

ICS 号
中国标准文献分类号

中国工程建设标准化协会标准

T/CECS XXXXX-2021

公路隧道内壁涂层技术规程

Technical specification for inner wall coating of highway tunnel

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工程建设标准化协会

发布

目 录

前 言	1
1 总 则	2
2 术 语	3
3 一般规定	4
4 材料性能要求	6
4.1 一般规定	6
4.2 性能要求	6
5 涂层设计	9
5.1 一般规定	9
5.2 涂层范围设计要求	10
5.3 涂层型式设计要求	11
5.4 涂层景观美学设计	13
6 涂层施工	15
6.1 一般规定	15
6.2 施工条件	16
6.3 施工流程	18
7 涂层质量验收	21
8 涂层维护	23
用词说明	25

征求意见稿

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于征集 2021 年第一批中国工程建设标准化协会标准（公路工程）立项申请书的通知》（中建标公路【2021】01 号）的要求，标准编制组经广泛调研，认真总结经验，参考国内外相关标准，本着“功能引领、安全可靠；需求导向、普遍适用；注重实用、经济合理；技术创新、引导行业”的指导思想，编制本标准。

本标准内容由一般规定、材料性能要求、涂层设计、涂层施工、涂层质量验收、涂层维护组成。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，由招商局重庆交通科研设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈至招商局重庆交通科研设计院有限公司（地址：重庆市南岸区学府大道 33 号；邮政编码：400067），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

本标准参编单位：重庆清徽节能环保科技有限公司、重庆交通大学、重庆沪渝高速公路有限公司、重庆渝黔高速公路有限公司、重庆成渝高速公路有限公司、中交一公局集团有限公司、招商局重庆公路工程检测中心有限公司、中国科学院上海硅酸盐研究所

本标准主要起草人：史玲娜、涂耘、李平、高正源、鞠加元、杨嘉、吴金锁、刘先明、郝纯宗、李传强、孙静、黄解放、李茂华、毛渝茸、唐海兵、耿志国、谭明军、刘贞毅、樊华、郭兴隆、罗巧、张计、代东林、代文可、何世永

本标准主要审查人：聂承凯

1 总 则

1.0.1 为提高公路隧道安全与服务水平，改善公路隧道行车环境，指导公路隧道内壁涂层建设、运营与维护工作，制定本规程。

【条文说明】

我国高速公路网络格局已基本形成，随着《交通强国建设纲要》《促进公路隧道提质升级行动方案》及“双碳”战略目标的推进，公路隧道行业正从“建设为主”向“服务型”转型升级。早期公路隧道建设与运营较为粗犷，一般仅重视车辆通行的基本安全需求，针对隧道耐污、舒适、亮化等节能、品质指标考虑较少，存在养护费用高、安全风险大等问题，已不能满足新时代对交通运输行业节能、环保的新要求及人们对出行环境高品质的新期望。

我国已开展大量公路隧道内壁涂层与节能、品质的相关研究，但应用于隧道内壁涂层的材料种类繁多，性能指标差异较大，市场相对混乱，目前在涂层设计、施工、验收及养护等方面仍缺乏指导性的标准。本规程将填补我国在公路隧道内壁涂层技术领域的空白，对规范和引导我国公路隧道内壁涂层建设可持续发展起到重要作用。

1.0.2 本规程适用于新建、改建和运营公路隧道内壁涂层设计、施工、质量验收与养护，其他公路隧道内壁涂层建设与养护可参考执行。

【条文说明】

本条规定了规程的适用范围，即本规程适用于新建、改建和运营的公路隧道涂层设计、施工、质量验收与养护，其他隧道可参考执行。

1.0.3 本规程涉及到产品、设计、检测和验收等内容，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定，严禁使用国家明令禁止的材料。

【条文说明】

本规程包括对内壁涂层的材料指标、设计、施工、验收及养护等要求，其中材料主要要求环境亮化、安全性、经济性及工程品质等性能指标，本规程未涵盖材料的全部技术指标及材料对应的、设计、检测和验收的全部要求，故本规程涉及到产品、设计、检测和验收等除满足本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定，严禁使用国家明令禁止的材料。

2 术 语

2.0.1 涂层 Coat

涂料一次施涂形成的固态连续膜，具有防护、绝缘及装饰等功能。依据所用涂料的种类而有不同的称呼，如底漆的涂层称为底漆层，面漆的涂层称为面漆层。

2.0.2 基层 substrate

施涂对象的表层，如混凝土、水泥砂浆、混合砂浆、外墙外保温系统、板材等表面及旧涂层。

2.0.3 表干时间 The tack-free time

表层成膜的时间，以小时（h）或者分钟（min）表示。

2.0.4 耐候性 Weathering resistance

即耐久性，指涂料在长期使用过程中，因受到外界条件的影响，如光照、冷热、风雨、细菌等造成的综合破坏的耐受能力，是一种综合性质。

2.0.5 耐洗刷性 Scrub resistance

膜在特定的条件下，经反复擦洗最终完全消失时，涂料耐擦洗的次数。

2.0.6 涂层厚度 Coating thickness

涂层完全固化后在混凝土或其他表明行成的厚度，一般以微米（ μm ）表示。

2.0.7 附着力 Adhesion

漆膜与被涂面之间结合的坚牢程度，以 MPa 表示。被涂面可以是裸底材或是涂漆底材。

2.0.8 反射率 Reflectance

涂层表面所能反射的光量和它所接受的光量之比，用百分数（%）表示。

2.0.9 耐沾污性 Stain resistant

反应涂层耐沾污能力的指标。涂层按规定要求沾污后，用其反射率系数下降率来表示。

3 一般规定

3.0.1 本规程所指涂层技术指除防火涂料之外的公路隧道用其他涂层技术。

【条文说明】

本规程所指涂层材料指除防火涂料之外的其他涂层材料，因防火涂料与本规程所指材料适用条件、性能指标等差异较大，且已有国家标准、行业标准规范，故本规程的相关设计、验收及养护等要求仅针对除防火涂料之外的其他涂层。

