

文章编号:1672-3317(2008)01-0108-04

中国的农田排水技术进展与研究展望*

王少丽^{1,2}, 王修贵³, 丁昆仑², 瞿兴业²

(1. 清华大学 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100084; 2. 中国水利水电科学研究院 水利研究所, 北京 100044; 3. 武汉大学 水利水电学院, 武汉 430072)

摘要: 涝渍盐碱灾害是我国不少地区农业生产发展的主要障碍, 提高防御涝渍盐碱灾害的能力, 对加速发展农业生产有着重要的现实意义和战略意义。长期的实践证明, 农田排水在防御涝渍灾害和土壤盐碱化、改善田间耕作管理、增加农作物产量、促进国民经济发展等方面起着积极的作用。阐述了农田排水技术的重要性, 回顾了排水技术的发展与主要实践, 指出排水领域存在的问题和差距, 结合我国国情, 提出今后农田排水领域的研究发展方向。

关键词: 涝渍; 盐碱; 农田排水; 水环境

中图分类号: S276.1 **文献标志码:** A

据有关资料统计, 中国中低产田面积共有 $56.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其中易涝耕地 $24.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 渍害田 $7.67 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 盐碱耕地 $7.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[1-2], 涝渍碱灾害是造成农作物低产的主要原因之一, 严重制约着农业生产的发展和人民生活水平的提高, 因此, 排水是中国的农业生产不可缺少的措施。建国以来, 中国投入了大量人力、物力进行农田水利工程的建设, 防御涝渍能力有了很大提高。总体而言, 中国的农田排水技术还相对落后, 有些领域的研究刚刚起步, 发展适合中国国情的农田排水理论和技术体系, 减少涝渍盐碱灾害, 促进农业可持续发展, 是需要不断努力的目标。

1 农田排水技术的进展与实践

1.1 盐碱地改良

新疆是中国西北地区盐碱地分布面积最大、最集中和盐碱威胁最严重的省份之一, 在约 1000 万 hm^2 的宜垦荒地中, 盐碱地占 75% 以上。自新中国成立以来, 新疆生产建设兵团等单位, 采取健全灌排系统和修建条田, 实施冲洗或种稻改良、水旱轮作和牧草轮作等措施, 共开垦利用盐碱荒地 86.7 万 hm^2 。在宁夏的银川平原, 历史上曾是一片白茫茫的盐碱区, 1949 年以后, 采取引黄河水灌溉种稻和加强排水等措施, 垦殖盐碱荒地 3 万 hm^2 , 平均产量达 7500 kg/hm^2 以上。除上述外, 在中国滨海和其他内陆地区, 通过灌排配套、洗盐、种稻以及农林牧结合等措施, 改良大面积盐碱地, 取得了显著成效。

关中平原的泾惠渠灌区历史上涝渍、盐碱灾害严重。20 世纪 50 年代开始修建排水工程, 20 世纪 60 年代在低洼地区开挖了 36 条排水干沟, 形成排水系统, 控制排水面积 6.93 万 hm^2 , 原有盐碱地全部得到治理。洛惠渠灌区涝渍、次生盐碱灾害严重, 20 世纪 50~60 年代开挖并扩建中干沟, 20 世纪 90 年代又修建洛西干沟等, 控制排水面积 2.2 万 hm^2 , 有效地控制了次生盐碱化的发展。黄河中下游引黄灌区在 20 世纪 50~60 年代得到迅速发展, 但由于盐碱化问题一度被迫停灌, 20 世纪 60 年代以后由于初步解决了排水问题, 又得到了恢复和进一步发展, 到目前, 河南、山东二省沿黄 13 个地市的农业生产发生了巨大的变化, 粮食产量大幅增加^[1]。

* 收稿日期: 2007-01-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD11B06)

作者简介: 王少丽(1963-), 女, 江苏无锡人, 教授级高工, 博士研究生, 主要从事农田灌排理论与技术、农业水环境保护方面的研究。

1.2 涝渍低产田治理

截至 20 世纪 90 年代末,全国易涝面积 $24.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 中,已经不同程度治理 $21.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$,其中治理标准在 10 年一遇以上的占 17%,5 年一遇的占 42%,5 年一遇以下的占 41%。旱涝保收面积较 20 世纪 80 年代末期增加约 320 万 hm^2 ,粮食增产幅度达 24%^[1]。

