农业涝渍灾害防御技术

◉ 温 季　王少丽　王修贵 主编



4853
22

中国农业科技出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

责任编辑：阎庆健
封面设计：孙宝林





ISBN7-80119-972-3/S·929
定价：10.00 元

农业涝渍灾害防御技术

温　季　王少丽　王修贵　主编

中国农业科技出版社

图书在版编目（CIP）数据

农业涝渍灾害防御技术/温季，王少丽，王修贵主编．
—北京：中国农业科技出版社，2000
ISBN 7-80119-972-3

Ⅰ．农…　Ⅱ．①温…　②王…　③王…　Ⅲ．①防洪-技术
②避淹-技术　Ⅳ．S422

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 29282 号

责任编辑	闫庆健
出版发行	中国农业科技出版社 （北京海淀区白石桥路 30 号）
经　　销	新华书店北京发行所发行
印　　刷	北京奥隆印刷厂
开　　本	850×1168　1/32　印张：4.875
印　　数	1—1200 册　　字数：122 千字
版　　次	2000 年 10 月第 1 版　2000 年 10 月第 1 次印刷
定　　价	10.00 元

主　编： 温　季　王少丽　王修贵

副主编： 聂宪江　袁雄汉

编　委：（按姓氏笔画排序）

韦淑莉　李占柱　李福祥　张凤英

张友义　张瑜芳　沈荣开　周新国

郭树龙　郭冬冬　唐　利　贾树宝

崔恩贵

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

涝渍灾害是导致我国农业低产的主要原因之一。因此，“九五”国家科技攻关项目“农业气象灾害防御技术研究”将“农业涝渍灾害防御技术研究”列为一个专题开展攻关。本专题由水利部主管，并在项目主管部门中国气象局领导下开展工作。本专题由水利部农田灌溉研究所主持，中国水利水电科学研究院、武汉水利电力大学、南京水利水电科学研究院等单位参加。根据专题合同确定的主要研究内容，分工协作，共同完成攻关任务。本专题利用安徽省水科院新马桥农水试验站与安徽省水科院协作开展工作。

本书是根据“九五”国家科技攻关专题“农业涝渍灾害防御技术研究”所取得的主要成果编写而成。

撰写人员与分工：前言，温季；第一章 绪论，李占柱、温季；第二章 涝渍兼治和以动态排水过程为控制指标的农田排水标准，沈荣开、张瑜芳、王修贵等；第三章涝渍兼治的组合排水设计方法，王少丽、李福祥等；第四章 综合防御涝渍灾害的组合排水技术，聂宪江、张凤英、温季等；第五章组合排水工程经济效益分析，袁雄汉、唐丽等。

由于时间仓促，水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

目　录

第 1 章　绪论 …… 1
1.1　防御涝渍灾害的重要意义 …… 1
1.2　涝渍灾害防御技术的发展及攻关目标 …… 2
第 2 章　涝渍兼治和以动态排水过程为控制指标的农田排水标准的研究 …… 6
2.1　问题的提出 …… 6
2.2　连续降雨型地区排水设计指标及设计标准研究 …… 10
2.2.1　累计超标地下水位动态指标 …… 11
2.2.2　Hiler 模型的缺陷及新的受渍条件下的水分生产函数的建立 …… 26
2.3　涝渍相随类型农田排水系统设计标准的确定 …… 33
2.3.1　涝渍排水综合控制指标的研究 …… 34
2.3.2　棉花涝渍综合试验 …… 38
2.3.3　试验结果分析及涝渍排水控制指标模型 …… 40
2.3.4　结论与讨论 …… 47
2.4　排水标准的经济论证 …… 50
2.4.1　连续降雨地区农田排水标准的经济论证 …… 50
2.4.2　涝渍综合排水条件下排水标准的经济论证 …… 58
第 3 章　涝渍兼治的组合排水设计方法 …… 60
3.1　涝渍控制排水设计方法研究的现状 …… 60
3.2　涝渍兼治的水平衡动态机理 …… 62
3.2.1　田间排水运动模式 …… 62
3.2.2　降雨补给条件下的水平衡动态分析 …… 63
3.2.3　降雨补给与地下水动态变化关系 …… 69
3.3　涝渍兼治的排水模数计算方法 …… 76

