

水文职工培训教材

水文学基础

水利电力部南京水文研究所顾慰祖主编

水利电力出版社



水文地质工程地质

水文学基础

（第二版）

张明贵 尹世明 编

2014

教材

水 文 学 基 础

水利电力部南京水文研究所顾慰祖主编

水利电力出版社

水文职工培训教材

水文学基础

水利电力部南京水文研究所顾慰祖主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 13.125印张 290千字

1984年4月第一版 1984年4月北京第一次印刷

印数 00001—14130册 定价 1.40元

书号 15143·5339

2236/25

内 容 提 要

本书阐明了水文学的基本原理和各种水文现象，取材新，注重概念，由浅入深，并简要介绍了近代水文学的发展概况。主要内容有：水文学引论，降水与暴雨，蒸发与散发，土壤水、下渗与地下水，河流流域与河川径流，径流形成基本过程，湖泊、水库的水文现象，特种水体的水文现象，农业水文现象，泥沙，水质，水文现象的地域分异规律和水文区划，生态水文现象，近代水文学发展的一些领域等。

本书除作为水文职工培训教材外，可供水文职工自学，亦可供有关水文专业师生参考。

本书由顾慰祖主编，于维忠主审。

出版者的话

为了提高广大水文职工的技术水平和业务能力，适应水文技术现代化的需要，原水利部水文局组织一些有经验的同志编写了“水文职工培训教材”，以供各地举办各种形式的水文职工培训班使用，促进培训工作的开展。1980年11月，在江苏省扬州水利学校召开了“水文职工培训教材”编写工作协调会，讨论并制定了有关教材的编写提纲及编写计划。

“水文职工培训教材”共分六册：《水文学基础》，《水力学基础》，《水文电测基础》，《水文测验》，《水文资料整编》，《水文预报与计算》。

“水文职工培训教材”系以从事水文工作多年，文化程度相当于初、高中的水文职工为主要对象，亦可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。为此，教材面涉及较广，但内容力求简明扼要，通俗易懂，以实用为主，同时也适当介绍一些现代的先进技术。

《水文学基础》一书，阐明了水文学的基本原理和各种水文现象，并注意介绍水文学的有关研究方法，对水文学的历史和近代发展趋势也作了一些介绍。本书着重于基本概念，采用较新的资料和成果，内容上由浅入深。读者可据所从事的工作和要求选择有关章节。

本书由水利电力部南京水文研究所顾慰祖和黑龙江省水利工程学校季山二同志编写，顾慰祖同志主编，华东水利学院于维忠同志主审。本书引用了国内外很多资料和国内不少

同志的研究成果，在编写过程中，还得到有关单位的支持和帮助，谨致谢意。

恳切希望广大读者对本书中存在的缺点和问题提出宝贵意见。

1983年3月

目 录

出版者的话

第一章 水文学引论	1
第一节 地球水圈.....	1
第二节 自然界的水分运动和平衡.....	9
第三节 水文学的领域和发展.....	18
第二章 降水与暴雨	23
第一节 降水的大气环流因素.....	23
第二节 降水.....	26
第三节 暴雨.....	49
第四节 雪.....	55
第三章 蒸发与散发	59
第一节 蒸发与散发的物理过程.....	59
第二节 蒸发与散发的影响因素.....	70
第三节 蒸发与散发的能量平衡规律.....	76
第四节 蒸发的时间和空间分布特征.....	80
第四章 土壤水、下渗与地下水	86
第一节 土壤和岩石性质.....	86
第二节 土壤水.....	93
第三节 下渗.....	106
第四节 地下水.....	115
第五章 河流流域与河川径流	130
第一节 河流.....	130

第二节	河系和流域的特征与形态规律	136
第三节	河川径流的补给和组成	146
第四节	河川径流情势	157
第五节	河川径流资源	170
第六节	河川冰情	171
第七节	融雪径流	182
第八节	河川径流情势的人为影响	183
第六章	径流形成基本过程	190
第一节	径流形成过程的基本概念	190
第二节	流域产流	195
第三节	流域汇流	207
第四节	最大流量形成的基本过程	225
第七章	湖泊、水库的水文现象	232
第一节	湖泊、水库的形态特征	232
第二节	湖泊、水库的水量平衡和水文情势	235
第三节	湖水运动	238
第四节	湖水热状况和主要理化性质	241
第五节	我国的湖泊和水库	244
第八章	特种水体的水文现象	246
第一节	海洋	246
第二节	河口	253
第三节	内陆河	259
第四节	冻土	262
第五节	冰川	268
第六节	沼泽	275
第七节	岩溶	281
第八节	泥石流	288

