

严寒地区湖库型水源 净水厂运行管理

张 成 刘胜利 崔崇威 许铁夫 编 著

2



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

崔崇威 许铁夫 编著

哈爾濱工業大學出版社

内容提要

本书在系统总结北方某寒冷地区净水厂运行改造以及维护管理过程中经验的基础上,全面介绍了基于色度去除为控制目标的工艺运行控制条件。主要内容为:湖库型水源地的保护策略、高色水成因、水中硬度控制、混凝沉淀方式的选择(变水位末端集水沉淀池技术)、混凝药剂的优选、过滤池工艺控制、水厂用电能耗分析、水工艺自动控制、在线仪表管理、滤后水输出(高压配水或重力流配水)模式,水厂水质常规检测方法、水厂管理等内容。

本书图文并茂,内容丰富,并具有一定的广度和深度,适合从事给水工程工作的科技人员和管理人员选用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

严寒地区湖库型水源净水厂运行管理/张成等编著.
—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013.6
ISBN 978-7-5603-4079-1

I. ①严… II. ①张… III. ①水源卫生-净水-
水厂-管理-高等学校-教材 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 093082 号

策划编辑 贾学斌

责任编辑 李广鑫

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 371 千字

版 次 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4079-1

定 价 48.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

TU881.2
123

前 言

东北地区是我国的老工业基地,它的振兴直接关系国家的经济发展,具有重要的战略意义。供水行业对于老工业基地的振兴,对于城乡一体化的建设,对于提高居民的生活质量及社会稳定与和谐起着重大的作用。提升供水企业的管理水平,强化传统的净水工艺,提高产水效率,执行我国新颁布的城镇生活饮用水水质标准(GB 5749—2006),是摆在供水企业面前的重要任务。

湖库型地表水已成为我国寒冷地区城市供水系统的主要水源,其水质特征与我国南方此类水源相比,有着显著的差别。在冬季条件下,这类水源腐殖质含量偏高,浊度偏低,水质检测的感官性状指标为低浊高色,这给地表水的常规处理工艺带来许多困难。而且,当前缺乏针对这类水源水质高效净化的技术与工艺。因此,研发新技术或改良传统工艺迫在眉睫。

本书在系统总结北方某寒冷地区净水厂运行改造以及维护管理过程中经验的基础上,全面介绍了基于色度去除为控制目标的工艺运行控制条件。主要内容为:湖库型水源地的保护策略、高色水成因、水中硬度控制、混凝沉淀方式的选择(变水位末端集水沉淀池技术)、混凝药剂的优选、过滤池工艺控制、水厂用电能耗分析、水工艺自动控制、在线仪表管理、滤后水输出(高压配水或重力流配水)模式,水厂水质常规检测方法及水厂管理等内容。本书在撰写过程中,既兼顾了科研成果,又注重了寒区净水工艺的关键技术,并满足了供水企业员工培训的需求。本书图文并茂,内容丰富,并具有一定的广度和深度,适合从事给水工程工作的科技人员和管理人员选用和参考。

本书共分16章,参加编写的人员均是从事供水工作的工程技术人员和管理人员,具有丰富的实践经验。其中,张成编写第1章、第5章、第9章、第14章,刘胜利编写第9章、第10章、第11章、第13章,崔崇威编写第3章、第7章、第12章,许铁夫编写第2章、第4章、第5章、第6章。参加编写工作的还有魏星际、庄钊、刘伟、郭春花、邵婷、关晓宇、孙保权等。全书由许铁夫统稿,终稿由崔崇威和许铁夫审定。

限于作者知识水平和写作能力,书中疏漏之处恳请读者提出宝贵意见。

作 者

2013年5月

目 录

第1章 概 述	1
1.1 国内外水源管理现状	1
1.2 水质标准	3
1.3 饮用水安全评价	9
1.4 寒冷地区传统水源形式及常规处理方法	12
1.5 寒冷地区湖库型水源水净水工艺特点	17
第2章 寒冷地区水源特点	23
2.1 寒冷地区湖库型水源特征	23
2.2 水源保护及取水方式	28
2.3 寒区湖库型水源水污染物成因及安全风险	31
第3章 预处理方法	34
3.1 预氧化	34
3.2 其他预处理方法	36
第4章 混凝	43
4.1 混凝剂及助凝剂选择	43
4.2 混合及絮凝方式	53
4.3 最佳工况及水力条件	59
第5章 沉淀及澄清	68
5.1 沉淀池类型及应用	68
5.2 澄清池类型及应用	76
第6章 过滤	81
6.1 净水系统滤池形式	81
6.2 净水滤池工况	87
第7章 消毒及深度处理	93
7.1 消毒剂及其副产物产生	93
7.2 优质水技术	100
7.3 传统净水工艺升级改造	108
第8章 寒区湖库型水源水净水厂节能减排	116
8.1 寒区湖库型水源水净水厂节能、降耗	116
8.2 排泥水与反冲洗水及其他工艺排水处理	120

