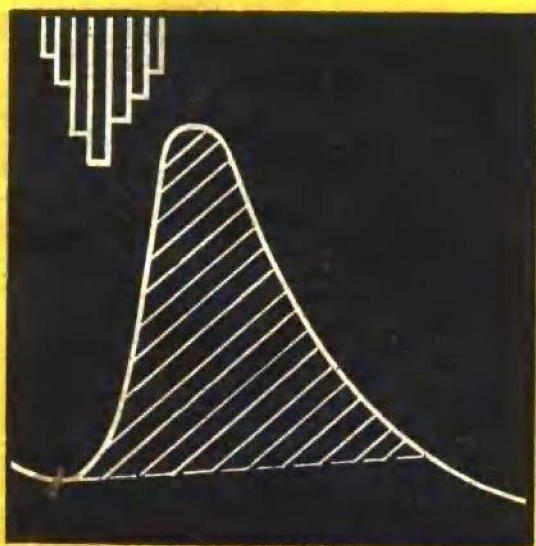


水力发电 丛书  
技术知识

第六分册

# 水文测验和 水文计算

张连庆 刘吉印



水利电力出版社

水力发电技术知识丛书

---

1466/38

第六分册

# 水文测验和 水文计算

张连庆 刘吉印

水利电力出版社

水力发电技术知识丛书  
第六分册  
水文测验和水文计算  
张连庆 刘吉印

\*

水利电力出版社出版  
(北京三里河路6号)

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 3.375印张 70千字  
1984年9月第一版 1984年9月北京第一次印刷  
印数0001—9130册 定价0.50元  
书号 15143·5480

## 内 容 提 要

本分册介绍有关水文测验和水文计算的基本概念、基础知识和方法。共分六章：河流水文概述；水文测验；径流计算；设计洪水的推求；水电站施工期和运行期的水文预报以及河流输沙量的计算。

本书可供具有中等文化水平的干部和职工学习用。

# 关于编写《水力发电技术知识丛书》

## 说 明

为了水力发电战线广大职工学习科学技术，适应现代化水电建设和生产的需要，中国水力发电工程学会组织编写了一套《水力发电技术知识丛书》。丛书是从普及水力发电科学技术知识的角度出发，着重介绍水力发电的基本概念和基础知识，对我国在实践中取得的经验和国外水平以及发展前景也作适当介绍。

读者对象以具有中等学校文化程度以上的各级管理干部为主，使他们能系统地了解水力发电的科技知识，不断提高业务能力和管理水平。对于中等学校文化程度的技术工人，也可通过学习本丛书为学习专业技术打下初步基础，并在工作中不断提高技术水平。对于有某种专业的技术干部，也可了解其他相邻专业的一般知识。

本丛书共分二十五个分册：

- 第一分册 水力发电概况
- 第二分册 水能规划和综合利用
- 第三分册 水能经济
- 第四分册 水电工程地质
- 第五分册 水电工程勘测
- 第六分册 水文测验和水文计算
- 第七分册 坝、泄洪和进水建筑物
- 第八分册 引水工程及发电厂房

- 第九分册 过船过鱼过木建筑物
- 第十分册 水工机械设备
- 第十一分册 水工建筑物的运行维护和观测
- 第十二分册 水电工程的施工组织和管理
- 第十三分册 水工混凝土工程施工
- 第十四分册 土石工程及地下工程施工
- 第十五分册 施工导流工程
- 第十六分册 水轮机和辅助设备
- 第十七分册 发电机和电气设备
- 第十八分册 水电站集中控制、继电保护和自动化
- 第十九分册 机电设备的安装
- 第二十分册 机电设备的运行维护
- 第二十一分册 水电站水库调度
- 第二十二分册 水电站经济运行
- 第二十三分册 小型水电站
- 第二十四分册 抽水蓄能电站
- 第二十五分册 潮汐电站

本丛书各分册承蒙从事水电事业的有关单位和院校的专家教授大力支持，花了大量时间和精力进行编写和审校，特此一并致谢。

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

# 《水力发电技术知识丛书》

## 编辑委员会

主任 施嘉炆

副主任 陆钦侃、舒扬荣、刘颂尧

编委 (按姓氏笔划为序)

