



供水技术系列教材
GONGSHUI JISHU XILIE JIAOCAO

JINGSHUI GONGYI

净水工艺

主 编 常 颖 吴 强

副主编 陈慧仪 严伟婵
漆文光 贺 涛



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



供水技术系列教材
GONGSHUI JISHU XILIE JIAOCAO

JINGSHUI GONGYI

净水工艺

主 编 常 颖 吴 强

副主编 陈慧仪 严伟婵
漆文光 贺 涛



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

净水工艺/常颖, 吴强主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2014. 10
供水技术系列教材

ISBN 978 - 7 - 5623 - 4213 - 7

I. ①净… II. ①常… ②吴… III. ①净水 - 技术 - 教材 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 089424 号

净水工艺

常颖 吴强 主编

出版人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

http: //www. scutpress. com. cn E-mail: scutcl3@scut. edu. cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

策 划: 吴兆强 林起提

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 广州市穗彩印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 11 字数: 282 千

版 次: 2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1500 册

定 价: 23.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

“供水技术系列教材”

编委会

主 任：王建平

副主任：刘尚健 黄念禹 孙 伟 黄 微
张海欧

委 员：袁永钦 叶美娴 沈 军 董玉莲
常 颖 吴卓祯 梁伟杰 魏日强
谢宣正

《净水工艺》编写组

主 编：常 颖 吴 强

副主编：陈慧仪 严伟婵 漆文光 贺 涛

序

在一个城市里，给水系统是命脉，是保障人民生活和社会发展必不可少的物质基础，是城市建设的重要组成部分。近年来，我国已成为世界城市化发展进程最快的国家之一，今后一个时期，城市供水行业发展也将迎来新的机遇、面临更大的挑战，城市发展对供水行业提出了更高的要求，我们必需坚持以人为本，不断提高人员素质，培养一批优秀的专业技术人员以推动供水行业的进步，从而使整个供水行业能适应城市化发展的进程。

广州市自来水公司，作为国内为数不多的特大型百年供水企业，一直秉承“优质供水、诚信服务”的企业精神，同时坚持“以科技为先导，以人才为基础”的发展战略，通过各类型的职工专业技能培训，不断提高企业职工素质，以适应行业发展需求。

为了进一步提高供水行业职工素质和技能水平，从2011年起，广州市自来水公司组织相关专业技术人员，历经3年时间，根据《城市供水行业2010年技术进步发展规划及2020年远景目标》要求，针对我国城市供水行业现状、存在问题及发展趋势，以“保障安全供水、提高供水质量、优化供水成本、改善供水服务”为总体目标，结合广州市中心城区供水的具体特点，按照“理论适度、注重实操、切合实际”的编写原则，编制了本系列丛书，主要包括净水、泵站操作、自动化仪表、供水调度、水质检验、抄表收费核算、管道、营销服务、水表装修等九个专业。

本次编写的教材可以用于供水行业职工的岗前培训、职业技能素质提高培训，同时也可作为职业技能鉴定的参考资料。

王建平
2014年10月

前言

《净水工艺》是“供水技术系列教材”之一。全书共分为五章，第一章为“基础知识”，主要内容包括水源水质分类、特点及饮用水水质标准等；第二章为“给水工艺”，主要内容包括常规处理、生物预处理、深度处理、净水原材料介绍及微污染物质应急处理的一般方法，以及所采用的净水原材料特点等；第三章为“排泥水处理工艺”，主要内容包括排泥水的特性、处理工艺及脱水污泥的处置方法等；第四章为“净水构筑物的运行管理”，主要内容包括各类净水构筑物的检查、检测、清洗、消毒等日常管理工作方法；第五章为“给水净化技术的发展”，主要内容包括目前国内先进净水工艺的发展趋势及应用实例。

