夕卡岩的多成因性及夕卡岩型矿床找矿评价

张遵遵¹,李泽琴¹,陈晓雁²,侯春秋¹,陈实识¹

(1. 成都理工大学 核技术与自动化工程学院,地学核技术四川省重点实验室,成都 610059;2. 桂林理工大学 地球科学学院,广西 桂林 541004)

摘 要: 夕卡岩和夕卡岩矿床的多成因性已得到研究工作的证实。结合国内外的各种成因观 点,将夕卡岩成因归纳为5种:①热液交代型(包括接触交代型和层控交代型);②岩浆型;③喷流 沉积型;④变质型;⑤多因复成型。在对不同类型成因的夕卡岩矿床进行找矿评价时,要结合不同 类型夕卡岩的特点,开展成矿构造、矿物学及岩石学方面的综合研究。

关键词: 夕卡岩;夕卡岩成因;找矿评价

中图分类号: P588.312; P612 文献标识码: A 文章编号: 100-1412(2011)02015705

0 引言

夕卡岩矿床是地壳上富含多种矿产的矿床类型 之一,是一种具有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^[1-2]。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 床的重要类型以及硼、金云母、透辉石、硅灰石、透闪 石等非金属矿产的主要来源,主要集中在东部地区, 尤其是华南和东北地区^[1]。近年来,随着地质调查 工作的进展,在我国西藏冈底斯地区新发现了一批 夕卡岩型铁、铜、金、铅锌矿床,构成规模宏大的夕卡 岩型矿床成矿带^[3],显示出较好的找矿前景,但对有 些夕卡岩矿床的成因争议很大。本文结合夕卡岩矿 床的最新研究进展,总结夕卡岩的成因类型及特征, 期望能为夕卡岩型矿床的找矿评价提供帮助。

1 夕卡岩和夕卡岩矿床的多成因性

涂光炽(1981) 曾多次谈到夕卡岩的多成因问

题。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"^[4]。Einaudi 等(1981)根据夕卡岩生成 机理的不同,划分出变质夕卡岩和交代夕卡岩两大 类^[5]。Meinert(2000,2005)认为尽管大多数夕卡岩 产于至少包含一些灰岩的岩石地层中,但也可以产 于包括页岩、砂岩、花岗岩、含铁建造、玄武岩、科马 提岩在内的几乎各种岩石(地层)内,并且在大陆的 几乎各个时代的岩石中都有分布。夕卡岩形成的地 质条件极为广泛,可以形成于区域变质或接触变质 作用以及各式各样的交代作用,包括有岩浆流体、变 质流体、大气水和/或海水热流体参与的交代作用在 内。尽管大多数夕卡岩产于深成岩体附近,但也可 以沿断层和重要剪切带产出、形成于浅部的地热系 统、海底以及下地壳深处深埋的变质地体中^[2,6]。另 外,夕卡岩形成的物理化学条件也很宽泛,这已得到 了大量实验岩石学和现代地热系统中出现自生夕卡 岩矿物的佐证^[7-11]。如梁祥济(2000)通过实验有 力地证明了硅质岩地层和碳酸盐地层重叠或相间,

收稿日期: 2010-05-25

基金项目: 西藏自治区矿产资源潜力评价(编号:1212010881631)以及成都理工大学"金景福"研究基金资助。

作者简介: 张遵遵(1984), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 矿床地球化学专业。通信地址: 四川省成都市成华区二仙桥东三路1号, 成都 理工大学核技术与自动化工程学院; 邮政编码: 610059; E-mail: hnzunzun@163. com

在地下环境、层间水和 CO₂, F, Cl 等挥发分作用下, 在适宜的温度 (260~650 ℃)、压力 (200×10⁵~ 800×10^5 Pa) 和弱氧化- 弱还原的环境中都能发生 交代作用。只要地层岩石组合中 Si, Ca, Al, Mg 和 Fe 主要组分比例合适.都能形成夕卡岩或夕卡岩矿 物组合^[10]。

