

GONGYEYONGSHUI
YUJIESHUIGUANLIJISHU

工业用水与节水 管理技术

常明旺 赵海生 杜世勋 解 磊 王聪明 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

工业用水与节水管理技术

常明旺 赵海生 杜世勋 编 著
解 磊 王聪明

中国石化出版社

内 容 提 要

《工业用水与节水管理技术》包括冷却用水、工艺用水、节水与节水量、工业产品用水定额的制定、工业用水审计、企业水平衡测试、工业用水预测、节水项目经济分析等基本内容,几乎涵盖了工业用水、节水管理技术,从不同的角度阐述了各方面的基本概念、运作方法、节水技术等。

本书会在实际用水、节水中起到一定的积极作用,适用于工业企业的工程技术人员和管理人员,水资源管理机构、节约用水办公室和相关部门的技术人员、管理人员,用水、节水研究机构的研究人员以及中、高等院校相关专业的师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工业用水与节水管理技术 / 常明旺等编著.
—北京: 中国石化出版社, 2011. 10
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1188 - 4

I. ①工… II. ①常… III. ①工业用水 - 用水管理
②工业用水 - 节约用水 IV. ①TU991. 6 ②TU991. 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 196654 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式
或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 15 25 印张 382 千字

2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高，我国许多城市和地区都不同程度地出现了缺水现象。水资源的不足已成为制约国民经济发展的因素之一，合理地利用水资源，节约用水已成为我国一项长期不变的国策。

在城市用水中，工业用水是主要部分。工业用水的增长，加剧了城市用水的供需矛盾。加强工业用水管理、提高用水效率已成为城市节水的主要内容。

随着节水事业的发展，对工业用水、城市用水的研究越来越广泛与深入。不论从管理技术，还是实用技术都取得了较大的成果，对工业用水与节水作出了巨大的贡献。本书着重在工业用水管理上，就一些管理技术问题做了多方面的介绍。

本书内容共分十二章。

第一章 水的基本功能。主要从水的结构特点上介绍水的基本功能，以及水的自身功能在工业生产中发挥的巨大作用。

第二章 工业用水管理基础。介绍了工业用水管理的基本任务、基础工作及基本职能等。

第三章 工业用水分类。介绍了工业用水分类的依据，以及各种水量之间的关系。

第四章 冷却水。对冷却水运行系统、水的运行过程、传热的基本情况及散热原理做了充分的介绍，并就如何提高冷却水的使用功能及冷却系统的水质稳定进行了比较系统的阐述。

第五章 工艺用水及节水。从节水的角度解释工艺用水方面的节水途径是通过工艺改革减少用水量，并联系实际介绍了逆流洗涤、干熄焦、空气冷却工艺及其节水效果等。

第六章 节水及节水量。着重介绍了节水的概念，节水量的计算，以及节水分析和合理用水等。

第七章 工业用水标准化。介绍了标准化的基本情况及近年来国家颁布的有关工业用水、节水的三项标准，体现了标准化的深远意义和对工业用水节水的重要作用，使之在今后的发展中有了一个统一的行规。

第八章 水平衡。水平衡是工业用水、节水发展中的产物，同时也是推动工业用水、节水的动力和方法。但是水平衡在发展道路上遇到了很多技术问题

没有得到及时的解决，本章就一些常见的问题作了具体解说。

第九章 工业用水定额的制定。工业用水定额是管理工业用水、节水比较得力的方法，但是如何制定出科学合理可行的用水定额却不是件容易的事。根据多年的研究和实践，认为“两基法”是比较适当的制定方法。它将工业用水分为产品基本用水和装置基础用水两部分，生产中，在一定的工艺条件下单位产品基本用水量是不变的，而装置基础用水量在一定规模下也是不变的，并与产品产量无关。以这两点为依据制定的用水定额准确性高，可操作性强，用水定额起点高，具有一定的先进性。

第十章 企业用水审计。工业企业用水审计是加强用水、节水管理的基础工作，通过用水审计可推动工业用水、节水向广度和深度发展，克服用水中存在的问题，提高用水、节水的管理水平和技术水平。

第十一章 工业用水预测。在当前用水紧张的情况下，要求做到合理用水，有效用水，优质调配，就必须进行工业用水预测，做到计划用水。掌握今后一段时期内的用水量，做到在供水不能满足需求时达到安全用水，保证工业的可持续发展。

