

吴建华 编著

水利工程综合 自动化系统的 理论与实践



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利工程综合自动化 系统的理论与实践

吴建华 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

“水利信息化”是一个跨学科、跨专业的新型专业方向，主要涉及水利、信息、控制、计算机及自动化专业领域的基础知识和应用。本书以水利工程为平台，以自动控制理论为基础，以信息、计算机等多学科技术为手段，以土石坝自动化系统开发研究为重点，介绍了水利信息化方面的专业知识，共包括六个部分：流域水情自动测报系统、水库水质自动测报系统、大坝自动化安全监测系统、闸门远程监控系统、水库库区视频监测系统及信息中心管理系统。

本书可供从事水利信息化的技术人员，有关水利工程计算机网络的管理人员，特别是与防汛、抗旱、水文、水资源、水土保持、供水工程、环境保护等有关的技术人员，以及有关院校的研究人员、博士及硕士研究生阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水利工程综合自动化系统的理论与实践 / 吴建华编著.
北京: 中国水利水电出版社, 2006
ISBN 7-5084-3711-X

I. 水... II. 吴... III. 水利工程—自动化系统
IV. TV-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 030806 号

书 名	水利工程综合自动化系统的理论与实践
作 者	吴建华 编著
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)、68331835 (营销中心)
经 售	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	787mm×1092mm 16 开本 13.75 印张 400 千字
版 次	2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	32.00 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

水问题成为 21 世纪威胁世界和平, 威胁人类生存和生态安全的首要因素。因此, 水旱灾害机理及防灾减灾, 水环境污染与生态安全研究, 水资源管理创新模式研究, 已经列入国家相关研究优先资助领域。

水利是国民经济的基础产业, 水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源, 水资源的可持续利用是我国经济社会可持续发展极为重要的保证。国民经济的发展和和谐社会的构建需要大量的水利信息, 而水利更离不开自然信息、社会信息和相关行业信息的支持。因此, 水利信息化必将成为实现水利现代化及其重要的手段之一。目前, “金水工程”即水利信息化工程, 已被国家信息化领导小组列为国家优先建设的 12 个重点业务系统之一, 并已开始建设。“数字水利”信息化工程也正在进行。国家防汛抗旱指挥系统、全国水利电子政务、国家水资源管理决策支持、国家水质监测和评价、全国水土保持监测与管理、全国水利工程管理、全国农村水电及电气化管理、全国水利信息公众服务等方面的自动化管理、监测与软件的开发, 都是以当前的科学技术综合化发展为背景而展开的, 所以水利信息化的研究与开发需要既具有水利工程知识, 又具有信息化技术的多学科的知识 and 人才, 也是当代中国国民经济持续发展的必然要求。

水利信息化, 具体来讲就是充分利用现代信息技术, 开发和利用水利信息资源, 包括对水利信息进行采集、传输、存储、处理以及进行水利模型的分析 and 计算, 提高水利信息资源的应用水平和共享程度, 从而全面提高水利建设和水事处理的效率和效能。长期的水利实践证明, 完全依靠工程措施不可能有效地解决当前复杂的水问题。广泛应用现代信息技术, 充分开发水利信息资源, 拓展水利信息化的深度和广度, 工程与非工程措施并重是实现水利现代化的必然选择。以水利信息化带动水利现代化, 以水利现代化促进水利信息化, 增加水利的科技含量、降低水利的资源消耗、提高水利的整体效益是 21 世纪水发展的必由之路。本书的出版既是科学研究的总结, 又是水利信息化的需要。

随着科学技术的发展, 我们结合自动化与测控、信息技术等学科积极开

展科学技术研究,使水利工程、节水农业、供水工程、水利信息测控与处理等技术的集成产生了创新的效果。国家高技术研究发展计划(“863”计划)“感应式数字液位传感器及自动化监控系统研究与开发(项目编号2004AAA001050)”子课题——“洪水预报计算机监控系统”研究通过技术鉴定,达到国际先进水平,并在河南省盘石头水库、山西省文峪河水库、山东省位山灌区信息化建设、数字长江、数字黄河及多项水利信息化建设项目中产生了良好的经济效益和环境效益,该项技术的创新,直接带动了水利信息化的发展。

作者近几年主持、参与并完成了相关开发研究项目的现场查勘、科研、设计、无线电信道测试、设备选型、安装调试、模型开发、软件编制、技术培训及运行跟踪等全部的技术工作,既感到无限的欣慰,又感到水利科技工作者责任之重大。随着水利信息化和计算机、通信技术的发展,为本书的编写提供了良好的环境和基础。

