

高等学校教材

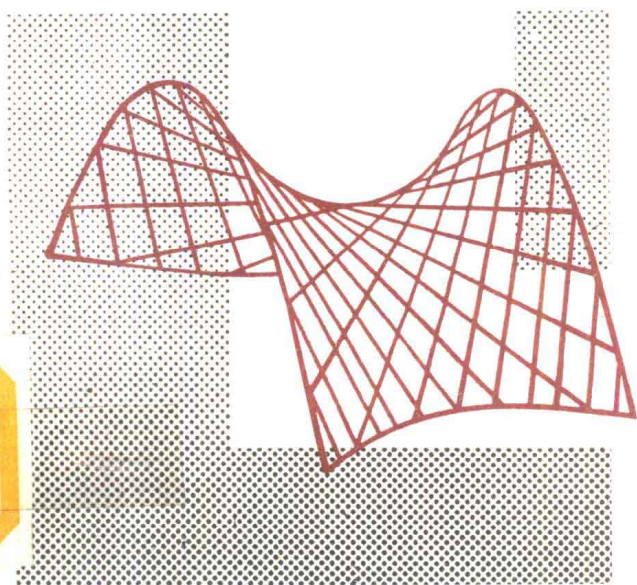
水文学

996732

(第三版)

马学尼 黄廷林 主编

● 中国建筑工业出版社



8
97E3



高等学校教材

水 文 学

(第三版)

马学尼 黄廷林 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目(CIP)数据

水文学/马学尼主编. -3版. -北京:中国建筑工业出版社,1998

高等学校给水排水专业教材

ISBN 7-112-00851-4

I. 水… II. 马… III. 水文学-高等学校-教材 IV. P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21669 号

高等学校教材

水文学

(第三版)

马学尼 黄廷林 主编

*

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

北京密云银河商标印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:12¼ 字数:298千字

1998年5月第三版 1998年5月第九次印刷

印数:48601—54600册 定价:10.20元

ISBN 7-112-00851-4

TU·604(8581)

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)

前 言

给水排水工程专业用《水文学》教材于1979年12月初版发行，在历经八届教学实践的基础上进行修订后于1989年12月再版发行。现根据1995年全国高校给水排水工程学科专业指导委员会会议精神和专业指导委员会1993年12月制订的高校给水排水专业本科四年制《水文学》课程教学基本要求，按照1983年11月全国高校给水排水专业教学大纲，充分考虑其他院校通过近几年《水文学》教学实践和1990年6月在同济大学召开的《水文学》课程研讨会所提意见，在原有教材内容基础上进行了重新编写和修订。

此次改编和修订，根据新的教学基本要求和新编规范对教材内容作了适当的增删，对原书图表及公式中的错误进行了更正，重新编写了第3、4章；按照1994年颁布的国家标准《量和单位》，对教材中的物理量及计量单位进行了统一和规范化；引入了计算机的应用，增加了频率分析、回归分析和暴雨强度公式中参数的非线性最小二乘估计等计算程序；考虑到城市降雨径流特点及地表径流污染，增补了第7章“城市降雨径流”，以满足城市发展对给水排水工程专业的新要求。

修订后的教材内容包括：河川流域及其径流，水文统计基本理论，年径流及洪枯径流，降水资料的收集与整理，小流域暴雨洪峰流量的计算，城市降雨径流等，并附有水文计算用表。书中例题均结合我国实际，每章之后附有复习思考题，便于学生复习。考虑到不同地区对水文学教学内容广度、深度上的不同要求，凡带有*形符号的章节只作选学内容，各院校可根据本地区的具体情况进行取舍。

这次编写和修订，尽可能结合给水排水工程专业的需要，力求做到重点突出，层次分明；加强逻辑性；做到深入浅出，便于阅读；重视理论与实践密切结合，既努力反映现代科学技术的新成就，又考虑到能与我国给排水事业的发展相适应，建立起给水排水工程专业《水文学》教材的新体系。本教材除可作为高等院校给水排水工程专业教学用书外，也可供有关专业人员参考。

本书由西安建筑科技大学给水排水工程教研室马学尼、黄廷林主编。其中第1、2、5、6章由马学尼、黄廷林修编；第3章由贾玉新编写；第4章由马学尼、贾玉新编写；第7章由黄廷林编写；文稿校对、计算程序调试和插图绘制由方海红、王俊萍承担。本书由沈阳建筑工程学院董辅祥教授初审，重庆建筑大学张世芳教授主审，特此致谢。

