

热处理化学

上册

一九七六年十月

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

江苏工业学院图书馆
藏书章

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

目 录

第一章 热处理化学基本知识.....	1
§ 1-1 空气的组成 分子和原子.....	1
一、空气的组成.....	1
二、分子和原子.....	5
§ 1-2 原子结构 周期表.....	8
一、原子的组成.....	8
二、元素 元素符号 同位素.....	9
三、原子核外的电子分布.....	10
四、元素周期表简介.....	13
§ 1-3 分子的形成 化学键.....	20
一、离子键.....	20
二、共价键.....	21
三、分子式 化合价.....	23
§ 1-4 化学反应方程式.....	29
一、化学反应方程式.....	29
二、根据化学方程式的计算.....	31
§ 1-5 晶体结构.....	36
一、晶体和非晶体.....	36
二、晶体类型.....	37
本章小结.....	38
复习思考题和习题.....	39
第二章 热处理常用化合物.....	42
§ 2-1 水溶液及其在热处理生产中的应用.....	42
一、水.....	42
二、溶液的概念.....	42
三、溶解过程和溶解度.....	43
四、溶液的浓度.....	47
五、溶液的导电性.....	51
§ 2-2 碱和碱液光亮淬火.....	53
一、氢氧化钠.....	54

二、碱类.....	55
§ 2-3 酸和工件除锈.....	57
一、酸的组成、命名及通性.....	57
二、工件除锈.....	59
三、浓硫酸和硝酸的特性.....	60
§ 2-4 盐.....	62
一、盐的组成和命名.....	62
二、盐的性质.....	63
三、热处理生产中几种盐的使用和鉴别.....	67
§ 2-5 氧化物.....	71
一、氧化物的组成和命名.....	71
二、氧化物的性质.....	71
三、几种重要的氧化物及其应用.....	73
四、耐火材料和保温材料.....	75
五、氧化物及其水化物酸碱性的变化规律.....	77
本章小结.....	78
复习思考题和习题.....	80
第三章 热处理熔盐.....	83
§ 3-1 盐浴炉的应用概况和种类.....	83
一、盐浴炉应用概况.....	83
二、盐浴的种类.....	84
三、选择热处理熔盐的一般原则.....	85
§ 3-2 熔盐的物理性质.....	86
一、熔盐的熔点、沸点、挥发性和蒸气压.....	86
二、混合熔盐蒸气压下降、熔点降低和组成—熔点图.....	89
三、熔盐的流动性和导电性.....	93
§ 3-3 熔盐的热稳定性.....	95
一、碱金属和碱土金属氯化物—中温或高温盐浴用盐.....	96
二、硝酸盐和亚硝酸盐.....	96
三、碳酸盐.....	97
四、硫酸盐.....	98
§ 3-4 工件在盐浴中加热时的氧化脱碳现象及其影响因素.....	98
一、氧化还原反应与工件的氧化脱碳.....	98
二、盐浴加热时的氧化脱碳现象及其影响因素.....	100
§ 3-5 盐浴脱氧和选择脱氧剂的原则.....	102
一、盐浴脱氧方法.....	102

二、 选择脱氧剂的标准	107
本章小结	109
复习思考题和习题	110
第四章 热处理实践中的金属腐蚀与防护	112
§ 4-1 钢铁的气体腐蚀	112
一、 钢铁在高温下的氧化脱碳	112
二、 钢铁气体腐蚀的防护方法	115
§ 4-2 电化学腐蚀	117
一、 原电池和电极电位	118
二、 钢铁的电化学腐蚀	122
三、 电化学腐蚀的防护方法	124
§ 4-3 金属腐蚀在金相磨片中的应用	126
一、 电解和磨片的电解抛光	126
二、 化学抛光	128
三、 化学浸蚀与电解浸蚀	129
§ 4-4 金属的表面处理	130
一、 防渗电镀	130
二、 钢铁的氧化处理(发兰)	132
三、 钢铁的磷化处理	133
本章小结	134
复习思考题和习题	135
实验部分	137