辽河流域为消除洪水对涝渍地区的威胁,采取上游蓄水、中下游修建堤防、洼地滞蓄等治理措施,使支流洪水基本得到控制,防洪标准达到 10~20 年一遇,为农田涝渍治理提供了条件。松嫩平原部分地区呈闭流状,排水困难,积水严重。自 20 世纪 60 年代起修建了排水工程,改变了该地区的闭流状况,许多涝区已成为产粮区。海河流域通过大规模的洪水治理,使平原地区基本免除洪水威胁,进而转入以排水为主的治涝,20 世纪 60 年代以后,海河下游平原地区疏浚开挖大量骨干河道,在 360 万 hm^2 易涝耕地中,有 74% 得到初步治理。其它如黄河、淮河、长江和珠江等流域,在区域性的防洪除涝和农田排水治渍等方面,也都取得显著进展,积累了丰富经验,创造了可观的生产效益。

1.3 旱涝碱综合治理

新中国成立以来,结合黄河、淮河、海滦河的治理,修建了大量蓄水、灌溉和排水工程,先后在燕山、太行山地带,伏牛山、大别山山前地带,祁蒙山周边地区和黄河下游地区修建了多处大中型灌区。冀、鲁、豫、京、津 5 省(市)井灌面积近 $8.67 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占农田灌溉面积的 60% 以上^[1]。通过自流、提水灌排,综合治理旱涝碱取得了显著成效。结合利用地下水,井灌井排发挥了控制地下水的巨大作用,使黄淮海平原除滨海以外的大部分地区旱涝碱威胁大大减轻,低产田得到有效治理,农业生产大幅度提高。

1.4 建设排水控制设施,提高水资源利用效率

安徽省淮北地区总面积 3.74 万 km^2 ,地势平坦,多年平均降雨量约 850 mm,但时空分布不均,水旱灾害频繁发生。20 世纪 80 年代开始以大沟为单元的除涝配套建设,基本解决了该地区的涝渍灾害问题。目前除涝面积达 150 万 hm^2 ,占易涝面积的 88%。由于在除涝的治理中,主要借鉴华北地区的经验,排水标准偏高,排水沟过深,结果造成大量地表径流流失,排水沟控制范围内地下水的过度排泄。同时,由于工农业的发展和人口的增长,对水资源的需求量不断增加,使得该区水资源供需矛盾突出。目前该地的群众自发在排水干支沟上兴建闸、坝控制设施,拦蓄排水及雨水以用于灌溉,1999 年开始,安徽省水利厅投资进行闸坝控制设施对农田地下水的影响、对降雨利用率的影响以及不同控制设施的形式、组合方式的研究,并进行了示范推广,取得了良好的效果,是一种有中国特色的控制排水。

1.5 排水技术的引进配套及新型合成过滤材料的开发应用

1997 年宁夏农业综合开发办利用荷兰贷款,引进现代化暗管排水设备和技术,采用骨干沟道整治与田间暗管排水相结合,在银北灌区开展了大规模的排水工程建设,筛选出暗管排水的新型外包合成过滤材料,开发生产出优质的 HDPE 波纹塑料排水管,开发了管材生产设备并与引进的各种排水施工设备配套成龙,为大规模地下排水工程的实施奠定了基础。项目的实施有效地调控了地下水位,改善了项目区耕作条件及生态环境,提高了农作物产量,取得了明显的社会效益、经济效益和生态效益^[3]。

1.6 农田排水理论研究取得新的进展

武汉大学通过室内外试验,探讨了明沟和暗管作用情况下,氮肥的运移、转化和流失的规律,为我国研究灌排条件下化肥运移及减少化肥流失奠定了基础^[4]。中国农科院农田灌溉研究所等单位在“九五”期间对涝渍兼治连续控制的动态排水指标、涝渍兼治的组合排水工程形式及其设计计算方法等进行了深入研究,提出了以经济效益最大为目标的涝渍兼治综合排水标准的确定方法,涝渍兼治的组合排水设计新方法,以及几种典型的组合排水工程模式^[5]。中国水利水电科学研究院在承担的中欧合作项目中,以宁夏惠农灌区为研究对象,基于田间灌溉排水试验结果,采用田间水盐动态及地下水模拟软件 SWAP 和 MODFLOW,对不同地下水调控深度与灌溉制度相结合的多种水管理方案的土壤水盐动态及作物产量进行模拟,分析了土壤水盐动态过程和农田排水系统的作用^[6]。

