

公路沥青路面施工质量控制与技术创新研究

马 德

延安新悦交通工程有限公司 陕西 延安 716001

摘 要：公路沥青路面施工质量直接影响道路使用寿命与行车安全，其控制与技术创新是交通工程领域的关键课题。本文针对沥青路面施工中原材料控制不严、配合比设计不合理、工艺执行不到位及检测验收不规范等问题，系统提出加强材料检验、优化级配设计、规范拌和摊铺工艺、完善检测标准等质量控制措施。同时，结合行业发展趋势，探讨改性沥青、温拌沥青等新型材料，智能拌和与摊铺设备，以及废旧材料再生利用、太阳能路面等技术创新的应用路径，旨在为提升公路沥青路面施工质量、推动绿色智能建造提供理论参考与实践指导。

关键词：公路沥青；路面施工；质量控制；技术创新；研究

引言：公路沥青路面因诸多优势成为现代交通网络主流路面形式，但施工中的原材料、工艺、检测等问题，致使路面出现裂缝、车辙等病害，既增加养护成本，又威胁交通安全。同时，交通量增长与环保节能需求提升，让传统施工技术难以契合高质量发展要求。在此形势下，强化施工质量控制体系建设，推动新型材料、智能设备及绿色工艺创新应用，成为公路工程领域的关键研究方向。本文聚焦现存问题提出控制措施，并展望技术创新趋势，旨在为行业转型升级提供参考，推动公路基础设施可持续发展。

1 公路沥青路面施工质量控制的重要性

1.1 保障行车安全

公路沥青路面的平整度、抗滑性等性能直接影响到车辆的行驶安全。如果路面施工质量不过关，容易出现坑槽、裂缝等病害，导致车辆行驶时颠簸、打滑，甚至引发交通事故。因此，通过严格的施工质量控制，确保沥青路面各项性能指标符合规范要求，是保障行车安全的重要前提。

1.2 延长路面使用寿命

良好的施工质量能够使沥青路面更好地承受车辆荷载和自然环境的作用，减少病害的发生，从而延长路面的使用寿命。这不仅可以降低公路养护成本，还能减少因路面维修而带来的交通拥堵和不便。

1.3 提高公路建设效益

施工质量控制是公路建设项目管理的重要组成部分。通过科学的质量控制措施，可以避免因质量问题导致的返工、修补等额外费用支出，提高建设资金的使用效率。同时，优质的路面工程还能提升公路的整体形象，为区域经济发展创造有利条件^[1]。

2 公路沥青路面施工质量控制中存在的问题

2.1 原材料质量控制不严

沥青路面施工原材料多样，管控难度大。采购环节，部分施工方为降成本，选择低价劣质沥青，其针入度、软化点等关键指标不达标，高温易软化，低温脆性增加，缩短路面寿命。集料方面，矿山开采不规范，致使针片状颗粒多、含泥量大，影响混合料黏结性与稳定性。添加剂使用也存在盲目性，未依工程特性与环境精准把控，难以发挥应有改性效果，导致路面性能受影响。

2.2 混合料配合比设计不合理

配合比设计是沥青路面质量核心环节，却常见问题。级配设计中，试验人员经验不足，未充分考虑交通量、气候等因素，仅凭规范中值设计，致使合成级配与实际需求脱节。重载交通路段，若细集料过多，路面易出现车辙；寒冷地区，级配不合理则加剧低温开裂风险。油石比控制也不够精准，过大泛油，过小则粘结力不足，集料易脱落，严重影响路面使用性能与耐久性。

2.3 施工工艺控制不当

施工工艺执行偏差是质量隐患根源。拌和环节，温度、时间控制不严格，温度过高沥青老化，过低则混合料拌和不均；搅拌时间过短，材料未充分融合，影响质量。运输中，车辆未采取有效保温、防雨措施，混合料温度散失、进水，性能劣化。摊铺时，摊铺机参数设置不当，速度不稳定，导致厚度不均、平整度差；压实工艺也存在缺陷，碾压顺序、遍数、速度不合理，无法达到规定压实度，路面易出现早期病害。

2.4 质量检测与验收不规范

质量检测与验收是把控施工质量最后关卡，却问题频发。检测方法上，部分单位仍采用传统落后手段，检测频率低、精度差，难以发现隐蔽质量问题。如压实度

检测,灌砂法操作误差大,不能准确反映压实情况。验收标准执行也不严格,对裂缝、车辙等病害容忍度高,未按规定进行处治便通过验收^[2]。

3 公路沥青路面施工质量控制措施

3.1 加强原材料质量控制

3.1.1 严格沥青材料检验

建立多层次沥青材料检验体系,在采购前要求供应商提供质量合格证明与性能检测报告,核查针入度、延度、软化点等关键指标。进场时,按批次抽样送检第三方专业机构,运用红外光谱等先进技术检测沥青成分与老化程度。施工过程中,定期抽检沥青存储罐内材料,动态监控质量波动,对不合格沥青立即退场处理,从源头杜绝质量隐患。

