

281

# 水利概论

水利部人事劳动教育司

河海大学出版社

## 内 容 提 要

本书由水利部人事劳动教育司组织河海大学、清华大学和中国水利教育协会的专家教授共同编写,不同于一般的“水利工程概论”,在编写中力求体现党和国家在新时期的治水思路,在内容上拓展到现代水利、可持续发展水利及相关学科,在知识介绍上,国内国外结合,历史现实结合,经验教训结合,自然科学人文科学结合,具有较强的科学性、实用性和可读性。

全书设“水、水资源和水利”、“水资源开发利用”、“水资源的节约和保护”、“水害治理”、“水利工程”、“水利科技与教育”、“水利与经济社会发展”等7章。内容全面,资料翔实,深入浅出,通俗易懂。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利概论/水利部人事劳动教育司编. —南京:河海大学出版社,2002.2

ISBN 7-5630-1641-4

I. 水... II. 水... III. 水利工程-概论 IV. TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 003721 号

书 名/水利概论

书 号/ISBN 7-5630-1641-4/TV·204

责任编辑/吴劭文 朱 辉

责任校对/张 菁 姚 吉

封面设计/黄 炜

出 版/河海大学出版社

地 址/南京市西康路1号(邮编:210098)

电 话/(025)3737852(总编室) (025)3722833,3786202(发行部)

经 销/江苏省新华书店

印 刷/丹阳教育印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16 23印张 556千字

版 次/2002年2月第1版 2002年2月第1次印刷

印 数/1~5000册

定 价/50.00元

## 《水利概论》编委会

编委会主任	周保志	周 英	
副 主 任	高而坤	陈自强	刘学钊
委 员	姜弘道	窦以松	张发祥
	李玉柱	陈 楚	
主 编	陈自强		
第一副主编	窦以松		
副 主 编	张发祥	李玉柱	陈 楚
主 审	朱尔明		

# 序

由部人教司组织,河海大学、清华大学、中国水利教育协会的教授和教育工作者共同编写的《水利概论》即将正式出版了,这是一件很有意义的事情。

进入 21 世纪后,随着改革开放的不断深入和社会主义现代化建设的迅猛发展,水利越来越成为影响全社会发展和牵动全社会关注的重大战略问题。水利既面临着难得的历史发展机遇,又同时面对着新的重大挑战。在新形势和新任务面前,水利部党组提出了新的治水思路 and 战略目标。然而,在理论上回答和实践上解决好与水利事业和社会经济发展相关的一系列重大问题并不是一件很容易的事情。如何认识水利工作当前面临的诸多矛盾和问题,如何自觉地把水资源与经济社会的发展更加紧密地联系起来,如何才能实现由传统水利向现代水利、可持续发展水利的转变,如何才能做到以水资源的可持续利用支持社会经济的可持续发展,如何才能把中央关于搞好水利的大政方针、水利部党组的治水新思路与本地区、本单位、本部门的实际结合起来,创造性地开展工作,如何在治水思路的调整和治水实践的开展中,做到既符合自然规律,又符合经济社会发展规律等等,这些都是我们水利行业各级领导干部和广大职工时时面对的、必须认真思考和努力解决的重大问题。形势的发展要求我们要不断加强学习,加强探索与实践。否则,我们就有落后于形势的危险,我们就有可能掉队,丧失历史机遇,甚至犯难以改正的错误。

党中央高度重视领导干部的学习和培训问题。党的十五届五中全会明确提出要把培养、吸引和用好人才作为一项重大战略任务。并且指出,从适应新世纪党和国家工作大局的要求出发,要把干部教育培训工作放在更加重要的战略地位。江泽民总书记指出:“我们的干部,无论是学社会科学的还是学自然科学的,无论是毕业早一点的还是近几年走出校门的,都有重新学习的必要;应当看到,现代科学技术的发展日新月异,新知识、新理论层出不穷,知识更新异常迅速;我们只有锲而不舍地加强学习,不断汲取新的知识,充实自己,才能提高决策水平和领导艺术。”学习永无止境,我们现在所处的时代是一个不断学习和终身学习的时代。在水利科学技术迅速发展,水利事业面临许多新知识、新理论、新问题的今天,尤其需要不断探索、不断学习。学习水利业务知识,打好专业知识和专业理论基本功,无论是从水利面临的形势和任务上讲,还是从当前水利领导干部队伍建设上讲,都是一件十分紧迫的重大战略任务。我们要进一步提高学习的紧迫性和自觉性,树立严谨求实的学风,坚持实事求是的科学态度,增强勇于创新、开拓进取的勇气。

本书不同于以往的专业教科书,在编写内容上拓展到现代水利、可持续发展水利所涉及的各个领域。在知识介绍上,注重国内国外结合,历史现实结合,经验教训结合,自然科学与人文科学结合,具有一定的科学性、知识性和实用性。对社会各界众多需要了解水利基础知识的人来说,这是一本通俗的科普读物;对许多非水利专业毕业目前又在水利各级岗位担负



一定领导职务的同志来说,这又是一本水利教材;即使是水利专业毕业或长期在水利行业工作的同志,阅读此书,温故知新,亦有教益。

我相信,《水利概论》的出版,必将有助于在行业内和社会上普及水利知识,让更多的人正确理解水利、支持水利、建设可持续发展水利,尤其对全行业提高对水利发展新阶段——资源水利的认识,大有裨益。

