

公路路基压实质量控制技术研究

马 宁

四川振通检测股份有限公司 四川绵阳

【摘要】公路路基压实质量是保障道路使用寿命与行车安全的关键环节。针对当前施工中存在的压实度不均、检测方法单一以及环境因素影响大的问题，本研究围绕压实质量控制技术展开系统分析。通过梳理压实机理，总结常用检测手段，探讨新型监测与控制技术的应用路径，并结合典型工程案例提出优化建议。研究表明，科学的施工工艺、先进的检测技术以及全过程质量管理是提升路基压实质量的核心要素，对推动公路建设质量标准化与精细化具有重要意义。

【关键词】路基压实；质量控制；检测技术；施工管理；公路工程

【收稿日期】2025 年 7 月 16 日

【出刊日期】2025 年 8 月 15 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250374

Research on quality control technology of highway subgrade compaction

Ning Ma

Sichuan Zhentong Inspection Co. Lte, Mianyang, Sichuan

【Abstract】 The compaction quality of highway subgrade is a key link in ensuring road service life and driving safety. Aiming at the problems existing in current construction, such as uneven compaction degree, single detection method, and significant influence of environmental factors, this study conducts a systematic analysis focusing on compaction quality control technology. By sorting out the compaction mechanism, summarizing common detection methods, exploring the application paths of new monitoring and control technologies, and putting forward optimization suggestions combined with typical engineering cases, the research results show that scientific construction technology, advanced detection technology, and whole-process quality management are the core elements to improve the compaction quality of subgrade, which is of great significance for promoting the standardization and refinement of highway construction quality.

【Keywords】 Subgrade compaction; Quality control; Detection technology; Construction management; Highway engineering

引言

公路工程中，路基作为承载上部结构和交通荷载的重要部分，其压实质量直接关系到道路的稳定性和耐久性。近年来，随着交通运输需求的快速增长，路基压实问题逐渐成为制约工程整体质量的重要因素。实践表明，若压实度不足，易导致沉降、开裂等病害，从而缩短道路使用寿命，增加维护成本。因此，对路基压实质量控制技术展开深入研究，不仅能够提升施工水平，也能为行业提供可借鉴的管理思路。本文将在分析问题成因的基础上，重点探讨压实检测与控制方法，力求提出行之有效的技术路径。

1 路基压实质量的重要性与影响因素分析

路基压实是公路工程施工的核心环节之一，决定了道路结构能否长期稳定运行。压实的过程通过机械

作用力排挤土体中的孔隙空气与部分水分，使土颗粒重新排列并形成密实结构，从而提高强度和稳定性^[1]。如果压实质量无法达到规范要求，路基会在车辆荷载及环境作用下产生不均匀沉降，直接影响到路面的平整度与耐久性，甚至可能引发严重的结构性破坏。实践中，压实不足会导致承载力下降，压实过度则容易产生结构扰动，这些问题都表明压实质量控制在工程建设中具有决定性作用。

影响路基压实质量的因素复杂且多样，主要包括土质类型、含水量、压实设备性能及施工工艺。不同土类在受力与变形特性上存在明显差异，黏性土容易因含水量过高而出现“弹簧土”，砂类土则在水分不足时难以达到密实效果。含水量是控制压实度的关键变量，处于最佳含水量状态的土体更容易获得最大干密度。

压实设备的吨位、振动频率和行驶速度等参数同样会对压实结果产生直接影响,而施工工序安排是否合理,也决定了压实过程能否在规定时间内完成,避免二次扰动。

在自然环境条件下,气候和地形也会对压实质量形成外部制约。高温环境下水分蒸发快,易导致土表层干燥而形成空鼓;低温条件中土体冻结,压实效果难以保证。降雨则可能造成含水量过大,使压实度大幅下降。地形坡度过大时,压实机具容易出现打滑或分层不均,降低施工效率。综合来看,路基压实质量控制需要同时考虑内部土体性质与外部施工环境,只有多因素协同作用下,才能实现稳定可靠的压实效果。