3.0.2 隧道涂层技术应用应符合环保性、经济性、耐久性原则，并因隧制宜注重与环境及景观的协调性。

【条文说明】

不同区域经济发展水平不同，公路隧道交通量、交通组成差异较大，对隧道涂层经济性、抗污性要求也不同，且我国幅员辽阔，北方气温低，空气干燥，涂层材料选型一般注重抗冻性和拉伸力，而南方气温高、易潮湿，多考虑防潮、防霉性能，且隧道涂层对行车环境改善、安全性提升及文化艺术宣传等具有直接效果，因此隧道涂层建设应根据各隧道特点制定，并注重与环境及景观的协调性。

3.0.4 隧道涂层技术应用应进行全寿命周期经济性分析。

【条文说明】

隧道涂层一般应用3~5年甚至更久，除隧道涂层建设投入以外，后续还需投入资金、时间和人力成本进行涂层清洗、维护及修理等。因此应将隧道涂层的材料采购、规划设计、建设、清洗维护、维修更换及拆除与处理等各阶段的投入及其在全寿命周期中所占比重进行系统分析，以保障工程品质，降低全寿命周期成本。

3.0.5 隧道涂层技术应用应满足环境亮化、美观协调、耐污易养护要求。

【条文说明】

隧道涂层材料性能指标繁多，各有差异，但建设主体、行业市场及交通参与者最为关注的是与资金投入、节能减排、绿色品质等相关指标要求。因此隧道涂层技术应用应注意突出中重点，解决主要关键指标，满足环境亮化、整洁协调、耐污易养护要求。

3.0.6 涂层材料除符合国家、行业相关标准要求外，还应结合材料适用性、功能性、经济性及绿色环保要求。

【条文说明】

涂层材料是影响工程品质及效果的关键因素，但市场上隧道涂层材料种类繁多，侧重点不同，目前材料选型存在随意性和盲目性，仍缺乏科学指导，而不同地区经济发展水平、自然条件及品质要求等特点具有较大差异，因此涂层材料除了满足国家、行业标准的基本要求外，还应重点围绕适用性、功能性、经济性及绿色环保综合衡量材料选型的合理性。

3.0.7 涂层设计应考虑涂层材料性能、施工条件、维护便利性。

【条文说明】

不同材料具有不同的施工工艺及养护方式，设计文件直接确定整体方案，是施工的依据，也是确定材料选型及各技术指标的关键。在设计阶段，应充分考虑涂层材料性能、施工条件、清洁维护便利性，提出符合实际、经济可行、效果显著的设计方案，保障施工及工程品质。

3.0.8 涂层施工应按设计文件规范施工，保证每道工序质量，及时解决施工中出现的
质量问题。

【条文说明】

施工工艺对涂层效果和后期清洗、养护影响极大，如涂层施工时若采用直接喷涂或以
腻子为基底进行喷涂，易产生露底、不平整、易污染等质量问题；施工平整度不高不但影
响整体表观质量，并且加大后期被污染程度和清洗难度；此外不规范施工还易造成涂层脱
离、气泡、流挂等影响工程效果，缩短涂层工作寿命。因此应规范施工，有效保障施工质
量，及时解决施工中出现的
质量问题。

3.0.9 涂层验收应根据设计文件对重点指标进行检测。

【条文说明】

因涂层材料性能指标较多，且不同管理单位关注重点和要求也不同，但多数都对与资金
投入、节能减排、绿色品质等较为关注，而反射率与隧道整体环境品质和节能减排直接
相关，耐污性、全寿命经济性、耐冲刷性等与运营、养护投入直接相关，因此应重点检测、
评价。

3.0.10 涂层竣工后，宜定期对实施效果进行跟踪记录。

【条文说明】

一般涂层在竣工初期均能达到良好的实施效果，但随着时间的推进涂层易被汽车尾气、
粉尘、油烟污染，发生起皮、脱落等问题，不仅影响亮化、节能效果，涂层清洗、保养及
修复还需投入较多人力、物力及资金，因此除关注涂层竣工初期的实施效果，还应定期对
涂层开展长期的效果持续跟踪记录。

4 材料性能要求

4.1 一般规定

4.1.1 涂层材料性能包括耐久性、环保性、亮化性和耐污性。

【条文说明】

本规程围绕工程实际需求及重点要求，将涂层材料的诸多技术指标分为耐久性、环保性、亮化性和耐污性。

4.1.2 涂层材料选型应考虑交通量及交通组成的影响。

【条文说明】

涂层污染源主要为汽车尾气所排放的烃类油性混合污染气体与空气、粉尘等结合形成的黑色油性亲水复合污染物，交通量越大、重型车比例越高，污染物浓度也越高，对耐污性、易清洁性等指标要求越高，因此交通量及交通组成是涂层材料选型的重要因素。

