

# 水利水电工程施工组织设计优化研究

王 恒

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

**【摘要】**：针对水利水电工程施工组织设计中存在的现场脱节、技术错配与资源失调等关键问题，研究围绕安全强化、效能提升与全周期协同三大核心价值，提出以现场勘察为基础、适配性技术选型为支撑、资源-进度协同机制为保障的优化路径。通过在大型水利枢纽与中小型水电站工程中落地应用，结合 BIM、数字孪生及动态调控手段，实现施工方案与实际工况精准匹配。实践表明，优化后的组织设计显著提升了作业安全性与施工效率，保障了资源投入与进度节奏同步，有效支撑工程全周期高效运转。

**【关键词】**：施工组织设计；优化技术；水利水电工程；动态调控；资源协同

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.026

## 引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其施工过程具有规模大、周期长、环境复杂、技术集成度高等特点。施工组织设计作为指导现场实施的核心技术文件，直接关系到工程的安全性、经济性与可控性。面对日益严苛的工期要求、复杂的自然条件及精细化管理需求，传统粗放式组织模式已难以满足现代工程建设标准。通过系统性优化，在保障安全底线的前提下，提升资源利用效率、强化技术适配能力，并实现全过程动态协同，从而推动水利水电工程向高质量、高效率、高韧性方向发展。

## 1 水利水电工程施工组织设计优化的核心价值

### 1.1 强化工程施工安全防线

水利水电工程施工涵盖高空、水下、爆破及大型设备吊装等高风险工序，施工区域多临近江河湖库，受水文、气象、地质条件影响显著，安全风险点多面广、管控难度较大。施工组织设计优化需全面排查施工全流程安全隐患，结合地质勘察与水文监测数据，科学划分施工区域、统筹作业顺序与设备布局，避免高空与水下作业交叉、爆破与人员作业近距离叠加等安全隐患。优化方案应明确高危工序安全技术标准，规范安全防护设施布设，细化应急预案与物资调配机制，针对汛期、暴雨、台风等恶劣天气制定专项防控措施，同时优化人员排班与安全培训体系，推动安全管控措施落地执行，构建全方位、多层次的施工安全防护体系，有效降低安全事故发生率，保障施工人员、机械设备及工程结构的安全与稳定。

### 1.2 提升工程施工作业效能

提升工程施工作业效能是水利水电工程施工组织设计优化的关键目标之一。通过科学统筹施工流程、合理划分作业面及工序衔接，有效压缩非生产性时间，减少窝工与交叉干扰。引入 BIM 技术进行三维施工模拟，可提前识别空间冲突与逻辑矛盾，优化施工路径与机械行进路线。在混凝土浇筑、土石方开挖、金属结构安装等关键环节，采用模块化、流水化作业模式，提升各工序的连续性与节奏性。结合工程实际配置高效

能施工设备，如智能碾压机、自动化灌浆系统等，提高单位时间内的产出效率。施工组织设计中劳动力、材料、设备等要素的精准匹配，也避免了资源闲置或过度集中，使整体作业节奏更加均衡流畅，从而显著增强现场施工的运行效率与执行能力。

### 1.3 助力工程全周期良性运转

水利水电工程施工组织设计的优化对实现工程全生命周期的高效协同与稳定推进具有关键支撑作用。通过在前期策划阶段科学统筹施工流程、资源配置与时间节点，可有效避免因计划粗放导致的工序冲突、窝工或资源闲置等问题。在实施阶段，优化后的组织设计能够动态衔接地质条件变化、气候窗口期及设备进场节奏，保障各子系统按既定逻辑有序推进<sup>[1]</sup>。进入后期运维准备阶段，合理的施工组织安排还能为机电安装、调试及验收预留充足接口与时间裕度，减少返工与交叉干扰。优化设计强化了投资控制、质量管控与进度管理的集成性，使设计、采购、施工、试运行等环节形成闭环联动，从而提升整个工程从立项到投产的系统运行效率与可控性，为项目全周期平稳、有序、经济运转提供坚实技术基础。

## 2 水利水电工程施工组织设计现存关键短板

### 2.1 设计与现场施工条件脱节

在水利水电工程施工组织设计过程中，部分方案未能充分考虑施工现场实际地形地貌、水文气象、地质构造及既有基础设施等客观条件，导致设计成果与现场实施环境存在显著偏差<sup>[2]</sup>。在高边坡或软弱地基区域未预留足够的支护措施或地基处理工序，或在雨季频繁区域未合理安排防洪排涝系统与施工窗口期，造成施工中断、返工甚至安全事故。交通条件、材料运输路径、临时设施布设等要素若仅依据图纸推演而缺乏实地踏勘验证，极易引发场地布局冲突、机械作业空间不足或物流效率低下等问题。这种脱离现场真实约束条件的设计，不仅削弱了施工组织的可操作性，还可能引发工期延误与成本超支，严重影响工程整体推进节奏与技术经济指标的实现。

