

漓江流域防洪补水决策支持系统建设的初步设想*

A Scheme for Developing Lijiang River Flood Control & Water Supplement Decision-making Support System

马祖陆^{1,3}, 叶桂忠², 肖振荣², 戚继军²

MA Zu-lu^{1,3}, YE Gui-zhong², XIAO Zhen-rong², QI Ji-jun²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 桂林市水利局, 广西桂林 541001; 3. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西桂林 541004)

(1. China University of Geosciences, Beijing, 100083, China; 2. Guilin Bureau of Water Conservancy, Guilin, Guangxi, 541001, China; 3. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:根据漓江流域的自然条件和水资源特点,提出采用面向对象的C++程序开发平台,在中文Windows操作系统上开发漓江防洪补水决策支持系统的设想。该系统建设包括基础背景数据库建设和子系统功能模块开发两大部分,在总体框架和功能设计方面,优先改进已有的功能模块,使之适应系统的整体要求;其次是对开发的系统进行集成,并根据应用需求逐步开发新的子系统,完善系统整体功能。该系统建成后将可以充分发挥漓江流域已建或计划建设的控制性水利枢纽工程的整体防洪、补水功效。

关键词:水资源 调度 遥感监测 决策 系统

中图分类号:TV877;TP311 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2008)01-0069-04

Abstract: Based on the natural condition and water resource characteristics of Lijiang river watershed, a scheme for developing Lijiang river Flood control & Water supplement decision making support system is put forward. The system consists of the background database construction and sub-system function module development. Priority is given to improving the existing function module to adjust to the overall requirement of the system in the respective of overall framework and function design. Developed systems are integrated, and sub-systems are subsequently developed in light of application needs so as to perfect the overall function. The system will give full play to the overall flood control and water supplement effectiveness of the water control projects constructed or to be constructed on Lijiang River watershed.

Key words: water resources, reallocating, remote sensing monitoring, decision-making, system

漓江发源于广西东北部猫儿山,流域总面积约6000km²,洪涝灾害和缺水问题是长期以来困扰漓江流域国民经济建设、旅游和人民生活的大事。围绕漓江防洪和补水,广西区各级政府部门和桂林市多年来做了大量的工作,包括流域上游开展水土保持,提高森林植被和土壤的涵养水能力(生态防洪、调蓄

水资源)和修建大中型水库拦截雨季洪水、在枯水季节向漓江补水(工程防洪、补水)等。目前,漓江上游已建成的大小水库20座,正在修建或规划修建大型水利枢纽工程3座,加上引湘入漓系统工程等,构成了漓江上游的防洪补水工程体系。但是由于缺乏对众多水库科学合理的调度,一直以来未能最大限度地发挥水利工程的综合调蓄功能,因而漓江旱涝灾害形势仍然严峻。

本文通过对漓江流域自然条件和水资源特点的分析,以最大限度地发挥已建或计划建设的控制性水利枢纽工程的整体防洪、补水、发电和保护水环境的综合效益为思路,提出开发漓江防洪补水决策支

收稿日期:2007-04-23

修回日期:2007-07-11

作者简介:马祖陆(1962-),男,博士研究生,研究员,主要从事遥感和GIS应用研究、岩溶探测技术方法研究。

* 广西水利科技计划项目(桂水计(2002)30号)、广西自然科学基金项目(桂科基0639067)资助。

持系统的设想,并阐述了系统开发原则、功能设计、主要建设内容及开发思路。

1 系统需求分析

漓江位于广西三大暴雨中心之一,属典型的雨源性山区河流,径流主要由降雨形成。虽然漓江流域多年平均降雨量达2000多毫米,但其时空分布不均,造成了漓江丰沛枯旱的天然水资源分配不利局面。而漓江中下游河谷及市区平原地带地势低洼、水网密布、泄洪过水断面狭窄,以及流域内水量调蓄控制工程总体不足、缺乏科学的统一调度等原因,致使流域内雨季洪涝灾害频繁、旱季严重缺水。因此,开发漓江防洪补水决策支持系统,按照流域管理的思路科学调度和利用水资源是当务之急。

首先,漓江防洪补水决策支持系统是漓江防洪调度的需要。虽然1957年以来在漓江上游修建的防洪工程体系可控制桂林以上20%流域集水面积,在一定程度上起到了拦截漓江洪水的作用,但由于漓江上游暴雨突发性强、强度大、径流距离短,而桂林市旅游城市的城区防洪设施建设标准较低,现有水库由于缺乏科学的调度决策软件支持,各水库的蓄洪、泄洪量和时间不能统一协调,综合防洪效益较差,远远达不到漓江防洪要求,即便加上规划建设中的小溶江、川江和斧子口水利工程枢纽(防洪总库容达到 $2.282 \times 10^8 \text{m}^3$),也必须根据流域内降雨与工程布置情况进行科学调度才能达到将洪峰从100年一遇降低到20年一遇的安全标准^[1]。

