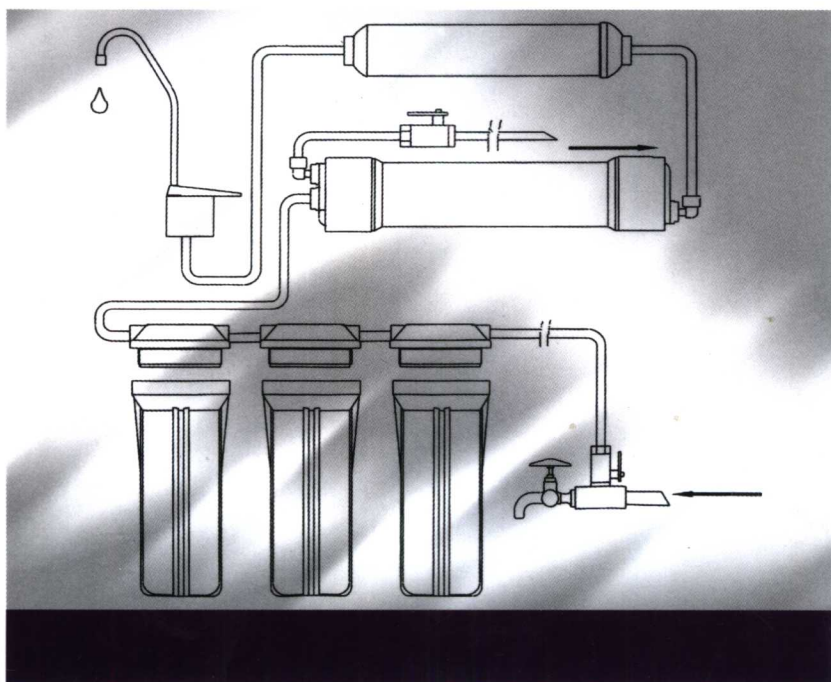


鄂学礼 主编 凌 波 副主编

饮用水深度净化 与水质处理器



Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

饮用水深度净化与水质处理器/鄂学礼主编. —北京:
化学工业出版社, 2004. 8
ISBN 7-5025-5549-8

I. 饮… II. 鄂… III. ①饮用水-水消毒②饮用
水-水质控制 IV. TU991. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 036846 号

饮用水深度净化与水质处理器

鄂学礼 主 编

凌 波 副主编

责任编辑:董 琳 邹 宁

责任校对:王素芹

封面设计:蒋艳君

*

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 29¼ 字数 730 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5549-8/X·470

定 价: 68.00 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

前 言

水孕育了生命，是人类赖以生存的最基本物质之一。随着人类文明的进步，人口的增加，饮用水源受到不同程度的污染。20 世纪末期，世界范围的水资源短缺、水环境恶化与突发事件构成了饮用水供应的三大问题，严重威胁饮用水的安全性。为促进安全供水事业的发展，适应公众对饮用水水质日益增长的需求，近年来，饮用水深度净化技术快速发展，水质处理器得到了广泛应用。

为使读者对这一领域的新技术、新发展有系统全面的了解，本书以饮用水深度净化技术及其评价指标体系，各类水质处理器的工艺、制造、运行及其卫生安全评价标准为重点，并通过大量深度净化技术实例，进行了较为详尽的介绍。

本书概要论述了我国生活饮用水水源的污染现状、生活饮用水深度处理技术的进展、特点及其分类，生活饮用水深度处理技术的应用前景。着重介绍了生活饮用水深度处理中常见的各类技术的原理、特点和基本参数，诸如：离子交换技术、电渗析技术、电吸附技术、膜技术、活性炭技术、生物活性炭技术、光催化氧化等技术及臭氧、紫外、二氧化氯为主的消毒技术。

本书还对饮用水深度处理技术评价指标体系，包括理化指标，如耗氧量（COD）、总有机碳（TOC）与可同化有机碳（AOC）、紫外吸收特性（ UV_{254} ）、氯化消毒副产物以及藻类与藻毒素等；毒理学指标，如 Ames 试验、微核试验等；微生物学指标，如水中 10 种细菌、3 种原虫等的检验方法与评价方法进行了较为详细的介绍。

本书从水厂供水、小区管道分质供水、应急供水和水质处理器四个方面介绍了深度净化技术的实际应用。水厂规模的深度处理工艺以工程实例为重点，分别介绍了生物滤池工艺、臭氧活性炭工艺、生物接触氧化工艺和高锰酸钾预处理工艺的应用现状。为使读者全面了解管道分质直饮水的现状与发展，本书介绍了国内外管道分质直饮水现状、管道分质直饮水的市场需求、管道分质直饮水建设的规划等内容，并以实例说明了管道分质供水的工艺、工程设备、管道分质供水系统计算与部件规格选择。为保证自然灾害与突发事件的应急供水，介绍了安全供水应急技术，以移动水净化装置为实例，说明了应急供水系统的功能、水处理工艺及其效果、结构特点运行要求及其成本分析。

