

中等专业学校教材

陆地水文学

(第二版)

成都水力发电学校 邓先俊主编

水利电力出版社

中等专业学校教材

陆 地 水 文 学

(第 二 版)

成都水力发电学校 邓先俊主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是中等专业学校陆地水文专业的教材。

本书重点是论述河川水文的基本概念和降雨径流形成原理。内容包括：自然界的水分循环与水量平衡；河流和流域特征与水文现象的关系；降水、土壤水、下渗、蒸散发的物理成因及其时空变化规律；产流及汇流的基本理论；河流水情、沙情与河床演变的一般规律；湖泊、水库、沼泽、冰川、河口等水体的水文特点。

本书亦可作为在职水文技术人员的培训教材和业余自学的参考。

中等专业学校教材

陆地水文学

(第二版)

成都水力发电学校 邓先俊主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 14.625印张 329千字

1979年11月第一版

1985年11月第二版 1985年11月北京第二次印刷

印数6121—11840册 定价2.60元

书号 15143·5876

前 言

本书是根据1982年11月水利电力部颁发的中专陆地水文学教学大纲和1983年7月本课程全国教研会讨论制定的提纲编写的。在编写时注意基础理论与基本概念的论述,以及基本技能与分析能力的培养;取材的深广度力求符合中专的实际水平;注意引入国内外较成熟的先进技术;注意与其他课程的配合,以避免重复。

本书论述以河川水文为主,以降雨径流形成原理为核心,对其它陆地水体的水文特点也作了扼要的介绍。在阐述流域特征、降水、土壤水、蒸散发、下渗、河流水情、沙情等水文现象时,多以“径流形成过程”为主题选取内容。结构体系按水文现象的发生和发展过程编排,力图使读者通过学习对各水体水文现象的因果关系得到完整而系统的概念。本书着重对水文现象的成因规律进行定性分析,而定量分析计算将由水文预报等课程解决。为便于学习,每章末均附有复习思考题。限于篇幅,拟另编习题和实验集,以配合教学。

本书由成都水力发电学校邓先俊主编,黑龙江水利工程学校季山主审。第一、二、三、四、五、八章由邓先俊编写;第六、七、十章由湖北省水利学校丁之江编写(其中融雪径流、冰川部分由季山编写);第九章由扬州水利学校周倜编写。全书正文、插图等由邓先俊整理编排,插图由成都水力发电学校李淑娟、林屹描绘。

本书编写时,引用了华东水利学院、成都科技大学和水电部水文局、长办、黄委、四川、湖北、黑龙江、江苏等院校和生产单位的教学资料和生产成果。并且黄河、山东、扬州、黑龙江、辽宁、长江、湖北、湖南、成都、云南、甘肃、新疆等水利水电学校的有关同志,对编写提纲和初稿均提出了许多宝贵的修改意见,在此一并表示谢意。

由于编者水平有限,希各校师生及读者对本书的缺点和错误,给予批评指正,以便修改。

编 者

1984年2月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 陆地水文学研究的内容、任务 和作用	1
第二节 水文现象的基本特点和研究方 法	3
第三节 我国水文事业发展简 况	5
第二章 水分循环与水量平衡	9
第一节 地球上的 水量及我国径流的分布	9
第二节 水 分循环	10
第三节 水量平衡	14
第三章 河流与流域特 征	18
第一节 流域及流域特 征	18
第二节 河流及水系特 征	25
第三节 河流纵断面	28
第四节 河流横 断面	32
第五节 河流的水位与流量	36
第六节 河流与流域的水量平衡	42
第四章 降 水	47
第一节 降水的成因及类型	47
第二节 降水的时空分布	49
第三节 影响降水的因素及降水资料的审查	54
第四节 流域平均降水量 计算	57
第五章 土壤水、下渗与蒸发	61
第一节 土壤 水	61
第二节 下 渗	73
第三节 蒸 发	83
第六章 降雨径流	96
第一节 降雨径流形成 过程	96
第二节 产 流	100
第三节 汇 流	114
第七章 河流水情	133
第一节 河流的水源 补给	133
第二节 枯水径 流	137
第三节 河流的冰情	141
第四节 融雪径流	147

第五节 径流的时空变化	151
第八章 河流泥沙与河床演变	158
第一节 河流泥沙的形成	158
第二节 泥沙特性	163
第三节 泥沙运动	168
第四节 悬沙的时空分布	175
第五节 河床演变简述	177
第九章 河口水文	186
第一节 河口	186
第二节 潮汐	187
第三节 河口区的水流特性	197
第四节 河口区的泥沙动态	199
第五节 河口演变	201
第十章 湖泊、水库、沼泽及冰川	203
第一节 湖泊、水库的形成及类型	203
第二节 湖泊、水库的形态特征	205
第三节 湖泊、水库的水量及沙量平衡	208
第四节 湖泊、水库水的运动	210
第五节 湖泊、水库的淤积与岸变	214
第六节 湖泊、水库对河流的影响	217
第七节 沼泽	219
第八节 冰川	224
主要参考文献	227

