

高速公路路面基层施工工艺优化及质量管控

杨 镇

云南交投公建工程养护有限公司 云南 昆明 650041

摘要：高速公路路面基层作为路面结构的核心承重层，其施工质量直接影响公路通行安全与使用寿命。本文阐述了路面基层相关理论基础，针对原材料处理、摊铺碾压、混合料配合比与搅拌、养护四大工序，提出针对性优化设计方案；构建施工前、施工过程、施工后全流程质量管控体系，明确各环节管控要点及保障措施；结合智能化检测、信息化管控及新型施工技术，实现工艺优化与质量管控的协同推进，为高速公路路面基层施工提供实用技术参考，提升施工质量与效率。

关键词：高速公路；路面基层；施工工艺；优化设计；质量管控

引言：随着高速公路建设规模扩大及交通量激增，路面基层易出现开裂、松散、沉降等病害，严重影响公路耐久性和通行安全性，施工工艺不规范、质量管控不到位是主要诱因。当前基层施工中，原材料处理、摊铺碾压等工序仍存在诸多不足，管控体系不完善，技术应用滞后。基于此，本文聚焦高速公路路面基层施工工艺优化与质量管控，结合工程实际，梳理核心技术要点，构建科学管控体系，应用关键技术解决施工痛点，对提升基层施工质量、延长公路使用寿命具有重要现实意义。

1 高速公路路面基层相关理论基础

1.1 高速公路路面基层概述

高速公路路面基层是路面结构的核心承重层，位于面层之下、底基层或路基之上，主要承担面层传递的车辆荷载并均匀传导至路基，起到承上启下的关键作用。其质量直接决定路面整体强度、稳定性和使用寿命，是保障高速公路通行安全和耐久性的重要基础。常见类型包括水泥稳定碎石基层、石灰粉煤灰稳定基层等，需根据高速公路设计标准、交通量及地质条件合理选型，满足不同路段的使用需求。

1.2 路面基层施工核心技术要求

路面基层施工需严格遵循三大核心技术要求：（1）强度与稳定性，需具备足够的抗压、抗剪强度，抵御车辆荷载反复作用，防止出现沉降、开裂等病害；（2）平整度与厚度，基层平整度直接影响面层施工质量，厚度需符合设计标准，确保荷载均匀传递；（3）耐久性与抗裂性，需抵抗温湿度变化、雨水侵蚀等自然因素影响，减少干缩、温缩裂缝，延长使用寿命。

1.3 施工工艺与质量管控的内在关联

施工工艺与质量管控是相互依存、辩证统一的关系。科学合理的施工工艺是质量管控的基础，规范的摊铺、碾压、养护等工艺能从源头减少质量隐患；而严格的质量管

控能保障施工工艺有效落地，通过全过程检测、监督，及时纠正工艺执行中的偏差。二者协同发力，才能确保基层施工质量符合设计要求，避免因工艺不规范或管控不到位导致的路面病害，为高速公路长期稳定通行提供保障^[1]。

2 高速公路路面基层施工工艺优化设计

2.1 原材料处理工艺优化

原材料处理是基层施工质量的源头，优化核心围绕筛选、检验、存储三大环节，结合实际施工场景完善技术要点，具体如下：

2.1.1 原材料筛选优化

碎石选用质地坚硬、级配连续的玄武岩或石灰岩，粒径控制在4.75-31.5mm，剔除针片状颗粒（含量 $\leq 15\%$ ）、杂质及风化颗粒；水泥选用32.5级普通硅酸盐水泥，初凝 $\geq 3h$ 、终凝 $\leq 10h$ ，杜绝受潮、过期水泥；粉煤灰符合II级及以上标准，烧失量 $\leq 20\%$ ，含水量控制在10%-15%。

2.1.2 原材料检验优化

建立“进场必检、批次抽检”机制，碎石检测压碎值、磨耗值，水泥检测强度、安定性，粉煤灰检测烧失量、比表面积，不合格材料严禁进场；大规模施工每500t增加1次抽检，确保检测贴合实际。

2.1.3 原材料存储优化

碎石按粒径分级堆放并覆盖防雨，避免级配紊乱；水泥存放于干燥通风库房，堆放高度 ≤ 10 层，离地面、墙面 $\geq 30cm$ ；粉煤灰单独堆放设围挡，定期检测含水量适配后续工序^[2]。

2.2 摊铺与碾压工艺优化

摊铺与碾压是基层成型的关键工序，优化重点在于规范操作流程、控制施工参数，贴合现场施工实际，具体技术要点如下：

2.2.1 摊铺工艺优化

摊铺机匀速摊铺，速度1.5-2.5m/min；摊铺前清理下

承层并洒水湿润（无积水）、铺塑料薄膜，熨平板预热至100℃以上，摊铺厚度按设计增加5%~10%虚铺量，厚度偏差控制在±5mm内。

2.2.2 摊铺辅助优化

专人跟随摊铺机，及时处理混合料离析部位；弯道、桥头采用人工辅助摊铺，平整度偏差≤3mm/3m；摊铺连续进行，中断时间≤2h，超时按规范设置施工缝衔接。

2.2.3 碾压工艺优化

遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，选用20t以上重型压路机，按初压→复压→终压顺序施工；初压轻型压路机碾压2遍（速度2~3km/h，压实度≥85%），复压重型压路机碾压4~6遍（速度3~4km/h，压实度≥96%），终压光轮压路机碾压2遍消除痕迹。

