

全国高等农业院校试用教材

# 农田水利学

沈阳农学院 主编

土壤农化专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

# 农 田 水 利 学

沈阳农学院主编

土壤农化专业用

农 业 出 版 社

主 编 沈阳农学院 陈维新  
副主编 华南农学院 池钜庆  
编 者 南京农学院 徐松铃  
西南农学院 陈万龄  
山西农学院 王志亚  
华南农学院 万少文

全国高等农业院校试用教材

农 田 水 利 学

沈阳农学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16开本 11.6 印张 262 千字  
1980年7月第1版 1987年5月北京第8次印刷  
印数 26,701—29,700册

统一书号 16144·2075 定价 1.95 元

## 前 言

一九七七年，在全国土化专业教材会议上根据一九七七年农林（科）字83号文件精神组成了本教材编写组，并基本上规定了土化专业所用的《农田水利学》应为改良土壤、培肥土壤服务的方针。

我们认为，土化专业和其他农学各专业学习这门课程时，是不同于农田水利专业的，应有自己的特点。首先，应考虑水、土、作物这三者关系，从这个角度来讲授灌溉、排水问题；其次，农田水利是改良土壤、培肥土壤的一个重要方面，从这个角度讲授必需的农田水利技术知识及其有关的理论知识；第三，农田水利主要任务是解决旱、涝问题，从土化专业和其他各农学专业性质出发，还应深入研究土壤的水分状态和作物的生理、生态需水规律，因此，本教材中对土壤水分的基本理论及其应用，作物生理生态需水的基本理论和规律均应详细阐述。

当然，本教材距离上述要求还有较大差距，同时限于水平，编写时间又较仓促，因此在内容和编排上都存在不少问题，尚希各试用院校批评指正。

在编写审查本教材中，承蒙北京农业大学叶和才教授以及华中农学院等兄弟院校、科研单位大力支持与协助，在此一并致谢。

《农田水利学》编写组

一九七九年四月

# 目 录

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| <b>第一章 绪论</b> .....            | (1)  |
| 第一节 我国的农田水利事业概况.....           | (1)  |
| 第二节 农田水利事业的现代化.....            | (2)  |
| 第三节 农田水利学的基本内容和任务.....         | (4)  |
| <b>第二章 农业水文学基本知识</b> .....     | (7)  |
| 第一节 自然界中的水分循环与水量平衡.....        | (7)  |
| 一、自然界中水的分布.....                | (7)  |
| 二、自然界中的水分循环.....               | (7)  |
| 三、水量平衡.....                    | (8)  |
| 第二节 径流与下渗.....                 | (9)  |
| 一、有关降水的一些名词解释.....             | (9)  |
| 二、径流.....                      | (10) |
| 三、下渗与渗透.....                   | (12) |
| 四、影响径流和下渗的因素.....              | (14) |
| 第三节 降雨及径流的水文统计计算基本知识.....      | (15) |
| 一、频率的概念.....                   | (15) |
| 二、经验频率曲线.....                  | (16) |
| 第四节 理论频率曲线.....                | (19) |
| 一、理论频率曲线的意义和性质.....            | (19) |
| 二、水文计算中常用的理论频率曲线——皮尔逊Ⅲ型曲线..... | (20) |
| 三、统计参数.....                    | (22) |
| 四、利用频率曲线推求设计频率的变量值.....        | (25) |
| <b>第三章 灌溉原理</b> .....          | (27) |
| 第一节 作物对灌溉的要求.....              | (27) |
| 一、灌溉在农业生产上的重要意义.....           | (27) |
| 二、灌溉水质.....                    | (28) |
| 第二节 作物需水规律及其对土壤水分状况的要求.....    | (31) |
| 一、作物吸水特性与影响因素.....             | (31) |
| 二、土壤水分对作物生长的影响.....            | (33) |
| 第三节 灌溉制度的确定.....               | (36) |
| 一、总结群众的丰产经验来确定灌溉制度.....        | (37) |
| 二、根据水量平衡分析拟订灌溉制度.....          | (38) |
| 三、以潜在蒸腾量计算法确定灌溉制度.....         | (39) |
| 四、依作物的生理指标确定灌水时期.....          | (41) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第四章 灌溉方法与灌水技术       | (42)  |
| 第一节 地面灌溉            | (42)  |
| 一、畦灌法               | (42)  |
| 二、沟灌法               | (15)  |
| 三、淹灌法               | (47)  |
| 第二节 喷灌              | (48)  |
| 一、概述                | (48)  |
| 二、喷灌系统及其设备          | (50)  |
| 三、喷灌的主要技术要求及技术指标的测定 | (55)  |
| 四、喷灌系统的规划与布置        | (58)  |
| 第三节 滴灌              | (62)  |
| 一、概述                | (62)  |
| 二、滴灌系统的组成与设备        | (64)  |
| 三、滴灌系统的规划和布置        | (66)  |
| 四、运行管理              | (69)  |
| 第四节 浸润灌溉            | (70)  |
| 一、浸润灌溉的优缺点          | (70)  |
| 二、浸润灌溉方法与技术         | (71)  |
| 第五章 几种主要作物的灌溉       | (73)  |
| 第一节 水稻灌溉            | (73)  |
| 一、稻田需水量             | (73)  |
| 二、水稻的水分管理           | (76)  |
| 第二节 小麦灌溉            | (80)  |
| 一、小麦的需水规律           | (80)  |
| 二、小麦的合理用水           | (82)  |
| 第三节 棉花灌溉            | (86)  |
| 一、棉花需水规律            | (86)  |
| 二、棉田的合理用水           | (87)  |
| 第六章 灌溉渠道系统的规划设计     | (90)  |
| 第一节 灌溉渠道系统的规划       | (90)  |
| 一、灌溉渠道系统的组成         | (91)  |
| 二、灌溉渠道系统的布置         | (97)  |
| 第二节 灌溉渠道设计流量的确定     | (97)  |
| 一、渠道净流量             | (98)  |
| 二、渠道的损失流量           | (99)  |
| 三、渠道设计流量            | (99)  |
| 第三节 灌溉渠道的设计         | (99)  |
| 一、渠道横断面的设计          | (114) |
| 二、渠道纵断面设计           | (115) |
| 三、渠道纵横断面设计成果整理      | (118) |
| 第四节 渠道系统上的建筑物       | (118) |

