



浙江省“十一·五”重点教材

普通高等教育“十二·五”规划教材

灌溉排水工程技术

主 编 徐瑛丽 叶 舟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



浙江省“十一·五”重点教材

普通高等教育“十二·五”规划教材

灌溉排水工程技术

主 编 徐瑛丽 叶 舟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是浙江省“十一五”重点建设教材，普通高等教育“十二五”规划教材，是针对灌溉排水工程建设与管理岗位任职要求、校企合作编写而成的高职高专教材。本书以灌溉与排水工程建设与管理为主线，着重阐述和介绍了灌溉排水工程规划设计、施工及管理的基本知识和方法。主要内容包括灌溉用水量、水源分析及水利计算、灌排系统布置、灌排系统设计、喷微灌系统设计、灌排工程施工、灌排工程管理及工程案例。

本书可作为高职高专水工、水利及设施农业专业及相近专业灌溉与排水课程的教材，也可作为本科院校及地、市（县）水利部门从事农业水利工作的技术人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

灌溉排水工程技术 / 徐瑛丽，叶舟主编. -- 北京：
中国水利水电出版社，2013.12
浙江省“十一五”重点教材 普通高等教育“十二五”
规划教材
ISBN 978-7-5170-1622-9

I. ①灌… II. ①徐… ②叶… III. ①灌溉系统—高等
学校—教材②排灌工程—高等学校—教材 IV.
①S274.2②S277

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第318404号

书 名	浙江省“十一五”重点教材 普通高等教育“十二五”规划教材 灌溉排水工程技术
作 者	主编 徐瑛丽 叶舟
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.25印张 385千字
版 次	2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	38.00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

前 言

本教材是浙江省“十一五”重点教材，普通高等教育“十二五”规划教材。

本教材编写针对水利高等职业教育的发展，以高素质技术技能型人才培养为核心，以服务“新农村建设”和现代水利发展需求的灌排工程项目为载体，以灌排工程规划设计、施工与管理为主线，整合、序化教材内容。编写中突出实用性、针对性，融入最新行业规范，内容上以必需和够用为度，使之符合项目化教学的要求。结合灌排工程实际与应用，尽可能吸收灌排新技术、新知识、新成果，并积极采纳行业企业专家及工程技术人员意见，引入了工程实际案例，充分体现工学结合的人才培养思路。

参加教材编写的人员有浙江同济科技职业学院徐瑛丽、金斌斌、陈瑾、楼骏、杨玉泉，浙江水利水电学院叶舟、王维汉，杭州市水利水电勘测设计院李少明，浙江永康市灌溉试验站吕成长。徐瑛丽、叶舟任主编，金斌斌、李少明、王维汉任副主编。具体分工如下：绪论、第2章及工程案例由徐瑛丽编写，第1章由王维汉编写，第3章由金斌斌编写，第4章由叶舟编写，第5章由陈瑾、李少明编写，第6章由杨玉泉、吕成长编写，第7章由楼骏、吕成长编写。全书由徐瑛丽、叶舟负责统稿，浙江省农村水利局董秋华高工和浙江大学郭宗楼教授在百忙之中对教材进行了审定，中国农业大学李光永教授对本书的编写提出了宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

感谢浙江省水利河口研究院为教材编写提供了许多设计实例。

在本书编写过程中，参考引用了相关教材、专著中的内容和资料。编者尽量在参考文献中列出，但仍不全面。由于时间仓促，未能与作者取得联系。对所有参考文献的作者，在此深表感谢，并欢迎联系和交流。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请批评和指正。

绪 者

2013年10月

目 录

前言

绪论	1
第一节 灌溉与排水概述	1
第二节 农田水分概述	4
阶段考核	13

第一篇 灌排工程规划设计

第一章 灌溉用水量	15
第一节 作物需水量	15
第二节 作物灌溉制度	21
第三节 灌溉用水量	33
阶段考核	38
第二章 水源分析及水利计算	41
第一节 灌溉水源	41
第二节 灌溉取水方式	43
第三节 引水灌溉工程水利计算	48
阶段考核	56
第三章 灌排系统布置	57
第一节 灌溉渠道系统布置	57
第二节 排水系统布置	73
阶段考核	84
第四章 灌排系统设计	85
第一节 灌溉渠道系统设计	85
第二节 排水沟道系统设计	110
阶段考核	123
第五章 喷微灌系统设计	125
第一节 喷微灌系统概述	125
第二节 喷微灌主要设备及其选型	138
第三节 喷微灌工程设计	165

