

灌区用水管理 信息化结构体系

GUANQU YONGSHUI GUANLI XINXIHUA JIEGOU TIXI

谢崇宝 等 编著

1-39



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

灌区用水管理 信息化结构体系

谢崇宝 黄 斌 高 虹 张国华 姚寒峰 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据灌区用水管理实际运行经验,通过研究分析归纳总结,将灌区用水管理信息化建设任务概括为5个方面:灌区识别、水情监测、信息通信、闸门控制、水量调度,提出了灌区用水管理信息化结构体系,确立了灌区用水管理信息化应用软件宜采用三层结构体系,即表现层、逻辑层和数据层,定义了灌区用水管理信息化应用软件的主要功能模块。同时,本书还特别增加了长顶堰和测控一体闸两种国外灌区用水管理测控新设施,以期更好地服务于我国灌区用水管理信息化建设与管理工作。

本书面向灌区管理人员和专业技术人员,可供从事灌区用水管理信息化的技术人员学习参考,期望为灌区用水管理人员和信息化从业人员建立一个互相沟通与交流的平台。

图书在版编目(CIP)数据

灌区用水管理信息化结构体系 / 谢崇宝等编著. —
北京:中国水利水电出版社,2010.1
ISBN 978-7-5084-7439-7

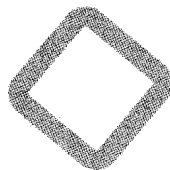
I. ①灌… II. ①谢… III. ①信息技术—应用—灌区—水资源管理—研究—中国 IV. ①S274-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第072658号

书 名	灌区用水管理信息化结构体系
作 者	谢崇宝 等 编著
出版发行	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 电话: (010) 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 11.75印张 279千字
版 次	2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷
印 数	0001—2500册
定 价	30.00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

水利信息化是实现水利现代化的重要标志，水利信息化就是要充分利用现代信息技术，深入开发和广泛利用信息资源，实现各类水利信息的数字化，促进信息交流和资源共享，全面提升水利为国民经济和社会发展服务的能力和水平。水利部党组高度重视水利信息化建设，把大力推进水利信息化作为带动和实现水利现代化的一项重要工作，采取了一系列有力措施推动水利信息化建设，并取得了明显进展。

农村水利信息化是水利信息化的重要组成部分，根据行业管理和项目管理的实际需求，主要涉及农田水利基本建设、农村饮水安全、大型灌区、中型灌区、小型农田水利、节水灌溉、机电排灌、牧区水利、雨水积蓄利用和中低产田改造等十大方面。开展灌区用水管理信息化的研究与应用的根本目的是提高灌区供水服务的安全性、公平性、可靠性和灵活性，落实“以人为本”和“服务农民”的灌区建设与管理的根本宗旨。

本书根据灌区用水管理实际运行经验，从信息点监测方式的角度，对种类复杂、数量众多的信息点界定了五大类别，分别为实时影像可视化监测点、实时模拟可视化监测点、实时采集信息点、实时记录定期采集信息点、人工观测信息点。通过总结、分析、实践、提炼，完成灌区用水管理信息化需求分析，将灌区用水管理信息化建设任务概括为5个方面：

(1) 灌区识别。它主要包括灌区水源及渠系建筑物识别、灌区用水户属性识别、渠系与用水户两者关系识别。灌区的计算机识别技术有多种方法，如编码法、自定义续接搭建法、可视化创建法、电子地图和地理信息系统等。灌区用水管理涉及的众多水工建筑物都具有自然地理属性，而且与灌溉有关的水文水情信息、气象信息和农作物分布信息都具有空间属性。传统的以表格数据为特征的管理系统或者现代的以地理信息系统为平台的管理系统对这些信息都给予了不同程度的表述。无论采用何种表达方式，都应以满足现实需要为原则，不求千篇一律，也不提倡过于追求动态效果和可视化效果。

(2) 水情监测。水情监测系统主要完成水情、工情、墒情、旱情、灾情、

水文地质、土壤、种植、气象等信息采集和报送，为灌区的水资源合理配置和监控调度，提供准确、及时、可靠的基础信息服务。根据灌区具体情况，水情监测可分自动与手动两种方式。有条件的监测点可实现遥测和遥控或实时监测水情信息，甚至可以对主要闸门、泵站、量水设施等建筑物的运行状况进行可视化监测；尚不具备条件、对实时调度影响不大的信息点，依旧可以采用人工监测的方式。

