

# 公路工程施工中填石路基施工技术应用研究

贺瑞芳

延安市公路局吴起公路段 陕西 延安 717600

**摘要:** 本文旨在探讨填石路基施工技术在公路工程建设中应用情况与发展趋势。通过文献调研、实地考察与工程案例等方法,系统考察填石路基施工技术特性、工艺流程、质量控制及应用实践。研究表明,填石路基具备良好承载力与稳定性,在山区公路、国道及特殊地质环境中应用广泛;压实技术改进、边坡防护新技术及自动化智能化技术应用显著提升工程质量与施工效率。

**关键词:** 填石路基; 施工技术; 质量控制; 技术创新

引言: 随着国家交通网络建设不断推进,公路工程施工技术水平持续提升,填石路基作为重要组成部分,其施工技术研究具有重要现实意义。填石路基凭借优异承载性能、耐久性及排水性能,在复杂地形地质条件下表现出独特优势。然而,填石路基施工过程中仍存在诸多技术难题,如压实度控制、边坡稳定性保障及特殊环境适应性等问题<sup>[1]</sup>。本文基于工程实践,系统分析填石路基施工技术特点、应用现状及发展趋势探索施工技术优化途径,旨在提升公路工程施工质量,促进道路建设技术进步为交通基础设施高质量发展提供参考。

## 1 填石路基施工技术概述

### 1.1 填石路基的工程特性与适用条件

填石路基具备突出的优势与特点,其材料主要采用坚硬岩石,经爆破或机械破碎形成粒径不等石块,具备良好承载能力与强度特性。填石路基具有排水性能优越、抗冻胀能力强、沉降量小且趋于稳定快等特点,使其在工程应用中表现优异。填石路基适用于高等级公路建设,特别在软土地基、高填方路段、水位较高区域及寒冷地区展现独特优势<sup>[2]</sup>。山区公路建设中,利用就地取材原则,采用挖方段开挖石料用于填方路段,既降低工程造价又缩短工期。

国道大型填石路基工程中,采用填石技术可有效提高路基整体稳定性,减少后期沉降。湿润区域路基施工中,填石路基良好排水性能可避免含水量变化引起强度下降问题,保证路基长期稳定。边坡防护设计中,填石路基可形成较陡边坡角度,减少占地面积,实现经济效益与生态效益双赢。

### 1.2 填石路基施工工艺流程与关键环节

施工准备阶段需进行现场勘察,制定详细施工方案,明确材料要求与检测标准。基底处理环节须清除表层杂物,对软弱地基进行加固处理,确保基础稳固<sup>[3]</sup>。

填料选择与检验环节严格执行技术规范,石料应坚硬耐久,粒径分布合理,含泥量控制在规范范围内。填筑作业采取分层填筑法,每层厚度根据压实设备能力确定,通常控制在八十厘米以内。压实工序作为关键环节,采用振动碾压为主,辅以静压方式,确保压实度满足设计要求。

大型机械设备包括推土机、挖掘机、压路机等,设备选型需考虑工程规模与地形条件。施工过程中需采取有效防排水措施,设置临时排水系统,防止雨水侵蚀影响填筑质量。边坡处理技术包括植草护坡、格构护坡或挡墙支护等,根据边坡高度与地质条件选择合适方案<sup>[4]</sup>。接缝处理技术尤为重要,新旧路基结合部位需进行台阶处理,确保结构过渡平顺。

### 1.3 填石路基施工质量控制要点

填石路基施工质量控制贯穿全过程,始终坚持质量第一原则。材料控制方面,石料应质地坚硬,抗风化能力强,严格控制含泥量与有机物含量,确保原材料符合规范要求。施工工艺控制上,填筑厚度应严格按照规范执行,大型石块应均匀分布,避免集中堆积造成不均匀沉降。压实度控制作为核心环节,采用环刀法或灌砂法进行检测,确保达到设计标准。

路基平整度与宽度控制上,采用全站仪等精密仪器进行测量,确保几何尺寸符合设计要求。边坡稳定性控制通过监测位移变形情况,发现异常及时处理。排水系统质量控制确保排水畅通,防止积水影响结构稳定性。施工过程中实行旁站监理制度,关键工序实行复核验收。在季节性施工控制上雨季施工需采取防雨排水措施,冬季施工需防冻保温<sup>[5]</sup>。

## 2 填石路基施工技术在公路工程中的应用实践

### 2.1 山区公路填石路基施工技术应用案例分析

山区公路填石路基施工面临地形复杂、地质条件多

变等挑战,某省际山区公路工程实践中采取多项创新技术取得显著成效。工程位于崇山峻岭间,地形起伏大,最高填方高度达八十余米,地质条件复杂,雨季降水集中。施工团队针对实际条件,采用台阶式开挖技术处理基底,确保新填路基与山体稳固连接。填料选择方面,就地取材利用隧道开挖石渣,经筛分处理后分类利用,大粒径石块用于下层填筑,中小粒径用于上层,有效提高资源利用率。分层填筑过程中针对高填方段采取由下至上、先两侧后中间填筑法,每层厚度因地制宜控制。