阶段考核	199
------------	-----

第二篇 灌排工程施工与管理

第六章 灌排工程施工	201
第一节 渠道施工	201
第二节 典型渠系建筑物施工	212
第三节 管道工程安装与施工	217
阶段考核	222
第七章 灌排工程管理	223
第一节 渠道及其建筑物的管理	223
第二节 渠道及其建筑物的维护	224
第三节 喷微灌系统的运行管理	227
第四节 灌区的信息化	229
阶段考核	231
工程案例	233
案例一 山核桃经济型喷灌系统设计	233
案例二 设施栽培草莓膜下滴灌系统设计	244
参考文献	254

绪 论

知识目标：

1. 理解灌溉与排水对农业生产的作用。
2. 了解我国灌溉与排水事业的发展和成就。
3. 了解本课程的学习任务。
4. 理解农田水分状况对作物的影响，掌握土壤含水率的计算方法。
5. 掌握农田对排水的要求。

能力目标

1. 能计算土壤含水率。
2. 能确定农田水分状况的调节措施。
3. 能确定农田排水标准。

第一节 灌溉与排水概述

一、灌溉与排水对农业生产的作用

1. 灌溉的作用

根据各地自然条件和农作物对灌溉的需要，除无农业生产的青藏高寒区外，可以把中国分为三个不同的灌溉区。年平均降水量大于 1000mm 的 I 区，包括长江中下游，珠江、闽江流域及西南部分地区，以生产水稻、小麦和棉花为主，正常年份只有水稻需要灌溉，旱作基本不需要灌溉，称为水稻灌溉带；年平均降水量在 400~1000mm 的 II 区，包括黄河下游，淮河、海河、松花江及辽河流域，以生产小麦、玉米、水稻和棉花为主，正常年份灌溉是农作物高产稳产的保证，称为不稳定灌溉带；年平均降水量小于 400mm 的 III 区，包括西北内陆河流域、黄河中上游地区，以生产小麦、玉米和棉花为主，该区没有灌溉就没有农业，称为常年灌溉带。

灌溉的发展，使农业抗御自然灾害的能力大大提高，同时为良种、施肥、改进耕作栽培等先进农业技术的推广应用创造了条件，使土地生产率显著提高。许多原来只能种一季作物的地方改种两季或三季，有灌溉设施的农田单位面积产量比靠天然降水的农田提高很多。灌溉基础设施建设不仅为保障国家粮食安全做出了贡献，还促进了农业结构调整，提高棉花、油料、糖料等经济作物和蔬菜、瓜果、花卉等高附加值作物的种植比例，使农民收入不断增加。如图 0-1 所示。

从图 0-1 可以看出，过去几十年，灌溉面积、除涝面积与粮食产量大体上同步增长。中国之所以能以占世界 9% 的耕地养活占世界 22% 的人口，灌溉的发展起到了十分重要的作用。

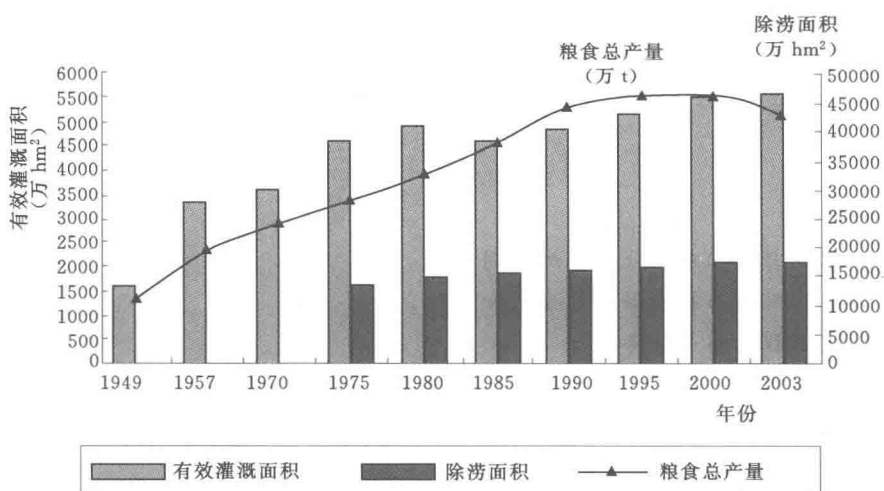


图 0-1 不同年份灌溉面积、除涝面积与粮食产量的关系

2. 排水的作用

虽然干旱缺水是影响中国农业发展的主要矛盾,但部分地区仍然存在洪涝、渍害、盐碱问题。易受洪涝威胁的耕地主要分布在较大江河两岸、大江大河中下游冲积平原、湖泊周围低洼地区和一些天然洼地。山区、丘陵区农田也常遭受暴雨产生的山洪和泥石流危害。沿海地区还常受风暴潮威胁。这些地方的农田都需要有健全的排水系统和排水出路。渍害农田分布在低洼易涝地区。盐碱耕地主要分布在北方部分地势平缓、排水不畅的冲积平原、滨海地区和西北内陆土壤含盐量高的地区。

