



工业锅炉 防垢除垢技术

主编 姚继贤 张辉 主审 许兴炜

原子能出版社

工业锅炉防垢除垢技术

主 编 姚继贤 张 辉

主 审 许兴炜

撰稿人	姚继贤	张 辉	许兴炜
	郝景泰	项玉生	李福昌
	许振达	于祖荣	赵心莹
	赖碧伟	刘瑞长	陈俊峰
	刘秀英		

原子能出版社

京)新登字 077 号

内 容 提 要

本书根据 1993 年修订的国家标准《低压锅炉水质标准》(报批稿),从我国现实出发,从理论到实践,比较全面、系统地阐述了工业锅炉防垢和除垢技术。读者可以根据锅炉类型、水质特点等条件,从中选择有效、经济、简便的水处理方法,防垢除垢方法以及水质分析方法等。

本书是一本较全面的低压锅炉水处理专业培训教材,同时还可供从事工业锅炉运行和管理工作的技术人员及水处理操作人员参考。



工业锅炉防垢除垢技术

主编 姚继贤 张 辉

主审 许兴炜

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号)

通讯处:北京市 2108 信箱,100037(邮编)

印 刷 北京地质印刷厂印刷

经 销 新华书店总店^{北京}科技发行所发行·新华书店经销

开本 787×1092mm 1/32 印张 19 字数 128 千字

1993 年 9 月北京第 1 版 1993 年 9 月北京第 1 次印刷

印数 1—2000

ISBN 7-5022-1129-2/TQ·11

定价:17.45 元

序

水会结垢，人之常识。用钢铁制造的锅炉烧水，也会结垢，则是常人所不以为然之事。如果从事锅炉运行的管理人员和操作者也如常人一般见识，对锅炉的防垢、除垢漠然置之的话，那就太可怕了。锅炉内结垢是自然规律，必然会发生。结垢后，轻则堵管、锅筒烧塌，重则爆管、以至爆炸。因此，对于从事运行的专业人员来说，防垢除垢技术是必须掌握的。即使对于一个拥有锅炉设备的用户的负责人来说，也需要懂得一些这方面的知识。不然的话，出了事故，不但伤人、死人、毁物，还会因停炉中断供汽、供热而给生产和生活带来不可估量的损失。届时，不管是专业人员或管理人员，还是领导人，谁也脱不了干系。

劳动部门自 1978 年以来就开展了大规模的工业锅炉水处理知识普及工作。十多年来，培养了千余名大专水平以上的锅炉水处理专业人才，制订了国家第一个《低压锅炉水质标准》，提出了“因水因炉制宜”选择水处理方法的原则，选择并推广了一批节能、节水、有效的水处理装备，大大改变了我国工业锅炉水处理技术水平、管理水平落后的局面。

11/11/05

改革开放以来,国民经济迅速起飞,拥有锅炉的用户越来越多,甚至民间小别墅式建筑也开始安装独立运行的小型锅炉。锅炉这个特种设备已进入了国民经济和人民生活的各个角落。鉴于此,防垢除垢技术也应当随之普及。今年,国家重新修订了《低压锅炉水质标准》。结合新标准的特点,姚继贤教授与张辉总工程师联手主编了此书。愿广大技术人员、工人乃至有关领导们能从中获益,以保障工业锅炉安全、经济运行,为人民造福。

王 玮 娜

目 录

第一章 化学基础知识.....	(1)
第一节 化学基本概念.....	(1)
一、物质的组成	(1)
1. 分子.....	(1)
2. 原子.....	(2)
二、元素和元素符号	(3)
1. 元素.....	(3)
2. 元素符号.....	(4)
三、原子的构成	(5)
1. 电子云.....	(5)
2. 原子核外电子的排布.....	(6)
3. 最外层电子数与元素化学性质的关系.....	(8)
四、分子式和相对分子质量	(9)
1. 分子式.....	(9)
2. 相对分子质量	(10)
3. 分子式的意义	(11)
五、分子的形成	(12)
1. 离子键	(12)
2. 共价键	(13)
3. 金属键	(15)
六、化合价	(15)
1. 化合价的概念	(15)
2. 化合价的确定	(16)