2 现有压实检测技术与应用问题研究

压实检测技术是保证路基压实质量的重要手段,其作用在于对施工效果进行客观评价并及时发现不足。目前常用的检测方法包括环刀法、灌砂法、核子密度仪检测以及轻便动力触探等。环刀法能够测定土体的天然密度和含水量,但操作繁琐,取样过程容易破坏结构;灌砂法在检测时需要精确测量体积,受人为因素影响较大,且效率偏低。核子密度仪依靠放射源测量密度与含水量,检测效率高、精度较好,但设备昂贵且对操作人员有辐射防护要求。动力触探可以快速反映土层承载力分布,但结果与实际压实度存在一定差距,仍需结合其他检测方法综合分析。

在实际应用过程中,现有检测手段存在一定局限性。传统方法多为点状检测,难以全面反映大面积路基的压实均匀性,导致局部缺陷不易发现。部分方法对环境依赖度高,例如降雨天气下灌砂法难以实施,高寒地区使用核子密度仪也存在测值偏差。检测数据的真实性还受到施工人员经验与操作规范的影响,一旦过程控制不到位,结果难以准确反映压实情况^[2-6]。检测频率往往受到工期和成本制约,导致质量管理存在滞后性,无法实现实时动态监控。进一步来看,传统检测方法在信息化和自动化程度上明显不足,数据记录仍依赖人工整理,容易出现遗漏或延迟,难以满足现代工程建设对高效率与高精度的要求。部分项目中,检测结果与实际施工情况存在较大偏差,管理层难以及时调整工艺参数,从而造成隐患的积累。如何提高检测覆盖率、增强环境适应性并实现实时反馈,已成为公路路基压实质量控制亟需突破的瓶颈。

面对这些问题,行业逐渐探索数字化与信息化手段辅助检测。例如,基于GPS定位的压实监控系统可以实时记录碾压轨迹和遍数,通过云端数据分析生成

压实度分布图,从而弥补点检的不足。然而在推广应用中,仍然存在设备兼容性差、数据处理标准不统一、施工人员操作技能不足等障碍。如何在保证精度的同时兼顾经济性与可操作性,是当前压实检测技术亟需解决的难题,也为后续新技术的发展提供了研究方向。

3 新型压实质量控制技术的实践探索

随着公路建设规模的扩大与标准的提升,传统压实控制手段已难以满足高质量发展的需求。新型压实质量控制技术应运而生,逐渐成为行业发展的重要趋势。其中,智能压实技术是近年来应用较为广泛的方向。该技术通过在压路机上安装振动传感器、GPS模块和数据采集系统,实现对土体刚度、压实能量及覆盖次数的实时监控。施工人员可以依据显示屏反馈的压实度指数调整作业参数,从而避免过压或欠压现象,提升施工的精细化水平。

地基增强材料的应用也为压实质量提供了新的保障途径。在一些软土地基区域,通过掺入石灰、水泥或粉煤灰等固化剂,可改善土体的工程性质,提高抗剪强度和压缩模量。近些年,改性剂与纳米材料被逐步引入路基施工,使土体颗粒间结合更为紧密,从而获得更高的密实度与稳定性。此外,利用土工格栅、土工布等新型材料进行加筋处理,能够有效分散荷载,减少不均匀沉降,对于提高整体路基压实质量具有明显成效。

信息化平台的建设为全过程压实质量控制提供了更加全面的技术支撑。通过实现施工设备、检测仪器与管理系统的互联互通,可以在施工的每一个环节进行数据采集与实时上传,管理人员不仅能够远程监控关键参数,还能通过大数据分析掌握压实度变化趋势^[7]。当系统发现异常时,能够自动生成预警并锁定问题位置,为现场人员提供精准的整改依据。这种智能化手段极大提升了施工的透明度和可控性,使路基压实质量不再依赖单一检测环节,而是形成动态闭环管理。实践证明,将物联网与大数据技术深度融合应用于压实控制,能够有效降低质量风险,提升施工水平,为道路长期安全运行创造可靠条件。

4 全过程管理在路基压实质量控制中的应用

全过程管理理念强调对公路路基施工进行系统化和全链条的质量控制,从施工准备、现场实施到竣工验收均需实现动态衔接与有效管控。在施工准备阶段,必须依据详尽的地质勘探资料,合理选择施工工艺和压实方案,并科学制定含水量控制计划和分层厚度标准,以确保施工参数符合设计与规范要求。压实机械的型号、数量以及运行状态需要提前调配到位,施工人员也