第一章 绪 论

第一节 陆地水文学研究的内容、任务和作用

一、陆地水文学研究的内容和任务

水总是以固体、液体、气体三态存在于不同的位置。存在于地表的海洋、江河、湖泊中的叫地表水；以水汽的形式存在于大气层中的叫空中水；下渗到土壤岩层中的叫地下水。这些以一定形态存在于某一位置，而各具有独特的水文特征的水，统称为水体。

自然界中的水体，虽存在于不同的位置，但它们之间的水分经常进行交换和转移，并在时间过程上、地区分布上（以下简称时空分布）不断发生变化，而构成复杂的水文现象。例如地表水可蒸发成为空中水，空中水可以降水的形式降落到地面成为地表水，地表水可下渗成为地下水或经地表不同的路径汇注于江河和海洋。因此，广义的水文学是研究自然界各水体水文现象的形成过程、运动变化、相互联系和时空分布规律的科学。

因水文科学的发展，研究的对象和内容各有侧重，故按研究水体的不同，可概分为以下学科：

1. 气象学 研究大气中水分的形成过程、运动变化和分布规律。
2. 陆地水文学 主要研究地球大陆表面各水体的水文现象特点。按水体的不同又可分为：（1）河流水文学；（2）湖泊、水库水文学；（3）沼泽水文学；（4）冰川水文学；（5）河口水文学。
3. 海洋水文学 研究海水的物理、化学性质，水生物过程，以及海洋水的各种水文特点等。
4. 地下水文学 又称水文地质学，是研究地壳表层内地下水的形成及其运动变化规律的科学。

上述气象学、海洋水文学、地下水文学另有专门学科研究，故狭义的水文学是指陆地水文学。在地球大陆的地表水中，以河流、湖泊、水库、沼泽等水体与人类的生活及生产活动关系最密切，开发利用最广泛。因此，陆地水文学研究的主要对象是大陆地表水，重点是河流水文学，主要内容是：研究河流与流域的主要特征；探索河川径流形成过程的基本规律；分析影响河川径流的基本因素；研究河流水情时空变化的基本特点；研究河流泥沙运动与河床演变的一般特性；介绍湖泊、水库、沼泽、冰川、河口等水体的水文特征。根据学科的分工，本课程在讨论这些问题时，将以河流水文为主、成因分析为主、定性分析为主。

本课程在陆地水文专业中是一门基础技术课，它的任务是为各专业课奠定基本技能和基础理论。为了明确这一任务，现将主要专业课的内容加以简介。

1. 水文测验 研究水文站网布设、测验仪器设备、测验原理和测验及计算方法，通过

长期的连续的定位观测获取有代表性的、定量的、基本的水文资料。有时还需对自然地理、气候特征、历史洪水枯水、特大暴雨等进行面上调查,以补充定位观测的不足。对重要而复杂的水文现象,选择有代表性的实验区或实验站,进行水文实验研究以揭露水文现象的内在联系。这些都是寻求水文规律的基础工作。

2. 水文资料整编 将观测、调查、实验取得的资料,运用水文基础理论、科学的方法和统一的规范加以系统的整编分析,刊印成册,是探索水文现象统计规律和成因规律的物质基础。

3. 水文水利计算 水文计算是将实测或调查的资料,加以统计和分析计算,对未来的水文现象作超长期(如100年、1000年等)概率性的定量预估。水利计算是应用水文计算成果,按用水要求对天然设计来水量进行平衡或调节计算与经济论证,为各工程的部署、规模、效益等提出合理的设计方案,充分利用水资源,并保证工程的经济与安全。

4. 水文预报 根据实测或调查的资料,在充分研究过去水文演变规律的基础上,编制预报方案,对未来的水文现象作短期的(如数日或半月等)定量预报。为防洪、抗旱和水利工程的施工、运用、管理等提供科学的依据。

5. 水化学 研究水的物理和化学性质及其时空变化规律,以满足生活和生产用水对水质的要求。并了解水质的污染程度,以便加强水源保护,采取净化水质的措施。

上述学科大多侧重定量分析计算,为生产需要提供定量的成果。而定量分析计算,必须建立在成因分析和定性分析的基础上,否则会得出不正确的结果。例如水文测验中的站网规划及测验方法的选择、测验精度的判断;水文资料整编及水文实验研究中资料的合理性分析;水文计算和水文预报中方案的选择和建立,以及成果精度的评定等,都需要应用陆地水文学的基础理论和基本技能。因此,它的任务是为这些学科奠定基础而综合服务的。