据统计,中国有易涝耕地 2447 万 hm^2 , 渍害田 766.7 万 hm^2 , 盐碱耕地 760 万 hm^2 。这些耕地农作物产量低而不稳,严重制约着农业生产的发展和农民生活水平的提高。我国政府在大力发展灌溉的同时,也重视涝渍、盐碱灾害的治理,对骨干排水河道进行清淤疏浚拓宽,开挖了大量田间排水沟系,建设排水闸和排涝泵站,采用灌溉洗盐、暗管排水、引洪放淤、井灌井排、适应种植等方法进行治理。

治理涝渍灾害的环境效益和社会效益十分显著。农田生态环境有所改善,促使其向良性循环方向发展,为农业稳产、高产创造了有利条件;农田林网建设,防风固沙,改善田间小气候;结合开沟挖河,畅通水流,改善水质,使农村居民生活条件得到改善。

二、灌溉排水对生态环境建设的作用

随着社会经济快速发展,生态环境建设愈发受到关注,灌溉与排水的领域不仅仅局限于传统的大田作物,也应用到了城市园林绿化、设施农业领域及养殖业等领域,灌溉排水在生态环境领域起到了重要的作用,尤其是排水对生态环境的影响,是近年来关注的焦点。排水沟渠不仅作为水利基础设施的重要组成部分,通过及时降渍排涝有力地农业高产起到“保驾护航”的作用,而且作为农业生态系统重要组成部分,对于维持农业生态系统平衡和流域生态系统健康有着重要作用。农田排水沟渠作为农田景观中的“廊道”,同样具有物质传输通道、过滤或阻隔、物质能力的源或汇、生物栖息等方面的生态功能。随着社会经济的发展,农业面源污染加剧、水体富营养化和农田生态系统生物多样性减少等



生态环境问题日益突出,农田排水沟渠对于改善环境效应和生态功能的作用愈发受到研究者的关注。

三、我国灌溉与排水的发展

1. 古代的灌溉与排水

我国自古以农立国。由于水旱灾害频繁,所以,我国农业发展史也是与水旱灾害作斗争的历史。

传说中的大禹治水已有 4000 多年,当时就有“尽力乎沟洫”“陂障九泽、丰殖九藪”等农田水利的内容;2300 多年前的西门豹在河北临漳修引漳十二渠灌溉农田和改良盐碱地;2200 多年前秦国蜀郡守李冰主持修建都江堰,使成都平原成为“沃野千里,水旱从人”的天府之国。

秦汉时期是我国农田水利第一次大发展时期。郑国渠建于公元前 246 年,是秦始皇统一六国前新建的灌溉工程,号称灌田 4 万顷,使关中地区成为我国最早的经济区,为秦始皇统一中国打下基础;汉武帝时,在泾水和渭水建了很多的灌溉引水渠,当时关中耕地面积只有全国的 1/3,人口不过全国的 3/10,而财富则为全国的 6/10。

隋唐和北宋时期是我国农田水利第二个发展期。安史之乱后,人口大量南迁,浙江一带沿江滨湖修建了大量圩垸,种植水稻,到晚唐时期,太湖地区的赋税收入已超过黄河流域,成为新的基本经济区;北宋时,宋神宗支持王安石变法,颁布了《农田利害条约》,进一步促进了农田水利的发展;南宋王朝偏安江南后,不仅江浙一带水利得到发展,而且东南沿海及珠江三角洲的水利建设也开始有所发展。

明清两代是我国历史上第三个农田水利发展时期。全国人口从元朝的 5000 万人,到明代的 9000 万人,到清朝康熙年间的 1 亿人,到清末的 4 亿人,在 500 年间增长了 7 倍多。人口的增多,促进了水利的大发展。明清时代长江中下游的水利已得到广泛开发,仅在洞庭湖的筑堤围垦,明代就有 200 处,清代达四五百处,所谓“湖广熟而天下足”,可见两湖地区已成为全国又一个基本经济区。与此同时,珠江流域、津京地区、西北西南边疆地区灌溉事业都有了很大的发展,东北的松辽平原在清朝中叶开禁移民以后,农田水利也有所发展。

2. 近代的灌溉与排水

19 世纪中期以后,由于帝国主义的入侵,我国沦为半封建半殖民地社会,这一时期水利在局部地区虽有所发展,但是总的来说则是日趋衰落。19 世纪后期,由于西方近代科学技术传入中国,一批水利学者从国外学习归来,开办水利学校,传播先进科学技术。1915 年我国第一所水利专门学校——河海工科专门学校在南京成立。1917 年以后,长江、黄河等流域相继设立水利机构,进行流域内水利发展的规划和工程设计工作。1930 年由李仪祉先生主持,开始用现代技术修建泾惠渠,以后又相继兴建了渭惠渠、洛惠渠等灌区。到 1949 年全国灌溉面积约 2.4 亿亩。

