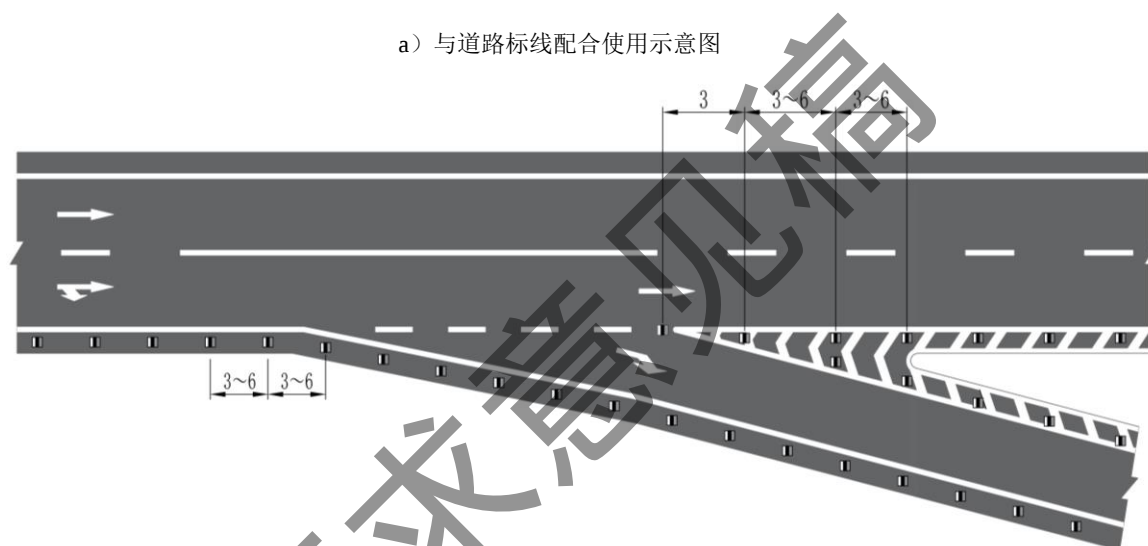
7.1.4 多功能蓄能发光突起路标设置规定见表 7.1.4，其与标线配合使用设置方法见图 7.1.4。

表 7.1.4 多功能蓄能发光突起路标及标线设置规定

项目名称	设置位置	具体规定			说明
		低等级公路	城市道路、 二级公路	高等级公路	
多功能蓄能 发光突起路 标	与标线配置使用，设置在标线的空当中，与边缘实线配合使用时，设置在边缘线的外侧。	6 m~15 m			双向突起路标，颜色与标线一致。
	与进出口匝道标线、导流标线、路面宽度渐变线、路面障碍物标线配合使用时，根据实线形布设。	3 m~6 m			颜色与标线一致，力求夜间轮廓分明、清晰可见。



a) 与道路标线配合使用示意图



b) 与进出口匝道标线配合使用示意图

图 7.1.4 多功能蓄能发光突起路标与道路标线配合使用示意图

7.1.5 多功能蓄能发光突起路标施工安装前应抽查检测技术指标，检查外观、基体、反射体不得破损、开裂；按设计文件进行放样、定位，定向反射型号的反射体应面向行车方向。

7.1.6 安装定向反射型的多功能蓄能发光突起路标时，应放线定位，在路面的安装位置，用扫帚、刷子、高压吹风喷嘴等清理路面，用刮刀把胶黏剂抹在路面上和多功能蓄能发光突起路底部，就位后，在其顶部施加压力，排除空气、调整就位。

7.1.7 全向反射型多功能蓄能发光突起路标安装突起路面高度 15 mm，安装时，应放线定位，在路面的安装位置，用扫帚、高压吹风喷嘴等清理干净，采用专业钻孔设备，进行无水钻孔并取出岩芯，清理空穴后涂单组分聚氨酯结构胶，将全向反射型的多功能蓄能发光突起路标就位，在其顶部施加压力，排除空气、调整就位。

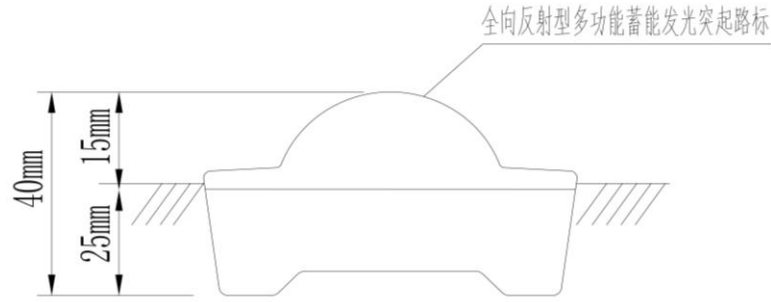


图 7.1.7 全反射型多功能蓄能发光突起路标安装示意图

7.1.8 在胶黏剂固化前，多功能蓄能发光突起路标不能受力，应做好养护管理和交通管理工作；胶黏剂固化后，才能开放交通。

7.1.9 多功能蓄能发光突起路标安装质量要求：

- 1 按设计要求及产品说明书安装牢固。
- 2 安装完成后应与公路隧道线形协调一致，应反光明亮、线条流畅；装平面允许偏差 ± 10 mm，高度允许偏差 0、+2 mm。

1) 检验方法：尺量、目视。

2) 检查数量：不小于总数量的 5 %。

7.1.10 使用中发现松动、损坏和反射系数降至初始值 60 %以下时，均应及时更换。

7.2 技术指标要求

7.2.1 多功能蓄能发光突起路标外观质量应成型完整，颜色均匀、外部无毛刺、气泡、裂纹、划痕、变形等现象，耐磨损、耐盐雾腐蚀、耐温度循环、机械性能应满足 GB/T 24725 规定，技术指标要求应符合表 7.2.1 规定。

表 7.2.1 多功能蓄能发光突起路标技术指标

序号	项目					指标	检测方法
1	外观要求					壳体成型完整、坚硬、光滑、色泽均匀， 无裂缝、损伤等现象	按 GB/T 24725 执行
2	尺寸（mm）		边长或直径			100±2	
			高度			≤ 25	
			面向行车方向的坡度			≤ 45°	
3	色度性能		表面色			符合 GB/T 24725 的规定	
			逆反射色				
4	^a 反光强度系数 mcd/lx		观察角	0.2 ⁰	水平	0 ⁰	
						±20 ⁰	≥ 272
				0.33 ⁰	入	±5 ⁰	≥ 472

			1.0°	射 角	±10 ⁰	≧74	
			2.0°		±15 ⁰	≧11.8	
5	机械性能	冲击			冲击点为圆心，直径 12 mm 外无破损		
		抗压			≥160 kN		
		纵向弯曲			≥9 kN		
6	耐磨损性能				≥50 %		
7	耐温度循环性能				无破碎，无剥离，无分层		
8	耐盐雾				无变色或侵蚀痕迹		
9	^b 发光亮度 mcd/m ²	激发停止 10 min 时			≥145		按 JG/T446 执 行
		激发停止 1 h 时			≥25		
10	余辉时间/h				≥12		
11	耐候性，600 h	外观			无明显的褪色、粉化、龟裂等现象		按 GB/T 22040 执行
		色度			满足色坐标规定		
		反光强度系数损失，%			≦20		
		发光亮度损失，%			≦20		按 JG/T 446 执 行
		余辉时间/h			≥12		
12	负离子释放量				≥350 个/cm ³		按本规程附录 A 执行

注：a.白色的反光强度系数为 1.0，黄色的反光强度系数为 0.6；

b.白色的发光亮度系数为 1.0，黄色的发光亮度系数为 0.45。

8 多功能蓄能发光标线

8.1 一般规定

8.1.1 道路标线设置要求应符合国家标准《道路交通标志和标线-第三部分道路交通标线》（GB5768.3）的相关要求，在多雨雾道路或旅游道路可采用多功能蓄能发光标线，高速公路及其他各等级道路宜采用热熔普通标线组合多功能蓄能发光标线钉的标线诱导。

