

水库堤坝加固工程施工组织设计与实践

李双庆

吉林省水利水电勘测设计研究院

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6824

[摘要] 水库堤坝加固工程的质量与效能直接关系到国家水安全保障能力,科学合理的施工组织设计是工程顺利推进的核心指导,而落地阶段的实践策略则是将设计蓝图转化为优质工程的关键支撑。文章围绕水库堤坝加固工程,在梳理施工组织设计核心框架的基础上,重点阐述三大实践策略的应用价值:通过精细化地质勘察与动态设计优化,可破解复杂地质条件下的设计偏差难题,实现方案的实时适配;新材料、新工艺的集成应用与全流程质量控制,能提升堤坝防渗、坝体加固的耐久性与施工效率;数字化智慧工地管理体系的构建,借助BIM、物联网、数字孪生等技术实现工程全生命周期的可视化管控,有效降低风险、优化资源配置。

[关键词] 水库堤坝; 除险加固; 施工组织设计

中图分类号: TV62 **文献标识码:** A

Construction organization design and practice of reservoir dam reinforcement project

Shuangqing Li

Jilin Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

[Abstract] The quality and efficiency of reservoir dam reinforcement project is directly related to the national water security guarantee capacity. Scientific and reasonable construction organization design is the core guidance for the smooth progress of the project, while the practical strategy in the landing stage is the key support for transforming the design blueprint into high-quality projects. Based on combing the core framework of construction organization design, this paper focuses on the application value of three practical strategies: through refined geological survey and dynamic design optimization, the design deviation problem under complex geological conditions can be solved and the real-time adaptation of the scheme can be realized; The integrated application of new materials and new technology and the quality control of the whole process can improve the durability and construction efficiency of dam seepage control and dam reinforcement; The construction of digital intelligent construction site management system, with the help of BIM, Internet of Things, digital twinning and other technologies, realizes the visual management and control of the whole project life cycle, effectively reduces risks and optimizes resource allocation.

[Key words] reservoir dam; Danger removal and reinforcement; Construction organization design;

引言

近年来,国家层面出台一系列政策文件,将病险水库除险加固提升至国家战略高度。国务院在“十四五”期间批复水利部的《“十四五”水库除险加固实施方案》,要求在2025年底前完成现有病险水库的除险加固任务。为确保此目标的实现并构建长效机制,水利部于2024年进一步发布《全国病险水库除险加固实施方案(2025—2027年)》为后续工作规划清晰的时间表和路线图。这些政策的相继出台,标志着我国水库堤坝加固工程进入了一个规模化、系统化、规范化的新阶段,也对工程的施工组织与管理实践提出更高要求。

1 水库堤坝加固工程施工组织设计

1.1 工程概况与施工条件分析

施工条件分析要从地质及料场条件入手,即先考察坝基、坝体的地质构造及岩土物理力学特性,再分析周边天然建筑材料(砂、石、土)的储量、质量及开采运输条件,继而交通运输条件、水电供应能力、通信状况、劳动力及设备资源的市场供应情况,以及工程所在地区的社会经济环境、环保要求等诸种因素都予以充分调查和评价。新疆库昂塔格水库除险加固工程的施工组织设计就是很好的示范,其首先对工程施工条件做周密分析,接着设计后续导流及坝体填筑方案。因此只有做到条件分析

的全面性,方能制定出最优、最可行的施工蓝图。

1.2 施工总体部署

施工总体部署是施工组织设计的“灵魂”,它实质上是整个工程管理框架、施工逻辑的纲领性安排。

首先,要建立权责分明、运转高效的施工组织机构,采用项目经理负责制,下面设置工程技术部、质量安全部、物资设备部、计划合同部、财务部和综合办公室等诸种职能部门,形成合理的矩阵式组织结构。

其次,从工程特点及施工条件出发,对施工区域作科学分区,把整个加固工程划分为大坝主体加固区,溢洪道(或泄洪洞)改造区,灌浆作业区,料场开采区,临时工程区(导流工程、施工道路、生产生活设施等)。有利于组织专业化施工,安排平行作业,优化资源配置,切实缩短总工期。

最后,要确定施工总体流程,即明确各项工程的施工顺序和衔接关系。典型的加固工程流程为:“三通一平”(水通、电通、路通、场地平整)等施工准备→导流工程施工→基础处理与坝体开挖→主体加固工程施工(如坝体防渗、坝坡加固、坝顶改造)→溢洪道等附属建筑物施工→金属结构及启闭机电设备安装→竣工清理与验收。这一流程充分考虑水文、气候等约束条件。

