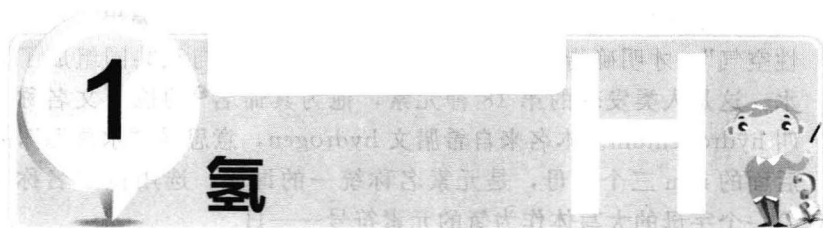


稳定性是相对于放射性而言的，因此，也可以理解为非放射性。在地球环境中，只要不进行人工干预，稳定元素会永远保持同一元素的性质，它们只能进行使价电子变化的化学反应，而不会进行动摇原子根基的核反应。不过，少数稳定元素中的放射性同位素例外。

0.5 元素的主要用途

用途是根据元素的物理性质与化学性质所派的用场。本书既介绍了单质的用途与多种化合物的用途，也有不少合金与混合物的用途。在单质中，还包括一些同位素与同素异形体的用途。但都是各具特色地、有代表性地举例说明，并非囊括了所有用途。

最后，本书还简单附介了绝大多数元素的部分制取途径。



1.1 元素综述

氢是1号元素的中文名称，这是1932年，当时的教育部在制定的《化学命名原则》中命名的[●]。古代无此字，这是我国把它的拉丁文名称音译时，又根据它是质量最小的气体元素，取轻从气，意译为氢，为此专门新造的一个形声字，读 qīng。氢元素生成于宇宙演化的两种环境中：一是在宇宙大爆炸的几分钟

● 当年在《化学命名原则》中命名的共有从氢到铀92种元素，大多数至今未变，就不再赘述，只有少数元素有不同程度的变动，再相机交代。



将温度升到 2400°C ，也仅有 1% 的氢分子分解成氢原子。

氢的天然同位素有 3 种：氢 1、氢 2 和氢 3，其中氢 1 (^1H) 又叫氕 (音 piě)，核内无中子，为普通氢，常用符号 H 表示，占 99.9844%；氢 2 (^2H) 又叫氘 (音 dāo)，核内一个中子，为重氢，常用符号 D 表示，占 0.0156%；氢 3 (^3H) 又叫氚 (音 chuān)，核内两个中子，为超重氢，常用符号 T 表示，约占十亿亿分之一。其中氚为放射性同位素。

另外，由于氢分子有自旋异构现象，还分为正氢和仲氢。分子中两个核的自旋方向相同者为正氢，分子中两个核的自旋方向相反者为仲氢。温度越低，仲氢占的比例越大。在常温下，正氢占 75%，仲氢占 25%；温度下降到绝对零度，仲氢增加到 100%。

1.3 物理性质

氢的原子半径 (共价半径) 37.1pm ，离子半径 10^{-3}pm ($+1$)， 154pm (-1)；原子量 1.00794，原子体积 $14.1\text{cm}^3/\text{mol}$ 。比热容 $1.43 \times 10^4 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，熔点 -259.14°C ，沸点 -252.87°C ，汽化热 451.872kJ/kg ，溶解热 58.576kJ/kg 。氢的形态不同、密度各异：气体氢密度 $0.08987\text{g}/\text{dm}^3$ ，液体氢密度 $0.07\text{g}/\text{cm}^3$ ，固体氢密度 $0.088\text{g}/\text{cm}^3$ ，金属氢密度 $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

氢是无色无味无臭的气体，双原子分子；氢也是密度最低的气体，只有空气密度的 $1/14$ 。热容量最大，具有很高的扩散速度和导热性能；沸点很低，很难液化，也难溶于水。常压下 0°C 时，100 体积的水只能溶进两体积的氢气。但是，在铂、钯、铑、镍等过渡金属及其合金中溶解得多，比如在常温常压下，一单位体积的钯，可溶进 850 个单位体积的氢；一单位体积的镧镍合金 (LaNi_5)，可溶进 985 单位体积的氢。氢的晶体结构类型为分子晶体、六方晶系。氢为反磁性物质，金属氢有超导性。