3. 根和根的化合价	(18)
4. 化合价与分子式的关系	(18)
七、化学方程式	(19)
1. 质量守恒定律	(19)
2. 化学方程式	(20)
3. 化学方程式的计算	(21)
第二节 摩尔	(22)
一、摩尔	(22)
1. 摩尔的概念	(22)
2. 摩尔质量(M)	(23)
3. 物质的量(n)	(23)
二、等一价基本单元物质的量规则	(24)
第三节 溶液	(26)
一、溶液的概念	(26)
1. 溶液	(26)
2. 溶解平衡	(27)
3. 溶解度	(27)
4. 电解质和非电解质	(28)
二、溶液的浓度及其表示法	(29)
1. 质量分数(w_B)	(29)
2. 质量浓度(ρ_B)	(31)
3. 浓度(即物质的量浓度)	(31)
4. 密度、波美度	(33)
第四节 碱、酸、盐、氧化物	(36)
一、碱	(36)
1. 碱的组成和命名	(36)
2. 碱的通性	(37)

二、酸	(38)
1. 酸的组成和命名	(38)
2. 酸的通性	(39)
三、盐	(40)
1. 盐的组成和命名	(40)
2. 盐的性质	(42)
四、氧化物	(43)
1. 氧化物的组成和命名	(43)
2. 氧化物的分类及性质	(43)
五、无机物分类及相互关系	(45)
1. 无机物的分类	(45)
2. 无机物间化学反应	(45)
3. 化学反应的类型	(47)
4. 氧化还原反应	(49)
第五节 电解质溶解及电离平衡	(50)
一、强电解质与弱电解质	(50)
1. 强电解质与弱电解质	(50)
2. 电离度	(51)
二、弱电解质的电离平衡	(52)
1. 电离平衡和电离常数	(52)
2. 多元弱酸的电离平衡	(53)
三、水的电离和 pH 值	(54)
1. 水的电离平衡和水的离子积	(54)
2. 溶液的酸碱性	(55)
3. 溶液 pH 值	(55)
4. pH 值的测定方法	(57)
四、同离子效应和缓冲溶液	(57)

1. 同离子效应	(57)
2. 缓冲溶液	(58)
五、盐类的水解	(59)
1. 盐溶液的酸碱性	(59)
2. 盐的水解	(60)
六、沉淀物的溶解平衡	(62)
1. 溶度积	(62)
2. 溶度积规则	(63)
3. 同离子效应	(65)
4. 沉淀的溶解	(65)
七、离子反应方程式	(66)
1. 离子反应方程式的写法	(66)
2. 离子反应进行的条件	(67)

第二章 锅炉用水及水质分析

第一节 锅炉用水的水质	(70)
一、锅炉用水的水源及名称	(70)
1. 锅炉用水的水源	(70)
2. 锅炉汽水循环系统和用水名称	(71)
二、给水水质不良对锅炉的危害	(73)
1. 结垢	(73)
2. 腐蚀	(74)
3. 锅水起沫	(74)
三、天然水中的杂质	(75)
1. 悬浮杂质	(76)
2. 胶体杂质	(76)
3. 气体杂质	(77)

4. 离子杂质	(80)
四、水质指标和水质标准	(80)
1. 悬浮物	(81)
2. 含盐量	(83)
3. 硬度(YD)	(85)
4. 碱度(JD)	(88)
5. pH 值	(91)
6. 溶解氧	(92)
7. 含油量(Y)	(93)
8. 有机物	(93)
9. 亚硫酸盐	(94)
10. 磷酸盐	(95)
五、给水和锅水监测的指标及意义	(96)
第二节 水质指标间的关系	(96)
一、硬度与碱度的关系	(96)
1. 天然水中阴、阳离子组合关系	(96)
2. 硬度和碱度的关系	(98)
二、碱度与相对碱度的关系	(99)
1. 锅水中碱性物质的反应	(99)
2. 锅水中 OH^- 和 CO_3^{2-} 含量的计算	(100)
3. 碱度的校正	(100)
4. 相对碱度的计算	(101)
三、碱度与 pH 值的关系	(102)
四、溶解固形物与氯化物间的关系	(104)
1. 锅水中溶解固形物与氯化物的关系	(104)
2. Cl^- 控制标准的计算	(105)
第三节 低压锅炉水质标准	(106)