敬请读者对书中存在的错误和不当之处予以批评指正。

编 者

1997年6月于西安

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第1章 绪论 | 1 |
| 1.1 水文现象及水分循环 | 1 |
| 1.2 水文学的任务及作用 | 2 |
| 1.3 水文学与给排水工程的关系 | 3 |
| 1.4 水文现象的特性 | 3 |
| 1.4.1 水文现象时程变化的周期性与随机性的对立统一 | 4 |
| 1.4.2 水文现象地区分布的相似性与特殊性的对立统一 | 4 |
| 1.5 水文现象的研究方法 | 4 |
| 第2章 水文学的一般概念与水文测验 | 6 |
| 2.1 河流和流域 | 6 |
| 2.1.1 干流及支流 | 6 |
| 2.1.2 河长及弯曲系数 | 6 |
| 2.1.3 河槽基本特征 | 6 |
| 2.1.4 河流的分段 | 9 |
| 2.1.5 分水线及流域 | 9 |
| 2.2 河川径流及其表示方法 | 10 |
| 2.2.1 河川径流的基本概念 | 10 |
| 2.2.2 河川径流量的表示 | 10 |
| 2.3 河川径流形成过程及影响径流的因素 | 12 |
| 2.3.1 河川径流形成过程及其特征时期 | 12 |
| 2.3.2 影响径流的主要因素 | 13 |
| 2.3.3 地下径流 | 15 |
| 2.3.4 固体径流 | 15 |
| 2.4 流域水量平衡 | 15 |
| 2.5 河川水文资料的观测方法 | 16 |
| 2.5.1 水位观测 | 17 |
| 2.5.2 流量测算 | 17 |
| 2.5.3 泥沙测算 | 18 |
| 2.5.4 冰凌观测* | 19 |
| 2.6 水位与流量关系曲线 | 19 |
| 2.6.1 水位与流量关系曲线的绘制 | 19 |
| 2.6.2 水位与流量关系曲线的延长 | 19 |
| 2.6.3 水位与流量关系曲线的应用 | 22 |
| 复习思考题 | 22 |

| | |
|---------------------------|----|
| 第3章 水文统计基本原理与方法 | 24 |
| 3.1 概述 | 24 |
| 3.1.1 事件 | 24 |
| 3.1.2 总体、样本、样本容量 | 24 |
| 3.1.3 数理统计法对水文资料的要求 | 25 |
| 3.2 概率和频率 | 25 |
| 3.2.1 概率和频率 | 25 |
| 3.2.2 概率运算定理 | 26 |
| 3.2.3 随机变量的概率分布 | 27 |
| 3.2.4 累积频率和重现期 | 29 |
| 3.2.5 设计标准 | 30 |
| 3.3 经验频率曲线 | 30 |
| 3.3.1 经验频率曲线 | 30 |
| 3.3.2 经验频率公式 | 31 |
| 3.3.3 经验频率曲线的绘制和应用 | 32 |
| 3.3.4 经验频率曲线的外延 | 32 |
| 3.4 统计参数 | 33 |
| 3.4.1 均值 | 33 |
| 3.4.2 均方差和变差系数 | 33 |
| 3.4.3 偏态系数 | 35 |
| 3.5 理论频率曲线 | 35 |
| 3.5.1 皮尔逊Ⅲ型曲线 | 36 |
| 3.5.2 克里茨基—冈凯里曲线 | 40 |
| 3.6 抽样误差 | 41 |
| 3.6.1 误差来源 | 41 |
| 3.6.2 抽样误差概述 | 41 |
| 3.6.3 抽样误差分布 | 41 |
| 3.6.4 抽样误差计算公式 | 42 |
| 3.7 现行水文频率计算方法—适线法 | 43 |
| 3.7.1 试错适线法 | 43 |
| 3.7.2 三点适线法 | 44 |
| 3.7.3 频率分析实例 | 44 |
| 3.8 相关分析 | 48 |
| 3.8.1 相关分析的意义 | 48 |
| 3.8.2 直线回归方程 | 49 |
| 3.8.3 相关系数和回归系数 | 50 |
| 3.8.4 相关分析的误差 | 51 |
| 3.8.5 相关分析时应注意的问题 | 52 |
| 3.8.6 相关计算举例 | 52 |
| 3.9 频率分析综合程序* | 54 |
| 3.9.1 综合程序的内容 | 54 |
| 3.9.2 变量和数组说明 | 54 |
| 3.9.3 程序框图 | 55 |

