

◎

王燕

徐存东

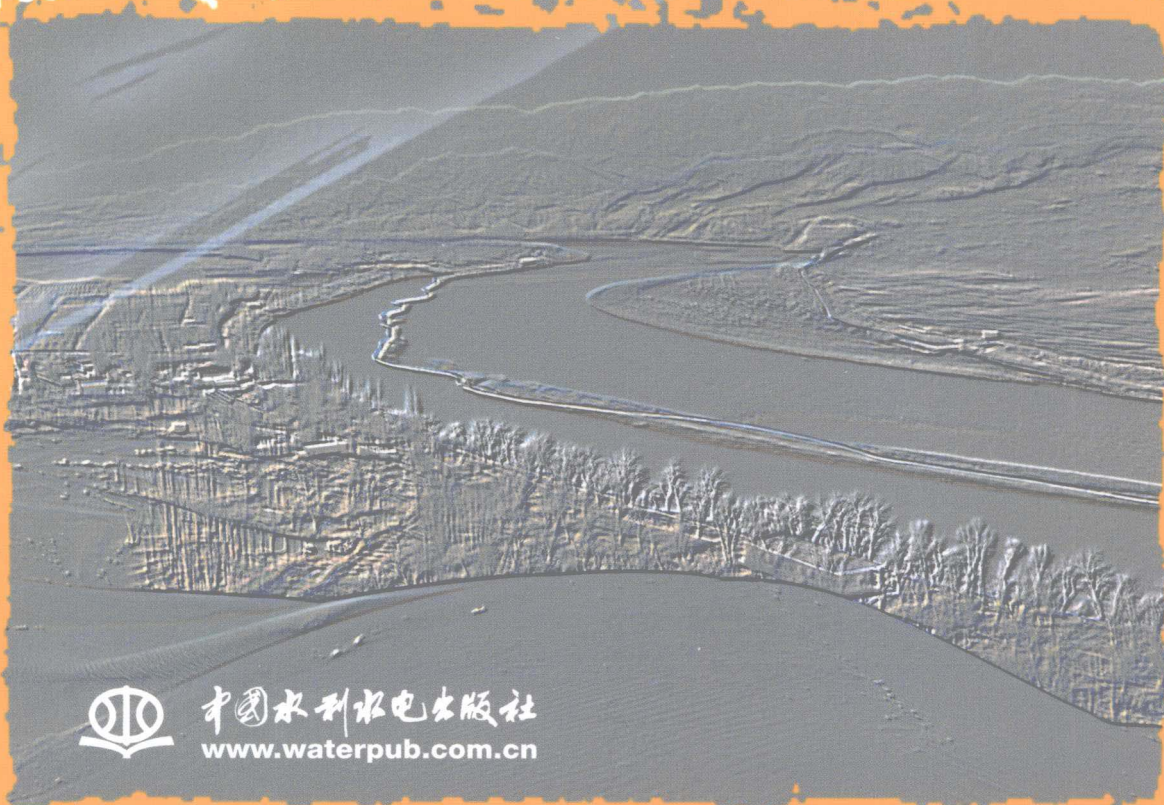
等
编著

CONSTRUCTION AND MANAGEMENT
OF PUMPING IRRIGATION AREA

扬水灌区 建设与经营管理



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



扬水灌区 建设与经营管理

◎ 王燕 徐存东 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统论述了扬水灌区的建设与经营管理；介绍了扬水灌区的基本建设程序和建设内容；详细阐述了扬水灌区经营管理的各个方面，包括灌溉用水管理、灌区工程管理、泵站机电设备运行管理、灌区组织管理和灌区经营管理；阐述了提高灌排工程效益的措施；介绍了灌区的信息化建设。

本书可作为高等院校水利水电工程及其相关专业的教材，也可供从事扬水灌区工程建设与管理工作的有关人员学习和参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

扬水灌区建设与经营管理/王燕等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

ISBN 978-7-5084-5620-1

I. 扬… II. 王… III. ①灌区—灌溉管理—高等学校—教材 ②灌区—经济管理—高等学校—教材 IV. S274.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 083195 号

书 名	扬水灌区建设与经营管理
作 者	王 燕 徐存东 等 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)、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	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 15.25 印张 333 千字
版 次	2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	48.00 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

灌溉是人类文明发展的结晶。我国是一个农业大国，拥有几千年灿烂的灌溉发展史，古人卓越的智慧与高超的技艺建造了一项又一项举世闻名的灌溉工程，其中有些工程，如都江堰等至今仍在发挥着效用。

我国是一个农业大国，但降水时空分布不均匀，不能满足农作物正常生长对水分的需求，因此，灌溉是我国提高粮食生产水平的基础和前提。当代中国对扬水灌溉农业高度重视，而且还采取了一些优惠政策予以扶持。扬水灌区在我国发展迅速，诸如宁夏扬黄灌溉工程、甘肃景泰川电力提灌工程等大型扬水灌溉工程，在解决当地人民群众丰产丰收问题、促进地区和谐发展等方面发挥着巨大作用。同时，节水灌溉技术得到进一步推广，逐步向节水型农业社会的目标前进。

在灌区建设好之后，良好的经营管理是灌区发挥巨大效益的保障。因此，扬水灌区灌溉经营管理的良好发展对我国的农业生产具有重要的意义。然而，我国农业水资源利用的现状是短缺与浪费并存。现阶段我国扬水灌区在经营管理方面还存在不少问题，管理模式需要转变，管理水平亟待提高。扬水灌区的经营管理应趋于科学、高效，同时应朝着数字化、网络化、智能化和自动化方向发展。为了使扬水灌区充分发挥其经济效益和社会效益，还应对其经营管理模式不断地进行探索和研究。