夕卡岩的成因分类 2

夕卡岩和夕卡岩矿床的多成因性已得到国内外

大量的研究资料证明[12-42],而这些成因并不是孤立 的,在某些方面存在着联系,其形成机制也具有相似 性。如同一个矿区有时候会出现几种类型;不同的 类型在形成过程中,都不同程度地伴随着交代作用。 由于不同成因类型的夕卡岩及相关矿床形成的地质 环境、控制因素、具体生成方式和特征各不相同、为 了能更好的指导夕卡岩型矿床的勘查与评价工作, 本文结合国内外夕卡岩成因的各种观点,把夕卡岩 的成因类型归纳为 5 种:①热液交代型;②岩浆型; ③喷流沉积型;④变质型;⑤多因复成型,并总结了 每种类型的特征(表1)。

Table 1 Classification of skarns				
成因类型		主要控制因素	主要特征	典型矿床或相关成因的矿床
热液 交代型	接触 交代型	①铝硅酸盐岩(火成岩、混合岩等)与碳 酸盐岩等接触带;②岩浆演化或混合岩 化热液;③扩散交代作用、渗滤交代作 用	产在侵入岩、混合岩、火山岩等与碳酸 盐岩等接触带或附近,产状变化较大, 受接触带构造控制明显;常见蚀变分带 现象;以各种交代结构为主	与超基性岩有关的夕卡岩,如米仓 山地区
				与中一基性侵入岩有关的矿床,如 马坑铁矿床、肖家营子钼(铁)矿床
				与中酸性侵入岩有关的矿床,如湖 南黄沙坪铅锌矿
				与火山热液有关的 <i>矿床</i> , 如雅满苏 铁矿床
				与混合岩化热液有 关的矿床, 如西 榆皮铅矿床
	层控 交代型	①有利的岩性界面、层间滑脱构造或层 间断裂; ②富含硅铝质的热液(以岩浆 热液为主); ③渗滤交代作用、扩散交代 作用	多 赋存在 沉积间 断面、不 同地 层界面、 层间滑脱构造内: 呈层状、似 层状、透镜 状顺地层产出: 以各种交代结构为主	铜陵地区冬瓜山、铜官山铜矿床, 狮子山金矿床
岩浆型		岩浆作用(岩浆同化碳酸盐岩;熔离作 用;夕卡岩浆贯入结晶作用等)	具有硅酸盐熔融包裹体; 发育有海绵陨 铁结构、填隙结构, 豆状构造、流动构造 和气孔构造等	大冶铁矿,城门山、武山铜金矿床
喷流沉积型		①张性构造环境(大陆裂谷或陆缘裂谷 及裂陷槽环境);②海底热液活动;③同 生断裂	常与其他 热水沉积 岩共生;发育纹层 状、条纹条带状、同生角砾状构造等;多 以含水夕卡岩矿物为主	滇西羊拉铜矿区,西藏甲马铜多金 属矿床,广西佛子冲铅锌矿田,内 蒙古黄岗梁锡铁多金属矿床
变质型		①有利的物质基础;②地质环境的改 变;③变质结晶作用等	常与其他变质岩共生; 具有明显沉积变 质作用的特征; 矿物成分相对简单	老君山成矿区,青海谢坑铜金矿 床,江西永平铜矿区
多因复成型		不同时代(期次)的地质作用叠加	具多种成因的特征	都龙锡锌多金属矿床,青海鄂拉山 地区铜多金属矿床

表1 夕卡岩成因类型分类表

3 夕卡岩型矿床找矿评价

(1) 夕卡岩矿床的多成因性已得到地质工作者 广泛的认同,不同成因类型其成矿作用不同,而与成 矿作用相关的主要是成矿期形成的夕卡岩,与成矿 前形成的夕卡岩相关的矿床不能称为夕卡岩型矿

床,所以我们在研究这类矿床时要区分夕卡岩和矿 床二者在形成时间上的相互关系。另外在给夕卡岩 型矿床定名时,最好标明是哪种成因类型的夕卡岩 矿床,这样能给我们以后的工作带来方便。

