

水泥稳定碎石基层施工工艺优化与质量控制研究

岳唤国

科尔沁右翼前旗现代农牧业园区管理委员会 内蒙古 兴安盟科右前旗 137400

摘要：水泥稳定碎石基层作为公路路面结构的重要组成部分，其施工质量直接影响公路的整体性能和使用寿命。本文深入分析了水泥稳定碎石基层施工现状及存在的问题，从原材料选择、配合比设计、施工工艺改进等方面提出针对性的优化措施，并详细阐述了施工过程中的质量控制要点，旨在提高水泥稳定碎石基层的施工质量，为公路工程建设提供参考。

关键词：水泥稳定碎石基层；施工工艺优化；质量控制

1 水泥稳定碎石基层施工现状及问题分析

1.1 原材料质量不稳定

水泥稳定碎石基层的主要原材料包括水泥、碎石和水。水泥的品种、标号和安定性对基层的强度和稳定性有重要影响。部分施工单位为降低成本，选用质量较差的水泥，导致基层强度增长缓慢，甚至出现强度不足的情况。碎石的级配、压碎值和含泥量也是影响基层质量的关键因素。如果碎石级配不合理，会导致混合料空隙率过大，影响基层的密实度和强度；压碎值过高会使碎石在压实过程中破碎，改变级配；含泥量过大则会降低水泥与碎石之间的粘结力。

1.2 配合比设计不合理

配合比设计是水泥稳定碎石基层施工的关键环节。目前，部分施工单位在配合比设计过程中，仅凭经验确定水泥剂量和集料级配，缺乏科学的试验和分析。水泥剂量过低，无法保证基层的强度要求；水泥剂量过高，不仅会增加成本，还会导致基层收缩裂缝增多。集料级配不合理会影响混合料的施工性能和力学性能，如和易性差、压实困难等。

1.3 施工工艺不规范

施工工艺不规范是导致水泥稳定碎石基层质量问题的主要原因之一。在混合料拌和过程中，拌和不均匀会导致混合料中水泥和集料分布不均，影响基层的强度和稳定性。摊铺过程中，摊铺厚度不均匀、平整度差等问题会影响基层的外观质量和使用性能。压实过程中，压实度不足会导致基层的密实度不够，降低其承载能力；压实遍数过多或压实速度过快，会使碎石破碎，改变级配。

1.4 养护管理不到位

养护是水泥稳定碎石基层施工的重要环节，对基层的强度增长和裂缝控制起着关键作用。然而，部分施工单位对养护工作重视不够，养护不及时、养护方法不当

等问题较为普遍。养护不及时会使基层表面水分蒸发过快，导致干缩裂缝的产生；养护方法不当，如覆盖物不严密、洒水不均匀等，也会影响养护效果。

2 水泥稳定碎石基层施工工艺优化措施

2.1 原材料质量控制与优化

原材料是水泥稳定碎石基层的基石，其质量优劣对基层性能起决定性作用。（1）水泥。优先选用强度高、安定性好且终凝时间适宜的普通硅酸盐水泥。强度高可提供足够承载能力，避免基层在车辆荷载下破坏；安定性好能防止因体积变化不均产生裂缝，保障基层稳定；适宜终凝时间利于施工工序安排，确保混合料摊铺和压实时有合适可塑性。水泥进场时，严格检查质量证明文件，并进行抽样检验，通过抗压强度试验、安定性试验等确保各项性能指标符合设计要求。同时，根据施工进度合理安排进场数量，避免水泥因长时间存放受潮、结块，导致活性降低、强度下降。（2）碎石。作为基层主要骨料，应选择质地坚硬、级配良好的碎石。质地坚硬能承受车辆荷载反复作用而不易破碎，保证基层长期稳定；级配良好可使混合料形成紧密骨架结构，提高基层密实度和强度。通过筛分试验确定碎石级配曲线，并与设计要求对比分析。严格控制碎石压碎值和含泥量，压碎值反映抗压碎能力，应不大于30%；含泥量影响水泥与碎石粘结力，应控制在不大于2%的范围内。对于不符合要求的碎石，若级配不符但其他指标良好，可通过筛分重新组合；若含泥量超标，可清洗去除表面泥土；质量严重不合格的应直接淘汰。（3）水。在施工中参与水泥水化反应，使混合料硬化形成基层，必须采用清洁饮用水，不得使用含油污、酸、碱等有害物质的水。油污会形成油膜阻碍水泥与集料粘结，降低基层强度；酸、碱等有害物质可能与水泥发生化学反应，影响水化过程，导致基层性能下降。

