

# 长江防洪决策支持系统总体设计<sup>\*</sup>

胡四 一 宋德敦 吴永祥 崔信民 邹 鹰  
沈福新 王银堂 戴 星

(水利部南京水文水资源研究所 南京 210024)

**摘 要** 在分析总结长江中下游防洪经验和防洪决策流程的基础上,充分考虑技术的先进性,针对长江防洪决策支持系统的开发,提出了具有系统结构合理、软件设计先进、实用性强、扩充性好、适应实时要求特点的总体设计,确定了系统的开发原则。据此,拟定了系统的逻辑结构;以数据库、知识库作为信息基础,通过总控程序构筑系统运行环境,实现信息查询和防洪调度的功能。信息查询以灵活多样的查询方式、形象直观的表达形式来实现对实时水雨工情、洪水预报结果等信息的快速查询;防洪调度侧重运用洪水演进和调度模型对预案进行水情仿真,为决策者提供汛情发展事态信息。为对模型库进行有效的管理,提出建立决策方案管理系统的设计方案。为适应软件技术的最新发展趋势,选择了起点高、开发难度大的视窗软件系统作为系统的软件环境,实现了图形用户界面技术,使界面友好直观,操作灵活方便。

**关键词** 防洪系统 决策支持系统 图形用户界面 模型交互式平台 长江

**分类号** TV 877; TV 882.2

## 1 引 言

长江中下游是长江流域洪灾最频繁、最严重的地区,三峡工程是长江中下游防洪综合治理中的关键工程。三峡工程建成后,长江中下游就形成了以堤防为基础,以三峡工程为骨干,辅以分蓄洪工程及其它支流水库、河道整治工程组成的较完整的防洪系统,可使长江上游洪水得到有效控制,从根本上减轻洪水对长江中下游广大平原地区的洪水压力,缓解长江中下游洪水来量大与河湖蓄泄能力不足的尖锐矛盾。

根据长江流域综合利用规划制定的目标,要求 2000 年长江中游荆江河段防洪标准不低于 100 年一遇,遇类似历史上 1870 年特大洪水时,防止南北两岸堤防溃决而发生毁灭性灾害,城陵矶以下河段防御 1954 年洪水,重点城市能防御 100 年一遇洪水。

为了实现上述防洪战略目标,除继续完成防洪工程体系的建设,进一步提高防洪能力外,非工程措施亦是减免洪水灾害行之有效的配套措施。针对长江中下游防洪决策的实际问题,充分利用现代科学技术,如计算机、信息处理、网络和通讯、系统仿真、人工智能以及遥感遥测等技术,建立人机交互式的防洪决策支持系统则是一项不可缺少的重要手段,这对雨、水

<sup>\*</sup> 本文于 1996 年 1 月 3 日收到, 1996 年 6 月 20 日收到修改稿。

<sup>\*</sup> 国家“八五”科技攻关研究项目 (85-06-01-03)。

工情的掌握,防洪调度预案的制定、选择和实施,洪灾调查与损失估计,都有重大的使用价值,可以大大提高防洪工程措施的效能和防汛调度的灵活性,对减少洪水灾害具有重要的现实意义和社会经济效益。

本文以长江防洪决策支持系统的研制为主线,研究防洪决策支持系统建立的开发模式、程序、方法、技术和应用模式,提出系统结构合理、软件设计先进、功能多、实用性和扩充性强的总体设计,探讨其在防洪决策中的支持作用、技术保证和应用深度;研制和开发系统中总控管理——人机界面系统、数据库、知识库、系统接口和通讯软件、洪水演进和调度仿真模型、防洪决策风险分析模型等,解决一系列关键性技术难题。初步建立可运行的“原型”系统,并通过联机试验运行,检验系统设计,推进防洪决策支持系统的实际应用,为“九五”期间系统的实际建设和后续开发奠定了稳固的基础。

## 2 防洪决策支持系统研究现状和发展趋势

### 2.1 国内外研究现状

近年来,决策支持系统在国内外发展迅速,已在水资源系统规划、设计和管理中得到了成功的应用<sup>[1]</sup>。在防洪方面,人们普遍认为从实时洪水预报系统过渡到防洪决策支持系统是当前的发展趋势<sup>[2]</sup>,欧美发达国家竞相开展这类研究和开发工作<sup>[3]</sup>,但目前仍处于针对系统开发中的关键技术进行探索,并在中小河流域试验开发的阶段,尚未见到大型复杂河流的防洪决策支持系统投入实用。

防洪决策支持系统必须建立在对防洪系统、防洪工作内容以及防洪预报—调度—决策流程的实际理解上,尤其是雨、水情预报模型、洪水演进和调度仿真模型、防洪优化调度以及决策过程描述因流域而异,具有明显的地域特殊性,不可能套用其它流域的模型决策流程。因此,我国在“八·五”期间平行安排了长江、黄河、淮河防洪决策支持系统的开发。这些系统的原型均已初步建成,目前陆续开展系统的后续开发——实体建设和具体实施,在应用过程中不断提高系统的成熟度,最终形成完整的可以在防洪决策中实际使用的决策支持系统。