(2) 接触交代型夕卡岩矿床: 夕卡岩根据成分、 结构和构造等可见有不同程度的分带性,不同的成 矿元素在空间上也常出现分带现象. 这些分带现象 表现出不同的形成条件等; Zhaoshan Chang(2008) 在研究美国西北部爱达荷州 Empire 夕卡岩型铜-

锌矿床时,认为较大规模的内夕卡岩带、离侵入体较 近处高的 Zn/Cu 比值、相关侵入岩内极大的蠕虫状 石英斑晶等反常现象是岩浆流体具有较高的氟含量 作用的结果^[43]。另外据张术根(2009)研究,若岩浆 分异出来的成矿元素总量相同,在夕卡岩期即富集 到石榴石等矿物中,使其成矿元素较高不利于成矿, 若石榴石等成矿元素含量较低,则夕卡岩期后热液 有利于成矿等^[44]。以上这些特征对接触交代型夕 卡岩矿床的勘探具有重要的指示意义。

(3) 层控交代型、变质型夕卡岩矿床:一般具有 两期成矿的特点,早期为沉积成因的矿源层或矿胚; 后期层控交代型夕卡岩矿床多在以岩浆热液为主的 热液作用下通过渗滤扩散交代作用叠加改造而成, 而变质型是在后期构造热动力等作用下,通过变质 叠加改造作用对原沉积岩或火山沉积岩中的成矿物 质进行活化迁移和再次富集形成,这类矿床的形成 除受构造热动力或岩浆活动的制约外,地层岩性的 控制具有特别重要的意义。所以在这类矿床的找矿 评价中要特别注意沉积-火山沉积建造、沉积-热 水沉积等建造的控矿作用。

(4) 层控交代型、变质型、喷流沉积型夕卡岩矿 床: 常具有呈层状、似层状或透镜状产出的特征, 且 都受地层控制, 产于一定的层位, 有时都保留有一定 的沉积组构等, 所以要注意分析其产出的地质环境、 地质背景等。另外, 层控交代型夕卡岩矿床往往是 在喷流沉积硫化物矿床的基础上叠加形成的, 因为 热水沉积的喷流通道很容易成为晚期岩浆上升的通 道, 尤其是大断裂交汇处, 这就是为什么晚期岩浆活 动多数重叠于早期同生沉积块状硫化物之上的原因 之一^[45]。

(5)由于大型-特大型多金属矿床的形成往往 是不同期次成矿作用叠加的结果,不同的成矿元素 其成矿时间也会有较大的差别。所以在夕卡岩型矿 床的找矿评价中,须重视野外地质调查研究,在此基 础上加强室内的研究工作,弄清该区的地质演化历 史及相关的地质成矿事件,另外在应用地球化学的 方法研究矿床时,注意采集样品的代表性和多样性, 这对确定矿床成因类型、评价矿床的工业意义是十 分重要的。

(6)在夕卡岩型矿床的成矿过程中,往往伴随着 不同层次的构造活动,断层、褶皱、不整合、层间滑 脱、接触带等构造往往是夕卡岩型矿床成矿的决定 性因素,并控制着矿体的分布与产出特征等,另外区 域性构造还控制着矿床空间上的成带、成群分布等。 所以加强不同尺度的构造研究在深化成矿认识和指导区域找矿预测方面有重要的意义。

(7)关于传统夕卡岩型矿床的研究已有很多成 果,其成矿作用也有了较好的认识。这些成果和认 识能不能应用到其他成因类型的夕卡岩型矿床研究 中呢?如与 Pb, Zn, Ag 矿化密切相关的锰质夕卡岩 建造^[1-2],其他成因的锰质夕卡岩建造是不是和 Pb, Zn, Ag 矿化密切相关呢?所以,我们要加强其 他成因夕卡岩矿床的研究并要重视夕卡岩的矿物共 生组合和成分特征分析。

