

软饮料工艺学

蒋和体 吴永娴 主编

中国农业科学技术出版社

软饮料工艺学

蒋和体 吴永娴 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

软饮料工艺学/蒋和体, 吴永娴主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2006. 11
ISBN 978-7-80233-177-8

I. 软... II. ①蒋... ②吴... III. 饮料-生产工艺 IV. TS275.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 133185 号

责任编辑 鱼汲胜

责任校对 贾晓红

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京海淀区中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 62145303 (编辑室) (010) 68975144 (发行部)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 62189012

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京科信印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.375

字 数 400 千字

版 次 2006 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 2007 年 7 月第 2 次印刷

印 数 1201~3200 册

定 价 26.00 元

————— 版权所有 · 侵权必究 —————

《软饮料工艺学》

编委会

主 编	蒋和体	(西南大学)
	吴永娴	(西南大学)
编 委	章道明	(西南大学)
	冯艳丽	(湖北师范学院)
	张美霞	(盐城师范学院)
	袁先铃	(四川理工学院)

P Preface

前言

近 20 年来我国软饮料制造业年经济平均增长 21%,2005 年软饮料产量 3 380 万吨。预测未来 5 年,仍将保持 15%的年经济增长速度,软饮料工业已成为食品工业中最有活力的组成部分。对软饮料新技术的需求也有显著增长的趋势。

《软饮料工艺学》是为食品科学与工程、茶学、园艺等专业编写的专业课教材。它反映了国内外有关软饮料的成就、现状及发展趋势,详尽论述了软饮料工艺学涉及的基本原理和技术,生产中易出现问题的解决方法。书中主要内容有软饮料水处理、原辅材料、包装材料、碳酸饮料、果蔬汁等 10 类软饮料的生产工艺及新产品开发与设计等。

全书共分 12 章,绪论、第 2 章、第 6 章、第 9 章由蒋和体编写,第 4 章、第 5 章由吴永娴编写,第 1 章、第 12 章由章道明编写,第 3 章、第 7 章由冯艳丽编写,第 8 章由袁先铃编写,第 10 章、第 11 章由张美霞编写。本书主编蒋和体负责全书的统稿工作,吴永娴审定。

由于本书涉及面广、内容丰富,加之编者能力有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请同行专家和读者指正。

编者
2006 年 10 月

目 录

第 1 章 软饮料用水水质及水处理

- 1 软饮料用水的水质要求 (1)
- 2 软饮料用水的水处理 (5)

第 2 章 软饮料常用的辅料

- 1 食糖 (22)
- 2 甜味剂 (26)
- 3 酸味剂 (27)
- 4 香料和香精 (30)
- 5 色素 (36)
- 6 防腐剂 (39)
- 7 抗氧化剂 (42)
- 8 增稠剂 (43)
- 9 乳化剂 (47)
- 10 酶制剂 (48)
- 11 二氧化碳 (48)
- 12 食品添加剂使用卫生标准【GB 2760—1996】 (50)

第 3 章 包装容器和材料

- 1 玻璃瓶 (69)
- 2 金属包装材料及金属罐 (74)
- 3 塑料及复合包装材料 (77)

第4章 碳酸饮料

1 碳酸饮料的分类及产品技术要求	(83)
2 碳酸饮料的生产工艺流程	(85)
3 糖浆的制备	(85)
4 碳酸化	(88)
5 碳酸化的方式和设备	(95)
6 调和系统与调和器	(97)
7 碳酸饮料的灌装	(99)
8 其他设备	(100)
9 碳酸饮料常见的质量问题及处理方法	(102)

第5章 果蔬汁饮料

1 果蔬汁饮料的概念与分类	(110)
2 果蔬汁饮料的生产工艺	(113)
3 果蔬汁生产中常见的质量问题	(125)
4 果蔬汁饮料的生产实例	(127)

第6章 含乳饮料

1 含乳饮料的定义与分类	(132)
2 配制型含乳饮料	(132)
3 发酵型含乳饮料	(136)
4 乳饮料用的稳定剂	(146)

第7章 植物蛋白饮料

1 植物蛋白饮料的定义与分类	(149)
2 豆乳类饮料	(149)
3 提高豆乳的质量与蛋白质回收	(161)
4 豆乳生产的基本工序	(163)

