

化工工人技术理论培训教材



常见的无机化学反应

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

常见的无机化学反应/化工部人事教育司, 化工部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997. 9
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1916-5

I. 常… I. ①化… ②化… I. 无机化工-化学反应工程-技术培训-教材 N. TQ110.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 14754 号

化工工人技术理论培训教材

常见的无机化学反应

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 林晨虹

责任校对: 马燕珠

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 3¼ 字数 87 千字

1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—8000

ISBN 7-5025-1916-5/G · 522

定 价: 6.50 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心
1996年3月

目 录

常见的无机化学反应 (无 038)	1
第一节 基础知识	2
一、无机化学的一般知识	2
二、化学方程式的基础知识	3
(一) 质量守恒定律 (物质不灭定律)	3
(二) 化学式与化学方程式	4
(三) 化学方程式的意义	5
(四) 热化学方程式	6
(五) 化学方程式的应用	7
三、单位及其单位换算	8
第二节 常见的无机化学反应	10
一、无机物的分类及各类物质的相互作用	10
二、常见的无机化学反应及分类	13
第三节 中和反应	16
第四节 置换反应	16
第五节 复分解反应	17
第六节 化合反应	18
第七节 分解反应	19
第八节 化学方程式的配平	19
一、观察法	19
二、最小公位数法	20
第九节 化学方程式的应用	21
一、表达、记录化学反应	21
二、应用化学方程式进行计算	21
第十节 化工过程的物料衡算	22
一、化学方程式计算步骤	22
二、用化学方程式对原料和产品量、原料利用率、产品收率的计算	22

第十一节 化工过程的热量衡算	24
一、反应热的计算公式	24
二、化学反应的热量衡算	25
氧化还原反应 (无 039)	30
第一节 基础知识	31
一、有关概念及定义 (自学)	31
二、物质的测量	31
(一) 质量和重量 (自学)	31
(二) 体积和密度	31
(三) 温度、压强	32
(四) 原子量、分子量 (自学)	32
(五) 摩尔和摩尔体积	32
(六) 化合价	33
(七) 氧化数	35
三、化学方程式及其计算	35
(一) 化学方程式	35
(二) 化学方程式的计算	36
(三) 热化学方程式	37
第二节 氧化还原反应	40
一、基本概念	40
二、氧化还原反应方程式的配平	41
三、氧化还原反应在无机化工中的应用 (常见的氧化还原反应)	43
(一) 卤族元素及其重要化合物	43
(二) 氧族元素及其重要化合物	44
(三) 氮族元素及其重要化合物	45
(四) 碳族元素及其重要化合物	47
(五) 铝	48
(六) 碱土金属、碱金属及其重要化合物	48
(七) 过渡元素及其重要化合物	49
四、氧化还原反应在电化学中的应用	51
(一) 原电池	51
(二) 电解	55
(三) 金属的腐蚀和防护	57

五、氧化还原反应在化工分析中的应用	58
催化氧化 (无 037) (中级工)	59
绪论	60
第一节 氧化还原反应	60
第二节 氧化还原反应方程式的配平	64
一、氧化数法	64
二、离子-电子法	65
第三节 利用方程式进行物料衡算	66
第四节 催化剂和催化作用	68
第五节 催化氧化反应	70
第六节 催化氧化反应在化工生产中的应用	71
一、硫酸的生产过程简介	71
二、硝酸的生产过程简介	72
催化氧化 (无 037) (高级工)	74
第一节 化学反应速度和化学平衡	75
一、化学反应速度	75
二、化学平衡	76
第二节 催化剂与催化作用	78
第三节 催化剂的选择和使用	82
一、对催化剂性能的要求	82
二、催化剂的制备方法	83
三、催化剂的选择和使用	84
第四节 催化氧化反应	84
一、催化氧化反应的特点	84
二、影响催化氧化反应的主要因素	86
第五节 反应热及其计算	87
一、反应热	87
二、热化学反应方程式	87
三、反应热的计算	88
第六节 催化氧化反应在化工生产中的应用	90
一、氨催化氧化反应	90
二、反应热	91
三、催化氧化过程	91

四、催化剂	92
五、氧化条件的选择	93

常见的无机化学反应 (无 038)

