

# Research of Reservoir Emergency Management Automated Information System

Yongzhi Liu<sup>1,2</sup>, Wenting Zhang<sup>3,4</sup>, Xinmin Cui<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>The State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, NHRI, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>Hydrology and Water Resources Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing Jiangsu

<sup>3</sup>College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing Jiangsu

<sup>4</sup>The State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing Jiangsu

Email: yzliu@nhri.cn

Received: Apr. 6<sup>th</sup>, 2018; accepted: Apr. 21<sup>st</sup>, 2018; published: Apr. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

This paper describes a modular geographical information system (GIS) for the emergency operation of reservoir from natural and dam-failure floods. The system provides some professional models, which are flood forecasting and reservoir operation, dam safety evaluation, the flood inundation of downstream of reservoir, risk analysis and loss evaluation. The system is integrated using the computer technology. The visualization of runoff and submergence, integration of statistics of damage and analysis are achieved in this system. The research results provide a powerful tool to analyze flood risk rapidly and make schemes of the flood resisting.

## Keywords

Reservoir, Emergency Operation, Automatic System, GIS

---

# 水库防洪调度应急管理信息系统研究

刘永志<sup>1,2</sup>, 张文婷<sup>3,4</sup>, 崔信民<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>南京水利科学研究院, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京

<sup>2</sup>南京水利科学研究院, 水文水资源研究所, 江苏 南京

<sup>3</sup>河海大学, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京

<sup>4</sup>河海大学, 水文水资源学院, 江苏 南京

Email: yzliu@nhri.cn

收稿日期: 2018年4月6日; 录用日期: 2018年4月21日; 发布日期: 2018年4月28日

## 摘要

利用地理信息系统(GIS)、数据库、网络等技术为支持,以水库大坝应急调度管理相关数据为基础,构建具有信息接收存储、信息处理、指挥调度、灾害可视化时空分析等多种综合管理功能的水库应急管理自动化信息系统。系统集成洪水预报调度、大坝性状分析、大坝安全评价及预测、水库下游洪水演进、风险分析等专业模型,具备应急调度、灾害管理、空间分析等一系列功能。该技术可为水库日常管理提供专业技术支持。

## 关键词

水库, 应急调度, 自动化系统, 地理信息系统

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

重大突发事件往往会造成巨大的人员伤亡和财产损失,水库大坝如果遭遇突发事件,一旦失事,会给下游造成灭顶之灾。所以针对水库应对突发事件的应急管理决策支持研究非常重要。在突发事件即将发生或已经发生后,如何迅速地做出决策,及时周密地解决由此带来的问题,将损失减到最小程度,是目前人们研究的一个热点问题[1] [2] [3]。虽然应急预案的制订可以使管理部门做到有备无患,但由于事件的突发性、时间的紧迫性、后果的严重性,以及人们经验和理性的有限性,事前制定的应急预案可能会具有一定的局限性,所以为决策者建立一个高效的计算机应急管理自动化系统,将有助于决策者做出及时正确的决策,其意义十分重大。此外,水库应急管理自动化信息系统可以作为应急预案的有效补充,更好地为应急管理服务。

## 2. 水库应急调度管理

一旦出现对水库大坝造成威胁的致灾因子,相关部门会迅速进行水库应急响应,包括应急启动、监测报送、预测预报、分析评估、应急结束五个方面[4]。遵循水库应急响应过程需要对水库进行应急调度。首先,基于水情测报、工情监测、闸门监控、巡视检查、上下游灾情、天气预报、工程安全实时评价等信息,对工程安全状况进行实时分析,据此选择具体的水库调度方案;在调度实施过程中,则需不断根据最新工情、水情发展情况,对调度方案进行修正;当工程出现严重险情或遭遇特大甚至超标准洪水时,提前发出警报,并通过会商拟订抢险方案和应急调度方案,并进行应急处置。根据应急处置的情况进行实时评估,直到险情排除,应急结束。水库应急调度流程见图1。

## 3. 系统结构体系设计

在大量基础信息数字化和可视化的基础上,运用模型方法库、数据汇集平台、GIS 技术建立水库应急管理自动化信息系统,将水库洪水预报调度,大坝安全监测,洪水风险分析与应急指挥决策有机结合起来,实现基础设施信息的查询和管理、洪水演进仿真模拟、应急指挥决策以及控制显示等功能,方便

