文章编号:0258-7106 (2002) 02-0113-08

夕卡岩矿床研究的某些重要新进展*

赵一鸣
(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

摘 要 夕卡岩矿床是一种具有重要工业意义的矿床类型,是世界上富铁矿、钨、锡、铋、铅锌、金和金云母、透辉石、硅灰石等金属和非金属矿产的重要来源。这类矿床不仅分布广泛、矿物组合特殊,而且包含有内生成矿作用许多复杂的成因信息。因此,一个多世纪以来国际上对夕卡岩矿床的研究长盛不衰,不断有所创新。文章回顾了近二十年来,在成矿的构造背景、矿床的多成因性、岩浆期和岩浆夕卡岩、碱交代与成矿、交代分带、含银铅锌锰质夕卡岩、含金夕卡岩和夕卡岩含矿性评价标志等方面新的研究进展。

关键词 夕卡岩矿床 研究新进展
中图分类号: P588.31+2 **文献标识码**: A

夕卡岩矿床是一种具重要工业意义的矿床类型,其分布遍及世界各地,但较集中地分布于环太平洋地区(赵一鸣,1991a)。据 Синяков (1983) 对世界夕卡岩矿床的统计,在夕卡岩矿床中集中了大约 25%的世界富铁矿储量,50%的钨矿,30%左右的铅锌矿和 100%的金云母、蛭石和青金石矿。我国是世界上夕卡岩矿床分布最广的国家之一。夕卡岩矿床是我国富铁矿、富铜矿和钨、锡、铋矿的主要矿床类型,是钼、铍、铅锌、金、银等矿床的重要类型及硼、金云母、透辉石、硅灰石、透闪石等非金属矿产的主要来源。该类矿床在全国矿产储量总数中占有较大的比重,各矿种分别是:Fe 11.2%;Cu 30%;Pb-Zn 18.3%;W 60.6%;Sn 69.6%;Mo 22.7%;Bi 87.6%;Au 20%;Ag 21% (赵一鸣等,1990)。

夕卡岩矿床不仅因其矿床类型的重要性和岩石矿物组合的特殊性(常有一套较特殊的 Ca-Mg-Fe-Mn-Al 硅酸盐矿物组合)引起人们的重视,而且包含有从岩浆、高温气成热液到中低温热液交代(充填)作用的许多成因信息,以及丰富多彩的交代分带型式和各种地质环境中复杂的成岩成矿作用机理,因此,一个多世纪以来,国际上对夕卡岩矿床的研究长盛不衰,并不断有所创新。

下面,主要就近二十年来夕卡岩矿床研究的某些重要新进展作一回顾。

1 夕卡岩矿床形成的板块构造背景

Einaudi 等(1981)讨论了夕卡岩矿床形成的板块构造背景,把它划分为下列 4 类。

(1) 早期造山环境中与陡倾斜俯冲带相伴随的岛弧带:侵入岩可以从辉长岩、闪长岩到花岗闪长岩,并有少量碱性岩。富磁铁矿的夕卡岩常产于上述侵入岩和含有礁灰岩的中基性火山岩接触带。内接触带发育内夕卡岩,广泛分布钠交代蚀变。这类矿床的代表有加拿大的恩派尔矿山和温哥华岛、菲律宾的拉拉普、日本斧石以及俄罗斯乌拉尔的马格尼托哥尔斯克等。

(2) 大陆边缘造山带:在中等倾斜的俯冲带中,侵入岩为较深侵位(5~15 km)的花岗闪长岩和石英二长岩,伴生的夕卡岩矿化主要是钨,含少量铜、钼、铅锌。其实例是澳大利亚塔斯马尼亚的金岛和美国加利福尼亚州的派因克里克等。

当上述岩浆侵位于中浅部(1~6 km)处时,可形成花岗闪长斑岩或石英二长斑岩,一般与同源火山岩伴生,与其有关的夕卡岩矿化以富铜(铁)和铅锌硫化物为主,局部有钼、金和银,例如美国亚利桑那州的圣诞矿床、内华达州的伊利矿床和犹他州的卡尔福克矿床。

(3) 在板块向俯冲期后构造过渡带中,岩浆弧可能变宽或向内陆迁移。侵入岩可以是 I 型或 S 型,包括石英二长岩和花岗岩,通常伴生钨、钼夕卡岩,有较多的铜、锌以及少量铋、铅、银和金。这类夕卡岩的例子有美国内华达州的特姆皮特和蒙大拿州的卡尼瓦峡谷。

(4) 造山带晚期伴生的 S 型花岗岩,缺乏同源火山岩和宽阔的变质圈。与之有关的夕卡岩主要含锡,常伴生铍、氟、铋、钨、铜、铅、锌和铀等。最著名的例子是美国阿拉斯加的洛斯特河和澳大利亚塔斯马尼亚的莫依纳。

关于中国夕卡岩矿床及有关岩浆岩产出的地质构造背景,赵一鸣等(1996)曾作过较系统的论述。但完全用板块学说来阐明我国夕卡岩矿床的分布规律是有一定困难的,因为

* 本文得到国家自然科学基金(编号:49573184 和 40073016)的资助
作者简介 赵一鸣,男,1934 年生,研究员,博士生导师,主要从事金属矿床地质地球化学研究。
收稿日期 2001-12-21;改回日期 2002-03-25。张绮玲编辑。

目前对大陆内部古板块构造的研究程度不高,构造单元划分过粗,有些问题尚未研究清楚,争论较大,有待进一步探讨。本文不再论述。

2 夕卡岩和夕卡岩矿床的多成因性

Овчинников (1980) 对前苏联乌拉尔地区铁矿床进行研究后,提出夕卡岩铁矿床具有多成因性的看法。按地质作用的不同,他把该区夕卡岩铁矿床划分为深成岩浆作用的、火山作用的和与地内溶液作用有关的三类,再按成因划分为岩浆型、气成型、热液交代型、火山-沉积型和热液-沉积型五类,认为夕卡岩铁矿床可以形成于全部岩浆作用过程之中。

Einaudi 等(1981) 根据夕卡岩生成机理不同,划分出变质夕卡岩和交代夕卡岩两大类。变质夕卡岩形成于区域变质作用阶段,如澳大利亚的布罗肯希尔和新泽西的福兰克林等层控硫化物矿床、瑞典的 Langban、日本的 Noda-Tamagaw 和巴西的布里提拉马锰矿床等就属此类。交代夕卡岩一般产于火成岩侵入体和碳酸盐岩石的接触带或离接触带有一定距离的碳酸盐岩石的断裂中,形成于较大的温度范围。作用的流体一般认为是岩浆成因的。在上述两类夕卡岩矿床之间,还存在变质作用和交代作用相结合的过渡情况,例如 Ammeberg 型含硫化物钙夕卡岩就与更晚的高级变质作用和混合花岗岩的形成有关,这类夕卡岩集中在混合岩化的前缘;又如加拿大格伦威尔省高级区域变质地区的含钼夕卡岩,伟晶岩和片麻状花岗岩相接触,可能与火山作用有密切联系。

