

# 沥青路面树脂封层技术

## Resin Sealing Technology of Asphalt Pavement

熊峰<sup>1</sup> 张皓东<sup>2</sup> 丁炜<sup>2</sup> 郑和强<sup>2</sup> 朱林<sup>2</sup>

Feng Xiong<sup>1</sup> Haodong Zhang<sup>2</sup> Wei Ding<sup>2</sup> Heqiang Zheng<sup>2</sup> Lin Zhu<sup>2</sup>

1. 江西九江长江公路大桥有限公司 中国·江西 九江 332000

2. 江苏中路工程技术研究院有限公司 中国·江苏 南京 211806

1. Jiangxi Jiujiang Yangtze River Highway Bridge Co., Ltd., Jiujiang, Jiangxi, 332000, China

2. Jiangsu Middle Road Engineering Technology Research Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211806, China

**摘要:** 论文首先介绍树脂封层技术的结构设计和施工方案,明确不同封层技术应具备的作用和特点。其次针对橡胶复合高摩擦树脂封层、HFST高摩擦树脂封层和彩色陶粒树脂封层开展摩擦系数、构造深度、拉拔强度和横向力系数测试,检测结果均符合设计要求,摩擦系数、构造深度、拉拔强度和横向力系数远超规范要求一倍以上。

**Abstract:** This paper first introduces the structural design and construction scheme of resin sealing technology, and defines the functions and characteristics of different sealing technologies. Secondly, the friction coefficient, structure depth, drawing strength and transverse force coefficient of rubber composite high friction resin seal, hfst high friction resin seal and colored ceramsite resin seal were tested. The test results met the design requirements, and the friction coefficient, structure depth, drawing strength and transverse force coefficient far exceeded the specification requirements by more than twice.

**关键词:** 树脂封层; 摩擦系数; 构造深度; 拉拔强度; 横向力系数

**Keywords:** resin seal; friction coefficient; structural depth; drawing strength; lateral force coefficient

**DOI:** 10.12346/etr.v5i12.8872

## 1 引言

随着社会的进步和发展,人们对道路使用功能的要求也逐渐提高。路面防滑在减少车辆碰撞事故和人身伤亡方面发挥重要作用,长期受到社会和行业的高度关注<sup>[1]</sup>。江苏高速公路通车里程4989km,其中近80%的通车年限超过10年,近43%的通车年限超过15年。随着使用年限的不断累积,江苏高速公路路面总体抗滑性能下降明显,严重影响了行车安全,同时高低温性能、抗水损性及耐久性能也呈下降趋势。经过历年不同类型、不同方式的养护,路面抗滑性能有一定程度的改善,但仍存在一些问题,亟需开展抗滑性能快速提升技术研究与应用。

近年来,由美国联邦公路管理局(FHWA)开展的高摩擦树脂封层(High Friction Surface Treatment简称, HFST)已经大规模应用于沥青路面水平曲线上,具有改进路面摩擦

和道路安全性能,并且联邦公路局对其开展了长达10年的跟踪研究,发现其具有轻薄、抗滑、粘结强度高、耐高低温性能的优势。国内对抗滑路面技术也在不断的探索与应用,在OGFC、Noavachip、碎石封层等抗滑技术已经取得了一些成果。但也存在一些瓶颈,比如采用直接加铺工艺引起护栏高度不足问题,采用铣刨回铺工艺引起材料浪费问题,沥青碎石封层的噪音问题,环氧类碎石表处的养生时间长问题,对进一步推广应用带来了困难。