是为序。

汪恕诚

二〇〇一年七月廿三日



# 前 言

随着社会主义现代化建设的不断深入,水资源的可持续利用已成为我国经济社会发展的战略问题。洪涝灾害、水资源不足和水污染是摆在国人面前必须下大力气解决的繁重任务。人们迫切需要了解有关水利的知识,许多非水利专业毕业的同志走上负责水利工作的各级领导岗位,急需补充水利知识,各级各类学校水利专业新生、与水利相关专业的学生以及社会上一切关心水利事业的人士也迫切要求学习水利知识。为此,我们组织河海大学、清华大学和中国水利教育协会的教授和教育工作者,共同编写了《水利概论》一书。此书不同于以往的《水利工程概论》,在指导思想上力求体现党和国家在新时期的治水思路;在编写内容上拓展到现代水利、可持续发展水利所涉及的各个领域;在知识介绍上,国内国外结合,历史现实结合,经验教训结合,自然科学人文科学结合,具有较强的科学性、实用性和可读性。

水利部汪恕诚部长审定了本书的编写大纲并为本书作序,水利部原总工程师、现中国水利学会理事长朱尔明教授担任本书主审。他们提出了许多宝贵意见,对提高本书质量起了重要作用。

全书设“水、水资源和水利”、“水资源开发利用”、“水资源的节约和保护”、“水害治理”、“水利工程”、“水利科技与教育”以及“水利与经济社会发展”等7章、31节,约55万字。

本书撰稿和统稿分工如下:第一章由孔令文撰稿,窦以松统稿;第二章由谢森传、李玉柱撰稿,窦以松统稿;第三章由彭世彰、汪翔、阮晓红、朱亮撰稿,李寿声统稿;第四章由王建群、徐向阳、郝振纯、刘才良撰稿,芮孝芳统稿;第五章由林益才、张发祥、陈毓陵、胡明、徐金环撰稿,索丽生统稿;第六章由谢森传、陈自强、陈楚撰稿,陈自强、窦以松统稿;第七章由吴恒安、赵宝璋、王韶华、窦以松、陈自强、彭建明、陈楚、孙晶辉、骆莉撰稿,窦以松、陈自强统稿。全书统稿:陈自强、窦以松。

本书的撰写和编辑出版得到了河海大学、清华大学、中国水利教育协会领导和有关同志的热情关心和大力支持,在此一并表示深切的谢意。

由于编写时间仓促,编写人员较多,本书各章在内容选择、篇幅大小、表达深浅、图文体例等方面肯定存在许多不足。热忱欢迎读者批评指正。

水利部人事劳动教育司

二〇〇一年九月十日

## 目 录

<b>第一章 水、水资源和水利</b> .....	( 1 )
第一节 水与人类 .....	( 1 )
第二节 水资源及其自然特性和社会特性 .....	( 8 )
第三节 世界水资源 .....	(13)
第四节 中国水资源 .....	(20)
第五节 人类利用和保护水资源的活动——水利 .....	(27)
<b>第二章 水资源开发利用</b> .....	(33)
第一节 人类开发利用水资源的历史 .....	(33)
第二节 水资源综合利用 .....	(47)
第三节 水资源供需平衡和合理配置 .....	(53)
<b>第三章 水资源的节约和保护</b> .....	(61)
第一节 农业节水 .....	(61)
第二节 工业与生活节水 .....	(77)
第三节 生态环境保护 .....	(91)
第四节 水污染控制和保护 .....	(112)
<b>第四章 水害治理</b> .....	(130)
第一节 防洪 .....	(130)
第二节 除涝 .....	(146)
第三节 抗旱 .....	(152)
第四节 治碱和降渍 .....	(168)
<b>第五章 水利工程</b> .....	(180)
第一节 蓄水工程 .....	(180)
第二节 引(输)水工程 .....	(196)
第三节 提水工程 .....	(211)
第四节 发电工程 .....	(233)
第五节 航运工程 .....	(245)
<b>第六章 水利科技与教育</b> .....	(264)
第一节 水利科技现状与发展趋势 .....	(264)



第二节	高新技术在水利上的应用·····	(265)
第三节	水利教育·····	(269)
<b>第七章</b>	<b>水利与经济社会发展·····</b>	<b>(282)</b>
第一节	水利经济·····	(282)
第二节	水利建设制度·····	(296)
第三节	水利法规·····	(310)
第四节	水利标准化·····	(320)
第五节	水务管理·····	(334)
第六节	水文化与水利行业精神·····	(344)
第七节	水利事业发展前景展望·····	(350)





# 第一章 水、水资源和水利

## 第一节 水与人类

人类的视野已经达到 100 多亿光年的宇宙深处。在茫茫宇宙中,在数以千亿计的大小星体中,我们生活的地球如沧海一粟。即使在太阳系里,我们的地球也几乎微不足道。但是,地球是一个很有特色而不可小视的星球。

