

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

节水灌溉理论与技术

主 编 沈阳农业大学 迟道才
副主编 西安理工大学 费良军
扬州大学 蔡守华
内蒙古农业大学 吕志远
主 审 西安理工大学 王文焰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

节水灌溉理论与技术

主 编	沈阳农业大学	迟道才
副主编	西安理工大学	费良军
	扬州大学	蔡守华
	内蒙古农业大学	吕志远
主 审	西安理工大学	王文焰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高等学校水利学科专业规范核心课程教材。全书共9章,主要包括绪论、节水灌溉基础理论、地面节水灌溉理论与技术、喷灌理论与技术、微灌理论与技术、低压管道输水灌溉工程技术、渠道防渗工程技术、雨水集蓄工程技术和节水灌溉管理等内容。

本书可作为农业水利工程专业本科以及相关专业的教学用书,也可作为从事农业节水等相关工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉理论与技术 / 迟道才主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2009. 12
高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 农业水利工程
ISBN 978-7-5084-7114-3

I. ①节… II. ①迟… III. ①节约用水—灌溉—高等学校—教材 IV. ①S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第240038号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程 节水灌溉理论与技术
作 者	主 编 沈阳农业大学 迟道才 副主编 西安理工大学 费良军 扬州大学 蔡守华 内蒙古农业大学 吕志远 主 审 西安理工大学 王文焰
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区中关村南路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)等 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	175mm×245mm 16开本 21.25印张 490千字
版 次	2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	40.00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

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)
李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)	李建林 (三峡大学)
刘 超 (扬州大学)	朝伦巴根 (内蒙古农业大学)
任立良 (河海大学)	余锡平 (清华大学)
杨金忠 (武汉大学)	袁 鹏 (四川大学)
梅亚东 (武汉大学)	胡 明 (河海大学)
姜 峰 (大连理工大学)	郑金海 (河海大学)
王元战 (天津大学)	康海贵 (大连理工大学)
张展羽 (河海大学)	黄介生 (武汉大学)
陈建康 (四川大学)	冯 平 (天津大学)
孙明权 (华北水利水电学院)	侍克斌 (新疆农业大学)
陈 楚 (水利部人才资源开发中心)	孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

农业水利工程专业教材编审分委员会

主 任 杨金忠（武汉大学）

副主任 张展羽（河海大学）

刘 超（扬州大学）

委 员

黄介生（武汉大学）

马孝义（西北农林科技大学）

张忠学（东北农业大学）

文 俊（云南农业大学）

魏新平（四川大学）

虎胆·吐马尔白（新疆农业大学）

杨培岭（中国农业大学）

史海滨（内蒙古农业大学）

迟道才（沈阳农业大学）

田军仓（宁夏大学）

孙西欢（太原理工大学）

杨路华（河北农业大学）



总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程、水利水电工程、港口航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

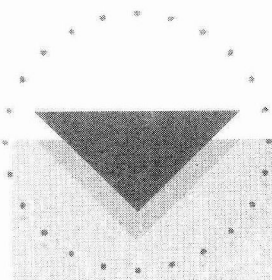
关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月



前 言



本书是高等学校水利学科专业规范核心课程教材。本书依据专业规范和基本要求编写大纲，并通过了水利学科教学指导委员会的审定，既注重了理论的系统性，又兼顾了实用性，可作为高等院校水利学科农业水利工程专业的教材，也可作为其他有关专业的教学用书及从事农业节水推广人员的培训教材。

全书共9章。第1章为绪论，由沈阳农业大学夏桂敏、迟道才编写；第2章为节水灌溉基础理论，第4章为喷灌理论与技术，由扬州大学蔡守华编写；第3章为地面节水灌溉理论与技术，由西安理工大学费良军编写（其中水稻节水灌溉部分由沈阳农业大学迟道才编写）；第5章为微灌理论与技术，由太原理工大学肖娟编写；第6章为低压管道输水灌溉工程技术，由内蒙古农业大学杨树青编写；第7章为渠道防渗工程技术，由沈阳农业大学孙仕军编写；第8章为雨水集蓄工程技术，由云南农业大学饶碧玉编写；第9章为节水灌溉管理，由扬州大学蔡守华和内蒙古农业大学吕志远编写。本书大纲及前言由沈阳农业大学迟道才编写。全书由沈阳农业大学迟道才担任主编，并负责统稿。西安理工大学费良军、扬州大学蔡守华、内蒙古农业大学吕志远为本书副主编。