本书以水利工程为平台,以自动控制理论为基础,以信息、计算机等多学科技术为手段,介绍水利信息化方面的专业知识,以土石坝综合自动化系统为重点,共包括6个部分:水情流域自动测报系统、水库水质自动测报系统、大坝自动化安全监测系统、闸门远程监控系统、水库库区视频监测系统及中心信息管理系统。

参加本书编写的有:山西省水利厅水电公司张建民高级工程师完成了第三章及第四章的一部分共约10万字的编写工作,山西省万家寨引黄工程管理局李文芳高级工程师完成了绪论、第二章及第四章的一部分共约10万字的编写工作,河南省盘石头水库建设管理局马长顺、赵秀民同志进行了部分章节的插图制作和修改以及约9万字的编写工作,其余约11万字的编写工作由吴建华教授完成,在此对他们表示衷心的感谢。全书由太原理工大学吴建华教授(博士)进行统稿。

这本书从手稿到最后的成书蕴含了许多人直接或间接的努力。尽管这些人难以尽述,但我要感谢其中的每一个人。参考文献对研究工作起着参考、引导作用,由于篇幅所限,未逐一列出,在此对诸多参与者一并表示感谢!

吴建华

2006年3月

目 录

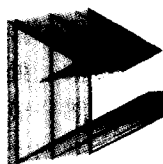
前言

第一章 绪论	1
一、中国水利信息化开发研究的现状	2
二、中国水利信息化建设的发展趋势	5
三、近期水利信息化建设的发展思路 and 任务	5
四、水利工程综合自动化开发研究的内容	7
第二章 盘石头水库水情自动测报系统的开发研究	10
第一节 综述	10
一、水情自动测报系统国内外研究概况及发展趋势	10
二、中国水情自动测报系统的建设目标	11
三、系统开发研究的主要内容	13
第二节 盘石头水库及水情测报系统遥测站网布设研究	14
一、水库流域概况	14
二、水库水情自动测报系统开发研究的必要性	16
三、水情自动测报系统遥测站网布设研究	16
第三节 系统设备硬件选型及通信方式的确定	19
一、水情自动测报系统通信方式选择	19
二、卫星通信	20
三、水情自动测报系统设备硬件选型	23
四、遥测站简介	25
五、中心站设备组成	26
六、小结	27
第四节 盘石头水库洪水预报系统的开发与研究	27
一、实时洪水预报的研究综述	27
二、数据采集软件开发	34
三、洪水预报软件系统的开发	38
四、盘石头水库洪水预报软件系统的结构及预报成果	49
五、实时洪水预报系统的误差分析	50
六、研究结论	51
第五节 神经网络技术在洪水预报中的应用研究	52
一、神经网络及其发展	52

二、BP神经网络的结构及应用	54
三、洪水预报BP模型的建立	57
四、BP神经网络在盘石头水库洪水预报系统中的应用	62
第六节 结论与建议	66
一、结论	66
二、系统开发的几点思考	67
三、系统开发研究工作的建议	67
附录	69
参考文献	72
第三章 盘石头水库实时洪水调度系统的开发研究	75
第一节 概述	75
一、水库调度综述	75
二、水库调度开发研究的意义	80
三、水库调度系统开发研究的主要内容	81
四、系统开发研究的技术路线	82
第二节 洪水调度基本资料及调度原则	82
一、盘石头水库概况	82
二、水库调度基本资料	82
三、洪水调度原则及防洪运用方式	85
第三节 盘石头水库洪水实时调度模型	86
一、水库实时洪水调度关键技术问题	86
二、皮尔逊—Ⅲ型频率曲线的数值求解	89
三、水库调洪计算原理和方法	91
四、设计调洪规则模型	94
五、洪水优化调度模型	95
六、经验常规调度模型	99
七、决策调度方法	99
第四节 盘石头水库洪水调度系统的开发	100
一、系统的开发目标与原则	100
二、系统环境和开发工具	101
三、洪水调度系统的组成及结构	102
四、模拟计算结果及分析	104
第五节 结语	110
一、结论	110
二、建议	111
参考文献	112
第四章 土石坝自动化安全监测系统	114
第一节 土石坝安全状况概述	114
一、概述	114

