

节水灌溉发展研究

黄修桥 高峰 王景雷 范永申◎著



科学出版社

节水灌溉发展研究

黄修桥 高 峰 王景雷 范永申 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

随着我国水资源日益短缺,发展节水灌溉技术已成为我国的一项基本国策和战略任务。本书依托作者主持或参加的多项国家科研项目及国家水利规划项目的成果,从宏观角度系统地归纳分析了当前我国节水灌溉发展状况及灌溉用水需求情况,探讨了我国的节水灌溉体系,提出了适合我国国情的节水灌溉发展模式及分区发展重点,研究了华北及东北地区农业节水潜力评价、山丘区小型节水灌溉设施发展规划及雨水集蓄利用灌溉发展规划,并对河南省农田水利发展战略进行了探讨。

本书具有系统性强、理论与实践相结合等特点,可供从事节水灌溉及相关专业的科研人员、大专院校师生和相关管理决策者参考。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉发展研究 / 黄修桥等著. —北京:科学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-03-040817-4

I. ①节… II. ①黄… III. ①节约用水-灌溉-研究 IV. ①S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 113931 号

责任编辑:朱海燕 李秋艳 李 静 / 责任校对:李 影

责任印制:赵德静 / 封面设计:铭轩堂

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>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 6 月第一次印刷 印张:13 1/2 插页:6

字数:320 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

如果说21世纪人类将面临石油、煤炭枯竭的危机,那么水资源的危机更是不容忽视。我国是世界上淡水资源严重短缺的国家之一,随着人口的激增和经济的快速发展,水资源短缺问题日趋严重,尤其是在北方干旱半干旱地区,水资源已经迅速接近承载能力的上限,水资源危机已悄然逼近。而城市化进程的加快和生活水平的提高使得人们对水的需求更加强烈,其他行业与农业的争水矛盾日益突出,水资源短缺问题将越来越成为农业和经济社会发展的制约因素。发展节水灌溉,不仅是缓解我国水资源不足的有效途径,同时也将是转变农业增长方式,使传统农业向高产、优质、高效农业转变的重大战略举措,对实现我国水资源可持续利用,保障经济、社会可持续发展,具有重大意义。

本书著者所在的水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所节水农业宏观研究团队,自“九五”以来先后主持或参加了“华北地区节水型农业分区和发展预测”“中国灌溉农业节水规划”“全国节水灌溉‘十五’计划及2010年发展规划”“中国农业需水与节水高效农业建设”“西北地区农牧业可持续发展与节水战略”“全国300个节水增产重点县建设技术推广”“农业高效用水发展规模及相关产业发展前景预测”“全国山区丘陵区雨水集蓄利用前期规划”“西南五省(自治区、直辖市)小型水利规划”等国家及省部级研究课题,旨在准确分析预测灌溉用水需求及需水结构,提出在不同地区、不同作物情况下的节水灌溉发展模式,客观科学地评价节水灌溉措施的投入产出,以促进节水灌溉沿着科学、健康的轨道发展。本书是对上述研究工作的总结,希望它的出版有助于推动我国节水农业的研究与发展。

研究团队早期负责人农田灌溉研究所李英能研究员为团队组成并开展卓有成效的工作付出了大量心血;团队成员吴景社研究员(现任职于上海市水务局)、仵峰研究员(现任职于华北水利水电大学)参与了许多工作;农田灌溉研究所已故原所长贾大林先生、原所长余开德研究员,水利部农村水利司原司长冯广志教授级高工、原副司长姜开鹏教授级高工、赵乐诗副司长、顾斌杰副司长、倪文进副司长、王晓玲处长,中国灌排中心原副主任顾宇平教授级高工、原总工赵竞成教授级高工,以及北京工业大学窦以松教授、北京市水科所沈秀英教授级高工、辽宁省水科院宋毅夫高工等给予了宝贵的帮助与指导;本书还参考引用了诸多专家、学者的文献著作及有关省(自治区、直辖市)水利厅的资料。在此一并致谢!衷心感谢他们多年来的关心与支持!

由于著者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正!

