

高等学校教材

水资源水文学

西安理工大学 范荣生

合肥工业大学 王大齐

合编



高等学校教材

水资源水文学

西安理工大学 范荣生
合肥工业大学 王大齐 合编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是按照高等学校水利水电类专业教学委员会的讨论意见,由编者拟定的《水资源水文学》教材编写大纲编写的。全书共14章,内容包括:河川流域及其径流的基本概念;河川水文要素测验与资料收集整理的基本方法;水文统计的基本知识及方法;径流成因分析与计算;水资源估算;设计洪水;泥沙;水文预报;人类活动的水文效应;湖泊水文等,并附有基本的水文计算例题与思考题。

本书是高等学校水资源工程专业的教学用书,也可供水文、水工、农水、给排水等专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

水资源水文学/范荣生,王大齐编. —北京:中国水利水电出版社,1995
高等学校教材

ISBN 7-80124-106-1

I. 水… I. ①范… ②王… III. 水资源-水文学-高等学校-教材
N. TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 24026 号

书 名	高等学校教材 水资源水文学
作 者	西安理工大学 范荣生 合编 合肥工业大学 王大齐
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 18 印张 416 千字
版 次	1996 年 10 月第一版 1996 年 10 月北京第一次印刷
印 数	0001—1700 册
定 价	13.90 元

前 言

《水资源水文学》是水资源工程专业的基础课程。它是根据水利部 1990~1995 年高等学校水利水电类专业本科教材编审出版规划及专业教学委员会的讨论意见,由编者拟定的《水资源水文学》教材编写大纲编写的。

限于篇幅,习题不列入教材,各校根据实际情况自行处理。

本书由西安理工大学范荣生与合肥工业大学王大齐合编。范荣生负责全书的统稿工作。清华大学廖松为全书主审。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,望读者批评指正。

编 者

1990 年 9 月

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第一节 水文循环及水量平衡	1
第二节 水文学的任务、分类	2
第三节 水文现象的基本特点及研究方法	3
第四节 水资源的概念	4
第二章 河川径流	7
第一节 河流与流域	7
第二节 河川径流形成	9
第三节 径流量表示方法及单位	10
第四节 水文观测	10
思考题	21
第三章 降水	22
第一节 降水的成因与分类	22
第二节 降水观测	25
第三节 降雨资料的图示法	27
第四节 流域平均降雨量计算	28
第五节 我国年降水量的分布	29
思考题	30
第四章 下渗与土壤水	31
第一节 下渗	31
第二节 土壤水分	33
思考题	37
第五章 蒸发及散发	39
第一节 水面蒸发	39
第二节 土壤蒸发	43
第三节 植物散发	44
第四节 流域蒸散发估算	45
思考题	47
第六章 地下水	48
第一节 地下水储藏类型	48
第二节 潜水运动速度	54
第三节 地下水资源概念	55

思考题	57
第七章 河川径流成因分析计算	58
第一节 流量过程线特征	58
第二节 流域产流分析计算	61
第三节 流域汇流分析计算	67
第四节 河道洪水演算	79
第五节 流域水文模型	83
第六节 融雪径流	90
思考题	96
第八章 水文预报	97
第一节 概述	97
第二节 洪水预报	99
第三节 枯水预报	103
第四节 冰情预报	105
第五节 中长期水文预报简介	108
思考题	109
第九章 水文统计	110
第一节 概率的基本概念	110
第二节 随机变量及其概率分布	114
第三节 经验频率曲线	120
第四节 水文随机变量概率分布的估计	124
第五节 相关分析	131
第六节 二元概率组合	142
第七节 水文过程的随机模拟	145
思考题	153
第十章 区域水资源估算	155
第一节 区域水资源估算概述	155
第二节 河川径流量计算	157
第三节 地下水资源估算	175
第四节 区域水资源量的估算	184
思考题	188
第十一章 河流输沙量计算	189
第一节 河流泥沙来源	190
第二节 流域输沙量计算	193
思考题	196
第十二章 设计洪水计算	197
第一节 设计洪水计算的基本概念	197
第二节 由流量资料推求设计洪水	199

