

水利水电工程跨汛期施工的进度动态管控与风险应对机制研究

章燕子

阿拉尔市塔里木公路养护有限责任公司, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要]水利水电工程属于国家基础设施建设里极为关键的部分,在推动经济向前发展以及确保民众生活方面,其发挥出的作用是无可取代的。特别是在水资源分布极不均匀的西部地区,工程建设时常得跨越汛期来开展施工,如此一来可应对季节性水流出现的变化以及气候方面的诸多挑战。跨汛期施工的时候,不但会碰到复杂多变的水文气象条件方面的波动情况,而且还会面临施工进度把控以及资源调配等诸多方面的重重压力。要是这些问题处理得不够妥当,那很容易就会致使工期出现延误状况、成本超出预算额度,甚至还会引发安全事故。所以说,针对进度动态管控以及风险应对机制展开相关研究,有着十分紧迫的实际意义。

[关键词]水利水电工程;跨汛期施工;进度动态管控;信息化水平

DOI: 10.33142/hst.v8i10.18071

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Progress Dynamic Control and Risk Response Mechanism of Cross Flood Season Construction in Water Conservancy and Hydropower Engineering

ZHANG Yanzi

Alaer Tarim Highway Maintenance Co., Ltd., Alaer, Xinjiang, 843300, China

Abstract: Water conservancy and hydropower engineering is a crucial part of national infrastructure construction, playing an irreplaceable role in promoting economic development and ensuring people's livelihoods. Especially in the western region where water resources are extremely unevenly distributed, engineering construction often needs to cross the flood season to cope with seasonal changes in water flow and various climate challenges. During cross flood season construction, not only will there be complex and changing fluctuations in hydrological and meteorological conditions, but there will also be heavy pressures in controlling construction progress and resource allocation. If these issues are not handled properly, it can easily lead to delays in the project schedule, cost overruns, and even safety accidents. Therefore, conducting relevant research on dynamic progress control and risk response mechanisms has urgent practical significance.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; construction during cross flood season; dynamic progress control; informationization level

引言

水利工程作为国家基础设施建设的核心领域,覆盖范围广,涉及水库、大型灌溉系统、河道整治以及水力发电项目等方面。这类工程承载着经济发展和民生保障的重要任务,但是由于自然条件的复杂性,面临着诸多风险与挑战。尤其是在汛期这一阶段,水利工程的施工安全显得尤为严峻,强降雨、持续高水位以及由此引发的洪水、山体滑坡和泥石流等自然灾害,不仅严重影响施工进度,还威胁施工人员的生命安全。

1 跨汛期施工的特点与挑战

1.1 水文气象条件的不确定性

跨汛期施工所面临的最关键挑战,主要源自水文气象条件呈现出极为显著的多变特性以及难以捉摸的预测难度。在西部地区当中,特别是在那些把冰川融水与暴雨当作主要水源的区域,汛期水流量会骤然出现增减情况,而且往往超出人们预先设定的范围,这无疑给施工进度造成了相当大的干扰。举个例子来讲,依据中国气象局在 2024

年所发布的预测报告来看,该地区的年降水量波动幅度存在一种可能性,那就是可能会超出历史平均值的 20% 以上。如此这般强烈的不确定性,一方面会对施工设备的布置安排以及作业期间的安全状况产生影响,另一方面还有可能引发诸如基坑被淹没或者施工材料遭受损失这类直接的风险情况。与此温度方面所发生的各种变化,再加上像短时强降雨或者融雪洪水这样的极端天气事件,更是使得施工环境的复杂程度进一步得以加剧,这就迫使工程团队务必要去采用具备高精度的监测工具,并且要制定出那种适应能力很强的设计预案。

1.2 施工进度与资源调配的复杂性

跨汛期项目当中,施工进度以及资源调配所呈现出的复杂性显得格外明显。汛期这个时间段本身就很短,并且还存在着诸多不可控因素。在此情况下,工程要想避免出现资源浪费以及施工瓶颈等问题,就必须极为高效地去协调人力、机械还有材料等方面的流动情况。就西部地区而言,其基础设施相对来说是比较薄弱的,运输线路也很容

