

GUOLU QUANZIDONG RUANSHUI CHULI
SHEBEI SHIYONG YU WEIHU

锅炉全自动软水处理 设备使用与维护

北京铁路局 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

锅炉全自动软水处理 设备使用与维护

北京铁路局 编



中国铁道出版社

2014年·北京

内容简介

本书为《锅炉全自动软水处理设备使用与维护》，全书共分五章，第一章锅炉水质处理基础知识；第二章锅炉的水质处理与分析；第三章水处理设备；第四章全自动软水处理设备简介；第五章全自动软水处理设备的使用与维护。

本书内容丰富、通俗易懂，适用于铁路从事锅炉相关人员岗前培训和在岗安全培训，也可作为干部、职工的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉全自动软水处理设备使用与维护/北京铁路局

编. —北京：中国铁道出版社，2014. 7

ISBN 978-7-113-18904-4

I. ①锅… II. ①北… III. ①锅炉—软水器—使用方
法②锅炉—软水器—维修 IV. ①TK223. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)147305 号

书 名：锅炉全自动软水处理设备使用与维护

作 者：北京铁路局 编

责任编辑：黄 璐 编辑部电话：(路) 021-73138 电子信箱：tdpress@126.com
(市) 010-51873138

封面设计：郑春鹏

责任校对：龚长江

责任印制：陆 宁 高春晓

出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市西城区右安门西街8号）

网 址：<http://www.tdpress.com>

印 刷：三河市华业印务有限公司

版 次：2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

开 本：880 mm×1 230 mm 1/32 印张：4.875 字数：97 千

书 号：ISBN 978-7-113-18904-4

定 价：12.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书，如有印制质量问题，请与本社读者服务部联系调换。电话：(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话：市电(010)51873659，路电(021)73659，传真(010)63549480

前 言

为进一步规范全自动软水处理设备使用和维护,提高软水设备操作人员技术业务素质,提升锅炉给水质量,保证锅炉运行安全,编者依据 GB/T 1576《工业锅炉水质》和 GB/T 18300《自动控制钠离子交换器技术条件》,并结合现场工作实际,组织编写了《锅炉全自动软水处理设备使用与维护》一书。

全书共分为五章,主要包括锅炉水质处理基础知识、水质处理与分析方法、水处理设备和全自动软水处理设备简介、全自动软水处理设备使用与维护等内容。本书采用章节形式编写,重点突出,通俗易懂,可操作性强,可作为锅炉水处理操作、管理人员技术业务培训教材,也可作为干部、职工自学用书。

本书由北京铁路局职工教育处、机务处组织编写,修少鹏、何剑主编。侯国俊、杨婷、于飞、刘慧兰、张鑫、张立所、吴邦林、程云德、任佳栋、王远生等参加编写。全书经陈铮、马兰、邓洪、魏意民、韩志强、王永辉、李亮山、胡德庄、徐为民、王旭、方建国、王建信、郭伟明、李长发等集体审定。

书中不妥之处,敬请读者指正。

编者

2014 年 7 月

编委会

主 任：高 峰

主 审：张居才 陆长林

主 编：修少鹏 何 剑

编审人员：陈 铮 马 兰 王 旭

方建国 王永辉 魏益民

李亮山 张立所 王远生

胡德庄 程云德 徐为民

任佳栋 王建信 吴邦林

郭伟明 侯国俊 刘慧兰

杨 婷 于 飞 张 鑫

李长发

责任编辑：邓 洪 韩志强

目 录

第一章 锅炉水质处理基础知识	1
第一节 化学基础知识	1
第二节 天然水与锅炉用水	18
第三节 水垢的形成与防止	26
第四节 锅炉的排污	31
第二章 锅炉的水质处理与分析	35
第一节 锅炉水处理的目的与要求	35
第二节 锅炉水质指标概述	39
第三节 常用水质指标分析方法	48
第三章 水处理设备	60
第一节 离子交换树脂概述	60
第二节 离子交换树脂的使用与存放	75
第三节 钠离子交换设备	83
第四章 全自动软水处理设备简介	92
第一节 全自动软水处理设备的组成和分类	92
第二节 全自动软水处理设备的使用要求	97
第三节 常见控制器及设置	102

