

灌区节水
改造技术

丛书

● 冯广志 主编

● 胡和平 田富强 编著

灌区 信息化建设

*Application of
Information Technology in
Irrigation Management*



中国水利水电出版社

灌区节水
改造技术

丛书

冯广志 主编

胡和平 田富强 编著

灌区 信息化建设

*Application of
Information Technology in
Irrigation Management*



中国水利水电出版社

图书在版编目(CIP)数据

灌区信息化建设 / 胡和平, 田富强 编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2004
(灌区节水改造技术丛书 / 冯广志主编)
ISBN 7-5084-1881-6

I. 灌... II. ①胡... ②田... III. 灌区—信息技术
—研究 IV. S27-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第124721号

书 名	灌区节水改造技术丛书 灌区信息化建设
作 者	冯广志 主编 胡和平 田富强 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	850mm×1168mm 32开本 9印张 242千字
版 次	2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷
印 数	0001—5100册
定 价	28.00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

• 内容提要 •

本书系统地阐述了灌区信息化建设中的理论和实践问题,对当前我国灌区信息化建设中的主要问题作了较为全面的总结。首先介绍了信息与信息化的基本理论,讨论了灌区信息化建设的主要内容及当前应注意的问题。其次,对灌区的基本信息进行了分析,提出了适用于不同类型灌区基础数据库建设的一般框架。再次,着重对当前灌区实时数据的采集和传输方法进行介绍,探讨了灌区选择通信方式时应注意的问题。另外,对灌区信息的加工处理进行了论述,介绍了国内外灌区用水管理决策支持系统的研制开发现状和一些灌区常用的模型。最后,针对当前大型灌区信息化试点工作的需要,介绍了国内部分灌区和行业主管部门进行信息化规划和建设的实例。

本书知识新、技术新、实例多,内容全面系统,论述简明扼要,实用性和可操作性强,很适合省、地、县水利部门和各灌区的水利技术人员学习、使用,同时也可供大专院校有关专业的师生学习、参考。

灌区节水改造技术丛书

编 委 会

名 誉 主 任 翟浩辉

主 任 委 员 冯广志

副主任委员 姜开鹏 王国仪 顾宇平

委 员 赵竞成 李远华 闫冠宇 张绍强

刘云波 党 平 张凤泉 丘传忻

张展羽 徐云修 胡和平 雷声昂

杨 晴

丛 书 主 编 冯广志

丛书副主编 姜开鹏 顾宇平 李远华 赵竞成

闫冠宇

序

由几百万个大中小灌区组成，总灌溉面积8亿多亩的灌溉农田是我国粮食等农产品的主要生产基地，它占全国耕地面积的43%，生产的粮食约占全国粮食总产量的3/4。我国的气候条件与欧美一些国家不同，那里农业对灌溉的需求不十分迫切，经常是风调雨顺；而我国，洪涝干旱自然灾害频繁，人均占有水资源量少，人均占有耕地面积也大大低于世界平均水平，要在气候条件不利、耕地有限、水资源有限的条件下生产出数量多、质量优的农产品，满足十多亿人不断提高的生活水平的需求，为经济社会快速持续协调发展提供强有力的支撑，惟一的途径是加强农业基础设施建设，改善不利的农业生产条件，增强农业抗御自然灾害的能力，提高单位面积的产出和效益。灌溉在我国农业生产、农村经济发展，乃至整个经济社会发展中有着十分重要的地位和作用。

过去几十年，我国灌溉事业发展迅速，取得了举世瞩目的成就，发挥出巨大的经济、社会和生态环境效益。但是，约2/3的灌溉设施建于20世纪50~70年代，受当时经济社会发展水平和物力、财力条件限制，许多灌区边规划、边设计、边施工，由农民队伍采用群众运动的方法建设，资金、钢材、水泥不足，就因陋就简，土法上马，造成工程技术标准低，施工质量差，病险隐患多，大量渠道和建筑物长期配套不齐，成为“半拉子”工程。长期存在的重建设轻管理的指导思想，以及缺乏法制保障、不科学的管理体制和运行机制，一方面造成灌区功能和性质模

糊，资产权属不清，管理体制不顺，维护责任不落实，水费入不敷出，维修养护不及时，设施老化破损，超期服役，带病运行。另一方面带来管理粗放，用水效率和效益不高，人为加剧了灌溉用水的供需矛盾。这两大问题对灌区巩固、效益发挥和可持续发展构成了极大威胁。