吉化职教总校 关宏霞 编
吉化职教总校 吕 明 审

第一节 基础知识

一、无机化学的一般知识

世界是物质组成的。物质永远处于不断运动、变化、发展的状态。化学变化就是物质运动形式之一——物质的化学运动。是化学研究物质的性质、组成、结构、变化和应用的科学其目的是将其用于生产、生活实际，为人们的生产、生活服务。物质在发生化学变化时常伴有吸热、放热等现象，因此，也要研究这一现象的机理与规律。

自然界，物质的种类繁多，但它们基本是由现已发现的 109 种元素中的一种或几种所组成。其中碳元素形成的化合物较为复杂，数量也远远超过由其他元素构成的化合物的总和，更不同的是这些复杂的碳化合物是构成生物有机体的主要成分。因此我们把化学初步划分为有机化学和无机化学。

无机化学：无机化学是研究无机物质的组成、性质、结构和反应的科学。无机物质包括所有化学元素和他们的化合物。碳的化合物除较简单的如：二氧化碳、一氧化碳、二硫化碳、碳酸盐等仍属无机物外，其余均属有机物质。

过去认为无机物质即无生命的物质，如岩石、土壤、矿物、水等；而有机物则是由有生命的动物和植物产生，如蛋白质、油脂、淀粉、尿素等。18 世纪 20 年代由人工合成尿素成功后，破除了有机物只能由有生命的物质产生的迷信。明确了两类物质都是由化学力结合而成，只按上述组分不同而划分。

为什么不同的物质具有不同的性质？为什么物质会发生物理变化和化学变化呢？要了解这些问题就必须懂得物质的内部结构。人们经过长期的实践，用无数的科学事实证明物质是由分子构成的。分子是物质中能独立存在并保持其组成和一切化学特性的最小颗粒。

分子非常之小，水分子的直径大约是 0.000000028 cm 。如果把它放大 1000 万倍，也不过只有绿豆那样大小。

根据上述可以总结为以下几点：

1. 物质是由分子构成的，分子是能够独立存在并保持原物质化学

性质的最小颗粒。

2. 同种物质的分子相同，因此性质也相同；不同物质的分子不同，因此性质也不同。

3. 构成物质的分子处于永恒的运动状态中。

4. 物质里分子和分子间是有间隙的。

以上是分子论的主要内容。

物质的分子能够经过化学变化而变为其他物质的分子，可见，分子尽管很小，但是还是可分的。那么分子是由什么微粒构成的呢？经过大量科学实验证明，分子是由原子构成的。原子是构成化学元素的基本单元；是用化学方法不能再进行分割的最小微粒。

说明分子是由原子组成的理论，叫做原子论。

原子论和分子论并不抵触，原子论只是分子论的补充。把原子论和分子论综合起来，就成为说明物质结构的一个比较完整的理论，叫做原子-分子论。

原子-分子论的要点如下：

1. 物质是由分子构成的。

2. 分子是由更小的微粒——原子组成的。原子一般不保持原物质的性质。

3. 分子、原子都处于永恒的运动状态中。

综上所述，当物质发生化学反应时，物质的分子发生变化，一般是变成了组成这种分子的原子，然后这些原子又重新结合起来，变成了新物质的分子。所以化学反应的本质，就是物质分子中的原子重新组合构成新的分子，从而产生了新的物质。可见，在化学反应中，构成物质的分子是要发生变化的，但原子本身是不发生变化的，而仅仅是改变了组合方式。

二、化学方程式的基础知识

（一）质量守恒定律（物质不灭定律）

参加化学反应的各物质（反应物）的质量总和，等于反应后生成的各物质（生成物）的质量总和。这个规律叫做质量守恒定律。也就是说，化学反应的前后，物质的总质量保持不变。即化学反应只能改

变物质的性质，而不能创造物质，也不能消灭物质。即物质不灭。所以质量守恒定律也称物质不灭定律。

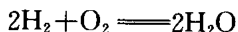
(二) 化学式与化学方程式

1. 化学式

用化学符号表示各种物质的化学组成的式子称为化学式。它是实验式、分子式、结构式、示性式的统称。

2. 化学方程式

用化学式表明化学变化的式子，也称化学反应式。例如氢气和氧气发生化学变化生成水，可以用下列化学方程式表示：



3. 化学方程式表达的含义

化学方程式不仅表明反应物、生成物各是哪些物质，而且还表明了他们之间的质量关系。即表示什么物质参加反应，反应后生成了什么物质；反应中反应物和生成物各物质间的量的关系。

