

湖南省大型水库防洪调度决策支持系统开发与应用

叶泽纲 (湖南省水文水资源勘测局 长沙 410007)

提要:本文论述了建立我省大型水库防洪调度系统的必要性,对开发湖南省大型水库防洪调度系统决策支持系统的总体结构进行了分析,在此基础上介绍了开发的调度决策支持系统的功能及应用情况。

关键词:湖南省 水库 防洪 调度 决策支持系统

一、引言

湖南省防汛抗旱指挥部承担着全省大型水库的防洪调度工作,每年的防洪调度任务十分繁重。

1. 全省大型水库及调度现状

我省现有大型水库十九座,总库容 249.64 亿方,现有防洪库容 50.1 亿方,全省大小水库年均拦蓄调滞洪水近百亿方,1998 年仅大型水库拦洪共计达 133 亿方。我省水库的防洪、发电、灌溉效益是巨大的,已成为我省发展农业乃至整个国民经济的重要支柱,是历年来在战胜洪旱灾害的重要手段。

全省十九座大型水库汛期蓄水控制运用方案一般采用二段分期控制:分主汛期和后汛期分期控制汛限水位。调度方式一般采用常规调度,即按一个级别的标准进行控制(确定一个防洪高水位和一个下游安全泄量):库水位在防洪高水位以下时,按下游防洪要求调度,超过防洪高水位时,按保坝要求调度。根据防洪需要和洪水预报情况,有时也采用预报调度和超蓄调度两种非常用的调度方式。另外,由于五强溪等水库的相继建成及洪灾的升级和范围的扩大,我省近年来也已采用了水库联合调度方式以及大范围的水库群联合调度方式。

我省的实时洪水调度运作方式为:当发生暴雨洪水后,由指挥部水库调度人员收集洪水实况和洪水预报情况,根据调度预案及调度分析结果提出实时调度方案,向领导汇报请示,会商决策后发出水库洪水调度令下达水库执行,完成一次调度操作过程。

经 1998 年洪水调度实际操作统计,一次调度过程所用时间一般要 2-3 小时,主要用在信息收集和分析决策环节上,见下表。

环节	最快	一般	最慢
信息收集预报	30 分	1-2 小时	4 小时
分析决策调度	10 分	1 小时	4 小时
水库执行	10 分	1 小时	3 小时

2. 存在的主要问题

随着社会形势的发展,我省大型水库的防洪调度面临许多突出的问题,一是水库下游河道行洪能力降低,同量级流量下水位一再抬高,下游地区对水库又提出了更高的防洪要求,原有设计的防洪调度方式已不适应防洪形势的发展;二是防洪与兴利矛盾突出,由于近年来的防洪紧张形势,大型水库的汛限水位一降再降,不但与发电、灌溉等兴利矛盾突出,而且也缺乏充分的科学论证;三是水库多次采用超蓄抗洪,风险很大,不但水库安全受到严重威胁,库区淹没矛盾突出,而且也缺乏论证;四是水库保护目标延伸、扩大,近几年不但要求水库要保护下游地区,保护目标还要求扩大到洞庭湖甚至要与长江洪水错峰,其可能性与科学性缺乏论证;五是科学调度水平有待提高,行政调度份量过多,调度运作方式还比较落后。

搞好水库防洪调度,最大限度地发挥拦洪、削峰、错峰作用,是减轻洪涝灾害损失的重要措施。要搞好水库防洪调度,面临的问题很多,当务之急是必须搞好实时洪水调度,刻不容缓。

鉴于我省防洪形势的严峻性及大型水库在我省的防洪斗争中的突出作用,为了改善我省的防洪调度手段,提高防洪调度的科学性和时效性,我省进行了防洪调度指挥决策支持系统的开发研究工作,使我省防汛指挥部的水库调度工作上一个新的台阶。

二、系统总体规划

1. 开发目标与过程

湖南省大型水库防洪调度决策支持系统开发,是一项艰巨而复杂的系统工程,牵涉的学科门类多、技术难度高,涉及的问题多而复杂,实时性要求高,责任非常重大,我省多年来一直未能研究成功而真正投入实际应用,为此,必须有对所解决问题的深入理解,以严谨的科学态度进行总体布局和规划。