3. 现代的灌溉与排水

1949 年新中国成立后,党和政府非常重视水利,将其作为农业的命脉和国民经济发展的基础,使水利事业得到了迅速发展,取得了巨大成就。根据《2010 年全国水利发展统计公报》,到 2010 年底,已累计建成江河堤防长达 29.41 万 km;建成各类水库 87873



座,总库容 7162 亿 m^3 ;大中型水库 3821 座,大中小型水库总库容达 6524 亿 m^3 ;农田有效灌溉面积 2941.5 万 hm^2 ,工程节水灌溉面积达到 2731.4 万 hm^2 ,占全国农田有效灌溉面积的 45.3%。水闸 4.33 万座;机电井 533.7 万眼;农村水电站 44815 座,装机容量 5924 万 kW;水土流失治理面积 10680 万 hm^2 。

不同历史时期,灌溉的发展重点不同。20 世纪 50 年代以兴修水库、塘坝等蓄水工程和河道引水工程为主;60~70 年代,随着国家工业化进程的加快,电网和柴油供应在农村逐步普及,泵站提水灌溉发展迅速;70 年代,由于各方面用水量增加,北方地表水源日益紧张,打井开发地下水成为灌溉发展的重点;80 年代,灌溉面积增长一度出现停滞,工作重点转向“加强经营管理,提高经济效益”;90 年代以后,国家强调把节水灌溉作为革命性措施来抓,明确了新时期灌溉发展的方向和工作重点,并增加投入,使灌溉面积和效益重新走上稳步发展的轨道;进入 21 世纪,国家实施可持续发展战略,要求采取多种措施努力提高用水效率,使农田灌溉从粗放的外延扩张为主,转到集约、内涵挖潜为主的轨道上来。

四、本课程的任务

本课程的主要任务是使学生掌握灌溉与排水的基本理论与原理,掌握灌排工程规划设计的方法,掌握灌排工程施工方法与技术,了解灌排工程管理的主要内容,并关注灌排工程管理中的现代化技术,具备适应灌排工程生产一线所需要的基本知识和技能。

第二节 农田水分概述

一、农田水分状况

农田水分状况是指农田地面水、土壤水和地下水的多少及其在时间上的变化。一切农田水利措施,都是为了调节和控制农田水分状况,改善土壤中的气、热和养分状况,调节农田小气候,促进农业增产。因此,研究农田水分状况对农田水利规划、设计及管理都有十分重要的意义。

(一) 农田水分存在的形式

农田水分是指农田中的地面水、土壤水和地下水。土壤水是与作物生长关系最密切的水分存在形式。

土壤水按其形态不同可分为固态水、气态水、液态水三种。固态水是土壤水冻结时形成的冰晶;气态水是存在于土壤孔隙中的水汽,有利于微生物的活动,故对植物根系有利,由于数量很少,故在计算时常略而不计。液态水是储存在土壤中的液态水分,是土壤水分存在的主要形态,对农业生产意义最大。

在一定条件下,土壤水可由一种形态转化为另一种形态。液态水按其受力和运动特性可分为三种类型。

1. 吸着水

(1) 吸湿水。吸湿水是土壤孔隙中的水汽在土粒分子吸力作用下,紧紧束缚在土粒表面,不能移动,不能被植物吸收利用的部分水。吸湿水达到最大时的土壤含水率称为吸湿系数。



(2) 膜状水。膜状水吸附于吸湿水外部，只能沿土粒表面进行速度极小的移动但不能脱离土粒表面，只有少部分能被植物吸收利用。膜状水达到最大时的土壤含水率称为最大分子持水率。

通常在膜状水没有完全被消耗之前，植物已呈凋萎状态。作物下部叶子开始萎蔫时的土壤含水率称作初期凋萎系数，若补水充分作物的叶子又会舒展开来。植物产生永久性凋萎时的土壤含水率，叫作凋萎系数。它包括全部吸湿水和部分膜状水，是可利用水的下限。

2. 毛管水

土壤借毛管力作用而保持在土壤孔隙中的水叫作毛管水。毛管水能溶解养分和各种溶质，较易移动，是植物吸收利用的主要水源。依其补给条件不同，可分为悬着毛管水和上升毛管水。

(1) 悬着毛管水。灌溉或降雨后，在毛管力作用下保持在上部土层中的水分。当悬着毛管水达到最大时的土壤含水率称为田间持水率。它代表在良好排水条件下，灌溉后土壤所能保持的最高含水率。

