



普通高等教育“十二五”规划教材
示范院校重点建设专业系列教材

节水灌溉技术

主 编 刘建明 梁 艺
副主编 张仲驰 姜忠秋 王务华
主 审 田明武



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

示范院校重点建设专业系列教材

节水灌溉技术

主 编 刘建明 梁 艺

副主编 张仲驰 姜忠秋 王务华

主 审 田明武



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

根据全国高职高专水利类专业人才培养目标及节水灌溉工程一线岗位对工程技术人员能力要求编写,本书内容主要包括节水灌溉技术现状分析、地面灌溉节水技术、喷灌工程技术、微灌工程技术、低压管道输水灌溉工程技术、渠道防渗工程技术、水稻节水灌溉技术及节水灌溉管理技术等8个项目。通过学习,培养学生从事节水灌溉工程规划设计及施工安装的实践动手能力,为后续专业课的学习及走向工作岗位奠定基础。

本书适合高职高专水利类专业教学,以及节水灌溉工程技术人员及其他相关专业人员学习参考和培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉技术 / 刘建明, 梁艺主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 1
普通高等教育“十二五”规划教材. 示范院校重点建设专业系列教材
ISBN 978-7-5170-3074-4

I. ①节… II. ①刘… ②梁… III. ①农田灌溉—节约用水—高等学校—教材 IV. ①S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第070497号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 示范院校重点建设专业系列教材 节水灌溉技术
作 者	主 编 刘建明 梁 艺 副主编 张仲驰 娄忠秋 王务华 主 审 田明武
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 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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
刷 印	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.5印张 296千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书由四川水利职业技术学院和四川省农田水务局共同编写。

据预测，在 2030 年前后我国将达到 16 亿人口高峰，粮食需求将增加到 6.4 亿~7.2 亿 t。按照现有水平预测，为了满足这种粮食需求，灌溉面积需要发展到 9.0 亿亩，农业灌溉用水量将从现在的 4000 亿 m^3 增加到 6650 亿 m^3 。从目前我国水资源供需状况来看，如此大的农业水资源供给是不可能实现的，农业将缺水 500 亿~700 亿 m^3 。要解决耕地面积有限、淡水资源紧缺和粮食需求上涨之间的难题，出路只有一条，即节水灌溉的发展是必由之路。

本书为适应我国大规模发展节水灌溉的需要，着重阐述了各种节水灌溉工程技术的规划设计、施工安装、运行管理，还介绍了节水灌溉的管理技术，力求为从事节水灌溉的技术人员提供较为完整的工程技术和管理技术。本书在编写工程中，除了参考已有的成熟的研究成果和经验外，还收入了新技术、新方法和新设备，以提高本教材的科学性、先进性和适用性。

本书由四川水利职业技术学院的刘建明、梁艺任主编，张仲驰和娄忠秋任副主编，田明武任主审。参加本书编写工作的有梁艺（项目一、项目四）、张仲驰（项目五、项目六）、娄忠秋（项目三、项目七、项目八）、四川省农田水务局王务华（项目二）。

本书在编写过程中，四川省农田水务局王务华提供了部分资料并提出很好的修改意见和建议，还得到四川省水利科学研究院的大力支持，在此表示感谢。本书参考和引用了国内外有关专家的大量文献，在此一并表示衷心的感谢！

由于水平有限，本书存在疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

2014 年 8 月

前言

项目一 节水灌溉技术现状分析	1
任务一 节水灌溉技术体系	2
任务二 国外节水灌溉的发展	3
任务三 我国节水灌溉的发展	4
思考题	9
项目二 地面灌溉节水技术	10
任务一 概述	10
任务二 传统地面灌溉技术	14
任务三 节水型畦灌技术	16
任务四 节水型沟灌技术	23
任务五 膜上灌灌水技术	26
任务六 波涌灌溉技术	29
任务七 地面灌溉的质量评价	34
思考题	37
项目三 喷灌工程技术	38
任务一 概述	38
任务二 喷灌设备	41
任务三 喷灌质量控制参数	44
任务四 管道式喷灌系统规划设计	48
任务五 喷灌工程施工组织及安装	60
任务六 运行管理	61
思考题	64
项目四 微灌工程技术	65
任务一 微灌工程概述	65
任务二 微灌系统主要设备	69
任务三 微灌工程规划设计	81
任务四 滴灌工程设计示例	93
任务五 微灌工程施工安装	100

任务六	微灌工程运行管理	104
思考题		108
项目五	低压管道输水灌溉工程技术	110
任务一	低压管道输水灌溉工程布置原则	110
任务二	低压管道输水灌溉工程设计内容	112
任务三	低压管道输水灌溉工程设计参数的确定方法	126
任务四	低压管道灌溉工程施工与运行管理	132
任务五	低压管道灌溉工程规划设计示例	139
思考题		143
项目六	渠道防渗工程技术	144
任务一	渠道防渗工程的类型及特点	144
任务二	渠道防渗工程规划设计	151
任务三	渠道防渗工程的防冻措施	161
任务四	渠道防渗施工方法及管理	165
思考题		168
项目七	水稻节水灌溉技术	169
任务一	水稻控制灌溉技术	169
任务二	水稻“薄、浅、湿、晒”灌溉模式	171
任务三	水稻薄露灌溉	173
思考题		175
项目八	节水灌溉管理技术	176
任务一	非充分灌溉条件下的作物灌溉制度	176
任务二	作物灌溉预报技术	179
任务三	灌区量测水技术	182
任务四	灌溉自动化控制技术	184
任务五	节水灌溉工程管理模式	189
思考题		191
参考文献		192