第十二章 节水项目的技术经济分析。企业经过加强用水、节水管理和节水潜力分析，最后要挖掘这些节水潜力。通过技术经济分析，寻找到技术成熟、经济投入合理、节水效果明显的节水项目，帮助企业解决节水问题。

本书是作者根据多年从事工业用水管理工作与节水研究的实践经验，吸取了各有关工业用水方面的经验，并参照国家及地区的有关标准、法规、法令编写成的。在编写中，曾得到山西省生态环境规划研究咨询中心的大力支持与帮助，特别是中心主任袁进先生给予了全力协助，在此表示衷心的感谢；对于有关方面与部分工程技术人员、科学工作者的大力支持，在此深表谢意。

由于作者水平有限，错误与不当之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 水的基本功能	(1)
第一节 水的结构与特性	(1)
第二节 天然水	(2)
第三节 水的分布与循环	(4)
第四节 地表水资源	(7)
第五节 地下水资源	(11)
第六节 水资源利用中存在的问题	(13)
第七节 水在工业上的应用	(17)
第二章 工业用水管理基础	(21)
第一节 工业用水管理的基本任务	(21)
第二节 工业用水管理的基础工作	(22)
第三节 工业用水管理的基本职能	(26)
第四节 各项用水考核指标的意义	(27)
第三章 工业用水分类	(32)
第一节 工业用水范围	(32)
第二节 工业用水分类	(34)
第三节 各种水量之间的相互关系	(38)
第四章 冷却水	(41)
第一节 冷却水水质	(41)
第二节 冷却用水的水源	(42)
第三节 冷却水系统	(44)
第四节 冷却水系统中的热交换	(46)
第五节 冷却设备	(49)
第六节 冷却系统中的热量传导	(52)
第七节 湿空气的性质	(58)
第八节 水的冷却原理	(60)
第九节 循环冷却系统运行的操作参数	(64)
第十节 影响对流换热的因素	(68)
第十一节 冷却系统传热过程的强化	(70)
第十二节 循环冷却水与补充水在冷却功能上的差异	(73)
第五章 工艺用水及节水	(76)
第一节 工艺用水	(76)
第二节 逆流漂洗节水工艺	(78)

第三节	干熄焦工艺	(80)
第四节	物料换热和无水工艺	(82)
第五节	空气冷却工艺的使用	(83)
第六章	节水及节水量	(87)
第一节	节水的基本概念和内容	(87)
第二节	节水量的计算	(91)
第三节	各种节水量分析	(95)
第四节	节水分析的理论基础	(96)
第五节	水量利用分析	(99)
第六节	合理用水和有效用水	(103)
第七节	节水潜力分析	(107)
第八节	节水的发展趋势	(111)
第七章	工业用水标准化	(113)
第一节	工业用水标准化基础	(113)
第二节	标准化是用水发展的必然	(114)
第三节	用水节水标准化的和特点	(117)
第四节	用水标准化的构成	(119)
第五节	标准化与立法管理的关系	(124)
第六节	企业用水标准化	(125)
第八章	水平衡	(128)
第一节	水平衡测试的目的、内容及方法	(128)
第二节	水平衡测试的周期和体系	(131)
第三节	审核供排水管网和水表配备	(134)
第四节	水平衡的典型测试	(135)
第五节	水平衡图	(142)
第六节	几种水量的认定	(144)
第七节	水平衡图的分析、计算	(151)
第八节	水量平衡	(162)
第九节	用水分析	(165)
第九章	工业用水定额的制定	(171)
第一节	工业用水定额的涵义及形式	(171)
第二节	影响用水定额的因素	(172)
第三节	制定用水定额的基本原则和指导思想	(176)
第四节	以往所编制用水定额的局限性分析	(180)
第五节	三个必然阶段	(182)
第六节	用两基法编制用水定额	(185)
第七节	用水定额调整系数的确定	(190)
第八节	用水定额在实践中完善	(191)
第十章	企业用水审计	(193)
第一节	企业用水审计的目的、原则和内容	(193)

第二节 用水审计的程序和方法 (195)

第三节 用水审计的总结阶段 (196)

第四节 企业用水管理审计 (197)

第五节 企业用水审计 (200)

第六节 节水与节水技术项目的审计 (202)

第十一章 工业用水预测 (207)

