

温拌超薄磨耗层在公路养护中的应用

张如斌

(青海省茶卡公路段, 青海 海西 817101)

摘要 温拌超薄磨耗层把温拌沥青的低温施工优势与超薄罩面的表面修复功能结合起来, 适合用于结构基本完好而抗滑、防水、平整等功能下降的沥青路面养护。本文从技术定位、材料结构和施工控制三个方面分析温拌超薄磨耗层的应用要点。结果表明, 该技术的应用成效并非单纯由铺筑厚度决定, 而是更多依赖于原路面病害精准诊断、混合料级配与油石比优化设计、层间黏结强度保障, 以及现场施工温度窗口的严格管控。在科学规划与规范施工的前提下, 温拌超薄磨耗层能够在较短交通封闭时间内恢复路表服务性能, 并兼顾节能减排和养护精细化要求。

关键词 温拌技术; 超薄磨耗层; 公路养护; 预防性养护; 沥青路面

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.037

0 引言

近年来, 我国公路养护的重点逐渐从“建得多”转向“管得好、用得久”。不少沥青路面虽然结构尚未失稳, 但抗滑不足、细小裂缝、轻度松散、雨天渗水等问题已开始影响行车安全和舒适性^[1]。此时若大面积铣刨重铺, 成本高、扰民大; 若继续拖延, 又可能使小病害演变成大修工程。温拌超薄磨耗层正适合这类“表面性能下降、结构基础尚好”的路段。它以较薄铺层恢复抗滑、防水和平整功能, 又借助温拌技术降低施工温度、减少烟气和能耗, 便于在交通压力较大的路段快速组织施工。对养护管理而言, 这项技术的意义不只是铺一层新面层, 更在于把握合适时机, 用较小干预延缓路面衰退, 体现预防性养护和精细化管理的价值。

1 温拌超薄磨耗层技术定位与养护适用性

1.1 技术内涵与应用定位

温拌超薄磨耗层并不是把普通沥青混合料简单摊薄后铺上去, 而是一套围绕旧路面表面功能恢复形成的薄层养护办法。温拌技术主要解决低温条件下沥青流动性、裹附性和压实性的矛盾, 使混合料在较低温度下仍能完成拌和、运输、摊铺和碾压; 超薄磨耗层则更强调抗滑、防水、耐磨和改善行驶感受, 不能把它当成补强基层或提高承载力的结构层。一般来说, 铺筑厚度小于 25 mm 的沥青罩面可划入超薄罩面范围, 但实际厚度还应根据旧路面状况、交通荷载、气候环

境和材料类型综合确定。从养护定位看, 它介于预防性养护和功能修复之间, 适合在路面结构尚未明显破坏、表面性能已经下降时及时介入。在工程应用中, 真正重要的不是把磨耗层做得多薄、施工做得多快, 而是这层薄薄的磨耗层能否同原路面牢固结合, 能否经得起车辆反复碾压、雨水侵蚀和季节温差的考验。因此, 应把它看成由旧路诊断、材料设计、黏层控制和现场施工共同支撑的系统工程。

1.2 适用路况与使用边界

温拌超薄磨耗层宜用在结构基础尚稳、病害主要停留在表面的沥青路面。例如: 抗滑下降、构造深度不足、轻微裂缝、局部松散、雨天渗水或行车噪声增大等路段, 尤其适合交通量大、封闭时间受限的高速公路、一级公路及普通干线公路。应用前不能只凭路面外观判断, 还应查清裂缝、车辙、沉陷等病害的层位和成因。若基层已松散, 存在严重车辙、翻浆、结构性裂缝或桥面脱空, 直接加铺超薄层往往只是“盖住问题”, 后期容易出现反射裂缝、推移和剥落。重载车多、长坡、急弯及高温多雨路段, 还应重点考虑剪切稳定性和水损害风险。施工前应先完成裂缝封闭、局部铣刨回补、排水疏通和界面清理, 再决定是否采用该技术^[2]。

1.3 养护价值与应用思路

温拌超薄磨耗层的养护价值首先体现在对路面使用功能的及时修复。许多路段尚未出现结构性损坏,

作者简介: 张如斌 (1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 道路工程。

却已在雨天抗滑、表面排水、行车噪声和舒适性上暴露问题。此时采用该技术,可借助优质集料形成新的纹理,改善轮胎与路面的接触条件;同时通过薄层封闭细小裂缝和孔隙,减少水分继续下渗。温拌施工降低了拌和与摊铺温度,现场烟气少、能耗低,对夜间施工和快速放行更为有利。它的效益不能只按铺筑单价衡量,还应把交通封闭时间、车辆延误和后续养护压力一并考虑。在实际应用中,应把检测结果、交通组成、气候特点和病害发展趋势结合起来,选择合适路段、合适时机实施,使有限的养护资金发挥更长久作用,也让路面在小修中保持稳定服务,状态更可控。

