



普通高等教育“十五”国家级规划教材

主 编 王庆河

副主编 李宗尧 缴锡云

农田水利

NONGTIAN SHUILI



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十五”国家级规划教材

农田水利

主 编 王庆河
副主编 李宗尧 缴锡云



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

农田水利 / 王庆河主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5084-3972-4

I. 农... II. 王... III. 农田水利—高等学校—教材 IV. S27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 086270 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 农田水利
作 者	主编 王庆河 副主编 李宗尧 缴锡云
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)、68331835(营销中心)
经 售	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	787mm×1092mm 16 开本 19.75 印张 469 千字
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	32.00 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

内 容 提 要

本教材是根据普通高等教育“十五”国家级规划教材的编写要求，结合高职高专教育的特点编写而成的。全书共分十章，包括：绪论、农田水分和土壤水分运动、作物需水量与灌溉用水、灌水技术、灌溉水源与取水枢纽、灌溉渠系的规划设计、排水系统规划设计、井灌井排、不同类型地区的水利问题及其治理、灌溉排水管理。

本教材可作为全国水利学科高职高专学校水利水电建筑工程、水利工程、农业水利工程、水文与水资源工程、水务管理、水利工程监理等水利类专业的通用教材，也可作为水利工程造价、水利工程施工、水利工程管理等专业参考用书。本教材也可供其他水利类专业师生和相关专业的工程技术人员参考。

普通高等教育“十五”国家级规划教材
编辑委员会

主任委员 王志锋

副主任委员 陈自强 王国仪

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 锋 王庆河 刘宪亮 匡会健

孙敬华 孙晶辉 张俊峰 张朝晖

张耀先 陈良堤 欧阳菊根

苗平一 黄世钧

出 版 说 明

为加强高职高专教育的教材建设工作，2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号)，提出了“力争经过5年的努力，编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标，并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施：先用2至3年时间，在继承原有教材建设成果的基础上，充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验，解决好高职高专教育教材的有无问题；然后，再用2至3年的时间，在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神，有关院校和出版社从2000年秋季开始，积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的，随着这些教材的陆续出版，基本上解决了高职高专教材的有无问题，完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设，特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材；同时还要扩大教材品种，实现教材系列配套，并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月

前 言

本教材是根据普通高等教育“十五”国家级规划教材的编写要求，遵循国家教育部高等学校水利学科教学指导委员会高职高专教学组广州会议关于突出高职高专教材特色的精神而编写的。在编写过程中，针对高职高专教育的特点，在体例和内容等方面进行了认真的探索和必要的改革，突出了实用性、实际性、针对性和通用性。

本教材突出了高职高专培养人才的面向基层、技术应用型特色，着力强化对高职高专学生技能培养“针对性强、实用性强、实践性强”的特点，处理好理论与实践，基本知识与基本技能的关系。突出理论的应用，以达到培养高级应用型、岗位型人才的目标。把着眼点面向中小型工程、面向基层，突出高职高专学生技术应用能力、实践动手能力的培养。

本教材在原教材的基础上，保留其“少而精”的特色。删除原高等专科学校《农田水利学》教材中的井型结构及出水量计算内容，删减部分骨干灌排渠道规划设计、取水枢纽的水力计算等与水工建筑物课程重复的内容。基本理论的阐述以“必需、够用”为度，共性问题适当整合。工程的规划设计以及有关内容，按最新现行规范编写，将新技术、新信息及时反映到教材中。

本教材针对国家水资源极其短缺严峻形势，大力推广节水灌溉为农田水利事业的当务之急，在教材内容上，结合水利工程专业课程设置特点，增加了主要作物需水规律与合理用水内容；增加地面灌溉节水灌溉技术、波涌灌溉新技术、膜孔灌水新技术；在灌溉水源内容中，增加水源地环境保护与合理开发利用的内容；结合喷滴灌、低压管道输水灌溉中的水力计算，增加农村供水规划设计简介等农田水利科学技术方面的新知识、新技术、新成就。更加体现了教材的先进性和时代特色与行业特色。

本教材注重全国统编、应用广泛的特点。除了着重介绍基本理论应用和农田水利适用的普遍性内容外，针对我国南、北方各地区的自然特点和水利存在问题的特殊性差异，适度增加了南北方主要作物的需水规律、不同类型

