

青海省化隆县沙加含铜镍矿基性杂岩体 地质特征及 Re-Os 同位素研究

李侃¹, 张照伟¹, 高永宝¹, 杜安道²,
郭周平¹, 张江伟¹, 钱兵¹, 王亚磊¹, 张炳社³

(1. 西安地质矿产研究所, 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054;
2. 国家地质实验测试中心, 北京 100037; 3. 西安地质矿产勘查开发院, 陕西 西安 710100)

摘要: 沙加岩体是化隆基性-超基性岩带中的一个含铜镍硫化物的基性杂岩体, 其岩体规模较小, 岩相分带弱, 矿体呈透镜状产于岩体中, 苏长岩为主要赋矿岩相。对其进行岩石地球化学及硫化物 Re-Os 同位素测试, 结果表明: 岩体属钙碱性、铁质系列, 富集轻稀土元素, 亏损 Nb、Ta 等高场强元素。硫化物 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值为 0.346 9~0.407 1, γ_{Os} 为 180~228, 说明岩体遭受了显著的地壳混染作用, 地壳物质加入比例大于 30%。地壳混染可能在岩浆达到 S 饱和进而熔离出硫化物熔体的过程中起到了重要作用。

关键词: 基性杂岩体; 铜镍硫化物矿床; Re-Os 同位素; 化隆; 青海省

中图分类号: P618.41; P618.63 **文献标识码:** A

1 引言

化隆基性-超基性岩带位于祁连造山带南东端, 北侧以拉脊山南缘逆断层为界与拉脊山杂岩带隔开, 南侧以青海南山断裂为界与秦岭褶皱系毗邻, 是青海省八大基性-超基性岩带之一。岩带内共分布有百余个岩体, 这些岩体为可划分为成因相同且地理位置分布较为集中的 32 处岩体群, 岩体群分布零散, 规模普遍较小, 岩带内所有岩体总面积仅为 0.211 75 km², 单个岩体的面积均小于 0.05 km², 因此均可称之为小岩体。岩带内已发现拉水峡、裕龙沟、亚曲、关藏沟、沙加等众多与基性-超基性岩体密切相关的铜镍矿床、矿(化)点(李文渊, 1996, 2004, 2006), 显示了良好的找矿前景(李文渊, 2007;

张照伟等, 2009, 2011, 2012)。沙加岩体是岩带内较为典型的一个小型含铜镍矿岩体, 但所做研究工作较少, 岩体地球化学成分特征及与成矿关系的研究显得很不够。笔者介绍了沙加岩体的地质特征, 并进行岩石地球化学、硫化物 Re-Os 同位素研究工作, 以期对化隆地区铜镍硫化物矿床的找矿工作提供有益帮助。

2 区域地质背景

沙加岩体位于青海省化隆县城南西约 17 km 处, 大地构造位置上位于祁连褶皱系与松潘-甘孜褶皱系之间的日月山新元古代隆起带之西延部分, 大坂山-团保山复向斜中段(张照伟等, 2012)。新

收稿日期: 2012-08-20; **修回日期:** 2012-09-10

基金项目: 国家自然科学基金(41102050), 中国地质调查局地质大调查项目(1212010911032, 1212011220897, 121201112088, 1212011120183 和 1212011121092)

作者简介: 李侃(1983-), 男, 研究实习员, 从事矿床成矿规律研究。Email: likan1026@sina.com

元古代化隆群作为区域上最老地层构成了本区结晶基底(余吉远等, 2012; 张照伟等, 2012), 该岩群是一套中深变质岩系, 混合岩化强烈, 由下而上划分为智尕昂、关藏沟及鲁满山3个岩组, 每个岩组又分为若干个岩段, 岩性以石英岩、黑云母石英片岩、二云母片岩、石英片岩、角闪片岩、黑云斜

长片麻岩、混合片麻岩和混合岩为主。其经历了多期变形变质作用, 褶皱强烈, 断裂发育, 构造复杂, 岩带内多数基性-超基性岩体均侵位于本套岩群中。化隆群之上为一套巨厚的中、新生代红色岩系, 主要岩性有砂砾岩、砾岩、砂岩及砂质泥岩, 与化隆群不整合接触(图1)。

