

小型水利枢纽建设现场统筹管控难点及处置方式

侯平

新疆金烨工程项目管理咨询有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20282

[摘要] 小型水利枢纽建设对于区域水资源调配与防灾减灾具有关键作用。其建设过程受限于规模、环境与资源,现场统筹管控面临一系列独特挑战。本文旨在系统解析小型水利枢纽现场统筹管控的内在逻辑与外部约束。首先阐释相关基本概念与构成内容;其次剖析地质、水文等关联要素对管控活动的深层制约;重点在于识别多工序交叉、空间资源争夺、设计变更、恶劣环境等典型难点,并针对性地探讨了动态优先级排序、空间-时间资源耦合规划、闭环变更管理流程、韧性施工组织以及风险动态平衡控制等处置方式的核心要义。

[关键词] 小型水利枢纽; 现场统筹管控; 施工冲突; 资源约束; 风险控制

中图分类号: TV61 **文献标识码:** A

Difficulties and disposal methods in overall management and control of small-scale water conservancy hub construction sites

Ping Hou

Xinjiang Jinye Engineering Project Management Consulting Co., Ltd

[Abstract] The construction of small-scale water conservancy hubs plays a crucial role in regional water resource allocation and disaster prevention and reduction. The construction process is limited by scale, environment, and resources, and on-site coordination and control face a series of unique challenges. This article aims to systematically analyze the internal logic and external constraints of on-site coordinated control of small-scale water conservancy hubs. Firstly, explain the relevant basic concepts and constituent contents; Secondly, analyze the deep constraints of geological, hydrological and other related factors on control activities; The focus is on identifying five typical difficulties, including multi process intersection, spatial resource competition, design changes, harsh environments, and synchronous control of quality and safety risks. The core principles of dynamic priority sorting, space-time resource coupling planning, closed-loop change management process, resilient construction organization, and risk dynamic balance control are discussed in a targeted manner.

[Key words] small-scale water conservancy hub; On site coordination and control; Construction conflicts; Resource constraints; risk control

引言

水利基础设施建设是国家水资源战略的有机部分。由于小型水利枢纽功能明确、分布广、环境差等特性,在现场施工组织及管理方面存在较大的差别和特殊之处。现场统筹管控效果的好坏,直接关系到工程建设质量、安全、进度和成本目标能否达成。目前有关小型水利枢纽建设管理的研究大多集中在技术工艺或者宏观政策上,对于微观现场层面多重约束交织的统筹管控问题缺少系统的梳理和深入的机理研究。由此造成处置方式大多只是停留在经验上,没有预见性和系统性。因此,弄清小型水利枢纽建设现场统筹管控的主要难题,

创建起符合其特点的处置逻辑框架,有着十分紧迫的现实意义和理论价值。

1 小型水利枢纽建设的现场统筹管控解析

1.1 小型水利枢纽工程特质

小型水利枢纽工程的特性直接影响到它的现场管理方式。第一是地理位置的边缘性和分散性,工程点大多处在交通不便的山区或者乡村,造成大型设备进退场难、材料供应链条弱、外部协作支援慢。其次就是工程结构的紧凑性、集成性,在有限的空间里完成挡水、泄洪、取水等多种功能,各个构筑物之间布局紧凑,作业面互相交叉甚至重叠,空间争夺激烈。再者就是建设环

境的敏感性、脆弱性,工程常常临近居民区或者生态保护区,对于施工噪声、粉尘、水质扰动等环境影响的容忍度较低,环保要求严格^[1]。

1.2 现场统筹管控内容构成

小型水利枢纽建设的现场统筹管控内容构成是多维的。第一维就是空间维度,即对永久性建筑、临时性设施、材料堆放区、运输通道等物理空间的合理规划和动态调整,核心就是解决空间矛盾、提高空间利用率。第二,按照关键路径的网络计划来安排各项工序的起止时间和持续时间以及逻辑关系,并要考虑不确定因素对时间轴的影响^[2-3]。第三,即人力资源、机械设备、建筑材料、工艺技术、资金等各种投入要素的供给与需求计划、调配、协调,主要是解决资源在时间、空间上的配置问题。