其次,防洪决策的制定需要考虑的影响因素多,而洪水形势在瞬间千变万化,由于决策时间短、决策后果重大,防洪决策制定前和决策过程中,必须有先进的信息查询和模拟分析处理作为决策参考,以便掌握洪水的变化的趋势,这就需要有一套系统能够提供模拟洪水进程、进行洪水实时监测及灾后损失评估等功能,以满足防洪抢险调度决策方案的制定需求。

最后,漓江防洪补水决策支持系统也是漓江流域天然水资源再分配的要求。漓江每年9月至次年2月长达6个月以上水资源量仅占全年总量的18.9%(实测最小流量仅 $3.8 \text{m}^3/\text{s}$ ^[2]),远不能满足桂林市城区用水($7 \text{m}^3/\text{s}$)和流域内农田灌溉用水需求,更不能保证旅游通航和河道优美景观、水质优良的要求^[1]。即便规划建设中的小溶江、川江和斧子口水利工程枢纽的3座大型水库建成后漓江上游平均每年可向漓江补水 $4.1240 \times 10^8 \text{m}^3$,按最低通航需

水量计算,到2010年仍然存在 $3.292 \times 10^8 \text{m}^3$ 的用水缺口;因此,在上游水库能够有效地拦截雨季洪水的前提下,仍然需要对库存水资源进行科学、合理的再分配,这离不开水资源决策支持平台的支持。

因此,建设漓江防洪补水决策支持系统是十分必要的。青狮潭、思安江水库及即将建设的漓江上游三大水利枢纽工程巨大的水资源调蓄能力,青狮潭水库防洪调度的成功经验,以及流域完善的水文监测、通讯系统和业已建成的水利基础数据库为系统开发提供了条件。系统开发完成后,将可以科学、有效的调节漓江水资源,达到雨季削减洪峰、减少洪灾损失,旱季可以向漓江科学补水的目的,意义重大。

2 系统总体设计

2.1 系统开发目标及原则

漓江防洪补水决策支持系统是一个庞大的系统工程。按照广西水利厅“六江四库四湖一湿地”的水环境治理总体布局方案^[3],参照国内外防洪决策支持系统建设的经验^[4],并根据桂林市的实际情况和漓江水资源的时空分布特点,系统设计目标是使漓江防洪补水决策系统成为漓江流域水资源的科学调度、决策的工具,并侧重于城市防洪与补水,服务于漓江生态修复。系统开发原则是:(1)以漓江水利工程建设为基础,以总体设计为核心,基础地理信息与水雨工程信息数据库建设先行;(2)采用模块式开发、分步实施的方案,逐步开发各应用程序模块。优先研究与开发出系统的整体框架、防洪汛情实时监测与预警报、洪水淹没仿真和漓江上游水库联合调度决策库,并以此为指导,在短期内初步开发出一个可运行的“原型”系统,然后逐步完善和改进;(3)以防洪与补水调度决策为主,发电、环境修复与工农业用水的综合效益为辅;(4)充分考虑现有软、硬件条件,采用自主开发和软件集成相结合的方法。

2.2 系统功能设计

参照当前国内外防洪决策支持系统的功能与开发经验,结合漓江流域的自然特点和防洪、补水的要求,所开发的系统采用中文界面,并且具有如下功能:(1)拥有完善的数据库(数据库、图形库、知识库等)并能实现信息的实时更新;(2)提供快速、灵活、直观的多向互动式多媒体信息检索、查询方式;(3)提供快速、实时、准确的水雨工情信息传输、信息显示与智能化信息处理能力;同时能够对实时遥感数据进行分析、处理,实现洪灾或旱灾的实时动态监测;(4)能够提供准确的水情预警报与监测功能,通

过选择或开发合理的流域产流与水情预报模型,实现漓江及其支流各主要断面(水文站)在不同时段的水位、流量及洪水进度的准确、超前预(警)报;在旱季,利用高精度遥感资料 and 数字图象处理技术,建立旱情遥感评估模型,对流域内旱情进行评估和灾情预报;(5)提供功能齐全、可操作的防洪抢险会商决策平台,在上述各项系统功能的支持下,配合水情预警报模型、洪水演进仿真模型、防洪(补水)与水资源联合调度决策、灾后损失评估与救灾物资的发放等多个子系统或模块的开发,实现专家、决策人员与系统的互动,拓展专家的视野,以增强漓江防洪、补水决策过程中的分析、综合、洞察和判断能力,提高决策方案制定的科学性和准确性。