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 一、控制水位和流量的建筑物 .....             | (118)        |
| 二、交叉建筑物 .....                   | (119)        |
| 三、联接建筑物 .....                   | (120)        |
| 四、量水建筑物 .....                   | (120)        |
| <b>第七章 农田排水 .....</b>           | <b>(126)</b> |
| <b>第一节 排水原理 .....</b>           | <b>(126)</b> |
| 一、农田水分过多对土壤、作物的影响 .....         | (126)        |
| 二、土壤物理性质与农田排水的关系 .....          | (128)        |
| 三、排水指标 .....                    | (129)        |
| 四、农田排水的任务与排水原则 .....            | (132)        |
| <b>第二节 排除地表径流 .....</b>         | <b>(134)</b> |
| 一、地面排水流量的计算 .....               | (134)        |
| 二、地面排水系统的布置与排水方法 .....          | (137)        |
| <b>第三节 控制地下水位 .....</b>         | <b>(139)</b> |
| 一、地下水排水流量的计算 .....              | (139)        |
| 二、控制地下水位的沟深与间距的确定 .....         | (141)        |
| 三、竖井排水简介 .....                  | (145)        |
| <b>第四节 排除土层滞水 .....</b>         | <b>(147)</b> |
| 一、引起土层滞水的因素 .....               | (147)        |
| 二、排除土层滞水的农业措施 .....             | (150)        |
| 三、各种暗沟(管)排水的作用 .....            | (150)        |
| <b>第八章 水土保持 .....</b>           | <b>(156)</b> |
| <b>第一节 土壤侵蚀类型及其危害 .....</b>     | <b>(156)</b> |
| 一、土壤侵蚀类型 .....                  | (156)        |
| 二、土壤侵蚀的危害 .....                 | (157)        |
| <b>第二节 土壤侵蚀的发生规律和影响因素 .....</b> | <b>(158)</b> |
| 一、影响土壤侵蚀的自然因素 .....             | (158)        |
| 二、社会经济活动对水土流失的影响 .....          | (161)        |
| <b>第三节 水土保持技术措施 .....</b>       | <b>(162)</b> |
| 一、农业技术措施 .....                  | (162)        |
| 二、坡地梯田措施 .....                  | (163)        |
| 三、水利技术措施 .....                  | (170)        |
| 四、生物措施 .....                    | (173)        |
| <b>主要参考书目 .....</b>             | <b>(176)</b> |

