

国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2006CB403404) 及
北京市财政专项资金项目 (03520284090016) 资助

基于 WebGIS 的降雨产流测报与 实时水资源评价

贾仰文 赵红莉 牛存稳 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家重点基础研究发展规划 (973) 项目(2006CB403404)及
北京市财政专项资金项目(03520284090016)资助

基于WebGIS 的降雨产流测报与 实时水资源评价

贾仰文 赵红莉 牛存稳 蒋云钟 著
甘 泓 赵学丽 赵志新 薛 燕



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 摘 要

本书针对我国北方城市水资源短缺与城市洪涝问题并存的实际情况,介绍了基于 WebGIS 技术和分布式水文模型技术的降雨产流测报与实时水资源评价的初步研究成果,旨在为城市雨洪资源利用和水资源调度管理提供现代科技分析工具。全书共由 9 章构成。第 1 章概述了实践需求、相关技术,开展这项工作的理论与技术难点,以及应用前景等;第 2~8 章分别介绍了 WebGIS 技术、降雨产流测报模型、实时水资源评价、系统总体设计与功能、数据平台与模型数据库、参数率定与模型验证以及系统集成与应用;第 9 章简要总结了本项开发应用工作及体会,并讨论了存在的问题与今后努力的方向。

本书可供资源环境等相关领域的科研人员、大学教师、研究生以及技术管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 WebGIS 的降雨产流测报与实时水资源评价/贾仰
文等著. —北京:中国水利水电出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6336 - 0

I. 基… II. 贾… III. ①地理信息系统-应用-降雨-
产流-天气预报②地理信息系统-应用-水资源-评价
IV. P457.6 TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 029873 号

书 名	基于 WebGIS 的降雨产流测报与实时水资源评价
作 者	贾仰文 赵红莉 牛存稳 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
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	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 8 印张 190 千字
版 次	2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

随着我国经济的快速发展和城市化进程加快,城市缺水与城市洪涝灾害并存的问题日益突出,尤其是在北方城市。例如北京市,人均占有水资源量不足 300m^3 , 仅为全国的 $1/8$ 、世界的 $1/30$, 远远低于国际公认的人均 1000m^3 的缺水下限, 是世界严重缺水的大城市之一; 而另一方面, 北京市在水资源短缺的同时, 又突发洪涝灾害, 如 2004 年 7 月 10 日的暴雨及 2006 年 7 月 31 日的暴雨, 对城市交通和市民生活造成严重影响, 给北京市防洪排涝安全带来巨大的压力。

为应对突如其来的暴雨, 达到既能预防城市雨洪灾害, 又能高效利用雨洪资源的目标, 开展降雨产流测报与实时水资源评价工作具有十分重要的现实意义, 即: 当一场降雨刚刚发生之时, 便根据实时降雨及蒸发等水情监测系统, 对本场次降雨的产流量、蒸发量、入渗量、地下水补给量以及出入境水量等作出快速的预报、预测或评估, 及时支撑水资源调度和雨洪利用方面的决策。目前, 国内外在以河道控制断面为关注点的洪水预报与径流预报、长时间系列的水资源评价等方面已积累了丰富的经验, 但在围绕流域水资源调度和雨洪利用的实时水资源评价方面基本上是一个研究空白。尽管地表径流的产流过程是快速的, 但土壤水运动过程是缓慢的, 地下水运动过程更是十分缓慢, 因此实时水资源评价不但与本场次降雨的过程、初期土壤墒情和地下水位有关, 同时与未来的气象条件及水资源利用情况也密切相关, 开展实时水资源评价存在许多难题。本书对该命题开展了初步探索。

