抽水蓄能电站施工组织优化路径探析

姚汉武

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司　北京　100024

摘　要：抽水蓄能电站在储能电力和调节电力方面具有较强的经济性、有效性和安全性，可更好地保护电力系统，进一步解决新能源消纳问题。抽水蓄能电站工程施工具有一定的复杂性，且施工项目较多，施工组织的科学有效性会直接影响工程的施工进度、建设质量及安全，也会对整体施工成本产生一定影响。基于此，本文围绕抽水蓄能电站施工项目，先分析了当前施工组织的特点及存在的问题，后从施工规划、施工工序、施工资源、施工进度、施工技术等方面制定实施了相关优化路径，以期提高施工组织水平，为抽水蓄能电站的高质量建设及绿色发展提供推力，进一步保障抽水蓄能电站后续运行的稳定安全性。

关键词：抽水蓄能电站；施工组织；优化路径

引言：随着能源结构的挑战和电力市场的不断完善，抽水蓄能电站作为一种重工业的可再生能源，逐步得到推广和应用[1]。抽水蓄能电站具有较强的经济优势，且整体调节灵活、运行效率高，整体技术相对成熟，在保障电网运行稳定、促进新能源消纳等方面可起到关键作用。当前，新技术快速发展背景下，抽水蓄能电站整体建设发展加快，建设规模也随之加大，这使得施工建设难度及复杂性提高，传统施工组织模式难以满足实际需求。因此，现阶段应加强重视施工组织，根据抽水蓄能电站现场施工环境、施工要求等多方面情况，探索实施更精细全面的施工组织优化路径，切实提高抽水蓄能电站运行水平。

1 抽水蓄能电站施工组织的特点分析

针对抽水蓄能电站施工组织的特点来说，主要包括以下几方面。① 工程结构复杂。抽水蓄能电站由上水库、下水库、地下厂房、引水系统、尾水系统等组成，地下洞室群网络密集，系统之间接口也更为复杂[2]。同时，由于抽水蓄能电站工程结构较多，其相对应的施工工序也较多，且需要多专业进行同步施工，整体施工协同要求较高。② 环境多变。抽水蓄能电站大多数建在山区，地形地势复杂，需面临高地应力、断层破碎带等具体复杂性和危险性的地质条件，实际施工时需要加强安全防护，解决诸多施工技术问题，如地下洞室开挖、边坡支护、陡坡加固、设备材料运输等，同时施工期间还面临高处坠落、物体打击等安全风险。③ 工程施工周期长。像地下洞室开挖、大型钢筋混凝土浇筑等环节涉及的工序较多，整体施工周期较长，同时这些环节施工时还需使用较多的设备、材料及人员，对资源配置也有较高要求。④ 施工质量要求高。对于抽水蓄能电站工程建设来说，年度投资计划、首台机组发电节点、单元工程验收合格率等方面有着十分严格的质量要求，需对抽水蓄能电站施工全过程进行质量管控，以保证整体施工质量[3]。

2 抽水蓄能电站施工组织存在的问题

2.1 施工规划不系统

抽水蓄能电站涉及的施工工序较多，且由于环境多变、施工周期长，更需要对工程建设施工全过程进行系统规划[4]。但当前很多抽水蓄能电站所开展的施工规划主要集中于重点施工工序或现场施工阶段，对前期的环境调查、材料设备准备，以及施工后的机电安装、调试等环节缺少重视，整体施工规划缺少系统性，各专业之间未能有效衔接配合，这种容易增加施工变更问题的发生率，同时也难以有效应对实际施工时发生的突发状况，不利于保障抽水蓄能电站施工质量。

2.2 资源调配不顺畅

对于抽水蓄能电站施工来说，需要大量的施工材料、设备及人员，但当前施工组织未能实现对资源的有效调配，如大型掘进机等设备整体利用率低、部分设备存在较长时间的闲置问题、部分施工工序未配备充足数量的施工人员、施工材料供应计划不满足实际施工进度要求等。这些资源调配的不顺畅和不及时，会在一定程度上影响施工进度及施工质量。

2.3 施工进度管控不佳

目前多数抽水蓄能电站施工组织多采用静态进度计

划，但工程项目建设周期长，现场影响因素较多，若采取人工定期统计汇报的方式了解施工进度，极易与实际情况产生偏差[5]。同时，对现场风险因素的分析力度不足，难以提前制定更完善的应急预案，导致突发事件发生后无法第一时间控制处理，进而引发工期延误。

