

# 水泥稳定碎石基层施工质量控制关键技术与实践

张海涛 边继承

驻马店市四通路桥工程有限公司 河南 驻马店 463000

**摘要:** 水泥稳定碎石基层因强度高、稳定性好、造价合理,广泛应用于公路工程建设,其施工质量直接影响路面整体耐久性与承载能力。本文分析水泥稳定碎石基层的工程特性、质量控制指标及影响因素,重点阐述施工准备、拌合、摊铺碾压、养护各阶段的关键质量控制技术,构建以六大核心指标为基础的质量检测体系,推行试验段先行、数据化管控及档案管理措施。实践表明,该套管控方案可有效规避施工质量缺陷,实现全流程闭环管控,为同类工程施工质量控制提供实操参考。

**关键词:** 水泥稳定碎石基层; 施工质量控制; 施工全流程; 关键技术; 管的实践

引言: 随着公路交通荷载的不断增加,对路面基层的承载能力、稳定性提出更高要求。水泥稳定碎石作为主流基层形式,在施工过程中易因材料、工艺、环境等因素出现强度不足、收缩裂缝、压实度不达标等问题,影响工程使用寿命。结合驻马店地区公路工程施工实际,针对水泥稳定碎石基层施工质量管控难点,系统研究施工全流程质量控制技术,建立科学的检测与管控体系,解决施工中的实操难题,对提升工程质量、降低后期养护成本具有重要现实意义,也为区域同类工程施工提供借鉴。

## 1 水泥稳定碎石基层的工程特性与质量要求

### 1.1 材料组成与工程特性

水泥稳定碎石基层主要由水泥、碎石、水及少量外加剂组成,其中碎石作为骨架材料,占比达70%~85%,水泥为胶结材料,用量通常为3%~6%,水用于水泥水化反应,外加剂则根据施工需求调节性能。其核心工程特性体现为强度高、稳定性好,成型后具有较强的板体性,能有效扩散路面行车荷载,减少面层应力。同时,该基层具有良好的水稳定性和抗冻性,适配公路、市政道路等多种场景,且施工便捷、造价合理,是目前路面基层的主流形式,但存在早期强度低、易产生收缩裂缝的特点,需通过科学控制规避缺陷。

### 1.2 基层质量核心控制指标

基层质量控制需聚焦三个核心指标,确保工程可靠性。一是压实度,需达到96%以上,压实不足会导致基层空隙率过大,易受水侵蚀引发破损;二是7d无侧限抗压强度,根据道路等级不同,强度标准为2.5~4.0MPa,强度不足会影响基层承载能力;三是平整度,偏差需控制在5mm以内,平整度不佳会导致面层受力不均,缩短路面使用寿命。此外,厚度偏差、含水量控制、级配合理性等

也是辅助控制指标,需同步落实,保障基层整体质量。

### 1.3 质量影响因素系统分析

影响水泥稳定碎石基层质量的因素主要分为三类:材料因素,水泥强度等级、碎石级配、含水量的偏差,会直接影响基层强度和稳定性;施工因素,拌合均匀性、摊铺厚度控制、碾压工艺参数,以及养护时机和方式,是导致基层质量缺陷的主要诱因;环境因素,施工期间高温、低温、降雨等天气,会影响水泥水化反应和基层成型效果,低温易导致强度增长缓慢,降雨易造成基层冲刷、离析。各类因素相互关联,需系统管控,才能确保基层质量符合设计要求<sup>[1]</sup>。

