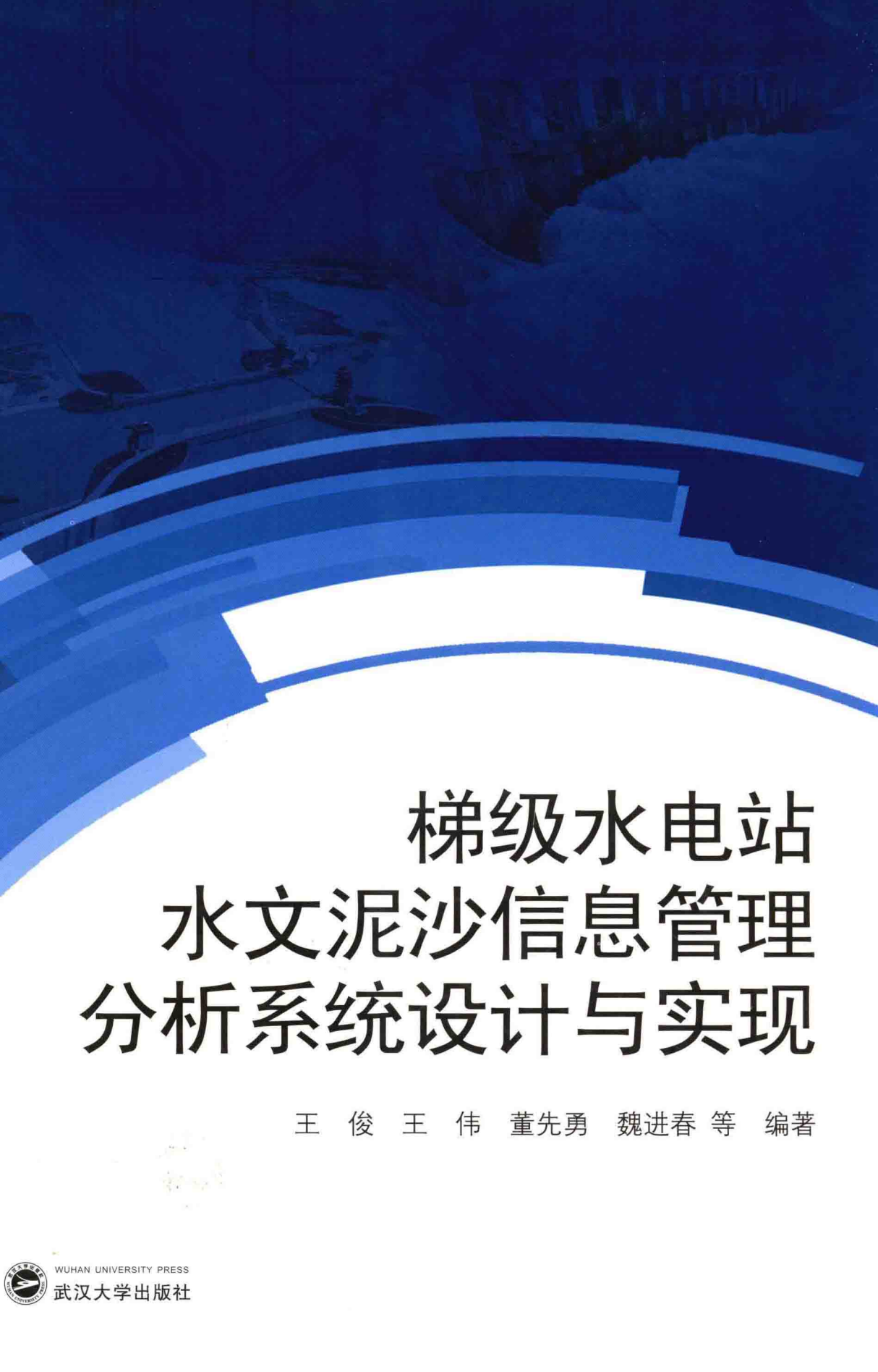


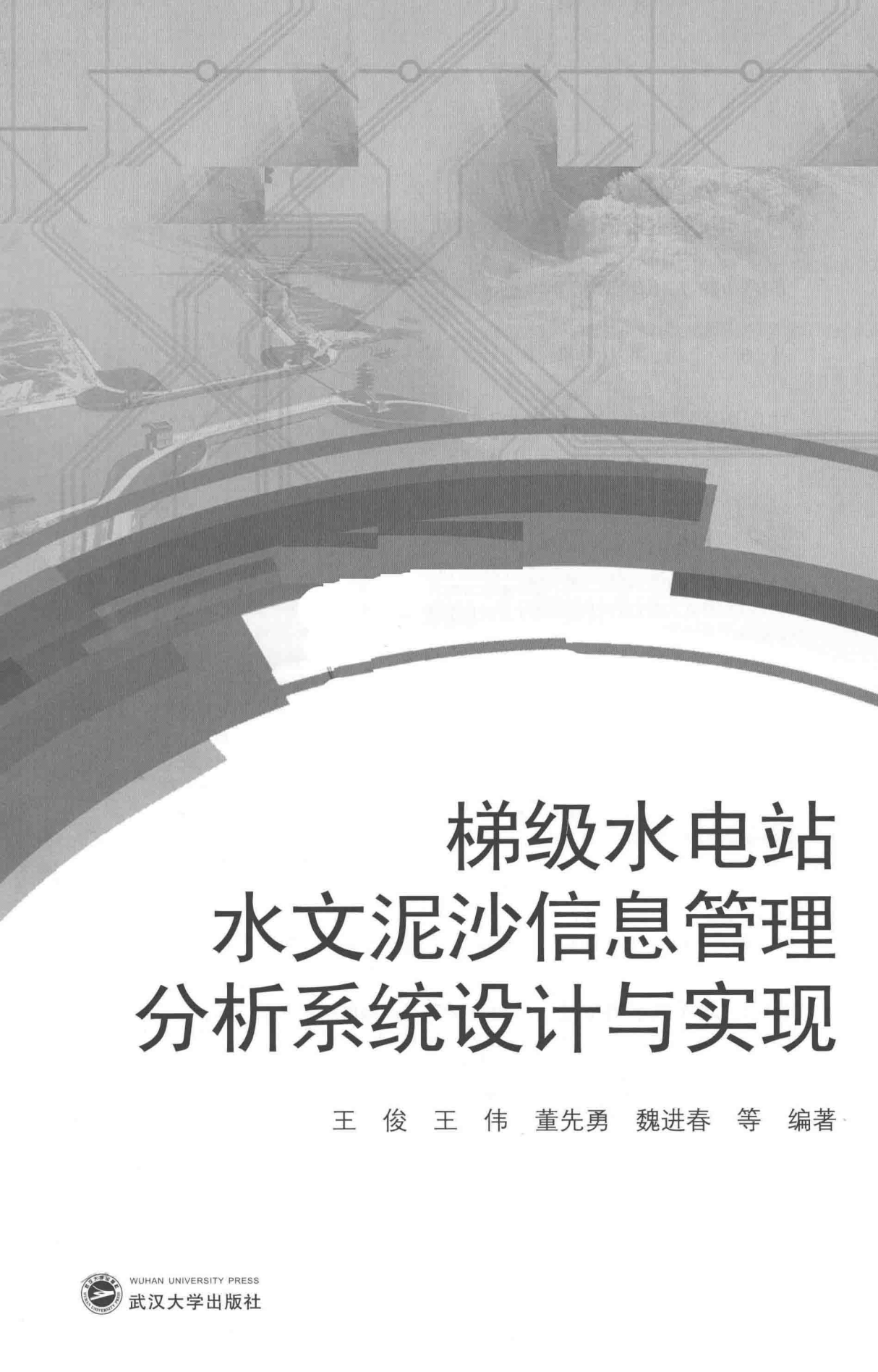


梯级水电站 水文泥沙信息管理 分析系统设计与实现

王 俊 王 伟 董先勇 魏进春 等 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社



梯级水电站 水文泥沙信息管理 分析系统设计与实现

王 俊 王 伟 董先勇 魏进春 等 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

梯级水电站水文泥沙信息管理分析系统设计与实现/王俊等编著. —武汉:武汉大学出版社,2014. 10

ISBN 978-7-307-13990-9

I. 梯… II. 王… III. 梯级水电站—水库泥沙—信息管理 IV. TV145

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 183238 号

责任编辑:李汉保 责任校对:鄢春梅 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:26.25 字数:618千字 插页:3