| | | |
|-------|-------------------------------|-----|
| 3.9.4 | 计算程序 | 55 |
| 3.9.5 | 程序应用举例 | 59 |
| | 复习思考题 | 61 |
| 第4章 | 年径流及洪、枯径流 | 63 |
| 4.1 | 概述 | 63 |
| 4.2 | 设计年径流量 | 64 |
| 4.2.1 | 年径流变化特点和分析方法 | 64 |
| 4.2.2 | 具有长期实测资料时设计年径流量的推算 | 64 |
| 4.2.3 | 资料不足情况下设计年径流量的推算 | 66 |
| 4.2.4 | 缺乏实测资料时设计年径流量的推算 | 68 |
| 4.3 | 设计年径流量的年内分配 | 72 |
| 4.3.1 | 径流的年内分配 | 72 |
| 4.3.2 | 有长期实测径流资料时设计年径流量年内分配的确定 | 72 |
| 4.3.3 | 缺乏实测径流资料时设计年径流量年内分配的确定 | 74 |
| 4.3.4 | 日流量(或水位)历时曲线的绘制和应用 | 75 |
| 4.4 | 设计洪水流量和水位 | 76 |
| 4.4.1 | 洪水及设计洪水 | 76 |
| 4.4.2 | 推求设计洪水的方法 | 77 |
| 4.4.3 | 设计洪水标准 | 77 |
| 4.4.4 | 洪水资料审查 | 78 |
| 4.4.5 | 洪水资料选样 | 79 |
| 4.4.6 | 洪水资料的插补延长 | 79 |
| 4.4.7 | 特大洪水资料的处理 | 80 |
| 4.4.8 | 设计洪峰流量(或水位)的计算 | 84 |
| 4.5 | 设计枯水流量和水位 | 88 |
| 4.5.1 | 影响枯水径流的因素 | 89 |
| 4.5.2 | 有长期实测资料时枯水径流的计算 | 89 |
| 4.5.3 | 资料短缺时枯水径流的计算 | 91 |
| 4.5.4 | 缺乏资料地区枯水径流的计算 | 91 |
| 4.6 | 径流调节* | 93 |
| 4.6.1 | 径流调节的意义 | 93 |
| 4.6.2 | 水库调节类型及其特征水位 | 93 |
| 4.6.3 | 水库对年径流的调节 | 94 |
| 4.6.4 | 水库对洪水的削减 | 96 |
| 4.7 | 潮汐河口的设计水位* | 97 |
| 4.7.1 | 潮汐河口的水文情势 | 97 |
| 4.7.2 | 潮汐河口的设计潮水位计算 | 99 |
| | 复习思考题 | 100 |
| 第5章 | 降水资料的收集与整理 | 102 |
| 5.1 | 降水 | 102 |
| 5.1.1 | 降水的观测 | 102 |
| 5.1.2 | 降水三要素 | 102 |
| 5.2 | 降水分布* | 103 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.1 流域平均降水量 | 103 |
| 5.2.2 多年平均最大 24h 降水量 | 106 |
| 5.2.3 我国年降水量的分布 | 106 |
| 5.3 点雨量资料的整理 | 106 |
| 5.4 暴雨强度公式的推求 | 111 |
| 5.4.1 暴雨强度公式 | 111 |
| 5.4.2 公式 $i = \frac{A}{t^n}$ 中参数的推求 | 112 |
| 5.4.3 公式 $i = \frac{A}{(t+b)^n}$ 中参数的推求 | 116 |
| 5.4.4 公式 $i = \frac{A_1 (1+C \lg T)}{(t+b)^n}$ 中参数的非线性最小二乘估计* | 117 |
| 5.4.5 无自记雨量计记录地区暴雨强度公式的推求 | 124 |
| 5.4.6 利用等值线图求暴雨强度 | 127 |
| 5.5 可能最大降水 (PMP) 简介* | 129 |
| 复习思考题 | 130 |
| 第 6 章 小流域暴雨洪峰流量的计算 | 132 |
| 6.1 小流域暴雨洪水计算的特点 | 132 |
| 6.2 暴雨损失 | 133 |
| 6.2.1 损失分类 | 133 |
| 6.2.2 下渗曲线与下渗量累积曲线 | 133 |
| 6.2.3 初期损失与平均下渗率 | 134 |
| 6.3 流域汇流 | 134 |
| 6.3.1 暴雨洪水形成过程 | 134 |
| 6.3.2 等流时线原理 | 135 |
| 6.3.3 不同净雨历时情况下的径流过程 | 136 |
| 6.3.4 暴雨洪峰流量公式 | 138 |
| 6.4 暴雨洪峰流量的推理公式 | 138 |
| 6.4.1 水科院水文所公式 | 139 |
| 6.4.2 铁一院两所公式 | 149 |
| 6.5 地区性经验公式及水文手册的应用 | 160 |
| 6.5.1 以流域面积 F 为参数的地区经验公式 | 160 |
| 6.5.2 包含降雨参数的地区经验公式 | 160 |
| 6.5.3 水文手册的应用 | 161 |
| 复习思考题 | 161 |
| 第 7 章 城市降雨径流* | 163 |
| 7.1 城市化与城市水文过程 | 163 |
| 7.2 城市化与城市暴雨径流 | 164 |
| 7.2.1 城市化过程 | 164 |
| 7.2.2 城市暴雨径流特点 | 164 |
| 7.3 城市水文资料的收集 | 166 |
| 7.3.1 降水和其它气象资料 | 166 |
| 7.3.2 河道及管渠流量资料 | 167 |
| 7.3.3 水质监测资料 | 167 |

