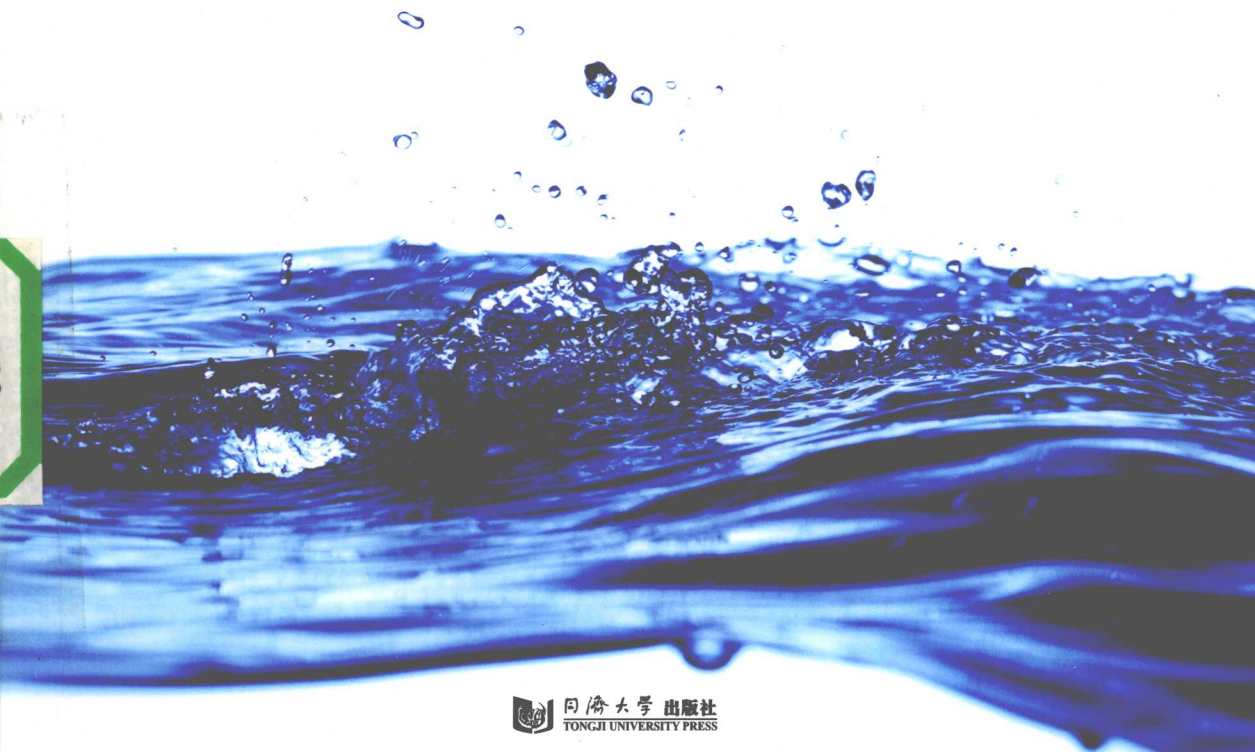


S H U I W E N X U E

# 水 文 学

陶 涛 信 昆 仑 编 著 刘 遂 庆 主 审



同济大学教材出版基金资助

本书是普通高等院校土木工程专业《水文学》课程教材，也可供从事水文工作的工程技术人员参考。本书共分五章，第一章绪论，第二章水文测验，第三章水文计算，第四章水文预报，第五章水文情报。本书可作为高等院校土木工程专业《水文学》课程教材，也可供从事水文工作的工程技术人员参考。