## 2 水泥稳定碎石基层施工全流程质量控制关键技术

### 2.1 水泥稳定碎石基层施工准备阶段质量控制关键技术

施工准备阶段是质量控制的首要环节,核心是提前排查隐患、明确标准,关键技术如下:(1)原材料检验,严格执行《公路路面基层施工技术细则》(JTJ/TF20-2015)进场验收制度,水泥优先选用强度等级32.5级及以上普通硅酸盐水泥,需提供出厂合格证及第三方检测报告,进场后每200t为一批次抽检,重点检测强度等级、安定性、凝结时间,不合格材料严禁进场并及时清退出场;碎石按设计级配要求抽检,采用标准筛进行粒径分布检测,确保符合连续级配范围,含泥量需严格控制在3%以内,泥块含量不超过1%,超标的需进行机械清洗、晾晒处理后重新抽检,合格后方可使用。(2)配合比设计与优化,根据道路等级对应的基层强度标准(二级及以上公路不低于3.0MPa),确定水泥、碎石、水的用量比例,采用重型击实试验(重型II-2型击实仪)确定最佳含水量和最大干密度,配合比需经试验室试验验证,每组试块不少于6个,确保7d无侧限抗压强度达标,

试配不合格需重新调整水泥用量或碎石级配,直至满足设计要求。(3)施工机械设备准备,拌合机、摊铺机、压路机等设备进场后,需进行全面调试及性能检测,拌合机选用连续式双卧轴拌合机,校准计量系统(精度达到0.1%),确保水泥、碎石、水的计量精度符合规范要求;摊铺机选用自动找平摊铺机,调试熨平板平整度、行走速度控制系统,误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内;压路机检查碾压轮磨损情况(磨损量不超过 $5\text{mm}$ )及胎压(误差 $\pm 0.05\text{MPa}$ ),确保设备运行稳定。(4)施工场地准备,清理下承层表面杂物、浮土及松散层,采用人工配合装载机清理,清理后采用环刀法检测下承层压实度(不低于95%)、 $2\text{m}$ 直尺检测平整度(偏差不得超过 $8\text{mm}$ ),不合格的需重新压实、修整;划分施工段落(每段不超过 $200\text{m}$ ),设置硬质围挡、警示标志,规划材料堆放区域,水泥单独存放于防雨防潮库房,碎石按粒径分级堆放,设置隔离围挡,避免混杂污染<sup>[2]</sup>。

## 2.2 水泥稳定碎石基层拌合阶段质量控制关键技术

拌合阶段质量控制核心是保障拌合料均匀、计量精准,关键技术如下:(1)计量控制,采用全自动电子计量系统,严格遵循《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTGF80/1—2017)要求,水泥计量误差控制在 $\pm 1\%$ 以内,碎石计量误差控制在 $\pm 2\%$ 以内,水计量误差不得超过 $\pm 1\%$ ,计量系统需每日开工前、午休后各校准1次,校准记录留存归档,严禁人工估料、随意调整计量参数。(2)拌合均匀性控制,拌合机采用连续式拌合设备,拌合转速控制在 $20\sim 25\text{r}/\text{min}$ ,拌合时间严格控制在 $30\sim 45\text{s}/\text{盘}$ ,确保水泥与碎石充分混合,避免出现离析、结团现象;拌合时遵循“先骨料后水泥、最后补水”的原则,先投入碎石、水,搅拌 $10\sim 15\text{s}$ 后再加入水泥,继续搅拌至拌合料色泽一致、无明显水泥颗粒团、无骨料离析。(3)含水量控制,根据施工环境温度、风速动态调整,高温( $\geq 30^\circ\text{C}$ )天气含水量比最佳含水量提高 $0.5\%\sim 1.0\%$ ,低温( $\leq 5^\circ\text{C}$ )天气保持最佳含水量,拌合过程中采用烘干法实时检测含水量,每 $30\text{min}$ 检测1次,偏差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,发现偏差立即通过变频供水系统调整供水量,确保拌合料含水量稳定。(4)拌合料检验,每批次拌合料需抽样检测,重点检查级配合理性、含水量,每 $500\text{t}$ 抽检1次,级配检测采用标准筛筛分,偏差需符合设计级配范围,含水量不合格的需补充洒水或晾晒后重新拌合,级配严重不合格的拌合料严禁出场,需全部废弃处理,同时记录废弃原因及数量。