| | |
|--|-----|
| 7.3.4 土地利用情况资料 | 167 |
| 7.3.5 城市水文测验系统 | 168 |
| 7.4 城市设计暴雨 | 168 |
| 7.5 城市降雨径流的水质特性 | 170 |
| 7.5.1 城市径流中污染物的来源及种类 | 170 |
| 7.5.2 地表污染物的聚集及去向 | 170 |
| 复习思考题 | 171 |
| 附录 | 172 |
| 附录 1 经验频率 $P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 表 | 172 |
| 附录 2 海森概率格纸的横坐标分格表 | 174 |
| 附录 3 皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表 ($0 \leq C_s \leq 64$) | 175 |
| 附录 4 克里茨基-闵恺里累积频率曲线的 K_p 值表 | 178 |
| 附录 5 P-Ⅲ型曲线三点适线法 S 与 C_s 关系表 | 180 |
| 附录 6 天然河道糙率表(1) 单式断面 (或主槽) 较高水部分 | 182 |
| (2) 滩地部分 | 183 |
| 附录 7 海森概率格纸 | 184 |
| 主要参考文献 | 185 |

第 1 章 绪 论

1.1 水文现象及水分循环

地球上的水主要受太阳辐射和地心引力的两种作用而不停地运动，其表现形式可概括为四大类型，即降水、蒸发、渗流和径流，统称为水文现象。降水的形式有雨、雪、雾、霰、雹等，凡空气中水汽以任何方式冷凝并降落在地表的都属降水。蒸发则是地表向空中逸散水分，这种使水上升成为水汽的途径有截留蒸发、地面蒸发、叶面散发、水面蒸发和海洋蒸发等五种。所谓截留蒸发是指那些并未落到地面而被植物截留了的降水重新蒸发的现象；所谓叶面散发是指从植物叶孔中逸出水汽的现象，有时也称为蒸腾。渗流是水从地表渗入到地内，以及在地内流动的现象，可分为两步：下渗或入渗是指地表水经过土壤表面进入土壤的过程；渗透是指水分在土壤内的运动。径流分为地面径流和地下径流两种：地面径流是水在地面上流动的现象，包括坡地漫流和河槽流动两个过程；地下径流是水在地下含水层内流动的现象。在这些水文现象中，和人类经济活动关系最密切的就是河川径流，是水文学研究的主要对象。

地球上的水在太阳热能的作用下，不断蒸发而成水汽，上升到高空，随大气运动而散布到各处。这种水汽如遇适当条件与环境，则凝结而成降水，下落到地面。到达地面的雨水，除部分为植物截留并蒸发外，一部分沿地面流动成为地面径流，一部分渗入地下沿含水层流动成为地下径流，最后，它们之中的大部分都流归大海。然后，又重新蒸发，继续凝结形成降水，运转流动，往复不停。这种过程，称为自然界的水分循环，其示意图可见图 1.1 和图 1.2。

