

中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材

气焊工工艺学

(初级本)

科学普及出版社

中华人民共和国第一机械工业部编
机械工人技术培训教材

气焊工工艺学

(初 级 本)

科学普及出版社

本书是第一机械工业部统编的机械工人技术培训教材。它是根据《工人技术等级标准》和一机部审定的机械工人技术培训教学大纲编写的。书中内容包括：气焊用焊接材料，气焊、气割设备和工具，气焊、气割工艺及其操作技术；常用金属材料的焊接，焊接应力和变形，气焊冶金和焊接金属学基础知识，焊接缺陷及其检验方法，气体火焰钎焊，焊接安全技术，化学基础知识等。

本书是气焊工技术培训的初级教材，也可供有关工人和技术人员学习参考。

本书由祝训德、郭成仁、唐进法、吴君贤等同志编写，经吕明辉、徐初雄、华茂昌、陈宝龄等同志审查。

中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材
气焊工工艺学
(初 级 本)

责任编辑：戴生寅

科学普及出版社出版(北京白石桥紫竹院公园内)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
机械工业出版社印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/16 印张：9³/₄ 字数：225千字

1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

印数：1—115,000册 定价：0.95元

统一书号：15051·1055 本社书号：0540

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是个关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

第一机械工业部第一副部长

栾 健

一九八二年元月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。为此，我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅(局)和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具、按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高(高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编)。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅(局)、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在进行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

第一机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八一年十二月

目 录

绪论	1
第一章 化学基础知识	8
第一节 金属的物理性质和化学性质	8
第二节 化学反应和化学方程式	7
第三节 常用金属材料的主要元素及有关化合物	9
第二章 气焊用焊接材料	15
第一节 氧气	15
第二节 可燃气体	16
第三节 气焊丝	18
第四节 气焊熔剂	20
第三章 气焊设备和工具	22
第一节 氧气瓶	22
第二节 乙炔瓶	24
第三节 减压器	26
第四节 乙炔发生器	31
第五节 回火防止器	35
第六节 焊炬	37
第七节 辅助工具	39
第四章 焊接火焰和气焊工艺	42
第一节 焊接火焰	42
第二节 焊接接头型式及坡口准备	45
第三节 气焊焊接规范及其选择	46
第五章 气焊操作技术	50
第一节 基本操作技术	50
第二节 空间各种位置的焊接技术	52
第三节 低碳钢的气焊技术	55
第六章 常用金属材料的焊接	61
第一节 钢材的基本知识	61
第二节 可焊性的概念	64
第三节 碳素钢的焊接	65
第四节 普通低合金钢的焊接	67
第五节 铸铁的焊接	69
第六节 不锈钢的焊接	73
第七章 气焊冶金和焊接金属学基础知识	78
第一节 气焊冶金过程	78
第二节 焊接金属学基础知识	79

第八章 焊接应力及变形	86
第一节 焊接应力及变形产生的原因	86
第二节 焊接残余变形	87
第三节 焊接残余应力	92
第九章 焊接缺陷及检验方法	96
第一节 常见的焊接缺陷	96
第二节 焊接检验	101
第十章 气体火焰钎焊	108
第一节 钎焊的机理和分类	108
第二节 焊料、熔剂及其选择	108
第三节 火焰钎焊工艺	113
第十一章 气割	117
第一节 气割原理	117
第二节 割炬	119
第三节 气割工艺和操作方法	122
第四节 机械气割	130
第五节 快速气割	135
第六节 特种气割	137
第十二章 焊接安全技术	141
第一节 使用气焊、气割设备的安全知识	141
第二节 劳动保护	144
附录	148

绪 论

一、焊接的概念及其分类

在金属结构和机器制造中，经常需要将两个或两个以上的零件联接在一起，联接的方法可以分为两大类：一类是可以拆卸的联接方法，如螺栓联接、键联接等；另一类是永久性的联接方法，其拆卸只有在毁坏零件后才能实现，如焊接、铆接等。