(8) 张景森等(2009) 从宏观和微观两方面简述 了夕卡岩和夕卡岩型矿床研究中常用的方法^[46]。 由于不同成因类型的夕卡岩其矿物学和岩石学特征 差别很大,所以作者认为在该类矿床的找矿评价时, 首先要利用成因矿物学和岩石学的方法进行野外和 室内研究,包括岩(矿)石的结构构造、产出特征、矿 物组合、矿物的生成顺序及矿物标型特征等,初步分 析夕卡岩的成因及与成矿的关系。然后在此基础上 加强流体包裹体特征、地球化学特征等方面的研究, 对前期的研究工作进行补充和论证等。最后可以在 一定的构造单元和相似的成矿地质环境条件下,结 合地质、物探、遥感等多元信息进行区域找矿评价与 预测。

参考文献:

- [1] 赵一鸣. 夕卡岩矿床研究的某些重要新进展[J]. 矿床地质, 2002, 21(2):114-120.
- [2] Meinert L D, Dipple G M, Nicolescu S. World skarn deposits [C] # Hedenquist J W, Thompson J F H, Goldfarb R J, et al. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Society of Economic Geologists, 2005: 299-336.
- [3] 王方国,李光明,林方成. 西藏冈底斯地区夕卡岩型矿床资源潜力初析[J]. 地质通报, 2005, 24(4): 378-385.
- [4] 涂光炽.全国铁矿工作会议上的学术报告[R].上海:全国铁 矿工作会议, 1981.
- [5] Ein audi M T, Meinert L D, Newberry R T. Skarn deposits[J].
 Econ. Geol., 1981,75th Anniv., 317-391.
- [6] M einert L D, Lentz D R, Newberry D J. A special issue devoted to skarn deposits [J]. Economic Geology, 2000, 95: 1183-1184.
- [7] 赵斌. 中国主要夕卡岩及夕卡岩型矿床[M]. 北京:科学出版 社,1989: 1-268.
- [8] 赵斌,赵劲松,张重泽,等.岩浆成因夕卡岩的实验证据[J].科 学通报,1993,38(21):1986-1989.
- [9] 梁祥济.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, 2000: +365.
- [10] 梁祥济,王福生. 层控交代型夕卡岩金矿床形成机理的实验

研究[J]. 黄金地质, 2000, 6(4): 113.

- [11] Bird D K, Schiffman P, Elders W A. Williams AE and Me-Dowel SD. Cale-silicate mineralization in active geothermal systems[J]. Econ. Geol., 1984, 79: 671-695.
- [12] 代军治,毛景文,赵财胜,等.辽宁肖家营子夕卡岩型钼(铁)
 矿床高盐度流体特征及演化[J].岩石学报,2008,24(9):
 2124-2132.
- [13] 王兴保. 雅满苏铁矿床地质特征及成因浅析[J]. 地质找矿论 丛, 2005, 20(增刊): 125-128.
- [14] 喻茨玫. 西榆皮铅矿床流体包裹体研究及成岩成矿机理的探 讨[J]. 大地构造与成矿学, 1988, 12(4): 317-326.
- [15] 常印佛,刘学圭.关于层控式夕卡岩型矿床——以安徽省内 下扬子坳陷中一些矿床为例[J].矿床地质,1983(4):25-33.
- [16] 於崇文, 蒋耀淞, 肖正域. 安徽铜陵层控夕卡岩型铜矿床的成 矿作用动力学[J]. 地质学报, 1995, 69(3): 243-254.
- [17] 凌其聪,周贵斌,黄许陈,等."层控式"夕卡岩矿床特征及成 矿机制——以铜陵大团山铜(金)矿床为例[J].贵金属地质, 1998,7(2):91-103.
- [18] 凌其聪,刘丛强. 冬瓜山层控夕卡岩型铜矿床成矿流体特征 及其成因意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2002,32
 (3):219-226.
- [19] 林新多. 夕卡岩的一种成因——岩浆成因[J]. 地质科技情报, 1987(2): 92-94.
- [20] 林新多, 许国建. 岩浆成 因夕卡岩 的某些特 征及形成 机制初 探[J]. 现代地质, 1989, 3(3): 351-358.
- [21] 吴言昌, 邵桂清, 吴炼. 岩浆岩夕卡岩及其矿床[J]. 安徽地 质, 1996, 6(2): 30-39.
- [22] 吴言昌,常印佛.关于岩浆夕卡岩问题[J].地学前缘,1998,5 (4):29ト301.
- [23] 赵劲松,赵斌,张重泽,等.大冶一城门山夕卡岩矿床石榴子石和辉石中熔融包裹体成分研究[J].地球化学,2003,32 (6):540-551.
- [24] 王守旭, 张兴春, 冷成彪, 等. 中甸红山夕卡岩铜矿稳定同位 素特征及其对成矿过程的指示[J]. 岩石学报, 2008, 24(3): 480-488.
- [25] 涂光炽. 我国南方几个特殊的热水沉积矿床,中国矿床 学——纪念谢家荣诞辰 90 周年文集[M]. 北京:学术书刊出 版社, 1989.
- [26] 陈大经,杨佑,梁磊,等.洪岩头式中生代陆相火山喷流沉积型铅锌(银)矿床的地质特征及成矿模式[J].矿产与地质, 1995,9(3):160-167.
- [27] 路远发,战明国,陈开旭,等. 羊拉地区含矿夕卡岩流体包裹体特征及其成因意义[J]. 矿床地质,1998,17(4):331-341.
- [28] 路远发,陈开旭,战明国. 羊拉地区含矿夕卡岩成因的地球化
 学证据[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1999,24(3): 298-303.
- [29] 潘凤雏,邓军,姚鹏,等. 西藏甲马铜多金属矿床夕卡岩的喷

