

上海市防汛决策支持系统设计

郑晓阳, 胡传廉

(上海市防汛信息中心, 上海 200002)

摘要:针对威胁上海的三大水灾, 研制了风暴潮数值预报模型、城市暴雨积水预报模型、河网水动力模型和洪涝灾害损失评估模型, 在 GIS 支持下建立了上海市防汛决策支持系统, 实现了对处于平原感潮河网地区的上海市洪涝灾害的实时监控、分析预报、风险评估和信息的网上发布. 对系统的总体设计、功能模块、关键技术进行阐述, 并着重分析了水动力学模型在系统中的应用.

关键词:城市防汛; 水动力学模型; 决策支持系统; 上海市

中图分类号:TV877 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-7647(2003)01-0025-03

上海地处长江三角洲东缘, 居太湖流域下游, 东面临海, 南接杭州湾, 地势低洼, 属典型的平原感潮河网地区. 受特定地理环境和气候因素的影响, 上海市防汛情况比较复杂, 灾害性天气时有发生^[1]. 对上海市防汛威胁最大的主要有台风风暴潮叠加天文大潮造成的高潮位、中心城区的暴雨积水、区域性洪水等水灾, 有些年份甚至发生“三碰头”的严重灾害, 给这座人口密集、经济发达的特大城市造成重大经济损失. 作为国际化大都市的上海, 无论从城市防汛保障的社会经济绝对值或相对值而言, 还是加强生态环境建设和现代化管理都对建设现代化的防汛决策支持系统提出了迫切要求.

已基本建成的上海市防汛决策支持系统既是国家防汛指挥系统的一个子系统, 又是上海市防汛减灾非工程措施的重要组成部分. 该系统为各级防汛指挥部门提供准确及时的气象、水情、工情和灾情等信息, 并对洪涝灾害发展趋势做出预测预报, 为防汛指挥决策提供有力的技术支持和科学依据, 使灾害损失减少到最低程度. 系统集成当前世界先进的信息技术成果, 无论在高精度的自动测量仪器和卫星、微波、超短波通信遥测技术、宽带计算机网、多媒体自动控制系统等硬件系统方面, 还是在 GIS、遥感、水动力学数值模拟、互联网技术等软件系统方面均得以运用和尝试.

1 系统总体设计

借鉴省级防汛决策支持系统研究的经验^[2,3], 结合上海城市防汛的特点, 我们将防汛决策支持系

统设计成由信息采集系统、综合数据库、水动力学模型库和防汛网站四部分组成. 四者构成一个有机的整体, 实现了对防汛信息的自动采集、实时传输、综合分析、预测预报和网上发布, 准确及时地为防汛指挥调度提供决策依据. 系统的逻辑结构见图 1.

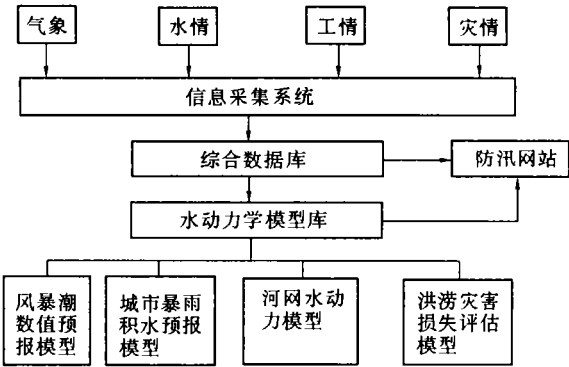


图 1 系统逻辑结构设计

系统以市防汛指挥部办公室、市防汛信息中心为中心, 放置 GIS 服务器、Web 服务器、数据库服务器、模型库服务器、大屏幕显示系统; 以通信专线、数字数据网、帧中继等方式, 连接国家防汛抗旱总指挥部、水利部、太湖流域管理局、市政府等上级部门; 区县防汛指挥部通过光纤接入; 与气象局、水文总站等部门联网共享数据.

2 功能模块

2.1 信息采集系统

水情自动测报系统由 1 个中心站、10 个集合转发站、81 个遥测站组成, 采集水位、雨量、风速风向

作者简介: 郑晓阳(1973—), 男, 河南项城人, 工程师, 博士研究生, 从事 GIS 的水利应用研究.

等数据.系统具有以下特点:①专用通信网(微波、超短波、卫星)与公用通信网(数字数据网、帧中继)互为备份;②自动采数、储存、传输,可存储6个月的水情数据,实时传输1 cm水位和1 mm雨量变化数据;③采用先进的自动测量仪器,如代表当今世界先进水平的气泡式水位计、压阻式水位计;④远程测站诊断、报警、实时监控、存储数据恢复;⑤自动入库与Web发布,自动生成各种分析图表,提供各种条件查询统计.

