

农田水利工程技术培训教材

旱作物地面灌溉 节水技术

水利部农村水利司
中国灌溉排水发展中心 组编



 黄河水利出版社

农田水利工程技术培训教材

水利部农村水利司 组编
中国灌溉排水发展中心

旱作物地面灌溉节水技术

主 编 蔡守华
副主编 姚宛艳

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为农田水利工程技术培训教材的一个分册。全书内容包括概述、农田土壤水分状况、旱作物需水量与灌溉制度、地面灌溉渠系及田间工程、畦灌技术、沟灌技术、波涌灌溉技术、覆膜保墒及覆膜灌溉技术、田间用水管理,附录介绍了 WinSRFR 在地面灌溉设计及运行管理中的应用、土壤水分及旱作物需水量测定等。

本书内容丰富,实用性强,主要供培训基层水利技术人员和从事旱作物地面灌溉设计与管理工作者使用,也可供相关专业院校师生及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

旱作物地面灌溉节水技术/蔡守华主编. —郑州:
黄河水利出版社, 2012. 1

农田水利工程技术培训教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0195 - 7

I. ①旱… II. ①蔡… III. ①旱地 - 地面灌溉 -
节约用水 - 技术培训 - 教材 IV. ①S275.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 003098 号

出 版 社:黄河水利出版社

网址:www. yrcp. com

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126. com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:12. 75

字数:295 千字

版次:2012 年 5 月第 1 版

印数:1—5 000

印次:2012 年 5 月第 1 次印刷

定价:35. 00 元

农田水利工程技术培训教材

编辑委员会

主任委员：王爱国 李仰斌

副主任委员：李远华 吴文庆 顾斌杰 倪文进

赵乐诗 李 琪 闫冠宇 韩振中

邓少波 曹云虎

编委：(排名不分先后)

王留运 王晓玲 王厚军 王彦军

冯保清 刘云波 许建中 李元红

吴玉芹 何武全 张绍强 张敦强

严家适 季仁保 周世峰 姚 彬

高 峰 阎存立 郭慧宾 彭世彰

蔡守华 潘云生

我国人口多，解决 13 亿人的吃饭问题，是关系到国家民族生存和发展的大事。受气候条件影响，我国农业生产以灌溉为主，但水资源时空分布不均，水土资源不相匹配，约二分之一的耕地位于洪水威胁的大河下游地区，极易受到干旱和洪涝灾害的威胁。加强农田水利建设，提高农业抗灾能力，是保障国家粮食安全的根本条件和重要基础。新中国成立后，我国农田水利建设取得了巨大成就。经过几十年的大规模建设，初步形成了较为完善的农田水利工程体系，到 2010 年全国农田有效灌溉面积达到 4.09 亿亩。我国能够以占世界 6% 的耕地、20% 的水资源，养活占世界 22% 的人口，农田水利做出了不可替代的贡献。随着工业化城镇化快速推进，我国农业受制于水的状况将长期存在，特别是农田水利设施老化失修，成为制约农业增产增收和国家粮食安全的最大硬伤。全国还有一半以上的耕地没有灌溉设施，40% 的大中型灌区、50% 的小型农田水利设施老化失修，大型灌排泵站设备完好率不足 60%，农田灌溉“最后一公里”问题突出。农业用水方式粗放，约三分之二的灌溉面积仍然沿用传统的大水漫灌方法，灌溉水利用率不高，缺水与浪费水并存。加之全球气候变化影响加剧，水旱灾害频发，国际粮食供求矛盾突显，保障国家粮食安全和主要农产品供求平衡的压力越来越大，加快扭转农业主要“靠天吃饭”局面任务越来越艰巨。

党中央、国务院高度重视水利工作，党的十七届三中、五中全会以及连续八个中央一号文件，对农田水利建设作出重要部署，提出明确要求。党的十七届三中全会明确指出，以农田水利为重点的农业基础设施是现代农业的重要物质条件。党的十七届五中全会强调，农村基础设施建设要以水利为重点。2011 年中央一号文件和中央水利工作会议，从党和国家事业发展全局出发，对加快水利改革发展作出全面部署，特别强调水利是现代农业建设不可或缺的首要条件，特别要求把农田水利作为农村基础设施建设的重点任务，特别制度从土地出让收益中提取 10% 用于农田水利建设的政策措施，农田水利发展迎来重大历史机遇。