# 第一章 绪 论

## 第一节 我国的农田水利事业概况

我国是世界农业生产发展最早的国家之一。我们的祖先，在长期的农业生产实践中，同水、旱灾害进行着顽强的斗争。早在春秋战国时期，我国农田水利事业就有了很大发展，如魏国的西门豹和人民一起在邺（今河北临漳）修渠引漳水灌溉。秦朝李冰父子和人民在四川兴建了我国古代最大的水利工程——都江堰。二千二百多年来，这项工程一直在为农业生产服务。解放后，经过党和政府的重新修复和扩建，现在已灌溉着成都平原二十余县八百多万亩农田。都江堰工程的整体规划、工程设施和管理制度，是合乎科学理论的，是我国古代农田水利工程的杰出代表，它充分表现出我国劳动人民的卓越智慧。还有陕西的引泾水灌溉的郑国渠（公元前246年）；宁夏的秦渠、汉渠、唐徕渠；浙江的镜湖灌溉区（公元140年）。其它如遍布江南的塘坝工程，华北各省的水井水车，西北地区的坎儿井、天车等都是我国古代劳动人民兴修水利的重要创造。

在防洪排涝方面，唐代已有较大规模的排水工程，如山东无棣县的无棣沟。五代时期，在江苏太湖流域已形成浦塘制，即河道纵横交错，形成水网，不仅用于灌溉，且可进行防洪、除涝和综合利用。

在水土保持方面，汉代以前，黄河流域的农民就已经创造了许多行之有效的办法。汉氾胜之书说：“汤有旱灾，伊尹作为区田，教民粪种，负水浇稼”。因此，可以肯定区田的创造至少在二千年之前。这种耕作方法与目前黄土高原上的软堰、垄作区田等水土保持措施的作法是相似的。

从以上所述可以看出，我国的农田水利有其悠久的历史，在与自然灾害作斗争中，历代劳动人民创造了很多宝贵经验。但从唐朝中期至清朝中期一千多年，发展速度十分缓慢，水利科学长期处于停滞不前的状态。鸦片战争以后，特别是国民党反动派统治时期，虽然近代科学技术传入我国，修建了少数农田水利工程，但是这些数量很少，规模又小的农田水利工程，根本抵御不了水旱灾害。加之森林被破坏，水土流失，水利工程常年失修，更使水旱灾害日益加剧。据统计，解放前，黄河流域两千多年间，发生水灾一千五百多次；海河流域五百八十多年间，发生水灾三百八十七次，旱灾四百零七次；长江流域的江汉平原和淮河流域在一九三一年发生的一次水灾，就淹没了湘、鄂、豫、苏、皖五省的一亿两千万亩耕地。一九二八年的大旱，遍及华北、西北、西南十三个省，灾民达到一亿两千万人。在旧中国，每一次水旱灾害，不是洪水茫茫，就是赤地千里，总要造成几十万，甚至千百万人流离失所。解放初，我们这样一个大国，耕地面积



十六亿亩，仅有灌溉面积二点四亿亩，洪涝面积则达数亿亩，水土流失面积竟达一百五十余万平方公里。但是，农业生产的实践证明，水利是发展农业生产的根本问题之一。早在土地革命时期，毛主席就指出：“水利是农业的命脉”。它深刻揭示了发展水利和发展农业生产之间的辩证关系。

中华人民共和国成立后，在毛主席、周总理的关怀下，我国农田水利事业呈现了崭新的局面。近三十年来，水利事业取得了巨大的成就。我国的主要江河都得到了不同程度的治理。水利资源也得到了初步开发：全国已修建大中型水库七万多座，总蓄水量三千多亿立方米。排灌机电动力为解放初期的四百倍，全国有三分之二的易涝面积得到了不同程度的治理。一半的盐碱地面积得到改造。五分之一的坡耕地变成了梯田。将近一半的耕地得到了灌溉（灌溉面积达到七亿三千万亩），比解放初期翻了两番。上述情况充分说明我国农田水利事业的发展，不仅表现在建设规模的空前宏伟，而且表现在对于水旱灾害的根治规模和水利资源的综合利用。没有这样一个空前规模的农田基本建设和水利建设，我们的农业就不可能达到现在的生产水平。

一九五〇年，周总理根据毛主席的指示，总结了我国的历史经验，从淮河流域旱涝交替的特点出发，制定了“蓄泄兼筹以达根治之目的”的方针。由于我国降水不均（地区和时间的分配），在这种情况下，必须本着“遇旱有水，遇涝能排”，“蓄泄兼筹”的原则进行治理。一个流域或一个地区，单纯的蓄或单纯的排，都不能有效地解决除害兴利的问题。同样，在一块地上，灌溉和排水也应当是因地制宜地具体解决。比如在解决冀、鲁、豫平原的水利问题上，有一个时期，我们片面强调了蓄水灌溉，不讲泄水。以后，正确处理了“蓄”与“泄”，“灌”与“排”的关系，水利事业迅速发展。群众说：“有排无灌，不能抗旱；有灌无排，盐碱成灾；有灌有排，粮食就来”就是一个生动的总结。治水和改土，也是不可分割的。过去有一个时期，只注意治水，不注意改土，水利工程修了不少，工程配套没跟上，效益没充分发挥，农业增长速度不快。群众在实践中认识到：“治水不改土，有水没用处；改土不治水，大旱要吃亏。”就是说，农田灌排不仅要在土壤中给作物创造最好的水、热、气、肥条件，还要创造一个良好的生态环境，使作物最大限度地利用光、热能量，促进农作物的高产稳产。

