

第一版、第二版畅销1万册

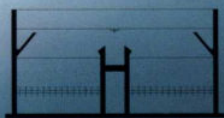
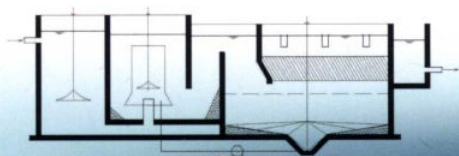
95个工程性设计计算例题

给水厂

处理设施设计计算

第三版

◎ 崔玉川 员 建 主 编
◎ 陈宏平 王延涛 副主编



化学工业出版社

给水厂

处理设施设计计算

第三版

◎ 崔玉川 员 建 主 编
◎ 陈宏平 王延涛 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书通过工程性设计计算例题的形式,具体介绍城镇给水厂单元处理构筑物和设备的主要设计计算内容、方法和要求。例题内容包括水的混凝,沉淀,澄清,气浮,过滤,消毒,去除铁、锰、氟、藻,微污染水源水的预处理和深度处理,超滤膜过滤工艺设施,以及排泥水处理设施、配水井和清水池等各种主要单元处理构筑物的工程性设计计算例题,共95个。

本书可供给排水科学与工程专业、环境工程专业及电厂化学等专业的工程技术人员和高等院校、大专院校师生使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

给水厂处理设施设计计算/崔玉川,员建主编.—3版.
—北京:化学工业出版社,2019.4
ISBN 978-7-122-33955-3

I. ①给… II. ①崔…②员… III. ①水厂-水处理设施-设计计算 IV. ①TU991.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第033219号

责任编辑:徐娟 邹宁
责任校对:杜杏然

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印刷:北京京华铭诚工贸有限公司
装订:三河市振勇印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张24 1/4 字数645千字 2019年5月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:98.00元

版权所有 违者必究

前言

《给水厂处理设施设计计算》(第二版)自2013年1月出版至今,已5年多时间了,一直受到本专业工程技术人员和高校师生的普遍欢迎和好评,对此我们表示衷心的感谢。

近几年来,微污染源饮用水处理和净水厂排泥水处理受到广泛关注,一些新开发的给水处理工艺技术和装置设施已在工程实践中得到良好应用。因此,非常有必要对之前的第二版进行必要的补充和加强。

本书仍保持原来的体例风格 and 特点,对第二版的内容进行了审校、删减和整合,并补充了一些新型实用的有关处理构筑物设施的工艺技术计算例题,如蜂窝状高频旋流混合器、自旋式微涡流絮凝池、水力旋流网格絮凝池、筛板絮凝池、侧向流倒V型斜板沉淀池、水平管沉淀池和加砂高速沉淀池等。同时,新增加一章“净水厂排泥水处理设施”的设计计算(调节、浓缩、平衡、脱水)。另外,对已有的“微污染源饮用水的附加处理设施”一章进行了强化,增加了“国内外微污染源饮用水处理厂工艺及建造概况”一节。

全书由13章组成,共有95个设计计算例题。例题的内容和类型基本上涵盖了城镇水厂中饮用水的常规处理、预处理、深度处理、特种水质处理以及以超滤为核心技术的短流程处理中的主要单元处理设施,还列举了净水厂排泥水处理工艺中的主要单元处理设施和给水厂的附属设施(配水井、清水池)的计算例题和内容。

本书由崔玉川、员建主编并统稿,陈宏平、王延涛为副主编。参编人员还有金华增、陈永信、张纯、张良纯、张建国、周密、谢卫朋、周茜、刘幼琼、史蓉、黄晓婷。另外,珠海九通水务股份有限公司、郑州江宇水务工程有限公司、太原市黄河供水有限公司等单位,为本书编写提供了宝贵的技术资料,表示衷心感谢!

本书内容较全面,涵盖面较广,着力突出实用性,意在通过工程性设计计算例题的形式,重点对给水处理构筑物设施的设计计算内容、方法和要求进行具体介绍。同时,为了与读者沟通和讨论,在一些设计例题的末尾,设置了“题后语”。

本书可供给排水科学与工程、环境工程及电厂化学等专业的工程技术人员和高等院校师生使用参考。由于我们的水平和视野所限,对于书中的问题和缺憾,敬请读者指教。

编者
2019.1

第一版前言

给水厂是城镇供水的生产工厂，按照水源不同，分地下水和地表水两类水厂。地下水水厂的处理工艺较简单，一般只经消毒处理即可。若地下水中所含铁、锰或氟超标时，还需进行除铁、除锰或除氟处理等。

地表水厂也叫净水厂，其常规处理工艺为：原水-混凝-沉淀（澄清或气浮）-过滤-消毒-饮用水。主要是利用物理-化学作用使浑水变清并去除致病菌，使水质达到生活饮用水水质标准。由于水源水质的千差万别，所以处理工艺可有多种组合和选择。但过滤和消毒是不可缺少的。