焊接是通过加热或加压、或既加热又加压，使两部分同质或非同质的材料，产生原子或分子间的联系以及质点间的扩散，从而形成永久性联接的过程。

焊接不仅可以联接金属，也可联接象玻璃、塑料、陶瓷等非金属。

现在焊接已经成为金属制造的主要加工方法之一，它在机械制造、船舶、车辆、航空、动力及建筑安装等各个工业部门均获得了广泛的应用。目前，焊接几乎代替了铆接，也出现了以焊接代替锻压和铸造等加工方法来制造比较复杂金属结构的趋势。它与铆接、铸件、锻件相比，有如下优点：

(1) 节省金属，减轻结构重量。它比铆接结构节省金属15~20%；比铸铁件可节省金属30~40%；比铸钢件可节省金属30%左右，因而使结构的重量大大减轻。

(2) 减少劳动量，提高劳动生产率，缩短生产周期。

(3) 降低劳动强度，改善劳动条件。

(4) 提高产品质量。

焊接的种类繁多，工艺方法多种多样。一般将金属的焊接简要地分为三大类，即压力焊、熔化焊和钎焊。我们把加压、或加热和加压同时并用的焊接方法叫压力焊。属于压力焊的有气压焊、冷压焊、接触焊(点焊、滚焊、对焊)、摩擦焊、真空扩散焊和锻焊、超声波焊、爆炸焊等等。熔化焊是利用某种热源将两工件接头部位熔化，并使这些熔化金属融合，冷凝后成为一个牢固的整体的工艺方法。常见的如电弧焊(包括手工电弧焊、自动埋弧焊)、电渣焊、等离子弧焊、真空电子束焊、气体保护电弧焊、热熔剂焊、激光焊以及本书将讨论的气焊等等，均属于熔化焊。

利用电弧作热源的熔化焊叫电弧焊。利用气体燃烧火焰作热源的熔化焊叫气焊，见图0-1。钎焊是把比被焊金属熔点低的焊料金属熔化至液态，然后使其渗透到被焊金属的间隙中而达到结合的一种方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊、炉中钎焊、高频钎焊、盐浴钎焊和真空钎焊等。

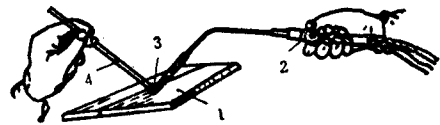


图 0-1 气焊示意图

1—焊件；2—焊炬；3—氧块焰；4—焊丝

二、气焊、气割的发展和应

气焊、气割的应用至今已有近百年的历史。最早的气焊使用的是氢和氧的混合气体。

由于氢氧混合气体的燃烧温度最高为 2000°C 左右，只能焊接较薄的工件，而且使用氢气容易发生爆炸事故，所以在工业上未被广泛采用。

由于1895年发明了电炉制造碳化钙(俗称电石)的方法，不久又发现了用乙炔气(电石与水接触后产生的气体)和氧气混合燃烧可以产生高温(3200°C)的现象，后来经过反复试验研究，终于在1903年将乙炔火焰应用于金属件的焊接上，这就奠定了气焊技术的基础。

气焊技术在现代工业上的用途很广，如在飞机、船舶、车辆和管道、容器、薄壁机件等制造中，都可采用气焊方法。损坏断裂的齿轮、合金刀片、翻砂后有缺陷的铸件等，也可用气焊方法来修补。特别是焊接有色金属、薄钢板及铸铁时，更能发挥气焊的优越性。另外，气焊还广泛应用于钎焊、堆焊以及火焰矫正等方面。气焊所使用的设备简单、搬运方便，并有较大的通用性，最适用于作业场所经常更换和没有电力供应的地方。