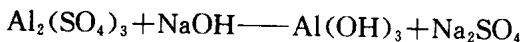
4. 化学方程式的书写原则及步骤

(1) 书写化学方程式的原则：一是要遵守质量守恒定律；二是要以客观事实为基础，不能任意编造。

(2) 书写化学方程式的步骤

a. 写出反应物和生成物的化学式。将反应物写在左边，生成物写在右边，中间暂时划一横线，各反应物和各生成物之间分别用“+”号相连。

例如：硫酸铝与氢氧化钠的反应



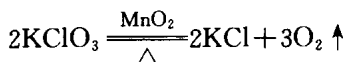
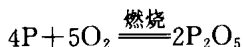
b. 配平方程式。

按质量守恒定律反应前后各元素的原子数目不变，所以各化学式前面应加上适当的系数，称此为配平。一般用观察法给各化学式配上适当的系数，使横线两边的各种元素原子的总数完全相等，随即将横线改为等号。



c. 把必要的反应条件如：加热（用“ Δ ”表示）、催化剂、压力、光照等注在等号上方或下方。生成物中如有沉淀、气体生成可分别用“ $\downarrow$ ”、“ $\uparrow$ ”符号标明。

例如：



化学方程式所表示的反应物和生成物的量的关系体现在原子数或分子数，物质的量、质量及气体体积等几个方面。

例如：



分子数比	2	:	3	:	1	:	3
质量比	2×27	:	3×98	:	342	:	3×2
	(54)		(294)				(6)

摩尔比	2	:	3	:	1	:	3
-----	---	---	---	---	---	---	---

气体摩尔体积							3mol × 22.4L/mol
--------	--	--	--	--	--	--	------------------

(三) 化学方程式的意义

1. 表示什么物质参加反应，结果生成什么物质。
2. 表示化学反应中，反应物、生成物各物质之间的质量比。
3. 表示反应后生成物的状态（沉淀或气体）。

例如：



它表示：

- (1) 锌与盐酸反应生成氯化锌和氢气。
- (2) 反应后生成的氢是一种气态物质。

(3) 表示 65.4g 锌与 73g 盐酸反应可生成 136.4g 氯化锌和 2g 氢气。



它表示：

(1) 硫酸与碳酸钡反应，生成硫酸钡、二氧化碳和水。

(2) 生成物硫酸钡是一种沉淀物质，二氧化碳是一种气态物质。

(3) 表示 98g 的硫酸与 197g 碳酸钡作用能生成 233g 硫酸钡，44g 二氧化碳和 18 克水。

(四) 热化学方程式

1. 热化学方程式的概念

热化学方程式：热化学方程式是表示化学反应与热效应的关系式。

即表示反应所放出或吸收的热量的化学方程式叫做热化学方程式。

放热反应：放出热量的反应叫做放热反应。

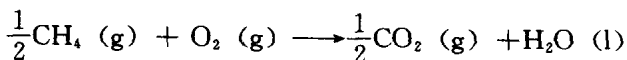
吸热反应、吸收热量的反应叫做吸热反应。

2. 热化学方程式的书写步骤

(1) 写出化学反应式并且配平。因为反应式中的反应物和产物分别代表体系的初终态，所以反应式中计量系数不同，表达的初终态也不同，则反应的热效应也就不同。

例如： $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

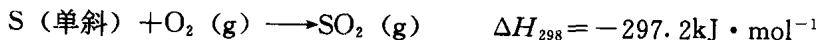
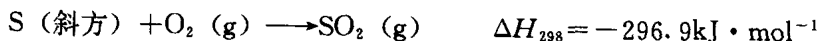
$$\Delta H_{298}^\circ = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_{298}^\circ = -445.15 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(2) 注明反应物和产物的相态。因为相态不同，热效应也不同，可在每个分子式后面附加括号内标明其相态。通常气体以 (g) 表示；液体以 (l) 表示，固体以 (s) 表示。固体中若有不同晶型，还应标明晶型。

