




国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助

中国玉米灌溉与排水

Irrigation and Drainage of Maize in China

肖俊夫 宋毅夫 编著



 中国农业科学技术出版社



国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助

中国玉米灌溉与排水

Irrigation and Drainage of Maize in China

—— 肖俊夫 宋毅夫 编著 ——

 中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国玉米灌溉与排水 / 肖俊夫, 宋毅夫编著. —北京: 中国农业科学技术出版社,
2017. 12

ISBN 978-7-5116-3419-1

I. ①中… II. ①肖…②宋… III. ①玉米-灌溉②玉米-排水 IV. ①S513.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 319645 号

责任编辑 徐毅
责任校对 马广洋

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82106631(编辑室) (010) 82109702(发行部)
(010) 82109709(读者服务部)
传 真 (010) 82106631
网 址 <http://www.castp.cn>
经销者 各地新华书店
印刷者 北京科信印刷有限公司
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 49.75
字 数 1 250 千字
版 次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
定 价 200.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《中国玉米灌溉与排水》

编著人员名单

- | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 著: | 肖俊夫 | 宋毅夫 | | |
| 副 编 著: | 刘战东 | 刘祖贵 | 宁东峰 | 秦安振 |
| 编 审: | 李英能 | 陈玉民 | | |
| 第 一 章 | 肖俊夫 | 陈玉民 | 王俊河 | 蒿宝珍 |
| 第 二 章 | 肖俊夫 | 南纪琴 | 宋毅夫 | 张中东 |
| 第 三 章 | 宋毅夫 | 南纪琴 | 肖俊夫 | |
| 第 四 章 | 宁东峰 | 宋毅夫 | 牛晓丽 | 张伟强 |
| 第 五 章 | 刘祖贵 | 赵 犇 | 陈金平 | 柳家友 |
| 第 六 章 | 肖俊夫 | 陈玉民 | 常建智 | 钱春荣 |
| 第 七 章 | 肖俊夫 | 陈玉民 | 边少峰 | 赵海岩 |
| 第 八 章 | 宋毅夫 | 刘祖贵 | 秦安振 | 董国豪 |
| 第 九 章 | 秦安振 | 宋毅夫 | 芦 玉 | 王秀全 |
| 第 十 章 | 肖俊夫 | 宋毅夫 | 陈金平 | 张 建 |
| 第 十 一 章 | 刘战东 | 孔晓民 | 洪德峰 | 孟繁盛 |
| 第 十 二 章 | 宋毅夫 | 芦 玉 | 秦安振 | 宋 炜 |
| 第 十 三 章 | 肖俊夫 | 宋毅夫 | 南纪琴 | |
| 第 十 四 章 | 宋毅夫 | 肖俊夫 | 赵鹏利 | |

内容简介

本书是在广泛收集国内外有关文献的基础上，结合编者多年的试验研究成果和经验，并博采和旁引国内外玉米灌溉排水领域最新研究成就，撰写而成的一部系统论述玉米灌溉排水区划、灌溉排水理论与技术和中国灌溉排水现状的科技专著。

全书共 14 章，包括中国粮食生产与玉米、中国玉米灌溉区划、中国玉米排水区划、玉米生长发育的水分生理特征、异常水环境对玉米生态与产量的影响、玉米需水量与需水规律、玉米灌溉制度、玉米地面灌溉技术、玉米节水灌溉技术、玉米灌溉排水工程、墒情预测与灌溉预报、玉米旱涝灾害对策与水环境治理、玉米灌溉分区的节水工程措施分析、玉米排水分区工程措施分析等内容。

本书内容系统完整、资料较为丰富，采用理论联系实际写法，突出反映玉米灌溉排水学科的最新成就。可供从事农田水利、灌溉排水、作物栽培、节水农业、水环境等专业的科技人员阅读，也可作为有关专业研究生的教材和大学本科生的教学参考书。

序

玉米是我国第一大作物。“十二五”期间，玉米增产对我国粮食增产的贡献率达到 49.4%，有力保障了国家粮食安全。玉米适应性强、增产潜力大、经济价值高，在饲用、工业加工领域用途广泛，在我国国民经济发展中占有重要地位。