第一章 热处理化学基本知识

本章说明：通过热处理实践中常遇到的一些气体和化学现象，介绍物质的组成、结构和化学反应等基本知识，为参加热处理生产及专业学习创造条件。

§ 1—1 空气的组成 分子和原子

当你走进热处理车间时，可以看到有许多毛坯件直接放在箱式炉中加热，而有些工件则需要在盐炉中加热。用井式炉进行气体渗碳时，当工件装入炉内，盖好炉盖后，就要往炉内滴入乙醇、甲醇或煤油等物质，进行“排气”。所谓“排气”，就是将炉内的空气迅速的排出炉外。为什么有些工件不能在箱式炉中加热？为什么工件在气体渗碳时首先要排气？这是因为工件在空气中加热时，由于工件表面和空气发生了化学作用，产生“氧化脱碳”，它严重的影响着工件的表面质量。为了认识工件产生“氧化脱碳”的原因，就需要我们对空气的组成和性质进行认识。

一、空气的组成

我们整天生活在空气中，但空气究竟是一种什么物质呢？通过下述实验就能回答这一问题。

实验装置如图 1—1 所示，实验前，将导管 2 夹紧，在燃烧匙 1 中放入少量红磷，将红磷点燃后迅速放入瓶中，塞紧瓶塞 3，红磷继续在瓶中燃烧，并生成白色烟雾。待红磷在瓶中停止燃烧后，将夹子打开，可以看到烧杯中的水通过导管流入瓶中，约占瓶内体积的五分之一。这时将点燃的木条伸入瓶中，便见火焰立即熄灭。

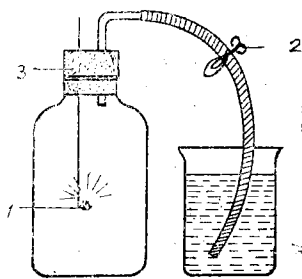


图 1—1 空气组成的实验

实验表明：在空气中约有五分之一的气体能和可燃物质相互作用而燃烧，这部分气体叫做氧气。

空气中还有约五分之四体积的气体，不能使可燃物质燃烧，这部分气体主要是氮气。

氮气和氧气是空气的主要成分，此外还有少量的惰性气体（氦、氖……）、二氧化碳和水蒸汽等。空气中各种成分的体积百分含量如图 1—2 所示。

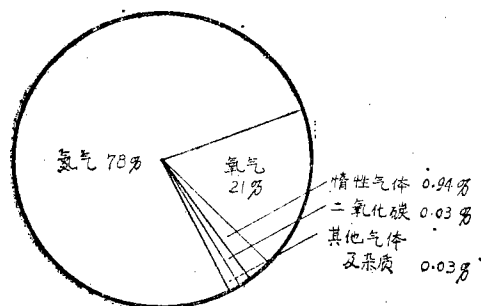


图 1—2 空气的组成

各地区条件虽然不同，但空气的组成基本上是相同的，差异极微；其中二氧化碳、水蒸汽及其他气体的含量则随地区和季节而有不同，例如在沿海地区、雨季里空气中水蒸汽的含量（也称湿度）较高；城市及工矿区的空气中二氧化碳含量较多；冶金厂附近，空气中含有二氧化硫；炼油厂、染料厂、制药厂……等工厂附近，空气中都含有一些特殊的其他成分。

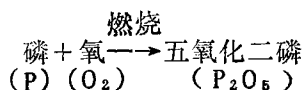
通过上述讨论可以了解到空气是由多种物质组成的混合物。表 1—1 例举了空气及其主要成分的颜色、比重、沸点等性质（物质的这些性质称为物理性质）。

表 1—1 空气及其主要成分的一些物理性质

	空 气	氧 气	氮 气	氩 气	二氧化碳
颜 色	无 色	无 色	无 色	无 色	无 色
比 重 (0℃, 1 大气压) 克/升	1.293	1.429	1.251	1.784	1.977
沸 点 (℃)		-183	-196	-186	-78.5

当温度低于 -140°C ，压力大于40大气压时，空气经过净化、压缩、冷却等一系列工序，可以被液化成淡兰色的液体，这种液体叫液态空气。根据液氧、液氮和其他液态气体沸点的不同，可以把它们逐一分开，从而获得氮气、氧气和各种惰性气体。

在上述实验中，红磷在空气中燃烧生成的白色烟雾，是磷与氧作用形成一种新的物质——五氧化二磷。可用下列形式表示这一过程：



磷经过燃烧，生成了一种和磷完全不同的物质——五氧化二磷，也就是原物质的成分发生了改变，变成了新的物质。这种有新物质生成的运动形式叫做化学运动或化学变化。化学变化也叫做化学反应。在化学变化中，物质所表现出来的性质（如磷能燃烧变成五氧化二磷）叫做化学性质。在化学反应中常常有吸热或放热的现象产生，有时还伴有光的发射和吸收。