1.4 化学性质

氢的价层电子构型 $1s^1$ ，电负性 2.1，第一电子亲和能



玻璃罩内的氧化汞分离出氧，但他当时也不知道这是一种新元素，只称之为“脱燃素空气”。他先将两只老鼠放在这种空气中，看到它们表现得异常活跃，又亲自用鼻子“品尝”了一下这种空气，感到非常欣然。于是就将此事告诉了法国化学家拉瓦锡。拉瓦锡又经过 12 天的实验，确认这是一种新元素。这是人类发现的第 20 种元素。1775 年，他把此元素称之为“极纯空气”；1785 年，又因拉瓦锡认为此元素为一切酸的基础物质（意思为无氧不成酸），便在他与其他三人合编的《化学命名法》一书中，用希腊文命名为 oxysgene，意思是“酸之源”，又据此把拉丁文名称叫 oxygenium。并用拉丁文名称第一个字母的大写体作为它的元素符号——O。

8.2 存在形式

氧元素在自然界呈单质与化合物两种形式存在。在大气圈中，按体积占大气的 20.94%，按质量占大气的 23.139%。在离地面 20~25km 的同温层里，多数呈 3 原子分子 O_3 存在，称为臭氧层。在臭氧层以下的大气中，多数呈双原子分子 O_2 存在；在臭氧层以上的大气中，全呈氧原子状态存在。在水圈中，氧以化合物形式存在，按质量约占 88.88%；在岩石圈中，氧以不同类型的大量氧化物与种类众多的含氧酸盐的形式普遍存在于绝大多数矿物中；在生物圈中，则以水淀粉、脂肪、蛋白质、核酸等化合物的形式存在于一切生物体内。

氧的天然同位素有 3 种，名称、符号及所占百分率分别是：氧 16 (^{16}O) 占 99.759%，氧 17 (^{17}O) 占 0.037%，氧 18 (^{18}O) 占 0.204%。

氧的同素异形体有 3 种： O_2 、 O_3 和 O_4 ，其中 O_2 为普通氧，数量最多，存在于空气、水和固体水合物中； O_3 又叫臭氧，数量较少，主要存在于距地面高 20~25km 的臭氧层中； O_4 更少，主要存在于固体氧中，在气态氧和液态氧中极少。



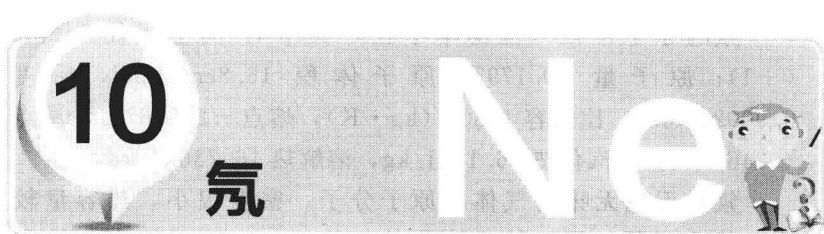
③ 聚四氟乙烯可以制造耐高温（ 300°C 不燃烧）、耐腐蚀、不吸水、无噪声、低摩擦系数的塑料制品；如把薄薄的一层涂在锅的内壁上，就能成为理想的不沾锅；利用它耐高温、摩擦系数小的特点，制造无需润滑油就能灵活运转的轴承，而且没有噪声污染。利用它具有与生物相容性好的优点，制造排异性小、安全系数高的心脏补片、人工气管和人造动脉血管等人体器官的代用品；若将 $1/3$ 的特氟隆液体和 $2/3$ 的生理盐水混合，可作为人造血液急救伤员，而且输用时无需化验血型。

④ 氢氟酸和五氟化铝按一定比例混合，可制成氧化性极强的超强酸：按 $1:0.3$ 混合，酸性是浓硫酸的 1 亿倍；按 $1:1$ 混合，酸性是浓硫酸的 10 亿倍！

⑤ 氟硅酸钠用作低氟地区饮用水的氟化、铝和铍的冶炼，也用来制造乳白玻璃、搪瓷釉料、洁厕剂、杀虫剂、灭鼠剂、木材和皮革的防腐剂。

⑥ 氟橡胶比其他橡胶耐热、耐光、耐低温、耐真空、耐强氧化剂，除用于航天、航空领域外，还用于汽车、轮船、石油、化工、轻工和对环境污染的控制。

氟的制取途径 用电解氟化物或热解氟化物均可获得氟气。



10.1 元素综述

氖是 10 号元素的中文名称，古代无此字，这是我国根据它

1669年，德国商人、江湖医生兼炼金术士亨尼希·布兰德（H. Brand）将装在曲颈瓶中的尿经加热蒸发后，在暗处发现了白蜡状能放出蓝绿色冷光的磷。他称之为“冷火”。1680年9月，英国科学家玻意耳（R. Boyle）也从尿中制取了磷。这是人类发现的第14种元素，他为其命名的拉丁文名称为 phosphorum。该名称来自希腊文 phero（携带）和 phos（光）两词组成，意思是“发光物”；并用拉丁文名称第一个字母的大写体作为它的元素符号——P。