气割是气焊的孪生工艺方法，目前它仍是钢材下料的主要手段。

气焊的缺点是火焰温度低，热量分散，加热面积大，接头的热影响区宽，因此焊件变形大，晶粒较粗，接头的综合机械性能较差。另外，气焊生产效率也比较低。板件越厚，气焊的这些缺点越突出。正因为如此，气焊在某些方面有被其它焊接方法取代的趋势。不过，由于气焊有它特有的优点，将在工业生产中继续得到使用。

第一章 化学基础知识

本章以初中化学为基础，介绍与焊接有关的化学基础知识。

第一节 金属的物理性质和化学性质

在自然界中，金属元素比非金属元素约多三倍以上。金属在工业上和日常生活当中，都有非常重要的作用。

一、金属的物理性质

金属的物理性质是金属不经过化学变化就能表现出的性质。金属有很多共同的物理特性，最能引起人们注意的有以下几点。

(一) 金属的光泽和颜色

除汞外，金属在常温下都是固体，它们都有特殊的金属光泽，并显出不同的颜色。在工业上，金属分为黑色金属和有色金属两类。黑色金属通常指铁及铁基合金，其余的都称有色金属，如铝、镁、铜、锌、锡、铅等。

(二) 金属的导电性和传热性

金属大都有良好的导电性和传热性，而且导电性能强的金属，传热性也强，导电性弱的，传热性也弱。

金属导电性和传热性以银最强，依次为Cu、Au、Al、Zn、Pt、Sn、Fe、Pb、Hg等。

导电性强的银用来制造电线，固然是理想的，但银的产量小，价格高，因此在电气工业上广泛应用铜、铝作为导线。

金属的导电能力随着温度升高和所含杂质的增多而减弱。因此，用铜作电线时，都要用纯度很高（一般要求含铜99.99%）的紫铜。

(三) 金属的延性和展性

金属的延性和展性是金属的另一个重要特性。由于金属有延性，可以把金属抽成细丝，如最细的铂丝直径只有五千分之一毫米。金属有展性，可以把金属锤成薄片，如最薄的金箔只有万分之一毫米厚。一般来讲，延性大的金属展性也大。金属延性的强弱顺序为：Pt、Au、Ag、Al、Cu、Fe、Ni、Zn、Sn、Pb，金属展性的强弱顺序为：Au、Ag、Al、Cu、Sn、Pt、Pb、Zn、Fe、Ni。

金属的延性和展性也叫做金属的可塑性，它随温度的升高而增大。所以金属的锻造、轧制等操作，一般要在热态下进行。

(四) 金属的其它物理性质

1. 金属的密度变化范围大 绝大多数金属的密度都大于水，只有少数比水小。锂最

轻,密度为0.53克/厘米³,密度最大,钨为22.5克/厘米³。密度小于5克/厘米³的称轻金属,如铝、镁等;密度大于5克/厘米³的称重金属,如铜、铁、锡、铅、铬、钨、锰等。

2. **金属的熔点** 熔点最高是钨(3370°C);镓只要放在手上受热就会熔化;而汞在-39°C就是液体。现将八种常见金属的熔点列表如下:

金 属	Fe	Cu	Au	Ag	Al	Mg	Zn	Pb
熔 点 (°C)	1535	1083	1063	961	660	651	419	328

3. **金属的硬度** 金属的硬度一般都较高。若把金刚石的硬度定为10,那么其它十种金属由大而小的硬度顺序,列表如下:

金 属	Cr	Fe	Cu	Al	Ag	Zn	Au	Mg	Sn	Pb
硬 度	9	4	3	2.9	2.7	2.5	2.5	2.1	1.8	1.5

金属的这些共同物理特性,是由金属内部结构所决定的。一切金属都是晶体,晶体是由排列整齐的原子和作不规则运动的自由电子组成的。只要金属受到微小的电势差的影响,这些电子就会沿一定方向移动,而形成电流。由于各种金属晶体里自由电子的浓度不同,以及温度的变化,金属离子和中性原子的振动、晶体里微量杂质等影响,金属的导电能力也就有强有弱。金属受热时,随着温度的升高,金属离子的振动加剧,自由电子的碰撞机会增多,因而金属离子便把受到的热能迅速地传递给邻近的自由电子,再由自由电子传给周围金属原子和离子,这就是金属的传热性。当金属晶体受到外力作用时,其中排列整齐的各层金属离子或原子,很容易发生相对滑动。由于自由电子对它们的作用,因而在层与层之间的离子或原子只是在位置上发生改变,而不致使晶体结构受到破坏,这就是金属具有延性和展性的原因。由于金属具有这种优良的机械变形性,所以金属能够被塑造成各种形状,比较容易进行机械加工。

上述物理性质是对纯金属而言的,但实际应用的往往是各种合金。合金的性质,随其中所含金属或非金属的重量和数量的不同而不同。

二、金属的化学性质

金属的化学性质就是金属只有在化学变化时才能表现出来的性质。金属的主要化学性质是金属很容易跟非金属如氧、硫、卤素等化合,在自然界中生成许多种金属氧化物、硫化物和卤素化合物。那末,为什么金属很容易与非金属化合,而且各种金属的化合能力又各不相同呢?我们通过对物质结构的研究、对原子电子学说的研究,以及对氧化-还原概念的了解,就能得到解释。

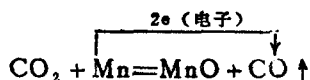
(一) 氧化与还原

物质与氧化合的过程叫氧化;从氧化物中除去氧的过程叫还原。如氧与铜化合成氧化铜,称作铜的氧化;氧化铜与氢作用生成铜和水,称为氧化铜的还原。这是狭义的氧化-还

原概念。

我们还可以进一步用电子观点来说明氧化-还原概念。

元素的化合价就是元素原子在化合物分子中所带的电荷数（在单质分子中的原子不带电荷——非极性键，所以其化合价为零）。在化学变化过程中，有些化合价改变了，也就是原子所带电荷数改变了，这一改变是由于原子在变化过程中有电子的得与失而造成的。例如：

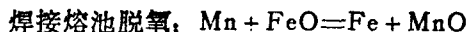
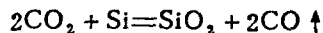
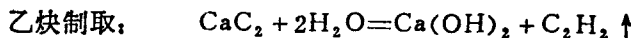


其中 C^{+4} 变成 C^{+2} ； Mn^0 变成 Mn^{+2} 。我们把元素化合价代数值增高叫氧化，元素化合价代数值减低叫做还原。从电子观点来看：在化学反应中失去电子的过程叫氧化（元素的化合价增高）；在化学反应中得到电子的过程叫还原（元素的化合价减低）。

由上例可知，碳元素是得到电子，使化合价降低，故被还原。而锰元素是失去电子，使化合价增高，故被氧化。电子只能转移，而不会无中生有，因此在一个化学反应中，若有的元素被氧化，则同时必然会有别的元素被还原。

（二）氧化-还原反应与非氧化-还原反应

上面所讲的氧化与还原将同时出现在一个化学反应中，并发生元素化合价的变化；但也有些化学反应，元素的化合价并不发生变化。例如：



其中前三化学反应式，元素化合价不发生改变，我们称这类反应为非氧化-还原反应；后两化学反应式，元素C、Si、Mn、Fe化合价均发生改变，我们称这类反应为氧化-还原反应。

（三）氧化剂与还原剂

在上述反应第4式中，使 Si^0 氧化的物质（即夺取它的电子的物质）是 CO_2 中的 C^{+4} ，而使 C^{+4} 还原的物质（即给予它电子的物质）是 Si^0 。所以，我们说在这个反应中 CO_2 是氧化剂，而 Si 是还原剂。