2.2 配合比设计优化

配合比设计是水泥稳定碎石基层施工的关键环节，合理的配合比能使混合料具有良好的施工和力学性能。

(1) 目标配合比设计。根据工程要求和原材料性能进行。通过试验确定不同水泥剂量下混合料的无侧限抗压强度，找出满足强度要求的水泥剂量范围。优先选择满足强度要求且水泥剂量最低的配合比，因为水泥剂量过高会增加成本，导致基层收缩裂缝增多，影响耐久性。同时，优化集料级配，使混合料具有良好的施工性能（如易于拌和、摊铺和压实）和力学性能（如较高的强度和稳定性）。(2) 生产配合比调试。目标配合比确定后，需进行生产配合比调试。由于拌和设备性能和原材料实际情况可能与试验室条件存在差异，要根据实际情况调整各料仓供料比例，使生产出的混合料级配与目标配合比相符。调试过程中，进行多次试拌和试铺^[1]。试拌检验拌和设备运行和混合料拌和效果，通过检测混合料的含水量、水泥剂量等指标判断是否符合要求；试铺检验混合料的摊铺和压实性能，检测无侧限抗压强度等力学性能指标。根据检测结果进一步调整生产配合比，直至生产出的混合料满足设计和施工要求。

2.3 施工工艺改进

施工工艺的改进是提高水泥稳定碎石基层施工质量的重要手段。(1) 拌和工艺。采用稳定土拌和机进行集中拌和，确保混合料拌和均匀，避免局部水泥剂量不足或过多、集料分布不均等问题。拌和前，调试和校准拌和设备，保证各料仓计量准确，计量不准确会导致混合料配合比变化，影响基层质量。严格控制拌和时间，使水泥、集料和水充分混合，一般不少于90s。拌和时间过短，混合料无法充分混合，导致基层强度不均匀；过长则会使碎石破碎，改变级配。同时，根据天气情况和原材料含水量，及时调整混合料含水量，使其达到最佳含水量 $\pm 1\%$ 的范围内，最佳含水量下压实可使基层具有最高密实度和强度。(2) 摊铺工艺。对基层的平整度和厚度有重要影响，应采用摊铺机进行摊铺，保证摊铺厚度均匀、平整度好。摊铺前，清扫和洒水湿润下承层，清扫去除杂物和灰尘，使基层与下承层更好粘结；洒水湿润增加下承层表面湿度，提高粘结效果。根据摊铺机性能和混合料供应能力，合理确定摊铺速度，一般为1-3m/min。摊铺速度过快会导致混合料摊铺不均匀，出现离析现象；过慢则会影响施工进度。摊铺过程中，设专人跟机检查摊铺质量，及时发现并处理离析、波浪等问题。离析是指混合料中粗细集料分布不均匀，导致局部强度不足；波浪是指摊铺表面出现高低不平的现象，影响基

层平整度。(3) 压实工艺。是确保基层密实度和强度的关键环节，应采用振动压路机和轮胎压路机组合压实。初压采用振动压路机静压1-2遍，使混合料初步稳定，为后续振压和终压创造条件；复压采用振动压路机振压3-4遍，使混合料进一步密实，提高基层强度；终压采用轮胎压路机碾压1-2遍，使基层表面更加平整，同时进一步压实基层。压实过程中，遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则，避免混合料推移、保证边缘压实度。同时，严格控制压实度，使其达到设计要求的98%以上，压实度不足会导致基层承载能力下降，容易出现路面病害。

3 水泥稳定碎石基层施工质量控制要点

3.1 施工前质量控制

(1) 技术交底。施工前技术交底是保障施工质量的首要步骤。施工启动前，需组织全体施工人员开展全面且深入的技术交底。交底内容应涵盖施工工艺各环节，从原材料拌和、运输，到摊铺、压实等，让施工人员明确操作方法与要求。同时，清晰说明质量标准，使施工人员知晓各工序应达到的质量水平及操作要点。安全注意事项同样重要，要强调施工中的安全风险及防范措施，确保施工安全。技术交底要详细、具体且可操作，避免模糊或难以执行。可通过现场讲解、发放资料、组织培训等方式，确保每位施工人员理解并掌握。(2) 设备检查。施工设备性能和运行状态对施工质量影响重大。施工前，要对拌和、摊铺、压实等设备进行全面检查和维护。拌和设备方面，检查搅拌叶片磨损情况，确保搅拌效果；检查传动系统运转是否平稳，有无异常噪音；检查电气系统及计量系统是否正常。计量系统直接关系到混合料配合比准确性，必须严格校准，保证水泥、集料和水的计量误差在允许范围内。摊铺设备方面，检查摊铺机熨平板是否平整，加热系统是否正常，螺旋布料器转速是否可调，以保证摊铺厚度均匀、平整度良好^[2]。压实设备方面，检查振动压路机振动频率和振幅是否符合要求，轮胎压路机轮胎气压是否正常。通过全面检查和维护，确保设备性能良好、运行正常，保障施工顺利进行。(3) 下承层验收。下承层质量影响水泥稳定碎石基层的施工质量和整体稳定性。基层施工前，要严格验收下承层的平整度、压实度、高程等。平整度检测可采用3m直尺等工具，确保表面平整，无明显起伏。压实度检测可用灌砂法或核子密度仪等方法，保证下承层有足够压实度，为基层提供稳定支撑。高程检测要确保标高符合设计要求，避免基层施工后出现厚度不均或标高偏差过大问题。对不符合要求的下承层，应及

