



高等学校精品规划教材

工程水文学

魏永霞 王丽学 主编

GONGCHENG SHUIWENXUE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《高等学校精品规划教材》之一。主要内容包括：水循环与径流形成，水文资料的观测、收集与处理，水文统计基本知识，设计年径流及径流随机模拟，由流量资料推求设计洪水，流域产流、汇流计算，由暴雨资料推求设计洪水，排涝水文计算，水文预报，水文模型，古洪水与可能最大降水及可能最大洪水，水污染及水质模型，河流泥沙的测验及估算等。

本教材适用对象为高等学校水利水电工程、农业水利工程、水文与水资源工程等水利、水电类专业本科生、研究生，以及有关单位的水利水电科技人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程水文学/魏永霞, 王丽学主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005
高等学校精品规划教材
ISBN 7-5084-2973-7

I. 工... II. ①魏... ②王... III. 工程水文学—高等学校—教材 IV. TV12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 077570 号

书 名	高等学校精品规划教材 工程水文学
作 者	魏永霞, 王丽学 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19.25 印张 456 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	29.50 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

为了进一步贯彻教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的文件精神，加强全国高等院校水利水电类教材建设，中国水利水电出版社出版了这套《高等学校精品规划教材》。本教材是这套教材之一。在教材结构方面，传承了经典、成熟的理论体系。在内容方面，力求在充分阐述学科的基本理论和基本计算方法的基础上，补充了近年来工程水文科学技术进展的新内容（如水资源开发及可持续利用，水文数据库，受人类活动影响的径流还原计算，瞬时单位线的非线性改正等）。在编写过程中，力求做到定义、概念准确，文字精炼。

本教材按 64 学时编写，主要内容包括：水循环与径流形成，水文资料的观测、收集与处理，水文统计基本知识，设计年径流及径流随机模拟，由流量资料推求设计洪水，流域产流、汇流计算，由暴雨资料推求设计洪水，排涝水文计算，水文预报，水文模型，古洪水与可能最大降水及可能最大洪水，水污染及水质模型，河流泥沙的测验及估算等。本教材适用对象为高等学校水利水电工程、农业水利工程、水文与水资源工程等水利、水电类专业本科生、研究生以及有关单位的水利水电科技人员。

本教材共分十四章，全书由东北农业大学魏永霞和沈阳农业大学王丽学主编，参加编写的人员有：沈阳农业大学王丽学、刘丹（第八章，第九章，第十一章）、甘肃农业大学郭忠（第二章，第三章，第十二章）、长安大学母敏霞（第六章，第十章，第五章第六～八节）、华北水利水电学院孙保沐（第七章）、宁夏大学马文敏（第十三章，第十四章）、东北农业大学魏永霞（第一章，第五章第一～五节）。本教材由黑龙江大学季山和东北农业大学罗凤莲主审。主审人对书稿进行了认真的审查，提出了修改和补充意见，编者在此深表感谢。

受编者学识水平的限制，本教材中存在不足与疏漏之处，敬请使用本教材的师生和其他读者批评指正。

作者

2005 年 6 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 地球上的水资源	1
第二节 中国的水资源	3
第三节 工程水文学的研究内容和方法	7
复习思考题	10
第二章 水循环与径流形成	11
第一节 水循环与水量平衡	11
第二节 河流与流域	14
第三节 降水及其观测	18
第四节 土壤水、下渗与地下水	26
第五节 蒸散发及其观测	31
第六节 径流形成过程	36
复习思考题	38
第三章 水文资料的观测、收集与处理	40
第一节 水文测站与站网	40
第二节 水位观测	42
第三节 流量测验	43
第四节 水文调查与水文遥感	49
第五节 水文数据处理	52
复习思考题	57
第四章 水文统计基本知识	58
第一节 概述	58
第二节 概率的基本概念和定理	58
第三节 随机变量及其概率分布	60
第四节 水文频率曲线线型	66
第五节 水文频率计算适线法	71
第六节 相关分析	77
复习思考题	84
第五章 设计年径流及径流随机模拟	85