涂光炽 (1981) 曾多次谈到夕卡岩的多成因问题❶。他指出,"长期以来,地质学者认为花岗岩侵入碳酸盐岩地层的接触带及附近是夕卡岩的标准产出条件,这实际上是单成因观点。现在看来,尽管这种产状的夕卡岩可能是主要的,但也存在着由火山-次火山气液作用、混合岩化作用和区域变质作用形成的夕卡岩。这四种不同成因的夕卡岩在我国都有广泛的分布"。

石准立等(1981)在大冶铁山矿区象鼻山矿体发现大量多孔状铁矿石,认为是矿浆充填的重要证据,只有粘稠的矿浆中含有大量气体时,才可形成这类矿石,并指出铁山矿床是多阶段成矿的产物,成矿作用包括从矿浆到热液等一系列成矿过程。

翟裕生等(1982)认为大冶式铁矿是多成因的,既有接触交代、热液充填交代,又有矿浆贯入和沉积-接触变质改造矿床,这几种成矿机制可以分别形成独立矿床,也可以两种或三种方式共同出现在一个矿床中,进而提出了鄂东地区铁矿床模式。

常印佛和刘学圭(1983)研究了安徽沿江地区地层对夕卡岩矿床形成的控制作用,将铜官山等铜矿床称为层控夕卡岩矿床,并认为这些矿床是多来源、多成因和多期次的。沉积含矿层在适宜的岩性构造条件下可控制夕卡岩型矿化作用,为矿床直接提供部分成矿物质。热液活动沿一定层位或岩性接触面可形成似层状矿床,并以与夕卡岩化有紧密时空成因联系为特征,而不管夕卡岩化的强弱和成矿前后矿化性质及其演变如何,统称为层控夕卡岩矿床。

赵斌 (1989) 所著的《中国主要夕卡岩及夕卡岩矿床》一书在涂光炽先生对夕卡岩矿床分类的基础上,用多成因的观点,进一步例举我国接触交代夕卡岩型矿床、与混合岩化作用和火山气液作用有关的夕卡岩矿床的许多实例,论述了这些矿床形成的地质背景、地质特征、岩石学、岩石和矿物化学、同位素和微量元素地球化学等,还对夕卡岩形成的物理化学条件进行实验模拟和热力学计算。这无疑对提高我国夕卡岩矿床研究的理论水平十分有益。

Meinert (1998) 认为夕卡岩形成的地质条件更为广泛。他指出,夕卡岩可以形成于区域变质作用或接触变质作用以及各式各样的交代作用,包括有岩浆流体、变质流体、天水或海水热流体参与的交代作用在内。夕卡岩可能产于侵入体附近、沿断裂带和重要剪切带、浅部的地热系统、海底以及下地壳深处深埋的变质地体中。

尽管许多学者认为夕卡岩矿床是多成因的,然而大家都赞同无论是在中国还是在世界上,接触交代成因的夕卡岩矿床占大多数。

3 岩浆期夕卡岩和岩浆夕卡岩

岩浆期镁夕卡岩最早是由前苏联学者 Коржинский (1955)提出来的。他认为岩浆期镁夕卡岩是白云岩通过花岗岩化作用,在透岩浆溶液参与下由置换白云岩而成。以后在 Жариков(1968) 和 Шабынин(1973) 的有关论著中也曾多次提及岩浆期镁夕卡岩的岩石学特征、矿物组成和分带性等。但他们主要是从岩石学的角度加以论述的,缺乏流体包裹体测温方面的依据。

赵一鸣等(1982;1990;1999)在陕西洛南黑山镁夕卡岩型铁矿床和安徽铜陵天鹅抱蛋山镁夕卡岩型金矿床中,发现了岩浆期镁夕卡岩,主要由铝质透辉石〔$w(Al_2O_3)$ 达 4.5 % ~ 13.14 %〕和镁尖晶石组成,其外带有方镁石 (已水镁石化) 斑花大理岩产出。在铝质透辉石中找到了熔融包裹体,测得均一温度为 905 ~ 1 160 ℃。

关于钙夕卡岩,Коржинский(1955)认为花岗岩类与石灰岩接触处,岩浆期钙夕卡岩是不可能生成的。Богомолов (1970)认为岩浆期钙夕卡岩很稀少,主要由斜硅钙石、粒硅钙石、灰硅钙石、硅灰石、钙镁橄榄石、黄长石和镁硅钙石等高温矿物组成。Милошнеченко 等(1972)则认为辉石-石榴石-符

❶ 涂光炽 (1997) 在第一届全国成岩成矿实验及矿物包裹体学术交流会上的报告和 1981 年在上海举行的全国铁矿工作会议上的学术报告.

山石夕卡岩可以在岩浆期生成。

林新多等(1987;1989)、吴言昌(1992)、赵斌等(1995)通过对长江中下游地区湖北程潮铁矿、江苏伏牛山铜矿、安徽长龙山铁矿和铜陵地区铜矿等的研究,认为在夕卡岩矿床中有两种夕卡岩:一种是渗滤-扩散交代作用形成的;另一种是由充填作用形成的岩浆成因夕卡岩。岩浆成因夕卡岩的主要特征是:主要由石榴子石和透辉石组成,以钙铁榴石为主;发育气孔构造和豆状构造,有流动构造,自身熔离现象普遍;夕卡岩矿物中有熔融包裹体和熔-流包裹体,包裹体均一温度变化范围较大,在 380 ~ 1 300 ℃之间,其中熔融包裹体的均一温度为 930 ~ 1 300 ℃,熔-流包裹体的均一温度为 730 ~ 840 ℃。形成夕卡岩的流体是一个岩浆-热液过渡系列,即夕卡岩可以由热液交代而成,也可以由夕卡岩浆贯入形成,还可以由岩浆—热液过渡性流体形成(林新多,1999)。

Aksyuk(1991)研究了岩浆期夕卡岩形成的物理化学条件,把在自然界观察到的、实验所获的资料和热力学计算结果进行对比研究,最后给出了岩浆期镁夕卡岩和岩浆期钙夕卡岩的 p-t 图解。

