

广西栗木水溪庙矿区隐伏花岗岩 地表喷气晕研究

周朋飞, 马东升, 陆建军, 赵良, 陈卫锋, 蔡扬

(南京大学地球科学与工程学院, 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210093)

摘要: 对广西栗木水溪庙矿区灰岩地层的地球化学剖面研究表明, 受隐伏花岗岩侵入的喷气作用影响, F, Li, Rb 的质量分数在地表灰岩中显著增高。在隐伏花岗岩岩脊(隆)部位之上, 上覆灰岩在地表 F, Li, Rb 的质量分数达到峰值; 在距离隐伏岩脊(隆)较远的位置, 则含量明显下降, 或没有异常反映。由此揭示, 碳酸盐围岩中的喷气晕强度与下伏花岗岩顶面的隐伏深度有关, 隐伏深度越小, 喷气晕越强。F 和 Li 的向上穿透厚度较大, 约达 600 m; 而铷约为 300 m。剖面中 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素的原生晕并不发育。但 F-Li 喷气晕作为一种外带原生地球化学异常, 对预测碳酸盐地层之下的隐伏花岗岩体及其岩脊(隆)有较好的指示效果。

关键词: 碳酸盐岩; 隐伏花岗岩预测; F-Li-Rb 喷气晕; 广西

中图分类号: P588.121; P584 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)01-005-05

0 引言

在岩浆演化的晚期, 岩浆中聚集大量的挥发性成分, 向岩浆房上部汇集, 形成高温气成热液(pneumatolytic hydrothermal solution), 并可上升渗入上覆围岩的裂隙中。因压力急剧降低而产生的沸腾作用可使 F, Cl, B 等挥发组分在流体中的溶解度大大降低^[1,2]。挥发性组分的逸出和活泼元素的运移可在岩浆岩体上部及周围形成范围较大的原生地球化学异常, 称之为喷气晕。

喷气晕主要由 F, Li, Rb, B 等元素的原生异常组成, 常构成岩体原生晕的外带。并可能伴有成矿元素(W, Sn 等)异常, 根据南岭成矿带部分钨矿区的研究, 氟晕在外接触带的宽度一般为 200~250 m, 最大可超过 500 m。在距接触面 100 m 范围内, 异常强度一般为背景值的 4~7 倍^[3]。以赣南黄沙

钨矿含矿隐伏岩体为例, 该花岗岩体以富含 W, Cu 和 F 为特征, 矿体与隐伏岩体突起部位有关。岩石地球化学测量表明, 在隐伏岩体穹状顶面 300 m 之上的地表, 寒武系浅变质岩中 F 显著增高; 在隐伏岩体顶面 500 m 之上的地表围岩中 $w(F) = 0.17\% \sim 0.18\%$, 是该区寒武系地层背景值(0.083%)的 2 倍, 并随岩体上隆顶面的变浅而明显升高; 氟异常可达矿区外围 800 m 以外。Li₂O 也显示出类似反映^①。因此, 喷气晕可以作为寻找隐伏(成矿)花岗岩的预测标志^[4]。

目前已知成功的找矿实例仅局限于浅变质碎屑岩地区, 对在碳酸盐地层区的应用效果不详^①。然而, 以碳酸盐岩为围岩的金属矿床在华南地区普遍发育, 如黄沙坪、锡田、锡矿山, 以及新发现的荷花坪矿区等。因此, 有关碳酸盐地层中喷气晕的研究对预测隐伏成矿岩体及其上隆部位对找矿勘查有直接的指导意义。本文以广西栗木水溪庙矿区为例, 探讨应用喷气晕在灰岩地层中寻找隐伏成矿岩体的可行性。

收稿日期: 2009-01-20

基金项目: 中国地质调查局项目“南岭重要金属矿床成矿机理研究和找矿潜力预测”(1212010632100)资助。

作者简介: 周朋飞(1983-), 男, 山东广饶人, 硕士, 矿产普查与勘探专业。通信地址: 山东省东营市北二路 418 号胜利测井公司资料解释中心评价室; 邮政编码: 257061; E-mail: zhoupf@foxmail.com