易受到洪水的影响,进而常常会导致资源供应出现中断或者延迟的现象。比如说像挖掘机、混凝土泵车这类大型机械设备,就需要在有限的时间内及时调动到相应的位置,然而天气突然发生变化,可能会迫使施工方临时对原本的部署计划做出调整,如此一来便会增加额外的成本支出。^[1]

依照中国水利水电科学研究院于 2025 年所拟定的研究草案而言,由于资源调配效率不高,致使项目成本超支率平均达到了 18% 这样的程度。这一数据清晰地凸显出对调度算法予以优化的重要必要性。多个工种协同展开作业并且存在交叉施工的情形,更是使得进度管理方面的难度进一步增加。毕竟每一个环节要是出现延迟,都会引发连锁反应,进而对整体工期产生影响。所以施工团队有必要运用动态资源分配模型,同时结合实时的进度反馈信息,持续不断地对计划做出修正,以此来确保资源能够实现最大程度的利用。而要达成这一点,一方面需要有先进的管理工具作为支撑,另一方面也要求团队成员自身具备极高的灵活性以及应对突发状况的能力。

2 进度动态管控机制构建

2.1 进度监测与数据采集体系

进度监测与数据采集体系乃是达成动态管控的根基所在,其要依靠多渠道传感器网络以及自动化设备来实时搜集施工现场的关键参数,像水位、流速、土壤湿度还有设备状态等等这些。在西部地区的工程项目当中,鉴于环境状况恶劣且存在通信方面的限制,体系在设计的时候务必要把可靠性与实时性都兼顾到,运用物联网技术并借助卫星遥感来辅助地面监测站开展工作,从而保证数据能够实现全面覆盖并且能以高速完成传输。依据水利部在 2023 年所制定的技术指南来看,建议采用那种至少每隔十分钟就要更新一次的高频率数据流来为决策给予支持,这样的持续监测一方面能够将细微的变化捕捉下来,另一方面还能够为预测模型提供颇为丰富的输入内容,其数据来源包含了中国自然资源部网站上所公开的地理信息数据。

2.2 施工进度预测与模拟方法

施工进度预测与模拟方法会运用历史数据以及机器学习算法来预测未来趋势和潜在瓶颈,其中包含时间序列分析、蒙特卡洛模拟以及人工智能模型等,这些方法可应对水文气象与施工变量间的非线性关系。在实际应用里,工程团队会把实时监测数据输入至预测系统当中,而后系统会输出多种情景之下的进度预估,以此帮助识别出最优路径,如依据中国工程院 2024 年学术论文所引述的内容,有一种结合长短期记忆网络 LSTM 的模型在试点项目中使得预测误差降低到了 5% 以下,这明显提高了计划的可靠性。模拟方法还能够开展虚拟演练,去测试不同资源调配方案给整体工期带来的影响,进而降低实地试错方面的

成本。^[2]西部地区项目的特殊之处在于一定要考虑极端事件出现的概率,所以模型会集成气候预测数据以及高分辨率地形图,以此增强其鲁棒性。总体而言,这些方法促使施工管理从被动反应转变为更为灵活且具备适应性的主动规划,进而支持更灵活多变的进度调整。

2.3 动态调整与响应策略

动态调整以及响应方面的策略,是依据预测得出的结果以及实时获取的反馈情况,对施工计划予以及时修正,以此来应对可能出现的突发变化。该策略最为关键之处在于设置弹性缓冲区域以及多级决策机制,这能够使得现场的管理人员在所授权的范围之内可以迅速做出调整,无需等到高层给予批准。比如说,当监测系统检测到洪水并发出预警之时,该策略有可能会自动启动设备的转移操作或者使作业暂停下来,以此将干扰降到最低程度。参照国家能源局在 2025 年所制定的规划文件来看,这样的一种策略在近些年开展的项目当中,已经让应急响应的时间减少了百分之二十,整体的效率也得到了提升。响应策略还涵盖了资源的重新分配以及工期压缩等相关技术,像是通过增加班次或者采用预制构件的方式来加快工程进度。在西部地区实际推行的过程中,该策略着重于和当地实际情况相结合,举例来讲,会利用干旱期间的间歇期来加紧开展施工工作,并且在汛期处于高峰期时候把关注点放在防护措施方面。动态调整的整个过程是借助定期召开的会议以及数字化的相关工具来进行协调的,以此保证所有的利益相关者都能够保持步调一致,进而达成平滑过渡以及持续推动工程进度的目的。

