

公路沥青路面施工工艺优化与耐久性提升分析

李富东

河北光太路桥工程集团有限公司，河北 邯郸 056000

DOI:10.61369/ETQM.2026010001

摘要：公路沥青路面作为道路交通的关键组成部分，其施工工艺直接关系到路面的耐久性与使用性能。本文围绕沥青路面施工工艺中的关键环节，从原材料选择、施工设备、工艺流程等方面进行系统分析，并结合现代化技术手段探讨优化措施。同时，针对影响路面耐久性的环境与交通因素，提出相应的技术提升路径，旨在提高公路路面整体质量与寿命，降低维护成本，提升通行安全性，为公路建设提供参考。

关键词：沥青路面；施工工艺；耐久性；优化技术；质量控制

Analysis on Optimization of Construction Technology and Enhancement of Durability for Highway Asphalt Pavement

Li Fudong

Hebei Guangtai Road and Bridge Engineering Group Co., Ltd., Handan, Hebei 056000

Abstract : As a crucial component of road transportation, highway asphalt pavement's construction technology directly relates to the pavement's durability and performance. This paper systematically analyzes the key aspects of asphalt pavement construction technology, including raw material selection, construction equipment, and process flow, and explores optimization measures in conjunction with modern technological approaches. Additionally, it proposes corresponding technical improvement pathways in response to environmental and traffic factors affecting pavement durability. The aim is to enhance the overall quality and lifespan of highway pavements, reduce maintenance costs, improve traffic safety, and provide references for highway construction.

Keywords : asphalt pavement; construction technology; durability; optimization techniques; quality control

随着我国交通运输体系的不断完善，公路建设规模持续扩大，沥青路面因其良好的行驶舒适性和维修便利性被广泛应用。然而，传统施工工艺常出现早期病害、结构损坏等问题，严重影响其服务年限。为提升路面性能，必须对现有施工工艺进行系统优化。本文基于施工实践与技术发展趋势，分析影响沥青路面耐久性的关键因素，提出可行性优化策略，以期为相关工程提供理论支持和实践指导。

一、沥青路面施工工艺现状分析

(一) 原材料选用与性能要求

沥青路面施工质量的优劣首先取决于原材料的选用及其性能表现，这一环节在整个施工过程中起着基础性和决定性的作用。作为沥青混合料的核心成分之一，沥青需具备良好的高温稳定性，以防止夏季软化导致车辙变形；同时还需具备优异的低温抗裂性，以应对冬季温差引起的热胀冷缩效应，避免面层开裂。抗水损害能力也是衡量沥青性能的重要指标，可有效减少雨水侵蚀带来的剥离、泛油等病害。目前常用的沥青材料包括70号基质沥青和性能更优的SBS改性沥青，需通过针入度、延度、软化点等多项指标严格检测其物理性能。集料方面，粗集料应具备坚硬、抗磨、抗压能力，常选用玄武岩、花岗岩等岩石材料；细集料如机制砂或天然砂则需具备良好的级配与粘附性能；填料多采用矿

粉，起到骨架填充与黏结作用^[1]。此外，为提高混合料的整体性能与疲劳寿命，常添加抗剥落剂、木质或矿物纤维等添加剂。原材料的控制不仅影响混合料拌合质量，更决定了整个路面结构的稳定性与长期使用性能，是保障施工质量的根本所在。

(二) 施工设备与配套能力

沥青路面施工对设备提出了较高的技术与协同要求，是确保工程质量与施工效率的关键保障。拌合站作为沥青混合料生产的核心，需具备精确的配比控制系统和温度调节功能，保证出料温度稳定在150°C ± 5°C范围内，以防止沥青老化或温度不足影响成型质量。现代化拌合站普遍采用自动化控制系统，可实现物料自动称量、自动投料、温度实时监控等功能，其拌合效率可达每小时180吨以上。摊铺机则直接影响路面平整度与厚度控制，需具备自动找平装置与智能温控系统，摊铺厚度误差控制在±2mm以内，平整度合格率达95%以上。压路机决定混合料的压实密度与