(3) 信息通信。可靠的通信网络及计算机网络是保证灌区水管理信息化高效运行的重要条件。建立灌区信息中心—监控站—采集点网络结构，能够及时传输雨情、水情、工情、农情、灾情等信息和主要建筑物动态监控信息以及工程调度运行数据、语言、视频信息。同时应建立适宜的计算机网络系统，为各类信息采集、数据库应用、用水优化调度、运行监控管理等应用提供服务平台。

(4) 闸门控制。为实现水资源的优化配置，更好地为全体用水户提供安全、公平、可靠、灵活的供水服务，在渠系输配水过程中，往往需要对主要控制建筑物如配水闸、节制闸、泄洪闸、泵站等进行实时动态调度，因此在用水管理信息化建设中设置主要建筑物的控制功能是十分必要的。

(5) 水量调度。为实现灌区水资源的高效利用和优化配置，需要建立用水管理专业软件系统如来水预报模型、需水预报模型、水量优化调配模型等，同时也应建立一般事务性用水管理软件系统如水费管理、基础数据管理、技术档案管理等。这两类软件系统在相关数据信息的支持下，为灌区管理者提供决策依据和决策方案。

本书基于灌区用水管理信息化的五大建设任务，提出了灌区用水管理信息化应用软件开发的结构体系，考虑与整个农村水利管理信息系统的协调和衔接，着重论述了操作系统选择、软件结构选择、开发工具选择、应用数据库选择和主要数据库基本结构确立等方面的内容，结合应用软件开发的基本要求和灌区用水管理的主要任务，提炼出灌区用水管理信息化应用软件宜采用三层结构体系，即表现层、逻辑层和数据层，设计完成了灌区用水管理信息化应用软件的主要功能模块，以期较好地服务于灌区用水管理信息化应用软件开发。

本书为“十一五”国家科技支撑计划课题“灌区用水管理及量水技术与产品开发”部分研究成果，由中国灌溉排水发展中心、中国水利水电科学研究院、北京中灌绿源国际咨询公司等单位合作完成。为更好地服务于我国灌区水管理信息化建设与管理工作，本书特别增加了国外最新灌区用水管理测控设施和设备，重点介绍了与前述灌区水管理信息化五大建设任务相关

的长顶堰和测控一体闸。各章主要编写人员为：第1章，张国华、高虹；第2章，张国华、高虹；第3章，谢崇宝、姚寒峰；第4章，黄斌、张国华；第5章，谢崇宝、黄斌；第6章，黄斌、姚寒峰；第7章，高虹、黄斌；第8章，张国华、谢崇宝；第9章，姚寒峰、张国华；第10章，姚寒峰、黄斌；第11章，姚寒峰、谢崇宝；附录A，张国华、高虹；附录B，黄斌、谢崇宝。全书由谢崇宝统稿，李仰斌、冯广志、赵竞成、黄介生、马孝义等专家咨询与审核。

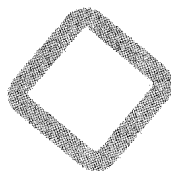
本书是集体智慧的结晶，除编著人员外，许多专家和领导都对本书的内容提出过十分有益的意见和建议，特别是清华大学、西北农林科技大学、中国农业科学院农田灌溉研究所等单位的课题参加人员更是给予了无私的帮助，为本书的编写提供了许多有益的资料和成果。在整个项目的开展过程中，自始至终得到了水利部农村水利司和国际合作与科技司的大力支持和帮助。同时，在灌区用水管理信息化具体调研和业务需求分析等方面，也得到了许多灌区的热情支持和协助，在此一并致谢。