4.2 性能要求

4.2.1 涂层材料性能要求应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 隧道涂层材料性能要求

序号	性能	项目		要求
1	耐久性	耐人工气候老化性 1200h	外观	不起泡、不剥落、无裂纹
			粉化/级	≤1
			变色/级	≤2
2		附着力/级		≤1
3		耐水、耐碱、耐酸性		720h 无异常
4		涂层耐温变性 5 次循环		无异常
5		低温稳定性（3 次循环）		无异常
6		抗细菌性能		I 级
7		抗霉菌性能		I 级
8		放射性能	内照射指数	≤1.0
			外照射指数	≤1.3
9	环保性	挥发性有机化合物含量 VOC(g/L)		≤50
10		苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和 (mg/kg)		≤10

11		游离甲醛(mg/Kg)		≤10
12		可溶性重金属 (mg/Kg)	铅 Pb	≤1
			镉 Cd	≤1
			铬 Cr	≤1
			汞 Hg	≤1
13		燃烧性能		不燃（≥A2 级）
14	亮化性	可见光反射率		≥0.7
15	耐污性	耐沾污性		≤10%
16		防静电性能		表面电阻 1×10 ⁵ ～ 1×10 ⁹ Ω

【条文说明】

1 耐人工气候老化性

研究表明，现行标准的材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 70h~120h 相当于户外 1 年的自然老化周期。《合成树脂乳液外墙涂料》(GB/T 9755-2014) 规定优等品材料耐人工气候老化时间为 600h，为保障工程质量，规定隧道内壁涂层材料耐人工气候老化性应不小于 1200h，在耐久性要求时间内，外观不起泡、不剥落、无裂纹、粉化变色等。

2 附着力

涂层附着力直接与涂层质量及使用寿命相关，隧道涂层应具备良好的附着力，根据现行国家标准《色漆和清漆 划格试验》GB/T 9286-2021，为保障工程质量，作此规定。

3 放射性能

根据现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB6566-2010 规定，I 类民用建筑内饰面装饰材料必须满足 A 类装饰材料的放射性要求。

4 苯、甲苯、乙苯和二甲苯总和

《环境标志产品技术要求 水性涂料》HJ2537-2014 中规定苯、甲苯、乙苯和二甲苯总和 $\leq 100\text{mg/kg}$ ，为保障工程质量，故作此规定。

5 反射率

隧道侧壁涂设高反射率的漫反射材料对提高隧道整体光照环境，提高照明均匀性具有较大的促进作用，有助于降低隧道环境的运维费用。

《公路隧道照明设计细则》(JTG D70 2-01-2014) 规定隧道两侧墙面 2m 高范围内的平

均亮度，不宜低于路面平均亮度的 60%，高反射率的墙面材料可在提高灯具的利用率前提下保证墙面亮度不低于路面亮度 60%的要求。美国隧道照明规范 ANSI/IESNA RP22-11 也指出，建议选择易维护、高反射率、非镜面反射且初始反射率至少为 50%的墙面材料。为保证涂层品质提升效果，作此规定。

6 耐沾污性

涂层材料耐沾污性直接影响涂层实际应用效果、后期清洗和维护等，涂层材料应具备良好的耐沾污性，根据《建筑涂料涂层耐沾污性试验方法》GB/T 9780，作此规定。

4.2.2 隧道内壁涂层材料宜具备良好的易清洗性能。

【条文说明】

涂层易清洗性是指不借助洗涤剂和外力强行擦洗，仅靠本身表面物理化学性质及与环境间的相互作用就可使污染物不易粘附，自发脱离涂层表面的性能，直接影响涂层后期清洗和维护的难易程度、成本等。隧道内壁涂层应具备良好的易清洗性，通过简单、快速和环保清洁方式即可达到良好的视觉效果。

5 涂层设计

5.1 一般规定

5.1.1 隧道进行涂层设计应遵循以下原则：

- (1) 长度 $L > 200$ 米的高速公路隧道、一级公路隧道宜进行涂层设计。
- (2) 长度 $100 \text{ 米} < L \leq 200$ 米的高速公路光学长隧道、一级公路光学长隧道宜进行涂层设计。
- (3) 长度 $L > 1000$ 米的二级公路隧道宜进行涂层设计；长度 $500 \text{ 米} < L \leq 1000$ 米的二级公路隧道宜进行涂层设计；三级、四级公路隧道宜根据实际情况确定。
- (4) 有人行需求的隧道，宜进行涂层设计。
- (5) 未设置照明设施的隧道宜进行涂层设计，以改善行车环境。

【条文说明】

根据《隧道照明设计细则》(JTG/T D70/2-01-2014)，公路隧道照明设置与公路等级、隧道长度、隧道功能等要求有关。根据研究表明，对照明隧道进行涂层设计后，隧道环境亮度增益效果明显，隧道路面的照度均匀度有所提升，路面横向位置照度的阶梯性、跳跃式变化现象消失或减弱，行车视觉环境较好，隧道运营安全与服务水平也得到了较大的提升。因此，本规程提出达到照明设施设置条件的隧道宜进行涂层设计，对于未设置照明设施的隧道也宜通过涂层设计来改善隧道行车环境。

5.1.2 隧道涂层设计应满足功能性、实用性和美观性原则。

【条文说明】

涂层可有效改善隧道行车环境，不仅具有提高路面亮度、均匀度等性能，还具有增强诱导、加强警示，提高行车舒适性等功能，因此在设计时，应注重满足功能性、实用性和美观性原则。

5.1.3 隧道涂层设计应根据隧道类型和运营管理要求进行科学合理设计。

【条文说明】

我国幅员辽阔，各地区经济差异和气候特征差异巨大，我国北方地区由于温差大、湿度低、湿度小，因此在设计时着重考虑涂料应具有良好的低温施工成膜性能及抗低温性；我国粤、贵、川、渝等南方地区，温差小，湿度大，降雨量偏多，应注意涂料设计时着重

