

低压锅炉用水处理

张 辉 编著



辽宁科学技术出版社

低压锅炉用水处理

张 辉 编著

辽宁科学技术出版社

一九八四年·沈阳

低压锅炉用水处理

Diya Guolu Yongshui Chuli

张 辉 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 朝阳六六七厂印刷

开本: 787×1092 $1/32$ 印张: 11 $1/2$ 字数: 250,000

1984年7月第1版

1984年7月第1次印刷

责任编辑: 周振林

责任校对: 王 莉

封面设计: 吴风旗

印数: 1—30,200

统一书号: 15288·96 定价: 1.30元

前 言

随着国民经济的发展，低压锅炉数量急剧增加，结构上也正在向节能型方向发展，因此对水处理工作的要求越来越高。实践证明：锅炉水处理工作的好坏，直接关系到锅炉的能源节约、安全运行以及锅炉使用寿命。因此，它是一项重要的技术基础工作。近几年来，从事锅炉水处理工作的广大职工和科技人员，对水处理设备的结构、方式、工艺等，都进行了不少的革新和创造，使水处理技术得到了很大的发展。

按照国家“低压锅炉水质标准”的要求，为了认真总结一些行之有效的、适合于低压锅炉用水处理的有关理论和办法，以满足广大从事低压锅炉水处理工作者的需要，现将1974年以来，作者在国家劳动人事部、铁道部、化工部和部分省、市劳动局举办水处理技术学习班的讲稿，重新进行了编写。在编写的内容安排上，尽量从我国现实情况出发，注意理论联系实际，在水处理方法的选择上，力求有效、经济、简便、实用，以利于读者能因炉、因水、因地制宜地选择合适的水处理方法和设备。因此适合于从事低压锅炉运行管理工作的工程技术人员和水处理运行人员工作中参考。

在编写过程中，曾得到了辽宁省、沈阳市经委、劳动局领导的支持和指导，劳动人事部马玉工程师、沈阳市锅炉压力容器学会理事施勳生、潘永茂工程师、山西省劳动局白光晋工程师、黑龙江省劳动局何子申工程师、沈阳市节能服务

中心水质监测站常选传工程师等同志的帮助，韩翠馥等同志协助翻译了一些资料，对此表示衷心地感谢。

由于实践经验和理论水平有限，本书内容如有错误和不当之处，诚恳地希望同志们批评、指正。

编 者

一九八四年一月

目 录

第一篇 水中杂质及其危害和防止办法

第一章 水的基本知识	1
第一节 自然界中水的循环与分类	1
第二节 水的性质和纯度	4
第三节 水中的杂质及去除方法	19
第四节 水中的几种主要化合物	32
第五节 锅炉用水的主要评价指标	36
第六节 锅炉用水和蒸汽的基本概念	43
第二章 水垢的结生过程、种类、危害及防止途径	46
第一节 水垢的结生过程	46
第二节 水垢的种类、危害及防止途径	48
第三章 水垢的化学清除法	57
第一节 锅炉酸洗除垢法	57
第二节 锅炉碱洗除垢法	76
第三节 酸洗中的废水处理	77
第四章 锅炉金属的腐蚀和防止办法	82
第一节 腐蚀的种类和特征	82
第二节 影响金属腐蚀的主要原因	84
第三节 锅炉金属的苛性脆化	87
第四节 防止锅炉金属腐蚀的办法	90

第五章 蒸汽的污染和防止办法	96
第一节 蒸汽污染的过程	96
第二节 汽水共腾的危害	98
第三节 防止汽水共腾的途径	99

第二篇 锅炉内水处理

第一章 锅炉水质标准	101
第一节 低压锅炉水质标准	101
第二节 低压锅炉水质标准的制订	104
第三节 锅炉水质标准中的有关计算	115
第四节 锅炉的排污	123
第二章 锅炉内水处理法	128
第一节 锅炉内水处理常用药剂的性能和作用	129
第二节 软水剂成分的选择与用量计算	138
第三节 软水剂的配制与使用	146
第四节 有机水质稳定剂	148
第三章 锅炉内水处理的管理与监督	158
第一节 加强软水管理工作的意义和要求	158
第二节 给水与炉水的检验	159
第三节 软水工作的管理	164
第四节 软水剂配方的试验	165