5 其他植物蛋白饮料	(167)
------------------	-------

第 8 章 瓶装水

1 饮用天然矿泉水	(170)
2 饮用纯净水	(182)

第 9 章 茶饮料

1 茶饮料的概念和分类	(186)
2 茶饮料加工	(190)
3 茶饮料加工实例	(201)

第 10 章 固体饮料

1 固体饮料概述	(203)
2 果香型固体饮料	(203)
3 蛋白型固体饮料	(208)
4 其他类型固体饮料	(213)

第 11 章 特殊用途饮料

1 运动员饮料	(219)
2 滋补饮料	(223)
3 低热量饮料	(225)

第 12 章 软饮料新产品开发程序

1 软饮料新产品开发程序	(227)
2 软饮料产品的配方设计	(229)
3 饮料产品标准的制定	(234)
参考文献	(236)

第 1 章 软饮料用水水质及水处理

1 软饮料用水的水质要求

1.1 天然水的分类及特点

1.1.1 地表水

地表水包括河水、江水、湖水和水库水等。由于地表水是在地面流过,溶解的矿物质较少,这类水的硬度约为 $0.5\sim4.0\text{mol/L}$ 。但常含有泥土、沙、水草、腐殖质、钙镁盐类、其他盐类及细菌等。其中内含杂质的情况由于所处的自然条件不同及受外界因素影响的不同而有很大的差别。不同河流其所含杂质是很不相同的,即使是同一条河流,其所含杂质也常因上游和下游、夏季和冬季、阴雨和晴天而不同。河水不一定是地表水,也有的是地下水穿过地层而流入大河。所以河水中除含有泥沙、有机物外,还有多种的可溶性盐类。我国江河水的含盐量通常为 $70\sim990\text{mg/L}$ 。近年来,由于工业的发展,大量含有有害成分的废水排入江河,引起地表水污染,也增加了工业卫生用水的困难。

1.1.2 地下水

地下水主要是指井水、泉水和自流井等。由于经过地层的渗透和过滤而融入了各种可溶性矿物质,如钙、镁、铁的碳酸氢盐等,其含量多少取决于其流经的地质层中的矿物质状况。地下水一般含盐量为 $100\sim5\,000\text{mg/L}$,硬度约为 $1\sim5\text{mol/L}$,有的高达 $5\sim12.5\text{mol/L}$ 。但由于水透过地层时,有一个自然过滤过程,所以它很少含有泥沙、悬浮物和细菌,水质比较澄清。