通过大规模建设开发，绝大多数地方容易开发的水土资源多已开发，新建灌区的难度和造价越来越大，而已有灌区无论是灌溉面积，还是用水效率都还有很大的潜力可挖。因此，对现有灌区进行续建配套、节水改造是一项投资省、见效快、效益大的工作，是当前和今后相当长时间里灌区工作的重点之一。要保障我国人口高峰时的粮食安全，为全面建设小康社会提供坚实的物质保障，使灌区工作在新世纪再上新台阶，必须坚持实行“两改一提高”的原则（二改是续建配套、节水改造和以用水户参与管理为主要内容的灌区管理体制的改革，提高用水效率和效益，增强服务功能），调整工作思路，转变指导思想，克服就事论事单纯围绕工程技术抓灌区建设的旧习惯，把灌区的巩固、改造和发展纳入流域、区域经济社会发展全局，紧紧围绕农业生产、农村经济发展中心任务，充分考虑水资源和环境的承载能力，把工程技术与经济、社会、资源、生态环境、政策、管理等有机结合，把灌区作为一个整体，用系统工程的方法抓灌区改造与改革。

进行灌区续建配套与节水改造，一方面要解决所需资金，另一方面要充分依靠科技。灌区节水改造是一项极其复杂的工作，不能像新建灌区那样在白纸上画图，也不能过分迁就原有设施不合理的现状，更不能把原有设施废弃重建，没有现成的经验和模式可照搬，各地都在探索实践中。针对当前灌区节水改造中缺少技术参考书这一情况，水利部农村水利司于2002年初决定组织力量编写一套灌区节水改造技术丛书。丛书共分6册，由专业知识比较扎实，有丰富实践经验的同志编写。该书的定位不是学术专著和教科书，也不是技术手册，而是实用性强的技术参考书。在编写过程中，作者们收集分析整理了灌区建设与改造的有关资

料，吸收了近一二十年国内外新技术新成果，力求体现新形势下中央的治水方针和调整治水工作思路的要求，做到内容系统完整，概念清楚，论述充分，技术先进实用，紧密围绕生产急需，为从事灌区规划、设计、施工、管理工作的一线人员服务。由于收集到的资料有限，以及受作者水平的局限，本书可能会存在不足甚至错误之处，敬请读者批评指正。

本丛书主编为冯广志，第一册《灌区节水改造规划》由沈荣开、冯广志、杨晴编写；第二册《灌区信息化建设》由胡和平、田富强编写；第三册《渠系改造》由张展羽、吴玉柏编写；第四册《灌区建筑物加固改造》由雷声昂、张法思编写；第五册《灌区建筑物老化病害检测与评估》由徐云修、方坤河编写；第六册《泵站改造》由丘传忻、李继珊编写。

在编写本丛书过程中，得到了水利部农村水利司灌溉节水处的指导和支持，还得到许多省水利厅、设计院、灌区、高等院校、科研单位的支持帮助，得到许多同志在资料提供等方面的支持，特别是水利水电出版社为本书编写出版投入很大人力、物力，做了大量工作，在此一并表示衷心的感谢。

冯广志

2003年11月

前言

我国是一个水资源短缺的国家，总体上年降水量偏少，且降水的年内分布不均匀，特别是西北大部分地区处于干旱、半干旱地带，农作物生长所需水分主要靠灌溉供给，农业发展对灌溉的依赖性十分明显。1949 年以前，我国有效灌溉面积很少，新中国成立后，灌溉事业得到了很大发展，到目前为止，占全国耕地不到 50% 的灌溉土地上生产出了占全国总产量近 80% 的粮食，灌区为我国的粮食安全和国民经济发展作出了重大贡献。

当前，全国大型灌区续建配套与节水改造工作正在水利部统一组织下有序地进行，这项工作改善了灌区的工程设施，提高了灌区的效益。但要进一步实现灌区节水、增效、改善生态的目标，还必须从管理入手，向管理要效益，实现灌区管理的现代化。“水利信息化是水利现代化的基础和重要标志”，因此，必须加大灌区信息化建设的力度，以灌区信息化促进灌区的现代化。

