

高填方路基沉降控制施工技术与探析

张晋磊

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 高填方路基在交通工程中应用广泛,但其沉降问题易影响工程质量与使用寿命。本文界定了高填方路基范围及工程特点,分析沉降形成机理与影响因素,重点阐述施工前期准备、核心施工技术、沉降监测及数据处理的具体要点,涵盖填料管控、地基处理、排水施工、沉降监测等关键环节。通过规范施工流程、优化技术方案、完善监测预警机制,实现高填方路基沉降有效控制。研究成果可为同类高填方路基工程沉降控制提供技术参考与实践借鉴,保障工程结构安全稳定。

关键词: 高填方路基; 沉降控制; 前期准备; 施工技术; 监测技术

引言: 随着交通工程建设向山区、丘陵地带延伸,高填方路基应用日益广泛,但其填土体量庞大、受力复杂,沉降问题成为工程施工中的突出难题,易引发路基开裂、路面破损等隐患,影响行车安全与工程耐久性。当前,高填方路基沉降控制仍存在施工工艺不规范、监测体系不完善等问题。基于此,本文围绕高填方路基沉降控制展开探析,系统梳理沉降形成规律、影响因素及施工技术要点,结合监测数据处理与预警机制,提出针对性控制措施,为工程实践提供技术支撑,推动高填方路基施工质量提升。

1 高填方路基沉降控制施工技术概述

1.1 高填方路基的界定与工程特点

高填方路基是公路、铁路等交通工程中常见的结构形式,目前行业内普遍界定为填土高度大于18m(土质路基)或20m(石质路基)的路基段落,具体界定标准可结合工程地质条件、设计规范及施工要求灵活调整。其核心工程特点体现在三个方面:一是填土体量庞大,施工分层作业难度高,对填料均匀性和压实度要求严苛;二是受力条件复杂,路基不仅承受自身填土重量,还需承担上部路面结构及行车荷载,易产生累计沉降;三是受环境影响显著,降雨、地下水浸泡、温度变化等因素均会加剧路基沉降风险,且沉降周期长,后期维护难度大。

1.2 路基沉降的形成机理与分类

路基沉降的形成本质是路基土体在荷载作用下发生压缩、变形的过程,核心机理是土体颗粒重新排列、孔隙减小,以及地基土的压缩沉降。根据沉降发生的时间和原因,可分为两类:瞬时沉降和长期沉降。瞬时沉降发生在填土施工过程中,由土体瞬时弹性变形引发,沉降量较小且完成速度快;长期沉降则发生在施工完成后,主要包括土体固结沉降和次固结沉降,其中固结沉降是

由于孔隙水排出、土体密实度提升导致,次固结沉降则是土体颗粒长期蠕变产生,此类沉降持续时间长,是沉降控制的重点。

1.3 影响高填方路基沉降的主要因素

影响高填方路基沉降的因素可分为内在因素和外在因素。内在因素主要是填料性质和地基条件,填料的颗粒级配、含水量、压实度直接影响路基密实度,不合格填料易导致后期沉降;地基承载力不足、地质条件复杂(如软土地基),会使地基压缩变形过大,引发路基整体沉降。外在因素包括施工工艺、荷载作用和环境条件,施工中分层摊铺厚度过大、压实不到位,会留下沉降隐患;上部行车荷载的长期作用会加剧沉降;降雨冲刷、地下水上升、冻融循环等环境因素,会破坏路基土体结构,降低土体强度,间接增加沉降量^[1]。

2 高填方路基施工前期沉降控制准备工作

高填方路基施工前期沉降控制准备工作,直接决定后续施工质量与沉降防控效果,核心围绕地质勘察、填料管控、方案设计及设备人员准备四大环节展开。(1)工程地质勘察与沉降风险评估:全面勘察施工区域地质条件,明确地基土层分布、承载力、地下水位及不良地质分布范围,通过现场试验获取土层核心参数,建立沉降风险评估体系,划分风险等级并制定防控预案。(2)填料选择与性能指标控制:优先选用级配良好、强度高、压缩性小的填料,严禁使用不合格填料,对选定填料进行室内试验,检测相关性能指标,规划堆放场地并做好防雨排水措施,保障填料性能稳定。(3)施工方案优化与沉降控制目标设定:结合工程实际、地质条件及风险评估结果,优化施工方案,明确分层摊铺、压实等关键参数,设定合理沉降控制目标及工后沉降允许值,细化控制要点并形成技术交底文件。(4)施工机械设备与人员准备:选

