

# 我国的硒资源及成矿条件初论\*

## Summarizing About Selenium Resources and Its Mineralizing Condition in China

冯彩霞<sup>1,2</sup> 刘家军<sup>1</sup> 刘 燊<sup>1,2</sup>

(1 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

Feng Caixia<sup>1,2</sup>, Liu Jiajun<sup>1</sup> and Liu Shen<sup>1,2</sup>

(1 Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2 The Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**摘 要** 近年来, 在扬子地台周边 C、P “硅岩建造” 中独立矿床(渔塘坝独立硒矿床)以及拉尔玛金-硒矿床和西南、秦岭地区黑色岩系中高 Se 地层的发现, “硅岩建造” 中 Se 的超常富集机制已经越来越受到人们的重视。

**关键词** 硒资源 成矿条件

硒是瑞典化学家 Berzelius 于 1817 年首先发现的一种具似腐烂萝卜臭味的新元素。人类对硒的认识经历了漫长而逐渐深入的过程, 刚开始人们只注意到它的毒性, 直到 1957 年美国营养学家 Schworz 和 Scott 等首次发现了硒与人类和动物的生长、发育、繁殖以及抵抗疾病有着密切的联系, 从而明确了硒为人类和动物体所必需的元素。

## 1 我国的硒资源

### 1.1 硒的地球化学性质

硒在地壳中的含量为  $0.09 \times 10^{-6}$ , 是一种分散元素, 难以形成独立的经济矿床, 常以伴生矿物形式存在于其它矿床中(中国大百科全书, 1993); 同时 Se 属于亲 S 元素, 位于周期表的第六主族, 与 S 的结晶化学和某些地球化学性质颇为相似: 具有相同的原子结构、相同的电价( $S^{2-}$ ,  $Se^{2-}$ )、相近的离子半径( $S^{2-}$  为 0.184 nm,  $Se^{2-}$  为 0.191 nm) 和晶格能( $S^{2-}$  为 1.15,  $Se^{2-}$  为 1.10) 等。又属强亲铜元素, 故 Se 易进入硫化物晶格中以类质同像的形式在许多热液矿床中产出, 而形成大量的硒矿物(刘英俊, 1987; Simon et al., 1996; 1997); 且硒可以作为层控金矿床中的指示元素(刘家军, 1994)。

硒是典型的半导体, 其化学性质稳定, 只溶于强酸及强碱中, 常温下不与氧作用; 在空气中加热会着火燃烧, 生成  $SeO_2$ ; 硒元素易于被有机碳吸附。

硒因外界条件不同而形成无定形硒和结晶形硒, 结晶型硒可分为单斜晶体和六方晶体。单斜晶体又可分为  $\alpha$ 、 $\beta$  型两种, 都显红色。六方晶体硒俗称为灰硒, 灰硒是最稳定的一种 Se 的同素异形体, 溶于二氯甲烷, 不溶于  $CS_2$ , 密度为  $4.80 g/cm^3$ , 熔点为  $220.20^\circ C$  (刘英俊, 1987)。

### 1.2 硒的矿物学研究

硒在不同的地球化学环境中显示出不同的地球化学行为, 在地壳中一般趋于分散, 属于典型的分散元素, 但在局部区域却可以高度富集, 形成 Se 的独立矿物或独立矿床。近十年来, 随着广泛应用电子探针、

\* 中国科学院 1997 年度“百人计划”及国家自然科学基金项目(编号 49773197)资助  
第一作者简介 冯彩霞, 女, 1976 年生, 博士生, 主要从事矿床地球化学研究。

扫描电镜和高分辨电镜、X-射线等高科技分析方法, 不仅扩大了对已知硒化物的产地和产状的认识, 而且还发现了一批新的Se的独立矿物。由于硒成矿条件非常苛刻, 过去认为仅在岩浆期后的热液活动阶段、S逸度低的条件下, 才可以形成大量独立矿物 (Sindeeva, 1964; 刘英俊, 1984), 近年来研究者发现, Se在某些黑色岩系建造中有富集现象, 表 1 所列出的是部分黑色岩系建造中硒矿床类型和独立矿物特征。在已发现的百余种硒矿物中, 硒化物、硒硫酸盐及含氧酸盐占绝大多数, 而其它种类硒矿物数量甚少。其中, 首次在我国发现的硒的独立矿物有硒锑矿 ( $Sb_2Se_3$ ) (陈露明, 1993) 和单斜蓝硒铜矿 ( $CuSeO_3 \cdot 2H_2O$ ) (锥克定, 1980), 闵茂中 (1995) 首次测得硒锑矿的单晶结构; 刘家军等 (1993) 在拉尔玛金矿床中首次发现了硒锑矿、硒硫锑铜矿, 这是锑、铜硫化物-硒化物系列中的过渡矿物。

