



3.5

小型锅炉水处理解答

江苏科学技术出版社

小型锅炉水处理解答

陆 天 齐

江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本书以问答的形式，对水处理的一般知识，炉外处理，炉内处理，水质分析化验等方面作了简明的解答，便于广大司炉工人以及有关管理、化验人员在实际工作中参照使用。由于内容深入浅出，且具有系统性，亦可作为培训司炉工人与化验人员的学习教材。

封面设计与插图 范建平

小型锅炉水处理解答

陆天齐

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：如皋县印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 3 插页 1 字数 63,000

1980年5月第1版 1984年8月第3次印刷

印数 74,501—91,000册

书号 15196·036 定价 0.29 元

前 言

锅炉水处理工作是确保锅炉安全经济运行,节约能源,提高热效率的重要环节。为此,国家经委转发了国家劳动总局《关于加快普及锅炉水处理工作的意见》的通知。我们根据《通知》的精神,结合本地区的实际情况,在推广与运用水处理工作中,初步了解一些知识,掌握一些技术,摸索出一些经验。现编写成册,供司炉工人及有关管理、化验人员参阅。

本书在编写过程中,得到南京地区有关工厂、学校和科研单位的大力支持。初稿曾在我所与南京市轻、化工系统水质分析化验人员训练班上征求过意见。修改后,又请南京动力学校季清成、朱杏英同志和江苏省劳动局张焕新同志校阅。在此,一并表示感谢。

由于时间仓促,经验不足,如有错误,请读者及时指正。

南京市劳动局锅炉安全监察所 陆天齐

一九七九年十月

目 录

第一章 水质概述

- 一、锅炉水处理化学基础知识(1~15题) 1
- 二、锅炉用水的基本知识(16~34题) 16

第二章 水质处理

- 一、水质处理工作的原理(35~44题) 33
- 二、离子交换器的构造(45~52题) 44
- 三、离子交换器的一般操作方法(53~59题) 54
- 四、离子交换剂的预处理及交换器常见故障(60~63题) 67
- 五、炉内处理(64~67题) 69
- 六、化学洗炉(68~69题) 74

第三章 水质分析方法

- 一、水质分析的项目及简单仪器(70~72题) 80
- 二、水质分析试剂的配制(73题) 83

附：低压锅炉水质标准

第一章 水质概述

一、锅炉水处理化学基础知识

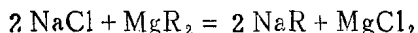
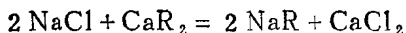
1. 锅炉用水进行处理的目的是什么？

锅炉用水处理的目的是，将锅炉用水(硬水)变为软水，使锅炉内部受热面保持清洁，不结(少结)水垢，提高锅炉效率和保证蒸汽品质，防止锅炉金属壁腐蚀，确保锅炉安全经济，连续运行。

锅炉用水不是纯净的水，而是取之于天然水源(地表水、地下水等)。由于水是一种很好的溶剂，因此，水中含有各种杂质。这些杂质主要是悬浮物、胶体物、溶解物三类。城市自来水虽然经过沉淀、过滤、消毒，但仅去掉一些粘土砂粒、微生物等悬浮物，而水中溶解物质(如钙、镁盐类等)一般不能去掉。所以，对锅炉用水一定要进行软化处理。

2. 水处理工作者为什么要学习一些物理知识和化学知识？

我们在锅炉水处理工作中，常常接触到化学变化和物理变化，有时这两种变化也相伴发生，例如食盐溶解在水中变成盐溶液；盐溶液中水分被蒸发后又变成白色晶体状的食盐，这种变化过程称为物理变化，它仅仅是物质状态的改变而其本质并没有变化和改变。又如在交换器失效时进行再生还原过程中，将盐溶液送入离子交换器的交换剂层就会发生如下反应：



在此反应中,由食盐(NaCl)变为氯化钙(CaCl_2),氯化镁(MgCl_2),这种变化过程称为化学变化,(其中 R^- 表示阳离子交换剂中复杂的阴离子部分)因为原有物质变成另一种新的物质其本质发生了变化。所以,我们应该懂得一些物理和化学基本知识。

3. 什么叫分子和原子?