1968 年,天文学家在银河系中心附近发现了氨和水分子。此外,人们在河外星系里也发现了水分子;从夏威夷的红外望远镜里,看到了金牛星座星云里的大量呈微粒状的冰;在太阳系的其它行星和卫星以及彗星里,也发现了一些水的迹象。但是,就目前来看,在人类认识的范围内,还只有地球上海洋浩瀚,波澜壮阔;川流不息,白帆点点;冰山皑皑,巍峨峥嵘;云霞灿烂,雨露雪霜;绿草红花,林木森森;鸟兽虫鱼,物竞天择,一派生机盎然、欣欣向荣的景象。这一切都是由水造成的。而在其它已知的星体上,则是死气沉沉,寂寞无限。得天独厚,唯我地球上水,水是我们地球的光荣。正因如此,有的人觉得地球应当叫“水的星球”、“海洋行星”、“蓝色的星球”。

### 一、水是什么

#### 1. 漫长的认识史

水是地球上极普通、极广泛的物质,但是,在物理学和理论化学研究的一切物质中,水的许多性状是最难研究的。

原始人类就知道水这种物质。中国神话故事里有盘古氏开天辟地、大禹治水,基督教《圣经》里描绘上帝创造世界,开头几天就是处置水,随后是大洪水和诺亚方舟。古代哲学家从水得到灵感,希腊泰勒斯认为,水是万物之源,万物必复归于水。亚里斯多德认为,水是构成世界上一切物体的四大基本元素之一(其它三个是火、气、土)。中国的哲学家也以金、木、水、火、土等“五行”来说明世界上万物的起源。人们对水始终怀着敬畏的感情,奉若神明,全世界到处都有人类向水神河伯顶礼膜拜的故事。

尽管如此,排除蒙昧无知不说,人类很早就关注水这个物质的动态了。5 000 年前古埃及人观测尼罗河水位的记录,至今仍保存在意大利西西里的巴勒莫博物馆里。在中国仰韶文化(公元前 50 世纪~前 30 世纪)遗址出土的彩陶上,已有“水”的象形文字;殷商时代(公元前 14 世纪~前 11 世纪)的甲骨文里,已有了“水”这个字(见图 1-1)。

科学地认识水的物质结构,是近几个世纪的事。1612 年,意大利天文学家和物理学家



伽里略注意到冰的密度小于液体的水。1766年英国化学家和物理学家卡文迪什(1731~1810)发现了氢元素,通过火花放电制得了水。1784年,他测定了水的分子式是 $H_2O$ 。

1908年,法国物理学家佩林计算出了水分子的大小,因此获得了1923年的诺贝尔物理奖。水的分子很小,1000万个水分子依次紧密排列出来,刚刚有4mm长。

1932年,美国科学家H.C. 尤里、F.G. 布里克韦德和G.M. 墨菲发现了氢的重同位素——氘。现在知道,氢和氧原子各有5种同位素,除去各有2种存在时间极短暂的以外,6种同位素共组成了18种水。也就是说,严格地讲,水是由 $H_2O$ 及其同位素亚种组成。不过,在地球上, $H_2O$ 或者说 $H_2O$ 水所占的比重最大,达到99.73%。

## 2. 水的理化性质

一般人都认为,水是最典型的液体。其实,水是一种极不平常的液体,这可以从水的许多特性反映出来。水的物理性质和化学性质是水的最基本的自然特性。1665年,荷兰物理学家C·惠更斯得出水的沸点为 $100^{\circ}C$ 。水是天然状态下唯一的液体,而且数量多,分布广。其它的液体,不是人或动植物生命活动的产物,就是人工合成的制品。水还是地球上唯一可以在天然状态下三态共存的物质。

1772年,J. - A. 德吕克指出,水在 $4^{\circ}C$ 时密度最大。据测定,水的密度,在 $0^{\circ}C$ 时为 $0.99987g/cm^3$ ,在 $3.98^{\circ}C$ 时最大,为 $1.00000g/cm^3$ 。水的这一密度,成了制定质量的计量单位“g”的物质依据。冰寒于水,而轻于水。水结冰时体积要增大9%左右,所以水的固体比液体密度小,正因结冰始于水的表面,冰浮在水面,才保证了水中生物有必要的生活空间。由于结冰而增加的压力,可达253MPa,足以胀裂巍峨的岩石,造成岩石风化,土崩瓦解,也造成对闸门、闸墩、挡水坝等水工建筑物的冻害。

在挥发程度相同的条件下,水的表面张力比其它液体大得多。水的表面张力系数在常温下为 $0.073N/m$ ,比其它液体大得多(例如,酒精为 $0.022N/m$ ,丙酮为 $0.024N/m$ ,汽油为 $0.029N/m$ )。水的表面就像有一张网,浮游生物得以在水面自由自在地滑行。巨大的表面张力,也使水能较容易地在岩石裂缝和土壤的细小缝隙间渗透,使植物的根须获得水的滋养。

水的比热和汽化热在液体中是最高的。水的比热容量为 $4.1868J/(g\cdot^{\circ}C)$ ,是铁的10倍,砂的5倍,空气的4倍。冰的比热容量为0.5。在常温下,水的汽化热为 $2445J/g$ 。冰在 $0^{\circ}C$ 时融解热为 $333.7J/g$ 。因此,水蒸气是能量的良好载体,这些差异,极大地影响着各地的气候,使近海地区气候温和。