第9章 寒区净水厂供电	124
9.1 水厂供配电	124
9.2 水厂供配电安全运行管理	138
第10章 寒区净水厂自控系统	141
10.1 寒区净水厂自控模式	141
10.2 寒区净水厂中控系统及软件操控	146
10.3 寒区水厂自控系统案例	154
第11章 寒区净水厂仪表	158
11.1 寒区净水厂常用仪表	158
11.2 寒区净水厂仪表设置及使用	165
11.3 寒区净水厂在线仪表使用案例	168
第12章 寒区净水水质指标监测方案	173
12.1 寒区净水厂水质指标检测	173
12.2 工艺过程指标监控	182
第13章 净水厂建设与运行管理	183
13.1 寒区净水厂设计特点	183
13.2 寒区净水厂成本控制与经济技术核算	184
第14章 寒区净水厂运行	191
14.1 寒区净水厂典型运行模式	191
14.2 典型寒区净水厂运行工艺参数	208
14.3 寒区净水厂保温防冻及低温运行方法	214
14.4 寒区净水厂设备维护与调控	215
第15章 寒区净水厂应急方案	225
15.1 净水厂可能出现的突发事件分析	225
15.2 寒区净水系统应急处理方案	227
参考文献	232

第 1 章 概 述

1.1 国内外水源管理现状

随着工农业生产的发展,世界人口不断增长,尤其近几十年来人民生活水平日益提高,用水量逐年增加。因此,每个国家都把水当作一种宝贵的资源,加以开发、保护和利用。各国对水资源的概念理解有所不同。水资源一词最早出现在 1894 年美国地质调查局水资源处,其主要指测量和观察地表水和地下水。水资源可以定义为:人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水,既包括了数量和质量的定义,又包括了使用价值和经济价值。水资源从广义上讲是指人类能够直接或间接使用的各种水和水中的物质,作为生活资料和生产资料的天然水,在生产过程中具有经济价值和使用价值的水都可为水资源;从狭义上讲,就是人类能够用来满足生活、农业、工业等方面的直接使用的淡水,这部分水主要指江、河、湖泊、水库、沼泽及渗入地下的地下水。不论从广义上还是狭义上讲,水资源都包含着“量与质”的要求,不同的用水对质与量有不同的要求,其在一定的条件下可以相互转化。

国外的水资源从整体性和系统性考虑的流域环境综合管理是水环境管理的发展趋势,从以行政区域为主的水环境管理模式向“分区、分类、分级、分期”多维空间的水环境管理模式发展,必须按照流域的自然特性、社会经济发展水平实行流域尺度的综合管理。

1.1.1 我国水资源概况

我国国土面积为 960 万 km^2 ,由于地域辽阔,降雨量地区分布不均匀,特点如下:西北地区干旱,东南地区多雨;山区降雨多于平原,年降水量总的趋势为西北内陆向东南沿海递增。

据统计,我国平均年降雨量为 $6.2 \times 10^{13} \text{ m}^3$,平均年降雨深度 648 mm,与全世界陆地平均降水深度 798 mm 相比,小于世界平均降雨量,也小于亚洲平均年降水深度 741 mm。多年河川年径流量为 $2.71 \times 10^{13} \text{ m}^3$,多年平均地下水资源量为 $8.29 \times 10^{12} \text{ m}^3$,扣除两者重复量,全国多年平均年水资源量为 $2.81 \times 10^{13} \text{ m}^3$ 。从总淡水量上看,我国的水资源并不算缺乏,但我国人口众多,人均占有资源量仅为 2 360 m^3 ,相当于世界人均占有量的 1/4,美国的 1/6,巴西和俄罗斯的 1/11,加拿大的 1/50。人均占有水量为世界的 121 位,属贫水国。近年来,随着我国经济的迅猛发展和城市人口的不断增加,国内有限的水资源污染严重,水质急剧恶化。

我国水资源具有以下几个特点:

1. 水资源地区分布不均匀

从地表水资源看,东南部地区丰富,西北部地区缺乏。全国 90% 的地表径流,70% 的地下径流在南方地区,而占全国 50% 的北方地区只占 10% 的地表径流和 30% 的地下径流。

2. 时间分布不均匀

我国大部分地区的降水年内分配不均,年际变化大。南方地区受东南季风影响,雨季一般长达半年,每年集中在 3~7 月份降雨,占全年降雨量的 50%~60%;北方地区降水期较

集中,一般在6~9月份,降水量占全年的70%~80%。西北地区为最干旱地区,主要位于新疆、宁夏、甘肃、内蒙这片西北部的沙漠地带,降雨量的年际变化率大,因此上述地区大多干旱少雨,河流较少,且有较大面积的无河流域。