### 2.2 发展趋势

防洪决策支持系统是一个正在发展、十分活跃的研究领域,日益重视信息查询与模型仿真的有机结合,广泛应用地理信息系统技术,其结构设计正朝着更加可视、交互、智能、集成化方向发展<sup>[3]</sup>,主要趋势概括如下:

(1) 更加重视防洪决策过程的信息需求分析,强调信息查询与模型仿真相结合,尤其注重重复复杂庞大水系洪水演进和调度仿真模型的开发。

(2) 日益重视图形、图像技术及多媒体技术的应用开发,主要包括图形用户界面、多窗口技术、信息的图形、图象表示及快速查询,与GIS结合的地理空间数据处理技术,配合模型的信息处理及其反馈信息的图形、图像表达等。

(3) 采用先进的信息集成处理技术,将信息的收集、传送、处理、结果表达等集成在统一的计算机网络环境中,以加快信息运用的速度,满足实时防洪决策快速响应的要求。

(4) 在库管理技术方面,通过方案管理技术来改善模型库管理系统的功能;采用面向对象的数据库管理技术及SQL查询方式,增加数据更新的灵活性,提高信息的查询速度,减少

数据冗余, 提高数据的安全性

(5) 由于防洪决策问题的半结构化特点, 如何将专家知识和经验引入决策支持系统, 以及采用何种方式激发专家的创造性思维, 产生有利于正确决策的直觉和灵感, 是防洪决策支持系统智能化亟待解决的难题

### 3 系统开发分析

#### 3.1 系统地理范围

系统开发的区域是长江宜昌至螺山之间的中游地区 (见图 1)。长江干流宜昌至螺山河段, 全长 426km, 总面积 289410km<sup>2</sup>。河段内主要纳入清江及洞庭湖水系的来水, 包括的荆江河段, 分别有松滋、太平、藕池、调弦 (已于 1959 年建闸控制) 四口分流入洞庭湖, 水流极为复杂。洞庭湖区中, 湖泊部分分别由七里湖、目平湖、南洞庭湖、东洞庭湖组成。为了分蓄长江中游洪水的超额洪量, 该河段内有荆江分洪区 (包括: 荆市扩建区、虎西备蓄区、人民大垸)、洪湖分蓄洪区、洞庭湖分蓄洪区的 24 个重点蓄洪垸, 其有效容积共为 392 亿 m<sup>3</sup>。水库工程除正在建设中的三峡水库外, 主要有汉江丹江口、资水柘溪、沅水五强溪、清江隔河岩水库等。防洪决策支持系统的开发主要是针对上述区域展开的。为了反映天气形势和水雨情的变化, 系统范围在需要时有所扩大, 将包括长江上游干支流及中游的广大区域。

#### 3.2 系统开发目标

在长江中游防洪决策的经验和现行防洪调度决策流程的基础上, 先研究三峡建设期间和建成初期长江三峡至螺山河段防洪系统的防洪调度运行决策, 重点研究决策支持系统的总体设计, 并以此为指导建立一“原型”系统提供应用和进一步完善。所建系统在给定的软、硬件环境下, 在雨、水、工情信息和防洪调度及水流仿真模型的支持下, 能快速、灵活、直观地为防洪决策者提供多层次、多方位和准确的信息, 以增强和扩充其在防洪决策过程中的分析、综合、洞察和判断能力。

#### 3.3 防洪决策流程

长江防洪决策支持系统开发流程 (见图 2) 根据长江水利委员会专家的分析和总结, 在有三峡工程情况下, 长江中下游的实时防洪决策的大致过程为: 根据实时雨、水情信息及对未来一定时段内雨、水情变化的预测, 进行防洪形势分析; 在整体防洪规划的约束下, 按照优化的防洪调度方式确定三峡工程的蓄泄对策, 分析计算如采用这样的蓄泄对策而长江中下游各地将发生的水情, 将上述信息全部进入防洪决策支持系统; 决策部门主要根据以上信息及工情、灾情等其它信息, 经过判断, 提出防洪调度预案集; 然后通过防洪调度模型和洪水演进模型对预案进行水情仿真, 评价其效果和影响, 再由专家分析、对比、判断、综合, 最后经决策部门确定采取的三峡工程蓄泄对策及其它堤防、分蓄洪工程如何运用的决策, 并付诸实施。决策确定后, 还要分析计算采取这样的决策后各地的水情, 以及时指导各地的防汛工作。

#### 3.4 防洪决策支持系统的特点和功能要求

防洪决策流程实质上是行之有效的防汛会商与计算机的辅助支持结合起来。因此, 防洪决策支持系统的工作特点可概括为: 要求多方面协同工作, 信息查询和系统仿真相结合, 人

