

高填方路基沉降观测与压实度控制的现场实践探讨

文海龙

云南云岭高速公路工程咨询有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：高填方路基在公路、铁路等交通基础设施建设中应用广泛，其施工质量直接关系到工程的安全性、稳定性和使用寿命。沉降观测与压实度控制是高填方路基施工质量管控的核心环节，二者相互关联、缺一不可。本文结合实际工程案例，详细阐述高填方路基沉降观测的方案设计、实施流程及数据处理方法，深入分析压实度控制的关键影响因素与现场控制技术，针对实践中存在的问题提出优化对策，为同类工程的施工质量管控提供参考。

【关键词】：高填方路基；沉降观测；压实度控制；现场实践；质量管控

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.057

1 引言

随着我国交通建设事业的快速发展，高等级公路和铁路逐渐向山区、丘陵地带延伸，高填方路基的应用场景日益增多。高填方路基因填土高度大、荷载作用显著，施工后易出现不均匀沉降、裂缝等病害，严重时会导致路面破损、结构失稳，影响交通通行安全。沉降观测能够实时掌握路基沉降变形规律，为判断路基稳定性提供数据支撑；压实度则是衡量路基填土密实程度的核心指标，直接决定路基的承载能力和抗变形性能。因此，强化高填方路基沉降观测与压实度控制的现场管理，提升施工技术水平，是保障工程质量的关键所在。

本文基于某高速公路高填方路基施工项目，对沉降观测与压实度控制的现场实践进行深入探讨。

2 高填方路基沉降观测的现场实践

2.1 观测方案设计

沉降观测方案的科学性直接影响观测数据的准确性和可靠性，需结合工程地质条件、填土高度、施工工艺等因素综合设计，核心内容包括观测点布设、观测频率及观测仪器选择。观测点布设应遵循全面覆盖、重点突出的原则。在路基横断面方向，于路基中心、路肩及坡脚处布设观测点，横断面间距根据填土高度调整，填土高度大于20m时间距取20-30m，小于20m时间距取30-50m；在纵断面方向，除在填方起点、终点、变坡点等关键部位布设观测点外，还需在桥梁、涵洞等结构物与路基衔接处加密布设，确保能够全面捕捉路基沉降变形特征。

观测点采用钢制沉降板，由底板、测杆和保护套管组成，底板尺寸为50cm×50cm×1cm，测杆采用φ40mm镀锌钢管，保护套管采用φ80mmPVC管，安装时确保底板水平、测杆垂直，顶部高出填土面

20-30cm并做好防护措施，避免施工碰撞损坏。观测频率需根据施工阶段和沉降速率动态调整。施工期间，每填筑一层观测一次，填筑间隔时间较长时，每周至少观测一次；路基填筑完成后，前3个月每月观测2次，3-6个月每月观测1次，6-12个月每3个月观测1次，1年后每6个月观测1次，直至沉降稳定。当观测数据出现突变时，需加密观测频率，及时分析异常原因。观测仪器选用精度符合要求的电子水准仪配合铟钢水准尺，仪器需经法定计量机构校准合格后方可使用。观测前对水准仪进行i角检验与校正，确保观测精度满足二级水准观测标准，闭合差控制在 $\pm 1.0\sqrt{n}$ mm（n为测站数）。

2.2 观测实施与数据处理

沉降观测严格按照二级水准测量规范执行，每次观测遵循“同仪器、同观测人员、同观测路线、同观测时间”的原则，减少系统误差。观测时从基准点出发，依次观测各沉降观测点，记录观测数据，形成水准测量手簿。基准点需布设在路基影响范围外的稳定区域，采用深埋式水准点，数量不少于3个，定期对基准点进行复核，确保其稳定性。观测数据处理是沉降分析的基础，需对原始数据进行整理、校验与分析。首先剔除异常数据，对观测数据中的粗差采用格拉布斯准则进行判断与剔除；其次计算沉降量，某观测点的沉降量为本次观测高程与首次观测高程的差值；最后绘制沉降-时间曲线和沉降-填土高度曲线，直观反映路基沉降变形规律。当连续3个月沉降速率小于0.5mm/月时，可判定路基沉降基本稳定。

2.3 工程案例观测结果分析

某高速公路K12+300-K12+500段为高填方路基，最大填土高度32m，路基填料为粉质黏土，按照上述观测方案开展沉降观测。观测周期为18个月，共布设

观测点 12 个。观测结果显示，路基填筑阶段沉降速率较大，最大沉降速率达 8.2mm/月，主要因填土自重作用导致土体压缩；填筑完成后，沉降速率逐渐减小，填筑完成 12 个月，沉降速率降至 0.4mm/月，满足稳定判定标准；截至观测结束，累计最大沉降量为 356mm，沉降量随填土高度增加而增大，路基中心沉降量大于路肩沉降量，整体沉降均匀，未出现异常突变情况，表明该段路基稳定性良好。

