

高粘微表处的抗水损坏性能研究

罗 龙

四川省交通建设集团有限责任公司，四川 成都

收稿日期：2023年11月21日；录用日期：2023年12月20日；发布日期：2023年12月29日

摘 要

微表处是一种性价比高、环保效果好，施工便捷的工艺，当下在各等级公路甚至市政道路的路面养护工程中的应用已是较为普遍，但其耐久性的不足阻碍着这一技术的更广泛的推开使用，总结下是其自身粘附力不足，导致抵抗水损坏能力不足，进而延伸出更多形式的损坏，因此在保修期内能否抵抗自身的水损害和封住水向路面结构渗入，一直是微表处技术人员较关心的重点。因此本文将基于试验工程为依托，研究了两个主要影响因素变化下高粘度微表处的抗水损坏的性能，结果表明SBS改性乳化沥青的最佳掺量值为4%，其冻融TSR值达到最大并满足路用要求，同时当水泥用量小于1.0%时，TSR值大幅提升，一旦水泥掺量超过1.0%则混合料水稳定性改善不明显，会出现材料浪费；最终通过高速公路试验工程进行了验证，回访发现高粘微表处的工程试验段的性能良好，封水能力较好，未出现水损坏，很好的延缓了原路面老化和开裂。

关键词

高粘，微表处，混合料，水稳定性

Study on the Water Damage Resistance of High Viscous Microsurfaces

Long Luo

Sichuan Transportation Construction Group Co. Ltd., Chengdu Sichuan

Received: Nov. 21st, 2023; accepted: Dec. 20th, 2023; published: Dec. 29th, 2023

Abstract

Micro surface treatment is a cost-effective, environmentally friendly, and convenient construction

process that is widely used in pavement maintenance projects of various levels of highways and even municipal roads. However, its lack of durability hinders the wider application of this technology. In summary, its insufficient adhesion leads to insufficient resistance to water damage, which in turn leads to more forms of damage. Therefore, whether it can resist its own water damage and seal the infiltration of water into the pavement structure during the warranty period has always been a key concern for micro surface treatment technicians. Therefore, based on experimental engineering, this article will study the water damage resistance performance of high viscosity micro surface under two main influencing factors. The results show that the optimal dosage of SBS modified emulsified asphalt is 4%, and its freeze-thaw TSR value reaches the maximum and meets the road requirements. At the same time, when the water mud dosage is less than 1.0%, the TSR value significantly increases. Once the cement dosage exceeds 1.0%, the water stability of the mixture is not significantly improved, and material waste will occur; Finally, it was verified through an express way experimental engineering, and a follow-up visit found that the engineering test section with high viscosity micro surface had good performance, good sealing ability, and no water damage, which effectively delayed the aging and cracking of the original road surface.

Keywords

High Viscosity, Micro Surfacing, Mixture, Water Stability

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国道路交通行业的快速发展,出现了极重交通、重载和交通渠化等问题,沥青路面的各种表面功能迅速恶化,影响着车辆的行驶安全性和舒适性。其中微表处是一种性价比高且对环境扰动较小的且可对各种等级公路能够实现快速养护的最为普遍的一种技术[1]。在我国的每年实施的预防性养护应用中占据相当的份额。

微表处是基于乳化沥青体系的沥青混合料,其工艺体系与热拌不同,由于其生产过程无需加热,具有较高的环保效果,符合道路交通基建工程的降碳要求[2],因此也日益受到了工程相关方的关注。微表处的核心功能是改善路面微病害,延缓开裂和封水。但相对于热拌体系,其强度较低,表现在宏观上会出现抗剪能力较弱,在抗水损坏能力方面是有所欠缺的。因此,在微表面混合料的设计和应用中,其水稳定性日益成为研究者关注的重点,也成为微表面工艺推广的技术关键[3]。目前,以高粘改性乳化沥青为粘结剂的高粘微表处已逐收到了诸多研究人员的关注[4],本文将影响因素为研究对象,采用冻融劈裂试验来评价其水稳定性。基于 SBS 改性的高粘度微表处乳化沥青,以及改性乳化沥青和水泥的用量对微表处水稳定性的影响。

2. 材料与试验

2.1. 结合料

本工作针对微表处路面混合料进行路用性能检测,采用高粘度 SBS 改性乳化沥青,乳化剂选用了慢破快凝型,改性剂选择较易研磨的线性 SBS,其掺量为 6.5% (SBS 占基质沥青的比例),研磨加工装置为小型胶体磨。试验室制备得到的 SBS 改性乳化沥青技术指标如表 1。

Table 1. The micro-surface was modified with 6.5% SBS to modify the emulsified asphalt
表 1. 微表处用 6.5% 掺量 SBS 改性乳化沥青

