

水利水电系统干部培训教材

灌溉与排水

华东水利学院

水利出版社

水利水电系统干部培训教材

灌 溉 与 排 水

华东水利学院

水利出版社

内 容 提 要

本书为水利水电系统干部培训教材，也可供农田水利工程技术人员参考。

本书在第一章里阐述了作物栽培与灌溉排水的密切关系，在后五章里，系统地介绍了灌溉、排水工程规划设计的方法，对管道灌溉系统的规划设计作了专门的介绍。

水利水电系统干部培训教材

灌溉与排水

华东水利学院

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六辅坑)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4 $\frac{1}{4}$ 印张 105千字

1982年6月第一版 1982年6月北京第一次印刷

印数00001—11600册 定价0.55元

书号15047·4193

编 者 的 话

为了实现水利水电系统干部队伍的革命化、年青化、知识化和专业化，以适应四个现代化建设的需要，有关水利单位正大力组织在职干部的培训。为此，水利部组织一些有经验的同志编写了这套“水利水电系统干部培训教材”，共分13个分册：《水利工程识图》、《水利工程测量》、《建筑材料》、《工程地质及水文地质》、《土工知识》、《水力学》、《工程水文》、《灌溉与排水》、《中小河流规划》、《水工建筑物》、《水电站》、《抽水站》、《水利工程施工》。这套培训教材的编写大纲由华东水利学院拟定，并在1980年12月举行的、由水利部教育司、水利出版社和陕西省水利学校、黄河水利学校、山东省水利学校、东北水利水电学校、扬州水利学校、四川省水利电力学校等参加的编写大纲讨论会上修改定稿。

当前培训干部的主要对象是省、地、县水利水电部门的行政领导干部。培训的目的，要求他们尽快地熟悉本部门的业务知识，逐步成为内行。因此，这套教材主要面向省、地、县水利水电建设的领导干部，面向中小型水利水电工程。为此，教材涉及面较广，但内容力求简明扼要，尽可能介绍一些现代的先进技术。

近期培训干部，一般以五至六个月为一期，讲课400至500学时，故本教材的总教学时数控制在400学时左右，多余的学时各地可灵活使用，例如可用于补习文化基础课，或讲

授本地区特需的某些专题。各地举办培训班时，可根据实际需要选用培训教材中的部分分册或全部分册。本教材也可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。

这套培训教材中的《水利工程测量》分册，采用陕西省水利学校编写、由农业出版社出版的《简易工程测量》一书；《水力学》（借用“水文职工培训教材”中的《水力学基础》）和《抽水站》这两个分册系由扬州水利学校编写；其余各分册均由华东水利学院编写。为了将这套教材编好，华东水利学院受水利部教育司委托成立了“水利水电系统干部培训教材编审委员会”，负责编审工作，该院副院长左东启为编审委员会主任委员，教务处处长解启庚和王世泽教授、戴寿椿讲师为副主任委员。

在培训教材编审过程中，得到了各有关部门及兄弟院校的大力协助，谨表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正（意见请寄：南京市华东水利学院教务处）。

水利水电系统干部培训教材编审委员会

1981年6月

前 言

本书是根据《水利水电系统干部培训教材编写大纲》编写的。

书名最初拟定为《农田水利》，后来考虑到“农田水利”含义很广，我国地域辽阔，各地区农田水利工作的内容差别很大，本教材受篇幅限制，不能兼收并蓄，包罗一切；作为通用教材又不能顾此失彼，挂一漏万。而灌溉、排水作为农田水利工作的基本内容，为各地所共有，为人们所公认。于是，就把叙述灌溉、排水基本知识作为本书的任务，并把书名改为《灌溉与排水》，使之名符其实。书中没有列入那些地区性较强的专门问题，各地在使用这本教材时，可以根据当地实际需要编写补充材料，加强教学内容的针对性。

本书由华东水利学院房宽厚同志编写。初稿完成之后，承蒙华东水利学院副院长左东启教授和李寿声副教授的精心审阅，提出了许多宝贵意见，在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中肯定存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

