

常见水处理工艺及运行控制

主 编 肖丽萍 褚玉芬 于 洋

辽宁大学出版社

常见水处理工艺及运行控制

主 编 肖利萍 褚玉芬 于 洋
副主编 王海涛 谭国政 狄军贞

辽宁大学出版社

©肖丽萍 褚玉芬 于 洋 2008

图书在版编目(CIP)数据

常见水处理工艺及运行控制/肖丽萍,褚玉芬,于洋
主编. —沈阳:辽宁大学出版社,2008.7

ISBN 978 - 7 - 5610 - 5632 - 5

I. 常… II. ①肖…②褚…③于… III. 水处理
IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 085407 号

出 版 者:辽宁大学出版社

(地址:沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码:110036)

印 刷 者:阜新县民族印刷厂

发 行 者:辽宁大学出版社

幅面尺寸:170mm × 230mm

印 张:17.75

字 数:350 千字

出版时间:2008 年 7 月第 1 版

印刷时间:2008 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑:黄 铮

封面设计:姜彦立

责任校对:双 悦

书 号:ISBN 978 - 7 - 5610 - 5632 - 5

定 价:28.00 元

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。而目前,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。由于人口的快速增加,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。最近几年,世界上许多地区都不同程度地出现了“水荒”、“水危机”、“水战”、“水冲突”等问题。据预测,21世纪水资源危机将位居世界各类资源危机之首。

我国的水危机形势严峻,我国人均水资源量只有世界平均量的1/4,加上时空分布不均使水资源短缺造成的损害更加严重。我国目前水环境污染也很严重,造成的损失达GDP的1.5%~3%。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。

而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。因此,大力发展水处理工艺,强化水质净化过程和水处理工艺的运行控制,提高水的处理效率和污水的重复利用率,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,重点突出常见水处理工艺的实用技术,适当介绍国内外特殊水源水的处理技术和污水处理工艺的新发展。

本书由肖利萍、褚玉芬、于洋担任主编。其中前言、第2章、第11章、第12章由肖利萍编写;第1章、第3章、第4章、第5章由褚玉芬编写;第6章由王海涛编写;第7章由李喜林编写;第8章由谭国政编写;第9章、第10章、第13章由狄军贞编写;第14章由杨茁编写;附录1-附录6由褚玉芬编写;附录7、附录8、附录9由王海涛编写;附录10由谭国政编写,最后于洋对全书进行了统稿。本书在编写过程中得到了田一梅教授、季民教授等的大力帮助,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、引用了大量的十分经典的素材和文献资料,在此,向这些文献作者们表示诚挚的感谢。

限于编者水平,本书存在许多不足,敬请广大读者不吝赐教,批评指正。

主 编
2008年6月

目 录

前 言	(1)
第1章 概述	(1)
1.1 我国水资源概况	(1)
1.2 用水水质标准	(7)
1.3 水污染控制法规与标准	(15)
1.4 给水处理的基本原则与工艺流程	(16)
1.5 城市污水处理的基本原则与工艺流程	(20)
第2章 混凝工艺及运行控制	(24)
2.1 混凝机理	(24)
2.2 工艺过程与常见工艺构筑物	(28)
2.3 工艺运行控制与管理	(32)
2.4 常见故障原因分析及对策	(37)
第3章 沉淀工艺及运行控制	(39)
3.1 沉淀机理	(39)
3.2 沉淀池运行效果分析	(40)
3.3 工艺运行控制与管理	(43)
3.4 常见故障原因分析及对策	(45)
第4章 澄清工艺及运行控制	(46)
4.1 澄清工艺概述	(46)
4.2 常见澄清池工艺运行控制与管理	(47)
4.3 常见故障原因分析及对策	(52)
第5章 过滤工艺及运行控制	(53)
5.1 过滤机理	(53)
5.2 常用滤池及工作过程	(53)
5.3 滤料与承托层	(58)

