

# 普通水文学

河北师范大学

上海师范大学 地理系合编

吉林师范大学

人民教育出版社

高等学校试用教材

# 普通水文学

河北师范大学

上海师范大学

吉林师范大学

地理系合编

(LY101/34)

LY101/20



276139

人民教育出版社

## 内 容 提 要

本书对自然界中各水体的水文特征及其运动、变化规律作了比较全面、系统的阐述。适于高等师院地理系使用。也可供其他水文专业和水文工作者参考。

高等学校试用教材

## 普通水文学

河北师范大学

上海师范大学 地理系合编

吉林师范大学

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印刷

通县满庄装订厂装订

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 303,000

1979年8月第1版 1982年2月第3次印刷

印数 8,401—16,600

书号 12012·013 定价 1.00 元

# 绪 言

## 一、水文学研究的对象及其分科

水文学是研究地球上各种水体，如海洋、河流、湖泊、沼泽、冰川、地下水等的形成、运动变化规律以及地理分布的科学。

地球表面上的水与大气圈中的水、地壳中的水，彼此间有着密切的关系。因此，水文学直接与气象学、地质学、地貌学、自然地理学以及其他研究大气圈和岩石圈的科学有关。例如大气降水的形成与降落，海洋、河流、湖泊的水面蒸发，土壤蒸发及植物散发，都是水文学与气象学的共同问题。在地球表面发生的侵蚀过程及淤积过程则是水文学与地貌学共同研究的问题。

水文学按自然界水体存在范围和活动过程可分为三大门：即水文气象学、地表水文学和水文地质学。

由于发生于海洋中各种过程与发生于河流、湖泊和沼泽中的过程有着显著的区别，因而对它们的研究方法也不同，所以地表水文学又可分为海洋水文学和陆地水文学。海洋水文学研究海水的物理性质和化学成分、海洋中波浪、潮汐、洋流和泥沙运动等。

陆地表面水的现象、物理化学性质与运动变化规律最为复杂，对于人类经济活动关系也最为密切。为了深入认识陆地各种水体的规律，以便利用各水体为人类生产服务，陆地水文学又可分为下列几门学科：

**河流水文学：**研究河流中水流的变化规律、泥沙的运动状况、河水的温度情况及结冰现象、河水化学成分等。

**湖泊水文学：**研究湖泊的形态、湖水的物理性质与化学性质、湖水的运动、湖泊对河流的调节作用等。

**沼泽水文学：**研究沼泽地区地下水位的变化、地下水的运动及蒸发等变化、沼泽水文情况与植物的关系等。

**冰川水文学：**研究冰川的成因和动态、冰川的消长、冰川与径流的关系等。

以上各学科虽然研究对象各不相同，但它们之间有着密切的关系。对于每一水体，根据工作需要、任务性质，可按不同的目标进行研究。

## 二、水文现象的基本特点

### (一)地区性

不同地区的水体，因为受地区气象气候、地质地貌、土壤植被等影响，其水分条件是不相同的。有水分丰沛的湿润地区，有水分缺乏的干旱地区。如我国南方降水丰沛，河流水量充足，而西北内陆河流，蒸发渗漏强烈，水量贫乏。从洪水方面看，我国河流以夏季雨洪为主，而苏联河流则

以春季雪洪为主。从产流方式看,我国南方湿润地区以蓄满产流为主,北方平原地区以超渗产流为主。可见水文现象受地区影响是很大的。

### (二) 不重复性

影响水文现象的因素很多,由于各个因素本身多变化以及它们之间的组合随时不同,因此水文现象的变化规律极为复杂,它们在数量上的变化过程不会完全重复出现。由实测资料可知,任一河流不同年份的流量过程不会完全一致,不同时间发生的洪水过程也不会完全相同。

### (三) 周期性

由于决定水文现象的天体运动和气候条件有以日、年及多年为周期的变化,因此水文现象亦具有明显的周期性变化。如海洋潮汐的日周期变化,河流水位、流量的年周期变化,旱涝的长周期变化等。

## 三、水文学的研究方法

由于各地气象要素及各河流域的地貌、地质、植被等情况千变万化,所以水情变化异常复杂。为了寻找它的变化规律,必须采取各种有效的研究方法。要了解一个地区的水体,通常采用考察法,即通过对一个地区的考察和调查,收集该地区的水文地理资料。这些资料,多半是关于调查区的水体的描述和水情的主要定性特征等。

为了了解水体长时间内发生的变化,需要采用长期观测法,即在测站观测水体的水位、水温、水化学性质、流速、波浪及冰凌等。各测站都按照统一规范进行观测,这种测站称为水文站。水文站的观测资料十分宝贵,因为只有根据这些资料才能表示出水体中各水情要素随时间变化的特征,描绘出整个水体的动态。水文站的长期观测资料须经过专门整编,才能确定水体各水情要素的平均值和极值,才能表示出水体的特征。

