

灌排工程工(初、中、高级工)

技术等级考核培训教材

# 农田水利

李永善 陈珍平 编



水利电力出版社

灌排二

及工)

---

技术等级考核培训教材

# 农 田 水 利

李永善 陈珍平 编

水利电力出版社

**(京)新登字 115 号**

**内 容 提 要**

本书为“灌排工程工(初、中、高级工)技术等级考核培训教材”的一个分册,也可供其他具有初中以上文化程度、从事农田水利工作的同志自学参考。

全书共六章:第一、二章介绍了水文、水资源、灌溉、排水的基本知识,第三章介绍了灌水方法与节水灌溉技术,最后三章系统介绍了灌溉、治涝、防渍工程规划设计的基本知识与基本技能。

灌排工程工(初、中、高级工)  
技术等级考核培训教材

**农 田 水 利**

李永善 陈珍平 编

\*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 7印张 154千字

1995年7月第一版 1995年7月北京第一次印刷

印数 0001—5000册

ISBN 7-120-02079-X/TV·790

定价 9.40元

“灌排工程工(初、中、高级工)  
技术等级考核培训教材”编委会

顾 问 丁泽民 邹广荣

主任委员 张 岳

副主任委员 戴玉凯 刘汉桂 史梦熊

委 员 (按姓氏笔画排列)

史梦熊 刘汉桂 李永善 张世儒

张 岳 郑哲仁 金兆森 郭永年

唐开骊 顾斌杰 戴玉凯

主 编 张世儒

副 主 编 金兆森

## 序 言

党的十三届八中全会《关于进一步加强农业和农村工作的决定》指出：“要牢固树立科学技术是第一生产力的马克思主义观点，把农业发展转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。”农村水利要走向现代化就必须认真贯彻八中全会《决定》精神，牢固树立振兴水利依靠科技，科技进步依靠人才，人才培养需要教育的思想，只有对人才不断地进行培训和教育才能不断提高广大水利干部，特别是基层水利队伍的科学技术素质和业务水平。目前，全国已建成的各类水利设施中，有堤防 23 万 km，大中小型水库 8 万多座，机电排灌动力 7000 多万 kW，配套机电井 280 多万眼，有效灌溉面积达 7.3 多亿亩。数以万计的水利设施已成为农业、国民经济和社会发展的重要的物质基础。因此，管好、用好这些水利设施对于加快改革开放和现代化建设的步伐关系极大，而用好这些水利设施，关键取决于广大水利基层队伍的科学技术素质和业务水平。据统计，全国乡镇一级的基层水利站有 3 万余个，水利员已达 13.7 万余人，这支庞大的基层水利队伍的状况，不仅直接关系到现有水利设施的经营和管理，而且直接关系到队伍本身的稳定。

为了提高水利基层干部的科学文化和业务水平，早在 1985 年，原水利电力部农田水利司曾会同水利电力出版社共同组织编写了一套《农村水利技术人员培训教材》（共 12 册），并于 1991 年 5 月荣获国家科委颁发的全国“星火计划”丛书优秀图书奖。这套培训教材，对提高县以下农村水

利员的业务素质 and 推动基层水利建设的发展，发挥了显著作用。应该说这套教材是基层水利人员进行科普性培训的好教材。

不久前，经国务院批准，劳动人事部颁发了《工人考核条例》。《条例》明确规定：在工人中将考核实际技术等级；工人技术考核的成绩将是工人晋级调资的主要依据。根据《条例》的要求，水利行业也将实行工人技术等级考核。

为了适应水利行业技术等级考核的需要，我们组织有经验的同志编写了一套“灌排工程工（初、中、高级工）技术等级考核培训教材”。这套教材为区乡水利员岗前技术等级考核用书。

编写中坚持了以下几个原则：①以灌排工程工技术等级标准为依据，着眼于灌排工程工应知应会的基本概念和操作方法，对于一些偏深的内容不予收入。②我国幅员辽阔，各地区乡水利特点各异，兼顾各地区水利建设和管理的不同要求，防止以偏概全。③在编写中尽力采用新资料，补充新知识，并力求通俗易懂，深浅适度。

