

国家农业科技成果转化资金项目专著

灌溉技术与产品 集成示范研究

GUANGAI JISHU YU CHANPIN
JICHENG SHIFAN YANJIU

黄修桥 李金山 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

灌溉技术与产品 集成示范研究

黄修桥 李金山 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是“国家农业科技成果转化资金项目”研究成果的系统总结。通过调研、室内外试验、理论分析、模型计算及产品的定型中试、试验示范区建设等。通过技术集成配套和示范区建设,辐射推广,集成了“灌区水资源智能监控系统的中试与示范”“末级渠道量水技术研究 with 示范”“管道灌溉系统关键设备的研制与改进”“灌溉用 CYH 系列喷头的中试转化”“仰角和雾化程度可调式喷头的中试与推广”“微灌系统全自动砂过滤器的中试与示范”“引黄抗堵塞滴灌技术示范与推广”和“可移动地下滴灌装置在农户灌溉中的示范与应用”等 8 个方面的技术与产品,形成了各具特色的组装配套技术成果,并取得显著的经济、社会和环境效益。本书可供从事灌排技术应用的科技工作者和相关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

灌溉技术与产品集成示范研究 / 黄修桥等编著. --
北京: 中国水利水电出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5170-2139-1

I. ①灌… II. ①黄… III. ①灌溉—技术 IV.
①S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第128980号

书 名	灌溉技术与产品集成示范研究
作 者	黄修桥 李金山 等 编著
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
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 15.5 印张 295 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
印 数	001—500 册
定 价	49.00 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

《灌溉技术与产品集成示范研究》

编写委员会

主 编：黄修桥 李金山

副 主 编：翟国亮 郭志新 高胜国

主要编著人员：（按姓氏笔画排序）

邓 忠 冯俊杰 李金山 刘 杨 仵 峰

孙 浩 范永申 郭志新 高胜国 段福义

贾艳辉 黄修桥 韩启彪 翟国亮

各章节编写人员名单

第一章 黄修桥 李金山

第二章 高胜国 段福义 刘 杨 贾艳辉 孙 浩

第三章 李金山 郭志新

第四章 李金山 郭志新 刘 杨 段福义

第五章 黄修桥 郭志新 段福义

第六章 范永申 段福义 韩启彪 孙 浩

第七章 翟国亮 邓 忠 冯俊杰

第八章 仵 峰 范永申 李金山

第九章 翟国亮 冯俊杰 邓 忠 贾艳辉



我国在占全国耕地面积 48% 的灌溉土地上生产了占全国总量 75% 的粮食和 90% 以上的经济作物，以占世界 7% 的水资源量以及 9% 的耕地保障了全球 21% 人口的粮食供给，对经济社会发展、农田水利发展和灌溉技术的进步发挥了至关重要的作用。我国农业用水约占用水总量的 63%，部分地区高达 90% 以上，是无可争议的第一大用水户。在未来农业用水需求仍将不断增加，而农业供水刚性约束不断加剧的形势下，要突破农业水资源制约，确保国家粮食安全及农业生产可持续发展，必须依靠灌溉技术与产品的科技创新来实现。

为使研究成果尽快转化为生产力，水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所灌水技术研究团队从 2003 年起，相继承担了“灌区水资源智能监控系统的中试与示范”“末级渠道量水技术与示范”“管道灌溉系统关键设备的研制与改进”“灌溉用 CYH 系列喷头的中试转化”“仰角和雾化程度可调式喷头的中试与推广”“微灌系统全自动砂过滤器的中试与示范”“引黄抗堵塞滴灌技术示范与推广”和“可移动地下滴灌装置在农户灌溉中的示范与应用”8 个国家农业科技成果转化资金项目。在团队人员的共同努力下，完成了相关研究任务，并在生产实际中得到推广与应用，取得了较好的经济、社会与环境效益。本书是上述 8 项研究内容的总结和提炼，希望本书的出版能对我国灌溉技术与产品的创新起到一定的促进作用，对推动节水型农业的发展尽到微薄之力。