1.2 天然水中杂质

天然水在自然界循环过程中,不断地和外界接触,使空气中、陆地上和地下岩层中各种物质溶解或混入。因此,自然界里没有绝对纯洁的水,它们都受到不同程度的污染。

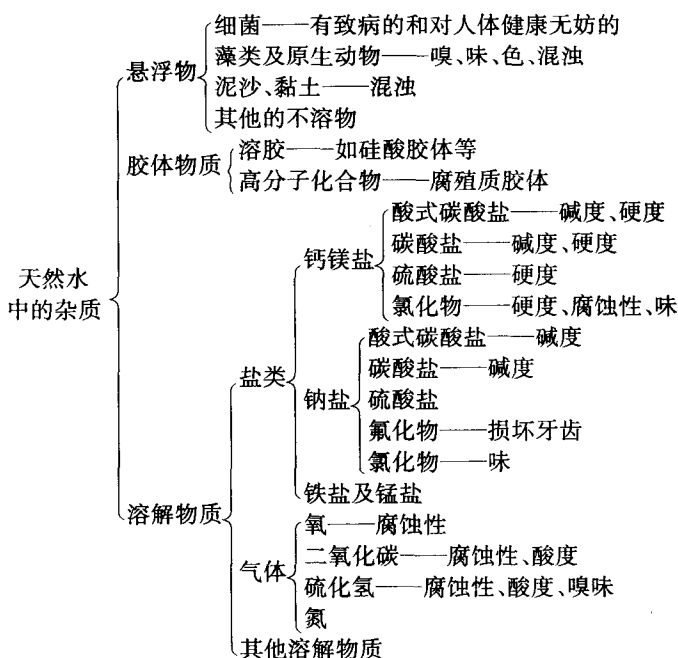
1.2.1 天然水源中杂质分类

天然水源中的杂质,按其微粒分散的程度,大致可分为三类:悬浮物、胶体、溶解物质,见表 1-1。它们对水质的影响见表 1-2。

表 1-1 天然水源杂质的分类

杂质粒径(mm)	$10^{-7}\sim10^{-6}$	$10^{-5}\sim10^{-4}$	10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1}	$1\sim10$
分类	真溶液	胶体	悬浮物	
特征	透明	光照下混浊	混浊	肉眼可见
识别	电子显微镜	超显微镜	普通显微镜	
常用处理法	离子交换法	自然沉降、过滤		
		混凝、澄清、过滤		

表 1-2 天然水中所含杂质及其影响



1.2.2 天然水源中杂质的特征

1.2.2.1 悬浮物质

天然水中凡是粒度大于 $0.2\mu\text{m}$ 的杂质统称为悬浮物。这类杂质使水质呈混浊状态，在静置时会自行沉降。悬浮杂质主要是泥土、砂粒之类的无机物质，也有悬浮生物（如蓝藻类、绿藻类、硅藻类等）及微生物。

悬浮物质在成品饮料中能沉淀下来，生成瓶底积垢活絮状沉淀的蓬松性颗粒。有害的微生物不仅影响产品风味，而且还会导致产品变质。

1.2.2.2 胶体物质

胶体物质的大小，大致为 $0.001\sim 0.20\mu\text{m}$ 。具有两个很重要的特性：

- (1) 光线照射上去，被散射而成混浊的丁达尔现象。
- (2) 因吸附水中的大量离子而带有电荷，使颗粒之间产生电性斥力而不能相互黏结，颗粒始终稳定在微粒状态而不能自行下沉，即具有胶体稳定性。

胶体物质多数是黏土性无机胶体，它造成水质混浊。高分子有机胶体是分子量很大的物质，一般是动植物残骸经过腐蚀分解的腐殖酸、腐殖质等，是造成水质带色的原因。

1.2.2.3 溶解物质

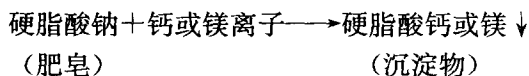
这类杂质的微粒在 $0.001\mu\text{m}$ 以下，以分子或离子状态存在于水中。溶解物主要是溶解气体、溶解盐类和其他有机物。

(1) 溶解气体 天然水源中的溶解气体主要有氧气和二氧化碳，此外还有硫化氢和氮气等。这些气体的存在会影响碳酸气体饮料中 CO_2 的溶解量及产生异味。

(2) 溶解盐类 天然水中含溶解盐的种类和数量，因地区不同差别很大。这些无机

盐构成了水的硬度和碱度。

①水的硬度:硬度是指水中离子沉淀肥皂的能力。



所以,水的硬度决定于水中钙、镁盐类的总含量。即水的硬度的大小,通常指的是水中钙离子和镁离子盐类的含量。

硬度分为总硬度、碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度。

碳酸盐硬度(又称暂时硬度),主要化学成分是钙、镁的重碳酸盐,其次是钙、镁的碳酸盐。由于这些盐类一经加热煮沸就分解成为溶解度很小的碳酸盐,硬度大部分可除去,故又称暂时硬度。



非碳酸盐硬度(又称永久硬度),主要化学成分是钙、镁的氯化物(CaCl_2 、 MgCl_2)、硫酸盐(CaSO_4 、 MgSO_4)硝酸盐 $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2]$ 等盐类的含量。这些盐类经加热煮沸不会发生沉淀,硬度不变化,故又称永久硬度。

总硬度是暂时硬度和永久硬度的和。

$$\text{总硬度} = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{40.08} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{24.30} \text{ (mol/L)}$$

式中: $[\text{Ca}^{2+}]$ ——表示水中钙离子含量(mg/L)

$[\text{Mg}^{2+}]$ ——表示水中镁离子含量(mg/L)

根据水质分析结果,可算出总硬度。

硬度通用单位为 mol/L。也可用德国度表示,即 1L 水中含有 10mgCaO 为硬度 1 度。其换算关系为:1mol/L=5.608 度=100.09mg/L(以 CaCO_3 表示)

