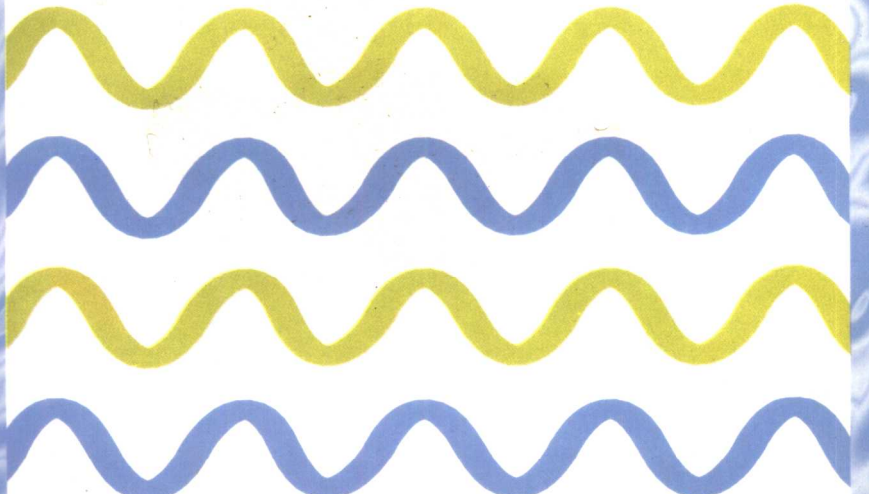


净软水设备

铁路给水职工学习丛书

铁道部原机务局组织编写

Four horizontal wavy lines in a repeating yellow and blue pattern, spanning the width of the page.

中国铁道出版社

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书重点介绍给水工作中水质净化处理和软化、除盐的专业知识,并且对设备的构造、性能、工艺流程和运行管理以及维护保养均做了详细的介绍。

本书可供从事给水工作的工人和技术人员使用,也可作为大中专学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

净软水设备/铁道部原机务局编. —北京:中国铁道出版社,1999

(铁路给水职工学习丛书)

ISBN 7-113-03322-9

I. 净… II. 软… III. 水处理设备 IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 18141 号

书 名: 铁路给水职工学习丛书——净软水设备

著作责任者: 铁道部原机务局

出版·发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策 划 编 辑: 孙燕澄

责 任 编 辑: 聂清立

封 面 设 计: 薛小卉

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

开 本: 787×1092 1/32 印张: 16.125 字数: 369 千

版 本: 2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1—5000 册

书 号: ISBN 7-113-03322-9/TP·362

定 价: 25.70 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

随着铁路运输生产事业的发展,对铁路供水能力和质量提出了越来越高的要求,迫切需提高从事给水工作人员的素质和业务水平。给水部门工种繁多,涉及知识面广,但目前尚无可供铁路给水职工学习的较系统、较全面的专业资料,《铁路给水职工学习丛书》就是应这一要求而编写的。丛书意在学以致用,通俗易懂,为便于工人阅读,从基础起步,由浅入深,联系铁路运行管理工作实际情况,达到易于领会贯通和掌握的目的。

全套丛书共分八册:《铁路给水概论》、《水力学基础》、《给水所运行》、《净软水设备》、《扬水设备》、《管路及水道设备》、《给水化验》及《给水设计》。

本册为《净软水设备》,重点讲述了给水处理的原理,净软水设备的构造、性能、工艺流程和运行管理,结合铁路有关规章制度,净软水所的业务性质,介绍铁路给水处理的特点。铁路给水过去曾以供蒸汽机车给水为主,为提高机车使用效率,铁路给水修建了不少软水和除盐设备,对提高机车牵引力、延长洗修公里起到了积极作用。由于铁路运输的飞跃发展,铁路主要干线牵引动力改为电力机车和内燃机车,不再修建为蒸汽机车供水的软水所了,但是有些非主要干线或地方铁路,仍在使用蒸汽机车,还有大量的固定锅炉给水也需要软化和除盐,同时考虑到广大铁路职工在建设软水设备的过程中,艰苦奋斗,努力钻研,有所创新,改进工艺,提高管理水平,积累了丰富经验,故本书仍编入了软水和除盐部分,供软水工作者借

鉴参考。

《铁路给水职工学习丛书》由铁道部原机务局组织编写，丁国兴负责各册书的主审。本册由赖世礼主编，第十章至第二十章由黄德生编写，刘秉钧参加了本书前十章的编写并负责全书的审定工作。