20世纪70年代以来，由于水源成分更为复杂，特别是有机物污染，采用常规处理工艺是不能去除的。为此，对常规工艺往往还应增加预处理或深度处理的工艺技术措施才行。

本书意在通过计算例题的形式，对给水厂工艺中的各类基本处理构筑物的设计计算内容、方法和要求进行具体深入介绍。以使读者仿照例题即可完成一般的设计计算工作。书中共有单元处理构筑物设计计算例题85个，内容包括水的混凝、沉淀、澄清、气浮、过滤、消毒、除铁、除锰、除氟，以及微污染水源水的生物预处理和活性炭吸附、膜分离等深度处理所需各种主要单元处理设施的设计计算。同时，对净水厂常规工艺的系统设计计算，还列出4种实例。这些例题，不少是在实际工程资料基础上加工整理而成的。

本书系给水处理设计参考书，亦是一本设计方法入门读物。可供给水排水、电厂化学和环境工程等专业的工程技术人员和大专院校师生使用参考。

本书由崔玉川主编。各章执笔人为：第一、二、三章为员建；第四、八、九章为陈宏平；第五、六、七章为崔玉川。全书由崔玉川统稿。

由于我们水平所限，书中错误和不妥之处，请读者批评指正。

编者

第二版前言

本书第一版于2003年2月出版后,受到有关工程技术人员和大专院校师生的普遍欢迎和关爱,特别是一些年轻的技术人员和院校的师生都将之当作工程设计、课程和毕业设计的抢手工具参考书。

2006年,我国颁布了新的《生活饮用水卫生标准》,对净水工艺和设施提出了更高的要求,此书中的内容需要进行相应加强。近些年来,新型水处理工艺技术和设施不断出现,也应在书中补充介绍。进入21世纪以来,我国城市化进程不断加快,各地给水厂的建设如火如荼,客观上也加大了对该书的需求。

该书第二版编写的原则仍是以水的净化处理为主(不包括废水和泥渣处理),保持原来的初衷和体例风格,内容上与时俱进,进行必要的增加、删减和整合。具体内容变化如下。

(1) 新增“生活饮用水处理方法概论”、“净水厂超滤膜过滤处理工艺设施”和“配水井和清水池”共3章。

(2) 删除了压力式孔板计量投药器、分流隔板式混合槽、单级旋流式絮凝池、人工排泥平流式沉淀池、辐流式沉淀池、同向流斜板沉淀池、悬浮澄清池、压力滤池和净水厂工艺设施系统设计计算实例等现在给水厂已较少采用或为重复性的处理构筑物计算内容。

(3) 整合强化了“特种水质处理设施(铁、锰、氟、藻的去除)”和“消毒设施(氯、紫外线、臭氧等法)”共2章。

(4) 对絮凝、沉淀、过滤部分增加了新的池型计算例题,如网格絮凝池、平流沉淀池移动式机械排泥、高密度沉淀池、流动床滤池和翻板滤池等。

另外,第二版对原书的框架章序也进行了调整和整合。

本书由崔玉川任主编并统稿,刘振江、何寿平和陈宏平任副主编。参加编写的人员还有员建、曹昉、张国宇和王艳芳。具体编写分工为:第一、八、九章为崔玉川、曹昉;第二、三、五、六章为员建、崔玉川、曹昉;第四章为员建、崔玉川、刘振江、曹昉;第七章为陈宏平、崔玉川、刘振江、曹昉;第十章为陈宏平、崔玉川、曹昉;第十一章为何寿平、张国宇、刘振江、王艳芳;第十二章为刘振江、曹昉。附录为崔玉川、刘振江、曹昉。