第三节	分期设计洪水	210
第四节	设计洪水的地区组成及遭遇	211
第五节	由暴雨资料推求设计洪水	212
第六节	小流域设计洪水	220
第七节	可能最大暴雨及可能最大洪水	233
思考题		240
第十三章	人类活动的水文效应.....	242
第一节	概述	242
第二节	水利、水保措施的水文效应	242
第三节	城市化的水文效应	247
第四节	水环境保护与水环境质量评价	251
思考题		258
第十四章	湖泊水文.....	259
第一节	湖泊形态特征	259
第二节	湖泊类型	260
第三节	湖泊主要理化性质	260
第四节	湖泊水资源	262
第五节	湖泊资源的综合利用与保护	264
思考题		265
附 录		266
附表 1	皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 Φ 值表	266
附表 2	皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 K_P 值表	268
附表 3	瞬时单位线 S 曲线查用表	272
附表 4	1000 hPa 地面到指定高度 (高出地面数) 间饱和和假绝热大气中的可降水量 (mm) 与 1000 hPa 露点 ($^{\circ}\text{C}$) 函数关系表	278
参考文献		280

第一章 绪 论

水文学是主要探讨地球上各种水体的存在、循环和分布，也涉及水体的化学和物理性质及其对水环境的作用，包括与生物的关系。水文学领域包括地球上水的全部生活史在内。

水文学是一门饶有趣味的学科。它涉及许多自然现象，有多种计算方法，有更多的判断余地，而且似乎缺乏准确性。事实上，合理的水文计算精度，能和其他工程计算精度相比拟。工程上的不可能性，由于使用安全系数、标准化的工程规范和材料性能的保守假设而掩饰了。

第一节 水文循环及水量平衡

一、水文循环

水文循环是水文学研究的有用出发点。这个循环（图 1-1）设想从海洋蒸发开始，海水在太阳能的作用下，不断蒸发而成水汽，上升至高空，被移动气团所输送而散布到各处。在适宜条件下，水汽凝结成云，从而导致降水，落到地面。落到陆地上的降水，除部分为植物截留和蒸发外，一部分沿地面流动为地面径流，一部分渗入地下。渗入地下的水，较大部分暂时存留于土壤中，最后经蒸发和植物散发而返回大气中；另一部分沿含水层流动，成为地下径流。最后，地面径流和地下径流的大部分都流归大海。然后又重新蒸发，继续循环，运转不已。这种过程称为自然界的水文循环。

水在地球上的循环，有降水、蒸发与径流三个主要环节。根据循环过程的整体性和局部性，可把水文循环分为大循环与小循环两类。由海洋蒸发的水汽，被气流带到大陆上空，成为降水落到大陆后又流归海洋。这种海陆间的水循环，称为大循环。海洋中的水蒸发后，在空中成为降水又直接降落在海洋上；或陆地上水蒸发后，在空中成为降水又直接降落在陆地上。这种局部的水循环，称为小循环。

水文循环在时间上和空间上并不是一成不变的。有时大自然气势汹汹，制造了倾盆大雨，江河横溢，一片汪洋。有时水文循环似乎完全停止，久旱不雨，赤地千里。在相邻两地区之间，水文循环的变化可以十分不同。这种洪旱极端情况是水文工程师所最关切的，因为多数水利工程就是为防御极端情况的恶果而设计的。我们认识水文循环的客观规律，是

