

道路工程水稳基层施工技术及质量控制分析

文 / 孙俊涛 济南城建集团有限公司

管大伟 济南城建集团有限公司

赵学峰 济南城建集团有限公司

摘要：水稳基层，即水泥稳定碎石基层，具有水稳性好、承载力高且经济实用等特点，在高等级公路路面基层施工中被广泛应用。作为路面结构的主要承重层，水稳基层的施工质量直接关系到道路的质量、交通状况和使用寿命，同时，其稳定性也直接影响到行车安全和人民的生命财产安全。因此，加强对道路工程水稳基层施工技术及质量控制的研究，对于提高道路工程质量、保障交通安全具有重要意义。

关键词：道路工程；水稳基层施工技术；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.074

引言

道路工程作为交通运输体系的关键部分，其质量直接关系到人们的出行安全与便捷。水稳基层作为道路结构的重要承重层，对道路的整体性能和使用寿命起着决定性作用。优质的水稳基层施工技术能有效提升道路强度、稳定性和抗变形能力。然而，在实际施工中，诸多因素会影响水稳基层的施工质量。因此，深入探讨道路工程水稳基层施工技术，加强质量控制分析，对于保障道路工程质量、延长道路使用寿命、降低后期维护成本具有重要的现实意义。

一、水稳基层概述

(一) 定义

水稳基层，即水泥稳定碎石基层，是以级配碎石作骨料，采用一定数量的胶凝材料和足够的灰浆体积填充骨料的空隙，按嵌挤原理摊铺压实。其主要由水泥、碎石、砂和水等材料，经过合理配比和特定施工工艺形成的路面基层结构层。在道路结构中，水稳基层位于面层之下，起着支撑路面面层、传递车辆荷载到路基的重要作用，是道路结构的关键组成部分。

(二) 优势

1. 高强度与稳定性

水稳基层借助水泥强大的胶结功效，将碎石等集料紧密地胶结在一起，构建起稳固的整体结构。这种结构赋予了水稳基层卓越的抗压强度，使其足以承受车辆荷载频繁且巨大的反复作用。在漫长的使用过程中，能始终保持路面的稳定状态，极大程度减少诸如裂缝、坑洼等路面病害的出现，为道路持久可靠运行提供坚实支撑。

2. 良好的抗冻性

水稳基层材料经过精心设计的级配，再结合水泥充分的水化反应，形成了独特的内部结构，这使其具备出色的抗冻性能。在寒冷地区，频繁的冻融循环是道路结构的重大考验，但水稳基层凭借自身特性，能够有效抵御这种破坏。即使在低温环境下，也能保证道路结构的完整性，确保道路在冬季依旧可以正常供车辆通行。

3. 材料来源广泛

构成水稳基层的主要材料碎石、砂等，在自然界分布极为广泛，储量十分丰富，获取途径简便。而水泥作为不可或缺的胶凝材料，其生产工艺历经多年发展已相当成熟，各大水泥厂生产能力稳定，供应渠道畅通。丰富的材料来源与稳定的供应，不仅降低了工程成本，还为水稳基层在道路工程中的大规模应用提供了坚实的物资保障。

4. 施工工艺相对成熟

历经大量的工程实践与探索，水稳基层的施工技术如今已日臻完善。与之配套的施工设备种类齐全、性能优良。从材料的拌和、高效的运输，到精准的摊铺以及有力的碾压等各个施工环节，都制定了详细明确的操作规程和严格的质量控制标准。这使得施工过程有章可循，极大地有利于保证施工质量，同时显著提高施工效率，推动道路工程建设顺利进行。

