

基于高性能树脂载体的收费站彩色薄层罩面应用研究

李 勇¹ 张皓东²

1.湖北联交投投资建设有限公司 江苏 南京 210000

2.江苏中路工程技术研究院有限公司 江苏 南京 211806

【摘要】：收费站作为高速公路的关键交通汇集点，车流量持续攀升，加之工作人员频繁在收费车道间穿行，长期处于人车混行的复杂作业环境中，安全隐患较为突出。针对这一日益严峻的交通安全问题，为提升高速公路的运行安全与环境效益，增强行车的安全性与舒适度，本文从收费站广场车道配色入手，开展交通诱导优化设计，同时对彩色复合型树脂薄层罩面结构进行设计，并依托相关试验对其材料组成与路用性能开展研究。试验结果显示，所采用的树脂材料与骨料各项技术指标均满足规范要求。此外，本研究还对彩色复合型树脂薄层罩面方案的试验段进行了现场跟踪观测，实际应用效果良好。

【关键词】：大交通量；重载交通；高性能树脂材料；复合薄层罩面技术；工程应用

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.051

引言

彩色复合树脂薄层罩面技术，是将胶结料、颜料及骨料按科学配比均匀拌合，再依托成熟施工工艺对原有路面实施彩色铺装的一种道路处理技术^[1-2]。相关调研数据显示，收费站区域内的交通事故，大多是由驾驶员应急处置不及时、操作不规范所造成。究其根本，车辆由高速行驶驶入收费站路段后，驾驶员需要同步完成减速慢行、识别车道等多项驾驶行为，同时还要时刻注意避让各车道往来作业的工作人员，容易造成心理紧张、判断与反应能力下降，最终诱发交通事故。尤其在ETC通行车道，车辆行驶速度相对更快，传统标识标牌的引导能力有限，车道区分度较低，驾驶员一旦未能及时预判路况，就极易引发安全事故。

收费站车流具有车辆频繁启停、反复制动的特点，对路面的抗剪切能力、抗滑耐磨性能以及长期使用稳定性都提出了更高标准。普通沥青类彩色路面和普通涂层型彩色路面，都难以满足收费站长期服役的耐久使用要求。现阶段，国内外已有不少学者针对目前已有学者针对彩色沥青路面^[3-9]、钢桥面树脂薄层罩面技术^[10-11]开展了相关设计与工程应用研究，但针对大流量交通、车辆频繁制动特殊工况下的彩色复合树脂薄层罩面技术，现有研究仍存在明显不足、相关成果较少。本文基于视觉色彩相关理论，对收费站道口彩色交通诱导体系进行优化设计；选用高性能改性环氧树脂作为粘结基体，复配着色填料与高硬度耐磨骨料，确保骨料与原路面形成稳固粘结，有效提升彩色路面的服役寿命。同时保持路面色彩长期稳定不褪色。

1 收费站广场车道配色设计

为改善收费站车流通行秩序、减少道路行车安全隐患，本文以视觉色彩理论为研究基础，对收费站道口彩色路面进行整体规划与方案设计。通过运用不同颜色对收费站各车道进行功能分区划分，着重强化ETC车道的视觉识别效果，缩减驾驶员识别车道与做出判断的时间，既能实现交通流线引导、缓解驾

驶视觉疲劳，又能整体提升收费站通行安全水平。

从色彩视觉特性角度分析，绿色在强光、弱光等不同环境下，人眼对其感知敏感度最高，视觉响应速度也最快；从心理暗示层面来讲，绿色自带安全、准许通行的寓意，日常生活中“红灯停、绿灯行”的通行规则，早已固化为驾驶员的本能认知。道路交通常用配色方案，也大多结合人眼视觉规律与心理感知效应制定。基于此，研究将绿色定为ETC车道主色调，依靠强烈视觉观感提升车道辨识度；同时选用寓意畅通无阻的蓝色作为混合车道主色调，与绿色形成明显视觉反差，方便驾驶员快速区分车道类型。

