

# 黄河流域(托万区间)雨情监测 及预报服务系统

石 岚 郭西峡 王 佳 徐丽娜 夏宇宁

(内蒙古气象科技服务中心,呼和浩特 010051)

**提 要:** 以实时气象观测资料和 MM5 中尺度数值预报模式为基础,在 GIS 应用系统的支持下,以黄河流域、托县至万家寨区间为重点服务区域,进行流域及库区的实时雨量监测,并自动进行预警指标计算,输出流域面雨量预报,通过气象信息发布平台为天桥水电站、万家寨水库、流域的工程企业、各级政府和防汛部门提供决策支持服务。

**关键词:** 实时气象观测 MM5 天气实况 GIS 面雨量

## A Rainfall Automatic Monitor and Forecast Service System of Yellow River Basin

Shi Lan Guo Xixia Wang Jia Xu Lina Xia Yuning

(Meteorological Science & Technology Service Center of Inner Mongolia, Huhhot 010051)

**Abstract:** Based on the real-time meteorological observation and the Mesoscale Numerical Model (MM5V3), and supported by on the GIS application System, in pivot serving area of the Yellow River Basin (from Tuoketuo County to Wanjiashai Reservoir), the real-time rainfall of Yellow River Basin and the reservoir was monitored and the warning index was automatically calculated. The area-rainfall forecast of the Yellow River Basin (from Tuoketuo county to Wanjiashai Reservoir) was output. The system was used in the operational application, and provided the service for Tianqiao hydropower station, Wanjiashai Reservoir, the enterprises and some departments of the government through the information issuing platform.

**Key Words:** real-time meteorological observation MM5 weather actual value GIS area-rainfall

## 引 言

全国 7 大江河有 4 大流域流经内蒙古,开展流域防灾、减灾是气象科技服务的重点工作之一。目前气象部门及各大流域气象中心都在积极深入地开展水文气象预报与服务,透过各大流域气象中心的网站,借鉴其平台建设的思路、服务内容,以天桥、万家寨及流域为切入点,建立基于 GIS 技术的黄河流域(托万区间)雨情监测及预报服务平台,目的在于在全自治区更好地开展水文气象服务业务,提升我们的服务能力。黄河流域托县、万家寨区间有两座大型水力枢纽工程,即万家寨水力枢纽工程和天桥水电站,龙口水力枢纽工程在建设中,流域两岸有许多大型工矿企业和粮食基地,该流域区间是气象服务的重点区域,而万家寨水利枢纽、天桥水电站是防汛抢险的重点对象,也是气象服务的重点单位。近几年来,黄河两岸建立了多个自动气象站、常规气象观测站、水文观测站以及密集的雨量观测点,万家寨库区也建有二十多个雨量和水位雨量站,这为我们及时收集、监测黄河流域托万区间的各时次过程雨情,为全天候的大降水监测和洪涝灾害预警提供了技术保障。实时监测流域、水库上游及库区的同时,利用 MM5 中尺度数值模式的预报结果,制作流域降水预报和面雨量预报。在 GIS 应用系统的支持下,建立业务服务系统,为天桥、万家寨及流域的工程企业提供服务,为各级政府和防汛部门提供决策依据。

## 1 系统运行及开发环境

建立流域监测、预报业务服务系统,须掌握流域的概况,如重点工程所处的地理位置、流域面积、地形地貌、天气气候、人文经济,以及野外遥测站的分布及其对应的各项水文资

料等,系统的应用离不开空间地理信息数据的支持。因而,选取地理信息系统平台作为基本运行和开发环境,以国家 1:25 万地理数据为基础空间数据,以 ESRI 的桌面系统 ArcInfo 为基础平台,根据系统设计的架构及功能需要,对桌面系统 ArcInfo 进行裁剪,形成专用运行平台,并进一步利用基于 COM 技术、由 ActiveX 控件组成的 ArcObjects 进行二次开发,以进行功能扩展和应用封装,搭建一个面向实际应用的基础地理信息系统平台,服务于具体的应用系统。并利用基于 COM 技术、由 ActiveX 控件组成的 ArcObjects 作为二次开发软件环境,采用 ArcMap + VBA 和 VB + ArcObjects 的开发方式,通过空间数据引擎访问数据库中的数据。实现应用与 Geodatabase 的 GIS 对象模型的交互。微软的 Access 2003 数据库作为该系统应用的本地数据库,数据库引擎为 Microsoft Jet Engine,Geodatabase(地理数据库)为空间数据类型<sup>[1]</sup>。

