

赣南大吉山与漂塘花岗岩及有关成矿作用特征对比

华仁民, 张文兰, 陈培荣, 王汝成

(南京大学 成矿作用研究国家重点实验室, 地球科学系, 南京 210093)

摘 要: 对江西南部大吉山和漂塘两个钨矿床有关的花岗岩的岩石化学和微量元素地球化学特征、成因及其与成矿的关系等方面进行了对比研究, 认为两者不同的成矿作用特征主要是由于大吉山花岗岩比漂塘花岗岩的分异演化程度更高而造成的。对前人提出的含钨花岗岩、含钽铌花岗岩及花岗岩产出的动力学背景等问题, 也进行了一些初步讨论。

关 键 词: 花岗岩; 钨矿; 大吉山; 漂塘; 赣南

中图分类号: P588.121

文献标识码: A

文章编号: 1006-7493(2003)04-609-11

华南, 尤其是南岭及其周边, 是世界著名的钨矿产地。而其中的赣南地区更是我国钨矿资源最集中、开采历史最悠久的地区之一。早在 20 世纪 30 年代, 我国杰出的地质学家徐克勤先生就在赣南从事钨矿地质工作, 并写成《江西南部钨矿地质志》一书(徐克勤等, 1943), 成为我国钨矿地质研究的经典之作。大吉山和漂塘就是江西南部两个重要的钨矿床。

江西省全南县大吉山钨矿曾经与西华山钨矿、盘古山钨矿、岿美山钨矿合称为赣南四大钨矿, 历史悠久, 享誉中外。作为国有大型矿山, 目前后三者均已闭坑, 惟大吉山钨矿仍在开采中, 但已经以开采铌钽矿为主。大余县漂塘钨矿是西华山—棕树坑钨锡矿带中的一个矿床, 现已取西华山而代之, 成为赣南硕果仅存的几个大型钨矿床之一。由于大吉山和漂塘都是久负盛名的大型矿床, 所以前人已经做了不少研究工作(章崇真, 1974; 李崇佑等, 1984; 穆治国等, 1984; 张理刚等, 1984; 卢焕章, 1986; 吴永乐等, 1987; 孙恭安等, 1989; 滕建德, 1990; 庄龙池等, 1991), 但 20 世纪 90 年代以后的研究工作较少。

一般认为, 大吉山和漂塘都是与燕山期花岗岩直接有关的高温热液矿床, 其花岗岩属于 S 型(Chappell et al, 1974; 刘昌实等, 2000)或陆壳改造型(Xu et al, 1984)。王联魁等(2000)认为大吉山和西华山花岗岩体均属于“Li-F 花岗岩”。但大吉山和漂塘在成矿作用特征方面仍有一些差别: 大吉山除了钨矿外, 铌钽也是主要的成矿元素; 而漂塘钨矿的锡、钼、银(黄崇轲等, 1997)等也具有一定的工业意义。

笔者最近对大吉山和漂塘进行了考察研究, 对与这两个矿床有关的花岗岩特征、成因及其与成矿的关系等方面做了一些工作, 并将两者进行了对比, 获得了一些新的成果和认识。本文主要介绍大吉山花岗岩和漂塘花岗岩的岩石化学和微量元素地球化学特征, 并就前人提出的含钨花岗岩、含钽铌花岗岩及 Li-F 花岗岩等进行了一些初步讨论。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043209); 国家自然科学基金重点项目(40132010)

第一作者简介: 华仁民, 男, 1946 年生, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学的教学和研究工作。

1 矿床地质与花岗岩概况

大吉山钨矿位于华南加里东褶皱带赣南后加里东隆起的南部边缘与湘桂粤北海西-印支拗陷的过渡部位。本区构造运动以印支运动和燕山运动最为强烈,且两者具有继承性。燕山期以强烈的断裂构造为主,区内构造线以北东和东西向挤压破碎带为主,次为北北东向断裂和由此派生的北西和北北西向断裂,它们控制了区内的岩浆活动和与之有关的成矿作用。

前人普遍认为,与大吉山钨矿关系密切的花岗岩有三期,从早到晚依次为中粗粒黑云母二长花岗岩(一般称为五里亭花岗岩)、中细粒白云母碱长花岗岩和细粒白云母花岗岩(在矿区称为69号岩体),它们构成了同源、同时代(燕山早期)、不同阶段的复式岩体,其中后两者分别与钨矿化及铌钽矿化相关。钨矿化主要为产在寒武系地层中的石英脉黑钨矿,与之共生的有用金属组份有Be、Mo、Bi等,矿脉根部硫化物增多。铌钽矿化则以蚀变花岗岩中的细脉浸染型为主,除Nb、Ta外,也有W、Be伴生。本文作者曾研究了大吉山钨矿中铌黑钨矿与富钨铌钽矿的交生现象,认为是由经过充分演化的69号岩体派生的富Nb、Ta成矿流体,交代了早期形成的钨钽矿而造成的(张文兰等,2003a)。

孙恭安等(1989)曾利用全岩Rb-Sr法测定上述大吉山三个阶段花岗岩的年龄分别为167 Ma, 161 Ma和159 Ma,即五里亭花岗岩与后二阶段的白云母花岗岩均属于燕山早期。这组数据一直被后人引用至今。笔者等最近利用单颗粒锆石U-Pb法对五里亭花岗岩进行了年代学研究,所得结果表明五里亭花岗岩应属于印支期(张文兰等,2003b)。据此年龄数据,并结合其他地质特征,笔者认为五里亭花岗岩与大吉山钨矿没有直接的成因联系,并推断真正与大吉山钨矿有关的第一期黑云母花岗岩(如果有的话)可能隐伏在第二期中细粒白云母碱长花岗岩和第三期细粒白云母花岗岩之下。因此,本文所说的大吉山花岗岩已经不包括五里亭花岗岩了。

