

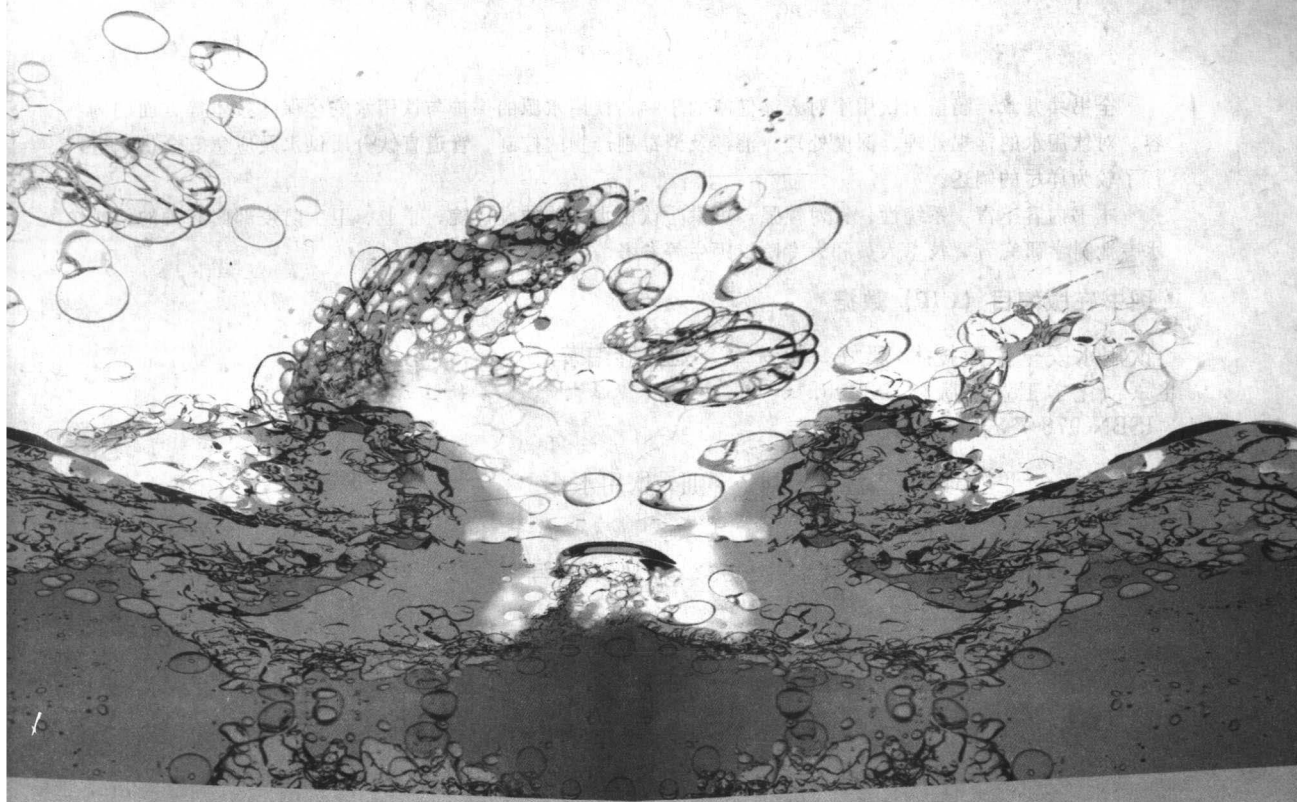


饮用水 安全保障技术

梁 好 盛选军 刘传胜 编著



化学工业出版社



饮用水 安全保障技术

梁 好 盛选军 刘传胜 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共九章,涵盖了饮用水对人体健康的影响、饮用水源的保护与饮用水安全保障技术等方面的内容。对饮用水的常规处理、深度处理、消毒及消毒副产物的控制、管道直饮分质供水及应急安全供水进行了较为详尽的阐述。

本书内容丰富,系统性、针对性强,可供与饮用水有关的设计院、企业、卫生防疫部门有关的给排水专业科学研究者、技术人员和大专院校师生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

饮用水安全保障技术/梁好,盛选军,刘传胜编著.

北京:化学工业出版社,2006.10

ISBN 978-7-5025-9368-1

I. 饮… II. ①梁…②盛…③刘… III. 饮用水-
水处理 IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119736 号

饮用水安全保障技术

梁 好 盛选军 刘传胜·编著

责任编辑:董 琳

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:李 军

封面设计:张 辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询:(010)64518888

购书传真:(010)64519686

售后服务:(010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市振南印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 531 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9368-1

定 价:49.00 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

20 世纪末, 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水源的三大水患, 严重威胁饮用水的安全性。保障饮用水安全、维护健康生命是人的一项基本需求, 现阶段我国饮用水安全形势仍然十分严峻。一些地区饮用水存在水质不达标、供水保证率低、水质型地方病突出等问题。因此, 要减少疾病, 提高健康水平, 最行之有效的措施就是使所有人得到安全的饮用水和合格的卫生条件。

保证饮用水安全、维护人民群众的生命健康是当今社会发展对水处理工作者的第一需要和第一任务。保障饮用水安全是全面建设小康社会的重要内容之一。

本书以饮用水的安全保障技术为主线, 在大量收集归纳国内外同类研究及应用资料的基础上, 结合作者单位 (广州军区联勤部净水研究所) 的研究, 对饮用水的卫生、安全保障技术进行了较全面的介绍。书中吸收了国内外诸多文献的研究成果, 在此谨向文献的作者表示衷心的感谢。

