

内 容 提 要

本书系统地介绍了低压锅炉水处理的基本知识,包括水的炉内、炉外化学药剂处理,水的各种离子交换处理和电渗析工艺,锅炉结垢、腐蚀的原因和防止措施,水质标准和水质分析的原理、方法等。每章后面附有思考题。附录中提供了一些常用的数据资料以备查阅。

本书可作为从事低压锅炉水处理运行人员的培训教材,也可作为与此项工作有关的设计和管理人员的参考书。

前 言

锅炉水质处理，是关系到锅炉设备安全、经济运行的重要工作，尤其在节约能源方面，关系极大。

锅炉水质处理效果如何，在很大程度上取决于水质处理技术的普及和提高。因此，近几年来，各地企业主管部门、锅炉安全监察部门和部分企、事业单位，先后进行了锅炉水质处理的技术培训。广大从事锅炉水处理工作的人员，也迫切需要提高技术和业务水平，以解决运行管理中遇到的技术问题。

为了适应上述需要，原湖北省劳动局于1979年在举办锅炉水处理短训班的基础上，组织有关专业人员编写了本书的第一稿，并在内部出书发行。作为技术培训教材和有关专业人员的参考书，受到全国各地有关方面的欢迎，对推动锅炉水处理工作起了一定的积极作用。但因该书印数有限，不能满足各地工作的要求，在湖北科学技术出版社支持下，由部分原编者将此书修订出版发行。

参加原书编审和本次修改工作的有李培元、王蒙聚、宋建华、黄纪生。窦向平参加了第一稿的编审。严宝康、罗维昆、李文山、易述先参加了第一稿的审查和修改工作。还有刘作元、祁光华、杨国忠在第一稿的审订中也做了一定的工作。

我们希望本书的公开出版发行，对当前低压锅炉水处理技术的普及提高，以及在促进国民经济现代化方面，发挥一定的积极作用。

由于我们水平有限，不足之处在所难免，望读者指正。

编 者

一九八四年一月

目 录

第一章 化学基本知识.....	(1)
第一节 物质的运动和性质.....	(1)
第二节 物质的组成.....	(1)
一、分子；二、原子；三、元素和元素符号；四、原子量；	
五、单质和化合物；六、分子式和分子量	
第三节 化合价、化学方程式.....	(4)
一、元素的化合价；二、化学方程式；三、根据化学方程式的计算	
第四节 摩尔原子、摩尔分子、当量、克当量.....	(6)
一、摩尔原子；二、摩尔分子；三、当量；四、克当量	
第五节 常见的化学反应.....	(7)
一、化合反应；二、分解反应；三、置换反应；四、氧化还原反应；	
五、复分解反应	
第六节 酸、碱、盐、氧化物.....	(8)
一、酸及其一般化学性质；二、碱及其一般化学性质；	
三、盐及其一般化学性质；四、氧化物及其一般化学性质	
第七节 物质的溶解和溶液.....	(11)
一、水的物理化学性质；二、物质的溶解过程；三、溶液；四、溶解度	
第八节 溶液的浓度.....	(12)
一、溶液的浓度；二、溶液浓度的表示方法	
第九节 化学反应速度和化学平衡.....	(17)
一、化学反应速度；二、化学平衡；三、化学平衡常数	
第十节 电离平衡.....	(19)
一、电解质的电离；二、弱电解质的电离平衡；三、水的电离和pH值；	
四、缓冲溶液；五、溶度积；六、离子反应方程式；	
七、盐类的水解反应	
第十一节 络合物（配位化合物）.....	(26)
一、络合物；二、螯合物；三、络合物的应用	
第二章 锅炉用水概述.....	(28)
第一节 天然水中的杂质.....	(28)
一、天然水的特征；二、天然水中杂质的分类	
第二节 水质指标.....	(31)