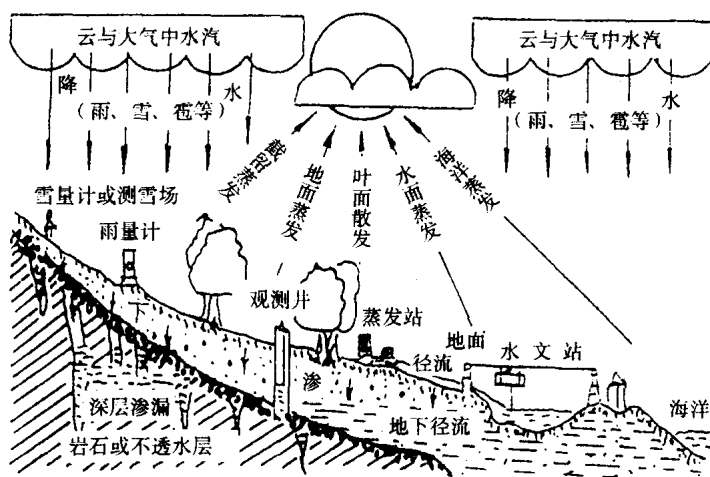


图 1.1 水分循环示意图

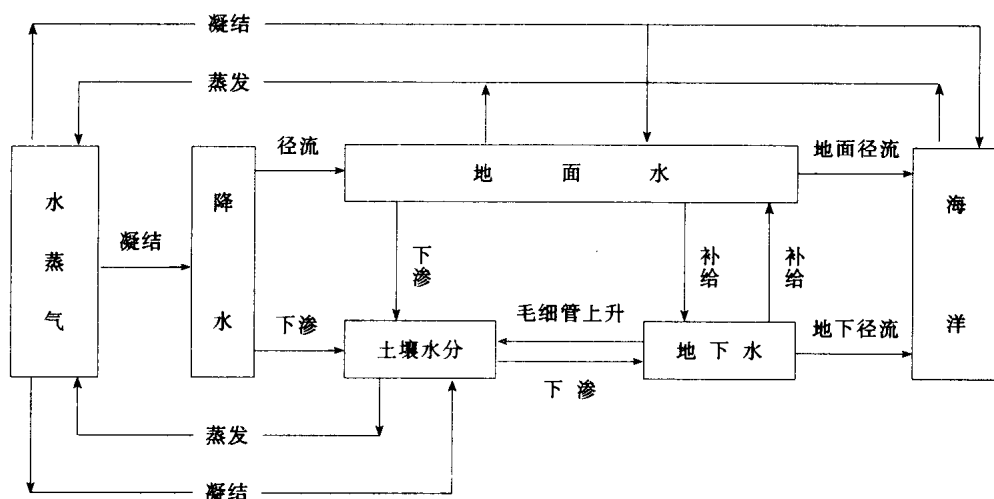


图 1.2 水分循环表解

根据水分循环过程的整体性和局部性，可把水分循环分为大循环与小循环两类。由海洋蒸发的水汽降到大陆后又流归海洋的循环，称为大循环；海洋蒸发的水汽凝结后成为降水又直接降落在海洋上或者陆地上的降水在没有流归海洋之前，又蒸发到空中去的这些局部循环，称为小循环。陆地上小循环之所以重要，在于地方性蒸发所产生的水汽，既增加了当时大气中的水汽含量，又改变了大气的物理状态，因此创造了降水的有利条件，直接影响到人类的经济活动。

研究水分循环的目的，在于认识水分循环的客观规律，了解其各项影响因素间的内在联系，为改造自然，开发水利资源提供理论根据。

1.2 水文学的任务及作用

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的科学。由前述水分循环可知，广义的水文学可分为地表水文学、水文气象学与水文地质学。水文气象学属于气象学中的一个学科，研究大气中水汽运动的规律；水文地质学属于地质学中的一个学科，研究地下不同形态的水的运动规律。地表水文学又分为陆地水文学与海洋水文学两大类，通常所说的水文学指的只是陆地水文学。在陆地上，有些水的径流现象与规律具有其特殊性，在研究利用过程中，已发展成为独立的学科，如冰川学、湖泊学、沼泽学、河流学、河口学等。近代陆地水文学包括以下几个学科：

(1) 水文测验学及水文调查 研究水文站网布设的理论，水文资料观测与整编的方法，为特定目的而进行的水文调查的方法及资料整理等；

(2) 河流动力学 研究河流泥沙运动及河床演变的规律；

(3) 水文学原理 研究水分循环的基本规律和径流形成过程的物理机制。其中，有些问题常于野外实验流域或室内模拟模型进行实验研究；

(4) 水文地理学 从水文气象、水文地貌和水文地质等方面来研究天上、地表、地下的水体的存在、运移及相互转换的情况，可给出一些水文现象的地区性规律；

(5) 水文预报 根据水文现象变化规律, 预报未来短时期(几小时或几天)内的水文情势, 对枯水期内径流的预报期可稍长一些;

(6) 水文分析与计算 根据水文现象变化的规律, 预估未来长时期内(几十年到百年以上)的水文情势;

(7) 工程水文学 将水文学的基本理论与方法应用于工程建设的一门技术学科;

(8) 城市水文学 研究城市化影响下城市环境内外的水文过程, 是近几十年来发展形成的水文学的一个新的分支。

本课程的内容, 主要叙述水分循环运动中, 从降水到径流入海的这一段过程中, 关于地面径流的运动规律、量测方法及在工程上的应用等问题, 基本上属工程水文学的范畴。它包括河川及径流的基本概念, 河川水文要素量测方法, 水文分析中常用的数理统计的基本原理, 河川径流的年际变化与年内分配, 枯水径流与洪水径流的调查分析与计算, 降雨资料的整理与暴雨公式的推求, 小流域暴雨洪水流量的计算, 城市降雨径流的特点等。

通过本课程的学习, 要求能了解河川水文现象的基本规律, 掌握水文统计的基本原理与方法, 能够独立地进行一般水文资料的收集、整理工作; 具有一定的水文分析计算技能。由于水文现象本身所具有的特点, 一般在处理上多运用数理统计方法进行分析, 注重实际资料的收集, 强调深入现场进行调查研究。因此在学习中, 不仅要学会某种具体方法, 而且要体会运用这种方法的条件。总之, 随时注重资料收集, 深入掌握分析方法, 全面熟悉应用条件, 才能在学习中有所获益。

1.3 水文学与给排水工程的关系

研究水文学的目的, 是深入认识与广泛运用水文规律, 为国民经济建设服务, 为给水排水工程的规划、设计、施工及管理提供正确的水文资料及分析成果, 以利充分开发与合理利用水利资源, 减免水害, 充分发挥工程效益。