但是，由于受季风气候影响，我国玉米种植区降水量季节分布不均，每年都逢有旱、涝灾害，且发生频率高、持续时间长、波及范围广，导致玉米减产幅度较大。为了防御玉米旱涝灾害，保障玉米稳产高产，从 20 世纪 50 年代起我国科技人员开始从事玉米灌溉与排水研究。进入 21 世纪，先进实用灌溉排水技术不断涌现，成为新时期保障玉米安全生产的重要措施之一。

2007 年，国家启动建设玉米产业技术体系，下设水分管理研究岗位，由中国农业科学院农田灌溉研究所肖俊夫研究员及其团队承担。围绕玉米生产中存在的水分管理问题，该团队脚踏实地，潜心研究，取得多项丰硕成果，在此基础上进一步博采和旁引国内外玉米灌溉排水领域最新研究成果，归纳提炼，编写成《中国玉米灌溉与排水》著作。该书是国家玉米产业技术体系水分管理团队的智慧结晶。

该书将中国玉米灌溉与排水的理念与技术进行了系统梳理，提出了适合我国国情的玉米灌溉排水技术措施和不同自然条件下抵御旱涝灾害的对策，阐明了玉米生产与灌溉技术的发展方向，是专门针对玉米灌溉排水理论和技术的著作，对从事农田水利、作物栽培、水环境等方面的科研人员具有指导作用，也为相关专业研究生、教师提供了参考书。

细细品读，该书将专业的灌溉与排水理论与技术写得通俗易懂，贴近生产，对经典理论与技术进行了凝练，内容深入浅出，文字通俗顺畅，体现了系统全面性、专业实用性和技术创新性。在系统全面性方面，该书介绍了我国玉米灌溉区划、玉米排水区划、玉米灌溉制度、玉米节水灌溉技术等内容，阐述了玉米生产中的灌溉与排水的理论与实践。在专业实用性方面，该书从水分与玉米生长发育和生理、异常水环境对

玉米生长的影响、玉米需水量与需水规律、墒情预测与灌溉预报、玉米旱涝灾害对策与水环境治理等方面，阐释了玉米生产的灌溉理论基础，研发了灌溉预报系统，提出了旱涝应对措施。在技术创新性方面，该书对我国不同生态区玉米生产的灌溉与排水关键技术进行了集成与创新，构建了我国玉米灌溉与排水技术模式。

针对我国玉米生产发展的新形势和新要求，体系提出了“一机两改一保障”为核心的玉米产业技术发展思路，并在科技创新和生产实践中积极落实，也为玉米生产中的水管理提出了更高要求。“一机”指玉米生产全程机械化技术；“两改”指改良土壤和改良品种；“一保障”指搞好病虫害综合防治和自然灾害防御，保障玉米安全生产。《中国玉米灌溉与排水》这本书正为玉米生产防御自然灾害、实现稳产高产提供了科学依据和技术支撑。我相信该书的出版对提高玉米灌溉与排水研究水平，创新灌溉排水理论与技术，保障玉米安全生产将起到重要作用。

国家玉米产业技术体系首席科学家

李新海

中国农业科学院作物科学研究所研究员

2017年9月28日

前 言

玉米是全世界第一大粮食作物，原产于美洲，传入中国已有 500 多年历史，早已入乡随俗，成为中国主要粮食作物。由于玉米对环境的适应性很强，中国玉米种植分布宽广，从南到北、从东到西都能种植，近年玉米种植面积及其产量都属中国第一大粮食作物。由于中国受季风气候影响，雨量年内呈单峰型分布，月和日的雨量变差大，各地区农作物生长过程中，常受旱涝灾害影响，为保证粮食稳产高产、保证国家满足粮食自给，已成为中国从古到今的重大生存问题。中国自古就以农立国，班固《汉书·邴食其传》中有“王者以民为天，而民以食为天。”此言虽短，却悟出国泰民安之道，作为世界第一人口大国，粮食生产是民生大事。2007 年，农业部为加快国家现代农业产业建设步伐，提升国家、区域创新能力和农业科技自主创新能力，为现代农业和社会主义新农村建设提供强大的科技支撑，在实施优势农产品区域布局规划的基础上，决定在水稻、玉米、小麦等 10 种农产品开展现代农业产业技术体系建设实施试点工作，中国农业科学院农田灌溉研究所部分灌溉试验技术骨干人员参加了国家玉米产业技术体系工作。2007—2016 年的 10 年间，农田灌溉研究所玉米组全体成员开展了玉米灌溉排水相关项目试验研究，并会同各省（自治区、直辖市）相关水利部门（全国灌溉试验站网部分试验站）、农业部门（国家玉米产业技术体系部分试验站）开展协作，对玉米旱涝灾害发生机理、预防措施、灌排工程效果展开了调查、试验与研究，取得了大量试验资料和研究成果，在此基础上汇编成本书。