水在一般压力下可以认为是不可压缩的,但是据测定,大洋表面水的密度为 $1.02813g/cm^3$ ,而在10000m的深处,水的密度为 $1.07104g/cm^3$ ,即增大了约4%。也就是说,如果水是不可压缩的,洋面要比现在位置升高30m。

大多数水分子是三三两两结合在一起的“缔合分子”,因此,水具有许多与众不同的性质。



图 1-1 甲骨文的“水”字<sup>[1]</sup>

注:[1]根据《中国大百科全书·气海水》,北京:中国大百科全书出版社,1990。



在完全静止、没有结晶核心的状态下,水冷到 $-70^{\circ}\text{C}$ 也可以不结冰;但是这种过冷水一经震动,或有尘埃、冰晶等进入,便会立即结冰,并升温至 $0^{\circ}\text{C}$ ;水也可能达到 $150^{\circ}\text{C}$ 而不沸腾,但是如果有气泡进入,这种过热水便会很快降温至 $100^{\circ}\text{C}$ 。

水是最好的溶剂,元素周期表上的各种化学物质都能不同程度地溶解于水。盐类的溶解度随水温和压力的升高而加大,例如,在 $10^{\circ}\text{C}$ , $100\text{kPa}$ 压力情况下, $\text{NaCl}$ 的极限溶解度为 $257\text{g/kg}$ ,而温度为 $500^{\circ}\text{C}$ ,压力为 $100\text{MPa}$ 情况下, $\text{NaCl}$ 的极限溶解度可以达到 $561\text{g/kg}$ 。天然水中含有很多微量成分,它们以离子状态或以与其它元素化合物结合的状态存在。

气体在水中的溶解度取决于温度、压力、矿化度等因素。 $20^{\circ}\text{C}$ 的水, $1\text{L}$ 可溶解二氧化碳 $665\text{mL}$ ,而 $0^{\circ}\text{C}$ 的水, $1\text{L}$ 却可溶解 $1\,713\text{mL}$ 。压力升高,溶解度加大。

### 3. 水从何处来

地球上的水是从何处来的?这是一个历史悠久、意味深长的问题。关于地球上水的形成,有30多种说法,大致可以归结为两类:一类是原生说,另一类是外来说。

原生说认为,宇宙的尘埃云凝聚成地球,随着地球快速的自转,含在熔融状态的原始物质里的水分便向地表移动,最终逐渐释放出来;当地球表面温度降至 $100^{\circ}\text{C}$ 以下时,呈气态的水才凝结成雨降落到地面。这一过程大致发生在35亿年前。至今,地下岩浆中仍然含有大量的水分。火山喷发时,火山口的岩浆平均含水 $6\%$ ,有的甚至达到 $12\%$ ,这是原始物质含水的最好佐证。又据记载,著名的意大利维苏威火山在1906年喷发时,高压水蒸气柱高达 $13\,000\text{m}$ ,持续了20多h。因此,如果 $40\text{km}$ 厚的大陆壳, $6\text{km}$ 厚的大洋壳都由岩浆凝结而成,那么,其释放的水量大体上与现代全球大洋的水量相当。目前,每年仍有 $660$ 多 $\text{km}^3$ 的原生水从地球内部逸放出来。

外来说大约又分为两种情况。一种认为,自地球诞生以后,每日都有大量的陨石降落到地球表面,从而源源不断地带来了宇宙的水。其中,球粒陨石是最常见的一种陨石,其含水量一般为 $0.5\% \sim 5\%$ ,有的可达 $10\%$ 以上。另一种认为,从太阳辐射来的带正电的基本粒子——质子,与地球大气中的电子结合成氢原子,再与氧原子化合成水。

原始的水经过几十亿年的演变,才成为今天的地球水,其成分和性质当然都发生了很大的变化,二者已不可同日而语。

## 二、水在人体中的作用

### 1. 宝贵的生命之源

人类十分关心“水”的信息,哪里暴雨成灾、庄稼被淹、街道成河,人们总揪心不已;哪里沙漠底下发现了大量地下水,人们又欢呼雀跃、乐不可支。当滦河水引进天津的时候,政府向家庭发放茶叶,让老百姓品尝滦水沏茶的甘甜;当美国的“月球勘探者”发回的数据表明,月球两极存在100亿t冰冻状态水的时候,中国的一张晚报竟激动地用异乎寻常的大号字体、特大的照片和最突出的版面予以报道,尽管这水无论从时间还是空间来说都离人类十分地遥远。人类怎么啦?这一切都是因为水是生命之源。

现代科学告诉我们,人体由5部分组成,蛋白质占 $17\%$ ,脂肪占 $13.8\%$ ,碳水化合物占 $1.5\%$ ,矿物质占 $6.1\%$ ,而水是人体的重要组成部分,约占到总重量的 $61.6\%$ 。婴儿的水分甚至占到体重的 $90\%$ 以上,就连坚硬的骨骼中也含有不少水分。因此,人体无时无刻都离



不了水。生命离开水是不能存活的。人体所含的水分不能过少,也不可过多。人对水的感觉是很敏锐的:缺水1%~2%,就会感觉口渴;缺水5%,就要唇干舌燥,十分难受,皮肤起皱,严重的会意识不清,以至于产生幻视;如果缺水10%~20%,则将危及生命安全。水创造过无数奇迹:在中国唐山大地震中,一群工人被堵在矿井里,靠矿井水度过了7d,终于被救;日本有个12岁的女学生,在登山归途中和同学们走散了,在深山里靠溪水度日,直到11d后遇救;1995年7月,韩国汉城三丰百货商场倒塌,600余人遇难,一名女售货员被救时,是靠舔吸水泥板上的滴水,熬过了285h。