随着中央政策的贯彻落实、资金投入的逐年加大，大规模农田水利建设对农村水利

加强农田水利技术培训 增强服务“三农”工作本领

——农田水利工程技术培训教材总序

我国人口多，解决 13 亿人的吃饭问题，始终是治国安邦的头等大事。受气候条件影响，我国农业生产以灌溉为主，但我国人多地少，水资源短缺，降水时空分布不均，水土资源不相匹配，约二分之一以上的耕地处于水资源紧缺的干旱、半干旱地区，约三分之一的耕地处于洪水威胁的大江大河中下游地区，极易受到干旱和洪涝灾害的威胁。加强农田水利建设，提高农田灌排能力和防灾减灾能力，是保障国家粮食安全的基本条件和重要基础。新中国成立以来，党和国家始终把农田水利摆在突出位置来抓，经过几十年的大规模建设，初步形成了蓄、引、提、灌、排等综合设施组成的农田水利工程体系，到 2010 年全国农田有效灌溉面积 9.05 亿亩，其中，节水灌溉工程面积达到 4.09 亿亩。我国能够以占世界 6% 的可更新水资源和 9% 的耕地，养活占世界 22% 的人口，农田水利做出了不可替代的巨大贡献。

随着工业化城镇化快速发展，我国人增、地减、水缺的矛盾日益突出，农业受制于水的状况将长期存在，特别是农田水利建设滞后，成为影响农业稳定发展和国家粮食安全的最大硬伤。全国还有一半以上的耕地是缺少基本灌排条件的“望天田”，40% 的大中型灌区、50% 的小型农田水利工程设施不配套、老化失修，大型灌排泵站设备完好率不足 60%，农田灌溉“最后一公里”问题突出。农业用水方式粗放，约三分之二的灌溉面积仍然沿用传统的大水漫灌方法，灌溉水利用率不高，缺水与浪费水并存。加之全球气候变化影响加剧，水旱灾害频发，国际粮食供求矛盾突显，保障国家粮食安全和主要农产品供求平衡的压力越来越大，加快扭转农业主要“靠天吃饭”局面任务越来越艰巨。

党中央、国务院高度重视水利工作，党的十七届三中、五中全会以及连续八个中央一号文件，对农田水利建设作出重要部署，提出明确要求。党的十七届三中全会明确指出，以农田水利为重点的农业基础设施是现代农业的重要物质条件。党的十七届五中全会强调，农村基础设施建设要以水利为重点。2011 年中央一号文件和中央水利工作会议，从党和国家事业发展全局出发，对加快水利改革发展作出全面部署，特别强调水利是现代农业建设不可或缺的首要条件，特别要求把农田水利作为农村基础设施建设的重点任务，特别制定从土地出让收益中提取 10% 用于农田水利建设的政策措施，农田水利发展迎来重大历史机遇。

随着中央政策的贯彻落实、资金投入的逐年加大，大规模农田水利建设对农村水利

工作者特别是基层水利人员的业务素质和专业能力提出了新的更高要求，加强工程规划设计、建设管理等方面的技术培训显得尤为重要。为此，水利部农村水利司和中国灌溉排水发展中心组织相关高等院校、科研机构、勘测设计、工程管理和生产施工等单位的百余位专家学者，在1998年出版的《节水灌溉技术培训教材》的基础上，总结十多年以来农田水利建设和管理的经验，补充节水灌溉工程技术的新成果、新理论、新工艺、新设备，编写了农田水利工程技术培训教材，包括《节水灌溉规划》、《渠道衬砌与防渗工程技术》、《喷灌工程技术》、《微灌工程技术》、《低压管道输水灌溉工程技术》、《雨水集蓄利用工程技术》、《小型农田水利工程设计图集》、《旱作物地面灌溉节水技术》、《水稻节水灌溉技术》和《灌区水量调配与量测技术》共10个分册。

这套系列教材突出了系统性、实用性、规范性，从内容与形式上都进行了较大调整、充实与完善，适应我国今后节水灌溉事业迅速发展形势，可满足农田水利工程技术培训的基本需要，也可供从事农田水利工程规划设计、施工和管理工作的相关人员参考。相信这套教材的出版，对加强基层水利人员培训，提高基层水利队伍专业水平，推进农田水利事业健康发展，必将发挥重要的作用。

是为序。

陈雷

2011年8月

水利部农村水利司和中国灌溉排水发展中心组织相关高等院校、科研机构、勘测设计、工程管理和生产施工等单位的百余位专家学者，在1998年出版的《节水灌溉技术培训教材》的基础上，总结十多年以来农田水利建设和管理的经验，补充节水灌溉工程技术的新成果、新理论、新工艺、新设备，编写了农田水利工程技术培训教材，包括《节水灌溉规划》、《渠道衬砌与防渗工程技术》、《喷灌工程技术》、《微灌工程技术》、《低压管道输水灌溉工程技术》、《雨水集蓄利用工程技术》、《小型农田水利工程设计图集》、《旱作物地面灌溉节水技术》、《水稻节水灌溉技术》和《灌区水量调配与量测技术》共10个分册。

