



世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 城市水工程 运行与管理

肖利萍 于洋 主编  
田一梅 季民 主审



免费电子课件



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 城市水工程运行与管理

主 编 肖丽萍 于 洋  
副主编 姜彦立 邵生霞  
参 编 周新华 狄军贞 李喜林 陶贵清 朱忆鲁  
李婷婷 张智慧 郭广田 刘 玲 闫明慧  
主 审 田一梅 季 民



机械工业出版社

城市水工程是净化水质,控制水污染,保障城市水量、水质、水压的公共基础设施,是实现城市水系统良性循环,水资源可持续利用以及城市可持续发展的重要保障。本书即从运行和管理角度分析城市水工程运行控制中的技术保障措施和科学管理方法。

本书力求全面和系统地阐述城市水工程的工艺过程、常见工艺构筑物,工艺运行控制与管理,常见故障原因分析与对策,管道和设施的运行保养、维护与检修,经济成本核算等的知识和技能。使学习者掌握城市水工程运行控制与管理的系统知识和解决工程实践问题的能力。全书深入浅出,内容丰富,实践性强,便于学生学习和相关专业技术人员的学习和实践。

本书为高等院校给水排水工程和环境工程专业教材,也可作为相关部门科研、企业管理和工程技术人员的参考用书。

本书配有电子课件,免费提供给选用本书的授课教师,请需要者根据书末的“信息反馈表”进行索取。

## 图书在版编目(CIP)数据

城市水工程运行与管理/肖利萍,于洋主编. —北京:机械工业出版社,2009.9

(21世纪高等教育给水排水工程系列规划教材)

ISBN 978-7-111-27922-8

I. 城… II. ①肖…②于… III. ①市政工程:给水工程—高等学校—教材②市政工程:排水工程—高等学校—教材 IV. TU991

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第132717号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘涛 责任编辑:刘涛 版式设计:张世琴

责任校对:张媛 封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2009年9月第1版第1次印刷

169mm×239mm·22.5印张·436千字

标准书号:ISBN 978-7-111-27922-8

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

水是生命之源，水是城市发展的血液，维系着城市人民生存和社会经济发展的命脉。随着人口的增长，经济的发展，世界用水量在大幅度增长，同时污水的排放量与日俱增，水污染严重使可供利用的水资源减少，更加重了水资源的供需矛盾。目前，全球性的水污染问题对人类的生存和经济发展构成了越来越严重的威胁，防治水体恶化，保护水资源，走可持续发展的道路已成为人类共同追求的目标。水资源短缺和水环境污染使我国水工业面临双重压力，严重制约着我国社会经济的发展。

水在自然界中是唯一不可替代的资源，也是唯一可以重复利用的资源。科学用水和排水是人类社会发展史上最重要的社会活动和生产活动内容之一，特别是随着人类居住和生产的城市化进程，城市水工程已经发展成为城市建设和工业生产的重要基础设施，成为人类生命健康安全和工农业科技与生产发展的基础保障。因此，大力发展城市水工程；净化水质，控制水污染，保障城市水量、水质、水压；强化城市水工程的运行控制与管理；提高水工程的运行效率、安全可靠性和最大限度地降低运行、维护和管理费用；解决城市水资源危机；并使水资源实现良性社会循环；实现经济、环境、社会效益的三统一，具有重要的现实意义。

本书从培养应用型人才的角度出发，在内容上力求体现“基础扎实、突出应用”的原则，重点突出城市水工程的实用技术，适当介绍国内外特殊水源水的处理技术和污水生物处理工艺的新发展。本教材实践性强，具有强化理论知识与生产实践相结合的作用，为培养学生解决工程实际问题的能力和将来走入社会创造条件。

本书由肖利萍、于洋任主编，姜彦立、邵生霞任副主编，田一梅教授、季民教授主审。编写人员及分工为：第1章~第9章，肖利萍、于洋；第10章，李喜林、朱忆鲁；第11章，肖利萍、于洋、张智慧；第12章，李喜林、刘玲；第13章，于洋、李喜林、郭广田；第14章、第15章，肖利萍；第16章、第17章，狄军贞；第18章，肖利

萍、陶贵清、闫明慧；第19章，周新华；第20章，邵生霞；第21章，狄军贞、张智慧；第22章、第23章，肖利萍、张智慧；第24章，李婷婷、朱忆鲁、郭广田；第25章、第26章，姜彦立，全书由肖利萍统稿。