## 2 系统设计及应用结构

该服务系统是采用地理信息系统、空间数据库、遥感影像处理技术,以计算机网络为基础,以数据库为核心,集数据采集、传输、管理、分析处理、信息发布于一体的综合系统。

系统主要由采集处理层、数据层、应用层 3 个部分组成,系统应用结构如图 1 所示。

整个系统的实现是建立在信息基础之上。采集处理层主要负责向数据层输送所需的地理空间和气象信息。其中,空间数据生产管理主要用来收集、生产、加工、维护和管理空间数据。包括设定区域(黄河流域托万区间)的地图加工、属性数据管理、数据转换、数据备份以及数据统一管理。雨情及降雨预报信息的采集处理是通过一个定时处理模块来自动完成的。定时处理模块根据不同数

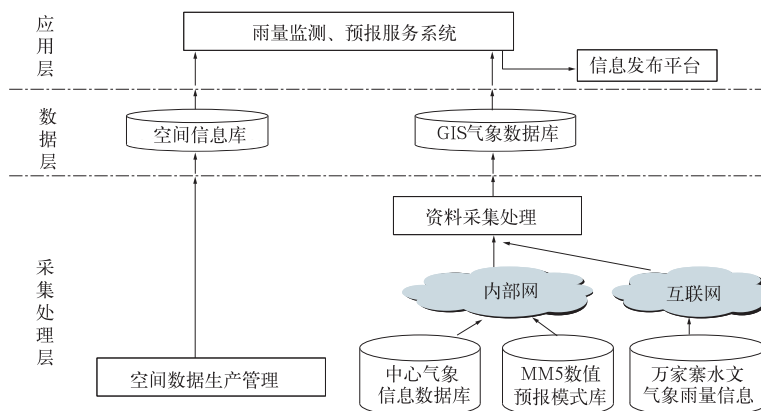


图1 系统应用结构图

据源信息的入库时间表,通过内部网自动、定时访问中心气象要素信息库和MM5中尺度数值预报模式库,或通过专网接收服务监测区的水文雨情资料,以分别提取工作区范围的1小时、3小时、6小时、24小时实况雨情及MM5 36小时逐时和累计降水预报,再根据数据层提供的数据库接口进行相应的入库处理和GIS数据格式转换,传输至数据层。

数据层建立了所有相关数据的标准GeoDatabase模型或结构,为应用层或采集处理层提供数据库访问接口,GIS气象数据库的监测、预测内容,可实时从采集处理层自动获得,并更新。同时使应用层能够方便、及时地获得所需信息,产生相应的专题服务应用,以传递至气象信息发布平台。

应用层控制整个系统的运行窗口,其建立在数据层的基础之上,通过对GIS应用系统二次开发的COM模块,即应用及功能处理模块来增加服务系统所需的功能及应用,并动态控制系统的运行,使形成的专业服务产品能定时传输至气象信息发布平台,同时也提供了相应的应用扩展接口。

### 3 数据库的建立

根据系统应用设计的整体框架及信息内

容的不同需求,我们选取标准关系数据库技术GeoDatabase来表现地理信息的数据模型。GeoDatabase支持在标准的数据库管理系统(DBMS)表中存储和管理地理信息,使用Microsoft Jet Engine为数据文件结构,将GIS数据存储微软的Access数据库中。

我们在本地分别建立了2个GeoDatabase模型的数据库,即地理空间信息数据库WJZGIS和专用气象信息(雨情数据)数据库WJZATA。数据基于GeoDatabase的概念来组织和存放,以Access 2003表格的形式存在。通过空间数据引擎Microsoft Jet Engine实现数据的访问、编辑入库、动态更新等<sup>[2-3]</sup>。

#### 3.1 空间信息数据库

空间信息数据库包括基础地理数据库和图像数据库。

基础地理数据库WJZGIS的建设范围为黄河流域、托县至万家寨区间,即工作区位于 $38^{\circ}46' \sim 40^{\circ}42' \text{N}$ 、 $109^{\circ}52' \sim 112^{\circ}29' \text{E}$ ,基本地理要素主要包括地形(高程点)、水系(河流、湖泊等)、交通(公路、铁路等)、行政区(省、地、县界等)、土地利用、测站分布(雨量站、水位站等)、水利工程分布等(水库、灌区等),主要根据内蒙古、陕西、山西部分1:25

万矢量地图图幅为基础地理数据,经生产、加工、制作为工作区的相关专题图层,并根据 NASA 影像图和 1:10000 测绘地图(2003 年)进行订正和更新,以 GeoDatabase 模式存储。