本书面向灌区管理人员和专业技术人员，可供从事灌区用水管理信息化的技术人员学习参考，期望为灌区用水管理人员和信息化从业人员建立一个互相沟通和交流的平台。

限于编者水平，疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2009年12月



目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 灌区用水管理信息化研究现状及存在问题	2
1.3.1 国外研究状况	2
1.3.2 国内研究状况	4
1.3.3 存在的主要问题	6
1.4 灌区用水管理信息化应用软件研究开发现状及存在问题	8
1.4.1 国外研究状况	8
1.4.2 国内研究状况	9
1.4.3 存在的主要问题	10
1.5 灌区用水管理信息化及应用软件发展趋势	11
第 2 章 灌区用水管理信息化需求分析	13
2.1 需求分析方法	13
2.2 用水户的需求	15
2.3 用水户协会的需求	17
2.4 管理段（点）的需求	19
2.5 管理所（站）的需求	21
2.6 管理局（处）的需求	22
2.7 需求分析结论	25
第 3 章 灌区用水管理信息化总体设计	26
3.1 灌区用水管理信息化总体架构	26
3.2 灌区信息化建设主要内容	27
3.2.1 灌区识别	27
3.2.2 水情监测	27
3.2.3 闸门控制	28
3.2.4 信息通信	28
3.2.5 水量调度	28

3.3 灌区信息化建设技术方案 29

3.3.1 灌区识别技术方案 29

3.3.2 水情监测技术方案 30

3.3.3 闸门控制技术方案 31

3.3.4 信息通信技术方案 31

3.3.5 水量调度技术方案 32

第4章 灌区识别系统..... 36

4.1 概述 36

4.2 渠系及建筑物识别 36

4.2.1 水源识别 37

4.2.2 渠系设施识别 37

4.2.3 量水设施识别 38

4.2.4 控制设施识别 39

4.3 管理机构识别 39

4.3.1 管理局 41

4.3.2 管理所 41

4.3.3 管理段 41

4.4 用水户识别 41

4.4.1 农业用水单元 41

4.4.2 工业用水单元 42

4.4.3 生活用水单元 42

4.4.4 生态用水单元 43

4.4.5 综合用水单元 43

4.5 渠系与用户对应关系识别 43

4.6 识别方法 44

4.6.1 编码识别 44

4.6.2 自定义搭建识别 45

4.6.3 可视化创建识别 45

4.6.4 电子地图识别 47

4.6.5 地理信息系统识别 47

4.6.6 其他方法识别 48

4.7 关键技术及设备 49

4.7.1 识别对象确立 49

4.7.2 识别方法选择 49

4.7.3 识别软件及设备 49

第5章 水情监测系统..... 54

5.1 概述 54

5.2	监测内容	54
5.2.1	水位监测	55
5.2.2	闸位监测	55
5.2.3	流速监测	55
5.2.4	流量监测	57
5.2.5	雨情监测	58
5.2.6	墒情监测	58
5.2.7	水质监测	59
5.2.8	现场视频监控	60
5.2.9	其他监测	60
5.3	信息点监测方式	60
5.3.1	实时影像可视化监测信息点	61
5.3.2	实时模拟可视化监测信息点	61
5.3.3	实时采集信息点	61
5.3.4	实时记录定期采集信息点	61
5.3.5	人工观测记录信息点	62
5.4	关键技术与设备	62
5.4.1	信息点配置	62
5.4.2	监测方式选择	64
5.4.3	监测记录设备	66
第 6 章	信息通信系统	70
6.1	通信网络系统	70
6.1.1	概述	70
6.1.2	组网方式	71
6.2	计算机网络系统	71
6.2.1	概述	72
6.2.2	系统设计	72
6.3	通信方式	73
6.3.1	光纤通信	73
6.3.2	电话通信	74
6.3.3	无线移动通信	74
6.3.4	微波通信	74
6.3.5	超短波通信	75
6.3.6	扩频微波通信	75
6.3.7	有线电缆通信	76
6.3.8	媒介转储通信	76
6.4	关键技术与设备	76

