

公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析

崔晓东

内蒙古赤峰市克什克腾旗公路管护和运输保障中心 内蒙古 赤峰 025350

摘要：填石路基施工技术在公路工程建设中占据重要地位，其技术要点涵盖石料选择处理、分层填筑摊铺及压实等环节。在山区公路、高填方路段及软土地基结合工程中，该技术通过合理应用，展现出良好的工程适应性与经济效益。然而，施工中压实质量控制、沉降控制及排水系统建设等难题亟待解决。经优化工艺、加强监测与完善设计，有效提升了填石路基施工质量与稳定性，为公路工程建设提供了可靠技术支持。

关键词：公路工程；填石路基；技术；应用

引言

随着我国公路建设规模不断扩大，复杂地形条件下的工程需求日益增长，填石路基施工技术凭借其高效性与经济性得到广泛应用。石料特性、填筑工艺及压实效果直接影响路基整体质量与公路使用寿命。在实际工程中，该技术面临着压实度难达标、沉降不均匀及排水不畅等诸多挑战。本文围绕填石路基施工技术要点，结合不同工程场景应用实践，深入分析现存问题，探讨针对性解决对策，旨在为提升公路工程施工质量提供理论与实践参考。

1 填石路基施工技术概述

填石路基施工技术是一种在道路工程建设中广泛应用的特殊路基处理方式，主要适用于石料丰富地区以及无法采用常规土质填料的工程场景。其核心在于利用开挖山体、隧道等工程产生的石质材料作为路基填筑材料，通过科学合理的施工工艺，使路基具备良好的强度、稳定性与耐久性，从而满足道路工程对路基承载能力的要求。在施工前，需对石料进行严格筛选与检测。石料的强度、粒径等指标直接影响路基质量，一般要求石料强度不低于15MPa，软质石料强度不低于10MPa，且最大粒径不得超过压实层厚的2/3。对于含泥量较大或岩性差异显著的石料，需进行适当处理，避免因不均匀沉降影响路基整体性能。填石路基施工过程中，分层填筑与压实是关键环节。通常采用水平分层填筑法，每层填筑厚度控制在40-60cm，采用大功率振动压路机进行碾压，通过低频大幅振动使石块相互嵌挤紧密。碾压时遵循先两侧后中间、先慢后快的原则，一般需碾压6-8遍，直至压实层顶面稳定、无下沉、石块紧密、表面平整，且压实沉降差符合设计要求。为确保填石路基与路面结构的良好衔接，在路基顶面需设置过渡层。过渡层一般采用碎石土或砂砾等材料，厚度为30-50cm，其作用在

于调整填石路基的表面平整度，改善路面结构的受力状态，防止路面因路基不平整出现早期破坏。填石路基施工过程中还需注重排水系统的设置，通过在路基两侧设置边沟、截水沟，以及在路基内部设置渗沟等方式，及时排除路基范围内的积水，避免水对路基造成侵蚀破坏，从而保证填石路基在长期使用过程中始终保持良好的工作状态，为道路工程的安全稳定运行奠定坚实基础。

2 公路工程施工中填石路基施工技术要点

2.1 石料选择与处理技术

石料作为填石路基的核心材料，其质量与特性直接影响路基整体性能。所选石料应具备高强度、低风化程度及良好抗水性，优先采用岩浆岩、石灰岩等硬质岩石，抗压强度不低于30MPa，以保证在荷载作用下不发生显著变形与破碎。对于含泥量超规定的石料，需通过水洗、筛选等预处理去除杂质，避免因软弱夹层形成导致路基不均匀沉降。石料粒径控制极为关键，最大粒径不得超过层厚的2/3，且路床底面以下40cm范围内，石料粒径应小于15cm，以确保填筑体内部嵌挤紧密。针对存在裂隙、节理发育的石料，可通过机械破碎或人工改小的方式优化级配，使不同粒径石料相互填充，形成稳定骨架结构，增强路基抗剪与承载能力^[1]。

2.2 分层填筑与摊铺技术

分层填筑与摊铺是实现填石路基密实度均匀性的重要环节。填筑前需依据试验段确定松铺厚度，一般控制在40-60cm，每层填筑宽度应超出设计宽度30-50cm，为后续边坡修整预留空间。摊铺过程中采用渐进式摊铺法，利用推土机初步平整，使石料大致均匀分布，再由装载机配合人工对超粒径石块进行破碎、移位处理，消除空洞与大块集中现象。不同岩性石料不得混填，防止因压缩性差异引发不均匀沉降，同类石料分层填筑时应确保层面平整。摊铺完成后需对填筑层顶面高程、平整度进行

