

水利水电施工中的施工技术难题与解决对策

文 / 张跃场 安徽省宏远建设项目管理有限公司

摘要: 为了有效解决水利水电施工中的技术难题,提高工程质量,文章对水利水电施工展开研究。分析了水利水电施工中存在施工环境复杂、地质条件差,材料和设备选择困难,工期和进度控制有挑战,安全管理及风险控制存在问题,施工质量控制困难等常见技术难题。从改善施工环境、优化材料设备、加强进度管理、提升安全管理、完善质量控制体系等方面提出相应技术解决对策。分析认为,通过采取这些对策,可应对水利水电施工技术难题,保障工程顺利开展。

关键词: 水利水电; 施工技术; 施工难题; 解决对策; 工程质量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.087

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的关键领域,对推动经济发展、保障能源供应及改善民生起着不可替代的作用。在当今社会,水资源的合理调配与高效利用需求愈发迫切,水电作为清洁可再生能源,其开发力度不断加大。然而,水利水电施工常面临复杂的自然环境与多样的地质条件,这给施工技术带来诸多挑战。同时,施工材料和设备的恰当选择、工期与进度把控、安全风险管控以及质量保障等方面,也存在诸多亟待解决的问题,严重影响工程的顺利推进与最终效益。

一、水利水电施工中的常见技术难题

(一) 施工环境复杂,地质条件差

水利水电工程大多位于江河峡谷地带,施工环境复杂多变。山区地形起伏大,交通不便,大型设备难以到达工地,临时设施难以搭建。极端天气不仅影响建设进度,还会对已建成的建筑产生危害。工程地质情况复杂,部分地段岩体破碎,断层发育,导致基础稳定性较差。岩溶地区存在大量的地下溶洞和地下暗河,比如一座大型水利项目,因为没有准确地探测到溶洞的位置,导致施工过程中发生塌方,导致工程工期延误几个月不说,处理费用和技术难度也大大增加。比如西南某水电站项目,施工地点位于深山峡谷之中,四周都是陡峭的山体,施工困难不说,一到雨季就会发生山体滑坡,不仅破坏了临时施工便道,还把一些建筑材料和设备都给埋了起来,使得建设的难度和费用进一步增加,严重影响了项目的进度。

(二) 施工过程中材料和设备的选择困难

水利水电工程规模庞大,对材料与设备需求种类多、数量大。材料方面,不同部位对材料性能要求各异,市场上材料质量参差不齐,部分价格低廉的材料难以满足工程长期使用要求。设备选择同样棘手,需根据工程规模、施工场地条件等因素综合选型。在某小型水电站施工中,因设备选型失误,大型起重机在狭窄山谷无法施展,导致施工停滞,工期延长,额外租赁小型设备又增加了成本,凸显合理规划设备购置与租赁的重要性。以某大型水利

枢纽为例,大坝浇筑需要大量高性能混凝土,对水泥的凝结时间、强度等级等指标要求严苛。但在采购过程中,部分供应商提供的水泥质量波动大,导致混凝土试块强度不达标,只能重新筛选供应商,延误了施工进度。而在设备方面,如某工程购置的大型挖掘设备,因未充分考虑施工场地狭窄且多弯道的特点,设备在现场转运困难,工作效率低下,不得不重新调配合适设备。

(三) 施工工期和进度控制的挑战

水利水电工程施工环节众多,工序复杂,相互关联紧密。前期征地移民工作若进展不顺,将直接影响工程开工时间。施工过程中,受天气、地质等不可控因素影响,如遇长时间降雨,土石方开挖、混凝土浇筑等作业无法正常进行^[1]。施工组织协调不到位也会引发进度问题,不同施工队伍之间若沟通不畅、工序衔接不紧密,易出现窝工现象。某大型水利枢纽工程,因资金拨付延迟数月,材料供应中断,大批设备闲置,直接经济损失达数千万元,严重影响施工进度。在某跨流域调水工程中,由于涉及多个地区的征地拆迁,部分区域居民对补偿方案存在异议,导致征地工作拖延半年之久,工程无法按时开工。在施工期间,又遭遇连续暴雨,部分已开挖的基坑被雨水淹没,清淤排水工作耗时费力。同时,不同标段的施工队伍因施工计划安排不合理,在交叉作业时频繁出现相互干扰的情况,进一步加剧了工期延误,使得工程成本大幅增加。