第九章 农业水文现象	292
第一节 植物与水分	292
第二节 作物需水规律	296
第三节 农田土壤水分有效性	300
第四节 水盐动态和盐渍化	304
第五节 水旱灾害与水分调节	307
第十章 泥沙	315
第一节 流域侵蚀	315
第二节 河流泥沙	319
第三节 水库泥沙	336
第四节 河床演变	349
第五节 河口泥沙	359
第十一章 水质	364
第一节 河流水的成分和水质指标	364
第二节 水的水化学分类	366
第三节 河流离子径流	367
第四节 水污染和水体保护	370
第十二章 水文现象的地域分异规律和水文区划	379
第一节 地域分异规律	379
第二节 水文区划	385
第十三章 生态水文现象	391
第一节 生态系统和生态平衡	391
第二节 陆水生态水文	393
第十四章 近代水文学发展的一些领域	397
第一节 水文科学技术发展概况	397
第二节 近代水文学的一些领域	399
第三节 水文学的分支学科	408

第一章 水文学引论

第一节 地球水圈

一、地球和圈层

宇宙是无限的，存在着无数天体，有恒星、行星、星云等等。大量恒星集为星系，银河系就拥有一千多亿个恒星，太阳是其中之一，地球则是沿着椭圆轨道绕太阳运行的一个行星。地球周围的天体，影响着地球上的各种自然现象，如：地球绕太阳运动(公转)而有四季，绕地轴转动(自转)而有昼夜，于是各种自然现象也有年、季、日的变化；太阳向地球的辐射能量更是地球上气、水运动的基本动力，有些研究还认为太阳黑子的多少影响陆地上的旱、涝；又如月球和太阳的引力，构成海洋潮汐、影响河口水情，等等。

地球是接近蛋形的椭球体，具有很大的体积(10830亿立方公里)和质量(5983×10^{18} 吨)。它所构成的吸引力，使得任何物体至少必须具有11.2公里/秒的速度，才能脱离地球，但大气中最快的气体微粒氢的运动速度也只不过是它的六分之一，水分子更只有它的约十八分之一。于是，尽管地球在无限的宇宙空间之中，但在地球上的大气和水分却不会散逸掉，如果地球没有这样大、这么重，那就可能没有大气，没有风、生物、海洋和流水，也就可能完全不是现在这样的自然界了。

地球构造具有分层性特征，可把地球划分为一些具有不同物理、化学性质的外部和内部圈层。

1. 地球的外部圈层

大气圈 指环绕地球最外层的气体圈层，含有氮、氧等各种气体和水汽，其总质量虽只占地球质量的 0.00009%，对地球的影响却很大。

水圈 包括海洋，陆地上的湖、河、沼泽水，地下水，以及冰川、积雪等。所以，它是一个不太连续且不规则的圈层，它的总质量也只占地球的很小部分（0.024%）。对此，有的研究者还进一步将水圈分为海洋圈和陆水圈。如果地球表面完全无起伏，则全球将被深达 2745 米的海水所覆盖，如地球上的冰川、冰盖全部融化，则海洋水位将升高 70 米。

生物圈 特指地球上有生命物质的部分，包括各种动物、植物。它的质量更小，估计约相当于水圈的七千分之一。

2. 地球的内部圈层

根据地球物理方法将地球内部分为：地壳（地面以下平均深 33 公里）、地幔（又称中间层，地面以下平均深由 33 至 2900 公里）及地核（平均深 2900 公里至地心）。地壳部分主要由富含硅和铝的硅酸盐类岩石所组成，所以又称岩石圈^①，地表的土壤也包括在内。