2 现场统筹管控地质水文关联要素

2.1 地质条件不确定性干扰

地质条件不确定性属于小型水利枢纽建设的主要干扰因素。由于勘察精度和成本的限制,地质勘探报告很难把地下岩土层、断层、裂隙、软弱夹层、地下水位等真实复杂的地质情况全部反映出来。不确定性在施工开挖阶段集中表现出来,造成实际开挖工程量远远大于设计值,边坡失稳的风险增大,地基承载力不足需要进行额外的处理等状况的发生。预期为完整基岩的开挖面可能会遇到强风化带或者破碎带,迫使支护方案临时改变,不但会造成工期延误,还会扰乱已经安排好的材料和设备计划。基坑降水难度还会因为地下含水层连通性复杂而增大,影响干地施工条件^[4-5]。

2.2 水文气象动态变化约束

水文气象的动态变化给施工活动带来刚性的制约。小型水利枢纽大多建在河道上或者附近,施工导流、围堰设计、基坑作业都高度依赖对河流水位、流量等水文情势的准确预测。但是山区性河流具有暴涨暴落的特点,在气候变化背景之下,极端天气事件频发,水文预报的不确定性增大。一场预料之外的强降雨会造成围堰过水、基坑被淹等重大损失和工期延误。气象条件如持续高温、严寒、大风、大雾等都会对混凝土浇筑质量、高空作业安全、机械效率、人员健康造成影响。

3 现场统筹管控典型难点的处置方式

3.1 多工序交叉作业冲突的处置方式

多工序交叉作业冲突属于小型水利枢纽施工现场最为常见、最频繁的控制难题。由于作业空间高度紧凑,土建施工、金属结构安装、机电预埋、装修装饰等不同的专业工序常常会在同一个时间段、同一个区域或者垂直空间内同时或者交叉进行。大坝坝体混凝土浇筑的时候,坝内廊道模板架设和钢筋绑扎也同时进行,灌浆作业还要等到混凝土达到一定的强度,这些工序在时间、空间上高度交叉。冲突具体表现在作业面的争夺、施工的干扰、安全隐患的叠加和工序衔接的真空或者重叠。协调不当会造成窝工、返工,严重的还会造成质量缺陷或者安全事故。其根本原因在于传统线性施工计划不能反映复杂的空间逻辑

关系,各个专业的队伍都是根据自身最优化的计划来制定的,没有一个统一的、考虑空间约束的协同调度平台。

表1 典型工序冲突类型及发生频率统计(基于小型水利枢纽现场调研)

冲突类型	发生频率(次/月)	平均延误时间(天/次)	主要影响区域
作业面争夺	12	2.5	坝体浇筑区
运输通道拥堵	9	1.8	进出场道路
设备调度冲突	7	2.0	塔吊/拌合站
工序衔接真空	5	3.2	廊道/闸室
安全隐患叠加	6	1.5	交叉作业区

3.2 有限作业空间资源争夺的处置方式

有限作业空间内资源争夺属于交叉作业冲突的物质化体现,也是影响施工效率的主要瓶颈。资源争夺不单是空间上的场地争夺,也是共用的运输通道、垂直运输设备、临时水电接口、材料堆放区等等。小型枢纽工地一台塔吊要服务多个作业点,一条狭窄的施工道路要同时承受混凝土罐车、钢筋运输车、土方车的通行要求。由于争夺造成运输效率低、设备等待时间长、材料二次搬运多,容易造成交通堵塞、安全事故。另外临时设施钢筋加工场、模板堆放区布置不合理也会占用后续工序的作业面产生空间锁定效应。难点在于空间资源具有排他性、时效性,空间资源的优化配置属于动态的、多目标的规划问题。传统的静态总平面布置图不能适应施工阶段的变化。解决这个难题要采用空间-时间资源耦合规划的思想,把施工进度计划同三维场地模型融合起来,开展施工全过程的空间模拟,预知各个阶段的空间需求及冲突,进而制订出分阶段的动态场地布置方案。

3.3 临时工程设计变更的处置方式

小型水利枢纽建设中,由于地质条件的变化、功能需求的微调或者施工工艺的改进而造成的临时性设计变更不可避免地会存在。但是设计变更的应对不当,会成为造成现场混乱、成本超支、工期延误的又一重要原因。难点就是变更信息传递的滞后和失真,设计单位的变更指令如果不能及时、准确地传达到所有的施工班组和供应商,就会导致根据旧图施工的错误。其次,变更会引发连锁反应,一个局部构件的改变会引起所有相关联的钢筋、模板、预埋件的全部改变,甚至会影响设备订货参数。再者,变更的签认和计价程序如果过于繁琐、缓慢,就会使施工单位对变更缺乏积极性,从而引起合同纠纷。现场管控常常处于被动响应状态,没有对变更的影响进行快速评价以及系统的改变能力。解决这一难题就要创建起标准化的闭环变更管理流程。变更提出、技术经济评审、批准发布、现场实施、反馈确认应该有一条明确的途径以及责任矩阵。

