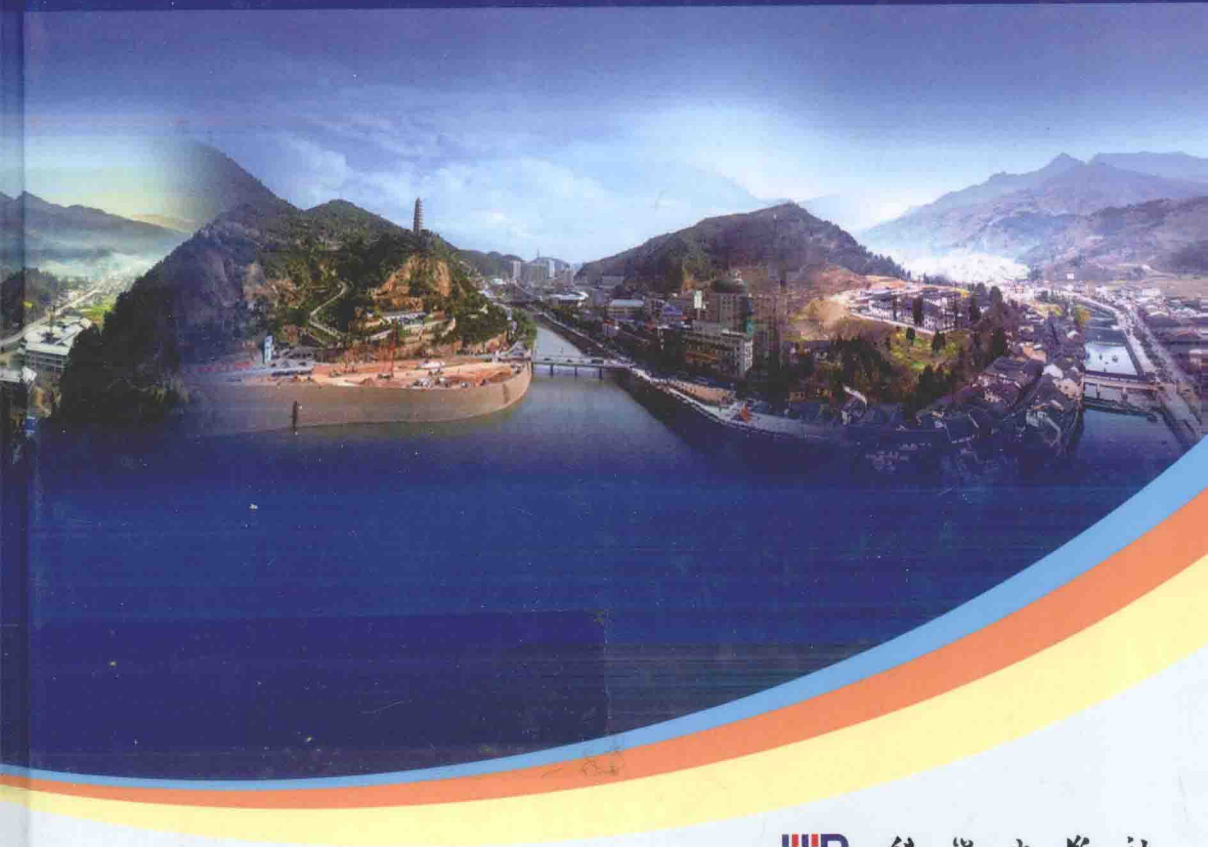




现代水利信息科学发展研究

——陕西省水利信息化理论与实践

胡彦华 等/著



 科学出版社

现代水利信息科学发展研究

——陕西省水利信息化理论与实践

胡彦华 等/著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书立足陕西、放眼全国,以现代水利信息科学发展研究为主题,集中探讨了水利信息化推进措施、应用技术、基础应用、工程实践、顶层设计等内容,总结了推进水利信息化发展进程中的方法措施、关键技术和专题方案,体现了基于物联网、视联网、云计算、大数据为基础的未来水利信息化发展思路、技术路线、建设任务、实施方案、保障措施等研究成果。既是水利信息化发展成功经验的总结,又能为我国新时期水利现代化建设提供多方位的参考和借鉴,以助力水利信息化研究与实践不断向纵深发展。