### 1.3 硒矿床分类及其储量分布

从地质工业类型来划分硒矿床的类型, 可分为独立硒矿床和伴生硒矿床两类; 而从硒的来源划分, 可将伴生硒矿床分为以下几种类型: Cu-Ni 硫化物矿床、斑岩型 Cu 和 Cu-Mo 矿床、夕卡岩型 Cu-Fe 矿床、海底喷流型硫化物矿床、热液型矿床及沉积型黑色页岩、碳质硅岩、煤和磷块岩矿床 (刘家军等, 2001); 其中根据国外文献, 有硒化物产出的热液矿床主要有 4 种类型: ①“远成”硒化物脉状矿床; ②不整合和面型矿床; ③砂岩型铜、铀矿床; ④陆相火山岩型低温 Au-Ag 矿床。除第一类能形成矿化富集体外, 其余三类虽有一些硒化物产出, 但均不能形成硒的矿化富集体 (Simon et al., 1996; 1997)。

表 1 部分硒矿床类型及成矿特征

矿床类型	产出围岩	矿物组合	实例	类别
金-硒矿床	寒武系碳质、硅质岩, 碳质板岩、硅岩	灰硒汞矿, 灰硒铅矿, 硒锑矿, 硒硫锑矿, 硒镍矿, 硒铜矿, 黄铁矿, 黝铜矿, 闪锌矿, 辰砂	四川拉尔玛	独立矿床
金-碲矿床	变玄武岩, 中-下三叠统白云石大理岩, 炭泥质白云岩	辉碲铋矿, 黄碲铋矿, 硫碲铋矿, 碲铋矿, 碲银矿, 碲金矿, 黄铁矿, 磁黄铁矿	四川大水沟	独立矿床
铜-银-硒矿床	下二叠系碳质硅质页岩, 碳质硅岩	芳硒铜矿, 黄硒铜矿, 硒黄铁矿, 硒银矿, 自然硒, 黄铁矿, 辉钼矿, 硒铜蓝	湖北渔塘坝	独立矿床
铜-硒矿床	黑色页岩	黄铜矿, 硒铜矿, 黄铁矿, 辉钼矿	德国曼斯非尔德	伴生矿床
硫-硒矿床	火山岩, 凝灰岩, 凝灰角砾岩	自然硒, 自然硫	意大利西西里岛	伴生矿床

据刘家军等, 1994; 陈毓川等, 1996; 高振敏等, 1999; Индеева Н Д, 1959.

在世界各大陆上, 除南极洲外, 其它各大洲均有硒的分布。目前已探明硒的储量为 9.1 万 t, 储量为 13.1 万 t, 但分布极不平均, 其中美洲最多, 占 52.7%, 其次是亚洲、非洲, 各占 15.4%, 欧洲和大洋洲分别占 12.2%和 4.4%。在已探明的硒矿储量中, 智利、美国、加拿大、中国、赞比亚、扎伊尔、秘鲁、菲律宾、澳大利亚和巴布亚新几内亚等国家的硒矿储量占世界总储量的 76.9%。我国是世界主要硒资源国之一, 对含硒等分散元素的矿床研究, 最早始于 20 世纪 50 年代有色金属矿床的研究, 自 80 年代中期以来, 我国在湖北、贵州、甘肃、四川等地相继发现了一些含分散元素的金属矿床, 其中以中南区、西北区最多, 占全国储量的 71.2%。硒矿成矿条件极为优越, 现已探明硒矿产地数十处 (图 1), 保有工业储量居世界第四位, 仅次于加拿大、美国和比利时 (彭大明, 1997; 刘家军等, 1995; Brown, 1994—1999)。根据地质勘探工作程度, 结合主矿开发的技术经济条件和综合回收技术条件等因素, 我国硒矿的储量到 2000 年是完全可以保证的。从目前已探明的硒矿储量看, 硒大多是伴生在铜、镍等矿床中, 矿石为铜、镍矿石, 在分布上主要集中在我国的西北和长江中下游 (甘理明, 1992)。