我们相信，这套教材的出版对灌排工程工的技术等级培训将起到积极的促进作用。

水利部农村水利司司长

张 岳

1994年1月

## 前 言

我国幅员辽阔，各地区的自然条件不同，农田水利建设的要求、内容、技术措施和规格标准等也各不相同。本教材面向全国，又受篇幅所限，只能介绍农田水利中带有普遍性的基本知识和基本技能。因此，各地区在使用本教材时，应当结合当地情况，有所增删，也可编写一些补充教材，向学员们介绍一些地区性的问题。

本教材由北京市水利局李永善（第一、二、五章）和江苏水利工程专科学校陈珍平（第三、四、六章）两位同志编写，全书由水利部农田水利司张岳、邓尚诗两位同志主审。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请读者对本教材存在的缺点和错误，给予批评指正，以便再版时改进。

编 者

1993年11月

# 目 录

序 言

前 言

第一章	水文与水资源的基本知识 .....	1
第一节	自然界的水循环 .....	1
第二节	水量平衡 .....	4
第三节	水质 .....	9
第四节	水资源与水资源管理 .....	12
第二章	农田灌溉排水的基本知识 .....	18
第一节	水与农作物的关系 .....	18
第二节	土壤水分 .....	22
第三节	作物需水量 .....	27
第四节	农作物的灌溉制度 .....	30
第五节	灌溉用水量与灌水率 .....	43
第六节	农田排水 .....	47
第三章	灌水方法与节水灌溉技术 .....	49
第一节	地面灌溉 .....	49
第二节	喷灌 .....	55
第三节	滴灌 .....	77
第四节	微喷灌和雾灌 .....	81
第五节	低压管道输水灌溉 .....	83
第六节	渗灌 .....	90
第四章	灌溉规划 .....	92
第一节	灌溉设计标准 .....	92
第二节	灌溉系统的组成 .....	94
第三节	灌溉水源和取水方式 .....	96



第四节	灌溉渠系布置 .....	101
第五节	田间工程布置 .....	108
第六节	渠系建筑物的规划布置 .....	122
第七节	灌溉渠道流量计算 .....	128
第八节	灌溉渠道纵横断面设计 .....	135
第九节	灌溉渠道防渗 .....	153
第五章	治涝规划 .....	156
第一节	治涝标准与治涝措施 .....	156
第二节	治涝排水系统的规划布置 .....	162
第三节	排涝设计流量计算 .....	168
第四节	排涝沟道的设计水位 .....	173
第五节	排水沟断面设计 .....	178
第六章	防渍规划 .....	186
第一节	渍害及其成因 .....	186
第二节	治渍标准 .....	189
第三节	防渍措施 .....	192
第四节	控制地下水的田间排水沟 .....	194
第五节	农田地下排水系统 .....	198
附录	灌排工程工技术等级标准 .....	214

# 第一章 水文与水资源的基本知识

## 第一节 自然界的水循环

### 一、水循环的概念

地球的总面积约为  $510 \times 10^6 \text{km}^2$ ，其中海洋面积约为  $361 \times 10^6 \text{km}^2$ ，占全球面积的 70.8%，加上河流、湖泊所占的面积，地球表面约有 3/4 被水体所覆盖。

地球上陆地和海洋中的水分，在太阳光的照射下被蒸发变成水汽，水汽被气流抬升和携带输送到高空和各地。在水汽被抬升和输送的过程中，遇冷凝结，再以降水的方式落到陆地或海洋中。陆地上的降水，一部分被植物截流，另一部分或沿地面流动形成地表径流，或渗入土壤和岩层，补给土壤水和地下水，形成壤中流或地下径流。地表径流、壤中流和地下径流经过河流汇入海洋或内陆湖，这种地球上的水分通过蒸发、水汽输送、降水、下渗、径流等过程不断转化和迁移的现象，称为水分循环或水循环。水循环的示意情况如图 1-1 所示。