考虑涂料附着力、耐水性、耐化学性及良好的抗霉菌滋生等性能；水下隧道或沿海地区，除考虑上述指标时，还应重点考虑材料耐腐蚀性；工业地区除此之外还应着重考虑耐污性和易清洁性。

5.1.4 隧道涂层设计应保证运营安全，避免出现影响干扰驾乘人员注意力的过度设计。

【条文说明】

应围绕提升隧道安全与舒适性进行涂层设计工作，应避免对行车安全造成不良影响。

5.1.5 隧道涂层设计宜根据行车视觉需求对进出口段和洞身段进行区分设计。

【条文说明】

由于隧道不同区段视觉需求不同，涂层设计时应结合视觉需求配合照明区段进行分区设计。

5.1.6 隧道涂层设计应考虑全寿命周期的安全性和经济性要求。

【条文说明】

由于不同材料造价、施工及养护等费用差异较大，涂层设计应综合考虑涂层施工养护费用、效果、质量及使用寿命等因素，确定全寿命周期的节能性要求和安全性要求。

5.1.7 应根据材料性能及工程需求确定涂层实施范围及型式。

5.2 涂层范围设计要求

5.2.1 隧道涂层设计范围包括隧道入口段、中间段和出口段，隧道入口段和出口段长度应根据隧道所处地理位置和隧道长度、线形、洞口朝向等结构特点综合确定或参考隧道照明入口段和出口段确定。

【条文说明】

不同隧道因其所处地理位置和隧道长度、线形、朝向等结构特点不同，隧道光照环境差异较大，因此，在对隧道出入口段进行涂装设计时，应结合隧道特点或参考隧道照明入口段和出口段综合确定涂装长度。

5.2.2 隧道入口段和出口段宜进行全断面涂装，单向两车道公路隧道中间段宜在检修道以上 0.3m~2.5m 范围内进行全断面涂装，单向三车道公路隧道中间段宜在检修道以上 0.3m~3.0m 范围内进行全断面涂装。

【条文说明】

隧道内外由于光线亮度差别很大，人眼对光线强度骤变的适应能力有限，通常在不加干预的情况下，白天行车驶入会产生“黑洞效应”，驶出会产生“白洞效应”，安全风险较高。研究表明，除了在隧道出入口段设置加强照明外，进行全断面涂装可有效提升隧道照明光照环境，降低隧道出入口“黑洞效应”引起的视觉不适应性，提高隧道行车的舒适性和安全性。

受隧道行车尾气污染物的平均分布高度及空气动力分布影响，隧道两侧检修道以上 0.3 米范围内为极易污染区，在隧道行车过程中，司乘人员的平均视线高度大于 1.2 米，在检修道以上较窄易污染区域内不进行涂装不影响整体视觉效果。根据不同涂设范围对环境增亮研究表明，检修道以上 0.3 米范围及以下不进行涂设对环境增亮的影响低于 1.5%。在两侧涂装不影响整体视觉效果和环境增亮效果前提下，从检修道以上 0.3m 开始进行涂设，既可达到预期效果，又便于后期维护，同时又可节约 10% 的工程费用。同时，经过大量调研，单向三车道公路隧道相比单向两车道公路隧道污染区域更大，因此本规程提出对隧道两侧检修道以上 0.3m~2.5m 或 0.3m~3.0m 范围内进行亮化涂装。

5.3 涂层型式设计要求

5.3.1 隧道洞身涂层主色宜采用白色。

【条文说明】

白色是一种包含光谱中所有色光的颜色，研究表明白色材料的反射率较高，视觉效果提升明显。将隧道洞身涂层主色设计为白色，可以提高隧道环境的亮度，有利于行车安全；同时可以减少隧道照明灯具的布置数量，兼具节能的效果。

5.3.2 单向两车道、三车道隧道中间段宜分别在检修道以上 2.2m~2.5m、2.7m~3m 范围内涂装腰线，有条件的单向两车道、三车道隧道中间段可增涂腰线，增涂范围宜分别为检修道以上 1.15m~1.45m、1.35m~1.65m。同一隧道内腰线宽度、高度应保持一致，腰线边界应清晰可见，腰线颜色应具有辨识度，并与洞身其它涂层颜色相协调。

【条文说明】

隧道内涂装腰线，可以保证隧道良好的线形诱导性，从而提高行车安全，因此本规程提出隧道中间段宜涂装腰线的设计要求。

5.3.3 沿着隧道行车方向，在靠近紧急停车带前方长度 30m、检修道上方 3m 高度范围

内宜进行蓄能发光涂装及 20m 长度诱导箭头涂装，蓄能发光涂层、诱导箭头涂层的颜色应与洞身常规涂层颜色相区分，提高前方紧急停车带区域的可辨识性。在紧急停车带前方内凹区域宜进行全断面涂装，侧面内凹区域涂层颜色宜与洞身常规涂层颜色保持一致，确保紧急停车带区域和距离具有可辨识性。

【条文说明】

紧急停车带是车辆临时发生故障或其他原因紧急停车而使用的场所，应具有轮廓线形边界清晰、警示、醒目的特点。沿着隧道行车方向，在靠近紧急停车带的隧道侧壁涂层颜色与洞身常规涂层颜色作区分，使驾驶员在远处很明显地看到紧急停车带的位置，从而起到较好的安全区域提醒和警示加强作用。