## 2 硒的成矿条件

硒为分散元素，一般认为它不能形成具有单独工业开采价值的矿床。迄今人们所了解的硒矿资源，大多是作为其它矿床的副产品而加以综合利用 (Brown, 1994—1999)，但从这种综合性含硒矿床中冶炼提取硒时，成本高，而且产量低，且提取工艺较复杂 (刘家军等, 2001)。世界首次发现的独立热液硒矿床为玻利维亚的帕卡哈卡矿床，该矿床的硒矿体呈脉状产于破碎带内，矿石由碳酸盐、重晶石、赤铁矿和少量黄铁矿组成。矿物主要是Au、Cu、Pb和Ni的硒化物 (Block et al., 1937; Hurlbut et al., 1969)。双河鱼塘坝硒矿是目前我国发现的硒含量高达  $8590 \times 10^{-6}$  的小型独立硒矿床 (王鸿发等, 1996)，其主要成矿元素组合为硒-钒-钼，主要位于湖北下二叠统茅口组含碳硅质岩段 ( $P_1m^3$ )，且易探、易采，属沉积-再造型层控矿床，它的发现不仅填补了湖北省乃至全国无独立硒矿床的空白，而且为进一步寻找同类型矿床也具有重大意义 (宋成祖, 1989)。

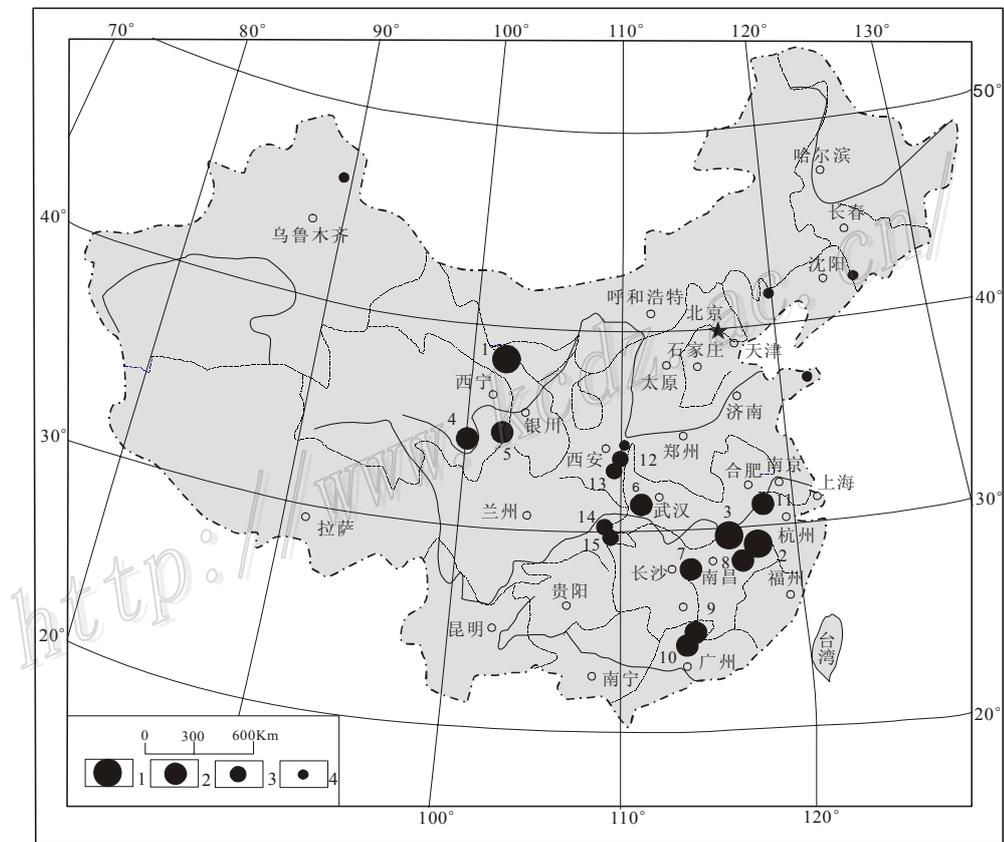


图1 中国硒矿分布图 (据彭大明, 1997)

1—特大型: 1-白家嘴子; 2-金山; 3-城门山。 2—大型: 4-德尔尼; 5-拉尔玛; 6-白果园; 7-七宝山; 8-麻姑山; 9-大宝山; 10-青山; 11-铜官山。  
3—中型: 12-金堆城; 13-大石沟; 14-鱼塘坝; 双河。 4—小型

涂光炽(1994)总结了分散元素成矿的3个条件: ①成矿时S浓度相对较低, 一般不大于3%~5%; ②一般在中温和低温形成; ③多为改造作用的产物。近几年来, 一些研究者陆续报道了硒在硅岩建造 (在自然界中存在一套主要由硅岩、泥质岩/页岩或板岩、碳酸盐岩和粉砂岩组成的沉积建造, 并以富含有机质和菌藻类生物为特征, 沉积厚度较大, 其中硅岩为主要岩石类型) (刘家军, 1998) 中高度富集形成硒富集体或硒矿床的实例。如我国西秦岭寒武系硅岩建造中的金矿床, 硒含量相当高, 局部可圈出独立硒矿体,