在化学反应中能给出电子的物质叫还原剂；在化学反应中能夺取电子的物质叫氧化剂。

必须注意，反应后，由于氧化剂夺取了电子，则氧化剂中的某个元素就得到电子而被还原；而还原剂中的某个元素则失去电子而被氧化。

我们知道了氧化、还原的概念后，再来看一下金属为什么容易与非金属化合，而且化合能力各不相同。

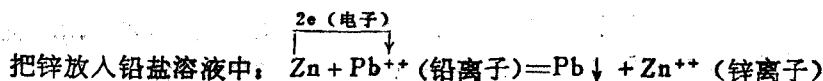
物质由分子组成，分子由原子组成，而原子由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成。平时正负电荷相等，对外不显电荷。

金属的原子半径一般比非金属元素大，容易给出电子，变成带有正电荷的正离子。而

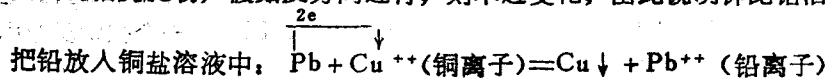
非金属元素的原子半径一般比较小，容易获得电子，变成带负电荷的负离子。因此金属容易与非金属化合。

金属原子给出电子的能力各不相同。金属越容易给出电子活动性就越强，就越强烈地跟其他物质发生作用，例如，钾、钙、钠在空气中就能迅速被氧化。金属越不容易给出电子，活动性就越弱也就越不容易跟其他物质发生作用。如铜和汞等必须在加热的情况下才能跟氧化合，而银和金即使在极高温度下也不被空气氧化。

在实验室里，可以用金属置换盐中另一金属的反应来比较金属的化学活动性。如比较锌、铜、铅的化学活动性，可用离子（带有电荷的原子）方程式（由离子表示的化学变化过程）来表示：

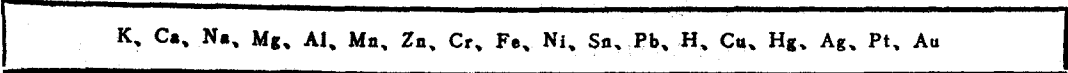


便出现铅沉淀物，假如反方向进行，则不起变化，由此说明锌比铅活动性要强。



便出现暗红色铜层沉积，假如反方向进行，溶液里没有铅沉淀，这可证明铅比铜活动性强。锌活动性最强，其次是铅，再次是铜。

把金属按其活动性顺序列表如下：



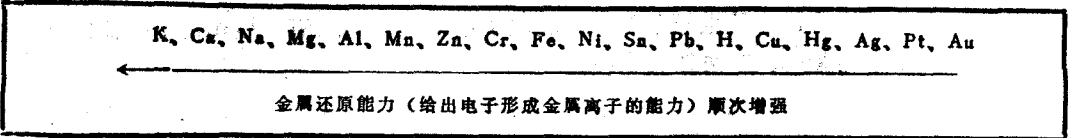
在这个表中，越靠左边的金属化学活动性越强，越容易给出电子，也就是越容易被氧化。越靠右边的金属，化学活动性越弱，越不容易给出电子，也就是越不容易被氧化。

上列顺序表中有氢，氢能象金属一样在溶液中形成正离子。在氢左面的金属都能跟氢离子作用形成金属离子，并从溶液中放出氢气。这说明氢左边的金属都能跟稀酸（指稀盐酸或稀硫酸）作用放出氢气，在一定温度下也能跟水作用放出氢气。而氢右边的金属就不能跟稀酸、也不能跟水作用。这是因为铜、汞、银、铂、金等给出电子的能力不如氢给出电子的能力强，因而氢离子也就不能从这些金属的原子中得到电子，变成氢气。

为了使这些不活泼金属如铜、汞、银、铂、金等溶解于水变成离子，就要用氧化性更强的氧化剂，如硝酸或浓硫酸等把铜、汞、银溶解，使之变成金属离子，但还不能使金、铂溶解。要溶解金、铂，必须使用王水。只有王水才能把金、铂分别氧化成3价金的或4价铂的化合物。