检测,控制平整度偏差在 $\pm 20\text{mm}$ 以内,确保压实设备能有效作用于整个填筑层,为后续压实工序奠定基础。

2.3 压实技术

压实是填石路基施工的关键工序,直接决定路基的最终强度与稳定性。压实设备宜选用自重不小于 18t 的重型振动压路机,采用“先静压后振压、先慢后快、由弱振至强振”的原则进行作业。初压阶段以 $1.5\text{--}2\text{km/h}$ 的速度静压2遍,使石料初步就位;复压时振动频率控制在 $30\text{--}45\text{Hz}$,振幅 $1.0\text{--}1.5\text{mm}$,以 $4\text{--}5\text{km/h}$ 速度振压4-6遍,通过振动作用促使石料相互嵌挤、细化棱角,形成紧密咬合结构。终压采用静压1-2遍消除轮迹,提升表面平整度。压实过程中需实时观测压实度,通过沉降差法检测,当连续两遍压实后的沉降差不大于 5mm 且表面无明显轮迹时,判定压实合格。注意压路机碾压轮迹重叠宽度不小于 40cm ,边缘区域需加强碾压,确保整个填筑体压实均匀,避免出现局部薄弱区域。

3 公路工程施工中填石路基施工技术应用实践分析

3.1 山区公路填石路基应用

(1)山区公路地形复杂,地势起伏大,填石路基施工需充分考虑地形地貌特点。在石料选取时,优先选用质地坚硬、强度高且不易风化的石料,以保证路基的稳定性。通过爆破开山获取的石料,需进行粒径筛选,控制石料最大粒径不超过层厚的 $2/3$,确保填筑时石料能够相互嵌挤。(2)填筑过程中,采用分层填筑法,每层填筑厚度严格控制在 $40\text{--}50\text{cm}$,采用大功率振动压路机进行碾压,遵循先慢后快、先两侧后中间的碾压原则,通过增加碾压遍数提高压实度。利用GPS定位系统对填筑高程进行实时监测,确保路基填筑符合设计要求。(3)为防止山区降雨对填石路基造成冲刷,在路基边坡处设置浆砌片石护坡,坡脚采用石笼进行加固,增强边坡的抗冲刷能力。完善路基排水系统,设置截水沟、边沟等排水设施,及时排除路基范围内的积水,避免因水害影响路基稳定性。

3.2 高填方填石路基应用

(1)高填方填石路基高度较大,对地基承载力要求高,施工前需对原地基进行处理,采用强夯法或换填法提高地基承载力,确保地基满足设计要求。石料填筑时,采用不同粒径石料混合填筑,大粒径石料置于下层,小粒径石料填充缝隙,形成嵌挤结构,提高路基整体强度。(2)在压实工艺上,选用重型振动压路机,通过增加激振力和碾压遍数来提高压实效果。施工过程中,对压实度进行实时检测,采用沉降差法进行压实度控制,当连续两遍碾压的沉降差不超过 5mm 时,视为

达到压实标准。加强对路基沉降的监测,设置沉降观测点,定期进行观测记录,及时掌握路基沉降情况。(3)高填方填石路基边坡稳定性至关重要,边坡坡度根据路基高度和石料特性合理确定,一般采用 $1:1.5\text{--}1:1.75$ 的坡度。边坡采用台阶式设计,每 $8\text{--}10\text{m}$ 设置一级台阶,台阶宽度不小于 2m ,并在台阶上铺设土工格栅,增强边坡的稳定性。对边坡进行绿化防护,种植草皮或灌木,防止坡面风化剥落^[2]。

3.3 填石路基与软土地基结合应用

(1)在软土地基上修筑填石路基,需先对软土地基进行处理。常用的处理方法有砂垫层法、碎石桩法等,通过改善软土地基的排水条件和力学性能,提高地基的承载能力。处理后的地基需进行承载力检测,满足设计要求后方可进行填石路基施工。(2)填石路基填筑时,为防止软土地基产生不均匀沉降,在填石与软土地基之间铺设土工合成材料,如土工格栅或土工布,起到加筋和隔离的作用,增强路基的整体性和稳定性。控制填石路基的填筑速率,避免填筑过快导致软土地基失稳。

(3)施工过程中,加强对软土地基和填石路基的变形监测,设置位移观测桩和沉降板,实时监测地基和路基的变形情况。根据监测数据及时调整施工工艺和施工进度,确保填石路基与软土地基协同工作,保证路基的长期稳定性和安全性。

