

淡水危机与节水技术

李顺等 编著

刘静玲 主编

环境教育丛书



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环 境 教 育 丛 书

刘静玲 主编

淡水危机与节水技术

李 顺 等 编著

化 学 工 业 出 版 社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

淡水危机与节水技术/李顺等编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.12
(环境教育丛书/刘静玲主编)
ISBN 7-5025-4237-X

I. 淡… II. 李… III. ①淡水-水资源管理②节约用水 IV. ①TV213.4②TU991.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第081382 号

环境教育丛书
刘静玲 主编
淡水危机与节水技术
李 顺 等 编著
责任编辑: 宋向雁 邢 涛
责任校对: 洪雅妹
封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市宇新装订厂装订
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 9¼ 字数 252 千字
2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4237-X/X·236
定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

20 世纪，人类在享受产业和科技革命所带来的辉煌的同时，也体验到自然生态环境破坏所带来的巨大创伤。从这个意义上说，20 世纪可以称得上是：全球环境破坏的世纪，也是环境觉醒的世纪。面对地球生态环境危机，人类已经开始进行生存策略的调整和改变，这是一次席卷全球的涉及人类生活的各个层面的根本转变。为了跟上这种转变，人们需要掌握必要的科学知识，以正确理解人与自然的关系，形成正确的环境理念，逐步建立起环保型生产方式和生活方式，建立起“可持续社会”（Sustainable Society）。

面对危机，迎接挑战，作为新世纪的公民应具备什么样的生态环境素质？我以为，首先，要改变人类可以随意夺取和使用自然资源的传统自然观，建立人与自然和谐共处的科学自然观；其次，应该把我们每个公民的生活与“绿色文明”结缘，加入到绿色工业、绿色农业、绿色交通、绿色学校、绿色社区的建设中去，以达到真正提高人们生活质量的目标。毕竟，关心环境就是关心我们自己。

东北师范大学环境科学系刘静玲博士带领一批年轻的环境科学工作者编著的《环境教育丛书》，综合了生态学、环境科学及环境工程学等领域最新的研究成果，以“可持续发展”理论为指导原则，以人口、资源、生态环境及人类生存与发展为主线，运用翔实的数据、生动的插图，展示了人类在 21 世纪面临的人口爆炸、自然资源枯竭、生

态环境恶化等全球性危机，深入浅出地分析了产生危机的根源，指出了有效解决这些危机的方法和可能的途径。环境保护，教育为本。我衷心希望这套《环境教育丛书》将对提高中国公民的生态环境意识和推动中国环境教育的进步起到积极的作用！

全国人民代表大会环境与资源
保护委员会主任

俞松平 / 2000-29/12

前 言

人类已经迎来新的千年，人类在充分享受现代文明的同时，面临着人口的压力、资源的短缺、环境的恶化和生态危机等一系列的世界性难题。随着近年来中国对生态环境保护的高度重视，在中华大地上形成了一股绿色旋风，最先响应的是中、小学，许多中、小学校的校长和教师对环境教育非常重视，努力把学校建成绿色学校。而这一切源于对自然的热爱，朴素的环保思想却缺乏科学的指导，中国环境教育的教学理论、教学模式和教学体系尚未成熟。

中国环境教育可以分为环境专业教育和非环境专业教育两大部分。中国环境专业教育始于 20 世纪 80 年代中期，在全国各高等院校和中等专业学校相继建立了环境科学类及其相关学科的系和专业。20 年来，环境专业教学体系和知识体系已日趋完善，为中国环境科学和环境保护事业培养了大批博士、硕士和学士，成为中国环境科学事业的中坚力量。自 1998 年起，为了适应环境科学的高速发展和日益严重的生态环境危机，国家批准设立了环境科学与工程一级学科，下设环境科学与环境工程两个二级学科，强调了文、理及工科学科间的交叉、渗透，自此，中国环境科学的发展进入了一个崭新的阶段。非环境专业教育则包括：基础环境教育（幼儿园和中、小学的环境教育）；成人环境教育（大学在读的本科生、硕士生和博士生，政府及其环境管理部门的决策与管理干部，企事业单位决策与管理干部的环境教育）；社会环境教育（全体社会公民的环境教育）。中国非环境专业教育最初是在 80 年代中期由国家环境保护部门领导并成立了自上而下的环境保护宣传教育中心，以政府为主进行环境保护知识的宣传。十几年的辛勤汗水换来了硕果满园，如：在全国范围内开展了绿色幼儿园、绿色学校的评选活动；

