

中等专业学校教材

工程水文学

陕西省水利学校主编

水利出版社

中等专业学校教材

工 程 水 文 学

陕西省水利学校主编

水 利 出 版 社

内 容 提 要

本书除绪论外,包括河川径流、水文资料的搜集和整理、水文统计的基本知识、设计年径流、由流量资料推求设计洪水、由暴雨资料推求设计洪水、小流域设计洪水的估算、河流输沙量及水库淤积估算、水库兴利调节计算及水库防洪调节计算等十章。第一至三章为基础知识,第四至八章为水文计算,第九、十两章为径流调节。

本书是为中等专业学校水利工程建筑专业编写的教材,同时兼顾了农田水利等专业的需要,亦可供水利水电技术人员参考。

中等专业学校教材
工 程 水 文 学
陕西省水利学校主编
(原水利电力出版社纸型)

水利出版社出版发行
(北京德胜门外六铺炕)
水利电力印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 · 16印张 358千字
1980年5月第一版 1982年5月北京第二次印刷
印数 9031—23300册 每册 1.30元
书号 15047·4051

前 言

根据一九七八年一月制订的《中等专业学校〈水利工程建筑〉专业教学计划》及同年三月水利工程建筑专业教材会议讨论和审订的《工程水文学教材编写大纲》的要求，我们编写了这本教材。

本教材由陕西省水利学校吴之城、夏于廉、杨宗仁，黄河水利学校陈瑞裕，成都水力发电学校袁世琼，湖北水利学校陈金鸾，吉林水利电力学校王从悦等同志编写，吴之城同志主编。

本教材由扬州水利学校郑濯清、周倜两同志主审。辽宁、河北、山东、山西、浙江、四川、广西等省（区）水利水电学校及陕西省水利科学研究所河渠室的同志，在编审教材过程中提出了许多宝贵意见。编者谨在此表示谢意。

我们恳切希望广大师生及水利水电技术人员，对本教材存在的缺点错误给予批评指正。

编 者

1979年3月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 河川径流	3
第一节 自然界的水分循环	3
第二节 河川径流及其形成	4
第三节 影响河川径流的主要因素	8
第四节 流域的水量平衡	14
第二章 水文资料的搜集和整理	17
第一节 降水与蒸发的观测	17
第二节 水位观测与资料整理	18
第三节 流量测验	21
第四节 泥沙测验	31
第五节 水文调查	36
第三章 水文统计的基本知识	45
第一节 概述	45
第二节 频率计算	46
第三节 相关分析	60
第四章 设计年径流	67
第一节 概述	67
第二节 多年平均年径流量的计算	69
第三节 设计年径流量的计算	73
第四节 设计年径流量的年内分配	75
第五节 枯水流量	78
第五章 由流量资料推求设计洪水	80
第一节 概述	80
第二节 由流量资料推求设计洪水	84
第三节 设计洪水过程线	95
第六章 由暴雨资料推求设计洪水	100
第一节 概述	100
第二节 设计暴雨的计算	100
第三节 设计净雨量的计算	104
第四节 设计洪水过程线的推求	116
第五节 可能最大暴雨和可能最大洪水简介	135

第七章 小流域设计洪水估算	141
第一节 概述	141
第二节 小流域设计暴雨	142
第三节 推理公式法计算设计洪峰流量	147
第四节 经验公式法计算设计洪峰流量	166
第五节 设计洪水总量的推求	168
第六节 设计洪水过程线的拟定	168
第八章 河流输沙量及水库淤积估算	172
第一节 概述	172
第二节 泥沙特性	173
第三节 泥沙运动基本状态	177
第四节 河流输沙量的估算	183
第五节 中小型水库淤积估算	188
第九章 水库兴利调节计算	201
第一节 概述	201
第二节 水库兴利调节所需的基本资料	203
第三节 水库死水位的确定	208
第四节 年调节水库兴利库容的计算	209
第五节 多年调节库容的计算	214
第六节 年调节水库的水能计算	218
第十章 水库防洪调节计算	222
第一节 调洪计算的目的和泄流计算公式	222
第二节 调洪计算的基本原理	223
第三节 调洪计算方法	225
第四节 有闸门控制时,水库调洪计算简介	233
附 表	
附表 1 $P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 值表	235
附表 2 皮尔逊Ⅲ型曲线离均系数 ϕ 值表	236
附表 3 皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数 K_p 值表	238
附表 4 三点法用表—— S 与 C_s 关系表	244
附表 5 三点法用表—— C_s 与有关 ϕ_p 值的关系表	245
附表 6 $S(t)$ 曲线查用表	246

