

工业锅炉水处理 技术及管理

江启成 赵玉铭 王建昌 主编



四川 科 学 技 术 出 版 社

责任编辑：张达扬

封面设计：曹知非

技术设计：翁宜民

工业锅炉水处理技术及管理

江启成 赵玉铭 王建昌 主编

四川科学技术出版社出版
(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行
内江新华印刷厂印刷

统一书号：15298·306

1987年6月第1版 开本 787×1092毫米 1/32

1987年6月第1次印刷 字数 285 千

印数 1—12,785 册 印张 13.5

定 价：2.95 元

内 容 简 介

为了提高广大锅炉水处理操作人员和管理干部的技术水平，加强科学管理，进一步搞好锅炉水处理工作，天津市劳动局组织长期在生产第一线从事锅炉水处理工作的工程技术人员编写了此书。

本书系统地介绍了锅炉水处理的基本知识，水处理方法的原理、工艺、设备、运行参数与优缺点，国内较先进的水处理技术，以及如何加强水处理工作的科学管理等。内容丰富，理论结合实践，具有较强的实用性和科学性，可供锅炉水处理操作人员和管理干部学习参考，也可作为司炉工、锅炉检验人员的自学培训教材，还可作为大专院校有关专业的教学参考书。

序 言

以水做介质的工业锅炉是生产和生活中广泛使用的能源转换设备。在锅炉内，水吸收燃料燃烧放出的热量而蒸发为蒸汽。倘若使用的水质不良，则必然会使运行中的锅炉产生结垢、金属腐蚀、蒸汽污染等危害。因此，锅炉水处理工作是确保锅炉安全、经济运行，延长锅炉使用寿命的重要措施，也是锅炉最基础的技术管理工作之一。结合我国实际情况，为保证锅炉水处理的有效性，我国曾于1979年颁布了GB1576—79《低压锅炉水质标准》。五年来，在贯彻水质标准取得显著效果的基础上，按国家标准局的规定经过修改后，1985年又重新颁布了GB1576—85《低压锅炉水质标准》。

近几年来，全国各地锅炉水处理工作人员认真贯彻执行低压锅炉水质标准，从理论到实践，从普及到提高，做了大量的工作，使我国的水处理技术和技术管理工作都有了很大的发展，取得了可喜的成绩。但是，实践证明，要想真正掌握锅炉水处理技术，必须具有一定的专业基础知识和专业技能。因此，要进一步搞好我国的锅炉水处理工作，就得不断地提高广大锅炉水处理操作人员和管理人员的技术水

平，以解决他们在工作实践中所遇到的技术问题。

本书是天津市劳动局针对该市锅炉水处理工作的现状，为解决水处理操作人员的培训需要和管理干部工作中需要参考资料和有关知识，而组织部分有多年生产实践经验的工程技术人员编写的。该书内容丰富，针对性和实用性较强，既介绍了天津市现有的水处理方法的原理、工艺、设备、运行参数、优缺点等，还介绍了国内较先进的水处理技术和因炉因水制宜选用锅炉水处理方法的原则和处理实例。特别值得指出的是，该书还加入了锅炉基础知识和如何加强水处理管理工作的内容，具有一定特色。

此书虽是针对天津市情况而写的，但有一定的普遍性和实用价值，值得全国水处理工作者、操作人员和锅炉管理干部一读。此书的公开发行对搞好我国低压锅炉水处理工作和贯彻水质标准均有重要意义。我希望本书对普及、提高锅炉水处理技术；交流锅炉水处理工作经验；加强锅炉水处理工作的管理；促进锅炉水处理技术的发展及新水质标准的实施都能起到有益的作用。

我虽也是多年从事这项专业工作，但由于水平有限，实际掌握的资料也不如各地作具体工作的同志们全面，因而在“序言”中如有不妥处，恳望天津市和全国广大读者批评指正。

劳动人事部锅炉压力容器安全监察局

马 玉

1986年3月10日

前 言

近年来，依照国家颁布的《低压锅炉水质标准》和国务院节约能源的指示，工业锅炉水处理工作在各锅炉使用单位得到推广和普及。不少单位因炉因水制宜，对锅炉给水采取有效的水处理方法，并且实施科学管理，从而在保证锅炉安全运行、节约能源方面取得了一定成效。但也有些单位由于缺乏管理经验，操作人员技术水平较低，致使水处理设备的效能不能充分发挥，运行经济性差、浪费大，锅炉给水和锅水水质长期达不到国家规定的水质标准，因水质不良引起的锅炉事故仍有发生。因此，加强水处理工作各个环节的科学管理，尽快提高水处理操作人员的技术知识水平，是今后搞好水处理工作的关键。