本书是在“北京市降雨产流测报系统”研发成果基础上编写而成的。北京市水务局于 2004 年 11 月委托北京市水文总站与中国水利水电科学研究院水资源研究所联合研发“北京市降雨产流测报系统”。目标是建立一个科学、实用、高效、先进的北京市降雨产流测报计算机系统, 及时准确掌握北京市场次降雨的产流量、蒸发量、入渗补给量以及出入境水量等情况, 向政府管理部门、各行业生产单位及公众提供降雨、产流及洪水等方面的信息, 辅助建立快速反应机制, 为领导进行水资源和雨洪调度决策提供更加科学和直观的依据。北京市降雨产流测报系统 2005 年 5 月投入试运行, 经过一年的测试与

改进,于2006年5月完成并投入正式运行,并于2006年11月通过验收和鉴定。该系统目前是北京市水情分析日常工作的重要技术工具。

北京市降雨产流测报系统是将WebGIS技术与分布式水文模型技术相结合、基于B/S体系结构网络平台的专业模型软件系统,既能满足场次降雨产流分析计算的要求,又能满足不同时间尺度水资源评价的需要,还能满足广泛范围内用户定制与信息查询的要求。该系统采用跨平台、标准开放、技术成熟和先进的应用集成技术进行建设,包括中间件、XML、Web服务、WebGIS、数据集成、应用集成、分布式降雨产流模型、实时水资源评价和图形分析等技术。系统实用性和通用性强,集成化程度高,可视化特点明显,体现水利行业“信息数字化、分析实时化、表现智能化、服务多元化”信息化建设发展趋势。系统的建立,为及时准确掌握北京市场次降雨的产流量、蒸发量、入渗补给量以及出入境水量等情况提供了先进有效的技术支持,对促进防洪及水资源管理决策的现代化也具有重要意义。

该成果自2005年5月起在北京市水情测报业务中实际应用以来,已向市政府提供了60余次准确可靠的水资源分析报告,提供了决策支持,取得了较好的社会、经济和环境效益。实际应用表明,本项成果的设计及研发思想是成功的,开发策略、方法和实施技术具有较强的理论性和通用性。该成果已获国家版权局颁发的软件著作权登记权(登记号:2007SR05897),并获2007年地理信息系统优秀工程奖、2007年北京水务科学技术一等奖及2008年大禹水利科学技术三等奖。

北京市降雨产流测报系统项目的主要完成人员包括:①北京市水文总站:赵志新、赵学丽、薛燕、杜龙刚、王亚娟、杨启涛、周东、吴海山等;②中国水利水电科学研究院:甘泓、贾仰文、蒋云钟、赵红莉、梁籍、牛存稳、邢志、赵立明、韩春苗、张小娟、李娟、周祖昊、梁仲元、高辉、韩素华、甘治国、罗翔宇、仇亚琴、温鹏、郑力、喻枫、董成田、张晓梅、杨晶、郎树玲、周望鸿等。

全书共由9章构成。第1章概述了实践需求、相关技术,开展这项工作的理论与技术难点,以及应用前景等;第2~8章分别介绍了WebGIS技术、降雨产流测报模型、实时水资源评价、系统总体设计与功能、数据平台与模型数据库、参数率定与模型验证以及系统集成与应用;第9章简要总结了本项开发应用工作及体会,并讨论了存在的问题与今后努力的方向。前言和第1章由贾仰文执笔,第2章由赵红莉执笔,第3章由牛存稳、贾仰文和赵志新执笔,第4章由贾仰文、牛存稳和赵学丽执笔,第5章、第6章由赵红莉、蒋云钟和

甘泓执笔，第7章由牛存稳、贾仰文和赵学丽执笔，第8章由蒋云钟、赵红莉、贾仰文、赵学丽、薛燕和赵志新执笔，第9章由贾仰文和甘泓执笔。全书由贾仰文统稿。

在项目的完成和本书的编写过程中，得到北京市水务局、北京市水文总站、北京市水利规划设计院、水利部水文局和中国水利水电科学研究院等有关单位的大力支持和帮助。特别是北京水务局的陈铁总工、刘培斌副总工、段伟副总工和吴文桂教授，北京市水文总站的陆苏书记、杨忠山主任，清华大学的胡和平教授，水利部水文局的刘金平教授和中国水利水电科学研究院的王浩院士等领导和专家，对本项目给予了指导并提出了许多宝贵的意见。特此致以衷心的感谢。