应开展针对性培训,提升操作规范性和应急处理能力。进入现场施工阶段后,应对压实遍数、碾压速度、含水量变化、压实能量等关键指标进行实时记录,并形成完整的数据档案。这些数据不仅能够为当下检测和质量评估提供依据,还能在后续复盘分析中为发现潜在隐患和优化工艺流程提供有力支持,从而使路基压实全过程实现科学、可控与可追溯。

在检测环节,全过程管理强调分层压实与分段检测相结合的模式,每完成一层路基压实便立即进行质量检测,确保不合格部分能够及时返工。同时,采用信息化管理平台将检测数据与施工日志对接,实现压实质量与施工过程的动态关联。这种模式打破了以往检测滞后的弊端,使得质量问题能够在萌芽阶段得到解决,显著提高了施工的可控性和安全性。建立第三方监督机制,引入独立检测机构参与全过程管理,有助于提升公正性与透明度。在这一过程中,检测手段不仅局限于传统方法,还可结合传感器监测、GPS 轨迹分析和实时压实度评价等先进技术,实现更高精度的数据采集与综合比对。通过多源数据融合,能够全面反映路基压实的空间分布特征,为管理人员提供科学决策依据。第三方监督与平台化管理的结合,还能形成责任可追溯机制,一旦出现质量问题,能够迅速锁定责任环节,有效避免推诿现象,进一步保障工程的整体质量与长远使用效益。

在竣工验收阶段,全过程管理不仅关注检测结果,还强调对施工过程的综合评价。通过比对设计参数与实际数据,分析施工过程中出现的偏差原因,并及时总结经验,能够为后续工程提供可操作性的改进措施。施工完成后,如果能够结合运维阶段的监测数据进行长期跟踪,将进一步构建起设计、施工、检测与运维一体化的闭环管理体系^[8]。这种方式不仅有助于持续优化施工工艺,还能提前预判潜在风险,提升道路的耐久性与使用安全。实践表明,将全过程管理理念引入公路路基施工,不仅能有效提高压实质量,而且能够推动行业在质量控制上逐步实现标准化与制度化,为未来大规模公路建设积累可复制、可推广的经验。

5 结语

本文围绕公路路基压实质量控制展开论述,从压实重要性、检测技术局限、新型技术探索到全过程管理应用进行了系统分析。研究认为,提升路基压实质量不仅依赖科学施工工艺和先进检测手段,更需要全过程质量管理理念的引入,实现施工过程与检测数据的动态联动。通过智能化设备与信息化平台的结合,能够提高压实均匀性和施工效率。实践证明,这一模式有助于形成标准化、制度化的质量保障机制,为未来公路建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 李光强,许东皓. 公路施工技术 & 路面施工质量控制措施探讨[J]. 汽车周刊, 2025, (05): 134-136.
- [2] 杜沛颀. 市政工程建设中路基路面施工技术要点研究[J]. 工程与建设, 2025, 39(02): 378-380.
- [3] 姜方林. 公路工程路基压实质量控制要点与检测方法[C]// 广西网络安全和信息化联合会. 2025 年第三届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集. 杭州兴瑞路桥工程有限公司, 2025: 338-340.
- [4] 陈龙,王刚强,杨敬礼,等. 黄土填料路基压实质量快速检测技术控制标准[J]. 中国建材科技, 2024, 33(06): 102-106.
- [5] 田洪远. 路基路面检测技术与质量控制措施[J]. 建材发展导向, 2024, 22(21): 24-27.
- [6] 王学朋,廖昕怡,张书国,等. 路基压实质量检测与评价综述[J]. 路基工程, 2024, (05): 1-6.D
- [7] 安再展,蔡德钧,叶阳升,等. 基于连续检测的高速铁路路基压实质量控制方法[J]. 铁道建筑, 2024, 64(02): 13-19.
- [8] 阮廷辉. 市政道路路基质量控制检测方法研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(21): 29-31.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

