DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260642

黏层油类型及洒布量对聚丙烯抗裂基布夹层沥青面层—水稳基层间黏结性能的影响

周浩宇[1],叶　华[2],魏智超[2],张源斌[1],徐伊健[3],张　恺[4]
(1.江西省交通投资集团项目建设管理公司,江西 南昌 330025; 2.江西省交通投资集团有限责任公司,江西 南昌 330025; 3.华东交通大学 土木建筑学院,江西 南昌,330013; 4.公路桥梁与隧道结构江西省重点实验室,江西 南昌 330025)

摘　要: 为评价聚丙烯抗裂基布夹层沥青路面结构的层间黏结性能,以水泥稳定碎石基层、聚丙烯抗裂基布和AC-20C沥青混合料组成的复合结构为研究对象,开展45°斜剪试验和拉拔试验,分析普通乳化沥青、70号基质沥青和SBS改性沥青3类黏层油对层间黏结性能的影响,并揭示沥青洒布量对抗剪性能的影响。结果表明,在相同目标的洒布量条件下,SBS改性沥青的剪切强度和拉拔强度均最高,70号基质沥青次之,普通乳化沥青最低;拉拔试验所得黏层油的优劣排序与45°斜剪试验一致;当70号基质沥青的洒布量由1.00 kg/m²增至1.20 kg/m²时,剪切强度得到明显提高,但当洒布量持续增至1.40 kg/m²后,剪切强度呈下降趋势,表明热沥青类黏层油的洒布量存在适宜范围。

关键词: 道路工程;聚丙抗裂基布夹层;剪切强度;黏层油;洒布量;层间黏结
中图分类号: U416　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1009-7716(2026)11-0007-06

Effects of Tack Coat Type and Application Amount on Bonding Performance between Polypropylene Crack-resistant Base Fabric Interlayer Asphalt Surface Layer and Water-stabilized Base Layer

ZHOU Haoyu[1], YE Hua[2], WEI Zhichao[2], ZHANG Yuanbin[1], XU Yijian[3], ZHANG Kai[4]
(1. Project Construction Management Company, Jiangxi Provincial Communications Investment Group, Nanchang 330025, China; 2. Jiangxi Provincial Communications Investment Group Co., Ltd., Nanchang 330025, China; 3. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 4. Jiangxi Provincial Key Laboratory of Highway Bridge and Tunnel Structures, Nanchang 330025, China)

Abstract: To evaluate the interlayer bonding performance of asphalt pavement structures incorporating a polypropylene anti-cracking base fabric interlayer, taking a composite structure consisting of a cement-stabilized crushed stone base, polypropylene anti-cracking base fabric and AC-20C asphalt mixture as the research object, the 45° oblique shear test and pull-off test are conducted to analyze the effects of three types of tack coat materials such as ordinary emulsified asphalt, 70# base asphalt and SBS-modified asphalt on interlayer bonding performance, and to reveal the influence of asphalt application amount on shear resistance. The results show that under the same targeted application amount, SBS-modified asphalt exhibits the highest shear strength and pull-off strength, followed by 70# base asphalt, while ordinary emulsified asphalt shows the lowest values. The ranking of tack coat materials obtained from the pull-off test is consistent with that from the 45° oblique shear test. When the application amount of 70# base asphalt increases from 1.00 kg/m² to 1.20 kg/m², the shear strength increases significantly. However, when it further increases to 1.40 kg/m², the shear strength decreases, indicating that there is an appropriate application amount for hot asphalt tack coat materials.