3.3.1 田间各种地下排水模数的分析计算 …… 76
3.3.2 田间地面排水模数的分析计算 …… 81
3.4 涝渍兼治的组合排水设计方法 …… 83
3.4.1 组合排水形式及布设 …… 83
3.4.2 组合排水设计所需要的基本参数 …… 85
3.4.3 治渍暗管的排水设计 …… 87
3.4.4 明暗组合（网沟）暗管的排水设计 …… 90
3.4.5 除涝明沟的排水设计 …… 91
3.5 涝渍兼治的组合排水主要设计参数确定方法及设计实例对比分析——应用于安徽淮北砂姜黑土 …… 92
3.5.1 设计降雨量的分析计算 …… 93
3.5.2 有关参数的试验及分析方法 …… 95
3.5.3 明暗组合排水形式计算实例及对比分析 …… 102
第4章 综合防御涝渍灾害的组合排水技术 …… 106
4.1 涝渍灾害与治理状况 …… 106
4.1.1 涝渍灾害状况 …… 106
4.1.2 涝渍灾害特点与影响因素 …… 106
4.1.3 涝渍灾害治理状况及存在的问题 …… 108
4.2 沟井结合综合治理旱涝渍灾害 …… 109
4.2.1 试验区沟井组合规格 …… 110
4.2.2 沟井组合试验结果 …… 112
4.2.3 沟井组合的地下水平衡问题 …… 117
4.2.4 小 结 …… 119
4.3 沟管结合综合治理涝渍灾害 …… 119
4.3.1 沟管结合形式 …… 120
4.3.2 沟管结合的排水效果 …… 120
4.3.3 沟管结合的经济效果 …… 123
4.3.4 田间排水系统模式转换 …… 124

第 5 章　组合排水工程经济效益分析 …… 126
5.1　田间排水工程费用与收益 …… 126
5.1.1　田间排水工程费用投入 …… 126
5.1.2　不同排水设施试区作物测产收益与灾情分析 …… 126
5.2　排水工程经济效益分析中若干计算因子的选定 …… 130
5.2.1　排水设施多年平均效益系数分析 …… 130
5.2.2　主要农产品的口岸价格 …… 132
5.2.3　影子运输费 …… 132
5.2.4　小麦与大豆的影子价格计算 …… 133
5.2.5　1997 年大豆与 1998 年小麦增益计算 …… 133
5.2.6　效益流量 B 计算 …… 134
5.3　投资费用的影子价格与费用流量计算 …… 135
5.4　国民经济效益流量与经济效益评价指标计算 …… 135
5.4.1　国民经济效益流量表 …… 135
5.4.2　各组次经济效益评价指标计算 …… 136
5.5　经济内部收益率敏感性分析 …… 138
5.5.1　两种规格排水设施计算效益分别增减 25%后的效益流量 B …… 138
5.5.2　两种规格排水设施的费用流量分别增减 15%后的计算费用流量 C …… 138
5.5.3　两种规格排水设施经济内部收益率敏感性分析计算 …… 139
5.6　单纯明沟与明沟、暗管组合工程技术的经济效益比较 …… 140
5.7　结语 …… 141
参考文献 …… 143

第 1 章　绪　论

1.1　防御涝渍灾害的重要意义

我国是世界上涝渍灾害频繁而严重的国家之一，全国涝渍灾害面积平均每年达 1 亿多亩，使粮棉油减产占全国总产量的 5%。据有关资料统计，全国中低产田面积共有 8.45 亿亩，其中易涝耕地 3.66 亿亩，渍害 1.15 亿亩，这说明涝渍灾害是导致农田低产的主要原因之一，产量低而不稳，严重制约着农业生产的发展和人民生活水平的提高。

我国涝渍农田主要分布在北方地区的东北三江平原和松嫩平原、辽河中下游平原、黄淮海平原等；南方地区的沿江平原圩区、滨湖地区、临海地区，珠江三角洲以及山丘区的冲垄地等。涝渍灾害的主要治理措施是根据农作物对农田水分状况的要求，修建排水系统，及时排除农田中多余的水分，为农作物生长创造良好的环境。全国已不同程度地治理易涝耕地 3.1 亿亩，治理渍害田5 000 多万亩。治理后亩产增幅一般在 100kg 以上，并且生态环境也有明显改善，为农业增产打下了良好的基础，取得了明显的经济效益和社会效益。仅 1996 年到 1998 年三年通过农田排涝，使约 3 亿亩农作物避免或减轻了涝灾损失，排涝减灾效益达 800 多亿元。湖北江汉平原的四湖地区，改造渍害低产田后增产达 30% ~ 40%，每亩增产粮食 100 ~ 150kg，高的可达 200kg。