并存在大量硒的独立矿物(Liu et al., 2000)。在陕西紫阳双安、湖北恩施渔塘坝等地的硅岩建造中,均存在硒的高度富集(宋成祖, 1989; 雒昆利等, 2001)。由此可见,硅岩建造中的硒高度富集,不仅具有重要的经济意义,而且还展示出一种硒矿化新类型,为我国分散元素的研究提供了一个良好的基础条件。

### 参 考 文 献

- 陈露明. 1993. 新矿物—硒锑矿. 矿物学报, 13(1):7~11.
- 陈毓川, 毛景文. 1996. 四川大水沟碲(金)矿床地质和地球化学. 北京: 原子能出版社. 1~27.
- 甘理明. 1992. 硒矿开发利用及前景分析. 湖北地质科技情报, (1): 9~12.
- 高振敏, 李朝阳. 1999. 分散元素矿床地球化学研究. 见: 资源环境与可持续发展. 北京: 科学出版社. 234 页.
- 刘英俊. 1987. 元素地球化学导论. 北京: 地质出版社. 244~257.
- 刘家军, 郑明华. 1994. 硒—微细侵染型金矿床的一个重要指示元素. 地质与勘探, 30(6): 19~22.
- 刘家军, 郑明华, 卢文全. 1993. 首次发现块硫锑铜矿的变种-硒硫锑铜矿. 科学通报, 38(3): 1726~1727.
- 刘家军, 郑明华. 1995. 硒矿资源研究及其开发利用. 见: 资源、环境与持续发展战略. 中国环境科学出版社, 114~116.
- 刘家军, 刘建明, 郑明华, 等. 1998. 利用岩石地球化学特征判断西秦岭寒武系硅岩建造的沉积环境. 沉积学报, 15(4): 42~49.
- 刘家军, 冯彩霞, 郑明华. 2001. 硒资源研究现状. 世界科技研究与发展, 5: 16~21.
- 雒克定, 魏 均, 张静宜, 等. 1980. 单斜蓝硒铜矿——一种新的亚硒酸盐矿物. 科学通报, 25(2): 85~89.
- 雒昆利, 姜继圣. 2001. 陕西紫阳、岚皋下寒武统地层硒的含量及其富集规律. 地质论评, 47(2): 211~217.
- 闵茂中, 李德忍, 施倪承, 等. 1995. 硒锑矿的某些新资料. 矿物学报, 15(3): 303~304.
- 彭大明. 1997. 中国硒矿资源概述. 化工矿产地质, 19(1): 37~42.
- 宋成祖. 1989. 鄂西南渔塘坝沉积硒矿化区概况. 矿床地质, 8(3): 83~89.
- 王鸿发, 李均权. 1996. 湖北恩施双河硒矿床地质特征. 湖北地质, 10(2): 10~20.
- 涂光炽. 1994. 分散元素可以成矿. 见: 中国矿物岩石地球化学研究新进展(一). 兰州: 兰州大学出版社.
- 《中国大百科全书》编写组. 1993. 中国大百科全书地质卷. 北京: 中国大百科全书出版社. 197 页.
- Brown R D Jr. 1994-1999. Selenium and tellurium. U. S. Geological Survey Minerals Yearbook.
- Block P B, Ahlfeld F. 1937. Die Selenlagerstätte Pacajake. Bolivia Zeitschrift für Praktische Geologie, 45: 9~14.
- Hurlbut C S, Arístarain L F. 1969. Olsacherite,  $Pb_2(SeO_4)(SO_4)$ , a new mineral from Bolivia. American Mineralogist, 54: 1519~1527.
- Liu J J, Zheng M H, Liu J M, et al. 2000. Geochemistry of the La'erma and Qiongmo Au-Se deposits in the Western Qinling Mountains, China. Ore Geology Review, 17: 91~111.
- Simon G and Essene E J. 1996. Phase relation among selenides, sulfides, tellurides, and oxides: I. Thermodynamic data and calculated equilibria. Econ. Geol., 91: 1183~1208.
- Simon G, Kesler S E, and Essene E J. 1997. Phase relation among selenides, sulfides, tellurides, and oxides: II. Application to selenide-bearing ore deposits. Econ. Geol., 92: 468~484.
- Sindeeva N D. 1964. Mineralogy and Types of Deposits of Selenium and Tellurium. New York: Interscience Publishers.
- Синдеева Н Д. 1959. минералогия типов месторождений и основные черты геохимии селена и теллура АН СССР.