

市政工程施工中水稳基层施工技术研究

廖洪凯

沧州市市政工程股份有限公司 河北 沧州 061000

摘要：市政工程作为城市基础设施的核心，其路面结构质量直接影响交通运行效率与安全。本文分析了水稳基层在路面结构中的核心作用及施工技术的重要性，随后研究材料组成与特性，包括原材料技术要求、配合比设计原理及混合料关键性能参数。重点探讨施工关键技术，涵盖前期准备、混合料拌和与运输、摊铺与碾压、接缝处理及养护等环节的技术要点，明确各环节的质量控制标准与操作规范。研究成果为市政工程水稳基层施工提供了系统的技术参考，有助于提升基层施工质量与结构耐久性。

关键词：市政工程施工；水稳基层施工；关键技术

引言：水稳基层作为路面结构的关键承重层，其施工质量决定了路面的承载能力与使用寿命。当前水稳基层施工中存在材料控制不严、工艺参数波动等问题，易导致强度不足、裂缝等病害。本文基于水稳基层材料特性，系统梳理施工全流程关键技术，从前期准备到后期养护，明确各环节的技术标准与控制方法，旨在为规范施工工艺、提升工程质量提供理论与实践支撑。

1 市政工程中水稳基层的作用及施工技术重要性

在市政工程路面结构体系中，水稳基层作为连接路基与面层的关键承重层，发挥着荷载传递、结构支撑与耐久性保障的核心作用。其以水泥为胶结材料，通过集料与水泥水化反应形成的板体结构，可将面层承受的车辆荷载均匀传递至路基，有效分散应力集中，避免路基因局部过载产生沉降或变形。水稳基层凭借较高的抗压强度和整体性，能为沥青或水泥混凝土面层提供稳定的支撑平台，减少面层因基层刚度不足导致的开裂、塌陷等病害，直接影响路面结构的使用寿命。

从功能性角度看，水稳基层的水稳定性与抗冲刷能力对市政道路的长期性能至关重要。市政工程多位于人口密集区域，雨水排放、地下管线施工等易导致基层受水侵蚀，而优质的水稳基层可通过合理的配合比设计与压实工艺，形成致密结构，阻断水分下渗路径，保护路基免受水损害。此外其良好的整体性还能抑制基层内部松散、唧泥等问题，维持路面平整度，保障行车安全性与舒适性。

施工技术的优劣则直接决定水稳基层作用的发挥。若材料配合比失衡、摊铺碾压工艺不规范，易导致基层强度不足、压实度不够，进而引发路面早期破损，增加后期维修成本。反之，精准控制拌和均匀性、碾压压实度及养护条件，可充分激发水稳基层的力学性能，延

长路面使用寿命。在市政工程工期紧、交通干扰大的背景下，成熟的施工技术能实现高效作业与质量保障的平衡，减少施工对市民出行的影响，凸显其在工程经济性与社会效益中的重要性^[1]。

2 水稳基层材料组成与特性分析

2.1 原材料技术要求

水泥作为水稳基层的胶结材料，要满足32.5级或42.5级普通硅酸盐水泥标准，初凝时间 $\geq 3\text{h}$ 、终凝时间 $\leq 10\text{h}$ ，以保证施工过程中有足够的操作时间。强度等级过高易导致基层收缩裂缝，过低则影响整体强度。集料应选用级配良好的碎石或砾石，压碎值 $\leq 30\%$ ，针片状颗粒含量 $\leq 20\%$ ，确保骨架结构稳定；细集料含泥量需 $\leq 3\%$ ，避免削弱水泥胶结力。拌和用水需符合混凝土拌合用水标准，氯离子含量 $\leq 350\text{mg/L}$ ，pH值 ≥ 4 ，严禁使用工业废水或含有害杂质的水源，防止影响水泥水化反应。

