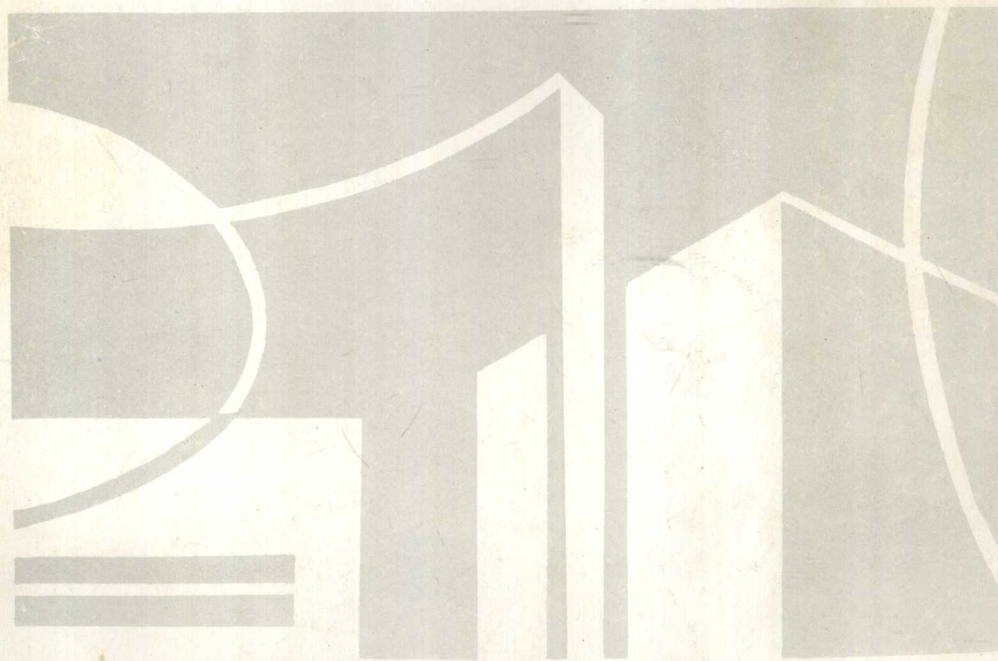


中等专业学校试用教材

水文学与供水 水文地质学

(第二版)

王 民 周玉文 王存娟 编



中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

水文学与供水水文地质学

(第二版)

王民 周玉文 王存娟 编

中国建筑工业出版社

全书共分上下两篇。上篇为《水文学》，主要介绍河川水文基础知识、水文资料的收集和整理、水文统计基本知识、年径流和枯水径流、设计洪水和小流域设计洪水等理论知识；下篇为《供水水文地质学》，主要介绍地质基本知识、水文地质基础、地下水运动和供水水文地质勘察等理论知识。各章均附有复习思考题。

本书为中等专业学校给水排水专业的教材，也可作为从事有关工作的技术人员的实用参考书。

中等专业学校试用教材
水文学与供水水文地质学

(第二版)

王民 周玉文 王存娟 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 15 1/2 字数: 365 千字

1996年6月第二版 2000年12月第七次印刷

印数: 23,336—25,335 册 定价: 16.00 元

ISBN 7-112-02691-1
G·247 (7788)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

ISBN 7-112-02691-1



9 787112 026913 >



3 76

编写说明

《水文学与供水水文地质学》是招收初中毕业生四年制中等专业学校给水排水工程专业的一门专业基础课。全书共分为上、下两篇。上篇为《水文学》，下篇为《供水水文地质学》，各按 34 学时编写，共计 68 学时。编写过程中充分考虑了本课程在给水排水专业中的作用和地位以及两个学科知识的连续性和完整性，将部分章节和内容作了适当调整，同时引入了国家最新颁布的规范和标准。针对中专学生特点，尽量使用图表、实例和较为通俗的语言，表达较为抽象的内容，并增加了复习思考题，更有利于学生学习。

本书编写分工如下：《水文学》的绪论、第一、二、三章由辽宁省城市建设学校王民和广西省建筑工程学校王存娟编写；第四、五、六章由沈阳建筑工程学院周玉文编写；《供水水文地质学》部分由王民编写。全书由王民主编。北京建筑工程学院李兆年副教授担任主审。

在编写过程中，中国地质大学陈明征教授、北京建筑工程学院李兆年副教授、石常河讲师、马步昕讲师对本书初稿提出了大量宝贵意见，在此深切致意。

由于我国各地区自然地理条件差异很大，加之本书篇幅有限，不可能对各地区的水文及水文地质条件都作介绍，因此，在应用此教材时，各校可针对当地条件及教学要求对本书内容作适当的取舍。

