

水文学 与 水资源基础

丁兰璋
赵秉栋



河南大学出版社

水文学与水资源基础

丁兰璋 赵秉栋

河南大学出版社

水文学与水资源基础

丁兰璋 赵秉栋

责任编辑：陈波岑

河南大学出版社出版

河南省新华书店发行

河南兰考印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：14.125 字数：326千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数：1—2 500

统一书号：12435·004 定价：2.00元

ISBN7-81018-061-4/K·8

前 言

本书原是为大学地理专业本科生编写的教材。由于函授教学的需要，我们在原编基础上删节改写后内部印刷，供我校及有关院校在校生和函授生使用。最近征得许多兄弟院校同行的意见，作进一步修改后定稿，编成本书。

为照顾地理教学特点，本书仍以水体为单位系统编排；根据学科及生产发展以及中学教学的需要，本书介绍了水资源的基础知识。在阐述水文现象和水文过程时，尽力加强科学系统性和地理环境的定量分析；在研究水文现象、水体水文情势以及水资源的量、质、能等方面时强调它们的动态变化、分布规律以及社会经济作用；本书注意突出地理特点，重视水文学与水资源间的密切联系，并适当介绍了学科的新发展。在有关方面尽力避免与水利及地质院校的有关教材雷同。除绪论外，全书共分六章，第一、二、四章，由赵秉栋同志编写；绪论、第三、五、六章，由丁兰璋同志执笔；全书由丁兰璋同志通稿。

本书可作为大学地理专业在校生和函授生《水文和水资源》课程的教科书，根据两类学生教学要求和学习特点的不同，教师可对本书内容做适当的增减。国土整治专业和自然资源专业也可用本书作为水资源课程的参考书。此外，本书还可供地理研究生、专科生、中学教师以及水文、水资源工作者参考。

在本书编写过程中得到全国兄弟院校同行们的鼓励、支持和帮助，特别是北京师范大学的汪家兴老师、北京大学的邵庆山老师、河北师范大学的李慧珍老师、杭州大学的毛发新老师，对本书的内容、重点、系统安排等方面提出了许多宝贵意见，特向他们表示衷心的感谢！

由于时间仓促，水平有限，谬误之处，在所难免，热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者 1987年5月

ABD 98/107

目 录

绪论	(1)
一、水文学与水资源基础的研究对象	(1)
二、水文现象的基本特点	(1)
三、研究水文学与水资源基础的意义和方法	(2)
第一章 地球上的水分循环和水量平衡	(3)
第一节 地球上的水分循环	(3)
一、水在地球上的分布	(3)
二、水分循环	(3)
三、水分交换更新周期	(5)
四、我国水分循环路径简述	(6)
第二节 地球上的水量平衡	(6)
一、水量平衡原理	(6)
二、通用水量平衡方程	(7)
三、流域的水量平衡方程	(7)
四、全球水量平衡	(8)
五、世界性水量平衡	(9)
第三节 人类活动对水分循环和水量平衡的影响	(10)
一、水利措施的影响	(11)
二、农林牧措施的影响	(12)
三、城市化的影响	(13)
四、其它措施的影响	(13)
第二章 海洋	(14)
第一节 海洋概述	(14)
一、海陆的分布	(14)
二、海洋的分类	(15)
第二节 海水的物理性质	(16)
一、海水的温度	(16)
二、海水的盐度	(20)
三、海水的密度	(24)
四、水色和透明度	(25)
五、海冰	(25)
第三节 海水的化学成分	(26)
一、大量元素	(26)