饮料用水的水质,要求硬度小于 8.5 度。硬度高会产生碳酸钙沉淀影响产品口味及质量。

②碱度:水中的碱度取决于天然水中能与 H^+ 结合的 OH^- 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的含量,以 mol/L 表示。其中 OH^- 的含量称为氢氧化物碱度, CO_3^{2-} 的含量称为碳酸盐碱度, HCO_3^- 的含量称为重碳酸盐碱度。 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 的含量称为水的总碱度。

天然水中通常不含 OH^- ,又由于钙、镁的碳酸盐的溶解度很小,所以当水中无钠、钾的存在时, CO_3^{2-} 的含量也很小。因此,天然水中仅有 HCO_3^- 存在。只有在 Na_2CO_3 或 K_2CO_3 的碱性水中,才存在有 CO_3^{2-} 离子。

总碱度和总硬度的关系,有以下三种情况(表 1-3)。

表 1-3 天然水中碱度和硬度的关系

分析结果	硬度(mol/L)		
	H 非碳	H 碳	H 负
H 总>A 总	H 总-A 总	A 总	0
H 总=A 总	0	H 总=A 总	0
H 总<A 总	0	H 总	A 总-H 总

1.3 软饮料用水的水质要求

选择饮料用水，基本上要求符合我国《生活饮用水卫生标准(GB5749—1985)》(表1-4)，根据软饮料工艺用水的特殊要求而强调表1-5所列指标。

表 1-4 生活饮用水水质的部分标准

项目	要求	说明
色	色度不超过 15 度,并不得呈现其他异色	这些指标过高后,不但给人有嫌恶的感觉,也有可能是水中含有有害物质和某些病毒的标志
嗅和味	不得有异嗅和异味	
混浊度	不超过 3 度,特殊情况<5 度	
肉眼可见物	不得含有	
总铁	不超过 0.3mg/L	人体必要的元素过量时会使成品带有铁锈味,并影响成品色泽
锰	不超过 0.1mg/L	
铜	不超过 1.0mg/L	
锌	不超过 1.0mg/L	
挥发酚类(以苯酚计)	不超过 0.002mg/L	过量时会产生氯酚臭
阴离子合成洗涤剂(以烷基苯磺酸钠计)	不超过 0.3mg/L	过量时会使水产生异臭、异味和泡沫,并阻碍净水处理过程
氯化物	不超过 200 mg/L	过量时会产生咸味,影响成品口味
硫酸盐	不超过 250 mg/L	过量会引起腹泻
总硬度	不超过 450 mg/L	以碳酸钙计
pH 值	6.5~8.5	
细菌总数(37℃培养 24 小时)	1ml 水中不超过 100 个	保证水质卫生安全
大肠杆菌	1L 水中不超过 3 个	
游离性余氯(Cl ₂)	在与水接触 30min 后应不低于 0.3mg/L,管网末梢不低于 0.05mg/L	余氯含量过高,产生氯臭,影响产品风味

表 1-5 软饮料用水的标准

项目名称	指标	项目名称	指标
浊度(度)	<2	味及嗅气	无味无嗅
色度(度)	<5	总碱度(以 CaCO ₃ 计 mg/L)	<50
总固形物(mg/L)	<500	游离氯(mg/L)	<0.1
总硬度(以 CaCO ₃ 计 mg/L)	<100	细菌总数(个/ml)	<100
铁(mg/L)	0.1	大肠杆菌(个/L)	<3
锰(mg/L)	0.1	致病菌	不得检出
高锰酸钾消耗量(mg/L)	<10		

2 软饮料用水的水处理

2.1 水的混凝澄清

要去除水中细小悬浮物和胶体物质,就应进行水处理,在水处理过程中有两种途径。一种是在水中加入混凝剂,使水中细小悬浮物及胶体物质互相吸附结合成较大的颗粒,从水中沉淀出来,此过程称混凝。另一种方法是使细小悬浮物和胶体物质直接吸附在一些相对巨大的颗粒表面除去即过滤。若两种途径并用,则过滤过程在混凝过程之后进行。