绪 论

一、工程水文学的内容和任务

水文学是研究水在自然界循环中的各种现象、内在联系及其变化规律的科学，是人们在与自然作斗争中逐步形成的一门科学。因研究对象不同，水文学又可分为陆地水文学和海洋水文学。陆地表面的各种水体，如河川、湖泊、沼泽、冰川等，各具不同特点。本课程的主要研究对象是河川水文学。

水与人类的生活及经济建设都有密切的关系。水利水电建设，农田灌溉与排水，城市与工矿用水，铁路与公路的修建，发展航运，水产及国防建设等都需利用和控制水流。而天然的水流状况，往往与上述要求不相适应。为了解决这一矛盾，充分利用水利资源，必须采取一些工程措施，将天然的水流加以调节。但工程措施的类型与方案的选择，工程规模大小和尺寸的确定，需经多方面的分析计算与论证。例如，在河道修建一座水库，则需要知道一年四季能来多少水，洪水有多大，泥沙有多少，这就需要进行水文计算。同时，还要根据来水与用水的矛盾，确定所需库容的大小，即进行径流调节的计算。这些都是工程水文学的主要内容。因此，工程水文学主要是研究和运用河川水流的规律，为水利水电及国民经济建设各部门服务，为工程的规划、设计、施工和管理运用等提供正确、合理的水文数据，以达到充分开发和利用水利资源，并发挥工程效益的目的。

综上所述，本课程的教学目的是：使学生具有水文学的基本知识，了解水文测验的一般方法，能搜集水文计算与径流调节所需的基本资料；初步掌握水文计算与径流调节的基本原理和主要方法；并能从事中小型水利水电工程规划设计的水文计算和以灌溉为主的水库径流调节计算及一般的调洪计算。

二、水文现象的基本特点和工程水文学的研究方法

降水与蒸发、水位与流量、含沙量等水文要素，在年与年之间及年内不同时期，因受气候、下垫面、人类经济活动等因素的影响，其变化是很复杂的，这些现象称为水文现象。根据长期观测和分析，发现水文现象具有不重复性、地区性及周期性等特点。

不重复性是说水文现象无论什么时候都不会完全重复出现。如河流某一年的流量变化过程，就不可能与另一年的变化过程完全一致。这主要是影响水文现象的因素较为复杂，各种因素在不同年份的组合不同所致。

地区性是表示水文现象随地区而异，每个地区都有各自的特殊性。但在气候及下垫面因素较为相似的地区，水文现象则具有某种相似性，在地区的分布上也有一定的规律。如我国南方多雨，降水在各季的分布比较均匀，而北方地区干旱，降雨多集中在夏秋两季。因此，面积相似的河流，南方的年水量就比北方的大。年内各月径流的变化，南方也较北方均匀。

周期性是说水文现象具有周期地循环变化的性质。例如，每年河道里出现最大和最小流量的具体时间虽不固定，但最大流量每年都发生在多雨的汛期，而最小流量多出现在少

雨或无雨的枯水期。这是因为影响河川径流的主要气候因素有季节性变化的结果。同样，因为气象因素在年与年之间也存在周期性的变化，故枯水年与丰水年也呈现周期性的循环变化。

因水文现象具有不重复性，故需年复一年地对各种水文现象进行长期的观测，累积水文资料，进行统计，并分析其变化规律。由于水文现象具有地区性，故不必在所有河流上进行观测，而只需选择一些有代表性的河流设站观测，然后将其观测资料经综合分析，应用到相似地区。为了弥补观测年限的不足，还应对历史上和近期出现过的大暴雨、大洪水及枯水，进行定性和定量的调查，以全面了解和析水文现象周期性变化的规律。

根据水文现象的基本特点，在水文观测资料的基础上，对工程水文学的研究，可归纳为以下三种方法：

1. 数理统计法

因水文现象具有不重复的特点，所以，表示水文现象变化特征的数值，其出现具有偶然性。据此，可用概率论为工具，根据实测的水文资料，分析求得水文特征值的统计规律，并运用这种规律提供工程规划设计所需的水文数据。这种方法是根据过去的观测资料去推测未来的变化，其不足之处是没有阐明水文要素内部的因果关系，故本法应与物理成因分析结合起来，以期获得满意的成果。

2. 成因分析法

根据观测资料，研究水文现象的形成过程，并力求揭示水文现象的本质及其内在关系。这是从成因方向分析，是今后研究的重要方向。但是由于影响水文现象的因素较多，加之观测资料的限制，相互间的关系也较复杂，不能用简单的函数关系来表示水文要素的变化。因此，本法在定量计算上还不能满足工程的实际需要。

3. 地区综合法

水文现象的变化在地区上的分布是有一定规律的。因此，在缺乏资料的地区，可借用邻近地区的资料，或利用分区、分类综合分析的成果。例如，用水文要素等值线图或地区性的经验关系来估算所需的水文数据。