本书是为适应新形势下扬水灌区的发展需要，探求其科学高效的建设与经营管理模式而编写的。本书紧扣扬水灌区的建设与经营管理两大主题，详细介绍了灌区用水管理、工程管理、组织管理和经营管理四大管理内容，阐述了扬水灌溉工程的规划与建设的基本内容以及提高灌排工程效益的方法，并对扬水灌区信息化建设进行了初步探索。

本书共分为九章。第一章介绍了我国灌溉事业及其经营管理的发展，以及扬水灌区建设与经营管理的基本内容；第二章介绍了扬水灌

溉工程的规划与建设；第三章、第四章分别介绍了扬水灌区的用水管理和工程管理；第五章介绍了泵站机电运行管理及维护；第六章、第七章分别介绍了扬水灌区的组织管理和经营管理；第八章介绍了提高灌排工程效益的措施；第九章对扬水灌区信息化建设进行了介绍。

本书由甘肃省景电管理局王燕和兰州理工大学徐存东等编著。甘肃省水利厅教授级高级工程师康国熙主审；兰州理工大学徐存东、王昱、樊建领、王燕、侯慧敏、毕贵权、王之君、张钊；甘肃省水利厅张永明；甘肃省景电管理局王燕、李效龙、化雪梅、闫廷才、何玉琛参与编写。具体分工如下：第一章由樊建领、毕贵权编写；第二章由徐存东、张钊编写；第三章由闫廷才、王燕、何玉琛编写；第四章由徐存东编写；第五章由李效龙、王之君编写；第六章由张永明编写；第七章由王昱、侯慧敏编写；第八章由王燕、樊建领编写；第九章由化雪梅编写。

本书在编写过程中参考和引用了许多专业书籍和教材的论述；宁夏水利水电工程建设管理局郭建繁总工程师对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议；中国水利水电出版社的林京编辑在本书出版过程中给予了热情的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有欠妥不当之处，敬请读者不吝斧正。

编 者

2008年10月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 我国灌溉事业及其经营管理的发展	1
第二节 扬水灌区建设与经营管理的基本内容	11
第二章 扬水灌溉工程的规划与建设	14
第一节 扬水灌溉工程的基本建设程序	14
第二节 扬水灌溉工程的规划	26
第三章 扬水灌区灌溉用水管理	48
第一节 灌水方法与灌水技术	48
第二节 灌溉制度	72
第三节 用水计划的编制及水量调配	84
第四节 灌区量水	98
第四章 灌区工程管理	104
第一节 灌区工程管理的任务与内容	104
第二节 渠道的管理与维护	105
第三节 渠系建筑物的管理养护	113
第四节 输水工程常见的病害及维修	117
第五章 泵站机电运行管理及维护	133
第一节 泵站水泵机组的运行管理	133
第二节 泵站电气设备的运行管理	145
第六章 灌区组织管理	159
第一节 灌区管理组织形式	159
第二节 灌区组织管理机构设置	165
第七章 灌区经营管理	170
第一节 财务管理	170
第二节 物资管理	193
第三节 综合经营	203
第八章 提高灌排工程效益	212
第九章 灌区信息化建设	219
第一节 灌区信息化建设概述	219
第二节 灌区自动化管理实例	228
参考文献	237

第一章 绪 论

第一节 我国灌溉事业及其经营管理的发展

一、我国农田水利事业发展概况

防治水害、兴修水利、发展农田灌溉事业，在我国有着悠久的历史。根据我国古代史书的记载，以及对出土文物的考证，我国从进入农业社会，就开始有了农田灌溉农业。早在公元前 2000 多年，我国的劳动人民就开始进行了临河挖渠、凿井汲水等水利灌溉工程建设，开始了我国的农田灌溉事业。秦汉以来，我国的灌溉事业从规模到技术水平都有了重大的发展。公元前 613 年，在现在的安徽省寿县的吉河上兴建了芍坡灌溉工程。公元前 256 年，在现在的四川省岷江中游兴建了引水灌溉工程——都江堰，当时的工程建设者们巧妙地利用了当地的地形条件，引来了岷江水，灌溉着川西 300 多万亩平原，这项著名的引河灌溉工程已经历了 2000 多年的考验，历久不废，使川西平原变成了“水旱从人、不知饥馑”的稳产高产田，成为“天府之国”，工程至今仍发挥着十分明显的作用。公元前 246 年，在现在的陕西境内的泾河上修建了引水灌溉渠——郑国渠，全渠长达 150 多 km，穿越了好几条天然河道，在复杂的地形条件下，修建这样长的灌溉渠道，是需要较高的技术水平的，郑国渠就是现在的泾惠渠的前身，它引用了泾河水来灌溉关中百余万亩土地。郑国渠的建成，标志着当时我国水利建设的技术水平。从汉代起，居住在我国西北部现在的宁夏地区的劳动人民，就已在现有的银川一带平原上，临河挖渠，引用黄河水发展灌溉事业，如比较有名的引黄灌溉工程有：汉延渠、汉渠（汉伯渠）、唐徕渠等，有不少的引黄渠道，经历了 1000～2000 年的历史，至今还仍然在发挥着引水灌溉的作用，使这一个地区成为有名的“塞外江南”。公元前 422 年左右，在现在的河北省境内的漳河上，修建了引漳十二渠，是我国古代西门豹破除“河伯娶媳”残害人民的迷信，兴水利、除水害、引用漳河水，发展农田灌溉的工程。公元前 221 年，在现在的广西兴安县长江支流湘江和珠江的支流漓江开挖了人工运河，修建了灵渠，沟通了长江、珠江两大水系。从汉代开始，在现在的新疆建成了坎儿井。公元 140 年，在现在的浙江绍兴修建了镜湖（又叫鉴湖），是我国东南地区早期的灌溉水库，灌溉面积 60 多万亩，它“筑塘蓄水高丈余”，以利于自流引水灌溉；“田又高海丈余”，以利于自流排除田间积水，并防止海潮的侵袭，能灌、能排、能防潮，大约发挥了 800 多年的效益。从唐、宋以来，就在长江的中、下游，现在的江苏、浙江、安徽、湖南、湖北等地，修建了圩垸、海塘等水利工程，古代圩垸是南方水网地区