一、悬浮物；二、含盐量；三、硬度；四、碱度；五、酸度；	
六、化学耗氧量（用COD表示）	
第三节 天然水的分类	（ 35 ）
一、按主要水质指标分类；二、按水处理工艺学分类	
第四节 天然水中的碳酸化合物	（ 37 ）
一、碳酸化合物的存在形态；二、碳酸化合物的形态与pH值的关系	
第五节 我国天然水的特点	（ 39 ）
第六节 锅炉用水的分类	（ 40 ）
第三章 水的混凝、沉淀和过滤处理	（ 41 ）
第一节 水的混凝处理	（ 41 ）
一、胶体化学基础；二、混凝的原理；	
三、影响混凝效果的因素；四、混凝剂和助凝剂；五、机械搅拌加速澄清池	
第二节 沉淀处理	（ 48 ）
一、沉淀处理的原理；二、石灰处理；三、其它沉淀软化处理	
第三节 过滤处理	（ 51 ）
一、过滤原理；二、影响过滤的因素；三、过滤设备	
第四节 直流混凝过滤	（ 56 ）
第四章 锅炉用水中杂质的危害	（ 58 ）
第一节 水垢的形成及危害	（ 58 ）
一、水垢形成的原因；二、水垢的种类及性质；三、水垢的危害	
第二节 腐蚀的原因及危害	（ 60 ）
一、金属腐蚀的基本形式；二、电化学腐蚀概述；三、影响电化学腐蚀的因素；四、溶解氧腐蚀；五、游离二氧化碳腐蚀；六、沉积物下腐蚀；七、苛性脆化	
第三节 汽水共腾及危害	（ 71 ）
第五章 炉内水处理	（ 72 ）
第一节 纯碱法	（ 72 ）
一、基本原理；二、适用范围；三、加碱量的确定；四、计算实例	
第二节 天然碱法	（ 75 ）
第三节 磷酸盐法	（ 76 ）
一、基本原理；二、适用范围；三、加药量的估算	
第四节 纯碱—腐植酸钠法	（ 78 ）
一、基本原理；二、适用范围和加药量	
第五节 复合防垢剂法	（ 79 ）
一、防垢原理；二、加药量与操作	

第六节 其他方法	(80)
一、橡胶栲胶法；二、石墨法；三、物理法	
第七节 锅炉的排污	(83)
一、排污的目的；二、排污量的确定；三、排污的方式；四、排污的装置	
第八节 炉内处理的有关注意问题	(86)
第六章 离子交换的基本知识	(88)
第一节 离子交换剂的分类	(88)
第二节 离子交换剂的结构	(89)
一、磺化煤；二、离子交换树脂	
第三节 离子交换的原理	(91)
第四节 离子交换剂的性能	(92)
一、离子交换树脂的物理性质；二、离子交换树脂的化学性能；	
三、磺化煤的性能	
第七章 水的离子交换处理	(99)
第一节 固定床钠离子交换法	(99)
一、固定床离子交换的原理；二、固定床钠离子交换法	
第二节 部分钠离子交换法	(103)
第三节 氢—钠离子交换法	(105)
一、采用强酸性H离子交换剂的H—Na离子交换；二、采用弱酸性H离子交换剂的H—Na离子交换；三、H型交换剂采用贫再生方式的H—Na离子交换；四、除碳器	
第四节 部分氢离子交换法	(111)
第五节 氨—钠离子交换法	(113)
一、 NH_4 —Na离子交换软化、除碱的原理；二、 NH_4 —Na离子交换的系统与操作	
第六节 氯—钠离子交换法	(114)
第七节 固定床离子交换器的运行及其常见故障处理	(115)
一、固定床离子交换器的运行；二、离子交换器的常见故障和处理	
第八节 固定床离子交换设备与再生系统	(120)
一、离子交换器的结构；二、再生系统	
第九节 固定床逆流再生工艺	(124)
一、逆流再生的原理；二、逆流再生设备的结构；三、逆流再生设备的运行操作；四、无顶压逆流再生；五、钠离子交换器顺流再生改逆流再生实例	
第十节 浮动床	(130)
一、浮动床工作原理；二、浮动床的设备结构；	
三、浮动床的操作方法；四、浮动床的特点；	

五、体内抽气擦洗式浮动床	
第十一节 移动床与流动床	(137)
一、移动床；二、流动床	
第十二节 计算实例	(141)
第十三节 水的化学除盐	(142)
一、原理；二、运行；三、混合床除盐	
第十四节 水处理系统的防腐	(146)
一、橡胶衬里；二、防腐涂料；三、玻璃钢；四、聚氯乙烯塑料；五、不锈钢	
第十五节 电渗析	(149)
一、电渗析原理；二、电渗析器的结构；三、电渗析器的运行	
第八章 给水的除氧	(156)
第一节 热力除氧的原理和设备结构	(156)
一、热力除氧的原理；二、热力除氧器的结构；三、热力除氧器的运行；	
四、热力除氧器的调整	
第二节 真空除氧	(162)
第三节 解吸除氧	(163)
第四节 化学除氧	(164)
一、钢屑除氧；二、加化学药剂除氧	
第九章 锅炉水垢的清除和停炉保护	(176)
第一节 机械除垢	(167)
第二节 酸洗除垢	(167)
一、酸洗除垢的原理；二、酸洗的工艺流程；	
三、注意事项	
第三节 碱洗除垢	(171)
第四节 橡胶栲胶除垢	(172)
一、除垢原理；二、除垢方法；三、注意事项	
第五节 停炉腐蚀与保护	(173)
一、停炉腐蚀的原因；二、停炉保护的方法；三、停炉保护方法的选择	
第六节 新炉的煮炉	(176)
一、新装锅炉煮炉的必要性；二、煮炉的药剂；三、煮炉操作	
第十章 低压锅炉的水质标准	(178)
第一节 水质标准制订的原则和依据	(178)
第二节 低压锅炉水质标准	(179)
第三节 低压锅炉水质标准中某些标准的说明	(181)
一、关于给水水质标准；二、关于炉水水质标准	