二、道路工程水稳基层施工技术要点

(一) 施工准备

施工前，施工单位应组织技术人员熟悉施工图纸、设计文件和相关规范标准，了解工程特点和质量要求。编制详细的施工组织设计和施工方案，明确施工工艺流程、质量控制要点和安全保障措施。对施工人员进行技术交底，使其熟悉施工技术要求和操作要点。对施工现场进行清理和平整，拆除障碍物，确保施工场地符合施工要求。根据设计要求进行测量放线，恢复道路中线和边线，设置水准点和控制桩，并进行妥善保护。同时，搭建临时生产生活设施，接通施工用水用电，为施工创造良好的条件。根据施工进度计划，提前采购水泥、碎石、砂等原材料。材料的质量应符合相关标准要求，水泥应选用初凝时间大于3h、终凝时间不小于6h的普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥；碎石应具有足够的强度和耐磨性，颗粒级配符合设计要求；砂应洁净、坚硬，含泥量不超过规定值。对进场材料进行检验和试验，合格后方可使用。

（二）配合比设计

水稳基层配合比设计是确保其性能和质量的关键环节。首先，根据道路等级、交通荷载等因素确定水泥剂量的范围。然后，对不同级配的碎石、砂等集料进行筛分试验，确定其颗粒组成。通过击实试验确定混合料的最佳含水量和最大干密度。在此基础上，按照不同的水泥剂量和集料比例进行试配，制备混合料试件，进行无侧限抗压强度试验。根据试验结果，选择满足设计强度要求且经济合理的配合比作为施工配合比。在施工过程中，应根据原材料的变化情况，适时调整配合比，确保水稳基层的质量稳定。

（三）水泥混合料拌和与运输技术

1. 拌和准备

选择稳定土拌和设备是水稳基层施工的重要基础。需挑选具备自动计量装置的设备，这能精准把控原材料用量，保证混合料质量的稳定性。搅拌均匀是关键，只有充分搅拌，各原材料才能完美融合，发挥最佳性能。同时，生产能力必须满足施工进度要求，避免因设备产能不足导致施工延误。在正式拌和前，全面调试和检查拌和设备必不可少。对电子秤、输送带、搅拌机每一个关键设备进行校准，确保原材料计量精度误差极小，控制在规定范围内。原材料的堆放管理也至关重要，不同规格的碎石、砂要分类堆放，设置明显标识牌，便于取用和管理。水泥采用专用储存罐储存，能有效避免受潮结块，影响性能。在堆放场地合理设置排水设施，一场大雨也不会对原材料质量造成影响，为后续施工提供坚实保障。

2. 拌和

按照设计配合比准确计量各种原材料用量是确保水稳基层质量的核心环节。精确的比例能使水泥、碎石、砂和水充分发挥各自作用，形成性能优良的混合料。在拌和过程中，实时监控计量系统运行情况是必不可少的措施。一旦发现计量偏差超过允许范围，哪怕是微小的误差，都可能影响混合料质量，必须立即停机调整，确保每一批次的混合料都符合标准。混合料的拌和时间需谨慎确定。要综合考虑拌和设备的性能以及混合料自身特性，一般不少于规定时间。足够的拌和时间能保证混合料搅拌均匀，呈现一致的色泽，不存在离析和结团现象，

使各成分分布均匀，性能稳定。定期对拌和出的混合料进行全面质量检测，涵盖含水量、级配、水泥剂量等重要指标。若检测结果不符合要求，及时调整拌和参数，确保每一次生产的混合料都能满足施工质量要求。

3. 运输

选用密封性能良好的自卸汽车运输混合料是保证质量的重要环节。良好的密封性可有效减少水分蒸发，防止混合料在运输途中因水分散失而影响性能。同时，能避免运输过程中的离析现象，确保混合料均匀一致。在车厢内涂刷防粘剂，便于卸料，减少残留；覆盖篷布，能有效保持混合料的温度和湿度，使其性能稳定。合理安排运输车辆数量和行驶路线是保障施工进度的关键。要充分考虑施工现场的距离以及交通状况，确保混合料能在规定时间内顺利运至摊铺现场。从拌和到摊铺的时间严格控制，过长的运输时间会导致混合料含水量和性能改变，影响施工质量。若运输时间较长，适当增加混合料的含水量，以补偿运输过程中的水分损失，保证混合料到达摊铺现场时仍具备良好的施工性能，为后续摊铺作业提供质量可靠的材料。