作 者
2014年5月

目 录

前言

第1章 节水灌溉发展现状与进展	(1)
1.1 节水灌溉发展历史回顾	(1)
1.2 节水灌溉发展现状与进展	(3)
1.2.1 节水灌溉工程发展现状	(3)
1.2.2 节水技术研究、设备生产与推广服务体系现状	(5)
1.3 节水灌溉发展展望与对策	(5)
第2章 灌溉用水需求分析	(8)
2.1 灌溉用水量主要影响因素分析	(8)
2.1.1 灌溉系统本身的影响因素	(8)
2.1.2 灌溉系统外部影响因素	(10)
2.1.3 尺度效应的影响	(15)
2.2 灌溉用水需求预测分析方法研究	(18)
2.2.1 主要预测方法及其适用条件	(18)
2.2.2 用水需求预测应考虑的因素	(21)
2.2.3 灌溉用水需求预测模型的构建	(23)
2.3 全国中长期灌溉用水需求预测	(26)
2.3.1 需求预测主要影响因素分析	(27)
2.3.2 基础数据收集与处理	(30)
2.3.3 模型建立及预测	(34)
2.3.4 结果的比较与评价	(39)
第3章 节水灌溉体系研究	(41)
3.1 节水灌溉技术体系	(41)
3.1.1 工程节水技术	(41)
3.1.2 农艺节水技术	(44)
3.1.3 生物节水技术	(45)
3.1.4 管理节水技术	(46)
3.2 节水灌溉标准体系	(46)
3.2.1 关键指标	(46)
3.2.2 标准体系	(51)
3.3 节水灌溉评价体系	(53)
3.3.1 评价指标	(53)
3.3.2 评价方法	(55)

第4章 节水灌溉发展规模预测	(59)
4.1 节水灌溉分区	(59)
4.1.1 分区原则	(59)
4.1.2 分区指标体系	(59)
4.1.3 分区方法	(62)
4.1.4 分区结果	(63)
4.2 节水灌溉发展规模预测方法	(68)
4.2.1 预测方法评述	(68)
4.2.2 数学模型	(69)
4.2.3 相关因素的分析与预测	(70)
4.2.4 分区发展规模预测	(72)
4.3 分区发展重点及展望	(72)
4.3.1 分区发展重点	(72)
4.3.2 节水灌溉发展展望	(75)
第5章 节水灌溉模式研究	(78)
5.1 国外节水灌溉模式分析	(78)
5.1.1 节水灌溉工程模式	(78)
5.1.2 灌溉系统管理模式	(78)
5.1.3 水价政策	(79)
5.1.4 典型国家节水灌溉模式	(80)
5.2 我国节水灌溉发展模式探讨	(86)
5.2.1 工程技术模式研究	(86)
5.2.2 运行管理模式探讨	(91)
5.2.3 节水灌溉投入机制研究	(93)
第6章 华北及东北地区农业节水潜力评价	(96)
6.1 节水潜力的概念及估算方法	(96)
6.1.1 节水潜力	(96)
6.1.2 影响节水潜力的主要影响因素	(96)
6.1.3 区域尺度节水潜力的估算方法	(97)
6.2 华北地区节水潜力的估算	(98)
6.2.1 华北地区农业生产概况	(98)
6.2.2 研究方法及数据来源	(99)
6.2.3 华北地区节水潜力分析	(103)
6.3 东北地区节水潜力估算	(129)
6.3.1 样点灌区选择及代表性分析	(129)
6.3.2 东北地区参考作物需水量的计算	(130)
6.3.3 东北地区主要作物需水量的空间分布	(131)
6.3.4 东北地区主要作物缺水量(净灌溉用水量)空间分布	(132)

6.3.5 东北地区灌溉用水调查	(133)
6.3.6 东北地区主要灌溉类型区节水潜力分析	(135)
6.3.7 东北地区节水潜力空间分布	(136)
第7章 山丘区小型节水灌溉设施发展规划	(138)
7.1 概况	(138)
7.1.1 地理位置与行政区划	(138)
7.1.2 社会经济状况	(140)
7.1.3 农业生产现状	(140)
7.1.4 水土资源状况与土地利用	(140)
7.2 规划指导思想与目标任务	(143)
7.2.1 指导思想	(143)
7.2.2 基本原则	(143)
7.2.3 规划水平年和规划范围	(144)
7.2.4 编制依据	(144)
7.2.5 目标与任务	(144)
7.3 规划分区与分区建设任务	(145)
7.3.1 规划分区	(145)
7.3.2 分区建设任务	(146)
7.3.3 重点发展区域	(147)
7.4 小型节水灌溉设施建设规模与建设内容	(149)
7.4.1 建设规模	(149)
7.4.2 建设内容	(152)
7.5 效益分析及保障措施	(161)
7.5.1 效益分析	(161)
7.5.2 国民经济评价	(163)
7.5.3 保障措施	(164)
第8章 雨水集蓄利用灌溉发展规划	(166)
8.1 雨水集蓄利用灌溉发展现状	(166)
8.1.1 概况	(166)
8.1.2 发展历程	(167)
8.1.3 取得的成效与经验	(168)
8.1.4 存在的问题	(171)
8.1.5 雨水集蓄利用灌溉的必要性与紧迫性	(172)
8.2 规划目标任务与总体布局	(173)
8.2.1 指导思想与规划原则	(173)
8.2.2 规划依据与设计标准	(174)
8.2.3 目标与任务	(175)
8.2.4 总体布局	(176)