版次:2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷

ISBN 978-7-307-13990-9 定价:79.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



作者简介

王 俊，长江水利委员会水文局局长、党组副书记，男，汉族，1958年8月生，江苏常州人，教授级高级工程师。1982年7月华东水利学院（现河海大学）水文系陆地水文专业毕业，获工学学士学位；1999年7月获武汉水利电力大学管理科学与工程专业工学硕士学位。现受聘担任联合国教科文组织国际水文计划（IHP）中国国家委员会委员、中国水利学会水资源专业及水文专业委员会副主任委员、水利部建设项目水资源论证报告书评审专家、武汉大学兼职教授、河海大学水文学及水资源学科博士研究生合作导师。曾荣获长江水利委员会首批治江事业重大成就奖，2012年获批享受湖北省政府专项津贴专家，2013年获批为享受国务院特殊津贴专家。

王俊同志参加工作以来，致力于工程水文、流域规划、水文水资源评价、水文预报、水文管理等多方面的研究工作，并在工程实践中发挥了重大作用。

在工程水文方面，王俊作为主要起草人编写及修订了部颁标准《水利水电工程设计洪水计算规范》。参与了包括长江三峡工程和南水北调工程等大型水利水电工程水文计算相关工作，近年来一直负责以设计洪水为主的工程水文专业的审查、核定。

在流域规划方面，王俊作为水文专业规划负责人主持或协助主持编制了《长江流域防洪规划》、《全国水资源综合规划》、《南水北调中线工程规划》、《金沙江干流综合规划》、《长江流域、西南诸河水资源综合规划》、《长江口综合治理规划》等十多项大型流域规划的专业部分。

在水文水资源评价方面，王俊是第二次长江流域、西南诸河水资源评价的专业主持人；近年来，作为水利部建设项目水资源论证评审专家承担并审查了数十项建设项目水资源论证和防洪影响评价。

在水文预报方面，王俊自1994年以来长期主持长江流域水文气象短、中、长期预报工作，历次大洪水尤其是“98长江大洪水”的预报均达到了准确及时的要求；此外，为国标《水文情报预报规范》的主要起草人。

在水文技术创新方面，王俊同志主持的“长江委水文局118个中央报讯站自动报讯”2005年7月1日起在全国率先成功实施，使水文报讯方式实现历史性突破，标志我们向水文现代化迈出了坚实的一步，报讯自动化的成功实施和稳定运行不但为保障防洪安全打下了坚实基础、提供了可靠支撑，而且为水文观念、测报方式和管理体制的转变奠定了基础，并获得了2007年度湖北省科技进步一等奖。

王俊同志近年来主持开展的长江水文测验方式方法创新工作，以“与国际接轨，有中国特色”为原则，从简化规范要求入手，从水文水资源、洪水预报等需求分析，从误差理论深入，以水文测验精度、水文测验需求、规范适应性和技术管理等专题研究为支撑，优化流量、泥沙测验方案，使用先进的流量、泥沙测验技术，实现了水文巡测。经过三年多的努力，全局共完成89个测站6大方面共计261项技术创新成果，有效地简化了单站测次（单站从目前的80-300次/年向国际6-8次/年靠近），增加了站网密度，改善了测验条件，提高了测验手段，从而达到了精兵高效的目的，极大地促进长江水文事业可持续发展。

在科技奖项方面，王俊同志主持完成的项目多次获得省部级奖励。其中《长江防洪系统水情监测预报技术研究》获1996年度水利部科技进步二等奖；主持完成的《长江防洪报讯自动化技术研究与实践》获2007年度湖北省科技进步一等奖；主持完成的《通用型水文预报平台开发与应用》获2009年度湖北省科技进步二等奖；主持完成的《南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术研究与应用》获2010年度湖北省科技进步一等奖；主持完成的《大型水利水电工程截流龙口水文预报研究》获2011年度湖北省科技进步二等奖；主持完成的《水文信息资源统一组织平台技术研究与应用》获2012年度大禹水利科学技术三等奖；主持完成的《长江入海控制站水沙通量实时监测关键技术研究》获2013年度大禹水利科学技术二等奖。