图书在版编目(CIP)数据

现代水利信息科学发展研究:陕西省水利信息化理论与实践 / 胡彦华等著. —北京:科学出版社, 2015.2

ISBN 978-7-03-047206-9

I. ①现… II. ①胡… III. ①水利工程—信息化—研究—陕西省
IV. ①TV—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 019774 号

责任编辑:陈 亮 范鹏伟 / 责任校对:彭 涛

责任印制:张 倩 / 封面设计:黄华斌

编辑部电话:010-64026975

E-mail:chenliang@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京利丰雅高长城印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年3月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年3月第一次印刷 印张:36 1/2

字数:700 000

定价:228.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

现代水利信息科学发展研究 ——陕西省水利信息化理论与实践

作 者

撰著：胡彦华

参著：章新川 罗 慧 吴新华 王永儒

李 瑛 高 杰 梁 伟 章 羽

胡 芳 白 鹏

序言一

信息化是时代的象征、经济社会现代化的基石。习近平总书记关于“没有信息化就没有现代化”的精辟论述，阐明了“互联网+”时代国家现代化发展战略，指明了信息技术与现代水利深度融合、提升水资源保障能力、支撑经济社会持续稳定发展的方向，开启了以“智慧水利”为标志，加快水利信息化创新发展的新征程。为适应新形势、致力新发展，回顾近 20 多年来水利信息化循序渐进的发展历程，系统总结水利信息化发展中所涉及的技术路线、推进措施、基础理论、应用技术、顶层架构、工程实践、运行管理的成功经验，对进一步加快水利现代化建设具有十分重要的意义。特别在实现中华民族伟大复兴“中国梦”的征程中，如何将数十年积累的丰富经验与不断涌现出来的物联网、视联网、云计算、大数据、泛在移动互联等新兴信息化技术同水利现代化建设结合起来，切实把握好发展前瞻性与现实可行性的关系、信息化技术与现代水利融合的深度与广度，开创水利信息化建设与发展的新局面，是水利信息化工作者在新时期面临的历史性任务。

《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》一书是胡彦华教授级高工和他的同事们在参与国家部委和省级多项科学研究课题的基础上，潜心研究、不断探索取得的丰硕成果，也是胡教授及其团队对多年从事水利信息化规划设计、工程建设、运行管理等方面的经验总结。全书从概念到理论、从技术到方法、从知识到经验，较为全面地反映了信息获取、传输处理、分析应用的思路方法、关键技术、建设方案，涉及面宽广，内涵丰富、内容充实，系统缜密、逻辑清晰，文字精练、可读性强，是一部理论性与实用性密切结合的优秀科技专著。

《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》一书的出版，将在规划思路、设计方法、技术要点、关键措施等方面为我们提供宝贵

的经验。希望本书的问世，能够有助于解决自然环境条件复杂、工程类别差异较大、数据信息变化剧烈、业务应用需求多样的水利信息化技术难题，破解制约水利信息化发展的技术瓶颈，不断推进水利信息化向智能化、智慧化的方向发展，为实现“两个一百年”奋斗目标作出应有的贡献。

中国工程院院士 

2015年10月13日

序言二

水利信息化是水利现代化的基础和重要标志，已成为当今水利工作不可或缺的重要手段。21 世纪以来，随着国家防汛抗旱指挥系统工程启动，全方位推动了水利信息化不断向纵深发展，在丰富水信息、强化水管理、保障水安全等方面发挥了重要作用，取得了显著成效。

胡彦华同志的《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》一书是他和他的同事们多年来从事陕西水利信息化建设和技术研究和实践经验的结晶，代表了我国当前水利信息化技术发展水平，具有较高的技术含量和重要的应用价值。此书的编撰出版，不仅为工程设计、系统建设、应用开发、运行管理等提供宝贵的参考资料，也将在保障建设项目与整体目标相统一、系统功能与实际需求相一致、建设投资与应用效益相匹配、系统建设与运行管理相适应，务求水利信息化建设取得实效中发挥积极的作用，推进水利信息化应用技术向更高水准、更深层次、更加实用的方向发展。

《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》以陕西水利信息化为研究对象，立足当前，着眼未来，以研究篇、实践篇、展望篇为基础，以推进措施研究、应用技术研究、基础应用研究、工程研究实践、顶层设计研究为题材，总结推进水利信息化发展的方法措施，提炼信息技术与现代水利融合发展的关键技术，凝练防汛监测预警、资源监测管理、工程安全监控、工程视频监视、水利信息网络、监控调度中心、应急移动指挥等为专题的关键技术方案，研究提出了基于物联网、视联网、云计算、大数据为基础的未来水利信息化发展思路、技术路线、建设任务、实施方案、保障措施等成果。全书涵盖全面、内容丰富，结构合理、逻辑性强，是一部具有深厚技术功底、实践性很强的专业著作。