田一梅教授、季民教授对本书进行了认真审核，并提出了很好的修改意见和建议，在此，对田教授、季教授表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中得到了阜新市自来水总公司褚玉芬高级工程师等的大力帮助，杨伟老师和硕士研究生张春婵同学完成了部分图表的制作，在此一并致谢。

编者在编写过程中参考了大量书目和文献，其中的主要参考书目附于书后。本书从主要参考书目中录用了很多十分经典的素材和文字材料，无法在书中一一注明出处。在此，向这些著作的作者表示诚挚的感谢。

限于编者水平，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

前言

## 第 1 篇 城市给水工程的运行与管理

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 我国水资源概况 .....	1
1.2 水质标准与水质指标 .....	6
1.3 给水工程综述 .....	15
1.4 给水工程的技术经济指标与运行管理 .....	19
<b>第 2 章 水源取水工程的运行与管理</b> .....	21
2.1 给水水源的分类及特点 .....	21
2.2 水源地选取的前期工作 .....	23
2.3 水源地选取的基本原则 .....	24
2.4 水源地的保护 .....	25
2.5 取水水源的运行与管理 .....	33
2.6 取水构筑物的运行与管理 .....	34
<b>第 3 章 混凝工艺的运行与管理</b> .....	42
3.1 混凝工艺概述 .....	42
3.2 工艺运行控制与管理 .....	49
3.3 常见故障原因分析与对策 .....	54
<b>第 4 章 沉淀工艺的运行与管理</b> .....	56
4.1 沉淀工艺概述 .....	56
4.2 工艺运行控制与管理 .....	60
4.3 常见故障原因分析与对策 .....	62
<b>第 5 章 澄清工艺的运行与管理</b> .....	63
5.1 澄清工艺概述 .....	63
5.2 常见澄清池的工艺运行控制与管理 .....	64
5.3 常见故障原因分析与对策 .....	69
<b>第 6 章 过滤工艺的运行与管理</b> .....	70
6.1 过滤工艺概述 .....	70
6.2 滤池工艺运行控制与管理 .....	81
6.3 常见故障原因分析与对策 .....	84
<b>第 7 章 消毒工艺的运行与管理</b> .....	87
7.1 消毒工艺概述 .....	87

7.2 加氯消毒工艺运行控制与管理 .....	91
7.3 其他消毒方法 .....	95
<b>第8章 给水厂污水、污泥处理与回用 .....</b>	<b>98</b>
8.1 沉淀污泥与反冲洗污水的处理 .....	98
8.2 废水回收利用 .....	101
<b>第9章 给水厂的经济成本核算和安全运行管理 .....</b>	<b>105</b>
9.1 造价构成及经济成本核算 .....	105
9.2 各工序间整体协调的安全运行管理 .....	109
<b>第10章 水质分析、检测与给水厂的自动化控制 .....</b>	<b>113</b>
10.1 实验室的配备 .....	113
10.2 检测项目、频率与方法 .....	115
10.3 给水厂的自动化控制 .....	119
<b>第11章 给水厂运行保养、维护与检修 .....</b>	<b>124</b>
11.1 供水设施的保养、维护与检修 .....	124
11.2 主要机电设备的保养、维护与检修 .....	127
11.3 仪器仪表保养、维护与检修 .....	130
<b>第12章 特殊水源水处理技术 .....</b>	<b>134</b>
12.1 微污染水源水处理技术 .....	134
12.2 高浊度水源水处理技术 .....	144
12.3 含藻类水源水处理技术 .....	147
12.4 含铁、锰水源水处理技术 .....	149
<b>第13章 给水处理厂常用药剂及材料 .....</b>	<b>154</b>
13.1 给水处理常用药剂及材料 .....	154
13.2 给水处理常用药剂性能介绍 .....	155
<b>第14章 输配水工程的运行、维护与管理 .....</b>	<b>160</b>
14.1 水管、管网附件和附属构筑物 .....	160
14.2 管网的技术管理 .....	166

## 第2篇 城市排水工程的运行与管理

<b>第15章 概述 .....</b>	<b>175</b>
15.1 城市污水概况 .....	175
15.2 城市污水的性质与污染指标 .....	176
15.3 水污染控制法规与标准 .....	182
15.4 排水工程综述 .....	183
15.5 污水处理厂的技术经济指标与运行管理 .....	188
<b>第16章 预处理系统的运行与管理 .....</b>	<b>191</b>
16.1 格栅的运行控制与管理 .....	191
16.2 沉砂池的运行控制与管理 .....	194
16.3 污水泵站的运行控制与管理 .....	197