为使读者对发达国家的饮水处理器的安全性评价有所了解，本书收录并编辑了美国 NSF 饮用水处理设备评价与饮用水化学处理剂评价标准和应用，澳大利亚与新西兰涉水产品检验标准。为方便读者查阅，附录中还提供了现行最新的国内外饮用水水质标准与水质处理器的卫生安全与功能评价规范。

本书集中了作者们数十载的饮用水深度处理实践经验，并参考了国内外最新科研成果。本书由鄂学礼任主编，凌波任副主编；各章作者为：第 1 章鄂学礼；第 2 章鄂学礼、凌波、张晓健、陈健、郝爱玲、张光辉、齐力汇、陈清、常树林、景岱灵、吴晓军、叶振平；第 3 章凌波；第 4 章凌波；第 5 章甘日华、凌波；第 6 章杨波、梁志洪；第 7 章张荣、张岚、鄂

学礼；第8章郭常义、顾久传、宛超、甘日华、凌波。

我们衷心希望本书能为从事生活饮用水净化处理的工程技术人员和卫生监督人员提供一本工作手册和参考书，在保证生活饮用水卫生安全方面起到一些积极作用。

在本书撰写过程中，受到了清华大学王占生教授，天津大学顾平教授，国家海洋局杭州水处理中心徐荣安高级工程师等的不吝赐教与支持。在此，一并表示衷心的感谢。

限于时间和能力，本书疏漏之处在所难免，不当之处，敬请广大读者批评、指正。

编 者

2004年3月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 饮用水水源污染现状	1
1.1.1 水资源短缺	1
1.1.2 水环境恶化	1
1.1.3 突发事件	3
1.1.4 生物性污染与介水传染病	3
1.1.5 化学性污染	4
1.1.6 生物地球化学性疾病	4
1.1.7 环境内分泌干扰物	4
1.2 饮用水深度处理技术进展	10
1.2.1 给水净化技术进展	10
1.2.2 氯消毒带来的污染	10
1.2.3 二次供水污染	12
1.2.4 输水管网污染	12
1.2.5 饮用水深度净化	12
1.3 水质处理器发展概况	15
1.3.1 家用水质处理器	15
1.3.2 大型水质处理器	16
1.3.3 管道分质供水	16
1.3.4 软化水质处理器	17
1.4 水质处理器特点及其分类	17
1.4.1 水质处理器特点	17
1.4.2 水质处理器分类	17
1.4.3 水质处理器性能要求	20
第 2 章 饮用水深度处理技术	21
2.1 活性炭技术	21
2.1.1 活性炭吸附原理	21
2.1.2 活性炭吸附的运行方式与设备	23
2.1.3 活性炭在生活饮用水处理中的应用	25
2.2 离子交换技术	26
2.2.1 离子交换法的基本原理	26
2.2.2 离子交换软化除盐工艺	29
2.2.3 离子交换软化除盐设备	31

2.3	电渗析技术	33
2.3.1	电渗析法除盐原理	33
2.3.2	电渗析器及其应用	34
2.4	电吸附技术	39
2.4.1	电吸附技术的原理	39
2.4.2	电吸附技术的特点	40
2.4.3	电吸附量计算	40
2.4.4	EST 电极的吸附	40
2.4.5	高效功能性电极材料 LX	41
2.4.6	EST 模块的工业化设计	41
2.4.7	EST 系统及运行	43
2.4.8	成本分析	43
2.4.9	电吸附技术在生活饮用水深度处理上的应用	44
2.5	微滤膜技术	45
2.5.1	国内外发展概况	46
2.5.2	微孔滤膜材料	46
2.5.3	微孔滤膜的制备	47
2.5.4	微孔滤膜形态结构	48
2.5.5	微孔滤膜截流机理	48
2.5.6	微孔滤膜的测量	49
2.5.7	微孔滤膜过滤器	50
2.6	超滤技术	51
2.6.1	超滤原理	51
2.6.2	超滤膜的类型	52
2.6.3	制膜材料	52
2.6.4	中空纤维超滤膜的制备方法	53
2.6.5	超滤膜的保存方法	55
2.6.6	超滤膜的表征	55
2.6.7	超滤膜的检测方法	57
2.6.8	超滤过程的特点	58
2.6.9	超滤膜元件 (膜组件)	58
2.6.10	系统设计	59
2.6.11	系统配套设备	61
2.6.12	系统操作、维护和保养	62
2.6.13	超滤膜的污染和清洗	62
2.6.14	PVC 合金超滤膜技术及其应用	64
2.6.15	卷式超滤膜	69
2.6.16	多孔超滤膜	74
2.7	反渗透技术	82
2.7.1	反渗透的基本原理	82

