



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

节水灌溉技术

(第二版)

主 编 李宗尧

副主编 缴锡云 赵建东

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据《教育部关于印发普通高等教育“十一五”国家级教材规划补充选题的通知》(教高函[2008]3号)要求编写的全国高等教育“十一五”国家级规划教材,为全国水利类高职高专院校和农业类职业院校水利工程、农业水利技术等专业的通用教材,也可供本科院校及地、市(县)水利部门从事农田水利工作的技术人员参考。

全书共分六章,内容包括:喷灌技术、微灌技术、低压管道灌溉技术、管道灌溉工程施工与运行管理、渠道衬砌与防渗、地面灌溉节水技术等。本书着重阐述节水灌溉工程规划设计的基本理论和方法、管道灌溉工程施工与运行管理、渠道防渗以及地面灌溉节水技术等基本知识。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉技术 / 李宗尧主编. -- 2版. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2010.2
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5084-7235-5

I. ①节… II. ①李… 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(2010)第025934号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 节水灌溉技术 (第二版)
作 者	主编 李宗尧 副主编 缴锡云 赵建东
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 12印张 285千字
版 次	2004年2月第1版 2010年2月第2版 2010年2月第4次印刷
印 数	9001—12000册
定 价	24.00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

第二版前言

《节水灌溉技术》(第二版)是根据《教育部关于印发普通高等教育“十一五”国家级教材规划补充选题的通知》(教高函[2008]3号)要求编写的全国高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书第一版于2004年2月出版,至今已有5年多时间。这期间除作为全国水利类高职高专院校水利工程专业、农业水利技术专业等专业用书和有关本科院校参考书外,适逢全国“大型灌区续建配套与节水改造”工作的开展,对本书的需求量很大,第一版先后印刷3次,印数达9100册。由于新技术、新标准、新工艺等的应用,迫切需要进行修订。

我们本着实用性、先进性、新颖性的要求,基础理论以必需和够用为度,并及时反映新技术、新标准和便于学习的原则进行了修订。此次修订工作,在吸收教学、科研、设计和生产部门意见和经验的基础上,对第一版的部分内容作了较大调整、补充和修改,增加了学习指导、小结和复习思考题,使体系更趋合理。修订中既保持了原书的风格,又突出实用;内容上力求深度、广度适宜,并尽可能反映近年来节水灌溉工程技术方面的新技术、新知识、新成果。

全书共分六章,由安徽水利水电职业技术学院李宗尧任主编,河海大学缴锡云、赵建东任副主编,安徽水利水电职业技术学院李兴旺、杨凌职业技术学院崔智武任主审,其中李宗尧负责绪论、第一章、第二章第一节至第三节、第四章的修订和补充工作,山东水利职业学院赵建东负责第二章第四节、第三章的修订和补充工作,河海大学缴锡云负责第六章的修订和补充工作,安徽水利水电职业技术学院张身壮负责第五章的修订和补充工作。

在编写过程中,曾得到山西、河南、黑龙江等省高职高专院校及各位编审人员所在单位的大力支持和教育部高职高专水利水电建筑工程专业教学指导委员会的指导,在此一并表示感谢!

由于编者水平和时间所限,书中难免存在缺点和错误,恳请广大师生和读者批评指正,以促进本书的进一步完善。

编 者

2010年1月

第一版前言

本书是全国高等教育“十五”国家级规划教材。

《节水灌溉技术》是水利工程专业和农业水利技术专业等的一门专业课。我们本着实用性强，基础理论以必需和够用为度的原则进行编写的。编写中注重理论联系实际，多举示例，突出应用；内容上力求深度、广度适宜；并尽可能反映近年来节水灌溉方面的新技术、新知识、新成果。

全书共分六章。第一章至第三章为节水灌溉规划设计部分，第四章为管道灌溉工程施工与运行管理，第五章为渠道衬砌与防渗，第六章为地面灌溉节水技术。主要阐述节水灌溉规划设计的基本理论和基本方法，管道灌溉工程施工与运行管理以及渠道防渗等基本知识。

参加本书编写的有杨凌职业技术学院张清林（第四章、第五章）、沈阳农业大学高职学院闫玉民（第二章第一至三节）、山东水利职业学院赵建东（第二章第四节、第三章）、河北工程技术专科学校缴锡云（第六章）和安徽水利水电职业技术学院李宗尧（绪论和第一章）。全书由李宗尧主编，缴锡云副主编，杨凌职业技术学院崔智武主审。

在编写过程中，曾得到山西、河南、江西、黑龙江等高职高专院校及各位编审人员所在单位的大力支持和全国水利水电高职教研会的指导，在此一并表示感谢。

书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

2003年5月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一章 喷灌技术	8
第一节 概述	8
第二节 喷灌的主要设备	14
第三节 喷灌工程规划设计	22
第四节 喷灌工程规划设计示例	34
第二章 微灌技术	42
第一节 概述	42
第二节 微灌的主要设备	45
第三节 微灌工程规划设计	53
第四节 滴灌工程规划设计示例	67
第三章 低压管道灌溉技术	74
第一节 概述	74
第二节 低压管道灌溉工程常用管材及附件	77
第三节 低压管道灌溉工程规划与设计	94
第四节 低压管道管灌工程规划设计示例	112
第四章 管道灌溉工程施工与运行管理	124
第一节 管道灌溉工程的施工与安装	124
第二节 管道灌溉工程的运行管理	132
第五章 渠道衬砌与防渗	140
第一节 概述	140
第二节 土料防渗	144
第三节 砖石与混凝土衬砌防渗	150
第四节 膜料防渗	159
第六章 地面灌溉节水技术	167
第一节 基本概念	167