通讯作者: 马东升, 南京大学地球科学与工程学院, 教授。E-mail: dongsm a@ public1. ppt. js. cn

1 地质背景

栗木矿区在广西恭城县境内,区域地质构造属于湘桂粤海西印支拗陷区,位于栗木—莲花复式向斜的北部扬起端。矿区地层由西向东依次出露有寒武系边溪组、泥盆系和石炭系(图1)。寒武系边溪组为一套浅海相复理石建造的浅变质砂岩、板岩、泥质灰岩,是该区最古老的地层;下泥盆统为一套碎屑岩建造,与寒武系呈角度不整合接触;中、上泥盆统及下石炭统主要为碳酸盐岩建造。中泥盆统和下石炭统是栗木含锡铌钽花岗岩的主要围岩。

栗木矿区原为锡钨矿。20世纪60年代中期,在矿区内发现了老虎头花岗岩型铌钽锡矿床,之后又相继找到了水溪庙、金竹源两个同类型的隐伏矿

床。研究表明,栗木花岗岩是一个同源同期不同侵入阶段的复式岩体,侵入时间为燕山早期,侵入过程分3个阶段。第一阶段以泡水岭岩体为代表,为细粒似斑状含锂白云母花岗岩,不含矿;第二阶段以牛栏坪岩体为代表,为中粗粒含锂白云母花岗岩,矿化以钨为主,伴生锡;第三阶段以老虎头岩体、水溪庙和金竹源隐伏岩体为代表,为中细粒含锂白云母钠长花岗岩,矿化以锡、钽、铌为主,伴生钨^[5]。3个阶段花岗岩的Rb-Sr等时线年龄分别为(201±4)Ma, (204±7)Ma和(183±3)Ma(金竹源)^[6]。栗木矿区的3处花岗岩型铌(钽)-锡矿床即是岩体的一部分,均位于第三阶段花岗岩体的顶突部位^[7]。矿体呈厚薄不均的似层状或皮壳状,矿床中的主要矿物为铌钽锰矿和锡石,其次为细晶石、钽金红石、黑钨矿、黄铁矿、白钨矿等。矿床围岩蚀变主要有硅化、大理岩化、绢云母化、电气石化等。

水溪庙隐伏花岗岩以岩株形式侵入于泥盆系和石炭系灰岩中,花岗岩以富含钠长石为特征,主要造岩矿物为石英、钠长石、钾长石,特征副矿物为黄玉^[8]。地表灰岩中局部可见含方解石、萤石或/和石英的细小线脉。

2 样品采集与分析

本次研究样品为栗木地区水溪庙—上视剖面地表采集的泥盆系上统融县组灰岩(图1)。剖面长度约4000m,采集灰岩、硅化灰岩样品共31个。绝大多数样品为浅灰色灰岩,个别样品呈深灰色(LM-6, LM-9),部分样品有不同程度的硅化。选取样品中新鲜、均匀的部分,粉碎至200目, F的分析在南京地质矿产研究所用X射线荧光光谱法测定;Li, Rb, W, Sn, Nb, Ta元素的测试在南京大学内生金属矿产国家重点实验室用ICP-MS测定,分析误差<5%。测试数据如表1所列。