16.4 预处理系统对后续工艺的影响 .....	199
<b>第 17 章 初沉池的运行与管理</b> .....	201
17.1 初沉池工艺概述 .....	201
17.2 初沉池工艺参数控制与管理 .....	202
<b>第 18 章 活性污泥处理系统的运行与管理</b> .....	206
18.1 活性污泥法工艺概述 .....	206
18.2 活性污泥工艺种类 .....	215
18.3 活性污泥系统工艺运行控制与管理 .....	219
18.4 活性污泥的培养驯化 .....	231
18.5 活性污泥工艺的常见故障原因分析与对策 .....	233
<b>第 19 章 传统活性污泥法的新发展与新工艺</b> .....	242
19.1 氧化沟工艺 .....	242
19.2 序批式活性污泥法 (SBR) 工艺 .....	251
19.3 A (A <sup>2</sup> ) /O 工艺 .....	258
<b>第 20 章 生物膜法处理系统的运行与管理</b> .....	265
20.1 生物膜法工艺概述 .....	265
20.2 生物膜的培养驯化 .....	266
20.3 生物滤池工艺的运行控制与管理 .....	267
20.4 生物转盘工艺的运行控制与管理 .....	275
20.5 生物接触氧化法工艺的运行控制与管理 .....	278
<b>第 21 章 污泥处理与处置系统的运行与管理</b> .....	284
21.1 污泥浓缩工艺的运行控制与管理 .....	285
21.2 污泥厌氧消化工艺的运行控制与管理 .....	287
21.3 污泥脱水工艺的运行控制与管理 .....	292
21.4 污泥的资源化利用 .....	297
<b>第 22 章 中水处理与资源化利用</b> .....	300
22.1 缺水现状及中水利用的意义 .....	300
22.2 中水处理工艺的运行控制与管理 .....	301
22.3 中水的资源化利用 .....	306
<b>第 23 章 污水厂的经济成本核算和安全运行管理</b> .....	310
23.1 污水厂的造价构成及经济成本核算 .....	310
23.2 各工序间整体协调的安全运行管理 .....	314
<b>第 24 章 污水厂处理系统运行效果检测与自动化控制</b> .....	317
24.1 实验室的配备 .....	317
24.2 检测项目、方法与频率 .....	317
24.3 污水厂的自动化控制 .....	320
<b>第 25 章 污水厂运行保养、维护与检修</b> .....	329
25.1 污水厂处理设施的保养、维护与检修 .....	329
25.2 主要机电设备的保养、维护与检修 .....	334
25.3 仪器仪表的保养、维护与检定 .....	338



---

<b>第 26 章 排水管渠系统的运行、维护与管理</b> .....	340
26.1 排水管渠的材料及接口 .....	340
26.2 排水管渠系统的附属构筑物 .....	342
26.3 排水管渠系统的日常运行、维护与管理 .....	344
<b>参考文献</b> .....	348

# 第 1 篇 城市给水工程的 运行与管理

# 1

## 第 1 章

### 概 述

水是生命之源，是地球上一切生态环境存在的基础。人类生存离不开水，水是人类生活和生产不可替代的宝贵资源。地球上水的储量很大，但能够供人们利用的却很有限，即使如此有限的淡水资源，其分布也极为不均衡。世界水资源面临着水量短缺严重、供需矛盾尖锐、水源污染严重、“水质性缺水”突出等问题，联合国在 1977 年就向全世界发出警告：“水资源不久将成为一场严重的社会危机，石油危机的下一个危机是水。”那么我国的水资源到底是一种什么状况呢？

#### 1.1 我国水资源概况

##### 1.1.1 我国水资源现状

一般认为，水资源概念具有广义和狭义之分，广义上的水资源是指在一定的经济技术条件下能够直接或间接使用的各种水和水中物质，狭义上的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接使用的淡水，我们论述的水资源一般限于狭义水资源范围。

据统计，我国多年平均降水量约 6.2 万亿  $\text{m}^3$ ，折合降水深度为 648mm，与全球陆地降水深度 800mm 相比低 20%。根据《中国水资源公报 1997》（中华人民共和国水利部，1998 年 11 月），1997 年全国水资源总量 2788 $\text{km}^3$ ，我国仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚，位居世界第六位。但我国人口基数大，人均占有水资源量仅相当于世界人均占有量的 1/4。