2 排水发展中的主要问题

2.1 治理标准偏低,工程设施老化问题突出

中国很多地方对排水除涝缺乏足够的认识,特别是近年来北方地区持续干旱,水资源短缺的形势日益紧迫,而放松了对涝渍灾害的警惕。排水工程投入严重不足,原有的排水河道有的被占用或严重堵塞,丧失了

排水能力;有的排水工程排水能力还不到设计标准的一半;一些田间排水沟道被废除,不少地区的排涝标准尚不足5年一遇;排水设施大部分兴建于20世纪50~70年代,老损问题突出,一些设备设施至今没有更新。

2.2 管理体制及运行机制不适应

由于管理松弛,排水沟道、河道坍塌淤积问题比较突出。管理机构及管理权限重叠和缺位、责权利不明、各自为政、缺乏统一的调度和灵活高效的决策机制;管理及更新资金渠道不畅。在管理、调度、监测等方面缺乏严格的制度保证,自动化程度更低。

2.3 排水对水环境的影响还未引起高度重视

由于化肥施用量大、利用率低,化肥的流失量也相当严重^[7]。据估计,我国每年有超过1500万t的废氮流失到了农田之外,并引发了环境问题:污染地下水,使湖泊、池塘、河流和浅海水域生态系统营养化,导致水藻生长过盛、水体缺氧、水生生物死亡。国外的一些研究表明^[8],以控制排水为主的农田水管理措施,可以有效的减少农田的水肥流失。如美国俄亥俄州立大学开发研制的湿地-水塘-地下灌溉和控制排水系统(WRSIS)可以有效的利用水资源,减少水肥的流失,甚至达到由农田向河流湖泊水肥零排放的效果。中国在排水的水质管理方面虽有一些研究,但未引起足够的重视,距实际应用还有相当的距离。

2.4 施工设备与技术相对滞后,排水新材料的应用研究刚刚起步

过去由于用刚性管材,且系人工埋设,效率不高,质量难以保证。1979年中国引进荷兰S-90型开沟铺管机并在天津郊区使用;20世纪80年代国内先后研制开发出不同型号开沟铺管机,开沟埋管深度达到1.0~2.5m^[9]。随后,宁夏和新疆等地区分别引进美国和荷兰开沟铺管机,并得到一定规模的应用。随着技术的发展,开沟铺管设备也需要不断的改进和完善。目前中国各类型暗管排水面积10万hm²左右,机械化作业水平远低于发达国家。由于发展面积和规模的有限,中国自己研制出的农田暗管施工设备还没有形成完整系列,性能也有待完善。

随暗管排水发展而出现的突出技术问题是,在轻质土内如何选择使用合适的裹滤材料,才能有效地防止排水暗管被淤堵,又能保持稳定的透水性。近20年来世界上许多国家将土工织物用作农田排水暗管的外包料和加固明沟边坡的过滤材料,开展了大量的研究和田间应用,取得了有益的经验。中国在这方面也开始进行一些研究,但时间较短,实践经验不多。

3 农田排水技术的研究展望

3.1 自然环境变迁和人类活动影响下区域水灾害演变规律的研究

由于工农业生产的发展和人口的增加,日益强烈的人类活动导致下垫面条件的改变,同时改变了水循环的途径和机制。此外,大量工业废水的排放和农业化学物质的使用,水环境恶化问题日益严重,这些导致了区域的洪涝灾害和水体污染等灾害的发生规律演变,需要通过多学科协作、在更大的时空范围内重新认识。

3.2 排水标准和治理措施的重新认识

由于人类活动与水争地,湖泊水面减少不仅大大削弱了对洪涝水量的调蓄能力,也带来环境生态问题,同时,大量的水利工程治理标准偏低,设施陈旧。因此,需要根据现实的自然、社会和经济条件对治水标准和措施进行重新认识,研究制定出切合实际的各项排水标准,以指导当地的水利工程建设,在更新改造和水利工程管理体制和运行机制的改革中发挥作用。