2.7.2	反渗透膜	83
2.7.3	反渗透装置主要参数	88
2.7.4	反渗透处理工艺	89
2.7.5	反渗透系统设计	90
2.7.6	反渗透系统维护	95
2.7.7	反渗透压力容器	98
2.7.8	反渗透应用及进展	103
2.8	纳滤技术	104
2.8.1	纳滤膜定义	104
2.8.2	纳滤原理	105
2.8.3	纳滤膜的分类	105
2.8.4	纳滤膜应用	107
2.8.5	纳滤技术的发展	108
2.9	膜生物反应器技术	109
2.9.1	概述	109
2.9.2	原理特点	109
2.9.3	运行参数	110
2.9.4	膜污染	111
2.9.5	MBR 技术在饮用水处理领域的应用	112
2.10	生物活性炭技术	115
2.10.1	生物活性炭技术的发展过程	115
2.10.2	生物活性炭技术的工艺流程与优点	115
2.11	光催化氧化技术	116
2.11.1	原理	116
2.11.2	特点	117
2.11.3	应用	117
2.11.4	主要技术参数	118
2.12	预处理技术	118
2.12.1	预氯化	118
2.12.2	生物预处理	119
2.12.3	臭氧预处理	120
2.12.4	高锰酸盐复合剂预处理	122
2.12.5	高锰酸钾预处理	122
2.12.6	紫外线预处理	123
2.12.7	过氧化氢预处理	124
2.13	活性氧化铝吸附技术	125
2.13.1	活性氧化铝除氟	125
2.13.2	活性氧化铝除砷	129
2.14	骨炭吸附过滤	130
2.14.1	骨炭除氟	130

2.14.2	改性骨炭除砷	131
2.15	消毒技术	132
2.15.1	消毒的重要性	132
2.15.2	实用消毒技术	133
2.16	臭氧消毒技术	135
2.16.1	概述	135
2.16.2	臭氧的产生原理	136
2.16.3	臭氧消毒原理	136
2.16.4	臭氧技术现状和发展趋势	137
2.16.5	臭氧消毒特点	138
2.16.6	臭氧在生活饮用水处理上的应用	138
2.16.7	臭氧浓度的定义、分类与浓度单位	139
2.16.8	臭氧发生器产量计算和选择方法	139
2.16.9	饮用水臭氧处理系统的工程设计问题	140
2.16.10	饮用水臭氧处理工艺流程	140
2.17	紫外消毒技术	141
2.17.1	现代紫外 C 消毒技术简介	141
2.17.2	紫外 C 消毒技术杀菌原理	141
2.17.3	现代紫外 C 消毒技术特征	143
2.17.4	影响紫外 C 杀菌效果的因素	147
2.18	二氧化氯消毒技术	148
2.18.1	原理	148
2.18.2	作用	151
2.18.3	应用	152
2.18.4	特点	153
2.19	组合工艺	154
2.19.1	组合工艺的处理对象	154
2.19.2	不同工艺的适用范围	154
2.19.3	不同工艺的处理效果比较	155
2.19.4	有机污染水源水处理工艺的选择	159
第 3 章	饮用水深度处理技术评价指标	160
3.1	理化指标	160
3.1.1	常规项目	160
3.1.2	耗氧量 (COD_{Mn})	160
3.1.3	总有机碳 (TOC) 与可同化有机碳 (AOC)	160
3.1.4	紫外吸收特性 (UV_{254})	161
3.1.5	色谱/质谱定性分析水中微量有机污染物	161
3.1.6	环境内分泌干扰物与难降解有机物	163
3.1.7	氯化消毒副产物	164
3.1.8	藻类及藻毒素	166

