

沥青路面抗滑性能恢复技术研究

韦炎

(中铁建桂林投资有限公司, 广西 桂林 541499)

摘要 为提高沥青路面抗滑性能及稳定性, 本文从养护角度出发, 提出一种经济型路表抗滑性能恢复技术, 并以某公路 K320+451.6~K335+249.8 段为例, 探究喷砂雾封层抗滑效果和抗衰减规律。试验结果表明, 喷砂雾封层细料的最佳用量在 0.25~0.35kg/m² 之间, 粘结剂最佳用量在 0.4~0.5kg/m² 之间, 可有效提高路面抗滑性能(平均提升约 50%)。且抗滑衰减分为均匀衰减和趋于稳定两个阶段, 具有良好的抗滑耐久性, 预计可延长道路近 50% 的使用寿命, 值得大范围推广应用。

关键词 沥青路面; 抗滑性能; 恢复技术

中图分类号: U416

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0112-03

目前, 我国常用的沥青路面养护策略主要分为两种, 一种为维修性养护, 是指路面结构出现了明显的损坏以至于影响道路正常使用功能时采取的维修, 如石屑封层技术、稀浆封层技术等^[1]。另一种为预防性养护, 是指道路结构尚未出现明显的结构损坏, 使用功能仍满足要求时所采取的维修, 包括微表处技术、热薄层罩面技术等。而为进一步提高沥青路面抗滑性能及稳定性, 保证沥青路面养护效果, 本文提出一种喷砂雾封层材料组成的沥青路面养护技术, 以为抗滑性能不足的沥青路面提供一种新的养护思路及方法。

1 路段概况

本次试验选取某公路 K320+451.6~K335+249.8 段为例。该公路等级为一级公路, 全长 26.568km。设计行车速度为 100km/h, 路段设置为双向六车道, 以满足该地区交通需求的同时, 保证安全和流畅的交通条件。原始路面结构的沥青面层结构包括: 上面层为 4cm AC-16 型沥青混凝土, 中面层为 4cm AC-20 型沥青混凝土, 下面层为 6cm AC-25 型沥青混凝土。基层由 22cm 厚度的 5% 水泥稳定砂砾组成, 垫层则为 25cm 厚的砂砾层^[2]。地质条件方面, 项目沿线主要由细砂、粉质低液限粘土以及部分砂砾石松散沉积物构成。表层约 15m 内主要是细砂和粉质低液限粘土, 而 15m 以下为砂砾石松散沉积物。地质条件总体稳定, 表层土壤承载能力良好, 适合道路建设。

2 喷砂雾封层材料组成设计

2.1 试验材料

2.1.1 乳化沥青

现阶段, 我国道路工程用于制造聚合物抗滑薄层的粘合剂主要以环氧树脂、甲基丙烯酸树脂和聚氨酯

树脂为主。鉴于特殊的喷涂工艺和制造超薄抗滑层的需求, 本次试验选择乳化沥青作为主要原料进行研究^[3]。其具有良好的粘结性和流动性, 可有效满足道路养护要求, 具体技术指标见表 1。

表 1 乳化沥青技术指标

指标	测试值	规范要求
针入度	87.6mm	40~150(0.1mm)
延度	56cm	≥ 40cm
软化点	48℃	≥ 45℃
蒸发残留物	53%	≥ 50%

为确保喷砂雾封层达到预期的效果, 施工时必须精准控制材料的使用量。若喷洒量过高, 则会导致细料和粘结剂过度覆盖原有路面, 削弱路面的宏观结构。反之, 若喷洒量太少, 细集料的粘附力降低, 无法形成有效的路面纹理, 无法达到理想的抗滑效果。

2.1.2 胶乳

为确保细集料在沥青路面上的有效粘结, 选择在乳化沥青中添加了一定比例的增粘剂, 本次试验中使用的是胶乳。胶乳具备以下显著特性:

其一, 具有良好的抗酸、抗碱、抗盐和抗化学试剂性能, 以及对抗日光和臭氧老化的能力。

其二, 具有强大的粘结性和防渗能力, 有助于防止道路受水损害。

其三, 与乳化沥青结合后, 形成的涂层具有优秀的耐磨性。试验采用自制的乳化沥青和胶乳混合物作为胶结涂料, 采用的施工方法为冷喷洒^[4]。胶乳技术指标见表 2。

表 2 胶乳技术指标

指标	测试值	规范要求
粘度	3000cps	≥ 2000cps
总固含量	65%	≥ 60%
pH 值	7.2	6.5-8.5
液态类型	稳定乳液	稳定乳液
贮存稳定性	6 个月	≥ 6 个月
外观	均匀乳白色	无分层、无沉淀