本书的宗旨是通过工程性设计计算例题的形式,主要对处理构筑物的设计计算内容、方法和要求进行具体介绍。其中的主要设计参数应随着新颁布的技术法规标准进行更新替代之。

本书系给水设计参考书,可供给水排水、环境工程及电厂化学等专业的工程技术人员和大专院校师生使用参考。鉴于我们的水平所限,书中难免有缺点和错误,敬请同仁批评指正。

崔玉川

2012年5月于太原

目 录

第一章 生活饮用水处理概论	1
第一节 天然水源的水质	1
一、原水中的杂质	1
二、未污染天然水源的水质特征	1
三、水源污染的情势	3
四、饮用水水源的水质分类	4
第二节 饮用水的水质要求	4
一、饮用水水质标准的意义	4
二、我国现行的饮用水水质标准	5
第三节 饮用水处理工艺技术	7
一、水处理的意义	7
二、饮用水处理的目的和方法	8
三、饮用水的常规处理	8
四、饮用水的预处理和深度处理	10
五、饮用水的特种水质处理	11
六、膜技术和净水厂处理工艺的类型	12
第二章 药剂投配和混合设施	14
第一节 概述	14
第二节 药剂配制投加设备	14
一、溶解池和溶液池	16
【例 2-1】 药剂溶解池和溶液池的计算	16
二、压缩空气搅拌调制药剂	17
【例 2-2】 压缩空气搅拌调制药剂的计算	17
三、水射器投药	19
【例 2-3】 投药水射器的计算	19
四、药剂仓库	22
【例 2-4】 药剂仓库的计算	22
第三节 混合设施	22
一、管道式混合	23
【例 2-5】 管道式混合的计算	24
二、蜂窝状高频旋流混合器	
的计算	25
【例 2-6】 蜂窝状高频旋流混合器的计算	25
三、隔板式混合	27
【例 2-7】 分流隔板式混合槽的计算	27
四、机械混合	29
【例 2-8】 桨板式机械混合池的计算	29
第三章 絮凝池	31
第一节 概述	31
第二节 水力絮凝池	32
一、隔板絮凝池	32
【例 3-1】 往复式隔板絮凝池的计算	33
【例 3-2】 回转式隔板絮凝池的计算	35
二、穿孔旋流絮凝池	38
【例 3-3】 穿孔旋流式絮凝池的计算	39
三、折板絮凝池	43
【例 3-4】 折板絮凝池的计算	44
四、竖流式隔板絮凝池	47
【例 3-5】 竖流式隔板絮凝池的计算	47
五、栅条(网格)絮凝池	49
【例 3-6】 栅条絮凝池的计算	49
【例 3-7】 网格絮凝池的计算	52
六、筛板絮凝池	54
【例 3-8】 筛板絮凝池的计算	55
七、水力旋流网格絮凝池	59
【例 3-9】 廊道式水力旋流网格絮凝池的计算	60
八、自旋式微涡流絮凝池	66
【例 3-10】 自旋式微涡流絮凝池的计算	67

第三节 机械絮凝池	74	二、技术和性能特点	115
一、概述	74	三、关键部位设计	117
二、计算例题	75	四、工程应用	117
【例 3-11】 水平轴式等径叶轮机械 絮凝池的计算	75	五、计算例题	118
【例 3-12】 垂直轴式等径叶轮机 械絮凝池的计算	78	【例 4-13】 高密度沉淀池的 设计计算	118
第四章 沉淀池	82	第六节 加砂高速沉淀池	123
第一节 概述	82	一、工艺概述	123
第二节 平流沉淀池	83	二、技术参数	124
一、概述	83	三、计算例题	124
二、计算例题	86	【例 4-14】 加砂高速沉淀池的设计 计算	124
【例 4-1】 平流式自然沉淀池 的计算	86	第五章 澄清池	128
【例 4-2】 按沉淀时间和水平流速 计算平流沉淀池	86	第一节 概述	128
【例 4-3】 按面积负荷计算平流 沉淀池	87	第二节 脉冲澄清池	129
【例 4-4】 平流沉淀池储泥斗 的计算	88	一、概述	129
【例 4-5】 平流沉淀池进水穿孔墙与 出水三角堰的计算	89	二、计算例题	131
【例 4-6】 平流沉淀池行车式排泥 机械选型计算	90	【例 5-1】 真空式脉冲澄清池的 计算	131
第三节 斜板(管)沉淀池	91	【例 5-2】 虹吸式脉冲澄清池部分的 计算	137
一、概述	91	【例 5-3】 钟罩式虹吸脉冲发生器的 计算	140
二、计算例题	92	第三节 机械搅拌澄清池	143
【例 4-7】 上向流斜管沉淀池 的计算	92	一、工作过程及设计参数	143
【例 4-8】 横向流斜板沉淀池 的计算	96	二、机械搅拌澄清池池体计算	144
【例 4-9】 侧向流迷宫式斜板沉 淀池的计算	98	【例 5-4】 机械搅拌澄清池池体 部分的计算	144
【例 4-10】 侧向流倒 V 型斜板沉 淀池的设计计算	100	三、机械搅拌设备	149
【例 4-11】 穿孔排泥管不等距 布孔计算	107	【例 5-5】 机械搅拌澄清池搅拌 设备工艺计算	150
第四节 水平管沉淀池	111	四、水力驱动机械搅拌澄清池	152
一、概述	111	【例 5-6】 水力驱动机械搅拌澄清池 动力计算	153
二、计算例题	112	第四节 水力循环澄清池	157
【例 4-12】 水平管沉淀池的设 计计算	112	一、概述	157
第五节 高密度沉淀池	115	二、计算例题	159
一、工艺构造	115	【例 5-7】 水力循环澄清池的 计算	159
		【例 5-8】 辐射穿孔管-环形集水槽式 出水系统的计算	162
		第六章 气浮池和浮沉池	168
		第一节 气浮池	168

