

渠首枢纽建设进度管控难点及应对方案探析

候伟

沙湾市农村饮水安全工程管理站

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6952

[摘要] 渠首枢纽工程集导流、挡水、泄洪、取水等功能于一体,其建设进度受水文地质、多专业交叉、工序衔接等复杂因素制约。本文系统阐述了此类工程进度管控所具有的工期刚性与时序关联性核心特点。进而,深入剖析了以水文不确定性压缩导流窗口、隐蔽工程工期超限及土建金结安装衔接脱节为代表的典型进度管控难点。针对性地,论文从导流阶段保障、基础处理工期压缩、接口协调、特殊气候应对及动态纠偏五个维度,提出了一套具体的关键环节进度管控措施组合。研究表明,通过实施基于历史水文数据的窗口预判、推行分区流水与穿插衔接作业、强化埋件预留等固定节点管理、制定雨季汛期专项施工方案以及建立以关键线路为核心的日进度比对与资源动态调配机制,可有效应对各类不确定性干扰,实现对渠首枢纽工程建设进度的精细化与韧性化管控,保障工程总体建设目标的顺利达成。

[关键词] 渠首枢纽; 进度管控; 导流窗口; 工序衔接; 动态纠偏

中图分类号: U491.2+63 **文献标识码:** A

Analysis of Difficulties and Countermeasures in Controlling the Construction Progress of Canal Head Hub

Wei Hou

Shawan Rural Drinking Water Safety Project Management Station

Shawan Rural Drinking Water Safety Project Management Station

[Abstract] The canal head hub project integrates functions such as diversion, water retention, flood discharge, and water intake. Its construction progress is constrained by complex factors such as hydrogeology, multi-disciplinary intersection, and process connection. This article systematically elaborates on the core characteristics of schedule rigidity and temporal correlation in the progress control of such projects. Furthermore, typical progress control difficulties represented by hydrological uncertainty compression of diversion windows, exceeding the construction period of concealed projects, and disconnection between civil engineering and metal structure installation were deeply analyzed. Specifically, the paper proposes a set of key progress control measures from five dimensions: ensuring the diversion stage, compressing the foundation treatment period, coordinating interfaces, responding to special weather conditions, and dynamically correcting deviations. Research has shown that by implementing window prediction based on historical hydrological data, promoting zone flow and interweaving operations, strengthening fixed node management such as embedded part reservation, developing special construction plans for rainy and flood seasons, and establishing a daily progress comparison and resource dynamic allocation mechanism with key routes as the core, various uncertainties can be effectively addressed, achieving refined and resilient control of the construction progress of the canal head hub project, and ensuring the smooth achievement of the overall construction goals of the project.

[Key words] Canal Head Hub; Progress control; Diversion window; Process connection; Dynamic correction

引言

水利工程建设属于国家基础设施发展的重要部分,渠首枢纽是水资源调控体系的关键节点,功能和质量十分重要^[1]。渠首枢纽工程结构复杂、施工环节环环相扣、外部环境影响因素多,

给其建设进度管理带来很大困难。进度延误不但会造成工程投资成本增加,还会使流域整体供水、防洪和生态效益不能按时完成^[2]。因此,对渠首枢纽建设过程中的进度控制特殊性进行深入的识别,准确地找出其难点所在,探索出一套行之有效的解决办

法,有着十分重要的现实意义。本文试图从工程建设实践出发,对上述问题进行系统的分析,从而给类似工程进度管理提供理论上的借鉴和实践上的指导。

1 渠首枢纽建设进度管控的主要特点

1.1 施工导流与围堰填筑的工期刚性

渠首枢纽工程大多依河而建,施工初期必须首先解决水流导排问题,因此施工导流和围堰填筑是不可替代的先决工序。本阶段具有很强的季节性和时效性,工期安排一般不具备弹性。导流窗口期一般选在枯水季节,时间比较稳定,短小。围堰的填筑、闭气和防渗工作应在窗口期内完成,保证基坑内主体结构可以在一个或者多个枯水期内安全施工。一旦错过了预定的窗口期,就会直接造成主体工程施工工期被延误,甚至要重新制定整个施工组织设计,造成巨大的工期和经济上的损失。由于自然水文条件所决定的工期刚性,这是渠首枢纽进度控制与其它工程类型不同的一个特点。