3.1.2 规范集料采购与管理

集料采购优先选择资质齐全、信誉良好的矿山供应商,签订质量保障合同,明确颗粒级配、针片状含量、含泥量等技术标准。运输环节采取密封防尘措施,防止二次污染;进场后分类堆放,设置防雨棚与隔离墙,避免不同规格集料混杂。施工前再次筛分检测,剔除超粒径或杂质含量超标的集料,确保其与沥青良好粘结,提升混合料整体性能。

3.1.3 合理使用添加剂

依据工程所在区域气候、交通荷载等条件,通过实验室配比试验精准选择添加剂类型与掺量。如高温多雨地区添加抗剥落剂增强沥青与集料粘附性,低温地区使用温拌剂降低施工能耗与沥青老化。建立添加剂使用台账,严格记录进场批次、用量及施工部位,施工时采用自动化计量设备精准添加,确保改性效果稳定,提升沥青路面综合性能。

3.2 优化混合料配合比设计

3.2.1 科学进行级配设计

依据工程所在地气候、交通流量及荷载特点,采用多指标优化法进行级配设计。针对重载交通路段,适当增加粗集料比例,形成嵌挤结构,提高抗车辙能力;寒冷地区则优化细集料含量,增强路面柔韧性。运用数字模拟技术,对不同级配方案的力学性能进行仿真分析,结合马歇尔试验、车辙试验等结果,筛选出最佳级配曲线,确保混合料强度、稳定性与耐久性均衡。

3.2.2 准确控制油石比

建立油石比动态调控机制,施工前通过目标配合比、生产配合比及试拌试铺三级验证,确定最佳油石比范围。施工中,利用智能拌和设备的高精度计量系统,实时监测沥青与集料用量,误差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内。同

时,对每车混合料进行抽提试验,分析油石比实际波动情况,及时调整生产参数,避免因油石比偏差导致路面泛油、松散等病害。

3.3 严格施工工艺控制

3.3.1 规范拌和工艺

建立智能化拌和监控体系,采用全自动拌和设备,精确设定沥青加热温度、集料加热温度及拌和时间。通过温度传感器与计时器实时监测,沥青加热温度控制在 $155\sim 165\text{ }^{\circ}\text{C}$,集料温度高于沥青 $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,干拌时间不少于 $5\sim 10$ 秒,湿拌时间 $30\sim 45$ 秒。定期校准设备计量系统,每批次检查混合料均匀性,避免花白料、结团等现象,确保成品料质量稳定。

3.3.2 加强运输过程管理

选用密封性能良好的自卸运输车,车厢底板与侧板涂抹防粘剂,车厢顶部覆盖双层保温篷布与棉被。运输前预热车厢,运输途中匀速行驶,减少急刹车与颠簸。根据运距与施工进度合理调配车辆,确保混合料到场温度不低于 $145\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。卸料前清除车厢底部凝结料,防止影响摊铺质量,杜绝因运输环节导致的离析、降温问题。

3.3.3 规范摊铺与压实工艺

采用具有自动找平功能的摊铺机,根据路面宽度合理组合梯队作业,摊铺速度控制在 $2\sim 4\text{ m/min}$,保持匀速不间断施工。压实过程遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”原则,初压采用钢轮压路机静压 $1\sim 2$ 遍,复压采用振动压路机振压 $3\sim 4$ 遍,终压采用胶轮压路机收光 $1\sim 2$ 遍。通过温度传感器监测碾压温度,确保初压温度不低于 $135\text{ }^{\circ}\text{C}$,终压温度不低于 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$,达到规定压实度标准。

3.4 规范质量检测与验收

3.4.1 采用科学的检测方法

引入先进无损检测技术,利用落锤式弯沉仪(FWD)快速测定路面结构承载能力,通过探地雷达检测路面内部缺陷与压实均匀性,提高检测效率与精度。同时,增加沥青混合料动态模量、疲劳寿命等性能试验,结合传统压实度、平整度检测指标,构建多维度质量检测体系。定期校准检测设备,确保数据准确可靠,为质量评定提供科学依据。

3.4.2 严格执行验收标准

组建专业验收团队,依据国家及行业规范,细化沥青路面平整度、车辙深度、渗水系数等验收指标。对每道工序进行分段验收,未达标严禁进入下一环节。针对隐蔽工程,留存影像资料与检测数据,建立质量追溯档案。验收过程中,对不合格项明确整改方案与期限,整改后复检合格方可通过,杜绝质量隐患留存^[3]。