(四) 安全管理及风险控制问题

水利水电施工现场存在诸多安全风险。高处作业多,如大坝坝顶施工、边坡支护作业等,工人稍有不慎便可能发生坠落事故。施工场地内机械设备众多,交叉作业频繁,易引发机械碰撞、物体打击等事故。水利工程施工常涉及水下作业,水下环境复杂,存在溺水、触电等风险。某水利工程施工时,因安全防护设施缺失,一工人在高处作业时坠落重伤。部分施工单位安全意识淡薄,未建立完善的安全管理制度,面对洪水、泥石流等自然灾害,难以有效预防和应对,严重威胁人员与设备安全。在某水库除险加固工程中,施工人员进行坝顶栏杆安装作业时,未系安

全带，且周边未设置有效的防护网，不慎从坝顶坠落，造成重伤。而在一些河道整治工程中，由于施工场地狭窄，挖掘机、装载机等设备同时作业，且缺乏统一指挥，曾发生过设备碰撞事故，造成设备损坏和人员受伤。此外，在汛期施工时，部分施工单位对洪水风险预估不足，未提前做好防洪应急预案，当洪水突然来袭时，施工现场的材料、设备被洪水冲走，部分临时搭建的工棚被冲毁，给施工人员的安全和工程财产带来巨大损失。

（五）施工质量控制困难

水利水电工程质量要求高，任何质量缺陷都可能引发严重后果。施工过程中，影响质量的因素众多。原材料质量波动大，若水泥、钢材等主要材料质量不合格，将直接降低工程结构强度。施工工艺与技术水平也至关重要，混凝土浇筑时振捣不密实、温控措施不到位，易产生裂缝。质量检测与监管存在漏洞，部分检测人员技术水平有限，检测设备精度不够，无法及时准确发现质量问题。某水库工程因施工单位偷工减料，坝体强度不达标，投入使用后不得不进行大规模加固，耗费大量人力、物力与财力。在某大型水电站厂房建设中，由于使用的钢材屈服强度未达到设计要求，导致厂房钢结构在安装过程中出现变形，不得不更换全部钢材，造成了巨大的经济损失和工期延误^[2]。在混凝土施工方面，某工程因混凝土浇筑时振捣时间不足，混凝土内部存在大量空洞，在后续的质量检测中被发现，只能对有问题的部位进行拆除重建。此外，部分质量检测单位为降低成本，使用老旧、精度不达标的检测设备，对一些隐蔽工程的质量问题无法及时察觉，等到工程投入使用后才暴露出严重的质量隐患，严重影响了水利水电工程的安全运行。