水文学的任务不仅在于对水体特性作一般的定性和定量的描述,还要阐明支配水文变化过程的规律,这就要运用成因分析法,即以物理学和化学的基础理论,对水文现象的要素与影响这些要素的因素进行定量及定性分析。

在水文研究工作中经常采用的另一种方法是数理统计法,它是把水文现象特征值的出现作为偶然现象,以机率理论为工具,根据长期的水文资料,进行频率计算,以求得水文现象特征值的统计规律,或对主要水文现象之间或水文现象主要因素之间的近似关系——相关关系——进行分析。

近年来,在研究水文过程中,广泛采用实验法。通过实验,就能在人为条件下从大量因素中挑出最主要的因素,并以因素的不同组合来研究它们对某过程的影响。例如,在实验室河床模型上研究河床演变过程时,可以定出不同的比降、流速、水深、流量等。

## 四、本教材的内容和目的要求

普通水文学是阐明自然界中水及水体的一般性状、水体中发生的水文现象和过程以及决定这些现象和过程的基本规律的科学。因此,本教材首先从总体上叙述全球水分分布和水分循环,

说明降水、蒸发和径流三者的密切关系；然后分别叙述各水体的水文现象及其运动变化规律。其排列次序先海洋后陆地水，先地表水后地下水。其中以河流为重点，海洋和地下水为次重点。鉴于近年来人类经济活动对自然平衡的破坏引起的水质污染极为严重，因此专设一章加以叙述，并指出防止水质污染和环境保护的途径。

水文现象在自然地理环境的研究中占有重要的地位。在自然地理各要素的互相作用、互相制约中，水文现象和变化极为活跃。例如水文和气候的关系密切，有许多水文现象是由气候因素形成的；反过来，通过水文运动的特性又对当地气候产生了深刻的影响。水文和地貌的关系也是如此，不少的水文现象和运动特性是由于局部地貌因素形成的；反过来，通过水的运动与变化，又对地貌的塑造起了深刻的作用。因此通过水文现象的研究，使我们对自然地理各要素间的相互作用和相互制约有进一步的了解，加强了对自然地理基础理论的学习。

水文现象中降水、蒸发和径流各具特征，又是一个整体，各个水体不断变化和发展，而且在各水体之间又相互作用和相互制约，海洋水和陆地水互相转换，地表水和地下水互相渗透，从而使我们对客观世界的基本规律有进一步的认识和了解。

从地理学的观点看，水文学是自然地理学的一门基础理论科学，从生产实践的观点看，水文学又是一门能在工农业生产中发挥较大作用的应用科学。因此，学习水文学应注意水文现象的具体分析和简易水文计算，以及野外勘察等方面的技术技能的训练，使理论和实践更好的结合起来。在讲授时，各校也可根据当地自然地理特点，适当增补和删减某些章节。

# 目 录

绪 言	1
第一章 地球上的水分循环与水量平衡	1
第一节 地球上的水资源	1
第二节 地球上的水分循环	2
一、水分循环的类型	2
二、影响水分循环的因素	3
三、我国水分循环的路径	4
第三节 地球上的水量平衡	4
一、通用水量平衡方程式	5
二、全球水量平衡方程式	5
三、流域水量平衡方程式	6
第二章 海 洋	8
第一节 海洋概述	8
一、海陆的分布	8
二、海洋的分类	8
第二节 海水化学成分与盐度	9
一、海水的化学组成	9
二、海水的盐度	10
第三节 海水物理性质	14
一、海水温度	14
二、海水密度	17
三、海水的其它性质	18
第四节 波浪	19
一、波浪及其要素	19
二、波浪的余摆线理论	20
三、波浪的主要类型	22
四、近岸浪及其作用	24
第五节 潮汐	25
一、潮汐及其类型	25
二、潮汐的成因	26
三、潮汐的变化规律	27
四、潮流	30
第六节 洋流	31
一、洋流、水团和环流的基本概念	31
二、洋流的成因类型	32
三、世界大洋环流系统	34
第三章 河 流	41