2.4 先进技术应用不足

施工组织的有效设计与实施能够保证抽水蓄能电站工程开工后施工活动有序、高效、科学地进行，更好地提高施工效率及质量[6]。但目前施工组织设计时缺少对先进技术的深度应用，如未能有效借助 BIM 技术、物联网等技术实现三维建模、搭建线上施工管理平台；未能利用大数据分析、人工智能等技术动态采集施工数据，预测评估潜在隐患风险；未能引进更先进的施工工艺，更多还是单一使用钻爆法等进行隧洞开挖等。这样不仅会降低整体施工效率，还难以对各个施工环节进行有力监管。

2.5 施工协同不到位

抽水蓄能电站工程施工涉及建设、设计、施工、监理等多方主体，想要提高工程建设水平，需要多方主体协同配合，形成管理合力，但当前部分抽水蓄能电站工程建设期间未能制定完善的协同机制，导致沟通不及时、信息不对称，不仅影响施工连续性，还易出现施工变更问题，降低整体施工效率及质量。

3 抽水蓄能电站施工组织的优化路径

3.1 构建全生命周期施工规划体系

根据抽水蓄能电站施工目标，对前期准备、主体土建、设备安装等各环节的施工内容、规范要求、时间节点、质量标准等进行明确规定，强化全周期统筹力度。比如前期准备阶段，应做好对现场施工环境条件的勘察分析、施工道路的规划、水电设施的布置、场地整平等工作。主体土建阶段，应对地下洞室开挖、高坝混凝土浇筑等施工工序加大质量及安全管理。

由于抽水蓄能电站涉及的施工工序较多，在实际施工前应借助 BIM 平台搭建三维模型，模拟各专业接口、工序交叉场景，对各专业施工情况进行整合规划分析，提前解决可能存在的碰撞问题，合理安排施工计划等，如针对地下厂房开挖施工工序来说，可通过三维模型了解该工序与其他工序的交叉问题，提前预留好机电设备运输通道及安装平台，这样不仅可加快施工进度，还能减少施工变更的发生。抽水蓄能电站施工影响因素较多，且若处于断层破碎带等地质环境或在雨季施工，整体施工复杂性和风险性会进一步提高。因此，施工组织设计时应充分了解施工现场的诸多不确定因素，综合考量分析后制定更完善的施工计划，提前做好应急预案，以有效应对突发事件。同时，也应安排技术、安全等部门人员组建专业小组，做好日常数据监测记录，每月分析，以及时调整施工规划。

另外，抽水蓄能电站施工建设涉及多方主体，需制定完善的施工协同机制，搭建统一协同平台，在该平台上各方主体可进行施工图纸、施工进度计划、施工环境条件等相关数据信息的共享，可进行施工变更、施工技术、资源配置等问题的共同商议解决。同时，需规范协同流程，明确各方主体的责任边界和具体任务，并定期开展多方协同沟通会议，及时解决存在的施工问题，真正形成有效的管理合力。

3.2 优化创新施工工序组织模式

充分结合抽水蓄能电站施工特点及工序类型，对原有的施工工序组织进行优化创新，在保证施工质量的同时进一步加快施工进度。首先，可开展多工序并行施工，根据电站结构、施工计划等合理划分不同的施工区域，符合条件的工序进行同时开展施工。比如地下厂房主要分为上下游两个作业区域，空间独立的情况下上游进行主厂房开挖作业的同时下游可进行母线洞施工。根据施工要求，将引水隧洞施工段进行合理划分，安排多个施工队伍同步进行开挖作业。其次，对于施工距离长的引水隧洞、深度较深的主厂房交通洞，施工组织设计应优先进行主洞施工，确保主体施工稳定，通风、排水等通道已形成，这样可为后续施工的高效开展打好基础。在主洞施工的基础上，可根据实际情况合理穿插支洞、通风洞等侧洞施工，提高施工效率。最后，针对高边坡施工、混凝土浇筑等重要施工工序来说，要明确其施工流程及要求，如针对混凝土浇筑来说，应选用性能好、稳定性较强的低热水泥、外加剂、骨料等原材料，合理控制混凝土配合度，进一步提高混凝土的强度、耐久性及抗裂性能[7]。在浇筑时，可使用泵送混凝土技术、滑模/翻模施工方法、分层分块浇筑等技术手段，这样可提高浇筑质量及效率，减少裂缝问题的产生。