于开泉、王伊复、王圣培、伍正诚、冯尚友、  
李毓芬、刘颂尧、沈 晋、谷云青、陈叔康、  
张勇传、汪景琦、施嘉炆、陆钦侃、唐集尹、  
舒扬荣、董毓新、程学敏、扬德晔

# 目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》说明	
<b>第一章 河流水文概述</b> .....	<b>1</b>
第一节 概述 .....	1
第二节 径流 .....	3
<b>第二章 水文测验</b> .....	<b>14</b>
第一节 降水量和蒸发量的观测 .....	14
第二节 水位观测和流量测算 .....	17
第三节 悬移质泥沙和推移质泥沙的测算 .....	26
第四节 历史洪水的调查和估算 .....	30
第五节 水电站建设中的专门性水文测验 .....	32
<b>第三章 径流计算</b> .....	<b>35</b>
第一节 径流计算的任务 .....	35
第二节 资料的审查分析和插补延长 .....	37
第三节 年径流量的频率计算 .....	40
第四节 径流量的年内分配 .....	53
第五节 日流量历时曲线 .....	55
<b>第四章 设计洪水的推求</b> .....	<b>57</b>
第一节 概述 .....	57
第二节 由实测流量资料推求设计洪水 .....	59
第三节 由暴雨资料推求设计洪水 .....	68
第四节 可能最大暴雨和相应洪水的估算 .....	76
<b>第五章 水电站施工期和运行期的水文预报</b> .....	<b>82</b>
第一节 水电站施工期的水文预报 .....	82



第二节	水电站运行期的水文预报	86
第三节	冰情预报	88
第六章	河流输沙量的计算	90
第一节	输沙量计算的意义	90
第二节	年输沙量的计算和年内分配	92
第三节	输沙量的颗粒级配分析	96
复习思考题		98

# 第一章 河流水文概述

## 第一节 概 述

### 一、自然界中的水分循环

地球上的水分，在太阳辐射作用下，不断地从水面、陆地蒸发成水汽，上升至空中，被气流输送到各地，在一定条件下遇冷凝结成水滴，又以降水形式降落到地面。落到地面的水，除一部分又蒸发回到空中外，其余部分由地面和地下路径以径流的形式流经河流汇入海洋。自然界中水分的这种周而复始的循环过程，叫水分循环。自然界中水分循环的概况，如图1-1所示。

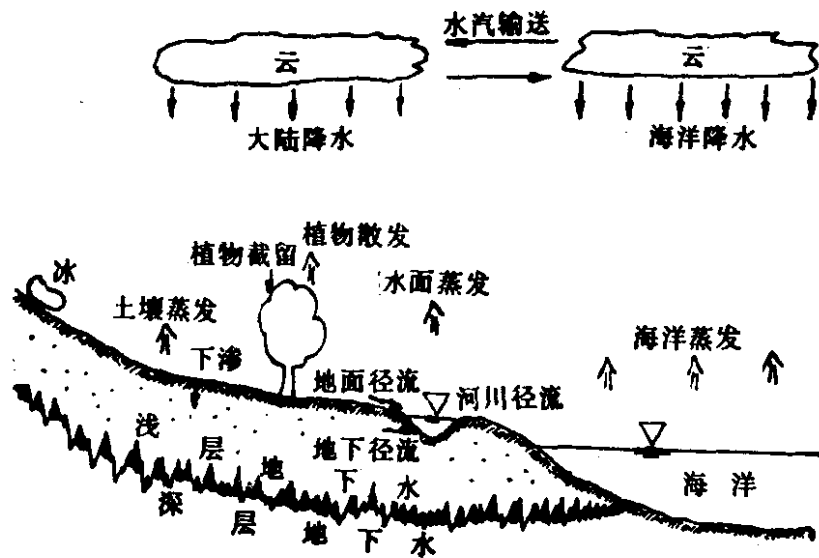


图 1-1 自然界中水分循环的概况

根据循环过程的整体性和局部性，自然界中的水分循环可分为大循环和小循环两种。

从海洋蒸发上升的水汽，其中一部分被气流输送至大陆上空，遇冷凝结成雨雪降落地面。降到地面的水，沿坡面直接流入河流或渗入地下再流入河中，除水面和地面蒸发外，最后又流回到海洋。这种海洋和大陆之间的水分的不断交换过程，叫大循环。

