

河道治理中石笼覆土回填密实度优化方法研究

王显柱 梁献辉 赵春涛 王 超

河北省水利工程局集团有限公司 河北石家庄 050000

摘 要：石笼覆土回填作为河道治理中常用的生态护坡技术，其回填密实度直接关系到护坡结构的稳定性与耐久性，本文围绕石笼覆土回填密实度，分析了影响因素，包括土料颗粒组成、土体含水量、回填分层厚度及压实机械类型等，指出这些因素在不同施工条件下对密实效果具有重要作用，在此基础上提出了优选回填土料、控制含水范围、合理分层填筑和选用适宜机械等优化对策，旨在通过科学的施工管理与技术应用，提升石笼结构的整体性能，减少沉降与破坏风险，增强护坡的抗冲刷能力，本文认为合理控制密实度不仅能提高工程质量，还能兼顾生态修复需求，为河道治理工程的可持续发展提供技术支撑。

关键词：石笼覆土回填；河道治理；回填密实度

在河道治理工程中，石笼结构因其良好的透水性与生态功能被广泛应用，为提升石笼护坡的整体稳定性和抗冲刷性能，覆土回填密实度的优化显得尤为关键，密实度不足易导致土体沉陷、植被生长不良及护坡结构失稳，影响工程寿命与生态效益，因此研究合理的回填材料选择、分层填筑及压实工艺，探索高效、经济的密实度优化方法，以此提高石笼工程质量，实现河道治理的生态与防护双重目标。

一、河道治理中石笼覆土回填密实度的概述

石笼覆土回填是河道治理中常用的生态护坡技术，结合石笼良好的结构稳定性与覆土的生态功能，兼顾防护与绿化需求，密实度作为回填土质量控制的重要指标，直接关系到护坡整体的稳定性与耐久性，密实度不足容易导致土体空隙率增大，出现沉陷、开裂，降低防冲刷能力，影响植被生长与生态修复效果，适宜的密实度可有效提高土体强度、减小渗透性，增强石笼结构的整体性能，目前石笼覆土回填密实度的优化通常依赖于土料选择、合理分层厚度控制、压实机械选型及施工工艺改进等手段，科学控制密实度不仅有助于提升工程质量，还能延长使用寿命，实现河道治理的可持续发展目标^[1]。

二、河道治理中石笼覆土回填密实度影响因素分析

（一）土料颗粒组成

在河道治理石笼覆土回填中，土料颗粒组成是影响密实度的关键因素之一，颗粒组成决定了土体的骨架结构与空隙率，不同粒径的土粒通过相互嵌挤和排列，形成不同的密实状态，一般而言粒径分布均匀、级配良好

的土料能够实现更高的密实度，细颗粒过多会增加土体的粘聚性，影响排水性能，造成压实困难；而粗颗粒含量过大则会导致土体骨架不稳，空隙率增加，密实度降低，因此在选用回填土料时需根据工程要求合理控制颗粒组成，兼顾压实性、透水性与植被生长条件，确保石笼结构的整体稳定与生态功能^[2]。颗粒组成还直接影响施工工艺和压实方式的选择，对于颗粒组成均匀、含砂量适中的土料可采用振动碾压或夯实机进行高效压实，快速达到设计密实度要求；而对于细颗粒含量较高的黏性土则需结合适宜的含水量调整和逐层压实，避免因过度含水或干燥导致压实效果不佳，在实际施工中应通过粒径分析与试验确定最佳颗粒组成，制定科学合理的回填与压实方案，从源头提高密实度控制水平，提升石笼护坡工程的耐久性与生态稳定性。

（二）土体含水量

在石笼覆土回填过程中，土体含水量是密实度控制的重要因素，含水量直接影响土粒之间的润滑作用和压实性能，适宜的含水量能够促进土粒的重排，使土体在压实过程中达到最大干密度，提高结构稳定性，若含水量偏低，土体干燥、摩擦阻力大，压实难度增加，空隙率难以降低；若含水量偏高，土体趋于饱和，毛细水作用增强，导致土体软化、承载力降低，同样难以达到理想密实度，因此掌握并控制合理的含水范围，以此提高回填密实度、确保石笼护坡工程的质量^[3]。在实际施工中，针对不同类型土料需要进行标准击实试验，确定最佳含水量区间，并在施工过程中动态监测和调整，特别

是在雨季或高温干旱环境下土体含水量容易波动,需及时采取洒水增湿或晾晒减水等措施,保证土料在最优含水状态下进行回填和压实作业,此外合理安排施工工序可以避免长时间堆置引起含水量变化,也是确保密实度达标的重要环节,通过科学管理土体含水量可以有效提升石笼覆土回填质量,增强护坡结构的整体稳定性和耐久性,为河道治理工程的长期生态与防护功能奠定坚实基础。

