

中国含镓矿床的主要成因类型

刘英俊

(南京大学地质系)

一、前言

元素镓自1875年发现迄今,虽已有一百余年历史,但其大量应用却很晚。近代工业和科学技术的发展,在很多部门已找到了镓的新用途,特别是它被认为是继锗、硅之后最有发展前途的半导体材料,因而自六十年代后期以来,其年产量和消费量都正在逐年迅速增加。

查明镓在我国各地区不同地质体中的分布,研究镓在地质成矿作用中的地球化学行为,以建立我国镓矿床的成因类型和工业类型,不断扩大我国镓的矿物原料来源,乃是广大矿床地球化学工作者的重要任务之一。由于发射光谱等多种分析测定方法对镓有很好的灵敏度和精确性,所以国内外目前已积累了较多的有关镓的含量分布资料。本文基于我系多年来所获得的成果,并部分地搜集兄弟单位的文献报导,试图将这些资料作一初步整理,以期对我国含镓矿床有一较系统的全面认识和供今后进一步深入研究的参考,不妥之处,请予批评指正。

二、镓的地球化学基本特点

镓在地壳中的平均含量,多数研究者确定为15ppm(少数人得出的数值为17—19ppm),大大地超过钨、锡、钼、铍、铀、锑、汞等许多元素。但是镓的独立矿物极少,已知两个镓的矿物——Gallite (CuGaS_2)和Soehngeite($\text{Ga}(\text{OH})_3$)仅见于西南非和中非两个矿床中。在自然界中尚无镓的独立矿床发现。可见镓是一个典型的极端分散的元素。镓元素在地壳中的分布则是十分广泛,所有不同岩石类型中几乎无例外地都有它的存在,只是它于其内均呈微量分散状态。镓在不同岩石类型中的平均含量列于下表(表1)。

镓与铝、锌、铁等元素(特别是同铝: $\text{Al}^{3+}-0.57\text{\AA}$, $\text{Ga}^{3+}-0.62\text{\AA}$)在化学和结晶化学性质上的近似性,决定了它们的紧密共生关系。岩石圈中绝大部分的镓都是隐藏在各种不同成因的大量含铝矿物之中,尤其是铝硅酸盐及其它铝的化合物内。此外,镓也可类质同象地置换岩石矿物中的 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 和 Ti^{4+} 、同时还能替代硅于硅氧四面体中。许多硫化物内均有镓的存在,但基本上是存于闪锌矿中,镓进入闪锌矿,一般认为可能是镓、锌(Ga_2S_3 和 ZnS)类质同象的结果。

由于镓具有亲石、亲硫和亲铁的多重地球化学性质,所以它广泛地参加于各种地质成

不同岩石类型中镓的平均含量

表 1

岩石类型	不同研究者所得的镓的平均含量(ppm)				
	比尔 (1955)	鲍里森诺克 (1959)	涂里干和魏德波尔 (1961)	维诺格拉多夫 (1962)	本文作者初步资料
超基性岩	< 3	2	1.5	2	< 5
基性岩	16	15	17	18	17
中性岩	—	16	—	20	19
酸性岩	17	19	17	20	21
碱性岩	—	40	30	—	41
页岩+粘土	页19	—	页19粘22	30	页35粘24
砂岩	—	—	12	—	~10
碳酸岩	—	—	4	—	< 5