在我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设“五位

一体”全面展开，新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化“四化”同步发展的新时期，水利信息化工作如何适应新形势、促进新发展，无论在技术层面，还是在管理层面，都还存在着诸多亟待深入研究的问题，需要广大水利科技工作者付出艰辛努力，攻克水利信息化特有的技术难题，协同推进水利信息化。我深信，该书的出版，必将在水利信息化建设与发展中起到应有的促进作用。

水利部信息化工作领导小组办公室主任

彭阳

2015年10月18日

序言三

水利信息化技术是水利行业现代化发展的必要手段，也是推进水利改革发展、提质增效的重要方向。彦华同志和他的同事们就是基于这一认识，立足信息化前沿、扎根水利行业，通过 20 多年的水利信息化创新发展实践，实现了信息化技术与水利发展的有机融合，并在实践中完善理论、创新技术、指导实践。

彦华同志既是我的同事，也是我尊重的老师、师兄，更是陕西水利信息化建设方面的领军人才。起初他在西北农林科技大学水利建筑工程学院，从事水利水电教学与水土工程管理现代化研究，随后又进入陕西省防汛抗旱总指挥部信息中心专门从事水利信息化管理，浓郁的大学学术氛围和紧张有序的实践磨砺，成就了彦华同志重德修身、治学严谨、躬耕实践的优秀品质。

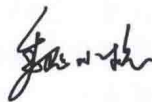
自 1998 年来，全省防汛水利信息化建设循序渐进、逐步扩展，可以说是一年一小步、五年一台阶、十年一跨越，通过 20 多年全省水利部门的共同努力，陕西水利信息化已跻身行业第一方阵。2000 年以实施国家防汛抗旱指挥系统为标志，拉开了陕西水利信息化加快发展的序幕，建成了省市互联的防汛信息网络、可视会商和汛雨情自动监测体系，在防御历次特大洪水灾害中发挥了重要作用；2005 年始，陕西防汛抗旱指挥、水利电子政务、水资源监测管理、灌区信息化为核心的项目陆续启动建成，极大地提升了陕西水利工程建设管理的整体水平；2010 年后，以网络提质增效、扩展覆盖范围，构建综合平台、整合共享资源，加强应用开发、增强服务能力为重点，依托国家水资源监控能力建设、中小河流水文监测、陕西“千村百点”工程、省级防汛抗旱指挥中心提升改造等项目建设，水利信息化已渗透到水利工作的方方面面，成为水利工作不可或缺的重要手段，奠定了陕西水利现代化的重要基础；2015 年，按照“互联网+水利”模式，通过整合各类水利信息化项目资源，支撑全省水利信息化发展的水利云数据中心、云服务中心正在逐步形成。一路走来，一路艰辛，一

路收获，他对水利信息化的真知灼见，他和他的同事们对水利信息化的探索实践，对陕西省乃至全国水利信息化事业的进一步发展有着积极的指导作用。

彦华同志学水利、爱水利、干水利。作为教授，他平易近人、循循善诱，善于用通俗易懂的语言将复杂抽象的问题表达出来；作为专家，他思路清晰、观点前卫，注重现代信息技术与陕西实际的结合；作为管理者，他跑遍了三秦大地的溪流河川和湖库，查站点、选设备，手把手地指导、培训基层技术人员，甚至亲自安装、调试肉眼难以识辨的电子元件，为的就是提升陕西水利的信息化水平，确保江河安澜和水安全。当彦华同志把厚厚一本书稿送到我面前的时候，这种敬业、严谨、负责的精神令我深受感动和敬佩，近五百页密密麻麻的书稿，靠的是他的字斟句酌推敲，而他本身还负责着全省水利信息化的工作，兼任着国家和陕西省防汛减灾、信息化专家组诸多事务，平日里几乎是超乎寻常的繁忙，每篇文字的成稿时间都在凌晨以后。这本厚重的专著，凝聚的心血，是难以估量的，更是难能可贵的。我认为，业精于勤，行成于思。每位水利干部职工特别是领导同志都应该认真读一读这本专著，学习彦华同志对事业、对工作持之不懈的忘我追求，学习彦华同志开放、共享的大局意识和创新思维。这是新发展理念下水利人不可多得的一笔宝贵精神财富。