近年来，随着国民经济的持续、高速发展，城市水资源普遍受到污染，自来水厂原有取水水源水质进一步恶化；同时，水源突发污染事故频发及人们生活水平的不断提高，促使公众对饮用水水质安全给予越来越多的关注。为此，国家卫生部和标准委员会于2006年12月联合发布了新国标——《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006），水质指标由原来的35项增加至106项，全部指标已于2012年7月1日实施。

新国标对饮用水水质提出了更高要求，国内相当数量的供水企业由于水源水质变化、生产工艺水平落后、设施陈旧老化、处理能力不足、设计建造不够合理、自动化程度不高等多种原因，供水水质难以满足新国标要求。于是，自新国标发布以来，我国自来水行业迎来了技术改造的新高潮。

新国标的实施使自来水行业迎来了历史性发展契机，加快了自来水企业升级改造的步伐，使得近年来在净水工艺、自动化控制、水质仪表、水泵设备以及管道技术等新工艺、新技术、新设备方面发展迅猛，各企业的技术改造的实施，使自来水厂的生产管理已发生变化。编者为了适应新形势发展，确保自来水企业从业人员熟练掌握水厂改造后的新技术和新工艺而编写了本书。本书在立足于国内净水工艺基本知识的基础上，重视理论与生产实际相结合，主要对各类净水工艺的工程应用情况进行分析总结，归纳整理出一套较完善的运行管理模式，且在水厂应对水质突发污染方面，通过实验验证，提出了一系列常见突发污染物的应急处理技术指引。

本书可用于加强职工净水生产运行管理及设备维护培训，提高员工素质和技术水平，结合生产全过程监控体系，建立标准化的运营机制，对确保安全、稳定、优质、低耗供水将起到积极的作用。对于全国各类供水企业的净水工艺管理工作具有重要的参考作用，尤其适用于珠三角地区大中型自来水厂净水工作人员的职业技能与岗位培训。

本书的编写得到广州市自来水公司领导的直接关怀和支持指导，是在公司总工室的统筹组织安排下，在全公司二十多位净水水质检验工艺技术专家与骨干人员的共同努力下完成的。教材在制定目录大纲和初稿征求意见时收集到各基层水厂反馈的宝贵意见，编写组在此表示最真挚的感谢。

由于编著者水平所限，书中还存在许多不足，恳请专家和读者批评指正，以便在下次修订时进行补充和完善。

《净水工艺》编写组

2014年3月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 给水处理概论	(1)
一、去除水中悬浮固体	(1)
二、去除水中有害溶解物质	(1)
三、去除水中溶解有机物	(1)
第二节 天然水源水质	(1)
一、地表水	(1)
二、地下水	(2)
三、天然水中的杂质	(2)
第三节 广东地区天然水源水质特点	(5)
一、珠江主航道	(5)
二、东江	(5)
三、北江	(5)
四、西江	(6)
第四节 原水及生活饮用水水质标准	(6)
一、原水水质标准	(6)
二、生活饮用水水质标准	(15)
三、水质指标说明	(20)
第二章 给水工艺	(40)
第一节 常规处理	(40)
一、混凝	(40)
二、沉淀（澄清）	(51)
三、过滤	(65)
四、消毒	(90)
第二节 生物预处理	(103)
一、预处理的形式与分类	(104)
二、轻质滤料生物滤池（BIOSMEDI 生物滤池）	(104)
三、陶粒生物滤池	(109)