从海洋蒸发上升的水汽，一部分凝结后又降落到海洋上，或从大陆上蒸发的水汽，上升凝结后又降落到地面，这种局部的水分循环，叫小循环。

## 二、河流与流域

陆地表面上分布着许多大小不同的排水凹槽，统称为河流。流入海洋的河流，称为外流河，如长江、黄河等。流入内陆湖泊或消失于沙漠中的河流，称为内流河，如新疆的塔里木河和青海的格尔木河等。

河源至河口的沿河长度叫河长。河流各段的水面高差叫落差，单位河长的落差叫河流的纵比降。

各河流间都间隔着较高的陆地或山丘。降落至地面的雨水被其分隔而流向不同的河流。这些高地或山丘之岭脊连线即为分水线。分水线所包围的集水区域称为河流流域。河流集水区域的水平面积称流域面积（或集水面积）以平方公里计。



图 1-2 地面分水线和地下分水线不一致

有时由于地质构造上的原因，使流域的地面分水线和地下分水线不相重合，如图1-2所示。地面分水线和地下分水线重合的流域称为闭合流域，反之称为非闭合流域。通常，

因地质资料缺乏，地下分水线难以确定，当影响河流量差异不大时，都以地面分水线近似代替流域分水线。

## 第二节 径 流

### 一、河川径流的形成过程

径流是指降落到流域上的雨水和雪水，从地面和地下流入河槽向出口断面汇集的水流。其中，从地面流入的部分叫地面径流；从地下流入的部分叫地下径流或基流。

流域上由降水开始到水量从河流出口断面流出为止的整个物理过程，称为河川径流形成过程。径流形成是一个错综复杂的过程，为了对径流形成现象有一个初步的了解，可把径流形成过程大致分为四个阶段来说明。

#### 1. 流域降水过程

径流是由降水引起的，因此，流域上降水过程也是径流形成过程的一部分。通常，每次的降水量及其在空间和时间上的变化，都各不相同。就空间分布而言，降水可以笼罩全流域，也可以只降落在流域的局部地区。同时，流域内的降水强度有时大，有时小，也不均匀。降水的这种变化过程，直接影响径流过程的变化趋势。因此，降水是径流形成过程中的首要环节。

#### 2. 流域蓄渗过程

降水初期，除极小部分直接降落在河槽水面上成为径流外，其余极大部分落在流域地面上被消耗掉，并不直接产生径流。若地面有植物覆盖，则植物首先截留一部分降水，这叫植物截留。雨水或融雪水从地面渗入土壤的过程叫下渗。当降水强度小于下渗强度时，则全部降水渗入土壤中。只有

当降水强度超过当时的下渗强度，或土壤水分已达到饱和状态时，则多余的降水就在地面洼陷处填蓄，这叫填洼。洼地蓄水将不断地消耗于下渗和蒸发。

这个蓄渗阶段的特点，是流域中的降水并不直接产生径流，而主要消耗于植物截留、下渗、填洼及蒸发，而且大部分消耗于下渗。由于此阶段内降水主要损失于流域，河流水量基本上没有上涨，故有时也称为扣损阶段。对计算径流量来说，将降水量扣除损失，即得产生的径流量，有人也称之为产流阶段。

### 3. 坡面漫流过程

当降雨或融雪强度大于下渗强度，超渗部分满足填洼后，其余开始沿坡面流动，这叫坡面漫流。流域内各处坡面漫流开始的时间并不一致。一般在透水性差、前期土壤较湿的地方先开始，然后随着满足蓄渗量面积的增大，坡面漫流的范围也逐渐扩大。坡面漫流是由无数股时合时分的细小水流组成，通常无明显固定的槽形，只有在降雨强度较大时才可能成为片流。一般坡面漫流的路径，不超过数百米即注入河网。

### 4. 河网集流过程

坡面上的水经漫流到达河槽后，即在河网内沿河槽继续向下游汇集，这叫河网集流过程。水流在河槽中向下游汇集过程中，一方面流量愈来愈增大，而另一方面又同时受河槽调节的作用，使流量过程线的峰值减小，其历时增长。当降水及坡面漫流停止后，河网集流并非立即停止，一般还要延续一段时间，使河槽蓄水逐渐消退。

