

低压锅炉水处理技术

肖永胜 郭传顺 主编



哈尔滨工程大学出版社

TK229.1
X43

425460

低压锅炉水处理技术

主 编 肖永胜 郭传顺

副主编 张金蓉 王 满

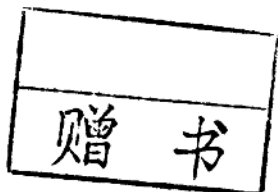
审 核 朱 林

编 写 许洪庆 车延续

席庆华 马 岩



00425460



哈尔滨工程大学出版社

内容提要

本书系统地介绍了低压锅炉水处理基础知识、水处理基本方法、水质标准及检验方法、水垢的清除、腐蚀等方面的知识。

本书系统性较强,内容丰富、通俗易懂,有较高的参考价值。可作为低压锅炉水处理人员和管理人员理论培训教材;也可供锅炉安全技术监察干部和检验人员参考。



低压锅炉水处理技术

Diya Guolu Shui Chuli Jishu

肖永胜 郭传顺 主编

责任编辑 李英

哈尔滨工程大学出版社出版发行
新华书店经销
大庆石油管理局勘探开发研究院科技彩印厂印刷

开本 787×1092mm 1/16 印张 17 字数 412 千字

1998年5月第1版 1998年5月第1次印刷

印数:1~2000册

ISBN 7-81007-856-9

TK·8 定价:24.00元

序

我国数以万台的低压锅炉在生活和生产领域中广泛使用。锅炉的安全,经济运行与水处理技术休戚相关、密不可分。然而我国的锅炉水处理现状不乐观,由此引发的故障屡见不鲜。加强锅炉水处理人员培训,提高水处理人员的理论知识和实际操作能力,搞好低压锅炉的水处理工作,是确保锅炉安全、经济运行的重要手段。

《低压锅炉水处理技术》一书,集编者多年教学和管理经验,从水处理工作实际出发,较系统地阐述了低压锅炉水处理的基本理论和技术,包括水处理的基本方法、水质分析的操作、水垢的清除与防腐等。该书具有较强的针对性和实用性,并且内容上丰富翔实,理论联系实际;写作方法上通俗易懂,简明扼要。为贯彻执行 GB1576—1996《低压锅炉水质》和《中华人民共和国法定计量单位》等标准,本书以全新概念编写而成。

我国低压锅炉水处理设施运行中的问题,本书几乎都有涉及。因此,本书不仅可以供锅炉水处理人员自学阅读,作为企业在职培训的教材,而且对从事锅炉安全监察、检验、设计、安装等部门的技术人员,该书也不失为一本较好的参考资料。希望此书的出版,能为提高我国锅炉水处理设施的运行效果起到积极的促进作用。

欣读此书,特作此序。

刘 顺 隆

1998年6月18日

目 录

第一章 化学基础知识	1
第一节 物质的组成	1
第二节 基本化学用语	2
第三节 物质的化学量	5
第四节 物质的分类	8
第五节 络合物	11
第六节 物质的变化	12
第七节 化学变化的表示方法	12
第八节 化学变化的基本类型	15
第九节 溶液	19
第十节 溶液的浓度	21
复习题	24
第二章 锅炉基本知识	26
第一节 工业锅炉的基本组成	26
第二节 锅炉的分类及型号	28
第三节 锅炉水汽系统	33
复习题	36
第三章 锅炉用水的水质及水质标准	37
第一节 锅炉用水知识	37
第二节 锅炉用水指标	41
第三节 水质指标间的关系	46
第四节 锅炉用水指标的化学监督	48
第五节 低压锅炉水质标准	49
复习题	54
第四章 锅炉用水预处理知识	55
第一节 地表水预处理	55
第二节 地下水与自来水预处理	62
第三节 高硬度与高碱度水预处理	68
复习题	72
第五章 水垢及清除	73
第一节 水垢的形成及分类	73
第二节 水垢的危害	77
第三节 防垢方法	80
第四节 水垢的清除	80

