

## 绪 言

化学是研究物质的组成结构、性质及其应用的一门自然科学。

在生产活动和日常生活中，我们经常接触到很多物体。如桌椅板凳，锹镐锄镰。它们占有一定空间，具有一定质量。形形色色的物体是由不同材料构成的。桌椅板凳是木制的，锹镐锄镰是铁打的。化学上，把构成物体的材料叫做物质。铁和木材就是物质。同样，水、食盐、土壤、空气、化肥、农药、柴油等也都是物质。可以说，世界是由物质构成的。

一切物质都在不停地运动着。水受热而成水蒸气，受冷而冻结成冰。这是常见的固、液、气三态变化；锯木成材、碎石成块是又一种常见的外形变化。这类变化改变的只是物质的存在状态和外形，并没有生成新物质。这种没有新物质生成的变化，叫做物理变化。

木材燃烧生成水、二氧化碳和灰烬；铁受潮而生锈，在变化时都有新物质生成。这种有新物质生成的变化，叫做化学变化，也叫化学反应。化学变化的特征是生成新物质。此外，在化学变化中，常有热和光的产生，颜色的改变或沉淀，气体的生成。这些现象可以帮助我们判断有无化学变化发生。

每一种物质都具有自己的特征，物质的特征叫性质。象物质的状态、颜色、气味、味道、密度、硬度、熔点、沸

点、溶解性、传热导电能力等，叫做物理性质。物理性质是物质的表观特征，可以通过表面观察或简单仪器测定出来。物质的另一些性质，如碳铵受热易分解生成氨气、二氧化碳和水，木材燃烧等，这种只有通过化学变化才能表现出来的性质，叫做物质的化学性质。

化学与化学工业是发展国民经济的决定因素之一。可以说，国民经济中没有一个部门能够离开化学。以农业生产为例，农业生产中的土壤诊断，合理施肥，化学除草、农药的使用、作物品种的鉴定与改良等，都需要一定的化学知识和必要的化学实验基础。农业课程中的植物生理学、土壤肥料学、植物保护学、遗传育种学等，都与化学有着极为密切的联系。所以，《化学基础》必然也是农业技术培训不可缺少的一门基础课。

# 第一章 化学基本概念

## 第一节 分子和原子

一切物体都是由物质构成的。物质又是由分子和原子构成的。

### 一、分子

绝大多数物质是由分子构成的。分子是能独立存在并保持原物质化学性质的最小微粒。酒精是由酒精的分子构成的；碳铵是由碳铵的分子构成的；砒霜是由砒霜的分子构成的。酒精能够燃烧，碳铵能够分解，砒霜有剧毒性。这说明，不同种类的分子具有不同的性质。分子不同，它们组成的物质性质也就不同。

分子的体积和质量都非常小。如果把水分子看作是个球体，它的直径大约是 $2.8 \times 10^{-8}$ 厘米。它的质量大约是 $3 \times 10^{-23}$ 克。一滴水中竟有 $1.5 \times 10^{21}$ 个水分子。

如果把一粒高锰酸钾投入水中，马上会看到高锰酸钾的紫红色慢慢地向四周散开；打开一瓶酒精，立即能闻到酒精的气味；卫生球放在箱子里，会逐渐变小，直到完全消失。这些现象说明，分子确实是存在的，并且在不停地运动着。

构成物质时，分子并不是一个个紧靠在一起的。它们之间

存在着一定的间隔和相互作用力。气态物质分子间隔很大，作用力很小，所以气体没有固定的体积和形状；液态物质分子间隔较小，作用力有所增大，所以液体有固定体积，但是没有固定形状；固态物质由于分子间隔很小，分子间作用力进一步增大，分子运动很不自由，所以固体有一定体积和形状。