2.2 配合比设计原理

配合比设计以强度、稳定性、耐久性为核心目标，采用正交试验法优化参数。强度方面，通过调整水泥剂量（通常为3%~7%）控制7d无侧限抗压强度，快速路基层需 $\geq 3.5\text{MPa}$ ，主干道 $\geq 3\text{MPa}$ 。稳定性设计需平衡集料级配，采用连续级配减少离析，通过击实试验确定最佳含水量（一般为5%~8%），确保压实后孔隙率 $\leq 6\%$ 。耐久性优化聚焦于收缩性控制，通过降低水泥用量、增加粉煤灰等掺合料（替代10%~20%水泥），减少干缩与温缩裂缝；同时限制最大粒径 $\leq 31.5\text{mm}$ ，避免集料骨架间隙过大导致水损害。

2.3 混合料性能特性

混合料的抗压强度是核心指标，要通过标准养护条件下的试验确定，其值直接决定基层承载能力。劈裂强度反映材料抗裂性能，应 $\geq 0.6\text{MPa}$ ，防止车辆制动产

生的拉应力导致基层开裂。含水量控制需严格匹配最佳值,偏差超过 $\pm 1\%$ 会显著影响压实效果:含水量过高易出现弹簧现象,过低则难以压实。压实度要求达到96%以上(重型击实标准),通过现场环刀法或灌砂法检测,确保密实度均匀。混合料的初凝时间需 $\geq 4\text{h}$,保证摊铺碾压过程中不发生早期凝固;延迟时间(从拌和到碾压完成)应 $\leq 2\text{h}$,避免强度损失过大^[2]。

3 市政工程施工中水稳基层施工关键技术

3.1 施工前期准备关键技术

施工前期准备其核心在于通过系统性控制为后续工序创造稳定条件,关键技术如下:(1)在场地处理方面,要对路基进行全面检测,检测范围应覆盖全施工段,重点控制路基顶面的平整度(偏差 $\leq 15\text{mm}$)和压实度($\geq 93\%$)。采用贝克曼梁法检测弯沉值时,测点间距需 $\leq 20\text{m}$,确保其符合设计要求(一般 $\leq 200(0.01\text{mm})$)。对于局部软弱路段,需先进行承载力检测,根据检测结果确定换填碎石或灰土的具体方案,换填深度应不小于30cm,且压实度需达到96%以上,换填后需再次检测弯沉值,直至满足设计标准。(2)机械设备配置要遵循“匹配性”原则。拌和设备要选用带电子计量系统的强制式拌和机,该系统需具备实时数据传输功能,确保水泥计量精度误差 $\leq \pm 1\%$,集料计量误差 $\leq \pm 2\%$;摊铺机需配备自动找平系统,其灵敏度应 $\leq 0.5\text{mm}$,摊铺宽度与厚度需与工程设计匹配,最大摊铺厚度不宜超过300mm,当设计厚度超过此值时,应采用分层摊铺工艺;压路机应采用振动压路机与轮胎压路机组合,振动压路机振幅需可调(0.3~1.0mm),轮胎压路机胎压保持在0.7~0.8MPa,且轮胎磨损度需一致。设备进场前需进行空转调试,连续运行时间不少于2小时,校验计量系统与传动部件精度,确保各设备在施工期间稳定运行。(3)材料预处理要严格执行“先检验后使用”流程。水泥需按批次检测初凝时间、终凝时间及强度指标,每批次检测数量不少于3组,存储时采用防潮仓,仓内相对湿度需 $\leq 60\%$,堆放高度 ≤ 10 袋,且使用时间距出厂日期不超过3个月;集料需进行筛分试验,筛分间隔为5mm,确保级配符合设计范围,超粒径颗粒($> 31.5\text{mm}$)含量 $\leq 1\%$,并采用遮阳棚覆盖,棚内通风良好,防止含水率波动超过 $\pm 1\%$ 。