15.2 存在形式

磷属于亲氧元素，在自然界中没有单质存在，全是以化合物的形式存在于富含氧的磷酸钙、磷铝石、氟磷灰石、氯磷灰石、磷钇矿、磷氯铅矿、磷氯铝矿以及天蓝石、银星石、绿松石等磷酸盐矿床中。北非摩洛哥的磷酸盐储量最大，占世界总储量的70%；我国的磷资源居世界第二位。

磷的天然核素只有一种，名称为磷31，符号为 ^{31}P ，却有4种同素异形体，即白磷（因易变黄，又叫黄磷）、红磷、黑磷与紫磷。

15.3 物理性质

磷的原子半径（共价半径）110.0pm，离子半径34pm（+5）、212pm（-3），原子量30.9738。下面以白磷为例：原子体积 $16.9\text{cm}^3/\text{mol}$ ，密度 $1.828\text{g}/\text{cm}^3$ ，硬度0.5°，熔点 44.1°C ，沸点 280.5°C ；电阻率 $10^{17}\mu\Omega/\text{cm}$ 。

白磷是透明的蜡状分子晶体，晶体和溶液常温下都保持4原子分子，只有温度高达 800°C 以上时，才变成双原子分子。质轻而软，热容量小，室温下即可升华；着火点低，只有 40°C 。为绝缘体。无色透明，含有氧杂质时呈淡黄色。有剧毒和臭蒜味，误食0.1g即可致死，即使接触皮肤也会受伤。红磷是

16

硫

S



16.1 元素综述

硫是16号元素的中文名称，此字古代就有，读 liú，名词，俗称硫黄。既指古代发现的硫元素，又指内治腹痛、外治疮疖的一种中药。硫元素生成于恒星演化核燃烧阶段的碳燃烧过程、氧燃烧过程、氦燃烧过程和恒星爆炸阶段。硫的宇宙丰度 5.15×10^5 ，居第10位；地壳丰度260，居第17位。在化学元素周期表中，硫属于p区ⅥA族第三周期的稳定性非金属固体元素。

硫发现于约公元前20世纪，由于它在自然界不仅有游离状态，而且颜色鲜艳，尤其是经火烧时散发出强烈的刺激性气味儿。很可能是首先由古埃及人发现的，因为在大约40000年前，他们就用燃烧形成的二氧化硫漂白布匹。但是直到1776年，法国化学家拉瓦锡才确定硫的不可分性，认为它是一种元素。这是人类发现的第8种元素，他为其命名的拉丁文名称为sulfur。该名源于印度的梵文sulvere，意思是“鲜黄色”；并用拉丁文名称第一个字母的大写体作为它的元素符号——S。

16.2 存在形式

硫在自然界中少数以单质形式存在于火山喷发物里，大多数以无机化合物硫化物或硫酸盐的形式存在于黄铁矿、雄黄矿、雌黄矿、朱砂矿、方铅矿、闪锌矿、针镍矿、硫镉矿、辉银矿、辉铜矿、辉锑矿、辉铋矿、辉钼矿、辉锰矿、硫酸铅矿等矿物中，另外，还有一部分以有机化合物的形式存在于天然气、煤炭、石



大多数是在恒星演化核燃烧阶段的氧燃烧过程、氦燃烧过程和新星、超新星爆炸阶段生成的，极少数是在地球环境中钾 40 通过轨道电子俘获衰变而成。宇宙丰度 101026，居第 11 位；地壳丰度 1.2，居第 56 位。在化学元素周期表中，氩属于 p 区ⅧA 族第三周期的稳定性非金属稀有气体元素。