1.2 多标段交叉作业的时序关联性

枢纽工程一般包括闸坝、泵站、船闸等许多功能单元,施工过程中常常是分段进行的,可以是平行推进也可以是交叉推进。各个标段的作业不是孤立的,而是受到时间、空间等各方面的制约。上游围堰拆除时间要等到下游导流建筑物具备过流条件之后,金属结构安装起点是相应部位土建混凝土浇筑完成且达到一定强度,机电设备进场安装需要厂房结构封顶和装修基本完成。工序间的技术逻辑和资源调配逻辑就形成了一个复杂的时序关联网络。任何单一标段或者工序的进度偏差都会通过这种关联性产生连锁反应,影响到后面更多的甚至全部工程的进展,使进度控制的协调变得越来越复杂。

2 进度管控的典型难点分析

2.1 水文不确定性导致导流窗口期压缩

导流设计所依据的水文资料有统计特征,但是实际来水过程存在着年际、年内不确定的因素。极端天气事件频发加大了风险,造成设计枯水期出现非典型性涨水过程,实际可用安全施工时间短于计划窗口期^[3]。虽然在流域治理工程中有历史枯水期的施工,但是多次出现超过导流设计标准的洪水,造成围堰施工多次中断、加固维修,极大地浪费了主体结构施工时间。

2.2 闸坝基础处理隐蔽工程工期易超限

渠首枢纽闸坝基础一般要进行大面积、深处理,高压旋喷桩、帷幕灌浆、深层搅拌桩等属于隐蔽工程。施工进度受地质条件的改变影响很大。勘探阶段所发现的地层信息与实际不符,比如碰到没有探明的软弱夹层、破碎带或者渗漏通道,就须要临时改变处理办法或者扩大处理范围和深度。施工过程中工艺参数的改变、设备出现故障、质量检测及验收所花费的时间都会造成实际工期远远超出计划。因为隐蔽工程处在关键线路之上,其工期超时就会立刻传到后面,导致上部结构施工受阻,并且返工或者补救措施执行起来比较难,成本很高。

2.3 金属结构及启闭机安装与土建衔接脱节

渠首枢纽建设的金属结构安装同土建施工之间的接口管理属于进度控制的薄弱点。问题常体现在两方面:一是预埋件位置精度不足。土建施工时,闸门槽、轨道基础等部位的预埋件由于模板变形、混凝土浇筑冲击而产生位移,后期安装时需要大量的剔凿、修补甚至重新植筋,延误工期^[4]。二是工作面移交条件不明。土建单位认为混凝土浇筑完成就可以移交,安装单位要求工作面干净、基准线齐全、临时荷载移除等条件。缺少明确的移交标准和联合验收程序,常常造成双方在界面处互相等待、推诿,造成工序衔接上的“真空期”,影响整体进度。近四成水利项目金属安装进场时间因为接口问题延误,有些还超过计划工期的五分之一。

3 应对方案:关键环节进度管控措施

3.1 导流阶段进度保障策略

渠首枢纽建设的导流阶段是工程进度的咽喉,必须采取主动措施保证导流阶段按计划完成。首要措施就是根据历史水文数据进行导流窗口预测。施工前和施工期间要联合水文气象部门,对长系列水文资料进行再分析,加入中期和短期气象预报,动态评价将来施工时段的水文情况^[5]。可以采用不同的预测模型进行综合比较,当多个模型都显示某一时段来水量偏丰概率大于70%的时候,就应该启动应急预案。它不是仅仅依靠一个设计频率值来完成的,而是一个建立在概率化、动态化基础上的风险预警系统,给决策提供更多的信息支持。