因编者水平所限，书中缺点和不当之处在所难免，希望读者予以批评指正。

编者

1995 年 2 月

目 录

上篇 水文学	1
绪论	1
第一章 河川水文基础知识	3
第一节 自然界水分循环	3
第二节 水系及流域	4
第三节 河川径流	7
第四节 流域水量平衡	9
复习思考题	10
第二章 水文资料的收集和整理	12
第一节 降水和蒸发	12
第二节 水位和流量	13
第三节 泥沙测验	20
第四节 水文资料的收集	21
复习思考题	22
第三章 水文统计基本知识	23
第一节 概述	23
第二节 概率和频率	24
第三节 统计参数	27
第四节 经验频率曲线	32
第五节 理论频率曲线	34
第六节 相关分析简介	42
复习思考题	48
第四章 年径流和枯水径流	50
第一节 概述	50
第二节 设计年径流的计算	50
第三节 设计年径流的年内分配	53
第四节 枯水径流	56
第五节 调节计算简介	57
复习思考题	60
第五章 设计洪水	61
第一节 概述	61
第二节 设计洪峰流量及设计洪水位的计算	62
复习思考题	68

第六章 小流域设计洪水	69
第一节 概述	69
第二节 设计暴雨的推求	69
第三节 流域汇流	82
第四节 城镇小流域设计洪峰流量的计算	85
第五节 山区小流域设计洪峰流量的计算	87
复习思考题	104
下篇 供水水文地质学	106
绪论	106
第七章 地质基本知识	107
第一节 地球的构造	107
第二节 矿物	108
第三节 岩石	111
第四节 地质年代及地层系统	116
第五节 地壳运动和地质构造	118
第六节 风化及流水的地质作用	125
复习思考题	131
第八章 水文地质基础	132
第一节 含水层	132
第二节 地下水的水质	136
第三节 地下水的埋藏	142
第四节 地下水动态与均衡	162
复习思考题	163
第九章 地下水的运动	165
第一节 地下水运动的特点及渗流基本定律	165
第二节 地下水在均质含水层中的稳定运动	168
第三节 地下水流向取水构筑物的稳定运动	171
第四节 地下水流向井的非稳定运动	183
复习思考题	194
第十章 供水水文地质勘察简介	196
第一节 概述	196
第二节 水文地质勘察方法	197
第三节 地下水资源评价	203
第四节 供水水文地质勘察报告的内容	212
复习思考题	213
附表	214
参考文献	236

上篇 水 文 学

绪 论

一、水文学的内容及任务

水文学是研究地球上各种水体的形成、运动变化规律以及地理分布等的科学。水文学按自然界水体的存在范围和活动过程可分为：水文气象学、陆地水文学、海洋水文学与水文地质学等。水文气象学研究大气中水气的运动规律，属于气象学的一个学科；海洋水文学研究海水的物理性质和化学成分，海洋中波浪、潮汐、洋流及泥沙运动等；水文地质学研究地下各种水体的运动规律，属于地质学的一个学科；而陆地水文学则成为现今水文学的主体内容。在陆地表面的水体，如河流、湖泊、沼泽、冰川及河口等，其特点各不相同，对它们的研究也已分离出不同的学科。本课程主要研究对象是河流水体。

本课程的内容主要叙述水文循环过程中从降水到径流入海这一段过程中，关于河川径流的运动规律、测验方法及在工程上的应用等问题，基本上属于工程水文学的范畴。具体内容包括河川水文基础知识；河川水文要素的测验及计算方法；洪水和枯水流量的调查及分析计算方法；河川径流的年内分配及年际变化；小流域暴雨洪水流量的计算等。通过本课程的学习，要求能熟悉河川水文现象的基本规律，掌握并运用数理统计的方法，对水文资料进行整理分析，最终为给水和排水工程的设计和运行提供可靠的水文数据。

二、水文现象的基本特点与水文学的研究方法

地球上的降水与蒸发、水位与流量及含沙量等水文要素，在年际间及年内不同时期，因受气候、下垫面及人类活动等因素的影响，其变化是很复杂的，这些变化现象称为水文现象。根据对水文要素的长期观测和分析，发现水文现象具有下列特点：

1. 水文现象具有周期性变化的特点。例如，每年河流里出现最大和最小流量虽然不固定，但最大流量均发生在多雨的汛期，而最小流量多出现在少雨或无雨的枯水期。河流流量随季节变化而呈周期性变化。同样，由于气候因素在年际间存在着周期性变化，故丰水年与枯水年也呈周期性的循环变化。

