

# 高速公路水泥稳定碎石底基层施工技术分析

吴 侠

(中铁二十三局集团第三工程有限公司, 四川 成都 610072)

**摘 要** 成都天府国际机场高速公路(机场南线)作为连接成都新机场与城市的重要交通项目,其施工质量直接影响道路的耐久性。水泥稳定碎石底基层作为路面结构的基础层,对于提高路面承载力并延长使用寿命至关重要。本文详细分析了水泥稳定碎石底基层的施工技术,旨在通过严格的材料控制和科学的施工工艺,确保基层具有足够强度,为确保项目高质量完成奠定坚实的基础。

**关键词** 成都天府机场; 高速公路; 水泥稳定碎石底; 基层施工

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.017

## 0 引言

成都天府国际机场高速公路是四川省高速公路网的重要组成部分,承担着连接成都新机场与城市的交通重任。水泥稳定碎石底基层作为高速公路的核心施工内容之一,其施工质量直接影响到路面系统的稳定性与耐久性。水泥稳定碎石基层施工技术的成熟与否,直接决定了整个公路的使用年限及运行安全性。为确保工程质量,本项目采用严格的材料控制、配合比设计以及先进的施工方法,以最大化提升施工质量,保障工程投入使用性能。

## 1 工程概况

成都天府国际机场高速公路(机场南线)是四川省高速公路网规划(2014-2030年)成都放射线中的关键项目,连接成都新机场与城市,对支持机场成为国际航空枢纽及推动区域经济发展具有重要意义。项目起点位于成都第二绕城高速外侧草池镇北侧涌泉村,终点与成都经济区环线高速公路连接,路线全长 18.559 km,设计为双向六车道,高速公路车速为 120 km/h,路基宽度为 34.5 m。项目设有四个互通立交,涉及多个交通节点与快速路、铁路和乡道的交叉。本项目负责的施工范围包括主线 K34+538.37 至 K53+098.121 段及涌泉互通 A 匝道起点至 AK0+626.5、B 匝道 BK0+926.5 至匝道终点、D 匝道起点至 DK0+181.0 段的路基、桥梁、互通立交等工程。工程总造价约 14.01 亿元,工期 30 个月,主要工程包括路基土石方、桥梁建设、沥青路面、交通安全设施及景观绿化等,施工内容涵盖路基挖方 328 万 m<sup>3</sup>、填筑 313 万 m<sup>3</sup>、碎石桩 414 107 m、沥青路

面 84.9 万 m<sup>3</sup> 等,涉及大量交通安全设施与绿化工程。

## 2 公路水泥稳定碎石底基层施工技术

### 2.1 施工材料准备

本项目采用强度等级 32.5 级的普通硅酸盐水泥,初凝时间应不小于 4 小时,终凝时间不小于 6 小时。水泥必须提供合格的产品证书及出厂检验报告,进场后需按规定进行检测<sup>[1]</sup>。施工用水来自现场打井取水,要求水质洁净、不含有害物质,硫酸盐含量小于 2.7 mg/cm<sup>3</sup>,含盐量不超过 5 mg/cm<sup>3</sup>,pH 值大于 4,以免影响水泥和基层材料的性能。碎石材料的最大粒径不超过 31.5 mm,压碎值应小于 30%,针片状颗粒含量不超过 20%,水稳碎石的颗粒组成和塑性指数需符合规范要求。水泥稳定碎石的颗粒组成按照筛孔质量百分比调配:通过 31.5 mm 筛孔的为 100%,26.5 mm 筛孔的为 90%~100%,9.5 mm 筛孔的为 47%~57%,4.75 mm 筛孔的为 29%~39%。液限应小于 28,塑性指数小于 9,确保集料稳定性。在配合比设计中,采用五种规格的集料,严格禁止使用“通料”。开工前,工地试验室需设计并提交几种配合比,经过业主和监理工程师审核后,方可投入施工。

### 2.2 试验段施工

试验段施工应在正式开工前至少 14 天进行,施工单位需提交详细的试验方案,内容包括所选材料、配合比、设备、施工工艺等,且需经监理工程师批准后方可执行。在试验段施工中,至少修筑 100~200 m 单幅路段,并使用计划中用于主体工程的所有材料与设备。在施工过程中,严格按照预定的配合比,选用

作者简介:吴侠(1986-),男,本科,工程师,研究方向:公路工程。

拌和机、摊铺设备及压实设备,进行一系列施工工艺测试,确保混合料稳定性及设备运行效率<sup>[2]</sup>。通过试验段施工,主要目的是检查施工方法和施工组织的适应性,评估拌和、摊铺、压实等设备的工作状态。试验段还需确定施工配合比、松铺系数、摊铺方法和速度、压实次序和遍数、最佳含水量等关键参数。最终,通过试验段施工确定标准施工方法。