四、其他预处理工艺	(113)
第三节 深度处理	(115)
一、深度处理的形式及分类	(115)
二、臭氧-生物活性炭 (O_3 -BAC)	(115)
第四节 净水原材料介绍	(123)
一、硫酸铝	(123)
二、聚合氯化铝 (碱铝)	(124)
三、三氯化铁	(124)
四、石灰	(124)
五、氢氧化钠	(125)
六、聚丙烯酰胺	(125)
七、氯	(125)
八、氨	(126)
九、臭氧	(126)
十、高锰酸钾	(127)
十一、活性炭	(127)
第五节 微污染物质处理方法	(127)
一、水中污染物分类	(127)
二、主要应对方法	(128)
第三章 排泥水处理工艺	(131)
第一节 排泥水的特性	(131)
一、沉淀池排泥水	(132)
二、滤池反冲洗水	(132)
第二节 排泥量的确定	(132)
第三节 排泥水处理工艺	(133)
一、工艺流程及选择	(133)
二、排泥水的收集与调节	(134)
三、排泥水的浓缩	(136)
四、污泥储存	(137)
五、污泥脱水	(137)
第四节 泥饼处置	(142)
一、泥饼的海洋投弃	(142)
二、泥饼的焚烧处理	(142)
三、泥饼的卫生填埋	(142)
四、泥饼的农用	(142)

五、泥饼的资源化	(142)
第四章 净水构筑物的运行管理	(144)
第一节 净水构筑物的检查	(144)
一、取水泵站	(144)
二、生物滤池	(144)
三、反应沉淀池	(145)
四、砂滤池	(145)
五、臭氧接触池	(146)
六、活性炭滤池	(146)
七、清水池	(146)
八、排泥水处理构筑物	(147)
第二节 净水构筑物的清洗消毒	(147)
一、混合反应池	(147)
二、沉淀池	(147)
三、滤池	(148)
四、臭氧接触池	(148)
五、清水池（水库）	(149)
六、排泥水处理构筑物	(150)
第五章 给水净化技术的发展	(151)
第一节 膜处理	(151)
一、超滤膜工艺的概述	(151)
二、膜技术及工艺	(152)
三、膜技术应用的工程实例	(154)
第二节 深度处理技术	(157)
一、活性炭吸附技术	(157)
二、臭氧 + 活性炭联用技术	(157)
三、膜分离技术	(158)
四、臭氧 + 活性炭 + 超滤联用技术	(159)
附件 水厂工艺流程介绍	(160)
参考文献	(164)

第一章 基础知识

第一节 给水处理概论

天然水体中由于含有各种杂质,不能满足供水水质的要求,因此需要进行处理。给水处理的任务就是对原水进行加工,使水质符合生活或工业用水的各种要求。由于原水水质的差异以及要求达到的水质标准不同,因此采用的给水处理工艺手段也不尽相同。

针对生活饮用水的水质要求,应按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)执行。根据不同的原水水质特点,采用有效、可靠的水处理工艺,使成品水能达到无色、无臭、无味、无悬浮固体、无有害物质、不含致病微生物或细菌等的要求。

一、去除水中悬浮固体

悬浮固体包括天然中原有的以及在使用过程中混入的,或者在处理过程中产生的泥沙、细菌、病毒、藻类以及原生动物包囊等,都是天然水中常见的悬浮固体。悬浮固体的含量基本上是由水的浊度和微生物参数反映出来的。饮用水所涉及的处理问题基本上也是去除悬浮固体的问题,所以浊度和大肠菌类是饮用水水质的两项重要的参数。

二、去除水中有害溶解物质

随着人类活动对自然环境的影响,饮用水的处理常会遇到原水受到如铁、锰、氟、砷等各类有害溶解物质污染的突发性水质事故,且事故发生越来越频繁。

三、去除水中溶解有机物

腐殖质是天然水中存在的主要有机物,是产生色度的主要原因。水中出现较大量的有机物主要是污染引起的。这些有机物的含量和去除效果由水的 BOD、TOC、UV 吸光度等参数数值的降低显示出来。

第二节 天然水源水质

一、地表水

地表水包括江河、湖泊及水库等,其水质特征也各有不同。

江河由大气降水径流和地下水补给形成,其水质因流域内的环境条件而异,其中受生

物活动和人类社会活动的影响极大,其水质特征是含有较多的泥沙和悬浮物质,细菌含量亦相对较高,且受季节的变化明显。年间的水温变化也较大,含盐量一般较地下水低,沿海地区的河流受潮汐的影响,也会出现水中氯化物含量较高的情况。