由于编者水平所限，缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第一篇 水的净化

第一章 天然水的性质及水的净化质量标准	1
第一节 天然水的特点和水中杂质形态.....	1
第二节 天然水的主要水质指标.....	3
第三节 生活饮用水水质标准.....	9
第四节 水净化的基本概念	14
第二章 混 凝	16
第一节 混凝原理	16
第二节 影响混凝效果的主要因素	20
第三节 混凝剂和助凝剂	23
第四节 混凝剂溶液的配制和投加	33
第五节 混合设备	38
第六节 反应设备	46
第三章 沉 淀	63
第一节 概 述	63
第二节 颗粒沉降规律	64
第三节 平流式沉淀池	66
第四节 斜板、斜管沉淀池.....	80
第四章 澄 清	100
第一节 概 述.....	100
第二节 悬浮澄清池.....	101
第三节 水力循环澄清池.....	106
第四节 脉冲澄清池.....	114

第五节	机械搅拌澄清池	119
第六节	水旋澄清池	121
第五章	气 浮	126
第一节	气浮法工艺特点和适用条件	127
第二节	气浮法净水	128
第三节	气浮池的设计	131
第四节	设计、运行时注意事项	135
第六章	过 滤	137
第一节	概 述	137
第二节	过滤原理	140
第三节	普通快滤池	142
第四节	重力式无阀滤池	174
第五节	虹吸滤池	186
第六节	其他形式滤池	193
第七章	地下水除铁	205
第一节	概 述	205
第二节	氧化过滤法	205
第三节	药剂处理法	214
第八章	除 氟	217
第一节	概 述	217
第二节	几种常用的除氟方法	218
第九章	水的消毒	226
第一节	水消毒的目的	226
第二节	氯消毒的原理	227
第三节	消毒剂投加量和投加地点	228
第四节	氯氨消毒	231
第五节	液氯消毒设备	233
第六节	次氯酸钠消毒设备	240

第七节	漂白粉消毒设备	244
第八节	其他消毒方法	246
第十章	一体化净水、净水厂污泥处理	250
第一节	一体化净水设备	250
第二节	净水厂的污泥处理	258

第二篇 水的软化与除盐

第十一章	锅炉用水的基本要求	262
第一节	水中杂质对锅炉的影响	262
第二节	水软化处理的基本方法和出水质量要求	264
第十二章	离子交换剂及其交换与再生	267
第一节	概 述	267
第二节	离子交换树脂的结构及其种类	268
第三节	离子交换树脂的性能	270
第四节	离子交换树脂的使用、保管和污染后的 处理	278
第五节	树脂的交换	282
第六节	树脂的再生	294
第十三章	离子交换水处理装置	302
第一节	离子交换水处理装置的类型	302
第二节	离子交换水处理的系统装置	305
第十四章	固定床水处理	313
第一节	固定床的再生方式和特点	313
第二节	交换器的构造	315
第三节	工艺流程	325
第四节	设计计算	331
第五节	设备安装及质量要求	336
第六节	运行管理	340

第十五章	浮动床水处理	350
第一节	工作概况和特点.....	350
第二节	设备构造.....	351
第三节	工艺流程.....	356
第四节	运行管理.....	361
第十六章	移动床水处理	365
第一节	工作概况和特点.....	365
第二节	设备构造.....	366
第三节	工艺流程.....	385
第四节	设计计算.....	391
第五节	设备安装及质量要求.....	395
第六节	运行管理.....	396
第十七章	流动床水处理	407
第一节	设备构造.....	407
第二节	工艺流程.....	415
第三节	设计计算.....	416
第四节	运行管理.....	419
第十八章	离子交换水处理的辅助设备	422
第一节	脱气塔.....	422
第二节	再生剂供应系统.....	426
第三节	再生废液的利用与处理.....	434
第十九章	电渗析水处理	437
第一节	电渗析的优缺点和离子交换膜.....	437
第二节	电渗析除盐原理.....	439
第三节	电渗析的极化和沉淀.....	441
第四节	电渗析器的构造及辅助设备.....	442
第五节	电渗析器的组装和安装.....	445
第六节	运用方式及系统流程.....	447

