

公路工程沥青混凝土路面施工技术要点

高 涛

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 沥青混凝土路面作为现代公路工程中最常用的路面结构形式,以其行车舒适性好、施工周期短、维修便捷等优点被广泛应用。然而,其性能表现与使用寿命高度依赖于施工过程中的技术控制水平。本文系统梳理了沥青混凝土路面施工的关键技术环节,从原材料选择、配合比设计、混合料拌和、运输、摊铺、碾压到接缝处理等方面进行了深入分析,旨在为实际工程提供理论指导和技术参考,提升沥青混凝土路面的整体施工质量与服役寿命。

关键词: 沥青混凝土; 公路工程; 施工技术; 质量控制; 压实工艺; 摊铺技术

引言

随着我国交通基础设施建设的持续推进,高等级公路网络日益完善,对路面结构的耐久性、安全性和舒适性提出了更高要求。沥青混凝土路面因其良好的力学性能、抗滑性、降噪效果以及便于机械化施工等优势,成为当前公路建设的主流选择。然而,在实际工程中,由于施工工艺不规范、材料控制不严或环境因素影响,常出现早期病害如车辙、裂缝、松散、泛油等问题,严重影响道路使用性能和寿命。因此,深入研究并严格把控沥青混凝土路面施工全过程的技术要点,是保障工程质量、延长使用寿命、降低全寿命周期成本的关键所在。本文将围绕沥青混凝土路面施工的核心环节,系统阐述各阶段的技术控制要点,并提出相应的优化建议。

1 原材料质量控制

1.1 沥青结合料

沥青是沥青混凝土的胶结材料,其性能直接影响路面的高温稳定性、低温抗裂性及耐久性。常用类型包括70号、90号道路石油沥青,以及SBS、SBR等聚合物改性沥青。应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40)的相关规定,重点控制针入度、软化点、延度、闪点、溶解度及老化后性能(如薄膜烘箱试验后的质量损失、针入度比、延度保留率)。在重载交通、高温或低温地区,推荐使用SBS改性沥青,以提升高温抗车辙能力和低温抗裂性能。改性沥青需进行离析试验,确保储存稳定性。

1.2 集料

集料占沥青混合料体积的90%以上,其物理力学性能对混合料骨架结构至关重要。粗集料应选用坚硬、耐磨、洁净、无风化的碎石,压碎值 $\leq 26\%$,洛杉矶磨耗损失 $\leq 28\%$,与沥青的黏附性 ≥ 4 级(水煮法)。宜采用反击式破碎机制备,保证颗粒棱角性和嵌挤能力。细

集料可采用机制砂或石屑,要求洁净、干燥、无杂质,砂当量 $\geq 60\%$ 。天然砂因棱角性差、含泥量高,应限制使用比例。矿粉应采用石灰岩等碱性岩石磨细而成,亲水系数 < 1.0 ,塑性指数 $< 4\%$, 0.075mm 通过率 $\geq 75\%$ 。严禁使用回收粉尘替代矿粉。

1.3 添加剂

根据工程需要,可添加抗剥落剂、温拌剂、再生剂或纤维(如用于SMA路面的木质素纤维),以改善特定性能。所有添加剂应有明确技术参数和掺量依据,并通过配合比验证。

2 沥青混合料配合比设计

2.1 目标配合比设计

目标配合比设计是整个配合比体系的基础,其核心任务是通过室内试验确定满足路用性能要求的最佳沥青用量和矿料级配。设计过程中,首先应根据交通荷载等级、气候分区及路面结构层位选择合适的混合料类型,如AC-13C适用于表面层,AC-20C用于中面层,而SMA-13则多用于对抗滑和耐久性要求较高的高速公路。随后,依据规范要求采用马歇尔试验法或Superpave设计方法进行试件成型与性能测试^[1]。在马歇尔设计体系中,需制备多个不同沥青用量的试件,测定其稳定度、流值、空隙率(VV)、矿料间隙率(VMA)及沥青饱和度(VFA)等关键参数。通常,密级配热拌沥青混合料的目标空隙率应控制在3%至5%之间,VMA不得低于14%,VFA宜维持在65%至75%的合理区间。在此基础上,还需进行车辙试验、冻融劈裂试验和浸水马歇尔试验等补充验证,确保混合料具备足够的高温抗变形能力、水稳定性和抗疲劳性能。只有当所有指标均满足规范要求时,方可确定最终的目标配合比。

2.2 生产配合比设计

目标配合比虽具指导意义,但无法直接用于拌和站

生产,因其未考虑热料仓筛分特性的实际偏差。因此,需在拌和站冷料仓供料比例初步确定后,对各热料仓材料进行取样筛分,重新合成级配曲线,并调整各热料仓的供料比例,使合成级配尽可能贴近目标级配。在此调整后的级配基础上,以目标沥青用量为中心,上下浮动0.3%进行马歇尔试验,综合比较各项指标后最终确定适用于生产的沥青用量。该阶段的设计不仅确保了混合料级配的稳定性,也为后续大规模施工提供了可靠的工艺参数。

