

# 电子图书



信息技术的结晶

人类文明的载体

网络的基本资源

## 编者的话

《高中化学学习词典》以国家教委制订的《全日制中学化学教学大纲(修订本)》为根据,涵盖国家教委考试中心编订的《普通高等学校招生全国统一考试化学科说明》规定的要求,着眼于提高学生的素质,培养学生系统地掌握课程内容的内在联系,理解和运用知识、技能,培养分析问题和解决问题的能力。

这部词典以初中义务教育后的高中一、二、三年级学生为读者对象,不兼顾化学教师。在词目释文的内容上力图紧密结合学生的学习需要(如学生中普遍存在于认识上、操作上及学习方法上的疑难、困惑或缺陷等),重视联系社会生活、生产等实际,让学生理解化学知识、技能等的应用与价值。对于重要的化学概念、理论和定律等词条,释文在说明基本知识的同时,还简要介绍这些知识的发展过程、使用范围及其学习要求和方法;对于化学实验、化学计算和化学用语等词条,释文从智力技能和操作(计算)技能两方面说明,注意引导学生培养自己的思维能力和操作能力,还介绍了一些简便有效的自我训练的方法。还注意到与初中卷的词条内容的衔接。

这部词典主要按照化学知识构成对词目进行分类,除化学基本概念和原理、元素化合物知识、化学基本计算、化学实验等四个部分之外,还收入了科学家和化学史、化学学习方法方面的内容。对在内容上联系较紧密的词条,设置了参看条,以便于读者参阅、同时避免重复。对于某些词条的释文中必要的注解,直接列于该词条的释文之下。在书末附有全部条目的汉语拼音索引和相应的页码。在查找词条时,可以按词条所属的知识内容查,也可以按词条的汉语拼音查。例如,欲查“原子量”这一词条,可从“化学基本概念和原理”项目内找到该词条,也可以按其汉语拼音音节“yuánz liàng”查到该词条的页码。书末还附有元素周期表。

本词典的副主编是何少华(北京师范大学副教授)和王建成(北京师范大学)。参加本词典撰写工作的有:北京师范大学刘知新(教授)、何少华(副教授)、姚乃红(副教授)、李郁颖(副编审);首都师范大学丁辰兀(副教授);北京师范大学附属实验中学刘振贵(特级教师);北京师范大学附中王天开(高级教师)、芮琴华(高级教师);北京师范大学二附中王美文(高级教师);北京第14中学陆禾(特级教师);北京汇文中学高文会(特级教师);北京市朝阳区教研室傅良骥(高级教师)。

编者

1993年9月

## 前 言

为了配合我国的基础教育和九年制义务教育的推广普及工作，帮助中小学生学习更好地学习和掌握教学大纲规定的教学内容，给学生平时学习、做作业、复习和考试提供一套高质量有特色、方便实用并相对稳定的工具书，以利于全面提高学生的素质，我们在广泛调查，并征询教委领导部门意见的基础上，编写了《九年制义务教育暨高中学生系列学习词典》。本书按科设卷，其中小学四卷：语文、数学、自然常识、思想品德；初中、高中各九卷：语文、英语、政治、历史、数学、物理、化学、生物、地理，全书共计 22 卷，二万多个词条，七百万字。作为专门为学生而编写的与教学大纲、教材相配套的多卷系列学习词典，这在我国基础教育史上还是首创。

本书是专为中小學生而编，处处考虑学生的实际需要。因此框架编排，收词范围紧扣国家教委颁布的新教学大纲，参照使用面广的各种版本教材。小学、初中各卷的编写侧重知识技能，注意全面提高学生的素质。条目的筛选不仅覆盖了教学大纲规定的全部知识，而且根据大纲的新精神，增加一定量的学习方法、学习新思路，以及联系社会生活、生产实际方面的词条。高中各卷还兼顾了高考的需要，收录了总复习、高考指导等方面的内容；释文尽量做到科学性、启发性和实用性的统一。内容的纵深介绍针对小学、初中、高中学生的不同接受能力和学习特点，力求做到递次解析，深入浅出，重点知识还论及其发展过程，以利于学生的理解和运用；适度采用了部分有科学根据的新观点、新资料；文字表述力求简洁、鲜明、准确、生动；为便于学生按教学进度进行学习和查阅，目录按知识块分类设计，并比照大纲和教材的顺序，书后附有汉语拼音索引。

