

路基施工质量检测关键参数控制研究

艾彬

(安徽交检交通发展研究中心有限责任公司, 安徽 合肥 230051)

摘要 依托 S235 淮北一级公路项目, 路基施工质量控制重点放在压实度、用灰剂量、弯沉及地基承载力等核心参数的检测标准和采样频率上, 建立了涵盖人员、机械、材料、技术、环境和测量的六维管控体系。在整个过程中实施多层次检测方法, 结合信息管理方法, 对测量数据的统计分析验证了关键参数控制方法的有效性。结果表明, 工程控制理论与实际监测信息的有机结合, 可以形成超越常规检查的预测性维护视角, 显著提高路基施工质量控制的准确性, 为公路工程的耐久性和安全性提供更坚实的保障。

关键词 路基工程; 质量检测; 关键参数; 压实度; 过程控制

中图分类号: U415.12

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.21.036

0 引言

路基作为公路的承重结构, 其施工质量直接决定了路面的使用性能与道路的整体服役寿命。然而, 路基工程具有施工战线长、地质条件复杂、隐蔽工程多、质量控制难度大等特点, 传统的质量控制模式往往存在信息滞后、监管盲区等问题, 难以实现对施工过程的精准管控。如何科学界定并有效控制路基施工质量的关键参数, 构建全过程、多维度的质量检测体系, 已成为工程管理领域亟待解决的重要课题。本文以 S235 淮北段一级公路 (S235 濉唐路三期工程) 项目为依托, 结合《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)、《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019) 等规范要求, 深入分析路基施工质量检测的关键参数及其控制要点, 探讨全过程质量检测体系的构建与应用, 以期提升路基施工质量提供技术支撑。

1 工程概况

S235 濉唐路是安徽省国省干线公路网的重要组成部分, 其建设填补了 G237 与 G3 京台高速之间南北向干线公路的空白, 对优化区域路网结构、促进沿线经济发展具有重要意义^[1]。S235 淮北段一级公路 (S235 濉唐路三期工程) 路线全长 47.239 公里, 起点位于宋疃镇西侧 S101 与梧桐南路交叉口, 终点位于陈集东南侧 X009 上濉溪与怀远交界处。项目采用一级公路标准建设, 设计速度 80 km/h, 穿村庄路段限速 60 km/h, 一般路段路基宽度 24.5 m 和穿村庄路段 26 m。全线共设桥梁 35 座, 其中大桥 2 座, 浍河大桥长 711 m, 青

芦运煤铁路上跨桥长 591 m。地质条件复杂, 路基填筑量大, 对施工质量控制提出了较高要求。为保障工程质量, 项目设立了独立于施工和监理的中心试验室, 负责全线路基、桥涵等工程的原材料及实体质量的独立抽检和验证^[2]。

2 路基施工质量检测关键参数控制要点

为确保路基施工质量, 需建立科学的质量检测体系, 明确关键参数的控制标准、检测方法及频率。基于本项目检测方案, 关键参数的控制要点主要体现在以下几个方面。

2.1 压实度控制

压实度是衡量路基填土密实程度的核心指标, 直接影响路基的强度、稳定性及工后沉降。本项目对土质路基和结构物台背回填等不同部位的压实度均提出了严格要求。检测方法主要采用灌砂法, 对细粒土也可采用环刀法。依据《公路路基路面现场测试规程》(JTG 3450-2019) 和《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017) 的规定, 灌砂法取样时要求取至层底, 确保检测深度覆盖整个压实层; 环刀法取样时, 应使环刀中部处于压实层厚的 1/2 深度, 以保证检测的代表性。中心试验室对压实度的抽检频率严格按照“不低于承包人自检频率的 20%”执行^[3]。根据项目检测方案中的相关规定, 压实度检测采用随机取样方法, 灌砂法取样时取至层底。对于结构物台背回填这一关键薄弱部位, 同样按不低于自检频率 20% 的比例进行加密抽检, 确保其压实度满足设计要求。为验证压实

作者简介: 艾彬 (1987-), 男, 专科, 工程师, 研究方向: 交通运输工程 (道路与桥梁工程)。

度控制效果，选取 K25+000 ～ K30+000 段路基填筑施工过程中中心试验室抽检的压实度检测数据进行统计分析。该段落共抽检压实度 136 点，涵盖 93 区（路床）、