## 2.3 水泥稳定碎石基层摊铺与碾压阶段质量控制关键技术

摊铺与碾压阶段是质量控制的核心环节,关键技术如下:(1)摊铺控制,采用自动找平摊铺机匀速摊铺,摊铺速度控制在 $1.5\sim 2.0\text{m}/\text{min}$ ,匀速连续摊铺,严禁中途停顿、变速,避免出现摊铺断层;摊铺厚度按设计要求控制,采用挂线法辅助控制,松铺系数控制在 $1.3\sim 1.5$ (根据试铺确定),摊铺厚度偏差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ,摊铺过程中避免人工随意调整厚度,如需调整需经技术人员确认,调整后及时检测厚度。(2)摊铺平整度控制,摊铺机熨平板提前预热,温度达到 $60^\circ\text{C}$ 以上方可摊铺,摊铺时保持熨平板平整,采用 $2\text{m}$ 直尺实时检测平整度,偏差控制在 $5\text{mm}$ 以内,发现局部不平整需及时用人工补平,补平厚度不小于 $10\text{mm}$ ,严禁用薄层找补(厚度 $< 5\text{mm}$ ),避免后期出现起皮、开裂。(3)碾压工艺控制,严格遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中、重叠碾压”的原则,碾压机械选用 $20\text{t}$ 及以上重型压路机,第一遍采用轻压(碾压强度 $200\sim 300\text{kPa}$ ),速度控制在 $1.5\sim 2.0\text{km}/\text{h}$ ,碾压2遍,重叠宽度不小于 $1/3$ 轮宽;随后采用重压(碾压强度 $400\sim 500\text{kPa}$ ),速度控制在 $2.0\sim 2.5\text{km}/\text{h}$ ,碾压 $3\sim 4$ 遍;最后采用轻压收光,速度控制在 $2.5\sim 3.0\text{km}/\text{h}$ ,碾压1遍,确保表面平整、无轮迹。(4)碾压质量检验,碾压完成后立即采用环刀法抽样检测压实度,每 $200\text{m}$ 抽检1点,每车道不少于1点,压实度需达到 $96\%$ 以上(二级及以上公路);同步采用 $2\text{m}$ 直尺检测平整度,偏差控制在 $5\text{mm}$ 以内,压实度、平整度不合格的需重新碾压,碾压次数可增加 $1\sim 2$ 遍,直至达标<sup>[3]</sup>。

## 2.4 水泥稳定碎石基层养护阶段质量控制关键技术

养护阶段关键是保障强度稳定增长,控制技术如下:(1)养护时机,碾压完成后 $4\sim 6\text{h}$ 内必须开始养护,严禁拖延,高温( $\geq 30^\circ\text{C}$ )、大风天气可缩短至 $2\sim 3\text{h}$ ,避免基层表面失水过快产生收缩裂缝。(2)养护方式,采用覆盖保湿养护,优先选用无纺土工布全覆盖,土工布单位面积质量不低于 $200\text{g}/\text{m}^2$ ,覆盖需平整、无破损、无漏盖,土工布搭接宽度不小于 $10\text{cm}$ ,搭接处用重物压实,避免局部裸露导致失水。(3)养护周期,根据环境温度调整,常温( $15\sim 25^\circ\text{C}$ )下养护周期不少于 $7\text{d}$ ,低温( $\leq 5^\circ\text{C}$ )天气延长至 $10\sim 14\text{d}$ ,养护期间严禁任何车辆通行、人员踩踏,如需通行养护车辆,需采用轻型车辆,且行驶速度不超过 $5\text{km}/\text{h}$ ,避免碾压基层。(4)养护过程管控,每日定时检查土工布湿度,采用手捏法检测,确保土工布湿润但无积水,常温下每日洒水 $2\sim 3$ 次,洒水采用喷雾式洒水车,避免水流直冲基层;发现土工布破损、脱落,立即更换,更换后重新洒水保湿,避免基层裸露。(5)特殊环境养护,高温天气增加洒水频