二、营养元素.....	(27)
三、微量元素.....	(27)
四、海水中盐类的来源.....	(27)
第四节 波浪	(29)
一、波浪要素及波浪分类.....	(29)
二、正弦波(简单波动).....	(30)
三、波浪的余摆线理论.....	(34)
四、几种波浪简述.....	(35)
第五节 潮汐	(40)
一、潮汐要素及潮汐分类.....	(40)
二、潮汐的成因——引潮力.....	(42)
三、潮汐的变化规律.....	(46)
四、地形对潮汐的影响.....	(47)
五、潮流.....	(48)
六、河口区的潮汐现象.....	(49)
第六节 洋流	(51)
一、洋流及其分类.....	(51)
二、洋流成因类型.....	(51)
三、大洋表层环流.....	(53)
四、大洋深层环流.....	(56)
五、中尺度涡旋.....	(58)
第三章 河流	(60)
第一节 概述	(60)
一、河流和流域.....	(60)
二、水情要素.....	(64)
第二节 径流的形成	(76)
一、径流及其表示方法.....	(76)
二、径流的形成过程.....	(77)
三、流域产流.....	(80)
四、流域汇流.....	(82)
第三节 径流的统计分析	(91)
一、水文学中运用概率的缘由.....	(91)
二、频率分布与统计参数.....	(98)
三、频率曲线及其应用.....	(98)
四、相关分析在水文学中的应用.....	(104)
第四节 河川水文情势	(109)
一、径流情势的周期性与随机性.....	(110)
二、径流的年际变化.....	(110)
三、正常年径流量.....	(111)
四、径流的年内变化.....	(115)
五、洪水和枯水.....	(120)

第五节 河流泥沙	(122)
一、河流泥沙问题的严重性	(122)
二、河流泥沙的来源与影响因素	(122)
三、泥沙的几何特性与水力特性	(123)
四、泥沙运动	(124)
五、泥沙的计量单位	(129)
第四章 湖泊、沼泽和冰川	(131)
第一节 湖泊和水库	(131)
一、湖泊概述	(131)
二、湖水主要理化性质	(134)
三、湖水运动	(137)
四、湖泊的演化	(140)
五、人工湖泊——水库	(140)
第二节 沼泽	(144)
一、沼泽的形成条件	(144)
二、沼泽的形成过程	(144)
三、沼泽的分类	(145)
四、沼泽的水文特征	(146)
五、沼泽资源的利用	(148)
第三节 冰川	(148)
一、冰川的形成	(149)
二、冰川的类型	(149)
三、冰川的运动	(150)
四、冰川的积累和消融	(151)
五、冰川区水文情势	(153)
第五章 地下水	(154)
第一节 地下水的赋存条件	(154)
一、地下水赋存的基本空间	(154)
二、含水介质的水理性质	(156)
三、含水层与含水岩组	(157)
四、蓄水构造	(159)
第二节 地下水的赋存规律	(160)
一、地下水按埋藏条件的分类	(160)
二、地下水分布特征	(166)
第三节 地下水的运动	(173)
一、地下水的补给与排泄	(173)
二、渗流的基本概念	(175)
三、渗流的基本定律	(176)
四、地下水计算的一般公式	(177)
第四节 地下水的化学成分	(180)
一、地下水的化学成分及其形成	(180)

二、地下水按化学成分的舒卡列夫分类	(181)
第六章 水资源基础	(182)
第一节 概述	(182)
一、水资源的概念	(182)
二、水资源的特性	(182)
三、水资源研究的意义	(183)
第二节 水资源量的估算	(185)
一、水资源估算的理论基础与计算公式	(185)
二、估算所使用资料的收集、调查与整理分析	(187)
三、地面水资源量的估算	(188)
四、地下水资源量的估算	(198)
五、我国水资源总量估算与水平衡分析	(207)
第三节 我国水资源的开发利用与供需平衡	(210)
一、当前我国供水能力与用水量	(210)
二、水资源供需平衡	(211)
三、我国水资源存在的主要问题	(214)
第四节 水资源的管理与保护	(215)
一、水资源管理与保护的一般原则	(215)
二、水资源的管理	(216)
三、水资源的保护	(216)
附表 皮尔逊Ⅲ型曲线离均系数Φ值表	(217)

绪 论

一、水文学与水资源基础的研究对象

在天文、地文、人文中，“文”字有现象、状况的含意。“水文”在希腊文中，是“hydro—Logy”，即“水——研究”的意思。水文学是以水体为研究对象的。所谓水体是指以一定的形态存在于自然界的水的聚积体，如河流、海洋、湖泊、沼泽、冰川、地下水等。水文学是研究地球上各种水体的形成、分布、物理化学性质、运动变化规律以及水体与周围环境相互作用的科学。

