

嫩江流域洪水预报方法 及应用

胡宇丰 马铁民 安波 宁方贵 陆玉忠 编著

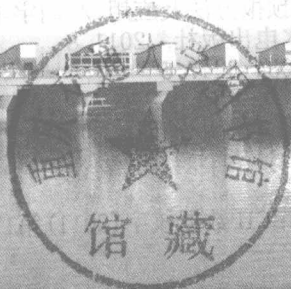
38
05



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

嫩江流域洪水预报方法 及应用

胡宇丰 马铁民 安波 宁方贵 陆玉忠 编著



1535327



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

1447294-95

内 容 提 要

本书针对嫩江流域地理环境以及暴雨、洪水特性,结合流域历史水文、水利工程、数字地形等资料,以新建站和现有报讯站实时信息为数据源编制嫩江流域各断面洪水预报方案及河系洪水连续预报方案。洪水预报方案编制采用常规流域水文模型、分布式流域水文模型和经验预报模型并行方式,同时以数字高程模型 DEM、先进的雨量查补技术、实时校正技术为辅助手段,依托先进的计算机网络技术,遵循水利部统一的网络架构,开发集预报与调洪演算为一体的洪水预报系统,有效地提高了嫩江及主要支流洪水预报的精度和预见期,为松花江流域防汛抗旱和水资源管理提供了科学、合理的洪水预测预报和调洪成果。

本书可供防汛抗旱研究以及水资源管理等相关领域的科研人员、研究生以及技术管理人员参考、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

嫩江流域洪水预报方法及应用 / 胡宇丰等编著. --
北京:中国水利水电出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5084-8947-6

I. ①嫩… II. ①胡… III. ①嫩江—流域—洪水预报
—研究 IV. ①P338

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第176064号

书 名	嫩江流域洪水预报方法及应用
作 者	胡宇丰 马铁民 安波 宁方贵 陆玉忠 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9印张 213千字
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

洪水预报是根据洪水形成的客观规律,利用已经掌握的水文(降雨、蒸发、水位、流量)及气象资料,预报河流某一断面在未来一定时期内(预见期)将要出现的流量、水位过程。洪水调度是指利用预报成果及已有工程设施人为改变河流洪水天然时空分布状态,从而达到减轻流域整体洪水灾害的过程。洪水预报调度是用于防洪减灾的一项非工程措施,由于它投资少、见效快和效益高,已越来越被人们所重视。

本文结合水利部2009年度部属水利建设投资计划安排资金实施项目“嫩江流域主要支流水情自动测报系统工程”,选用适合流域特点的水文模型,编制嫩江实时洪水预报方案,开发集洪水预报和洪水调度为一体的洪水预报系统。主要工作及研发内容有:

(1) 编制预报方案。依托现有的历史水文、水利工程、数字地形等资料,以新建测站和现有报讯站的实时信息为数据源编制12个断面洪水预报方案及河系洪水连续预报方案。同一预报断面可以有多种预报方案,考虑到方案的实用性和先进性,洪水预报方案编制采用常规流域水文模型、分布式流域水文模型和经验预报模型并行方式。

(2) 开发预报系统。以预报方案为技术支撑,基于统一的实时水情数据库,以地理信息系统为平台,开发具有灵活人机交互界面,能快速完成12个预报断面实时洪水预报作业的交互式预报系统,包括定制预报方案、模型参数率定、实时预报、降雨修正、实时校正、人机交互、信息查询、系统管理等模块。

(3) 开发洪水调度软件。根据尼尔基水库补偿凑泄预报调度要求和嫩江下游蓄滞洪区洪水调度需要及实时洪水预报作业成果,开发洪水调度软件,通过尼尔基水库调度,确保重要防洪城市的安全。

(4) 研发成果的应用。嫩江流域洪水预报系统包括综合信息服务、洪水

预报、洪水调度等三大子系统。考虑到本系统专业性强,仅是预报人员操作使用,且要求操作方便、快捷,选用C/S和B/S相结合的运行模式。

嫩江洪水预报系统功能复杂,管理和维护所涉及的数据量大、信息种类繁多,因此软件设计除需要满足软件工程的一般性要求外,还要结合洪水预报作业的实际需要,满足先进、可靠、安全、易维护、可扩充、通用等要求。项目研发采用的新技术主要有降雨空间插补、地理信息系统、参数敏感性分析、模型参数自动率定、多模型多方案耦合等。这些新技术在系统中的应用,对满足系统要求,提高洪水预报精度、增加预见期等方面取得了一定成效。