# 水 文 学

主编：陈国治

副主编：陶涛、信昆仑、刘遂庆

陶 涛 信昆仑 编著

刘遂庆 主审

| 章 次      | 内 容                                              | 编 著 者  |
|----------|--------------------------------------------------|--------|
| 第一章 绪论   | 1.1 水文学的任务和性质<br>1.2 水文学的发展概况<br>1.3 水文学的研究对象    | 陶涛、信昆仑 |
| 第二章 水文测验 | 2.1 水文测验的任务和性质<br>2.2 水文测验的站网布置<br>2.3 水文测验的仪器设备 | 陶涛、信昆仑 |
| 第三章 水文计算 | 3.1 水文计算的任务和性质<br>3.2 水文计算的站网布置<br>3.3 水文计算的仪器设备 | 陶涛、信昆仑 |
| 第四章 水文预报 | 4.1 水文预报的任务和性质<br>4.2 水文预报的站网布置<br>4.3 水文预报的仪器设备 | 陶涛、信昆仑 |
| 第五章 水文情报 | 5.1 水文情报的任务和性质<br>5.2 水文情报的站网布置<br>5.3 水文情报的仪器设备 | 陶涛、信昆仑 |



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

地址：上海四平路

电话：(021) 2508000

## 内 容 提 要

本书根据全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求,以现代新技术及新理论应用为支撑,系统阐述水文学的基本概念、理论、方法及应用。本书共分八章,主要包括水文学的研究任务,水文现象的特征和研究方法,水文循环与径流的形成及其影响因素,水文统计基本原理与方法,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,城市化引发的水利问题及解决方法,地下水的结构和运动等内容。

本书可作为给排水专业的本科生教材,还适合土木、水利等其他相关专业的学生学习。

### 图书在版编目(CIP)数据

水文学/陶涛,信昆仑编著. —上海:同济大学出版社,  
2008.5

ISBN 978-7-5608-3775-8

I. 水… II. ①陶…②信… III. 水文学-高等学校-教材 IV. P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 050515 号

---

## 水文学

陶 涛 信昆仑 编著

刘遂庆 主审

责任编辑 凌 岚

责任校对 谢惠云

封面设计 潘向葵

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 12.5

印 数 1-4 100

字 数 250 000

版 次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3775-8/P·24

---

定 价 25.00 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

## 前 言

水文学是探求地球上自然界中水的各种现象和运动规律的科学,是地球科学的一个重要分支,主要研究地球上水的起源、存在、分布、循环和运动等变化规律,并运用这些规律为人类服务。水文学同其他学科一样,是在人类长期实践过程中,经历了起源、发展、逐步成熟等阶段。可以说,水文学是人类在长期水事活动过程中,不断地观测、研究水文现象及其规律性而逐步形成的一门科学。

近几年,随着科技的迅速发展,水文学的理论知识及实践应用都有了很大的发展,因此,在本书中及时补充新的理论及新的实践知识是非常必要的。本书根据全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求,以现代新技术及新理论应用为支撑,系统阐述水文学的基本概念、理论、方法及应用,为给排水及相关专业研究提供水文学的研究基础,使读者认识和掌握本学科中的最新技术及发展方向。全书系统阐述了水文循环的概念、原理及研究进展,河川水文情势及水位、流量的测验方法和降水资料的观测方法,水文统计的基本原理,年径流和洪枯径流,小流域暴雨洪峰流量的计算特点及方法,城市降雨径流,地下水的结构与运动,人类活动对水环境的影响等内容。

通过本教材的学习可以帮助学生认识水文现象的一般规律,正确理解和掌握与水文学有关的基本概念、基本原理和基本方法,初步具有在各种不同资料情况下进行水文分析计算和水文预报的能力,并能进行最基本的水文测验和资料收集,为学习专业课,从事专业工作和进行科学研究打下基础。通过本书的学习还可以深入认识与广泛应用水文规律,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,以及充分开发与合理利用水利资源、减免灾害,充分发挥工程效益。本书还适合土木、水利等其他相关专业的学生学习。

