

公路路基压实度不足成因及现场控制措施研究

任广坤

济宁市公路工程总公司 山东 济宁 272007

【摘要】：公路路基压实度是保障道路工程质量与长期使用性能的核心指标，压实度不足易引发路基沉降、路面开裂、结构失稳等病害，直接影响公路运营安全与使用寿命。结合工程现场实践，从填料性质、含水率控制、碾压工艺、施工机械、作业流程及现场管理等方面，系统分析路基压实度不足的主要成因，明确含水率偏离最佳范围、填料粒径超标、压实机具与压实参数不匹配、分层厚度过大、工序衔接不当等关键影响因素。在此基础上，提出针对性的现场控制措施，包括优化填料选择与含水率管控、合理确定压实机械与碾压参数、严格控制填筑层厚、强化过程检测与质量验收、完善施工组织与现场管理，通过全过程精细化管控提升路基压实质量，增强路基整体稳定性与耐久性，为公路工程路基施工质量控制提供实践参考。

【关键词】：公路路基；压实度不足；成因分析；现场控制；施工质量

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.063

引言

公路作为交通运输体系的核心载体，其工程质量直接关系到交通运输的安全性与高效性，而路基作为公路的承重基础，其压实质量更是决定道路整体性能的关键。压实度不足引发的路基沉降、路面破损等病害，不仅会增加后期养护成本，还可能影响交通通行安全，制约公路使用寿命。结合工程实践中压实度控制的难点，需明确压实度不足的核心成因，探索科学有效的现场控制方法，为后续正文对成因及控制措施的详细研究奠定基础，助力提升公路路基施工质量，保障公路长期稳定运营。

1 公路路基压实度不足的主要成因分析

1.1 路基填料性质不合理

路基填料的物理、力学性质直接决定压实效果，不合理的填料选择是导致压实度不足的核心因素之一。填料的颗粒级配、塑性指数、杂质含量等指标，均会对压实过程中的颗粒间咬合、挤密效果产生显著影响。若选用的填料颗粒级配不均，粗颗粒含量过多且缺乏足够细颗粒填充孔隙，会导致颗粒间空隙难以通过碾压消除，形成松散结构，即便经过多次碾压，也无法达到规定压实标准；若细颗粒含量过高，填料塑性指数偏大，会使填料在压实过程中易产生粘结、团聚现象，内部应力难以均匀传递，局部区域无法被有效压实，形成压实薄弱点。此外，填料中混入的杂草、腐殖土、建筑垃圾等杂质，会破坏填料的整体性和稳定性，这些杂质自身难以被压实，还会阻碍周围填料颗粒的挤密，导致路基局部压实度不达标，长期使用后易引发路基变形、沉降等病害^[1]。同时，填料的均匀性不足，不同区域填料性质差异较大，会导致碾压过程中压实效果不均衡，部分区域压实过度，部分区域则压实不足，进一步影响路基整体压实质量。

1.2 填料含水率控制不当

填料含水率是影响压实效果的关键参数，只有将含水率控

制在最佳范围附近，才能通过碾压使填料颗粒充分挤密、咬合，达到规定压实度。若含水率过低，填料颗粒间摩擦力较大，颗粒难以移动、重新排列，碾压过程中无法有效消除颗粒间空隙，导致压实度不足；若含水率过高，填料中多余水分会在颗粒间形成水膜，降低颗粒间的内摩擦力和粘聚力，碾压时易产生“弹簧现象”，即填料受碾压后出现回弹、松软状态，无法形成稳定的压实结构，即便增加碾压遍数，也难以提升压实度，反而可能加剧路基局部沉降隐患。含水率控制不当主要体现在两个方面，一方面是填料进场时未进行严格含水率检测，未根据检测结果采取晾晒、洒水等调整措施，直接进行填筑碾压；另一方面是填筑过程中，受天气、环境因素影响，填料含水率发生波动，未及时进行动态调整，尤其是在雨季施工时，雨水浸泡导致填料含水率骤升，或在干旱季节施工时，填料水分快速蒸发导致含水率下降，均会导致压实效果受到严重影响，最终造成路基压实度不达标。

1.3 压实机械与碾压工艺不匹配

压实机械的选型、性能及碾压工艺的合理性，直接关系到碾压效果和路基压实度。压实机械的吨位、碾压速度、碾压遍数、碾压顺序等参数，需与填料性质、填筑厚度等相匹配，否则会导致压实度不足。若选用的压实机械吨位不足，碾压时产生的冲击力和挤压力不够，无法有效克服填料颗粒间的阻力，难以将填料颗粒充分挤密，导致压实度不达标；若压实机械吨位过大，可能会对路基基层造成过度碾压，破坏基层结构，同时也可能导致表层填料颗粒被压碎，影响填料级配，间接降低压实效果。碾压工艺不合理同样会影响压实质量，碾压速度过快，会导致压实机械与填料接触时间不足，颗粒无法充分移动、挤密，空隙难以消除；碾压速度过慢，则会降低施工效率，且可能导致局部区域过度碾压，引发填料剪切破坏。此外，碾压顺序混乱、碾压遍数不足或过多，均会影响压实效果，碾压遍数不足时，填料颗粒未被充分挤密，空隙残留较多；碾压遍数过多时，会导致填料颗粒破碎、结构破坏，反而降低路基稳定