项目立项及实施过程中得到了水利部国际合作与科技司、水利部科技推广中心及其他部门许多领导、专家的指导和帮助；试验示范区所在的河南省、山西省、甘肃省、宁夏回族自治区及相关企业

的各级领导和科技人员也给予了大力支持，为项目的设备研发、示范与推广提供了良好的工作与生活条件；项目研究中还得到李英能研究员、廖永诚研究员、张祖新研究员、彭贵芳研究员的精心指导，在此一并表示最衷心的感谢！

在本书的编写过程中，参考和引用了许多国内外文献，在此对文献的作者表示感谢！限于编著者水平，书中还存在许多不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

2013 年 12 月



前言

第一章 概论	1
第一节 灌溉技术与产品产业现状与需求	1
第二节 灌溉技术现状与发展趋势	5
第三节 灌溉技术与产品集成示范技术路线	7
第二章 灌区水资源智能监控系统的中试与示范	9
第一节 概述	9
第二节 灌区水资源智能监控系统的研制	9
第三节 灌区水资源智能监控系统的应用	20
第三章 末级渠道量水技术研究与示范	30
第一节 概述	30
第二节 末级 U 形渠道量水设施选型与配置	33
第三节 示范与推广	47
第四章 管道灌溉系统关键设备的研制与改进	54
第一节 概述	54
第二节 关键设备研制与改进	56
第三节 成果转化与示范	91
第五章 灌溉用 CYH 系列喷头的中试转化	95
第一节 概述	95
第二节 喷头结构及关键零部件的设计与改进	98
第六章 仰角和雾化程度可调式喷头的中试与推广	117
第一节 概述	117
第二节 喷头结构改进与开发	119
第三节 喷头水力性能试验	127
第四节 成果示范与推广	138

第七章 微灌系统全自动砂过滤器的中试与示范	144
第一节 概述	144
第二节 微灌用砂过滤器配套产品的结构设计与开发	146
第三节 微灌用砂过滤器过滤与反冲洗性能试验	154
第四节 全自动砂过滤器在作物灌溉工程中的应用	167
第八章 引黄抗堵塞滴灌技术示范与推广	169
第一节 概述	169
第二节 引黄滴灌模式研究	175
第三节 引黄抗堵塞滴灌关键设备研制	179
第四节 生产和示范基地建设	190
第九章 可移动地下滴灌装置在农户灌溉中的示范与应用	199
第一节 概述	199
第二节 关键产品的结构改进与开发	204
第三节 系统的标准化设计、配套与移动模式研究	218
第四节 成果示范与推广	229
参考文献	232

第一章 概 论

第一节 灌溉技术与产品产业现状与需求

一、产业现状

全球水资源日趋紧张,已成为粮食增产乃至社会经济发展的瓶颈,而且引发了一系列生态环境问题,对农业可持续发展构成了严重威胁。联合国粮农组织、教科文组织强调要加强农业水资源的高效利用,呼吁提高旱作农业和灌溉农业用水效率,保持粮食产量的持续增长。我国人均水资源量约 2200m^3 , 仅为世界平均值的 $1/4$ 。随着人口的急剧增长和社会的进步发展,水资源匮乏问题将越来越严重,越来越受到关注。农业是我国的用水大户,用水总量 4000亿 m^3 , 占全国总用水量的 63% , 其中农田灌溉用水量 $3600\text{亿} \sim 3800\text{亿 m}^3$, 占农业用水量的 $90\% \sim 95\%$ 。目前,农业用水中的浪费现象相当严重,农田灌溉水的利用率平均仅为 45% 左右、利用效率仅有 $1.0\text{kg}/\text{m}^3$ 左右,与世界发达国家之间还有相当大的差距。据预测,在不增加现有农田灌溉用水量的情况下,2030 年全国缺水高达 $1300\text{亿} \sim 2600\text{亿 m}^3$, 其中农业缺水 $500\text{亿} \sim 700\text{亿 m}^3$ 。根据《国家粮食安全中长期规划纲要》,到 2020 年我国粮食需在现状基础上增加 500亿 kg , 按照目前农业用水水平,尚需增加农业用水约 500亿 m^3 。因此,迫切需要创新粮食生产过程中的节水灌溉技术,大力发展高效节水农业,提高农业用水效率和综合效益。