兼有灌排之利的工程。这些都是闻名国内外的我国古代农田灌溉工程，谱写了我国灌溉事业发展史的光辉篇章。

我国由于自然地理条件具有十分明显的季风型气候的特点，降水和径流量的时空分布极不均匀，相差十分悬殊。每年汛期常常遭受暴雨的袭击，造成洪、涝灾害，而在一年中的其他季节则往往少雨干旱，不能满足农作物生长对水的需要，这对农作物的正常生长是十分不利的，甚至形成严重的干旱灾害。从农作物的生理、生态需要来看，土壤中（根层土壤中）水分状况如何，对根层土壤中肥、气、热的状况有直接的影响。当根层土壤中水分过多时，导致土壤通气不良，深层渗漏量大，还将导致土壤中的肥分、矿物质等随渗漏而流失，甚至造成渍害和土壤退化；当根层土壤中水分过少时，土壤中的肥分不能溶解为溶液被作物根系吸收，而造成农作物体内水分、养分不足而凋萎、干枯直至死亡。只有当农作物对根层土壤中的水分需要获得必要的满足时，才能使农作物正常生长，并能使其他的农业增产措施较充分地发挥其作用。因此，人为地对农作物采取必要的灌溉、排水措施，对土壤含水量进行人工调节，是农作物获得丰收所必需的。

由于我国西北的大部分地区降水量很少，农作物生长所需要的水分必需常年依靠人工灌溉来供应，可以说“没有灌溉就没有农业”。所以，扬水灌溉工程成为改善这些地区农业耕作条件的重要措施。在黄河、淮河、海河广大平原地区，农作物虽然可以利用其生长期的一部分自然降雨，但是，由于自然降雨量同农作物需水量不可能完全同步，而且自然降雨量也不一定能满足农作物需水量，所以，必须进行人工灌溉补水。就是在我国南方的水网地区，也只有进行必要的人工灌溉补水，才能保证农作物获得丰收。所以，跨流域的调水工程和扬水灌溉工程是保证适宜灌溉的土地实现人工灌溉的主要措施之一。

在我国，由于自然地理气候条件，农作物生理、生态需水的客观规律，决定了要实现农业的高产、稳产，发展水利灌溉事业是必不可少的。从历史上来看，水利灌溉事业的兴废与历代王朝的兴衰有着十分密切的关系。“治国必须治水”，这是我们祖先经过了几千年的历史实践得出来的结论。从现在来看，我国人多地少，农业生产的发展只有走精耕细作、提高单位面积产量的道路。所以，从某种意义上说，灌溉事业的发展程度标志着我国农业生产发展的水平。

新中国成立后，我国亿万群众经过艰苦努力，农田水利建设有了飞速的发展。全国有效灌溉面积达到 5625 万 km^2 ，其中 667 km^2 以上灌区达到 5800 处，有效灌溉面积 2551 万 km^2 （含有效灌溉面积 2 万 km^2 以上大型灌区 280 处，有效灌溉面积 1377 万 km^2 ）。机电排灌面积达到 3733 万 km^2 ，其中提灌面积 3320 万 km^2 ；建成配套机电井 481 万眼，井灌面积 1640 万 km^2 ；易涝耕地及盐碱耕地进一步得到治理，全国原有的易涝耕地 2447 万 km^2 ，已有 2107 万 km^2 得到不同程度治理；节水灌溉面积已达到 2100 万 km^2 ，分别占到全国耕地面积的 45% 和 17%。虽然全国人均耕地面积 0.095 km^2 ，是世界人均耕地面积的 30%，但人均灌溉面积与世界人均水平持平。全国以占全国耕地面积 45% 的灌溉面积，生产了占全国总量 75% 的粮食和 90% 的经济作物；全国已累计解决 2.82 亿人的饮水困难，解决牲畜 1.8 亿头饮水困难；全国累计完成水土流失综合治理面积

92 万 km²，其中小流域治理面积累计达到 36 万 km²。

随着我国社会主义建设的不断发展，除上述工程外，还新建和扩建了许多大型的农田水利工程，其中有设计灌溉面积超过 1000 万亩的四川省都江堰灌区、安徽省淠史杭灌区和内蒙古自治区的河套灌区等；装机容量超过 4 万 kW 的江苏省江都排灌站；设计流量 21m³/s、扬程达 713m 的甘肃省景泰川电力提灌工程等。此外，还兴建了一些大的调水工程，如引黄济青（青岛市）工程、引滦济津（天津市）工程，长江水北调（南水北调）工程。

自 1998 年以来，中国农村水利事业进入了快速发展的阶段。自 1991 年以后，特别是在 20 世纪末出现粮食问题后，中央逐步加大对农业、水利的投入，包括灌溉事业在内的水利和“三农”工作进入一个新的恢复发展时期。这一阶段，中央政府加大了对灌溉排水事业的投资力度，中央和各级财政投入资金 200 多亿元，加上社会和农民的投入共 600 多亿元，重点支持灌区续建配套节水改造和节水农业发展，实施了 600 个节水增产重点县和 1000 多个节水增效示范项目建设，形成近 500 亿 m³的年节水能力，发展节水灌溉面积 1500 万 km²，新增粮食综合生产能力 400 多亿 kg。中央政府还投入国债资金 98 亿元，加上地方政府和农民投入共计 180 亿元，解决了 5600 多万农村人口的饮水困难。