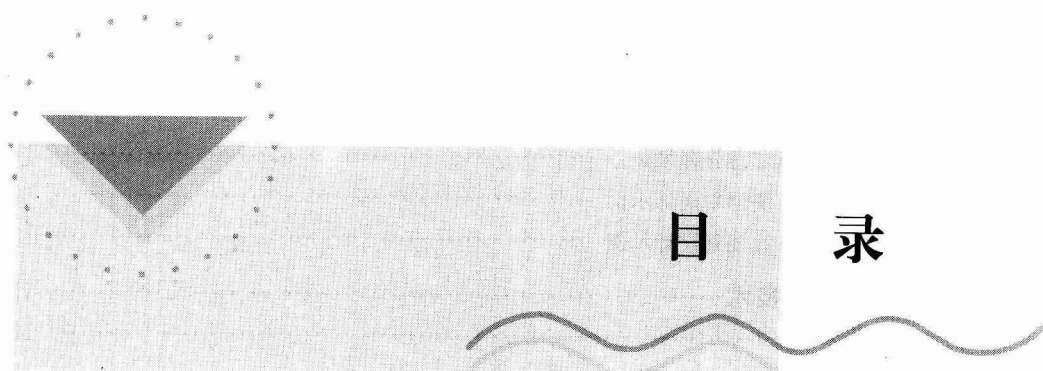
本书承蒙西安理工大学王文焰教授主审，在此表示衷心的感谢。

本书引用了大量的国内外研究成果，参考了许多已经出版的相关著作和教材，在此一并表示诚挚的谢意。

因水平所限，书中难免有不妥之处，恳请广大师生以及各位读者批评指正。

编 者

2009年9月



目 录

总前言

前言

第1章 绪论	1
1.1 节水灌溉的涵义	1
1.2 发展节水灌溉的重要意义	2
1.3 国内外节水灌溉工程技术发展概况与前景	4
1.4 节水灌溉理论与技术体系	7
第2章 节水灌溉基础理论	11
2.1 作物的水分生理	11
2.2 作物需水量	20
2.3 作物水分生产函数	35
2.4 节水型灌溉制度	38
第3章 地面节水灌溉理论与技术	46
3.1 概述	46
3.2 地面节水灌溉理论简介	47
3.3 水平畦灌技术	52
3.4 长畦分段灌溉	54
3.5 波涌灌溉技术	55
3.6 覆膜灌溉	68
3.7 激光控制土地平整技术	79
3.8 水稻节水灌溉技术	80
第4章 喷灌理论与技术	86
4.1 概述	86
4.2 喷灌设备	91

4.3	喷灌质量控制参数	98
4.4	管道式喷灌系统规划设计	102
4.5	机组式喷灌系统规划设计	112
4.6	喷灌系统的施工与管理维护	117
4.7	管道式喷灌系统规划设计示例	122
4.8	机组式喷灌系统规划设计示例	129
第5章	微灌理论与技术	131
5.1	概述	131
5.2	微灌设备	132
5.3	微灌灌溉技术要素	142
5.4	微灌系统规划设计	148
5.5	微灌系统的安装与维护	157
5.6	滴灌工程设计示例（果树滴灌系统设计）	160
5.7	微喷灌工程设计示例（柑橘园微喷灌系统规划设计）	166
第6章	低压管道输水灌溉工程技术	173
6.1	概述	173
6.2	低压管道输水灌溉系统规划与布置	177
6.3	管网系统设计与水力计算	186
6.4	常用管材及附件	194
6.5	工程设计示例	204
第7章	渠道防渗工程技术	209
7.1	概述	209
7.2	渠道防渗工程建设一般规定和衬砌方式的选定	213
7.3	防渗渠道设计	216
7.4	土料防渗	225
7.5	水泥土防渗	227
7.6	膜料防渗	229
7.7	混凝土防渗	232
7.8	沥青混凝土防渗	235
7.9	渠道防渗冻害防治技术	238
第8章	雨水集蓄工程技术	249
8.1	概述	249
8.2	雨水集蓄工程规划	253
8.3	雨水集蓄工程设计	259
8.4	雨水集蓄水源工程的结构设计	264