第二节 灌水质量评价 172

第三节 地面灌溉设计 176

第四节 波涌灌溉技术简介 181

第五节 覆膜灌溉技术简介 182

参考文献 186

绪 论

一、节水灌溉的含义及技术体系

节水灌溉是指根据作物需水规律和当地供水条件,高效利用降水和灌溉水,以取得农业最佳经济效益、社会效益和环境效益的综合措施的总称。其含义是,在充分利用降水和土壤水的前提下高效利用灌溉用水,最大限度地满足作物需水,以获取农业生产的最佳经济效益、社会效益、生态环境效益,即用尽可能少的水投入,取得尽可能多的农作物产量的一种灌溉模式。不同的水资源条件、不同的气候、土壤、地形条件和社会经济条件下,节水的标准和要求不同。节水灌溉的根本目的是提高灌溉水的有效利用率和水分生产率,实现农业节水、高产、优质、高效。其核心是在有限的水资源条件下,通过采用先进的水利工程技术,适宜的农作物技术和用水管理等综合技术措施,充分提高灌溉水的利用率和水分生产率。

灌溉用水从水源到田间,到被作物吸收、形成产量,主要包括水资源调配、输配水、田间灌水和作物吸收等环节。在各个环节采取相应的节水措施,组成一个完整的节水灌溉技术体系,包括节水灌溉工程技术、农艺及生物节水技术和水资源优化调配及节水管理技术。

1. 工程节水技术

工程节水即通过各种工程手段,达到高效节水的目的。常用的工程节水技术有:渠道防渗、低压管道输水灌溉、喷灌、微灌、地面节水灌溉技术等。

(1) 渠道防渗技术。为了减少输水渠道渠床的透水或建立不易透水的防护层面而采取的各种技术措施。根据所使用的防渗材料,可分为土料压实防渗、三合土料护面防渗、石料衬砌防渗、混凝土衬砌防渗、塑料薄膜防渗、沥青护面防渗等。渠道是我国农田灌溉主要输水方式。传统的土渠输水渗漏损失大,约占引水量的 50%~60%,一些土质较差的渠道渗漏损失高达 70%以上,是灌溉水损失的重要方面。据有关资料分析,全国渠系每年渗漏损失水量约为 1700 多亿 m^3 ,水量损失非常严重。所以,在我国大力发展渠道防渗技术,减少渠道输水损失是缓解我国水资源紧缺的重要途径,是发展节水农业不可缺少的技术措施。渠道防渗不仅可以显著地提高渠系水利用系数,减少渠水渗漏,节约大量灌溉用水,而且可以提高渠道输水安全保证率,提高渠道抗冲能力,增加输水能力,并加快了输水速度。

(2) 低压管道输水灌溉技术。利用塑料或混凝土等低压管道代替土渠将水直接送到田间沟畦灌溉作物,以减少水在输送过程中的渗漏和蒸发损失的技术措施。低压管道输水灌溉具有省水、节能、少占耕地、管理方便、省工省时等优点。输配水的利用率可达到 95%,另外还能有效提高输水速度,减少渠道占地。由于低压管道输水灌溉技术的一次性投资较低,要求设备简单,管理也很方便,农民易于掌握,故特别适合我国农村当前的经



济状况和土地经营管理模式,深受广大农民的欢迎。据统计,2008年底低压管道输水灌溉面积已达587.3万 hm^2 。实践证明,低压管道输水灌溉是我国北方地区发展节水灌溉的重要途径之一,是一项很有发展前途的节水灌溉新技术。

(3) 喷灌技术。喷灌是利用自然水头落差或机械加压把灌溉水通过管道系统输送到田间,利用喷洒器(喷头)将水喷射到空中,并使水分散成细小水滴后均匀地洒落在田间进行灌溉的一种灌水方法。同传统的地面灌溉方法相比,它具有节水、省劳、节地、增产、适应性强等特点,被世界各国广泛采用。喷灌几乎适用于除水稻外的所有大田作物,以及蔬菜、果树等,对地形、土壤等适应性强。与地面灌溉相比,大田作物喷灌一般可节水30%~50%,增产10%~30%,但耗能多、投资大,不适宜在多风条件下使用。世界许多国家都非常重视这项节水技术的应用。

(4) 微灌技术。微灌是根据作物需水要求,通过低压管道系统与安装在末级管道上的灌水器,将作物生长所需的水分和养分以较小的流量均匀、准确地直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中的灌水方法,包括滴灌、微喷灌和涌泉灌等。是一种现代化、精细高效的节水灌溉技术,具有省水、节能、适应性强等特点,灌水同时可兼施肥,灌溉效率能够达到90%以上。与地面灌和喷灌相比,它属于局部灌溉,具有省水节能、灌水均匀、适应性强、操作方便等优点,主要缺点是易于堵塞、投资较高。微灌是一些水资源贫乏的地区和发达国家非常重视的一项灌水技术。

(5) 地面节水灌溉技术。主要有:小畦灌、长畦分段灌、宽浅式畦沟结合灌、水平畦灌、波涌灌溉等优化畦灌技术;封闭式直形沟、方形沟、锁链沟、八字沟、细流沟、沟垄灌水、沟畦灌、波涌沟灌等节水型沟灌技术;膜上灌、膜孔沟(畦)灌等地膜覆盖灌水技术;激光控制平地技术、田间闸管灌溉技术等改进地面灌溉技术。

