

基于 Web GIS

水资源管理信息系统的 理论与实践

杨国范 张兴华 张玉龙 罗嘉陵 等 著

Theory and Practice of Water Resource Management
Information System Based on Web GIS



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

基于Web GIS 水资源管理信息系统的 理论与实践

杨国范 张兴华 张玉龙 罗嘉陵 等 著

Theory and Practice of Water Resource Management
Information System Based on Web GIS



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

结合抚顺市水资源管理信息系统的建设,对基于 Web GIS 水资源管理信息系统的理论和技术进行了论述,构建集成了传感器、传输通信、数据库、Web GIS、网络技术的水资源管理信息系统,有水资源实时监测、分析预测、业务管理、信息服务等 4 个子系统,实现了水资源管理的空间、实时、网络、专业、规范化。根据监测数据对水资源量、水质评价与预测、水资源实时评价、需供水预测等进行了研究计算。全书分为绪论,系统总体设计,水资源实时信息采集,信息采集信道设计,中心站建设,系统水资源评价与预测,系统功能与实现等 7 章。

本书适合水利信息化与数字水利研究工作者、项目开发策划人员以及市级水资源管理公务员学习参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

基于Web GIS水资源管理信息系统的理论与实践 / 杨国范等著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010.3
ISBN 978-7-5084-7384-0

I. ①基… II. ①杨… III. ①水资源管理—管理信息系统 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第057329号

书 名	基于 Web GIS 水资源管理信息系统的理论与实践 Theory and Practice of Water Resource Management Information System Based on Web GIS
作 者 出版发行	杨国范 张兴华 张玉龙 罗嘉陵 等 著 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
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 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 印 刷 规 格 版 次 印 数 定 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市兴怀印刷厂 184mm×260mm 16 开本 7.75 印张 184 千字 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷 0001—2000 册 18.00 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

整合 Web GIS 技术、网络技术、数据库技术构建的水资源管理信息系统，可有效地实现水资源信息的管理，对水资源管理的规范化和高效化具有重要的意义。本书以抚顺水资源管理信息系统的开发为例，研究以实现抚顺市水资源管理信息的网络化、空间化为目标，以抚顺市多年的水资源数据为基础，通过系统内不同技术的融合处理，系统不同模块方法的选择、参数的修正，实现了管理信息的整合。在收集辽宁省抚顺市多年水文数据、地下水资料、蒸散发数据的基础上，完成了以 Web GIS 系统为主体，以 SQL Server 数据库为后台支持，以动态交互网页技术为补充，动态提取信息为特色，整合不同部门数据资料、管理信息的抚顺地区水资源管理信息系统，实现了抚顺水资源管理信息的网络化、公开化、规范化、空间化和可视化。

构建的水资源管理信息系统可以借助网络平台实现水文的实时监测、社会信息、水文水资源信息的查询，实现降雨、蒸发、水位量、雨量等值图、地下水查询功能等，可为决策部门支持服务，也可通过系统快速获取业务管理、设备管理、管理的维护等相关管理信息，实现了信息共享，将不同部门分散管理的水资源和社会经济活动数据资料汇总，形成一个高度集中的管理体系，避免了以往部门之间的资料相互独立、管理分散、更新工作量大、错误率高的状况。对水资源的决策分析模块在水资源量计算、水质评价和预测等的理论与方法，结合抚顺地区的数据资料在系统中的应用进行了实践。

本书是结合水利部全国城市水资源管理信息化试点建设项目抚顺水资源管理信息系统的建设，在沈阳农业大学农业资源利用博士后流动站和辽宁省农业水土工程重点实验室的支持下完成的。从事本项目的课题组成员和参加本书编写的有杨国范、张兴华、张玉龙、孔达、成遣、肖汉、刘冰、李晓辉、张丽、王改改、金鑫、谷健、杨玉艳、高振东、梁建昌、刘丹、徐伟、李强、于健、陈爽，还有北京恒宇伟业科技发展有限公司罗嘉陵工程师等。在此感谢辽宁省水利厅水资源处原副处长程世迎、抚顺市水务局水资源处原处长李宝贵、辽宁省水文水资源勘测局抚顺分局原副局长宫芳文等同志在研究工作中提供的帮助。

作者

2009 年 12 月

于沈阳农业大学水利馆

目 录

前言

第1章 绪论	1
第2章 系统总体设计	7
2.1 引用标准	7
2.2 设计原则	7
2.3 总体设计	8
2.4 系统总体功能结构	8
第3章 水资源实时信息采集	12
3.1 项目建设	12
3.1.1 地表水监测	12
3.1.2 地下水监测	13
3.1.3 供取水及水资源开发利用监测	13
3.1.4 排污口监测	13
3.2 系统设计	13
3.2.1 地表水监测设计	13
3.2.2 供取水监测设计	14
3.2.3 市区地下水监测设计	14
3.2.4 排污口监测设计	14
第4章 信息采集信道设计	15
第5章 中心站建设	16
5.1 中心站规划	16
5.2 中心站功能	16
5.3 中心站设计	16
5.3.1 市级中心站设计	16
5.3.2 县级中心站设计	17
第6章 系统水资源评价与预测	18
6.1 水资源总量计算	18
6.1.1 抚顺地区地表水资源量计算	18
6.1.2 抚顺地区地下水资源量计算	24