Keywords: road engineering; polypropylene crack-resistant base fabric interlayer; shear strength; tack coat material; application amount; interlayer adhesion

0　引　言

沥青路面层间的黏结状态直接影响结构层的协同受力与耐久性能。半刚性基层—沥青面层间的界

收稿日期:2026-06-09
基金项目:江西省交通运输厅科技项目(2025ZG029)
作者简介:周浩宇(1990—),男,硕士,高级工程师,从事高速公路建设工作。

面，长期受车辆荷载剪切作用、温度变化、基层表面粗糙度和施工质量等因素的影响，若层间黏结性能不足，易引发层间剪切滑移、局部脱空和反射裂缝等早期路面病害。聚丙烯抗裂基布夹层虽然能够分散应力作用、延缓裂缝产生，但其改变了基层—沥青面层的接触条件，使得黏层油类型、洒布量和浸润效果成为影响层间黏结性能的关键因素[1]。

层间黏结性能是影响路面结构耐久性的关键因素，国内外学者对此做了大量研究。Uzan等[2]从层间黏附视角出发，指出界面黏结状态会显著影响柔性路面的应力分布和破坏水平；Canestrari等[3]基于层间剪切作用评价，认为黏层油效果应通过界面抗剪能力来表征；Mohammad等[4]从黏层材料视角出发，认为合理的黏层处置，有利于提高界面的抗剪强度；汪水银[5]从半刚性基层—沥青面层界面角度，指出基层清理程度、基层表面粗糙度和黏层材料剂量是影响层间强度的重要因素；Tozzo等[6]从界面剪切疲劳性能角度，指出层间界面的抗剪性能会影响沥青路面的使用表现；Correia等[7]从土工合成材料夹层角度分析，发现最佳黏层油用量会影响夹层体系的剪切黏结强度；Correia等[8]进一步指出，黏层油的洒布量会影响铺面土工合成材料的性能。近年来，相关研究进一步对聚丙烯长丝防裂基布、纤维水稳碎石—沥青混合料、土工布夹层和土工复合材料等展开探索，结果表明，夹层材料特性、黏层油类型、洒布量、温度变化及荷载条件，共同影响界面的剪切强度、拉拔强度和裂缝扩展行为[9-15]。

综上所述，现有成果多聚焦普通沥青层间或土工合成材料夹层的黏结机理。针对“水泥稳定碎石基层＋聚丙烯抗裂基布＋AC-20C沥青下面层”的复合结构，对比不同黏层油类型、不同热沥青洒布量对层间黏结性能影响的研究较少，需作进一步研究。本文采用45°斜剪试验和拉拔试验，比较普通乳化沥青、70号基质沥青和SBS改性沥青的层间黏结效果，并分析70号基质沥青在不同洒布量工况下的抗剪强度变化规律，以期为聚丙烯抗裂基布夹层沥青路面的黏层油选型和施工质量控制提供参考。

1 材料与试验方法

1.1 原材料

试验复合结构由水泥稳定碎石基层、聚丙烯抗裂基布、黏层油和AC-20C沥青下面层组成。水泥稳定碎石基层采用P·O42.5级普通硅酸盐水泥，水泥剂量为5%，最佳含水量为5.2%，最大干密度为2.36 g/cm^3，7 d无侧限抗压强度为4.2 MPa；碎石级配采用C-B-2。AC-20C沥青混合料采用70号A级道路石油沥青、石灰岩碎石和石灰岩矿粉，最佳油石比为4.5%，马歇尔稳定度为12.6 kN，流值为32.5（0.1 mm）。AC-20C沥青混合料与C-B-2水泥稳定碎石合成级配如表1、图1和图2所示。