第一节 指标下降法 (207)

第二节 移动平均法 (210)

第三节 弹性系数法 (212)

第四节 用水增长系数法 (215)

第五节 指数平滑法 (219)

第六节 回归预测 (224)

第十二章 节水项目的技术经济分析 (228)

第一节 技术、经济分析的关系和内容 (228)

第二节 技术、经济分析的步骤与指标 (229)

第三节 技术、经济分析的方法 (230)

第四节 技术、经济效果分析 (234)

参考文献 (236)

第一章 水的基本功能

第一节 水的结构与特性

一、水的结构

水的分子是由两个氢原子和一个氧原子组成，分子式为 H_2O ，表示最简单的水分子。但液态水并不都由简单的 H_2O 组成，它还会有两个、三个或更多个 H_2O 所缔合成的分子以及少量氢离子(H^+)和氧离子(O^{2-})。

在简单分子水中，H 和 O 以共价键相结合，其结构可示为 HOH，两个氢和一个氧的中心不在一条直线上。两个 OH 键互成 $104^\circ 40'$ 的角度。水分子靠氧的一端带负电荷，靠氢的一端带正电荷，且电荷中心不重合，呈现极性，故水分子是极性分子，且极性很强。

因为在水分子中有裸露的 H 原子，O 上有孤对电子，所以在一个 H_2O 分子和另一个 H_2O 分子间可以形成一种不十分牢固的化学键——氢键，氢键使水分子三三两两地结合在一起，如图 1-1 所示。

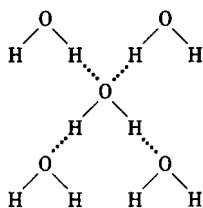
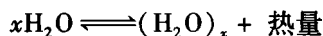


图 1-1 水分子的缔合

这种由简单分子(H_2O)结合成复杂分子($(\text{H}_2\text{O})_x$)，但又不引起水的化学性质改变的现象，称为水分子的缔合。在简单的水分子和复杂的水分子间可相互转变，它们存在如下的平衡关系：



这种缔合随温度而变化。水在沸腾时，由于分子间的氢键被破坏，水分子绝大多数都以单个水分子形式存在，只有极少数的二分子体水($(\text{H}_2\text{O})_2$)。

水分子间同样还存在着分子间力或范德华力的作用。分子间力也是影响物质的颜色、聚集状态、熔沸点、溶解度、硬度等物理性质的重要因素。这种力是分子间的一种吸引作用，按其作用方式可分为取向力、诱导力和色散力三种类型。从本质上看，氢键也属于分子间力的范围，但它的作用强度比分子间力稍高。

二、水的特性

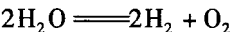
(一) 热容量大

在液态水中，简单分子 H_2O 与缔合分子 $(\text{H}_2\text{O})_x$ 一般处于平衡状态。当温度升高时，水

的缔合作用降低，一部分缔合分子解离，高温时水主要以简单分子状态存在，水蒸气中水分子都是以单分子存在的。当温度降低时，水的缔合作用增大，到 0℃ 时水结成冰，全部水分子完全缔合在一起，成为一个巨大分子。可以看出水分子的缔合是放热过程，解离是吸热过程。加热时，水分子除了要消耗一定的能量克服较强的分子力外，还要消耗额外的能量来破坏氢键，即破坏缔合分子，因此水的比热容很大，热容量也很大。水的比热容为 4.186kJ/(kg·℃)，在所有液体和固体中居首位。因此，在工业生产中水是冷却或储存及传递热量的优良介质。

(二) 热稳定性好

水分子的氢氧键键能很高，要破坏它需要很高的温度、很大的能量。在加热到 1000℃ 时，仅有 0.0008% 的水分子分解成氢和氧。



由于水的热稳定性好，被广泛应用于动力、化工生产中。水作为一种廉价的载热工质，是其他任何物质都不能比拟的。

(三) 溶解能力强

当两种液体相互溶解或固体溶解于液体时，根据两物质有相似结构及分子间力的类型、大小相近的物体，可按任何比例彼此溶解。大多数无机物可溶解于水中，是由于大多数无机物为极性分子，分子间含有氢键，分子间的作用力与水相当，这样两种分子相混时，类似同一种物质，因此水的溶解能力是很强的，是一种良好的溶剂。