水是重要的自然资源。随着人口的增长、生活水平的提高以及工农业生产的发展，人们对水的需求量迅猛增加。由于可供利用的淡水资源数量有限，所以出现了水资源供需矛盾。加之大量排放的污、废水严重污染河流、湖泊、地下水等，更加剧了水资源供需关系的紧张局面，不少地方出现了水源危机。水资源已成为目前关系到人类生存和发展的重大问题，这就使得水文学的研究不能仅限于水在自然界的循环和变化，而必须深入涉及水在人类生活和工农业生产中的供需关系问题。当前人们普遍认识到。水文学已发展到水资源水文学这一阶段，即在原来水文学研究的基础上，需进一步研究水资源的调查、估算和评价方法，研究水资源的管理和保护，研究水资源的合理开发利用以及水资源开发对环境的影响。

二、水文现象的基本特点

（一）在过程中的环境性和人为性

水文现象在形成和变化的过程中，不仅受到气象气候、地质地貌、土壤植被等环境因素的影响，而且还受到生物措施（包括农业措施和林业措施）和工程措施（包括水利工程，工交城市建设工程）等人为因素的制约。随着工农业生产的发展和科学技术的进步，人为因素的影响会更加明显。

（二）在时程内的周期性和随机性

水文现象在时间进程中有明显的周期性，如河流每年都有汛期和枯水期的周期性变化，这是必然的。但每年汛期和枯水期出现的时间以及各自水量的多少都是不重复的、偶然的，存在着极大的随机性。

（三）在地域上的相似性与差异性

地理环境条件相似的地区或流域，其水文现象具有相似的变化特点；而地理环境条件有较大差异的地区或流域。其水文现象也往往有较大的差异。

（四）在运动时的同在性和独立性

水文现象的降水、蒸发、入渗和径流等水分运动形式往往同时存在，但各有各的独立性，各有各的特点。

三、研究水文学与水资源基础的意义和方法

(一) 研究意义

水在自然界中的作用，犹如人体内的血液一样重要。自然地理环境可以影响水体的运动变化，而水体的运动变化又直接间接地深刻影响自然地理环境。如果没有水的运动变化，各种天气现象都难以发生，地形演变、动植物生长繁衍，乃至人类生存活动都难以进行。所以，水文学与水资源基础在研究水分循环运动与自然地理环境相互作用上成了一门必不可少的学科，这也是地理系开设这门课程的原因之一。

水是人类不可缺少的自然资源。在人类生活和生产活动中水具有非常重要的作用。水利是农业的命脉，一切农作物离开水都不能生长，要想保证农业高产稳产，农田中必须经常保持农作物生长所要的水分。在工业生产方面，几乎所有工业部门在生产过程中都离不开水。“人可三日无粮，不可一日无水。”这是早被实践所证明了的。但是，“水能载舟，亦能覆舟，”人若掌握了它的规律，控制了它，就可造福人类；反之，水就会给人类带来严重的灾难。所以，水情的变化深刻地影响着农业、城乡生活供水、工矿和港口建设、交通运输以及人民生命财产的安全，因此，大力开展水文水资源的研究，对我国社会主义四个现代化建设具有重要意义。

(二) 研究方法

要了解一个地区或流域的水文变化规律和水资源状况，必须进行实地考察或设站长期观测。水文水资源传统的研究方法有成因分析、地理综合和数理统计三种。成因分析法是根据水文站的观测和室内外试验研究，从成因上分析研究水文过程的各个环节，揭露水文现象本质，从水文物理机制上追本溯源，探讨水文现象的成因规律。地理综合法是按照水文现象的地理地带性规律和非地带性的地域差异，用各种水文等值线图表示水文特征值的分布规律，研究水文水资源状况及利用的可能性。数理统计法是考虑到水文现象的不重复特点，把水文现象看作偶然性随机事件，对所掌握的水文信息进行统计分析，研究它的统计规律，作水文情势的超长期预估，以供工程建设和水资源开发利用的需要。

