

密实土壤 水稻节水灌溉

MISHI TURANG SHUIDAO
JIESHUI GUANGAI

张金宏 黄俊友 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

密实土壤 水稻节水灌溉

MISHI TURANG SHUIDAO
JIESHUI GUANGAI

张金宏 黄俊友 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

密实土壤水稻节水灌溉/张金宏, 黄俊友编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2008
ISBN 978-7-5084-5928-8

I. 密… II. ①张…②黄… III. 水稻—节约用水—灌溉
IV. S511.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 152270 号

书 名	密实土壤水稻节水灌溉
作 者	张金宏 黄俊友 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、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	160mm×235mm 16 开本 12.5 印张 157 千字
版 次	2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	38.00 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

《密实土壤水稻节水灌溉》

内 容 简 介

为了探索水稻节水技术的途径，本书主要介绍了一项水稻节水灌溉的新技术，该技术是将原本用于工程地基处理的冲压技术创造性地应用于节水灌溉领域，并获得国家发明专利。

该技术的主要创新点体现在三个方面：①将工程地基处理技术创造性地应用于节水灌溉领域，探索出一种新的水稻节水灌溉方法；②通过大田对比试验，研究了密实土壤节水技术对水稻和小麦生长指标、土壤理化指标和土壤环境的影响，为稻田水肥高效利用提供了新的模式；③在试验研究的基础上，分析了该技术的节水增产机理，提出了不同土壤环境下的冲压方案和灌溉控制指标。

该技术简便易行，节水及增产效果明显，同时具有保肥和减少农业面源污染的作用，具有显著的经济、社会和环境效益。在江苏的实践不仅取得了成功，而且为稻田水肥高效利用提供了新的模式，在条件适宜地区具有广阔的推广应用前景。本书适应广大从事节水灌溉的水利技术人员学习参考使用，也适合有关领导进一步了解节水灌溉技术。

《密实土壤水稻节水灌溉》

编 委 会

编 著 张金宏 黄俊友

顾 问 张 岳

参编人员 (按姓氏笔画为序)

石贵余 刘广勤 陈文猛

俞青荣 姜谋余 徐 毅

序

党和国家高度重视水资源问题和水利科技创新，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要的建议》把水资源列入国家科技发展的重点领域和优先主题，并明确指出：“我国土地、淡水、能源、矿产资源和环境状况对经济发展已构成严重制约，必须加快转变经济发展方式，必须提高自主创新能力。要把节约资源作为基本国策，发展循环经济，保持生态环境，加快建设资源节约型、环境友好型社会，促进经济发展与人口、资源、环境相协调”。

鉴于水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源，是生态与环境的重要控制性因素。为了保障水利是经济社会又好又快发展的重要基础，是全面建设小康社会的重要支撑。进入新世纪新阶段，水利事业正在发生重大而深刻的变化，深入贯彻落实科学发展观，实现国民经济又好又快发展，着力保障和改善民生，保障国家粮食安全，建设生态文明，应对全球气候变化，都对新时期水利工作提出了新任务和新要求，水利科技创新面临着一系列新机遇和新挑战。

近年来，水利系统按照科学发展观的要求，积极践

行可持续发展治水思路，在促进水资源、水环境与经济社会协调发展方面作出了许多努力，取得了很大成绩。但要看到，我国人多水少、水资源时空分布不均、与国土资源和生产力布局不相匹配的基本水情没有根本改变，经济社会发展与水资源承载能力和水环境容量之间的突出矛盾没有根本缓解，长期形成的粗放型水利发展方式没有根本转变。必须以科学发展观统领水利工作全局，不断加深对自然规律、经济规律、社会规律和水利发展规律的认识，进一步转变水利发展观念，不断丰富完善治水理念；必须创新水利发展模式，更多地依靠科技进步、提高劳动者素质推动水利发展，更多地依靠科技创新、提高自主创新能力促进水问题的解决，缓解水资源对经济社会发展的瓶颈制约。

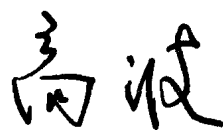
我国是灌溉农业大国，据 2006 年统计，农业灌溉用水仍占全国总用水量的 63%。中国是世界上最大的水稻生产国，水稻是我国主要粮食作物，同时也是耗水量最大的作物，其灌溉用水量占农业灌溉用水总量的 70% 左右。目前我国灌溉效率低下和用水浪费的问题普遍存在，特别是水稻灌溉用水效率和效益总体上与发达国家存在较大差距的情况下，依靠科技进步，提高水的利用效率和效益是缓解我国水资源供需矛盾的有效途径之一。