5.3.4 隧道车行横洞洞门边框涂层宽度宜为 50 厘米，涂层颜色宜采用明亮、醒目的颜色。

【条文说明】

车行横洞作为紧急情况下车辆疏散逃生的重要通道，需要设置醒目的警示标志，因此，本规程提出对车行横洞洞门设置具有一定宽度的颜色边框加以凸显，在突发紧急情况下，可以让驾驶员很容易找到车行横洞，提高应急逃生的效率。车行横洞洞门边框涂层颜色直接影响隧道发生事故后的安全诱导效果，采用明亮、醒目的颜色可产生良好的辨识效果。

5.3.5 人行横洞洞门涂层边框宽度宜为 50 厘米，洞门两侧隧道壁涂层区域长度宜为 10 米，高度宜与洞身涂层高度一致，箭头长度宜为 6 米。为提升人行横洞诱导功能，人行横洞洞门边框颜色宜采用明亮、醒目的颜色。

【条文说明】

人行横洞作为紧急情况下人员疏散逃生的重要通道，需要设置醒目的警示标志并加强引导性，因此，本规程提出对人行横洞洞门设置具有一定宽度的颜色边框加以凸显，并在人行横洞两侧各 10 米长度区域范围内设置人行横洞诱导标志，在突发紧急情况下，可以提升人员疏散的效率。人行横洞洞门边框颜色直接影响隧道发生事故后的安全诱导效果，采用明亮、醒目的颜色便可达到良好的辨识效果。

5.3.6 以车行横洞、人行横洞、紧急停车带、机电设备等为分区边界，宜涂装醒目标识隧道控制分区的图标，并保证其在隧道消防机电系统的监控范围内，并能够通过隧道消防机电系统与隧道智能管控平台的信号连接，实现车辆、人员在隧道内的快速、准确定位。隧道位置分区涂层颜色宜为绿色。

【条文说明】

公路隧道（特别是长隧道）通常拥有较多的车行横洞、人行横洞、紧急停车带、机电设备，对隧道位置进行分区设计，可以实现在紧急情况下或日常管养下，对车辆或人员在隧道内的快速、准确定位，提升应急救援能力、施工维护和管理效率。

隧道位置分区涂层颜色宜为绿色，主要原因是绿色聚光比较久，穿透力比较远，即使隧道内发生火灾、烟雾弥漫和一片漆黑的时候，隧道内人员也很容易看到分区图标，这不仅有利于隧道内人员报警、呼救，也有利于管理人员应急指挥调度和救援，可以有效提高隧道应急救援和管理的效率。

5.3.7 其它设施设备周围边框宜进行涂装，涂层宽度宜为 30 厘米，消防设备周围边框涂层颜色应为红色，其余设施设备周围边框涂层颜色宜为明亮、醒目的颜色。

【条文说明】

将隧道其他设施设备周围设置具有一定宽度的颜色边框加以凸显，可以提高其他设备的警示、提醒功能。红色是火的颜色，而消防设备是用来灭火的设备，消防设备周围边框颜色设计成红色的火灾颜色可以起到警示作用。另外，当火灾发生时，红色的光会刺激人们的双眼，对其他的色彩不敏感，将消防设备周围边框设置为红色，会让消防设备更加醒目，使驾乘人员更容易看到它，从而可以更快速地实施灭火，减少事故损失。将其他设施设备（除消防设备以外）周围边框涂层颜色设计为明亮、醒目的颜色，可以在隧道视线不良的情况下，也能够快速被人员所发现，从而方便人员进行处置或控制。

5.4 涂层景观美学设计

5.4.1 隧道涂层宜进行景观美学设计，设计时宜根据隧道的景观需求及功能，结合当地人文历史、风俗文化特点，分别对隧道洞口、洞身等进行设计，整体效果应与周围环境相融合。

【条文说明】

不同的隧道由于其景观需求及功能不同，涂层设计需求也不同。因此，本规程提出结合隧道的景观需求及功能，鼓励对隧道涂层进行独特设计的要求。

5.4.2 景观带类型、图案元素等隧道涂层景观美学设计应充分考虑驾驶人的视觉特性和驾驶心理，注重缓解驾驶疲劳与分散注意力两者之间的平衡，景观带前后宜设置过渡段来缓和景观带的视觉冲击，以提升驾驶人的安全性和舒适性。

【条文说明】

目前部分隧道景观带设计过分追求静态景观效果，而忽略了驾驶人的动态视觉特性及驾驶心理变化，造成静态效果好但驾驶体验不佳的问题。因此，本规程提出涂层景观美学设计时应注重驾驶安全性和舒适性。

征求意见稿

6 涂层施工

6.1 一般规定

6.1.1 涂层施工前应对材料的关键指标进行送检，涂料的品种、型号和性能应符合设计要求及国家现行标准的有关规定。

【条文说明】

涂层材料应当具有产品合格证书，并在材料施工前应对关键指标进行专业检测，排除品质低劣、安全和环保性能差的产品，确保材料性能指标符合国家、行业标准，满足使用需求。

6.1.2 涂层施工应根据运营隧道和新建隧道制定对应的施工组织方案，优化施工顺序，工序的交叉应满足材料表干时间要求，缩短施工周期。

【条文说明】

施工组织方案不仅影响施工进度、周期，影响工程费用，还与涂层质量效果直接相关。与新建隧道不同，运营隧道涂层施工涉及封道审批等流程，涂层施工工序多且存在工序交叉，因此，应根据运营隧道和新建隧道制定对应的施工组织方案，科学制定各施工顺序，使工序满足表干时间要求，同时缩短施工周期。