2.1.1 混凝

是指在水中加入某些溶解盐类,使水中的细小悬浮物或胶体微粒互相吸附结合而成较大颗粒,从水中沉淀下来的过程。这些溶解盐类称为混凝剂。胶体物质在水中能保持悬浮或分散不易沉降的原因,是因为同一种胶体颗粒带有相同电性的电荷,彼此间存在着电性斥力,使颗粒之间相互排斥,而不能互相接近并结合成大的团粒,因而也就不易沉降。添加混凝剂后,胶体颗粒的表面电荷被中和,破坏了胶体的稳定性,促使小颗粒变成大颗粒而下沉,从而得到澄清的水。

2.1.2 常用混凝剂

水处理中大量使用的混凝剂可分为铝盐和铁盐两类。铝盐有明矾、硫酸铝、碱式氯化铝等;铁盐包括硫酸亚铁、硫酸铁及三氯化铁3种。它们的作用是自身先溶解形成胶体,再与水中杂质作用,以中和或吸附的形式使杂质凝聚成大颗粒而沉淀。

(1)明矾(硫酸铝钾) 它在水中水解生成的氢氧化铝胶体,在近乎中性的天然水中带有正电,而天然水中的胶体杂质大都带负电,它们之间可起电性中和作用。同时氢氧化铝胶体还具有吸附作用,可以吸附自然水中的胶体和悬浮物,成为絮状物下沉,使水质澄清。使用明矾应注意:水的pH值6.5~7.5;水温25~35℃;用量一般为0.001%~0.02%。

(2)硫酸铝 加入水中的反映其原理同明矾。使用时注意:用氢氧化钠或酸调节pH值近中性,一般取6.5~7.5,含量为20~100mg/L。

(3)碱式氯化铝 又称PAC。在水中由于羟基的架桥作用而和铝离子生成多核络合物,并带有大量正电荷,能有效吸附水中带负电荷的胶粒,与其形成大的凝聚体而沉淀。使用时注意:pH值为5.5~6.5;温度为20~30℃;用量一般为0.005%~0.01%。

(4)铁盐(硫酸亚铁、硫酸铁、三氯化铁) 铁盐在水中反应产生了氢氧化铁胶体,其混凝作用及过程与氢氧化铁胶体相似。它的特点主要有:生成的氢氧化铁胶体在碱性水中稳定;氢氧化铁胶体比同体积的氢氧化铝胶体重1.5倍,因此沉淀速度较快;水温对其影响不大;不适于处理含有机物多的水质。

2.1.3 助凝剂

为了提高混凝的效果,加速沉淀,有时需加入一些辅助药剂,称助凝剂。助凝剂本身不起凝聚作用,仅帮助絮凝的形成。常用的助凝剂有:活性硅酸、海藻酸钠及化学合成的高分子助凝剂,包括聚丙烯胺、聚丙烯酰胺(PMA)、聚丙烯等。此外,还有用来调节pH

值的碱、酸、石灰等。有时水中混浊度不足,为了加速完成混凝过程,还可以投入黏土。

混凝剂的添加种类及添加量是根据水质的情况、对水质的要求及添加的混凝剂特性来决定的。

丙烯酸化合物类有机混凝剂,有带正电荷和带负电荷的两种。其中 PMA 是一种较新型的助凝剂,它是线型高分子聚合物,具有吸附架桥及电荷中和作用,主要靠氢键来吸附水中混凝剂与杂质微粒所形成的絮凝团以及单独存在的杂质颗粒,相互缠绕交联,形成复杂的聚合体并沉淀下来。

适当地搅拌。可以加速水中胶体物质的凝聚和沉淀过程。使用铝电极在适宜 pH 值的水中会产生铝离子,从而形成胶体凝聚。

2.1.4 混凝条件的确定

在确定混凝沉淀条件时,需考虑以下方面因素:即原水的状况,包括水的温度、pH 值及其他物理、化学性质;混凝剂的性状及添加量;助凝剂的性状及添加量;混凝沉淀的装置;混凝沉淀工艺(包括混凝剂、助凝剂等的添加顺序、搅拌强度及时间等)。总之,进行水处理时,应先进行小试,以确定最佳的混凝沉淀条件。