应当指出，在缺乏资料的地区，规划设计开始，就应在工程地点设站观测。虽然观测资料的时间较短，代表性有限，但可作为检验和分析其它方法估算成果的参考。因此，应予以足够的重视。

以上三种方法，应是相辅相成，互为补充的。但都应重视基本资料的调查和分析。在我国水文计算领域里，经过多年的实践，已经初步形成具有自己特点的研究方法，即概括为“多种方法，综合分析，合理选定”的原则。各地应根据地区特点、资料情况，采用的计算方法应有所侧重，以期工程规划设计提供可靠的水文数据。

第一章 河 川 径 流

第一节 自然界的水分循环

一、自然界的水分分布

地球表面70%以上是被水覆盖的，因而地球素有“水的行星”之称。在陆地面积中，有三分之二的面积分布在北半球。陆地上的河流，直接或间接流入海洋的，叫外流河。外流河控制着陆地上约80%的面积。其余的面积为内流区，河流消失于内陆或汇入湖泊，叫内流河。

自然界的水分主要储存于地球表面的海洋、湖泊、河槽等处，也有存于地表以下（地下水），及少量的以水汽状态存于大气之中。地球拥有的总水量约为14.5亿立方公里，其中94%是海水，其余6%分布在陆地上。陆地水量为8500多万立方公里，其中绝大部分是地下水，地下水中93%属深层地下水，矿化度较高。

全世界淡水储量只有2800万立方公里，其中比较容易开发利用的只有400多万立方公里，占地球总水量0.3%左右。虽然淡水储量在地球总水量中所占比例甚小，但从水分循环角度来看，世界水资源仍是“取之不尽，用之不竭”的宝贵财富。

二、自然界水分循环

地表水在太阳辐射的作用下，从海洋表面及土壤表面和植物叶面蒸发到空中，并随气流运行。在一定的条件下，水汽凝结并以降水形式落回地面。降雨的一部分通过地面下渗形成地下水，一部分形成地面径流并都通过江河流回海洋，一少部分重新蒸发又回到空中。上述水分不断转移交替的现象称为水分循环。

海洋与大陆之间的水分交替过程叫大循环。陆地上的水在没有流回海洋之前又蒸发到空中，或海洋上蒸发的水汽没有吹向陆地，就在空中凝结又落回海洋，这种局部的水分循环叫小循环。

据计算，每年参加水分循环的总水量约为51.1万立方公里。从海洋蒸发到空中的水汽，每年达到44.8万立方公里，而海洋每年总降水量约为41.2万立方公里，两者所差的水汽3.6万立方公里，借助大气的运动输送到陆地上空。陆地上，年降水量为9.9万立方公里，比年蒸发量6.3万立方公里多3.6万立方公里，这多余的水量，又通过江河流回海洋。这种海洋——空中——陆地——海洋的水分循环见图1-1。

水分循环受太阳辐射的影响，故其变化也呈周期性。影响水分循环变化的基本因素有：
1. 太阳的辐射和地心引力：太阳辐射是地表上热能的主要来源，它使水分蒸发、冰雪融化、空气流动，因而是水分循环的原动力。但因各地的纬度不同，所获得的热能也有差异。地心引力的作用，可促使水由高处向低处流动。
2. 水的物理性质：因水可以固体、气体、液体三种形态出现，而使水分转移与交替的循环有可能实现。
3. 循环路线的构造和性质：陆地表面的形状，不但影响降水的分布，也是决定降水去路的主要因素。其它如流域的地质、土壤、植被等，对径流的形成也有影响。上述基本因素都在不断地变化，各种因素作用的

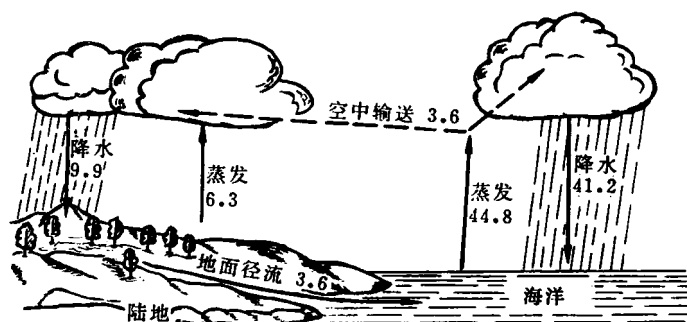


图 1-1 水分循环 (单位: 万立方公里)