随着工农业生产和科学技术的发展，系统科学和电子计算技术的出现，人们根据实验研究和观测到的水文数据，利用上述方法手段，建立水文模型，人工模拟自然界的水文现象，以探求水文过程的发生发展规律，这是介于成因分析和数理统计之间的一种新方法。

第一章 地球上的水分循环和水量平衡

第一节 地球上的水分循环

一、水在地球上的分布

水是自然地理环境最基本的组成要素，它是地球上分布最广泛的物质之一。水以液态、固态和气态形式存在于地表、地下和空中，形成了海洋水、河流水、湖沼水、冰川水、地下水和大气水等各种水体。地球上所有形式的水，共同组成了一个连续的不规则的水圈。

水在地球上的分布是很不均匀的。在地球的总水量中，绝大部分集中在海洋里，少部分分布在陆地表面和地下，极少一部分浮游于大气中。海洋是地球上最庞大的水体。陆地上的水体最为复杂：南极大陆整个表面全为冰所复盖；各大洲高山顶部有冰川悬挂；地表有纵横奔腾的河流和星罗棋布的湖泊；地表以下埋藏着大量的地下水。在近地面大气层中浮游着大量的冰晶、水滴和水汽。整个地球表面的四分之三为水所复盖，这是地球不同于其它行星的主要特征之一，地球因此被称为“水的行星”。

地球上的总水量有多少？各种水体的水量是多少？有许多不同的估计，表1—1给出了六十年代以来的几种估算结果。

按最新的估算，地球上的总水量约为13.86亿立方公里。其中海水为13.38亿立方公里，占总水量的96.5%，海水的含盐量较高，目前还不能作为淡水资源为人类大量地直接利用。地球上的淡水资源约有3503万立方公里，仅占地球总水量的2.53%。淡水中有68.7%的水量是由南北极地区的冰雪和冰川所组成。在目前经济技术条件下，冰川的开采利用十分困难。目前较易被人类所利用的淡水是河流水、土壤水、浅层地下水 and 淡水湖泊的水，它们的总储量仅占淡水储量很少一部分。

二、水分循环

地球上的水，在太阳辐射能的作用下，不断地从水面、陆面和植物表面蒸发，化为水汽上升空中，被气流带往其它地区，在适当的条件下，水汽凝结成云致雨，重新又降落到地表形成径流，水的这种不断蒸发、输送、凝结降落和流动的往复运动交换的过程称为水分循环（图1—1）。水分循环是地理环境中最重要、最活跃的物质循环之一。在

表1—1 地球上各种水体的储量

单位：公里³

水体名称	榎根勇估算 (1967年)	国际科学水文学协会 估算(1970年)	苏联国际水文十年 委员会估算(1974年)
1. 海洋	1349929000	1370000000	1338000000
2. 陆地水			
(1) 淡水湖	125000	125000	91000
(2) 盐湖	94000	104000	85400
(3) 河川水	1150	1250	2120
(4) 土壤水	25000	67000	16500
(5) 地下水		8350000	23400000
浅层	4500000	---	(其中淡水
深层	5600000	---	10530000)
(6) 冰盖、冰川	24487000	29200000	24064100
永冻土底冰	---	---	300000
(7) 沼泽	---	---	11470
3. 大气水	12600	13000	12900
4. 生物水	1200	---	1120
5. 岩石结合水	400	---	---
总 计	1384775350	1407860250	1385984610
其中淡水			35029210