从表1可见, F, Li, Rb等与岩浆演化后期气成热液作用有关的挥发性元素在LM-1—LM-9号样品中明显比其他样品要高。一些样品中出现极大值(表

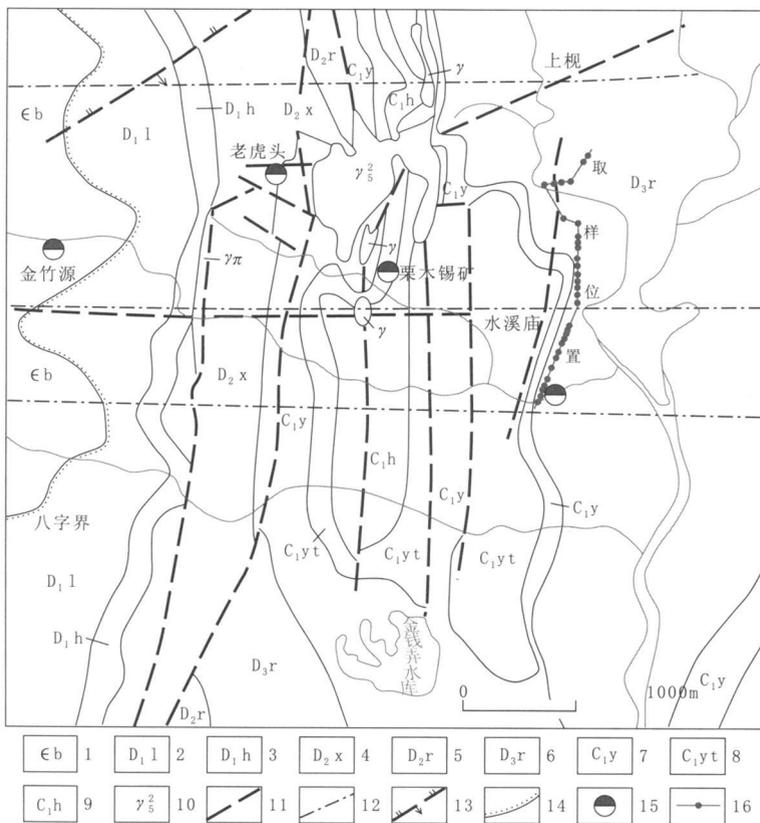


图1 栗木水溪庙地质图

Fig. 1 Geological map of Shuiximiao area in Limu

1. 寒武系边溪组 2. 下泥盆统莲花山组 3. 下泥盆统贺县组 4. 中泥盆统信都组 5. 中泥盆统唐家湾组 6. 上泥盆统融县组 7. 下石炭统尧岭组 8. 下石炭统英塘组 9. 下石炭统黄组 10. 燕山早期花岗岩 11. 性质不明断裂 12. 航片判译断层 13. 推测逆断层 14. 不整合界线 15. 铌钽矿 16. 取样位置

中加下划线的数据),可能含锂云母和萤石等矿物。花岗岩岩体上覆围岩中的挥发性元素的质量分数主要取决于花岗岩的早期喷气作用和期后热液作用叠加,在宏观上表现为围岩中发育有细-线脉或标志带。相关研究表明,元素喷气晕质量分数的低谷值可反映喷气晕的强度,大致相当于矿区背景值;而质量分数的高峰值则主要受裂隙或断裂的控制,是气成-高温热液作用直接叠加的结果^①。隐伏的成矿岩凸所形成的喷气晕主要以面型 F 的低缓异常为特征。而样品中 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素的质量分数除去 3 个明显受热液作用的峰值(表中加横线数据)外,其他大部分样品的质量分数值都比较低。

表 1 水溪庙矿区灰岩 F, Li, Rb, W, Sn, Nb, Ta 元素的分析结果

Table 1 The contents of F, Li, Rb, W, Sn, Nb and Ta in the limestone of Shuiximiao area

