

水利水电工程中地下工程施工技术探讨

包诺敏毕力格 152222198902280217

摘要

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对保障能源供应、调节水资源分配、防范洪涝灾害具有不可替代的作用。其中地下工程是水利水电工程建设中的关键环节，其施工质量直接关系到整个工程的运行安全与使用寿命。随着我国水利水电工程建设规模不断扩大，地下工程施工环境愈发复杂，传统施工技术已经难以满足现代工程建设的质量与安全要求。本文结合水利水电地下工程施工特点，对当前主流的地下工程施工技术进行系统分析，探讨施工过程中存在的常见问题，并提出针对性优化策略，以期为我国水利水电地下工程施工提供参考，推动行业施工技术水平提升。

关键词：水利水电工程；地下工程；施工技术；工程质量

一、水利水电工程地下工程施工特点

水利水电工程中的地下工程主要包括导流隧洞、引水隧洞、地下厂房、排水廊道等结构，与地面工程相比，施工环境具有更强的特殊性与复杂性。首先，水文地质条件不确定性强，地下施工过程中容易遭遇断层破碎带、涌水、岩溶等不良地质条件，一旦预判不足，极有可能引发突水突泥、塌方等安全事故，增加施工风险。其次，施工空间受限，地下工程多为狭长型结构，大型施工设备的进场、材料转运与人员作业都受到空间制约，施工组织难度远高于地面工程。再次，施工对周边岩层稳定性影响较大，地下开挖会打破原有地应力平衡，若支护不及时或支护强度不足，极易引发围岩变形，甚至导致整体结构失稳。最后，水利水电地下工程长期受到地下水侵蚀、结构应力变化影响，对施工防水、结构强度要求更高，施工精度与质量控制标准更为严格。

二、水利水电工程中常用地下施工技术分析

（一）钻爆法施工技术

钻爆法是当前水利水电地下工程施工中应用最为广泛的开挖技术，适用于各种硬度的岩层，尤其在硬岩地层施工中具有明显的成本优势。钻爆法施工主要通过钻孔、装药、爆破、出渣、支护等工序循环推进，施工设备简单，对复杂地质条件的适应性强。随着技术的发展，当前钻爆法已经从传统的人工钻孔爆破发展

为数字化控制爆破，通过预裂爆破、光面爆破技术的应用，能够有效控制开挖轮廓，减少对周边围岩的扰动，降低超挖欠挖问题的发生概率。

（二）盾构法施工技术

盾构法是一种机械化暗挖施工技术，通过盾构设备在地下推进，利用刀盘开挖土体，同时完成衬砌支护作业，实现开挖、支护、出渣一体化施工。盾构法施工自动化程度高，施工速度快，对围岩扰动小，能够有效控制地表沉降，施工过程不受地面天气与环境的影响，在长距离地下隧洞施工中优势明显。近年来，随着我国盾构设备制造技术不断进步，盾构法在水利水电输水隧洞工程中的应用越来越广泛，尤其在软土、富水等复杂地层中，盾构法能够有效降低突水、塌方等安全事故的发生概率，保障施工安全。但是盾构法施工对前期勘察精度要求高，设备购置与进场成本较高，针对曲线半径过小或断面尺寸变化较大的工程适应性较差，中小规模地下工程应用盾构法的经济性不足。

（三）新奥法施工技术

新奥法是基于围岩受力特性发展起来的施工技术，核心原理是充分利用围岩自身承载能力，通过喷射混凝土、锚杆等初期支护控制围岩变形，再辅以二次衬砌形成整体承载结构。新奥法施工强调“少扰动、早喷锚、勤量测、紧封闭”的原则，能够适应多变的地质条件，有效发挥围岩的自稳能力，降低支护成本。在水利水电地下厂房、大断面隧洞施工中，新奥法的应用能够有效提高施工效率，控制围岩变形，保障结构稳定性。但是新奥法施工对监测技术要求较高，需要根据围岩变形监测数据实时调整支护参数，对施工团队的技术水平要求较高，若监测不及时或支护参数调整不合理，仍然存在围岩失稳的风险。

（四）顶管法施工技术

顶管法属于非开挖施工技术，通过顶进设备将预制管节从工作井顶入土层，同时排出土体，完成地下管线或隧洞施工。顶管法施工不需要开槽开挖，对地面环境影响小，尤其适用于穿越河流、道路、建筑物的地下工程施工。在水利水电工程中，顶管法常用于排水管道、小型输水隧洞的施工，能够有效减少征地拆迁与地面植被破坏，具有良好的环保效益。但是顶管法施工对顶进方向控制精度要求高，长距离顶进过程中容易出现方向偏差，且在岩层不均匀地层中施工难度较大，顶进力控制不当容易引发管节破裂问题。

三、水利水电地下工程施工存在的常见问题

当前我国水利水电地下工程施工中，仍然存在一些共性问题影响工程质量与施工安全。首先，地质勘察精度不足，部分工程前期勘察过程中，勘察点布置密度不足，对不良地质的预判不到位，导致施工过程中突发地质灾害，不仅延误工期，还容易引发安全事故。其次，施工技术选择不合理，部分工程盲目追求先进技术，忽略了工程实际地质条件与经济性，导致施工成本过高，或者为了降低成本选用不适宜的技术，留下质量安全隐患。再次，围岩支护施工质量不达标，部分施工单位为了加快进度，减少支护成本，存在锚杆注浆不饱满、喷射混凝土厚度不足等问题，导致围岩变形得不到有效控制，严重时引发塌方事故。最后，施工安全管理不到位，地下施工环境封闭，通风、照明条件差，部分施工单位安全投入不足，安全监测体系不完善，从业人员安全意识薄弱，容易引发安全事故。

四、水利水电地下工程施工技术优化策略

针对当前水利水电地下工程施工存在的问题，应当从多个层面优化施工技术与管理。首先，提升前期地质勘察精度，综合运用地质钻探、物探、水文监测等多种技术手段，全面掌握施工区域的地质与水文条件，提前预判不良地质区域，制定针对性的预处理方案，降低施工风险。其次，合理选择施工技术，结合工程规模、地质条件、成本预算等因素，综合比选各类施工技术，在保障质量安全的前提下优先选择经济性与适应性更强的技术，例如长距离软质地层输水隧洞优先选用盾构法，大断面硬岩地下厂房优先选用钻爆法结合新奥法施工。再次，强化支护施工质量控制，严格按照设计要求控制锚杆、喷射混凝土、钢支撑等支护结构的施工质量，落实隐蔽工程验收制度，确保支护参数满足设计要求。最后，完善施工安全与监测体系，建立全过程围岩变形与水文监测机制，实时掌握围岩稳定性变化，及时调整施工方案，同时加大安全投入，改善地下施工通风、照明条件，落实从业人员安全培训，提升施工安全管理水平。

五、结语

水利水电地下工程施工是一项复杂的系统工程，施工技术的选择与应用直接关系到工程的整体质量与运行安全。不同的施工技术具有不同的适用范围与优缺点，施工单位应当结合工程实际情况合理选择，同时针对施工过程中存在的常见问题，从勘察、技术选择、质量控制、安全管理等多个层面落实优化措施，不断提升地下工程施工技术水平，推动我国水利水电工程建设高质量发展。

参考文献

- [1] 张军辉. 水利水电工程地下工程施工技术要点分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(12): 62-63.
- [2] 王军. 水利水电工程中地下工程施工技术探究[J]. 中国设备工程, 2020(14): 211-212.
- [3] 李享松. 水利水电工程地下施工技术应用分析[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(10): 156-158.