二、陆地水文学在国民经济建设中的作用

我国河流、湖泊众多,据统计河流的流域面积在 100km^2 以上的有50000多条,湖泊蓄水面积在 1km^2 以上的有2000多个。初步估计全国河流多年平均年径流总量约26000亿 m^3 ,水能蕴藏量约5.8亿kW,湖泊蓄水量约7500亿 m^3 。如何使这些天然水资源,在“四化”建设中得到开发利用,陆地水文学将起着先导的作用。

我国幅员辽阔,各地气候和自然地理条件差别很大,天然水资源的时空分布和人们对水的需求极不协调。例如北方的降水量少,河流的流量小,满足不了当地用水的要求;南方降水量多,河流的流量大,既废泄入海又易产生洪涝灾害。此外,河流流量一般是夏秋季很大,而冬春季很小甚至断流,水量在年内或年际的分配极不平衡,即使在流量大的南方地区,天然来水与用水也不相协调。修建水利工程的目的,正是为了解决这种在地区上、时程上来水与用水之间的矛盾,将天然来水量人为地加以重新分配。例如开渠引水,南水北调等以解决地区分布不均的矛盾;修建塘埝、水库蓄水,以丰补枯,可解决时程分布不均的矛盾。而这些水利工程的规划设计,必须应用陆地水文学的知识,才能正确解决。

在国民经济建设中,对水资源的利用包括水力发电、农田灌溉、航运、水产、城市和工矿用水,浮运木材等方面,大都需要修建水利工程将河流天然的流量、水位、流速等水

文现象加以重新分配,在改造这些自然的水文现象使其驯服地有效地为人民造福时,必须掌握它们变化的客观规律,据以制定工程措施,才能收到预期的效果。例如制定某地区或某河流的水利规划时,必须将天然来水和用水加以平衡分析计算,^①才能得出较合理的开发方案;水库的坝高、蓄水量、发电或灌溉的效益、防洪能力等的决定,都应搞清河川径流变化的基本规律;引水灌溉或发电则应弄清河流的最枯流量及其持续时间,以及水温、水质、泥沙等情况,才能正确决定工程的布置、灌溉面积或装机容量的大小;河流通航船只的吨位及可能通航及浮运木材的时间,则应了解河流水深、流速、河床演变等情况;城市的发展或工矿位置的选择,则应查清河流的供水能力及洪涝灾害的威胁。凡此种种都需要应用陆地水文学的知识。

第二节 水文现象的基本特点和研究方法

一、水文现象的基本特点

河流的水文现象受气候和自然地理因素的综合影响,而这些因素时空变化的组合,决定了不同地区河流水文现象的基本特点。由实测资料分析,水文现象的基本特点可归纳为:在时程上存在着周期性与随机性的对立统一;在地区上存在着相似性与特殊性的对立统一。

(一) 时程上的周期性与随机性

所谓周期性是指水文现象的过程,大致以某一时段为循环周期,周而复始地近似地重演着。按周期的长短有日周期、年周期及多年周期之别。因决定水文现象的气候条件,随地球自转、公转的运行而具有日、年、多年为周期的循环变化,故水文现象也具有周期变化的性质。例如气温在24小时内,最高温度多发生在13~14时,最低温度多出现在4~6时,其余时间则随此两峰谷而变化。这样循环的日周期变化,天天如此。又如河流的流量,一般是每年的夏秋季大,叫汛期,冬春季小,叫枯水期,这样循环的年周期变化,几乎年年如此。此外,在长期的实测资料中,也发现有些水文现象具有多年周期变化的趋势。

水文现象的周期变化,一般具有相似性,即在某周期内其数量在时程上的变化趋势大致相似。因此认识水文现象的周期性,有助于利用水文现象的历史演变规律,去预估未来的演变趋势。

水文现象在时程上虽具有周期性和相似性,但在时程的数量上却具有不重复性,这就是所谓随机性。任一河流在不同年份的流量过程不会完全相同,也不会重复出现。例如某河流每年7月份的流量都较大,这是周期性所决定的,但各年7月份流量的大小不会完全相同,也不会重复出现,这种随机性又叫偶然性。造成偶然性的原因是影响水文现象的因素众多,且其组合复杂。由于水文现象具有随机性的特点,便可利用数理统计和概率理论来处理水文问题。同时,因水文现象具有不重复性的特点,就要求对水文现象进行长期的连续的观测,以减少统计中的抽样误差,正确地揭示水文现象的变化规律。