一、主题内容与适用范围	(106)
1. 主题内容	(106)
2. 适用范围	(106)
二、水质标准	(106)
第四节 锅炉用水分析	(109)
一、水质分析的基本知识	(109)
1. 水样的采集	(109)
2. 化学试剂的性质及等级标志	(111)
3. 常用玻璃仪器	(113)
4. 分析天平的构造及操作	(124)
5. 标准溶液的配制及滴定度	(130)
6. 分析数据的处理	(132)
7. 水质分析方法介绍	(138)
二、质量分析方法	(139)
1. 质量分析方法介绍	(139)
2. 质量分析的基本操作	(140)
三、容量分析方法	(146)
1. 滴定管的使用	(146)
2. 移液管的使用	(149)
3. 容量瓶的使用	(150)
4. 容量器皿的校正	(151)
5. 滴定操作技术	(153)
四、容量分析中法定计量单位的应用	(155)
1. 硬度测定的计算	(155)
2. 碱度测定的计算	(156)

第三章 锅内加药处理..... (158)

第一节 水垢的生成及危害..... (158)

一、水垢的生成过程..... (158)

1. 原(初)生水垢的生成过程..... (158)

2. 再(派)生水垢的生成过程..... (160)

二、水垢的危害性..... (161)

1. 水垢的导热性..... (161)

2. 水垢的危害..... (161)

第二节 锅内加药处理法..... (163)

一、概述..... (163)

1. 对症下药..... (164)

2. 量水投药..... (164)

3. 科学排污..... (164)

4. 严格监督..... (164)

二、锅内水处理常用药剂的种类和性能..... (165)

1. 水处理常用药剂的种类..... (165)

2. 几种常用水处理药剂的性能和作用..... (166)

三、锅内水处理常用药剂配方及其选择..... (173)

1. 水处理常用药剂配方..... (173)

2. 根据水质特点选用水处理方法..... (174)

四、锅内水处理常用药剂用量的计算..... (176)

1. 运行中锅炉各种水处理药剂用量计算..... (176)

2. 点火前锅炉各种水处理药剂用量计算..... (181)

五、锅内水处理药剂的配制与使用..... (183)

1. 水处理用药剂的配制..... (183)

2. 防垢剂的使用..... (185)

第三节 锅炉的排污	(186)
一、排污的目的和意义	(186)
1. 排污的目的	(186)
2. 排污的意义	(187)
二、排污的方式和要求	(187)
1. 排污的方式	(187)
2. 排污的要求	(187)
三、排污量的测定	(188)
四、锅炉的排污装置	(189)
1. 连续排污装置	(189)
2. 定期排污装置	(190)
五、锅炉排污率的计算	(191)
1. 排污率计算方法	(191)
2. 锅炉的必要排污率	(193)
六、锅水的化验监督	(195)
1. 锅水质量的化验	(195)
2. 锅水的监督	(197)
第四章 锅外化学处理	(201)
第一节 离子交换树脂	(201)
一、离子交换剂	(201)
1. 离子交换概念	(201)
2. 离子交换反应	(201)
3. 离子交换剂的种类	(202)
二、离子交换树脂	(202)
1. 离子交换树脂的组成	(202)
2. 离子交换树脂的分类及型号	(202)

三、离子交换树脂的性能	(206)
1. 离子交换树脂的技术指标	(206)
2. 离子交换树脂的性能	(207)
四、离子交换树脂的管理	(212)
1. 新树脂使用前的管理	(212)
2. 新树脂的管理	(213)
3. 旧树脂的管理	(214)
4. 使用中树脂的管理	(215)
5. 离子交换树脂的污染和复苏	(215)
第二节 离子交换水处理的基本原理	(218)
一、离子交换反应	(218)
1. 钠离子交换法	(218)
2. 氢离子交换法	(219)
3. 氢氧离子交换法	(220)
二、树脂层中离子交换过程	(221)
1. 交换器内树脂层的型态	(221)
2. 水质变化曲线	(221)
3. 影响工作层厚度的因素	(222)
三、离子交换树脂的再生	(223)
1. 再生方式	(223)
2. 再生剂的用量	(225)
3. 再生剂的浓度	(227)
4. 再生剂的流速	(228)
5. 再生剂的纯度	(229)
第三节 离子交换水处理设备	(230)
一、离子交换器的类型	(230)
二、顺流再生离子交换器	(231)