2.2.4 碾压细节优化

压路机行驶方向一致，轮迹重叠1/3轮宽，实时检测压实度，不合格及时补压，杜绝过度碾压开裂；碾压后检测平整度、厚度，不合格立即整改。

2.3 混合料配合比与搅拌工艺优化

混合料的配合比与搅拌质量直接影响基层强度，优化核心是适配实际施工材料，规范搅拌流程，具体技术要点如下：

2.3.1 配合比优化

结合原材料检测结果，试验确定最佳配合比，水泥稳定碎石基层水泥剂量3%~5%，粉煤灰稳定基层粉煤灰剂量15%~20%；碎石级配符合设计，空隙率3%~5%；含水量按最佳值增加1%~2%，适配摊铺碾压需求。

2.3.2 配合比调整优化

原材料性能波动时，及时调整配合比并试验验证；每批次搅拌前核对原材料用量，误差≤±2%，严禁随意调整。

2.3.3 搅拌工艺优化

采用强制式搅拌机，搅拌时间90~120s，搅拌顺序为“碎石→粉煤灰→水泥→水”，先干拌30s再湿拌60~90s，实时检测含水量并调整。

2.3.4 搅拌后处理优化

混合料采用密闭式运输车运输，时长≤2h并覆盖，卸料缓慢均匀，卸料后及时清理车厢，避免残留结块影响后续搅拌。

2.4 养护工艺优化

养护工艺优化重点在于控制养护时机、方式和周期，贴合现场施工条件，减少基层开裂，具体技术要点如下：

2.4.1 养护时机优化：

碾压完成后，基层表面初凝（手指按压无明显痕迹）时立即养护，时长控制在4~6h；气温≥30℃时缩短至2~4h，及时覆盖保湿。

2.4.2 养护方式优化：

采用洒水与土工布覆盖结合，确保土工布紧贴基层、无破损空鼓，边缘压实；气温15~25℃每天洒水3~4次，≥30℃每天5~6次，保持基层湿润。

2.4.3 养护周期优化：

养护周期不少于7d，水泥稳定基层延长至14d；养护期间严禁车辆通行、重型机械碾压，遇降雨及时排查排水，防止雨水浸泡。

2.4.4 特殊天气养护优化：

高温时增加洒水频率并覆盖遮阳网；低温（≤5℃）采用保温被覆盖，禁止洒水防冻裂；雨天及时清理积水，雨后检查修补裂缝、松散部位^[1]。

3 高速公路路面基层施工质量管控体系构建

3.1 施工前质量管控

施工前管控核心是排查隐患、完善准备，确保施工条件达标，贴合现场实际的技术要点如下：

3.1.1 原材料管控：

所有进场原材料必须提供出厂合格证，碎石、水泥、粉煤灰等按批次抽检，碎石重点检测压碎值、级配，水泥检测强度、安定性，粉煤灰检测烧失量，不合格材料严禁进场；建立原材料台账，详细记录进场批次、用量、检测结果，实现全程可追溯。

3.1.2 设备与人员管控：

摊铺机、压路机、强制式搅拌机等设备提前调试，计量设备校准合格，确保运行稳定；对施工人员进行技术交底和实操培训，明确管控标准和操作规范，考核合格后方可上岗。

3.1.3 下承层管控：

清理下承层表面杂物、浮土，检测平整度和压实度，压实度需达到设计要求（≥93%），存在松散、裂缝等缺陷的及时修补，洒水湿润（无积水）后再进入下一工序。

3.2 施工过程质量管控

施工过程管控聚焦各工序实时监管，杜绝违规操作，具体技术要点如下：

3.2.1 混合料管控：

每批次混合料搅拌前，核对原材料用量，误差控制在±2%内；实时检测含水量和配合比，搅拌时间控制在90~120s，确保搅拌均匀、无离析，不合格混合料严禁摊铺。

3.2.2 摊铺管控：

专人监督摊铺机匀速行驶，速度控制在1.5~2.5m/min，熨平板预热至100℃以上，摊铺厚度按设计增加5%~10%虚铺量，实时检测厚度和平整度，偏差分别控制在±5mm、≤3mm/3m。

3.2.3 碾压管控：
严格遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，

记录碾压遍数、速度,初压、复压、终压各阶段压实度需达标(复压 $\geq 96\%$),避免漏压、过度碾压。

3.2.4 工序衔接管控:

各工序连续进行,摊铺与碾压间隔 $\leq 2\text{h}$,工序衔接处设置交接标识,专人检查,不合格工序不得进入下一环节。

3.3 施工后质量管控

施工后管控重点是成品检测与缺陷整改,具体技术要点如下:(1)成品检测,养护期满后,对基层厚度、平整度、压实度、强度进行全面检测,压实度抽检频率每200m不少于3点,强度采用钻芯取样检测,不合格部位标记并限期整改。(2)缺陷整改,对检测出的裂缝、松散、厚度不足等缺陷,裂缝宽度 $\leq 0.5\text{mm}$ 的采用密封处理,大于0.5mm的开槽修补;松散部位铲除后重新摊铺碾压,厚度不足的补铺并压实,整改后重新检测直至达标。(3)验收管控,整理施工台账、检测报告等资料,提交验收申请,验收合格后签署验收记录,方可进入面层施工环节。

3.4 管控体系保障措施

为确保管控体系落地,结合现场施工实际制定保障措施:(1)制度保障,建立质量责任制,明确各岗位管控职责,将管控效果与绩效考核挂钩,杜绝推诿扯皮。(2)检测保障,配备专业检测人员和齐全的检测设备,定期校准设备,确保检测数据真实准确;实行“日常检测+专项抽检”结合,及时发现质量隐患。(3)现场保障,安排专人24小时现场值守,监督各工序管控落实情况,及时制止违规操作;建立应急处置机制,针对施工中出现的的质量问题,快速制定整改方案,避免隐患扩大^[4]。

4 施工工艺优化与质量管控的关键技术应用

4.1 智能化检测技术应用

结合基层施工各环节检测需求,智能化检测技术重点应用于混合料质量和基层成型质量两大核心场景,具体如下:

4.1.1 混合料质量检测

针对搅拌环节质量管控痛点,采用混合料智能检测设备,实时监测搅拌过程中水泥剂量、含水量及级配,数据同步传输至管控终端,偏差超限时自动报警,及时调整搅拌参数,避免人工检测滞后导致的质量隐患,确保每一批次混合料质量达标。

4.1.2 基层成型检测

聚焦摊铺、碾压后的成型质量,运用平整度检测仪、压实度连续检测设备,全程跟踪摊铺、碾压工序,实时反馈平整度、压实度数据,检测精度控制在 $\pm 1\%$,无需人工逐点检测,大幅提升管控效率,减少人为检测误差。

4.2 信息化管控技术应用

依托信息化手段实现施工全流程管控,打破各工序

信息壁垒,提升管控的精细化和高效性,应用如下:

4.2.1 施工过程监控:

搭建现场信息化管控平台,接入摊铺机、压路机等核心施工设备的运行数据,实时监控摊铺速度、碾压遍数、搅拌时间等关键参数,实现工序全过程可追溯,违规操作及时预警,确保工艺优化要求落地执行。

4.2.1 数据管理应用:

建立完善的质量管控数据库,全面录入原材料检测、工序检测、成品检测等所有相关数据,自动生成标准化检测报告,便于管理人员快速排查质量问题、分析隐患原因,为后续施工工艺优化提供精准的数据支撑。

4.3 新型施工技术与设备应用

结合工艺优化需求,引入新型施工技术与设备,替代传统操作模式,提升施工效率和质量管控水平,具体如下:

4.3.1 新型搅拌技术:

针对传统搅拌计量不准、搅拌不均等问题,采用智能强制式搅拌机,配备高精度自动计量系统,原材料用量精准控制,搅拌时间根据混合料状态自动调节,确保混合料搅拌均匀,有效减少离析现象,保障搅拌质量。

4.3.2 高效碾压技术:

选用智能重型压路机,配备压实度实时反馈装置,可根据基层压实情况自动调整碾压速度和力度,避免漏压、过度碾压,确保基层压实度一次性达标;针对弯道、桥头等特殊路段,采用小型振动压路机辅助碾压,提升管控精细化水平。

结束语:本文围绕高速公路路面基层施工工艺优化与质量管控展开研究,从理论基础、工艺优化、管控体系构建及关键技术应用四个方面,结合实际施工场景提出了可操作的技术方案与管控措施,有效解决了基层施工中工序不规范、管控不到位等问题。通过全流程工艺优化与精细化管控,结合智能化、信息化技术应用,可显著提升基层施工质量与效率。后续可结合更多工程实例,进一步优化工艺参数与管控模式,完善技术应用细节,为高速公路路面基层施工提供更全面的技术支撑。

参考文献:

- [1]李竟玮.公路路面工程基层施工管理问题及优化策略[J].大众标准化,2025(14):84-86.
- [2]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.
- [3]易淑亮.高速公路沥青路面施工工艺优化与质量控制研究[J].汽车周刊,2024(4):87-89.
- [4]郑昆鹏.公路沥青路面平整度施工工艺与控制措施研究[J].交通世界,2023(12):102-104.