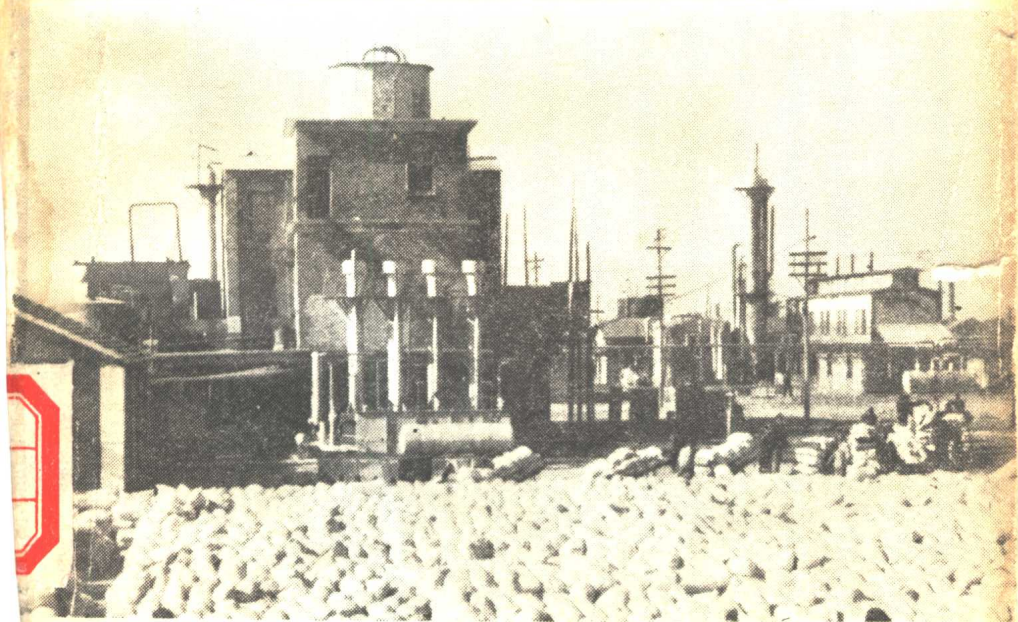


农业机械化丛书

小氮肥生产 化工基础知识

河北工学院无机化工专业组
玉田化肥厂 编



化学工业出版社



农 业 机 械 化 丛 书

小氮肥生产化工基础知识

河北工学院无机化工专业组 编
玉 田 化 肥 厂

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

书中结合碳酸氢铵生产,由浅入深地较系统地介绍了化学、化工、仪表、化工管路等方面的基本知识。

全书共十三章,第一至第七章介绍基础化学及气体、液体、化学反应速度与化学反应平衡等方面的内容;第九至十一章介绍流体输送、吸收、换热及催化反应等化工单元过程;第十二、十三章简要介绍有关化工仪表及管路的基本知识。

本书可供小氮肥厂工人同志学习。也可供领导干部参考。

农业机械化丛书

小氮肥生产化工基础知识

河北工学院无机化工专业组 编
玉田化肥厂

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $12^{1/8}$ 字数266千字印数1-40,250

1979年2月北京第1版 1979年2月北京第1次印刷

书号15063-3043 定价0.83元

《农业机械化丛书》

出版说明

在全国人民高举毛主席的伟大旗帜，贯彻执行以华主席为首的党中央抓纲治国的战略决策，团结战斗的大好形势下，为了大力宣传毛主席关于“农业的根本出路在于机械化”的教导，普及农业机械化知识，提高农业机械化队伍的思想、技术水平，发挥亿万群众的积极性和创造性，大搞农业技术改革，加快农业机械化的步伐，以适应普及大寨县和一九八〇年基本上实现农业机械化的需要，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供在生产队、公社、县从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》化肥类。