8.5 雨水集蓄工程的配套设施 282

8.6 雨水集蓄灌溉工程的管理 287

第9章 节水灌溉管理..... 292

9.1 墒情监测与旱情评估 292

9.2 灌溉预报方法 305

9.3 灌区优化配水 308

9.4 灌溉量水技术 313

参考文献 326

第 1 章

绪 论

1.1 节水灌溉的涵义

节水的概念目前尚无统一的说法，通常可分为狭义和广义两种。狭义的节水是指为达到减少水资源消耗量的目的所采取的各种措施，有人称为“真实节水”。广义的节水是以提高水的利用率和生产效率为核心，用尽可能少的水为经济社会可持续发展提供保障。以高效节水为核心的广义节水，有可能减少用水总量，也可能不减。对于我国这样一个发展中国家来说，把以提高用水效率为核心的节水放到突出位置，支撑经济社会快速发展，提高国家综合国力和人民生活水平，是当前和今后的主要任务。广义的节水概念对我国更有现实意义，目前社会上广泛使用的“节水”一词，通常也指广义节水。

节水灌溉是指用尽可能少的水投入，取得尽可能多的农作物产出的一种灌溉模式，目的是提高水的利用率和水分生产率。节水灌溉的内涵包括水资源的合理开发利用、输配水系统的节水、田间灌溉过程的节水、用水管理的节水以及农艺节水增产技术措施等方面。显然，这一概念的外延过大，用于说明节水农业较为合理。贾大林（1997）认为，节水灌溉是从灌水技术、灌溉制度和灌溉管理上力求节水。节水灌溉是根据农作物不同生长发育阶段的需水规律以及当地的自然条件、供水能力，为了有效利用天然降水和灌溉水达到最佳增产效果和经济效益目标而采取的技术措施。节水灌溉的内涵是提高用水有效性的灌溉。这个定义既考虑了土壤—植物—大气连续系统原理，又考虑了各种条件因素和要达到的目标和效果，基本概括了节水灌溉的实质。余开德（1995）认为，节水灌溉是用尽可能少的水投入，取得尽可能多的农作物产出的一种灌溉模式，是遵循作物生长发育需水机制，按供水能力进行适时灌溉，又是把各种水损失降低到最小限度的适量灌溉。姚崇仁（1995）认为，理解和认识节水灌溉的内涵和本质，需要考虑到水的循环与相互转化的特点，考虑到流域或区域内不同地段水资源相互影响相互依赖的关系，需要站在流域或区域的立场上，从作物整个生育期或作物灌溉水文全过程而非单次灌水出发，利用水资源量的概念而非灌溉供水量的概念，并从社会、经济、农业生产环境等角度去认识节水灌溉。他认为，节水灌溉的

实质就是尽可能地降低灌溉用水过程中的水资源量的无效损耗,目标是使单位灌溉水资源量在全球范围内所能带来的农作物产出较大,即从等量的灌溉水资源投入获得尽可能多的农作物产出,或使获得等量的农作物产出所消耗的水资源量尽可能地少。李世英(2001)认为,节水灌溉是根据作物需水规律,有效地利用当地水资源,获取农业的最佳经济效益、社会效益、生态效益而采取多种措施的总称。迟道才(2003)认为,节水灌溉是一项系统工程,凡是有利于提高灌溉水、天然降水、土壤水和地下水利用的有效性,而不破坏水的自然循环规律,并能提高水分的利用率和生产效率的一切措施的总和均属于节水灌溉的范畴。节水灌溉是农业节水中的重要内容,农业节水是研究如何高效利用有限的水资源,保障农业可持续发展,是围绕水做文章,抓农业节水,最终目标是以最少的水量消耗获取尽可能多的农作物产量、最高的经济效益和生态环境效益。农业节水的中心问题是提高自然降雨和灌溉水的利用率和利用效率,包括灌溉农业和旱地农业。因此,农业节水的外延大。正确理解和认识节水灌溉的实质,对研究和推广节水灌溉技术具有十分重要的作用。