第五章 全自动软水处理设备的使用与维护·····	111
第一节 全自动软水处理设备的使用·····	111
第二节 全自动软水处理设备常见故障及排除·····	121
第三节 全自动软水处理系统的防腐措施·····	124
附录:《自动控制钠离子交换器技术条件》·····	130

第一章 锅炉水质处理基础知识

第一节 化学基础知识

一、物质及其化学表达式

(一)物理变化和化学变化

自然界的物质绝大部分是由分子组成,分子则又是由更小的微粒——原子组成。

只是改变了物质的状态,不改变分子组成的变化叫作**物理变化**。例如,水沸腾时变成蒸汽,受冻时结成冰,虽然水的形态发生了变化,但分子的组成始终没有变。这种分子组成不变通过物理变化所表现出来的性质叫作**物理性质**,如颜色、气味、密度、沸点、熔点、溶解性及形态等都是物质的物理性质。

如果物质的分子组成发生了变化,即产生了新的物质的变化就称为**化学变化**。例如,铁生锈、煤燃烧,变化后原来的物质变成了另外的物质。物质在化学变化中所表现出来的性质叫作**化学性质**。

(二)原子、离子、元素与相对原子质量

1. 原子和离子

原子是化学变化中的最小微粒,由原子核和核外电子两部分组成。其中原子核由质子和中子组成,质子和中子的质量几乎相等,每个质子带一个单位的正电荷,中子不带电荷,

所以原子核带正电荷;原子核外的电子数目与质子数相等,每个电子带一个单位的负电荷,因此原子显电中性。

在一定的条件下,原子有得到电子或失去电子以满足稳定结构的倾向,原子得到电子便成为带负电荷的微粒,称为**负离子**(或称阴离子);失去电子则成为带正电荷的微粒,称为**正离子**(或称阳离子)。

2. 元素

元素是核电荷数相同的一类原子的总称。

元素与原子的区别是:元素是一种总称,为不可数的,而原子则是可数的。例如,可以说水是由氢和氧两种元素组成,一个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成。

3. 相对原子质量

由于原子的质量非常小,使用起来很不方便,实际应用中使用的是相对原子质量。以一个 ^{12}C 的原子质量 $1.9927 \times 10^{-23} \text{ g}$ 的 $1/12$ 为标准,其他原子的质量与该标准的比值为原子的**相对原子质量**。

(三)分子、分子式与相对分子质量

1. 分子

分子是能够独立存在,并保持物质化学性质最小结构的微粒。每一种分子中含有的原子种类和数目是一定的,同种分子具有相同的组成、性质和质量,如果分子的组成发生了变化,则这种物质就变成了另一种物质,其性质和质量也随之而变化。

2. 分子式

分子式是用元素符号表示物质分子组成的式子,一个分子式就代表一种物质,必须正确书写。如:氢气分子式为 H_2 ,

氧气分子式为 O_2 、铁分子式为 Fe 、碳分子式为 C 、氧化铁分子式为 Fe_2O_3 等。

3. 相对分子质量

一个分子中各原子的相对原子质量的总和叫作**相对分子质量**。

(四) 单质、化合物、化合价和原子团(根)

1. 单质

如果物质的分子是由同种元素组成的,则这种物质叫**单质**。根据单质的性质,又可分为金属单质和非金属单质两大类。

2. 化合物

如果物质的分子是由不同种元素组成的,则这种物质叫作**化合物**。化合物根据其组成和性质又可分为无机化合物和有机化合物两大类。

3. 化合价

元素在化合物中所带电荷数称为该元素的**化合价**。如氢的化合价为+1价,氧的化合价为-2价。有些元素在不同的化合物中显示不同的化合价。如硫原子的化合价在硫化氢(H_2S)分子里是-2价,在二氧化硫(SO_2)分子里是+4价,在硫酸(H_2SO_4)分子里则为+6价。