二、土石坝自动化监测系统概况	115
三、现行安全监测评价标准	120
四、大坝安全监测技术的发展方向	121
第二节 山西省文峪河水库自动化监测系统	121
一、系统开发的背景、意义和内容	121
二、文峪河水库大坝监测设施现状及监测系统设计	123
三、自动化监测系统硬件选型	124
四、系统组网形式	126
五、信息管理中心	127
六、自动化硬件系统的防雷措施	128
第三节 水库大坝自动化监测系统软件的设计	129
一、监测系统应用软件开发概述	129
二、监测系统软件的功能描述	129
三、监测系统软件的结构及开发环境	130
四、安全评价需求分析	132
第四节 渗流监控模型	135
一、监控模型概述	135
二、渗流统计模型	136
三、数值计算方法	141
四、实测数据建模分析	142
第五节 大坝安全监测系统软件的开发	146
一、数据采集部分	147
二、监测数据的整编与分析	157
三、土石坝渗流监测资料分析中的几个问题	162
四、数据库实现	169
五、小结	170
第六节 人工神经网络在大坝安全监测自动化系统中的应用	170
一、概述	170
二、人工神经网络 BP 模型简介	171
三、模型的改进与程序开发工具	171
四、土石坝渗压预测 BP 模型的实现	172
五、小结	173
第七节 专家系统在土石坝性态分析中的应用研究	174
一、专家系统概述	174
二、工程应用研究	176
三、小结	181
第八节 结语	181
一、研究成果	181
二、思考与体会	182
参考文献	184

第五章 水库水质、闸门远程及视频监视系统	187
一、水库水质监测系统的开发研究	187
二、水库闸门远程监控系统的开发研究	188
三、水库视频监视系统	192
四、开发研究工作总结	196
第六章 信息管理中心系统	198
一、信息管理中心的功能结构	198
二、信息管理中心开发研究的目标	198
三、系统接口的开发	200
四、网络设计	202
五、综合数据库服务系统	203
六、大屏幕拼接墙显示系统	208
后记	209



第一章

绪 论

水利是国民经济的基础产业，水利的发展是保证国民经济和社会可持续发展的基础建设工程。新中国成立以来，经过半个多世纪的建设与发展，水利工程建设取得了巨大成就，尤其是担负调峰、调频、防洪、灌溉、航运及工业和居民用水等特殊功能和任务的水库工程建设，为中国的现代化建设提供了强大的安全防汛和水资源利用的保证。但是，洪涝灾害、干旱缺水、水土流失和水污染等四大问题还远没有解决，每年带来的损失也越来越巨大，水资源与国民经济和社会发展不相适应的矛盾也越来越突出，已经严重影响全面建设小康社会这一目标的实现。经济的现代化离不开水利现代化的保障，努力探索和实践适应社会主义经济发展的现代水利是水利工作者义不容辞的责任。面对严峻形势，应用现代科学理论和高新技术，对水利工程实行科学管理，确保对水资源的合理开发、高效利用、优化配置、全面节约、有效保护和综合治理，用水利信息化来带动水利现代化，已经成为中国 21 世纪水利事业发展的必然。

水利行业是一个信息密集型行业，古今中外均十分重视水信息的收集、整编和利用。我国早在公元前 20 世纪和公元前 16 世纪，就分别开始有洪水和干旱信息的记载或流传。在科学技术迅猛发展的今天，信息化更是水利现代化的重要内容。一方面，水利部门要向国家和相关行业提供大量的水利信息，包括汛情旱情信息、水量水质信息、水环境信息和水工程信息等，为防洪抗旱斗争和水资源综合管理服务，为国民经济发展服务；另一方面，水利建设本身也离不开相关行业的信息支持，包括流域区域经济信息、生态环境信息、气候气象信息、地球物理信息、地质灾害信息等。长期的水利实践证明，完全依靠工程措施，不可能有效地解决当前复杂的水问题。广泛应用现代信息技术，充分开发水利信息资源，拓展水利信息化的深度和广度，工程与非工程措施并重是实现水利现代化的必然选择。以水利信息化带动水利现代化，以水利现代化促进水利信息化，增加水利的科技含量，降低水利的资源消耗，提高水利的整体效益，是 21 世纪水发展的必由之路。因此，加速水利信息化建设，既是国民经济信息化建设的重要组成部分，同时也是水利事业自身发展的迫切需要。

水利信息化是水利现代化的基本标志和重要内容。水利信息化，具体来讲就是充分利用现代信息技术，开发和利用水利信息资源，包括对水利信息进行采集、传输、存储、处理和利用，提高水利信息资源的应用水平和共享程度，从而全面提高水利建设和水事处理的效率和效能。水利信息化的建设任务可分为三个层次，即国家水利基础信息系统工程、基础数据库和水利综合管理信息系统。水利信息化是从传统水利向现代水利转变的物质实现，是实现水资源优化配置和统一管理的需要，也是国家基础国情信息之一。