第一节 概述	85
第二节 影响年径流的因素	88
第三节 具有长期实测径流资料时设计年径流量及其年内分配的分析计算	89
第四节 具有短期实测径流资料时设计年径流量及其年内分配的分析计算	97
第五节 缺乏实测径流资料时设计年径流量及其年内分配的分析计算	99
第六节 流量历时曲线	101
第七节 设计枯水流量的分析计算	102
第八节 径流随机模拟	103
复习思考题	111
第六章 由流量资料推求设计洪水	112
第一节 概述	112
第二节 设计洪峰流量及设计洪水总量的推求	114
第三节 设计洪水过程线的推求	124
第四节 分期设计洪水	127
第五节 入库设计洪水	128
第六节 设计洪水的地区组成	131
复习思考题	132
第七章 流域产流、汇流计算	133
第一节 降雨径流要素的分析计算	133
第二节 流域产流分析与计算	140
第三节 流域汇流计算	153
复习思考题	173
第八章 由暴雨资料推求设计洪水	174
第一节 概述	174
第二节 直接法推求设计面暴雨量	174
第三节 间接法推求设计面暴雨量	178
第四节 设计暴雨时空分配的计算	181
第五节 由设计暴雨推求设计洪水	182
第六节 小流域设计洪水的计算	186
复习思考题	198
第九章 排涝水文计算	199
第一节 概述	199
第二节 平原地区排涝水文计算	200
第三节 圩区排涝水文计算	208
复习思考题	211
第十章 水文预报	212
第一节 概述	212

第二节 短期洪水预报	214
第三节 洪水实时预报方法	222
第四节 水文预报精度评定	224
第五节 施工水文预报	227
复习思考题	229
第十一章 水文模型	231
第一节 概述	231
第二节 水文系统理论模型	231
第三节 水文概念性模型	239
复习思考题	249
第十二章 古洪水与可能最大降水及可能最大洪水	250
第一节 古洪水水文学及其应用	250
第二节 可能最大降水与可能最大洪水的估算	257
复习思考题	261
第十三章 水污染及水质模型	262
第一节 概述	262
第二节 水质监测	262
第三节 河流水体的污染与自净	266
第四节 河流水质模型的基本方程	267
第五节 河流水质的 BOD—DO 模型	268
第六节 BOD—DO 模型参数的估算	270
第七节 湖泊水质数学模型	274
复习思考题	276
第十四章 河流泥沙的测验及估算	277
第一节 概述	277
第二节 泥沙测验	277
第三节 输沙量的估算	281
第四节 输沙量的变化	283
复习思考题	284
附录	286
附录 1 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 Φ_p 值表	286
附录 2 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 K_p 值表	288
附录 3 三点法用表—— S 与 C_s 关系表	290
附录 4 三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	291
附录 5 瞬时单位线 S 曲线查用表	292
参考文献	298

第一章 绪 论

第一节 地球上的水资源

一、地球上各种水体的数量与分布

地球表面、岩石圈内、大气层中和生物体内储藏着各种形态（气态、液态和固态）的水体。包括海洋水、地表水（含冰川与冰盖、湖泊水、沼泽水、河流水）、地下水（含重力水、地下冰）、土壤水、大气水和生物水等地球全部水体的总储量约为 1385984.6 亿 m^3 ，其中海洋储存 1338000 万亿 m^3 ，约占全球水体总储量的 96.5%，陆地储存 47984.6 万亿 m^3 ，约占 3.5%，地表水和地下水各占 1/2 左右。地球上各种水体的储量见表 1-1。

表 1-1 地球上各种水体的储量

水 体 种 类	水 量		咸 水		淡 水	
	万亿 m^3	%	万亿 m^3	%	万亿 m^3	%
海洋水	1338000	96.54	1338000	99.04	0	0
地表水，其中：	24254.1	1.75	85.4	0.006	24168.7	69.0
冰川与冰盖	24064.1	1.736	0	0	24064.1	68.7
湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006	91.0	0.26
沼泽水	11.47	0.0008	0	0	11.47	0.033
河流水	2.12	0.0002	0	0	2.12	0.006
地下水，其中：	23700	1.71	12870	0.953	10830	30.92
重力水	23400	1.688	12870	0.953	10530	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	0.0009	0	0	12.9	0.04
生物水	1.12	0.0001	0	0	1.12	0.003
全球总储量	1385984.6	100	1350955.4	100	35029.2	100