若物质仅发生外形或状态的变化，例如，水由液态变成气态或固态，但水并没有变成别的物质，这种仅发生外形或状态的变化而没有变成新物质的运动形式，叫做物理运动或物理变化。在物理变化中物质所表现出来的性质，叫做物理性质。

化学变化和物理变化虽然有本质上的区别，但它们并不是孤立的、毫无联系的。物质发生化学变化的同时，常常伴随着一些物理变化。例如蜡烛燃烧变成二氧化碳气体和水蒸汽，这是化学变化；在燃烧过程中，固态的蜡受热熔化就是物理变化。

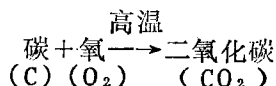
了解了空气的组成和化学变化、物理变化等基本概念以后，下面分别讨论氧气、氮气……等气体的一些主要性质，以便进一步了解空气在热处理生产中的作用。

1. 氧气

氧气是空气中一个重要的也是最活泼的成分，空气的某些化学性质，实际上是氧气性质的表现。

(1) 氧气能与许多非金属作用

图 1—1 的实验说明了空气中的氧与非金属磷相互作用的情况。空气中的氧也能与其他许多非金属物质发生类似的作用。例如木炭在空气中可以燃烧，这一反应的本质，就是木炭在高温下与空气中的氧气，发生化学反应，生成了二氧化碳：



由于木炭在空气中燃烧的本质是碳与空气中的氧气发生化学作用，因此，若将燃着的木炭置入于盛有氧气的容器中，木炭的燃烧反应将比在空气中更为剧烈，这时燃着的木炭就更加光辉夺目（如图 1—3）。

由于碳在高温下能与氧气发生化学作用，因此，钢铁工件在空气中高温加热时，工件中所含有的碳也能与空气中的氧气发生化学作用而生成二氧化碳，这时工件表层含有的碳被烧损，而使含碳量下降，这种现象在热处理生产中称为“脱碳”。工件的脱碳对其机械性能产生极不良的影响。

氧气不仅能与磷、碳等非金属物质作用，也能与其它非金属物质作用，如硅、硼等。

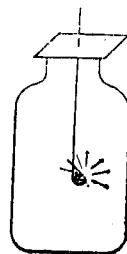
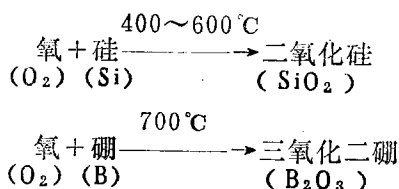


图 1—3 木炭在氧气中燃烧



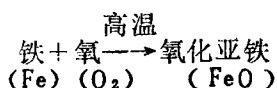
这类由两种物质相互作用，生成一种新物质的化学反应称为化合反应。

通过木炭在纯氧中燃烧的试验可以看出，氧气能使可燃物质剧烈燃烧，我们可以利用氧气的这一化学性质粗略地检查某一气体是否是氧气。例如，当我们把经过燃烧即将熄灭而尚留有火星的木片，伸入欲试的气体中，如果木片剧烈地燃烧起来，一般来说，这种气体就是氧气。

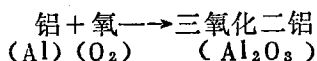
(2) 氧气能与许多金属作用

氧气能与许多金属发生作用。就以常用的金属材料铁来说，在常温、干燥的条件下，铁与空气中的氧作用极慢；但在高温下铁能与空气中的氧剧烈作用，例如，闪亮的工件在熊熊的炉火中烧得通红，冷却以后工件表面却形成了一层疏松易裂的氧化皮，加热时间越长，温度越高，则生成的氧化皮越厚，氧化皮是铁在高温下与空气中的氧作用而生成的一种新物质，它的主要成分是氧化亚铁。

这一过程在热处理生产中就称为“氧化”，也可以用下式表示：

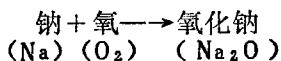


不仅铁在一定条件下能与空气中的氧相互作用，其他许多金属也能与氧气相互作用；但由于各种不同金属的本性不同，相互作用的条件及难易程度也就有所不同。例如，铝比铁更易与氧结合，在通常条件下就能作用生成三氧化二铝。