压实工艺创新采用碾压—振动—碾压组合工艺,配合大吨位振动压路机,提高压实效果。边坡处理采取植生袋与格构结合技术,增强稳定性同时促进生态恢复。排水系统设计上,采用表排结合,防排并举原则,设置纵横向排水沟与盲沟系统,确保路基排水畅通。质量监控方面,引入信息化监测技术,实时监测填筑密度与沉降情况,及时调整施工参数。

### 2.2 公路大型填石路基施工技术实施方法

国道大型填石路基施工技术应用广泛,某省份国道网建设中积累丰富经验<sup>[6]</sup>。工程规模庞大,路基宽度依标准设计,填方高度因地形而异,对施工技术要求极高。基底处理环节采用软弱土层换填加固技术,将软土层挖除后回填碎石,铺设土工格栅增强基础稳定性。填料运输系统采用皮带输送机与自卸车联合作业方式,提高运输效率,降低扬尘污染。机械设备配置上,根据工程规模选择适当功率推土机与挖掘机,配合振动压路机形成高效施工团队。

在分层填筑技术上采用适当厚度分层填筑法,确保压实均匀。质量控制创新引入多种检测方法,评估填石路基密实度。信息化管理方法应用实现关键施工数据记录与分析,提升管理水平。特殊路段处理技术方面,涵洞处等关键部位采用专项处理措施,确保结构稳定。边坡防护根据实际情况选择经济适用的防护方案,兼顾稳定性与环保要求(如图1)。

### 2.3 特殊地质条件下填石路基施工技术应用策略

特殊地质条件下填石路基施工技术面临独特挑战,某西部地区公路工程穿越软土地基、高地下水位区域及膨胀土地段,施工团队针对性制定应对策略。软土地基处理采用以桩代挖技术,通过打设碎石桩增强地基承载力,避免大规模换填带来环境破坏与成本增加。高地下水位区域采用截、排、疏结合排水系统,设置截水沟、暗管排水与盲沟网络,确保地下水控制在安全水位。填料选择方面,优先采用透水性良好碎石,控制细粒含量,增强排水能力。膨胀土地段处理采用隔水层与置换

法结合技术,铺设防水土工膜阻断水分上升通道,同时置换表层膨胀土,消除潜在危害。

国道填石路基施工技术示意图

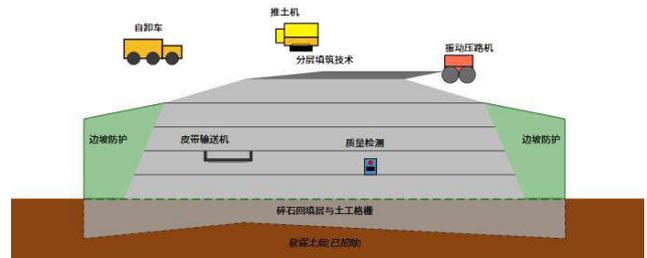


图1 国道填石路基施工技术示意图

在季节性施工技术上雨季施工采取全覆盖防护措施,设置临时排水沟与沉砂池,防止水土流失;干旱季节适量洒水保持最佳含水量,提高压实效果。冻土地区施工控制冻深线位置,防止冻胀影响路基稳定性。路基与构造物结合部位处理采用结构过渡段技术,通过逐级调整材料粒径与刚度,减轻不均匀沉降影响。滑坡地段填石路基施工增设抗滑桩与排水系统,确保边坡长期稳定。地震带公路填石路基增强抗震设计,采用轻质材料减轻荷载提高结构抗震性能。

## 3 填石路基施工技术创新与优化

### 3.1 填石路基压实技术改进与效果评估

传统的振动压实技术存在深层压实效果不佳、压实均匀性差等问题,新型强力振动压实技术应运而生。强力振动压实采用低频高幅振动模式,振动能量可传递至更深层位,有效提高压实深度。试验研究表明,强力振动压实比传统方式能够增加二十厘米有效压实深度。智能压实控制系统实现压实参数实时监控与自动调节,系统通过传感器采集路基反馈参数,自动调整振幅、频率与行驶速度,确保压实质量均匀。组合式压实工艺创新采用静压—振动—冲击三段式压实法,依次使用重型压路机静压、振动压路机振压、冲击式压路机冲击,充分发挥各类设备优势。