《旱作物地面灌溉节水技术》

编写人员

主 编：蔡守华（扬州大学）

副 主 编：姚宛艳（中国灌溉排水发展中心）

编写人员：（按姓氏笔画排序）

孔 东（中国灌溉排水发展中心）

王春堂（山东农业大学）

白美健（国家节水灌溉北京工程技术研究中心）

迟道才（沈阳农业大学）

徐 英（扬州大学）

黄 鑫（华北水利水电学院）

鲍子云（宁夏水利科学研究所）

主 审：李益农（中国水利水电科学研究院）

副 主 审：费良军（西安理工大学）

地面灌溉是一种古老的灌溉方法，具有悠久的历史。尽管近几十年喷灌、微灌等先进灌溉技术得到了蓬勃发展，地面灌溉仍然是目前世界上应用最广泛的一种灌溉方法。据统计，全世界地面灌溉面积占总灌溉面积的90%以上，在美国有50%的灌溉面积，在澳大利亚达95%以上。地面灌溉具有田间作业方便、省工、省水、省肥、省药等优点，对于大多数大田作物，地面灌溉仍然是最经济、最适用的灌溉方法。随着农业现代化的发展，地面灌溉技术也在不断改进和完善。随着现代科技的发展，土地平整技术、激光控制平地技术的应用，传统地面灌溉技术在水量均匀度和灌水效率等方面都有很大提高。地面灌溉系统可获得接近于有压灌溉系统的灌水效率。提高我国灌溉水利用效率的一个重要途径就是通过改进地面灌溉技术，还有助于减少农业非点源污染，改善农村水环境。因此，推广改进的地面灌溉技术对于缓解我国水资源短缺矛盾以及改善农村水环境均具有十分重要的现实意义。

本书在1998年出版的《旱作物地面灌溉节水技术》基础上，吸收了近十多年来地面灌溉技术方面的新技术，进一步优化了章节体系，并在内容上作了大量的补充和更新。全书共分九章，内容包括概述、农田土壤水分状况、旱作物需水量与灌溉制度、地面灌溉水系及田间工程、畦灌技术、沟灌技术、坡面灌溉技术、覆膜保墒及覆膜灌溉技术、田间用水管理等。附录介绍了WinSRIR在地面灌溉设计及运行管理中的应用、土壤水分及旱作物需水量测定。

本书各章编写分工如下：第一章由蔡守华编写，第二章由徐英、蔡守华编写，第三章由迟道才、蔡守华、黄鑫编写，第四章由蔡守华、徐英编写，第五章由蔡守华编写，第六章由姚宛艳、蔡守华编写，第七章由蔡守华、王春堂编写，第八章由鲍子云、姚宛艳编写，第九章由孔东、徐英、蔡守华编写。附录A由白美健编写，附录B由蔡守华编写。本书由蔡守华任主编，姚宛艳任副主编。

本书由李益农任主审，费良军任副主审。他们对本书提出了许多宝贵意见。在编写过程中还得到了李英能、王文元、王智运、汪惠农、郭宗信等许多专家和领导的指导及

前言

地面灌溉是一种古老的灌溉技术，至今已有 4 000 多年的应用历史。尽管近几十年喷灌、微灌等先进灌溉技术得到了蓬勃发展，地面灌溉仍然是目前世界上应用最广泛的一种灌溉方法。据统计，全世界地面灌溉面积占总灌溉面积的 90% 以上，在美国有 50% 以上的灌溉土地采用地面灌溉，我国地面灌溉面积达 95% 以上。地面灌溉具有田间工程设施简单、能源消耗低、实施管理简便等优点。在许多地区，对于大多数大田作物，地面灌溉仍然是一种最适宜的灌溉方法。随着能源日趋紧缺，低耗能的地面灌溉显示出特有的优越性。经济不太发达的国家由于受到资金和设备条件的限制，在短期内难以大力发展有压管道灌溉系统。因此，地面灌溉是一种既古老又具有较强生命力的灌溉技术。可以预见，在今后较长的一段时间内，地面灌溉仍然保持其主导地位。

当然，传统的地面灌溉技术也存在着灌水均匀度差、用水量大、深层渗漏严重等缺点，浪费水的现象十分严重，不利于节约用水，需要进行不断的改进和完善。随着现代科技的发展，土地的集约化规模经营、大型农业机具的使用、激光控制平地技术的应用，传统地面灌溉技术正在发生的巨大改变，使地面灌溉在灌水均匀度和灌水效率等方面都有很大提高。国外研究表明，设计和管理良好的地面灌溉系统可获得接近于有压灌溉系统的灌水效率。

我国是一个农业大国，灌溉用水量占总用水量的 70% 左右。要提高我国灌溉水利用效率，除了通过渠道防渗等措施减少输配水损失，一个重要的节水途径就是通过改进地面灌溉，提高田间水利用系数。另外，改进地面灌溉技术，还有助于减少农业非点源污染，改善农村水环境。因此，推广改进的地面灌溉技术对于缓解我国水资源短缺矛盾以及改善农村水环境均具有十分重要的现实意义。

本书在 1998 年出版的《旱作物地面灌溉节水技术》基础上，吸收了近十多年来地面灌溉技术方面的新技术，进一步优化了章节体系，并在内容上作了大量的补充和更新。全书共分九章，内容包括概述、农田土壤水分状况、旱作物需水量与灌溉制度、地面灌溉渠系及田间工程、畦灌技术、沟灌技术、波涌灌溉技术、覆膜保墒及覆膜灌溉技术、田间用水管理等，附录介绍了 WinSRFR 在地面灌溉设计及运行管理中的应用、土壤水分及早作物需水量测定。