(三) 回填分层厚度

在石笼覆土回填过程中,分层厚度对密实度的影响非常重要,合理的分层厚度有助于压实机械的能量有效传递,促使土粒重新排列,减少空隙,提高密实度,若回填层厚度过大,压实时能量难以传递至下部土层,造成下层松散,导致整体密实度不足,增加沉降风险;若厚度过小则会提高施工成本,且易造成层间接触不良,形成薄弱界面,影响整体结构稳定性,因此根据不同土料性质和压实设备能力,科学确定合理的分层厚度是提高回填密实度、保障工程质量的关键措施之一^[4]。在实际施工中,通常建议将每层回填厚度控制在20~30厘米范围内,针对砂性土或粒径较大的混合土可适当加厚,而对于黏性较强的细粒土则应适当减薄,并辅以多遍压实,确保密实度均匀达标,同时应结合压实设备的振动力、吨位及作业效率,合理安排施工工序,避免因层厚不均或压实不足引发后期沉陷与结构破坏,通过严格控制回填分层厚度,优化施工管理,以有效提升石笼覆土护坡的稳定性和耐久性,为河道治理工程提供有力支撑,确保其长期防护与生态修复效果。

(四) 压实机械类型

在河道治理石笼覆土回填工程中,压实机械类型的选择直接影响密实效果和施工质量,不同类型的压实机械适用于不同性质的土料和施工环境,如振动压路机、夯实机、羊脚碾等,各具特点,振动压路机适合压实砂性土和粒径较大的回填料,通过高频振动促使颗粒重新排列,提高密实度;而羊脚碾则更适合粘性土,其碾脚能够深层穿透土体,打破结构性,增加土粒间的结合力,夯实机则适用于小范围施工或石笼内部等空间受限区域能够灵活作业,确保局部压实质量,因此选用合适的压实机械不仅能提高施工效率,还能有效保证回填土体的均匀密实度,提升石笼护坡的整体稳定性。实际施工中,施工人员应根据土料特性、施工场地条件及密实度要求,合理选择和搭配压实机械,例如在石笼护坡近岸狭小空

间,宜采用轻型夯实设备逐层夯实,避免大机械对结构造成扰动;在大面积平整回填区域,则可采用大型振动压路机提高施工效率,同时合理控制压实遍数与行进速度,配合适当的含水量调整,有助于最大限度发挥机械效能,通过科学选型与精细化施工管理可以有效提升回填密实度,增强石笼结构的抗冲刷与抗沉降能力,为河道治理工程的安全性与耐久性提供坚实保障。

三、河道治理中石笼覆土回填密实度的优化方法分析

(一) 优选回填土料

在石笼覆土回填过程中,优选回填土料是提升密实度和整体工程质量的重要对策,回填土料的颗粒组成、塑性指数、含泥量等指标直接影响其压实性能和结构稳定性,优质回填土料应具有良好的级配,粒径分布合理,既能有效填充空隙,又具备较好的可压实性与透水性,通常推荐使用砂质壤土、砾砂混合料等含砂量适中的材料既利于压实成型,又便于后期植被生长,兼顾生态与防护功能,此外施工人员应严格控制回填土料中的有机质和杂质含量,避免腐植质、树根等不稳定成分影响压实效果和结构耐久性^[5]。在具体实施中,施工人员可通过标准土工试验,筛选符合工程要求的土料,并根据试验结果制定最优级配方案,同时针对河道治理特殊环境,应考虑回填土料的抗冲刷性与渗透特性,确保石笼结构在长期水流作用下保持稳定,在施工过程中应加强土料进场检测,防止不合格材料混入,影响整体密实效果,施工人员在必要时可采用掺砂、碎石或土工合成材料改良土体性能,提升压实质量,通过科学优选与合理配比回填土料不仅能有效提高石笼覆土回填密实度,还能显著延长工程使用寿命,助力河道治理工程实现生态与工程效益双重目标。

(二) 控制含水范围

在河道治理石笼覆土回填过程中,控制回填土体的含水量范围是实现高密实度的关键对策之一,含水量直接影响土体的可压实性,最佳含水量能够促使土粒润滑移动,降低摩阻力,促进颗粒间的紧密排列,从而达到最大干密度,实际施工中应根据不同土料的特性,通过击实试验确定其最佳含水量范围,作为施工控制标准,对于砂性土,最佳含水量一般较低,压实时需保持土体微湿状态;对于黏性土,最佳含水量稍高,便于压实成型,避免干缩开裂或因过湿失稳,合理控制含水量范围不仅可以有效提高回填密实度,还能增强土体整体强度