第十一章 水质分析原理..... (184)

第一节 分析天平的结构和使用..... (184)

- 一、空气阻尼天平的结构；二、半自动电光天平的结构；三、砝码；
- 四、分析天平的使用；五、分析天平使用规则

第二节 容量器皿的洗涤和使用..... (190)

- 一、容量器皿的洗涤；二、容量器皿的使用

第三节 常用化学试剂..... (194)

第四节 重量分析法..... (195)

- 一、重量分析对沉淀的要求；二、重量分析结果的计算

第五节 容量分析法..... (196)

- 一、酸碱滴定法(中和法)；二、氧化还原法；三、沉淀滴定法；
- 四、络合滴定法

第六节 比色分析法..... (205)

- 一、目视比色法；二、光电比色法

第七节 电化学分析法..... (206)

- 一、电位分析法；二、电导分析法

第十二章 水质分析方法..... (210)

第一节 水样的采集..... (210)

第二节 悬浮固形物的测定..... (211)

第三节 溶解固形物的测定..... (212)

第四节 pH的测定(pH电极法、比色法)..... (213)

第五节 氯化物的测定(硝酸银容量法)..... (220)

第六节 碱度的测定(容量法)..... (221)

第七节 酸度的测定(容量法)..... (223)

第八节 硬度的测定(EDTA滴定法)..... (224)

第九节 磷酸盐的测定(磷钼钒黄分光光度法、磷钼蓝比色法)..... (226)

第十节 铁的测定(磺基水杨酸分光光度法)..... (229)

第十一节 溶解氧的测定(两瓶法、靛蓝二磺酸钠比色法)..... (230)

第十二节 油的测定(重量法)..... (236)

第十三节 水质全分析结果的校核..... (237)

- 一、审查阳、阴离子毫克当量总数；二、审查总含盐量与溶解固形物；
- 三、pH的校核

附 录

一、常用元素的原子量和当量..... (241)

二、常用化合物的分子量和当量..... (242)

三、电离常数	(244)
(一)酸电离常数；(二)碱电离常数	
四、溶度积和溶解度	(245)
五、药剂的性能	(246)
六、溶液的密度	(249)
(一)硫酸溶液的密度；(二)盐酸溶液的密度；(三)氢氧化钠溶液的密度；	
(四)氯化钠溶液的密度；(五)石灰乳的密度；(六)氨水的密度；(七)重于	
水的液体的波美度与比重的关系；(八)其它一些盐类水溶液的密度	
七、单位换算	(255)
(一)硬度单位的换算；(二)重量单位的换算；(三)体积、容积单位的	
换算；(四)压力单位的换算；(五)流量单位的换算；(六)速度单位的	
换算；(七)筛目表	
八、国产离子交换剂的性能	(258)
(一)国产离子交换树脂的主要性能；(二)国产磺化煤的性能	
九、离子交换剂的主要性能试验	(260)
(一)样品的预处理；(二)离子交换树脂全交换容量的测定；(三)磺化	
煤工作交换容量的测定；四、密度的测定	
十、酸、碱标准溶液的配制与标定	(263)
十一、乙二胺四乙酸二钠盐(EDTA)标准溶液的配制与标定	(265)
十二、高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(266)
十三、硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(267)
十四、实验室用离子交换树脂的准备和纯水的制备	(268)
十五、水分析常用仪器	(270)
十六、化学元素周期表	(272)

第一章 化学基本知识

第一节 物质的运动和性质

自然界是由物质构成的。水、空气、食盐、钢铁等都是物质。

自然界的任何物质都是处在不断的运动状态中,而且其运动形式是多种多样的。例如水在锅炉中受热变成蒸汽,蒸汽在温度调节设备中又能冷凝成水。在上述过程中,水能由液态变成气态,又能由气态变成液态,虽然状态发生了变化,但没有新物质产生。我们通常把物质仅发生外形或状态的变化而没有产生新物质的运动形式,叫做物理变化。物质通过物理变化所表现出来的性质,叫做物理性质。如物质的形态、颜色、气味、比重、沸点、溶解性等都是物理性质。如果锅炉用煤作为燃料,煤在炉膛中燃烧以后,煤中的碳和空气中的氧结合成为二氧化碳,在这个过程中,有新物质二氧化碳产生,我们通常把这种有新物质生成的运动形式,叫做化学变化,或叫做化学反应。在化学变化中,往往有热量的变化,有时还有光的发射或吸收。碳燃烧时就发热发光。物质通过化学变化而表现出来的性质,叫做化学性质。化学变化也是多种多样的。由两种或两种以上的物质起变化而成为一种新物质的反应,叫做化合反应。如上述的煤中的碳和空气中的氧互相化合成为二氧化碳的反应。由一种物质变成两种或两种以上新物质的反应叫做分解反应。如石灰石(碳酸钙)灼烧成为石灰(氧化钙)和二氧化碳的反应。物质的这些性质只有在起化学变化时才表现出来,所以叫做化学性质,物质能够变色,放出气体,产生沉淀等都是化学性质。