样品号	F	Li	Rb	W	Sn	Nb	Ta
LM-1	290	12.89	14.98	0.94	12.35	0.17	0.11
LM-2	3010	5.51	9.5	0.72	14.02	0.45	0.07
LM-3	3590	10.45	34.76	1.28	19.47	0.30	0.03
LM-4	<u>5700</u>	320	<u>1898.6</u>	<u>27.14</u>	<u>51.54</u>	<u>8.40</u>	<u>0.66</u>
LM-5	<u>12300</u>	35.79	18.23	0.90	29.58	0.21	0.04
LM-6	1460	12.75	10.63	1.66	14.44	0.40	0.04
LM-7	<u>14600</u>	<u>467.06</u>	<u>1729.6</u>	<u>259.57</u>	<u>146.81</u>	<u>1.65</u>	<u>0.20</u>
LM-8	2470	10.47	14.32	1.78	7.96	0.47	0.09
LM-9	1740	246.81	574.75	10.21	27.71	5.20	0.38
LM-10	< 50	26.93	7.78	0.80	25.52	0.16	0.03
LM-11	187	8.74	2.25	1.25	22.22	0.30	0.10
LM-12	115	6.68	1.66	1.59	68.14	0.23	0.04
LM-13	94.1	0.49	0.77	0.44	11.57	0.06	0.02
LM-14	65.6	2.7	0.87	0.98	10.71	4.12	2.19
LM-15	< 50	2.34	0.78	0.67	28.44	0.11	0.04
LM-16	159	9.65	0.55	0.39	9.84	0.17	0.04
LM-17	< 50	0.64	0.86	0.55	19.34	2.88	0.57
LM-18	119	6.37	1.2	0.77	25.64	1.25	0.27
LM-19	118	13.02	0.68	1.41	50.28	0.13	0.03
LM-20	95.3	1.02	0.35	0.85	25.40	0.67	0.18
LM-21	95.3	<u>99.59</u>	0.38	0.95	12.41	0.19	0.02
LM-22	84.8	1.62	0.34	1.19	27.14	2.57	0.30
LM-23	37.7	2.18	0.35	1.08	11.65	0.11	0.05
LM-24	402	0.15	0.29	1.14	17.15	0.15	0.02
LM-25	1350	8.74	0.52	0.89	15.58	0.22	0.04
LM-26	89.9	0.57	0.66	<u>127</u>	<u>42.24</u>	<u>17994</u>	<u>2055</u>
LM-27	82.3	0.49	0.33	1.59	8.21	40.44	7.63
LM-28	93.7	0.29	0.44	2.41	10.53	18.38	3.82
LM-29	96.7	0.56	0.28	2.07	8.39	6.66	0.80
LM-30	184	0.09	0.3	5.08	10.82	10.16	1.52
LM-31	131	0.89	0.32	4.81	7.49	3.74	0.50

注:量的单位: $w_B/10^{-6}$;表中 $w(F) < 50 \times 10^{-6}$ 者,代表低于检测限。

3 F, Li, Rb 地球化学剖面

将明显受后期热液活动直接叠加影响的极大值样品(即表 1 中加下划线的数据)删除后,样品分析数据在隐伏花岗岩顶部等高线图剖面上的分布(图 2~图 4),能清楚地反映 F, Li, Rb 晕的强度变化与岩体隐伏深度的关系。

栗木矿区内不同时代地层中氟的质量分数差异较大,寒武系 $w(F)$ 的平均值为 105×10^{-6} ,泥盆系 $w(F) < 50 \times 10^{-6}$,下石炭统的 $w(F) = 151 \times 10^{-6}$,均低于其克拉克值(660×10^{-6}),但各地层中氟的平均值与岩性却有较稳定的关系:页岩中 $w(F)$ 平均值为 110×10^{-6} ,砂岩的 $w(F)$ 平均值为 69×10^{-6} ,灰岩的 $w(F)$ 平均值为 $< 50 \times 10^{-6}$,同样低于同类岩石中 F 的平均值(世界上砂岩的 $w(F)$ 平均值为 270×10^{-6} ,页岩的 $w(F)$ 平均值为 740×10^{-6} ,碳酸盐岩的 $w(F)$ 平均值为 330×10^{-6}),这表明区内各地层中 F 的质量分数平均值很低。但区内花岗岩的 $w(F) = 1\ 000 \times 10^{-6} \sim 8\ 000 \times 10^{-6}$,是克拉克值的 2~10 倍,也高于花岗岩的世界平均值(800×10^{-6}),说明本区花岗岩中 F 的富集十分明显;另外,从燕山早期第一幕→第二幕→第三幕锂云母花岗岩的 $w(F)$ 分别为 $3\ 228 \times 10^{-6}$, $3\ 953 \times 10^{-6}$ 和 $6\ 900 \times 10^{-6}$,逐渐增加^[9]。从表 1 的测试结果来看,水溪庙剖面灰岩受到了隐伏岩体侵入时气成-热液作用阶段的喷气作用的影响, F 的质量分数明显升高。