次,每2~3h洒水1次,同时在土工布上方覆盖遮阳网,减少水分蒸发;低温天气采取保温养护,在土工布上方覆盖保温被,确保基层内部温度不低于5℃,促进水泥水化反应,保障强度稳定增长,避免冻融破坏<sup>[4]</sup>。

### 3 质量检测体系与全过程管控实践

结合水泥稳定碎石基层施工特点,建立科学完善的质量检测体系,推行全过程管控措施,实现从原材料进场到工程验收的全闭环质量保障,具体实践如下:(1)构建核心质量检测体系,明确检测方法 with 标准。以压实度、平整度、厚度、无侧限抗压强度、含水量、水泥剂量为六大核心检测指标,严格规范各指标检测流程。压实度采用灌砂法检测,检测前标定砂的密度,选取代表性检测点,避免扰动基层结构,每200m抽检1点、每车道不少于1点,二级及以上公路压实度需达96%及以上;平整度采用3m直尺检测,直尺紧贴基层表面读取最大间隙值,每200m检测2处、每处3尺,偏差控制在5mm以内;厚度采用钻芯法检测,保持钻机垂直避免芯样破损,每200m抽检1点,偏差不超过±5mm;无侧限抗压强度采用150mm×150mm×150mm标准试块,每组不少于6个,养护7d后检测达标;含水量采用烘干法,取样不小于100g,烘干温度105±5℃,偏差控制在±0.5%以内;水泥剂量采用EDTA滴定法,取样后粉碎搅拌均匀,每500t拌合料抽检1次,偏差控制在±0.5%以内。(2)推行试验段先行制度,优化施工与检测参数。正式施工前,选取不小于200m、与实际施工条件一致的试验段,按既定方案施工,全程记录施工参数与检测数据,确定最佳松铺系数、碾压工艺等关键参数,验证检测方法可行性,整改问题并形成总结报告,作为正式施工依据,杜绝盲目施工。(3)实施全过程数据化管控,确保数据可追溯。建立施工与检测台账,专人负责实时录入数据,明确检

测时间、点位、人员、结果等信息,严禁篡改;施工各环节同步检测,数据与进度同步更新,实现“施工必检测、检测有数据、数据可追溯”,及时整改质量隐患。

(4)强化质量档案管理,完善闭环保障机制。建立完善的质量档案,涵盖原材料检验报告、配合比试配资料、施工记录、检测数据、试验段总结、整改记录等内容,档案整理规范、分类清晰,留存归档至工程验收结束。工程验收阶段,全面核查质量档案与检测数据,结合现场复检结果,确认工程质量是否符合规范要求,不合格项需限期整改,整改完成并复检合格后,方可通过验收,形成“检测-管控-整改-验收”的全闭环质量保障<sup>[5]</sup>。

结束语:本文围绕水泥稳定碎石基层施工质量控制展开研究,明确了各施工阶段的关键控制技术,构建了完善的质量检测体系与全过程管控机制,有效解决了施工中原材料、拌合、摊铺碾压及养护等环节的质量管控难题。通过试验段先行、数据化追溯及闭环管理,确保了基层施工质量符合规范要求。

### 参考文献

- [1]路文璇.高速公路水泥稳定碎石基层施工质量控制关键技术研究[J].中国科技期刊数据库工业C,2026(2):149-152.
- [2]杨博冲.水泥稳定碎石基层施工质量控制关键技术[J].中国厨卫,2026,25(2):253-255.
- [3]别龙迁,孙芹芹.水泥稳定碎石基层施工质量控制关键技术研究[J].南国博览,2025(2):76-80.
- [4]李高健.水泥稳定碎石基层施工技术 with 质量控制措施[J].四川水泥,2025(4):221-223.
- [5]张连鹏,魏君杰.水泥稳定碎石基层施工质量控制与组合碾压技术[J].水泥,2025(11):103-105.