综合结果, 便形成了错综复杂的水文现象。

我国地处亚洲大陆东部, 东邻广阔的太平洋, 南受印度洋影响, 是西北干冷气团与东南暖湿气团交汇的地区。一年内水汽的输送和降水量的变化, 主要受冷暖两种气团进退的变化及太平洋西部台风的影响。我国大陆上的水汽, 东南来自太平洋的南海, 西南来自印度洋的孟加拉湾。进入内陆的水汽, 在一定条件下降水所产生的径流, 绝大部分通过黑龙江、海河、黄河、长江、淮河、闽江、珠江等河流及台湾省各河注入太平洋; 小部分经西南地区的怒江、雅鲁藏布江等流入印度洋; 很小一部分, 经新疆北部的额尔齐斯河流入北冰洋。

研究水分循环的目的在于, 揭露和认识水文现象的变化规律, 从而正确地决定人类改造和利用自然的措施。

第二节 河川径流及其形成

一、流域

在河流某一控制断面上, 汇集地表水和地下水的区域叫流域。相邻两流域的界线称为分水线。分水线一般位于山峰、岭脊处, 起着分水的作用, 也叫分水岭。例如, 秦岭是黄河与长江的分水岭。地面分水线是分隔地表水的, 地下分水线是分隔地下水的, 两者是否吻合, 与岩石的构造和性质有关。当流域的地面与地下分水线一致时, 称为闭合流域, 两者不一致时称非闭合流域, 如图1-2。非闭合流域在地面分水线下面有地下径流进出, 这对流域面积较大的河流, 影响不甚大, 对小流域则影响较大。

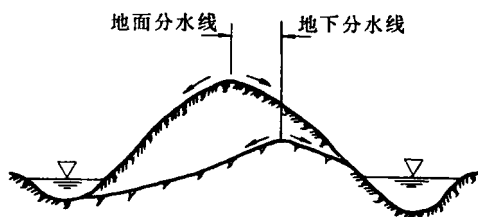


图 1-2 地面与地下分水线

由于地下分水线较难确定, 在实际工作中常以地面分水线所控制的面积为流域面积, 也叫集水面积。分水线可由地形图按水系的

分布，沿两个不同水系的交界处，垂直于等高线的山峰岭脊处勾绘。在沙漠、沼泽及平原地区，地面分水线在地形图上较难勾绘，故多通过现场勘查确定，如图1-3。

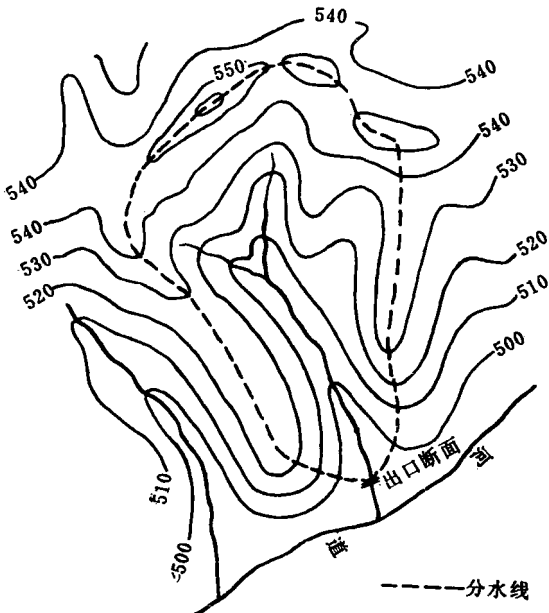


图 1-3 集水面积示意图

在地形图上勾绘分水线后，集水面积可用求积仪量计。量计的精度与地形图的比例尺及分水线勾绘是否准确有关。中小河流以用五万或万分之一的地形图为宜，较大流域多用十万分之一的地形图量计。

二、河川径流

(一)河川径流的补给

河川径流是指陆地上的降水，经由地表及地下注入河川的水量。河川径流的补给也就是河流的水源。河流水源有雨水、雨雪混合、冰川、地下水等四种类型。

我国大部地区的河流，均由雨水补给。黄河及其以北的河流，在春季有少量融雪补给。东北北部、甘肃西部的祁连山、新疆的天山和阿尔泰山、西藏高原的一些河流，由融雪补给一大部分的水量，属于雨雪混合补给。青藏高原的高山积雪不可能在次年完全融化，逐渐积累而形成了永久积雪和冰川。在重力和压力作用下，积雪和冰川沿山谷运动，至雪线以下融化成水补给河流。广西、贵州、云南等省的岩溶地区及内蒙鄂尔多斯高原东部边缘的流沙地带和太行山东麓，有许多河流以地下水为主要水源。总之，由于河流所处的地理位置及气候条件的差异，河川径流的补给是不相同的。