第一节 水系和流域	41
一、水系	41
二、流域	43
三、河流的纵横断面	46
第二节 河流的水情要素	48
一、水位	48
二、流速	50
三、流量	53
四、水化学	55
五、水温与冰情	57
第三节 河流的补给	59
一、河流的补给	59
二、流量过程线的分割	63
第四节 河川径流的形成和影响因素	65
一、河川径流的形成过程	65
二、降雨损失和流域汇流	68
三、影响径流形成和变化的因素	75
第五节 河川径流的变化及计算	79
一、径流的特征值	80
二、水文统计方法	87
三、河川径流的变化和计算	90
四、洪水和枯水	97
第六节 水内环流与泥沙运动	100
一、作用于河中水体的力	100
二、河水的环流运动	102
三、河流的泥沙运动	104
四、水流、泥沙与河槽的相互作用	109
第七节 河口	111
一、河口概述	111
二、河口区的潮汐现象	112
三、河口泥沙运动	115
第四章 湖泊与沼泽	118
第一节 湖泊与水库	118
一、湖泊形态特征	118
二、湖泊的分类	119
三、湖水的性质	121
四、湖水的运动	126
五、湖泊的演化	128

六、人工湖泊——水库·····	130	一、地下热水·····	175
第二节 沼泽·····	132	二、矿水·····	177
一、沼泽的形成与类型·····	133	三、肥水·····	178
二、沼泽的水文特征·····	135	四、泉·····	178
三、沼泽资源的综合利用·····	136	<b>第七章 水污染与水体保护</b> ·····	179
<b>第五章 冰川</b> ·····	138	第一节 水质污染的原因与主要污染物·····	179
第一节 冰川的形成及其类型·····	138	一、水质污染形成的原因·····	179
一、雪圈与雪线·····	138	二、水的主要污染物·····	180
二、冰川冰的形成·····	139	第二节 水体的自净作用·····	184
三、冰川的类型·····	140	一、水体自净作用的概念·····	184
第二节 冰川的运动与消融·····	141	二、影响水体自净作用的主要因素·····	185
一、冰川的运动·····	141	三、不同水体的自净作用特点·····	186
二、冰川的积累·····	142	第三节 水体保护·····	187
三、冰川的消融·····	143	一、水体污染调查·····	187
四、冰川的前进与后退·····	143	二、水体环境质量综合评价·····	188
第三节 冰川水资源的利用·····	145	三、加强水体保护·····	189
一、人工融冰化雪·····	145	<b>附 录</b> ·····	190
二、融水径流的调节·····	146	水文测验·····	190
<b>第六章 地下水</b> ·····	147	一、水位观测·····	190
第一节 地下水概述·····	147	二、流量测验·····	191
一、地下水形成条件·····	147	三、泥沙测验·····	194
二、岩石空隙·····	148	课堂作业·····	198
三、岩石的水理性质·····	152	一、确定海洋蒸发量减降水量与盐度的相关程度与	
第二节 地下水的运动·····	154	回归方程·····	198
一、线性渗透定律·····	154	二、水系及流域特征的测定与计算·····	199
二、非线性渗透定律·····	156	三、利用适线法推求设计洪峰流量·····	201
三、渗透系数的测定·····	157	四、应用相关分析法延长资料系列推求正常年	
第三节 地下水的理化性质·····	160	径流量·····	202
一、地下水的物理性质·····	160	五、用等流时线法计算出口断面流量过程·····	203
二、地下水的化学性质·····	161	六、应用湖泊的水深-面积、水深-容积关系曲线推	
第四节 地下水的主要类型·····	164	求湖面蒸发·····	204
一、按埋藏条件地下水的分类·····	164	七、潜水等水位线图的绘制与分析·····	205
二、按含水层性质地下水的分类·····	173	附表·····	208
第五节 几种特殊的地下水·····	175	雷布京表 $X_0=1, CV=1$ 时 $K=\phi CV+1$ 时的 $\phi$ 值	

# 第一章 地球上的水分循环与水量平衡

## 第一节 地球上的水资源

自然地理环境是由大气圈、水圈、岩石圈和生物圈所构成。水圈包括地球上所有形式的水，如海洋水、河流水、湖沼和水库水、冰川水、地下水、土壤水、大气水等。水圈同其他圈层之间处于相互联系、相互渗透、相互作用之中。水是一种宝贵的自然资源，它是保证人类生活和发展工农业生产的重要物质条件之一。

地球上水资源是极其丰富的，地表约有四分之三被水所覆盖，水圈的总水量约为15亿立方公里。在这些丰富的水资源中有94%是海水(表1-1)，由于它含盐量较高，目前还不能作为淡水资源为人类大量地直接利用。地球上淡水资源约有2822.2万立方公里，其中有85%的水量是由南北极地区的冰雪和冰川所组成，尚未开发利用。海洋水、深层地下水和冰川等应看作是将来的淡水资源。目前，在地球上较容易被人类所利用的淡水资源有：河川径流、浅层地下水、土壤水和淡水湖泊等。河川径流不但容易被开发利用，更重要的是它具有很短的交替期。一个国家河川年径流量的多少，反映着这个国家水资源的丰富程度。全世界河川年径流总量约为3.8万立方公里，我国河川年径流总量约占全球河川径流总量的6.8%，相当于亚洲年径流总量的20.1%，相当于欧洲年径流总量的90.9%，可见我国水资源是十分丰富的，它为发展我国工农业生产提