从图 2 可见,在取样剖面的南段,即隐伏花岗岩凸起部位的地表灰岩中 F 的质量分数明显增高,显示受喷气作用影响较强;向剖面的北端,围岩中的 F 含量显著降低,表明受喷气作用影响较弱。在花岗质岩浆分异作用演化过程中,晚期岩浆中挥发分相对富集, F 的质量分数增高。在伟晶岩阶段和气成-热液阶段,伟晶岩中 F 的质量分数比母岩高 5~6 倍,而云英岩化花岗岩的 $w(F) = 1\% \sim 5\%$ ^[10]。因此在花岗岩体的穹顶部位,是挥发分高度富集的地方, F 随着喷气作用的发生而进入围岩,形成喷气晕。越靠近岩体顶部的地方, F 的质量分数越高;越远离岩体穹顶部位, F 的质量分数越低。

Li 和 Rb 均属碱金属元素,通常在灰岩中的质量分数较低。它们与 F 一样,在花岗岩岩浆分异作用的晚期富集。在花岗岩自变质交代作用和高温气成热液作用下, Li, Rb, F 等大量集中在锂云母、白云

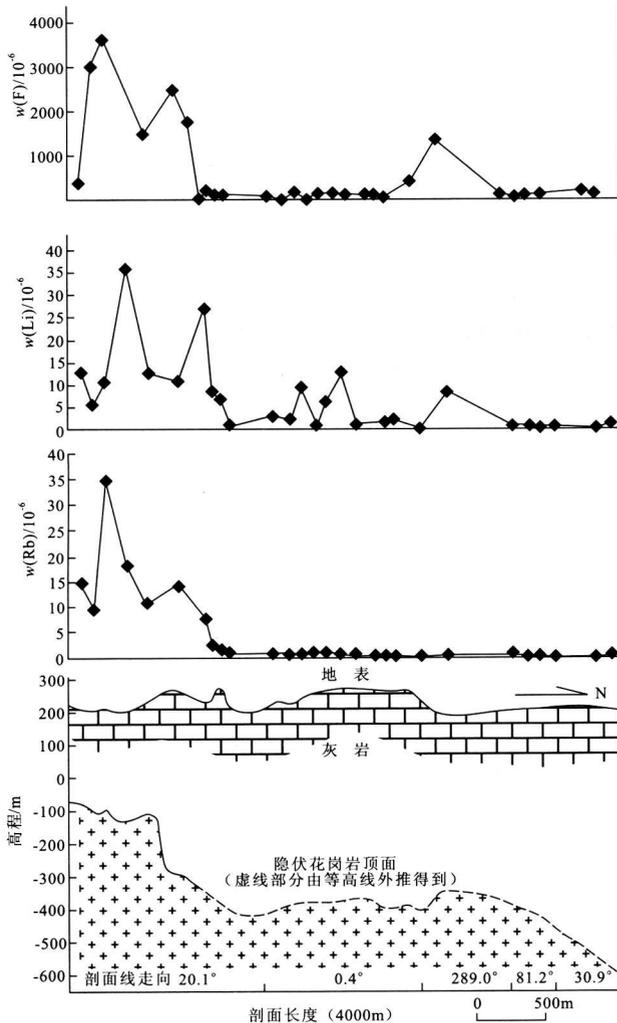


图2 水溪庙矿区 F, Li, Rb 地球化学剖面图

Fig. 2 F, Li, Rb geochemical section in Shuiximiao area
 隐伏花岗岩顶面根据《1: 10000 广西恭城县栗木矿田花岗岩顶板等高线图》绘制。因部分剖面已超出隐伏岩体顶板等高线图的范围, 图中虚线部分为外延推测