5.4	反冲洗·····	(61)
5.5	滤池工艺运行控制与管理·····	(65)
5.6	常见故障原因分析及对策·····	(67)
第6章	消毒工艺及运行控制 ·····	(70)
6.1	概述·····	(70)
6.2	消毒方法·····	(70)
6.3	加氯消毒机理及影响因素·····	(73)
6.4	加氯消毒工艺运行控制与管理·····	(74)
6.5	其他消毒方法·····	(79)
第7章	给水厂污水、污泥处理与回用 ·····	(82)
7.1	沉淀污泥与反冲洗污水的处理·····	(82)
7.2	废水回收利用·····	(85)
第8章	特殊水源水处理技术 ·····	(88)
8.1	微污染水源水处理技术·····	(88)
8.2	高浊度水源水处理技术·····	(99)
8.3	含藻类水源水处理技术 ·····	(102)
8.4	含铁、锰水源水处理技术·····	(104)
第9章	污水预处理系统及运行控制 ·····	(109)
9.1	格栅及运行控制 ·····	(109)
9.2	沉砂池及运行控制 ·····	(112)
9.3	污水泵站及运行控制 ·····	(115)
9.4	预处理系统对后续工艺的影响 ·····	(117)
第10章	初沉池及运行控制 ·····	(118)
10.1	初沉池的工艺过程·····	(118)
10.2	初沉池工艺运行控制与管理 ·····	(119)
第11章	活性污泥处理工艺及运行控制 ·····	(123)
11.1	活性污泥法的基本原理与净化过程·····	(123)
11.2	活性污泥法的种类·····	(128)

11.3	活性污泥法工艺过程及工艺参数	(132)
11.4	活性污泥系统工艺运行控制与管理	(140)
11.5	活性污泥的培养驯化	(151)
11.6	活性污泥法的常见故障原因分析及对策	(154)
第 12 章	活性污泥工艺的新发展	(162)
12.1	氧化沟工艺	(162)
12.2	A-B 工艺	(172)
12.3	SBR 工艺	(176)
12.4	A(A ²)/O 工艺	(183)
第 13 章	污泥处理与处置系统及运行控制	(190)
13.1	污泥浓缩工艺及运行控制	(191)
13.2	污泥厌氧消化工艺及运行控制	(193)
13.3	污泥脱水工艺及运行控制	(198)
13.4	污泥的资源化利用	(202)
第 14 章	中水处理与资源化利用	(204)
14.1	缺水现状及中水利用的意义	(204)
14.2	中水处理工艺及运行控制	(205)
14.3	中水的资源化利用	(211)
附录 1		(215)
附录 2		(223)
附录 3		(232)
附录 4		(241)
附录 5		(244)
附录 6		(247)
附录 7		(251)
附录 8		(255)
附录 9		(261)
附录 10		(269)
主要参考文献		(274)

第1章 概述

水,是地球上一种最基本的宝贵自然资源,是人类赖以生存的物质条件,有人把它比作生命的摇篮,也有人把它比作地球的血液,它既是人类及一切生物赖以生存的不可缺少的重要物资,也是工农业生产、经济发展和环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。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

由于对水体作为自然资源的基本属性认识程度和角度的差异性,有关水资源的确切含义仍未有统一定论。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。

我国地域辽阔,由于处于季风气候区域,受热带、太平洋低纬度上温暖而潮湿气团的影响以及西南的印度洋和东北的鄂霍次克海的水蒸气的影响,我国的东南地区、西南地区以及东北地区可获得充足的降水量,使我国成为世界上水资源相对比较丰富的国家之一。

据统计,我国多年平均降水量约6.2万亿 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 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,人均占有水资源量不到2300 m^3 ,仅相当于世界人均占有量的1/4,排在世界第121位。

世界水资源研究机构提出,用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 1000m^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 10000m^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。