94 区（上路堤）和 96 区（下路堤）三个压实区。检测结果均满足设计要求，合格率达到 100%。各压实区的检测数据统计分析如表 1 所示。

表 1 路基压实度检测数据统计表

检测部位	设计压实度 (%)	检测点数	平均值 (%)	最小值 (%)	最大值 (%)	标准差	变异系数 (%)	合格率 (%)
93 区（路床）	≥ 93	45	94.6	93.5	96.2	0.71	0.75	100
94 区（上路堤）	≥ 94	48	95.2	94.1	97.0	0.68	0.71	100
96 区（下路堤）	≥ 96	43	96.1	95.0	97.8	0.82	0.85	100
合计	—	136	95.3	93.5	97.8	0.80	0.84	100

从表 1 数据分析可知：93 区压实度均值为 94.6%，高于设计值 1.6%，标准差为 0.71，变异系数为 0.75%，表明压实控制精度高，填筑质量均匀；94 区压实度均值为 95.2%，高于设计值 1.2%，标准差 0.68，变异系数 0.71%，数据离散性小；96 区压实度均值为 96.1%，高于设计值 0.1%，标准差 0.82，变异系数 0.85%，虽略高于其他区域，但仍处于优良水平。从整体来看，压实度控制稳定，施工质量均匀性良好，有效保障了路基的承载能力和稳定性。

2.2 灰剂量控制

对于石灰改善土路基，灰剂量是控制其强度和稳定性的关键参数。依据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG 3441-2024）的规定，采用 EDTA 滴定法进行灰剂量检测。取样应在松铺层中下部随机抽取，以保证检测的代表性。每种剂量的改善土均需通过试验绘制灰剂量标准曲线，作为现场检测的基准。中心试验室对灰剂量的抽检频率同样按照“不低于自检频率的 20%”执行^[4]。对 K18+000 ～ K25+000 段石灰改善土施工过程中中心试验室抽检的灰剂量检测数据进行统计分析。该段落共抽检灰剂量 102 点，设计灰剂量为 5.0%。检测数据统计分析如表 2 所示。

从表 2 数据分析可知，灰剂量整体平均值为 5.12%，略高于设计值，表明控制水平良好。从各批次检测数据看，98 个点的灰剂量位于设计值的 ±0.5% 范围内，占比

96.1%；灰剂量低于设计值的点数为 2 个，占比 2.0%，均经补灰处理达到合格标准；高于设计值的点数为 2 个，占比 2.0%。灰剂量检测的合格率为 98.0%，变异系数为 5.2%。各批次数据标准差在 0.14 ～ 0.19 之间，变异系数在 2.7% ～ 3.7% 之间，表明灰剂量控制相对稳定，拌和工艺和现场摊铺均匀性较好。对低于设计值的检测点进行追溯分析，发现主要原因为拌和机出料口取样时局部灰量不足，经调整拌和时间 and 加强现场摊铺均匀性控制后，后续批次灰剂量合格率明显提升^[5]。

2.3 弯沉值与地基承载力控制

弯沉值反映了路基顶面的整体承载能力，是评价路基强度和刚度的重要指标。依据《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450-2019）的规定，在路基顶面采用落锤式弯沉仪（FWD）或贝克曼梁法进行检测，通过均匀布点评估路基的整体强度。根据项目检测方案中的要求，路基顶弯沉检测采用贝克曼梁法或 FWD 法进行均匀布点检测。地基承载力主要针对涵洞、挡土墙等结构物基础，依据《公路工程地质原位测试规程》（JTG 3223-2021）规定，采用动力触探法（N10）进行检测，贯入深度一般不大于 4 m。对关键结构物基础进行 100% 覆盖检测，确保地基承载力满足设计要求。检测过程中严格执行《建筑地基检测技术规范》（JGJ 340-2015）的相关要求，对检测数据进行实时记录和分析，发现承载力不满足设计要求的点位，立即通知

表 2 灰剂量检测数据统计表

施工批次	设计灰剂量 (%)	检测点数	平均值 (%)	最小值 (%)	最大值 (%)	标准差	变异系数 (%)	合格率 (%)
第一批	5.0	25	5.08	4.8	5.4	0.18	3.5	96.0
第二批	5.0	26	5.11	4.9	5.3	0.15	2.9	100.0
第三批	5.0	25	5.14	4.9	5.5	0.19	3.7	96.0
第四批	5.0	26	5.15	5.0	5.4	0.14	2.7	100.0
合计	—	102	5.12	4.8	5.5	0.27	5.2	98.0