灌水或降雨超过田间持水率时，多余的水便向下渗漏掉，因此田间持水率是有效水分的上限。生产实践中，常将灌水两天后土壤所能保持的含水率作为田间持水率。

(2) 上升毛管水。在地下水位以上附近土层中，由于毛细管作用所保持的水分。上升毛管水达到根系，则可被作物吸收利用，但地下水位不允许上升到根系，以防渍害。盐碱地区应严格控制地下水位，以防土壤发生次生盐碱化。

土壤黏重，毛管水上升高，但速度慢；质地轻的土壤，毛管水上升低，但速度快。不同土壤的毛管水上升高度见表 0-1。

表 0-1 毛管水最大上升高度表

土壤种类	毛管水最大上升高度 (m)	土壤种类	毛管水最大上升高度 (m)
黏土	2~4	砂土	0.5~1
黏壤土	1.5~3	泥炭土	1.2~1.5
砂壤土	1~1.5	碱土或盐土	1.2

3. 重力水（无效水或称过剩水）

土壤中超过田间持水率的那部分水为重力水。重力水以深层渗漏的形式进入下层土壤或汇入地下水。重力水在土壤中通过时能被作物吸收利用，只是不能为土壤所保持。当土壤全部孔隙为水分所充满时土壤便处于水分饱和状态，这时土壤的含水率称为饱和含水率。旱地应避免深层渗漏，以防止水的浪费和肥料的流失。水田保持适宜的深层渗漏是有益的，会增加作物根部氧分，有利于根系发育。

(二) 土壤含水率的表示方法

土壤含水率常用的表示方法有以下几种。

(1) 以土壤水分重量占干土重的百分数表示。

$$\beta_{重} = \frac{G_{水}}{G_{干土}} \times 100\% \quad (0-1)$$



式中 $\beta_{重}$ ——土壤含水率（占干土重的百分数，%）；

$G_{水}$ ——土壤中含有的水重，kg；

$G_{干土}$ ——烘干土重，kg。

(2) 以土壤水分体积占土壤体积的百分数表示。

$$\beta_{体} = \frac{V_{水}}{V_{土}} \times 100\% = \beta_{重} \frac{\rho_{干土}}{\rho_{水}} \quad (0-2)$$

式中 $\beta_{体}$ ——土壤含水率（占土壤体积的百分数，%）；

$V_{水}$ ——土壤水分体积， m^3 ；

$V_{土}$ ——土壤体积， m^3 ；

$\rho_{干土}$ ——土壤干密度， kg/m^3 ；

$\rho_{水}$ ——水的密度， kg/m^3 。

这种表示方法便于根据土壤体积直接计算土壤中所含水分的体积，或根据预定的含水率指标直接计算出需要向土壤中灌溉的水量。由于土壤水分体积在田间难以测定，生产实践中常用含水率的重量百分数换算为体积百分数。

(3) 以土壤水分体积占土壤孔隙体积的百分数表示。

$$\beta_{孔} = \frac{V_{水}}{V_{孔}} \times 100\% = \beta_{重} \cdot \frac{\rho_{干土}}{\rho_{水} \cdot n} \quad (0-3)$$

式中 $\beta_{孔}$ ——土壤含水率（占土壤孔隙体积的百分数，%）；

$V_{水}$ ——土壤中水分体积， m^3 ；

$V_{孔}$ ——土壤中孔隙体积， m^3 ；

n ——土壤孔隙率（指一定体积的土壤中，孔隙的体积占整个土壤体积的百分数），%；

其余符号意义同前。

这种方法能清楚地表明土壤水分占据土壤孔隙的程度，便于直接了解土壤中水、气之间的关系。

(4) 以土壤实际含水率占田间持水率的百分数表示。这是以相对概念表示土壤含水率的方法，即

$$\beta_{相对} = \frac{\beta_{实}}{\beta_{田}} \times 100\% \quad (0-4)$$

式中 $\beta_{相对}$ 、 $\beta_{实}$ 、 $\beta_{田}$ ——土壤的相对含水率、实际含水率和田间持水率，均以百分数表示。

这种表示方法便于直接判断土壤水分状况是否适宜，以制定相应的灌溉排水措施。

(5) 以水层厚度表示。它是将某一土层所含的水量折算成水层厚度来表示土壤的含水率，以 mm 为单位。这种方法便于将土壤含水量与降雨量、灌水量和排水量进行比较。

(三) 旱作地区的农田水分状况

旱作地区不允许地表积水，以免造成涝灾，危害作物。地下水位不允许上升至作物根系吸水层以内，以免造成渍害。

旱作物土壤适宜含水率为凋萎系数至田间持水率。



当植物根部从土壤中吸收的水分来不及补给叶面蒸腾时，便会使植物体的含水量不断减少，特别是叶片的含水量迅速降低。这种由于根系吸水不足以致破坏了植物体水分平衡和协调的现象，即谓之干旱。