目 录

第一章 化学的基本概念

.....	1
第一节 物质及其运动.....	1
第二节 物质的组成.....	2
一、原子和分子.....	2
二、原子量.....	5
三、原子的组成.....	6
第三节 元素 元素符号.....	8
一、元素.....	8
二、元素符号.....	9
三、元素周期律.....	10
四、同位素.....	11
五、单质 化合物.....	11
第四节 分子式 分子量.....	12
一、分子式.....	12
二、根据分子式的计 算.....	13
第五节 原子的核外电子 分布.....	15
第六节 化学键与化合价	18
一、化学键.....	18
二、化合价.....	21
第二章 化学的基本定 律与基本量	24
第一节 重量关系的定律.....	24
一、物质不灭定律.....	24

二、化学方程式.....	25
三、定组成定律.....	26
四、利用化学方程式计 算.....	27
五、当量定律.....	29
第二节 克分子、克原子 和克当量.....	32
一、克分子.....	32
二、克原子.....	33
三、克当量.....	34
四、气体克分子体积.....	34
第三节 放热反应与吸热 反应.....	36
第三章 无机物与化学 反应的基本类 型.....	38
第一节 空气与氧气.....	38
一、空气的组成.....	38
二、氧气.....	39
三、氮气.....	40
四、惰性气体.....	42
第二节 碳和碳的化合物.....	42
一、碳.....	42
二、碳的氧化物.....	44
三、甲烷.....	46
四、醋酸.....	48
第三节 氢和氢的化合	

物	48
一、氢气	48
二、工业制氢	51
三、硫化氢	53
第四节 氨与铵盐	56
一、氨	56
二、铵盐	58
三、尿素	60
第五节 水	60
一、水	60
二、天然水中的杂质	61
三、水质对生产的影响	63
四、水处理方法简介	64
第六节 无机物分类	66
一、碱类及其性质	67
二、酸类及其性质	68
三、盐类及其性质	70
四、氧化物	72
第七节 化学反应的基本类型	74
一、根据反应时原子间的化合与化合的形式分类	74
二、根据反应中元素化合价有无改变的化学反应分类	75
第四章 气体	76
第一节 物质的三态	76
第二节 理想气体状态方	

程	78
一、状态参变量	78
二、气体的等温变化	80
三、气体的等压变化	81
四、气体的等容变化	82
五、理想气体状态方程	83
第三节 理想气体混合物的分压定律	87
第四节 实际气体	89
一、实际气体与理想气体的偏差	89
二、气体的临界状态	90
三、压缩因子图	92
四、高压下混合气体的计算	95
第五节 气体与液体间的转变	97
一、纯液体的饱和蒸汽压	98
二、气体的冷凝	102
第五章 溶液	106
第一节 溶液的一般概念	106
第二节 溶液的浓度	107
一、重量百分浓度	107
二、克分子浓度	108
三、当量浓度	108
四、滴度	108

五、ppm	109
六、其他表示方法	109
第三节 固液溶解平衡	111
一、溶解和结晶	111
二、固体在水中的溶解度	113
三、 $\text{NH}_3\text{—CO}_2\text{—H}_2\text{O}$ 系统相图	113
第四节 气液溶解平衡	120
一、气体在液体中的溶解度	120
二、伴有化学反应的气液溶解平衡	124
第六章 铜氨液中的络合物	126
第一节 络合物的概念	126
第二节 络合物在溶液中的状况	130
第三节 铜氨液的组成与性质	133
一、亚铜氨络离子 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$	133
二、氨	135
三、醋酸	137
第七章 化学反应速度和化学平衡	139
第一节 化学反应速度	139
第二节 影响化学反应速度的主要因素	140

一、浓度对反应速度的影响	140
二、温度对反应速度的影响	143
三、活化分子与活化能的概念	143
四、多相反应与扩散作用	144
五、催化作用	146
第三节 化学平衡	149
一、可逆反应与化学平衡	149
二、化学反应平衡常数	151
第四节 平衡转化率与实际转化率	154
第五节 影响化学平衡的因素	158
一、浓度对化学平衡的影响	158
二、温度对化学平衡的影响	159
三、压力和惰性气体对化学平衡的影响	160
第六节 化学反应速度和化学平衡的应用	162
第八章 流体及其输送	164

