

# 浅析水利水电工程的施工技术及其管理

贾振刚

内蒙古自治区红山水库管理中心，内蒙古赤峰市，024511；

**摘要：**水利水电工程作为国家重要的基础设施，承担着防洪、灌溉、发电、供水等多重关键职能，其建设质量与运行效率直接关系到国民经济发展和社会稳定。随着社会对水资源利用和清洁能源需求的不断提升，水利水电工程建设规模日益扩大，施工环境也愈发复杂，这对工程施工技术水平和管理能力提出了更高要求。深入探究水利水电工程的施工技术及其管理，对于保障工程质量、提高建设效率、降低安全风险具有重要的现实意义。

**关键词：**水利水电工程；施工技术；管理

**DOI：**10.69979/3060-8767.26.05.070

水利水电工程技术是水利水电工程发展中的核心部分，对于我国水资源的合理分配具有非常重要的作用。随着科学技术的不断发展，人们也逐渐意识到水利水电工程的重要性。因此这就需要相关人员熟练掌握水利水电工程技术，并加大力度研发各种新技术，从而有效提升水利水电施工效率，并促使其能够发挥出更大的作用。

## 1 水利水电工程核心施工技术解析

### 1.1 土石方开挖施工技术

土石方开挖是水利水电工程施工的基础性环节，主要包括土方开挖和石方开挖两种类型。土方开挖技术：适用于地质条件以土壤为主的区域，施工时需遵循自上而下、分段分层的原则。在正式开挖前，要通过详细的地质勘察和测量，制定科学的开挖方案，明确开挖范围、深度、顺序和路线。施工过程中借助挖掘机等设备进行作业，同时要及时清理开挖现场，保证施工区域整洁，避免对后续工序造成影响。例如在平原地区的河道疏浚工程中，土方开挖技术能够高效地完成河道拓宽和加深任务，为防洪和航运提供保障。石方开挖技术：多用于岩石地层的开挖，施工前期需先用挖掘机清除表层土壤，然后利用爆破或机械破碎等方式对岩石进行处理。对于大规模的石方开挖，通常采用钻爆法，通过精准的爆破设计，控制爆破范围和强度，减少对周边围岩的破坏。在山区水利枢纽建设中，石方开挖技术是修筑坝基、隧洞等关键部位的重要手段。

### 1.2 混凝土施工技术

混凝土是水利水电工程中应用最广泛的建筑材料，其施工质量直接影响水工建筑物的结构强度和耐久性。大体积混凝土施工技术：水利水电工程中的大坝、厂房等多为大体积混凝土结构，由于混凝土在凝固过程中会

产生大量水化热，容易导致温度裂缝的产生。因此，在施工过程中需要采取一系列温控措施，如优化混凝土配合比，掺入粉煤灰和外加剂以降低水泥用量和水化热；采用分层浇筑、分段施工的方式，并在混凝土内部布置冷却水管，通过循环水带走热量；同时加强混凝土的养护工作，保证混凝土表面湿度，减少温度应力。例如三峡大坝在建设过程中，通过先进的大体积混凝土温控技术，成功解决了温度裂缝问题，确保了大坝的结构安全。碾压混凝土施工技术：碾压混凝土坝是一种新型坝型，具有施工速度快、成本低等优点<sup>[1]</sup>。施工时，将混凝土拌合物摊铺后，利用振动碾进行压实，使其达到设计强度。在施工前，需要根据现场的温湿度、地质条件等因素，确定合适的混凝土配合比和施工参数，如VC值（振动压实指标），以保证混凝土的压实质量。碾压混凝土技术在国内外众多水利工程中得到了应用，如日本的岛地川坝和美国的威洛克里克坝。

### 1.3 地基处理施工技术

水利水电工程对地基的稳定性和承载能力要求极高，地基处理不当会给工程带来严重的安全隐患。灌浆施工技术：灌浆技术是通过将浆液注入地基的裂隙或孔隙中，以提高地基的强度、防渗性能和稳定性。常见的灌浆方法有帷幕灌浆、固结灌浆和接触灌浆等。帷幕灌浆主要用于坝基防渗，形成一道防渗帷幕，阻止地下水的渗透；固结灌浆则用于增强地基岩体的整体性和承载能力；接触灌浆用于填充建筑物与地基之间的缝隙，提高两者的结合度。在灌浆施工过程中，需要根据地质条件和工程要求，选择合适的灌浆材料和施工工艺，如高压喷射灌浆技术，能够在软弱地层中形成高强度的固结体，有效提高地基的稳定性。桩基施工技术：对于软弱地基或荷载较大的水工建筑物，常采用桩基施工技术。