系统总体开发思路是针对每年汛期省防汛指挥部对全省十九座大型水库进行防洪调度的实际工作要求而开发,按照“功能完备、实用性强、可靠性高、操作简单、扩充性好、总体设计、分期开发、尽早应用”的原则进行,目标是实现联机调度、预报调度、实时调度和优化调度。

系统从1996年开始研制,1997年完成柘溪水库调度程序,1998年完成全省水库的调度系统并投入联机运行和应用,整个开发时间持续近三年,系统操作除少量处理数据需用键盘外其余全部采用鼠标操作完成,并可打印成果图和成果表,系统全部采用C语言开发,在386以上的微机、DOS和WINDOWS双平台下均可运行。

2. 功能规划

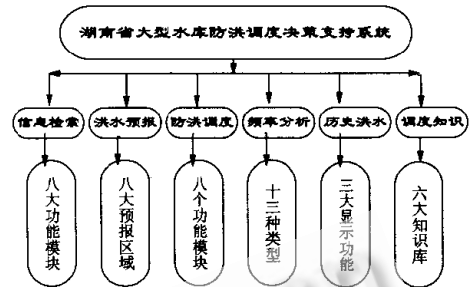
根据省防汛指挥实际调度的要求,系统必须完成防洪调度方面的功能主要有:

- (1) 预报功能:根据降水资料进行水库入库洪水和下游区间洪水分析预报,其中包括洪水过程、洪峰流量及洪量的预报;
- (2) 调度功能:进行水库实时入库洪水的洪水调度作业,进行各种调度方案比较,分析不同调度方式下的最高库水位及下游洪水组合情况。
- (3) 分析功能:可进行防洪调度方案的分析研究;各种暴雨、洪水的重现期分析;
- (4) 重现功能:历史洪水的调度过程再现和分析;
- (5) 查询功能:水库基本资料查询,主要有水库设计数据、运行数据、调度数据、闸门分布及开启状况、水库水情实况;防汛、调度知识与防洪有关的法规知识查询。

三、系统结构、功能及流程

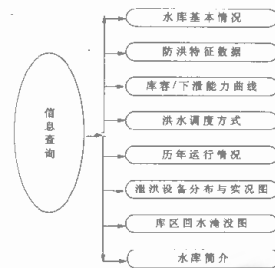
1. 总体结构

系统由六大功能模块组成,每种功能都针对全省十九座大型水库开发,其主结构粗框图如下:



2. 主要功能

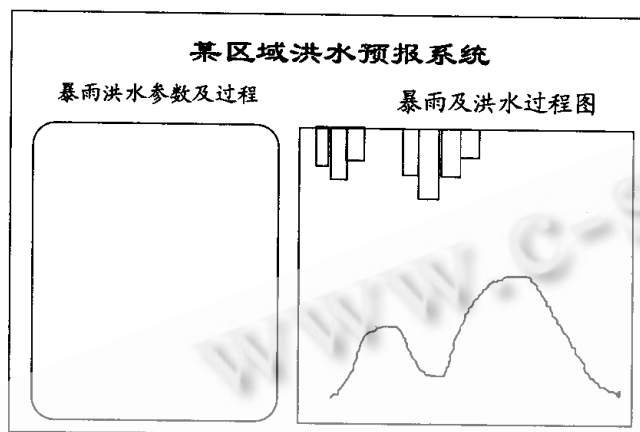
(1) 信息查询。信息查询功能主要完成十九座水库的基本情况和水情、工情实况的查询检索,包括水库基本情况、防洪特征数据、库容/下泄能力曲线图、洪水调度方式、历年运行情况、泄洪设备分布与实况图、库区回水淹没图、水库简介等八大功能。



“水库基本情况”功能指流域及水库的基本情况,可单库查询,也可多库同时列表查询;“防洪特征数据”功能指与防洪调度有关的基本情况,可单库查询,也可多库同时列表查询;“库容/下泄能力曲线”功能为图形显示各水库的库容/下泄能力曲线,利用鼠标的随意移动即可查询某水库任意水位的库容及下泄能力、任意两水位之间的库容差和下泄能力差值;“洪水调度方式”功能显示各水库不同频率的洪水在设计调度方式下的调度成果表;“历年运行情况”功能包括各水库历年的运行情况表;“泄洪设备分布与实况图”功能显示各水库泄洪设施和发电洞按高程及比例尺的分布图,实时水位、入流、出流及闸门开启状态图;“库区回水淹没图”功能显示各水库库区沿程各种设计水面线及已发生大水的实测回水水面线图;“水库简介”功能显示各水库情况的文字介绍。