生成的三氧化二铝是一层致密的薄膜，覆盖在铝的表面，防止了铝与空气的接触，起了保护膜的作用。

又如钠极易与氧结合，在通常条件下它能迅速与空气中的氧作用生成氧化钠。



金属钠在空气中加热容易燃烧，与水起剧烈作用并放出大量的热，使用时要注意安全。由于它与氧有极强的结合力，因此，只能把它浸在不含氧的物质（如煤油）中保存。由于金属钠与氧有极强的结合力，在热处理生产中对某些工件进行无氧化加热退火时，可以采用一种简易方法。就是用一定量的金属钠与工件同时装入一封闭容器中，加热时，铝吸收了容器中的氧，而使工件受到保护。

通过上述讨论，可以了解到氧气是一种十分活泼的气体，在一定条件下它能氧化许多金属和非金属。这些金属或非金属与氧结合而形成的新物质叫做氧化物，其中金属与氧结合而形成的新物质，叫做“金属氧化物”，如氧化亚铁、三氧化二铝、氧化钠等。非金属与氧结合而形成的新物质叫做“非金属氧化物”，如五氧化二磷、二氧化碳、二氧化硅、三氧化二硼等等。

氧气虽然给热处理生产带来了一些麻烦，但“事物都是一分为二”的，氧气在生产及日常生活中，有着极为广泛的用途。氧气可以供给人们呼吸，在医疗急救、高空航行、登山、潜水等方面，普遍应用着氧气；由于物质在氧气里燃烧比在空气里燃烧要剧烈得多，所以冶金工业上采用氧气代替空气鼓风，可以加快冶炼速度，提高钢铁质量；乙炔（电石气）在氧气中燃烧能产生近3000℃的氧炔焰，工业上利用这种高温火焰焊接和切割金属，这就是气焊和气割。

2. 氮气

氮气在一般条件下是一种比较不活泼的气体，也就是说它很难与其他物质发生化学反应，但是在一定的条件下，它也能与氢、氧等发生作用，工业上就是利用氮的这一性质来生产氨和硝酸。

由于氮气比较不活泼，它与钢铁工件极难发生化学作用，因此，工件在氮气中加热也可达到防止氧化脱碳的效果。在一定条件下氮也能与某些金属（如镁）作用，生成金属氮化物，因此，镁及镁合金在氮气中加热就会受到破坏。

3. 惰性气体

惰性气体，在一般条件下不能与其它物质发生化学反应，也就是说化学性质很稳

定。惰性不是绝对的，在特殊条件下也能与某些物质作用，形成比较不稳定的化合物，例如氦化汞 (HgHe_{10})，氦化钨 (WHe_2) 等。惰性气体包括氦、氖、氩、氪、氙（音仙）等气体，其中以氩在空气中含量较多，占空气总体积0.93%，氦、氖……等在空气中含量极少，其总量约占空气总体积的0.002%。由于氩气在空气中含量较多，因此工业生产中常用一定的方法把氩气从空气中分离出来，利用它的惰性，在热处理工艺中将工件在氩气中加热可受到保护，达到防止氧化脱碳的效果；不锈钢、镁合金及铝合金的焊接过程中，可用氩气保护，防止焊缝区金属的高温氧化，以保证焊接的质量；将氩气填充灯泡里，可使灯泡发光好，并延长使用寿命；惰性气体也是制造航标灯、霓虹灯、“人造小太阳”等各种电光源的充气材料。

空气中二氧化碳和水蒸气的主要性质，及其在热处理生产中的作用将在以后介绍。

二、分子和原子

1. 物质的组成

科学实验证明，大多数物质是由很小的微粒叫做“分子”构成的。例如氧气是由氧分子构成的，水是由水分子构成的。物质可以分成分子，分子还能再分，分成比它更小的叫做“原子”的微粒。物质分子就是由一定种类，一定数目的原子所组成。例如每个氧分子是由两个氧原子组成的；每个水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的。