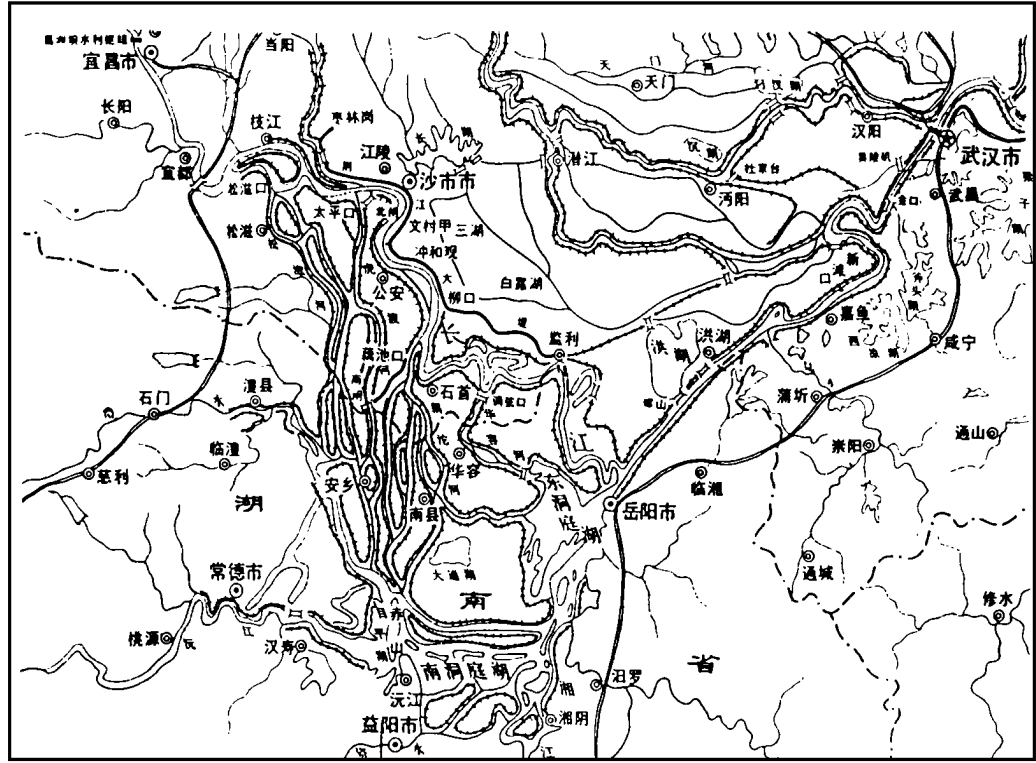


图 1 长江宜昌 - 武汉河段水系图

Fig. 1. Middle Yangtze River system (Yichang-Wuhan)

机交互快速同步进行，主要目的是激发群体智慧，选择合理可行、易于实施的防洪决策方案。一般而言，要求防洪决策支持系统应具有如下主要功能：

(1) 运用现代化网络通讯和信息处理技术，通过数据和知识库查询检索大量有关的历史和实时水情、雨情、工情信息，经专家群体分析综合，汲取其中最有价值的内容，以丰富、扩展专家群体智慧，深化定性分析。

(2) 将专家群体在会商过程中提出的调度方案、抉择、数据等各种信息，与电子计算机、仿真、模拟技术结合起来，对水情变化和调度预案反复进行定性、特别是定量的分析，使之能从感性到理性、从微观到宏观、从局部到整体，迅速得出较精确的汛情发展势态和防汛决策的效果，进一步调动专家群体的知识和经验，激发创造性思维。

(3) 利用可视化或多媒体技术，特别是遥感、遥测和信息网络技术，不仅可以直观、形象地观测到大范围天气形势的动态变化，而且可以将远在千里之外的洪水场景同步传输到防汛指挥中心，犹如身临其境，极大地扩展了人的认识范围，更加全面、准确、如实、动态地把握雨、水情变化和洪水环境，审定所提方案的适用性，并不断予以调整，找出最佳方案。

(4) 在防汛过程中，随着汛情的不断发展，必须及时利用现代化信息网络，快速将提出的防洪决策方案在实施中遇到的问题与新情况反馈回来，显示在会商中心的电子屏幕上，迅速调整各种模型、方案与数据，预测新的效果，再提供新的最佳决策。如此不断循环往复下去，一次比一次更准确、更高明。

(5)把科学理论与经验知识结合起来 一些不成熟的实际经验,甚至灵感,潜意识等等,虽然目前人类对其知之甚少,但对解决复杂防洪决策问题,往往有着十分重要的作用,取得“画龙点睛”之效。防洪决策支持系统所提供的信息环境有助于充分发挥专家经验和知识的作用,激发专家的创造性联想,产生对防汛决策和关键问题进行判断和抉择的直觉和灵感

3.5 系统开发原则

根据上述防洪决策支持系统的特点和功能要求,可以看出,系统开发涉及学科众多,系统结构复杂,关键技术密集,建库建模量大。为保持所建系统结构完整,系统开发顺利进行,拟定系统开发的原则如下:

- (1) 以长江中游防洪决策流程为基础,目标为可运行的实用系统。
- (2) 重点做好总体设计,提供一个可操作的原型,以反映系统的技术特点、功能、设计风格以及应用前景。
- (3) 防洪决策过程极为复杂、涉及因素众多,其辅助支持是科学理论及方法、经验和专家判断力的结合。在开发过程中,注重“信息-经验-反馈”之间的联系,发挥综合集成系统的整体优势。
- (4) 注重系统的统一完整性和系统的逐步完善要求。为此,重点考虑子系统模块的接口预留和延拓。对于子系统中目前尚未形成实用技术的若干研究内容,只考虑预留接口,以待今后的工作来充实。
- (5) 对于部分高新技术的应用,既要考虑到其技术发展的先进性,又要兼顾现实的可能性。对于GIS,在本阶段暂不考虑其作为主要支撑软件,但采用其地图信息输入与编辑及空间拓扑分析等功能。对人工智能只对知识处理中的若干关键技术进行探索,为下一阶段开发智能型防洪决策支持系统奠定基础。
- (6) 针对主用户建立和开发系统,在一定程度上兼顾次级用户要求。不追求通用系统,但要求总体设计和系统能提供一个处理类似问题的框架和结构,以满足其他部门在修改、扩充、调整、转换的基础上建立自己的系统(推广应用意义所在)。
- (7) 该系统主要用于实时防洪调度,但兼顾规划、设计方面的要求。
- (8) 充分利用现有数据、模型及研究成果,尤其注重经过实践检验行之有效的的方法和模型的二次开发,将其纳入系统。
- (9) 遵循行业主管部门在软硬件环境、综合数据库等方面制订的有关指南和规定,协调或尽量统一库结构和接口方面的要求,以利于分散开发的系统各部件在统一环境下有机集成和顺利运行。

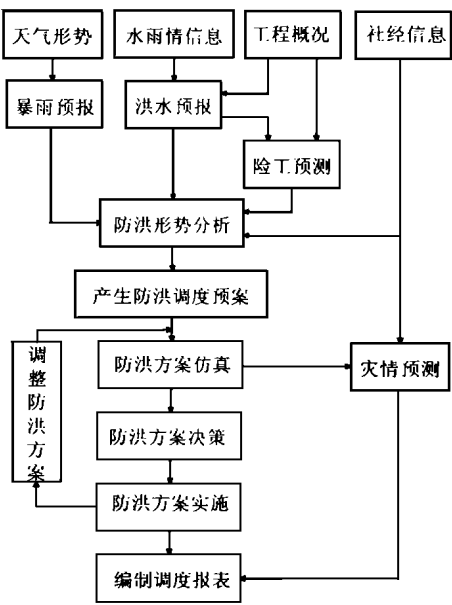


图 2 长江中下游防洪决策流程图  
Fig. 2. Flood control decision-making flow chart

3.6 系统开发方法

系统开发采用原型法和工程法相结合的软件开发方法，自顶向下设计各功能模块；由主到次设计数据流程；本着经济、可靠、先进、适应性强的原则，选择软、硬件环境。在系统集成和调试阶段采取先主后次、保证重点、兼顾其它的原则逐个调试，以保证整个系统自然可靠的运行。

4 系统总体设计

4.1 系统总体逻辑结构

长江防洪决策支持系统从功能上，可分为系统总控、信息查询、防洪调度、数据库和知识库五大功能块。

系统的总体逻辑结构是：以数据库和知识库作为基本信息支撑，通过总控程序构筑防洪决策支持系统的运行环境，辅以友好的人机界面和人机对话过程，有效地实现信息查询和防洪调度两大操作功能。系统的总体逻辑结构见图 3。

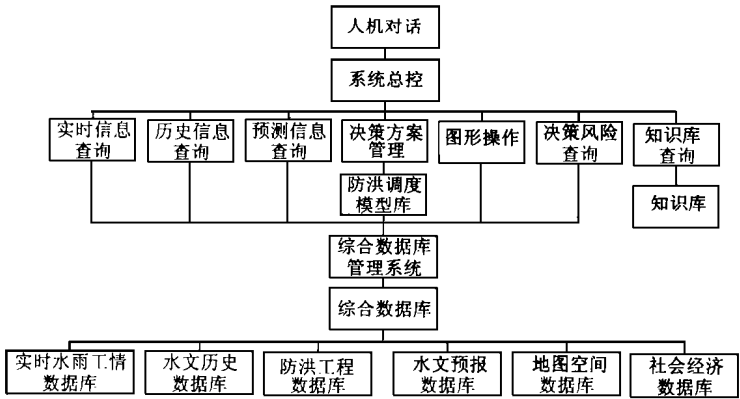


图 3 系统总体逻辑结构

Fig. 3. Entire logic structure of the system

信息查询实现防洪决策过程中所需的各种信息查询、数据检索等功能，主要包括实时雨、水、工情、气象信息、水文历史信息、防汛文档、预报预测结果等信息的查询，并要求信息查询响应速度快，表达形象直观、清晰简洁，操作方便。

