

节水农业 综合效益价值评估与 发展模式研究

褚琳琳 陈丹 陈菁 著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

节水农业综合效益价值 评估与发展模式研究

褚琳琳 陈 丹 陈 菁 著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书系统地总结了作者近年来对节水农业综合效益及发展模式的研究成果,共分九章,包括绪论、节水农业特征及其综合效益、以及节水农业综合效益价值评估的研究现状、理论基础、指标体系、评估方法等,并通过实例对此开展了研究工作。除此之外,还对江苏省的节水农业区划及发展模式进行了研究,对节水农业综合效益及发展模式进行了总结与展望。

图书在版编目(CIP)数据

节水农业综合效益价值评估与发展模式研究 / 褚琳琳等著. — 南京:河海大学出版社,2013.12

ISBN 978 - 7 - 5630 - 3576 - 2

I. ①节… II. ①褚… III. ①节水农业-综合效益-效益评价-研究②节水农业-农业发展-发展模式-研究 IV. ①F30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 291305 号

书 名 / 节水农业综合效益价值评估与发展模式研究

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5630 - 3576 - 2/F · 319

作 者 / 褚琳琳 陈 丹 陈 菁

责任编辑 / 谢业保 冀晓宁 胡 健

封面设计 / 周 贤

出版发行 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编: 210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

网 址 / <http://www.hhup.com>

照 排 / 南京紫藤制版印务中心

印 刷 / 南京工大印务有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 8.75

字 数 / 152 千字

版 次 / 2014 年 1 月第 1 版

印 次 / 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 30.00 元

前言

发展节水农业以缓解水资源危机的战略选择是世界各国的共识,同时,节水农业对区域经济、环境、社会也会产生一定的影响。目前在节水农业的发展过程中,对其综合效应和区域特性考虑不足,统筹规划与协调发展不够,节水农业发展基础依然薄弱,农业灌溉水利用率、农业水分生产效率仍较低,节水农业发展未能达到预期目标。对节水农业产生的综合效益进行客观定量评估并探索适宜的发展模式,对制定节水农业发展的科学决策具有重要的指导意义。

为了动态检测和诊断节水农业推广和应用中出现的各种问题,并为宏观决策、分类指导和规划制定提供科学依据,本书主要从节水农业综合效益出发,定量评估节水农业对区域可持续发展所产生的经济效益、环境效益、社会效益及综合效益,并在充分考虑区域差异性和区内一致性的基础上研究了节水农业发展模式。全书共分9章,第1章简要介绍了本文的研究背景、目的与意义、研究内容、方法与技术路线;第2、3章介绍了节水农业技术体系及特点、适用条件,节水农业经济效益、环境效益、社会效益,以及国内外节水农业综合效益价值评估研究现状;第4章介绍了节水农业综合效益价值评估理论基础;第5、6章介绍了节水农业综合效益价值评估指标体系及评估方法;第7、8章通过实例开展了节水农业综合效益评价与区域节水农业发展模式的研究工作;第9章总结了本书的研究内容。

本书是在总结作者近年来对节水农业综合效益及发展模式研究成果的基础上撰写而成的。水利部松辽水利委员会流域规划与政策研究中心的于洪民、梁团豪、王晓妮、侯琳、陈娟、尹雄锐、季叶飞、王鹏勃、张政一等参与了部分研究工作,在此表示感谢。感谢河海大学水利水电学

院和江苏大学流体机械工程技术研究中心对本研究的支持。本研究及书的出版得到了水利部公益性行业科研专项经费项目(编号 201101022 和 201001023)、国家自然科学基金项目(编号 50679020 和 51109056)的支持,在此一并表示感谢!本书引用了国内外同行的许多研究成果,在此向所有参考文献资料的作者表示诚挚的敬意和谢意。

节水农业综合效益价值评估与发展模式研究是一项复杂的系统工程,涉及经济、社会、环境等多学科、多领域。目前国内外有关节水农业综合效益价值评估的研究尚处于探索阶段,还没有形成成熟的理论体系。本研究是一个阶段性成果,希望能起到抛砖引玉的作用。

