

# 道路工程中水泥稳定碎石基层施工技术的实践探讨

文 / 李羿锐 清远市公路勘察规划设计院有限公司

**摘要：**研究结合城市主干道改造工程实践，对水泥稳定碎石基层施工技术进行探讨。首先概述了该材料的特点与技术要求，随后详细阐述了从原材料控制、配合比设计到拌合、运输、摊铺、碾压、接缝处理及养护的全过程施工工艺。实践表明，通过选用符合技术指标的原材料，采用 5.0% 的最佳水泥掺量，并实施精细化的工序控制，可有效保证基层的压实度与无侧限抗压强度，从而形成高性能、高稳定性的路面基层结构，对提升道路工程质量具有重要意义。

**关键词：**道路工程；水泥稳定碎石；基层施工；配合比设计；工艺控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.041

## 引言

水泥稳定碎石基层作为道路工程中的关键结构层，其施工质量直接决定了路面的耐久性与行车安全性。该材料凭借强度高、刚度大及水稳定性好等优点，广泛应用于高等级道路工程。然而，若施工过程中原材料控制不严、配合比不当或工艺管理粗放，易引发收缩裂缝并反射至面层，影响道路使用寿命。本文结合城市主干道改造实践，系统探讨水泥稳定碎石基层从材料选控、配合比设计到摊铺碾压及养护的全流程技术要点，旨在为提升基层施工质量提供参考。

### 一、概述

#### (一) 水泥稳定碎石材料概述

在制备水泥稳定碎石材料时，要把水、水泥还有碎石等原材料充分进行拌合，之后将其运送至工地开展铺设以及压实等相关工序，最终形成用于道路的基础层，在运用水泥稳定碎石作为基层的技术时一定要考量路面设计标准。同时要关注材料抵御水损害的能力、低温环境下抗裂特性及其力学属性，以确保所选施工材料恰当从而为该基层技术成功应用创造条件，除此之外还需要建立完善的施工材料管理体系，实现对各类材料从源头到使用的全面规范管理。

#### (二) 水泥稳定碎石施工技术特点

水泥稳定碎石是道路工程中广泛采用的基层材料，其在各类道路建设中的应用日趋广泛。通过总结以往工程中该施工技术的实践经验，可归纳出以下主要特点：

第一，对材料品质要求较高。在应用该技术时，必须选用符合级配标准的碎石作为骨料，其内部孔隙结构需科学配置，并掺加适量水泥作为胶结成分。水泥的强度及其稳定性对水泥稳定碎石的整体性能具有决定性影响<sup>[1]</sup>。

第二，施工工艺控制严格。在实际施工中，必须对摊铺、压实和养护等关键工艺环节实施精细控制。摊铺时应保证混合料厚度一致；压实阶段需选用适宜的压路机械，以提高压实度和密实性；养护过程中则应保持碎石层表面湿润，确保其强度持续稳定发展。

### 二、工程概况

该市一条主要道路的改造工程全长共计 6.78km，依

据城市一级主干道规范设计与建造，设定的行车速度为 60km/h。道路的横断面设计采用了四分式布局方式，具体包含以下几个部分：两侧各宽 7.75m 的人行道、两侧各宽 5.5m 的非机动车道、两侧各 5m 宽的机非隔离带、两侧各 0.25m 宽的右侧路缘带、21.75m 宽的机动车道、两侧各 0.25m 宽的左侧路缘带以及 1.0m 宽的中央分隔带。道路主体结构自下而上依次包括：35cm 厚压实石渣垫层、29cm 厚 4% 水泥稳定碎石底基层、16cm 厚 6% 水泥稳定碎石基层，以及 25cm 厚水泥混凝土面层。