## 二、原子

分子是由更小的微粒——原子构成的。例如，水分子是由两个氢原子和一个氧原子构成的；一个氢分子是由两个氢原子构成的；一个氧分子是由两个氧原子构成的（图1）等等。



图1 氧气、氢气、水的分子示意图

在化学反应中，反应物的分子受到破坏，原子重新组合，生成了新物质的分子。例如，氢气在氧气中燃烧生成水，就是由于氢气分子、氧气分子受到破坏，氢原子和氧原子重新组合，生成了水分子（图2）。

由此可见，在化学反应中，原子本身是不发生变化的，仅仅是改变了组合方式。因此，原子是在化学反应中不能再分的最小微粒。或者说，原子是物质进行化学反应的最小单



图2 氧分子和氢分子反应生成水分子的示意图

位。

绝大多数物质是由分子构成的，分子又是由原子构成的。这是因为在一部分物质（惰性气体；铁、铜、铝等金属；石墨。硫磺等多数固态非金属等）中，并不存在着分子，它们是由原子直接构成的。但是，为方便起见，也常把这些物质说成是由分子构成的，它们的分子就是1个原子，叫做单原子分子。

### 三、原子量与分子量

#### （一）原子量

原子的质量非常小。1个碳原子的质量是 $1.994 \times 10^{-23}$ 克，1个氧原子的质量是 $2.657 \times 10^{-23}$ 克，1个氢原子的质量是 $1.673 \times 10^{-24}$ 克。显然，如果用克做单位表示原子的质量，使用和计算都很不方便，需要采用一种新的质量单位。在科学上，把一种碳原子（指 $C^{12}$ ，见第二节元素与同位素。）的质量规定为12，以它的 $\frac{1}{12}$ 作为度量原子质量的单位，叫做“原子单位”。把其他原子的质量和“原子单位”相比较，所得出的数值叫做该种原子的原子量。例如，1个氧原子的质量是“原子单位”的16倍，氧的原子量为16.00；1个氢原子的质量是“原子单位”的1.008倍，氢的原子量为1.008。

原子量可以从元素周期表中查得（附录 I）。

## （二）分子量

分子量就是组成分子的各原子的原子量之和。例如，水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成的，所以水的分子量为  $1.008 \times 2 + 16.00 = 18.02$ ；1 个氧分子是由 2 个氧原子组成的，所以氧的分子量为  $16.00 \times 2 = 32.00$ 。

## 第二节 元素与同位素

### 一、原子的基本组成

原子是在化学反应中保持不变的最小微粒，但并不是在任何情况下原子都是不可改变的。许多实验证实，原子内部存在着更小的微粒。原子是由居于原子中心的原子核和绕核高速运转的电子组成的。原子核又由质子和中子组成。

每个电子带 1 个单位负电荷，质量为  $\frac{1}{1837}$ ，每个质子带 1 个单位正电荷，质量约等于 1；中子不带电，质量也等于 1（表 1）。

表 1 电子、质子、中子的基本性质

| 粒子名称 | 带电量 | 质量               |
|------|-----|------------------|
| 电子   | -1  | $\frac{1}{1837}$ |
| 质子   | +1  | 1                |
| 中子   | 0   | 1                |

原子核是带正电荷的，其带电量等于核内质子数。原子核所带正电荷数，简称核电荷数，也叫做原子序数。

原子种类不同，其原子组成不同（表 2）。但是，在任何原子中，质子数和电子数总是相等的，因此原子呈电中性。即：

核电荷数 = 原子序数 = 质子数 = 核外电子数。

电子的质量很小，所以，原子的质量主要集中在原子核上。也就是说，质子数和中子数之和（叫做质量数）近似地等于原子量。即：

原子量  $\approx$  质量数 = 质子数 + 中子数。

表 2 几种原子的组成

| 原 子 种 类 | 原 子 核 |       | 核外电子数 |
|---------|-------|-------|-------|
|         | 质 子 数 | 中 子 数 |       |
| 氢       | 1     | 0     | 1     |
| 氧       | 8     | 8     | 8     |
| 钠       | 11    | 12    | 11    |
| 镁       | 12    | 12    | 12    |
| 铝       | 13    | 14    | 13    |
| 硅       | 14    | 14    | 14    |
| 磷       | 15    | 16    | 15    |
| 硫       | 16    | 16    | 16    |
| 氯       | 17    | 18    | 17    |