复习题	90
第六章 低压锅炉水质分析基础知识	92
第一节 定性分析	92
第二节 定量分析	92
第三节 水分析用纯水的制备和检验	97
第四节 化学试剂	98
第五节 水分析常用玻璃仪器及使用	98
第六节 玻璃器皿的洗涤	110
第七节 分析天平的构造	110
第八节 分析天平的灵敏度	112
第九节 称量方法	113
第十节 分析天平的维护和使用规则	114
第十一节 实验室常用设备的使用及注意事项	115
第十二节 误差与分析数据的处理	120
第十三节 有效数字及计算规则	122
复习题	124
第七章 水质检验方法	125
第一节 水样的采集	125
第二节 悬浮固形物的测定	126
第三节 溶解固形物的测定 (重量法)	128
第四节 电导率的测定	128
第五节 pH 值的测定 (电极法)	131
第六节 氯化物的测定 (硝酸银容量法)	133
第七节 碱度的测定 (容量法)	135
第八节 硬度的测定 (EDTA 滴定法)	136
第九节 磷酸盐的测定 (磷钒钼黄分光光度法)	139
第十节 磷酸盐的测定 (磷钼蓝比色法)	140
第十一节 溶解氧的测定 (两瓶法)	141
第十二节 溶解氧的测定 (靛蓝二磺酸钠比色法)	142
第十三节 亚硫酸盐的测定 (碘量法)	146
第十四节 油的测定 (重量法)	146
第十五节 酸、碱溶液的配制与标定	148
第十六节 乙二胺四乙酸二钠 (1/2EDTA) 标准溶液的配制与标定	149
第十七节 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	151
第十八节 碘标准溶液的配制与标定	152
第十九节 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	153
复习题	154
第八章 锅内水处理技术	156
第一节 锅炉排污	156

第二节	锅内加药水处理特点及适用范围	162
第三节	锅内水处理常用药剂种类和性能	163
第四节	锅内水处理常用药剂配方及选择	167
第五节	锅内水处理常用药剂用量的计算	169
第六节	锅内水处理药剂的配制与使用	174
复习题	复习题	175
第九章	锅外化学水处理	176
第一节	离子交换树脂	176
第二节	离子交换水处理的基本原理	185
第三节	顺流再生离子交换器及运行	191
第四节	逆流再生离子交换器及运行	196
第五节	浮动床离子交换器及运行	199
第六节	双室浮动床离子交换器及运行	202
第七节	移动床离子交换器	205
第八节	流动床离子交换器	207
第九节	自控连续式离子交换器	209
第十节	离子交换器常见故障及处理方法	215
第十一节	钠离子交换软化系统	218
复习题	复习题	223
第十章	锅炉的腐蚀及防止	225
第一节	腐蚀和腐蚀的分类	225
第二节	电化学腐蚀	227
第三节	腐蚀的因素及防止	228
第四节	锅炉运行中及停炉期间的腐蚀及防止	240
复习题	复习题	245
附录	附录	246
附录 1	常见元素的原子量、化合价	246
附录 2	常用化合物的分子量	247
附录 3	日常水质监测所需化学试剂及规格	248
附录 4	我国化学试剂的等级和标志	249
附录 5	蒸馏水的规格要求	249
附录 6	各种硬度单位的换算表	250
附录 7	氯化钠溶液的密度(20℃)	250
附录 8	常用酸、碱比重和浓度(20℃)	251
附录 9	常用弱电解质在水中的电离常数	251
附录 10	各种单位换算表	252
附录 11	常用法定计量单位	253
附录 12	一些难溶电解质的溶度积	255
附录 13	pH 值与碱度的关系	256

附录 14	标准电极单位	257
附录 15	筛目与孔径对照明细表	258
附录 16	磺化煤性能表	258
附录 17	水处理常用药剂性能及规格	259
附录 18	国产离子交换树脂主要产品及规格性能	261
附录 19	锅炉房日常化验分析日报表	262
附录 20	元素周期表	263
后记		264