## 2.2 技术选型不符合工程实际需求

技术选型与工程实际适配性不足的问题，集中体现为选用的施工工法、作业机械及信息化技术，与工程地质状况、水文特质、结构构型及环境限制等要素不相契合，高边坡或软弱围岩区段仍采用适配稳定地层的常规开挖防护工法，易诱发坍塌或变形超标，狭窄河谷区域布设大型混凝土搅拌系统，受场地与运输线路制约，设备性能难以充分发挥。部分项目贸然引入 BIM 技术或智能调度系统，却缺失配套数据支撑与操作素养，造成系统搁置，技术方案过度参照既有经验范式，未结合具体工程体量、工期要求与资源条件开展差异化遴选，致使作业效能不足、投入攀升乃至质量隐患。脱离实际的技术抉择，弱化施工组织设计的指导效能，也提升现场调整与返工概率。

## 2.3 资源调配与施工进度不同步

资源调配与施工进度适配性不足的问题在水利水电工程施工中较为突出，集中表现为人力、材料、机械设备等核心投入要素的供给节奏与实际施工规划存在偏差，施工高峰期所需各类资源未提前完成储备与调度部署，导致关键线路作业陷入停滞或作业效能下滑，低峰期则常出现资源闲置现象，造成不必要的成本损耗。混凝土浇筑关键阶段若未同步配齐适配的拌合设备、运输机具及模板支撑设施，会直接影响结构施工连续性，难以满足温控防裂相关标准。缺乏依托 BIM 技术或进度模拟系统开展的动态资源加载分析，资源配置多依赖传统经验判断，无法精准契合网络计划中的工序衔接与时序要求，进而降低整体施工组织的协同水平与管控效能。

# 3 水利水电工程施工组织设计优化路径

## 3.1 开展现场勘察并优化设计适配性

开展现场勘察并优化设计适配性，是提升施工组织设计科学性与可实施性的关键环节。现场勘察需系统采集地形地貌、地质构造、水文气象、交通条件及既有设施等基础数据，尤其关注不良地质区域如滑坡体、软弱夹层或高边坡等地段的稳定性特征<sup>[3]</sup>。基于详实的勘察成果，对施工总布置、临时工程选址、土石方调配方案及施工道路走向进行动态调整，确保设计方案与实际场地条件高度契合。例如，在峡谷型水库工程中，若前期勘察未充分识别岩体节理发育情况，可能导致导流洞开挖支护参数失准，进而引发塌方风险；通过补充地质雷达或钻孔验证后，可及时优化支护结构形式与施工工序。勘察数据还应与 BIM 或 GIS 平台集成，实现三维空间可视化分析，辅助判断施工干扰、物料运输路径合理性等问题，从而在设计阶段规避潜在冲突，提高施工组织方案的现场适应性与执行效率。

## 3.2 科学筛选适配工程的施工技术

施工技术的科学筛选需紧密结合工程地质条件、水文特征、结构形式及施工环境等多重因素，确保所选工艺与设备在技术可行性、经济合理性及实施可控性上高度匹配<sup>[4]</sup>。针对高

坝大库容水利枢纽，宜优先采用大体积混凝土温控防裂技术、智能碾压监控系统及缆机群协同吊装方案；对于山区中小型水电站，则应侧重适应狭窄作业面的模块化施工方法、小型化高效掘进装备及生态友好型导截流技术。在地下厂房或长隧洞工程中，需引入 TBM 或钻爆法的比选分析，综合围岩等级、断面尺寸、通风距离及出渣效率确定最优工法。充分考虑新技术如 BIM+GIS 集成平台、数字孪生仿真和绿色低碳施工工艺的应用潜力，在保障结构安全与耐久性的前提下，提升施工精度与资源利用效率。技术选型过程应依托多方案量化评估模型，结合工期约束、成本控制与风险阈值进行动态优化，避免因技术冒进或保守导致资源浪费或进度滞后。

## 3.3 建立资源与进度协同调配机制

资源与进度协同调配机制的搭建，需依托精细化施工进度规划及动态资源需求测算模型，达成人力、物料、机械设备等核心要素在时间与空间维度的精准契合，关键路径法（CPM）与资源平衡算法的引入可平滑各施工阶段资源峰值，规避资源集中投入引发的窝工现象或供应断层问题，BIM 4D/5D 技术可实现进度规划与资源加载量的可视化融合，实时呈现不同工序间资源依赖关联，提前排查潜在冲突隐患。项目管理信息系统支撑的资源调度平台可打通物资采购、仓储物流、现场领用及进度回馈的数据通道，消除信息壁垒，保障资源供给节奏与实际施工推进深度契合，大型混凝土浇筑、金属结构安装等关键作业区域采用滚动式资源计划编制模式，结合气象、地质等外部变量动态调整资源配置策略，精准匹配现场作业需求，保障关键线路不受资源限制干扰，有效提升整体施工组织的响应效能与执行水准。