项目一 节水灌溉技术现状分析

项目任务书

项目名称		节水灌溉技术现状分析	参考课时	2
学习型工作任务		任务一 节水灌溉技术体系		1
		任务二 国外节水灌溉的发展		0.5
		任务三 我国节水灌溉的发展		0.5
项目任务		掌握节水灌溉的概念及工程技术手段		
教学内容		(1) 节水灌溉技术体系；(2) 国外节水灌溉的发展；(3) 我国农业节水灌溉的发展		
教学目标	知识	(1) 国内外节水灌溉的发展；(2) 节水灌溉的概念；(3) 节水灌溉的工程技术手段、管理手段和政策手段		
	技能	掌握节水灌溉的工程技术手段、管理手段和政策手段		
	态度	(1) 具有刻苦学习精神；(2) 具有吃苦耐劳精神；(3) 具有敬业精神；(4) 具有团队协作精神；(5) 诚实守信		
教学实施		通过对现状缺水分析，引出节水灌溉的概念、发展节水灌溉的重要性，进而介绍节水灌溉的技术体系		
项目成果		对节水灌溉认识的总结		
技术规范		GB/T 50363—2006《节水灌溉工程技术规范》，GB/T 50085—2007《喷灌工程技术规范》，GB/T 50485—2009《微灌工程技术规范》，SL 18—2004《渠道防渗工程技术规范》，GB/T 20203—2006《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》，GB 6956—86《喷灌机械名词术语》，SL 236—1999《喷灌与微灌工程技术管理规程》		

据预测，在 2030 年前后我国将达到 16 亿人口高峰，粮食需求将增加到 6.4 亿~7.2 亿 t。按照现有水平预测，为了满足这种粮食需求，灌溉面积需要发展到 9.0 亿亩，农业灌溉用水量将从现在的 4000 亿 m³ 增加到 6650 亿 m³。从目前我国水资源供需状况来看，如此大的农业水资源供给是不可能实现的，农业将缺水 500 亿~700 亿 m³。

据预测，到 2050 年，世界总人口将由目前的 70 亿增加到 90 亿，人类对粮食的需求将在当前的水平上再增长 70%~100%。

世界淡水资源日益紧缺，而人类对粮食的需求也不断上升，淡水资源已经成为农业发展和世界粮食供应的安全威胁。

该如何解决耕地面积有限、淡水资源紧缺和世界粮食需求上涨之间的难题？

要解决耕地面积有限、淡水资源紧缺和世界粮食需求上涨之间的难题，出路只有一条，即提高农业灌溉水利用效率，节水农业的发展是必由之路。

如果我国把农业灌溉水的利用率由目前的 0.47 提高到发达国家的 0.7，则仅节水灌溉一项每年即可节水 900 亿~950 亿 m³，不仅可以解决 7 亿 t 左右粮食生产的用水，还可



以富裕出 400 亿~500 亿 m^3 的水用于国民经济的其他重要领域。

任务一 节水灌溉技术体系

目标: (1) 了解国内外节水灌溉的发展。

(2) 掌握节水灌溉的概念及工程技术手段。

要点: 节水灌溉的概念及工程技术手段。

一、节水灌溉的概念

GB/T 50363—2006《节水灌溉工程技术规范》对节水灌溉 (water - saving irrigation) 的定义是: 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。

二、节水灌溉技术体系

节水灌溉是以节约农业用水为中心的高效技术措施, 它是科技进步的产物, 也是现代化农业的重要内涵, 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, 适宜的农业技术和用水管理等综合技术措施, 充分提高农业水利用率和水的生产效益及效率, 保证农业持续稳定发展。因此, 节水灌溉技术体系包括以下内容。

1. 工程技术类节水

(1) 水资源的合理开发利用技术。农业水资源的合理开发利用, 是指采用必要的工程措施, 对天然状态下的水进行调控和有计划的分配, 为农业生产提供所必需的水量。

农业水资源的合理开发利用技术的主要内容包括: 雨水集蓄利用技术 (图 1-1)、坑塘截流调控地下水、深沟河网蓄水、不同水源的联合利用技术, 机井测试改造技术, 灌溉回归水利用技术和劣质水改造利用技术 (图 1-2) 等。