地区的水利问题及其治理，供南、北方学校选择或适当取舍。

本教材由于具有“面向中小工程、针对性强、实用性强”等特点，可用于全日制、各种函授与成人教育的水利水电工程、水利工程、农业水利工程、水文与水资源工程、水务管理等水利类专业的学生教材，也可作为水利类专业人员的培训教材，该教材可在全国水利高职高专学校使用。

本教材的编写大纲经过了2002年7月沧州教材编审会议的集体讨论和编委会议进一步修改。由王庆河任主编，李宗尧、缴锡云副主编。其中，绪论、第二章、第三章第二~四节、第五章、第八章第一节、第九章第一节由王庆河编写；第四章、第六章、第八章第二节由李宗尧编写；第一章、第三章第一节、第九章第三节由缴锡云编写；第七章、第八章第三节、第九章第二节由高永胜编写。全书由王庆河统稿并定稿，由崔智武主审并提出了具体地修改意见，提高了书稿质量，在此表示衷心感谢。

在本教材的编写过程中，参考借鉴了有关教材内容和科技文献资料，编者在此也一并表示感谢。

由于编者水平有限，难免有不足和疏漏之处，恳请各位专家、同仁和读者批评指正。

编 者

2006年7月



目 录

出版说明

前言

绪论	1
第一节 我国农田水利事业发展概况	1
第二节 我国农田水利事业的展望和科技发展趋势	6
第三节 农田水利学的研究对象和基本内容	10
第一章 农田水分状况和土壤水分运动	13
第一节 农田水分状况	13
第二节 土壤水分运动	18
第二章 作物需水量与灌溉用水	23
第一节 主要农作物的需水规律	23
第二节 作物需水量	39
第三节 农作物灌溉制度	46
第四节 灌溉用水量	59
第三章 灌水技术	67
第一节 地面灌水技术	70
第二节 喷灌	81
第三节 微灌	106
第四节 低压管道输水灌溉	118
第四章 灌溉水源与取水枢纽	131
第一节 灌溉水源	131
第二节 取水枢纽	144
第三节 灌溉设计标准与引水工程水利计算	147
第五章 灌溉渠系的规划设计	155
第一节 骨干渠系的规划布置	156
第二节 田间灌溉渠系	162
第三节 渠系建筑物的布置和选型	171
第四节 灌溉渠道流量的推算	175
第五节 灌溉渠道断面设计	187
第六节 渠道防渗	204
第六章 排水系统规划设计	210

第一节	骨干排水系统规划	210
第二节	田间排水系统规划	213
第三节	排水沟流量计算	229
第四节	排水沟道断面设计	235
第五节	排水容泄区	241
第七章	井灌井排	246
第一节	井灌区规划	246
第二节	竖井排水	255
第八章	不同类型地区的水利问题及其治理	260
第一节	山区丘陵地区的规划治理	260
第二节	南方平原圩区的规划治理	272
第三节	北方平原地区的综合治理	279
第九章	灌溉排水管理	288
第一节	灌溉用水管理	288
第二节	排水管理	297
第三节	灌溉排水试验	299

绪 论

第一节 我国农田水利事业发展概况

农业是国民经济的基础，农业是安天下、稳民心的战略产业。搞好农业是关系到我国社会主义经济建设高速度发展的全局性问题，是实现四个现代化的一个重要方面。实践证明，只有农业得到了发展，国民经济的其他部门才具备最基本的发展条件。

农田水利是直接为农业生产服务的，是农田基本建设的重要组成部分。它的基本任务是通过各种工程措施，合理利用水土资源，改善对农业生产不利的条件，调节农田土壤水分状况和地区水情条件，并与其他农业增产措施相结合，不断提高土壤肥力，为农业高产稳产提供良好基础。

我国位于亚欧大陆东侧，濒临太平洋，南北跨纬度 50 度，东西跨经度 60 多度，国土面积 960 万 km^2 ，耕地面积为 1.234 亿 hm^2 。我国地域广阔、地形复杂、气候多样、江湖众多、总量资源丰富，但因人口众多，按人均占有水土资源计，远远低于世界平均水平。由于各地自然特点不同，发展农业的水利条件也有较大差异。

