

水利水电工程施工难点及施工技术要点分析

张 涛

中电建振冲建设工程股份有限公司 北京 100102

摘要：水利水电工程规模宏大、技术复杂，施工面临地质条件不确定、水文环境影响、大体积混凝土温控及工期安全等多重难题。本文分析了工程特点与施工难点，重点探讨了地质缺陷处理、基础防渗、大体积混凝土施工、高边坡与深基坑支护、信息化施工等关键技术要点，并展望了绿色施工与智能化建造等未来发展趋势，为提升水利水电工程施工质量与效率提供参考。

关键词：水利水电工程；施工难点；地质处理；大体积混凝土；施工技术

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的核心领域，对防洪、供水、发电及生态保护具有关键作用。然而，受复杂地质条件、多变水文环境及大规模工程结构影响，其施工面临技术集成度高、安全风险大、工期压力大等挑战。本文系统梳理水利水电工程施工难点，深入分析关键施工技术要点，并结合行业发展趋势提出技术创新方向，以期为工程实践提供理论支持与技术指导。

1 水利水电工程施工特点与难点分析

1.1 工程规模与复杂性

水利水电工程多处于江河湖库等复杂水域环境，普遍具有规模宏大、涉及范围广的显著特征。此类工程往往需要跨越广阔地域，涵盖大坝、水电站、溢洪道、船闸等多个核心构筑物，各构筑物之间结构关联紧密、施工协同要求极高。相较于普通工程，其建设周期更长，通常需要数年甚至十几年才能完成，且施工过程中需协调水文、地质、气象等多重外部因素^[1]。同时，工程涉及土建、机电、金属结构等多个专业领域，技术集成度高，对施工方案的系统性和精细化要求严苛。另外，大型水利水电工程的投资规模巨大，资金筹措与管控难度大，加之不同区域的社会环境、征地移民等问题，进一步加剧了工程的复杂性，对施工组织管理能力提出了极高挑战。

1.2 地质条件不确定性

水利水电工程选址多依赖江河沿岸区域，这些区域的地质条件受地壳运动、水文侵蚀等长期作用，普遍存在较强的不确定性。尽管施工前会开展详细的地质勘察工作，但勘察范围和深度有限，难以全面精准掌握地下岩层的完整情况。施工过程中，常出现勘察阶段未探明的不良地质现象，如断层破碎带、溶洞、软弱夹层、地下水富集区等。这些不良地质条件会直接影响工程基础稳定性，可能导致基坑坍塌、边坡失稳、地基不均匀沉降等问题，严重威胁施工安全。同时，地质条件的突变

往往需要调整施工方案，如变更基础处理工艺、增设支护结构等，这不仅会增加施工成本，还可能延误工期。

1.3 水文环境影响

水利水电工程施工全程受水文环境制约，且水文条件具有显著的波动性和不确定性，对施工影响深远。江河的水位、流量会随季节、气候发生大幅变化，汛期的高水位、大流量可能导致施工场地被淹没，被迫中断施工；枯水期虽利于施工，但水资源短缺又可能影响混凝土浇筑养护、施工用水等环节。水流速度、含沙量等水文参数会影响基础开挖、围堰施工的难度，高速水流可能冲刷施工基坑边坡，含沙量过高则会堵塞施工设备，降低施工效率。水利水电工程施工不可避免地会改变原有水文情势，可能引发上下游水位变化、水流形态改变等问题，进而影响周边水域的生态环境和居民生产生活用水，如何在施工中协调水文环境与工程建设的关系，成为施工过程中的重要难题。

1.4 大体积混凝土温控难题

水利水电工程中的大坝、厂房基础等核心构筑物多采用大体积混凝土浇筑，其温控防裂是施工中的核心难题之一。大体积混凝土浇筑过程中，水泥水化会释放大量热量，导致混凝土内部温度急剧升高，而表面受环境温度影响降温较快，内外温差会产生较大的温度应力。当温度应力超过混凝土抗拉强度时，就会产生裂缝，裂缝不仅会降低混凝土的承载能力和耐久性，还可能引发渗漏等安全隐患，严重影响工程质量。水利水电工程多处于复杂气候环境，昼夜温差、季节温差较大，进一步加剧了温控难度。为解决这一问题，需从混凝土配合比优化、浇筑工艺控制、温控措施布设等多方面入手，且不同工程的地质、气候条件差异较大，温控方案需针对性调整，增加了温控工作的复杂性和实施难度。

