

高等学校试用教材

普通水文学

南京大学地理系 编
中山大学地理系

人民教育出版社

高等学校试用教材

普通水文学

南京大学地理系
中山大学地理系 编

人民教育出版社

本书为综合大学地理系自然地理专业所用教材。主要阐述自然界中各水体的水文特征,及其基本变化规律。全书共分七章,第一章自然界的水分循环与水量平衡;第二章河流的水情要素和水量补给;第三章河流径流;第四章地下水;第五章湖沼水文;第六章海洋水文;第七章河口水文。

本书也可供其他水文专业和水文工作者参考。

普通水文学

南京大学地理系 编
中山大学地理系

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海新华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 13 字数 313,000

1978年8月第1版 1979年1月第1次印刷

印数 1—25,000

书号 12012·08 定价 0.94 元

目 录

绪言	1
第一章 自然界的水分循环与水量平衡	9
第一节 自然界的水分循环	9
一、大循环与小循环	10
二、我国水分循环的路径简述	12
第二节 水量平衡	13
一、地球上的水量平衡	14
二、通用的水量平衡方程式	15
第三节 人类活动对水分循环和水量平衡的影响	18
第四节 水量平衡要素——降水和蒸发	19
一、降水	19
二、蒸发	20
第二章 河流的水情要素和水量补给	29
第一节 水系和流域	29
一、水系	29
二、流域	31
第二节 河流的纵横断面	36
第三节 河流的水情要素	38
一、水位	38
二、流速	45
三、流量	53
四、含沙量	67
五、溶解质	71
第四节 河流水量的补给	72
一、河流水量的补给类型	72
二、流量过程线分割	75

第三章 河流径流	79
第一节 径流的形成	79
一、径流及其表示方法	79
二、河流径流形成的基本概念	82
第二节 径流与自然地理因素的关系	88
一、气象气候因素	88
二、下垫面因素	90
三、人类改造自然活动	94
第三节 水文统计方法的基本知识	94
一、机率与频率	96
二、频率分布	97
三、统计参数	100
四、重现期	102
五、频率曲线	103
六、统计参数的误差	107
七、统计参数对频率曲线的影响	110
八、现行频率计算方法	111
第四节 正常径流量	114
一、有长期实测资料时正常年径流量的计算	115
二、有短期实测资料时正常年径流量的推算	115
三、无实测资料时正常年径流量的推算	124
第五节 河流径流的变化	135
一、径流的年际变化	135
二、径流的年内分配	147
三、枯水径流	151
第六节 洪水	155
一、洪水及其成因	155
二、洪峰流量的推求	157
第七节 固体径流和化学径流	166
一、泥沙的来源	167
二、泥沙的运动	169

三、泥沙的计算方法、资料整理方法	174
四、泥沙沿河的空间分布及泥沙的时间分布	179
五、化学径流	184
六、我国河流的固体径流和化学径流	187
第八节 中国河流及分类	191
一、中国河流和水系概况	191
二、中国河流的径流资源	193
三、河流分类	195
第四章 地下水	200
第一节 地下水的物理性质和化学成分	201
一、地下水的物理性质	201
二、地下水的化学性质及其主要成分	205
第二节 地下水的贮存与岩石的水理性质	209
一、地下水的贮存	209
二、岩石的水理性质	215
第三节 地下水的运动	217
一、地下水渗流运动要素	217
二、渗流基本定律	219
三、渗透系数 K 值及其测定	220
四、线性渗透定律在地下水计算中的应用	224
第四节 地下水的动态与均衡	230
一、成因分析法	233
二、地下水动力学法	236
三、数理统计法	237
第五节 地下水类型及其特征	238
一、饱气带水	239
二、潜水	241
三、承压水	254
四、裂隙水	259
五、岩溶水	264