表 1-1 地球上各种水体储量

水 体 种 类	水 体 储 量		其 中 淡 水 储 量	
	万立方公里	%	万立方公里	%
地球上各种水总储量	145432.7	100.0	—	—
地球上淡水总储量	2822.2	1.9	2822.2	100.0
I、陆 地 水	8431.3	5.8	2820.8	99.5
1. 淡水湖泊	12.5	0.009	12.5	0.44
2. 盐湖与内海	10.5	0.007	—	—
3. 河床蓄水	0.12	0.0001	0.12	0.004
4. 土壤水	8.2	0.005	8.2	0.029
5. 地 下 水	至地下4000米深	6000.0	4.1	—
	积极交替带到地下800米深	(400.0)	(0.27)	400.0
6. 冰 川	2400.0	1.65	2400.0	85.0
II、海 洋 水	137000.0	94.2	—	—
III、大 气 水	1.4	0.0009	1.4	0.05

供了有利条件。地球上大气水总储量虽然只有 1.4 万平方公里,但它在水分循环过程中却占据着重要地位,平均每 8 天左右更新一次。

世界上水资源的分布是不均匀的,而且季节和年际变化也很大,因此使得有些国家和地区水资源较丰富,有些地区和国家水资源则不足。据估计,到 2000 年全世界每年总需水量将增加到 6000 亿立方米,相当于可更新的水资源总量的 13% 左右,其中农业用水量约占 58%,工业用水量约占 32%。为了解决水资源供需不平衡的矛盾,目前世界上对水资源的开发利用,采取节流与开源的办法。节流即重视节约用水,合理用水,保护水源,防止污染;开源即充分利用各种水源,积极开展海水淡化,勘探新地下水源,寻找地下水库进行人工回灌,合理利用污水灌溉。为解决区域性的水资源分布不平衡,还采取了跨流域调水措施,例如我国的南水北调工程,即将长江的水调到华北,使地区间水资源达到供需平衡。大规模的跨流域调水是一项十分艰巨而复杂的任务。它不仅涉及到许多重大的工程技术问题,而且还与国民经济的各方面发展有密切联系,调水后将会对自然地理环境产生各种影响。水是地球上分布最广泛、最活跃的物质之一,水在其循环过程中沟通了各种水体,各种水体的运动、变化又改变了自然地理环境。

## 第二节 地球上的水分循环

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,化为水汽升到高空,然后被气流带到其他地区,在适当的条件下凝结,又以降水的形式降落到地表形成径流,水的这种不断蒸发、输送、凝结、降落的往复循环过程,就叫做水分循环。水分循环是地理环境中最重要、最活跃的物质循环之一。

形成水分循环的内因,是水的三态(气态、液态、固态)在常温条件下可以相互转化;水分循环的外因,是太阳辐射和地心引力。水在自然界沿着复杂的循环路径不断地运动着和变化着。此外,由于地表性质的不同和地形结构的差异,也能影响水分循环的强度、规模和路径。

### 一、水分循环的类型

地球上的水分循环是由大循环与小循环组成的。大循环,就是从海洋上蒸发的水汽,被气流带到大陆上空,在适当的条件下凝结,又以降水的形式降落到地表,其中一部分水渗入到地下转化为地下水,一部分水又被蒸发而进入天空,还有一部分水沿地表流动形成江河而注入海洋。这样,就完成了地球上的水分大循环或称全球性的水分循环(图 1-1)。大循环是由许多小循环所组成的复杂的水分循环过程。小循环,又分为两种:一是海洋小循环,就是从海洋表面蒸发的水汽,在海洋上空成云致雨(雪),然后再降落到海洋表面上,这样的局部水分循环过程,称为海洋小循环;二是陆地小循环,就是从陆地表面蒸发的水汽或从海洋输向内陆的少量水汽,在内陆上空成云致雨(雪),然后再降落到大陆表面上,这样的局部水分循环过程,就叫做陆地小循环或叫内陆水分循环(图 1-1)。