矿作用中。岩浆作用中镓的行为以其广泛分散分布为最大特征。在超基性岩中其含量甚低，基性岩中近似于克拉克值，中酸性岩内较克拉克值略高，仅在碱性岩中含量最高。岩浆作用演化过程中，镓紧密地伴随铝（部分地同 Fe^{3+} ）活动，主要均匀分散于造岩矿物内。只于钽铌磁铁矿矿床和含霞石的碱性杂岩体中发生一定的富集。伟晶作用中镓是析出范围很广的元素。通常伟晶岩都照例较母岩体有较高的镓含量，特别是某些含稀有元素矿物和挥发组分起显著作用的花岗伟晶岩，镓有着明显的富集；与碱性岩有关的伟晶岩，其镓的含量也较高。气成-热液作用中，镓主要在花岗岩类的云英岩化和碱质蚀变交代作用中发生富集，且随演化而含量递增。在矿卡岩化及其有关矿床中则未见显著的集中。热液作用是镓的重要富集阶段，个别情况下形成罕见的镓的独立矿物。同时镓作为类质同象的杂质组分普遍而大量地存在于闪锌矿中，所有类型的闪锌矿都含有镓，少量的镓还发现于其它硫化物中。镓在热液作用中还表现一定程度的亲石性质，特别应指出的是它经常地存在于明矾石矿石中。表生作用中镓的地球化学行为，仍然最明显地表现同铝和铁相关，而几乎完全与锌无关。岩石风化产物中镓的含量首先取决于原岩成分，当富含铝的岩石强烈风化时，镓乃紧密地与铝相伴随并发生堆积。各种粘土岩和页岩等含镓较砂岩和碳酸盐类岩石为高。风化作用和沉积作用形成的铝土矿，对镓来说是最有意义的。在某些铁矿石和多数煤中也有镓的不同程度的富集。变质作用过程中，镓密切地和铝相伴，在区域变质形成的含铝矿物内，几乎都发现有镓。变质岩中镓的分布，主要取决于原岩的成分和变质作用的程度。除少数富铝岩石含镓稍高外，各类变质岩中基本上未发生有意义的堆积。华南地区的研究表明，随着花岗岩化作用的加深，镓含量有逐渐降低的趋势。

三、中国含镓矿床的成因类型划分

根据对我国具有代表性的各类地质体中镓的地球化学研究以及所获得的我国某些岩石和矿物的镓含量资料，可以初步指出我国含镓矿床的基本成因类型（表 2）。

中国含镓矿床的基本成因类型

表 2

成 矿 作 用	矿 床 类 型	主 要 含 镓 矿 物	目前相对工业意义
岩浆作用	钽铌磁铁矿矿床含霞石的碱性杂岩	钛磁铁矿 霞石	重要 潜在来源
伟晶作用	稀有金属交代的花岗伟晶岩 碱性伟晶岩	锂辉石、锂云母、白云母、长石等 霞石、黑云母、钠沸石、长石等	重要 次要
气成-热液作用	云英岩型矿床 含铌钽矿化的碱质蚀变花岗岩	云母 黑磷云母、长石	潜在来源 潜在来源
热液作用	铅锌多金属硫化物矿床 黄铁矿型铜矿床 明矾石矿床	闪锌矿 闪锌矿、绿泥石 明矾石	最重要 重要 潜在来源
风化作用	三水型铝土矿矿床	三水铝石	次要
沉积作用	一水型铝土矿矿床	一水硬铝石、薄水铝石	最重要
	沉积铁矿床（包括沉积变质含铁石英岩和沉积透加型矿床）	氧化铁矿物	次要
	煤矿床	细粒铝硅酸盐等	重要

四、我国含镓矿床主要成因类型分述

（一）岩浆矿床 目前所知我国岩浆成因的含镓矿床主要为钽铌磁铁矿矿床和含霞石的碱性杂岩。

1. 钽铌磁铁矿矿床：钽铌磁铁矿矿床是由铁、钛、钽等十余种有用组分共生的多金属综合性矿床。根据本类型矿床在我国最集中分布的某地区研究资料表明，镓在含矿岩体中呈显著的正异常，其含量的分布特点如图 1。而且自矿床剖面的下部向上部，镓的含量有递增趋势，成为岩体含矿性的地球化学指示标志之一。各类型的矿石中均普遍含镓，一般变化于 10—60ppm 之间，平均 31ppm。大部分以类质同象方式赋存于钛磁铁矿中，矿石中镓在钛磁铁矿内的分配率约占 60%，少部分存在斜长石中，辉石、磁铁矿、磷灰石等均含镓甚低。不同矿石类别的钛磁铁矿单矿物内镓的含量相当稳定，为 41—59ppm，大致有随矿石含铁量变贫而镓含量略有增加的倾向（表 3）。