## 2. 特殊的作用

没有水就没有生命,生理学家有一句名言:生命就是朝气蓬勃的水。

水在人体内担任着运输的功能。从外界吸收的氧气、水分和其它养料,首先要送到血液中,再经过细胞之间的淋巴液、脑脊液、腹腔液、关节液等“组织间液”,最后进入细胞而被利用。人所吃的食物中的营养成分,如淀粉、糖、脂肪、蛋白质等,要溶解于水才能被身体吸收。细胞里产生的二氧化碳和代谢废物,是先由水带到组织间液,再由血液送到肺和肾等器官,最后排出体外。人体内分泌腺所分泌的激素,也是经过这样的途径到达应该去的地方而发挥出特殊的功用的。

汗腺排泄汗液,皮肤表面也散失水分,带走大量体内新陈代谢活动中不断产生的热量,使体温不致上升,特别是在剧烈运动的时候。人体靠水来调节和保持基本恒定的体温。一般人一昼夜排出汗水约1.5L,呼吸失水约0.4L,每蒸发1g水,可散热3560J,总散热量很可观。在热天里干重体力活的人,有时一昼夜要消耗10L水,生活在非洲沙漠中的人白天每小时散失1L水。此外,人还不断排泄尿液,成人每昼夜要排出1~1.8L尿液。

水是血液的主要成分。血液在遍布人体的血管里流动,将氧气和营养送到需要的地方,再将新陈代谢产生的废物,送回到肺、肾等排泄器官,完成循环运输工作。作为动力源的心脏,像一座强劲的泵站,每分钟将3.5~5.5L的新鲜血液压送出去,供应四方。平均每4min血液就要循环1次。

人体还有各种体液起着各自的特殊作用。比如,关节之间的关节囊液润滑着关节,保证运动的正常进行,减少关节的损伤;泪腺及时地分泌泪水,滋养圆润眼球,使其永远保持明亮,维护视力;深藏在内耳中的淋巴液,为人的平衡提供了精确可靠的依据,使人的活动得以清醒正常运行。这些体液主要是水,其它物质无法替代。

人体含水量随年龄的增长而有变化,刚出生3个月的婴儿,含水90%,不满1岁的小儿,含水80%,60岁以上的老年人,含水50%左右。人体里的水,约75%分布在细胞里,为细胞内液;约20%在组织间液里;其余的在血浆里。许多生理现象,不仅反映了溶质的特征,也同样反映了溶剂——水的特征。

人体精确地维持着自身的“水平衡”。有资料说,一个成年人在不冷不热的季节每天大约吃掉含有0.75L水的固体食物,喝下约1.65L水,再通过氧化食物产生约0.35L水;以尿的形式排出约1.7L水,以汗的形式排出约0.5L水,由肺的呼吸排走约0.4L水,由大便排走约0.15L水。也就是说,为了维持正常的生理活动,一个成年人每天要吸收和排出各约2.75L水。如上所述,人体不能缺水,相反地,人体水分过多一般都由于病变。例如,患肾脏病或广泛的急性皮炎,皮肤大量滞留水分,发生水肿。心脏病患者的静脉血液回流受到阻碍,会造成下肢水肿。孕妇子宫压迫盆腔内血管,也会造成下肢水肿,有时体重因水分而每周增加



0.5kg。

水在人体中的作用,用美国医学博士 S·巴尔克的话来概括就是:“水可以作为强体剂、镇静剂、促泻剂、发汗剂、兴奋剂和新陈代谢促进剂。”

### 三、水在农业上的作用

#### 1. 伴随作物一生

同样地,水也是植物和动物不可须臾或缺的物质。据科学家测定,绿叶的含水量为 75%~85%;苹果的含水量为 85%,西红柿的含水量为 90%~95%。水是植物的重要组成部分,而且维持着植物生命的活动,伴随植物的一生。1kg 干玉米作物,是用 368kg 水浇灌出来的,1kg 小麦、棉花、稻谷分别是用 513kg、648kg、1 000kg 水浇灌出来的。俗话说得好——有收无收在于水,收多收少在于肥。水对农业的重要性,于此可见一斑。

农作物对水的需要,远远大于对其它养料。作物生长活跃和代谢旺盛的组织,含水量一般达到 70%~80%,甚至 90%以上。水在作物里起到三个方面的作用:①水是作物细胞原生质的重要成分,水也是作物光合作用和有机物水解等过程的反应物;②各种盐和气体是以水为溶剂而进入作物,并在作物体内运移;③作物细胞的分裂、生长、利用光能和气体交换等生理活动,是靠细胞吸水膨胀而对细胞壁产生的一种压力(膨压)。