物质的这些不同性质,是由物质本身的结构所决定的。化学的任务就是研究物质的组成、结构、性质和化学变化的规律。

第二节 物质的组成

一、分子

不同的物质,具有不同的性质;相同的物质具有相同的性质。人们经过长时期的实践,证明了物质是由分子构成的。分子是物质能够独立存在,并且保持该物质原有性质的最小微粒。分子非常小,水分子的直径大约是 2.8×10^{-8} 厘米,即 2.8 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$)。一滴水(约0.05毫升)中就有 1.5×10^{21} 个分子。而分子又是由更小的微粒——原子构成的。原子是在化学反应中不能再分割的最小微粒。在同一种分子中含有原子的种类和数目是一定的。如水分子中有两个氢原子和一个氧原子。分子和原子都是处在不断的运动状态,其运动情况与外界条件有关。

二、原子

现代科学已证实,原子是由原子核和核外电子两部分组成的。原子核位于原子的中心,

其直径只有原子的十万分之一，因此在原子中只占有很小的体积。原子核又是由质子和中子组成的。质子和中子的重量几乎相等。质子带一个单位的正电荷，中子不带电，所以原子核带正电荷。

原子核外面的电子数目和质子数目相等。每一个电子带一个单位负电荷，并在原子核周围的空间高速运动。因为原子中的质子数和电子数是相等的，故显示电中性。例如氢原子核中，有一个质子，外层只有一个电子。而氧的原子核中有8个质子，8个中子，外层有8个电子。所以氢和氧原子都显电中性。

三、元素和元素符号

1. 元素

具有相同化学性质的同一种原子叫做元素，如氧元素、碳元素等。到目前为止，人们在自然界中发现94种元素，但这些元素所组成的物质种类是非常多的。

2. 元素符号

为了方便，在化学上各种元素都用一定的符号表示。这个符号是用元素名称的拉丁文开头第一个字母代表，如果有两个元素拉丁文的名词开头第一个字母相同，则用两个字母，第一个字母大写，第二个字母小写。例如氧的元素符号用“O”表示，铁的元素符号用“Fe”表示。

元素符号具有下面三个意义。

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。

常用的元素名称、符号和原子量见附录 I。

四、原子量

原子虽然很小，但仍然各有不同的重量。例如氢原子的重量为0.000,000,000,000,000,000,000,001674克，即 1.674×10^{-24} 克。

氧原子的重量为0.000,000,000,000,000,000,000,02657克，即 2.657×10^{-23} 克。

碳12原子的重量为0.000,000,000,000,000,000,000,01993克，即 1.993×10^{-23} 克。

由于原子的实际重量很小，用克作单位时，在实际应用中很不方便。因此，采用了一种特殊单位，即取碳12原子重量的 $1/12$ 称为“碳单位”，来表示各种原子的相对重量。所以，一个碳单位的实际重量为：

$$\text{一个碳单位} = \frac{1.993 \times 10^{-23} \text{克}}{12} = 1.661 \times 10^{-24} \text{克}$$

用“碳单位”来表示某种元素的一个原子的重量，叫做该元素的原子量。

$$\text{即：氧的原子量} = \frac{\text{一个氧原子的重量}}{\text{一个碳单位的重量}} = \frac{2.657 \times 10^{-23} \text{克}}{1.661 \times 10^{-24} \text{克}} = 15.9994 \approx 16 \text{碳单位}$$

同样，求得氢的原子量为1.0079 (≈ 1) 碳单位。

在写原子量时，通常略去碳单位。如氧的原子量为15.9994 (≈ 16) 氢的原子量为1.0079 (≈ 1)。

五、单质和化合物

按照组成物质的元素种类多少，可把物质分成两大类：单质和化合物。

1. 单质

如果物质的分子是由同种元素组成的,则把这种物质叫做单质。根据单质的性质,又可分为金属和非金属两大类。铁、铜等都是金属,具有金属光泽、导电、传热等性质;氧气、氯气等都是非金属,不具有金属光泽、导电、传热等性质。