我国的农田水利事业虽然取得了巨大的成就，但是发展还很不平衡，有些地区抗御自然灾害的能力还不高，与现代化距离还很远，水利资源的开发利用也远远不能适应国民经济全面跃进的需要。我们还要进一步改造山河面貌，提高抗御自然灾害的能力，要把农田基本建设当作一项伟大的社会主义事业来办。

## 第二节 农田水利事业的现代化

农田水利建设在农业现代化中占着重要地位。根据我国实际情况，为实现农田水利现代化，首先又应大搞农田基本建设，这是一项增强抗御自然灾害的能力，实现农田旱涝保收、高产稳产的根本措施。应在社会主义大农业的全面规划下，根据自然条件不同，分区治理。要以改土、治水为中心，实行山水田林路综合治理，大、中、小型相结

合,做到田块大小、灌排系统、道路林带规格化,既节省土地,提高劳动生产率,又能满足机械化、自动化的要求。在丘陵山区搞好水土保持工作,尤其要注意造林种草,提高水土保持效益。平原地区,通过改土施肥,提高土壤的蓄水保水能力,增强抗旱耐涝程度。

在水利资源方面,由于我国幅员广阔,水在不同地域及不同年份和季节间分配不均,供水与需水在时间上和地域上亦常不一致。时旱时涝或旱涝交错,这是影响农业高产稳产的重要原因。发展农田水利,还要解决水土资源平衡问题,通过各种工程措施,调整水量盈亏,节约用水,合理用水,争取做到供需平衡,充分利用各种水利资源。

在灌排工程方面,我国现有灌排技术基本上是传统的自流灌排和扬水灌排。目前已发展了少量地下管道灌排系统。农田排水方面,我们已取得了一定成绩,治理低洼易涝面积已达2.5亿亩。今后还要因地制宜地搞好排水系统的建设。大力发展明沟排涝,暗管排土壤水,井灌井排等排水技术,确保灌溉农田的持续生产能力。

在灌水技术与作物灌溉方面,传统的灌水技术是地面沟畦灌溉,国内外目前仍以这种技术为主,但是喷灌或滴灌技术有着十分广阔的前景。如法国的喷灌面积占灌溉面积的56%,朝鲜民主主义人民共和国占33%,美国占21%,并发展了防冻、调节小气候等多种用途。目前我国喷灌控制面积约800万亩(一九七八年统计)。滴灌正处于试验阶段。今后应因地制宜地发展各种先进灌水技术,在丘陵、山区、干旱缺水地区及果园和蔬菜地可采用喷、滴灌。根据条件推广浸润灌溉。大部分地区目前仍将推广旱田作物细流沟灌、小畦浅灌、水稻田浅水灌溉,排灌分家。

在水分管理上,基本是采用看天、看地、看庄稼的方法,这是我国劳动人民在生产实践中总结出来的成功经验,今后应当发扬并与近代科学技术相结合,从大气—水—土—作物的内在关系出发,加强研究,得出最优灌水时间和灌水量以及自动实施的理论和技术。另外,还应把现在只用灌溉来补充土壤水分,发展成为包括诸如施肥、施药、防冻、调节小气候等综合措施。

我国有精耕细作的传统。单一的灌溉制度已不能适应,应研究、创造出适合我国耕作制度特点的灌水方式、水分管理、水量调配的理论和技术。

关于次生盐碱化是各国灌溉农业普遍存在的问题。国外根据不同情况,发展了排水、防渗、暗管、改革灌水技术、土壤脱盐和淡化地下水等技术措施。我国盐碱地改良,广大群众有丰富的经验,在生产实践上也取得了显著成效。但是还要继续加强研究。要在整个水利资源综合规划的基础上发展排水,为土壤脱盐创造水利条件,采取水利—农业措施,使土壤脱盐、培肥,变盐碱地为高产稳产农田。在南方水稻区,则要控制稻田地下水位,改造烂泥田,漏水田等低产田。