2. 水文现象具有区域性的特点。径流变化是由自然地理因素（包括气候因素和下垫面因素）决定的。若自然地理因素相近似，则水文现象的变化规律也相近似。例如，同一自然地理区的两个流域，只要流域面积相差不悬殊，其径流在时间和数量上的变化规律较为相似，表现为径流变化的区域性。根据这一性质，我们可以应用地理插值法（等线图）和水文比拟法进行水文计算。

3. 水文现象还具有不重复性的特点。即水文现象无论什么时候都不会完全一样地重复出现。例如，河流某一年的流量变化过程不可能与任何其他一年的流量变化过程完全一致。这主要是因为影响水文现象的因素太复杂，且各种因素在不同年份的组合不同所致。不重

·复性亦称为水文现象的随机性。

根据水文现象的上述特点，在水文分析计算中主要采用下列方法：

(1) 成因分析法 根据实测水文资料，从物理成因的角度出发，建立水文要素间的数学物理方程。即以经过简化的确定性的函数关系来表示水文要素之间的因果关系。这是水文学研究的方向。但由于影响水文现象的因素很多，加之观测资料的限制，故这种方法极不易准确定量，不能完全满足工程的实际需要。

(2) 数理统计法 根据长期观测的水文资料，利用数理统计的方法，分析水文特征值的统计规律，并运用这种统计规律为工程规划设计提供所需的水文数据。这种方法是根据过去的观测资料预估和推测未来的变化，而没有阐明水文要素的因果关系，也不能按时序确定它的数量。在实际中，多将该法与成因分析法结合起来，以期得到满意的成果。

(3) 地区综合法 因气候因素和地形、地质等因素的分布具有区域性，从而使水文现象的变化在地区上的分布有一定的规律性。因此，在短缺水文资料的地区可借用相邻地区的资料或利用分区、分类综合分析的成果。

在解决实际问题时，上述三种方法是相辅相承、互为补充的，但都应重视基本水文资料的调查与分析。经过多年实践，我国已初步形成了具有自己特点的研究方法，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及资料情况，对采用的方法有所侧重，以便为工程规划设计提供可靠的水文依据。

三、水文学与给水排水工程的关系

采用地表水为供水水源的给水工程，首先要考虑水源的水量变化及其取用条件。当水源水量充足时，需要了解水位、泥沙及冰凌等因素的变化情况；当水量不足时，就要设法以丰补欠，进行水量的引取、蓄存与调节，需要对径流的年际变化及年内分配等水文情况进行分析。如果给水工程与灌溉、航运、水力发电等其他水利设施配合一起综合利用水资源时，其水文分析和计算的内容就更为复杂；城市排水工程中雨水的排泄和城市防洪，都要预先求得暴雨量和洪水的大小及变化情况等。这些都需要进行水文资料的收集、分析和计算。因此，水文学是给水与排水工程专业必需的专业基础课。

第一章 河川水文基础知识

第一节 自然界水分循环

一、水分循环

地球表面上的水在太阳辐射作用下，不断被蒸发形成水气，上升至空中，随大气运动而输送至各地，在水气上升和输送过程中，遇冷凝结，然后以降水形式（如雨、雪、雹等）降落到地面。降落到地面的水，除一部分被植物截留和蒸发外，一部分沿地面流动形成地面径流，一部分渗入地下形成地下径流，最后以河流或地下水的形式汇入海洋。然后又重新蒸发，重复以上过程。水分这样往复不断的转移交替现象称为水分循环或水循环。图 1-1 为水分循环示意图。形成水分循环的内因是水的物理特性，即固态、液态和气态；形成水分循环的外因是太阳辐射和地球引力。水分循环所经历路线的特性，对水分循环也有一定的影响。