气象卫星云图接收系统每小时接收一幅GMS卫星云图,反映天气变化的大趋势.与气象局合作,实时获取多普勒雷达图像和短、中、长期天气预报,并利用气象卫星云图和多普勒雷达图像转译降雨的落区、历时、强度、致害等级的定量或定性分析.实时下载中央气象台、上海中心气象台、香港地区,以及日本、美国公布的最新台风信息.与太湖流域管理局联网,获取太湖流域重要站点的水文信息.与排水管理处、城市排水公司联网,了解防汛排水设施运行情况,获取雨水泵站处雨量和积水数据.我们在数字化视频监控方面也进行了尝试,能实时获取吴淞路闸桥、堡镇、芦潮港、金山等重点地段工情和灾情的视频信息,在中心站可对摄像头进行控制(光圈、焦距、缩放等).

2.2 综合数据库

综合数据库包括基础数据和专业数据两方面的信息.

a. 基础数据:包括道路、桥梁、河流、行政区划、重要单位和设施、遥感影像、DEM、人口、社会经济信息等.基础地图采用1:2000和1:500全要素数字地形图,遥感影像采用全市5.8 m分辨率卫星遥感影像和1:50000航空遥感影像.

b. 专业数据:包括水雨情信息(实时水雨情、历史水雨情、水位预报、模型预报成果库等)、天气信息(天气预报、雷达测雨、卫星云图、台风路径图等)、工情信息(河道、湖泊、水闸、防汛墙、海塘、泵站、管网、水文站、险工险段等)、灾情信息(历史暴雨积水灾情库、历史台风灾情库等)、防汛指挥信息(防汛抢险预案、防汛组织机构、防汛物资分布等)、其它信息(文件资料、图片音像、法律法规、工程档案等).

综合数据库管理系统在Arc/Info 8.1 Desktop和ArcSDE 8.1 for MS SQL Server基础上开发,设计了以下主要功能:①管理和维护各类数据库;②实时水雨情显示、查询和分析:水雨情数据查询、水雨情分布图、水位曲线分析、雨量直方图、雨量等值线图、不同雨量级笼罩面积及面雨量计算、与历史水雨情比较、超警戒水位预警;③工情信息查询统计;④GIS与遥感影像复合;⑤台风路径图动态生成、与历史相近台

风路径比较;⑥通过GIS对水文模型的结果进行分析和动态演示.

2.3 水动力学模型库

2.3.1 风暴潮数值预报模型

台风风暴潮叠加天文大潮造成的高潮位是上海市最主要的水灾之一.上海市风暴潮数值预报模型采用了美国最新一代台风风暴漫滩模式(SLOSH),完整地考虑了海岸、海峡、岛屿、水下山脊对风暴潮的影响,设计的计算域采用均匀伸展的极坐标网格绘制,共 101×147 个格点,覆盖渤海、黄海和几乎全部东海,还包括了长江口、黄浦江等内陆水域,长江口、杭州湾位于计算域的中部,网格分辨率最高.模型输入13组台风数据(每6 h的台风中心位置、中心气压和最大风速半径),可模拟出每间隔30 min的各格点和单站的风暴潮值、风向、风速及最大风暴潮值.可以进一步计算不同强度类型的台风(或不同重现期强度的台风)以不同速度和可能的路径袭击所造成的最大风暴潮位.模型结果通过GIS分析查询,叠加遥感影像、工情、社会经济等图层,分析台风风暴潮可能造成的影响.

受“派比安”台风影响,2000年8月31日1时13分,黄浦公园站出现了5.70 m的历史第二高潮位,更令人意外的是当台风过后的次日2时7分,黄浦公园站出现了5.10 m的历史第五高潮位,险些酿成灾害.5.10 m的高潮位由台风过后的自北向南传播的增水边缘波引起,要预报这类风暴潮引起的高潮位采用通常的经验预报方法几乎是不可能的,该模型却能计算出台风过后自北向南传播的增水边缘波的存在.台风过后,我们用实测资料对台风参数进行了重新修订,并尽可能准确地确定模型参数,得到了令人满意的结果,极值高潮位误差仅5 cm.

2.3.2 城市暴雨积水预报模型

暴雨积水是中心城区最主要的自然灾害之一,影响暴雨积水的因素非常复杂,主要包括:①地势平坦低洼,目前大部分地区已没有趁低潮自流排水条件,主要靠泵站抽排,河道多采用防潮闸进行控制,显著影响泵站的排涝过程;②现行排水标准偏低,排水管网建立很早,管道系统存在环流、回流、压力流等复杂水流条件;③平原感潮型河网地区,受上游洪水、黄浦江潮位、市区排水的众多影响,水流顺逆不定;④土地利用类型众多,产流和坡面汇流特点复杂;⑤城市化对水文特性影响明显.

针对这些特点,建立的城市暴雨积水预报模型以美国城市雨洪管理模型(SWMM)为基础,结合地形、管网、泵站、河网、历史暴雨积水、雨型统计等资料进行改进,具有模拟多种降雨条件下的地面产流、

管渠排水和地面淹水过程等功能.模型将中心城区划分为4个排水片和1763个径流小区,并与水情自动测报系统关联,获取中心城区20个雨量站的实时数据.在得到气象部门发布的暴雨天气预报后,模型可对暴雨可能产生的积水地点、积水深度和积水时间做出预报,并通过GIS进行显示和分析.