(四) 汽化作用

在任何状态下，水分子都处于不断运动的状态。在液态水中，动能较大的分子能突破表面张力而冲入空间；相反，液面上的水蒸气分子由于受液面的吸引或外界的压力作用而回归液体中的可能性很大，这就是水的蒸发和凝聚过程。在一定的条件下，当两个过程达到平衡时，蒸发和凝聚的分子数相等，这时的蒸汽为饱和蒸汽，所产生的压力为饱和蒸气压。水的饱和蒸气压是随温度的升高而增大，其关系见表 1-1。

表 1-1 水的蒸气压与温度的关系

温度/℃	0	40	80	100	120	140	180	374
蒸气压/Pa	6.1×10^2	7.4×10^3	4.7×10^4	1.0×10^5	2.0×10^5	3.6×10^5	1.0×10^6	2.2×10^7

随着温度和压力的升高，蒸汽密度增大，水的密度却在降低；当温度和压力达到一定值时，即温度为 374℃、压力为 21.37MPa 时，蒸汽和水的密度达到相同，此时称之为临界状态，此时的温度称为临界温度，此时的压力称为临界压力。在临界状态下，水气两相界面消失，水气的各种性质基本相同。

当温度升到一定值时，水开始沸腾，此时的温度称为该压力下的沸点。水沸腾后，水温就不会再升，所吸收的热量都供水汽化。

第二节 天然水

一、天然水中的杂质

由于天然水与环境的接触，很容易形成复杂的分散体系。根据杂质颗粒的大小，常把分

散体系划分为分散系(悬浮物)、胶体分散系(胶体)和分子分散系(溶解物)三类,见表1-2。

表 1-2 水中所含杂质分类

分散颗粒	杂 质			
	溶解物离子	胶体颗粒	悬浮物	
颗粒大小	0.1 ~ 1mm	10 ~ 100nm	1 ~ 10 μ m	100 ~ 1mm
分辨器	质子显微镜	超显微镜	显微镜	肉眼
外观	透明	光照下浑浊	浑浊	

(一) 悬浮物

悬浮物是悬浮于水中而不溶的较大颗粒的物质,使水变得浑浊。根据这些物质的大小和密度不同,在静水中有的会上浮到水面,如动植物的分解产生的胶体有机质,有些沉于水底,如泥沙类无机物。

(二) 胶体

胶体颗粒是介于悬浮物和溶解物之间,水中胶体主要成分有两种:一种为无机类胶体,多数为铁、铝、硅的化合物;另一类是有机类胶体,主要是动植物体分解的产物,表面都带有负电荷。由于静电的斥力,它们很难聚结成大颗粒,在水中相当稳定,将它们从水中分离出来是相当困难的。

另外溶于水的高分子有机质,是水产生色、臭、味的主要原因,在水处理中,将它们从水中分离出来也是非常困难的。

(三) 溶解物

溶解物是水体流经过程中溶解的一些矿物质,如盐类等,它们在水中几乎都被电离成阴、阳离子。另外,水体和大气的接触中也会溶解一些气体分子,这些杂质和水体组成的分散体都属单项体系,通常称作真溶液。

天然水中常见的阳离子有 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} ,阴离子有 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 等,个别地区的还有 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} ,在盐碱地区还有 F^{-} 、 NO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 等。

以分子状态存在于水中的杂质主要是一些气体,如 CO_2 和 O_2 ,它们的存在是金属发生腐蚀的主要原因。

二、天然水的存在形式

(一) 地下水

地下水存在于地下含水层中,是由雨水和地表水经过地层的渗流而成的,由于渗流中的过滤作用,而除去了大部分悬浮物和菌类,所以地下水浑浊度都比较低。

地下水不直接接触大气,在 10m 以下埋深的水不受气温影响而保持稳定。由于土壤中有机物含量较多,分解时消耗了水中的氧,地下水的溶解氧消耗后得不到补充,所以含氧量很少。有机物发生厌氧分解,产生 CO_2 、 H_2S 而进入水中,使水略显酸性。酸性水会使一些难溶盐类溶解,水还会与高价铁、锰矿石反应,使它们以低价离子形式进入水中,因此地下水中游离 CO_2 量、含盐量都较高,并普遍会有 Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 。