漂塘钨矿在大吉山钨矿以北约100 km处,位于华南加里东褶皱带赣南后加里东隆起区内。前人认为漂塘与西华山钨矿及相关的燕山期花岗岩均产于NNE向的复向斜中,漂塘矿区的细粒似斑状黑云母花岗岩、中粒似斑状二云母花岗岩体隐伏于深部。吴永乐等(1987)给出的漂塘斑状细粒黑云母花岗岩K-Ar同位素年龄为 155.69 ± 1.8 Ma。本次研究也对漂塘本区和木梓园的花岗岩进行了单颗粒锆石U-Pb年龄测定,所获结果与前人相差不大(具体数据另文发表)。矿区出露地层主要为寒武系中上统的砂板岩。

漂塘钨矿包括漂塘本区、大龙山、木梓园等矿段,矿床主要由大脉型和细脉带型矿体构成,赋存在浅变质的砂板岩中,并下延至隐伏的花岗岩体内。漂塘钨矿的有用组份除了W和Sn之外,尚有Mo、Be、Bi、Cu、Pb、Zn、Ag等。前人的研究还表明,漂塘钨矿早期的Mo、Be、W、Sn成矿阶段以岩浆水为主,晚期的Cu、Pb、Zn、Ag成矿阶段以大气降水为主(黄崇珂等,1997)。

2 常量及微量元素地球化学

本文研究的大吉山钨矿和漂塘钨矿的花岗岩样品均采自坑道。其中,大吉山花岗岩的样品主要是前人所述的第三期白云母富钠长石花岗岩,即69号岩体;而漂塘花岗岩的样品则以木梓园矿段深部揭露的黑云母二长花岗岩为代表。

2.1 岩石化学特征

岩石化学分析在南京大学现代分析中心用X荧光光谱法完成,分析结果列于表1。从表1可见,大吉山花岗岩与漂塘花岗岩在岩石化学特征上有许多相似之处,但也存在一些明显的差异。

表 1 大吉山和漂塘花岗岩的岩石化学组成/%

Table 1 Major element compositions /% of the Dajishan and Piaotang granites									
样号	DJS-01	DJS-05	DJS-07	DJS-10	PT-01	PT-03	PT-04	PT-06	PT-07
SiO ₂	73.67	69.88	75.34	74.35	76.61	76.63	76.96	76.55	75.38
TiO ₂	0.08	0.08	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.10	0.09
Al ₂ O ₃	14.77	16.66	14.30	14.63	12.36	12.38	12.37	12.60	12.87
Fe ₂ O ₃	0.52	0.56	0.38	0.38	0.28	0.39	0.35	0.15	0.33
FeO	0.24	0.25	0.15	0.50	0.80	0.93	0.77	0.79	0.44
MnO	0.07	0.17	0.03	0.17	0.17	0.08	0.07	0.10	0.10
CaO	0.44	0.53	0.24	0.42	0.65	0.72	0.75	0.63	0.61
MgO	0.13	0.04	0.00	0.15	0.00	0.07	0.05	0.02	0.07
K ₂ O	4.09	6.28	3.72	3.22	4.88	4.26	4.64	4.59	4.46
Na ₂ O	4.59	4.28	5.06	4.67	3.15	3.43	3.33	3.57	3.81
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
LOI	1.07	0.95	0.44	1.36	0.87	0.84	0.55	0.50	0.82
Σ	99.70	99.71	99.73	99.95	99.90	99.86	99.98	99.62	99.75
A/NKC	1.156	1.123	1.117	1.225	1.060	1.069	1.041	1.050	1.054
K ₂ O/Na ₂ O	0.891	1.467	0.735	0.69	1.549	1.242	1.393	1.286	1.171
Fe ₂ O ₃ /FeO	2.167	2.240	2.533	0.760	0.350	0.419	0.455	0.190	0.750
F	0.065	0.06	0.034	0.093	0.24	0.14	0.14	0.16	0.12
Cl	0.007	0.0092	0.0082	0.0055	0.0048	0.011	0.0038	0.0045	0.003

样号 DJS 为大吉山的样品,PT 为漂塘(木梓园矿段)的样品。

大吉山花岗岩与漂塘花岗岩都是富硅的花岗岩。大吉山花岗岩平均 SiO₂ 含量为 73.31% (其中 DJS-05 样品为 69.88%);漂塘花岗岩的 SiO₂ 含量更高,平均为 76.43%。

大吉山花岗岩与漂塘花岗岩都属于铝过饱和岩石,但大吉山花岗岩的 A/NKC 值>1.1,属强铝过饱和;而漂塘花岗岩的 A/NKC<1.1,属弱铝过饱和。在 Harker 图上(见图 1),两者的 SiO₂-Al₂O₃ 均呈一定程度的负相关。

大吉山和漂塘花岗岩均为富碱的花岗岩,但大吉山花岗岩的全碱含量更高一些。而两者更重要的区别在于大吉山花岗岩的 K₂O 含量低于 Na₂O 含量,K₂O/Na₂O<1;而漂塘花岗岩则相反,K₂O>Na₂O。在 Harker 图上,大吉山样品的 SiO₂-Na₂O 含量呈现明显的正相关,而漂塘样品则呈明显的负相关。

大吉山花岗岩的 TiO₂ 含量均低于 0.1%,也低于漂塘花岗岩。大吉山花岗岩的 Fe₂O₃/FeO 普遍高于漂塘花岗岩,似乎反映其岩浆侵位较浅。但实质上这主要是由于大吉山花岗岩的 FeO 含量低而造成的。