但是，目前农田排水的治理标准一般偏低，仅有一半左右达到五年一遇除涝标准，而且由于工程老化，年久失修等原因，有些工程的排水能力只有设计标准的 40% 左右，治渍标准更低，故当前农田排水防御涝渍灾害的能力还远不能适应我国农业发展的要求。涝渍灾害已成为制约我国不少地区农村经济发展和摆脱贫困的重要

因素。因此，提高防御涝渍灾害的能力，对加速发展农业生产有着重要的现实意义和战略意义。

1.2 涝渍灾害防御技术的发展及攻关目标

我国农田排水的实践及认识过程中，首先是开展了对农业生产造成严重损失的内涝灾害治理，修建了大量明沟排水工程，对保障当地农业生产发挥了重要作用。但是，有些已解决了涝灾威胁的农田，虽然可以保收，产量却不高，究其原因，大多是由于地下水位过高，土地过湿，形成渍害。这些农田要提高产量，重要措施之一是合理调控地下水动态，使农田保持良好的通气条件。此后开展了以治渍为目的的农田地下排水试验研究和工程建设。基于上述历史特点，我国农田排水规划设计中，在排水设计指标及排水措施的应用上都是采取涝渍分别治理。

在排水设计指标上，存在着涝、渍各自独立的标准，即以排除地面水为主的排涝标准和以治渍为主的排渍标准。目前应用最广的是：排涝以涝区发生某一设计频率的暴雨而不受涝为准；治渍则采用地下水位下降速度指标确定设计值。我国1999年发布的国家标准《灌溉与排水工程设计规范》中规定：排涝标准的设计暴雨重现期一般是采用5～10年，经济条件较好或有特殊要求的地区，可适当提高标准；经济条件目前尚差的地区，可分期达到标准。设计暴雨历时和排除时间，旱作区一般可采用1～3天暴雨和从作物受淹起1～3天排至田面无积水为标准；水稻区一般可采用1～3天暴雨经3～5天排至耐淹水深为准。排渍标准旱田设计排渍深度可取0.8～1.3m；水稻田设计排渍深度可取0.4～0.6m；旱作物耐渍深度可取0.3～0.6m，耐渍时间3～4天为准。水稻田适宜日渗漏量可取2～8mm/天为准。有渍害的旱作区，农作物生长期地下水位应以设计排渍深度作为控制标准，但在设计暴雨形成的地面水排除后，应在旱作物耐渍时间内将地下水位降至耐渍深度。水稻区应能在晒田

需要全本请访问 www.ertongbook.com

期内3～5天，将地下水位降至设计排渍深度。至于将涝渍两者统一起来确定的排水设计标准，在我国仍是一片空白。

在排水措施上，从单一明沟排水发展到明沟、暗管、鼠道、竖井等多种类型的排水措施，而对各种排水措施在改造中低产田中的作用及发展等方面则有了明确的认识。

明沟仍是当前我国运用最广泛的一种排水措施，它有排涝、排渍、排盐、蓄水、滞水、控制地下水位等多种功能。它的主要缺点是占地多、易滑坡、养护难。各地因地制宜总结并制定了防御涝渍灾害的明沟排水系统技术方案。

暗管排水由于暗管埋于地下，具有不占耕地、使用年限长、便于田间耕作和方便交通等优点。它可控制地下水位，起到排水治渍排盐的作用。对暗管的管材、裹滤料、施工机械等方面已取得了许多成果。但由于受技术、经济等多种条件限制，目前我国各类型暗管排水面积仅100万亩左右。国内外的实践证明，这是农田排水的发展方向。

鼠道排水具有施工简便、造价低廉且对排除犁底层滞水和地面残留积水特别有效，在粘质土地区其治渍效果良好，所以多用作辅助排水措施。对它的适用条件、结构形式、施工方法等方面均取得了许多成果。估计目前全国鼠道排水面积约70万亩。

竖井排水在我国主要是井灌井排，具有抽水灌溉，抗旱压盐，控制地下水位，既抑制返盐，又有利于雨季淋盐和缓解涝渍灾害等多种功能。这一措施对干旱、涝渍、盐碱多灾种并存的华北平原等地区的中低产田改造，起着重要作用。

其他排水如机械排水，主要用于解决不能自流排水的低洼地、平原圩区等地的排水出路。线缝沟排水则是用犁刀划破阻水的犁底层以消除上层滞水，多用于临时性辅助排水防渍的措施。