第五章 湖沼水文	279
第一节 湖泊的形成和分类	280
一、湖泊的形成和发展	280
二、湖泊的分类	281
第二节 湖泊的形态特征	283
一、湖泊形态	283
二、湖泊形态度量	284
三、湖泊的容积、深度、底坡形态特征	286
四、湖盆形状特征	288
第三节 湖泊水量平衡	288
第四节 湖水的运动	290
一、波浪	290
二、定振波(波漾)	293
三、湖流	294
四、增水和减水	297
五、异重流	299
第五节 湖水的物理性质和化学性质	301
一、湖水的透明度	301
二、水色	302
三、湖水的热学性质	303
四、湖水的化学成分	307
第六节 水库	309
一、水库的特征水位和库容	309
二、水库的调节作用	310
三、水库的淤积	311
第七节 沼泽	315
一、积水体沼泽化	316
二、陆地沼泽的形成	317
三、沼泽的水文动态	318
四、我国沼泽的分布	320

第六章 海洋水文	822
第一节 海陆分布与海洋	322
一、海陆分布及海洋的划分	322
二、海底的地貌类型	325
三、邻近中国的海洋	328
第二节 海水的化学组成及物理性质	329
一、海水的化学组成及盐度	329
二、海水的密度	333
三、透明度及水色	335
第三节 海浪	336
一、海浪现象及其要素	336
二、风浪的成长及近岸海浪	340
三、海啸及风暴潮	343
第四节 潮汐	346
一、海面升降与日、地、月关系	346
二、潮汐现象	348
三、潮汐的发生	350
四、潮汐分析与推算	359
第五节 海流	365
一、海流的成因及分类	365
二、密度流与风海流	367
三、世界洋流及邻近中国的海流	371
第七章 河口水文	377
第一节 概述	377
一、河口区的范围	377
二、河口分类	379
三、河口区的分段	379
第二节 河口区的水流特性	381
一、入海径流的分配	382
二、潮波的传播和变形	386
三、盐水楔异重流	393

第三节 河口泥沙动态	396
一、泥沙来源	396
二、泥沙的时空分布	397
三、泥沙运动	398
第四节 河口演变	401
一、径流弱的强潮河口的演变(钱塘江河口)	402
二、径流强、潮流也强的河口的演变(长江河口)	403
三、径流强的弱潮河口的演变(珠江河口)	404
四、泥沙多的弱潮河口的演变(黄河河口)	407

绪 言

水文学是研究自然界各水体的运动、变化和分布规律的科学。水体是指以一定形态存在于自然界中水的总称，如在大气中的水汽，在地面上的江河、湖沼、冰川和海洋中的水，在地下的地下水。因此，水文学也是研究水分循环过程中大气圈、水圈、生物圈和岩石圈之间相互联系规律的科学。

水文学按地球圈层情况可分为：水文气象学、陆地水文学和地下水文学。如按在地球表面上分布情况来分，可分为海洋水文学、陆地水文学。由于陆地表面各水体，在形成发展过程中，各具有不同的特点，随着近代科学的发展，对这些水体的研究都具有它们独特的规律而形成专门的学科。因此，在陆地水文学中又可分为：河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、河口水文学。

根据研究任务的不同，水文学又可分为以下几门科学：

水文测验与水文查勘：研究获得水文资料的手段和方法；布设水文站网的理论、整理和汇编水文资料的方法和野外水文调查的规范，野外水文资料的搜集与分析等。

水文地理：又称水象学或区域水文学，根据水文特征与自然地理因素之间的相互关系，研究水文现象的地区性规律。

水文实验研究：运用野外试验流域或室内模拟试验来研究各水文现象和水文过程的物理机制。

水文预报：在水文现象变化规律和形成过程的基本原理上，研究河流、湖泊的水情规律，预报未来水情形势，为防洪、抗旱以及为有计划的调度运用水利资源提供依据。

水文水利计算：在研究水文现象变化规律的基础上，预估长

期(几十年甚至几百年以上)水文情势, 同时进行综合研究用水需要的调节方法, 经济效益等问题。

水化学: 研究水流中的化学性质, 化学成分的变化规律和分布特点, 以及研究水质及水化学的分析方法。

此外, 还有研究河流泥沙运动, 河床演变的河床演变学, 研究水体物理的水文物理学等。

宇宙间最普遍、最根本的规律是对立统一规律。根据唯物辩证法的认识论来考察水文现象, 归结有下列两对矛盾的对立统一关系:

1) 在水文现象的时程变化上存在着周期性与随机性的对立统一。

周期性: 水文现象的变化规律对任何一个水体总是有以年为单位的周期性变化。例如, 河流每年都有一个汛期与一个枯季, 或两个汛期与两个枯季, 一般夏秋为汛期, 冬春为枯季; 海水更有一天两次或一次的水位涨落等等。产生这种现象的基本原因是地球公转及自转。地球的公转与自转导致了春夏秋冬四季的交替, 及昼夜的交替, 使水文情势也就具有相应时间的周期性变化。又如, 在冰雪水源的河流上, 气温具有日变化的周期, 受制于气温的水文情势也具有日周期性。在长期观测的某些资料中, 水文现象还有多年变化的周期性。

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, 所以受其左右的水文现象也处于不断变化之中, 它们在时程上和数量上的变化过程, 伴随周期性出现的同时, 也存在不重复性的特点, 这就是所谓随机性。如任一河流、湖泊、海洋不同年份的流量过程不会完全一致, 它们在时间上, 数量上都不可能完全重复。

因此, 在时程上水文现象的周期性既是必然的, 又是偶然的。

• 2 •

2) 相似性与特殊性在地区上的对立统一。

相似性：不同流域所处的地理位置（纬度或离海远近等）相似，气候与地理条件相似，相类似的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有一定的相似性。如湿润地区所有的河流、湖泊的水量充沛，年内分配情势较均匀，干旱地区绝大多数的河流、湖泊水量不足，年内分配不均匀。

特殊性：不同流域所处的地理位置、气候条件相似，但由于下垫面条件的差异，而产生不同的水文变化规律。这就是与相似性所对立的特殊性，如在同一地区，山区河流与平原河流，其洪水运动规律就不相同，岩溶地区与非岩溶地区，河流水文规律也不相同。地下水源丰富的河流和地下水源贫乏的河流，其水文动态规律有很大的差别等。

由此可见，水文现象的基本特征绝不是永恒的，在一定条件下既相互依存，又可相互转化，对立统一是相对的，斗争是绝对的。

根据上述基本特征，按不同的目的要求，水文学常用的研究方法有：

1) 成因分析法：按基本站网和室外试验的资料，从具体现象出发，研究水文现象的形成过程，揭示水文现象的本质及其相互关系，寻求其成因规律及各因素之间的内在联系，建立水文现象各要素与影响各要素变化的定性及定量的关系。

2) 数理统计法：基于水文现象特征值的出现具有随机性质，以机率理论为基础，根据长期的水文观测资料，运用数理统计方法，求取水文现象特征值的统计规律。或对主要水文现象与特征值之间，或主要水文现象与其影响因素之间的统计规律。

3) 地理综合法：从气候要素及其他地理景观要素的分布具有地区性的特点出发，求出各测站水文要素的分类分区特征值，建立地区经验公式，绘制各种特征值等值线图，以分析水文现象的

地区特征,揭示水文地区规律。

上述三种研究方法在实际工作中,常常同时应用,它们是相辅相成、互为补充的。

水在自然界中的作用犹如人体的血液一样不可缺少。自然环境可以影响水体的变化,水体的运动又可以直接地、间接地影响地球上各种环境条件的变化规律。如天气的变化——风、雨、雪、台风、旱涝等都与水体运动有直接的关系。如果大气中没有水体的运动,天气的变化就难以出现。所以,水体为天气的演变创造了条件,水分循环作用又使地形不断改造,降水形成径流,径流可以侵蚀地表,使水土流失,含酸性物质的水流能溶蚀岩石,河流的水流能引起河床侵蚀、堆积作用,使河床地形产生反复的演变;由于天气的变化和地形的演变间接地影响着植物的生长,动物的繁殖,乃至人类的活动,进一步促使地球上地理景观发生变化。水与环境条件之间就是这样地相互依存和相互制约。