从以上两地花岗岩的铝过饱和指数、全碱含量及 Na₂O 含量、TiO₂ 含量、Fe 尤其是 FeO 含量这几个指标来看,大吉山花岗岩应处在比漂塘花岗岩更高的演化程度上。

2.2 微量元素和稀土元素特征

微量元素和稀土元素分析在中国科学院地球化学研究所用等离子质谱仪(ICP-MS)完成,分析结果列于表 2。

大吉山和漂塘花岗岩都是陆壳重熔型花岗岩类,因此它们的微量元素含量特征有许多共同之处,例如,主要富集不相容元素、K、Sr、Ba 等亲石大离子元素含量差别不大,等等。但两者也有一些明显的差异。大吉山花岗岩相对来说略为富集 P、Nb、Ta、Ga、Hf 等高场强元素和

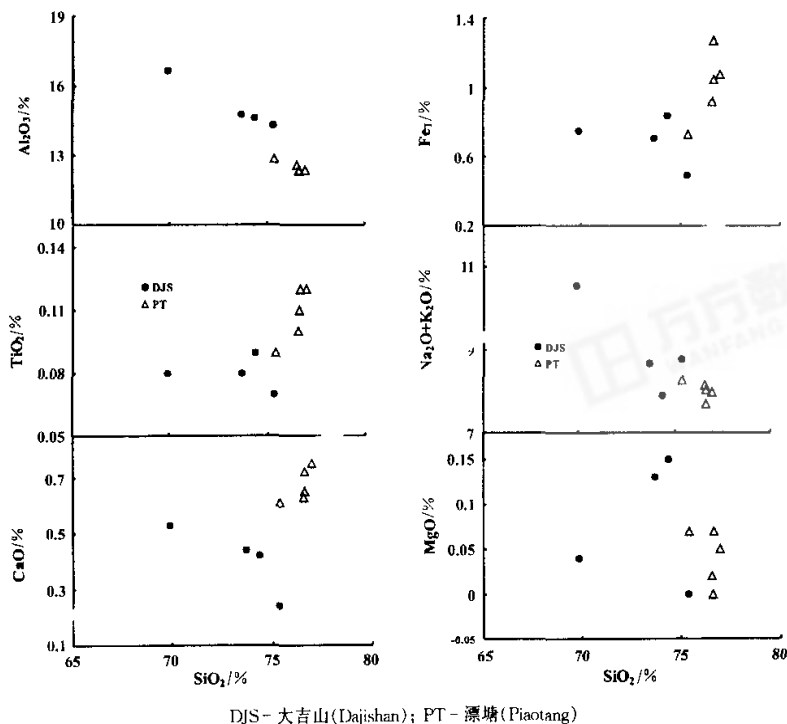


图 1 大吉山和漂塘花岗岩的主要元素 Harker 图

Fig. 1 The Harker diagram of some major elements of the Dajishan and Piaotang granites

Rb, Cs 等亲石大离子元素, 而漂塘花岗岩则相对富集 Zr, Y 等高场强元素和 U, Th, Pb, Li 等元素。从微量元素分布的蛛网图上(图 2)可以看出两者的相似性及差异之处。

大吉山 69 号花岗岩的 Zr/Hf 比值相当低(平均 3.13), 明显低于漂塘的花岗岩(平均 15.24), 说明其锆石中铪的含量较高, 反映其岩浆的分异较为充分。

大吉山花岗岩的 Nb + Ta 含量比漂塘花岗岩高得多, 尤其 Ta 含量更是高出一个数量级以上; 因而其 Nb/Ta 比值平均为 0.45, 低于漂塘花岗岩(平均 2.89)一个数量级。一般来说, 各类岩浆岩中的 Nb 含量都高于 Ta 含量, 但在岩浆结晶作用晚期, Ta 趋向富集, 尤其是在花岗岩中, 从早期相到晚期相, Ta 逐渐富集, Nb/Ta 比值逐渐减小。大吉山花岗岩不仅 Nb, Ta 含量很高, 且 Ta 含量超过了 Nb 含量, 这不仅是其高度演化的标志, 更是它形成铌钽矿化的重要物质基础。

此外, 大吉山花岗岩还相对富 Ga。Ga 也是一个随岩浆分异演化程度增强而含量增加的微量元素(赵振华, 1997)。因此总体来说, 大吉山花岗岩的岩浆分异演化程度要高于漂塘花岗岩。

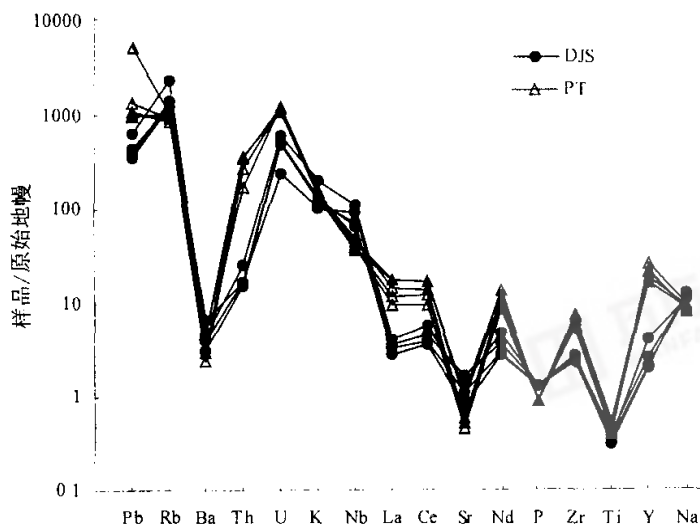
大吉山和漂塘花岗岩的稀土元素总量都较低, 其中大吉山花岗岩的更低, ΣREE 在 50×10^{-6} 以下。从球粒陨石标准化稀土元素配分型式图(图 3)来看, 两者有着一定的差异。漂塘花