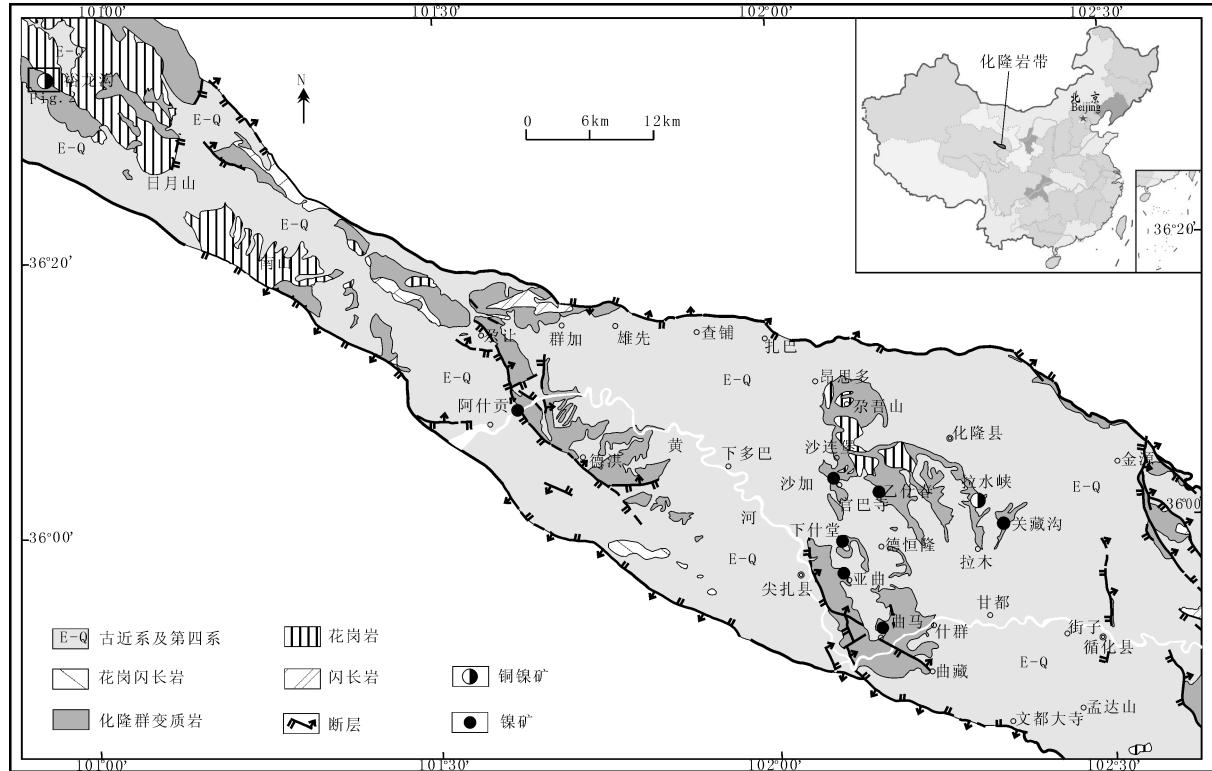


图1 南祁连日月山—化隆一带区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Riyueshan-Hualong region, south Qilian mountain

区域岩浆活动频繁, 岩浆岩较为发育, 从前震旦纪到加里东期都有岩浆侵入。日月山—化隆岩带内共有基性-超基性岩体114个, 岩体形态多呈短轴状, 平面形态为透镜状及脉状, 次为巢状、团块状、不规则状、等轴状和椭圆状等。岩体总的展布方向以北西向为主, 倾向以北东为主, 倾角中等。岩体类型总的属基性-超基性杂岩类, 各岩体的岩石类型主要是橄榄岩、辉石岩、角闪石岩及辉长岩等。除基性-超基性岩外, 区内有多期中酸性岩浆侵入, 形成中酸性岩成矿系统的岩浆热液脉型铅矿化点。酸性岩主要为片麻状花岗岩、斜长花岗岩以及伟晶岩等。

