文章编号:1007-3701(2004)01-0011-06

锡田含 W,Sn 花岗岩体的地球化学特征 及其形成构造背景

马铁球,王先辉,柏道远

(湖南地质调查院,湖南 湘潭 411100)

摘要:以二长花岗岩类为主体的锡田岩体,分布在南岭花岗岩套北部边缘,形成时代为燕山早期。岩石具有高硅、富碱以及W,Sn,Mo,Bi,Cu和U,Th丰度高的特点。与湘南地区的骑田岭、 香花岭等含Sn花岗岩体特征有相似之处,具有找W,Sn矿的较好潜力。岩石地球化学综合研究 表明,其具有典型的后造山(post-orogenic)作用形成的"A型花岗岩"类岩石的地球化学特征, 从而显示锡田岩体形成时该区处于陆壳开始拉张裂陷的构造背景。

关 键 词:A 型花岗岩;地球化学特征;后造山;锡田岩体 中图分类号:P588.12⁺1 文献标识码:A

众所周知,湘南是有色金属之乡。华南陆内 NE 向构造岩浆活动带中,分布着多个大型一特大 型以W,Sn 为主的多金属矿床(如柿竹园、骑田岭、 香花岭等)。多数人认为其成矿期主要是晚侏罗世 一早白垩世(160~110 Ma);花岗岩的成因类型为 S型^[1~4]。近年来,又陆续报道了华南存在燕山期拉 张环境下的岩浆活动,如 A 型或 A-I 型共生的花 岗岩、双峰式钾质火山岩以及基性脉岩等^[5~7]。根 据上述岩浆岩的岩石地球化学特征及岩浆活动时 间,大多认为我国东南大陆中生代时最早裂解作用 发生在燕山晚期(早白垩世),约距今 140~120 Ma^[8,9]。

1 岩体地质特征

锡田花岗岩体位于湘东湘赣两省交界处,属南 岭花岗岩的一部分,该岩体大部分在湖南茶陵县境 内,少部分在江西省宁岗县境内,其空间形态大致 呈近 NW 向展布的哑铃状。出露面积约 230 km², 有大小侵入体近 40 个。岩体侵入下古生界地层之 中(最新地层为二叠系),沉积围岩均有大理岩化、 角岩化等热接触变质现象;北西侧被早白垩世红层 所覆盖(图 1)。

根据各岩体的基本特征及相互间的接触关系,



图 1 锡田花岗岩体地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the Xitian granites
 1. 白垩系; 2. 泥盆-三叠系; 3. 寒武-奥陶系; 4. 地质界线; 5. 不整合地质界线; 6. 断裂; 7. 花岗岩脉动界线; 8. 花岗岩涌动界线;
 9. 大理岩化; 10. 角岩化; J₂D、J₂SH、J₂B、J₂H 参见表 1

收稿日期:2003-08-11

基金项目:中国地质调查局"1:25万衡阳市幅、郴州市幅区域 地质调查"项目(200213000035).

初步将其划分为4个岩石单元(表1),主要岩石类 型为黑云母二长花岗岩及二云母二长花岗岩;在早 次贺家田单元中采获锆石 U-Pb 年龄为176 Ma^①,相当于中侏罗世早期,为燕山早期产物。

表1 锡田花岗岩的初步划分

Table 1Preliminary subdivision of the Xitian granites

单 元	代 号	岩、土
大 湖	J_2D	细粒二云母二长花岗岩
山洋坑	J_2SH	细-中细粒斑状二云母二长花岗岩
八木寨	J_2B	细中粒-中粒黑云母二长花岗岩
贺家田	J_2H	细中粒-中粒斑状黑云母二长花岗岩

酸性岩脉较发育,主要有细粒(钾长)花岗岩 脉、花岗斑岩脉、石英脉、花岗伟晶岩脉及花岗细晶 岩脉,规模一般较小。包体不发育,仅在早次贺家田 单元中见少量的闪长质(或富云母)包体,个体较 小。近围岩处常见有围岩捕虏体。