表 2 大吉山和漂塘花岗岩的微量元素及稀土元素含量/ $\times 10^{-6}$

Table 2 Minor element concentrations / $\times 10^{-6}$ of the Dajishan and Piaotang granites

样号	DJS-01	DJS-05	DJS-07	DJS-10	PT-01	PT-03	PT-04	PT-06	PT-07
Li	47.963	58.658	36.201	86.699	127.741	125.054	120.513	93.861	80.683
Se	2.134	2.053	2.492	0.943	4.262	6.341	3.901	3.316	3.962
V	0.489	1.059	0.912	4.401	0.661	2.43	1.474	0.054	-0.436
Cr	5.832	2.124	2.004	5.667	3.168	3.489	5.376	14.669	3.442
Co	0.313	0.233	0.312	0.423	0.4	0.724	0.591	0.455	0.298
Ni	3.276	0.98	1.166	2.374	1.86	2.232	2.926	5.704	1.077
Cu	4.131	5.985	10.801	21.525	40.277	2.078	2.861	3.796	2.53
Zn	12.32	12.778	5.623	16.366	333.076	32.549	66.292	31.693	16.493
Ga	31.674	35.245	16.574	37.239	19.454	20.192	17.495	17.234	18.86
Ge	7.038	7.93	7.082	6.382	2.78	2.741	3.026	3.175	3.315
As	10.354	10.667	19.512	8.836	31.489	12.971	5.18	22.699	6.633
Rb	927.769	1487.55	808.23	801.82	691.47	675.53	558.79	595.41	589.16
Sr	24.047	29.907	17.065	36.58	11.206	20.296	23.218	12.92	10.019
Y	10.2	20.168	9.936	12.504	109.386	82.773	103.754	91.123	131.993
Mo	52.604	27.28	21.715	65.699	12.082	81.761	16.646	1.703	0.822
Cd	1.251	2.018	1.861	3.969	6.981	0.628	0.38	0.456	0.383
In	0.183	0.193	0.102	0.262	0.18	0.09	0.065	0.074	0.063
Sn	35.714	45.213	24.557	53.065	26.497	18.891	13.673	15.086	13.344
Sb	0.441	0.574	0.836	0.414	0.333	5.225	0.492	0.583	0.392
Cs	70.693	81.758	57.738	72.388	19.325	29.2	23.313	24.539	22.796
Ba	47.077	32.127	22.147	28.642	21.18	33.747	33.459	17.063	24.085
La	2.345	2.896	2.007	2.604	8.351	13.051	12.873	10.262	6.791
Ce	7.0752	10.646	6.688	8.4536	22.5024	31.5648	30.8936	25.7592	17.4496
Pr	1.075	1.62	1	1.322	3.137	3.994	4.368	3.418	2.538
Nd	4.171	6.944	3.922	5.22	13.825	15.747	19.426	14.415	12.578
Sm	4.507	7.846	4.616	5.117	7.192	6.22	9.456	6.527	7.549
Eu	0.042	0.046	0.037	0.037	0.079	0.126	0.148	0.087	0.04
Gd	4.221	8.829	5.094	4.635	8.506	7.331	10.756	7.695	10.428
Tb	0.745	1.594	0.922	0.855	1.887	1.543	2.293	1.709	2.476
Dy	2.283	4.98	2.697	2.371	14.168	11.064	16.388	12.824	18.557
Ho	0.115	0.221	0.107	0.135	3.084	2.312	3.33	2.762	4.144
Er	0.135	0.157	0.074	0.146	9.874	6.919	10.048	8.539	12.859
Tm	0.013	0.012	0.004	0.013	1.708	1.127	1.714	1.449	2.341
Yb	0.144	0.125	0.091	0.174	12.716	7.337	11.157	10.132	16.591
Lu	0	0.001	-0.008	0	2.002	1.034	1.594	1.501	2.475
ΣREE	26.8712	45.917	27.251	31.0826	109.031	109.3698	134.4446	107.0792	116.8166
Zr	27.321	32.683	28.226	31.111	88.9594	78.1701	85.835	69.7866	64.0274
Hf	11.778	9.116	8.113	9.912	6.274	4.96	4.571	4.726	5.041
Nb	48.558	80.615	54.555	69.54	31.588	27.13	33.301	36.435	30.005
Ta	142.471	137.005	150.809	139.415	11.473	11.532	8.576	12.627	11.738
W	581.615	22.749	48.131	183.427	211.454	161.358	3.82	17.92	3.3
Tl	4.837	7.885	4.287	4.135	4.054	3.864	3.796	3.839	3.613
Pb	27.634	45.674	31.378	25.523	378.495	71.062	79.861	73.827	98.15
Bi	2.525	36.282	27.576	52.493	27.915	6.878	7.781	14.449	17.541
Th	1.473	2.18	1.325	1.453	30.221	32.239	30.933	23.452	14.639
U	11.071	12.853	10.335	5.124	26.441	23.633	26.479	25.91	26.877
Ba/Rb	0.0507	0.0216	0.0216	0.0357	0.0306	0.0499	0.0599	0.0287	0.0409
Rb/Sr	38.5815	49.7393	47.3619	21.9197	61.7053	33.2839	24.0671	46.0841	58.8047
Nd/Sm	0.9254	0.8850	0.8497	1.0201	1.9223	2.5317	2.0544	2.2085	1.6662
Zr/Hf	2.3197	3.5852	3.4791	3.1387	14.1791	15.7601	18.7782	14.7665	12.7013
Th/U	0.1331	0.1696	0.1282	0.2836	1.1430	1.3642	1.1682	0.9051	0.5447
Nb/Ta	0.3408	0.5884	0.3617	0.4988	2.7532	2.3526	3.8830	2.8855	2.5562