为了在普及的基础上解决好目前水处理工作中存在的技术和管理上的不足，统一天津市水处理操作人员考核和培训的教材，以求降低锅炉事故发生率，天津市劳动局组织编写了此书。该书强调理论和实践的结合，除了介绍常用的锅炉水处理方法、工艺、参数特点等内容外，还介绍了有关水处理管理工作的经验。另外，为使水处理操作人员充分认识水处理工作和锅炉安全经济运行的紧密关系，还特别编写了

锅炉基础知识一章。

参加本书编写人员：赵玉铭（第一、五章），徐金盈（第二章、附录），董从信（第三章），江启成（第三、九章、附录），刘永贤（第四、六章），李德馨（第四、九章），王武昌（第五、七章），吴家骥（第六、九章），秦学良（第八章），武瑞恒（第九章）。本书由江启成、赵玉铭、王武昌主编。

本书由哈尔滨工业大学热能工程教研室陈崇枢教授主审；劳动人事部马玉工程师非常关心本书的出版，并在百忙中为本书作序；天津市劳动局陈隆工程师对本书的编写和出版也给予热情的指导和帮助。在此一并向他们表示感谢。

由于我们水平有限，错误和不当之处在所难免。恳请读者批评指正。

编 者

一九八六年四月

目 录

第一章 化学基础知识

第一节	物质及其组成	1
第二节	元素和化合价	4
第三节	化学反应类型及化学方程式	7
第四节	溶液、溶解度	9
第五节	溶液浓度及当量定律	11
第六节	酸、碱、盐	20
第七节	盐类的水解	25
第八节	溶度积原理	26
第九节	水的电离、pH 值及缓冲溶液	29
第十节	络合滴定	31

第二章 锅炉水处理的基本知识

第一节	概述	34
第二节	常见的锅炉水质故障	51
第三节	低压锅炉水质标准	60
第四节	坚持因炉因水制宜的原则选择水处理方法	63

第三章 石灰处理

第一节	石灰处理的原理及效果	71
第二节	石灰处理的一般流程	75
第三节	净化处理	77
第四节	运行控制	98

第四章 离子交换处理

第一节	离子交换剂及其性能	102
第二节	离子交换软化的基本原理及水质变化	107
第三节	离子交换软化设备及其选择计算	113
第四节	离子交换软化的辅助设备	125
第五节	钠离子交换器的运行	128
第六节	固定床逆流再生技术	132
第七节	氢-钠离子交换法	137
第八节	无盐再生氢-钠离子交换	149
第九节	如何提高离子交换器运行的经济性	155
第十节	离子交换处理的有关计算及举例	165
第十一节	离子交换系统常见故障及处理	167

第五章 锅内处理

第一节	概述	176
第二节	几种常用的锅内处理方法	178
第三节	锅内处理的加药方式	194
第四节	锅内处理的运行管理	197
第五节	锅炉排污	200

第六章 锅炉腐蚀及其防止

第一节	腐蚀分类	208
第二节	化学腐蚀及电化学腐蚀	210
第三节	影响金属电化学腐蚀的主要因素	212
第四节	给水除氧	216
第五节	停炉保养	231

第七章 酸洗除垢

第一节	酸洗除垢的基本原理	239
第二节	缓蚀剂	241
第三节	酸洗前锅炉的检查	248
第四节	酸洗方案的确定	249
第五节	酸洗前的准备工作	256
第六节	酸洗过程	258
第七节	酸洗后的处理	262
第八节	酸洗中有关项目的测定方法	263
第九节	其它除垢方法简介	265

第八章 水质分析及试剂配制

第一节	水样的采集	269
第二节	水质分析步骤	270
第三节	硬度的测定 (EDTA 滴定法)	271
第四节	碱度的测定 (容量法)	276
第五节	氯离子的测定 (硝酸银容量法)	281
第六节	磷酸盐的测定 (比色法)	283

