

基于水文预测的水库汛期动态水量调度模型构建

玉山江·吐尔地

塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i7.7054

[摘要] 传统水库汛期水量调度往往采取固定汛限水位、静态调度规则这种模式,难以符合汛期径流随机性、波动性的变化特点,常常引发诸如防洪库容闲置、兴利资源浪费或者防洪风险剩余不够之类的实际问题,针对静态调度和动态水文过程不相适应这一行业难题。本文依靠水文预测技术,并联系水库汛期的实际运行情况,形成一个适应性较强、安全性较高而且能够付诸实施的汛期动态水量调度模型,该模型把水文预测成果当作关键的输入源,综合考虑防洪安全、水资源利用以及工程运维这三个主要目标,冲破以往固定阈值调度的限制,经由动态调整汛限水位,及时改善泄蓄比例,防止因预测不确定因素带来的风险,从而做到水库汛期水量调度的精准化、动态化和智能化。

[关键词] 水文预测; 水库调度; 汛期运行; 动态调度模型; 水量优化

中图分类号: P336 **文献标识码:** A

Construction of Reservoir Flood Season Dynamic Water Dispatch Model Based on Hydrological Prediction

Yushanjiang·Tuerdi

Kaidu and Poyang Rivers Water Conservancy Management Center in the Tarim River Basin

[Abstract] Traditional reservoir flood season water scheduling often adopts a fixed flood control water level and static scheduling rules, which is difficult to meet the characteristics of stochastic and fluctuating runoff during flood season. This often leads to practical problems such as idle flood control capacity, waste of beneficial resources, or insufficient residual flood control risks. In response to the industry problem of the mismatch between static scheduling and dynamic hydrological processes. This article relies on hydrological prediction technology and links it with the actual operation of reservoirs during the flood season to form a flood season dynamic water scheduling model with strong adaptability, high safety, and feasibility. The model takes hydrological prediction results as the key input source, comprehensively considers the three main goals of flood prevention safety, water resource utilization, and engineering operation and maintenance, breaks through the limitations of fixed threshold scheduling in the past, dynamically adjusts the flood control water level, improves the discharge and storage ratio in a timely manner, and prevents risks caused by uncertain factors in prediction, thus achieving precise, dynamic, and intelligent water scheduling during the flood season of reservoirs.

[Key words] hydrological prediction; Reservoir scheduling; Operation during flood season; Dynamic scheduling model; Water optimization

引言

水库汛期调度属于流域水资源运作,是洪水灾害防御的关键部分,调度方案是否科学直接影响到流域防洪安全、水资源高效利用以及水利工程长久运行,我国大部分水库现存的汛期调度体系大多按照历史水文实测数据来确定固定的汛限水位和调度步骤,调度规则僵硬缺乏弹性,汛期天气系统繁杂多变,降雨、入库径流有着很强的突然性和不确定性,静态调度模式很难符合即时的水文情况改变,在枯水期和洪水期相互转换的时候容

易引发水资源的浪费,在集中降雨时期也许会因为调度迟缓而增添防洪的风险。文章联系水库汛期的实际运行需求,创建起包含水文预测的动态水量调度模型,并细致化该模型的运行原理和限制条件,弥补传统调度方法在实际操作中的不足之处,协调好汛期防洪安全与水资源利用经济效益之间的关系。

1 传统水库汛期调度的核心短板

1.1 调度规则固化,适配性不足

传统水库汛期调度主要依靠固定的汛限水位来控制,整个

汛期都用同样的调度标准,不论早期的水文基本流量、当前的实际降雨情况还是后期水流变化趋势,这个模式按照历史极端水文资料制订而成,所以安全余量比较大,但是缺乏灵活性。当汛期处于比较平静的时候,进库水量较少而且没有暴雨洪水的风险,如果一直维持较低的水位运行,就会有很多有效的库容量被浪费掉,不能够拦住多余的水量,从而使得宝贵的水资源白白流失掉,影响到灌溉、供水以及生态补水等有利方面的作用得以体现。要是遇到突然集中的降雨时期,固定的调度程序反应迟缓,不能预先依照预计好的洪水流程来提前调节泄洪蓄水的速度,很容易陷入水位控制变得很被动、调度处理非常急促这样的困境当中。

1.2 水文信息利用浅层化,调度存在滞后性

以往的调度工作大多依靠历史水文统计数据以及当前监测到的信息,只能针对已经发生的径流情况作出反应,并没有很好地发挥水文预测提前给予指引的作用。短期到中期的水文预测能够准确地预见将来一段时间内入库水量、洪水峰顶值及其维持时间等重要指标,这属于预先调度,是积极防范的关键依据。传统的调度方法缺少将预测资料同调度决定紧密关联起来的做法,所以调度行动总是落后于水流状况的变化,做不到事先准备、尽早安排、精细操作,也就很难兼顾防洪安全和水资源开发利用的利益。