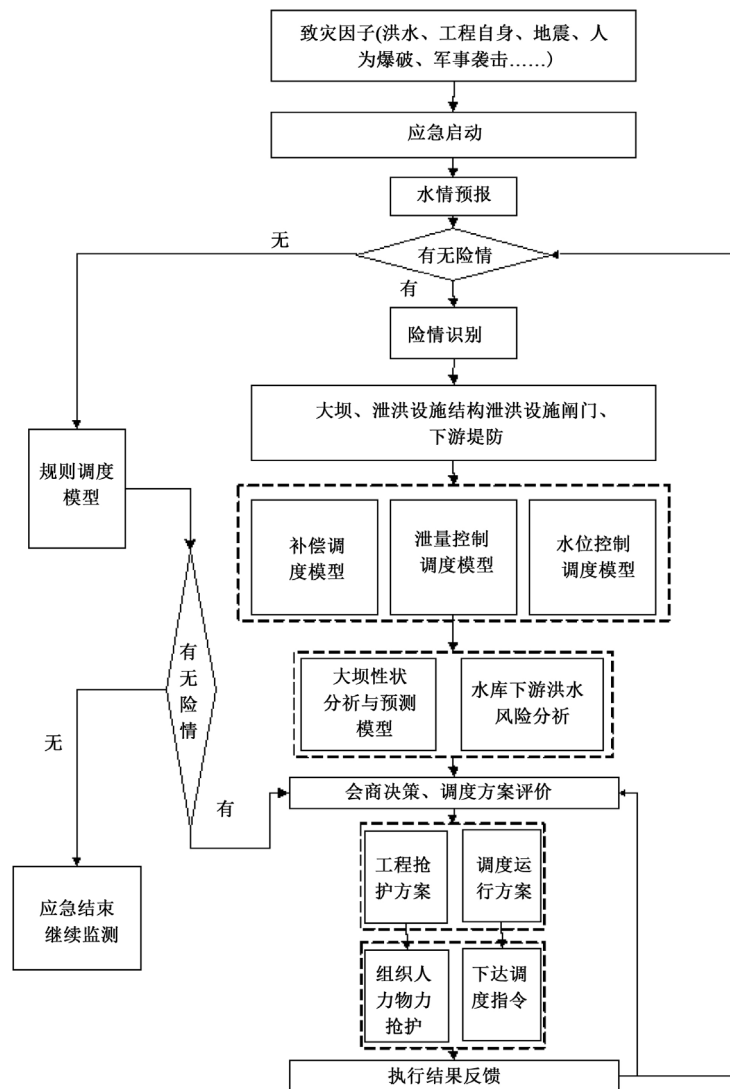


Figure 1. Decision flow of reservoir emergency dispatch  
图 1. 水库应急调度决策流程

防洪管理部门在短时间内掌握水库防洪形势、大坝安全状态和一旦发生洪灾下游的损失情况以及救援物资的供给情况等，从而提高水库日常管理和灾时应急反应能力。

在照分层设计的思想指导下，系统分为数据采集监控层、数据资源共享层、应用服务层、用户层，合理定位已经建成的独立系统的功能，采用科学的结构框架，将目前已建系统和未建系统集成在统一的体系结构中。按照需求分析的结果，运用地理信息系统等技术，在 WINDOWS 环境下，进行开发设计。水库应急管理自动化信息系统总体结构如下图 2。

数据采集监控层由信息采集系统和工程监控系统组成，是水利信息工程与水利实体工程间的接口，是系统信息的主要来源。数据资源共享层包含了网络通讯和综合数据库，构成了整个系统的数据仓库和信息纽带。应用服务层由各个业务子系统构成，结合专业模型完成与水库应急调度决策相关的任务，并通过人机界面构成用户层。