干旱分为大气干旱、作物生理干旱、土壤干旱。

大气干旱是由于大气的温度过高和相对湿度过低，阳光过强，或遇到干热风造成植物蒸腾耗水过大，使根系吸水速度不能满足蒸腾需要，而引起的干旱。我国西北、华北均有大气干旱。

作物生理干旱是当植物根部从土壤中吸收的水分来不及补给叶面蒸腾时，植物体内水分不断减少，从而影响植物水分平衡和协调，而引起的干旱。

土壤干旱是由于土壤含水率过低，植物根系从土壤中所能吸取的水分难于满足叶面蒸腾的消耗而影响作物的生长，而引起的干旱。为了防止土壤干旱，最低的要求就是使土壤水的渗透压力不小于根毛细胞液的渗透压力，凋萎系数便是这样的土壤含水率的临界值。

综上所述，旱作物根系吸水层的平均最大含水率不应超过田间持水率，最小含水率不应小于凋萎系数。因此，对于旱作物来说，土壤水分的有效范围是从凋萎系数到田间持水率。其土壤水分关系如图 0-2 所示。不同土壤的田间持水率、凋萎系数、有效水量见表 0-2。

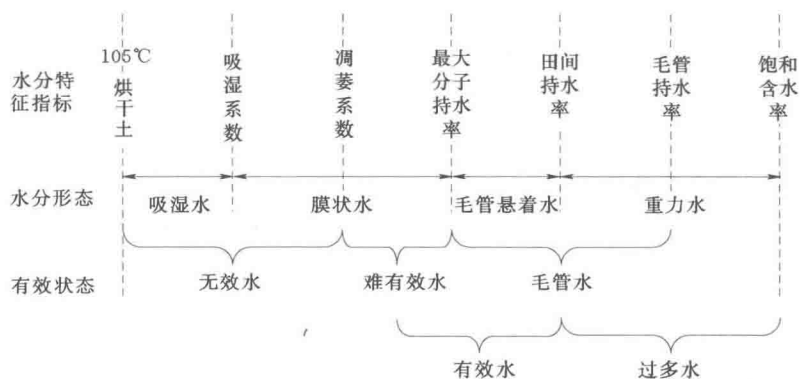


图 0-2 土壤水分关系示意图

表 0-2 不同土壤的田间持水率、凋萎系数及有效水量 (占干土重的百分比) %

土壤质地	田间持水率	凋萎系数	有效水量
砂土	8~16	3~5	5~11
砂壤土、轻壤土	12~22	5~7	7~15
中壤土	20~28	8~9	12~19
重壤土	22~28	9~12	13~15
黏土	23~30	12~17	11~13

(四) 水田的农田水分状况

水稻是喜水喜湿性作物，除适时晒田外，保持适宜的淹灌水层，不仅能满足水稻的水



分需要,而且能影响土壤的一系列理化过程,并能起到调节和改善湿、热及农田小气候等状况。但长期的淹灌及过深的水层(不合理的灌溉或降雨过多造成的),会使根系缺氧,影响根系生长发育,引起水稻减产,甚至死亡。目前多用浅水勤灌,适时晒田。

地下水位不宜过高,应保证一定的深层渗漏。适量的深层渗漏对水稻生长有利,可增加根部氧分。深层渗漏也不宜过大,否则会浪费水,流失肥料。

(五) 农田水分状况的调节

农田水分状况并不是总处于适宜的状况,农田水分过多或过少的现象会经常出现,水分过多和过少都对作物生长不利,必须采取措施加以调节,以便为作物生长发育创造良好的条件。

农田水分不足的原因,主要有降水量不足、地表径流大量流失、土壤保水能力差、蒸发量过大等。

农田水分不足时,一般应采取灌溉措施来增加农田水分。水稻田中,一般可采取浅灌深蓄的办法以充分利用降雨。旱地上可尽量利用田间工程进行蓄水或实行深翻改土、免耕、塑膜和秸秆覆盖等措施,减少棵间蒸发,增加土壤蓄水能力。无论水田还是旱地,都应注意改进灌水技术和方法,以减少农田水分蒸发和渗漏损失。

农田水分过多的原因,主要有降水量大、洪水泛滥、地下水位过高、出流不畅等。

农田水分过多时,应针对不同原因采取相应措施。排水是解决农田水分过多的主要措施之一。在低洼易涝地区,必须与防洪排涝措施统筹结合,共同解决农田水分过多的问题。

二、农田对排水的要求

(一) 涝灾、渍害和盐害

在复杂的自然因素作用及不当的人为因素影响下,农田水分过多的现象会经常出现,若农田水分过多而又不能及时排除,将会产生涝、渍和盐碱危害,影响作物的生长。下面介绍一下涝灾、渍害和盐害的基本概念。