第一节 流体的性质.....	164
一、重度.....	164
二、粘度.....	165
第二节 静止流体.....	166
一、静止流体内部的静 压强.....	166
二、液位计、U型管压 强计及水封.....	167
第三节 运动的流体.....	171
一、流量与流速.....	171
二、流体流动的能量守 恒关系式.....	172
三、能量守恒式的应用	175
第四节 流体阻力.....	177
一、压强降.....	177
二、流体的流动类型...	177
三、流体在直管中的流 体阻力.....	179
四、流体在管道中的适 宜流速.....	180
第五节 流体输送设备...	181
一、离心泵.....	181
二、鼓风机与通风机...	192
三、往复泵.....	195
四、压缩机.....	196
第九章 传热与换热器	201

第一节 小氮肥厂常用的

换热器.....	201
一、列管式换热器.....	201
二、套管式换热器.....	202
三、喷淋式水冷器.....	203
四、蛇管换热器.....	204
五、螺旋板换热器.....	204
第二节 传热的形式和原 理.....	207
一、热传导.....	207
二、热对流.....	209
三、热辐射.....	210
第三节 换热器中的传热	212
一、换热器中的传热过 程.....	212
二、换热器中的传热速 率.....	213
第四节 影响传热速率的 各种因素.....	214
一、流体的流速.....	214
二、流体的流动方向...	215
三、结垢对换热效果的 影响.....	218
第五节 列管式换热器...	220
一、流体走管内管间的 选择.....	220
二、列管热交换器的热 补偿.....	221

第十章 气体的吸收.....223

第一节	相组成表示法	224
第二节	气液相平衡	226
一、	相平衡对生产的指导作用	226
二、	小氮肥厂几个吸收过程的相平衡	227
第三节	吸收过程及吸收速度	229
一、	吸收过程	229
二、	吸收速度	231
第四节	小氮肥厂常用的几个吸收过程	233
一、	氨水脱硫	233
二、	氨水碳化	235
三、	铜氨液吸收一氧化碳的过程	236
第五节	填料吸收塔	237
一、	填料吸收塔的结构	237
二、	填料塔中的液体分布	239
三、	塔内的气体流速	241
四、	填料塔的应用	242
第六节	其它类型吸收设备在小氮肥生产中的应用	243
一、	湍动脱硫塔	243
二、	高位吸氨器	245
第十一章	小氮肥生产	

中的催化反应..... 247

第一节	气固相催化反应设备	247
一、	气固相催化反应设备的类型	247
二、	催化反应器的生产指标及其表示方法	249
第二节	催化反应的最适宜温度	254
一、	最适宜反应温度	254
二、	一氧化碳变换炉触媒层中的温度分布	256
三、	氨合成塔触媒层中的温度分布	258
第三节	触媒层中的流体阻力	261
一、	气体在触媒层中的流动特性	261
二、	降低触媒层中阻力的措施	262
第十二章	仪表	264
第一节	压力测量仪表	265
一、	弹簧管压力表	265
二、	电接点压力表	267
三、	U型管与单管压力计	268

第二节 液面测量仪表···	271	第二节 管子·····	318
一、玻璃液面计·····	271	一、钢管·····	318
二、信号灯指示器—— 碳化塔液面的测 量·····	272	二、铸铁管·····	321
第三节 流量测量仪表···	273	第三节 管件·····	322
一、流量测量的意义···	273	一、无缝钢管和电焊钢 管管件·····	322
二、节流式流量计·····	275	二、水、煤气管管件···	322
三、节流装置的二次仪 表——差压计·····	278	三、铸铁管管件·····	325
四、转子流量计·····	279	第四节 阀门·····	325
第四节 温度测量仪表···	280	一、阀门的类型·····	325
一、热电偶温度计·····	280	二、阀门标记法·····	339
二、热电阻温度计·····	287	第五节 管路的联接·····	343
三、温度二次仪表·····	290	一、螺纹联接·····	343
第五节 化工自动化系统 介绍·····	310	二、法兰联接·····	345
一、什么是自动调节···	310	三、焊接联接·····	363
二、自动调节系统介绍 ·····	311	四、承插联接·····	368
第十三章 化工管路·····	315	第六节 管路热补偿·····	370
第一节 管路基本参数···	315	一、热补偿器·····	370
一、公称直径·····	315	二、热补偿器种类·····	371
二、公称压力·····	315	三、方形补偿器的选择 ·····	372
		四、方形补偿器的安装 ·····	373
		五、管路支架型式·····	377