1.3 风险管控单一,综合效益失衡

传统汛期调度把“绝对防洪安全”当作唯一的中心目标,过分缩减兴利调度的空间,漠视水库综合功能的共同发挥。汛期是防洪的关键时期,也是蓄集水资源的重要阶段,单一的调度目标极易引发防洪和兴利效益相互分离。而且,传统调度没有系统地考虑水文预测自身存在的不确定性,对于预测偏差以及极端突变的水文状况缺少保障机制,有时候会因为过于谨慎而造成资源浪费,有时候则会因为盲目乐观而埋下防洪隐患,调度风险控制不够精细。

2 基于水文预测的动态调度模型整体构建思路

模型整体创建需遵照三个主要原则,其一为安全优先原则,要一直把流域防洪安全、工程结构安全当作头等大事,所有的动态调度调节都要坚决避开超标洪水、漫坝、溃坝之类的关键风险^[1]。其二为动态适配原则,依靠不断刷新的水文预测资料,动态改变汛限水位、下泄流量、蓄水速度,以适应不同水文时期的径流特点,其三为综合效益原则,在确保防洪安全的前提下,协调好生活供水、农业灌溉、生态补水、水力发电等多种需求,最大程度优化汛期水资源利用率。

从运行逻辑来讲,该模型先接收中短期的水文预测数据,以完成对降雨、入库径流以及洪水过程的预判分析,再融合水库库容参数、泄洪能力和流域防洪需求来做风险判断,并确定出可以动态调整的调度范围,按照判断的结果及时修正调度计划,改良水量泄洪和蓄积的比例,而且依靠实时的水文观测数据给予反馈,不断更新模型参数,从而逐步改善调度的精确度。

3 动态水量调度模型核心模块构建

3.1 水文预测信息解析模块

这个模块是整个动态调度模型的输入根基,其核心功能在于筛选、分析并校准水文预测数据,从而给调度决策赋予精确依据,化解传统调度信息迟缓、精度不够的难题,模块主要对接流域降雨预报、径流预报以及洪水过程预报这三种关键数据,包含短时效即时预估和中时效趋向预测,全方位把握未来的水文状况,而且,鉴于水文预测本身就存在一定的误差,所以设置了数据校准机制,利用实时观测到的入库流量、库水位以及降雨量的实际数据来纠正预测误差,去除异常数据,以确保输入信息既真实又有效^[2]。该模块不同于传统的单纯数据接收形式,着重提升预测数据和实测数据之间的关联验证能力,可以准确地区分平稳水文期、涨水期、洪水峰值期、退水期等各类工况,进而为差别化的调度提供分类依据。

3.2 动态汛限水位修正模块

汛限水位属于水库汛期调度的核心控制指标,以往那种固定的汛限水位成了限制调度效益的重大阻碍,这个模型设立起动态汛限水位修正模块,遵照水文预测成果,在安全范围内随时调节水位管理界限,做到“洪前预蓄,洪中腾库,洪后补蓄”这样精准化的调度,在预测没有集中降雨、径流比较稳定的时期,可以稍微上调汛限水位,利用多余的库容拦住水资源,加强兴利效益;如果预测到有暴雨洪水来临之前,就预先下调汛限水位,提前排空腾出库容,保留足够的防洪库容来应对即将出现的洪水情况;到了洪水退水的时候,按照后面水文预测的发展态势,慢慢恢复汛限水位,迅速积蓄退下来的水量,削减水资源的损失。这个模块紧紧依靠流域的防洪标准以及水库工程的承载能力来确定水位浮动的范围,所有的调整都在安全范围内执行,防止因盲目提升水位而产生的防洪风险。

3.3 水量优化调度决策模块

决策模块属于模型的关键执行部分,其包含多目标统筹、方案改良以及指令发出等核心职责。该模块融合防洪安全、供水保障和生态经营这三项约束目标,不再采纳以往那种单纯以防洪为目标的调度逻辑,从而做到多种效益的协同达成理想效果。在防洪方面,首先要确保下游河道行洪安全以及水库工程自身安全,按照预估的洪水规模来调节下泄水量,防止因集中泄洪而使下游防洪负担过重;在供水方面,遵照区域用水情况妥善保留一部分库容量,以保证汛期及其之后供水平稳;从生态角度来讲,则要严格守住下游最低生态流量线,不可因为过度放水或者蓄水致使河道干涸,引发生态环境恶化。这个模块具备滚动改良功能,会定时调整调度计划,每小时或者每天都会作出相应改变,并依照水文状况动态调整泄水与蓄水的比例。相比于传统的按天或者按十天执行调度的任务而言,其反应速度和合适程度有了很大改进。