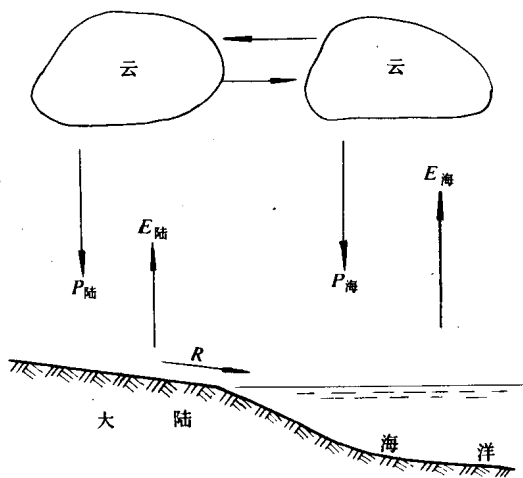


图 1-1 水文循环

为开发水资源提供理论根据。

二、水量平衡

在一定时段内和一定区域中，各水文要素（降水、蒸发、径流等）之间的数量变化关系，可用水量平衡方程综合地表示出来，它是水文水资源计算的有力工具。

根据近百年来的观测，海洋平均水位几乎不变，大气中水汽平均含量也未改变，陆地上的水量也未见增减。因此，对于多年平均情况而言，全球的水量平衡方程为

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

式中 $\bar{P}$ ——全球多年平均降水量；

$\bar{E}$ ——全球多年平均蒸发量。

即全球的降水量与蒸发量相等。据研究，它们的数值约 577000 km³。

对于河川流域，任一年的水量平衡方程为

$$P = E + R \pm \Delta W \pm \Delta U \quad (1-2)$$

式中 P ——流域年降水量；

E ——流域年蒸发量；

R ——流域年径流量；

ΔW ——相邻流域间的水量交换量；

ΔU ——流域年蓄水变量。

式 (1-2) 为非闭合流域的水量平衡方程。如果流域闭合，即流域的地下分水线和地面分水线重合，没有流域间的水量交换，且河床下切到足够深度，使地下径流经本流域出口断面流出，则式 (1-2) 中的 $\Delta W = 0$ ，则闭合流域任一年的水量平衡方程为

$$P = E + R \pm \Delta U \quad (1-3)$$

对多年平均而言，式 (1-3) 中蓄水变量项 ΔU 趋近于零，水量平衡方程变为

$$\bar{P} = \bar{E} + \bar{R} \quad (1-4)$$

式中 $\bar{P}$ ——流域多年平均降水量；

$\bar{E}$ ——流域多年平均蒸发量；

$\bar{R}$ ——流域多年平均径流量。

由式 (1-4) 可见，降落于闭合流域的多年平均降水量，最终耗用于蒸发量和径流量两项。

第二节 水文学的任务、分类

水文学是研究水在自然界循环过程所产生的各种现象及其变化规律的科学。由水文循环可知，水体以一定形态存在于自然界的各种场合，如大气中的水汽，地面上的河川、湖泊、沼泽、海洋和地面下的地下水，冰川两极的冰帽。因此，水文学广义地可分为水文气象学、地表水文学和地下水文学三种。地表水文学又可分为海洋水文学和陆地水文学。陆地水文学按研究水体的不同又可分为：河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学等。

各种天然水体中，河流与人类的经济生活有密切关系，因此，河流水文学与其他水体

水文学相比,发展得最早最快,目前已成为内容比较丰富的一门学科。河流水文学按其研究任务的不同,又可分为

(1) 水文测验学 研究获得水文资料的手段和方法,布设水文站网的理论,整编水文资料的方法以及水文调查等。

(2) 河流动力学 研究河流泥沙运动及河床演变的规律。

(3) 实验水文学 运用野外实验流域和室内模拟模型来研究水文过程及其物理机制。

(4) 水文分析与计算 在研究水文变化规律的基础上,预测长期水文情势,为水利工程等国民经济建设的规划设计拟定合理的规模。

(5) 水文预报 利用水文变化规律,预报未来短期水文情势,为水利工程等国民经济部门的施工管理及控制运用提供依据。

工程水文学是水文学应用于工程建设的一门技术科学。它研究有关工程的水文分析与计算及水文预报的基本理论与计算方法。工程水文学是本书的主体。因为本书主要为水资源工程专业而编写的,故称为水资源水文学。

第三节 水文现象的基本特点及研究方法

一、水文现象的基本特点

自然界水文现象极为复杂,其变化特点可归纳为两个方面。

(一) 时程变化上的周期性与随机性

(1) 周期性 水文现象的变化有以年为周期的周期性变化。例如,河流每年都有洪水期和枯水期。水文现象的周期性还表现在月变化、日变化的周期上。如潮汐的月变化周期;由冰雪补给的河流,因受气温的日变化影响,表现出明显的日变化。

(2) 随机性 水文现象在时程上表现出周期性变化的同时,还具有随机性的特点。例如,任一河流的不同年份的流量过程不会完全一致,它们在时间上和数量上都具随机性。随机性规律要由大量资料统计出来,所以通常称为统计规律。