一、概述	168	三、计算例题	211
二、计算例题	171	【例 7-9】 泵吸式移动罩滤池的 计算	211
【例 6-1】 平流部分回流压力溶 气气浮法的计算	171	【例 7-10】 虹吸式移动罩滤池的 计算	212
第二节 浮沉池	173	第六节 单阀滤池	214
一、概述	173	一、工况概述	214
二、计算例题	174	二、单阀滤池的特点及设计 参数	215
【例 6-2】 侧向流斜板浮沉池设计 计算	174	三、计算例题	215
第七章 滤池	177	【例 7-11】 设池顶水箱的单阀滤池的 设计计算	215
第一节 概述	177	【例 7-12】 在清水池内设冲洗水 箱的单阀滤池的设计 计算	219
第二节 普通快滤池	178	第七节 V 型滤池	222
一、构造与设计要点	178	一、构造特点	222
二、滤池的表面冲洗	180	二、设计要点及参数	224
三、计算例题	181	三、计算例题	225
【例 7-1】 普通快滤池设计 计算	181	【例 7-13】 V 型滤池设计 计算	225
【例 7-2】 固定管式表面冲洗 系统的计算	185	第八节 滤池的气水反冲洗	230
【例 7-3】 旋转管式表面冲洗 系统的计算	187	一、工艺特点	230
第三节 虹吸滤池	189	二、设计参数	231
一、虹吸滤池的构造	189	三、计算例题	234
二、虹吸滤池的水力自动控制 装置	190	【例 7-14】 气水反冲洗大阻力配气 系统设计	234
三、设计参数	191	第九节 几种新型滤池	235
四、计算例题	191	一、流动床滤池	235
【例 7-4】 矩形虹吸滤池的 计算	191	【例 7-15】 流动床滤池设计 计算	237
【例 7-5】 虹吸滤池水力自动控制 装置的计算	195	二、翻板滤池	239
第四节 无阀滤池	198	【例 7-16】 翻板滤池设计 计算	242
一、工况概述	198	第八章 消毒设施	248
二、设计要点	199	第一节 概述	248
三、计算例题	201	第二节 氯及氯的衍生物消毒	249
【例 7-6】 方形重力式无阀滤池的 计算	201	一、液氯消毒	249
【例 7-7】 无阀滤池主虹吸管的 计算	203	【例 8-1】 液氯消毒加氯量及设备 选择的计算	250
【例 7-8】 压力式无阀滤池设计 计算	204	二、漂白粉消毒	251
第五节 移动罩滤池	207	【例 8-2】 漂白粉消毒的计算	252
一、工况概述	207	三、氯胺消毒	252
二、设计参数	208	【例 8-3】 氯胺消毒的计算	253

四、次氯酸钠消毒.....	254	第十章 微污染源饮用水的附加处理设施	288
【例 8-4】 次氯酸钠消毒的 计算	255	第一节 概述.....	288
五、二氧化氯消毒.....	255	第二节 生物预处理设施.....	288
【例 8-5】 二氧化氯消毒的 计算	256	一、适用的生物预处理方法.....	289
第三节 紫外线消毒	257	二、生物膜法的适用条件和设计 参数.....	289
一、设计概述.....	257	三、计算例题.....	291
二、计算例题.....	258	【例 10-1】 颗粒填料（陶粒滤料） 生物接触氧化池的 设计计算	291
【例 8-6】 浸水式紫外线消毒 设备的计算	258	【例 10-2】 人工合成填料（YDT 填 料）生物接触氧化池的 设计计算	293
【例 8-7】 横置光源水面式紫外线 消毒设备的计算	259	【例 10-3】 塔式生物滤池用于微污 染水源水处理的设计 计算	294
第四节 臭氧消毒	261	第三节 活性炭吸附深度处理	296
一、设计概述.....	261	一、活性炭的吸附与再生.....	296
二、计算例题.....	262	二、活性炭吸附装置的 设计参数.....	297
【例 8-8】 臭氧消毒设备选用 计算	262	三、计算例题.....	298
第九章 特殊水质处理设施	264	【例 10-4】 颗粒活性炭吸附法 用于饮用水深度 处理的计算	298
第一节 水的除铁除锰	264	【例 10-5】 活性炭吸附塔基本 尺寸的计算	300
一、除铁.....	264	【例 10-6】 粉末活性炭补充量的 计算	301
【例 9-1】 自然氧化法除铁的 计算	267	第四节 臭氧预处理、深度处理及 臭氧-生物活性炭联合深度 处理	302
【例 9-2】 接触氧化法除铁的 计算	273	一、与臭氧联用的水处理技术.....	302
二、除锰.....	275	二、计算例题.....	303
【例 9-3】 接触氧化法除铁除锰的 计算	276	【例 10-7】 臭氧-生物活性炭联合 处理微污染源水的 计算	303
第二节 水的除氟	278	第五节 膜法深度处理	305
一、混凝沉淀法.....	279	一、膜法的特点.....	305
【例 9-4】 混凝沉淀法除氟的 计算	279	二、膜法的类别.....	306
二、吸附过滤法.....	280	三、压力为推动力膜法的应用.....	306
【例 9-5】 活性氧化铝吸附过滤 法除氟的设计计算	280	四、膜法水处理设计与运行.....	308
第三节 水的除藻	282	五、计算例题.....	316
一、藻类的危害.....	282	【例 10-8】 以城市自来水制取	
二、除藻方法.....	282		
三、微滤机除藻.....	283		
四、除藻设施计算例题.....	284		
【例 9-6】 微滤机除藻的设计 计算	284		
【例 9-7】 压力溶气气浮池除藻的 设计计算.....	286		

