

(10.02~42.09)、富轻稀土、无铀亏损($\delta Eu 0.97 \sim 1.15$)。据高树先等(1990)研究,长英质碱性杂岩稀土元素丰度与球粒陨石均值近等,稀土模式曲线几乎完全吻合;(4)稳定同位素组成所反映的深源岩浆特征¹⁾。正长杂岩 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值为0.706, $\delta^{18}O\%$ 为9.24~10.32;钾长石 $\delta^{18}O\%$ 为8.16;(5)正长岩和二长岩石英包裹体中,均存在熔融包裹体,均一温度均在900℃以上;(6)长英质碱性杂岩,包括钾长石岩均呈不同规模之侵入体产出,与围岩呈明显的侵入接触;(7)长英质碱性杂岩在空间上没有大规模的同源同期花岗岩类活动相伴随,却与超基性岩具密切的时空联系。

本区金的成矿与长英质碱性杂岩具有密切的时空和成因联系。受长英质碱性杂岩母岩浆制约的同一成矿作用,在不同的构造特征和围岩性状等外部因素影响下,以不同的成矿方式,形成了不同形态特征和产出形式的多种类型金矿床。从现有资料看,至少包括构造蚀变岩型金矿床(如金家庄)、石英脉型金矿床(如东坪)和细网脉带型金矿床(如后沟)等三类金矿床,并构成自成体系的“金矿成矿系列”,暂称为碱性岩金矿床系列。

与长英质碱性杂岩有关的金矿及其成矿系列的发现,是我国花岗岩类岩石与金矿成矿关系研究的一大新进展。与本文所介绍之长英质碱性杂岩相类似的碱性岩-碱性花岗岩建造,在我国北方和南方尚有不少分布,很值得重视和研究。涂光炽(1982)曾提出的哀牢山-金沙江富碱侵入岩带也是由以正长岩类为主的贫硅碱性岩所组成²⁾;在时空上与锡、铜关系密切。这套贫硅碱性岩建造与金有没有关系?是否可能形成与赤城-尚义一带类似的金矿床?看来是很值得重视的。赤城-尚义一带的含矿长英质碱性杂岩,虽然经过许多部门做过不同程度的金矿和地质研究工作,但从总体和区域上来看,还是很不够的。无论是从花岗岩学的角度,还是从金矿床学的角度和进一步扩大找矿的角度,对这一带及其外延部分的长英质碱性杂岩,都值得进行深入的研究。

主要参考文献

- (1) 刘家远等,再论花岗岩的成因分类,河北地质学院学报,12(1989),20.
- (2) 涂光炽等,花岗岩地质和成矿关系(国际学术会议论文集),江苏科技出版社,1985,21~37.

我国卡林型金矿中铈的地球化学研究*

龙江平

陈代滨

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002) (贵州工学院, 贵阳 550003)

关键词 铈的地球化学、卡林型金矿、元素存在形式、元素组合

铈是典型的分散元素,目前已广泛应用于电子、化工、医药、航天和高能物理方面,近

1) 杨正光等,河北省金家庄金矿田控矿条件及矿床成因探讨,1989.

* 国家自然科学基金资助项目。

几年来又成为重要的超导材料。以往总认为铊在地壳中一般趋于分散，很难富集。但在美国的卡林型金矿及我国的滇、黔、桂和川、甘、陕的某些卡林型金矿中却有比较高的富集，甚至在某些Hg-Au-Sb-As成矿带出现富铊矿体，有独立的铊矿物。铊是典型的低温成矿元素，又与Au、Hg、As、Sb、有机质的关系比较密切，因此，已或为化探找金的指示元素和探途元素，所以对卡林型金矿中铊的地球化学及铊—金关系的深入研究，将有助于了解低温地球化学过程中金的低温成矿作用的某些问题。