用符合要求的压实、摊铺及检测设备,进场前调试校验;对施工人员开展技术培训,明确沉降控制要求及施工标准,提升专业素养,确保施工规范有序^[2]。

3 高填方路基沉降控制核心施工技术

3.1 填料摊铺与分层压实技术

填料摊铺与分层压实是控制高填方路基沉降的核心工序,需严格遵循“分层摊铺、分层压实、分层检测”的原则,具体技术要点如下:(1)摊铺参数控制。采用平地机进行填料摊铺,摊铺厚度根据填料类型、压实机械性能确定,土质填料摊铺厚度控制在20~30cm,石质填料控制在30~50cm,摊铺宽度比设计路基宽50cm,预留后期修整余量。摊铺过程中保持填料均匀,避免出现局部堆积、空洞或离析现象,摊铺坡度控制在2%~3%,便于排水。(2)含水量调控。摊铺前检测填料含水量,若含水量高于最佳含水量,采用晾晒、翻拌等方式降低含水量;若低于最佳含水量,采用洒水湿润方式补足,确保填料含水量控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 范围内,保障压实效果。(3)分层压实操作。压实机械选用重型压路机,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。碾压时重叠宽度不小于1/3轮宽,碾压速度控制在2~4km/h,碾压次数根据试验段确定,一般不少于6~8遍,直至压实度达到设计要求(土质路基压实度不低于95%,石质路基不低于93%)。(4)压实检测验收。每压实一层后,采用环刀法、灌砂法等现场检测方法,检测压实度、孔隙率等指标,检测合格后方可进行下一层摊铺压实,不合格路段需重新翻拌、碾压,直至达标。

3.2 路基排水系统施工技术

路基排水不畅会导致土体软化、强度下降,引发沉降隐患,需构建完善的排水系统,具体施工技术要点如下:(1)地表排水施工。路基两侧设置边沟,边沟断面采用梯形,沟底宽度不小于0.6m,深度不小于0.8m,边坡坡度为1:1.5。路基顶面设置2%~4%的横坡,便于地表积水快速排出,避免积水渗透至路基内部。同时在路基坡脚设置排水沟,将边沟积水引入排水系统,防止坡脚积水浸泡路基。(2)地下排水施工。对于地下水位较高或含水量较大的路段,设置渗沟、渗井等地下排水设施。渗沟采用梯形断面,沟内填充碎石、卵石等透水性材料,顶部铺设反滤层,防止土体堵塞渗沟;渗井间距控制在10~15m,深度穿透软土层,将地下水引入地下排水系统,降低地下水位。(3)排水系统衔接。确保地表排水与地下排水系统衔接顺畅,边沟、排水沟与渗沟、渗井连通,避免出现排水死角。排水设施施工完成后,进行闭水试验,检查是否存在渗漏、堵塞等问题,及时进行整改^[3]。

3.3 地基处理强化施工技术

地基承载力不足是引发高填方路基沉降的主要原因之一,需根据地基地质条件,采用针对性的地基处理技术,具体要点如下:(1)换填法施工。对于软土地基、湿陷性黄土地基等不良地基,采用换填法处理,换填材料选用级配良好的碎石、灰土等强度高、压缩性小的材料。换填厚度根据地基承载力要求确定,一般为0.5~2.0m,换填过程中分层摊铺、分层压实,压实度不低于95%,换填完成后进行地基承载力检测。(2)强夯法施工。对于碎石土、砂土等地基,采用强夯法强化处理,强夯锤重10~20t,落距3~5m,夯点间距2~4m,呈梅花形布置。每遍夯击次数根据试验确定,一般为3~5遍,两遍夯击间隔7~14d,待孔隙水压力消散后再进行下一遍夯击,夯击完成后检测地基承载力,确保达到设计要求。(3)CFG桩复合地基施工。对于承载力要求较高的路段,采用CFG桩复合地基处理,CFG桩直径400~600mm,桩长根据地质条件确定,桩间距1.5~2.5m。施工采用长螺旋钻孔灌注法,桩体材料选用水泥、粉煤灰、碎石混合材料,灌注过程中确保桩体密实,桩顶铺设褥垫层,厚度10~20cm,提升地基整体承载力。