第一章 化学基础知识

第一节 物质的组成

世界是由物质构成的。所谓物质，就是“作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质就是我们感觉到的客观实在”。物质又是由很小的微粒构成的；构成物质的微粒有原子、分子、离子。有的物质由原子构成，如石墨；有的物质由分子构成，如氧气；有的物质由离子构成，如食盐。

一、分子、原子、离子

(一) 分子

1. 定义：分子是保持物质化学性质的一种微粒。

2. 特性：(1) 分子很小，但具有一定质量。

(2) 分子之间保持着一定的间隔，但彼此又有联系。分子间相互作用，作用力为范德华力。

(3) 一切分子都处在不停地运动状态。

(4) 同种物质的分子性质相同，不同种物质的分子性质不同。

(二) 原子

1. 定义：原子是化学变化中的最小微粒。

2. 特性：(1) 原子比分子更小，也具有质量。

(2) 原子间也有一定间隔，相互间有引力存在。

(3) 原子也处在不停地运动状态。

(4) 在化学变化中，一种原子不能变成另一种原子。

(三) 离子

1. 定义：带有电荷的原子（或原子团）。

2. 特性：(1) 离子也有大小，有质量。

(2) 离子相互间有引力也有斥力，离子间也有间隔。

(3) 离子同样处于不停运动状态。

(4) 原子失去最外层电子带正电荷叫阳离子，原子得到电子而带负电荷叫阴离子。

(四) 原子与分子的比较

1. 构成不同：原子是由质子、中子和电子构成的。分子是由原子构成的。

2. 种类数不同：分子目前已有几百万种；目前已发现 109 种元素的原子，且绝大多数原子有同位素。

3. 在化学反应中的情况不同：分子不是化学反应中的最小微粒，在化学反应中可分成原子；原子是化学变化中最小的微粒。

(五) 原子与离子的比较

1. 结构不同：原子的核外电子数等于核内质子数；离子的核外电子数大于或小于

核内质子数。

2. 电性各异：原子呈电中性，离子呈现电性。阴离子 $\xrightleftharpoons[\text{得到电子}]{\text{失去电子}}$ 原子 $\xrightleftharpoons[\text{得到电子}]{\text{失去电子}}$ 阳离子。

3. 性质不同：（以钠为例）金属钠呈银白色，化学性质很活泼，是强还原剂，跟水激烈作用，置换出氢气。钠离子无色，不是还原剂，化学性质很稳定，可在水中自由移动。

二、元素

我们周围有成千上万种物质，但是，从本质上讲，它们只不过是由 109 种元素组成的。如同房子，无论什么式样，什么颜色，无非都是木材、砖头、石灰、黄沙等建筑材料建成的。

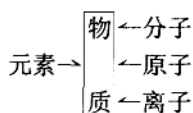
什么是元素？从原子—分子论的观点看，元素是具有相同核电荷数（即相同质子数）的同一类原子的总称。到目前为止，已知元素共有 109 种，其中天然存在的 94 种，人工制造的 15 种。

根据元素的性质，大体上可分为金属元素和非金属元素两大类。如铜、铁、铝等都是金属元素，氢、氧、碳等都是非金属元素。

在自然界中，元素的存在形态有两种：游离态和化合态。以单质的形态存在为游离态，如空气中的氧。以化合物的形态存在为化合态，如氧化钙中的氧。

综上所述，物质的组成关系如下图

宏观 微观



第二节 基本化学用语

一、元素符号

在化学上为了便于表达和书写，每种元素都用特定的符号表示，这种符号叫元素符号。

元素符号的写法：用元素的拉丁文名称的第一个字母大写表示，若几种元素的一个字母相同，再附加上第二个字母，但必须小写。

如氧元素“O”，碳元素“C”，钴元素“Co”，铜元素“Cu”。元素符号的意义除了表示一种元素外，还表示这种元素的一个原子。

元素符号上附加数字或标记可表示各种意义，以氯元素的符号“Cl”为例：

Cl —— 氯元素或一个氯原子；

2Cl —— 两个氯原子；

Cl_2 ——氯气的分子;