6.4.1	通信网络的确立	76
6.4.2	通信方式选择	77
6.4.3	通信设备	78
第7章	闸门控制系统	85
7.1	概述	85
7.2	控制方法	85
7.2.1	就地控制模式	86
7.2.2	远程控制模式	86
7.2.3	自动控制模式	87
7.2.4	分布式控制模式	87
7.2.5	集中式控制模式	87
7.2.6	SCADA 控制模式	89
7.3	控制对象	90
7.3.1	闸门	90
7.3.2	泵站	94
7.4	太阳能闸门控制系统	94
7.4.1	太阳能自控闸门选择及系统组成	95
7.4.2	太阳能自控系统关键设备	96
7.4.3	太阳能电源系统设计	98
7.5	长顶堰控制系统	101
7.6	测控一体闸控制系统	103
7.6.1	概述	103
7.6.2	全渠道控制系统工作原理	104
7.6.3	测控一体闸设备构成	105
7.6.4	测控一体闸特点分析	106
7.7	关键技术与设备	107
7.7.1	控制点确立	107
7.7.2	控制方式选择	107
7.7.3	控制设备	108
第8章	水量调度系统	109
8.1	概述	109
8.2	灌区来水预报	110
8.3	灌区可供水预报	111
8.4	灌区需水预报	111
8.5	灌区水量调度	112
8.5.1	常规调度	112
8.5.2	优化调度	116

8.5.3 应急调度	118
8.6 协调决策模型	120
8.7 农户及水费管理等其他功能	121
8.8 关键技术	122
8.8.1 经济实用目标确立	122
8.8.2 调度模型与方式选择	122
8.8.3 调度软件	123
第9章 应用软件开发设计	125
9.1 应用软件开发的原则	125
9.2 软件开发过程	126
9.2.1 初始阶段	126
9.2.2 细化阶段	126
9.2.3 构造阶段	126
9.2.4 交付阶段	126
9.3 软件开发中的文档	127
9.3.1 文档管理的重要性	127
9.3.2 文档计划	127
9.3.3 软件生命周期各种文档编制	128
9.3.4 文档编制的相关要求	130
9.3.5 需求分析阶段的文档编制	131
9.3.6 文档工作中应注意的问题	131
9.4 应用软件架构	132
9.4.1 单机应用与网络应用选择	132
9.4.2 三层架构选择	132
9.4.3 B/S 与 C/S 结构比较选择	134
9.5 开发环境	136
9.5.1 开发环境的分类	136
9.5.2 开发环境的选择	137
第10章 数据库的设计	144
10.1 数据库设计概述	144
10.2 数据库的设计原则	144
10.3 数据库的设计步骤	145
10.4 灌区数据库需求分析	146
10.4.1 取水数据	146
10.4.2 输水数据	147
10.4.3 配水数据	147
10.4.4 用水数据	147

10.4.5	测控数据	148
10.4.6	管理数据	148
10.5	灌区数据库设计	148
10.5.1	灌区数据库概念设计	148
10.5.2	灌区数据库逻辑结构设计	149
10.6	数据表实例	149
第 11 章	应用软件主要功能	150
11.1	灌区识别	150
11.2	水情监测	151
11.2.1	水情监测软件设计要点	151
11.2.2	水情监测软件结构的选择	151
11.2.3	监测方式与程序设计	152
11.3	闸门控制	152
11.3.1	控制系统设计要点	153
11.3.2	控制软件结构选择	153
11.3.3	控制方式与程序设计	153
11.4	信息通信	154
11.4.1	信息传输软件设计要点	154
11.4.2	通信协议	154
11.5	水量调度	157
11.5.1	调度决策软件设计要点	157
11.5.2	调度决策软件的结构选择	158
11.5.3	调度决策与程序设计	158
11.6	水费征收	158
11.6.1	水费征收软件设计要点	158
11.6.2	水费征收软件结构选择	158
11.6.3	水费征收软件主要功能设计	158
11.7	用户管理	159
11.7.1	用户管理	159
11.7.2	权限分类	159
11.7.3	角色与权限关系	159
11.7.4	用户管理功能设计	159
附录 A	灌区用水管理信息化相关标准	161
附录 B	灌区主要建筑物及用水户属性定义数据表项	166
参考文献		174