地下水按其深度可分为表层水、层间水和深层水,水层越深,地下水特点越明显。

（二）地表水

地表水主要指河水、江水、湖水等，由于地表水是经流地面的，所以溶解的矿物质较少，含盐量和硬度都较低，含盐量一般在 $70 \sim 900\text{mg/L}$ ，硬度在 $1.0 \sim 8.0\text{mmol/L}$ 。但是由于冲刷、流动的结果，往往会沉入大量的泥沙和有机物等杂质。地表水的水质变化比较大：

（1）受季节的影响

在同一条河中，由于季节不同，水质变化很大。洪水期与枯水期相比，硬度、含盐量会大大降低，但是悬浮物和有机物的含量却会剧增。雨天和晴天，上游和下游水质往往也有所不同。

（2）外界污染的影响

由于工业废水、生活废水排入江河，使水质发生很大的变化，有的地区污染相当严重。

（3）海水倒灌的影响

部分沿海地区的河流，当海水倒灌时会使氯离子含量成百倍地增加。

第三节 水的分布与循环

一、水的分布

水在地球上分布很广，大约 71% 的表面都被水覆盖，而且约占地球表面 29% 的陆地上空也都被水汽笼罩。地下被水渗透，这样在地球的表面就形成了厚厚的一环水圈（见图 1-2），水圈平均厚度约 2186m。

在整个水圈中，水总储量约为 13.86 亿 km^3 。其中淡水储量约 0.35 亿 km^3 ，占总储水量的 2.53%。与人类生活最密切的湖泊、河流与浅层地下水，只占淡水总储量的 0.34%，约 104.6 万亿 m^3 ，具体见表 1-3。

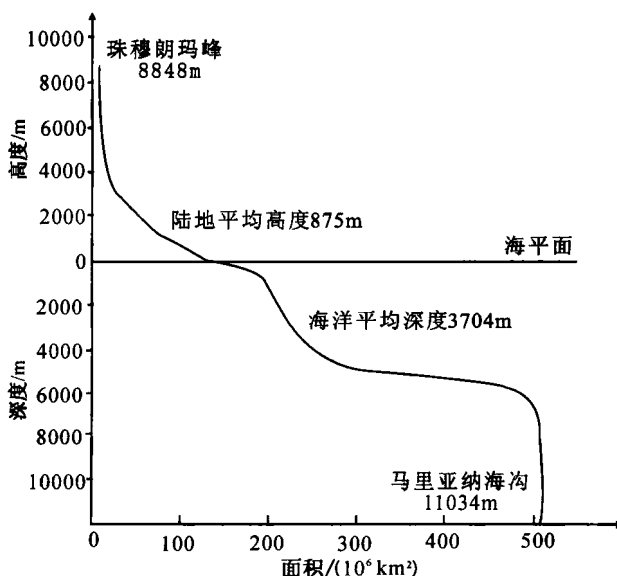


图 1-2 地球的海陆分布

表 1-3 地球上各种水体储量

水存在环境	分布面积/万 km ²	储水量/万 km ³	水深/m	占全球总水量/%	
				占总水量	占淡水量
一、海洋水	36130	133800	3700	96.5	—
二、地下水	13480	2340	174	1.7	—
其中 淡水	13480	1053	78	0.76	30.1
三、土壤水	8200	1.65	0.2	0.001	0.05
四、冰川、冰盖	1622.75	2406.41	1463	1.74	68.7
其中 南极	1398	2160	1546	1.56	61.7
北极	22.61	8.35	369	0.006	0.24
格陵兰	180.24	234	1298	0.17	6.68
山脉	22.4	4.06	181	0.003	0.12
五、永冻土底冰	2100	30.0	14	0.222	0.86
六、湖泊水	206.87	17.64	85.70	0.013	—
其中 淡水	123.64	9.10	73.6	0.007	0.26
咸水	82.23	8.54	103.8	0.006	—
七、沼泽水	268.26	1.147	4.28	0.0008	0.03
八、河床水	14880	0.212	0.014	0.0002	0.006
九、生物水	51000	0.112	0.002	0.0001	0.003
十、大气水	51000	1.29	0.025	0.001	0.04
水体总储量	51000	138598.461	2718	100	—
其中淡水储量	14800	3502.922	235	2.53	100