1.5 施工安全与工期压力

水利水电工程施工环境复杂、作业风险高,且普遍面临严苛的工期压力,施工安全与工期推进之间的协调难度极大。施工过程中,涉及高空作业、深基坑开挖、水下作业、爆破作业等多种高风险环节,加之地质、水文条件复杂,易发生坍塌、滑坡、溺水、爆炸等安全事故,对施工安全管理提出了极高要求。为保障施工安全,需投入大量人力、物力开展安全防护、监测预警等工作,可能会在一定程度上影响施工进度^[2]。与此同时,水利水电工程多具有防洪、供水、发电等公益属性,往往有明确的建成投产时限,工期压力较大。尤其是汛期、枯水期等关键施工窗口期固定,若错过最佳施工时段,可能导致工期大幅延误,影响工程效益发挥。如何在高强度的工期压力下,统筹推进施工进度与安全管理,避免因抢工期而忽视安全隐患,成为水利水电工程施工过程中的核心难题之一。

2 水利水电工程关键施工技术要点分析

2.1 地质缺陷处理技术

地质缺陷处理是水利水电工程施工的基础环节,其技术要点在于精准勘察、针对性施策,确保工程基础稳定性。施工前需通过钻探、物探等综合勘察手段,全面探明断层破碎带、溶洞、软弱夹层等地质缺陷的分布范围、规模和性质,为处理方案制定提供精准依据。对于断层破碎带,常用的处理技术包括开挖置换法,即清除破碎带内的软弱物质,回填混凝土、块石等高强度材料;灌浆加固法,通过高压灌浆将水泥浆等浆液注入破碎带孔隙,胶结破碎岩体,提升整体承载能力。针对溶洞缺陷,若溶洞规模较小,可采用灌浆填充法处理;若溶洞规模较大,则需采用混凝土封底、桩基跨越等技术措施。对于软弱夹层,需根据其厚度和分布情况,采取剥离清除、锚杆支护、注浆加固等综合处理措施。同时地质缺陷处理过程中需加强实时监测,根据监测数据动态调整处理方案,确保处理效果满足工程设计要求,为后续工程施工奠定坚实基础。

2.2 基础处理与防渗技术

基础处理与防渗技术直接关系到水利水电工程的稳定性和耐久性,是工程施工的关键核心技术之一。基础处理的核心要点是提升地基承载力、减少不均匀沉降,常用技术包括桩基工程、换填垫层法、强夯法等。桩基工程适用于软土地基,通过钻孔灌注桩、预制桩等将上部荷载传递至深层稳定岩层;换填垫层法通过置换基础底面下的软弱土层,铺设砂石、灰土等垫层,提升地基承载能力;强夯法则利用重锤冲击夯实地基,增强土体密实度。防渗技术是水利水电工程的重中之重,尤其是大

坝等挡水构筑物,常用的防渗技术包括防渗墙、帷幕灌浆、高压喷射灌浆等。防渗墙通过在地基中浇筑混凝土、钢筋混凝土等墙体,形成连续的防渗屏障;帷幕灌浆通过在大坝基础廊道内钻孔灌浆,形成纵深的防渗帷幕,阻断地下水渗透通道;高压喷射灌浆则利用高压水流或浆液切割土体并与其混合,形成固结体,实现防渗加固。

2.3 大体积混凝土施工技术

大体积混凝土施工技术的核心要点是控制温度裂缝、保障浇筑质量,需从配合比设计、浇筑工艺、温控养护等多环节协同管控。配合比设计方面,需选用低热矿渣水泥、粉煤灰等掺合料,优化骨料级配,减少水泥用量,降低水化热产生;同时掺入高效缓凝剂,延长混凝土初凝时间,便于浇筑作业衔接^[3]。浇筑工艺上,采用分层分块浇筑方式,控制每层浇筑厚度和浇筑速度,避免混凝土堆积导致内部温度过高;浇筑过程中采用插入式振捣器振捣密实,确保混凝土密实度,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。温控措施是关键,浇筑前可对骨料进行预冷处理,浇筑后及时覆盖保温被、布设冷却水管,通过循环水降温控制内外温差;同时加强温度监测,实时掌握混凝土内部和表面温度变化,动态调整温控措施。养护环节需保证混凝土表面湿润,延长养护时间,提升混凝土抗拉强度,减少裂缝产生。