在重大科研专项方面，2002年主持完成了国家自然科学基金重大项目《洪水特征与减灾方法研究》；2004年协助主持完成国家“973”计划项目《长江流域水沙产输及其与环境变化耦合机理研究》；目前正在主持的有“973”计划项目《长江中游通江湖泊江湖关系演变过程与机制》和国家自然科学基金重点项目《分布式新安江模型实验应用研究》等。

在著作论文方面，编著了《水文应急实用技术》、《水文情报预报技术手册》、《长江水文测报自动化技术研究》，《水文分析计算与水资源评价》等专著6部。近年在国内外核心期刊发表论文60余篇。主要有《水文应急管理体系的建立》、《地震诱发堰塞湖的应急水文分析方法与实践》、《长江流域水旱灾害》、《1998年长江暴雨洪水》、《1998年长江洪水及水文监测预报》、《三峡工程入库洪水研究》、《全球变暖对长江洪水的可能影响及其前景预测》、《长江洪水与全球变暖相关及其前景初步预测》、《Flood Characteristics on Changjiang River and Counrenasures for Flood Contral》等，是《三峡工程气候效应综合评估报告决策者摘要》的主要起草人之一。

编写人员名单

长江水利委员会水文局

王 俊 王 伟 魏进春 许全喜 李圣伟
原 松 袁德忠 袁 晶 白 亮

中国长江三峡集团公司

刘尧成 董先勇 尹 晔 张继顺 居志刚
华小军 陈翠华 曹 辉

前 言

20 世纪长江流域自有系统性的水水泥沙监测活动以来,使用各种监测技术获得了各种监测资料。在计算机广泛应用之前,绝大部分都是以图板、图纸、孤立的电子文档形式存在。在传统的管理中,特别是在 2000 年以前,自动化能力低下,数据的采集、处理、存储基本上都要靠人工来完成。水水泥沙信息分析与管理采用的 GIS 软件,主要是以管理二维地图为主,对实际环境的表达能力不强,空间分析的能力比较弱;空间数据的组织和管理主要靠文件系统的方式,效率低下,空间数据的查询、管理很不方便。

为实现水水泥沙数据采集自动化,有效利用以前收集、积累的大量资料,长江水利委员会水文局做了大量具有前瞻性的工作。2005 年长江水利委员会水文局 118 个中央报汛站自动化报汛正式启动,实现了 118 个中央报汛站水位、雨量自动采集、存储和传输系统自动化;2006 年完成了“基于 GIS 的内外业一体化河道成图系统”的研制开发,实现了内外业一体化河道成图;2005 年研制开发了长江水水泥沙信息分析管理系统,实现了初步的图形数字化、水水泥沙数据存储与科学计算分析为一体的综合应用与管理。

近年来,随着计算机技术、网络技术、三维数字技术的快速进步,长江水利委员会水文局为了充分发挥长江水水泥沙信息分析管理方面的技术优势,2008 年和中国长江三峡集团公司等单位从地理信息系统理论的发展和实际需要出发,利用强大的 GIS 工具,结合数据库与三维数字地球等技术,以金沙江下游梯级水电站为研究背景,设计开发了金沙江下游梯级水电站水水泥沙数据库及信息管理分析系统,系统于 2012 年开发完成并投入运行。本书以该系统的设计文档为素材,以梯级水电站水水泥沙信息分析与管理为研究背景展开论述,但同样适用于多个梯级水电站或单体水电站的水水泥沙信息的管理和综合分析。

本书以软件工程的思路,科学地阐述了地理信息系统在水利行业的发展应用趋势,着重介绍了梯级水电站水水泥沙信息分析与管理系统的的需求分析要点,从水水泥沙监测理论和分析方法等方面对系统进行总体设计、平台搭建、数据库设计,实现系统各项功能,其间还特别对一些重要算法和关键技术手段进行了详细描述,让读者能够更加清晰地了解系统实现的理论依据和方法技巧。