8.3 分区发展策略	(177)
8.3.1 水土资源分析	(177)
8.3.2 分区与发展策略	(178)
8.4 建设内容与重点工程	(180)
8.4.1 建设内容	(180)
8.4.2 重点工程	(182)
8.5 效益分析与保障措施	(183)
8.5.1 投资估算	(183)
8.5.2 效益分析	(183)
8.5.3 保障措施	(184)
第9章 河南省农田水利发展战略	(187)
9.1 河南省农业节水现状和取得的主要经验	(187)
9.1.1 河南省基本情况	(187)
9.1.2 农业节水现状和取得的主要经验	(189)
9.2 实施半旱地农业的可行性及主要措施	(192)
9.2.1 降水资源分析与利用现状	(192)
9.2.2 典型站点主要作物需水量、有效降水量及其产量	(193)
9.2.3 大量减少作物灌溉用水的可行性及主要技术途径	(195)
9.2.4 可供采取的主要技术措施	(196)
9.2.5 建议和措施	(197)
9.3 河南省农田水利发展战略分析	(199)
9.3.1 干旱问题及对策	(199)
9.3.2 农田水利建设与维护	(200)
9.3.3 节水农业发展战略思考	(200)
9.3.4 科技支撑	(201)
参考文献	(204)
彩图	

第 1 章 节水灌溉发展现状与进展

1.1 节水灌溉发展历史回顾

人类发展的历史从某种程度上来说就是一部与水旱灾害的斗争史,在与水旱灾害斗争的过程中,人们逐渐认识了水旱运动的某些规律,掌握并积累了一些拦河蓄水、筑渠引水、开畦灌溉的技术。公元前 2000 年前后,中国、埃及、印度以及古代的巴比伦等国已经有了修建灌溉系统的实践经验。我国春秋战国时期已经有了关于灌溉技术经验的文字记载,如《荀子·王制》中对于灌溉系统作用的说明,《管子·地员》中对于土壤、水分和作物种类与产量关系的阐述,《吕氏春秋·任地·辩土》中对开沟平地、冲洗盐碱等改良土壤技术的论述。两千多年前修建的都江堰工程至今仍在发挥分洪和灌溉作用。

在长期的灌溉实践中,人们逐渐认识到水并不是“取之不尽,用之不竭”的,用水效率低下不仅制约了灌溉面积的发展,而且还带来了严重的生态环境问题。为了提高用水效率,1894 年,美国艾奥瓦州一位叫查尔斯·斯凯纳的人,发明了一种非常简单的喷水系统,开创了人类利用机械设施节水灌溉的先河。1933 年,美国加州一位叫澳滕·英格哈特的农民发明了世界第一只摇臂喷头,这种新型喷头的问世,对节水灌溉起到了革命性的推动作用。

第二次世界大战以后,美国的经济、技术飞速发展,以皮尔斯为先导的灌溉企业制造出多种快速连接铝合金接头,与薄壁铝管连接,诞生了半固定及固定式薄壁喷灌系统,使得大面积采用喷灌系统成为可能。为了充分利用半固定式喷灌系统造价低的优点,并克服其劳动强度高的缺点,一种由机械驱动类似于半固定系统的滚移式喷灌机在 20 世纪 30 年代由一位叫哈里·法里斯通的美国人发明。

1952 年,美国科罗拉多州一位叫弗兰克的农民发明了一种水力驱动,自动转圈,上边悬挂喷头的喷灌机具(中心支轴式喷灌机)。20 世纪 70 年代,由于石油危机的影响,中心支轴式喷灌机的喷头由摇臂喷头改为低压微喷喷头,以达到节约能源的目的。此后,水力驱动逐渐改变为电力驱动,可靠性越来越高。尽管喷灌的用水效率大大高于传统的地面灌溉技术,但对于十分干旱少雨的地方来说,仍是不尽如人意。20 世纪 40 年代末期,以色列一位叫希姆克·伯拉斯的农业工程师在英国发明了滴灌技术。50 年代,他将此技术带回以色列的内格夫沙漠地区,应用于温室内灌溉。从 60 年代初开始,滴灌在以色列、美国加州得到广泛推广,主要应用于水果及蔬菜灌溉。80 年代以来,不少企业及研究人员开始探讨地下滴灌技术,将滴灌技术的优点发挥到极致(无地面蒸发损失)。如今澳大利亚的昆士兰,美国的加州、夏威夷等地,地下滴灌技术广泛应用于灌溉甘蔗及蔬菜,取得了良好的效果。

早在 1906 年,清政府农工商部就在北京设置农事试验场,开展灌溉试验工作。1911 年,上海求新制造机器轮船厂研制出农田灌溉离心力汲水机(水泵)。1917 年以后,长