第三篇 锅炉外水处理

第一章 水的净化处理	168
第一节 净化处理的主要工艺流程和工作原理	168
第二节 水力循环澄清池	172
第三节 重力式无阀滤池	178

第四节	水中铁、锰的去除	181
第五节	水的沉淀软化法	185
第二章	离子交换树脂	189
第一节	离子交换树脂的种类和命名	189
第二节	离子交换树脂的性能	200
第三节	离子交换树脂的选择	212
第四节	离子交换树脂的使用、保管和污染后的处理	215
第三章	离子交换水处理的基本原理	221
第一节	阳离子交换法	221
第二节	阴离子交换法	242
第三节	阳、阴离子交换法	246
第四章	离子交换水处理的方式和过程	248
第一节	离子交换水处理的方式	248
第二节	离子交换水处理方式的选择	254
第三节	离子交换水处理的主要操作过程	257
第五章	固定床离子交换水处理设备	273
第一节	设备结构	273
第二节	工艺流程	278
第三节	运行管理	281
第四节	故障分析	286
第五节	设计计算	289
第六节	浮床水处理设备	295
第六章	连续式水处理设备	301
第一节	移动床水处理设备	301
第二节	流动床水处理设备	306
第七章	脱气塔及其再生设备	308

第一节 脱气塔	308
第二节 再生剂系统	313

附录

一、低压锅炉水质标准中主要指标的化验方法	318
二、有关溶液的配制和标定方法	335
三、常用元素原子量 (1962)	341
四、常用化合物的分子量和当量	342
五、几种离子的毫克/升与毫克当量/升换算表	343
六、不同水质的水处理方法参考表	344
七、20°/4℃时盐酸溶液的比重	345
八、20°/4℃时硫酸溶液的比重	346
九、20°/4℃时氢氧化钠溶液的比重	348
十、20°/4℃时氯化钠溶液的比重	349
十一、各种硬度单位的换算表	349
十二、分析天然水、软化水、锅炉水的主要项目 所需要的仪器和药品	350
十三、我国化学试剂的等级和标志	352
十四、蒸馏水的规格要求	352
十五、生活饮用水水质标准 (1976)	353
十六、水处理常用药品在水中溶解度	354
十七、常用水处理药品的性质及规格	355
十八、国产离子交换树脂主要产品的规格性能	357
十九、筛目表	359
二十、各种单位换算表	359

第一篇 水中杂质及其危害和防止办法

第一章 水的基本知识

第一节 自然界中水的循环与分类

一、自然界中水的循环

水是地球上分布的最广泛的物质，仅被江、河、湖、海所覆盖的面积，约占地球表面积的70%以上。自然界中水的循环，可以比做一个很大的蒸馏装置，地球上的水受太阳辐射热的作用蒸发成水汽，上升到大气的上层即成为云，云常被气流携带到很远的地方，当云中的水汽，受气象影响的结果，不能再处于悬浮状态时，于是就以雨、雪、雹等形式下落到地面，落到地面的水，一部分流经地表成为河、川与溪流；一部分渗入土壤后或被植物所吸收，或达到地下防水层形成地下水流。地下水再重新流出地面，变为江河与湖泊的

源流，一部分又被蒸发为水汽。这种地球上的水，通过蒸发、降水、下渗和径流等作用，在大气、地表和地下不断地进行循环，即所谓水分循环。参加水分循环的水量称水的动储量，所以说水资源的基本来源不是固定的，而是水的动储量，即参加水分循环的水。全球水分蒸发量每年为52万立方公里，随着大气环流输送各地，以降水形式回到地球表面，据推算每年地表径流量38150立方公里的水中，流入海洋的水量为37400立方公里，而大气环流输送的水分，主要来自海洋，海洋蒸发量约占全球蒸发量的86%，约为向海洋降水量和陆地径流来水量之和。自然界中的水就是这样循环不已的。

二、天然水的分类

天然水按其来源的不同，可以分为以下几类：

1. 大气水（天空水）

大气水一般泛指雨、雪、雹等形式降落的水。一般讲大气水是比较洁净的凝结水，不含矿物杂质，但是因为水的溶解能力很强，当大气水从空中降落的过程中，就会吸收和溶解来自空气中的气体，如氧、氮和二氧化碳等，以及细菌、尘埃等杂质，其含量的多少，取决于空气的污染程度。一般雨水的硬度不超过0.1毫克当量/升，含盐量也不超过50毫克/升，所以说是比较纯洁的。但是，由于这种水量收集起来很困难，因此不能作为锅炉用水的水源。