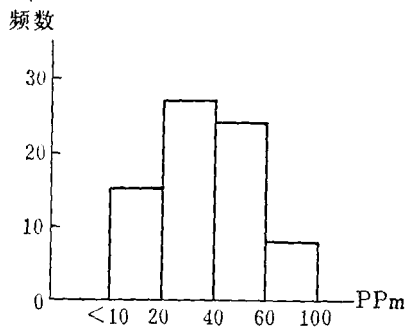


图 1 某地含钽铌磁铁矿辉长岩体中镓含量分布直方图

2. 含霞石的碱性杂岩：碱性岩石中镓的含量高于其它所有岩石类型。在我们研究山西和安徽两地含稀有元素的碱性杂岩体时，对其中镓的分布进行了专门定量检查，发现岩体内所有的碱性岩都含有较高含量的镓，多数都在 30—54ppm 之间。高凡等对河北某地碱性岩的研究亦得到类似的结果，但含镓量更高些。兹将我国几处含霞石碱性岩中镓的含量列

于表 4。对碱性岩造岩矿物中的镓的分配平衡计算表明,它主要与铝硅酸盐矿物相关,主要存在于霞石中(含镓30—60ppm),其次在长石内(15—50ppm),钠沸石、方钠石等有时含镓80ppm以上,霓石中由于镓替代其中的 Fe^{3+} 故也可有少量存在。

某区钛铁矿中镓的含量

表 3

矿区名称	镓 的 含 量 (ppm) ^①					备 注
	富 矿	中 矿	贫 矿	表内矿平均	表外矿	
甲 矿 区	50	51	51	51	49	笔者等对M矿区所得结果为60ppm
乙 矿 区	47	44	59	50	46	
丙 矿 区	42	41	50	44	51	
选矿厂样品		50	52	51		

① 据八二〇协作组, 1972年资料。

我国几处含霞石碱性岩中镓的含量

表 4

地 区	岩 石 名 称	Ga (ppm)	Ga/Al·10 ⁻⁴ (重量比)	岩体中Ga的平均含量 (ppm)
山 西	霞石正长岩	41(5) ^①	3.9	38(24)
安 徽	角闪云霞正长岩	33(4)	3.2	36(16)
河 北	霓霞脉岩	50(7)	据高凡等1963年资料	

① 括号内为分析样品数, 以下各表同。

在工业上, 国外含霞石的碱性岩早已利用作为提取铝和镓的有价值的原料, 我国可暂将之列作为镓的未来潜在来源。

(二) 伟晶岩矿床 无论是花岗伟晶岩还是碱性伟晶岩都是含镓的。

对华南若干花岗伟晶岩的测定结果表明, 其镓的含量通常都较花岗岩体为高, 但富集程度在多数伟晶岩中均不甚高。如江西武功山钨矿附近, 岩体中的花岗伟晶岩含镓30ppm, 浒坑花岗伟晶岩为 37 ppm, 幕阜山岩体中的简单伟晶岩为 40ppm, 浙江某地稍高, 达 77 ppm。镓在这些简单伟晶岩内主要含于白云母(达200ppm)和微斜长石(多为 30ppm左右)中。值得指出的是某些稀有金属交代的复杂花岗伟晶岩, 特别是含锂的或铌-钽-锂的花岗伟晶岩, 镓有着明显的富集, 其中锂辉石和白云母内常含镓70—200ppm以上。鉴于花岗伟晶岩是以不大的体积和复杂的开拓技术条件为特点, 故作为镓的原料来源仅具有有限的意义。而对自锂辉石等矿物中提取锂时, 则应考虑对镓进行综合利用。碱性伟晶岩在我国分布较花岗伟晶岩为少, 对碱性杂岩体中的某些伟晶岩体检查表明, 照例都以镓的高含量为特征, 而且整个碱性伟晶岩比一般简单花岗伟晶岩的含镓性要高。如含霞石的长石伟晶岩的镓含量多在50ppm以上, 当有钠沸石和方钠石等矿物存在时, 则镓含量更高。目前在我国这类伟晶岩工业意义不大。