纯净水机组的设计 计算	316
第六节 国内外微污染源饮用水处理 厂工艺及建造概况	321
一、我国微污染源饮用水处理厂 建造概况	321
二、国外部分国家饮用水处理厂工艺 设置概况	324
第十一章 净水厂超滤膜过滤工艺 设施	328
第一节 超滤膜净水工艺技术 概述	328
一、超滤膜过滤的特点与应用	328
二、超滤膜装置	329
三、超滤膜系统技术参数	331
四、超滤膜净水工艺流程	332
五、超滤膜净水工艺设施	334
第二节 计算例题	336
【例 11-1】 内压式超滤膜死端过 滤工艺计算	336
【例 11-2】 浸没式超滤膜工艺 计算	338
【例 11-3】 在线清洗浸没式超滤膜 工艺设计计算	343
第十二章 配水井和清水池	348
第一节 配水井	348
一、概述	348
二、计算例题	349
【例 12-1】 圆形堰式配水井设计 计算	349
第二节 清水池	350
一、概述	350
二、计算例题	352
【例 12-2】 清水池工艺设计 计算	352
【例 12-3】 清水池消毒接触时间 校核计算	354
第十三章 排泥水处理设施	355
第一节 净水厂排泥水来源及 性能	355
一、排泥水来源	355
二、排泥水的特性	355
三、排泥水的性质	355
第二节 排泥水处理系统组 成与工艺	356
一、排泥水处理系统组成	356
二、工艺流程选择	357
第三节 排泥水水量和污泥处 理量	358
一、排泥水水量的确定	358
二、污泥量的确定	358
三、计算例题	360
【例 13-1】 排泥水干泥量的 计算	360
第四节 调节池	360
一、概述	360
二、设计要点	360
三、计算例题	361
【例 13-2】 滤池反冲洗排水池的 计算	361
【例 13-3】 沉淀池的排泥池设计 计算	362
第五节 污泥浓缩池	363
一、概述	363
二、设计要点	363
三、计算例题	364
【例 13-4】 固体通量法设计重力 浓缩池的计算	364
第六节 污泥平衡池	365
一、概述	365
二、设计要点	365
三、计算例题	365
【例 13-5】 污泥平衡池设计 计算	365
第七节 污泥脱水	366
一、概述	366
二、计算例题	367
【例 13-6】 高压板框压滤机脱水 设计计算	367
附录	368
附录一 《地表水环境质量标准》 (GB 3838—2002) (摘) ...	368
附录二 《生活饮用水卫生标准》 (GB 5749—2006) (摘) ...	370
参考文献	374

第一章 生活饮用水处理概论

第一节 天然水源的水质

水因其自身的异常分子结构，使其具有很强的溶解性和反应能力。所以，世界上很难有化学意义上的纯水（ H_2O ）自然存在，不论何种天然水，都会含有某些杂质。水体是水、溶解物质、悬浮物、底质和水生生物的总称。

水质是水及其所含杂质所共同表现出来的物理、化学及生物学的综合特性。水质亦指水的实际使用性质。凡是能反映水的使用性质的某一种量，即称为水质参数（包括替代参数或集体参数，如总溶解固体 TDS、浊度、色度等）。某一水质特性可通过水质指标（参数）来表达，例如水的温度、pH 值、各种溶解离子成分等。某种水的水质全貌，可用水质指标体系来反映，例如《生活饮用水卫生标准》等。

一、原水中的杂质

天然水源可分为地表水和地下水两大类。地表水按水体存在的方式有江河、湖泊、水库和海洋；地下水按水文地质条件可分为潜水（无压地下水）、自流水（承压地下水）和泉水。无论哪种水源，其原水中都可能含有不同形态、不同性质、不同密度和不同数量的各种杂质。水中的这些杂质，有的来源于自然过程的形成，例如地层矿物质在水中的溶解，水中微生物的繁殖及其死亡残骸，水流对地表及河床冲刷所带入的泥砂和腐殖质等；有的来源于人为因素的排放污染，其中数量最多的是人工合成的有机物，以农药、杀虫剂和有机溶剂为主。美国在水中检出 700 多种有机污染物，其中 100 多种为促癌、致癌、致畸和致突变物质。

天然水体中杂质的种类，按其粒径大小可分为溶解物、胶体颗粒和悬浮物三类（见表 1-1）。各类杂质的组成和危害见图 1-1。天然水体中各种杂质的粒径和性状见图 1-2。