流成因[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 359-364.

- [30] 陈大经, 谢世业. 广西热水 沉积成矿作用 的基本特 征[J]. 矿 产与地质, 2004, 18(5): 415-421.
- [31] 姚鹏,顾雪祥,李金高,等.甲马铜多金属矿床层控夕卡岩流体包裹体特征及其成因意义[J].成都理工大学学报,2006, 33(3):285-293.
- [32] 王长明,张寿庭,邓军,等.内蒙古黄岗梁锡铁多金属矿床层 状夕卡岩的喷流沉积成因[J].岩石矿物学杂志,2007,26
 (5):409-417.
- [33] 张旺生,曹新志,燕长海,等.西藏念青唐古拉地区铜铅锌多金属矿床热水沉积岩特征与成矿关系[J].地质科技情报,2009,28(1):87-92.
- [34] 曾志刚,李朝阳,刘玉平,等. 老君山成矿区变质成因夕卡岩的地质地球化学特征[J]. 矿物学报,1999,19(1):48-54.
- [35] 廖宗廷, 马婷婷, 李玉加. 永平矿区层状夕卡岩的成因及成矿意义[J]. 同济大学学报, 2001, 29(11): 1322-1326.
- [36] 马毅,黎应书,秦德先.个旧锡矿区层状夕卡岩的成因探讨[J].昆明理工大学学报(理工版),2006,31(4):6-9.
- [37] 王星,肖荣阁,杨立朋,等.青海谢坑铜金矿床石榴石夕卡岩 成因研究[J].现代地质,2008,22(5):733-742.
- [38] Jaroslava Pertoldova, Patricie Tycova, Krystof Vernrr. M etamorphic history of skarns, origin of their protolith and implications for genetic interpretation; an example from three units of the Bohemian Massif[J]. Journal of Geosciences, 2009, 54: 101-134.
- [39] Stanton R L. Stratiform ores and metamorphic processes Some thoughts arising from Broken Hill[C]. Broken Hill conference, 1983: 11–28.
- [40] 宋治杰,张汉文,李文明,等.青海鄂拉山地区铜多金属矿床的成矿条件及成矿模式[J].西北地质科学,1995,16(1):134-144.
- [41] 刘玉平,李朝阳,刘家军.都龙矿床含矿层状夕卡岩成因的地 质地球化学证据[J].矿物学报,2000,20(4):378-385.
- [42] 连永牢,曹新志,燕长海,等. 西藏工布江达县亚贵拉铅锌矿 床地质特征及成因分析[J]. 地质与勘探,2009,45(5):570-576.
- [43] Zhaoshan Chang, Lawrence D Meinert. The Empire Cur Zn Mine, Idaho: Exploration Implications of Unusual Skarn Features Related to High Fluorine Activity[J]. Economic Geology, 2008, 103: 909-938.
- [44] 张术根,杨惠钫,丁存根,等. 宁镇中段夕卡岩的石榴子石与 成矿关系研究[J]. 矿物岩石,2009,29(2):44-53.
- [45] 曾普胜, 裴荣富, 侯增谦, 等. 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床: 一 个叠加改造型铜矿[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 106-112.
- [46] 张景森,张静,周俊杰. 夕卡岩和夕卡岩型矿床研究方法[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(1):85-89.