结构稳定性，常采用振动、轮胎、静力组合碾压方式，压实度要求一般不低于98%。运输车辆需采取保温措施，防止混合料温度在运输过程中下降超过10℃。此外，设备的管理与维护不容忽视，应建立定期检查、保养与校准机制，确保设备始终处于最佳运行状态，从而保障施工工艺的连续性和最终质量目标的实现^[2]。

(三) 工艺流程与作业规范

科学规范的工艺流程是保障沥青路面成型质量与长期性能的前提条件，其严谨性直接决定最终道路的服务水平与耐久性。施工初期需对基层进行彻底清理，确保其无浮土、杂物与油污，并保持干燥和平整状态。随后喷洒透层油或粘层油，增强新旧结构层之间的粘结力，防止层间脱空或剪切破坏。混合料运输阶段应采用封闭保温运输车，严格控制温度波动，推荐运输温度维持在140℃至160℃之间，并控制运输时间在30分钟内完成，避免降温与离析现象。摊铺前需使用红外线测温仪检测混合料温度，确保其热度均匀；摊铺过程中需精准控制摊铺厚度，误差不大于±3mm，并保持匀速推进，避免重叠、冷缝和拉裂现象。在碾压环节，应根据不同混合料类型合理分配初压、复压和终压的温度区间及碾压遍数，一般初压应在150℃以上开始，终压在110℃前完成，以确保密实度达到设计要求。施工全程应设有质量监督岗位，实时记录温度、碾压次数、压实度等关键数据，并依据相关技术规范进行验收评估，实现全流程质量可控、可追溯，为沥青路面的高标准交付提供有力保障。

二、影响沥青路面耐久性的主要因素

(一) 结构设计与施工配合

沥青路面的结构设计是否科学合理直接影响其耐久性和长期使用性能。良好的结构设计需实现各层次功能分工明确、力学匹配合理，一般采用“面层—基层—底基层—土基”的复合结构体系，面层负责抗滑与耐磨，基层负责承载与传力。实际应用中，若设计厚度不足或材料选型不当，极易导致路面早期破坏^[3]。据《公路沥青路面设计规范》数据显示，面层厚度不足30cm时，重载交通下5年内出现结构性裂缝的概率高达42%。施工配合同样关键，如未严格控制层间接缝处理、粘结油喷洒均匀度等工序，常会出现层间脱空、滑移与开裂等问题，影响整体力学协同。此外，压实度是结构成型质量的重要指标，压实度每下降1%，将导致结构寿命缩短8%~12%。因此，设计与施工必须形成闭环，严控结构参数与质量标准，确保力学性能充分发挥。

(二) 气候与环境因素

沥青路面长期暴露于自然环境中，受气候变化的影响极为显著，尤其是高温、低温、湿度与紫外线等因素会对其耐久性造成多重挑战。在高温条件下，沥青软化导致表层车辙变形，特别是在≥35℃的夏季高温区域，车辙深度年均增长可达7mm以上；而低温则易引发热应力集中，导致面层开裂，东北及西北地区冬季路面裂缝发生率普遍超过60%。雨水侵蚀亦是破坏性关键因素，雨水通过裂缝或微孔渗入结构层，造成水损坏、冻融破坏甚至路基沉陷。数据显示，当路面空隙率超过6%且连续降雨超过48小

时，其结构层渗水率提升2.5倍。紫外辐射则加速沥青老化，使其逐渐变脆失去黏结性。因此，在不同气候区域应因地制宜选择耐温范围宽广、防水性强的沥青材料，并加强排水系统设计以降低环境破坏影响^[4]。

(三) 交通荷载与疲劳损伤

随着车辆重载化趋势日益明显，交通荷载对沥青路面的疲劳破坏作用日益突出。尤其是大型货车反复碾压下，路面层内逐渐产生微裂缝并扩展为反射裂缝、网裂等病害。研究表明，在年平均交通量为5000辆/车道/天且其中重型车辆占比超过15%的公路上，标准沥青面层的设计使用寿命平均减少30%以上。荷载频率越高，材料疲劳寿命越短；实验数据表明，标准车轴荷载下沥青混合料疲劳寿命为100万次，而当荷载增大10%，疲劳寿命将下降约50%。此外，车辆偏载、刹车点集中等也易形成局部应力集中，加速表面龟裂和坑槽的生成。为延缓疲劳破坏，应通过加强结构层次分担、选用高弹性材料以及优化交通组织等方式减缓荷载冲击，提高沥青路面的承载与缓释能力。