3. 水资源过度开采、水污染严重

我国的用水量近几十年来迅速增加,使河川径流减少,西北、华北的环境和生态引起较大的变化,由于这些年的大量引水灌溉和一些不合理的开发利用,使下游流量迅速减少,流域面积减小。地下水的大量开采使得地面下沉,同时国内97%的河流和超过60%的地下水受到了污染,形成水质型缺水的现状。

1.1.2 国外水资源与管理

1. 美国水资源

美国地处北美洲中部,总面积937万平方公里,山地占国土面积的三分之一,丘陵及平原占三分之二,境内地势东、西两侧高,中间低,东部与西部大致以南北向的落基山东麓为界,也是美国太平洋水系和大西洋水系的分水岭,两边的气候和自然条件差异较大。美国河流大多为南北走向,根据降水量的自然分布,美国水资源特点可以概括为:东多西少,人均丰富。全美多年平均降水深度为760 mm。以西经95°为界,可将美国本土化分成两个不同区域:西部17个州为干旱和半干旱区,年降水深度在500 mm以下,西部内陆地区只有250 mm左右,科罗拉多河下游地区不足90 mm,是全美水资源较为紧缺的地区;东部年降水深度为800~1 000 mm左右,是湿润与半湿润地区。美国水资源总量为 $2.9 \times 10^{13} \text{ m}^3$,人均水资源量接近12 000 m^3 ,是水资源较为丰富的国家之一。

美国水资源开发利用工程已基本形成体系,对局部洪水的控制和西部水资源的配置都达到了较高水平,可以说,美国大规模开发利用水资源的阶段已经结束。在进一步开发利用水资源已受到生态和环境强力制约的今天,美国水资源工作的重心已转向高效管理,重点是提高水的利用效率和防治水污染。其水资源管理的主要特点是:

(1) 以州为主的水资源管理体制

由于美国是联邦制国家,水资源属州所有,水资源管理基本以州为主进行。全国无统一的水资源管理法规,管理行为以州立法和州际协议为准绳。

(2) 行政措施主要体现在规划的制定和实施

在以州为主的水资源管理体制的基础上,有一些规划、计划在制定或执行中,其所涉及水资源调查评价、水质监测、节水、水生态系统恢复等,都由联邦投资保证执行。通过规划、计划的制定实施,促进美国水资源管理更趋科学和高效。

(3) 发挥市场在水资源配置中的作用,水价制定遵循市场规律

美国是一个高度市场化国家,市场驱动机制无所不在。从大型水利工程的建设到供水区域内水资源的配置,其融资、供求均通过市场机制调控。

(4) 节约和保护水资源是管理的重点

美国在水资源开发利用过程中,对生态系统的维护进行了大量研究。联邦垦务局所管理的西部水库,都规定要下泄生态水量,以保证动植物对水的需求。美国地调局近年启动了一项计划,对全国地下水进行监测评价,以推动各州采取回灌等措施,加强对地下水的保护。

(5) 新技术应用于水资源管理

在水资源调查评价、规划、实时监控等方面,美国有关部门广泛地应用先进的科学技术,如遥感技术、卫星传送、地理信息系统等,近年来,还率先运用数学模型进行了全美地下水的

水量和水质方面的研究工作,其技术方法值得我们借鉴。

2. 日本水资源

日本国土基本上处在多雨地带的亚洲季风气候区,近百年的平均降雨量约为 1 714 mm,相当于世界平均降水量 970 mm 的两倍。但由于日本国土面积相对较小,人口密度相对较大,所以日本的年人均降水量仅 530 m^3 ,为世界平均值 $2\,700 \text{ m}^3$ 的 $1/5$,属资源型缺水国家。

日本全国的水资源赋存量(从降水量中减去因蒸发汽化所散失之量,再乘以该地区的面积所得的值)平水年约为 $4.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$,枯水年约为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,但这些水资源赋存量有相当大的部分集中在梅雨期以及台风期,加之河川长度不大,降雨后产生的水量未被利用即流入大海。实际上可利用的水资源量,约为枯水年水资源赋存量的六七成左右。

为了有效地开发、利用、保护好有限的水资源,日本政府制定了较完善的水资源法律体系,各直属机构按照法律赋予的权限,依法行政,如国土厅负责水资源的管理,农林水产省负责灌溉排水工作,通商产业省负责工业用水,厚生省负责生活用水。

3. 欧盟水资源

欧洲是实现联合国“千年目标”关于到 2015 年前将没有安全饮用水和基本水卫生条件的人口数量减半的积极行动者,欧盟研究机构、欧洲政府和其他权威机构正通过实现他们的发展目标进行着相同的努力,这包括水质恢复的问题,建立完善水服务体系完成对公众的水服务使命等。欧洲水资源短缺的主要原因有:

①局部地区的水资源紧张是由于资源和需求的平衡被破坏。水资源短缺和干旱的不同之处在于水需求结构超过了水资源在可持续发展条件下可实现的水供应。统计表明,欧洲水资源紧张的局面并不是广泛分布,但区域性限制相当明显,由于这个原因,欧洲的水短缺还要根据区域性具体情况具体解决,水资源紧张是区域性問題,而非全局性问题,水基本是可再生资源,但分布不均。