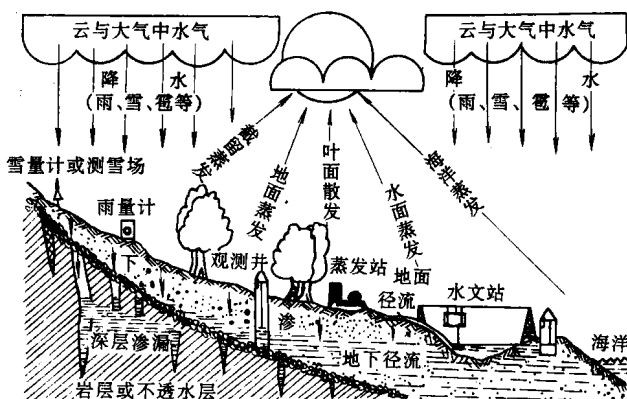


图 1-1 水分循环示意

水分循环一般包括三个阶段：降水、径流和蒸发。水分循环又可分为两大部分：大气部分——水气阶段和降水阶段；地面部分——径流阶段和蒸发阶段。根据水分循环的过程，自然界中水分循环可以分为大循环和小循环。由海洋蒸发的水气随大气运动又以降水形式降到陆地后，又流归海洋的循环称为大循环；自海洋蒸发的水气上升至空中，又以降水形式降到海洋，或大陆上的降水在没有流归海洋之前，又被蒸发到空中去的这些局部循环称为小循环。大循环是包含有许多小循环的复杂过程。

由于水分循环，使水圈成为一个动态系统。世界上的淡水资源就是由水分循环而产生的。水资源和其他矿产资源的不同点就在于它是可以再生的。据估算，大气圈所含水量为 13000km^3 ，而全球平均年降水量为 520000km^3 ，约平均 10d 交替一次；全球河流总蓄水量为 1200km^3 ，而河流全年径流量为 37400km^3 ，约平均 12d 交替一次。由此可知，水分循环的强弱不仅与实际参与的水量有关，也与循环的速度有关。

二、自然界中的水资源

地球的总面积约为 $5.10 \times 10^8 \text{km}^2$ ，其中海洋面积约为 $3.61 \times 10^8 \text{km}^2$ ，占全球面积的 70.8%；陆地面积约为 $1.49 \times 10^8 \text{km}^2$ ，约占全球面积的 29.2%。海洋中的水量约为 $1.3 \times 10^9 \text{km}^3$ ，陆地河流总水量约为 1200km^3 ，湖泊的储水量约为 750000km^3 。陆地表面水量和海

洋水量相比,虽然在数量上微不足道,但是对人类生活来讲,却是极为重要的资源。

我国水资源总补给来源是大气降水,全国多年平均降水量为 6000km^3 , 河流多年平均径流量约为 2600km^3 (其中包括地下水的补给约为 621km^3 , 冰川融雪水补给约为 50km^3)。我国水资源的蕴藏量排世界第六位,而人均淡水资源量却仅为世界人均淡水量的四分之一。

第二节 水系及流域

降落在地面上的水,除下渗、蒸发和植物截留等损失外,其余部分均以径流的形式汇入河流或湖泊中。为了研究河流的流速、流量、水位和泥沙的变化规律,首先要了解构成河流的要素和河流特征。现分别叙述如下:

一、水系

(一) 干流、支流和水系

直接流入海洋或内陆湖泊的河流称为干流。汇入河流的干流称为一级支流;汇入一级支流的河流称为二级支流,其余的可依此类推。干流及其全部支流构成了脉络相通的河流系统,称为水系或河系。水系通常用其干流的名称来称呼它。例如,长江水系是由长江及其支流,诸如汉江、湘江、嘉陵江等组成。

根据干流与支流的分布,水系的几何形态可分为:(1)扇形水系:河流如扇骨状分布,如海河;(2)羽形水系:干流沿途汇入许多支流,状如羽毛,如太湖河;(3)平行水系:几个支流并行排列,至近海处始行会合,如淮河;(4)混合水系:大的河流多为上述几种水系形状混合排列。如图 1-2。水系的形状对径流的汇流影响很大。