(二) 地区变化上的相似性与特殊性

(1) 相似性 凡气候及地理条件相似的流域,其水文现象具有一定的相似性。例如,湿润地区的河流径流年内分布较为均匀,而干旱地区的河流径流年内分布就很不均匀。

(2) 特殊性 不同的下垫面条件产生不同的水文变化特点,这就是水文现象的特殊性。例如,在同一气候区,山区河流与平原河流的洪水变化特点就不相同;岩溶地区与非岩溶地区的河流水文变化特点也不相同。

二、水文学的研究方法

根据上述水文现象的基本特点,按不同要求,水文学的研究方法通常可分为三类。

(1) 成因分析法 水文现象与其影响因素之间存在着内在联系。通过观测资料与实验资料的分析研究,可能建立这一水文现象与其影响因素之间的数学物理方程。这样,就可根据当前影响因素的状况,预测未来的水文现象。这种解决问题的方法称为成因分析法。它能给出比较确切的成果,在水文预报与水文计算中得到广泛应用。

(2) 数理统计法 根据水文现象的随机性,以概率论为基础,用数理统计方法,去推

断水文现象的统计规律，作出长期概率预估。数理统计法是水文计算的主要方法。

(3) 地理综合法 根据气候与地理要素的地区性规律，研究水文特征值的定量分布。这些研究成果用等值线图或地区经验公式表示。利用它们可以求出观测资料短缺地区的水文特征值。

上述三种研究方法，在实际工作中常同时应用，互为补充。

第四节 水资源的概念

一、水资源涵义

地球上以固态、液态、气态形式分布在水圈、大气圈、岩石圈、生物圈之中的所有水，称为全球水储量，见表 1-1。储藏水量为 13.86 亿 km^3 。

表 1-1 全球水储量

水的类型	分布面积 (万 km^2)	水 量 (万 km^3)		合 计 (万 km^3)	占总储水量的百分比 (%)
		淡 水	咸 水		
海 洋 水	36130		133800	133800	96.5
地 下 水	13480	1053	1287	2340	1.70
土 壤 水	8200	1.65		1.65	0.001
冰 雪 水		2406.41		2406.41	1.74
冰冻带地下水	2100	30		30	0.022
河 流 水	14880	0.212		0.212	0.0002
湖 泊 水	206.87	9.10	8.54	17.64	0.013
沼 泽 水	268.26	1.15		1.15	0.0008
生 物 水	51000	0.112		0.112	0.0001
大 气 水	51000	1.29		1.29	0.001
总 储 水 量		3502.92	135095.54	138598.46	100.00
其 中 淡 水		3502.92			2.53

注 本表不包括南极洲地下水（约 200 万 km^3 ）。

这些水量能为人类利用的，目前仅是其中的淡水，约 0.35 亿 km^3 。但有的淡水仍难以利用，如生物水，大气水，大部分的冰雪水，冰冻带地下水等。只有河流水，湖沼中淡水，部分冰雪水及部分地下水等，能为人们所利用。以河流水储量 0.212 万 km^3 来说，是一个常数，最终要被人类用完。但是由于地球上水分循环，地表、地下水体的水不断得到交换和更新。因而，通常所说的水资源，是指逐年可以得到恢复和更新的淡水量。亦即大陆上由大气降水补给的地表、地下动态水量。地下淡水的静储量虽然很大，但其动态水量却较小。它主要依靠降水和地表水的下渗来补给。所以，水资源的含义是指逐年可得到恢复和更新的地表、地下水的动态水量。以多年平均年水量表示。

二、水资源的特点

地球上各种形式的水是不断地得到交换和更新。这种水资源不同于石油、煤炭等矿产

资源，而是一种动态资源。它随时间、空间而变化，且具有下列三个特点。

(一) 可恢复性和有限性

水资源的循环是无限的，但在一定的时间、空间范围内，大气降水对水资源的补给量却是有限的。在人类活动中，水资源不断地被开采和消耗。由于水循环，不断地得到降水的补给，这就构成了水资源的可恢复性特点。