节水灌溉的内涵是根据作物的需水规律及当地供水条件,为了有效地利用降水和灌溉水,提高灌溉水的利用率,获取农业的最佳经济效益、社会效益、生态环境效益而采取的多种节水措施的总称。节水灌溉不是无水灌溉的旱地农业的问题,也不是仅能维持作物生命的临时性抗旱灌溉,它是用尽可能少的灌溉水投入,取得尽可能多的农作物产出的一种灌溉模式,它追求的并不是单位面积的产量最高,而是总体效益最大。因此,节水灌溉仍然是遵循农作物生长发育需水机制进行的适时灌溉,也是将各种水损失降低到最低限度的适量灌溉。节水灌溉与农业节水的其他方面内容一样,都是科学技术进步的产物,都带有节水与高产、高效的双重要求。节水型灌溉农业绝不要求回到不要灌溉水的农业,而是最大限度将无效水和浪费水量降低到最小的程度,也是最大限度提高单位灌溉水量产出的农业。从适应现代化农业对灌溉的要求和实现农田灌溉现代化的角度看,节水灌溉就是科学灌溉、集约灌溉、现代灌溉、可持续发展的灌溉,是以灌溉排水工程学、水文水资源学、农学及农业水管理等多学科为基础交叉衍生出的一系列节水技术措施(包括工程措施和非工程措施)组成的综合技术体系。

1.2 发展节水灌溉的重要意义

水是一切生命过程中不可替代的基本元素,水资源是国民经济和社会发展的基础资源。中国是一个古老的农业大国,农业灌溉已有上千年的历史。同时中国又是一个人口大国,用仅占全世界7%的耕地,养育占全世界22%的人口。中国还是一个水资源短缺的国家,全国水资源总量约为2.8万亿 m^3 ,而可利用量只有4700亿 m^3 ,水资源总量仅占世界水资源总量的5.6%;每亩耕地平均占有水量仅为1760 m^3 ,相当于世界平均值的一半左右;人均占有水资源量约为2100 m^3 ,仅仅是世界人均占有量的1/4,居世界第121位,已被联合国列为13个贫水国之一。近年来,随着人口增加、经济发展和城市化水平的提高,水资源供需矛盾日益尖锐,农业干旱缺水和水资源短缺已成为我国经济和社会发展的主要制约因素,加剧了生态环境的恶化。

按现状用水量统计,全国中等干旱年缺水将近 358 亿 m^3 ,其中农业灌溉缺水 300 亿 m^3 。国际上一般公认的人均水资源最低需求标准为 1000 m^3 ,我国有 10 个省(自治区、直辖市)人均水资源占有量低于这个标准,即在我国 660 多个城市中,缺水城市达 400 多个,缺水总量达 60 亿 m^3 ,其中严重缺水城市 110 个,与世界上最缺水的以色列相差无几,每年因缺水造成的经济损失达 2000 多亿元。长期以来,干旱缺水始终是制约着我国农业发展的主要因素。进入 20 世纪 90 年代以来,全国每年平均受旱面积 3.75 亿亩,因干旱粮食减产 700 亿~800 亿 kg,仅在灌区就缺水 300 亿 m^3 。因此,水资源紧缺已经制约着我国工农业生产和国民经济的发展,影响广大人民群众的生产和生活。而在我国一些地方,一方面水资源先天不足;另一方面却是现有水资源的利用率较低、保护不够、节水意识差、浪费现象较为严重,而后者正是造成目前水资源日趋紧缺的主要原因之一。

目前,我国农业用水量占总用水量的 70%,其中农田灌溉用水量为 3600 亿~3800 亿 m^3 ,占农业用水量的 90%~95%。但由于工业与城镇生活用水呈现不断上升的趋势,在水资源日益短缺和水污染日趋严重的情况下,就要求农业用水必须实现负增长,这样就使灌溉用水量和用水比例呈逐年下降的趋势。目前在占全国总耕地面积 48%的灌溉面积上,生产了占总产量近 2/3 的粮食和农副产品。到 20 世纪末,我国的粮食总产量达到 5000 亿 kg,已增加灌溉面积 600 万 hm^2 ,即全国灌溉面积达到 0.53 亿 hm^2 (约 8.0 亿亩)。到 2030 年,我国人口将达到 16 亿高峰,为了满足 16 亿人口的粮食总需求,灌溉面积要由现在的 8.0 亿亩发展到 9 亿亩,为此,需要开发新的水资源,近期主要是发展节水灌溉。目前我国农业灌溉用水浪费现象十分严重,不少灌区尤其是北方灌区,自流灌区灌溉水的利用系数只有 0.5 左右,与发达国家 0.7~0.9 相比,相差 0.2~0.4;井灌区一般也只有 0.6 左右,同发达国家相比要低 0.2~0.3,农作物水分利用率平均为 0.87 kg/m^3 ,与以色列 2.32 kg/m^3 相比,相差 1.45 kg/m^3 。现有灌溉用水量超过作物合理灌溉用水量的 0.5~1.5 倍,节水潜力相当可观。