4 技术创新在公路沥青路面施工中的应用

4.1 新型沥青材料的研发与应用

4.1.1 改性沥青

改性沥青通过添加聚合物、橡胶粉等改性剂,显著改善沥青性能。SBS改性沥青通过弹性体与沥青的交联,大幅提升路面高温稳定性与低温抗裂性,有效减少车辙与裂缝病害;橡胶粉改性沥青则利用废旧轮胎胶粉,增强沥青韧性与抗疲劳性能,同时实现资源循环利用。在高海拔寒冷地区或重载交通路段,改性沥青能适应极端环境与重载压力,延长路面使用寿命,降低养护成本,已成为提升路面耐久性的重要技术手段。

4.1.2 温拌沥青

温拌沥青技术通过添加温拌剂或发泡技术,降低沥青混合料施工温度30-50℃。相比传统热拌沥青,温拌工艺减少了沥青老化与有害气体排放,降低能源消耗,同时改善了施工环境。在城市道路施工中,温拌沥青可减少周边居民的噪声与空气污染;在冬季施工时,其低温施工特性克服了传统工艺的局限性,拓宽了施工季节,提升了施工效率与环保效益,成为绿色公路建设的关键技术。

4.2 智能化施工技术的引入

4.2.1 智能拌和系统

智能拌和系统集成物联网、大数据与自动化控制技术,实现沥青混合料生产全流程精准管控。通过安装高精度传感器实时监测集料含水量、温度及沥青用量,系统自动调整加热时间与拌和参数,确保混合料均匀性与级配精度。同时,系统可接入BIM模型与施工进度计划,动态优化生产配比与产量,减少材料浪费。此外,智能拌和系统还能自动生成生产数据报告,为质量追溯与工艺优化提供数据支撑,显著提升拌和环节的智能化与标准化水平。

4.2.2 智能摊铺与压实设备

智能摊铺与压实设备借助北斗导航、激光找平及惯性导航等技术,大幅提升施工质量与效率。摊铺机搭载的自动找平系统,可根据预设高程与横坡参数,实时调整熨平板高度,确保摊铺厚度误差控制在±2mm以内,通过多传感器协同监测摊铺速度、温度与密实度,避免离析与温度不均问题。压实环节,智能压路机配备的连续压实控制系统,通过振动传感器与GPS定位,实时绘制压实度云图,精准控制碾压遍数与轨迹,防止漏压或过压。此外,设备可与管理平台互联,施工管理人员通过手机或电脑即可远程监控设备运行状态与施工质量,实现施工过程的可视化、智能化管理,有效提升路面平整

度与压实质量。

4.3 环保节能技术的推广

4.3.1 废旧沥青混合料再生利用技术

废旧沥青混合料再生利用技术通过对铣刨、回收的旧料进行破碎、筛分、性能检测,依据旧料老化程度与路用需求,添加再生剂、新集料和沥青,经拌和后重新用于路面铺筑。该技术可有效减少新石料开采与沥青消耗,降低建筑垃圾排放,每利用1吨旧料,可减少约0.8吨二氧化碳排放。在厂拌热再生、厂拌冷再生和就地热再生等工艺中,厂拌热再生能更好保证再生料质量,常用于中、下面层施工;就地热再生则具有高效、经济的特点,适用于路面病害较浅的修复工程。此技术既实现资源循环利用,又降低施工成本,契合绿色公路建设理念。

4.3.2 太阳能路面技术

太阳能路面技术将光伏组件与沥青路面相结合,通过透光混凝土、碲化镉薄膜等材料,在保障路面强度与耐磨性的同时,实现太阳能的高效转化。光伏组件收集的电能可用于道路照明、融雪除冰、交通信号供电,甚至并入电网。例如,在冬季,太阳能转化的电能可为路面加热,防止结冰;在偏远地区,可为监控设备持续供电。此外,太阳能路面表面特殊纹理设计,能提升路面抗滑性能,保障行车安全。虽然目前该技术存在成本较高、耐久性待验证等问题,但随着技术进步,其在低碳交通与智慧城市建设中的应用前景广阔^[4]。

结束语

公路沥青路面施工质量关乎交通基础设施的安全与寿命,技术创新则为行业注入发展动能。从严格把控原材料质量、优化施工工艺,到推广新型材料与智能技术应用,每一环节的精细化管理与创新实践,都是推动公路建设高质量发展的关键。尽管当前在环保节能技术应用、智能化深度等方面仍存在挑战,但随着科研投入增加与实践经验积累,沥青路面施工将朝着绿色化、智能化、可持续化方向加速迈进。

参考文献

- [1]田飞.高速公路沥青路面现场施工质量控制分析[J].黑龙江交通科技, 2021, 41(10):244-245
- [2]陈懿.高速公路沥青路面施工技术和质量控制分析[J].四川建材, 2022, 44(10):179-180
- [3]万志刚.公路沥青路面施工技术与质量控制研究[J].居舍, 2022(26):185-186
- [4]张岩.高速公路沥青路面施工技术与质量控制[J].山西建筑, 2021, 44(24):115-116