(二)河川径流的变化

河川径流在一年内及年与年之间，经常不断地在变化，其变化与河流的水源及流域的下垫面因素有关。

雨源类河流，河中水量随降雨多少而变化。我国大部地区降雨多集中于夏秋两季，因此，河流也多在夏秋两季发生洪水。洪水涨落的次数与降雨的次数密切相关。冬季及干旱期，雨量稀少，河水主要靠地下径流补给。南方河流，由于四季雨水匀调，河水在一年内

的分配也较北方河流均匀。雨源类河流还因暴雨对地面土层的冲刷，河水含沙较多，其变化与流域内的土壤、地形、地质和植被等因素有关。

雨雪混合补给河流，除夏季暴雨形成的多水期（叫夏汛）外，春季因气温回升融雪水大量汇集，也易形成相对多水期（称春汛）。但因温度变化缓慢，故春汛期河水变化较夏汛期平稳。

冰川补给的河流，气温的变化影响年内各月径流的变化，最大流量常出现在气温较高的七、八两月。

地下水补给的河流，因地下水是在地下渗流，一年内流量变化较为稳定。一般河流，除在冬季及干旱期主要靠地下水补给外，就是在洪水期，地下水也是河水来源之一，只是所占的比重较小。小河流，当河床没有下切到透水层而得不到地下水补给时，在干旱期常形成断流。地下水对河水的补给，一般以冲积层的地下水为主。大中河流，当河床下切较深时，才能得到深层地下水的补给。河流的地面径流与地下径流，在数量上的组成和时间上的变化，须根据河流的水源特点做具体分析。

三、河川径流的形成过程

(一)地面径流形成过程

1.产流

(1) 流域降雨：一场雨的降雨强度（单位时间内的降雨量）随时在变化。降雨在空间的分布也较复杂，可以笼罩全流域，也可只发生在局部地区。暴雨中心（暴雨强度最大的地点）常是沿着某一方向移动。若流域范围较大时，一场雨也可能有几个暴雨中心。降雨在空间和时间上的变化，直接影响河川径流的变化，所以，分析径流的形成，首先应分析降雨。

(2) 流域渗蓄：降雨初期，一部分雨水直接落在河槽水面上（C），大部分雨水落在地表面上（X）。地面上如有植物被覆，则首先截留一部分雨水（I）。截留后落下或直接落在地面上的雨水，先满足地面下渗（ μ ）的需要。当降雨强度超过下渗强度时，则在地面的洼陷处停蓄部分水量（D）。渗入地下的地下水（B）能否注入河川，随地下水面与河中水面关系而定。流域渗蓄简单示意，如图1-4。

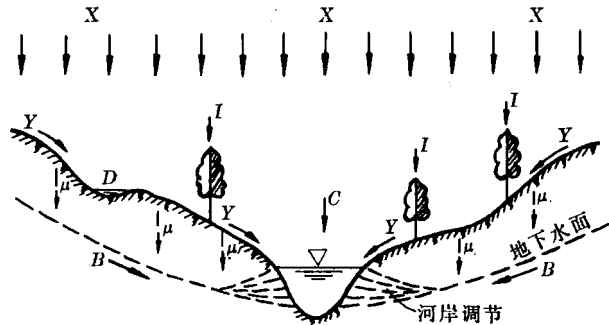


图 1-4 流域渗蓄与坡面漫流

(3) 流域产流：当降雨满足土壤下渗、植物截留、洼地填蓄的水量，降雨强度超过下渗强度时，超渗雨便可产生径流。因降雨强度分布不均匀及下垫面情况的不同，可能出现全面积产流，也可能是局部面积产流。

2. 汇流

(1) 坡面漫流：当流域上发生超渗雨，就会产生坡面漫流（Y），见图1-4。漫流首先在流域中透水性较差及坡度较陡的地方出现，而后随降雨强度的加大逐步扩大范围。

坡面漫流有两种形式：一是片流，积水铺满地表，水在坡面呈片状流动，漫流的水深及流速均较小，水流呈层流状态；二是沟流，当坡面坡度陡及降水强度大的情况下，水在坡面上冲蚀成小的沟槽，水流由小沟溪流入河网。这时，漫流的水深及流速均较大，水流呈紊流状态。以上两种形式可同时存在，也可随水力条件的变化互相转化。当无超渗雨时，漫流现象逐步减少，直到流域最远处超渗雨水流入河槽后，片流与沟流才停止。