^{17}Cl ——氯原子的核电荷数(质子数)为 17;

^{35}Cl ——氯原子的质量数为 35;

$\overset{-1}{\text{Cl}}$ ——氯元素的化合价为 -1 价;

Cl^- ——氯离子;

: Cl : ——氯原子的电子式。

二、分子式

(一) 分子式

化学上用元素符号来表示物质组成的式子叫分子式。分子式是通过实验测定了物质组成之后得出来的,不能主观臆造,一种物质只有一个分子式,它能正确地反映物质的分子组成,并能正确地反映物质的分子量。

(二) 分子式的写法

1. 单质分子式的写法

(1) 气态单质(除惰性气体外)多数是双原子分子,例如氢气分子为 H_2 , 氧气分子为 O_2 , 氮气分子为 N_2 等等。

(2) 惰性气体分子是由单原子构成的,它们的分子属于单原子分子,通常就用元素符号表示它们的分子式。例如氦气、氖气、氩气分别写成 He 、 Ne 、 Ar 。

(3) 金属单质和固体非金属单质(碘除外)的结构比较复杂,它们的分子式也用元素符号来表示。例如铁、铜、碳的分子式分别为 Fe 、 Cu 、 C 。碘的分子式为 I_2 。

2. 化合物分子式的写法

化合物是由不同种元素组成的,写其分子式时,先写出组成化合物的各元素符号,然后在各元素符号的右下角用阿拉伯数字分别写出表明这种化合物的一个分子里所含各种元素的原子个数。具体写法如下:

(1) 由氧元素与另一种元素组成的化合物,一般把氧元素符号写在右面,另一种元素符号写在左面。例如,氧化铜分子式为 CuO , 二氧化碳分子式为 CO_2 。

(2) 由金属元素与非金属元素组成的化合物,一般金属元素符号写在左面,非金属元素符号写在右面。例如氯化钠的分子式为 NaCl , 硫化锌的分子式为 ZnS 。

三、化合价

(一) 化合价的概念

在 NaCl 、 HCl 分子中, Na 与 Cl , H 与 Cl 的原子个数比都是 1:1; 在 MgCl_2 , H_2O 中, Mg 与 Cl , O 与 H 的原子个数比都是 1:2。当我们分析其它化合物组成时,同样,在化合物分子中,各元素原子个数比都是一定的。因此,在化学上把一定数目的一种元素的原子与一定数目的其它元素的原子相化合的性质叫做该元素的化合价。

在离子化合物中,元素的化合价数等于这种元素的一个原子得失电子的数目。在共价化合物中,元素的化合价数等于这种元素的一个原子与其他元素的原子形成共用电子对的数目。由于原子得失电子或形成的共用电子对偏移后,原子就带有一定的正电荷或负电荷,因此,元素的化合价有正价和负价。

离子化合物中，形成阳离子的元素为正价，形成阴离子的元素为负价。例如 CaCl_2 中，每个钙原子失去 2 个电子，变成 Ca^{2+} ，钙的化合价为 +2 价；每个氯原子得到 1 个电子，变成 Cl^- ，氯的化合价为 -1 价。共价化合物中，电子对偏向哪种原子，哪种原子就带负电，化合价为负；电子对偏离哪种原子，哪种原子就带正电，化合价为正。例如， HCl 中，形成一个共用电子对，且偏向 Cl ，因此，氢的化合价为 +1 价；氯的化合价为 -1 价。

(二) 化合价的一般规则

1. 当元素形成化合物时，才能显示化合价。因此，单质不能表现出化合价，即其化合价为零。

2. 在任何化合物分子里，正价总数等于负价总数，即化合物分子中各原子化合价的代数和等于零。例如 NaOH 中，钠 +1 价，氢 +1 价，氧 -2 价，则 $(+1) + (+1) + (-2) = 0$