作物通过根系的根毛和根表皮细胞的渗透作用,从土壤中吸收水分;经过根部的导管以及根茎叶的输导组织,把水分送到叶肉细胞,最后经过无数的气孔散发到大气中去。

作物需水量很大。例如,水稻的一日需水量(包括植株之间田面蒸发),在夏天为 5~8mm,春秋天为 3~5mm。作物一生中所需要的水量,可以用形成植物的干物质 1g,总共需水量来反映。各种作物大多在 100~800。一株玉米一生大约消耗了 200kg 的水,最后的干物质仅仅 700g。

水在作物生态环境中也具有十分重要的作用。通过调节土壤里的水分,会使作物根系和微生物获得良好的呼吸环境和保持正常活动;土壤水分的多少还影响土壤及地表的温度,从而影响到作物的生长发育;地面空气保持必要的湿润状况,既是作物生长所需,也是预防病虫害的措施之一;合理地灌水,可以控制土壤的盐碱,降低盐分。

#### 2. 巨大的用量

为作物所需的灌溉用水,是人类用水最大的一项,在全世界约占到总用水量的 65%,是名副其实的“用水大户”。20 世纪,全世界人口从 16 亿猛增到 60 多亿,灌溉用水量也随之增长 5~6 倍。一个世纪以来,全球各类用水量变化及比重状况,如图 1-2 所示。

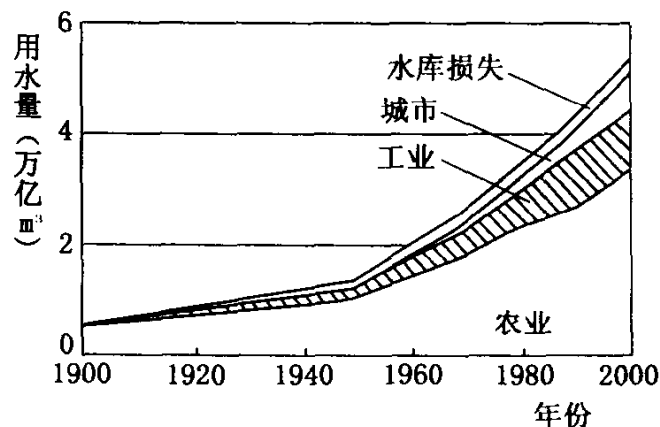


图 1-2 全球各类用水量变化及比重图<sup>[1]</sup>

注:[1][美]桑德拉·波斯泰尔著,吴绍洪等译《最后的绿洲》,北京:科学技术文献出版社,1998。



## 四、水在工业上的作用

水在工业上的用途非常广泛,其作用是其它物质难以替代或根本无法替代的。在一些部门,水是作为工作动力而存在的。例如在水力发电站,强劲的水流冲击水轮机,带动发电机发出电力。在一般水头情况下,生产 $1\ 000\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电力,需用 $300\sim 500\text{m}^3$ 的水。在蒸汽机里,压力很大的水的蒸汽推动活塞,带动许多机器作功。利用水力采煤,1t煤的获取要消耗110t水。

在另外的场合,人们利用水的流动性和巨大的热容量,为高速运转的机器,为炽热的炼钢设备带走热量,进行降温冷却,使其保持连续工作的能力和较高的生产效率。例如,炼1t铝需用 $800\sim 1\ 000\text{t}$ 水;炼1t石油或1t钢铁,都需要200t水;制造1辆汽车,大约需要 $85\sim 300\text{t}$ 水。这一部分冷却用水约占工业总用水量的70%。

在焦化工厂、煤炭制品场、纺织厂、印染厂等车间里,水是原料或成品的不可或缺的冲洗材料或洗涤剂。比如,屠宰1t牲畜,需用水60t;生产1t皮革,需用水60t;生产1t印染品,需用水 $85\sim 165\text{t}$ ;造纸1t,需用水250t;生产1t氮肥,需用水600t;生产1t人造纤维,需用水 $1\ 200\sim 1\ 700\text{t}$ 。这种产品用水或称工艺用水在引用之后,水中含有大量杂质,成为工业废水。

许多地方用水作为调节空气温度和湿度的简便、廉价的介质,或直接以水喷雾冷却,或加冷冻机作间接冷却。例如,纺织厂的生产车间为了保持一定湿度,需要长年累月送给含有一定水分的空气。

有些工业产品本身就是水体构成的,这主要是在食品工业方面。例如汽水、冰棍、人造冰等冷食,以及酱油、醋、啤酒、白酒等调料、饮料。

从20世纪60年代开始,随着人口的增长,许多耗水量大的工业出现,水对工业的重要性与日俱增。但是,工业用水量的多少与工业生产水平大有关系,先进的工艺也体现在耗用水量的降低。例如,美国炼1t石油的用水量,1937年为 $33\text{m}^3$ ,1962年为 $20\text{m}^3$ ,1970年则为 $12\text{m}^3$ ,甚至减少至 $5\text{m}^3$ 。同一工业类型,工艺水平越先进,用水的数量越小。例如,中国南方用直流式供水的钢铁厂,其用水量比同样生产规模但采取循环式供水的北方钢铁厂大60多倍,为日本同类钢铁厂用水量的86倍。