时处理。平整度不足可采用铣刨、找平方法；压实度不足可进行补压；高程偏差较大可通过调整基层摊铺厚度或局部处理下承层解决。只有下承层质量合格并处理完毕，才能进行基层施工。

3.2 施工过程中质量控制

(1) 混合料质量控制。混合料质量是基层质量的关键。拌和过程中，要定期检测混合料的含水量、水泥剂量和级配。含水量影响混合料的压实效果和基层强度。含水量过高，压实易出现弹簧现象，导致压实度不足；含水量过低，混合料难以压实，影响质量。水泥剂量决定基层强度发展，必须按设计要求控制。级配影响混合料的密实度和力学性能，应确保符合设计要求。一般每2000m²检测6个以上样品，结果应符合设计要求。不合格的混合料要及时调整拌和参数，如调整水泥、水的加入量或集料级配等。若调整后仍不合格，应及时废弃，防止影响基层质量。(2) 摊铺质量控制。摊铺过程影响基层的平整度和厚度。摊铺时要严格控制。可采用钢丝绳引导的高程控制方式，精确设置钢丝绳高度确保摊铺高程准确。安排专人监控摊铺机运行状态，及时调整摊铺速度、螺旋布料器转速等参数，保证摊铺厚度均匀。每10m检测一个断面，每个断面检测3-5个点，评估摊铺厚度是否符合要求。平整度检测用3m直尺，每200m检测2处×10尺，判断平整度是否达标。若不符合要求，要及时分析原因并调整，如调整摊铺机参数或人工修整局部不平整部位。(3) 压实质量控制。压实是使基层达到规定密实度和强度的重要工序。压实过程中要及时检测压实度。可用灌砂法或核子密度仪检测，灌砂法准确但操作繁琐，核子密度仪检测快但受环境影响大。实际施工中可根据情况选择。每200m每车道检测2处，全面了解基层压实情况。压实度不足的部位要及时补压，根据实际情况选择合适的压实设备和参数，如增加压实遍数、调整压实速度等，直至达到设计要求。压实时要注意顺序和方式，遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，确保压实均匀，避免出现压实死角或局部压实过度^[3]。

3.3 施工后质量控制

(1) 养护质量控制。基层施工后，养护工作至关重要。

及时养护可促进水泥水化反应，提高基层强度和稳定性。一般采用覆盖土工布并洒水养护，保持基层表面湿润。土工布能保湿、保温，减少水分蒸发，为水泥水化反应提供良好环境。洒水养护频率根据天气和基层干燥程度调整，确保基层表面湿润。养护时间不少于7d，期间禁止车辆通行，避免破坏基层。同时，要定期检查养护情况，查看土工布覆盖和基层表面湿润情况，确保养护效果。若养护不到位，要及时补救，如增加洒水次数、重新覆盖土工布。(2) 质量检验与评定。养护期满后，要对基层进行全面质量检验与评定。检验内容包括强度、平整度、厚度、压实度等。强度检测可用无侧限抗压强度试验等方法，评估基层强度是否符合设计要求。平整度检测用3m直尺，确保表面平整，满足行车舒适性。厚度检测用钻芯取样等方法，判断基层厚度是否符合要求。压实度检测用灌砂法或核子密度仪等方法，确认基层压实情况。按相关标准和规范评定，不合格部位要及时分析处理。若强度不足，可能是水泥剂量不足或养护不到位等原因，应采取补强措施，如重新铺设基层或注浆加固；若平整度、厚度或压实度不符合要求，应根据具体情况局部处理，如铣刨、找平、补压等，直至达到合格标准。通过施工前、中、后三个阶段的全面质量控制，可有效保证水泥稳定碎石基层施工质量，为公路安全、舒适运行提供坚实基础。

结束语

水泥稳定碎石基层施工工艺优化与质量控制是保证公路路面质量的关键。通过对原材料质量进行严格控制与优化、合理设计配合比、改进施工工艺以及加强施工过程中的质量控制，可以有效提高水泥稳定碎石基层的施工质量，减少质量问题的发生。

参考文献

- [1]韩继勇.高速公路工程水泥稳定碎石基层施工技术探讨[J].黑龙江交通科技,2020(9):90-91.
- [2]刘永华.公路路面水泥稳定碎石基层施工质量控制要点[J].黑龙江交通科技,2019(8):69+71.
- [3]杨维炳.高速公路水泥稳定碎石基层施工与质量控制措施[J].交通世界,2019(23):75-77.