进入 21 世纪以来，党中央多次强调水利不仅是农业的命脉，更是社会发展和国民经济的基础设施，要放在优先发展的位置上；提出“水是人类生存的生命线”；要求把解决水的问题“作为我国跨世纪发展目标的一项重大战略措施来抓”。水利部还提出了由工程水利向资源水利转变，由传统水利向现代水利和可持续发展水利转变的思路。由于中央政府高度重视农业和采取的一系列政策和措施，促进了灌溉排水事业的快速发展，农田水利事业取得了巨大成就。

我国的灌溉管理事业随之发展，多年来积累了许多经验。特别是近十几年来，灌溉、排水新技术和管理科学有较大的发展：喷灌、滴灌、微灌、遥测、遥控、遥感等从无到有；系统工程优化调度开始推广应用；计划用水、节约用水得到重视；还制定了《中华人民共和国水法》及一系列法规，加强了制度建设等。这些理论和实践的积累，将会进一步促进农田水利事业的发展。

但是，目前我国的灌溉排水工程和管理尚存在一些亟待解决的问题。例如有的工程建设标准偏低，不适应发展的要求；工程不配套，田间工程差，直接影响到灌溉效益；渠系水的有效利用系数偏低，浪费水的现象严重；建筑物及测试装置不健全，影响到计划用水的执行；水费征收标准低，无法进行正常的养护和维修；工程老化亟待更新及管理不善等。由于上述现象和问题的存在，不能适应经济发展的需要。因此，增加投入，改善工程条件，提高科学管理水平，是今后较长时期的任务。

总之，新中国成立以来我国农田水利建设已取得了巨大的成就，并积累了丰富的建设经验。但是走过的道路是曲折的，既经历了大发展阶段，也经历了紧缩和停滞不前的时期，因而也总结了一些克服困难的办法。目前与新中国成立初期相比，抗御旱涝灾害、改良土壤的能力已经有了很大的提高。但是，全国水利化程度仍很不平衡，仍有不少地区抗旱除涝标准不高、灌溉排水系统配

套不全、管理不善，全国平均每年受灾面积仍有 3 亿亩。尤其是有些已建工程老化、失修、效益衰减和北方水资源短缺这两大问题很突出。以上情况的存在，阻碍了农业生产的发展。因此，继续大力加强农田水利建设、提高抗御水旱灾害能力、提高科学管理水平、改进技术装备、进一步扩大灌溉、除涝、排渍、治碱的经济效益，把农田水利事业推向新的高度，是农田水利工作者面临的光荣而艰巨的任务。

二、我国传统灌溉面临的困难与问题

1. 灌溉工程设施老化

新中国成立以来的前 30 年，我国灌溉面积平均每年增长 106.67 km^2 ，但由于灌溉设施大都建于 20 世纪 50~60 年代，且建设标准较低，经过三四十年的运行，工程普遍老化失修严重，机电设备长期带病运行，处于低能高耗状态，灌区已有 10% 的工程丧失了功能，有 60% 的工程设施受到不同程度的损坏。进入 20 世纪 80 年代，灌溉面积虽然平均每年以 79.33 km^2 的速度增长（1980 年我国有效灌溉面积曾达到 4887 km^2 ），10 年间新增了 793 km^2 ，但同期减少了 840 km^2 ，增减相抵后，仍然减少了 47 km^2 。以华北地区为例：1984 年山西全省 108 个 667 km^2 （约 1 万亩）自流灌区有 18 个超过折旧年限，占这些自流灌区有效灌溉面积的 39%；使用年限 30~40 年的灌区有 40 处，占有效灌溉面积的 43.8%；有 40% 的机电排灌设备老化失修，每年约 8% 的机井报废。河北省 50 万眼配套机井中有 20 万眼已到了更新年限，1985 年机井报废 4 万眼；有 30% 的闸涵、40% 的扬水站、25% 的堤防已不能正常运行，供水能力大幅度衰减。农田灌溉面积逐年减少，单位流量日浇地效率明显下降。这种状况严重制约着该地区农业生产的发展。进入 20 世纪 90 年代及 21 世纪，灌溉面积虽有所增加，但效益衰减局面尚未得到根本好转。特别是一些扬水灌溉工程，由于工程标准偏低，经过多年运行后机电设备逐步老化、工程设施不配套、工程因失修开始带病运行，大部分高扬程提水灌溉工程逐步显现出隐患多、能耗高、效益下滑等问题，甚至到了入不敷出的困境。

2. 灌水技术比较落后

由于我国灌区目前大部分采用比较落后的传统地面灌水技术，因此，在灌溉水资源的利用上，浪费现象还相当严重。特别是在一些水源相对比较丰富的地区，每公顷次净灌水量往往在 1500 m^3 以上，大水漫灌现象仍不少见。因渠系渗漏和管理不善等原因，渠系水的利用系数一般只有 0.55 左右。据山东省统计，全省目前灌溉水利用系数平均在 0.5 左右。在地下水补给较充分的引黄灌区和水库灌区中的井灌区，畦田一般平整性差，且较长，每公顷次灌水量 $1200 \sim 1500 \text{ m}^3$ ，灌溉水利用系数为 0.6~0.7。水库自流灌区，很多渠道防渗较差，配套不完整，工程老化严重，灌溉水利用系数仅 0.4 左右，有的每公顷次灌水量达 3000 m^3 。引黄灌区中，输水渠道多为土渠，渠系配套很不完善，田面不平整，灌溉水利用系数多在 0.4 左右。在大水漫灌的自流灌区，每公顷次灌水量高达 $4500 \sim 6000 \text{ m}^3$ 。跑漏水严重，灌溉水利用系数仅 0.2~0.3。引河引湖灌区，灌