世界水资源研究机构提出，用以下四级水平来衡量人均占有水资源量的多

少:

1) 人均水资源占有量少于  $1000\text{m}^3$  为最低水平, 表示严重缺水, 此为生存起码标准线。

2) 人均水资源占有量  $1000 \sim 5000\text{m}^3$  为低水平, 表示缺水。

3) 人均水资源占有量  $5000 \sim 10000\text{m}^3$  为中等水平, 表示不缺水。

4) 人均水资源占有量大于  $1\text{万 m}^3$  为高水平, 表示水量丰富。

据此标准, 我国已处于严重缺水的边缘。

我国目前有 15 个省、市、自治区人均低于严重缺水线, 其中天津、上海、宁夏、北京、河北、河南、山东、山西、江苏、辽宁等省、市、自治区人均水资源占有量低于  $1000\text{m}^3$ 。

### 1.1.2 我国水资源基本特点

我国水资源具有以下特点:

(1) 人均水资源占有量偏少 根据 1997 年人口统计, 全国人均水资源量为  $2220\text{m}^3$ 。按联合国可持续发展委员会等七个有关组织 1997 年对全世界 153 个国家和地区所做的统计, 我国人均水资源量排在第 121 位。预计到 21 世纪中叶, 我国人均水资源量将接近  $1700\text{m}^3$ , 用水极度紧张。

(2) 水、土资源的区域分布条件不相匹配 将全国 10 个流域分区合并成南方、北方与西北内陆 3 个明显不同的类型区, 并进行水、土资源组合条件的比较, 可以看出水土条件不相匹配的特点。

1) 南方片。全国水资源有 80.4% 分布在长江流域及其以南地区, 而该地区的人口占全国的 53.6%, 耕地占 35.2%, GDP 占 55.5%, 人均水资源量为  $3481\text{m}^3$ , 亩均水资源量为  $4317\text{m}^3$ , 属于人多、地少、经济发达、水资源相对丰富的地区。

2) 北方片 (不含内陆河流域片)。长江流域以北地区的人口占全国的 44.3%, 耕地占 59.2%, GDP 占 42.8%, 但水资源仅占 14.7%, 人均水资源量为  $747\text{m}^3$ , 亩均水资源量为  $471\text{m}^3$ , 属于人多、地多、经济相对发达、水资源短缺的地区, 黄河、淮河、海河 3 个流域尤为突出。这 3 个流域的耕地占全国的 39.1%, 人口占 34.7%, GDP 占 32.4%, 而水资源仅占 7.7%, 人均水资源量为  $500\text{m}^3$ , 亩均水资源量少于  $400\text{m}^3$ , 是全国水资源最为缺乏的地区。

3) 内陆河片。内陆河片土地面积为  $337\text{万 km}^2$ , 约占全国的 35%, 水资源总量为  $1300\text{亿 m}^3$ , 占全国的 4.9%。该地区耕地面积占全国的 5.6%, 人口占 2.1%, GDP 占 1.7%。虽然人均水资源量约为  $4876\text{m}^3$  (按 1993 年人口计算, 为  $5220\text{m}^3$ ), 亩均水资源量约为  $1600\text{m}^3$ , 但干旱区的荒漠绿洲生态需要大量水分来维系其脆弱的稳定性, 使进一步开发利用水资源受到生态环境需水的制约。

(3) 水资源补给年内与年际变化大 受季风气候影响, 我国降水量年内分配极不均匀, 大部分地区年内连续 4 个月的降水量占全年水量的 60% ~ 80%。

也就是说,我国水资源中有 $2/3$ 左右是洪水径流量。此外,我国降水量年际之间变化很大,南方地区最大年降水量一般是最小年降水量的 $2\sim 4$ 倍,北方地区为 $3\sim 8$ 倍,并且出现过连续丰水年或连续枯水年的情况。降水量和径流量的年际剧烈变化和年内高度集中,是造成水旱灾害频繁、农业生产不稳定和水资源供需矛盾十分尖锐的主要原因,也决定了我国江河治理和水资源开发利用的长期性、艰巨性和复杂性。

(4) 生态环境用水问题突出 黄河径流的高泥沙含量举世闻名。其多年平均含沙量为 $35\text{kg}/\text{m}^3$ ,干流最大实测含沙量为 $970\text{kg}/\text{m}^3$ ,支流最大实测含沙量为 $1600\text{kg}/\text{m}^3$ ,均列世界大河之首。为保证黄河、永定河等多泥沙河流的河道不致萎缩,需要安排汛期冲沙水量。