赵斌等(1993)用天然闪长岩和石灰岩作原始配料,在高压釜中进行实验。在 1 000 ~ 1 350 ℃和 400 ~ 800 MPa 条件下恒定约 10 min,然后以每分钟 10 ℃的冷却速度降温(多降温至 700 ~ 800 ℃)。个别实验在 1 600 ℃和 400 MPa 下恒定 1 min,然后直接淬火。经 X 射线粉晶分析结果证实,无论用哪种冷却方式,在所有实验产物中都有石榴子石和单斜辉石等夕卡岩矿物生成,从而认为夕卡岩由岩浆结晶而成是可能的,即 K、Na 硅酸盐熔浆在其侵位时同化了富含 Ca、Mg 质的碳酸盐类岩石而形成富 Ca、Mg 的硅酸盐熔浆,进而形成脉状夕卡岩。

应该指出,有关岩浆期夕卡岩和岩浆夕卡岩的研究虽已取得了不少新资料和新认识,但目前尚处于探索研究阶段,还有不少问题,如形成的地质环境、生成机理,与热液交代成因夕卡岩的区别标志和相互关系等,还有待进一步深化研究。

4　夕卡岩和夕卡岩矿床的分带

夕卡岩的主要特征之一是它经常具有明显的分带性。在交代柱(剖面)的各交代带之间界线一般是清楚的。这种交代带之间界线清晰现象,以往人们总是用脉动说来解释,Коржинский(1955;1982)则用物理化学理论来加以说明。其主要的理论基础是化学组分在交代作用过程中差异活动说和相律在交代作用中的应用。

根据"组分差异活动说",参与交代作用的组分,按其活动性分为两类:惰性组分和活动性组分。在夕卡岩交代作用过程中,对于完全活动组分来说,体系是开放的,但对惰性组分来说,则体系是封闭的,因此,同时稳定矿物的最大数目等于或小于惰性组分的数目,而不取决于完全活动组分的数目。这就是柯尔仁斯基相律。它较好地解释了交代作用中经常出现的交代分带现象。在基本理论假说的基础上,柯氏对交代分带推导出数学微分方程。

Зарайский 等(1991)曾对双交代夕卡岩分带作了大量模拟实验研究,用天然材料共研究了三种接触形式:花岗闪长岩和灰岩、花岗闪长岩和白云岩以及石英和白云岩。参与实验的溶液分别为中性、碱性和酸性。实验条件 $p = 10^8$ Pa, t = 600 ℃,每次实验时间长达两个星期。实验结果获得 42 个不同类型的双交代夕卡岩分带,以此建立了夕卡岩交代分带模式,进一步证实了 Коржинский(1955;1982)关于交代分带理论的正确性。Зарайский 等得出结论,双交代夕卡岩化作用可以在任何溶液中进行,包括纯水溶液,并能形成一系列交代分带;接触岩石的类型对形成不同分带起决定作用,其次是溶液的性质。梁祥济等(1982;2000)对福建马坑铁矿辉绿岩和大理岩接触带形成的夕卡岩分带进行了系统的模拟实验研究。实验样品采自马坑矿区的天然辉绿岩和大理岩。以辉绿岩和大理岩不同比例作试料,分别在 300 ~ 650 ℃和(500 ~ 105) × 10^5 Pa 条件下,在中性蒸馏水中,经过 168 h 的实验,形成了一套与马坑夕卡岩分带基本吻合的夕卡岩矿物组合。进而对实验产物进行矿物共生分析,揭示了夕卡岩形成的机理。

绝大多数夕卡岩矿床分带十分明显,这是重要的找矿标志之一。

赵一鸣等(1982)对福建马坑、阳山铁多金属矿床和云南个旧锡多金属矿床(Zhao et al., 1995)的夕卡岩分带和金属矿化带现象,从矿物学、岩石学和地球化学的角度作了较深入研究,建立了有关夕卡岩矿化交代分带模式。

於崇文等(1990)对云南个旧锡石-硫化物矿床的原生金属分带的动力学机制作了研究,认为矿床分带可能是由多次矿化活动间歇、脉动式地相继发生而产生的。成矿溶液沿断裂通道的差速输入,继之以分异沉淀,是矿区原生金属分带的一种可能的动力学机制。

张德全等(1992)详细研究了内蒙古白音诺铅锌矿床的夕卡岩和矿化分带、流体的流动方向及其演化规律,阐明了金属分带的序列:Fe(Cu) → Zn(Sn) → Cu, Zn → Zn(Pb) → Pb, Zn(Ag),指出流体是从矿床南西部深处逐渐向北东部浅部运移的。

Meinert(1997a)总结了 Cu、W、Au、Zn 四类主要夕卡岩矿床的分带实例,说明其矿物学、金属元素含量、地球化学和地质背景的变化。他指出大多数夕卡岩矿床总的分带模式是在靠近侵入体接触带有一个石榴石夕卡岩带,而距接触带稍远有一个辉石夕卡岩带,有符山石、硅灰岩、钙蔷薇辉石或蔷薇辉石带接近大理岩。不同的分带变化主要受形成深度、围岩成分和渗透性等控制。

根据有关岩浆岩和矿化组合的不同,将我国一些重要夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床划分出三个交代分带序列(赵一鸣,1997a)。总的分带序列是:Fe(Mo) → Fe、Sn → Sn(W) → Cu → Cu-Zn → Zn、Pb(Ag)。其中 Fe、Mo、Sn、Cu 矿化主要与镁夕卡岩或钙夕卡岩有关,而 Zn、Pb(Ag)矿则总是与锰质夕卡岩伴

生。上述分带序列是寻找该类夕卡岩隐伏矿床(体)的重要标志之一。

总之,对各类夕卡岩矿床交代矿化分带模式的研究和建立不仅具有理论意义,而且有助于对隐伏夕卡岩矿体(床)的预测。

5 碱质交代和挥发组分与夕卡岩成矿的关系

矿质来源及其迁移富集机理是夕卡岩成矿作用的核心问题之一。赵一鸣等❶(1983a;1990)通过对著名的大冶铁山铁矿接触带附近侵入岩、夕卡岩、矿体和有关交代岩的详细地质填图以及近矿交代岩的研究,发现内接触带石英闪长岩有相当宽(十余米至300余米)的钠长石化带,矿石和交代岩中挥发组分(Cl、F、H_2O)普遍较高,从而提出钠质交代和挥发组分对矿区石英闪长岩类岩体中铁质的活化、迁移和富集起重要促进作用的论点,指出钠长石化是寻找夕卡岩型和交代型铁矿的重要找矿标志。通过进一步研究Sn、W、Mo夕卡岩矿床的蚀变现象,发现这些矿床内接触带岩体广泛发育钾长石化退色蚀变带,而挥发组分则以氟为主,并指出Sn、Mo等夕卡岩矿床花岗岩类内接触带,过去曾被命名为"白岗岩"(如个旧老厂,黑龙江五道岭等),实际上是钾质交代岩,也是重要的找矿标志之一。沈保丰等(1977)对冀南地区邯郸式夕卡岩铁矿的研究,也提出内接触带闪长岩和二长岩类的钠长石化十分普遍,是该类铁矿床的重要找矿标志之一。