②城市化的迅速发展打破了水需求与可获得水源问题的平衡。水需求的增加主要发生于城市,欧洲在过去的 40 年,由于人口的增加使水需求增加了一倍,或者是高水平的生活,或者是一些地区季节性的旅游给城市可获得水资源带来很多压力。

③由于水的输运和转移代价昂贵,故重点要放在更好管理区域可获得水资源上。

④气候变化对可获得水资源的不可避免的影响具有长期性,并且比城市化和人类活动更加难以测量。未来气候变化的效果将会于地中海地区最明显地表现出来,降雨将发生广泛变化,长久干旱的发生概率将会增加,现存的水需求与水供应的平衡将会被打破。

1.2 水质标准

水质标准体系与一定时期的卫生安全、技术条件及环境保护法规法律、经济发展水平以及水环境污染的状况相适应。因此,随着我国经济技术的发展,对水质标准的要求不断提高。水质标准包括水环境标准和用水标准。我国各类水质标准形成相对较晚,但 20 世纪以来相关制度完善工作进度大大加快,并已经达到或接近发达国家及国际组织(WHO)的水平。

1.2.1 国外水环境及用水标准

1. 欧盟

欧盟的环境标准是以指令形式发布的。自 1975 年发布第一条有关饮用水水源地的第

75P1440PEEC 号指令以来,到目前为止,共发布了约 20 条有关水环境标准的指令,欧盟水环境标准体系包括质量标准、排放标准、监测及分析方法等。

75P1440PEEC 指令后经 79P869PEEC 指令和 91P692PEEC 指令修订,要求各成员国将地表水划分为 3 类(第 3 类不能作为饮用水源地),并确定所有的采样点位置及应达到的限值和指导值。

有关饮用水质量标准的 80P778PEEC 指令规定了 67 种污染物的最大允许浓度,同时还规定了取样次数、监测方法和达到这些质量标准的措施和条件。该指令后由 98P83PEC 指令代替。

有关地表水质量监测方法的 79P869PEEC 指令(后经 81P855PEEC 指令修订)规定了地表水取样、采样频率、监测和分析方法;同时,针对洪水、自然灾害和反常气候条件等情况也做了特殊规定。更多的监测及分析方法采用的是 ISO(国际标准化组织)和 CEN(欧洲标准化委员会)的标准。相关标准有《人类消费用水水质指令》(80/778/EEC)、《饮用水指令》(98/83/EC)、《环境质量标准指令》(2008/105/EC)等。

2. 德国

在德国,一般河流的水质主要分成四个级和三个中间级水质级别,决定河流水质级别的基础是污水生物系统。它是一个生物值,不同的水生有机体和水生物群落能够表示有机污染的密度、自净化程度和氧的状态,能够论证某一长时期的最坏情况。它与地表水化学分析相比,有其优点,甚至不同物质的浓度短期内变化很明显。

水质Ⅲ级是有机污染进行分解的区域,许多不同的原生物表示这个区域,一些藻类和昆虫能在这里生存。水质Ⅱ级是有机物的分解几乎完成的区域,大量不同种类的藻类、昆虫、腹足类软体动物的存在表明了这一点,它也是具有丰富生物动物群落和渔业最好的区域。水质Ⅰ级是几乎无负荷水体的区域,特别是山泉水和山间小溪流或湖水支流,这种水体没有富营养态。

1986 年 5 月 22 日开始实行“德国饮用水法”。其中德国标准(DIN)2000 提出饮用水必须满足以下 6 项要求:

- ①无致病菌,不具有危害人体健康的性质。
- ②不含有大量的微生物。
- ③无色、无嗅、清凉、味美。
- ④溶解性物质的含量必须低于限值。
- ⑤与饮用水接触的物质不得产生腐蚀。
- ⑥送到用户时保证足够的流量和压力。

3. 美国

由于美国是联邦制国家,美国没有全国统一的水环境质量标准。按照 1972 年美国联邦政府制定的清洁水法 CWA § 304(a)部分的要求,美国环保局(USEPA)负责制定、发布水质基准,即推荐污染物浓度的科学参考值,并需要经常修订以准确反映最新的科研成果。该推荐性的水质基准为各州和授权的地区制定其各自的水质标准以保护人体健康和水生生物提供了指南。因此针对不同的地理情况和环境要求,其联邦内的州也具有发布相关水质标准的能力和 demand,因此基于联邦实施的水项目文件,各个州也制定了相关符合其情况的州一级水质标准,其中诸如:亚利桑那州水质标准(针对亚利桑那州,联邦规则 CFR § 131.31),爱达荷州水质标准(针对爱达荷州,CFR § 131.33),卡萨斯州水质标准(针对卡萨斯州,CFR