6.1.3 涂层施工应根据隧道条件和要求不同制定不同的施工方案。

【条文说明】

基层的平整度直接影响涂层质量及效果，实验表明隧道基层平整度越高，涂层起皮、脱落等病害现象越少，耐污性也更强，整体视觉效果更佳好。我国公路隧道基础类型种类繁多，主要包括混凝土、水泥砂浆、腻子（粉）、防火涂料及其他材料，应根据隧道基础不同制定相应施工方案，使基层达到良好的平整度。

6.1.4 有渗水的隧道应做好渗水整治后再开展涂层施工。渗水范围不大的隧道可留出渗水区域，其他区域按确定工序进行施工。

【条文说明】

渗水是公路隧道常见病害，易导致涂层脱落、起泡、变色及裂缝等。因此有渗水的隧道应做好渗水整治后再开展涂层施工，避免工程因渗水而后续返修。

6.1.5 涂料的使用应按产品说明书的方法进行，涂装方法可采用刷涂、滚涂、喷涂，并应保证涂装质量。

【条文说明】

涂装方法应根据涂料的物理性能、施工条件、涂装要求和被涂结构的情况进行选择。宜采用高压无气喷涂，当条件不允许时，可采用刷涂或滚涂。

6.1.6 根据材料属性及要求确定涂层厚度和层数，应按设计要求的涂装道数和涂膜厚度进行施工，随时用湿膜测厚仪检查湿膜厚度，以控制涂层的最终厚度及其均匀性。

【条文说明】

涂层施工时应全程注重质量控制，按照产品及设计要求进行施工，并随时控制涂层厚度和均匀性。

6.1.7 施工前将可能污染的部位、设备和元件采用塑料袋、薄膜、胶带做好防护，涂层施工全过程中注意避免造成污染或损坏。

【条文说明】

涂层在施工过程中，大多存在材料抛洒、滴落或散落等现象，不仅污染植被、路面、检修道等，还可能污染或损坏安全标志和机电设备，影响交通安全。为保障隧道行车安全及舒适性，减少涂层施工清洁任务，在施工前应做好防护措施，避免造成污染或损坏。

6.2 施工条件

6.2.2 涂料需在一定的温度下才能形成连续膜，施工现场温度宜在 5℃~35℃之间，并注意通风换气和防尘。

【条文说明】

各种涂料均需一定的温度条件下才能形成连续膜，因此它对施工环境要求较高，适宜的温度有利于涂料的干燥、成膜，施工现场温度过低，则影响涂料成膜效果，会易致涂层龟裂、粉化，影响其寿命；若施工现场温度过高，因溶剂挥发太快也不宜施工。根据隧道涂层材料施工要求及现行国家标准《住宅装饰装修工程施工规范》GB50327 要求，隧道涂层材料施工为温度要求宜在 5℃~35℃之间，应注意通风换气和防尘，避免造成涂层污染，并有利于施工人员健康。

6.2.3 涂层施工前隧道基层表面应平整、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 8%。

【条文说明】

平整、清洁、紧实的隧道基层是保障涂层质量和效果的基础，涂层施工前应对污染、空鼓及不平整的基层进行处理，达到涂层施工要求。根据隧道涂层材料施工要求及现行国

家标准《住宅装饰装修工程施工规范》GB50327 和《住宅装饰装修工程施工规范》GB50210 规定,基层含水率不宜大于 8%。

6.2.4 涂层施工空气相对湿度在 15%~60%较为适宜,最高不应超过 80%。

【条文说明】

当相对湿度超过 80%时,内壁涂层表面容易结露,影响工程质量,因此涂装时的相对湿度一般规定不能超过 80%。

6.2.5 涂层施工前应检查涂料的产品合格证书、性能检测报告、有害物质限量检验报告,并进行记录,同时由建设、监理、施工承包单位共同从现场涂料中随机取样并根据合同或三方商定的抽检指标委托具备相应检测资质的第三方检测机构进行检测,其结果应符合本规程和设计要求。

【条文说明】

为保证材料质量,避免材料混用、错用等,应对涂料的相关检验报告、合格证书等进行检测,当出现相关证明材料缺失或不一致,应进行补充及核对。

为避免不合格材料用于隧道涂层工程及材料与要求不一致的问题,在施工前应对涂料进行随机抽样检测,涂料应由建设、监理、施工承包单位共同现场抽样选取,并交由专业检测单位进行检测。

6.2.6 按同一生产厂家、同一品种、同一性能、同一批号且连续进场的涂料,以不超过 300t 为一批,每批检验数量不应少于一次,不足 300t 的为一个检验批次。

【条文说明】

材料入场前检验批次划分及数量参考现行国家标准《住宅装修工程施工规范》GB 50327 和中国土木工程学会标准《多功能蓄能式发光涂料技术规程》T/CCES 4。

6.2.7 施工工序应按测量放线、底涂施工、面涂施工等步骤进行,各工序应按施工技术标准进行质量控制,当发现漏涂、流挂等情况时,应及时进行处理。每道工序完成,经施工单位检测合格并记录后,才能进行下道工序施工。

【条文说明】

涂层施工工序较多,每道工序都对涂层质量及效果造成直接影响,施工时应按照测量放线、底涂施工、面涂施工等逐次进行,并进行质量控制,保障各工序质量。

6.2.8 底涂和面涂每平方用量和覆涂遍数应符合产品要求及设计规定。

【条文说明】

涂层质量及效果与涂层厚度及材料遮盖力直接相关，涂层厚度可以每平方用量测算，涂料遮盖力与覆涂遍数共同决定涂层遮盖效果，为避免施工过程中用料与覆涂遍数不足，故作此规定。