因水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者予以批评指正。

编 者

2008年2月

# 目 录

## 前 言

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第1章 绪 论           | 1  |
| 1.1 水文学的任务        | 2  |
| 1.2 水文现象的特性及研究方法  | 2  |
| 1.2.1 水文现象的特性     | 2  |
| 1.2.2 水文现象的研究方法   | 3  |
| 1.3 专业中的水文学问题     | 4  |
| 第2章 水文循环与径流形成     | 6  |
| 2.1 水文循环与水量平衡     | 6  |
| 2.1.1 自然界的水文循环    | 7  |
| 2.1.2 地球上的水量平衡    | 9  |
| 2.2 河流与流域         | 10 |
| 2.2.1 河流          | 10 |
| 2.2.2 流域          | 14 |
| 2.2.3 我国的主要河流     | 14 |
| 2.3 降水与蒸发         | 17 |
| 2.3.1 降水的形成       | 17 |
| 2.3.2 降水的种类       | 19 |
| 2.3.3 降水的特性       | 20 |
| 2.3.4 降水量的分布      | 21 |
| 2.3.5 我国降水的时空分布   | 22 |
| 2.4 河川径流形成过程      | 23 |
| 2.5 水位与流量关系曲线     | 25 |
| 2.5.1 水位流量关系曲线    | 25 |
| 2.5.2 水位流量关系曲线的延长 | 27 |
| 2.5.3 水位流量关系曲线的移用 | 28 |
| 复习思考题             | 28 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第3章 水文统计基本原理与方法 .....         | 29 |
| 3.1 概述 .....                  | 29 |
| 3.1.1 随机事件 .....              | 29 |
| 3.1.2 总体和样本 .....             | 30 |
| 3.2 概率与频率的基本概念 .....          | 30 |
| 3.2.1 概率论与统计学 .....           | 30 |
| 3.2.2 概率与频率 .....             | 31 |
| 3.2.3 概率运算定理 .....            | 32 |
| 3.3 随机变量及其概率分布 .....          | 33 |
| 3.3.1 随机变量 .....              | 33 |
| 3.3.2 随机变量的概率分布 .....         | 34 |
| 3.3.3 重现期 .....               | 36 |
| 3.4 统计参数 .....                | 37 |
| 3.4.1 均值 .....                | 37 |
| 3.4.2 均方差和变差系数 .....          | 38 |
| 3.4.3 偏态系数 .....              | 40 |
| 3.5 水文频率曲线线型 .....            | 41 |
| 3.5.1 正态分布 .....              | 41 |
| 3.5.2 对数正态分布 .....            | 42 |
| 3.5.3 皮尔逊Ⅲ型分布 .....           | 43 |
| 3.5.4 统计参数对皮尔逊Ⅲ型频率曲线的影响 ..... | 44 |
| 3.6 抽样误差 .....                | 46 |
| 3.6.1 抽样误差 .....              | 46 |
| 3.6.2 抽样误差的计算 .....           | 46 |
| 3.7 水文频率计算适线法 .....           | 47 |
| 3.7.1 试错适线法 .....             | 47 |
| 3.7.2 三点适线法 .....             | 48 |
| 3.7.3 实例分析 .....              | 49 |
| 3.8 相关分析 .....                | 51 |
| 3.8.1 相关分析的意义 .....           | 51 |
| 3.8.2 相关分析法 .....             | 53 |
| 3.8.3 回归线的误差 .....            | 54 |
| 3.8.4 相关系数显著水平 .....          | 55 |
| 3.8.5 曲线相关和复合相关简述 .....       | 57 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 复习思考题 .....                      | 60 |
| <b>第4章 年径流与洪、枯径流分析计算</b> .....   | 62 |
| 4.1 概述 .....                     | 62 |
| 4.1.1 径流的年际变化和年内变化 .....         | 62 |
| 4.1.2 影响年径流的因素 .....             | 63 |
| 4.1.3 年径流分析计算的目的和内容 .....        | 65 |
| 4.2 设计年径流系列的推求 .....             | 65 |
| 4.2.1 年径流系列的一致性和代表性分析 .....      | 65 |
| 4.2.2 年径流的频率分析 .....             | 66 |
| 4.2.3 有较长期径流实测资料时的年径流分析计算 .....  | 67 |
| 4.2.4 有较短年径流系列时设计年径流频率分析计算 ..... | 68 |
| 4.2.5 缺乏实测径流资料时设计年径流量的估算 .....   | 71 |
| 4.3 设计年径流量的年内分配 .....            | 73 |
| 4.3.1 设计年径流时程分配 .....            | 73 |
| 4.3.2 设计代表年法 .....               | 74 |
| 4.3.3 虚拟年法 .....                 | 75 |
| 4.3.4 全系列法 .....                 | 75 |
| 4.3.5 水文比拟法 .....                | 75 |
| 4.4 设计枯水流量及径流 .....              | 76 |
| 4.4.1 有实测水文资料时的枯水流量计算 .....      | 77 |
| 4.4.2 短缺水文资料时的枯水流量估算 .....       | 77 |
| 4.5 设计洪水 .....                   | 78 |
| 4.5.1 设计洪水的定义 .....              | 79 |
| 4.5.2 水工建筑物的等级和防洪标准 .....        | 79 |
| 4.5.3 洪水资料的审查 .....              | 81 |
| 4.5.4 推求设计洪水的途径 .....            | 82 |
| 4.5.5 选样 .....                   | 83 |
| 4.5.6 特大洪水 .....                 | 83 |
| 4.5.7 不连续系列经验频率和统计参数的计算 .....    | 85 |
| 4.5.8 计算成果的合理性分析 .....           | 90 |
| 复习思考题 .....                      | 91 |
| <b>第5章 降水资料的收集与整理</b> .....      | 93 |
| 5.1 降水 .....                     | 93 |