21 世纪是“信息”的时代，人类对于信息利用的广度和深度都在以前所未有的速度向前发展。物质、能量和信息是人类可资利用的三项战略资源。相对于物质和能量而言，信息由于其独特的性质成为现代社会最为重要的资源。由于科学技术的进步，信息的变换、储存和传输真正体现了信息特殊的工作方式。互联网的发明和发展，使得信息的特性在我们面前被放大了，这也使得我们可以更加清楚地认识到信息对于人类的重要作用。信息化是 21 世纪各行各业发展的方向，灌区作为我国农业生产的重要

单元，其信息化建设是势在必行的。

本书是“灌区节水改造技术丛书”中的一册，旨在为全国大中型灌区的信息化建设提供技术支撑。书中内容主要是作者近几年来进行灌区信息化建设实践的总结，全书对灌区信息化建设的主要方面进行了较为系统的阐述，包括：信息与信息化的基本理论介绍，灌区信息化建设的主要内容探讨，灌区基础数据库建设的框架研究，灌区实时信息采集、传输方法的介绍，以及灌区用水管理决策支持系统建立方法和常用模型的介绍等内容，最后还介绍了国内部分灌区和行业主管部门进行灌区信息化规划和建设的实例。

本书在编写过程中参考了国内外同行和相关领域的大量论著，得到了水利部有关领导和专家的大力支持。中国灌溉排水发展中心的赵竞成总工程师和郭慧斌副总工程师对书稿的初稿提出了宝贵的修改意见，甘肃省景泰川电力提灌工程管理局的周谨成副局长和山西省夹马口引黄管理局的张学会局长提供了宝贵的资料，清华大学水利水电工程系的卢麾做了一些基础性工作。在此，一并谨向上述各位领导、专家和朋友表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中一定还有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

2003 年 11 月于北京清华园

目 录

序 前言

第一章 概论	1
第一节 灌区信息化建设的背景和意义	1
第二节 信息的基本概念	6
第三节 信息化的概念和发展状况	12
第四节 我国的水利信息化	20
第五节 我国的灌区信息化	25
第六节 灌区信息化建设的主要内容	28
第二章 灌区基本信息与基础数据库	33
第一节 数据库	33
第二节 灌区的基本信息	38
第三节 灌区基本数据库设计	41
第四节 灌区实时数据库	45
第五节 灌区多媒体数据库	46
第六节 灌区超文本库	47
第七节 灌区空间基础数据库	51
第八节 灌区基础数据库实体-联系 (E-R) 图	52
第九节 灌区基础数据库表命名规则	58
第十节 基于地理信息系统的灌区基础数据库管理系统	60
第十一节 基于地理信息系统的数据库管理系统	66

第三章 信息采集、传输及计算机网络系统	69
第一节 信息采集系统	69
第二节 通信系统	93
第三节 计算机网络系统	110
第四章 灌区用水管理决策支持系统	120
第一节 决策支持系统	120
第二节 灌区用水管理决策支持系统的总体框架	124
第三节 常用的灌区用水管理模型	141
第四节 佛罗里达大学的 AFSI RS 模型	165
第五节 国际粮农组织的系列软件	175
第五章 灌区信息化规划与建设实例	192
第一节 全国灌区管理信息系统建设规划	192
第二节 全国农田水利基本建设管理信息系统	204
第三节 中国灌溉排水发展中心信息化建设	211
第四节 山东位山灌区信息化建设规划	218
第五节 广西青狮潭灌区节水增产自动监测及灌溉决策支持系统	248
第六节 甘肃景泰川电力提灌灌区信息化建设	263
第七节 山西夹马口灌区信息化建设	269
参考文献及参考资料	273

第一章

概 论

人类又开始了一个新的世纪,如果说 20 世纪是“机器”时代的话,可以说 21 世纪就是“信息”时代,信息科技的发展正在改变着我们的生活,也必将进一步产生更加深刻的影响。在信息技术迅速发展的今天,全社会高度重视信息化对经济社会发展的巨大推动作用,经 2001 年 3 月 15 日第九届全国人民代表大会第四次会议批准的《国民经济和社会发展第十个五年计划》明确提出要“加速发展信息产业,大力推进信息化”,“要按照应用主导、面向市场、网络共建、资源共享、技术创新、竞争开放的发展思路,努力实现我国信息产业的跨越式发展,加速推进信息化,提高信息产业在国民经济中的比重”。水利部也十分重视信息化工作,汪恕诚部长明确指出“用水利信息化促进水利现代化”。水利部成立了信息化领导小组,制定了水利信息化发展的《全国水利信息化规划》,提出要加快水利信息化发展。在这样的形势下,灌区信息化也必将得到快速的发展。