## 二 、 元 素

元素就是具有相同质子数（即核电荷数）的同一类原子的总称。如氢元素是氢原子的总称，镁元素是镁原子的总称。至今，已经知道的元素共有 106 种（附录 I）其中，非金属元素 22 种，金属元素 84 种。自然界中所有物质都是由元素组成

的。按组成物质的元素种类，可以将物质分成两大类。

### 1. 单质

单质是由同种元素组成的物质。例如，氧气是由氧元素组成的；铁是由铁元素组成的。氧气和铁都是单质。

### 2. 化合物

化合物是由不同种元素组成的物质。例如，水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）是由氢元素和氧元素组成的；碳铵（ $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ）是由碳、氢、氧、氮四种元素组成的。水和碳铵都是化合物。

科学实验证明，作物生长所需要的元素约有六、七十种。其中碳、氢、氧、氮、硫、磷、钾、钙、镁和铁等十大元素需要量较大。氮、磷、钾称为肥料三要素，在施肥上占有重要地位。此外，作物还需要少量的硼、锰、铜、锌、钼、氯等元素，含这些元素的肥料，叫做微量元素肥料。

## 三、元素符号

元素符号是表示元素的外文符号（表 3）。若元素符号是一个字母，应大写；若元素符号是两个字母，则第一个字母大写，第二个字母小写。如氢的元素符号写成“**H**”，氧的元素符号写成“**O**”。钴的元素符号写成“**Co**”，而不能写成“**CO**”。

元素符号表示三种意义。

1. 表示一种元素
2. 表示这种元素的一个原子
3. 表示这种元素的原子量

如“O”表示氧元素，也表示一个氧原子，还表示它的原子量是16.00。

表 3 常见元素的符号和原子量（近似值）

| 元素名称 | 元素符号 | 原子量  | 元素名称 | 元素符号 | 原子量 |
|------|------|------|------|------|-----|
| 氢    | H    | 1    | 钡    | Ba   | 137 |
| 氧    | O    | 16   | 锌    | Zn   | 65  |
| 氮    | N    | 14   | 铜    | Cu   | 64  |
| 氟    | F    | 19   | 铁    | Fe   | 56  |
| 氯    | Cl   | 35.5 | 铝    | Al   | 27  |
| 溴    | Br   | 80   | 锡    | Sn   | 119 |
| 碘    | I    | 127  | 铅    | Pb   | 207 |
| 碳    | C    | 12   | 汞    | Hg   | 201 |
| 硅    | Si   | 28   | 银    | Ag   | 108 |
| 磷    | P    | 31   | 金    | Au   | 197 |
| 钠    | Na   | 23   | 铬    | Cr   | 52  |
| 钾    | K    | 39   | 锰    | Mn   | 55  |
| 镁    | Mg   | 24   | 钨    | W    | 184 |
| 钙    | Ca   | 40   | 锑    | Sb   | 122 |

注：每种元素名称用一个专用汉字表示。“金”旁的字表示金属元素，其单质在常温下是固体。金属汞是液体，为“水”字底。“石”、“气”、“氵”旁的字，表示非金属元素，其单质在常温下分别是固体、气体和液体。

#### 四、同位素

同种元素的原子，所含质子数是相同的，但是中子数不一定相同。例如，氢元素就有三种原子，分别叫做氕（pī，即常讲的氢）氘（dāo，俗称重氢）氚（chuān，俗称超重氢）。它们的质子数相同，但中子数不同（表4）。

表 4 氢元素的同位素

|   | 质 子 数 | 中 子 数 | 质 量 数 |
|---|-------|-------|-------|
| 氕 | 1     | 0     | 1     |
| 氘 | 1     | 1     | 2     |
| 氚 | 1     | 2     | 3     |