2.3 系统决策流程设计

系统决策流程设计如图1所示。

3 系统主要开发内容及功能模块

漓江防洪补水决策支持系统建设包括基础背景数据库建设和子系统功能模块开发两大部分。在总体框架和功能设计方面,优先改进已有的功能模块,使之适应系统的整体要求;其次是对开发的系统进行集成,并根据应用需求逐步开发新的子系统,完善系统整体功能。系统组成和各子系统主要功能模块的主要建设内容、系统开发程度和工作思路见表1。

4 系统开发运行的软、硬件环境

漓江防洪补水决策系统拟采用面向对象的C+

+程序开发平台,在中文 Windows 操作系统上进行软件开发,以保证系统运行环境的先进性、操作的方便性和用户界面的友好性;采用模块式或组件式程序开发客户机/服务器结构,以构建网络支持运行环境,保证数据(主机、服务器)与操作(终端)的分离;采用数据库接口技术实现与 SYBASE 或 ACCESS 等不同数据库的连接与共享。

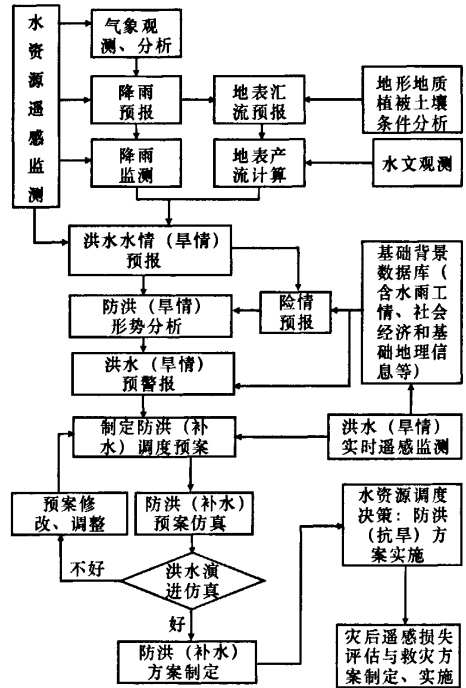


图1 漓江防洪补水决策系统决策流程

表1 漓江防洪补水决策支持系统组成、主要建设内容和系统开发程度和工作思路

系统组成	功能模块	主要建设内容	特点与建设方法	系统开发程度(已完成工作)和工作思路
基础背景数据库	基础地理信息库	不同比例尺的地形高程、行政区划、交通、水系、地质、土壤、通讯网络等信息数字化与数据库建设	工作量大,是系统建设的基础和瓶颈	已完成全流域1:10万、桂林以上流域1:5万和市区1:1万比例尺的基础地理数据库建设,计划: ①完善全流域1:1万和1:5万(城镇、平原河谷沿岸地区按1:500~1000比例尺数字化,高程精度达到厘米级)基础地理数据库建设; ②对变化快、影响洪灾评估或预报的要素(如交通、防洪坝等)进行定期信息更新。
	社会经济数据库	流域矿产资源、环境数据、农业经济数据、城镇人口数据、厂矿经济数据的录入与建库等	涉及多部门、内容多、数据量大、信息变化快,需要定期更新。其中农业经济数据可采用遥感估产方法,而城镇经济数据需要现场调查,投入的成本大、协调难度大	尚未开展相关工作。计划: ①在各级领导和有关部门的支持下,开展社会经济信息的调查; ②选择合适的数据库,开展数据录入与建库。
	水雨(旱)工情信息库	实时与历史雨情旱情信息和水文信息、水利工程数据等的录入与数据库建设	包括实时、历史水雨(旱)工情信息。主要通过气象、水文观(监)测方法获取相关数据;水利工程信息主要通过已有工程数据、现场或遥感调查方法获取。	已建,属于广西防洪信息网络建设的组成部分(采用的数据平台为SYBASE数据库系统),数据由桂林市防洪办公室进行定期数据更新和上报。 下一步工作主要是开发相应的数据库接口,以便实现系统调用或信息共享。另外,还有一些水文(排涝)监测站(点)的信息需要补充和更新。