母、萤石、钠长石等矿物中。当气成-热液作用发育在碳酸盐岩中时, F 与 Li, Rb 等挥发分会随着喷气作用的发生而进入到围岩中, 形成萤石化、硅化和云母的细线脉。因此, 不仅 F, 而且 Li 和 Rb 也同样在在隐伏岩体顶部的上覆围岩中增高(图 2)。

从图 2 可见, 与 F 的变化特征一样, 在剖面南端的隐伏岩体的凸起部位, 碳酸盐围岩中 Li, Rb 的质量分数显著升高, 越向北围岩中 Li, Rb 的异常越低。图 2 中的 F, Li, Rb 地球化学剖面特征与该处的隐伏花岗岩顶面相吻合, 反映了深部花岗岩顶面的起伏状态。

该剖面中有 3 个样品 F 的质量分数低于检测限(表 1), 而 90% 样品 $w(F) > 50 \times 10^{-6}$, 高于背景值。

从中可见, F 喷气晕的异常范围和穿透深度较大, 能对隐伏花岗岩顶面之上约 600 m 的碳酸盐围岩产生影响。这与已有的研究结果^[9, 11]是一致的。Li, Rb 的喷气晕在隐伏花岗岩顶部的上覆灰岩中也有明显反映。从 Li 的地球化学剖面图上看, 由南向北整个剖面 Li 的变化呈现稳定的降低趋势, 也表明是受喷气作用的影响, 因此 Li 也有至少 600 m 厚的穿透深度。喷气晕中 Rb 的穿透深度比 F 和 Li 要小, 约为 300 m, 仅在岩脊位置出现异常, 而当隐伏岩体顶部深度大于 300 m 时, 异常则不明显。

4 喷气晕与 W, Sn, Nb, Ta 矿化

挥发分(特别是氟)在与花岗质岩浆有关的矿床中有重要意义^[12, 13]。在我国一些富 L+F 的花岗岩同时也以富 Rb, W, Sn, Nb, Ta 等稀有亲石元素^[14], 而且 F 等挥发分与 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素一起在岩浆演化晚期的岩体前锋部位聚集^[15, 16]。有关稀有金属花岗岩中的熔体包裹体和流体包裹体研究表明^[17, 18], 钨、锡及稀有金属成矿与岩浆挥发分和岩浆演化晚期的液态分离等过程有密切的成因关系。F 作为一种主要的矿化剂, 在岩浆分异演化过程中对 W, Sn, Nb, Ta 等金属元素的运移、富集成矿起重要作用^[19, 20]。例如, Sn 在流体中的溶解度随着 F 的质量分数升高而增大^[21]。在气成-热液作用阶段, F 与有色、稀有金属组成络合物 $(NbF_7)^{2-}$, $(TaF_7)^{2-}$, $(WO_2F_4)^{2-}$ 进行迁移, 在岩体顶部集中; 在热液作用中 F 与成矿元素组成 WOF_4 , SnF_4 等可溶解化合物的形式在热液中运移^[10]。在岩浆晚期的结晶分异-交代-高温气液演化, 以及热液沿裂隙向围岩运移过程中, 随着温压的降低和 pH 值、氧逸度的变化, Nb, Ta, W, Sn 氟络合物先后大量破坏、沉淀富集成矿。而 F 等挥发组分及碱金属可以在碳酸盐围岩中继续运移形成萤石和锂云母, 因此空间上各种元素在不同部位富集, 构成了从上到下具有萤石-锂云母细脉带→锡钨长石石英脉带→花岗伟晶岩脉、花岗岩枝带→锡钽铌钠长石花岗岩带的矿化分带规律^[9]。

但是, 已有的分析结果表明, 碳酸盐围岩中的成矿元素 W, Sn, Nb, Ta 与 F 的质量分数不成正比。由表 1 可见, 在所研究的剖面中除了明显受后期热液作用叠加的样品 LM-4, LM-7 和 LM-26 中有较高的 W, Sn, Nb, Ta 异常, 而其他样品中 W, Sn, Nb,