2.1.3 集料

在喷砂雾封层的应用中,集料的核心功能是借助粘结剂附着于路面,从而创造细致的微观纹理。此种纹理能够提供必要的摩擦力,有效地恢复并增强路面的防滑特性。试验选取 0.3mm 的细集料进行后续的研究。此种规格集料具有以下三点优势:

第一,粒径分布适中,有利于提高路面的微观纹理,从而增强抗滑性能。

第二,细集料能更好地与乳化沥青和增粘剂结合,形成均匀且稳定的喷砂雾封层^[5]。

第三,确保了雾封层的密实性和耐磨性,有助于延长道路的使用寿命。

2.2 试验设备

为使细集料能更好地粘结在旧路面上,本次试验选用 2.55mm 口径的上壶式喷枪和型号为 AC-3100X 的空压机(1.5kW)及配套气泵。其中喷枪具体参数见表 3。

表 3 上壶式喷枪具体参数

指标	参数	指标	参数
喷壶口径	2.5mm	喷涂距离	200
喷涂空气压力	0.29MPa	空气使用量	275
喷出两	245mL/min	喷幅	155~250
所用空压机	1.5kW	容量	50~400

2.3 材料用量设计

2.3.1 粘结剂喷洒用量

为确定粘结剂最佳喷洒用量,以某公路 K320+451.6~K335+249.8 段为研究对象,选取不同粘结剂计量(5g、25g、50g、75g、100g)的粘结剂进行试验,以摆值(BPN)和摩擦系数(WFC)作为抗滑性能评价指标,确定粘结剂最佳喷洒量。最终试验确定本次选择粘结剂的最佳用量为 0.4~0.5kg/m²。试验结果见表 4。

2.3.2 细集料用量

在确定粘结剂最佳用量基础上,仍以该路段为研究对象,分别撒布 0g、15g、30g、45g、60g 粒径为 0.3mm 的细集料进行对比分析,同样以摆值(BPN)和摩擦系数(WFC)作为抗滑性能评价指标,以确定细集料的最佳用量。试验结果见表 5。

由此可以看出,随着细集料用量的不断增加,路面抗滑性能呈现先增加后减小最后趋于稳定的趋势。且随着细集料的用量增加,原本路面的宏观结构会显著减弱。虽然此种改变在低速行驶条件下可能增加路面的摆值,从而提高了抗滑性,但在高速行驶情况下,

表 4 粘结剂喷洒量对路面抗滑性能的影响

粘结剂用量 /g	路表抗滑性能		路面纹理	路面评价
	BPN	WFC		
5	57.2	0.639	差	路表成雾化形式,颗粒黏附差
25	63.9	0.703	较差	路表形成薄层,颗粒黏附较差
50	70.1	0.756	丰富	路表形成薄层养护,颗粒黏附效果良好
75	64.8	0.725	较丰富	路表泛光,颗粒黏附效果较差
100	62.3	0.668	较差	粘结剂呈流动装,颗粒黏附效果差

表 5 细集料用量对路面抗滑性能的影响

细集料用量 /g	路表抗滑性能		路面宏观纹理情况
	BPN	WFC	
0	47.6	0.586	丰富
15	56.3	0.645	较丰富
30	68.9	0.755	良好
45	63.2	0.695	较差
60	61.3	0.678	差

则极易引发安全风险。基于对路面抗滑性能与环保经济的综合考虑, 喷砂雾封层的细集料最佳用量应在 $0.25 \sim 0.35 \text{kg/m}^2$ 之间。

3 喷砂雾封层的抗滑恢复效果研究

3.1 抗滑指标分析

利用设备对磨损后的公路路段进行喷砂雾封层养护, 分析其路表纹理构造及抗滑性能变化, 明确路面抗滑性能回复效果。

通过使用摆式仪器和手动推动的摩擦系数测试仪(WFT), 对磨损后的路面前后抗滑性能进行测量, 并对数据进行对比分析, 以明确抗滑性能变化。结果见表6。其抗滑恢复率计算公式如下:

$$\beta = \frac{H_t - H_0}{H_0} \times 100\%$$

其中, H_t 为处理后的路面抗滑指标; H_0 为处理前的路面抗滑指标, β 为抗滑恢复率。

表6 路面抗滑性能对比分析

项目类型	未处理	处理后	差值	抗滑恢复率(%)
BPN	42.1	62.8	20.7	49.17
WFC	0.576	0.753	0.177	30.73

从上表中可以看出, 喷砂雾封层养护技术应用后, 路面抗滑性能提升显著, 其中摆值模型墨家中, 抗滑性能恢复率达到了49.17%; 摩擦系数WFC模型评价中, 路面抗滑性能恢复率达到了30.73%, 处理前后路面抗滑性能变化明显。由此说明该养护技术在路面抗滑性能养护中具有较高的实践价值。