据估算,如果科学地发展节水农业,到 2030 年我国灌溉水的利用系数达到 0.6~0.7,水分生产率达到 1.5 kg/m^3 ,即在 30 年内,灌溉水的利用效率提高 0.3,按现状 4000 亿 m^3 计算,则可节水 1200 亿 m^3 ;按 1.5 kg/m^3 计,可增产 1.2 亿 t 粮食。这将为我国人口达到 16 亿高峰期,实现粮食自给奠定坚实的基础。因此,必须致力于推广节水灌溉新技术,合理有效地利用有限的水资源,努力提高水分的生产效率。

党的十五届三中全会曾要求要“把节水灌溉作为革命性措施来抓”。党的十五届五中全会也指出:“水资源可持续利用是我国经济社会发展的战略问题,核心是提高用水效率,把节水放在突出位置”。党的十七届三中全会也强调:“加强农业基础设施建设,其中以农田水利为重点的农业基础设施是现代农业的重要物质条件;推广节水灌溉,搞好旱作农业示范工程。”为此,在我国水资源十分短缺、灌溉用水浪费及水污染严重等状况下,大力发展节水灌溉,提高灌溉水的利用率 and 水分生产效率,对缓解我国水资源不足、提高农业产量、保证水资源可持续利用、促进国民经济持续又好又快发展、实现社会稳定和进步等都具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

1.3 国内外节水灌溉工程技术发展概况与前景

1.3.1 我国节水灌溉工程技术的发展现状

我国的节水灌溉工程技术包括渠道防渗技术、低压管道输水技术、喷灌技术、微灌技术、改进地面灌溉技术及水稻节水灌溉技术等。

随着我国水资源供需矛盾的日益紧张,我国从20世纪50年代初引进了喷灌技术,并在大城市的郊区对经济作物蔬菜进行试点应用。到20世纪80年代初,我国已经初步形成了多类配套齐全的喷灌机组,目前全国已经在28个省(自治区、直辖市)应用喷灌技术。喷灌技术也从最初应用于农业种植,如蔬菜、大田作物、苗圃等,发展到现在广泛运用于园林绿化,如草坪绿地、足球场、高尔夫球场、庭院、公园等。

我国从20世纪70年代初还引进了微灌技术,在引进、消化吸收外国先进技术的基础之上,不断提高微灌设备的质量,加强微灌工程设计的标准等,已经积累了较为丰富的经验。到目前为止,微灌技术主要用于北方果树的滴灌和微喷灌,南方果园和茶园的微喷灌,大中城市郊区保护地蔬菜、花卉微灌以及少量苗圃、绿地、草坪的微灌。目前我国微灌工程存在的问题主要有微灌产品的规格、品种不齐全,产品配套差,质量稳定性低;在工程设计、管理上尚存在设备选型不当,工程专业研究、设计人员严重不足,管理人员缺乏专业知识和经验,管理制度不健全,运行管理水平较低,致使微灌的许多功能未能发挥,使微灌的效益远没有达到应有的水平。

我国从20世纪60年代就开始试点应用低压管道输水灌溉技术,虽然节水效果显著,但因当时技术跟不上,价格高以及农村经济水平较低,使其未能在我国大面积推广应用。20世纪80年代以后,随着水危机的不断加剧,为了缓解北方地区水资源的短缺状况,低压管道输水灌溉技术才得到各级政府部门和农民的高度重视,迅速在北方平原井灌区推广应用。由于低压管道输水灌溉技术比喷灌、滴灌等一次性投资少,设备要求较简单,管理方便,农民易掌握,因此,发展速度较快。截至2005年底,全国范围内已发展低压管道输水灌溉技术9933万亩,对北方井灌区农业发展发挥了重要的作用。