目前生产实践中，一般均根据各地不同灾害类型、不同自然条件、不同技术经济水平，因地制宜地分别应用上述各项排水措施，

进行涝渍灾害的治理。这种涝渍分治的办法，还不能完全防止农作物受涝渍危害或造成的不合理工程投资。

人们在探讨防御涝渍灾害、建设高产稳产农田的生产实践和科学试验中，发现涝渍灾害常紧密相联。在我国大多数受涝渍威胁的地区，往往存在着先涝后渍、涝退渍存、有渍易涝、涝渍并存或交替发生。这种涝渍相伴相随的特点，给农业生产造成的危害不能分别看待或分割处理，必须统筹防御、连续控制，应采用综合手段，实行涝渍兼治。

人们在大面积改造多灾种并存的中低产田的过程中，认识到各种灾种之间往往是相伴共存、相互联系、相互制约。因此，在改造此类中低产田时，必须把各灾种联系起来作为统一的治理对象，由过去单目标治理，发展为多目标综合治理。

针对上述的认识，为我国涝渍灾害防御提出一整套综合治理的组合排水技术，是本专题“九五”国家科技攻关的目标。根据农田排水工程设计中的关键技术，重点提出了以下几项应用技术研究：

①综合防御涝渍灾害的组合排水工程技术：根据所选典型试验区淮北砂姜黑土区主要农作物综合防御涝渍灾害的要求，研究几种主要排水措施明沟、暗管、竖井等排水工程合理的组合，选出防御涝渍效果好、经济效益佳等优化的组合排水工程形式。通过试验、示范，加强推广应用，以提高我国农田防御涝渍灾害的能力。

②涝渍兼治和连续控制的农田排水设计新技术：为改变过去涝渍分治的排水设计技术，根据涝渍兼治和连续控制的要求，研究有效综合治理模式。通过试验观测和分析计算，提出技术合理的组合排水工程设计计算方法，为我国防御涝渍灾害的农田排水工程设计提供科学依据。

③涝渍兼治和连续控制的动态指标研究：针对涝渍两种灾害具有相互紧密伴生，在时间和空间上相随性与连续性的特点，根据不同雨型和降雨分配特点，研究涝渍兼治排水系统的设计指标，和防

治连续多次降雨造成渍害的动态排水设计指标的试验技术，并确定方法，为涝渍兼治工程设计提供技术指标。

④组合排水工程技术经济效益分析：根据典型试验区主要农作物综合防御涝渍灾害的技术要求，通过成果资料分析研究，针对农业涝渍兼治的工程技术措施，研究组合排水工程技术的技术经济效益分析方法，为涝渍兼治工程开发技术的经济效益做综合评估和评价，提供依据。

第 2 章　涝渍兼治和以动态排水过程为控制指标的农田排水标准的研究

2.1　问题的提出

针对我国特别是南方地区水、旱灾频繁交替出现的情况，国家投入大量资金进行农田水利基本建设。灌溉排水工程的修建和效益的发挥，对保证我国农业生产的持续稳定发展起到了重要的作用。灌溉工程设计标准主要包括灌溉用水保证率和灌溉水质标准两部分。针对我国不同地区和不同作物，已制定了相应的国家标准[1]。总的来说，其设计指标十分明确，进行规划设计和在灌溉系统实时管理运行时，都较容易掌握。我国南方的农田排水问题，就其成因而言，十分复杂，有因外河水位过高，暴雨来临时排泄不及而造成的内涝；有因洪水泛滥，洪水涌向下游而形成的洪涝；有地面水排除后，土层内部水分过多形成的涝后渍水；有由于边界高水位的地表水通过渗漏而使农田形成的渍涝；有山冲田其周边山丘低温地下水使排泄区发生冷浸渍水等等。由于农田水分过多的原因各异，表现形式也不相同，给制定排水设计标准带来相当的难度。相对于因雨涝排水不及，大地汪洋一片、作物严重减产乃至绝收给人们一种强烈灾害的直观感觉而言，农田土壤过湿造成的作物减产程度和给人的直观感觉都轻得多。因此，国家在排水建设过程中首先关注洪涝灾害、建设地面水排水工程，就是理所当然的了。涉及华北地区排水问题，曾专门召开了七省二市的排水协作会议。目前，各省区均制定有相应的排涝设计标准，包括设计暴雨的重现期、允许的排除田面积水的排涝时间等。