秦岭山脉和淮河以南，通称南方，年降雨量为 800~2000mm，无霜期一般为 220~300d，作物以稻、麦为主，一年至少两熟。其中南岭山脉以南的华南地区，年降雨量为 1400~2000mm，终年很少见霜，一年可三熟。南方雨量虽较丰沛，但由于降雨的时程分配与作物需水要求不够适应，经常出现不同程度的春旱或秋旱，故仍需灌溉。长江中下游平原低洼地区，太湖流域河网地区以及珠江三角洲等地，汛期外河水位经常高于地面，内水不能自流外排，洪水和渍涝威胁比较严重。

淮河以北，通称北方，年降雨量一般少于 800mm，属于干旱或半干旱地区。其中，属于干旱地区的有新疆、甘肃、宁夏、陕西北部、内蒙古的北部和西部地区以及青藏和云贵高原的部分地区。年降雨量仅为 100~200mm，有的地方几乎终年无雨，而年均蒸发量为 1500~2000mm，远远超过降雨量，因而造成严重的干旱和土壤盐碱化现象。干旱地区主要是农牧兼作区，种植的主要作物有棉花、小麦和杂粮等，灌溉在农业生产上占极重要的地位，牧草也需要进行灌溉。大部分地区没有灌溉就很难保证农、牧生产的进行。半干旱地区的主要作物有棉花、小麦、玉米和豆类，水稻也有一些。这些地区的降雨量虽然基本上可以满足作物的大部分需要，但由于年际变差大和年内分布不均，经常出现干旱年份和干旱季节。水源主要是河川径流和地下水。这一地区农业生产的突出问题是由于降雨量在时间上分布不均、水利资源与土地资源不相适应等原因而形成的旱涝灾害问题。以华北地区为例，常常春旱秋涝，涝中有旱，涝后又旱，其他地区也有类似的情况。此外，有些

排水不良的半干旱地区、地下水位较高，地下水矿化度大，土壤盐碱化威胁较重。在东北平原还有部分沼泽地，在黄河中游的黄土高原，存在严重的水土流失现象。

中国是一个水资源短缺、水旱灾害频繁发生的国家。人均水资源占有量只有 2200m^3 ，仅为世界平均水平的 $1/4$ 左右，是美国的 $1/5$ ，加拿大的 $1/50$ 。受季风气候和地形条件的影响，水资源时空分布极不均衡。全国大部分地区每年汛期连续 4 个月的降雨量占全年的 $60\% \sim 80\%$ ，往往造成汛期洪水成灾。中国南方水多，北方水少，长江以北水系流域面积占全国国土总面积的 64% ，水资源量却只占全国的 19% ，干旱缺水成为中国北方地区发展经济的突出问题。自然灾害，尤其是干旱，对中国的农民收入、农村经济、农业生产造成较大影响。

目前在农田水利方面突出的问题是水土资源的组合很不平衡，如：全国有 45% 的土地面积处于降水量少于 400mm 的干旱少水地带；全国河川径流量，直接注入海洋的外流河水系占 95.8% ，内陆河水系占 4.2% ，而内陆水系面积占全国总面积的 36% ；长江流域和长江以南水系的径流量占全国的 82% ，但耕地面积只占全国耕地面积的 36% ；黄、淮、海三大流域，年径流量占全国的 6.6% ，但耕地面积却占全国耕地面积的 38.6% ，水土资源分布相差悬殊。由于降水量在年内及年际间分配不均，以及水土资源组合不平衡等，造成我国水旱灾害出现频繁和农业生产不稳定。

中国是一个农业大国，人口多、耕地少、水资源紧缺、水旱灾害频繁，特殊的气候、地理等自然条件以及社会条件决定了中国农业必须走灌溉农业的发展道路。因此，兴修水利，大力开展防洪、除涝、灌溉、治碱等水利工作。战胜洪涝、干旱、盐碱和水土流失等自然灾害，对发展我国农业生产具有十分重要的意义。