1.3 主要资源配置计划

主要资源配置计划为整个施工提供坚实的物质保证,包括劳动力资源配置计划、机械设备资源配置计划和主要材料资源配置计划三部分内容。劳动力资源配置计划主要是以进度计划为依据,将施工过程中各个阶段所需使用的测量工、模板工、钢筋工、混凝土工、灌浆工、土方机械操作手等各种人员的数量进行准确统计,组织其进场或退场的时间计划,做到现场的人力资源与所承担工程量需求相符。机械设备资源配置计划是指在工程施工中,对于主要机械的合理配置使用,是保证工程施工质量和施工进度的最关键措施。配置的机械设备必须与工程规模大小、工程地质条件以及施工方法相适应,其中包括土石坝加固需要用到大量挖掘机、推土机、压路机、自卸汽车;混凝土工程需要配置的有混凝土搅拌站、运输车、泵送设备、振捣设备;防渗加固要用到钻孔机、高压灌浆泵等。还要制定具体设备的来源(自购或租赁)、进场时间、维修保养计划等。材料供应计划则要确保“不断供、不积压”。需要编制主要材料,如水泥、钢材、砂石骨料、土料、防渗土工材料等的需求量计划,明确供应来源、运输方式、进场时间及仓储方案。特别是对于砂石骨料等大宗地材,需提前规划料场,对其质量和储量进行严格评估。一个周密的资源配置计划,能有效避免因资源短缺或冗余造成的工期延误和成本超支。

1.4 施工进度计划与控制

由于施工进度计划及控制是项目管理中保证工程按合同工期优质完成的根本任务,因此编制进度计划一般采用横道图(甘特图)或网络计划技术中的关键路径法CPM来安排。横道图直观明了,易于理解,适合向管理层汇报和进行宏观控制。网络图则能清晰地揭示各项工作之间的逻辑关系,准确计算出关键线路

和总工期,便于进行深度的计划优化和动态调整。在计划中,识别并重点管控关键节点,例如导流工程完成、坝基开挖至设计高程、坝体填筑(或浇筑)至安全度汛高程、主体工程完工等。这些节点直接关系到工程能否规避汛期等重大风险,是进度控制的重中之重。

为保证工期,要制定各项保障措施。技术上采用先进高效的施工工艺,优化施工方案以组织多工作面并行作业。组织上建立严格有效的进度监控体系,定期召开生产调度会,实行奖惩分明的激励机制。经济上保证资金及时到位,用经济合同手段约束分包单位,合同上明确各方责任,妥善处理变更及索赔事宜。以“计划-执行-检查-调整”(PDCA)的闭环管理方式对进度做动态跟踪、主动控制,及时发现偏差、及时纠偏。

1.5 施工现场平面布置

施工现场平面布置实质上是把项目图纸按一定规律布置于物理空间,其根本目的就是在满足施工要求、保证安全、节约用地诸种原则的基础上,做到场内物流、人流有序、高效。因此平面布置时要综合考虑地形地貌、工程布置、环境保护诸种因素。具体而言,生产设施的布置,即混凝土拌合系统、钢筋加工场、模板存放及修整区、砂石料堆场的位置,严格贯彻“流程最短、干扰最小”的原则,尽可能布置于使用地点附近。临时生活设施,诸如办公室、宿舍、食堂、医务室等,布置于地势较高、安全卫生、易于管理的地段,且与生产区保持合理距离。交通组织是平面布置的动脉系统,要对场内主干道、支路及场外公路的衔接予以周密规划,保证大型设备及物料运输车辆顺畅通行,主动做好人车分流设计以保障安全。临时水管网的布置同样有明确而重要的原则:根据各用水用电点的分布及负荷情况,确定供水管线、供电线路的走向及管径/线径,配套设置变压器、水泵等必要设备,切实做到施工及生活用水用电都可靠、有保障。最后,各类设施如仓库、料场、预制场、机修车间、消防设施、环保设施(沉沙池、垃圾处理站)宜统筹安排,让整个施工现场成为一个功能齐备、布局合理、运转高效的有机整体。

1.6 风险管理预案

在水库坝堤加固工程中,风险管理是贯穿始终的核心工作,其重要性不亚于任何一项技术方案。风险管理预案旨在“识别-评估-处置-反馈”风险,实现从被动应对向主动防控的转变。

第一,技术风险,是由于地质条件太复杂、不确定而引起的,比如:基础开挖或灌浆过程中发现一些探不到的软弱夹层、溶洞等,引起修改设计方案、多耗费时间及费用等情况。针对这些情况,需要准备好的有加强超前地质预报、做好备选的技术方案(可用各种各样的灌浆材料、工艺)、建立专家咨询的会诊制度。第二,由于自然风险是堤坝工程所面临的最重大、最直接的威胁,超标准洪水、强降雨、台风诸种极端天气都可能造成围堰溃决、基坑淹没,乃至危及已加固坝体。因此,预案必须建立以气象水文预报为依据的完备预警体系,系统、有层次地制定不同预警等级下人员设备撤离、应急抢险物资调配、与地方防汛指挥部门联动诸种措施。第三,由于应急响应机制是风险管理预案有效

的执行保障,要厘清应急组织结构、指挥体系、各有关主体的职责、响应程序、通讯联络方式及应急资源储备(人员、设备、物资),组织演练,在突发事件发生时做到迅速、有序、果断处置,切实将损失降到最低。