坡面漫流因路径较短，所需时间不长。由于不断有径流加入，加之地形起伏的变化及持续的下渗损失，漫流的水深和速度在不同的时间和地点都在不断地变化，故属于不稳定流。

(2) 河槽集流：水自坡面流入河槽后，通过河网由上游到下游，从支流到干流，沿河槽作纵向流动，直到流出出口断面，这种现象叫河槽集流。如图1-5。

产流开始后，流域出口断面处的水位就逐渐上升。坡面漫流的水量逐渐增加，通过河槽集流向下游传递，汇入出口断面的流量逐渐增大，水位很快上升。这种洪水期的河槽集流，实质上是洪水波的传进。由于河槽本身可容蓄一部分水量，故进入河槽水量为最大时，并非出口断面的流量也最大，这种现象称为河槽的调蓄作用。山区小河这种作用不大，平原上较大的河流，河槽的调蓄作用较强。

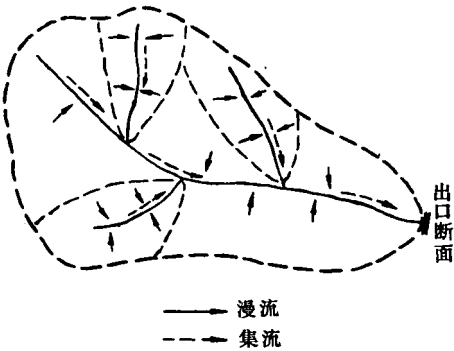


图 1-5 河槽集流

河槽集流从雨水由坡面或溪沟汇入河网开始，直到把最后汇入河网的水输送到出口断面为止。河槽集流过程与河槽的纵横断面、弯曲程度、糙率等变化有关，其过程是很复杂的。

产流与汇流的各种过程，是互相联系的，不同地点和时间的变化甚为复杂，在出口断面测得的一次降雨后相应的流量过程线，则是其综合作用的结果。

(二) 地下径流的形成

地下水主要来自下渗的雨水。下渗的水量渗透到土壤的饱和层后，抬高了潜水的水位。渗流经过相当长的时间，通过潜水及深层地下水补给河道，即地下径流。潜水在地下潜流过程中，有时被深根植物吸取而蒸发，也可能流到其它流域。潜水平埋藏在地下，起着地下蓄水库的作用。当流域久旱不雨时，地下径流是河川径流的主要源泉。

第三节 影响河川径流的主要因素

一、气候因素

(一)降水

1.降水的成因和类型

降水是指由空中降落到地面的雨、雪、雹、霜、露等液态水和固态水的总称。空气中水汽含量的增加和空气大规模地向上抬升，是产生降水的两个基本条件。

水平方向物理属性（温度、湿度等）较均匀的大块空气叫气团。当气团受某种力的作用向上抬升时，气压减小，空气膨胀，为克服分子间引力消耗自身能量，致使空气温度降低。这种上升冷却的结果，使原未饱和的空气不仅达到饱和状态，而且造成大量的水汽凝结。当冷凝物达到一定的重量，空气托浮不住时，便会降落地面，形成降水。

降水按空气上升的原因，主要有以下四种类型：

(1) 锋面雨：冷暖气团相遇，其交界面叫锋面。锋面与地面相交地带叫锋。当冷气团向暖气团推进时，因冷空气较重，冷气团楔进暖气团下方，把暖气团挤向上方，发生动力冷却而致雨，这种雨叫冷锋雨，如图1-6(a)。由于冷空气与地面的摩擦作用，使锋面接近地面部分坡度很大，暖空气几乎被迫垂直上升，因此在冷锋前形成巨大的积雨云。冷锋雨一般强度大、历时短，并带有阵雨和雷雨。

当暖气团向冷气团移动时，由于地面的摩擦作用，上层移动较快，底层较慢，使锋面坡度很小。暖空气沿着这个平缓的坡在冷气团上滑行，在锋面上形成了一系列云系并冷却致雨，叫暖锋雨。如图1-6(b)。由于暖锋面比较平缓，所以暖锋雨一般强度小、历时长，雨区广。

在我国，夏季受季风的影响，东南地区多暖锋雨，北方地区多冷锋雨。

(2) 地形雨：当暖湿气流遇到丘陵、高原、山脉等障碍的阻挡，被迫上升而冷却致雨，叫地形雨，如图1-7。地形雨大部分在山的迎风坡降落。在背风坡，因气流下沉增



(a) 冷锋雨



(b) 暖锋雨

图 1-6 锋面雨



图 1-7 地形雨

温，且大部分水汽已在迎风坡凝结成雨，故降雨较少。地形雨的雨区大小，与气团和地形情况有关。一般在山区小河发生的地形雨，多是强度大、历时短的暴雨，加上山区坡面与河槽比降大，多易形成陡涨陡落的洪水。

(3) 对流雨：夏季，当暖湿空气笼罩一个地区时，因下垫面局部地区受热增温，产生热力对流作用，使暖空气上升冷却致雨，叫对流雨。这种雨一般强度较大，但雨区范围小、历时短，并常伴有雷电，又称雷阵雨。