本书各章编写分工如下：第一章由蔡守华编写，第二章由徐英、蔡守华编写，第三章由迟道才、蔡守华、黄鑫编写，第四章由蔡守华、徐英编写，第五章由蔡守华编写，第六章由姚宛艳、蔡守华编写，第七章由蔡守华、王春堂编写，第八章由鲍子云、姚宛艳编写，第九章由孔东、徐英、蔡守华编写，附录 A 由白美健编写，附录 B 由蔡守华编写。本书由蔡守华任主编，姚宛艳任副主编。

本书由李益农任主审，费良军任副主审，他们对本书提出了许多宝贵意见。在编写过程中还得到了李英能、王文元、王留运、汪志农、郭宗信等许多专家和领导的指导及

帮助，在此一并表示衷心的感谢。本书编写过程中参考和引用了许多国内外文献，在此也对这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2011年8月

本书共分八章。第一章为总论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第二章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第三章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第四章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第五章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第六章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第七章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。第八章为绪论，主要介绍本书的编写背景、目的、意义、范围、对象、方法、原则、程序、步骤、成果、应用、推广、评价、展望等。

目 录

前言	
第一章 概 述	(1)
第一节 地面灌溉的概念与类型	(1)
第二节 地面灌溉的过程与灌水质量指标	(3)
第三节 地面灌溉技术发展概况	(9)
第二章 农田土壤水分状况	(13)
第一节 土壤的物理性质	(13)
第二节 土壤水分及其有效性	(17)
第三节 土壤入渗	(23)
第三章 旱作物需水量与灌溉制度	(28)
第一节 旱作物需水量	(28)
第二节 旱作物的灌溉制度	(43)
第四章 地面灌溉渠系及田间工程	(57)
第一节 地面灌溉渠系的组成与布置	(57)
第二节 田间工程及田间灌水装置	(61)
第三节 田间配水渠道设计	(66)
第四节 农田土地平整	(72)
第五章 畦灌技术	(83)
第一节 畦灌概述	(83)
第二节 畦灌设计	(87)
第三节 节水型畦灌技术	(94)
第六章 沟灌技术	(101)
第一节 沟灌概述	(101)
第二节 沟灌设计	(105)
第三节 节水型沟灌技术	(110)
第七章 波涌灌溉技术	(114)
第一节 波涌灌溉概述	(114)
第二节 波涌灌溉设计	(120)
第三节 波涌灌溉设备	(125)
第四节 波涌灌溉的应用	(127)
第八章 覆膜保墒及覆膜灌溉技术	(129)
第一节 地膜覆盖保墒技术	(129)

第二节	覆膜地面灌溉类型及技术特点	(133)
第三节	膜上灌技术要素	(137)
第四节	膜上灌技术应用效果	(139)
第九章	田间用水管理	(142)
第一节	田间灌溉预报	(142)
第二节	末级渠系用水计划编制	(144)
第三节	供水不足条件下作物用水量的优化分配	(151)
第四节	田间灌溉管理技术经济指标	(155)
附录		(160)
附录 A	WinSRFR 在地面灌溉设计及运行管理中的应用	(160)
附录 B	土壤水分及早作物需水量测定	(183)
参考文献		(191)

(13)	.....	第一卷
(71)	.....	第二卷
(73)	.....	第三卷
(78)	.....	第三卷
(85)	.....	第一卷
(89)	.....	第二卷
(72)	.....	第四卷
(72)	.....	第一卷
(61)	.....	第二卷
(66)	.....	第三卷
(57)	.....	第四卷
(83)	.....	第五卷
(83)	.....	第一卷
(87)	.....	第二卷
(49)	.....	第三卷
(101)	.....	第六卷
(101)	.....	第一卷
(102)	.....	第二卷
(110)	.....	第三卷
(111)	.....	第十卷
(114)	.....	第一卷
(120)	.....	第二卷
(122)	.....	第三卷
(127)	.....	第四卷
(127)	.....	第八卷
(129)	.....	第一卷

第一章 概 述

第一节 地面灌溉的概念与类型

一、地面灌溉的概念

地面灌溉是指灌溉水在田面流动的过程中,形成浅薄水层或细小水流,借重力作用和毛细管作用入渗湿润土壤的灌溉方法。地面灌溉有两个特征:一是受重力作用,灌溉水流具有自由水面;二是依靠田面本身输送和分配水量。土壤入渗性能、地面坡度及糙率等因素影响着水流在田面的流动和水量分配,这些因素复杂多变,因此进行科学的地面灌溉设计与管理并非易事。