(2) 洪水预报。洪水预报功能主要是根据实时降水资料,完成各水库入库洪水及下游区间洪水的洪水预报

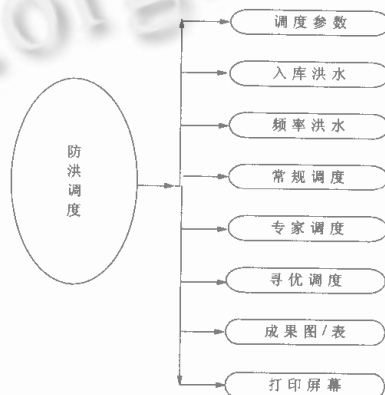
分析,目前主要完成了双牌水库入库洪水、罗家庙站洪水、渣洋滩站洪水、柘溪库区入库洪水、柘桃区间洪水、浦市至沅陵区间洪水、沅陵至五强溪区间洪水、石门站洪水等八大区域的洪水预报软件开发,主要功能为:根据时段降雨进行洪水过程、洪峰、洪量预报,可灵活进行降雨参数修改和过程分析,输出界面图形化,实现了预报结果与调度系统联机作业。



(3)防洪调度。洪水调度可对实时洪水进行多种调度方案的分析决策。实时洪水包括目前时刻起始水位、入流和下泄,预报的入库洪水过程包括手工输入、联网输入或计算机洪水预报,预报入库洪峰的入库洪水过程拟合或退水过程拟合;多种调度方案包括常规调度、专家调度和寻优调度三种调度方式的调度分析(常规调度又包括预报调度、闸门开启延时分析和下游补偿调度);分析决策可提供最高库水位及时间、最大下泄及时间、何时超防洪高水位、何时回落到防洪高水位、何时回落到汛限水位、入库洪水总量、出库洪水总量等,柘溪水库还包括桃江站的水位流量值。系统还可进行过程图及过程表两种显示方式转换,可对屏幕图形和表格进行打印。

当用鼠标选择某水库后,主要功能有八大功能,如下图:“调度参数”功能:输入/设置水库的基本调度参数和数据;“入库洪水”功能:进行水库实时库水位、入流、出流及预报入库洪水过程处理;“频率洪水”功能:选择水库不同频率的洪水或典型年洪水,可对所选的洪水进行放大、缩小、左右平移,处理后可连接到实时洪水中,对实时洪水进行延长,供实时防洪调度分析;“常规调度”功能:按照水库常规调度原则(含下游补偿调度)进行实时洪水(预报洪水)或频率洪水的调洪分析计算,图形显示入流过程、出库过程、库水位过程图及特征数据,可设定闸

门开启时距(会商调度时距)和入库洪水预见期;“专家调度”功能:手工操作鼠标按实际防洪要求对实时洪水(预报洪水)或频率洪水设定调度过程,进行调洪分析计算,图形显示入流过程、出库过程、库水位过程图及特征数据,系统能自动调整下泄不超过最大下泄能力;“寻优调度”功能:利用鼠标移动操作,进行最大下泄与最高水位的关系分析,以及下游站的流量水位对比分析,寻求最优的调度方案;“成果表\图”功能:进行调洪分析结果的图形和数据表格之间的转换;“打印屏幕”功能:对屏幕图形或表格在打印机上进行打印。



系统还可进行防洪分析方面工作,可对典型年洪水、各种频率洪水、历史实际洪水进行调度方案的分析,分析不同参数(如起调度水位、下泄能力、调度方法等对调度的影响)。

(4)暴雨洪水频率分析。对全省防汛报汛站(含水库入库洪水站和洞庭湖三口、四水合计入湖站)不同时段的同时暴雨、洪峰、洪量进行重现期分析,类别有十三种:年洪峰流量、年最高水位、年最大1日洪量、3日洪量、7日洪量、年最大1日降水、3日降水、7日降水、年最大1小时降水、3小时降水、6小时降水、12小时降水及水位排序。

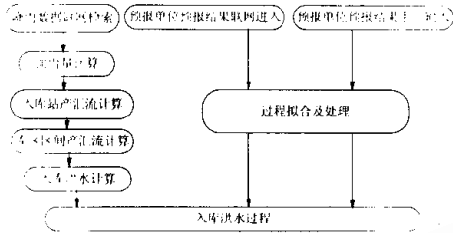
(5)历史洪水调度过程。对各水库历年大洪水的调度过程进行图形、数据表显示和统计计算,进行历史洪水调度过程的重现和相关分析。