我国节水灌溉的发展与国家经济社会发展水平及宏观经济发展战略密切相关。20 世纪 50 年代至 70 年代末,尽管开展了灌区计划用水、渠道防渗、改进沟畦灌溉技术等项工作,但总体而言,全国灌溉的管理比较粗放,用水效率较低,全国灌溉水利用率仅有 30% 左右,正常年份全国亩均灌溉用水量 $520\text{m}^3/\text{亩}$ 以上。“九五”以来,随着经济社会的快速发展,粮食安全、水安全及生态环境安全问题日益突出,农业可持续发展面临严峻挑战,党中央、国务院对节水灌溉给予了高度重视,采取一系列对策和措施推动全国节水灌溉的发展,全国节水灌溉的发展进入了数量、质量(配套)与效益(节水增效)并重的良性发展新阶段,这一时期,国家加大了对节水灌溉的扶持力度,水利部、农业部、国家农业综合开发办公室、国土资源部等部门和地方相继启动了一系列涉及节水灌溉建设内容的项目。全国节水灌溉无论是在规模上,还是质量、



效益上都呈跨越式发展态势,形成了骨干与田间、典型试点示范与区域节水示范相结合,同时注重从节水灌溉技术、节水机理、节水灌溉制度、水资源合理利用、节水灌溉设备、配套农艺措施、管理措施等全方位进行深入研究,初步形成了符合国情的节水灌溉技术体系与综合发展模式。

20 世纪 70 年代以来,我国的节水灌溉技术与设备历经起步引进、消化吸收、发展提高几个阶段。目前,喷灌机具、管材、喷头、喷灌用泵的生产能力都有了很大提高,微灌由最初单一的滴灌发展成为包括滴灌、微喷灌、涌流灌和地下灌溉等多种方式的灌水技术,设备的种类也日渐丰富,性能上也有较大提高,所用管件也基本配套。

二、产业需求

我国灌溉产业的发展必须针对发展的现状和存在的问题,在引进、吸收、消化国外技术上,组织跨行业的技术力量从原材料配方、产品设计、模具加工、生产工艺到产品技术性能指标,进行联合攻关,逐步形成自主开发创新能力和拥有自主知识产权的灌溉设备与关键技术,改进产品的综合质量,加快产品的更新换代,并实现产业化。

(一) 国内需求预测

1. 保障国家粮食安全

近年全球出现的粮食危机,给我们敲响了警钟,解决我国的粮食问题,必须立足国内资源,实现粮食基本自给。当前我国粮食安全总体形势是好的,粮食综合生产能力稳步提高,食物供给日益丰富,供需基本平衡。但随着工业化、城镇化发展,人口增加和人民生活水平提高,粮食消费需求呈刚性增长;耕地减少、水资源短缺、气候变化等因素对粮食生产的约束日益突出,我国粮食供需将长期处于紧张平衡状态,保障粮食安全面临严峻挑战。《国家粮食安全中长期规划纲要》指出,我国必须立足于基本靠国内保障粮食供给,粮食自给率稳定在 95% 以上,2010 年粮食综合生产能力稳定在 5000 亿 kg 以上,2020 年达到 5400 亿 kg 以上。确保 21 世纪的粮食安全是我国政府对全世界的庄严承诺,预计到 2030 年,我国的粮食综合生产能力必须增加 30%。我国目前的农产品主要产于灌溉耕地。根据我国的水土资源条件,稳定和提高粮食生产能力,必须扩大有效灌溉面积、提高灌溉保证率,从而提高单产和复种指数。由于农业用水总量不可能大幅度增加,在水资源不足已成为制约国民经济和农业可持续发展的“瓶颈”因素、灌排基础设施无法满足“旱涝保收”要求时,保障国家粮食安全有赖于良好的灌溉基础设施和强有力的水利保障措施。