受时间和作者水平所限，书中错误和不足之处，恳请读者批评指正。

作 者

2008年11月于北京

— 目 录 —

前言

第 1 章 概述	1
1.1 降雨产流测报与实时水资源评价是城市水管理的实践需求	1
1.2 分布式流域水文模型与 WebGIS 技术的发展	2
1.3 主要技术难点与应用前景	4
第 2 章 WebGIS 技术	6
2.1 WebGIS 概述	6
2.2 WebGIS 基本原理	10
2.3 WebGIS 的分类和应用	22
2.4 WebGIS 应用发展前沿	29
2.5 基于 WebGIS 的水信息系统	36
第 3 章 降雨产流测报模型	42
3.1 降雨产流方式	42
3.2 常用降雨产流测报方法	43
3.3 北京市降雨产流测报方法	46
第 4 章 实时水资源评价	54
4.1 水资源评价	54
4.2 实时水资源评价	57
4.3 小结	61
第 5 章 系统总体设计与功能	62
5.1 系统设计原则	62
5.2 技术标准与规范	63
5.3 系统总体结构	64
5.4 开发策略与关键技术	64
5.5 系统运行环境	68
5.6 系统功能	69
5.7 界面设计	73
第 6 章 数据平台与模型数据库	74
6.1 数据分布及数据流程	74

6.2	数据平台设计与实现	74
6.3	模型专用数据库建设	75
6.4	空间数据库设计	80
6.5	代码设计	81
第7章	参数率定与模型验证	83
7.1	北京市概况	83
7.2	模型参数率定	85
7.3	模型检验	89
7.4	小结	92
第8章	系统集成与应用	94
8.1	系统集成	94
8.2	系统测试	94
8.3	系统应用	95
第9章	总结	110
	参考文献	112

— 表目录 —

表 3-1	北京市地形分区径流系数	49
表 4-1	水资源量及其分量实时评价汇总	59
表 6-1	数据库表及其主码	79
表 6-2	空间数据库表	81
表 6-3	数据代码设计	82
表 7-1	模型参数表	85
表 7-2	模型参数率定成果表	87
表 7-3	模型参数率定期计算结果表	88
表 7-4	率定期 2003 年计算成果表	88
表 7-5	广义场次模型验证成果表	90
表 7-6	子流域模型验证成果表	92
表 8-1	降雨产流分析表 (2004 年 7 月 10 日)	96
表 8-2	降雨产流分析表 (2004 年 7 月 29 日)	98
表 8-3	降雨产流分析表 (2004 年 8 月 11 日)	101
表 8-4	降雨产流分析表 (2004 年 9 月 14 日)	103
表 8-5	降雨产流分析表 (2005 年 7 月 22 日)	105
表 8-6	降雨产流分析表 (2005 年 8 月 15 日)	107
表 8-7	北京市 2006 年汛期部分场次降雨产流过程水资源量计算统计表	109
表 8-8	北京市 2007 年汛期部分场次降雨产流过程水资源量计算统计表	109
表 8-9	北京市 2008 年汛期部分场次降雨产流过程水资源量计算统计表	109