水的循环按其循环过程的不同，可分为大循环与小循环两种。从海洋蒸发上升的水汽，被气流带到陆地，遇冷凝结，以降水的方式落到地面。降至地面的水一部分蒸发重新返回空中，一部分以地表径流、壤中流、地下径流经过河流汇入海洋，这种海洋与陆地之间水的迁移与交换现象，称为大循环。

海洋表面蒸发变成水汽，上升到空中，遇冷凝结后又降到海洋，或者从陆地上蒸发变成的水汽，上升到空中，遇冷凝

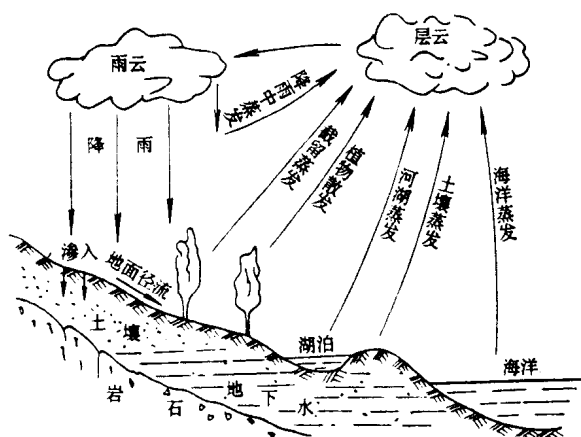


图 1-1 水分循环示意图

结后又降落到陆地上,这种在海洋内部或陆地内部的水的迁移与交换现象,称为小循环。

水的大循环与小循环实际上是不能截然分开的,它们是互相紧密联系的,小循环往往是大循环的组成部分。水的循环的总趋势是海洋向陆地大量输送水汽,而陆地又将一部分径流回归至大海。在水的循环过程中,地球上的大气圈、水圈和岩石圈之间,通过蒸发、降水、下渗也进行着水的交换。

## 二、水循环的原因

水循环的范围是很大的,向上可达到约 15km 高的大气层,向下可深入到约 1.0km 的地壳中。那么,是什么原因造成水的循环呢?从内因讲是水的物理性质,即水在自然条件下能进行液态、气态和固态的相互转化,这就使得水在循环过程中能够迁移和交换;从外因讲主要是太阳的辐射能和水在地球引力场所具有的势能,这是推动水循环的能量来源。太阳的辐射能使冰雪消融、水分蒸发和水汽流动,而地球引力

使水由高处向低处流动，由地表向地下渗透，由陆地汇入大海。

对于一个地域来讲，水循环的特点，主要决定于该地域的气候、地貌、地质、植被等自然地理条件。水循环一般包括降水、径流、蒸发三个阶段。以影响径流形成因素为例：①气候气象因素是影响径流的决定性因素，其中尤以降水和蒸发最为重要，它们直接影响径流量和损失量的大小。②一个地区的地形特征，如高程、坡度、切割程度等，都直接影响着地面水的汇流条件，地势愈陡、切割愈深，汇流速度愈快，汇流时间愈短，地面径流的损失也愈小。③土壤和地质条件主要是通过下渗和地下水埋藏条件来影响径流。土壤的物理性质，含水层和岩层的分布、倾斜情况，透水岩层的厚薄，储存地下水的地质条件等等都明显影响着下渗程度及下渗水的出路。④植被，特别是森林对径流有明显的影响。首先是植被的截留雨水，减少径流；其次是植物的枯枝落叶层具有高度持水性，同时又能改变土壤结构，有利于水的下渗，减缓径流速度。

人类活动对水的循环也有重要影响，随着人类的进步，这种影响越来越大。例如，修建水库拦蓄洪水，使河流径流入海量大为减少；从河流引水灌溉，使这部分水通过地面蒸发和植物蒸腾转化为大气中的水蒸气；大量提取地下水，降低地下水位，既减少了地下渗流入海量，又为降雨入渗创造了条件；不合理的土地利用，如陡坡开荒、滥伐森林、滥垦草原以及不适当的围湖造田等，都会加重水土流失、洪水泛滥，破坏正常的水分循环，恶化生态环境，这是应当引起注意的。