江、黄河等流域相继设立水利机构,进行流域内水利发展的规划和工程设计工作。20 世纪 20 年代,我国著名农学家丁颖在广州进行了水稻灌溉试验工作。30 年代,我国著名水利专家李仪祉先生,在主持兴建泾惠渠等关中大型灌溉工程的同时,开始逐渐形成了以现代科学技术为基础的灌溉学科。

新中国成立伊始,各级政府即着手灌溉排水工程的恢复和重建工作,整修、扩建、续建和新建了河南人民胜利渠、苏北灌溉总渠、新疆红雁池、八一水库、陕西洛惠渠、四川都江堰、宁夏唐徕渠等一批大型灌溉排水工程。

为了减少输配水过程中的损失,我国自 20 世纪 50 年代开始就重视渠道防渗技术和低压管道输水灌溉技术的研究和推广工作,全国各地根据各自的自然条件和特点,因地制宜地采用了各种不同的防渗材料、管材管件及相应的防渗衬砌形式和出水口、给水栓等安全保护装置。

早在 20 世纪 50 年代初期,我国就开始进行从苏联引进的喷灌技术的试验研究工作,70 年代,我国在喷灌机具研制,田间对比试验,喷灌系统设计方法、区划等方面做了大量的科研工作。到了 80 年代,我国已经具备了自己的一整套设备和技术,固定式和半固定式喷灌不但在果园、棉花等经济附加值较高的作物上得到了大面积应用,而且在粮食作物上也得到了应用。在这过程中,喷灌的发展也出现了两次低潮,一次是由于初期机具不过关从而挫伤了群众的积极性造成的,另一次是由于农业生产体制的变化,而早期喷灌技术一时无法适应造成的。

我国从 20 世纪 70 年代开始引进滴灌技术,到 80 年代中期曾一度得到迅速发展。但因为经济及技术落后等原因,不久即纷纷下马。

20 世纪 90 年代,由于持续干旱,全国重新掀起了发展节水灌溉的高潮,水利事业也逐步走向良性循环的发展道路。各地根据“调整、整顿、提高”的方针,加强了对现有灌排工程的维修配套和技术改造,对都江堰、淠史杭和宁夏引黄等大型灌区的扩建配套和技术改造,陆浑、陈村等大型水库下游灌溉渠系的修建,黄河下游豫、鲁两省引黄灌区经扩建,华北机井灌区经过机泵配套和技术改造,灌溉效率有明显提高,低压管道输水在井灌区得到了大面积的推广,节水效果十分显著。与此同时,对农田抗御旱、涝(渍)、盐(碱)灾害的标准要求更高,综合抗灾能力进一步加强。1996 年,300 个节水示范县的建设进一步促进了农田水利科技工作的开展,这一时期主要侧重于灌排理论研究和先进灌排技术研发,以及节水理论与节水技术的研究应用。水利、农业、气象、化工、建材、轻工等学科开始配合进入灌排领域,以农作物需水要求和农田生态条件改善为中心的灌溉技术得到发展。

进入 21 世纪,随着经济社会的迅速发展,水少、水多、水脏问题突出,为保障国家的水安全、粮食安全、生态安全,建设资源节约型、环境友好型社会,非充分灌溉理论、生态灌区建设成为热点,劣质水应用研究受到重视,系统工程学、技术经济学、预测学、控制论、模糊数学、决策论、系统动力学在农业水管理中得到广泛应用,计算机技术、信息化技术、自动化技术、量测新技术、新材料技术开始在节水灌溉工程建设与管理中得到应用。节水、节能、低碳、高效、保护生态的理论基础和新技术成为节水灌溉发展的新内容。

1.2 节水灌溉发展现状与进展

1.2.1 节水灌溉工程发展现状

“十一五”期间,国家对节水灌溉工程建设投入逐步加大,大型灌区续建配套与节水改造、中央财政小型农田水利工程建设补助专项资金等农田水利重点项目资金规模增长较快,并继续利用国债资金开展节水灌溉示范项目建设。在这些重点项目带动下,“十一五”期间,全国新增节水灌溉面积 9000 万亩(1 亩 $\approx$ 666.7m²)。据不完全统计,2007~2010 年,平均每年从水利部门下达的与节水灌溉工程相关的农田水利投资达到 94.7 亿元,农业综合开发、商品粮基地、国土整治等相关工程间接投资达到平均每年 118.5 亿元,仅中央财政平均每年投入相关节水灌溉资金共计 213.2 亿元^①(表 1-1)。

表 1-1 全国中央财政节水灌溉相关工程投入情况分析表 (单位:亿元)