随着科技的发展,人类对地理学、气象学、计算机学等学科的不断探索,新技术必将应用到水文模型的研究中,开发出精度更高,更加智能、综合的水文模型必将成为趋势,使之更好地为人类防洪减灾和水资源利用服务。

本书是项目组成员本着探索和实践的思路,在嫩江洪水预报系统工程项目开发基础上,对研究成果和实践经验的总结。在编撰中参阅和引用了大量相关文献、招投标文件、设计成果及实施过程的总结资料,在此谨致谢意。由于受时间和作者水平所限,本书许多内容还有待完善和深入研究,其中错误和不足之处,恳请读者批评指正。

本书由胡宇丰、马铁民、安波、宁方贵、陆玉忠等编著,参加编写工作的还有姜涛、雷晓辉、徐海卿、殷峻暹、李成林、张云辉、李匡、苏景辉、孙扬、马岚、郭易、李琳、廖卫红、王宇辉等。

作者

2011年6月于北京

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 洪水预报概述	1
第二节 嫩江流域概述	4
第二章 洪水预报技术研究	13
第一节 降雨空间插补技术	13
第二节 地理信息系统 (GIS) 技术	14
第三节 参数敏感性分析技术	15
第四节 模型参数自动率定技术	16
第五节 多模型多方案耦合技术	16
第三章 新安江模型在嫩江流域的应用	20
第一节 概述	20
第二节 模型介绍	20
第三节 模型构建	25
第四章 AutoWEP 分布式模型在嫩江流域的应用	51
第一节 概述	51
第二节 模型介绍	52
第三节 模型构建及参数敏感性分析	53
第五章 经验预报模型在嫩江流域的应用	69
第一节 概述	69
第二节 模型介绍	69
第三节 模型构建	71
第六章 嫩江洪水预报系统总体设计	91
第一节 系统功能	91
第二节 系统逻辑结构设计	93
第三节 系统数据库设计	95
第四节 系统安全性设计	104
第五节 系统软件环境	105

第七章 嫩江洪水预报系统应用	107
第一节 综合信息服务的应用	107
第二节 洪水预报的应用	110
第三节 洪水调度的应用	127
第八章 嫩江洪水预报模型研究展望	131
第一节 模型成功应用	131
第二节 流域水文模型发展趋势	132
参考文献	134

第一章 绪 论

第一节 洪水预报概述

一、洪水预报的定义与分类

洪水预报是根据洪水形成的客观规律,利用已经掌握的水文(降雨、蒸发、水位、流量)及气象资料,预报河流某一断面在未来一定时期内(预见期)将要出现的流量、水位过程。根据发布预报时所依据的资料不同,洪水预报可分为水文气象法、降雨径流法和河段洪水演进法等三类。

(1) 水文气象法是依据前期的气象要素进行洪水预报。水文工作者根据气象部门发布的天气预报情况即可做出超前期的洪水预报;有些单位根据前一年的某些水文气象要素,采用多元回归分析法做出预见期长达一年的径流预报。

(2) 降雨径流法是根据当前已经测到的流域降雨和径流资料,按径流形成原理制作产汇流计算方案,由暴雨预报流域出口的洪水过程。

(3) 河段洪水演进法是根据河段上游断面的入流过程预报下游断面的洪水,常用的算法为河道流量演算法(特征河长法、马斯京根法)和相应水位法。

以上三类方法中,水文气象法的预见期最长,但预报精度往往最差,因为水文气象法因素演变为洪水,要经历许多复杂多变的环节,很难确切估计。降雨径流法的预见期,一般不超过流域汇流时间,预报精度虽不及后者,但多能满足实用的精度,故应用比较广泛。河段洪水演进法,其预见期大体等于河段洪水传播时间,比较短,但预报精度往往很高,大江大河的预报多采用之。后两类方法的预见期一般不长,多为短期预报,但预报精度较高,是当前应用的主要方法。另外,近些年来,为提高预报精度,还在实际预报过程中,利用随时反馈的预报误差信息,对预报值进行实时校正,称此为实时洪水预报。