从以上可以看出，金属不论是与非金属作用，还是与稀酸、水、硝酸、浓硫酸等作用，总是给出电子。而金属与盐作用时，金属离子总是获得电子。所以，金属都有还原性，而金属离子都有氧化性。

金属的还原性和金属离子的氧化性都有强有弱，现按它们强弱的顺序列表如下：



K⁺, Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Mn²⁺, Zn²⁺, Cr²⁺, Fe³⁺, Ni²⁺, Sn²⁺, Pb²⁺, H⁺, Cu²⁺, Hg²⁺, Ag⁺,
Pt²⁺, Au⁺

← 金属离子氧化能力（获得电子形成金属原子的能力）顺次减弱

总之，越是活动性强的金属，越容易给出电子，越容易被氧化，因此，它的离子就越不容易获得电子，也就越不容易被还原；反之，越是活动性差的金属，越不容易给出电子，越不容易被氧化，因此，它的离子就越容易获得电子，也就越容易被还原。

第二节 化学反应和化学方程式

化学反应是原子间的化分和化合的过程。化学方程式就是用化学式（分子式）表示化学反应的式子，也称为化学反应式。

一、化学反应的基本类型

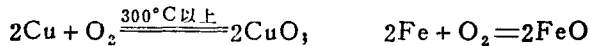
无机化学从本质上只分两种类型，即非氧化-还原反应和氧化-还原反应两类，这已在前节里讲过。但从形式上可分为以下四种类型：

（一）分解反应

一种物质分解为一种以上的新物质的反应称为分解反应。例如焊条药皮造气剂的反应：
 $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ ； $\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

（二）化合反应

一种以上的物质化合成为一种新物质的反应称为化合反应。例如：



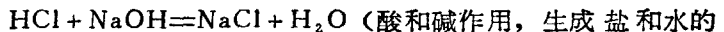
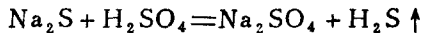
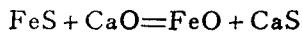
又如去磷反应： $3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

（三）置换反应

一种单质的原子置换（或取代）了化合物的某种组成原子，生成一种新的化合物和一种新单质的反应，称为置换反应。例如焊接熔池脱氧反应： $\text{Mn} + \text{FeO} = \text{Fe} + \text{MnO}$ ；氯化镓熔剂制备： $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 。

（四）复分解反应

两种化合物互换组分，生成两种新的化合物的反应，称为复分解反应。例如：



反应又称中和反应。）

二、化学反应方程式及其计算

化学方程式是根据物质的化学反应的实验结果写出来的。由于化学方程式表明了参加

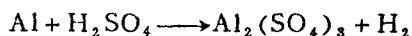
反应的物质和反应后生成的物质间的重量关系，所以任何一种化学方程都必须遵守物质不灭定律。

(一) 物质不灭定律

在1748年，俄国科学家罗蒙诺索夫根据多次实验结果指出：参加化学反应的各种物质的总重量一定等于反应后生成的各种物质的总重量。这就是物质不灭定律。由此可知化学反应方程式两边各元素的原子总数必须相等，即必须配平系数。

(二) 化学方程式的写法

参加反应的物质写在左边，反应后生成的物质写在右边，中间用箭号（ \longrightarrow ）联系。然后根据物质不灭定律，配平系数，并将箭号改为等号。如果右边生成物中是气态即用符号“ \uparrow ”表示；是不溶于水的物质（固体）即用符号“ \downarrow ”表示。如：



配平后：
$$2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$$

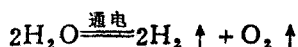
(三) 化学方程式的意义

化学方程式表示的意义如下：

(1)表示由反应物质变成生成物质的一个确定的化学反应；(2)表示反应后生成物质的状态；(3)表示参加反应的物质和反应后生成的物质的重量关系；(4)表示参加反应的物质和反应后生成的物质的体积关系。