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

灌区是指具有一定保证率的水源和专门的管理机构、由完整的灌溉排水系统控制的区域及其工程设施保护区域^[1]。新中国成立以来，灌区农业发展迅速，截至 2008 年底，全国灌溉面积 9.62 亿亩，全年净增灌溉面积 1061 万亩；全国农田有效灌溉面积 8.77 亿亩，占耕地总面积的 48%；全国节水灌溉面积 3.67 亿亩，其中，渠道防渗节水灌溉面积占 42.8%，低压管道输水灌溉面积占 24%，喷微灌面积占 16.7%，其他节水灌溉面积占 16.5%；全国建有大型灌溉排水泵站共计 450 处，装机容量 563 万 kW，总有效灌溉面积 1.47 亿亩，总有效排涝面积 1.37 亿亩；全国灌溉用水有效利用系数为 0.483。无论是在南方地区还是北方地区，“灌溉农业”已是我国农业发展的根本特征，尤其是在北方地区，“没有灌溉就没有农业”已成为不争的事实。我国以占全球 6.4% 的国土面积和 7.2% 的耕地，养育了世界上 22% 的人口，农田灌溉事业在其中无疑起了重要的作用，在约占全国耕地 40% 的灌区面积上，生产了占全国总产量 75% 的粮食和 90% 以上的经济作物。同时，灌区配套的渠、水、田、林、路等基础设施为农业发展提供了良好的生产环境，是农业结构调整的重点区域，是优质高效农业和出口创汇农业发展的优势区域。据统计，全国 1/3 以上的高效经济作物产于大中型灌区，出口农业更多地依赖于灌区。

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快，水资源供需矛盾日益突出，呈现城镇工业用水比例上升，农业用水比例下降的趋势，因此发展节水灌溉迫在眉睫。国际公认，灌溉节水重在管理，灌区管理是指对灌溉水源及灌溉排水系统工程管理、运行管理、组织管理、经营管理和环境管理的总称，其中，灌区用水管理是灌区管理的核心。由于灌区水利设施的分散性、水资源的局限性、水情雨情的变化性、农作物需水的时效性、灌溉供水的动态性、提高灌区水资源利用效率的系统性、地下水资源适宜开发的预测性以及灌区传统灌溉方式向节约型、生态保护型转变的紧迫性，因此灌区用水管理工作显得十分繁重和艰巨。长期以来，我国灌区用水管理一直沿用“眼看、手算、电话传”等传统的管理方式，严重制约了灌区综合效益的提高和为用水户提供优质供水服务的能力^[2-4]。

新形势下，实现灌区可持续发展对灌区管理提出了越来越高的要求，节水农业必然要求灌区用水管理向决策科学化、运行高效化、资源节约化的管理模式发展。灌区用水管理走向信息化、智能化、现代化，将是未来灌区发展的必然趋势。目前，我国灌区用水管理的信息化程度还较低，缺乏通用的用水管理应用软件系统，尤其是灌区信息资源的开发、利用，与发达国家及其他行业相比仍然存在较大差距。作为灌区用水管理信息化重要内容的计算机应用，总体上，我国的应用程度与发达国家相比仍然有较大差距。因此，充分利

用先进的计算机网络通信技术和最新的管理理念，建立完整、有效的灌区用水管理计算机信息系统，提高灌区用水的科学性和有效性，开发灌区用水管理应用软件系统，实现灌区用水管理信息化已迫在眉睫^[5-7]。

1.2 研究目的

灌区用水管理信息化及应用软件建设最主要的任务是实现用水调度决策的信息化、科学化，达到节水、高效的目的。建成以灌区用水管理信息采集与渠系建筑物监测监控系统为基础、通信和计算机网络平台为支撑、灌区综合数据库和决策支持系统为核心的灌区用水管理信息化系统工程，提高灌区用水信息采集、传输、处理自动化程度，降低灌区管理成本，实现灌区优化调度和现代化管理，最终促进灌区“节水、增效、改善生态”，同时也为更好地促进灌区供水服务水平的提高，显著地改善供水服务的安全性、公平性、可靠性和灵活性，更好地为农村和农民提供有力高效的技术服务平台。分析我国灌区用水管理信息化及应用软件开发方面存在的问题，总结我国灌区信息化及应用软件建设的实践与经验，借鉴国内、国外灌区用水管理信息化及应用软件研究成果，构建符合我国实际情况的灌区用水管理信息化及应用软件结构体系。其中，灌区用水管理应用软件和用水管理数据库是灌区用水管理信息化的重点建构内容，为了实现灌区用水管理信息系统的开放性和可扩展性，保障灌区用水管理信息化的可持续发展，必须尽快建立灌区用水管理信息化及应用软件标准结构体系，指导灌区信息化建设，为不同类型灌区用水管理信息化选择监控硬件和调度软件提供技术参考。