溉水利用系数一般在 0.4 左右。陕西省泾惠渠自流引水灌区灌溉水利用系数为 0.53；交口抽渭灌区，有效灌溉面积 8 万多 km^2 ，灌溉水利用系数平均值为 0.55；蒲城龙田抽水站，有效灌溉面积 2000 km^2 ，灌溉水利用系数为 0.63。陕西全省灌区灌溉水利用系数平均为 0.55 左右。黑龙江省灌区的灌溉水利用系数一般不到 0.5。贵州省对省内 10 个 667 km^2 以上灌区未经防渗处理的渠道，用动水法测渗，渠系水利用系数一般在 0.3~0.4 之间，最低的只有 0.27，最高的也只有 0.48。华北地区现状土渠的渠系水利用系数仅为 0.37~0.5。甘肃省景泰川电力提水灌区属典型的干旱区扬水灌区，其干、支渠道均采用塑膜和混凝土预制板衬砌防渗措施，渠系水利用系数也仅为 0.64。与国外部分地区的 0.8 左右的水利用系数相比尚有很大差距。

据统计分析，我国目前灌区的灌溉水利用系数平均为 0.45 左右，也就是说，从水源到作物根层，有一半以上的灌溉水因渗漏、蒸发和管理不善等原因没有被作物利用。

3. 管理水平低

20 世纪 80 年代以来，由于农业体制改变后水管理体制改革跟不上，形成工程管理差、群众浇地难、水利工程难以为继的被动局面，加之水利管理单位一时还难以做到按成本收费，不能自我维持，如华北地区能自给的一般只占 1/3。全国许多地区国有灌区在管理体制上，目前实行的是“事业性质，企业管理”，实行按量计费。节水则意味着减少收入，因而管理部门节水意识淡薄，从而造成大量灌溉水在输水配水和田间灌水过程中被白白损失掉了，这不仅引起灌区地下水位的升高，土壤盐碱渍害，导致农业减产，而且恶化灌区生态环境。

另外，从管理模式看还存在以下问题：

(1) 供水设施产权模糊。我国的大型水利设施多建于 20 世纪五六十年代，设计标准低下，使用材料质量低下，许多水利工程至今未能完成或者仍然缺乏配水和排水设施。许多水利工程需要升级、修复和完善。家庭承包经营实施后，中国农户拥有相对独立的土地占有权。然而，水利设施所有权仍然属于国家。近年来，水利设施管理权正在从政府向用水者转移。中国灌区改革的目标是建立经济自立供水企业和自我服务的用水者协会。但是由于灌区基础设施的低质量，农民用水者协会不愿意承担水利设施管理责任，同时，供水企业出于经济利益考虑也不愿意放弃供水垄断地位，从而造成供水设施产权模糊的现状。

(2) 水价偏低。我国一直施行低水价政策。1965 年 10 月，我国第一个水费计收使用办法出台。按此办法规定，工业水价为 0.003~0.01 元/ m^3 ，居民水价为 0.002~0.005 元/ m^3 。农业水价由各省自行决定，但基本上农业水资源是免费使用的。当时的水价没有考虑供水成本，所以不得不对供水企业进行补贴。1985 年，沉重的财政负担促使新的《水价核算、计收和管理办法》出台，要求在成本基础上核定水价。1992 年试图下放水资源管理权，实行额外用水加价，推行两步制水价。但是由于在实施中的困难，这一办法未能最后实施。

按照中央新制定的《水利工程供水价格管理办法》（2004 年 1 月 1 日实施），“农业用水价格按补偿供水生产成本、费用的原则核定，不计利润和税金。非农业

用水价格在补偿供水生产成本、费用和依法计税的基础上,按供水净资产计提利润,利润率按国内商业银行长期贷款利率加 2~3 个百分点确定”。尽管水价改革经过几十年的发展,但农业水价存在 3 个问题:①水价不能反映供水成本;②水费收取环节过多,为管理部门提供了搭便车的机会;③现行的水价制度给政府造成很大的财政负担。同时,对于高扬程的提水灌溉工程,由于电力提水成本高,如果严格按照成本计收水费势必造成灌区农户经济负担过重而弃耕的尴尬局面。

(3) 农户用水过程中自组织的缺乏。灌溉农业人为的低水价和来自政府的高补贴,限制了水资源的有效利用和管理。长期以来,流域间和流域内的水资源分配都是无偿的。农业水资源的公共产品特性不可避免地导致水资源的过度利用。长期以来的水资源无偿调拨,使得下游用水者不愿意对上游用水者进行补偿。对灌区农户行为研究表明,我国灌溉农户水资源利用行为不是利润最大化行为,而是风险最小化行为。上下游用水者之间的利益补偿机制的建立能够引致更高的社会效率。由于农民文化素质和农田水利基础设施质量的限制,以及政府灌区资产管理体制改革的滞后,农民用水者协会尚不能在农业水资源利用中充分发挥其应有的作用。

(4) 管理机构臃肿,财务亏损严重。我国长期以来各层次各方面都存在重建设、轻管理的思想,工程维护缺乏固定资金来源;管理单位体制不明确,一方面要求自我维持;另一方面又无法确定资金来源,政府控制水价,水费极低,各管理单位层层克扣,水费不能到位,使灌区长期入不敷出,疲于糊口,单位贫困;灌区没有经济实力开展必要的管理维护工作,技术人员留不住,却常被认为是清闲养息的单位,大量塞进许多闲杂人员或子女,造成人员素质低下;科技推广、经济管理方面素质很差,难以开展有效的经营管理,财务收支失衡,亏损严重。

上述几个方面的问题是灌区现代化改造的最大困难。尽管灌溉农业水供给持续下降,但农业水利用效率却十分低下。由于我国灌溉技术比较落后,对农业水资源管理不善,大部分灌区的渠系水利用系数低,灌水定额偏大,因此造成水资源的大量浪费。在我国目前情况下,灌溉水生产率普遍偏低,与世界单方水 2kg 粮食以上的水生产效率相比,我国的单方水生产效率仅为 0.87kg 粮食;我国渠灌区水利用效率仅为 0.4~0.5,比发达国家低 0.2~0.4,一些土质较差的渠道渗漏损失达 70%。由于缺乏管理激励,先进的量水设施以及节水灌溉技术推广乏力,输水、配水和田间水利用效率低下,造成了农业水资源利用中的浪费。

