DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.251041

U-PAVE 10超薄铺装黏层不黏轮乳化沥青用量优化研究

胡懿之
(江苏交控人才发展集团有限公司,江苏 南京 210000)

摘 要: 针对U-PAVE 10超薄铺装层黏层不黏轮乳化沥青用量开展研究,以解决超薄铺装层间黏结不良导致的推移、开裂等问题。通过乳化沥青试验提出了不黏轮乳化沥青的技术指标,同时制备黏层不同用量的不黏轮乳化沥青复合车辙板进行密度试验和低温小梁弯曲试验以确定最佳用量范围。试验结果表明:不黏轮乳化沥青适用于常规摊铺机摊铺厚度≤2.5 cm的U-PAVE 10混合料;而且当不黏轮乳化沥青用量为0.5~0.7 L/m²时,其混合料压实度最好,低温弯曲应变最优,为U-PAVE 10超薄铺装在工程应用时黏层不黏轮乳化沥青用量的选择提供了有效依据。

关键词: 不黏轮乳化沥青;技术指标;最佳用量范围;混合料性能
中图分类号: U41;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)01-0108-04

Research on Optimization of Non-stick Wheel Emulsified Asphalt Dosage in U-PAVE 10 Ultra-Thin Pavement Adhesive Layer

HU Yizhi
(Jiangsu Transportation Control Talent Development Group Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: The research is conducted on the dosage of non-stick wheel emulsified asphalt in the adhesion layer of U-PAVE 10 ultra-thin pavement layers to solve problems such as pushing and cracking caused by poor adhesion between ultra-thin pavement layers. The technical indicators of non-stick wheel emulsified asphalt are proposed through emulsified asphalt tests. At the same time, non-stick wheel emulsified asphalt composite ruts with different dosages of adhesive layers are prepared for density tests and low-temperature small beam bending tests to determine the optimal dosage range. The test results show that non-stick wheel emulsified asphalt is suitable for paving U-PAVE 10 mixtures with a thickness ≤ 2.5 cm using conventional pavers. And when the dosage of non-stick wheel emulsified asphalt ranges from 0.5 to 0.7 L/m², the compaction degree of the mixture is optimal, and the low-temperature bending strain is the best, which provides an effective basis for the selection of non-stick wheel emulsified asphalt dosage for the adhesive layer in the engineering application of U-PAVE 10 ultra-thin pavement.

Keywords: non-stick wheel emulsified asphalt; technical indicators; optimal dosage range; mixture performance

0 引 言

江苏省高速公路通车里程超4 600 km,60%以上路段通车超10年,车辙、反射裂缝及抗滑性能下降成为主要病害。传统黏层沥青易因施工破坏、性能不足导致界面空隙率高、黏结强度低且破乳慢、高温稳定性差,同时在荷载与环境作用下引发病害,Novachip等技术虽用改性黏层,但材料组成复杂、成本高。因此超薄铺装作为快速养护技术核心,其层间黏结质量直接决定结构耐久性。

江财峰[1]通过室内复合试件的层间直剪试验与现场薄层罩面的层间扭剪检测,认为温度和黏层油用量对层间抗剪强度影响较大。包梦[2]运用有限元软件模拟层间接触情况,分析了道面层间的受力状态,计算分析结果表明层间黏结状态对道面的受力情况有很大的影响,摩擦系数越大,接触效果越好,抵抗变形的能力越好。李佳昊[3]通过有限元计算和室内试验检测评价对沥青路面层间不完全连续状态下的抗剪切性能开展了研究,研究发现温度对于剪切疲劳性能的影响较大,而且短期老化和长期老化对黏结材料的剪切疲劳性能影响较大。许宝珠等[4]