第七节	运行管理·····	450
-----	-----------	-----

第三篇 净、软水设备的管理制度

第二十章	运行管理制度·····	462
第一节	岗位责任制·····	462
第二节	水质的化验管理·····	463
第三节	交接班制度·····	465
第四节	设备保养和自检自修·····	466
第五节	质量管理·····	466
第六节	标准化作业·····	467
第七节	主要经济技术指标的核算·····	468
第八节	台账、记录和报表·····	474
第二十一章	净、软水设备的检修管理·····	483
第一节	检修修程及检修周期·····	483
第二节	修理系数·····	487
第三节	检修计划的编制和下达·····	490
第四节	开工和验收·····	491
第五节	设备质量鉴定·····	494

第一篇 水的净化

第一章 天然水的性质及水的净化质量标准

第一节 天然水的特点和水中杂质形态

一、天然水的特点

天然水因来源不同,在自然循环过程中又受到不同的影响,因此各具不同的特点。

(一)雨水

雨水在凝结和降落过程中,溶解和吸收一些空气中的杂质,如氧、氮、二氧化碳、尘埃和细菌等。在空气严重污染的工业区也会混有二氧化硫、硫化氢等气体,使水呈酸性。雨水中矿物质含量较少,蒸发残渣在 $40\sim 50\text{mg/L}$ 之间,硬度也低。从其质量上看,雨水适宜于作为铁路用水的水源。但雨水难于大量收集,所以从数量上看又很难作为用水的水源。

(二)地表水

地表水的来源一部分是雨水由地面流入江河,一部分由地下水穿过土层流入江河,它除含有大量泥砂、细菌和植物的腐烂体外,还有多种可溶性盐类。地表水的成分不是固定不变的,会因季节不同而有较大的波动。在洪汛期,水中的盐类被冲淡,因此硬度和蒸发残渣的含量降低,但由于泥沙的混入使其浑浊度增高,枯水期则相反。湖泊和水库有调节河水流量和拦截水中悬浮物的作用,其水质成分与江、河水大致相同,一

般悬浮杂质含量较少,但往往有大量藻类等水生生物,使水产生臭味和颜色。我国南方大多采用地表水。

(三)地下水

地下水由于经过地层的渗透过滤,通常不含悬浮物和有机物,但含矿物质较多。这是因为水有很强的溶解性,尤其是吸收了二氧化碳以后,溶解力更强,在流经不同岩层时,就溶解了各种无机盐类。地下水溶解矿物质的程度,取决于土壤中矿物质的成分、接触时间和水流路径的长短。一般来说,地下水水质比较稳定,受季节变化的影响较小。我国东北、华北和西北地区采用地下水较多。

(四)海水

海水也属地表水,它的特点是含盐量高,蒸发残渣可达 $30000\sim 39000\text{mg/L}$ 。盐类总含量中约有60%是食盐,此外还有大量钙、镁的氯化物和硫酸盐。它的总硬度很高,总硬度中绝大部分为非碳酸盐硬度。因此,海水未经处理,非但不能作生产用水,而且不能饮用。有的岛屿采用电渗析法处理海水做生活饮用水。

二、水中杂质的形态

天然水中,不论地表水或地下水都含有很多杂质。水中的杂质,按其颗粒大小的不同可分为悬浮物、胶体和溶解物质三类。

(一)悬浮物

悬浮物颗粒较大,一般在 $1\mu\text{m}$ 以上,如泥砂、藻类、细菌和有机物碎片等,构成水的浊度。可用沉淀过滤的方法除去。

(二)胶体

胶体粒径较小,一般在 1nm 到 $1\mu\text{m}$ 之间,主要是病毒、粘土微粒和腐植质等。由于其表面积较大,能吸附多量离子而

带电,结果使同类胶体因带有同性电荷而互相排斥,在水中不能粘合在一起,很难依靠重力自行下沉。胶体是形成水中浊度的主要因素,是净水研究的主要内容。

(三)溶解物质

天然水中的溶解物质,大都是离子和一些溶解气体。这种物质的粒度都很小,一般为 $0.2 \sim 1\text{nm}$ 。

1. 溶解于水中的离子,按所带电荷的性质,可分为如下两种:

(1)阳离子。一般指水中的金属离子,如钠(Na^+)、钾(K^+)、钙(Ca^{2+})、镁(Mg^{2+})、铵(NH_4^+)、亚铁(Fe^{2+})和锰(Mn^{2+})等。

(2)阴离子。一般指水中能与 H^+ 结合成酸的离子,如重碳酸根(HCO_3^-)、氯根(Cl^-)、硫酸根(SO_4^{2-})、硅酸氢根(HSiO_3^-)、硝酸根(NO_3^-)、亚硝酸根(NO_2^-)和碳酸根(CO_3^{2-})等。