3.2 水中微量有机物相对分子质量分析	167
3.2.1 分析方法	167
3.2.2 不同相对分子质量有机物特性	168
3.2.3 有机物相对分子质量分布特征与净水技术的选择	171
3.3 毒理学指标	175
3.3.1 致突变性试验	175
3.3.2 体内哺乳动物骨髓细胞微核试验	177
3.3.3 Ames 试验与饮用水有机污染	178
3.4 微生物学指标	180
3.4.1 饮用水微生物安全的重要性	180
3.4.2 病原微生物的传播特点	181
3.4.3 饮用水病原微生物的种类及其对供水的影响	181
3.4.4 饮用水微生物质量的控制	186
第4章 水厂深度处理工艺实例	189
4.1 水厂深度处理工艺展望	189
4.1.1 中国市政供水的成绩	189
4.1.2 中国市政供水的任务	190
4.2 水厂深度处理工艺选择	191
4.2.1 不同工艺及其组合对有机物的去除效果	191
4.2.2 净水工艺方案的选择	192
4.3 生物滤池工艺	192
4.3.1 BIOSMEDI 工艺基本结构及运行	192
4.3.2 工程设计及运行	193
4.3.3 工艺优缺点	195
4.4 臭氧活性炭工艺	195
4.4.1 桐乡市 GYQ 水厂深度处理工程	195
4.4.2 上海 ZJD 水厂深度处理工程	200
4.4.3 臭氧化-生物活性炭技术	205
4.5 生物预处理工艺的生物修复延伸效应	212
4.5.1 生化工程的延伸效应对富营养化水库的生物修复作用	212
4.5.2 微污染水源水生物预处理及后续工艺的生化延伸效应除污染研究	214
4.6 化学氧化预处理工艺	219
4.6.1 高锰酸盐复合药剂预氧化处理受污染水库水试验研究	219
4.6.2 高锰酸钾预处理去除水中臭味	223
4.6.3 二氧化氯预处理去除水中藻毒素	229
第5章 管道分质直饮水	234
5.1 管道分质直饮水的定义	234
5.2 国外概况	234
5.2.1 分质供水的概念	234
5.2.2 直饮水概念	234

5.2.3	高质饮用水	234
5.2.4	净化流程	236
5.2.5	有关优质水的抽样调查	237
5.3	管道分质直饮水的需求	238
5.4	管道分质直饮水建设规划	240
5.4.1	管道分质直饮水建设	240
5.4.2	管道分质直饮水规章制度	241
5.4.3	《生活饮用水管道分质供水卫生规范》	241
5.5	管道分质直饮水是城市供水系统的延伸和补充	241
5.6	管道分质直饮水的卫生管理	242
5.6.1	管道分质直饮水产权单位	242
5.6.2	管道分质直饮水建设单位	243
5.6.3	管道分质供水管理单位	244
5.7	管道分质供水的工艺	244
5.7.1	净水处理工艺	244
5.7.2	纯水处理工艺	245
5.7.3	特殊处理	245
5.8	管道分质供水工程的系统设备	245
5.8.1	制水设备	245
5.8.2	供水设备	246
5.8.3	输配水管网	246
5.8.4	管道分质供水管网的清洗消毒	246
5.8.5	抄表计费系统	247
5.9	管道分质供水系统计算与部件规格选择	247
5.10	管道直饮水工程实例	250
5.10.1	管道直饮水工程实例 1	250
5.10.2	管道直饮水工程实例 2	253
5.10.3	管道直饮水工程实例 3	254
5.10.4	管道直饮水工程实例 4	256
5.10.5	管道直饮水工程实例 5	258
5.10.6	管道直饮水工程实例 6	259
5.10.7	管道直饮水工程实例 7	261
5.10.8	管道分支供水工程实例 8	263
第 6 章	应急安全供水	264
6.1	功能与特点	264
6.2	水处理工艺及其效果	266
6.2.1	取水点选择	266
6.2.2	取水	266
6.2.3	水砂分离	266
6.2.4	投药系统	267

6.2.5	混凝	267
6.2.6	机械过滤	268
6.2.7	活性炭吸附过滤	268
6.2.8	膜分离技术	268
6.2.9	淡化	269
6.2.10	消毒	269
6.3	结构特点与运行要求	269
6.3.1	设备紧凑	269
6.3.2	安装要求	270
6.3.3	设备运行保护	270
6.3.4	运行要求	270
6.4	成本分析	271
6.4.1	动力成本	271
6.4.2	直接供电成本	271
6.4.3	拉水成本	271
6.4.4	成本分析	272
6.5	安全供水应急净化装置实例	272
6.5.1	车载式安全供水应急净化装置	272
6.5.2	移动式水净化装置——膜混凝反应器 (MCR)	283
6.5.3	NLY 移动式饮用水处理装置	286
6.5.4	移动式膜滤净水设备	289
6.5.5	移动载体上的海水淡化装置	292
第7章	饮用水处理设备及化学处理剂卫生安全与功能评价	294
7.1	国内外涉水产品卫生安全与功能评价概况	294
7.1.1	我国生活饮用水、饮用水处理设备及化学药剂卫生标准发展概况	294
7.1.2	国外饮用水处理设备及化学处理药剂检测评价概况	294
7.2	NSF 饮用水处理设备评价	295
7.2.1	饮用水处理设备——感官作用	296
7.2.2	住宅用阳离子交换水质软化器	304
7.2.3	饮用水处理设备——健康作用	306
7.2.4	紫外线微生物水处理设备	311
7.2.5	反渗透饮水处理设备	314
7.2.6	饮用水蒸馏设备	318
7.3	NSF 饮用水化学处理剂国际标准和应用	323
7.3.1	饮用水化学处理剂健康效应	324
7.3.2	絮凝剂	328
7.3.3	腐蚀和水垢控制、软化、沉淀、螯合 (金属封闭) 与 pH 值调节化学药剂	331
7.3.4	消毒和氧化剂	334
7.3.5	其他的饮用水化学处理剂	336
7.4	澳大利亚与新西兰涉水产品检验标准	338