本书以玉米灌溉排水为主轴，在总结中国近年及不同年代玉米灌溉排水试验研究成果的基础上，分析了中国季风气候给玉米生产中旱涝灾害带来的影响，揭示了玉米需水量和需水规律，首次对中国玉米产区进行灌溉排水分区，提出了适合中国国情的玉米灌溉排水技术措施以及不同自然条件下抗御玉米旱涝灾害的方法与对策。

本书共 14 章，分为 4 部分：第一部分为第一章至第三章，分析了玉米在中国粮食生产中的地位与作用，在详细分析玉米种植季节特征及自然资源条件的基础上，为

分区指导灌溉排水管理，对全国 342 个地市进行了《中国玉米灌溉区划》与《中国玉米排水区划》，其中，灌溉区划划分 4 个大区：一是华东北部春玉米灌溉与补偿灌溉混合区；二是华西北部春玉米灌溉农业区；三是华北中东部夏玉米补偿灌溉区；四是西南春夏秋玉米补偿灌溉区。第二部分为第四章至第七章，总结了近年与前期的玉米灌溉排水试验研究成果，揭示了水分与玉米的生长发育和生理特性、阐述了水分逆境对玉米生理生态特性的影响、异常水环境对玉米生长发育的影响、玉米需水量与需水规律，提出了玉米的灌溉制度。第三部分为第八章至第十一章，总结了适用于中国的玉米灌溉排水技术，我国自古就非常重视对水的利用与防范，古代起就以“兴利除害”作为治水的总方针，展开了与水旱灾害的斗争，有文字记载就有 5 000 年历史，禹王治水对江河筑堤坝浚河道治其害，修沟渠引河水溉农田，逐步形成了中华民族与自然灾害斗争的一套完整的水利学说，并修建了大量的水利防洪、灌溉、排水工程。当今我国承继了先人的智慧，自改革开放以来完成了近百年想完成而没有完成的事业，如世界最宏伟的三峡大坝、世界最大调水工程，经过半个世纪的努力，在承继先人的基础上，我国不同自然条件地带地区创造了适用当地的灌溉排水系统的工程形式，并重点介绍了玉米灌溉、节水、排水工程以及灌溉预报技术。第四部分为第十二章至第十四章，全球气候变化，引起我国近年旱涝灾害频频发生，为防御旱涝灾害，这 3 章总结了我国治理旱涝的经验与教训，对灌溉排水各分区自然特点进行分析，提出了玉米旱涝灾害治理的对策。

从 20 世纪 50 年代起中国的灌溉科技人员就开始从事玉米灌溉与排水研究，80 年代水利部农田灌溉研究所组织了全国灌溉试验站网开展包括玉米在内的主要作物需水量、需水规律研究，90 年代膜下滴灌技术在玉米等大田粮食作物上开始探索性使用。21 世纪初有更多的先进灌溉排水技术不断涌现，玉米灌溉与排水试验研究已成为热点问题之一。回顾中国玉米灌溉与排水试验研究的进程，对前期玉米灌溉排水实践进行系统研究梳理十分必要，对展望未来玉米灌溉排水发展趋势更有重大科学意义。全国多年的灌溉排水科学试验研究为编写《中国玉米灌溉与排水》一书打下良好的基础。

在本书编写过程中不仅收集了水利系统的有关玉米灌溉排水试验研究成果，同时，也收集了相关学科的论文、资料，如植物水分生理、玉米育种、水文地质、气象观测、地质灾害、水利统计年鉴、水旱灾害统计年鉴、农业统计年鉴、31 个省份的政

府网、31 个省份 2014 年统计年鉴、300 多个地市政府网等方面资料与文献数万件，地图资料 1 000 件。

本书在编写过程中，得到国家现代玉米产业技术体系首席专家李新海、玉米产业技术栽培功能研究室多位岗位专家和玉米体系试验站多位站长的支持与帮助，在此表示衷心的感谢！同时，对李英能研究员在本书校审过程中给予的大力支持深表谢意！本书的内容虽然经过 10 余年的工作积累和编者 3 年的编辑，但限于编者的水平，书中难免存在不足与欠缺，恳请同行与读者批评指正。