2. 农艺节水技术

农艺节水包括农田保蓄水技术、节水耕作和栽培技术、适水种植技术、优选抗旱品种、土壤保水剂及作物蒸腾调控技术、各种节水灌溉制度等。由于农作物需水规律不同,各自的灌溉制度及管理措施也不同。灌溉制度包括作物播种前(或插秧前)以及全生育期内的灌水次数、每次灌水的日期、灌水定额与灌溉定额几方面。节水灌溉制度是根据作物的需水规律把有限的灌溉水量在灌区内及作物生育期内进行最优分配,达到高产高效的目的,主要包括不充分灌溉技术、抗旱灌溉和低定额灌溉技术、调亏灌溉技术、水稻“薄、浅、湿、晒”灌溉技术等。此外,还可利用各种化学制剂调控土壤表面及作物叶面蒸发达到节水的目的,如地面增温保湿剂、抗旱剂、保水剂、种子包衣剂等;利用植物基因工程手段培养高效节水品种等。如采用保水剂拌种包衣,能使土壤在降水或灌溉后吸收相当自身重量数百倍至上千倍的水分,在土壤水分缺乏时将所含的水分慢慢释放出,供作物吸收利用,遇降水或灌水时还可再吸水膨胀,重复发挥作用;喷施黄腐酸(抗旱剂1号),可以抑制作物叶片气孔开张度,使作物蒸腾减弱等。

3. 灌溉水资源优化调配技术及节水灌溉管理技术

(1) 灌溉水资源优化调配技术。主要包括地表水与地下水联合调度技术、灌溉回归水利用技术、多水源综合利用技术、雨洪利用技术。

(2) 节水灌溉管理技术。是指根据作物的需水规律控制、调配水源,以最大限度的满



足作物对水分的需求,实现区域效益最佳的农田水分调控管理技术。包括用水管理信息化系统、输配水自动量测及监控技术、土壤墒情测报技术、田间管理技术等。其中,输配水自动量测及监控技术采用高标准的量测设备,及时准确地掌握灌区水情,如水库、河流、渠道的水位、流量以及抽水水泵运行情况等技术参数,通过数据采集、传输和计算机处理,实现科学配水,减少弃水。土壤墒情自动监测技术采用张力计、中子仪、TDR等先进的土壤墒情监测仪器监测土壤墒情,以科学制定灌溉计划、实施适时适量的精细灌溉。田间管理方面可通过平整土地、秸秆覆盖、地膜覆盖、少耕免耕技术以及合理调蓄、综合利用、定量调配灌溉水源等方法以达到节水的目的。随着信息技术的发展,通过遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)及计算机网络技术获取、处理、传送各类农业节水信息,为现代农业的发展提供技术支持。

二、节水灌溉的意义

水是人类生存和发展不可替代的资源,是实现经济社会可持续发展的基础。我国是一个水资源相对不足的国家,淡水资源只占世界总量的8%。我国多年平均河川径流量为27115亿 m^3 ,多年平均地下水资源量为8288亿 m^3 ,扣除重复计算水量,多年平均水资源总量为28124亿 m^3 ,居世界第6位,而人均水资源占有量约为2200 m^3 ,只相当于世界人均占有量的1/4,居世界第109位;北方地区尤甚,人均水资源占有量仅为世界人均占有量的1/21。随着人口的增长和经济的快速发展,我国水资源短缺矛盾更加突出。这种水资源紧缺和水土资源组合不平衡,导致了我国水旱灾害频繁发生。从东南到西北几乎所有耕地的绝大多数作物都需要不同程度的灌溉。截至2008年底,全国农田有效灌溉面积达到5847.2万 hm^2 ,占全国耕地面积的48%,干旱缺水限制了灌溉,也限制了农业和农村经济发展。据统计,1949年到1993年,全国平均每年受旱面积为2160万 hm^2 ,约占全国播种面积的17%,其中成灾面积873万 hm^2 ,占全国播种面积的7%。1988~1998年的10年间,全国每年受旱成灾面积则达1000万~1333万 hm^2 ,减产粮食100亿~200亿 kg 。2000年我国发生了严重的旱灾,东北西部、华北大部、西北东部、黄淮及长江中下游地区旱情极为严重,受害范围广,受害程度重,旱灾损失巨大。农作物因旱受灾面积4053万 hm^2 ,成灾面积2680万 hm^2 ,因旱损失粮食近599.6亿 kg ,经济作物损失511亿元。2001年和2002年我国发生了严重的持续干旱,一些城市出现了新中国成立以来最为严峻的缺水局面。2007年,全国旱灾总体水平严重干旱,全国农田因旱受灾面积2938.6万 hm^2 ,成灾面积1617万 hm^2 ,直接经济损失1093.7亿元,全国干旱缺水的省份已经达到23个。在699个建制市中,400多个城市缺水,106座城市出现供水紧张。由此可见,随着国民经济迅速发展和人口急剧增长,干旱缺水状况呈不断加剧趋势。20世纪90年代以来,全国平均每年因旱受灾的耕地面积约2667万 hm^2 ,正常年份全国灌区每年缺水300亿 m^3 ,城市缺水60亿 m^3 。到2030年左右,我国人口将达到16亿,人均占有水资源量将减少1/5,降至1700 m^3 左右,是世界公认的警戒线;2050年前后将更加严峻。西北地区土地辽阔,水资源稀缺,水土流失严重,生态环境极为脆弱,水资源状况将是制约西部大开发的一个重要因素。

