

沥青路面层间粘结性能提升技术研究

胡丹丹

南京交通工程有限公司 江苏 南京 210000

摘要: 随着交通量的不断增加和车辆荷载的日益加重, 沥青路面的层间粘结性能成为影响路面整体性能和使用寿命的关键因素。本文旨在探讨沥青路面层间粘结性能提升技术的研究现状、关键影响因素及改进措施, 为相关领域的科研人员和工程师提供参考。

关键词: 沥青路面; 层间粘结性能; 提升技术; 粘结材料; 粘结强度

引言

沥青路面作为现代道路建设的重要组成部分, 其层间粘结性能直接关系到路面的结构稳定性和耐久性。层间粘结不足会导致路面在车辆荷载和环境因素作用下出现推移、拥包、车辙等病害, 严重影响路面的使用性能和服务寿命。因此, 研究沥青路面层间粘结性能提升技术具有重要意义。

1 沥青路面层间粘结性能影响因素

1.1 材料因素

不同种类的粘结材料具有不同的化学和物理特性, 若选择不当, 可能导致粘结性能不佳。若选择的乳化沥青破乳速度过快, 可能导致在洒布后未能及时渗透下层表面即已固化, 形成“壳”状结构, 严重影响粘结效果。相反, 若破乳速度过慢, 则可能在压实过程中造成粘结层过软, 无法形成有效的粘结力。某些改性沥青虽然初期粘结强度高, 但长期耐候性差, 易受紫外线、氧化等因素影响而老化, 导致粘结性能随时间显著下降。粘结材料在使用过程中会受到环境因素的影响, 如紫外线照射、氧化作用以及温度变化等, 这些都会导致材料老化。老化后的粘结材料其粘结力会显著减弱, 甚至可能出现脆化、开裂等现象, 严重影响层间粘结的稳定性和耐久性。

1.2 施工因素

施工工艺的规范性对层间粘结性能至关重要。若施工过程中存在洒布不均匀、压实度不足等问题, 将直接导致粘结层内部存在空隙或厚度不均, 从而降低粘结强度。此外, 不规范的施工工艺还可能引发层间污染, 如尘土、油污等杂质混入粘结层, 进一步影响粘结效果。施工环境的温度、湿度等条件对粘结材料的性能和粘结效果有直接影响^[1]。高温环境下, 粘结材料可能过快挥发, 导致粘结层无法充分固化; 而低温环境则可能使粘结材料固化速度减慢, 甚至无法完全固化, 从而影响粘

结强度。湿度过高则可能导致粘结层内部产生水汽, 破坏粘结材料的结构, 降低粘结性能。

1.3 环境因素

温度是影响粘结材料性能的重要因素。随着温度的升高, 粘结材料内部的分子运动加剧, 可能导致粘结层软化、粘结强度降低。特别是在极端高温条件下, 粘结层甚至可能发生剥离现象, 严重威胁路面的稳定性。相反, 在低温条件下, 粘结材料可能变得脆硬, 同样会影响粘结性能。水分是沥青路面层间粘结性能的“隐形杀手”。当水分通过裂缝或孔隙侵入粘结层时, 会破坏粘结材料内部的化学键和物理结构, 导致粘结性能急剧下降。长期的水分侵入还可能引发粘结层的腐蚀和劣化, 进一步加剧路面的损坏。

2 沥青路面层间粘结性能检测方法

2.1 斜面剪切试验

斜面剪切试验是一种通过模拟路面在剪切力作用下的行为来评价层间粘结性能的试验方法。该试验通常采用特制的斜面剪切仪进行, 其核心原理是在一定的倾斜角度和加载条件下, 对沥青路面的层间结构施加剪切力, 以测量其抗剪强度。在试验过程中, 首先需制备符合规范要求的试件, 这些试件应能代表实际路面的层间结构。然后, 将试件放置在斜面剪切仪上, 并调整至预定的倾斜角度。接着, 通过加载装置对试件施加逐渐增加的剪切力, 直至试件发生破坏。在试验过程中, 通过记录剪切力的大小和试件的破坏形态, 可以计算出层间的抗剪强度, 并据此评价层间粘结性能的好坏。斜面剪切试验的优点在于其能够模拟路面在真实使用条件下所受到的剪切力作用, 因此试验结果具有较高的实用性和可靠性。同时, 该试验还可以提供关于层间破坏模式的直观信息, 有助于深入分析层间粘结性能的影响因素。