地面灌溉是一种很古老的灌溉方法。至少4 000年前,埃及、中国、印度和中东地区一些国家的农民就已经采用地面灌溉方法灌溉农田。目前,全世界90%以上的灌溉土地仍在采用地面灌溉。美国有一半以上的灌溉土地采用地面灌溉,我国地面灌溉面积则高达95%以上。在可以预期的将来,大部分灌溉土地仍将维持地面灌溉。当然,地面灌溉也存在易破坏土壤团粒结构、地面容易板结、灌溉水利用率低、投入劳力多、用水管理不便、灌水质量不易保证、平整土地工作量大等缺点。然而在许多情况下,地面灌溉仍是一种经济而有效的灌溉方法。在适当的田间工程条件下,良好的设计和管理可以使地面灌溉达到与有压灌溉相近的灌水效率,也有实现灌溉自动化从而降低劳动强度的潜力。

二、地面灌溉的主要类型

按照湿润土壤方式的不同,地面灌溉可分为畦灌、沟灌、淹灌和漫灌等类型。

(一) 畦灌

畦灌是将田块用畦埂分隔成一系列小畦,水从输水沟或毛渠进入畦田,以薄水层沿田面流动,水在流动过程中主要借重力作用逐渐渗入土壤的灌溉方法(见图1-1)。畦灌适用于密植条播的粮食作物(如小麦、谷子等)、某些蔬菜及牧草等作物的灌溉。为保证灌水质量,要合理布置畦田,控制好入畦流量和放水时间。

依畦田长度划分,畦灌分长畦灌和短畦灌两种。通常,畦长达到80 m以上的称为长畦灌,畦长小于80 m的称为短畦灌或小畦灌。一般短畦灌较长畦灌省水,作物产量也较高。但在一些发达国家,由于土地平整技术水平及农业机械化程度较高,畦田规格趋向于加大,畦长可达300~500 m,畦宽增至10~30 m。一般长畦灌的田间灌水有效利用率小于0.7,短畦灌的田间灌水有效利用率可达0.8以上。土地平整程度较好时,田间灌水有效利用率可以更高。

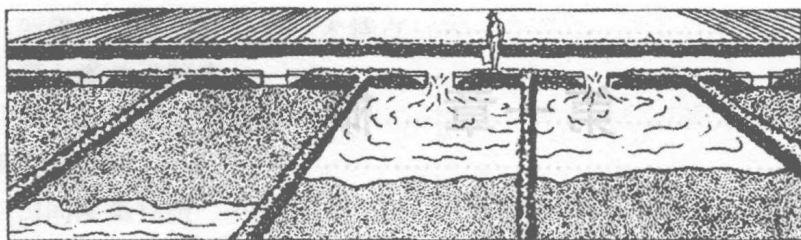


图 1-1 畦灌示意图

纵、横向地面坡度均为零的畦灌称为水平畦灌。其特点是田面平整度高、入畦流量大且能迅速布满整个田块、灌水均匀度高、深层渗漏水量少及灌溉水利用率高。水平畦灌适用于各种土壤条件下小麦等窄行密播作物。

水平畦灌是建立在激光控制土地精细平整技术应用基础上的一种地面灌溉技术，自 20 世纪 80 年代以来，在许多国家已得到推广应用。水平畦田可以是任意形状，周边由田埂封闭。水平畦田规格的设计取决于供水流量、土壤入渗特性等因素，一般在 4 hm^2 左右，较大的可达到 16 hm^2 。应用水平畦灌技术，田间灌水效率可由平均 0.5 提高到 0.8，灌水均匀度由 0.7 左右提高到 0.85 左右，作物的水分生产效率由 1.13 kg/m^3 提高到 1.7 kg/m^3 ，节水增产效益显著。

(二) 沟灌 沟灌是在作物行间开沟灌水，沟中水流借毛管作用和重力作用渗入沟两侧及沟底土壤的灌溉方法（见图 1-2）。沟灌适用于棉花、玉米等宽行中耕作物。为使灌水均匀，沟灌要合理确定灌水沟间距、长度、入沟流量和放水时间。



图 1-2 沟灌示意图

由于沟灌水流仅覆盖了约 $1/5$ 的地表面，因此与畦灌相比，其明显的优点是可减少土壤蒸发损失，节省灌水量；不会破坏植物根部附近的土壤结构，不导致田面板结；多雨季节还可以起排水作用。沟灌田间灌水效率可达 0.8 以上。在国外，沟灌应用比畦灌更为广泛。在美国，沟灌是地面灌溉的主体，沟灌面积占地面灌溉面积的 70% 以上。

沟底水平的沟灌技术称为水平沟灌，其特点与水平畦灌类似，即入沟流量大、灌水均匀、田间灌水效率高。

(三) 淹灌（又称格田灌溉）

淹灌是用田埂将灌溉土地划分成许多格田，一般引入较大流量，迅速在格田内建立起一定厚度的水层，主要借重力作用渗入土壤的灌溉方法。淹灌主要适用于水稻、水生植物和盐碱地淋洗改良。