因作者学术水平与实践经验所限,时间仓促,书中缺点和错误在所难免,敬请读者及同行专家批评指正。

作 者

2013 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 背景	1
1.2 研究目的与意义	3
1.3 研究内容、方法与技术路线	4
第二章 节水农业特征及其综合效益	7
2.1 节水农业内涵	7
2.2 节水农业技术体系	8
2.3 节水农业技术特点及适用条件	10
2.4 节水农业综合效益分析	19
第三章 节水农业及其综合效益价值评估研究现状	26
3.1 节水农业技术研究	26
3.2 节水农业效益评价	28
3.3 研究现状小结	33
第四章 节水农业综合效益价值评估理论基础	34
4.1 可持续发展理论	34
4.2 控制理论	35
4.3 外部性理论	37
4.4 生态系统服务功能价值理论	38
4.5 水资源价值理论	39
4.6 常用评价方法	40
第五章 节水农业综合效益价值评估指标体系	47
5.1 指标体系构建原则	47
5.2 指标体系构建方法	48
5.3 指标体系架构	49
5.4 指标内涵及量化	50

第六章 节水农业综合效益价值评估方法	56
6.1 节水农业综合效益价值评估	56
6.2 综合效益增长速度与稳定性分析	61
6.3 费用效益分析	61
第七章 实例研究	64
7.1 研究区域概况	64
7.2 区域节水农业发展概况	67
7.3 区域节水农业综合效益评价	68
7.4 皂河灌区节水农业综合效益评价结论与发展战略	81
第八章 江苏省节水农业区划及发展模式研究	84
8.1 江苏省节水农业基础条件综合分析	84
8.2 江苏省节水农业分区	94
8.3 区域节水农业发展模式	106
8.4 本章小结	111
第九章 研究结论与展望	113
9.1 主要研究结论	113
9.2 研究展望	114
参考文献	116

1.1 背景

水资源危机已对我国经济社会发展构成严重威胁,成为制约我国国民经济可持续发展的瓶颈。我国多年平均降水量为 6.08 万亿 m^3 (648 mm),除通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统外,经过水循环更新的多年平均水资源总量约 2.77 万亿 m^3 ,其中地表水资源 2.67 万亿 m^3 ,地下水资源 0.81 万亿 m^3 ^[1]。根据《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》^[2],我国人均水资源量约为 2 100 m^3 ,相当于世界平均水平的 28%,水资源供需矛盾突出,全国年平均缺水 500 多亿 m^3 。随着人口、工业、经济和社会的迅猛发展,我国水资源短缺形势更是雪上加霜。预计到 2030 年我国人口达到 16 亿时,人均水资源量将降低到 1 750 m^3 ,接近国际公认的用水紧张国家标准 1 700 m^3 ^[3]。同时受季风气候影响,我国降雨量、径流量年内、年际变化大。最为严重的是我国水资源地域差异明显,水土资源匹配严重失调^[4]。北方耕地面积占全国耕地面积的 64.1%,人口占 44.3%,而水资源量仅占 19%^[5],人均水资源占有量不足 1 500 m^3 ,仅为南方人均水资源占有量的 1/2~1/3、世界人均水资源占有量的 1/10。南方耕地面积占全国耕地面积的 35.9%,人口占 55.7%,水资源量占全国水资源总量的 81%。虽然南方水资源总量较丰沛,但由于降雨量年内、年际分配不均,气温高,蒸发量大,致使南方大部分地区在没有灌溉或其他供水设施的情况下,农业生产仍常受到干旱威胁,人畜饮水困难。