2. 地表水

地表水主要是指河水、江水、湖水和水库水等。由于地表水是在地表面流过，溶解的矿物质较少，因此这种水的硬度较小。但是，由于冲刷、流动的结果，往往会混入大量的

泥砂和有机物等杂质。地表水的成分，因季节的不同，而有较大的波动。在夏季汛期和秋雨期，水中的盐类被雨水或冰雪融化水冲淡，因此硬度和含盐量会大大减少，可是浑浊度却会急骤增多，可由几百毫克/升增至上万毫克/升。冬季则相反。特别是因各地区自然条件和对水利资源的利用情况不同，江河水的水质有很大的差别，尤其是我国幅员广大，河流纵横，即使是同一河流，除季节变化外，也常常因上游和下游、雨天和晴天，使水质有所不同。

应当指出，江河水并不一定全是地表水，也有地下水穿过地层而流入江河的，所以江河水除含有大量泥砂、有机物外，还有多种可溶性盐类。我国江河水的含盐量一般在70~900毫克/升之间，硬度在1.0~8.0毫克当量/升之间。

湖水（指与河水相通的淡水湖）、水库水有调节河水流量的作用，其所含成分，大致和江水、河水相近，只是流动性较小，而且经过较长时间的自然沉淀，悬浮物质的含量比江河水要少。

总之，地表水中的河水、江水、湖泊水和水库水的水质，除随着季节的不同而显示出质与量上的变化外，还经常受到其他因素的影响。例如工业废水和生活污水的污染等，常造成地表水质的恶化。

海洋水也属于地表水，它的特点是含盐量很高。因此，海洋水不经过处理，不能作锅炉用水，也不能作饮用水，海洋水可以说是一种特殊的地表水。

3. 地下水

地下水主要是指井水、泉水和自流水等。由于在循环过程中，经过地层的渗透和过滤，通常悬浮物质含量较小。但由于它通过土层和岩层时溶解了其中可溶性矿物质，因此它

的含盐量比地表水大。地下水含盐量的多少，决定于其流经地层的矿物成分、接触的时间和水流路程的长短等，如氯化物和其他易溶盐类最易溶于地下水中。钙、镁的碳酸盐可溶于含有游离二氧化碳的水中。由于钙、镁的碳酸盐常常存在于各种岩层中，如石灰石、白云石等，所以水中或多或少都含有钙、镁的重碳酸盐。构成土壤主要成分的硅酸盐和铝硅酸盐几乎不溶于水，但当水中含有二氧化碳和有机酸时，也可以促使其溶于水。

一般地下水水质是比较稳定的，受季节性变化的影响也较小，只是浅井水，因为接近地面，所以易受季节变化的影响和遭到污染。地下水中的含盐量和硬度比地表水要高一些，含盐量多在 100~5000 毫克/升之间，在某些特殊情况下还会更高；硬度通常在 2~10 毫克当量/升之间，也有高达 10~25 毫克当量/升的。

第二节 水的性质和纯度

一、水的物理性质

1. 水的一般物理性质

纯水是无色、无臭、无味的液体。在 4℃ 时密度最大，一公斤纯水的体积约为一升，等于 1000.027 立方厘米；纯水在标准压力（水银柱 760 毫米）下的冰点是 0℃，沸点是 100℃；在所有固态和液态物质中水的比热最大，即在标准压力下，一立方厘米的水，温度升高 1℃ 所需的热量为 1 卡路里；水的溶解热为 80 卡路里（即 1 克 0℃ 的冰融化为 0℃ 的水所需要的热量）；在一个大气压力下，水的汽化热为

539卡路里（即1克100℃的水，变为相同温度下的蒸汽，需要539卡路里的热量）。

2. 水的反常性

水和其他物质不同，大多数物质的体积与温度成正比，而水在4℃以上时，温度降低，体积缩小；但低于4℃时，温度降低，水的体积反而增大（即密度减小），这种现象叫做水的反常性（如表1—1—1）。

一公斤水的体积及比重 表 1—1—1

温 度 (℃)	状 态	体 积 (升)	比 重
0	冰	1.09	0.9174
	水	1.00013	0.9998
4	水	1.0	1.0
100	水	1.04315	0.9586
	蒸 汽	1650	0.0006