第七节	溶解氧的测定 (靛蓝二磺酸钠比色法)	286
第八节	悬浮物的测定	290
第九节	溶解固形物的测定	293
第十节	pH值的测定 (比色法)	295
第十一节	油的测定 (溶剂抽出法)	301
第十二节	油的测定 (重量法)	303
第十三节	亚硫酸盐的测定 (碘量法)	305
第十四节	试剂的配制	307

第九章 锅炉基本知识

第一节	概述	319
第二节	锅炉结构简介	341
第三节	燃烧设备	350
第四节	水泵	360
第五节	风机	368

附 录

1—1	常用元素的元素符号、原子量、化合价及当量	371
1—2	常用物质的分子式、分子量及当量	373
1—3	NaCl比重 (20℃) 与浓度的关系	375
1—4	常用酸碱试剂的比重 (20℃) 和浓度	376
1—5	常用的溶液浓度及换算	376
2—1	硬度单位的换算	377
3—1	石灰乳密度 (20℃) 与CaO的含量	377
3—2	透明度 (十字法) 与浊度换算表	378
4—1	磺化煤性能表	379
4—2	国产离子交换树脂主要产品及规格性能	380

4—3	离子交换树脂主要物理性能测定方法	382
4—4	国产强酸型阳离子交换树脂全交换容量的测定	383
4—5	几种常用的固定床离子交换器技术参数	384
4—6	不同温度时水的运动粘滞系数(γ)	386
7—1	锅炉酸洗除垢记录表	387
7—2	几种酸、碱、盐密度与含量关系表	388
8—1	国产化学试剂等级与标志	394
8—2	水质分析试剂配制所需仪器	394
8—3	日常运行水质监测所需仪器	397
8—4	日常水质监测所需化学试剂及规格	400
8—5	水处理常用药剂性能及规格	402
8—6	锅炉压力校正系数	405
8—7	筛目表	405
8—8	锅炉房日常化验分析日报表	406
	主要参考书及文献资料	416

第一章

化学基础知识

锅炉水的处理及水质监督，是一门以化学作为基础理论的专业技术。因此从事水处理的工作人员，必须具备一定的化学基础知识。本章着重介绍与水处理有关的一些化学基础知识。

第一节 物质及其组成

一、物质及其变化

世界是由物质构成的，水、空气、粮食、煤、食盐等都是物质。没有物质，就没有世界。

自然界的一切物质都在永不停息地运动着、变化着。物理变化和化学变化则是物质变化的两种基本的不同形式。水在通常情况下呈液体状态，在锅炉内经加热、沸腾变成水蒸汽，而冷却到 0°C 则结成冰。液态水、水蒸汽和固态冰只是水的不同形态，但其组成并未改变。只是物质形态发生了改变而没有产生其它新物质的变化，这种变化就称之为物理变化；而有其它新物质生成的变化，则称之为化学变化，亦称化学反应。煤在炉膛内燃烧发出光和热，生成二氧化碳和

炉渣；生水经离子交换后硬度降低；锅炉金属发生氧化腐蚀等，都是化学变化。物质在发生化学变化时，常常伴随着发光、发热、逸出气体、生成沉淀等现象。

物质在化学反应中表现出来的性质，称为化学性质，简称化性；而不需要发生化学反应表现出来的性质，如颜色、气味、密度、熔点、沸点、溶解性等称为物理性质，简称物性。

二、分子、原子和原子量

世界上各种物质的性质千差万别，变化多种多样，其根本原因就在于物质内部的组成和结构不同。人们通过大量、长期的科学实验和研究并发现，有的物质是由分子组成的，有的物质是由原子或离子组成的。

（一）分子

所谓分子，就是保持物质化学性质的一种微粒。物质在发生物理变化时，仍是原来的物质，分子本身未变。但在发生化学反应时，变成了新的物质，产生新的分子。新分子和原来分子的化学性质是不同的。