针对石料粒径影响本文确立最佳粒径配比模型,通过控制粒径分布曲线,实现骨架挤密效应最大化。压实参数优化研究表明振动频率、幅度与速度三者存在最佳组合,不同填料条件下最佳参数各异。压实质量检测技术创新应用无核密度仪、电磁波检测仪等无损检测设备,提高检测效率与准确性。压实效果评估指标体系完善,从密度、变形模量、承载比等多维度评价压实效果。

### 3.2 填石路基边坡防护新技术应用研究

传统边坡防护主要依靠混凝土挡墙或喷射混凝土,存在生态性差、造价高等缺点。生态型边坡防护技术发展迅速,植被混凝土技术通过特殊配方混凝土基质,植入适应性植物,形成硬质—软质结合防护层,既保证结构强度又实现生态修复。三维植被网格技术利用高强度聚合物材料形成立体网格,填入营养土壤,种植适应性植物,形成具备抗冲刷、抗滑移能力生态护坡系统。锚固加筋技术创新应用碳纤维锚杆与高强土工格栅组合系统,增强边坡内部稳定性,与表层防护措施形成整体防护体系。智能监测预警系统实现边坡位移、应力、含水量等参数实时监测,发现异常及时预警,防患于未然。

排水防护一体化技术将边坡排水系统与防护措施有机结合,设置透水型防护结构,消除水压力隐患。柔性防护网系统针对岩石边坡设计,采用高强度钢丝绳网与锚杆组合,有效防止碎石崩落。针对干旱地区,开发耐旱型生态护坡技术,选用耐旱植物种类,配合保水剂应用,降低灌溉需求。冻融地区边坡防护采用隔热层与排水系统组合设计,减轻冻融循环影响(如图2)。新技术应用效果评估表明,生态型边坡防护技术成本与传统方式相当,但生态效益显著提升,边坡稳定性能够满足规范要求,维护成本大幅降低,综合效益明显优于传统技术。



图2 填石路基边坡防护技术对比

### 3.3 填石路基施工自动化与智能化技术开发

机械设备智能化升级成效显著,无人驾驶压路机通过全球定位系统与惯性导航系统结合,实现精准路径规划与自主作业,压实质量稳定且效率提升。三维测量控制系统应用实现厘米级精度放样与质量控制,全站仪与

激光扫描仪结合使用,构建工程三维模型,指导施工过程中<sup>[7]</sup>。数字化施工管理平台整合设计信息、施工参数与质量数据,实现全过程信息化管理,提高决策科学性。填料智能筛分系统通过光电传感器检测石料粒径,自动分类输送至相应填筑区域优化材料利用。压实智能控制系统根据填料特性与设计要求,自动调整压实参数实现最佳压实效果。

边坡智能喷播系统采用机器人喷播设备,根据边坡特点调整喷播厚度与材料配比,确保防护质量均匀。无人巡检技术应用实现施工全过程监控,通过高清影像与红外热成像技术,及时发现质量隐患。大数据分析技术应用建立填石路基施工参数优化模型,根据历史数据预测最佳工艺参数,指导施工实践。物联网技术应用实现材料、设备、人员全要素监控,提高资源配置效率。建筑信息模型技术应用促进设计、施工与维护全生命周期管理,减少返工与资源浪费。

结论:填石路基凭借优异承载特性与适应性,在各类公路工程中应用前景广阔,分层填筑与有效压实技术是确保填石路基质量关键,山区公路、国道与特殊地质条件下填石路基施工应采取针对性技术措施。压实技术创新与边坡防护新技术应用显著提升工程质量与生态效益,自动化智能化技术发展引领填石路基施工向精细化、高效化方向迈进。建议加强填石路基施工关键技术研发,完善技术规范与标准体系,促进新材料新工艺应用推广加速智能化装备研发应用,提高公路工程建设质量与效益为交通基础设施建设提供有力技术支撑。

### 参考文献

- [1]陈冠希.填石路基在公路工程施工中的探讨[J].智能建筑与工程机械,2020(6):28-29.
- [2]张琳政.公路工程路基施工质量控制的关键技术研究[J].运输经理世界,2025(3):40-42.
- [3]刘俊.公路工程中软土路基换填施工技术研究[J].建筑·建材·装饰,2025(4):91-93.
- [4]徐亦湾.浅析软土路基处理技术在公路工程施工中的运用[J].中国设备工程,2025(3):251-253.
- [5]闫岩.公路桥梁路基工程现场施工的技术要点与管理研究[J].智能建筑与工程机械,2025,7(1):44-46.
- [6]胡彦军.公路施工中填石路基的施工策略[J].建筑工程技术与设计,2020(11):1353.
- [7]代佳鑫.公路工程软土路基施工处理技术[J].运输经理世界,2024(9):40-42.