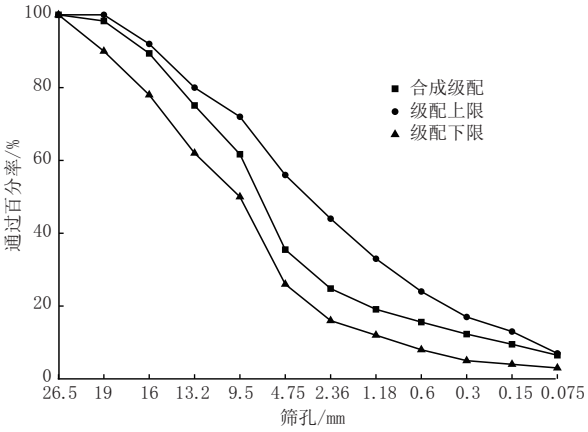


图1 AC-20级配曲线

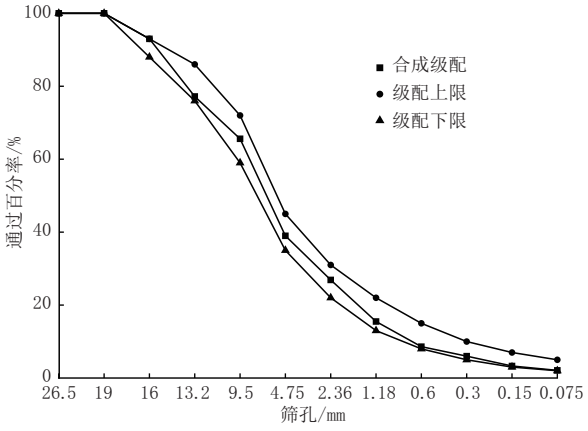


图2 C-B-2级配曲线

表1 AC-20C沥青混合料与C-B-2水泥稳定碎石合成级配（通过率/%）

材料	级配类型（筛孔尺寸）/mm											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-20C	100	98.3	89.4	75.1	61.7	35.5	24.8	19.1	15.6	12.3	9.5	6.5
C-B-2	100	100	93	77.2	65.6	39	26.9	15.5	8.6	6	3.3	2.1

聚丙烯抗裂基布采用纺黏法非织造布，纤维直径为15～20 μm，孔隙率为85%，拉伸模量为1.2 GPa，主要物理力学性能如表2所示。黏层油选用普通乳化沥青、70号基质沥青和SBS改性沥青3类材料。其

中，70 号基质沥青和 SBS 改性沥青均按热沥青类黏层油使用。普通乳化沥青制备时，将 70 号基质沥青加热至 130 ℃，加入乳化剂和稳定剂，在高速剪切机中，以 3 000 r/min 的速度搅拌 30 min；SBS 改性沥青制备时，将 70 号基质沥青加热至 160 ℃，加入 SBS 改性剂，在高速剪切机中，以 4 000 r/min 的速度剪切 60 min，然后发育 2 h。材料技术指标如表 3 ~ 表 5 所示。

表 2　聚丙烯抗裂基布主要物理力学性能

单位面积质量/（g·m^{-2}）	厚度/mm	纵向拉伸强度/（kN·m^{-1}）	横向拉伸强度/（kN·m^{-1}）	CBR 顶破力/N	刺破强力/N
150	1.38	7.89	11.64	1 820.1	470.3

1.2　复合试件制备与试验方案

采用复合车辙板分层成型法制备层间黏结试件。首先，成型 300 mm×300 mm×50 mm 水泥稳定碎石基层板，压实度不小于 98%，在温度为（20±2）℃、湿度为 95% 以上的标准养护室中养护 28 d。试验前，用钢丝刷清除基层表面的浮浆和松散颗粒，使之保持洁净、干燥和粗糙。其次，按试验方案洒布黏层油，并铺设聚丙烯抗裂基布：普通乳化沥青在室温下洒布，待其充分破乳后铺设聚丙烯抗裂基布；70 号基质沥青和 SBS 改性沥青分别在 160 ℃和 180 ℃热态下洒布，洒布后及时铺设聚丙烯抗裂基布并确保其与基层贴合。最后，摊铺 AC-20C 沥青混合料，拌和温度为 160 ℃，压实温度为 140 ℃。采用轮碾法，成型厚度为 50 mm 的沥青面层，压实次数为 20 次，得到总厚度 100 mm 的复合车辙板。待复合车辙板冷却后，将其切割成 100 mm×100 mm×100 mm 的立方体，用于开展 45° 斜剪试验。在复合板表面黏结拉头，待黏结剂充分固化后再开展拉拔试验。试验分为黏层油类型对比和 70 号基质沥青洒布量对比 2 个部分，具体方案如表 6 所示。试验过程中同步记录峰值荷载、强度指标及破坏位置，用于判断复合结构的界面薄弱环节。