此外,江河在其径流过程中受到工业废水和生活污水排放的影响,使水质成分更加复杂。未经处理的废(污)水直接排入水体,造成水体污染。主要的污染物包括有机污染(氨氮、COD、BOD)、重金属、砷、氰化物、挥发酚、石油类等。

广州市自来水公司下属水厂均以江河水为水源,其中,在用水源为西江思贤滘下陈村、东江北干流刘屋洲岛以及顺德西海的北江顺德水道。备用水源为珠江西航道、流溪河。

湖泊、水库由于水体的滞留时间长,因此泥沙和悬浮物质含量相对较少,季节的变化也不如江河明显,由于日光照射和水体流动差的特点,当水中氮、磷等营养物质较高时,藻类的生长繁殖成为湖泊、水库水的一个突出问题。

二、地下水

地下水是由地面降水经地层渗流而形成,其水质与所接触岩层密切相关。一般来说,地下水经岩层的过滤、吸附和微生物净化作用,悬浮杂质较少。但地下水经过岩层也会出现溶解盐类含量高,硬度和矿化度较大的现象,有时铁、锰指标可能超过相应的水质标准。由于受地面污染的影响少,因此地下水中的有机物和细菌含量相对较少。

三、天然水中的杂质

天然水中的杂质,包括溶解的以及混合在水中的各种无机物、有机物以及其他污染物质。图 1-1 表示天然水中可能出现的各种类型的成分、大致的尺寸及一些物理化学性质。

(一) 无机物

天然水中所含无机物主要是溶解的离子、气体与悬浮的泥沙。溶解的离子分为阳离子和阴离子,其中包含了金属元素和非金属元素。实际上,天然水中的溶解离子中,还含有微量的其他元素。微量元素的质量浓度一般以 $\mu\text{g/L}$ 计。这些微量元素中,金属以阳离子的形式存在,如锂、铷、铯、铍、镉等,或存在于有关的酸根中;非金属元素则一般存在于有关的酸根中。另外,天然水中还存在放射性元素。

水中的泥沙使水呈现浑浊。水中泥沙的浓度称含沙量,以 kg/m^3 为单位表示。含沙量很高的水,一般称高浊度水。从高浊度水中去除大量的泥沙以及排除所去除的泥沙在技术上都是应该受重视的问题。

(二) 有机物

天然水中常见的有机物为腐殖质,有时也含有多核芳香烃。腐殖质是土壤的有机组分。植物和动物残骸在土壤中分解的过程中,通过土壤中的微生物的降解或再合成的作用,会处于出现一组无定形的黑色物质阶段,这组物质统称为腐殖质。腐殖质虽然对化学或生物的侵蚀相对稳定,但最后仍然沿着碳循环和氮循环的途径降解为最简单的化合物。腐殖质是一类亲水的、酸性的多分散物质,它们的相对分子质量在几百或数万之间。腐殖质的详细组成仍然未清楚。目前是根据试验把它分成三个组分,如图 1-2 所示。