收稿日期:2025-11-06
作者简介:胡懿之(1991—),男,硕士,工程师,从事工程相关咨询、审计、成本标准等工作。

选取了3种乳化沥青通过斜剪试验模拟路面在车辆荷载下的剪切破坏,试验结果表明橡胶乳化沥青黏结性能最好。郭海萍[5]通过室内试验将不黏轮改性乳化沥青与超薄高黏度改性乳化沥青黏层进行对比,并通过室外试验对实际应用的黏结性能及路用性能进行评价。结果表明:不黏轮改性乳化沥青现场施工破乳速度快且不黏车轮,能有效保证黏结效果,保障超薄罩面的施工质量及使用寿命。张政基等[6]认为不黏轮乳化沥青适用于高温环境,可以缩短施工时间,节约施工成本,延长沥青路面使用寿命。王佳[7]认为不黏轮乳化沥青层间黏结强度高,并且温度敏感性弱,稳定性较好,其层间黏结性能不会随温度变化有较大的波动,能够更好地适应不同温度的施工条件,同时可以延长道路使用寿命,降低维修养护频率,达到节约石料和沥青,综合降低工程造价的目的,具有更好的性价比。张孝胜[8]测试自制的基于多链聚烯烃改性剂的不黏轮乳化沥青性能指标,并与普通乳化沥青、市售不黏轮乳化沥青展开对比分析。结果表明,自制不黏轮乳化沥青各项性能均优于普通乳化沥青与市售不黏轮乳化沥青,拉拔强度可提高40%。

本文基于U-PAVE 10超薄铺装工程需求,聚焦不黏轮乳化沥青的性能指标制定、用量优化及黏结效果验证,为提升薄层铺装整体性能提供支撑。

2　试验材料

本文中黏层用乳化沥青选用不黏轮乳化沥青,该材料特点在于通过提升沥青破乳后的软化点,从而解决料车通过时的黏轮问题,防止施工过程中的黏层破坏。本文在使用以硬质沥青为基材的基础上,采用专用乳化剂和界面增强技术,添加界面防黏改性成分和低温增强剂,使乳化效果和高低温适配得到有效优化。不黏轮乳化沥青技术指标如表1所示。

从表1中可以看出,该不黏轮乳化沥青兼具高软化点与优异低温延度,解决了传统产品高低温性能难以兼顾的问题。并且其破乳速度快(10 min左右),可提升施工效率,破乳硬化后成膜效果良好。

同时,为研究不黏轮乳化沥青的层间黏结效果,在洒布量、下承层相同的情况下,对不黏轮乳化沥青和其他类型的黏层乳化沥青进行层间拉拔强度试验并将试验结果进行对比,见表2、图1。

从表2、图1可以看出,不黏轮乳化沥青的层间拉拔强度明显高于其他类型的黏层乳化沥青,这表明不黏轮乳化沥青层间黏结效果较好。

表1　不黏轮乳化沥青试验结果

试验项目		技术指标	不黏轮乳化沥青
标准黏度 $C_{25,3}$/s		15~100	17
破乳速度		快裂	快裂
离子电荷		阳离子	阳离子
常温储存稳定性	1 d	≤1%	0.7%
	5 d	≤5%	3.2%
筛上剩余量(1.18 mm)		≤0.1%	0.04%
蒸发残留物	固含量	≥50%	51.3%
	针入度(100 g,25 ℃,5 s,0.1 mm)	≤50	31.6
	延度(15 ℃,cm)	≥40	>100
	软化点	≥65	94
	溶解度(三氯乙烯,%)	≥97.5	99.6
层间拉拔强度25 ℃/MPa		≥0.40	0.89
60 ℃黏轮情况		不黏轮	不黏轮

表2　不同类型黏层乳化沥青层间拉拔试验结果

黏层乳化沥青	层间拉拔强度(25 ℃)/MPa
不黏轮乳化沥青	0.89
环氧树脂乳化沥青	0.72
SBS-SBR复合改性乳化沥青	0.66
高黏改性乳化沥青	0.73
Novo-B改性乳化沥青	0.35
PC-3乳化沥青	0.21