岩体内蚀变作用较普遍,尤其是较晚次山洋 坑、大湖单元中,主要有钠长石化、绢云母化、云英 岩化、白云母化、电气石化、绿泥石化、硅化等。钠长 石化以八木寨、山洋坑单元发育较好,表现为钠长 石呈半自形柱状、粒柱状交代钾长石,偶见交代石 英;绢云母化、云英岩化多见于山洋坑、大湖单元, 云英岩化往往在岩体内石英脉两侧发育。

岩体与围岩呈突变侵入接触,局部呈交代侵入 接触。外接触变质带由角岩、片岩、角岩化千枚状板 岩组成,宽 300~1 200 m 不等。在岩体北东部边缘 与泥盆一石炭纪灰岩接触处,有经接触交代生成的 透辉石一矽线石矽卡岩。

与岩体有关的矿化主要集中分布于中部狭窄 地带的山洋坑单元内外接触带上,以石英脉型钨锡 矿、矽卡岩型钨锡多金属矿为主。此外,在八木寨单 元内的断裂破碎带中具萤石矿化;岩体南部外接触 带中的破碎带内有铅锌矿化。

2 岩石学、岩石化学特征

2.1 岩石学特征

各单元岩石类型相同,结构存在一定差异,主 要造岩矿物种类和平均含量总体相近(表 2),与南 岭地区同时代花岗岩¹⁰⁰相对比,锡田岩体花岗岩中 黑云母含量略偏少,其他矿物含量大致相同。早次 贺家田单元略显基性一些,斜长石、黑云母含量稍

表 2 锡田花岗岩矿物成分 Table 2 Mineralogical compositions of the Xitian granites

单 元	岩 石 类 型	样数/个	钾长石	斜长石	An	石英	黑云母	白云母	副 矿 物
大 湖	二云母二长花岗岩	6	35.7	25.5	$5 \sim 12$	34.2	2.3	2.3	锆石、磷灰石
山洋坑	斑状二云母二长花岗岩	6	35	28	8~14	30.3	4.5	2.2	锆石、磷灰石、磁铁矿
八木寨	黑云母二长花岗岩	5	35.2	26.8	$14\!\sim\!22$	34.6	3.4		锆石、磷灰石、磁铁矿
贺家田	斑状黑云母二长花岗岩	7	33.8	28.7	$14\!\sim\!27$	29.8	7.7		锆石、榍石、磁铁矿

多,石英、钾长石含量偏低;后两次单元中出现较多 的白云母。副矿物以早次单元出现榍石、末次单元 不出现磁铁矿为特征。

在 QAP 三角图解中,绝大多数落于"A 型花 岗岩"区,与澳大利亚东南褶皱带后造山"A 型花岗 岩"区相吻合(图 2)。从岩石种类和造岩矿物、副矿 物组合来看,完全可以与泛非造山运动有关的阿尔 及利亚 Hoggar Taourirt 后造山花岗岩套类比^[11]。

2.2 岩石化学特征

各单元岩石化学成分及有关参数如表 3 所列。 从表 3 中可以看出,各单元岩石的酸性程度相对较



图 2 锡田岩体 QAP 图解

Fig. 2 QAP diagram for the Xitian granites 1. I,S,A 型花岗岩界线;2. 澳大利亚东南褶皱带后造山 A 型花岗 岩范围