第一章 化学的基本概念

第一节 物质及其运动

自然界是物质构成的。水、空气、煤、石油、矿石等都是物质。一切物质都在不停地运动和变化着。物质运动和变化的形式是多种多样的。我们经常可以看到，将水加热，它的温度就要升高，当沸腾时，水就很快蒸发变成水蒸汽；反之，将水蒸汽冷却，它的温度就要降低，水蒸汽又重新冷凝为水。在这种变化过程中，水的温度和聚集状态发生了变化，但没有新物质生成，这类变化叫做物理变化。同理，氨冷器中的液氨蒸发变成气氨，循环气中的气氨被冷凝成液氨等都是物理变化。当然，物理变化形式远不限于上述几种，像电和磁的现象，声音的传播等也属于物理变化。与化学、化工最有密切关系的物理变化是压力（ P ）、体积（ V ）、温度（ T ）以及聚集状态的变化等。

如果我们使水蒸汽与赤热的焦炭接触，则水与焦炭相互作用，生成一氧化碳、二氧化碳和氢气。一氧化碳、二氧化碳、氢是与水或焦炭性质完全不同的新物质。这种有新物质生成的变化叫做化学变化。化学变化也叫化学反应。像煤的燃烧、金属的腐蚀、氨的合成、碳铵的分解等也都是化学变化。物质的变化不仅限于物理变化和化学变化两种，还有生物变化等其他变化。

通常，我们把物质不经化学变化就能表现出来的性质，例如颜色、气味、状态、比重、熔点、沸点、硬度、粘度、

溶解度等性质叫做物理性质。

物质在参加化学反应时才表现出来的性质叫做化学性质。常用“某物质能（或不能）与某物质发生化学反应……”表示。能与较多物质发生化学反应的就说它的化学性质活泼，反之为不活泼。例如，氮气在通常情况下一般不与任何物质发生化学反应，只有在一定条件下才与氢化合生成氨，所以我们说氮的化学性质不活泼；氧气能与许多物质发生化学反应，所以说氧的化学性质很活泼。

化学变化与物理变化总是紧密地联系着的，就是在化学过程中一定伴随着物质的物理变化。

化学就是研究物质化学变化的科学。研究和应用化学变化规律，就可以从自然界提供给我们廉价、富饶的原料——空气、水、煤、矿石、石油等制造出像化肥、农药、硫酸、纯碱、塑料、合成橡胶等多种多样的化工产品。

第二节 物质的组成

煤在空气中完全燃烧生成二氧化碳并放出大量的光和热。这种发光发热的化学变化的实质是什么呢？它是碳和氧的组成和结构发生变化的反映，是物质内部原子化分和化合的必然结果。

一、原子和分子

无数科学实验证明，任何物质都是由分子组成的。也就是说，分子是能够独立存在的物质的最小颗粒。那么，分子是不是组成物质的不可分的最小颗粒呢？不，人们发现，分子是由更小的颗粒——原子组成的^①。

① 原子也是可以分割的，见本节三（第6页）。

原子是这样的小,以致我们用放大倍数最大的显微镜,比如用放大200万倍的场离子显微镜,也只能看到金属钨原子的影像。量度原子大小长度是 $\text{\AA}$ (读作埃)。1 $\text{\AA}=0.000,000,01$ 厘米,原子直径大多数在1~2 $\text{\AA}$ 之间。