干旱缺水的基本国情决定了我国农业必须走节水的道路。我国目前水资源紧缺,除与水资源本身特性、水污染严重有关外,还与水资源的浪费有关。我国用水大户是农业,



2008 年全国总用水量 5828 亿 m^3 ，农业用水占 62.1%。我国农业灌溉用水量大，灌溉效率低下和用水浪费的问题普遍存在。2007 年全国农业灌溉水利用系数达到 0.47、单方水粮食生产率只有 1.0kg 左右，农田实灌面积亩均用水量为 434m^3 ，大大低于发达国家灌溉水利用率 70%~80%、单方水粮食生产率 2.0kg 以上的水平。通过采用现代节水灌溉技术改造传统灌溉农业，实现适时适量的“精细灌溉”，对促进农业结构调整、农民增收，提升我国农业竞争力以及改善生态环境，具有重要的现实意义和深远的历史意义。由此可见，农田灌溉用水量占绝大多数，农业水资源持续利用将对水资源的可持续利用产生重大影响。长期以来，我国自然资源特别是农业水资源无偿使用，已造成资源严重浪费。由于灌溉技术和管理水平落后、灌溉设施老化失修等原因，目前我国灌溉水的利用率仅为 0.47 左右，比发达国家低 25%~30%；吨粮耗水 1330m^3 ，比发达国家高 300~400 m^3 ，农业节水潜力很大。如果灌溉水利用率提高 10%~15%，每年可减少灌溉用水量约 600 亿~800 亿 m^3 。加快推进节水农业，是缓解我国水资源供需状况日趋恶化的希望所在，是农业持续发展的重要基础。在 21 世纪，节水灌溉的实施，对实现我国水资源可持续利用，保障我国经济社会可持续发展，具有十分重要的意义。

三、节水灌溉发展现状与存在的问题

(一) 节水灌溉发展现状

新中国成立以来，我国在节水灌溉技术的研究推广、节水灌溉设备的开发生产、节水示范工程的建设、节水灌溉服务体系的建立等方面做了大量的工作，取得了较为显著的成绩。20 世纪 60 年代开始进行节水灌溉技术试验研究；70 年代大面积推广应用渠道防渗、畦田改造；80 年代大面积推广低压管道输水并大范围进行喷灌、滴灌、微喷等先进节水灌溉技术的试点示范；90 年代节水灌溉全面推广普及，节水灌溉技术水平越来越先进，工程标准越来越高，推广范围越来越广。截至 2008 年底，全国工程节水灌溉面积达到 2443.6 万 hm^2 ，占全国农田有效灌溉面积 41.8%。在全部工程节水灌溉面积中，渠道防渗节灌面积 1044.8 万 hm^2 ，低压管灌面积 587.3 万 hm^2 ，喷、微灌面积 407.1 万 hm^2 ，其他工程节水灌溉面积 404.4 万 hm^2 。万亩以上灌区固定渠道防渗长度所占比例为 18.6%，其中干支渠防渗长度所占比例为 35.1%。在多年的实践探索中，各地摸索总结出了一套适合各自特色的节水灌溉技术与方法。包括各种渠道防渗和管道输水技术；适合小麦、玉米等大田使用的管式、卷盘式、时针式移动喷灌以及常规的土地平整沟畦灌；适合棉花、蔬菜和果树等经济作物使用的滴灌、微喷灌、膜下滴灌、自压滴灌、渗灌等技术；南方水田的控制灌溉技术和园田化建设；西北干旱、半干旱地区的雨水集流、窖水滴灌技术；东北、西北等干旱地区的“坐水种”、“旱地龙”、保水剂等抗旱措施。节水灌溉在全国迅速推广普及，取得了显著的经济效益和社会效益。

“九五”是我国节水灌溉发展最迅速、最富有成效的时期。“九五”期间，国家加大了资金投入，全国用于发展节水灌溉的资金约 430 亿元。投入的加大，促进了节水灌溉的发展。在此期间，国家有关部门组织实施了 300 个节水增产重点县和节水型井灌区建设以及 12 个节水灌溉示范市建设，对全国 402 个大型灌区中的 208 个进行以节水为中心的续建配套和技术改造，兴建了 668 个国家级节水增效示范区。在众多示范项目的带动下，“九



五”全国新增节水灌溉工程面积 766.67 万 hm^2 (1.15 亿亩), 其中喷灌、微灌面积 159 万 hm^2 , 渠道防渗灌溉面积 423 万 hm^2 , 管道输水灌溉面积 184.4 万 hm^2 。到 2000 年底, 全国节水灌溉工程面积累计达到 1667 万 hm^2 (2.5 亿亩), 占全国有效灌溉面积 (8.25 亿亩) 的 30%。此外, 与工程措施配合的各种形式的非工程节水措施面积已达 0.167 亿 hm^2 , 其中“薄、浅、湿、晒”水稻控制灌溉面积 0.08 亿 hm^2 , 行走式抗旱节水播种、坐水种等 0.087 亿 hm^2 。

“十五”期间, 通过实施灌区节水改造和管理体制改革, 提高了水资源利用效率, 增强了农业综合生产能力。对 306 个大型灌区、99 个中型灌区进行续建配套与节水改造, 建设了 1100 多个县级节水增效示范区, 全国新增工程节水灌溉面积 494.7 万 hm^2 , 新增有效灌溉面积 154.9 万 hm^2 , 农业灌溉水有效利用系数达到 0.45。农业节水灌溉年节水 60 亿 m^3 , 形成 120 亿 m^3 的节水能力。