现代水利科学技术的发展十分迅速。但出现的问题也很多。世界上很多国家都先后出现了大型自流灌区次生盐碱化;盲目超采地下水,出现人为的水荒、尘暴;水源污染等严重问题。

我国解放后,也经历了大型自流灌区发生大面积次生盐碱化,抓了排水之后,又出现了水资源不足问题。大规模机井建设又带来了区域地下水位下降的问题,进而走向水资源的综合利用这样一个过程。有些水利措施有其有利的一面,但处理不当也会造成危

害。科学研究的任务就是要认识自然的规律，增加预见性，减少盲目性、片面性，并采用先进的现代化技术。

近十几年来，世界一些先进国家的农田灌溉排水事业，随着工农业生产的发展和科学技术的进步，有了较快的发展。

在一些工农业比较发达的国家，实行发电、灌溉与防洪等水利资源的综合利用。单一河流的水资源不能满足用水量激增的要求，发展了跨流域引水，并把地下水纳入统一安排，地下水库也应生产需要而产生，由于电力的发展，促进了大流量、高扬程机电灌排的发展。田间灌水的机械化与自动化已在逐步扩大应用，电子计算技术在灌、排水中的采用已成为发展的方向。如意大利利用电子计算技术分析30余万个单因子相关和综合因子的数据，得到蒸腾量与平均空气湿度、平均气温相关的两个初步结论。

由于农业机械化水平的不断提高，传统的地面灌溉技术已不能适应机械作业的要求。喷灌技术，在六十年代后迅速发展，滴灌也发展起来。同时有些国家发展了地面及地下管道浸润灌溉。在排水技术上，暗管在发达国家中有较大的推广。在水源方面，向大气层要水、开发地下水和兴建地下水库、淡化海水、利用咸水方向发展，同时深入研究水—土—作物之间的内在联系，探求结合农业生产措施的省水增产途径，结合水文气象条件进行田间灌排新技术、提高劳动生产率的新方法。灌排工程的勘测、规划、设计、施工、管理的科学技术水平，也在发展和革新中。在灌溉方法机械化自动化方面，正在发展。日本用无线电控制地面灌水已获成功。苏联的库班埃哥莱斯克灌区，灌溉面积3.5万公顷，供水150万公顷，年送水16亿立方米；克累克库码渠灌溉27万公顷，给水270万吨，都是用遥控自动调节水位和水量。

科学技术是人类共同财富。每个国家和民族都有自己的长处和特点，彼此之间的交流有助于借鉴、创新。充分利用国际上最新成就，这是高速度发展我国科学技术的重要途径，也是高速度发展工农业生产的重要前提。同时要结合我国的特点和实际，尽快地实现我国农田水利的现代化。

### 第三节 农田水利学的基本内容和任务

农田水利学是研究农田水分状况和地区水情的变化规律及其调节措施，以消除农田水旱灾害，利用水利资源发展农业生产的一门学科。它与生产有着密切的联系。随着农业生产和水利建设以及科学技术的日益进步而不断向前发展。

就农田水利措施来讲，其内容也日益丰富。农田水利事业的发展在最初仅在小范围内调节局部地区水情和农田水分状况，现在则越来越大的范围调节地区、甚至跨地区、跨流域的水情。所谓地区水情，主要是指地区的水利资源（大气水、地面水、地下水等）的数量、分布情况及其动态而言，它主要决定于该地区的自然条件，如气候、河流水文状况、水文地质条件等。不利的地区水情，往往是某一时期某一地区因水量过多而引起洪涝灾害，或由于水量不足而发生干旱现象，影响农业生产。对不利的地区水情进行调节，创造适于发展农业生产的有利环境，为改变农田水分状况建立必要的前提。在

目前工农业和科学技术飞跃发展的情况下,为农业目的调节地区水情时,还必须考虑其它用水部门的要求,即对水利资源进行全面规划,综合利用,以达到水资源的平衡和充分合理的应用。改变和调节地区水情的措施,一般可分为以下两种:

1. 蓄水、保水措施 蓄水、保水措施主要通过大面积的田间蓄水工程,如谷坊、塘坝、水库、河网、湖泊、洼淀以至地下水库等,结合长流水形成联通系统,挡蓄当地径流和河流来水,改变水量在时间上(季节或多年范围内)和地区上(河流的上、下游、高低地之间)的分布状况。通过蓄水、保水措施,可以防止水土流失,减少汛期洪水流量,避免暴雨径流向低地汇集,可以增加枯水期河水流量以及干旱年份地区水量的储备。