编 者

2017 年 8 月 29 日

目 录

第一章 中国粮食生产与玉米	(1)
第一节 玉米在中国粮食生产中的地位	(1)
一、中国粮食生产需求与供给现状	(1)
二、玉米栽培技术与生产潜力	(4)
第二节 中国玉米种植分布与灌溉特点	(5)
一、玉米种植类型	(5)
二、玉米种植分布	(7)
三、玉米重点产区分布	(8)
第三节 季风气候对中国玉米生产影响	(9)
一、黄淮海夏玉米带旱涝发生与季风气候	(9)
二、东北春玉米带受季风影响与旱涝发生	(10)
三、南部与西南地区玉米旱涝灾害与夏季风关系	(11)
四、西北干旱地区玉米生产与干旱威胁	(12)
第四节 农田基本建设对玉米生产的影响	(13)
一、中国农田水利建设发展概述	(13)
二、农田水利建设发展与玉米生产	(14)
第五节 玉米生产现代化	(15)
一、玉米种植体制变革	(15)
二、玉米种植农业现代化	(16)
三、玉米灌溉生产现代化	(17)
参考文献	(19)
第二章 中国玉米灌溉区划	(20)
第一节 玉米干旱成因与分布	(20)
一、玉米干旱类型	(20)
二、干旱成因	(26)
三、干旱对玉米生产危害及对国民经济的影响	(32)
四、干旱分布	(34)
五、干旱与灌溉	(36)
第二节 玉米灌溉区划原则与分区因素	(39)
一、玉米灌溉区划原则与分区等级	(40)

二、玉米灌溉区划分因素与指标	(40)
第三节 玉米灌溉区划方法	(41)
一、共区优选人机联合	(41)
二、共区率计算	(42)
第四节 玉米灌溉分区	(44)
一、一级区分区	(44)
二、二级区分区	(51)
三、三级区分区	(58)
第五节 玉米三级灌溉分区概述	(60)
一、Ⅰ华东北部春玉米灌溉与补偿灌溉混合区	(60)
二、Ⅱ华西北春玉米灌溉农业区	(64)
三、Ⅲ华北中东部夏玉米补偿灌溉区	(66)
四、Ⅳ华西南春夏秋玉米补偿灌溉区	(69)
参考文献	(89)
第三章 中国玉米排水区划	(91)
第一节 玉米种植区域洪涝灾害成因与危害	(91)
一、季风气候降水特征	(91)
二、洪涝灾害类型	(92)
三、洪涝区域与历史灾害发生频率	(96)
四、洪涝灾害对玉米生长危害及损失	(98)
五、中国近年洪涝渍害现状与特点	(102)
第二节 玉米排水区划原则与方法	(104)
一、玉米排水区划的界定	(104)
二、区划原则及指标	(105)
三、玉米排水区划方法	(106)
第三节 玉米排水分区	(109)
一、界定分区单元与分区因素	(109)
二、一级分区计算	(111)
三、二级分区计算	(116)
四、三级分区计算	(119)
第四节 玉米排水分区概述	(121)
一、一级区概述	(121)
二、二级区概述	(129)
三、三级区概述	(134)
参考文献	(154)
第四章 玉米生长发育的水分生理特性	(156)
第一节 玉米体内水分循环机理	(156)
一、植物体内水分储存与消耗	(156)