投资渠道	项目名称	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
水利直接投资	大型灌区节水改造	14.5	59	29.98	61
	节水灌溉示范	1.5	1.5	2.02	2
	新建大型灌区工程	3.2	10.9	5.39	5.5
	小型农田水利工程建设	10	30	45	78
	中型灌区节水改造	2	3.04	8.43	5.9
	直接投资合计	31.2	104.44	90.82	152.4
其他渠道投资	农业综合开发	17.89	22.11	30.84	30.8
	大型商品粮基地	1.6	1.6	1.6	1.6
	优质粮食产业工程	1.2	1.2	1.2	1.2
	土地整治项目	73	43.6	64.8	64.8
	500 亿公斤粮食增产田间工程				65
	粮食大县财政补贴				50
	间接投资合计	93.69	68.51	98.44	213.4
小计		124.89	172.95	189.26	365.8

截至 2010 年年底,全国灌溉面积达到 6635.23 万 hm²,其中,有效灌溉面积达到 6034.77 万 hm²,林果草等灌溉面积达到 600.46 万 hm²。有效灌溉面积中,渠灌区(含井渠结合灌区)灌溉面积达到 4253.333 万 hm²,纯井灌区灌溉面积达到 1780 万 hm²。全国节水灌溉工程面积达到 2733.333 万 hm²,农田灌溉水有效利用系数为 0.50^①。同时,以水稻控制灌溉为主的节水技术得到广泛应用,全国每年推广达到 1 亿亩以上。全国

^①中国灌溉排水发展研究中心. 2011. 全国节水灌溉“十二五”规划

已有 700 多万处小型农田水利工程完成了产权制度改革,发展农民用水户协会 5.2 万个,管理灌溉面积占全国有效灌溉面积的 23%。

在全国 4.10 亿亩节水灌溉工程面积中,渠道防渗输水灌溉面积 1.74 亿亩,低压管道输水灌溉面积 1.00 亿亩,喷灌面积 0.45 亿亩,微灌面积 0.32 亿亩,其他节水灌溉工程面积 0.59 亿亩。各类节水灌溉工程面积所占比例详见图 1-1。

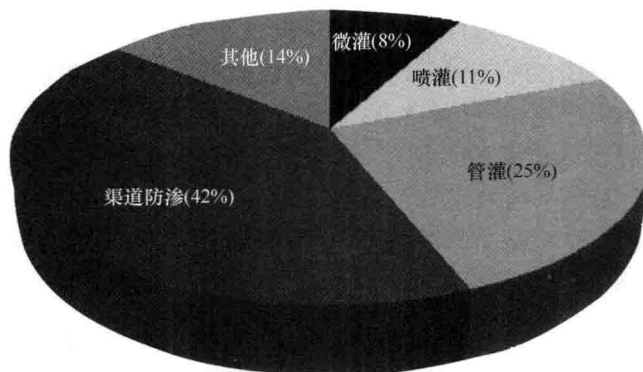


图 1-1 2010 年年底全国各类节水灌溉工程面积所占比例

从分省(自治区、直辖市)情况分析,北京市先进节水灌溉技术应用程度最高,占灌溉面积的 76%;山西、河北次之,分别占灌溉面积的 49%、45%。其他各地喷灌、微灌工程面积占灌溉面积的比例详见图 1-2。

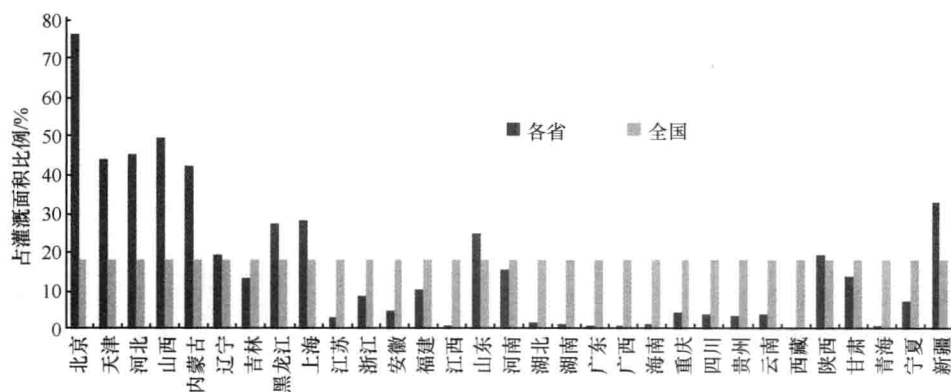


图 1-2 各地喷灌、微灌和管灌工程面积占灌溉面积的比例

本图未包括港、澳、台资料

据统计分析,喷灌面积中,管道式占 60%,轻小型喷灌机组占 26%;大、中型喷灌机组占 14%。近年来,由于土地规模化经营的带动,大、中型喷灌机组在内蒙古、宁夏、黑龙江等地发展较快。微灌面积中,大田作物占 81%、设施农业面积占 19%。