2.3 生产配合比验证

为确保生产配合比在实际施工条件下的适用性,必须在正式开工前铺筑不少于200米的试验段。试验段施工应严格按照拟定的工艺流程进行,完成后需对压实度、厚度、平整度、渗水系数等关键指标进行全面检测,并钻取芯样分析实际空隙率、沥青含量及级配组成。通过对比设计值与实测值,评估施工参数的合理性,并对摊铺速度、碾压组合、松铺系数等进行微调。只有当试验段各项指标均满足规范要求,且施工工艺稳定可控时,方可批准进入全面施工阶段。

3 混合料拌和

3.1 拌和设备要求

应采用间歇式强制拌和楼,具备自动计量、温度监控和数据记录功能。拌缸容量应与摊铺能力匹配,避免长时间等待导致温度损失。

3.2 温度控制

普通道路石油沥青的集料加热温度应控制在160℃至180℃之间,沥青加热温度为155℃至165℃;若采用SBS改性沥青,则相应提高10℃至15℃。混合料出厂温度通常为145℃至165℃(普通沥青)或160℃至175℃(改性沥青)。一旦混合料温度超过195℃,沥青极易发生热老化,导致黏度剧增、延展性下降,此类混合料必须作废处理^[2]。因此,拌和站需建立严格的温度监测制度,每车混合料均需记录出厂温度,并与摊铺现场形成联动反馈机制。

3.3 拌和时间与顺序

合理的拌和时间与投料顺序是保证混合料均匀性的前提。一般情况下,干拌时间不应少于5秒,湿拌时间不少于40秒,总拌和时间控制在45至60秒之间。当使用纤维稳定剂(如SMA混合料中的木质素纤维)时,应在沥青喷洒前将其投入拌缸,利用干拌过程使其充分分散。对于改性沥青,建议先与部分矿粉进行预混,形成均匀浆体后再与其他集料共同拌和,此举可有效防止改性剂在高温下聚集离析,确保其性能充分发挥。

3.4 质量监控

拌和过程中的质量监控贯穿始终。每车混合料出厂前,操作人员需目测其外观,确保无花白料、结团或严重离析现象。同时,应定期(通常每台班不少于一次)取样进行抽提试验和筛分分析,验证沥青含量与级配是否符合设计允许偏差(沥青含量误差 $\pm 0.3\%$,关键筛孔通过率偏差 $\leq \pm 2\%$)。此外,马歇尔试件的稳定度和流值也应纳入日常检测范围,作为混合料性能稳定性的间接判据。

4 混合料运输

运输环节虽为辅助工序,但对混合料温度保持、均匀性维持及污染防控具有不可忽视的影响。运输车辆应选用载重20吨以上的自卸车,车厢内壁必须保持清洁,并喷涂水基乳液类隔离剂,严禁使用柴油或废机油等石油类产品,以免软化沥青膜导致黏附失效。装料时应采用“前一后一中”多次移动装料法,即运料车在装料过程中前后移动三次,使混合料从不同高度落入车厢,有效减少粗集料因滚落而集中于车厢两端所造成的纵向离析。运输途中,混合料必须用双层篷布加棉被全覆盖,尤其在冬季或长距离运输时,保温措施更为关键。抵达摊铺现场时,混合料温度应不低于135℃(普通沥青)或150℃(改性沥青),否则将难以达到理想的压实效果。

5 混合料摊铺

5.1 摊铺机选型与准备

高等级公路施工应选用具备自动找平、振捣夯实及高稳定性熨平板的高性能摊铺机。为减少纵向接缝,单幅路面宜采用一次全宽摊铺。施工前,熨平板需预热至100℃以上,防止冷板粘附混合料造成表面拉痕。同时,下承层必须彻底清扫干净,确保无浮尘、杂物,并按设计要求均匀喷洒粘层油,用量控制在0.3至0.6升每平方米,以保证层间有效粘结。

5.2 摊铺工艺参数

摊铺速度应保持匀速连续,通常控制在2至4米每分钟。速度过快易导致混合料供料不足、熨平板跳动,引发离析和厚度波动;速度过慢则造成温度损失过大,影响压实窗口期。松铺系数是连接摊铺厚度与压实厚度的关键参数,一般在1.15至1.25之间,但必须通过试验段实测确定,不可凭经验套用。熨平板的振动频率与振幅应根据混合料类型灵活调整:对于SMA等粗骨架结构,宜采用低频高幅以增强初始密实度而不破坏玛蹄脂;对于AC类密级配混合料,则可采用高频低幅以获得更平整的表面^[3]。理想状态下,摊铺后的初始密实度应达到85%以上,为后续碾压奠定良好基础。

