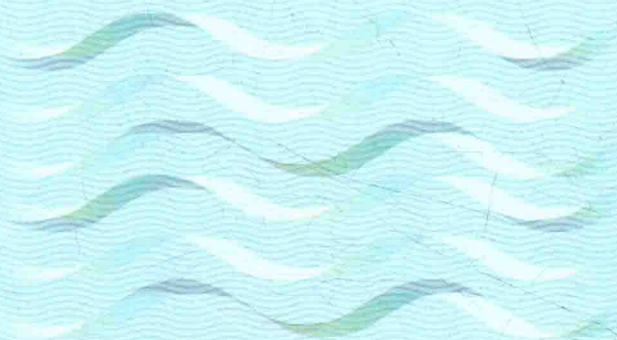


工程水文学

GONGCHENG SHUIWENXUE

(第2版)

◎ 齐梅兰 陈启刚 编著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

工程水文学

(第2版)

齐梅兰 陈启刚 编著

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书根据土木工程中需要的相关水文学知识编写而成,重点阐述工程水文学的基本原理与研究方法,并主要介绍土木工程中常遇到的有关水文问题的分析、计算与设计方法。全书共分7章,包括:绪论、水文循环与河川径流、水文统计基本概念与方法、水文观测与资料处理、工程水文预报原理与方法、设计洪水推求及其他工程水文问题。其他工程水文问题主要介绍特殊情况下水文的不同特点和研究方法,如设计枯水推算、城市水文问题、潮汐河口、海岸潮水位、波高统计计算等。

本书主要面对道路、交通、建筑工程等土木工程专业本科生,也可用于市政、环境专业本科教学,还可作为从事此类工程设计、施工、工程管理的工程技术人员参考书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

工程水文学/齐梅兰,陈启刚编著. —2版. —北京:北京交通大学出版社,2016.4

ISBN 978-7-5121-2683-1

I. ①工… II. ①齐… ②陈… III. ①工程水文学-高等学校-教材 IV. ①TV12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第049830号

工程水文学

GONGCHENG SHUIWENXUE

责任编辑:谭文芳 助理编辑:龙漫漫

出版发行:北京交通大学出版社 电话:010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街44号 邮编:100044

印 刷 者:北京交大印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm × 260 mm 印张:12 字数:297千字

版 次:2016年4月第2版 2016年4月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-2683-1/TV·29

印 数:1~1000册 定价:27.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

第2版前言

2009年作者编写了面向土木工程领域的《工程水文学》一书，本书在课堂教学中使用取得了良好的教学效果。为了水文知识的系统性和适应土木工程发展对水文的需求，作者对本书进行了改写，并作为第2版出版。本次改写，对产流、汇流原理进行了补充，增加了海岸水文的潮位设计和波高设计，并注重反映工程水文研究的新进展，如水文观测的新技术。本书主要以阐述水文规律和其基本原理为根本，以介绍基本的研究和计算方法为目的，增加了相关内容的重点提示和部分重要的例题。其宗旨就是培养学生研究问题的思维和解决问题的能力。

根据高校土木工程专业学生水文学课时减少的改革，在本书的编写中，体现了简明扼要和工程应用性强，同时也不失内容完整性的特点。本书适合于课堂32学时左右的教学使用。全书共7章，包括：绪论、水文循环与河川径流、水文统计基本概念与方法、水文观测与资料处理、工程水文预报原理与方法、设计洪水推求及其他工程水文问题。

本书由北京交通大学齐梅兰、陈启刚编写，研究生郅艳荣参加了部分插图及图表的编辑工作。在本书的编写过程中，还重点参考和引用了一些相关教材的内容。本书的出版，得到了北京交通大学出版社的资助。编者谨此一并致谢。