2. 引水、调水措施 引水、调水措施主要通过引水渠道,使地区内部和地区之间以至跨流域的水量相互调剂,以盈补缺。在某一地区水源缺乏时,可借人工河道自水源充足地区调配水量,汛期某一地区水量过多时,则可通过排水河道将多余的水量调运到地区内部蓄水设施贮蓄,或调至水量较少的其它地区。在丘陵山区通过穿山水渠,跨沟的渡槽或高扬程的扬水等等措施进行引水。从全国水利资源的平衡和供需要求,可能还要更大规模地开展区域性调水工程。

在改变、调节地区水情的基础上,改变和调节农田水分状况。就农田水利各种措施所达到的目的,都是为了调节农田水分状况。所谓农田水分状况,一般指农田土壤水、地面水和地下水的状况与其相关的营养、通气和热状况。改变和调节农田水分状况的措施有下列几种:

1. 灌溉 按照作物的需要适时适量地将水输送和分配到田间,协调好土壤中水、肥、气、热状况,达到不断提高土壤肥力,保证作物不断高产稳产的目的。

2. 排水 借排水系统将农田中多余的水分(包括地面水和地下水)排泄到容泄区去,使田间土壤的水、肥、气、热状况得到协调。在土壤盐碱化地区,排水系统同时具有降低地下水位和排除盐分的作用,促进土壤脱盐,从而改善其养分、通气、热量等状况,变低产的盐碱土为高产稳产的肥沃土壤。

3. 水土保持 借农、林、水利综合措施,防止水土流失,另外根据我国的特点和广大群众的创造,将跑水、跑土、跑肥的坡地变为保水、保土、保肥的水平梯田,既克服了水土流失,又发展了农业生产,同时对根治河流水害、开发河流水利也是最有效的一种手段。

上面所述的农田水利事业要解决的两个主要方面任务(调节地区水情和调节农田水分状况)的一些主要措施。从农田水利范围来讲,还可以概括归纳为需水要求(作物对灌溉排水的要求)、用水技术(调节控制水源和田间灌排系统的技术装备)和水资源管理几个方面。正如前面提到的随着工农业生产的需要和科学技术的飞跃进步,人类改造自然的范围和能力越来越广泛、越加强,农田水利的范围也超出过去的范围,其理论和技术也都有了新的发展。就水资源的开发利用而言,已开始将降水、地面水、地下水统一起来联合运用;在需水要求方面,有的国家已在土壤、作物、施肥、耕作管理基本定型的情况下,进入到根据气象预测预报来制定农业生产计划和灌溉排水计划,并通过电子技术制订最优方案;在用水技术方面则采用自动化的设备进行自动化灌排。

作为土壤农化专业的一门专业基础课——农田水利学，不可能包罗上述全部内容，应侧重于阐述需水要求和田间灌排水的基本原理和应用，也就是通过灌、排等措施调节农田水分状况，给作物创造最优的土壤环境的基本原理和技术。使学生学习农田灌溉排水原理与技术的同时，了解土壤、作物、水分的相互联系与需水规律，从而能不断地革新灌溉、排水技术，科学地调节土壤水分状况，不断培肥地力，以保证作物的高产稳产。

## 第二章 农业水文学基本知识

### 第一节 自然界中的水分循环与水量平衡

#### 一、自然界中水的分布

地球的总面积约为 $509,870 \times 10^3$ 平方公里，其中海洋的总面积约为 $361,059 \times 10^3$ 平方公里，占地球面积的70.8%，陆地面积约为 $148,811 \times 10^3$ 平方公里，占29.2%。大部分陆地分布在北半球，占北半球面积的39%，南半球陆地面积很小，仅占南半球面积的19%左右。在陆地上，有79%的地区河流的径流直接注入海洋，这些地区称为外流区；另21%的地区，河流的径流入内陆的湖泊、沼泽或沙漠，称为内流区。世界上最大的内流区为苏联里海流域及咸海流域，我国最大的内流区为新疆塔里木河流域。

自然界中水分主要是：

(1) 地表水 存在于地球表面上，如海洋、湖泊、河槽等，其中以海洋储存水量最多，约为 $13.7 \times 10^3$ 立方公里，河流及内陆海的储水量约为 $750 \times 10^3$ 立方公里，河流中的储水量约为 $12 \times 10^3$ 立方公里。

(2) 地下水 存在于地球表面以下的地壳中。

(3) 大气水 以水汽的形态存在于大气层中。

#### 二、自然界中的水分循环

地球表面的水在太阳热力的作用下，蒸发变为水汽，水汽被气流带到空中，并从一处移送到另一处，在适当的条件下，水汽凝结成液体或固体状态，以雨、雪或冰雹的形式降回到地球表面，降到地面的水，一部分下渗变为地下水，一部分流入江河汇归海洋，一部分降水流入湖泊及其它的内陆河流。这些回到地球表面的水又先后蒸发成水汽返回空中，在适当条件下，再凝结成雨、雪、冰雹的形式降回地

