

土方填筑质量控制新技术应用与实践路径

陈晓龙

新疆北方建设集团有限公司 新疆 奎屯 833200

摘要: 在土方填筑工程中, 质量控制至关重要, 关乎工程的稳定性与安全性。传统施工方式存在诸多局限, 难以满足现代工程对填筑质量的高要求, 如难以全面覆盖作业区域、结合面处理缺乏标准、监测数据不连续等。随着技术发展, 数字化施工技术深度集成、智能化施工设备创新应用、新型材料与工艺协同创新成为趋势。本文将深入探讨土方填筑质量控制的新技术应用体系与实践路径, 为提升填筑质量提供参考。

关键词: 土方填筑; 质量控制; 实践路径

引言: 土方填筑质量控制面临传统施工局限与现代工程高要求双重挑战。为此, 需构建新技术应用体系, 包括数字化施工技术的深度集成、智能化施工设备的创新应用、新型材料与工艺的协同创新。在实践路径上, 施工前要开展地质勘测、检验回填土料、优化施工方案; 施工中要严格执行分层填筑工艺、做好结合面处理; 施工后要合理选择检测方法、处理不合格区域, 并将全流程数据上传信息化平台, 为后续工程提供数据支撑。

1 土方填筑质量控制的核心挑战与技术需求

1.1 传统施工的局限性分析

传统压实机械受结构和作业范围制约, 难以全面覆盖填筑区域边角与异形部位, 碾压轨迹无法贴合边缘, 使这些区域压实次数不够、能量传递不均, 压实度低于设计标准, 还易引发填筑体内部应力失衡, 埋下质量隐患。机械无法作业的狭小区域依赖人工夯实, 其力度和频率靠人员经验与体力把控, 效率低难满足进度要求, 且因人员操作习惯、体力消耗不同, 夯实质量波动大, 影响填筑体整体质量。多层填筑需重视结合面处理, 传统施工缺乏标准化流程, 常仅简单清理浮土, 未做拉毛、洒水等处理, 导致上下层结合不紧密, 后续易因应力集中出现不均匀沉降, 威胁工程安全。传统监测依赖人工取样, 需施工后检测, 存在时间滞后, 且取样点位有限, 无法全面覆盖填筑区域, 数据不连续, 易遗漏质量问题, 增加返工成本与工期延误风险^[1]。

1.2 现代工程对填筑质量的技术要求

高填方路基应用渐广, 自身重量大且承受多重荷载, 现代工程要求其施工后长期保持稳定力学性能, 设计年限内总变形量可控, 还需具备强抗疲劳变形能力, 避免变形累积超限。现代工程常遇复杂地质, 对填筑体稳定性要求更高。需通过优化材料配比与施工工艺, 提升填筑体强度和抗剪性能, 确保在外界因素影响下,

不发生失稳事故, 与周边地质协调受力。环保理念推动下, 现代工程对填筑材料和工艺有明确约束。材料需优先选环保、可循环类型, 减少资源开采与污染; 工艺需低噪声、低扬尘, 优化流程降能耗减排, 实现工程与生态协调。信息化推动填筑施工智能化, 现代工程需建全过程监控系统, 用技术手段实时采集关键数据, 构建分析模型识别质量异常, 动态调整施工参数, 确保填筑质量受控, 提升效率与管控水平。

2 土方填筑质量控制的新技术应用体系

2.1 数字化施工技术的深度集成

BIM技术借三维模型管控填筑施工, 施工前结合地质模型仿真方案, 预判并调整问题; 施工中动态算填筑量、定材料计划, 还通过碰撞检测优化机械路径与工序衔接, 减少干扰, 保障施工有序, 提升质量稳定性。三维地质模型依勘察数据呈现地下结构, 展示土壤参数分布且能更新共享。基于模型仿真方案, 模拟填筑体力学性能与沉降趋势, 优化分层高度等参数, 确定适配方案, 为施工指导, 减少返工与隐患。BIM打破人工估算, 将施工区划网格, 结合参数实时算填筑量, 施工中自动采数据修正结果。材料调配按动态量与层级需求生成计划, 关联运输实现精准配送, 避免积压或中断, 提升效率与成本管控。依托BIM模拟机械轨迹、工序节点, 提前识别冲突干扰。依检测结果与进度, 重构工序逻辑, 确保压实等工序衔接。结合地质与机械性能, 优化压实参数与路径, 减少无效作业, 保障施工按标准推进。填筑区部署压实度传感器网络, 采集压实度、含水量等参数, 无线传至云端。云端用算法分析比对, 参数超标即预警, 还生成调整建议, 动态管控减少人工误差, 确保质量稳定。依地形、分层厚度与工艺定布设方案, 常规区按间距设传感器, 边角等关键区加密。垂直方向每层土体中部与底部均设传感器, 严控安装精度, 调试校准