表 3　普通乳化沥青技术指标

试验项目	标准黏度（C25，3s^{-1}）	筛余量（1.18 mm）/%	蒸发残留物/%	储存稳定性（1 d）/%	针入度（25 ℃）/（0.1 mm）	软化点/℃	延度（15 ℃）/cm
实测值	7	0.03	55	0.9	56	48.5	85
技术要求	1~10	≤0.1	≥50	≤1.0	50~200	≥45	>40

表 4　70 号基质沥青技术指标

试验项目	针入度（25 ℃）/（0.1 mm）	软化点/℃	延度（15 ℃）/cm	动力黏度（60 ℃）/（Pa·s）	蜡含量/%	闪点/℃	溶解度/%
实测值	68	48.5	>100	260	1.6	290	99.8
技术要求	60~80	≥46	≥100	≥180	≤2.2	≥260	≥99.5
试验方法	T0604	T0606	T0605	T0620	T0615	T0611	T0607

表 5　SBS 改性沥青技术指标

试验项目	针入度（25 ℃）/（0.1 mm）	软化点/℃	延度（5 ℃）/cm	运动黏度（135 ℃）/（Pa·s）	闪点/℃	溶解度/%	弹性恢复（25 ℃）/%
实测值	52	78	28	2.1	285	99.7	92
技术要求	40 ~ 60	≥75	≥20	≤3	≥230	≥99	≥90
试验方法	T0604	T0606	T0605	T0625	T0611	T0607	T0662

表 6　试验方案与评价指标

试验内容	材料或变量	洒布量/（kg·m^{-2}）	试验方法	评价指标
黏层油类型影响	普通乳化沥青、70 号基质沥青、SBS 改性沥青	1.20	45° 斜剪、拉拔	剪切强度、拉拔强度、破坏位置
70 号基质沥青洒布量影响	70 号基质沥青	1.00、1.20、1.40	45° 斜剪	剪切强度、破坏位置

1.3　试验方法与评价指标

45° 斜剪试验用于评价聚丙烯抗裂基布夹层复合结构在压剪复合受力状态下的层间抗剪黏结能力，试验示意如图 3 所示。试验时，操作人员将立方体试件置于专用 45° 斜剪夹具中，使黏结界面与加载方向成 45°。竖向荷载经夹具传递后，在界面上同时形成法向压应力与切向剪应力，相较于直剪，斜剪更接近行车荷载作用下层间界面的真实受力状态。

采用万能材料试验机（型号为 CMT5105，量程为 0 ~ 100 kN，精度为 ±0.5%）进行荷载加载，试验温度为 15 ℃。这一取值，主要考虑 15 ℃接近沥青路面的中温服役状态，可避免高温软化或低温脆化对层间黏结性能评价造成过度影响。同时，与沥青材料 15 ℃延度等技术指标的试验温度相衔接，便于对不

同黏层油类型的方案进行对比评价。试验前，试件需在 15 ℃恒温环境下保温不少于 4 h；试验时，加载速度为 20 mm/min，同时记录界面破坏时的峰值荷载和破坏位置。取峰值荷载 P_{max}，按式（1）计算层间剪切强度 τ，相应的界面法向压应力 σ_n 按式（2）计算。剪切强度越高，表明层间抗剪切滑移的能力越强。

拉拔试验用于表征复合结构在法向拉伸作用下的层间垂向黏结能力，试验示意如图 4 所示。试验温度同样取 15 ℃，以确保拉拔试验与 45° 斜剪试验在同一中温条件下对比。试验前，操作人员将与试件等直径的金属拉头，以高强黏结剂黏结于沥青层表面，待黏结剂充分固化后，采用万能材料试验机，沿垂直于界面的方向施加拉力，直至界面破坏。试验时，加载速度为 10 mm/min，同时记录最大拉拔荷载 P_{max} 和破坏位置。层间拉拔强度 σ 按式（3）计算，用以从法向受力方向验证不同黏层油类型方案的层间黏结效果。

$$\tau = \frac{P_{max} \cdot \cos 45^\circ}{A} \quad (1)$$

$$\sigma_n = \frac{P_{max} \cdot \sin 45^\circ}{A} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \quad (3)$$