(二) 地区上的相似性与特殊性

不同的河流所处的地理位置虽不同,但如气候和自然地理条件大体相似,则产生的水文现象,也会具有相似性。否则会具有明显的地区性。例如我国南方河流水量较丰沛,年内变化相对较小;北方河流水量少,年内变化相对较大;黄河的含沙量大、长江的含沙量小。这些都是水文现象地区特性的表征。但在南方不同的河流,如它们的气候、地形、地质、土壤、植被等大体相似,则水文现象也会大体相似,这就是水文现象在地区上的相似性。

水文现象具有地区性,是因气候因素具有可以分带的规律性,自然地理因素具有可以分区的规律性。如气温、湿度、气压以及降水、蒸发等,有随纬度或地形高度而变化的趋势;又如干旱的沙漠地区、多雨的湿润地区、水网地区等的自然地理条件不同。这些现象都是分带性和分区性的反映。因此,利用地区性和相似性的特点,可以对水文现象进行分区、分类型进行研究,寻求地区性规律。通过对有代表性的典型地区的水文现象,进行长期的观测和研究,可推广应用到同类型的地区去。如水文站网布设、水文实验研究、水文分区或河流分类,就要应用地区性和相似性的基本原理。

不同的河流,它们的地理位置相近,气候条件相似,但如自然地理条件差别较大,就会有不同的水文变化规律。这就是与相似性对立的特殊性。例如相邻地区的山区河流与平原河流的降雨径流过程不同,水文变化规律也不同;地下水源丰富的河流与贫乏的河流,岩溶发育的河流与不发育的河流,尽管它们的位置相邻,但其水文动态规律相差很大,而各具有特殊性。

二、水文现象的研究方法

根据上述基本特点,按不同的目的和要求,水文现象常用的研究方法有下列四种。

1. 成因分析法 由实测资料从具体现象出发,研究水文现象的形成过程,揭露各因素间的内在联系,寻求成因规律。搞清水文现象各要素间的定性或定量关系,叫成因分析法。如水文实验研究中的降雨径流实验便是成因分析法的一种。它是在野外选择有代表性的特定试验区,实测降雨、蒸发、下渗、径流等过程,以研究降雨到径流之间各个环节的定性和定量关系,探求降雨径流的形成规律与各种有代表性的参数。成因分析法是避免盲目的经验处理或概化、假定,提高水文成果精度的重要途径。

2. 统计分析法 因水文现象具有随机性和不重复性的特点,可将水文特征值视为偶然事件,即视为互相独立的随机变量。据此原理将实测的水文资料进行频率计算,研究其统计规律,从而对水文现象的变化作出超长期的预估,以供工程设计的需要。还可通过各种水文现象之间,或水文现象与有关因素之间,进行相关分析,求得一定的经验关系,也是一种统计规律。这种频率计算、相关分析、经验公式,在水文计算、水文预报、资料整编中得到广泛的应用。

必须指出,统计分析法不是纯数学演算,必须与成因分析法相结合,才能得到较好的结果。如频率计算中的样本选择问题,计算成果的合理性问题,地区综合问题,以及相关分析中相关要素的选择问题等,都必须从成因分析入手,才能得出正确的结论。

3. 地理综合法 因水文现象具有地区性的特点,即与地区的气候及自然地理条件有密切的联系,故水文现象具有地带性规律。但要注意存在非地带性因素的干扰,而造成地区

间的差异。在进行水文现象的地区综合时，必须考虑这种地区特殊性的差异。例如水文特征值等值线、水文比拟法、水文区划等便是地理综合法的具体应用。在气象学中见到的等温线、等压线、多年平均降水量等值线等，均表示各要素的地区分布规律。如甲乙两地区的气候和自然地理条件相似，水文现象也大体相似，则可将甲地区的资料移用到乙地区，这就是水文比拟法的实质。如将气候和自然地理条件相近似的地区合并为一区，然后分别研究各区的水文规律，这就是水文区划的实质。

4. 水文模型法 将复杂的水文过程，用模拟的方法予以近似的表达，叫水文模型。这种近似模拟可用电子计算机进行。水文模型是随电子计算机在水文中的应用而发展起来的一种方法。它的实质就是对观测到的水文现象，提出一定的模型，来表达其内部的规律和结构，在模型结构中包含若干个未知的参数，然后用电子计算机进行参数的优选，最后可提供应用。水文模型结构是否合乎实际，取决于对水文现象客观规律的认识程度。也就是说，模型的建立，一方面要依靠实测资料，另一方面则要依靠对水文过程的研究成果。因此水文模型本身常是简化的、概化的，它既是成因的而又带有统计性质，所以它是介于成因分析法和统计分析法之间的一种方法。应用水文模型法可以促进水文预报、水文计算、水文实验研究的进一步发展。