在水分循环过程中,水的物理状态、水质、水量等都在不断变化着。水分循环通常由四个环

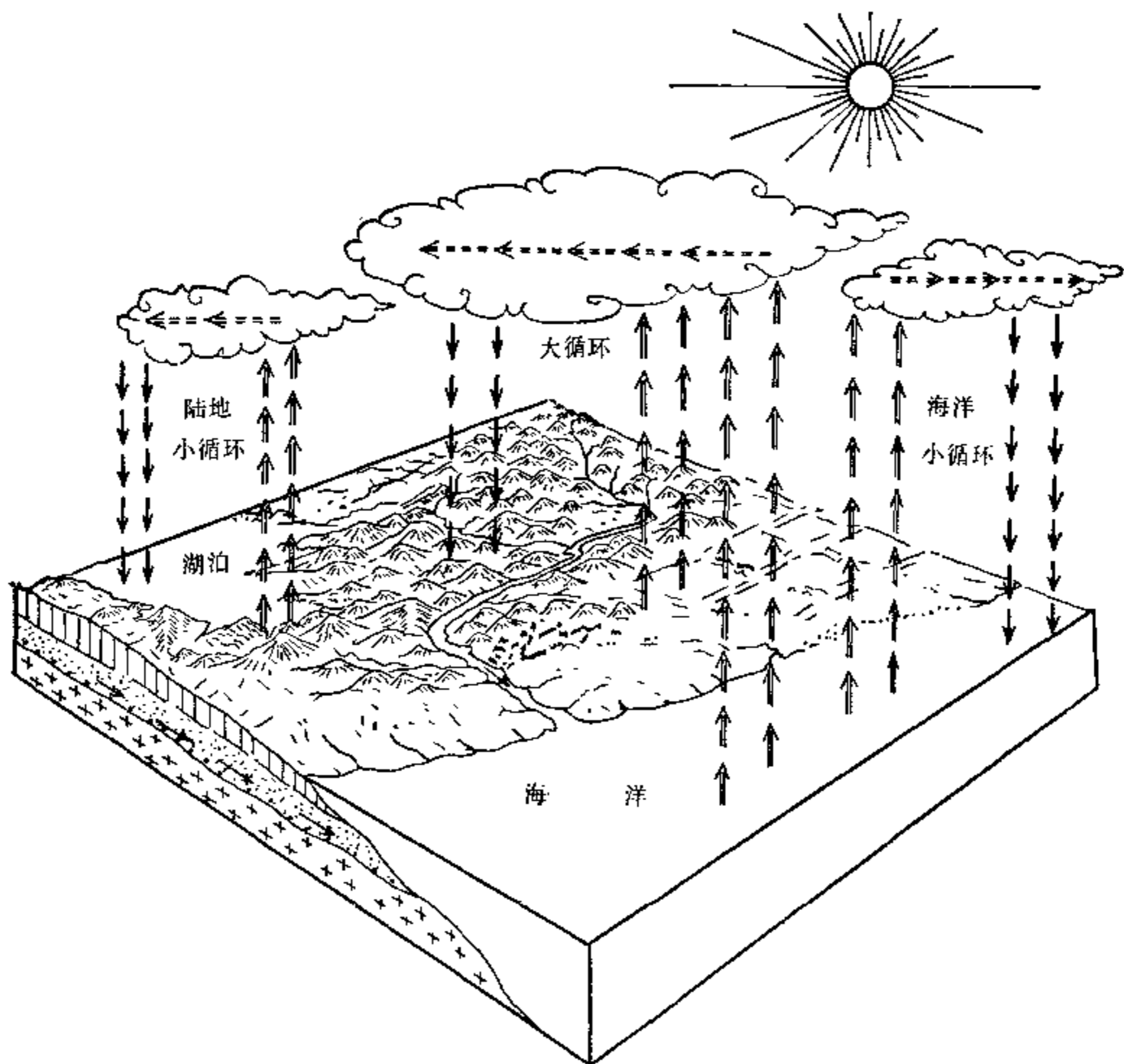


图 1-1 水分循环

节组成：即水分蒸发、水汽输送、凝结降水和径流。天空与地面、地下之间通过蒸发、降水和入渗进行水分交换。海洋与陆地间也进行着水分交换，海洋向大陆输送水汽，大陆则向海洋注入径流，大陆上蒸发的水汽也可随气流被带到海洋上空，但总的来说，水汽是从海洋输向大陆的。

## 二、影响水分循环的因素

影响水分循环的因素很多，归纳起来有两大类，即自然地理因素和人类社会因素。

在影响水分循环的自然地理因素中，气象因素是主要的，起主导作用的因素，这是因为在水分循环的四个环节中，有三个环节（即蒸发、水汽输送、凝结降水）取决于气象过程。径流虽受地理环境中的地质、地貌、土壤和植被等条件的影响，但其形成过程和变化规律仍受气象过程及其变化规律的影响。