全书系统地介绍了如何将多源多时相、异构分布式的巨型水库群大数据进行一体化管理,如何对水库群综合信息进行二维、三维联合查询与表达,实现了水库群水沙综合分析与管理、专题图制作、工程管理、河床演变分析、泥沙预测模拟与仿真显示,在梯级水电站建设、生产、联合调度运行、提供决策辅助支持等方面发挥重要作用。系统运用以来,已越来越多的应用在长江水文信息化建设、三峡工程建设、长江沿岸水利工程建设、长江水资源管理、长江水环境监测、长江航道管理以及科学研究等方面,发挥着越来越广泛的

作用,产生了较好的社会效益和经济效益。

系统在技术路线设计与开发过程中采用了多项先进技术,主要体现在二维与三维一体化的 GIS 技术、灵活可扩展的跨平台集成技术、功能强大的河床演变综合分析技术、基于 Web Services 的模型库水沙预测模型管理与调度技术、河道泥沙分析预测与三维动态模拟仿真技术、三维地球浏览模式的水库群信息综合查询技术、权限模块化管理模式等方面。

该系统组织庞大、功能强悍,但结构清晰明了、功能目的明确、操作简单。通过本书的讲解,希望对读者在开发此类系统方面有所启发,使读者了解如何将海量的空间数据与属性数据进行组织,为数据管理和各类功能实现提供快速、合理的存储方式,了解如何利用相关算法和技术实现能满足日常水文泥沙分析预测的功能,从而了解如何开发一个能存、能看、能算的有机系统,提高对此类系统的分析和设计能力,适合有一定水文泥沙相关知识和 GIS 开发经验的读者学习。

本书得到中国长江三峡集团公司、长江水利委员会水文局的高度重视,由长江水利委员会水文局局长王俊亲任主编和统稿。全书分为 9 章和附录。

第 1 章,概述,介绍地理信息系统及在水利中的应用,金沙江流域及下游梯级水电站概况和系统的研发目标,主要由长江三峡集团公司董先勇、刘尧成、长江水利委员会水文局魏进春编写。

第 2 章,需求分析,从用户的角度提出了对系统功能性和非功能性的要求。主要由长江三峡集团公司董先勇、长江水利委员会水文局王伟、长江三峡集团公司尹晔编写。

第 3 章,总体设计,从总设计师的角度搭建了系统框架,提出技术路线、阐明了设计的理念与原则,规划了系统软件、硬件平台。主要由长江水利委员会水文局魏进春、王伟编写。

第 4 章,数据库设计,介绍了系统数据基石的组织方式与存储方式。由长江水利委员会水文局李圣伟、魏进春编写。

第 5 章,关键技术与算法,介绍了在系统实现中所用到的新技术、新方法以及重要的算法与关键的处理技巧。主要由长江水利委员会水文局王伟、魏进春、许全喜编写。

第 6 章,功能设计与实现,介绍了如何根据总体设计与数据库设计,将庞大纷繁的系统功能剥茧抽丝,逐个实现的过程。主要由长江水利委员会水文局王伟、原松、李圣伟,武汉大学李欣,三峡集团公司董先勇,中国水利水电科学研究院关见朝编写。

第 7 章,数据整理与入库,介绍了各类原始数据录入数据库的流程。主要由长江水利委员会水文局李圣伟、原松编写。

第 8 章,系统测试,介绍了系统在正式运行前进行测试的情况,并对测试结果进行了汇总分析。主要由长江水利委员会水文局原松、李圣伟编写。

第 9 章,系统在工程管理中的应用,介绍了系统在梯级水电站生产管理中的实际用例。主要由长江三峡集团公司董先勇、刘尧成编写。

附录介绍了各类数据库表结构与数据提交的格式和要求,由长江水利委员会水文局王伟、原松、李圣伟组织与编写。

在系统研发过程中,长江水利委员会水文局刘东生副局长、程海云副局长给予了专业的技术指导和帮助;在本书编制过程中,长江三峡集团公司工程建设管理局李文伟副局

长、副主任刘尧成，中国水利水电科学研究院何明民，武汉大学王伟教授，长江水利委员会水文局陈松生副总工、熊明副总工、陈显维副总工、徐德龙处长等为本书的编写提供了大力支持，长江水文技术研究中心主任韩友平对本书的内容编排给予了有益的指导，长江水利委员会水文局陈泽方、董炳江，武汉大学占伟伟、李鹏飞、孙黎明、杜臣昌、胡传博、汪淑萍、曹卫川、杨光、马志豪、余伟、冯曼琳等参加了算法测试、插图绘制和校对等工作，在此向他们致以衷心的感谢！