在大学中开设环境科学类的公共选修课程；在环境管理部门进行环境教育培训；在企事业中开展国际环境质量认证 ISO14000；一些城市在市民学校开展环境教育；广泛利用各种新闻媒体进行环境教育，等等。但是，在 1998 年由国家环保总局和国家教育部共同主持了“中国公众环境意识”普查工作，这一调查活动涉及全国 31 个省、市、自治区及直辖市的 139 个县级行政区，结果却不容乐观。经统计分析发现：全国公民生态环境意识还很薄弱；公民生态环境素质不高；公众参与程度不够，认为环境保护理应是政府的事；对生态环境危机认识模糊，尤其对生态环境危机的严重性认识不足。这对于中国政府贯彻“可持续发展”这一基本国策构成了严重的障碍，中国环境教育还有漫长的路要走，这需要各界热心环境保护的有识之士为之共同努力。

国内外最新研究结果表明：在非环境专业教育中，基础环境教育和成人环境教育体系的建立是非常重要的。基础环境教育中，提高小学、中学及大学教师的生态环境素质是解决问题的关键环节，因为通过他们可以向他们的学生播撒环境保护的火种；成人环境教育中，提高在校本科生、研究生和政府、企事业决策及管理人員的生态环境素质是关键所在，因为他们是现阶段和潜在的社会精英和中坚力量。就这两大群体而言，在中国环境教育中确属亟待改善的薄弱环节。本书就是为了配合中国非环境教育这一系统工程，面向中、小学及大学教师；非环境专业的大专院校的本科生、研究生；政府和现代企事业决策者、管理人員等热心环境科学，关心生态环境危机与人类未来的人们编写的。

《环境教育丛书》共分 5 册。第一分册《人口、资源与环境》用简洁易懂的语言，介绍了生态学与环境科学的基本理论，全球性特别是中国生态环境危机的严重性对我们生活影响，综合文、理及工程的最新研究动态，使人们重新认识人口、资源、生态环境与发展的关系，对地球上“自然-经济-社会”复合生态系统中各个组成部分的相互关系给予新的诠释。第二分册《环境污染与控制》从大气污染、水污染、土壤污染以及固体废弃物污染到光、热、声、辐

射污染和居室污染，全方位介绍了世界及中国环境污染发生、发展及现状，分析了环境污染产生的复杂原因，提出了现行和可行的环境治理与控制技术。第三分册《绿色生活与未来》集合全新的环境保护思想与理念，系统介绍了人们生产、生活、健康与绿色的关系，如绿色学校、绿色工业、绿色农业、绿色产业、绿色社区、绿色食品和绿色居室等等。为人们展示了符合“可持续发展”的理想的生活方式和美好的“绿色文明”。第四分册《淡水危机与节水技术》针对新世纪人类所面临的淡水危机和中国水资源管理的困境，综合国内外水资源永续利用的先进理念，提出了适合中国社会、经济发展现状的节水技术。第五分册《食品安全与生态风险》全面介绍了食品污染和食品安全的概念，特别是介绍了国内外公众关注的绿色食品、有机食品和基因食品，并对食品生产、食品工业发展过程中潜在的生态风险和对人类健康的影响进行了全面的分析，对于 21 世纪向往高质量健康生活的人们有重要的参考价值。

本丛书的特点是，内容科学严谨，简捷实用，形式活泼，以绿色卡片的形式介绍了生态学和环境科学有关的基本理论与概念，以案例的形式介绍了国内外生态环境方面的实例及权威人士对相关问题的不同看法。我们希望本丛书对那些能够迎接 21 世纪的挑战、提高自己生活的品质、积累和丰富自己的生态环境素质及其成功地开拓自己的事业的人士提供极具参考价值的重要知识和信息。

2000 年 6 月至今我在北京师范大学环境科学研究所博士后流动站从事研究工作，在良好的学术氛围中，参加了“水资源论坛”等国内外学术活动，经常有机会出席院士和国内外著名学者的学术报告和讲座，开阔了自己的科研视野，对中国生态环境现状及环境科学研究的热点问题和发展动态有了更深入的了解，这对于我确定丛书第 4 分册、第 5 分册的编写大纲具有重要的启迪作用。同时后两册的参编人员组成也有了一定的变化，参编人员所属的单位有：北京师范大学环境科学研究所、东北师范大学环境科学与工程系、国家环保总局信息中心、温州市环保局环境监测站、中科院大气物理所和北京十一中学。