4. 原子团(根)

有些原子(通常是不同的元素)常组合成不易分解,并带有电荷的原子团,在化学反应中,它们类似于化合物分子中的1个原子,这种原子团也叫作“根”。例如, H_2SO_4 (硫酸)中的1个硫原子和4个氧原子形成硫酸根原子团。根在化合物中也显示一定的化合价,如硫酸根 SO_4^{2-} 、碳酸根 CO_3^{2-} 、硝酸根

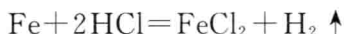
NO_3^- 、氢氧根 OH^- 、铵根 NH_4^+ 等。

二、常见的化学反应类型

用元素符号和分子式来表示化学反应的式子叫作**化学方程式**。化学方程式表示了化学反应前后，反应物和生成物的质与量的关系，但反应前后各元素的原子总数和总质量并不变。化学反应的类型很多，下面主要介绍锅炉水处理工作中经常遇到的几种类型。

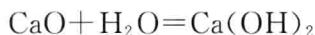
1. 置换反应

单质的原子代替化合物分子中另一种原子的化学反应，叫作**置换反应**。置换反应是一种单质跟另一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的反应。例如，铁受到盐酸腐蚀的反应：



2. 化合反应

由两种或两种以上的物质互相化合生成一种新的物质，叫作**化合反应**。例如，生石灰(CaO)和水反应生成熟石灰：



3. 分解反应

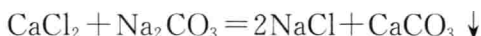
由一种物质分解成两种或两种以上的新物质，叫作**分解反应**。例如，原水中的碳酸盐硬度，进入锅炉后受热分解：



4. 复分解反应

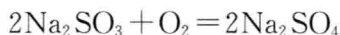
由两种化合物互相反应，彼此交换成分，生成两种新的化

合物,叫作**复分解反应**。对于复分解反应来说,只有当产物中至少有一种物质是沉淀或气体或水时,反应才能进行得比较完全。例如,碳酸钠与氯化钙反应,生成碳酸钙沉淀的反应:



5. 氧化还原反应

在化学反应过程中,如果参加化学反应的元素的化合价发生了改变,这类反应称为**氧化还原反应**。其反应的实质是由于参加反应的物质间发生了电子转移。例如,中、低压锅炉常用亚硫酸钠来除氧的反应:



在氧化还原反应中,物质失去电子的过程叫作氧化,获得电子的过程叫作还原,氧化和还原这两个过程是同时发生的,得失电子的总数也总是相等的。在反应中,失去电子使化合价增高的物质,叫作还原剂(本身被氧化);获得电子使化合价降低的物质,叫作氧化剂(本身被还原)。在上述反应中,亚硫酸钠为还原剂,氧为氧化剂。

三、常见物质的一般化学性质

在锅炉水处理、锅炉化学清洗及水质分析中,常见的物质主要是酸、碱、盐、氧化物及络合物等,下面分类进行介绍。

(一) 酸及其化学性质

1. 酸的概念

(1) 酸的定义:凡是在水溶液中电离出来的阳离子全部是 H^+ 的化合物称为酸。

(2) 酸的组成和命名:酸通常是由 H^+ 与酸根阴离子组成。根据酸根中是否含有氧,将酸的组成为无氧酸和含氧酸。

无氧酸一般由两种元素(即氢和一种非金属元素)组成。它的命名是在氢字后面加上另一种元素的名称,叫作氢某酸。如 HF 叫氢氟酸。但也有的习惯上称为某化氢,例如 H_2S 叫硫化氢、 HCl 叫氯化氢(俗称盐酸)。

含氧酸一般由氢和含氧酸根组成,常见的含氧酸根如: SO_4^{2-} (硫酸根)、 SO_3^{2-} (亚硫酸根)、 NO_3^- (硝酸根)、 CO_3^{2-} (碳酸根)、 PO_4^{3-} (磷酸根)等,酸的名称就以组成酸根的元素名称来命名。如 H_2SO_4 叫硫酸、 H_3PO_4 叫磷酸等。