(三) 气成-热液矿床 对我国气成-热液成因的含镓矿床, 目前可指出的主要是云英岩型和碱质蚀变花岗岩型二类。

1. 云英岩型矿床：与花岗岩类有关的云英岩型矿床在我国特别是华南地区分布甚广，但钨、铍、锡石英脉内，镓仅以微量杂质形式分散在某些硫化物中，虽可综合利用，但规模不大。镓的主要量是分布在云英岩化蚀变带内。对华南大量云英岩的研究表明，镓于其中的分布存在着共同的规律性，即在轻微蚀变形成的云英岩化花岗岩中，镓的含量变化甚小；在正常云英岩中有时略有降低，但某些情况下，镓含量也可增高；在富石英云英岩内镓的含量大多是最底的；蚀变强烈尤其是晚期形成的富云母云英岩中，通常含镓最高。兹择某地产于花岗岩中的钨-铍石英脉壁蚀变带内镓的含量变化状况列于表5。镓在云母型云英岩中主要仍呈类质同象混入物形式存在于铝硅酸盐矿物内，其中特别是白云母最富含镓（含量多在100ppm以上），其次为长石（含镓10—30ppm），石英含镓甚低。富云母的云英岩化岩石，目前只具远景价值，尚未提取利用。

镓在某钨铍矿床云英岩化蚀变带中的含量

表 5

岩 石 名 称	Ga(ppm)	Al ₂ O ₃ (%)	Ca/Al·10 ⁻⁴ (重量比)
花 岗 岩	22(50)	13.39	3.0
云英岩化花岗岩	22(3)	12.64	3.2
正常云英岩	20(3)	10.97	3.4
富石英云英岩	13(3)	5.09	4.7
富云母云英岩	63(3)	25.66	4.6

镓在某含铌钽的碱质蚀变花岗岩中的含量

表 6

岩 石 名 称	Ga(ppm)	Al ₂ O ₃ (%)	Ga/Al·10 ⁻⁴ (重量比)
γ ₁ 粗粒花岗岩	16(3)	12.70	2.3
γ ₂ 粗斑状细粒花岗岩	17(3)	12.79	2.4
γ ₃ 中细粒花岗岩	20(3)	12.84	2.8
γ _K 钾长石化花岗岩	27(3)	12.55	4.3
γ _A 钠长石化花岗岩	34(12)	12.69	5.3
γ _B 黑鳞云母化花岗岩	74(8)	12.37	11.0

2. 含铌钽矿化的碱质蚀变花岗岩：一些含铌钽等稀有金属矿化的碱质蚀变花岗岩中，经常以镓的增高含量为特征。这类矿化岩体常是多阶段岩浆作用和交代作用形成的杂岩体，其中碱质交代作用非常发育。如华南某地经研究可划分为钾长石化、钠长石化和黑鳞云母化三个主要蚀变阶段，其中以后者为成矿主要阶段。镓在岩体内的碱质交代岩石中的分布，显示随着交代作用的演化而渐次递增：早期的钾长石化阶段较未蚀变花岗岩稍有升高，然后钠长石化作用镓的含量得到进一步增长，到后期的黑鳞云母化阶段，则达到最高的含量（表6）。碱质蚀变花岗岩的造岩矿物中镓的含量测定表明，几乎全部的镓都集中在铝硅酸盐矿物即钾长石、钠长石和云母内，尤其晚期形成的黑鳞云母为镓主要富集矿物（高达300—500ppm）。对比一系列稀有金属（如铌、钽、钍、锂等）在碱质交代岩体中的含量，发现它们同镓含量之间呈明显的正相关关系（图2），故借助于镓的含量分布变化，可作为在类似岩体中普查稀有金属矿床的一个可能的地球化学标志。鉴于本类岩体相当大的规模和云母、长石中高含量镓的经常存在，因此可以作为提取镓的潜在来源。

(四) 热液矿床 本类矿床是镓等一系列分散元素的富集场所, 特别是中温和低温热液矿床对镓来说尤为重要。但类似西南非特苏美布热液成因类型的镓的独立矿床, 到目前为止在我国尚未发现。我国含镓的热液矿床类型较多, 其中主要的是下述三种类型。虽然

