

# 元素性质数据手册

李振寰 编

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| B  | C  | N  | O  | F  |
| Al | Si | P  | S  | Cl |
| Ga | Ge | As | Se | Br |
| In | Sn | Sb | Te | I  |
| Tl | Pb | Bi | Po | At |

河北人民出版社

# 元素性质数据手册

李振寰 编

河北人民出版社

## 元素性质数据手册

李振寰 编

---

河北人民出版社出版（石家庄市北马路45号）

河北新华印刷一厂印刷 河北省新华书店发行

---

850×1168 毫米 4.375 印张 102,000 字 印数：1—20,000 1985年7月第1版  
1985年7月第1次印刷 统一书号：13026·130 定价：1.20 元

# 前 言

本手册是向读者提供化学元素性质数据的工具书。手册中对所有元素在物理、化学、物理化学、固体物理、原子物理等方面的各项数据作了完整、系统的介绍，每种元素给出约 40 项数据。对各种元素的物质结构、理化性质和特征、发现的过程等，都做了简明扼要的说明。在手册的注释中，概括地解释了各项数据的定义和适用范围。元素的名称，手册中用英、日、德、法、俄五种外文表示出，以供需要不同语种的读者查阅。

在选取数据资料时，作者力求采用目前国际上公认的数据，并注意保持数据的准确性和先进性。手册具有数据项目完全、内容集中以及可信赖的特点。

手册采用一种元素一页的编排方式，手册正文的页码即元素的原子序数。读者如对原子序数记忆清楚，需要查询哪项数据，可顺手揭来，既简便又省时间，这是手册的又一特点。

本手册可供大专院校化学、物理专业的师生、中等学校师生使用，同时也可供从事理、化专业的科技人员参考使用。

限于编者水平，手册中难免存在缺点和错误，敬希广大读者批评指正。

编 者

1984年3月

## 使用 说 明

(一) 手册中将所有元素分为三类：金属元素、非金属固体元素和非金属气体元素。(详见“元素周期表Ⅱ——元素的分类”)因手册对各类元素所摘录的数据项目不同，所以在查阅之前，应首先在“元素周期表Ⅱ——元素的分类”表中查出待查元素属哪类元素，然后在该类元素的“元素说明”表中查找对应项目，再根据待查元素的原子序数，在手册正文中找到它所在的页，最后在该页中查得对应项目的数据。

例如，欲查硅元素的禁带宽度。首先在“元素周期表Ⅱ——元素的分类”表中查得该元素属非金属固体元素；然后在“非金属固体元素说明”表中找到右侧第16项是禁带宽度，单位是电子伏；再根据硅元素的原子序数为14，在手册正文中找到第14页；最后在此页数据中，硅元素对应的第16项数据是 $1.08^{25}$ ，即所查硅元素的禁带宽度为1.08电子伏。该数据所适用的温度范围为 $25^{\circ}\text{C}$ ，用右上标表示出。

(二) 手册中的资料系采用一元素一页的形式列出。为便于查阅，手册正文的页数即元素的原子序数，这数字右侧的符号，表示该元素的类别（\*表示金属元素、\*\*表示非金属固体元素、\*\*\*表示非金属气体元素）。

(三) 对于每一数据的附加条件（如温度、压强、物态、晶型等），必须特别注意。因为当元素所处的条件改变时，会影响数据而产生较大的差异，故不可混用。手册中各项数据的附加条件，标注于数据之后或在右上标。当温度采用摄氏温标时，只注

出温度数值(如 25℃只写 25),不写温标和单位。当温度采用绝对温标时,数值与单位同时注出(如4K)。手册中对某些数据不注出附加条件,如导热系数、磁化系数等,即表示为常温(20℃)和常压(1标准大气压)。

本手册全部使用国际单位制(SI)。在导热系数一项数据中,单位:瓦/厘米·开,如某元素用毫瓦/厘米·开单位时,在数据的右上角加 m 字。

各元素在密度一栏内给出气态、液态或固态密度的数据,分别以(气)、(液)、(固)表示。数据的右上标表示温度(摄氏温标)。气态密度的单位 $\text{g l}^{-1}$ ,即克/升。有上标 bp 时,表示沸点时的密度。

(四) 注释中对元素各项数据的含义、应用范围和资料来源,大都做了简要的说明,以备读者对有关数据加深理解,或做进一步的探讨时查对。各项数据的主要参考文献,写在它的标题右上角[ ]内,横线后面给出此文献的页数。