图目录

图 2-1	二层/三层的 WebGIS 体系结构	11
图 2-2	基于 XML 的 WebGIS 体系结构	12
图 2-3	基于 Web Service 的开放式 WebGIS 体系结构	13
图 2-4	基于 CGI 方式的工作原理	15
图 2-5	基于 Plug-In 方式的工作原理	16
图 2-6	基于 ActiveX 的工作原理	17
图 2-7	基于 Java Applet 的工作原理	18
图 2-8	基于 XML 方式的 Web 服务构架	19
图 2-9	基于 Web Service 的实现原理	21
图 3-1	北京市部分流域 $P \sim R$ 相关图	44
图 3-2	北京市按地形划分示意图	47
图 3-3	北京市行政分区单元示意图	47
图 3-4	北京市子流域划分示意图	48
图 3-5	北京市城区 $P \sim R$ 相关图	50
图 3-6	北京市山区 $P \sim R$ 相关图	51
图 3-7	北京市平原区 $P + P_a \sim R$ 相关图	52
图 3-8	水量平衡框架示意图	52
图 3-9	平原地下含水层对地下径流的调节示意图	53
图 4-1	水资源形成转化示意图	58
图 4-2	出入境水量控制站分布图	60
图 5-1	系统构架图	65
图 5-2	系统运行环境部署	69
图 5-3	水循环模拟综合示意图	71
图 5-4	降水量分解饼图	71
图 5-5	降水量分区统计专题图	72
图 5-6	表格与柱状图	72
图 5-7	表格数据输出	73
图 6-1	数据分布与数据流程	74
图 6-2	数据平台设计	75
图 6-3	瀑布式开发过程图	76
图 6-4	螺旋式开发过程图	77

图 6-5	数据库分析模型图	78
图 6-6	数据库对象模型符号	78
图 6-7	数据库对象模型简化图	79
图 7-1	2003 年全年降雨深空间分布	88
图 7-2	2003 年地表产流量空间分布	88
图 7-3	2003 年地下产流量空间分布	89
图 7-4	2003 年水资源总量空间分布	89
图 7-5	2003 年模型计算全市平均土壤含水量变化过程线	89
图 7-6	北京市 1986~2002 年地表径流量与基流量相关关系图	90
图 7-7	2005 年模型计算全市平均土壤含水量变化过程线	90
图 7-8	1998 年模型计算全市平均土壤含水量变化过程线	91
图 7-9	2002 年模型计算全市平均土壤含水量变化过程线	91
图 7-10	2004 年模型计算全市平均土壤含水量变化过程线	91
图 8-1	2004 年 7 月 10 日降雨分布图	97
图 8-2	2004 年 7 月 10 日地表产流分布图	97
图 8-3	2004 年 7 月 10 日地下产流分布图	98
图 8-4	2004 年 7 月 29 日降雨分布图	99
图 8-5	2004 年 7 月 29 日地表产流分布图	100
图 8-6	2004 年 7 月 29 日地下产流分布图	100
图 8-7	2004 年 8 月 11 日降雨分布图	101
图 8-8	2004 年 8 月 11 日地表产流分布图	102
图 8-9	2004 年 8 月 11 日地下产流分布图	102
图 8-10	2004 年 9 月 14 日降雨分布图	103
图 8-11	2004 年 9 月 14 日地表产流分布图	104
图 8-12	2004 年 9 月 14 日地下产流分布图	104
图 8-13	2005 年 7 月 22 日降雨分布图	105
图 8-14	2005 年 7 月 22 日地表产流分布图	106
图 8-15	2005 年 7 月 22 日地下产流分布图	106
图 8-16	2005 年 8 月 15 日降雨分布图	107
图 8-17	2005 年 8 月 15 日地表产流分布图	108
图 8-18	2005 年 8 月 15 日地下产流分布图	108