## 五、日见增长的城市用水

城市生活用水,包含城市居民用水和城市公共用水两个部分。前者包括饮用、洗涤、卫生和洗车、绿化用水等,后者包括所有商店、餐饮业、旅馆、浴池、影剧院、医院、学校、机关、部队及消防等部门和场所的用水。随着人口增长、生活水平提高,城市用水增长特别快。据统计,北京市区(见表1-1)从1949年到1995年,人口增长2.5倍,生活用水增长了75倍,人均日用水量增长了20.3倍。中国大城市居民人均日用水量一般为 $150\sim 250\text{L}$ ,最高的可达 $250\sim 400\text{L}$ ,最低的为 $100\sim 150\text{L}$ ,相差十分悬殊。国外城市标准多在 $300\text{L}$ 左右,最高的在 $600\text{L}$ 以上,如英国伯明翰为 $655\text{L}$ ,俄罗斯莫斯科为 $600\text{L}$ 。

世界城市生活用水量增长很快,大约每十年增加50%,总需要量已十分巨大,据专家分析,2000年全世界城市生活用水量将达到 $4\ 400\text{亿}\text{m}^3$ 。

表 1-1 北京市区域城市生活用水情况表<sup>[1]</sup>

年 份	城市人口(万人)	生活用水量(万 m <sup>3</sup> )	人均日用水量(L)
1949	161	802	14
1962	308	10 511	94
1976	322	15 581	132
1979	419	30 000	196
1984	463	40 176	239
1995	560	61 026	298

## 六、水与景观

风景是指一定地域内由山水、鸟兽、花草、树木、建筑物以及某些自然现象形成的可供人们观赏,愉悦身心的景象。因为地球上水,所以地球上的许多景象都与水有关系,甚至可以说,绝大多数自然景象都是由于水的存在、运动和变化所造成的,地球之美,美在有水,水是大自然的美容师、园艺师。水对地球的美化作用,大致可以分为气象的、地质地理的、水文水力的、人文的几个方面。

### 1. 气象景观

云,高低远近明暗颜色形态变幻无穷,接触地面是雾;水滴降落成雨,有毛毛雨、小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨;固体降水有千姿百态的雪,以及霰、米雪、冰粒、冰雹等;地面或地物表面凝结的水滴是露,水气凝华在地面或地物表面的白色晶体是霜;阳光经雨滴雾滴折射和反射而在雨幕或雾幕上形成彩色霓虹光环,阳光或月光经冰晶折射和反射而在雨幕或雾幕上形成晕的彩色光环、光弧、光柱;此外还有奇妙的称为“华”的现象。

### 2. 地质地理景观

水作为一种地质营力,主要参与地表或地球表部的塑造。雨水特别是暴雨的剥蚀、冲刷使大地千沟万壑,于是黄土高原出现奇特的塬、梁、峁景观,湘西有了张家界;泥石流搬运大量的泥沙石头,覆盖农田,破坏道路,摧毁村庄;水流冲刷河床和堤岸,又淤淀出沙洲和滩地,使河道迂回曲折变化无穷,大如“九曲黄河”,小如荆江的“九曲回肠”;甚至游荡善冲善淤善徙的黄河河道的变迁,也使人发出“三十年河东,三十年河西”颇具哲理意味的感慨来;冰川像一把把利剑削削山谷,形成一些奇特的堆积物;水在地下川流不息,溶蚀了岩石,塑造出千姿百态的喀斯特地貌,于是桂林的山水“甲天下”,云南的石林充满“阿诗玛”浪漫的诗情画意。大海亿万年的潮汐、波浪、冲刷、沉积,造成沧海桑田的巨大变化。

另一方面,迷人的西域楼兰古城,在1400多年前无声无息地消失在大沙漠中,究其原因,水源的枯竭是最重要的一点。罗布泊也在干旱中渐渐消失,使人无限惆怅,产生无尽遐想。以至雄浑之美的大漠荒原,如今也成了执着的科学工作者和无数勇敢的旅游者急切向往的地方。

### 3. 水文水力景观

水往低处流,百川归大海,给人许多启迪;树有根,水有源,追根穷源成为人们探求自然

注:[1]根据曹型荣《城市水资源的调查和预测》,北京:中国环境科学出版社,1998。



奥秘,勇往直前精神的体现;河流水位一年四季不停地升降,海洋潮汐日日夜夜定时地涨落,极大地丰富了人们的思想感情。人们像关心风云变幻那样关心着水流的变化;洪水不期而至,汹涌澎湃,决堤破圩,造成农田减产甚至绝收,千万人流离失所,自古以来洪水被视为与猛兽同样凶恶,司马迁也慨叹道,“甚哉,水之为利害也”;平静舒缓的水流,令人心旷神怡,而激越磅礴的急流浪涛,更会激发人的斗志,鼓舞人的信心;冬天的水域也许是冰封雪飘,一派萧瑟景象,但是诗人和画家却从中看见“寒江钓雪”的绝妙风景。就连江河水分的清浊,也能促使人们因地因时制宜,学会区别对待,泾渭分明,各得其所。这一切看似普通的水的自然现象,却使人们在观察观赏之余,得到了无可估量的巨大精神财富。难怪中国自古就有“仁者乐山”、“智者乐水”这样的宏愿高论。