防洪调度是防洪决策支持系统的核心功能块，其基础是各种防洪调度模型和洪水演进模型。针对防洪决策采用会商会议形式，即专家

群体决策这一特点，设计开发决策方案管理子系统。在此子系统下，辅助决策人员可以根据防洪专家围绕预定防洪目标拟定的各种防洪调度预案，进行模型选择、参数设置、模型运行及结果的显示查询。决策方案管理子系统可对多种方案进行统一管理和综合比较，将各种方案提交会商讨论，供决策者选定方案，付诸实施。

数据库及知识库是长江防洪决策支持系统的两大信息支撑块。数据库系统实现各种防洪决策所需的实时、历史、预测的数据，地图空间数据，社会经济数据等信息的管理和数据更新。知识库系统包括防洪决策过程中所需查询的各种文档资料，如防洪调度规则、历史洪水资料、防洪政策法规、防洪专家对防洪关键问题的论述等。

各库之间的逻辑关系可简要表述为：模型库对数据库提出数据需求及存贮格式要求，数据库作为数据源，通过接口程序为模型库提供模型运行所需的数据；模型的运行结果以约定

的存储格式存入数据文件, 数据库对模型运行结果数据进行统一的管理。知识库是一个相对独立的系统, 通过总控程序直接对其内容进行查询。

## 4.2 系统总控框架

长江防洪决策支持系统的总体框架根据防洪决策过程中各阶段的不同信息需求及防洪程度的要求而构筑。

从用户角度来看, 系统的总体框架表现为系统的总控菜单。从软件系统的设计开发角度来说, 构筑系统总体框架的关键技术包括: (1) 各种任务的合理调度与协调运行; (2) 系统内存的合理分配运用; (3) 各子系统及各独立功能模块的集成技术研究开发; (4) 快速灵活的图形功能开发等等。通过各种数据接口技术的开发, 建立各库之间的有机联系, 通过各种控制接口技术的开发, 总控程序将各子系统和各独立功能模块集成起来, 形成可实际运行的软件系统。

总控菜单下的各个子菜单描述如下:

(1) 系统操作 包括实时数据更新, 系统版权信息及退出等项。

(2) 实时信息 主要完成实时信息的查询, 包括卫星气象云图, 实时雨情信息 (含: 设置雨情信息分布图内容, 显示 24h 雨量, 不显示日雨量分布图等), 实时水情信息 (含: 设置水情信息分布图内容, 显示实时水位、流量、水位标尺, 不显示水位流量分布图等), 实时雨、水情过程线、工情 (含工情数据库管理) 等项。

(3) 历史信息 主要完成历史数据库的查询, 包括水库特性曲线, 历史雨、水情过程线, 历史数据库管理等项。

(4) 预测信息 主要完成预测、预报信息的查询, 包括雨情预测, 水情预测, 灾情预测等项。

(5) 防洪决策 主要包括防洪决策方案管理, 模型选择, 模型运行, 模型运行的结果表达, 方案生成, 方案删除, 方案描述, 多种方案比较, 决策方案风险分析等项。该项是一个完整的防洪决策方案管理系统, 以子窗口方式实现。

(6) 防汛文档 包括知识库查询和长江防洪图片两项。完成对知识库的查询及长江防洪工程图片和其它有关图片的查询。

(7) 图形操作 包括放大 1: 2 倍, 缩小 2: 1 倍, 放大 1: 4 倍, 缩小 4: 1 倍, 设置显示内容, (不) 显示中心点, (不) 显示图例, (不) 允许左键拖动区域等项。主要完成图形缩放, 显示内容设置, 是否允许开窗放大等功能。

(8) 浮动菜单 用户在操作时, 按下鼠标右键, 即可弹出浮动式菜单。主要完成图形操作, 基于空间位置的信息查询等功能。包括本点移至中心, 图形缩放, 恢复原图, 设置显示内容, 蓄洪垸信息, 重点垸信息, 实时雨、水情过程线, 一维模型结果过程线, 雨量图等项。

(9) 雨量图 在雨量图菜单下, 可显示包括更大研究范围的降雨区域图, 在该图上, 以等值线的形式表示降雨量。也可以输入未来假设降雨量, 作为模型的输入, 得出新的运行结果。

(10) 帮助 包括帮助目录和帮助使用方法两项。为用户提供如何使用本系统的帮助信息。在系统的任一菜单下, 用户按下 F1 键即可获取与本菜单主题有关的帮助信息。

## 4.3 系统接口设计

长江防洪决策支持系统从软件系统开发角度分,包括系统总控与人机界面、模型库、数据库、知识库、决策风险分析等多种子系统及功能模块。这些模块必须集成在统一的运行系统下,子系统间虽相应独立,也存在数据和控制联系,这种联系必须通过设计各种控制和数据接口来实现。各种接口设计的原则是数据提取速度快,功能相对独立,数据传递平滑过渡。