一、中国水利信息化开发研究的现状

(一) 开发研究的现状

中国水利信息化工作“七五”期间起步,“九五”期间启动“金水工程”,取得了可喜的成绩,主要表现在:全国水利系统初步实现了从水情雨情信息的采集、传输、接收、处理、监视,到联机洪水预报;在全国范围内开始建设国家水文数据库,并取得了部分成果;水利部门办公自动化的水平也在逐步提高,开始实行远程文件传输、公文管理和档案联机管理;一些水利部门建立了网站并进入了互联网络;建成了连接全国各流域机构和各省(自治区、直辖市)的水情计算机广域网,并相继进行了一些流域和地方的防洪减灾、水资源管理的决策支持系统的研究开发工作。但数字化、网络化技术应用不够,开发应用水平较差,低水平重复开发和重复建设问题仍很突出,条块分割现象依然存在。

1. 信息技术应用现状

中国水利行业的现代信息技术应用工作起步较早。目前,信息技术在某些业务信息采集、传输、存储、处理、分析和服务的部分环节中已发挥了显著作用。但从总体上看,业务处理仅实现了部分数字化,相关技术规范不完善,在硬件实施的研发与可靠性的提高方面有待进一步的完善,信息共享机制不健全,有限的资源数据总体质量不高,使用效率较低。水利信息化总体上仍在起步阶段,地区发展极不平衡。

2. 信息采集开发研究现状

在水利信息采集方面,全国水利系统已有 50% 的雨量监测数据采集和近 40% 的水位监测数据采集实现了数字化长期自动记录,流量和其他水文要素的自动测验研究开发也在进行积极的探索。部分重点防汛地区建成了水文信息自动采集系统,工情、旱情、灾情、水资源、用水节水、水质、水土保持、工程建设管理、农村水利水电、水利移民、规划设计和行政资源等信息采集也具有一定的手段。航空航天遥感、全球定位等技术在部分业务中得到应用。

3. 计算机网络开发研究现状

在计算机网络与信息传输方面,目前从水利部到各流域机构和各省(自治区、直辖市)水文部门之间,初步形成了基于中国分组交换网的全国实时水情计算机广域网,能进行实时水情信息传输;部分地区建成了宽带计算机广域网,全国部分省级以上水利行政主管部门建立了信息发布网站,并连入因特网,开始向社会提供部分水利信息。部分重点防洪省(自治区、直辖市)已初步实现了水雨情信息传输网络化、接收处理自动化和信息管理数字化,提供水雨情信息服务的水平与能力有了一定的改善。

4. 水资源管理的决策支持系统的研究开发现状

针对水利工程的特点和功能需求,以国家“863”和“973”重大科研攻关项目为导线,在不同的层次和不同的应用区域,开发了功能不同的应用分析系统,但从深度和广度上讲,还需要进行模型、计算方法及分析功能等方面的完善。德国、法国、荷兰等欧洲国家在水情自动测报上的发展趋势为:模拟技术、地理信息系统等应用到河流堤防管理的风险分析中,在洪水预警预报方面,将卫星、雷达、天线等现代化的设备和手段,应用到洪水预报中。由于雷达能测定雨滴的大小、密度,云层及雨区的分布、移动、强度等,且数据直接进入预报系统,因此不仅提高了洪水预报精度,还增长了洪水预见期。同时采用遥

测遥感、地理信息等技术,及时调整和修改洪水预报模型,使模型反映的结果更符合地理特征、洪水规律,预报精度更高,预见期更长。

5. 水资源信息监测传感器的研究现状

目前,中国水利信息化技术与电子、通信、计算机等技术有着同步发展的趋势,在其发展过程中经历了各个不同的阶段。在水情监测传感器开发研究方面,由早期的分立式电子元件组成的系统或稍后由单板机构成的系统,是这类遥测设备的原始产品。其后发展成由单片机芯片和大规模集成元件组成的板块结构的测报系统,使系统的功能和可靠性大大提高。为了适应多目标、多用途的需要,有的部门开发单片微机总线结构的测报设备。目前中国水情自动测报的测控设备生产已有了比较雄厚的技术基础,形成了一套较完整能满足需要的国产设备,也具有打入国际市场的能力,但是在量测传感器的适应性、监测数据传输设备的功能和可靠性等方面,技术上还存在较大的薄弱环节,一定程度上影响和限制了全系统设备的整体功能和水情自动测报系统效益的发挥。