本书由全国人大常委、北京师范大学副校长许嘉璐任主编，各分卷主编大多为国家教委教材审查委员、专家学者。撰稿人都是学术上有造诣，对中学教学有研究的北京师范大学、北京教育学院、北京市教育局系统、北京海淀教师进修学院、北京市重点中小学以及其它部分省市的教授、副教授、高级教师、讲师、基础教育专家，共计 100 余人。几经运筹，勤奋笔耕，历一年半而成。

我们衷心希望全国的中小學生以及老师和家长喜欢此工具书，诚恳希望读者在使用过程中给我们提出宝贵意见，以便通过不断修订再版，使之日臻完美，成为中小學生的良师益友。

总编委会  
1993 年 9 月于北京

# 高中化学学习词典

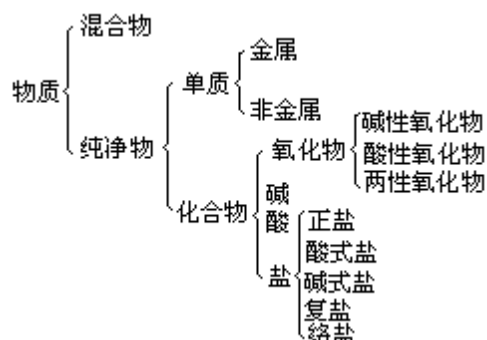
## 一、化学基本概念和基础理论

### 物质的组成

世界上的一切物质都是由元素组成的。科学家已经发现 109 种元素(含自然界存在的元素及人造元素)。元素可分为金属元素和非金属元素。元素呈游离态时为单质，呈化合态时则形成化合物。分子、原子、离子是构成物质最基本的微粒。分子能独立存在，是保持物质化学性质的一种微粒，由分子构成的物质，有非金属单质如  $O_2$ 、白磷等；稀有气体如 Ar，是单原子分子；非金属元素的化合物如氢化物、氧化物、含氧酸、大多数有机物等，它们在固态时均为分子晶体。原子是化学变化中的最小微粒，在化学反应中，原子核外的价电子发生改变，原子重新组合形成新物质。原子可结合成分子，例如  $CO_2$  分子，干冰是由  $CO_2$  分子构成的；原子也可直接构成原子晶体的物质，例如  $SiO_2$  是由 Si 原子和 O 原子按 1 : 2 直接连接构成的。金属单质也可视作是由金属原子构成的物质。离子是带电的原子或原子团，例如  $Na^+$ 、 $OH^-$ 、 $NH_4^+$ 、 $SO_4^{2-}$  等，由阳、阴离子结合构成的物质，例如 NaCl、 $NH_4Cl$ 、MgO 等，它们都是离子晶体。大多数盐、强碱、低价金属氧化物都是离子化合物。