对于书中的错误和不足，敬请读者指正。

编 者
2016年1月

第1版前言

地球表面由水和土组成，地球上的土木工程与它们密不可分。为了工程的安全和水土环境的和谐，必须处理好水文问题。作者根据多年来从事土木工程水文研究的体会，认为为土木工程本科生开设工程水文学课程是非常必要的。道路、桥梁、管涵及各种土木建筑工程的规划和设计常常涉及水文研究与计算。跨越远距离的长大工程遇到大江大河径流，小流域内工程遇到暴雨径流，都需要研究水径流规律，将其作为规划和设计依据，以避免工程遭遇水害。

目前的工程水文教材多适合于水利类，也有只针对桥涵的，而适合于面向土木工程领域的很少。在课堂教学中，根据土木工程专业的水文学课时特点和该专业常遇到的水文学问题，对教学内容进行了设计，并恰当地融入了编者部分科研成果，教学效果良好。本书就是在此基础上整理而成。书中主要以阐述水文规律和其基本原理为根本，以介绍基本的研究和计算方法为目的，并注意反映工程水文研究的新进展。其宗旨就是培养学生研究问题的思维 and 解决问题的能力。本书还结合目前我国土木工程的发展趋势，简介了与海洋、环境、城市相关的水文分析，以拓展应用范围。

根据高校土木工程专业学生水文学课时减少的改革，在本书的编写中，体现了简明扼要和工程应用性强，同时也不失内容完整性的特点。本书适合于课堂32学时左右的教学使用。全书共7章，除第1章绪论以外，其他6章的内容包括水文循环和河川径流、河流水文观测与资料处理、工程水文预报原理与方法、水文统计基本概念与方法、设计洪水推求及工程水文的其他问题。

本书由北京交通大学土建学院齐梅兰编写，研究生劳尔平、甘森参加了部分插图及图表的编辑工作。在本书的编写过程中，还重点参考和引用了一些相关教材的内容。本书的出版，得到了北京交通大学出版社的资助。编者谨此一并致谢。

对于书中的错误和不足，敬请读者指正。

编 者
2009年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 工程水文学概述	1
1.1.1 水文学	1
1.1.2 工程水文学	2
1.1.3 工程水文学的应用	3
1.2 水文现象及其基本规律	3
1.2.1 水文现象	3
1.2.2 水文现象的基本规律	3
1.3 水文学的研究方法	4
1.3.1 研究方法	4
1.3.2 水文学的研究特点	5
思考题	5
第2章 水文循环与河川径流	6
2.1 水循环与水量平衡	6
2.1.1 地球上的水储量及其分布	6
2.1.2 水文循环	7
2.1.3 水量平衡	8
2.2 降水、蒸发与下渗	9
2.2.1 降水	9
2.2.2 蒸发	14
2.2.3 下渗	15
2.3 流域与河流	19
2.3.1 流域	19
2.3.2 河流及其特征	21
2.3.3 河口及其形态	23
2.4 河川径流	24
2.4.1 河川径流及其形成	24
2.4.2 径流的度量	25
2.5 流域产、汇流	28
2.5.1 流域产流分析与计算	28
2.5.2 流域汇流原理与计算	31
2.5.3 径流要素分割	34

2.5.4 分布式流域水文泥沙模型	35
2.6 河口、海岸水文简介	37
2.6.1 河口水文	37
2.6.2 海岸水文	39
思考题	40
第3章 水文统计基本概念与方法	41
3.1 概述	41
3.1.1 水文统计的意义	41
3.1.2 水文统计的基础理论	41
3.2 水文统计的基本概念	42
3.2.1 事件、概率与频率	42
3.2.2 总体、样本、统计学	43
3.2.3 随机变量	44
3.3 随机变量的概率分布及其统计参数	45
3.3.1 随机变量的概率分布	45
3.3.2 重现期与保证率	49
3.3.3 随机变量的统计参数	50
3.4 统计参数的估计	53
3.4.1 矩法	53
3.4.2 统计量的无偏估计	54
3.4.3 抽样误差	54
3.5 水文频率分布曲线线型	55
3.5.1 正态分布	55
3.5.2 皮尔逊Ⅲ型分布	56
3.6 水文频率计算方法	58
3.6.1 经验频率	58
3.6.2 统计参数初估	60
3.6.3 理论频率曲线计算	60
3.6.4 统计参数对频率曲线的影响	64
3.7 水文变量相关分析	65
3.7.1 概述	65
3.7.2 简单线性相关分析	66
3.7.3 一元线性回归分析	67
3.7.4 一元非线性回归分析	70
3.7.5 多元线性回归分析	71
思考题	72