早在 1785 年，英国科学家卡文迪许在研究空气的成分时，就在多次实验中发现，从空气中分离出氮、氧和二氧化碳后，还剩下原空气体积 1/120 的一种未知气体，但在当时并未引起人们的注意。直到百年之后的 1892 年，英国物理学家瑞利 (J. W. S. Rayleigh) 在多次精确测定氮元素的密度时总是发现，从空气中得到的氮气为 1.2572g/L，从氨中得到的氮气为 1.2508g/L，二者密度值相差 0.0064g/L。这使他感到十分迷惑，便写信给英国《自然》杂志向广大读者请教。虽然一直没有得到信息反馈，但在 1894 年 4 月 19 日，瑞利在英国皇家学会上宣读他的实验报告后，却得到了伦敦大学教授英国化学家拉姆塞的指点：来自氨中的氮是纯净的，来自空气中的氮可能有杂质。并表示愿与他共同解决这一难题。结果，二人经过各自的多次精确实验，都认定剩余空气的 1/120 体积气体是一种新元素。不过那却不只是氩，而是氩与其他惰性气体的混合物。因为其余惰性气体的质量总和也不足氩质量的 0.27%，而在当时较低的技术条件下，首先发现的只能是地球大气中含量最多的惰性气体——氩^①。这是人类发现的第 76 种元素，英国科学协会主席马丹 (H. G. Madan) 为其命名的拉丁文名称叫 argonium。该名源于希腊文 argon，意思是“不干活”或“懒惰”，这也是惰性气体一词的由来；并用拉丁文名称第一个字母的大写与第二个字母的小写组成它的元素符号——Ar。

① 惰性气体氩虽然发现得最早，但那是首先从太阳日珥里观测到的特征 X 谱线推知的，是人们可望而不可即的，而在地球上的钷铀中又发现氩时，那已经是 1895 年——氩发现以后的事了。

式比较分散地存在于富含氧的钒铜矿、钒铅锌矿、钒酸铅矿、钒钛磁铁矿、钒酸钾铀矿、钒酸钙铀矿、绿硫钒矿和钒云母中，也见于亚洲的罗得西亚沙漠与北美的墨西哥沙漠。我国的钒储量居世界第三位，但 91% 是伴生，回收率较低。

钒有两种天然同位素，其名称、符号及所占百分率分别是：钒 50 (^{50}V) 占 0.24%、钒 51 (^{51}V) 占 99.76%。

23.3 物理性质

钒的原子半径（共价半径）122pm，离子半径 59pm(+5)、74pm(+3)，原子量 50.9415，原子体积 8.39，密度 6.1g/cm³，硬度>5；比热容 481J/(kg·K)，熔点 1890℃，沸点 3380℃；电阻率 24.8~26.0μΩ/cm。

金属钒银灰色，外形似铂，有明亮光泽。晶体结构类型为金属晶体、立方晶系体心立方晶格。纯净金属硬度适中，富延展性，可压成薄如纸的钒箔；但含有氮、氢、氧杂质的钒硬而脆。金属钒耐高温，无磁性，传热导电性较好，在-267.76℃的低温下可成为超导体。

23.4 化学性质

钒的价电子构型 $3d^3 4s^2$ ，电负性 1.6，第一电子亲和能 90.4kJ/kg，第一电离能 649kJ/kg，标准电极势 1.031V；氧化数+5、+4、+3、+2、+1、0、-1，常见化合价+5、+4。

钒在反应中容易严重钝化，常温下化学性质比较稳定。在空气中不被氧化，纵是在潮湿的空气中，仍能保持明亮的金属光泽；既不与水和一般碱作用，也不与大多数非氧化性酸作用。中等温度下，与卤素发生反应，生成多价卤化物；与氢、碳、氮反应生成间充型化合物。高温下，能与大多数非金属化合。在氧气中加热到 600~700℃ 剧烈氧化，温度高于 675℃ 时开始燃烧，并

伴有鲜艳的火焰。

钒为两性元素，既溶于浓硝酸、浓硫酸、氢氟酸和王水，生成钒盐；又与熔融的苛性碱发生作用，生成钛酸盐。但不溶于普通酸和稀碱液，耐腐蚀性较强。高价氧化物为两性偏酸，它形成的水合物，根据与水分子化合的多少，既可生成正钒酸，又可生成偏钒酸。另外，钒与卤素和氢反应，还可以形成无氧酸。