张民义❷研究了太行山南段塔山一带燕山期中陶统碳酸盐岩接触带邯邢式铁矿近矿岩体的钠长石化的钠化去铁作用基本特征,指出钠化岩石的矿物成分、结构构造、化学成分、磁化率、等与原岩均有不同,是重要的找矿标志和成矿预测的依据。

胡受奚等(1982)讨论了热液矿床的碱交代成矿模式及其成矿机制,虽然主要是针对与花岗岩有关的W、Sn、Be、Nb、Ta等热液矿床、斑岩铜钼矿以及宁芜地区的铁矿,但与夕卡岩矿床的碱交代特征有一定相似性,因而对夕卡岩矿床的研究也有重要参考价值。

挥发组分和碱质在夕卡岩成矿过程中所起的积极作用,也为不少实验研究所证明。例如,王玉荣等(1979)的实验表明,挥发性组分中以Cl^-对铁的搬运能力最强,其次是F^-,$FeCl_3$在高温热液中不稳定,易发生水解和价态变低,而$FeCl_2$较为稳定,在酸性溶液中具有较大的挥发性。这说明铁主要以$FeCl_2$形式在气液相中进行搬运。

李九玲等(1979)曾对闪长玢岩的钠长石化进行了模拟实验,指出闪长玢岩在较高温度下(500℃以上),在适宜的富钠含硅溶液作用时可以发生钠长石化。实验结果表明,中性和偏酸性溶液能携带和迁移较多的铁。

对高温高压下卤素和钾、钠卤化物在铁矿形成中的作用进行了模拟实验(梁祥济等,1982),结果表明卤素和K、Na卤化物是成矿铁质的活泼萃取剂和载体,能降低成矿温度,加速化学反应的速度,起了催化剂的作用。

6 与银铅锌矿化有关的锰质夕卡岩建造

长期以来,对夕卡岩的分类,一直主要按其矿物组成不同及其所反映的被交代碳酸盐围岩的岩性差别,划分为钙夕卡岩和镁夕卡岩两类(Коржинский,1955;Жариков,1968;Einaudi et al.,1981)。钙夕卡岩主要由钙铁-钙铝系列石榴子石、透辉石-钙铁辉石系列辉石、硅灰石和方柱石等组成,其围岩为灰岩;而镁夕卡岩的主要组成矿物为镁橄榄石(或其蚀变产物蛇纹石)、透辉石、尖晶石、金云母和硅镁石族等,其围岩则为白云岩类。

笔者等通过对辽宁八家子、福建马坑、大排和内蒙古白音诺等Pb-Zn(Ag)多金属夕卡岩矿床的研究,并和国外同类矿床,如美国新墨西哥州的Groundhog Pb,Zn(Ag)矿床(Meinert,1987)、日本Nakatatsu Pb-Zn矿床(Shimizu et al.,1982)和韩国的Yoenhwa-Ulchin Pb,Zn(Ag)矿床(Yun et al.,1982)等的对比研究后,划分出一个新的夕卡岩建造,即与Pb、Zn、Ag矿化密切相关的锰质夕卡岩建造(赵一鸣等,1983;1986;1992;董永观1986;Zhao,1991b)。锰质夕卡岩建造有一套不同于钙夕卡岩和镁夕卡岩的较特殊的锰质硅酸盐矿物,主要有锰钙铁辉石、锰透辉石、锰钙辉石、钙蔷薇辉石、蔷薇辉石、锰三斜辉石、锰铝榴石、锰阳起石和锰透闪石等,有些矿区还有锰橄榄石、锰黑柱石和含锰金云母,个别矿区还发现有日光榴石、锰镁铁闪石、锰直闪石和锰热臭石。

锰质夕卡岩大多产于离侵入体接触带有一定距离的碳酸盐围岩的断裂构造裂隙带中。并常和钙夕卡岩或镁夕卡岩构成矿化交代分带。伴有Fe、Cu、Au、W、Sn等矿化的早期高温钙(或镁)夕卡岩一般产于侵入体和碳酸盐围岩的接触带,而伴有Pb、Zn和Ag矿化的中温锰质夕卡岩则产于外带。流体包裹体测温也表明,钙(或镁)夕卡岩的形成温度较高,一般为450~650℃,而锰质夕卡岩的形成温度则为200~450℃(赵一鸣等,1997a)。初步研究表明(赵一鸣等,2001),含Pb、Zn(Ag)锰质夕卡岩和含Ag(Pb、Zn)锰质夕卡岩的矿物组成是有一定区别的。前者主要由锰钙铁辉石、锰钙辉石和钙铁榴石组成,而后者则主要由锰质三斜辉石(蔷薇辉石、钙蔷薇辉石)、锰铝榴石、锰阳起石和锰透闪石等组成,说明后者的形成时间稍晚,成岩、成矿温度更低一些。由此可见,锰质夕卡岩是评价含Pb、Zn、Ag夕卡岩的重要找矿标志。

毛景文等(1998)对湖南柿竹园Pb、Zn、Ag多金属矿田野

❶ 矿床地质研究所富铁矿专题研究组.1965.湖北大冶铁山接触交代型铁矿成矿规律与找矿标志研究报告.

❷ 张民义.1979.钠化去铁作用与成矿预测(向全国铁矿会议提交的论文).

鸡尾、玛瑙山、蛇形坪、金船圹等矿区锰质夕卡岩的分布、矿物共生组合和成分特征及其演化规律作了较详细的研究。根据大量电子探针分析数据,确定锰质夕卡岩的矿物组成有蔷薇辉石、铁铝榴石-锰铝榴石过渡系列石榴子石、锰透辉石、锰钙铁辉石、锰橄榄石和日光榴石等,进一步说明锰质夕卡岩和 Pb、Zn、Ag 矿化之间的密切联系。

7　含金夕卡岩矿床

夕卡岩矿床中的金,以往主要是作为铜多金属矿床开采的副产品加以回收的,因此未受重视。近十几年来,含金夕卡岩矿床的勘查和研究工作在国内外均取得了很大的进展,发现了一批大型独立的或共生的金矿床,如美国内华达州的 McCoy,蒙大拿州的 Elkhom 和 Beal,华盛顿州的 Crown Jewel,印度尼西亚的 Big Gossan(Meinert,1997b;1998),中国湖北的鸡冠咀、鸡笼山、桃花咀和安徽的天马山等,从而引起了人们的关注。1998 年 5 月在加拿大魁北克召开的"与侵入岩有关的夕卡岩矿化热液系统"国际学术研讨会上,有关含金夕卡岩矿床方面的学术论文占了相当大的比重,说明含金夕卡岩已成为国际地学研究的前沿和热点之一。