式中：τ 为层间剪切强度，MPa；σ_n 为 45° 斜剪界面的法向压应力，MPa；σ 为层间拉拔强度，MPa；P_{max} 为试件破坏时的峰值荷载，N；A 为黏结面积（斜剪试验时取黏结界面面积，拉拔试验时取拉头黏结面积），mm^2。

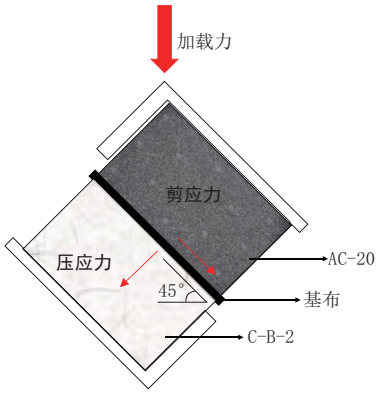


图 3　45° 斜剪试验示意图

2　试验结果与分析

2.1　黏层油类型对层间抗剪性能的影响

不同黏层油类型下的 45° 斜剪试验结果如表 7 和图 5 所示。由结果可知，3 类黏层油的剪切强度由高到低依次为 SBS 改性沥青、70 号基质沥青和普通乳化沥青。SBS 改性沥青的层间剪切强度为 1.38 MPa，较普通乳化沥青提高 46.8%，较 70 号基质沥青提高 16.9%；70 号基质沥青的层间剪切强度为 1.18 MPa，较普通乳化沥青提高 25.5%。

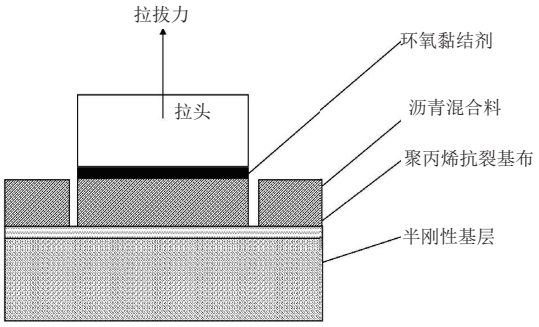


图 4　拉拔试验示意图

表 7　不同黏层油类型下的 45° 斜剪试验结果

黏层油名称	洒布量/(kg·m^{-2})	剪切强度/MPa	破坏界面
普通乳化沥青	1.20	0.94	基层界面
70 号基质沥青	1.20	1.18	基层界面
SBS 改性沥青	1.20	1.38	基层界面

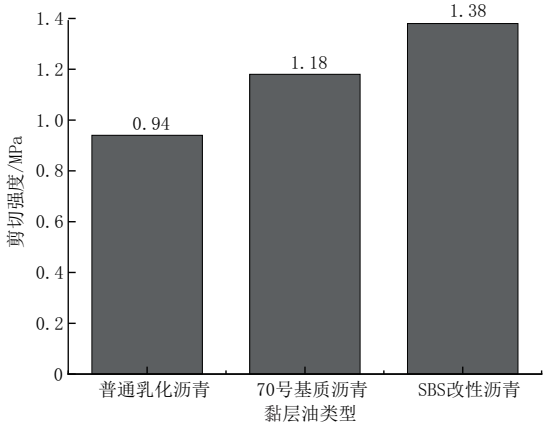


图 5　不同黏层油类型下的 45° 斜剪试验强度

从破坏界面看，3 种黏层油对应的试件均呈现基层界面破坏的模式。这表明在本次试验中，基层界面或基层表面状态，对复合结构层间的抗剪性能具有明显的控制作用。层间黏结性能受黏层油类型的影响较大，不同类型的黏层油，在成分、性能和施工工艺上存在差异，这些差异会直接影响层间黏结的效果和质量。对于 SBS 改性沥青，由于聚合物改性作用较强，其分子链能够形成三维网状结构，显著提高了沥青的软化点和弹性恢复能力。热态洒布后，SBS 改性沥青能够较为充分地浸润聚丙烯抗裂基布的孔隙，使基布与上、下结构层形成稳定的黏结体系，最终使该复合结构具有较高的层间剪切强度。70 号基质沥青同样具有较高的有效沥青含量，但其分子结构相对简单，缺乏聚合物改性剂的增强作用。因此，虽然其层间剪切强度高于普通乳化沥青，但其