1981年9月

目 录

编者的话

前言

第一章 作物栽培与灌溉排水	1
第一节 水与作物栽培的关系	1
第二节 农田水分状况及其调节	9
第三节 作物需水规律	16
第四节 作物需水量的估算	22
第二章 灌溉用水量和灌水方法	26
第一节 灌溉用水设计典型年的选择	26
第二节 作物的灌溉制度	30
第三节 灌溉用水量计算	37
第四节 灌水方法	42
第三章 渠道灌溉系统工程规划	55
第一节 渠首引水枢纽工程规划	55
第二节 灌溉渠系及渠系建筑物规划布置	58
第三节 田间工程规划	64
第四章 灌溉渠道设计	71
第一节 灌溉水量损失	71
第二节 渠道设计流量的推算	75
第三节 渠道纵横断面设计	81
第五章 管道灌溉系统的规划设计	98
第一节 管道的水力计算	98
第二节 喷灌系统的规划设计	113

第三节	滴灌系统的规划设计	118
第四节	地下渠道灌溉系统的规划设计	121
第六章	排水工程规划设计	126
第一节	排水系统的规划布置	127
第二节	排水沟设计流量和设计水位的确定	135
第三节	排水沟纵横断面设计	141

第一章 作物栽培与灌溉排水

第一节 水与作物栽培的关系

水是作物生活的基本条件之一，又是土壤肥力的一个重要因素，它直接影响着作物的生长发育。一些农业技术措施也和水有着密切的关系。

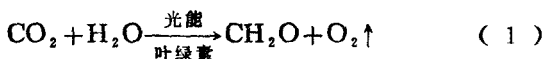
一、水对作物的生理作用

(一) 水是作物有机体的重要组成部分

作物体内含有大量的水分，一般农作物植株的含水率为60~80%，蔬菜和块根作物在90~95%以上。正是这些水分充满了植株的所有细胞，维持着作物固有的形态，使植株挺立，叶面伸展，保证了各种生理活动的正常进行。

(二) 水是作物制造养分的原料

绿色植物的叶子里含有一种特殊的物质——叶绿素，它能利用光能，把从外界吸收进来的二氧化碳(CO₂)和水(H₂O)制造成潜藏着化学能的有机物，并释放出氧气(O₂)。绿色植物将日光能转变为贮藏的化学能、将无机物转变为有机物并释放氧气的自然过程叫做“光合作用”，可用下式表示它的总反应：



上式中的CH₂O代表光合作用产生的有机物。植物的叶子就象一座座“绿色工厂”，在这些奇妙的工厂里，利用太

阳这个巨大的能源，把二氧化碳和水作为原料，不断地制造出糖和淀粉等有机物质，为植物生长发育提供养料，为人类生活提供粮食、蔬菜等必须的物质，还不断地向我们赖以生存的自然界补充氧气。

作物根系不断从土壤中吸取水分，满足其生理需要，向“绿色工厂”提供原料。土壤水分不足或过多都会影响根系的发育和对水分的吸取，都会抑制作物的光合作用，直接妨碍碳水化合物的形成，减少作物的产量。合理的灌溉和排水，能保持适宜的土壤水分，有效地促进作物的光合作用。

（三）水是作物体内输送养分的工具

作物根系从土壤中吸取水分和溶解在水中的无机盐类，通过体内的输导系统，送往植株的各个部分；作物叶子通过光合作用制造的有机物质，也要借助水，以水溶液状态被送往植株的消费和贮藏器官里去；种子发芽时，贮存在种子中的营养物质要经过水解以后，才能被送到幼芽中去，满足幼芽生长的需要。如果作物体内缺水，营养物质的输送、正常的生理活动都要受到阻碍，就会影响作物的正常生长。

二、水对作物生活环境的影响

作物的生活环境主要包括土壤状况和近地面的气候条件。土壤状况系指土壤的结构和水、肥、气、热状况，又称作土壤肥力。水是土壤肥力的一个重要因素，可以直接被作物吸收利用；水又与其他肥力因素以及农田气候条件有着密切的关系，对它们有着深刻的影响。