组成一个分子的原子数目并不一样。拿铁分子、金分子、银分子、氦气分子来说,都只是由一个原子组成的。也有的分子是由两个或两个以上的原子组成的,例如两个氢原子组成一个氢分子(图1-1),三个氢原子和一个氮原子组成一个氨分子(图1-2);碳酸氢铵分子则是由五个氢原子、三个氧原子、一个氮原子和一个碳原子所组成。称之为高分子化合物的许多有机物质,如淀粉、蛋白质、塑料、纤维、橡胶等的分子中就含有成千上万个原子。

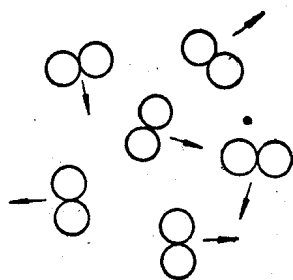


图 1-1 氢分子是由两个氢原子组成的(示意图)

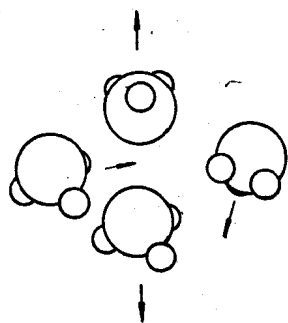


图 1-2 氨分子是由三个氢原子、一个氮原子组成的(示意图)

由于不同分子中所含原子数目多少不一,因此,不同种类的分子其大小相差悬殊。不同的原子虽然大小也不尽相同,但是相差并不大。如果分子中只含有一个原子,则分子和原

子的大小是一样的。

分子又轻又小。例如水分子的直径大约是0.000,000,028厘米,即 $2.8\text{ \AA}$,也就是说,如果把一亿个水分子排成一长队,也只有2.8厘米。水分子有多重呢?根据测定,只有0.000,000,000,000,000,000,03克。

无论是原子还是分子,它们每时每刻都在不停地运动。湿衣服能晾干、合成氨车间有刺激性的氨味,这都是水分子、氨分子不停地运动扩散到空气中去的结果,但这些运动仅仅是物理变化,分子本身没有受到破坏,水分子还是水分子、氨分子仍旧是氨分子,它们仍旧保持水、氨的一切化学性质。看来,分子是保持原物质化学性质的最小微粒。

化学变化就不是这样,实质上它是一个分子的分裂和原子的重新组合过程。下面从氢与氮合成氨反应的示意图来看这种原子运动的过程:

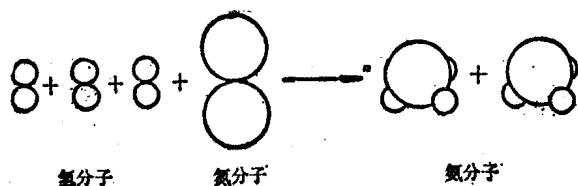


图 1-3 合成氨分子示意图
三个氢分子与一个氮分子化合成二个氨分子

在这个反应中,氢分子、氮分子受到破坏,然后氮原子与三个氢原子组成一个新的氨分子。在生成的氨分子中,氢、氮已不是以氢分子、氮分子的形式存在了,因此,氨具有与氢、氮完全不同的性质。但是,在这个化学反应中,原子本身并没有被破坏,氢原子、氮原子没有变成其它原子,

而只是重新组合。所以说原子是物质进行化学反应的基本微粒，而化学反应就是原子间的化分与化合的过程。

二、原子量

构成物质的原子虽然很小，但仍有它们一定的重量。例如：

碳原子的重量 = $0.000,000,000,000,000,000,000,01994$ 克 (即 1.994×10^{-23} 克)；

氧原子的重量 = $0.000,000,000,000,000,000,000,0265648$ 克 (即 2.65648×10^{-23} 克)。

从以上数字可以看出，用“克”为单位来表示原子的重量，就象用“吨”为单位来表示一粒米的重量一样。这样繁杂的数字应用起来很不方便。因此，科学上采用原子的相对重量，即用某一种原子的重量作标准来衡量其它原子，得出某原子的重量。1961年科学上开始统一采用碳¹²原子(C¹²)^①