今适逢总结“十二五”、谋划“十三五”的重要时机，因此，《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》，我更愿意称之为“智慧水利”，因为这必将推动数字水利向智慧水利转变，也必将引领陕西水利改革发展迈入现代化建设的快车道。最后，我想借用彦华同志书中的一段话，作为本文的结束语：《现代水利信息科学发展研究——陕西省水利信息化理论与实践》一书的编印，就是为了适应新形势、致力新发展，通过研究篇、实践篇、展望篇的经验汇总和愿景展示，以信息科技手段实现水利科技信息管理互联互通，助力“水润三秦、水美三秦、水兴三秦”目标实现，为保障陕西乃至国家水安全战略作出更加积极有为的贡献！

陕西省水利厅副厅长



2015年11月30日

目 录

序言一	张建云	i
序言二	蔡 阳	iii
序言三	魏小抗	v

研究篇

第1章 推进措施研究	3
1.1 防汛决策指挥系统建设与发展对策	3
1.1.1 防汛工程与非工程措施现状	3
1.1.2 防汛决策指挥系统建议方案	4
1.1.3 防汛决策指挥系统建设对策	6
1.2 陕西水利信息化发展构思与推进策略	7
1.2.1 陕西水利信息化发展趋势	8
1.2.2 陕西水利信息化发展构思	8
1.2.3 陕西水利信息化推进策略	12
1.3 陕西数字防汛的实践与展望	14
1.3.1 陕西防汛信息化建设的特点	14
1.3.2 陕西防汛信息化取得的成效	15
1.3.3 防汛信息化建设存在的问题	16
1.3.4 陕西数字防汛工程发展思路	16
1.3.5 加快推进数字防汛有关建议	18
1.4 贯彻水文管理条例,推进防汛水利信息化	18
1.4.1 认真学习水文条例,不断增强贯彻条例责任感	19
1.4.2 以贯彻条例为契机,加大水文信息源整合力度	20
1.4.3 加快数据中心建设,努力推进防汛水利信息化	21
1.5 强化山洪预警能力建设,开创信息化工作新局面	22

1.5.1	加快山洪灾害防御信息资源建设	22
1.5.2	不断完善山洪灾害预警设施建设	23
1.5.3	加快山洪灾害防御信息网络建设	23
1.5.4	切实夯实山洪灾害防御责任体系	24
1.5.5	努力开创防汛信息化工作新局面	24
1.6	加快陕西省水利信息化建设步伐的思考	25
1.6.1	陕西防汛水利信息化发展进程	25
1.6.2	信息化发展仍需要解决的问题	27
1.6.3	对水利信息化发展的几点认识	27
1.7	强化防汛可视化手段, 切实提高防汛支持能力	29
1.7.1	明确目标、统一规划、注重实效	29
1.7.2	统一标准、分级实施、确保质量	30
1.7.3	平台共建、资源共享、提高效能	30
1.7.4	融合衔接、整合资源、发挥效益	30
1.8	陕西水利信息化建设管理工作调研报告	31
1.8.1	水利信息化建设取得初步成效	31
1.8.2	信息化建设管理中存在的问题	33
1.8.3	厅直系统水利信息化建设思路	34
1.8.4	强化信息化建设与管理的对策	35
1.9	加快陕西灌区信息化建设有关问题的探讨	36
1.9.1	陕西灌区水资源与工程建设	37
1.9.2	灌区信息化针对的主要问题	38
1.9.3	灌区信息化建设的关键技术	41
1.9.4	实现灌区信息化目标的途径	43

第2章 应用技术研究 47

2.1	北斗卫星在雨量监测速报中的应用研究	47
2.1.1	防汛雨量监测速报研究内容	47
2.1.2	北斗卫星应用关键技术研究	48
2.1.2.1	卫星通信组网模式研究	48
2.1.2.2	防汛雨量监测设备研究	48
2.1.2.3	雨量数据发送机制研究	49
2.1.2.4	监测站点远程监控研究	49
2.1.2.5	监测数据纠错方法研究	49
2.1.2.6	监测预警应用平台研究	50
2.1.3	技术创新与系统试运行评估	51
2.2	江河水库水雨情测报联网关键技术研究	52
2.2.1	水雨情测报异构网络互联	52
2.2.2	多源异构数据库资源整合	54
2.2.3	数据集成中间件技术应用	55

