

# 市政道路水泥稳定碎石基层施工与质量控制

叶颂荣

440682\*\*\*\*\*4312

**摘要:** 水泥稳定碎石基层作为市政道路承重结构的关键层位,其施工质量直接影响道路的使用寿命与服役性能。本文系统阐述了水泥稳定碎石基层的施工技术体系与质量控制方法,从原材料遴选、配合比优化设计入手,详细论述了拌和、运输、摊铺、碾压及养生等关键工序的工艺控制要点。研究分析了强度不均、收缩开裂、离析等常见质量问题的成因机理,并提出针对性的预防与处治措施。结合工程实践表明,建立覆盖“人、机、料、法、环”全要素的质量控制体系,实施从原材料进场到成品保护的全程精细化管控,是确保水泥稳定碎石基层施工质量的根本途径。

**关键词:** 市政道路;水泥稳定碎石;基层施工;质量控制;碾压工艺;裂缝防治

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.04.067

## 引言

随着城市化进程的加快和交通荷载的持续增长,市政道路工程对路面结构承载能力和耐久性提出了更高要求。水泥稳定碎石基层以其强度高、板体性好、水稳定性强、原材料来源广泛等优点,已成为我国高等级市政道路路面结构的主要基层形式。

然而,水泥稳定碎石基层施工是一项多环节、多因素耦合的系统工程,其质量受到原材料性能、配合比精度、施工工艺水平、环境条件等诸多因素的共同影响。工程实践中,强度不均匀、收缩裂缝、层间结合不良、混合料离析等质量病害时有发生,不仅影响道路的美观性和行车舒适度,更严重时会导致路面结构提前破坏,大幅增加全寿命周期成本。因此,系统研究水泥稳定碎石基层的施工技术与质量控制方法,对于提升市政道路工程建设质量具有重要的理论价值和现实意义。

## 1 材料选择与配合比设计

### 1.1 原材料的质量控制

水泥稳定碎石基层的原材料主要包括集料、水泥和水,其品质是决定基层质量的物质基础。集料应选用质地坚硬、洁净、级配良好的碎石或砾石,针片状颗粒含量和压碎值是关键控制指标。研究表明,控制碎石压碎值不超过12.3%、针片状颗粒含量低于8.6%,能够有效保证混合料的骨架嵌挤强度和抗变形能力。粗集料宜采用反击式破碎机生产的碎石,表面粗糙且棱角丰富,有利于增强集料间的嵌锁作用和水泥浆的粘结效果;细集料则应控制含泥量,过高含泥量会抑制水泥水化反应,降低基层强度<sup>[1]</sup>。

水泥作为胶凝材料,一般选用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥,强度等级可采用42.5或32.5。水泥的初凝时间应大于3小时,终凝时间宜大于6小时,以满足混合料拌和、运输、摊铺、碾压等工序的时间需求。施工中应避免使用受潮结块或过期水泥,同一结构层宜采用同一厂家、同一品种的水泥,以保证水化反应的稳定性和强度的均匀性。拌和用水应符合饮用水标准,pH值、硫酸盐含量、氯离子含量等指标需满足规范要求,不得使用含油污、酸碱或有机杂质的水。

### 1.2 配合比优化设计

配合比设计的核心目标是使混合料在满足强度要求的同时,具备良好的工作性和抗裂性能。设计过程通常包括目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段。水泥剂量是影响混合料强度的主导因素,但并非越高越好。研究证实,4%左右的水泥剂量是兼顾强度与经济性的最佳选择,可使7d无侧限抗压强度达到2.8MPa以上;而水泥剂量超过5%后,强度增长趋于平缓,反而会增加收缩开裂的风险。也有工程实践表明,4.8%的水泥掺量可使7d无侧限抗压强度达到3.38MPa,满足重载交通需求。

集料级配对混合料的密实度和强度具有显著影响。采用连续级配集料能够形成骨架密实结构,粗集料形成嵌挤骨架,细集料填充空隙,使压实度提升至98%以上,抗压强度达到2.8MPa<sup>[2]</sup>。级配设计时应使级配曲线接近规范中值,并严格控制各筛孔通过率的波动范围。含水量的控制同样关键,最佳含水量应通过击实试验确定,施工中的含水量宜略高于最佳含水量0.5%~1.0%,以补

偿运输和摊铺过程中的水分蒸发损失,确保碾压时达到最大密实度。

## 2 施工工艺控制

### 2.1 混合料拌和与运输

拌和质量直接影响混合料的均匀性和水泥水化效果。宜采用强制式连续式拌和机或间歇式拌和机,配备自动计量系统和打印装置,确保各组成材料的计量精度:水泥、水精度控制在 $\pm 1\%$ 以内,集料精度控制在 $\pm 2\%$ 以内。拌和时间应通过试验确定,以混合料外观均匀、水泥分布充分、无离析现象为标准。拌和过程中需实时检测含水量变化,根据天气状况和运输距离及时调整加水量,炎热大风天气时可适当增加用水量。