从20世纪80年代以后,节水灌溉被逐步引起重视。“九五”期间以来,由于全国农业干旱缺水和水资源短缺的问题日益严重,节水灌溉进入了新的发展阶段。

“九五”期间,科技部、水利部等部门共同实施了国家重点科技攻关项目“农业节水技术与示范”,组织了一批科研院所和大专院校,就节水灌溉发展中的关键技术和设备联合攻关,研究开发和示范应用了一批节水灌溉新技术及专利产品。“九五”后期,科技部又启动实施了国家科技产业工程项目“农业高效用水科技产业示范工程”,批准成立了国家节水灌溉工程技术研究中心。

“十五”期间,科技部首次将“现代节水农业技术体系及新产品”列入国家“863”计划重大专项,以构建具有中国特色的节水农业技术体系。与此同时,原国家计委和水利部组织实施了“300个节水增产重点县”建设和大型灌区节水改造项目,推动和促进了全国节水灌溉技术的普及和推广。

据统计,“九五”期间前4年,全国新增节水灌溉工程面积1.16亿亩,节水180亿 m^3 。截至2005年底,全国灌溉面积达到9.28亿亩,有效灌溉面积8.48亿亩,占全国灌溉面积的91.4%,非耕地上灌溉面积0.80亿亩。节水灌溉工程面积达到3.2亿亩,其中喷灌4184万亩,微灌面积932万亩,低压管道输水灌溉9933万亩,渠道防渗14454万亩,其他2497万亩。目前,全国有效灌溉面积上节水灌溉工程面积比例为34.8%,全国灌溉水利用率约为43%。“十一五”期间,我国将计划新增节水灌溉工程面积1.5亿亩,净增有效灌溉面积3000万亩,灌溉水利用系数由0.45提高到0.5。规划2006~2015年全国新增节水灌溉工程面积3.486亿亩,其中渠道防渗衬砌控制面积19280万亩,管道输水控制面积6786.3万亩,喷灌7225.15万亩,微灌1566.67万亩,累计总投资为1262.257亿元。但与国民经济及社会发展的要求相比,节水灌溉的发展速度、发展规模和技术水平还处于低水平发展阶段。主要表现在以下几个方面:

(1) 采用喷灌、微灌和管道输水等先进节水灌溉技术的比例还很低,其中喷、微灌面积不足全国有效灌溉面积的5%。

(2) 节水灌溉设备质量差、配套水平低,技术创新与推广体系不健全。

(3) 占全国有效灌溉面积95%以上的地面灌溉普遍存在着土地平整精度差、田间工程不配套、管理粗放的问题。

(4) 灌溉用水管理技术落后,信息技术、计算机、自动控制技术等高新技术在灌溉用水管理的应用还很少,与发达国家相比,差距很大。

1.3.2 国外节水灌溉工程技术的发展现状

在管道输水方面,美国自20世纪20年代在加利福尼亚的图尔洛克灌区采用混凝土管道输水代替明渠输水以来,认为管道输水灌溉技术是最有效、投资最省的一种节水灌溉措施。经过数十年的推广发展,目前大型灌区约有一半左右实现了管道输水灌溉。美国管道输水灌溉系统中,地下部分多采用素混凝土管阀门系统,地面部分采用柔性聚乙烯管或铝管系统,并采用快速接头与固定管道的出水口连接,流动使用。用于地面闸管系统的铝管直径有127mm、152mm、203mm和254mm。混凝土管几乎全部采用现场浇筑,最大直径达450mm。

前苏联用地下管道代替明渠的发展速度已超过防渗渠道。在1985年以后,明确规定新建灌区都要实现管道化输水灌溉,渠系水利用系数要达到0.9。管道材料主要有钢筋混凝土管、石棉水泥管、塑料管以及涂塑钢管等。毛渠采用移动式铝合金管和尼龙布涂橡胶的软管作为输水管道,软管上按沟距设放水孔,用橡胶活塞控制。