界面黏结效果仍受洒布温度、洒布量和沥青膜厚度的影响。

2.2 黏层油类型对层间拉拔性能的影响

不同黏层油类型下的拉拔试验结果如表 8 和图 6 所示。拉拔强度排序与 45°斜剪试验保持一致，即 SBS 改性沥青＞70 号基质沥青＞普通乳化沥青。SBS 改性沥青的层间拉拔强度为 0.63 MPa，较普通乳化沥青提高 18.9%，较 70 号基质沥青提高 12.5%；70 号基质沥青相较于普通乳化沥青，层间拉拔强度提高 5.7%。

表 8 不同黏层油类型下的拉拔试验结果

黏层油名称	洒布量/(kg·m^{-2})	拉拔强度/MPa	破坏界面
普通乳化沥青	1.20	0.53	基层界面
70 号基质沥青	1.20	0.56	基层界面
SBS 改性沥青	1.20	0.63	基层界面

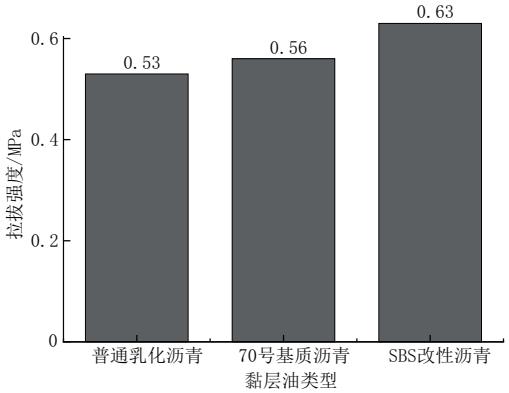


图 6 不同黏层油类型下的拉拔强度

拉拔试验主要反映层间在法向拉伸作用下的黏结能力，45°斜剪试验反映压剪复合受力下层间的抗剪黏结性能。2 类试验所得黏层油优劣排序一致（SBS 改性沥青＞70 号基质沥青＞普通乳化沥青），说明采用 45°斜剪试验评价该类聚丙烯抗裂基布夹层结构的层间黏结性能，具有较好的可靠性，两者可相互验证。进一步对比可知，3 类黏层油的层间剪切强度与拉拔强度之比分别约为 1.77（普通乳化沥青）、2.11（70 号基质沥青）和 2.19（SBS 改性沥青），即黏层油性能越好，其层间剪切强度相较于拉拔强度，提升幅度越显著。这是因为层间拉拔强度主要取决于界面的法向黏附能力，而层间剪切强度除需考虑界面黏附外，还依赖于黏层沥青的内聚强度、弹性恢复力，以及与基布、基层的嵌挤咬合作用。SBS 改性沥青在上述方面具有更突出的优势，因此，其层间抗剪性能提升幅度大于层间抗拉性能。

3 类黏层油在拉拔试验中的强度差异幅度（最大相差约 18.9%），明显小于 45°斜剪试验（最大相差约 46.8%）的对应结果，且 70 号基质沥青与普通乳化沥青的拉拔强度仅相差 5.7%。这表明，在法向受力且破坏均发生于基层界面的条件下，黏层油类型对界面法向黏附的改善作用较为有限。45°斜剪试验对不同类型黏层油的层间性能差异区分能力更强，对工程中的黏层油选型更具指导意义。各组拉拔试件的破坏位置均位于基层界面，再次表明基层表面的处理质量、清洁程度、干燥程度及基层强度，是影响该类复合结构层间黏结破坏位置的关键因素。