分子是保持物质化学性质的最小微粒。例如水是由大量的水分子聚集而成。

分子是在不断运动着的,例如远处能闻到刺激性的氨气味,这正是由于氨分子不断运动而扩散到空气中的缘故。

分子间有一定的间隔,例如把一斤食盐块溶解在水里,水的体积几乎没有增大,而各部分的水都变得带有咸味,这是因为水分子之间保持一定的距离,使得食盐中的微粒能够均匀地散布到这些间隔中去的缘故。固态物质的分子也有一定的间隔,热胀冷缩的现象,就是由于物质分子间的间隔受热增大、遇冷缩小的结果。

原子是化学变化中的最小微粒。在化学反应里,分子可以分成原子,而原子却不能再分了。分子是由原子构成的,原子和分子是性质不同的两种微粒。大家知道,物质是由分子构成的,分子是由原子构成的,但还有一些物质是由原子直接构成的。例如,铜由许多铜原子构成的。

原子一般不保持原物质的性质。我们知道,水分子是能够独立存在并保持水性质的,如果水分子分解成为更小的微粒——原子(分解成为氢原子和氧原子),然后通过一定的结合,变成了新物质的分子(氢原子结合成氢分子,氧原子结合

成氧分子),氢分子又组成氢气,氧分子又组成氧气,这种化学反应的本质,就是物质分子里的原子重新组合成另一些新的分子,从而产生了新的物质,这些新物质(氢气、氧气)的性质和水的性质完全不相同。

原子和分子一样,也是在不断地运动着的。

4. 什么叫原子量? 分子量?

原子虽然很小,但也有一定的质量。原子的质量是原子的一种重要性质。原子的质量各不相同;而且数值上很小很小,书写、记忆和使用都很不方便。因此,国际上是以一种碳原子质量的 $1/12$ 作为标准,其他原子的质量跟它相比较所得的数值,就是该种原子的原子量。采用这个标准,可测得各种原子量,例如,氢原子的质量是碳原子质量的 $1/12$,那氢的原子量就是1,氧原子的质量是碳原子质量的 $16/12$,那氧的原子量就是16,其他原子量也是如此推算而得的。由此可见,原子量只是一个比值,它是没有单位的。有了这样一个比值,我们计算各种原子量就方便了。一般化学计算时是采用原子量的近似值。

分子量是组成这个分子的各个原子量的总和,所以分子的质量比原子的质量大,不过仍然很小,同样不能直接称出。和原子一样,表示分子质量的方法是用相对质量来表示的,它所用的标准和原子量是一样的。

例如:氧气的分子量就是两个氧原子的原子量之和,即氧气的分子量 $= 16 \times 2 = 32$ 。氢气的分子量就是两个氢原子的原子量之和,即氢气的分子量 $= 1 \times 2 = 2$ 。水的分子量就是两个氢原子的原子量和一个氧原子的原子量之和,即水的分子量 $= 1 \times 2 + 16 = 18$ 。

5. 什么叫元素? 元素符号有什么意义?

在化学上，把具有相同核电荷数(即质子数)的同一类原子的总称叫做元素。例如：氢元素就是性质相同的许多氢原子的总称。元素可以组成单质和化合物，同种元素的原子组成的物质叫做单质，如氧气、氢气、铁粉、碳棒、水银(汞)等；不同种元素的原子组成的物质叫做化合物，如水、食盐、二氧化碳等。元素是一切物质的根本，它决定物质的性质，如金属元素就具有金属的特性(金属光泽、延展性、可塑性、导电、传热等)；非金属元素就具有非金属的特性(无金属光泽、一般不导电和不传热、延展性差等)；但是金属和非金属之间没有绝对的界限，例如用作半导体材料的硅和锗，它们既有金属性又有非金属性。在国际上，元素符号是统一采用该元素拉丁文名称的第一个大写字母来表示的，如果几种元素符号重复时，为了区别起见，在大写字母后面加上第二个字母，但要小写。如，氧元素用“O”表示；氢元素用“H”表示；碳元素用“C”表示；氯元素用“Cl”表示；钙元素用“Ca”表示；铜元素用“Cu”表示等等。(见表1)

表1 常见元素原子量及常用化合价

名 称	符 号	原 子 量	常 用 化 合 价
氢	H	1.0079	+ 1
硼	B	10.81	+ 3
碳	C	12.011	+ 2 ; + 4
氮	N	14.0067	+ 2 ; + 4 ; + 5 ; - 3
氧	O	15.9994	- 2
氟	F	18.998403	- 1
钠	Na	22.98977	+ 1