6.2	水质评价与预测	29
6.2.1	灰色关联分析法在系统中的应用	29
6.2.2	灰色马尔可夫链在浑河抚顺段的应用	32
6.3	需水预测	34
6.3.1	城市需水预测模型	34
6.3.2	生活用水估算模型	35
6.3.3	工业用水预测模型	36
6.3.4	农业需水量预测模型	36
6.3.5	建筑业和第三产业需水预测模型	37
6.3.6	生态需水量预测模型	37
6.3.7	需水预测模型在系统中的应用	41
6.4	水资源实时评价	46
6.4.1	汛期水资源实时评价	46
6.4.2	非汛期水资源实时评价	55
6.4.3	汛末地下水资源量	63
6.4.4	汛前地下水资源量	63
6.5	供水预测	65
6.5.1	预测模型	65
6.5.2	大伙房水库入库径流量计算过程	65
第7章	系统功能与实现	69
7.1	实时监测	69
7.1.1	水文监测	69
7.1.2	取水监测	70
7.1.3	水质实时监测	70
7.1.4	排污监测	72
7.1.5	地下水监测	73
7.1.6	水库蓄变量监测	74
7.2	信息服务	75
7.2.1	社会经济	75
7.2.2	地区水文查询	75
7.2.3	水资源量查询	78
7.2.4	水质信息查询	79
7.3	决策支持	82
7.3.1	水资源量分析	82
7.3.2	需水预测	83
7.3.3	水资源实时评价	85
7.3.4	供水预测	88

7.4 业务管理	88
7.4.1 取水许可管理	88
7.4.2 水资源费管理	88
7.4.3 水功能区划管理	90
7.4.4 水资源公报	90
7.4.5 水资源年报	91
7.4.6 文件管理	92
7.5 管理维护	92
7.5.1 用户管理	92
7.5.2 用户组管理	93
7.5.3 基础数据维护	94
7.5.4 工程图片管理	96
7.5.5 文件管理	97
7.6 设备管理	97
7.6.1 单位管理	97
7.6.2 批量实时召测	101
7.6.3 数据补测	105
7.6.4 水量查询	107
7.6.5 水费管理	109
参考文献	112

第 1 章 绪 论

水资源作为 21 世纪的基础自然资源和战略性经济资源，其科学管理与合理利用对人类的生存发展起着至关重要的作用，也一直是社会各界关注的焦点之一。虽然我国在水资源开发治理等方面已经取得了良好的成效，但在资源维护、系统管理等方面仍存在不足之处，仍无法满足水资源持续、高效利用的实际需要。

目前，在水资源管理工作中，取水许可审批、水源观测点确定、水资源总量计算、水质评价与预测、水质污染情况分布、供水蓄水预测、水资源评价等方面的基础数据资料，仍多以纸质文件为主，还不能真正实现无纸化和电子数字信息化，更是不能完全实现实时评价与监测，给管理工作的科学规范化发展造成了很大的阻碍。

近年来，随着计算机技术和网络技术的不断发展与完善，GIS（地理信息系统）作为介于信息科学、计算机科学、地理学、数学、测绘遥感学和管理科学之间的一门新兴边缘学科也获得了迅速的发展。其最显著的特征是实现了社会生活中的各种信息与反应地理位置的图形的有机结合，并能根据用户发出的指令，将离散的数据整合、处理、分析，并把结果提交给有关领导和部门从而为决策管理提供科学的依据。构建基于 GIS 的水资源管理信息系统，不仅可以利用 GIS 对数据的更新查询功能有效地对水体进行动态监测（戴长雷等，2004）；而且可以利用 GIS 的分析功能及其管理功能，将现有的水系、水文，以及多年的水质资料存储在数据库中，根据需要快速查出和预测水质情况；若将 GIS 与水资源应用模型集成，则可进一步提高系统的分析预测精度，增加其实用性，并易于扩展（陈锁忠等，2006）。GIS 作为获取、整理、分析和管理地理空间数据的重要工具，已经在各行业中得到了广泛应用和迅猛发展。开发基于 GIS 的水资源管理信息系统，将成为有效缓解日益突出的水资源危机和提高水资源科学管理的有效途径之一。