由于时间和水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

作者

2014年8月

目 录

第1章 概述	1
1.1 地理信息系统概况	1
1.2 地理信息系统在水利中的应用	1
1.2.1 防洪减灾中的应用	1
1.2.2 水资源管理中的应用	3
1.2.3 水资源与水土保持中的应用	3
1.3 水利行业应用发展趋势	4
1.4 金沙江流域概况	4
1.5 金沙江下游水文泥沙概况	5
1.6 金沙江下游梯级水电站概况	8
1.7 系统研发目标	10
第2章 需求分析	11
2.1 数据分析	11
2.1.1 基本信息数据	11
2.1.2 监测信息数据	12
2.1.3 空间地理信息数据	13
2.1.4 档案信息数据	13
2.1.5 系统信息数据	13
2.2 用户分析	13
2.2.1 内部用户	14
2.2.2 外部用户	15
2.2.3 用户角色分析	15
2.2.4 用户具备的基本条件	16
2.3 软件、硬件环境需求	17
2.3.1 软件平台需求	17
2.3.2 硬件平台需求	18
2.4 系统功能需求	18
2.4.1 水道地形自动成图与图形编辑	18
2.4.2 水文泥沙数据库管理	21
2.4.3 信息查询与输出	28

2.4.4 水文泥沙分析与预测	33
2.4.5 三维可视化	45
2.5 系统非功能性需求	47
2.5.1 用户界面需求	47
2.5.2 产品质量需求	48
2.5.3 性能需求	48
2.5.4 其他需求	49
第3章 总体设计	52
3.1 总体设计过程与原则	52
3.1.1 总体设计过程	52
3.1.2 系统设计理念	54
3.1.3 系统设计原则	55
3.1.4 系统设计依据	57
3.2 总体设计路线	57
3.3 系统体系构架	58
3.4 软硬件平台设计	61
3.4.1 软件平台设计	61
3.4.2 硬件平台设计	63
3.5 子系统划分与模块的功能组成	64
3.5.1 水道地形自动成图与图形编辑子系统	64
3.5.2 水文泥沙数据库管理子系统	65
3.5.3 信息查询与输出子系统	67
3.5.4 水文泥沙分析与预测子系统	69
3.5.5 三维可视化子系统	69
3.6 系统输入/输出	72
3.6.1 系统输入	72
3.6.2 系统输出	72
3.7 系统接口设计	73
3.7.1 系统外部接口	73
3.7.2 系统内部接口	77
3.8 系统数据处理流程	78
第4章 数据库设计	80
4.1 基本方法与步骤	80
4.2 数据库设计思路	83
4.3 空间数据库设计	84
4.3.1 Geodatabase 与 ArcSDE	84

4.3.2 矢量数据库	85
4.3.3 DEM 数据库	86
4.3.4 栅格影像数据库	87
4.4 业务属性数据库设计	88
4.4.1 基础水文数据库	89
4.4.2 扩充水文数据库	89
4.4.3 河床组成勘探调查数据库	89
4.4.4 系统扩展数据库	89
4.5 用户数据库设计	90
4.6 元数据库设计	90
第5章 关键技术与算法	92
5.1 3D GIS	92
5.1.1 平台发展现状	92
5.1.2 3D GIS 平台 Gaea Explorer	94
5.2 Arc Hydro 数据库模型	101
5.2.1 水文数据模型	101
5.2.2 Arc Hydro 水文模型	103
5.3 元胞自动机槽蓄量计算模型	107
5.3.1 河道槽蓄量计算	107
5.3.2 地理元胞自动机	107
5.3.3 元胞自动机槽蓄量计算模型	109
5.4 河流建模与渲染关键技术	114
5.4.1 河流建模	114
5.4.2 河流渲染	116
5.5 基于 DEM 数字河网提取	120
5.5.1 数字高程模型	120
5.5.2 DEM 数字河网提取基本原理	121
5.5.3 基于 CI 方法的河网提取流程	121
5.6 大区域不规则河道的水流仿真	125
5.6.1 LOD 方案	125
5.6.2 水面建模	125
5.6.3 水体颜色	126
5.6.4 水面反射	126
5.6.5 波浪、风向和流向	127
5.6.6 动态水面高光	127
5.7 水文泥沙分析与预测关键算法	128
5.7.1 断面要素计算	128