后保障数据采集准、传输稳,为监控供支撑。用低功耗无线技术传参数,确保实时准确上传云端不丢失。云端存数据并多维度分析,建模型比对实时与设计值,识异常,生成可视化报表,助管理人员直观掌握质量动态。云端设参数阈值,超标即预警并通知管理人员^[2]。

2.2 智能化施工设备的创新应用

冲击碾压技术改良双轮结构,滚动生强冲击力传至深层土体,促颗粒排列提密实度。可优化双轮参数控冲击力,设备带振动频率动态调节系统,依反馈调频率,确保土体均匀压实,提升填筑体性能。双轮滚动生向下冲击力,以应力波传至深层土体,克服颗粒间力使颗粒位移填孔隙。持续冲击下颗粒排列,孔隙率降、密实度升,冲击力还增颗粒咬合,振动效应辅助颗粒移动,确保深层土体达标。系统采填筑体压实数据,结合土质与目标调冲击碾压设备频率,密实度低时提频增能,近标准时降频防破坏。设备控轨迹防漏压,按分层厚度差异化调频率,上层高频快压,下层低频传能,实现精准控制。依“表层精细、深层强化”原则,先常规压实设备压表层成稳定作业面,再用冲击碾压设备压深层提密实度。按土质与厚度规划工艺参数,实时监测调整,确保表层与深层均达标,提升承载与抗变形力。设备依GPS/北斗定位建体系,结合模型与方案自动生成路径,行驶中对位置调方向速度防漏压。按要求与土体反馈自控压实参数,具避障功能,减少人为误差,提升作业精度与效率。将施工区数字化建电子地图,系统按进度与设备性能,用算法规划全覆盖无重复路径,兼顾转弯半径与效率。施工中监轨迹,偏离即调,还能依情况动态优化路径,提高设备利用率。设备依设计与土体特性预设参数,压实中速度超范围时调动力,定位系统记碾压遍数达标后提示转移。两侧传感器监搭接宽度,不足或过大时调方向,防压实盲区,保障均匀性。中央系统调度多台设备,收状态数据分区域与顺序防冲突,表层压实后调度冲击碾压设备,依效率动态调计划平衡工作量。

2.3 新型材料与工艺的协同创新

技术优化黏性土与水泥配比,经击实试验定适配方案提力学性能。施工中监测水泥土含水量,洒水或晾晒调至最佳范围,保障压实度,还优化结合面与边角处理工艺,增强层间力与边角质量。综合土质与水泥特性设多组配比,测各配比物理性质,经击实试验定最大干密度与最佳含水量。养护试件测力学指标,析掺量与性能关系,选达标且经济的方案,严控试验条件保数据准。摊铺前测水泥土含水量,高则翻晒,低则洒水,确保近最佳值。压实中传感监效果,不足时析是否含水偏离,

调后重压,依厚度与机械定碾压遍数,防压实度异常,实现平衡保质量。每层压实后拉毛去浮土,洒水保湿润增黏结力。边角用合适工具,依大小与要求定力度次数,由内向外分层夯实,监压实度,不足时加次数或调力度,消薄弱区,提结构稳定性。以土工格栅为核心,依填筑条件定铺设参数,铺时保平整贴土。格栅凭抗拉性分散应力、限侧向位移,经编定向结构提稳定性,延缓反射裂缝,抗车辙病害,与填筑工艺协同保质量。土工格栅抗拉性强,承填筑体拉力、散应力、限侧向位移稳结构。经编定向结构使特定方向强度高,适配受力,还增与土体咬合减滑动,为高填方工程供加固,延使用寿命。土工格栅散应力限位移,改良水泥石换填提承载,分层填筑控含水与压实度减沉降,优化结合面处理增层间力防滑移。多技术协同成体系,保高填方路基在荷载与环境下长期稳定。格栅散应力减裂缝集中,延缓反射裂缝扩展,与土结合增强路基刚度抗变形,减车辙^[3]。

3 土方填筑质量控制的实践路径

3.1 施工前准备阶段的质量控制

施工前需对填筑区域开展系统性地质勘测,运用钻探、原位测试等专业设备,探明土层的垂直分布层次、各层厚度及土壤颗粒组成,精准检测土壤的天然密实度、压缩模量、抗剪强度等力学性能参数,综合评估土层的长期稳定性与承载潜力,排查是否存在软弱夹层、地下水位异常等可能影响施工质量的隐患。同时严格检验回填土料,通过筛分试验控制粒径级配在设计范围内,采用快速检测设备测定天然含水量,通过晾晒或洒水调整至最佳压实区间,人工清除石块、杂草等超标杂物;核查水泥等添加剂的生产批次与质量报告,通过试配试验测试其与土料的化学反应相容性及强度提升效果,确保所有材料性能符合设计要求,从源头杜绝不合格材料入场。结合工程总规模、填筑最大高度及地质勘测获取的土层特性,初步制定施工方案,明确分层厚度、压实遍数、工序衔接顺序等技术要求,以及各环节的质量验收标准,并通过三维模拟工具进行多轮工序推演,优化资源配置与进度节点。设备选型需精准匹配施工需求,高填方区域优先选用大功率、高振幅的压实设备以保证深层压实效果,软土地基区域搭配低接地比压的设备减少地基扰动;同时计算运输设备的运力与压实设备的作业效率,确保两者产能适配避免窝工。规划机械压实与人工夯实的作业分区边界,明确衔接流程,利用进度模拟工具推演不同工况下的资源消耗,预判可能出现的工期延误风险并提前调整,最终形成高效可行的施工方案与设备组合体系。