例如：



(3) 反应热效应写在化学反应式的右边。恒容热效应和恒压热效应分别用 ΔU 和 ΔH 表示。

(4) 注明反应温度和压力（主要是温度）。因为反应温度对反应热

效应有很大的影响。反应温度通常注在 ΔU 和 ΔH 的右下角，如 ΔH_{298} 表示 298.15K 时恒压热效应（为了简便以 298 表示 298.15K）。反应压力注在 ΔU 和 ΔH 的右上角，如 ΔH° ，圆圈“O”表示反应物和产物都处在标准状态。所谓标准状态，在热力学中规定：对于气体，指 101.3kPa 时处于理想气体状态的气态纯物质；对于液体或固体，则指 101.3KPa 下的液态或固态纯物质。若在标准状态下的反应物进行化学反应生成标准状态下的产物，则由恒压条件可知，反应的压力也为 101.3kPa，其反应的热效应称为标准热效应。通常用 ΔH°_T 表示。原则上，温度 T 是任意的，实际计算中，大多数热效应数据以 298.15K 为标准。所以反应热效应一般都指 ΔH°_{298} 。

3. 热化学方程式和普通化学方程式的区别：

(1) 反应热单位是千焦/摩尔 (kJ/mol) (单位中的“摩尔”指“一摩尔反应”，即“一单位反应”而言) 表示，写在化学方程式的右边，放热反应以“-”号表示；吸热反应以“+”号表示。

一单位反应（一摩尔反应）：反应进行到恰好为各自计量系数所示的摩尔数时，我们就说发生了一个单位的反应。

(2) 因为反应热与物质的聚集状态有关，所以在热化学方程式中要注明物质的聚集状态，符号为 g、l、s，分别代表气、液、固三态。

(3) 方程式中的系数代表物质的量（摩尔），不代表分子数，它可以是整数，也可以是分数。

(4) 温度和压力的变化影响反应热的数值，为了便于比较，规定：298K (25℃) 和 1.01325×10^5 Pa (1 大气压) 下的反应热的标准反应热，一般若不作特殊指明，反应热皆指标准反应热。

应用热化学方程式可以计算化学反应中出现的热量的变化。

(五) 化学方程式的应用

化学方程式的应用主要有以下两个方面。

第一，根据化学方程式可以进行物料衡算；

第二，根据化学方程式可以进行热量衡算。

对中级工只要求第一方面，对高级工两个方面都要求。

三、单位及其单位换算

1. 质量

质量是物体中所含物质多少的量，也是量度物体惯性力大小的物理量。

在国际单位制中，质量的单位是千克 (kg)。实践中也常用吨 (t)、克 (g)、毫克 (mg) 等单位表示质量。它们之间的关系如下：

$$1\text{t}=1000\text{kg}, 1\text{kg}=1000\text{g}, 1\text{g}=1000\text{mg}$$

2. 体积

体积是物体占有空间大小的量。

体积的单位是立方米 (m^3) 或用升 (L)、毫升 (mL) 表示。三者关系如下：

$$1\text{m}^3=1000\text{L}; 1\text{L}=1000\text{mL}$$

3. 密度

密度是物体每单位体积中含有的质量。

密度的单位是千克每立方米 (kg/m^3)，及克每立方厘米 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)，也可用克每升 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) 表示。

若以 ρ 表示密度，以 m 表示质量，以 V 表示体积，则有如下关系：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

4. 温度

表征物体冷热程度的物理量叫做温度。这是对温度概念的通俗理解。严格的温度定义是建立在热平衡定律基础上的。这里不做详述。

常用的温度单位有摄氏温标和热力学温标两种。

摄氏温标记作 “t”，单位是 “℃”。

热力学温标又叫开氏温标，记作 “T”，单位是 “开”，即 “K”。

热力学温度与摄氏温度的换算关系为：

$$T = t + 273 \text{ (精确值 } 273.15\text{K)}$$

5. 压强

压强是物体单位面积上受力的大小。记作 p 。

压强的单位：国际单位制中压强的单位是帕斯卡 (Pa)， $1\text{Pa}=1\text{N}/$