表 3 锡田花岗岩化学成分及有关参数

Table 3 Chemical compositions and related parameters of the Xitian granites

<u></u> н -	=	SiO_2	${\rm TiO}_2$	$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K_2C	P_2	O_5 H	$_{2}O^{+}$ 、灼失
÷.	·· -						w	в / %						
大	湖	75.82	0.05	12.03	0.2	2.45	0.06	0.12	0.7	3.18	4.7	0.	02	0.59
山洋	坑	75.52	0.07	12.06	0.54	2.28	0.08	0.2	0.62	3.23	4.45	5 0.	01	0.93
八木	寨	75.51	0.11	12.68	0.5	1.52	0.05	0.22	0.46	3.1	5.12	2 0.	03	1.05
贺家	⊞	73.99 70.9	0.16 0.41	13.01 13.67	0.23 0.37	2.25 3.12	0.04 0.08	0.22 0.75	1.08 1.72	2.86 2.9	5.65 5.03	5 0. 3 0.	04 14	0.35 0.98
岩体平	均值	74.35	0.16	12.69	0.37	2.32	0.06	0.23	0.92	3.05	4.99) 0.	05	0.78
南岭花岗	討岩[10]	71.9	0.36	13.66	0.8	2.24	0.08	0.76	1.72	3.05	4.5	U 0.	13	1.28
中国花i	岗岩 ①	71.28	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.8	1.62	3.79	4.03	3 0.	16	0.89
世界花i	岗岩 ²	70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.12	L 0.	19	0.84
单 元	Ap	Il	Mt	Or .	Ab A	An Qz	С	Hy	A/CNK	DI	SI	AR	σ	K_2O/Na_2O
大 湖	0.04	0.10	0.29	27.96 27	7.09 3.	38 35.97	0.49	4.69	1.04	91.01	1.13	4.25	1.89	1.48
山洋坑	0.02	0.13	0.79	26.55 27	7.59 3.	05 36.73	0.83	4.31	1.07	90.86	1.87	4.07	1.81	1.38
八木寨	0.07	0.21	0.73	30.47 26	5. 41 2.	12 35.86	1.28	2.86	1.10	92.74	2.10	4.34	2.07	1.65
贺家田	1.98 0.31	0.09 0.79	0.31 0.54	0.34 33 30.00 24	3.54 24 4.76 7.	.31 5.15 78 28.37	31.63 0.64	0.31 6.83	4.32 1.02	1.02 83.12	89.49 6.16	1.96 3.13	4.05 2.24	2.33 1.73

注:①黎彤值;②戴里值。

高,均高于南岭花岗岩平均值,只有早次贺家田单 元相对较基性一些。从早次单元到末次单元各氧化 物含量及有关参数均呈一定的规律变化, DI 值从 小到大; SI 值从大到小,显示出同源岩浆的演化特 征。

里特曼指数(σ)为 1.81~2.33,反映锡田岩体 花岗岩属钙碱性岩浆系列;在赖特(1969) *AR* — SiO₂ 图解中进行细分,落入碱性岩区。在 K₂O — Na₂O 相关图解及 R₁—R₂ 图解中,样点全落在"A 型花岗岩"区内(图 3); *A/CNK* 比值除个别单元 等于 1.1 外,其余均小于 1.1;在 CIPW 标准矿物 中出现较多的刚玉分子(C),岩石为铝过饱和型, 表明岩浆物质可能主要是来自地壳。



图 3 锡田岩体 Na₂O-K₂O 及 R₁-R₂ 图解 Fig. 3 **防约数据** and R₁-R₂ diagrams for the Xitian granites

3 稀土、微量元素地球化学特征

3.1 稀土元素地球化学特征

岩石稀土元素总量(表 4)一般高于世界酸性 岩(292×10⁻⁶)及南岭花岗岩类(227.37×10⁻⁶)平 均值。本区花岗岩类岩石稀土元素含量与华南花岗 岩类岩石中的稀土元素含量变化一致,通常为时间 的函数^[12],即随着岩浆的演化,稀土元素总量增加 (本区略有波动);重稀土相对轻稀土越来越富集 (ΣCe/ΣY 比值逐渐减少);铕异常越来越明显(即 δEu 值越来越小)。在稀土元素配分型式图中(图 4),各单元岩石配分曲线相似,除早次贺家田单元 为不对称(向右倾斜)的"V"字型外,其余均为对称 的"V"字型(海鸥状),与骑田岭含锡花岗岩相类 似。

3.2 微量元素地球化学特征

各单元 31 个微量元素定量分析结果(表 5)表 明,成矿元素 W,Sn,Mo,Bi,Cu 和 Li 等丰度特别 高,通常是维诺格拉多夫(1962)酸性岩平均值的 $10 \sim 20$ 倍;Pb,U,Th,Rb 等元素丰度较高;Ba, Zr,Sr 等元素丰度较低。其中与成矿有关的 W,Sn 等元素丰度在较晚次山洋坑、大湖单元中最高,这 与两单元中存在大量的含 W,Sn 石英脉相吻合。 表 4 锡田花岗岩稀土元素含量及有关参数