二、水的循环

(一) 水的运动

地球上的水都处于运动状态(深层封闭的地下水、岩石缝隙水除外)。由于水的运动推动了自然界的进化,人类的发展。但是对于整个自然界而言,水的运动虽然是广阔的,但绝不会运动到宇宙空间去,同样也不会有水分从宇宙空间进入地球。对于水的运动来说,地球其实是一个闭合系统,既不输入也不会输出。可是在地球内部却相反,各种水体之间每时每刻都在运动,都在进行着相互之间的输入与输出。

水的运动形态可分为三种基本情况:

- (1) 大气中水汽凝结降落形成降水;
- (2) 水分蒸发汽化而进入大气;
- (3) 水分通过地表、地下途径的运动而形成水流。

水在运动中表现出三种状态:

- (1) 水分的运移,如水的径流;
- (2) 水的临时储存;
- (3) 水的相态变化。

是什么原因使地球上的水处于运动不息的状态呢?是水本身的物理、化学特性与地心引力作用和太阳的辐射所致。

由于地球引力作用迫使水分子向低处降落与流动。由于太阳的辐射,以及昼夜、四季的变化,形成大气环流,使大量蒸发的水分形成大范围的空间运动。由于地心引力、太阳辐射是永存的,所以自然界的水分运动也是无止境的。

（二）水的循环

在自然界中由于水分的运动，在各种水体之间出现了无止无息的交换循环。主要的循环交换方式有四种情况：

- （1）从海洋上蒸发的水汽，又在海洋上空成云致雨，以降水形式降落回海洋。
- （2）从海洋上蒸发的水汽被气流带到远处的大陆上空，在适当的条件下成云降水落到地面，部分渗入地下，转为地下水；另一部分沿江河流回海洋。
- （3）从陆地表面蒸发的水汽又在其上空凝结降落到大地。
- （4）从陆地表面蒸发的水汽被气流带到远处的海洋上空成云致雨，以降水形式降落回海洋。

以上四种水的运动过程表现了水往复循环的现象，称为水的循环。水循环仅是自然界中水体运动的一种独特现象，并非水体运动的全过程。

（三）水循环的更新期

由于水的循环运动，使自然界中的各种水随时都在交替更新。但对于不同的水体、不同的环境，交替更新周期也不一样。如大气中水储量是 1.29 万 km^3 ，全球多年平均降水量为 57.7 万 km^3 ，就是说平均 0.0225 年 （约 8 天）为一更新周期；再如全世界河川蓄水量为 2120 km^3 ，全世界每年流入海洋的河川径流量为 47000 km^3 ，平均更新期为 16 天。地球上各种水体更新期见表 1-4。

表 1-4 地球上各水体的更新期

水 体	更新期/a	水 体	更新期/a
永冻区地下水	10000	沼泽水	5
两极冰盖雪盖	9700	土壤水	1
海洋	2500	河川水	16d
山区冰川	1600	大气水	8d
地下水	1400	生物水	数小时
湖泊水	17		

三、水量的平衡

自然界的水处于不停的运动状态，运动的方式虽然不断变化，但在整个运动过程中都遵循着两种规律，其一是遵循物理学及力学的规律，其二是遵守物质不灭定律。对自然界整体而言，在地球这个闭合系统中，水既不输入，也不输出。但是对于地球各个圈层或任何地段，则是一个敞开系统，水会有所出入。

若 $P_{\text{陆}}$, $P_{\text{海}}$ ——陆地、海洋的降水量；

$E_{\text{陆}}$, $E_{\text{海}}$ ——陆地、海洋的蒸发量；

R ——由陆地经地面、地下途径入海的径流量；

$\Delta S_{\text{陆}}$, $\Delta S_{\text{海}}$ ——研究期内陆地、海洋的蓄水量的变化量。

则 对于整个陆地

$$P_{\text{陆}} - E_{\text{陆}} - R = \Delta S_{\text{陆}}$$

对于海洋

$$P_{\text{海}} - E_{\text{海}} + R = \Delta S_{\text{海}}$$

但是就某一年而言， $\Delta S_{\text{陆}}$ 、 $\Delta S_{\text{海}}$ 可能是正数或负数，也可能为零。但对于多年平均来讲会接近于零。这样水量平衡方程式为

$$\begin{aligned}
 &\text{陆地} \quad P_{\text{陆}} - E_{\text{陆}} = R \\
 &\quad \quad P_{\text{海}} - E_{\text{海}} = -R \\
 &\text{即} \quad \quad P_{\text{陆}} - E_{\text{陆}} = E_{\text{海}} - P_{\text{海}} \\
 &\quad \quad P_{\text{陆}} + P_{\text{海}} = E_{\text{海}} + P_{\text{陆}} \\
 &\quad \quad P_{\text{全球}} = E_{\text{全球}}
 \end{aligned}$$