1. 铊的地球化学 铊在地壳中的丰度为0.45ppm，比金的丰度(0.004ppm)高100多倍，但在自然界中独立矿物不多。铊的电子构型为 $6s^2 6p^1$ ，原子半径和离子半径分别为0.1704nm和0.147nm(Tl^+)、0.095nm(Tl^{3+})，与金的离子半径(Au^+ 0.134nm, Au^{3+} 0.085nm)、钾(K^+ 0.133nm)、铷(Rb^+ 0.147nm)的离子半径相差不大，因此铊常与含钾和铷的矿物，尤其是Au、Hg、Fe、Zn、Pb等元素的硫化物(金的硫化物很不稳定，很快就变为自然金)有密切关系，所以铊具有亲石、亲铁和亲硫的三重性。在热液成矿作用过程中，铊常与Au、Hg、As、Sb、Pb、Zn、Fe等元素的硫化物共生。

2. 铊的矿床及元素组合 目前世界上尚未发现独立的铊矿床，仅在我国西南某大型汞矿中发现有富铊矿体。世界上除卡林型金矿含铊较高外，还有汞矿、砷矿、铀矿、铅锌矿、热泉型金矿等，经研究发现主要存在如下元素组合：(1) Au-Tl-Hg-As-Sb-(Ba)；(2) Hg-Tl；(3) U-Hg-Tl；(4) As-Tl；(5) Fe-Tl-S；(6) Pb-Zn-Tl；(7) Au-Sb-Tl。

3. 铊的存在形式 迄今为止，自然界中发现的独立铊矿物已近40种，主要是硫化物和少量硒化物，其中有9种是在卡林金矿中发现的，它们是：红铊矿($TlAsS_2$)、硫铊汞矿($[Hg(Zn, Cu)_3 Tl(AsS_3)_3]$)、约硫砷铅矿($[Pb_{13-14} As_{6-7} S_{23-24}]$ ，含铊约0.5%(重量))、斜硫砷汞铊矿($TlHgAsS_3$)、硫铊矿($Tl_3 AsS_3$)、维硫铊矿($TlSbS_2$)、褐铊矿(阿维森纳矿, $Tl_2 O_3$)和两个一价铊的硫酸盐和硫代硫酸盐($Tl_2 SO_4$ 、 $Tl_2 S_2 O_4$)。而在我国西南Hg-Au成矿带中仅发现两个独立的铊矿物：红铊矿($TlAsS_2$)和斜硫砷汞铊矿($TlHgAsS_3$)。根据前人的实验和人工合成铊矿物的体系和条件，及Hg-Tl-As-S-Sb-Pb体系矿物相图，推测自然界中还可发现更多的铊矿物。

4. 我国卡林型金矿中的铊 滇、黔、桂金三角与川、甘、陕金三角的某些金矿与美国西部卡林型金矿一样，铊的含量都比较高，一般5至数千ppm，铊与金的关系比较密切，金矿中元素组合以Au-Hg-As-Sb-Tl-(Ba)为特征，铊与金的相关系数为0.45~0.65，且含金地质体中铊的含量明显高于不含金地质体，铊在金矿中的高含量地段明显与Au、Hg、As、Sb和有机质有关，但铊在金矿中的存在形式仍不清楚。

5. 铊与金、汞、砷、锑共生的时空演化关系 铊是活泼元素，熔点和沸点分别为303.5℃和1457℃，因此在古老变质岩系中含量并不高，主要见于燕山晚期形成的低温热液矿床中。空间分布上主要集中于几个成矿带，如美国西部的Hg-Au成矿带，环太平洋热泉型金矿成矿带，我国秦岭—中亚细亚—地中海(包括南欧)Hg-Sb-As(Au)成矿带。另外在某些后来活动不强烈的古老地质区，如加拿大赫姆洛金矿及中哈萨克斯坦地区也有铊的分布。

6. 铊与金共生的初步研究 铊是低温成矿元素，常与低温热液型金、汞、砷、锑矿共生，这可能是铊与金都是亲铁和亲硫元素的缘故，二者的氧化状态相同， Tl^+ 和 Au^+ 离子半径相似， Tl^+ 在水溶液中比 Tl^{3+} 稳定， Tl^+ 和 Tl^{3+} 在水溶液中经络合后都显著稳定化，这与金是