注 尚有南极地下水未计。

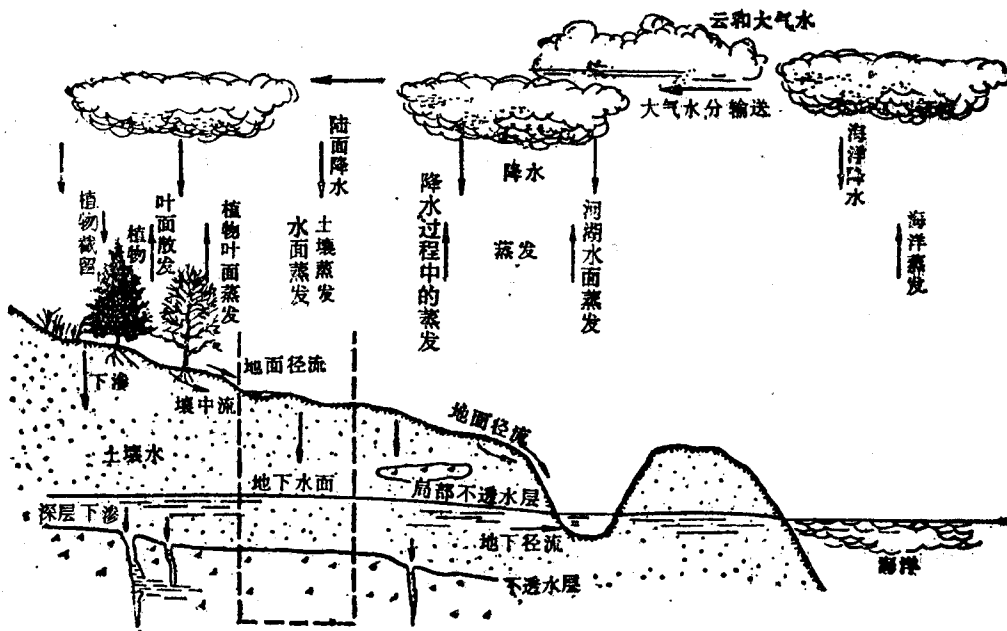


图1—1 水分循环示意图

水分循环的一系列过程中，通过降水、地表径流、入渗、地下径流、蒸发和植物蒸腾等各个环节，使大气圈、水圈、岩石圈和生物圈相互联系起来，并在各圈层间进行巨大的能量交换。

水分循环按其发生范围的不同，可分为全球水分循环和局部水分循环两类。全球水分循环是指海洋和陆地间的水分循环运动，它包括了水分蒸发、水汽输送、凝结降水、水的流动（径流）全部过程。局部水分循环的活动范围较小，循环运动中可能缺少某些过程。

形成水分循环的内因是水的物理特性，即水在常温状态下的三态转化，使水分在循环过程中的转移、交换成为可能。外因是太阳辐射和地心引力。太阳辐射是地表热能的主要源泉，它促使冰雪融化、水分蒸发、空气流动等，因此是水分循环的动力；地心引力能保持地球水分不向宇宙空间散逸，使凝结的水滴、冰晶得以降落地表，并使地面和地下的水由高处向低处流动。

在影响水分循环的自然地理因素中，气象因素是起主导作用的因素，它影响了水分循环的全部过程。下垫面因素（地质、地貌、土壤、植被等）对水分循环也有一定的影响。此外，人类改造自然的的活动，也对水分循环施加着愈来愈大的影响。

三、水分交换更新周期

由于水分循环，水圈成为一个动态系统。通过水分交换，各种水体的水不断得到更新。水体更新的快慢，可用更新周期表示。更新周期是指水体静储量与年动态水量之比，即

$$T = W_{\text{静}} / W_{\text{动}} \quad (\text{年}) \quad (1-1)$$

式中， T 为水体更新周期； $W_{\text{静}}$ 为某种水体的静态储量，如河流的蓄水量、大气中的水汽含量、海洋水量等； $W_{\text{动}}$ 为水体年动态水量，如世界江河年入海水量、全球年降水量、世界海洋年蒸发量等。

由于各水体静态储量及年动态水量彼此差异很大，各水体更新周期也互不相同。表1—2给出了不同水体的更新周期。

表1—2 地球上各种水体的更新周期

水体名称	更新周期	水体名称	更新周期
两极冰盖、永冻土底冰	10000年	沼泽水	5年
世界大洋	2650年	土壤水	1年
山地冰川	1600年	河流水	16天
深层地下水	1400年	大气水	8天
湖泊水	17年	生物水	数小时