由表 1-1 可见，在地球水体的总储量中，含盐量不超过 1g/L 的淡水仅占地球水体总储量的 2.5%，其余 97.5% 为咸水。在总量为 35029.2 万亿 m^3 的淡水中，有 68.7% 被固定在两极冰盖和高山冰川中，有 30.92% 蓄存在地下含水层和永久冻土层中，亦即绝大部分淡水是人类不易开采的；而湖泊、河流、土壤中所容纳的淡水只占 0.316%，因此，可供人类利用的淡水量是十分有限的。

二、水资源

早期有人定义水资源为上述各种水体。20 世纪 70~80 年代，联合国教科文组织和世界气象组织共同提出了水资源的涵义，并被广泛采纳，即“水资源是指可资利用或有可能

被利用的水源，这种水源应当具有足够的数量和可用的质量，并在某一地点为满足某种用途而得到利用”。由此可见，水资源是指地球上可供人类利用的淡水，通常指陆地水，又称陆地水资源，简称水资源。水资源包括水量和水质等。

对人类最为实用的水资源，是陆地降水量、江河径流量和浅层地下淡水量。降水，是江河径流和浅层地下淡水的补给来源，同时，它可以直接被利用（如中国西北地区的集雨水窖工程）。全球陆地上多年平均降水量为 119 亿 m^3 ，折合年降水深为 800mm。人类在江河上修建蓄水、引水、提水和跨流域调水工程等，利用江河径流供农业灌溉、工矿生产、城乡生活、发电、水产养殖、旅游、改善生态环境等。江河径流量是人类最重要和最经常利用的水资源。全球多年平均江河径流量为 46.8 万亿 m^3 ，折合年径流深为 315mm。

从数量上看，降水量和江河径流量都处于动态变化之中，在各年之间和年内各月之间水量都不均衡。多水年和年内的多水期（称汛期或洪水期）常造成洪涝灾害，少水年和年内的少水期（称非汛期或枯水期）常发生于干旱灾害。不仅如此，降水量和江河径流量在地区之间也不均衡。世界各大洲的自然条件差别很大，因而降水量和江河径流量也不尽相同（表 1-2）。由表 1-2 可见，大洋洲诸岛的水资源最为丰富，年降水量接近 3000mm，年径流深超过 1500mm，接近全球陆地平均年径流深的 5 倍；南美洲的水资源也比较丰富，年降水量 1600mm，年径流深 660mm；澳洲是水资源量最少的大陆，年降水量不足 500mm，年径流深只有 40mm，有 2/3 面积为无永久性河流的荒漠、半荒漠地区；南极洲的年降水量和年径流深都很少，只有 165mm，没有一条永久性的河流，然而却以冰的形态储存了地球淡水总量的 62%。

表 1-2 世界水资源分布

大 陆	面 积 (万 km^2)	年 降 水		年 径 流	
		mm	万亿 m^3	mm	万亿 m^3
欧洲	1050	789	8.29	306	3.21
亚洲	4347.5	742	32.24	332	14.41
非洲	3012	742	22.35	151	4.57
北美洲	2420	756	18.3	339	8.2
南美洲	1780	1600	28.4	660	11.76
澳洲	761.5	456	3.47	40	0.3
大洋洲诸岛	133.5	2700	3.61	1560	2.09
南极洲	1398	165	2.31	165	2.31
全部陆地	14900	800	119	315	46.8

注 大洋洲诸岛包括塔马尼亚岛、新西兰岛、伊里安岛等太平洋各岛屿。

由于受人类生活和生产活动的影响，世界各地江河径流和浅层地下淡水的水质已受到不同程度的污染。

与煤、石油等矿产资源不同，水资源数量具有可更新补充的特点。然而，随着城市工业和农业的迅速发展，人口和用水量的急剧增长，人类对水资源的需求量日益增长，而可利用的水资源是有限的，导致不少国家不少地区出现了水资源不足的局面。人类逐渐认识

到,可更新补充的水资源并非取之不尽,用之不竭的,必须十分重视,珍惜利用。为了使有限的水资源得以持续利用,世界各国都很重视水资源的调查、评价和合理开发利用与保护工作。

第二节 中国的水资源

一、水资源的数量

1. 降水量

根据我国第1次水资源调查评价成果,全国多年平均年降水总量为61889亿 m^3 ,折合年降水深为648mm,小于全球陆地多年平均年降水深(800mm)。

2. 地表水资源量

指江河、湖泊、冰川等地表水体的动态水量,即天然江河径流量。全国多年平均年径流总量为27115亿 m^3 ,折合年径流深为284mm,小于全球多年平均江河年径流深(315mm)。