2.2 水的过滤

2.2.1 过滤原理

原水通过粒状滤料层时,其中一些悬浮物和胶体物质被截留在孔隙中或介质表面上。这种通过粒状介质层分离不溶性杂质的方法称为过滤。

过滤过程是一系列不同过程的综合,包括阻力截留(筛滤)、重力沉降和接触凝聚。

2.2.1.1 阻力截留

单层滤料层中粒状滤料的级配特点是上细下粗,也就是上层孔隙小,下层孔隙大。当原水由上而下流过滤料层时,直径较大的悬浮杂质首先被截留在滤料层的孔隙间,从而使表面滤料的孔隙越来越小,拦截更多的杂质。在滤层表面逐渐形成一层主要由截留的颗粒组成的膜状滤层,这层滤层同样也起到过滤作用。

2.2.1.2 重力沉降

当原水通过滤层时,众多的滤料颗粒提供了大量的沉降面积。例如 1m^3 粒径为 $5 \times 10^{-2}\text{cm}$ 的球形砂粒,可供悬浮物沉淀的有效面积约为 400m^2 。当原水经过滤料层时,只要速度适宜,水中的悬浮物就会因重力作用沉降到滤料颗粒的表面上。

2.2.1.3 接触凝聚

构成滤料的砂粒等物质,具有巨大的表面积,它和悬浮物的微小颗粒之间有着吸附作用。据资料报道,砂粒在水中带有负电荷,能吸附带正电的微粒(如铁、铝的胶体微粒及硅酸),形成带正电荷的薄膜,因而能使带负电荷的胶体(黏土及其他有机物)凝聚在砂粒上。这样,当原水流经滤料层上时。水中的带电微粒将被滤料吸附而达到除去水中杂质的目的。

以上 3 种作用在同一过滤系统中是同时发生的。一般来说,阻力截留主要发生在滤料表层,重力沉降和接触凝聚则主要发生在滤料深层。

2.2.2 过滤的工艺流程

过滤的工艺流程基本上由两个过程组成,即过滤和冲洗。过滤为生产清水的过程,而冲洗是从滤料表面冲洗掉污物,使之恢复过滤能力的过程。多数情况下,冲洗和过滤的水流方向相反,因而一般把冲洗称为反冲或反洗。

2.2.3 过滤的形式

2.2.3.1 池式过滤

池式过滤主要是指将过滤介质即滤料填于池中的过滤形式。

(1)滤料的选择 滤料是完成过滤作用的基本介质。其结构和性能决定着去除杂质的效果。良好的滤料应满足下列基本要求:足够的化学稳定性,过滤时不溶于水,不产生有毒有害物质;足够的机械强度;适宜的级配和足够的孔隙率。常用的过滤介质有砂、石英砂、石头、无烟煤、磁铁矿、石榴石等。

(2)滤料层结构 良好的滤料层结构心满址:含污能力(以 kg/m^3 表示)大;产水能力[以 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 或 m^3/h 表小]高,适合以上条件的过滤池,才能保证处理水的质量。

过滤时水流方向多采用从上到下的下向流,这样可以保持较大的过滤速度及较好的反冲效果。在下向流条件下,有两种截然不同的滤料结构。一种是滤料粒径上细下粗,另一种是上粗下细。前一种结构的特点是孔隙上小下大,悬浮物截留在表面,底层滤料未充分利用,滤层含污能力低,使用周期短。后一种的特点与之相反。理想的滤料层结构是粒径沿水流方向逐渐减小。但是,就单一滤料而言,要达到使粒径上粗下细的结构,实际上是不可能的。因为在反冲洗时,整个滤层处于悬浮状态,粒径大者质量大,悬浮于下层,粒径小者质量小,悬浮于上层。反冲洗停止后,滤料自然形成上细下粗的分层结构。为了改善滤料的性能,设计上采用两种或多种滤料,造成具有孔隙上大下小特征的滤料层。例如在砂滤层上铺一层相对体积质量轻而粒径大的无烟煤滤层,这种结构称双层滤池。双层滤池中,无烟煤相对密度为 $1.4 \sim 1.7$,粒径选用 $0.8 \sim 1.8\text{mm}$,石英砂的相对密度为 $2.55 \sim 2.65$,粒径选用 $0.5 \sim 1.2\text{mm}$,煤层厚 $0.3 \sim 0.4\text{m}$,砂层厚 $0.4 \sim 0.5\text{m}$ 。当无烟煤相对密度为 1.5 ,砂粒的相对密度为 2.65 时,最大的煤粒和最小砂粒直径之比不应大于 3.2 。滤层总厚度一般为 $60 \sim 70\text{cm}$,滤池穿透深度 40cm ,相应的保护层厚度 $20 \sim 70\text{cm}$ 。滤池的容积视处理水量而定,一般维持砂层上水深 1m ,以防止水质、水量的过度波动。