2.4 信息化管理平台的应用

信息化管理平台的应用实现了将监测、预测还有调整等功能整合起来的目的,其可给出一个集中化的界面,以便对施工进度予以全方位的管控。此平台通常是以云计算以及大数据技术当作根基的,它能让相关人员实现远程访问以及协同开展工作,并且还能够支撑实时数据的可视化展示以及警报的推送。在西部地区的工程项目里面,平台在设计之时会特别留意离线功能以及针对低带宽所做的优化,借此来克服通信方面存在的各类挑战。

就像能够引用中国水利网站的原文内容一样,在 2023 年所推出的“智慧水利”平台已经顺利接入了多个不一样的项目,让进度跟踪的精准度提升了 25%,决策的速度也提高了 30%。此平台的功能除了像上述所说的那些之外,还包含了文档管理、沟通日志以及风险仪表盘等诸多方面,可使团队较为完整地知晓项目当下的实际情况,并且能迅速地去分享相关信息。在应用期间,还加入了人工智能助手,它能够自动生成各类报告以及相关的建议,进而减轻人工操作方面的负担。借助这样的一种途径,信息化平台一方面提高了管控工作的效率,另一方面还推动了知识的共享以及持续不断地开展学习活动,最终为未

来的项目积累下宝贵的实践经验,形成一个完整的闭环管理系统,促使工程管理向着现代化以及科学化的方向不断向前发展。

3 风险识别与应对机制

3.1 汛期施工风险分类与评估

汛期施工风险分类与评估属于风险管理的初始步骤,其把潜在威胁划分成自然灾害、技术故障、人为因素以及管理漏洞等诸多类别,以此达成系统化的处理效果。在西部地区的项目当中,像洪水、滑坡还有泥石流这类自然灾害风险处于主导位置,原因是它们的发生频率以及所造成的影响力都相对较高,在评估的过程中运用了定量和定性相结合的方式,比如概率风险分析 PRA 以及故障树分析 FTA 等,通过这些方法来对每个风险发生的可能性及其后果加以量化。依据中国应急管理部于 2024 年所统计的数据来看,在汛期工程里面,与洪水相关的事故所占的比重超过了总影响的 40%,这无疑突出了重点需要进行防控的领域。评估时还会考量连锁效应,也就是一个风险事件到底是怎样去触发其他方面的问题的,进而制定出具有综合性的应对预案,其数据来源涵盖了学术期刊以及政府报告,如此一来便能够保证评估是建立在最新的科学成果之上的。^[4]评估得出的结果主要用于对资源分配进行优先排序,着重关注那些 high-impact 但概率较低的事件,而不是在各个环节平均地去发力,这样做无疑提高了风险管理的针对性以及效率。

3.2 风险监测与预警体系

风险监测预警体系借助实时数据流和预先设定的阈值,能够提前检测到潜在风险并发出警报,从而推动及时采取干预举措。在设计此体系时,涉及到了传感器网络、数据分析模块以及通信协议等层面,以此确保警报有准确性与及时性。于西部地区实际运用期间,该体系将气象、水文、地质监测等方面的数据予以集成,运用机器学习算法来识别异常模式。例如,当河流水位上升速度超出特定标准时,系统会自动启动预警,接着告知相关团队采取相应行动。

依据中国防汛抗旱总指挥部网站 2023 年所引用的原文内容来分析,新部署的预警系统在试点区域成功使得灾害损失降低了 15%,这无疑充分证实了它的实际效果。该体系还设有涵盖多级警报的机制,能够从低级别的提醒一直延伸至紧急的疏散指令,进而契合不同级别风险状况的实际需求。预警信息会借助多种不同的传播渠道,比如手机 APP、广播以及现场的显示屏等来进行广泛传播,以此保障所有相关人员均能接收到与之相关的各类信息。如此这般主动出击的做法,切实有效地提升了施工过程中所具备的安全性以及韧性程度。