2.2 拉拔试验

拉拔试验是另一种常用的评价沥青路面层间粘结性

能的方法。与斜面剪切试验不同,拉拔试验主要关注的是层间结构在拉力作用下的表现。该试验通常采用拉拔仪进行,其核心原理是在一定的加载速率和条件下,对沥青路面的层间结构施加拉力,以测量其抗拉强度。在拉拔试验中,试件的制备同样至关重要。试件应能准确反映实际路面的层间结构,并满足试验规范的要求。然后,将试件固定在拉拔仪上,并通过加载装置对其施加逐渐增加的拉力。在试验过程中,通过记录拉力的大小和试件的破坏情况,可以计算出层间的抗拉强度,并据此评价层间粘结性能的优劣^[2]。拉拔试验的优点在于其能够直接反映层间结构在拉力作用下的强度表现,因此试验结果具有明确性和直观性。同时,该试验还可以用于比较不同粘结材料、施工工艺或环境因素对层间粘结性能的影响,为路面设计和施工提供有力的数据支持。

2.3 渗水试验

渗水试验是一种用于评价沥青路面粘结层抗渗性能的试验方法。其原理是通过模拟雨水或其他液体在路面层间的渗透过程,来检验粘结层的密封性和抗渗能力。该试验通常采用渗水仪进行,其核心在于通过测量液体在粘结层中的渗透速度和渗透量来评估其抗渗性能。在渗水试验中,首先需制备符合规范要求的试件,并确保试件的层间结构完整、无缺陷。然后,将试件放置在渗水仪上,并注入一定量的水或其他液体。通过观察液体在粘结层中的渗透情况,并记录渗透速度和渗透量,可以全面评估粘结层的抗渗性能。渗水试验的优点在于其能够直观地反映粘结层的密封性和抗渗能力,对于评价路面的耐久性和防水性能具有重要意义。同时,该试验还可以用于检测路面在使用过程中可能出现的层间渗水问题,为路面的维护和修复提供及时的反馈和指导。

3 沥青路面层间粘结性能提升技术

3.1 粘结材料改进

3.1.1 使用高性能粘结材料

改性沥青,作为传统沥青的升级版,通过添加特定的改性剂(如聚合物、橡胶粉等),显著提升了其物理和化学性能。这些改性剂能够增强沥青的粘结力、弹性恢复能力和耐候性。例如,SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)改性沥青,因其优异的低温抗裂性和高温稳定性,被广泛用于高速公路、重载交通道路等需要高强度层间粘结的场合。环氧树脂以其出色的粘结强度、耐化学腐蚀性和抗渗性,在特定场合下成为替代传统沥青粘结材料的优选。环氧树脂能够与沥青混合料中的骨料形成强烈的化学键,即使在极端气候条件下也能保持稳定的粘结效果。此外,环氧树脂的固化时间可控,便于施工操

作,且固化后形成的粘结层坚硬、致密,有效抵抗车辆荷载和水分侵入。

3.1.2 添加增粘剂

树脂类增粘剂,如环氧树脂、酚醛树脂等,能够显著提高粘结材料的粘结力和内聚力。它们能够与沥青中的组分发生化学反应,形成交联结构,从而增强粘结层的整体强度。例如,在沥青中加入适量的环氧树脂增粘剂,可以显著提高沥青与骨料之间的粘结力,减少层间剥离的风险。纳米材料,如纳米二氧化硅、纳米碳酸钙等,因其极小的粒径和独特的表面性质,能够均匀分散在粘结材料中,形成致密的微观结构。这些纳米颗粒能够填充沥青中的微小孔隙,提高粘结层的密实度和抗渗性。同时,纳米材料还能与沥青中的组分发生物理和化学作用,增强粘结材料的力学性能和耐久性^[3]。例如,纳米二氧化硅的加入可以显著提高沥青的粘结强度和耐磨性,延长路面的使用寿命。

3.2 施工工艺优化

3.2.1 提高洒布均匀性

为了提升粘结材料的洒布均匀性,现代沥青路面施工广泛采用先进的洒布设备,如智能沥青洒布车。这些设备配备了高精度的控制系统和喷嘴设计,能够根据预设的洒布量和宽度,实现粘结材料的均匀、连续洒布。通过GPS定位系统和自动感应技术,智能洒布车能够精确控制洒布路径和洒布量,避免漏洒或重洒现象,确保每一层沥青混合料都能得到充分的粘结材料覆盖。除了先进的设备外,洒布技术的优化也是提高洒布均匀性的关键。例如,采用双喷嘴或多喷嘴设计,可以进一步细化洒布颗粒,使粘结材料更加均匀地分布在层间。同时,通过调整喷嘴的角度和高度,以及控制洒布车的行驶速度,可以实现对洒布量的精确控制,确保粘结材料在层间形成均匀、连续的粘结层。

3.2.2 加强压实控制

压实是沥青路面施工中的关键环节,对层间粘结性能有着直接影响。为了提升层间的密实度和粘结强度,需要采用合理的压实工艺。这包括选择合适的压实设备、确定合理的压实遍数和压实速度,以及根据沥青混合料的类型和温度调整压实参数。通过科学的压实工艺,可以确保沥青混合料颗粒间的紧密接触,形成致密的层间结构,从而提高粘结强度和耐久性。随着施工技术的不断进步,越来越多的创新压实设备和技术被应用于沥青路面施工中。例如,振动压路机和轮胎压路机的组合使用,可以充分发挥各自的优势,实现对沥青混合料的全面、均匀压实。同时,智能压实技术的发展也使得压实