第一节 灌区信息化建设的背景和意义

一、灌区在我国粮食生产中的重要作用

我国陆地面积约 960 万 km^2 ,受季风影响,形成东南多雨、西北干旱和夏秋多雨、冬春干旱的特点。全国以多年平均降水量 400mm 的等雨量线为界,由东北斜向西南分为东西两部分,东部湿润多雨,是主要的农业区;西部干旱少雨,没有灌溉就很难发展农业。根据降水量的大小和农作物对灌溉的要求,全国可分成三个不同的灌溉地带。由表 1-1 可以看出,我国大部分地区

的农业依赖于灌溉，特别是在西北内陆区。我国要加强农业的基础地位，进行西部大开发，灌溉的重要作用毋庸置疑的。

表 1-1 我国的灌溉地带表

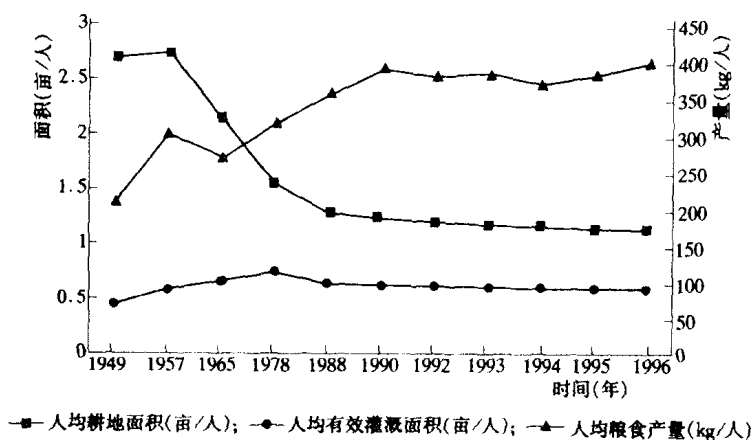
灌溉地带分类	所 处 地 域	多年平均 降水量 (mm)	土地面积 (万 km ²)	占国土的 比例(%)	灌溉需要 系 数
常年灌溉地带	西北内陆和黄河 中上游部分地区	<400	410	42.6	>0.5
不稳定灌溉地带	黄淮海地区和东 北地区	400~1000	196	20.5	0.5
水稻灌溉地带 (或补充灌溉带)	长江中下游地区， 珠、闽江及部分西 南地区	>1000	344	35.9	0.3~0.6

灌溉是人类文明发展的结晶，古代中国在灌溉工程建设等方面走在世界的前列。早在 4000 多年前，我国就有了临河挖渠、凿井汲水的灌溉工程，公元前 2000 年前后的大禹治水，不仅“因水以为师”，总结水流运动规律，采用“导”法制服了洪水，而且开凿沟渠，引水灌溉，发展农业，在黄河两岸的平原上开出了许多良田和桑土，诗曰“奕奕梁山，维禹甸之”，就是称赞禹平治了水灾，把梁山之野开辟为良田。自此以后，商代的井田、周代的勾陂、春秋战国时期的都江堰和郑国渠等举世闻名的水利灌溉工程也无不中国的文明发展做出了巨大的贡献。

随着历史的变迁，我国的灌溉发展历经兴衰。我国农田的灌溉基础到 1949 年仍十分薄弱，全国灌溉总面积约为 0.16 亿 hm²，而且标准很低，农业生产基本上是靠天吃饭。新中国成立后提出“水利是农业的命脉”，全国的灌溉事业得到了迅速发展。分析 40 来年的数据（表 1-2 和图 1-1）可以看出，我国的农业发展在很大程度上依赖于灌溉的发展。

表 1-2 1949~1996 各阶段耕地面积与粮食产量对照表

年份	耕地面积 (万 hm^2)	有效灌溉面积 (万 hm^2)	有效灌溉面积 占耕地面积 (%)	粮食产量 (亿 kg)	人口总数 (万人)
1949	9786	1593	16.3	1132	54545
1957	11800	2500	22.4	1950	64563
1965	10360	3200	30.9	1945	72538
1978	9940	4807	48.3	3048	96259
1988	9573	4793	50.0	3947	111026
1990	9567	4840	50.6	4462	114333
1992	9540	4947	51.8	4472	117171
1993	9510	4984	52.4	4565	118517
1994	9491	4994	52.6	4451	119850
1995	9497	5041	53.1	4666	121121
1996	9497	5116	53.9	4900	122389