象这种质子数相同而中子数不同的不同种原子互称为同位素。除少数元素外，大多数元素都是由各种同位素组成的。

同位素用同位素符号表示。如氢的三种同位素符号为： ${}^1_1\text{H}$ （氕）、 ${}^2_1\text{H}$ （氘）、 ${}^3_1\text{H}$ （氚），元素符号左下角的数字代表质子数，左上角的数字代表质量数。再如，氯有两种同位素，即 ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 和 ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ ；碳有三种同位素，即 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 。

同位素分为两类。一类具有放射性，能够自发地放射出肉眼看不见的射线，称为放射性同位素。另一类没有放射性，称为稳定同位素。在农业上，已广泛应用放射性同位素。例如，用适度射线照射作物的种子或植株，能改变作物遗传物质的结构，使其发生变异，培育新品种。用较强射线照射马铃薯和其他蔬菜，可以抑制种子、块根、块茎的生长发育机能，延长贮存时间。

### 第三节 核外电子的排布

在含有多个电子的原子里，电子的能量并不相同。能量低的，在离原子核较近的区域运动，能量高的，在离原子核

较远的区域运动。为了形象地说明问题，通常用电子层表明电子离核的远近。能量最低、离核最近的为第一层；能量稍高、离核稍远的为第二层；由里向外依此类推，为第三、四、五、六、七层。也可依次把一、二、三、四、五、六、七层叫做 K、L、M、N、O、P、Q 层。这样，电子就可以看作是在能量不同的电子层上运动，叫做核外电子的分层排布。原子序数从 1—19 的元素和 6 个惰性气体元素原子的核外电子是按一定规则分层排布的（表 5、6）。

表 5 部分元素原子的核外电子分层排布

| 原子序数 | 元素名称 | 元素符号 | 各电子层的电子数 |   |   |   |
|------|------|------|----------|---|---|---|
|      |      |      | K        | L | M | N |
| 1    | 氢    | H    | 1        |   |   |   |
| 2    | 氦    | He   | 2        |   |   |   |
| 3    | 锂    | Li   | 2        | 1 |   |   |
| 4    | 铍    | Be   | 2        | 2 |   |   |
| 5    | 硼    | B    | 2        | 3 |   |   |
| 6    | 碳    | C    | 2        | 4 |   |   |
| 7    | 氮    | N    | 2        | 5 |   |   |
| 8    | 氧    | O    | 2        | 6 |   |   |
| 9    | 氟    | F    | 2        | 7 |   |   |
| 10   | 氖    | Ne   | 2        | 8 |   |   |
| 11   | 钠    | Na   | 2        | 8 | 1 |   |
| 12   | 镁    | Mg   | 2        | 8 | 2 |   |
| 13   | 铝    | Al   | 2        | 8 | 3 |   |
| 14   | 硅    | Si   | 2        | 8 | 4 |   |
| 15   | 磷    | P    | 2        | 8 | 5 |   |
| 16   | 硫    | S    | 2        | 8 | 6 |   |
| 17   | 氯    | Cl   | 2        | 8 | 7 |   |
| 18   | 氩    | Ar   | 2        | 8 | 8 |   |
| 19   | 钾    | K    | 2        | 8 | 8 | 1 |

表 6 情性气体元素原子的核外电子分层排布

| 原子序数 | 元素名称      | 元素符号 | 各电子层的电子数 |   |    |    |    |   |
|------|-----------|------|----------|---|----|----|----|---|
|      |           |      | K        | L | M  | N  | O  | P |
| 2    | 氦(hai)    | He   | 2        |   |    |    |    |   |
| 10   | 氖(hnaili) | Ne   | 2        | 8 |    |    |    |   |
| 18   | 氩(ya)     | Ar   | 2        | 8 | 8  |    |    |   |
| 36   | 氪(ke)     | Kr   | 2        | 8 | 18 | 8  |    |   |
| 54   | 氙(xian)   | Xe   | 2        | 8 | 18 | 18 | 8  |   |
| 86   | 氡(dong)   | Rn   | 2        | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 |