3. 一般情况下，氢的化合价为 +1，氧的化合价为 -2；金属元素通常显正价；非金属元素在与金属元素或氢化合时常显负价，与氧化合时常显正价（氟除外）。例如在 H_2S 中 S 为 -2 价，在 SO_2 中 S 为 +4 价。

4. 许多元素的化合价不是固定不变的。这是因为在不同化学环境下，这些元素的原子既可以得到电子，也可以失去电子（包括电子对偏移），而且得失电子（包括形成电子对个数）的数目也可能不同。例如 H_2S 中 S 为 -2 价， SO_2 中 S 为 +4 价， SO_3 中 S 为 +6 价。

现将常见元素的化合价列于表 1-1。

表 1-1 常见元素的化合价

名称	符号	常见化合价	名称	符号	常见化合价
氢	H	+1	镁	Mg	+2
氧	O	-2	铝	Al	+3
氮	N	-3, +2, +4, +5	锌	Zn	+2
氯	Cl	-1, +1, +5, +7	铁	Fe	+2, +3
碳	C	-4, +2, +4	铅	Pb	+2, +4
硅	Si	+4	锡	Sn	+2, +4
硫	S	-2, +4, +6	铜	Cu	+1, +2
氟	F	-1	汞	Hg	+1, +2
磷	P	-3, +5	铬	Cr	+3, +6
钾	K	+1	锰	Mn	+2, +4, +7
钠	Na	+1	钡	Ba	+2
钙	Ca	+2	银	Ag	+1

(三) 根和根的化合价

在化学上，往往有两个或两个以上的原子形成不易分解的带有电荷的原子团，叫做根。根也是离子，在化合物的分子里也显示一定的化合价，叫根价。其价数等于它所带的电荷数。

现将一些常见根的根价列于表 1-2。

表 1-2 一些常见的原子基团 (即根) 的根价

根 价	根 名 称	根 式
一 价	铵 根 氢 氧 根 硝 酸 根 醋 酸 根 高 锰 酸 根	NH_4^+ OH^- NO_3^- CH_3COO^- (或简式 Ac^-) MnO_4^-
二 价	硫 酸 根 碳 酸 根 硅 酸 根 亚 硫 酸 根 重 铬 酸 根	SO_4^{2-} CO_3^{2-} SiO_3^{2-} SO_3^{2-} $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
三 价	磷 酸 根	PO_4^{3-}

(四) 化合价与分子式的关系

根据化合物分子中, 各元素正、负化合价的代数和等于零的原则, 如果知道化合物中各元素的化合价就可以写出该化合物的分子式; 或者知道化合物的分子式和分子中除一种元素外, 其他元素的化合价, 就可以求出这一种元素的化合价。

1. 由化合价写分子式

例如: 已知氧化铝分子中铝的化合价为 +3, 氧的化合价为 -2, 则分子式写法如下:

(1) 排位 (一般正价元素在左, 负价元素在右): AlO

(2) 标价: $\overset{+3}{\text{Al}}\overset{-2}{\text{O}}$;

(3) 配数 (在元素符号的右下角标出数值, 使正、负化合价代数和等于零): Al_2O_3 。

2. 由分子式求其元素的化合价

例如, 已知高锰酸钾的分子式为 KMnO_4 , 钾的化合价是 +1, 氧的化合价是 -2, 求 KMnO_4 中锰的化合价。

根据化合物分子式中各元素原子的化合价代数和等于零的原则, 设锰的化合价为 x , 则

$$(+1) + x + (-2 \times 4) = 0$$

$$x = +7$$

所以在 KMnO_4 分子中, 锰为 +7 价。

第三节 物质的化学量

一、原子量

原子虽然很小, 但也具有一定质量。

例如：

1 个 C 原子质量 = 1.992×10^{-26} 千克；

1 个 H 原子质量 = 1.67×10^{-27} 千克；

1 个 O 原子质量 = 2.656×10^{-26} 千克；

显然，这么小的数字，使用和计算都不太方便，因此，国际上规定：把 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ 作为标准，而把其它原子的质量与其相比较，所得的数值就是该原子的相对质量，即原子量。

$$1 \text{ 个碳单位} = \frac{1 \text{ 个碳原子质量}}{12} = \frac{1.992 \times 10^{-26} \text{ (千克)}}{12} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ (千克)}$$