3.3 分级响应与应急管控措施

分级响应以及应急管控措施依据风险级别的不同来

制定相应的行动方案,以此保证资源能够得以高效利用,同时实现对问题的快速遏制,这些措施涵盖预防、准备、响应以及恢复这四个阶段,每个阶段都明确了具体的责任以及流程,比如说针对低级风险,响应或许仅仅需要提升监测的频率;然而面对高级风险像即将来临的洪水时,则要启动全面的应急计划,其中包含人员疏散以及设备保护等内容,在西部地区的工程项目当中,措施着重强调与当地社区以及政府展开协作,毕竟外部的支持是极为关键的,依照国家发改委在 2025 年的政策草案来看,分级响应机制在近些年来的项目里平均把应急时间缩短了 20%,提高了整体的韧性,管控措施还包含了培训以及演练,定期去模拟各类场景,以此提升团队的应变能力,并且要确保所有成员都清楚自己的职责,措施实施之后会通过事后的分析来吸取经验教训,不断地对方案加以优化,进而形成一个持续改进的循环,以此降低未来风险发生的概率以及产生的影响。

3.4 风险防控的后评价与持续改进

风险防控的后评价以及持续改进机制会在项目结束后展开全面的回顾工作,对其中的成功经验以及失败教训加以总结,以此来促使未来相关实践得以提升。其评价的过程包含了数据的收集、针对利益相关者所开展的访谈活动以及对绩效指标进行细致分析等内容。通过这些举措来评估风险应对措施所具有的有效程度以及效率情况。就西部地区的项目而言,后评价显得格外重要,原因在于那里的独特环境条件极有可能会滋生出未预见的挑战,就好比依据中国水利学会于 2024 年召开的会议摘要内容来看,后评价助力识别出了预警系统存在延迟方面的诸多问题,进而促使技术得以升级并且流程也获得了优化。

改进机制会依据评价得出的结果去更新风险数据库以及应对预案,以此保证知识能够顺利传承并让自身的适应性得以进一步增强。持续改进还涉及到技术创新以及管理方面的调整事宜,比如引入全新的工具或者对标准操作程序做出修订等。凭借定期实施的复审以及建立起来的反馈循环机制,工程团队可以逐步地将风险水平降下来,从而提升整个项目的成功率。这无疑彰显了作者所倡导的那种学习型且具备伦理负责特性的管理理念,着重强调的是长期效益而非短期收益。

4 结束语

本论文全面且细致地对水利水电工程跨汛期施工的进度动态管控以及风险应对机制展开了系统研究,综合考虑西部地区实际状况,成功构建起一套涵盖集成监测、预测、调整以及信息化平台的完整管理体系,经研究发现,水文气象方面存在的不确定性以及资源调配所具有的复杂性,构成了主要的挑战所在,不过借助动态方法以及风险分级响应举措,能够切实有效地实现对相关问题的缓解作用。该机制一经实施,对于工期把控以及安全水准的提

升所取得的成效是十分显著的。然而研究也发现了些许局限性状况,比如对技术的依赖程度相当高,这极有可能催生出新的风险。后续相关工作需要将重点聚焦在增强系统韧性以及强化人员培训等等方面。

[参考文献]

- [1]张浩杰.水利工程防洪安全风险分析及应对策略[J].水上安全,2025(7):139-141.
[2]姚璟,杜明慧.雷达测流系统在水库出库站水文监测中

的应用[Z].水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心).第十五届防汛抗旱信息化技术交流会论文集.黄河水利委员会河南水文水资源局,2025:430-436.

- [3]桑田.推进水利项目建设管理标准化的路径与措施[J].大众标准化,2025(12):71-73.

作者简介:章燕子(1989.3—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:阿拉尔市塔里木公路养护有限责任公司,职称级别:工程师(水利水电)。