据估算，世界河流的蓄水量为2120立方公里，而通过世界江河每年入海的径流总量为47000立方公里，这说明河流中的水每年要更换22次，即河流水的更新周期是16天左右。大气中的水汽含量为12900立方公里，每年全球降水量约为577000立方公里，是大

气水分的44.7倍，降水的唯一来源是大气水分，所以大气水分每年得更新44.7次，即其更新周期为8天。海洋的更新周期要长得多，海洋水量为13.38亿立方公里，而每年从海洋面上蒸发水量505000立方公里，所以可算出海洋水更新周期约为2650年。水分交换更新周期越短，说明其动态交换速率越快，在水分开发利用中的作用越大。

显然可见，由于地球上的水分循环运动，使得水成为世界性的不断更新的资源。

四、我国水分循环路径简述

水分循环的路径，主要是指水汽输入的方向和径流输出的途径。水汽输入的方向是由大气环流所决定的，而径流输出途径则取决于地形大势。

我国的水汽主要是来自东南和西南两个方向。我国处于欧亚大陆的东部和太平洋的西岸，因此太平洋的暖湿气流可给我国大陆带来丰富的水汽，使得从东南方向输入的水汽占我国总水汽输入量的第一位。这种水汽的输入使得我国东南部获得丰沛的降水，随着气流向西北方向输送，水汽含量逐渐减少，降水也逐渐减少，形成我国降水由东南向西北递减的变化规律。由西南方向输入的印度洋水汽，可在我国西南部引起较多的降水，但由于高山峻岭的阻隔，水汽较难深入内陆腹地。来自东北方向的鄂霍次克海的水汽，随东北气流进入我国东北地区，对该地区的降水起很大作用，使该地区成为我国较为湿润的地区之一。西北地区，可接受西风环流带来的大西洋水汽。北冰洋的水汽，借强盛的北风，势力可抵达珠江三角洲，但因水汽含量少，引起的降水量不大。

我国西高东低的地形大势，决定了我国径流途径主要是自西向东。由降水产生的径流，大部分经东北的黑龙江、图们江、绥芬河、鸭绿江、辽河，华北的滦河、海河、黄河，中部的长江、淮河，东南沿海的钱塘江、甌江、闽江，华南的珠江，西南的元江、澜沧江以及台湾各河流入太平洋；小部分经怒江、雅鲁藏布江流入印度洋；还有极少一部分流经额尔齐斯河流入北冰洋。

第二节 地球上的水量平衡

一、水量平衡原理

研究表明，地球上的水不会轻易散逸到地球以外的宇宙空间，宇宙空间的水也很少能够来到地球上，因此地球整体可被看作是既无水进、又无水出的闭合系统。地球上的总水量可视为常数。但对地球上任一水体或任一研究地段，则是既有水进、又有水出的非闭合系统，其水量会随时间变化。水在循环过程中，也遵循着宇宙间的普遍规律——物质不灭定律和质量守恒定律。以此为基础，我们建立水量平衡的概念。

对于任一地区，在任一时段内，收入水量与支出水量之差，必等于其蓄水量的变化，这就叫水量平衡。水量平衡原理是现代水文学的基本理论之一，依此原理列出的水量平衡方程，在水文学中得到广泛的应用。

二、通用水量平衡方程

假定在陆地上任取一个三度空间的闭合柱体，其上界为地表，下界为无水分交换的深度，则该柱体在任一时段内的水量平衡方程可写为：

$$(P + E_1 + R_{上入} + R_{下入}) - (E_2 + R_{上出} + R_{下出}) = S_2 - S_1$$

$$\text{或 } P = (E_2 - E_1) + (R_{上出} - R_{上入}) + (R_{下出} - R_{下入}) + (S_2 - S_1) \quad (1-2)$$