根据上面的数值，计算氢、氧的原子量如下：

$$\text{氢的原子量} = \frac{1 \text{ 个氢原子质量}}{\text{碳单位}} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \text{ (千克)}}{1.66 \times 10^{-27} \text{ (千克)}} = 1.008$$

$$\text{氧的原子量} = \frac{1 \text{ 个氧原子质量}}{\text{碳单位}} = \frac{2.656 \times 10^{-26} \text{ (千克)}}{1.66 \times 10^{-27} \text{ (千克)}} = 16.00$$

可见，原子量表示的是相对质量，无单位。原子量可在化学书或化学手册的原子量表内查得。在化学计算中，原子量可采用“四舍五入”法取其整数。如氢的原子量为 1.0，氧的原子量为 16.0，氯的原子量为 35.5 等。

二、分子量

原子具有一定质量，所以由原子构成的分子也具有一定质量。分子的质量等于构成它的所有原子的质量总和。因此，分子的相对质量，即分子量，等于构成它的所有原子原子量的总和。

分子量的计算如下：

$$\text{H}_2 \text{ 的分子量} = 2 \times 1.008 = 2.016$$

$$\text{O}_2 \text{ 的分子量} = 2 \times 16.00 = 32.00$$

$$\text{CO}_2 \text{ 的分子量} = 12.01 + 2 \times 16.00 = 44.01$$

同样，分子量只表示相对质量，无单位。

三、物质的量

(一) 物质的量

1. 摩尔的概念

由于原子、分子、离子等微粒太微小，通常在应用中，所取物质的量不是含有一两个原子、分子或离子，而是含有亿万个。

例如 1 克水中有 3.34×10^{23} 个水分子。如果用这样的数来表示就太不方便了。因此，1971 年第十四届国际计量大会上，决定引入一个新的物质的量的计量单位——摩尔。并规定物质体系所含有的结构粒子数目与 0.012kg 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。

根据实验测定，0.012kg 碳 (^{12}C) 中含有 6.02×10^{23} 个 ^{12}C 原子，这个数值称为阿佛加德罗常数。因此，每摩尔物质含有 6.02×10^{23} 个微粒。

例如：

$$1 \text{ 摩尔硫原子} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个硫原子}；$$

5 摩尔二氧化碳分子 = $5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个二氧化碳分子;

0.3 摩尔氢氧根离子 = $0.3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氢氧根离子。

摩尔可简称摩, 国际符号是 mol。摩尔的千分之一称为毫摩尔 (mmol), 即 1 摩尔 (mol) = 1000 毫摩尔 (mmol)。

2. 摩尔质量 (M)

每摩尔物质的质量叫做摩尔质量。

无论分子、原子或离子, 每摩尔质量, 当以克做质量单位时, 数值上等于该物质的分子量、原子量或离子量。单位为 g/mol。

钙的摩尔质量 = 40g/mol;

氧气的摩尔质量 = 32g/mol;

硫酸根的摩尔质量 = 96g/mol;

同理, 1 毫摩尔的物质的质量叫做毫摩尔质量。单位是 mg/mmol。

铁的毫摩尔质量 = 56mg/mmol;

氮气的毫摩尔质量 = 28mg/mmol;

氢氧根的毫摩尔质量 = 17mg/mmol;

3. 物质的量 (n)