1.3 灌区用水管理信息化研究现状及存在问题

1.3.1 国外研究状况

发达国家灌区用水信息化建设起步早，完善程度高，注重将现代科技与传统的农业技术相结合，以提高节水技术及设备的高科技含量，实现灌区效益最大化。发达国家灌区用水管理日趋朝着信息化、自动化、智能化的方向发展，这种先进的用水管理流程为“信息采集→信息传输→分析加工→指导实践→信息反馈”，即主要由用水信息管理中心、用水信息采集传输系统、用水数据库、灌溉用水调配系统、灌溉渠系监控系统等组成。美国将自动控制技术应用于灌区配水调度，将输配水效率由过去的 80% 提高到 96%；以色列的灌溉农田采用了喷、滴灌现代灌溉技术和自动控制技术，灌溉水平平均利用率达到 90%；日本灌区的水管理普遍采用计算机及自控等现代技术，大大提高了管理水平^[6,7]。

在农业节水信息化方面，随着全球性水资源供需矛盾的日益加剧，发达国家在生产实践中，始终把提高灌溉（降）水的利用率、作物水分生产率、水资源的再生利用率和单方水的农业生产效益作为研究重点和主要目标。在研究农业节水基础理论和农业节水应用技术的基础上，将新技术、新材料和新设备与传统农业节水技术相结合，提高了农业节水技术和设备高科技含量，加快了传统粗放农业向现代节水高效农业的转变。发达国家的农业节水大致经历了如图 1.1 所示的几个发展阶段。由此可知，发达国家在建立了完善的输水

系统和采用了先进的灌水技术基础上, 农业节水发展的重点已经由输水节水和田间灌水节水转移到生物节水、作物精量控制用水以及节水系统的科学管理。从整体上看, 农业节水技术日益走向精确化、信息化, 并从传统单一重视节水技术逐步转向重视用水管理在节水农业中的巨大作用, 这代表了现代农业节水技术的发展趋势和方向。

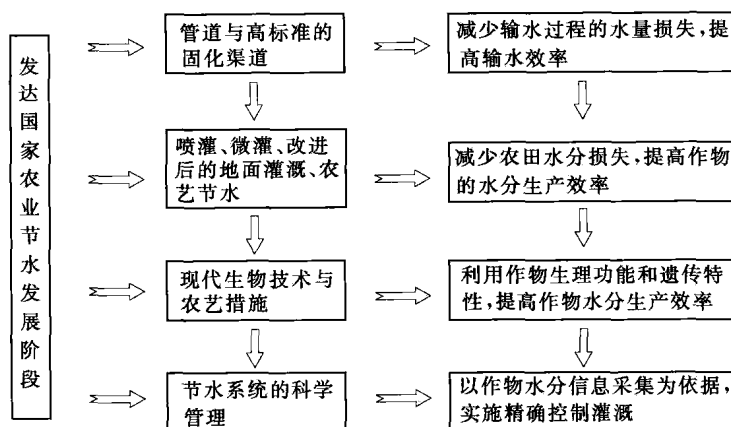


图 1.1 发达国家的农业节水发展过程

灌区识别主要通过数据库技术和空间技术（如 RS、GPS、GIS，统称为 3S）等实现。按照灌排工程系统、用水单元系统和用水管理系统等灌区用水系统的分类以及相应的识别需求，通过制定灌区用水系统的数据库建设规范标准，借助 3S 技术对其进行空间识别，以电子地图和数据表格等形象直观的形式表达用水系统各部分的属性。灌区的计算机识别技术包括多种方法，如编码法、自定义续接搭建法、可视化创建法、电子地图和地理信息系统等。灌区用水管理涉及的众多水工建筑物都具有自然地理坐标，而且与灌溉有关的水文水情信息、气象信息和农作物分布信息都具有空间属性^[8-10]。目前，国外发达国家在数据库技术、空间信息技术等方面掌握了其中的核心技术，处于世界领先水平，并将这些技术成功应用于灌区用水管理系统，建立了比较完善的识别系统。