三、国外灌区管理现状

1. 国外灌区现代化管理模式

从世界各国的情况来看,无论是发达国家还是发展中国家,大规模开发和建设灌排设施的时代已经过去,灌区管理成为各国关注的焦点。灌区现代化管理就是要在理顺管理体制、健全经营机制、明确责权关系的基础上,深入开发和广泛利用灌区的信息资源,充分利用现代信息技术、计算机技术和自动控制技术等现

代科学技术,提高信息采集和处理的准确性以及传输的时效性,做出及时、准确的预测和反馈,并用于灌溉渠系的运行调度,提升灌区的管理水平和管理效率,实现灌区水资源优化配置、提高灌溉用水效率和效益、降低灌区运行管理成本、为用户提供更好地服务,为灌区管理部门提供科学的决策依据,促进灌区社会经济与生态环境的协调发展。

传统的意识认为,只有国家才有能力管理好大型现代化灌溉工程,近10多年来的实践向这一传统意识发起了挑战。政府管理的灌溉工程由于资金不足,工程设施每况愈下。用水户由于得不到及时、足额的灌溉供水,因而对工程的运行管理漠不关心。为此,世界各国纷纷采取措施,制定有关政策、法规,鼓励用水户更多地参与灌溉管理,以改进灌溉工程的管理体制与运行机制。具体做法是,将许多基本的灌溉管理职能从国家机构转移到私营机构、非政府组织或以农民为主的地方组织。最常见的灌溉管理转移形式是将灌溉管理职责从中央政府的灌溉机构转移到财务自主的地方性非盈利组织,此类组织一般由灌溉工程受益区用水户组成,或者用水户在该组织中占有重要的位置。

将灌溉管理权向地方组织转移是一项复杂的工作,涉及国家、政策、法规和政府机构的调整,新的地方组织机构的建立,工程设施、设备所有权的转移以及工程管理人员的调整等。一些国家的经验表明,无论是推行用水户参与灌溉管理(PIM)或是灌溉管理职责的转移(IMT),其国家有关政策、法规的制定、实施模式及灌溉组织(协会)的类型等,是保证该过程成功的重要因素。

2. 用水户参与灌溉管理存在的问题

虽然用水户参与灌溉管理已引起世界各国的关注,并已取得了初步成效,但由于用水户参与灌溉管理的实践时间都还比较短,有关的法律和管理方法等都不太完善。从一些国家的实施情况看,主要存在以下问题:①灌溉协会水权不安全;②灌溉协会资金不足;③灌溉工程的修复和现代化改造政策不明确;④政府专管机构面临重新调整;⑤灌溉协会在为农民提供其他服务方面也存在一些问题。

目前,世界上有20多个国家正在实施用水户参与灌溉管理计划。从一些国家实施的情况来看,方向是正确的,改变了政府包揽灌溉工程管理的做法,把管理职责移交给用水户协会,减少了政府补贴,促使工程运行维护经费自我维持。

3. 国外灌区现代化管理的技术现状

纵观国内外灌区管理现代化的发展历程,主要受到两方面因素的影响:一是科学技术的发展水平;二是社会经济的发展水平。

从科学技术发展水平方面来看,灌区管理所涉及的科技领域主要包括通信技术、传感技术、计算机技术、遥感、地理信息系统、计算机网络、互联网技术、数据库、决策科学等。20世纪80年代末90年代初,出现了一门新的学科——《水信息学》(Kydroinformatics)。这一学科的研究和应用领域极为广泛,内容非常丰富,包括数据的获取和分析(例如scADA、遥感、遥测、数据模型、数据管理和数据库技术)、先进的数值分析方法和技术(例如一维、二维和三维计算机水力、水质和水生生态模型,参数估计和过程识别)、控制技术和决策支持

(例如基于模型控制、不确定性处理、决策支持系统、分布影响评价和决策)、标准软件的开发(例如流域水资源管理、城市给水排水系统)以及最近出现的新技术的应用(例如遗传算法、神经网络、模糊逻辑、分布和扩散模型、面向对象和代理)等。这些内容也涵盖了灌区管理的各个方面,代表了灌区管理发展的前沿。

由于受社会经济发展水平的限制,灌区管理的发展水平在世界各国有较大的差异。国外灌区管理水平较高的还是在发达国家。目前发达国家的灌区管理正朝着信息化、自动化、高效化方向发展,在灌区管理中普遍采用了遥感遥测技术、网络技术、数据通信技术、计算机技术、系统工程、地理信息系统、自动控制技术等,实现了集信息采集—处理—决策—信息反馈—监控为一体的优化调度。

美国从 20 世纪 50 年代开始就十分重视灌区管理系统的建设。如美国的帝王灌区(Imperial Irrigation District)早在 20 世纪 50 年代后期就兴建了基于电话线的遥控设施。20 世纪 80 年代后期,帝王灌区又引入计算机技术对灌区的遥测遥控设施包括控制中心和野外的设施进行了更新改造,同时电话通信设施也被无线电微波通信网络所替代。通过这一改造,1988 年,该灌区实现了从控制中心对所有干、支渠道闸门的直接监控。在水文气象等信息系统的建设方面,则主要利用公共基础信息平台。如美国垦务局早在 20 世纪 40 年代就开始建立数据网(DataWeb),主要是发布垦务局所属工程的有关统计资料。到 20 世纪 90 年代后期,随着因特网的建设和完善,已建立了专门的数据网站。1975 年美国垦务局最早组织开展了遥感和地理信息方面的研究开发工作,可以面向社会开展各种服务。20 世纪 80 年代初期开始,美国垦务局又先后建立并发展了 Kydromet 和 Agrimet 网络数据服务系统,通过因特网为美国西部的 17 个州提供河流、水库水位流量和包括降雨、气温、湿度、日照、风速、风向等在内的气象资料以及有关的服务。