§ 131.34)等。

4. 日本

日本的水环境标准依据水体形式和使用功能进行区分,特别是基于用水对象对相关指标进行明确规定,包括河流水体、湖泊水体等。日本执行的自来水水质标准是参照世界卫生组织(WHO)制定并颁发的《饮用水水质准则》制定的。到目前为止,日本不仅每10年对自来水水质标准进行修正补充,而且根据最新研究结果不断完善自来水水质指标。最新的水质标准是在2004年修订的,与先前标准有所不同,水质管理目标不仅要求保证各检测项目达标,而且要求各自来水公司根据自身存在的问题积极改善其现有处理工艺,积极采用实用的深度净水技术。水质标准项目由46项增加到50项,其中新追加项目13项,删减项目9项。在新水质标准中对部分项目水质标准值进行了修正,在新水质标准制定中,有机污染物占的比重为70%左右,体现出日本对饮用水体中有机污染物的重视。

1.2.2 我国饮用水标准

水质标准是用水对象(如生活饮用和工业用水及其他杂用等)所要求的各项水质参数应达到的指标和限值。不同的用水对象,要求的水质标准不同,如生活饮用水水质标准,它与人类身体健康有直接关系。随着人们生活水平的提高和科学技术的进步以及水源的污染日益严重,饮用水标准不断修改。我国政府十分重视饮用水对人民身体健康造成的影响,早在1956年就颁布了第一个《生活饮用水水质标准(试行)》,此标准只包括了16项水质指标;1976年修订此标准(TJ 20—76),将用水标准增加到23项。1985年又对此标准修订(GB 5749—85),用水标准增至35项。2001年卫生部对饮用水标准重新修订,这次修订规定了饮用水源中有害物质的最高容许浓度,其中有机物的指标调整较大。调整以后,我国水质标准已基本与国际接轨。我国自颁布生活饮用水卫生标准以来进行了多次修订,水质指标项目不断增加,主要增加项目是化学污染物的项目。对于污染较严重的水源来说,目前的常规给水处理工艺,还不能对人体的安全有绝对保证,再有人类对一些有毒有害的物质认识还需要一个过程,因此可能还有一些有毒害作用的物质仍未被列入标准。

生活饮用水标准所列的水质项目主要有以下4项:

1. 感官性状指标

感官性状指标主要包括水的浊度、色度、嗅味及肉眼可见物等,这类指标虽然对人体健康无直接危害,但能引起使用者的厌恶感。浊度高低取决于水中形成浊度的悬浮物多寡,并且有些病菌和病毒及其他一些有害物质可能裹挟在悬浮物中,因此饮用水水质标准中尽量降低水的浊度。

2. 化学物质指标

水中含有一些如钠、钾、钙、铁、锌、镁、氯等人体必需的化学元素,但这些物质的浓度过高,能对人们的正常使用产生不良影响。

3. 毒理学指标

水源污染必须控制,如源水中含有汞、镉、铬、氰化物、砷及氯仿等物质,这些物质对人体的危害极大,常规的给水处理工艺很难去除这些物质,因此要想控制这些有害物质在饮用水中的浓度,主要控制水源的污染。

4. 细菌学指标

细菌学指标主要列出细菌总数及总大肠菌数和游离余氯量;另外还有一类为放射性指标,这类指标含两项,即总 α 放射性、总 β 放射性。放射性指标为最近两次水质标准修订所

增项目,这两项指标过高能使人体引起白血病及生理变异等现象。

我国卫生部 2001 年颁布的《生活饮用水水质标准》,着重规定饮用水源中有害物质的最高容许浓度,共计 64 项。2006 年颁布的国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)主要指标见表 1.1~1.3。

表 1.1 水质常规指标及限值

指 标	限 值
1. 微生物指标 ^a	
总大肠菌群(MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	不得检出
耐热大肠菌群(MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	不得检出
大肠埃希氏菌(MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	不得检出
菌落总数(CFU/mL)	100
2. 毒理指标	
砷(mg/L)	0.01
镉(mg/L)	0.005
铬(六价,mg/L)	0.05
铅(mg/L)	0.01
汞(mg/L)	0.001
硒(mg/L)	0.01
氰化物(mg/L)	0.05
氟化物(mg/L)	1.0
硝酸盐(以 N 计,mg/L)	10,地下水源限制时为 20
三氯甲烷(mg/L)	0.06
四氯化碳(mg/L)	0.002
溴酸盐(使用臭氧时,mg/L)	0.01
甲醛(使用臭氧时,mg/L)	0.9
亚氯酸盐(使用二氧化氯消毒时,mg/L)	0.7
氯酸盐(使用复合二氧化氯消毒时,mg/L)	0.7
3. 感官性状和一般化学指标	
色度(铂钴色度单位)	15
浑浊度(散射浑浊度单位)/NTU	1,水源与净水技术条件限制时为 3
臭和味	无异臭、异味
肉眼可见物	无
pH 值	不小于 6.5 且不大于 8.5
铝(mg/L)	0.2
铁(mg/L)	0.3
锰(mg/L)	0.1
铜(mg/L)	1.0
锌(mg/L)	1.0
氯化物(mg/L)	250
硫酸盐(mg/L)	250
溶解性总固体(mg/L)	1 000
总硬度(以 CaCO ₃ 计,mg/L)	450
耗氧量(COD _{Mn} 法,以 O ₂ 计,mg/L)	3;水源限制,原水耗氧量>6 mg/L 时为 5
挥发酚类(以苯酚计,mg/L)	0.002
阴离子合成洗涤剂(mg/L)	0.3
4. 放射性指标 ^b (指导值)	
总 α 放射性(Bq/L)	0.5
总 β 放射性(Bq/L)	1