水中阳离子主要是钙、镁、钠等离子;阴离子主要是重碳酸根、硫酸根、氯根,其他阴、阳离子一般都很少。

在天然水中,由于水中阳离子和阴离子的当量总数总是相等的,因此就整体来说是中性的。

2. 常见的溶解气体有:氧(O_2)、二氧化碳(CO_2)、氮(N_2)、硫化氢(H_2S)和氨(NH_3)等。溶解于水中的氧气,称为溶解氧。

第二节 天然水的主要水质指标

对水中杂质的具体衡量尺度称为水质指标。各种水质指标表示水中杂质的种类和数量,由此可以衡量水质的好坏,判断是否满足用水要求,或对其采取必要的处理措施。

天然水的主要水质指标如下:

一、水的物理性质指标

(一)温度

温度是最常用的水质物理指标之一。地面水的温度受气温影响经常变动,并且变化范围很大。地下水,特别是深层地下水,温度的季节性变化很小。水温对水处理,如混凝、沉淀和消毒有很大影响,所以它是必须经常测定的指标。

水的温度测定应在现场进行,一般使用精度为 0.1°C 的汞温度计。

(二)浑浊度

水中含有悬浮及胶体杂质就会产生不透明的浑浊现象,表示浑浊程度的指标叫做浑浊度。首先,要把浑浊度和色度相区别,某种水可能颜色很深,但仍然透明而不浑浊;其次,浑浊度也并不等于悬浮物含量,悬浮物含量是水中可以用滤纸截留的物质重量,而浑浊度则是一种光效应,它表示光线透过水层时受到的阻碍程度,与粒径大小有关,如果两种水的悬浮物含量相同,若颗粒粒径分级状况不同,其浑浊度就不一定相等。

浑浊度的标准单位是以精制高岭土、陶土或白土在蒸馏水中所产生的阻碍现象为基础的,1L 蒸馏水中含有 1mg 此种悬浮物所形成的浑浊度为 1 度。

浑浊度是判断水是否遭受污染的重要指标之一。地下水通常是清洁透明的,地表水往往浑浊。

(三)色度

水色有表色与真色之分。水中没有去除悬浮物而呈现的颜色称为表色,除去悬浮物后所呈现的颜色称为真色。水质分析中所表示的颜色是指水的真色。

水色度的测定是用水样与标准溶液比较而得。目前用氯

铂酸钾和氯化钴配制的混合溶液作为标准溶液,即以 1L 水中含有相当于 1mg 铂所产生的颜色作为 1 度,以此作为基本单位,称为铂钴标准。

天然水经常表现出各种颜色,河水或湖泊水常有黄色或黄绿色。水体呈异色,表明受到污染。

(四)臭与味

被污染的水常会使人感觉到有不正常的气味,闻到的称为臭,尝到的称为味,有时臭与味不易截然分开。根据水的气味可以推测水中所含杂质的成分。水的臭与味的主要来源如下:

1. 水生动植物或微生物的繁殖和衰亡;
2. 有机物的腐败分解;
3. 溶解的气体(如硫化氢);
4. 溶解的矿物盐或混入的泥土;
5. 工业废水中各种杂质,如石油、酸、煤焦油等。

目前对臭与味还没有使用仪器测定的方法,只能由人的感官判断,用感官上的适当名词表达,如芳香气、泥土气、石油气、氯酸气、鱼腥气、霉烂气、苦味、咸味、甜味、酸味、涩味等。溶解在水中的化合物超过一定数量时才能引起味觉,表 1—1 为水中常见的几种化合物的感觉限度。

表 1—1 感觉限量表

水中含有物质	感觉限度含量(mg/L)	水 味
NaCl	165	咸
MgCl ₂	135	微苦
MgSO ₄	250	微苦
Fe	0.15	涩
CaSO ₄	70	微甜

水的臭和味的强度指标,常用直接感觉强度表示,分为 6 级,见表 1—2。

表 1—2 臭与味强度等级

级别	强度	说 明
0	无	没有可感觉到的气味
1	极弱	一般使用者不能感到,有经验的水分析者可察觉
2	微弱	使用者稍注意可以察觉
3	明显	容易察觉出不正常的气味
4	强烈	有显著的气味
5	极强	严重污染,气味极为强烈