#### 4.3.1 总控与模型库子系统的接口

模型程序均采用 MS Fortran 5.1 编写,在 DOS 环境下运行。为了界面的统一性,模型运行由决策方案管理系统控制,运行参数的设置在 Windows 环境通过对话框方式实现,模型运行结果也在 Windows 环境下用图形方式表达。

总控系统与模型库的接口主要解决:①模型参数的传递,②模型运行结果的传递。由于在决策方案管理系统中,模型参数设置与模型运行是分步进行的,故将参数设置写入一约定的文件,模型运行时,由模型程序从约定文件中读取此运行参数。类似地,模型运行与运行结果的表达也是分步进行的,模型运行完后,将结果写入约定的文件,然后由决策方案管理系统统一管理运行的结果,将每次运行的结果文件转换为与方案对应的文件名。这样每次运行结果就不会覆盖上次的运行结果。

#### 4.3.2 总控与数据库子系统的接口

数据库子系统包括一系列可直接在 Windows 环境下运行的 Windows 程序,总控管理系统主要完成:①如果调用任务与数据库子系统中的运行程序之间无数据传递联系,则直接调用其运行程序。②反之,将需传递的数据送入裁剪板。调用其运行程序,由数据库系统程序从裁剪板中读取传递的数据。

#### 4.3.3 总控与知识库子系统的接口

知识库子系统是利用 Windows 的帮助功能开发的,总控管理系统与其接口为:①无指定关键字时,直接调用 Winhelp ( ) 函数,并指定帮助文件名为知识库系统文件名,进入其主目录。②指定关键字时,则以指定关键字方式调用 WinHelp ( ) 函数,并指定相应文件名。

知识库图片查询是一个独立的运行模块,由总控系统直接调用其运行程序,进入图片查询子系统。

#### 4.3.4 模型库与数据库的接口

模型库和数据库的接口主要是指从数据库子系统中提取模型运行所需要的数据及对运行结果数据进行管理。为了数据安全及功能块的清晰,专门设计了数据转换接口程序,将模型运行所需的数据从数据库中提取出来,并按模型所需要的格式存入约定的数据文件中,由模型程序直接从约定的文件中读取。

模型运行结果存入约定的数据文件中,由专门设计的数据格式转换接口程序,将模型运行结果转存为数据库可管理的格式,由数据库管理系统统一管理模型的运行结果。

## 5 子系统功能设计

### 5.1 信息查询子系统

信息查询是防洪决策支持系统必备的基本操作功能。信息查询子系统以综合数据库和知识库为信息源,采用菜单式和基于空间位置分布式查询等方式,实现防洪决策过程中对各种



信息的查询和数据检索要求，查询结果以数据表、文本信息框、图形等简明直观的形式表达。图 4为信息查询子系统逻辑结构图。

5. 1. 1 查询方式

信息的查询方式有菜单命令、基于地图图形空间位置及按钮式，三种方式可相互交叉。

菜单式查询是主要方式，实现气象卫星云图，实时雨

水、工情，典型年历史洪水资料，基本工情资料，模型运行结果，知识库，决策风险分析及帮助信息的查询。基于地图空间位置的分布式查询实现实时雨、水情、社会经济数据、模型运行结果等信息查询。按钮式实现实时雨、水情、历史洪水资料、基本工情资料、模型运行结果、决策方案信息和系统使用帮助信息的查询。

5. 1. 2 查询内容

- (1) 实时信息 包括天气形势、雨、水、工情等。
- (2) 历史信息 包括典型历史年洪水资料等。
- (3) 预测信息 包括各种模型运行结果、决策风险分析、水文预报结果等。
- (4) 基本资料 包括工情资料、社会经济数据等。
- (5) 知识库 可查询知识库的全部内容。
- (6) 其他信息，包括决策方案信息，系统使用帮助等。

5. 1. 3 查询结果表达形式

查询结果的表达形式有：数据表、文本信息框、数据图形、分布式图形、数字图像、交互式窗口等。各种形式表达的内容简述如下：

- (1) 数据表 包括历史水文数据，工情数据等。
- (2) 文本信息框 包括社会经济信息、决策方案信息等。
- (3) 数据图形 以过程线、柱状图、圆饼图等方式表示实时雨、水、情、模型运行结果、历史水情、基本工情资料、决策风险分析等信息。
- (4) 分布式图形 以分布式流场图、水位图、水位流场迭加图表示二维水力学模型计算结果；以地图分布式图形表示实时雨、水情数据，各水文站的水位标尺等信息。
- (5) 数字图像 包括气象卫星云图、防洪工程图片、防汛现场实况等。
- (6) 交互式窗口 包括知识库、帮助信息等。

5. 2 综合数据库子系统

综合数据库子系统是防洪决策支持系统的基础信息支撑，它包括综合数据库和相应的管理系统，其目的是实现对防洪决策过程中所需各种数据的有效管理和数据更新，提供与其他子系统的传递接口。综合数据库子系统逻辑结构见图 5。