|                           |                          |     |
|---------------------------|--------------------------|-----|
| 5.1.1                     | 降水的形成                    | 93  |
| 5.1.2                     | 降水量观测                    | 93  |
| 5.1.3                     | 降水要素                     | 94  |
| 5.1.4                     | 降水量的表示方法                 | 97  |
| 5.2                       | 降水空间分布                   | 98  |
| 5.2.1                     | 流域平均雨量计算                 | 99  |
| 5.2.2                     | 我国降水分布特点                 | 100 |
| 5.3                       | 暴雨强度公式的计算                | 103 |
| 5.3.1                     | 暴雨强度公式                   | 103 |
| 5.3.2                     | 公式中参数的推求                 | 104 |
| 5.3.3                     | 公式推求的方法                  | 108 |
| 5.4                       | 可能最大降水(PMP)              | 109 |
| 5.4.1                     | PMP 和 PMF                | 109 |
| 5.4.2                     | 大气可降水量 $W$               | 110 |
| 5.4.3                     | PMP 的估算——特大暴雨极大化         | 110 |
| 5.4.4                     | 应用可能最大降水图集推求 PMP         | 111 |
|                           | 复习思考题                    | 112 |
| <b>第 6 章 小流域暴雨洪峰流量的计算</b> |                          | 114 |
| 6.1                       | 小流域暴雨洪峰流量计算的特点           | 114 |
| 6.2                       | 流域汇流                     | 115 |
| 6.2.1                     | 暴雨损失                     | 115 |
| 6.2.2                     | 流域汇流分析与计算                | 115 |
| 6.2.3                     | 等流时线原理                   | 117 |
| 6.2.4                     | 不同净雨历时情况下的径流过程           | 118 |
| 6.2.5                     | 雨水管渠设计流量的计算              | 120 |
| 6.3                       | 暴雨洪峰流量的推理公式              | 122 |
| 6.3.1                     | 流域汇流时间 $\tau$ 值的计算       | 122 |
| 6.3.2                     | 洪峰流量径流系数 $\psi$ 的计算      | 124 |
| 6.3.3                     | 汇流参数 $m$ 的计算             | 125 |
| 6.3.4                     | 设计洪峰流量的计算                | 125 |
| 6.4                       | 地区性经验公式及水文手册的应用          | 128 |
| 6.4.1                     | 公路科学研究所——以流域面积为参数的地区经验公式 | 128 |
| 6.4.2                     | 水科院经验公式——包含降雨参数的地区经验公式   | 129 |