20 世纪 60 年代末、70 年代初，水资源管理信息系统的主要作用是采集和处理不同的水资源管理机构的水资源管理数据，通常情况下，各部门机构分开处理所涉及的水量和水质数据、地表水和地下水数据、气象数据等。到 70 年代末，这种仅注重数据采集和处理的水资源管理信息系统在管理过程中已无法满足日益增长的水资源管理业务的需求。各国在 80 年代开始将水资源管理业务融入水资源管理信息系统中用以拓展管理业务，同时也初步具备了水资源管理信息系统的功能。在 20 世纪 80 年代末，沙特阿拉伯王国水利农业部开始使用 Khan H U、Khan S M 和 Husain T 开发研制的国家地下水微机数据库管理系统，该系统主要存储了井位（井的一般信息、井的结构、井的出水量资料），水文地质（地质、含水层、水位、水文、水质资料）和气候（降雨和地面径流资料）三方面的数据（Khan H U，1992）。Bartholicj 和 Vienx B 研制了美国密歇根州内陆水环境管理系统，并与空间信息系统和有限元法相结合，建立密歇根州数据库，为广大的水资源管理者提供决



策信息 (宋松柏, 1995); Charles J Newll、Loren P Hopkins 和 Philip B Bedient 根据美国国家水井协会调查的美国地下水资料, 研制了美国国家地下水水文地质数据库 (Charles J et al., 1990), 该数据库收集了美国全国 400 多个试验场的水文地质参数, 可计算出各地的水力传导系数、渗透系数、饱和度和含水层顶板埋深, 也是计算机地下水模拟决策支持系统 (OASIS) 的一个部分; 而之后出现的美国地下水软件 (UNGWS) 则进一步弥补了该数据库的不足 (Jamsinko Karanjac, 1993), 该软件建立的地下水数据库包括地下水化学、抽水试验、水位、井结构等内容, 并实现了这些资料的图形化表达。

进入 20 世纪 90 年代后, 随着计算机技术的飞速发展, 多技术融合、功能更加完善、操作更加简便的水资源管理信息系统不断涌现。如余达征和史金松在 1990 年利用 VAX 信息管理系统和 Fortran 语言建立了江西省水文数据库管理系统, 该系统由数据库、数据站、数据检索系统、方法库四部分组成 (余达征和史金松, 1992)。以淮北平原为例, 开发出的以 Foxpro 语言为主体, 结合 Basic、C 语言和 Fortran 语言的淮北平原地下水动态管理信息系统实现了淮北平原地下水动态信息的计算机管理 (王世军和丁峰, 1992); 1994 年, 以汉化 Foxbase+关系型数据库系统为基础研制出了大同市水资源数据库与管理系统。该系统建立大同市气象水文、基础地质、水文地质、开发利用、供需分析、水质污染及图形 7 个方面的数据文件, 可提供文件管理、数据维护、信息检索、打印输出、统计计算、图形与绘图等功能 (李铁锋等, 1994); 而宋松柏和张国哲以应用汉化 FOXBASE+数据库系统研制了我国灌区的通用水文数据库管理系统, 该系统对河流水库水文资料、地下水资料、渠系测水资料进行存储, 包括录入模块、维护模块、检索模块和打印模块, 可实现数据录入, 数据维护、检索, 资料整编及图形制作功能 (宋松柏和张国哲, 1994)。陈雁飞提出“城市水资源与节水管理通用软件”图形库的设计思路 and 开发技术 (陈雁飞, 1996); 李达和粟文辉以水资源、环境与社会经济活动信息为基础, 采用计算机技术建立包括社会经济活动、水资源开发、城市排水、水污染环境质量等各类信息的具有空间特征的水资源宏观数据管理体系, 并为政府有关部门提供可靠的决策依据 (李达和粟文辉, 1997)。Kamal A 等用数据包络分析研究了 Palestinian Territories 地区供水系统的相对效率, 认为该方法是评价供水效能的有效工具 (Alsharif K et al., 2008)。而随着土地利用变化影响的加剧, 也有研究者提出通过土地利用的管理来实现水资源的有效管理 (Bossio D et al., 2008)。也有研究者在不同水资源管理状态下, 模拟了不同利用目的水资源的有效性 (Calder I R and Blue Revolution II, 2005; Burte J et al., 2009; Calder I R, 2003)。

GIS 技术及其集成技术在空间数据分析和功能的优势可进一步完善水资源管理系统的空间分析管理功能, 为流域管理和规划提供决策服务。因此 GIS 从 20 世纪 70 年代起就开始应用于水资源管理的研究中。90 年代起, 随着数字技术的飞速发展, GIS 已经成为构成水资源管理的重要平台。如陈刚等以山西汾阳县的应用实例, 阐明了应用 ArcInfo/ArcView 构建水资源管理信息系统过程中的信息收集、储存、分析以及二次开发的方法和过程, 分析了两者结合应用的可行性和优越性, 并讨论了这种方法在水资源系统模拟、辅助决策支持等方面的广泛应用前景 (陈刚等, 1998); 王忠静等通过对水库灌区系统的剖析, 提出中小水库灌区系统的概念性模型, 构建了表征灌区渠系及用户的树状数据