7.4.1	范围	338
7.4.2	有关术语解释和定义	338
7.4.3	测试	339
7.4.4	定标因子	339
7.4.5	样品制备	342
7.4.6	定标因子的来源和应用	345
7.4.7	试验方法——浸出物气味测试	347
7.4.8	水浸出物感官	351
7.4.9	水微生物生长试验方法	352
7.4.10	浸泡水细胞毒活性测试方法	356
7.4.11	浸泡水致突变活性测试方法	360
7.4.12	金属浸出物试验方法	362
7.4.13	终端管件的浸泡步骤试验方法	363
7.4.14	高温试验方法	366
7.4.15	水加热系统产品的样品浸泡步骤	367
7.4.16	建议的涉水产品申报表	370
7.4.17	模拟样品	371

第8章 水质处理器的工艺、结构、制造及其运行

8.1	概况	373
8.1.1	水质处理器现状	373
8.1.2	水质处理器设计要点	375
8.2	水质处理器的水处理工艺及其效果	379
8.2.1	家用水质处理器的水处理工艺及其分类	379
8.2.2	家用水质处理器水处理效果实例	381
8.2.3	大型水质处理装置的水处理工艺及其分类	383
8.2.4	大型水质处理器水处理效果	384
8.2.5	矿化水质处理器的水处理工艺(4台)	388
8.3	水质处理器结构	388
8.3.1	基本要求	388
8.3.2	一般家用水质处理器的结构及其产品实例	388
8.3.3	家用纯水水质处理器的结构及其产品实例	390
8.3.4	纯水/净水饮水机的结构及其产品实例	391
8.3.5	大型净水水质处理装置的结构及其产品实例	392
8.3.6	大型纯水水质处理装置的结构及其产品实例	393
8.3.7	软化水器的结构及其产品实例	394
8.3.8	除氟、砷、铁装置的结构及其产品实例	394
8.3.9	矿化水器的结构及其产品实例	395
8.3.10	二氧化氯发生器的结构及其产品实例	396
8.4	水质处理器的制造	397
8.4.1	原材料的采购	397

8.4.2	与水接触部件的清洗和消毒	401
8.4.3	制造环境的卫生要求	402
8.4.4	安装现场的卫生要求	403
8.4.5	成品要求	404
8.4.6	仓储	405
8.5	水质处理器的质量标准	405
8.5.1	标准	405
8.5.2	水质处理器及与其有关的国家标准、行业标准、地方标准	406
8.5.3	水质处理器的企业标准	410
8.5.4	水质处理器标准的技术质量要求	412
8.5.5	行业标准、企业标准举例	418
附录		419
附录 1	世界卫生组织《饮用水水质标准》(第二版)	419
附录 2	美国饮用水水质标准	423
附录 3	欧盟饮用水水质指令	427
附录 4	生活饮用水水质卫生规范(2001)	429
附录 5	生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——一般水质处理 器(2001)	433
附录 6	生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——矿化水器(2001)	435
附录 7	生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——反渗透处理装 置(2001)	437
附录 8	饮用净水水质标准(CJ 94—1999)	439
附录 9	地表水环境质量标准	441
附录 10	地下水质量标准	449
主要参考文献		453

第1章 概述

1.1 饮用水水源污染现状

从月亮上看地球，地球是蓝色的，那是水的颜色，地球是个水球，水表明了生命的存在。水孕育了生命，是人类赖以生存的最基本的物质之一。地球上有大量的水，但其中海水占了 97.2%，只有极少量的水适合人类饮用。在古代，人类可以直接取河水饮用，现在能够供人类直接饮用的水则越来越少。随着人类的文明的进步，人口的增加，饮用水源受到不同程度的污染。20 世纪末期，世界范围的水资源短缺、水环境恶化与突发事件构成了饮用水源的三大水患，严重威胁饮用水的安全性。