Theodore 等(1991)总结了含金夕卡岩矿床的主要地质特征、分带规律、产出构造背景、共生矿床、矿石矿物组成和流体包裹体特征等,并列出了世界上 33 个国家的 127 个含金夕卡岩矿床的产地名称、储量、品位和地质特征简表。但其中对中国的含金夕卡岩知之甚少。

Meinert 等(1989;1998)和 Ray 等(1990)对美国、加拿大、澳大利亚等国的十余个重要含金夕卡岩矿床的主要地质特征作了总结,划分出还原型含金夕卡岩、氧化型含金夕卡岩、含金镁夕卡岩和产于区域变质地体中的含金夕卡岩等四个类型。从其所举的矿床实例看,以还原型含金夕卡岩最为重要,金矿化大多产于离接触带有一定距离的钙铁辉石夕卡岩中。这类矿床包括:加拿大的特大型 Hedley 金矿,美国内华达州的特大型 Fortitude 金矿,蒙大拿州的 Beal 和 Elkhorn,华盛顿州的 Crown Jewel 和澳大利亚的 Junction Reefs 等。产于区域变质地体中的含金夕卡岩次之,其实例有:纳米比亚的 Narachab,加拿大的 Tillicum 和 Lupin 以及澳大利亚西部的 Nevoria 等。属氧化型含金夕卡岩的有内华达州的 Mc Coy 和厄瓜多尔的 Nambija,Butte Highlands。Meinert 等(1997b)还对印度尼西亚 Ersberg 地区 Big Gassan 特大型夕卡岩 Cu-Au 矿床的地质特征、矿床分带和流体演化等方面作了较深入的研究。

赵一鸣等(1993;1997b;1999a,b; Zhao et al., 1999c)对我国含金夕卡岩矿床,特别是对长江中下游地区的含金夕卡岩矿床的分布、产出地质构造环境、地质特征和地质地球化学评价标志以及典型矿床的分带和流体演化等进行了较深入的研究,指出它们形成的有利构造环境为地台边缘的拗陷和褶皱带及深大断裂附近,有关侵入岩为 I 型,主要为花岗闪长岩和石英二长闪长岩类的浅成相或中浅成相,矿床的综合交代矿化分带模式,自岩体向碳酸盐围岩方向依次为:Cu(Mo) → Cu(Fe) → Cu、Au → Au → Au-Pb-Zn。Cu、Au、As、Te、Bi、Pb、Zn、Ag、Se 等元素组合是评价化探异常的重要地球化学标志,含金夕卡岩均为氧化型,金的沉淀发生在夕卡岩期后的退化热液交代阶段,形成温度大致为 350 ~ 153 ℃,盐度 $w(NaCl)_{eq}$ = 24 % ~ 2.5 %。认为在安徽北部的三铺地区和安徽沿江的铜陵地区还有可能找到新的隐伏含金夕卡岩矿床(体)。马振东等(1997)强调长江中下游地区某些大型 Cu(Au、Fe)矿床的特色之一,是夕卡岩型、斑岩型和似层状块状硫化物型矿床多位一体,共存于一个矿区内,并与中生代岩浆作用有密切的时空成因联系。

Pan 等(1999)对长江下游地区重要 Cu-Fe、Au 夕卡岩矿床的地质特征和 S、O、H、Pb、Sr 等同位素组成进行了较系统的综合研究,以充分的证据论证了层控块状硫化物矿体并非沉积或火山喷气沉积成因,而是岩浆流体演化的交代产物,提出了一个由岩体中的斑岩型矿体、产于接触带的夕卡岩矿体和远离接触带碳酸盐岩为容矿围岩的层控块状硫化物矿体组成的交代成因模式。

陈衍景等(1996)较全面地介绍了我国夕卡岩金矿床地质勘查与研究的进展和问题。认为无论是夕卡岩型金矿床的时空分布、成矿构造背景、物理化学条件、地质地球化学特征,还是含矿岩体的地质地球化学特征等,都与碰撞造山成矿模式十分吻合。

以上仅例举了近二十多年来夕卡岩矿床研究的某些重要新进展,实际上在夕卡岩矿物学、流体包裹体、微量元素和稀土元素地球化学、稳定同位素地球化学和成矿动力学等方面,也都取得了许多新资料和新认识。限于篇幅,难以在本文中一一介绍,只能暂割爱。所有上述研究成果,无疑为深化夕卡岩矿床的成岩成矿研究和指导找矿勘查作出了重要贡献。

References

Aksyuk A M. 1991. Physico-chemical conditions of the formation of skarns of the magmatic stage[A]. Skarns-their genesis and metallogeny[C]. Athens: Theophrastus Publications S. A. 593 ~ 617.

Chang I F and Liu X G. 1983. On strata-bound skarn deposits[J]. Mineral Deposits, 2(1): 11 ~ 20 (in Chinese with English abstract).

Chen Y J and Chang Z S. 1996. The advances and problems in geologic study and exploration of the skarn type gold deposits, China[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 5(3): 129 ~ 139 (in Chinese with English abstract).

Dong Y G. 1986. Characteristics of alteration and mineralization zoning in the Bajiazi skarn lead-zinc deposit[J]. Mineral Deposits, 5(4): 83 ~ 93 (in Chinese with English abstract).

Einaudi M T, Meinert L D and Newberry R T. 1981. Skarn deposits[J]. Econ. Geol., 75th Anniv., 317 ~ 391.

Li J L, Liu Y S, Miao W P, et al., 1979. Experimental studies on the

albitization of diorite-porphyrite[J]. Acta Geologica Sinica, 53(1): 60 ~ 73 (in Chinese with English abstract).

Liang X J, Miao W P and Zhang G L. 1981. The modelling of the zoning of skarns in the Makeng, Fujian Province[J]. Journal of the Changchun Geological Institute,(2): 11 ~ 25 (in Chinese with English abstract).

Liang X J, Cheng L X and Qu G L. 1982. The action and influence of halogen and potassium-sodium halogenide in the formation of iron deposits under high temperatures and high pressures[J]. Earth Science,(3): 87 ~ 98 (in Chinese with English abstract).

Liang X J. 2000. Experimental studies on the mechanism of the formation of skarns and skarn ore deposits in China[M]. Beijing: Academy Press. 1 ~ 365 (in Chinese with English summary).

Lin X D. 1987. An origin type of skarns-magmatic origin[J]. Geological Science and Technology Information, 6(2): 92 ~ 94 (in Chinese).

Lin X D and Xu G J. 1989. Some characteristics of magmatic origin skarn and the preliminary discussion of its formation mechanism[J]. Geoscience, 3(3): 351 ~ 358 (in Chinese).

Lin X D. 1999. Magmatic-hydrothermal transitional type deposits[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press. 1 ~ 139 (in Chinese with English summary).