8.1.2 热熔普通标线组合多功能蓄能发光标线钉可提高标线诱导的全寿命使用周期，提高雨、雾、夜间道路和公路隧道中车道纵向分界线的交通安全诱导功能。

8.1.3 多功能蓄能发光标线钉由多功能蓄能发光反射体和基体组成，结构示意图如图 8.1.3。

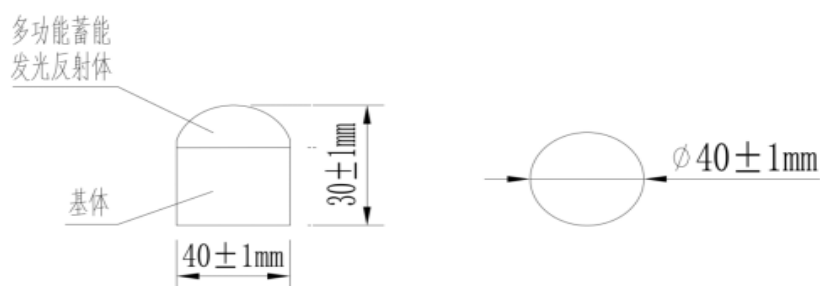


图 8.1.3 多功能蓄能发光标线钉结构形状示意图

8.1.4 多功能蓄能发光标线钉组合普通标线使用时，根据需要可选择白色，也可用黄色。在虚标线中多功能蓄能发光标线钉布设示意图 8.1.4 (a)，图中 $a=4\text{ m}$ 、 $b=6\text{ m}$ 、 $c=1\text{ cm}$ 或 $a=6\text{ m}$ 、 $b=9\text{ m}$ 、 $c=1\text{ cm}$ ；在实标线中多功能蓄能发光标线钉布设示意图 8.1.4 (b)，图中 $a=4\text{ m}$ 或 $a=6\text{ m}$ 。

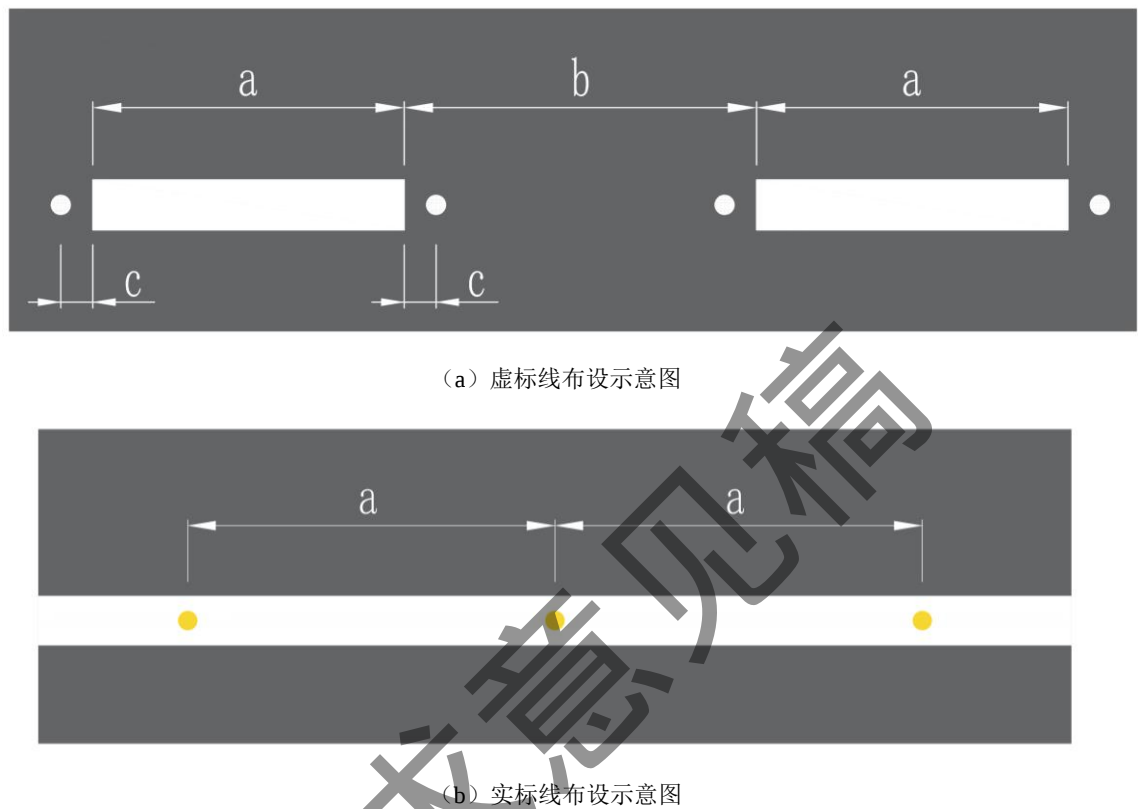
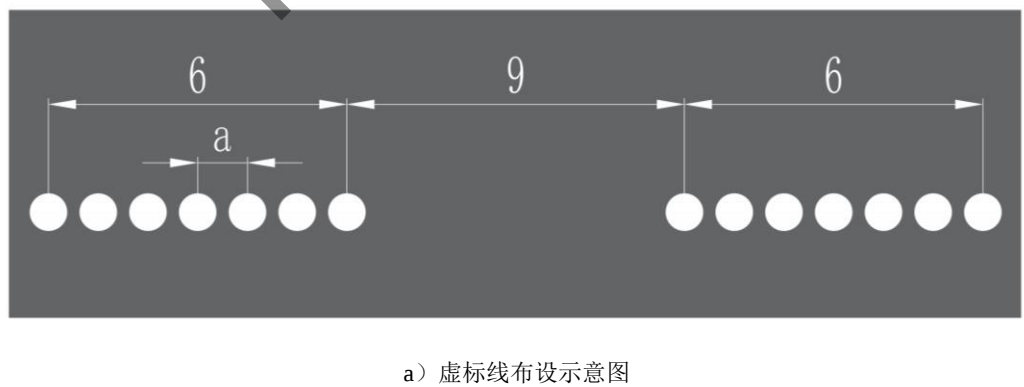
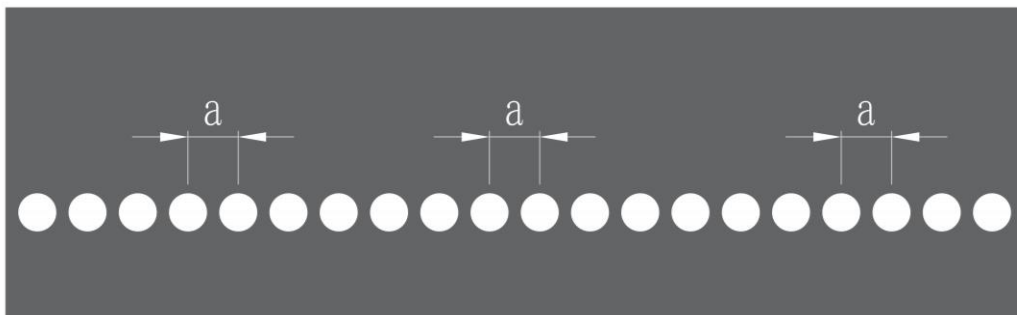


图 8.1.4 虚标线和实标线应用多功能蓄能发光标线钉的纵向布设示意图

8.1.5 多功能蓄能发光标线钉也可单独作为纵向标线使用，单独使用代表虚线和实线布设示意图 8.1.5，代表实标线的多功能蓄能发光标线钉的纵向间距应符合表 8.1.5 的规定。





b) 实标线布设示意图

图 8.1.5 虚标线和实标线应用多功能蓄能发光标线钉的纵向布设示意图

表 8.1.5 实标线应用多功能蓄能发光标线钉的纵向间距规定

项目名称	设置位置	标线钉纵向间距		
		低等级公路	城市道路、二级公路	高等级公路
多功能蓄能发光标线钉	道路车行道分界线	0.5 m~1.0 m	1.0 m~1.2 m	1.2 m~1.5 m
	隧道车行道分界线	0.5 m~1.0 m	1.0 m~1.2 m	1.2 m~1.5 m