式中， P 、 E_1 、 $R_{上入}$ 、 $R_{下入}$ 为时段内的收入水量，分别代表降水量、水汽凝结量、地面流入水量和地下流入水量； E_2 、 $R_{上出}$ 、 $R_{下出}$ 为时段内的支出水量，分别代表蒸发量、地面流出水量和地下流出水量； S_1 、 S_2 分别代表研究时段开始与结束时的蓄水量。

随着观测手段和实验方法的不断改进，对于水量平衡的研究也更加详尽。如对于上述的闭合柱体，可以从上到下划分为地表和地下若干个特定的研究层次，进而分别研究地表及地下各层的水量收支项目，列出各层的水量平衡方程，这就有利于区分不同层次内的水分运行机制，了解不同层次内的水分状况。显而易见，将地表面及地下若干层次的水分收支与蓄水量的变化作为一个整体加以考虑时，仍然得到如式(1-2)所示的通用水量平衡方程。

三、流域的水量平衡方程

如果研究的区域是一闭合流域，即流域的地面分水线与地下分水线相重合，则相邻流域的地面水和地下水均不会流入该研究流域。根据通用水量平衡方程，流域任一时段的水量平衡方程可写为：

$$P = (E_2 - E_1) + (R_{上出} - 0) + (R_{下出} - 0) + (S_2 - S_1)$$

$$\text{可改写为： } P = (E_2 - E_1) + (R_{上出} + R_{下出}) + (S_2 - S_1)$$

蒸发与水汽凝结为相反过程，二者之差称为有效蒸发，用 E 表示，有 $E = E_2 - E_1$ ；假定河流下切足够深，地下水也注入河流，与地面水一起流出流域，其共同出流量用 R 表示，有 $R = R_{上出} + R_{下出}$ ；流域内蓄水变化量用 $\pm \Delta S$ 表示，有 $\pm \Delta S = S_2 - S_1$ 。则上式可写为：

$$P = E + R \pm \Delta S \quad (1-3)$$

式(1-3)即为流域任一时段的水量平衡方程。

如果所取时段以年为单位，式(1-3)即为流域某一年的水量平衡方程，可以想见，如某一年为多水年，则必有 ΔS 为正值，表示该年内流域的降水量，除消耗于蒸发和径流外，尚有多余部分增加了流域的蓄水量；如果某年为少水年，则必有 ΔS 为负值，表示该年内流域的蒸发和径流不但完全消耗掉该年的降水，而且还消耗了流域的蓄水量，使流域蓄水量减少。包括若干个多水年和若干个少水年在内的多年期间， ΔS 有正有负，多年累加并求平均值，必然正负抵消，趋近于零，即式(1-3)最后一项为零，因此有：

$$P_0 = E_0 + R_0 \quad (1-4)$$

式(1-4)为流域多年平均的水量平衡方程式。式中 P_0 、 E_0 和 R_0 分别代表多年平均降

水量、多年平均蒸发量和多年平均径流量，它们是流域重要的水文特征值。

若将式(1-4)两端同除以 P_0 得

$$\frac{E_0}{P_0} + \frac{R_0}{P_0} = 1 \quad \text{令 } \alpha_0 = \frac{R_0}{P_0}, \beta_0 = \frac{E_0}{P_0}$$

$$\text{则 } \alpha_0 + \beta_0 = 1 \quad (1-5)$$

式中， α_0 为多年平均径流系数，表示降水中转变为径流的比例； β_0 为多年平均蒸发系数，表示降水中的消耗于蒸发的比例。这两个系数在不同的自然地理区内是不同的，它们综合地反映了一个流域内气候的干湿程度。干燥地区 α_0 较小， β_0 较大；湿润地区 α_0 较大， β_0 较小。

我国主要河流流域的水量平衡如表1-3所示。

表1-3 中国主要河流水量平衡要素值

河 名	流域面积 (平方公里)	水 量 平 衡 要 素			多年平均 径流系数
		降 水 (毫米)	蒸 发 (毫米)	径 流 (毫米)	
松 花 江	549665	525	380	145	0.28
黄 河	752443	492	416	76	0.15
淮 河	261504	929	738	191	0.21
(包括沂、沭、泗)					
长 江	1807199	1055	513	542	0.51
珠 江	452616	1438	666	772	0.54
雅鲁藏布江	246000	699	225	474	0.68

