

水利水电工程新型施工技术的应用与创新

金 康

江苏江淮水利集团有限公司 江苏 宿迁 223600

摘 要：针对当前我国水利水电工程建设向极端复杂工况推进过程中，传统施工模式难以适配高精度、低扰动建设要求的行业痛点，本文系统梳理水利水电新型施工技术的精细化管控、低能耗低扰动、强工况适配、高集成协同四大核心应用特征，逐一明确新型混凝土、新型防渗锚固、机械化智能化集成三类核心技术的落地应用要点，全面排查技术落地阶段存在的适配性不足、管控体系缺位、实操创新能力薄弱三类典型问题，从工况定制适配、专项管控体系搭建、技术迭代升级三个维度提出全链条优化路径。研究成果可为水利水电工程新型施工技术的规模化规范应用提供系统性技术参考，助力行业整体建设质量与运行稳定性提升。

关键词：水利水电工程；新型施工技术；技术应用；技术创新；施工优化

引言：近年来我国重大水利水电工程建设持续向高海拔深山峡谷、复杂破碎岩土带、高水位临水区域等极端工况延伸，传统粗放式施工模式下精度偏差大、环境扰动强、极端工况适配性不足等短板持续凸显，已无法适配现代水利工程的高质量建设要求。依托多领域技术交叉融合、专用工程设备迭代升级形成的新型水利水电施工技术，成为破解复杂工程建设瓶颈、推动行业施工模式转型升级的核心支撑。但当前工程落地环节，新技术普遍存在通用化套用、管控体系不匹配、人员实操能力不足等问题，技术优势难以充分释放。本文系统梳理新型施工技术的应用特征与核心工艺要点，排查现存落地短板并提出针对性优化策略，为新型施工技术在水利水电工程中的规范化推广提供实操层面的技术指引。

1 水利水电工程新型施工技术应用特征

相较于传统水利水电施工技术，新型施工技术依托多领域技术融合、专用工程设备升级、核心作业工艺改良形成全新的标准化作业体系，具备鲜明的现代化工程施工特征。首先是施工精细化程度高，新技术全面摒弃传统粗放式作业模式，依托高精度传感设备、数控作业装备与全流程标准化工艺体系，精准把控每一项施工参数、结构成型尺寸、作业面施工精度，有效规避传统施工中普遍存在的人为操作质量偏差，适配水利水电工程中防渗帷幕浇筑、重型结构承重、岩土锚固等对施工精度要求严苛的核心工序需求。其次是施工能耗与环境扰动更低，新工艺系统性优化了施工流程与各类资源配置方式，大幅减少建材无效损耗、设备空载运行等无效能耗，同时通过低扰动作业设计降低施工对周边地质结构、流域水体环境的干扰，提升复杂工况下的长期施工稳定性。同时，技术工况

适配性更强，新型施工技术可根据项目现场的复杂地形、水文节律、岩土力学参数灵活调整工艺执行参数，能够适配深山峡谷、高水位临水区域、破碎岩土带等各类特殊施工场景，系统性解决传统技术在极端工况下适配性不足的工程痛点。此外，施工集成化程度高，新技术多实现多工序深度融合、全流程机械化集成作业，简化冗余施工流程、优化不同工序间的衔接效率，大幅提升整体施工进度，减少人工操作带来的不确定性误差^[1]。

2 水利水电工程核心新型施工技术及应用要点

2.1 新型混凝土施工技术

混凝土是水利水电工程核心结构施工的主体材料，新型混凝土施工技术围绕材料配比体系、现场浇筑工艺、全周期养护模式完成全方位技术优化，主要包含高性能混凝土施工、自密实混凝土施工、智能温控混凝土施工等核心技术类型。该类技术系统性优化了传统混凝土配比体系，通过掺加新型功能外加剂、活性矿物掺合料，定向改善混凝土结构密实度、抗渗等级、抗冻循环次数与长期耐久性能，适配水利工程长期临水、干湿交替、高水压荷载复杂的特殊服役环境。在浇筑工艺上，摒弃传统人工振捣的粗放作业模式，采用机械化、集成化专用浇筑设备，实现连续、均匀、分层精准浇筑，有效杜绝混凝土结构蜂窝、麻面、空洞、分层离析等常见质量缺陷。智能温控施工技术可通过预埋传感元件实时监测混凝土内外温差，动态调整浇筑速率与养护温控参数，精准抑制大体积混凝土温度裂缝、干缩裂缝的产生，保障大坝、闸室、重型基础承台等大型水工结构的整体性与长期运行稳定性。