2011 年年初,党中央、国务院以 1 号文件的形式,作出了“加快水利改



革发展的决定”，提出了要建立水资源开发利用的三条红线，并要求大幅度增加中央和地方财政专项水利资金，从土地出让收益中提取 10% 用于农田水利建设，充分发挥新增建设用地土地有偿使用费等土地整治资金的综合效益。这对节水灌溉的发展提出了更高的要求，也注入了更强的驱动力，使得我国节水灌溉发展进入了一个新的历史发展时期。像中央财政支持的“中低产田改造”“高标准基本农田建设”“大中型灌区续建配套与节水改造”“农业供水末级渠系改造”“小型农田水利重点县建设”等项目的实施，特别是最近在东北四省（自治区）实施的“节水增粮行动”，要用 4 年时间投资 380 亿元，集中连片建设 3800 万亩高效节水灌溉工程。其他粮食主产区也将逐步加大投入，大力开展高效节水灌溉工程建设，为农业持续稳定发展提供可靠的供水保障。

根据国家节水灌溉发展规划，从国家粮食安全和节水需求出发，2020 年，节水灌溉工程面积应占全国有效灌溉面积的 80% 以上，达到 7.65 亿亩；灌溉水利用率提高到 55% 以上，正常年份亩均灌溉用水量下降到 $390\text{m}^3/\text{亩}$ ；2006—2020 年，全国节水灌溉发展规模总面积 4.7 亿亩，其中渠道防渗 2.67 亿亩，低压管道输水 1.21 亿亩，喷灌 0.64 亿亩、微灌 0.19 亿亩。根据相关规划，2006—2020 年期间，全国节水灌溉项目总投资为 4500 亿元，其中灌区骨干工程投资占规划总投资的 38.2%；大中型灌区田间节水灌溉工程占 22.4%；小型灌区节水改造占 24.0%；集雨节灌投资占 5.6%；林、果、草节水灌溉投资占 5.0%；其他节水措施占规划总投资的 2.2%；节水灌溉技术创新支撑体系投资占规划总投资的 2.2%；管理与改革配套实施建设占 0.3%。

2. 促进农民增收

粮食主产区的农民需要以种植粮食作物为主，以满足国家粮食安全的需要，增加粮食主产区农民收入，一方面要显著提高抵御干旱灾害的能力，以提高单产；另一方面要大幅度降低农业成本、提高生产效率，其中，改善灌溉条件以降低灌溉成本是主要内容之一。对于非粮食主产区，提高农民收入主要依靠农业结构调整。而只有农村水利基础设施的改善、灌溉排水保证率的提高，才能满足作物多样化要求，特别是高附加值作物种植要求，才能满足提高作物复种指数的要求。

3. 改善农民生活条件和农村生态环境

获得安全饮用水是人类生存的基本需求，事关广大农民的身心健康和生命安全，符合“以人为本”为核心的科学发展观。根据国务院发展研究中心提出的全面建设小康社会指标体系，至 2020 年我国城乡居民的安全饮用水普及率应达到 100%。我国 2004 年才由解决农村饮水困难转移到解决农村居民饮水



安全,在固有的自然条件下,面对水资源短缺、水污染严重的形势,决不应低估完成这项任务的艰巨性和复杂性。此外,我国血吸虫病疫情已经受到党和政府的高度重视,而大规模的有效治理措施,包括田间灌排渠系衬砌或采用低压管道输水,均是结合灌溉基本建设进行的。

4. 建设节水型社会

建设节水型社会是科学发展观的重要内容,是我国经济社会可持续发展的必然选择。由于灌溉是第一用水大户,没有农业的高效用水,不可能建设节水型社会;没有良好的灌溉基础设施和广大农民的积极参与,建设节水型社会将失去基础。只有加大灌区以节水为中心的续建配套与技术改造的投入和对农业、水利科技的投入,才能实现水资源的合理开发、优化配置、高效利用、有效保护。