### 2.3 施工工艺

#### 2.3.1 施工前准备

在施工前的准备阶段,首先需要向下承层进行交接验收,确保施工基础符合设计要求。验收项目包括垫层顶面的高程、横坡、厚度、宽度、平整度及压实度等方面,所有指标必须达到规范设计标准,以保证下承层能够承受上层结构的负荷。验收合格后,在摊铺混合料之前,需要用洒水车对垫层表面进行洒水湿润,保持垫层湿润状态,防止下承层表面过干,以避免混合料与垫层结合时水分被过多吸收,影响胶结强度。如果表面干燥,会导致混合料水分不足,胶结不完全,进而影响路面基层的质量。

#### 2.3.2 施工放样

施工放样涉及摊铺机行进的导向及标高控制。放样时,首先要恢复垫层上的中线,并按照设计要求,每20 m在直线上设置一桩,每10 m在平曲线段上设置一桩,确保摊铺机行进路线精准<sup>[3]</sup>。为了便于摊铺机在摊铺过程中的精确控制,应该在两侧路肩的边缘设立指示桩,并拉设钢丝作为摊铺机行驶的导向线和标高控制线。摊铺前,钢丝顶面的标高需严格测量,并且在摊铺前要进行换人复测,以确保基层顶面的松铺高程完全符合设计要求。

#### 2.3.3 混合料拌和

水稳碎石混合料的拌和工作需要集中拌和站进行,以确保各类材料的均匀性和质量控制。拌和站选用间歇式粒料拌和机,该设备能够根据实际需要按用量分批配料,确保材料配比的精准。拌和时,必须严格遵守已批准的配合比(见表1),精确控制水泥与集料的重量比例,确保混合料的各项性能符合设计要求。

表1 各混合料成分配比偏差要求

材料类别	允许偏差	控制方式
集料	±2%	重量比
水泥	±0.5%	重量比
水	±1%	按最佳含水量

加水时,要根据气温、集料本身的含水量以及施

工环境等因素进行动态调整,使用滴定法对水泥剂量进行实时检验。加水量的控制非常关键,若加水过多会导致混合料湿度过高,反之则会影响胶结强度<sup>[4]</sup>。因此,加水量需要精准计算,并进行记录。在拌和过程中,拌和站的每次装料量不应超过设备的最大处理量,确保每一批材料都能充分、彻底地混合,避免材料未能充分拌和导致质量不达标。混合料应尽快运输到施工现场,以便及时摊铺,避免材料长时间放置而导致性能下降。

#### 2.3.4 混合料运输

混合料运输时间应控制在合理范围内。运输车辆应选择大型自卸车,且车辆的运载吨位不得小于15吨,运输能力应与生产能力匹配,确保摊铺与拌和的均衡连续。根据运距的远近,运输车辆数量应适当调整,确保运送效率。若运输距离较远,为防止水分蒸发,混合料应在运输过程中进行覆盖,减少水分流失,保持混合料的湿润度。在装载过程中,车辆的装料高度要保持均匀,避免材料离析。在混合料运输过程中,一旦发现运输时间超过水泥的初凝时间,车上的料应及时废弃,避免影响后续施工的质量。在运输过程中,混合料必须及时送到施工现场并尽快进行摊铺,以保证施工进度。

#### 2.3.5 摊铺整型

水泥稳定碎石底基层的摊铺整型不仅是几何成型过程,更是路面结构初始受力状态形成的关键环节。底基层在运营阶段将长期承受公路—I级标准车辆荷载作用,其内部应力分布特征与摊铺厚度均匀性和结构连续性密切相关<sup>[5]</sup>。若摊铺过程中出现厚度不均或局部离析,将在车辆轮载作用下形成应力集中区,导致基层底部拉应力增大,进而影响结构层整体承载性能和弯沉控制效果。因此,本工程在摊铺作业中严格控制松铺厚度与设计厚度的匹配关系,确保36 cm底基层在压实后形成连续、均匀的受力层。在摊铺过程中,通过人工配合机械及时消除粗细集料分离现象,避免局部骨架结构失稳,使荷载能够在基层内均匀扩散并有效向下承层传递。同时,通过控制上下层联铺时间间隔不超过水泥初凝时间,保证层间形成整体受力体系,减少层间滑移风险,为后续碾压成型和代表弯沉指标达标提供稳定的结构基础。

#### 2.3.6 碾压成型

水泥稳定碎石底基层的碾压成型过程本质上是通外部机械荷载重构颗粒骨架体系,使结构层在设计荷载作用下具备稳定的承载与传力能力。在车辆轮载反复作用条件下,路面结构层内部将产生压应力和剪