分子是物质中能独立存在并保持原物质化学性质的最小微粒。

物质的分子由两种或两种以上的原子组成的，这种物质叫化合物。例如水分子、氨分子、二氧化碳分子，钛白粉分子，它们的组成如图1—4所示：

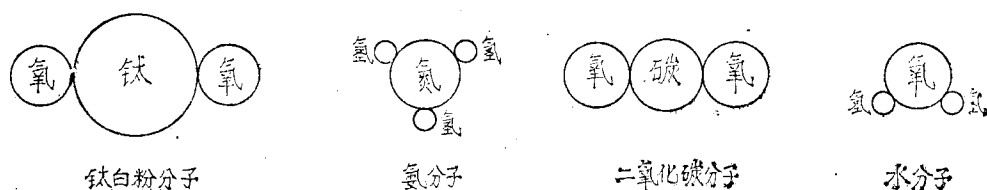


图1—4 化合物分子组成示意图

物质的分子由同一种原子组成的，这种物质叫做单质。如铁、铝、碳、硫、氧气、氢气等等。有的单质分子由两个原子组成，许多气体单质就是如此。如图1—5所示：



图1—5 单质分子组成示意图

有的单质分子是以单个原子存在的，如氦、氖、氩等惰性气体。

同种分子具有相同的性质，不同的分子性质不相同，所以由不同分子各自构成的物

质，它们的性质就不相同。

氧气、二氧化碳、氨气是由不同种类的分子组成。因此它们的性质也就不同了。

我们日常生活中接触到的物质有纯净物与混合物之分。由一种单质或一种化合物组成的物质叫做纯净物。例如：氧气、铜、氯化钠、纯碱（碳酸钠）等都是纯净物。由几种不同物质（单质或化合物）混和在一起组成的物质叫做混合物。例如，空气是由氧气、氮气等几种物质所组成的混合物；中温盐浴用的盐是由氯化钡和氯化钠所组成的混合物。

纯净物与混合物是相对的，绝对的纯是没有的。在工农业生产及科学试验中常根据实际要求选用一定纯度的化学试剂，一般来说，化学试剂按它的相对纯度由低到高，可分为工业品、实验试剂（L.R）、化学纯试剂（C.P）、分析纯试剂（A.R）、保证试剂（G.R）、光谱化学纯试剂等若干级。

在生产中往往还根据工艺需要，要求某些杂质的含量降低到一定的指标以下，例如，盐浴用氯化钡，要求其中硫酸盐含量在0.5%以下等等。

综上所述，物质按其组成可分类如下：

物质	{	混合物（如空气）		
		纯净物	{	单质 { 金属（如铁、铜） 非金属（如氧、碳）
				化合物（如水、二氧化碳）

2. 分子和原子的运动

分子非常小。水分子的直径大约是0.000,000,028厘米。如果把水分子放大一千万倍，也差不多只有绿豆那样大小。虽然分子非常小，但现在可以用电子显微镜拍摄出物质分子的照片。

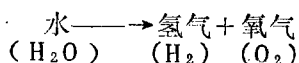
平常有很多事实使我们感到分子确实存在。例如我们在田间浇氨水，周围就能嗅到氨的气味；晾湿的衣服，不久就干了。再如，糖放在水里会逐渐溶解；卫生球放久了会慢慢变小。这些事实说明无论气体、液体或固体，它们的分子都在不停地运动着。氨的味道就是由看不见的氨分子不断地向四面八方飞散的结果。温度升高，分子运动加快。例如水受热后，水分子运动加快，所以蒸发得就更快。

气体有可压缩性，可以大大地压缩。例如6000升氧气，可以把它压缩到容积仅40升的氧气钢瓶中。这说明气体分子间具有很大的空隙，也就是说物质分子之间具有一定的间距，间距大，物质就呈气态；间距小，物质就呈液态或固态。

由于分子的运动和互相排斥，使分子趋向于彼此分散分离，那么固体或液体的分子为什么又能聚集在一起呢？这是因为分子间还存在着吸引力。固体分子间的吸引力最大，因而要想切断一根金属丝或折断一根木棒，必须用很大的力才行；液体分子间的吸引力较小，分开液体就比较容易；而气体分子间的吸引力最小，所以气体能向四面八方飞散。

物质发生物理变化时，分子没有发生变化，所以仍是原来的物质。例如水加热变为水蒸汽后，水分子没有改变，只是分子间的距离增大，由液态转变成气态。在物质发生化学变化时，分子就发生质变，变成了新物质的分子。例如，在一定条件下（如通电）

水可以分解为氢气和氧气，这两种物质的分子与水分子完全不同，它们分别构成了新物质：



由一种物质生成两种以上新物质的化学反应，叫做分解反应。

物质发生化学变化，是由于构成物质的原子运动的结果。在水的电解过程中，通电破坏了水分子中氢原子和氧原子间的结合，而分为氢原子和氧原子（化分）；同时，氢原子（H）又结合成氢分子（ H_2 ），氧原子（O）又结合成氧分子（ O_2 ）（化合）。这个过程可用图1—6表示：