结构和灌区网状数据结构,研发了通用水库灌区系统生成模块和交互式优化配水模块,可用于一般灌区水资源信息的管理(王忠静等,1998)。

目前,GIS技术已处于一个较高的发展阶段,在很多领域,GIS技术将不再是限制其使用的首要因子,而研究领域数据可得性及研究水平等则限制了GIS系统的发展(赵玉霞和赵俊琳,2000);赵颖娣以陕西省宝鸡峡灌区地下水动态资料为基础,利用Visual Foxpro6.0可视化语言与Access97关系型数据库,研发了灌区地下水动态信息管理系统(GDIMS)。该系统既可进行灌区地下水埋深、水温、降雨量和蒸发量等动态信息的搜集、存储与编辑处理,还可建立频谱分析模型和灰色系统模型动态预测模块预测地下水埋深和水位(赵颖娣,2001)。中国水利水电科学研究院水资源研究所研制的《水资源管理信息系统》可在其他地区推广,开展水资源公报和取水许可管理工作可实现对这一系统软件的应用(何素萍等,2002);王秀杰、费守明、李同斌等通过研究沈阳市石佛寺水源自20世纪80年代投产运用以来积累的大量的水文地质资料,通过可视化工具软件Delphi5.0的开发,研制了以计算机为载体的操作简便、界面友好、功能齐全的沈阳市石佛寺地区水资源管理信息系统(王秀杰等,2002)。肖华探讨了灌区水资源管理信息系统的设计原则、实现功能及其结构框架,介绍了本系统在汉中市18万亩以上灌区的水资源管理中的应用(肖华,2003)。冯立华等根据市级水资源管理工作的特点,分析水资源管理业务工作与数据交换流程,重点讨论哈尔滨市水资源管理信息系统的总体目标、系统结构、数据结构、模块结构及系统的运行情况(冯立华等,2003)。李云等把数据库、GIS与管理专业模型进行系统集成,开发出适用于城市水资源管理的计算机软件系统。该系统具有基础信息查询、地表水和地下水运动仿真、用水量统计、需水量预测、污染物扩散控制、水质监测、水环境评价等功能,为城市水资源的科学管理、合理配置等决策提供技术支持(李云等,2003)。李晓军等通过研究广东省重要的水域之一北江流域随着GIS和网络技术的发展,针对当前北江流域的管理现状,在系统分析、设计和开发的实践基础上,从各种技术的实现上多方面探讨地理信息系统、网络技术在水资源管理中的结合与应用问题,为应用系统从传统的单机或Intranet向Internet的跨越积累了经验,同时为水资源管理向可持续发展提供了一套较好方案(李晓军等,2004)。盛东、何新林、刘华梅、刘东旭通过对玛纳斯河流域水资源管理信息系统的开发研究,主要针对水资源管理的需要,解决目前管理效率低,水市场机制不完善等问题,建设高效可靠的、实用先进的综合查询信息系统。根据水资源管理信息系统(WRMIS)的开发目标,分析系统的功能需求和结构,提出新的开发方式,强调开发过程中用户参与的重要性,提高工作效率和管理水平(盛东等,2004)。

近年来,随着计算机技术的深化发展和完善,水资源的管理系统从单一的水资源系统向人类社会经济系统与水资源系统的综合协调的方向发展,这不仅可有效的实现水资源信息的查询,提高流域管理工作效率和水平,而且使水资源的管理工作日趋规范化。如刘杰和康绍忠以可视化编程语言Visual Basic 6.0研发了石羊河流域的水资源管理信息系统,该系统在存储流域水资源相关信息的基础上,搜集整理了大量珍贵的实验数据,规范了流域水资源管理工作,避免了重复作业、有效提高流域管理效率(刘杰等,2005)。叶云霞等设计完成了以PowerBuilder数据库开发平台与MapInfo地理信息系统集成的新疆玛纳斯河流域水资源信息管理系统,同时使用Spatialware for sql server作为网络空间数据库