(五) 附录中列出“物理学基本常数”和“国际单位制(SI)”等有关资料,备查。

## 注 释

### (一) 国际原子量〔2〕

1. 原子量是原子的相对质量，系根据国际纯化学和应用化学协会 (IUPAC) 1959年提出的原子量以同位素碳——12 ( $^{12}\text{C}$ ) 的质量作为计算标准的。该建议征得国际纯物理和应用物理协会 (IUPAP) 于次年9月同意，又在1961年8月经上述化学协会正式通过，自1962年起采用  $^{12}\text{C} = 12.0000$  作为国际原子量新标准。该标准规定以  $^{12}\text{C}$  一个原子质量的  $1/12$  作为原子质量单位。其他元素的原子质量 (应该用平均质量，可按某种元素各同位素的原子质量和百分组成或丰度计算) 与这个质量单位相比，所得到原子的相对质量，即该元素的原子量。这样原子量有新的定义：原子量是一种元素1摩尔质量与核素  $^{12}\text{C}$  1摩尔质量的  $1/12$  的比值。(核素是指具有确定的质子数和中子数的原子核所对应的原子。)

2. 上述国际化学协会无机化学组所设“原子量委员会”每逢单年修订一次原子量。手册中所用数值系1979年修订后的国际原子量。各原子量最后一位数字准至 $\pm 1$ ，带“\*”号的准至 $\pm 3$ 。括弧中的数值表示这些放射性元素的准确原子量在目前尚无法提供，表中给出的数值是该元素已知半衰期最长的放射性同位素的质量数。

### (二) 元素在宇宙间、地壳内、标准人体内的存在量 〔13〕-138,〔33〕、〔23〕-390

1. 元素在宇宙间的存在量：是指存在 Si 的  $10^6$  个原子时各

种元素的原子数。在括弧内的数字表示存在量的顺序位。

2. 元素在地壳内的存在量（也称丰度）：是指某元素在地壳内平均含量的多寡程度，以重量百分率（或原子百分率）表示之，这个百分率称做该元素的克拉克值。自1889年E·W·克拉克发表了第一组数值后到本世纪，由于分析化学的不断发展，对于克拉克值进行了不少修正，在以往所发表的各组数据中，对构成地壳的主要元素（如O、Si、Al等）变动很小，但仍有许多种元素的克拉克值，没有被准确的肯定下来，以致各书所载数据略有区别。

手册中所载“重量百分率”，摘自日本化学会编《化学便览》基础编I，138页，丸善（1975）。该克拉克值系指地壳岩石圈（厚度16公里）内元素的含量，并包括与岩石圈相毗连的整个水圈与部分大气圈。

3. 元素在标准人体内的存在量：目前国外大部分国家规定的“标准人”的体重为70公斤。由于外国引用的标准人与我国一般人的情况不同，而且各生物体的个体差异较大，所以手册中所载“重量百分率”，是在70公斤标准人全身中各元素的分布，系指成年人的平均化学成分而言。带\*号的元素是人体内必须的微量元素。在括弧内的数字表示存在量的顺序位。

### **（三）基态电子的构型**[5]3-1, [15]I-11, [16]-88

基态电子的构型就是指原子在稳定状态时，核外电子壳层分布的格式。

原子系统处于稳定状态时，核外电子将尽可能填充到对应于能量最低的原子轨道中去。因此，原子中能量最低（离核最近）的壳层，首先被填满，其余的电子依次向未被占取的最低壳层填充，直到所有核外电子按各自能量的大小，分别填入可能占取的最低壳层为止。这种核外电子按照能量最低原理以及泡利不相容原理等规律，做最稳定的分布，就是原子的基态电子构型。

表中[He]、[Ne]、[Ar]、[Kr]、[Xe]、[Rn]系指原子中价电子以里的原子结构实体（称原子实）。这是为了书写方便和突出正在填充的电子壳层的差别，而把内层已经达到希有气体的电子层结构写成原子实，用希有气体符号加括号来表示。例如，钾元素的基态电子构型：

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ ，应用原子实可方便地写成：

$[\text{Ar}] 4s^1$ ，因为 $[1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6]$ 是希有气体氩[Ar]的基态电子构型。