二、洪水预报的工作步骤

洪水预报工作,一般分为制作预报方案和进行作业预报两大步骤。

1. 制作预报方案

根据预报任务,及时收集降雨、蒸发、水位、流量等有关资料,根据洪水形成规律和特点,建立由当前采集的水文信息推算未来洪水大小和出现时间的一整套计算方法,即洪水预报方案,例如降雨径流预报方法中的产流预报方案和汇流预报方案等。为了保证预报精度和可靠性,必须对制作的方案进行评定和检验。只有满足误差范围的方案才能付诸应用,否则应分析原因,进行改进。例如,降雨径流预报相关规范中规定,对于某一场暴雨洪水来说,净雨深预报的相对误差不超过 $\pm 20\%$,且绝对误差不超过 $\pm 20\text{mm}$,或绝对误



差不超过 $\pm 3\text{mm}$ 者为合格。合格的场数占总预报场数的百分比称合格率,仅当方案率定和检验的合格率不小于70%时,制作的方案才算合格,该产流预报方案才能在实际中应用。

2. 进行作业预报

对正在发生的水文气象情况进行观测,通过报讯设备,迅速把观测数据传送到预报中心,随即通过预报方案将采集到的数据计算出即将发生的洪水大小和出现时间。将洪水预报的结果及时发布出去,提供给有关部门使用。这个过程称为作业预报。为了快速、准确,目前很多单位已经把遥感、遥测、自动化信息传输和计算机联结成一个系统,将实测的雨水情资料自动传到预报中心的计算机内,由计算机直接按预报方案程序自动计算出预报结果。这样的作业预报,称作联机实时洪水预报系统。

三、洪水预报的重要意义

可靠的洪水预报对防止洪水灾害具有特别重要的作用。

(1) 在河流防洪抢险中,需要及时预报出防洪地点即将出现的洪峰水位、流量,以便在洪峰到来之前,迅速加高、加固堤防,转移可能受淹的群众和物资,动用必要的防洪设施等,把洪水灾害减小到最低程度。

(2) 在水库管理中,可以利用洪水预报,使上游来的洪水与区间洪水的洪峰彼此错开,即下游洪水很大时,水库把上游来的洪水暂时蓄存,待下游洪峰过后,再加大水库泄量,把上游来的洪水放出去,从而避免了上下游洪峰的叠加,大大减轻了下流的防洪压力和灾害损失。

(3) 洪水预报还可以较好解决水库防洪与兴利的矛盾,在预报的洪水未进库之前,先打开泄洪闸门腾空一部分库容,以便洪水来临时能蓄存更多的水量;当洪水即将结束时,预知近期没有很大的洪水入库,则可超蓄洪水尾部的一些水量,用于多发电、多灌溉,使现有工程发挥更大的效益。

四、洪水预报的技术进展

洪水预报的任务是及时准确地将流域中发生的水文现象和径流过程确定出来,水文预报模型是实现这一任务的最有力的工具。水文模型的早期形式是由20世纪30年代的谢尔曼单位线(K. L. Sherman, 1931)和霍顿下渗曲线(Horton, 1933)开始的,下渗曲线对产流的物理过程作出一种概念性假设,即用土壤表面入渗能力和变化反映土壤吸水规律,用雨强 i 和下渗能力 f 的关系代表产流的控制条件。在汇流中,谢尔曼单位线是以流域典型的输出过程作为模板,对输入 R 进行缩放和叠加产生输出。谢尔曼经验单位线后来演化为系统分析中的响应函数和纳西瞬时单位线。

1938年美国的麦卡锡(G. T. McCarthy)在马斯京根河流预报中采用对入流出流加权的蓄泄关系模拟河道洪水演进取得很大成功,后来的研究得到了马斯京根法,又称马斯京干法。

我国早期普遍采用降雨径流($P-PA-R$)相关图从另一个方面反映了产流现象的基本规律,它首先是从经验的水文分析中找到长时期流域降雨总量与总径流量之间的关系,



然后将其用在次洪计算中。

降雨径流相关图方法、单位线法和马斯京根法,这三种方法被我国的水文工作者称为水文预报最基本的方法,至今仍被广泛应用。

1973 年在美国萨克拉门托河流中应用的萨克模型,采用土壤蓄水和泄水单元模拟土壤水分转换,并提出张力水、自由水不同形态的转换概念。

1974 年日本管原正已设计的水箱模型是完全基于蓄泄关系建立的。它是一系列开口水箱的串并联组合,该模型结构灵活可变,完全由实际计算效果决定。由于它结构不固定,可以随需要修改,因此适应能力很强,拟合效果较好,但这种方法没有明确的产汇流概念和参数的物理意义。