根据我国人口结构和经济结构的特点,长期以来,在我国水资源的耗用结构

中,农业是用水大户,据我国水资源公报,2011年全国总用水量 6 107.2 亿 m^3 ,农业用水 3 743.5 亿 m^3 ,占全国用水总量的 61.3%^[6]。同时农业水资源利用率和利用效率较低,水资源浪费较严重,据资料分析,我国农田灌溉水有效利用系数仅为 0.5,而先进国家为 0.7~0.8,我国农作物水分生产率平均仅 1 kg/m^3 ,而发达国家平均为 2 kg/m^3 。农业水资源短缺和浪费并存的现象不仅使我国水资源危机进一步加剧,而且引发了严重的生态环境问题,包括过量引用地表水导致河流干涸断流、土地退化甚至沙化,过量引用地下水造成地下水位大幅度下降,全国部分地区甚至出现区域性地下水漏斗。虽然随着中国经济快速发展、城市化进程加快和社会全面进步带来的城市、工业和生态用水量的增加,我国农业用水逐渐下降,但过去几年农业用水的减少是以粮食总产量的不断下降为代价的^[7,8],如 1998—2003 年,中国粮食总产量由 51 229.5 万 t 减少到 43 069.5 万 t,若按照农作物水分生产率 1 kg/m^3 计算,2003 年,因粮食减产,农业用水比 1998 年减少 816 亿 m^3 。可见,当前及未来相当长一段时期内,中国农业都要面临以水资源短缺为代表的一系列资源与环境问题,这些问题将严重制约我国的粮食安全,阻碍粮食安全目标的实现,成为我国农业可持续发展战略的重大威胁^[9]。面对 21 世纪我国社会经济发展的战略目标,我国的水资源现状能否保障未来 16 亿人口的粮食安全,能否支持经济社会及生态环境的可持续发展成为关注的焦点。

在水资源有限性、稀缺性和不可替代性的前提下,节水农业因其节水、高产和可持续等特点成为克服水资源短缺、改善生态环境、实现农业可持续发展的必然选择。从 20 世纪八十年代中期提出农业高效用水,到九十年代中期节水农业发展进入了数量、质量与效益并重的快速和良性发展阶段,我国节水农业发展较快。尤其是近年来政府将“节水农业作为革命性措施来抓”,不断加大投资力度,建立多渠道投资体系,完善节水农业管理体制和运行机制,以工程节水技术、农艺节水技术、管理节水技术为主要内容的节水农业取得了举世瞩目的辉煌成就。在农业灌溉用水量没有增加的前提下,全国灌溉面积已从 1949 年的 0.16 亿 hm^2 发展到 2007 年的 0.56 亿 hm^2 ^[10],节水灌溉面积平均以 9% 的速度增长,灌溉水利用率由 30% 左右提高到 50% 左右,水分生产率由 0.4 kg/m^3 左右提高到 1 kg/m^3 左右。至 2007 年底,我国已发展节水灌溉工程面积 0.200 亿 hm^2 ,其中防渗渠道面积 0.097 亿 hm^2 ,输水管道灌溉面积 0.067 亿 hm^2 ,喷灌面积 0.029 亿 hm^2 ,微灌面积 0.007 亿 hm^2 。与此同时,全国各地根据当地情况,因地制宜发展投资少、效益显著的非工

程节水措施,如保墒节水、提高光合效率减少无效蒸发等农艺节水技术,种植结构调整,灌溉制度、配套法规、水价和水费等管理节水技术。

1.2 研究目的与意义

节水农业作为实现水资源可持续利用的一种有效手段,在实现水资源的合理配置,提高水资源利用率和利用效率,保障国家粮食安全、生态安全和社会经济可持续发展等方面具有其他措施所无法替代的功能。我国政府将发展节水农业列入农业综合开发需要突出的“四个重点”之一,并逐渐增加投资力度,节水农业取得了显著的成效。但迄今为止,我国节水农业发展基础依然薄弱,农业灌溉利用率仍较低,渠道灌溉区为 30%~40%,机井灌溉区为 60%左右^[11],远低于先进国家 80%的水平,农业用水的水分生产效率为 1 kg/m^3 ,与发达国家的 $2\sim 3 \text{ kg/m}^3$ 相比差距很大,节水农业发展没有达到预期的目标。究其原因,主要是缺乏节水农业发展的宏观区划和规划^[12],忽略了节水农业的统筹规划与协调,忽视了节水农业的综合效益及区域特性,节水农业发展带有一定的盲目性,在适合某种节水农业技术或已有某种节水农业技术的区域,不做周密分析,不按经济规律办事,去发展不适合本区域的其他节水农业技术,如在已存在严重超采地下水、形成地下水位降落漏斗的井灌区,本应通过修建节水工程减少用水量,改善和恢复生态平衡,却继续扩大灌溉面积,导致地下水开采量不但不减少,反而呈现增加的趋势^[13];在水资源极为贫乏的地区或开采难度很大适合发展雨养农业的地区,不顾一切建设节水灌溉工程;在经济不发达的地区,不考虑自身的经济实力和农民的接受能力,一味追求高新技术,不断扩大喷、微灌面积,造成盲目投入或重复投入等不良后果。这些现象不仅造成节水农业技术不能发挥应有的效益,而且挫伤了农民发展节水农业的积极性。