3. 地下水资源量

指降水入渗和地表水体(含河道、湖泊、水库、渠系和渠灌田间)渗漏到地下含水层的补给量。全国多年平均地下水资源量为8288亿 m^3 。

4. 水资源总量

由于地表水和地下水互相联系又互相转化,故不能将江河径流量与地下水资源量直接相加作为水资源总量,而应扣除互相转化的重复水量。经扣除重复水量(7299亿 m^3)后的全国多年平均水资源总量为28124亿 m^3 ,其中地表水资源占96.4%,地下水资源占3.6%。

二、水资源的特点

1. 总量不算少,但人均水量低

我国天然江河径流总量,在世界上仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印尼而居第6位。但我国人口众多,按1999年人口统计计算,中国人均径流量为2180 m^3 ,约为世界人均径流量的1/4。

2. 地区上分布极不均匀

受海陆位置、水汽来源、地形地貌等因素的影响,我国水资源地区分布总趋势是从东南沿海向西北内陆递减。按照年降水量和年径流深的大小,可将全国划分为5个地带:多雨——丰水带,湿润——多水带,半湿润——过渡带,半干旱——少水带,干旱——干涸带。其中多雨——丰水带的年降水量大于1600mm,年径流深超过800mm;而干旱——干涸带年降水量少于200mm,年径流深不足10mm,水资源地区分布极不均匀。

3. 与耕地、人口的分布不相匹配

我国水资源与耕地、人口的分区组合情况见表1-3。由表1-3可见,外流区域(区域面积占全国总面积的64.6%)的南方四区和北方四区的水资源总量与耕地、人口的地区分布不相匹配,人均、单位耕地水资源量差别很大:南方四区水资源总量占全国的81.0%,人口占全国的54.6%,耕地占全国的39.7%,人均水资源量为3300 m^3 ,单位耕地水资源量为43860 m^3/hm^2 ;北方四区水资源总量占全国的14.4%,人口占全国的

43.3%，耕地占全国的 54.9%，人均水资源量为 740m^3 ，单位耕地水资源量为 $5640\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。这种水资源、土地资源和人口组合不平衡的情况，造成了北方用水紧张的局面。内流区域（区域面积占全国总面积的 35.4%）人均、单位耕地水资源量虽然不少，但有人居住的地区水资源有限，也存在水量不足问题。

表 1-3

中国水资源、耕地、人口的分区组合表

分 区 名 称			土地面积	水资源总量	人口	耕地	人均水资源量 (m ³ /人)	单位耕地 水资源量 (m ³ /hm ²)
			占全国 (%)					
外 流 区 域	北 方	东北诸河	13.1	6.9	9.3	19.7	1640	7460
		海滦河流域	3.3	1.5	9.9	9.1	340	3540
		淮河和山东半岛	3.5	3.4	15.7	13.4	480	5480
		黄河流域	8.3	2.6	8.4	12.7	700	4480
		北方四区	28.2	14.4	43.3	54.9	740	5640
	南 方	长江流域	18.9	34.2	33.2	25.5	2290	28770
		华南诸河	6.1	16.8	12.8	8.4	2920	42820
		东南诸河	2.5	9.2	7.1	3.0	2880	67340
		西南诸河	8.9	20.8	1.5	2.8	30890	160000
		南方四区	36.4	81.0	54.6	39.7	3300	43860
	外流河八区		64.6	95.4	97.9	94.6	2170	21670
内流区域 (含额尔齐斯河)			35.4	4.6	2.1	5.4	4830	18300
全国			100	100	100	100	2180	21480

4. 年内、年际变化大

常用连续最大 4 个月降水量占全年降水量的百分数来表示降水的年内分配，百分数越大，表示年降水年内变化大。我国长江以南地区连续最大 4 个月降水量占全年降水量的 50%~80%，华北与东北地区连续最大 4 个月降水量占全年的 70%~80%，西南地区连续最大 4 个月降水量也占全年的 70%~80%，说明我国大部分地区降水的年内分配很不均匀。年降水量的年际变化，常用统计时段内最大年降水量和最小年降水量之比称为极值比来表示，极值比大，表示年际变化大，反之亦然。西北大部分地区极值比为 5~6，华北地区为 4~6，东北地区为 3~5，淮河、秦岭以南地区为 2~4。由于年降水量是影响年径流量的主要因素，年径流量也具有类似年降水量的年内、年际变化特性，甚至年内、年际变比更为剧烈。