混合料运输应采用大吨位自卸汽车,车厢应清洁、无积水,并涂刷隔离剂。装料时应采用“前、后、中”三次移动装料法,以减少装料过程中的离析。运输车辆应用篷布覆盖,既防止水分蒸发,又避免雨淋和污染。运输能力应与拌和能力、摊铺能力相匹配,确保摊铺作业连续进行。当运输车辆等待时间过长或发生交通堵塞时,应计算混合料从出机到碾压完成的时间是否超过水泥初凝时间,超过则不得用于摊铺。

### 2.2 混合料摊铺

摊铺作业前应对下承层进行清扫、洒水湿润,确保层间结合良好。摊铺应采用两台摊铺机呈梯队作业,前后相距5~10m,避免纵向冷接缝。摊铺机应配备自动找平装置,基准线或滑靴设置应准确稳固,严格控制摊铺厚度、平整度和横坡。摊铺速度应根据拌和能力、运输能力、碾压能力综合确定,一般控制在1.5~2.5m/min,宜连续匀速前进,减少停机待料次数<sup>[3]</sup>。

摊铺过程中出现局部粗集料集中或离析现象时,应及时人工处理:铲除严重离析区域,用合格混合料填补;轻微离析可人工翻拌均匀。严禁用薄层贴补的方法找平凹陷处,以免形成薄弱夹层。摊铺后的混合料应立即进行碾压,从摊铺到碾压完成的时间应控制在水泥初凝时间内。对于大厚度基层施工,有研究提出整体式一次成型工艺,可提高上下基层层间连续性,增强路面结构整体强度,延长疲劳寿命。

### 2.3 碾压工艺优化

碾压是水泥稳定碎石基层获得密实度和强度的关键工序。碾压应遵循“先轻后重、先慢后快、先低后高、由边到中”的原则,并根据碾压试验段确定的参数组织实施。组合碾压工艺能充分发挥不同压路机的优势:双

钢轮压路机进行初压,起稳定和整平作用;胶轮压路机进行复压,利用揉搓作用提高密实度;振动压路机进行终压,消除轮迹并进一步提高压实度。研究表明,“双钢轮+胶轮+振动”的组合碾压方案可使压实度达到98.5%,变异系数仅为0.012,压实效果均匀稳定。

碾压长度应根据摊铺能力、气候条件和水泥初凝时间合理确定,一般以30~50m为宜。碾压段落应层次分明,设置明显的分界标志,避免漏压或过压。压路机在碾压过程中应保持匀速行驶,不得在已完成或正在碾压的路段上掉头、急刹车,防止对基层造成剪切破坏。对压路机难以触及的部位,如边缘、井周等,应采用小型振动夯或振动压路机进行补压。碾压完成后应及时进行压实度检测,发现不足立即补压。

### 2.4 接缝处理与养生

接缝处理不当是导致基层早期损坏的重要原因。纵向接缝应采用垂直接缝的形式,两幅摊铺搭接宽度宜为5~10cm,碾压时先压跨缝区域再分别碾压各自幅面。横向接缝应采用垂直接缝,在每天施工结束时设置,第二天施工前切除前段松散或未压实部分,涂刷水泥浆后继续摊铺。接缝位置应避免结构受力敏感区域,距桥涵、路口等宜大于3m<sup>[4]</sup>。

养生是水泥稳定碎石基层强度形成的关键环节。水泥水化反应需要适宜的温度和湿度条件,养生期一般不少于7d。养生期间应始终保持基层表面湿润,可采用覆盖土工布、麻袋并洒水的方式,也可喷洒乳化沥青养生层。研究表明,15~25℃为最佳施工温度范围,温度过低会延缓水化反应进程,温度过高则水分蒸发过快,易导致表面干缩裂缝。养生期间应封闭交通,严禁车辆通行,确需通行的施工车辆应控制车速,防止对基层造成破坏。

## 3 质量控制体系与检测方法

### 3.1 过程质量控制

水泥稳定碎石基层施工质量控制应从原材料进场开始,贯穿施工全过程。原材料进场检验包括集料级配、压碎值、针片状含量、含泥量,以及水泥的安定性、凝结时间、强度等指标,检验频率和批次应符合规范要求。拌和生产过程中,应每1~2小时检测一次混合料的含水量、水泥剂量和级配情况,发现偏差及时调整计量系统。