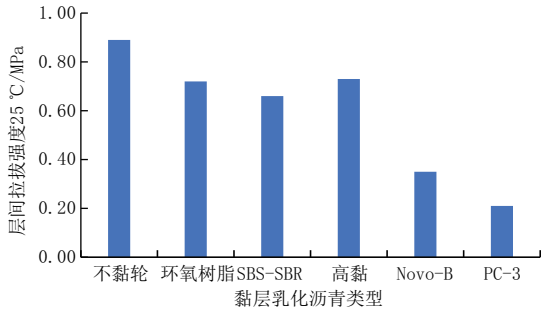


图1　不同黏层乳化沥青层间拉拔强度

图2　传统乳化沥青黏轮现象

从图2中可以看出,在实际应用中,传统乳化沥青易发生黏轮现象,而不黏轮乳化沥青表面固化后

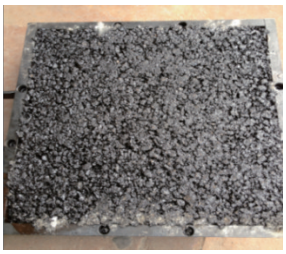
没有黏性，其防黏效果显著。

综上，采用常规摊铺机摊铺厚度≤2.5 cm的U-PAVE 10混合料时层间黏结油可采用不黏轮乳化沥青，以确保黏层结构完整，增强层间黏结。

3　试验方法

通过制备复合车辙试件，以研究不同不黏轮乳化沥青用量对混合料性能的影响。制备流程如图3所示。

（a）成型底部5 cm SMA-13　（b）洒布不黏轮乳化沥青



（c）成型上部2 cm U-PAVE 10

图3　复合车辙试件成型工艺流程图

试验制作底部高度5 cm+上部高度2 cm的复合车辙板试件，其中根据施工经验，不黏轮沥青加热温度约75 ℃，设置0.5、0.6、0.7、0.9 L/m² 4个用量梯度。通过综合分析不同用量下混合料的压实效果（空隙率）与抗裂性能（低温弯曲应变），为施工阶段用量确定提供符合规范的参考。

3.1　压实性能影响

为评估黏层油用量对铺装压实效果的影响，沿复合车辙板黏层界面进行切割。测定上层U-PAVE 10混合料的实际密度，结合最大理论密度计算U-PAVE 10混合料的空隙率，以此作为评估压实效果的依据。不同用量下U-PAVE 10铺装结构的空隙率见图4。

从图4中可见，当不黏轮乳化沥青用量从0.5 L/m²提升至0.7 L/m²时，混合料空隙率从6.6%降至5.3%，压实度同步提升至96.2%，满足规范中≥95%的要求；但用量增至0.9 L/m²时，过量沥青阻碍集料嵌挤，空隙率回升至6.2%，压实效果下降。因此，初步确定用量宜控制在0.5~0.7 L/m²。

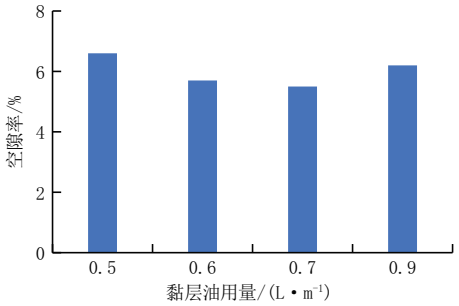


图4　不黏轮乳化沥青用量对铺装层压实度的影响

3.2　低温抗裂性能影响

为评估铺装结构的抗裂性能，将复合车辙试件切割成小梁试件。其中上部U-PAVE 10混合料高度为1 cm，下部SMA-13混合料高度为2.5 cm。进行低温小梁弯曲试验时，将U-PAVE 10混合料置于试件底部受拉区，见图5。试验结果见表3、图6。

图5　复合小梁试件弯曲试验

表3　复合小梁试件弯曲试验结果

黏层油用量/（L·m⁻²）	破坏时最大弯拉应变με	破坏时弯拉强度/MPa
0.5	600	2.18
0.6	750	2.70
0.7	810	2.94
0.9	580	2.11