Ma Z D and Shan G X. 1997. Geological-geochemical studies of the formation mechanism of "integral whole of multi-places" large and superlarge copper deposits in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Mineral Deposits, 16(3): 225 ~ 234 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Li H Y, Song X X, et al. 1998. Geology and geochemistry of the Shizhuyuan W-Sn-Mo-Bi polymetallic deposit, Hunan, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 215 (in Chinese with English summary).

Meinert L D. 1987. Skarn zonation and fluid evolution in the Groundhog mine, Central mining district. New Mexico[J]. Econ. Geol., 82 (3): 523 ~ 545.

Meinert L D. 1989. Gold skarn deposits-geology and exploration criteria [J]. Econ. Geol., (Monograh 6): 537 ~ 552.

Meinert L D. 1997a. Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration[J]. Explor. Mining Geol., 6(2): 185 ~ 208.

Meinert L D, Hefton K. K, Mayes D. et al. 1997b. Geology, zonation, and fluid evolution of the Big Gossan Cu-Au skarn deposit, Ertsberg district, Irian Jaya[J]. Econ. Geol., 95(5): 509 ~ 533.

Meinert L D. 1998. A review of skarn that contain gold[A]. In: Lentz D R, ed. Mineralized intrusion-related skarn systems[C]. Quebec. Short Course Series 26. 359 ~ 414.

Pan Y M and Dong P. 1999. The lower Changjiang(Yangtzi River) metallogenic belt, east central China: intrusion and wall rock-related Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits[J]. Ore Geology Reviews, 15: 177 ~ 242.

Ray G E, Ettlinger A D and Meinert L D. 1990. Gold skarns: their distribution, characteristics and problems in classification[A]. Geological Fieldwork, Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper 1990 ~ 1991: 237 ~ 246.

Shen B F, Lu S N, Yu E Z, et al. 1977. The characteristics of sodium metasomatism in a magnetite deposit and its ore-searching significance[J]. Scientia Geologica Sinica, (3): 263 ~ 274 (in Chinese with English abstract).

Shi Z L, Jin Z M, Xiong P F, et al. 1981. A preliminary discussion on problems of ore-magma mineralization of "Daye type" iron deposit at Tieshan, Hubei[J]. Earth Science,(2): 145 ~ 154 (in Chinese).

Shimizu M and Iiyama J T. 1982. Zinc-lead skarn deposits of the Nakatatsu Mine, Central Japan[J]. Econ. Geol., 77(4): 1 000 ~ 1 012.

Theodore T G, Orris G J, Hammarstrom I M, et al. 1991. Gold-bearing skarns[M]. Washington: U. S. Geol. Surv. Bull. 1930. 1 ~ 61.

Tu G Z. 1981. Some modes of thinking in geology[J]. Geology and Prospecting,(7): 1 ~ 5 (in Chinese).

Wang Y R, Lu J L and Fan W L. 1979. Preliminary experimental studies on migration form of iron element in high-temperature pneumatogenic hydrothermal solution[A]. Petrogenic and Metallogenic Experimental Studies[C]. Beijing: Science Press. 135 ~ 136 (in Chinses).

Wu S Q, Zhou S Y, Ren Q J, et al. 1982. The alkaline metasomatic metallogenic model and its theoretical basis of genetic mechanism [J]. Geology and Prospecting,(1): 1 ~ 4 (in Chinese).

Wu Y C. 1992. On magmatic skarn-a new type of skarn[J]. Geology of Anhui, 2(1): 12 ~ 26 (in Chinese with English abstract).

Xu G J and Lin X D. 1990. An investigation on the genesis of the Chanlongshan skarn-magma type of iron deposit, Anhui Province[J]. Earth Science, 15(6): 649 ~ 656 (in Chinese with English abstract).

Yu C W and Jiang Y S. 1990. The dynamic mechanism of primary metal-zoning of cassiterite-sulfide deposits in the Gejiu ore district, Yunnan Province[J]. Acta Geologica Sinica, 64(3): 226 ~ 237 (in Chinese with English abstract).

Yun S and Einaudi M T. 1982. Zinc-lead skarns of the Yeonhwa-Ulchin district, South Korea[J]. Econ. Geol., 77(4): 1013 ~ 1032.

Zaraisky G P. 1991. Experimental modeling of bimetasomatic calcareous skarn zoning[A]. Skarns-their genesis and metallogeny[C]. Athens: Theophrastus Publications S. A. 467 ~ 495.

Zhai Y S, Shi Z L, Lin X D, et al. 1982. Genesis of "Daye type" iron ore deposits in eastern Hubei, China[J]. Earth Science,(3): 239 ~ 251 (in Chinese with English abstract).

Zhang D Q, Lei Y F, Luo T Y, et al. 1992. Mineralization zoning and flow direction of ore fluid in the Baiyinnuo lead-zinc deposit[J]. Mineral Deposits, 11(3): 203 ~ 212 (in Chinese with English abstract).

Zhao B. 1989. Main skarns and skarn deposits of China[M]. Beijing: Science Press. 1 ~ 342 (in Chinese with English summary).

Zhao B, Li Y S and Zhao J S. 1995. The evidence from inclusions for magma-genetic skarn[J]. Geochemica, 24(2): 198 ~ 200 (in Chinese with English abstract).

Zhao B, Zhao J S, Zhang Z Z, et al. 1993. The experimental evidence of

magmatic origin skarn[J]. Chinese Science Bulletin, 38(21): 1986~1989 (in Chinese).

Zhao J S, Zhao B and Li Z L. 2000. Finding of melt inclusion in skarn mineral from Daye iron deposit and its geologic-geochemical significance[J]. Geochimica, 29(5): 500~503 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Wu J S, Han F, et al. 1982a. Mineralization, alteration and ore searching indicators of the iron deposits of magnesium-skarn type in Lonan, Shanxi Province[A]. Bulletin of the Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences[C]. (1): 29~50 (in Chinese with English abstact).

Zhao Y M, Tan H J and Sun J H. 1982b. Skarn zoning of the Makeng and Yangshan iron deposits, Fujian, and their relationship with mineralization zoning[J]. Rock and Mineral Analysis, 1(1): 11~22 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Bi C S and Li D X. 1983a. The characteristics of volatile components and alkaline metasomatism in main-type iron deposits in China[J]. Geological Review, 29(1): 66~74 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Tan H J, Xu Z N, et al. 1983b. The calcic-skarn iron ore deposits of Makeng type in the southwestern Fujian[A]. Bulletin of the Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences (Special issue No. 1)[C]. 11~41 (in Chinese with English summary).