表 1-1 水中杂质的粒径及其水溶液的外观性状

项 目	溶解物(低分子、离子)	胶体颗粒	悬浮物
粒径/nm	0.1~1.0	1.0~100	100nm~1mm
水溶液名称	真溶液	胶体溶液(水溶胶)	悬浊液
水溶液外观	清澈透明	光照下浑浊	浑浊

二、未污染天然水源的水质特征

未受污染的各种水源的水质特点，见表 1-2。



图 1-1 天然水体中各类杂质的组成和危害

尺寸(nm)	10^{-1}	1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6				
(μm)	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^3				
悬浮固体	泥砂			50nm	黏土	4 μm	粉砂	60 μm	细砂	250 μm	
	虫类							血吸虫尾蚴长约300 μm 宽约50~100 μm			
	原生动物					2 μm	痢疾变形虫包裹约4~5 μm				
	藻类					2 μm					
	细菌					大肠杆菌 0.5 μm × 1.0~3.0 μm 伤寒杆菌 (0.6~0.7) μm × (2.0~3.0) μm 痢疾杆菌 (0.4~0.6) μm × (1.0~3.0) μm 霍乱弧菌 (0.3~0.6) μm × (1.0~5.0) μm	80 μm				
	病毒					小儿麻痹病毒25nm 传染性肝炎病毒20~45nm	300nm				
	腐殖酸					10nm	3nm	10nm			
	蛋白质					1nm	5nm				
	溶解固体					无机离子	0.8nm				
	分散体系					真溶液	1nm	胶体溶液	1 μm	悬浮体	
运动特点						1nm	出现布朗运动现象	10 μm	出现重力沉淀现象		
观测工具							50nm	0.1 μm	显微镜范围	70 μm	肉眼可见
								10 μm	100 μm		
							电子显微镜范围	1 μm	超外显微镜范围		

图 1-2 天然水体中各种杂质的粒径和性状

表 1-2 未受污染的各种水源的水质特点

	优点	缺点	备注
地下水	无悬浮物,水透明,浊度一般为 0,色度低,水质、水温稳定,不易受外界污染和气温影响	含盐量高 硬度大 常含铁和锰	我国地下水的含盐量一般为 100~5000mg/L,总硬度为 100~500mg/L(以 CaCO ₃ 计),含铁量多小于 10mg/L,含锰量小于 2~3mg/L。泉水兼有地下水和地表水的水质特征
地表水	江河水	悬浮物和胶体杂质含量多 浊度大 水温不稳定 水质易受自然条件和人为污染的影响 水的色、嗅、味变化较大	我国南方和东北地区的河流,一般年平均浊度为 50~400NTU,含盐量一般为 70~900mg/L,硬度 50~400mg/L(以 CaCO ₃ 计)
	湖泊、水库水	风浪和暴雨时,水浑浊、水质恶化,易富营养化,夏季藻类和浮游生物多,水的色、嗅、味大 易受废水污染 扩散能力低,循环周期长,自净能力弱	此处指淡水湖水质 水质特征一般和江河水类似,但含盐量和硬度较江河水高
	海水	含盐量低 硬度小 含铁、锰少 循环周期短 自净能力强	含盐量高达 6000~50000mg/L,其中氯化物占 89%(NaCl 占 83.7%),硫化物次之,再次为碳酸盐,其他盐类甚少

三、水源污染的情势

水源污染是当今世界发展中国家的普遍问题。河流、湖泊及地下水所遭受的污染,直接影响到饮用水源。

1. 我国水污染状况

据 2017 年中国生态环境状况公报,在长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大流域和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河中, I~III 类、IV~V 类和劣 V 类水质断面比例分别为 71.8%、19.8% 和 8.4%。说明 28.2% 的河段不适宜作饮用水水源。与河流相比,湖泊、水库的污染更加严重。112 个重要湖泊(水库)中, I~III 类、IV~V 类和劣 V 类水质的湖泊(水库)所占比例分别为 62.5% (70 个)、26.8% (30 个) 和 10.7% (12 个)。即 37.5% (42 个) 的湖泊(水库)不易作饮用水水源, 10.7% 湖泊(水库)失去使用功能。全国 5100 个地下水水质监测点位中, 优良级、良好级、较好级、较差级和极差级点位分别占 8.8%、23.1%、1.5%、51.8% 和 14.8%。地级及以上城市 898 个在用集中式生活饮用水水源水质监测断面(点位)中, 有 813 个全年水质均达标, 占 90.5%, 其中地表水水源达标率 93.7%, 地下水水源标率 85.1%。