名 称	符 号	原 子 量	常 用 化 合 价
镁	Mg	24.305	+ 2
铝	Al	26.98154	+ 3
硅	Si	28.086	+ 4
磷	P	30.97376	- 3 ; + 5
硫	S	32.06	- 2 ; + 4 ; + 6
氯	Cl	35.453	- 1 ; + 5 ; + 7
钾	K	39.098	+ 1
钙	Ca	40.08	+ 2
铬	Cr	51.996	+ 3 ; + 6
锰	Mn	54.9380	+ 2 ; + 4 ; + 7
铁	Fe	55.847	+ 2 ; + 3
钴	Co	58.9332	+ 2 ; + 3
铜	Cu	63.546	+ 1 ; + 2
锌	Zn	65.38	+ 2
砷	As	74.9216	+ 3 ; + 5
溴	Br	79.904	- 1
钼	Mo	95.94	+ 6
银	Ag	107.868	+ 1
锡	Sn	118.69	+ 2 ; + 4
碘	I	126.9045	- 1
钡	Ba	137.33	+ 2
铂	Pt	195.09	+ 2 ; + 4
汞	Hg	200.59	+ 1 ; + 2

名 称	符 号	原 子 量	常 用 化 合 价
铅	Pb	207.2	+ 2; + 4
金	Au	198.9665	+ 1; + 3

6. 什么叫分子式？根据分子式怎样进行计算？

分子式——用元素符号来表示物质分子组成的式子。分子式中元素符号右下方的数字表示这种元素的原子在一个分子里的数目，若原子数目是1，则可省略。例如水的分子式是 H_2O ，其中氢元素表示水分子中有两个氢原子，氧元素表示水分子中有一个氧原子。物质的分子式是通过实验测定物质的组成后得出的，所以，不能主观臆造，随便乱写。根据物质的组成可分为：

(1) **单质**：是由同种元素的原子组成的。例如，氧气的分子式为 O_2 （两个氧原子组成）；氢气的分子式为 H_2 （两个氢原子组成）。另外，象铁、铜、镁、钙等金属和硫、碳、磷等非金属单质，因其结构比较复杂，习惯上直接用元素符号表示它们的分子式，如铁分子式是 Fe ；碳的分子式是 C 等等。

(2) **化合物**：是由不同种元素的原子组成的。例如，二氧化碳的分子式为 CO_2 （一个碳原子和两个氧原子组成）；氯化钠（俗名食盐）的分子式为 NaCl （一个钠原子和一个氯原子组成）。

物质的分子式可以说明四个意义：①表明某种物质，由哪几种元素组成。②表明某种物质的一个分子和这个分子含有各原子的个数。③表示物质的分子量。④表明组成物质各元素质量比。

利用分子式可以计算出分子量，此外还可以计算出化合

物里所含各元素的质量比和各元素所占质量的百分比。

例 某工厂锅炉给水未除氧，钢板遇氧腐蚀生成氧化铁(Fe_2O_3)，清扫出氧化铁 8 公斤，试计算有多少铁被腐蚀？

解：氧化铁(Fe_2O_3)的分子量：

$$56 \times 2 + 16 \times 3 = 160$$

氧化铁中铁的含量百分比为：

$$\frac{2\text{Fe}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \times 100\% = \frac{2 \times 56}{160} \times 100\% = 70\%$$

8 公斤氧化铁中含铁量为：

$$8 \times 70\% = 5.6 \text{ 公斤}$$

答：有 5.6 公斤铁被腐蚀。

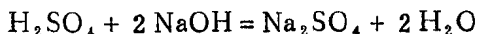
7. 什么叫化学方程式？如何应用化学方程式来进行计算？

用分子式来表示化学反应的式子叫做化学方程式。它表达了物质在化学反应中质和量的变化关系。化学方程式一定要遵循质量守恒定律。

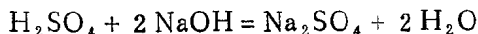
例 (1) 若用硫酸中和氢氧化钠溶液，溶液中如含氢氧化钠 2.4 克，需要纯硫酸多少克？

解：计算步骤：

① 写出这个反应的化学方程式，



② 查原子量表算出已知物和待求物的分子量，



$$1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98 \quad 23 + 16 + 1 = 40$$