Zhao Y M. 1986. A discussion on genetic classification of metasomatites and their associated mineralizations[J]. Mineral Deposits, 5(4): 1~13 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Lin W W, Bi C S, et al. 1990. Skarn deposits of China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~354 (in Chinese with English summary).

Zhao Y M. 1991a. Skarn deposits in the Circum-Pacific belt[J]. Mineral Deposits, 10(1): 41~51 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M. 1991b. Manganoan skarn formation[A]. Skarns-their genesis and metallogeny[C]. Athens: Theophrastus Publications, S A. 165~180.

Zhao Y M, Lin W W, Zhang D Q, et al. 1992. Metasomatic mineralization and its ore-searching significance[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Pub. House. 1~156 (in Chinese).

Zhao Y M and Li D X. 1995. Mineralization and alteration zoning in the Gejiu tin ore field, Yunnan, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 4(2): 179~192.

Zhao Y M. 1997a. Metasomatic zoning in some major Pb-Zn-polymetallic skarn deposits of China[J]. Mineral Deposits, 16(2): 120~130 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Lin W W, Bi C S, et al. 1997b. The distribution and geological characteristics of auriferrous skarn deposits in China[J]. Mineral Deposits, 16(3): 193~203 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Zhang Y N and Bi C S. 1999a. Tectonic environment and geological-geochemical evaluation criteria of Au-bearing skarn deposits[J]. Earth Science Frontiers, 6(1): 181~193 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Zhang Y N and Bi C S. 1999b. Geology of gold-bearing skarn deposits in the middle and lower Yangtze River Valley and adjacent regions[J]. Ore Geology Reviews, 14(3~4): 227~249.

Zhao Y M, Zhang Y N, Bi C S, et al. 1999c. The metallogenic geological setting, zonation and fluid evolution of the Au(Cu, Fe) magnesian skarn deposits in the Sanpu area, Anhui Province[J]. Mineral Deposits, 18(1): 1~10 (in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Li D X, Bi C S, et al. 2001. Distribution and geological characteristics of silver skarn deposits in China[J]. Mineral Deposits, 20(2): 153~162 (in Chinese with English abstract).

Богомолов М А. 1970. Об известковых скарнах магматической стадии[A]. Вкн: Очерки физико-химической петрологии[C]. Москва: Изд. Наука, вып. 2: 5~14.

Жариков В А. 1968. Скарновые месторождения[A]. В кн. Генезис эндогенных месторождений[C]. Москва, изд. Наука. 220~300.

Коржинский Д С. 1955. Очерк метасоматических процессов[A]. В об. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях[C]. 2~е изд., Москва: Изд. А Н СССР. 335~456.

Коржинский Д С. 1957. физико-химические основы анализа парагенезисов минералов[M]. Москва: Изд. АН СССР. 1~182.

Коржинский Д С. 1982. Теория метасоматической зональности[M]. Москва: Изд. Наука. 1~103.

Милощнеченко Л Н, Гальев А П. 1972. Известковые скарны магматической стадии и их связь с рудообразованием[A]. В об. Критерия рудоносной способности метасоматитов[C]. Алма-Ата. 17~26.

Овчинников Л Н. 1980. О полигенности скарновых железорудных месторождений[J]. Геология Рудных Месторождений, 22(3): 58~73.

Синяков В И, Мазулов М М. 1983. Формационные типы и проблемы рудоносности скарновых месторождений[A]. В кн. Скарны и руды[C]. Новосибирск. Наука. Сибирское отделение. 4~10.

Шабынин Л И. 1973. Формация магнезиальных скарнов [M]. Москва: Наука. 1~188.

附中文参考文献

常印佛，刘学圭. 1983. 关于层控式夕卡岩型矿床[J]. 矿床地质，2(1):11~20.

陈衍景，常兆山. 1996. 中国夕卡岩型金矿床地质研究和勘查的进展与问题[J]. 有色金属矿产与勘查，5(3): 129~139.

董永观. 1986. 八家子夕卡岩铅锌矿床的蚀变矿化分带特征[J]. 矿床地质，5(4): 82~93.

李九玲，刘玉山，缪婉平，等. 1979. 闪长玢岩钠长石化的实验研究[J]. 地质学报，53(1): 60~73.

梁祥济，缪婉平，张桂兰. 1981. 福建马坑夕卡岩分带的模拟实验[J]. 长春地质学院学报，(2): 11~25.