图像数据库主要包括重点服务监测区的遥感影像数据(NASA 地理图像)及通过 DEM 生成的正射三维影像。遥感影像数据通过 ERDAS IMAGINE 8.5 软件对其进行几何校正(几何校正运用二次多项式法,结果中的 RMS 一般小于 0.5 像元)、镶嵌、色彩调整以及裁剪处理等,并以标准的 Image 图像格式分幅存储,可随时进行查询<sup>[4]</sup>。

### 3.2 专用气象信息库

以实时观测资料(包括人工、自动观测)和 MM5 中尺度数值预报模式为基础,建立专用气象信息库,在该 GIS 应用系统中形成各信息专层。

该系统在本地建立了 2 个专用气象信息(雨情数据)数据库,即应用数据 GIS 库 WJZATA 和 MM5 数据库 MM5rain。应用数据 GIS 库 WJZATA 主要存储 2 大类信息,即雨量实况和降雨预报信息,并分别以 Geodatabase 表的形式存放。监测信息包括 1 小时、3 小时、6 小时、24 小时的雨量实况,预报信息包括 0~36 小时的逐时及累计雨量。

选取的雨量实况监测点包括 29 个自动气象站(包括乡镇自动雨量站)和 22 个水文气象雨量站。29 个自动气象站及加密自动雨量站(见图 2)。综合两方面的测站信息,定时启动采集处理模块,通过 TCP\IP 访问中心数据库或提取远程水文气象雨量信息来获取实况数据,将其转换为 GIS 数据格式,实时更新数据库 WJZATA。

降水预报信息的数据源为中尺度数值预报模式 MM5V3,其格距为 10km,频次为 1 小时 1 次,可用时效为 0~36 小时(即当日北



图 2 黄河流域托万区间自动气象站及雨量站分布

京 08 时至次日北京 20 时), 预报模式 MM5V3 已经过 5 年的本地化业务运行,其对于降水预报显示出了较强的优势。该系统建立的专用气象 MM5 数据库 MM5rain,包括 37 个数据表,即 rr0ii(ii 从 12 到 48),每一个数据表存放其对应时次的降水预报信息,如 rr012 存储当日 08 时降水量,rr013 存储当日 09 时降水量,rr048 存储次日 20 时降水量。数据库 MM5rain 信息的更新是通过每天定时启动采集处理模块,从内部网的 MM5 数值预报服务器上提取工作区的 10km 格距的 0~36 小时降雨预报信息,然后再根据应用层的需要,动态转入 GIS 数据库 WJZDATA<sup>[5]</sup>。

## 4 应用功能实现

### 4.1 实时监测

在 GIS 数据库 WJZGIS、WJZDATA 的支持下,通过研制嵌入应用层 ArcMap 桌面的 com 模块来动态控制监测信息的显示、更新及应用功能的实现。在矢量地图或三维正射影像(如图 3)上,基于 DEM 的三维正射影像图(图上融合了河流、行政区划,其内容按需进行可见性切换),分别建立了 1 小时、3

小时、6 小时、24 小时点雨量实况和预报专题图层(如图 4),实时处理自动站的信息,进行逐时累加滚动,当测站的累计雨量达到警戒雨量时,进行警示。点雨量专题图层用不同颜色标明观测点的雨量数据,以表示降水持续或降水停止的天气状态。同时,可根据重点服务库区的需要,建立服务区的专项影像,叠加其局部不同分辨率的 RS 影像,实现矢量地图与 RS 影像的集成和影像的分级浏览,即随着地图浏览范围的不同,调用相应分辨率的影像,以展示从总体到局部再到细节的地表状况。