西北内陆地区气候干旱,生态环境十分脆弱,必须优先保证生态环境用水,以维持荒漠绿洲的有限生存环境。河道汛期输沙水量和枯季河川基流等环境用水需求,进一步加剧了北方水资源短缺地区的用水竞争。

### 1.1.3 我国水资源开发利用现状

#### 1. 供水量及其增长情况

(1) 1997年供水状况 1997年我国已建成水库8.48万座,总库容为4583亿 $\text{m}^3$ ,占全国地表水资源量的16.9%。河北、河南及山东三省的地下水配套机井均在70万眼以上,三省总装机占全国的68%,井灌面积占64%,地下水已成为这些地区的重要水源。

为缓解重点缺水地区的供需矛盾,已建成海河流域引黄工程、淮河流域引江和引黄工程,以及引滦入津、引黄济青等一批跨流域调水工程。

1997年全国实际供水量为5623亿 $\text{m}^3$ ,其中地表水供水量为4566亿 $\text{m}^3$ ,地下水供水量为1031亿 $\text{m}^3$ 。

(2) 供水增长情况 据统计,1980年、1993年和1997年全国实际供水量分别为4432亿 $\text{m}^3$ 、5224亿 $\text{m}^3$ 和5623亿 $\text{m}^3$ ,17年间年均增长70亿 $\text{m}^3$ ,其中1993~1997年间年平均增长100亿 $\text{m}^3$ 。从水源构成看,地表水占总供水的比重持续下降,而地下水所占比重则上升。1980年全国地下水总供水量为619亿 $\text{m}^3$ ,1997年则达1031亿 $\text{m}^3$ ,一些地区,主要是北方地区,过量开采了地下水。

#### (3) 我国水资源开发利用在区域上具有明显差异

1) 南方片。目前供水主要靠地表水,其供水量占总供水量的比例一般都在95%以上。但近几年来由于受到地表水污染的影响,南方对地下水的利用有加大的趋势,特别在长江下游和珠江三角洲地区。西南地区诸河多属国际河流,且河流切割很深,导致田高水低,水资源开发利用的工程条件较差,其利用程度尚不足2%。

2) 北方片(不含内陆河流域片)。尤其是黄河、淮河、海河3个流域,其

供水增长严重受制于当地水资源的不足,目前主要靠抽取地下水,包括超采地下水来维持不断增长的用水需求。1997年与1980年相比,海河和黄河流域的地表水供水量基本没有增加,淮河流域靠引江水使供水量有一定幅度的增长。地下水供水量普遍增加,占总供水量的比例不断升高。1997年,海河流域地下水供水量所占比例已达到61%,黄河和淮河流域也分别上升到33%和28%,松辽河片的地下水利用量已达266亿 $m^3$ ,占总供水量的43%。

3) 内陆河片。目前供水主要靠地表水(约占总供水量的90%),塔里木河、乌鲁木齐河、玛纳斯河、石羊河、黑河等流域的地表水开发利用程度已远远超过40%这一国际公认标准。地下水开采量也日渐增大,1997年占总供水量的10.8%,主要用于城市与工业供水。目前农灌区地下水的利用较少,地下水位偏高,次生盐渍化严重,今后应加大灌区地下水的利用,以减少陆面无效蒸发,控制次生盐渍化的发展。

(4) 我国水资源利用程度 1980年我国水资源利用率为16.1%,1993年上升到18.9%,1997年则达到19.9%。北方片1997年水资源利用率已接近50%,其中超过50%的流域片,即黄河流域(67%)、淮河流域(59%)和海河流域(近90%),均在北方地区。这些地区水资源的过度开发,引发了断流、地下水严重超采、河口生态环境恶化等问题。内陆河片的水资源利用率也超过了40%,松辽河片已达32%。南方片各流域水资源利用率均较低,一般小于20%,但由于水体受到污染,造成水质下降,从而产生了水质型缺水。

## 2. 用水量及其增长情况

(1) 用水总量持续增长 资料表明,我国用水增长十分迅速。全国总用水量1949年估计为1031亿 $m^3$ ,10年后翻了一番;1980年全国总用水量达4437亿 $m^3$ ,与1965年相比,年均增长率约为3.3%;1993年与1980年相比,全国总用水量年均增长59亿 $m^3$ ,增长率为1.2%;1997年全国总用水量为5566亿 $m^3$ ,与1993年相比,年均增长率为1.7%,年均增幅为92亿 $m^3$ ,2005年,全国总用水量为5633亿 $m^3$ ,用水总量持续增长。