4 公路工程施工中填石路基施工技术面临的挑战与对策

4.1 面临的挑战

4.1.1 压实质量控制难度大

填石路基施工中,石料粒径与级配差异显著,岩性多样且力学性能不同,导致压实过程中颗粒间嵌挤状态复杂多变。大块石料易形成架空结构,而细粒料难以有效填充孔隙,压实机械的作用力难以均匀传递至深层,致使压实度难以达标。石料的回弹模量高,压实功转化效率低,压实后表面易出现松散、离析现象。加之施工场地地形起伏、作业面狭窄等因素,进一步加大了压实设备的操作难度,难以保证压实工艺的标准化实施,给压实质量控制带来巨大挑战。

4.1.2 沉降控制要求高

填石路基在自重、车辆荷载及环境因素长期作用下,易发生不均匀沉降。石料的离散性导致路基内部应力分布不均,颗粒间的相互滑移与重新排列会持续改变路基结构形态。降雨入渗使石料软化、孔隙水压力增大,加剧了路基的沉降变形。填石路基与相邻土质路基的刚度差异,易在结合部位形成沉降突变,引发路面开

裂、错台等病害。这些沉降问题不仅影响公路的使用性能,还会缩短公路使用寿命,因此对沉降控制提出了极高要求^[3]。

4.1.3 排水系统设计与施工复杂

填石路基的孔隙率大,雨水下渗速度快,若排水系统设计不合理,大量雨水会积聚在路基内部,降低石料的抗剪强度和路基稳定性。路基排水需兼顾地表排水与地下排水,既要快速排除路表雨水,防止冲刷路基边坡,又要拦截地下水,避免其对路基造成浸泡软化。填石路基的石料特性导致排水路径复杂,常规排水材料易被石料刺破或堵塞,排水结构的选型、布设及与周边排水设施的衔接都需要精细设计与施工,稍有不慎就会影响排水效果,增加排水系统设计与施工的难度。

4.2 对策

4.2.1 优化压实工艺与参数

通过试验路段确定适宜的压实工艺与参数,根据石料特性选择合适的压实机械组合,如重型振动压路机与冲击式压路机配合使用。控制石料的最大粒径和级配,采用分层填筑、分层压实的方式,每层填筑厚度严格控制在合理范围内,一般不宜超过50cm。在压实过程中,遵循先慢后快、先轻后重的原则,合理调整振动频率和振幅,通过增加碾压遍数提高压实效果。利用智能压实监控系统实时监测压实度,及时调整压实参数,确保填石路基压实质量均匀达标。

4.2.2 加强沉降监测与控制

在填石路基施工及运营阶段,建立完善的沉降监测体系,采用高精度水准仪、静力水准仪、GNSS监测等多种手段,对路基关键部位进行实时动态监测。通过分析监测数据,掌握路基沉降规律,及时发现不均匀沉降隐患。针对潜在沉降区域,可采取预压处理、补强加固等措施,如在路基表面铺设土工格栅增强路基整体性,或

采用注浆技术填充孔隙、提高路基密实度,有效控制沉降变形,保障公路结构安全和行车舒适性。

4.2.3 完善排水系统设计与施工

依据填石路基的水文地质条件和周边环境,优化排水系统设计。地表排水采用边沟、截水沟、急流槽等设施,合理确定断面尺寸与坡度,保障排水顺畅。地下排水可设渗沟、盲沟或排水板,选用复合土工排水网、塑料排水板等高强度、透水性好且抗堵塞的排水材料。施工过程中,严格把控排水设施施工质量,确保管道连接紧密、坡度达标,加强其与路基边坡防护、路面结构的衔接,形成完整高效排水体系,有效排除路基内部积水,提升路基抗水毁能力^[4]。

结语

综上所述,填石路基施工技术在公路工程中应用广泛且成效显著,通过对石料选择、分层填筑、压实等关键技术的严格把控,在山区公路、高填方及软土地基路段均取得良好实践效果。然而,施工过程中的压实质量、沉降控制及排水系统设计等问题仍需持续关注。未来应进一步加强技术创新,优化施工工艺,完善质量控制体系,推动填石路基施工技术在公路工程建设中实现更高效、更安全、更环保的发展。

参考文献

- [1]安桂萍.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].黑龙江交通科技,2023,46(5):183-185.
- [2]胡攀伟.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].建筑与施工,2025,4(2):50-51.
- [3]刘敏.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].越野世界,2025,20(11):135-137.
- [4]文峰.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].车时代,2024(3):58-60.