

水利水电工程基础施工技术的要点分析

●黄秀莎



[摘要] 水利水电工程基础施工是确保工程稳定性和功能实现的关键环节,其技术复杂性直接决定了工程的经济性和安全性。本文围绕基础施工的核心地位、技术要点、常见问题,以及解决对策展开深入探究,系统分析了地基处理、防渗措施、基础开挖与支护,以及智能化施工技术等关键技术内容。同时,针对施工设备与技术匹配、施工质量管理,以及环境适应性不足等常见问题,提出了科学的解决对策。分析表明,基础施工的精细化设计与技术创新,对保障水利水电工程的长效运行至关重要。

[关键词] 水利水电工程;基础施工;地基处理;防渗措施

水利水电工程基础处理施工对于保障工程的安全性、稳定性和可持续性起着至关重要的作用。良好的基础处理能够确保工程的承载能力和稳定性,可有效地减少工程的风险和安全隐患。并且,基础处理对于工程的使用寿命和维护周期也有着重要的影响,合理的基础处理能够延长工程的使用寿命,减少后期维护和修缮的成本。水利水电工程基础施工技术在提高地基承载能力和稳定性方面具有重要作用,能够确保工程质量和安全。本文从技术实践与理论分析两个层面,系统探讨基础施工的关键技术要点,旨在为施工方案的优化及技术创新提供学术支撑。

Q 水利水电工程中基础施工的核心地位

基础施工作为水利水电工程的起始环节,是整个工程建设的基石,其重要性体现在对工程安全、稳定性及功能实现的决定性影响方面。

首先,基础施工是水利水电工程整体设计理念的实践载体。任何水利水电工程设计方案的实施,都必须以适宜的基础条件为前提,而基础施工技术的精确性直接决定设计目标的实现程度。例如,在高坝建设中,基础处理需要充分考虑地基承载力、沉降特性,以及抗滑稳定性等因素。这些因素不仅影响坝体稳定,也关乎蓄水与泄洪功能的正常发挥。若施工阶段未能准确处理地基问题,后续运营可能面临安全隐患,如坝体变形甚至垮塌等风险。

其次,基础施工是适应复杂地质环境的技术保障。水利水电工程常位于地形险峻、地质条件复杂的区域,如高山峡谷、软弱土层或岩溶地区,这对基础施工提出了极高的要求。通过合理采用地基处理、防渗、排水及支护等技术,

施工团队能够有效应对区域地质特性,并为后续工程提供可靠的支持。比如,帷幕灌浆技术在处理渗透性较强的岩层时,通过填充孔隙形成防渗屏障,不仅提升了地基的稳定性,也有效减少了工程后期维护成本。

Q 水利水电工程基础施工技术的要点

水利水电工程的基础施工技术在实际工程中具有高度的复杂性和技术性,其要点涵盖地基处理、防渗措施等关键环节。

(一)地基处理技术

地基处理技术在水利水电工程中具有极高的技术性和针对性,旨在通过改善地基性能确保工程的安全性和稳定性。其应用范围涵盖软土地基、岩溶地基,以及其他特殊地质条件下的处理需求,不同地质条件对处理方法提出了多样化要求。

针对软土地基,地基处理的主要目的是提高地基承载力和减小沉降变形。常见技术包括真空预压法、砂井法及动态压实法。其中,真空预压法通过抽取软土中的孔隙水,形成负压环境,进而显著提高地基强度并减少沉降幅度。砂井法则通过设置竖向排水通道加速土体固结,适用于厚软土层的快速处理。对于结构松散、稳定性较差的土层,动态压实技术通过机械冲击作用提高土体密实度,使其具备更好的承载能力。

岩溶地基的处理重点在于填补溶洞和裂隙,以提升地基的均匀性和抗渗性能。常用的注浆技术包括水泥注浆、化学注浆和超细水泥浆注浆,这些方法可有效填充溶洞与裂隙,从而增强岩体的整体强度和抗变形能力。近年来,基

于纳米材料的注浆技术逐渐被引入,因其浆液流动性好、固结效果优异,已成为复杂岩溶地基处理的有效手段。

此外,在特殊地质条件下,如湿陷性黄土或冻土地基,需采用具有针对性的技术。比如,通过掺加稳定剂或采取机械加固措施,可以改善湿陷性黄土的结构性能,显著降低施工过程中可能产生的沉降风险。对于冻土地基,采用地基预冻或热稳定措施能够控制冻融循环对地基性能的破坏。