3.2 混合料拌和与运输关键技术

混合料的拌和质量直接决定基层强度均匀性,运输过程则要防止离析与性能衰减。拌和工艺控制以“精准计量、均匀拌和”为核心。采用电脑自动计量系统控制水泥、集料、水的投放量,该系统需具备自动校准功

能,每工作8小时校准一次,其中水泥剂量偏差需控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,含水量需比最佳含水量高0.5%~1.0%以补偿运输过程中的水分损失。拌和时间从所有材料投入搅拌缸开始计算,连续搅拌不少于90s,搅拌过程中需实时监测混合料温度,确保混合料色泽均匀、无灰团或集料集中现象。拌和出料温度需控制在5~40℃,高于或低于此范围需暂停生产并调整参数,待温度恢复正常后,需重新检测混合料性能方可继续生产。

运输环节采用加盖篷布的自卸车,车辆车厢需平整光滑,无尖锐凸起,数量按“拌和能力 $\times$ 运输距离 $\times 1.2$ ”配置,确保摊铺机连续作业。装料时采用“前、中、后”三次装料法减少离析,每次装料量大致相等,运输过程中车速 $\leq 40\text{km/h}$,避免急刹急停,运输路线需提前规划,避开颠簸路段。卸料前需检查混合料温度($\leq 50^\circ\text{C}$)和含水率,采用酒精燃烧法快速检测含水率,发现离析或初凝现象(手捏成团落地不散为合格)需废弃处理。卸料时车斗需缓慢升起,升起速度 $\leq 0.5\text{m/s}$,与摊铺机料斗保持10~30cm距离,避免碰撞导致摊铺机位移,卸料过程中需有人指挥,确保卸料均匀^[3]。

3.3 摊铺与碾压关键技术

摊铺与碾压通过参数控制实现密实度与平整度的双重达标。摊铺过程采用“连续、匀速、不间断”原则,摊铺机行走速度根据拌和设备产量与摊铺宽度计算确定,一般控制在1.5~3m/min,速度波动不超过 $\pm 0.5\text{m/min}$,摊铺机启动与停止时需缓慢变速,避免速度突变导致摊铺厚度变化。摊铺厚度通过螺旋布料器高度调节,布料器转速与摊铺速度匹配,转速范围为60~100r/min,确保料位高度不低于螺旋直径的2/3,减少离析。采用双侧钢丝绳引导的自动找平方式,钢丝绳张力 $\geq 15\text{kN}$,传感器间距 $\leq 10\text{m}$,摊铺平整度偏差控制在5mm/3m直尺范围内。摊铺后需立即检查虚铺厚度,采用钢尺每5m测量一次,与设计厚度的偏差应 $\leq \pm 10\text{mm}$,发现局部集料集中需人工补撒细料并拌合均匀,补撒细料级配需与混合料一致。

碾压工艺分为以下初压、复压、终压三个阶段。

(1)初压采用振动压路机静压1~2遍,速度1.5~2km/h,控制混合料温度在30~40℃,碾压时压路机轮迹需重叠,确保无漏压区域;(2)复压采用振动压路机高频低幅(频率30~50Hz,振幅0.3~0.6mm)碾压4~6遍,速度2~3km/h,每碾压2遍检测一次压实度,直至压实度达到96%以上;(3)终压采用轮胎压路机静压2遍,速度3~4km/h,消除轮迹并闭合表面微裂缝。碾压方向由低到高,碾压重叠宽度为轮宽的1/3~1/2,碾压段长度根据气