(二) 国际市场分析

面对我国农田节水灌溉前所未有的发展机遇,以色列、美国、澳大利亚、西班牙、法国、印度等国的知名公司,通过合资、独资或高薪聘请国内高级专业人员代理等方式纷纷进入中国市场,使得中国市场已成为国际最大的、竞争最激烈的节水灌溉市场之一。他们在带来挑战的同时,也为我们的产品打出国门铺平了道路,我国灌溉技术、产品通过近 30 年的发展,国内科技型企业逐步实行了强强联合,提高了产品知名度、拓展了国际市场,在东南亚、中亚、中东、非洲等发展中国家占有一定的市场。

(三) 相关行业的需求分析

农业是我国的基础产业,农田灌溉是保障国家粮食安全,农业可持续发展的重要手段,农田灌溉与农业节水更是密不可分。先进的灌溉技术的应用不仅提高了农业灌溉的效率,而且为农业现代化奠定了基础。另外,灌溉设备不仅与塑料、机械、材料等行业密切相关,而且与淡水养殖业、畜牧业、建筑业、城乡环境绿化、工业除尘降温、消防业等行业也具有一定的关联度。

(四) 灌溉设备现有生产能力情况

目前我国灌溉设备多以仿制国外产品为主,自主创新能力不足,迫切需要性能稳定、适宜国情的先进灌排设备。据中国灌排信息网资料显示,尽管近年来全国灌溉排水材料设备生产的技术水平不断提高,生产规模不断扩大,但总体而言,无论从技术水平还是生产规模均不能满足全国灌溉排水发展的需要。目前生产节水灌溉设备的企业中,喷灌设备生产企业 130 多家,微灌设备生产企业有 20 多家。随机抽样检查的结果表明,产品合格率普遍较低,节水灌溉材料设备的产品合格率仅为 60% 左右,产品制造偏差大的问题依然存在,比如适宜的微灌设备每年尚有 50 万亩左右的市场缺口,为生产企业提供了良好的发展机遇。



第二节 灌溉技术现状与发展趋势

一、我国灌溉技术与工程

新中国成立后,即着手灌溉排水工程的恢复,一方面修复由于战乱失修破坏的灌溉工程,一方面发动农民群众修建了大量的塘坝和小型引水工程,整修、扩建、续建和新建了河南人民胜利渠、苏北灌溉总渠、新疆红雁池、八一水库、陕西洛惠渠、四川都江堰、宁夏唐徕渠等一批大型灌溉排水工程。第一个五年计划期间,农田水利建设的重点由恢复整顿原有灌溉排水工程为主,转变为有计划、有步骤地兴修新的工程设施。黄河中上游地区的水土保持以及北方灌区的盐碱地治理都已提到工作日程上来,地下水开发利用得到进一步发展,井灌面积已占这一地区灌溉面积的一半左右,并逐步推行了沟灌、畦灌和计划配水的灌溉制度。黄淮海地区进行排水河道和沟渠的开挖疏浚,排除内涝积水、减轻灾害,恢复和发展农业生产。尽管“大跃进”运动有一些浮夸,但农田水利建设不论从开工处数之多和完成土石方数量之巨,都是空前未有的。全国很多大型水库和大型灌区都是在这一时期开工兴建的,这些工程除其中一小部分由于质量太差或缺乏水源等原因被废弃外,大部分经过以后几年的整修加固、续建配套,陆续发挥了作用。

1977—1979年为农田基本建设高潮,3年时间完成土石方510亿 m^3 ,平整土地1666.7万 hm^2 ,增加灌溉面积200万 hm^2 ,除涝面积106.7万 hm^2 ,增加机电排灌动力1102.5万 kW ,同时对大量的中小型水利工程进行维修、加固和配套,以及修建了大量田间工程。排水方面,继续抓好北方特别是黄淮海地区的排涝治碱,冀、鲁、豫三省和内蒙古、宁夏的引黄灌区,实行水利措施和农业措施相结合,搞好除涝工程,完善排水系统,发展井灌。同时,开始把注意力转到南方地区的治渍和低产田改造,改造冷浸田、低产田。