日本 1975 年首先在香港用水工程引入计算机控制集中管理系统,之后这一模式在日本得到普遍应用。20 世纪 90 年代开始,遥感、地理信息系统及因特网技术先后被引入灌区管理。和美国一样,日本目前也实现了气象、河流以及大型水库湖泊的水位、水质等基础资料的网上发布。

澳大利亚最大的河流墨累河流域(Murray Basin)是澳大利亚的主要灌溉农业区。过去大型灌区的管理直接由州政府管理,由于沉重的财政负担,从 20 世纪 90 年代初开始,维多利亚及新南威尔士州等先后进行了灌区体制改革。古尔本—墨累灌区(Goulburn - Murray Water)和墨累灌区(Murray Irrigation Limited)是其中的典型代表。两个灌区在体制上分别实行了民营化和私有化,与此同时,两个灌区分别对灌区管理设施进行了更新改造,实现了现代化。以色列的灌溉农田都采用了喷灌、滴灌等现代灌溉技术和自动控制技术,灌溉水平平均利用率达 90%。

中等发达国家如韩国、马来西亚等,在灌区管理的信息化和现代化建设方面发展得也比较快。而发展中国家如印度、埃及、墨西哥等,也都在探索灌区信息

化,特别是像遥感、地理信息系统已被广泛地应用于灌区管理的研究工作,如灌区作物蒸发量的分析、灌溉用水计划的制订等,但这些工作更多的是一些零星的研究,大规模的信息化建设还有待时日。

四、我国农田水利事业的展望和科技发展趋势

农田水利建设是直接为农业增产服务的。中共十六大提出了全面建设小康社会的目标,强调“建设现代化农业,发展农村经济,增加农民收入,是全面建设小康社会的重大任务”。2003年召开的中央农村工作会议提出“把农业、农村和农民问题作为全党工作的重中之重”。胡锦涛总书记曾明确指出:“要加大农业基础设施建设力度,尤其要增加对节水灌溉、人畜饮水、乡村道路、农村沼气、农村水电、草场围栏等‘六小’工程的投入。”水利部于2003年提出了今后一个时期农田水利建设的指导思想是:“以提高水资源利用效率为核心,以保障农民饮水安全、保障农业和农村经济用水安全、提高农业综合生产能力和可持续发展能力、保护和改善农村水环境为目标,完善基础设施,深化体制改革,强化工程管理,为农业增产、农民增收和农村经济发展服务,推动农村社会走上发展生产、生活富裕、生态良好的文明发展道路。”

随着经济发展、人口增加、城市化发展、水资源的短缺、水环境的恶化,农业用水面临着严峻的挑战。农业用水量的90%用于种植业灌溉,其余用于林业、牧业、渔业以及农村人畜饮水等。尽管农业用水所占比重近年来明显下降,但农业仍是我国第一用水大户,发展高效节水型农业是国家的基本战略。当前农村水利发展面临的新形势、新情况都要求我们,必须持之以恒地搞好新时期的农田水利建设。完成上述规划目标并不是轻而易举就可以实现的,为达此目的,不仅要解决思想认识、科学管理、资金投入等一系列问题,还必须解决很多技术问题。

21世纪初期根据国外科技发展情况,我国农田水利技术发展趋势大致有以下几方面。

1. 节水技术

节水技术是国内外都很关注的问题,也是扩大灌溉面积的主要途径之一。由于当今世界上多数灌溉土地使用地面灌溉法,所以人们在改进地面灌水技术和提高管理水平方面进行了长期的研究,取得了不少行之有效的成果。间歇灌水法就是近年来新发展起来的一种新的灌水技术,其特点是通过间歇地向灌水沟送水,造成涌流状态,使沟内水流推进速度加快,并使水分沿程入渗均匀。间歇灌溉比一般连续水沟灌溉省水30%~50%,在有风条件下,灌水效率比平移式喷灌提高10%~15%,由于灌水均匀,作物的产量和质量都有所提高。如河北省唐山市在小面积上试用间歇灌水法,节水效果良好。美国、澳大利亚等国研究用水平地块灌水法代替传统的沟畦灌,每个地块30~240亩,应用激光控制平地,可使任何方向的高差小于2.5cm,田间灌溉水的有效利用率达70%~90%。

我国近年来在地面灌溉节水技术方面有了很大的进展,例如在水稻、小麦、棉花等作物灌水方面研究出既能节水又能增产的科学灌溉制度,旱田地膜覆盖灌水技术,调整作物种植结构以充分利用天然雨水,渠道防渗技术等,在扬水灌区

以管道输水代替明渠输水，畦灌中采取大面积水平畦灌溉等都有很好的节水效果。在喷灌方面，目前喷灌设备正处于再次更新阶段，高压中心支轴式喷灌机在美国、日本已逐渐被低压系统所代替，许多国家正在努力开发低耗能喷灌机械。滴灌方面，国内外在研制低造价管道系统和防止滴头堵塞等问题上已有了较大的进展，并已成功地试用微咸水滴灌。

2. 节能技术

节能和节水是息息相关的，所以国内外普遍注意在节水的同时达到节能的目的，特别是通过电力扬水灌溉的灌区，降低单方水的能耗、提高工程效益成为灌区管理的主要内容之一。低压喷、滴灌系统及太阳能、风能在农田水利方面的应用，是节约能源的主要措施之一。我国在喷、滴灌系统的创新与运用方面作了不少工作，但在开发利用太阳能和风力资源方面，尽管起步很早，但进展不快。因此，在日照充足、风力资源丰富地区加速发展风能及太阳能的利用是很必要的。我国排灌机械保有量为 600 多万台，管理好、维修好这些设施，做好大中型泵站的更新改造，不断提高装置效率，对节能来讲具有重要意义。