1998 年以来, 国家农业综合开发项目共安排了 190 个重点中型灌区 (5 万~30 万亩) 节水改造项目, 占规划改造总数的 12.6%, 总投资 43.4 亿元, 其中, 中央财政农发资金 15.75 亿元, 地方配套 27.62 亿元。截至 2007 年, 国家启动了 376 个大型灌区续建配套与节水改造, 占规划改造灌区总数的 87%, 共安排大型灌区续建配套与节水改造投资 233 亿元, 占规划骨干工程投资的 17.9%, 其中, 中央 127 亿元, 地方配套 106 亿元。大中型灌区的续建配套与节水改造, 取得了显著的节水效果, 用水效率大幅度提高, 抗旱能力大大增强, 为我国粮食生产作出了贡献。2003 年全国粮食产量 4307 亿 kg , 到 2007 年生产能力增长到 5015 亿 kg 。2007 年, 农田水利建设进一步加强, 有效灌溉面积有所扩大, 全年新增有效灌溉面积 107 万 hm^2 , 累计达到 5778 万 hm^2 。新增节水灌溉面积 136 万 hm^2 , 累计达到 2348.9 万 hm^2 。灌溉事业的发展, 为农业增产创造了条件。

(二) 我国节水灌溉发展存在的问题

综上所述, 我国的节水灌溉发展成就显著, 但远不能满足农业稳定发展和产业结构调整的需要。众所周知, 我国是个贫水国家, 北方广大地区水资源供应已严重不足, 在未来 30 年内, 随着人口、经济的高速增长, 工业和城市用水必然大幅度增加, 农业供水只能保持在目前 4000 亿 m^3 的水平上, 唯一的出路只能是节水灌溉, 提高灌溉水利用率, 把灌溉水利用系数从目前的 0.47 左右提高到 0.65。我国现阶段的节水灌溉还处于低水平发展阶段, 田间灌溉多属传统的地面灌溉方式, 喷灌、微灌及管道输水灌溉等先进节水灌溉技术覆盖率还比较低。到 2030 年我国人口将达到 16 亿, 需要粮食 7 亿 t 左右, 为保证粮食与其他农产品的供给, 灌溉面积必须达到 6000 万 hm^2 左右, 否则目标难以实现。然而要达到这个目标, 我国节水灌溉还存在以下问题:

(1) 基础研究滞后。节水灌溉效益的充分发挥需要建立在一些基础研究上, 而我国基础研究又相对比较滞后, 如农田水分遥测遥感技术、SPAC 水循环运移规律、非充分灌溉理论及应用技术、水净化技术研究及应用、灌区灌水自动控制技术等, 其总体比国外先进水平落后; 又如, 改进地面灌水技术的节水机理还不完全清楚, 各种改进地面灌水技术的适用条件, 灌水均匀度对作物产量的影响, 改进地面灌水质量评估体系和方法, 各种改进地面灌水技术要素之间的优化组合方式等问题无明确的结论; 在激光平地基础上开展水平畦灌技术在我国尚属空白, 一些关键性的技术问题尚未得到很好的解决, 与波涌灌溉等灌



水技术相适应的田间灌水控制设备及设施还没有生产,急需开发适合我国国情的波涌灌溉灌水设备和系统设计技术等。这些都严重制约了节水灌溉技术在我国的大面积推广应用。

(2) 节水灌溉设备质量差、配套水平低。主要表现在系列化、标准化程度低,设备种类少、配套性差,技术创新与推广体系不健全,产品的性能及耐久性同国外先进技术相比存在较大差距。

(3) 综合性不够。目前节水工程技术单打一的较多,缺乏与农艺技术等综合。由于农、水专业各自的局限性,以及各专业多侧重于本专业的技术研究,在农、水两方面的适用技术如何紧密地相互配合,形成有机的统一体,使水的利用率和利用效益都能充分发挥的研究还不够深入,远远满足不了节水农业发展的需要。如各种节水灌溉技术条件下的水肥运动、吸收、转化利用规律;耕作保墒、覆盖保墒技术如何与节水灌溉技术的配水相结合;各种单项农艺节水技术如何在不同的作物上及不同的节水灌溉技术条件下综合应用等问题都需要进行深入、系统的研究,才能保证综合节水农业技术的持续发展。

(4) 管理体制和机制不完善,管理技术落后。目前,水费收入是大中型灌区维持正常运行的主要经费来源,而绝大部分灌区主要为农业灌溉服务,节水后水费收入随供水量的减少而减少,而且灌区为节水还要付出一定的人力、物力和财力,节水的社会要求与灌区管理单位的直接利益不协调,影响其节水的积极性。许多灌区按灌溉面积收取水费,用水户节约用水不能在经济上得到补偿,认为购买节水灌溉设备得不偿失。如果缺乏用水户的积极、主动参与,节水灌溉将是一句空话。此外,国际上普遍认为灌溉节水的潜力 50% 在管理方面,可见充分发挥灌溉管理机构的作用,调动管理人员发展节水农业的积极性具有重要意义。目前不少灌区经费短缺,灌溉管理比较薄弱,工程老化失修,效益衰减,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;田间灌排工程不配套,土地平整差,管理粗放;推广应用上缺乏与生产责任配套的管理体制,造成不少工程效益不能发挥;适应市场经济发展要求的农业用水体制还没有建立,缺乏鼓励农业合理、高效用水的机制和调控手段等。