|            |                    |     |
|------------|--------------------|-----|
| 6.4.3      | 水文手册的应用            | 130 |
|            | 复习思考题              | 130 |
| <b>第7章</b> | <b>城市化与城市水文水资源</b> | 132 |
| 7.1        | 城市化与城市水文过程         | 132 |
| 7.1.1      | 我国城市化进程及其若干特点      | 132 |
| 7.1.2      | 城市化引起的水危机          | 133 |
| 7.2        | 城市水利、水问题及解决措施      | 135 |
| 7.2.1      | 城市水利的内涵            | 135 |
| 7.2.2      | 城市水利目前存在的问题        | 136 |
| 7.2.3      | 城市水利与城市现代化         | 138 |
| 7.3        | 城市可持续水资源管理         | 139 |
| 7.3.1      | 城市可持续水资源管理内涵       | 139 |
| 7.3.2      | 实施城市水资源可持续利用的对策措施  | 141 |
| <b>第8章</b> | <b>地下水的结构与运动</b>   | 144 |
| 8.1        | 地下水系统的组成与结构        | 145 |
| 8.1.1      | 岩石的空隙特征和地下水的储存     | 145 |
| 8.1.2      | 地下水系统的垂向结构         | 149 |
| 8.2        | 地下水类型              | 150 |
| 8.2.1      | 上层滞水               | 151 |
| 8.2.2      | 潜水                 | 152 |
| 8.2.3      | 承压水                | 154 |
| 8.3        | 地下水的循环             | 156 |
| 8.3.1      | 地下水的补给             | 156 |
| 8.3.2      | 地下水的排泄             | 158 |
| 8.3.3      | 地下水的径流             | 160 |
| 8.4        | 地下水运动              | 161 |
| 8.4.1      | 地下水运动的特点           | 161 |
| 8.4.2      | 地下水运动的基本规律         | 162 |
| 8.4.3      | 线性渗透定律在地下水计算中的应用   | 164 |
| 8.4.4      | 裘布衣公式的讨论           | 167 |
| 8.5        | 地下水的动态与平衡          | 167 |
| 8.5.1      | 影响地下水动态的因素         | 168 |
| 8.5.2      | 地下水动态的研究内容         | 170 |

|       |       |     |
|-------|-------|-----|
| 8.5.3 | 地下水平衡 | 171 |
| 复习思考题 |       | 175 |
| 附录 A  |       | 176 |
| 附录 B  |       | 179 |
| 附录 C  |       | 182 |
| 附录 D  |       | 185 |
| 参考文献  |       | 186 |

# 第1章 绪论

水文学是一门研究地球上各种水的发生、循环、分布,水的化学和物理性质以及水对环境的作用,水与生命体的关系等的科学。其研究对象主要包括降水、蒸发、入渗、地下水径流、河川径流以及溶解物或悬浮物在水流的输送等。水文学的研究范畴包含了水在地球上的整个循环过程。水文科学的研究领域十分宽广,从大气中的水到海洋中的水,从陆地表面的水到地下水,都是水文科学的研究对象;水圈同大气圈、岩石圈和生物圈等地球自然圈层的相互关系,也是水文科学的研究领域;水文科学不仅研究水量,而且研究水质;不仅研究现时水情的瞬息动态,而且探求全球水的演变历史,预测它未来的变化趋势。

水文学作为一门地球科学,与其他自然科学有着密切的关系。要研究降水、蒸发,就需要了解气候学和气象学方面的知识;同样,入渗与土壤科学有关,地下径流与地质学有关,地表径流与地貌学有关,河川径流与流体力学有关。除水的流动外,还要掌握化学和物理等方面的许多知识,研究各种成分的输送情况,以计算各种成分的浓度在水流过程中的衰减、沉淀、溶解、扩散以及化学反应等。