目前,高速公路沥青路面主要以沥青类碎石封层为主,存在夏季高温泛油、噪音大、易飞散、耐久性不足的问题。因此,设计强度高、耐久、环保的封层很有必要。

## 2 结构方案设计

针对江苏高速公路路面抗滑衰减带来的行车舒适性、安

【作者简介】熊峰(1986-),男,中国江西南昌人,工程师,从事高速公路养护管理研究。

全性问题,研发新型树脂封层技术<sup>[2]</sup>。该技术采用以耐候性高韧环氧树脂作为载体,再根据应用场景配以彩色硬质陶粒、优质玄武岩和橡胶颗粒等集料作为磨耗层,在改善路面行车舒适性及抗滑性能的同时实现色彩分区、降噪和交通疏导功能。

### 2.1 HFST 高摩擦树脂封层技术

HFST 高摩擦树脂封层总厚度为 3~5mm,表面涂布 1.3~1.6kg/m<sup>2</sup> 耐候性树脂,同步撒布粒径 3~5mm 的玄武岩集料。该方案几乎不增加路面宽度,抗滑构造深度可达到 1mm 以上,摩擦系数 80BPN 以上,横向力系数 70 以上,兼有沥青路面裂缝封闭修复的效果,施工完成后 4~5h 即可快速开放交通。

### 2.2 HFST (橡胶复合) 高摩擦树脂封层技术

HFST (橡胶复合) 高摩擦树脂封层总厚度为 3~5mm,表面涂布 1.3~1.6kg/m<sup>2</sup> 耐候性树脂,同步撒布粒径 3~5mm 的玄武岩集料,最后通过嵌入 2~4mm 弹性橡胶颗粒形成 3~5mm 厚的永久和有弹性的表面结构。利用橡胶颗粒的弹性吸收缓冲压力,实现综合减震降噪。在改善沥青路面抗滑性能的同时降噪 3~5 分贝,使原沥青路面实现静音效果。

### 2.3 彩色陶粒树脂封层技术

彩色陶粒树脂封层总厚度为 2~3mm,表面涂布 (1.3~1.6kg/m<sup>2</sup>) 耐候性树脂,同步撒布粒径 1~2mm 彩色硬质骨料。针对不同的路段环境特征,可通过彩色硬质骨料扩展路面色彩,起到诱导、警示、协调景观等功能,从而提高路面车辆的交通组织性和有序性。

## 3 树脂封层施工工艺

树脂封层施工工艺见图 1。

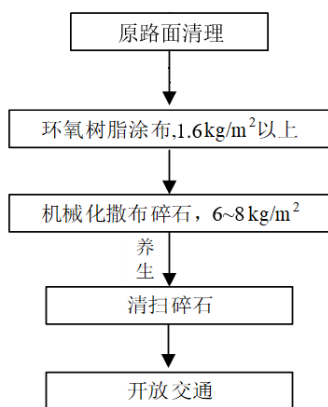


图 1 树脂封层施工工艺

### 3.1 原路面处理

①使用机械清扫机清洁沥青路面,去除污垢,松散的骨料,碎屑,路边积泥较重的区域应用钢刷清理,直至路面清理干净,露出新鲜骨料,再采用热鼓风机去除表面所有灰尘。

②对于受油脂或其他有害物质污染的路面,应采用温和的洗涤剂溶液清洗,并采用热鼓风机干燥。

③吹扫完毕后,沿着标线位置,用胶带进行保护。

### 3.2 脂封层施工

①根据耐候性树脂粘结料的各组分比例,准确计量并混合 A、B 组分,混合后机械充分搅拌 1~2 分钟,耐候性树脂随拌随用。常温 5℃~40℃ 可施工,无需加热。

②采用人工或机械喷涂面层树脂,网格法严格控制涂布量,用量控制在 1.3~1.6kg/m<sup>2</sup>,达到一定厚度。

③紧跟人工或机械撒布集料,使树脂将硬质集料包裹,撒布量 6.5~8kg/m<sup>2</sup>,撒布率大于 100%。

### 3.3 养生

HFST 高摩擦树脂封层养生 4~5h 完全固化后,清扫表面松动的颗粒,即可开放交通。

## 4 跟踪检测

路面良好的抗滑性能是保证行车安全的关键,而常规的路面抗滑检测方法分为摩擦系数和路表纹理测试两大类<sup>[3]</sup>。为了更好地了解树脂封层技术抗滑性能情况,依托某 E 高速实体工程树脂封层试验段进行了抗滑性能和粘结强度的测试。