3.2 抗滑性能耐久性分析

为进一步明确喷砂雾封层使用效果, 选取部分经喷砂雾封层养护后的路段在加速加载磨损仪上进行磨损试验, 以摆值为评价指标对其抗滑性能演变规律进行分析研究, 得出以下结论:

喷砂雾封层的应用显著提升了沥青路面的抗滑性能。然而, 随着磨损次数的增加, 此种抗滑性能呈现逐渐衰减的趋势, 而且随着磨损次数增多, 抗滑性能的衰减率也相应减小。在磨损的初期阶段, 抗滑性能快速下降, 而在后期, 则摆值在一个较小的范围内稳定。且经过喷砂雾封层处理前的路面, 在经受约12000次磨损后抗滑性能再次降低, 而新铺设路面在24000次磨损后才首次出现抗滑性能下降, 显示出喷砂雾封层在抗滑耐久性方面的优越性, 延长了道路使用寿命近50%。此外, 路面的抗滑性能在第二次失效时的抗滑值明显低于首次失效时的数值。这主要是因为磨损过程中路面表面的细集料在磨损中对露出的旧路面粗集料表面形成了新的划痕, 导致路面构造深度减小, 纵向摩擦系数降低, 影响了沿行车方向的抗滑性能。同时,

新划痕的产生有助于增加路面的横向摩擦系数, 从而提高弯道路段或恶劣天气条件下的行车安全性。

综上, 喷砂雾封层处理后的沥青路面抗滑衰减可分为两个阶段: 在第一阶段, 即均匀衰减阶段, 路面的抗滑性能主要由粘附在外露集料表面的细集料形成的微观纹理及原有路面的宏观纹理共同提供。随着轮胎重复施加荷载, 表层细集料逐步磨损, 微观纹理减少, 导致路面抗滑性能逐渐下降。第二阶段是趋于稳定阶段, 在这一阶段, 粘附的细集料基本被磨损完毕, 外露集料表面同时发生微观纹理的磨损和重构。这一现象主要是由以下三个因素引起: 一是细集料在粗集料表面形成的划痕; 二是粗集料颗粒自身在磨损中的表面纹理重造; 三是隐藏在集料颗粒间隙及侧壁的细集料出现, 使局部区域的微观纹理得以改善。总体来看, 这一阶段的抗滑性能会在一个较小范围内波动并稳定, 但由于路表宏观构造持续减小, 抗滑性能在二次失效后的稳定值会低于首次失效时的稳定值。

4 结论

本次研究表明, 在某公路K320+451.6K335+249.8段应用喷砂雾封层技术后, 沥青路面的抗滑性能显著提升。试验结果显示, 喷砂雾封层细料的最佳用量为 $0.250.35 \text{kg/m}^2$, 粘结剂的最佳用量为 $0.4 \sim 0.5 \text{kg/m}^2$ 。此配比有效改善了路面的微观纹理, 并平均提高了路面抗滑性能约50%, 显著增强了路面安全性。且抗滑性能的衰减分为两个阶段: 均匀衰减和趋于稳定。初期, 由于细集料磨损, 微观纹理减少导致抗滑性能下降; 后期, 抗滑性能趋于稳定, 虽有波动但整体保持稳定。喷砂雾封层在提高耐磨性和延长道路使用寿命方面表现出色, 预计能延长道路使用寿命近50%。由此可见, 本文所提出的喷砂雾封层养护技术, 从养护角度出发, 提供了一种经济高效的方法以提高沥青路面的抗滑性能。通过精确控制细料和粘结剂的用量, 路面的微观纹理得到了改善, 进而提高了整体抗滑性能, 这对于道路安全至关重要。

参考文献:

- [1] 孙朝云, 韩雨希, 户媛姣, 等. 基于IGWO-XGBoost融合模型的沥青路面抗滑性能评估[J]. 计算机系统应用, 2023,32(04):66-76.
- [2] 夏小琴. 公路工程沥青路面抗滑性能检测方法的应用分析[J]. 科技资讯, 2023,21(03):69-72.
- [3] 龙承梁, 余忠磊. 沥青路面抗滑性能影响因素研究[J]. 公路交通技术, 2023,39(01):54-59.
- [4] 陈灿, 段靖轩, 邹尚缙, 等. 薄层多孔沥青路面抗滑性能研究[J]. 现代交通与冶金材料, 2023,03(01):2-8.
- [5] 韩炜贤. 湛徐高速公路多指标沥青路面抗滑性能评价分析[J]. 公路与汽运, 2023(02):73-77,90.