图 1-1 雨水集蓄技术

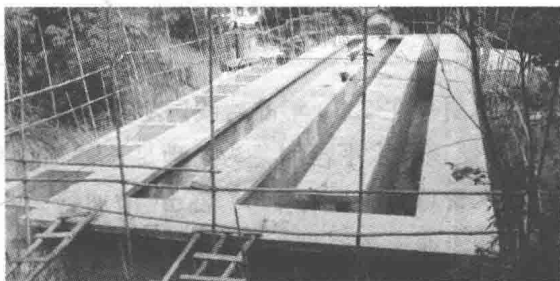


图 1-2 高含沙水的利用——迷宫式沉淀池

(2) 渠系输水工程节水。主要包括渠道防渗技术和管道输水。

1) 渠道防渗技术是指为减少渠道渗漏损失而采取的各种工程技术措施, 是目前应用最广的节水技术之一, 如图 1-3 所示。防渗处理后渠系水利用系数可从 0.24 提高到 0.55 左右, 提高了渠系水利用系数, 减少了输水损失。

2) 低压管道输水灌溉 (简称管灌) 工程是以低压管道代替明渠输水灌溉的一种工程形式, 如图 1-4 所示。低压管道输水可以大大减少输水过程中的渗漏和蒸发损失, 使输水效率达 95% 以上。

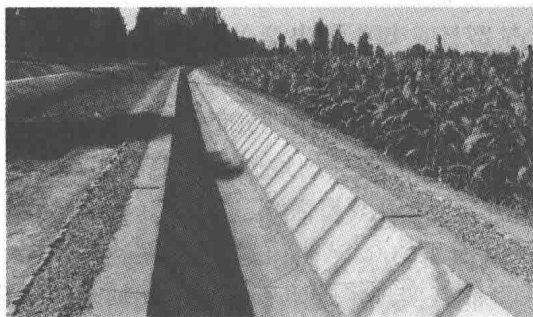
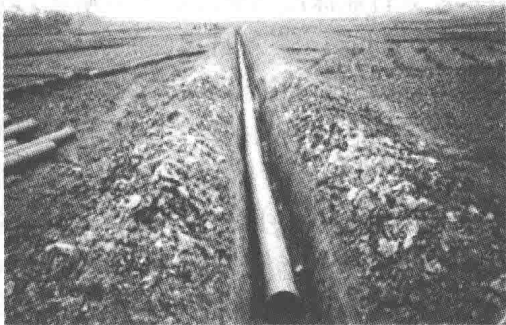


图 1-3 渠道防渗



1-4 低压管道输水灌溉（简称管灌）工程

(3) 田间灌水工程节水。包括改进的地面灌水技术、喷灌（图 1-5）、滴灌（图 1-6）、膜上灌或膜下灌、水稻“浅、薄、湿、晒”节水灌溉技术、激光平整土地等。

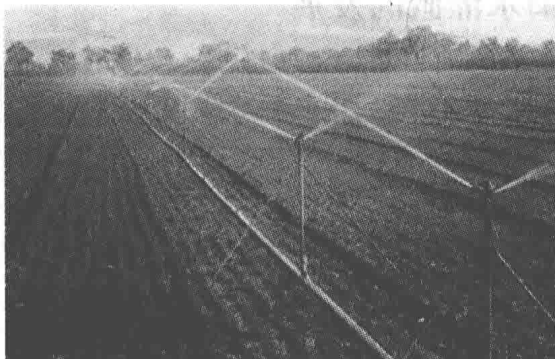


图 1-5 喷灌



图 1-6 滴灌

2. 管理类节水

管理类节水包括实施节水灌溉制度、土壤墒情检测预报技术、灌区配水及量水技术、现代化灌溉管理技术等。

3. 政策类节水

政策类节水包括建立节水灌溉技术服务体系、改进水管理体系、水价与水费计收标准及方法、制定可持续发展节水奖惩政策等。

任务二 国外节水灌溉的发展

目标：了解国外节水灌溉的发展。

要点：先进国家节水灌溉的发展情况。

目前，欧美等农业发达国家在节水灌溉方面已经取得重大进展，节水灌溉的普及程度较高。在发达国家，喷灌技术、微灌技术、渠道防渗工程技术、管道输水灌溉技术等节水灌溉技术已经较为成熟，其中喷灌、滴灌又是最先进的节水灌溉技术，欧美发达国家 60%~80% 的灌溉面积采用喷灌、滴灌的灌溉方法，农业灌溉率约为 70% 以上。据《中



国节水灌溉行业深度调研与投资战略规划分析报告前瞻》数据显示,目前全世界的总耕地面积为 15 亿 hm^2 ,有灌排设施的耕地面积仅占 27%,却生产出全世界 55% 的粮食,预计今后新增的粮食产量中 80%~90% 将来自有灌排设施的耕地。