采用地面水为水源的给水工程, 首先要考虑水量变化及其取用条件。当水源水量充沛时, 需要了解水位、泥沙及冰凌的变化情况; 当水源水量不足时, 就要设法以丰补歉, 进行水量的引取、蓄放与调节, 需要对径流的年际变化及年内分配等水文情况进行分析。如果给水与灌溉、航运、水力发电等其它水利工程设施配合在一起综合利用水利资源时, 其水文分析与计算的内容就更加复杂、更加广泛。排水工程中雨水、污水排泄的设计计算及排泄口的位置、洪水防御的设计, 都要预先求得暴雨和洪水的大小和变化情况。这些都需要进行水文资料的收集、分析与计算。所以说, 水文学与给水排水工程有着密切的关系, 学好水文学对系统全面地掌握给水排水专业知识具有重要的意义。

1.4 水文现象的特性

唯物辩证法认为世界上的事物和现象不仅普遍具有内在联系, 而且经常处于不断地运动变化之中, 水文现象也不例外。根据对立统一规律, 水文现象的基本特征可以归结为以下两个方面。

1.4.1 水文现象时程变化的周期性与随机性的对立统一

在水文现象的时程变化方面存在着周期性与随机性的对立统一。水文现象的变化对任何一条河流都有一个以年为单位的周期性变化。例如，每年河流最大和最小流量的出现中虽无具体固定的时日，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雨雪稀少的枯水期，这是由于四季的交替变化是影响河川径流的主要气候因素。又如，靠冰川或融雪补给的河流，因气温具有年变化的周期，所以随气温变化而变化的河川径流也具有年周期性，其年最大冰川融水径流一般出现在气温最高的夏季七、八月间。有些人在研究某些长期观测的资料时发现，水文现象还有多年变化的周期性。

另一方面，河流某一年的流量变化过程，实际上不会和另一年的完全一样，每年的最大与最小流量的具体数值也各不相同，这些水文现象的发生在数值上都表现为随机性，也就是带有偶然性。因为影响河川径流的因素极为复杂，各因素本身也在不断地发生着变化，在不同年份的不同时期，各因素间的组合也不完全相同，所以受其制约的水文现象的变化过程，在时程上和数量上都没有重复再现过，都具有随机性。

1.4.2 水文现象地区分布的相似性与特殊性的对立统一

不同流域所处的地理位置如果相近，气候因素与地理条件也相似，由其综合影响而产生的水文现象在一定范围内也具有相似性，其在地区的分布上也有一定的规律。如在湿润地区的河流，其水量丰富，年内分配也比较均匀；而在干旱地区的大多数河流，则水量不足，年内分配也不均匀。又如同一地区的不同河流，其汛期与枯水期都十分相近，径流变化过程也都十分相似。

另一方面，相邻流域所处的地理位置与气候因素虽然相似，但由于地形地质等条件的差异，从而会产生不同的水文变化规律。这就是与相似性对立的特殊性。如同在同一地区，山区河流与平原河流，其洪水运动规律就各不相同；地下水丰富的河流与地下水贫乏的河流，其枯水水文动态就有很大差异。

由于水文现象具有时程上的随机性和地区上的特殊性，故需要对各个不同流域的各种水文现象进行年复一年的长期观测，积累资料，进行统计，分析其变化规律。又由于水文现象具有地区上的相似性，故只需有目的地选择一些有代表性的河流设立水文站进行观测，将其成果移用于相似地区即可。为了弥补观测年限的不足，还应对历史上和近期发生过的大暴雨、大洪水及特枯水等进行调查研究，以便全面了解和分析水文现象周期性、随机性的变化规律。

1.5 水文现象的研究方法

由上述水文现象的基本特征可知，对水文现象的分析研究，都要以实际观测资料为依据。按不同目的要求，可把水文学常用的研究方法归结为成因分析法、数理统计法和地理综合法三类。

(1) 成因分析法 根据水文站网和室外、室内试验的观测资料，从物理成因出发，研究水文现象的形成过程，以阐明水文现象的本质及其内在联系。但由于影响水文现象的因素极其复杂，其形成机理还不完全清楚，因而本法在定量方面仍然存在着很大困难，目前尚不能满足工程设计的需要。

(2) 数理统计法 基于水文现象具有的随机特性,可以根据概率理论,运用数理统计方法,处理长期实测所获得的水文资料,求得水文现象特征值的统计规律,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与现在的实测资料来推算未来的变化,但它未阐明水文现象的因果关系。若本法与物理成因法结合起来运用,可望获得满意成果。

(3) 地理综合法 因气候因素和地形地质等因素的分布具有地区特征,从而使水文现象的变化在地区的分布上也呈现出一定的规律性。因此,可建立水文现象的地区性经验公式,也可与地图结合在一起绘制水文特征的等值线等,以分析水文现象的地区特性,揭示水文现象的地区分布规律。