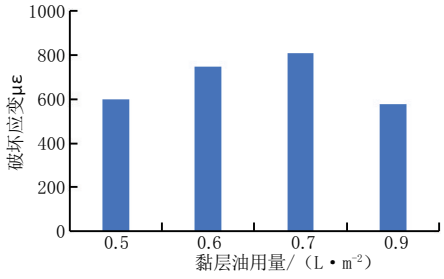


图6　复合小梁试件弯曲试验结果

从表3、图6中可见：用量在0.5 ~0.7 L/m²区间时，弯拉应变随用量增加从600 με增至810 με，弯拉强度由2.18 MPa增至2.94 MPa，相对提升40%，抗裂性能显著优化；用量超过0.7 L/m²后，弯拉应变降至580 με，弯拉强度降至2.11 MPa，抗裂性能明显削

弱。结合压实性能分析，最终确定不黏轮乳化沥青合理用量为0.5~0.7 L/m^2，此区间内材料性能与规范要求完全匹配。

4　结　语

本文通过密度试验和低温小梁弯曲试验对黏层不同用量的不黏轮乳化沥青复合车辙板进行了试验，得出以下结论：

（1）U-PAVE 10超薄铺装黏层不黏轮乳化沥青适用于常规施工，以解决常规施工黏轮问题。

（2）不黏轮乳化沥青适宜用量为0.5~0.7 L/m^2，此时U-PAVE 10铺装层空隙率最低可达5.3%，低温弯曲应变最高达800 με，实现了压实效果与抗裂性能的平衡。

参考文献：

[1] 江财峰.薄层罩面沥青混合料功能特性与层间性能研究[D].广州：华南理工大学，2022.
[2] 包梦.旧道面加铺沥青层层间黏结料性能评价及接触力学分析[D].郑州：郑州航空工业管理学院，2022.
[3] 李佳昊.沥青路面层间不完全连续状态下的抗剪切性能评价分析[D].北京：北京建筑大学，2021.
[4] 许宝珠，陶云汉，魏强，等.粘层乳化沥青层间抗剪性能及其评价方法研究[J].中国建材科技，2024，33(5)：61-65.
[5] 郭海萍.不黏轮改性乳化沥青粘层超薄罩面工程应用分析[J].福建交通科技，2023(6)：29-32.
[6] 张政基，李东钊，李攀，等.不黏轮乳化沥青的性能研究[J].山东化工，2024，53(22)：76-78；83.
[7] 王佳,蒲昌瑜,吴迪.不粘轮乳化沥青的制备及其性能评价[J].公路交通科技，2022，39(10)：9-16.
[8] 张孝胜.不粘轮乳化沥青性能评价及其在路面养护工程中的应用[J].工程技术研究，2021，6(18)：137-138.
[9] 温立影.超薄磨耗层高性能改性乳化沥青粘层材料开发研究[D].西安：长安大学，2011.
[10] 梁孝忠，贾秦龙，高莉宁，等.基于正交试验的超薄磨耗层粘层材料研制[J].中外公路，2014，34(4)：323-326.
[11] 张苏豫，李俊辉，张增平，等.道路超薄磨耗层材料研究进展[J].化工新型材料，2025，53(6)：222-229.
[12] 靳彦彪.超薄磨耗层粘层材料使用性能研究[J].交通世界(建养.机械)，2013(1)：258-260.
[13] 何林源，王文奇，张凌波，等.路用不粘轮乳化沥青研究现状及展望[J].四川建材，2025，51(9)：9-12；24.
[14] 张铁印，邱业绩，弥海晨，等.公路沥青路面超薄罩面施工关键技术浅析[J].石油沥青，2024，38(3)：62-66.
[15] 陈乘鑫.沥青混凝土铺装层间粘层材料的性能研究与应用[J].广东建材，2023，39(6)：12-14；118.
[16] 梁瑛硕.路面粘层材料性能及影响因素研究[D].天津：河北工业大学，2023.
[17] 唐瑶.高性能透层粘层材料制备及其性能研究[D].郑州：郑州大学，2021.
[18] 忻磊迪.基于薄层铺装的高粘改性乳化沥青粘结层力学性能研究[D].广州：华南理工大学，2021.