**（四）晶体结构** [5]4-8, [7]B-63

1. 单质元素凝结为固态时，可形成整齐而规则的多面固体——晶体。这种晶体是由元素的离子、原子或分子（统称做微粒）按一定的结构方式周期性地重复排列而成。由此晶体的结构，可看做沿空间三个不同方向，各按一定的距离和特定方式，将它们的微粒平行的重复排列在一起（这样的重复单元称晶胞）。因此各种晶体的晶胞，可用平行六面体的三个边长 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 及夹角 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 来表示。根据晶胞的特征及对称的特点不同，可将晶体分为七类，称作七个晶系。

| 晶 系       | 晶 胞 的 特 征                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| 立方（等 轴）   | $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$                 |
| 三方（三角、菱形） | $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$              |
| 四方（四角、正方） | $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$              |
| 六方（六 角）   | $a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$   |
| 斜方（正 交）   | $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$           |
| 单斜        | $a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta > 90^\circ$ |
| 三斜        | $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma$                |

2. 一般的金属原子只有少数价电子 (1~3 个) 能用于成键, 这样少的价电子不足以使原子间形成正规的共价键或离子键, 因此金属在形成结晶时, 就由这少数的价电子和金属离子所构成的金属键来组成极为坚实而紧密的结构, 在一定体积的晶体内含有最多数量的原子, 而使每个原子拥有尽可能多的相邻原子 (一般是 8 或 12 个)。组成金属常见的晶格有三种: (1) 体心立方晶格 (配位数 8); (2) 面心立方密积晶格 (配位数 12); (3) 六方密积晶格 (配位数 12)。

#### (五) 原子半径、离子半径 [4]-108, [5]3-118, [8]

1. 金属原子半径: 在金属晶格中的原子 (或离子), 依靠自由电子的运动相互连接而构成的金属键中, 近似圆球状的金属原子一个挨一个地紧密堆积在一起, 这个球状体的半径 (即两个相邻金属原子间距离的一半), 叫金属原子半径。手册给出配位数为 12 的数据, 当配位数为 8, 6, 4 时, 需分别乘以 0.98, 0.96, 0.88 予以修正。

2. 共价半径: 键长一般是指分子中两个原子核间的平衡距离 (或称核间距)。当元素的同种原子形成共价键时, 共价键的键长是构成两个成键原子的核间距, 该距离的一半叫共价半径。同一元素的共价半径, 常因两个原子以共价单键、双键或叁键的键合方式不同, 而有不同的共价半径数值。手册中对全部非金属元素给出单键共价半径。

3. 范德华半径: 在单原子分子、双原子分子或多原子分子所构成的分子晶体中, 分子间依靠着范德华力将它们吸引在一起, 在单原子分子的分子型晶体中, 原子核间距离的一半就是范德华半径。在双原子分子或多原子分子的分子型晶体中, 不属于同一分子的两个最接近原子核间距离的一半也叫范德华半径。原子的范德华半径比共价半径大, 因为它包含原子间的两个电子对的相互作用, 而不是一个电子对。手册中只对惰性气体给出范德华

半径。

4. 离子半径：在离子晶体中，正负离子依靠静电引力使它们有规则地交替排列，构成了离子键。当把各离子视为相互接触的球体时，在两个相邻离子的核间距离即是正负离子半径之和，这种半径叫离子半径。根据正负离子的分界线确定它们的半径。

手册中给出两种离子半径数值：哥希密特（Goldschmidt）值是从球形离子堆积的几何观点计算出来的离子半径。最常用的是鲍林（Pauling）值，它是从有效核电荷和屏蔽参数推引出来的离子半径。上述离子半径系指配位数等于6的数值，对于12，8，4各配位数时，分别乘以1.12，1.03，0.94予以修正。

#### （六）第一电离能〔5〕3-6,〔27〕-25

使基态的一个气态原子失去一个电子所需的最低能量叫做该原子的第一电离能。手册中给出千焦/摩和电子伏两种单位的数据，系选自不同的参考资料，并非直接换算得来。

由元素电离能的数据，可比较出元素的金属性和非金属性的强弱、得失电子的能力。非金属元素的电离能（通常指第一电离能），比金属元素大得多，所以非金属元素很难失去电子。惰性气体元素的电子构型很稳定，在同一周期中它们的电离能数值最大；碱金属元素比它多一个电子，这类元素的电离能最低，这个电子很容易丢失。

#### （七）元素的电负性〔10〕、〔16〕-106,〔27〕-30

元素的电负性表示原子在分子内把电子吸引向自己的能力。这种能力的大小，决定于原子在分子内是正性还是负性和形成化学键的极性。元素的电负性大，表示其原子容易接受电子，不易失去电子，就是非金属性强；电负性小，则与此相反，表示元素的金属性强。