(6)调度知识与规章。具有水利、水文、气象、调度、工程、法规等六大知识库供查询。

3. 水库调度分析流程

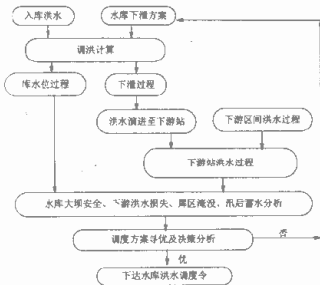
水库洪水调度是本系统的核心,进行一次洪水的调度分析,主要进行如下几大部份的分析计算工作:

(1)水库入库洪水分析预报。进行水库防洪调度,必须知道某一时段内的入库洪水过程,根据我省防汛指挥部水库洪水调度现状,主要有三种途径:省水文局或大型水库所作的入库洪水过程预报联机上网进入、预报单位的传真数据或电话记录、省指挥部联机自行预报,这些数据进行处理,如下图:



(2)下游区间洪水分析预报。下游区间洪水过程预报处理流程同上。

(3)水库防洪调度分析决策。已知水库入库洪水过程及下游区间洪水过程后,即可进行水库洪水调度的决策分析,决策过程的流程粗框图如下图所示:



四、系统应用

1. 系统检验

通过1998年全省大型水库洪水的实际调度应用检验,所有水库的洪水调度分析与人工分析结果和水库方面的分析结果一致。1998年发布的水库洪水调度令大部份都依据了本系统的计算分析结果,调度结果表明,以本系统计算所得的调度结果,是可信的和可靠的。

以下列举对柘溪水库近三年大洪水的洪水调度和区间洪水预报模型的检验结果,以当年记录的水库入库洪水过程为依据,按当时的闸门开启过程进行调度,以柘桃区间的9个雨量站从实时水情库中取得降水数据后进行区间洪水的计算预报,分析成果如下表:

洪水时间		柘溪库水位	桃江流量水位
95年7月洪水	实测	7-2-13 170.32	7-2-14:30 11500 44.30
	调度	7-2-14 170.70	7-2-20 11833 44.45
96年7月洪水	实测	7-20-13 172.73	7-16-12 12000 44.31
	调度	7-20-15 172.60	7-16-8 12211 44.61
98年6月洪水	实测	6-15-11 162.03	6-14-17 11500 43.98
	调度	6-16-7 161.97	6-14-20 10743 43.98

从上表可看到,调度分析预报的结果总体上是合格的,分析其计算误差的来源主要有三点:

- 由于所采用水库洪水资料入出库过程与库容变化的水量是不平衡的,加之采用的是静库容曲线,又是全过程计算,所以最高库水位有一定误差,在实时调度计算时,误差会小一些;

- 柘桃区间降雨资料有缺,净雨计算不准,导致桃江流量有一定误差,实际应用时,加快信息的快速性和准确度,精度会进一步提高;

- 桃江的水位流量关系采用的是1995年的水位流量关系,用到其他年份会有一定的误差,若取用当年的水位流量关系,精度会提高。

2. 系统应用

在1998年我省的大洪水过程中,全年共发布了158次水库洪水调度令,其中近一半的调度令采用了本系统的分析结果,特别是几次重大调度过程,本系统进行了充分的分析计算,最终得出了调度参数,使领导作出了科学的决策,为防汛指挥,起到了重要的参谋和决策支持作用。在进行水库防洪调度预案分析中,本系统也进行了大量的分析演算,提供了科学的分析数据和调度方案。

3. 系统特点

系统功能完备,具有预报、调度、分析、查询和重现等五大功能;实现了联机调度、预报调度、实时调度、优化调度等四种调度;实用性强,完全从我省实际调度操作过程中提炼出来,边开发边应用边完善,操作简单;开发时间短,投资少。

五、今后开发方向

该系统的开发成功并投入实时运行应用,仅是我省防汛指挥科学化、现代化的一个好的开端,系统还需在应用中进一步完善和提高,主要有开发联合调度系统、回水淹没与下游损失对比分析系统、分屏调度会商系统及大型水库联网等,相信在不久的将来,我省的水库防洪调度工作会更上一层楼。

(来稿时间:1999年6月)