改革开放初期,分田到户的土地分散经营方式与灌排运行模式不相适应,灌溉排水进入了转轨时期,由于农业生产体制和财政体制变革,各地对水利投资和投劳减少,加之原有工程的老化失修和灌溉水源、灌溉面积被工业和城市建设占用等原因,水利事业出现了滑坡。1980—1990年10年间,全国农田灌溉面积平均每年下降5万 hm^2 。

20世纪90年代,灌溉技术与工程建设的速度明显加快,由于持续干旱,全国重新掀起了发展节水灌溉的高潮,水利事业也逐步走向良性循环的发展道路。各地根据“调整、整顿、提高”的方针,加强了对现有灌排工程的维修配套和技术改造。对都江堰、淠史杭和宁夏引黄等大型灌区的扩建配套和技术改造。陆浑、陈村等大型水库下游灌溉渠系的修建,黄河下游豫、鲁两省引黄灌



区的扩建,华北机井灌区经过机泵配套和技术改造,灌溉效率有明显提高,低压管道输水在井灌区得到大面积推广,节水效果十分显著。与此同时,对农田抵御旱、涝(渍)、盐(碱)灾害的标准要求更高,综合抗灾能力进一步加强。1996年,300个节水示范县建设进一步促进了农田水利科技工作的开展,截至1997年年底,全国有效灌溉面积达到5226.7万 hm^2 (7.84亿亩),拥有万亩以上灌区5562处,配套机电井355万眼,机电排灌总装机达到7268万kW。这些灌排工程的建设,对提高当地的粮食作物产量,改善自然环境和经济状况,从根本上解决了我国长期存在的部分地区缺粮问题。

在大力推广节水灌溉工程的同时,新技术和综合节水初见成效。如在水稻田推广浅湿灌溉,在旱作物推行小畦灌、膜上灌、喷滴灌等都取得可喜成效。在工程建设上,共有几百项新技术、新工艺、新材料用于农田水利基本建设。在施工中各地方普遍采用了机械施工机具,显著加快了施工进度,提高了施工质量和减轻了劳动强度。

二、发展现状

灌溉技术与产品的研究主要集中于提水工程、输配水工程和田间节水工程。在提水工程中,研究了提水工程的结构,优化了提水工程布局;分析了提水工程中的关键设备—各种水泵的工作参数;采用计算流体动力学(CFD)模拟泵内流场水力计算,相继开发了一系列灌溉用水泵。

在输配水工程中,对渠道防渗材料进行了一系列塑料薄膜防渗试验研究,主要为PVC膜、PE膜和线性低密度聚乙烯膜;研究推广了U形防渗渠道断面,对大中型渠道研究提出了弧形坡脚梯形断面和弧形底梯形断面;在冻害机理和防冻措施方面,研究了影响工程冻害的因素并掌握了产生冻害的规律,成功研制了膨胀珍珠岩板和矿渣护板等;在管道水力计算、管道防淤堵技术、管网系统规划设计、施工和运行管理等方面取得了许多成功的经验,并研制出多种材料的管道,如薄壁PVC管、双壁波纹PVC管、整体连续浇筑混凝土管等。

对于田间节水工程,研究了喷灌均匀度指标、喷灌强度指标、雾化指标(雨滴直径、 H/d)等;研究了多喷头组合变量施水喷灌技术;研究了包括土质、水文、降水、喷灌的水分布等大系统组态;制订了喷灌有关标准,研制出多种喷头、喷灌专用管道系统、喷灌专用泵及大、中、小、轻型多功能喷灌机等喷灌设备;研究了各种微灌灌水器的水力性能和工作机理,分析了微灌土壤水分运移规律及对作物生长和产量的影响,提出了微灌灌水器流道设计原理并相继研制开发出了一系列灌水器及配套设备;研究了各种灌水新技术的田间适应条件,分析了田间平整精度对畦灌系统性能的影响和激光控制平地方法的经济可行性。