1. 顺流再生离子交换器的结构	(231)
2. 顺流再生离子交换器的运行	(233)
3. 顺流再生离子交换器的操作程序	(235)
4. 顺流再生离子交换水处理工艺的优缺点	(236)
三、逆流再生离子交换器	(237)
1. 逆流再生离子交换器的结构	(238)
2. 逆流再生方法	(240)
3. 逆流再生离子交换器的运行	(242)
4. 逆流再生离子交换器的操作程序	(245)
5. 逆流再生离子交换水处理工艺的优缺点	(246)
6. 顺流再生离子交换器的改装	(248)
7. 无顶压逆流再生离子交换器	(249)
四、浮床离子交换器	(252)
1. 浮床离子交换器的结构	(252)
2. 浮床离子交换器的运行	(255)
3. 浮床离子交换器的操作程序	(257)
4. 浮床离子交换器的优缺点	(257)
五、流动床离子交换设备	(260)
1. 流动床设备的结构	(260)
2. 流动床的运行过程	(262)
3. 流动床交换工艺存在的问题	(264)
六、离子交换器常见故障及处理方法	(264)
七、食盐再生剂系统及设备	(270)
1. 食盐溶解器	(271)
2. 溶盐槽	(272)

第四节 钠离子交换软化系统	(275)
一、单级钠离子交换系统	(275)
1. 单级钠离子交换反应	(275)
2. 单级钠离子交换系统	(276)
二、双级钠离子交换系统	(277)
1. 双级钠离子交换系统	(277)
2. 双级钠离子交换系统特点	(277)
三、部分钠离子交换系统	(278)
1. 部分钠离子交换法原理	(278)
2. 水量配比的计算	(280)
3. 部分钠离子交换系统	(282)
4. 部分钠离子交换法适用范围	(282)
四、钠离子交换系统的选择	(284)
第五节 离子交换软化-降碱联合处理	(286)
一、H-Na 离子交换法	(286)
1. 氢离子交换反应	(286)
2. 氢离子交换器出水水质的变化	(287)
3. H-Na 离子交换系统	(289)
4. 弱酸树脂 H-Na 串联运行离子交换系统	(294)
二、NH ₄ -Na 离子交换法	(296)
1. NH ₄ -Na 离子交换反应	(296)
2. NH ₄ -Na 离子交换工艺的特点	(298)
3. NH ₄ -Na 离子交换系统	(298)
4. NH ₄ -Na 离子交换法原水和再生剂配比计算	(299)
5. NH ₄ -Na 离子交换法再生剂的配制及再生工艺	

.....	(303)
6. $\text{NH}_4\text{-Na}$ 离子交换系统的运行控制	(305)
7. $\text{NH}_4\text{-Na}$ 离子交换法的适用范围	(308)
三、 Cl-Na 离子交换法	(309)
1. Cl-Na 离子交换法原理	(309)
2. Cl-Na 离子交换系统	(311)
3. Cl-Na 离子交换法的优缺点	(311)
四、各种软化-降碱联合处理系统的比较	(312)
第六节 离子交换除盐处理	(312)
一、化学除盐原理	(312)
1. 阳床离子交换反应	(316)
2. 阴床离子交换反应	(316)
3. 混合床离子交换反应	(317)
二、化学除盐系统	(319)
1. 一级复床系统	(319)
2. 一级复床加混床系统	(320)
三、化学除盐的出水水质	(320)
1. 阳床出水水质	(320)
2. 阴床出水水质	(321)
3. 混床出水水质	(321)
四、化学除盐系统的布置原则及对进水水质要求	(321)
.....	(321)
1. 除盐系统布置原则	(322)
2. 化学除盐设备对进水水质的要求	(322)
第五章 锅炉腐蚀及防腐蚀	(324)
第一节 金属腐蚀类型及腐蚀速度	(324)