尽管美国和罗马尼亚的有效灌溉面积不多,但喷灌和微灌面积却分别占到有效灌溉面积的 54.4% 和 80% 以上。近 20 年来,全世界微灌面积年平均增长速度高达 33%,总面积已达 377 万 hm^2 。印度微灌面积增加了 3.72 倍,美国微灌面积达 105 万 hm^2 ,占世界微灌总面积的 27.9%,而中国微灌面积仅占灌溉面积的 0.5% 左右。世界发达国家对低压管道输水非常重视,如美国的输水管道化在大型灌区实现了近半;而日本在输水管道化方面更是超前一步,地下滴灌可利用污水进行灌溉,美国堪萨斯州已将地下滴灌作为利用污水进行大田作物灌溉的一种主要灌水技术。据估计,美国地下滴灌面积已达 15.607 万 hm^2 ,分别占微灌面积和灌溉总面积的 5% 和 0.6%。

任务三 我国节水灌溉的发展

目标: 了解国内节水灌溉的发展。

要点: 国内发展节水灌溉的前景。

一、发展节水灌溉的意义

我国是水资源短缺的国家,时空分布不均,且人均水资源不足。目前,我国人均水资源占有量约为 2100m^3 ,仅为世界人均水平的 28%,在世界上排第 121 位,是全球 13 个贫水国家之一。预计到 2030 年我国人均水资源量将下降到 1760m^3 ,逼近国际公认的 1700m^3 严重缺水警戒线,缺水已经成为制约我国经济发展和社会进步的重要因素。

中国水土资源不匹配。南方地区水资源占全国总量的 81%,耕地面积占全国总量的 40%,人口占全国总数的 54%;北方地区水资源占全国总量的 19%,耕地面积占全国总量的 60%,人口占全国总数的 46%。

在我国,农业用水占全社会用水需求的 64.10%,比重较大,而一些发达国家农业用水比例仅为 50% 左右,如北美和美洲中部农业用水占 49%,欧洲一些国家农业用水仅占 38%。农业灌溉水利用系数和水分生产效率是衡量灌溉水利用是否节约高效的重要指标,在我国农业灌溉水利用系数仅为 0.50,远低于发达国家 0.7~0.8 的水平;水分生产效率仅为每立方米水生产粮食 1.0kg,远低于国际先进水平的 2.0kg。鉴于我国水资源短缺且农业灌溉用水有效利用率低下的现状,大力发展节水农业,提高农业灌溉用水效率,从而降低农业用水总需求的比例,将有效的水资源更多地用于发展工业和提高生活品质,是缓解水资源与生产生活之间日趋紧张矛盾的需要,是经济社会发展的必然要求,是保障我国经济社会可持续发展的战略选择,也是建设社会主义新农村、构建节约型社会的重要内容。

上述资料表明:在我国实行节水农业、发展农业节水灌溉是大势所趋,要实现农业的可持续发展,当前形势下只有一条路,就是节水灌溉。

二、节水灌溉的发展概况

我国节水农业发展的历史源远流长,而且与灌溉农业的发展密切相连。在距今 4000



多年以前就有了临河挖渠、凿井汲水的灌溉农业，在漫长的历史岁月中，灌溉农业的建设绵延不断，对促进当时的农业生产和社会经济发展起到了十分重要的作用。灌溉农业的发展主要受水资源的制约，古代的劳动人民在与旱灾进行的长期斗争中，已懂得采用一些简单的节水农业技术，如夯实输水土渠的渠床减少输水渗漏损失；在蒸发量大的西北农田上铺上石子以减少农田土壤水分的蒸发损失等，对节约农业用水起到了一定作用。但是，由于社会和技术等原因，到1949年我国节水农业的基础十分薄弱，除了在少数灌区建设有少量渠道防渗外，基本上仍是空白。新中国成立后随着我国灌溉农业的大规模发展，农业水资源的供需矛盾逐渐呈现，节水农业技术开始受到有关部门的重视。20世纪五六十年代，水利部门就开展了节水灌溉技术研究，到70年代初某些技术已大面积在农业生产中推广应用。如在自流灌区大力推广渠道防渗衬砌减少输水渗漏损失，田间开展平整土地、划小畦块，推行短沟或细流沟灌，建立健全用水组织，实行计划用水，按方收费。70年代中期在机电泵站和机井灌区进行节水节能技术改造。70年代中到80年代初，在丘陵山区，土壤透水性强、水源奇缺以及实行抗旱灌溉的北方地区和南方经济作物区，推广喷灌、微灌等先进灌水技术。80年代初到90年代初，在北方井灌区大面积发展低压管道输水灌溉技术。从90年代开始，进一步将节水灌溉工程技术、农业技术和管理技术有机结合，形成配套技术，并大面积推广田间灌溉、科学用水技术，如小麦优化灌溉、水稻浅湿灌溉、膜上灌等。与此同时，以提高降水利用率为目标的旱地农业增产技术也得到大面积推广应用。这些技术的大范围推广应用，使我国节水农业的发展提高到一个新水平。

三、节水灌溉取得的成就

我国政府非常重视节水灌溉技术在农业领域的应用，在政策和资金上大力扶持节水灌溉行业的发展，每年均投入大量资金用于节水灌溉工程的建设以及灌区节水工程的改造，农业灌溉面积和节水灌溉面积逐年大幅增加，农业灌溉用水利用效率也在不断提高，截至2010年末，全国农业灌溉水利用系数为0.50，节水灌溉取得了很大的成就。