第4章 水文观测与资料处理	73
4.1 水文资料获取途径	73
4.1.1 数据采集途径	73
4.1.2 水文观测	73
4.1.3 水文调查	74
4.2 水文测站的设立	74
4.2.1 河流稳定性对水文测站的影响	74
4.2.2 水文测站的设立	76
4.2.3 观测时间间隔	78
4.3 水位观测及资料处理	78
4.3.1 水位观测	78
4.3.2 水位观测资料处理	79
4.4 流量观测及资料处理	80
4.4.1 过流断面测量	81
4.4.2 流速测量	81
4.4.3 断面流量计算	83
4.4.4 其他测流方法	86
4.4.5 流量资料处理及应用	87
4.5 洪、枯水调查	92
4.5.1 目的	92
4.5.2 洪、枯水调查简介	92
4.6 泥沙观测及分析	93
4.6.1 河流泥沙研究目的	93
4.6.2 泥沙及其基本特征	94
4.6.3 河流中的泥沙运输	97
4.6.4 泥沙观测	98
4.7 冰情及河口海岸水文观测	100
4.7.1 冰情观测	100
4.7.2 海洋水文观测	101
思考题	103
第5章 工程水文预报原理与方法	104
5.1 概述	104
5.1.1 水文预报	104
5.1.2 水文预报的意义	104
5.1.3 水文预报的分类	105
5.2 短期洪水预报	105
5.2.1 洪水特征	105

5.2.2	河段洪水预报的水动力学方法	106
5.2.3	水文学方法	107
5.3	枯水预报	116
5.3.1	意义	116
5.3.2	基本原理	116
5.4	施工期水文预报	117
5.4.1	意义	117
5.4.2	围堰水情预报	117
	思考题	120
第6章	设计洪水推求	121
6.1	设计洪水概述	121
6.1.1	防洪的意义	121
6.1.2	设计洪水	121
6.1.3	防洪设计标准	122
6.1.4	设计洪水的推求	124
6.2	由流量资料推求设计洪水	125
6.2.1	样本选取与资料审查	125
6.2.2	样本插补与延长	126
6.2.3	样本构成	127
6.2.4	设计洪峰流量推求	128
6.2.5	设计洪峰流量推求示例	133
6.2.6	设计洪水估计值的抽样误差及合理性检查	136
6.3	由暴雨资料推求设计洪水	137
6.3.1	意义及方法	137
6.3.2	暴雨频率分析	138
6.3.3	由设计暴雨转换设计净雨	139
6.3.4	设计洪水计算	140
6.4	小流域设计洪水	142
6.4.1	小流域设计洪水特点	142
6.4.2	小流域设计暴雨	143
6.4.3	推理公式法推求设计洪峰流量	144
6.5	设计洪水水位和过程线	150
6.5.1	设计洪水水位	150
6.5.2	设计洪水过程线	151
	思考题	152
第7章	其他工程水文问题	153
7.1	概述	153