2 水库堤坝加固工程施工实践策略

施工组织设计是“纸上蓝图”,而将其成功转化为优质工程,则依赖于施工过程中的实践策略。这些策略是对设计的深化、补充和动态执行。

2.1 精细化地质勘察与动态设计优化

水库堤坝加固工程施工是对极其复杂的地质体的一种改造,原有勘探资料无法全面反映工程区的各种地质情况,因此在施工中要将勘察工作贯穿始终,推行“精细化勘察”和“动态设计优化”的施工方法。实施过程为:基坑开挖、钻孔施工等工作开展前,安排有经验的地质工程师到施工现场进行地质编录;采用高密度电法、探地雷达等物探方法对基坑开挖、钻孔施工的工作面进行加密探测,对发现与设计不符的异常体应及时予以记录;若发现地质异常问题,则立即启动动态设计优化;设计单位、施工单位、监理单位及业单位联合成立设计优化小组,依据现场揭露的实际地质情况,共同开展设计会诊,对原设计图纸的诸如防渗墙深、灌浆参数、基础处理范围等方面的内容进行合理修改和完善。

2.2 新材料、新工艺的应用与质量控制

由于科技迅猛发展,新材料、新工艺为水库堤坝加固提供更高效、更可靠、更持久的解决方案,因此在施工中应用新技术是提高工程质量和效率的直接途径。具体而言,在防渗处理中宜采用高性能土工膜、复合土工膜、聚氨酯或环氧树脂等化学灌浆材料,与传统的黏土心墙、水泥灌浆相比,其防渗性能更优,施工也更简便。高喷灌浆技术能在复杂地层中形成连续、均匀、致密的防渗帷幕,应用前景广阔。在坝体加固中,采用喷射混凝土、锚杆/锚索、土工格栅等技术提高坝坡的稳定性。新技术的应用要与严格的质量控制体系相匹配。施工单位需组织专项技术培训,让操作人员熟练掌握新工艺的施工要点和参数控制。建立完善的现场试验室,对进场的新材料进行严格的检验,要求其性能指标符合规范要求。在施工过程中,监理和质检人员需对关键工序进行旁站监督,利用无损检测等现代化手段对施工质量进行实时监控和过程验收。

2.3 数字化智慧工地管理体系构建

当下,数字化转型已成为传统基建工程升级的驱动力,在水库堤坝加固工程中建设数字化智慧工地管理体系,是实现精细

化管理、提升安全水平和决策效率的革命性策略。具体而言,该体系以BIM技术为核心,整合物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)、无人机及数字孪生诸种先进技术:用BIM模型做到设计可视化交底、施工方案虚拟推演、碰撞检查提前规避。在坝体、边坡等关键部位布设渗压计、位移计、应变计等传感器,借助物联网技术实时采集数据,再利用数字孪生平台做实时、可靠的大坝健康状态分析,由此真正实现对大坝状态的“四预”(预报、预警、预演、预案)管理。同时用无人机定期航拍获取施工现场高精度三维模型,直接应用于进度计量、土方平衡计算、安全巡检诸种场景。管理人员既可通过手机APP,也可通过中央控制室的大屏幕,随时、随地获取项目中人、机、料、法、环各要素的全息信息,远程指挥、实时调度变得直观高效。

3 结束语

当前,我国正处于病险水库除险加固的关键时期,这既是保障国家水安全的重大举措,也是对水利工程建设管理水平的一次全面检验。科学严谨的施工组织设计是确保工程成功的蓝图,而灵活创新的施工实践策略则是将蓝图变为现实的保障。展望未来,随着新一轮科技革命的深入发展,水库堤坝加固工程将更加趋向智能化、绿色化和精细化。以数字孪生为代表的信息技术将重塑工程管理模式,实现从风险被动响应到主动预测与智慧决策的跨越。新材料、新工艺的不断涌现,将为应对复杂工程挑战提供更多可能。因此,水利工程界坚持系统思维,将周密的顶层设计与先进的实践策略紧密结合,探索和完善水库堤坝加固的理论与方法体系。

[参考文献]

- [1]石明磊.双岔沟水库堤坝除险加固措施研究[J].陕西水利,2024,(10):170-172.
- [2]本报评论员.加快堤坝水库等水利设施修复和加固[N].中国水利报,2021-08-20(001).
- [3]祝凌.水利工程中水库堤坝防渗施工技术和防治方法[J].科技创新与应用,2017,(31):91-92.
- [4]陈苏建.水库堤防除险加固技术及其质量控制对策分析探讨[J].江西建材,2016,(17):137+140.
- [5]王卫明.水库大坝防渗加固施工技术探讨[J].低碳世界,2016,(12):123-124.

作者简介:

李双庆(1993--),男,汉族,吉林省公主岭市人,本科,工程师,水利工程施工组织设计。