地球表层的水由地球内部溢出,经过约 35 亿年的积聚和演变,逐渐形成今天的水圈。水圈的形成不仅改变了岩石圈的面貌,使大气圈中的现象变得复杂多样,而且导致了生物圈的出现。因此,水的出现和水圈的形成,是地球自然历史中最重大的事件。地表水的起源和循环,自古以来就是人们思考的一个问题。但可以认为 1850 年是水文学方法论的开端。1851 年, Mulvaney 首先提出了汇流时间的概念,也就是现在的径流计算的推理法的基本形式,他还设计了原始的雨量器,以记录降雨过程的强度变化。之后,水文知识在不断地发展。自 20 世纪 50 年代以来,水文学知识有一个加速发展的阶段。计算机技术自 20 世纪 60 年代开始发展较快,水文原理和基本方程一般由物理基本定律推出,或者对从野外观测到的水文现象进行综合分析得到。当对某种现象的物理过程有了恰当的理解和描述时,通常将其概化成一种计算机模型,应用研究流域的实测资料确定模型参数。虽然在水文学的理论和技術方面均取得了很多进展,但是对于水文过程及其作用等方面仍有许许多多未知或者未确定的问题。此外,现在的一些知识和方法尚未被广泛地应用。逐渐地探讨和解决水文学中的不确定性等问题,通过技术的应用及更精确地确定模型参数值,提高水文工作的效率是水文研究的热点。

## 1.1 水文学的任务

在水文循环运动中,从降水到径流入海的这一段过程,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,河川径流的年内变化与年际分配,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,而且要掌握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,才能在学习中有收获。

## 1.2 水文现象的特性及研究方法

### 1.2.1 水文现象的特性

水文现象的基本特征可以归结为以下两个方面。

#### 1. 水文现象时程变化的周期性与随机性的独立统一

在水文现象的时程变化方面存在着周期性与随机性的统一。水文现象的时间变化过程存在着有周期而又不重复的性质,一般称为“准周期”性质。例如,潮汐河口的水位存在以半个或一个太阴日为周期的日变化;河流每年出现水量丰沛的汛期和水量较少的枯季;通过长期观测可以看到,河流、湖泊的水量存在着连续丰水年与连续枯水年的交替,表现出多年变化;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。形成这种周期变化的基本原因,是地球的公转和自转、地球和月球的相对运动,还包括太阳活动,如太阳黑子的周期性运动的影响。它们导致太阳辐射的变化和季节的交替,使水文现象也出现相应的周期变化。当然,水文现象还受众多其他因素的影响,这些因素自身在时间上也不断地

变化,并且相互作用和相互影响着。

另外,河流某一年的流量变化过程,实际上不会与另一年的完全一样,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。

## 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性。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。

虽然相邻流域所处的地理位置与气候因素相似,但由于地形地质等条件的差异,因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。如在同一地区,山川河流与平原河流,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与地区上的特殊性,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。

### 1.2.2 水文现象的研究方法

由水文现象的基本特征可知,对水文现象的研究分析,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 3 种。

#### 1. 成因分析法

利用水文现象的确定性规律解决水文问题的方法,称为成因分析法。当某种水文现象与其影响因素之间确定性关系较为明确时,通过水文网站和室外、室内试验的观测资料及实验数据,从物理成因出发,建立水文现象与影响因素之间的定量关系,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。在水文预报、降雨径流分析中,广泛应用。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。水文学需要对未来水利工程运行时期(百年以上的时间)的水文现象作出预估,这种情况,难以用确定性方法实现(因影响水文过程的因素众多,每个因素在未来时间内的变化也是很复杂的,无法给出确定性答案),只能依据已有的长期观测资料,探求其统计规律,求得工程规划设计所需要的设计水文特征值。这种方法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,可望获得满意的结果。