根据元素的电负性，还可以大体上判断形成的分子中化学键的键型。如分子中相邻两原子的电负性相差很大时，原子间形成

离子键；电负性没有差别时，形成共价键；介于两者之间，则形成极性键。

元素的电负性目前尚无法直接测定。现在常用的是鲍林 (Pauling) 根据热化学数据计算的数值。手册中载出这组电负性的数值。

#### (八) 天然同位素的质量数和人造放射性同位素的质量数 〔7〕B-248,〔22〕,〔23〕-478

1. 相对丰度：系指各稳定同位素或长寿命同位素的原子数在某种元素的天然分布中所占原子总数的百分比。

2. 衰变：放射性元素的原子核会不断地放出某种射线而转变为另一种元素或转变到另一种状态去，这种过程称为衰变。原子核的衰变方式有  $\alpha$  衰变、 $\beta$  衰变和  $\gamma$  衰变三种。放出的辐射线有  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、X 射线以及中微子。

3. 半衰期：在放射性衰变过程中，放射性同位素的数量减少到原有数量的一半所需的时间，称为半衰期。

4. 天然放射系成员：系指从  $_{81}\text{Tl}$  到  $_{91}\text{Pa}$  的 11 个天然放射性元素在三个天然放射系的连续衰变过程中，所产生的放射性同位素（不包括人工放射系各核）。

5. 放射性同位素辐射和衰变的符号：

$\alpha$ ——核的  $\alpha$  衰变。

$2 \times \alpha$ ——该核同时辐射两种  $\alpha$  粒子（具有两个半衰期）。

$(\alpha)$  ——缓发  $\alpha$  粒子。

$\beta^-$ ——负电子辐射。

$2 \times \beta^-$ ——该核同时辐射两种  $\beta^-$  粒子（具有两个半衰期）。

$\beta^+$ ——正电子辐射。

$\beta$ —— $\beta$  稳定。

$\epsilon$ ——轨道电子俘获（一般应用符号 EC）。

S——自发核裂变（一般应用符号 SF）。

E——有同质异能核（该核的衰变方式没列出）。

$2 \times E$ ——该核有两个同质异能核。

$Tc^{110\beta-?}$ ——可能但尚未肯定的同位素。

$201^{\beta-} \sim 204^{\beta-}$ ——从 201 至 204 各同位素都具有负电子辐射。

### （九）标准电极电势（标准电极电位）〔7〕D-120,〔13〕-1204

产生在金属电极和它的盐溶液之间的电势差叫金属的电极电势。金属电极电势的高低决定于金属本身的活泼性和金属离子在溶液中的浓度以及溶液温度。在  $25^{\circ}\text{C}$  时金属电极同它的离子浓度为  $1m$  的溶液相接触的电势，称为该金属的标准电极电势（即还原电势。 $m$  是离子的重量摩尔浓度，溶液的浓度用 1000 克溶剂中所含溶质的摩尔数来表示的叫做重量摩尔浓度。

金属标准电极电势的绝对值无法测定，其相对大小可用比较方法测出，是让它与规定的标准氢电极电势等于零伏相比较。（标准氢电极是在  $25^{\circ}\text{C}$  时由浸于  $\text{H}^+$  浓度为  $1m$  的溶液中，由 1 大气压的纯氢气流所饱和的铂黑电极所构成。铂的黑色粉末叫铂黑）。

由此可以定义：将金属放在它的盐溶液中，盐的离子浓度为  $1m$ （1 大气压、 $25^{\circ}\text{C}$ ），这时金属和标准氢电极间的电势差即为该金属的标准电极电势。

由金属的电极电势可近似地衡量金属得失电子的能力，并判断氧化——还原反应进行的方向和程度。如把金属（包括氢）按它们的标准电极电势递升的顺序排列，即得到金属的活动顺序（称电动序）。这种顺序也和金属的取代顺序基本上一致。

### （十）电荷——离子半径比（也称离子电势）〔28〕,〔29〕

是表示由正离子所产生电势能的近似参数。某种金属离子对电子或负离子吸引的强弱，是与该离子电荷的多少成正比，与离子半径成反比，这种离子对电子或负离子吸引的强弱程度叫离子的碱度，可用与它有关的两个量之比  $z/r$  来量度，其中  $z$  表示离