1.2.2 节水技术研究、设备生产与推广服务体系现状

通过多部门、多行业、多学科的持续研究,我国在节水农业关键技术与节水产品研制方面取得显著进展。

在节水农业基础理论方面,抗旱节水型作物鉴定评价技术已具雏形,筛选出一批抗旱节水新材料和新品种,基于作物生命健康需水过程,提出了水分亏缺补偿响应机制的节水高产与营养补偿技术,为大面积提高植物水分利用率和建立高效农田灌溉系统提供了理论与技术支撑,确定了华北和西北地区主要农作物非充分灌溉模式和关键技术,建立了主要作物调亏灌溉、控制性分根交替灌溉等技术,对于指导我国农田灌溉实践起到了重要作用。开发的国产激光控制平地铲运设备和相应的液压升降控制系统,可使灌水均匀度提高 20%~30%,灌溉水利用率提高 30%~40%。建立的微灌产品快速开发平台,有效地提高了产品开发的速度和质量。

在节水产品创制方面,研制出 SWR-4 型管式土壤剖面水分传感器实验样机,可替代进口 TDR/FDR 同类仪器,首创的作物蒸腾热脉冲测定仪已进入测试定型阶段,其成本为发达国家同类仪器的 1/3。开发的 PY 系列、ZY 系列和 GJY 系列喷头,性能达到国际先进水平。开发了具有防鼠、防虫、防根系入侵的地下滴灌专用灌水器,以及随土壤干湿自动启闭的自适应式地下灌水器。研制了一种抗拉、抗爆破、抗穿刺的薄壁滴灌带材料配方和滴灌带成型工艺,加快了微压滴灌系统研制进程,提高了产品的国际竞争力。截至 2010 年年底,全国从事先进节水灌溉设备制造、产品营销、工程施工和技术服务的企业已逾千家(包括境外企业在中国的代表机构和独资、合资企业),其中制造类企业约占总数的一半,生产制造能力基本能够满足国内市场需求^①。

在技术推广方面,已初步形成了生产企业、科研单位、大专院校结合,基础理论研究、应用技术开发、产品设备制造等配套,国家、省市县和基层三级节水灌溉技术推广服务体系。许多先进技术和科研成果逐步转化为生产力,为生产单位和农民提供服务,提高了我国节水灌溉的技术水平。在我国重点缺水地区建立了现代节水农业技术集成示范区,自创的大田棉花膜下滴灌、旱作雨水集蓄高效利用和行走式蓄水保墒抗旱灌溉等综合节水技术的应用面积达到世界之最。

1.3 节水灌溉发展展望与对策

目前我国节水灌溉的发展面临着一系列问题和挑战,我们面临人口、资源、环境和经济发展的巨大压力,既要化解严重的水资源危机,确保农业和国民经济的持续稳定增长,解决 21 世纪中叶 16 亿人口的吃饭问题,又要考虑到与生态环境的相互协调,有效地遏制生态环境急剧恶化的局面,实现人口、资源环境和经济、社会的可持续发展。为保障国家的水安全、粮食安全、生态安全,建设资源节约型、环境友好型社会,应加强节水灌溉在节

^①中国灌溉排水发展中心,水利部农村饮水安全中心. 2011. 2010 年中国灌溉排水发展研究报告

水、节能、低碳、高效、保护生态等方面的理论基础和新技术研究和发展。

节水灌溉未来几年发展的战略思路应与农业结构战略性调整相结合,以保障国家食物安全与生态安全为前提,以提高农业用水效率为中心,以北方缺水地区、南方季节性干旱地区和田间节水为重点,加强节水高效农业科学技术的研究,大幅度提高农业单方用水的产出,建立符合区域特色和具有中国特色的节水高效农业技术体系与发展模式。灌溉的目的应该由单纯追求作物产量最高向追求区域优质、高产、高效、生态安全转变;由田间、渠系、灌区、区域等不同尺度单纯的水量管理,向区域水量和水质联合调控转变。节水灌溉技术领域,应利用现代生物技术挖掘植物抗旱节水基因和培育抗旱节水品种,促进作物水分利用率的提高;利用现代信息技术开发作物水分信息采集与精量控制灌溉技术以及农业节水模式的数字化技术,提升传统节水技术的现代化水平;利用现代新材料技术,解决节水设备与产品研发中的材料与工艺问题,提升农业节水关键设备与重大产品的技术水平,进一步推进常规节水技术的标准化、规范化、模式化、定量化和集成化,促进常规技术的升级和大规模的应用,大幅度提高我国农业用水效率。

从总体上说,虽然我国的灌溉排水学科取得了较大的发展,但与目前我国农业和国民经济持续快速发展的要求还有很大的差距。由于经济发展水平的限制,我国的灌溉排水工程硬件建设水平落后发达国家 30 年左右,在节水灌溉设备研发、劣质水资源化利用、城市雨洪利用、精准灌溉等若干领域还存在相当大的差距,特别是在长期定位观测与数据积累的研究、试验仪器设备、高新技术的应用等方面严重制约着我国灌溉排水领域科研水平的提高。促进灌溉排水学科的快速的发展,为建设现代化的节水高效农业提供强有力的支撑,具体应采取以下 8 种措施。