5.7.2	水量计算	130
5.7.3	输沙量计算	131
5.7.4	河道槽蓄量计算	131
5.7.5	冲淤量计算	133
5.7.6	冲淤厚度计算	133
5.7.7	实时预测预报模型	133
5.8	三维可视化关键技术和算法	136
5.8.1	地形场景数据的动态管理	136
5.8.2	LOD 技术	137
5.8.3	开挖分析	137
5.8.4	基本地形因子计算	137
5.8.5	水淹分析	139
5.8.6	三维建模	141
5.9	DEM 边界的使用	143
第 6 章 功能设计与实现		145
6.1	水文泥沙数据库管理子系统	145
6.1.1	概述	145
6.1.2	子系统功能	146
6.2	水道地形自动成图与图形编辑子系统	155
6.2.1	概述	155
6.2.2	子系统功能	156
6.3	信息查询与输出子系统	161
6.3.1	概述	161
6.3.2	子系统功能	163
6.4	水文泥沙分析与预测子系统	167
6.4.1	概述	167
6.4.2	水文泥沙计算	167
6.4.3	水文泥沙分析	171
6.4.4	河道演变分析	192
6.4.5	泥沙预测数学模型	222
6.5	三维可视化子系统	246
6.5.1	概述	246
6.5.2	子系统功能	248
第 7 章 数据整理与入库		258
7.1	数据现状	258
7.2	数据整理入库流程	258

7.2.1 空间数据整理入库流程	258
7.2.2 业务属性数据整理入库流程	260
7.3 业务属性数据整理	260
7.4 空间数据处理	261
7.4.1 航拍影像处理	261
7.4.2 影像、地形分块组织	262
7.4.3 矢量数据处理	266
7.4.4 DEM 数据生成	267
7.5 数据入库	271
第8章 系统测试	272
8.1 测试概要	272
8.1.1 测试用例设计	273
8.1.2 测试基本信息	273
8.1.3 测试方法	274
8.2 系统测试内容	275
8.3 功能性缺陷的统计与分析	276
8.3.1 缺陷引入的原因	276
8.3.2 缺陷汇总与分布	276
8.3.3 缺陷分析	276
8.3.4 缺陷完善	277
第9章 系统在工程管理中的应用	278
9.1 在水文泥沙监测过程中的应用	278
9.2 在金沙江下游项目研究中的应用	282
9.2.1 在金沙江下段入库推移质研究中的应用	282
9.2.2 在金沙江下段出口推移质研究中的应用	283
9.2.3 在向家坝、溪洛渡围堰水库研究中的应用	284
9.2.4 在向家坝、溪洛渡异重流研究中的应用	285
9.2.5 在向家坝下游河道冲淤演变研究中的应用	285
9.3 在金沙江梯级水电站建设过程中的应用	288
9.4 在金沙江下游水库群联合调度研究中的应用	290
附录1 项目编码要求	292
附录2 业务属性数据表结构	301
附录3 用户数据表结构	363

附录 4 元数据表结构 366

附录 5 水文数据 GIS 分类编码标准（摘要） 374

附录 6 数据提交要求 398

参考文献 405

第1章 概 述

1.1 地理信息系统概况

地理信息系统 (GIS) 通常泛指用于获取、储存、查询、综合、处理、分析、显示和应用地理空间数据及其与之相关信息的计算机系统。地理信息系统主要由四个部分组成^[1]: ①存储处理和表示数据的硬件; ②管理和分析数据、获取所需信息的软件; ③描述客观对象并被储存于信息分类中的相关地理数据; ④使用信息系统的部门, 他们的管理和使用方法以及各组织间的联系。地理信息系统是一种用来管理、分析空间数据的空间数据库管理系统, 几乎所有使用空间数据和空间信息的部门都可以应用 GIS。