2. 酸的分类

根据酸分子中可被置换的氢原子个数,可把酸分为一元酸、二元酸及三元酸。例如 HCl 和 HNO_3 只有一个可置换的氢原子,称为一元酸; H_2SO_4 和 H_2CO_3 有两个可置换的氢原子,称为二元酸; H_3PO_4 则是三元酸。

根据酸在水溶液中电离 H^+ 的能力,又可把酸分为强酸和弱酸。在水溶液中几乎能全部电离的称为强酸,如 HCl 、 HNO_3 和 H_2SO_4 ;难以电离的称为弱酸,如 H_2CO_3 等。此即表明,酸的酸性大小随着酸的电离度降低而减弱。

3. 酸的共性

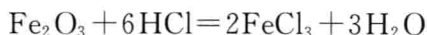
由于酸在水溶液中都能电离出 H^+ ,所以酸类物质都具有一定的共性,主要表现在以下的化学性质上。

(1)能使酸碱指示剂变色。

酸溶液能使石蕊试纸显红色(石蕊试纸是一种遇到酸变红色,遇到碱变蓝色的酸碱指示剂),使甲基橙指示剂呈红色,酸遇酚酞指示剂不变色。

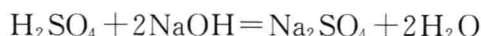
(2)与金属氧化物反应,生成盐和水。

如用盐酸清洗锅炉氧化铁垢的反应,就是利用这个性质:



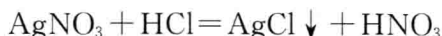
(3)与碱发生中和反应,生成盐和水。

如用硫酸标准溶液标定氢氧化钠溶液的浓度,其反应为:



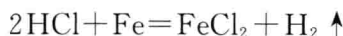
(4)与盐反应,生成新的酸和新的盐。

这类反应只有当反应结果有气体和水或沉淀产生,才能进行。如:



(5)和较活泼的金属反应,生成盐和氢气(硝酸和浓硫酸除外)。

如用盐酸清洗锅炉时,若缓蚀剂缓蚀性能不好,就容易发生如下的反应:



(二)碱及其一般化学性质

1. 碱的概念

(1)碱的定义:凡是在水溶液中电离出来的阴离子全部是 OH^- 的化合物称为碱。

(2)碱的组成和命名:碱一般由金属离子和氢氧根离子组成(除氨水外)。它通常是根据其于氢氧根化合的金属离子的名称来命名,叫作“氢氧化某”。如 NaOH 叫氢氧化钠, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 叫氢氧化铁, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 叫氢氧化亚铁。氨水是例外,它是一种弱碱,通常以 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分子形式存在,但在水中也能发生微弱的电离(电离成 NH_4^+ 和 OH^-)。

根据碱在水溶液中电离 OH^- 的能力,也可把碱分为强碱和弱碱。在水溶液中几乎能全部电离的称为强碱,如 NaOH 、 KOH 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$;难以电离的称为弱碱,如 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (氨

水)等。因此,碱性的大小也是随着碱的电离度降低而减弱。

2. 碱的共性

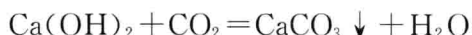
由于碱在水溶液中都能电离出 OH^- 所以碱类物质也都具有一定的共性,其主要表现为以下的化学性质。

(1)能使酸碱指示剂变色。

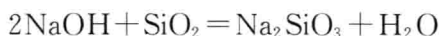
碱溶液能使石蕊试纸显蓝色,使甲基橙指示剂变黄色,遇酚酞指示剂变红色。

(2)能与非金属氧化物反应,生成盐和水。

例如,采用熟石灰作软化降碱处理时,石灰乳可与水中的二氧化碳反应,从而起到降碱的作用:

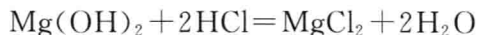


又如,装强碱溶液的瓶子或滴定管不能用玻璃塞,否则会由于碱与玻璃中的二氧化硅发生如下反应,而使塞子打不开或无法转动。



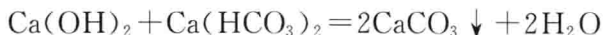
(3)与酸发生反应,生成盐和水。

例如,锅炉水垢中的氢氧化镁用盐酸清洗的反应:



(4)与盐反应,生成新的碱和新的盐。

例如,采用熟石灰作软化降碱处理时,石灰乳与水中的碳酸盐硬度反应,从而起到既软化又降碱的作用:



另外,碱类的水溶液都具有涩味和滑腻感。

(三)盐及其一般化学性质

1. 盐的概念

(1)盐的定义:凡是电离时生成金属阳离子和酸根阴离子

的化合物叫作盐。

(2)盐的分类、组成和命名:根据盐的组成不同,可把盐分为正盐、酸式盐、碱式盐、复盐等。

①正盐:在分子中只含有金属原子和酸根的盐叫正盐。其命名由酸根名称和金属离子名称组成,如:CaCO₃ 叫碳酸钙,食盐中的主要成分 NaCl 叫氯化钠。

②酸式盐:在分子中除含有金属原子和酸根外,还含有一个或几个能被金属原子置换的氢原子的盐叫酸式盐。其命名是在酸根名称和金属离子名称中间加“氢”,如:Ca(HCO₃)₂ 叫碳酸氢钙,NaH₂PO₄ 叫磷酸二氢钠。

③碱式盐:在分子中除含有金属原子和酸根外,还含有一个或几个氢氧根的盐叫碱式盐。它的命名是在其正盐的名称前加“碱式”两字,如 Mg(OH)Cl 叫碱式氯化镁。

④复盐:由两种不同的金属离子和酸根组成的盐叫复盐。如 KAl(SO₄)₂ 叫硫酸铝钾(俗称为明矾)。

2. 盐的一般化学性质

(1)与酸反应生成新的盐和新的酸(见酸的化学性质)。

(2)与碱反应生成新的盐和新的碱(见碱的化学性质)。

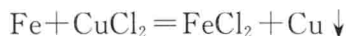
(3)与另一种盐反应,生成两种新的盐。

例如低压锅炉常用碳酸钠作防垢剂,除去硬度,其反应为:



(4)与金属作用生成新的盐和新的金属。

例如,中、高压锅炉的给水应严格控制铜离子的含量,否则水中的铜盐将会对金属铁发生如下的腐蚀反应:



实验证明,并不是所有的金属都会发生这种置换反应,事实上只有排在金属活泼性顺序表前面的金属,才能把排在它后面的金属从其盐溶液中置换出来,反之则不会发生反应。

(四)氧化物及其一般化学性质

氧化物是由氧与另一种元素组成的化合物。根据氧化物的化学性质不同,可分为酸性氧化物、碱性氧化物、两性氧化物及惰性氧化物。

1. 酸性氧化物

凡能与碱反应生成盐和水的氧化物,称为酸性氧化物。大多数非金属氧化物为酸性氧化物,如 CO_2 、 SO_3 、 SO_2 、 SiO_2 等。

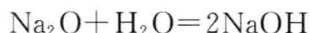
大多数酸性氧化物能和水化合生成相应的含氧酸,例如



2. 碱性氧化物

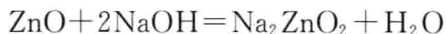
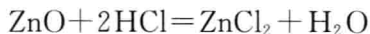
凡能与酸反应生成盐和水的氧化物,称为碱性氧化物。大多数金属氧化物为碱性氧化物,并为固体。如 Na_2O 、 CaO 、 MgO 等。

碱性氧化物中只有活泼金属的氧化物才能与水直接化合生成相应的碱,例如:



3. 两性氧化物

既能与酸反应又能与碱反应生成盐和水的氧化物称为两性氧化物。如 Al_2O_3 、 ZnO 等,与酸、碱的反应如:



4. 惰性氧化物

既不能与酸反应也不能与碱反应的氧化物称为惰性氧化