信息监测和采集系统主要完成水情、工情、墒情、旱情、灾情、水文地质、土壤、种植、气象等信息采集和报送，为灌区的水资源合理配置和监控调度，提供准确、及时、可靠的基础信息服务。美国、澳大利亚等国已将热脉冲技术大量使用在监测作物水分状态，将空间信息技术和计算机模拟技术使用于监测土壤墒情。在水量监测设备方面，发达国家大量应用先进的微电脑和网络技术，指针式仪表逐渐被数字化仪表取代，极大地提高了计量的准确性和可靠性，而且十分便于使用和管理。发达国家依靠其雄厚的经济实力和先进的科学技术，建成了覆盖整个灌区的信息监测点，实现了对全灌区用水全过程的实时监测，为灌区水资源的合理配置和优化调度提供充分的基础信息^[12,13]。

可靠的通信网络系统及计算机网络系统是保证灌区用水管理信息化高效运行的重要条件。灌区信息化主要是建设以雨情、水情等为主要内容的信息采集传输系统，它通过传感元件将模拟信号转化为数字信息，利用短波、有线、无线、卫星通信等技术将采集的信息传输到网络中心，实现动态、在线、实时、自动监测的目标，提高信息监测的时效性，以

期对防汛抢险、抗旱救灾、水利调度、水库安全运行起到重要作用。水利监测数据传输基本是随着现代通信技术的发展而进步的,从早期的有线电视、短波、微波开始,逐步发展到自建通信网、公共电话网、无线移动通信网,直至采用卫星通信。由于各地生产发展水平不一,以及我国大、中、小型灌区数量繁多,需要监测的信息量十分巨大,因此在可以预见的将来,人工采集数据和利用不同介质转储数据仍然会占据相当大的比重。

在信息控制方面,国外多采用基于下游控制模式的自控运行方法,利用遥测、遥信、遥调等中央自动监控系统对灌区渠道进行信息化管理。对于小型渠道,由于水力自动控制设备简单、技术简便、投资较少、无需外界能源,目前在国际上仍得到应用。对于大型渠道,电气自动控制不仅有着灵敏、快捷、可靠等优点,而且可以显著减少土建工程量,它代表了国际上当前渠道自动化的发展方向。在控制设备方面,自动化闸门是其中最主要的设备,如法国尼尔庇克公司所研制的用于水力自动控制渠系水力自动闸门系列及其他相关设备在国际上应用最为广泛。电气自动化闸门在美国较为流行的是“小人控制器”闸门。由澳大利亚 Rubicon 公司研制开发的全渠道控制系统的核心产品——测控一体闸 (Flumegate),是根据水力学原理设计而成集测、控于一体的顶面溢流式闸门。它的特点之一就是能很好地稳定水位,为农民提供可靠灵活的供水服务,这种闸门完全不同于国内目前广泛采用的底流式闸门,它采用顶面溢流,为上游配水提供稳定的供水条件,从而为农民提供更好的供水服务。目前,中国灌溉排水发展中心已将全渠道控制系统,包括高精度渠道测控一体闸 (FlumeGate)、智能控制软件 (NeuroFlo Control Software)、需求管理系统 (Demand Management System, 简称 DMS) 等,引进到国内,并已安装在宁夏青铜峡灌区示范应用。

在灌区用水管理调度决策方面,加拿大、美国、以色列等普遍把计算机技术、自动控制技术、信息技术、系统工程技术、空间技术等应用于灌区用水管理,建立集信息采集—传输—处理—决策—控制—反馈为一体的调度系统,以实现灌区水资源的科学配置和灌溉系统的优化调度。基于作物产量和作物需水过程,依靠现代通信技术和空间技术完成田间信息的实时采集与传输,建立土壤水分和盐分实时预测预报模型,制定不同类型灌区的动态用水技术。根据系统优化理论,构建多水源优化调配系统,通过对灌区渠道系统的自动监控,实现灌区适时、适量优化配水,提高灌溉系统的运行性能与效率。

1.3.2 国内研究状况

与国外先进国家相比,我国灌区信息化建设工作起步较晚。自 20 世纪 70 年代以来我国灌区开始进行自动控制技术方面的研发。由于受当时社会经济、技术条件制约,灌区自动化等技术也一直停留在研发试验阶段,随着时间推移,此类技术得到了高速发展,已建系统逐步被淘汰或报废。就目前来看,灌区管理手段仍然较为粗放,水量供需及调度矛盾并未缓解,弃水损失仍然较为严重。在信息化建设开展较早的灌区,已经建立了水情遥测系统,覆盖了主要的水情监测点。通过无线电超短波将数据发送到中心站,实现水情数据的自动实时采集、传输,为应用软件提供准确的基础数据,扩大和丰富水情信息资源,实现了网内信息资源共享和传递、资料查询,以及灌区各级渠道的水位、流量的实时监测。管理局通过微波专网覆盖灌区各渠道管理所的水情信息网,促进了灌区信息化应用水平的提高,增强了水量调度的科学性。