系统通过网络通讯和综合数据库与各个子系统互联互通，充分利用和发挥多种信息处理手段在水库

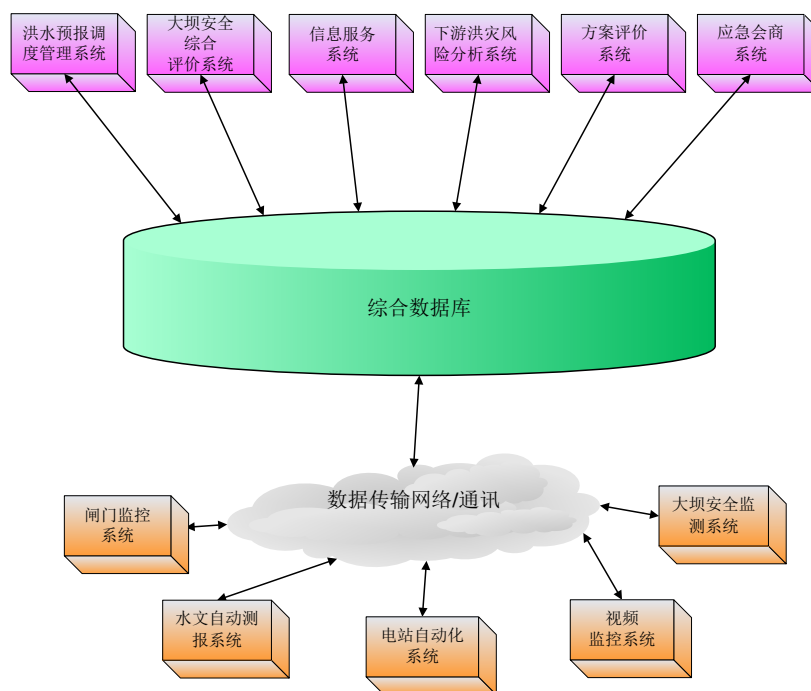


Figure 2. System logic structure  
图 2. 系统总体结构

应急调度过程中的综合作用。总体采用多层技术架构，既便于充分发挥已有系统能力，又为将来系统的扩充创造了条件。系统的主要人机界面采用浏览器，采用 B/S 模式，系统更新维护快捷方便。系统采用三维 GIS 技术，在建立三维模型的基础上，利用综合数据库中实时监测数据，采用专业模型进行分析计算，在三维场景中实时展现水库的淹没范围、当前大坝断面的渗流线、大坝体内的渗流面、动态模拟闸门启闭状况，实现水库大坝场景与水库安全分析技术的三维可视化。

## 4. 系统功能结构

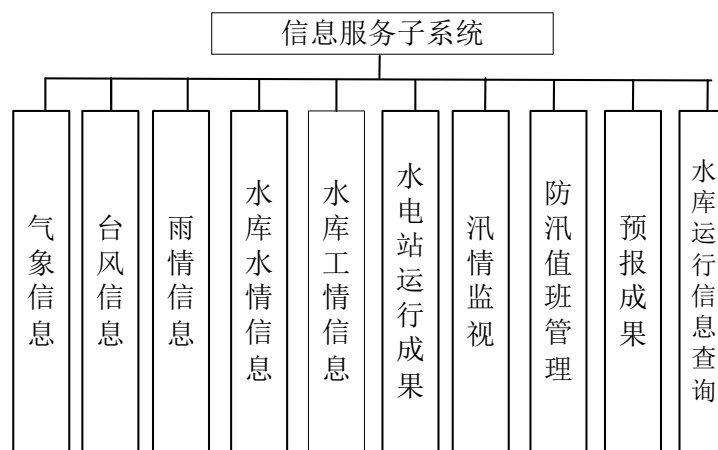
### 4.1. 信息服务子系统

信息服务子系统是为水库防汛调度系统在决策会商时为有关人员(包括决策者、专业人士、相关人员)提供防汛有关信息(包括历史、实时水雨情、工情、灾情等)查询服务的子系统。其内容主要是对综合数据库的相关内容及其它子系统输出信息的查询与显示。系统功能逻辑结构如图 3。

### 4.2. 洪水预报调度子系统

洪水预报与调度子系统结合地理信息系统技术，以洪水预报调度数学模型为核心，根据水文作业预报的业务流程，采用 B/S 体系结构搭建应用系统平台，满足不同层次的技术和防洪决策人员进行计算分析、信息查询的需要。系统包含以下几个部分组成：

- 1) 人机交互平台；
- 2) 预报调度方案构建模块；
- 3) 洪水预报模块(自动定时预报、人工干预预报)；
- 4) 水库洪水调度模块；
- 5) 预报调度信息查询与结果模块。



**Figure 3.** Function logic structure diagram of information service subsystem  
**图 3.** 信息服务子系统系统功能逻辑结构图

### 4.3. 大坝安全综合评价系统

采用先进的大坝安全监测技术、计算机网络通信技术和数据管理技术，在整理与分析水库大坝已有的监测资料基础上，通过对水库大坝安全现状研究，在满足有关技术规范要求下，针对影响和控制该工程安全性态的关键变量和关键部位重点监测，监测项目、测点布置和结构优化组合[5]。监测项目包括主坝变形监测、渗流监测和环境量监测。通过网络实现监测信息远程管理与分析。