1) 加强领导,各相关部门形成发展学科的合力。产、学、研结合加快学科的发展和技术研发与推广,加强技术服务体系建设;要进一步发挥大专院校、科研院所和灌溉排水设备生产企业的技术优势、人才优势和设备优势,积极进行灌溉排水技术的研究和试验,加快灌溉排水先进科技成果的集成、转化和应用。在引进、消化、吸收和借鉴国外先进灌溉排水技术的基础上,建立适合我国国情的灌溉排水设备研制、开发和生产体系。

2) 结合农业生产实际解决农业生产问题为学科发展增加活力和可持续性。灌溉排水科学研究要密切结合生产,灌溉排水是一种边缘科学、实验科学,技术的地域性很强,需要科研人员到具体应用的地区,结合当地情况进行研究,采取相应措施,激励科技人员深入田间地头搞科研,解决生产中的现实问题。要注意加强对基层技术人员和农民的培训,采取各种方式,提高基层技术人员和农民的专业素质和技术水平,建设高素质的灌溉排水技术队伍。

3) 完善建设全国性和区域性的农业节水试验与监测网络,全面系统积累农业节水发展的基础数据,对农业用水状况进行有效监测与控制,加强农业节水区域规划布局 and 不同地区节水技术优化选择的研究(康绍忠,2002)。

4) 加大农业节水与水资源可持续利用基础研究力度,特别是对农业节水发展起关键作用的从纯基础到应用层面的应用基础研究;加大农田尺度水分高效利用的应用基础、区域节水高效和对环境友好的农业用水优化模式等方面的研究深度,提高基础理论研究成果转化率为节水效益的程度。

5) 在研究单项农业节水技术的基础上开发出适合不同地区采用的标准化、规范化、模式化、定量化、集成化的农业节水综合技术体系和应用模式。农业节水技术是一项复杂的系统工程,需要水利、农艺、工程和管理技术的整体融合与合理配套,加强各单项技术之间有机的连接和集成,研究适宜于不同区域水土条件的节水农业技术集成体系和应用模式。

6) 提高材料与工艺研究水平,加强农业节水设备与产品的研发,改变产品设备功能单一、性能不稳定和耐久性差,关键技术和工艺不过关,市场竞争力差的局面,解决国产节水灌溉设备的通用性、兼容性、互换性、多功能性较差,以及在管材管件、灌水器、灌溉控制部件、过滤器和施肥装置方面均存在规格少、质量差、产品配套水平较低等问题。

7) 增强农业节水管理中信息技术的应用能力。提高节水管理信息采集、传输的可靠性,以及使用信息技术的投入与产生节水效益之间的匹配性。开展区域尺度的土壤水分预报模型研究,改变目前土壤水分预报模型以点尺度模型为主,在田间尺度、区域尺度上的应用存在许多问题的情况。加强监测数据、预报模型、尺度扩展理论、GIS 技术、遥感信息的有机结合研究,实现农田土壤水分监测与预报的信息化。

8) 提高灌溉排水发展政策和制度研究力度,构建节水农业发展的农业节水技术创新与服务体系、农业节水政策与法规体系、农业用水水价体系、农业节水技术标准体系等,促进农业节水技术的推广应用和效益的提高,调动用水农户采用节水技术措施的积极性及地方政府和水管理部门推动农业节水发展的主动性,改变许多地区农业节水发展主要依靠国家投资和行政驱动的局面。

第2章 灌溉用水需求分析

2.1 灌溉用水量主要影响因素分析

影响灌溉用水量的因素很多,也很复杂,有灌溉系统本身的因素,也有来自系统之外的因素。灌溉系统本身的因素主要包括灌溉工程现状、灌溉方式和灌溉制度等,外部影响因素就是作用于灌溉系统的因素,如国家政策因素、资源及环境的制约因素、经济因素等(粟宗嵩,1989;张蔚榛,1999;余开德,2001)。

2.1.1 灌溉系统本身的影响因素

1. 灌溉工程

从水源到田间,几乎每个环节都必须修建或大或小的工程才能实现适时适量的灌溉目标。不管是水源工程、输配水工程,还是田间工程都对灌溉用水产生重要影响。

由于作物需水期和水源丰水期不同步,良好的水源工程(如水库、泵站和机电井),可大幅度提高灌溉用水保证率,灌溉用水量往往会有所增加,如果水源工程缺乏,没有必要的拦蓄工程和地下水开采工程,就会导致作物需要灌溉的时候没有水,有水的时候不需要灌溉等问题的出现,灌溉用水量会减少,但总的水资源利用率却很低。