7.2 设计枯水推算	153
7.2.1 设计枯水问题	153
7.2.2 由实测资料推求设计枯水流量	153
7.2.3 缺乏资料时设计枯水估算	155
7.3 城市水文问题	155
7.3.1 暴雨径流特点	156
7.3.2 设计暴雨	157
7.3.3 水文资料特点	158
7.3.4 城市水文设计内容	158
7.4 河口、海岸水文设计要素推求	159
7.4.1 概述	159
7.4.2 设计潮位推求	160
7.4.3 设计波浪推求	164
附录 A 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 Φ 值表	167
附录 B 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 K_p 值表	171
附录 C 频率格纸的横坐标分格表	178
附录 D 第 I 型极值分布律的 λ_{pn} 值表	179
参考文献	181

绪论

1.1 工程水文学概述

1.1.1 水文学

自然界的水以气态、液态和固态三种形式存在于空中、地面、地下及生物体内，组成一个相互联系、相互转化的水圈。水存在形式的转化行为表现为常见的降雨、蒸发、下渗和河川径流。水文学就是研究江河、湖泊、沼泽、冰川、海洋、地下水和水汽等各种水体量的存在、分布、循环、物理化学性质及其环境因素变化规律的学科，属于地球物理科学范畴。

随着水文学研究的深入和在生产实践中的广泛应用，形成了水文学的各种分支学科，如：水文气象学、河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、地下水文学、海洋水文学、环境水文学等。图 1-1 为江河、湖泊、冰川、海洋水域示意图。河流作为水的重要载体之一，在陆地表面分布最为广泛，与人类活动密切相关。

河流在为农田灌溉、水力发电、航运、工矿及生活用水等提供便利的同时，也给公路、铁路、桥梁等交通设施及建筑物等土木工程带来一定的障碍。为了用水和工程建设的需要，河流水文规律较早得到研究，形成了河流水文学。近年来，随着人类活动范围的扩大，海洋、海岸工程发展迅速，如交通行业的沿海道路、轨道工程、跨海桥梁、河口桥梁及隧道工程，环境资源类的土地利用等，都需要解决河口、海岸特殊区域的水文问题，因此，派生了河口海岸水文学。

河流在地球上分布最为普遍，大大小小的河流构成的河网，与人类的生产、生活密不可分。于是，河流的水文现象早已被关注和研究，从中掌握了一定的研究方式、观测方法和规律，逐渐形成了河流水文学这门学科。河流是地球表面的一种水存储形式，所以说，河流水文学是主要研究地表水的科学。它包括：水文测验及调查、水文实验、水文分析与计算、水文预报、水文地理、河流泥沙等内容，这些是本书的核心内容。河口海岸水文学主要研究该区域的潮汐、波浪、泥沙等发生、发展规律，其内容主要包括海岸水文观测、特征值计算、设计波浪及设计潮位等。