利用大坝安全监测系统自动监测数据、人工观测数据和巡视检查记录等，采用合理的数学模型和评判准则，实时分析大坝运行性态，进行安全诊断，提供多种报警功能。

### 4.4. 下游洪水风险分析子系统

本子系统的水库风险分析分正常调度洪水和水库溃坝洪水 2 种。水库正常调度洪水风险为遇特大洪水和超标准洪水时，执行相关调度方案进行调度带来的风险；水库溃坝洪水风险即遇特大洪水和超标准洪水时，水库大坝溃坝所带来的风险。集成溃坝洪水计算模型、水库调度模型、二维水动力学洪水演进模型、洪灾损失评估模型，对水库下游洪水风险分析技术进行综合研究。使用溃坝模型计算溃坝洪水流量过程，其他设计标准洪水通过水库调度模型计算相应水库下泄流量过程；通过洪水演进模型模拟洪水淹没过程，计算淹没水深、范围、流速等多种洪水淹没要素；采用 GIS 中的叠置分析方法结合洪水演进计算结果进行淹没损失计算[6]。水库下游洪水风险分析流程见图 4。

### 4.5. 方案管理评价子系统

防汛会商生成的各种决策方案种类繁多，并且随着时间的推移方案具有不同的时效性。对这些方案的有效管理需要方案管理子系统来实现。当决策方案生成后，应将其数据信息录入到相应的数据库中，以便管理。根据方案元数据中定义的标识信息，主要存储信息的编码、名称、类型、来源、关键词、网页路径、描述等内容。根据方案管理的需求分析，针对不同类别的目标分别提供众多模板，根据锁定的目标或热点不同，可以快捷方便地进入相应的模板库，并能够迅速准确地获取目标相关主题信息。防汛会商系统其主要功能包括以下三个部分：1) 方案模板管理。2) 模板内容管理。3) 内容发送管理。

### 4.6. 水库应急调度会商子系统

水库应急调度会商系统的功能主要是当水库发生对水库产生威胁的致灾因子时，通过迅速采集和传

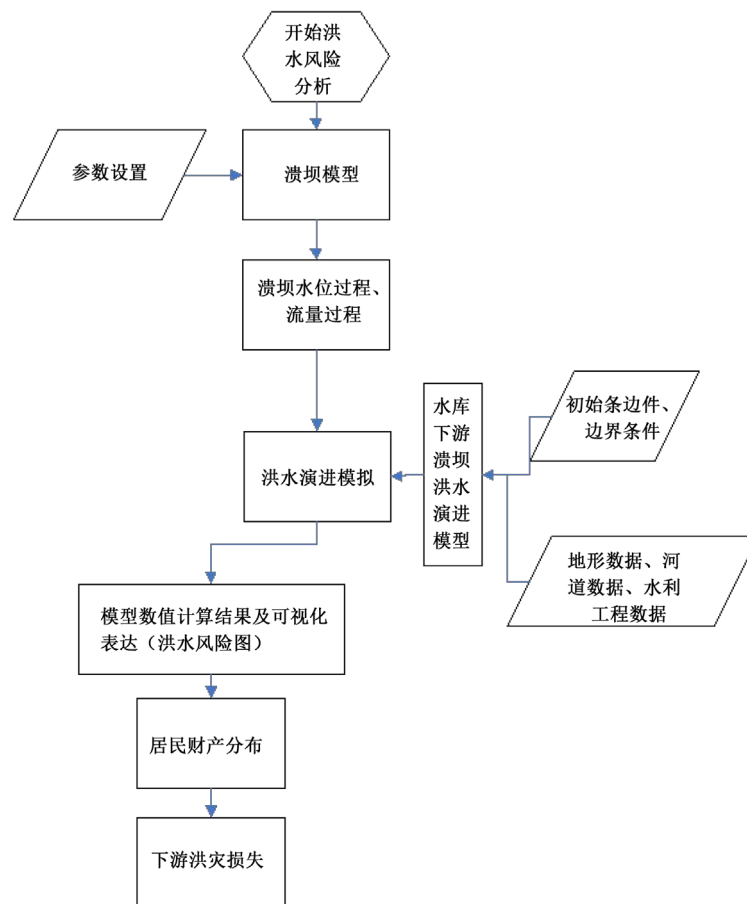


Figure 4. Flood risk analysis process at the lower reaches of the reservoir

图 4. 水库下游洪水风险分析流程

输的水情、雨情、工情，通过专业预报调度模型对水库防洪形势做出分析，通过人机对话的方式，为领导提供防洪工程调度方案，由决策层讨论、修正、确定新的方案，再调用洪水演进、灾害损失评估等系统进行检验，最后形成科学的决策方案。水库应急调度会商系统功能模块划分见图 5。