插件,实现了空间数据网络共享、数据库管理系统和空间数据库的无缝集成(叶云霞等,2005)。2006年王先甲、唐金鹏、李长杰等研发了玛纳斯河灌区分水配水管理信息系统。在保证系统可以长期广泛适用的前提下将整个系统分为权限管理、水源预测、分水计划、配水、数据查询五个模块。完成来水预测,各团场调节水与河泉水的分配计算,很好地解决了灌区分散的水源与分散的用户在用水时空上的冲突(王先甲等,2006)。陈静、刘小学、魏晓妹、李辉、王智阳针对灌区水利信息化建设的需要,在充分调研和系统分析的基础上,利用 Visual Basic6.0 与 Spermap Ob-jects 集成进行 GIS 的二次开发,初步研发了宝鸡峡灌区水资源管理信息系统。系统采用模块化设计方式,很好地解决了空间与非空间数据的管理,并采用 COM 组件技术实现农业供需水预测及平衡分析模型与系统的集成。本研究为灌区水资源的管理利用提供了一套行之有效的管理系统,同时也为合理配水提供了依据(陈静等,2007)。赵琦峰、贾海峰结合北京市顺义区水资源及其利用现状,面向水资源可持续管理,设计和开发了北京市顺义区水资源管理信息系统。利用 GeoDatabase 技术组织水资源管理相关的空间和属性数据,以 GIS 二次开发为平台构建的顺义区水资源管理信息系统,提供了水资源管理数据的输入输出更新维护、GIS 浏览、数据查询统计、水质分析评价、水资源管理专题图制作等功能,基本满足了顺义区水资源管理的需求(赵琦峰和贾海峰,2007)。赵巨伟、孟晓路通过建设辽阳市水资源管理信息系统,以 GIS 为平台,根据水资源管理部门的日常业务及职能,建立了综合信息管理系统。系统实现对属性数据和空间数据的有效管理(赵巨伟和孟晓路,2008)。辽阳市水资源管理信息系统的开发采用 ArcGIS ENGINE 为 GIS 开发平台,SQL Server 作为数据库管理平台,实现了对水资源空间数据及属性数据的交互管理。系统以水资源管理部门的日常工作为基础,建立了对取水许可、取水计量、水资源费征收及各项水资源数据的综合管理体系(孟晓路等,2008)。许保海、李燕、李敏结合 GIS 的功能和地下水资源管理的实际,以贵阳市的应用为例,阐明用 ArcGIS 构建地下水资源管理信息系统过程的信息收集、存储、分析、维护、查询、评价的方法和过程,分析两者结合应用的优越性。该系统的应用可作为政府合理规划本地区水资源开发、生态环境保护、经济发展的一个重要参考(许保海等,2008)。梁钊雄、王兮之介绍了基于 GIS 与 SWAT 模型集成的流域水资源管理信息系统设计的技术路线与功能,提出了通过组件式 GIS 技术将 GIS 和 SWAT 模型集成到水资源管理信息系统的模式。该系统既具有 GIS 强大的数据分析与处理功能,又可以不依赖任何 GIS 平台独立运行 SWAT 模型,是 GIS 与水文模型集成的一种有效途径,提高了水资源管理的信息化水平(梁钊雄和王兮之,2009)。孙宗凤开发了江苏省连云港市水政水资源管理信息系统,其目标是针对水政水资源管理工作的需要,结合该市的特点,建设高效可靠、实用先进的综合信息查询系统,建成江苏省第一家功能齐全的市级水政水资源网站,系统建设遵循“统筹兼顾、公专结合”的原则,从逻辑上把该综合数据库分为水政信息库、水资源信息库等类别,系统用一年三个月建设完成,用户边建设边受益,实现了水政水资源管理各类信息的网上查询,提高了工作效率及管理水平(孙宗凤,2009)。

流域水资源信息管理模型如 WAMView (Bottcher and Hiscock, 2001)、WARMF (Weintraub et al., 2001)、RESTORE (Lamy et al., 2002)、EMDS (Girvetz and Shil-



ling, 2003)、WAWER (Girvetz and Shilling, 2003) 和 Mas et al (2004) 等极大地促进了水资源信息管理的发展,但这些模型通常仅涉及水资源管理的某一方面,而 WFMIS 则在这些研究的基础上整合 WMPI (流域管理优先指数:将水资源管理的分区排序方法)模块、FRES (森林道路系统模块)、HSRS (森林砍伐的时间和数量)模块,构建了综合的水资源管理系统,该系统能全面有效的利用空间信息,并通过提供友好的界面管理系统为流域水资源的管理者提供决策依据 (Zhang and Barten, 2009)。而 W J de lange、Wise R M、forsyth G G and Nahman A 等在南非的 Inkomati 水资源管理区通过使用 GIS 和水利用仿真模拟的 meta-modeling 方法克服了社会经济和生物物理数据的不兼容性,提高了水资源配置决策信息的合理性 (Lange et al., 2005; Calder and Blue, 2005)。Zhu Y and Day R L 在 GIS 平台下根据 20 多年 54 条河流的资料采用回归方法预测不同情景下河流流量、基流量和暴雨径流量,获得了较好的效果,为当地的水资源信息管理提供了决策基础 (Zhu and Day, 2009)。Assaf H and Saadeh 以 GIS 为平台,结合 WEAP 模型构建了综合的水资源管理,该系统考虑了不同水质管理情景下水文信息的时空变异,强调了水质改善的重要性 (Assaf and Saadeh, 2008)。Calder L 则研发专业的 GIS 系统,以 thin-client 技术为辅助技术的管理系统,使决策者和其他专业人事理解土地利用变化、变化对水资源的影响,实现了水文、社会经济模型的界面化操作 (Calder et al., 2008; Laniini et al., 2004)。