8.1.6 多功能蓄能发光标线钉单排布设时，宜安装在车行道分界中线位置，具体见示例图 8.1.6。

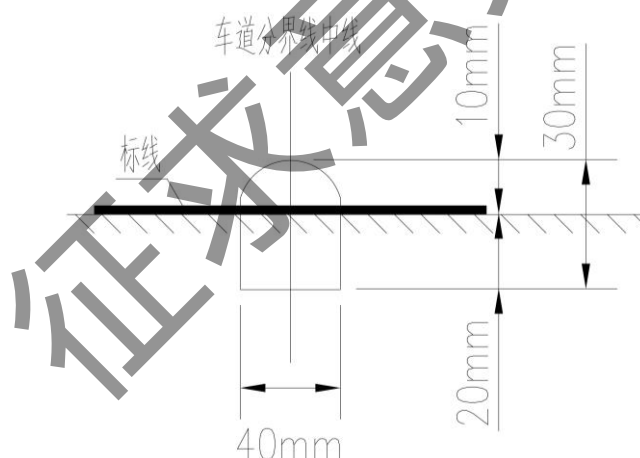


图 8.1.6 多功能蓄能发光标线钉单排布设示意图

8.1.7 多功能蓄能发光标线施工时，路面应清洁干燥，不得存在松散颗粒、灰尘、沥青渣、油污或其他有害物质。

8.1.8 应根据设计文件的要求确定多功能蓄能发光标线位置和标线宽度、长度，在路面上划出位置。

8.1.9 多功能蓄能发光标线正式施划前应进行试划，以检验划线车的行驶速度、线宽、标线厚度、玻璃撒布量等能否满足要求；调试合格后才能开始正式施工。

8.1.10 多功能蓄能发光标线施工时，应按设计文件的要求留出排水孔，位于禁止超车线处的突起路标应空出其位置。

8.1.11 多功能蓄能发光标线钉施工前，道路路面应清洁、干燥，整洁，并根据设计文件要求，确定标线钉中心线，画出中心线并按标线钉设计间距标出标线钉安装位置。

8.1.12 采用组合式多头开孔专用，选择钻头直径、设定钻头间距与钻孔深度，将钻机移至指定位置，按照操作要求钻孔作业；当一组钻孔结束后，将钻机移动至下一组钻孔位置继续作业。

8.1.13 将芯样从孔中取出，清理空穴后涂单组分聚氨酯结构胶，将多功能蓄能发光标线钉就位，在其顶部施加压力，排除空气、调整就位。

8.1.14 在多功能蓄能发光标线或多功能蓄能发光标线钉的施工过程中，应边始终保持路面清洁，不污染不损坏，一个路段施工完成应采用路锥对成品进行防护，在标线热熔涂料或标线钉安装结构胶未固化之前严禁人员踩踏或车辆碾压。

8.1.15 多功能蓄能发光标线、多功能蓄能发光标线钉施工中，每一批次标线涂料或标线钉进场时都应检查色度是否满足设计要求，并取样试验，应按本规程规定的检测项目检测，并符合技术指标要求的规定。

8.1.16 多功能蓄能发光标线的施工质量验收

1 标线的宽度、长度应符合设计文件的规定，且允许偏差 + 5 mm；

1) 检验方法：钢尺测量。

2) 检查数量：每 1km 测 3 处，每处测 3 点。

2 标线的厚度应符合设计文件的规定，且允许偏差 + 0.5mm、- 0.1mm。

1) 检验方法：标线厚度测定仪或卡尺测量。

2) 检查数量：每 1 km 测 3 处，每处测 6 点。

3 标线线形应流畅，与公路隧道线形相协调，曲线圆滑，不得出现折线，横向偏位≤30 mm。

1) 检验方法：丈量。

2) 检查数量：每 1 km 测 3 处，每处测 3 点。

4 标线逆反射系数应满足本规程技术要求的规定。

- 1) 检验方法：标线逆反射测试仪。
- 2) 检查数量：每 1 km 测 3 处，每处测 9 点。
- 5 标线发光亮度验收应符合下列规定：

1) 采用 D₆₅ 光源在 1000 lx 的照度下照射 5 min，用瞄点式亮度计在照射面瞄准待测点，调整好目镜观测焦距，分别在停止照射 10 min、1 h 时读取延时发光亮度值；

- 2) 标线的发光亮度应满足本规程技术要求的规定。
- 3) 检查数量：每 1 km 测 3 处，每处测 9 点。

8.1.17 多功能蓄能发光标线钉的施工质量验收

- 1 按设计要求及产品说明书安装牢固。
- 2 安装位置、间距及凸出路路面高度应符合设计文件的要求；允许偏差：纵向间距±10 mm、横向偏位±2 mm、突出路面高度误差 0、-2 mm。

3 标线钉安装完成后线形要流畅与道路线要协调，曲线圆滑，不允许出现折线现象。

- 1) 检验方法：尺量；目视。
- 2) 检查数量：不小于总数量的 5 %。

8.1.18 多功能蓄能发光标线使用应经常检查其反射系数、发光亮度，当反射系数、发光亮度损失降至初始值的 60 % 以下时，应予更换重新施工；多功能蓄能发光标线钉使用中发现松动、损坏和反射系数降至初始值 60 % 以下时，应及时更换。

8.2 技术指标要求

8.2.1 多功能蓄能发光标线涂膜外观、不粘胶干燥时间、色度性能、抗压强度、涂层低温抗裂性、加热稳定性应满足 JT/T280 规定，技术指标要求应满足表 8.2.1 规定。

表 8.2.1 多功能蓄能发光标线技术指标

序号	检测项目		检测指标	检验方法
1	密度, g/cm ³		1.8~2.3	按 JT/T 280 执行
2	软化点, °C		90~125	按 GB/T 9284 执行
3	涂膜外观		干燥后，应无皱纹、斑点、起泡、裂纹、脱落、粘胎现象，涂膜的颜色和外观应与标准板差别不大	按 JT/T 280 执行
4	不粘胶干燥时间, min		≤3	
5	色度性能	白色	符合 JT/T 280 的规定	

	(45/0)	黄色		
6	抗压强度, Mpa		≥12	
7	耐磨性, mg(200 转/1000g 后减重)		≤80 (JM-100 橡胶砂轮)	按 GB/T 1768 执行
8	耐水性		在水中浸 24 h 应无异常现象	按 GB/T 1733 执行
9	耐碱性		在氢氧化钙饱和溶液中浸 24 h 应无异常现象	按 GB/T 9265 执行
10	玻璃珠含量, %		25~60	按 JT/T 280 执行
11	流动度		35±10	
12	逆反射系数 mcd/(lx.m ²)	白色	≥150	按 GB/T 16311 执行
		黄色	≥100	
13	发光亮度 mcd/m ²	激发停止 10 min 时	≥120	按 JG/T 446 执行
		激发停止 1 h 时	≥20	
14	涂层低温抗裂性		-10℃保持 4 h, 室温放置 4 h 为一个循环, 连续做三个循环后应无裂纹	按 JT/T 280 执行
15	加热稳定性		200℃~220℃在搅拌状态下保持 4 h, 应无明显泛黄、焦化、结块等现象	
16	人工加速耐候性, 600h	外观	不产生龟裂、剥落	按 JT/T 280 及 JG/T 446 执行
		粉化	允许轻微粉化	
		变色	允许轻微变色, 色品坐标不超出规定的范围	
		亮度因素变化/%	≤20	
		发光亮度下降率/%	≤20	
		余辉时间/h	≥12	
17	负离子释放量		≥350 个/cm ³	按本规程附录 A 执行

8.2.2 多功能蓄能发光标线钉外观质量应成型完整, 颜色均匀、外部无毛刺、气泡、裂纹、划痕、变形等现象, 耐磨损、耐盐雾腐蚀、耐温度循环、机械性能应满足 GB/T24725 规定, 多功能蓄能发光标线钉的技术指标要求相同于多功能蓄能发光突起路标, 见表 7.2.1。