在本丛书的编写和出版过程中得到了全国人民代表大会环境与资源保护委员会的曲格平先生和王先进先生的关心和支持。化学工业出版社有关人员为本丛书的出版付出了辛勤的劳动。在此一并表示诚挚的感谢！

我们一群年轻的环境科学工作者克服种种困难，凭着对环境科学的挚爱和对中国生态环境危机的深深忧虑，完成了《环境教育丛书》的编写工作，肯定存在许多不足和遗漏之处，敬请读者与各界人士批评指正。惟愿它带着我们的绿色梦想，飞到每个想为绿色文明贡献一份力量的人们手上，因为蓝天、绿地、白云需要每一双手的加入……

刘静玲

2000 年秋于北京

目 录

第一章 地球乎？水球乎？	1
第一节 地球——蔚蓝色的水球	1
一、缺水的水球	2
二、水——生命的源泉	6
三、水与生物圈	8
第二节 水域生态系统	9
一、海洋	10
二、江河	12
三、湖泊	15
四、人工湖泊——水库	20
第三节 湿地——水域生态系统与陆地生态系统的过渡带	22
一、湿地的概念及分类	22
二、湿地公约与湿地国际	24
三、湿地生态系统	29
四、湿地生态系统的效益	31
五、水与湿地生态系统	34
参考文献	35
第二章 淡水资源	37
第一节 中国的淡水资源	37
一、基本特点	37
二、中国文明与水资源	38
三、社会经济发展与水资源	40
第二节 淡水危机	43
一、水资源供需矛盾	43
二、七大流域的开发利用	45
三、水域生态系统的环境状况	64
四、水资源管理	67

五、资源性缺水与水质性缺水	70
六、城市化与缺水	73
第三节 地下水资源	76
一、地下水资源的有效性	77
二、地下水超采	81
三、地下水与海水倒灌	85
四、地下水与泉水	87
第四节 水与人体健康	90
一、饮水与健康	90
二、纯净水与健康	92
三、自来水与净化	93
四、案例	94
参考文献	99
第三章 淡水危机与水资源保护	101
第一节 水污染	101
一、主要水环境污染物	102
二、水污染的主要来源	105
三、水污染的危害	107
第二节 水污染监测技术	110
一、水污染的监测对象	110
二、监测点位的布设	110
三、主要监测项目和分析方法	113
第三节 水污染控制技术	117
一、各类水污染的防治对策	117
二、废水处理的基本方法	123
第四节 水污染与生态工程	130
一、水资源保护区	130
二、水源涵养林	132
三、湿地自然保护区	135
第五节 点源污染和面源污染的控制	141
一、点源污染及其控制	141
二、面源污染及其控制	143
三、案例：云南滇池的面源污染及控制措施	144

参考文献	147
第四章 淡水危机与水利建设	149
第一节 水荒	149
一、世界性水资源短缺	149
二、水资源短缺的原因	152
三、水荒与国际环境问题	155
第二节 旱灾与水灾	160
一、缺水的灾害——旱灾	160
二、多水的灾害——洪涝	167
三、人类对水灾的调控	179
第三节 水利	182
一、水利建设的功劳	182
二、水利建设造成的不利因素	183
三、生态水利	186
参考文献	192
第五章 节水技术	193
第一节 节水理念与节水社会	193
一、节水理念的形成与发展	193
二、节水社会的建立条件	196
三、节水社会建立的管理和技术保证	198
四、案例	200
第二节 水资源利用效率与节水	203
一、水资源利用效率	203
二、工、农业等生产节水	204
三、城镇生活节水	207
四、生态环境建设与水资源利用	209
第三节 节水技术	212
一、中水回用技术	212
二、污水资源化技术	215
三、海水淡化技术	218
四、农业滴灌技术	221
五、收集雨水技术	224
六、窖水利用技术	227

七、地下水库	228
八、地下水回补技术	230
九、绿色水库技术	232
第四节 南水北调工程与节水	235
一、跨流域调水工程	235
二、工程投资与效益	239
三、先节水后调水	242
参考文献	244
第六章 水资源的管理	246
第一节 中国水资源管理	246
一、中国水资源管理特点	246
二、中国水资源管理的现状及其存在的问题	248
三、建立适应可持续发展的水资源管理体系	253
第二节 国外水资源管理	259
一、国外水资源管理体系及成功经验	259
二、国外水资源管理实例	262
第三节 水权制度与我国水资源管理	267
一、水权制度的概念与特点	267
二、水权制度与取水许可制度的主要区别	268
三、水权体制对我国水管理的意义	269
第四节 水资源管理的信息化	271
一、信息化是水资源管理现代化的标志	271
二、国内外水资源管理信息化研究概况及发展趋势	272
第五节 城市水务管理信息系统的建设思路——以大庆市为例	275
一、大庆市水资源及水务管理现状	276
二、大庆市水务管理的总体框架与具体内容	278
三、大庆市水务管理信息系统 (Daqing WMIS) 的总体框架、主要特点与建设阶段	280
参考文献	288