作者参考了前辈、同行学者的研究成果和文献, 在此, 向他们表示衷心的感谢。这些参考文献在书中予以介绍, 如有遗漏, 深表遗憾。

参加本书编写的还有华南理工大学环境工程学院谢磊博士, 华南农业大学生物检测中心的黄雪梅博士, 在此表示衷心的感谢。

本书可供给水排水专业的科学研究和技术人员、大专院校师生和给水排水相关专业的人员参考。由于作者的水平和能力所限, 书中不妥之处, 还希望各位同行、读者不吝指正。

编著者

2006 年 8 月于广州

目 录

第1章 饮用水安全与健康	1
1.1 水资源概况	1
1.1.1 世界水资源概况	1
1.1.2 我国水资源概况与用水紧张状况	1
1.2 饮用水与健康	4
1.2.1 水是生命之本	4
1.2.2 饮用水水质与健康	5
1.2.3 饮用水和致癌风险	10
1.2.4 饮用水对雌性激素和生育能力的影响	13
1.2.5 水质与地方病	15
1.2.6 水中化学性污染物质引起的疾病	16
1.3 饮用水概况	19
1.3.1 饮水卫生	19
1.3.2 集中式供水	20
1.3.3 分散式供水	20
1.3.4 天然矿泉水及纯净水	21
1.3.5 优质饮用水——健康水	22
1.4 饮用水水质标准的发展	23
1.4.1 国际饮用水水质标准的发展	23
1.4.2 我国饮用水水质标准的发展	24
1.5 饮用水安全保障技术	27
1.5.1 饮用水净化技术进展	27
1.5.2 饮用水污染	30
1.5.3 饮用水深度净化	31
1.5.4 各类水质处理器	33
1.6 饮用水水质新问题及对策	35
1.6.1 水质要求的发展	35
1.6.2 改善水质对策	37
第2章 水源选择及保护	41
2.1 水源的分类及其特点	41
2.2 水源选择及保护的重要性	41
2.3 给水水源选择的原则	42
2.3.1 给水水源选择的一般规定	42
2.3.2 给水水源选择技术经济比较及综合分析	42
2.3.3 生活饮用水水源的水质要求	42
2.4 水源保护区污染防治的监督管理	44
2.5 饮用水水源保护	44
2.5.1 地表饮用水源保护研究	44
2.5.2 我国地表水源保护区的划分和防护	50
2.5.3 我国地下水水源保护	52
2.5.4 我国地下水源保护区的划分和防护	55

第3章 饮用水常规处理工艺的原理与技术	57
3.1 传统饮用水处理工艺的去除对象	57
3.2 混凝处理	57
3.3 混凝药剂和混凝设备	59
3.3.1 混凝剂	59
3.3.2 助凝剂	62
3.3.3 混凝剂用量	63
3.3.4 投药方式	64
3.3.5 混凝剂的投加	64
3.3.6 自动投药设备	65
3.3.7 混合设备	67
3.3.8 絮凝设备	68
3.4 沉淀	70
3.5 澄清池	73
3.6 强化混凝处理技术	74
3.7 过滤处理	78
3.7.1 快速过滤原理	79
3.7.2 反冲洗清洗滤层机理	80
3.7.3 快滤池的工艺过程	80
3.7.4 过滤过程的技术分析	81
3.7.5 滤料层	82
3.7.6 反冲洗方式的选择	83
3.7.7 过滤设备	84
3.7.8 过滤技术进展	88
3.8 预处理工艺	90
3.8.1 臭氧预氧化技术	90
3.8.2 高锰酸盐复合药剂预氧化技术	91
3.8.3 生物预处理技术	92
第4章 饮用水消毒技术及消毒副产物控制	104
4.1 消毒概论	104
4.1.1 消毒目的	104
4.1.2 饮用水水质标准中的微生物指标	105
4.2 生活饮用水消毒的方法和特点	106
4.2.1 氯消毒和氯胺消毒	106
4.2.2 二氧化氯消毒	112
4.2.3 臭氧消毒	117
4.2.4 紫外线消毒	124
4.3 饮用水消毒技术的发展方向	127
4.3.1 饮用水中的氯消毒副产物	127
4.3.2 控制消毒副产物的原则	129
4.3.3 当前在饮用水消毒领域内的研究工作方向	130
第5章 饮用水的深度处理技术	135
5.1 深度处理的必要性	135
5.1.1 常规处理的局限性	135
5.1.2 配水管网的二次污染和生物稳定水	135
5.2 活性炭吸附	137