漫灌(四) 漫灌

漫灌是在田间不修畦、沟、埂,灌水时任其在地面漫流,借重力作用浸润土壤的粗放灌溉方法。这种灌溉方法灌水均匀度差,灌溉水浪费大,易破坏土壤结构,易提高地下水位,导致渍害和土壤次生盐碱化等危害。目前农田灌溉一般已不再采用漫灌,但在改良盐渍化土壤时,可采用大水漫灌,冲洗土壤中过多的可溶性盐分,通过排水沟排走,达到减少土壤含盐量的目的。

第二节 地面灌溉的过程与灌水质量指标

一、地面灌溉的过程

地面灌溉水流推进、消退与下渗是一个随时间而变化的复杂过程,一个完整的地面灌溉过程一般包括四个阶段,如图 1-3 所示。

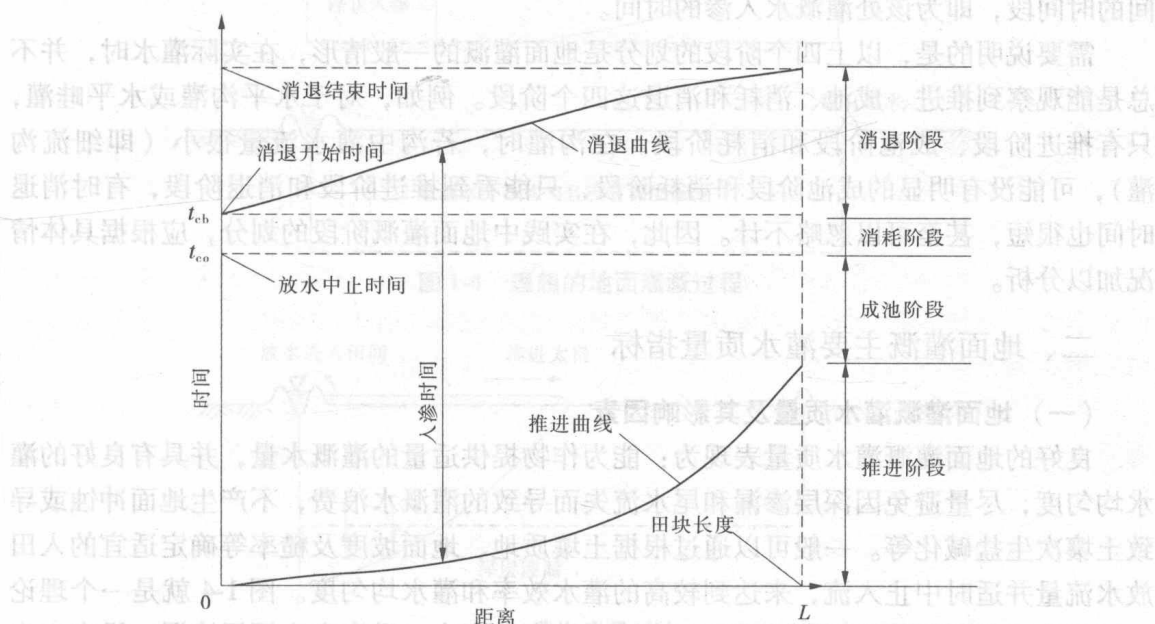


图 1-3 地面灌溉的过程

(一) 推进阶段

在推进阶段,灌溉水由配水渠道或管道流入田间后,灌溉水流持续沿田面向前推进,流过整个田块一直到达田块末端。水流边向前推进,边向土壤中下渗,即灌溉水流在向前推进的同时就伴随有向土壤中下渗。灌溉水流沿田面的纵向推进形成一个明显的湿润前锋(即水流推进的前缘)。有时为了避免产生尾水,或保证灌水更为均匀,湿润前锋未到达田块末端,就关闭田块首端进水口,停止向田块放水。

(二) 成池阶段

推进阶段结束后,灌溉水继续流入田间,直到田间获得所需的水量为止。这时可能有部分灌溉水在田块末端漫出进入排水沟,成为灌溉尾水,但大部分被积蓄在田间。自

推进阶段结束至中止灌溉入流之间这一阶段即为成池阶段。成池阶段结束时，田间蓄存了一定数量的水量。

(三) 消耗阶段

入流中止后，由于土壤入渗或尾水流失，田面蓄水量逐渐减少，直到田块首端（灌水沟沟首或畦田首端）地面裸露，消耗阶段结束。

(四) 消退阶段

一般从田块首端裸露开始，地表面形成一消退锋面（落干锋面），并随田面水流动和土壤入渗向下游移动，直至田块尾端，此时田间土壤表面全部露出，灌水过程结束。消退一般从首端开始，若地面坡度很小，消退过程也可能从末端开始，或从两端开始。若是水平沟或水平畦，则整条灌水沟或整个畦田同时消退。

图 1-3 中，两条主要曲线是推进曲线和消退曲线，它们分别是推进阶段湿润锋面及消退阶段消退锋面的运动轨迹。某点的纵坐标是指自灌溉开始的累计时间，横坐标是指自田块首端至推进锋面或消退锋面的距离。显然在任一距离处，消退曲线与推进曲线之间的时间段，即为该处灌溉水入渗的时间。