2. 化合物

如果物质的分子是由不同种元素组成的,则把这种物质叫做化合物。如食盐(氯化钠)由氯和钠两种元素组成。碳酸钙(石灰石)由碳、钙、氧三种元素组成。化合物也可根据它们的组成和性质分为有机化合物和无机化合物。无机化合物又可分为酸、碱、盐和氧化物等。

另外,物质还有纯净物和混合物之分。由一种单质或一种化合物组成的物质叫纯净物。世界上绝对纯的物质是没有的。化学上用的所谓纯净物质也是相对的,只是指这种物质中杂质含量很少(如0.01%)。由几种不同的单质或化合物任意混合在一起,而且保持原来性质的物质,叫混合物。如空气是由氧气、氮气、二氧化碳、水蒸汽、少量的惰性气体、灰尘和其它杂质混合在一起的混合物。

六、分子式和分子量

1. 分子式

用元素符号表示某种物质分子组成的式子,叫做分子式。因为在同一种单质或化合物分子中,元素的种类和各种元素的原子数是一定的,即各种物质都具有一定的组成。因此,可以用元素符号表示某种物质的组成。例如水的分子式为 H_2O ,二氧化碳的分子式为 CO_2 。

写单质分子式时,先把元素符号写出,组成分子的原子数写在元素符号的右下角。例如氧分子是由两个氧原子组成,所以氧气的分子式写成 O_2 。

写化合物分子式时,必须先知道这种化合物的分子由哪些元素组成,每种元素有几个原子。通常把金属元素和氢元素写在左方,非金属写在右方,各元素的原子数写在该元素符号的右下角。例如氧化铁中含有两个铁原子和三个氧原子,所以它的分子式写成 Fe_2O_3 。

由非金属和氧元素组成的化合物,它的分子式是把非金属写在左方,氧元素写在右方。例如二氧化碳写成 CO_2 。

2. 分子量

用“碳单位”来表示物质分子的重量,叫做分子量。分子量等于组成这个分子的各个原子量的总和。例如水(H_2O)的分子量是 $1 \times 2 + 16 = 18$ 。

因为元素符号表示这种物质的原子量。因此,分子式也表示它的分子量。同时,分子式只表示这种物质的一个分子。在分子式前面写上数字,就表示这种分子的个数。例如 $3H_2O$ 表示三个水分子。

分子式有如下五种含义,以 H_2O 为例:

- | | |
|----------------------|---|
| (1) 表示物质的一个分子 | 代表一个水分子 |
| (2) 表示组成物质的元素 | 水由氢、氧两种元素组成 |
| (3) 表示物质一个分子中各元素的原子数 | 水分子中含有两个氢原子和一个氧原子 |
| (4) 表示物质的分子量 | 水的分子量 = $1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$ |
| (5) 表示组成物质的各元素的重量比 | 水分子中氢与氧的重量比 = 1:8 |

3. 有关分子式的计算

(1) 根据分子式计算分子量。如硫酸的分子式是 H_2SO_4 ，分子量为 $1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$ 。

(2) 计算组成分子各元素的重量比。如 H_2SO_4 中氢、硫、氧的重量比为 $1:16:32$ 。

(3) 计算组成分子各元素的百分组成。如硫酸中硫的百分组成为：

$$\frac{\text{S}}{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 100\% = \frac{32}{98} \times 100\% = 32.6\%$$

同样可求得硫酸中氢和氧的百分组成。

第三节 化合价、化学方程式

一、元素的化合价

化合价表示各种元素相互化合时的原子数之间的比例关系。通常以氢的化合价为1，其他元素的化合价，可根据该元素一个原子能和几个氢原子化合，或可置换几个氢原子的数目来决定。例如氢燃烧时，二个氢原子和一个氧原子结合成一个水(H_2O)分子。其中氢和氧的原子数之比是 $2:1$ ，所以氧的化合价为2。由于氧的化合物比氢的化合物还多，所以元素的化合价也常以氧为2价进行推算。例如氧化物 Al_2O_3 、 CaO 中铝为3价，钙为2价。

在化合物中，元素的化合价有正价和负价两种。一般氢是+1价，氧是-2价。而且化合物中正价总数和负价总数相等。如 Al_2O_3 中铝为+3价，氧为-2价。

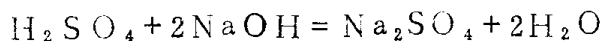
一般说来，金属元素都是正价。而非金属元素和氢化合时显示负价，和氧化合时显示正价。如硫在 H_2S 中是-2价，在 SO_2 中是+4价。