第一章 地球乎？水球乎？

第一节 地球——蔚蓝色的水球

当我们打开世界地图或者面对地球仪时，呈现在我们面前的大部分面积是鲜艳的蓝色；从太空中看，地球是一个蔚蓝色的椭球体，这是因为地球表面的 70% 以上被水覆盖着。地球表面覆盖面积最大的是海洋，水是地球表面分布最广和数量最大的物质之一，从这个意义上看，地球是一个名副其实的大水球。

从地球的总面积来看，五大洋的面积就占 70.8%，是陆地面积的 2.4 倍。即使是在 29.2% 的陆地面积上，还分布有各种各样的河流、湖泊、沼泽、冰川等水体，因此可以说地球表面几乎是被各种形态的水所环绕着。另外从总储量来看，水的数量也是相当可观的。据计算，地球上水体的总储量为 13.86 亿 km^3 ，若将这些水平铺在地球表面，则地球表面会被 2718m 高的水层所包围。正是因为如此，有人曾风趣地说：“人类居住在一个叫错了名字的星球——水球上”。

但是，这么多的水能被人利用的只有相当少的一部分，即，水资源是有限的。水在地球上有着不可替代的作用，它是生命存在不可缺少的先决条件和不可替代的决定性因素，是地球生态系统中不可缺少的部分及最活跃和影响最广泛的因素。水影响着人类社会的发展和进步，是国民经济中必不可少的重要资源。水不但对农业生产、工业生产极为重要，也直接影响着人类的日常生活。由于其分布的时空不均匀性，在一定程度上决定了世界文明产生和发展的空间布局。但是，随着人类社会的进步，世界范围的经济大发展，加上人类对水资源的利用不当，使得原本就有限的水资源相对于人类的需求更加显得不足。当前，有 20 多亿人面临淡水资源的危机，

缺水已成为世界性的问题。

一、缺水的水球

水是人类及一切生物赖以生存的重要物质，同时也是工农业生产及可持续发展不可替代的极为宝贵的自然资源。全球每年可供人饮用的水只有 1 万立方千米，即 10 万亿吨淡水。而全世界人口呈爆炸性增长，每年以 9000 万人的速度在增加，再加上水分布的不均匀性和人口分布的过度集中性，使淡水资源危机更加严重。目前，占全球人口的 40% 的人面临用水短缺问题，这是世界银行 1995 年的调查报告公布的。而且，许多国家缺乏净水措施，全球约有 27 亿人喝不到清洁的水。如今的“水球”，水资源正在面临着严峻的挑战。

1. 淡水只占总水量的 2.5%

地球上的水广泛分布于空中、地表和地下，组成大气水、地表水、地下水及动物、植物等有机体中的生物水等。1984 年研究成果表明，其总容积为 138598 万立方千米。其中海洋水占 96.5%，地下水占 1.7%，冰川和永久积雪水占 1.7%，湖泊水、沼泽水占 0.0138%，江河水占 0.0002%，土壤水占 0.001%，生物水占 0.0001%，大气水占 0.001%。

尽管地球上的水很丰富，达 13.86 亿立方千米，但陆地表面的淡水量却只占地球总水量的很少一部分，约 0.35 亿立方千米，大部分水都分布在海洋之中（见表 1-1）。

表 1-1 地球上水资源分布

水体种类	储水总量		咸水		淡水	
	水量/km ³	所占比例/%	水量/km ³	所占比例/%	水量/km ³	所占比例/%
海洋水	1338000000	96.54	1338000000	99.04	0	0
地表水	24254100	1.75	85400	0.006	24168700	69.0
冰川与冰盖	24064100	1.736	0	0	24064100	68.7
湖泊水	176400	0.013	85400	0.006	91000	0.26
沼泽水	11470	0.0008	0	0	11470	0.033
河流水	2120	0.0002	0	0	2120	0.006
地下水	23700000	1.71	12870000	0.953	10830000	30.92