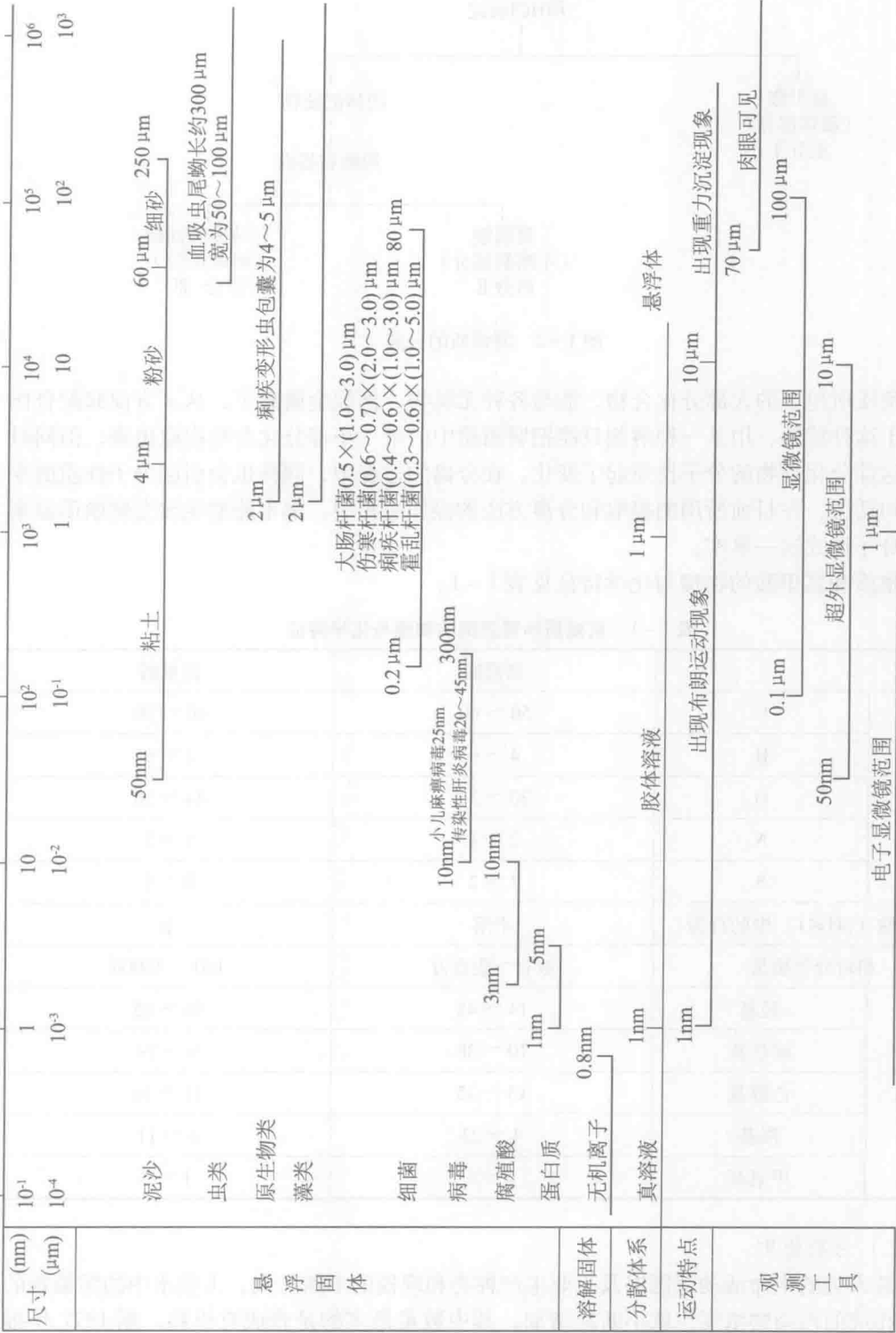


图1-1 天然水中可能出现的各种类型的成分、大致的尺寸及一些物理化学性质



图 1-2 腐殖质的分离

腐殖质所包含的大部分化合物，能与各种无机物，例如金属离子，从多方面起配合作用。由于这种特性，用某一种溶剂只能把腐殖质中的某一小部分化合物提取出来，但同时又会使这部分化合物的分子性质起了变化。在分离的过程中，同样也会引起分子性质的变化。换句话说，在目前所用的提取和分离方法的操作过程中，都不能避免改变腐殖质原来存在的分子形式这一事实。