1975 年由原华东水利学院(现河海大学)赵人俊教授等研制的新安江模型,因最初应用在新安江流域而得名,它是一个概念性的流域水文模型,是基于蓄水容量控制的蓄满产流模型。新安江模型及其改进的模型目前在我国水文预报中得到广泛的应用。

此后,水文模型的发展主要集中在实时校正方面,先后出现了意大利的 CLS 模型、自适应滤波方法、误差自回归方法和神经网络等方法。

传统水文学多侧重研究自然界水文循环的水量方面,多采用水文现象观测、实验等手段,运用传统的数学、物理方法来研究,其应用多限于洪水预报、水文计算等工程技术问题。但是,随着社会经济的发展,人类对水的需求不断增大,对生活的环境质量要求也越来越高。自然界发生的洪水和干旱等灾害以及人类经济活动造成的水污染和生态系统破坏,对社会经济发展和人类生命财产造成的损失与付出的代价也越来越大。如何解决实际问题中出现的与水有关的各种矛盾?这对传统水文学的发展提出了挑战。现代水文学要针对这些实际问题,重点开展水资源及人类活动水文效应的研究。

到了 20 世纪 80 年代以后,流域水文模型开始面临许多新的挑战,包括水文循环的规律及过程如何随时间和空间尺度变化而变化的问题,水文过程的空间变异性问题,还有水文、地球学、环境、气象和气候之间的耦合问题等。在 20 世纪 90 年代,计算机技术、地理信息系统(GIS)、数字化高程模型和遥感技术迅速发展,为研制和建立分布式水文模型提供了强大和及时的技术支撑,使得分布式水文模型成为水文学家研究的前沿热点之一。

第一个真正的或者说具有代表性的分布式水文模型是由英国、法国和丹麦的科学家联合研制而成,发表于 1986 年,称之为 SHE 模型。从 SHE 模型开始,人们先后研制了一些分布式水文模型,如 IHDM 模型、TOPMODE 模型、SWMM 模型、SWAT 模型等,并在许多流域得到检验和应用。

分布式模型与集总式模型有着明显不同的结构。在集总式模型中,单元区域内的物理过程一般由几层垂直方向的蓄水体构成,水平方向则采用简单或概化后的汇流模型;分布式模型中,着重考虑不同单元之间和子流域之间的水平联系,这种联系起因于径流流向的随机性和河网的连通性,而且正是这种联系直接地决定着分布式模型的结构和复杂性。

分布式水文模型,尤其是具有物理基础的分布式水文模型,由于它们明显优于传统的集总式水文模型,能为真实地描述和科学地揭示现实世界的降雨径流形成机理提供有力工具,因此是一种发展前景看好的新一代水文模型。



地理信息系统 (GIS) 是用数字化方法描述具有复杂空间变化的水文过程的必要技术支撑。加强水文学与 GIS 技术的结合, 不断开发 GIS 技术在水文学理论与应用中的领域是水文学家的一项重要任务, 谁想占领水文学研究的前沿阵地, 谁就应当在水文学与 GIS 技术结合上加倍努力。

现代水文学是在近几十年中由于先进科学技术和理论方法的引入以及社会经济各项人类活动的深入, 不断丰富水文学而形成的。它具有以下特点:

(1) 现代水文学以新技术应用为支撑, 在宏观和微观方向上得到深入发展。在宏观上, 现代水文学研究全球气候变化、人类活动影响和自然环境下的水文循环。在微观上, 现代水文学研究土壤、植被、大气系统中水分与热量的交换, 探讨“三水”、“四水”及“五水”的转化规律。十分注重水文尺度问题和水资源可持续利用水文学基础问题的研究。

(2) 更加注重水文学上水文信息的挖掘。

(3) 更加深入开展深层次的水文科学基础研究。

(4) 更加注重人类活动对水文循环影响的研究。

(5) 对水文学上的众多难点问题, 如不确定性问题、非线性问题、水文尺度问题等开展力所能及的研究。

现代新科学和高科技的迅猛发展, 促使水文科学研究发生了巨大的变革。尤其是计算机和“3S”技术的应用, 为现代水文学的发展奠定了坚实的基础。

第二节 嫩江流域概述

一、地理概况

嫩江是松花江北源, 发源于大兴安岭伊勒呼里山, 由北向南流经黑龙江省、吉林省、内蒙古自治区的 7 市 (盟), 在吉林省松原市三岔河附近与第二松花江汇合进入松花江干流。河流全长 1370km, 流域面积 29.7 万 km^2 。