(5) 重工程技术,轻农艺技术。长期以来,我国农业节水存在重工程措施轻农艺措施的倾向,忽视农艺技术在节水中的地位与作用。许多经济成本较低、水资源利用率高、农民容易接受的农艺节水技术因缺乏重视而无法发挥其应有的作用。这与节水灌溉农艺技术是公益性技术有关。对于各级农技推广部门而言,只有社会效益与生态效益,因此对农民的无偿服务减少。

四、我国节水灌溉发展目标与任务

《全国节水灌溉“十五”及 2010 年发展规划》明确提出:2001~2010 年,我国需新增节水灌溉工程面积约 1333 万 hm^2 ,其中渠道防渗面积 720 万 hm^2 ,管道输水灌溉面积 307 万 hm^2 ,喷灌面积 220 万 hm^2 ,微灌面积 86.6 万 hm^2 ;2006~2010 年间,我国需新增节水灌溉工程面积 666.7 万 hm^2 (约 1 亿亩),其中渠道防渗灌溉面积 333.3 万 hm^2 ,管道输水灌溉面积 166.7 万 hm^2 ,喷灌面积 113.3 万 hm^2 ,微灌面积 53.3 万 hm^2 ,任务是非常艰巨的。根据我国国民经济发展远景规划,到 2015 年,在保证现状农业用水量不增的条件下,实现全国有效灌溉面积由现在的 5500 万 hm^2 (8.25 亿亩)发展到 5800 万



hm^2 (8.7 亿亩), 节水灌溉面积增加到 4000 万 hm^2 (6 亿亩), 实现节水 600 亿 m^3 , 新增粮食生产能力 600 亿 kg。

“十一五”期间, 全国需新增工程节水灌溉面积 1000 万 hm^2 , 灌溉水有效利用系数提高到 0.50, 自然降水利用率得到进一步提高。同时, 需加大农村水利基础设施建设力度。大力发展节水灌溉, 健全和完善农田灌排体系, 保护和提高农业特别是粮食综合生产能力。大力推进节水型社会建设。根据不同地区的水资源承载能力, 确定与之相适应的农业发展布局和规模。调整农业种植结构和用水结构, 实施节水高效的现代灌溉农业和现代旱作农业, 常规技术与高新技术相结合, 建设先进的节水灌溉体系和旱作节水农业体系。在西北等水资源短缺和生态脆弱地区, 做好以水定灌溉面积的同时, 大力发展旱作节水农业。继续加大灌区节水改造力度, 减少输水损失和田间无效蒸发; 在有条件的地区, 配合农业综合措施、旱作节水和土地平整保墒, 推广喷灌、滴灌等先进节水增效技术。新灌区要全部建成节水型灌区。

现代节水灌溉要求我们必须进行一次新的科技革命, 使科研成果真正用于治水活动, 在实践应用中产生效益, 提高治水的科技含量。要实现“十一五”发展目标和农业的可持续发展, 必须依靠科技进步, 采取有效的科技和经济手段实现水资源的优化配置, 提高水资源利用率, 促进水资源的供需平衡, 构建合理的、高产高效的与生态良性循环的节水农业体系。此外, 还应加强节水灌溉基础理论研究; 利用新材料、新工艺及高新技术改进节水灌溉产品性能, 加快节水灌溉设备及产品的更新换代; 加强关键技术的研究; 加强重点地区的节水灌溉发展, 为农业及国民经济的可持续发展奠定坚实的基础。

五、本课程的任务和要求

本课程是高职高专农业水利工程(技术)专业、水利工程专业、水利水电建筑工程专业等的一门重要专业课。基本任务是要求掌握喷灌技术、微灌技术、低压管道灌溉技术、渠道防渗技术、管道灌溉工程施工与运行管理以及地面灌溉节水技术的基本知识、基本理论和基本方法, 结合课程实习、课程设计等实践技能训练, 使学生获得一定的生产实际知识和技能, 具有节水灌溉工程规划、设计、施工与管理的初步能力。具体要求是: 了解节水灌溉的重要意义; 了解喷灌系统的组成及其主要设备的性能特点, 掌握喷灌技术要素、喷灌工程规划设计步骤和方法, 具有喷灌工程规划设计的初步能力; 了解微灌系统的组成及其主要设备的性能特点, 掌握微灌工程的规划设计方法和思路, 具有规划设计的初步能力; 了解渠道防渗的重要性、渠道衬砌的类型、优缺点及适用条件, 掌握土料防渗、塑料薄膜防渗、砖石衬砌、混凝土衬砌的施工方法和要点; 掌握管道灌溉工程施工、安装与调试方法, 以及运行、管理和维护的基本知识, 具有管道灌溉工程施工、运行管理的初步能力; 了解地面灌溉节水技术类型、灌水技术要素、灌水质量评价方法, 掌握地面灌溉设计要点。

在教学组织中, 应结合地方特点对教材内容加以取舍, 并结合工程实例进行讲解。

第一章 喷 灌 技 术

【学习指导】

学习要求：

1. 了解喷灌技术特点及适用条件；
2. 了解喷灌系统类型、组成及主要设备；
3. 掌握喷灌技术要素；
4. 掌握喷灌技术的规划设计内容及方法。

本章重点：

1. 喷灌技术要素及喷头的选择；
2. 喷灌规划设计内容与方法。

第一节 概 述

喷灌是一种先进的灌水技术，近年来已广泛运用于世界各国农业灌溉中。我国自 20 世纪 50 年代开始，对喷灌技术进行了大量的研究和推广。据统计，截至 2008 年底，全国喷灌、微灌面积已达 407.1 万 hm^2 。