1. “九五”期间取得的成就

党的十五届三中全会提出，要把推广节水灌溉作为一项革命性措施来抓。经国务院批准成立了全国节约用水办公室，加强节水工作，全社会节水意识增强。根据《水利发展十五规划》，“九五”期间，全国用于节水灌溉工程建设的投资达430亿元，重点组织实施了300个节水增产示范县建设和200多个大型灌区以节水为中心的续建配套和技术改造。全国发展工程节水灌溉面积近1.2亿亩，累计达2.5亿亩，灌溉用水效率明显提高，全国亩均灌溉用水量从1995年的 476m^3 减少到2000年的 439m^3 。各地相继出台了一些节约用水的政策措施，有力地加强了需水管理，城市及工业节水力度加大，全国城市累计节约用水量100多亿 m^3 。

2. “十五”期间取得的成就

根据《水利发展十一五规划》，“十五”期间，全国对306个大型灌区，99个中型灌区进行节水改造，建设了1100多个节水增效示范项目，全国新增工程节水灌溉面积7420万亩，新增有效灌溉面积2323万亩，农业节水灌溉年节水60亿 m^3 ，形成120亿 m^3 的节水能力。



3. “十一五”期间取得的成就

根据《水利发展十二五规划》,“十一五”期间,全国对434处大型灌区和216处中型灌区进行续建配套节水改造,其中80处大型灌区基本完成规划骨干工程建设任务,开工建设了一批新灌区,对200多处大型灌排泵站进行更新改造,节水灌溉增效示范和牧区水利试点初见成效。新增高效节水灌溉面积4660万亩,农田灌溉水有效利用系数提高到0.50。

四、节水灌溉发展前景

随着我国经济社会的进一步发展,水资源的战略性地位日渐重要,发展节水灌溉已经成为缓解我国水资源紧缺矛盾的战略选择。发展节水灌溉,不但是保证国家供水安全、粮食安全和经济社会可持续发展的需要,也是恢复和建设良好生态系统的需要,并有利于调整农业和农村产业结构、增加农民收入、发展现代农业、促进农业机械化和农村水利现代化,提高农业生产率、解放农村劳动力。可以从以下几个方面阐述节水灌溉良好的发展前景。

(1) 目前我国先进灌溉技术占比较低,未来发展空间广阔。全国有一半以上的耕地面积没有灌溉设施,属于“靠天吃饭田”;60%的有效灌溉面积还在沿用传统落后的灌溉方法。在工程节水灌溉面积中,采用喷滴灌等现代先进节水灌溉技术的比例很低,绝大部分只是按低标准初步进行了节水改造,输水渠道的防渗衬砌率较低。

相比国外而言,美国的有效灌溉面积为3.83亿亩,不足我国的一半,但喷灌和滴灌面积却占87%左右。以色列80%以上的灌溉面积采用了先进的滴灌技术,瑞典、英国、奥地利、德国、法国、丹麦、匈牙利、捷克、罗马尼亚等国家,喷灌和滴灌面积占灌溉面积的比例都达到了80%以上。

因此,不管是相对于国外,还是相对于我国严峻的缺水形势,滴灌等先进、高效灌溉技术在我国的应用比例还很低,有着巨大的发展空间和市场潜力。

(2) 我国北方地区尤其是西北地区,绝大部分土地干旱缺水,具有发展滴灌等先进节水灌溉技术的良好市场前景。以色列沙漠农业的成功经验证明,环境是可以改变的,滴灌技术是最适合干旱、半干旱及沙漠地区推广使用的节水灌溉技术。我国北方大部分地区干旱缺水,尤其是西北地区缺水更为严重,同时面临土地盐碱化和荒漠化的威胁,西北地区大片的土地正被风沙所侵蚀,形势极其严峻。滴灌等先进灌溉技术在北方地区的大面积推广应用,可以有效缓解水资源危机,提高农作物产量,改善生态环境,遏制西北地区的荒漠化进程。因此,在北方地区滴灌技术具有良好的市场发展前景。

(3) 近年来由于全球气候变暖,干旱灾害频发使农作物减产,对加大节水灌溉投入力度、大力发展滴灌等节水灌溉技术提出了现实的和迫切的需求。

(4) 水利发展规划的制定,保证了节水灌溉行业持续、稳定地发展。根据《水利发展十二五规划》,“十二五”期间,把节水灌溉作为发展现代农业的一项根本性措施和重大战略来抓,因地制宜大力推广渠道防渗、管道输水、微灌、滴灌、喷灌等节水灌溉技术。采用地膜覆盖、深松深耕、保护性耕作等技术,积极发展旱作农业。推动农业节水增效技术的综合集成和规模化、产业化发展,优先推进水资源短缺地区、生态脆弱地区和粮食主产区农业高效节水工程建设,争取5年内新增高效节水灌溉面积5000万亩,全国农田灌溉