在信息识别方面,主要开展的工作是在2003年由中国灌溉排水发展中心编制完成的《大型灌区基础数据库建设指南》(未公开发行),其内容不仅涉及水利专业知识,而且涉及数据库专业知识和编码制定规则等。随后,有关单位相继开发了灌区基础数据库管理系统,内容包括从水源、灌排渠系、渠系建设物、管理机构、用水单元、测站到档案资料管理等大量的数据信息和众多的关联信息。结合《大型灌区基础数据库建设指南》,2004年中国灌溉排水发展中心又成功开发了《大型灌区基础数据库管理系统》,已达到初步应用程度,2005年初根据计算机技术的发展改进开发工作平台,完善了《大型灌区基础数据库管理系统》。按照《全国灌区管理信息系统建设规划》的总体要求,全国灌区数据库系统的建设分五大数据库系统:①全国灌区基础数据库和空间数据库;②全国灌区专题数据库;③全国灌区工程建设管理数据库;④全国节水灌溉项目管理数据库;⑤全国灌区政策法规数据库。目前,大规模的灌区数据库系统建设刚刚启动。此外,国内一些学者也积极探索应用地理信息系统对灌区信息进行识别,通过制定灌区GIS标准,研发满足数字灌区应用业务需求的具有自主知识产权的大型GIS运行系统,其主要功能就是把灌区内各种与水相关的信息按照统一标准,集成到统一的地理信息系统平台上,从而实现灌区内与水相关的各种信息的统一管理。

在信息监测方面,很多灌区在探索自动测报、自动计量等方面的工作。在建筑物量水的基础上安装自记式水位计、明渠流量计、遥测水位计等,甘肃景泰川灌区、山西夹马口灌区、湖南韶山灌区等结合大型灌区续建配套与节水改造项目的实施,安装了一系列适合灌区特点的水量监测产品,灌区已基本实现水位的有效监测。但由于我国灌区众多,在工程类型、管理水平和经济状况等方面千差万别,实际应用中对于量水设备的要求差异较大,现有的量水设备和技术与灌区实际需求仍有较大差距,突出表现在对利用水工建筑物量水研究不够、量水设施消耗的水头较大、数据存储记录传输手段落后等。除少数灌区外,绝大多数灌区只在骨干渠道上有一些简陋的量水设施,水量计量仍采用传统的人工模式,不仅量水频率低,精度受人为影响因素大,而且信息处理更新不及时,使得有限的水量测量信息不能发挥其应有的作用。

在信息传输方面,早期很多灌区都建过专线电话,陕西泾惠渠建过无线对讲集群,宁夏青铜峡灌区建过数字微波等,这些研发应用工作在当时被称作“灌区自动化技术”或“灌区通信调度技术”,实际上就是早期灌区信息化的雏形。这些技术的应用曾经对灌区的管理调度发挥了重要作用,并对灌区信息化起到了一定的促进和引导作用,甚至有些系统至今还应用在生产管理中。总体来说,除少数几个信息化试点灌区外,大多数灌区的信息传输方式落后,传输途径还在使用电话、发电子邮件或者直接向灌区管理部门当面口述等,因此,我国当前的信息传输系统建设还很不完善。

在信息控制方面,闸门控制是实现灌区水量有效配置的重要手段,国内一些科研单位相继进行了一些闸门自动化运行的研究和实践。总体来看,明渠闸门的自动化控制技术和设备,国内外都进行了详细的研究,已有相对比较成熟的技术和设备,特别是在有交流电源的情况下,实现闸门的自动控制基本没有太大的难度,但就我国灌区实际情况来看,大量的斗口闸门过流能力较小,位置偏僻,电力能源缺乏,交通不便,依靠人工提取闸门不仅费时费力,而且不能对突发情况作出及时反应。以湖南韶山灌区、河南人民胜利渠等为