从原子核外电子层排布情况，可发现：

### 1. 核外电子分层排布

核外电子分层排布的规则：一是每层电子的最大容量为层数平方的 2 倍。设电子层数为  $n$ ，电子的最大容量为  $2n^2$ 。二是最外层所能容纳的电子数不能超过 8 个（如果只有 1 个电子层，电子数不能超过 2 个），三是次外层所能容纳的电子数不能超过 18 个。四是核外电子总是由能量最低的电子层依次向能量逐步升高的电子层里排布。即排满 K 层排 L 层、排 M 层……。

### 2. 最外层电子数决定元素的性质

情性气体元素原子的最外层电子都是 8 个（氦原子只有 1 个电子层，电子数为 2）它们的化学性质极不活泼。所以，通常把最外层有 8 个电子的结构，叫做稳定结构（若第一层为最外层，有 2 个电子叫稳定结构）。而金属元素，如钾、钠、镁、铝等，它们原子的最外层电子的数目一般少于 4 个。非金属元素，如氟、氯、硫、磷等，它们原子的最外层电子的数目一般多于 4 个。在化学反应中，金属元素的原子比较容易失去最外层电子，而使次外层变成最外层，

达到稳定结构；非金属元素的原子比较容易获得电子，而使最外层达到稳定结构。所以，元素的最外层电子数决定元素的性质，特别是化学性质。

运用以上所学的知识，我们可以通过元素的原子序数和原子量，推知原子的基本组成、核外电子的分层排布情况，并粗略判断元素的基本性质。

例如，已知钠元素的原子序数是 11，原子量是 23，核外电子分层排布：

第 1 层为 2 个电子 ( $2n^2 = 2 \times 1^2 = 2$ )，

第 2 层为 8 个电子 ( $2n^2 = 2 \times 2^2 = 8$ )，

第 3 层为 1 个电子 ( $11 - 2 - 8 = 1$ )。

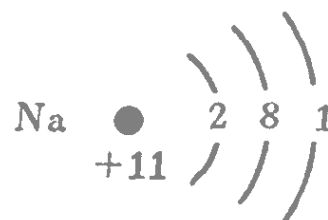


图 3 钠原子结构示意图

• 为原子核 \* 弧线为电子层

钠原子结构 (图 3) 的最外层电子数是 1，在化学反应中，表现得活泼，容易失去 1 个电子，显强金属性。

又如，已知氯元素的原子序数是 17 原子中含 17 个质子，17 个核外电子。核外电子的分层排布为：

第一层 2 个电子 ( $2 \times 1^2 = 2$ )，

第二层 8 个电子 ( $2 \times 2^2 = 8$ )，

第三层 7 个电子 ( $17 - 2 - 8 = 7$ )。

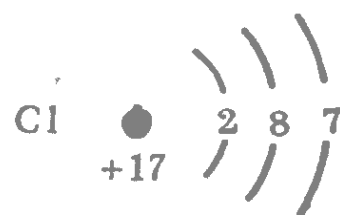


图 4 氯原子的结构示意图

原子的结构示意图 (图 4)。由图可

见，氯原子的最外层电子数是 7，在化学反应中，表现活泼，容易获得 1 个电子，显强非金属性。

## 第四节 分子的形成

任何元素的原子，都有使其最外层电子达到 8 个，从而形成稳定结构的趋势。这种趋势就是原子相互结合形成分子的动力。由于各种元素的原子争夺电子的能力不同，因而形成不同类型的分子。

### 一、离子型分子

在一定条件下，金属钠能在氯气中燃烧，生成白色氯化钠固体。

从钠和氯的原子结构看，钠原子的最外层有 1 个电子，容易失去；氯原子的最外层有 7 个电子，容易获得 1 个电子，从而使最外层都达到 8 个电子，形成稳定结构。所以当钠和氯反应时，钠原子最外层的 1 个电子就转移到氯原子的最外层上去。这样，两个原子的最外层都形成了稳定的结构（图 5）。