一个国家或地区,采取什么技术路线和发展战略实现节水农业将直接影响节水农业的发展,节水农业发展模式合理与否,又会进一步影响区域经济、环境、社会等方面的发展^[14]。因此,从节水农业综合效益出发,评价节水农业对区域可持续发展所产生的经济效益、环境效益、社会效益及综合效益,并在充分考虑国家或地区的区域差异性和区内一致性的基础上研究节水农业区划是一个十分迫切的问题,在很大程度上决定节水农业的成败,评价、分区结果能对节水农业推广和应用

进行动态检测和诊断,及时发现节水农业生产方式推广中出现的各种问题,为宏观决策、分类指导和制定规划提供科学依据,具有重大科学价值和现实意义。

1.3 研究内容、方法与技术路线

1.3.1 主要研究内容

本书的研究内容主要包括以下几个方面。

(1) 节水农业综合效益定量评价及区划模型理论基础

对本书所依据的可持续发展理论、控制理论、外部性理论、生态系统服务价值评估理论、水资源价值理论进行分析。以上述理论为基础,对节水农业经济效益、环境效益、社会效益货币化方法,节水农业综合效益定量评价方法及区划方法进行述评。

(2) 节水农业技术特性及综合效益分析

在分析节水农业技术体系内涵及构成的基础上,表征农业工程节水技术、农艺节水技术与管理节水技术特点及适用条件,从外部性理论出发分析节水农业对区域经济、环境和社会的影响,厘清节水农业经济效益、环境效益和社会效益,并在此基础上探讨节水农业综合效益的影响因素。

(3) 节水农业综合效益评价指标体系及模型研究

以可持续发展理论、控制理论、外部性理论为基础,结合江苏省节水农业发展特点,构建能够反映节水农业对区域经济、环境和社会影响的指标体系,采用生态系统服务功能、水资源价值理论与方法将各项指标价值货币化。采用基于单位化约束的综合赋权法确定节水农业各项效益权重。

(4) 节水农业综合效益评价实例研究

阐述江苏省皂河灌区自然、社会经济、水资源利用现状、节水农业发展概况,应用上述研究的节水农业综合效益评价理论与方法,对江苏省皂河灌区节水农业综合效益进行评估,从评估结果出发,对该区域节水农业发展特征、节水农业发展方向进行分析。

(5) 节水农业发展模式研究

采用 GIS 技术对江苏省地形地貌、气候、土壤类型、水资源等节水农业基础条件进行数据处理,建立 GIS 数据库,并进行空间统计分析,揭示江苏省自然环境条件、社会经济基础条件的空间演变格局,以此为基础,结合节水农业综合效益定量评价结果,构建江苏省节水农业区划指标体系,采用建立的数据库和因子分析-模糊 C 均值聚类分析模型进行节水农业区划研究,将区划结果、节水农业技术特点和适用条件相结合,探讨适宜江苏省不同区域的节水农业发展模式。

1.3.2 研究方法

(1) 采用定性与定量相结合的方法

综合分析并总结国内外节水农业与节水农业综合效益评价研究现状,定性分析节水农业对区域经济、环境和社会的影响,并界定节水农业综合效益。采用定量评价方法量化效益指标,评价节水农业综合效益。