表明：全球的降水量 = 全球的蒸发量，水量处于平衡状态。
 对于大陆内流区域，其河川径流中不流入海洋而通过蒸发的消耗水量，即 $R = 0$ 时

$$\begin{aligned}
 &P_{\text{内陆}} = E_{\text{内陆}} \\
 &\text{降水量} = \text{蒸发量}
 \end{aligned}$$

全球各主要区域的水量平衡情况表 1-5。

表 1-5 地球水量平衡要素概值

区域	降水量/(mm/a)	蒸发量/(mm/a)	径流量/(mm/a)		
			地表	地下	合计
海洋	1270	1400	124	6	130
陆地	800	485	300	15	315
外流区	924	529	376	19	395
内流区	300	300	—	—	—
全球	1130	1130	—	—	—

例：海洋降水量 $P_{\text{海}}$ + 陆地径流入海量 R = 蒸发量 $E_{\text{海}}$
 即 蒸发量 = 1270mm + (124mm + 6mm) = 1270mm + 130mm = 1400mm。

第四节 地表水资源

自然界中由于水的存在而出现了生命，同时也促进了自然的进化。水是地球上一切生命起源的必要条件，是人类生活与生产不可缺少的基本物质，也是人类生存与发展不可替代的自然资源。特别是在近代社会中，水是工业的血液、农业的命脉、城乡发展的源泉，水资源也是社会发展的保障。

我们所说的水资源一般是指地球上的淡水资源，它是由水的循环运动而产生的一种动态资源。水资源同其他资源不同，它是一种再生资源，是由水体的静储量与水分循环的动储量构成。

在地面上的积水与流水统称为地表水。地表水资源包括地面上的湖泊、水库、江河等。

一、河流

在陆地表面上接纳、汇集与移动水流的路径或通道称为河道，水流来自地面也可能来自地下，河道与其中移动的水合称为河流。大的河流一般叫做江、河；小的河流一般称为涧、溪。流入海洋的河流称为外流河；流入内陆湖泊或消失在内陆的河流称为内流河。

(一) 水系与流域

地表水与地下水通过地面或地下途径汇入小沟、溪，然后又汇成较大的沟、溪，再汇成小河，由小河又汇集为较大河流，再成江河。形成大江、大河的集流系统就统称水系。我国习惯上以较大河流名称命名水系，如黄河水系、海河水系等。

由于地形的原因，以高处为界将水流背向分开，成为分水岭。以分水岭的走向又形成分水线。分水线所包围的区域就成为流域，它是汇集该范围内地面水流和地下水流的区域。

(二) 河流的补给

河流的补给有三种形式，即地表水补给、地下水补给、地表水与地下水混合补给。

地表水补给来源有两种，一是雨水补给，在我国的河流中靠雨水补给是最主要的方式。二是靠冰雪融化水补给，以冰雪水补给的河流水情特点是：汛期发生在气温高的暖季，水量集中；枯水期出现在气温最低的寒冬。不论是靠雨水补给，还是靠冰雪融化水补给，都与大气降水量有密切的关系。降水量大，河水量就大；降水量小，河水量就小。

地下水补给在我国河流中比较普遍。这种补给方式受流域地质和水文地质条件影响很大，所以不同的河流，不同的流域，地下水补给差别很大。如我国东部湿润地区一般不超过40%，西部干旱地区可达到40%~50%，青藏高原地区有的可达60%以上。

地表水与地下水混合补给，我国除由暴雨形成的间歇性小河和干旱区特有的泉水河外，几乎所有的河流都由地表水与地下水混合补给。

(三) 河川径流特征值

(1) 流量：是反映在单位时间内流过某一截面的水量，一般用符号 Q 表示，单位是 m^3/s 。在实际计算中常用日均值、月均值、年均值及多年平均值，它的大小反映了在一般情况下自然界可以利用的水量，是水资源大小的一种表示。