节水灌溉不仅仅是技术问题，而是直接关系到农业发展的根本，是实现水资源的可持续利用战略和实现从粗放到集约经营战略的具体体现。推广节水灌溉技术具

有显著的经济效益、社会效益和生态效益，对缓解水资源危机，促进农业结构调整和农民增收，提升我国农业竞争力以及改善生态环境，实现农业可持续发展，都具有重要的现实意义和深远的历史意义。

密实土壤水稻节水灌溉技术研究组的同志正是基于对以上问题的深刻认识，几年来对该项技术进行了积极探索。2003年水利部科技推广中心和江苏省水利科学研究院首次把地基冲压处理技术创造性地应用于水稻田防渗节水，探索出一种新的水稻节水灌溉方法。从小区试验到大田试验研究及成果转化应用，成功开创了一种新的稻田水肥高效利用模式，在条件适宜地区具有广阔的推广应用前景。

党的十七届三中全会对推进农村改革发展做出了全面的部署，把加强农业基础设施建设作为解决“三农”问题的重大举措，强调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。我们衷心希望广大水利科技工作者认真贯彻党的十七届三中全会精神，以科学发展观统领全局，从战略高度来认识农业节水的战略意义，抓住机遇，为我国节水事业的发展，为保障我国粮食安全和经济社会的可持续发展贡献智慧和力量，为水利现代化建设做出更大的贡献！

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of two characters, '高' and '建', written in a cursive, flowing style.

2008年11月

前言

党的十七大明确指出，“坚持节约资源和保护环境的基本国策，关系人民群众切身利益和中华民族的生存发展”。我国是世界上耕地最稀缺的国家之一。2006 年中国耕地总面积为 1.282 亿 hm^2 ，人均耕地面积为 0.101hm^2 ，与世界人均相比，不足世界人均 0.37hm^2 的 $1/3$ ，全国有 666 个县级行政区人均耕地已低于联合国粮农组织确定的 0.05hm^2 警戒线。实践表明，我国的可耕地占全世界可耕地的不到 7%，水资源只占 6%，却要养育占世界人口 20% 以上的 13 多亿人口，粮食的高产稳产发挥了举足轻重的作用，其中灌溉农业作出了巨大贡献。

我国是一个人均淡水资源严重短缺的国家，全国水资源总量虽然较多，但水资源禀赋条件并不优越，人均、亩均较少。从全国供用水量来看，我国农业灌溉用水量，占全国总用水量的 63%，2006 年全国农业灌溉用水有效利用系数为 46%，每立方米水粮食生产率（包括肥料、种子）只有 1.1kg 左右，低于发达国家灌溉水生产率 40% 左右。目前我国灌溉效率低下和用水浪费的问题普遍存在，水稻又是耗水量最大的作物，灌

溉用水量高，占农业灌溉用水量的 70%。今后 20 年农业灌溉用水有效利用系数有可能提高到 0.55~0.60 左右。根据有关研究成果预测，在农业灌溉用水总量不再增长的情况下，到 2030 年，按 2006 年农业灌溉用水量 3300 亿 m^3 测算，每立方米水分生产率必须提高到 $1.4\text{kg}/\text{m}^3$ 左右，才能保障粮食安全。这就迫使人们不得不考虑，依靠科技进步，采取节水措施来提高水的利用率，作为解决水危机的重要途径，因此，节水灌溉具有重要的现实意义和深远的历史意义。

中国是世界上最大的水稻生产国，水稻是我国的粮食主产物，种植水稻具有省工、省肥、经济效益高、增产潜力大等特点。2006 年中国统计年鉴资料显示，全国粮食总产量 48402.2 万 t，水稻产量位于粮食产量之首。水稻种植面积只占整个粮食作物播种面积的 27.7%，而总产量却占全国粮食总产量的 37.3%。其中 78% 的水稻产量主要分布在江西省、湖南省、浙江省、广东省、广西壮族自治区、湖北省、江苏省、四川省、安徽省、黑龙江省等 10 个省（自治区）。因此，水稻种植对保障我国粮食安全和国民经济发展具有重要的战略意义。

为了探索水稻节水技术的途径，2003 年水利部科技推广中心和江苏省水利科学研究院首次把地基碾压处理技术创造性地应用于水稻田防渗节水，探索出一种新的水稻节水灌溉方法。首先在江苏省东台东川农场进行了小区试验，试验取得了节水 29.2%、增产 10.8% 的效果。小区试验成果表明，该项技术具有重大的经济、