摩尔质量就是 1 摩尔物质所具有的质量。由此可知, n 摩尔物质所具有的质量应该是: $n \times$ 摩尔质量。其中 n 就叫物质的量 (以前叫摩尔数), 其单位名称为摩尔, 单位符号为 mol。现以水为例, 因水的摩尔质量为 18g/mol, 则:

$$0.5 \text{ 摩尔分子水} = 0.5 \times 18 = 9\text{g}$$

$$2 \text{ 摩尔分子水} = 2 \times 18 = 36\text{g}$$

└── 物质的质量 (m)
└── 摩尔质量 (M)
└── 物质的量 (n)

由此可列出物质的量 n 和物质的质量 m 的关系式:

$$m = n \times M \qquad n = \frac{m}{M}$$

所以, 采用摩尔表示物质的量, 不仅将无法称量的原子、分子等微粒的微观量变成可以称量的宏观量, 而且将原子、分子数目和相对原子质量、相对分子质量联系起来, 给化学计算带来了很大方便。

例题: 49g 硫酸是多少摩尔?

解: 硫酸的摩尔质量是 98g/mol

$$49\text{g 硫酸的量} (n) = \frac{m}{M} = \frac{49\text{g}}{98\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$$

答: 49g 硫酸为 0.5mol。

(二) 等一价基本单元物质的量

化学反应发生在原子、分子和离子之间, 但是它们反应的实质是电子的得失或共用, 并且得失或共用的电子数目相等。

例如: 钠和氯反应生成 1 摩尔分子 NaCl 时, 钠失去 1 摩尔电子, 氯获得电子的量

也为1摩尔;反之,1摩尔原子钠与1摩尔原子氯分别失得1摩尔电子而生成1摩尔分子NaCl。

铝和氯反应生成1摩尔分子 AlCl_3 时,铝失去3摩尔电子,氯获得电子的量也为3摩尔;反之, $\frac{1}{3}$ 摩尔原子铝和1摩尔原子氯分别失得1摩尔电子而生成 $\frac{1}{3}$ 摩尔分子 AlCl_3 。

铝和氧反应生成1摩尔分子 Al_2O_3 ,铝失去6摩尔电子,氧获得电子的量也为6摩尔。反之, $\frac{1}{3}$ 摩尔原子铝和 $\frac{1}{2}$ 摩尔原子氧分别失得1摩尔电子而生成 $\frac{1}{6}$ 摩尔的分子 Al_2O_3 。

原子得失电子的数目,是用化合价来表示的。上面所述只是为了计算方便,我们姑且把上面所说的NaCl、 $\frac{1}{3}\text{AlCl}_3$ 和 $\frac{1}{6}\text{Al}_2\text{O}_3$ 称为“一价基本单元”。

同理,Ca, H_2SO_4 , Al, CaCO_3 , HCl, NaOH的一价基本单位可写为 $\frac{1}{2}\text{Ca}$, $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$, $\frac{1}{3}\text{Al}$, $\frac{1}{2}\text{CaCO}_3$ 和HCl, NaOH。它们1mol具有的质量分别为20g, 49g, 9g, 50g, 36.5g和40g。

不难理解,一价基本单元摩尔质量(简称一价摩尔质量)可用下式计算:

$$\text{一价基本单元摩尔质量} = \frac{\text{摩尔质量}}{\text{正价总数 (或负价总数绝对值)}}$$

这样与我们过去学过的当量、克当量及克当量数的概念相一致。于是,任何物质发生化学反应时,它们的一价基本单元物质的量相等。“一价基本单元物质的量”即从前的“当量数”,这就叫做等一价基本单元物质的量规则(即等当量数反应的当量定律)。

例如:1mol $\frac{1}{2}\text{CaCO}_3$ (50g)可以与1mol HCl (36.5g)完全反应,2mol $\frac{1}{3}\text{Al}$ (18g)与2mol $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ (98g)完全反应。 $n\text{mol } \frac{1}{3}\text{Al}$ ($n \times 9\text{g}$)与 $n\text{mol } \frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ ($n \times 49\text{g}$)完全反应。