续表 1

系统组成	功能模块	主要建设内容	特点与建设方法	系统开发程度(已完成工作)和工作思路
	其它	历年防洪抗旱方案、防洪(抗旱)专家知识与经验数据的录入、建库	采用多媒体技术、通用数据库接口技术,开发多媒体信息查询功能模块。	尚未开展相关工作。计划:对流域暴雨特性与防洪形势、现有防洪能力、规划防洪能力、防洪抗旱方针与政策、防洪目标与总体布置、防洪总体规划、历年防洪抗旱决策方案与总结、遥感影像与照片、防洪专家知识等的文字、图表、多媒体资料的录入等。
子系统主要功能模块	数据库管理与多媒体信息查询	记录的添加、修改、统计、查询、检索显示,不同数据库或图文声像信息的多向查询与调用、信息共享等的软件设计、开发	采用多媒体技术、通用数据库接口技术和C++软件工具进行开发	尚未开展相关工作。计划选择合适的数据库或多媒体软件开发平台,进行软件设计、开发(含二次开发)。
	洪水(旱情)预警报	洪水预警报与旱情预报模型的设计与软件开发	应用遥感技术获取水资源预报参数(气象、水文等);采用统计建模方法进行水资源预报,并根据历年洪(旱)灾水位情况进行修正。	流域水资源预报设计、建立了完善的水雨工情信息网络、开发了城区内涝实时监测预警报模型等,下一步工作重点是对统计预报模型的设计和软件开发。
	洪水演进仿真	建立水位、流量与洪水淹没范围的数学模型、开发洪水进程三维仿真软件	应用GIS技术、仿真技术,采用C++语言开发。另外,对岩溶地区特殊的地下管道水力连通情况开展岩溶水文地质调查,以此校正洪水演进模型。	已完成漓江全流域1:10万(部分地段1:5万、市区1:1万)数字高程模型和电子沙盘。下一步工作重点是在洪水淹没范围的数学模型的建立和洪水进程三维仿真软件开发。实现流域三维地面仿真、虚拟水情巡视、洪水淹没仿真、效果对比分析等。
	水资源调度决策	漓江上游分层次、分区域的水库群优化联合调度模型的建设及软件开发	参照“天湖水库联合调度”系统进行软件优化设计,利用C++开发组件式调度决策操作平台(模型运行参数可选),并利用洪水演进仿真模型对调度方案模拟、优化 ^[5] ,以达到雨季削减洪峰、枯季补水目的。	已完成了水库群优化联合调度数学模型和主程序框架的设计。下一步工作: ①开展漓江及主要支流过水断面的测量; ②根据漓江沿岸水利工程分布、蓄(防)洪能力,及重点防洪地段洪峰到达时间、水位、流量关系进行综合分析、建模; ③软件开发。
	洪灾旱情遥感实时监测以及灾后损失快速评估	汛情或旱情实时信息的采集与处理、信息传输软件开发,在GIS和RS支持下的灾情监测和灾后损失快速评估模块的设计、开发	借助我国目前已经建立的机星地面洪灾与旱灾实时监测与评估系统 ^[6] 开发经验,在GIS软件平台和洪水演进仿真系统支持下,采用国内外成熟的遥感信息处理软件,快速圈定洪水淹没(或旱情)范围,配合洪(旱)灾背景数据库在短期内就能够对洪(旱)灾损失进行评估。	漓江流域已购置、积累有不同时期相的多源遥感数据数百幅;我国有包括气象、中巴资源卫星数据可供免费使用;目前,同一地点每天可获取高精度实时全天候卫星遥感数据资料多幅。这些为洪灾旱情遥感实时监测和灾后损失评估提供了条件。下一步工作重点是选择、购置合适的遥感数据图像处理软件平台,并根据系统需求进行二次开发,建设不断更新的流域社会经济数据库,为灾后损失评估服务。

系统运行的硬件环境要求一台服务器、若干台PⅢ以上配置的微机终端、大屏幕投影系统、打印设备以及宽带网络连接设备等。

参考文献:

- [1] 何素明. 桂林市防洪及漓江补水枢纽工程建设的必要性[J]. 广西水利水电, 2004(2): 45-48.
- [2] 李耀光, 罗锦珠. 漓江上游水资源变化概况及对策[J]. 广西水利水电, 1998(1): 23-31.
- [3] 蔡德所. 漓江水生态系统保护与修复的关键技术: 河流

生态修复技术研讨会论文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 231-238.

- [4] 胡四一, 宋德敦, 吴永祥, 等. 长江防洪决策支持系统总体设计[J]. 水科学进展, 1996, 7(4): 283-294.
- [5] 谢柳青, 易淑珍. 水库群防洪系统优化调度模型及应用[J]. 水利学报, 2006(6): 38-46.
- [6] 马藹乃. 遥感信息模型[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997.

(责任编辑: 韦廷宗)