许多热液矿床的围岩蚀变如绿泥石化、绢云母化等形成体也常含有较高的镓, 但因目前尚无任何实际意义, 故暂不列述。

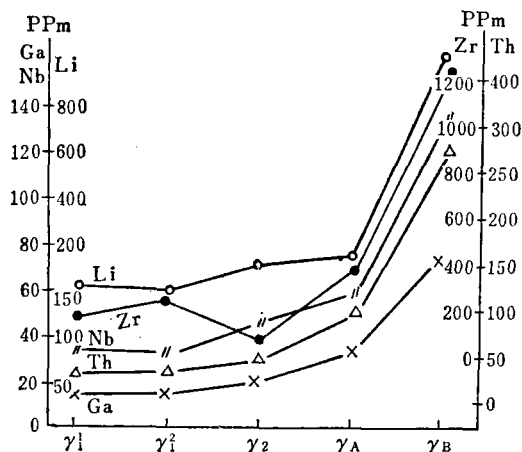


图 2 碱质蚀变花岗岩中镓与其它稀有元素的含量分布曲线

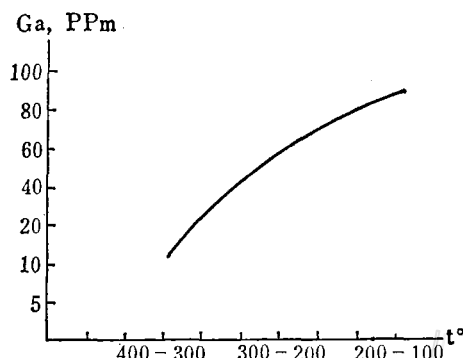


图 3 闪锌矿中镓的平均含量与温度关系的统计曲线

1. 铅锌多金属硫化物矿床: 这类矿床在我国分布很广, 根据矿床产状不同, 可分为碳酸岩中交代矿床、硅酸岩中交代矿床和裂隙充填脉状矿床等亚类。镓在这些矿床中主要含于闪锌矿内。根据对华东和中南地区若干代表性矿床的闪锌矿样品测定所获得的资料, 镓于其中的含量分布相当不一, 有的仅为 10ppm 左右或更低, 有的则可高达数十 ppm 甚或 100ppm 以上。影响闪锌矿中镓的含量的因素自然很多, 取决于矿床形成的一系列物理化学条件, 尽管单纯从成矿温度角度出发, 有其一定的局限性, 但统计资料仍显示以下规律性, 即随着成矿温度的降低, 镓的含量在闪锌矿中有递增的趋势 (图 3)。在本类矿床的其它矿石矿物中, 如方铅矿 (镓的含量多在 10 ppm 以下)、黄铜矿 (除个别外也多在 10ppm 以下), 黄铁矿 (均数个 ppm) 等, 镓的含量均很低, 没有实际意义。

无论是交代类型 (包括所有层控矿床) 或裂隙充填类型矿床所产的闪锌矿, 综合利用其中的镓在经济上都是有利的, 但充填矿床尽管闪锌矿经常含镓有时甚高, 可是在矿体中闪锌矿的量不大, 因而工业价值逊于各类交代矿床。

2. 黄铁矿型铜矿床: 这类矿床的矿石主要由黄铁矿组成, 伴生以黄铜矿和少量的闪锌矿、方铅矿等。镓在本类矿床中的基本携带矿物是闪锌矿, 很少量的镓存在于方铅矿内。镓在闪锌矿中的含量, 据报导, 我国西北地区某矿床为 13—249ppm^①, 西南某地多数为数十 ppm, 其它产地也有含量变化不等的类似分布。同时闪锌矿在这类矿床的不同部分含量也很不一, 在喷气-沉积期形成的数量较少, 而至热液矿化期则数量增加, 通常都达到综合利用要求。一般认为黄铁矿型铜矿床对于闪锌矿内镓的聚积是十分有利的。本类矿床对镓来说具有工业上的实际意义。

① 据洛谢夫 1960 年资料

3.明矾石矿床：这类矿床是火山岩经后期的热液蚀变作用而形成，矿化规模甚大。根据对华东某地明矾石矿石的镜下观察，系由极细小的明矾石颗粒、高岭土类泥质矿物及未蚀变的岩石残屑组成的集合体，明矾石含量自20—90%以上，通常约在50%左右。因自矿石中将明矾石单矿物分离出来极为困难，所以只能分析整个矿石中镓的含量。华东某地代表性的明矾石化岩石样品检查表明，镓于其中的含量多数为10—25ppm，有时稍低或略高。镓不仅存在于明矾石内，实际上还存在于高岭土类泥质矿物中，镓在这些矿物中的存在显然是受其中铝的含量所制约。明矾石矿床作为提取镓的原料，目前不具有工业的价值。但是考虑到我国有着明矾石的巨大储量以及镓于其中比较均匀的分布（虽然镓含量不高），所以在将来它们可以作为镓的矿物原料来使用。