发展农业生产，我们的祖先一直和水旱灾害进行不懈的斗争，写下了光辉灿烂的农田水利史。从大禹治水至今，我国农田水利事业的发展已有 5000 多年历史，早在夏商时期，黄河流域一带就有了一些比较原始的农田水利工程，并出现了拦截径流用于灌溉的“沟洫”。春秋战国时期已经有了规模较大的渠系工程，如公元前 6 世纪在今安徽寿县南面修建的我国最早的灌溉水库——芍陂（现名安丰塘）；公元前 4 世纪在今河北临漳开挖的引漳十二渠；公元前 3 世纪在四川兴建的我国古代最大的灌溉工程都江堰等。特别是都江堰工程，其规划思想、工程设施及管理措施都很符合现代科学理论，是我国古代最成功的农田水利工程，此外，我国古代比较著名的农田水利工程还有郑国渠、灵渠、秦渠，汉渠、唐徕渠等。其他如遍布南方地区的塘坝工程，北方地区的水井、水车，西北地区的坎儿井、天车等，在过去都曾经为我国人民在与干旱作斗争中发挥了历史性的作用。

新中国成立后，亿万群众和广大水利工作者在中国共产党和各级人民政府的领导下，经过艰苦努力，农田水利建设有了飞速的发展。全国水利工程设施抗御洪涝旱灾害的能力进一步增强。全国已累计建成各类水库 85160 座，水库总库容达 5542亿 m^3 ，其中：大型水库 460 座，总库容 4147亿 m^3 。累计建成江河堤防长达 27.7万 km ，保护人口 5.31 亿人，保护耕地 4390万 hm^2 。按照各江河流域防洪规划要求，全国累计达标堤防长度 9.5万 km ，其中一、二级堤防达标长度 2.27万 km 。

全国有效灌溉面积达到 5625万 hm^2 ，其中 667hm^2 以上灌区达到 5800 处，有效灌溉面积 2551万 hm^2 （含有效灌溉面积 2万 hm^2 以上大型灌区 280 处，有效灌溉面积 1377万

hm²)。机电排灌面积达到 3733 万 hm²，其中提灌面积 3320 万 hm²；建成配套机电井 418 万眼，井灌面积 1640 万 hm²；易涝耕地及盐碱耕地进一步得到治理，全国原有的易涝耕地 2447 万 hm²，已有 2107 万 hm² 得到不同程度治理；我国的有效灌溉面积 5587 万 hm² 中，节水灌溉面积已达到 2100 万 hm²，分别占全国耕地面积的 45% 和 17%，节水灌溉面积已占有效灌溉面积的 37.6%。虽然中国人均耕地 0.095 hm²，是世界人均的 30%，但人均灌溉面积与世界人均水平基本持平。中国以占全国耕地面积 45% 的灌溉面积，生产了占全国总量 75% 的粮食和 90% 的经济作物；全国已累计解决 2.82 亿人的饮水困难，解决饮水困难牲畜 1.8 亿头；全国累计完成水土流失综合治理面积 92 万 km²，其中小流域治理面积累计达到 36 万 km²。

自 1998 年以来，中国农村水利事业进入了快速发展的阶段。中央政府加大了对灌溉排水事业的投资力度，中央和地方各级财政投入资金 200 多亿元、加上社会和农民的投入共 600 多亿元，重点支持灌区续建配套节水改造和节水农业发展，实施了 600 个节水增产重点县和 1000 多个节水增效示范项目建设，形成近 500 亿 m³ 的年节水能力，发展节水灌溉面积 1500 万 hm²，新增粮食综合生产能力 400 多亿 kg。中央政府还投入国债资金 98 亿元，加上地方政府和农民投入共计 180 亿元，解决了 5600 多万农村人口的饮水困难。

进入 21 世纪，党中央又多次强调，水利不仅是农业的命脉，更是社会发展和国民经济的基础设施，要放在优先发展的位置上；“水是人类生存的生命线，也是农业和整个经济建设的生命线”；要求把解决水的问题“作为我国跨世纪发展目标的一项重大战略措施来抓”。水利部还提出了由工程水利向资源水利转变，由传统水利向现代水利和可持续发展水利转变的思路。由于中央政府高度重视农业和采取的一系列政策和措施，促进了灌溉排水事业的飞快发展，农田水利事业取得了举世瞩目的成就。