钒的化合物类型，主要是钒的非金属化合物、含氧酸盐、无氧酸盐和钒酸盐。常见化合物有：钒酸（ H_3VO_4 ）、钒酸钠（ Na_3VO_4 ）、焦钒酸（ $\text{H}_4\text{V}_2\text{O}_7$ ）、偏钒酸铵（ NH_4VO_3 ）、三氯化钒（ VCl_3 ）、五硫化二钒（ V_2S_5 ）、三氧化二钒（ V_2O_3 ）、五氧化二钒（ V_2O_5 ）等。

钒是稳定性元素，但钒 50 为放射性核素，能进行 β^- 衰变转化为铬 50，也能进行 k 轨道电子俘获，转化为钛 50。

23.5 主要用途

① 将少量的钒加入钢中制成的钒钢，硬度高，弹性好，韧性强，抗摩擦、抗冲击，不仅广泛用于制造结构钢、弹簧钢、工具钢、装甲钢、钢轨、汽车和飞机，而且既可做防弹的头盔，又可做穿甲弹。由于钒不易吸收中子，还可用钒钢制作核反应堆中的控制棒。

② 钒被誉为钢铁的维生素，将不足 1% 的钒加入铸铁中就会增加其坚硬度、韧性、弹性和耐磨性，用它制成的轧辊、铸模、冷锻模和火塞环，具有优良的耐冲击和抗弯曲能力。

③ 五氧化二钒作催化剂，可以代替昂贵的铂，用于合成三氧化硫，合成草酸和提炼石油；还可以制造电致变色材料，用于数字与图像显示器、生物传感器等。

④ 钒盐类具有黄、红、紫、棕、黑与蓝多种色彩，可用于玻璃、陶瓷与橡胶的着色材料。

⑤ 在猪饲料中加入适量的钒，对猪有催肥作用。



藏量最多的国家是非洲的赞比亚，不过年产量 110 万吨的世界第一大铜矿在南美洲的智利。

铜的天然同位素有二种，其名称、符号及所占百分率分别是：铜 63 (^{63}Cu) 占 69.09%、铜 65 (^{65}Cu) 占 30.91%。

29.3 物理性质

铜的原子半径（共价半径）117pm，离子半径 72pm(+2)、96pm(+1)，原子量 63.546，原子体积 $7.12\text{cm}^3/\text{mol}$ ，密度 $8.92\text{g}/\text{cm}^3$ ，硬度 3.0°，比热容 $385\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，熔点 1083.4°C ，沸点 2567°C ，汽化热 $4803.232\text{kJ}/\text{kg}$ ，溶解热 $175.728\text{kJ}/\text{kg}$ ；电阻率 $1.67\mu\Omega/\text{cm}$ 。

金属铜紫红色，有光泽。晶体结构类型为金属晶体、立方晶系面心立方晶格。比较纯净的铜，密度偏低，硬度小，延展性好，1g 铜可拉成 3000m 的细丝，能压成 10 多平方米几乎透明的铜箔；但只要其中含有很少的铅、铋、铋杂质，就变得很脆，难以加工；虽然纯净铜是热与电的良导体，导电性能仅次于银而优于金和铝，而且纯度越高导电性能越好，比如 99.99999% 的超纯铜，可代替银线使用；但是，经混进少量的磷、砷、氧等杂质后，导电能力就会大幅度降低。金属铜是强抗磁性物质，有一定的毒性。

29.4 化学性质

铜的价电子构型 $3d^{10}4s^1$ ，电负性 1.9，第一电子亲和能 $123.52\text{kJ}/\text{mol}$ ，第一电离能 $745\text{kJ}/\text{mol}$ ，标准电极势 0.337V；氧化数 +1、+2、+3、+4，常见化合价 +2、+1。

铜的化学性质不太活泼。常温下在干燥的空气中比较稳定，不与氧反应，但可与卤素直接化合；在潮湿而又富含二氧化碳的空气中表面易生成一层绿锈——碱式碳酸铜。加热可与氧及硫直接化合，分别生成一氧化铜和硫化亚铜，在氧气中燃烧生成氧化

亚铜。能把汞、银、铂、金等元素从它们的盐溶液中置换出来，还原为单质，铜还可以与金形成金属间化合物。

铜为弱碱性金属，不溶于碱，也不溶于稀盐酸、稀硫酸，跟硝酸、热浓硫酸与浓盐酸作用，生成相对应的铜盐。代表氧化物一氧化铜为碱性，其水合物是微显两性的氢氧化铜。

铜的化合物类型主要是铜的氧化物、硫化物、含氧酸盐和无氧酸盐。常见化合物有：硫化铜 (CuS)、硫化亚铜 (Cu_2S)、氧化铜 (CuO)、氧化亚铜 (Cu_2O)、氯化铜 (CuCl_2)、氯化亚铜 (CuCl)、硫酸铜 (CuSO_4)、磷酸铜 [$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$] 等。