（五）风化矿床 由风化作用形成的矿床，对镓来说有意义的主要为三水型铝土矿。这类矿床仅分布于我国南方某些地区，系由玄武岩经过红土化作用而形成。矿石的矿物成

华南某风化型铝土矿床中镓的分布

表 7

样 品 名 称	Ga(ppm)	Ga/Al·10 ⁻⁴ (重量比)	样 品 名 称	Ga(ppm)	Ga/Al·10 ⁻⁴ (重量比)
新鲜玄武岩	30 ^① (3)	3.8	球状三水铝土矿	58(5)	2.4
半风化玄武岩	41.7(3)	2.2	三水铝土矿富矿	61(5)	2.4
球状风化玄武岩	41.5(3)	2.8	风化壳内略经搬运再沉积	47(5)	2.4
与矿石伴生的红土	40 (2)	2.6	的三水铝土矿		

① 邻近其它新鲜玄武岩样品镓的含量多在20ppm以下。

分主要为三水铝石，其它为胶体氧化铁及含水氧化铁，偶见少量的伊丁石等。由于分离本类铝土矿中的单矿物是困难的，所分析的仍是整个矿石的含量。根据对华南某矿床的研究，得到各种风化产物和铝土矿矿石中镓的含量分布如表7。从表7明显可见，在风化型铝土矿中镓的含量基本上受其中铝的含量所控制，二者的紧密伴随关系于图4中表现十分清楚。镓在本类型铝土矿中的赋存形式有类质同象（置换Al和部分Fe³⁺）、镓的氢氧化物（与铝、铁的氢氧化物共同残积）以及吸附状态等多种。我国的风化型铝土矿矿床不甚发育，而且一般规模较小，只有当利用其中的铝时才能考虑镓的提取。

（六）沉积矿床 在沉积成因的含镓矿床中，我国目前最为主要的是一水型铝土矿矿床，其次为某些沉积铁矿床和煤矿床。

1.沉积型一水铝土矿矿床：我国许多层位稳定、延伸规模较大的大型含镓铝土矿均属于此类。其中以靠近古陆剥蚀区的陆台边缘拗陷地带的海浸沉积矿床最有价值。成矿时代以石炭纪为主。矿物成分多以一水硬铝石为主（占矿石的矿物成分60—90%），此外有少

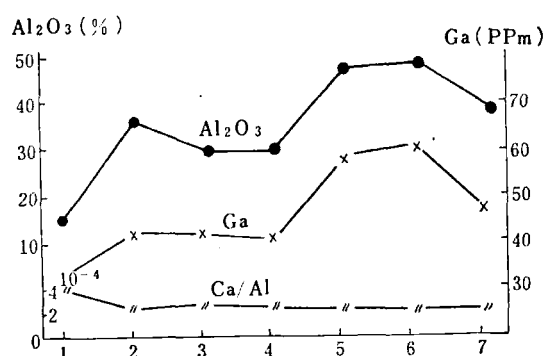


图 4 风化型铝土矿中镓和铝的含量分布关系图

量的薄水铝石以及蒙脱石、高岭石、水云母、绿泥石等。我们曾对华北及西南数处沉积铝土矿床进行了专门研究, 得出有关镓的含量资料(如表 8)。沉积型铝土矿与风化型矿床一样, 仍表现镓同铝密切相伴, 二者呈正相关关系。镓在沉积铝土矿中的存在形式亦与风化型铝土矿大致相同。但由于镓的单水化合物与铝的单水化合物在晶体构造上的完全相似性, 从而使该二种化合物之间有着最大的类质同象的可能。一水硬铝石含 Al_2O_3 为 85%, 而三水铝石则仅为 65%, 因此一水型铝土矿常较三水型铝土矿含镓为高。我国沉积铝土矿比国外其它同类矿床富含镓, 主要与一水硬铝石有关, 而且镓的高含量常常同品质优良的富铝矿石相关。我国沉积型铝土矿资源极为丰富, 而其中的镓在工业上早已能回收利用, 因此在含镓矿床中无论在目前或将来, 该类矿床都占着最为重要的地位。