5.2.1	活性炭的种类	137
5.2.2	活性炭的表面化学性质	138
5.2.3	活性炭的性能指标	138
5.2.4	活性炭吸附原理	138
5.2.5	活性炭吸附容量	139
5.2.6	活性炭的选择	139
5.2.7	运行方式与设备	140
5.3	离子交换技术	141
5.3.1	离子交换法的基本原理	142
5.3.2	离子交换水处理工艺	143
5.4	膜处理	146
5.4.1	微滤膜过滤	149
5.4.2	超滤	151
5.4.3	反渗透	156
5.4.4	纳滤技术	175
5.4.5	电膜分离技术	178
5.5	微污染水体的处理新技术	185
5.5.1	光氧化	185
5.5.2	微污染水体的深度处理技术	189
第6章	饮用水安全保障技术评价指标	196
6.1	理化指标	196
6.1.1	常规项目	196
6.1.2	总有机碳(TOC)与可同化有机碳(AOC)	198
6.1.3	紫外吸收特性(UV ₂₅₄)	199
6.1.4	色谱/质谱定性分析水中微量有机污染物	199
6.1.5	环境内分泌干扰物与难降解有机物	200
6.1.6	氯化消毒副产物	201
6.1.7	藻类及藻毒素	202
6.2	水中微量有机物相对分子质量分析	203
6.2.1	分析方法	203
6.2.2	不同相对分子质量有机物特性	204
6.2.3	有机物相对分子质量分布特征与净水技术的选择	206
6.3	毒理学指标	211
6.3.1	致突变性试验	211
6.3.2	体内哺乳动物骨髓细胞微核试验	212
6.4	微生物学指标	213
6.4.1	饮用水微生物安全的重要性	213
6.4.2	病原微生物的传播特点	213
6.4.3	饮用水病原微生物的种类及其对供水的影响	213
6.4.4	饮用水微生物质量的控制	215
第7章	管道直饮分质供水	218
7.1	分质供水	218
7.1.1	国内外分质供水含义的区别	218
7.1.2	分质供水的由来	218
7.1.3	分质供水的种类	219
7.1.4	国内饮用水市场的发展	219

7.2	管道直饮分质供水的定义及特点	221
7.3	管道直饮分质供水建设规划	221
7.3.1	管道直饮分质供水建设	221
7.3.2	管道分质直饮水规章制度	222
7.3.3	《生活饮用水管道分质供水卫生规范》	223
7.4	管道直饮分质供水的作用	223
7.4.1	管道直饮分质供水是城市供水系统的延伸和补充	223
7.4.2	管道直饮分质供水的需求	223
7.4.3	管道直饮分质供水的发展前景	224
7.5	管道直饮分质供水卫生管理	224
7.5.1	工程和设备卫生	225
7.5.2	供水单位卫生	225
7.5.3	从业人员卫生	226
7.5.4	卫生管理	226
7.6	管道直饮分质供水的系统设备	226
7.6.1	管道直饮水系统组成	226
7.6.2	管道直饮分质供水的设计	227
7.6.3	管道直饮水净水处理工艺	227
7.7	管道分质直饮供水系统计算与部件规格选择	230
7.8	管道直饮分质供水行业规范	233
7.8.1	管道直饮分质供水规范存在的问题	233
7.8.2	中华人民共和国行业标准《管道直饮水系统技术规程》	234
7.9	管道直饮分质供水工程实例	234
7.9.1	管道直饮分质供水工程实例 1	234
7.9.2	管道直饮分质供水工程实例 2	236
第 8 章	应急安全供水	238
8.1	基本概念与范畴	239
8.1.1	应急安全供水的基本概念	239
8.1.2	应急安全供水的基本范畴	239
8.2	应急安全供水的一般措施	239
8.2.1	加强饮水卫生宣传	239
8.2.2	运送安全卫生水保障饮水需要	240
8.2.3	分发个人饮用水消毒片保证饮水安全	240
8.2.4	正确选择和保护水源	240
8.2.5	强化饮用水消毒	240
8.2.6	采用可移动净水器建临时水厂（站）	241
8.3	重大水污染事故及警示	241
8.3.1	松花江水污染事故及城市供水活性炭应急处理技术	241
8.3.2	广东北江镉污染事故	246
8.3.3	重大水安全事故带来的警示与思考	247
8.4	应急安全供水系统与装置	249
8.4.1	结构特点与运行要求	249
8.4.2	野战及野外供水	249
8.4.3	水上供水装置	258
8.4.4	车载式安全供水应急净化装置	261
8.4.5	NLY 移动式饮用水处理装置	263

第9章 饮用水安全保障工程实例	265
9.1 广州市西洲水厂水处理工艺及自动化设计	265
9.1.1 总体设计及净水工艺	265
9.1.2 水厂常规工艺设计	267
9.1.3 电气及自动控制	270
9.1.4 全厂测控系统	270
9.2 微絮凝直接过滤净水的应用	272
9.2.1 全自动微絮凝压力式两级直接过滤净水装置	273
9.2.2 全自动微絮凝压力式两级直接过滤净水装置的运行	274
9.2.3 自动投矾-微絮凝两级陶粒直接过滤净水的试验研究	274
9.2.4 净水系列装置的推广应用	278
9.2.5 两级微絮凝直接过滤净水的影响因素	279
9.2.6 两级微絮凝直接过滤净水小结	280
9.3 石臼漾水厂生物接触氧化预处理工艺	281
9.3.1 工程概况	281
9.3.2 预处理池设计参数及主要设备	281
9.3.3 运行效果	282
9.4 高锰酸钾-粉末活性炭联用组合工艺在微污染水源水处理中的应用	282
9.4.1 概况	282
9.4.2 改造后生产工艺流程	283
9.4.3 运行情况	283
9.5 臭氧活性炭深度处理	284
9.5.1 工艺流程	285
9.5.2 运行效果	285
9.5.3 深度处理与常规工艺的比较	287
9.5.4 臭氧活性炭处理前后管网水质比较	288
9.5.5 结论	289
9.6 南洲水厂臭氧处理系统设计	289
9.6.1 主要工艺参数	289
9.6.2 设计要点	289
9.7 活性炭的选型及炭滤池的运行维护	293
9.7.1 工程概况	293
9.7.2 活性炭的选型	293
9.7.3 活性炭的填充	293
9.7.4 炭滤池的运行维护	294
9.7.5 结论	295
9.8 浸没式膜工艺处理生活饮用水	296
9.8.1 浸没式膜及其膜组件	296
9.8.2 浸没式膜系统	296
9.8.3 浸没式膜系统的运行	297
9.8.4 浸没式膜系统的应用	298
9.8.5 结论	298
9.9 特伦特河的饮用水处理——传统工艺和膜处理工艺的比较	299
9.9.1 高级水处理厂的设计	299
9.9.2 结果和讨论	301
9.10 西班牙加那利群岛海水淡化	303