子的电荷数（原子的价电子数）， $r$  为正离子半径（或原子实半径）。

### （十一）原子吸收光谱分析线〔24〕,〔25〕,〔26〕

1. 热能和光能都可以激发原子产生原子发射。元素的原子蒸气，由基态吸收了热能（或对应某波长的辐射能）而成为激发态，这些被激发的原子再转为基态时，是以光的形式释放出能量来，而形成原子发射光谱。

原子光谱所具有的光谱谱线的数目、位置（波长）和强度，因元素的种类不同而有严格的差别，这就是藉以识别各种元素的标识谱线（特征谱线）。

2. 发射光谱与吸收光谱之间的关系，按照克希霍夫定律，原子受到外界能量的激发时，能发射出对应于一些波长的许多条谱线，同样，它也能从外界吸收与上述波长完全相同的谱线。

把温度很高的光源（通常用空心阴极灯）所产生的光束，透过一定厚度的待测元素的原子蒸气（一般用火焰法产生），则光束中的一部分波长的光（对应一定的能量）被基态原子所吸收，使待测元素的自由原子在外来光的激发下，由一个较低的能态，跃迁到较高的能态，这种光波的吸收现象可在检测器中测得，即得到原子吸收光谱。由于各种元素都具有自己独特的标识谱线，所以原子吸收光谱分析法（也叫原子吸收分光光度法）可用以精确地测定试样中元素的种类和含量（由谱线的强度表示）。

由于只有那些未被离解和未被激发的基态原子才具有吸收对应于一定激发态的、能量（波长）一定的辐射的能力，所以原子吸收光谱分析法与原子发射光谱分析法相比较，它可以不受产生蒸气温度变化的影响。

3. 原子吸收光谱分析法，具有测定元素多（它能测定几乎全部的金属元素和多种非金属元素）、灵敏度高、选样性强和准确、快速、简便等优点，已广泛应用于冶金、地质、石油、化工和医疗等部门的痕量元素的测定。由于大多数这种光谱分析仪器

的工作范围，都在  $1900\text{ \AA}$  以上的紫外光区和可见光区内，对于稀有气体、卤素以及碳、氢、氮、氧、硫、磷等元素，因为它们的一些共振线远在  $2000\text{ \AA}$  以下，所以就不能用原子吸收光谱分析法测定。这些元素的共振线波长在手册中用 ( ) 表示出。(共振线：当基态原子吸收某一频率的光辐射受激后，再回到基态时仍发出同频率的光辐射来，这种跃迁过程称共振辐射，所发出的光谱线称共振线或共振谱线。)

#### (十二) 摩尔热容 [13]-872, [27]-36

就是使 1 摩尔的元素温度升高 1 度所需的热量。摩尔热容随温度的影响变化很大，手册中各元素的数据是在  $298.15\text{K}$  和 1 大气压下的标准摩尔热容。

#### (十三) 定压摩尔热容/定容摩尔热容 [14], [7]B-416

气体的定压摩尔热容与定容摩尔热容之比也叫气体的热容商，即  $C_p/C_v = \gamma$ 。

从热力学迈义尔公式： $C_p - C_v = R$  (普适气体恒量)，则  $\gamma = C_p/C_v = R/C_v + 1$ 。从能量分配定律得知，单原子气体  $C_v = 12.46\text{焦/摩}\cdot\text{开}$ ，则热容商  $\gamma = 8.31/12.46 + 1 = 1.667$ 。双原子气体  $C_v = 20.79\text{焦/摩}\cdot\text{开}$ ，则热容商  $\gamma = 8.31/20.79 + 1 = 1.40$ 。以上计算数值基本上与实验值相符。

#### (十四) 摩尔熵 [27]-36

按定义，熵是体系内部质点混乱程度或无序程度的量度。熵也是状态函数。在绝对零度时，分子的热运动可认为完全停止，可以说体系的无序度等于零。物质的熵就是以“在绝对零度时，任何纯净的完整晶态物质的熵等于零”这个假设为依据而求得的。

手册中各元素摩尔熵的数值，是在标准状态 (1 大气压) 和  $298.15\text{K}$  时 1 摩尔物质的标准熵。

#### (十五) 超导性临界温度 [30], [31], [34]-157

目前已发现有 20 几种元素 (还有它们的合金或化合物)，当

把它们置于极低的温度下，会出现物质的特殊性质。例如，当温度低于各自的临界值时，它们的电阻会完全消失，这种性质称超导性。同时，这些超导性材料在超导态时还具有抗磁性，使外界磁场完全不可穿透（磁通完全被排出），所以它们又是理想的抗磁材料。此外，当温度低于某临界值时，液体则会出现超流动性，这时液体的粘滞度接近于零。