(2) 用水结构不断调整 在季风气候影响下,我国灌溉农业用水占全部用水的比重较高,但却始终呈递减趋势:由1949年的97.1%,逐步下降到1980年的88.2%、1993年的78.0%和1997年的75.3%。工业和城市生活用水快速上升。工业用水占总用水的比重1949年仅为2.3%,而1997年为20%,2005年为22.8%;城镇生活用水增长更为迅速,1980~1997年间的年均增长率为7.9%,其占总用水的比例由1980年的0.6%上升到1997年的4.5%,而2005年达到12%。随着工业化进程的加快和城镇化水平的提高,这种趋势仍将持续下去。

(3) 南、北方用水增长差别明显 数据表明,我国北方5个流域片的用水总量占全国用水总量的比重呈下降趋势:1980年为49.3%,1993年为47.4%,1997年继续下降到47.0%。

北方农业用水的增幅大于南方, 1980年北方农业用水占全国农业用水量的51.3%, 1997年上升为52.5%, 这与北方土地资源丰富及灌溉面积发展规模大于南方的实际情况相吻合。而北方工业用水的增长则慢于南方。南、北方地区的生活用水量均呈增长趋势。

#### (4) 用水效率明显提高但仍有很大潜力

1) 工农业用水定额不断下降。按可比价计算, 1997年全国平均每万元GDP用水量仅为1980年的1/4; 全国平均亩均用水量已从1980年的 $583\text{m}^3$ 降到1997年的 $516\text{m}^3$ , 累计下降 $67\text{m}^3$ , 年均下降 $4\text{m}^3$ ; 工业万元产值用水量在1980~1997年的17年间, 年均下降8.7%。这些数据说明我国经济结构和用水结构发生了重大变化, 另一方面也说明我国的节水工作取得了一定进展。

2) 生活用水定额持续上升。从1980年开始, 生活用水定额随着生活水平的提高而上升, 特别是城镇生活用水量, 已从1980年的117L提高到1997年的220L, 增长十分明显, 其中城镇流动人口对用水定额的快速增长也有一定影响。乡村人均日用水量比较低, 但也有一定程度的增长。

3) 用水效率的区域性差异大, 节水仍有潜力。人均用水量、工农业和生活用水量在全国各省间的差别较大。以1997年统计数据为例: 人均用水量, 北方各省区在 $250\sim 400\text{m}^3$ 之间, 其中新疆高达 $2117\text{m}^3$ , 山西仅为 $192\text{m}^3$ ; 南方在 $400\sim 650\text{m}^3$ 之间, 其中珠江三角洲为 $853\text{m}^3$ 。亩均灌溉用水量, 宁夏为 $1648\text{m}^3$ , 而山西仅为 $215\text{m}^3$ ; 工业万元产值用水量(不含火电), 以贵州为最高( $296\text{m}^3$ ), 上海为最低( $29\text{m}^3$ ); 城镇生活日用水量, 上海为444L, 而新疆只有97L; 农村生活日用水量, 广西最高, 为190L, 宁夏仅为33L。全国平均灌溉水渠系利用系数约为0.4左右, 工业用水重复利用率不到40%, 用水效率进一步提高仍有较大的潜力。

#### 3. 水资源开发利用中面临的主要问题

我国水资源开发利用取得了巨大成绩, 为国民经济发展做出了很大贡献, 但也存在一些问题, 主要表现在以下几个方面。

(1) 黄河、淮河、海河流域缺水形势加剧 近几十年来, 经过大规模的水利工程建设, 全国贮供水能力已经达到5800亿 $\text{m}^3$ 左右, 但我国的缺水状况从总体上并未得到改善。黄河、淮河、海河流域水资源开发利用程度均已超过50%, 缺水形势十分严峻。

(2) 城市缺水现象日益突出, 挤占生态环境用水和农业用水 20世纪80年代以来, 工业化和城市化发展迅速, 城镇生活和工业用水快速增长, 大中城市的水资源供需矛盾日益突出。截至1993年底, 全国570个大中城市中, 缺水城市达到333个, 日缺水量达1600万 $\text{m}^3$ , 随着我国城市化的进程加快, 人民的生活水平也在不断提高, 人口还在增加, 这都需要大量的水资源。1997年全国实际供水量为5623亿 $\text{m}^3$ , 预计到2030年人口增至16亿时, 全国用水总量可能达到7000~8000亿 $\text{m}^3$ 。由于地下水超采和农业用水被挤占, 生态环境恶化和农业