温确定,一般为50~80m,且需在混合料初凝前完成全部碾压作业,碾压过程中需保持压路机连续运行,避免在碾压段内停车。

3.4 接缝处理关键技术

接缝处理要通过精细操作减少强度损失与行车跳车隐患,关键技术如下:(1)横向接缝采用“垂直切割法”施工,在当日施工段末端用切割机垂直切割,切割前需标记切割线,确保切割面与路面中线垂直,切割深度为基层全厚,误差 $\leq 5\text{mm}$,切割后清除表面松散料并洒水湿润,湿润深度 $\geq 5\text{cm}$ 。次日摊铺前,在切割面涂刷水泥净浆(水灰比0.4~0.5),涂刷厚度均匀,不流淌,摊铺时摊铺机熨平板需与已铺基层搭接5~10cm,碾压时先横向碾压接缝处,再纵向延伸碾压,横向碾压采用45°角斜压,碾压次数不少于3遍,逐步向新铺段过渡,确保接缝处压实度与已铺段一致,压实度差值 $\leq 1\%$ 。(2)纵向接缝采用“梯队摊铺法”控制,两台摊铺机型号相同,参数设置一致,间距保持5~10m,摊铺重叠宽度为10~15cm,后铺机组需对先铺层边缘进行5~10cm的二次摊铺,确保接缝处混合料密实。碾压时先碾压内侧接缝,再向外侧推进,碾压轮需跨越接缝10~20cm,碾压速度比正常碾压慢10%~20%,避免接缝处出现压实盲区。接缝处理后需用3m直尺检测平整度,每2m检测一次,偏差超过5mm需进行人工补压或铣刨处理,铣刨深度 $\geq 10\text{mm}$ 。

3.5 养护关键技术

养护是确保水稳基层强度增长的最后环节,其技术要点如下(1)养护开始时间为碾压完成后1~2h(表面泛白前),采用不透水薄膜覆盖,薄膜厚度 $\geq 0.08\text{mm}$,搭接宽度 $\geq 20\text{cm}$,搭接处需压实,边缘用土压实密封,压实宽度 $\geq 10\text{cm}$,确保基层表面处于湿润状态。养护期间需每日检查薄膜完整性,上午、下午各检查一次,

发现破损立即修补,修补面积需大于破损面积的1.5倍,避免水分蒸发过快导致表面开裂。对于气温高于30℃或风力大于5级的天气,需在薄膜上覆盖土工布保湿,土工布重量 $\geq 200\text{g/m}^2$,必要时洒水补充水分,洒水采用喷雾方式,保持基层表面含水率在最佳含水率 $\pm 1\%$ 范围内。(2)养护期一般为7d,采用钻芯法检测7d无侧限抗压强度,每2000 m^2 取1组芯样,每组3个,需达到设计值的100%以上。养护期间严禁车辆通行,设置明显禁行标志,确需通行的养护车辆需限速 $\leq 5\text{km/h}$,且不得急刹或转弯,车辆轮胎需清洁,避免带入杂物。养护结束后,需清除覆盖物并检查基层表面,发现裂缝宽度超过0.5mm时,采用灌缝胶封闭处理,灌缝胶需与基层材料相容性好,灌注深度 $\geq$ 裂缝深度,表面平整^[4]。

结束语:本文围绕市政工程水稳基层施工技术展开研究,明确了材料组成与特性对施工质量的基础作用,阐述了施工前期准备、混合料处理、摊铺碾压、接缝处理及养护各环节的关键技术要点。通过严格控制材料性能、优化工艺参数、规范操作流程,可有效保障水稳基层的强度、稳定性与耐久性。未来研究可进一步结合智能化监测技术,实现施工过程的实时动态管控,为市政工程水稳基层施工技术的升级提供新方向,助力提升城市道路工程的整体质量水平。

参考文献

- [1] 陕志强.市政工程施工中水稳基层施工技术研究[J].建筑·建材·装饰,2025(3):100-102.
- [2] 田金钢.市政工程中水稳基层施工技术关键点研究[J].租售情报,2021(35):139-141.
- [3] 李旭冬.水稳基层施工技术及质量控制研究[J].建材与装饰,2025,21(18):154-156.
- [4] 徐杰,徐慧.公路路面工程水稳基层施工技术[J].运输经理世界,2020(6):52-54.