上述四种方法不是孤立的，而是相辅相成、互相补充的。例如水文预报主要应用成因分析法，但同时以相关分析作为重要手段，在区域预报中又采用了地理综合法，近年来又发展了水文模型法。再如水文计算常以统计分析法为主，但计算方案的选择，成果精度的检查，又必须应用成因分析法及地理综合法来加以补充或修正。

第三节 我国水文事业发展简况

我国人民在兴修水利、防洪抗旱的斗争中积累了许多经验。远在公元前二千多年，我们的祖先就注意了水位的涨落，在有关文献上对河流的洪水、径流、冰情等已有定性的描述。如著名的《水经》于东汉问世，到南北朝时校订发展成为《水经注》，系统地描述了黄河、长江、淮河等水系的源头、干支流、灌溉、航运、水力等情况。清代傅泽洪等人综合历代的水利文献，编纂了《行水金鉴》，评述河道的沿革、水利兴废和河道的变迁情况。公元前256年李冰在四川灌县都江堰设立石人测量水位，用以了解灌溉引水量，后又改为石刻水则，并为各地仿效。1972年长江流域规划办公室和重庆市博物馆历史枯水调查组，查得涪陵白鹤梁“石鱼”水标及枯水题记，该水标位于四川涪陵城北长江南岸江中的砂岩石梁上，刻有石鱼图案作为衡量长江枯水位的标志。经碑文考古查证，石鱼水标始于公元764年。这是研究长江的枯水流量和河道演变等的重要历史文献。

因封建制度的长期统治，生产落后，水文工作没有什么进展。我国近代水文科学从十九世纪中、末叶才逐渐开始。如北京1841年开始观测雨量，汉口1865年开始观测水位，松花江1899年开始观测水位，淮河1912年开始观测水位、流量，1919年在陕县设站观测黄河的水位、流量、含沙量。华北各河也于1919年以后开始设站。其他地区大多在1930年左右陆续设站观测。总之，解放前的水文工作，处于停顿和落后的状态，设备简陋，技术力量

差，资料残缺未加整理分析。

解放后，我国水文事业因大规模的水利水电建设的推动，得到了较快的发展。现在全国已建成大、中、小型水库86000多座，其中大、中型2600多座；水电站总装机容量2100万kW；万亩以上灌区5200多处，灌溉面积由解放初期的2.4亿亩发展到7.2亿亩；机电排灌动力为7000多万马力，机井200多万眼。水文工作为这些工程的建设和管理运用，起到了尖兵和耳目作用，开辟了适合我国特点的发展水文工作的道路，取得了较好的成绩。主要表现有以下几个方面。

水文站网建设方面。站网建设是水文工作的基础和全局。建国以来，各种类型的测站由解放前的300多处发展到19000多处，实行了科学的布设计划。过去是空白的边疆地区和中小河流地区，按站网规划要求布设了基本站；在湖泊、水库、冰川、沼泽、灌区、水电站等处设了站；有基本站、专用站和为水文研究服务的水文实验站。这些测站控制了全国的水文情势，对于研究各种水文现象的时空分布规律，提供了雄厚的物质基础。

水文测验和整编方面。解放后，测站的数量、站型、测验项目、测验精度等都在不断的增加和提高。测验设备和测验仪器，随着技术的不断发展，大为充实和改进。目前全国测流、测沙缆道已占测站总数的70%以上，水位、雨量自记已达50%以上。为了统一技术标准，制定了适合我国水文特点的《水文测验规范》。解放后，对积存的历史水文资料进行了整编刊印。现在，全国都能做到当年资料次年整编刊印，我国的《水文年鉴》受到国际好评。通过实践创造了许多适合我国河流特点的整编方法，提高了整编成果的精度，也推动了测验方法的改进。为了提高整编刊印的速度和质量，近年来较普遍地应用电子计算机进行整编。到目前为止，我国共积累了水文资料约72万站年。

水文情报预报方面。为防洪抗旱的需要，每年汛期全国布设了数千个报讯站，构成了水文情报预报网，掌握全国江河和主要水利工程的水情。随着水文资料的增多，成因分析的不断深入，预报方案和通讯设备也得到不断的改进，预报的精度和效果有很大的提高，预见期已由短期预报发展到利用气象资料进行中长期预报。预报范围既有大江大河，也有中小河流和水库、灌区、水电站等水利工程。建国30多年来，黄河大汛从未决口，长江1954年洪水比1931年大，1981年长江上游发生特大洪水，海河1963年洪水比1939年大，武汉、天津、葛洲坝水电工程等都保证了安全。水文预报工作不仅保障了人民生命财产的安全，而且也水库、灌区、水电站、航运等的科学管理发挥了显著的作用。我国水文预报理论也有了较大的发展，近年来举行了多次全国性的科学技术讨论会，为世界气象组织和联合国开发计划署，也多次举办了水文预报讲习班。