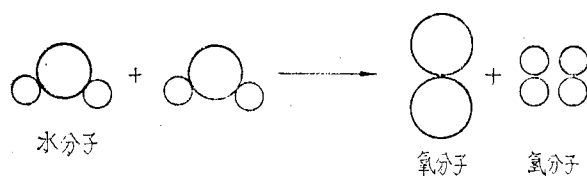


图1—6 水分解示意图

以上例子使我们较具体地看到，在化学反应中，原子的种类和数目不会改变，只是原子重新组合成新物质的分子。因此，原子是物质进行化学反应的基本微粒。化学反应的实质就是原子的化分与化合。

3. 原子量

原子是很小的微粒，所以它的重量也非常小，例如，一个碳原子的重量是：

0.000,000,000,000,000,000,000019,94克，

即 1.994×10^{-23} 克。

一个氧原子的重量是：

0.000,000,000,000,000,000,000,026,57克，

即 2.657×10^{-23} 克。

一个铁原子的重量是：

0.000,000,000,000,000,000,000,092,72克，

即 9.272×10^{-23} 克。

从上面的数字可以看出，用“克”为单位来表示原子的重量，就象用“吨”为单位来表示一粒芝麻的重量一样，这样小的数字，无论是记忆或应用都很不方便；同时要直接测定一个原子的绝对重量也是不可能的。因此，只能选择一个标准，间接地测定各种原子的相对重量。国际上采用碳原子（ C^{12} ）* 的重的量的 $\frac{1}{12}$ 作为衡量其他一切原子的重量单位，这个单位称为碳单位。1个碳单位等于 1.66×10^{-24} 克。用碳单位来表示的一个原子的重量叫做原子量。例如：

氢的原子量 = 1.0079 碳单位

* C^{12} 是碳的一种同位素。有关这方面概念在本章 § 2 学习。

氧的原子量 = 15.999 碳单位

硫的原子量 = 32.06 碳单位

碳的原子量 = 12 碳单位

其他各原子的原子量见周期表。

在实际应用时，常将“碳单位”三字省略。在一般热处理生产中并不需要这么精确的原子量数值，取小数后一、二位数就可以了。例如氧的原子量为16，氢的原子量为1等等。

§ 1—2 原子结构 周期表

一、原子的组成

我们已经知道大多数物质是由分子组成的，分子可以分为原子，原子是否还可以再分呢？形而上学认为：物质存在着最后的、绝对的、不可分的微粒，即“物质的始原”。十九世纪的资产阶级自然科学家就曾断言原子是绝对不可分的，但现代科学实验证实，原子是由原子核和核外电子两部分构成的。原子核带正电荷，位于原子的中心；电子带负电荷，它在原子核周围的空间高速运动着。原子核在整个原子中所占体积非常小，它的直径约等于原子直径的十万分之一左右，可见原子内部绝大部分是“空”的。电子的质量极小，约等于氢原子质量的 $\frac{1}{1840}$ ，由此可见，原子的质量几乎都集中在原子核上。

科学上把一个电子所带的电量定为一个单位电荷，所以一个电子带有一个单位负电荷。在原子中，原子核所带的正电荷数（通常叫做核电荷数）与核外电子所带的负电荷数相等，所以整个原子不显电性。例如：氢原子的核电荷数为1，同时有1个电子在原子核周围空间高速运动；氧原子的核电荷数为8，同时有8个电子在原子核周围空间高速运动，因此整个原子都不显电性。各种原子的核电荷数不同，例如：氢、氦、锂、铍、硼、碳……等原子的核电荷数分别为1、2、3、4、5、6……。

原子中间极微小的核——原子核也具有复杂的结构，它还可以再分。科学实验证实，原子核可以分出更小的叫做“质子”和“中子”的微粒。一个质子是带一个单位正电荷的微粒。原子核中有几个质子，原子的核电荷数也就有几个，所以原子的核电荷数也就等于质子数。同一类原子的质子数相同，因之它们的核电荷数相同。中子是不带电荷的微粒，它的质量和质子的质量几乎相同，约等于1个“碳单位”。由于原子中的电子质量极小，可以忽略不计，所以原子量的数值约等于原子核内质子数加中子数。在化学上把原子核内质子数加中子数之和叫做原子的质量数。