## 5. 结语

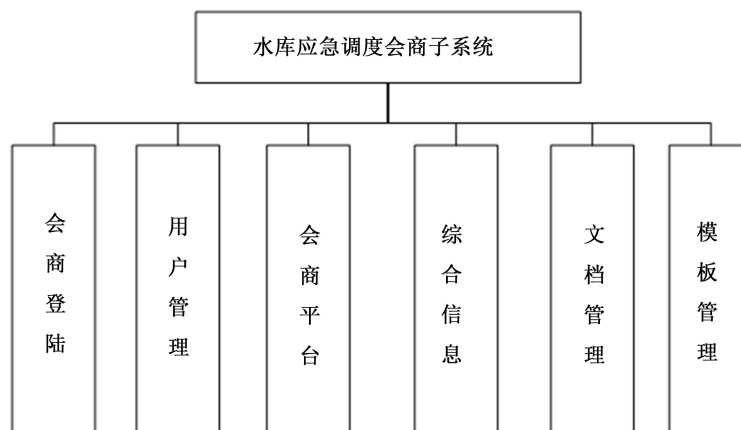
在上述研究成果的支撑下，以青山水库实时安全调度系统为基础，考虑水库应急调度的实际需求，将原型水库已有各种类型的信息监测控制系统进行集成。系统采用快速原型开发方式，进行系统总体框架、功能组成、模型集成研究，对青山水库实时安全调度系统进行扩充、改造，在不影响原有功能的条件下，使原系统具有应急调度的能力，为该水库应急调度提供一个现代化的辅助决策指挥调度平台。该系统具备以下特点：

### 1) 充分业务支持

系统采用多种技术组合，集成了包括各类业务信息服务、洪水预报调度、大坝安全诊断、水库下游洪水风险分析模拟等功能模块，对水库及主管部门提供了充分的信息处理和辅助决策支持手段，满足水库管理对信息多样化的要求。

### 2) 系统高度整合

系统通过通讯网络与大坝安全监测、水文自动测报、视频图像监控、办公自动化等系统高度集成，



**Figure 5.** Function module division of reservoir emergency dispatching consultation system

**图 5.** 水库应急调度会商系统功能模块划分

充分利用和发挥多种信息处理手段在水库安全监控中的综合作用。

### 3) 应急特色鲜明

水库应急管理自动化信息系统的重要特色是提供对致灾因子的判断、评估、响应、处置等一系列及时有效的应对措施，将对水库大坝不利的突发事件的危害和损失降低到最小程度。

## 致 谢

国家自然科学基金项目(41471427); 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(Y516004、Y517017、Y517018); 人社部留学人员科技活动项目择优资助经费(Rq515001)。

## 参考文献

- [1] 王晓航, 徐华, 周克发, 等. 溃坝应急管理关键技术分析[J]. 水电能源科学, 2010, 28(5): 54-55.
- [2] 杨光, 王秘学, 秦明海, 等. 美国水库大坝安全管理及思考[J]. 人民长江, 2011, 42(12): 19-23.
- [3] 张士辰, 李雷. 水库溃坝应急预案预见性评价方法研究[J]. 水利水运工程学报, 2010(3): 45-52.
- [4] 周武, 李端有, 王天化. 水库大坝安全应急管理与应急指挥调度技术初探[J]. 长江科学院院报, 2009(S1): 135-139.
- [5] 王士军, 董福昌, 崔信民, 孟波波. 水库大坝安全信息三维可视化系统开发[J]. 水电自动化与大坝监测, 2008, 32(2): 50-51.
- [6] 张文婷, 张行南, 刘永志, 等. 基于 GIS 的风暴潮洪水风险分析系统研究[J]. 水电能源科学, 2008, 26(2): 44-47.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)