降水量和径流量年内、年际变化大，对水资源的充分开发利用是不利的。

三、水资源公报

上述我国水资源总量是指多年平均的情况，而逐年的情况可见水利部编制的《中国水资源公报》。比如 2003 年《中国水资源公报》刊载，2003 年，我国南方降水量比多年平均值偏少，北方降水量则偏多，全国平均年降水总量为 60415.5 亿 m^3 ，折合年降水深 638mm，比多年平均值少 0.7%；地表水资源量为 26250.7 亿 m^3 ，比多年平均值少

表 1-4 说明 2003 年我国供、用水量是平衡的,但并不意味着供、需水量也是平衡的,而是供水量小于需水量。据统计,我国平均每年至少有上百亿 m^3 的需水量未得到满足。

上述用水量是根据以下用水指标统计得出的:

人均综合用水量为 430m^3 , 万元国内生产总值 GDP (当年价) 用水量为 448m^3 , 农田灌溉亩均用水量为 430m^3 , 万元工业增加值 (当年价) 用水量为 222m^3 , 城镇人均生活用水量为 212L/d (含公共用水), 农村居民人均生活用水量为 68L/d 。

自 1997 年以来, 全国人均综合用水量、万元 GDP 用水量 (当年价), 农田灌溉亩均用水量和万元工业增加值用水量 (当年价) 均呈下降趋势。但与发达国家相比, 我国万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量和农田灌溉亩均用水量指标还比较大 (万元工业增加值用水量是发达国家的 5~10 倍), 存在进一步降低用水指标的潜力。

五、水资源开发利用的主要问题

1. 水资源供需矛盾突出

按正常需要和不超采地下水, 全国年缺水总量约为 300 亿~400 亿 m^3 。到 20 世纪末, 全国 600 多个城市中有 400 多个存在供水不足的问题, 其中比较严重缺水的达 110 个, 全国城市年缺水总量约为 60 亿 m^3 。此外, 在一些水资源丰富但人口稠密的地区, 还存在“水质型缺水”的问题。水资源短缺已成为我国尤其是北方地区经济社会发展的严重制约因素。

2. 城市和工业集中地区和北方部分井灌区地下水超采

超量开采地下水资源, 导致地下水资源枯竭的同时引起地面沉降。地面沉降直接危害城市建筑物和居住安全, 加剧洪涝灾害, 降低防洪排涝工程效能 (沿海地区造成海水入侵)。近年来, 我国每年地下水超采量为 80 亿 m^3 , 超采区共有 164 个, 其中严重超采区面积占 24.6%。我国地面沉降年平均直接经济损失超过 1 亿元。

3. 水质恶化, 地表水和地下水均受到污染

2003 年, 全国污水排放总量为 680 亿 t (其中工业废水占 2/3, 其余为第三产业和城镇居民生活污水), 90% 的废、污水未经处理或处理未达标就直接排放。该年, 全国符合和优于Ⅲ类水 (Ⅲ类水是可进入自来水管网的最低要求) 的河长占总评价河长的 62.6%, 比 2002 年减少 2 个百分点。对 52 个湖泊和 308 座水库进行水质评价, 水质符合和优于Ⅲ类水的湖泊和水库分别占评价数的 40.4% 和 74.7%。枯水季节, 江河水质更差。2005 年 1 月份的监测显示, 长江、黄河、淮河等 7 大江河, 劣Ⅳ类水占 28.4%。全国浅层地下水大约有 50% 的地区遭到一定程度的污染, 约有一半城市城区的地下水污染比较严重。水污染已出现由城市向农村蔓延, 由地表水向地下水渗透的趋势。

4. 用水浪费, 水的重复利用率低

我国城市生活等用水浪费严重, 仅供水管网跑冒滴漏损失就达城市生活供水总量的 20% 以上, 家庭用水浪费也十分普遍。我国水的重复利用率仅为 40%, 而发达国家已达 75%~85%; 我国农业灌溉用水有效利用系数只有 0.4 左右, 而发达国家已达 0.7~0.8。