9.10.1 概况 303

9.10.2 膜元件型号与规格 307

9.10.3 系统规模和投运时间 307

9.10.4 RO 系统的构造 307

9.10.5 比较 307

9.10.6 结论 309

9.10.7 总结 309

附录 310

附录 1 310

附录 2 311

附录 3 312

附录 4 313

附录 5 314

参考文献 316

第 1 章 饮用水安全与健康

1.1 水资源概况

1.1.1 世界水资源概况

水是生命的摇篮，是人类赖以生存和生产的不可缺少的基本物质，是地球上不可替代的宝贵的基础自然资源，是生态环境的控制性要素之一，同时也是战略性的经济资源，水资源是一个国家综合国力的有机组成部分。展望未来，水资源匮乏正日益影响全球的经济发展与生态环境，甚至可能导致国家和地区间的冲突。联合国有关机构指出“水将成为世界最严重的资源问题”，“缺水问题将严重制约 21 世纪经济和社会发展并可能导致国家间的冲突”，“供水不足将成为一个深刻的社会危机，世界上在石油危机之后的下一危机便是水的危机”。缺水问题是一个世界性问题。

全球的水总储量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，其中 96.5% 为海水，其他分布在陆地、大气和生物体中，约为 2.53%，其中多储存于冰川、雪盖和 750m 深度以上的地下，而可取用的河水、湖水及浅层地下水等仅占 0.2% 左右，这里还包括相当大一部分的苦咸水（表 1-1）。

表 1-1 世界水储量

水的类型	分布面积/ $\times 10^4 \text{ km}^2$	水量/ $\times 10^4 \text{ km}^3$	水深/m	在世界储水量中的比例/%	
				占总储量	占淡水储量
1. 海洋水	36130	133800	3700	96.5379	
2. 地下水(重力水和毛管水)	13480	2340	174	1.6883	
其中,地下淡水	13480	1053	78	0.7597	30.0606
3. 土壤水	8200	L65	0.2	0.0012	0.0471
4. 冰川与永久雪盖	1622.75	2406.41	1463	1.7362	68.6972
南极	1398	2160	1546	1.5585	61.6628
格陵兰	180.24	234	1298	0.1688	6.6801
北极岛屿	22.61	8.35	369	0.0060	0.2384
山脉	22.4	4.06	181	0.0029	0.1159
5. 永冻土底冰	2100	30.0	14	0.0216	0.8564
6. 湖泊水	206.87	17.64	85.7	0.0127	
淡水	123.64	9.10	73.6	0.0066	0.2598
咸水	82.23	8.54	103.8	0.0062	
7. 沼泽水	268.26	1.147	4.28	0.0008	0.0327
8. 河床水	148800	0.212	0.014	0.0002	0.0061
9. 生物水	51000	0.112	0.002	0.0001	0.0032
10. 大气水	51000	1.29	0.025	0.0009	0.0368
水的总储量	51000	138598.461	2718	100	
其中,淡水储量	14800	3502.921	235	2.5274	100

1.1.2 我国水资源概况与用水紧张状况

我国水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，虽居世界第 6 位，但人均水资源量 2220 m^3 ，为世界

人均为 1/4，在世界上 153 个国家和地区的统计中，排名 121 位，表 1-2 给出了一些国家平均年径流量、人均水量、单位面积水量。另外，我国水资源在区域分布上很不均匀，特别是北方地区，耕地面积占全国的 59.2%，人口占全国的 44.3%，而水资源仅占全国的 14.7%；由于我国处于东亚季风区，水量（降水和径流）年内和年际变化大，全国各地几乎每年都有旱灾发生，以黄河流域最甚；全国有 300 多个城市缺水，尤其是北方地区，几乎所有城市都严重缺水，如大连、天津、烟台、青岛人均水资源占有量都在 200m³ 左右；全国占地面积大于 500m² 的岛屿有 6500 多个，其中绝大部分属严重缺水，是全球人均水资源最贫乏的国家之一。然而，中国又是世界上用水量最多的国家。仅 2002 年，全国淡水取用量达到 5.497×10¹¹ m³，大约占世界年取用量的 13%，约为美国 1995 年淡水供应量 4.7×10¹¹ m³ 的 1.2 倍。

表 1-2 一些国家平均年径流量、人均水量、单位面积水量

国 家	平均年径流量/×10 ⁸ m ³	人口 /万人	人均水量 /(m ³ /人)	耕地 /×10 ⁴ km ²	单位面积水量 /(m ³ /km ²)
巴西	51912	11909	43700	3233	713.6
前苏联	47140	26880	17600	22667	92.4
加拿大	31220	2409	129600	4360	318.3
美国	29702	22980	12920	18933	69.7
印度尼西亚	28113	14750	19000	1640	753.3
中国	27115	103100	2632	10000	117.3
印度	17800	69389	2450	16467	48.1
日本	4500	11765	3825	433	561
墨西哥	4100	6920	5925	1800	101.2
澳大利亚	3450	1493	23100	1693	90.5
新西兰	3000	317	94640	47	2857.1
法国	2000	5396	3706	1720	51.7
意大利	1850	5624	3290	1240	66.7
巴基斯坦	1830	8370	2186	2027	40.1
智利	1770	1140	1526	480	183.9
前联邦德国	1700	6170	2755	773	97.7
英国	1600	5579	2868	687	103.5
伊朗	1170	3745	3124	1900	30.2
埃及	555	4293	1300	333	74
阿富汗	500	2204	2270	467	47.6
全世界	468900	451000	10340	132600	156.8