3 岩体地质、地球化学及成矿特征

沙加岩体顺层侵入于介什古沟倒转背斜东侧正

常翼, 下元古界化隆群关藏沟组中段($Pt_1 g^2$)底部之灰白色、肉红色条带状、条纹状黑云钾长混合岩(局部夹薄层石英岩、片岩)中。岩体由19个透镜状小岩体组成, 透镜体一般长度在20 m以下, 宽约1 m, 最大者长100 m, 宽40 m左右。岩体呈孤岛状分布于同一走向线上, 岩体产状与地层产状一致, 并以不连续的层状体出现在同一倾斜面上, 似乎是同一个岩体被构造作用分割为一系列小透镜体, 与围岩接触处呈挤压破碎带。这些岩体被晚期花岗闪长岩脉强烈穿插, 对含矿岩体起着破坏作用(图2)。

由于岩体规模较小, 岩浆分异不明显, 仅有弱的岩相分带。岩石类型主要为辉长岩、苏长岩以及苏长辉长岩、辉长苏长岩等过渡类型岩石, 部分边

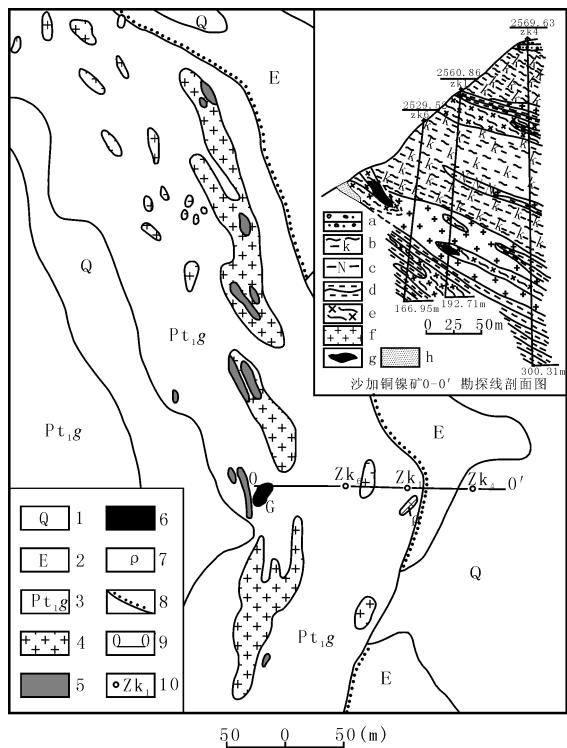


图2 沙加铜镍矿区地质简图

Fig. 2 The sketch geological map of Shajia

1. 第四系；2. 红土层；3. 化隆群；4. 花岗岩；5. 辉长岩、苏长岩；6. 矿体；7. 伟晶岩脉；8. 不整合界线；9. 探测线及编号；10 钻孔位置及编号
- a. 砂砾岩；b. 黑云钾长条纹状混合岩；c. 黑云斜长片麻岩；d. 黑云片岩；e. 苏长岩；f. 花岗岩；g. 矿体；h. 氧化带

部出现闪长岩。其中苏长岩为主要赋矿围岩。地表岩体普遍受到了较强的变质作用，岩体中紫苏辉石

大部分为闪石类矿物交代，出现次生石英、黑云母等矿物而形成斜长角闪岩、角闪片麻岩等，但仍可见原岩残留之辉长结构。

含矿主岩体长100 m，宽40 m，呈近椭圆状，倾向北东东，倾角45°左右。矿体呈透镜状或扁条状产于岩体中，产状与岩体基本一致（图2）。矿物成分主要有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿，并可见黄铁矿、钛铁矿、磁铁矿及白铁矿等。矿体内矿化不均匀，一般中部较富，两边较贫。矿石结构以半自形粒状和他形粒状结构为主，此外为网状结构、陨铁结构。矿石为构造为浸染状-块状构造。

于沙加含矿主岩体采集6件岩石地球化学样品在西安地质矿产研究所实验中心进行测试。从测试结果来看，岩石SiO₂含量在47%~60%，属于基性偏中性岩，TiO₂含量为0.57%~2.37%。在SiO₂- (Na₂O+K₂O) 图（图3左）上，样品点均投影在亚碱性区。在AFM图解（图3右）上，样品点均投影于钙碱性系列区。岩体m/f值为1.0~2.6，平均1.8，属于铁质系列。

稀土元素总量ΣREE为121.8~253.2，平均165.0；LREE/HREE为5.9~8.1，平均6.7，具轻稀土富集特征，(La/Yb)_N为5.3~9.2，平均6.6，在稀土元素配分图上为右倾型。同时具明显的负Eu异常，说明岩浆演化过程中发生了大量斜长石等的分离结晶作用（图4）。从微量元素原始地幔标准化分布曲线（图5）来看，样品点分布曲线形态较为一致，总体显示相容元素（如Ni, Cr,