第四节 物质的分类

一、混和物和纯净物

(一)混和物:由多种成分组成的物质(或者说由不同种分子组成的物质)叫做混合物。例如,空气是氧气、氮气、惰性气体、二氧化碳和水蒸气等多种成分组成的混合物,各种成分之间没有发生化学反应,各成分都保持原来的性质。

(二)纯净物:由一种成分组成的物质(或者说由同种分子组成的物质)叫做纯净物。例如:氧气、纯铁、纯水、氧化钙等。

二、单质和化合物

(一)单质:由同种元素组成的纯净物叫做单质。如氧气 O_2 ,氮气 N_2 ,铁Fe等。

单质可分为金属单质和非金属单质两大类。由金属元素原子结合成的单质是金属单质。如铁Fe和铜Cu。由非金属元素原子结合而成的单质是非金属单质,如氢 H_2 ,氧 O_2 ,碳C,硫S等。

(二)化合物。由不同种元素组成的纯净物叫做化合物。如氧化镁是氧和镁两种不

同的元素组成的；氯酸钾是由钾、氯和氧三种不同的元素组成的。

化合物可分为有机化合物和无机化合物两大类，下面简要地介绍无机化合物中的氧化物、酸、碱和盐。

1. 氧化物

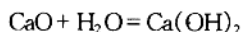
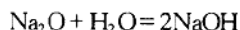
由氧元素和另一种元素组成的化合物叫氧化物。

根据与氧元素组合的元素不同，氧化物可分为金属氧化物，如 Fe_2O_3 ， CaO ， Al_2O_3 等。非金属氧化物，如 CO_2 ， NO ， P_2O_3 等。

根据氧化物对酸、碱反应的性质，氧化物可分为碱性氧化物、酸性氧化物和两性氧化物三类。

(1) 碱性氧化物 凡能跟酸反应（但不能跟碱反应）生成盐和水的氧化物叫碱性氧化物。绝大多数金属氧化物属于碱性氧化物。例如氧化钠（ Na_2O ），氧化钙（ CaO ），氧化镁（ MgO ）等。

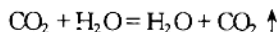
有些碱性氧化物能够直接和水化合生成碱，如：



但大多数碱性氧化物都不能直接与水作用。

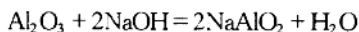
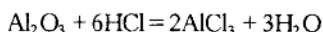
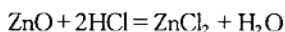
(2) 酸性氧化物 凡能跟碱起反应（但不能跟酸反应）生成盐和水的氧化物叫酸性氧化物。非金属氧化物几乎都是酸性氧化物。例如：二氧化碳（ CO_2 ）、二氧化硫（ SO_2 ）等。

酸性氧化物大多数能够直接和水化合生成酸，例如：



有些酸性氧化物如二氧化硅（ SiO_2 ）等，不能和水直接反应生成酸。

(3) 两性氧化物 既能跟酸起反应又能跟碱起反应生成盐和水的氧化物叫做两性氧化物。例如：氧化铝（ Al_2O_3 ），氧化锌（ ZnO ）等。



上述碱性氧化物、酸性氧化物、两性氧化物都能经过化学反应直接生成盐，所以统称为成盐氧化物。此外，还有少数几种氧化物（如 NO 、 CO 等）既不能跟酸也不能跟碱起反应生成盐，叫做不成盐氧化物。

2. 酸 从电离角度看，化学上，把在电离时所生成的阳离子全部是氢离子（ H^+ ）的化合物叫做酸。

根据酸分子里是不是含有氧原子，可以把酸分成含氧酸（如 HNO_3 ， H_2SO_4 ）和无氧酸（如 HCl ， H_2S ）两大类。

根据酸分子中可被置换的氢原子个数，把酸分为一元酸（如 HCl ， HNO_3 等），二