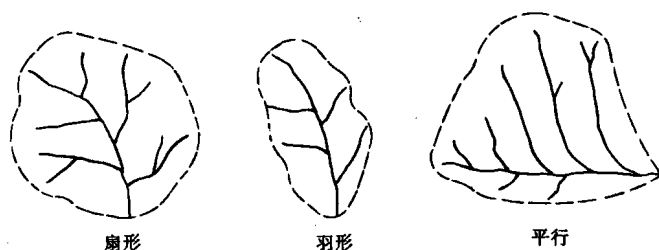


图 1-2 水系形状示意图

(二) 河流的长度

从河源至河口的距离称为河长。河长是确定河流落差和比降等的基本参数。测定河长,首先要在精确的地形图上画出河道的中泓线,然后用两脚规逐段量测。

一条发育完整的河流,按河段的不同特性可以划分为:河源、上游、中游、下游和河口五个部分。

(1) 河源 是河流开始具有地面水流的地方。冰川、湖泊及泉水常为河流的源头。

(2) 上游 连接河源,位于河流的上段。特点是落差大,水流急,下切强,洪水涨落比较急剧,河床冲刷强烈,两岸陡峻,为峡谷地形,横断面常呈“V”形。

(3) 中游 位于河流的中段,流量一般比上游大,河床冲淤较平衡,横断面多呈“U”形。

(4) 下游 位于河流最下一段。其特点是河道坡度平缓, 流速小, 流量大, 河流作用以沉积作用为主, 浅滩、沙洲到处可见, 横断面变化较大。

(5) 河口 是河流注入海洋、湖泊或其他河流的地方。有的河流消失在沙漠里, 就没有河口了。

例如长江发源于唐古拉山主峰各拉丹冬雪山南侧, 源头为沱沱河; 河源到湖北宜昌为上游段; 宜昌到江西湖口为中游段, 湖口到入海处为下游段; 河口处有崇明岛, 最终汇流到东海。长江干流长度为 6300km, 多年平均流量为 $9.282 \times 10^{11} \text{m}^3$, 是我国最大且最长的河流, 居世界第三位。

(三) 河流的比降

河流的比降包括河流水面比降和河道纵比降。河段两断面的水面高差为水面落差, 单位河长的水面落差称为水面比降。河源与河口处的河底高程差称为总落差。单位河长的落差称为河道纵比降。河流从河源至河口的比降为河道总比降。

当河流纵断面呈折线或曲线时, 将河段按坡度转折点分段, 如图 1-3。其河道平均比降为

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)l_1 + (Z_1 + Z_2)l_2 + \cdots + (Z_{n-1} + Z_n)l_n - 2Z_0L}{L^2} \tag{1-1}$$

式中 J ——河道干流平均比降;

L ——干流长度 (m);

$Z_0, Z_1, \cdots Z_n$ ——自出口断面起, 沿干流各比降转折点的高程 (m);

$l_1, l_2, \cdots l_n$ ——各比降转折点间的距离 (m)。

计算出的河道平均比降如图 1-3 中虚线所示。一条河流各段比降不同。一般来讲, 由河源至河口处逐渐降低。

另外, 在研究河流动力学时, 还要考虑河流横断面上存在的河流横比降。

(四) 河槽基本特征

从卫星照片及航测照片上观察到的河流均是蜿蜒曲折的。在平原河道上, 河床深度的分布与河流平面形态有着密切的关系 (山区河道往往不明显)。图 1-4 为河段在某一水位下的等深线图。在河流凸岸水深较浅形成浅滩; 凹岸水深较大, 形成深槽区; 而两个反向弯道的直河道段, 则河流相对较浅。河槽中沿流向各最大水深点的连线, 称为河流的中泓线。

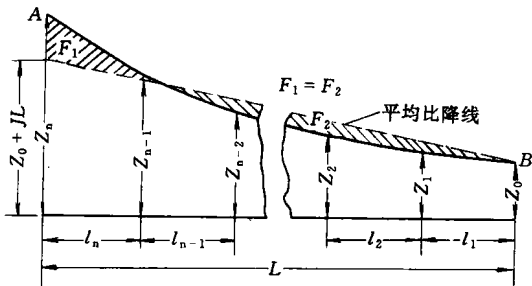


图 1-3 沿 L 长度的河槽纵断面图
(A 为分水岭, B 为出口断面山)