综上所述,随着人们水资源智能管理意识的提高,国内外开展了大量的水资源信息管理系统的研究工作,取得了诸多理论和实践成果,功能更强大的数据开发软件的出现,更多的水资源计算机管理应用软件相继被开发出来,这些研究成果大大地推动了计算机技术在水资源管理领域的应用和发展。但由于水利信息化建设刚处于起步阶段,各类行业标准并未统一和人们认识上的差异性,目前水资源信息系统的建设过程中仍存在一些问題或薄弱环节,有待于进一步研究和完善。

(1) 数据及处理规范化与标准化,在当前一些水资源信息系统建设中,虽有水利部出台的相关技术规范可做指导,但并没有引起足够的重视从而实际遵循甚少;而在水资源管理数据编码方面,仍未普适标准化,数据和信息采集、建库没有完全遵循统一标准,给数据的共享带来了困难,而一些社会经济信息的尺度依赖性也阻碍了不同信息的空间处理,阻碍了水资源管理系统的规范化发展。

(2) 系统通用性,目前基于 GIS 的二次开发构建的水资源管理信息系统已经相当多,但这些系统中普遍侧重于某一个典型地区的空间属性数据为研究内容,如若将系统应用于其他地区则需要修改大量的程序代码,工作量繁重而且易于出错,使辛苦建立的系统构建无法应用于其他地区,严重影响系统的通用性。

(3) 系统的可扩展性,GIS 技术、网络技术仍处于不断完善之中,而在系统开发过程中由于经费投入、现阶段的应用需求,以及其他各种软硬件环境的制约,很难“一步到位”。要做到这一点,系统所依赖的 GIS 平台的可伸缩性、可扩展性则是关键。因此,要求基于 GIS 的系统建设可以分步实施,由初级搭建到构架完善,可以跟其他的诸如 MIS 或 OA 等系统无缝集成、无缝扩展,系统数据和程序能够平滑移植。

鉴于以上问题,系统在研发过程中要以《水环境监测规范》(SL 219—98)、《计算机



软件工程规范国家标准汇编》、《地下水水质划分标准》(GB/T 14848—93)等相关标准为指导,根据《水资源信息管理系统功能需求书》、《水资源信息管理系统开发手册》,将原来由不同部门分散管理的水资源及有关的社会经济活动数据资料在经过处理后,构建以WEB服务为主体,GIS技术为支撑,以B/S结构为主,C/S结构为辅的混合结构的管理高度集中、资源共享和可扩展的水资源管理系统。

第2章 系统总体设计

2.1 引用标准

系统总体设计依据的中华人民共和国行业法规、标准和规范，地方标准如下：

(1) 《中华人民共和国水法》。

(2) 《中华人民共和国环境保护法》。

(3) 《中华人民共和国水污染防治法》。

(4) 《取水许可水质管理规定》。

(5) 《水环境监测规范》(SL 219—98)。

(6) 《地下水监测规范》(SL/T 183—96)。

(7) 水利部水文质 [2001] 9 号文关于统一《中国水资源公报》和《中国水资源质量年报》水质评价范围的通知 (GB/T 14848—93)。

(8) 《水资源保护规划》大纲及技术细则、《水质监测规划》大纲及技术细则。

(9) 《计算机软件工程规范国家标准汇编》。

(10) 《地下水水质标准》(GB/T 14848—93)。

(11) 《地表水环境质量标准》(GB/T 3838—2002)。

(12) 《行业用水定额》(DB21/T1237—2008)。

设计除引用以上规范外，还参考水利部的其他相关标准和规定。

2.2 设计原则

水资源的管理需要运用先进的信息管理手段来提高工作效率，推进信息化建设进程。地理信息系统 (GIS) 技术为水资源管理信息的网络化、空间化提供了有效的工具。水资源的 GIS 系统要求具有以下特点：

(1) 界面友好、工具丰富。

(2) 系统要以数学模型和决策分析为支撑。

(3) 系统要能够管理海量数据。

(4) 易于客户化。

(5) 支持网络化。

(6) 支持通用标准。

(7) 系统要统一规划，分步实施。

(8) 系统的可集成性。

(9) 系统的安全性。



2.3 总体设计

应用先进的计算机软件技术和网络技术,开发水资源管理信息系统。本系统建设目标是:开发符合规范、实时高效、运行稳定、开放成熟的水资源信息数据库;运用先进的 Internet/Intranet 技术平台实现水资源的各类信息网络化的传输处理、存储、调用、查询、发布及管理;对水质情况、污染源情况、需水及供水信息、水文资料等进行分析。