地球各种水体的循环恢复周期，可按下式计算。

$$T = \frac{W}{Q} \tag{1-5}$$

式中 T ——循环恢复周期，d；

W ——地球水圈中某种水体的体积， km^3 ；

Q ——单位时间内进入某种水体的交换量， km^3/d 。

全球各种水体交换的平均周期，见表 1-2。

我国各种水体的交换周期，见表 1-3。

水循环过程的无限性和补给水量的有限性，决定了水资源在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。随着人口的增加和经济的发展，水的供需矛盾日益尖锐，人们认识到水资源并非取之不尽、用之不竭的。

(二) 时空分布的不均匀性

1. 水资源时程分布的不均匀

我国地处欧亚大陆东部的中纬度地区，属大陆性季风气候。受季风和西风环流的影响，降水、径流有丰枯交替变化的特点。一年之内，夏秋多雨，河流呈现丰水现象；冬春少雨，河流呈现枯水现象。水资源在时程上分布的不均匀性，增加了开发利用的难度。

以多年平均年水量表示的水资源，是一种宏观的概念。它在评价和研究上十分重要。但在生产中并不实用，因它不表明可利用性。例如，河流的洪水一般不能全部被利用。因此，有人把它称为无效水资源。还有，因水污染也造成无效水资源。从水资源中减去无效水资源，即为目前的有效水资源。

2. 水资源地区分布的不均匀

由于受海陆分布和地形等因素的影响，水资源在地区上分布也不均匀。表 1-4 为我国各

表 1-2 全球各种水体交换的平均周期

水的类型	交换周期 (d)	水的类型	交换周期 (d)
海洋水	2500	湖泊水	17
极地冰雪	9700	沼泽水	5
山地冰川	1600	土壤水	1
水冻层	10000	河流水	0.044
地下水	1400	大气水	0.022

注 摘自《区域水资源分析计算方法》，黑龙江省水文总站主编，水利电力出版社，1987 年。

表 1-3 我国陆地水体储量及交换周期

项目	面积 (km^2)	水 量		年循环量 (km^3/d)	交换周期 (d)
		km^3	%		
地下水	9543000	56915	86.37	700	81
土壤水	8260000	3355	5.09	3355	1
湖泊水	80645	821	1.25	51	16
沼泽水	110000	50	0.08	10	5
河流水	8510000	86	0.13	2600	0.044
大气水		163	0.25	6048	0.022
冰川		4500	6.83	54.5	823
全 国		65890	100		

表 1-4 全国各流域片水资源总量

分片名称	面 积 (km ²)	水资源总量 (亿 m ³)	产水模数 (万 m ³ /km ²)
珠江流域片	578141	4739	82.0
浙闽台诸河片	241155	2714	112.5
西南诸河片	844138	4684	55.5
长江流域片	1808500	9600	53.1
南方四片	3471934	21737	62.6
淮河流域片	327443	1024	31.3
黄河流域片	794712	762	9.59
海滦河流域片	319029	406	12.7
辽河流域片	345207	581	16.8
黑龙江流域片	896756	1389	15.5
额尔齐斯河	50000	104	20.8
西北内陆诸河片	3354289	1207	3.6
北方七片	6087436	5473	8.99
全 国	9559370	27210	28.5

注 摘自《区域水资源分析计算方法》，黑龙江省水文总站

主编，水利电力出版社，1987年。

需要、维持生命等方面，是其他资源所不可替代的。一旦发生水资源危机，其后果将比能源危机更严重。因此，必须珍惜水资源，提倡节约用水，一水多用。

流域片的水资源总量。

由表 1-4 可见，南方长江、珠江、浙闽台和西南诸河，处在多水地带，水资源丰富，四个片的总水量占全国总水量的 80%，但耕地面积只占 38%，人口占 54%。但在北方，黄河、淮河、海滦河、辽河、黑龙江、西北内陆诸河，处在过渡、少水、干旱缺水地带，六个片的总水量仅占全国的 20%，而耕地面积却占 62%，人口占 46%。其中，尤以海滦河、淮河两片最为突出，面积占全国的 6.7%，水量占全国的 4%，而人口和耕地面积却占全国的 27%。地多、人多、水少，水土资源极不平衡。