(2) 采用多学科交叉研究的方法

采用技术经济学相关理论与方法研究节水农业经济效益。采用生态系统服务功能的供水成本法、替代工程法、市场价值法、恢复费用法、机会成本法、影子工程法等方法研究节水农业环境效益。采用水资源价值理论的分摊效益系数法研究节水农业社会效益。构建数学评价模型研究节水农业综合效益。

(3) 理论研究与应用研究相结合

从理论上对节水农业综合效益评价的基础理论与方法进行分析,研究提出节水农业综合效益评价的理论方法,并选择实证区域,通过实地访问调查、实地考察,进行应用研究与理论方法研究,以得到较为真实的评价结果与完备的理论体系。采用多元统计学的因子分析法和模糊 C-均值聚类法研究节水农业区划。

(4) 理论研究与应用研究相结合

从理论上对节水农业综合效益评价的基础理论与方法进行分析,研究提出节水农业综合效益评价的理论方法,并选择实证区域,通过实地访问调查、实地考察,进行应用研究与理论方法研究,以得到较为真实的评价结果与完备的理论体系。

1.3.3 技术路线

基于大量的实地考察资料和问卷调查信息,根据本书所拟定的主要研究内容,

对节水农业综合效益定量评价及区划进行理论和应用研究。研究的技术路线见图 1.1。

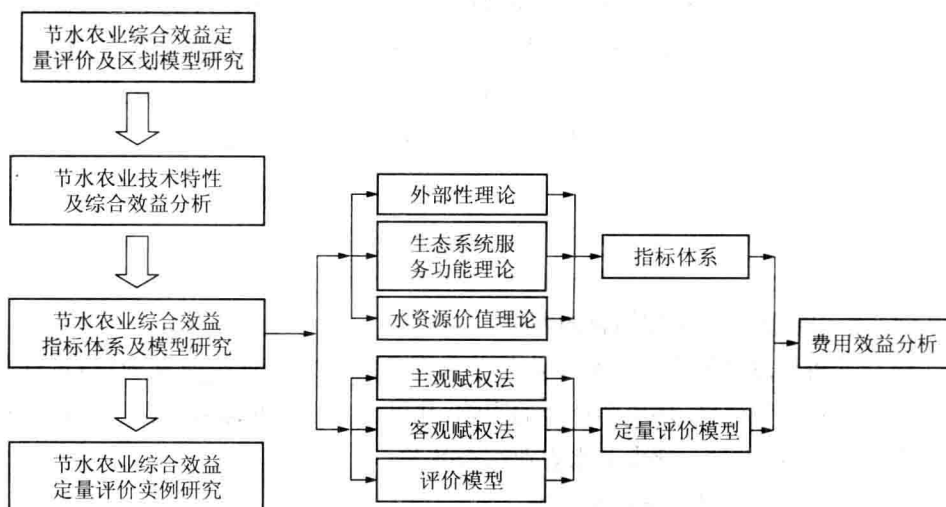


图 1.1 研究的技术路线

以节水高产为中心,以水资源系统的良性循环为前提的节水农业技术包括工程节水技术、农艺节水技术和管理节水技术。三大技术各自独立又相互关联,具有不同的特性以及效益表现形式,对其特性及效益的研究是一个复杂的系统工程,必须在一定的理论支撑基础上,以一定的原则为指导,运用一定的方法,着眼整体与全局的利益进行。

2.1 节水农业内涵

目前学术界对节水农业的内涵没有一个统一的界定,许多学者从不同的学科和视角阐述了自己的观点与认识,归纳起来,大致可概括为以下三种:一是认为节水农业就是节水灌溉。席承藩指出节水农业是灌溉农业的一种新形式,实质上就是节水灌溉农业。二是认为节水农业是在充分利用降水的基础上,采取水利和农业措施提高水的利用率和利用效率的农业^[15],包括节水灌溉农业和旱地农业。刘昌明^[16]主张节水农业并不是一种与灌溉农业或旱地农业相脱离的全新的农业类型,而是它们在节水要求下的发展形式,其主要任务应是提高灌溉用水或天然降水的有效性。山仑等认为节水农业是灌溉农业和旱地农业的有效结合^[17,18]。三是认为节水农业是介于灌溉农业和旱地农业之间的农业,灌溉农业区水资源丰富,农业用水基本上有保障,节水的意义相对不大,而旱地农业区基本上没有灌溉水源,主要靠天然降水。可见,第一种观点将节水农业仅仅理解为节水灌溉农业是不全面的,是对节水农业的狭义解释。第二种观点对节水农业给予了广义的定义,指出不仅要发展节水灌溉农业,也要重视旱地农业,实现节水农业的全面发展。第三种观