2 温拌超薄磨耗层材料组成与结构功能

2.1 原材料选择

超薄磨耗层厚度小,直接承受车轮磨耗和气候作用,材料波动会比普通面层更快反映到路表质量上。结合料宜选用黏附性、弹性恢复和高温稳定性较好的改性沥青,可根据气候、交通量和施工温度选用 SBS 改性沥青、高黏改性沥青、橡胶改性沥青或温拌复合改性沥青。温拌剂不能只被理解为降温材料,还要考察其与沥青的相容性、对抗水损害的影响以及长期老化后的性能保持,必要时应通过对比试验确认降温后不牺牲关键路用指标。集料应坚硬、耐磨、洁净并具有良好棱角性,粗集料重点控制压碎值、磨耗值、针片状含量和黏附性,细集料与矿粉则要保证级配稳定、含泥量低、无结团。材料进场后应分批检测,料源变化时应重新校核关键指标,不能因为工程属于养护项目就降低把关标准。对于开级配或间断级配混合料,可结合需要掺加纤维、抗剥落剂或增强材料,以提高沥青膜稳定性和抗飞散能力。现场还应重视集料含水率和堆放管理,潮湿料、污染料一旦进入生产线,温拌体系的低温优势反而会被质量风险抵消。

2.2 配合比设计与性能目标

温拌超薄磨耗层可采用 AC-8、AC-10、SMA-8、SMA-10、开级配或专用超薄磨耗层级配,不同类型应服务于不同养护目标。密级配混合料密水性较好,适合以防渗、平整和耐久为重点的路段; SMA 类骨架密实结构抗磨耗和抗车辙能力较强,更适用于重载交通;开级配混合料有利于排水、降噪和保持宏观构造,但对结合料黏度、抗飞散性能和后期孔隙堵塞更敏感。配合比设计不宜停留在马歇尔指标合格层面,还应同步验证高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、构造深度、渗水系数、抗飞散性和可压实性。油石比的确定尤其要谨慎,偏低会导致裹附不足和早期松散,偏高又可

能引起泛油和抗滑下降。试验室设计还应模拟温拌条件下的拌和、短期老化和压实过程,必要时通过车辙、冻融劈裂、肯塔堡飞散等试验进行复核^[3]。由于铺层薄、降温快,室内确定的拌和温度、压实温度和开放交通温度必须与运输距离、摊铺速度、碾压能力相匹配,否则现场容易出现压实不足、离析、麻面和早期掉粒。

2.3 层间黏结与结构协同

层间黏结是超薄磨耗层能否耐久的关键。新铺层厚度有限,自身没有太多受力缓冲空间,只有与旧路面形成整体,才能抵抗车辆剪切和温度变化带来的破坏。施工中应根据旧路面类型、铣刨纹理、桥面或水泥混凝土板面状况,选择改性乳化沥青、高黏黏层油或同步喷洒黏结材料,并通过试验段确定合理洒布量。洒布不足会导致脱层、边部松散和推移,洒布过量则可能产生泛油、打滑或混合料稳定性下降。下承层处理同样不可省略,浮尘、泥土、油污、松散颗粒和潮湿表面都会削弱黏结效果;裂缝、坑槽、沉陷和严重车辙也应提前处治。桥面和隧道路段还应关注排水、防水和界面清洁,避免水分长期滞留在层间。对于旧路面微裂缝较多但结构尚稳的路段,可把裂缝封闭、局部找补和黏层设计作为同一工序考虑,而不应相互割裂。工程中有些早期失败,并不是混合料配方本身不好,而是旧路面清理、黏层破乳和局部补强没有做到位。超薄磨耗层要做到“薄而稳、薄而黏、薄而耐久”,首先要把新旧结构之间的接触面处理好,并把界面质量作为现场验收的重点之一。

3 温拌超薄磨耗层施工实施与质量控制

3.1 施工前调查与方案设计

施工前调查应比普通罩面更细,因为超薄磨耗层没有能力替旧路面承担结构问题。调查内容宜包括 PCI、RQI、RDI、SRI 等路况指标,构造深度、摩擦系数或摆值、渗水系数、车辙深度、裂缝类型、既有养护历史、交通量和重载比例。高速公路还应分方向、分车道评价,行车道、超车道和应急车道的病害往往并不相同。方案设计时要回答三个问题:旧路面是否适合采用该技术,采用何种材料体系和厚度,施工期间如何组织交通。抗滑衰减为主的路段,应把集料耐磨性和表面构造作为重点;渗水、松散为主的路段,应突出密水性、黏结层和压实控制;夜间低温、山区运输距离长或隧道群施工路段,则要重点核算温拌体系、保温措施和碾压时间。设计文件还应明确病害预处理范围、黏层材料、交通导改方式和应急预案,避免施工现场临时决定关键参数。若设计阶段把细节留空,现场再补救,

薄层施工的主动权就会明显下降。试验段不宜流于形式,应通过它确定摊铺厚度、机械组合、松铺系数、碾压遍数和开放交通条件^[4]。只有把路况、材料、设备和交通组织放在同一张施工图里,养护效果才不会停留在试验段的好看数据上。