9 多功能蓄能发光标牌

9.1 一般规定

9.1.1 多功能蓄能发光标牌适用于各等级公路工程, 用于传递道路行车方向、地点、距离、

设计限速、警告、禁令、指示等信息。

9.1.2 多功能蓄能发光标牌的分类、颜色、形状、字符、图像、尺寸应符合 GB5768.2《道路交通标志和标线 第二部分：道路交通标志》的规定。

9.1.3 多功能蓄能发光标牌设置方法应符合 JTG D81《公路交通标志和标线设置规范》及 JTG D70/2《公路隧道设计规范 第二册交通工程与附属设施》的相关规定。

9.1.4 多功能蓄能发光标牌的支撑方式选取应考虑公路等级、交通量、车型构成、车道数、沿线构造物分布、风荷载大小及路侧条件等因素。

9.1.5 为提高公路品质工程的建设需求，各等级公路和高速公路、尤其是公路隧道的道路交通标志宜采用多功能蓄能发光标牌。

9.1.6 多功能蓄能发光标牌施工应执行 JTG D71《公路交通安全设施施工技术规范》，工程质量验收应执行 JTG F80/1《公路工程质量检验评定标准》。

9.2 技术指标要求

9.2.1 多功能蓄能发光反光膜具有逆反射、自发光、自洁净的功能，其外观质量无缺陷，抗冲击性、抗弯曲、耐候性能良好，光度性能应满足表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 多功能蓄能发光反光膜光度性能

观测角	入射角	最小逆反射系数 ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)									检验方法
		白色	黄色	橙色	红色	绿色	蓝色	棕色	荧光黄绿	荧光黄	
0.2°	-4°	580	435	200	87	58	26	17	460	350	GB/T 18833
	15°	348	261	120	52	35	16	10	276	210	
	30°	220	165	77	33	22	10	7.0	180	130	
0.5°	-4°	420	315	150	63	42	19	13	340	250	
	15°	252	189	90	38	25	11	7.8	204	150	
	30°	150	110	53	23	15	7.0	5.0	120	90	
1°	-4°	120	90	42	18	12	5.0	4.0	96	72	
	15°	72	54	25	11	7.2	3.0	2.4	58	43	
	30°	45	34	16	7.0	5.0	2.0	1.0	36	27	

9.2.2 多功能蓄能发光反光膜在白昼天及夜间逆反射所表现的表面色应符合下表规定。

表 9.2.2-1 多功能蓄能发光反光膜昼间表面色技术要求

颜色	色品坐标 (标准照明体 D65, 几何条件 45a: 0°, 2° 视场角)								亮度因数
	1		2		3		4		无金属镀层
	x	y	x	y	x	y	x	y	
白	0.350	0.360	0.305	0.315	0.295	0.325	0.340	0.370	≥0.27
黄	0.545	0.454	0.494	0.426	0.444	0.476	0.481	0.518	0.15-0.45
橙	0.558	0.352	0.636	0.364	0.570	0.429	0.506	0.404	0.10-0.30
红	0.735	0.265	0.681	0.239	0.579	0.341	0.655	0.345	0.02-0.15
绿	0.201	0.776	0.285	0.441	0.170	0.364	0.026	0.399	0.03-0.12
蓝	0.049	0.125	0.172	0.198	0.210	0.160	0.137	0.038	0.01-0.10
棕	0.430	0.340	0.610	0.390	0.550	0.450	0.430	0.390	0.01-0.09
灰	0.305	0.315	0.335	0.345	0.325	0.355	0.295	0.325	0.12-0.18
荧光黄绿	0.387	0.610	0.369	0.546	0.428	0.496	0.460	0.540	≥0.60
荧光黄	0.479	0.520	0.446	0.483	0.512	0.421	0.557	0.442	≥0.40

表 9.2.2-2 多功能蓄能发光反光膜夜间逆反射的反光颜色

颜色	色品坐标 (标准照明体 A, 2° 视场角)							
	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
黄	0.513	0.487	0.500	0.470	0.545	0.425	0.572	0.425
橙	0.595	0.405	0.565	0.405	0.613	0.355	0.643	0.355
红	0.650	0.348	0.620	0.348	0.712	0.255	0.735	0.265
绿	0.007	0.570	0.200	0.500	0.322	0.590	0.193	0.782
蓝	0.033	0.370	0.180	0.370	0.230	0.240	0.091	0.133
棕	0.595	0.405	0.540	0.405	0.570	0.365	0.643	0.355
荧光黄绿	0.490	0.520	0.473	0.490	0.523	0.440	0.550	0.449
荧光黄	0.554	0.445	0.526	0.437	0.569	0.394	0.610	0.390

9.2.3 多功能蓄能发光反光膜的技术指标除光度性能、色度性能外，其余技术指标要求应满足下表规定。

表 9.2.3 多功能蓄能发光反光膜耐久性及其自发光技术指标要求

序号	检测项目	检测指标	检验方法
1	外观质量	表面平滑、洁净，无划痕、气泡、颜色及逆反射不均匀等缺陷；防粘纸无缺陷	GB/T 18833
2	抗冲击性能	受到冲击的表面以外不应出现裂缝、层间脱落或其它损坏	GB/T 18833
3	耐弯曲性能	能承受适度弯曲，按规定试验后不出现裂缝、剥落或层间损坏	GB/T 18833
4	附着性能	5 min 后的剥离长度不应大于 20 mm	GB/T 18833
5	收缩性能	无明显收缩，任何一边的尺寸在 10 min 内，其收缩不应超过 0.8 mm；在 24 h 内，其收缩不应超过 3.2 mm	GB/T 18833
6	防粘纸可剥离性能	手工剥下，无破损、撕裂或带下粘合剂等损坏	GB/T 18833
7	耐溶剂性能	无软化、皱纹、渗漏、起泡、开裂或被溶解等损坏	GB/T 18833
8	耐盐雾腐蚀性能	无变色、渗漏、起泡或被侵蚀等损坏	GB/T 18833
9	耐高低温性能	无裂缝、软化、剥落、皱纹、起泡、翘曲或外观不均匀	GB/T 18833
10	a 发光亮度 (mcd/m ²)	激发停止 10 min 时 ≥ 100	JG/T 446
		激发停止 1 h 时 ≥ 15	
11	b 余晖时间/h ≥ 12		JG/T 446
12	耐候性能 人工加速 老化, 1800 h	外观 无裂缝、气泡、变形、粉化	GB/T 16422.2 JG/T 446
		逆反射系数损失/% $\leq 20\%$	
		发光亮度损失/% $\leq 20\%$	
		余晖时间/h ≥ 10	

注：a. 发光亮度以白色逆反射膜发光亮度系数 1.0，则黄色、蓝色、绿色、红色膜的发光亮度系数依次为：0.60、0.55、0.40、0.20；

b 余晖时间以白色逆反射膜亮度为代表。

附录 A 多功能蓄能发光材料负离子释放量测试方法

A.1 仪器设备

A.1.1 多功能蓄能发光材料负离子释放量测试仓应选用带有空气过滤装置的玻璃仓(见图 A.0.1)，且测试仓内部尺寸应为 1200 mm×1040 mm×800 mm。

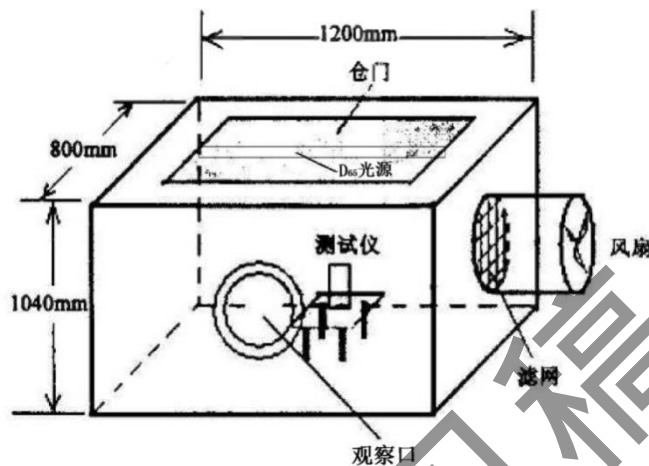


图 A.1.1 多功能蓄能发光涂层涂料负离子释放量测试仓结构示意图

A.1.2 应选用漂移率为 $\pm 5\%$ 、离子分解能力为 10 个/CC 的负离子测试仪。

A.2 试验要求

A.2.1 测试环境温度应为 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

A.2.2 测试环境相对湿度应为 $40\%\sim 60\%$ 。

A.2.3 试验室洁净度应符合《洁净厂房设计规范》GB 50073 的要求，万级洁净度含尘浓度 $\geq 0.5\mu\text{m}\leq 350$ 粒/L。