#### 4. 园林艺术景观

各国造园学家一致认为,水从来就是园林中的重要组成部分,甚至认为水是园林中最富有吸引力的景物。有的比喻说“水在园林中像一只快乐的眼睛”。中国明代出版的园林名著《园冶》总结园林水景的艺术时,还明白地指出,水景所占的面积以整个园林面积的三分之一为最恰当。即使再小的园子,也追求“以拳代山,以勺代水”。以水造景的形式,传统的有:把溪流引到园门口,在园中建池塘(“清池涵月”、“池荷香馆”),形成弯弯曲曲的小河,幽深无限的溪涧,具有动态美、音响美的飞泉瀑布,以及文人雅士让流水传递酒杯的“流觞”等;近现代更发展有:池中建岛(“一池三岛”)以增添池的变化,由“瀑布-水潭-溪流-水池”构成的人工循环系统,形状规则平易近人的整形水池,凉爽宜人的“践水踏步”,还有包括用声音光亮和电脑控制的形形色色的喷泉,等等。此外,水域中生长的动物、植物,也显出水的生气,使人欣赏之余产生“羡鱼之情”的美感。

轰动世界的,以“人与自然——迈向 21 世纪”为主题的中国 1999 年昆明世界园艺博览会,也是近期一次特大规模以水造景的范例。这里处处离不开水的风采,处处展示了水的艺术魅力。浙江省展区“源园”的“玉宗涌泉”组雕,摹写了溪、湍、瀑、湖、曲等水流形态,并以曲水流畅暗喻“浙江”。“江河源”的青海省展区,撒拉族的水亭和水冲转轮,表达出江河源头的独特风光。台湾园四面环水中有一岛,既巧妙地点出台湾的地理环境,又抽象地呈现了日月潭的旖旎景观。澳门展区和谐地体现着自然美,主题就叫“澳门与水”。法国园区花坛、溪流、水池,伴以动听的歌声,营造出温馨浪漫的情趣。

## 第二节 水资源及其自然特性和社会特性

### 一、水资源的涵义和特性

#### 1. 宽泛的和特定的涵义

如上所述,水,自古以来就是人类“生产资料和生活资料的天然来源”(《现代汉语词典》对“资源”的释义)。但是,“水资源”一词的出现却是近代的事,1894 年,美国地质调查局成立了一个水资源处。近二三十年来,随着人们对水资源问题的日益关注,“水资源”一词才在中国频繁出现。





由于研究的领域不同或思考的角度不同,专家学者们对“水资源”一词的理解大相径庭,对它的“定义”竟然有四五十种之多,兹根据水文学家陈家琦和王浩所著《水资源学概论》的介绍及有关资料,择其主要者简列于下:

陆面地表水和地下水(美国地质调查局,1894)

自然界一切形态(液态、固态和气态)的水(《不列颠百科全书》,苏联加里宁撰稿)

具有足够数量的可用水源(英国《水资源法》,1963)

可供利用或有可能被利用,具有足够数量和可用质量,适合当地需求、能长期供应的水源(联合国教科文组织,世界气象组织,1988)

地球表层可供人类利用的水(《中国大百科全书·大气科学海洋科学水文科学》,1990)

自然界各种形态(气态、液态和固态)的天然水(《中国大百科全书·水利》,1992)

降水量中可以被利用的那一部分(张家诚,1991)

农业用水、工业用水和生活用水(黄万里,1991)

与人类生产和生活有关的天然水源(刘昌明,1991)

可供国民经济利用的淡水资源,其数量为扣除降水期蒸发的总降水量(曲耀光,1991)

一切具有利用价值,包括不同来源或不同形式的水(陈梦熊,1991)

具有稳定径流量、可供利用的相应数量的水(施德鸿,1991)

与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水,包括地表水、地下水和土壤水(贺伟程)

按需要提供或可能提供、通过自然界水循环不断更新补充、可人工控制、适合用水要求的水量(陈家琦,1991)

地球上所有的气态、液态和固态的天然水(《中国水利百科全书》,陈志恺,1991)

地球上存在的不论属于哪种状态(即气态、液态或固态)的、对人类有潜在用途的天然水体(《不列颠百科全书》国际中文版,1999)

具有一定的数量、可利用的质量、年复一年循环再生的水(《水资源与可持续发展》,陈传友、王春元、窦以松,1999)

与人类社会用水和生态环境保护密切相关而又能不断更新的淡水(《21世纪中国水供求》,1999)

不同的思考给出了多种多样的说法,正说明水资源问题的广泛性、重要性、复杂性,也说明一个新学科正在形成和发展之中。在其他科学领域,恐怕很少遇到这样的问题。因此,企图给出一个统一的权威的“水资源”定义,似乎不大现实,或许既无必要,也不可能吧。相反地,充分的探讨,集思广益,至关重要。

## 2. “水资源”与“水利”

“水资源”一词,除了以上各种定义所阐述的自然属性方面内容之外,还经常扩展为一种对水资源的规划、管理、开发和评价等业务活动的代称。这时,它就同中国特有的“水利”行业,极易发生混淆,似乎具有基本一致的涵义了。例如,我国台湾省1972年出版的《中国工程师手册》的“水资源规划”条目,阐述为:“以水之控制及利用为主要对象之活动,统称为水资源事业,包括水害防治、增加水源和用水。”此时,人们就很难分清什么是“水利开发”,什么是“水资源开发”;什么是“水利规划”,什么是“水资源规划”了。

但是,在中国,“水资源”与“水利”又是必须区别清楚的两个概念,根据专家们的意见,不