在一般情况下， H_2SO_4 中的一个硫原子和四个氧原子形成一个原子团。这个原子团在一般的化学反应中不再分解，类似化合物分子中的一个原子。这种原子团叫做“根”。根在化合物中也有自己的化合价。单独写根时，通常在它的右上角标明它的价数，以表示它是带电的离子而不是中性分子。如氢氧根 OH^- 、碳酸根 CO_3^{2-} 、磷酸根 PO_4^{3-} 、铵离子 NH_4^+ 。

有许多元素在不同的化合物中，显示不同的化合价。如铁在 Fe_2O_3 中为+3价，而在 FeO 中为+2价。部分常用元素的化合价见附录一。

二、化学方程式

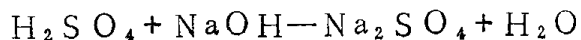
用元素符号和分子式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式。因为化学反应只是原子间的重新组合，因此，化学反应后各元素原子的总数应等于反应前各元素原子的总数。也就是说反应前后物质的总重量不变。这就是“物质不灭定律”。例如在硫酸中加入氢氧化钠，生成硫酸钠和水，可写为：



化学方程式的写法：

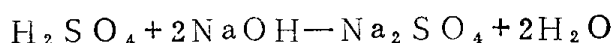
1. 根据化学反应事实写出反应物和生成物

左边写反应物分子式，右边写生成物分子式。反应物和生成物之间划一条短线。如果反应物和生成物在两种以上，就用“+”号连接起来。如上述硫酸和氢氧化钠的反应：

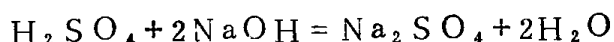


2. 根据物质不灭定律, 配平方程式

在上式两边分子式前配上适当的系数, 使两边各元素的原子数相等, 上式中钠原子和氢原子数不相等。在氢氧化钠和水分子前加系数 2。

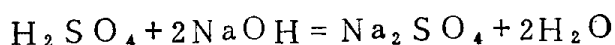


3. 如果两边原子数完全相等, 将短线改为等号



到这里才算写出了完整的化学方程式。

根据化学方程式既可以知道反应物和生成物, 又可以知道它们的分子数之比和重量比, 例如:



分子数之比	1	:	2	:	1	:	2
重量比	98	:	2 × 40	:	142	:	2 × 18

所以必须准确地书写化学方程式。

三、根据化学方程式的计算

根据化学方程式, 由已知反应物的量计算生成物的量, 或由生成物的量计算所需反应物的量。步骤如下:

- (1) 写出化学方程式;
- (2) 算出与题有关物质的重量比或有关比例;
- (3) 按照题意, 列出比例式, 进行计算。

例 1: 石灰石 (CaCO_3) 经灼烧后, 可以生成生石灰 (CaO), 并放出 CO_2 气体, 若灼烧 12 吨石灰石 (假设不含杂质) 可以产生多少吨生石灰?



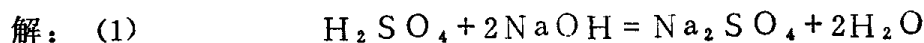
(2) 重量比 100 56

(3) 12 吨 X 吨

$$100 : 56 = 12 : X$$

$$X = \frac{56 \times 12}{100} = 6.72 \text{ 吨}$$

例 2: 200 克氢氧化钠, 需用多少克 98% 的浓硫酸和它完全中和?



(2) 重量比 98 2 × 40

(3) X 克 200 克

$$98 : 80 = X : 200$$

$$X = \frac{98 \times 200}{80} = 245 \text{ 克}$$

求得的值是纯硫酸的重量。按题意, 再求 98% H_2SO_4 的量:

$$\frac{245 \text{ 克}}{0.98} = 250 \text{ 克}$$

第四节 摩尔原子、摩尔分子、当量、克当量

一、摩尔原子

一定重量的物质，在数值上等于它的原子量，单位用克表示。这个量就称为一个摩尔原子。如铁的原子量是55.85碳单位，而“55.85克”就称为“一摩尔原子铁”。那么，一摩尔原子的铁中有多少个原子呢？

一个铁原子的重量是55.85碳单位，其绝对重量是 $55.85 \times 1.66 \times 10^{-24}$ 克，所以55.85克的铁中含铁原子的数目为：

$$\frac{55.85}{55.85 \times 1.66 \times 10^{-24}} = 6.02 \times 10^{23}$$

同样，可求得1摩尔原子的任何元素都含有 6.02×10^{23} 个原子。 6.02×10^{23} 称为亚佛加德罗常数。

二、摩尔分子

一定重量的物质，在数值上等于它的分子量，单位用克表示。这个量就称为一个摩尔分子。如水的分子量是18，而18克水就是1摩尔分子水。

1. 摩尔分子的水含有的分子数为：

$$\frac{18}{18 \times 1.66 \times 10^{-24}} = 6.02 \times 10^{23}$$

同样，可求得1摩尔分子的任何物质也含有 6.02×10^{23} 个分子。

现在国际上规定：物质体系所包含的结构粒子（如原子、分子、离子、电子、光子等等）数目与12克碳（ ^{12}C ）中的原子数目相等，则这个体系的物质的量为1摩尔，符号mol。