腐殖质和富里酸的物理与化学特征见表 1-1。

表 1-1 腐殖质和富里酸的物理与化学特征

		腐殖酸	富里酸
元素质量分数 / %	C	50 ~ 60	40 ~ 50
	H	4 ~ 6	4 ~ 6
	O	30 ~ 35	44 ~ 50
	N	2 ~ 4	1 ~ 3
	S	1 ~ 2	0 ~ 2
在强酸 (pH≤1) 中的行为		不溶	溶
相对分子质量		数百~数百万	180 ~ 10000
官能团氧的质 量分数 / %	羟基	14 ~ 45	58 ~ 65
	酚羟基	10 ~ 38	9 ~ 19
	乙醇基	13 ~ 15	11 ~ 16
	羰基	4 ~ 23	4 ~ 11
	甲氧基	1 ~ 5	1 ~ 2

(三) 污染物质

随着人类的生命活动范围以及工业生产种类和规模的不断扩大，天然水中的污染物的数目和相应的污染物浓度也就不断地增加，其中数量最多的是合成有机物，据 1977 年报道，1970 年以前约有 100 种有机化合物在水中被检测出来，1975 年末，数目已超过 1500

种,其中400~500种在世界范围内的饮用水中发现过。另据1981年报道,根据世界范围内的调查结果,鉴别了2221种合成有机物,其中765种出现在饮用水中,765种中有20种为公认的致癌沾污物,23种为可疑的致癌沾污物,18种为癌促进剂,56种为诱变剂。

第三节 广东地区天然水源水质特点

一、珠江主航道

珠江,或叫珠江河,旧称粤江,是中国境内第三长河流,按年流量为中国第二大河流。全长2400km。原指广州到入海口的一段河道,后来逐渐成为西江、北江、东江和珠江三角洲诸河的总称。其干流西江发源于云南省东北部沾益县的马雄山,干流流经云南、贵州、广西、广东四省(自治区)及香港、澳门特别行政区。在广东三水与北江汇合,从珠江三角洲地区的8个入海口流入南海。北江和东江水系几乎全部在广东境内。珠江流域在中国境内面积44.21万 km^2 。珠江主航道上中段水质污染严重,从黄埔至虎门受潮水影响,水质转好,但珠江主航道上中段水质污染比较严重,前航道、后航道水质已达到劣V类水。

二、东江

东江上游始于江西省寻邬县的寻邬水,经龙川、河源、惠阳、博罗至东莞市的石龙镇分东江北干流与东江南支流,分别由大盛口和坭洲口等注入珠江广州河段的狮子洋,经虎门出海。东江北干流,自石龙至大盛,全长38km,流域面积约5469 km^2 。东江石龙以上集水面积2.70万 km^2 ,其控制站博罗水文站集水面积2.53万 km^2 。

广州市自来水公司新×水厂、西×水厂是以东江为水源的主要水厂之一,取水点位于东江北干流刘屋洲,总规模为130万 m^3/d (折合流量15.05 m^3/s),在不考虑其他用水的条件下,东江干流能够满足该设计取水规模。但东江博罗站下游有东深工程,据初步统计,现状日取水量692万 m^3 ,东莞市在东江现状日取水量336.8万 m^3 ,折合流量共119 m^3/s ,远大于97%东江博罗站枯水流量。东江水源供需矛盾日益尖锐,广州市区东部及增城西福河单元供水水源地在枯水年份存在与东莞、深圳、香港争水的矛盾,故东江在规划水平年对广州已无供水潜力。

东江北干流现状水质良好,常年基本处于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅱ~Ⅲ类标准,符合饮用水水源水质标准。

三、北江

北江是珠江流域第二大水系,干流全长468km;发源于江西省信丰县,流经广东省韶关、清远、三水等县市,至思贤滘与西江相通,进入珠江网河区;北江干流思贤滘断面以上流域面积为4.67万 km^2 ,占珠江流域总面积的10.3%;多年平均径流量为521.2亿 m^3 。其控制站石角站多年平均径流量420亿 m^3 (统计年限1954—2000年),水量也相当