5. 水资源分散管理

我国目前水资源实行“多龙管水”即分散管理的模式。比如城市水资源管理由水利、

建设、环保、市政、地矿、农业等多部门分别承担，管理职能上存在交叉和分割，导致以牺牲环境为代价不合理开发水资源的现象屡屡出现。

六、水资源的可持续利用

在人类社会的发展过程中，需要协调好发展与环境的关系，为此提出可持续发展的概念，并对可再生的自然资源提出可持续利用问题。与人类关系密切而且不可替代的水资源的可持续利用问题也就提到日程上来。

水资源可持续利用的主要原则是：在水资源开发利用中，应当使预期得到的社会效益和环境效益，亦即正面效益与因开发利用所导致的不利于环境的副作用亦即负面效益相平衡，并力求前者稍大于后者，以利人类社会的不断完善与进步。

根据预测，2050年我国人口将接近16亿人，经济将达到中等发达国家的水平，水资源的需求量约增加到6800亿~7200亿 m^3 。而目前我国的供水量在5600亿 m^3 左右，需要新增加约1200亿~1600亿 m^3 的供水量。依照水资源可持续利用的理念，应当改变过去单一的开源的做法，而采取节流、开源、保护并举的综合措施，来解决新增加的供水量的问题。在具体的水资源开发利用中要求做到：①对由水源取水适当留有余地；②在保护利用好现有水源工程的基础上开发新水源工程，并注意当地水资源的可开发限度；③加强需水管理，不断改进用水定额；④努力开拓高效清洁的水利用模式，加大污水处理的力度。

坚持科学发展观，实施水资源的可持续利用，为我国经济社会的可持续发展提供支持和保障，这是我国水资源开发利用面临的新的重大课题。

第三节 工程水文学的研究内容和方法

一、工程水文学的研究内容

水文学是研究地球水圈的存在与运动的科学。它主要研究地球上水的形成、循环、时空分布、化学和物理性质以及水与环境的相互关系，为人类防治水旱灾害，合理开发利用和保护水资源，不断改善人类生存和发展的环境条件，提供科学依据。

广义的水文学包括海洋水文学、水文气象学、陆地水文学和应用水文学。

海洋水文学着重研究海水的化学成分和物理特性、海洋中的波浪、潮汐和海流、海岸横向泥沙运动等。习惯上把海洋水文学列为海洋学的内容之一。

水文气象学研究水圈和气圈的相互关系，包括大气中的水文循环和水量平衡，以蒸发、凝结、降水为主要方式的大气与下垫面的水分交换，暴雨和干旱的发生和发展规律，它是水文学和气象学的边缘学科。

陆地水文学是研究陆地上水的分布、运动、化学和物理性质以及水与环境相互关系的学科。地表水水文学和地下水水文学是陆地水文学的主要组成部分。地表水水文学可划分为以下分支学科：河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、雪水文学、区域水文学等。

应用水文学运用水文学及有关学科的理论和方法，研究解决各种实际水文问题的途径和方法，为水利、电力、交通、城镇供水和排水、环境保护等工程建设提供水文数据。应

用水文学包括水文测验学、工程水文学、城市水文学、农业水文学、林业水文学、水文预报学等分支学科。

水文学通常是指研究对象只限于陆地水体的陆地水文学和具有较高应用价值的应用水文学。其中河流水文学和工程水文学发展最早，取得的成绩也最大。

工程水文学的主要内容为水文测验、水文分析计算和水文预报，其中水文测验和水文预报现已成为一门独立的学科，因此水文分析计算是工程水文学的主要内容。

水文分析计算是在研究水文现象变化规律的基础上，预估未来长时期内（几十年到几百年）的水文情势，为与水有关的工程规划设计、施工和运用管理提供水文数据。其主要任务是估算工程在规划设计、施工和管理阶段所必需的水文特征值及其在时间、空间上的分布。而水文预报是在研究水文现象变化规律的基础上，预报未来短时期（几小时或几天）内的水文情势。

二、工程水文学在工程建设与管理中的作用

由于天然来水与国民经济的需要不相适应，修建灌溉水库、引水工程、调水工程、提水工程、防洪除涝工程、水电站等水利水电工程就是解决这一矛盾的技术措施。这些工程从修建到运用都要经过规划设计、施工、管理3个阶段，每个阶段都要进行水文计算。