河流横断面是指与水流方向垂直的断面, 又称为过水断面。如图 1-5。当水位涨落变化时, 过水断面的形状和面积也随之变化 (参考供水水文地质学篇)。

二、流域及流域面积

流域是河流河口断面以上的集水区域。流域的边界称为分水线, 或分水岭。分水线两侧的降雨分别流入不同的流域。流域的分界线是流域四周地形最高点的连线, 在地形图上

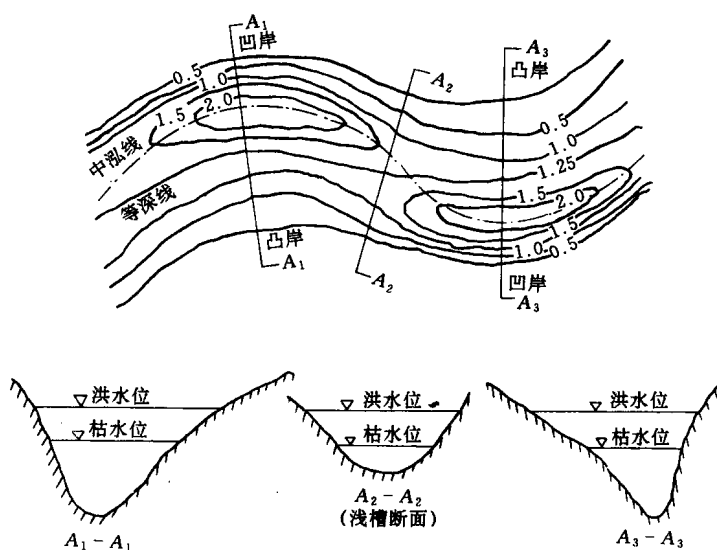


图 1-4 河流等深线图

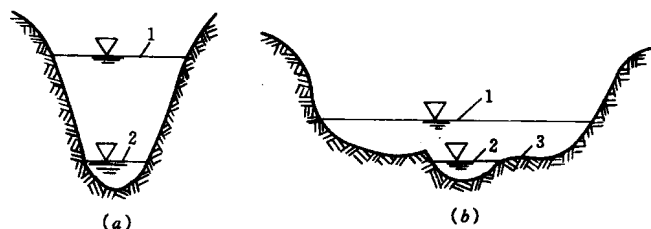


图 1-5 河槽横断面

(a) 单式断面；(b) 复式断面

1—洪水水位；2—枯水位；3—滩地

表现为山脉的脊线。

由于注入河流的水量除地面径流外，还有地下径流，而地下水的汇集范围不易确定，习惯上，只把地表水的汇集范围称为流域。

流域的分水线和出流断面所包围的面积称为流域面积。在气候条件和下垫面条件相同时，通常是流域面积越大，河流流量越大。量算流域面积时，先在地形图上勾绘出分水线，然后用求积仪圈量或用透明厘米纸量算。透明厘米纸量算法一般只适宜于小流域的面积计算。

流域面积分布状况也可用图形表示。如流域面积增长图。该图纵坐标为按一定比例尺画出的干流长度，横坐标表示流域面积，自上而下为河流的流向，支流画在干流的左右两侧。如图 1-6。

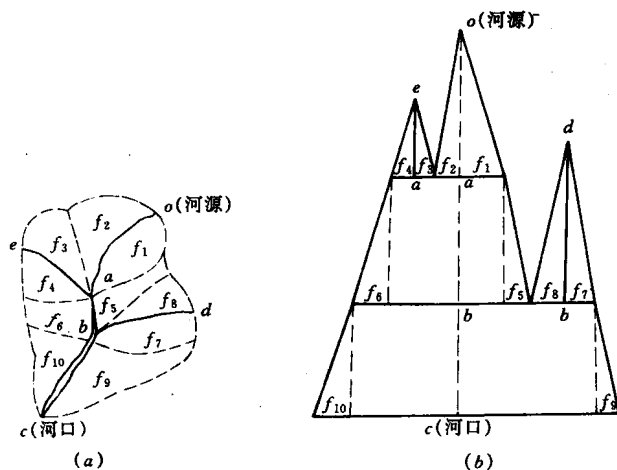


图 1-6 流域和流域面积增长图
(a) 流域和流域面积；(b) 流域面积增长图

第三节 河 川 径 流

河川径流是指降落到流域面积上的降水，经地表和地下汇入河流的水量，也称为径流量。其中来自地面的水流，称为地面径流；来自地下的水流，称为地下径流。我国河流的补给来源有雨水、冰雪融水、地下水等，而且多以雨水补给为主。根据河流接受补给情况，大致可分为三个区：秦岭以南主要为雨水补给，河流水量的变化受降雨的季节性变化支配，且夏季洪水比较突出；东北、华北的部分地区为雨水和季节性冰雪融水补给区，每年有春夏两次汛期；西北的阿尔泰山、天山、祁连山等高山地区，河流主要由高山冰雪融水补给，水量的变化与气温有密切关系。夏季气温高，冰雪融化水量大，加之一年的降水多集中在夏季，故河水量最大。冬季则反之。

一、河川径流的形成过程

降水通过流域的蓄渗蒸发作用后，汇集形成出口断面流量的整个物理过程，即为河川径流的形成过程。以降雨补给的河流为例，河川径流的形成过程大体可分为四个阶段：

(1) 降雨阶段。流域内的径流由降雨产生，降雨的大小和强度及其在时间、空间上的分布，决定着径流的大小和变化过程；

(2) 蓄渗阶段。流域开始降雨后，相当一段时间内的降雨（除直接降落在河槽水面上的极少一部分成为径流外）不能产生径流，而是消耗于植物截留、土壤下渗、地面填洼、流域蒸发及建筑物截留等；