2.3	中间件技术在水利信息化中的应用研究	56
2.3.1	中间件技术与水利业务应用	56
2.3.2	面向水利应用的集成中间件	57
2.3.3	水利业务应用组件服务平台	58
2.3.4	水利业务移动应用服务平台	59
2.3.5	陕西防汛决策支持服务平台	61
2.4	基于可视化大型水库防洪决策支持研究	62
2.4.1	水库防洪决策支持基础平台	62
2.4.2	水库防洪决策支持研讨平台	64
2.4.3	决策支持应用组件与知识图	64
2.4.4	集成环境下的决策支持服务	66
2.5	水资源监控管理系统总体技术架构研究	67
2.5.1	水资源监控管理涉及技术范畴	68
2.5.2	水资源监控管理系统总体架构	70
2.5.3	水资源监控管理系统开发要点	70
2.6	水资源费征收管理流程与应用开发研究	74
2.6.1	水资源费征收管理流程	75
2.6.2	水资源费征管信息流程	76
2.6.3	水资源费征管系统开发	76
2.7	无源光网络技术在大型灌区的应用研究	80
2.7.1	无源光网络技术	80
2.7.2	灌区承载网结构	82
2.7.3	灌区信息化应用	84
2.8	水利大数据关键技术的应用研究与探索	86
2.8.1	水利大数据生态模型	87
2.8.2	水利云智能数据架构	87
2.8.3	大数据技术应用研究	88
2.8.3.1	水利大数据的分布式存储	88
2.8.3.2	水利大数据共享交换模型	89
2.8.3.3	水利大数据查询分析应用	90
2.8.3.4	基于流数据事件实时分析	91
2.8.3.5	水利大数据的应用可视化	91
2.9	城乡供水智慧化监控管理服务体系研究	93
2.9.1	城乡供水管理服务体系架构	93
2.9.2	城乡供水管理服务实现途径	94
2.9.3	城乡供水管理服务建设策略	96
第3章	基础应用研究	99
3.1	灌区旱情及灌溉预报应用研究	99
3.1.1	作物需水量预报	99



3.1.1.1	潜在蒸散量计算方法	100
3.1.1.2	潜在蒸散量预报模型	101
3.1.1.3	预报模型的综合评判	103
3.1.1.4	作物需水量实时预报	106
3.1.2	灌区旱情预报	107
3.1.2.1	旱情预报模型	107
3.1.2.2	模型因子确定	107
3.1.2.3	预报模型转换	110
3.1.2.4	旱情评价指标	110
3.1.3	作物灌溉预报	111
3.1.3.1	灌溉预报基本模型	111
3.1.3.2	基本模型改进方法	111
3.1.3.3	灌溉预报动态模型	113
3.1.4	研究成果应用	115
3.2	水资源最优化配置及仿真研究	116
3.2.1	经济社会可持续发展所关注的水资源问题	116
3.2.2	可持续发展环境约束下的水资源配置模型	117
3.2.3	基于核函数的水资源最优化配置数值仿真	121
3.3	暴雨灾害风险精细化区划研究	124
3.3.1	暴雨风险区划意义和作用	124
3.3.2	暴雨风险区划的思路方法	125
3.3.3	暴雨风险区划因子的确定	126
3.3.3.1	暴雨灾害危险性	126
3.3.3.2	自然地理敏感性	127
3.3.3.3	承灾体易损性	130
3.3.3.4	防灾减灾能力	132
3.3.4	暴雨风险精细化区划成果	133
3.4	渭河流域径流量预报应用研究	136
3.4.1	流域自然地理状况	137
3.4.2	流域径流预报模型	138
3.4.2.1	陆地水循环过程	139
3.4.2.2	河道水演进过程	147
3.4.3	径流预报模型构建	150
3.4.3.1	子流域的划分	151
3.4.3.2	土地利用数据	152
3.4.3.3	土壤分布数据	152
3.4.3.4	水文响应单元	155
3.4.3.5	流域气象数据	156
3.4.3.6	模型参数率定	157
3.4.3.7	模型的适用性	159
3.4.4	径流预报的预处理	161

3.4.5 渭河径流预报实现	165
3.4.5.1 预报降水验证指标	165
3.4.5.2 预报降水过程验证	166
3.4.5.3 径流预报过程验证	167
3.4.5.4 研究成果主要结论	168