中国目前有 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 1000m^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 2220m^3 。按联合国可持续发展委员会等 7 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 1700m^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 3481m^3 ,亩均水资源量为 4317m^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 747m^3 ,亩均水资源量为 471m^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 500m^3 ,亩均水资源量少于 400m^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 万 km^2 ,约占全国的 35%,水资源总量为 1300 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 4876m^3 (按 1993 年人口计算,为 5220m^3),亩均水资源量约为 1600m^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2~4倍,北方地区为3~8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 m^3 ,占全国地表水资源量的16.9%。地下水开发主要集中在华北平原和东北平原,河北、河南及山东三省的配套机井均在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 m^3 ,其中地表水供水量为4566亿 m^3 ,地下水供水量为1031亿 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 m^3 、5224亿 m^3 和5623亿 m^3 ,17年间年均增长70亿 m^3 ,其中1993—1997年间平均增长100亿 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 m^3 ,1997年则达1031亿 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,全国总用水量达 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%、1997年的75.3%和2005年的63.6%。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583m³降到1997年的516m³,累计下降67m³,年均下降4m³;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250~400m³之间,其中新疆高达2117m³,山西仅为192m³;南方在400~650m³之间,其中珠江三角洲为853m³。亩均灌溉用水量,宁夏为1648m³,而山西仅为215m³;工业万元产值用水量(不含火电),以贵州为最高(296m³),上海为最低(29m³);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 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 m^3 ,主要分布在华北地区和沿海地带。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《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 用水水质标准

1.2.1 用水水质指标

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。国家生活饮用水水质标准则是将其分为感官性状和一般化学指标、毒理学指标、微生物指标、放射性指标四类。现将部分指标简介如下。

1. 感官性状和一般化学指标

感官性状包括色度、浑浊度、臭和味、肉眼可见物四项,都是通过人们的感觉器官可以直接察觉出来的;一般化学指标则包括 pH、总硬度、铁、锰、铜、锌、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体等项。但感官性状和一般化学指标难以明确分开,这些成分在水中含量过高时,可使水的感官性状恶化,有些能直接危害人体健康以及损坏配水系统和设备。

(1) 色

色是指水的真色而言,也就是水中所含悬浮物质被除去以后的颜色。清洁的地面水,水浅时无色,深时呈现浅蓝色;地下水一般都是清亮无色的,但遇到地下水含有铁、锰、硫化氢等物质时,经与空气接触后,也会产生颜色,但这种颜色并非地下水的真色。

生活饮用水水质标准中采用的色度单位是“度”,即以每升蒸馏水中含有 1mg 铂时所具有的颜色作为色度 1 度。色度超过 20 度的水,一般情况下已呈现较易觉察的微黄色。因此生活饮用水水质标准中规定色度不得超过 15 度。

(2) 浑浊度

水的浑浊度是由泥土、粉沙、微细的有机物和无机物、浮游生物和其他微生物一类的悬浮物等造成。“浑浊度”一词应明确为一种水样的光学性质的表示方法,这种光学性质能使通过水样的光线被散射和吸收,而不是直接穿过。

生活饮用水水质标准中采用的浑浊度单位是“NTU”,即以每升蒸馏水中含有 1mg 硅藻土时光源透过所发生的阻碍程度作为 1NTU。水的浑浊度达到 10NTU 时,人们已可感到水质浑浊。

水的浑浊度高,能影响消毒效果,增加消毒剂的用量。经净化处理的水,浑浊

度的降低意味着水中某些有害物质、细菌和病毒的减少。为提高饮用水的消毒效果和确保给水在微生物学方面的安全性,具备完善技术条件的集中式给水应力求供给浑浊度尽可能低的水,故规定不超过1度,特殊情况下不得超过3度。在执行标准时,要求集中式给水特别是新建水厂,其出厂水的浑浊度应不超过1度。