1. 规划设计阶段

规划设计阶段水文计算的主要任务是确定工程的规模。工程规模与河流流量的估算有关。如果河流流量估算过大，就会使工程规模过大，造成资金的浪费。反之，如果河流流量估算过小，工程规模就会过小，导致工程不安全，同时不能充分利用水资源，造成水资源的浪费。在多沙河流上兴修水利工程还要估算蓄水工程的泥沙淤积量，以便考虑增设延长工程寿命的措施。水利工程的使用年限一般为几十年甚至百年以上，工程规划设计，需要水文计算提供未来工程使用期间的水文情势。

2. 施工阶段

施工阶段要修建一些临时性的建筑物，如围堰、导流渠等。为了确定这些临时性建筑物的规模，需要掌握施工期间的来水情况，因此也需要进行水文计算。如果施工期设计洪水估算偏大，会使施工建筑物规模过大，造成浪费；若施工期设计洪水估算偏小，会造成施工建筑物的破坏，影响施工进度或造成巨大损失。另外，还需要水文预报提供短期或中期（如一个季度）天然来水情势。

3. 运用管理阶段

运用管理阶段，需要知道未来一定时期的来水情况，据此编制水量调度方案。有防洪任务的水库需要事先作出洪水预报，以便在洪水来临之前腾出库容，拦蓄洪水。一方面使水库本身安全度汛，另一方面使下游免受洪水灾害。汛期结束后，根据水文预报及时蓄水，以保证灌溉、发电、航运等方面的需求。另外，在工程建成后，还要不断复核和修改设计阶段的水文计算成果，必要时对工程进行改造。

三、工程水文学的研究方法

1. 水文现象的基本规律

自然界中的水文现象极为复杂，它的发生发展与气象要素和地质地貌、植被等下垫面因素及人类活动有关。但复杂的水文现象仍然具有一定的规律性。

(1) 周期性。任何一种水文现象，总是出现以年为单位的周期性变化。例如，河流每年都有一个汛期和一个枯水期。一般夏、秋季为汛期，冬、春季为枯水期。产生这种现象的基本原因是地球的公转。地球的公转导致了春、夏、秋、冬四季的交替。四季中的降水是有周期性变化的。所以使得河流的水文情势也就具有相应时间的周期性变化。此外，在冰雪水源的河流上，由于气温的日变化，水文现象也有以日为周期的变化情况。在长期观测的水文系列中，还可发现水文现象有多年变化的周期性。

(2) 随机性。因为影响水文现象的因素众多，各因素本身在时间上不断地发生变化，如气象要素变化莫测，是随机的，所以受它影响的水文现象也处于不断变化之中。它们在时间上和数量上的变化过程，伴随周期性出现的同时，也存在着不重复的特点，这就是所谓的随机性。例如，任何一条河流不同年份的流量过程不会完全一致，它们在时间上、数量上都不能完全重复。事实上，所有水文特征值的出现都可以认为是随机的。

(3) 地区性。由于气候要素和地理要素具有地区性规律，所以受其影响的水文现象也具有地区性的特点。比如，两条河流所处的地理位置相近（纬度与距海洋远近等），气候与地理条件相似，那么由气候及地理条件综合影响而产生的水文现象，在一定程度上就具有相似性。

2. 工程水文学的研究方法

根据上述水文现象的基本规律，按不同的要求，工程水文学的研究方法通常可以分为3类：成因分析法、数理统计法和地理综合法。

(1) 成因分析法。某一水文现象的发生是众多因素综合影响的结果，也就是说水文现象与其影响因素之间存在着内在联系。通过观测资料和实验资料的研究分析，可以建立这一水文现象与其影响因素之间的定量关系。这样就可以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在水文学中称为成因分析法。成因分析法能够给出比较确切的成果。例如，当知道上、下游站的同时水位和洪水传播时间时，就可由上游站的洪水位来预报下游站的洪水位。

应该指出，任一水文现象的形成过程都是极其复杂的。对水文现象进行成因分析时，一般只考虑它的主要因素，而忽略一些次要因素。因此成因分析法具有一定的局限性。

(2) 数理统计法。水文分析计算的主要任务是预估未来的水文情势，但影响未来水文情势的因素是复杂多变的，不可能用成因分析法一一处理。根据水文现象的随机性，可以以概率论为基础，运用数理统计的方法去推断水文现象的统计规律，求得长期水文特征值的概率分布，从而得出工程规划设计所需要的设计水文特征值。这种方法在水文分析计算中广泛应用。