实 践 篇

第 4 章 工程研究实践	173
4.1 防汛雨量监测速报系统	173
4.1.1 设计前导	173
4.1.1.1 建设背景	173
4.1.1.2 自然特征	174
4.1.1.3 建设任务	175
4.1.1.4 设计原则	176
4.1.1.5 技术标准	177
4.1.1.6 技术研究	178
4.1.2 系统设计	179
4.1.2.1 总体结构设计	179
4.1.2.2 功能系统设计	180
4.1.2.3 工作机制设计	184
4.1.3 应用设计	188
4.1.3.1 应用软件总体结构	188
4.1.3.2 应用软件开发要点	188
4.1.3.3 应用软件功能实现	190
4.1.4 新技术应用	194
4.1.4.1 分层结构应用的架构模型	194
4.1.4.2 北斗卫星水雨情信息传输	194
4.1.4.3 可编程多功能的测控单元	195
4.1.4.4 地理与水情信息无缝集成	195
4.1.5 成效与效益	195
4.1.5.1 建设成效	195
4.1.5.2 效益评价	196
4.2 江河洪水跟踪监测系统	199
4.2.1 设计前导	199
4.2.1.1 建设背景	199
4.2.1.2 建设任务	201
4.2.2 系统设计	201
4.2.2.1 总体结构设计	201



4.2.2.2	通信组网设计	202
4.2.2.3	通信电路计算	207
4.2.2.4	功能系统设计	209
4.2.2.5	工作机制设计	213
4.2.2.6	保障措施设计	214
4.2.3	应用设计	218
4.2.3.1	应用软件框架结构	218
4.2.3.2	应用软件开发要点	218
4.2.3.3	应用软件功能实现	219
4.2.4	建设成效	221
4.2.5	经济效益	222
4.3	水库洪水监控调度系统	222
4.3.1	设计前导	223
4.3.1.1	建设背景	223
4.3.1.2	建设内容	223
4.3.2	系统设计	224
4.3.2.1	工程涉及范围	224
4.3.2.2	系统总体结构	224
4.3.2.3	信息传输流程	225
4.3.2.4	信息传输网络	225
4.3.2.5	水库水情测报	228
4.3.2.6	水库视频监控	228
4.3.2.7	水库闸门监控	232
4.3.2.8	应用支撑平台	235
4.3.3	应用设计	236
4.3.3.1	信息集成设计	236
4.3.3.2	应用组件开发	238
4.3.3.3	信息服务设计	240
4.3.3.4	洪水预报调度	241
4.3.4	建设成效	245
4.4	水库大坝安全监测系统	248
4.4.1	设计前导	248
4.4.1.1	建设背景	248
4.4.1.2	建设任务	249
4.4.1.3	标准规范	250
4.4.2	系统设计	250
4.4.2.1	系统总体结构	250
4.4.2.2	功能系统结构	250
4.4.2.3	监测设备性能	253
4.4.2.4	监测设施布设	260
4.4.2.5	监测系统功能	265



4.4.3	应用设计	266
4.4.3.1	数据采集软件	266
4.4.3.2	实时监测软件	267
4.4.3.3	综合查询软件	268
4.4.3.4	资料分析软件	268
4.4.3.5	资料整编软件	272
4.4.4	建设成效	273
4.5	取用水量监测管理系统	273
4.5.1	设计前导	273
4.5.1.1	建设背景	273
4.5.1.2	建设必要性	275
4.5.1.3	可行性研究	277
4.5.1.4	建设任务	279
4.5.1.5	建设原则	279
4.5.1.6	工程规模	280
4.5.1.7	技术标准	280
4.5.2	系统设计	281
4.5.2.1	总体结构设计	281
4.5.2.2	功能系统设计	281
4.5.2.3	工作机制设计	284
4.5.2.4	监测设备性能	286
4.5.3	数据库设计	288
4.5.3.1	数据库涉及内容	288
4.5.3.2	数据库开发要求	289
4.5.3.3	数据库结构方案	290
4.5.3.4	数据库接口方案	290
4.5.3.5	数据汇集与交换	290
4.5.3.6	数据库管理系统	291
4.5.4	应用设计	294
4.5.4.1	取用水量动态监视系统	294
4.5.4.2	取水用水计划管理系统	294
4.5.4.3	水资源费征收管理系统	295
4.5.4.4	取水许可网络审批系统	296
4.5.4.5	水资源管理的门户网站	297
4.5.5	效益评价	297
4.5.5.1	经济效益分析	297
4.5.5.2	社会效益分析	301
4.5.5.3	生态效益分析	302
4.5.5.4	效益评价结论	302
4.6	城市水源水质监测系统	302
4.6.1	设计前导	303
4.6.1.1	建设背景	303