凡含有 6.02×10^{23} 个原子的元素叫做1摩尔原子（即过去叫的1克原子）。

凡含有 6.02×10^{23} 个分子的物质叫做1摩尔分子（即过去叫的1克分子）

三、当量

当量表示元素相互化合时它们之间的重量关系。通常用1.008份重量的氢或8份重量的氧为标准，进行推算。即某元素的当量就是该元素和1.008份重量的氢相化合，或取代1.008份重量的氢，或和8份重量的氧相化合的重量。

如在HCl中，氢和氯原子数之比 1 : 1 重量比 1.008 : 35.5

在H₂O中，氢和氧原子数之比 2 : 1 重量比 1.008 : 8

在CO₂中，碳和氧原子数之比 1 : 2 重量比 3 : 8

由此可知，氢的当量是1.008，氧的当量是8，氯的当量是35.5，碳的当量是3。

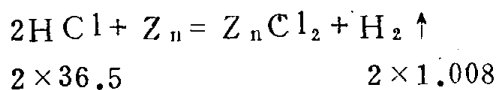
经过无数实验证明，各种元素相互化合时，其重量比等于它们的当量比。这就是当量定律。

原子量和当量之间有下列关系

$$\text{元素的当量} = \frac{\text{原子量}}{\text{化合价}} \quad (1-1)$$

当量的概念同样可应用到化合物上。即凡是同1.008份重量的氢起反应或含有1.008份重量可取代的氢，或同1.008份重量的氢相当的化合物的重量，叫做该化合物的当量。

如盐酸和锌作用：

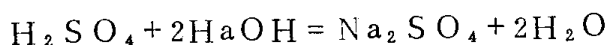


可见36.5份重量的HCl中含有1.008份重量可取代的氢。所以HCl的当量为36.5。

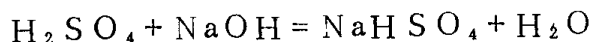
同样，化合物的分子量和当量之间有下列关系：

$$\text{化合物的当量} = \frac{\text{化合物的分子量}}{\text{正价总数(或负价总数)}} \quad (1-2)$$

必须注意，化合物的当量是在发生化学反应时才能表现出来，因此，化学反应不同，当量也就不同。例如98克的硫酸和80克的氢氧化钠作用生成硫酸钠和水：



在此反应中，硫酸中的两个H⁺都和OH⁻结合成水。所以硫酸的当量是它分子量的1/2即49。如果98克的硫酸和40克的氢氧化钠作用，生成硫酸氢钠和水：



在此反应中，硫酸中只有一个H⁺和OH⁻结合成水。所以硫酸的当量就是它的分子量，即98。

四、克当量

一定量的物质在数值上等于它的当量，单位以克表示，这个量就叫该物质的1克当量。例如硫酸的当量是49，而49克的硫酸就等于1克当量，2克当量的硫酸就等于98克。所以物质的克当量数可用(1-3)式计算：

$$\text{克当量数} = \frac{\text{物质的重量}}{\text{1克当量物质的克数}} \quad (1-3)$$

$$\text{如} 232 \text{克氯化钠等于：} \frac{232}{58} = 4 \text{克当量}$$

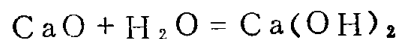
在实际应用中，有时感到“克当量”这个重量单位太大，而经常采用“毫克当量”或“微克当量”作为重量单位。1克当量等于1000毫克当量，1毫克当量等于1000微克当量。

第五节 常见的化学反应

化学反应的种类很多，这里介绍的仅是锅炉水处理工作中常遇到的几种化学反应。

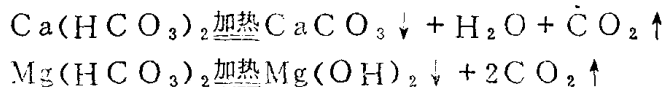
一、化合反应

由两种或两种以上的物质，互相化合生成一种新物质的反应，叫做化合反应。例如生石灰(CaO)和水反应生成熟石灰：



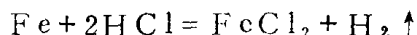
二、分解反应

一种物质，分解成两种或两种以上的新物质的反应，叫做分解反应。例如加热重碳酸盐的反应：



三、置换反应

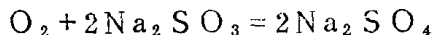
单质的原子代替化合物分子中另一种原子的化学反应，叫做置换反应。例如铁受盐酸腐蚀的反应：