涝灾:由于降雨过多或地势低洼等方面的原因,造成田面积水过多,超过了农作物的耐淹能力而造成农作物减产的灾害。

渍害:由于地下水位持续过高或因土壤土质黏重,土壤根系活动层含水量过大,造成作物根系活动层中的水、肥、气、热失调,而导致农作物减产的灾害。渍害与涝灾的区别为前者无地表积水,后者有地表积水。

盐害:土壤中含可溶性盐分过多,土壤溶液浓度过高,使作物根系吸水困难,造成作物生理缺水的灾害。有些盐分则对作物直接有害,影响作物生长发育而造成作物减产,这种灾害称为盐害。

(二) 农田排水要求

农田排水的根本任务,就是汇集和排除农田中多余水量,降低和控制地下水位,从而改善作物的生长环境,防治和消除涝、渍及盐碱灾害,为农作物的正常生长创造良好的环境条件。

1. 除涝排水的要求

排除农田中危害作物生长的多余的地表水的措施叫作除涝。农作物对受淹的时间和淹



水深度有一定的限度，如果超过允许的淹水时间和淹水深度，将影响作物生长，轻者导致减产，重者甚至死亡。所以，易涝地区的田间排水工程，必须满足在规定的时间内，排除一定标准的暴雨所产生的多余水量，将淹水深度和淹水时间控制在不影响作物正常生长的允许范围之内。

不同作物、同一种作物不同生育阶段耐淹能力不同。棉花、小麦等旱作物的耐淹能力较差，一般在地面积水 10cm 的情况下，淹水 1d 就会减产，受淹 6d 以上就会死亡。一般旱作物的田面积水深 10~15cm 时，允许淹水时间不超过 3d。

水稻总体来讲耐淹能力较好，但是水田滞蓄水深和时间也应有所限制。根据江苏省里下河地区的试验和调查，在分蘖期内，淹水深度和淹水时间对水稻产量的影响如图 0-3 所示。浙江省杭嘉湖地区根据试验资料提出稻田允许的淹水深度见表 0-3。

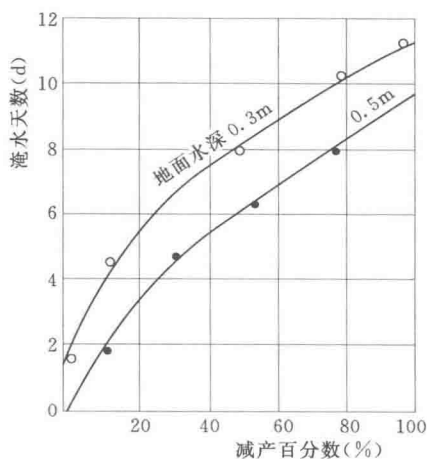


图 0-3 江苏省里下河地区水稻分蘖期淹水天数与产量的关系

表 0-3

稻田允许滞蓄水深表

单位: mm

生育期	稻别 水深	早稻		双晚		允许最大 耐淹水深	允许滞蓄 水深
		允许最大 耐淹水深	允许滞蓄 水深	允许最大 耐淹水深	允许滞蓄 水深		
返青		40	30	90	55	80	50
分蘖		60	45	75	55	70	45
孕穗		105	80	95	70	100	100
抽穗		100	70	80	65	100	85
乳熟		80	60	30	30	50	50
黄熟		50	50	0	0	0	0

农作物的耐淹水深和耐淹历时，应根据当地或邻近类似地区的农作物耐淹试验资料分析确定，无试验资料时可按《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—99)中选取，见表 0-4。

2. 防渍排水的要求

降低地下水位、降低根系活动层的土壤含水量的措施叫作除渍。

作物根系活动层内土壤含水率的大小与地下水的埋藏深度有着密切的关系。地下水的埋藏深度越浅，根系活动层的含水率越大，当地下水埋藏深度超过某一界限时，根系活动层的平均含水率会超过土壤适宜的含水率，将导致土壤中水气比例失调，使根系层严重缺氧，影响作物正常的生理活动，最终导致作物减产。因此降渍要求可表示为对地下水埋深的要求。



表 0-4 农作物允许的淹水深度和淹水历时

作物种类	生育期	耐淹水深 (cm)	耐淹历时 (d)
水稻	返青	3~5	1~2
	分蘖	6~10	2~3
	拔节	15~25	4~6
	孕穗	20~25	4~6
	成熟	30~35	4~6
玉米	抽穗	8~12	1~1.5
	灌浆	8~12	1.5~2
	成熟	10~15	2~3
甘薯	全生育期	7~10	2~3
大豆	开花	7~10	2~3
小麦	拔节至成熟	5~10	1~2
棉花	开花、结铃	5~10	1~2