样号 DJS 为大吉山的样品、PT 为漂塘(木梓园矿段)的样品。



DJS - 大吉山(Dajishan); PT - 漂塘(Piaotang)

图2 大吉山和漂塘花岗岩的微量元素蛛网图

Fig.2 The spider diagram showing trace element patterns of the Dajishan and Piaotang granites

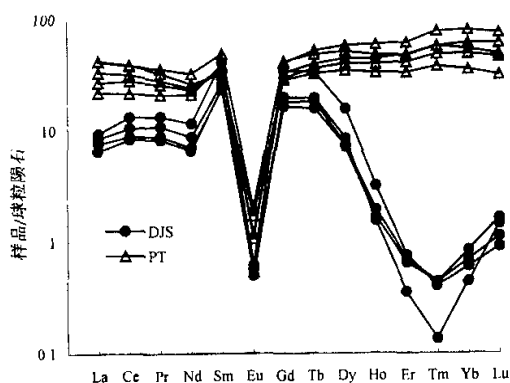
岗岩具有典型的“海鸥型”稀土配分型式,而且略显重稀土富集的特征;大吉山花岗岩则出现重稀土亏损,尤其是Tm的异常亏损。但是它们的共同特点是较强烈的Eu亏损;而且,两者都显示出所谓的稀土元素“四分组效应”,说明它们都经历了高度演化,并且在岩浆结晶晚期发生流体-熔体的相互作用(赵振华等,1997;Irber, 1999)。

3 讨论

3.1 关于含钨花岗岩、含钽铌花岗岩和Li-F花岗岩

大吉山和漂塘花岗岩在岩石化学、微量元素和稀土元素特征方面,以及在成矿作用特征上的共性和差异,在南岭地区具有一定的普遍意义。

前人在对南岭地区与花岗岩类有关的成矿作用的研究中,曾总结出与钨锡相关的及与钽铌相关的两种花岗岩。夏宏远等(1984)提出华南含钨花岗岩与含钽铌花岗岩有着不同的演化



DJS - 大吉山(Dajishan); PT - 漂塘(Piaotang)

图3 大吉山和漂塘花岗岩的球粒陨石标准化稀土元素含量配分图

Fig.3 Chondrite normalized REE distribution patterns of the Dajishan and Piaotang granites

特征: 含钨花岗岩相对富 K_2O , MgO , 贫 Na_2O , Li_2O ; 它的演化是黑云母花岗岩→二云母花岗岩→白云母花岗岩, 蚀变以云英岩化为主, 钠长石化次之或缺失, 锆石以普通锆石为主, 钨矿体主要分布于花岗岩体外接触带。含钽铌花岗岩则相对富 Na_2O , Li_2O , 贫 K_2O , MgO , 它的演化是(锂)黑云母花岗岩→黑鳞云母花岗岩→锂白云母花岗岩→锂云母花岗岩, 蚀变以钠长石化为主, 云英岩化不显或缺失。他们还提出两者不同的年龄范围: 含钨花岗岩主要年龄 190 ~ 150 Ma, 含钽铌花岗岩主要年龄 150 ~ 80 Ma。

漂塘花岗岩和大吉山花岗岩, 有许多方面的特征分别与上述含钨花岗岩及含钽铌花岗岩基本符合; 但是也有不相符之处, 例如漂塘花岗岩的 Li 含量(平均 109.57×10^{-6}) 反而比大吉山花岗岩(平均 57.38×10^{-6}) 高等。

在许多情况下, 含钨花岗岩及含钽铌花岗岩并不能截然分开, 例如大吉山花岗岩就既与钨锡矿化有关, 又与钽铌矿化有关。因此, 含钨花岗岩与含钽铌花岗岩究竟是本质上不同的两种岩石类型呢, 还是同一类岩石的不同演化程度(阶段), 甚至是由于不同的热液交代而形成了钨锡与钽铌这两种不同的矿化? 这是一个值得讨论的问题。

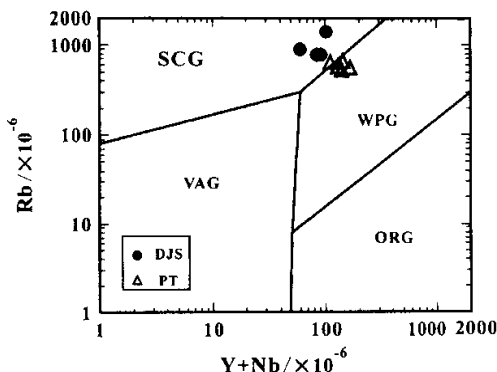
胡受奚等(1984)曾总结我国华南地区与花岗岩有关的钨、锡和稀有金属矿床的“交代蚀变矿化模式”, 指出从早到晚、自下而上的三个主要交代蚀变阶段分别是钾交代(钾长石化)、钠交代(钠长石化)和氢交代(云英岩化)。前两者为碱交代, 早期成矿元素活化转移, 中晚期发生钽铌矿化; 后者则与钨、锡等矿化有关。按照这一模式, 钨锡矿化和钽铌矿化主要是花岗岩在岩浆(期后)–热液过程中不同交代蚀变阶段的产物, 而不是由花岗岩本身的性质所决定的。

笔者根据上述大吉山和漂塘的花岗岩及成矿作用特征, 并结合对华南尤其是南岭地区有关的花岗岩及其矿床的综合分析, 认为含钨花岗岩及含钽铌花岗岩并不是本质上不同的两种岩石类型。其之所以形成钨锡矿化或钽铌矿化, 或两者兼而有之, 主要地也不是因为形成于不同的岩浆期后交代蚀变阶段, 而是取决于花岗岩的演化程度。