在径流计算中，常把流域坡面漫流和河网集流两个阶段合并起来计算，称为流域汇流计算。

## 二、影响河川径流的因素

### (一) 降水

降水是河川径流的主要来源，因此，降水量的大小及其在空间和时间上的变化，对河川径流的形成及其变化过程都有着直接的影响。

广义的降水包括：雨、雪、霰、雹、露及霜等。其中，雨降落地面后即可形成径流，而雪降落地面后，要等气温上升融化后才形成径流，即为融雪径流。

#### 1. 降水的形成及分类

降水的形成主要是由于地面暖湿气团在某种因素影响下引起上升，在上升过程中因周围气压逐渐减低，其体积膨胀作功消耗了部分能量，但上空并无其他热能供给，只好自身放热补充使其温度下降，当降到露点以下时，气团中的水汽便开始凝结成细小的水滴或冰晶，浮游于天空，这就是日常所见的云；云中的水滴或冰晶再经过聚合增大，在重力作用下降落地面便成为降水。

按照气流上升运动的各种原因，可把降水分为四类：

(1) 气旋雨 随着气旋或低气压过境而引起的降雨，叫气旋雨。气旋雨可分为锋面雨和非锋面雨两种：锋面雨是冷暖气团相遇时在接触界面（锋面）上形成气旋使暖气流上升所致；而非锋面雨是气流向低气压区辐合而引起气流上升所致。我国大部地处温带，是南北气流交汇地带，故气旋雨极为常见。各地气旋雨占全年降水量比重较大，气旋雨是造成我国河流洪水的主要来源。

(2) 对流雨 当夏天地面受热，使接近地面的气层温度增高，其密度减小，于是引起气层局部对流而上升产生阵雨，这叫对流雨或雷雨。对流雨一般降雨强度大，历时短，

雨面小。

(3) 地形雨 当暖湿气流前进时, 遇到山岭阻挡, 被迫沿迎面山坡上升而引起降雨, 这叫地形雨。地形雨多降落在迎风山坡上, 而背风山坡则降雨少。

(4) 台风雨 台风即热带气旋, 多在海洋形成, 其中心气压很低, 气流辐合极为强烈, 使暖湿气流急剧上升而引起强烈暴雨, 这叫台风雨。台风过境, 往往暴雨狂泻, 一次雨量可达数百毫米, 如1975年8月河南发生一次罕见的特大暴雨, 林庄站最大一日雨量1005毫米, 最大三日雨量1605毫米, 对水利工程和经济建设威胁很大。

## 2. 降水要素

(1) 降水量 一定时段内降落在某一点或某一面积上的总水量, 通常以水深表示, 以毫米计。

(2) 降水历时 降水的持续时间, 以小时或分钟计。

(3) 降水强度 单位时间内的降水量, 以毫米/小时计。

(4) 降水面积 降水所笼罩的面积, 以平方公里计。

## 3. 流域平均雨量的计算

目前, 计算流域平均雨量的方法有下列三种:

(1) 算术平均法 当流域内雨量站多且分布均匀, 地形起伏变化不大时, 可将流域内各雨量站的时段降雨量相加, 除以雨量站数目, 即得该时段的流域平均雨量。

(2) 垂直平分法 (或称泰森多边形法) 如图1-3(a)所示, 在流域雨量站分布图上先将各相邻测站用直线连接, 构成若干三角形, 如图中虚线所示。然后分别对各三角形各边作垂直平分线, 这些垂直平分线将流域分成若干个多边形, 如图中实线所示。每个多边形内有一雨量站, 并认为该

站雨量可代表该多边形内雨量分布的平均情况。设各站雨量为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ；各站所在多边形的面积为  $f_1, f_2, \dots, f_n$ ，则流域平均雨量  $\bar{x}$  可用下式计算：

$$\bar{x} = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n x_i f_i \quad (1-1)$$