## 物质的分类

世界上的物质有千千万万种，根据组成和性质可将物质大致分为以下几类：



混合物和纯净物混合物是由不同种物质的分子混合而成，没有固定的组成和熔、沸点，例如空气、天然气是气态混合物，石油，一切溶液是液态混合物，玻璃、铁合金是固态混合物。同种元素组成的同素异形体如  $O_2$  和  $O_3$  混合也是混合物。纯淀粉因分子大小不同，没有固定熔点，可以视作混合物。纯净物由同种分子组成，有固定的组成和熔、沸点，例如结晶水合物 ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )、复盐 ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ )、络合物 ( $Na_3AlF_6$ )，它们都是纯净物。单质由同种元素组成的物质。金属单质如 Mg、Cu、Fe 等都是金属晶体，常温下除 Hg 为液体外均为固体。金属具有金属光泽，有良好的导电、导热、延展性，金属在化学反应中作还原剂。非金属单质除金刚石、硅晶体、硼晶体是原子晶体，石墨是碳原子组成的过渡型晶体外，大多数是分子晶体。非金属单质一般无金属光泽、质脆易碎，常温呈气、液或固态。在化学反应中，非金属性强的以氧化性为主，如  $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $O_2$ ；非金属性弱的常显还原性，如 C、 $H_2$  等。稀有气体的分子是单原子分子。化合物由两种或两种以上的元素组成的纯净物。根据组成元素种类不同可分为有机化合物和无机化合物。含碳元素的化合物叫有机化合物，其它为无机化合物，习惯上把二氧化碳、碳酸盐等视作无机化合物。无机化合物又可划分为氧化物、碱、酸、盐。氧化物由氧元素与另一种元素组成的化合物。碱性氧化物能跟酸反应生成盐和水，碱性氧化物一定是金属氧化物，低价金属氧化物都是碱性氧化物；酸性氧化物能跟碱反应生成盐和水，例如  $CO_2$ 、 $SO_2$ 、 $SiO_2$  等，酸性氧化物又称酸酐。两性氧化物既能与酸又能与碱反应生成盐和水，例如  $Al_2O_3$ 、ZnO 等。以上三种氧化物又叫成盐氧化物。 $CO$ 、 $NO$ 、 $N_2O$  等不能与碱反应生成同价态的盐，称为不成盐氧化物，另一些如  $H_2O_2$ 、 $Na_2O_2$  等称为过氧化物，其中氧为 -1 价，具有氧化、还原性。酸由氢和酸根组成，能与碱反应生成盐和水。酸是电解质，在水中电离生成氢离子和酸根离子。酸有多种分类法，按酸的电离程度可分为强、中、弱三种酸，强酸有  $HClO_4$ 、HI、 $HNO_3$ 、 $H_2SO_4$ 、HCl、- $SO_3H$  等；中强酸为  $H_2SO_3$ 、 $H_3PO_4$ ；弱酸由强至弱的顺序为 HF、 $RCOOH$ 、 $H_2CO_3$ 、 $H_2S$ 、 $HClO$ 、 $H_2SiO_3$ 。元素的非金属性越强，最高价氧化物的水化物酸性越强。酸根中含氧元素的酸叫含氧酸，不含氧元素的酸叫无氧酸；不挥发的酸有  $H_2SO_4$ 、 $H_3PO_4$ 、 $H_2SiO_3$ ，挥发性的酸有  $HNO_3$ 、HX、 $H_2SO_3$ 、 $H_2S$ ；

酸根具有氧化性的酸叫氧化性酸，例如  $\text{HNO}_3$ 、浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HClO}$ ，常见的非氧化性酸(仅  $\text{H}^+$ 有氧化性)为  $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ ，酸氧化性的强弱与酸性强弱无直接的对应关系。原子的构成原子是由带正电的原子核和带负电的核外电子构成。原子核带的正电荷等于核外电子所带的负电荷，整个原子不显电性。原子核是由质子和中子两种微粒构成。质子带一个单位正电荷(电量为  $1.602 \times 10^{-19}$  库仑)，中子不带电。故原子的核电荷数=质子数=核外电子数=原子序数。原子核非常小，位于原子的中心，它的半径约是原子半径的万分之一，原子的质量 99.5%以上集中在原子核。质子的质量为  $1.6726 \times 10^{-27}$  千克，中子的质量为  $1.6748 \times 10^{-27}$  千克，质子和中子的相对质量分别为 1.007 和 1.008，取整数都为 1。若忽略电子的质量，原子的质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)。电子带一个单位负电荷，电子的质量约为质子质量的 1/1836；核外电子在原子核外的空间作高速旋转运动。

## 同位素

质子数相同而中子数不同的同种元素的不同原子。例如氢有三种同位素， ${}^1_1\text{H}$  氕、 ${}^2_1\text{H}$  (或写作 D) 氘又叫重氢、 ${}^3_1\text{H}$  (或写作 T) 氚又叫超重氢；碳有多种同位素，例如  ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$  等。在 19 世纪末先发现了放射性同位素，随后又发现了天然存在的稳定同位素，并测定了同位素的丰度。大多数天然元素都存在几种稳定的同位素。同种元素的各种同位素质量不同，但化学性质几乎相同。许多同位素有重要的用途，例如  ${}^{12}_6\text{C}$  是作为确定原子量标准的原子； ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$  是制造氢弹的材料； ${}^{235}_{92}\text{U}$  是制造原子弹的材料和核反应堆的原料。同位素示踪法广泛应用于科学研究、工农业生产和医疗技术方面，例如用  ${}^{18}_8\text{O}$  标记化合物确证了酯化反应的历程， ${}^{131}_{53}\text{I}$  用于甲状腺吸碘机能的实验等。