2.3 沥青洒布量对层间抗剪性能的影响

为检验热沥青类黏层油洒布量对层间抗剪性能的影响，本次试验选取 70 号基质沥青进行不同洒布量对比，结果如表 9 和图 7 所示。当洒布量由 1.00 kg/m^2 增加到 1.20 kg/m^{2}时，层间剪切强度由 1.00 MPa 提高至 1.18 MPa，提高幅度为 18.0%；但当洒布量持续增加到 1.40 kg/m^{2}时，层间剪切强度下降至 1.04 MPa，较洒布量为 1.20 kg/m^{2}时降低 11.9%。

表 9 不同洒布量下 70 号基质沥青的 45°斜剪试验结果

黏层油名称	洒布量/(kg·m^{-2})	剪切强度/MPa	破坏形式
70 号基质沥青	1.00	1.00	基层破坏
70 号基质沥青	1.20	1.18	基层破坏
70 号基质沥青	1.40	1.04	基层破坏

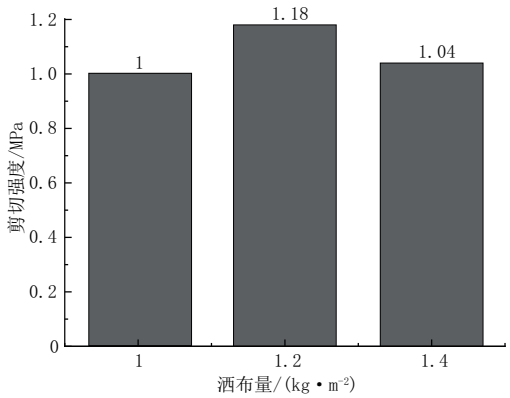


图 7 70 号基质沥青洒布量对层间剪切强度的影响

试验结果表明，热沥青类黏层油的洒布量并非越大越有利，而是存在一个使层间抗剪性能最优的适宜范围。当洒布量偏低（1.00 kg/m^2）时，界面处的有效沥青量不足，难以充分浸润聚丙烯抗裂基布并填充基层表面的微观空隙，因此，基布孔隙未饱和、界面有效黏结面积偏小，层间剪切强度较低。当洒布量增至 1.20 kg/m^{2}时，沥青基本填充基布孔隙并使之饱和，同时充分浸润基层表面，界面黏附与嵌挤作用达到最强，层间剪切强度达到峰值（1.18 MPa）。当洒布量持续增至 1.40 kg/m^{2}时，多余的沥青在基布与基层界面处富集，形成相对较厚的连续沥青膜；在

剪切荷载作用下，该富沥青层易成为剪切滑移弱面，最终导致层间剪切强度出现下降。

本文可从浸润饱和角度，对最佳洒布量作进一步解释。若忽略基层表面构造对沥青的吸收，按聚丙烯抗裂基布孔隙率 85%、厚度 1.38 mm 估算，完全填充并使基布孔隙达到饱和所需的沥青体积约为 1.17 L/m^2，对应沥青洒布量约为 1.20 kg/m^2，与试验所得最佳洒布量基本吻合。这说明该类夹层结构存在最佳洒布量，而其本质在于：洒布量应以恰好浸润并使基布孔隙达到饱和、充分黏附基层但不形成富沥青滑移层为宜。综合本次试验，在 1.20 kg/m^{2}的洒布量下，70 号基质沥青的层间抗剪性能最优，可作为类似聚丙烯抗裂基布夹层结构中热沥青类黏层油洒布量的控制参考值。在实际工程中，宜结合基布规格、基层表面构造和施工条件进行适当调整。

3 结 论

（1）在水泥稳定碎石基层、聚丙烯抗裂基布和 AC-20C 沥青下面层组成的复合结构中，黏层油类型对层间黏结性能的影响效果明显。45°斜剪强度排序为 SBS 改性沥青＞70 号基质沥青＞普通乳化沥青。

（2）拉拔试验结果排序与 45°斜剪试验具有一致性，拉拔强度排序为 SBS 改性沥青＞70 号基质沥青＞普通乳化沥青。这说明拉拔试验可作为层间黏结性能评价的验证方法。