(4) 台风雨：台风是大气中的漩涡。台风的形成主要是由于强烈的辐合上升运动。台风发生与发展的基本条件是：①范围广阔的热带海洋面，因高温高湿的海洋面最有利于巨大能量的贮积。台风的巨大能量，是由水汽大量凝结时释放的潜热转化而来；②地球自转偏力的存在，使低压系统发展为强烈的气旋。故在没有地球偏转力的赤道是不会发生台风的；③台风开始形成的地方，一般要求高空风较小，以便暖湿空气上升过程中释放的潜热积蓄起来。观测证明，台风一般最易在南北纬 5 ~ 10 度、上下层风速相差不大的海洋面上发生发展。

台风周围的空气，绕着它的中心急速旋转。台风中心称台风眼，其直径一般为 5 ~ 30 公里。台风中心气流的分布如图 1-8。可以看出，台风眼区盛行下降气流，周围则盛行上升气流。在靠近台风眼处，辐合上升的气流最强烈，形成数十公里宽、八、九公里高的垂直发展的云块(云墙)。云墙下风雨大作，是台风中天气最恶劣的区域，而在台风眼里，则是晴朗的天气。

台风受大气环流的作用而移动，登陆后带来狂风暴雨，常造成一定的灾害。登陆后的台风，因水汽供应已经切断及地面摩擦的影响，台风将逐渐消失。台风影响我国东南沿海许多省的广大地区，有时也伸入内陆。

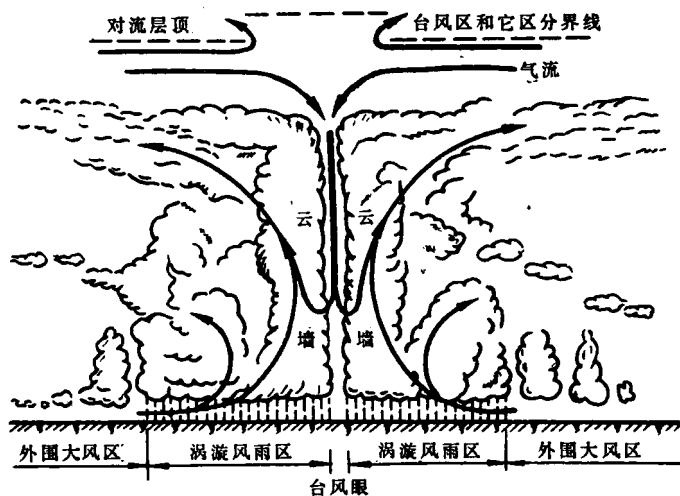


图 1-8 台风雨

2. 降水量的特征值

(1) 降水历时 t ：一次降水所持续的总时间，叫降水历时。它也可以指某一固定时段，如 5 分钟、1 小时、6 小时、24 小时、一日或一个月、一年等。

(2) 降水量 H ：降水的数量必须与一定的时段相联系，可以是一次降水总历时的降水量，也可是某一固定时段的降水量，以毫米表示。

(3) 降水强度 i ：是指单位时间内的降水量 $i = H/t$ ，计算出的降水强度是代表时段的平均强度，用毫米/分或毫米/小时表示。

我国气象部门按 24 小时降雨量的大小，一般将雨分为以下四级：10 毫米以下为小雨，

10~25毫米为中雨；25~50毫米为大雨；50~100毫米为暴雨。有时把日雨量大于100毫米的称大暴雨，超过200毫米的称特大暴雨。例如，1975年8月在河南省淮河上游发生一场特大洪水，主要是由特大暴雨所造成。这次暴雨的特点是，历时短、强度大、范围广，最大三日雨量大于800毫米的面积达4000多平方公里。暴雨中心在泌阳县林庄，其最大三日雨量为1605.3毫米，最大24小时雨量为1060.3毫米。

3. 流域平均降水量的计算

流域内各地的降水量是不同的。因此，在分析流域的降水与径流关系时，需要由单站雨量计算流域平均降水量。根据资料情况有以下几种计算方法：

(1) 算术平均法：当流域内雨量站分布较均匀，且地形起伏变化不大时，可以把各站同一时段观测的降水量，用算术平均法求算流域的平均降水量。用下式计算：

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \quad (1-1)$$

式中 $\bar{H}$ ——流域平均降水量，毫米；

H_i ——流域内各站同时段的降水量，毫米；

n ——雨量站的个数。

(2) 泰森多边形法：先将流域的雨量站用直线联结成三角形，再作各三角形每边的垂直平分线，将流域分成若干多边形，如图1-9。每个多边形面积 f_i 上的降水量，以这块面积中的雨量站的降水量 H_i 代表，流域平均降水量 $\bar{H}$ 用下式计算：

$$\bar{H} = \frac{f_1 H_1 + f_2 H_2 + \dots + f_n H_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i H_i}{F} \quad (1-2)$$