此法计算并不繁琐，结果能达到一定精度，故它在规划设计中得到广泛应用。

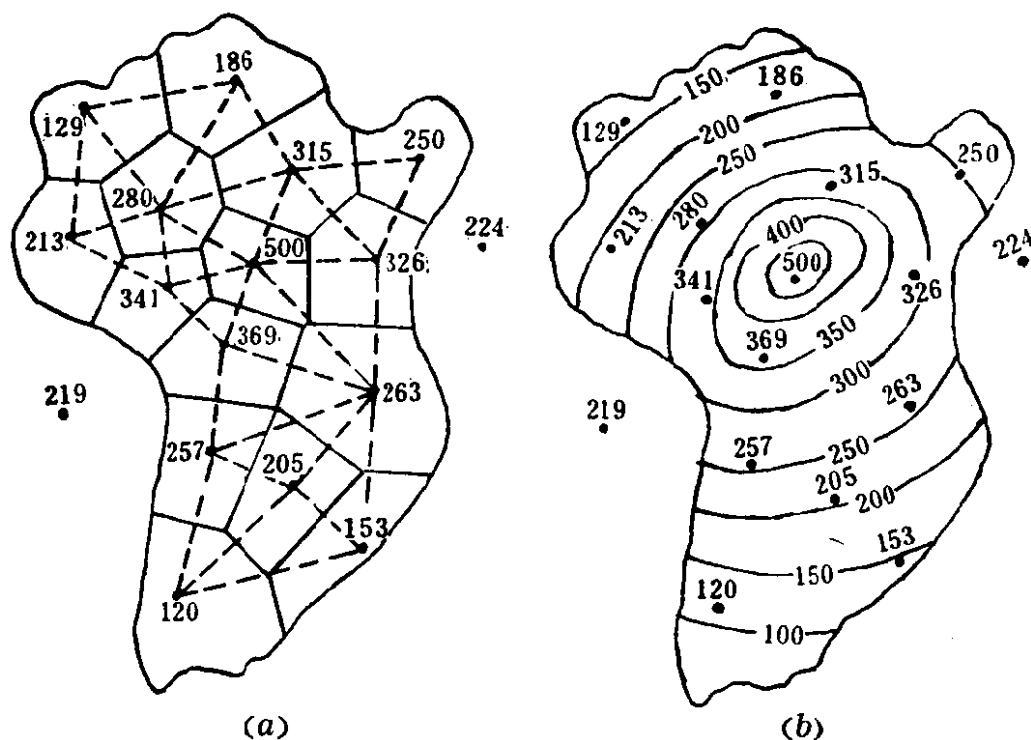


图 1-3 流域平均雨量的计算法  
(a)垂直平分法；(b)等雨量线法

(3) 等雨量线法 如流域内雨量站较多，且雨量沿地面变化较大时，可根据流域内各站的雨量值分布，并参考地形变化趋势，先勾绘出等雨量线，如图1-3(b)所示。等雨量线是把雨量相同的各点相连而成，并取整数值如100毫米、200毫米等。在没有特殊变化的情况下，可在相邻两雨量站的雨量值之间插补，例如一站雨量160毫米，另一站雨量260



毫米，则200毫米的等雨量线距两站的距离各为40%、60%。然后以相邻两等雨量线的平均雨量 $x_i$ ，乘以相邻两等雨量线间的面积 $f_i$ ，求和后再除以流域面积，即得流域平均雨量，计算公式与式(1-1)基本相同。

## (二) 蒸发

蒸发是影响河川径流量的重要因素之一。大陆上的降水并不是全部变成径流，而其中相当部分损失于蒸发。据估计，我国南方湿润地区年降水量的30~50%损失于蒸发，北方干旱地区年降水量的80~90%损失于蒸发。

蒸发是水由液态变为汽态的过程。发生蒸发必须具备两个条件：一是要吸收热量，这种热量主要来自太阳辐射；二是要把地面的水汽带到上空，依靠大气的紊动作用，即要有风。

影响蒸发的主要因素是温度、空气饱和差及风速。温度直接与太阳辐射有关，它反映水分子运动能量的大小，水温愈高，水分子运动速度大，就愈容易从水面逸出，则蒸发强烈。空气饱和差是指空气在水温下的饱和水汽压与实际水汽压之差，空气饱和差愈大，表示空气干燥，就愈容易蒸发。风是起着使空气加强乱流扩散的作用，使水面上保持较大的空气饱和差，所以风速愈大，蒸发也愈大。

流域面上的蒸发包括水面蒸发、土壤蒸发及植物散发等。

水面蒸发量可用蒸发器测定。但由于蒸发器容量小，其受热条件与大面积水面(如湖泊、水库等)有差异，使蒸发器测得的蒸发量与大面积水面实际蒸发量有差别。因此，从蒸发器内观测的蒸发量要乘一折算系数，加以修正，才能代表大面积水面实际蒸发量。