目前许多国家对超导理论的研究和实验工作正投入大量的人力和物力，超导现象的应用也刚刚开始，如果超导性材料的临界温度一旦大大提高之后，电气工程技术以及和它有关联的工业和科技领域，将会迅速改变面貌，并且可以预料，在生产实践中将会有着广泛的应用前途。

#### **（十六）磁化系数（磁化率）[13]I-1233, [34]-158**

由于元素的物质结构不同，所以它们对磁性的感应程度也各不相同。各种物质按磁性特征分类，大体可分为顺磁性、抗磁性和铁磁性三类。如果产生在某元素中的磁场比真空中的磁场强时，该元素叫顺磁性物质；比真空中弱时，叫抗磁性物质。

相对导磁系数  $\mu_r$ ：是某元素的导磁系数  $\mu$  与真空导磁系数  $\mu_0$ （规定等于1）之比，即  $\mu_r = \mu / \mu_0$ ，顺磁性物质  $\mu_r > 1$ ，抗磁性物质  $\mu_r < 1$ ，但这两类物质的数值相差很小，都接近于1，（ $\mu \approx \mu_0, \mu_r \approx 1$ ）。铁磁性物质  $\mu$  值很高，可达  $10^4$  以上。

再则，物质在磁场中被磁化时，磁化强度  $J$  与物质内的磁场强度  $H$  成正比，即  $J = xH$ ，（ $J$  可以表示在物质的单位体积内磁偶极子产生磁矩的总和）， $x$  是磁化系数。由电磁学得知  $\mu_r = 1 + x$ ， $x > 0$  时，为顺磁性物质； $x < 0$  时，为抗磁性物质；对铁磁性物质  $\mu_r \gg 1$ ， $x \gg 0$ 。铁磁性物质很易磁化，在不很强的磁场中就可磁化达到饱和，并且得到的磁化强度很大。

手册中数值系指常温下元素的磁化系数。对 Fe、Co、Ni 三种铁磁性元素，给出的数值是 0K 时的饱和磁化系数，单位：

高斯·厘米<sup>3</sup>/克。

(十七) 硬度〔4〕-150,〔12〕

本手册所列出元素的硬度用莫氏硬标表示出,该硬标由下列硬度顺序增大的十种样品物质来确定:

| 硬度 | 样 品 物 质                                                   | 检 查 方 法    |
|----|-----------------------------------------------------------|------------|
| 1  | 滑 石 $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_5]_2$   | 用指甲刻划有痕    |
| 2  | 石 膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (岩盐)        | 用铝币刻划有痕    |
| 3  | 方解石 $\text{CaCO}_3$                                       | 被铁刻划有痕     |
| 4  | 萤 石 $\text{CaF}_2$                                        | 可被玻璃划痕     |
| 5  | 磷灰石 $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$                  | 可被钢刀划痕     |
| 6  | 正长石 $\text{K}[\text{Al Si}_3\text{O}_8]$                  | 被钢刀刻划微痕    |
| 7  | 石 英 $\text{SiO}_2$                                        | 钢刀刻划无痕,出火星 |
| 8  | 黄 玉 $\text{Al}_2(\text{F} \cdot \text{OH})_2\text{SiO}_4$ | 同 7        |
| 9  | 刚 玉 $\text{Al}_2\text{O}_3$                               | 同 7        |
| 10 | 金 刚 石 C                                                   | 同 7        |

硬度的另一种单位千克/毫米<sup>2</sup>,其数值列入括弧内,两种单位数据选自不同参考资料,并非直接换算得出。

(十八) 热中子俘获截面〔4〕-114,〔9〕-17,〔23〕-478

入射粒子束与靶原子核发生核力相互作用的几率,可用“截面”一词来描述。截面大小就表示相互作用几率的大小。按经典力学的观点把入射粒子考虑为一个点,把靶核考虑为一个坚实的球,靶核对入射粒子的有效截面就相当于其几何截面。按量子力学观点,微观粒子不仅有粒子性还有波动性,所以求截面就要复杂得多。截面与入射粒子的能量有很大关系,一般地说,有效截面