(2) 径流总量：是指在一个统计时间内通过其一断面的总水量，用符号 W 表示。

(3) 径流模数：是指其地段或区域的流量除以该地段或区域的面积 A ，单位是 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。常用日平均值、月平均值、年平均值或多年平均值，常用符号 M 表示。

(4) 流量变率：是指各个时段的径流模数同正常径流模数(多年平均径流模数)之比。流量变率也叫模比系数，常用字母 K 表示。

(5) 径流深度：是指在一定时段内单位面积上的径流总量。换言之，就是把某流域的径流总量平铺到该流域面积上所得到的深度，用字母 R 表示，所以 $R = \frac{W}{A}$ 。

(6) 径流系数：是指在一定时段内某地区的径流深度 R (或径流总量) 与同时段内该地区的降水深度 P (或降水总量) 的比值。以小数或百分数计，用符号 α 表示，即 $\alpha = \frac{R}{P}$ ，表示降水量中形成径流的部分。

表 1-6 为各径流特征值关系。

表 1-6 各径流特征值关系

特征值	流量(Q)	径流总量(W)	径流深度(R)	径流模数(M)
Q	—	$\frac{M}{T}$	$\frac{RA}{T}$	MA
W	QT	—	RA	MAT
R	$\frac{QT}{A}$	$\frac{W}{A}$	—	MT
M	$\frac{Q}{A}$	$\frac{W}{TA}$	$\frac{R}{T}$	—

注：表中 T 表示时间， A 表示面积。

(四) 我国的河川径流资源

由于河川径流的补给主要靠降水量，又由于我国降水时空分布不均，所以各地、各水系的径流量也很不一样，东南地区水量为高，西北地区为贫，尤以内蒙古地区最为贫乏。内陆河流域占全国面积约 36%，而年径流量仅占 4%，是典型的地大水少，水资源贫穷地区。我国各主要水系流域水资源情况见表 1-7、表 1-8。

表 1-7 全国水资源平衡状况

流域		占全国 面积/%	降水量		径流量		蒸发量		径流 系数/%
			mm	亿 m ³	mm	亿 m ³	mm	亿 m ³	
外流流域 (流向)	太平洋	56 71	912	49664 34	395	21525 15	517	3819 19	43 3
	印度洋	6 52	800	4994 80	519	3238 94	281	1755 86	64 9
	北冰洋	0 53	360	183 10	212	107 85	148	75 25	58 9
	合计	63 76	896	54842 24	407	24871 94	489	29970 30	45 4
内陆流域		36 24	197	6852 84	33	1130 70	164	5722 13	16 5
全国		100 00	643	61695 04	271	26002 64	372	35692 43	42 0

表 1-8 我国各水系流域水资源状况

流域名称		流域面积		径流总量		平均径流 深度/mm
		km ²	占全国/%	亿 m ³	占全国/%	
全 国		9600000	100	2634 26	100	274
外 流 河 流 域	东北河流	1166028	12 16	1731 15	6 57	148
	华北河流	319029	3032	383 45	1 08	89
	黄 河	752443	7 84	574 46	2 18	76
	淮、运、沂、沐山东河流	336258	3 40	597 89	2 27	183
	长 江	1807199	18 82	9793 53	37 18	540
	浙闽沿海各河	212694	2 22	200 33	7 60	941
	珠江、两广沿海各河	553437	5 76	4466 27	16 94	807
	台湾、海南各河	68160	0 71	887 36	3 37	1302
	西南各河	408374	4 25	2160 84	8 20	529
	西藏外河流	455538	4 75	2160 63	9 91	573
	入北冰洋各河	50860	0 53	107 85	0 41	212
	合计	6120030	63 76	25214 76	95 72	412
内 陆 河 流 域	甘、新内流各河	2090162	21 77	704 42	2 68	34
	内蒙古各内河流	328740	3 42	27 06	0 10	8
	青藏内流各河	1012848	10 55	382 97	1 45	38
	松嫩内流河	48220	0 50	12 05	0 05	25
	合 计	3479970	36 24	1126 50	4 28	32

由此可见我国河川径流并不丰富，不但时空分布不均，而且总量仅 2.6 万亿 m³，仅为世界河川年径流总量的 5.8%，在世界排列中处于第六位，但按人平均，仅为世界人均量的 23%，水资源非常贫乏，见表 1-9。同时，我国河川径流的利用程度也比较低，见表 1-10。