## 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地区性的变化规律,这样就可以建立水文现象的地区性经验公式,或与地图结合在一起绘制水文特征的等值线图来反映水文特征值的地区变化,以分析水文现象的地区特征,解释水文现象的地区分布规律,即地理综合法。

在解决实际问题时,以上三种方法常常同时使用,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,可概括为“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。

# 1.3 专业中的水文学问题

应用与实际工程的水文学称为工程水文学,包括有关控制或利用河川和海洋资源所建造的工程,其规划、设计、施工与运行管理所需要的水文学知识。工程水文学在很多领域都有广泛的应用,如水力水电、交通运输、农业灌溉、城市建设、核能利用、海上油气勘探与开发、渔业生产和环境保护等都需要各种水文数据和资料作为工程规划、设计、施工与运行管理依据,因此本教材也属于工程水文学的范畴。

在给水方面,以地面水为水源的给水工程,必须考虑水量变化及其取用条件。当水源水量充沛时,需要确定取水口的位置,了解水位流量、泥沙及冰凌的变化情况等;当水源水量不足时,就要设计水库调节,以丰补歉,远距离调水与调节,这需要对流域内径流的年际变化及年内分配等水文情况进行分析。如果其给水工程为多目标时,即与灌溉、航运、水力发电等其他水利设施配合在一

起综合利用,那么其水文分析与计算的内容就更加复杂、更加广泛。

在排水方面,雨量大小、暴雨强度公式的推求都与排水工程污水排泄的设计计算及排泄口的位置、洪水防御的设计等密切相关,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,工程水文学与给排水工程有着密切的关系。研究水文学,可以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结果,以充分开发与合理利用水资源,减免水害,充分发挥工程效益,学好水文学对系统全面的掌握给水排水专业知识具有重要的意义。

## 第2章 水文循环与径流形成

### 2.1 水文循环与水量平衡

地球上现有约  $13.9 \text{ 亿 km}^3$  的水,它以液态、固态和气态分布于地面、地下和大气中,形成河流、湖泊、沼泽、海洋、冰川、积雪、地下水 and 大气水等水体,构成一个浩瀚的水圈。水圈处于永不停息的运动状态,水圈中各种水体通过蒸发、水汽输送、降水、地面径流和地下径流等水文过程紧密联系,相互转化,不断更新,形成一个庞大的动态系统。在这个系统中,海水在太阳辐射下蒸发成水汽进入大气,被气流带至陆地上空,在一定的天气条件下,形成降水落到地面。降落的水一部分重新蒸发返回大气,另一部分在重力作用下,或沿地面形成地面径流,或渗入地下,形成地下径流,通过河流汇入湖泊,或注入海洋。从海洋或陆地蒸发的水汽上升凝结,在重力作用下直接降落在海洋或陆地上。水的这种周而复始,不断转化、迁移和交替的现象称水文循环。在地面以上平均约  $11 \text{ km}$  的大气对流层顶至地面以下  $1 \sim 2 \text{ km}$  深处的广大空间,无处不存在水文循环的行踪。全球每年约有  $57.7 \text{ 万 km}^3$  的水参加水文循环。水文循环的内因,是水在自然条件下能进行液态、气态和固态三相转换的物理特性,而推动如此巨大水文循环系统的能量,是太阳的辐射能和水在地球引力场所具有的势能。

水和水的循环对于生态系统具有特别重要的意义,不仅生物体的大部分(约  $70\%$ )是由水构成的,而且各种生命活动都离不开水。水在一个地方将岩石侵蚀,而在另一个地方又将侵蚀物沉降下来,久而久之,就会带来明显的地理变化。水中携带着大量的多种化学物质(各种盐和气体)周而复始地循环,极大地影响着各类营养物质在地球上的分布。除此之外,水对于能量的传递和利用也有着重要影响。地球上大量的热能用于将冰融化为水、使水温升高和将水汽化为蒸汽。因此,水有防止温度发生剧烈波动的重要生态作用。