水文水利计算方面。解放后，为适应大规模的水利工程建设的需要，水文水利计算工作发展很快，从流域的综合规划及许多工程的设计中，总结出了适合我国水文特性的水文分析计算方法。为了满足大、中、小型水利水电工程水文计算的需要，编制了水文计算规范、手册、水文图集等。水文与气象部门配合编制了全国可能最大降水等值线图，为推求各地区可能最大洪水创造了较好的条件。近年来，对全国大中小河流各河段发生的历史洪水，进行了全面的搜集、调查、分析、整编刊印成册，也为水文分析计算奠定了良好的基础。

在水资源研究方面。我国全面开展此项工作较晚。水资源是指地表水、地下水储存的数量和质量,可被人们开发利用的资源。如河流洪水量很大不能全部拦蓄利用,将部分废泄入海;水质污染严重不能利用,也成废水。天然水资源总量除去这些废泄量,就是可开发量。随着科学的发达,人们生活和生产对水的需求日益增多,控制水、改造水的措施,也会愈来愈先进,因此水资源的可开发量将不断变化。按照我国的现状,中央有关部门提出水资源研究要解决四个问题:(1)搞清水量、水质(包括地表水、地下水的地区分布和时程变化、质量标准、可靠程度);(2)社会经济发展各部门的需水量(各种用水的现状,近期和远景的预测);(3)供需平衡的矛盾;(4)采取什么措施解决水资源的供需矛盾。这就要对全国水资源进行系统的调查、分析计算和评价。

水资源的调查与评价,是合理开发利用和管理水资源的基础工作,为国家水资源有关问题决策提供依据。随着水文资料积累的增多,国家计划经济的加强,对全国水资源进行全面的调查和评价是可能的和必要的,只有做好这项工作,我国的“四化”建设才能有计划的前进。它也是“四化”建设中,一项重要的前期工作,因此,被列为国家重点科研项目之一。

自1979年开始,在中央有关部门的领导下,各省区成立了有关机构,开展了水利、水文、农业区划、水保区划和水资源的调查、分析计算等工作。1981年10月在武汉召开了专门会议,会上对地表径流计算和还原、降水和蒸发、以及降水、地表水、地下水等三水的转化、水质调查和评价、地下水等五个专题进行了交流和总结,推动了水资源研究的发展。现在各省区初步查明了水资源情况,对供需平衡、合理利用等问题已着手研究,取得了较好的成果。

我国水资源的特点是:总量大,但按人口平均每人每年仅有水量约 2700m^3 ,为世界人均占有量的25%;地区分布不均,如海河流域人均量为 321m^3 ,而珠江流域人均量可达 4142m^3 ;时程变化大,年内水量主要集中在夏季,占全年的60~70%,年际水量丰枯变化也大;水质污染较严重,据1979年调查,全国每天平均废污水排放量约7800万t,在55000多km河段调查中,污染超过标准的河段为18600km,其中污染程度达到不能用于农田灌溉的河段长为12600km,因此控制污染、加强水源保护是非常必要的。这些特点,增加了水资源研究的复杂性。

我国水文事业的成就,除以上几方面外,还表现在新技术的应用方面。例如较普遍地开展超声波观测水深、水位;光电管、同位素测含沙量及泥沙颗粒分析,在黄河的部分测站得到应用;电子计算机在资料整编、水文预报、水文计算中的应用已逐步推行;遥控遥测技术、卫星遥感技术、雷达测雨、中子法测土壤含水量等,在水文测验、自然地理查勘、水文实验研究中开始应用。

上述事例证明,我国解放后的水文事业取得了显著的成绩,但与“四化”建设要求还不适应,与国外先进水平相比还存在差距。例如水文站网和水质监测网的数量和密度不能满足生产要求,需加增设或调整。测验、查勘的设备和技术有些地区还比较落后,测报质量尚不能满足要求,对许多水文现象的内在联系还认识不足。水文工作的计算技术、分析技术以及资料处理技术等还比较落后,限制了成果精度的提高。作好水资源的调查和评价

工作，为农业、工业、水利、水源保护等的发展规划提供依据，还是一个艰巨的任务。因此，未来的水文工作者，任重而道远，我们要勤学苦练，学好水文科学的基础理论和基本技能，敢于攀登水文科学技术的高峰，为“四化”建设作出新的贡献。