此外,还有一种混合滤料滤池,即在双层滤池下在加一层粒径更小、密度更大的其他滤料,如石榴石、磁铁矿等,这样可以允许悬浮物穿透得更深,增加滤层的吸附表面积,进一步发挥整个滤层的吸附能力。

(3)垫层 为了防止过滤时滤料进入配水系统,以及冲洗时能均匀布水,在滤料层和配水系统之间还要设置垫层(承托层)。对垫层的一般要求是:在高速水流反冲的情况下,应保持不被冲动;能形成均匀的孔隙,以保证冲洗水的均匀分布;材料坚固,不溶于水。

一般采用天然卵石或碎石作垫层,其最小粒径应在 2mm 以上。根据反冲洗可能产生的最大冲击力确定,垫层的最大粒径为 32mm 。垫层由上而下分为 4 层,其具体规格见表 1-6。

表 1-6 滤层的规格

层次(自上而下)	粒径(mm)	厚度(mm)
1	2~4	100
2	4~8	100
3	8~16	100
4	16~32	150

(4) 冲洗 滤池经过一定时间的水处理后,滤料及其滤层吸附、聚集了大量悬浮物等杂质使滤池过滤能力下降,水压损失增大,达不到水处理的目的。因此,应对滤池经常进行清洗,使滤料吸附的悬浮物等杂质剥离下来,以净化滤料和恢复产水能力。冲洗方法多采用逆流水力冲洗,有时兼用压缩空气反冲、压清水表面冲洗及机械或超声波扰动等措施。

冲洗效果取决于冲洗的强度。冲洗强度过小,不能达到从滤料表面剥离杂质所需要的力量,洗不干净;强度过大,滤料层膨胀过度。减少了在反冲过程中单位体积内滤料间互相碰撞的机会,对冲洗也不利。而且还会造成细小粒料的流失和冲洗水的浪费等。

对于双层快滤池多采用 $13\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的 0.6mm 的砂粒至 $16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的 0.7mm 的砂粒的冲洗强度。有时,截留的聚凝物和表面滤料在反冲洗时形成“泥球”,而且有愈滚愈大的趋势,在这种情况下,必须进行有效的辅助冲洗,如表面冲洗、空气冲洗和机械冲洗等。

池式过滤以水过滤速度的快慢可分为快速过滤和慢速过滤两种。一般快速过滤是先在原水中加入混凝剂预处理,絮凝沉淀掉大部分悬浮物和胶体,然后使上层的澄清水通过砂滤层过滤,过滤速度一般为 $5\text{m}/\text{h}$ 。快速过滤主要除去悬浮物,对于离子、胶体及微生物不能完全除去,还需进一步处理。慢速过滤则是将原水混凝沉淀处理之后,让上层的澄清水以较慢速度通过砂滤层,过滤速度为 $2.5 \sim 5\text{m}/\text{d}$ 。此法可除去水中悬浮物、胶体及大部分微生物,而且能改善水的味道。但滤过性病原体小能被去除,如作为软饮料用水仍需做消毒或进一步过滤,例如用砂芯棒进行精滤等。

2.2.3.2 砂滤棒过滤器

当用水量较少,原水中只含少量有机物、细菌及其他杂质时,可采用砂滤棒过滤器。砂滤棒有棒状和板状等形式,我国主要用棒状,日本和其他一些国家多用板状。进入滤器的自来水的压力多控制在 $1 \sim 2\text{kg}$ 左右。

(1) 基本原理 砂滤棒又名砂芯,系采用细微颗粒的硅藻土和骨灰等可燃性物质,成型后在高温下焙烧而成,在烧结过程中可燃性物质变为气体而逸散,形成直径为 $0.002 \sim 0.004\text{mm}$ 的小孔。水处理时,待处理水在外压作用下,通过砂滤棒的微小孔隙,水中存在的少量的有机物及微生物被微孔吸附截留在砂滤棒表面。滤出的水,可以基本达到无菌,符合国家饮用水标准。