## 核外电子的运动状态

多电子原子核外电子的运动状态各不相同，电子运动的状态从 4 个方面来描述。电子层(用  $n$  表示)根据元素电离能数据分析，核外的电子是分能级分层分布的，依据能量由低到高，离核距离由近及远，依次称为 1、2、3、4、5、6、7……电子层，分别用符号 K、L、M、N、O、P、Q 表示。电子层是同一组电子在原子核外空间某处出现机会多的区域。电子亚层 表示同一电子层内电子云的不同形状，分别用 s、p、d、f 符号表示。同电子层内亚层的能后按 spdf 顺序逐渐升高；不同电子层中相同亚层的能量随  $n$  增大而升高，例如  $E_{1s}$ 、 $E_{2s}$ 、 $E_{3s}$ ……、 $E_{2p}$ 、 $E_{3p}$ 、 $E_{4p}$ ……，但个别能级出现交错现象，如  $E_{3d}$ 、 $E_{4s}$ 、 $E_{4f}$ 、 $E_{6s}$  等，电子云的伸展方向 电子云在空间的分布具有方向性，s 电子云呈球形对称，无方向(即一个方向)，p 电子云沿 X、Y、Z 轴方向有互相垂直的三种取向，分别用  $P_x$ 、 $P_y$ 、 $P_z$  表示，d 电子云有 5 个方向，f 电子云有 7 个方向。电子层、电子亚层、电子云伸展方向都确定的电子云，在空间的区域称为一个轨道。s、p、d、f 亚层各含有的轨道数分别为 1、3、5、7，各电子层具有的轨道总数为  $n^2$ 。自旋方向 电子的自旋运动有 2 种状态，用“ ”表示。同一轨道上的电子自旋方向相反。总之，由以上 4 个方面便可确定原子核外各个电子的运动状态。

## 原子量

以  $^{12}_6\text{C}$  质量的  $1/12$  为标准, 其它原子的质量跟它相比较所得的一种相对质量, 简称原子量, 没有单位。一个原子的真实质量很小, 例如一个  $^1_1\text{H}$  原子的质量为  $1.6736 \times 10^{-24}$  克、一个  $^{16}_8\text{O}$  原子的质量为  $2.6561 \times 10^{-23}$  克, 用克作单位使用很不方便。1960 年, 国际上统一以  $^{12}_6\text{C}$  的  $1/12$  的质量 ( $1.6606 \times 10^{-24}$  克) 作为质量的标准, 得到统一的各原子的相对质量, 例如同位素  $^1_1\text{H}$  的原子量为 1.007825、同位素  $^{12}_6\text{C}$  的原子量为 12.0000。

元素的原子量是根据天然各同位素原子量及丰度计算的平均值, 例如天然的氢元素含  $^1_1\text{H}$  和  $^2_1\text{H}$  两种同位素, 其组成如下:

同位素符号	同位素原子量	各同位素丰度
$^1_1\text{H}$	1.007825	99.985%
$^2_1\text{H}$	2.0140	0.015%

$$\begin{aligned}\text{氢元素的原子量} &= 1.007825 \times 99.985\% + 2.0140 \times 0.015\% \\ &= 1.00798\end{aligned}$$

根据同位素的质量数和丰度可以计算元素的近似原子量。

$$\begin{aligned}\text{氢元素的近似原子量} &= 1 \times 99.985\% + 2 \times 0.015\% \\ &= 1.00015\end{aligned}$$

---

“原子量”是沿用多年的名称。根据法定计量单位应称为相对原子质量。分子量则应称为相对分子质量。

## 电子云

电子云是一种形象化的比喻，电子在原子核外空间的某区域内出现，好象带负电荷的云笼罩在原子核的周围，人们形象地称它为“电子云”。电子



是一种微 氢原子 1s 电子云

氢原子 1s 电子云界面图

观粒子，在原子如此小的空间(直径约  $10^{-10}$  米)内作高速运动，核外电子的运动与宏观物体运动不同，没有确定的方向和轨迹，只能用电子云描述它在原子核外空间某处出现机会的大小。左图为氢原子的 1s 电子云，用小黑点表示氢原子外一个电子在核外某空间单位体积内出现机会的多少，离核近处，黑点密度大，电子出现机会多，离核远处，电子出现机会少。右图为氢原子 1s 电子云的界面图，电子出现机会的 90% 在界面内。电子云有不同的形状，分别用符 s、p、d、f 表示，s 电子云呈球形，在半径相同的球面上，电子出现的机会相同，p 电子云呈纺锤形(或亚铃形)，d 电子云是花瓣形，f 电子云更为复杂。