### 三、水泥稳定碎石基层施工工艺流程及施工前准备

#### (一) 施工工艺流程

此项目采用集中厂拌技术制备水泥稳定碎石基层材料，在道路右方配置了两个拌合站点，分别命名为 1 号与 2 号站。具体的施工流程参见图 1。

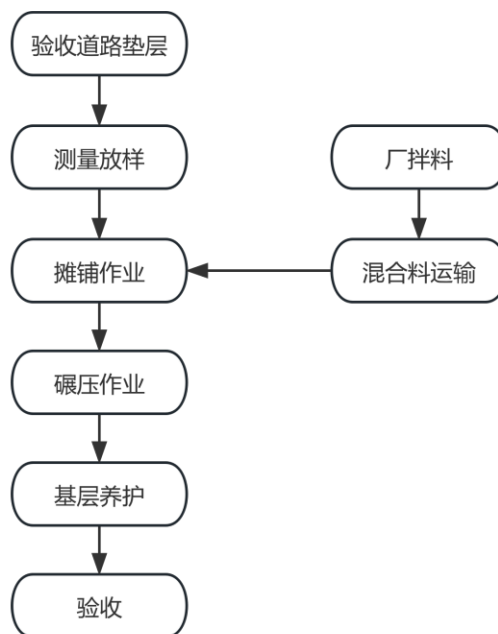


图 1 水泥碎石稳定基层施工工艺

#### (二) 施工准备

##### 1. 施工原材料选用

(1) 水泥。本工程采用 P·II42.5 标号的硅酸盐水泥，其各项指标见表 1。

表 1 碎石基层水泥指标要求

技术指标	技术要求
氯离子含量 %	<0.06
比表面积 / (m <sup>2</sup> / kg)	>300
SO <sub>3</sub> 含量 / %	<3.5
抗折强度 / MPa (3d)	>5.5
抗折强度 / MPa (28d)	>6.5
抗压强度 / MPa (3d)	>17
抗压强度 / MPa (28d)	>42.5
初凝时间 / min	>180
终凝时间 / min	>360

(2) 碎石。本项目使用的碎石材料为石灰岩，最大粒径设定为 4.75mm，通过 37.5 ~ 19mm、19 ~ 9.5mm 及 9.5 ~ 4.75mm 三档尺寸进行组合。所用碎石中针片状颗粒含量不得超过总量的 20%，其压碎指标需小于 30%。为保障基层结构的质量，级配碎石在完全浸水条件下的抗压强度不应低于 35MPa，塑性指数需保持在 9 之内。针对细集料（粒径不超过 0.5mm），如果需要满足塑性指数要求，粒径小于 0.075mm 的成分不应超过 5%；若无特定塑性指数规定，这一数值可放宽到 7%。

2. 水泥稳定碎石混合料配比设计

水泥稳定碎石混合料里水泥水化产生热量会使基层内温度应力增加进而引发温度裂缝，合理调控水泥掺量是减轻水化热对基层温度场影响的关键措施，研究为寻找最优配合比选择 3.8%、4.3%、4.8% 和 5.0% 四种水泥掺量做试验分析。同时确定混合料最大干密度值为 2.4 g/cm<sup>3</sup> 且最佳含水量为 5.7% 以供工程参考。测试数据表明水泥添加量为 5.0% 时混合物整体性能表现最佳，其水泥和骨料质量比率设定为 5.5 : 100，经过 7 天水中浸泡测试无侧限抗压强度达到规定标准，底基层强度区间是 2.5 到 3.5 MPa 而基层强度区间为 3.5 至 4.5 MPa 且确保 95% 达标率，施工期间拌合用水选用的是饮用水不同粒径骨料具体配比，见表 2。

表 2 混合料中各粒径骨料比重

筛孔直径 (mm)	质量百分率 (%)
37.5	100
31.5	90 ~ 100
19.0	67 ~ 90
9.5	46 ~ 67
4.75	28 ~ 51
2.36	18 ~ 37
0.6	8 ~ 21
0.075	0 ~ 7

3. 底基层验收

对路基表面开展彻底清扫工作，将所有杂物和松散土壤移除掉，接着实施水泥稳定碎石基层的铺设，针对路基里出现的局部软土地段，或者是具有显著车辙现象的区域，要按照规定开展挖掘与清理工作，并且进行平整和修复相关作业。在修复作业完成之后、正式铺设开始之前，一定要对路基基层的结构做严格检查，检查达到合格标准以后，

对基层表面再次进行清洁处理，以此保证基层具备良好清洁度，随后对基层使用压路机进行压实操作，压实过程中适当洒水让表层保持湿润，把含水量调整到理想合适的范围，最终开展水泥稳定碎石混合料的铺设工作。

4. 测量放样

(1) 于底基层表面布置中线控制点，直线部分每隔 20m 设定一处控制桩，而在平曲线段，每 15m 设立一个控制桩。

(2) 为确保放样精度，采用高精度全站仪对基层中线与边线实施测量与放样的精确标定；并对下承层标高及摊铺厚度进行同步监测，按每 10 m 布设一处基准控制桩以便控制与校核。