Table 4 REE contents and related parameters of the Xitian granites

单 一	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	$\Sigma C_{o} / \Sigma V$	δ F.,
千 九								wв	$/10^{-6}$								-200/21	0 Eu
大 湖	30.82	70.92	9.89	37.05	11.92	0.12	13.54	2.96	20.97	4.53	14.46	2.61	18.92	3.17	128.0	369.88	0.77	0.03
山洋坑	20.63	45.86	6.16	25.64	8.57	0.13	9.34	2.04	13.55	2.82	8.83	1.58	11.48	1.81	77.83	236.26	0.83	0.05
八木寨	22.13	42.37	5.84	22.96	5.74	0.34	5.54	0.98	6.13	1.3	3.87	0.66	4.43	0.69	36.21	159.18	1.66	0.2
贺家田	73.78	141.1	16.2	56.13	9.89	0.62	7.33	1.24	6.76	1.3	3.32	0.48	2.6	0.32	31.62	352.7	5.33	0.23
улд	74.49	135.1	16.26	55.49	8.8	1.25	6.21	0.93	4.99	1.0	2.86	0.45	2.95	0.47	26.68	337.94	6.26	0.53

在微量元素的原始地幔比值蛛网图中(图 5), 反映 P,Ti,Sr,Ba 及 Ta 等元素强烈亏损,说明岩



锡田花岗岩稀土元素配分型式图 **冬** 4

Fig. 4 REE normalized patterns for the Xitian granites

浆存在具强烈分异的分离结晶作用,岩石的形成处 于一种较稳定的环境[13]。

花岗岩与钨、锡成矿作用的关系 4

矿床类型以石英脉型为主,锡田花岗岩内的含 W,Sn 石英脉主要分布在较晚次的山洋坑、大湖单 元内部及其外接触带附近,矿化围岩云英岩化、钠 长石化蚀变较强;其次是蚀变破碎带型,主要分布 在 NW、NE 向硅化破碎带中,绢云母化、绿泥石 化、硅化现象较明显。矿化以钨、锡为主,伴生有钼、 铋、铜等。

与一般含锡花岗岩(如湘南芙蓉矿区、柿竹园 矿区)相比,锡田花岗岩普遍表现为略偏酸性, SiO_2

			Table	5 Ave	erage co	ntents f	or som	e trac	e elem	ents of	the Xit	ian gr	anites		τ	$v_{\rm B}/10^{-6}$
单 元	W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	Zn	As	Ag	Sb	Hg	Sr	Ba	V	Th	U
大 湖	7.78	33.6	15.49	7.7	36.1	51.6	42	8.9	0.135	0.7	0.065	10	61	8.1	39.2	12.4
山洋坑	43.21	49.7	18.81	15.7	72.1	61.9	55	7.2	0.304	1	0.142	10	74	8.5	41	20.8
八木寨	2.32	26.0	7.41	2.5	121.7	72.7	43	5.8	0.103	0.7	0.016	40	120	10.2	29	5.4
贺家田	2.7 1.18	25.3 34.9	7.98 3.99	0.4 1.8	293. 3 320. 4	47.4 71.7	66 84	2.3 2.8	0.029 0.052	0.4 0.5	0.017 0.043	49 173	221 551	12.5 41.2	65.5 45.9	10.6 5.6
平均值①	1.5	3	1	0.01	20	20	60	1.5	0.05	0.26	0.08	300	830	40	18	3.5
单 元	Co	Ni	Be	Ta	Nb	Zr	Hf	F	Rb (Cs	Cr	Sc	Cd	Ga	Li	Au [®]
大 湖	3.1	10	6.3	9.6	33.1	96	3.3	81	9.2 6	3.1	22	4.3	0.04	22.5	387.2	1.8
山洋坑	3.6	10.8	18.8	14.3	3 38.9	96	3.7	80	3.7 5	8.2	20	6.2	0.17	25.1	382.1	1.5
八木寨	3	6.6	11.1	2.7	7 19.3	76	3.6	38	1.5 4	3.3	15.1	3.8	0.09	19.8	137.3	1.1
贺家田	3.6 6.4	8.4 8.4	5.5 6.7	1.9 1.8	20.8 20.8	127 193	5.1 6	37 33	5 1 6.8 3	6.4 2.3	7.7 5.4	3.7 6.7	0.03 0.22	21.7 18.9	79 134	1 1.5
平均值①	5	8	5.5	3.5	5 20	200	1	20	0	5	25	3	0.5	20	40	0.0045