# 4 水利水电工程施工组织设计优化方案落地实践

## 4.1 大型水利枢纽工程中的方案落地

黄河古贤水利枢纽工程导流洞施工中，施工组织设计优化方案通过数字孪生系统与精细化工序管控实现深度落地。针对导流洞首层开挖断面跨度大、围岩条件复杂的技术难题，古贤公司联合 42 家参建单位采用掌子面超前地质预报动态掌握围岩特性，投入全电脑智能凿岩台车提升开挖精度，并依托数字化智能建造平台对施工全过程进行管控。在工序组织层面，采用“一大一小”半幅错距跟进开挖工法，有效克服了不良地质条件带来的施工风险，最终实现导流洞首层开挖全线贯通，为后续第二层、第三层开挖创造了有利条件。数字孪生古贤系统同步构建“天空地水工”一体化监测感知体系，建设或接入 8 大类 2 万余套监测感知设备，实现围岩稳定性精准监测与预警，使管理人员在调度中心即可对洞内外情况实时掌控。方案落地过程中，900 多名用户在统一平台协同工作，显著提升了生产效率与协同水平，确保了导流洞较计划提前 3 个月贯通。

## 4.2 中小型水电站施工中的方案应用

中小型水电站施工阶段,施工组织设计优化方案应用需紧密结合项目规模偏小、资金紧张、地形复杂及施工窗口期短促等特质,此类工程普遍存在交通不便、材料运输受阻等问题,优化方案多采用模块化施工流程,将土建施工、机电安装及金属结构制作等工序深度交叉整合,压缩作业面闲置时长。施工机械选型侧重多功能、小型化设备,适配狭窄作业空间的同时降低进场与转场开支,临时设施布局恪守“就近集中、功能复合”准则,缩减临建占地规模并提升周转效能。进度计划编制引入动态滚动模式,结合水文气象数据与实际资源供给状况实时调整关键线路,保障枯水期主体工程高效推进。BIM轻量化模型可对施工场地开展三维模拟,提前排查管线冲突与空间干涉问题,优化施工通道与物料堆场排布,资源投入采用“按需分批、弹性储备”策略,规避库存积压与供应断层,保障混凝土浇筑、机组吊装等关键节点连续施工,在有限条件下实现工期可控、成本受控与质量达标的三重目标。

## 4.3 落地过程中应用效果的动态调控

优化方案落地阶段,应用成效的动态把控需依托多源数据整合及实时反馈体系构建,借助BIM平台与物联网传感设备,高频捕捉施工进度、资源损耗、机械运转态势及关键节点达标质量,构建施工执行状态的数字孪生镜像<sup>[5]</sup>。实际进展偏离计划标准或资源配置出现冗余、缺口时,系统即时启动预警,依

托预设优化算法模型输出调整方案,工序逻辑重构、劳动力调配或材料进场节奏调整均在其列。结合现场地质变动、气象扰动等不可控情形,动态更新施工组织参数,保障方案与现场实际工况高度契合,调控工作注重闭环运转,依托周度或阶段性施工效能评估指标(单位工程量耗时、设备利用效率、安全事件发生率等)量化优化效果。将评估结果融入后续施工段组织设计的迭代完善,推动静态方案向自适应调控体系实现工程化转变。

## 5 结语

水利水电工程施工组织设计优化研究通过系统识别安全、效能与全周期协同的核心价值,精准剖析设计脱节、技术错配与资源失衡等现实短板,提出勘察适配、技术筛选与资源协同三大优化路径,并在大型枢纽与中小型电站实践中验证了方案的可操作性与适应性。依托数字化平台与动态调控机制,施工组织设计正由静态规划向智能响应演进,为复杂水利水电工程高效、安全、经济实施提供了坚实技术支撑。在工程实践层面,优化思路进一步强化全过程管控理念,将风险预判、进度闭环与成本精细化管理融入设计全流程。通过多专业数据互通与动态模拟,有效提升施工方案的科学性与前瞻性,减少现场变更与资源浪费。该研究不仅完善了水利水电工程施工组织设计理论体系,也为同类工程在复杂地质、工期紧张等条件下实现提质增效、绿色建造提供了可复制的实践参考。

## 参考文献:

- [1] 文杰.水利水电工程中型水闸除险加固工程施工组织设计研究[J].湖南水利水电,2025,(03):27-29.
- [2] 王帅,苏晴.探究施工组织设计对水利水电工程造价的影响[J].水上安全,2024,(13):26-28.
- [3] 张辉.水利工程施工组织设计的优化策略探析[J].居舍,2021,(30):119-120.
- [4] 蒲福东,罗成忠.关于水利工程施工组织设计的优化分析[J].中国设备工程,2021,(07):209-210.
- [5] 汪明.水利工程施工组织设计优化方法[J].河南水利与南水北调,2020,49(06):94-95.