(3) 坡面漫流阶段。当降雨强度增大并超过下渗强度时，地面洼地也已蓄满，则多余的雨水便在坡面上流动，形成坡面漫流。降雨强度大于下渗强度是产生地面径流的基本条件；

(4) 河槽集流阶段。坡面漫流的水到达河槽后，水在流域的水系内作纵向流动，在向下游流动的过程中又汇集了沿途各支流的来水，最后流出河口，这是径流形成的最终阶段。

由于流域内各点的降雨强度和损失的强度不同，而且形成径流的过程互相交错，因此，以上四个阶段不能简单地割裂开来。如在降雨同时，落在地面上的雨水既消耗于损失，又形成坡面漫流与河槽集流。

二、影响河川径流的因素

从径流的形成过程可以看出，径流的形成受多种因素的影响。归纳起来主要受以下三方面因素的影响：

(1) 气象因素

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。在降雨量一定的条件下，降雨过程对径流形成过程影响最大。降雨强度越大，降雨历时越短促，则形成的径流量就越大，径流过程也越短促；反之，径流量则小而且径流过程平缓。蒸发是流域内的水分由液态向气态转化的过程。由于降雨时空气湿度大，蒸发对一次降雨过程的影响不大，其影响在长时间内却是极大的。流域内的土壤水分大部分消耗于蒸发。我国湿润地区年降水量的 30%~50%、干旱地区年降水量的 80%~95% 都消耗于蒸发，只有一部分能形成径流。其他气象因素如温度、湿度、风等，都通过降水和蒸发对径流产生间接影响。

(2) 下垫面因素

流域的地理位置、流域的面积与形状、地形和地质、土壤和植被、湖泊率等统称为下垫面因素。它们一方面直接影响径流大小和过程；另一方面通过气象因素间接影响径流。如地形的影响表现为：地势越陡，切割越深，则坡地漫流和河网的汇流速度就越快，汇流时间就越短，流量变化速度也就越大。反之亦然；土壤和地质构造的影响表现为：土壤的物理性质和含水量、岩层的分布和走向、透水层的厚薄、储水条件等都明显地影响着流域的下渗量、地下水对河流的补给量及流域地表的水土流失等。因而在一定程度上影响着河流的流量及泥沙量；流域内植被的覆盖增加了地面糙度并加大了入渗水量，延长了地面径流的汇流时间，减缓了洪水；另外流域内水系的形状、沼泽和湖泊的存在，对流域的汇流和径流影响也很大。

(3) 人类活动

人类在从事工、农业生产及兴修水利的过程中，直接或间接地影响和改变着河川径流的条件。如跨流域引水工程，可同时改变两个或多个流域的径流量；挡水坝则可以改变河流的天然径流条件等。

三、径流常用度量单位

在河川径流的分析计算中，常用一些度量单位来表示某一时段内径流量的大小，以便对不同时段、不同地区的径流量进行比较。

(1) 流量 单位时间内通过河流某一指定断面的水体体积。用 Q 表示，单位 m^3/s 。因计算时段不同，有瞬时、日平均、月平均、年平均及多年平均流量之分。

(2) 径流总量 在计算时段内，通过河流指定断面处的水体体积。用 W 表示，单位 m^3 。其计算公式为：

$$W = Q \cdot T \quad (1-2)$$

式中 W ——计算时段内的径流总量 (m^3)；

Q ——计算时段内的平均流量 (m^3/s)。

河川水文情报 { 周期性
随机性
地区性

T ——计算时段 (s)。

(3) 径流模数 单位流域面积上所产生的平均流量。用 M 表示, 单位 $L/s \cdot km^2$ 。其计算公式为:

$$M = \frac{Q}{F} \times 10^3 \quad (1-3)$$

式中 F ——流域面积 (km^2);

M ——径流模数 ($L/s \cdot km^2$);

Q ——径流量 (m^3/s)。

(4) 径流深 某一时段内的径流总量均匀地铺在流域面积上形成的水层厚度。用 Y 表示, 单位 mm。其计算公式为:

$$Y = \frac{W}{F \times 10^3} \quad (1-4)$$

式中 Y ——径流深 (mm);

F ——流域面积 (km^2);

W ——径流总量 (m^3)。

(5) 径流系数 流域内某时段内的径流深与形成本次径流的降雨量的比值。用 α 表示, 无因次。其计算公式为:

$$\alpha = \frac{Y}{X} \quad (1-5)$$

式中 α ——径流系数;

Y ——径流深度 (mm);