（一）水对土壤通气的影响

土壤水分和土壤空气并存于土壤孔隙之中，互为消长，互相矛盾：水多时，空气减少，造成土壤闭气；水少时，空气增加，土壤通气良好。土壤水分是矛盾的主要方面，直接

制约着土壤的通气状况。

在土壤中，水和空气的矛盾程度与土壤的结构有密切关系。土壤孔隙大小不同，通气性能差异很大。通常把孔径大于0.1毫米的通气孔隙称为大孔隙（又叫非毛管孔隙），把孔径0.001~0.1毫米的孔隙称为毛管孔隙，孔径小于0.001毫米的孔隙被称为无效孔隙。在单粒结构的土壤中，单个土粒紧密排列（图1a），缺少通气孔隙，水、气矛盾比较突出；在有良好结构的土壤中，存在着很多由单粒胶结而成的团粒，直径为0.25~10毫米，团粒之间的孔隙较大，有利通气（图1b），降雨或灌溉时，水沿大孔隙畅通地渗入土壤，团粒内部为毛管孔隙，可以有效地蓄存土壤水分。这样，水和空气各得其所。因此，建立和保持良好的土壤结构是治水改土的重要任务。

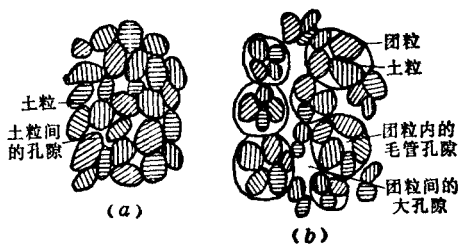


图 1 土壤结构示意图
(a)单粒结构；(b)团粒结构

(二) 水对土壤温度状况的影响

由于水有比空气大得多的热容量（约大3300倍）和导热率（大25~30倍），湿润土壤白天大量吸收来自太阳的辐射热，并将这个热量迅速向深层传导，表土的温度就不易升高；夜间气温迅速下降时，土壤释放热量较慢，下层的热量

又较快地向上传导，表土温度就不会很快下降，所以，昼夜温差较小。在生产实践中，常用灌溉或排水调节土壤水分，控制土壤温度，以适应作物正常生长的需要。例如：早春水稻育秧时，遇到阴冷天气，就采取白天排水、晚上灌水的方式使土壤温度变化平稳，保护秧苗不受冻害。北方麦田冬灌也有提高土温、防止冻害的作用。

（三）水对土壤养分状况的影响

作物对养分的吸收必须以水为媒介，只有在适当的土壤水分配合下，养料才能充分被作物吸收利用。在水分适宜、通气良好的土壤中，以好气性微生物活动为主，可把复杂的有机质分解成简单的、能溶于水的无机盐类，供作物吸收利用，使养分从无效转化为有效；在水分过多、通气不良的土壤中，则以嫌气性微生物活动为主，这样只能缓慢地分解有机质并合成一种新的物质——腐殖质，同时产生并积累大量的有机酸、醇、酮等中间产物和硫化氢、甲烷等还原性物质，对作物产生毒害作用。在通气不良的土壤中，速效性的硝化氮还容易受到反硝化细菌的作用变成氮气而跑掉。可见水对土壤养分状况有很大影响，合理的灌溉和排水，可以保持适宜的土壤水分，以水调肥，促进土壤养分的分解和转化，满足作物生长的需要。

（四）水对农田小气候的影响

农田小气候是指田间近地面（0～2米内）空气层的温度、湿度、光照和风等气候状况，它是作物生活的重要环境条件，对作物生长发育有重大影响。人们在通过灌溉、排水措施调节农田水分状况的同时也改变着农田的气候状况。灌水（或降雨）提高了土壤湿度，使土壤水蒸发加强，增加了空气中的水汽，提高了空气的热容量，缩小了气温日变化的

幅度。因此，在高温季节利用灌溉可以提高空气湿度、降低气温，使作物免受高温或干热风的危害；低温季节，通过灌水又可以提高土温和气温，防止霜冻危害；在水稻生长期，适时排水、落干晒田，可以降低空气湿度，提高土温和秧田气温，对培育壮秧、防治病虫害有显著作用。