50 多年来，我国的农田水利建设，创造和积累了丰富的建设经验。在农田水利科学技术研究与推广方面也取得了新的进展。

1. 学科领域扩大，应用基础理论研究更加深入

(1) 农田水利学科围绕着现代农业的发展，不断向节水、高效、环保的领域扩展，作物高用水生理调控、作物水分信息采集与精量控用水、劣质水高效安全应用等成为新时期农田水利学科研究的热点。

(2) 应用基础理论研究不仅由单纯的土壤水分调控研究转向“土壤—植物—大气”连续体水分运移规律的研究，而且把水分运移规律与养分、水热、化学物质运移结合起来进行研究，为提高水分养分利用效率提供了理论基础。

(3) 更加重视局部灌溉和不同农业耕作条件下的水分养分运移规律的研究。这些都为深入开展农业节水领域的研究由实验统计性质转变为具有较严谨理论体系和科学定量方法奠定了良好基础。

2. 研究和开发出成批节水新材料、新设备

研制完成 20 多种节水节能灌溉新设备，多种产品实现产业化。在节水新材料研究上，提出了适合 U 形渠道衬砌构件适宜的混凝土配合比，选用焦油塑料胶泥条和遇水膨胀橡胶止水条作为预制衬砌渠道伸缩缝材料，较好地解决了渠道接缝渗漏问题。

3. 农业节水新技术发展迅速

(1) 节水灌溉技术取得新进展。①引黄高含沙水滴灌技术：研究提出工程技术措施与过滤系统相结合的过滤模式，结合抗堵塞性能强的平面迷宫式滴头和相应的大田粮食作物滴灌制度和运行管理技术，形成完整的引黄高含沙水滴灌技术体系。②膜下滴灌技术：滴灌与覆膜技术结合，将水、肥、农药等通过滴灌设施直接作用于作物根系，加上地膜覆盖，减少田间蒸发，取得了显著的节水与经济效益。③地面灌溉新技术：首次开展对激光控制土地精细平整技术的田间应用研究，提出了水平畦田灌溉系统的设计方法、灌水设计参数及相应的田间工程布局模式；对波涌灌溉、覆膜灌溉技术进行了理论与技术要素的试验研究。另外，在控制性分根交替灌溉技术上也取得新进展。④田间灌溉自动化技术：研究开发出智能式全自动喷灌系统、电子自控配水系统—新型智能 IC 卡控制阀、无人值守的全自动化灌溉技术等。

(2) 节水工程技术取得新的进展。①大型灌区是我国粮食安全的重要保障。从 1998 年起国家发展和改革委员会和水利部重点组织实施了大型灌区的续建配套节水改造项目。到 2003 年，已对 247 个大型灌区进行了续建配套和节水改造。取得了灌水周期平均缩短 6d，渠系水利用率平均提高 17%，共形成 110 亿 m^3 的节水能力，平均每投入 1.1 元节水 $1m^3$ ，每年新增粮食生产能力 90 亿 kg，平均每投入 1.3 元就增产粮食 1kg 的综合效益。项目区的渠道基本没有跑、冒、滴、漏现象，渠道输水能力、用水效率大幅度提高，保证了灌区用水，缓解了农业用水的紧张矛盾。②在对不同形式和使用要求的刚性护面渠道冻胀破坏机理研究的基础上，提出了渠道刚性衬砌防冻胀破坏的内力计算与结构设计方法，并筛选出新型抗冻胀、防渗输水技术和先进实用的施工技术，形成了渠道抗冻胀、防渗高效输水技术集成模式。③低压管道输水田间闸管系统改进了材料配方，实现原料国产化，研制与低压管道输水配套的波涌灌溉设备，提出适于不同灌区的系列化产品。④井渠结合灌区采取干支渠防渗衬砌，斗农渠采用土渠输水加大汛期拦蓄降雨入渗量，结合相应的畦田规格获得较好的引洪补源效果。