这种方法的特点是，考虑了各雨量站在流域范围内所控制的面积不同，在求平均值时所占的比重（即权重）不同，故也叫加权平均法。当雨量站分布不均匀或流域内地形变化较大时，多采用此法。

(3) 等雨量线法：当流域内有足够多的雨量站时，可先绘出等雨量线，如图1-10，

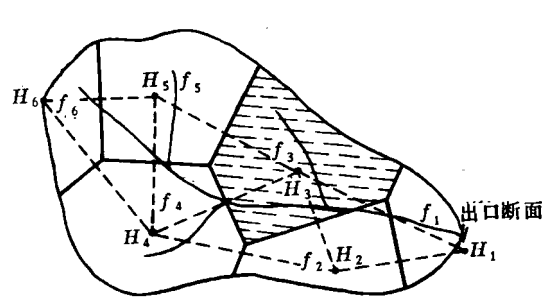


图 1-9 泰森多边形

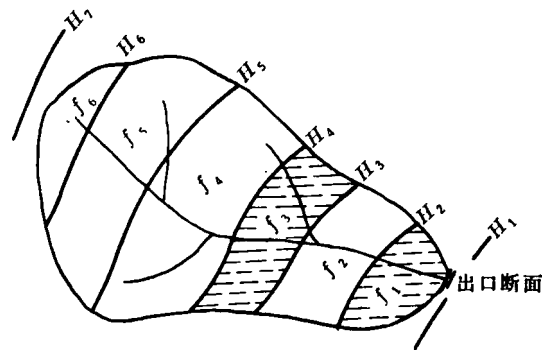


图 1-10 等雨量线

再根据等雨量线计算流域平均降水量。求算时，先以相邻两等雨量线的降水量(H_i, H_{i+1})的平均值，乘以相邻两等雨量线在流域范围内控制的面积 f_i ，求出总降水量，再除以面积 F 便得流域平均降水量 $\bar{H}$ ，即

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_i + H_{i+1}}{2} f_i}{F} \quad (1-3)$$

等雨量线法较为精确，但要求有足够站数的雨量资料，又因工作量大，一般少采用。

(二) 蒸发

蒸发是水由液态或固态变成气态的过程。流域内总蒸发量包括水面蒸发、土壤蒸发和植物散发。

1. 水面蒸发

水面蒸发是水库、湖泊水量损失的重要组成部分，又是利用水量平衡法研究陆面蒸发的基本参证资料。

影响水面蒸发的主要因素是气象条件，如蒸发面的温度、湿度、风速和气压等。当蒸发面的温度增高或空气的干燥程度加大时，蒸发速度也就加快。风则加强了蒸发面空气的交换，也加快了水面蒸发。

不同直径蒸发器(皿)观测的蒸发量，与天然水面蒸发量是有差别的。因此，在估算水库及湖泊水面蒸发损失时，应根据各地对比观测资料的分析成果，乘以折算系数。

2. 土壤表面蒸发和植物散发

(1) 土壤表面蒸发：简称土壤蒸发，是土壤水汽逸出地面而蒸发的现象。在一个流域内，陆面面积大于水面面积，故土壤总蒸发量大于水面总蒸发量。

凡影响水面蒸发的气象因素均能影响土壤蒸发。此外，土壤蒸发还受地下水面、土壤结构、毛管水容量、土壤的色泽、地势、植被和降水的方式等因素的影响。

(2) 植物散发：土壤中水分经植物根系吸收后，输送到叶面，散发到大气中去，叫植物散发或蒸腾。植物消耗在散发上的水量很大。植物的散发不是单纯的物理作用，因植物本身参加了这个过程，并能用特别的器官(气孔)调节。因此，植物散发过程是一种生理过程。

影响植物散发的因素，除气温、湿度、土壤温度外，还有日光对植物的散射或直射、植物的性质等因素。

影响土壤蒸发与植物散发的因素较多，关系复杂，直接观测困难。目前多通过分析水量平衡方程式，用降水与径流关系间接估算流域总蒸发量。

二、下垫面因素

下垫面因素是指流域的物理性质，主要包括流域的几何特征、自然地理特征和人类经济活动对径流的影响等。下垫面承接空中降水并形成径流，直接影响径流的变化。

(一) 流域的几何特征

1. 流域面积的大小

流域系由分水线所包围。从图 1-3 可看出，流域面积的形状通常是中部宽阔，在河源及出口断面处较窄小。流域面积的大小影响河流水量的多少。大河因能取得较为稳定的地下