

水利水电施工技术和灌浆施工分析

彭鑫

利川市水利事务服务中心

DOI:10.12238/etd.v6i10.17180

[摘要] 在水利水电工程建设规模持续扩大的当下,施工技术与质量把控成为保障工程安全稳定运行的核心要素。本文聚焦水利水电施工技术核心要点,涵盖土石方、混凝土及地基处理技术;阐述灌浆施工在工程中的关键作用,包括基本原理、材料选择、设备与工艺流程;分析复杂地质条件、施工质量控制及环境影响等应用难点,并提出应对策略,为水利水电工程的高质量建设提供参考。

[关键词] 水利水电; 核心要点; 施工技术; 灌浆施工分析

中图分类号: TV541 文献标识码: A

Analysis of Hydraulic and Hydropower Construction Technology and Grouting Construction

Xin Peng

Lichuan Water Affairs Service Center

[Abstract] With the continuous expansion of hydraulic and hydropower engineering construction scale, construction technology and quality control have become core elements to ensure the safe and stable operation of projects. This paper focuses on the key points of hydraulic and hydropower construction technology, covering earthwork, concrete, and foundation treatment techniques. It elaborates on the critical role of grouting construction in engineering, including basic principles, material selection, equipment, and process flow. The challenges in application, such as complex geological conditions, construction quality control, and environmental impacts, are analyzed, and corresponding strategies are proposed to provide references for the high-quality construction of hydraulic and hydropower projects.

[Key words] Hydraulic and Hydropower; Key Points; Construction Technology; Grouting Construction Analysis

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,对经济发展、社会稳定及生态环境调节意义重大。其施工质量直接关系到工程的使用寿命、运行安全与效益发挥。施工技术是保障工程质量的基础,而灌浆施工作为关键技术之一,在处理地基、防渗加固等方面发挥着不可替代的作用。然而,在实际施工中,受地质条件、施工工艺及环境等因素影响,面临诸多难题。深入研究施工技术与灌浆施工,对提升工程质量、推动行业可持续发展至关重要。

1 水利水电施工技术核心要点

1.1 土石方施工技术

土石方施工堪称水利水电工程的基础环节,其质量直接影响到后续工程的开展和整体稳定性。在开挖阶段,精准选择开挖方式是首要任务。依据工程的具体需求以及复杂多变的地质条件,机械开挖与人工开挖各有其用武之地^[1]。对于大面积且地质条件良好的区域,机械开挖凭借其高效、快速的优势成为首选。

它能够迅速完成大量土方的挖掘工作,大大缩短工期。然而,在局部精细作业或者地质复杂、机械难以施展的区域,人工开挖则展现出其灵活性。施工人员可以根据实际情况进行细致操作,避免对周边结构造成破坏。开挖过程中,对开挖深度和坡度的控制至关重要。超挖会导致工程量的增加和资源的浪费,而欠挖则可能影响工程的尺寸精度和后续施工。因此,施工人员需要借助专业的测量工具,实时监测开挖情况,确保开挖面平整度与尺寸精度符合设计要求。填筑环节同样不容忽视。选择合适的填筑材料是保证填筑质量的前提。土料、石料等材料的质量直接影响填筑体的稳定性和承载能力。对材料的粒径、含水量等指标进行严格把控,确保其符合工程标准。填筑时,采用分层进行的方式,每层厚度根据压实设备的性能来确定。通过压实机械对每层填筑料进行充分压实,使填筑体达到设计要求的压实度,从而提高其稳定性和承载能力,为整个工程奠定坚实的基础。

1.2 混凝土施工技术

混凝土施工涵盖多个关键步骤。模板制作与安装方面,模板

需具备足够强度、刚度与稳定性,保证混凝土浇筑过程中不变形、不漏浆。模板表面平整光滑,确保混凝土成型后外观质量。模板安装位置准确,尺寸偏差在允许范围内,为混凝土浇筑提供精确空间。钢筋工程中,钢筋材质、规格符合设计要求,进场时严格检验。钢筋加工时,按照设计图纸进行下料、弯曲等操作,保证加工精度。钢筋绑扎与焊接牢固,连接方式符合规范,确保钢筋骨架整体性与稳定性。混凝土浇筑时,控制浇筑速度与高度,避免混凝土离析。采用分层振捣方式,振捣棒插入下层混凝土一定深度,保证上下层混凝土结合紧密,消除气泡与孔隙,提高混凝土密实度。混凝土养护环节,根据环境条件与混凝土性能选择合适养护方式,如洒水养护、覆盖养护等,保持混凝土表面湿润,控制养护时间,确保混凝土强度正常增长。