X ——产生本次径流的降雨量 (mm)。

南方 60% 左右
西北 20% - 30%

【例 1-1】 已知某水文站测流断面以上流域面积 $F=2263km^2$, 根据 1950~1970 年实测水文资料得知, 该站在此期间的多年平均流量 $\bar{Q}=83.4m^3/s$, 多年平均降雨量 $\bar{X}=1770mm$ 。试计算多年平均年径流总量 $\bar{W}$ 、多年平均年径流深度 $\bar{Y}$ 、多年平均径流系数 $\bar{\alpha}$ 、多年平均径流模数 $\bar{M}$ 。

【解】 (1) 多年平均年径流总量为

$$\bar{W} = \bar{Q} \cdot T = 83.4 \times 365 \times 86400 = 26.3 \times 10^8 m^3$$

(2) 多年平均径流模数为

$$\bar{M} = \frac{\bar{Q}}{F} \times 10^3 = \frac{83.4}{2263} \times 10^3 = 36.9 L/s \cdot km^2$$

(3) 多年平均径流深度为

$$\bar{Y} = \frac{\bar{W}}{F \times 10^3} = \frac{26.3 \times 10^8}{2263 \times 10^3} = 1162 mm$$

(4) 多年平均径流系数为

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} = \frac{1162}{1770} = 0.656$$

第四节 流域水量平衡

河川径流的变化是比较复杂的, 在进一步研究各水文要素之间的关系时, 可根据水量

平衡原理，用方程式来表示其定量关系。在某一时段内进入某一区域（或流域）内的水量等于流出该区域（或流域）的水量与该区域（或流域）内储水量的变化值之和，这就是水量平衡原理。

对于一个完整的河流流域，当该流域的地面分水线与地下水分水线相互重合时，可视为一个闭合流域。对于某一时段，可列出水量平衡方程式：

$$X = Z + Y \pm \Delta V \quad (1-6)$$

式中 X ——某一时段内流域平均降水量（mm）；

Z ——同时段内流域平均蒸发量（mm）；

Y ——同时段内的径流量（mm）；

ΔV ——同时段内流域内增加或减少的储水量（mm）。

如果选择的时段为一年， X 、 Y 、 Z 分别代表年降水量、年径流量和年蒸发量，而 ΔV 表示年末与年初流域的储水量之差。对于丰水年， ΔV 为正值；而枯水年 ΔV 为负值；对于多年平均而言， $\Sigma (\pm \Delta V) \approx 0$ 。因此，闭合流域多年平均年水量平衡方程式为

$$X_0 = Z_0 + Y_0 \quad (1-7)$$

式中 X_0 ——多年平均年降水量（mm）；

Y_0 ——多年平均年径流量（mm）；

Z_0 ——多年平均年蒸发量（mm）。

上式表明，对于一个闭合流域来说，降落在流域内的降水完全消耗在径流和蒸发两方面。若将式（1-7）两端同时除以 X_0 ，得：

$$\frac{Y_0}{X_0} + \frac{Z_0}{X_0} = 1 \quad (1-8)$$

式中 Y_0/X_0 ——多年平均径流系数；

Z_0/X_0 ——多年平均蒸发系数。

这两个系数在 0 与 1 的范围内变化，其和等于 1。在干旱地区，径流系数很小，几乎近于零，蒸发系数却很大，接近于 1；在湿润地区，径流系数介于 0.5~0.7 之间或稍大些。

复习思考题

1-1 简述自然界水分的循环过程。

1-2 河流分为哪几段？其基本特征有哪些？

1-3 怎样计算河流的纵比降？

1-4 已知某河流各段特征点的高程及其水平间距如表 1-1。试求各河段的平均比降及全河的平均比降。

表 1-1

自河源起至河口 各河段编号	底坡变化特征点上、下高程 (m)	各特征点间距 (km)	各河段平均比降
I	73.5~41.9	211	
II	41.9~26.9	243	
III	26.9~16.3	258	
IV	16.3~3.7	200	
V	3.7~0	60	

- 1-5 什么是流域面积？如何量算流域面积？
- 1-6 河流有哪些补给来源？影响河川径流的因素有哪些？
- 1-7 试述河川径流的形成有哪几个阶段？
- 1-8 已知河流某水文站所在断面以上流域面积为 850km^2 ，多年平均径流量为 $86.5\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均年降水量为 1120mm 。试计算其年径流总量、径流模数、径流深度及径流系数。
- 1-9 简述闭合流域水量平衡方程及多年平均水量平衡方程的意义。