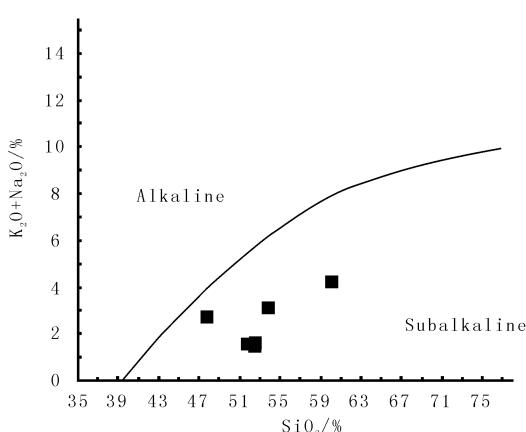
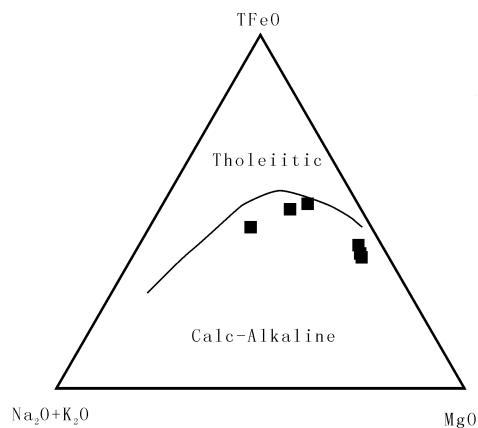


图3 沙加岩体 TAS、AFM 图解

Fig. 3 Total alkali versus silica diagram and AFM diagram for Shajia intrusive rocks



Co, V)含量高,不相容元素(如 Rb, Ba, Th, U 等)含量低的特点。Nb, Ta 等高场强元素呈明显负异常,说明岩浆在上升过程中可能遭受了一定程度的地壳混

染。大离子亲石元素 Rb、La、Nd 表现为正异常,而 Ba, Sr 则表现为负异常,进一步说明了沙加岩体在岩浆演化过程中发生了斜长石的分离结晶作用。

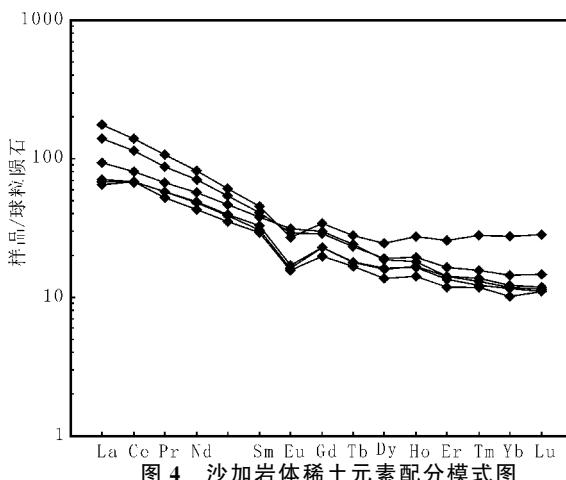


图 4 沙加岩体稀土元素配分模式图

Fig. 4 REE patterns from Shajia intrusive rocks
(球粒陨石标准化值据 Boynton, 1984)

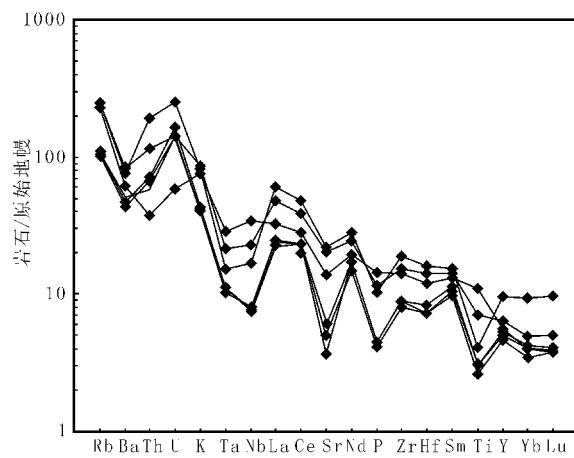


图 5 沙加岩体微量元素蛛网图

Fig. 5 Trace element spider diagram
from Shajia intrusive rocks
(标准地幔数据据 Sun et al., 1989)