我国某些沉积型铝土矿中镓的含量

表 8

产 地	样 品 名 称	Ga(ppm)	Ga/Al $\cdot 10^{-4}$ (重量比)	镓在各区的平均含量(ppm)
甲 区	第一层铁质铝土矿	28(3)	1.4	53
	第二层高级耐火土	66(3)	3.2	
	第三层低级铝土矿	35(5)	1.3	
	第四层中级铝土矿	40(5)	1.4	
	第五层高级铝土矿	96(12)	2.6	
	第六层中级铝土矿	53(5)	1.6	
乙 区	下层底部页岩夹铝土矿	14(3)	0.6	64
	暗绿色致硬铝土矿	39(5)	1.3	
	灰白色鲕状铝土矿	87(5)	2.5	
	杂色灰色铝土页岩、耐火粘土	26(4)	1.0	
	上层粘土质铝土页岩	50(6)	2.5	
	B、C ₁ 铝土矿	61(5)	2.0	
	A ₂ 、B、C ₁ 铝土矿	74(4)	2.1	
	A ₂ 、B 铝土矿	120(2)	3.3	
丙 区	豆状铝土矿混合样	76(1)	2.2	所研究四区为65
丁 区	各种铝土矿混合样	96(3)	2.6	

2. 沉积铁矿床: 沉积成因的铁矿可划分出许多亚类和矿石建造, 对多数这类铁矿石来说, 镓的含量都不高, 仅只有数个 ppm 或者更低, 特别是菱铁矿矿石含镓是极低微的, 这清楚地显示镓在沉积循环中是伴随铝而不是铁。大量的有关铁矿石样品的检查表明, 仅在少数水赤铁矿-水针铁矿矿石和含绿泥石的矿石中, 镓的含量可增高至 10ppm 左右。需要指出的是, 近年对某些沉积选加型铁矿石的研究(如马坑式铁矿等), 发现它们不同于一般矽卡岩型铁矿(如山东等地的矽卡岩型铁矿含镓很低, 平均仅 17.8 ppm), 其镓的含量普遍较高, 通常含镓量为 12—30ppm, 最高达 50—70ppm。这些含镓铁矿石内, 镓主要是呈类质同象置换 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 或呈吸附等其它分散状态。

各类沉积铁矿在我国分布虽广, 但除个别矿床外, 镓的含量普遍较低, 因此对镓来说仅具次要的意义。

3. 煤矿床: 现有的资料表明, 我国大多数煤中都不同程度地含有镓, 完全不含镓的煤是很少见的。煤中的镓含量一般均为几个 ppm, 少数达十余 ppm, 煤灰中镓的含量则普

遍为十万分之几。煤中镓的分布很不均一,不同产地或不同层位含镓量均变化甚大。影响镓在煤中分布的因素很多,主要与煤的形成环境、煤层厚度、煤岩成分和煤的变质程度等密切相关。特别明显地表现在镓在煤中的含量与凝胶化组分含量大致成正比关系;煤的变质程度由高到低,镓的含量有递增的趋势。镓在煤中的堆积机制和赋存形式,除生物地球化学作用外,仍可能大部分存在于由粘土矿物所组成的煤的碎屑物质部分。

虽然煤中镓的品位不高,但鉴于我国煤中蕴藏着丰富的镓的资源,煤是含有多种稀有分散元素的矿物原料,有很大的综合利用前景。

五、结 论

1.我国含镓矿床类型多样,几乎所有成矿作用(除变质作用尚不甚了解外)均形成了一定的含镓矿床。上述的各种矿床尚未能包括我国所有的含镓矿床,镓的地球化学性质决定了随着研究程度的深入,预期还将发现新的含镓矿床类型。

2.在已知含镓矿床的主要成因类型中,其工业意义很不相同。我国目前可作为镓原料来源者,首先是一水型铝土矿矿床、含闪锌矿的热液硫化物矿床,其次为钒钛磁铁矿矿床、煤矿床、稀有金属花岗岩伟晶岩矿床、某些沉积(尤其沉积迭加)铁矿床。

3.我国镓的资源分布广泛,蕴藏丰富,较其它分散元素表现突出。而且在主要工业矿石(如铝土矿)内,镓经常伴随主要含镓矿物和主元素含量的增加而相应升高,这一分布特点为其加工提取创造了特别有利的条件。

4.为扩大我国镓的矿物原料基地,应对各种岩石类型和矿石建造中镓的分布进行深入研究,揭明镓在含镓岩石矿物中的存在形式和我国含镓矿床在时间上空间上分布的规律性,以找寻新的镓矿物和含镓矿床的新类型。