（四）摊铺与碾压施工技术

采用摊铺机进行水稳基层的摊铺，摊铺机的摊铺速度应根据拌和设备的生产能力、运输车辆的供应情况和摊铺厚度等因素合理确定，一般控制在一定范围内，确保摊铺过程的连续性和平整性。在摊铺前，应将摊铺机的熨平板预热至适当温度，防止混合料与熨平板粘结。摊铺机螺旋布料器应保持一定的料位高度，使混合料在全宽范围内均匀分布，避免出现离析现象。对于局部不平整的地方，应采用人工进行找补，但要注意不得反复修整，以免影响平整度。碾压是保证水稳基层压实度的关键工序。在混合料摊铺完成后，应立即进行碾压。碾压过程应遵循“先轻后重、先慢后快、由边向中”的原则。先用轻型压路机进行初压，稳压 1-2 遍，使混合料初步稳定；然后用重型压路机进行复压，碾压 4-6 遍，达到规定的压实度；最后用轻型压路机进行终压，消除轮迹，使表面平整，如表 1 所示。在碾压过程中，应保持压路机的行驶速度均匀，相邻碾压轮迹应重叠一定宽度，确保碾压无死角。同时，要注意控制压路机的喷水装置，防止混合料表面过于干燥或产生“弹簧”现象。

表 1 水稳基层碾压操作表

碾压阶段	碾压设备	碾压类型	碾压速度/(km/h)	碾压遍数	碾压效果
初压	双钢轮压路机	静压	1.5~1.7	1~2	稳压
复压	单钢轮振动压路机	振压	1.8~2.2	5~6	压实度达标
终压	双钢轮压路机、胶轮压路机	静压	1.5~1.7	1~2	表面平整、光滑、无缺陷

（五）养护技术

水稳基层碾压完成后，及时养护至关重要。这一环

节如同呵护新生幼苗，能保证水泥的水化反应正常进行，为基层强度与耐久性的提升奠定坚实基础。养护方法通

常采用覆盖塑料薄膜或土工布，并定期洒水保湿。塑料薄膜能有效隔绝水分蒸发，土工布则具备良好的吸水性与保湿性，二者皆能为基层营造适宜的湿度环境。在养护期间，务必保持基层表面湿润，坚决避免忽干忽湿的情况。因为水分的不稳定供应会干扰水泥的水化进程，影响基层内部结构的形成，进而削弱基层强度。养护时间并非固定不变，而是要依据气温和水泥品种等多种因素灵活确定，一般不少于规定天数。在气温较高时，水分蒸发快，水泥水化反应速度也快，养护时间可适当缩短；而在低温环境下，水泥水化反应缓慢，就需要延长养护时间，以确保水化反应充分完成。在养护期间，封闭交通是保障基层质量的关键举措。车辆通行会对尚未完全成型的基层表面造成破坏，影响基层整体性能。若因特殊情况必须通车，一定要采取相应保护措施，如限制车速，避免车辆高速行驶产生的冲击力对基层表面造成损伤；设置垫板，分散车辆荷载，减轻对基层的压力，最大程度降低通车对基层的不利影响。

三、道路工程水稳基层施工质量控制措施

(一) 材料质量控制措施

在道路工程水稳基层施工中，材料质量是决定工程质量的基础与关键，因此必须实施严格且全面的控制措施。对于所有进入施工现场的原材料，从源头把控质量至关重要。像水泥、碎石、砂等主要材料，都要依据相关标准和规范要求，开展细致严格的检验和试验。以水泥为例，安定性和强度是其关键指标，直接影响水稳基层的稳定性和承载能力；对于碎石，压碎值反映其抵抗压碎的能力，针片状颗粒含量过高会影响混合料的级配和性能；砂的含泥量和细度模数则对混合料的工作性能和强度有重要影响。只有各项检验均合格的原材料，才有资格投入工程施工。加强原材料储存管理同样不容忽视。水泥要妥善存放在干燥通风的仓库内，设置防潮设施，防止受潮结块而降低活性；不同规格的集料务必分开堆放，并设置明显标识，避免混杂影响级配。此外，选择优质供应商是保障材料质量的重要环节。优先挑选信誉良好、质量稳定的供应商，建立长期稳定合作关系，要求其提供质量合格证明文件。不定期对供应商的生产过程进行监督检查，从源头上确保原材料质量始终符合要求，为水稳基层施工质量提供坚实保障。