水是国家的宝贵资源之一。水情的变化规律深刻地影响着农业、城市和工矿建设、港口建设、交通运输部门等工作。而铁路、公路的建设往往又要通过许多江河、山岭,施工过程必须穿山架桥,修筑涵洞,那末,河流的最大流量、最高水位、最大流速、地下水位的变化等资料是必不可少的依据。航运、水力发电,流域水利规划和水利工程的设计、施工,都必须对水体作客观的详尽的研究,寻找水体运动的规律,为水利建设提供可靠的科学依据,避免不必要的浪费和可能产生的灾害。

河湖是淡水水生生物之家,海洋是咸水水生生物的场所,它们的水量、水的物理性质、化学性质的变化都直接影响鱼类、水生生物的繁殖。

此外,水文学在水土保持中的应用,在河口三角洲的综合开发利用,海洋水文在开发石油及其他资源中的应用,在军事上的应用

都十分重要。所以大力开展水文方面的研究，为促进社会主义革命和社会主义建设事业的迅猛发展有着重大的意义。

我国的水利资源，包括江、河、湖泊、海洋、冰川及地下水，储存量极为丰富，它们被广泛地利用于工业、农业、轻工业建设，促进工农业生产的发展。在利用水资源的生产斗争中，我们的祖先积累了丰富的经验，取得了卓越的成就例如：

1) 水文观测：公元前 316 年蜀守李冰与他的儿子二郎在四川灌县修筑了导治岷江的灌溉工程——都江堰，在灌县城西门的宝瓶口设有石人测量水位，后改为石刻水测，用以测定水位，控制进水，防止洪水毁坏渠道。在与黄河洪水的斗争中，古代劳动人民使用水势观测方法，其中有水位、泥沙、流量的观测。明朝的潘季驯（十六世纪）在《河防一览》书中写道：“黄河浑浊，以斗计之，沙居其六，若至夏秋，则水居其二矣，以二斗之水，载八斗之沙，非极汛溜，必致停滞。”清初陈潢有测量“水方”的方法，谓：“水流速，则如急行人，日可行二百里，水流徐，则如缓行人，日可行七八十里，即用水方法，以水纵横一丈，高一丈为一方，计此河能行水几方，然后受之，其余者，即以计宣泄之。”所谓水方即现代称为流量。

2) 水文记载：四千年前已有黄河水灾的记载，迄今不辍，在四千多年中曾有过 1500 多次水灾的记录。

中国最早的一本史书《书经》中的《禹贡》，曾详细记述了我国的版图、山岳、河道、土壤、物产、交通、赋税及人情风俗等，尤以记述大禹治水之经过为主。东汉时出版的范阳、酈道元注校的《水经》及经修正补充后的《水经注》是我国水象学方面的一本重要书籍，它系统地把黄河、淮河、长江三个水系的源流、干流及航运灌溉情况进行了描述，各县县志，地方志等都详细记载了水文情况。如清朝时傅泽洪的《正续行水金鉴》，把历代水利经验加以综合，详述四渎分合、运道沿革、水利兴废的状况，概括了数千年间水道变迁

的情况。

3) 水文预报：古代劳动人民，对河流水情的变化有许多的认识。如在黄河利用桃花汛涨水情况预测秋汛的大小。江苏淮阴地区在治理淮河以前，用通过淮阴的洪水水色、挟带泥沙的差异来辨别水的来源和预测洪水的大小。还有些地区是用水位涨落变化与天气的关系来预测洪水，寻找水情的变化规律。

此外，在我国历史上有许多伟大的水利工程都经过水文状况的分析与计算修筑起来的。公元前 141—87 年新疆劳动人民凿成了我国第一个坎儿井，全长 2500 公里，井的总数有 300 多座，规模很大。公元前 214 年，开凿的兴安运河（灵渠），公元前三世纪开挖的郑国渠等伟大的水利工程建设都是以丰富的水文知识作为基础兴建起来的。

但是，解放前，水文工作各个方面都处于落后和停顿状态，设备简陋，资料残缺不全。

解放后，在党和毛主席的关怀下，我国水利建设，以历史上从来没有过的速度和规模向前发展，紧密结合水利和其他社会主义建设的需要，水文工作也有了迅速的发展，并起了显著的作用。