在解决实际问题时,以上三类方法常常同时使用,它们应该是相辅相成、互为补充的。经过多年实践,我国已初步形成一种具有自己特点的研究方法,已概括为“多种方法,综合分析,合理选定”的原则。我们在使用时,应根据工程所在地的地区特点,以及可能收集到的资料情况,对采用的方法应有所侧重,以便为工程规划设计提供可靠的水文依据。

第2章 水文学的一般概念与水文测验

2.1 河流和流域

径流是水分循环中一个重要的环节。降水落到地面，除下渗、蒸发等损失外，其余水流都以径流的形式注入河流。因此河流是水分循环的一条主要路径。在地球上的各种水体中，河流的水面面积和水量都最小，但它和人类的关系却最为密切。

河中水流以其所具有的能量，冲刷河床，搬运泥沙，改变着河谷的面貌。河流流经地区的地理特征也影响着径流的形成与变化，使流经不同自然地理环境的河流具有不同的特性，因而使它们之间的水文现象也存在着差异。了解河流特性，在于掌握河流特征与径流等水文现象之间的关系，使水文分析与计算更能符合河流的实际情况。

2.1.1 干流及支流

将汇集的水流注入海洋或内陆湖泊的河流叫做干流。甲河注入乙河，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，如汉江是长江的一级支流，渭河是黄河的一级支流；直接汇入一级支流的河流叫干流的二级支流，如丹江和唐白河流入汉江，它们就是长江的二级支流；直接汇入二级支流的叫干流的三级支流，其余的可依次类推。河流的干流及其全部支流，构成脉络相通的河流系统，称为水系或水系。水系通常用干流的名称来称呼它，如长江水系、黄河水系等。但在研究某一支流或某一地区的问题时，也可用该地区水系的名称来称呼它，如湘江水系、洞庭湖水系等。

2.1.2 河长及弯曲系数

从河源到河口的距离称为河长。河长是确定河流落差、比降和能量的基本参数。测定河长，要在精确的地形图上画出河道中泓线，用两脚规逐段量测。所用地图的比例尺愈大，测得的结果就愈接近于真实的河长，因为河流的弯曲程度和两脚规的开距都影响量测的结果。一般在1:50 000及1:100 000的地形图上量取河长时，两脚规的开距常采用1~2mm。

弯曲系数表示河流平面形状的弯曲程度，是河道全长与河源到河口间直线距离之比。根据这个定义，任何河段的弯曲系数也可依同理求出。河流的弯曲程度可说明河流流经地区的地质地貌等特点，也是影响河流水力特性的因素之一。

2.1.3 河槽基本特征

2.1.3.1 河流的平面形态

在平原河道，河床深度的分布与河流平面形态有着密切的关系。由于河中环流的作用、泥沙的冲刷与淤积，使平原河道具有蜿蜒曲折的形态。图2.1为河段某一水位下的等深线图。在河流凹岸，水深较大，称为深槽。两反向河湾之间的直段，水深相对较浅，称为浅槽（图2.1中的 A_2-A_2 断面）。深槽与浅槽沿水流流向交替出现，具有一定的规律。