(3) 在各控制桩位置按设计高程架设直径为 3mm 的不锈钢传感导线，通过张紧装置连接并锚固，确保其张紧力不小于 800N，每段导线布设长度不宜超过 200m。

(4) 导线系统的固定借助钢筋支架及钢丝绳完成。钢筋支架末端设计有 3mm 的凹槽用于导线定位，并通过绑扎丝确保其牢固性，从而为之后的摊铺工序提供准确的高度标准 [2]。

四、水泥稳定碎石基层施工技术要点

(一) 水泥稳定碎石混合料拌合运输

(1) 按照水泥稳定碎石混合料的配方设计和原材料标准，准确备足所需物料。在启动混合料搅拌工序前，需视施工准备状态，科学规划混合料的制备工作 [3]。

(2) 拌合前后，应对各类材料的配合比例进行严格复核，并全程监控混合料的搅拌状态。混合料的最佳含水量应控制在 5% 以内。拌合过程中需按一定频次抽样检测，并依据施工期间环境温度与湿度变化，及时调整混合料的含水率。

(3) 在进行装料操作时，不宜采取“自由跌落”的方法。建议采用配置可调节闸门的料斗装置进行卸料作业，通过该装置将混合料均匀输送至运输设备内。装载过程中需使运输车辆进行往复位移，实施分段式装载策略，从而降低混合料产生离析现象的风险。

(4) 每批次搅拌作业结束后，应对搅拌装置内壁及出料通道进行彻底清理。运输任务完成后，需对车辆实施全面检查与必要维护，并保持车厢内部洁净，避免残留物影响后续拌合物质量。

(5) 混合料运输应在 2 小时内完成从出料至铺筑现场的全程输送。为减少运输途中水分损失，混合料表面须覆盖防蒸发材料，确保其含水状态符合摊铺要求。

(二) 摊铺作业

(1) 在道路铺设这个环节工程团队用了两台 WTU75D 型摊铺设备，采用前后交替的方式来开展同步施工，在施工准备阶段工程团队通过对摊铺机械行进速度与布料装置旋转速度进行科学调控。以确保混合料在摊铺过程中能够保持均匀，有效避免全断面混合料离析现象的出现，与此同时布料装置与物料挡板之间的间距要控制在 10 至 30cm 的合理范围之内。

(2) 在沥青混合料摊铺过程中, 采用钢丝绳基准线与平衡梁相结合的双重控制方式实现高程自动调节, 特别需要精确校准传感器臂与控制基准线的相对位置关系, 同时根据路面结构层设计厚度对熨平板进行精确定位和锁定固定。

(3) 摊铺作业须遵循缓慢、均匀且连续不断的原则推进。施工过程中不得随意中止作业或频繁调整摊铺速度。

(4) 摊铺现场应安排专人负责卸料与供料管理, 确保摊铺过程中混合料供应持续稳定。摊铺期间需实时监测基层虚铺厚度及横向平整度, 保证各项指标满足设计与质量规范。

(5) 水泥稳定碎石基层在施工过程中应采用分层连续摊铺的方式组织作业, 上下两层的摊铺间隔不应超过 12 小时。如实际施工中断时间超出上述规定, 须对已完成的底基层实施为期 7 天的标准养护, 养护结束后方可开展上一层的摊铺施工。层间应均匀涂刷水泥浆以增强粘结, 其撒布量应严格按 1.0-1.2 千克 /m<sup>2</sup> 进行控制, 确保层间结合性能满足设计要求。

### (三) 碾压作业

水泥稳定碎石基层碾压分初压复压终压这三步, 初压用钢轮压路机在整个宽度范围稳压一次, 速度限制为每小时 3km 且操作方向从路肩向道路中心线逐步进行, 复压时通过振动压路机进行四次碾压, 速度控制在每小时 2km 且每次碾压重叠三分之一轮宽, 终压环节利用钢轮压路机做一次静压以确保最终成型, 建议采用全幅推进方法进行碾压作业, 保证每个施工段落碾压次数相同。相邻碾压区间轮迹重叠量要保持在半个到三分之一轮宽, 整个碾压过程中压路机要保持平稳缓慢行驶, 预留约 30cm 道路边缘区域先不碾压, 首次全面碾压结束后再补压<sup>[4]</sup>。