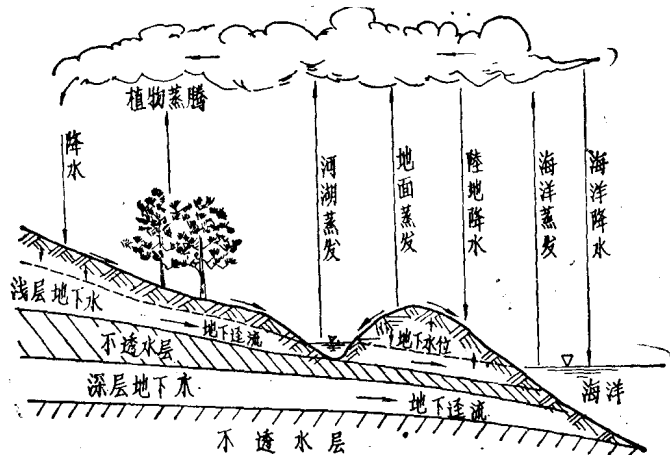


图 2-1 自然界水分循环示意图

球表面，这种往复循环的过程，称为水分循环（图 2—1）。

根据自然界水分循环过程，可把水分循环分为大循环和小循环两种。

大循环——从海洋表面上蒸发的水汽，有一部分被气流带到陆地上空，在一定条件下，水汽凝结而以降水的形式降落到陆地上，这些降水除一部分蒸发外，一部分汇流入江河，然后注入海洋，一部分则渗入地下而以地下水的形式注入海洋，这种海陆间的水分循环称为大循环。

小循环——海洋的水从海面蒸发上升至空中，水汽在空中凝结又以降水的形式降回海洋，或陆地上的水经蒸发上升至空中，经凝结又以降水形式返回陆地，这种局部的水分循环，称为小循环。

由上可知，在水分循环过程中，海洋与陆地之间，天空与地面和地下之间通过降水、蒸发、下渗和径流进行着水分交换。而影响这些水分交换的因素很多，归纳起来有三大类：一类是气象因素，如风、温度、湿度、降雨等；一类是下垫面因素，也就是地理条件，如地形、土壤、地质、植被等；另一类是人类改造自然的的活动，包括水利措施和农林措施等。在这三类因素中，气象因素起着主要作用，因为蒸发、降水和水汽输送等基本上决定于地球表面辐射平衡和大气环流情况。但是下垫面因素，特别是通过人类改造自然因素的活动改变了下垫面的情况，对局部地区的水分循环也起着很重要作用。如丘陵山区通过水土保持，进行坡面治理措施、修筑梯田、谷坊、淤地坝、水库以及封山育林等，都可以大大减少径流，拦蓄雨水，有利于水分下渗，增加土壤水分和近地表空气的湿度，从而促使水分循环的加强。

### 三、水量平衡

从地球上水分循环的情形来看，地球上的水，一方面消耗于各种类型的蒸发，另一方面又从降水中获得补给。这种消耗于蒸发的水量（蒸发量）和从降水获得的补给量（降水量）在个别年份中可能是不相等的。但从长期的年代里，地球上多年平均的降雨量等于多年平均蒸发量。对于某一地区来说，在任意时段内，来水量等于出水量与该区域内蓄水变量之和。表示这种来水量和出水量的关系称为水量平衡。

1. 地球上的水量平衡方程式 根据地球上多年平均降雨量等于多年平均蒸发量关系，设以  $\bar{P}$  代表地球上多年平均降雨量， $\bar{E}$  代表地球上多年蒸发量，则：

$$\bar{E} = \bar{P} \quad (2-1)$$

若以地球上整个陆地作为研究水量平衡的范围，则其多年水量平衡方程式为：

$$E_1 = P_1 - R \quad (2-2)$$

式中： $E_1$ ——陆地上的蒸发量；

$P_1$ ——陆地上的降水量；

$R$ ——陆地入海的径流量（包括地表与地下的）。

同样若以海洋作为研究水量平衡的范围，则其多年平均水量平衡方程式为：

$$E_2 = P_2 + R \quad (2-3)$$

式中： $E_2$ ——海洋上的蒸发量；

$P_2$ ——海洋上的降雨量

$R$ ——陆地入海的径流量。

将(2-1)式和(2-2)式相加得：

$$E_1 + E_2 = P_1 + P_2 \quad (2-4)$$

式中： $E_1 + E_2 = \bar{E}$ ——地球上多年平均蒸发量；

$P_1 + P_2 = \bar{P}$ ——地球上多年平均降雨量。

根据研究计算，地球上水量平衡各要素的数量如表 2—1。

表 2—1 地球上水量平衡各要素数量(单位：立方公里)

|     | 降 水 量   | 蒸 发 量   | 差 额    |
|-----|---------|---------|--------|
| 海 洋 | 410,500 | 447,900 | 37,400 |
| 陆 地 | 109,500 | 72,100  | 37,400 |
| 全 球 | 520,000 | 520,000 |        |