如果流域的地面分水线与地下分水线不相重合，即流域为非闭合的，则在流域的水量平衡方程中应考虑与相邻流域的地下水交换量。如进行人工跨流域调水时，则在水量收入或支出的项目中，应考虑调入或调出的水量。

四、全球水量平衡

对陆地和海洋分别有：

$$P_{\text{陆}} - E_{\text{陆}} - R = \pm \Delta S_{\text{陆}} \quad (1-6)$$

$$P_{\text{海}} - E_{\text{海}} + R = \pm \Delta S_{\text{海}} \quad (1-7)$$

式中， $P_{\text{陆}}$ 、 $P_{\text{海}}$ 分别为陆地和海洋上的降水量； $E_{\text{陆}}$ 、 $E_{\text{海}}$ 分别为陆地和海洋上的蒸发量； R 表示由陆地经地面和地下入海的径流量； $\pm \Delta S_{\text{陆}}$ 、 $\pm \Delta S_{\text{海}}$ 分别表示在研究时期内陆地和海洋蓄水量的变化量。

在短时期内 $\Delta S_{\text{陆}}$ 和 $\Delta S_{\text{海}}$ 可正可负，多年平均则正负抵消，即 $\Delta S_{\text{陆}} \rightarrow 0$ 、 $\Delta S_{\text{海}} \rightarrow 0$ ，由此可得：

$$P_{\text{陆}0} - E_{\text{陆}0} = R \quad (1-8)$$

$$P_{\text{海}0} - E_{\text{海}0} = -R \quad (1-9)$$

式(1-8)和式(1-9)分别为陆地和海洋的多年平均水量平衡方程，各符号带下标

“.”，均表示多年平均数值。

将上两式相加得：

$$P_{\text{全球}} = E_{\text{全球}} \quad (1-10)$$

式(1-10)即为全球水量平衡方程。该式表明，海洋和陆地上的降水量之和，等于海洋和陆地上的总蒸发量。式中缺少径流项，是因为将海洋和陆地作为一个完整的系统考虑，由陆地流入海洋的径流量，是系统内部的事情。

对于大陆内流区，其河川径流并不流入海洋，而最终是消耗于蒸发，故有

$$P_{\text{内陆}} = E_{\text{内陆}} \quad (1-11)$$

地球上的水量平衡各要素值，见表1-4。

表1-4 地球上的水量平衡

区 域	多年平均蒸发量		多年平均降水量		多年平均径流量	
	体 积 (公里 ³)	深 度 (毫米)	体 积 (公里 ³)	深 度 (毫米)	体 积 (公里 ³)	深 度 (毫米)
海 洋	505000	1400	458000	1270	47000	130
陆地外流区	63000	529	110000	924	47000	395
陆地内流区	9000	300	9000	300		
全 球	577000	1130	577000	1130		

五、世界性水量平衡

在水循环过程中，各水体的水量处在动态变化中，因此在某个时期内，一些水体水量的对比关系会发生一定的变化，有人称这种变化为世界性的水量平衡。本世纪以来，世界海洋海平面有稳定上升的趋势，这反映了海洋贮水量的增加；与此相应的是，陆地上一些水体的贮水量减少。有人计算得出结果如表1-5所示。

表1-5 本世纪以来世界性的水量平衡

水体名称	贮水量的变化(立方公里/年)	引起海面变化(毫米/年)
冰 川	- 250	0.7
湖 泊	- 80	0.2
地 下 水	- 300	0.8
水 库	50	-0.1
海 洋	580	1.6

计算结果表明，由于陆地上冰川、湖泊、地下水等贮水量的减少，引起海洋贮水量的增加，海面以每年1.6毫米的速率稳定上升，这与实际观测数字颇为接近。有人分析，引起这种变化的原因是世界气温的升高，而这又与人类活动特别是大工业的发展有