1.1.1 水资源短缺

我国是水资源较为丰富的国家之一，水资源总量有 2.8 万亿立方米，居世界第 6 位，但由于人口众多，以 12 亿计，我国人均水资源占有量只有 2400m^3 ，只相当于世界人均占有水量的 $1/4$ 。而且，我国水资源分布很不均匀。由于受到大气环流，海陆位置及地形、地貌等多种因素的影响，一方面是时间分布不均，夏秋多、冬春少，每年 7、8 月的水资源占全年水资源总量的 80%；另一方面是空间分布不均匀，东多西少，南多北少，长江、珠江流域降雨比较丰沛，黄河流域、淮河流域则十分短缺，且黄河下游地段经常断流，1997 年竟长达 242d，断流里程近 300km。再者目前我国水资源管理无序、用水粗放，使水资源短缺问题愈加突出。

根据 2003 年我国地下水资源评价与战略问题研究显示，全国地下淡水天然资源多年平均为 8800 多亿立方米，约占全国水资源总量的 $1/3$ 。在地下淡水天然资源中，山区为 6500 亿立方米，平原为 2300 亿立方米。另外，地下微咸水天然资源为 277 亿立方米，半咸水天然资源为 121 亿立方米。地下水资源的分布和组成，南北差异十分明显。北方地区降水稀少，补给量小，补给形成的地下淡水天然资源为 2700 多亿立方米，占全国地下淡水天然资源的 31%；地下淡水可开采资源为 1500 多亿立方米。西北地区地下淡水天然资源更加贫乏，只有 1150 亿立方米，仅占全国地下淡水天然资源的 13%（西北地区面积占全国总面积的 35%）。

据 2001 年资料，全国 600 多个城市中缺水的占 300 多个，严重缺水的有 110 个。缺水已成为我国国民经济和社会发展的主要制约因素。随着我国经济社会的不断发展，水资源短缺问题日益突出。有关专家预计，到 2030 年，中国人口接近 16 亿的高峰时，人均水资源仅有 1760m^3 ，接近国际上一般承认的 1700m^3 为“用水紧张”国家的标准。

1.1.2 水环境恶化

随着人口的不断增长，人类活动范围的不断扩大，工农业生产规模的不断发展，天然水体受到了不同程度的污染，水环境中的污染物质日益增多，污染物成分越来越复杂，使原本匮乏的水资源更紧张，造成与水资源短缺同样严重的水质性缺水。

20 世纪 70 年代,我国日排污量为 3000 万~4000 万吨,80 年代达到 7500 万吨,目前已超过 1 亿万吨,其中 80%以上未经任何处理直接排入水域,使河流、湖泊、水库遭受到不同程度的污染。2002 年,全国废水排放总量为 439.5 亿吨。其中工业废水排放量 207.2 亿吨,城镇生活污水排放量 232.3 亿吨,废水中化学需氧量排放量 1367 万吨。其中工业废水中化学需氧量排放量 584 万吨,城镇生活污水中化学需氧量排放量 783 万吨。

据中国环境状况公报,2002 年度海河、辽河、淮河、黄河、松花江、长江和珠江七大水系监测的 752 个重点断面中,Ⅰ~Ⅲ类水质占 29.5%,Ⅳ类水质占 17.7%,Ⅴ类和劣Ⅴ类水质占 52.8%。水利部对 532 条河流的监测表明,有 436 条受到不同程度的污染,中国七大江河流经的 15 个主要大城市河段中,有 13 条河段的水质严重污染(见表 1-1)。

表 1-1 2002 年七大水系水质状况所占比例/%

水 系	Ⅰ 类	Ⅱ 类	Ⅲ 类	Ⅳ 类	Ⅴ 类	劣Ⅴ 类	主要污染指标
七大水系	2.7	13.8	12.6	18.9	11.1	40.9	石油类、生化需氧量、氨氮、高锰酸盐指数、挥发酚和汞
长江水系	3.1	28.9	19.5	17.2	6.3	25.0	石油类、氨氮和高锰酸盐指数
黄河水系	4.9	8.1	9.7	20.0	7.6	49.7	石油类、高锰酸盐指数和生化需氧量
珠江水系	8.2	42.9	22.4	12.2	6.1	8.2	石油类、高锰酸盐指数和生化需氧量
松花江水系	1.0	4.0	22.8	35.6	21.8	14.8	挥发酚、生化需氧量和高锰酸盐指数
淮河水系		5.4	10.7	23.7	16.1	44.1	氨氮、生化需氧量和高锰酸盐指数
海河水系	1.7	11.0	1.7	6.8	7.6	71.2	汞、石油类和氨氮
辽河水系		10.4	7.5	13.4	16.4	52.2	生化需氧量、氨氮和挥发酚