进行碾压作业的时候要对混合料状态保持高度关注, 要是观察到表面形成“拥包”得即刻进行铲除和平整, 在水泥初凝之前可以适当洒水来调节含水量。为确保防止横向裂缝出现必须精确调节灌溉量, 水泥进入初凝阶段之后就应停止实施碾压作业, 工程竣工的时候通过灌砂测试手段对压实作业效果进行系统评估, 具体结果详见表 3, 形成的路基结构紧密且分布一致施工品质达到预定标准。

表 3 基层碾压施工检测结果

项次	检查项目	规定值及允许偏差	该项目质量检测结果
1	压实度 /%	代表值 ≥ 97	98
		极值 ≥ 95	96
2	平整度 /mm	≤ 8	6.5
3	纵断高程 /mm	-10 ~ +5	4.5
4	宽度 /mm	不小于设计值	符合设计要求
5	厚度 /mm	代表值 -8	≤ 5
		合格值 -15	
6	横坡 /%	±0.3	0.15
7	强度 /MPa	≥ 5	6

### (四) 接缝处理

(1) 水泥稳定碎石混合料的摊铺作业需连续实施。若中断时间超过 2 小时, 则应设置横向施工缝。鉴于本道路工程包含明涵及明通等构造物, 施工时应在道路两侧统一布置横向接缝, 并保证基层横缝与桥头搭板末端准确对位, 以实现结构顺畅过渡。

(2) 施工过程中的横向裂缝应与道路中心轴线成直角布置, 并碾压至下承层表面。在已铺设段材料强度达标之后, 应对压实作业的终止部位进行截面修正。在后续摊铺作业开始前一天, 需根据既定设计厚度和松铺比例, 重新调整熨平板的高度。当摊铺作业中断时长超过 120 分钟且未对接缝部位进行处理时, 必须彻底清除摊铺机内外残留的混合料, 同时对已完成压实路段进行垂直切缝处理, 待断面达到规范要求的标准后, 方可恢复后续摊铺作业。

### (五) 基层养护

本项目通过浸水土工布覆盖基层表面的方法开展保湿养护, 覆盖两小时之后就启动洒水作业, 整个养护周期设定的时间是 7 天, 养护期间需要定期进行洒水操作, 以此维持水泥稳定碎石基层的湿润度。若使用洒水车建议装配喷雾式喷头, 这样能防止高压水流损伤基层表面及其内部, 因为施工正处于夏季高温时段, 依据实时温度变化来调整洒水频次非常重要, 比如在养护第三日当天气温高达 36℃, 地面温度升高到 41℃ 的时候, 原本每日 2 到 3 次的洒水操作要增至 6 次, 从而减缓水分蒸发速度确保强度按预期发展。

在整个养护的过程当中需要实行为期 28 天全幅交通封闭, 严禁车辆以及施工机械在基层上面进行通行, 养护期满之后要迅速清除表面覆盖的相关材料, 并且及时洒布沥青混凝土混合料推进整体路面结构连续施工。

### 结语

综上所述, 本工程通过严格把控原材料技术指标, 科学确定 5.0% 的水泥掺量及其级配比例, 并依托集中厂拌、机械化摊铺与碾压等成套工艺, 确保了基层的均匀性与密实度。施工过程中, 对混合料的含水率、运输时效、摊铺连续性、碾压组合工艺及精细化养护等关键环节的有效控制, 是防止裂缝、保证基层强度与整体性的核心。实践结果表明, 所采用的施工技术方案切实可行, 成型基层质量检测结果均满足规范要求, 达到了预期目标。

### 参考文献

- [1] 李佩琪. 市政道路工程中的水泥稳定碎石基层施工技术分析 [J]. 居业, 2025, (05): 22-24.
- [2] 王晶. 市政道路工程中的水泥稳定碎石基层施工技术探究 [J]. 建材发展导向, 2025, (05): 64-66.
- [3] 刘建清. 市政道路施工中水泥稳定碎石基层施工技术运用分析 [J]. 科学技术创新, 2024, (18): 129-132.
- [4] 孙庆. 水泥稳定碎石基层施工技术在公路工程中的应用 [J]. 交通世界, 2023, (20): 99-101.