二、水利水电施工中的技术解决对策

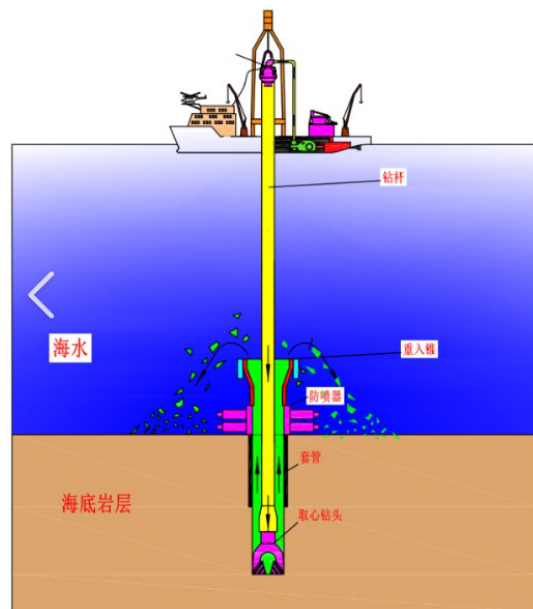
（一）改善施工环境，提高地质勘探精度

为了改善复杂的施工环境，可以首先对施工场地进行科学规划，修建稳定方便的施工便道，保证材料和设备的运输顺畅，同时还可以合理地搭建临时设施，让施工人员的生活和工作更加方便。针对气候影响，建立精确的气象监测系统，可以提前获得天气预警信息，并据此对施工方案进行灵活地调整，例如在暴雨前暂停高空和户外作业等，做好设备和材料的保障。在地质勘探方面，加大技术投入，利用地质雷达、三维地震等先进探测设备，实现对地下地质结构的全方位高精度探测。组建由地质工作者、地质工程师组成的专业地质勘查队伍，提高勘探资料的判读和分析能力。详细、准确的地质报告，为后续基础设计和施工方案的制定提供可靠的依据；针对岩溶地区，提前制定溶洞充填、地基加固等专项处理措施，减小地质条件对施工的不利影响，确保工程顺利进行^[3]。例如在某大型水利枢纽建设中，施工方提前与气象部门合作定制专属气象服务，根据精准天气预警成功避免了

多次因极端天气导致的重大施工事故。在施工场地规划时，还可以结合地形特点，巧妙设置材料堆放区和设备停放区，减少二次搬运成本。对于临时设施搭建，采用装配式建筑技术，提高搭建效率和稳定性，同时也便于后期拆除和重复利用。在气象监测系统建设上，不仅要关注本地气象信息，还应与周边地区气象部门建立信息共享机制，提前掌握大范围气象变化趋势。

（二）优化材料选择与设备配置

优化材料选择，需建立严格材料筛选标准，依据工程各部位性能需求，详细规定材料的强度、耐久性、抗渗性等指标。对供应商进行实地考察，评估其生产能力、质量管控体系，选择信誉良好、产品质量稳定的供应商合作。针对重要材料，如大坝用水泥、钢材，要求供应商提供第三方质量检测报告。在设备配置上，全面考量工程规模、场地空间、施工工艺等因素。运用BIM技术对施工现场进行模拟，提前预判设备作业空间与运行路线，合理选型。大型水利工程可采用租赁与购置相结合的方式，对使用频率高、通用性强的设备购置，如混凝土搅拌站；对使用时间短、专业性强的设备租赁，如水下钻孔设备（见图一）。建立设备定期维护保养制度，配备专业维修人员，及时排除设备故障，确保设备高效稳定运行，降低设备因素对施工的干扰。某大型水电站在材料选择时，对钢材供应商的生产流程进行全程跟踪审计，确保每一批钢材质量达标，避免了因材料问题导致的工程返工。在设备配置方面，利用BIM技术模拟发现大型塔式起重机在特定施工阶段作业存在盲区，及时调整设备型号与布局，施工效率大幅提升。在材料筛选过程中，还可以建立材料样品库，将符合标准的材料样品进行存档，方便施工人员对照检验。



图一：水下钻孔设备

（三）加强施工进度管理，合理安排工期

加强施工进度管理，首先要制定详细、科学的总进度计划，将工程分解为多个子项目，明确各子项目的开工、竣工时间与相互逻辑关系。运用项目管理软件，如Project，对进度进行实时监控，定期对比实际进度与计划进度，一旦发现偏差，及时分析原因并采取纠偏措施。合理安排工期，充分考虑天气、地质等不可控因素预留弹性时间，如在雨季适当减少土石方开挖、混凝土浇筑等受天气影响大的作业安排。加强施工组织协调，定期召开施工协调会，各施工队伍及时沟通施工进度、问题，提前协调工序衔接避免窝工。与当地政府、移民部门紧密合作，加快征地移民工作推进，确保工程按时开工^[4]。同时，建立资金保障机制，提前规划资金使用计划，与金融机构保持良好沟通，确保资金按时足额拨付，保障施工进度不受资金影响。某跨流域调水工程在施工进度管理中，借助大数据分析技术，精准预测不同施工阶段的资源需求，提前调配人力、物力，有效避免了资源短缺导致的工期延误。在制定进度计划时，采用滚动式计划编制方法，根据实际施工情况定期对计划进行调整和优化，使计划更贴合实际。