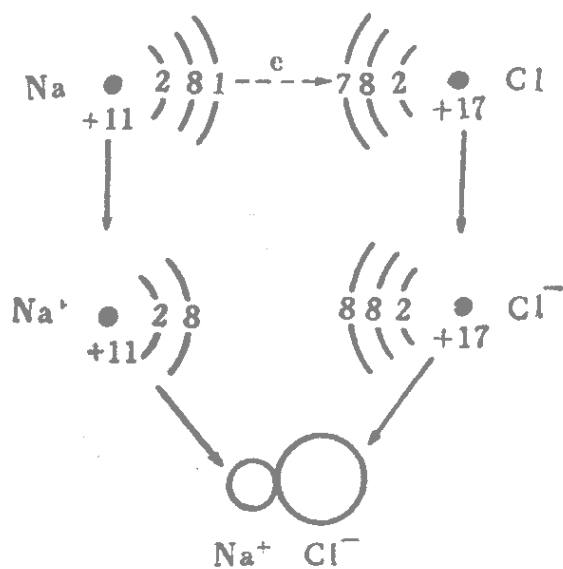


图5 氯化钠的形成

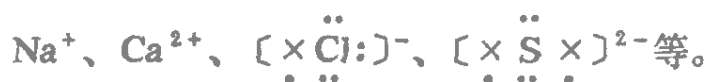
在这个过程中，钠原子因失去 1 个电子而带 1 个单位正电荷；氯原子因获得 1 个电子而带 1 个单位负电荷。这种带有电荷的原子叫做离子。带正电荷的离子叫做阳离子，如钠

离子 ( $\text{Na}^+$ )；带负电荷的离子叫做阴离子，如氯离子 ( $\text{Cl}^-$ )。这两种带相反电荷的离子，由于静电作用，形成了氯化钠分子。

这种由阴、阳离子靠静电作用、而形成的分子，叫做离子型分子。由离子型分子构成的化合物，叫做离子型化合物。阴、阳离子间的静电作用力，叫做离子键（或电价键）。一般典型的金属元素和非金属元素生成的化合物，都是离子型化合物。如氧化镁、氯化钙、氟化钠等。

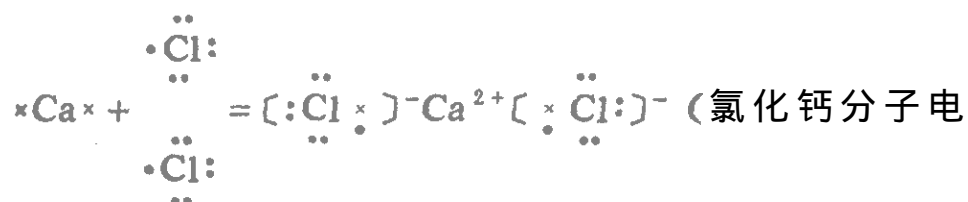
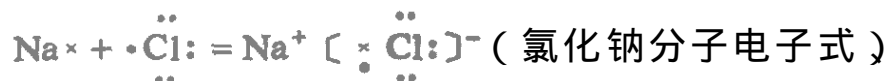
上述的  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ，叫做离子符号。离子符号的写法是，带 1 个单位正电荷或负电荷的离子，在元素符号的右上角用 “+” 或 “-” 表示；带 2 个单位正电荷或负电荷的离子，在元素符号右上角用 2+ 或 2- 表示，如镁离子写成  $\text{Mg}^{2+}$ 、硫离子写成  $\text{S}^{2-}$  等，依此类推。

离子也可以用电子式表示，叫离子的电子式。例如，



阳离子的电子式与离子符号相同；阴离子的电子式，须在元素符号周围排满 8 个黑点（或者将获得的电子用  $\times$  表示），用中括号括起来，在其右上角标出所带负电荷数。