缺水现象日益突出。

(3) 用水浪费和缺水现象并存, 节水和挖潜还有较大潜力 工农业用水一方面很紧张, 另一方面浪费也很严重。全国农业灌溉水的利用系数平均为 0.35, 与先进国家的 0.8 相比, 我国灌区效率落后于世界先进水平 30~50 年。1997 年全国工业万元产值用水量是发达国家的 5~10 倍; 工业用水的重复利用率平均为 30%~40%, 而发达国家为 75%~85%, 差距十分明显。全国多数城市自来水管网仅跑、冒、滴、漏的损失率至少为 20%。节水、污水处理回用及雨水利用还没有得到很好的推广。此外, 由于长期以来工程维修费用不足, 致使供水工程老化失修, 严重影响了其供水效益的发挥。

(4) 水污染加剧, 江河湖库的水质下降 据 1997 年《中国水资源公报》, 全国废、污水年排放总量约为 584 亿  $m^3$ , 绝大部分废、污水未经处理或处理后尚未达标就被排入江河或直接用于农田灌溉。在全国约 10 万 km 的评价河长中, IV 类以上的污染河长占 47%。在北方辽河、黄河、海河、淮河等流域, 污水与地表径流的比例高达 1:14~1:6。全国 118 个城市的饮用水调查显示: 64% 的城市的地下水受到严重污染; 33% 的城市的地下水受到轻度污染; 仅有 3% 的城市水质尚属清洁。

(5) 干旱地区水资源开发利用程度过高, 生态环境恶化 在西北内陆河流域, 灌溉农业的不断扩大、绿洲农业耗水量的增加、水资源利用程度的提高, 引起了下游生态环境恶化, 突出表现为天然绿洲萎缩、终端湖泊消亡、荒漠化现象加剧。尤以塔里木河下游绿色走廊的萎缩、石羊河下游民勤盆地地下水超采、荒漠化发展最为明显。黄河、淮河、海河流域因过量取用地表水, 造成河道季节性断流, 致使河口淤积、泄洪能力下降。

(6) 水资源管理水平亟待提高 以 1988 年《中华人民共和国水法》的颁布为重要标志, 我国的水管理体系初步建立。实施取水许可制度、调整水价、征收水资源费、贯彻水资源有偿使用等措施, 推动了节水工作的开展。但配套法规和监督、协调机制尚未完全建立, 有法不依、执法不严、各自为政的现象依然存在, 影响了水资源的合理利用。

## 1.2 水质标准与水质指标

### 1.2.1 水质标准

水质的优劣与人类健康密切相关。随着社会经济发展、科学进步和人民生活水平的提高, 人们对生活饮用水的水质要求不断提高, 饮用水水质标准也相应的不断发展和完善。由于生活饮用水水质标准的制定与人们的生活习惯、文化、经济条件、科学技术发展水平、水资源及其水质现状等多种因素有关, 不仅各国之间, 而且同一国家的不同地区之间, 对饮用水水质的要求都存在着差

异。

本部分主要介绍我国现行水质标准和规范——CJ/T 206—2005《城市供水水质标准》、GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》、GB 3838—2002《地表水环境质量标准》、GB/T 14848—1993《地下水质量标准》、CJ 3020—1993《生活饮用水水源水质标准》、《生活饮用水水质卫生规范》等，供大家参考。

(1) CJ/T 206—2005《城市供水水质标准》 该标准是2005年6月1日实施的最新标准，该标准规定了常规水质指标。

(2) GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》 该标准是2007年7月1日实施的最新标准，本标准适用于城乡各类集中式供水的生活饮用水，也适用于分散式供水的生活饮用水。

(3) 供水水源水质标准 选用地表水作为供水水源时，应符合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的要求；选用地下水作为供水水源时，应符合GB/T 14848—1993《地下水质量标准》的要求，作为生活饮用水的水源水质应符合CJ 3020—1993《生活饮用水水源水质标准》。