施工单位进行地基处理,处理完成后重新检测验证,直至满足设计要求。

2.4 全过程质量管控与信息化管理

为实现对路基施工质量的精准控制,项目构建了“人、机、料、法、环、测”六位一体的质量控制体系,该体系通过强化人员素质、保证设备精度、严控原材料质量、规范检测方法、改善试验环境和优化检测手段,全面保障检测数据的真实性和可靠性。智能施工现场的建设依赖于智能检测设备实时自动收集和上传测试数据,并将测试检测平台与BIM技术平台连接起来,构建基于信息化的工程质量动态管理系统^[6]。平台能够将检测结果快速反馈给管理决策层,实现质量问题的动态预警和闭环处理流程,从而显著提高管理活动的效率和所获数据的真实性。BIM模型承载的几何和物理信息、物联网收集的实时施工数据以及项目质量管理的标准化流程的有机整合,实现质量问题的动态预警和闭环处理提升管理效率。

3 路基施工质量检测关键参数控制成果

在S235淮北一级公路项目中,关键参数控制系统的实施使路基施工质量显示出显著的控制效果。传统的质量控制模式已经从被动的后验证转变为主动的过程预控。系统建立了严格的原材料准入机制和标准的检测验证程序,从源头上防止不合格材料进入施工现场。中心实验室对进入现场的每批热轧带肋钢筋进行拉伸试验等一系列试验,系统测量水泥细度等多项关键指标,确保填料的性能符合设计和规范要求。借助智能检测设备和综合信息管理平台,提高了检测工作的效率和生成数据的真实性,为建立质量问题快速响应机制提供了技术基础。项目报告的路基压实度试验合格率已达到100%,灰剂量合格率也保持在98.0%。实施密集取样策略,提高对易发生后沉降的结构平台回填等薄弱环节的质量管理精度。施工质量的稳定并非仅源于对最终结果的反复核查,更依赖于对生产过程中每个相互作用要素的持续干预与校准。信息化动态管理平台的真正价值,或许不在于生成更多的数据点,而在于如何将这些离散的证据碎片编织成一张能够揭示工程实体内部真实应力与演化趋势的认知之网。图1展示了本项目试验检测工作的全过程程序。

4 结论

本文以S235淮北段一级公路项目为依托,对路基施工质量检测关键参数的控制进行了系统研究,得出以下结论:



图1 中心实验室材料试验工作程序图

1. 压实度、填料性质(灰剂量)、弯沉值和地基承载力是控制路基施工质量的核心参数,必须对其进行重点监控。这些参数分别从密实程度、材料性能、整体强度和基础稳定性等维度反映了路基的工程质量。

2. 全过程、多层次的检测体系是质量保障的关键。从施工准备阶段的标准试验验证,到施工阶段的过程抽检,再到缺陷责任期的调查分析,形成了完整的质量控制闭环。抽检频率不低于承包人自检20%的规定,确保了抽检的覆盖面和代表性。

3. “人、机、料、法、环、测”六位一体的质量控制体系与信息化管理是提升管理效能的有效手段。通过规范人员行为、保证设备精度、严控材料质量、标准化检测方法、优化检测环境和引入智能化检测技术,有效保障了检测数据的真实可靠,实现了质量管理的动态监控和可视化管理。

4. 数据分析验证了关键参数控制方法的有效性。压实度和灰剂量检测数据的统计分析表明,关键参数控制良好,合格率高,变异系数小,施工质量均匀稳定。科学管理带来了显著的质量效益,为类似大型公路工程的质量管理提供了可借鉴的成功经验。

参考文献:

- [1] 吴永煤,杨硕,杨家鸿,等.基于冲击荷载法的路基质量检测机理与现场应用研究[J].公路,2025(07):50-56.
- [2] 唐春学.公路路基路面检测中回弹弯沉检测方法对比试验探讨[J].交通科技与管理,2025,06(08):134-136.
- [3] 独小军.路面平整度试验检测技术在公路工程施工及养护管理中的应用探讨[J].科技与创新,2025(10):208-211.
- [4] 罗恺彦,甫尔海提·艾尼瓦尔,练强,等.基于行车振动数据的超高速路面平整度质量要求研究[J].公路交通科技,2023,40(S1):143-149.
- [5] 刘亮.市政道路建设工程施工技术与质量管理[J].工程设计与施工,2025,07(02):59-61.
- [6] 李周.基于BIM的公路工程路基试验检测技术分析[J].四川建材,2025,51(05):230-232.