这些圈层在高空和地球内部主要是上下平行分布的，但在地球表面附近，各圈层却是互相渗透，甚至是互相重叠的。如生物圈，上可达大气圈中 6 公里的高度，下在岩石圈中可达 800 米深度，在水圈中则可达最深洋底；又如大气中

① 岩石圈的涵义尚未统一，有的把它作为地壳的同义语，也有的把地壳和地幔的一部分（橄榄石岩），合称岩石圈。

含有水汽甚至细小的矿物粒屑，而水圈和岩石圈中也有空气存在。故广义的大气圈应包括这些空气在内，广义的水圈也可包括大气圈和生物圈中的水，但习惯上各圈层均不包括其广义范围。虽然如此，这些圈层在变化和运动过程中总是相互制约和相互影响的，成为地球的自然界或地理环境。研究其中的水，就必然要联系到大气、土壤和岩石、生物。相反，研究其它也必然会联系到水。

二、水圈和水资源

(1) 水的形成 数十亿年前从太阳星云中分化出来的接近均质的地球，由于内部温度变化和重力作用，物质发生分异和对流，于是地球逐步分化为圈层。在分化过程中，气体上浮而形成大气圈，初始大气以二氧化碳、一氧化碳、甲烷、氨为主，当出现原始的绿色植物以后，因光合作用而产生游离的氧，甲烷就变成水汽和二氧化碳，氨也就变成水汽和氮。光合作用持续进行时，氧才又从二氧化碳中逐步分离出来，最后才形成以氮和氧为主，并有水汽的大气。水汽又凝结而为液态水，降落地面逐渐形成原始水圈，此后又由于水汽增加和地面形态变化，原始水圈才逐渐发展为今天的水圈。

(2) 水的分布 如上所述，水圈总质量只占地球的很小部分，但在地球表面上却约有71%是海洋，参见图1-1。对地球上的总水量和它在各种水体和圈层中的分布，有各种不同的估算，见表1-1，可认为地球上的总水量约为15亿立方公里左右[●]。

● 通常称全球总水量约13.86、13.9或14亿立方公里，由表1-1可见，尚有一些未估算之项。

(3) 水资源 水是地球上最宝贵的资源之一，作为一种资源，主要表现在水量、水质、水能三方面。上述总水量，则构成了人类所赖以生存和发展的物质基础，但绝大部分是含盐量较高的海水，淡水储量只占总储水量的2.53%左右，其中99.66%又是由两极和高山的冰川、雪盖、不能利用的冰冻层底冰等构成，可供生活和生产利用的淡水资源主要只是河川水、湖泊水和浅层地下水等，其水量还不足地球总储水量的万分之一。通常所称水资源主要即指这部分可供使用的、逐年可以恢复更新一部分的淡水资源。其中河川水的数量一般地反映着水资源的丰富程度而称为径流资源。至于海洋水，就只能作为将来的水资源了。

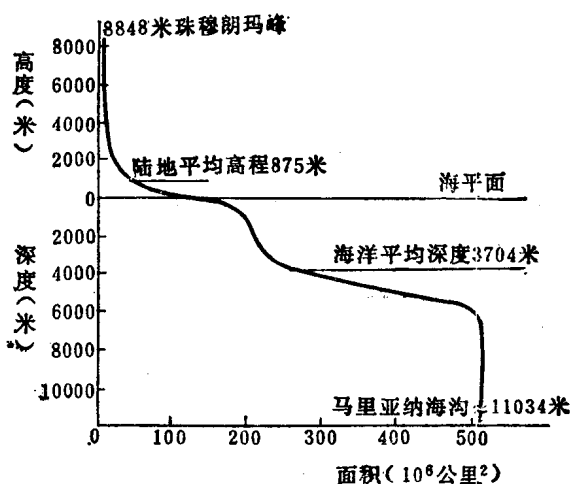


图 1-1 地球上的海陆分布

有限的水资源却存在着日益严重的问题，一是它的分布往往很不均匀，发生区域不平衡的矛盾，有很多缺水和严重

表 1-1

地球上各种水体的储量

单位: 公里³

水 的 形 式	框根勇估算 (1967)	国际科学水文 学 协 会 估 算 (1970)	苏联国际水文 十 年 委 员 会 估 算 (1974)
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 (包括部分潜水)	16500
(5) 地下水			
浅层(地下760米)	4500000	} 8350000	} 23400000 (其中淡水, 10530000)
深层(760~3800米)	5600000		
(6) 冰川、冰盖	24487000	29200000	} 24064100 } 300000
(7) 沼泽	—	—	11470
3. 岩石结合水	400	—	—
4. 大气水	12600	13000	12900
5. 生物水	1200	—	1120
总 计	1384775350	1407860250	1385984610
其中淡水			35029210