第 1 章 概 述

本章概述了基于 WebGIS 降雨产流测报与实时水资源评价的实践需求、相关技术的发展,开展这项工作的理论与技术难点,以及应用前景等。

1.1 降雨产流测报与实时水资源评价是城市水管理的实践需求

我国目前处于经济高速增长时期,城市化进程速度加快。城市化带来的水问题,如城市水资源短缺、城市地下水位下降、城市洪水、城市水污染以及城市热岛效应等问题越来越突出,城市水文学的研究亟待加强。欧美国家从 20 世纪 60~70 年代已重视这方面的研究(Lazaro, 1979; 霍尔, 1989),日本从 20 世纪 70~80 年代也开始了大量研究和实验(Ichikawa 等, 1976; Musiake 等, 1987; 虫明功臣, 1996),并提出“水环境再生”(虫明功臣等, 1987)和“健全的水循环”(http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/miz-sei/junkan)等计划。我国的北京、上海等城市水利部门以及城建部门等从 90 年代开始建设城市雨水利用示范工程(辛向阳、周灿, 2003; 丁跃元等, 2004),国内一些学者和技术人员开始有关城市水文水资源问题的研究探索并取得了一些研究成果(李长兴, 1998; 钟登华、李文颖, 2001; 车伍、李俊奇, 2006; 汪慧贞, 2007),但尚未涉及实时水资源评价等问题,与城市水管理的实践需求相比还远远不够。

在我国许多城市,特别是北方城市,目前比较突出的问题是,城市缺水与城市洪涝灾害并存。因此,面对城市暴雨,为达到既能减少城市洪涝灾害损失,又能高效利用雨洪资源的目标,开展降雨产流测报与实时水资源评价工作具有十分重要的现实意义,即:当一场降雨刚刚发生之时,便根据实时降雨及蒸发等水情监测系统,对本场次降雨的产流量、蒸发量、入渗补给土壤水量与地下水量以及出入境水量等做出快速的预报、预测或评估,及时支撑水资源调度和雨洪利用方面的决策。例如,北京市 1999 年以来遭遇连续干旱年,但突发性暴雨也经常发生。2004 年 7 月 10 日,一场强降雨侵袭北京,造成了十几亿元的经济损失和许多社会问题。王岐山同志(当时任北京市市长)在“7·10”暴雨后特别指出,“北京人天天盼水,水来了又怕水。各级领导干部和政府部门要认真总结经验、吸取教训,对气象、交通、市政、洪水管理、雨污分流、协调机制等多方面进行深刻反思,从而能够从容应对各种突发自然灾害”,并要求北京市水务局实时掌握每次降雨形成的雨洪资源情况,达到既能预防洪涝灾害,又能高效利用雨洪资源的目标。

目前,国内外在以河道控制断面为关注点的洪水预报与径流预报、长时间系列的水资源评价等方面已积累了丰富的经验,但在围绕流域水资源调度和雨洪利用的降雨产流测报与实时水资源评价方面还缺少研究,急需开展探索。

1.2 分布式流域水文模型与 WebGIS 技术的发展

近年来, 分布式流域水文模型与 WebGIS 技术的发展, 为开展降雨产流测报与实时水资源评价工作提供了较好的条件。

1.2.1 分布式流域水文模型的发展

流域水文模型按空间尺度划分, 可分为集总式流域水文模型和分布式流域水文模型。集总式流域水文模型通常不考虑水文过程、输入变量、边界条件和流域几何特征的空间变异性, 模型中一些水文过程由简化的水力学公式描述, 而另一些由经验性代数方程表示。因此集总式模型通常属于概念性或经验性模型范畴。分布式流域水文模型则充分考虑水文过程、输入变量、边界条件和流域几何特征的空间变异性, 通常属于物理性模型范畴。但在大多数实际情况下, 由于受资料数据限制, 输入数据、边界条件和流域特征是集总式考虑的, 而一些水文过程和输出结果是分布式计算的, 这时可称为半分布式流域水文模型。