总结起来，原子的组成可以概括如下：

原子	{	原子核	{	质子（带正电荷）
			中子（不带电荷）	
			电子（带负电荷）	

质子数 = 核电荷数 = 核外电子数

例如：氮原子核内有 2 个质子和 2 个中子，氮的核电荷数就等于 2，核外有 2 个电子，氮的原子量约等于 4。

人们对物质结构的认识是否到此为止了呢？十九世纪末叶以前，人们还仅仅认识到原子，但二十世纪很快就发现电子、原子核等基本粒子。电子和其他所谓“基本粒子”是否就是最“基本”的微粒呢？决不是，“电子和原子一样，也是不可穷尽的；自然界是无限的，而且它无限地存在着。”在人们追求物质结构的真理的过程中，每深入一步，都有人中途停顿下来，认为已经达到“物质的始原”，不可再分了，不再包含内在矛盾了，企图完成所谓最终的理论。自然科学发展的历史无情地嘲弄着这样的形而上学者们，越来越清楚地揭示出自然界固有的辩证法。“客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”人们对物质结构的认识也是永远无止境地发展着的。

二、元素 元素符号 同位素

1. 元素

我们已经知道同一类原子都具有相同的质子数。这样我们可以把具有相同质子数的一类原子总称为元素。例如：氧气、水、二氧化碳分子中都含有 8 个质子的氧原子，我们把这类原子总称为氧元素。因此我们可以说，氧气是由氧元素组成的，水是由氢和氧二种元素组成的，二氧化碳是由氧和碳二种元素组成的。到目前为止，已经知道有 105 种元素。

根据元素的性质，可分为金属元素（83 种），和非金属元素（22 种）两大类。铁、铜、铝、镁等都是金属元素。金属都具有特殊的金属光泽，一般都能导电、传热、有延展性（既能抽成丝，又能压成薄片），常温下都是固体（汞是液体）。氧、硫、碳、氯等都是非金属元素。非金属一般不能导电、传热、没有金属光泽。金属和非金属也不是绝对的，例如作为半导体材料的锗和硅，就兼有金属和非金属的性质。

金属元素的名称（除汞外）都用“金”字旁，例如：铁、铜、铝等。非金属元素的名称，气体的用“气”字头，例如：氢、氧、氮等；液体的用“氵”字旁，例如溴；固体的用“石”字旁，例如：碳、硫、磷等。

2. 元素符号

组成物质分子、原子的化学元素很多，为了应用方便，正象许多钢铁材料用一定的钢号表示一样，我们也用一些拉丁字母来表示各种化学元素，这种表示形式称为化学元素符号（化学元素符号是国际通用的）。

根据热处理工作的需要，我们先学习下列 25 种化学元素的符号。

元素名称	铁	钢铁中五大元素	钢铁中常用合金元素								
		碳(硅砂)硫磷锰	钨	钼	铬	镍	钼	钛	钴	硼	
化学符号	Fe	C Si S P Mn	W	V	Cr	Ni	Mo	Ti	Co	B	

元素名称	热处理介质中常用元素	其他元素
	钡 钠 钾 钙 氯 氮 氧 氢	铜 锌 铝
化学符号	Ba Na K Ca Cl N O H	Cu Zn Al

书写元素符号时，如果只有一个字母，必须大写；如果有两个字母，第一个字母必须大写，第二个字母必须小写，否则容易发生错误。例如钴元素的符号是“Co”，若写成“CO”就错了，因为“CO”表示一氧化碳。

元素符号具有下面三个意义：

(1)表示一种元素；

(2)表示这种元素的原子量。

例如“O”这个符号既表示氧元素，也表示一个氧原子和它的原子量为16；“Fe”这个符号既表示铁元素，也表示一个铁原子和它的原子量为56。

3. 同位素

在化学上为了表示原子核的组成，通常在元素符号的左下角注明原子的核电荷数（质子数），右上角注明质量数（质子数+中子数=质量数），例如元素钠（Na），它的原子核中有11个质子，12个中子，质量数为23，钠的原子核的组成表示为： ${}_{11}\text{Na}^{23}$ 。同理， ${}_{6}\text{C}^{12}$ 表示碳原子核的组成。根据这些符号，可以知道其原子的组成。例如， ${}_{6}\text{C}^{12}$ 表明碳的原子核中有6个质子，6个中子，核外有6个电子。

近代科学上发现了很多核内质子数相等但中子数不等的原子，这类原子经研究知道，除了质量数不相等外（因为中子数不等，所以质量数不相等），在化学性质上完全一致。例如寻常的氯（Cl），不论在化合状态或是游离状态，都是由 ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ 、 ${}_{17}\text{Cl}^{37}$ 两种原子混合组成，它们核内的质子数都是17，但中子数不等，一为18，一为20。自然界中碳也有三种原子核组成不同的原子，它们是 ${}_{6}\text{C}^{12}$ 、 ${}_{6}\text{C}^{13}$ 、 ${}_{6}\text{C}^{14}$ 。象这种原子核内质子数相等，但中子数不相等的同一种元素的原子叫做同位素。例如，我们说氯有两种同位素，碳有三种同位素。几乎所有的元素都有同位素，只是有的多一些，有的少一些。目前知道的各种元素的同位素的总数有三百余种。