Ta 的质量分数都较低。在其他 28 个样品中, 有 27 个样品 $w(W) < 5 \times 10^{-6}$, 26 个样品 $w(Sn) < 30 \times 10^{-6}$, $w(Nb, Ta)$ 也大多 $< 1 \times 10^{-6}$ 。而且灰岩中成矿元素 W, Sn, Nb, Ta 的质量分数没有呈现随隐伏矿体深度而变化的规律, 即与喷气晕无关。因此可以说明, 喷气作用过程中, 挥发性较强的 F 元素容易进入围岩, 并且运移距离较大, 能够形成较大范围的喷气晕异常; 而 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素则通常在气成-热液或热液作用阶段大量沉淀富集, 较难在大范围的围岩中形成异常, 尤其在围岩为灰岩的条件下, 碳酸盐岩致密而且化学性质活泼, 决定了 W, Sn 等成矿元素不可能发生较大距离的迁移。因此, 碳酸盐围岩中出现喷气晕异常时, 不一定伴有 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素的异常。

5 结论

(1) 栗木水溪庙矿区隐伏花岗岩的侵入在地表灰岩中产生了明显的 F, Li, Rb 喷气晕。距离隐伏岩脊(岩隆)越近, 围岩中 F, Li, Rb 的质量分数明显升高; 离隐伏岩脊越远, 含量则越低。因此, 喷气晕可以用于指导其他碳酸盐岩地层分布区的隐伏岩体预测工作。

(2) F, Li 喷气晕的范围和指示深度较大。在该矿区能定位深约 600 m 的隐伏岩体位置; 而 Rb 的指示深度为 300 m 左右。

(3) F 在 W, Sn, Nb, Ta 成矿过程中是一种主要的矿化剂。在碳酸盐围岩中, 由喷气作用引起的 F, Li, Rb 的质量分数升高, 形成原生晕异常的外带, 并不一定伴随有 W, Sn, Nb, Ta 等成矿元素的异常。因此, 作为一种外带原生地球化学异常, F-Li 喷气晕对预测隐伏花岗岩体及其岩脊(隆)位置乃至隐伏矿体有较好的指示意义。

①马东升. 南岭重要金属矿床成矿机理研究和找矿潜力预测工作项目总体设计. 南京: 南京大学, 2007: 9-11.

参考文献:

- [1] 刘英俊, 马东升. 钨的地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 99-112.
- [2] 金明霞, 王洁民, 高锦曦. 残浆沸腾与锡钨成矿作用[J]. 地球学报, 1999, 20(3): 265-271.
- [3] 冶金工业部南岭钨矿专题组. 华南钨矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1985.
- [4] 袁奎荣. 隐伏花岗岩预测及深部找矿[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 38.
- [5] 甘晓春, 朱金初, 沈渭洲. 广西栗木水溪庙稀有金属花岗岩成因[J]. 地质找矿论丛, 1992, 7(2): 35-45.
- [6] 章锦统. 广西栗木钨、钼、钨、锡矿床[C]. 见: 陈毓川. 南岭地区与中生代花岗岩有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 130-140.
- [7] 龚名文, 陆小平, 路启福, 等. 都庞岭地区锡多金属矿床地质特征及矿床成因[J]. 华南地质与矿产, 2005, 8(2): 1-7.
- [8] Jin Chu Zhu, Ren Ke Li, Fan Chun Li. Topaz albite granites and rare-metal mineralization in the Limu district, Guangxi province, southeast China[J]. Mineralium Deposita, 2001, 36: 393-405.
- [9] 覃宗光, 姚锦其. 广西栗木钨-铌-钽矿床中氟的作用及地表找矿评价标志[J]. 矿产与地质, 2008, 22(1): 1-5.
- [10] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 125-178, 471-480.
- [11] 姚锦其, 李惠. 广西栗木锡钨钽矿床地球化学分带模型与找矿评价标志[J]. 矿物学报, 2008, 28(2): 221-226.
- [12] 赵一鸣, 毕承思, 李大新. 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, 1983, 29(1): 66-74.
- [13] 芮宗瑶, 黄崇珂, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 350.
- [14] 朱金初, 饶冰, 熊小林, 等. 富锂氟含稀有矿化花岗质岩石的对比和成因思考[J]. 地球化学, 2002, 31(2): 141-152.
- [15] 龚述清. 浅析湖南九嶷山矿田锡矿类型及找矿方向[J]. 中国矿业, 2007, 16(1): 90-93.
- [16] 曾志方, 曾佐勋, 曾永. 湖南姑婆山钨锡矿田构造控矿特征与成因探讨[J]. 地质与勘探, 2008, 44(3): 1-7.
- [17] Audetat A, Gunther D, Heinrich C A. Magmatic - hydrothermal evolution in a fractionating granite: A microchemical study of the Sn-W-F-mineralized Mole Granite (Australia) [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64(19): 3373-3379.
- [18] Thomas R, Webster J D, Heinrich W. Melt inclusions in pegmatitic quartz: Complete immiscibility between silicate melts and hydrous fluids at low pressure[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 2000, 139: 394-401.
- [19] Webster J D. The exsolution of magmatic hydrosaline chloride liquids[J]. Chemical Geology, 2004, 210: 33-48.
- [20] Thomas R, Forster H J, Rickers K. Formation of extremely rich hydrous melt fractions and hydrothermal fluids during differentiation of highly evolved tin-granite magmas: a melt/fluid-inclusion study[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 2005, 148: 582-601.
- [21] Quach Due Tin, Andreas Audetat, Hans Keppler. Solubility of tin in (Cl, F)-bearing aqueous fluids at 700 °C, 140 MPa: A LA-ICP-MS study on synthetic fluid inclusions [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2007, 71: 3323 - 3335.