3 高填方路基压实度控制的现场实践

3.1 压实度控制的关键影响因素

高填方路基压实度受多种因素影响，核心因素包括填料性质、含水量、压实机械及压实工艺。填料性质直接决定压实效果，粒径过大、含泥量过高的填料难以压实，应选择级配良好的碎石土、砂砾土等作为高填方路基填料，含泥量控制在 10% 以内；含水量是压实的关键参数，含水量过高时，土体中孔隙水难以排出，压实后易出现弹簧现象，含水量过低时，土体颗粒间摩擦力大，难以压实，需将填料含水量控制在最佳含水量±2% 范围内；压实机械的吨位、类型影响压实深度和压实效果，高填方路基宜选用 20t 以上重型振动压路机，搭配小型夯实机处理边角部位；压实工艺包括碾压速度、碾压遍数及碾压顺序，碾压速度宜控制在 2-4km/h，碾压遍数需通过试验段确定，一般为 6-8 遍，碾压顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中、先低后高”的原则。

3.2 压实度控制的现场技术措施

3.2.1 填料预处理

填料进场前需进行试验检测，测定其颗粒级配、最佳含水量、最大干密度等指标，不合格填料严禁进场。对于含水量超标或不足的填料，需进行晾晒或洒水处理，确保含水量符合要求；对于粒径过大的填料，采用破碎机进行破碎，粒径控制在 50mm 以内；对于含泥量过高的填料，进行筛分处理，去除多余泥土。

3.2.2 试验段确定压实参数

正式施工前，选取代表性路段设置试验段，长度不少于 100m，宽度不少于路基设计宽度。根据填料类型和压实机械，拟定不同的碾压遍数、碾压速度及含水量参数，进行压实试验，测定各参数组合下的压实度，最终确定最佳压实参数。本次工程试验段确定的最佳参数为：填料最佳含水量 14.2%，最大干密度 1.92g/cm³，碾压机械选用 22t 振动压路机，碾压速度 3km/h，碾压遍数 7 遍，压实度合格率达 98% 以上。

3.2.3 现场压实过程控制

路基填筑采用分层填筑、分层压实的方式，每层填土厚度根据压实机械确定，重型振动压路机碾压时，分层厚度控制在 20-30cm。填土前，在路基边坡处设置厚度控制桩，确保分层厚度均匀。填料摊铺采用平地机整平，摊铺宽度比路基设计宽度宽 50cm，避免路基边缘压实不足。碾压过程中，安排专人跟踪检查，确保碾压顺序正确、碾压速度均匀，无漏压、超压现象。碾压完成后，及时进行压实度检测，检测合格后方可进行下一层填筑。

3.3 压实度检测结果与控制效果

结合上述工程案例，对 K12+300-K12+500 段高填方路基压实度进行全程检测，共检测 286 点，合格 281 点，合格率达 98.25%。检测结果显示，填料含水量控制在最佳含水量±2% 范围内时，压实度合格率达 99% 以上；采用重型振动压路机碾压，搭配合理的碾压遍数和速度，能够有效提升压实效果；边角部位采用小型夯实机补压后，压实度合格率从初始的 82% 提升至 97%。通过强化压实度全过程控制，该段路基压实质量良好，为路基稳定性提供了有力保障。

表 1 某高速公路高填方路基压实度检测结果统计

检测路段	检测点数 (点)	合格点数 (点)	合格率 (%)	主要不合格原因
K12+300-K12+350	48	47	97.92	边角部位碾压不到位
K12+350-K12+400	52	51	98.08	局部填料含水量偏高
K12+400-K12+450	63	62	98.41	无明显不合格原因
K12+450-K12+500	123	121	98.37	局部填料含泥量偏高
合计	286	281	98.25	-

4 实践中存在的问题及优化对策

4.1 存在的主要问题

通过对多个高填方路基施工项目的调研的总结，现场实践中存在的问题主要集中在三个方面。一是沉降观测点易受施工破坏，部分观测点因填筑机械碰撞、人为损坏导致观测中断，影响观测数据的连续性；二是填料含水量控制难度大，山区项目受天气影响显著，填料晾晒或洒水不及时，导致含水量偏离最佳范围，