2 彩色复合型树脂薄层罩面结构设计

铺装底涂渗透性树脂对原水泥混凝土路面裂缝和病害进行修复和封闭，涂布量为 $0.5\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^2$ ；采用耐候型树脂粘结材料，有效提升材料与水泥混凝土路面的粘结强度，同时具备优异的抗紫外老化性能，施工涂布量控制在 $1.0\sim 1.2\text{kg}/\text{m}^2$ ；通过撒布粒径 $1\sim 2\text{mm}$ 的彩色硬质集料，既可保障路面色彩鲜亮均匀，又能显著提升路面的抗滑与耐磨性能。撒布量为 $7\sim 9\text{kg}/\text{m}^2$ ；面层采用渗透性树脂避免掉粒，材料用量 $0.3\sim 0.5\text{kg}/\text{m}^2$ 。

3 彩色复合型树脂薄层罩面材料性能

3.1 树脂材料性能

(1) 施工和易性

渗透性树脂作为薄层罩面的基体材料，需与原有混凝土路面形成可靠粘结。材料需具备低粘度特性，便于现场采用刮涂、滚涂等方式实现均匀施工；同时还需拥有优异渗透能力，能够渗入水泥路面微细裂缝并实现自愈修复，恢复路面结构整体强度。由下表试验数据可知，高渗透型环氧树脂具备优良的渗透能力，最大渗透深度可达 37mm ，能够有效封堵水泥混凝土路面内部孔隙与内部孔隙及细微裂缝；该渗透性树脂黏度仅为 $0.9\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，黏度水平偏低，现场施工操作性良好、涂布均匀便捷。

表1 高渗透性树脂试验结果

试验项目	单位	试验结果	试验方法
初始粘度(23°C)	Pa.s	0.9	粘度
固化时间(25°C)	h	24	拉拔
渗透性(25°C)	mm	37	渗透

(2) 变形性能

本文针对耐候性环氧树脂、MMA树脂及聚氨酯树脂三类材料,开展拉伸强度与断裂延伸率的对比试验分析。试验结果表明:耐候性环氧树脂的拉伸性能最优,拉伸强度可达14.9MPa,断裂延伸率为126%;MMA树脂具备优异的变形适应能力,断裂延伸率高达680%,但拉伸强度偏弱,仅为2.76MPa;聚氨酯树脂综合力学性能相对一般,拉伸强度为2.53MPa,断裂延伸率仅107%,拉伸强度和变形能力均无明显优势。

美国AASHTO对环氧薄层结构材料技术指标要求中提出,树脂载体其拉伸强度应介于10.34~34.48Mpa,断裂延伸率应大于30%。从试验结果看,耐候性树脂各类指标满足要求。而MMA类和聚氨酯类载体仅断裂延伸率满足要求,材料拉伸强度和粘结强度均无法充分满足AASHTO标准。

(3) 粘结性能

通过拉拔试验,系统评价了不同树脂材料与钢板之间的界面粘结性能。试验数据显示,耐候性环氧树脂与钢板的粘结强度最优,达13.02MPa;MMA类树脂与聚氨酯类树脂的粘结强度则分别为8.01MPa、4.91MPa。相比之下,耐候性树脂对钢板的界面粘结性能显著优于另外两种材料,且其拉拔破坏形式表现为界面脱落,反映出材料自身内聚强度更高,抗破坏能力更为突出。

同时,借助拉拔试验测试了耐候性树脂与水泥混凝土基体的界面粘结效果,其粘结强度可达4.3MPa。试样破坏断面出现在混凝土基体内部,表明该树脂与混凝土界面结合牢固,粘结性能良好,能够有效保障薄层罩面的长期服役稳定性与色彩耐久保持效果。

3.2 彩色硬质集料性能

集料自身性能直接决定路面结构的强度、抗滑能力及耐磨耗性能。本文对彩色硬质集料的各项理化与力学指标开展系统试验,相关测试结果如表2所示。试验数据表明,该彩色硬质集料的吸水率、含水率与莫氏硬度均满足道路工程相关技术规范要求。

表2 彩色陶瓷颗粒性能

检测项目	单位	试验结果	技术要求	试验方法
吸水率	%	0.12	≤3	GB/T 3810.3-2006
含水率	g/cm ³	0.3	≤1	GB/T 3810.3-2006
莫氏硬度	/	8	≥6	刻划法

吸水率	%	0.12	≤3	GB/T 3810.3-2006
含水率	g/cm ³	0.3	≤1	GB/T 3810.3-2006
莫氏硬度	/	8	≥6	刻划法