(2) 砂滤棒过滤器结构 砂滤棒过滤器外壳是用铝合金铸成锅形的密封容器,分上下两层,中间以隔板隔开,隔板上(或下)为待滤水。隔板下(或上)为砂滤水,容器内安装一根至数十根砂滤棒。

(3) 使用中应注意的问题 砂滤棒使用一段时间后,砂芯外壁逐渐挂垢而降低滤水量。此时则必须停机,卸出砂芯进行处理。方法是堵住滤芯出水口,浸泡在水中,用水砂纸轻轻擦去砂芯表面被污染层,至砂芯恢复原色,即可重新安装使用。若使用洗涤剂,也

可进行封闭冲洗,不用卸出砂芯。

砂滤棒在使用前需消毒处理,一般用 75%酒精或 0.25%新洁尔灭,或 10%漂白粉,注入砂滤棒内。堵住出水口,使消毒液和内壁完全接触,浸泡 30min 后倒出。要避免消毒液浓度过高,防止腐蚀滤水器的金属部分。安装时,凡与净水接触的部分都要进行消毒。

因为是加压过滤,使用时不能超过正常操作压力,压力太小则水滤出量小,过滤速度慢;超压则可能损坏砂滤棒。

2.2.3.3 活性炭过滤

活性炭具有多孔性,可以吸附异味。去除各种杂质。用氯破坏水中的有机物、杀灭微生物时,以活性炭作为余氯的吸附剂是最适宜的。其原理并不是简单地吸附余氯,而是活性炭的“活性位”起催化反应。从而消除过多的氯。

活性炭使用一段时间后就需要进行清洗再生。实际生产中常把活性炭过滤与砂滤器串联使用。另外,使用活性炭时需注意:活性炭具有腐蚀性,用铁制容器装活性炭时要涂上防腐蚀涂料。

2.2.3.4 其他过滤装置

(1)钛棒过滤器 钛棒过滤器的过滤原理与砂滤棒类似,不同之处在于用来烧结的原材料不同。钛棒的优点是处理量大,不易破裂,可以作反冲清洗处理。

(2)化学纤维蜂房式过滤器 化学纤维蜂房式过滤器又称线绕式蜂房芯过滤器,过滤层是用各种化学纤维线缠绕而成的中空管状过滤器,这种过滤器对去除胶体物质及除铁有很好的效果。

(3)大孔离子吸附树脂过滤器 大孔离子吸附树脂是近年来新发展起来的。它是一种不溶于水的球状大孔聚合物,能利用吸附—解吸作用达到物理分离净化的目的。其外观为小于 1mm 的白色球状颗粒,孔隙大于 5nm,比表面积大于 $5\text{m}^2/\text{g}$,不仅可以吸附有机大分子,而且具有良好的机械强度和化学稳定性,易于再生,可反复使用。大孔离子吸附树脂的再生一般用甲醇、乙醇或其他有机溶剂;当树脂用于吸附弱酸性物质后,用 NaOH 再生;吸附弱碱性物质后,用 HCl 再生;用于吸附一般离子溶液后,用 H_2O 再生;用于吸附挥发性物质后,用热水或通蒸汽进行再生。

2.3 硬水软化

软饮料用水对水的要求很高。特别是配制饮料用水、锅炉用水和洗瓶用水,除了对水的卫生条件要求较高外,对水的硬度要求更高。过硬的水配制饮料时会影响成品饮料的外观质量。洗瓶用水硬度过高会与洗瓶所用的苛性碱溶液起反应,导致洗瓶机内的冲洗喷嘴形成水垢发生堵塞而影响洗瓶效率,使瓶子得不到有效的洗涤和冲洗,甚至还会使瓶子蒙上一层水垢,而使玻璃瓶发暗,影响洗瓶效果和瓶子外观。锅炉用水对水的硬度要求更高。在锅炉中由于水的硬度过高而产生的水垢会形成隔热体,阻止热量的传递,甚至引起锅炉爆炸。因此,饮料用水在使用前必须进行软化处理,使原水的硬度降低。硬水软化的方法主要有:石灰软化法、离子交换法、电渗析法和反渗透法。

2.3.1 石灰软化法

日常生活中软化水的方法通常是加热,当水被加热时,随水温、压力的升高,水中