压实度难以达标；三是边角部位压实不到位，路基边坡、结构物衔接处等部位因压实机械作业空间受限，碾压不充分，易出现压实度不足的情况。

4.2 优化对策

4.2.1 采取“防护+管控+补测”三重保障措施

在防护设计上，观测点安装完成后，立即设置高度不低于1.2m的钢制防护栏，防护栏与观测点的水平距离不小于1m，同时悬挂“观测点保护严禁碰撞”的警示标志，标志尺寸不小于60cm×40cm，确保施工人员与机械操作人员清晰可见。在日常管控上，建立观测点责任制，明确施工班组安全员为直接责任人，每日施工前对观测点进行巡查，填写《观测点巡查记录表》，详细记录观测点完好状态、防护设施情况，发现问题立即上报并组织整改。在数据补测方面，若观测点损坏导致数据缺失，需在24小时内完成修复或补设，补设观测点与原观测点的水平距离不超过5m，确保监测区域一致；对于缺失的沉降数据，采用相邻观测点同期沉降速率进行线性插值补充，插值前需对相邻观测点数据的合理性进行验证，确保补充数据符合沉降变形规律。

4.2.2 构建闭环管理体系

源头管控阶段，填料开采前提前查看天气预报，避开雨天开采；开采后分类堆放，采用防雨布全覆盖，避免雨水浸泡。过程监测阶段，配置3台以上便携式含水量快速测定仪，每批填料进场后，按每500m³抽检不少于3组的标准进行含水量检测，检测点均匀分布在填料堆体不同部位；摊铺过程中，安排专人每20m检测1组含水量，实时掌握填料含水量变化。动态调整阶段，若检测发现含水量偏高，采用铧犁翻晒结合强制通风的方式处理，翻晒厚度控制在20-30cm，翻晒次数不少于2次，直至含水量降至最佳含水量±1%范围；若含水量偏低，采用雾状洒水车均匀洒水，洒水后焖料2-4小时，确保水分充分渗透至填料内部。同时，建立含水量监测台账，将检测数据与天气情况、

处理措施一一对应，形成可追溯的管理记录。

4.2.3 优化机械组合工艺控制流程

在机械组合上，采用“大型压路机为主、小型专用机具为辅”的模式，路基主体区域采用22t以上重型振动压路机碾压，边角部位搭配2t小型振动夯实机与冲击夯联合作业，其中桥台台背、涵洞进出口等狭小区域优先采用冲击夯，夯实能量不低于12kJ。在工艺控制上，边角部位填土采用薄层摊铺，每层摊铺厚度控制在15-20cm，比路基主体区域薄5-10cm；夯实顺序遵循“由内向外、由浅入深”的原则，夯实遍数不少于10遍，每夯实3遍进行一次平整度检查，确保夯实均匀。对于路基边坡与主体衔接处，采用台阶式衔接，台阶宽度不小于1m，台阶高度与填土分层厚度一致，衔接部位额外增加2遍碾压。在质量复检上，边角部位压实度检测频率比主体区域提高50%，每1000m²抽检不少于3点，检测采用灌砂法，若检测不合格，立即划定不合格区域，增加夯实遍数后重新检测，直至合格后方可进行下一层填筑。

5 结论与展望

高填方路基沉降观测与压实度控制是保障工程质量的核心环节，沉降观测能够为路基稳定性判断提供数据支撑，压实度控制直接决定路基的承载能力和抗变形性能。通过科学设计沉降观测方案、严格执行观测流程、精准处理观测数据，能够实时掌握路基沉降变形规律；通过优化填料选择、精准控制含水量、合理选用压实机械及工艺、强化现场检测，能够有效提升压实度合格率。结合工程实践，针对观测点保护、含水量控制及边角压实等问题采取针对性优化对策，可进一步提升高填方路基施工质量。随着智能化技术在交通建设领域的广泛应用，可将无人机测绘、物联网监测等技术融入沉降观测工作，实现观测数据的自动化采集与实时传输；在压实度控制方面，可研发智能化压实设备，实现压实过程的实时监测与精准控制，进一步提升高填方路基施工质量管控的智能化水平，推动高填方路基施工技术的持续发展。

参考文献：

- [1] 郑娟.公路工程高填方路基施工技术及其质量控制研究[J].运输经理世界,2025,(12):32-34.
- [2] 寇利.填筑施工与沉降监测同步进行的高填方路基工艺优化[J].交通世界,2024,(28):110-112.
- [3] 胡艳琼,康慧,李鸿洁.山区高填方路基稳定性监测分析与预测[J].福建交通科技,2023,(09):6-9.
- [4] 贾铁铮.高填方路基不均匀沉降的观测与防治分析[J].交通世界,2021,(07):38-39+43.
- [5] 刘明俊,陈建.分析高速公路高填方路基施工处理技术的应用[J].黑龙江交通科技,2020,43(04):60+62.