中国环境状况公报(2002)报道,全国湖泊达到富营养化水体的已达 66%,巢湖、太湖、滇池、洱海的总氮、总磷和氨氮的浓度分别是 20 世纪 80 年代初的十几倍,主要湖泊氮、磷污染较重,导致富营养化问题突出,蓝藻泛滥日益严重。2002 年太湖湖体 20 个监测点位中,属Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的点位比例分别为 5%、35%、5%和 55%。环湖主要河流和环湖交界水体污染严重,主要污染指标为氨氮、总磷和生化需氧量。79 个水质监测断面中,高锰酸盐指数符合Ⅰ~Ⅲ类水质要求的断面占 59.5%。水质综合评价,Ⅱ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类及劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 2.5%、3.8%和 93.7%。滇池的草海污染重于外海,外海为Ⅴ类水质,草海为劣Ⅴ类水质。氮和磷的污染仍很严重,草海和外海的营养状态指数分别为 79.0 和 60.8,全湖平均达 72.8,属重度富营养状态。巢湖湖体高锰酸盐指数达到Ⅲ类水质标准,但由于总氮和总磷污染严重,湖体 12 个监测点位中,Ⅴ类、劣Ⅴ类水质各占一半(见表 1-2)。

表 1-2 2002 年各湖体主要污染指标浓度值

湖 区	COD _{Mn} /(mg/L)	总磷/(mg/L)	总氮/(mg/L)	营养状态指数(平均)
太湖	4.0~8.05	0.05~0.168	1.48~7.02	59.4
滇池	5.64~8.16	0.121~1.066	1.94~11.48	72.8
巢湖	4.62~5.55	0.116~0.231	1.54~3.22	52.4

洞庭湖、达赉湖、洪泽湖、兴凯湖、南四湖、博斯腾湖、洱海和镜泊湖 8 个淡水湖泊中，兴凯湖水质良好，湖体水质达到Ⅱ类水质标准；洞庭湖和镜泊湖水质达到Ⅳ类水质标准；达赉湖、博斯腾湖、洱海和洪泽湖湖体水质为Ⅴ类；南四湖湖体污染较重，水质为劣Ⅴ类。

地下水水质也不容乐观。根据 2003 年我国地下水资源评价与战略问题研究显示，有 63% 的地下水资源可供直接饮用、17% 经适当处理后可饮用，12% 不适宜饮用但可作为工业供水水源，约 8% 的地下水不能直接利用，需要经过专门处理后才能利用。全国约有一半城市市区的地下水污染比较严重，地下水水质呈下降趋势。主要污染指标有矿化度、总硬度、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、铁、锰、氯化物、硫酸盐、氟化物、pH 值等。北方城市地下水污染重于南方城市，污染项目多超标率高。三氮污染在全国各地区均较突出，矿化度和总硬度超标主要分布在东北、华北、西北和西南等地区，铁和锰超标主要在东北和南方地区。同时，各省（区、市）都不同程度地存在着与饮用水水质有关的地方病区。全国约有 7000 多万人仍在饮用不符合饮用水水质标准的地下水。

1.1.3 突发事件

我国突发事件时有发生。从已公布的材料，最主要水性传染病是水源受到污染而暴发肠道传染病，在贵州的安顺和湖北的仙桃暴发的传染病都属于此种类型，2003 年 7 月重庆市某学校学生饮用被污染的水出现甲肝疫情，104 名学生中有 98 名感染者，53 名学生被确诊为甲肝患者。山西某企业供水与工业废水联通使上万人出现腹痛、呕吐等症状。某种工业废水污染水源而引起的饮水污染，如甲醇、汽油、苯和农药运输泄漏或船只倾覆等事故时有发生，对当地居民健康造成危害。如 2003 年 7 月，广西南宁 16 吨硫酸车翻车强硫酸流入水库。据调查，我国某大城市 20 世纪 80 年代以来，发生了 150 余起饮水污染事件。1986 年该市机械施工公司地下储油罐破裂漏油污染某水厂水源井，造成 50 万人饮水受到威胁。1998 年 9 月该市某县自来水厂由于消毒设施达不到应有的处理能力，水源周围环境脏乱，造成含有人畜粪便的污水污染饮用水引起 500 余人发生肠道传染病的暴发流行。

1.1.4 生物性污染与介水传染病

生物性污染是指生活污水、粪便垃圾及医院废水、生物制品厂、牲畜养殖厂、屠宰厂、制革厂、洗毛厂等污水、废水中含有大量的病原生物，如细菌、病毒、支原体、钩端螺旋体、寄生虫等，在未经无害化处理的情况下，直接排入环境，从而引起的水源污染。

现已发现因水源污染而可能介水传播的传染性疾病有：伤寒、副伤寒、沙门菌病，肠炎、痢疾、霍乱、钩端螺旋体病、耶尔森菌肠炎、甲型肝炎、流行性非甲非乙型肝炎、脊髓灰质炎、蛔虫病、轮状病毒流行性腹泻、阿米巴原虫病、贾第虫病等。介水传染病一旦发生，往往会在短时间内大量发病，引起流行。