重量的 $\frac{1}{12}$ 作为一个重量单位，这种量度原子重量的单位叫做“碳单位”。

一个“碳单位”的重量等于 1.66036×10^{-24} 克。用“碳单位”来表示一个原子的重量叫做原子量。例如氧原子量为 15.9994 “碳单位”，这个数值也可从氧原子的“绝对”重量求得。

$$\begin{aligned} \text{氧的原子量} &= \frac{1 \text{ 个氧原子的重量}}{1 \text{ 个“碳单位”的重量}} \\ &= \frac{2.65648 \times 10^{-23} \text{ 克}}{1.66036 \times 10^{-24} \text{ 克/碳单位}} = 15.9994 \text{ 碳单位} \end{aligned}$$

常见元素氮的原子量为 14.0067 碳单位，铁原子量为

① 见第11页“同位素”。

55.847碳单位。使用时经常将“碳单位”三字省去。各种原子的精确原子量可以在国际原子量表或元素周期表中查得。

在化工计算中，为了计算方便通常采用国际原子量的近似值，用四舍五入的方法保持一位小数便可。如氧的原子量作为16，碳的原子量作为12，氯的原子量作为35.5等等。

三、原子的组成

原子是否还可以分割呢？唯物辩证法认为，一切事物的内部都存在着矛盾。物质是无限可分的，原子并非是小到再也不可分的“物质的始原”，而仅仅是物质分层系列中的一个关节点而已。事实证明，原子本身是由更小的“砖石”组成，原子的内部是一个微妙的电世界。

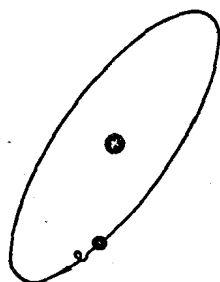
每个原子都含有两种带相反电荷的微小粒子，在一般情况下，原子具有等量的正、负电荷，所以原子是电中性的。

构成原子的微小粒子是什么呢？它们是原子核和核外的电子。人们首先发现的是电子，这种微小粒子带着一个单位的负电荷。电子的质量很小，1840个电子才有一个氢原子那么重，可见原子的质量几乎全部集中在原子核上。原子核带正电荷，位于原子的中心，但原子核只占有很小的体积，一个原子的直径约为原子核直径的20000倍，可见原子内部的绝大部分是空虚无物的空间。

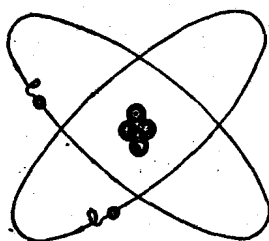
原子核虽然比原子更小，但它仍然可以再分。原子弹爆炸，就是利用了原子核分裂时放出的巨大能量。原子核具有复杂的结构，简单地说，它是由两种微粒——质子和中子构成的。质子带一个单位的正电荷，中子不带电，每个质子和中子的质量与氢原子质量大约相等，约为1“碳单位”。

在原子中，受原子核正电荷的吸引，电子总是不断地环绕着原子核高速运动。同时，它们自己也像陀螺那样自转。

每一种原子都有一定数目的电子，它们的数目与核电荷数相等，也就是与质子数相同，这些电子的运动轨道分层排列。氢原子的核电荷数为1，同时有1个电子绕核高速运动（图1-4）。惰性气体氦的核电荷数为2，同时有2个电子绕核高速运动（图1-5）。因此，整个原子不显电性。各种原子的核电



● 质子 ● 电子



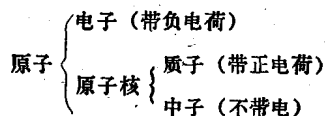
● 中子 ● 质子 ● 电子

图 1-4 氢原子示意图

图 1-5 氦原子示意图

荷数不同，例如氢、氦、碳、氮、氧等原子的核电荷数分别为1、2、6、7、8。

总结起来，原子的组成可概括如下：



质子数 = 核电荷数 = 核外电子数

电子、质子、中子等统称为“基本粒子”。“基本”是否意味着这些粒子是物质的始原？不，它们依然可分。譬如，一