2.4 高边坡与深基坑支护技术

高边坡与深基坑支护技术的核心是保障边坡和基坑稳定性,防止坍塌、滑坡等事故发生,需结合地质条件和工程实际制定针对性支护方案。高边坡支护常用技术包括锚杆支护、锚索支护、喷射混凝土支护、格构梁支护等。锚杆和锚索通过将拉力传递至深层稳定岩层,约束边坡岩体变形;喷射混凝土可封闭边坡表面,防止岩体风化剥落,同时增强岩体整体性;格构梁与锚杆、锚索协同作用,进一步提升边坡支护稳定性。深基坑支护则需根据基坑深度、地质条件、周边环境等因素选择合适的支护类型,常用的有排桩支护、地下连续墙支护、钢板桩支护、土钉墙支护等。排桩支护和地下连续墙支护适用于深基坑、软土地基,可有效阻挡基坑侧壁土体变形;钢板桩支护施工便捷,适用于中小型基坑;土钉墙支护通过土钉与土体的摩擦力约束土体变形,适用于土质较好的基坑。施工过程中需加强边坡和基坑的变形监测,实时掌握位移、沉降数据,若出现异常情况及时采取加固措施,确保施工安全。

2.5 信息化施工与智能监测

信息化施工与智能监测技术是提升水利水电工程施工效率和质量的重要支撑,其技术要点在于构建一体化

监测管控平台,实现施工全过程的实时感知、精准管控。信息化施工通过引入BIM技术,构建工程三维数字化模型,实现施工方案的可视化设计、模拟推演,优化施工流程,减少施工冲突;同时利用物联网技术,将施工设备、人员、材料等要素接入管理平台,实现施工过程的智能化调度和管控。智能监测技术主要针对工程结构变形、地质稳定性、环境参数等关键指标,布设传感器、监测站等设备,实时采集位移、沉降、应力、水位、温度等数据;通过5G、物联网等技术将监测数据传输至管控中心,利用大数据、人工智能技术对数据进行分析处理,实现异常情况的自动预警。信息化施工与智能监测的融合应用,大幅提升了水利水电工程施工的智能化水平和安全保障能力。

3 施工技术创新与未来发展趋势

3.1 绿色施工技术

绿色施工技术是水利水电工程未来发展的核心方向之一,其核心目标是实现工程建设与生态保护的协调发展,最大限度减少对环境的影响。在材料应用方面,推广使用绿色环保、可降解的建筑材料,减少传统高污染材料的使用;同时加强废旧材料的回收利用,如废弃混凝土的破碎再生利用,降低资源消耗。在污染控制方面,采用先进的粉尘治理技术,如雾炮降尘、密闭式施工等,减少施工粉尘排放;对施工废水进行集中处理,达到排放标准后再排放或循环利用;采用低噪声施工设备,优化施工时间,减少噪声污染对周边环境的影响。在生态保护方面,创新应用生态友好型施工工艺,如采用植生混凝土修复边坡,构建生态廊道保障生物迁徙;施工完成后及时开展植被恢复、土壤改良等生态修复工作,恢复周边生态环境。另外,绿色施工技术还注重节能降耗,通过优化施工方案、采用节能设备等方式,降低施工过程中的能源消耗,推动水利水电工程向绿色低碳方向发展。

3.2 智能化建造技术

水利水电工程施工面临诸多挑战,需统筹攻克地质、水

文、温控及安全等复杂技术难题。施工过程必须依靠精细化管理与技术创新,严格把控各环节,才能切实保障工程质量,确保工程长期稳定运行。展望未来,绿色施工理念将进一步深化,智能化建造技术有望取得重大突破^[4]。在此趋势下,水利水电工程将加速向生态友好、高效智能的方向转型升级。生态友好意味着工程建设将更加注重对周边生态环境的保护与修复,减少对自然生态的干扰和破坏;高效智能则体现在利用先进的信息技术和智能化设备,提高施工效率、优化资源配置、降低运营成本。为适应这一发展趋势,水利水电行业需双管齐下。一方面,持续加大技术研发投入,鼓励创新,推动施工工艺和装备不断迭代升级;另一方面,重视人才培养,打造一支高素质、专业化的技术和管理人才队伍。通过这些举措,为构建现代化水利基础设施体系筑牢根基,助力国家水利事业高质量发展。

结束语

水利水电工程施工需统筹解决地质、水文、温控及安全等多重技术难题,通过精细化施工管理与技术创新保障工程质量。未来,随着绿色施工理念的深化与智能化建造技术的突破,水利水电工程将向生态友好、高效智能方向转型升级。行业需持续加强技术研发与人才培养,推动施工工艺与装备迭代升级,为构建现代化水利基础设施体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]余文兴.水利水电工程施工难点及施工技术要点分析[J].水上安全,2023(4):176-178.
- [2]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.
- [3]闫彪.水利水电工程施工难点及施工技术要点分析[J].汽车博览,2023(34):154-156.
- [4]邓百高.水利水电工程施工难点及施工技术要点分析[J].房地产导刊,2023(12):36-37,40.