A.2.4 试验室应采用单独供电净化电源。

A.2.5 试验室内不应有剧烈震动和噪音。

A.2.6 试验时室内应避免空气大幅度流动，实验设备应接地良好。

A.3 试验步骤

A.3.1 按表 A.3.1 的要求提前做好待测试产品，并在自然条件下完全干燥后待用。

表 A.3.1 多功能蓄能发光材料负离子释放量测试数量要求

产品名称	数量要求
多功能蓄能发光涂层涂料	2 m ² 试板
多功能蓄能发光轮廓带	1 只
多功能蓄能发光拱部诱导标	1 只
多功能蓄能发光轮廓标	1 只
多功能蓄能发光突起路标	1 只
多功能蓄能发光标线钉	3 只
多功能蓄能发光标线	2 m ² 试板

A.3.2 应开启仓门，将负离子测试仪放入测试仓内，开启换气扇使清洁空气进入仓内（开启时间 20 min）。维持仓内温度、湿度稳定后，密闭测试仓。待 24 h 后，间隔 1 min 测量记录 6 个数据并计算算术平均值 A_0 。

A.3.3 开启仓门，将多功能蓄能发光材料的试板或试样放入测试仓内，同时将负离子测试仪放入测试仓内对应位置，开启换气扇使清洁空气进入仓内（开启时间 20 min）。维持仓内温度、湿度稳定后，密闭测试仓。待 24 h 后，间隔 1min 测量记录 6 个数据并计算算术平均值 A 。

A.4 试验数据处理

A.4.1 多功能蓄能发光涂层涂料负离子释放量应按下式计算：

$$C=A-A_0 \quad (A.4.1)$$

式中， C ——样品负离子释放量，单位为个/cm³；

A ——具有多功能蓄能发光涂层涂料的空气负离子总量，单位为个/cm³；

A_0 ——无多功能蓄能发光涂层涂料的本底空气负离子量，单位为个/cm³。

附录 B 多功能蓄能发光涂层涂料发光环境主峰波长测试方法

B.1 仪器设备

多功能蓄能发光涂层涂料发光环境主峰波长测试所用光谱辐射仪应符合下列规定：

B.1.1 波长测量范围应为 380 nm~780 nm，光学带宽应为 2 nm，波长精准度应为 ± 0.3 nm。

B.1.2 色坐标精准度 (x, y) 应为 ± 0.0015 ，色坐标 (x, y) 重复性应为 $\pm 0.00015x$, $\pm 0.0002y$ (蓝光, LED)。

B.1.3 探头感光面直径应为 8 mm~15 mm。

B.2 试件要求

B.2.1 试验所用样品板可采用普通细木工板，尺寸应为 900 mm×900 mm。材质不应影响激发光源的光谱特性。

B.2.2 应在样品板表面应分别均匀涂覆底漆和面漆，制备方法应符合现行行业标准《建筑用蓄光型发光涂料》JG/T 446 中的规定。测量前应将试板放置在不透光的黑色容器中，避光保存 24 h 以上。

B.2.3 试验所用激发光源应为 D₆₅ 标准光源，色温应为 (6500±300) K，显色指数应大于 80。

B.2.4 测试室应采用 900 mm (L) ×900 mm (W) ×900 mm (H) 的密闭空间，可由 6 块 900 mm×900 mm 试板组成；顶部中心位置应开有直径 5 mm 的圆孔，并应放置 D65 标准光源，且高度距离顶部 100 mm；底部中心位置靠边 50 mm 应开有直径 10 mm 的圆孔，并应放置测试探头（见图 B.2.5）。

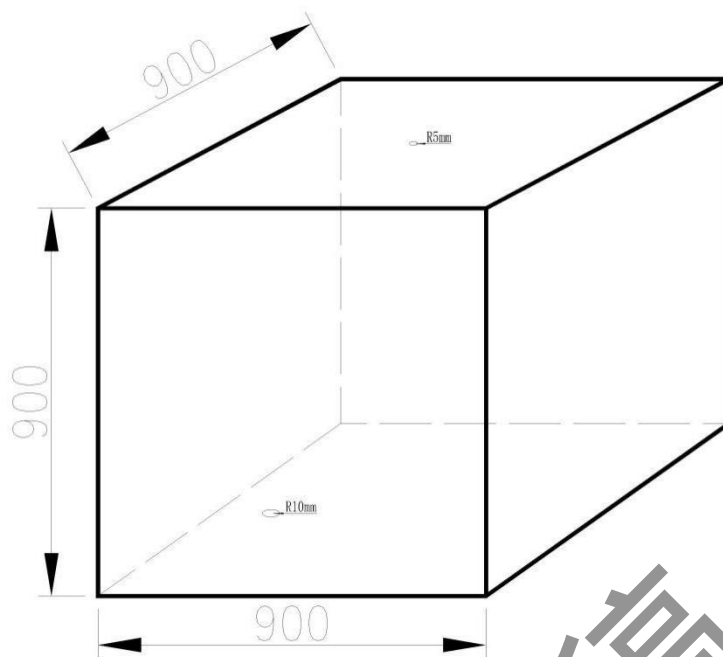


图 B.2.5 实验布置图

B.3 试验步骤

B.3.1 测试过程中，测试室应密闭，周围不应有外部光源和环境杂散光源。探头应有遮挡，不应直接与激发光源的照射范围接触，且试板表面温度不应超过 25 °C。

B.3.2 将多功能蓄能发光涂层涂料试板组装成立方体测试室，D₆₅ 标准光源放入其中，并将测试探头放置于规定位置。

B.3.3 打开 D₆₅ 标准光源照射 10 min，然后关闭 D₆₅ 标准光源，开启光谱辐射计，测试发光环境主峰波长。

用词说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
- 2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
- 3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“行”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《XXXXX》(XXX)的有关规定”。
- 2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本规程第 X 章的有关规定”“应符合本指规程第 X.X 节的有关规定”“应按本规程第 X.X.X 条的有关规定执行”

条文说明

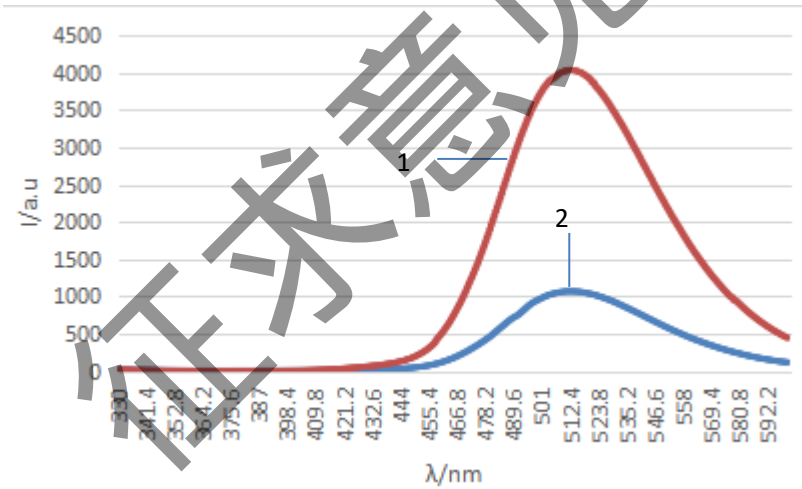
征求意见稿

1 总则

- 1.0.1 多功能蓄能发光材料具有增光增亮、自发光、释放负离子的功能，公路工程中使用可提高公路工程运营安全、节能与环保的水平。
- 1.0.2 对本规程范围作出了规定。
- 1.0.3 本规程是公路工程中现行国家、行业有关标准的补充，相关条款不得违反国家、行业规范的规定。