相似的, Tl^{3+} 和 Au^{3+} 的盐类在其化学反应方面十分相似, 一般来说, Tl^{3+} 和 Tl^+ 的还原化合物比相应价数的金要稳定得多, 但这两种金属的离子都会遇 H_2S 沉淀, 产生硫化物 Tl_2S 、 Au_2S 和 Tl_2S_3 , 而金的硫化物很不稳定, 很快就变为自然金, 因此在自然界中极少见到金的硫化物。按软硬酸碱分类, Tl^+ 、 Au^+ 、 Tl^{3+} 、 Hg^{2+} 、 Sb^{3+} 等离子为软酸, 而 S^{2-} 、 HS^- 、 $S_2O_3^{2-}$ 、 As^- 等配体是软碱, 根据软硬酸碱作用原则, Au 、 Hg 、 Tl 、 Sb 优先与软碱 S^{2-} 、 HS^- 、 As^- 配合, 这是形成热液体系中多种成矿元素的含硫络合物共存的原因。实验证明, 在低温条件下, 只有在富硫、中性或碱性的溶液中才稳定。而黔西南某些金矿中 Hg - Tl - Au - As - Sb -有机质共生, 反映了一种富硫还原环境, 成矿温度在 $200^\circ C$ 以下(主要成矿期温度, 个别也有高于 $200^\circ C$ 的), 成矿流体的pH值接近中性也说明了这一点。

7. 问题 低温条件下铊与金的关系不十分清楚, 尤其是金在含铊、有机质溶液中的溶解、迁移(包括在成矿流体中的络合情况)、沉淀富集机理、有关铊化合物的热力学数据及相图资料甚少。但有几点是客观存在的: (1) 铊与 Au 、 Hg 、 As 、 Sb 、有机质关系密切; (2) 铊是典型的低温成矿元素, 广泛见于低温热液金矿, 尤其是卡林型金矿中; (3) 铊的空间分布与 Au 、 Hg 、 As 、 Sb 成矿带基本一致; (4) 铊的成矿时代比较新。因此对铊的地球化学及铊-金关系的研究有重要的理论意义和实际价值, 今后尚需加强低温($<200^\circ C$)条件下, 铊与金的成矿关系的实验研究、铊与金在含硫砷和二氧化硅体系中的溶解、迁移和沉淀实验及我国卡林型金矿中铊的存在形式研究。

以沉积岩为容矿岩石的金-铜-铀-铂族金属-硒矿床

——硒-贵金属矿床形成的一种新环境

刘家军 郑明华

(成都地质学院, 成都 610059)

关键词 海底喷流矿床、贵金属矿床、硒矿床

迄今所了解的与海底喷流作用有关的矿床中, 贵金属(如金、铂族金属)矿床产出的实例极为少见, 而有分散元素——硒于其中富集者则更为罕见。本文所述的矿床, 即为有海底喷流作用参加的一种新环境下所形成的新矿床类型。

矿床位于西秦岭南亚热带川、甘交界。又分为东、中、西三个矿段: 牙相矿段、邛莫矿段和拉尔玛矿段。矿床赋存于寒武系太阳顶群中, 受地槽控制。太阳顶群由硅岩、泥质硅岩和硅板岩组成, 厚度达近千米。其中硅岩占63.5%。已圈定出近百个以金为主的似层状、透镜状矿体, 80%以上产于硅岩层中。此外, Cu 、 U 、 V 、 Ni 、 Mo 、 Zn 、 Sb 、 Tl 等的含量在部分矿体或硅岩层的局部地段达到了很高的富集程度, 甚至达到工业品位。铂族金属在一些地段也有较高的富集, Pt 0.007~0.113ppm, Pd 0.001~0.126ppm, Os 0.36~