从总体上看，中国水资源领域面临以下 5 大严峻挑战。

(1) 水资源开发过度，生态破坏严重 人口的增加，经济的发展，工农业生产与城市生活对水资源的需求逐年在增加。由此，造成水资源的开发程度偏高，局部地区超过水资源的最大允许开发限度。伴随而至的环境与生态恶化愈发严重。由于单方面强调地表水渠系的利用率，使山前冲洪积扇地区河流的地下水量大为减少，造成下游河道干涸、沙化。

(2) 城市供水集中，供需矛盾尖锐 在城市地区，工业和人口集中，供水地点范围有限，常年持续供水，同时要求供水保证率高。随着城市和工业的迅猛发展，大中城市供需矛盾日趋尖锐。中国 666 座城市中，缺水城市就达 333 座，其中严重缺水 108 座，主要集中在北方，高峰季节只能满足需水量的 65%~70%，全国城市日缺水量达 1600 余万立方米。因缺水，工业经济年损失估计高达 2300 多亿元。造成水资源短缺的直接原因：①水资源分布与人口、土地分布的极不平衡；②工农业发展迅速，人口成倍增长，人类对水的需求量超出可供的水资源量。这种对水资源需求的增长与中国有限的水资源量之间形成尖锐矛盾；③天

然存在的劣质水体,以及水资源污染所造成的污染水体所占水资源的比例较高,造成严重的“水质型”缺水;④水资源开发利用不合理,水资源利用效率低下,水浪费现象十分普遍,在不发达或欠发达地区尤为如此。

(3) 地下水过量开采,环境地质问题突出 因地下水开采过于集中,在城市地区引起地下水位持续下降、地面沉降,在滨海地区引起海水入侵等环境地质问题。

① 区域地下水位持续下降,降落漏斗面积不断扩大。这一现象在华北平原较普遍,深层水水位以 $3\sim 5\text{m/a}$ 的速率下降,天津、沧州、衡水、德州一带下降漏斗已连成一片,面积达 $3.18\times 10^4\text{km}^2$ 。苏锡常地区区域降落漏斗面积已达 3000km^2 ,漏斗中心水位埋深 $60\sim 70\text{m}$ 。

② 泉水流量衰减或断流。在北方,由于在岩溶泉域内不合理开采地下水,造成一些泉水流量衰减或断流,给城市建设和旅游景观带来不利影响。

③ 地面沉降。超量集中开采深层地下水造成水位大幅度下降后,多孔介质释水土层压密,导致了地面沉降,如北方的天津、北京、太原、沧州、邯郸、保定、衡水、德州、许昌等城市,南方的上海、常州、苏州、无锡、宁波、嘉兴、阜阳、南昌、湛江等20多个城市。地面沉降造成城市雨后地面积水、建筑物被破坏等严重危害。

④ 由于超量开采地下水,造成水位大幅下降,地面失衡,在覆盖型岩溶水源地和矿区产生地面塌陷。据统计,河北、山东、辽宁、安徽、浙江、湖南、福建、云南、贵州等省20多个城市和地区不同程度发生地面塌陷,人民生命财产和生产生活遭到极大破坏和损失。

⑤ 海水入侵。沿海城市和地区在滨海含水层中超量开采地下水,造成海水入侵含水层,地下水水质恶化及矿化度和氯离子浓度增加,如辽宁省大连市、锦西市,河北省秦皇岛市,山东省莱州湾、青岛市、烟台市,福建厦门市等地。海水入侵破坏了地下淡水资源,加剧了沿海地区水资源紧张的局面。

(4) 水资源开发利用缺乏统筹规划和有效管理 目前,对地下水与地表水、上游与下游、城市工业用水与农业灌溉用水、城市和工业规划布局及水资源条件等尚缺乏合理综合规划。地下水开发利用的监督管理工作薄弱,地下水和地质环境监测系统不健全。

(5) 水资源污染严重、水环境日益恶化 全国污水年排放量370多亿立方米,约85%未经处理,直接排入江河或渗入地下,使流经城市的河流两岸受到污染,72%的纳污河流各项污染物平均值不同程度超标。近年来,随着乡镇企业的急速发展以及农业施用化肥的大量增加,除城市附近的点污染外,农业区面源污染日趋严重。据不完全统计,我国有机氯农药 $86.23\times 10^4\text{t}$,有机磷农药 $24.26\times 10^4\text{t}$,平均使用 10.8kg/km^2 。灌水与降水等淋溶作用造成地下水大面积农药与化肥污染。另外,我国有污水灌溉农田近 $133\times 10^4\text{km}^2$,其中以城市为中心形成的污灌区就有30多个,在农作物生长季节的污灌量相当于全国污水排放总量的20%。这在缓和水资源紧张、扩大农业肥源和净化城市污水方面起了积极作用。但农灌污水大部分未经处理,约有70%~80%的污水不符合农灌水质要求,而且多系生活污水和工业废水的混合水,其成分复杂,含有大量有毒有害的有机物和重金属。每年由于污水灌溉渗漏的大量污水,直接造成污染地下水,使污灌区75%左右的地下水遭受污染。