2 术语

2.0.1 多功能蓄能发光材料中的蓄能发光体不同于普通蓄能（也称蓄光）发光体，虽然他们都含有碱土激活的稀土长余辉成分，但因添加微量元素的不同，前者与后者的本质区别是其发光中心的原子核外电子在人眼不可见电磁波作用下发生电子跃迁，产生增光、延时发光的现象，且发光光谱宽、强度高，具有弥补人造光谱缺失，提高人眼视觉能力的作用；而后者是在可见光作用下发生电子跃迁，只产生延时发光，不具备增光增亮的功能（如图 2.0.1）。



1 多功能蓄能发光体；2 蓄能/蓄光发光体

图 2.0.1 多功能蓄能发光体与蓄能/蓄光发光体荧光光谱发射峰对比

3 基本规定

3.1~3.2 多功能蓄能发光材料具有增光增亮、延时发光、释放负离子的功能，其蓄收人眼不可见的 380 nm 一下的电磁波，释放人眼可见并可明显提高人眼视认性的 480 nm-580 nm 波长光谱，其与高分子材料合成 为涂层涂料、交通安全设施产品，对公路工程的低碳、环保、文旅融合、提高品质工程建设具有促进意义。

4 多功能蓄能发光涂料

4.1.1~4.1.5 多功能蓄能发光涂料耐候性好，具有抗紫外线、自洁净等特殊功能，其用于公路基本车行和人行涵洞、路面分隔墩、桥梁墩柱、箱梁、护栏及隧道壁面装饰，可明显减少汽车尾气污染，并具有夜间亮化和引导指示照明的作用。公路隧道的试验研究表明：自然光对隧道内的照明有效影响一般为 60 m~80 m，在双车道公路隧道壁面在进出口全断面、其余长度范围两侧拱墙壁面 3 m 高涂装多功能蓄能发光涂层涂料，在 LED 灯、高压钠灯等不同光源的照射下，实测增光增亮率分别为 31.2 %和 35 %、隧道内路面照明的总均匀度分别提高 12 %和 13.7 %、纵向均匀度分别提高 73 %和 68 %；隧道进口针对 150 mm×150 mm×150 mm 的黑色六面小物体视距增加 73 m、在隧道洞身内提高小物体的可视距离分别为 32 m、21 m；在隧道内分别用 LED 灯、高压钠灯、日光灯和节能灯照明测试其原始光谱主峰分别是 490.8 nm、593.6 nm、498.2 nm 和 511.7 nm，当隧道壁面喷涂多功能蓄能发光涂层涂料后，照明光环境中的光谱主峰值分别位移成 505.9 nm、583.7 nm、536.1 nm 和 560.2 nm。多功能蓄能发光涂料与纳米硅负离子涂料组合进行隧道精准救援的图案、文字指示设计，以提高安全救援率。

4.1.6~4.1.9 多功能蓄能发光涂层涂料在无冻天气施工时，混凝土基面含水率不大于 35 %状态下也可以施工多功能蓄能发光隧道壁面涂料，但是基面上不能有明水现象。涂料涂膜厚度是指底漆、下面发光漆、上面保护漆的干膜总厚度。发光涂膜越厚，发光亮度会越高，涂层涂料施工时发光漆干膜厚度不得小于 80 μm。

4.1.10~4.1.13 多功能蓄能发光涂料施工时应先做样板段，再根据样板段的工艺控制施工参数。

4.1.14 质量验收是施工评价的依据，现场验收发光亮度时，应用瞄准式亮度仪测量多功能蓄能发光涂层涂料的延时发光亮度前，应针对待测点调整好目镜的观测焦距，具体为反复调整目镜焦距旋钮，使目视点图像最清晰时为目视最佳焦距。

在现行国家标准《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327 中强调了原材料的抽样检测，但对施工后的现场附着力及耐沾污检测未作出规定，如果需对施工后的现场附着力及耐沾污进行质量检测，可由建设、设计、监理、施工单位共同商议检测批次、区域及方法，认真选择试验检测位置，确保检测的有效性，应保证漆膜干燥后才可进行现场检测。

现场附着力检测可参考《色漆和清漆漆膜的划格试验》GB/T 9286 规定的方法，可在每个检验批区域内随机选择三个不同位置，此三个位置的相互间距和检验区域边缘间距均不小于 5 mm。每个检测位置 15 mm×15 mm，沿横竖每个方向切割，切割间距 3 mm、每个方向切割 6 道，检测位置被切割形成 25 个边长 3mm 的正方形切割图，保证所有切割都划透漆膜达到底基材表面，底基材的表面必须牢固、坚硬、无松动破坏。用软毛刷沿网格图形每一条对角线，轻轻地向后扫几次，再向前扫几次，然后用透明压敏胶粘带压贴和撕离切割图，具体按 GB/T 9286 执行，附着力评价应为 0 或 1 级为合格。

1 耐水、耐碱、耐酸性

涂料用于壁面装饰经常会遇到水、酸性和碱性物质的侵蚀，日积月累会造成涂层粉化、开裂和脱落。为提高多功能蓄能发光涂层涂料的使用寿命和环境适应能力将耐水、耐碱、耐酸性提高到 720h 无异常。

2 可见光反射率

涂层反射率关系到照明空间明亮度和均匀性，提高可见光反射率指标有利于节能照明和改善光照环境。

3 耐人工气候老化性

涂料等高分子有机物其自然老化周期较长，不同的年份、季节和地区差异会导致其具有不同的自然老化周期，人工加速老化试验是模拟阳光、雨水、露水等条件对涂料涂层造成的危害试验以测试其使用寿命。文献资料分析表明：现行标准涂料人工加速老化试验与我国不同地域的自然老化周期相比，人工加速老化试验的 70~120 h 应相当于户外 1 年的自然老化周期。本规程规定隧道壁面涂料耐人工气候老化时间 3000 h，应相当于其全寿命使用周期大于 20 年。

4 苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和

苯、甲苯、乙苯、二甲苯对人体的伤害是不言而喻的。《环境标志产品技术要求水性涂料》HJ 2537-2014 中规定苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和 ≤ 100 mg/kg，为保证绿色环保产品的先进性，本规程规定其苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和定为 ≤ 50 mg/kg。

5 游离甲醛

甲醛是一种无色有刺激性气味的有毒物质，具有强烈的刺激性、致敏性、促癌变性及影响遗传物质等危害。已有的大量研究表明，甲醛对人体健康的影响主要表现在皮肤黏膜、脏腑毒害、致癌变异及遗传变异等方面。《环境标志产品技术要求水性涂料》HJ 2537-2014 中规定建筑涂料的游离甲醛含量定为 ≤ 50 mg/kg，本规程规定游离甲醛的浓度 ≤ 5 mg/kg。

6 砷

砷是溶于水的有害物质，现有相关建筑装饰的国标规定：玩具涂料含量 ≤ 25 mg/kg，壁纸中有害物质砷的限量 ≤ 8 mg/kg。本规程规定砷的限量 ≤ 1 mg/kg。

7 可溶性重金属

铅（Pb）伤害人的脑细胞、致癌；镉（Cd）导致高血压，引起心脑血管疾病和肾功能失调；铬（Cr）会造成四肢麻木，精神异常；汞（Hg）对大脑神经、视力破坏极大。《环境标志产品技术要求水性涂料》HJ 2537-2014 中规定建筑涂料的重金属铅（Pb） ≤ 90 mg/kg、镉（Cd） ≤ 75 mg/kg、铬（Cr） ≤ 60 mg/kg、汞（Hg） ≤ 60 mg/kg，而多功能蓄能发光涂层涂料作为绿色环保产品规定重金属铅（Pb） ≤ 2.5 mg/kg、镉（Cd） ≤ 0.5 mg/kg、铬（Cr） ≤ 2.5 mg/kg、汞（Hg） ≤ 0.1 mg/kg。