6. 关于水情参数测报方法的研究现状

除常规的布置地面遥测点收集水情信息外,很多国家将雷达测雨技术纳入整个水情测报系统。它能有效地用于大面积测雨,其实时性强,覆盖面大。由雷达测雨系统输出数据,经计算机处理,可在地域上和时间上测量降雨的时空分布,并具有一定的数据精度,它与地面遥测雨量数据配合应用,能收到更好的效果。日本在1986年就已建成具有雷达测雨和地面遥测雨量功能的自动处理系统。美国、英国、加拿大等国也都建有不少雷达测雨系统。此外,中国的一些重要枢纽和防洪任务重的地区,有的已经建立了自己区域内的气象卫星云图接收系统,接收中国中央气象局及国外一些气象中心发布的气象资料,并把它纳入水情自动测报综合管理范畴。中国气象和航空部门也已采用雷达测雨技术作为气象预报的重要手段之一,预计在不远的将来,该技术在水利、水电各部门将有可能得以推广和应用。

7. 水资源信息数据通信方式的研究现状

在水情遥测技术方面,早期采用较低无线电频段(30~100MHz)的模拟信号通信方式,其后逐步改用较高频段(100~400MHz)的数据通信方式,它们属于VHF/UHF超短波段范围。它具有一定的绕射能力和抗干扰能力,比较适用于较远距离的山区水情数据传送,对于非近距离的障碍物不会形成严重的通信阻隔。对于阻隔较严重的多山地区,它仍能选择适当的中继站来实现较远距离的山区通信,所以大多数情况下的水情数据传输均可采用超短波通信方式来实现,但当测报范围扩大和测报地区地形极端复杂时,超短波水情数据通信存在较严重的雨衰现象而受到局限。因此,开发研究适合的水文数据通信方式是至关重要的环节。

随着卫星通信的发展,在提高卫星通信的利用率,降低卫星通信的成本,满足不同业务方面,出现了许多新技术,构成了一些新型的卫星通信网络。Inmarsat国际卫星移动通信系统和Vsat卫星网系统,是近几年发展起来的卫星通信网络系统,分析研究表明:卫星通信更适合于水情数据的传送。这些新型卫星通信网络系统在水情数据通信方面已进入实地应用阶段。

在水情遥测数据传送方面,中国相关的科研单位在个别地区进行了短波通信试验和应

用。由于短波信道受大气和季节影响,以及其他无线电台干扰较大,噪音严重,因此应采用抗干扰调制解调技术及纠错和自动换频技术,甚至还必须采用更复杂的电子技术以改善通信质量。因其固有的技术难点的限制,在水情数据传输方面的应用受到限制。

在国外,一些公用电话网络发达国家乐于采用有线水情数据通信,我国大部分地区尚不具备这种条件。不过,国内很多管理单位已经有了地面微波通信,在已建有微波通信系统的情况下,如若可能,利用它们之间的微波线路传输水情数据是可行的。

美国是利用流星余迹进行水情数据传送的国家,他们建成的 SNOTER 流星余迹通信系统,带有 60 个遥测站点,通信距离可达 2000km。利用流星余迹进行通信的频率通常为 40~50MHz,传输速率达几千 bit/s。

德国各洪水预报中心,通过掌握流域内的水情信息站、全国 16 个测雨雷达站(雷达覆盖半径为 100km)每 5~15min 进行资料扫描、卫星云图信息等,在此基础上进行洪水作业预报。其洪水预报的结果,通过广播电台、图文电视、电话预报、索取传真和因特网等多种途径向公众发布。

法国江河水情信息的传输以公用电话为主,超短波通信为辅。预报中心通过雷达和天线的监测,其预报警报成功率达 80% 以上,误差主要来源于当地产生的云团和区间的降雨。

8. 数据采集和传输智能设备单元的开发研究

开发研究使用稳定可靠、价格低廉、具有强兼容性的数据采集和传输智能设备单元(RTU 或 MCU),以真正确保水情信息传输系统可靠的运行,发挥其最佳的水文效益也成为水利信息化系统高效运营的关键技术之一。

(二) 存在的问题

虽然在水利业务中广泛应用现代信息技术、开发信息资源为特征的水利信息化建设已经起步,但进展比较缓慢,各级水行政主管部门、各水利业务领域发展也很不平衡,覆盖全国的水利信息网络尚未形成。对照国民经济的飞速发展和信息化技术的发展要求,当前水利信息化存在的问题主要表现在以下几个方面。