1.3 地基处理技术

地基处理是保障水利水电工程安全稳定的关键。换填法适用于浅层软弱地基,将软弱土层挖除,换填强度较高、压缩性较低材料,如砂石、灰土等,提高地基承载力与稳定性。强夯法通过重锤自由落体冲击地基,使地基土体密实,增加地基强度,减少沉降。适用于处理碎石土、砂土、低饱和度粉土与黏性土等地基^[2]。排水固结法针对软土地基,设置排水通道,如砂井、塑料排水板等,通过加载预压使地基土体中水分排出,土体固结,提高地基强度与稳定性。振动法利用振动器产生高频振动与高压水流,在软弱地基中成孔,填入碎石等填料形成桩体,与周围土体构成复合地基,提高地基承载力与抗震性能。

2 灌浆施工技术在水利水电工程中的关键作用

2.1 灌浆施工基本原理

灌浆施工是将具有一定胶凝性能浆液,通过压力设备注入地基或建筑物裂缝、孔隙中,浆液在压力作用下扩散、填充、凝固,形成具有一定强度与防渗性能结石体,改善地基或建筑物力学性能与防渗能力。根据灌浆目的与作用,可分为固结灌浆、帷幕灌浆、接触灌浆、回填灌浆等不同类型。固结灌浆用于提高岩体整体性与强度,减少岩体变形;帷幕灌浆在坝基或建筑物基础形成防渗帷幕,降低渗透压力,防止渗漏;接触灌浆加强混凝土与岩石、混凝土与钢板等接触面结合,提高结合面抗剪能力;回填灌浆填充混凝土浇筑时形成孔洞与缝隙,保证混凝土整体性。

2.2 灌浆材料选择与性能要求

灌浆材料性能直接影响灌浆效果与工程质量。常用灌浆材料有水泥类、化学类、黏土类等。水泥类灌浆材料以水泥为主要成分,可添加外加剂改善性能,具有结石强度高、耐久性好、材料来源广泛、成本较低等优点,适用于大多数灌浆工程。化学灌浆材料种类繁多,如环氧树脂类、聚氨酯类、丙烯酸盐类等,具有黏度低、可灌性好、凝固时间可调、结石强度高、防渗性能好等特点,适用于细微裂缝、孔隙灌浆与特殊工程需求。黏土类灌浆材料以黏土为主要原料,添加适量水泥、水玻璃等,具有成本低、材料易得、对环境影响小等优点,但结石强度与耐久性相对较差,适用于对强度要求不高、防渗要求一般的工程。选择灌

浆材料时,需综合考虑工程地质条件、灌浆目的、施工条件、成本等因素,确保材料性能满足工程要求。

2.3 灌浆施工设备与工艺流程

灌浆施工设备包括制浆设备、灌浆泵、灌浆管路、压力控制装置等。制浆设备用于将灌浆材料与水按一定比例混合搅拌制成均匀浆液,如搅拌机等。灌浆泵是灌浆施工核心设备,提供浆液输送动力,将浆液输送到灌浆部位,根据工程需求选择不同类型与规格灌浆泵,如柱塞泵、隔膜泵等。灌浆管路连接制浆设备、灌浆泵与灌浆孔,保证浆液顺利输送,管路材质与规格需满足压力与流量要求,避免浆液在输送过程中沉淀、堵塞。压力控制装置用于控制灌浆压力,保证灌浆压力稳定在设计范围内,防止压力过大损坏地基或建筑物,压力过小影响灌浆效果^[3]。灌浆施工工艺流程包括钻孔、洗孔、压水试验、灌浆、封孔等环节。钻孔是灌浆施工首要步骤,根据设计要求确定钻孔位置、孔径、孔深与钻孔方向,保证钻孔质量符合要求。洗孔清除钻孔内岩粉、杂质,保证孔壁清洁,为灌浆创造良好条件。压水试验测定岩体渗透性,了解岩体吸水情况,为灌浆参数确定提供依据。灌浆环节根据灌浆方式与工艺要求,将浆液注入钻孔内,控制灌浆压力、速度与浆液浓度等参数,保证灌浆质量。封孔在灌浆结束后进行,防止浆液流失与外界水分进入,保证灌浆效果持久稳定。

3 水利水电施工中灌浆施工技术应用难点与应对策略

3.1 复杂地质条件下灌浆施工难题

水利水电工程常处于复杂多变的地质环境中,断层破碎带、岩溶地区以及软弱夹层等不良地质条件,给灌浆施工带来了极大的挑战。断层破碎带的地质特征表现为岩体破碎、裂隙极为发育且透水性强。在这样的地质条件下进行灌浆施工,浆液极易沿着裂隙迅速扩散,导致灌浆范围难以精准控制。这不仅会造成灌浆材料的大量消耗,增加工程成本,还会使得灌浆效果无法达到预期,难以形成有效的固结体,进而影响整个工程结构的稳定性。岩溶地区则存在着溶洞、溶隙等特殊地质结构。浆液在注入过程中容易流失到这些空洞中,无法在预定位置形成连续、有效的防渗帷幕或固结体。这就好比在一个漏水的容器中进行修补,难以达到理想的密封效果,严重威胁到工程的防渗性能。软弱夹层具有强度低、压缩性高的特点。在灌浆过程中,软弱夹层容易发生变形,导致灌浆压力无法稳定施加,影响浆液的均匀填充和密实度,最终对灌浆质量以及工程的安全运行产生不利影响。针对上述复杂地质条件,需采取一系列针对性措施。对于断层破碎带,采用低压、浓浆、限流、间歇灌浆等方法。低压灌浆可以避免浆液在高压下过度扩散,浓浆则能提高浆液的填充性能,限流措施有助于控制浆液的流量,间歇灌浆可以让浆液有足够的沉淀和凝固,从而有效控制浆液扩散范围,提高浆液填充密实度。在岩溶地区,先进行详细的岩溶探测,准确查明溶洞、溶隙的位置与规模,然后采用充填灌浆、帷幕灌浆等综合处理方法。对溶洞进行充填,对溶隙进行封堵,形成一个完整的防渗体。