根据嫩江流域的地形、地貌和河谷特征, 可将嫩江干流分为上、中、下三段: 自河源至嫩江县为上游段, 河道长 661km; 嫩江县至尼尔基水库为中游段, 河道长 122km; 尼尔基水库至嫩江口为下游段, 河道长 587km。

尼尔基水库至大赉流域面积 155333 km^2 。主要支流均位于右岸, 流域面积大于 10000 km^2 的一级支流有 6 条, 其中右岸有 4 条, 依次为诺敏河、雅鲁河、绰尔河、洮儿河; 左岸有 2 条, 依次为讷漠尔河、乌裕尔河。

诺敏河是嫩江干流下游上段右岸最大支流, 发源于大兴安岭东侧特勒库勒山, 由西北向东南流至沙德尔火山后急转向南, 在古城子水文站下游水流分为两股汇入嫩江, 河流全长 466km, 集水面积 25966 km^2 ; 雅鲁河发源于大兴安岭东麓内蒙古喜桂图旗境内的火燎火沟, 在黑龙江省龙江县哈拉台村附近汇入嫩江, 河流全长 398km, 集水面积 19640 km^2 ; 绰尔河发源于大兴安岭英吉尔达山脉东坡, 在嫩江江桥上游 9km 处汇入嫩江, 河流全长 573km, 集水面积 17435 km^2 。该三条支流均发源于大兴安岭东麓的原始森林地区, 流域内森林密布, 支流众多, 河道比降大, 是嫩江下游区暴雨洪水易发区, 也是嫩江主要产流区。



第二种类型的暴雨是中心区位于黄蒿沟、音河一带,有时主雨区范围可扩大到雅鲁河、绰尔河流域的全流域型暴雨。造成这种暴雨的天气系统一般是副热带高压北移过程中带来的暖湿气流与地面上的蒙古低压或贝加尔湖低压控制下的冷空气交绥,产生大面积降雨。此种暴雨往往结合强度更大的集中性降雨,从而造成长历时的全流域范围内降雨,由于主雨区笼罩嫩江右侧各主要支流,使嫩江流域右侧各支流及干流相继发生大洪水,如1969年、1988年和1998年的暴雨洪水。

第三种类型的暴雨是中心区在洮儿河、霍林河一带的下游型暴雨。造成这种暴雨的天气系统为蒙古低压、东北气旋、华北气旋。此种暴雨笼罩范围不大,强度较小,只是造成嫩江下游各支流发生大洪水。

三、流域洪水特性

嫩江流域的洪水主要由暴雨产生,由于流域面积大,气象条件复杂,流域内大洪水过程多由几次暴雨过程叠加而形成。洪水一般发生在6~9月,尤以7~8月居多。支流年内一般出现1~2次洪峰,洪水历时在15天以内;干流年内一般出现1~4次洪峰,多数年份为2~3次,多数为矮胖的单峰,次洪历时为30~50天。

嫩江干流各控制站的洪水是由各支流洪水和干流洪水汇合而成,其洪水地区组成比较复杂。根据对嫩江干流富拉尔基站和江桥站大洪水年的分析,归纳出其洪水组成及遭遇特性为:

嫩江干流富拉尔基站以上洪水组成大致可分为三种类型:一是上游型洪水,洪水的峰、量主要来源于干流上游,如1955年、1988年洪水,30天洪量上游来水比例可达62.6%~85.3%;二是区间型洪水,洪水的峰、量主要来源于区间的甘河、诺敏河等支流,如1998年洪水,区间洪峰流量占富拉尔基站的76.9%,30天洪量占62.1%;三是全流域型洪水,干支流均发生大洪水,如1969年洪水。

嫩江干流江桥站洪水组成有两种类型:一是上游型洪水,洪水的峰、量主要来源于干流富拉尔基站以上,如1988年洪水;二是区间型洪水,洪水主要来源于嫩江右侧雅鲁河、绰尔河等支流,如1998年洪水。