河槽中沿流向各最大水深点的连线，叫做溪线，也称为中泓线。

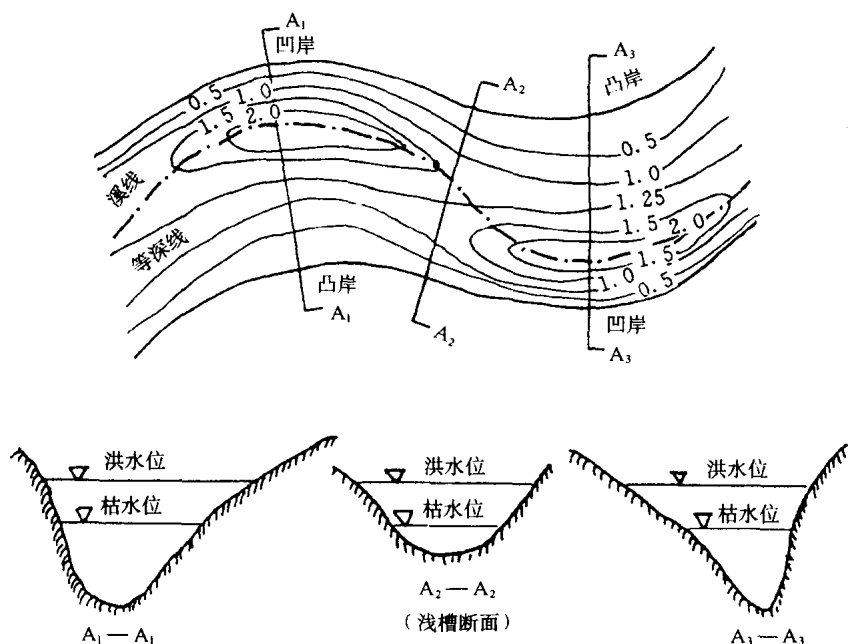


图 2.1 河流等深线图

山区河流一般为岩石河床，平面形态异常复杂，并无上述规律，其河岸曲折不齐，深度变化剧烈，等深线也不匀调缓和。

2.1.3.2 河流的纵断面

河流的纵断面一般是指沿河流中泓线的断面。用高程测量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，河底高程为纵坐标，可绘出河槽的纵断面图（图 2.2）。它明显地表示出河底的纵坡和落差的分布，是推算水流特性和估计水能蕴藏量的主要依据。

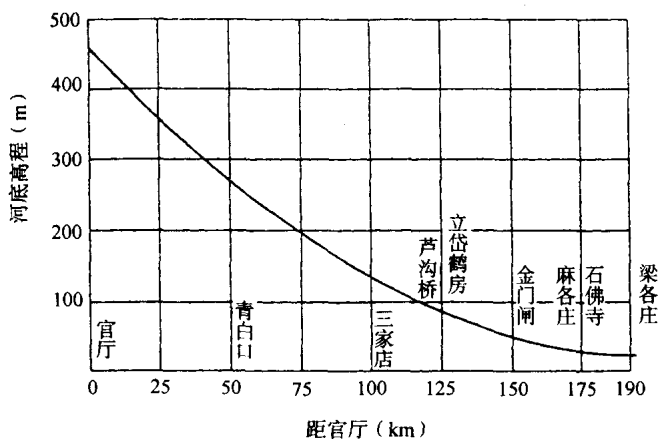


图 2.2 永定河官厅—梁各庄间河道纵断面图

2.1.3.3 河流的横断面

河流的横断面一般是指与水流方向相垂直的断面。两边以河岸、下面以河底为界的称河槽横断面；包括水位线在内的横断面则称为过水断面。根据横断面形状又可分为单式及复式两种。单式断面如图 2.1 所示，复式断面如图 2.3 所示。枯水期水流通过的部分，称为基本河槽，也叫枯水河槽或主槽；只有在洪水期才为洪水泛滥淹没的部分，称为洪水河槽或叫河漫滩。河流横断面是计算流量的重要依据。

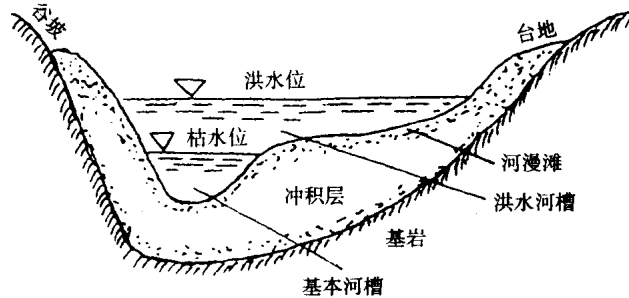


图 2.3 河流横断面图

河流的纵、横断面由于与水流的相互作用，都是随着时间变化的。纵断面的下游一般多因泥沙淤积而不断增高，上游则被冲刷加深。横断面则经常处于冲淤交替的过程中。河流断面的发展变化主要决定于河槽所在的地理位置和地质构造、河槽组成物质和水流情况等条件。

2.1.3.4 河流的比降

河流的纵比降也称坡度。任意河段首尾两端的高程差与其长度之比就是该河段的纵比降

$$J = \frac{Z_1 - Z_2}{L} \quad (2.1)$$

式中 J ——河底或水面纵比降，常用百分率(%)或千分率(‰)表示；

Z_1, Z_2 ——分别为河段首端和终端的高程，以 m 计。用河底高程计算时为河底纵比降；
用水面高程计算时为水面纵比降；

L ——河段长度，常以 km 计算，在计算比降时应换算为 m。

上式为河流某段的平均纵比降，一条河流各段的纵比降可能不一致，为了说明整个河流纵比降情况，还需利用公式 (6.30) 求其平均值。

河床的纵比降自河源向河口逐渐减小，图 2.2 是河北省永定河的纵断面图，可以明显看出河床纵比降的这种变化。

一般河流的横断面上还存在有水面横比降。产生的原因有二：一为地球自转所产生的偏转力（或称柯里奥利斯力）；二为河流弯道离心力。

河流横比降的存在，使水流在向下游运动的过程中，在水体内产生一种横向水流，它与河轴垂直，表层横向水流与底层横向水流的方向恰恰相反，在过水断面上它们的投影将构成一个封闭的环流（图 2.4）。实际上，横向环流与纵向水流结合起来，成为江河中常见的螺旋流。这种螺旋流使平原河道凹岸受到冲刷，形成深槽，使凸岸受到淤积，形成浅