5.在技术和工艺学方面,在我国应进一步加强对镓及其化合物的物理化学性质和工业技术应用可能性的研究,针对不同原料对象制订出各种经济的制备流程,降低镓的提取价格,以便不断扩大其应用范围。

本项工作得到我系实验室许多同志的协助,特此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 全国稀有元素地质会议论文集汇编组. 1975 全国稀有元素地质会议论文集 第一集 319—329页 科学出版社
- [2] 刘英俊 1965 华南某些花岗岩类气成-热液蚀变中镓的地球化学 南京大学学报 9(2) 236—248页
- [3] 刘英俊 1965 我国某些铝土矿中镓的若干地球化学特征 地质论评 23(1) 42—49页
- [4] Wedepohl, K.H., 1972, Handbook of geochemistry, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, vol. II/2 31-1—31-0-1.
- [5] Burton, J.D., 1959, The abundances of Ga and Ge in terrestrial materials. Geoch. et Cosmoch. Acta, vol. 16, no. 1/3, 151-180.
- [6] Bell, C.K., 1955, Some aspects of the geochemistry of gallium. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 66, no. 12, 1529—1530.
- [7] Борисенко, Л.А., 1971, Геохимия галлия, Изд-во МГУ, 37—191.
- [8] ИМГРЭ, 1964, Геохимия редких элементов, Изд-во «Наука», 443-464.
- [9] Иванов, В.В., 1966, Геохимия рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях, Изд-во «Недра», 259-290.
- [10] Вершковская, О.В. и др., 1960, «Галлий», Изд-во АН СССР, 130—131.

CHIEF GENETICAL TYPES OF GALLIUM-BEARING DEPOSITS IN CHINA

Liu Yingjun

(*Department of Geology, Nanjing University*)

Abstract

Gallium is a typical trace element. A systematic study of the gallium content of rocks and ores might bring to light its geochemical behaviour during the formation of rocks and ores. Taking rocks and ores in China as examples, this paper has established a variety of rocks and minerals with heightened gallium and has elucidated the behaviour of gallium in various processes of endogenic and exogenic cycles. From the data available, some general rules can be clearly seen: gallium content increases from ultrabasic rocks to acid rocks with its highest content observed in alkaline rocks, (but in contrast to the general tendency, some increased amount of gallium is occasionally noticed in basic rocks); pegmatites are richer in gallium than their parent intrusive rocks, skarns contain smaller quantities of gallium, there exists a noticeable gallium accumulation in greisens and alkaline-metasomatites; a large portion of gallium goes into hydrothermal sphalerite and alunite, bauxites of weathering and sedimentary origin are especially rich in gallium, gallium may also be present in the sedimentary iron ores and coal ashes, and the regional metamorphic rocks, for example, migmatites, are generally poorer in gallium than the primary rocks.

According to geochemical studies and the formation conditions the gallium-bearing deposits in China can be divided into 13 chief genetic types, namely, vanadiferous magnetite-ilmenite deposits, nepheline-containing alkaline complexes, granitic pegmatites, alkaline pegmatites, greisens, Nb, Ta-bearing alkaline-metasomatic granites, Pb-Zn sulphide deposits, copper-pyrite deposits, alunite deposits, bauxites deposits of weathering and sedimentary origin, sedimentary and sedimentary-metamorphosed iron ores as well as coal deposits.

No independent gallium ore bodies have so far been found in China, because gallium is scarce and is widely dispersed in earth, it does not form independent minerals during the formation of ore deposits. The distribution of gallium is dominantly attributable to its close relationship with Al, Zn and, to a less extent, Fe^{3+} . These associations find their expression in the fact that gallium occurs frequently as an accessory constituent associated with Al, Zn, Fe^{3+} in many common minerals. Ores or rocks with heightened gallium are now used as industrial sources of gallium in China. The metal is recovered as a by-product during the metallurgical treatment of the gallium-bearing ores. The most important gallium-bearing ores in China are bauxites of sedimentary origin and hydrothermal sphalerites. Compared with these minerals, all the other gallium-bearing ores have less practical value. The extraction of gallium from such gallium-rich materials as iron ores and coal ashes have been recently proved to be profitable.