四、洪水传播时间

由于嫩江中下游河段河床宽阔,槽蓄能力较强,因此洪水传播时间较长。根据实测资料综合分析,在发生20年一遇以上洪水时,从嫩江干流上游的石灰窑站至近河口的大赉站,洪水传播时间大约为13~14天,嫩江干、支流各河段洪水传播时间详见表1-1。

表 1-1

嫩江干、支流各河段洪水传播时间统计表

单位: d

河 段	传播时间	河 段	传播时间	河 段	传播时间
石灰窑—库漠屯	1	库漠屯—嫩江	0.5	嫩江—阿彦浅	1.5
阿彦浅—同盟	1	同盟—齐齐哈尔	2.5	齐齐哈尔—富拉尔基	0.5
富拉尔基—江桥	2	江桥—白沙滩	2	白沙滩—大赉	3
德都—同盟	4	古城子—同盟	1	碾子山—江桥	3
景星—江桥	3	两家子—江桥	2	察尔森水库—洮南	4

五、水文资料收集与处理

1. 水文资料收集

首先分析了嫩江流域大水年份,近60年的大水年份为1955年、1969年、1988年、1989年、1991年、1993年和1998年,其中1998年为近60年最大洪水年份,1969年为近60年第二大洪水年份,因此在选择资料的年份上选取了1980~2008年加上1969年共30年的资料。其中,雨量资料63个站,洪水资料18个站,蒸发资料11个站。

(1) 雨量资料选用的是雨量摘录资料,共摘取了1969年和1980~2008年共30年63个雨量资料站的资料。各站资料情况见表1-2。

表 1-2 嫩江流域尼尔基水库站以下雨量资料情况表

类别	站码	站名	资 料 年 份
时段雨量表	11306400	文得根	1980~2006
时段雨量表	11306810	两家子	1980~2006
时段雨量表	11343200	塔子城	1980~1982, 1984~1986, 1991~2001, 2004~2008
时段雨量表	11335800	燕窝沟	1980~2008
时段雨量表	11306010	景星	1980~2008
时段雨量表	11325040	维古气	1981~1989, 1991~2000, 2002~2008
时段雨量表	11325080	旧三	1980~1988, 1992~2000, 2002~2008
时段雨量表	11301400	音河水库	1980~2002
时段雨量表	11300600	那吉	1980~1987, 1989~2008
时段雨量表	11305020	碾子山	1980~1994, 1996~2008
时段雨量表	11305610	李三店	1980~1985, 1987~2001, 2003~2008
时段雨量表	11305410	头道沟	1980~2008
时段雨量表	11304830	扎兰屯	1980~2007
时段雨量表	11304590	巴林	1980~2008
时段雨量表	11305200	五公里	1980~1988, 1990~2008
时段雨量表	11208810	古城子	1980~1987, 1991~2008
时段雨量表	11208400	小二沟	1991~2008
时段雨量表	11209210	格尼	1982~2006
时段雨量表	11221000	白沙滩	1988~2008
时段雨量表	11221020	五棵树	1988~2008
时段雨量表	11437410	黑帝庙	1988~2008
时段雨量表	11437610	坦途	1988~2008
时段雨量表	11438010	安广	1988~2002
时段雨量表	11420320	月亮泡水库	1988~2008
时段雨量表	11420330	大赉	1988~2008
时段雨量表	11202010	同盟	1980, 1982~1988, 1991~2008
时段雨量表	11202220	齐齐哈尔	1980~1988, 1991~2008