解放前，我国只有残缺不全的水文测站三百多处，现在基本站已发展到一万六千多个。现有基本站都是经过统一的站网规划设置的，按统一的规范进行水文测验和整编刊印资料。除基本站网外，还设立了大量专用站和部分实验站。形成了一个以基本站为骨干，专用站为补充的水文站网。担负着全国水文资料的搜集工作。在测验技术和测验仪器方面，在大量实验研究的基础上，编制了水文测验规范，统一生产了测验仪器设备，大部分测站实现了缆道测流，部分测站已使用自动缆道测流。大大改变了解放前测验设备异常简陋，测验资料质量差的面貌。

在水文情报和预报方面，解放前水情工作非常薄弱，根本没有

水文预报。解放后，根据社会主义经济建设的需要，大量开展水文情报预报工作，中央、各大流域和地方防汛指挥机构都能及时掌握各地水情，承担着所辖范围主要河段的预报任务。而且全国有45%的基层水文站都发布当地的水文预报。在大量实践经验的基础上，建立了一套适合我国自然特点的预报方法，使水文情报预报工作在防汛抗洪斗争中充分发挥了耳目作用。二十多年来黄河伏秋大汛从未决口，长江1954年发生了比1931年更大的洪水，1963年海河发生了比1939年更大的洪水，但都保证了武汉和天津等城市的安全，农业损失比解放前大为减少。水文情报预报工作在防洪斗争中做出了应有的贡献。除洪水情报预报外，还开展了冰情预报、枯水预报、台风暴潮预报等工作，并取得了很大成绩。

解放前水利工程建设极少，水文计算技术落后，水文实验研究完全是空白。解放后，随着水利建设的发展，水文水利计算和水文实验研究工作也得到了相应的发展。结合各大流域的规划设计工作，大规模的水利水电建设工作，从实际工作中总结出一套适合我国河流水文特性的水文分析计算方法。为了适应中小型水利工程水文计算需要，在深入分析水文要素变化的基础上，各地区都编有地区性水文计算手册或水文图集，为中小型水利水电建设服务。为了深入研究水文规律，开展了水文实验研究工作。

在海洋水文方面，进行了专业性和综合性的海洋调查，为了解决港湾的综合利用，我国海洋水文工作者对邻近海区进行了综合考察。国家成立了海洋局，负责组织海洋的各种研究，近年来已开始对太平洋深海地区进行调查。

随着科学事业的发展，各种新仪器，新技术的运用，如遥测遥控、卫星遥感技术、同位素、中子测水、电子计算机的运用等，这些技术在水文上的应用，必将加速我国水文事业的发展，丰富水文研究的内容。

随着水文学不断的发展、水文学研究的内容不断增加,归纳起来水文学有以下两个研究方向。

1) 地理方向: 主要是把水作为地理环境的一个因素,研究其时间和空间的变化规律,研究水与地理环境之间的关系。这方面的研究开展得较早,最初为纯定性的水文地理调查,后来,逐渐采用新仪器、新技术及试验研究,目前的趋势是致力于宏观方面水文变化规律的研究,如全球的水量平衡、热量平衡和水资源的平衡估算;人类经济活动对径流的影响;自然地理因素与径流之间的关系。

2) 地球物理方向: 用物理学数学模型,从事水文现象的物理过程与动力变化规律的研究。目前着重注意微观方面水运动的机制的研究,如①水文物理过程: 即研究各状态(蒸发、冰、雪、渗漏等)的机制。例如蒸发的研究是着重弄清它的变化规律,水汽之间热量与动量交换,风的作用,建立蒸发公式,减少大面积的水面蒸发,寻求其机制规律;②水流动力学: 如洪水波的形成和演变的研究,各种水体的波动特点及形式、变化、它们的数学模型等;③地球水分循环与水量交换。用数学模拟进行水分循环分析,为配合气象学与天气学作中长期预报提供理论依据。

这两个方向的发展,并不是孤立的,它们各有重点突出,各具特色,又相互联系,相互依存。