目前, GIS 成为以应用为基础、市场为导向、软件为核心的产业, 被应用于城市规划与管理、社会调查与统计分析、环境保护与管理、土地管理、地理测绘与管理、交通与管道管理等与空间信息密切相关的各个方面。其中, 水利信息化建设数据量大, 而且类型多, 70% 以上与空间地理位置相关^[2], 充分利用地理信息系统的作用将极大地促进水利现代化的建设步伐。国家水利部早在“十五”规划中就明确指出: “建设水利信息系统时, 要以地理信息系统 (GIS) 为框架”。在水利信息化系统建设中, GIS 是系统构建的框架, 是辅助决策的工具和成果展示的平台, 不仅可以用于存储和管理海量水利信息, 还可以用于水利信息的可视化查询与发布, 其空间分析能力甚至可以直接为水利决策提供辅助支持。国内水利行业应用 GIS 经历了认识了解、初步应用和结合 GIS 技术进行深入研究三个阶段。随着 GIS 在水利领域应用范围的不断扩大, 其应用层次也逐渐深入, 从最初的只注重数据的可视化, 发挥查询、检索和空间显示功能, 到成为分析、决策、模拟甚至预测的工具, 在防汛减灾、水资源管理、水环境和水土保持等方面都得到广泛应用^[3]。

1.2 地理信息系统在水利中的应用

1.2.1 防洪减灾中的应用

我国幅员辽阔, 自然地理地貌条件十分复杂, 洪涝灾害发生频繁, 使国家和个人都蒙受了很大的经济损失。随着社会经济和科学技术的飞速进步, 我国的防洪工作将逐步从“以洪水为敌”的控制洪水向体现水资源特性的洪水管理转变, 全面建成覆盖全国的水利信息网络, 其中防洪减灾属于重点应用系统。目前 GIS 技术在防洪减灾方面的应用主要有以下四种类型:

1. 防汛决策支持系统或信息管理系统的平台

在国家防汛指挥系统总体设计框架下,目前流域或省、自治区、直辖市的防汛决策支持系统或防汛信息管理系统都以 GIS 为平台。GIS 在这些系统中的作用主要有以下几个方面:

- (1) 空间数据处理、查询、检索、更新和维护;
- (2) 利用空间分析能力和可视化模拟显示为防汛指挥决策提供辅助支持;
- (3) 为各类应用模型提供实时数据;
- (4) 优化模型参数;
- (5) 预报预测和防汛信息及决策方案的可视化表达。

2. 灾情评估

在灾情评估中, GIS 作为基础平台, GIS 充分利用了自己的查询和分析功能以及可视化模拟的能力,发挥了许多别的系统不具备的作用:

- (1) 基础背景数据(包括地理、社会、经济)的管理;
- (2) 空间和属性数据查询、检索、统计和显示的基础;
- (3) 灾情数据的提取和分析;
- (4) 灾情的模拟和可视化表达;
- (5) 对决策起辅助作用的工具。

3. 洪涝灾害风险分析与区划

洪涝灾害风险分析是分析不同强度的洪水发生概率及其可能造成的损失。这项工作包括洪水的危险性分析,承灾体的易损性和损失评估。采用 GIS 技术,可以将上述三方面所涉及的诸多自然、地理和社会因子附上相应的权重进行空间叠加,是进行洪涝灾害风险分析与区划的有效手段。GIS 发挥的作用有:

- (1) 多源、多尺度和海量数据的管理;
- (2) 空间数据的叠加与综合处理;
- (3) 图形处理的特殊功能。

4. 城市防洪

由于城市社会经济地位和社会影响的特殊性,防洪工作尤其重要。同时由于许多城市都是依水而建和城市不透水面积大,产流量大等特点,防洪工作的难度比农村地区大,所以 GIS 在城市防洪中发挥的作用除了一般防洪减灾决策支持系统外,还利用其时空特征分析和高分辨率数据的处理功能在城市防洪减灾中发挥了更多更大的作用,目前比较突出的有以下几个方面:

- (1) 城市积水、退水的预报预测;
- (2) 现有排水设施(排水管网、泵站等)信息的管理;
- (3) 排水设施的规划、设计和施工管理;
- (4) 暴雨时空特征分析;
- (5) 以街道为统计单元和以街区为空间单元的社会经济数据空间展布;
- (6) 暴雨分布及积水街道分布的可视化显示;
- (7) 高分辨率、多层次、多源和更新频繁的数据的存储、维护和管理。