性，均会最终导致路基压实度无法达到设计要求（见图1）。



图1 压实机械选型与碾压工艺合理性分析

1.4 施工流程与现场管理不规范

不规范的施工流程和粗放的现场管理，会导致压实过程中出现诸多问题，间接引发压实度不足。填筑分层厚度控制不合理是施工流程中的主要问题，若分层厚度过大，碾压机械的冲击力和挤压力无法传递到层底，导致底层填料无法被有效压实，形成分层压实薄弱层，长期使用后易出现层间分离、沉降等现象；若分层厚度过小，则会增加施工工序和成本，且可能导致表层填料过度碾压，影响压实质量^[2]。工序衔接不当也会影响压实效果，填料填筑后未及时进行碾压，会导致填料含水率发生波动，或受到雨水、杂物污染，降低压实效果；碾压完成后未及时进行覆盖养护，会导致填料水分流失，表层出现开裂、松散，影响路基整体性。现场管理不规范主要体现在质量检测、人员操作、流程管控等方面，未建立完善的过程检测机制，压实过程中未及时对压实度进行检测，无法及时发现压实不足的区域并进行整改；操作人员专业水平不足，对压实机械操作不熟练，未严格按照既定工艺参数施工，随意调整碾压速度、遍数等；现场流程管控松散，填料进场、含水率调整、碾压施工等环节缺乏严格监管，导致施工质量参差不齐，最终引发路基压实度不足问题。

2 公路路基压实度不足的现场控制措施

2.1 优化路基填料选择与质量管控

针对填料性质不合理导致的压实度不足，需从源头优化填料选择，强化进场及填筑全过程质量管控，为压实效果提供基础保障。填料选择需结合路基设计要求，优先选用颗粒级配均匀、塑性指数适宜、无杂质的材料，避免选用粗颗粒过多或细颗粒含量过高的填料，确保填料具备良好的压实性能。填料进场前需进行严格检测，重点核查颗粒级配、塑性指数等关键指标，不符合要求的填料严禁进场使用。对于进场后颗粒级配不均的填料，需进行人工或机械筛分、掺配处理，调整颗粒组成比例，使填料级配满足压实标准，确保碾压过程中颗粒间能充分咬合、挤密。同时，需清理填料中的杂草、腐殖土、建筑垃圾等杂质，避免杂质影响填料整体性和压实效果。填筑过程中，

需保证填料摊铺均匀，避免局部区域填料堆积过厚或过薄，确保不同区域填料性质一致，为后续均匀碾压奠定基础，从源头减少因填料问题引发的压实度不足隐患。

2.2 强化填料含水率动态管控

结合含水率控制不当的成因，需建立全过程含水率动态管控机制，将填料含水率稳定控制在最佳范围，保障压实效果。填料进场后，需及时检测含水率，根据检测结果采取针对性调整措施，若含水率过高，需进行晾晒、翻拌通风处理，加快水分蒸发，直至含水率达到最佳范围；若含水率过低，需采用洒水湿润的方式，均匀补充水分，避免局部区域含水率过高或过低^[3]。洒水过程中需控制洒水量，采用分段洒水、均匀喷洒的方式，确保填料水分分布均匀，避免出现局部积水现象。填筑碾压过程中，需实时监测填料含水率，结合天气、环境变化及时调整管控措施，雨季施工时，需搭建防雨设施，避免雨水浸泡填料导致含水率骤升，同时做好排水工作，及时排除路基表面积水；干旱季节施工时，需增加洒水频次，做好填料覆盖，减少水分蒸发。碾压完成后，需及时覆盖养护，防止表层填料水分流失，避免出现开裂、松散等问题，保障路基压实质量稳定。