三、施工工艺优化技术研究

(一) 材料改性与性能提升

材料性能的提升是优化沥青路面施工工艺的核心环节，尤其在多变环境与重载交通条件下，高性能材料的应用可有效增强路面耐久性与适应性^[5]。当前广泛采用的SBS改性沥青可显著提升沥青的高温抗车辙性能与低温抗裂能力，研究表明SBS改性沥青的软化点较普通沥青提升15℃，低温延度可提高50%以上。此外，应用纤维类增强剂如木质纤维、矿物纤维，能改善混合料的抗裂性和防水损害性能，适用于超薄罩面和应力吸收层。再生材料技术也是一项重要改进方向，特别是在城市道路养护中，利用再生沥青混合料（RAP）不仅可降低施工成本30%，还具备良好的粘结性和抗老化能力。为进一步提升结构稳定性，还可引入高模量沥青与高强度骨料组合，优化集料级配，提升骨架嵌挤效果，从而显著提高路面的承载能力与疲劳寿命。

(二) 智能施工与过程监控

随着信息化与自动化技术的发展，沥青路面施工正在向智能化转型。通过引入智能摊铺与碾压系统，可实现施工过程的实时监控与参数自动调整^[6]。例如，红外热成像技术可用于监测混合料摊铺温度，确保温度控制在140℃至160℃之间，有效避免因冷接缝或温度离析引起的早期病害。同时，基于GPS和GIS系统的碾压轨迹记录技术，可对压路机作业路径和遍数进行可视化管理，确保压实均匀度。智能压实系统（IC）通过振动频率和回弹模量反馈，动态调整碾压力度，使压实度更精确可靠。此外，云平台数据同步与远程调度功能可实现施工进度的实时跟踪和质量数据集中管理。数据显示，采用智能施工系统可将质量缺陷率降低40%以上，提升整体施工效率20%~30%，有效保障了施工工艺的一致性与可追溯性。

(三) 工序衔接与质量控制

施工过程中各工序的紧密衔接与系统化质量控制机制，是

保障施工质量和路面性能的重要保障。首先，层间粘结处理需加强，采用高粘结性乳化沥青或 SAMI 材料可提升层间抗剪切强度，有效抑制滑移与脱层问题。在摊铺作业中应严格控制摊铺速度与松铺厚度，避免出现离析、错台等缺陷。施工现场应配备质量巡检小组，对混合料级配、含水率、拌合均匀性进行抽检并记录归档，确保每批混合料质量达标。碾压环节要根据材料类型、施工温度确定碾压程序，初压温度控制在 150℃ 以上，复压应于混合料降至 120℃ 前完成。全过程应设置关键工序控制点，实施首件验收、旁站监督与数据闭环反馈机制。研究显示，建立完整质量控制流程的项目，其路面平整度与压实度合格率可达 95% 以上，大幅度降低了后期养护频率和病害发生率，确保了沥青路面长期稳定运行^[7]。

四、提升沥青路面耐久性的策略分析

(一) 结构层次优化设计

科学合理的结构层次设计是提升沥青路面耐久性的前提。现代路面结构趋向于多功能分层设计，通过面层、基层与底基层各司其职，有效分散交通荷载，延缓结构疲劳。面层应选用高强度、抗裂性好的改性沥青材料，同时结合粒料级配优化，提升抗车辙性能与表面耐磨性。基层则应采用水稳碎石或水泥稳定土，具备良好的承载与抗剪切能力，保障上层结构受力均匀。为实现层间结构的有效黏结，应采用高附着力粘层油，增强各层之间的剪切稳定性，防止滑移与剥离。此外，可在重载路段或寒冷地区增设防裂垫层或应力吸收层，延缓裂缝反射与疲劳破坏的产生。研究表明，优化后的三层式结构比传统两层结构可提高使用寿命 30% 以上，显著增强整体耐久性与适应性。