2.2 新型防渗与锚固施工技术

防渗与锚固是水利水电工程保障结构长期稳定运行、杜绝隐蔽性渗漏隐患的核心关键工序,新型防渗锚固技术针对性解决了传统工艺防渗层易失效、长期锚固稳定性不足的行业痛点。新型防渗施工技术主要包含高压喷射防渗、改性注浆防渗、复合土工卷材防渗等核心工艺,通过高压射流原位搅拌地层土体形成连续固化防渗层,或依托高性能聚合防渗材料构建无缝整体性防渗体系,适配坝基、闸基、河道边坡、地下输水廊道等隐蔽防渗施工场景,成型防渗层密实度高、整体性好、抗渗等级与耐久性能优异,可长期抵御高水头渗透压力作用。新型锚固施工技术以预应力智能锚固、中空注浆锚固技术为核心,通过高压注浆充分填充岩体内部裂隙、实时精准控制锚固张拉张力,大幅提升岩体与支护结构的贴合度,强化高陡边坡、地下洞室围岩、深埋水工结构的支护稳定性,有效抵御复杂地质应力扰动,规避岩体松动、开裂、滑移等结构性安全隐患,适配各类复杂地质条件下的岩土支护施工作业^[2]。

2.3 机械化与智能化集成施工技术

机械化、智能化集成施工技术是水利水电工程现代化施工的核心革新技术,依托搭载高精度传感模块的智能施工设备、全流程自动化控制系统替代传统人工粗放作业模式,实现施工全过程的动态精准管控。该类技术涵盖智能土石方精准开挖、无人化自动化碾压、北斗智能测控定位等核心施工工艺,通过智能作业终端实时采集现场施工全量数据,自动校准施工平面位置、开挖深度、碾压遍数、压实度参数,彻底解决传统土石方施工中作业面平整度差、压实度分布不均、超挖欠挖问题频发的行业痛点。同时,集成化施工技术实现多工序联动协同作业,将土石方开挖、作业面修整、分层碾压、质量检测等工序深度一体化衔接,大幅简化冗余施工流程,压缩不同工序间的间隔等待时间,从作业逻辑层面规避多设备交叉作业的相互干扰问题。整体作业模式大幅降低现场高强度作业对人工的依赖度,统一全作业面的施工控制标准,提升施工标准化程度,有效保障深山、高边坡等复杂工况下水利水电工程施工的整体效率与成型精度。

3 新型施工技术应用过程中的现存问题

3.1 技术适配性落地不足

各类新型施工技术具备专属的适用工况与技术参数要求,但在实际应用过程中,普遍存在技术套用固化、适配性不足的问题。施工过程中未结合工程地质条件、

结构形式、施工环境动态调整技术工艺与设备参数,直接照搬通用化技术模式,导致新型技术的性能优势无法充分发挥。部分复杂地质、受限施工场景中,新型精细化施工技术落地受限,无法完全适配特殊施工需求,易出现施工精度下降、工艺效果不达标的问题,造成新技术应用成效大打折扣,无法有效替代传统施工工艺。

3.2 技术应用管控体系不完善

新型施工技术的作业流程、参数标准、施工要求与传统技术差异较大,但现阶段多数施工场景仍沿用传统管控模式,未建立适配新技术的标准化管控体系。施工过程缺乏针对性的工艺管控、参数核验、质量验收标准,导致新技术作业流程不规范,设备参数调控随意性大,极易出现人为操作偏差、工艺落实不到位等问题。同时,新技术施工全过程动态监测、数据复盘机制缺失,无法及时发现工艺应用偏差、设备运行异常等问题,导致新型施工技术的精细化、高效化优势难以完全落地^[3]。

3.3 技术实操与创新能力薄弱

新型施工技术融合了新材料、新设备、智能化控制技术,对施工人员专业素养、技术实操能力要求较高。现阶段部分施工人员对新型技术的工艺原理、设备操作、参数调控、质量把控要点掌握不扎实,实操能力不足,导致新技术应用不规范、效果不达标。同时,技术二次创新能力薄弱,多数施工仅停留在单纯套用现有新技术的层面,未结合工程实际工况对工艺、设备、流程进行优化改良,技术迭代升级速度慢,无法形成适配各类复杂水利水电工程的定制化技术体系。