## 核外电子的排布规律多

电子原子核外电子的排布应遵循以下三个原理： 能量最低原理，核外电子总是首先占据能量最低的轨道，按照近似能级图，电子由低到高进入轨道的顺序为  $1s2s2p3s3p4s3d4p5s4d5p\dots\dots$ 。因能级交错，其中  $E_{4s} < E_{3d}\dots\dots$ ，电子先排满 4s 后再进入 3d，例如钪元素核外 21 个电子依次填充的轨道为  $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^1$ 。 保里不相容原理，在同一原子中没有运动状态完全相同的电子，即同一个原子中的电子，描述其运动状态的四个方面不可能完全相同，在同一轨道上的电子必须自旋方向相反，每个轨道只能容纳 2 个电子。根据保里不相容原理，各电子层最多容纳的电子总数为  $2n^2$ ；周期表中各周期含有元素的数目以及填充的能级如下：

洪特规则，电子进入同一亚层的各个轨道(也称等价轨道)时，总是尽先分占不同轨道，而且自旋方向相同，例如氮原子核外电子排布的轨道表示式为：N 原子的价电子中有 3 个未成对电子，这与 N 原子的成键情况和化合物的组成、结构有密切的关系。洪特还指出，等价轨道上的电子排布处于以下状态比较稳定。

$$\text{即} \begin{cases} \text{全满} & p^6、d^{10}、f^{14} \\ \text{半满} & p^3、d^5、f^7 \\ \text{全空} & p^0、d^0、f^0 \end{cases}$$

例如铬原子的电子排布式是  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^54s^1$ ，而不是  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^44s^2$ 。

## 化学键

分子和晶体中相邻两原子或多个原子之间存在的强烈的相互作用。例如水分子中 2 个氢原子和一个氧原子之间形成 2 个共价键,强烈地结合在一起,成为稳定的  $\text{H}_2\text{O}$  分子。又如食盐晶体中,钠离子与氯离子通过静电作用强烈地结合在一起,形成稳定的  $\text{NaCl}$  晶体。化学键主要包括共价键、离子键和金属键。分子间作用力以及氢键不属于化学键。与化学键相比,分子间作用力很弱,提供较少的能量就能破坏分子间力,使分子晶体的物质熔化,例如冰易熔化成水,被破坏的是分子间力;若使水发生分解,需要高温才能使氢氧共价键断裂。

## 离子键

阴阳离子间通过静电作用所形成的化学键。例如 NaCl 晶体是由阳离子  $\text{Na}^+$  与阴离子  $\text{Cl}^-$  通过静电作用相互吸引，当离子间的吸引力与排斥力达成平衡时，则形成稳定的离子键。离子的电荷是球形对称分布的，它可以从不同的方向同时吸引多个异性离子，例如 NaCl 晶体中，每个  $\text{Na}^+$  同时吸引 6 个  $\text{Cl}^-$ ，每个  $\text{Cl}^-$  也同时吸引 6 个  $\text{Na}^+$ ；在 CsCl 晶体中，每个  $\text{Cs}^+$  同时吸引 8 个  $\text{Cl}^-$ ，每个  $\text{Cl}^-$  也同时吸引 8 个  $\text{Cs}^+$ 。离子键没有方向性、没有饱和性，一个离子周围容纳的异性离子数及其配置方式决定于离子间的静电引力。

活泼金属如钾、钠、钙等跟活泼非金属如氯、溴、氧等化合时，形成典型的离子键。由离子键形成的化合物叫做离子化合物。离子化合物中，离子的电荷越大，半径越小，离子键越强，其熔沸点就越高。例如 MgO 的熔点比 NaCl 高：MgO 的熔点为 2852 ，NaCl 的熔点为 801 。