(二) 施工工况适应与调整

不同气候条件与现场环境对施工质量产生显著影响，需根据具体工况灵活调整施工方案与参数。在高温条件下应加强沥青混合料冷却管理，适当调整拌合温度与摊铺速度，避免热黏、车辙等问题；在低温施工中，应适当提高拌合与压实温度，缩短碾压

起始时间，防止早期开裂^[8]。在降雨频发地区，施工前应密切关注天气变化，施工中需采取防雨棚、排水沟等措施，防止混合料受潮和基层积水影响成型质量。夜间施工时，应配备足够照明设施与夜间施工标识，保证操作精准度和人员安全。此外，在高原、高湿或风沙地区，应根据空气密度、湿度与风速调整摊铺速度与压实时间，确保沥青混合料温度与密实度控制稳定。研究显示，根据工况调整施工参数可有效提升 15% 的施工成品率与压实合格率，减少后期病害发生。

(三) 维护养护机制强化

良好的养护管理体系是保障沥青路面耐久性的重要支撑。应建立以“预防为主、防治结合”的全周期养护机制，对路面状况进行周期性检测与动态评估。对于早期微裂缝可采用裂缝灌缝、表面封层等手段进行封闭处理，防止水分入侵；中期病害如松散、车辙等可通过微表处、稀浆封层等工艺恢复功能层；对于严重结构性损坏，应实施局部铣刨重铺，恢复结构整体性。现代化养护还应结合物联网技术，部署传感器对温度、湿度、压实度进行实时监控，提前预警潜在病害点，延长使用寿命。同时应建立养护数据库，形成病害类型、处理工艺与材料性能的对应关系，优化养护决策效率。实践表明，实施科学化、数字化养护策略的道路，5 年内病害发生率可降低 50% 以上，养护成本降低约 25%，显著提升沥青路面使用性能与生命周期效益。

五、结语

沥青路面作为现代公路建设的主要形式，其施工工艺与耐久性关系到道路的整体性能与使用寿命。通过优化原材料选用、提升施工装备智能化水平、强化各工序衔接与质量控制，能够显著提高路面结构稳定性与服务年限。同时，结合结构层次优化设计、适应施工环境调整参数、建立科学养护机制，是提升路面耐久性的关键路径。未来应加强新技术、新材料的研究与推广，推动沥青路面施工向高性能、智能化、绿色化方向发展，全面提升我国公路基础设施水平。

参考文献

- [1] 迟占华. 改性沥青路面施工温度控制与质量保障体系构建 [J]. 山西建筑, 2025, 51(14): 126-128+132. DOI: 10.13719/j.cnki.1009-6825.2025.14.029.
- [2] 龚永贵. 高寒地区沥青路面施工技术研究 [J]. 建筑技术开发, 2025, 52(07): 28-30. DOI: 10.20259/j.jzjskf.2025.07.0028.
- [3] 张涛. 沥青路面裂缝养护方法与施工处理技术 [J]. 时代汽车, 2025, (14): 181-183.
- [4] 李萧辛. 高速公路路基路面材料选用与施工工艺优化策略探究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(12): 85-87. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2025.0515.
- [5] 孙培. 就地热再生沥青混合料施工质量提升方法研究 [J]. 北方交通, 2025, (06): 40-44. DOI: 10.15996/j.cnki.bfjt.2025.06.011.
- [6] 马光强. 橡胶沥青碎石封层技术在公路施工中的应用 [J]. 汽车周刊, 2025, (07): 143-145.
- [7] 朱永领, 王德勇. 高温重载长寿命沥青复合路面施工技术研究 [J]. 公路, 2025, 70(06): 82-86.
- [8] 董志东. 公路冷再生技术施工质量控制要点分析 [J]. 科技与创新, 2025, (11): 143-146. DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2025.11.036.