根据美国 AWWA 报道，美国 1971~1985 年共发生 452 起生物性病原体介水疾病的暴发流行，发病人数累计 10 万人左右。1991~1994 年间共发生水质事故 64 起，导致病人数 422820 人，其中 99% 的病例为肠道病类。相当伤脑筋的是隐孢子虫，它是 4~6 μ m 大小的原生动物，人感染 1~100 个隐虫就可能发生隐虫病，一般症状为腹泻、恶心、呕吐、发烧、头疼、脱水及胃口不好，感染 60 天后便从粪便中排出大量隐孢子虫。据世界卫生组织的资料，发展中国家每年约有 900 万人死于介水疾病，在每年死亡的 1300 万儿童中，约有 1/3 是由于饮用污染水所致腹泻造成的。

我国的水性传染病的暴发流行也比较严重。根据全国水性疾病调查，1958~1984 年共

发生伤寒的介水传染病流行 353 起，发病率为 0.63%~78.7%，累计发病 45535 例，1959~1983 年细菌性痢疾的介水传染病暴发流行 157 起，发病率为 3.4%~55.6%，累计发病 50934 例，1959~1984 年传染性肝炎的介水传染病暴发流行 141 起，发病率为 11.7%~23.6%，累计发病 9548 例。

1.1.5 化学性污染

化学物质对饮水污染所带来的危害与微生物所造成的污染不同，其对健康的危害是潜在的，特别是蓄积性毒物和致癌物质。

化学性污染大体可分为无机物污染与有机物污染。无机物污染主要是来源于工业排放，其中以重金属污染为主。有机物污染主要来源于工业污染排放与农药、化肥等农业污染。

资料表明，现阶段水体中的污染物主要是有机物污染。有机物可分为天然有机物与人工合成有机物。水体中的天然有机物一般是指有机腐殖质，来自于动植物残骸腐烂过程的低分子量组分，及水生植物的分解和低等的浮游生物。污染水体的天然有机物易于分解。

人工合成有机物的种类繁多，而且以每年上千种的速度增加。它们中有的结构稳定，在环境中需要几年乃至几十年的时间才可能降解完全，它们长期残留在环境中。这些化合物在被生物分解的过程中将会被生物富集于体内，使生物体内的浓度大大升高，并通过生物链传递。许多种人工合成的有机物具有致突变、致畸变、致癌变作用和毒性，对健康产生潜在危害。

据 WHO 报道，已查明全世界水体中可检查出 2221 种化学物质，其中饮水中有害的有机污染物 765 种，经鉴定确认其中致癌物 20 种，可疑致癌物 23 种，致突变物 56 种，促癌剂 18 种。

我国调查资料表明，主要饮用水源黄浦江江水中有机物达到 700 多种。松花江吉林段测出有机物 317 种。福建闽江检出有机物 100 多种。武汉东湖水查出有机物 102 种。上海、北京、武汉、哈尔滨等地报道了饮用水致突变试验的阳性结果。

1.1.6 生物地球化学性疾病

生物圈的地球化学称为生物地球化学。由于地球地质的原因，自然界某一地区的水和土壤中某种化学元素过多或过少，使当地的动物、植物及人群中发生特有的疾病，称为生物地球化学性疾病。其特点是在某些特定的地区发生该种疾病的流行甚至异常严重，而在另一些地区则根本没有此病的发生。在医学上将这类疾病称之为地方性疾病。

地方性氟病是在高氟环境中，长期摄入超过人体需要量的氟元素而引起的慢性中毒性地方病，是以影响骨骼和牙齿等硬组织为主的全身性疾病。早期病变为损害发育中的牙釉质，发生氟斑牙，继续发展可引起骨骼变化，表现为腰腿疼、关节活动受阻。重者骨骼变形、致残甚至瘫痪，生活不能自理。全国生活饮用水调查表明我国除上海市以外，其余各省均有地方氟病流行，该病区主要分布在东北、华北、山东、河南等地，涉及 28 个省、自治区、直辖市。按调查人口推算，全国约有氟斑牙患者 3750 万人，氟骨症患者 172 万人。

1.1.7 环境内分泌干扰物

研究发现某些化学品不仅具有“三致”作用，还会严重干扰人类和动物的生殖功能，对人类的生存和物种繁衍构成巨大威胁，这类物质被称为“内分泌干扰物”或“环境荷尔蒙”。

20 世纪后期，人类及野生动物内分泌系统、免疫系统、神经系统出现了各种各样的异常现象。俗话说，三条腿的蛤蟆难寻。但在 1995 年美国明尼苏达州的中学生在湖中发现了三条腿、五条腿、六条腿的畸形青蛙。接着在该州的 87 个郡中 54 个郡出现了同类报道，并