20 世纪 80 年代中期以来, 随着计算机技术、地理信息系统和遥感技术的发展, 考虑水文变量空间变异性的分布式流域水文模型的研究受到重视, Freeze and Harlan 的分布式水文模型“蓝本”得到了实现, 世界各地的水文学家开发了许多分布式或半分布式流域水文模型。Singh & Woolhiser (2002) 曾列举出 88 个模型, 在美国及加拿大常用的有 HSPF 模型 (Bicknell 等, 1993)、SWAT 模型 (Arnold, 1994)、HEC-HMS 模型 (U. S. Army Corps of Engineers, 2000)、SWMM 模型 (Huber & Dickinson, 1988)、USGS-MMS 模型 (Leavesley 等, 2002) 和 UBC 模型 (Quick, 1995) 等, 在欧洲国家比较知名的有 SHE/MIKESHE 模型 (Abbott 等, 1986; Refsgaard & Storm, 1995)、TOPMODEL 模型 (Beven 等, 1995)、HBV 模型 (Bergstrom, 1995) 和 IHDM 模型 (Beven 等, 1987) 等。立川 (2002) 曾列举出在日本有广泛影响的模型, 如小尻模型 (小尻利治等, 1988)、OHyMoS 模型 (高楳琢马等, 1995)、IISDHM 模型 (Herath 等, 1997)、WEP 模型 (Jia 等, 2001) 等。在国内, 除了国外模型如 SWAT、TOPMODEL 等的应用, 近年来涌现出的代表性模型有分布式时变增益模型 (夏军等, 2003)、GBHM 模型 (杨大文等)、WEP-L 模型 (贾仰文等, 2005)、ArcTOP 模型 (刘志雨, 2005)、分布式新安江模型 (李致家等, 2007) 等。

按对基本计算单元划分的不同, 分布式流域水文模型又分为三类, 即子流域单元型、网格单元型和地貌单元型。子流域单元型分布式水文模型通常是分布式概念模型, 是将流域分割成各子流域, 每个子流域为一计算单元, 应用概念集总式模型直接推求出口断面流量, 或者先推求每个子流域的净雨, 然后将子流域内的汇流坡面概化为分布于河道两侧的两个矩形斜面进行坡面汇流与河道演算, 最后求得出出口断面流量。由于各子流域相对独立, 相互之间的水量交换仅通过河道汇流来考虑, 通常又称松散耦合型分布式水文模型。大多数分布式水文模型属于此类, 如分布式新安江模型、分布式 TANK 模型等。这类模型的优点是结构简单、可以使用较长的时间步长如日以上, 且计算效率高, 缺点是简化处理了计算单元内的水的移动及各计算单元之间的相互作用, 且各计算单元的参数都需要率

定。网格单元型分布式水文模型通常是分布式物理模型,是将流域分割成空间网格,根据水移动的偏微分方程、边界条件及初始条件应用数值分析来建立相邻网格单元之间的时空关系,通常又称为基于物理机制的分布式水文模型或紧密耦合型分布式水文模型,如 SHE 模型等。这类模型的优点是能直接考虑各水文要素的相互作用及其时空变异规律,缺点是需要数据量大、计算负担重。地貌单元型分布式水文模型通常也是分布式物理模型,是将流域按山坡斜面或由等高线与地表流线构成的区间等地貌单元来分割,如 IHDM 模型等。这类模型的优点是易于精确表示地形特征,缺点是计算单元划分工作量较大且不利于自动处理,计算量也比较大。

在降雨产流测报与实时水资源评价中,由于管理单位和决策部门通常要求快速、及时,在很短的时间内给出测报和评价结果,因此在应用分布式流域水文模型时,既要考虑实时可获取水文气象数据的情况,还要考虑模型的计算速度。就我国目前的水情监测条件来看,开展降雨产流测报与实时水资源评价工作时,数据需求少的简单模型具有优势,而数据需求量大、过于复杂的模型的应用尚存在一定困难。

1.2.2 WebGIS 技术的发展

现代信息科学在水资源的调度与管理中发挥着越来越重要的作用。水利科学与信息科学的交叉诞生了水信息学 (Hydroinformatics)。M. B. Abbott 教授在他 1991 年出版的专著《Hydroinformatics: Information Technology and the Aquatic Environment》中首次提出了水信息学的概念,将它定义为在水的范围内运用知识的新途径、新知识。水信息学是一门新兴学科,它的许多概念体系和内容范畴尚未正式形成,但它从诞生之初就受到人们的广泛关注,将在提高水资源调度管理的效率方面有着广阔应用前景。目前,水信息学广泛应用了 3S (GIS、RS、GPS) 等现代高新技术、人工智能、数据挖掘、数据仓库等信息科学方法。