(3) 节水高效灌溉与非充分灌溉的水肥耦合技术研究取得新进展。①在节水高效灌溉制度方面：明确了冬小麦、夏玉米、棉花 3 种作物的节水高效灌溉决策模型，提出了节水高效的灌溉模式、经济灌溉模式与调亏灌溉指标，提出了调亏灌溉的成套技术（调亏时期、土壤含水量下限、调亏灌溉制度）。②在节水灌溉与农业综合技术方面：提出了不同节水灌溉条件下的水肥耦合及调配施肥技术，间套作格式、耕作措施的优化与改进技术，农田覆盖及配套灌水、施肥技术，间套种植下不同灌水方式结合应用技术等。

(4) 节水管理技术与水资源的合理开发技术逐步提高。①井灌区从加强雨洪利用入手，制定地下水开发与保护策略，形成了井灌区地下水采补平衡的水资源高效利用综合技术。②水库灌区建立了流域水资源优化调度数学模型，对灌区水资源进行合理配置，并优化调度，有效提高供水保证率。③雨水汇集及坡地径流资源化综合小流域水资源综合调配，形成了雨水汇集、引导、储存、合理利用的坡地径流资源化综合技术措施。④在多灌溉水源地区，实现了向农田供水分散水源的集中控制、统一调度，实现有限水资源的高效利用，提高了灌溉保证率。⑤配水技术在墒情监测和灌溉实时预报模型手段上有较大改进，将随机方法及神经网络法用于源泉出流及作物蒸发蒸腾模型，模型计算时间短，预测

精度大大提高。

4. 农田生态保护、区域中低产田治理和南方的涝渍治理技术继续得到提高

以西部内陆河流域区农田生态保护为主要目标开展的“叶尔羌河平原绿洲四水转化关系研究”和“塔里木河干流整治及生态环境保护研究”开创了在内陆干旱区从水资源转化角度出发、以土壤水为中心研究水资源合理利用的先例，把水资源开发利用与生态平衡和环境保护紧密结合，对于内陆干旱区与类似地区水资源转化和配置利用规划具有重要的指导意义。国家攻关项目“黄淮海平原持续高效农业综合技术研究”，针对该区域中低产田水资源不足、农田肥力差、品种和栽培技术落后、水的利用效率和水分生产率低的特点，采取农水紧密结合的综合技术，对中低产田进行治理，取得了显著的增产增收效益。国家攻关项目“农业涝渍灾害防御技术研究”，针对农田排水工程建设中的关键技术，对涝渍兼治连续控制的动态排水指标、组合排水工程形式及其设计计算方法进行了深入研究，在国内外率先提出了涝渍兼治的连续控制的综合治理思路，建立了作物产量与涝渍综合排水指标的关系模型，在有一定代表性的淮北平原地区应用后取得明显的经济效益。

5. 农业节水专题研究为国家提供宏观决策依据

从2001年开始，由中央农村工作领导小组办公室、水利部牵头，国家发展计划委员会、农业综合开发办公室等单位参加，对《农业节水的战略地位》、《农业用水与农业节水现状》、《21世纪初农业节水的目标与任务》、《农业节水的对策措施》、《国外农业节水发展的现状与启示》等5个专题进行了深入研究。完成了《全国农业节水发展纲要》。同时，《全国节水灌溉发展规划》、《全国灌溉发展规划》、《全国灌溉用水定额》、《21世纪初中国农村水利发展战略》、《大型灌区节水改造策略》等方面的研究也取得阶段性成果；这些研究均着眼全局、着眼长远，不但为农业节水的健康发展奠定了基础，而且为国家发展农业节水提供了可靠的决策依据。

6. 农业节水科技成果示范推广应用取得了显著效益

通过国家攻关项目、国家重大科技产业示范工程项目，在全国开展农业节水工程示范，先后在甘肃、内蒙古、新疆、河北、陕西、北京等地建立了国家农业节水科技产业示范工程示范区和农业节水高科技示范园区。1998年以来，全国建设了600个农业节水增产重点县和1000多个节水灌溉示范项目，建立了近300个旱作节水农业示范基地，对208个大型灌区进行了以节水为中心的续建配套和技术改造。重点推广了渠道防渗、低压管道输水、小畦灌、大田喷灌、滴灌、微喷灌、棉花膜下滴灌、膜上灌等灌溉节水技术，秸秆覆盖、地膜覆盖、旱地龙抗旱剂、保水剂、蒸腾抑制剂、抗旱种衣剂、优良耐旱品种等农业节水技术。有条件的地方发展集雨节灌。在南方水稻区，大力推广水稻“薄、浅、湿、晒”等节水栽培技术；探索出多种适合不同类型区的农业节水发展模式和技术体系。