(4)《生活饮用水水质卫生规范》 本规范规定了生活饮用水及其水源水的水质卫生要求。本规范适用于城市生活饮用集中式供水（包括自建集中式供水）及二次供水。

### 1.2.2 水质指标

由于工业用水和生活用水要求的侧重点不同，对水质的分类方法和水质指标的项目要求也不尽相同，一般可分为物理指标、化学指标和微生物指标等三类。国家生活饮用水卫生标准则是将其分为微生物指标、毒理指标、感官性状和一般化学指标、放射性指标四类。现将GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》水质常规指标及限值以及饮用水中消毒剂常规指标及要求简介如下。

#### 1. 微生物指标

(1) 总大肠菌群 饮用水受到粪便等污染，就可能带有沙门氏菌、志贺氏菌、弧菌等，它们均能以水为媒介引起肠道传染病。由于从饮水中直接检验肠道致病微生物方法复杂，需时较长，而且即使检验为阴性结果，在卫生上也不能保证安全，因此国内外在实际工作中都采用测定大肠菌群的间接法。

大肠菌群系一群需氧及兼性厌氧，能使乳糖在37℃24h内产酸产气的革兰氏阴性无芽孢杆菌。这些细菌在生化及血清方面并非完全一致，上述定义只是这群细菌的总称。

GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》规定大肠菌群每100mL不得检出，当水样检出总大肠菌群时，应进一步检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群；水样未检出总大肠菌群，不必检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群。

(2) 耐热大肠菌群 作为一种卫生指标菌，耐热大肠菌群中很可能含有粪源微生物，因此耐热大肠菌群的存在表明可能受到了粪便污染，可能存在大肠



杆菌。但是，耐热大肠菌群的存在并不代表对人有什么直接的危害。

作为粪便污染指标菌，耐热大肠菌群与大肠菌群、大肠杆菌相似，主要以其检出情况来判断食品是否受到了粪便污染。粪便是肠道排泄物，有健康者，也有肠道病患者或带菌者粪便，所以粪便中既有正常肠道菌，也可能有肠道致病菌（如沙门氏菌、志贺式菌、霍乱弧菌、副溶血弧菌等）和食物中毒者携带的病菌。因此，食品既然受到粪便污染就有可能对食用者造成潜在的危害。

通常情况下，耐热大肠菌与大肠菌群相比，在人和动物粪便中所占的比例较大，而且由于在自然界容易死亡等原因，耐热大肠菌群的存在可认为食品直接或间接的受到了比较近期的粪便污染。因而，耐热大肠菌群在食品中的检出，与大肠菌群相比，说明食品受到了更为不清洁的加工，肠道致病菌和食物中毒菌的可能性更大。

耐热大肠菌群比大肠菌群能更贴切地反应食品受人和动物粪便污染的程度，且检测方法比大肠杆菌简单地多，而受到重视。

GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》规定耐热大肠菌群每100mL不得检出。

(3) 大肠埃希氏菌 大肠埃希氏菌又名大肠杆菌，可引起腹泻和尿道感染，位于大肠杆菌表面的脂多糖是其致病的重要原因之一，1885年，德国细菌学家蒂尔德·埃希查尔氏分离得到的细菌模式组就以他的名字命名。这种菌是格兰氏阴性杆菌，单独或成对生长。

因为它通常存在于人类和动物胃肠道内，因此被命名为大肠杆菌。GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》中将大肠埃希氏菌列入检测项目中。并阐述：“只有埃希氏大肠杆菌是粪源特异性的，是最准确和专一的粪便污染指示”，并规定大肠埃希氏菌每100mL不得检出。

(4) 菌落总数 水中菌落总数可作为评价水质清洁程度和考核净化效果的指标，饮用水中菌落总数每毫升不超过100CFU的标准，在国内外已执行多年。根据调查，各地水厂出厂水的水质，都能达到此标准；分散式的井水，据多数地区的经验，如果能管理好，保护好，并加以消毒，其菌落总数亦能达到标准，故饮用水菌落总数每毫升不超过100CFU的标准是可行的。菌落总数增多说明水被有机物质污染，但不能说明污染来源，因此必须结合大肠菌群数来判断水质污染的来源和安全程度。

## 2. 毒理指标

毒理指标是指那些对人的毒性较大，而对水的感官性状影响较小，其毒性作用阈浓度低于感官性状影响阈浓度的物质。标准中所列的数值，都是根据毒性作用的阈浓度制定的。

毒理指标包括砷、镉、六价铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、三卤甲烷、四氯化碳等。

(1) 砷 天然水中仅含微量的砷。水中含砷量高，除地质因素外，主要来