2. 水体的有机物污染

在水源污染物中, 有机物污染更加严重。目前已知的有机化合物多达 400 万种, 其中相当大一部分是通过人类活动进入水体, 使水源中所含杂质的种类和数量不断增加, 水质不断恶化。不少有机污染物对人体有急性或慢性、直接或间接的毒害作用, 包括致癌、致畸和致突变作用, 在给水源中现已发现有 2221 种有机物, 饮用水中有 765 种, 并确认其中 20 种为致癌物, 23 种为可疑致癌物, 18 种为促癌物, 56 种为致突变物, 总计 117 种有机物成为优先控制的污染物。

水源污染物给人类健康造成严重威胁。解决的办法一是保护饮用水源, 控制污染物, 二

是强化饮用水处理工艺。

生活饮用水水源的水质好坏,不仅关系到人们的生命健康,也影响着饮水工程建设的投资造价,所以,国家制定了《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020—93)以规范生活饮用水水源的选择。

四、饮用水水源的水质分类

根据水源水质受到污染的情况或所含杂质的特点,可将饮用水水源分为普通水质水源、特种水质水源和微(轻度)污染水质水源三类。

普通(正常)水质水源指水质符合《生活饮用水水源水质标准》或《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中作为生活饮用水(见附录一)水质要求的水源,是具有使用功能的地表水或地下水水域。

特种水质水源指水中含有过量的某种杂质的水源,一般指含过量的铁、锰、氟、藻类等物质的水源。

微污染水质水源指水源水的物理、化学和生物学等指标,劣于《生活饮用水水源水质标准》或《地表水环境质量标准》中作为饮用水水质要求的水源。微污染水源水的单项指标如浊度、色度、臭味、硫化物、氮氧化物、有毒有害物质、病原微生物等均有超标现象,同时多数情况下是以有机物微量污染为主。

近年来,我国微污染水源的水质特点为:有机物综合指标(BOD、COD、TOC)和氨氮浓度在升高,臭味明显,致突变性的Ames试验结果呈阳性(水质良好水源呈阴性)。

从法规上说,微污染水源水是不能作为饮用水水源使用的。但由于社会和经济的发展,淡水资源紧缺(含水质型缺水)和水环境污染普遍的现象已经成了全球性的实际问题。因此,微污染水源水的净化处理已是客观存在的现实技术问题。

第二节 饮用水的水质要求

一、饮用水水质标准的意义

1. 饮用水水质标准的时代性

生活饮用水泛指人们生活中的饮水和用水。饮用水水质的安全性对人体健康和生活使用至关重要。鉴于天然水源的水质成分十分复杂多变,不能直接供人们生活所用,故世界各国对制定饮用水的水质标准都极为关注。在不同的历史年代中,很多国家和地区都制定了不同的饮用水水质标准,其中最具代表性和权威性的是世界卫生组织(WHO)的水质准则,它是世界各国制定本国饮用水水质标准的基础和依据。另外,比较有影响的还有欧盟的《饮用水指令》和美国的《安全饮用水法案》。

我国的城市自来水事业,至今年已有140年的历史,其饮用水水质标准的制定也是随着社会的发展和科学技术的进步,而不断与时俱进的(详见表1-3)。在20世纪初期,饮用水水质标准主要包括水的外观和预防水致传染病方面的项目;以后开始重视重金属离子的危害;80年代开始侧重于有机污染物的防治;90年代以来更加重视工业废水排放及农药使用的有机物污染,以及消毒副产物和某些致病微生物等方面的危害。

2. 饮用水水质标准的制定原则

生活饮用水水质标准是关于生活饮用水水质卫生和安全的技术法规,由一系列的水质指

标及相应的限值组成。生活饮用水水质标准的制定主要是从人们终生用水安全来考虑的,主要基于三个方面来保障饮用水的卫生和安全,即水中不得含有病原微生物,水中所含化学物质及放射性物质不得危害人体健康,水的感官性状应良好。从上述要求出发,一般可将饮用水水质标准中的水质检测项目分为四大类指标:感官性状和一般化学指标、毒理学指标、细菌学指标、放射性指标。