水文测验与调查，是指通过水文测验设施观测和野外、史记等的调查，收集基础水文资

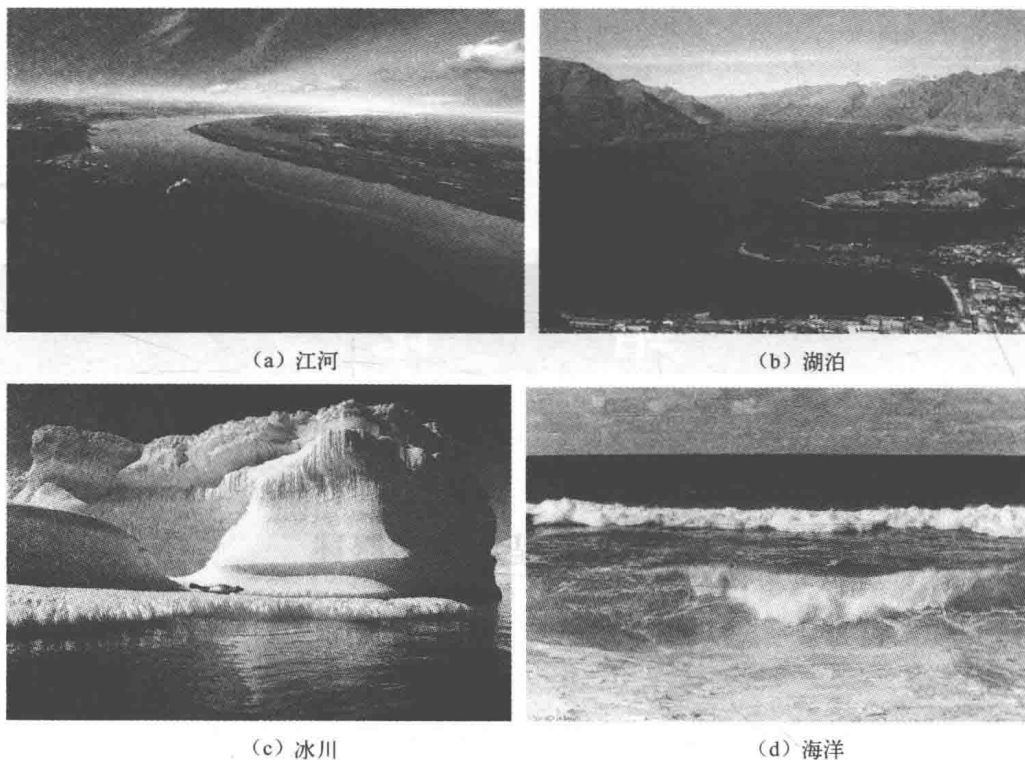


图 1-1 若干地表水载体示意图

料信息；水文实验，通过室内和野外实验，研究水量、水质变化的机制，以及水文循环、径流形成的基本规律；水文分析与计算，也称为水文预测，主要根据水文要素变化的基本规律，预测水文现象在未来一定时期内平均可能出现的概率；水文预报，根据水文要素及其影响因素的已知状态，对其未来预见期内的状态做出回答；水文地理，研究水文要素与流域面积、地面坡降等地理因素间的关系；河流动力学，通过水、沙运动的力学机制，研究水文要素与河流形态变化的关系，包括河床的冲刷与泥沙淤积等。

地球上水文现象及其过程非常复杂，循环规律存在空间尺度及时间尺度的影响。近几十年来，利用现代地理信息技术中的地理信息系统（GIS）能够方便、快捷地获取大范围、长时期水文数据，其空间数据库可为水文预报提供大量的实时信息。GIS 与水文模型的融合，为实时查询雨量及洪水信息、分析水情发展、进行洪水预警和防汛决策提供了依据，具有很好的发展前景。

1.1.2 工程水文学

工程水文学是将水文科学应用于工程建设，为工程规划、设计、施工及运行管理提供水文依据的一门科学，属于水文学的一个重要分支，主要研究工程中所需的水文分析计算和水文预报的基本理论和方法。

水文分析计算主要运用概率论与数理统计原理与方法，对未来长时期的水文变化量做出概率意义上的估计，并为工程的规划、设计与施工提供设计洪水、设计潮位、设计波高等参数。水文预报主要运用成因分析原理，对较短时期内的各水文现象（如降水、水位、流量、

水质、潮位、波浪等)的变化情势进行预测、预报,为工程的施工和管理提供即将发生的洪水水情。

水文学的基本原理、测验方法是工程水文学的基础,本书首先阐述其基本原理和方法,然后再介绍工程应用所需的分析、计算及预测预报。

1.1.3 工程水文学的应用

人类生存的基本环境空间由气圈、水圈和地圈构成,其中水汽和水只是水分的不同存在形式,均属于水文学的研究范畴。工程水文学为人类了解自然规律,科学安排国民经济活动提供依据。因此,它的应用范围很广,例如,拦河筑坝的水能源利用工程,水资源工程,跨河(海)或穿河(海)桥梁等公路与铁路交通工程,城市与工矿给排水工程,水、油、气等能源的管道输送工程,邻海工程,沿河路堤、沿海路堤、河流资源的保护与可持续利用,海洋能利用等。工程水文学应用于工程建设的各个阶段。