## 第二节 水量平衡

### 一、水量平衡方程式

水量平衡是水文学中最基本的原理之一，它是指在水循环的过程中，任何一个区域在任何一个时段内，输入的水量等于输出的水量与蓄水变量之和。通常用水量平衡方程式表述

$$I - O = \Delta S \quad (1-1)$$

式中  $I$  —— 该区域该时段内输入的水量；

$O$  —— 该区域该时段内输出的水量；

$\Delta S$  —— 该区域该时段内蓄水变量。

降水量是主要的输入水量，蒸发量是主要的输出水量，而径流量可以是外流域进入本流域的输入水量，也可以是本流域流入外流域的输出水量。水量平衡可以在一个很大的区域范围内进行连续多年的分析，也可以在一个很小范围内进行几小时或几十小时内一次降水的分析。

对于一个闭合流域来讲，无外流域进入本区域的径流量，其水量平衡方程式可用下式表述

$$P = (E + R) + \Delta S \quad (1-2)$$

式中  $P$  —— 该流域该时段内的总降水量；

$E$  —— 该流域该时段内的总蒸发量；

$R$  —— 该流域出口断面处该时段内的总径流量；

$\Delta S$  —— 该流域该时段内蓄水变量。

对多年平均而言， $\Delta S$  趋近于 0，所以闭合流域多年平均水量平衡方程式为

$$\bar{P} = \bar{E} + \bar{R} \quad (1-3)$$

式中  $\bar{P}$ ——多年平均降水量；

$\bar{E}$ ——多年平均蒸发量；

$\bar{R}$ ——多年平均径流量。

对于非闭合流域，既可能有外流域流入本流域的水量，也可能有本流域流入其他流域的水量，因此在进行水量平衡计算时，还应计入本流域与邻流域之间交换的水量。

## 二、水量平衡要素

由水量平衡方程式可以看出，构成一个区域某一时段的水量平衡因素，主要是降水、蒸发和径流，通常把它们称为水量平衡三要素。

### 1. 降水

降水有雨、雪、雾、雹等不同的型式。其中降雨与农田水利关系最为密切。因此，这里重点讲降雨。

(1) 降雨量。是指一定时段内，降落到平地（假定无渗漏、蒸发、流失等）上的雨水深度。其计量单位为 mm。降雨量的测定，最广泛使用的方法是在某一测点上水平安装一个具有一定承雨口径的雨量器或雨量计，观测内容包括日降雨量、一次降雨量和不同时间段的降雨量。本日降雨为本日 8 时至次日 8 时期间的降雨量。测记精度通常到 0.1mm。在水文统计中，降雨量的计算时段分日、旬、月、年和多年平均等。

降雨量有点雨量与面雨量之分。点雨量是指某一测点的降雨量，它只能代表有限面积上的降雨情况。在进行某一区域水量平衡计算时，往往需要该区域的平均降雨量，即面雨量。计算面雨量的方法很多，最简单的方法是算术平均法，即直接取流域内各测站的降雨量的算术平均值作为面雨量。这种方法只适用于地形起伏不大、区域内降雨量分布较均匀而且测站较密的情况。

(2) 降雨强度和降雨等级。降雨强度是指单位时间内的降雨量。通常取 10 分钟、1 小时或 1 天等为时间单位。按照 24 小时的降雨强度，气象上将降雨划分为微雨、小雨、中雨、大雨、暴雨和特大暴雨等级别，其相应的降雨量如表 1-1 所示。

表 1-1 降雨等级表 (mm)

降雨等级	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨	特大暴雨
24h 降水量	<0.1	0.1~9.9	10~24.9	25~49.9	50~99.9	100~199.9	≥200

## 2. 蒸发

蒸发是指液态水转化为气态水，进入大气的过程。自然界凡是有水的地方，几乎都有蒸发过程在进行。一定时段内，水分经蒸发而进入大气的数量叫蒸发量，其计量单位为 mm，测记到 0.1mm。