同一元素的几种同位素在自然界的相对含量叫做丰度，例如 ${}_{6}\text{C}^{12}$ 、 ${}_{6}\text{C}^{13}$ 的丰度分别为98.9%、1.1%、（ ${}_{6}\text{C}^{14}$ 是人造元素）。元素的原子量是几种同位素的平均原子量。例如碳原子量是12.011就是 ${}_{6}\text{C}^{12}$ 和 ${}_{6}\text{C}^{13}$ 的平均原子量。

三、原子核外的电子分布

惰性气体和氧气虽然都是气体，但它们的化学性质却差别很大。其他不同元素，也具有不同的性质。由于原子是物质进行化学反应的基本微粒，因此要了解不同元素和化合物在性质上的差异，就必须以各元素原子内部运动状态来研究反映它们本质的特殊矛盾。

原子是由原子核和核外电子构成的，在一般化学反应中，原子核不起变化，对元素

化学性质发生主要影响的是原子核外的电子。电子在原子核外不停的运动着，当进行化学反应时，电子的运动状态和分布情况就会发生变化。下面先简单介绍一下关于电子运动状态——电子云的概念。

1. 电子云

就最简单的氢原子来说，氢原子核内有一个质子，核外只有一个电子，它在原子核周围的空里高速地运动着。原子核带正电荷，电子带负电荷，正、负电荷要互相吸引，这是矛盾的一方面；而电子的高速运动使它产生了一种摆脱原子核吸引的倾向，即互相排斥，这是矛盾的另一方面，正如恩格斯指出的那样：“一切运动都存在于吸引和排斥的相互作用中。”在一定的条件下，吸引和排斥达到平衡，矛盾的双方暂时共处于一个统一体中，构成了氢原子。

但是，“对立的统一是有条件的、暂时的、过渡的、因而是相对的，对立的斗争则是绝对的。”当外界条件改变时，如给氢原子以足够的能量，使电子达到能克服原子核对其吸引的程度，电子就可以从原子中脱出，氢原子就变成带正电荷的氢离子（ H^+ ，关于离子的概念，见后）。

电子很小、很轻、又以极高速度绕原子核运动。电子的这些特点，决定了电子运动的特殊形式。这种运动形式，并不象人造卫星那样沿着固定轨道绕地球运行，在确定的时间内可以观察到它所在的位置，而是电子在原子核外的任何一点都可能出现。因为电子运动极快，所以原子核外就象笼罩着“电子的云雾”，通常形象地称它为“电子云”（图1—7）。

电子在核外运动不能用固定轨道来描述，但电子在原子核外的某些区域内出现的机会多少，仍然是有一定规律的。例如氢原子在正常状态下，核外离核 $0.53 \text{ \AA}$ （ $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ 厘米}$ ）的一层球壳附近电子出现的机会最多，因此，氢原子的电子云象球形。图1—7中黑点密度大的地方表示氢原子核外电子最常出现的区域。

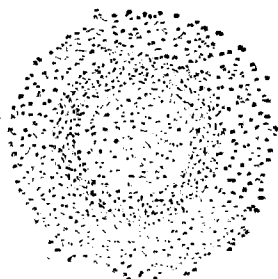


图1—7 氢原子电子云示意图

2. 原子核外的电子分布

(1) 电子层

在已经发现的元素中，除氢外，其他元素的原子都有较多的电子，这些电子在核外的运动状态很复杂。科学实验证明，原子核外的电子都是在离核远近不同的位置上有规律地绕核高速运动。它们具有不同的能量。能量较低电子经常在离核较近的空间里运动，被核束缚得较紧；能量较高的电子经常在离核较远的空间里运动，受核的引力较小。根据能量不同分成不同的等级，叫做能级，通常也叫电子层。因而我们可以近似地认为电子在原子核外是分层分布的。

在一般情况下，离核最近的电子层，能量最低，离核稍远的电子层，能量稍高。在同一电子层上的电子的能量接近相等。通常用 $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 等来表示离核由近到远的电子层次序，相应地也可以用K、L、M、N、O、P、Q等符号表示。

(2) 核外电子分布的一般规律