此外,乡镇企业生活污水和工业废水的大量排放,构成了我国水体的另一个重要污染源。大多乡镇企业生产工业比较落后,规模小、发展快、数量多、分散且排污量大、浪费资源严重,污水处理设施很不完善,造成局部水域严重污染。

据对全国七大江河和内陆河的110个重点河段的水质监测结果的统计表明,符合《地面水环境质量标准》Ⅰ、Ⅱ类的河段仅占32%,Ⅲ类水质的河段占29%,属于Ⅳ、Ⅴ类的占39%。全国有1.7亿人饮用受到污染的水。全国约90%的城市水环境恶化,附近河流或河

段已成为名副其实的排污沟，直接影响农用水源。地表水源污染严重，地下水水质状况很不乐观。97.5%城市地下水受到不同程度的污染，近90%的城市饮用水源的水质不符合国家饮用水标准。地下水源污染的状况十分严峻。

上述分析表明，目前制约我国水资源开发利用的关键问题是水资源短缺、供需矛盾突出、水污染严重。其主要原因是管理不善，造成水质恶化速度加快。统计表明，近60%~70%的水资源短缺与水污染有关。“水质型”缺水问题严重困扰着水资源的充分有效利用。因此，水资源利用与保护的关键在于水资源数量与质量的正确评价、供需平衡的合理分析、水资源开发利用工程的合理布局、节水技术与措施的有效实施，实现防止、控制和治理水污染，缓解水资源短缺的压力，实现水资源的有效保护、持续利用和良性循环。

1.2 饮用水与健康

水是生命之源，公众饮用干净的健康饮用水是基本人权。保障公众喝上干净的水是国家、社会、企业的基本责任，为公众提供健康饮用水是构建和谐社会系统工程的重要组成部分。随着全国建设小康社会的进展，人们对生活质量的要求不断提高，提倡健康饮水是适应时代发展的需要，普及科学饮水知识是企业家和科技工作者的历史使命。

1.2.1 水是生命之本

(1) 水是人体的重要组成部分 水是生命之源，也是生物机体组成中含量最大的一种物质，一般占人体重的50%~70%。同时，年龄越小含水量越高：胎儿体内水的含量为98%；婴儿体内含水量约为75%；成人体内含水量为55%~65%。

水是机体内每个细胞和组织的基本组成成分。细胞和组织的含水量是不同的：肌肉和薄壁组织器官（肝、肾、脑等）中含水70%~80%，皮肤约为60%~70%，骨骼中约12%~15%，血液中含水约为80%。人体肌肉组织约占体重的40%，所以肌肉的含水量约占全身总水量的一半。通常肌体内脂肪含量增加时，含水量将下降。

(2) 人的需水量与水平衡 由于水是生命本身最重要的成分，所以体内严重缺水或水过剩都将会给人体健康带来大的损害。正常人体每日摄入量总是与排出体外的水量处于动态平衡状态。人每天究竟应喝多少水为恰当？应根据气候、身体状况、生活习惯等因素而定。按人的正常生理需水量约为2~2.5L/d，至少需要1kg（L）水（通常对成年人每天应补给的水量是每1kg体重为40mL水）。一般人每日进水量大约为2500mL，其中汁液体水1400mL，食物水800mL，代谢过程内生成水300mL；而每日的出水量也应是2500mL，计皮肤蒸发汗700mL，肺呼出蒸气水300mL，尿排出1350mL，粪排出150mL。水平衡的调节受下丘脑神经中枢控制，它控制渴感和肾脏排水。而发烧、高蛋白膳食、干热气候、呕吐、腹泻和外伤损害等，都会扰乱机体对水的正常需要。

(3) 人体中水的生理意义和代谢作用 由于水具有溶解能力强、介电常数大、黏度小、比热容高等理化特性，使它在生物体内具有特殊重要的意义。

第一，水是人体基本组成成分，是维持生命、保持细胞外形、构成各种体液所必要的物质。

第二，参与机体代谢。由于水具有很强的溶解性，使各种有机物和无机物溶于水中，甚至一些脂肪和蛋白质也能在适当条件下分散于水中，构成乳浊液或胶体溶液。由于水的流动性强，可以作为体内各种物质的载体，对于各种营养素的运输和吸收、气体的运输和交换，代谢产物的运输与排泄起到了极其重要的作用。水是体内生化反应的媒介，同时水本身也参

与体内的化学反应。水是各种化学物质在体内正常代谢的保证。所以水是维持人体生理新陈代谢的主要介质（属于媒体营养物质）即通过水把吸收来的营养物质（结构营养物质——蛋白质、脂肪、碳水化合物、常量矿物质等；调控营养物质——微量元素、维生素等）溶解输送到机体的各个部分，之后又通过水把代谢物排出机体以外，从而维护生物体内物质及能量的转化过程和平衡。