1. 信息资源不足

信息资源不足主要表现为:时效性差、种类不全、内容不丰富、基准不同、时空搭配不合理等,特别是信息的数字化和规范化程度过低,更加重了信息资源开发利用的难度。中国在水情站网的布设和报讯手段方面经历了不断完善的过程,目前已经形成 8000 处左右的报讯站点,这是防汛水情信息的主要信息源。但为了满足国家防汛指挥系统工程的需要,必须扩大水文情报预报信息源,在重点防洪区需采用测雨雷达、卫星遥感技术和地理信息系统技术,以取得更多的水文信息,并与水文预报系统相连接,从而进一步提高预报精度和增长有效预见期。

2. 信息共享困难

由于水利信息化还处于起步阶段,各种信息基础设施与共享机制仍不配套,导致有限的信息资源共享困难。主要表现在:服务目标单一,导致条块分割;标准规范不统一,形成数字鸿沟;共享机制缺乏,产生信息壁垒;基础设施不足,阻碍信息交流。关于这一点,水利和气象等部门的科研工作者必须大力的研究和配合,以确保水利信息化系统的研

究与开发真正服务于国民经济的建设。可喜的是,水利和气象部门的信息共享工作,最近在中国很多地方已经实现,对于开展水利信息化的深层次研究提供了难得的机遇。

3. 应用基础薄弱

信息开发与应用的基础是信息的共享与水利业务处理的数字化。除因信息资源限制导致的应用水平低外,对信息技术在水利业务应用的研究不充分、大多数水利业务数学模型还难以对实际状况做出科学的模拟。各级水利业务部门低水平重复开发的应用软件功能单一、系统性差、标准化程度低,信息资源开发利用层次较低、成本高、维护困难,不能形成全局性高效、高水平、易维护的应用软件资源。

二、中国水利信息化建设的的发展趋势

水利信息化的迅速发展,主要表现在微电子、通信、计算机及网络等技术的广泛应用,实现了各种水利基础信息遥感遥测以及快速的信息传输和处理,大大提高了水利工作的管理水平。水利信息化的发展趋势主要表现在以下几个方面:

(1) 信息多元化。随着遥感、卫星及雷达等技术和地理信息系统(GIS)的应用,提供了多元化的更丰富和更准确的信息。如防汛抗旱信息、供水流量信息、卫星和雷达信息的引进,不仅弥补了地面观测信息的不足,而且提高了信息的准确度和可靠性。又如地理信息系统(GIS)的应用,推进了“水利数字化”的实现,从而使流域的规划、开发、管理全面实现信息数字化。

(2) 信息传输快和资料共享。先进的通信技术及计算机网络技术的高速发展,使信息传输数字化、网络化,大大地提高了信息传输的时效性,提高了信息的利用率。如在国家防汛指挥系统建设中,这些技术的应用使得在30min内收集全国的水雨情信息目标成为现实,比现在的2~3h要提高4~6倍,为全国的防汛抗旱指挥系统的正确决策提供及时可靠的信息支持。此外,互连互通的计算机网络,将大大提高资料的共享程度,提高资料的利用率。

(3) 信息处理快速、可视。计算机性能的不断提高及多媒体技术的应用,使得信息处理速度快、可视化程度高、表现直观,增强了决策支持的能力。

(4) 信息安全保障。应用各种先进的加密技术,确保信息系统的保密与安全。

三、近期水利信息化建设的思路和任务

(一) 发展思路

中国水利信息化的建设,经过了近几年的艰苦探索,在今后的一段时间内,水利信息化建设的思路是:

(1) 水利信息化是国民经济信息化体系的重要组成部分,为国民经济和社会发展提供全方位的水利信息服务。

(2) 以需求为导向,实行长远目标与近期目标相结合,统筹规划,分期实施,急用先建,逐步推进。近期要以防治洪涝干旱灾害和水资源综合管理的信息支持为重点,同时开展为水资源优化配置和生态环境建设提供信息服务,最终形成完整的水利信息化体系。

(3) 在全面规划、统一标准的前提下,遵循“谁受益,谁建设”的原则,充分发挥中央和地方两个积极性,共同进行全国水利信息系统的开发研究及建设。

(4) 在水利信息系统的规划和建设中,要按照“先进实用,高效可靠”的原则,尽可

能采用现代信息技术的最新成果,使其具有较好的先进性和较长的生命周期,保证系统的开放性和兼容性,为系统技术更新、功能升级留有余地。

(5) 充分利用国家的信息公共基础设施和相关行业的信息资源,实行优势互补,资源共享。在充分依托国家公用骨干网,建设水利行业特殊需要的骨干网的同时,形成全国水利信息网络,为水利行业各业务应用系统提供信道资源,避免重复建设。