通过在地基中打入或浇筑桩体，将建筑物的荷载传递到深层稳定的地层中。常见的桩型有灌注桩、预制桩等。在施工过程中，要严格控制桩的垂直度、承载力和桩身质量，确保桩基能够满足工程要求。

#### 1.4 地下洞室开挖施工技术

水利水电工程中的引水隧洞、地下厂房等地下洞室工程，施工难度大，对施工技术和安全管理要求高。钻爆法开挖技术：是地下洞室开挖的传统方法，通过钻孔、装药、爆破等工序将岩石破碎，然后进行出渣和支护。在施工过程中，要进行精准的爆破设计，控制爆破振动对周边围岩和建筑物的影响，同时采用光面爆破和预裂爆破技术，减少洞壁的超挖和欠挖，提高洞室的成型质量。TBM（隧道掘进机）施工技术：随着技术的发展，TBM在地下洞室开挖中的应用越来越广泛。TBM具有施工速度快、对围岩扰动小、施工安全等优点，适用于长距离、大断面的隧洞开挖。在施工前，需要对地质条件进行详细勘察，选择合适的TBM类型和施工参数，以保证施工的顺利进行。

### 2 施工管理核心要点

#### 2.1 组织与计划管理

实行项目经理负责制和矩阵式管理，利用网络计划技术（如P6、Project）编制进度计划，考虑季节性因素（如汛期避让）。推行BIM技术进行资源动态配置与施工模拟，提升协同效率。

#### 2.2 质量管理

建立全面质量管理体系，落实质量终身责任制，执行单元工程验收制度（SL/T 631 系列标准）。关键工序实行旁站监督，材料进场需复检，施工日志必须完整可追溯。

#### 2.3 安全管理

高风险作业（爆破、高空、深基坑）须编制专项方案并审批。设置1.2米高临边防护栏杆，实施“四维管控”（人、机、环、管）。开展安全教育培训，提升人员技术水平与应急能力。

#### 2.4 信息化与智能施工

应用物联网传感器进行围岩变形监测（如拱顶下沉、收敛位移），实现信息化施工与动态反馈。使用智能压实系统、温控系统等专利设备，提升施工精度与效率。

### 3 水利水电工程施工管理的关键要点

#### 3.1 质量管理

质量管理是水利水电工程施工管理的核心，直接关系到工程的安全性和使用寿命。建立完善的质量保证体系：施工单位应建立健全质量管理组织机构，明确各部门和人员的质量职责，制定详细的质量管理制度和操作规程。从原材料采购、进场检验，到施工过程中的每一道工序，都要进行严格的质量控制，确保工程质量符合设计要求和相关标准。加强施工过程质量监控：在施工过程中，要采用先进的质量检测技术和手段，如无损检测、混凝土强度回弹检测等，对工程质量进行实时监控。同时，建立质量追溯机制，对出现的质量问题及时进行分析和处理，采取有效的纠正和预防措施，避免类似问题再次发生。强化人员质量意识：通过开展质量培训和教育活动，提高施工人员的质量意识和专业技能，使其能够严格按照施工规范和操作规程进行作业。树立“质量第一”的理念，确保每一个施工环节都能达到质量标准。

#### 3.2 进度管理

合理的施工进度是保证水利水电工程按时交付使用的关键。制定科学的进度计划：在项目开工前，要根据工程的规模、特点和施工条件，制定详细的施工进度计划。进度计划应包括各分项工程的开工时间、完工时间、施工顺序和相互衔接关系，同时要考虑到可能出现的各种风险因素，如天气变化、地质条件异常等，预留一定的机动时间。加强进度监控和调整：在施工过程中，要定期对进度计划的执行情况进行检查和分析，及时发现进度偏差，并采取有效的调整措施。例如当实际进度滞后于计划进度时，可通过增加施工人员、设备投入，优化施工方案等方式，加快施工进度，确保工程能够按时完成。

#### 3.3 成本管理

成本管理对于水利水电工程的经济效益至关重要，通过有效的成本控制，能够降低工程建设成本，提高项目的投资回报率。做好成本预算：在项目前期，要根据工程设计图纸和施工方案，进行详细的成本预算，明确各项费用的开支范围和标准。成本预算应包括直接成本（如原材料、人工、设备等费用）和间接成本（如管理费用、水电费等）<sup>[2]</sup>。加强成本控制：在施工过程中，要严格按照成本预算进行费用控制，优化资源配置，避免浪费。例如通过合理安排施工顺序，减少设备闲置时间；加强原材料的采购管理，降低采购成本；同时要定期进行成本核算和分析，及时发现成本超支的原因，并采取相应的措施进行整改。