需要说明的是，以上四个阶段的划分是地面灌溉的一般情形，在实际灌水时，并不总是能观察到推进、成池、消耗和消退这四个阶段。例如，对于水平沟灌或水平畦灌，只有推进阶段、成池阶段和消耗阶段。在沟灌时，若沟中灌水流量很小（即细流沟灌），可能没有明显的成池阶段和消耗阶段，只能看到推进阶段和消退阶段，有时消退时间也很短，甚至可以忽略不计。因此，在实践中地面灌溉阶段的划分，应根据具体情况加以分析。

二、地面灌溉主要灌水质量指标

(一) 地面灌溉灌水质量及其影响因素

良好的地面灌溉灌水质量表现为：能为作物提供适量的灌溉水量，并具有良好的灌水均匀度，尽量避免因深层渗漏和尾水流失而导致的灌溉水浪费，不产生地面冲蚀或导致土壤次生盐碱化等。一般可以通过根据土壤质地、地面坡度及糙率等确定适宜的入田放水流量并适时中止入流，来达到较高的灌水效率和灌水均匀度。图 1-4 就是一个理论上可以出现的理想的地面灌溉过程，在这次灌水过程中，没有产生深层渗漏，没有产生尾水，也没有哪一处灌水不足，灌水达到完全均匀。当然，这种理想的灌水过程在实际灌溉中很难实现，因为人们对灌溉土地的质地、田面坡度及平整度、田面对水流的阻力等基本情况的把握不可能完全准确，而且分析计算本身也可能存在误差。尽管这种状态难以达到，但是明确有这样一种理想状态，可引导人们在地面灌溉设计和管理中向这一方向努力。

在灌水定额一定的情况下，灌水流量确定后，灌水时间也随之确定。因此，灌水流量是影响地面灌溉质量的一个重要因素。若灌水流量过小，则水流推进很慢，导致田块首部灌水过多，出现严重的深层渗漏；若灌水流量过大，水流过快到达田块末端，田块前部可能会出现灌水不足，末端则出现大量的尾水损失（若田块末端有田埂阻拦，则会出现田块末端灌水过多的现象），如图 1-5 所示。在良好的地面灌溉中，只产生少量