（四）提升安全管理意识与技术保障

提升安全管理意识，施工单位要定期组织全体施工人员参加安全教育培训，通过播放安全事故案例视频、讲解安全操作规程等方式，强化人员安全意识。在施工现场设置大量醒目的安全警示标识，营造浓厚安全氛围。在技术保障方面，为高处作业人员配备先进的防坠落设备，如全身式安全带、安全绳、速差自控器等，并确保设备质量合格、正确使用。针对水下作业，采用先进的潜水设备与安全监测系统，实时监测水下作业人员身体状况与作业环境。在施工现场安装视频监控系统，对重点区域、危险作业进行24小时监控，便于管理人员及时发现安全隐患。制定完善的应急预案，涵盖洪水、火灾、坍塌等各类可能事故，定期组织应急演练，提高施工人员应急反应与处置能力，最大程度降低安全事故损失。某大型水利工程施工单位引入安全积分制管理，对施工人员安全行为进行量化考核，表现优秀者给予奖励，有效提升了全员安全意识。在技术保障上，采用智能安全帽，实时监测工人位置与生命体征，结合全方位视频监控，构建起立体安全防护网，施工安全事故发生率显著降低。在安全教育培训内容设计上，可以增加互动环节，让施工人员分享自身的安全经验或事故教训，增强培训效果。安全警示标识的设置不仅要醒目，还应根据不同施工区域和风险类型进行分类，如红色代表高风险区域，黄色代表警示区域等。

（五）完善质量控制体系，确保施工标准化

完善质量控制体系，建立从原材料采购、施工过程到成品验收的全流程质量管控机制。在原材料进场时，严格执行检验制度，对每批次材料进行抽样检测，不合格材料坚决退场。施工过程中，设置关键质量控制点，如混凝土浇筑的振捣时间、温控措施，基础处理的灌浆压力等，安排专业质量管理人员旁站监督。运用信息化技术，如质量追溯系统，对施工过程中的每一道工序、每一批材料进行记录，便于质量问题溯源。推行施工标准化，制定详细、统一的施工工艺标准与操作规范，组织施工人员学习，使其熟练掌握标准施工流程。定期开展质量检查与评比活动，对质量优秀的施工队伍进行奖励，对质量不达标的进行处罚并责令整改，通过激励机制提高施工人员对质量的重视程度，保障水利水电工程高质量建成。某大型水库工程建立了智能化质量管控平台，从原材料采购源头录入信息，施工过程中各工序数据实时上传，实现质量问题一键追溯。通过定期开展质量技能竞赛，施工人员主动提升施工质量水平，工程整体质量达到行业领先水平，获得多项优质工程奖项。在原材料检验环节，采用先进的无损检测技术，提高检测效率和准确性。

结语

综上所述，水利水电施工面临诸多技术难题，如复杂的施工环境与地质条件、材料设备选择困境、工期进度把控挑战、安全风险隐患及质量控制难题。为应对这些，可通过改善施工环境、提升地质勘探精度，优化材料设备配置，强化进度管理，提升安全意识与技术保障，完善质量控制体系等措施加以解决。未来，随着科技不断进步，新的施工技术与管理理念将持续涌现，有望进一步攻克难题，推动水利水电工程建设朝着更高效、安全、优质的方向发展，为社会经济发展提供更坚实的水利水电支撑。

参考文献

- [1] 林集思. 水利水电工程施工中的导截流技术分析与研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (07): 214-216.
- [2] 甄莉. 农田水利工程中灌溉渠道防渗施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (06): 136-138.
- [3] 王健. 城市水利工程施工技术的问题及措施[J]. 城市开发, 2025, (03): 135-137.
- [4] 尹国杰. 现代化水利水电施工技术管理应用[J]. 水上安全, 2025, (02): 175-177.

作者简介：张跃场（1980.11-），男，汉族，安徽滁州人，高级工程师，本科学历，研究方向：水利水电工程。