### 3.4 安全管理

水利水电工程施工环境复杂,存在诸多安全隐患,安全管理是施工管理的重中之重。建立健全安全管理制度:施工单位应建立完善的安全管理体系,制定严格的安全操作规程和应急预案。明确各级管理人员和施工人员的安全职责,加强安全培训和教育,提高全员的安全意识。加强施工现场安全检查:定期对施工现场进行安全检查,及时发现和消除安全隐患。重点检查施工设备的运行状态、安全防护设施的配备情况、施工用电是否规范等。对于危险性较大的作业,如高空作业、爆破作业等,要制定专项安全施工方案,并安排专人进行现场监督。

### 3.5 环境管理

水利水电工程建设对周边生态环境会产生一定的影响,因此在施工过程中要注重环境管理,实现工程建设与生态环境保护的协调发展。制定环境保护方案:在项目前期,要根据工程所在区域的生态环境特点,制定详细的环境保护方案。方案应包括水土流失防治、水污染防治、大气污染防治、噪声污染防治等内容。落实环境保护措施:在施工过程中,严格按照环境保护方案的要求,采取有效的环保措施。例如在土石方开挖过程中,设置挡土墙、排水沟等水土保持设施,减少水土流失;在混凝土搅拌站等场所设置除尘设备,降低粉尘排放;同时要加强对施工废弃物的管理,做到分类收集、妥善处理。

## 4 水利水电工程施工技术与管理的的发展趋势

### 4.1 数字化与智能化:重塑全生命周期管理

数字孪生与 BIM 技术广泛应用,建筑信息模型(BIM)和数字孪生流域技术贯穿工程设计、施工到运行全过程,实现信息集成共享与 4D 动态模拟,显著提升协同效率与决策精度。例如,在水库调度中,数字孪生系统可实时模拟水文变化,优化防洪、供水与发电综合效益。智能建造与无人化作业普及,无人机巡检、机器人施工、智能监控系统已逐步产业化应用。施工现场通过传感器网络采集数据,结合 AI 算法进行风险预判与应急响应,实现安全管理的主动化与精准化。某智慧水利项目通过智能水务系统,使管网漏损率降低 20%,水资源利用率提高 10%。

### 4.2 绿色化发展:生态优先成为主流

生态友好型材料与工艺推广,高分子防水材料、绿化混凝土、生物砌块等新材料广泛应用,减少对自然环境的破坏。同时,土壤固化剂、抗裂混凝土等技术有效降低渗漏与冻胀风险,延长工程寿命。节能减排与资源循环利用,施工过程中注重环保措施并重,推广预制装配式技术,减少现场湿作业与建筑垃圾。在南水北调等重大工程中,采用闭孔泡沫板与聚硫密封胶组合方案,实现伸缩缝防渗性能“双重防护”,渗水量直降 70%。

### 4.3 新材料与新工艺持续突破

高性能复合材料创新应用,纤维增强聚合物水泥基复合材料(FRPMC)在锦屏一级水电站高寒环境中成功应用,抗冻融循环超 100 次,混凝土表面剥落深度从年均 1-2mm 降至零,单项目节约维护成本超 1500 万元。水下修补与封堵技术升级,水电七局自主研发的水下环氧树脂砂浆,粘结强度提升至 3MPa 以上,抗冲磨强度达普通混凝土的 30 倍以上。高压喷射灌浆与防渗墙技术优化,多管法高压喷射灌浆可在砂性土中形成最大直径达 4m 的柱状凝结体,适用于复杂地层防渗处理;“上铣下钻法”等成槽工艺改进,显著提升液压铣槽机在硬岩地层中的施工效率与安全性。

### 4.4 融合发展与管理模式变革

跨行业融合:与交通、能源等行业协同,推动综合交通枢纽水利配套、水光互补系统等新型项目建设。管理模式升级:推行项目法施工与业主负责制,优化生产要素配置,劳动生产率大幅提升。同时,通过国际合作引进先进理念与标准,推动行业国际化发展。

总之,水利水电工程的施工技术和管理是一个系统工程,涵盖了多个学科和领域。随着科技的不断进步和社会对水利水电工程要求的提高,施工技术和管理模式也在不断创新和发展。在未来的水利水电工程建设中,我们应不断学习和应用先进的施工技术,加强施工管理,注重质量、安全、进度、成本和环境的协调统一,推动水利水电工程事业朝着更加高效、安全、绿色的方向发展,为保障国家水资源安全和能源供应,促进经济社会可持续发展做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]高鹏.水利水电工程的施工技术及其管理探析.2024.
- [2]郑浩宇.分析水利水电工程的施工技术及其管理.2023.