过程更加精准、高效。通过实时监测压实效果和调整压实参数,可以确保每一层沥青混合料都能达到最佳的压实状态,进一步提升层间的粘结性能和整体质量。

3.3 环境适应性提升

3.3.1 温度适应性改进

针对极端气温条件,科研人员正积极研发温敏性高分子粘结剂。这类粘结剂通过引入特殊的功能性单体或交联结构,使得材料在低温下能保持足够的柔韧性和延展性,避免由于温度骤降导致的层间脆裂;而在高温环境下,则能维持稳定的力学性能和粘结强度,防止因高温软化而引起的层间分离。例如,通过调整聚合物链段的组成和长度,可以精确调控粘结剂的玻璃化转变温度,使其在不同气候区域都能保持最佳的粘结状态。热塑性弹性体(TPE)复合材料因其独特的热塑性和弹性恢复能力,在沥青路面粘结材料中展现出巨大潜力。这类材料能够在较宽的温度范围内保持稳定的物理性能,既能在低温下保持橡胶的弹性,又能在高温下展现出塑料的刚性。通过优化TPE的配方设计,如调整软硬段的比例、引入纳米增强相等,可以进一步提升其温度适应性和粘结强度,确保路面在极端气候条件下的稳定性和耐久性。

3.3.2 防水措施

为了有效阻止水分侵入路面结构,可以采用多层防水策略。首先,在沥青面层与基层之间设置专门的防水层,如高密度聚乙烯(HDPE)防水卷材、聚氨酯防水涂料等,这些材料具有优异的防水性能和耐老化性能,能够形成连续的防水屏障^[4]。其次,在粘结层材料中加入防水添加剂,如防水剂、憎水剂等,这些添加剂能够改变粘结材料的表面性质,使其具有疏水性,从而减少水分对粘结层的侵蚀。

3.4 新型粘结技术探索

3.4.1 不粘轮乳化沥青

不粘轮乳化沥青作为一种创新的粘结材料,其最大特点在于施工过程中的不粘轮性。传统乳化沥青在施工时,由于粘性较大,施工车辆的轮胎容易粘连沥青,导致粘轮、拉丝、起皮等施工损伤,严重影响路面质量和美观。而不粘轮乳化沥青通过特殊的配方和工艺处理,使得沥青颗粒在乳化状态下具有较低的粘性,从而

有效避免了施工过程中的粘轮问题。不粘轮乳化沥青的应用不仅解决了施工损伤问题,还显著提升了施工效率和质量。由于不粘轮的特性,施工车辆可以更加顺畅地在路面上行驶,减少了因粘轮而导致的停工清理和修补时间。同时,不粘轮乳化沥青的均匀洒布和快速固化特性,也确保了粘结层的连续性和稳定性,为后续的沥青面层施工提供了坚实的支撑。

3.4.2 层间凹坑处理

层间凹坑处理技术是一种通过在基层表面引入规则凹坑来增加层间粘结性能的方法。这些凹坑能够形成物理上的铆锁结构,增加层间的摩擦因数和铆锁抵抗力。当沥青面层铺设在凹坑表面时,沥青混合料会填充凹坑并与之形成紧密的咬合关系,从而增强了层间的粘结力和整体性。层间凹坑处理技术的实施效果显著。首先,它显著提高了层间的粘结强度,使得路面结构更加稳固,能够有效抵抗车辆荷载和外界环境因素的作用。其次,凹坑的存在还增加了路面的排水性能,减少了水分在层间的滞留和渗透,有助于保持路面的干燥和稳定。此外,该技术还具有施工简便、成本较低等优点,适用于各种类型的沥青路面工程。

结语

沥青路面层间粘结性能提升技术的研究对于提高路面整体性能和使用寿命具有重要意义。通过改进粘结材料、优化施工工艺、提升环境适应性以及探索新型粘结技术,可以有效提高沥青路面层间的粘结性能。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,沥青路面层间粘结性能提升技术将进一步发展,为道路建设提供更有力的支持。

参考文献

- [1]张治强,邹静蓉,李涛,等.湖南干线公路沥青路面基层层间粘结性能的研究[J].路基工程,2017,(03):107-112+169.
- [2]LOVEWELL N H.考虑层间粘结强度退化的沥青路面力学性能[D].燕山大学,2024.
- [3]段宝东,李俊,李明亮,等.基于层间粘结性能的排水沥青路面防水粘结层材料参数研究[J].公路工程,2019,44(02):45-49+137.
- [4]刘皓.沥青路面装配式快速维修层间粘结材料试验研究[D].长沙理工大学,2019.