3.3 提高资源配置的高效合理性

高效合理配置资源，不仅可节约施工成本，还能提升施工效率，加快施工进度。依托物联网、大数据等技术，建设资源管理平台，采集机械设备、人员、施工材料等相关数据，并借助算法预测分析资源需求，进而智能提出资源调配方案，可确保资源供应充足[8]。另外，想要提高资源的利用率，可根据抽水蓄能电站的施工

工序及特点，优先选用性能好、自动化水平高的机械设备，如智能吊装系统、自动化衬砌台车等，这些机械设备运行效率更高，适用范围更广。推行设备共享机制，跨工区、跨标段调配闲置设备，降低设备采购成本。针对施工材料来说，也应根据抽水蓄能电站的施工进度计划、施工工序类型、施工运输条件等，制定更完善的施工组织计划，对材料的采购、运输、存放、使用等各环节进行合理规划，防止出现积压或断供，也避免因价格波动而增加施工成本。

3.4 动态管控电站工程施工进度

采取关键路径法，明确主厂房开挖、机组安装等重点施工工序，对此类施工工序所需的资源进行妥善配置。按现场施工条件及要求，将工程总工期合理分解为季度进度计划、月度进度计划、周进度计划等，并进一步细化至各部门、各班组、各工序。在施工场地中配备环境监测仪器、人脸识别设备、智能传感器、高清摄像机等设备，依托物联网、人工智能、大数据等技术，建设智慧工地云平台，实时抓取施工相关数据，如开挖进尺、混凝土浇筑量、设备运行状态、现场人员数量等，便于管理人员及时发现问题予以解决和管控，确保施工组织按计划顺利进行。

3.5 先进技术手段赋能施工组织

首先，应将 BIM 技术运用于施工全过程，如设计阶段可进行碰撞检测，提前发现存在的问题，通过管线优化等大幅度减少后续施工变更问题的发生[9]。施工阶段可进行施工模拟，像预制件的虚拟加工安装等，这不仅可提前掌握施工要点，还能合理安排各项施工工序，提高施工效率。其次，加大对智能技术设备的应用力度，如运用智能拌合站、微震监测系统、智能吊装系统等，相比于传统设备和人工操作来说，不仅可提高施工的精准性、安全性，还能进一步提升施工效率，实现对隐患风险的有效监测与规避。最后，搭建运用一体化施工管理平台，将施工进度、施工安全、施工质量等管理环节在平台进行集成运用，提高信息共享水平，加强各环节的衔接效果，可直接在平台上下发任务、接收信息。

结语：综上所述，施工组织开展的合理有效性会直接影响施工进度、施工质量及成本控制效果。但传统的施工组织方式已无法满足抽水蓄能电站的建设发展需求，所以现阶段应明确传统施工组织存在的问题，并通过构建全生命周期施工规划体系、提高资源配置的高效合理性、动态管控电站工程施工进度等优化路径的制定实施，进一步解决施工成本高、施工协同不足等问题，为抽水蓄能电站的可持续建设发展提供有力保障。

参考文献

[1] 王震洲, 杨柳, 张江潮, 等. 抽水蓄能电站小断面 TBM 施工组织研究 [J]. 水电与抽水蓄能,2025,11(2):71-73,78.

[2] 朱策, 万露, 苗雪. 利用退出煤矿建设抽水蓄能电站的施工组织探讨 [J]. 东北水利水电,2024,42(4):27-29,42.

[3] 张松. 抽水蓄能电站施工管理与安全控制 [J]. 建筑与装饰,2025(17):166-168.

[4] 焦战增, 安国强, 李志勇. 长龙山抽水蓄能电站蜗壳层混凝土施工技术 [J]. 云南水力发电,2022,38(2):135-142.

[5] 赵闻达. 抽水蓄能电站导流洞混凝土衬砌施工技术研究 [J]. 建筑与施工,2025,4(21):232-234.

[6] 高文慧. 抽水蓄能电站土建施工难点与对策分析 [J]. 水利电力技术与应用,2025,7(5).

[7] 武志强. 融合人工智能与 BIM 的水利水电施工协同控制技术研究——以某抽水蓄能电站工程为例 [J]. 技术与市场,2025,32(12):116-119.

[8] 吕玉洁. 基于 BIM 技术的抽水蓄能电站施工管理研究 [J]. 中国信息化,2025(12):108-109.

[9] 任立祺, 雷发霄, 樊应祥, 等. 抽水蓄能电站施工质量管控 [J]. 电力安全技术,2024,26(5):7-8,11.