离子型分子的形成过程，用电子式表示比较简便。例如，



子式 )

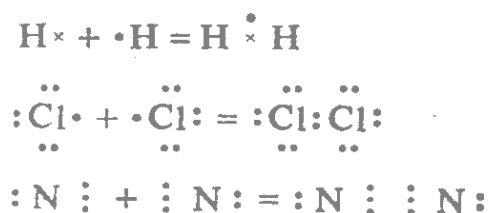
## 二、原子型分子

氢气在氯气中燃烧，生成氯化氢。这是两种非金属元素之间的结合，它们都不具有失去电子的能力。在这种情况下，双方各自献出 1 个电子，组成共用电子对，从而使双方都变成稳定结构。共用电子对为两个原子所共用，受两个原子核的共同吸引。氯化氢分子的形成过程，用电子式表示如下，



这种原子之间通过共用电子对而形成的分子，叫做原子型分子。由原子型分子构成的化合物，叫做原子型化合物（或共价化合物）。原子间通过共用电子对而产生的化学结合力，叫做原子键（或共价键）。一般不同非金属元素生成的化合物都属于原子型化合物。如溴化氢、硫化氢、氨气等。

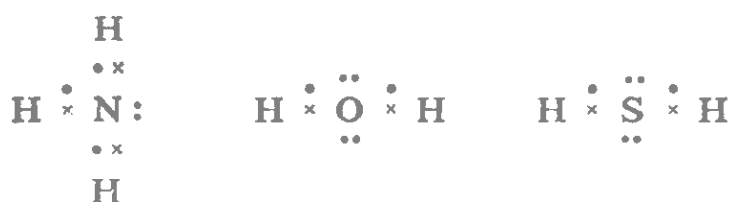
一些非金属单质，如氢气、氯气、氮气等分子，也是原子型分子。其形成过程，用电子式表示如下：



在原子型化合物中，由于不同种元素的原子争夺电子的能力不同，所以共用电子对往往偏向于吸引电子能力较强的原子一方，使其略带负电荷；而共用电子对偏离的另一原子略带正电荷。所以，原子型化合物分子中的共价键叫

做极性共价键。在非金属单质中，原子型分子的共价键叫做非极性共价键。因为同种元素的原子，吸引电子的能力相同，所以共用电子没有偏移现象。

在写原子型化合物分子的电子式时，要注意它和离子型分子电子式的区别，不要画中括号，也不能写正、负电荷符号。如氯化氢分子的电子式为  $\text{H} \times \ddot{\text{Cl}}:$ ，不能写成  $\text{H}^+ \times [\ddot{\text{Cl}}:]^-$ 。再如，氨气、水、硫化氢分子的电子式分别为：



## 第五节 化合价与分子式

### 一、化合价

元素间相互化合时，其原子个数比都有确定的数值。例如，氯与钠化合生成氯化钠 ( $\text{Na}^+ [\times \ddot{\text{Cl}}:]^-$ )，原子个数比是 1:1；氯与镁化合生成氯化镁 ( $[\times \ddot{\text{Cl}}:]^- \text{Mg}^{2+} [\times \ddot{\text{Cl}}:]^-$ )，原子个数比是 2:1；硫与氢化合生成硫化氢 ( $\text{H} \times \ddot{\text{S}} \times \text{H}$ )，原子个数比是 1:2 等等。我们把元素与元素之间，必须按一定原子个数比相互化合的性质，叫做元素的化合价。

为什么元素与元素之间必须按一定原子个数比相互化合呢？分析分子的电子式可以知道，只有这样，各原子的最外电子层才能变成稳定结构。例如，钠元素与氯元素相互化合时，1 个钠原子 ( $\text{Na} \times$ ) 失去 1 个电子，1 个氯原子 ( $:\ddot{\text{Cl}} \cdot$ )