二、水与植物细胞植物体内水流动理论发展与现状	(160)
第二节 玉米发育阶段及其对水分的需求	(163)
一、出苗	(163)
二、苗期	(164)
三、拔节期	(164)
四、抽雄吐丝期	(164)
五、灌浆成熟期	(165)
第三节 干旱胁迫对玉米生长发育的影响	(165)
一、干旱胁迫对株高的影响	(165)
二、干旱胁迫对叶面积的影响	(166)
三、干旱胁迫对茎粗的影响	(166)
四、干旱胁迫对根系的影响	(166)
五、干旱胁迫对产量性状的影响	(167)
第四节 干旱胁迫对生理生化特性的影响	(168)
一、干旱胁迫对光合作用的影响	(168)
二、干旱胁迫对叶绿素荧光参数的影响	(170)
三、干旱胁迫对活性氧伤害的影响	(172)
四、干旱胁迫对渗透调节物质的影响	(172)
五、干旱胁迫对脱落酸的影响	(173)
第五节 淹涝胁迫对玉米生长发育的影响	(173)
一、淹涝对玉米株高和叶面积的影响	(173)
二、淹涝胁迫对玉米叶绿素相对含量的影响	(174)
三、淹涝对玉米光合作用的影响	(175)
四、淹涝对玉米叶片叶绿素荧光参数的影响	(177)
五、淹涝胁迫对玉米衰老特性的影响	(178)
六、淹涝胁迫对玉米产量的影响	(178)
第六节 水污染对玉米水分生理的危害	(179)
一、重金属污染对植物生理生化危害	(179)
二、镉污染对玉米生理生化的影响	(180)
三、铬污染对玉米生理生化的影响	(182)
四、铅污染玉米生理生化的影响	(183)
五、砷污染对玉米生理生化的影响	(184)
第七节 高产下玉米生理指标的研究	(186)
一、高产玉米条件分析	(186)
二、高产玉米光合系统生理指标	(188)
三、高产玉米籽实生理指标	(189)
四、高产玉米生理生化指标	(190)
参考文献	(191)

第五章 异常水环境对玉米生态与产量的影响	(195)
第一节 干旱对玉米生态与产量的影响	(195)
一、干旱对玉米形态变化的影响	(195)
二、干旱对玉米产量形成的影响	(197)
三、玉米应对干旱环境的防御措施	(198)
第二节 过湿土壤对玉米生态与产量的影响	(199)
一、过湿对玉米生长形态的影响	(199)
二、过湿对玉米产量形成的影响	(202)
三、玉米应对过湿环境的防御措施	(204)
第三节 洪涝灾害对玉米生态与产量的影响	(205)
一、洪涝对玉米生长形态的影响	(205)
二、洪涝对玉米产量形成的影响	(209)
三、玉米应对洪涝灾害防御措施	(212)
第四节 玉米耐盐能力	(213)
一、盐胁迫对玉米种子萌发和出苗的影响	(214)
二、盐胁迫对玉米生长形态的影响	(218)
三、盐胁迫对玉米生理活动的影响	(224)
四、玉米耐盐性遗传的研究	(227)
第五节 水环境污染对玉米生长发育的影响	(229)
一、水污染中对玉米生长的有害物	(229)
二、重金属水污染对玉米生长的危害	(230)
三、多环芳烃土壤污染对玉米生长的危害	(234)
参考文献	(235)
第六章 玉米需水量与需水规律	(240)
第一节 春玉米需水量与需水规律	(240)
一、中国春玉米带与需水量等值线图	(240)
二、春玉米需水量与需水规律	(241)
三、春玉米需水量与产量的关系及水分生产函数	(244)
四、春玉米作物系数	(246)
第二节 夏玉米需水量与需水规律	(247)
一、中国夏玉米带与需水量图	(247)
二、夏玉米需水量与需水规律	(248)
三、夏玉米需水量与产量关系及水分生产函数	(253)
四、夏玉米作物系数	(254)
第三节 南方玉米需水量与需水规律	(255)
一、夏玉米需水量需水规律	(256)
二、春玉米需水量与需水规律	(257)
三、秋冬玉米需水量与需水规律	(257)

第四节 作物需水量应用注意事项	(258)
一、作物需水量取用影响因素	(258)
二、作物需水量受作物品种与产量影响	(259)
三、作物需水量受气候条件与水文年的影响	(259)
四、作物需水量受灌溉方法的影响	(259)
参考文献	(260)
第七章 玉米灌溉制度	(261)
第一节 春玉米带灌溉制度	(262)
一、东北春玉米带灌溉制度	(262)
二、西北地区春玉米灌溉制度	(270)
第二节 黄淮海地区夏玉米灌溉制度	(272)
一、黄淮海夏玉米带降水状况分析	(273)
二、玉米生长期有效降水与需水比较及灌溉制度	(278)
第三节 南方玉米灌溉制度	(282)
一、南方玉米区不同水文年降水量与生育期逐月有效降水量与需水量比较	(282)
二、南方玉米的灌溉制度	(285)
第四节 农田用水动态管理	(286)
一、实时农田土壤水分监测	(286)
二、观测点布设	(286)
三、土壤水分测定方法	(287)
四、田间持水量测定和计算方法	(288)
第五节 玉米灌溉制度设计参数	(290)
一、玉米各生育阶段灌水计划层深度	(290)
二、玉米各生育期土壤适宜湿度	(294)
三、玉米灌水定额的计算	(295)
四、玉米不同灌溉制度的拟定方法	(296)
五、玉米有效降水与地下水利用量	(298)
六、灌溉用水贡献率分析	(300)
参考文献	(301)
第八章 玉米地面灌溉技术	(302)
第一节 玉米沟灌技术	(302)
一、沟灌类型	(302)
二、地面沟灌田间工程规划	(304)
三、沟灌灌水技术	(307)
四、玉米沟灌的研究成果	(309)
第二节 玉米畦灌技术	(310)
一、畦灌田间布置形式	(310)
二、畦田规格与规划设计	(311)