(6) 加大在应用系统上的科研投入和开发力度。在注意引进先进的计算机应用软件的同时,更要集中多学科联合攻关,开发适合中国国情的高水平应用软件,努力避免系统开发中的低水平重复的现象。

(7) 努力提高信息化工作的管理水平,重视信息技术和管理人才的培养,积极探索信息系统的管理体制和运营机制。

(8) 按照国家的有关规定,切实加强信息系统的安全建设,确保系统及信息的安全。

(二) 建设任务

按照国家相关的规划,中国水利信息化的建设任务可分为三个层次。

1. 国家水利基础信息系统的建设

国家水利基础信息系统工程包括国家防汛指挥系统工程、国家水质监测评价信息系统工程、全国水土保持监测与管理信息系统、国家水资源管理决策支持系统等。这些基础信息系统工程包含全国的水利信息采集、信息传输、信息处理和决策支持等分系统建设。其中,已经开始实施的国家防汛指挥系统工程,除了近 1/3 的投资用于防汛抗旱基础信息的采集外,作为水利信息化的龙头工程,还将投入大量的资金建设覆盖全国的水利通信和计算机网络系统,为各基础信息系统的资料传输提供具有一定带宽的“信息高速公路”。

2. 基础数据库建设

数据库的建设是信息化的基础工作,水利专业数据库是国家重要的基础性的公共信息资源的一部分。水利基础数据库的建设包括国家防汛指挥系统综合数据库:实时水雨情库、工程数据库、社会经济数据库、工程图形库、动态影像库、历史大洪水数据库、方法库、超文本库、国家水文数据库、全国水资源数据库、水质数据库、水土保持数据库、水利工程数据库、水利经济数据库、水利科技信息库、法规数据库、水利文献专题数据库和水利人才数据库等。

3. 水利综合管理信息系统建设

水利综合管理信息系统建设主要包括:

- (1) 水利工程建设与管理信息系统。
- (2) 水利政务信息系统。
- (3) 办公自动化系统。
- (4) 政府上网工程和水利信息公众服务系统建设。
- (5) 水利勘测规划设计信息管理系统。
- (6) 水利经济信息服务系统。
- (7) 水利人才管理信息系统。
- (8) 文献信息系统。

上述数据库及应用系统的建设,将大大地提高水利部门的业务和管理水平。信息化的

建设任务除上述三个方面外，还要重视以下三方面的工作：

(1) 切实做好水利信息化发展规划和近期计划，既要满足水利整体发展规划的要求，又要充分考虑信息化工作的发展需要；既要考虑长远规划，又要照顾近期计划。

(2) 重视人才培养，建立水利信息化教育培训体系，培养和造就一批水利信息化的技术和管理人才。

(3) 建立健全信息化管理体制，完善信息化有关法规、技术标准规范和安全体系框架。

水利信息化建设是一项重要的公益性事业，政府投入是资金的主要来源。2002年，中国用于水利行业信息化建设的整体投资约为10亿元，较2001年有较大幅度的增长。预计随着国家和社会对水利信息化的重视程度的提高，未来5年，中国水利信息化建设投资总规模将有望超过70亿元。水利信息化科学研究的突飞猛进，与国家提出进行“金水工程”的建设密切相关。

未来，我国的水利信息化建设将围绕“金水工程”展开，计划在3~5年内完成计算机网络骨干系统的建设；完成水情分中心、工情分中心建设和中央报讯观测站、报讯设施的改造；完成综合数据库、主要基础数据库的建设，建成中央防洪决策支持系统；建成淮河及黄河中游新一代天气雷达应用系统；初步完成流域级及部分重点省级防洪决策支持系统等。

随着水利信息化建设的逐渐成熟，未来的水利信息化市场也会出现逐渐“软化”的现象，即软件与信息服务市场发展迅速，成为促进水利信息化市场持续快速增长的新动力。水利行业的网络建设将逐步放慢；与之相对的是，水利行业的十大应用系统建设成为信息化重点，其中的建设重点仍是防汛抗旱指挥系统。另外灌区信息化、水井自动化、供水系统自动化、大坝观测自动化、闸门控制自动化系统、工业电视监视系统、系统的网络与中心站建设等属于水利信息化开发研究内容的项目，将进入较快的发展阶段。不久的将来，信息服务的内容和投资激增，市场份额将显著扩大。