续表

水体种类	储水总量		咸水		淡水	
	水量/ km^3	所占比例/%	水量/ km^3	所占比例/%	水量/ km^3	所占比例/%
重力水	23400000	1.688	12870000	0.953	10530000	30.06
地下冰	300000	0.022	0	0	300000	0.86
土壤水	16500	0.001	0	0	16500	0.05
大气水	12900	0.0009	0	0	12900	0.04
生物水	1120	0.0001	0	0	1120	0.03
全球总储量	1385984600	100	1350955400	100	35029200	100

2. 能利用的淡水很少

1L 水中所含溶解物质（盐类）不超过 1g，即含盐量不超过 0.1% 的水称为淡水。海水的含盐量为 3.5%，即 1L 水中含盐 35g。如果不进行水处理，所有的咸水不仅不适于饮用，而且不能适应工业和农田灌溉的需要。

当然，0.35 亿 km^3 淡水也不算太少，这就是说，地球上每个居民的平均水量为 600 万 m^3 。但不幸的是，地球上绝大部分淡水都处于人类难以利用的状况，几乎 99% 的淡水被固定在人迹罕至的两极地带冰盖中以及山区冰川中和地下含水层中，其余不到 1% 的淡水又有一半左右被土壤和空气吸收，余下的部分蕴藏在大地表面分布极不均匀的江河湖泊和地下水中。我们经常讲的水资源，包括江河湖泊和地下水，能供人类生活和生产力利用的淡水资源少得可怜。联合国最新发表的一项报告指出：“全世界不到 1% 的淡水或者说全世界总储量 0.007% 的水是人类可随手使用的”，“只有这部分淡水是通过下雨和下雪更新的，从而可以在可持续的基础上加以使用。”

3. 全球淡水资源分布极不均匀

水资源循环过程在自然界中具有一定的时间和空间分布。淡水资源不仅在数量上有限，而且在分布上也很不均匀。全球的年径流量大约为 47000 km^3 ，如果径流量能够平均分配，全世界每人每年大约为 900 m^3 的水量，但这个水量的大部分是季节性的洪水。估计仅有 9000~14000 km^3 的水量能够控制。目前仅有 3400 km^3 的水

量得到利用。

表 1-2 是世界各大洲水资源的分布情况。

表 1-2 世界各大洲水资源分布

洲 别	面积/ $\times 10^4 \text{ km}^2$	年降水量		年径流量	
		mm	km^3	mm	km^3
欧洲	1050	789	8290	306	3210
亚洲	4347.5	742	32240	332	14410
非洲	3012	742	22350	151	4750
北美洲	2420	756	18300	339	8200
南美洲(不含澳大利亚)	1780	1600	28400	660	11760
大洋洲(不含澳大利亚)	133.5	2700	3610	1560	2090
澳大利亚	761.5	456	3470	40	300
南极洲	1398	165	2310	165	2310
全部陆地	14900	800	119000	315	46800

水资源最丰富的大洲是南美洲，其中尤以赤道地区水资源最为丰富。水资源较为缺乏的地区是中亚南部、阿富汗、阿拉伯和撒哈拉地区。西伯利亚和加拿大北部地区因人口稀少，人均量相当高。澳大利亚的水资源总量不高。就各大洲而言，欧洲稳定的淡水量占其全部水量的 43%，非洲占 45%，北美洲占 40%，南美洲占 38%，澳大利亚和大洋洲占 25%。

4. 各国水资源相差悬殊

由于淡水的分布极不平衡，65% 淡水资源集中在不到 10 个国家里，占世界中人口 40% 的 80 多个国家却严重缺水（见表 1-3）。水源最充分的地区是拉丁美洲和北美，美国每年人均拥有淡水约为 9900 m^3 ，加拿大约为 12 万立方米。巴西、俄罗斯、印度尼西亚的人均拥有淡水也非常丰富。在 1995 年统计世界上 20 个最缺水的国家有马耳他（年人均占有水 82 m^3 ）、卡塔尔（ 91 m^3 ）、科威特（ 95 m^3 ）、利比亚（ 111 m^3 ）、巴林（ 162 m^3 ）、新加坡（ 180 m^3 ）、巴巴多斯（ 192 m^3 ）、沙特阿拉伯（ 249 m^3 ）、约旦（ 318 m^3 ）、也门（ 346 m^3 ）、以色列（ 389 m^3 ）、突尼斯（ 434 m^3 ）、阿尔及利亚（ 527 m^3 ）布隆迪（ 594 m^3 ）、佛得角（ 777 m^3 ）、阿曼（ 874 m^3 ）、阿