3. 优化配水和自动化配水技术

优化配水和自动化配水技术在美国、日本、法国等国应用较广，有明显提高用水效率的作用，并有节水节能的效果。我国北方地区由于水资源紧缺，供需矛盾尖锐，近年来不少地方在灌溉水资源优化分配及调度方面的研究比较多，而且进展很快，不少成果已在推广应用，目前仍在发展中。田间自动化灌水技术，在日本和欧洲已试验多年，因投资大，直接经济效益不明显，尚未能进入大面积应用阶段。我国有些省、市，在一些小型泵站、机井灌区已开始应用计算机自动控制灌溉用水，如已建成的江苏省太仓县泰西村泵站、江苏省江阴县渭南村泵站、甘肃省景电扬水工程、固海扬水工程、河南省开封市惠北试验站喷灌和微灌试区、天津市武清县下伍旗机井灌区等，效果都很好，但投资大，推广困难。在今后一个时期，应通过工程措施和非工程措施，优化配置多种水源，高效使用地表水，合理开采地下水，在时间上和空间上合理分配与使用水资源，发展“长藤结瓜”灌溉系统及其灌溉水管理技术，实现“大、中、小、蓄、引、提”联合调度，提高灌区内的调蓄能力和反调蓄能力。

4. 农田排水技术

国内外在排水技术方面很重视暗管排水及竖井排水，认为田间排水明沟占用耕地，而且较深的排水明沟塌坡易淤的问题仍未很好的解决。目前主要研究造价低的塑料制品和裹滤料以及高效率施工机械。在井排方面主要研究提高井的出水量及延长使用年限措施。我国在排水暗管、暗沟、鼠道的应用方面，无论是在南方还是在北方都已得到较广泛的应用。南方低洼圩区、北方低洼易涝地区、沼泽地、内陆盐碱地和滨海盐碱地，采用形式多样的暗管、暗沟排水，在排渍、排咸及改良土壤方面都获得较好的效果。应继续对明沟排水、竖井排水、辐射井排水等开展研究，重点放在对田块，排域的排水模型研究上。

5. 灌排水质检测及控制技术

国外对灌溉水质非常重视。美国、英国、德国、日本等国都制定了国家标

准,建立了完整的对灌排系统的水质监测制度,采用全自动分析设备。由于水资源短缺,美国、英国、德国等国开展了污水处理工作,城市污水处理厂平均已达1万人/座的水平,利用土地处理系统净化污水,水质可达二、三级处理水平,可安全的用于灌溉。我国在这方面起步较晚,但进展较快。1989年12月,国家颁布新的《中华人民共和国环境保护法》以后,又陆续发布了一些有关水资源保护、水污染防治等法规及规定,2005年由农业部编制了新的《农田灌溉水质标准》并颁布试行,与此同时水利部建立了水质监测试验中心。由于环境管理工作的加强和投资的增加,污染防治水平提高很快,但距离控制灌溉水源的污染还相差很远,目前仍有数千万亩农田被工业“三废”所污染。因此,大力开展水质监测管理和预报预测工作并进一步治理污染是十分必要的。

6. 调水技术

国外解决水资源不足的途径,除采取节水措施外,主要是搞调水。已实现的较大调水工程有:巴基斯坦的西水东调工程,年调水150亿~200亿 m^3 ;美国加利福尼亚州北水南调工程,年调水270亿 m^3 。大规模调水工作,将灌溉工程技术、机电提水技术提高到一个新的水平,并促进了灌溉经济分析、灌溉生态环境等灌溉学科分支的发展。我国调水工作也已经开展起来,已完成的引黄济青(青岛市)、引滦济津(天津市)、引滦济唐(唐山市)等工程都已完成,效果良好,并解决了一系列规划、设计、施工、提水、环境评价等技术问题。举世瞩目的南水北调工程中线、东线已全线动工,可望在近期实现调水。

应特别指出的是,研究任何一项技术都必需充分考虑经济效益,以及当地在经济上的承受能力,否则只是空谈。此外,目前我国农田水利发展中面临三大问题:即水资源紧张、工程更新改造任务艰巨、资金短缺。为此,农田水利科学技术应紧密围绕上述问题,重点研究节水、节能、节约投资的技术措施,对现有工程挖潜改造,同时发展基础理论研究,在促进农业生产中取得较高的经济效益,将我国农田水利科学技术提到新的高度。

第二节 扬水灌区建设与经营管理的基本内容

扬水灌区是通过泵站机电设备和泵站间的渠道和输水建筑物,将低处的水资源通过电力扬水至高处适宜灌溉的土地进行作物灌溉的水利工程,这种工程特别适宜在我国西部地广人稀、干旱少雨、水资源缺乏的地区兴建,可取得显著的社会效益、生态效益和经济效益。

我国的扬水灌溉工程的发展是随着水利灌排事业和机械制造事业的发展而发展的,从20世纪50年代起,我国相继兴建了一系列大、中、小型高扬程提水灌溉工程。20世纪80年代以后,随着我国建设事业的发展 and 水利工程技术水平的提高,更多的扬程更高、泵站梯级更多、控制灌溉面积更大的高扬程提水灌溉工程相继建成。其中最具代表性的是甘肃省景泰川电力提灌二期工程,该工程共设干渠泵站30座,装有各种型号的水泵机组104台,总装机容量18.08万kW,最大总扬程为713m,设计灌溉面积为52.05万亩,工程自1993年建成以来,发