续表

类别	站码	站名	资 料 年 份
时段雨量表	11202500	富拉尔基	1980~1988, 1991~2008
时段雨量表	11202600	江桥	1980~1988, 1991~2003, 2000~2008
时段雨量表	11207620	讷河	1980~1998, 2000~2008
时段雨量表	11209800	太平湖水库	1980~1998, 2000~2008
时段雨量表	11320100	三间房	1991~1998, 2004~2008
时段雨量表	11322100	兴隆泉	1991~2008
时段雨量表	11322200	长吉岗	1983~1984, 1986~1987, 1991~1996, 2002~2008
时段雨量表	11329300	文固达	1980~1987, 1991~1998, 2004~2008
时段雨量表	11329400	霍多台	1991~2001, 2004~2008
时段雨量表	11335100	中兴	1982, 1985~1988, 1991~2008
时段雨量表	11335300	共平	1991~2008
时段雨量表	11335400	马鞍山	1991~2008
时段雨量表	11335500	小泉子	1991~2008
时段雨量表	11335600	金山东	1991~1997, 1999~2008
时段雨量表	11424100	他拉哈	1980~1987, 2004~2008
时段雨量表	11201410	阿彦浅	1980~2003
时段雨量表	11426000	白狼	1980~2001, 2004~2008
时段雨量表	11426210	三岔(察)	1984~1988, 1990~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426410	三十公里(察)	1984, 1996~2000, 2004~2006, 2008
时段雨量表	11426420	外站(察)	1990~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426430	黑牛圈(察)	1990~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426440	六年度(察)	1996~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426610	西口(察)	1984~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426980	满族屯(察)	1984~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426990	巴达仁贵(察)	1990~2000, 2004~2008
时段雨量表	11401000	察尔森水库	1969, 1980~2008
时段雨量表	11400520	索伦	1983~2000, 2004~2008
时段雨量表	11426220	五岔沟	1996~2000, 2004~2008
时段雨量表	11406000	大石寨	1969, 1980~2006
时段雨量表	11407000	保隆	1969, 1980~1991, 1993~2006
时段雨量表	11402100	镇西	1969, 1980~2002
时段雨量表	11326500	团结	1980~1990, 1992~1993, 2000, 2002
时段雨量表	11408300	务本	1969, 1980~2002
时段雨量表	11407620	杜尔基	1969, 1980~2006
时段雨量表	11327500	宝泉	1981~1998, 2002
时段雨量表	11404000	洮南	1969, 1980~2002

(2) 洪水资料选用的是洪水摘录资料, 共摘取了1969年和1980~2008年共30年18

个洪水资料站的资料。18 个站名为索伦、察尔森水库、镇西、洮南、大石寨、文得根、两家子、景星、那吉、碾子山、扎兰屯、古城子、小二沟、大赆、同盟、富拉尔基、江桥、阿彦浅。

(3) 蒸发资料选用的是日蒸发资料,共摘取了 1969 年和 1980~2008 年 30 年 11 个蒸发资料站的资料,11 个站名为齐齐哈尔、江桥、大赆、索伦、察尔森水库、洮南、文得根、景星、碾子山、那吉、古城子。

(4) 流域测站(水文站、雨量站、蒸发站、气温站)站网及水利工程分布图中标注出水文气象测站的准确位置。

(5) 工程资料,主要是指流域内的重要水库及水文控制站断面资料,主要涉及尼尔基、音河、太平湖、绰勒、察尔森、月亮泡等水库,需要收集的资料包括水位—库容关系、最大发电流量、水库泄流能力曲线、特征水位(汛限水位、正常高水位、设计洪水水位、校核洪水水位)、设计洪水、水库防洪调度预案等;针对水文控制站断面需要收集河道横断面图,警戒水位及其相应流量、保证水位及其相应流量。

(6) 嫩江流域土地利用现状空间数据,1:10 万、1:400 万。流域 1:25 万数字水系及测站资料。

2. 水文资料处理

将收集到的所有资料汇总,再做资料的处理。具体的处理方法有以下三种。

(1) 对于雨摘资料,由于原有雨量资料只有 60 多个站,而最新建设的预报方案雨量站点有 126 个,因此需要把雨量资料作移植,插补等处理;对于洪摘资料,如果洪摘资料不全的年份和站点,需要用日平均流量来插补;日蒸发资料要处理成时段蒸发。

(2) 雨量移植,查补后的面雨量分析。对于无资料地区,用临近雨量站点移植;对于有资料地区,缺测资料,采用降雨空间插补技术,进行插值。

(3) GIS 数据处理。GIS 的核心是一个地理数据库,建立 GIS 就是将地面上的实体图形数据和描述它的属性数据输入到数据库,并利用数据库管理系统提供数据编辑功能。

六、流域雨洪案例分析

(一) 1998 年特大洪水

1998 年松花江流域发生了 20 世纪第一位的大洪水。6~8 月主要雨区始终徘徊在嫩江流域,并出现多次大范围强强降水过程,造成嫩江右侧支流普遍出现超历史记录的特大洪水,形成了嫩江、松花江的特大洪水。