(二) 压实度质量控制措施

严格按照碾压施工技术要求进行操作，确保碾压遍数、碾压速度和碾压顺序符合规定。在碾压过程中，要随时检查压实度，采用灌砂法或核子密度仪等方法进行检测。如发现压实度不足，应及时增加碾压遍数或调整碾压参数，直至达到设计要求。混合料的含水量对压实度有重要影响。在施工过程中，要严格控制混合料的含水量，使其接近最佳含水量。在拌和时，根据天气情况和原材料的含水量及时调整加水量；在摊铺和碾压过程中，如发现含水量过高或过低，应采取相应的处理措施，

如晾晒或补水等。保证水稳基层的摊铺厚度均匀一致，符合设计要求。在摊铺前，应根据试验段确定的松铺系数，调整摊铺机的熨平板高度；在摊铺过程中，要随时检查摊铺厚度，如发现厚度偏差过大，应及时进行调整。基层厚度不足会影响压实度和强度，厚度过大则可能导致压实困难和表面不平整。

(三) 平整度质量控制措施

摊铺机的操作水平直接影响基层的平整度。摊铺机操作人员应熟练掌握摊铺机的性能和操作技巧，保持摊铺机的匀速、直线行驶，避免频繁换挡和急刹车。同时，要根据摊铺厚度和混合料的特性，合理调整摊铺机的振捣频率和振幅，使混合料在摊铺过程中初步压实和平整。在碾压过程中，要注意压路机的行驶轨迹，避免出现轮迹和拥包现象。压路机的驱动轮应面向摊铺机，倒退时应关闭振动，以减少对已摊铺混合料的扰动。对于局部不平整的地方，应在初压后及时进行人工找平，然后再进行后续碾压。合理设置和处理施工接缝，是保证基层平整度的重要环节。在纵缝处，应采用两台摊铺机梯队作业，前后摊铺机的间距应保持一定范围内，确保纵向接缝处的混合料均匀一致。在横缝处，应在每天施工结束时，将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除，然后用直尺检查平整度，切除不平整部分，在重新摊铺前，应将横缝处清扫干净，并涂刷水泥浆，以保证接缝处的粘结强度和平整度。

结语

道路工程水稳基层施工技术的合理应用和严格的质量控制是确保道路质量和使用寿命的关键。通过对水稳基层施工技术要点的深入掌握，包括施工准备、配合比设计、拌和与运输、摊铺与碾压以及养护等环节，以及采取有效的质量控制措施，如材料质量控制、压实度控制和平整度控制等，可以提高水稳基层的施工质量，减少路面病害的发生。

参考文献

- [1] 李平. 水稳基层路面施工技术在公路工程中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(22): 58-60.
- [2] 陈东. 道路工程水稳基层施工技术及其质量控制分析[J]. 运输经理世界, 2024, (23): 52-54.
- [3] 赵宏. 路面水稳基层施工技术在公路工程中的应用[J]. 交通世界, 2024, (17): 104-106.
- [4] 徐晓波. 公路工程路面水稳基层施工技术研究[J]. 交通世界, 2023, (14): 85-87.
- [5] 官树军. 高速公路路面水稳基层施工技术[J]. 交通世界, 2022, (22): 111-113.
- [6] 叶莹. 道路工程路面水稳基层施工技术以及质量控制[J]. 住宅与房地产, 2019, (09): 228.
- [7] 梁利东. 道路工程路面水稳基层施工技术以及质量控制[J]. 山西建筑, 2018, 44(01): 138-140.