丰富,汛期4~9月径流量占全年的76.6%。

北江干流中下游有横石、石角、三水3个水文站。横石站流域面积3.41万km²,石角站流域面积3.84万km²,占北江流域面积的82%,据1960—1999年北江干流三水站枯水径流分析,三水站最枯月多年平均流量为203m³/s,97%保证率平均流量为56.0m³/s。

根据广州市水资源综合规划之水资源配置专题,1980年北江水资源利用率为9.3%,1993年水资源利用率为11.6%,目前的水资源利用率还在20%以下,北江水源还可以继续扩大开发利用。

目前北江下游正兴建清远水利枢纽,位于北江下游河段,坝址多年平均流量1360m³/s,全年保证率95%的日平均流量为237m³/s,对下游调蓄作用很大,这对今后北江下游供水提供了有力保证。

广州市自来水公司南×水厂水源取自北江顺德水道西海,北江目前水质基本良好,全年基本水质处于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅱ~Ⅲ类标准,符合饮用水水源水质标准。

四、西江

西江是珠江流域的主干流,思贤滘以上干流全长2075km,集水面积35.31万km²,占珠江流域总面积的77.8%,其控制站高要站多年平均流量2212亿m³,97%保证率年最枯连续30天平均流量达1170m³/s,水量极其丰富,但径流年际、年内分配不均,汛期4~9月径流量占全年的78.4%。

西江广东省部分面积约14869km²,按本地水资源计算,多年平均为121.04亿m³,1980年、1993年、现状年水资源利用率为17.68%、22.59%、27.5%。但客水量相当大,多年平均有2075亿m³,而水资源利用率在2%以下(不计上游用水)。从西江全流域看,现状水资源利用率估计在10%左右,尚有很大的开发利用空间。

目前西江上游已兴建天生桥、岩滩、大化、恶滩等一系列工程,正在兴建中的龙滩水电枢纽规模大,总库容162亿m³,兴利库容111.5亿m³,对下游调蓄作用大;未来,大藤峡枢纽建设的方向将以水资源配置、供水为出发点,这又是一个对西江下游供水的有力保证。

广州市自来水公司西×、石×、江×水厂水源取自西江思贤滘,西江干流水质良好,全年水质基本处于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅰ~Ⅱ类标准,符合饮用水水源水质标准。

第四节 原水及生活饮用水水质标准

一、原水水质标准

由于广州市自来水公司属下水厂均以江河水为取水水源,因此本节仅对地表水标准进行介绍。参见《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002),具体见表1-2~表1-7。

表 1-2 地表水环境质量标准基本项目标准限值

(单位: mg/L)

序号		I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
1	水温/℃	人为造成的环境水温变化应限制在: 周平均最大温升 ≤ 1 周平均最大温降 ≤ 2				
2	pH 值(无量纲)	6~9				
3	溶解氧 $\geq$	饱和率 90% (或 7.5)	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数 $\leq$	2	4	6	10	15
5	化学需氧量(COD) $\leq$	15	15	20	30	40
6	五日生化需氧量 (BOD_5) $\leq$	3	3	4	6	10
7	氨氮(NH_3-N) $\leq$	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
8	总磷(以 P 计) $\leq$	0.02 (湖、库 0.01)	0.1 (湖、库 0.025)	0.2 (湖、库 0.05)	0.3 (湖、库 0.1)	0.4 (湖、库 0.2)
9	总氮(湖、库,以 N 计) $\leq$	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
10	铜 $\leq$	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
11	锌 $\leq$	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
12	氟化物(以 F^- 计) $\leq$	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
13	硒 $\leq$	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	砷 $\leq$	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	汞 $\leq$	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
16	镉 $\leq$	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	铬(六价) $\leq$	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	铅 $\leq$	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
19	氰化物 $\leq$	0.005	0.05	0.02	0.2	0.2
20	挥发酚 $\leq$	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
21	石油类 $\leq$	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
22	阴离子表面活性剂 $\leq$	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物 $\leq$	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
24	粪大肠菌群(个/L) $\leq$	200	2000	10000	20000	40000