梁祥济，程莱仙，曲国林. 1982. 在高温高压下卤素和钾、钠卤化物

在铁矿形成中的作用和影响[J]. 地球科学, (3): 87~98.
梁祥济. 2000. 中国夕卡岩和夕卡岩矿床形成机理的实验研究[M]. 北京:学苑出版社. 1~365.
林新多. 1987. 夕卡岩的一种成因——岩浆成因[J]. 地质科技情报, (2): 92~94.
林新多, 许国建. 1989. 岩浆成因夕卡岩的某些特征及形成机制初探[J]. 现代地质, 3(3): 351~358.
林新多. 1999. 岩浆-热液过渡型矿床[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1~139.
马振东, 单光祥. 1997. 长江中下游地区多位一体大型、超大型铜矿形成机制的地质、地球化学研究[J]. 矿床地质, 16(3): 225~234.
毛景文, 李红艳, 宋学信, 等. 1998. 湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学[M]. 北京: 地质出版社. 1~215.
沈保丰, 陆松年, 于恩译, 等. 1977. 某区铁矿床中钠质交代作用的特征及其矿意义[J].地质科学, (3): 263~274.
石准立, 金振民, 熊鹏飞, 等. 1981. 湖北铁山"大冶式"铁矿床矿浆成矿问题初探[J]. 地球科学,(2): 145~154.
涂光炽. 1981. 地质学中的若干思维方法[J]. 地质与勘探, (7): 1~5.
王玉荣, 卢家烂, 樊文岭. 1979. 高温气热溶液中铁元素迁移形式的初步实验研究[A]. 成岩成矿实验研究[C]. 北京: 科学出版社. 135~136.
胡受奚, 周顺元, 任启江, 等. 1982. 碱交代成矿模式及其成矿机制的理论基础[J]. 地质与勘探, (1): 1~4.
吴言昌. 1992. 论岩浆夕卡岩: 一种新类型夕卡岩[J]. 安徽地质, (1): 12~26.
许国建, 林新多. 1990. 安徽长龙山夕卡岩浆型铁矿床成因探讨[J]. 地球科学, 15(6): 649~656.
於崇文, 蒋耀淞. 1990. 云南个旧成矿区锡石—硫化物矿床原生金属分带形成的动力机制[J]. 地质学报, 64(3): 226~237.
翟裕生, 石准立, 林新多, 等. 1982. 鄂东大冶式铁矿成因的若干问题[J]. 地球科学,(3): 239~251.
张德全, 雷蕴芬, 罗太阳, 等. 1992. 白音诺铅锌矿床矿化分带及矿液流向[J]. 矿床地质, 11(3): 203~212.
赵 斌. 1989. 中国主要夕卡岩及夕卡岩矿床[M]. 北京: 科学出版社. 1~342.
赵 斌, 赵劲松, 张重泽, 等. 1993. 岩浆成因夕卡岩的实验证据[J]. 科学通报, 38(21): 1986~1989.
赵 斌, 李院生, 赵劲松. 1995. 岩浆成因夕卡岩的包裹体证据[J]. 地球化学, 24(2): 198~200.
赵劲松, 赵 斌, 李兆麟. 2000. 大冶铁矿床夕卡岩矿物熔融包裹体的发现及其地质地球化学意义[J]. 地球化学, 19(5): 500~503.
赵一鸣, 伍家善, 韩 发, 等. 1982a. 陕西洛南地区镁夕卡岩型铁矿床的矿化蚀变特征和找矿标志[A]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊[C]. (1): 29~50.
赵一鸣, 谭惠静, 孙静华. 1982b. 福建马坑、阳山铁矿床的夕卡岩分带特征及其与矿化分带的关系[J]. 岩矿测试, 1(1): 11~22.
赵一鸣, 毕承思, 李大新. 1983a. 中国主要夕卡岩铁矿床的挥发组分和碱质交代特征及其在成矿中的作用[J]. 地质论评, 29(1): 66~74.
赵一鸣, 谭惠静, 许振南, 等. 1983b. 闽西南地区马坑式钙夕卡岩型铁矿床[A]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊(专辑1)[C]. 北京: 地质出版社. 1~141.
赵一鸣. 1986. 交代岩分类及其含矿性初探[J]. 矿床地质, 5(4): 1~3.
赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 等. 1990. 中国夕卡岩矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1~354.
赵一鸣, 1991. 环太平洋地区的夕卡岩矿床[J]. 矿床地质, 10(1): 41~51.
赵一鸣, 林文蔚, 张德全, 等. 1992. 交代成矿作用及其找矿意义—几个重要含矿交代建造的研究[M]. 北京: 北京科学技术出版社. 1~156.
赵一鸣. 1997a. 我国一些重要夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床的交代分带[J]. 矿床地质, 16(2): 120~129.
赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 等. 1997b. 中国含金夕卡岩矿床的分布和主要地质特征[J]. 矿床地质, 16(3): 193~203.
赵一鸣, 张轶男, 毕承思, 等. 1999a. 安徽淮北三铺地区镁夕卡岩金(铜, 铁)矿床生成地质环境、分带和流体演化[J]. 矿床地质, 18(1): 1~10.
赵一鸣, 张轶男, 毕承思. 1999b. 含金夕卡岩矿床产出构造环境和地质地球化学评价标志[J]. 地学前缘, 6(1): 181~193.
赵一鸣, 李大新, 毕承思, 等. 2001. 我国含银夕卡岩的分布和地质特征[J]. 矿床地质, 20(2): 153~162.

Some New Important Advances in Study of Skarn Deposits

Zhao Yiming
(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

Being an important industrial type of mineral deposits, skarn deposits serve as the main sources of such metallic and nonmetallic ores in the world as high-grade iron ore, tungsten, tin, bismuth, zinc-lead, gold, phlogopite, diopside, and wollastonite. This type

(下转第 136 页)(to be continued on p.136)

from the ^{40}Ar-^{39}Ar isochron plots. The age of ~1 470 Ma, obtained from the isochron of the quartz 98-4aQ by vacuo crushing technique, is interpreted as the crystallization age of 98-4aQ from the hydrothermal fluid. The ages of 810 ~ 770 Ma, obtained from the ^{40}Ar-^{39}Ar isochrons of 98-4aQ by stepped heating and of 98-4fQ by crushing and stepped heating, seem quite in agreement with the ^{40}Ar-^{39}Ar isochron ages of the quartz samples DC-50-3Q and DC-51-1Q by crushing and siliceous breccia DC-5-2 by heating selected from the quartz-vein ores, and are interpreted as the copper mineralization ages. These ore-forming ages further indicate that the major ore-forming process in the Dongchuan copper deposits took place in the Jinning-Chengjiang period.

Key words: ^{40}Ar-^{39}Ar techniques, fluid inclusions, Jinning period, Chengjiang period, Dongchuan copper deposits

(上接第 120 页) (Continued from p.120)

of mineral deposits is not only widely distributed and quite unique in mineral paragenesis but also contains much complicated genetic information of endogenous mineralization, Therefore, investigation on skarn deposits has been continued without interruption for more than one century, constantly bringing forth new ideas. Especially in the past two decades, the research of skarn deposits has made much important progress in such aspects as tectonic settings of skarn mineralization, multigenesis of skarn and skarn deposits, skarn of magmatic stage and magmatic skarn, alkali metasomatism and skarn mineralization, metasomatic zoning, Ag-Pb-Zn-bearing manganoan skarn formation, Au-bearing skarns, and ore-bearing skarn evaluation criteria. The above-mentioned new important progress in the skarn deposit studies has important theoretical significance in further understanding their petrogenic and metallogenic mechanism and practical applied value and hence in prospecting for more concealed skarn deposits.

Key words: skarn deposits, new advances in studies

http://www.kcdz.ac.cn/

地幔深部过程与金富集成矿研究取得重要进展

国家 305 项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”研究人员在对“地幔深部过程与金富集成矿”研究中取得了重要进展。

金大规模富集成矿与深部地质过程的关系是当今矿床学研究中最具探索性的一个科学问题之一。课题组通过对中国东部 65 件地幔岩包体及其寄主岩石中的金含量进行的系统测试分析,获得了重要发现。

分析结果表明,中国东部地幔岩中包体比寄主岩含金略高,两者间未表现出明显的相关性,反映前者是地幔部分熔融的残留体,而后者则主要由地幔熔体演化而来。

在冀西北、胶东半岛及海南地区,地幔流体活动对于大型金矿集区可能有重要贡献,地幔岩高金含量与大型矿集区在空间上有清楚的耦合关系。山东一些金伯利岩筒中的地幔岩包体有异常高的金含量,可能指示出“在金伯利岩筒和碱性玄武岩火山口附近找寻金矿床”是一个新的找矿方向。另一个值得注意的异常是海南岛,包体中的金含量较高,且与寄主玄武岩的金含量没有相关性。鉴于 90 年代以来在海南岛发现了冈瓦纳大陆属性的古地磁、古生物和地层证据,海南岛岩石圈地幔中的一些地块可能继承了西澳大利亚富金古老岩石圈地幔的特点,暗示海南岛将有可能成为我国最重要的金矿矿集区之一。

(赫 英 供稿 李 岩 编辑)