该模型系统具有以下主要功能:①预测中心城区积水分布;②动态模拟积水与退水过程;③查询任意时刻、任意地点的积水深度、历时和淹水过程;④统计积水路段和受影响人口、单位、设施,初步评估灾情;⑤辅助制定防汛抢险指挥预案,进行防汛人员和物资的合理调度.

经模型计算的7次历史暴雨(1995年6月24日、1995年7月2日、1997年7月10日、1998年7月23日、1999年6月10日、1999年6月30日、2001年8月5日共7次暴雨积水)得出的淹水节点个数与实际淹水节点个数相比,正确率在80%以上,排除影响市区积水的人为因素,积水结果与统计资料吻合较好.

2.3.3 河网水动力模型

上海市属于典型的平原感潮河网地区,河网系统复杂,边界条件多样,水位受堤防、水闸、泵站、圩区等防洪除涝工程的影响较大.建立计算准确、预报快速的河网水动力模型相对复杂,要综合考虑降雨径流、太湖流域来水、长江口潮汐和水利工程调控等因素.

河网水动力模型以美国国家气象局的流域洪水预报模型(NWS FLDWAV)1998年11月的版本为基础,结合上海大陆部分河网的水文、地形、水利工程等特点进行改进,扩展了闸门、泵站等多种运行控制方式的模拟、往复流糙率的处理、产汇流计算、计算结果GIS显示等功能,并经过7组同步实测水位、雨量、流量资料对模型参数进行了率定.计算结果在GIS平台上实现了水位和流量变化在上海市河网图上的动态显示.

以模型模拟9711号台风期间河网水动力过程为例,本次计算很好地模拟了上海有记录以来最大的一次风暴潮过程,计算结果与实测潮位过程非常拟合,水位绝对误差小于10cm,这说明模型能够适应上海地区台风、潮汐共同影响下的特殊水情.

2.3.4 洪涝灾害损失评估模型

在分析了上海市洪涝灾害成灾机理的基础上,研制出基于风暴潮、暴雨积水、区域性洪水三种致灾类型及其不同组合的洪涝灾害损失评估模型,并在GIS平台上开发了损失评估系统,快速评估洪涝灾害所造成的经济损失及其分布状况.

模型利用社会经济信息、地理信息、历史灾情信息,将洪涝灾害的自然属性和社会属性结合起来,构

建了层次性和逻辑性较强的评估指标体系,确立了损失率和淹没水深及淹没历时的函数关系,并采用区县和街道乡镇两种尺度的评估模式.评估系统预留了与风暴潮预报模型、城市暴雨积水预报模型、河网水动力模型的接口,对于不同的水灾,调用不同的损失评估模型.系统还设计了灾害方案的实时添加功能,可对任意指定范围的积水或溃决情况下的损失进行评估,如实时划定积水区域后,输入淹没水深、淹没历时等水情特征,系统调用积水损失评估模型计算损失情况.

2.4 防汛网站

在信息采集系统、综合数据库和水动力学模型库的支持下,将防汛新闻、气象、水情、工情、灾情信息和洪涝预报结果、灾情评估结果、工程运行情况、防汛指挥信息在防汛网站上发布,提供灵活快捷的在线查询和业务处理等服务,为各级防汛指挥部门提供及时准确的信息.发布的主要为实时信息,并通过直观形象的地图、图表、GIS加以表现.如采用HTML,ASP,ActiveX技术开发的应用系统,包括水雨情信息发布系统、台风路径图系统、动态云图系统、防汛物资管理系统、数字视频监控系统、暴雨积水和台风灾情系统等.又如服务器端选用ArcIMS 4.0,采用ArcXML,Java技术的工情灾情WebGIS系统,各级防汛指挥部门可通过浏览器进行图层叠加、缩放移动、查询统计、专题地图制作等.

3 结 语

决策支持系统在防汛减灾领域中的应用已成为一个必然的趋势.我们在防汛决策支持系统的研究方面进行了有益的探索和实践,系统的设计思想、体系结构和关键技术对处于城市地区、感潮地区或河网地区的防汛决策支持系统研究具有借鉴意义.上海市防汛决策支持系统经受了2000年“派比安”台风、“桑美”台风、8月17~19日特大暴雨和2001年8月5~9日特大暴雨的严峻考验,取得较好的效果.随着全市水情、工情、灾情信息采集系统的全面建成和各水文模型的不断完善,该系统将在上海市防汛指挥决策的科学化、及时性方面发挥更大的作用.

参考文献:

- [1] 上海市防汛指挥部办公室.上海市防汛手册[M].上海:上海科学技术出版社,1995.
- [2] 朱跃龙,郭学俊,王志坚,等.省级防汛指挥系统模型研究[J].河海大学学报(自然科学版),2000,28(6):70~73.
- [3] 刘俊,徐向阳,黄林楠.江苏省防汛防旱决策支持系统研究[J].河海大学学报(自然科学版),2000,28(1):116~118.

(收稿日期:2002-04-12 编辑:熊水斌)