3.2 拌和运输与摊铺控制

拌和阶段应严格控制矿料加热温度、沥青温度、温拌剂掺量和拌和时间。温拌虽然允许降低施工温度,却不意味着可以放松温度管理:温度过高会加快沥青老化,温度过低又会影响裹附和压实。生产过程中应及时抽检级配、油石比和出料温度,发现冷料仓波动、筛网破损、矿粉供应异常或混合料花白、结团、离析时,应立即调整。运输车辆要清洁并覆盖保温,长距离运输和现场等待会显著增加温度损失,雨水与尘土也会破坏混合料质量。摊铺前应确认下承层干燥洁净、黏层已达到可摊铺状态,摊铺机熨平板应预热充分,速度保持连续均匀。接缝位置宜避开轮迹带,新旧幅搭接处应控制顺直和平顺,边缘不得出现虚铺和亏料。施工人员还应随时观察料温、厚度和表面纹理,发现异常尽量在摊铺和初压阶段解决。由于铺层很薄,厚度波动、人工找补、停机接缝和局部离析都会被放大到最终路表上,现场管理必须做到少停顿、少扰动、少返工。

3.3 碾压成型与开放交通

碾压应紧跟摊铺进行,这是温拌超薄磨耗层最紧的时间窗口。压路机组合、碾压遍数和作业距离应以试验段为依据,一般宜采用双钢轮压路机静压或低幅振压,避免强振造成骨料破碎、表面推移或泛浆。初压、复压和终压应衔接顺畅,边部、接缝、桥头和匝道曲线段要重点控制,发现轮迹、麻面或局部松散应在有效温度范围内处理。碾压作业还应避免急停、急转和在新铺层上长时间停留,防止形成难以修复的压痕。开放交通不能只按经验时间确定,而应结合路表温度、压实状态、黏层稳定情况和外观质量综合判断,必要时可采取分段放行。开放过早,车辆荷载可能造成推移和轮迹;开放过晚,又会削弱该技术快速养护的优势。对于半幅施工或分车道施工路段,交通恢复前还应检查标线临时衔接、锥桶撤除和接缝安全,防止养护质量问题转化为运行安全问题。夜间施工还应考虑露水、低温和交通恢复压力,雨天、路面潮湿或大风降温明显时不宜勉强作业。

3.4 质量检测与后评价

质量控制应贯穿材料进场、混合料生产、现场施工和运营初期。施工中应检测混合料温度、级配、油

石比、铺筑厚度、平整度、压实度、构造深度、渗水系数和摩擦系数,同时检查黏层洒布均匀性、接缝顺直度、边部压实和外观缺陷。重要路段可增加取芯、层间剪切强度或拉拔强度检测,以判断新旧路面是否真正结合。铺筑后还应在开放交通初期、雨季后和运营一定周期内进行跟踪观测,重点看抗滑衰减、渗水变化、裂缝反射、掉粒和车辙发展。对检测结果不能只做合格与否的简单判断,还应分析指标变化原因,找出材料、施工或原路面条件中的薄弱环节。后评价的意义不只是给单个项目验收,更是把经验转化为下一次设计参数。若能把不同路段的材料类型、施工温度、交通荷载、气候条件和使用年限进行归档比较,就能逐步看清本地区最适合的技术组合,也能避免同一种方案在不同路况下机械套用。对于养护管理单位而言,温拌超薄磨耗层应纳入路况数据库和寿命预测体系,通过“检测—设计—施工—评价”的闭环,逐步形成适合本地区气候、交通和材料条件的应用模式^[5]。

4 结束语

温拌超薄磨耗层适用于结构基础尚好、表面功能已经衰减的沥青路面,能够以较小厚度改善抗滑、防水、平整和行驶舒适性,并减少高温施工带来的能耗、烟气和交通干扰。它的成败不在“薄”本身,而在诊断是否准确、材料是否匹配、层间是否黏牢、温度窗口是否抓住。温拌超薄磨耗层技术应用中,应减少凭经验套方案的做法,加强试验段验证、运营期跟踪和区域参数积累,使其真正成为精细化、绿色化和全寿命周期养护中的稳定技术,为公路表面功能长期保持提供更可靠、更可持续的技术选择。

参考文献:

- [1] 回毅.温拌超薄磨耗层技术在公路养护中的应用[J].华东公路,2023(01):19-21.
- [2] 高坤.温拌超薄磨耗层施工技术在高速公路养护中的应用[J].科技资讯,2023,21(11):91-94.
- [3] 梁雪峰.温拌超薄磨耗层施工技术在高速公路养护中的应用[J].交通世界,2024(11):111-113.
- [4] 李运华,李珍,原华.基于Novachip超薄磨耗层的高速公路沥青路面养护技术应用研究[J].公路工程,2019,44(05):156-161.
- [5] 陶伦.超薄沥青磨耗层技术在高速公路养护中的应用[J].运输经理世界,2024(35):139-141.