表 1-3 我国不同时期关于饮用水水质标准的规定

实施时间	发布部门	标准名称(文号)	级别	指标项目数(项)		
				总数	常规项目数	非常规项目数
1927年	上海市	《上海市饮用水清洁标准》	地方			
1937年	北京市自来水厂	水质标准表	企业	11		
1950年	上海市	上海市自来水水质标准表	地方	16		
1955年5月	原卫生部	《自来水水质暂行标准》	行标	15		
1956年12月	原国家建委,原卫生部	《饮用水水质标准》	国标	15		
1959年11月	原建工部,原卫生部	《生活饮用水水质标准》	国标	17		
1976年12月	原国家建委,原卫生部	《生活饮用水卫生标准》 (TJ 20-76)(试行)	国标	23		
1986年10月	原卫生部	《生活饮用水卫生标准》 (GB 5749-85)	国标	35		
1987年7月	原国家环保总局,原卫生部,原建设部,原水利部,地矿部	饮用水水源保护区污染防治管理规定	—	27条		
1991年5月	全国爱卫会,原卫生部	农村实施《生活饮用水卫生标准》准则	国标	21		
1992年11月	原建设部	2000年水质目标	行标	89(一类水司) 51(二类水司) 35(三、四类水司)		
1995年5月	原建设部	城市供水水质管理规定	—	28条		
1996年7月	原建设部,原卫生部	生活饮用水卫生监督管理办法	—	31条		
1999年2月	原国家质量技术监督局,原建设部	《城市给水工程规划规范》 (GB 50282-98)“生活饮用水水质标准”	国标	89(一级) 51(二级)		
2000年3月	原建设部	《饮用净水水质标准》 (CJ 94-1999)	行标	39		
2001年9月	原卫生部	《生活饮用水卫生规范》	行标	96	34	62
2005年6月	原建设部	《城市供水水质标准》 (CJ/T 206-2005)	行标	103	42	61
2005年10月	原建设部	《饮用净水水质标准》 (CJ 94-2005)	行标	38		
2007年7月	原卫生部,国家标准委	《生活饮用水卫生标准》 (GB 5749-2006)	国标	106	42	64

注:1992年原建设部城建司组织原中国城镇供水协会编写了《城市供水行业2000年技术进步发展规划》,对2000年的水质目标进行了规划,把自来水公司按供水规模 $[Q_{\max}(\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d})]$ 分为四类,并提出了不同的质量要求。

一类水司, $Q_{\max} > 100$,同时是直辖市、对外开放城市、重点旅游城市或国家一级企业的水司,水质标准数为89项。

二类水司, $50 < Q_{\max} < 100$ 的其他城市、省会城市和国家二级企业的水司,水质指标数为51项。

三、四类水可仍按国标35项。

二、我国现行的饮用水水质标准

我国现行的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)是由原卫生部、原建设部、原

水利部、原国土资源部和原国家环保总局提出,在中国国家标准化管理委员会组织领导下制定的,由中国疾病预防控制中心环境所负责起草,由原卫生部归口管理的国家标准,于2006年12月29日由国家标准委和原卫生部联合发布,2007年7月1日在全国正式实施。

新标准对原有标准(GB 5749—85)做了重大修订,水质检验项目由35项增加至106项。其中对健康有影响的指标(如铅、砷、农药、微生物等)约占81%,感官指标和一般化学性指标(如色、嗅、浊度、硬度、COD等)约占19%。

1. 新标准的特点和要求

新标准基本特点是符合我国国情,与国际先进水平接轨。具体体现在以下方面。

(1) 体现以人为本,保证安全,面向城乡全体居民采用统一标准。在现阶段,我国部分农村要严格执行该标准在经济和技术方面会有困难,这部分供水用“小型集中式”来表述。

(2) 对小型集中式供水,如实施该标准有困难的,在保证安全的基础上对感官指标性状指标以及少量毒理学指标可适当放宽。

(3) 尽可能与国际组织和经济发达国家同类标准接轨。主要是向世界卫生组织的《饮用水水质准则》接轨。

(4) 我国幅员辽阔,各地差异很大,要因地制宜。对水质要求不宜过高,检验样品不宜过多。

(5) 水质感官性状和一般理化指标以用户能接受为度,但仍按强制执行。

(6) 制定标准时考虑了洗澡、漱口时可能对人体健康产生影响的因素,也考虑了输配管道腐蚀的影响。符合该标准的饮用水,通过呼吸或皮肤接触而对人体健康的影响也是安全的。

2. 标准修订的基本原则

(1) 保证终生饮用安全。

(2) 水质感官指标性状良好,用户可以接受。

(3) 供水部门在经济和技术条件上能够达到。

(4) 有适宜的检验和净化方法,保证水质指标能够实现。

3. 适用范围

(1) 无论城市或农村,无论规模大小,无论分散或集中供水,都应执行该标准的规定。

(2) 不仅供水系统供出的水要符合标准的要求,更重要的是居民实际使用的水也要符合标准的规定。

(3) 该标准也适用于供生活饮用的桶装水和瓶装水,但不包括饮料和矿泉水。

(4) 适用于各类集中供应式生活饮用水,包括自建集中式供水,供应日常生活饮用水的供水站,如公共场所、居民社区提供的分质供水,以及用作日常生活的各种形式的包装饮水。

4. 现行标准与原标准的比较

该标准中的水质指标由35项增加到106项,增加了71项,修订了8项。

(1) 微生物指标由2项增加到6项(增加了大肠埃希菌、耐热大肠菌群、贾第鞭毛虫和隐孢子虫),修订了总大肠菌群的限值。

(2) 饮用水消毒剂由1项增至4项(增加了一氯胺、臭氧、二氧化氯)。

(3) 毒理学指标由15项增至74项(无机化合物由10项增至21项,有机化合物由5项增至53项)。

(4) 感官性状和一般理化指标由15项增加到20项(增加了耗氧量、氨氮、硫化物、