人类活动（包括水利措施和农林措施）对水分循环的影响，主要表现在：调节了径流，加大了蒸发，增加了降水等水分循环环节。水利措施，如修水库、塘坝，开河渠，扩大灌溉面积等，能拦蓄

洪水,增加枯水径流,由于水面面积的扩大和地下水位的抬高,可加大蒸发;修梯田、鱼鳞坑、谷坊、截水沟和平整土地等,能增加入渗,削减洪峰,增加土壤水分,也可加大蒸发。在农林措施中,“旱改水”、深耕细作、封山育林、植树造林等,均能增加入渗,调节径流,加大蒸发,在一定程度上可增加降水。由此可见,人类改造自然的活动,由于改变了下垫面性质,进而影响到水分循环的蒸发、降水和径流三个环节。

### 三、我国水分循环的路径

我国水分循环路径,可分为太平洋水分循环、印度洋水分循环、南海水分循环、鄂霍次克海水分循环和内陆水分循环等五个系统。

#### (一) 太平洋水分循环

我国的水汽来源之一是太平洋。特别是太平洋中的黑潮暖流流经我国东南沿海,暖流洋而温度高、水汽蒸发旺盛,使海洋上空大气较湿润,受东南季风和台风的影响将大量水汽输向内陆形成降水,降水的分布从东南沿海向西北内陆递减,而大多数江河则从西向东注入太平洋,这样就完成了太平洋的水分循环。

#### (二) 印度洋水分循环

印度洋是我国南方主要水汽来源之一。冬季有明显湿舌从孟加拉湾伸向我国的西南部,形成冬季降水;到夏季随着印度低压的发展,盛行西南季风,把大量的水汽输送到我国的西南、中南、华东,以至河套以北地区。由于它是一支深厚而潮湿的气流,所以是我国夏季的主要降水源泉。印度洋水汽形成的降水,一部分由我国西南地区的一些河流,如雅鲁藏布江、怒江等汇入印度洋;另一部分降水还参与了太平洋的水分循环。

#### (三) 南海水分循环

华南地区,除受东南季风和西南季风影响外,还受热带辐合带的影响,它把南海的水汽带到华南地区形成降水,由珠江又注入南海。

#### (四) 鄂霍次克海水分循环

在春季到夏季之间,有“东北季风”把鄂霍次克海和日本海的湿冷空气输向我国东北北部地区,降水后由黑龙江注入鄂霍次克海。

#### (五) 内陆水分循环

我国新疆地区,主要是内陆水分循环系统,但大西洋的少量水汽随盛行西风和气旋的东移,也能参与内陆水分循环。

## 第三节 地球上的水量平衡

地球上的水不断地运动着、变化着和循环着。根据物质不灭定律可知:对于任一地区,任一时段内,收入的水量与支出的水量之间的差额必等于其蓄水量的变化,这就叫做水量平衡,即水分循环过程中,水分收支平衡。水量平衡原理,是现代水文学中基本的理论之一,依此原理可以

列出水量平衡方程式,并在水文学中得到广泛的应用。

### 一、通用水量平衡方程式

假定在陆地上,任取一个三度空间的闭合柱体,作为研究水量平衡的区域,其上界为地表,下界为无水分交换的深度。这样,对任一闭合柱体,任一时间内的水量平衡方程式为:

$$X + Z_1 + Y_1 + W_1 + U_1 = Z_2 + Y_2 + W_2 + U_2$$

或 
$$X = (Y_2 - Y_1) + (Z_2 - Z_1) + (W_2 - W_1) + (U_2 - U_1) \quad (1-1)$$

式中收入的水量(毫米), $X$ 为降水量; $Z_1$ 为水汽凝结量; $Y_1$ 为地表水流入量; $W_1$ 为地下水流入量。式中支出的水量(毫米), $Z_2$ 为蒸发量; $Y_2$ 为地表水流出量; $W_2$ 为地下水流出量。式中的 $U_1$ 、 $U_2$ 分别为研究时段始末的蓄水量(毫米)。

### 二、全球水量平衡方程式

地球上多年长期内水量并无明显的增减现象。对于海洋上,多年平均蒸发量( $Z_{\#}$ )应等于多年平均降水量( $X_{\#}$ )和河流流入海洋的多年平均径流量( $Y$ )之和,其水量平衡方程式为:

$$Z_{\#} = X_{\#} + Y \quad (1-2)$$

对于陆地上,多年平均蒸发量( $Z_{陆}$ )等于陆地上的多年平均降水量( $X_{陆}$ )与河流流出的多年平均径流量( $Y$ )之差,其水量平衡方程式为:

$$Z_{陆} = X_{陆} - Y \quad (1-3)$$

将以上两式相加,即得全球水量平衡方程式:

$$Z_{\#} + Z_{陆} = X_{\#} + X_{陆} \quad (1-4)$$

上式表明海洋和陆地上的蒸发量,等于降落到海洋和陆地上的降水量。

大陆内流区的多年平均水量平衡方程式为:

$$Z_{内} = X_{内} \quad (1-5)$$

此式表示内流区的多年平均降水量( $X_{内}$ )等于多年平均蒸发量( $Z_{内}$ ),但内流区并不是没有径流,内流区的径流最终也消耗于蒸发而不注入海洋。

地球上的水量平衡各要素值,见表 1-2。

表 1-2 地球上水量平衡

区 域		水 量 平 衡 要 素					
		蒸 发		降 水		径 流	
		水 量 (立方公里)	水 层 深 度 (毫米)	水 量 (立方公里)	水 层 深 度 (毫米)	水 量 (立方公里)	水 层 深 度 (毫米)
海	洋	505000	1400	458000	1270	47000	130
陆 地	内流区	9000	300	9000	300		
	外流区	63000	529	110000	924	47000	395
全	球	577000	1130	577000	1130		

### 三、流域水量平衡方程式

如所研究的水量平衡区,为一闭合流域,即流域的地下分水线与地面分水线相重合,没有相邻流域的地表水或地下水的流入或流出,而且河槽下切到足够深度,使地下水最终能排入河道流经出口断面,则通用水量平衡方程式中的  $Y_1=0, W_1=0$ , 并用  $Y$  代替  $(Y_2+W_2)$ , 于是(1-1)式可写成:

$$X = (Z_2 - Z_1) + Y + (U_2 - U_1) \quad (1-6)$$

地表凝结量  $Z_1$  一般很小,常忽略不计,  $Z_2$  可改写为  $Z$ 。令  $(U_2 - U_1) = \pm \Delta U$ ,  $\Delta U$  为蓄水变量,则上式可写成:

$$X = Z + Y \pm \Delta U \quad (1-7)$$

在多水期,  $\Delta U$  为正值,表示时段内的降水量除消耗于蒸发和径流外,还能使流域蓄水量增加;在少水期,  $\Delta U$  为负值,表示流域内不仅消耗掉了降水,而且还消耗了流域内的部分蓄水量,故使蓄水量减少。

在多年期间闭合流域内的蓄水变量( $\Delta U$ )因有正有负,故多年累加起来可以相互抵消,所以(1-7)式中最后一项可趋近于零。于是多年期间闭合流域的水量平衡方程式为:

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \quad (1-8)$$

式中,  $X_0$  为多年平均降水量;  $Y_0$  为多年平均径流量;  $Z_0$  为多年平均蒸发量。

如所研究的水量平衡区,为非闭合流域,即流域的地下分水线与地面分水线不相重合,在没有跨流域引水的情况下,通用水量平衡方程式中的  $Y_1=0$ ,  $Y_2$  为出口断面的径流量,可用  $Y$  来代替,因  $Z_1$  一般很小,常忽略不计,  $Z_2$  可改写成  $Z$ , 于是(1-1)式变为:

$$X - Z = Y + (W_2 - W_1) + (U_2 - U_1)$$

或 
$$X - Z = Y + \Delta W + \Delta U \quad (1-9)$$

式中,  $\Delta W$  为本流域与相邻流域地下径流交换量。上式即适用于非闭合流域的水量平衡方程式。

若将(1-8)式两边均除以  $X_0$ , 则

$$\frac{Y_0}{X_0} + \frac{Z_0}{X_0} = 1 \quad (1-10)$$

式中,  $\frac{Y_0}{X_0}$  为多年平均径流系数,  $\frac{Z_0}{X_0}$  为多年平均蒸发系数,二者之和等于1。这两个系数在不同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。干燥地区蒸发系数大,径流系数小;湿润地区则径流系数大,蒸发系数小。例如我国北方河流多年平均径流系数较小,南方河流多年平均径流系数较大(表1-3)。

由于人类对淡水资源需要量的增加,人们对地区和全球性水量平衡的研究已得到了普遍的重视;特别是近年来随着地球卫星的发射和人类进入宇宙空间,卫星测量数据、宇宙信息、宇宙像片和电子计算机等手段和方法已被用于研究地球上的水量平衡。

表 1-3 我国主要河流水量平衡

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 (包括沂、沐、泗)	261504	929	738	191	0.21
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

## 第二章 海 洋

### 第一节 海洋概述

海洋是地理环境中水圈的主体,是一个巨大的水分源地,也是大气热量和运动的能源区,同时又是改变海岸地貌的动力,因此它对地理环境中的能量交换和物质输送起着重要作用。海洋是一个巨大的“蓝色宝库”,它蕴藏着极其丰富的化学资源、矿产资源、动力资源、水资源和生物资源等,它又是沟通各大洲、各国进行贸易往来的重要通道。