29.5 主要用途

① 古代利用铜锌合金（黄铜）与铜镍合金（白铜）制造货币，利用铜锡铅合金（青铜）制作工具和武器，也用来做雕像。

② 现代用黄铜制造精密仪器、船舶零件、枪炮的弹壳和铈、钹、号、铃等多种乐器；用白铜制作医疗工具、电器、仪表、精密机械和装饰品等；用青铜打造精密轴承、高压轴承、船舶抗腐蚀机械和各种板材、棒材、管材，还利用其热缩冷胀的特性铸造塑像。

③ 硫氰酸亚铜用作无机颜料、阻燃剂和消烟剂，还因其具有杀虫、灭菌和防霉活性，用作船底涂料，防止虫蛀和贝类的附着生长。

④ 氯化铜用作消毒剂、灭菌和杀虫剂、木材防腐剂、食品添加剂、玻璃和陶瓷的着色剂、有机物氢化反应的催化剂。

⑤ 以七氧化三铜为主体，以铋、铈、钡、镨为辅助料的复合超导合金，临界温度高达 111K，是制造磁悬浮列车及其铁轨部件的上选材料；铜钙钛钡复合氧化物为超导材料，临界温度 120K，用它制造的超导电缆比普通材料电缆容量提高 25 倍，电能消耗降低到原来的千分之几；用它制造的超导发电机，比常规发电机重量轻、耗能少、成本低，输出功率却提高 20 倍以上。

铜的制取途径 把铜的硫化物矿石煅烧除硫后，再与少量二氧化硅和焦炭共熔制得粗铜，最后用电解法制取精铜。



30.1 元素综述

锌是 30 号元素的中文名称，古代无此字，这是我国根据它拉丁文名称的音译，为此专门新造的一个形声字，读 xīn。锌元素绝大多数生成于恒星演化核燃烧阶段的硅燃烧过程、中子俘获慢过程和新星或超新星大爆炸阶段；极少数生成于地球环境中铀 235 的受激裂变过程和铀 238 的自发裂变过程。宇宙丰度 1260.5，居第 23 位；地壳丰度 0.11，居第 65 位。在化学元素周期表中，锌属于 d 区 II B 族第四周期的稳定性金属元素。

英国学者阿特奇森 (L. Aitchison) 不知出于何据，在《金属史》一书中说：“中国在公元前 200 年到公元 200 年间首先生产了锌。”不过当年并不叫锌，明朝载有炼锌术的《天工开物》一书，称金属锌“因似铅而性猛，故名之曰‘倭铅’。”但到 1617 年前后，欧洲人才在无意间得到锌。德国政治家兼炼金术士龙涅斯 (G. E. Von Lötheyss) 在炼铅炉壁上偶然发现有像锡一样的白色金属，但比锡硬，无延展性，后来才知道那就是锌。这是人类发现的第 10 种元素，它的拉丁文名称被定为 zincum。该名源于德文 zinck，意思就是“像锡”。并用拉丁文名称第一个字母的大

拉丁文名称第一个字母的大写与第二个字母的小写组成它的元素符号——Ga。

31.2 存在形式

镓为亲硫金属，在自然界中无单质存在，而且是分散元素，没有自己独立的矿床。常与含硫的闪锌矿和锗石矿共生在一起，也爱跟锗一起共生在富含硫的煤矿中。所以，不仅在冶炼锌、锗的矿渣中可回收到镓，在烧煤的锅炉或烧焦炭的炼矿炉烟囱的烟尘中，也很容易回收到镓与锗。我国镓的储量约为 98300t，居世界第一位。

镓的天然同位素有两种，其名称、符号及所占百分率分别是：镓 $69(^{69}\text{Ga})$ 占 60.4%、镓 $71(^{71}\text{Ga})$ 占 39.6%。

31.3 物理性质

镓的原子半径（共价半径）126pm，离子半径 62pm(+3)、81pm(+1)，原子量 69.723，原子体积 $11.76\text{cm}^3/\text{mol}$ ，密度 $5.904\text{g}/\text{cm}^3$ ，硬度 1.5°；比热容 $381\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，熔点 29.78°C ，沸点 2403°C ；电阻率 $17.4\mu\Omega/\text{cm}$ 。