三、发展趋势

灌溉产业的发展是朝着资源节约型、环境友好型方向发展，用节水和节能的灌水方法，是当今世界灌溉产业发展的总趋势；灌溉产业的发展是在传统的灌溉技术中融入了生物、计算机模拟、电子信息、高分子材料等一系列高新技术，具有多学科相互交叉、各种单项技术互相渗透的明显特征；在本领域传统科技问题的研究继续深化的同时，高新技术的开发应用也日新月异，灌溉技术和设备向着精准、低能耗、成套化发展：在供水方式上开始由开敞型向封闭型方向发展，大口径管道输水代替明灌输水，喷灌、微灌、地埋低压管道等灌溉方式的应用面积不断扩大，并且自动化水平也在不断提高。在用水方式上，开始由粗放型向精细型、由充分灌溉向非充分灌溉方向转变，国外在激光平地的基础上，水平畦田灌、波涌灌得到大面积应用，自动控制的喷灌、微灌灌溉施肥、施药系统也应用的越来越广泛；国内则在格田灌，膜上灌，调控灌溉和交替隔沟灌溉等方面做了大量工作；在喷灌、微灌技术的发展上，开始由单用途向多用途、由高能耗、高投入向低能耗、低投入方向发展，喷灌的节能精灌（LEPA）技术，微灌的低水头运行系统得到了高度的重视，技术不断成熟；排水技术逐步通过技术控制减少不必要的水量流失、肥料流失，从而减轻农田化学物质对水体的污染。在灌排设备的生产领域，新材料和技术的应用不断加强，开发和生产逐步走向工业化、规模化，产品则走向标准化、系列化、配套化，对灌排科技成果在生产实践中的应用起到了极大的推动作用。

第三节 灌溉技术与产品集成示范技术路线

改革开放 30 多年来，我国农业取得了举世瞩目的成就，也为中国粮食安全作出了重大贡献。但农业和粮食生产依然是国民经济最薄弱的环节。目前，中国农业发展面临的制约不断增加，农业资源短缺和生态环境问题日益突出，确保粮食等主要农产品有效供给、实现农业可持续发展的任务更加艰巨。因此，解决中国的农业和粮食生产问题，必须依靠农业科技创新和科技成果转化。

农业科技成果转化取得了显著成效：①转化了一大批先进实用的技术成果，满足了农村与农业生产一线的科技需求，使农业科技成果转化为现实生产力，推动各地农业和粮食生产的发展。②有力推动了农业和农村科技体制与机制的创新。高校、研究院所和企业联动，企业的主体作用得到了强化，大专院校、研究院所和企业从事成果转化的积极性不断提高，一大批实验室成果得到熟化，促进了农村科技社会化服务体系的发展。同时，一批农业科技成果转化基地逐步形成，培养了大批转化人才，缩短了转化周期，有力提升了我国农业



科技创新能力。③培育了一大批“拳头”产品、优良品牌和科技型龙头企业，提高了涉农企业和农业科研机构的技术自主开发、集成创新和转化应用能力，创造了大量就业机会，为提高劳动力素质、转移农村富余劳动力起到了重要的作用。

技术路线是科技创新与生产实践相结合，科技创新与生产单位相结合。由科研单位作为技术依托，不断完善产品质量与性能；企业作为产品熟化器，尽快将成果转化为生产力；示范区作为产品推介平台，做好需求信息反馈；在强调经济效益，增强科技创新后劲的同时，要更加重视社会效益和生态与环保效益。具体的技术路线见图 1-1。