8 抗霉菌性能、抗细菌性能

抗霉菌性提高了涂料在潮湿环境中的适应能力；抗细菌性可以有效杀死空气中的有害细菌并抑制细菌

的生产和繁殖。本涂料的抗霉菌、抗细菌的功能来源于涂膜与空气接触后源源不断地释放负离子能力，故其在使用中没有失效期限性。

9 负离子释放量

研究资料显示，负离子能够改善空气质量，有益于人体的身心健康，同时经试验证明其对消除“雾霾”也能起到积极促进作用。《负离子功能涂料》HG/T 4109-2009 中规定负离子释放量不低于 350 个/cm³。

《材料负离子发生量的测试方法》JC/T 1016-2006 介绍了静态法和动态法测试负离子释放量的方法，但未出强制要求必须采用哪一种方法测试负离子释放量。《负离子功能涂料》HG/T 4109-2009 规定采用静态测定法测定空气中的负离子浓度，该静态测定法设备是由中国建筑材料科学研究总院研发的不用抽风设备静态负离子测试仪。另外，国外规范未对负离子浓度的测定方法作出强制性规定，仅有日本规范《Standard for measuring methods of airborne ion density》JIS-B-9929-2006-ENG 中介绍了电容式负离子测试设备，其测定原理是电容式空气离子收集器收集空气离子携带的电荷，测量这些电荷形成的电流和取样空气流量，再换算出离子浓度，属于动态测试法；但该方法只是推荐，并不强制执行。目前常用的美国 Alphalab 有限公司生产的 AIR ION COUNTER、日本产的 KEC 系列空气离子测定仪等都属于动态法测试仪器。为方便科研人员继续研究负离子材料，本规程设计了一种简便、易操作的负离子测试方法。详见附录 B。

10 燃烧性能

因公路隧道中为了减少火灾时壁面装饰材料产生毒烟，隧道中的装饰材料应控制使用不燃材料。

11 发光主峰波长

科学研究表明：在暗环境中，480 nm~570 nm 光源光谱主波长可明显提高人眼视距。

纳米硅负离子涂料是多功能蓄能发光涂料的不发光型，其技术指标不包含发光亮度、余辉时间，将纳米硅负离子涂料与多功能蓄能发光涂料配合使用，是一种减少造价、提高品质工程建设的重要措施。

5 多功能蓄能发光隧道轮廓带及拱部亮化标

5.1.1~5.1.2 结合《公路隧道照明设计细则》（JTG/T D70/2-01）第 3.0.2 款规定，提出补充内容，我国交通法则规定汽车驶入隧道内必须开启车灯，在公路隧道内采用多功能蓄能发光材料进行多维光环境的视觉诱导完全可以满足行车需求，如图 5.1.1。当车辆驶离隧道后，在自然光和汽车灯光的作用下，多功能蓄能发光材料延时发光亮度满足低等级路非机动车和行人的通行需求。



图 5.1.1 无灯照明案例

在公路隧道内应用多功能蓄能发光材料形成多维光环境，当突然停电熄灯后，因汽车灯作用形成多维空间方位的视觉感知，不会影响司驾安全；在没有汽车行驶时，也不会给行人带来黑暗的恐惧感，如图 5.1.2。

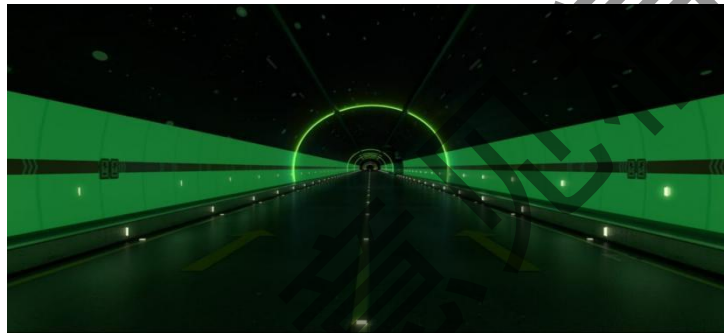


图 5.1.2 多功能蓄能发光材料在隧道内的延时自发光

同时，多功能蓄能发光材料的延时发光亮度、时间可满足火灾时的应急逃生指示照明要求，见表 5.1.2。

表 5.1.2 多功能蓄能发光涂层涂料在不同光源 30LX 照度下照射 5 分钟后的延时发光亮度表

时间 (min)	自然光 (cd/m ²)	LED 灯 (cd/m ²)	高压钠灯 (cd/m ²)	日光灯 (cd/m ²)	节能灯 (cd/m ²)	无极灯 (cd/m ²)	金属卤化物灯 (cd/m ²)
0	4.8600	0.9980	0.6600	0.2300	0.1010	1.2150	0.8700
10	0.5100	0.1010	0.1800	0.0520	0.0150	0.1060	0.1400
30	0.0620	0.0350	0.0100	0.0240	0.0070	0.0380	0.0360
60	0.0260	0.0160	0.0080	0.0140	0.0040	0.0040	0.0140
90	0.0190	0.0090	0.0060	0.0130	0.0040	0.0010	0.0080
120	0.0130	0.0070	0.0050	0.0100	0.0030	0.0009	0.0050
150	0.0090	0.0033	0.0020	0.0090	0.0010	0.0008	0.0021
180	0.0080	0.0027	0.0009	0.0070	0.0009	0.0007	0.0015
240	0.0042	0.0023	0.0008	0.0040	0.0008	0.0006	0.0008
300	0.0031	0.0011	0.0007	0.0033	0.0007	0.0006	0.0007
360	0.0025	0.0008	0.0007	0.0027	0.0006	0.0005	0.0006
450	0.0020	0.0007	0.0006	0.0023	0.0006	0.0004	0.0004

5.1.3 多功能蓄能发光隧道轮廓带、拱部诱导标可消除视觉疲劳、保障运营安全；与普通轮廓带、诱导标相比，多功能蓄能发光轮廓带、拱顶诱导标可有效减少污染、提高人眼视距。在隧道拱部诱导标在隧道进出口可明显减缓人眼瞳孔的扩缩变化率，在中间段是为了缓解和消除拱顶黑暗对司驾者心理的压抑现象。本条款设置距离和位置规定是根据隧道驾驶安全感分析及提升解决方法试验，并结合实践合理确定。

表 5.1.3 隧道驾驶安全感分析及提升解决方法表

安全需求	常见现象	信息记忆要求	选取信息形式
速度感	不能判定本车车速	瞬时（短距离，0.2-0.5s 行程）需要， 避免超速	高频信息：立面标记线、路缘突起路标、 路缘轮廓标
距离感	不能明确与前车车距，与路侧障碍物 距离	短时（中等距离，1s-2s 行程）需要， 避免碰撞	中频信息：侧墙轮廓标
方向感	不能明确前进线形方向	较长距离内需要（10s-20s），避免高度 错觉、宽度错觉，对大货车驾驶员更为 重要	低频信息：轮廓带
位置感	不能明确具体哪个隧道、隧道内具体 位置	超长距离内需要，避免位置错觉，有助 于行程提醒，便于救援、疏散	超低频信息：间距约为单体隧道长度， 不同隧道采用差异化颜色，隧道出入口 与中部采用差异化的轮廓带、反光条

5.1.4 当隧道轮廓带逆反射系数满足表 5.2.1 要求时，通过试验发现轮廓带宽度从 150 mm~250 mm，其反光明亮度和视觉警示效果无明显差别，为减少对隧道有限空间的侵占，隧道轮廓带带宽 150 mm 比较合适。

5.1.5 试验表明：在隧道进出口段沿隧道横断面 2 m~3 m、长度方向以 0.25 S~0.50 S 速度距离安装拱部诱导标可有效减缓司驾者眼睛瞳孔的变化速率，消除隧道进出口的“黑洞”、“盲光”现象；隧道洞内基本段的拱顶沿隧道横断面 2 m~3 m、长度方向以 0.55 S~1.35 S 速度距离设置满足要求的逆反射系数、反射面积 300 cm² 的多功能蓄能拱部诱导标，在汽车开小灯状态也具有良好的反射效果。