水有效利用系数达 0.53 以上。稳步发展牧区水利,建设节水高效灌溉饲草料地。

充分发挥现有灌溉工程作用,力争完成 70% 以上的大型灌区和 50% 以上的重点中型灌区骨干工程续建配套与节水改造任务,新增农田有效灌溉面积 4000 万亩。初步建立抗旱减灾体系,全面加强重要城市应急备用水源的建设,干旱易发区、粮食主产区抗旱能力显著提高。

(5) 我国的节水灌溉技术发展呈现以下趋势。

1) 因地制宜,继续普及与推广先进的喷、微灌技术。目前,我国节水灌溉工程中,喷、微灌技术所占的比重还比较低,与发达国家相比较还有大的差距。目前,国内外喷、微灌技术正朝着低压、节能、多目标利用、产品标准化和系列化及运行管理自动化方向发展。任何一项节水灌溉技术都有其适用的自然条件和经济条件,普及与推广喷、微灌技术必须坚持因地制宜的原则。在有条件的地区,应大力发展地下滴灌技术,就是在灌溉过程中,水通过地里毛管上的灌水器缓慢渗入附近土壤,再借助毛细管作用或重力扩散到整个作物根层的灌溉技术。由于在灌溉过程中几乎没有水分蒸发损失,而且对土壤结构的破坏轻,因此在各项节水灌溉技术中,该项技术的节水增产效果最为明显,而且便于农田作业和管理,特别适合于在我国西北地区干旱、高温、风大的自然条件下推广应用。

2) 实现灌溉渠系管道化。我国已基本普及了井灌区低压管道输水技术,今后的发展方向是大型渠灌区渠系管道化,并加快相应大口径塑料管材的开发生产。此举可推动生产制造业的发展,并且可以减少水在运输过程中的损耗。

3) 发展现代精细地面灌溉技术。土地平整是改进地面灌溉的基础和关键,由于我国地面灌溉量大、面广,急需推广应用激光控制平地技术、水平畦田灌溉技术、田间闸管灌溉系统以及土壤墒情自动监测技术等一切改进地面灌溉措施,逐步实现田间灌溉水的有效控制和适时适量的精细灌溉。

4) 研究和推广非充分灌溉技术。非充分灌溉理论源于传统的充分灌溉理论,但不是传统的充分灌溉理论简单的延伸,它将与生物技术,信息技术及“四水”转化理论等高新节水技术和理论相结合,创建新的灌溉理论及技术体系,它将对现有灌溉工程的规划设计及灌溉管理模式等生产巨大的冲击和影响。我国北方一些地区已经实行了减少灌溉次数等非充分灌溉方式,一些科研单位和灌溉试验站也开始了一些非充分灌溉的实验研究。

5) “3S”技术在农业节水灌溉中的应用

3S 技术是遥感技术 (Remote Sensing, RS)、地理信息系统 (Geography Information Systems, GIS) 和全球定位系统 (Global Positioning Systems, GPS) 的统称,是空间技术、传感器技术、卫星定位与导航技术和计算机技术、通信技术相结合,多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。

进入 21 世纪,空间遥感得到了大力发展,更多的卫星被送上太空,从而使“3S”技术在农业节水领域中应用成为可能。使农业灌溉管理更加科学、精确。我国农业结构和水土资源分布具有很强的区域性,各地区发展不平衡,应当根据不同地区的自然经济状况、气候条件、农业生产经营方式、作物种类、经济发展水平等,科学确定不同地区,不同阶段的节水灌溉发展模式,加快研究开发先进,适用的农业高效用水技术与设备。

6) 其他的节水灌溉新技术。



a. 污水喷灌技巧。利用污水喷灌是将污水解决与农业用水连接起来的一种污水解决方法,同时又是一种开源节流的灌溉方法。喷灌净化污水,就是将污水喷洒在田里,利用泥土、微生物和作物来分解污水中的一些成分,并使部分水蒸气散到大气中,部分水经泥土净化后浸透泄出再利用。

在利用污水喷灌时,应先对污水进行积淀、筛滤,除去固体污物,有的还需加入消毒杀菌剂。污水灌的作物应以除蔬菜以外的经济作物为主,对于谷类作物最好只用于作物生育前期,在作物收获前一段时间应停滞污水灌。污水灌的泥土以砂壤土、壤土和壤质砂土为好,水量应连接作物的品种和生育期判别,如在作物苗期、早春和晚秋应少灌。履行污水灌要避免大定额灌溉,免得造成地表及地下径流,灌溉强度以不造成泥土黏闭和不产生地表径流为原则。如污水水质不符合灌溉水质标准时,可采取清水污水混杂方法,使混杂后的水质合乎灌溉要求后再进行喷灌。此技巧较庞杂,最好在专家指点下使用。

b. 咸水灌溉技巧。咸水灌溉技巧主要包括不同水质的水混灌和轮灌,此外,还有依据电浸透作用原理利用地下咸水灌溉的技巧。

混灌是将两种不同的灌溉水混杂使用,包括咸淡混灌、咸碱(低矿化碱性水)混灌和两种不同盐渍度的咸水混灌,目标是下降灌溉水的总盐渍度或改变其盐分组成。混灌在提高灌溉水水质的同时,也增长了可灌水的总量,使以前不能使用的碱水或高盐渍度的咸水得以利用。