点显然有待商榷。

根据上述分析,笔者认为节水农业首先必须围绕农业生产过程进行,在生产过程中体现降低无效损耗、节约灌溉用水的特性;其次,节水农业需在确保区域生态健康和环境安全的前提下,在维持植物生命健康与充分利用自然降水的基础上开展^[19];第三,节水农业的目的是为充分发挥区域水资源潜在的为人类社会和生态系统服务的价值与功能,以最少的资源利用和消耗获得最大的综合效益,从而实现区域水资源的可持续利用,促进区域的可持续发展。因此,节水农业是指为获得区域经济、环境、社会效益最佳而采用的一系列工程节水技术、农艺节水技术和管理节水技术的总称。

2.2 节水农业技术体系

灌溉通过给农田补充水分来满足作物需水的要求,为作物提供良好的生长环境^[20],以获得较高的产量,从水源到形成作物产量需经过四个环节^[21](见图 2.1),一是输配水环节,即从渠道或管道将水从水源地输送至田间;二是田间灌水环节,即将引至田间的灌溉水尽可能均匀地分配到所指定的面积上转化为土壤水;三是作物吸收利用水分环节,即作物吸收、利用土壤水,以维持它的生理活动;四是通过作物复杂的生理环节,形成经济产量。围绕以上四个环节,节水农业形成了工程节水、农艺节水、管理节水三大节水技术体系(见图 2.2),其中:① 工程节水主要体现在前两个环节中,其目的是减少渠系(管道)输水过程中的大量蒸发渗漏损失,提高灌溉水的输水效率,减少田间灌溉过程中水分的深层渗漏和地表流失,提高灌溉水

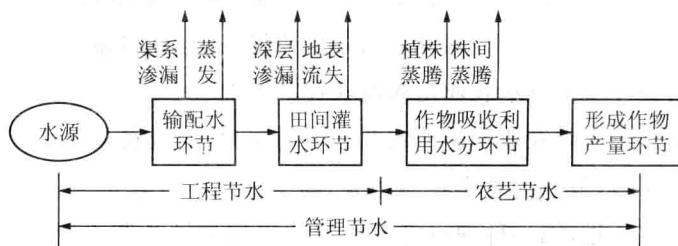


图 2.1 节水农业过程

的利用率。工程节水技术是节水农业的基本组成部分,包括渠道防渗技术、低压管道输水、喷微灌、田间灌水改进技术(如膜上灌、膜下灌、波涌灌、漫灌改畦灌、大畦改小畦)等;② 农艺节水主要体现在后两个环节中,其目的是减少来自农田土壤的水分蒸发损失,最大限度地利用天然降水和灌溉水资源,减少作物的水分奢侈性蒸腾消耗,提高作物水分生产效率和用水效益。农艺节水技术是节水农业的重要组成部分,包括节水灌溉制度、保墒类节水技术(耕作保墒、覆盖保墒等节水技术)及减少无效蒸发类节水技术(保水剂、抗蒸腾剂、土壤结构改良剂、耐旱作物与节水品种等的选用);③ 管理节水贯穿农业用水的全过程,是节水农业最重要的组成部分,包括工程管理、运行管理、组织管理、经营管理和环境管理^[22]。