6.2.9 上层涂料应在下层涂料漆膜表干后才可施工，有防火要求时，应在防火涂层面干后，方可进行功能涂层施工

【条文说明】

施工时为保证各涂层间粘合牢靠，应保证下层涂料漆膜表干后才进行上层涂料施工。如下层漆膜未干透时，很容易产生起皱甚至浸润底层漆发生剥离现象

6.2.10 涂层施工应遵循自上而下的原则依次涂刷，避免流挂或污染。

【条文说明】

涂层施工过程中可能存在滴落、飘散或流挂等，因此施工应遵循自上而下的原则。

6.3 施工流程

6.3.1 涂层施工工艺流程主要包括基层处理、腻子施工、底层施工、中间层施工（若有）、面层施工、现场清洁等工作。

【条文说明】

涂层系统各涂层功能作用不同，相应要求也不同。腻子具有增厚填充、增强遮盖和抗渗透的作用，底漆层具有封闭基材的作用，面漆层具有抵抗外界腐蚀、耐污、易洁及增亮等作用，涂层施工工艺流程包含基层处理、各涂层施工及现场清洁等工作。

6.3.2 基层处理的内容包括清除基层表面上的灰尘、油污、疏松物，减轻或消除表面缺陷，改善基层表面的物理或化学性能。根据不同类型基层选择不同处理方法，在涂料涂装前基层应达到结实、平整、清洁、干燥、中性的表面状态。

【条文说明】

基层处理是涂层工程的基础，是涂料施工中极为重要的一个环节。基层处理好坏直接影响到涂层的附着力、装饰性和使用寿命，应予以足够的重视，否则达不到预期的涂饰效果，影响工程质量，甚至造成经济损失和安全影响。

不同类型基层处理方法不同，应根据不同基层选取合适的处理方式，具体见附录 A。

6.3.3 施工时，先将腻子粉添加干净清水搅拌均匀，静置 5 分钟后使用，在清理完毕的基层上均匀地喷涂二遍。有高度要求时应先按照设计放线，不需施工部位要用挡板遮挡，避免污染。

【条文说明】

腻子施工时应按照相关要求施工，同时注意防护，避免污染。

6.3.4 待施工完毕腻子粉后人工检查如有模板搓台处用人工挂网修补平整，干燥 2 日后，用电动沙皮机将腻子打磨平整，平整度应符合本规程或设计要求。

【条文说明】

腻子层具有隔离、找平等功能，是保障功能涂层的质量和效果的基础，腻子层施工完后应将腻子打磨平整，并进行相应检测和记录。

6.3.5 腻子层应平整、清洁、干燥，达到底层材料施工要求后，将底层涂料搅拌均匀，在施工完毕的腻子层上均匀地喷涂一遍。

【条文说明】

腻子层施工经处理后达到底层施工要求，可进行底层施工。

6.3.6 底层表干并符合中间层施工要求，将中间层涂料用手提搅拌机搅拌均匀，用喷枪均匀覆盖喷涂 1 遍。若有腰线施工要求，则腰线涂料可用手提电动搅拌机搅拌均匀，按照设计放线，用美纹纸在腰线上端、下端做好水平垂直防护后滚涂。

【条文说明】

底层达到后续涂层施工要求后，可进行中间层施工，若有腰线施工，则可采用美纹纸，进行相应防护。

6.3.7 下层表干并符合面层施工要求，将面层涂料用手提搅拌机搅拌均匀，用喷枪均匀覆盖喷涂 1 遍。

【条文说明】

中间层达到后续涂层施工要求后，可进行面层施工。

6.3.8 涂层全部施工完毕后应进行现场清洁，材料、垃圾等应按要求处理，由于施工造成路面、植被、设备和元件等污染或损坏，应及时进行修复。

【条文说明】

施工完毕后应对污染或损害的区域进行恢复工作，保证隧道路面、植被、交安和机电设备等恢复原状。

征求意见稿

7 涂层质量验收

7.1.1 涂层质量验收要求应符合表 7.1.1 的规定。

表 7.1.1 涂层质量验收要求

序号	验收项目		验收要求	验收方法
1	资料 文档	施工图、设计说明及其他设计文件	资料完整，记录清晰，符合工程要求	核对法
		产品合格证书、性能检测报告、有害物质限量检测报告和进场验收记录	资料完整，记录清晰，符合工程要求	核对法
		施工记录	资料完整，记录清晰，符合工程要求	核对法
2	外观		表面应完全闭合，不应有露底、漏涂、起皮、掉粉、流坠、乳突，无明显蜂窝麻面现象，颜色应均匀，无明显色差，涂层光泽、图案等应符合设计要求，不得出现空鼓、脱层和松散等	目测法及手触法
3	腰线		应符合设计高度，平直顺滑，无明显折线	目测法、卷尺和水准仪检测
4	平整度		涂层应平整、均匀、圆顺，无明显错台（除隧道衬砌结构因素外），相邻 20cm 范围内表面高度差不超过 2mm。	采用 2m 靠尺和塞尺检测
5	厚度		应均匀，平均干膜厚度应满足设计要求，最小干膜厚度应不小于设计要求的 75%	超声波涂层测厚度仪或针测法
6	附着力		涂层与基层及各层间应粘结牢靠，附着力应满足设计要求。	按 GB/T 9286 执行
7	反射率		满足设计及本规程要求要求	按 GB/T 23981 执行
8	耐沾污性		满足设计及本规程要求要求	按 GB/T 9780 执行
9	耐洗刷性		满足设计及本规程要求要求	按 GB/T 9266 执行