日本从20世纪60年代开始发展管道输水灌溉技术。旧灌区干渠仍为明渠,支渠以下改为地下渠道,采用明渠与管道结合的形式。而新建的灌溉系统大部分实现了管道输水灌溉系统。由于效益好,在短短10年的时间里就得到了普及。到20世纪70年代末,又开始发展大型管道输水代替明渠输水,到1985年,新建灌溉系统的50%以上都实现了管道化输水灌溉。日本是个岛国,地形复杂,不少工程管道长几十公里。长距离输水有的流量超过 $10\text{m}^3/\text{s}$,管径在2m以上。有专业工厂生产供应各类的管材、管件,材料设备的工业化生产水平很高。日本十分重视管道输水灌溉的设计和科研,有较完整的技术标准和定型设计,工程很规范。1973年开始制定管道设计

规范,经过多次修改,1989年修订的规范我国已有译文。

以色列地处干旱沙漠地带,人均占有水资源量不到 400m^3 。20世纪50年代,政府力排众多国际顾问提出的修建成本低的衬砌渠系输水的建议,建成了覆盖全国主要用水地区,堪称世界第一的国家管道输水工程,把全国主要水系连接成统一的水网,实现了管道化输水灌溉,这个管网可供全国3500多个城镇、工矿企业和农业灌溉用水,日供水量最高达 450万 m^3 ,全年供水量达 12亿 m^3 。每年从北部的太巴列湖抽水 3.2亿 m^3 ,通过 2.7m 直径压力管道,以 $70\text{m}^3/\text{s}$ 的流量输送到以色列的南部,并把地表水、地下水和回归水互相连通,综合调节用水。以色列单方水生产粮食已达 2.32kg ,是世界上灌溉用水量最省的国家。

除新灌区外,也有不少国家将旧灌区的渠道输水系统改建为管道输水灌溉系统。如加拿大艾伯塔灌区,20世纪80年代初就开始对 49万 hm^2 已建灌区进行改建,将输水流量 $3\text{m}^3/\text{s}$ 的明渠改用地下管道,使灌溉水利用率由 $35\%\sim 60\%$ 提高到 75% 。

渠道输水是大多数国家的主要输水手段,渠道防渗衬砌是提高渠系水利用率的主要措施。目前各国普遍采用的材料为刚性材料、土料和膜料三类,其中刚性材料(尤其是混凝土)占主导地位。美国的混凝土渠道占全部渠道长度的 52% ,罗马尼亚占 $70\%\sim 80\%$,意大利几乎全部为混凝土渠道输水,日本的输水干渠一般都采用预制混凝土板衬砌。

在喷灌、微灌技术方面,由于世界性的水资源短缺,各国都十分重视研究、推广最具节水效果的喷灌、微灌技术。到20世纪80年代,全世界喷灌、微灌面积已突破 3.0亿亩 ,其中美国和前苏联均已超过 1.0亿亩 ,分别占两国灌溉面积的 40% 左右。干旱缺水的以色列,其灌溉几乎全都采用喷灌、微灌,其中 80% 以上的灌溉土地均采用滴灌技术。日本的旱地灌溉面积中,喷灌、微灌面积达到 90% 以上。欧洲诸国已广泛采用喷灌、微灌技术。

1.3.3 国内外节水灌溉技术的发展趋势

1. 因地制宜,继续普及与推广喷、微灌技术

从20世纪50年代初到80年代初,美国新增灌溉面积 2亿亩 ,其中喷灌面积占 50% ;在此期间,前苏联新增灌溉面积的 70% 都采用喷灌。以色列在推广喷、微灌技术的过程中,研制出多种灌溉兼施肥设备,使肥料与灌溉水混合使用,且灌溉管理的自动化程度高,实现了节水、增产和优质的统一。目前国内外喷、微灌技术正朝着低压、节能、多目标利用、产品标准化、系列化及运行管理自动化方向发展。但普及与推广喷、微灌技术,必须根据各地的自然条件、经济条件,因地制宜,不能照抄照搬。

2. 灌溉渠系管道化

日本早在20世纪60年代初,就在旱地灌溉系统中用管道取代斗、农明渠;70年代末又开始用大口径管道取代输水干渠;到80年代中期,日本新建灌溉渠系的大部分都采用管道化输水。美国约有一半的大型灌区实现了管道化输水。我国已基本普及了井灌区低压管道输水技术,但是大中型渠灌区渠系管道化还处于试点阶段,今后应加强这方面工作的发展,并加快相应大口径塑料管材的开发生产。