工程规划设计阶段,根据工程设计标准,需要通过水文分析与计算,预测工程运用期河流或流域的来水量及其变化,以便确定工程的设计规模。若区域水量预计过大,则工程规模偏大,导致工程投资过大。反之,则工程规模偏小,致使建筑物达不到预期设计标准,运用标准降低,甚至威胁工程的安全运营。在这一阶段,工程对环境的影响评估、水土保持方案编制等也需要水文学知识。

工程施工阶段需要预报或估算施工期的设计洪水,以便确定围堰、导流建筑物的规模,同时水文预报还为科学安排施工进度所用。例如,河流环境下的桥墩基础施工常用围堰、导流堤。

工程运行管理期间需要进行实时水文预报,提高工程运用效益,水文洪水预报更是汛期防汛、应急抢险、防灾减灾、保证工程建筑物安全等所必不可少的重要信息。跨河公路及铁路桥梁等工务管理,每年需要根据水文预报和线路、大桥设备情况在汛前进行防汛准备,尽早采取预防措施,避免交通线路发生洪水灾害。

本书主要研究与土木工程相关的河流水文学及河口、海岸水文学,属工程水文学范畴。

1.2 水文现象及其基本规律

1.2.1 水文现象

水文现象,指地球上的水受外部作用而产生的永无休止的运动形式,其中最活跃的运动有降水、蒸发、渗流、径流等。

1.2.2 水文现象的基本规律

水文现象具有必然性和偶然性两种规律。在水文学中称必然性为确定性,称偶然性为随机性。此外,水文现象还具有地区性规律,它是确定性规律和随机性规律的综合反映。

1. 水文现象的确定性规律

水文现象的确定性规律是指该现象必然出现的规律，这种确定性规律一般具有因果关系。如某河流的流域上降落一场暴雨，该河流就会涨水，出现一次洪水过程；如果暴雨强度大，降雨历时长，河流则会出现较大的洪峰。再如，河流年内周期性地交替出现汛期（洪水期）与非汛期（枯水期），是因地球的公转和自转产生的，是确定性的，也具有因果关系。这就说明了水文现象具有客观的发生原因及其形成条件，服从确定性规律。

2. 水文现象的随机性规律

某些水文现象的出现是不确定的，称为随机性规律。例如，河流每年最大洪峰流量的出现时间是不固定的，各年最大洪峰流量的大小也不同，说明这两种水文现象具有随机的特点。通过大量的观测资料可以发现，特大和特小洪水流量出现机会少，中等洪水出现机会较多，洪水大小与其出现的机会形成一定的统计分布。也就是说，某种随机性的水文现象可在统计的意义上有一定的规律，则称该水文现象服从随机性规律。

受地圈、气圈复杂因素的影响，水文现象及其规律是十分复杂的，往往既受到确定因素的作用，又受到随机因素的作用。实际应用中，应抓住起主要作用的因素。

3. 水文现象的地区性规律

受地域性气候及地理条件影响，水文现象在不同地区具有不同的特性，水文中称为地区性规律。例如，我国东南沿海地区多年平均降雨量及河川年径流量大，而西北内陆地区小，形成不同地区的降雨径流规律。

1.3 水文学的研究方法

1.3.1 研究方法

河流水文学主要通过水文要素观测和水文调查获取水文信息，通过室内或野外实验和合理的分析方法研究水文变化规律。相应于水文现象的基本规律，水文学的研究方法有成因分析法、数理统计法和地理综合法三种。

1. 成因分析法

当某种水文现象与其影响因素之间存在明确的因果关系时，可通过观测资料或实验数据分析，建立水文要素与其影响因素之间的定量关系。这种从水文现象的成因即确定性规律出发解决水文问题的方法，称为成因分析法。它在水文预报、降雨径流、产汇流分析中应用广泛。