社会和环境效益。2004 年该成果通过了江苏省科学技术厅组织的鉴定，认为成果达到国际先进水平。2005 年该成果的转化被国家科技部列为 2005 年度农业科技成果转化资金项目。为此，水利部科技推广中心和江苏省水利科学研究院决定，在张家港市常阴沙管理区进行大田试验和推广应用研究。在大田试验研究中，通过分析该技术的节水增产机理，提出了不同土壤环境下的碾压方案和灌溉控制指标，节水及增产效果明显，同时具有保肥和减少农业面源污染的作用，经济、社会和环境效益显著，为稻田水肥高效利用提供了新的模式，在条件适宜地区具有广阔的推广应用前景。

但由于历时只有三年，真正在大田试验研究只有两年，要进行推广应用，还需在不同类型地区进行试验，因此，本书出版的宗旨，主要是借鉴江苏的实践，为水稻节水技术提供一个平台，以便加快水稻节水技术的推广应用。

在此，我们要特别感谢水利部国际合作与科技司对密实土壤水稻节水灌溉研究的大力指导，高波司长亲自为本书作序。感谢水利部科技推广中心武文相主任的大力支持。出版得到中国水利水电出版社支持和帮助，谨此表示衷心的感谢。但限于认识水平，各地的水情和社情又千差万别，在实际推广应用中，难免出现不同的效果，书中的一些观点和数据分析难免偏颇。为此，敬请各位领导、专家及广大读者赐教指正。

编委会

2008 年 11 月

目 录

序

前言

第一章 节水灌溉的战略地位和贡献	1
一、战略地位	1
二、主要贡献	3
三、节水灌溉是农业发展的重要途径	4
四、水稻节水的战略意义	6
第二章 灌溉农业发展面临的形势和问题	9
一、人均淡水资源少	9
二、水资源地区分布差异极大	10
三、农业节水灌溉面临的主要问题	11
四、未来发展形势严峻	12
第三章 国内外水稻节水技术研究动态	16
一、国外研究动态	16
二、国内研究动态	19
第四章 密实土壤水稻节水灌溉技术	23
一、密实土壤机械的性能与特点	23
二、密实土壤技术的基本原理	24
三、密实土壤水稻节水灌溉技术及实施方案	25

第五章 密实土壤水稻节水灌溉小区试验	27
一、小区试验自然条件	27
二、小区试验方案	27
三、小区现场试验	31
四、试验分析	40
第六章 密实土壤水稻节水灌溉大田试验	53
一、大田试验区概况	54
二、方案设计	55
三、观测项目与方法	59
四、灌溉方法及控制指标	62
五、水稻栽培管理措施	63
第七章 水稻生长指标及土壤环境影响分析	66
一、苗数、穗数、分蘖率	66
二、水稻株高	68
三、茎粗、穗长	70
四、叶面积指数	71
五、根系生长状况	71
六、根系活性	73
七、土壤环境	74
第八章 节水增产效果及机理分析	85
一、节水效果	85
二、水稻产量	89
三、水分生产率	91
四、节水增产机理	91
第九章 小麦生长指标分析	93
一、苗数、穗数、分蘖率	93
二、株高	94

三、茎粗、穗长	94
四、土壤含水率	95
五、千粒重	95
六、实测产量	96
七、增产效益	96
第十章 效益分析	97
一、经济效益	97
二、社会效益	100
三、环境效益	101
第十一章 前景展望	103
一、密实土壤水稻节水灌溉技术的特点	103
二、后续研究	105
三、前景与展望	106
附图一 东台东川农场小区试验照片	112
附图二 张家港市应用推广试验区对比照片	115
附表 2006 年、2007 年张家港市大田成果转化试验观测记	
录表	125
一、2006 年田间水深观测表	125
二、2007 年田间水深观测表	133
三、2006 年腾发量观测表	141
四、2006 年水稻逐日耗水量、渗漏量计算表	148
五、2007 年腾发量观测	160
六、2007 年水稻逐日耗水量、渗漏量计算表	167
参考文献	179

第一章 节水灌溉的战略 地位和贡献

我国是一个人口众多的发展中大国，全国降水时空分布不均，人均地少水少，特殊的自然和社会经济条件决定了灌溉在农业生产中，特别是粮食安全方面具有举足轻重的作用。“水利是农业的命脉”，这是我国人民几千年来实践的总结，集中体现了水与农业、水与粮食的关系。

一、战略地位

水是生命之源，一切生命活动都离不开水。水养育了人类，造就了文明。历史的实践表明，水利建设是关系中华民族生存与发展的长远大计，水资源是经济社会发展和粮食生产不可替代的基础性的自然资源和战略性的经济资源，在保障经济社会发展和粮食生产的安全方面具有越来越重要的战略地位。