注 尚有南极地下水未计。

缺水的地区, 如我国南方水多、北方水缺而有南水北调之举; 二是它日益受到污染威胁, 发生数量和质量的矛盾, 甚或因质量变坏而丧失作为资源的意义, 从而缩小了可用的水资源量; 三是工农业用水和需水量逐年增加, 发生供需不平衡的矛盾。因而, 水资源已成为当今世界普遍重视的问题之一, 并对它的数量、质量、时间和空间分布规律、利用方式、未来预测、供需平衡等作多方面的研究。

三、水的性质

水具有不同于其它物质的特性，主要有：

1) 水有气态、液态和固态三种形态，称三态或三相，可在一定的条件下发生转化，水只在 0°C 以上存在，冰只在 0°C 以下存在，水汽却在 0°C 上、下都能存在，但受大气压力的制约（图1-2）。由图可见，冰在一定条件下可直接升华为汽，水能蒸发为汽，达沸点时则为蒸汽；在某一温度和气压条件的特定点，水、冰、汽这三相理论上可同时存在。

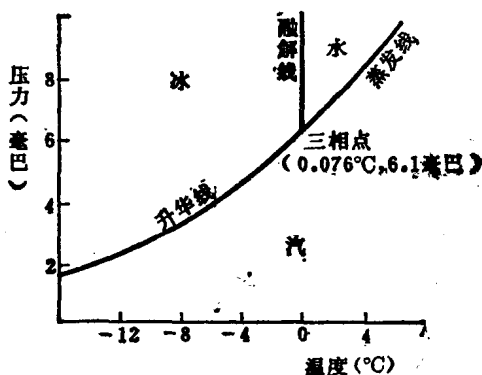


图 1-2 水的三相与温度、压力的关系

2) 热胀冷缩是物质的一般规律，但水在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 这段范围内却不遵守这一规律，而是温度升高、体积缩小，到 4°C 时体积最小、密度最大，超过或低于此温度时，体积都有膨胀，因此，当水结冰时体积胀大。这是因为在液态水中含有由若干个简单水分子结合在一起的较复杂的水分子，但其理化性质仍和通常的水一样，称为缔合，常见有二或三个水分子的缔合，它们的含量随温度而异， 4°C 时缔合的双分子特

多，其结构紧密，使得此时水的体积最小。

3) 在所有物质中，水具有最大的比热，即水在加热升高（或降低）同样温度时所需的热量，多于同重量的所有其它物质。

4) 水作为溶解其它物质的溶剂，任何其它物质都不能与之相比，很多种物质在水中都有很大的溶解度，而且水中溶解的物质不但可相互作用，还能和水产生各种反应，包括化学反应。

5) 水具有很大的内聚力和表面张力，除汞以外，水的表面张力最大，并能产生毛管现象和吸附现象。

6) 各种有机物质在水中能进行分解，有机物在水中取得氢和氧时，只有很少的能量消耗，这就使水生生物能迅速发展。

水，这一我们所要研究的看来是最普遍的对象，却是这样一种具有特异性质的物质，也正是这些特性，使得它对人类和环境发挥着独特的作用。

四、水与环境

水和生命是不可分的，地球上的生命开始于水中，水也是现代人类的物质基础。水不是任何其它物质所能代替的，水几乎影响到自然环境的各个方面。另一方面，人们在控制和利用水的同时，势必也给水以很大的影响，如果不符合水的客观规律，其结果将使水的理、化和生物特性恶化，使水的状态和空间分布也发生剧烈的变化，并带来很多意想不到的不利影响。按目前的认识，水对环境的影响大体有以下方面：

1) 由于对水的物理规律和运动规律的认识还不够，以致作出不正确的甚至错误的判断，造成水利工程不安全甚至