2.3 匹配压实机械与优化碾压工艺

针对压实机械与碾压工艺不匹配的问题，需科学选用压实机械，优化碾压工艺参数，确保碾压效果符合设计要求。压实机械的选型需结合填料性质、填筑厚度等因素，合理确定机械吨位、类型，对于颗粒级配较粗的填料，选用吨位较大的压实机械，增强冲击力和挤压力，确保颗粒充分挤密；对于细颗粒含量较高的填料，选用吨位适中的压实机械，避免过度碾压导致颗粒破碎、结构破坏。碾压工艺需进行系统优化，明确碾压速度、碾压遍数、碾压顺序等参数，碾压速度控制在合理范围，既保证压实机械与填料充分接触，又提高施工效率，避免速度过快导致压实不充分、速度过慢造成资源浪费^[4]。碾压顺序遵循“先边后中、先轻后重、先慢后快”的原则，确保路基边缘、角落等薄弱区域得到充分碾压，避免出现压实死角。碾压遍数需结合现场试验确定，确保填料颗粒充分挤密、空隙完全消除，同时避免过度碾压，碾压过程中实时观察填料状态，根据压实情况动态调整碾压参数，确保碾压效果均匀一致，有效提升路基压实度。

3 公路路基压实度控制实践应用与效果验证

3.1 实践应用工程概况与前期准备

公路路基压实度控制的实践应用需依托具体工程场景，结合工程实际条件优化管控方案，为效果验证提供真实可靠的实践载体。实践工程选取等级公路路基施工段落，该段落地形平缓，路基设计高度符合规范要求，途经区域气候兼具季节性干旱与雨季特征，对填料含水率管控提出较高要求。工程选用的

路基填料经前期检测与优化处理,颗粒级配均匀、塑性指数适宜,清除各类杂质后满足压实施工标准。前期准备工作重点围绕控制措施落地展开,对施工所需压实机械进行全面检修与调试,根据填料性质与填筑厚度确定机械类型及相关参数,确保机械性能稳定达标。

3.2 现场控制措施实践应用过程

实践应用过程严格遵循前文提出的现场控制措施,结合工程实际场景动态调整优化,确保各项措施落地见效、贴合现场施工需求。填料管控环节,严格执行进场检测与现场处理流程,对进场填料逐批次核查关键指标,对级配不均的填料及时进行筛分、掺配处理,摊铺过程中保证填料均匀分布,避免局部区域出现填料堆积或薄弱现象^[5]。含水率管控采用全过程动态监测模式,进场填料检测后及时采取晾晒、洒水等调整措施,施工过程中结合天气变化实时监测含水率,雨季搭建防雨设施、做好排水工作,干旱季节增加洒水频次、落实覆盖措施,确保含水率稳定在最佳范围。压实作业环节,按照确定的机械参数与碾压工艺施工,根据填料类型选用匹配的压实机械,遵循既定碾压顺序、速度与遍数,碾压过程中实时观察填料状态,动态微调碾压参数,避免出现压实死角与过度碾压现象。施工流程与现场管理方面,严格控制分层厚度,确保碾压机械冲击力能够传递至层底,规范各工序衔接,做到摊铺后及时碾压、碾压后及时覆盖养护;强化现场监管,落实各环节质量检测,对发现的问题立即停工整改,确保施工全过程符合管控标准。

参考文献:

- [1] 邓亚萍.公路路基压实度试验检测要点[J].运输经理世界,2024,(22):59-61.
- [2] 罗品.瑞雷面波检测系统在公路路基压实度质量检测中的应用[J].交通世界,2023,(25):141-143.
- [3] 张迪.公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].交通世界,2023,(11):122-124.
- [4] 程浩.路基压实度不足对路基路面结构性能的影响[J].交通科技与管理,2023,4(04):123-125.

3.3 压实度控制效果检测与分析

压实度控制效果验证以现场检测为核心,通过系统检测、全面分析,判断各项控制措施的应用成效,明确压实度控制质量。检测工作覆盖路基施工全段落、各分层,按照既定检测标准与频次,在碾压施工完成后及时对压实度进行检测,重点检测路基边缘、角落等易出现压实不足的薄弱区域,确保检测结果全面、真实反映压实质量。检测过程中,对检测数据进行详细记录与整理,重点分析压实度分布均匀性,排查是否存在压实度不达标区域,同时分析不达标区域的形成原因,判断是否与控制措施落实不到位相关。检测结果显示,路基各段落、各分层压实度均符合设计及规范要求,无大面积压实度不足现象,压实度分布均匀,路基边缘与中部压实质量一致,未出现松散、回弹等问题。

4 结语

路基压实质量直接决定公路工程整体性能与运营寿命,压实度不足引发的各类病害,会严重影响公路通行安全并增加养护成本。结合工程实践,系统梳理得出,填料性质不合理、含水率控制不当、压实机械与碾压工艺不匹配及现场管理不规范,是导致压实度不足的核心成因。通过优化填料选择与管控、强化含水率动态调节、匹配压实机具与碾压参数、规范施工流程及加强现场监管等针对性措施,可实现路基压实全过程精细化管控,有效提升压实质量,增强路基稳定性与耐久性。依托工程实践验证,相关控制措施科学可行,能切实解决压实度不足难题,为同类公路路基施工提供实用参考,助力公路工程施工质量持续提升,保障公路长期稳定高效运营。