一、喷灌及其优缺点

喷灌是利用水泵加压或自然水头将水通过压力管道输送到田间，经喷头喷射到空中，形成细小的水滴，均匀喷洒在农田上，为作物正常生长提供必要水分条件的一种先进灌水技术。与传统的地面灌水方法相比，喷灌具有明显的优点，但也还存在不足。

（一）喷灌的优点

1. 节约用水

由于喷灌用管道输水，输水损失很小，而且灌溉时能使水比较均匀地洒在地面，基本上不产生深层渗漏和地面径流，所以，一般可比地面灌溉省水 30%~50%，灌溉水利用系数可达 80% 以上。

2. 增加产量

由于喷灌能适时适量地进行灌溉，便于控制土壤水分，使土壤中的水、气、热营养状况良好，并能调节田间小气候，增加近地表层空气湿度，有利于作物的生长，一般大田作物可增产 10%~20%，经济作物可增产 30%，蔬菜可增产 1~2 倍，并可同时改变产品品质。

3. 适应性强

喷灌适用于各种类型的土壤和作物，不受地形条件的限制，对平整土地要求不高，特别适宜于地形复杂、进行地面灌溉有困难的岗地和缓坡地，以及透水性强的沙土。

4. 少占耕地

喷灌可减少田间内部沟渠、田埂的占地，可提高耕地利用率 7%~15%。

5. 节省劳力

喷灌机械化程度高，可以大大降低灌水劳动强度和提高劳动生产率，节省大量的劳动力。如各种喷灌机组可以提高工效 20~50 倍。

(二) 喷灌的缺点

1. 受风的影响大

在有风的情况下，由于受风的影响，水的飘移损失增加，会大大降低水的利用系数和喷灌均匀度。

2. 设备投资高

由于喷灌需要一定的设备和管材，因而投资一般较高。如固定管道式喷灌系统每亩需投资 900~1200 元，半固定管道式喷灌系统每亩需投资 300~450 元。

3. 耗能

地面灌溉只要将水通过渠道或管道输送到田间即可实现自流灌溉，喷灌则要利用水的压力使水流破碎成细小的水滴并喷洒在规定范围内，显然喷灌需要消耗一部分能源。从节省能源的角度考虑，喷灌可向低压化方向发展。

二、喷灌系统的组成与分类

(一) 喷灌系统及其组成

喷灌系统是指从水源取水到田间喷洒灌水整个工程设施的总称。一般由水源工程、水泵及动力设备、输水管道系统和喷头部分组成，如图 1-1 所示。

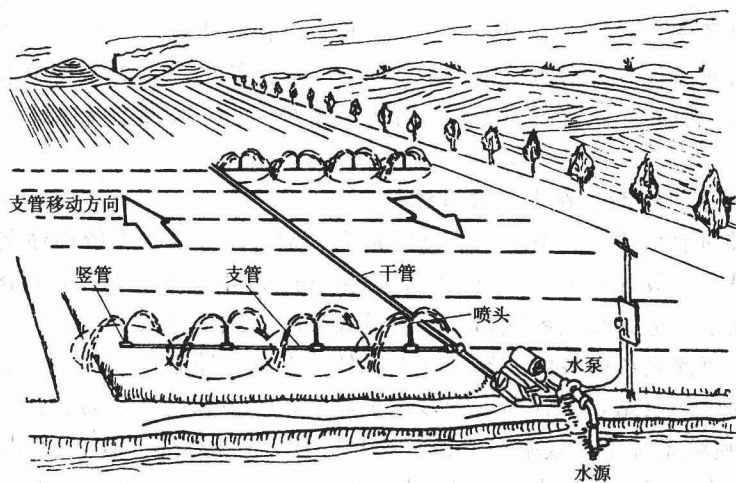


图 1-1 喷灌系统组成示意图



1. 水源工程

河流、渠道、湖泊、塘库、井泉等均可作为喷灌水源。水源提供的水量、水质必须符合喷灌的要求。为了满足加压的需要,有时还要修建泵站及附属设备、蓄水池和沉淀池等建筑物,这些统称为水源工程。

2. 水泵及动力设备

大多数情况下,水源的水位不足以满足喷灌所要求的水头时必须用水泵加压。常用的水泵有离心泵、长轴井泵、潜水电泵等。在有电力供应的地方常用电动机作为水泵的动力设备,也可用柴油机、汽油机、手扶拖拉机上的动力机等带动。动力机功率的大小根据水泵的配套要求而定。

3. 管道系统

管道系统的作用是将压力水输送并分配到田间。通常由干、支两级管道组成。干管起输配水作用,支管是工作管道,支管上按一定间距装有利于安装喷头的竖管。在管道系统上还装有各种连接和控制的附属配件,如弯头、三通、接头、闸阀等。为便于在灌水的同时施肥、喷药,在干管或支管上还要配置药、肥储存罐等注入装置。

4. 喷头

喷头是喷灌系统的专用设备,一般安装在竖管上,或者安装在支管上。喷头的作用是将压力水通过喷嘴喷射到空中,形成细小的水滴,均匀地洒落在土壤表面。

(二) 喷灌系统的分类

喷灌系统可按不同方法分类。若按系统获得压力的方式可分为机压喷灌系统和自压喷灌系统;按系统设备组成为管道式喷灌系统和机组式喷灌系统;按喷灌系统中主要组成部分是否移动的程度可分为固定式、移动式 and 半固定式三类。