国内外经验表明,输配水工程的完好程度及田间工程配套程度也对从水源引进的灌溉用水状况产生较大影响。渠道防渗、管道输水灌溉可大幅度降低输水过程中水的渗漏,工作状况良好的配水措施(如水闸)可以对水资源优化调度,减少渠道弃水,灌溉用水量就会相应减少。田间工程配套程度也对田间用水效率有较大影响,灌水畦过长过宽常会造成灌溉水大量损失,而长畦改短畦、宽畦适当改窄畦,以及长沟改短沟,都可以有效地提高灌水效率,减少灌溉过程中的水量损失。近些年,一些改进地面灌溉的技术得到大面积应用,像水平畦田灌、膜上灌、格田灌等,加之喷灌和微灌技术的应用,大大提高了田间灌溉均匀度,也使田间灌溉过程中的水量损失有了显著的降低。

工程布局也对灌溉用水产生影响。布局合理的灌溉工程,灌溉效率提高,灌溉用水量也会相应减少,如在井渠结合灌区布置适当(如上游井灌、下游渠灌),可有利于地下水的“采补平衡”,提高灌溉保证率,扩大灌溉面积。相反如果干、支、斗、农渠布局不合理,不利于进行水量的优化分配,易产生弃水,增加灌溉用水量。

我国多数灌区经过了几十年的运行,不少工程已超过规定的使用年限,普遍老化损坏,大型灌区骨干建筑物的完好率不足40%,中小型灌区骨干建筑物以及田间工程的完好率更低,田间工程不配套的现象比较普遍,灌溉用水效率偏低。因此有必要以节水为

中心,对灌区进行续建配套与技术改造(雷声隆,1999;李远华,1999)。

2. 灌溉方式

灌溉方式的改变不但影响到灌溉效率,甚至影响到灌溉定额。不同灌溉方式的水量损失率有着很大的差异。土质渠道输水灌溉,如果输水距离较长,渠道断面透水性强,则输水过程中的水量损失会比较高;通过防渗衬砌,渠道的输水损失会显著降低;如果将渠道输水改为管道输水,则输水损失率还可以进一步降低,并控制在较低的水平上。而喷灌和滴灌则不仅可以提高输水过程中的效率,而且还可提高田间用水效率,进而减少灌溉用水量。

一般认为,某一地区某种作物的灌溉定额变化不大。但是通常提到的灌溉定额基本上都是在灌溉时湿润全部地表的条件下通过试验确定的,因此无论是参考作物需水量,还是作物系数的确定都是以这种条件为基础进行的。新的灌溉方式的研究开发,特别是以滴灌为代表的局部灌溉及地下灌溉的实际应用,使得这种基础发生了一定程度的变化。局部灌溉在供水时只湿润部分地表,使得棵间蒸发量显著降低。而地下灌溉在良好的管理条件下,可以大大减少地表湿润的程度与时间,从而有效地减少了棵间土壤蒸发。与传统灌溉方式相比,局部灌溉及地下灌溉方式明显减少了棵间土壤蒸发量,使得灌溉用水量明显降低。

3. 灌溉制度

灌溉制度是根据作物需水量和需水规律,在充分利用有效降水的条件下,经过分阶段水量平衡计算,并经大田试验验证确定的包括作物播种前(或水稻栽秧前)及全生育期内的灌水次数、每次的灌水日期和灌水定额,以及灌溉定额。通常情况下将灌溉分为充分灌溉和非充分灌溉两种。

充分灌溉是指水源供水充足,能够全部满足作物的需水要求的灌溉。此时的最优灌溉制度应是根据作物需水规律及气象、作物生长发育状况,以及土壤墒情等,对农作物进行适时、适量的灌溉,使其生长条件能得到最大限度地满足,并且不产生地面径流和深层渗漏,这样既确保获得最高产量,又具有较高的水分生产率。

非充分灌溉的优化灌溉制度是在水源不足或水量有限的条件下,把有限的水量在作物间或作物生育期内进行最优分配,确保各种作物水分敏感期的用水,减少对作物水分非敏感期的供水,此时所寻求的不是单产最高,而是全灌区总产量最高或产值最大。应用非充分灌溉制度,对于小麦、玉米连作区,可以减少小麦苗期的灌水量,一般每公顷可减少 750m^3 ,棉花可在苗期或絮期减少灌水量,一般每公顷可减少 750m^3 。水稻可以在分蘖期减少灌溉水量或者不灌溉。采用非充分灌溉后,一般单产会有所降低。

在水资源紧缺地区应该经过充分论证比较后,通过采取非充分灌溉,在适当降低单产水平下扩大灌溉面积,使灌区总产得到提高。因此在满足某一区域的人口对粮食需求的目标下,实施非充分灌溉制度可以减少灌溉用水量(陈玉民和郭国双,1993,1995)。