党中央、国务院反复强调，要重视农业，特别是重视粮食生产。一再强调要从战略高度来认识水利，要把水利放在不次于粮食、能源等基础产业的重要位置上。因此，加强农村水利基础设施建设，在改善农业生产条件、提高农业综合生产能力、保障农业和农村经济持续稳定增长，提高农民生活质量和健康水平、保护区域生态环境，建设社会主义新农村等方面具有不可替代的战略地位和作用。

我国是世界上的灌溉农业大国，具有悠久的灌溉历史。实践表明，水利是农业的命脉，灌溉是农业经济发展的物质基础，我国农业必须走灌溉农业发展道路。新中国成立 59 年来，

经过几代人的艰苦努力，我国已初步建成了较为完善的水资源开发利用和粮食生产安全保障体系，从根本上改变了农业靠天吃饭的局面。特别是近十几年来农田水利事业和农业节水的快速发展，不仅为实现我国粮食供需基本平衡作出了巨大贡献，而且使中国保持比较高的粮食自给率，对全世界的粮食安全都是巨大的贡献。

为贯彻十七大和十七届三中全会精神，农业节水必须坚定不移地走科学发展的道路。2000年党的十五届五中全会《建议》将水资源可持续利用提高到保障经济社会发展的战略高度，强调其核心是提高用水效率，把节水放在突出位置，指出水资源短缺已成为我国经济社会发展的严重制约因素。2006年《国家第十一个五年规划纲要》明确要求，“要落实节约资源和保护环境的基本国策，建设低投入、高产出、低消耗、少排放、能循环、可持续的国民经济体系和资源节约型、环境友好型社会”。“要强化资源管理，实行有限开发、有序开发、有偿开发，加强对各种自然资源的保护和管理”。对加强水资源管理要求要“从注重水资源开发利用向水资源节约、保护和优化配置转变”。要发展农业节水，推进雨水积蓄，建设节水灌溉饲草基地，提高水的利用效率，基本实现灌溉用水总量零增长。这是国家“十一五”期间提出的目标和任务。

长期以来，农业一直是用水大户，也可以说是浪费大户，同时又是缓解我国经济社会发展水资源供需矛盾的大户。特别是从今后长期发展趋势看，我国人口增长、耕地减少、水资源短缺的矛盾将越来越突出，粮食增产的难度越来越大，保持粮食长期供求平衡的任务十分艰巨。因此，发展节水灌溉对保障农业、农村经济持续稳定增长和粮食安全、建设社会主义新农村等方面具有不可替代的战略地位和作用。

二、主要贡献

我国具有悠久的治水历史，水利成就灿烂辉煌，新中国成立以来，特别是改革开放以来，水利事业成为我国历史上建设规模最大、效益最显著、成果最辉煌的时期。水利设施对抗御水旱灾害，保障工农业生产和人民生命财产，维护社会稳定发挥了十分重要的作用。

特别是进入 21 世纪以后，遵照党的十六大提出的全面建设小康社会的奋斗目标、十六届三中全会提出的科学发展观、十七大提出的统筹城乡发展，推进社会主义新农村建设；加强农业基础地位，增强农业综合生产能力，确保国家粮食安全，以及中央农村工作会议的精神，水利部门认真贯彻落实中央提出的科学发展观，建设社会主义新农村，建设资源节约型、环境友好型社会，构建社会主义和谐社会的战略目标和党中央、国务院提出的水利发展方针，全方位为经济社会发展和确保粮食安全服务，水利灌溉基础设施发挥了十分重要的不可替代的作用。

据 2006 年水利部水利统计年鉴，新中国成立 57 年来，全国先后建成上千万处多种类型的蓄水、引水、提水灌溉工程，农田有效灌溉面积从 1500 万 hm^2 发展到目前 5707.8 万 hm^2 ，工程节水灌溉面积达到 2242.6 万 hm^2 ，分别占 2006 年全国耕地面积的 44.5% 和 17.5%。我国人均有效灌溉面积达到 0.043 hm^2 ，农业人均有效灌溉面积达到 0.077 hm^2 ，其中农业人均旱涝保收面积达到 0.056 hm^2 ，灌溉排水事业的迅速发展，从根本上改变了农业靠天吃饭的局面。在我国虽然人均耕地是世界人均的 30%，但我国耕地灌溉率是世界平均水平的 3 倍，人均有效灌溉面积达到 0.043 hm^2 ，与世界人均水平基本持平。世界灌溉农业提供了全球 45% 的粮食，而我国占全国耕地面积 44.5% 的有效灌溉面积，生产了占全国总量 75% 的粮食和 90% 的经济作物。灌区已经成