THE INITIATIVE RESEARCH ON COMPREHENSIVE RECOVERY OF URANIUM MOLYBDENUM DEPOSIT 460

SHEN Guang-yin

(Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin 301800, China)

Abstract: The comprehensive recovery of uranium and molybdenum from the ore deposit 460 adopts the water treating process flow, respective leaching of U-Mo ore sample and Mo ore sample separation of the solid and solution admixture of the dissolved uranium and molybdenum extraction & anti-extraction of uranium molybdenum separate refinement of uranium and molybdenum products. Extraction rate of uranium and molybdenum from the U-Mo sample is above 90% and 75% respectively and extraction rate of molybdenum from the Mo sample above 70%. Uranium and molybdenum is better separated and the product is qualified.

Key Words: process flow; solution; uranium-molybdenum separation; extraction & anti-extraction; uranium and molybdenum products

(上接第 59 页)

THE SURFACE EXHALATION HALO OF HIDDEN GRANITE IN SHUIXIMIAO AREA OF LIMU DISTRICT, GUANGXI PROVINCE

ZHOU Peng-fei, MA Dong-sheng, LU Jian-jun, ZHAO Liang, CHEN Wei-feng, CAI Yang

(School of Earth Sciences And Engineering, The State Key Laboratory for Mineral Deposits Research of Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu province, China)

Abstract: The studies of geochemical section in limestone formation of Shuiximiao area, Limu district show that the contents of F, Li and Rb in surficial limestone increased significantly due to influence of exhalation of the blind granitic intrusion underneath. Contents of F, Li and Rb in the limestone directly overlying the blind granite ridge/hump reach the peak value. Where is further away the blind granite ridge/hump contents of these elements declined sharply or have no reflections of anomaly. This reveals that the intensity of exhalation halo in the overlying carbonate rock is related to the depth of hidden granite's top, the shallower, the stronger the exhalation halo is. The exhalation halo of F and Li can penetrate a thickness of about 600m upward, and Rb can only penetrate a thickness of about 300m or so. Whereas, the primary halos of ore-forming elements W-Sn-Nb-Ta in the section are not developed very well. Therefore, as external primary geochemical anomalies, the exhalation halos of F and Li have good effect in predicting hidden granite and its ridge/hump underlying the carbonate rocks.

Key Words: carbonate rock; hidden granite predicting; F-Li-Rb exhalation halos; Guangxi