2. 数理统计法

水文学的数理统计法，就是以概率论为基础，运用数理统计方法，对于具有随机性的水文现象进行分析，得到其统计规律。工程设计往往需要预估工程未来长时期（数十年、甚

至百年以上的时间)运行的水文现象,如百年内可能出现的最大洪峰流量。对于年最大洪峰流量等这一类随机性的水文要素,难以用确定性方法实现预估,只能依据以往长期观测的大量样本资料,探求其统计规律。

3. 地理综合法

某些水文现象具有地区性变化规律,在水文分析计算中,可建立地区水文等值线图或经验公式,此即地理综合法。例如,不同河段流量与河槽形态的经验关系、不同流域河川径流量与地形参数的经验关系等。我国各地均有地区水文图册等资料,可用于推求观测资料短缺地区的水文特征值,尤其在小流域地区应用较多。

以上三种研究方法,在解决工程水文学实际问题时,需要根据不同水文特点及其规律性灵活运用,或同时并用,以获得合理、可靠的结果。

1.3.2 水文学的研究特点

水文学主要具有以下三方面的研究特点。

(1) 研究的范围大。水文循环在自然界各种水体的存在与转换过程中起了纽带作用,是水文科学研究的主要对象和核心内容。由于水文循环,水文科学把大气圈、岩石圈、生物圈等水的载体和人类活动影响的各种水文现象作为一个整体进行研究。然而,不同空间尺度的水文循环规律存在很大差别,因此,在应用上又将水文划分为大大小小的流域进行研究。例如,研究某个流域的水量变化时,根据水量平衡,既要考虑流域上空大气中水汽输送、水分含量的变化、降水和蒸发,也要考虑流域的地面径流、土壤含水量和流域内外地下水的交换,而且还要考虑流域内植被蒸、散发及人类活动的影响。

(2) 涉及的学科面广。相关学科主要包括自然地理学、水文地质学、土壤学、大气科学、工程流体力学、泥沙运动力学、河口及海岸学等,水文学还力图用数学、物理学和化学的基本原理解释各种水文现象及其规律。近几十年来,现代科学技术如遥感、卫星、地理信息技术、计算机技术、数学中的随机过程理论及小波分析方法等的发展,明显推进了水文学的研究进展。

(3) 实践性强。水文学以野外和实验室观测为主要研究手段,获取自然界已发生的水文现象变化信息,进行资料分析,预测或预估水文情势未来状况,直接为人类的生活和生产服务。例如,提供洪水预报和各种水情预报,对旱涝灾害的发生做出中长期预测,为土木、水利等工程在未来运转时期中可能遇到的特大洪水做出概率预估等。



思考题

1. 水文学与工程水文学有什么关系?
2. 工程水文学主要研究内容有哪些?
3. 水文现象的基本变化规律有哪些?各举实例说明。
4. 水文学的基本研究方法有几种?
5. 水文学在工程中有哪些应用?

第2章

水文循环与河川径流

2.1 水循环与水量平衡

2.1.1 地球上的水储量及其分布

地球上水的总量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，以气态、液态、固态形式存在于空中、地面（包括海洋）、地下和生物体内。其中存储于海洋的水量约 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，陆地水约 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，分别占全球总水量的 96.5% 和 3.5%，各种形式的水储量及分布见表 2-1。地球水储量中 97.47% 为咸水（主要为含盐量较高的海洋水），2.53% 为淡水（主要为冰川和冰盖）。可供人类生活、生产用的淡水资源仅占全球水总储量的 0.01%。水资源是很宝贵的财富，过多的人类活动会导致水质恶化，可用淡水资源比例减小。人类在生产、生活中应合理开发利用和保护赖以生存的水资源。