排水系统的建设和大型排水泵站的兴建，对消除或减轻地区的洪涝灾害发挥了巨大的作用。随着涝灾威胁的减轻，为了使肥沃土

地的生产潜力得到更充分的发挥，农田土壤过湿的控制问题被提到了议事日程。自20世纪70年代末以来，一批以治理渍害为主的排水标准研究成果逐渐应用于生产实践，长期在中、低产水平徘徊的农田，找到了根治的途径。如果说，我国的农田排水事业在70年代以前，侧重点是放在治理涝灾上的话，80年代后则转入对涝灾治理工程的进一步巩固和逐步提高标准，对渍害给予重视的阶段。由于上述的历史原因，到目前为止，国家正式颁布的涉及农田排水的规范[1]、规程[2]，都是将排水标准分成排涝标准与排渍标准两部分，与此相配合涉及确定排涝标准与排渍标准的作物受淹试验与受渍试验，其国家行业标准[3]也是将除涝与排渍分开来制定的。

我国南方的渍害田一般可划分为山丘区冲垄盆地渍害田；平原区沿江滨湖渍害田；滨海区江河下游渍害田三种类型区。从渍害成因上，又可分为涝渍型——指地势低洼，排水不畅，雨后地下水回落速度很慢、明涝暗渍相随伴生的农田；潜渍型——指受江、河、湖、海等地表水体水位的制约，在雨后或过量灌溉后，地下水位较长时期内埋深小于作物主要根系活动层而形成渍害的农田；泉渍型——指山区为防止夏季缺水干旱而在田内长期蓄水的沤水田、冬水田或冬泡田；盐渍型——指滨海盐碱地；酸渍田——指南方沿海海涂生长的红树等植物腐烂后形成的酸性土，通常其pH值小于5，当地称之为咸酸田。据湖北、湖南、广西、贵州、福建和上海6省市渍害田类型统计资料[4]（见表2-1），以涝渍和潜渍两种类型居多，平均分别占渍害田的29.35%和28.66%。

涝渍型农田，其灾害往往发生在当地的雨季，由于承泄区（江河、湖泊）处于高水位，雨后排水不及，首先形成内涝。由于雨季时间较长，农田地下水位较高，一场降雨后土壤中的非饱和层很快蓄满，形成地面积水，当雨后地表水排除后才有可能排除地下水。因此，这种渍害农田，作物减产是由涝渍双重作用的结果，在经济评价中，既不能以单纯按受涝减产或按受渍减产进行分析，也不能

分别将两者造成的减产和损失进行简单的叠加。由于作物受淹减产机制与受渍减产机制不同，因此，作物前期受淹情况不同与其后受渍情况不同，所造成的减产损失也不相同。事实上，除了个别地下水排水条件特别好的地方，我国南方沿江滨湖大部分低洼平原地区在雨季农田受涝后都不同程度存在受渍的危害。要评价一个系统的排水效果或者进行排水工程（骨干系统、田间工程以及排水枢纽、抽排容量的选定）规划设计，必须以技术经济分析作为选定方案的依据。在目前排涝工程规划设计中，多以暴雨重现期和作物耐淹能力为依据，进行经济分析。由于仅考虑作物受淹减产而忽略地面水排除后农田是否受渍和受渍的程度，显然，据此所得出的工程经济效益将会偏高，其所选定的设计方案也就不是最优方案。

表 2-1　南方部分省市渍害田类型统计表

类　型	山丘区		平原区		滨海区	
	面积	占本区%	面积	占本区%	面积	占本区%
涝渍	459.88	18.98	554.3	40.35	239.43	50.79
潜渍	350.80	14.47	760.98	55.40	111.70	23.70
泉渍	908.62	37.49	8.85	0.65	3.90	0.83
贮渍	645.85	26.65	46.73	3.40	5.05	1.07
盐渍	31.88	1.57	1.0	0.07	87.93	18.65
酸渍	20.41	0.84	1.78	0.13	23.36	4.96
总计	2417.44	100	1373.64	100	471.37	100

对于涝渍型地区的治渍排水工作，绝大多数是在除涝排水达到一定标准的情况下，为了进一步挖掘农田生产潜力而提出来的。目前，制定的治渍排水标准，针对南北方不同地区、不同作物，提出了设计排渍深度、耐渍深度、耐渍时间和水稻田适宜渗漏量等指标。对于旱作地区，明确规定“农作物生长期地下水位应以设计排渍深度作为控制标准，规定在设计暴雨形成的地面水排除后，应在旱作物耐渍时间内将地下水位降至耐渍深度”[1]。为配合上述设计

需要全本请访问 www.ertongbook.com