轮灌是依据水资源散布、作物品种及其耐盐性和作物生育阶段等交替使用咸淡水进行灌溉的一种方法。如旱季用咸水,雨后有河水时用淡水;强耐盐作物(如棉花)用咸水,弱耐盐作物(如小麦、玉米、大豆)用淡水;播前和苗期用淡水,而在作物的中、后期用咸水。轮灌可充分、有效地发挥咸淡水各自的作用和效益。

奥地利研究人员利用电浸透作用原理研制出一种灌溉系统,该系统使地下水经泥土毛细管及各种孔隙上升到地表层,同时从汇集于电极周围的某些盐类中游离出净水,上升到地表层供作物利用。其装备是由两组电极组成,将一组装有正电极的金属管打入地下水位以下,另一组为负电极的导体栅网,埋于与植物根部深度相等的地方。依据土质结构及泥土含盐量,接通2~12V电源,就会在两极间建立直流电场,产生电浸透效果。这种灌溉系统适用于地下水较丰盛的干旱区果园、草坪及固沙植物等。

c. 利用空气中的水分进行灌溉。利用空气中的水分进行灌溉就是经过一定的设施来收集空气中的水分,直接供给植物利用或汇集到蓄水池中以供灌溉之用。德国研究人员用一圆筒来收集空气中的水分,其内壁涂有吸聚阳光热的涂料,圆筒与若干个喷嘴管衔接,将喷嘴管在两行植物根部之间。白天高温烤热的空气经圆筒进入喷嘴管里,到了夜间降温时,空气中的水分就凝结成了露水珠而流到作物的根部。秘鲁的研究人员沿海岸垂直张挂一些大型尼龙网,以吸聚雾气,待雾变为水后流进蓄水池,以供沿海滩涂灌溉之用。智利的科研人员利用沙漠地区的云雾来改造沙漠,他们在巨大的框架上面安装由聚丙烯塑料制成的双层网来“捕捉”云雾,云雾在网上凝结成水,汇集到储水池中,以供种植的林草或天然沙生植物的灌水之用。

澳大利亚设计师爱德华·李纳克尔设计的空投灌溉系统能从稀薄的空气中提取水,也许最终它能解决受干旱影响的土地问题。空投灌溉系统的原理:即使是最干旱的空气,只



要它包含水分子，它就能通过把空气温度降低到冷凝点的方法，提取出水分。该装置把空气输送到一个地下管道网，利用地上和地下的温差把热空气降温到冷凝点，等水分凝结成液体，它会直接把水输送到植物根部，如图 1-7 所示。李纳克的研究显示，从最干旱的沙漠地区每立方米的空气中能够收集到 11.5mL 水。



图 1-7 空投灌溉系统

对于沙漠地区和缺少淡水的沿海地区，利用空气中的水分进行灌溉是一种可取的方法，但如何下降成本、提高效率和适用性是今后应着重解决的问题。

d. 光伏提水技术。微灌、喷灌、滴灌等先进的节水灌溉技术，结合光伏提水系统可以更好地组成真正意义上的节水灌溉系统。

光伏提水技术主要由太阳能电池板、控制室、水泵等组成，如图 1-8 所示。可以在偏远的无电地区提水灌溉，真正意义上从节水灌溉的出发点进行灌溉，可以达到节电、节水、节能源以及节约人力、物力的效果。