土壤含水多，地下水位高，作物的根系稀少且不易扎深，直接影响着作物的生长和产量。我国各地的试验和调查表明，地下水埋深越浅，根系活动层也越浅。试验和调查也表明，在土壤、施肥和作物等各种条件大致相同时，地下水埋深越浅，产量也越低。国外的一些试验资料同样表明，地下水埋深与作物的产量密切相关，地下水埋深与作物产量关系见表 0-5。

表 0-5 地下水埋深与作物产量关系

作物	不同地下水埋深 (cm) 时的相对产量 (%)					100%时的产量 (kg/亩)
	40	60	90	120	150	
冬小麦	58	77	89	95	100	267
大豆	58	80	89	95	100	273
豌豆	50	90	100	100	100	183
甜菜	71	84	92	97	100	2700
马铃薯	90	100	95	92	96	1730

由此可见，要使作物免受渍害，适宜的地下水埋深应为 0.5~1.1m。

适宜的地下水埋深随作物种类和生育期不同而不同，一般是播种和幼苗期地下水埋深可小些。几种主要作物各生育阶段要求的耐渍深度详见表 0-6。

水稻虽然喜水，但地下水位过高、长期淹水也会产生渍害。为协调稻田的水、肥、气、热状况需要适当落干晒田，并保证一定的深层渗漏。为便于水稻收割后的机械耕作，更需要及时排除田面水层和土壤中过多的水分，要求水稻区建立较为完善的田间排水系统。一般认为在晒田期的 5~7d 内，地下水位以降至地面下 30~50cm 为宜；农业机械作业对排水要求的排渍深度，一般应控制在 60~80cm。



表 0-6 几种主要作物各生育阶段的耐渍深度

作物	生育阶段	耐渍深度 (m)
水稻	返青	0.1~0.2
	分蘖	0.3~0.4
	晒田	0.4~0.6
	拔节—成熟	0.2~0.4
小麦	播种—出苗	0.5
	分蘖—返青	0.6~0.8
	拔节—成熟	1.0~1.2
棉花	幼苗	0.6~0.8
	现蕾	0.2~1.5
	花铃	1.5
玉米	幼苗	0.5~0.6
	拔节—成熟	1.0~1.5

3. 防止盐碱化和改良盐碱土对农田排水的要求

消除作物根系活动层中有害于作物生长的盐分的措施叫作除盐。

土壤中的可溶性盐随水分运动而运动，蒸发耗水时，水分从地表蒸发，盐分留在土壤表层。地下水埋深越浅，土壤含水量越大，蒸发越强烈，表土愈易积盐，愈容易形成土壤盐碱化。由于土壤脱盐和积盐均与地下水的埋藏深度有着密切关系，所以在生产中常根据地下水埋深判断某一地区是否会发生土壤盐碱化。

地下水临界深度：在一定的自然条件和农业技术措施条件下，为了保证土壤不产生盐碱化和作物不受盐害所要求保持的地下水最小埋藏深度。

对不同的地下水含盐量、不同的土质，地下水临界埋深不同。轻质土（砂壤、轻壤土）的毛管输水能力强，当其他条件相同时，在同一地下水埋深的情况下，较黏质土的蒸发量大，因而也容易积盐。在同一蒸发强度的情况下，地下水矿化度高的地区，积盐速度快，因而也应有较大的地下水临界深度。反之，精耕细作，松土施肥，可以减少土壤蒸发，防止返盐，适时灌水可以起到冲洗压盐的作用，在这些地区地下水临界深度可以适当减小。

地下水临界深度应根据各地试验资料确定，无资料时可参考表 0-7。应当指出：年内不同季节、气象（蒸发和降雨）、耕作、灌水等具体条件不同，防止土壤返盐要求的地下水埋深及其持续时间也应有所不同。因此，对地下水位的的要求不是一个固定值，而应是一个随季节变化的地下动态水位。

排水是防治和改良盐碱地的基本措施。一方面，排水可以控制和降低地下水位，防止土壤表层积盐；另一方面，对已造成盐碱化的地区，在冲洗改良阶段，增加灌水和降雨入渗量，还需排除冲洗水，加速土壤脱盐。因此，通过开挖排水沟道系统，排除由于降雨和灌溉而产生的地下水，控制地下水埋深在临界深度以下，促进土壤脱盐和地下水淡化，防止盐分向表层积聚而发生盐碱化，是盐害地区治理的一项基本措施。但是，水利措施必须与农业技术措施密切配合，才能从根本上防止和改良盐碱地。