王联魁等(1999, 2000)对华南地区中生代的 Li-F 花岗岩进行了长期的系统研究, 这类 Li-F 花岗岩既包括了几乎所有与钽铌矿化有关的花岗岩体, 如广西栗木、湖南香花岭、江西雅山和大吉山等, 也包括了相当一批与钨锡矿化相关的岩体, 如湖南千里山、江西西华山、游坑、邓阜仙等(未涉及漂塘)。因此, Li, F 高含量不光是含钽铌花岗岩的特征, 也是许多含钨花岗岩的特征; 换言之, Li, F 含量不能作为区分含钨花岗岩与含钽铌花岗岩的标志之一。大吉山和漂塘花岗岩的实际情况也正是如此, 前面已经提到漂塘花岗岩的 Li 含量高于大吉山花岗岩; 而从岩体的 F 含量来看, 漂塘花岗岩的 F 含量(平均为 0.16%) 也高于大吉山花岗岩(平均为 0.063%)。

实际上, 华南地区无论是与钨锡矿化相关的还是与钽铌矿化相关的花岗岩, 都是经历了高度演化的花岗岩。因此, F, Cl, B, P 等挥发组分的富集, 不仅不是含钽铌花岗岩的特征, 甚至也不是 S 型或改造型花岗岩的特征, 而是高演化花岗岩类的共同特征。在典型的 Li-F 花岗岩中, 就包括了一些 A 型花岗岩。在著名的澳大利亚东南部 Lachlan 褶皱带, 分布着 I 型、S 型和铝质 A 型等花岗岩类, 它们在 F 含量上也没有截然的差别(King et al, 1997)。

笔者由此想到, 中外文献中另一个经常使用的术语“稀有金属花岗岩”(rare-metal granite), 或“含稀有金属花岗岩”(rare-metal bearing granite), 可能是更合适的名称(袁忠信等, 1987; 朱金初等, 2002), 因为它基本上包容了含钽铌花岗岩、含钨花岗岩和 Li-F 花岗岩。



SCG - 同碰撞花岗岩 (Syn-collision granite); WPG - 板内花岗岩 (Within plate granite); VAG - 岛弧花岗岩 (Volcanic arc granite); ORG - 洋脊花岗岩 (Ocean ridge granite); DJS - 大吉山 (Dajishan); PT - 漂塘 (Piaotang)

图4 大吉山和漂塘花岗岩在Rb含量对Y+Nb含量图解上的位置 (据Pearce等, 1984)

Fig.4 Rb vs. Y+Nb diagram showing tectonic settings of the Dajishan and Piaotang granites (after Pearce et al., 1984)

3.2 花岗岩形成的动力学背景

关于华南地区中生代花岗岩类产出的动力学背景是当前的热门研究课题之一。近年来的研究成果表明, 南岭地区燕山早期花岗岩类的后造山伸展 (post-orogeny extension) 动力学背景正在获得愈来愈广泛的共识 (陈培荣等, 2002; 周新民, 2003)。

本文的两处花岗岩应该都是陆壳重熔成因。两者相距不远, 年代相近, 因此它们产出的构造背景似乎不会有很大差别。大吉山和漂塘的花岗岩Rb含量都较高, 前者更高 (分别为 $(800 \sim 1400) \times 10^{-6}$ 和 $(550 \sim 700) \times 10^{-6}$); 但两者的Nb及Y含量有一定程度的差异, 大吉山花岗岩Nb+Y基本上低于 100×10^{-6} , 而漂塘花岗岩Nb+Y均超过 110×10^{-6} 。因此, 在关于花岗岩类产出构造背景的Rb-(Nb+Y)图解上 (图4, 据Pearce et al., 1984), 大吉山花岗岩落在同碰撞花岗岩

(SCG) 的区域内, 而漂塘花岗岩则进入板内花岗岩(WPG)的范围了。相对而言, 漂塘花岗岩更富含Zr, Y等高场强元素, 而Sr, Ba含量则更亏损 (图3), 这些特征甚至与 (铝质) A型花岗岩也有一些相似之处 (王德滋等, 1999)。因此, 笔者认为漂塘花岗岩应形成于陆内伸展-拉张的动力学背景, 当然, 这一点还需要同位素地球化学的研究来进一步加以证实。

4 主要结论

(1) 大吉山和漂塘钨矿有关的花岗岩都属于S型或陆壳改造型或陆壳重熔型, 具有高硅、富碱和铝过饱和等特征。二者的常量元素含量对比显示, 大吉山花岗岩比漂塘花岗岩的岩浆演化程度更高。微量元素特征也显示大吉山花岗岩的岩浆分异演化程度要高于漂塘花岗岩。

(2) 大吉山和漂塘钨矿在成矿作用上的差别, 除了其他因素外, 主要地取决于上述岩浆分异演化程度的不同。而前人提出的华南地区含钨花岗岩与含钽铌花岗岩在岩相学上没有根本的差别, 它们普遍都有较高的F和其他挥发组分含量。

(3) 漂塘花岗岩的某些微量元素特征显示其可能形成于板内的伸展-拉张环境。但这一结论还有待于同位素等数据的证实。

致谢: 20多年前, 本文第一作者有幸在徐克勤先生亲自指导下完成了花岗岩类成因与成矿关系的硕士论文, 为后来开展该领域的研究工作打下基础。谨以此文寄托对徐先生的感激与思念之情。本文的野外工作得到江西有色地勘局韦星林总工、二队王定生总工, 大吉山钨矿滕建德总工、袁善德科长, 漂塘钨矿欧阳美才科长等许多同行的热情帮助, 在此一并表示衷心的感谢。

感谢。

参考文献:

- 陈培荣, 华仁民, 章邦桐, 等. 2002. 南岭燕山早期后造山花岗岩类: 岩石学制约和地球动力学背景. 中国科学(D辑), 32(4): 279-289.
- 胡受奚, 孙明志, 严正富, 等. 1984. 与交代蚀变花岗岩有成因联系的钨锡和稀有亲花岗岩元素矿床有关的一种重要的成矿模式. 见: 徐克勤, 翁光炽主编. 花岗岩地质与成矿关系. 南京: 江苏科学技术出版社, 346-358.
- 黄崇珂, 朱裕生, 张忠伟, 等. 1997. 南岭银矿. 北京: 地质出版社, 112-124.
- 李崇佑, 许静. 1984. 江西及邻省钨矿类型. 钨矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 55-67.
- 刘昌实, 王汝成, 舒良树, 等. 2002. 陆内S型花岗岩的形成与演化. 见: 王德滋, 周新民, 等. 中国东南部晚中生代花岗岩质火山-侵入杂岩成因与地壳演化. 北京: 科学出版社, 93-130.
- 卢焕章. 1986. 华南钨矿成因. 重庆: 重庆出版社, 232.
- 穆治国, 黄福生, 陈成业, 等. 1984. 漂塘-西华山石英脉型钨矿床碳、氢和氧稳定同位素研究. 钨矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 153-170.
- 孙恭安, 史明魁, 张宏良, 等. 1989. 大吉山花岗岩体岩石学、地球化学及成矿作用的研究. 见: 宜昌地质矿产研究所. 南岭地质矿产科研报告集(二). 武汉: 中国地质大学出版社, 326-363.
- 滕建德. 1990. 大吉山矿区矿化垂直带状分布. 矿山地质, 11(2): 13-24.
- 王德滋, 周金城. 1999. 我国花岗岩研究的回顾与展望. 岩石学报, 15(2): 161-169.
- 王联魁, 黄智龙. 2000. Li-F花岗岩液态分离与实验. 北京: 科学出版社, 290.
- 王联魁, 王慧芬, 黄智龙. 1999. Li-F花岗岩液态分离的稀土地球化学标志. 岩石学报, 15(2): 170-180.
- 吴永乐, 梅勇文, 刘鹏程, 等. 1987. 西华山钨矿地质. 中华人民共和国地质矿产部地质专报, 四, 矿床与矿产, 第2号. 北京: 地质出版社, 317.
- 夏宏远, 梁书艺. 1991. 华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成因系列. 北京: 科学出版社, 61-182.
- 徐克勤, 丁毅. 1943. 江西南部钨矿地质志. 中央地质调查所地质专报甲种, (17): 359.
- 袁忠信, 白鸽, 杨岳清. 1987. 稀有金属花岗岩型矿床成因讨论. 矿床地质, 6(1): 88-94.
- 章崇真. 1974. 某地钨钼铋矿花岗岩. 地球化学, 4: 249-257.
- 张理刚, 庄龙池, 钱雅清, 等. 1984. 江西西华山-漂塘地区花岗岩及其钨锡矿床的稳定同位素地球化学. 钨矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 325-338.
- 张文兰, 华仁民, 王汝成. 2003. 大吉山钨矿中钨铌钽矿与富钨铌钽矿的共生现象及其成因探讨. 矿床地质, 22(2): 158-161.
- 张文兰, 华仁民, 王汝成, 等. 江西大吉山五里亭花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄及其地质意义探讨. 地质学报(预审稿).
- 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理. 北京: 科学出版社, 71-74.
- 赵振华, 熊小林, 韩小东. 1999. 花岗岩稀土元素四分组效应形成机理探讨. 中国科学(D辑), 29(4): 331-338.
- 周新民. 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考. 高校地质学报, 9(4): 556-565.
- 朱金初, 饶冰, 熊小林, 等. 2002. 富铈氟含稀有矿化花岗岩类岩石的对比和成因思考. 地球化学, 31(2): 141-152.
- 庄龙池, 林伟圣, 谢廷焕. 1991. 大吉山钨矿稳定同位素地球化学. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 16号: 109-120.

References:

- Chappell B W and White A J R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8: 173-174.
- Chen Peirong, Hua Renmin, Zhang Bangtong, et al. 2002. Early Yanshanian post-orogenic granitoids in the Nanling region. *Science in China (Series D)*, 45(8): 757-768.
- Hu Shouxi, Sun Mingzhi, Yan Zhengfu, et al. 1984. An important metallogenetic model for W, Sn and granophile rare metal deposits related to metasomatically altered granites. In: Xu Keqin and Tu Guangchi, eds. *Geology of Granites and Their Metallogenetic Relations*. Beijing: Science Press, 519-538.