综合数据库子系统的设计，应选择布局合理、冗余较少的库表结构，采用面向对象的库

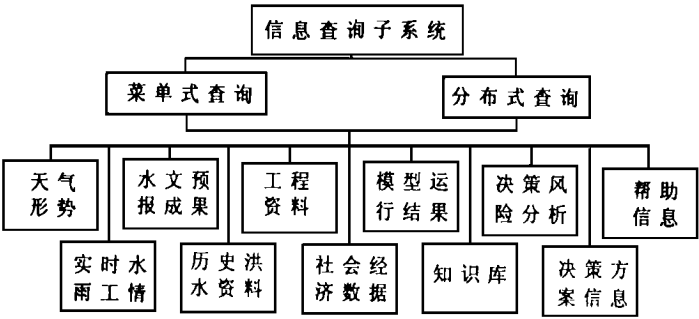


图 4 信息查询子系统逻辑结构

Fig. 4 Logic structure of the information-query sub-system

管理技术，实现各类数据的快速查询检索和灵活方便的数据更新，数据接口程序的设计则应考虑模块功能相对独立，数据提取转换速度快，传递过程平滑的要求

5.3 知识库子系统

防洪决策具有影响因素众多、决策时限短、决策后果重大的特点，对各种信息的需求显得尤为重要，除了纯数据类型信息外，还应包括各种文本和图片信息。建立知识库子系统，就可实现对这些文本、图片信息的有效管理和方便快捷查询

知识库的主要内容包括：长江流域概况，长江流域暴雨洪水特性与防洪形势，长江防洪治理方针、总体安排、要求和目标，长江中下游现有防洪能力，长江中下游1980年规划方案的防洪能力，长江中下游防洪调度安排，荆江地区防洪措施概况，典型历史大洪水概况，长江防洪的重要文献，防汛物资储备信息，防汛队伍安排情况，有关防汛重要法规，长江中游平原区防洪规划方案

采用 Word 字处理软件输入、编辑防汛文档，并建立信息查询主题和关键字，然后利用 Edit 编辑程序建立“帮助工程文件”（HPJ），同时采用帮助系统编译程序（HC EXE）对上述 HLP 文件进行编译，生成 Windows 帮助系统命令可识别的帮助（HPL）类型文件，从而实现了先进的超文本（Hypertext）交叉指针文本查询功能。查询方式有“主题目录”、“弹出式窗口”、“关键字等多种可供选择”。

针对防洪图片的查询，采用 G+ 语言和 OWL 类库，编写了一个图片查询程序，进入该程序，就可查询有关长江防洪工程、灾情示意图等图片，也可查询通过网络或其它方式输入系统的防汛现场实况图、抗洪救灾图等。

5.4 防洪调度子系统

根据前述长江防洪决策流程，防洪调度子系统的主要功能是依据长江中下游雨水工情实况以及未来水情变化的预测，采用优化防洪调度模型和洪水演进模型对三峡水库的蓄泄状况及中下游各地将发生的水情进行系统仿真模拟，以帮助决策者对防洪调度预案进行分析和评价，供从中选定满意的方案，付诸实施

在解决长江防洪决策的实际问题时，对防洪调度和水流模拟结果的要求或粗或细，因此，在防洪调度子系统模型库应包含繁简程度各异的模型以备选用。在本阶段，主要考虑针对长江中游枝城—螺山段防洪系统，建立一个能适应江湖分合、河网交错、分蓄滞洪、坡缓水大等复杂情况的一、二维混合非恒定流模型，来进行干流、河网、湖泊、堤垸区洪水演进和调度的水流仿真。此外，为了研究在遭遇大洪水或特大洪水时，荆江和城陵矶附近分蓄洪

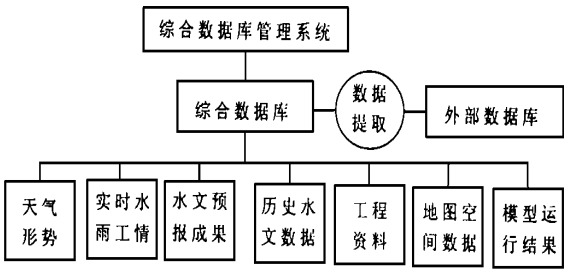


图 5 综合数据库子系统逻辑结构图  
Fig. 5. Logic structure of the data base for flood control

区分蓄洪的宏观效果以及三峡水库的调度运用方式, 将对已有的长江防洪系统模拟模型<sup>①</sup>进行适应性调整, 并将其纳入模型库。关于险工判定模型、洪灾损失计算模型、灾民避险迁安模型以及其它研究, 仅在模型库中预留接口, 以待今后补充完善。