不同纬度带的大气环流使一些地区成为蒸发大于降水的水汽源地,而使另一些地区成为降水大于蒸发的水汽富集区;不同规模的跨流域调水工程能够改变地面径流的路径,全球任何一个地区或水体都存在着各具特色的区域水文循环系统,各种时间尺度和空间尺度的水文循环系统彼此联系着、制约着,构成了全球水文循环系统。

水在循环过程中的存在和运动的各种形态,如蒸发、降水、河流和湖泊中的水位涨落、冰情变化、冰川进退、地下水的运动和水质变化等,统称水文现象。水文现象在各种自然因素和人类活动影响下,在空间分布或时间变化上都显得十

分复杂。

### 2.1.1 自然界的水文循环

#### 1. 水文循环的含义

地球上的水在太阳辐射作用下,不断地蒸发成水汽进入大气,随气流输送到各地;输送中,遇到适当的条件,凝结成云,在重力作用下降落到地面,即降水;降水直接或以径流的形式补给地球上的海洋、河流、湖泊、土壤、地下和生态水等,如此永不停止地循环运动,如图 2-1 所示,称为水文循环。

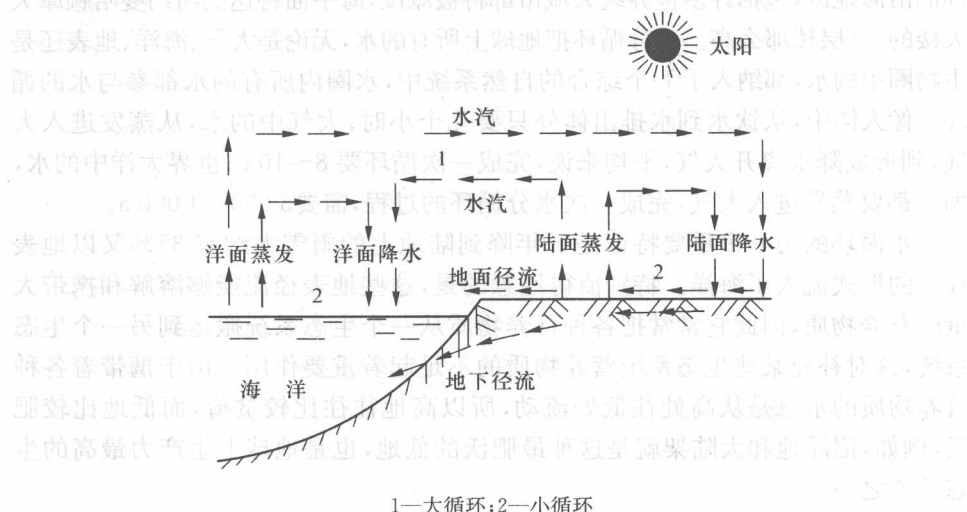


图 2-1 自然界的水文循环示意图

水的循环过程具体可以分为以下 3 个步骤：

第一步是蒸发和蒸腾的水分子进入大气。吸收太阳辐射热后,水分子从海洋、河流、湖泊、潮湿土壤和其他潮湿表面蒸发到大气中去;生长在地表的植物,通过茎叶的蒸发将水扩散到大气中,植物的这种蒸发作用通常又称为蒸腾。据估计,在一个生长季中,0.4 ha 的谷物几乎就可以蒸腾 200 万  $\text{m}^3$  的水,等于同等面积内 43 cm 深的水层。通过蒸发和蒸腾的水,水质都得到了纯化,是清洁水。

第二步是以降水形式返回大地。水分子进入大气后,变为水汽随气流运动,在适当条件下,遇冷凝结形成降水,以雨或雪的形式降落到地面。降水不但给地球带来淡水,养育了千千万万的生命,同时,还能净化空气,把一些天然的和人为的污物从大气中洗去。降水是陆地水资源的根本来源。我国多年来平均年降水量为 632 mm,而全球陆地平均年降水量是 834 mm。

第三步是重新返回蒸发点。当降水到达地面,一部分渗入地下,补给地下