根据化隆岩带内一些典型岩体对比研究(张照伟等, 2009), 沙加岩体与亚曲、裕龙沟和拉水峡等岩石地球化学特征基本一致, 应有相同的岩浆来源及构造背景。裕龙沟黑云母角闪辉石岩 ID-TIMS 锆石 U-Pb 年龄为 (442.4 ± 1.6) Ma (MSWD=0.59), 亚曲辉石岩 ID-TIMS 锆石 U-Pb 年龄为 (440.7 ± 0.33) Ma (MSWD=1.1) (高永宝等, 2010; 张照伟等, 2012), 因此, 沙加岩体的形成时代应为加里东期。

4 Re-Os 同位素

4.1 分析方法

于平硐中采集沙加含矿主岩体采集稀疏浸染状矿石样品 5 件, 挑选磁黄铁矿、镍黄铁矿等硫化

物进行 Re-Os 同位素测定(表 1)。测试在国家地质实验测试中心采用同位素稀释 ICP-MS 质谱完成。 ^{185}Re 和 ^{190}Os 稀释剂购自美国橡树林国家实验室 (Oak Ridge National Laboratory), 并在国家地质实验测试中心标定。实验中采用 Carius 管封闭溶样来分解样品 (Shirey, et al., 1995; 杜安道等, 2001, 2009), 蒸馏分离 Os 与萃取分离 Re 的过程见杜安道等 (1994, 2009)。采用美国 TJA 公司生产的电感耦合等离子体质谱仪 TJA X-series ICP-MS 测定同位素比值。对于 Re 选择质量数 185、187, 用 190 监测 Os。对于 Os 选择质量数为 186、187、188、189、190、192。用 185 监测 Re。

本实验全流程空白 Re 约为 5.7 pg, 普 Os 约为 0.2 pg, 远远低于所测样品的 Re、Os 含量, 不会影响实验中 Re、Os 含量的准确测定。

表 1 沙加铜镍矿床硫化物 Re-Os 同位素测试样品一览表

Tab. 1 Re-Os isotope samples list of the Shajia Cu-Ni deposit

序号	样品号	样重/g	矿物	矿石类型
1	SJ-01	0.200	磁黄铁矿	稀疏浸染状
2	SJ-02	0.201	磁黄铁矿	稀疏浸染状
3	SJ-03	0.301	磁黄铁矿	稀疏浸染状
4	SJ-04	0.200	磁黄铁矿	稀疏浸染状
5	SJ-07	0.405	镍黄铁矿	稀疏浸染状

4.2 分析结果与讨论

沙加含铜镍矿岩体硫化物的 Re-Os 同位素测试结果见表 2。普 Os 是根据 Nier 值的 Os 同位素

丰度，通过¹⁹²Os/¹⁹⁰Os 测量比计算得出。Re、Os 含量的不确定度包括样品和稀释剂的称量误差、稀释剂的标定误差、质谱测量的分馏校正误差、待分

表 2 沙加铜镍矿床硫化物 Re-Os 同位素数据

Tab. 2 Re-Os isotopic data of sulfides from the Shajia Cu-Ni deposit

样号	wRe/×10 ⁻⁹	w普 Os/×10 ⁻⁹	w ¹⁸⁷ Os/×10 ⁻⁹	¹⁸⁷ Re/ ¹⁸⁸ Os	¹⁸⁷ Os/ ¹⁸⁸ Os	(¹⁸⁷ Os/ ¹⁸⁸ Os) _i	γ _{Os}
SJ-01	67.92±0.9	41.10±0.42	2.204±0.023	7.983±0.133	0.412 0±0.004 3	0.352 9	185
SJ-02	213.5±2.1	66.98±1.06	4.153±0.059	15.40±0.29	0.476 5±0.008 9	0.362 6	192
SJ-03	100.6±0.9	33.51±0.42	1.984±0.023	14.50±0.23	0.455 1±0.006 3	0.347 8	180
SJ-04	105.2±0.8	34.13±0.42	2.030±0.026	14.89±0.22	0.457 1±0.006 6	0.346 9	180
SJ-07	100.0±1.1	26.68±0.41	1.878±0.026	18.10±0.34	0.541 0±0.009 6	0.407 1	228