三、灌溉制度设计	(313)
四、畦灌的试验研究成果	(314)
第三节 玉米波涌灌	(316)
一、波涌灌溉理论	(316)
二、波涌灌溉系统	(318)
三、波涌灌溉主要参数	(321)
四、波涌灌主要方式及入渗量计算	(324)
五、波涌灌适用环境	(327)
第四节 玉米集雨灌溉	(329)
一、玉米农田集雨灌溉理念	(329)
二、集雨工程规划设计	(331)
三、集雨灌溉系统	(339)
第五节 玉米覆膜灌溉	(342)
一、覆膜灌溉特点	(342)
二、覆膜灌水方法	(348)
三、玉米覆膜设计	(349)
第六节 玉米现代化灌溉模式	(352)
一、中国玉米地域生产条件与灌区现代化模式的关系	(352)
二、灌溉工程建设现代化	(354)
三、灌溉服务系统现代化	(357)
四、灌溉管理控制智能化	(358)
参考文献	(359)
第九章 玉米节水灌溉技术	(367)
第一节 资源优化与灌溉给水技术发展趋势	(367)
一、资源与作物灌溉和给水的关系	(367)
二、节水灌溉的发展历程	(368)
三、资源的局限对灌溉给水的倒逼作用	(374)
四、创新“植物智能给水理论”	(374)
第二节 玉米喷灌技术	(378)
一、喷灌基本原理	(378)
二、喷灌系统与主要类型简介	(379)
三、喷灌系统田间规划	(382)
四、移动式与固定式喷灌系统设计	(385)
五、玉米大型喷灌系统设计	(393)
第三节 玉米滴灌	(404)
一、局部灌溉基本原理	(404)
二、滴灌系统类型	(405)
三、滴灌系统规划	(410)

四、滴灌系统设计	(412)
五、滴灌条件下玉米需水量与灌溉制度	(426)
六、滴灌主要设备操作与维护	(427)
第四节 灌溉渠系防渗工程	(428)
一、灌溉渠系节水管理主要措施	(429)
二、渠系防渗工程	(430)
三、渠系防渗措施规划基本参数	(436)
四、防渗渠道断面设计	(439)
第五节 管道输水与地下输水工程	(446)
一、低压管道输水	(446)
二、大型渠系管道化	(452)
三、地下输水	(459)
第六节 玉米特殊灌溉方法	(459)
一、喷灌防风剥	(460)
二、玉米喷灌防霜冻	(462)
三、玉米喷灌防干热风	(464)
第七节 玉米双节给水试验研究	(465)
一、负压给水技术	(465)
二、超微压给水技术	(469)
三、毛细给水技术试验	(471)
四、痕灌给水系统	(472)
参考文献	(476)
第十章 玉米灌溉排水工程	(483)
第一节 中国灌溉排水工程特点与分布	(483)
一、中国灌溉排水理论传承性	(483)
二、中国灌溉排水工程的多样性	(485)
三、中国灌溉排水工程的融合性	(491)
第二节 中国玉米灌溉排水工程设计参数	(493)
一、玉米灌溉工程设计主要参数	(493)
二、玉米排水工程设计主要参数	(503)
第三节 中国灌溉排水工程典型实例	(507)
一、自流引水灌溉工程实例	(507)
二、水库塘坝灌溉工程	(509)
三、泵站排灌工程	(510)
四、地下水利用工程	(513)
五、梯田式灌溉工程	(514)
六、移动式灌溉工程	(516)
七、远程调水灌溉工程	(517)