水资源管理信息系统为水资源评价、规划、决策、开发利用、保护和管理提供功能完善的信息查询和支持。系统以 WEB 服务为主体, GIS 技术为支撑,结合遥感图像和多媒体数据,以多种水资源信息、地理为依据,以空间数据和属性数据为基础,集数据采集、管理、分析、表达为一体,利用数据库管理技术和高级编程语言,以水资源的监测、调度与管理、水污染的监测和治理为中心,实现图、文、表一体化。为全面、迅速、及时、准确地掌握全市水资源具体状况提供方便;为科学的规划、治理和利用水资源提供及时的基础资料;为实现自动化管理提供信息基础。

系统以抚顺市水务局为中心,放置 GIS 服务器、WEB 服务器和数据库服务器。由于 C/S 模式存在 Client 端跨多平台的问题,而 B/S 综合了浏览器、WEB 等多项技术,提供“多层次连接”的新的应用模式,即客户机可与相互配合的多个服务器组合相连接以支持各种应用服务,而不必关心服务器的物理位置,形成多点到多点的结构模式。B/S 应用模式可以使信息高度分散而实现资源共享,又可使管理高度集中而降低成本,兼顾主机集中式和 C/S 分布式的优点。因此,我们采用,以 B/S 结构为主, C/S 结构为辅的混合结构。

为了抚顺市水资源管理信息系统在水资源的管理、监控和决策指挥决策过程给予支持,包含了基础资料管理、水资源资料管理、需水及用水管理,供水管理、水质管理、办公管理、地图管理以及系统维护等子系统,同时还有支持上述各子系统工作的综合数据库。其中一些监控模块可以根据与相应的设定阈值进行比较,如果超限,则以系统自动触发方式,通过光、声、闪耀等形式给出报警信息。系统关键技术包括:地理信息系统(GIS)技术在空间数据库的管理,电子地图技术在信息服务和管理的应用, GIS 技术提供的空间分析与网络分析技术的应用,基于 Intranet 的 GIS 技术的应用,万维网(WWW)技术的应用,多媒体技术、可重用模块技术、专家系统技术在水资源管理中的应用,基于 WEB 的办公系统和工作流等。

2.4 系统总体功能结构

考虑到抚顺市水资源管理信息系统从低端到高端的可扩充性,提供一个可伸缩的解决方案,用户可以综合考虑数据量、技术需求、应用需求、资金配置等诸多因素,选择不同的配置方案,如服务器端的软件和客户端的配置及许可协议个数等。基于抚顺



市水务局的业务规模和所辖区域的地理分布以及相关部门的业务特点，采用 Client/Server 和 Browser/Server 结合的方式，将系统建成资源共享、又可灵活延展的实用的 GIS 系统。

在服务器端，将大量的水资源信息数据（包括图形数据和属性数据）存放在大型数据库中，用空间数据库进行管理；然后借助 Web GIS Internet/Intranet 发布数据。因为各水利部门工作分工不同，对水资源数据的应用程度也不同，本着资源共享和合理投资的原则，建议客户端可根据不同需求，配置不同层次的软件：对于只需简单浏览、查询的科室，客户端机器上无需安装 GIS 软件，用通用的 IE 浏览器查看 Web GIS 发布的数据即可。对于要一定分析功能，但不需要高级的空间分析功能和对面向对象的空间数据进行交互定义修改的部门，均可考虑采用一般 GIS 为其应用平台。

系统设计例案如图 2.1 所示。

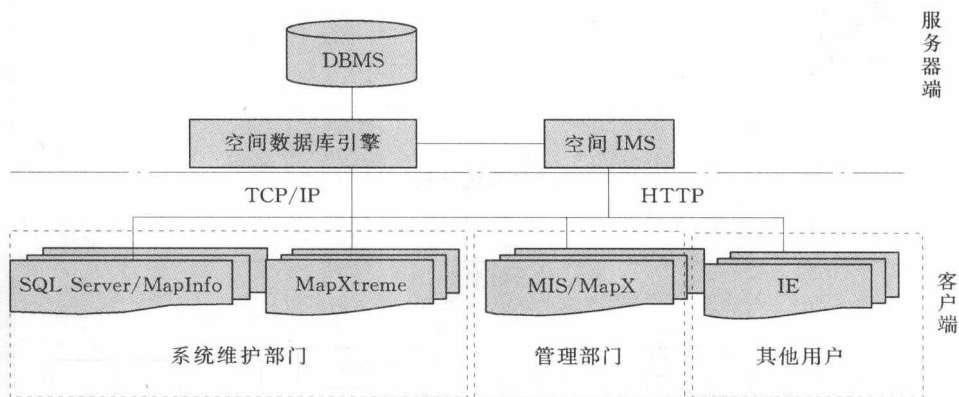


图 2.1 系统设计方案

整个系统以 Web GIS 系统为主体，以动态交互网页技术为补充，采用（WebServer + MapServices + 空间数据库引擎）三层结构、动态提取信息的方式完成系统功能。系统以 SQL Server 数据库做后台支持，相关资料的显示输出如行政分区、道路交通、河流、湖泊、水系、地形地貌、植被分布、水库、水利工程、城市主要建筑物、防洪工程、水务组织与机构等与抚顺市 1:20000 数字地图，城区 1:X 数字地图数据紧密结合，以专题图为 Web 表现形式，具有良好的可视化界面。系统结构特征如图 2.2 所示。