(二)防渗技术

防渗技术是水利水电工程基础施工的重要组成部分,其核心目标是通过削减渗透压力和控制渗流通道,确保工程结构的长期稳定性和水体控制的有效性。

帷幕灌浆技术是防渗施工中的重要手段,广泛应用于坝基及岩体防渗处理中。该技术通过在地基或岩体中钻孔注浆,形成连续的防渗屏障,能够有效降低渗流量并减少渗透压力。近年来,浆液材料从传统的水泥浆向化学浆及复合浆方向发展,新型浆液材料不仅具备优异的防渗性能,还可提升浆液的渗透能力及凝结强度,从而增强整体施工效果。

对于松散土层或堤坝基础,塑性防渗墙技术是常见选择。通过在基础上设置由高分子材料或混凝土制成的连续防渗屏障,可以显著减少渗漏风险。近年来,基于高分子聚合物的防渗膜技术开始应用于防渗墙施工,其优点在于材料的可塑性和施工便捷性,这使其在工程中具有更高的适应性。

在水库及其他储水结构中,铺膜防渗技术凭借其施工简便、成本相对较低的特点被广泛使用。常用的防渗膜材料包括聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP),其优异的抗腐蚀和耐磨性能能够有效延长工程使用寿命。为进一步提升铺膜技术的应用效果,结合土工织物的复合防渗技术逐渐被推广,这种技术通过在土工布与防渗膜之间形成复合结构,大幅提升了防渗层的稳定性与适应性。此外,结合环境保护理念的生态防渗技术近年来逐渐兴起。比如,通过利用植被根系对土体的加固作用,结合浅层防渗处理,可以实现防渗功能与生态修复的双重目标。这种技术尤其适用于浅层渗漏问题较突出的河道整治工程中。

(三)基础开挖与支护技术

由于水利水电工程通常位于复杂地形和特殊地质条件区域,基础开挖与支护技术需根据地质环境特点和工程设计需求采取相应的施工工艺。

深基坑的开挖与支护是该领域的技术难点。在深基坑开挖过程中,常见的施工方法包括分层开挖和区域开挖两种形式。分层开挖通过逐步降低土方高度,能够有效减小基坑边坡的滑移风险,同时便于支护结构的及时跟进。而区域开挖适用于地质稳定性较好的场地,通过分段施工缩小开挖影响范围,提高施工效率。在此过程中,基坑稳定性监

测尤为重要,通过使用位移计、渗压计等设备可实现对地基和边坡变形的实时监控。

边坡支护技术作为开挖的重要辅助措施,需根据边坡的岩土性质与开挖深度选择合适的支护方案。对于软弱土层或砂性土体,土钉墙和喷射混凝土支护具有良好的加固效果。若边坡结构复杂或稳定性要求较高,锚杆加固技术或抗滑桩可提供更为可靠的支撑能力。在岩石边坡施工中,采取坡面削坡、预应力锚索和钢筋网格相结合的支护体系,能够显著提升边坡稳定性,减少地质灾害的发生风险。

爆破技术是岩石地基开挖的常用手段,其优化设计对于降低振动冲击及提高施工安全性至关重要。在爆破作业中,需根据岩石类别及开挖深度确定孔距、药量及起爆顺序,以实现精准爆破和最大限度地降低对周边结构的影响。近年来,微差爆破技术的应用在控制爆破范围、减少岩体破坏方面展现了较高的技术水平。

(四)智能化施工技术

智能化施工技术已成为现代水利水电工程施工的重要发展方向,其特点在于通过信息化、数字化和自动化手段提升施工效率与质量。

建筑信息建模(BIM)技术是智能化施工的重要工具。通过BIM技术,可以在施工前对工程结构进行三维建模与仿真分析,从而优化施工设计方案并预测可能的施工问题。在基础施工中,BIM技术能够直观展现地基处理、防渗措施,以及基坑支护的全生命周期模型,为复杂工程提供科学决策依据。此外,BIM技术还可与地理信息系统(GIS)结合,实现地质环境与施工方案的高度协同,从而提高施工的适应性及效率。

物联网(IoT)设备在施工过程中的实时监测具有重要意义。在地基沉降监测、防渗效果评估及支护稳定性观测中,利用传感器、无人机及监测平台等设备,可以获取施工现场的高精度数据。这些数据通过无线传输与云平台共享,可实现对施工过程的动态分析和智能化调整,有效降低施工风险并提升施工精度。

智能化施工装备的应用,进一步提高了施工技术的自动化与精准化。比如,自动灌浆设备在地基加固和防渗施工中,能够根据实时监测数据自动调整注浆参数,显著提高施工效率与浆液利用率。在基础开挖中,智能化挖掘机和岩石破碎设备通过激光扫描和自动控制技术,可实现高精度的岩土开挖与成型操作,减少人工误差并降低施工成本。