利用以信息技术为核心的一系列高新技术对水利行业进行全面技术升级和改造的过程，形象地称为“数字水利”。水库水情测报的自动化、大坝安全监测自动化、闸门控制自动化、供水系统自动化、工业电视监视系统等开发研究的蓬勃发展作为“数字水利”的成功范例，预示着中国水利现代化的光辉前景。

四、水利工程综合自动化开发研究的内容

为拦蓄洪水而设计的大坝，通常是水利枢纽中的重要建筑物。一般来讲，大坝具有灌溉、供水、发电、防洪、航运、养殖及疗养等功能。人们期望水利枢纽中的核心建筑物——大坝能够安全地承受巨大的水压力，最大限度地利用有限的水资源。如果大坝一旦失事，瞬间大量的非计划泄放的库水将给下游人民的生命财产造成巨大的损失。因此大坝的安全调度和运行是关系国计民生的重大问题。目前国内已经建成或者正在建设的水利枢纽中，土石坝居多。供水系统的水质、水量及压力等参数的监测，成为未来确保国民经济持续发展的水资源调度的重大信息工程，因此，供水系统及灌区机井的自动化也是“数字水利”的重要建设内容。所以，研究土石坝的安全及自动化监测问题与控制一直是广大水利工作者非常关注的重要课题，在水利信息化技术飞速发展的今天，研究开发土石坝综合自

动化系统更有着非常重要的意义。

土石坝自动化系统包括 6 个部分：水情流域自动测报系统、水库水质自动测报系统、大坝自动化安全监测系统、闸门远程监控系统、水库库区视频监测系统、水库信息中心管理系统。其中水情（水质）测报系统、大坝安全监测系统、闸门控制系统以及视频监视系统均为相对独立的子系统，各个子系统之间相互独立运行。水库信息中心管理系统位于各个子系统之上并成为连接各个子系统的纽带，它提供了各个子系统运行所需要的网络平台、主服务器等硬件平台；除此之外，信息中心管理系统的综合数据库系统通过与各个子系统的数据库接口，可以将各个子系统的数据库通过会议设备与大屏幕显示设备集中展示在使用者面前，从而将各个子系统集成到一起。

(1) 水情（水质）自动测报是为适应江河、水库、水电站、城镇等防洪调度的需要，逐步实现其现代化管理目标，采用现代化科技对水文信息进行实时采集、传输、处理及预报为一体的自动化技术，是有效解决江河流域及水库洪水预报、防洪调度及水资源综合利用的先进手段。

建立水库水情自动测报系统，能够迅速、准确地掌握本流域水情及水库上游来水情况，及时准确地作出洪水预报，保证水库科学合理地调度，为水库下游防洪服务，为水库本身和下游广大城镇人民生命和财产的安全提供保障。

水库建设的一个很重要的作用是工农业和生活用水，为保证水质符合环境要求，必须建立水质监测站。

(2) 通过建立一套功能齐全、稳定可靠、使用方便的工程安全监测自动化系统，不但能够达到快速完成工程安全监测数据采集工作，做到观测数据快速整编、及时分析、及时反馈，同时也可降低现场工作人员的工作强度，达到少人值守或无人值守。

工程安全监测自动化网络系统建成后，可以及时提供枢纽工况，避免坝体失事对下游人民的生命财产的安全造成损失；在高水位时期能够及时向防汛等有关部门提供枢纽运行数据及分析结果，防汛指挥部根据枢纽工况，减少闸门溢流量，进而减少下游农田淹没损失。

(3) 闸门远程控制系统是实现水利工程自动化所必不可少的组成部分，是计算机技术、系统控制技术、网络通信技术充分结合的产物。该系统能自动采集系统内各项参数，并进行计算，同时根据实时闸门运行状况，按照“水利工程调度运行方案”，实时监控闸门作出调度方案予以执行，实现水闸调度与监控自动化。

(4) 视频监控系统将被监控现场的实时图像和数据信息准确、清晰、快速地传送到监控中心，监控中心能够实时、直接地了解和掌握各被监控现场的实际情况，作出相应的反应和处理。

高性能的视频监控网络可以使各监控点成为一个集通信网络、图像处理、自动控制于一体的智能化管理系统。它除了具有传统的监视功能外，还可以通过计算机网络使位于不同地点的监视者利用单一的通信线路实现对各种监控设备、各类监控点的使用和控制，并且成功地将有线电视闭路监控同计算机网络有机地结合在一起，实现远程监控。具体目标如下：

可通过等离子电视清楚地全天候监视水库关键区域现场动态，及时发现设备工作异常