系,确保工程的防渗效果。对于软弱夹层,采用超前灌浆、多次灌浆等方法。超前灌浆可以在软弱夹层变形前提前注入浆液,增强其强度;多次灌浆则能逐步提高软弱夹层的稳定性和承载能力,减少变形。

3.2 灌浆施工过程中质量控制难点

灌浆施工质量控制涉及多个关键环节,存在诸多难以把控的难点。灌浆压力的控制是一项极具挑战性的任务。压力过小,浆液的扩散范围会受到限制,无法充分填充岩体或建筑物内部的空隙,难以达到预期的灌浆效果;而压力过大,则可能会对岩体或建筑物结构造成破坏,引发安全事故,如岩体开裂、建筑物倾斜等。浆液浓度的控制也至关重要。过稀的浆液虽然易于扩散,但结石强度较低,无法提供足够的支撑和防渗能力;过浓的浆液流动性差,难以灌入细微的裂隙中,会影响灌浆的密实度,导致灌浆质量不达标。灌浆过程中还容易出现串浆、冒浆等现象。串浆会使浆液流入非灌浆区域,造成材料的浪费,同时影响灌浆区域的灌浆质量;冒浆则会导致浆液流失,降低灌浆压力,使灌浆效果大打折扣。为解决这些质量控制难点,必须加强施工过程的监控与管理。安装先进的压力监测设备,实时监测灌浆压力的变化,根据监测结果及时调整灌浆压力,确保压力始终稳定在设计范围内^[4]。严格控制浆液的配比,定期检测浆液浓度,保证浆液的性能符合施工要求。采取有效的防串浆、冒浆措施,如设置串浆孔,将串出的浆液引回灌浆区域;采用低压慢灌的方法,减少浆液的压力和流速,降低串浆、冒浆的发生概率。加强施工人员的培训,提高他们的技术水平和质量意识,使其严格按照施工规范和操作规程进行施工,从源头上保证灌浆施工质量。

3.3 灌浆施工对环境影响及保护措施

灌浆施工在带来工程效益的也可能对周边环境产生一定的负面影响。施工过程中产生的噪声和粉尘污染,会严重影响周边居民的生活质量和生态环境。噪声会干扰居民的正常休息和生活,粉尘则会污染空气,对周边植物的生长和居民的身体健康造成危害。灌浆材料中部分化学成分可能对土壤和水体造成污染。

这些化学物质一旦进入土壤和水体,会破坏土壤的结构和水体的生态平衡,危害生态环境和人体健康。施工废水和废渣若处理不当,也会对环境造成严重的破坏。废水中的有害物质会污染土壤和水源,废渣的随意堆放会占用土地资源,影响景观和环境质量。为减少灌浆施工对环境的影响,需要采取一系列保护措施。选用低噪声、低粉尘的施工设备,并对施工设备进行降噪、防尘处理,从源头上减少噪声和粉尘的排放。加强施工现场管理,设置围挡、进行洒水降尘等措施,有效控制施工扬尘。对灌浆材料进行严格管理,优先选择环保型灌浆材料,减少化学污染。对施工废水和废渣进行分类收集与处理,废水经处理达标后排放,废渣进行无害化处理或回收利用,避免对环境造成污染。加强施工人员的环保教育,提高他们的环保意识,使其自觉遵守环保规定,共同保护施工周边环境。

4 结语

水利水电施工技术与灌浆施工是保障工程质量 and 安全稳定的关键环节。通过对土石方、混凝土及地基处理等核心施工技术的研究,以及对灌浆施工原理、材料、设备与工艺的深入探讨,明确了各环节的技术要点与质量要求。针对复杂地质条件、施工质量控制及环境影响等应用难点提出了有效应对策略。未来,应持续创新施工技术,加强施工管理,注重环境保护,推动水利水电工程向更高质量、更可持续方向发展。

参考文献

- [1]曾德林,余杰,刘东川.水利水电施工技术和灌浆施工分析研究[J].区域治理,2025(18):0106-0108.
- [2]邱叶,陈竹.水利工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):182-185.
- [3]甘波.水利工程中的灌浆施工技术要点分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(7):142-145.
- [4]黄金荣.水利工程施工中采用灌浆技术的成效分析[J].中国科技期刊数据库工业 A,2025(6):088-091.