3.3 农田排水水环境影响控制技术

需要研究评价不同地域农业生产活动、农田排水措施等因素对水污染负荷的影响;不同农业管理措施条件下土壤中溶质运移转化内在机理、地表和地下氮磷损失规律及与主要控制保护措施的关系;建立农田排水条件下不同水肥管理措施对土壤、作物和水环境的影响评价及预测预报技术;研究有效控制农田水肥流失的实用技术等。

3.4 实施节水后的水盐动态及调控措施研究

在受盐渍化威胁的灌区,大面积实施节水灌溉技术以后,水循环机制的变化对水土生态环境将产生较大的影响,因此,需要对灌区节水后的水盐动态和转换机制、新的水盐动态调控措施和对策、农业节水的环境生态效应量化评价、不同类型的土地利用情况和不同灌排措施条件下防治土壤盐碱化的地下水动态调控指标等配套技术进行研究,为灌区的农业节水提供科学的环评依据。

3.5 多目标控制排水理论与技术的研究

随着经济社会的进一步发展,环境、资源、社会安全等问题逐渐突出,如何实现粮食生产、社会安全、经济发展、环境改善等多目标的要求,进行排水工程的规划、设计、运行管理与更新改造,需要进行深入研究,如排水标准与经济社会发展水平的关系,排水与环境影响因子的关系,排水与土地、水资源利用的关系;加强涝渍盐碱综合防御组合排水工程技术模式、组合排水设计技术、动态排水控制指标、组合排水工程运行管理的研究和推广应用;研究开发适应中国国情的高质高效排水施工设备,形成大规模实施农田暗管排水的机械化施工能力。

3.6 排水工程管理体制和运行机制的研究

排水工程是典型的公益性工程,需要认真研究其管理体制和运行机制,包括组织形式、管理职能、管理范围、管理权限、相关的水管理的法规、制度、资金来源、费用标准、人员定编等,推动排水管理进入正确运行的轨道。

参考文献:

- [1] 水利部农村水利司. 新中国农田水利史略[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [2] 水利部科技教育司,水利部科技推广中心,武汉水利电力大学. 灌排工程新技术[M]. 北京:中国地质大学出版社,1993.
- [3] 宁夏农业综合开发项目组. 中荷排水技术在河套灌区的开发与应用[M]. 银川:宁夏人民出版社,2004.
- [4] 张蔚榛论文集编写组. 张蔚榛论文集[C]. 武汉:武汉大学出版社,2002.
- [5] 温季,王少丽,王修贵. 农业涝渍灾害防御技术[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [6] 许迪,蔡林根,茆智,等. 引黄灌区节水决策技术应用研究[M]. 北京:中国农业出版社,2004.
- [7] 张水龙,庄季屏. 农业非点源污染研究现状与发展趋势[J]. 生态学杂志,1998,17(6):52-56.
- [8] Evans R O, Skaggs R W, Gilliam J W. Controlled drainage versus conventional drainage effects on water quality[J]. J Irrig And Drain Eng, 1995, 21(4):271-276.
- [9] 乔玉成,张友义. 南方地区改造渍害田排水技术指南[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,1994.

Advancement and Prospect of Farmland Drainage in China

WANG Shao-li^{1,2}, WANG Xiu-gui³, DING Kun-lun², QU Xing-ye²

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

3. State Key Lab of Water Resources and Hydropower, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The waterlogging, high water table and saline-alkaline disasters are the main constraint factors of agricultural production in many regions in China. The increase of controlling capability of waterlogging and saline-alkali has a significant meaning for speeding agricultural development. The long-term practices showed that the farmland drainage could control waterlogging and saline-alkaline disasters, ameliorate the farming cultivation, enhance the agricultural productivity and promote national economic development. This paper describes the importance of farmland drainage technology, reviews the advancement and practices of drainage technology, points the available problems and major difference between china and world. Combining China's conditions, the study trends of drainage field in the future are proposed.

Key words: waterlogging and high water table; saline-alkaline; farmland drainage; water environment