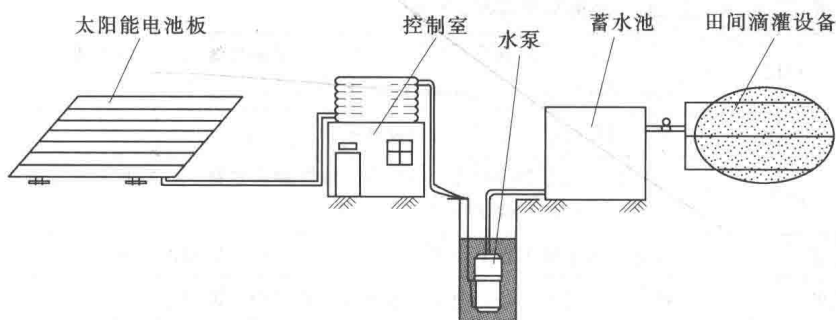


图 1-8 光伏提水系统示意图

思考题

1. 什么是节水灌溉？
2. 节水灌溉可以采用哪些工程技术措施？

项目二 地面灌溉节水技术

项目任务书

项目名称		地面灌溉节水技术	参考课时	10
学习型工作任务		任务一 概述		1
		任务二 传统地面灌溉技术		1
		任务三 节水型畦灌技术		2
		任务四 节水型沟灌技术		2
		任务五 膜上灌灌水技术		1
		任务六 波涌灌溉技术		2
		任务七 地面灌溉的质量评价		1
项目任务		学会各种地面节水灌溉技术的特点、适用条件、技术要素等		
教学内容		(1) 地面灌溉技术基础知识；(2) 传统地面灌溉技术；(3) 四种节水型地面灌溉技术；(4) 地面灌溉的质量评价		
教学目标	知识	(1) 了解地面灌溉技术基础知识；(2) 了解传统地面灌溉技术；(3) 掌握四种节水型地面灌溉技术；(4) 掌握地面灌溉的质量评价的方法		
	技能	能根据实际情况选用合适的灌溉技术		
	态度	(1) 具有刻苦学习精神；(2) 具有吃苦耐劳精神；(3) 具有敬业精神；(4) 具有团队协作精神；(5) 诚实守信		
教学实施		对某地面灌溉工程实地考察参观，然后对相关知识进行讲解		
项目成果		(1) 课后实习；(2) 地面节水灌溉工程的设计说明书		
技术规范		GB/T 50363—2006《节水灌溉工程技术规范》，GB 50288—99《灌溉与排水工程设计规范》		

长期以来，在农业发展中我国一直都是采用地面灌溉的传统方式，但是在全球都面临着水资源匮乏的形式下，就要对灌溉方式进行改进。我国的广大农村地区，由于经济实力问题和管理技术的问题，要想实行大面积推广喷灌、滴灌、渗灌等先进灌水技术是比较困难的，因此我们就要在传统的地面灌溉的基础上进行技术革新，研究和推广地面节水技术。

地面灌溉占我国灌溉总面积的 95% 以上，采用地面灌溉节水技术，是提高农田水利用率、从根本上缓解我国水资源短缺的重要技术措施。有哪些节水型的地面灌溉技术，应该怎么灌溉呢？下面加以介绍。

任务一 概 述

目标：(1) 了解地面灌溉节水技术的手段及特点。



(2) 掌握地面灌溉节水技术的类型及模式。

要点：地面灌溉节水技术的类型及模式。

一、地面灌溉节水技术的手段

鉴于我国水资源与能源短缺、经济实力不足、广大农村地区的技术管理水平较低的现实，大面积推广喷、微灌等先进灌水技术还受到很大的限制，因此在今后相当长的一段时间内，我国还仍须加大田间工程的建设力度，大力研究和推广节水型地面灌水技术，主要有以下手段。

1. 平整土地，设计合理的沟、畦尺寸与灌水技术参数

平整土地是提高地面灌水技术和灌水质量、缩短灌水时间、提高灌水劳动效率和节水增产的一项重要措施。结合土地平整，进行田间工程改造，划长畦（沟）为短畦（沟），改宽畦为窄畦，设计合理的畦沟尺寸和入畦（沟）流量，可大大提高灌水均匀度和灌水效率，图 2-1 所示为节水型畦灌。



图 2-1 节水型畦灌

陕西洛惠渠的研究表明，在入畦单宽流量为 $3 \sim 5 \text{ L/s}$ 时，灌水定额随畦长而变，当畦长由 100 m 改为 30 m 时，灌水定额减少 $150 \sim 204 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ；当畦长 $30 \sim 100 \text{ m}$ 时，畦单宽流量从 2 L/s 增加到 5 L/s ，灌水定额可降低 $150 \sim 225 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

宝鸡峡灌区进行深层渗漏的对比试验，灌水定额小于 $675 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，基本不发生深层渗漏；灌水定额 $825 \sim 990 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时，约有 $150 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 水产生深层渗漏；灌水定额 $1350 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时，有一半水成为深层渗漏水。

我国幅员辽阔，各地地形和土质差异较大，因此难有统一标准，各地应根据田间试验结果，建立计算机模型，通过实验和计算机模拟，给出适合本地的适宜畦沟尺寸和灌水技术参数。

2. 改进地面灌溉湿润方式，发展局部湿润灌溉

改进传统的地面灌溉全部湿润方式，进行隔沟（畦）交替灌溉或局部湿润灌溉，不仅减少了棵间土壤蒸发占农田总蒸散量的比例，使田间土壤水的利用效率得以显著提高，而且可以较好地改善作物根区土壤的通透性，促进根系深扎，有利于根系利用深层土壤储水，兼具节水和增产双重特点，值得大力推广。实践证明，春小麦与春玉米套种隔畦灌，棉花、玉米等宽行作物隔沟灌或隔沟交替灌，湿润面积可减少 50% ，节水高达 30% 以上，增产幅度 $5\% \sim 10\%$ 。玉米坐水种，可节水 $900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，节电 $90 \sim 105 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，增产幅度约 16% ，增收幅度约 28% 。

3. 改进放水方式，发展间歇灌溉

改进放水方式，把传统的沟、畦一次放水改为间歇放水，进行间歇灌（又称波涌灌）。间歇放水使水流呈波涌状推进，由于土壤孔隙会自动封闭，在土壤表层形成一薄封闭层，水流推进速度快。在用相同水量灌水时，间歇灌溉水流前进距离为续灌水流前进距离的 1