【条文说明】

1 厚度 附着力 耐沾污性

根据《住宅装饰装修工程施工规范》GB50210 和《住宅装饰装修工程施工规范》GB50327 的相关规定，结合工程实践，作此规定。

2 反射率。

【条文说明】

现行国家标准针对施工后现场涂层可见光反射率检测并未作出规定，如需对施工后涂层反射率进行检测，参考《白色和浅色漆对比率的测定》GB/T 23981 及其他指标验收要求，作此规定。

3 耐沾污性

【条文说明】

现行国家标准针对施工后涂层耐沾污性并未作出规定，如需对施工后涂层耐沾污性进行质量检测，可由建设、设计、监理、施工单位共同商议检测批次及数量，参考《建筑涂料耐沾污性试验方法》GB/T 9780 进行检测。

4 耐洗刷性

【条文说明】

现行国家标准针对施工后涂层耐冲刷性检测并未作出规定，如需对施工后涂层耐洗刷性进行质量检测，可由建设、设计、监理、施工单位共同商议检测批次及数量，参考《建筑涂料 涂层耐洗刷性》GB/T 9266 进行检测。

7.1.2 除资料文档外，其他指标验收时可由建设、设计、监理、施工单位共同商议检测范围、批次及数量。

【条文说明】

现行国家标准针对施工后现场涂层附着力、耐沾污性、反射率等诸多指标检测并未作出规定，工程实施后各指标质量验收的范围、批次及数量，可由建设、设计、监理、施工单位共同商议。

8 涂层维护

8.0.1 施工后的隧道内壁涂层清洗养护要求宜参考《公路隧道养护技术规范》执行。

【条文说明】

《公路隧道养护技术规范》JTG H12-2015 指出隧道清洁应考虑隧道等级养护、交通组成、结构物脏污程度、清洁方式等因素确定清洁方案和频率，并推荐不同等级隧道清洗要求，可参照执行。

8.0.2 涂层应保持清洁和干燥，按照规定方法进行定期清洗维护，以确保涂层性能和使用年限。

【条文说明】

涂层在实际使用中应注重维护和保养，保持清洁、干燥，按照规定方法进行清洗维护。

8.0.3 涂层在使用过程中应定期或不定期进行检查，检查宜以目测为主，辅以敲击、尺量、摄像等方法记录检查情况，检查周期应在设计文件中明确。

【条文说明】

为保障涂层质量及使用寿命，在实际使用中应定期或不定期进行检查，考虑检查要求、方法和实际情况，故作此规定。

8.0.4 涂层由于车辆刮擦、碰撞、火灾或其他原因造成损坏时，应及时修补。修补采用的涂料应与原涂料相同或者相容。

【条文说明】

涂层产生损坏时，应采用原涂料或相容涂料及时补修，以保障涂层质量及使用寿命。

8.0.5 当涂层达到设计使用年限时，应先对涂层的表面状态进行全面检查；当涂层表面无裂纹、无气泡、无严重粉化时，再检查涂层附着力，当附着力仍符合设计要求时，则涂层可以保留继续使用，但应在其表面涂装两道原面层涂料，涂装前应对原涂层表面进行清洁处理。

【条文说明】

为保障涂层工程全寿命周期内效益最大化，当涂层达到设计使用年限时，应对涂层进行全面检查并重新评估，当关键指标仍符合设计要求及相关规定，则经处理后可继续使用。

8.0.6 当涂层达到设计使用年限时，当检查发现涂层有裂纹、气泡、严重粉化或涂层附着率低于设计要求时，则认为涂层的防护能力已失效。

【条文说明】

当关键指标不符合设计要求及相关规定，则认为涂层的防护能力已失效。

8.0.7 当涂层修补后达到检测条件后应进行复检。

【条文说明】

为保障修补后涂层达到相应品质要求，在当涂层修补后达到检测条件后应进行复检。

8.0.8 应建立涂层档案卡，内容包括涂层施工、竣工资料和涂层维护过程中的检查、维修和检测记录等。

【条文说明】

为有序管理涂层工程，应对涂层相关检查、维修和检查等进行记录，为后期维护提供参考。

征求意见稿

用词说明

1 本细则执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 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”；
- 3) 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”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本细则的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

附录

涂层技术相关指标的具体测试方法等说明。

附录 A 不同类型基层处理方法

表 1 不同类型基层处理方法

基层类型	处理方法
砂浆、混凝土基层	除去浮浆和附着的杂质，采用清洁剂清洗油脂及因涂刷隔离剂而留下的油污，采用高压水冲洗或扫帚、毛刷清理尘土、粉尘等。将起壳部位铲除后重新抹面，测试墙体的 PH 值。若 $\text{PH}>10$ 又急需施工时，用 5% 盐酸冲洗 2~3 次，再用水冲少数次，待干燥后除去粉末和浮粒，再检查 PH 值直至符合材料施工要求。
旧涂层	疏松的涂层应予清除，附着牢固的涂层可用少量水将局部润湿，一定时间后观察如果松软，应尽量铲掉，露原来的基层；涂层润湿后不起泡，用砂纸打磨平整起砂毛即可。
旧墙面	清除浮灰，铲除起砂翘皮等部位，对于有油污的部位应铲除，不能铲除，用洗涤剂彻底清洗干净；对于已长过霉菌的墙面，用去霉去菌剂涂刷两次，对较大缺陷可用相应材料修补。
瓷砖墙面	用目测、敲打方法检查已松脱的墙面，把已松脱部分进行清除，然后用腻子进行修补接近原样，然后进行找平，砂磨，后用涂料进行涂装。