注: $\gamma_{\text{Os}} = 100[(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_{\text{sample}}(t) / (^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_{\text{chondrite}}(t)^{-1}]$, 球粒陨石(¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os)_{chondrite}=0.095 3±0.401 86(e^{λT}-e^{λt})=0.124 041, 其中 T(地球形成年龄)=4.558 Ga, t(岩体年龄)=442.4 Ma; λ(¹⁸⁷Re 衰变常数)=1.666×10⁻¹¹ a⁻¹。

析样品同位素比值测量误差, 置信水平 95%。

磁黄铁矿总 Re 含量介于 $(69.72 \pm 0.9) \times 10^{-9} \sim (213.5 \pm 2.1) \times 10^{-9}$, 镍黄铁矿总 Re 含量为 $(100.0 \pm 1.1) \times 10^{-9}$, 二者基本一致。磁黄铁矿普 Os 含量为 $(33.51 \pm 0.42) \times 10^{-9} \sim (66.98 \pm 1.06) \times 10^{-9}$, 略高于镍黄铁矿 Os 含量 $(26.68 \pm 0.41) \times 10^{-9}$ 。采用裕龙沟黑云母角闪辉石岩年龄 (442.4 ± 1.6) Ma (高永宝等, 2010) 作为样品同位素衰变计数年龄, 计算得到各样品的初始同位素组成¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os ($t = 442.4$ Ma) 以及 γ_{Os} ($t = 442.4$ Ma), 结果如表 2 所示。

相比 U-Pb、Sm-Nd、K-Ar、Ar-Ar 等同位素体系, Re 和 Os 均为亲 Fe 亲 Cu 元素, 广泛富集在硫化物矿物或铂族元素矿物中, 因而广泛地应用于镁铁-超镁铁岩体中探讨岩石成因以及岩浆成因铜镍硫化物矿床成矿物质来源示踪研究。在地幔部分熔融过程中, Os 为相容元素, Re 为中等不相容元素, Re 趋向进入熔体中而与主要在残留相中的 Os 分离。在镁铁质-超镁铁质岩浆上涌过程中及其在地壳岩浆房中与地壳物质, 尤其是与含硫化物地壳发生反应, 使其组分发生变化。由于地壳相对富 Re, 混入越多地壳物质产生的放射成因¹⁸⁷Os 含量越高, 相应¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值也越高, 相应¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值也发生变化 (毛景文等, 2001)。表征初始值大小一个常用指标为 γ_{Os} (Walker et al., 1989, 1994), 代表初始 Os 与同时期球粒陨石中 Os 同位素组成的差异。沙加含矿岩体硫化物的¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值 ($t = 442.4$ Ma) 为 0.346 9~0.407 1, 介于与原始地幔有关 Kam-

balda 矿床的¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值 (0.108 89 ± 0.000 35) (Foster, et al., 1996) 和与壳源物质有关加拿大 Sudbury 矿床¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值 (8.37 ± 0.37) (Walker, et al., 1994) 之间。 γ_{Os} ($t = 442.4$ Ma) 为 180~228, 略大于芬兰 Keivitsa 矿床的 γ_{Os} (t) 值 (+130~+170, 壳源 Os 占大于 28%)。结合岩体微量元素特征, 认为沙加岩体遭受了一定程度的地壳混染, 地壳物质加入比例大于 30%。

岩浆型铜镍硫化物矿床形成的关键在于岩浆中的 S 达到饱和与亲 Cu 元素结合形成硫化物, 硫化物熔体从硅酸盐岩浆中熔离过程中, 由于 Cu、Ni 等金属元素在硫化物中高的分配系数, 会优先进入到硫化物熔体相, 随着硫化物熔体与硅酸盐熔体反应, 硅酸盐熔体中的金属元素逐渐亏损, 而硫化物熔体中的金属元素含量逐渐增加, 从而达到富集成矿作用。镁铁质岩浆中硫化物达到饱和的控制因素众多, 其中富 Si 的地壳围岩的混染是重要的方式之一。沙加岩体地壳物质加入比例超过 30%, 可能在硫化物熔离过程中起到了重要作用。