复习思考题

1. 陆地水文学研究的对象和主要内容是什么？它在水文专业和水利水电建设中的作用如何？
2. 为什么水文现象在时程上具有周期性和偶然性，在地区上具有相似性和特殊性的特点？研究这些特点有何意义？
3. 水文现象的研究方法有几种？它们之间有何联系？
4. 解放后我国水文事业的成就表现在哪些方面？按“四化”建设要求还存在哪些薄弱环节？
5. 水资源调查与评价的任务是什么？我国水资源具有哪些重要特点？

第二章 水分循环与水量平衡

人们为了开发利用河流、湖泊、水库、沼泽、冰川等水资源，必须掌握它们的水文变化规律，而研究水文循环和水量平衡正是揭露这种规律的基本途径和方法，也是人们认识和研究各种水文现象的基本观点和准则。所以，我们首先讲解这两个问题，为本课程建立轮廓的概念，为以后各章学习打下初步基础。

第一节 地球上的水量及我国径流的分布

地球表面的总面积为5.10亿 km^2 ，其中海洋的面积为3.61亿 km^2 ，占70.8%；陆地面积为1.49亿 km^2 ，占29.2%。陆地大部分分布在北半球，占北半球表面积的39%，而南半球的陆地仅占南半球表面积的19%。

陆地上的河流与海洋相通的叫外流河，如我国的长江、黄河、珠江、黑龙江等均属外流河。不流入海洋而消失于内陆的沙漠、沼泽或汇入内陆湖泊的河流叫内陆河，如我国新疆的塔里木河和青海的格尔木河等。据统计，世界上有79%地区的河流注入海洋属外流区，其余21%属内流区。

地球上各种水体的储水量，据1970年国际水文学会统计的数字如表2-1。

表 2-1 地球上各种水体的储水量

名 称	储 水 量 (10^3km^3)	占总量的百分数 (%)	名 称	储 水 量 (10^3km^3)	占总量的百分数 (%)
海 洋	1370000.00	97.3	地 下 水	8350.00	0.61
淡 水 湖	125.00	0.009	大气水分	13.00	0.001
河 流	1.25	0.0001	盐湖和内陆海	104.00	0.008
土壤水	67.00	0.005	冰盖和冰川	29200.00	2.41

由表2-1可知，海洋中的储水量为13.7亿 km^3 ，占总水量的97.3%。储存在河流和大气层中的水量最少，但它们是最活跃的水分，与人类关系最密切。在总水量中，能被人们利用的淡水只占很小一部分，它们主要是河川径流、浅层地下水、土壤水和淡水湖泊等。全世界河川径流总量约为3.74万 km^3 ，淡水湖泊的储量为12.5万 km^3 ，陆地水面的这些水量不足海水储量的1%，但它们对人类生活和生产影响很大，是重要的、基本的物质资源。

我国的径流资源经估算的数量如表2-2。

从表2-2看出，我国河川年径流总量约26000亿 m^3 ，约占全球河川径流总量的6.8%，

表 2-2

我国各区径流资源统计表

水文地理区域	流域面积		年径流资源		年平均径流深度 (mm)
	km ²	占全国面积%	亿m ³	占全国总量%	
东北各河流域	1166208	12.15	1741.67	6.72	149
华北各河流域	318140	3.31	172.00	0.66	54
黄河流域	752443	7.84	485.65	1.88	65
淮、沐、沂各河流域	326268	3.40	597.89	2.31	183
长江流域	1807199	18.83	9793.50	37.85	542
浙江沿海各河流域	212295	2.21	1998.50	7.72	941
珠江及两广各河流域	555882	5.79	4462.15	17.25	803
台湾、海南岛各河流域	68160	0.71	906.35	3.50	1329
西南各河流域	408374	4.25	2160.84	8.35	529
西藏各河流域	455467	4.74	2267.81	8.77	498
北冰洋流域	50862	0.53	109.85	0.42	216
甘、新内陆流域	2090162	21.78	760.09	2.94	36
内蒙古内陆流域	327482	3.41	29.67	0.11	9.1
青、藏内陆流域	1012848	10.55	375.32	1.45	37
松、嫩内陆流域	48220	0.50	12.06	0.05	25
全 国	9600000	100.00	25873.35	100.00	270
外流流域	6121288	63.76	24696.21	95.45	430
内流流域	3478712	36.24	1177.14	4.55	34

相当于欧洲年径流总量的90.9%，仅次于巴西和苏联。我国径流资源的地区分布是南方多、北方少。例如，华北及黄河多年平均径流深度只有50~60mm，长江流域及西南地区为500~600mm，珠江流域为800~900mm，而台湾、海南岛可达1300~1400mm。