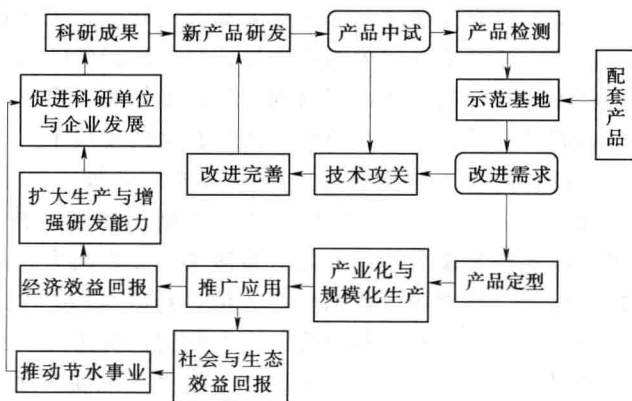


图 1-1 技术路线

灌溉技术与产品集成示范研究由“灌区水资源智能监控系统的中试与示范”“末级渠道量水技术研究示范”“管道灌溉系统关键设备的研制与改进”“灌溉用 CYH 系列喷头的中试转化”“仰角与雾化程度可调式喷头的中试与推广”“微灌系统全自动砂过滤器的中试与示范”“引黄抗堵塞滴灌技术示范与推广”和“可移动地下滴灌装置在农户灌溉中的示范与应用”8 个农业科技成果转化项目为基础组成，涵盖了滴灌、喷灌、水资源智能监测、渠道量水等灌溉技术与产品的大部分。

成立项目研发小组，并聘请国内知名专家参与课题的技术咨询。由联合研发小组制订方案，审核产品设计，指导企业进行产品试制，监督企业对试制产品各部分性能进行检测。研发产品的生产实际考核。对研制产品进行生产考核，通过考核不断发现问题，完善产品设计。产品的试生产：由企业筹资建立生产线或改造已有生产线，进行试生产，完善生产工艺，形成标准化生产线。

第二章 灌区水资源智能监控系统的中试与示范

第一节 概 述

灌区水资源智能监控系统是在已有井群自动控制技术与产品成果的基础上,通过技术升级、中试、生产验证和改进,形成的可以直接应用于生产的具有无线自建网、有线无线结合的经济组网、GPRS 无线公网多种数据传输方式,适应于纯井灌区的井群自动化灌溉无线控制系统、适应于多水源灌区的多种水源联网水资源优化调度管理自动控制系统和适应于井渠结合灌区的地表水与地下水联合调度智能监控系统的不同功能特点,以及不同配置规格的系列产品。

灌区水资源智能监控系统淘汰了建造昂贵、维护不便的有线串行通信,并在无线自建网的基础上,提出了有线无线结合的经济组网方式,增加了 GPRS 无线公网作为监控系统的数据传输手段;建立了统一的数据交换格式和统一的数据接口;增加了 GPS 地理信息采集和 GIS 数据信息显示系统;有针对性地加强了防雷方面的技术措施,使该系统能够适用云层低,气候湿润的东部沿海雷电危害高发区使用;针对普通机井房具有开放式水面,极易水汽凝结,普通触点直流采样加速触点腐蚀的问题,通过对触点施加 100V 25mA 的交流电的特殊处理方法,有效提高了系统长期使用的可靠性;并在多水源联网自动控制系统中获得初步应用。通过多功能应用开发,使产品进一步得到完善和提高。

多水源联网自动控制工程通过变频调速器的多功能应用,不仅实现了灌溉系统的恒压功能,通过控制转速的上升和下降时间,还实现了大型电机(22kW 电机,50m 扬程供水流量 100m³/h 的离心式水泵)的软启动功能。软启动和软关机(控制转速的上升和下降时间)有效地减少了水锤造成的地理 PVC 管网的破坏,可以大幅度降低使用、运行、维护成本,并有效提高系统性能,经济、社会、生态环境效益显著,具有相当好的推广价值。

第二节 灌区水资源智能监控系统的研制

一、研制目的和意义

在井群自动化灌溉系统基础上,增加水资源优化调度模块、地下水限量开