### 4.1 摆式摩擦系数检测

本次试验依托 E 高速公路,摆式摩擦系数值主要表征低速下的路面摩擦系数<sup>[4]</sup>,采用摆式摩擦仪分别对橡胶复合高摩擦树脂封层、HFST 高摩擦树脂封层、彩色陶粒树脂封层三种树脂封层进行摩擦系数的测试。摩擦系数检测结果见图 2。

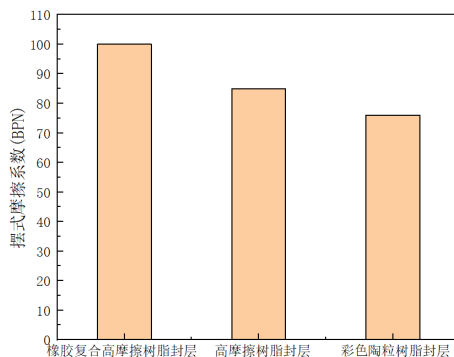


图 2 摩擦系数检测结果

从图 2 中可知,三种树脂封层方案的 BPN 摩擦系数均 > 70,远超规范要求一倍以上,满足一般沥青路面抗滑要求。由于摆式摩擦系数值主要表征低速下的路面摩擦系数,所以检测结果表明在低速情况下,树脂封层能提供路面良好的抗滑性能。

### 4.2 构造深度检测

本次试验依托 E 高速公路,构造深度值主要表征路面纹理,采用手工铺砂仪分别对橡胶复合高摩擦树脂封层、HFST 高摩擦树脂封层、彩色陶粒树脂封层三种超薄磨耗层路面进行构造深度的测试。

从图 3 可知,检测结果均符合设计要求,三种树脂封层方案的构造深度均 $> 1\text{mm}$ ,远超规范要求一倍以上。树脂封层的集料裸露在表面,其表面纹理凸出与轮胎接触提供路面摩擦力,因而路面抗滑性能较好。

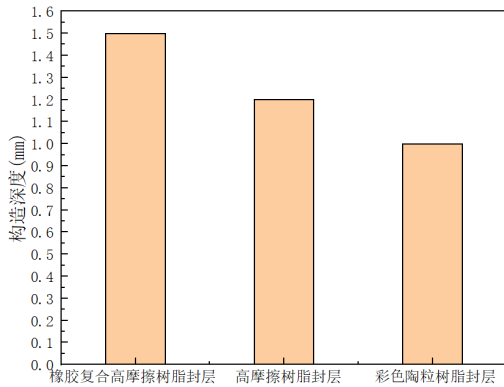


图 3 构造深度检测结果

#### 4.3 拉拔强度检测

本次试验依托 E 高速公路,采用拉拔仪分别对橡胶复合高摩擦树脂封层、HFST 高摩擦树脂封层、彩色陶粒树脂封层三种超薄磨耗层路面进行层间粘结强度的测试。拉拔强度检测结果见图 4。

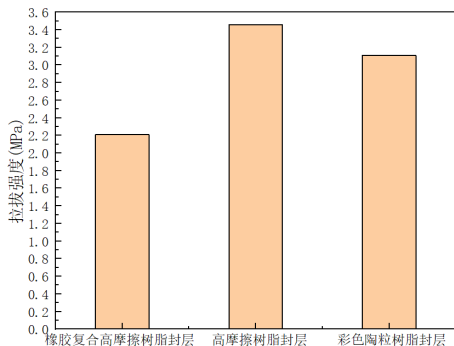


图 4 拉拔强度检测结果

从图 4 可知,检测结果均符合设计要求,三种树脂封层方案的拉拔强度均 $> 1\text{MPa}$ 。且断裂面均在沥青混凝土内部,表明实测值远高于测试值,因此三种树脂封层与沥青混凝土表面具有良好的粘结性能。