三、水与农业技术措施的关系

灌溉、排水和农业技术措施的配合是否得当，会直接影响农业技术措施的质量和效果，也关系到水的增产作用能否充分发挥。

（一）水与土壤耕作的关系

影响耕作质量的主要自然因素是土壤的物理机械性，而水分状况是影响土壤物理机械性的重要条件。水分过少的土壤，土粒之间的粘结性很强，耕作费力，土块不易破碎，耕作质量差；过湿的土壤对耕作机械的粘着力较大，也增加了耕作阻力，而且过湿土壤的可塑性很大，耕作时会形成不易疏松的大土块。所以，土壤过湿或过于都不利于耕作。旱地宜耕的土壤含水量应稍低于土壤可塑下限（土壤表现塑性时的最小含水量），水田干耕时和旱地要求相同，湿耕时的土壤含水量应大于可塑上限（土壤表现塑性时的最大含水量）。

正确的土壤耕作有利于改善土壤的物理性状，提高土壤的透水性和持水能力，充分利用降雨和灌溉水量。旱田的适时中耕能够建立一个疏松的表土层，切断土壤毛管，减少土壤水的蒸发损失。相反，如果采用不合理的耕作方法或使用不适当的耕作机具，就会破坏土壤结构，恶化土壤的物理性状。例如，近年来江苏南部和上海等地提高了复种指数，耕作时间短促，多为带水耕作，加之耕畜少、手扶拖拉机马力低，一般耕深只有10厘米左右，致使犁底层上升，土壤通

气、透水性能大大减弱，故应改进机具，加深耕层。

（二）水与施肥的关系

适当施肥、补充土壤养分是保证作物正常生长、提高作物产量的需要。而施肥的效果与土壤水分状况有着密切的关系。为了提高施肥效果，旱作物播前施肥应在灌水后施入，以免肥料流失；生育期内宜先施肥后灌水，借灌溉水的下渗使肥料移至根系周围，以利作物吸收，水溶性强的肥料也可在灌水之后施入；水稻追肥前应适当降低水层，追肥后结合耘耨使水、肥、土融为一体，当水层快渗完时再灌浅水。切忌追肥后立即排水，以免肥料流失。

（三）水与植物保护的关系

防治病虫害和消灭杂草是保证作物正常生长的重要农业技术措施。一些病虫害的发生和消长与田间水分状况关系密切。合理的灌溉和排水，可以改善田间小气候，防治病虫害。例如：稻瘟病、纹枯病、白叶枯病等水稻病害，都是在稻田长期深灌、通风透光不良、空气湿度高等条件下发病的。采用浅灌勤灌、适时晒田等合理用水措施，就能有效地进行防治。小麦的锈病、赤霉病和棉花的炭疽病、立枯病等，在湿度高的条件下容易发生。在多雨潮湿的地区，加强麦田和棉田排水，降低田间土壤含水量和空气湿度，就能抑制病害的发生和发展。用药物治虫灭草，也需要灌溉排水措施的密切配合。例如：在水稻田撒施毒土（拌和六六六粉或甲六粉的细土）治螟时，要求稻田保持1.5~2.0寸深的水层，3~4天不放水。使用敌稗消灭水稻秧田内三叶期以前的稗草和其他幼嫩杂草时，喷药前要排干田水，喷药后两天不灌水，以后再灌深水两天。使用除草醚、扑草净等除草剂时，需要维持1寸左右的水层4~5天，以提高除草效果。

四、水质对作物生长的影响

灌溉水质主要指泥沙的粒径和含量、可溶盐的种类和数量、水的温度等。作物生长和土壤改良对灌溉水质有一定的要求。

从多沙河流引水的灌溉工程，必须分析泥沙的含量和组成，在渠系工程设计和运用管理中，采取适当措施，防止有害的泥沙入渠，把引进渠道的泥沙顺利地送到田间，防止淤塞渠道。粒径小于0.005~0.001毫米的泥沙，常具有一定的肥力，可适量输入田间，如引入过多，会减少土壤透水性和通气条件；粒径为0.1~0.005毫米的泥沙，在土壤质地粘重的地区，可少量输入田间，借以改良土壤结构；粒径大于0.1~0.15毫米的泥沙，容易淤积渠道，而且对农田有害，应禁止入渠。