4 工程应用及跟踪观测

该项技术已在龚家岭、武昌、径河收费站成功应用。研究重点针对彩色复合型树脂薄层罩面的外观质量、抗滑耐磨性能及界面粘结强度开展了长期跟踪观测。现场观测结果表明,罩面整体色彩保持鲜艳,服役状态良好,未出现褪色、起皮、掉粒等病害现象。

4.1 拉拔强度

彩色复合型树脂罩面现场拉拔强度均达3MPa以上,各项性能指标显著优于既定设计标准。本次拉拔试验的所有试件均呈现水泥混凝土基体内部破坏的特征,表明试验测得的拉拔强度为混凝土自身的固有强度,同时印证了树脂罩面与混凝土路面的界面粘结强度高于混凝土基体的实测抗拉强度,界面粘结性能优异。即罩面具有较好的粘结强度,不易起皮剥落。

4.2 构造深度

收费站彩色复合型树脂罩面构造深度约达到1mm以上,且相比原水泥路面,可显著提升路面抗滑性能,能够适配收费站车辆频繁制动的复杂工况,充分满足该场景下的路面抗滑需求,有效提升收费站区域的行车安全水平。

4.3 摆式摩擦系数

收费站彩色复合型树脂防滑罩面采用高强硬质集料作为磨耗层骨料,罩面摆式摩擦系数均达到70BPN以上,具有良好的抗滑、耐磨耗性能。

5 结论

(1) 本文结合收费站广场车道的功能特点开展色彩设计研究。ETC车道采用绿色主色调,能够增强视觉辨识度,让驾驶员快速识别专用车道;混合车道采用象征畅通出行的蓝色为主色调,与绿色形成明显的色彩反差,实现不同功能车道的清晰区分,有效优化收费站区域的交通引导效果。

(2) 本文对彩色复合型树脂薄层罩面的结构形式与配套材料进行系统化设计。多层复合结构体系可对原有水泥混凝土路面的裂缝及表层病害进行修复封堵,有效规避路面病害持续扩展的问题,保障罩面结构长期稳定使用;配套选用的高性能树脂材料综合性能优异,和易性佳、变形适配性强、粘结性能突出,各项指标均符合相关规范标准,能够适配收费站路面的使用工况。

(3) 通过实体工程长期跟踪监测验证,本文研发的彩色复合型树脂薄层罩面工程应用效果良好。实测的界面拉拔强度、路面构造深度、摆式抗滑摩擦系数等关键技术指标均达标,

罩面与原路面粘结牢固、路面抗滑性能可靠，整体使用性能稳定，完全适配收费站广场车道的通行荷载与长期服役要求，工程实用性较强。

参考文献：

- [1] 李强,王永维,李桂琴,刘伟,党生成,汪珍昌.彩色树脂抗滑薄层罩面技术在青海省道 S103 的应用研究[J].中外公路,2018,38(03):39-43.
- [2] 王永维,李强,李桂琴,刘伟,李锋.彩色树脂抗滑薄层罩面技术在青海省中的应用[J].现代交通技术,2018,15(1):15-18+22.
- [3] 刘娜娜.彩色沥青路面设计关键技术与实体工程应用[J].山西建筑,2017,43(22):157-158.
- [4] 吴天祥.彩色沥青路面设计及施工工艺[J].交通世界(建养.机械),2011,(4):280-281.
- [5] 杨杰.彩色沥青路面设计关键技术与实体工程应用[J].城市道桥与防洪,2017,(4):54-55.
- [6] 赵丽娜.新型彩色沥青路面混合料设计及施工工艺的运用[J].山西建筑,2018,44(9):155-156.
- [7] 赵建云.彩色沥青路面设计与施工[J].城市道桥与防洪,2014,(2):59-61.
- [8] 蔡先山.彩色沥青路面设计及施工[J].工程与建设,2009,23(2):263-265.
- [9] 邓蕾蕾.彩色路面设计与工程应用研究[D].重庆交通大学,2009.
- [11] 章荣福.ERG 树脂薄层罩面在大跨径钢桥面环氧沥青铺装预养护中的应用[J].科技与企业,2014,(8):201+203.
- [10] 张辉,单岗,潘友强,张健.环氧沥青钢桥面铺装冷拌改性树脂薄层罩面技术研究[J].交通科技,2016,(2):169-172.