a. MPN 表示最可能数;CFU 表示菌落形成单位。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

b. 放射性指标超过指导值,应进行核素分析和评价,判定能否饮用

表 1.2 饮用水中消毒剂常规指标及要求

消毒剂名称	与水接触时间	出厂水中限值 $/(mg \cdot L^{-1})$	出厂水中余量 $/(mg \cdot L^{-1})$	管网末梢水中余量 $/(mg \cdot L^{-1})$
氯气及游离氯制剂 (游离氯)	$\geq 30 \text{ min}$	4	≥ 0.3	≥ 0.05
一氯胺(总氯)	$\geq 120 \text{ min}$	3	≥ 0.5	≥ 0.05
臭氧(O_3)	$\geq 12 \text{ min}$	0.3	—	≥ 0.02 如加氯,总氯 ≥ 0.05
二氧化氯(ClO_2)	$\geq 30 \text{ min}$	0.8	≥ 0.1	≥ 0.02

表 1.3 水质非常规指标及限值

指 标	限 值
1. 微生物指标	
贾第鞭毛虫(个/10 L)	<1
隐孢子虫(个/10 L)	<1
2. 毒理指标	
锑(mg/L)	0.005
钡(mg/L)	0.7
铍(mg/L)	0.002
硼(mg/L)	0.5
钼(mg/L)	0.07
镍(mg/L)	0.02
银(mg/L)	0.05
铊(mg/L)	0.000 1
氯化氰(以 CN^- 计,mg/L)	0.07
一氯二溴甲烷(mg/L)	0.1
二氯一溴甲烷(mg/L)	0.06
二氯乙酸(mg/L)	0.05
1,2-二氯乙烷(mg/L)	0.03
二氯甲烷(mg/L)	0.02
三卤甲烷(三氯甲烷、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三溴甲烷的总和)	该类化合物中各种化合物的实测浓度与其各自限值的比值之和不超过 1
1,1,1-三氯乙烷(mg/L)	2
三氯乙酸(mg/L)	0.1
三氯乙醛(mg/L)	0.01
2,4,6-三氯酚(mg/L)	0.2
三溴甲烷(mg/L)	0.1
七氯(mg/L)	0.000 4
马拉硫磷(mg/L)	0.25
五氯酚(mg/L)	0.009
六六六(总量,mg/L)	0.005
六氯苯(mg/L)	0.001
乐果(mg/L)	0.08
对硫磷(mg/L)	0.003

续表 1.3

指 标	限 值
灭草松(mg/L)	0.3
甲基对硫磷(mg/L)	0.02
百菌清(mg/L)	0.01
呋喃丹(mg/L)	0.007
林丹(mg/L)	0.002
毒死蜱(mg/L)	0.03
草甘膦(mg/L)	0.7
敌敌畏(mg/L)	0.001
莠去津(mg/L)	0.002
溴氰菊酯(mg/L)	0.02
2,4-滴(mg/L)	0.03
滴滴涕(mg/L)	0.001
乙苯(mg/L)	0.3
二甲苯(mg/L)	0.5
1,1-二氯乙烯(mg/L)	0.03
1,2-二氯乙烯(mg/L)	0.05
1,2-二氯苯(mg/L)	1
1,4-二氯苯(mg/L)	0.3
三氯乙烯(mg/L)	0.07
三氯苯(总量,mg/L)	0.02
六氯丁二烯(mg/L)	0.000 6
丙烯酰胺(mg/L)	0.000 5
四氯乙烯(mg/L)	0.04
甲苯(mg/L)	0.7
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(mg/L)	0.008
环氧氯丙烷(mg/L)	0.000 4
苯(mg/L)	0.01
苯乙烯(mg/L)	0.02
苯并[a]芘(mg/L)	0.000 01
氯乙烯(mg/L)	0.005
氯苯(mg/L)	0.3
微囊藻毒素-LR(mg/L)	0.001
3. 感官性状和一般化学指标	
氨氮(以 N 计,mg/L)	0.5
硫化物(mg/L)	0.02
钠(mg/L)	200

1992 年,建设部根据我国各地区发展情况及城市的规模,将自来水公司划分为四类:

第一类为最高日供水量超过 100 万 m^3/d 的直辖市、对外开放城市、重点旅游城市和国家一级企业的自来水公司(以下简称水司);

第二类水司为最高日供水量超过 50 万 m^3/d ,100 万 m^3/d 以下的城市、省会城市和国家二级企业的水司;

第三类为最高日供水量为 $10\text{万 m}^3/\text{d}$ 以上, $50\text{万 m}^3/\text{d}$ 以下的水司;

第四类为最高日供水量小于 $10\text{万 m}^3/\text{d}$ 以下的水司。

同时建设部组织编制了《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》,规定了四类水司的水质标准,其中对三、四类水司出水标准的要求基本与国家标准 GB(5749—85)相同,此标准代表我国 20 世纪 80 年代国内水平;二类水司标准参照世界卫生组织(WHO)的水质,代表 20 世纪 80 年代国际水平;一类水司标准指标值取自欧洲共同体(EC)标准,其中包括感官性状指标 4 项,物理及物理化学指标 15 项,不希望过量的物质指标 24 项,有毒物质指标 13 项,微生物指标 6 项,硬度有关指标 4 项,共 66 项,该水质标准反映了 20 世纪 80 年代国际先进水平。

1.2.3 我国水环境标准

依照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)规定,根据地面水使用目的和保护目标,中国地面水分五大类:

I类:主要适用于源头水,国家自然保护区;水质良好。地下水只需消毒处理,地表水经简易净化处理(如过滤)、消毒后即可供生活饮用。

II类:主要适用于集中式生活饮用水、地表水源地一级保护区,珍稀水生生物栖息地,鱼虾类产卵场,仔稚幼鱼的索饵场等;水质受轻度污染。经常规净化处理(如絮凝、沉淀、过滤、消毒等),其水质即可供生活饮用。

III类:主要适用于集中式生活饮用水、地表水源地二级保护区,鱼虾类越冬、回游通道,水产养殖区等渔业水域及游泳区;适用于集中式生活饮用水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区。

IV类:主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;适用于一般工业保护区及人体非直接接触的娱乐用水区。

V类:主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。适用于农业用水区及一般景观要求水域。超过五类水质标准的水体基本上已无使用功能。

目前由于我国各主要水系均存在不同程度的污染,特别是部分河流由原有 II、III类水体退化为 IV、V类,逐步丧失水源功能,这也是导致我国逐步进入到水质型缺水的重要原因。目前我国寒区地区各主要城市面临此类问题尤为严重(水体流动性差,水源更新速度慢,污染难以消除),因此水源的修复和置换将是未来供水工作的重要问题。

1.3 饮用水安全评价

安全饮用水指的是一个人终身饮用,也不会对健康产生明显危害的饮用水。根据世界卫生组织的定义,所谓终身饮用是按人均寿命 70 岁为基数,以每天每人饮水 2L 计算。安全饮用水还应包含日常个人卫生用水,如洗澡用水、漱口用水等。如果水中含有害物质,这些物质可能在洗澡、漱口时通过皮肤接触、呼吸吸收等方式进入人体,从而对人体健康产生影响。

1.3.1 我国饮用水标准与饮用水安全

生活饮用水包含两个含义,即日常饮水和生活用水,但不包括饮料和矿泉水。我国最新的饮用水标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)主要针对饮水设定安全阈值,考虑

人群饮用后的健康影响,也有少量指标是针对其他用水。例如,铁锰的浓度对于洗涤效果的影响,并限制相关指标,并不单纯考虑人喝了这种水会对健康不利,而还要考虑对生活和社会活动的影响。

新标准具有以下 3 个特点:

①加强了对水质有机物、微生物和水质消毒等方面的要求。新标准中的饮用水水质指标由原标准的 35 项增至 106 项,增加了 71 项。

②统一了城镇和农村饮用水卫生标准。新标准颁布之前,我国农村饮用水一直参照《农村实施〈生活饮用水卫生标准〉准则》进行评价,此次将标准适用范围扩大至农村。但是,由于我国地域广大,城乡发展不平衡,乡村地区受经济条件、水源及水处理能力等限制,实际尚难达到与城市相同的饮用水水质要求。

③实现饮用水标准与国际接轨。新标准水质项目和指标值的选择,充分考虑了我国实际情况,并参考了世界卫生组织的《饮用水水质准则》及其他国家的饮用水标准。

据世界卫生组织调查,人类疾病 80% 与水有关,水质不良可引起多种疾病。新标准中明确规定,生活饮用水必须满足以下三项基本要求:第一,保证流行病学安全,即要求生活饮用水中不得含有病原微生物,应防止介水传染病的发生和传播;第二,水中所含化学物质和放射性物质不得对人体健康产生危害,不得产生急性或慢性中毒及潜在的远期危害(致癌、致畸、致突变);第三,生活饮用水必须确保感官性状良好,能被饮用者接受。