Q 水利水电工程中基础施工常见的问题及解决对策

(一)施工设备与技术匹配度不足导致的效率低下

在水利水电工程基础施工中,施工设备与技术方案的匹配是一个普遍存在的问题。这种情况通常源于项目初期的

设备选型不足以满足复杂施工环境的要求。例如,针对高山峡谷地形,部分施工单位未能有效利用大功率的多功能钻机或智能化灌浆设备,导致施工效率低下甚至出现工程延误。此外,施工技术与设备的兼容性不足也是问题之一。在某些岩溶地基的处理过程中,注浆设备的压力设定和浆液的扩散特性未能完全契合,可能导致浆液回流和地基填充不完全。

针对这些问题,建议施工设备的选型应在项目勘察与方案设计阶段进行充分论证,并考虑地质环境、工程规模和技术需求等多重因素。针对复杂施工场景,建议引入具有高适应性的施工装备,如全自动钻孔装置、智能搅拌系统等,以提升作业精准度和施工效率。同时,应通过施工技术与设备的协同优化,制定具体的操作参数和设备配置标准,确保两者的契合性。此外,定期对设备进行性能检测与维护,并根据施工阶段需要适时调整设备配置,可进一步提高施工的整体效能。

(二)施工质量管控薄弱引发的安全隐患

基础施工过程中质量管控的薄弱,常表现为现场管理不到位和施工工序执行不严。具体问题包括钢筋绑扎松散、混凝土振捣不密实,以及施工缝处理不规范等。这些问题不仅降低了基础结构的整体强度,还可能为后续使用阶段埋下隐患。例如,混凝土浇筑过程中若振捣不足,易形成蜂窝、孔洞等缺陷,影响基础的抗渗性与耐久性。此外,施工监理与验收环节存在流于形式的现象,进一步加剧了质量隐患。

强化施工质量管控需从管理机制和技术措施两方面入手。首先,建立健全的质量保证体系,包括明确施工各环节的技术标准与验收规范,确保施工过程中的每一道工序都符合设计要求。其次,强化现场管理,配置经验丰富的施工监理团队,对施工关键点进行全程监督。技术层面上,推广数字化监测与质量追踪手段,例如,采用混凝土振捣监测传感器实时采集施工数据,并将监测结果与施工日志对比,确保操作符合规范。通过以上措施,施工质量隐患能够在施工阶段得到有效控制。

(三)环境适应性不足引发的生态破坏与工程风险

基础施工若未能充分考虑环境适应性,可能引发显著的生态破坏和工程风险。例如,盲目开挖易导致大范围植被破坏,进而引发水土流失和滑坡等地质灾害。此外,施工

期间若未处理好周边水体的污染问题,可能破坏水生生态系统,导致区域环境承载力下降。地震活动频繁区域若未在基础设计和施工中充分考虑抗震要求,可能使工程在地震中失去稳定性。

建议在施工前开展全面的环境影响评估。通过精细化的施工设计,结合生态保护措施,例如,使用微扰动施工方法或环保型基材,可以最大程度地减少生态破坏。在水体保护方面,建设沉淀池与过滤系统处理施工废水,并加强施工场地周边的水文监测,以防止污染扩散。在抗震设计方面,可通过引入隔震技术或增强基础结构的韧性提升工程抗震性能。此外,加强施工人员的环保意识培训,确保在施工过程中严格执行生态保护措施,也是实现环境与工程协调发展的重要途径。

Q 结束语

通过系统分析,本文归纳了基础施工的核心技术要点,涵盖地基处理、防渗措施、基础开挖与支护,以及智能化施工等多个方面。同时,针对施工设备与技术匹配度不足、质量管理薄弱,以及环境适应性不足等问题,提出了科学合理的应对措施,强调施工过程中的精细化管理与技术优化对提高施工效率和工程质量的作用。随着技术进步和施工需求的不断变化,基础施工技术正向智能化和绿色化方向发展。未来应进一步探索人工智能、大数据分析和物联网技术在施工监测与管理中的应用潜力,推动施工全过程的数字化和自动化。

参考文献

- [1]蔡国森.分析水利水电工程施工难点及施工技术要点[J].中国住宅设施,2022(09):133-135.
- [2]邱明路.水利水电工程施工中防渗技术分析[J].低碳世界,2022,12(05):73-75.
- [3]李雄.水利水电工程施工难点及施工技术要点分析[J].水利科学与寒区工程,2022,5(12):146-149.
- [4]庄桂亮.水利水电工程施工中的基础施工技术分析[J].科技创新与应用,2021(09):167-169.

作者简介:

黄秀莎(1987—),女,汉族,河北张家口人,大学专科,助理工程师,张家口市宣化区水务局,研究方向:水利水电工程。