固体镓金属浅蓝色，熔点很低，放在手心里就能熔化成水银状的液体，呈银白色。液态温度范围很宽，从 29.78°C 一直到 2403°C ，为所有金属之最。从液体凝成固体后，体积增大 3%。晶体结构类型为金属晶体、斜方晶系。密度小，硬度低，质地轻软，可塑性好，延展性好，能压成箔，拉成丝。常温下虽然是导体，但因易熔不能作导线用；温度至 -272.06°C 时是超导体。具有反磁性，也有一定的毒性，而且毒性比砷和汞还大。

31.4 化学性质

镓的价电子构型 $4s^2 4p^1$ ，电负性 1.7，第一电子亲和能

得，从家乡蒙培利埃盐湖水中提取结晶盐后，大量的母液都被废弃了不仅十分可惜，也造成了严重污染。他想从中再找到一些可被利用的东西，为此进行了许多次实验。一次，当通入氯气的母液变成了棕红色时，以往处理海产藻类植物黑角菜的经验使他断定其中含有一种与氯和碘性质相似的新元素。又经过多次程序不同的处理，最后得到了一种纯净的棕红色液体，他用拉丁文定名为 muride，意思是海水。这是人类发现的第 52 种元素，1826 年 8 月 14 日，法国巴黎科学院审查巴拉尔的新发现，肯定了他的实验结果，但不同意他的命名，而把其拉丁文名称改为 bromium。本名来自于希腊文 bromos，意思是“恶臭”，因为这是一种对鼻子具有强烈刺激性的液体。并用拉丁文名称的第一个字母的大写与第二个字母的小写组成它的元素符号——Br。

35.2 存在形式

溴元素非常稀少，在自然界中无单质存在，并且常与氯化物混合在一起。它 99% 以溴化镁、溴化碘和溴化钠的形式溶解在海洋里，只有 1% 分布在陆地的岩盐、井盐、池盐和咸水湖中。总储量约有 100 亿吨。

溴的天然同位素有两种，其名称、符号及所占百分率分别是：溴 $79(^{79}\text{Br})$ 占 50.54%、溴 $81(^{81}\text{Br})$ 占 49.46%。

35.3 物理性质

溴的原子半径（共价半径）114pm，离子半径 39pm(+7)、195pm(-1)，原子量 79.904，原子体积 $23.51\text{cm}^3/\text{mol}$ ，密度 $3.119\text{g}/\text{cm}^3$ ；比热容 $448\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，熔点 -7.2°C ，沸点 58.78°C ，汽化热 $1808.28\text{kJ}/\text{kg}$ ，溶解热 $66.944\text{kJ}/\text{kg}$ 。

溴在常温下为深棕红色有毒的液体，沸点低，易挥发出红棕色烟雾，有恶臭味；熔点较高，很容易凝成带金属光泽的黑色固体。晶体结构类型为分子晶体、立方晶系简单立方晶格。具有反



46.2 存在形式

钯在自然界主要以游离状态共生在铂钯矿（钯约占 50%）与原铂矿（钯仅占 1.4%）中。

钯有 6 种天然同位素，名称、符号及所占百分率分别是：钯 102 (^{102}Pd) 占 0.9%、钯 104 (^{104}Pd) 占 10.97%、钯 105 (^{105}Pd) 占 22.23%、钯 106 (^{106}Pd) 占 27.33%、钯 108 (^{108}Pd) 占 26.71%、钯 110 (^{110}Pd) 占 11.81%。

46.3 物理性质

钯的原子半径（共价半径）128pm，离子半径 64pm(+4)、86pm(+2)，原子量 106.42，原子体积 $8.87\text{cm}^3/\text{mol}$ ，密度 $12.02\text{g}/\text{cm}^3$ ，硬度 4.8°；比热容 $243\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，熔点 1552°C ，沸点 3140°C ；电阻率 $10.8\mu\Omega/\text{cm}$ 。

金属钯银白色，晶体结构类型为金属晶体、立方晶系面心立方晶格。硬度较小，性柔软，是铂系中延展性和可塑性较好的金属之一。但吸进大量氢气后会膨胀变脆，表面布满裂纹，甚至破裂成碎片。单质钯具有反磁性，电阻率较低，传热导电性能比较好。