2. 某一地区的水量平衡 为了制定某一地区的农田水利措施，常采用水量平衡方法，其原理是：在一定的时段内，某一地区闭合面所包括的空间内水的盈亏，等于进入此空间的来水量和流出比空间的去水量之差。

其中来水量包括降水量  $P$ ，来自外区的地下水量  $G$ ，大气中水汽在地表及土壤中凝结的水量  $A$ ；去水量包括流至外区的地面径流量  $S$ ，该地区的总蒸量  $E$ ，流出该区的地下径流量  $Q$ ，则：

$$(P + G + A) - (S + E + Q) = \pm \Delta Q \quad (2-5)$$

$\Delta Q$  为一定时段内，该地区的水分盈亏， $\Delta Q$  为正值，则表示该地区在该时段内水量增加， $\Delta Q$  为负值，则表示该地区在该时段内水量减少。

## 第二节 径流与下渗

### 一、有关降水的一些名词解释

(1) 降水(总)量 在一定时段内降落在某一定面积上的总水量，例如：一次降水量，指一次降水总量；日降水量，指一日降水总量等等。以立方米或立方公里计，也可用降水深度来表示，即在一定时段内降落在下垫面的水深，以毫米计。

(2) 降水历时和降水时间 降水历时是指一次降水自始至终所经历的时间。降水时间则是对应于某一降水量所经历的时间(如日、月、年)，在降水时间内并不一定是持续降水的。

(3) 降水强度 单位时间内的降水量，以毫米/分、毫米/小时计。可用下式表示：

$$\bar{i} = \frac{P}{T} \quad (2-6)$$

式中： $\bar{i}$ ——平均降水强度(毫米/分、毫米/小时)；



$P$ ——降水量（毫米）；

$T$ ——降水时间。

如取时段长很小，则可得出瞬时降水强度  $\Delta i$ ,  $\Delta i = \frac{\Delta P}{\Delta T}$ 。

根据降雨强度大小把降雨分成如下等级（表 2—2）。

表 2—2 降雨强度的等级

| 雨量等级 | 全国规定        | 广东省规定       |
|------|-------------|-------------|
|      | 日雨量（毫米）     | 日雨量（毫米）     |
| 小雨   | 0.0~10.0    | 0.0~15.0    |
| 中雨   | 10.1~25.0   | 15.1~40.0   |
| 大雨   | 25.1~50.0   | 40.1~80.0   |
| 暴雨   | 50.1~100.0  | 80.1~150.0  |
| 大暴雨  | 100.1~200.0 | 150.1~300.0 |
| 特大暴雨 | 200.0以上     | 300.0以上     |

注：广东省划分的等级是广东省气象局根据广东实际情况而定的。

（4）降水面积 降水所笼罩的水平面积，以平方公里计。

（5）分水线 由于地形向两侧倾斜，使降水分别汇集到两侧的流域中去。这一地形的最高点的连线，起着分水的作用，称为分水线或称为分水岭。

（6）流域和集水面积 汇集地表来水和地下来水的区域叫做流域。即指分水线所包围的区域。由于流域内的来水通常包括地面水和地下水，因此分水线也有地面分水线和地下分水线两种。前者构成地面集水区或集水面积；后者构成地下集水区。但一般所指的流域集水面积是地面集水面积。其单位为平方公里。

## 二、径流

1. 径流的度量单位 在水文学中的径流主要指降水自流域内汇集到河网并沿河槽下泄的水流称为径流。

（1）流量（ $Q$ ） 单位时间内通过某一河槽断面的水量，称为流量，以立方米/秒计。把一定时间内的流量按时间不同求平均值，可得到某时段的平均流量，如日平均流量，月平均流量，年平均流量等。

（2）径流总量（ $W$ ） 某时段内通过某一断面的总水量，称径流总量。单位以立方米、万立方米、亿立方米等表示。

$$W = Q \times T \quad (2-7)$$

式中： $W$ ——径流总量（立方米、万立方米、亿立方米）；

$Q$ ——流量（立方米/秒）；

$T$ ——时间（秒）。

（3）径流深（ $Y$ ） 将径流总量均匀地分布在流域面积上的水层深度（以毫米计）。