地理信息系统 (GIS) 是一个以计算机为基础的管理和研究空间数据的技术系统,是围绕着这项技术的研究、开发和应用而形成的一门交叉性学科。在计算机软、硬件支持下,它可以对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理,研究各种空间实体及其相互关系。随着分布式计算技术、面向对象的组件技术、网络技术的迅速发展,以及 Internet (因特网) 在社会生活中的日益普及,出现了 WebGIS,并迅速成为目前 GIS 发展的重要方向。

WebGIS 是指基于 Internet 平台进行地理信息发布、数据共享、交流协作,是运行于 Internet 上的地理信息系统。客户端应用软件采用 WWW 协议,实现 GIS 信息的在线查询和业务处理等功能。WebGIS 是利用 Internet 技术来扩展和完善 GIS 的一项新技术,其核心是在 GIS 中嵌入 HTTP 和 TCP/IP 标准的应用体系,实现 Internet 环境下的空间信息管理。WebGIS 涉及在网络 (Internet/Intranet) 环境下,地理信息 (图形、图像和与此相关的文本数据) 的模型、传输、管理、分析、应用的理论与技术。

与传统 GIS 不同的是,WebGIS 采用基于 Internet 的 Browser/Server (简称 B/S) 体系结构,不同部门数据可以分别存储在不同地点的 Server (服务器) 上,每个 GIS 用户作为一个客户端通过 Internet 的 Browser (浏览器) 与 Server 端交换信息,可以与网上其

他非 GIS 信息进行无缝连接和集成。WebGIS 可以实现对各种传统数据的相互操作和共享,以便充分利用现有资源。WebGIS 还可以用于 Intranet (内部互联网)以建立各部门内部的网络 GIS,实现局部范围内的数据共享。WebGIS 不但改变了传统 GIS 的设计、开发和应用方法,而且完全改变了空间数据的共享模式。从 WWW 的任意一个站点,Internet 用户可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据,制作专题图,以及进行各种空间检索和空间分析,由此,GIS 进入千家万户。作为地理信息的一种新形式,WebGIS 无论在理论研究,还是在应用方面都还处于发展阶段,其最终目标是能实现 GIS 与 WWW 技术的有机结合。

1.3 主要技术难点与应用前景

1.3.1 主要技术难点

开展基于 WebGIS 的降雨产流测报与实时水资源评价工作,主要技术难点包括以下三个方面:

(1) 基于 WebGIS 的分布式降雨产流测报技术。由于 WebGIS 数据管理和空间分析的工作量较重,而管理单位和决策部门通常要求在很短的时间内给出测报结果,因此在应用分布式流域水文模型时,需要充分考虑模型的计算速度以及实时可获取水文气象数据的情况。

(2) 实时水资源评价技术。实时水资源评价和传统的水资源评价相比,可获取信息数据量少、水文过程的随机性和不确定性大。虽然地表径流的产流过程是快速的,但土壤水运动过程是缓慢的,地下水运动过程更是十分缓慢的,因此实时水资源评价不但与本场次降雨过程、雨型初期土壤墒情和地下水位有关,同时与未来的气象条件及水资源利用情况也密切相关。

(3) 基于 WebGIS 的空间分析技术与分布式水文模型技术相结合,建立 B/S 体系结构的网络专业模型系统,实现 GIS 高级分析功能和专业模型计算功能的网络共享。