饮用水消毒是确保微生物安全的重要手段。目前,我国氯液虽然是主要的消毒剂,但氯氨、臭氧、二氧化碳制成的功能消毒剂也有应用,因此,新标准中消毒剂由 1 项增至 4 项。

为了防止饮用水在管道输送时被再次污染,新标准要求饮用水出厂时保留一定的消毒剂余量,使之在饮用水出厂时和到达用户取水点之间仍保有一定的消毒能力。但消毒剂是化学物质,在消毒过程中会产生相应的消毒副产物,因此,新标准还扩充了对氯仿、溴酸盐等消毒副产物的卫生要求。

新标准中将水质指标分为常规指标与非常规指标两类。所谓“常规指标”是指能反映生活饮用水水质基本状况的水质指标;“非常规指标”是指相对局限存在于某地区或者不经常被检出的指标项目,可根据具体情况,降低检测频率和有选择地进行检测。

在 106 项指标中,42 项常规指标,属水质监测有普遍意义的项目;64 项非常规指标,由省级人民政府根据当地实际情况确定实施项目和日期,但最迟于 2012 年 7 月 1 日必须实施。

1.3.2 饮用水指标及其对健康的影响

目前已知水中的物质已达数十万种,各种污染物质对于人体健康的影响不尽相同,绝大多数水中物质的毒理性有待考察,但在浓度较高的情况下均可能对饮用水感官和质量造成严重的影响。由于水源水及饮用水中大部分污染物浓度很低,一般情况下对于饮用者的健康影响不大,因此供水企业往往重点控制其中主要的污染物质,且为能够直观地表征水体的水质特征,同时部分指标属于“总量指标”或“间接指标”,并不是反映某一具体物质的量或浓度指标。

本书以典型的水质指标为例,简介其对于健康的影响如下:

1. 硬度

人体对水的硬度有一定的适应性,改用不同硬度的水(特别是高硬度的水)可引起胃肠

功能的暂时性紊乱。水的硬度过高,容易在配水系统中形成水垢。

2. 溶解性总固体

水中溶解性总固体主要包括无机物,主要成分为钙、镁、钠的重碳酸盐、氯化物和硫酸盐。其浓度增高可使水产生不良的味觉,并能损坏配水管道和设备。它是评价水质矿化程度的重要依据。

3. 氰化物

氰化物主要来自工业废水,有剧毒,作用于某些呼吸酶,能引起组织窒息。首先影响呼吸中枢及血管舒缩中枢,慢性中毒时,甲状腺激素生成量减少。它使水呈杏仁气味,其味觉阈值浓度为 0.1 mg/L ,国家标准不得超过 0.005 mg/L 。

4. 砷

天然水中含微量的砷,水中含砷量高,除地质因素外,主要来自工业废水和农药的污染。砷对人体的损伤以慢性中毒为主,表现为皮肤出现白斑,随后逐步变黑,角化肥厚呈橡皮状,发生龟裂性溃疡。长期饮用砷含量高的水,还可使皮肤癌发病率增高。

5. 汞

汞为剧毒,可致急、慢性中毒,汞及其化合物为脂溶性,主要作用于神经系统、心脏、肾脏和胃肠道。水中汞主要来自工业废水和废渣。地面水中的无机汞,在一定条件下可转化为毒性更大的有机汞,并可通过食物链在水生生物(如鱼、贝类等)体内富集。人食用这些鱼、贝类后,可引起慢性中毒,如日本的“水俣病”。

6. 镉

镉也是有毒元素,主要来自工业污染,食用被镉污染的食物和水可能造成慢性中毒,在日本发生的“痛痛病”就是典型例子。

7. 铅

铅并非机体必需元素。常随饮用水和食物进入人体,摄入量过高可引起中毒。儿童、婴儿、胎儿和妊娠妇女对环境中的铅较成人和一般人群更为敏感。

8. 铬

铬污染源有工业废水和含铬废渣淋洗渗入。三价铬是人体必须的微量元素,六价铬的毒性比三价铬高数十倍至百倍,铬中毒大多由六价铬引起。经口摄入含铬量高的水可引起口腔炎、胃肠道烧灼、肾炎和继发性贫血等。

9. 硝酸盐

硝酸盐在水中经常被检出,污染源除来自地层外,主要有生活污染和工业废水、施肥后的径流和渗透、大气中的硝酸盐沉降、土壤中有机的生物降解等。含量过高可引起人工喂养婴儿的变性血红蛋白血症。虽然对较年长人群无此问题,但有人认为某些癌症可能与高浓度的硝酸盐摄入有关。

10. 氟化物

氟化物在自然界广泛存在,是人体正常组织成分之一,但摄入量过多对人体有害,可引起急、慢性中毒,主要表现为氟斑牙和氟骨症。

11. 细菌总数

细菌总数作为评价水质清洁度和考核净化效果的指标,细菌总数增多说明可能被有机物污染,但不能说明污染来源。