灌溉对水质的另一个要求是不应含有对作物有害的盐类，无害盐类的含量也不能过多。灌溉水含盐过多，就会增加土壤溶液的浓度，使作物吸水困难，轻则影响作物的正常生长，重则造成作物死亡。由于各种盐类对作物的危害程度不同，以及不同作物的耐盐性能各异，灌溉水质的标准也就不同。对大多数作物来说，通常要求灌溉水的含盐量不超过0.15%（1.5克/升），以碳酸钠为主的灌溉水的含盐量应小于0.1%，以氯化钠为主时应小于0.2%，以硫酸钠为主时应小于0.5%。实践证明：在水源条件差的地区，若能采用适当的农业技术措施防止土壤积盐，也可利用含盐量为0.3~0.6%的水进行灌溉。

对灌溉水源的水质，必须进行分析化验，要求符合农业部编制的，并经国务院环境保护领导小组等单位批准试行的《农田灌溉用水水质标准》（见表1）。不符合水质标准的

表 1

农田灌溉用水水质标准

编号	项 目	标 准
1	水 温	不超过35°C
2	PH值	5.5~8.5
3	全盐量	非盐碱土农田不超过1500毫克/升
4	氯化物(按Cl计)	非盐碱土农田不超过300毫克/升
5	硫化物(按S计)	不超过1毫克/升
6	汞及其化合物(按Hg计)	不超过0.001毫克/升
7	镉及其化合物(按Cd计)	不超过0.005毫克/升
8	砷及其化合物(按As计)	不超过0.05毫克/升
9	六价铬化合物(按Cr ⁺⁶ 计)	不超过0.1毫克/升
10	铅及其化合物(按Pb计)	不超过0.1毫克/升
11	铜及其化合物(按Cu计)	不超过1.0毫克/升
12	锌及其化合物(按Zn计)	不超过3毫克/升
13	硒及其化合物(按Se计)	不超过0.01毫克/升
14	氟化物(按F计)	不超过3毫克/升
15	氰化物(按游离氰根计)	不超过0.5毫克/升
16	石 油 类	不超过10毫克/升
17	挥发性酚	不超过1毫克/升
18	苯	不超过2.5毫克/升
19	三氯乙醛	不超过0.5毫克/升
20	丙 烯 醛	不超过0.5毫克/升

注 放射性物质的标准，应按现行的《放射防护规定》中关于露天水源中放射性物质限制浓度的规定执行。

水，不能直接灌溉农田，而要先行净化处理。

作物生长对气温和地温都有比较高的要求。如三麦（大麦、小麦、元麦）根系生长的适宜地温为15~20°C，最低允许地温为2°C。水稻正常生长的适宜气温一般不低于20°C，各生育阶段对温度的要求不同，在水稻幼穗形成期和生殖细胞分裂期，温度的影响尤为显著，开花结实期的最低临界温度为19°C。灌溉水温 and 地温密切相关，对近地面的气温也有

一定影响。日本有人研究过灌溉水温对水稻抽穗情况和产量的影响，得出的结论是：水稻抽穗期前后的适宜水温不应低于 $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，理想水温是 $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。所以，对一般旱作物，灌溉水温应不低于 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，对水稻则应高于 20°C 。灌溉水的最高温度不宜超过 35°C 。生产实践中常以井水、泉水、融雪水作为灌溉水源，水温往往偏低，应采取适当的升温措施，如采用迂回灌溉延长输水路程或设晒水池曝晒等。引用水库水时，应从温度较高的上层取水。

综上所述，作物栽培与田间土壤水分状况的关系极为密切。合理的灌溉和排水，不仅要适时适量地提供作物各生育期的生理需水，还要调节其他肥力因素，为作物生长发育创造良好的条件，做到以水调气、以水调温、以水调肥、以水调节农田小气候、以水防治病虫害、以水灭除杂草等，以满足作物的生态需水，充分发挥水的有利作用，避免和克服其不良影响。而且在满足作物对水量要求的同时，还必须满足作物生长对水质的要求。

第二节 农田水分状况及其调节

一、土壤水分的形态

土壤水分和普通水一样，随着温度的变化，在物理形态上也有固体、液体和气体三种。固态水只有在土壤冻结时才存在；气态水存在于未被水分占据的土壤孔隙中，含量很少；液态水是土壤水分存在的主要形态。在不同的温度条件下，水的三种形态可以互相转化。

液态水按其运动特性可分为吸着水、毛细水和重力水三类。