地球上的水量和热量在地区上的分布不均匀，在时程上变化也大，海洋、陆地与大气层之间，不停地进行复杂的水量交换，这些是构成各地区不同河流水文现象复杂的根本原因。

第二节 水分循环

一、水分循环现象

在太阳辐射作用下，从地球广大的水面（主要是海洋）、土壤表面、植物叶面等蒸发的水汽，被气流带动，传播各处，遇冷凝结，形成降水。到达地表的降水，在重力作用下，一部分渗入地下成为地下水，一部分汇入江河，流归海洋，还有一部分又重新蒸发回到空中。地下水的一部分蒸发掉，另一部分最终也流入海洋。海洋水又经蒸发变成水汽，输送至大陆，再凝结降水，从地表、地下汇入海洋，这样往复循环的过程，叫水分循环（图2-1）。

造成水分循环的内因是水有固、液、气三态，能使水分产生转移和交换；外因是太阳辐射和地心引力。太阳辐射能促使水分蒸发、冰雪融化、空气流动等，是水分循环的动力；地心引力能促使地面水、地下水汇归入海。此外，陆地的地形、地质、土壤、植被等

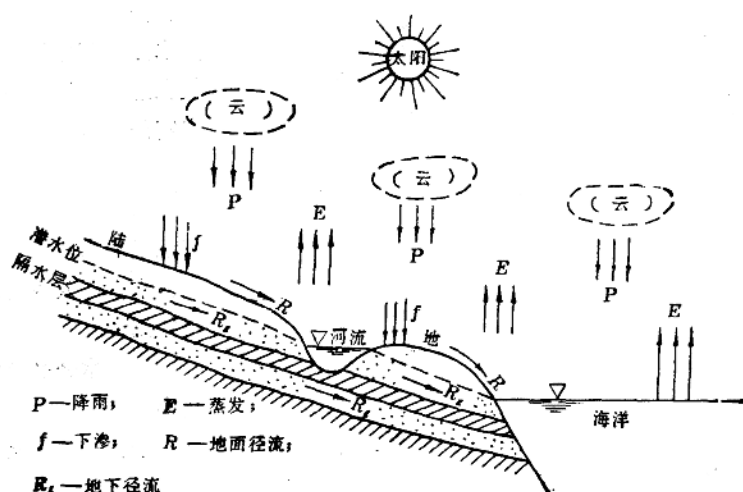


图 2-1 地球上的水分循环

情况，也对水文循环有一定的影响。

大气层中的水汽储量约为 1.3万 km^3 ，如全部凝结为降水，平铺在地球表面约为 26mm 。另一方面，地球上各河流多年平均径流总量约为 3.74万 km^3 ，如平铺在陆地表面约为 247mm 。可见必然有大量的水分蒸发供给大气层，以补充降水量。海洋和陆地年总蒸发量约为 52万 km^3 ，需要消耗热量 $3.0 \times 10^{23} \text{cal}$ ，而地球每年从太阳所获得的热量为 $13.4 \times 10^{23} \text{cal}$ ，故约有 22% 的热能消耗于水分循环。由此可知，不同地区水文循环的强弱，与当地水、热条件的关系是密切的。

二、水分循环的类型

1. 大循环与小循环 由海洋蒸发的水汽，随大气环流带到陆地上空而凝成降水，降水至地面后，再经地面、地下汇归海洋。这种海洋与陆地之间水分的交换过程，叫大循环或称外循环。陆地上的水在没有回到海洋之前，又蒸发到空中，经凝结又降落到陆地；或海洋面上蒸发的水汽，在空中凝结后又降落在海洋。这种局部的水分循环，叫小循环或称内循环。在大循环的过程中要包含无数个小循环，大循环系统要受到小循环的干扰，而小循环又受局部地形和气候的干扰。大、小循环在一定程度上具有周期性，又因受各种干扰，也具有偶然性和不重复性的特点。

2. 内陆水分循环 从海洋蒸发的水汽，被气流带到大陆上空，凝结后先在沿海地区降下来，一部分变成径流回到海洋，另一部分又进行蒸发加入到大陆上空的气团中，再被气流带往距海洋更远的上空，遇冷凝结降落，再部分变成径流，部分蒸发，这样继续向内陆推进，循环不已（图 2-2）。但愈向内陆，水汽愈少，直至因空气中水汽含量太少，不能形成雨雪为止。这种现象称为内陆水分循环。

在循环过程中，成为径流回到海洋的水分，对内陆水分循环不再发生作用。而蒸发后吹向内陆的水汽，则继续参加水分循环。任一地区如地面、地下储水量较丰富，蒸发水汽