5 结论

沙加含铜镍矿基性杂岩体为钙碱性、铁质系列, 富集轻稀土元素, 相容元素 (如 Ni, Cr, Co, V) 含量高, 不相容元素 (如 Rb, Ba, Th, U 等) 含量低, Nb、Ta 等高场强元素呈明显负异常。硫化物的¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 初始值为 0.346 9~0.407 1,

γ_{Os} ($t=442.4 \text{ Ma}$) 为 180~228, 说明其成矿物质来源具有壳-幔混合特征, 壳源 Os 的混染比例大于 30%, 地壳物质的加入可能是沙加岩体富集成矿的重要原因。

参考文献 (References):

- 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 等. 辉钼矿的铼-锇同位素地质年龄测定方法 [J]. 地质学报, 1994, 68 (4): 339-347.
- Du Andao, He Hongliao, Yin Ningwan, et al. A study on the Rhenium-Osmium geochronometry of molybdenites [J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68 (4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 等. Carius 管溶样和负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-锇同位素地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2001, 20 (4): 247-252.
- Du Andao, Zhao Dunmin, Wang Shuxian et al. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with carius tube sample preparation [J]. Rock and Mineral Analysis, 2001, 20 (4): 247-252 (in Chinese with English abstract).
- 杜安道, 屈文俊, 李超, 等. 铼-锇同位素定年方法及分析测试技术的进展 [J]. 岩矿测试, 2009, 28 (3): 288-304.
- Du Andao, Qu Wenjun, Li Chao, et al. A review on the development of Re-Os isotopic dating methods and techniques [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28 (3): 288-304 (in Chinese with English abstract).
- 高永宝, 李文渊, 张照伟. 青海日月-化隆地区与基性-超基性岩有关的铜镍矿研究进展及成矿潜力 [J]. 矿床地质, 2010, 29 (z1): 863-864.
- Gao Yongbao, Li Wenyuan, Zhang Zhaowei. Research progress and metallogenic potential of the Ni-Cu deposits related with mafic-ultramafic rocks in Hualong belt, Qinghai province [J]. Mineral Deposits, 2010, 29 (z1): 863-864 (in Chinese with English abstract).
- 毛景文, 杜安道. 广西宝坛地区铜镍硫化物矿石 982 Ma Re-Os 同位素年龄及其地质意义 [J]. 中国科学 (D辑), 2001, 31 (12): 992-998.
- Mao Jinwen, Du Andao. 982Ma Re-Os isotope age and its geological significance of copper nickel sulfide ores from Baotan region, Guangxi, China [J]. Science in China (series D), 2001, 31 (12): 992-998 (in Chinese with English abstract).

- 李文渊. 中国铜镍硫化物矿床成矿系列与地球化学 [M]. 西安: 地图出版社, 1996.
- Li Wenyuan. Metallogenetic series and geochemistry of nickel-copper sulfide deposits in China [M]. Xi'an Map Publishing House, Xi'an, 1996 (in Chinese with English abstract).
- 李文渊. 祁连山主要矿床组合及其成矿动力学分析 [J]. 地球学报, 2004, 25 (3): 313-320.
- Li Wenyuan. Main ore deposit association and its metallogenetic dynamics analysis in Qilian mountains [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25 (3): 313-320, (in Chinese with English abstract).
- 李文渊. 祁连山岩浆作用有关金属硫化物矿床成矿与找矿 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- Li Wen-yuan. Mineralization and prospecting of metallic sulfide deposit associated with the magmatic activity of Qilian mountain, Northwest China [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2006. (in Chinese with English abstract)
- 李文渊. 岩浆 Cu-Ni-PGE 矿床研究现状及发展趋势 [J]. 西北地质, 2007, 40 (2): 1-28.
- Li Wenyuan. The Current Status and Prospect on Magmatic Ni-Cu-PGE Deposits [J]. Northwestern Geology, 2007, 40 (2): 1-28.
- 余吉远, 李向民, 马中平, 等. 南祁连化隆群 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 西北地质, 2012, 45 (1): 79-85.
- Yu Jiyuan, Li Xiangmin, Ma Zhongping, et al. The LA-ICP-MS U-Pb age and geological significance of Hualong rock group in South Qilian mountains [J]. Northwestern Geology, 2012, 45 (1): 79-85.
- 张照伟, 李文渊, 高永宝, 等. 南祁连化隆微地块铜镍成矿地质条件及找矿方向 [J]. 地质学报, 2009, 83 (10): 1-7.
- Zhang Zhaowei, Li Wenyuan, Gao Yongbao, et al. Metallogenetic geological conditions and prospecting direction in Hualong Micro-Massif, South Qilian Mountain [J]. Acata Geologica Sinica, 2009, 83 (10): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- 张照伟, 李文渊, 高永宝, 等. 青海省化隆县下什堂岩体地质-地球化学特征及其含矿性研究 [J]. 大地构造与成矿学, 2011, 35 (4): 596-602.
- Zhang Zhaowei, Li Wenyuan, Gao Yongbao, et al. Geology and geochemistry characteristics and ore-bearing potential of the Xiashentang intrusive rocks in Hualong county, Qinghai province [J]. Geotectonica et Metalloge-