和稳定性,减少沉降风险。在具体施工中,施工人员需通过洒水、拌合或晾晒等措施动态调整土体含水量,确保回填时处于最佳状态,尤其在气候多变的河道环境中雨季应加强防雨覆盖,避免土体含水量过高影响压实效果;干旱高温时则应增加洒水频次,防止土体过干压实困难,施工过程中应配备含水量快速检测仪器,实时监控土体状态,及时调整施工参数,对于含水量波动较大的回填段需采用分区管理和分层施工的方法,确保每一层回填土均达到设计含水量要求,通过全过程、动态化控制含水量能够显著提升回填质量,增强石笼结构的抗冲刷能力和整体稳定性,为河道治理工程的耐久性和生态功能提供坚实保障。

(三) 合理分层填筑

在石笼覆土回填过程中,合理分层填筑是提高密实度、保障工程质量的重要措施,分层填筑的基本原则是将回填土分为若干薄层,每层控制在一定厚度内,通过逐层压实,确保压实机械的能量可以有效传递至土体深处,一般情况下单层厚度应根据土料性质和压实机械能力合理控制,通常在20~30厘米之间,对于砂性土和非黏性土可以适当加厚,而对于黏性较大的土料则应适当减薄分层厚度,以便更好地压实,合理的分层厚度可以减少回填过程中的孔隙率,防止土体沉降、开裂,提高整体密实度和稳定性,避免后期因地基不均匀沉降导致的工程破坏。在实际操作中,施工人员应严格按照设计要求进行分层填筑和压实,杜绝一次性大厚度回填的现象,每一层填土应进行充分压实后,方可进行上一层回填,确保上下层之间良好结合,避免形成分界面弱层,此外施工人员应根据现场条件合理调整分层厚度,如在局部地基承载力弱或受限空间内,可适当减薄厚度,增加压实遍数,确保局部密实度均匀达标,施工过程中要加强分层质量检测,采用灌砂法或核子密度仪等方法进行密实度测试,及时掌握每层施工质量,通过严格控制分层厚度和压实工艺不仅可以有效提升石笼覆土的密实度,还能增强护坡结构的整体稳定性和耐久性,确保河道治理工程在长期水流冲刷和环境变化下保持良好的防护和生态功能。

(四) 选用适宜机械

在河道治理石笼覆土回填过程中,选用适宜的压实机械是提高密实度、确保工程质量的重要手段,不同土

料性质和施工环境对压实机械的要求各不相同,科学选择机械设备能有效提升施工效率和压实效果,一般而言振动压路机适用于砂性土或含砂量较高的混合土,其通过高频振动促使颗粒重新排列,显著提高密实度;羊脚碾则适用于塑性较大的黏性土,通过碾脚深入土体,打破结构性,提高内聚力;对于石笼内部或狭窄地段可采用小型夯实机或振动夯,便于灵活操作和局部压实,合理选用机械不仅能使压实作业均匀高效,还能避免因设备不匹配导致的压实不足或结构扰动问题,从而提高石笼护坡的整体稳定性。

结语

石笼覆土回填密实度控制在河道治理工程中具有重要意义,直接关系到护坡结构的稳定性、耐久性及生态修复效果,通过系统分析影响密实度的各项因素,如土料颗粒组成、含水量、分层厚度及压实机械类型,并针对性采取优选回填土料、控制含水范围、合理分层填筑和科学选用压实机械等优化方法,能够有效提升回填密实度,增强石笼结构的抗冲刷、抗沉降能力,延长工程使用寿命。在实践中还需结合工程实际条件,动态监测和调整施工工艺,确保各环节质量达标,避免因局部密实度不足引发结构隐患,未来随着河道治理向生态化、可持续方向发展,石笼覆土回填技术亦需不断优化和创新,进一步提升生态功能与工程性能的统一,实现河道治理工程的长效稳定与环境友好目标。

参考文献

- [1] 潘玉坤.格宾石笼在某泄洪河道治理中的应用[J].河南水利与南水北调,2022.
- [2] 聂挺.格宾石笼护砌在北方地区河道治理工程中的运用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023.
- [3] 王志广.水利工程河道治理护岸防护施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(002):000.
- [4] 李虎军,刘德成.浅谈在河道整治工程中石笼的应用[J].建筑工程技术与设计,2018,000(028):3066.
- [5] 郑亚杰.PET石笼施工技术在河道治理工程中的应用探究[J].水上安全,2024(12):79-81.