③ 标出已知物和待求物的质量比，

$$98 \quad 2 \times 40 = 80$$

④ 列出比例式求出未知数，

已知 98 份质量的硫酸需要 80 份氢氧化钠，则溶液中含氢氧化钠 2.4 克，需要多少克纯硫酸？假设纯硫酸为 x 克，因此可列出比例式：

解： $98 : 80 = x : 2.4$

解出 x ： $x = \frac{98 \times 2.4}{80} = 2.94 \text{ 克}$

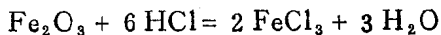
答：需要纯硫酸 2.94 克。

必须指出，直接根据化学方程式计算的质量，不论是反应物还是生成物，理论上都是指绝对纯净的物质，而在实际上所用的原料或所得到的产品或多或少都含有杂质，这时必须将不纯物质的质量换算为纯物质的质量。

换算公式：不纯物质质量 $\times$ 该物质的纯度(%) = 纯物质的质量。

(2) 某工厂用盐酸洗锅炉，如果铁锈的成分为氧化铁(Fe_2O_3)，其质量为 55 公斤，问需要用 4% 盐酸(HCl)溶液多少公斤？

解：可按铁锈(Fe_2O_3)与盐酸(HCl)作用的反应式计算，



$$56 \times 2 + 16 \times 3 = 160 \quad 6 \times (1 + 35.5) = 219$$

已知 160 份质量的氧化铁需 219 份质量的盐酸，则有 55 公斤的氧化铁，需多少公斤纯盐酸的质量。列出比例式：

$$160 : 219 = 55 : x$$

$$x = \frac{219 \times 55}{160} = 75.3 \text{ 公斤(纯盐酸)}$$

按换算公式计算，纯盐酸换算成 4 % 的盐酸：

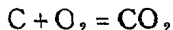
$$75.3 \div 4 \% = 1882.5 \text{ 公斤}$$

答：需要用4%的盐酸溶液1882.5公斤。

8. 化学反应有几种类型？

常见的简单化学反应有下列几种：

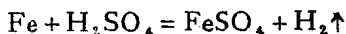
(1) 化合反应：两种或多种物质经过反应后成为一种新的物质。例如碳燃烧变成二氧化碳：



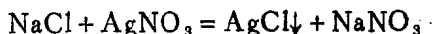
(2) 分解反应：一种物质分解为两种或两种以上的新物质。例如水中含有硬度物质重碳酸钙的受热分解：



(3) 置换反应：一种单质的原子置换(或替代)了化合物的某种组成原子，生成一种新的单质和新的化合物。例如铁遇到稀硫酸就会发生腐蚀，铁就将硫酸中的氢置换(或替代)出来，生成新物质硫酸亚铁，同时放出氢气：



(4) 复分解反应：由两种化合物相互反应，彼此交换成分，生成两种新的化合物。例如测定水中的氯根时用硝酸银去滴定氯化钠：



上述反应后生成两种新的物质，其中一个生成氯化银白色沉淀物析出，这是测定水中氯根(氯离子 Cl^-)含量的基本原理。

9. 化合价的实质是什么？

元素化合价和原子结构有关，特别是和原子最外层电子数目有密切的关系。

在氯化钠形成过程中，一个钠原子只能失去一个电子(这是由它最外电子层只有一个电子所决定的)，一个氯原子只能

结合一个电子（这是由于它最外电子层已有七个电子所决定），所以一个钠原子只能与一个氯原子结合。失去电子的钠原子变成带一个单位正电荷的钠离子（ Na^+ ），它的化合价为 + 1（正一价）；获得电子的氯原子变成带一个单位负电荷的氯离子（ Cl^- ），它的化合价为 - 1（负一价）。因此，上述例子可以看出化合价实质上是这种元素的原子在形成化合物时失去或获得电子的数目，在数值上也就等于生成离子所带的电荷数。但在一些化学反应中，有的原子不是使电子失去或获得，而是电子发生偏移，这些化合物的化合价，这里不作详细介绍。

元素之间相互化合时，其原子个数比都有确定的数值，元素的这种性质叫做元素的化合价。它是一定数目的一种元素的原子跟一定数目的其它元素的原子相互化合的性质。化合价有正价和负价，有些元素在不同的化合物中化合价是不变的，这样的化合价叫做不变化合价，例如钠是 + 1 价，钙是 + 2 价等；但有些元素在不同条件下可以显示出不同的化合价，这样的化合价叫做可变化化合价，例如铁有 + 2 价或 + 3 价，铜有 + 1 价或 + 2 价等等（详见表 1）。