7. 农田水利学科国际科技合作研究进一步加强

2001年，受欧盟科学技术委员会、澳大利亚国际农业研究中心、福特基金会等组织的资助，武汉大学、中国灌溉排水发展中心等单位分别与国际水管理研究院、国际水稻研究所和美国、法国、荷兰、印度等国的大学和科研机构合作开展了“黄河流域节水灌溉策略研究”、“中国节水灌溉技术及其影响研究”、“提高灌区水分生产率研究”、“劣质水利用研究”、“中国灌溉水费政策研究”等，取得了丰硕成果。2002年在加拿大召开的第18届

国际灌溉排水大会期间的“中国日”活动中，专门介绍了中国的灌排成就及节水灌溉等方面的经验。

第二节 我国农田水利事业的展望和科技发展趋势

党的十六大提出了全面建设小康社会的奋斗目标，强调“建设现代农业，发展农村经济，增加农民收入，是全面建设小康社会的重大任务”。2003年召开的中央农村工作会议上提出“把农业、农村和农民问题作为全党工作的重中之重”，胡锦涛总书记曾明确指出：“要加大农业基础设施建设力度，尤其要增加对节水灌溉、人畜饮水、乡村道路、农村沼气、农村水电、草场围栏等‘六小’工程的投入”。水利部于2003年提出了今后一个时期农田水利基本建设的指导思想是：“以‘三个代表’重要思想和党中央、国务院确定的治水方针为指导，以提高水资源利用效率为核心，以保障农民饮水安全、保障农业和农村经济用水安全、提高农业综合生产能力和可持续发展能力、保护和改善农村水环境为目标，完善基础设施，深化体制改革，强化工程管理，为农业增产、农民增收和农村经济发展服务，推动农村社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”。

50多年的农田水利事业的发展证明，中国的农业对水资源依赖程度较高，中国农业发展只能走灌溉农业的路子。随着经济发展、人口增加、城市化发展，农田水利事业面临着严重的重挑战：①洪涝灾害依然是中华民族的心腹之患。我国有大约42%的人口、30%的耕地，数百座城市以及大量重要基础设施和工矿企业都分布在主要江河的中下游地区，受到洪水威胁。②干旱频繁，水资源短缺突出。20世纪70年代，全国农田受旱面积平均每年约1100万 hm^2 ，到80年代和90年代则分别达平均每年约2000万 hm^2 和2700万 hm^2 。近5年来，全国受旱面积平均每年达3300多万 hm^2 ，年均减产粮食280多亿 kg ，农业灌溉缺水每年达300多亿 m^3 。此外，我国北方还普遍存在不同程度的地下水超采问题。③工业和城市用水需求增加。全国农业用水量从1949年占总用水量的92.7%下降到1980年的88%和2003年66%左右，工业用水由10%提高到22.1%，城镇生活用水由2%提高到11.9%。在可供水量增长困难的情况下，工业和城市生活用水增长较快，挤占灌溉用水趋势加剧。全国669座城市中有400座供水不足，110座严重缺水。水资源短缺已经成为我国尤其是北方地区经济社会发展的严重制约因素。④水土流失严重。目前我国水土流失面积356万 km^2 ，占国土面积37%。每年流失的土壤总量达50亿 t 。严重的水土流失，导致土地退化、生态恶化；造成河道、湖泊泥沙淤积，加剧了江河下游地区的洪涝灾害。牧区草原沙化严重，全国牧区2.25亿 hm^2 可利用草原中有90%的牧区草地退化问题突出。⑤水污染尚未得到有效控制。根据中国2001年的水质评价结果，在调查评价的12.1万 km 河长中，四类水河长占14.2%，五类或劣五类水河长仍占24.4%。目前我国农村有3亿多人饮水安全存在问题，其中约6300多万人饮用高氟水，200万人饮用高砷水，3800多万人饮用苦咸水，1.9亿人饮用水有害物质含量超标，1100多万人饮用水受到血吸虫病威胁；相当一部分城市水源污染，威胁到饮水水质。饮水水质不达标，已严重影响人民群众的生命健康。