(3) 臭和味

臭和味是两种不同的感觉,但它们却存在着密切的联系,生活饮用水水质标准规定“不得有异臭、异味”,是指绝大多数人在饮用时不应感到水有异臭和异味。

臭和味采用自来水厂的一般净化方法很难除去,故欲求生活饮用水无异臭和异味,必须注意选择良好的水源,并严加保护。

(4) 肉眼可见物

肉眼可见物系指浮沫、沉淀物、油膜、水生生物以及一切令人厌恶的物质。这项指标弥补了浑浊度和色度两项指标所不能说明的问题。

(5) pH

多数天然水的pH在7~8之间。因为大部分水含有重碳酸盐和碳酸盐,所以都呈微碱性。当水中含有大量的游离二氧化碳或有机酸,或受酸性工业废水、矿坑水的污染时,水的pH降低。

水的pH在6.5~8.5范围内不影响人的生活饮用和健康。据调查,各地自来水厂使用混凝剂净化水质的过程中,水的pH虽略有升高,但很少超过8.5,因此生活饮用水水质标准中定为6.5~8.5。

(6) 总硬度

水的硬度是指溶解于水中的钙、镁等盐类的总量,以前用“度”表示,即每升水中钙和镁的总含量相当于10mg氧化钙时叫做硬度1度。后来为了与其他指标的计量单位取得一致又改为用氧化钙表示,按mg/L计算,把每升水中钙和镁的总含量相当于1mg氧化钙作为1个硬度单位。现在世界各国多以碳酸钙表示,为了与多数国家取得一致,现在标准中改用碳酸钙表示。

水的硬度是由碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度所组成,两者之和称为总硬度,又有暂时硬度和永久硬度之分。

一般认为硬度高的水对人体健康并无多大影响,人们对水的硬度有一定的适应性,虽改饮不同硬度的水,可引起胃肠功能的暂时性紊乱,但经过短期调整后即能适应。但硬度过高的水对人们的日常生活是有影响的,例如用硬水泡茶可使茶变味;用硬水洗浴可使身体产生不舒适的感觉,对皮肤敏感的人有刺激作用;用硬水洗涤衣服,会增加肥皂的消耗等。

在我国生活饮用水水质标准中规定总硬度不超过450mg/L。至于个别硬度过高的地区是否需要采取软化措施,可根据当地居民的习惯和要求,由供水单位与卫

生部门商定。

(7) 铁

铁在天然水中普遍存在,但如含量低于 0.1mg/L ,一般可以忽略不计。饮水中含有较多的铁,对人体健康并无害处。但水中含有 0.5mg/L 的铁时,色度可超过30度;达 1mg/L 时,水带有明显的金属味。为了防止衣服、器皿着色和形成令人反感的沉淀或异味,生活饮用水水质标准规定铁的含量不得超过 0.3mg/L 。

(8) 锰

在地下水中,锰常以 $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ 形式与铁同时存在。有时水源遭受酸性矿坑水污染,则可能发现硫酸亚锰与硫酸亚铁一起存在。

锰在水中不易被氧化,在净化过程中较难除去。水中有微量锰时,呈现灰黑色。锰的氧化物能在水管内壁逐步沉积,在水压波动时可造成“黑水”现象。

锰的毒性较小。由饮水引起中毒的报道罕见,估计人从膳食中每天约摄入 10mg 锰。

为了防止对衣服、食具及白瓷器等产生色斑和满足水质感官性状的要求,生活饮用水水质标准中规定锰不得超过 0.1mg/L 。

(9) 铜

地面水很少含有铜,但流经含铜地层的地下水,则可能含有较多的铜。在利用硫酸铜控制湖泊、水库的藻类繁殖时,也可能有铜残留于水中。铜及其化合物还能随工业废水进入地面水。铜是人体必需的元素,在新陈代谢时参与细胞的生长、增殖和某些酶系统的活化过程。铜的毒性小,但过多则对人体有害。如口服 100mg/d ,可引起恶心、腹痛,长期摄入能引起肝硬化。水中含铜量达 1.5mg/L 时有明显的金属味,超过 1mg/L 时可使衣服及白瓷器染上绿色。根据感官性状的要求,生活饮用水水质标准规定铜不得超过 1.0mg/L 。