本书只是对实时水资源评价进行了初步探索,许多难题需要今后进一步研究。

1.3.2 应用前景

近年来,WebGIS 技术在地球科学(包括水文水资源领域)已有一些研究及应用实例。例如,Mathiyalagan 等(2005)为美国佛罗里达湿地建立了 WebGIS 系统和地理数据库,Kelly 和 Tuxen(2003)将 WebGIS 技术应用于监视美国加州橡树的突然死亡事件,施加春等(2003)开发并应用了基于 WebGIS 的农业面源污染信息系统,陈锁忠等(2003)开展了基于 WebGIS 的一维水质模型研究,Engel 等(2003)开发了基于 Web 技术的决策支持系统来评估土地利用变化的水文效应等。但目前尚缺乏关于 WebGIS 和分布式水文模型相结合用于产流预测和实时水资源评价的研究。

基于 WebGIS 的降雨产流测报与实时水资源评价,将 WebGIS 技术与分布式水文模型技术相结合建立降雨产流测报系统,既能满足场次降雨产流分析计算的要求,又能满足

不同时间尺度水资源评价的需要，具有较强的实用性和通用性，集成化程度高、可视化特点明显，能够体现水利行业“信息数字化、分析实时化、表现智能化、服务多元化”信息化建设发展趋势，对促进防洪及水资源管理决策的现代化具有重要意义。因此，这项技术在水文水资源研究和管理中具有广阔的应用前景。

第2章 WebGIS 技术

本章介绍了 WebGIS 的概念、基本原理、分类与应用、发展前沿以及基于 WebGIS 的水信息系统等。

2.1 WebGIS 概述

21 世纪因特网 (Internet) 的迅速崛起和在全球范围内的飞速发展, 使万维网 (World Wide Web, WWW 或 Web) 成为高效的全球性信息发布渠道。随着 Internet 技术的不断发展和人们对地理信息系统 (GIS) 的需求, 利用 Internet 在 Web 上发布空间数据, 为用户提供空间数据浏览、查询和分析等功能, 已经成为 GIS 发展的必然趋势。于是, 基于 Internet 技术的地理信息系统——WebGIS 应运而生, WebGIS 为地理信息和地理服务通过 Internet 在更大范围内发挥作用提供了新的应用平台。

2.1.1 WebGIS 的基本概念

地理信息系统 (GIS) 是一个以计算机为基础的管理和研究空间数据的技术系统, 是围绕着这项技术的研究、开发和应用而形成的一门交叉性、边缘性学科。在计算机软硬件支持下, 它可以对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理, 研究各种空间实体及其相互关系 (邬伦等, 2000)。随着分布式计算技术、面向对象的组件技术、网络技术的迅速发展, 以及 Internet 在社会生活中的日益普及, 出现了与 WWW 相结合的 GIS——WebGIS, 并迅速成为目前 GIS 发展的重要方向。

WebGIS 是指基于 Internet 平台进行地理信息发布、数据共享、交流协作。客户端应用软件采用 WWW 协议, 实现 GIS 信息的在线查询和业务处理等功能。运行于因特网上的地理信息系统, 是利用 Internet 技术来扩展和完善 GIS 的一项新技术, 其核心是在 GIS 中嵌入 HTTP 和 TCP/IP 标准的应用体系, 实现 Internet 环境下的空间信息管理。WebGIS 由多主机、多数据库与多终端, 通过 Internet/Intranet 连接信息组成, 具有客户端/服务器 (C/S) 结构, 服务器端向客户端提供信息和服务, 客户端具有获得各种空间信息和应用的功能 (马林兵等, 2006)。

WebGIS 是 Internet 技术应用于 GIS 开发的产物, 是一种基于 Internet 的 OpenGIS 开发的软件。一般把因特网中的 GIS 称为 WWW GIS 或 WebGIS, 中文名为万维网 GIS。WebGIS 就是以 WWW 的 Web 页面作为 GIS 软件的用户界面, 把 Internet 和 GIS 技术结合在一起, 能够进行各种交互操作的 GIS, 它是一种大社会级的 GIS。Web 页面使用超媒体技术和超文本链接语言, 使得对 WWW 的操作更富有灵活性和趣味性。以 Web 作为