分子是很小的，一滴水大约就由十五万亿亿个水分子所组成。

分子是在不断运动着的。气体在空气中扩散，物质在水中溶解都是分子运动的结果。

分子之间是有一定间隔的。物体的热胀冷缩现象，物质在不同条件下呈现出气、液、固三态，都反映出分子之间的间隔发生了变化。

(二) 原子

分子能否再分呢？例如水在高压直流电作用下发生电解，两个水分子可以分解产生两个氢气分子和一个氧气分子。这个反应如图1-1所示。

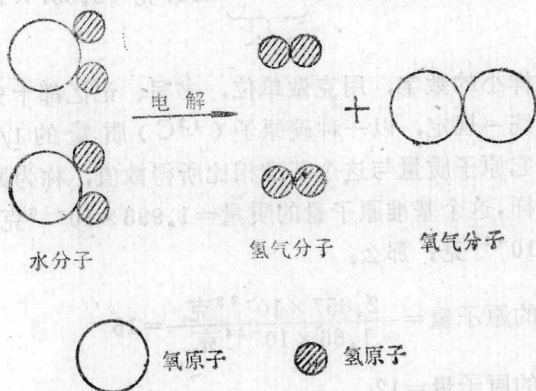


图1-1 水分子电解示意图

此图表明水分子是由更小的微粒所组成。化学上把这种微粒称为原子。原子是化学变化中的最小微粒。

原子是比分子更小的微粒，并不停地运动着。

原子能不能再分呢？现代科学证明，原子是由居于中心的带正电荷的原子核和核外带负电荷的电子所组成。而原子核是由质子和中子所组成……；总之，物质是无限可分的。

(三) 原子量

原子虽然很小，但也具有一定质量。例如：

一个氢原子质量: $0.00\cdots\cdots 0166$ 克 $= 1.66 \times 10^{-24}$ 克
23个

一个碳原子质量: $0.00\cdots\cdots 01993$ 克 $= 1.993 \times 10^{-23}$ 克
22个

一个氧原子质量: $0.00\cdots\cdots 02657$ 克 $= 2.657 \times 10^{-23}$ 克
22个

这样小的数字, 用克做单位, 书写、记忆都十分不便。国际上统一规定, 以一种碳原子 (^{12}C) 质量的 $1/12$ 为基准, 其它原子质量与这个基准相比所得数值, 称为原子量。

这样, 这个基准原子量的质量 $= 1.993 \times 10^{-23}$ 克 $\times \frac{1}{12} = 1.66 \times 10^{-24}$ 克; 那么:

$$\text{氧的原子量} = \frac{2.657 \times 10^{-23} \text{ 克}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 16$$

碳的原子量 $= 12$

.....

可见, 原子量是个相对数, 不计单位。各种元素的原子量, 可以在国际原子量表或元素周期表中查得。锅炉水处理中常用元素的原子量见附录1-1。

第二节 元素和化合价

一、元素、元素符号

我们知道, 氧气分子是由两个氧原子组成, 二氧化碳分子由氧原子、碳原子组成, 碳酸钙由氧、碳、钙三种原子组成。这三种物质分子中都含有氧原子, 氧原子的核电荷数都

是8（即含有8个质子）。化学上把具有相同核电荷（即相同质子）数的同一类原子，总称为元素。氧元素就是所有氧原子的总称。

目前人们已发现几百万种以上物质，但组成这些物质的元素只发现了109种，其中还有十几种是人造元素。

自然界的物质，有的是由同种元素所组成，这称为单质。如氧气是由氧元素组成，铁是由铁元素所组成。而硫酸却是由氢、硫、氧三种元素的原子所组成。由不同种元素组成的物质称为化合物。

在化学上为了方便起见，常采用不同符号来表示各种元素。国际上统一用该元素拉丁文名称的第一个大写字母表示，如果几种元素的第一个字母相同，就再附加一个小写字母来区别。如用“O”表示氧元素，“C”表示碳元素，“Ca”表示钙元素，“F”表示氟元素，“Fe”表示铁元素等。水处理中常见的元素符号，见附录1-1。

元素符号具有三种意义：（1）表示一种元素；（2）表示这种元素的一个原子；（3）表示这种元素的原子量。

二、分子式、分子量、化合价

（一）分子式

无数科学实验和生产实践证明，任何纯净的物质，不管它是用什么方法制取，还是从什么地方获得，都有固定的组成。因此，在化学上把用元素符号来表示的物质分子组成的式子，称为分子式。例如，氧气的一个分子是由两个氧原子组成，表示为 O_2 ；水的一个分子式是由两个氢原子和一个