(三) 不可替代性

水是一切生命的命脉，水资源既是生活资料又是生产资料。它在满足社会环境

第二章 河 川 径 流

第一节 河流与流域

径流是水文循环的一个重要环节。降水落到地面，除下渗、蒸发等损失外，其余都以径流形式注入河流。地表水在重力作用下，沿着陆地表面上的曲线形凹地流动，依其大小可分为江、河、溪、沟，其间并无精确分界，统称为河流。

一、河流特征

流动的水体与容纳流水的河槽，是构成河流的两个要素。枯水期水流所占据的河槽，称基本河槽，或称主槽。洪水泛滥所及部位为洪水河槽，或称滩地。

(一) 河流分段

自河源到河口的距离，称为河长，可在适当比例尺的地形图上量出。一条河流可分为河源、上游、中游、下游及河口五段。河源是河流的源头。上游直接连着河源，其特点是落差大，水流急，下切力强，两岸陡峻，为峡谷地形。中游河道坡降变缓，河床比较稳定，两岸逐渐开阔，有滩地出现。下游的特点是坡度缓，水流慢，泥沙淤积，沙洲众多，河曲发育。河口是河流的终点，也是河流汇入海洋、湖泊或其他河流的地方，泥沙淤积严重。

(二) 河流的断面

河流的断面分横断面与纵断面两种。横断面是指与水流方向相垂直的断面，两边以河岸为界，下面以河底为界，上界是水面线。横断面也称过水断面，分单式及复式两种。它是计算流量的重要因素。

纵断面是指沿河流中线或溪线的剖面，用测量方法测出该线上若干河底地形变化点的高程，以河长为横坐标，高程为纵坐标，可绘出河流的纵断面图。它表示河流纵坡与落差的沿程分布，是推算河流水能蕴藏量的主要依据。

(三) 河流的纵比降

河段两端的河底高程差 Δh 叫做落差。单位河长的落差称为河道纵比降。比降用小数表示，也可用千分数表示。

当河段纵断面近于直线时，比降可按式计算：

$$J = \frac{h_1 - h_0}{l} = \frac{\Delta h}{l} \quad (2-1)$$

式中 J ——河段的纵比降；

h_1, h_0 ——河段上、下端河底高程，m；

l ——河段的长度，m。

当河段纵断面呈折线时，计算公式如下：

$$J = \frac{(h_0 + h_1)l_1 + (h_1 + h_2)l_2 + \cdots + (h_{n-1} + h_n)l_n - 2h_0L}{L^2} \quad (2-2)$$

式中 $h_0, \dots, h_n$ ——自上游到下游沿程各点的河底高程，m；

$l_1, \dots, l_n$ ——相邻二点间的距离, m;

L ——河段全长, m。

(四) 河系及河网

将汇集的水流注入海洋或内陆湖泊的河流叫做干流。甲河注入另一条河, 则甲河是乙河的支流。支流可分成许多级: 直接汇入干流的河流叫干流的一级支流; 汇入一级支流的河流叫干流的二级支流, 其余可类推。河流的干流及全部支流, 构成脉络相通的系统, 称为河系, 又称水系或河网。

(五) 河网密度

河网密度 D (km/km^2) 是干支流的总长度 $\sum L$ (km) 和流域面积 F (km^2) 之比值, 即单位面积内干支流的长度。

$$D = \frac{\sum L}{F} \quad (2-3)$$

河流长度和河网密度是流域中地表径流量大小的标志之一。河网密度愈大, 排泄水流的能力愈强。

二、流域特征

(一) 分水线

河流某断面的集水区域, 称为河流在该断面的流域。当不指明断面时, 流域乃对河口断面而言。流域的周界称为分水线或分水岭。每个流域的分水线, 就是流域四周最高点的连线, 通常就是流域四周山脉的脊线。例如, 秦岭便是黄河流域与长江流域的分水岭。

流域分水线所包围的面积, 就是流域面积。流域内的水通常包括地面水和地下水。因此, 分水线有地面分水线与地下分水线两种。当一个流域的地面分水线与地下分水线相重合, 河床切割较深, 这样理想的流域称为闭合流域。但由于地质构造上的原因, 地面分水线与地下分水线并不完全重合, 这种流域称为不闭合流域。不闭合流域与相邻流域间发生水量交换。实际上很少有严格的闭合流域, 但是, 除有石灰岩溶洞等特殊地质构造外, 对一般较大流域而言, 不闭合引起的水量误差相对较小, 可按闭合流域考虑。