通过在隧道进口段安装多功能蓄能发光拱部诱导标和不安装两种情况对比试验：前者司驾人员的瞳孔增缩率明显小于后者，安装与不安装对人眼瞳孔变化速率影响见如图 5.1.5-3，多功能蓄能发光拱部诱导标的安装有效减缓了司驾者眼睛瞳孔的变化速率，从而提升了司驾者驾驶车辆出入隧道的安全性。

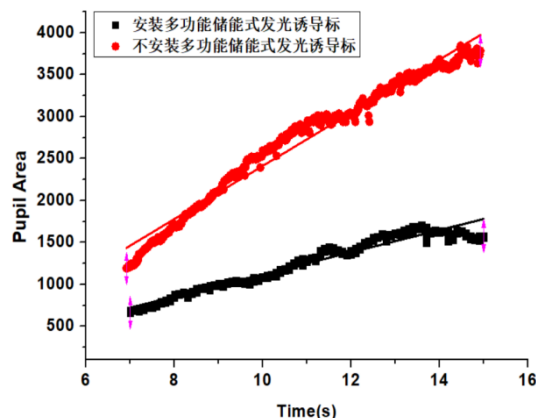


图 5.1.5-3 眼动参数随时间变化的拟合结果

目前我国新建的单体公路隧道越来越长，司驾人员长时间在公路隧道半封闭环境中行驶，容易产生视觉疲劳和心理压抑情绪，进而影响行车安全。试验发现，在隧道拱顶设置不同颜色的诱导，对司驾者会起到很好的警醒和缓解心理压抑、减少紧张情绪。

5.1.6~5.1.7 在单向行车的隧道安装单面逆反射自发光的多功能蓄能发光隧道轮廓带和拱顶诱导标,双向行车的隧道需要安装双面逆反射自发光的多功能蓄能发光隧道轮廓带和拱顶诱导标

6 多功能蓄能发光轮廓标

6.1.4~6.1.5 常规附着式轮廓标中有一种附着在波形护栏上的梯形轮廓标,实践表明,这种轮廓标非常易于被尘垢污染而失去作用,本标准中提出了“直立附着式轮廓标”取代波形护栏中的梯形轮廓标，其可安装在护栏钢管柱上端和护栏、分隔墩上端，适应性广、诱导效果好，不易被污染。

6.1.7 在多雨多雾路段可将使用“直立附着式多功能蓄能发光轮廓标”换成“自带太阳能板的直立附着式多功能蓄能发光有源轮廓标”，这种轮廓标穿透雨雾能力强，警示诱导安全性好。

6.1.8 在一些省份，公路隧道检修道侧壁经常安装有源闪烁轮廓标，这是非常不安全的，尤其在高速公路上，这种靠近地面并不停频闪的警示光源，在高速状态下极易产生视错觉，提高安全事故率。

6.1.9 轮廓标主要为了提高道路信息，合理的设置轮廓标可减少视觉疲劳现象，消除视距离误差现象。

6.1.10 多功能蓄能发光轮廓标安装时应检查设计要求，色度面是否正确。

6.2.1 多功能蓄能发光轮廓标具有逆反射、自发光、自洁净的功能，其与普通轮廓标相比，能明显提高人眼视认性。

7 多功能蓄能发光突起路标

7.1.1~7.1.3 多功能蓄能发光轮廓标在雨、雾中可明显提高人眼视认性，在道路边线外侧或进出口匝道标线、导流线标线外可用定向反射多功能蓄能发光突起路标，而在道路路中分界线处，宜用全向反射多功能蓄能

发光突起路标。

7.1.4 道路突起路标可提供路面车道信息，根据人脑对信息的瞬间记忆性，正确设置突起路标间距可消除视觉疲劳，减少人眼的速度和距离误差。

8 多功能蓄能发光标线

8.1.1~8.1.2 多功能蓄能发光标线不仅可以逆反射，还具有自发光、自洁净的功能，其为热熔标线，施工方法与普通热熔标线一致；普通标线组合多功能蓄能发光标线钉时，若采用热熔标线不需再散玻珠，此措施可降低造价并明显提高诱导效果，提高工程品质。

8.1.3 多功能蓄能发光标线钉的尺寸和安装高度是通过试验研究确定，当标线钉突起路面超过 1.5 cm、面积大于 20 cm² 时，可能会对高速行驶的摩托车产生安全隐患。

8.1.4 普通标线，起到对道路车道分界线的警示、诱导信息作用，多功能蓄能发光标线钉具有 360° 逆反射和自发光功能；目前道路上使用的各种标线，包括雨雾标线，在被水覆盖后就会失去逆反射的作用，故在雨天里交通事故率增加。试验表明：多功能蓄能发光标线钉即使被水淹没 15 cm 深度下，仍然具有逆反射和自发光的诱导效果，这样可有效保证雨雾恶劣天气下的道路交通诱导信息传递，保障交通安全；多功能蓄能发光标线钉使用寿命长，其抗磨损能力强，一般情况下，道路路面不损坏，是不需要更换标线钉的。

8.1.5 标线钉能够单独作为标线使用的原理，是因人眼具有“视觉暂留”现象。即光对人眼视网膜所产生的视觉在光停止后，仍会保留一段时间，原因是视神经的反应速度造成的，试验表明，物体在快速运动时，人眼可保留 0.02-0.2 秒左右的图像，按此视觉停留时间，根据车速布置标线钉的间距，可保证快速运动时，逆反射点连成一线。

8.1.9~8.1.13 多功能蓄能发光标线或多功能蓄能发光标线钉施工前都需要清洁路面，放样划线或定位，标线钉施工时固结胶一定要饱满牢固，无论是标线或是标线钉施工过程中都需要做好保护工作，标线涂料或者固定胶没干前绝对不能开发交通。

8.1.16 多功能蓄能发光标线钉安装时要认真控制好高度，其安装高度 6 mm~10 mm，不得小于 6 mm、也不得超过 10 mm；在一些低等级公路，当障碍物直径大于 4 cm、高度大于 10 mm 时，可能会对高速行驶的骑摩托车产生安全隐患。

8.2.1~8.2.2 多功能蓄能发光标线、多功能蓄能发光标线钉都应符合本规程规定的技术要求，在保证逆反射性、自发光技术要求外，更要重视其耐久性、耐磨性的要求。

9 多功能蓄能发光标牌

9.1.1~9.1.5 多功能蓄能发光标牌具有逆反射和自发光的功能，其能提高雨雾天里人眼的视认性，其各种分类、颜色、形状、字符、图像、尺寸应符合国家、行业规范标准的规定。在各等级公路上使用多功能蓄能发光标牌，会有利于提高安全性，并对安全指示、文旅融合起到促进作用。

9.2.1~9.2.3 多功能蓄能发光标牌的结构安全性应满足使用要求。

附录 A 多功能蓄能发光涂层涂料负离子释放量测试方法

当空气分子受到外界条件，如电离剂的作用后，获得足够的能量，而使原子核外围的电子摆脱原子核的束缚而跃出轨道变成自由电子，使失去电子的中性分子或原子变成带正电荷的离子；而跃出的自由电子很快地附着在某些气体分子或原子（特别容易附着在氧分子或水分子上），成为空气负离子（Aeroanion）。因此，空气负离子就是带负电荷的单个气体分子和轻离子团的总称。

多功能蓄能发光材料中的长余辉发光粉自身存在的微电容电离空气中的氧分子、水分子，使其不断产生负离子。

附录 B 多功能蓄能发光涂层涂料发光环境主峰波长

人造光源发出的光波在 480 nm~580 nm 多存在一定程度的缺失，而多功能蓄能发光涂层涂料在外界光源的激发下所发出的光波恰好介于 480 nm~580 nm 范围内，弥补了人造光环境中所缺少的光谱波长。同时，人眼在亮环境中最敏感的光波为 555 nm，在暗环境中最敏感的光波为 507 nm，通过多功能蓄能发光涂层涂料对光谱波长分布的补充可以显著提高人眼对物体的辨视能力，进而增加照明环境的显色指数。以上这些效果综合体现在当发生火灾或意外灾害时，多功能蓄能发光隧道壁面涂料可以很好的增强人们在烟雾环境和暗环境中的逃生可视能力。