3.4 恶劣环境施工持续保障的处置方式

小型水利枢纽一般要在汛期、雨季、高温、严寒等恶劣天

气中坚持施工,才能抓住有限的施工窗口期。恶劣环境下保证施工连续性、质量、安全,就是对现场统筹控制能力的考验。难点就是恶劣环境的多种负面影响,暴雨洪水威胁围堰和基坑安全,迫使作业暂停;持续降雨造成施工道路泥泞、场地积水,影响机械作业和材料运输;高温加快混凝土凝固,影响工人健康;严寒会造成混凝土冻裂、管道破裂。这些影响不但是直接导致停工的因素,也是扰乱整个资源供应和工序衔接的节奏。现场准备不充分,应急预案流于形式,缺少可操作的恶劣天气专项施工组织设计。化解此难点的关键就是创建起“韧性”的施工组织体系。这就需要事先识别出各种恶劣环境的风险,制订详细的、分等级的应对预案,准备必要的应急物资和设备。

3.5 质量安全风险同步控制的处置方式

表2 质量与安全风险同步控制关键指标对比

控制指标	传统管理模式	质量安全一体化模式	改善幅度(%)
质量缺陷整改及时率(%)	68	89	+30.9%
安全隐患闭环率(%)	72	94	+30.6%
重复质量问题发生率(%)	15	6	-60.0%
现场安全事故率(次/万工时)	2.3	1.1	-52.2%
质量安全联合巡检覆盖率(%)	45	92	+104.4%

数据来源:某中型水利枢纽建设现场试点对比数据(2024年4月-2025年4月)

在资源匮乏、工期紧张的情况下,质量控制和安全风险控制常常会陷入同步推进的困境之中,有时还会出现重进度、轻质量安全的现象。但是水利工程的质量和生命是生命线,任何疏忽都会造成严重的后果。难点是两者控制点在现场高度重合,同时资源需求有竞争。抢工期会造成混凝土养护时间不够、模板拆除过早,埋下质量隐患;为了赶工而进行的夜间施工或者疲劳作业,大大增加了高空坠落、机械伤害等安全风险。质量检查、安全巡查需要耗费人力、时间,在施工紧张的情况下很容易被压缩。

另外一些隐蔽工程的质量缺陷本身就是潜在的安全隐患,灌浆不实会造成渗漏破坏。现场管控把质量与安全当作两条平行线,缺少协同机制。解决这一难题就要实行质量安全风险一体化的管控模式。这就需要在编制施工方案的时候同步开展质量风险和安全风险的识别、评价,并制订联合控制措施。

4 结束语

小型水利枢纽建设现场统筹管控属于一项繁杂的系统工程,其难点来自于工程本身的特性以及外部环境的限制。本文对概念内涵、关联要素、具体难点三者之间的逻辑关系进行了系统的分析。研究表明,地质水文的不确定性是基础制约,多工序交叉、空间资源争夺、设计变更、恶劣环境、质量安全同步控制等五大难点就是现场各种矛盾的集中体现。对以上问题不能依靠零散的经验去解决,而应该形成一个系统的处置逻辑来应对:用动态协同来解决工序矛盾,用时空耦合来提高资源利用效率,用闭环流程来管理变更,用韧性组织来保证环境适应性,用一体化模式来平衡质量安全风险。

[参考文献]

[1]刘书林.弘扬大禹治水精神和推进当代治水伟业的新篇章[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2026,29(3):104-112.

[2]张云.水利安全风险管控“六项机制”在东庄水利枢纽工程建设中的应用[J].陕西水利,2026,(01):153-156.

[3]姚洋.临淮岗洪水控制工程安全标准化建设实践和思考[J].治淮,2025,(10):89-91.

[4]冯峰,刘谋,张晒昭.三门峡水利枢纽智能生产管理系统建设探讨[J].人民黄河,2025,47(S1):190-191+194.

[5]刘双,刁伟.基于BIM+数字孪生技术的水利枢纽工程智慧化安全管理研究[J].水上安全,2025,(09):1-3.

作者简介:

侯平(1980—),男,汉族,甘肃武威人,大学本科,水利工程中级,研究方向:水利工程。