Multi-genesis and prospecting evaluation of skarn deposits ZHANG Zun-zun¹, LI Ze qin¹, CHEN Xiao yan², HOU Chun-qiu¹, CHEN Shi-shi¹ The College of Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Key Lab of Geo-Nuclear Technology of Sichuan Province, Chengdu 610059;
 College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004)

Abstract: Researches reveal multi-genesis of skarn and skarn deposits. Combined with their genetic viewpoints at home and abroad this paper sums up 5 genetic types, ie: Thydrothermal metasomatic (contaetreplacement and stratobound replacement) type; 2m agmatic type; 3sedex type; 4metamorphic type; 5 multi-genetic compkx type. During prospecting evaluation of a skarn deposit characteristic, ore host strueture, mineralogy and petrology of individual skarn shound be concidered comprehensively. Key Words: skarn; genesis of skarn; prospecting evaluation

(上接第130页)

Magma-dynamic evidence for Indo-sinian cycle emplacement of the Zhaibei and Pitou granite batholith of Nanling range in south China and the tectonic implication

ZHANG Bang tong, WU Jun-qi, LING Hong fei, CHEN Pei rong

(State Key Laboratory f or Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The geological geochemical features of the Zhaibei and Pitou Granite Batholith reveal that the emplacement depth is 7.5km and temperature of the enclosing rock 250 °C, the initial temperature of the magma 950 °C. Based on the data mathematic model is established calculating that after emplacement the cooling period from the initial magma temperature to the crystallization is 4.04 M a at Zhaibei and 3.97 M a at Pitou; the prolongation period (Δt_L) caused by latent heat release 3.02 M a and 2.96 M a respectively. Since the radioactive element content of the Batholith, U = 10.32 × 10⁻⁶, Th = 46.9 × 10⁻⁶ t, K₂O = 5.38% (Zhaibei); U = 6.28 × 10⁻⁶ t, Th = 29.7 × 10⁻⁶ t, K₂O = 5.37% (Pitou) are as high as 2 times of those of the global granite average, U = 5 × 10⁻⁶ t, Th = 20 × 10⁻⁶ t, K₂O = 2.66%, the prolongation period (Δt_A) caused by radiogenic heat are 14.3 M a and 5.16M a, which are much longer than the global average Δt_A , 3. 1 M a and 2. 9M a. Therefore, the time elapsed from emplacement to the end of crystallization (Δt_{ECTD}) should be the sum of Δt_{col} , Δt_L and Δt_A , 21.4 M a and 12.1 M a. In combination with isotopic ages of 173.8 M a and 182. 3 M a which represent the crystallization age, the emplacement ages at Zhaibei and Pitou are estimated to be 195.2 M a and 194.4 M a. These suggest that the emplacement of the Zhaibei and Pitou granite Batholith took place in the Indo-Sinian Period.

Key Words: Zhaibei and Pitou Granite Batholith; emplacement age; emplacement-crystallization time difference; Indo-Sinian Orogeny; magma-dynamic evidence