nia, 2011, 35 (4): 596-602 (in Chinese with English abstract).

张照伟, 李文渊, 高永宝, 等. 青海化隆基性-超基性岩带铜镍矿成矿条件与找矿潜力 [J]. 西北地质, 2012, 45 (1): 140-148.

Zhang Zhaowei, Li Wenyuan, Gao Yongbao, et al. Ni-Cu mineralization conditions of Hualong basic-ultrabasic rocks belt in Qinghai province and its prospecting potentiality [J]. Northwestern Geology, 2012, 45 (1): 140-148.

张照伟, 李文渊, 高永宝, 等. 南祁连裕龙沟岩体 ID-TIMS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质通报, 2012, 31 (2/3): 455-462.

Zhang Zhaowei, Li Wenyuan, Gao Yongbao, et al. ID-TIMS zircon U-Pb age of Yulonggou intrusive rocks in southern Qilian Moutain and its geological significance [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31 (2/3): 455-462

(in Chinese with English abstract).

Foster J G, Lambert D D, Frick L R, et al. Re-Os isotopic evidence for genesis of Archaean nickel ores from uncontaminated komatiites [J]. Nature, 1996, 382: 703-706.

Shirey S B, Walker R J. Carius tube digestion for low-blank rhenium- osmium analysis [J]. Analytical Chemistry, 1995, 67: 2136-2141.

Walker R J, Carlson R W, Shirey S B, et al. Os, Sr, Nd, and Pb isotope systematics of southern Afrian peridotite xenoliths: Implications for the chemical evolution of subcontinental mantle [J]. Geochimica et Cosmochimica Acea, 1989, 53: 1583-1595.

Walker R J, Morgan J W, Horan M F, et al. Re-Os isotopic evidence for an enriched-mantle source for the Noril'sk-type, ore-bearing intrusions, Siberia [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1994, 58: 4179-4197.

Geological Characteristics and Re-Os Isotopic Analysis of Shajia Cu-Ni Ore-Bearing Basic Complex in Hualong County, Qinghai Province

LI Kan¹, ZHANG Zhao-wei¹, GAO Yong-bao¹, DU An-dao², GUO Zhou-ping¹, ZHANG Jiang-wei¹, Qian Bing¹, WANG Ya-lei¹, ZHANG Bing-she³

(1. Key laboratory for the study of Focused Magmatism and Giant ore Deposits , MLR, Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054 , China; 2. National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China; 3. Xi'an Institute of Geological and Mineral Exploration, Xi'an 710100, China)

Abstract: Shajia Cu-Ni ore-bearing basic complex is one of the intrusive rocks in Hualong basic-ultrabasic rocks belt, it is small scale, weak lithological zoning. Orebody are lenticular in the intrusion, and norite is the main host rock for the Cu-Ni ores. The analysis on rock geochemistry indicate that the intrusive is calc-alkaline, iron series, rich in LREE, depleted in high field strength elements such as Nb, Ta. The analysis on the sulfide display that the initial $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ratios are from 0.346 9 to 0.407 1, the γ_{Os} values are from 180 to 228, which suggest that abundant crustal material was mixed with the magma, and the content of crust-derived Os was estimated to >30%. The contamination by crustal material probably played an important role in triggering the sulfide saturation and segregation.

Key words: basic complex; Cu-Ni sulfide deposit; Re-Os isotopic; Hualong; Qinghai province