3.4 高填方路基拼接段沉降控制技术

高填方路基拼接段易因新旧路基沉降差异引发开裂、沉降,需重点控制拼接施工质量,具体技术要点如下:(1)旧路基处理。拼接前对旧路基边坡进行开挖,开挖坡度为1:1.5~1:2.0,开挖深度不小于1.0m,清除边坡表面浮土、杂草及松散土体,对开挖面进行压实处理,压实度不低于95%。(2)拼接层施工。拼接层填料选用与旧路基一致的填料,分层摊铺、分层压实,摊铺厚度控制在20cm以内,压实机械选用小型压路机配合重型压路机,确保拼接层与旧路基紧密结合,避免出现缝隙。(3)沉降观测与衔接。拼接施工过程中,在新旧路基拼接处设置沉降观测点,定期观测沉降量,若沉降差异超过允许值,及时调整施工参数。同时控制拼接段施工速度,避免过快加载导致沉降不均,施工完成后持续观测沉降情况,直至沉降稳定^[4]。

4 高填方路基沉降监测技术与数据处理

4.1 沉降监测方案设计与监测点布置

监测方案结合工程规模、地质条件及沉降控制目标制定,监测点布置遵循“全面覆盖、重点突出”原则。(1)监测范围:涵盖高填方路基全段,重点覆盖路基中心、边坡、拼接段及不良地质路段,监测长度与路基填筑长度一致,宽度延伸至路基两侧坡脚外5~10m。(2)监测点布置:路基顶面按50~100m间距布设沉降盘,中心及

两侧路肩各1个；边坡按20–30m间距布设位移监测点，每级边坡至少2个，同步布设测斜管监测深层位移；重点区域间距缩小至20–30m，呈梅花形布置。沉降盘、位移监测点采用钢筋混凝土预制桩，埋深不小于0.5m，顶部设标识牌。

4.2 常用沉降监测仪器与操作方法

结合施工实际选用精准便捷的监测仪器，严格按规范操作。(1) 仪器选型：主要选用水准仪、沉降计、测缝计、测斜仪，水准仪精度不低于0.1mm，用于沉降盘、位移监测点常规观测；沉降计量程0–500mm、精度0.01mm，用于长期自动化监测；测缝计量程0–100mm，用于裂缝监测；测斜仪搭配测斜管，监测边坡深层位移。(2) 操作方法：水准仪采用闭合水准测量法观测计算；沉降计埋入式安装，安装前校验；测斜管垂直埋入，测斜仪匀速下放采集数据；测缝计安装于裂缝两侧，避免人为触碰。

4.3 监测数据采集、整理与分析

数据采集整理规范有序，分析贴合施工实际。(1) 数据采集：施工期间每3–7d1次，填筑完成后每15–30d1次，沉降速率 $> 0.5\text{mm/d}$ 时加密至每日1次，同步记录监测时间、编号、数据及现场环境。(2) 数据整理：筛选原始数据、剔除异常值，统一换算基准面沉降及位移值，建立台账、形成报表。(3) 数据处理分析：采用趋势、回归分析，绘制沉降–时间、位移–深度曲线，明确变化规律，判断稳定性、识别异常路段。

4.4 基于监测数据的沉降预警机制

结合监测数据设定预警指标，建立完善预警机制。(1) 预警指标：两级预警，一级预警为沉降速率 $0.3\text{--}0.5\text{mm/d}$ 、累计沉降量达设计允许值80%或测斜管位移速率 $> 0.3\text{mm/d}$ ；二级预警为沉降速率 $> 0.5\text{mm/d}$ 、累计沉降量超限或测斜管位移速率 $> 0.5\text{mm/d}$ 。(2) 预警处置：一级预警加密监测、排查隐患；二级预警立即停工，采取卸载、加固等措施，稳定后复工。(3) 记录归档：详细记录预警事件、处置措施及效果，归档至工程资料，为后续工程提供参考^[5]。

结束语：高填方路基沉降控制是一项系统性工程，需贯穿施工前期准备、施工过程管控及后期监测全过程。本文从沉降机理、施工技术、监测处理等方面，全面分析了高填方路基沉降控制的关键要点，明确了填料摊铺、地基处理、排水施工及沉降监测的核心要求。实践表明，严格落实各项施工技术标准，建立完善的监测与预警机制，可有效降低沉降风险。后续可优化技术方案，进一步提升沉降控制精度，为高填方路基工程的安全、高效建设提供更全面的技术保障。

参考文献：

- [1]徐琛.高填方路基不均匀沉降机理及控制技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(2):041–044.
- [2]朱妍.高填方路基施工中的沉降控制技术[J].交通世界,2025(24):68–70.
- [3]代文军.公路高填方路基沉降控制施工技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(12):070–073.
- [4]袁方军,冯昌标,成宇,李志昊.高填方路基沉降控制技术综述[J].交通节能与环保,2025,21(4):217–222.
- [5]姬静静.公路施工中高填方路基的沉降控制技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(8):124–127.