图 1-1 1949~1996 年我国耕地面积、
灌溉面积和粮食产量变化图

从上述资料中可以看出,灌溉面积的增减与粮食产量有密切关系,且往往具有一定的超前作用。近 50 年(1949~1996 年)来,我国人口增长了 1 倍,人均耕地减少了 50%,但人均灌溉面积却增加了 50%,全国粮食总产量净增 2.6 倍,其中占全国总耕地面积不足 40%的灌溉土地上生产出了占全国总产量 74%的粮食。尽管粮食增产是各种农业技术措施综合作用的结果,但灌溉发展所起的主导作用则是非常明显的。

二、我国灌区灌溉管理和信息化的现状

目前我国灌区的灌溉管理水平和信息化程度总体上讲仍处于较低的水平,全国范围内的灌区信息化建设试点工作刚刚开始,部分灌区虽然发展较快,但从信息的采集、传输、存储和使用等方面全面实现信息化的还很少见。我国灌区灌溉管理和信息化建设的现状主要可归纳为如下几个方面。

1. 灌区信息采集点少且手段落后

有关调查资料显示,我国大型灌区平均每 0.37 万 hm^2 有一个水位、流量观测点,单位测点控制渠道长度 94km。我国农业用水户数量多,单位用户拥有的土地少,无法对每个用水户的用水量逐个进行细致、实时的监控。其他如水质、土壤墒情和地下水、作物长势等的观测点更少。同时,目前的观测手段也相对落后,灌区大多仍采用简单的、经验的方法进行水量监测,测量精度较低。

由于不能及时准确地获得水流的各项特征指标和灌区灌溉管理所需的其他信息,灌区的用水调度大多凭经验进行,大多数灌区不能动态制定用水计划,无法适应水情、作物种植结构等的变化情况,不可避免地造成一些无效放水。

2. 灌区信息传输手段比较单一和落后

大多数灌区的信息传输手段限于传统的电话网络,监测的水情、墒情和作物长势等信息只能人工通过电话或整编后的纸媒介进行传输,时效性差,难以满足实时的水量调度的需求。

3. 灌区管理人员信息化意识和技术水平亟待提高

部分灌区已经开始进行信息化方面的建设,但由于灌区管理人员信息化技术水平低,使得建成的信息系统使用难,管理维护更难,无法充分发挥已建系统的作用,有的甚至由于新老系统共同运行,不仅没有减轻反而加重了灌区工作人员的负担。这样的状况如果不能得到及时改善,又会造成已建系统逐渐老化、落后的问题,人们就会对信息化的效益产生怀疑,系统无法进行更新改造,结果只能是逐渐淘汰,于是灌区管理又恢复到原来的状况。

4. 重硬件和轻软件

目前的信息化建设还存在着只重视硬件投入,不重视软件开发的倾向。这不但使得硬件不能充分发挥效力,系统的操作维护困难,而且资料的整理分析等后续工作还需要手工操作,没有真正达到信息化的目的。

5. 缺乏统一的规划、信息的共享性差

由于灌区信息化建设长期以来没有一个统一的规划和标准,各灌区各自为政、各自为战、各自封闭,使得灌区之间的信息难以共享,也难以与其他相关系统实现联网,共享信息。同时,在系统建设上各灌区重复开发、重复建设现象严重,造成很大的浪费。

6. 产品处于试验研究阶段

多年来,我国在灌区信息化研究方面已做了不少工作,但一直处于研究试验阶段,没有真正形成产品。例如关于灌区自动化的研究,在技术上可能存在缺陷,稳定性、耐用性差,一旦出现问题,除当时参加研发的人员以外,其他技术人员较难解决。往往是研发人员在的时候,系统运行良好,当研发人员离去以后,技术力量较强的灌区尚可勉强维持,而技术力量较弱的灌区,则容易陷入停滞状态。

7. 系统集成能力差

有些灌区的信息化系统在设计和建设时,雨量采集、灌溉需