(10) 锌

天然水中很少含锌,但一般含铁的水中往往也夹杂着少量的锌。当用镀锌管作自来水管时,水中可有微量的锌存在。

锌是人体必需的元素,是体内酶的组成部分,参与新陈代谢。学龄前儿童每天需要锌约 0.3mg/kg (体重),成年人每天摄取量平均为 $10\sim 15\text{mg}$ 。

锌的毒性很小,一旦过多则能刺激胃肠道而产生恶心,摄入硫酸锌可引起严重中毒。水中含锌 10mg/L 时呈现浑浊, 5mg/L 有金属涩味。据调查我国各地水中含锌一般都很低,根据感官性状要求,生活饮用水水质标准规定锌不得超过 1mg/L 。

(11) 挥发酚类

石油冶炼厂、焦化厂、煤气发生站、木材防腐厂和某些化工厂的生产过程中,都产生含酚废水。酚按其能否与水蒸气一起挥发,又分为挥发酚与不挥发酚。

酚类化合物毒性较低,但酚本身具有恶臭。饮水中如含有酚,则加氯消毒时能形成臭味更强烈的氯酚,往往引起饮用者的反感。我国生活饮用水水质标准规定挥发酚不得超过 0.002mg/L ,包括苯酚、甲苯酚、二甲苯酚等。

(12) 阴离子合成洗涤剂

近几年来合成洗涤剂的生产和使用有很大发展,品种也显著增多。按照洗涤剂在水中分解的方式,可分为阴离子型、阳离子型和非离子型三类,目前我国各地生产的合成洗涤剂以阴离子型的烷基苯磺酸盐为主。

水中含有洗涤剂,主要是水源受到城市生活污水和某些使用洗涤剂的工厂排出的生产废水所污染。

阴离子合成洗涤剂化学性质稳定,进入水体后不易被微生物分解破坏,在水中的含量超过 0.5mg/L 即能使水产生泡沫和异味,并能阻碍净化过程,人体摄入少量很少出现有害作用,根据味觉阈及形成泡沫的阈限度,规定生活饮用水中不得超过 0.3mg/L 。

(13) 硫酸盐

饮水水中硫酸盐浓度过高,易使锅炉和热水器内结垢,并引起不良的水味和具有轻度腹泻作用,故增订该项指标,以便限制其在饮水水中的含量。

饮用硫酸盐含量过高的水,新饮用的人和偶然饮用者通常会出现轻度腹泻,但经短时间后可逐渐适应。

基于硫酸盐对水味的影响和具有轻度腹泻作用,定为饮水水中硫酸盐含量(以硫酸根记)不应超过 250mg/L 。

(14) 氯化物

用水中氯化物浓度过高,可使水产生令人嫌恶的味,并对配水系统产生腐蚀作用,需限定其含量。

根据味觉考虑,定为饮水水中氯化物(以氯计)含量不应超过 250mg/L 。

(15) 溶解性总固体

水中溶解性总固体主要包括无机物,其主要成分为钙、镁、钠的重碳酸盐、氯化物和硫酸盐。当其浓度高时,可使水产生不良的味道,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。

据国外报道,浓度低于 600mg/L 时一般认为水味尚好,而高于 1200mg/L 时会影响水味,但是长期饮用可能适应。美国一些公共给水中溶解性总固体超过 2000mg/L ,新来的人和偶尔饮用者几乎不能耐受,而当地的居民却可以适应。还有报道指出,水中溶解性总固体大于 200mg/L 时,浓度每增加 200mg/L ,家庭热水器使用寿命缩短一年。基于对水味的影响,定为饮水水中溶解性总固体不应超过 1000mg/L 。