第三，调节体温。水对体温的调节是由它的3个特性决定的。

① 水的比热容高。由于体内含有大量的水，所以在代谢过程中所产生的热能多被水吸收，保持体温恒定。

② 水的蒸发热大。当机体在37℃时，每毫升水的蒸发热为2424.6J，因此蒸发少量水即可散发体内贮存的大量热。

③ 水的热导性强。水为非金属中最好的导热体，虽然机体各组织代谢强度不一样，产热量不一样，但可通过水的热导作用来保证机体各组织和器官间的温度趋于一致。

第四，作为润滑剂。水的黏度小，可使体内摩擦部位润滑，减少损伤。体内关节、韧带、肌肉、膜等处的活动都由水作为润滑剂。同时水还可滋润身体细胞，使其经常保持湿润状态。水可以保持肌肤柔软，有弹性。水还可以维持腺体器官的正常分泌。

(4) 人体水缺乏的后果 水在机体内的存在形式包括两部分，即细胞外液和细胞内液。细胞外液占体重的20%，细胞内液占体重的40%~50%，总体液百分含量超过或低于此范围都会发生生理性改变，机体自身为在较小限度内调节体液，而具备许多机制，其中起重要作用的是大脑下丘脑的神经中枢，通过肾脏控制口渴和排尿感觉。当机体失水量为体重的2%左右时，是以细胞外液和间液水分丢失为主。此时下丘脑的口渴中枢受到刺激，出现意识性摄水需求，出现尿少及尿钾丢失量增加。如果继续脱水，当失水量达体重的4%左右，细胞内外液水分的丢失量大致相等，会出现脱水综合征：表现严重的口渴感，心率加快，体温升高，疲劳及体温下降等症状。当失水量为体重的6%~10%时，细胞内液水分丢失的比例增加，表现呼吸频率增加，血容量减少，恶心，食欲丧失，厌食，容易激怒，肌肉抽搐，精神活动减弱，甚至发生幻觉、谵语和昏迷。所以，从某种意义上说，机体失水的过程就是衰老的过程。

(5) 机体中水的来源 补充机体失水的途径有三。

第一，饮用水和其他饮料，占人体水分总来源的一半以上。某些硬水虽然含有足量的钙，但由于不是以离子状态存在，在体内吸收量很小。

第二，固体食物。通过固体食物同时摄入的水分（如饭、菜、水果等），占人体水分总来源的30%~40%。食物水中，有的水分以结晶水形式存在，有一部分以结合水形式存在，都可被人体吸收。

第三，约10%来自机体内的物质生物氧化过程的代谢水。代谢水是由营养素在体内氧化燃烧后生成的。如100g碳水化合物、蛋白质或脂肪，它们在机体内完全氧化后，分别可产生60g、42g和110g代谢水。但是脂肪和蛋白质在氧化过程中还要消耗一部分水分。

1.2.2 饮用水水质与健康

水是自然界一切生命的重要基础，是人类赖以生存和发展必不可少的物质之一。然而，水在自然界的循环过程中，由于人类的活动和工农业的发展，往往会通过不同途径使天然地表水和地下水受到不同程度的污染，因此，水又成为人们疾病发生和传播的重要媒介。世界卫生组织的统计表明，人体所得的各种疾病，80%与水有关。从20世纪70年代起，饮用水中化学成分的数量急剧增加，世界范围内饮用水中，已出现765种合成有机化合物，其中

117 种是属于致癌的或有关致癌的物质。2003 年,世界水资源大会公布的统计报告称,全球约有 14 亿人喝不到安全的饮用水,有 23 亿人没有起码的卫生条件,每天有 6000 名儿童死于卫生不良引起的疾病,尤其在发展中国家已出现了由于饮用水卫生恶劣而造成的令人不安的征兆。我国仅有不足 11% 的人能饮到符合卫生标准的水,有 65.4% 的人口在饮用浑浊、苦咸、受工业污染或能传播疾病的水,约 7 亿人在饮用大肠杆菌超标的水,1.7 亿人在饮用受有机物污染的水,其中近 4000 万人的饮用水污染尤其严重,主要分布在长江沿岸及人口稠密的地区。

饮用水是否安全将直接影响到使用者的健康,关系到人民生活质量的改善与提高。安全的饮用水不会因饮入此种水后发生传染病、地方病或长期饮用后也不会发生某些慢性疾病或者产生对健康不利影响。安全的饮用水首先必须符合国家饮用水卫生标准,该标准是从保障人体健康角度,结合具体国情(技术、经济、居民文化、卫生素质)制定。

1.2.2.1 水的感官性与健康

人类评价饮用水质量的最早参数仅限于感官性的,包括由视觉、嗅觉和味觉所感受的浊度、颜色、肉眼可见异物、嗅和味等几个参数。浊度是用来反映水中悬浮物含量的一个替代参数,悬浮物是水中许多有害物质(包括菌类)寄存的场所,其含量越低越有利于健康。水的嗅和味是由于水中所含的某些物质产生的,虽然一般只限于直接影响水的可饮性,但是产生嗅和味的某些化合物,本身可能是对健康有害的物质。水中某些无机离子和溶解总固体的浓度较高时,或水中溶解的无机气体,或水中的藻类都会产生异味,影响水的可饮性。

供水水质的感官性项目会影响其外观、气味或味道,用户往往以此来评价水质并以此来确定能否接受,因此水的感官性项目指标也要达到可接受的水平。总的来说,感官性项目有些不好一般不影响健康,故世界卫生组织强调:制定国家标准过程中应仔细权衡控制这类项目的投入和效益,需因地制宜地提出要求;也可以像美国那样,把有关健康的项目作为强制性标准,而把感官性项目作为建议,国家在统计是否完成标准要求时,可不包括感官性项目。随着人民生活水平不断提高,对感官性项目的要求也不断提高。2001 年日本主管供水的厚生省曾安排研究:怎样的水是可口的,怎样达到可口,然后提出了快适水(口味好)的水质标准。该标准不属强制执行,而是引导性的,政府对为此采取深度处理的供水企业给予部分经济补贴。