我国一方面水资源紧缺，另一方面又存在用水效率低和严重浪费现象。目前，我国万

元 GDP 用水量为 406m^3 ，是世界平均水平的 4 倍，万元工业增加值取水量是发达国家的 5~10 倍，灌溉水利用率仅为 40%~45%，距世界先进水平还有较大差距，节水潜力很大。

水资源短缺已成为未来 20 年我国实现全面建设小康社会目标所面临的重大挑战之一。据有关部门预计，我国的人口 2020 年为 14.5 亿、2030 年达到人口最高峰 16 亿。由于人口的增长，到 2030 年，我国人均水资源占有量将从现在的 2200m^3 降至 $1700\sim 1800\text{m}^3$ ，需水量接近可开发利用量，缺水问题将更加突出。

从现在起到 2020 年，是我国全面建设小康社会的历史跨越时期。没有农村的小康，就没有全国的小康；没有农业的现代化，就没有农村的小康。2004 年，水利规划部门按照国家的统一部署，结合水利发展与改革的实际，以科学发展观为指导，深入研究事关长远发展的水利全局性、战略性问题，提出了水利发展“十一五”及 2020 年规划思路目标。在农田水利建设方面主要的发展目标有：到 2010 年，在防洪减灾方面，全国大江大河重要干支流河段基本得到治理，粮食主产区排涝标准基本达到 3 年一遇~5 年一遇。到 2020 年，各类防洪工程实现良性维护和运行，充分发挥防洪减灾效益；洪水资源利用程度得到提高，农田防洪除涝标准达到 10 年一遇，基本完成全国易涝、盐碱、渍害耕地的治理任务。在供水方面，到 2010 年，南水北调东线和中线一期工程建成并发挥效益，北京、天津以及华北地区和胶东半岛大中城市缺水问题得到有效缓解，全国新增年供水能力 400 亿~500 亿 m^3 ，城市供水普及率达到 98%，村镇自来水供水普及率达到 60%；解决农村 8000 万人的饮水安全问题。到 2020 年，全国新增年供水能力 800 亿 m^3 左右。城市和农村供水条件进一步改善，全国农村饮水安全问题基本得到解决。南水北调西线一期工程建成并发挥效益，黄淮海流域水资源短缺形势得到一定程度的解决。在节水方面，到 2010 年，全国农业灌溉水有效利用系数提高到 0.50，基本实现全国灌溉用水总量零增长，工业用水平均重复利用率提高到 70%，万元工业增加值取水量降到 120m^3 ，到 2020 年，全国灌溉水有效利用系数提高到 0.55，农业节水水平普遍提高，全国灌溉用水总量持平或有所下降。全国平均工业用水重复利用率达到 90%，万元工业增加值取水量降到 58m^3 。在农村水利发展方面，到 2010 年，全国新增工程节水灌溉面积 1000 万 hm^2 ，新增有效灌溉面积 133.33 万 hm^2 ，使农田灌溉面积达到 5800 万 hm^2 。到 2020 年，全国新增工程节水灌溉面积 1333 万 hm^2 ，新增有效灌溉面积 133.33 万 hm^2 ，农田灌溉面积达到 6000 万 hm^2 。在水资源保护和生态治理方面，到 2010 年，新增治理水土流失面积 25 万 km^2 ，一些生态脆弱的河流或生态严重破坏的河流得到挽救和治理。全国湿地保护面积有所恢复。减缓地下水超采趋势。到 2020 年，新增治理水土流失面积 50 万 km^2 ，进一步巩固生态修复成果。有效遏制地下水超采的趋势。

随着经济发展、人口增加、城市化发展、水资源的短缺、水环境的恶化，农业用水面临着严峻的挑战。农业用水量的 90% 用于种植业灌溉，其余用于林业、牧业、渔业以及农村人畜饮水等。尽管农业用水所占比重近年来明显下降，但农业仍是我国第一用水大户，发展高效节水型农业是国家的基本战略。当前农村水利发展面临的新形势、新情况都要求我们，必须持之以恒地搞好新时期的农田水利基本建设。21 世纪初期，我国农田水利科学技术应重点发展的有以下几方面。