试验项目	单位	检测结果	规范要求	试验方法
筛上剩余量(1.18 mm)	%	0.06	≤0.1	T 0652
电荷		阳离子正电荷	阳离子正电荷	T 0653
沥青标准粘度 C _{25,3}	S	15.8	12~60	T 0621
蒸发残留物含量	%	62.2	≥60	T 0651
针入度(25℃)	0.1 mm	66.9	40~100	T 0604
蒸发残留物性质	软化点(R/B)	℃	≥53	T 0606
	延度(5℃)	cm	≥20	T 0605
贮存稳定性	1 d	%	≤1	T 0655

2.2. 集料

试验所用的集料类型与尺寸规格如下：玄武岩 1#，10~15 mm；玄武岩 2#，5~10 mm；石灰岩 3#，0~5 mm；石灰岩矿粉。集料和矿粉的密度测试结果见表 2。

Table 2. Density test results of three grades of aggregates and fines
表 2. 三档集料和矿粉的密度测试结果

集料规格	相对毛体积密度	相对表观密度	吸水率(%)
玄武岩 1# (10~15 mm)	2.9252	2.9612	0.0212
玄武岩 2# (5~10 mm)	2.8611	2.9419	0.0272
石灰岩 3# (0~5 mm)	2.7568	2.7941	0.0184
矿粉	/	2.762	/

2.3. 水泥

本试验工程微表处混合料路用性能试验部分将矿粉和水泥作为添加物使用，水泥使用道路硅酸盐水泥，型号为 P.O 42.5，其技术指标如表 3：

Table 3. P.O 42.5 ordinary portland cement
表 3. P.O 42.5 普通硅酸盐水泥

项目	单位	P.O 42.5	
		规范标准	实测值
氧化镁	%	≤5.0	4.1
三氧化硫	%	≤3.0	2.2
烧失量	%	≤5.0	4.6
比表面积	m/kg	≥300	314
凝结时间	初凝	≥45	46
	终凝	≤600	356

Continued

抗折强度	3 天	MPa	≥3.5	4.1
	28 天		≥6.5	7.1
抗压强度	3 天	MPa	≥17.0	19.2
	28 天		≥42.5	44.2

2.4. 试验

由于其高粘的特殊性且为了达到拟用工程的高标准，研究人员提出选用评价热拌沥青混合料的检测指标进行衡量，因此选择冻融劈裂试验作为评价此次混合料的水稳定性，而非采用稀浆混合料的试验方法。本次研究选用的冻融劈裂试验是对应《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》中 T0729-2011 标准[5]。

3. 影响因素试验结果

3.1. 沥青用量

为确保一致性，本研究选用与实体工程一样的结合料进行室内试验。改变乳化沥青用量，按试验规范制作两组马歇尔试件，每组 4 个平行试件，进行冻融劈裂试验，计算冻融劈裂抗拉强度比 TSR (Tensile Strength Ratio, 百分比值, 无量纲)，需要指出的是对于自身抵抗水损坏和封水而言，均是 TSR 值越高性能越好[6]。首先进行不添加水泥的试验，改变沥青用量，进行冻融劈裂试验，结果如图 1 所示：

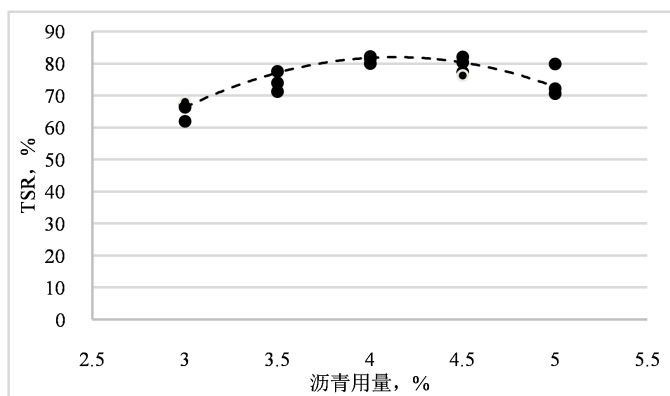


Figure 1. Freezing-thawing TSR value as a function of asphalt dosage
图 1. 冻融 TSR 值随沥青用量变化图

由图 1 可以看出，随着 SBS 改性乳化沥青用量的增加，存在一个最优值使得 TSR 值最大，即水稳定性最好，过多和过少的沥青掺量都会降低微表处混合料抗水损坏的能力。本次试验显示，在未添加水泥时，当高粘微表处中沥青用量在 4.0% 时，TSR 达到 81%；当改性乳化沥青用量超过 4.0% 时，冻融和常温下的劈裂强度虽然有所上升，但是 TSR 明显下降。从试验过程分析原因在于，乳化沥青由于含水，其 TSR 值对水的敏感度较高，因此过高的乳化沥青用量会导致冻融劈裂值有所降低，同时在试验过程中也可观测到 SBS 改性乳化沥青过多会导致破乳后混合料的流塑性增大，由于交通荷载和动水压力的共同作用，沥青与集料之间的粘附力减弱，使集料更容易从沥青表面脱离，水稳定性降低。

3.2. 水泥用量

改变水泥用量，按试验规范制作两组马歇尔试件，每组 4 个平行试件，改变水泥用量后每组混合料

冻融劈裂值如图 2 所示:

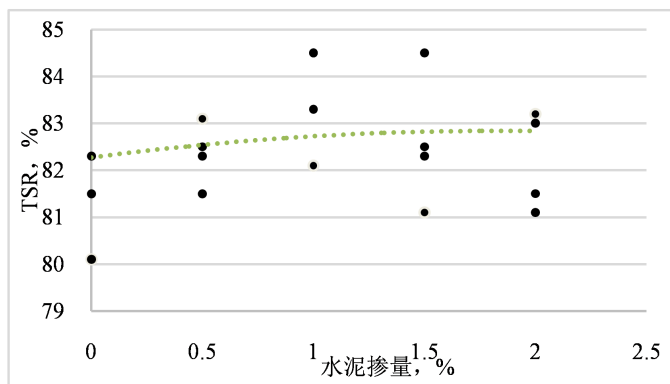


Figure 2. Variation of freeze-thaw TSR with cement content

图 2. 冻融 TSR 随水泥掺量变化图

结果显示水泥可有效提高该混合料的水稳定性, 水泥掺量小于 1.0% 时, TSR 值提升幅度较大, 当水泥掺量大于 1.0% 时, TSR 值趋于平缓。此外, 过量的水泥对改善混合物在微表面的水稳定性作用不大。因此建议基于改性 SBS 的高粘度微表处中水泥含量可不超过 2.0%, 以 0.5%~1.5% 为佳。本次推荐 1%, 将 TSR 值提升至 83.5% 左右。

从材料上的角度来说, 加入适量水泥后, 一方面水化反应使 SBS 发生溶胀, 水化产物可以作为填料在 SBS 和沥青间形成物理缠绕式的“桥连结构”, 形成稳定的 SBS - 水化物 - 沥青物理共混体系[7], 从而提高了沥青同集料间的裹覆程度, 提升了微表处混合料整体强度, 降低了混合料的温度和水分敏感性。另一方面, 水化反应提高了 SBS 的运动动能, 使 SBS 在破乳初期可以更快地穿过沥青分子, 形成相互交联的网状结构, 沥青均匀分散在大分子 SBS 网络结构中, 从而保证了破乳时间的稳定性, 提高了微表处混合料的早期强度[8], 使其达到了对改性乳化沥青微表处混合料的技术要求。

4. 试验段工程

根据试验结论, 将室内研究的微表处配合比设计应用于成德南高速公路实施了高粘度微表处预防性养护试验工程, 实现了最终厚度控制在 0.8~1cm 的高粘度微表处。铺筑后 1 年, 技术人员进行了路段回访, 选择 5 组相同点位, 检测了其渗水效果, 发现封水效果几乎与完工时相当, 可以看到高粘微表处为原路面抵御水损坏起到了很好的保护作用, 进而延缓了原路面老化和开裂。

5. 结语

根据抗水损的需求研究遴选出性能优异的高粘微表处混合料作为目标材料, 通过试验研究分析了沥青用量和水泥用量两大关键因素变化的对其水稳定性的影响, 并根据相关结论辅助了试验工程。结果如下:

- 1) 冻融 TSR 强度与 SBS 改性乳化沥青用量值存在一个最佳的值, 根据室内试验推荐本次试验段的高粘乳化沥青用量为 4.0%, 其 TSR 值接近 81%。
- 2) 水泥会高粘微表处混合料水稳定性有着较好的提升作用, 但对当水泥用量超过 1.0% 时, 提升效果不显著, 会出现材料浪费, 因此, 推荐本次试验段的水泥用量为 1.0%, 试验显示 TSR 值提升至 83.5% 左右。

3) 使用 SBS 改性乳化沥青的高粘微表处的工程试验段性能良好, 1 年后的回访效果封水能力较好, 很好的延缓了原路面老化和开裂。

参考文献

- [1] 吴秋展. 沥青路面预防性养护技术在公路养护作业中的应用[J]. 工程建设与设计, 2023(16): 173-175.
- [2] 齐小飞. 沥青混凝土路面预防性养护技术碳排放量化分析[J]. 公路, 2017, 62(5): 227-232.
- [3] 卢文银, 黄卫东, 吕泉, 等. 改性乳化沥青微表处路用性能影响因素研究[J]. 石油沥青, 2020, 34(5): 29-33.
- [4] 刘澜波. 高粘低噪微表处技术研究[J]. 中国公路, 2015(11): 132-133.
- [5] 交通运输部公路科学研究院. JTG E20-2011. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [6] Decai, W., Tengeng, G., Haolei, C., *et al.* (2021) Research on the Performance of Regenerant Modified Cold Recycled Mixture with Asphalt Emulsions. *Sustainability*, **13**, Article 7284. <https://doi.org/10.3390/su13137284>
- [7] 郭昌云. REOB/SBS 复合改性沥青的制备与性能研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东交通学院, 2022.
- [8] 黄维蓉, 李怀龙, 王成. 等级配对 MS3 型微表处性能影响的研究[J]. 中外公路, 2022, 42(4): 211-217.