(3) 地理综合法。根据水文现象的地区性特点，可以以地区为单位来研究某些水文特征值的地区分布规律。这些研究成果通常用等值线图或地区经验公式表示（如多年平均年径流深等值线图，洪水地区经验公式等）。利用这些等值线图或经验公式，可以求出观测资料短缺地区的水文特征值。这就是地理综合法。

以上3种方法，在实际工作中常常同时应用，它们是相辅相成、互为补充的。

四、《工程水文学》课程的学习目的

本课程主要内容有：①基础知识（包括第二章和第四章）；②基本资料的观测和处理

(第三章); ③水文计算的原理和方法 (第五、六、七、八、九章和第十二章); ④水文预报的原理和方法 (包括第十章和第十一章); ⑤水质、泥沙分析计算 (第十三、十四章)。

高等学校水利水电类专业设置本课程的目的,是为了培养学生具有水文水资源的基础知识,了解水文资料的观测和处理方法,掌握水文分析计算和水文预报的基本原理和方法,获得水利工程规划设计必须具备的工程水文分析计算能力。

复 习 思 考 题

1. 什么是水资源? 怎样理解水资源并非是取之不尽, 用之不竭的?
2. 中国的水资源具有哪些特点?
3. 实施水资源可持续利用发展战略有何意义?
4. 水资源与水文学有何关系?
5. 水文分析计算在水利工程建设和管理中的作用是什么?
6. 水文分析计算经常采用哪些研究方法? 根据是什么?

第二章 水循环与径流形成

第一节 水循环与水量平衡

一、自然界的水循环

1. 水循环的概念

地球水圈中各种水体在太阳的辐射下不断蒸发变为水汽进入高空，并随气流的运动输送到各地，在一定条件下凝结形成降水。降落的雨水，一部分被植物截留并蒸发，一部分形成地面径流沿江河回归大海，一部分渗入地下。渗入地下的水，有的被土壤或植物根系吸收，最后经蒸发和植物散发返回大气。有的渗入更深的土层形成地下水，以泉水或地下水的形式注入河流回归大海。水圈中各种水体通过蒸发、水汽输送、凝结、降水、下渗、地面和地下径流的往复循环过程，称为水循环。

2. 大循环、小循环、内陆水循环

水循环按不同途径和规模，可分为大循环和小循环，其差别在于水汽输送是否跨越了海陆界线。从海洋蒸发的水汽，被气流带到大陆上空，成为降水降落到大陆后又流归海洋，这种海陆间的水循环称为大循环。从海洋蒸发的水汽，在海洋上空成云致雨，直接降落到海洋，或陆地上的水蒸发后又降落到陆地，这种局部的水循环称为小循环。另外，沿海地区，较易得到来自海洋的水汽供应，这些地区蒸发的水汽也较多，且进一步向内陆输送。在内地上空冷凝降落后，一部分形成径流，一部分再蒸发为水汽又继续向更远的内陆输送。如此循环下去，但愈向内陆，水汽愈少，直到不再能成为降水为止。这种现象叫做内陆水循环。水循环中的各种现象如图 2-1 所示。

3. 水循环的意义

水循环是地球上最重要、最活跃的物质循环之一，它实现了地球系统水量、能量和

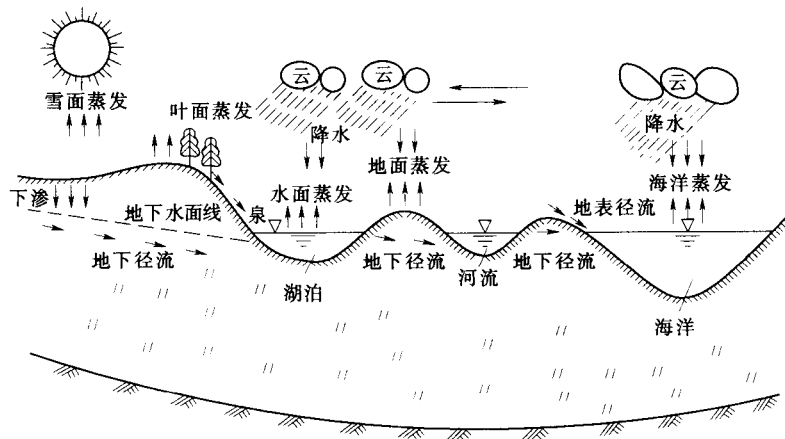


图 2-1 水循环示意图