46.4 化学性质

钯的价电子构型 $4d^{10}5s^0$ （在所有元素中，是唯一没有最外层 s 电子者），电负性 2.2，第一电离能 $804\text{kJ}/\text{mol}$ ，标准电极势 0.987V；氧化数 +4、+3、+2、+1、0，常见化合价 +2、+4。

钯的化学性质不活泼。常温下，不与空气和氧、溴、氮、氢等非金属作用，也不与水反应；高温下可与稀有气体和氮以外的不少非金属反应，生成共价型化合物。钯在铂系金属之间也可以形成合金。块状钯投入火中可失去光泽，但离火之后很快就又恢



钯的制取途径 在提炼铂矿时从中分离出来。



47.1 元素综述

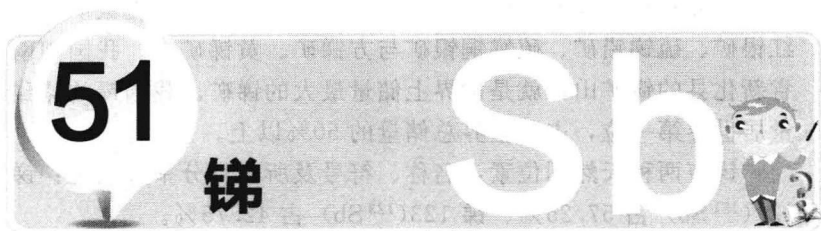
银是 47 号元素的中文名称，此字古已有之，读 yín。既是名词，又是形容词。而且名词又有多义。其中第一就是 47 号元素，即我国俗称的“银子”，也叫“白银”，第二指地名、鸟名、鱼名、树名、钱币名和金融机构名等，第三指古姓氏。银元素绝大多数生成于恒星演化核燃烧阶段的中子俘获慢过程和中子俘获快过程；极少数生成于地球环境中铀 238 的自发裂变过程和铀 235 的受激裂变过程。宇宙丰度 0.486，居第 57 位；地壳丰度 0.07，居第 66 位。在化学元素周期表中，银属于 d 区 IB 族第五周期的稳定性金属元素。

银大约发现于 6000 年前。虽然在自然界成块存在的单质能发出如月亮般明亮的光辉，但其大多数则分散地存在于富含硫的二元、三元或多元的共生矿物中，所以，银的储量虽然是黄金的几十倍，但它发现得却比黄金晚 15 个世纪。白银比起黄金来，不仅不容易被发现，而且提炼起来也复杂得多，以致古代的银产品比金产品少、银价格比金贵。公元前 1780~1580 年间的埃及，白银的价格是黄金的两倍。银是人类发现的第 3 种元素，古代的炼金术士们曾用月牙形作为银的符号。近代的拉丁文名称为 argentum，该名源于希腊文 argyros，意思是“明亮”。并改用拉丁文名称第一个字母的大写与第三个字母的小写组成它的元素符



⑥ 硫化锡有像黄金一样富丽堂皇的颜色，可制成清漆和硝基漆的悬浊液，用于金属、木材、纸张等金色装饰颜料。

锡的制取途径 将矿石先煅烧除去硫和砷，再于高温下用碳还原成粗锡，然后用电解法制得纯锡。



51.1 元素综述

锑是 51 号元素的中文名称，古代无此字，这是我国根据它拉丁文名称的音译，为此专门新造的一个形声字，读 qí。锑元素绝大多数生成于恒星演化核燃烧阶段的中子俘获慢过程和中子俘获快过程；极少数生成于地球环境中铀 238 的自发裂变过程、铀 235 的受激裂变过程和碲 123 的 K 层电子俘获衰变过程。宇宙丰度 0.309，居第 64 位；地壳丰度 0.2，居第 63 位。在化学元素周期表中，锑属于 p 区 V A 族第五周期的稳定性金属元素。

1546 年出版的《论化石的本质》一书的作者德国冶金家阿格里克拉最早指出，锑和铋是不同于其他元素的两种独立的金属，而且用一定量的锑添加到锡和铅中熔炼，可以得到印刷用的活字合金；1604 年出版的《锑的凯旋车》一书的作者德国修士瓦伦泰恩介绍了用铁和辉锑矿石共熔，可以置换出单质锑的方法；1777 年，德国采矿监督官员包恩 (I. E. von Born) 在西班牙包根发现了天然的游离状态的锑。这是人类发现的第 13 种元素，锑的拉丁文名称被定为 stibium。该名来自于 stibnite，意思是