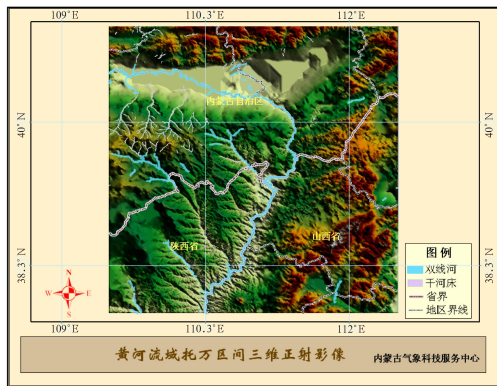


图 3 黄河流域(托县至万家寨区间)三维正射影像图

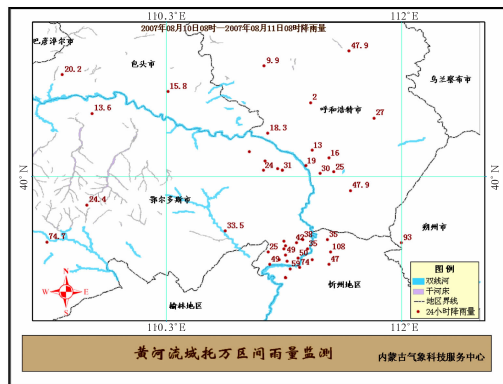


图 4 2007 年 4 月 10 日 08 时至 11 日 08 时降水实况

#### 4.2 雨量预报、预警

水库的预报服务仅提供库区的雨量预报信息,就无法根据此信息进行合理的调度决

策,而真正的决策信息服务应该向其提供影响水库的流域面雨量预报,并根据面雨量推算出水库水位的变化,根据水位的准确预报才能合理调度。

该系统主要利用 MM5 中尺度数值模式的预报结果<sup>[6]</sup>,在 MM5rain 数据库的支持下,开发了基于 ArcMap+VBA 的点雨量分布显示模块,提供了逐时滚动显示的功能,通过从应用界面操作“>>”或“<<”时间移动按钮,以查看雨量的动态演变、发展。GIS 数据库 WJZATA 存放当前查看的雨量信息,操作“>>”或“<<”按钮,显示模块自动从本地数据库 MM5rain 中读取要查看的“当前”雨量信息,经 GIS 数据格式转换入 WJZDATA 数据库。同时,在工作区间范围,应用 GIS 技术的空间分析功能,研制了面雨量预报嵌入模块,提供面雨量分类间距和预报时效的参数设置接口,以自动生成黄河流域托万区间的面雨量分布图(如图 5)。天桥、万家寨水电站更关注的是其上游的降水。根据汛期服务的需要,为天桥、万家寨提供高时间分辨率的预报服务产品,可细划为 0~6 小时、6~12 小时、12~24 小时和 24~36 小时四种预报服务产品,定时生成融合河流、水库、监测点等地理空间信息的雨量预报分布图,发送至信息发布平台。同时,根据实时监测和预报信息,运算警戒雨量,触发条件进行警示,通过互联网实时为专业用户、防汛及政府部门提供信息服务。

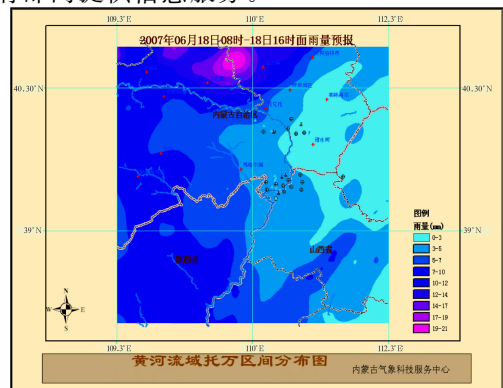


图 5 雨量预报分布图

## 5 结语

基于 GIS、RS 的黄河流域(托万区间)雨情监测及预报业务服务系统的建立,成功地实现了在矢量地图及三维正射影像上逐时监测重点服务区的雨情,发布 0~36 时效的点、面雨量滚动预报,并提供报警、预警信息。其中,面雨量预报较客观地刻画了一次降水过程或某时段内雨强的分布情况,为水库的调蓄调度,提供了一个重要的参考量。同时,通过该业务系统的运行,对于全面了解流域范围内雨情的分布、预测及发展,为防汛的决策工作提供实时有效的信息,可提高决策的科学性。系统生成的监测、预报服务产品以图形的方式,通过专业气象服务网站这一信息发布平台,为万家寨水利枢纽、天桥水电站提供防汛、防洪的实时气象服务,也为党政和防

汛部门提供精细化的决策服务产品和业务服务产品,为防灾减灾和资源利用提供服务保障和技术支持。

## 参考文献

- [1] 党安荣,贾海峰,易善楨,等. ArcGIS 8 Desktop 地理信息系统应用指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [2] 王新民,张彦玲. Visual Basic 程序设计与数据库应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [3] 李金莲,刘晓玫,贺巧宁. 基于 Geodatabase 模型的流域水文系统数据组织与实现[J]. 测绘科学,2005,30(6):115-117.
- [4] 龚健雅,夏宗国. 矢量与栅格集成的三维数据模型[J]. 武汉测绘科技大学学报,1997,22(1):7-15.
- [5] 周小珊,杨森,张立祥. 中尺度数值模式(MM5V3)在沈阳区域气象中心的试用[J]. 气象,2001,27(8):28-32.
- [6] 徐晶,林建,姚学祥,等. 七大江河流域面雨量计算方法及应用[J]. 气象,2001,27(11):13-16.