信息库系统包括：以水文信息库、水质信息库、用水调查信息库、水资源信息库、社会经济信息库、组织与机构信息库、图形图像库、超文本库等多个数据库构成的基础数据库；提供专业水利模型应用的模型库、方法库；提供模型数据运算过程支持的中间数据库；提高共享访问的模型运行结果数据库；提供通过空间数据库引擎管理的行政分区、道路交通、河流、湖泊、水系、地形地貌、植被分布、水库、水利工程、城市主要建筑物、水务组织与机构等空间数据，1:20000 和 1:X 基础地理数据。信息



库的规划如图 2.3 所示。

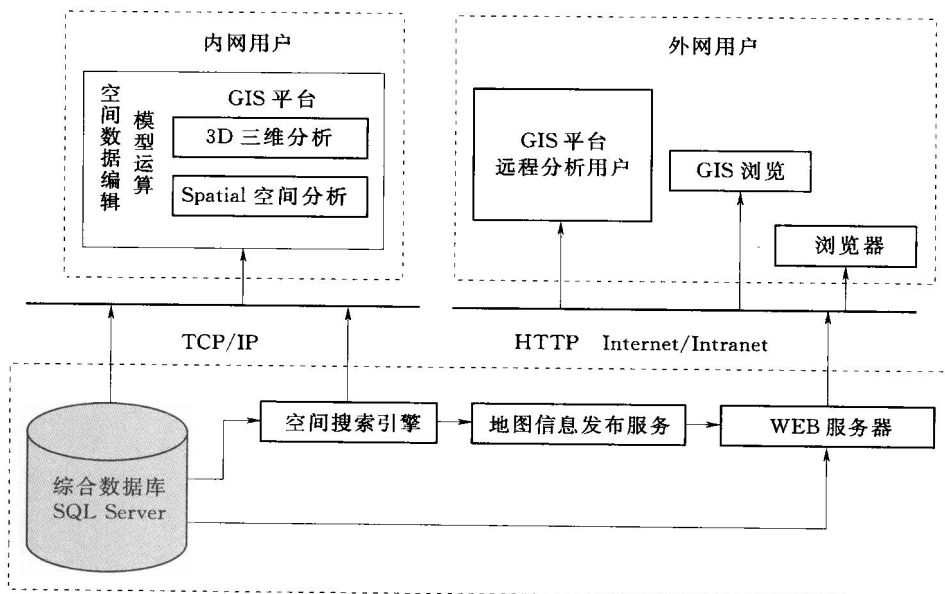


图 2.2 系统结构特征

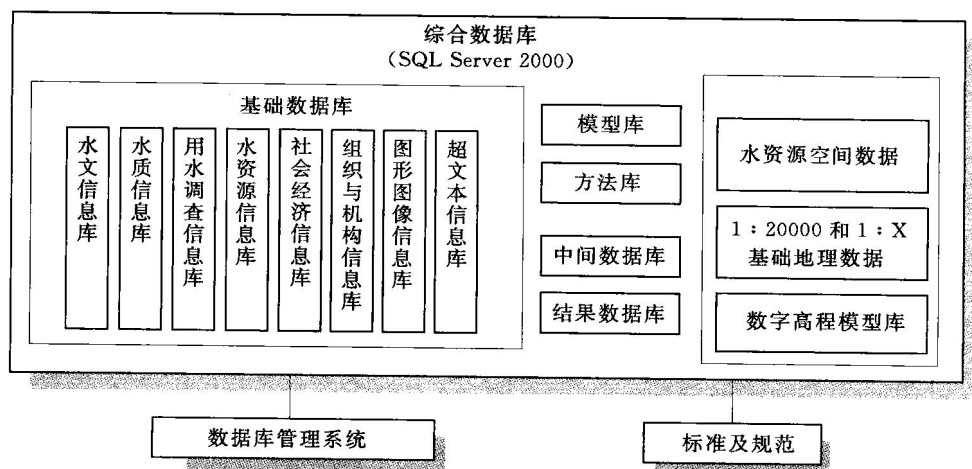


图 2.3 信息库的规划

水资源管理信息的目标是建立起准确的水资源的图文数据库，辅以数学模型和决策分析，实现智能化的物理和逻辑资源管理，并结合先进的地理信息系统技术辅助为实现水资源的调度与管理、水污染的监测和治理等提供了实时、准确的决策支持，实现水资源信息的采集、传输、存储、处理和服务等。对水资源采用模块化结构开发，具体功能模块如图 2.4 所示。