(二) 流域的几何特征

流域的几何特征, 有流域面积、流域长度、流域平均宽度及流域形状系数等。

(1) 流域面积 为测定流域面积, 先在适当比例尺的地形图上定出流域分水线, 再用求积仪法或数方格法求出它所包围的面积。

(2) 流域长度 从河口起通过横断流域的若干割线的中点而达流域最远点的连线, 称为流域长度, 也就是流域的轴长。若流域形状不甚弯曲, 也可采用河源到河口的直线来确定流域长度。

(3) 流域平均宽度 流域平均宽度 B (m) 可用下式计算:

$$B = \frac{F}{L} \quad (2-4)$$

式中 F ——流域面积, km^2 ;

L ——流域长度, km 。

(4) 流域形状系数 流域形状系数是流域平均宽度 B 和流域长度 L 之比, 以 K 表示:

$$K = \frac{B}{L} = \frac{F}{L^2} \quad (2-5)$$

流域形状系数是一无因数的系数，它便于对不同流域进行对比。狭长流域 K 较小。

(三) 流域的自然地理特征

流域的自然地理特征，是指流域的地理位置（经纬度）、地形（流域平均坡度、流域平均高度）、气候、植被、土壤及地质、湖泊率与沼泽率等。除气候外，其他因素合称为流域的下垫面因素。

第二节 河川径流形成

流域上降水（液态或固态）所形成的沿流域地面及地下汇集到河网，并沿河槽下泄流经出口断面的水流，称为径流。

降落在流域表面的降雨，除少量直接进入河、湖表面形成径流（直接径流）外，一部分滞留在植物枝叶上，称为植物截留。虽然植物截留的影响在大暴雨中是不重要的，但某些阔叶林的截留量却是年雨量中可观的部分。截留能力通常在暴雨中最早得到满足，雨后被蒸发掉。

降雨中超过植物截留的雨水，仍落到地面上，一般都向土壤中下渗。当降雨强度超过下渗能力时，超渗雨开始填充地面的洼地，这些洼坑积蓄的水量，称为填注量。洼地储蓄的水在雨止时不是被蒸发掉，就是被土壤通过下渗而吸收。填注量可以有很大的数值，并可在水文循环中起重要作用。池塘、梯田和等高耕作均增加洼蓄而使洪水过程缓和，而平整土地和农田排水会减少洼蓄。

从地面下渗的雨水，不断填充土壤空隙，使通气层（包气带）土壤含水量增大，在它未饱和前不产生径流，而形成表层土壤储存。

植物截留、洼地蓄水、表层土壤储存和雨期蒸发，都不参与径流量的形成，称它们为降雨径流形成过程中的损失量。当损失量被满足时，后续降雨强度超过下渗强度时，超渗雨才沿坡面流动，称为坡面漫流。坡面漫流进入沟溪、汇入河槽，最后成为流域出口的径流量。这部分径流称为地面径流。

当表层土壤储存满足时，后续下渗的水量往往沿饱和层坡度在土壤空隙间流动，注入河槽形成径流，称为表层径流或壤中流。它比地面径流慢，到达河槽也较迟。

从地面下渗的水量，除满足土壤储存与壤中流外，一部分继续下渗，经过整个通气层，到达地下水水面并渗入河槽，称为浅层地下径流，也称潜水或无压地下水。至于不透水层以下的深层地下水，也可以通过泉水或其他形式补给河流，这部分径流称为深层地下径流。它流量稳定，通常称为基流。

由于壤中流沿坡面汇集的速度，明显快于地下径流，因而在实际水文分析中往往将它并入地面径流。

地面径流、地下径流注入河网，从上游向下游，从支流向干流汇集，最后全部先后流经流域出口断面。这个汇流过程称为河网汇流或河槽集流。

一次降雨过程，经植物截留、填注、下渗和蒸发等项损失后，进入河网形成径流的水量自然比降雨总量小，而且超渗雨量经坡地漫流与河网汇流，在时程上起了两次再分配的