3.4 风险防控与反馈迭代模块

要解决水文预测不确定性引发的调度风险,模型需配备风险防控及反馈升级模块,创建起闭合的风控系统。其一,形成分级的风险判断机制,按照预测的洪水量级、降雨强度把水文风险

分为一般、较大、重大三级,并分别对应不同的调度控制策略。高风险时期缩小调度界限,加强腾空水库以规避风险;低风险时期则放宽控制,从而改善蓄水效益^[3]。其二,塑造即时反馈升级机制,不断收集库水位、入库流量、下泄流量等实际运行数据,比较调度计划所预期的效果同实际运行之间的差别,分析预测误差和调度不足之处,及时调整模型参数以及调度准则,使得该模型符合流域水文变化规律和水库运行特点,逐步增强调度的精确性。

4 模型调度约束条件设置

4.1 工程安全约束

严格按照水库设计规范来执行,水库水位要一直维持在水库正常蓄水位与最高洪水位之间,不能出现超水位运行或者漫坝这样的危险情况。下泄流量不可超出水库泄洪设施的最大泄流能力,防止闸门过载运行以及工程设备遭受损害,还要控制好水位升降的速度,以免水位急剧变化引发坝体渗漏、边坡失稳等工程问题,从而保证水库主体结构的安全。

4.2 流域防洪约束

在动态调度时,下泄流量要符合下游河道的行洪能力,不可超越下游堤防、河道的安全泄洪界限,防止人为加重下游防洪负担。对于流域的重点保护地区、村镇、农田这些关键点,要保留足够的防洪安全余量。当出现极端水文状况时,首先确保流域整体的防洪安全,之后再考虑兴利效益。

4.3 资源利用约束

在防洪安全有保障的情况下设定最低蓄水阈值,以满足汛期生活、农业以及生态的基本用水需求,要严格控制最小下泄流量,维持下游河道的生态基流稳定,并守住流域水生态协调的局面,还要依照用水的时间顺序特点来改善蓄水的速度,防止汛期大量泄水造成汛后期蓄水短缺、供水吃紧。

5 模型运行优势与实操价值

这个模型把水文预测当作前期的支持,完全冲破了传统那种固定汛限水位、固定调度流程的刻板模式,做到调度方案能够和水文情况相适应,经由精确判断径流变化的方向,预先执行预泄、预蓄的操作,由被动应付洪水转为积极控制水文风险,很好地化解了传统调度在实际操作中“枯水期闲置,洪水期被动”的困难,明显改善了汛期调度的细致程度^[4]。模型创建起多目标协

同调度体系,打破传统汛期“重防洪,轻兴利”的单一度汛思维,在风险可控的情况下,灵活调节调度阈值,最大限度利用汛期雨水资源,既能保障流域防洪安全,又能切实加强水库蓄水量,化解汛期水资源闲置、汛后水资源不足的矛盾,达成防洪、供水、生态、发电多种效益共同改善的目的。

6 结论

水库汛期水量调度存在核心难点,即静态调度规则很难适配动态水文过程,传统调度模式无法兼顾防洪安全与水资源高效利用,本文依靠水文预测技术创建水库汛期动态水量调度模型,把预测信息当作动力源来形成多模块协作的闭合调度系统,经由动态调整汛限水位,改良水量泄蓄比例并完备风险防控体系,有效地冲破传统调度固定的局限,此模型严格按照工程安全、流域防洪以及资源利用等方面的限制,具备理论科学性与实际操作可行性,可以准确适应汛期复杂多变的水文状况,促使水库汛期调度由“固定控制”朝着“动态改良”,由“被动反应”向“积极预见”方向转变。这个模型不需要复杂的硬件支持,其适配范围较广,能有效解决基层水库汛期调度效益不均衡、风险控制不够等问题,给流域汛期水资源精确化控制、为水利工程高效运行维护给予可靠的科技支撑,日后可依照流域水文特点,不断改善模型参数和风险判断机制,进一步加强动态调度的准确性及智能化水平。

【参考文献】

- [1]吴启福,郭建平.某水库岩溶水文地质环境影响预测[J].四川地质学报,2018,38(01):143-145.
- [2]陈俊.大伙房水库水质预测中水文水质模型联合应用分析[J].黑龙江水利科技,2017,45(01):146-148.
- [3]梁国华,胡春娟,何斌.基于水文要素的闹德海水库入库沙量预测模型[J].水资源与水工程学报,2014,25(05):137-141.
- [4]何小刚,赵钢铁,杨大文.分布式水文模型与气象遥相关分析相结合的丹江口水库月入库径流预测[J].水力发电学报,2013,32(03):4-9.

作者简介:

玉山江·吐尔地(1985—),男,维吾尔族,新疆焉耆人,本科,中级职称,研究方向:水量调度、河道清淤。