1.2.2.2 饮用水中的元素及化合物与健康

人体需要的主要元素有 10 种,即碳、氧、氢、钙、硫、磷、钠、钾、氯和镁。在微量元素中,现已知道铁、碘、铜、锰、锌、钴、铬、硒、钼、氟、硅、锡、钒、镍、铝和硼等 16 种元素与人类的生理活动有关。这个名单的元素还会不断增长。通过饮用水进入人体的这些元素必然与健康有关。表 1-3 根据我国生活饮用水标准编制说明,结合有关资料列出部分元素及化合物与健康的关系。

1.2.2.3 水体中的主要污染物及来源

(1) 水体污染源 水体污染主要是指水体因某些物质的介入,导致其化学、物理、生物或放射性等方面特性的改变,从而造成水质恶化,影响人体健康或破坏生态环境的现象。水体中污染物主要来自人们的生产和生活活动,主要来源有工业废水、生活污水、农业污水等。对水体污染影响较大的工业废水主要来自冶金、化工、电镀、造纸、印染、制革等行业。废水中有害物质的种类和数量因生产工艺和生产方式的不同而有很大差异。如电力、矿山等部门的废水主要含无机污染物,而造纸、食品等部门的废水有机物含量很高。生活污水主要是指居民生活中产生的洗涤污水和粪便等,污水中氮、磷含量较高,并常含有肠道致病菌和病毒。城市污水不经处理就排入地面水体,会使河流、湖泊受到污染,常引起地面水体

表 1-3 水中元素及化合物与健康的关系

元素及化合物	产生影响	GB 5749—85
总硬度	人们对水的硬度有一定的适应性,改变硬度(特别是高硬度)可引起胃肠功能的暂时性紊乱	450mg/L(以硬度酸钙计)
铁	高浓度时使水外观不良,有味	0.3mg/L
铜	毒性小,过多对人体有害	1.0mg/L
锌	毒性很低,但摄入太多则刺激胃肠道	1.0mg/L
硫酸盐	有轻泻作用	250mg/L
氯化物	浓度过高可产生恶味	250mg/L
溶解性总固体	高浓度时有泻药反应	1000mg/L
氟化物	摄入过多对人体有害,可致慢性中毒	1.0mg/L
氰化物	有剧毒	0.05mg/L
砷	与皮肤癌有关,认定的致癌物	0.05mg/L
硒	其化合物对人和动物有毒	0.01mg/L
汞	剧毒物,可致慢性中毒	0.001mg/L
铬(六价)	致癌物	0.05mg/L
铅	在骨中累积,便秘、贫血、腹痛	0.05mg/L
银	有毒,很高时致命	0.05mg/L
硝酸盐	诱发高铁血红蛋白症以及可能形成致癌的亚硝酸盐	20mg/L
氯仿	公认的致癌物	60μg/L
四氯化碳	具有多种毒理学效应,包括致癌性	3μg/L
苯并(a)芘	致癌物	0.001μg/L
滴滴涕	作用于中枢和外周神经系统,具有强蓄积性	1μg/L
六六六	有毒,糖耐量异常	5μg/L
放射性物质	诱发癌症,有致畸作用,会遗传后代	总 α<0.1Bg/L 总 β<1Bg/L

富营养化。农业污水是栽培作物、饲养牲畜、加工农产品等过程中排出的污水,常含有多种病原体、悬浮物以及化肥、农药等。除人为因素外,自然因素也可引起水质某些成分的改变,危害人体健康。如由于特殊的地质化学成分的影响,使水中某些微量元素含量过高或过低。人们长期饮用这种水会引起某些疾病,如水致地方性氟中毒及地方性甲状腺肿。

(2) 水体污染物 水体中的污染物种类按性质可分为化学性、物理性及生物性污染物。

① 化学性污染物 引起化学性污染的各种有毒化学物质有汞、镉、铅、砷、铬、镍、锰等重金属元素及滴滴涕、六六六、多氯联苯、有机磷农药、多环芳烃等有毒有机物。其中富含氮、磷的有机物质严重污染水体后,可引起水体富营养化。

② 物理性污染物 物理性污染包括放射性污染及热污染等。核能的利用及同位素在生产 and 科研中的广泛使用,使放射性废水增加,污染水体后可影响人体健康。工矿企业向水体中排放高温废水,使水温升高,影响水生态环境,使水质恶化。

③ 生物性污染物 各种污水排入水体后,可将病原微生物如细菌、病毒、原虫及各种寄生虫等带入水体,引起传染病的流行。

1.2.2.4 饮用水和传染病

人们对饮用水中污染物对健康危害的认识最早是从致病细菌开始的。19 世纪末,由于人类认识到严重危害生命的霍乱、伤寒、痢疾等传染病是通过饮用水传播的,才第一次把水质与健康直接联系起来。通过饮用水传播的病原微生物有细菌、病毒、原生动物和肠虫等。基于这一认识,人们采取了许多卫生和净化手段以减少致病细菌的威胁。由于采取了这些措施,水致传染病的发病率大幅度减少。我国城市供水基本上采用氯消毒,据不完全统计,细菌总数和大肠菌群指标合格率大多在 95% 以上,从而有效地控制了水传染性疾病。