（3）70 号基质沥青洒布量存在适宜范围。当洒布量由 1.00 kg/m^{2}增至 1.20 kg/m^{2}时，层间剪切强度提高 18.0%；当洒布量持续增至 1.40 kg/m^{2}时，剪切强度较洒布量为 1.20 kg/m^{2}时降低 11.9%。这说明过量洒布，不利于层间抗剪性能的提升。按基布孔隙率与厚度估算，浸润基布并使孔隙达到饱和所需沥青用量约为 1.2 kg/m^2，与最佳洒布量吻合。这表明最佳洒布量应以恰好浸润基布并使孔隙达到饱和、充分黏附基层但不形成富沥青滑移层为宜。

（4）在本次试验条件下，各组试件破坏均发生于基层界面或基层侧，表明基层表面状态是影响该类复合结构层间黏结质量的重要因素之一。在工程应用中，应重视基层表面清理、干燥状态控制、热沥青洒布温度控制、黏层油均匀洒布，以及聚丙烯抗裂基布铺设质量。

参考文献：

[1] 董海东，麻旭荣，裘秋波，等. 基于斜剪试验的超薄罩面层间黏结性能研究[J]. 公路，2022，67（4）：94-97.
[2] Uzan J, Livneh M, Eshed Y. Investigation of adhesion properties between asphaltic-concrete layers[J]. Asphalt Paving Technology, AAPT, 1978, 47: 495-521.
[3] Canestrari F, Ferrotti G, Partl M, et al. Advanced testing and characterization of interlayer shear resistance[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2005, 1929: 69-78.
[4] Mohammad L N, Raqib M, Huang B. Influence of asphalt tack coat materials on interface shear strength[J]. Transportation Research Record, 2002, 1789（1）: 56-65.
[5] 汪水银. 半刚性基层与沥青面层粘结性能影响因素[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10（2）: 12-19.
[6] Tozzo C, D′Andrea A, Cozzani D, et al. Fatigue investigation of the interface shear performance in asphalt pavement[J]. Modern Applied Science, 2014, 8（2）: 1.
[7] Correia N S, Silva M P S, Shahkolahi A. Optimum tack coat rate for different asphalt geosynthetic interlayers to achieve pptimum shear bond strength[J].Geotextiles and Geomembranes, 2024, 52(4): 778-789.
[8] Correia N S,Zornberg J G.Influence of tack coat rate on the properties of paving geosynthetics[J].Transportation Geotechnics,2014,1(1):45-54.
[9] 廖志宏，贺春宁，黄毅. 聚丙烯长丝防裂基布防反射裂缝性能研究[J]. 公路工程，2025，50（4）：147-151.
[10] 吴树恒，马新伟，姜益顺，等. 聚芳酯纤维水稳碎石—沥青混合料层间黏结性能[J]. 城市道桥与防洪，2025（11）：288-291.
[11] Raposeiras A C, Rojas-Mora J, Piffaut E, et al. Development of an estimative model for the optimal tack coat dosage based on aggregate gradation of hot mix asphalt pavements[J]. Construction and Building Materials, 2016, 118: 1-10.
[12] Hu X,Lei Y, Wang H, et al. Effect of tack coat dosage and temperature on the interface shear properties of asphalt layers bonded with emulsified asphalt binders[J]. Construction and Building Materials, 2017, 141: 86-93.
[13] Zhang H,Sun B, Li Y, et al. Adhesive property and road performance evaluation of asphalt overlay pavement with geotextile interlayer[J]. Advances in Materials Science and Engineering, 2022, 2022（1）: 3084668.
[14] Spadoni S, Ingrassia L P, Paoloni G, et al. Influence of geocomposite properties on the crack propagation and interlayer bonding of asphalt pavements[J].Materials, 2021, 14（18）: 5310.
[15] 刘东亮，周维维，徐韵淳. 温度—荷载作用下钢桥面铺装层间黏结性能分析[J]. 城市道桥与防洪，2026（2）：57-62.