表 2-1 地球水储量

水体种类		水 量		咸 水		淡 水	
		10^3 km^3	%	10^3 km^3	%	10^3 km^3	%
海洋水		1 338 000	96.54	1 338 000	99.04	0	0
地表水	冰川与冰盖	24 064.1	1.736	0	0	24 064.1	68.7
	湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006	91	0.26
	沼泽水	11.47	0.000 8	0	0	11.47	0.033
	河流水	2.12	0.000 2	0	0	2.12	0.006
地下水	重力水	23 400	1.688	12 870	0.953	10 530	30.06
	地下冰	300	0.022	0	0	300	0.86
土壤水		16.5	0.001	0	0	16.5	0.05
大气水		12.9	0.000 9	0	0	12.9	0.04
生物水		1.12	0.000 1	0	0	1.12	0.003
全球总储量		1 385 984.6	100	1 350 955.4	100	35 029.2	100

水域的存在,在供给人们生活资源的同时,也带来诸多不便。因河流、河口、海岸洪水、潮汐等水循环规律的不确定性,灾害时有发生。

2.1.2 水文循环

地球上的水在太阳辐射及地心引力的作用下,不断地运动变化,形成一个以降雨(降水)、蒸发、入渗、径流等周而复始的不断转化、迁移和交替的过程,称为水文循环。地球系统内的水文循环现象如图2-1所示,根据循环路径的不同,有大循环和小循环之分。从海洋或陆地蒸发的部分水汽,在适当条件下凝结成水滴,又降落到海洋或陆地,这种海洋(陆地)—空中—海洋(陆地)的局部性水文循环称为小循环或内循环。从海洋(或陆地)蒸发的部分水汽被气流输送到陆地(海洋)上空,在一定条件下凝结成水滴,降落至陆地(或海洋),又经陆地植物截留、地面拦蓄、土壤入渗之后形成地表径流和地下径流,最终汇入海洋,这种在海洋与陆地之间的水文循环称为大循环或外循环。

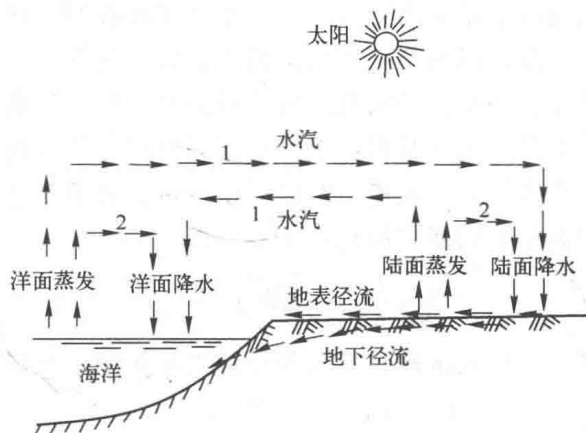


图2-1 自然界水文循环示意图

1—大循环; 2—小循环

由图2-1可见,水文循环过程可分为垂直和水平两方向输运。垂直输运是指陆地或海洋与空中的水、汽交换,循环行为表现为蒸发与降雨。水平输运则是指水分的水平向异地输送现象。海洋水与陆地水间的水循环主要靠水平输运。

水文循环主要受气候、自然地理条件和人类活动等因素的影响。气候因素包括气压、气温、风向、风力等。自然地理条件,也称为水文循环的下垫面因素,包括地形、地貌、土壤、地质构造、植被、河系、湖泊及沼泽等。人类活动主要通过改变下垫面条件影响水文循环,如修建水库、池塘、渠道工程、道路工程、城市化的建筑物等,影响水文循环中的径流、入渗与蒸发条件。随着全球人口增长和技术进步,人类活动对水文循环的影响途径逐渐多样化、隐形化,例如,大量燃烧化石燃料,使得大气中二氧化碳含量增加,引起全球变暖,进而导致世界各纬度地区的水文循环规律发生变化。

自然界水文循环的一个重要作用是水体自净化,污染的水体通过循环得到净化,成为人类可利用的再生资源。但是自然循环有一定周期和速度,人类对水资源的污染需要控制,与之相适应,才能持续利用。