应力叠加效应，若压实不足，易导致应力集中并向下承层传递，引发弯沉增大和早期结构性破坏。因此，本工程在碾压阶段采用“先静压后振压再静压”的分级加载方式，通过逐步提高压实能量，使集料颗粒形成稳定的嵌挤结构，增强结构层整体抗压与抗剪性能。碾压顺序按照直线段由两侧向中间、超高段由内侧向外侧的原则进行，保证应力分布均匀，避免产生横向附加拉应力。碾压过程中严格控制碾压遍数和轮迹重叠率，使底基层压实度稳定达到 97% 以上，从而有效提高轮载作用下的应力扩散能力，降低基层底部的拉应变水平。通过控制碾压完成时限在水泥初凝前完成，确保材料在受力状态下形成连续胶结结构，为后续结构层提供稳定可靠的承载基础，并满足代表弯沉值小于设计限值的力学性能要求。

### 2.3.7 接缝

在摊铺作业时，尽量避免产生纵向接缝。若不可避免，接缝应垂直相接，避免产生倾斜接缝。在横向接缝设置上，除每天正常的工作间断外，不宜随意中

断施工。如果中断时间超过 2 小时，则需要设置横向接缝。在设置横向接缝时，应确保摊铺机驶离混合料末端，由人工整平混合料并设置方木，以保证接缝处的平整性。接缝后需要碾压密实，避免留下未碾压的部分。摊铺机恢复工作时，应清理接缝区域，确保下承层顶面干净，以便重新摊铺。

### 2.3.8 养生及交通管制

完成碾压作业后，底基层应立即覆盖节水保湿养生膜进行养生，以保持水泥稳定碎石的湿润状态。养生时间不应少于 7 天，且必须定期洒水保持湿润。养生期间，需对交通进行管制，禁止重型超载车辆通行，并限制车速不超过 30 km/h，避免破坏未完全硬化的基层。水泥稳定碎石基层与基层之间的液力喷洒机应洒布水泥净浆，确保接缝处的牢固结合<sup>[6]</sup>。在特殊气候条件下，比如气温低于 5℃ 或出现降雨时，应暂停施工，已摊铺的混合料应尽快碾压密实，防止雨水对施工质量产生不利影响。完成施工后还需对基层质量进行检验，具体见表 2。

表 2 水泥稳定碎石基层质量检验

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法
		底基层	基层	
1	压实度 (%)	≥ 97	≥ 98	按 JTGF80/1-2004 附录 B 检查，每 200 m 每车道 2 处
2	强度 (MPa)	符合设计要求		按 JTGF80/1-2004 附录 G 的规定检查
3	厚度 (mm)	-10	-8	按 JTGF80/1-2004 附录 H 要求检查每 200 m 每车道 1 点
4	纵断标高 (mm)	+5, -15	+5, -10	水准仪：每 200 m 测 4 个断面
5	平整度 (mm)	≤ 12	≤ 8	3 m 直尺：每 200 m 测量 2 处 × 10 尺
6	宽度 (mm)	不小于设计		尺量：每 200 m 4 处
7	代表弯沉值	小于设计值		每车道 20 m 测 2 点
8	横坡 (%)	±0.3	±0.3	水准仪：每 200 m 测 4 断面

### 3 结束语

通过对成都天府机场高速公路水泥稳定碎石底基层施工技术的分析可以看出，严格的材料选取、科学的施工技术是确保施工质量的关键。根据水泥、碎石和水的配比要求，结合合理的施工工艺，为后期工程的顺利推进提供了强有力的保障。同时，通过试验段施工验证，进一步优化了施工方法，为大规模施工提供了宝贵经验。最终确保项目的高质量、高效率完工，为交通枢纽建设奠定坚实的基础。

全管理浅析[J]. 中国交通信息化, 2025(S2):134-136.

[2] 任科. 高速公路施工现场安全管理策略研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 06(21):157-159.

[3] 张鹏. 信息技术用于高速公路施工安全管理探索[J]. 汽车周刊, 2025(08):159-160.

[4] 贾东林, 兰富安, 郭世杰, 等. 高速公路桥梁施工安全管理措施研究[J]. 工程技术研究, 2025, 10(13):119-121.

[5] 刘宏顺. 高速公路道路桥梁现场施工安全管理影响因素及对策[J]. 汽车画刊, 2025(06):206-208.

[6] 任利锋. 高速公路桥梁施工技术及管理研究[J]. 运输经理世界, 2025(16):75-77.

### 参考文献:

[1] 徐力, 李颀, 谢书栋, 等. 高速公路涉路施工与养护安