#### 一、海陆的分布

地球总面积约为 510,000,000 平方公里,其中海洋面积约为 361,000,000 平方公里,占地球总面积的 70.8%;陆地面积约为 149,000,000 平方公里,占地球总面积的 29.2%。南半球,海洋面积约占 80.9%,陆地面积只占 19.1%;北半球,相应为 60.7% 和 39.3%。可见,海洋的面积远大于陆地。

海洋在地球上不但面积广,而且深度大。海洋平均深度约为 3800 米,海洋中最深的马里亚纳海沟为 11022 米,比世界上最高的珠穆朗玛峰还多 2173.87 米。

海洋总水量约为  $1,370.323 \times 10^6$  立方公里,其中太平洋占 52.8%,大西洋占 24.7%,印度洋占 21.3%,北冰洋占 1.2%。

#### 二、海洋的分类

地球上各海洋相互连通所形成的广大水域,称为世界大洋。

根据海洋所处的地理位置及其水文特征的不同,海洋又可分为洋和海、海湾、海峡等。

洋是世界大洋中远离大陆,深度大,面积广,不受大陆影响,具有较稳定的理化特性和独立的潮汐系统以及强大洋流系统的水域。世界大洋分为四个部分,即:太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。

海是靠近大陆,深度浅,面积小,兼受洋、陆影响,具有不稳定的理化特性,潮汐现象明显,并有独立海流系统的水域。由此可见,海和洋是有区别的。海通常分为:地中海和边缘海。地中海是介于两个以上大陆之间,并有海峡与相邻海洋相连通的水域,如亚、欧、非大陆之间的地中海。边缘海是位于大陆边缘的水域,一部分以大陆为界,另一部分以岛屿、半岛、群岛与大洋分开,如东海、黄海、南海等。

海湾是海洋伸入大陆的部分,其深度和宽度向大陆方向逐渐减小的水域。如渤海湾。海湾的特点是潮差较大。

海峡是连通海洋与海洋的狭窄的天然水道。如台湾海峡、马六甲海峡、直布罗陀海峡等。其

水文特征是水流急,潮速大,上下层或左右两侧海水理化特性不同,流向不同。

## 第二节 海水化学成分与盐度

### 一、海水的化学组成

海水是一种成分复杂的混合溶液。它所含的物质可分为三类:1) 溶解物质,包括各种盐类、有机化合物和溶解气体;2) 气泡;3) 固体物质,包括有机固体、无机固体和胶体颗粒。在海洋总体积中,有96—97%是水,3—4%是溶解于水中的各种化学元素和其他物质。

目前所知,海洋中已经发现80多种化学元素,但其含量却有很大差别。组成海水的主要化学元素有:氯、钠、镁、硫、钙、钾、溴、碳、锶、硼、氟等11种,其含量约占海水中全部元素含量的99.8—99.9%,因此被称为海水的大量元素。其他元素在海洋中含量极少,称为海水的微量元素。海水化学元素最大特点之一是这11种主要离子浓度之间的比例几乎不变,因此称为海水组成的恒定性。它对计算海水盐度具有重要意义。溶解在海水中的元素绝大部分是以离子形式存在的。海水中主要盐类含量见表2-1。由表中可知氯化物的含量最高,占88.6%,其次是硫酸盐,占10.8%。

表2-1 海水中主要的盐分含量

盐类组成成分	每千克海水中的克数	百分比(%)
氯化钠	27.2	77.7
氯化镁	3.8	10.9
硫酸镁	1.7	4.7
硫酸钙	1.2	3.6
硫酸钾	0.9	2.5
碳酸钙	0.1	0.3
溴化镁及其他	0.1	0.3
总计	35.0	100.0

关于海洋中这些盐类的来源,目前还没有一致的解释。一种说法是:海洋中的盐类是由河流带来的,可是河水与海水所含的盐类又有显著的差别(表2-2)。虽然河水所含的碳酸盐最多,但当河水入海后,一部分碳酸盐便沉淀,另一部分碳酸盐被海洋中的动物所吸收,构成它们的甲壳和骨骼等,因此海水中的碳酸盐大大减少。氮、磷、硅的化合物和有机物质也大量地被生物所吸

表2-2 海水与河水所含盐类的比较(%)

盐类成分	河水	海水
氯化物	5.20	88.64
硫酸盐	9.90	10.80
碳酸盐	60.10	0.34
氮、磷、硅的化合物 及有机物质	24.80	0.22
合计	100.00	100.00