1. 汛期降雨情况

1998 年汛期,受连续的高空冷涡气流的影响,从 6 月中旬到 8 月中旬,主雨区始终徘徊于嫩江流域。6~9 月嫩江流域平均降雨量 613mm,比常年同期 381mm 的降雨量偏多 61%,降雨主要集中在嫩江的右侧支流。嫩江流域的绝大部分地区降雨量均在 400mm 以上,其中降雨量 700mm 以上的流域面积约占整个流域面积的 2/3,并有一个 1000mm 以上的极值区,在雅鲁河上游,点雨量 1178mm。

当年 6 月,嫩江流域平均降雨 136mm,比历年同期值 80mm 的降雨量多 70%,主要



降雨区位于嫩江上游地区,该地区大部降雨量在 200mm 以上。暴雨中心在诺敏河支流的得力其尔站的降雨量 282mm 和甘河的加格达奇站的降雨量 263mm。7 月,嫩江流域降雨量 213mm,比历年同期均值偏多 44%,有两个极值区:一个在雅鲁河上游,中心站在五公里站,降雨量达 554mm;另一个在洮儿河的上游及其支流归流河、蛟流河上游的协力站,降雨量达到 513mm。8 月,嫩江流域平均降雨量 208mm,比历年同期均值偏多 104%,嫩江流域降雨量主要分布在嫩江的中下游,极值区在嫩江右侧支流阿伦河和雅鲁河,有两个极值中心:一个是阿伦河的复兴水库,降雨量 637mm;另一个是雅鲁河的扎兰屯站,降雨量 516mm。9 月,嫩江流域降雨量不大,平均降雨量为 56mm,比常年同期偏多 10%~15%。

1998 年汛期,嫩江流域降雨历时长,雨区稳定,主要降雨始终停留在嫩江流域。主要降雨过程连续,降雨总量大,为历史罕见。嫩江流域的 5 次主要降雨过程有 3 次过程连续出现在 7 月 17 日至 8 月 14 日这段时间内。嫩江流域降雨场次多,降雨强度大。嫩江流域出现 5 次大范围、高强度降雨过程的情况在历史上少见。

2. 汛期洪水情况

1998 年汛期主要有 5 场主要降雨过程,在干支流形成的洪水主要有三场。具体分析有以下特点:

(1) 洪水来自嫩江全流域。由于 1998 年汛期嫩江流域雨区覆盖面积广、降雨场次多、雨期长、降雨量达,造成嫩江流域汛期降雨量较常年明显偏多,致使嫩江干流和右侧支流从上游到下游均出现大洪水。其中,超过实测历史记录洪水的主要河流及水文站有:支流的诺敏河的古城子站、阿伦河的那吉站、雅鲁河的扎兰屯站和碾子山站、罕达罕河的景星站、绰尔河的文得根站和两家子站、洮儿河的洮南站、霍林河的白云胡硕站;干流的阿彦浅、同盟、齐齐哈尔、富拉尔基、江桥、大赉站等。

(2) 洪水发生时间早。6 月中下旬嫩江上游干支流就发生了大洪水,比正常年份提前约 1 个月。

(3) 洪水次数多。嫩江右侧支流甘河、诺敏河、雅鲁河、绰尔河先后出现了 3~4 次洪水,洮儿河出现 8 次洪水;嫩江干流连续发生 3 次大洪水,而且洪水一场比一场大,造成恶劣组合,从而形成嫩江第三场的特大洪水。

(4) 洪水峰高量大。由于三次洪水持续叠加出现,各支流洪水遭遇组成恶劣,造成了洪水峰高量大。嫩江支流诺敏河、阿伦河、雅鲁河、绰尔河、洮儿河等河流控制站 1998 年最大洪峰流量为历史实测最大洪峰流量的 1.6~2.7 倍;江桥水文站第三次洪水由于支流雅鲁河、绰尔河洪水的恶劣组合,致使洪峰流量由上游的 $15500\text{m}^3/\text{s}$ 猛增为 $26400\text{m}^3/\text{s}$,是 1969 年实测最大洪峰流量的 2.5 倍。

(5) 洪水水位高,高水位持续时间长。1998 年汛期的同盟、齐齐哈尔、富拉尔基、江桥、大赉等水文站最高水位均超过历史实测记录,江桥水文站超历史最高水位 1.61m。同盟、齐齐哈尔、富拉尔基、江桥、大赉等水文站超过警戒水位天数分别为 36 天,38 天,49 天和 89 天。超历史最高水位天数分别为 6 天,8 天,28 天和 18 天。1998 年嫩江干流水文站最大洪水的洪峰情况见表 1-3。