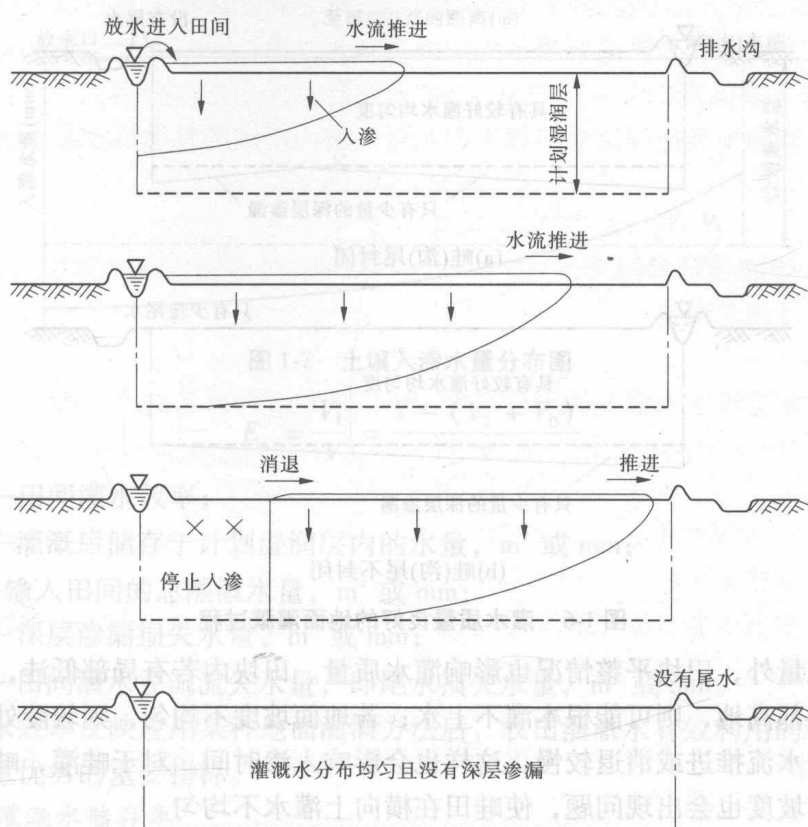


图 1-4 理想的地面灌溉过程

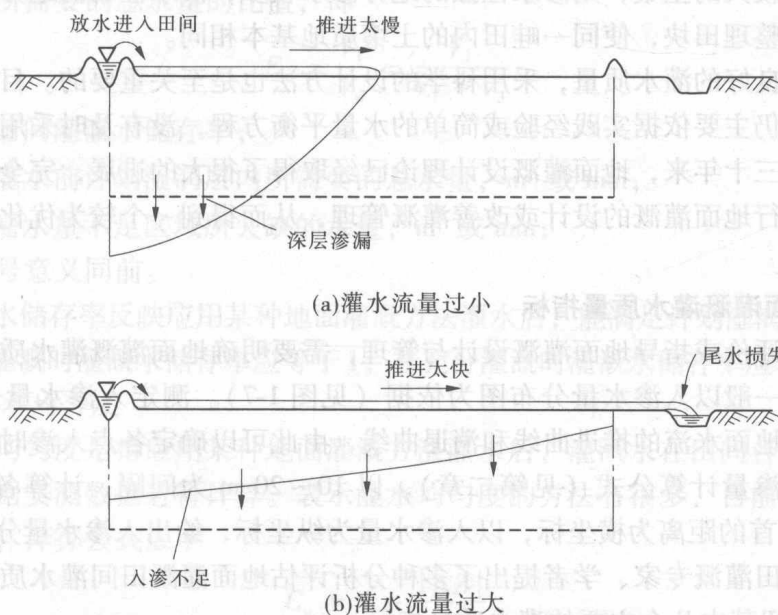


图 1-5 两种不太理想的地面灌溉过程

的深层渗漏，计划湿润层一般不出现灌水不足的情况（灌水量最少处刚好达到设计灌水要求），灌水均匀度适中，没有尾水或只产生少量的尾水流失，见图 1-6。

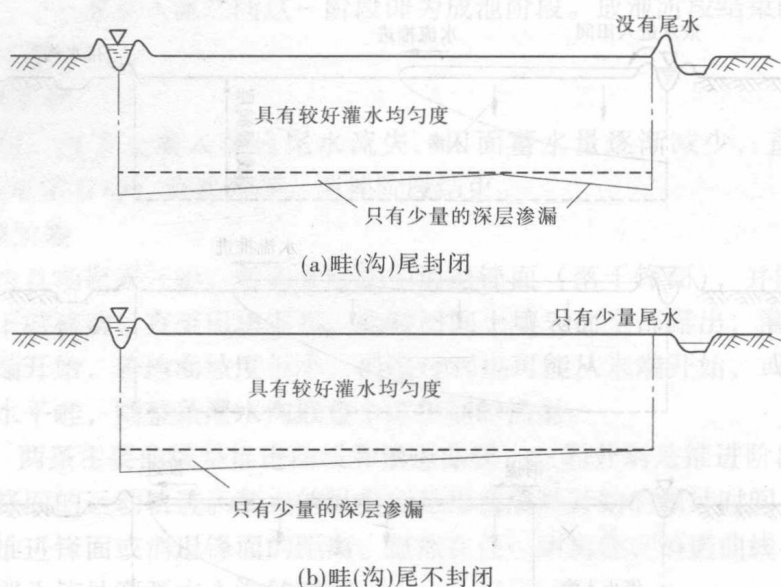


图 1-6 灌水质量良好的地面灌溉过程

除灌水流量外，田块平整情况也影响灌水质量。田块内若有局部低洼，会蓄存过多的水量，而局部高地，则可能根本灌不上水；若地面坡度不均匀，则较陡处推进或消退较快，较缓处水流推进或消退较慢，这样也会影响入渗时间。对于畦灌，畦田的横向应该水平，若有坡度也会出现问题，使畦田在横向上灌水不均匀。

另外，在同一田块内，若土壤质地不同，也会影响灌水均匀度。若某一畦田内有两种渗水性差异较大的土壤，则渗水性强的地方渗水较多，渗水性弱的地方渗水较少。这时宜重新划分整理田块，使同一畦田内的土壤质地基本相同。

为了达到良好的灌水质量，采用科学的设计方法也是至关重要的。目前，国内在地面灌溉设计中仍主要依据实践经验或简单的水量平衡方程，没有及时采用国际先进的设计方法。近二三十年来，地面灌溉设计理论已经取得了很大的进展，完全可以采用更科学的方法来进行地面灌溉的设计或改善灌溉管理，从而得到一个较为优化的设计与管理方案。

(二) 地面灌溉灌水质量指标

为了正确评价或指导地面灌溉设计与管理，需要明确地面灌溉灌水质量指标。计算灌水质量指标一般以入渗水量分布图为依据（见图 1-7）。测定入渗水量分布图的方法是：首先测得地面水流的推进曲线和消退曲线，由此可以确定各点入渗时间；然后根据入渗时间和入渗量计算公式（见第二章），以 10~20 m 为间隔，计算各点入渗水量；以距畦（沟）首的距离为横坐标，以入渗水量为纵坐标，绘出入渗水量分布图。

国内外农田灌溉专家、学者提出了多种分析评估地面灌溉田间灌水质量指标。下面结合图 1-7 介绍其中几个主要的灌水质量指标。

1. 田间灌水效率

田间灌水效率是指灌水后储存于计划湿润作物根系土壤区内的水量与实际灌入田间的总水量的比值，即