在确定相对可靠的窗口期之后,关键是做好围堰填筑和基坑排水的施工组织。传统的顺序作业方式耗时长,应该采用平行作业和快速施工技术。在围堰戗堤推进的时候,就布置大型排水泵站的基础和管道;戗堤合龙之后,防渗墙施工和基坑初期抽水可以同时进行。细化作业面,把线性工序变成部分可以并行的网状工序,可以大幅缩短这个阶段的总时长。

3.2 基础处理工期压缩方法

对于渠首枢纽建设的隐蔽工程工期容易超期的问题,要从施工组织和工序衔接两个方面入手进行改进。核心方法就是实行灌注桩和帷幕灌浆分区流水作业。传统做法一般把整个坝基作为一个工作面,一次完成所有的桩基施工后才进行灌浆。造成设备闲置,工期线性延长。应采用分区流水法,把坝基分成若干个独立的施工区,布置多套桩基设备和灌浆设备同时工作。当一个区的钻孔灌注桩完成一定数量(70%以上)并且达到了养护要求的时候,灌浆设备就可以开始在该区进行帷幕施工了,此时桩基设备就可以转移到下一个区域。流水化组织把关键工序连贯、并行起来,大大提高了设备利用率和工效。

另外就是隐蔽工程验收和下一道工序的穿插衔接。杜绝验收完成再开工的被动局面。应该建立预验收和正式验收相结合的机制。帷幕灌浆单元工程完成后,立即组织监理、施工方对钻孔取芯、压水试验等进行自检和预检,在收到最终的正式验收报告之前,如果预检数据符合规范要求,四方会议确认后,可以允许下一道工序(如垫层混凝土浇筑)在受限条件下(如避开检验孔区域)提前进入施工。该种“时间换空间”的穿插方

式把部分等待时间变成有效作业时间,是缩短关键线路工期的一种方法。

3.3 土建与金结安装接口进度协调

解决渠首枢纽建设的土建和金结安装脱节问题,关键是事先确定清楚接口节点和移交标准。首先要确定埋件预留和闸墩浇筑的工序固定节点。闸墩模板设计及安装时,把门槽、轨道等全部预埋件的固定支架当作模板系统的一部分来完成一体化设计并加以验收。混凝土浇筑前,土建和金结安装技术人员一起对埋件进行“三检”,即自检、互检、专检,用全站仪进行准确的坐标复核,签署联合验收单后才能浇筑。该节点不能动摇,从制度上保证预埋精度。

其次就是对启闭机平台移交前的条件进行清单控制。编制详细的《工作面移交条件确认表》,清单内容具体、可量化,混凝土强度报告齐全、达标,平台表面标高误差在正负范围内,预埋螺栓丝扣完好、涂油保护,平台周边安全防护设施齐全,场地清洁无杂物。移交时,由项目部组织土建、安装、监理三方逐项检查签字,符合全部条件后方可办理正式移交手续。条件清单化管理把模糊地带排除在外,削减了交接的争议,使得安装单位可以“拎包入住”,立刻开始有效的作业。

3.4 雨季及汛期施工进度补救措施

渠首枢纽建设的雨季、汛期不可避免,必须提前制定施工进度补救方案,不能等出现问题再进行补救。核心策略之一就是低洼部位抢工期的雨前封底方案。对开挖较深的泵站基坑、消力池等低洼处,在连续降雨前的天气预报中出现连续降雨情况时,应集中力量先浇筑该部位的底板混凝土,即“封底”。即使侧墙不能同步跟进,一块完整的底板也可以有效地防止雨水汇集浸泡造成的基坑边坡失稳、设备掩埋等次生灾害,为雨停后快速恢复施工创造条件。这就需要施工计划具有一定的灵活性以及资源快速调配的能力。