摊铺碾压过程中的质量控制以压实度和厚度为核心。每碾压段落完成后应采用灌砂法或核子密度仪检测压实度,检测频率为每车道每200m不少于2处。压实

度不足时应分析原因：含水量偏低时适当补水，碾压遍数不足时补压，级配离析时调整配合比。厚度控制可采用挖坑检测与摊铺参数校核相结合的方法，确保厚度满足设计要求且均匀一致。平整度采用3m直尺检测，每200m测2处×10尺，平整度偏差应控制在8mm/3m以内。

### 3.2 强度与模量检测

强度是水泥稳定碎石基层的核心性能指标。现场钻芯取样检测7d无侧限抗压强度是最直接的验证方法，钻芯位置应具有代表性，避免在边缘或接缝处取样。芯样应完整、密实，强度代表值应满足设计要求。当强度不足时，应追溯原材料质量、配合比执行情况、施工工艺等环节，查找根本原因。回弹模量反映基层的刚度特性，可通过承载板法或弯沉法检测，基层7d回弹模量达到180MPa、弯沉值控制在0.35mm以内时，可认为基层刚度满足要求。

试验检测数据应进行统计分析，计算平均值、标准差和变异系数，评价施工质量的均匀性和稳定性。变异系数过大表明施工过程失控，需查找原因并采取措施。随着检测技术的发展，智能化检测设备的应用日益广泛，如智能摊铺系统可实时监控摊铺厚度和平整度，为质量控制提供数据支撑。

## 4 常见质量问题成因与防治

### 4.1 裂缝成因与防治措施

裂缝是水泥稳定碎石基层常见质量病害，分干缩和温缩裂缝。干缩裂缝由水分蒸发使混合料体积收缩、收缩应力超材料抗拉强度产生；温缩裂缝由温度变化热胀冷缩导致。裂缝破坏基层整体性和连续性，易引发次生病害。

防治裂缝从材料和施工两方面着手。材料上，优化级配、减少水泥用量可降低收缩系数；施工中，严控含水量，及时覆盖养生，设应力吸收层或玻纤格栅。裂缝出现后及时封闭，依情况确定是否返工。

### 4.2 离析与强度不均

离析使基层结构不均、局部强度低，原因有集料级配不良、拌和不均、装料卸料大颗粒聚集、摊铺机布料器转速不当等。强度不均可能由水泥剂量、含水量、压实不均等因素造成。

防治离析要优化级配、控制拌和、减少自由落料高度、稳定布料器工作。已离析的，碾压前人工处理。防

治强度不均重点是稳定施工参数，保持一致性。

### 4.3 层间结合不良

层间结合不良指基层与上下层粘结力不足，改变路面受力模式，加速疲劳破坏。原因是下承层清理、湿润不到位，透层油质量差，施工间隔长、表面污染或风干。

防治层间结合不良，摊铺前清扫下承层并洒水湿润，施工层间喷洒水泥浆或乳化沥青增强粘结力，基层完成后及时封层或铺面层。间隔长时，清扫、湿润、喷洒粘结层后再施工。层间结合质量通过钻芯观察芯样完整性检验。

## 5 结语

水泥稳定碎石基层施工质量控制是一项系统性工程，涉及材料、配合比、施工工艺、检测养护等多个环节。原材料是基础，必须严把碎石压碎值、级配、含水量及水泥品质关；配合比是关键，应在满足强度的前提下兼顾抗裂性能和经济性，合理控制水泥剂量和含水量；施工工艺是保障，从拌和、运输、摊铺到碾压、养生，每道工序都需精细操作、严格把控；质量检测是手段，通过过程控制和成品检验发现问题并及时纠偏。

随着市政道路工程对耐久性和服役性能要求的不断提高，水泥稳定碎石基层施工技术也在持续发展。智能化施工设备的应用、施工工艺的优化创新、质量检测技术的进步，为提升基层施工质量提供了有力支撑。工程实践中，应针对裂缝、离析、强度不均、层间结合不良等常见问题，采取预防为主、防治结合的策略，建立覆盖全过程的质量控制体系，实现水泥稳定碎石基层的高质量施工，为市政道路的长周期安全运行奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1]潘傲宇,郎翌成. 市政道路水泥稳定碎石基层施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2026, (04): 202-204.
- [2]王国辉. 市政道路水泥稳定碎石基层优化设计与施工质量控制研究[J]. 时代汽车, 2026, (03): 175-177.
- [3]范晓阳. 市政道路水泥稳定级配碎石基层摊铺技术与质量控制[J]. 四川水泥, 2025, (12): 204-206.
- [4]刘浩. 市政道路水泥稳定基层施工质量控制关键点及优化策略[J]. 建筑机械, 2025, (10): 141-143+147.