- Huang Chongke, Zhu Yusheng, Zhang Zhongwei, et al. 1997. Silver deposits in the Nanling Range. Beijing: Geological Publishing House, 112-124 (in Chinese).
- Irber W. 1999. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63(3-4): 489-508.
- King P L, White A J R, Chappell B W, et al. 1997. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. *Journal of Petrology*, 38(3): 371-391.
- Li Chongyou and Xu Jing. 1984. Types of tungsten deposits in Jiangxi and adjacent provinces. Proceedings of Symposium on Tungsten Geology, Beijing: Geological Publishing House, 55-67 (in Chinese).
- Liu Changshi, Wang Rucheng, Shu Liangshu, et al. 2002. The formation and evolution of intra-continent S-type granites. In: Wang Dezi and Zhou Xinmin et al. eds. Origin of the Late Mesozoic Granitic Volcanic-intrusive Complex and Crust Evolution in Southeast China. Beijing: Science Press, 93-130 (in Chinese).
- Lu Huanzhang. 1986. The Origin of Tungsten Mineral Deposits in South China. Chongqing: Chongqing Press, 232 (in Chinese).
- Mu Zhiguo, Huang Fusheng, Chen Chengye, et al. 1984. Study on carbon, hydrogen and oxygen isotope of the quartz-vein type tungsten deposits in Piaotang and Xihuashan. Proceedings of Symposium on Tungsten Geology, Beijing: Geological Publishing House, 153-170 (in Chinese).
- Sun Gong'an, Shi Mingkui, Zhang Hongliang, et al. 1989. Study on the petrology, geochemistry and metallogeny of the Dajishan granite. In: Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, ed. Reports of Scientific Research on Geology and Mineral Resources in Nanling (2). Wuhan: China University of Geosciences Press, 326-363 (in Chinese).
- Teng Jiande. 1990. Vertical zoning distribution of mineralization in the Dajishan Mine. *Mining Geology*, 11(2): 13-24 (in Chinese).
- Wang Dezi and Zhou Jincheng. 1999. Look back and look forward to granite research. *Acta Petrologica Sinica*, 15(2): 161-169 (in Chinese with English abstract).
- Wang Liankui and Huang Zhilong. 2000. Li-F Granite: Liquid Separation and Experiment. Beijing: Science Press, 290 (in Chinese).
- Wang Liankui, Wang Huifen and Huang Zhilong. 1999. The geochemical indicatrixes of REE in Li-F granite liquid segregation. *Acta Petrologica Sinica*, 15(2): 170-180 (in Chinese with English abstract).
- Wu Yongle, Mei Yongwen, Liu Pengcheng, et al. 1987. Geology of the Xihuashan Tungsten Ore Field. Beijing: Geological Publishing House, 317 (in Chinese).
- Xia Hongyuan, Liang Shuyi. 1984. The evolutionary peculiarity of the W-bearing and Nb, Ta-bearing granites in South China. In: Xu Kejin and Tu Guangchi, eds. Geology of Granites and Their Metallogenetic Relations. Beijing: Science Press, 651-669.
- Xu Kejin and Ding Yi. 1943. Geology of tungsten deposits in Southern Jiangxi. *Central Geological Survey Bulletin (Series A)*, 17: 359 (in Chinese).
- Xu Kejin, Sun Nai, Wang Dezi, et al. 1984. Petrogenesis of the granitoids and their metallogenetic relations in South China. In: Xu Kejin and Tu Guangchi, eds. Geology of Granites and Their Metallogenetic Relations. Beijing: Science Press, 1-32.
- Yuan Zhongxin, Bai Ge and Yang Yueqing. 1987. A discussion on petrogenesis of rare metal granites. *Mineral Deposits*, 6(1): 88-94 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chongzhen. 1974. A granite with Ta-Nb-W-Be mineralizations. *Geochemistry*, 4: 249-257 (in Chinese).
- Zhang Ligang, Zhuang Longchi, Qian Yaqian, et al. 1984. Stable isotope geochemistry of granites and related W-Sn deposits in Xihuashan- Piaotang area, Jiangxi. Proceedings of Symposium on Tungsten Geology. Beijing: Geological Publishing House, 325-338 (in Chinese).
- Zhang Wenlian, Hua Renmin and Wang Rucheng. 2003. Intergrowth of wolframioxiolite and W-rich manganocolumbite in Dajishan tungsten deposit, Jiangxi Province, South China. *Mineral Deposits*, 22(2): 158-165 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wenlian, Hua Renmin, Wang Rucheng, et al. Single zircon U-Pb isotopic age of the Wuliting granite in Dajishan area of Jiangxi, and its geological implication. *Acta Geologica Sinica*, (in Chinese) (in press).
- Zhao Zhenhua. 1997. Principle of Trace Element Geochemistry. Beijing: Science Press, 71-74 (in Chinese).

- Zhao Zhenhua, Xiong Xiaolin and Han Xiaodong. 1999. A discussion on the forming mechanism of the tetrad effect of rare earth elements in granites. *Science in China (Series D)*, 29(4): 331-338 (in Chinese).
- Zhou Xinmin. 2003. My thinking about granite geneses of South China. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 556-565 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Jinchu, Rao Bing, Xiong Xiaolin, et al. 2002. Comparison and genetic interpretation of Li-F rich, rare-metal bearing granitic rocks. *Geochimica*, 31(2): 141-152 (in Chinese with English abstract).
- Zhuang Longchi, Lin Weiheng and Xie Tinghuan. 1991. Stable isotope geochemistry of the Dajishan tungsten deposit. Bulletin of Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, *CAGS*, 16: 109-120 (in Chinese).

Comparison in the Characteristics, Origin, and Related Metallogeny between Granites in Dajishan and Piaotang, Southern Jiangxi, China

HUA Ren-min, ZHANG Wen-lan, CHEN Pei-rong, WANG Ru-cheng
(State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences,
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Dajishan and Piaotang are two large tungsten deposits in southern Jiangxi Province, which are all related to granites of continental crust remelting type. Besides W as major product, the Dajishan deposit is also a deposit of Ta and Nb, whereas the Piaotang deposit is rich in Sn, Mo, and Ag. Major and trace element geochemistry of these two granites is studied. Both granites are SiO₂-rich and peraluminous, higher in alkalies, and rich in F and incompatible trace elements. However, the comparison between them shows that the Dajishan granite was formed by more highly evolved magma than the Piaotang granite. This might be the key factor that controlled the different metallogenic characteristics of these two deposits. The commonly used terms such as W-bearing granites, Ta-Nb-bearing granites, and Li-F granites, as well as the geodynamic setting for the granites, is also briefly discussed in this paper.

Key words: granite; tungsten deposit; Dajishan; Piaotang; southern Jiangxi

(收修改稿日期: 2003-10-15)