四、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。

例如氧和亚硫酸钠的反应：



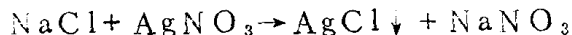
为什么氧化还原反应中元素的化合价会改变呢？这是因为在反应过程中参加反应的物质之间发生了电子转移的缘故。

就上述氧和亚硫酸钠的反应来说，反应前，氧是以单质状态存在，它的化合价是零，硫是以化合物的状态存在，它的化合价是+4价。而在反应后，在硫酸钠中硫的化合价为+6价，氧（此处是指 O_2 分子中的氧，而不是 Na_2SO_3 中的氧）的化合价是-2价。也就是在此反应中，硫的化合价由+4→+6价，氧的化合价由0→-2价。这是因为硫失去了两个电子，氧获得了两个电子。在反应中，硫和氧之间发生了电子转移，而且得失电子的总数是相等的。

原子或离子失去电子的过程，叫做氧化；获得电子的过程，叫做还原。氧化和还原这两个过程是同时发生的。在反应中，失去电子使化合价增高的物质，叫做还原剂（本身被氧化）；获得电子使化合价降低的物质，叫做氧化剂（本身被还原）。在上述反应中 O_2 是氧化剂， Na_2SO_3 是还原剂。

五、复分解反应

凡是由两种化合物相互反应，彼此交换成份，生成两种新的化合物的反应，叫做复分解反应。如



复分解反应只有当产物中有一种物质是沉淀、气体或水时，反应才能进行得比较完全。

第六节 酸、碱、盐、氧化物

在锅炉水处理中常用的酸、碱、盐有盐酸、硫酸、氢氧化钠、碳酸钠和食盐等。

一、酸及其一般化学性质

凡由氢原子和酸根组成的化合物，都叫做酸。例如盐酸（ HCl ）、硫酸（ H_2SO_4 ）、

硝酸(HNO_3)、磷酸(H_3PO_4)和碳酸(H_2CO_3)等。从这些分子组成中可以看出,有的酸根只有一个原子,有的酸根是由几个不同的原子组成的原子团。因为在其分子中,都含有氢原子,所以酸类物质都有一定的共性。

1. 酸溶液能使酸碱指示剂变色

酸溶液能使蓝色石蕊试纸变成红色(石蕊试纸是一种酸碱指示剂,它遇到酸变红色,遇到碱变蓝色)。

2. 酸与金属氧化物反应生成盐和水



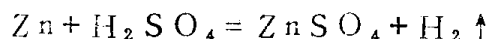
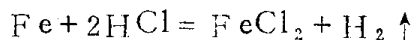
当锅炉运行不正常时,往往由于受热面产生许多腐蚀产物(即金属氧化物),而必须进行酸洗。酸洗就是利用酸和金属表面上的氧化物的作用,生成可溶性的盐,以达到清洗金属表面的目的。

3. 酸与碱反应生成盐和水



酸和碱作用生成盐和水的反应叫中和反应。

4. 酸与活泼金属作用生成盐和氢气(浓、稀硝酸和浓硫酸除外)

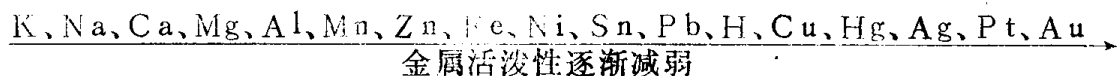


(稀)

这两个反应都是单质与化合物反应生成新的单质和新的化合物,所以这种反应称置换反应。

各种酸的酸性强弱不同,盐酸、硫酸、硝酸都是强酸;磷酸是中等强度酸;碳酸是弱酸。

各种金属从酸中置换出氢的能力并不相同,有些强,有些弱,有些根本不能置换。根据金属置换氢原子的能力强弱,我们可以把部分常见的金属按其化学性质活泼程度排成金属活动顺序表:



在表中排在氢前面的金属,都能从酸中置换出氢,并且位置离氢越远,则其置换能力越强,排在氢后面的金属都不能置换酸中的氢。

二、碱及其一般化学性质

凡由金属原子和氢氧根组成的化合物都叫做碱。例如氢氧化钠(NaOH),氢氧化钙($\text{Ca}(\text{OH})_2$),氢氧化铁($\text{Fe}(\text{OH})_3$)等。在这些分子组成中,都含有氢氧根。氢氧根是一个原子团,显示负一价(OH^-)。所以碱类物质也都有一定的共性。

1. 碱溶液能使酸碱指示剂变色

碱溶液能使红色石蕊试纸变成蓝色。

2. 碱能与酸反应生成盐和水



3. 碱与非金属氧化物反应生成盐和水