#### 4.4 横向力系数检测

横向力系数表征高速下路面摩擦系数,因此横向力系数是反映汽车稳定性的重要因素<sup>[5]</sup>。为研究不同树脂封层的横向力系数,对 E 高速公路进行了 3 次横向力系数测试。测试速度为 $60\text{km/h}$ ,水膜厚度为 $0.1\text{mm}$ ,检测测结果如图 5 所示。

由图 5 可知三种树脂封层路面的横向力系数均远高于一般沥青路面,3 次测值平均值基本一致,平均值极差小于 3,变异系数在 $2\%\sim 3\%$ 范围内,小于规范中要求的 $5\%$ ,表明在高速情况下不同的树脂封层均具有良好的抗滑性能。

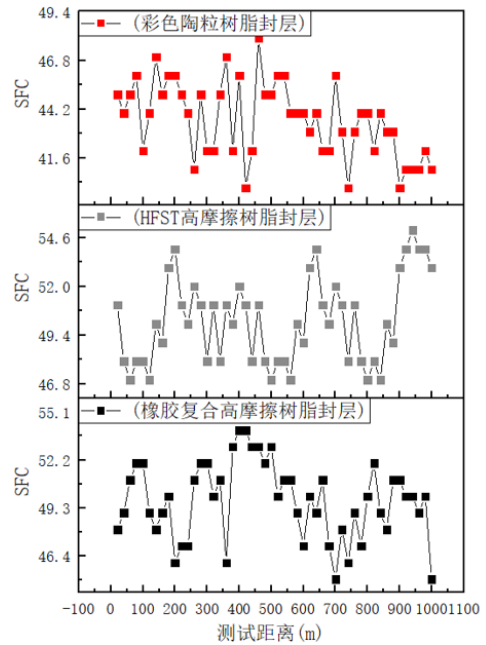


图 5 横向力系数检测结果

## 5 结论

①三种树脂封层与沥青混凝土都具有良好的粘结性能,可在常温 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 可施工,无需加热,环保效益极高, $\text{CO}_2$ 排放量减少 $90\%$ 以上,符合国家“双碳”政策。对彩色陶粒树脂罩面的路用性能进行评价,包括树脂罩面抗拔强度、抗滑性能、抗水损性、耐高低温性能等各项路用性能指标。通过研究高强载体材料和高强硬质磨耗层材料,以满足服务区路面路用性能要求,同时保证路面永不褪色的着色效果。

②针对不同的路段环境特征,可通过彩色硬质骨料扩展路面色彩,起到诱导、警示、协调景观等功能,从而提高路面车辆的交通组织性和有序性。

③通过摆式摩擦和横向力系数检测发现,三种树脂封层在低速和高速情况下,均具有良好的抗滑性能。

④对测试路面抗滑检测指标进行了汇总分析,确定了抗滑水平分布范围。所测三种树脂封层 BPN 系数分布范围为 $76\sim 100$ ,构造深度测值分布范围为 $1\sim 1.5\text{mm}$ 。横向力系数在 $39\sim 54$ ,抗滑性能优异。

## 参考文献

- [1] 黄晓明,郑彬双.沥青路面抗滑性能研究现状与展望[J].中国公路学报,2019,32(4):32-49.
- [2] 孙杨勇.粗集料表面微观构造分形性质探讨与沥青路面抗滑性能关系研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [3] 王元元.沥青路面抗滑特性与其表面粗糙特性之关系研究[D].南京:东南大学,2017.
- [4] 刘建华.路面抗滑性能检测与评价技术研究[D].郑州:郑州大学,2002.
- [5] 张栋.沥青路面抗滑性能指标与测试方法评价研究[D].济南:山东建筑大学,2020.