另一种方法就是用临时度汛断面和主体结构交替施工来适应。对于汛期施工的土石坝或者围堰工程,不能一味地追求按照设计断面一次填筑到位。根据汛期洪水预报,计算出满足设计防洪标准的临时断面,并提前填筑出来。安全度汛之后,在临时断面的保护下,再对主体结构的后续填筑和加高培厚进行施工。先保安全再求完美的交替施工方式,虽然增加了部分填筑的工作量,但是保证了工程在汛期整体的安全,避免了由于洪水冲毁而造成的灾难性工期损失,从全局上看是保证总进度的经济有效措施。

3.5 关键线路进度动态纠偏方法

进度控制的最终归宿就是对关键线路实施实时监测并及时纠偏。常用的方法就是用闸室段为主线路的进度对比来建立日进度比对。闸室段一般为控制总工期的咽喉工程,应将其分解成钢筋绑扎、模板支立、混凝土浇筑、养护拆模等可以量化的日作业单元。每天下班后,现场工程师将实际完成的量与计划网络图中日计划进行对比,得到关键线路日进度偏差分析表。偏差不

能只看是否完成,还要分析原因,是资源不足、工艺问题还是协调不畅?这样日清日结的精细化管理,使进度偏差发生后的第一天就被发现并记录下来。

根据识别出的滞后工序,马上采取资源定向增配、作业面调整的纠偏措施。如果发现某一个闸墩的模板支立进度落后,项目经理部就应该马上分析原因,如果是木工不够,就从非关键线路或者次要仓号临时抽调熟练木工班组支援;如果是模板供应跟不上,就协调物资部门启用备用模板或者调整运输优先级;如果是原作业面因为地质问题施工效率低,在技术方案允许的情况下,可以考虑调整施工顺序,优先开辟条件更好的相邻作业面,保持关键线路的连续施工。削峰填谷式资源动态调度就是保证关键线路不受到或者少受到干扰的管理措施。纠偏决策要依靠日进度对比数据,在每天的生产调度会上迅速作出,保证响应的及时性。

4 结束语

渠首枢纽工程建设进度控制属于牵涉诸多要素、诸多环节的综合性工程。由于固有的工期刚性和工序相关性特点,进度管理要树立全局观念、前瞻意识。对于水文不确定、隐蔽工程繁杂、专业接口多等造成的进度风险,被动应对只能事倍功半。本文所讨论的一系列应对方案,从导流窗口的动态预判、基础处理的流水作业、接口条件的清单化管理、特殊气候的适应性施工、关键线路的日清日结和资源动态调配等几个方面一起组成了一个主动、精细、韧性的进度管控体系。将以上措施有机地结合在一起,并运用于工程实践之中,可以大大提高进度计划的执行力度和抗干扰的能力,给渠首枢纽工程的建成提供强有力的管理支撑。随着信息技术以及智能建造技术的发展,进度管控的实时性、预测性、智能化水平会越来越高,但是它服务于工程本质、应对复杂不确定性的核心管理逻辑仍然会成为研究和实践的重点方向。

[参考文献]

- [1]丁刚,闵征辉,刘科,等.南水北调中线陶岔渠首枢纽工程左岸防渗帷幕优化研究[C]//中国水利学会,西安理工大学.2024中国水利学术大会论文集(第二分册).长江勘测规划设计研究有限责任公司;中国三峡建工(集团)有限公司,2024:67-71.
- [2]李繁荣.孤山水库供水渠道工程分析设计[J].山西水利,2024(5):53-55.
- [3]马智慧.新疆克孜尔河大桥渠首除险加固方案比选与总体布置探析[J].陕西水利,2025(8):125-128.
- [4]陈松.民丰县阿克塔什渠首枢纽布置[J].云南水力发电,2025,41(9):63-65.
- [5]刘磊.某灌区渠首枢纽工程典型设计探析[J].黑龙江水利科技,2025,53(5):71-72.

作者简介:

侯伟(1991—),男,汉族,河南永城人,大学本科,工程师(水利专业),研究方向:水利工程管理。