了解化合价的概念与在化合物中正负化合价的代数和等于零的原则，可以正确写出化合物的分子式，从而可算出物质在化学反应中各物质之间量的关系。

10. 什么叫离子？

我们已知道钠和氯反应生成氯化钠时，一个钠原子只能失去一个电子，失去后变成带正电的微粒，钠的化合价为 + 1 价；一个氯原子只能获得一个电子，获得后成为带负电的微粒，所以氯的化合价是 - 1 价。这种由于电子获得或失去而成为带电的微粒就叫做离子，或带有电荷的原子（原子团）叫

离子。带正电荷的离子叫阳离子；带负电荷的离子叫阴离子。

阳离子表示法： Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 H^+ 等。

阴离子表示法： Cl^- （氯根）、 OH^- （氢氧根）、 HCO_3^- （碳酸氢根——重碳酸根）、 CO_3^{2-} （碳酸根）、 SO_4^{2-} （硫酸根）、 PO_4^{3-} （磷酸根）等。

在某些化学反应里往往有两个或两个以上的原子形成不易分解的原子团，这种原子团叫根。根在化合物里和元素一样，也有一定的化合价（如上所示）。

11. 什么叫溶液和物质的溶解度？

如果将少量白糖放在水中加以搅拌，白糖逐渐溶解，最后得到的是澄清透明的液体。由于白糖分子在水分子的作用下以分子状态均匀地分散到水中的缘故，如果条件不变，水分不蒸发，无论放置多久，糖不会分离析出，这种液体是很稳定的。若以食盐代替白糖溶解于水中，同样得到均匀、稳定的液体，所不同的是食盐的溶解是以离子状态分散在水中的。

一种物质的分子或离子状态均匀分布于另一种物质中所得到的均匀稳定的体系叫溶液。溶液也可以说是由溶剂和溶质组成的，例如食盐水里，水是溶剂，食盐是溶质。

有些物质易溶解于水，有些物质很难溶解，可见不同的物质在同一溶剂里的溶解能力各不相同，通常用溶解度来表示物质的溶解性。

在一定温度下，物质在 100 克溶剂里达到溶解平衡状态时所溶解的克数，或者说，在一定温度下，物质在 100 克溶剂里所能溶解的最多的溶质克数，称为该物质的溶解度。例如在 20°C 时，食盐的溶解度是 36 克。也就是说水温 20°C ，100

克水里最多能溶解36克食盐。

溶解度与温度有很大关系，气体的溶解度一般随温度的升高而降低，例如水中热力除氧即用此原理。气体的溶解度一般随压力的加大而增加，如汽水打开瓶盖时，二氧化碳向外喷，这是因为瓶里压力减小，溶解度下降的缘故。固体的溶解度多数随温度的升高而增加。但碳酸钙(CaCO_3)、硫酸钙(CaSO_4)等例外。如硫酸钙在 60°C 时溶解度为 0.200 克， 100°C 时溶解度为 0.067 克， 200°C 时溶解度为 0.0085 克。

12. 什么叫溶液的重量百分比浓度？

用溶质质量占全部溶液质量的百分比来表示溶液的浓度叫做百分比浓度。以%来表示。

$$\text{溶液的百分比浓度} = \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶质质量} + \text{溶剂质量}} \times 100\%$$

如溶液浓度是 5% 的食盐，是表示 100 克食盐水中含有食盐 5 克，水 95 克。

例 水处理需用食盐水，我们取 1000 公斤水，溶解 300 公斤食盐来配制食盐溶液，求此食盐溶液的百分比浓度。

$$\begin{aligned}\text{解：食盐溶液的质量} &= 300 \text{ 公斤(食盐)} + 1000 \text{ 公斤(水)} \\ &= 1300 \text{ 公斤}\end{aligned}$$

则食盐溶液的百分比浓度为

$$\frac{300}{300 + 1000} \times 100\% = 23.1\%$$

答：该溶液的百分比浓度为 23.1%。

13. 什么叫当量和克当量？

当量是各元素或化合物相互反应时质量比例的一种数值。某元素与 1 份质量的氢或 8 份质量的氧相互作用、或从化合物置换出此质量的氢或氧时，该元素的质量份数称为元