3.2 施工过程中阶段的质量控制

施工中严格执行分层填筑工艺,在填筑区域边缘设置明显的厚度控制标识,采用激光测高仪实时监测每层虚铺厚度,确保不超过设计限值。根据土料的颗粒级配、含水量变化及压实设备的实际作业参数,通过试压实段试验动态调整虚铺系数,确定最优的虚铺厚度与压实参数组合。机械碾压严格遵循“先轻后重、先慢后快”的操作原则,初期选用轻碾进行预压,避免土料因瞬时受力过大出现推挤变形,待土层初步密实后换用重碾增强压实效果;人工夯实按“半夯衔接、纵横交叉”的规范操作,确保相邻夯击区域重叠宽度符合要求,使土料受力均匀,通过差异化的压实方式保障填筑体各部位密实度均匀达标。每层土体压实完成后,立即采用机械刮平或人工清理的方式,去除结合面的浮土、松散颗粒及水泥硬结层,必要时使用铣刨设备对结合面进行拉毛处理,增加表层粗糙度以增强上下层土体的黏结力。不同填筑区段的交接处采用阶梯形衔接方式,台阶的高度与宽度严格按设计规定执行,碾压作业时遵循错缝碾压原则,确保相邻碾压带的重叠宽度不小于规范要求,避免在衔接处形成力学薄弱界面。对于机械无法到达的边角区域、管道周边及结构物附近,采用小型手扶式夯实机配合人工分层填筑、细致夯实,严格控制每层填筑厚度不超过20厘米,夯实力度根据土料特性调整,防止对管道或结构物造成挤压破坏,同时确保该区域密实度与主体填筑区域偏差在允许范围内,彻底消除质量管控盲区^[4]。

3.3 施工后验收阶段的质量控制

施工完成后,根据填筑区域不同部位的土料类型选择适配的检测方法,黏性土为主的区域优先采用环刀法取样,砂性土或砾石土区域选用灌砂法,按规范要求填筑体上均匀布设检测点,确保检测结果具有代表性。采集样本后在实验室测定土料的干密度,计算压实系数并与设计值进行比对,同时通过现场载荷试验检测填筑体的实际承载力,评估其是否满足工程长期使用需求。对检测结果不合格的区域,明确返工处理的具体范围与

深度,组织人员彻底清除不合格土体,按原施工工艺重新填筑压实,返工完成后需按相同标准进行二次检测,直至所有指标均达到设计标准,确保填筑质量完全符合工程要求。将施工全流程产生的各类数据上传至信息化管理平台,包括地质勘测阶段的土层参数、材料检测阶段的各项性能指标、施工过程中的分层厚度、压实遍数、碾压速度等作业参数,以及验收阶段的密实度、承载力检测数据,实现全周期数据的云端存储与分类归档。利用平台内置的数据分析算法,对上传数据进行分类统计、趋势分析,挖掘不同施工参数与质量指标之间的关联规律,识别质量波动的关键影响因素,通过柱状图、折线图等可视化图表直观呈现质量变化状况。基于数据分析结果预测后续可能出现的质量风险,制定针对性的改进措施,同时将有效的施工参数、工艺方法等经验数据进行沉淀,为后续类似工程优化工艺标准、提升质量管控水平提供数据支撑^[5]。

结束语:土方填筑质量控制贯穿工程始终,面临传统施工局限与现代工程高要求的双重挑战。通过数字化施工技术集成、智能化设备创新应用、新型材料与工艺协同创新,构建起质量控制的新技术体系。实践路径上,从施工前准备、施工过程把控到施工后验收,各阶段严格管理。只有综合运用新技术、严格把控各环节,才能提升土方填筑质量,保障工程安全稳定,推动工程建设向高质量、智能化、绿色化方向发展。

参考文献

- [1]刘燕.水利工程施工中土方填筑施工技术分析[J].中国住宅设施,2024,(09):124-126.
- [2]李彦平.水利工程施工中的土方填筑施工技术实践探析[J].当代农机,2024,(09):100+103.
- [3]杨延彪.浅析农田水利工程土方填筑碾压施工质量控制[J].农家参谋,2024,(23):78-80.
- [4]孙轶.水利工程施工中的土方填筑施工技术[J].新农村,2024,(19):53-55.
- [5]肖龙飞.水利工程施工中土方填筑施工技术研究[J].低碳世界,2023(08):58-60.