为了适应上述防洪调度过程中对模型运用的要求, 借鉴国外模型库管理技术的最新发展和思路, 建立决策方案管理系统。为方便起见, 这里暂且定义决策方案选用的模型。模型的参数设置和模型运行结果的组合集。不同的防洪专家可以根据各自的情况建立不同的防洪决策方案, 同一专家采用不同的模型或采用同一模型的不同参数设置也可建立不同的防洪决策方案。决策方案管理系统实现对多种方案的综合管理。模型的选择。模型的分步运行和多种方案的综合比较。

决策方案管理系统的具体功能有: 选择方案、生成新方案、选择模型、设置模型参数、运行模型、显示查询运行结果、给出方案描述、删除方案、多方案比较。本子系统的开发采用 Windows 的多窗口运用、人机对话、DOS 程序集成等多种技术。

## 6 系统软硬件环境

### 6.1 系统运行的网络环境

防洪决策支持系统总体上采用客户机/服务器 (Client/Server) 网络体系结构建立系统的网络支持环境。服务器一端, 主要完成数据提取及传输等数据服务; 客户机一端, 可同时安装若干台微机, 作为客户机终端使用。在每一台客户机终端上, 均可安装防洪决策支持系统的运行系统。设置多台客户机终端的目的, 是为了使多位专家可同时研究各自不同的调度决策方案, 这些终端均可切向大屏幕投影系统, 以便将各种方案提交会商讨论。由于整个系统中涉及多种硬件平台, 因此需采用支持异种机互联的 TCP/IP 网络结构。

### 6.2 系统开发运行的硬件环境

选择系统开发及运行的硬件环境主要考虑满足防洪决策支持系统的实际需要, 尤其是系统的运行效率、数据容量、安全性等方面的要求, 兼顾现实开发及运行的配置可能性。为了适应计算机软硬件技术发展趋势, 目前普遍采用 Intel 系列微机作为系统开发及运行的硬件环境, 一般 486/586 微机的标准配置就可满足上述要求。此外, 为了与大屏幕投影系统连接, 可配置单枪 (或三枪) 投影或液晶投影板。与 TCP/IP 网络配套, 可选择合适的网卡及相应的网络管理软件。

### 6.3 系统开发运行的软件环境

选择系统开发运行的软件环境主要考虑技术上的先进性; 系统操作的方便性; 用户界面友好; 系统容量能满足防洪决策的需要; 系统的运行效率及安全性。

尽管在 DOS 系统下开发类似系统具有较为丰富的经验积累和技术储备可供利用, 但为了保持技术上的先进性, 选择了甚为流行的 Microsoft Windows 中文版作为系统开发运行的软件环境。其特点是: 有效地实现了图形用户界面 (GUI) 技术, 使开发的系统用户界面友好直观; 突破 DOS 640K 常规内存的限制; 可以实现多任务运行; 以及应用程序操作简单方便等。

<sup>①</sup> 水利部南京水文水资源研究所, 长江防洪系统模拟模型的研究及应用, 1990。

相应地,系统总控、用户界面及决策方案管理可采用 G+ 语言,模型开发采用 FORTRAN 语言,数据库管理系统采用 Fox Pro,知识库系统开发采用超文本技术。在上述多种软件的联合应用支撑下,完成整个防洪决策支持系统的开发。考虑到将来系统升级及性能改善的需要,在系统设计时,应充分考虑系统的兼容性、可扩充性及可移植性。

### 参 考 文 献

- 1 刘健民. 水资源规划与管理决策支持系统的发展和应用. 水科学进展. 1995, 6 (3): 255~ 260
- 2 Todini E. From Real-Time Flood Forecasting to Comprehensive Flood Risk Management Decision Support Systems. Flood and Flood Management (Editor: A. J. Saul). Kluwer Academic Publishers. 1992 313~ 326
- 3 D P Loucks. Developing and Implementing Decision Support System: A Critique and A Challenge. Water Resources Research. 1995, 31 (4): 571~ 581

## Framework and Design of the Yangtze River Flood Control Decision Support System

Hu Siyi, Song Dedun, Wu Yongxiang, Cui Xinmin, Zou Ying

Shen Fuxin, Wang Yintang, and Dai Xing

(*Nanjing Institute of Hydrology and Water Resources, Nanjing 210024*)

**Abstract** Based on the experience and existing decision-making procedures of flood control on the middle Yangtze River, a framework-design for developing the Yangtze River flood control decision support system (YRFCDSS) has been proposed, featuring by an appropriate system structure, advanced software design, excellent problem-solving abilities, good extensibility and compatibility to keep up with technical changes, and suitability for an efficient and flexible real-time management. The paper outlines an approach and some guidelines for developing YRFCDSS. The logic structure of the system was determined as follows: under supports of a data base and a knowledge base, the entire operational environment for the system was set up through the main control programs, realizing two main functions of interactive information providing and flood control system simulation. To build YRFCDSS effectively, some key-techniques including GIS, graphical user interface, model managers, and other advanced human-computer interaction were also addressed.

**Key words** flood control system; decision support system; graphical user interface; interactive modelling platform; Yangtze River.