3. 水的状态图

水的蒸汽压和温度、冰的蒸汽压和温度，以及冰的熔点和压力之间的关系，可以由水的状态图表示出来（如图1—1—1）。

图中OA线是水的蒸汽压曲线，线上各点表示水和水蒸汽成平衡时的温度和压力。

OB线是冰的蒸汽压曲线，线上各点表示冰和水蒸汽成

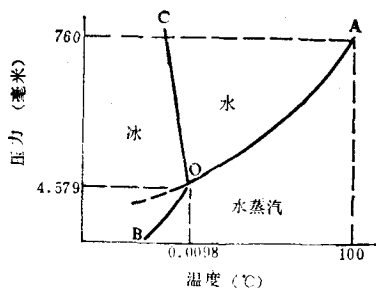


图 1—1—1 水的状态图

平衡时的温度和压力。

\overline{OC} 线表示压力对冰的熔点影响，线上各点表示水和冰成平衡时的温度和压力。

\overline{OA} 、 \overline{OB} 、 \overline{OC} 三线交于 O 点，这点叫三相点。表示水、水蒸汽和冰三相成平衡时的温度和压力。这点的温度是 0.0098°C ，压力是 4.579 毫米。曲线所分割的区域，分别表示水、水蒸汽或冰单相存在时的温度和压力的范围。例如在相当于 COA 区域内各点所表示的温度和压力时，水仅能呈液态存在。

4. 水的主要物理性质指标

(1) 水的色度

水是无色透明的，当水比较浅时，太阳光线几乎全部都能透过，其中光线的吸收、反射和散射都不显著，所以它是无色的；深水就不同了，它能吸收、反射和散射太阳光，因

此常带有颜色。但是所谓水的色度，是指水中因混有杂质而造成的色度，如水中含有有机物质和铁盐时，可呈微黄色、棕红色及其他颜色。色度的表示方法，是过滤后的水样，与标准的铂钴等级标准色液相比较，以度数来表示。色度1度，相当于1升水中含1毫克铂。多数天然水的色度在15~25度之间。饮用水的色度，不应超过15度。

(2) 浑浊度

水的浑浊程度，可以用“浑浊度”来表示，浑浊度通常利用和标准溶液相比较的方法来测定。标准溶液则以1升水中含有1毫克的二氧化硅时所产生的浑浊程度为1个浑浊度，其单位为度（毫克/升）。可用目测法和浑浊度仪测定。

(3) 水 味

水味是由于水中存有矿物质及有机物所造成的。例如：当氯化钠含量在200毫克/升以上时，水就会有咸味；当镁盐含量在200毫克/升以上时，水就会有微苦味；当水中含有0.3毫克/升以上的铁时，就会有涩味等等。

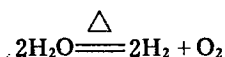
(4) 水 臭

水臭来源于存在水中动植物的分解产物，如污水对水质的污染等。水臭可以用土臭、鱼腥、刺激、霉气、正常等表示。

二、水的化学性质

水(H_2O)由氢和氧两种元素组成。以重量百分数表示，其中氧占88.9%，氢占11.1%。

由于水的内聚力较大，水分子结合牢固，水在加热时，表现出很大的稳定性。但是高于2000℃时，会明显地开始分解，其分解反应如下：



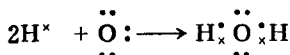
当水蒸汽通过燃烧的木炭时，也能使水分解，其分解反应如下：



分解产物 (CO + H₂) 称为水煤气。水煤气是一种可燃气体。

1. 水分子结构

水分子为极性分子，这是水分子结构上的一个非常重要的特性。水分子所以是极性分子，主要是由于氢和氧的电负性不同造成的，其中氢的电负性为 2.20，氧的电负性为 3.50，这样使共用的电子对偏向于电负性大的一方，从而使水分子象磁铁一样，分成正负两个极。水分子的形成，可以用下式表述：



实际水分子的空间构型是三角形（如图 1—1—2），就是说 H—O—H 之间有 104.5° 的键角。这可用杂化轨道理论来解释：氧的两个孤对电子不参加成键，但参加杂化，它对氢起着推斥和压缩的作用，从而使氧和氢之间形成了一定的键角。

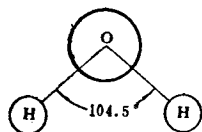


图 1—1—2 水分子空间结构图

水的分子组成中，氢和氧之间结合属于共价键。但是氢原子还有多余的作用力，它可以吸引电负性比较大的分