二、水的化学性质指标

(一)总溶解盐和溶解性总固体

总溶解盐是天然水中各种盐类的总和。总溶解盐是通过水质全分析,得出所有的阴阳离子之和,单位是 mg/L。

溶解性总固体是过滤后的水样,经 105~110℃ 烘干所得的固体残留物,包括溶解盐、有机物及能通过滤器的不溶解物质。对于比较清洁的水来说,通常可用溶解性总固体的含量来表示总溶解盐。机车锅炉用水要求总溶解盐不超过 400mg/L,生活饮用水要求溶解性总固体不超过 1000mg/L。

(二)硬度

水的硬度主要是由于水中含有钙与镁的碳酸盐、重碳酸盐、氯化物以及硝酸盐等而形成。如果水中有铁、锰、锌等离子时,也会产生水的硬度。

水的硬度可分为碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度两种:

1. 碳酸盐硬度。主要是钙与镁的重碳酸盐 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、

$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 所形成,也可能含有少量碳酸盐。当水煮沸时,它们可分解成 CaCO_3 、 MgCO_3 沉淀而除去,因此又称暂时硬度。

2. 非碳酸盐硬度。主要是钙与镁的硫酸盐、磷酸盐及氯化物所形成的硬度。它不能用一般的煮沸法去除,故又称永久硬度。

碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度的总和,称为总硬度。硬度按其存在的金属离子不同,又可分为钙硬度和镁硬度两种。

硬度的单位可用 mg/L 表示,也可用 mmol/L 或 $\mu\text{mol/L}$ 表示。

天然水中的硬度差别很大。东北、西北、华北多用地下水,硬度一般较大,如包头最高达 403mg/L ,北京达 250mg/L 。华东、中南、西南地区一般采用地表水,硬度一般较低,中南、华东一般小于 100mg/L ,但西南有的地区也较高,如昆明为 243mg/L ,贵阳为 235mg/L 。

(三)碱度

碱度是指水中含有能与强酸进行中和反应的物质含量,亦即能与 H^+ 相化合的物质含量。归纳起来,碱度可分三类:

1. 重碳酸盐碱度(HCO_3^-)。由于水中有钙、镁等重碳酸盐存在。

2. 碳酸盐碱度(CO_3^{2-})。由于水中有钠、钾、钙、镁等碳酸盐存在。

3. 氢氧化物碱度(OH^-)。由于水中有氢氧化物存在。

天然水中大多有碳酸盐存在,因此一般呈碱性,碱度的单位和硬度相同。

对水的软化处理,碱度的大小是决定系统流程的一个重要因素,锅炉水碱度过高时,易引起汽水共腾。净水时调整碱

度可改善混凝条件。

(四)酸度

酸度是指水中能与强碱(NaOH、KOH)相作用的物质含量,也即能与氢氧根离子相化合的物质含量。这类物质归纳起来可包括以下三类:

1. 强酸。在稀溶液中能全部离解为氢离子,如 HCl、 HNO_3 、 H_2SO_4 等。

2. 弱酸。如碳酸、硫化氢、醋酸等。

3. 强酸弱碱所组成的盐。如铁、铝、铵离子与强酸所组成的盐,这些盐在水中水解生成 H^+ 。

酸度的测定是用一定浓度的强碱与水样进行滴定而进行。

天然水中由于经常含有碳酸盐或重碳酸盐等物质,使溶液常呈碱性,但同时水中也含有不同数量的游离碳酸,因此除单独测定其中的游离碳酸外,一般天然水中不含强酸酸度,当有强酸酸度存在时,表明水被酸污染。

酸度在软水制取中,可用来表示经第一级氢离子交换后,水中氢离子及游离碳酸含量的多少。

(五)水的 pH 值

pH 是水中氢离子浓度的负对数,表示水的酸碱性。当 $\text{pH}=7$ 时,水呈中性; $\text{pH}<7$ 时水呈酸性,而 $\text{pH}>7$ 时为碱性。天然水的 pH 值一般在 6.0~8.5 之间。

pH 值的测定方法有多种,如电位测定法、比色法和试纸测定法等。为了操作方便,常用 pH 试纸进行测定。

pH 值对净化效果有很大的影响,在用离子交换法制取软水过程中,常用 pH 值控制氢型交换的交换、再生、清洗等过程的终点,所以 pH 是最重要的水质指标之一。

(六)氯离子和氯化物