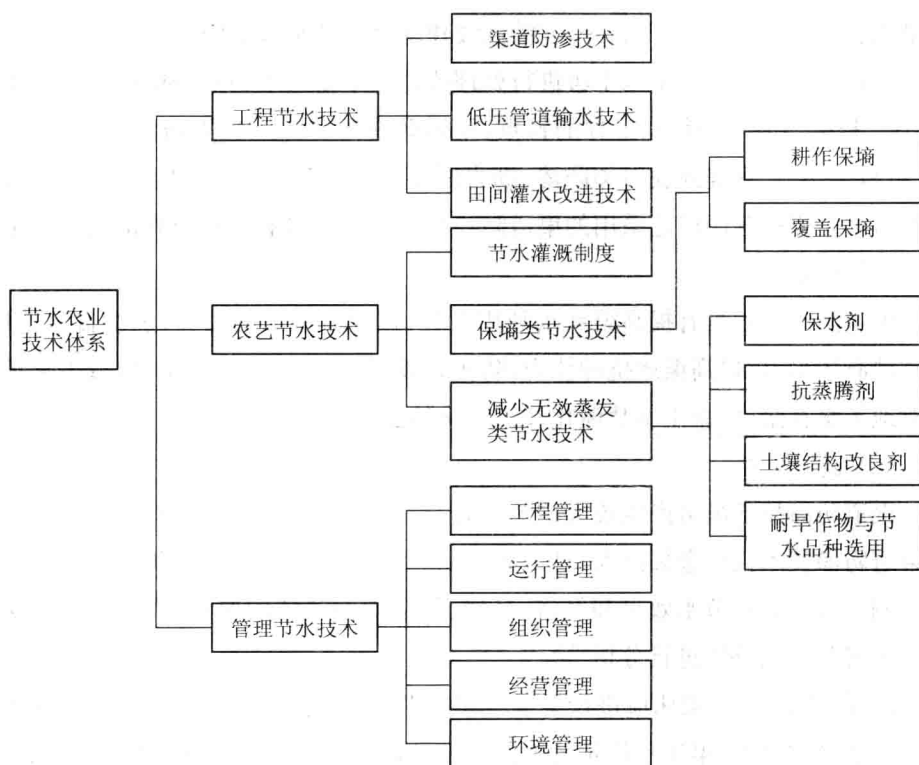


图 2.2 节水农业技术体系

2.3 节水农业技术特点及适用条件

2.3.1 工程节水技术特点及适用条件

2.3.1.1 渠道防渗技术

(1) 特点

灌溉渠道是灌区工程的主要组成部分,是输配水纽带,具有渠线长、占地多、工程量大、管理维护任务重等特点,在灌区续建配套与节水改造中占有十分重要的地位。渠道防渗技术是对渠床土壤进行处理或建立不易透水的防护层的工程技术措施^[23]。根据所采用原料和工程的特点,渠道防渗可分为土料类防渗、水泥土类防渗、石料类防渗、埋铺式膜料类防渗、沥青混凝土类防渗、混凝土类防渗,其中混凝土类防渗是当前各国广泛采用的渠道防渗技术^[24,25]。各种防渗材料的防渗效果及适用条件见表 2.1。

渠道防渗技术具有提高渠系水利用系数,减少渠道渗漏损失,加快输水速度,节省灌溉用水量,提高渠床抗冲能力,防止渠坡坍塌,增加渠床稳定性,减少渠道渗漏对地下水补给,防止土壤盐碱化及沼泽化的优点^[26,27]。

(2) 适用条件

渠道防渗技术虽可产生较大的节水效益,是现代化灌区建设的重要内容之一,但渠道防渗技术投资金额巨大,且可能对地下水补给、生态环境保护等方面产生负面影响。按照取得节水效果和经济、环境、社会效益最佳的原则,实施渠道衬砌技术前需对其适用条件进行分析^[28]。

① 在以下渠道、渠床应进行渠道防渗技术:水资源严重紧缺、用水供需矛盾十分突出地区的渠道;渠床不稳定的渠道,如塬边或傍山渠道、湿陷性黄土地区、膨胀性土质渠床、高填方渠道;长距离输水且渠床渗漏损失较严重的渠道;有土壤次生盐渍化及沼泽化潜在威胁、土壤含盐量较高、需控制地下水位埋深的渠道;纵坡坡降大、易产生冲刷危害的渠道;水源含泥沙较多、需提高渠道水流挟沙能力的渠道;水费成本较高的高扬程提水灌区的各级渠道。