4 水利水电工程新型施工技术创新与应用优化策略

4.1 立足工程工况,优化技术适配应用

针对不同水利水电工程的地质条件、结构特点、施工场景,开展新型施工技术定制化适配优化,摒弃通用化、固化化的技术直接套用模式。施工前期结合全维度工程勘测数据,精准研判项目核心施工难点与全作业面工况特征,从已有的新技术体系中筛选适配性最高的施工技术,同时针对性调整核心工艺参数、设备额定运行模式、现场流水作业流程,让新技术完全匹配现场实际施工需求。对于复杂地形、水文节律多变、施工空间受限的特殊工况,组织专项技术论证,对原有标准化新工艺进行局部定向改良,优化不同工序的衔接逻辑、专用设备的作业覆盖范围,弥补通用型新技术在极端工况下的适配短板,避免技术与现场条件不匹配引发的施工质量偏差。在正式大面积作业前,选取项目代表性区

段开展工艺试生产,核验调整后的技术参数实际落地效果,动态修正不合理的控制指标,最大化发挥新型施工技术精度高、资源损耗低、长期运行稳定性强的应用优势,从技术适配层面提升新技术的实际落地应用效果,避免先进技术出现“水土不服”的工程问题^[4]。

4.2 构建适配体系,规范技术施工管控

建立适配新型水利水电施工技术的标准化、精细化专项管控体系,彻底摆脱传统粗放式工程管控模式的路径依赖。针对各类新型施工技术的独有工艺特点,逐一制定专属的标准化作业流程、核心参数控制标准、分项质量验收规范,明确每一道细分工序的操作要点、精度控制阈值、现场管控重点,从制度层面规范一线现场施工作业行为,消除不同作业班组的执行偏差。搭建覆盖新技术应用全流程的动态管控机制,依托现场传感终端与工程管控平台,对设备实时运行参数、施工工艺落地情况、作业面施工精度数据进行不间断监测、自动记录与在线核验,及时识别并修正施工过程中的各类偏差,从执行层面杜绝工艺落实不到位、核心参数失控等常见问题。同步完善工序交接双检机制、隐蔽工程质量复检机制、全流程施工数据追溯机制,明确各环节管控责任主体,实现新技术施工全流程可控、可查、可追溯,避免人为操作的随意性,保障新型施工技术应用全程标准化、规范化落地,充分释放新技术的工程应用价值。

4.3 强化技术创新,完善技术应用体系

立足水利水电工程高质量施工的核心实际需求,推动已落地新型施工技术的本土化、精细化二次创新,实现技术体系的持续迭代优化。依托现有新型施工技术的应用基础,结合当前复杂水利工程暴露的施工痛点,定向开展跨工艺融合、专用作业设备改良、全作业流程优化类技术创新,推动单一独立技术向集成化、复合型施工技术升级,补齐单一工艺的应用短板,提升技术综合工况适配能力。同时,强化一线技术实操能力体系建设,针对新型工艺逻辑、智能设备操作、数字化管控平

台使用开展分层级专项培训,夯实施工技术人员与现场作业班组的专业技能,明确新技术全流程标准化实操流程,从人员执行层面减少人为操作带来的精度误差与工艺偏差。持续推进新型工程材料、智能专用设备与现有成熟新型工艺的深度融合创新,逐步填补极端工况下的技术空白,不断完善覆盖全场景的水利水电工程施工技术体系,全面提升行业整体工程施工质量、作业效率与长期运行稳定性,为复杂条件下的重大水利水电工程建设提供坚实的技术支撑^[5]。

结束语

水利水电工程新型施工技术的全面推广,是推动我国水利建设体系从传统粗放模式向精细化高质量模式转型的核心抓手。其技术价值的充分释放,不能仅依赖单一设备或单项工艺的升级,更需要构建从前期工况定制适配、施工全过程标准化管控到后续本土化技术迭代创新的完整支撑体系。只有紧密结合不同工程的实际工况需求持续优化技术落地路径,补齐管控体系与人员能力短板,才能让新型技术真正适配各类复杂建设场景,全面提升水利水电工程的建设精度、长期运行稳定性与服役寿命,为我国现代水网体系的安全高质量建设提供坚实的工程技术保障。

参考文献

- [1] 高志伟. 水利水电工程安全监测新型感知技术的应用场景与选型策略研究 [J]. 水利科学与寒区工程, 2026, 9(7): 129-132.
- [2] 刘训海. 水利水电工程中混凝土施工技术的应用研究 [J]. 水上安全, 2026, (3): 181-183.
- [3] 谷晓燕. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用 [J]. 视周刊, 2026, (5): 132-133.
- [4] 俞国年. 水利水电工程中防渗墙施工技术的应用探析 [J]. 科技资讯, 2026, 24(13): 145-147.
- [5] 吴庆增. BIM 技术在水利水电工程施工管理中的应用实践探索 [J]. 工程建设与设计, 2026, (9): 129-131.