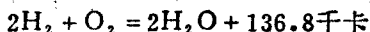
(四) 化学反应发生的条件

化学反应发生的条件一般有以下四种：(1)加热；(2)通电，如电解水制取氢气和氧气及用氧化铝炼铝；(3)光照，如六六六的合成；(4)加压，如从氢和氮合成氨。例如：



(五) 放热反应和吸热反应

有些反应，如用水化生石灰就有热量放出，象这种放出热量的反应叫做放热反应。有些反应，如用石灰石烧制生石灰就需不断供给热量，象这种吸收热量的反应叫做吸热反应。通常在化学方程式末尾写上“+”多少千卡以表示放热反应，在末尾写上“-”多少千卡以表示吸热反应。例如：



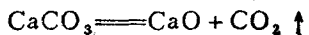
(六) 化学方程式的计算

必须根据正确的、配平了的化学反应式进行计算。理论上按方程式计算物质的量，都是纯物质的量。在实际运算时，必须考虑物质的纯度，并注意质量或体积单位的一致。

例 1 根据原料量计算产品量。工业生产上煅烧石灰石来制造生石灰（CaO）同时生成CO₂，若煅烧含94%CaCO₃的石灰石5吨，能得到生石灰多少吨？

解 原料中纯CaCO₃ = 5 × 94% = 4.7吨；设能得到CaO为x吨，

根据反应式：



分子量：

$$100 \quad 56$$

得比例式：

$$100 : 4.7 = 56 : x$$

$$x = \frac{4.7 \times 56}{100} = 2.63 \text{ (吨)}$$

例 2 如果例 1 中的石灰厂实际得到的生石灰是 2.53 吨, 每生产 1 吨生石灰用去 1.98 吨石灰石, 求产率和原料利用率。

解 (1) 例 1 求得生石灰的理论产量是 2.63 吨, 实际产量是 2.53 吨, 所以

$$\text{产率} = \frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}} \times 100\% = \frac{2.53}{2.63} \times 100\% = 96.2\%$$

(2) 从例 1 可知生产 2.63 吨生石灰, 理论上需消耗 5 吨含 94% CaCO_3 的石灰石, 所以生产 1 吨生石灰理论上需消耗石灰石 $\frac{5}{2.63} = 1.9$ 吨, 实际消耗量为 1.98 吨。所以

$$\text{原料利用率} = \frac{\text{理论耗用原料量}}{\text{实际耗用原料量}} \times 100\% = \frac{1.9}{1.98} \times 100\% = 96\%$$

例 3 用金属铝和稀硫酸作用制造硫酸铝。若投料 10 公斤纯铝, 问须消耗多少公斤 10% 的硫酸? 能得到多少公斤硫酸铝? 副产品氢气在标准状况下有多少体积?

解 反应式: $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$

分子量: $2 \times 27 \quad 3 \times 98.1 \quad 342.3$

(1) 求消耗硫酸量: 反应式表明 54 公斤铝能与 294.3 公斤纯硫酸作用, 现有 10 公斤铝, 设与 x 公斤纯硫酸作用,

$$54 : 10 = 294.3 : x$$

$$x = \frac{10 \times 294.3}{54} = 54.5 \text{ (公斤)}$$

实际用的硫酸含量只有 10%, 因此硫酸实际用量 = $\frac{54.5}{10\%} = \frac{54.5 \times 100}{10} = 545 \text{ (公斤)}$

(2) 求所得硫酸铝量: 根据化学反应式, Al 和 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 量的关系可列出如下比例式:

$$54 : 10 = 342.3 : y$$

$$y = \frac{10 \times 342.3}{54} = 63.4 \text{ (公斤)}$$

(3) 求氢气的体积, 根据反应式可知, 54.0 公斤铝能置换出氢气 $22.4 \times 3 \text{ 米}^3$ (1 公斤 = 1000 克, $1 \text{ 米}^3 = 1000 \text{ 升}$), 利用反应物质量与生成物体积间的正比关系, 可列出比例式:

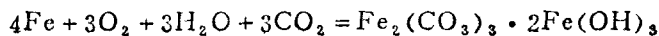
$$54 : 10 = 3 \times 22.4 : V$$

$$V = \frac{10 \times 67.2}{54} = 12.44 \text{ (米}^3\text{)}$$

第三节 常用金属材料的主要元素及有关化合物

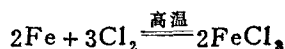
(一) 铁(Fe) (密度 7.86 克/厘米³, 熔点 1535°C)

纯铁具有银白色的金属光泽, 展性、韧性好, 有极强磁性。铁是具有中等化学活动性的金属, 它与空气中的水分、氧气和二氧化碳作用会生成铁锈, 其反应式为:

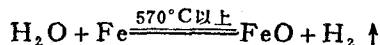
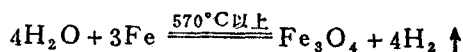


或 $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

铁锈主要成分为 Fe_2O_3 ，呈疏松状态，不能防止铁继续腐蚀。铁还能与硫和氯气在高温时发生反应：



在高温时，铁与水蒸气作用，也能置换出氢气：



反应生成的氢残留在焊缝中，就容易形成气孔。

铁能与酸作用，放出氢气：



铁有三种氧化物：(1)氧化亚铁(FeO)，不溶于水的黑色粉末，易溶于酸；(2)氧化铁(Fe_2O_3)，不溶于水的红棕色粉末，易溶于盐酸，生成相应的铁盐，当灼烧到 1300°C 以上时， Fe_2O_3 就转变成四氧化三铁，即 $6\text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \uparrow$ ；(3)四氧化三铁是一种黑色晶体，有磁性，不溶于水和硝酸，但溶于盐酸。自然界中有 Fe_3O_4 的天然矿石和 Fe_2O_3 的天然矿石的赤铁矿，都是炼铁主要原料。

(二) 铜(Cu) (密度8.92克/厘米³，熔点 1083°C)

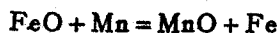
纯铜是紫红色的，有强的导电性和导热性，因此焊接时需要采用较强的热源或者预热。有良好的延性和展性。线膨胀系数大，焊后易变形或出现裂纹，因此焊接时需注意。

铜在干燥空气中， 300°C 以上生成黑色的氧化铜(CuO)，在赤热状态(1100°C)下 CuO 又变成红色 Cu_2O 。在焊接过程中，液态铜易氧化成 Cu_2O ，凝固时存在于晶界上使接头性能变脆，易形成裂缝。铜在潮湿空气中表面生成绿色的碱式碳酸铜 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ ，俗称铜绿。在焊接时，铜绿不除去，高温受热分解，使氢溶解于熔池中，凝固时氢来不及排出就形成气孔，故焊前一定要做清除工作。

铜和某些金属能形成性能好的合金，如青铜、黄铜等。为了保证性能，焊接时需防止其它金属的烧损及蒸发。

(三) 锰(Mn) (密度7.4克/厘米³，熔点 1250°C)

锰是灰色的化学活动性相当强的金属。锰在空气中能很快被氧化而失去光泽。在高温下锰能直接和硫、氮、磷、硅等化合，生成锰的非金属化合物。但锰不与氢化合，锰溶于稀酸中生成锰盐和氢气。锰在自然界中常以锰铁合金存在，是炼钢和焊接过程中的重要脱氧剂，能使 FeO 还原成铁。其反应式为：



MnO 不溶于铁水中，浮在渣中。

在钢中含锰10~15%的钢称锰钢，它具有较高的硬度和耐磨性。

(四) 铬(Cr) (密度7.14克/厘米³，熔点 1800°C)

铬具有银白色金属光泽，其硬度在金属中最高。铬对空气和水都十分稳定，但能溶于