## 共价键

原子间通过共用电子对(即电子云的重叠)所形成的化学键。例如  $H_2$  分子,两个氢原子的  $1s$  电子配对共用,使每个氢原子具有氦原子的稳定结构;又如  $HCl$  分子, $H$  原子和  $Cl$  原子各提供一个未成对电子,共用的一对电子把两个原子核吸引在一起,形成稳定的  $HCl$  分子。共价键形成的本质是电子云的重叠,例如  $HCl$  分子形成时, $H$  原子的  $1s$  电子云与氯原子的未成对电子占据的  $3p$  电子云重叠,两核间的电子云密度增大,形成  $HCl$  分子。电子云重叠越多,分子越稳定。根据价键理论,两个原子的未成对电子,只有自旋相反,才能配对形成一个共价键。共价键具有饱和性,例如  $\begin{array}{c} O-H \\ | \\ H \end{array}$  分子,氢原子形成一个共价键,氧原子可形成两个共价键;在  $N_2$  分子中,两个  $N$  原子以共价叁键相结合。共价键也具有方向性, $s$  电子云无方向, $p$  电子云和  $d$  电子云均有方向性, $p$  和  $d$  电子参加成键时,一定要沿着电子云伸展的方向进行重叠,才能形成稳定的分子。共价键的方向性和饱和性使分子具有一定的空间构型。非金属原子间化合形成共价键,若成键两原子相同,形成非极性共价键;若成键两原子不同,则形成极性共价键。

## 键 长

分子中两个成键原子核间的平均距离。例如 H—H 键长为  $0.74 \times 10^{-10}$  米、Cl - Cl 键长为  $1.988 \times 10^{-10}$  米。一般两原子间的键长越短，键越牢固，分子越稳定。对同族元素的单质或同类化合物的双原子分子，其键长随原子序数递增而增大，例如：

	F—F	Cl - Cl	Br—Br	I—I
键长( $10^{-10}$ 米)	1.418	1.988	2.284	2.666

	H—F	H - Cl	H—Br	H - I
键长( $10^{-10}$ 米)	0.918	1.274	1.408	1.608

碳原子间可形成单键、双键、叁键、键数越多，键长越短，例如：

	C - C 单键	C=C 双键	C ≡ C 叁键
键长( $10^{-10}$ 米)	1.54	1.34	1.20

## 键 角

分子中键和键之间的夹角。例如  $\text{H}_2\text{O}$  分子中两个  $\text{H}-\text{O}$  键的夹角为  $104.5^\circ$ ， $\text{CO}_2$  分子中两个  $\text{C}=\text{O}$  键间的夹角为  $180^\circ$ 。键长和键角决定分子的空间构型。 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  同是三原子分子，但  $\text{H}_2\text{O}$  分子是 V 形而  $\text{CO}_2$  分子是直线形。 $\text{NH}_3$  分子中三个  $\text{N}-\text{H}$  键的键长相等，两个  $\text{N}-\text{H}$  键之间的夹角为  $107^\circ 18'$ ， $\text{NH}_3$  分子呈三角锥形。又如  $\text{CH}_4$  分子，四个  $\text{C}-\text{H}$  键的键长相等， $\text{C}-\text{H}$  键之间的夹角均为  $109^\circ 28'$ ， $\text{CH}_4$  分子是正四面体形。周期表中，同族非金属元素的氢化物或卤化物，组成相似，分子结构相同，例如第 A 族元素形成的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiF}_4$  等，它们的分子均是正四面体结构。又如氧族的氢化物  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2\text{Se}$  等，它们的分子均是 V 形结构。

键能形成一摩尔共价键放出的能量或拆开一摩尔共价键成为原子需要吸收的能量。键能的单位是千焦/摩。例如  $\text{H}-\text{H}$  键的键能为 436 千焦/摩，表示形成一摩尔  $\text{H}-\text{H}$  键放出的能量或拆开一摩尔  $\text{H}-\text{H}$  键需要吸收的能量均为 436 千焦/摩。键能又称解离能。键能的大小标志着共价键的强弱，键能越大，键越牢固，该分子越稳定。例如  $\text{Cl}_2$  和  $\text{I}_2$  的键能分别为 239.74 千焦/摩、148.95 千焦/摩。对于分子， $\text{Cl}_2$  比  $\text{I}_2$  稳定，对于原子， $\text{Cl}$  比  $\text{I}$  活泼。若用  $Q$  表示反应热， $E$  表示键能，则任何一个化学反应的反应热与键能的关系是：

$$Q = E_{\text{生成物}} - E_{\text{反应物}}$$