1. 机压喷灌系统和自压喷灌系统

(1) 机压喷灌系统。机压喷灌系统是指由动力机和水泵为喷头提供工作压力的喷灌系统。在没有自然水头可利用时,为使喷灌水流具有一定的压力,必须用水泵加压,同时配备电动机、柴油机等动力设备。加压水泵的流量要满足灌溉要求,其扬程除应保证喷头工作压力外,还要考虑克服管道沿程和局部水头损失,以及水源和喷头之间的高差。

(2) 自压喷灌系统。当水源位置高于田面,且有足够的落差时,利用水源具有的自然水头,用管道将水引到灌区实现喷灌的一种灌溉系统。自压喷灌系统多建在山丘区或库区下游。

2. 管道式喷灌系统和机组式喷灌系统

(1) 管道式喷灌系统。管道式喷灌系统是为区别机组式喷灌系统而命名的。由于管道是系统中主要设备,故称管道式喷灌系统。根据管道的可移动程度,又可分为固定管道式喷灌系统、半固定管道式喷灌系统和移动管道式喷灌系统三种。

固定管道式喷灌系统的各组成部分除喷头外,在整个灌溉季节或常年都是固定的,水泵和动力构成固定的泵站,干管和支管多埋于地下,喷头装在固定的竖管上(有的竖管可以拆卸)。这种喷灌系统生产效率高,运行管理方便,运行费用低,工程占地少,有利于自动化控制;缺点是工程投资大,设备利用率低。因此,适用于灌水频繁、经济价值高的蔬菜及经济作物区。



半固定管道式喷灌系统的动力、水泵和干管是固定的，支管和喷头是移动的，故称为半固定管道式喷灌系统。这种形式在干管上装有很多给水栓，喷灌时把支管接在干管给水栓上进行喷灌，喷洒完毕再移接到下一个给水栓继续喷灌。由于支管可以移动，减少了支管数量，提高了设备利用率，降低了投资。适用于矮秆大田粮食作物，其他作物适用面也比较宽，但不适宜对高秆作物、果园使用。为便于移动支管，管材应为轻型管材，如薄壁铝管、薄壁镀锌钢管、塑料管等，并且配有各类快速接头和轻便连接件、给水栓。

移动管道式喷灌系统的干、支管道均为移动使用。这种喷灌系统设备利用率高，投资较低，但劳动强度较大。

(2) 机组式喷灌系统。由喷头、管道、加压泵及动力机等部件组成，集加压、行走、喷洒于一体，称为喷灌机组。以喷灌机组为主体的喷灌系统称为机组式喷灌系统。按喷灌机运行方式可分为定喷式和行喷式两类。

定喷式喷灌机组是指喷灌机工作时，在一个固定的位置进行喷洒，达到灌水定额后，按预先设定好的程序移动到另一个位置进行喷洒，在灌水周期内灌完计划灌溉的面积。包括手推（抬）式喷灌机、拖拉机悬挂式（或牵引式）喷灌机、滚移式喷灌机等。

行喷式喷灌机组是在喷灌过程中一边喷洒一边移动（或转动），在灌水周期内灌完计划灌溉的面积。包括拖拉机双悬臂式喷灌机、中心支轴式喷灌机、平移式喷灌机、卷盘式喷灌机等。

按配用动力的大小，喷灌机组又包括大、中、小、轻等多种规格品种。我国应用最多的是轻小型喷灌机，图 1-2、图 1-3 为我国常用的小型喷灌机，它具有结构简单、使用灵活、价格较低等优点，缺点是机具移动频繁，特别是在泥泞的道路上移动困难。此外，像平移式喷灌机、滚移式喷灌机、软管牵引卷盘式喷灌机等大中型喷灌机也有一定范围的应用。

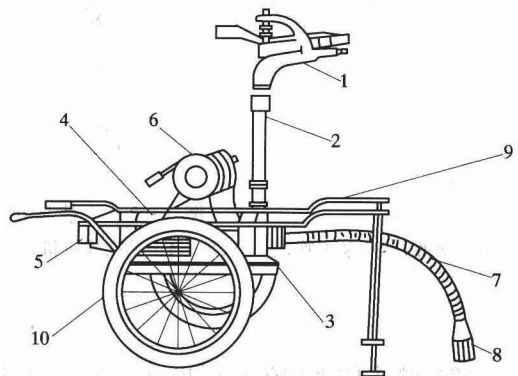


图 1-2 手推直连式喷灌机（电动机配套）

1—喷头；2—竖管；3—水泵；4—电动机；5—开关；
6—电缆；7—吸水管；8—底阀；
9—机架；10—车轮

三、主要喷灌技术要素

喷灌强度、喷灌均匀系数和喷灌雾化指标是衡量喷灌质量的主要指标。因此，进行喷灌时要求喷灌强度适宜，喷洒均匀，雾化程度好，以保证土壤不板结，结构不被破坏，作物不损伤。

1. 喷灌强度 ρ

喷灌强度是指单位时间内喷洒在单位面积上的水量，或单位时间内喷洒在田面上的水层深，一般用 mm/h 或 mm/min 表示。由于喷洒时水量分布常常是不均匀的，因此喷灌强度有点喷灌强度、喷头平均喷灌强度和系统的组合喷灌强度。

(1) 点喷灌强度 ρ_i 。是指某一单位时段 Δt 内喷洒到田面某点的水深 Δh ，即