5.3 离析控制

离析是沥青路面施工中最常见的质量隐患，主要表现为粗集料集中或沥青分布不均。为有效控制离析，摊铺过程中应避免频繁收斗，每次收斗时应保留约三分之一的余料，防止斗底粗料集中倾泻。螺旋布料器的转速应与摊铺速度联动控制，保持料位高度稳定在螺旋叶片高度的三分之二左右，确保混合料均匀输送至熨平板前方。对于局部出现的离析区域，应及时人工补撒细料或筛余细集料进行修复，严禁采用薄层贴补的方式处理厚度不足，以免形成薄弱夹层。

6 混合料碾压

6.1 碾压原则

碾压应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅、少水”的基本原则。所谓“紧跟”，是指压路机应紧随摊铺机作业，初压必须在混合料温度高于130℃时开始，以充分利用高温下的可压实性；“慢压”指碾压速度控制在2至4公里每小时，避免因速度过快导致推移或表面撕裂；“高频低幅”振动模式可在不损伤表面的前提下高效提升密实度；“少水”则强调仅在必要时采用雾状喷水防粘轮，水量应严格控制，防止混合料表面温度骤降。

6.2 碾压阶段划分

碾压过程通常分为初压、复压和终压三个阶段。初压的主要目的是稳定摊铺层、消除轮迹，一般采用双钢轮压路机静压或弱振1至2遍。复压是压实的核心阶段，需完成大部分密实功，遍数通常为3至5遍。对于AC类混合料，可采用25至30吨轮胎压路机进行揉压，利用轮胎的柔性接触增强嵌挤效果；而对于SMA混合料，则必须使用双钢轮振动压路机，严禁使用轮胎压路机，以防搓动玛蹄脂导致构造深度不足^[4]。复压结束时，混合料温度应不低于110℃。终压旨在消除复压留下的轮迹，提升表面平整度，采用双钢轮压路机静压1至2遍，终压终止温度不得低于80℃。

6.3 碾压组合与遍数

最优碾压方案需通过试验段确定。例如，一种典型组合为：初压采用DD110双钢轮压路机静压1遍，复压采用DD130振动压路机强振4遍，终压再用DD110静压1遍。碾压过程中应严格控制遍数，避免在低温下反复碾压，否则易导致粗集料破碎、空隙率增大，反而降低路面耐久性。

6.4 特殊部位处理

桥梁伸缩缝、检查井周边及路缘带等特殊部位，大型压路机难以有效作业，需辅以小型振动夯或手扶式压

路机进行补充压实。施工人员应重点监控这些区域的密实度，必要时可适当增加沥青用量或调整级配，确保其与主体路面性能协调一致。

7 接缝处理

7.1 纵向接缝

纵向接缝分为热接缝与冷接缝两种形式。热接缝适用于两台摊铺机梯队作业的情形，前后机间距控制在5至10米，后机跨缝摊铺5至10厘米，随后统一碾压，形成良好的热粘结效果，接缝质量接近整体路面。冷接缝则用于单机分幅施工，先铺半幅边缘需切割整齐、清理干净，并涂刷粘层油；后铺时重叠5至10厘米，摊平后人工铲除多余混合料，再采用压路机跨缝碾压，确保接缝密实、平顺。

7.2 横向接缝

横向接缝多出现在每日施工终点或临时中断处。高等级公路推荐采用平接缝：施工结束前趁热用切割机垂直切齐端面，清除废料，涂刷粘层油；次日摊铺前，对接缝部位进行预热至65℃以上，新料摊铺时重叠5厘米，摊平后先横向碾压再纵向碾压，确保接缝处密实无痕。斜接缝虽可用于低等级道路，但因其搭接长度长、施工复杂，在高等级公路中已基本被淘汰。

8 结语

沥青混凝土路面施工是一项系统工程，涉及材料、设备、工艺、管理等多个维度。只有严格把控从原材料到成品的每一个技术环节，科学组织施工，强化过程监控，才能有效预防早期病害，充分发挥沥青路面的性能优势。未来，随着智能建造、绿色低碳技术的发展，沥青路面施工将朝着更高效、更环保、更耐久的方向迈进。工程技术人员应不断学习新技术、新规范，推动公路建设质量迈上新台阶。

参考文献

- [1]张祥庆.公路工程沥青混凝土路面施工技术研究[J].汽车周刊,2025,(12):68-70.
- [2]窦绪锋.公路工程施工中沥青混凝土施工技术要点分析[J].汽车周刊,2026,(01):243-245.
- [3]王涛.公路工程沥青混凝土路面施工技术研究[J].交通科技与管理,2025,6(16):116-118.
- [4]赵瑞发.公路工程沥青混凝土路面施工技术[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,重庆建筑编辑部,重庆市建筑协会.智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(二).山西路桥建设集团朔州公路项目管理有限公司,2025:1619-1622.