按照蒸发面的不同，蒸发分为水面蒸发、土壤蒸发、植物散发、潜水蒸发及流域总蒸发等。下面介绍水面蒸发、土壤蒸发和植物散发。

(1) 水面蒸发。水面蒸发的蒸发面是水面，它是自由水面水分子气化进入大气的过程。影响水面蒸发强度的主要因素是太阳辐射、风速、饱和水气压差及蒸发面的性质、形状、位置等。水面蒸发量的测定仪器有埋入土中和设在地面上两类蒸发器。我国通用的 E-601 型蒸发器，其桶体埋入土中，器口高出土面 7.5cm；我国沿用的口径 80cm 的蒸发器，安装高度离地面 70cm。

(2) 土壤蒸发。土壤蒸发的蒸发面为地面(裸土),它是土壤中的水分沿土壤孔隙以水汽的状态进入大气的过程。影响土壤蒸发强度的因素,除饱和水气压差、风速、太阳辐射和气温之外,还有土壤含水量、地下水埋深、土壤结构、土壤色泽等。土壤蒸发常用土壤蒸发器直接测得。

(3) 植物散发。植物散发又称蒸腾,是指植物由土壤中吸收水分后,通过叶片的气孔以及叶、茎、秆等角质层,以水汽的形式向大气逸散的过程。影响植物散发的因素很多,除了气象、土壤条件及地下水埋深等因素外,还和植物本身的生物特性如植物种类、年龄、生长期等有关。植物散发量的测定方法很多,其中之一是器测法,即在盛满土壤并且不漏水的圆筒内种上作物,土面封以石蜡,定期称重,其重量的差值即为该段时间内的植物散发量。

### 3. 径流

径流是指在水循环过程中,沿流域不同路径向河流、湖泊、沼泽和海洋汇集的水流。在一定时段内通过河流某一断面的水量称为径流量。径流是水循环的主要环节,也是水量平衡的基本要素。

按径流存在的空间位置,可分为地表径流、地下径流、壤中流。所谓地表径流是指沿地表向河流、湖泊、沼泽、海洋等水体汇集的水流;所谓地下径流是指沿潜水层或隔水层间的含水层向河流、湖泊、沼泽、海洋等水体汇集的水流;所谓壤中流是指在土壤表层或分层土层内的界面上侧向流动的水流。

描述径流的特征值很多,包括流量、径流总量、径流模数、径流深、径流系数等,现解释如下。

(1) 流量。是指在单位时间通过河流某一断面的水体



积，其单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) 径流总量。是指在一定时段（小时、日、月、年）内通过河流某一断面的总水量，其单位为  $\text{m}^3$ 。

(3) 径流模数。是指在一定时段内单位集水面积上所产生的平均流量，其单位为  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。

(4) 径流深。是指在一定时段内单位集水面积的径流量所折算的平均水层深度，其单位为  $\text{mm}$ 。

(5) 径流系数。是指一定时段内降水所产生的径流量与该时段降水量的比值，以小数或百分数计。

### 三、地表径流量计算

在小型水利工程规划设计中，常常需要知道流域内有多少地表水资源可供灌溉之用。实际工作中，中小河流往往缺乏实测流量资料，在这种情况下，可以利用各地编制的《水文手册》和水文图集所提供的多年平均径流深等值线图，通过地理插值求得某工程控制流域重心位置的多年平均径流深，以这个数值代表全流域的多年平均年径流深，再乘以流域面积，即得多年平均年径流量，计算公式如下

$$W = 1000RF \quad (1-4)$$

式中  $W$  —— 多年平均年径流总量， $\text{m}^3$ ；

$R$  —— 多年平均年径流深， $\text{mm}$ ；

$F$  —— 流域面积， $\text{km}^2$ 。

**【例 1-1】** 某山区河流上拟建一座水库，坝址以上流域面积为  $55\text{km}^2$ ，从当地《水文图集》上查得该流域多年平均年径流深为  $130\text{mm}$ ，试计算该流域多年平均年径流量。

**解**

$$\begin{aligned} W &= 1000RF \\ &= 1000 \times 130 \times 55 \\ &= 715 \text{ (万 } \text{m}^3\text{)} \end{aligned}$$