表 5 锡田花岗岩部分微量元素含量

万万蚁提 注:①维诺格拉多夫酸性岩平均值(1962);②Au 单位为 10⁻⁹。



图 5 微量元素的原始地幔比值蛛网图

Fig. 5 The spider net of trace elements ratio

含量高于世界含锡花岗岩平均值(73.1%^[14]); K₂O/Na₂O 比值在 1.38 以上(平均 1.64),远高于 世界(1.18)、中国(1.06)及南岭(1.48)花岗岩平 均值。在 Juniper(1979)主元素 Fe-(K+Na)-Mg 相关图中,各样点均落入锡矿化花岗岩区。

微量元素 Rb,Ba,Sr 含量及变化与我国著名 的锡矿区花岗岩相对比,平均含量中等,且变化较 大;与芙蓉及千里山锡矿区比较,反映出低 Sr 高 Rb,Ba 的特征(表 6)。在 Rb-Ba-Sr 图解上,除 早次贺家田单元位于正常花岗岩区附近外,其余均 落在与 W,Sn,Mo 有关的矿化花岗岩(GAD)及钠

表 6	锡田花岗岩与其他锡矿	广区 Rb,Sr,Ba 的对比	Ľ



今伊龙岩岩	Sr/1	0 ⁻⁶	Rb/10) ⁻⁶	Ba/10	资料	
占物化凶石	范围	平均	范围	平均	范围	平均	来源
锡田花岗岩	$10 \sim 173$	56.4	61~551	205.4	336.8~819.2	543.24	本文
芙蓉花岗岩 Sn<0.02%	67~103	87	$384 \sim 533$	440	301~390	345	
芙蓉花岗岩 Sn>0.1%	$260 \sim 340$	313	$72 \sim 116$	92	$14\!\sim\!235$	103	桂己白文
千里山花岗岩	7.4~121.6	47	28.1~348.5	128.5	403.6~1149.8	727	
大厂龙箱盖花岗岩	$5 \sim \! 150$	37	$5 \sim 251$	97	$208 \sim \! 1608$	859	HN [10]
云南个旧花岗岩	$160\!\sim\!400$	296			350~1033	677	

长石化和云英岩化花岗岩(AGG)区(图 6),而落入 GAD 区的岩石单元,其 W,Sn 元素含量特别高。

因此,锡田岩体的钨、锡成矿作用与花岗岩有 着密切的联系。



图 6 花岗质岩石的 Rb-Ba-Sr 图解

Fig. 6 Rb-Ba-Sr diagram of granitoids AGG-钠长石化和云英岩化花岗岩;NG-正常花岗岩;AG-异 常花岗岩;GAD-与W,Sn,Mo有关的矿化花岗岩(据文献 [15]);其他**万劳政**据

5 岩体形成的构造背景

在南岭花岗岩套中,燕山早期花岗岩类岩石大 量存在有"A型花岗岩类"(176~178 Ma)和"双峰 式火山岩"(158~179 Ma)岩石组合;湘东南地区 的玄武质岩石不仅有板内拉斑玄武岩,而且有板内 碱性玄武岩,说明该地区燕山早期的岩浆岩套是一 种典型的后造山(post-orogenic)岩石组合^{116]}。

锡田花岗岩体以二长花岗岩(部分为正长花岗 岩)为主,岩石组合、岩石主元素及微量元素地球化 学特征综合研究表明,它具有后造山花岗质岩石的 矿物一岩石学特征;在 Na₂O-K₂O 相关图解和 R₁ -R₂ 图解中(图 3),均反映该岩体花岗岩属"A 型 花岗岩类"。经研究发现,双峰式火山一侵入杂岩和 "A 型花岗岩类"及有关的碱性杂岩是软流圈上升、 岩石圈减薄和大陆地壳开始拉张裂陷的最直接证 据^[16],表明在燕山早期,该区岩石圈曾发生过伸展 裂解作用。因此可以认为,锡田岩体形成时处于一 种后造山的大陆裂解动力学构造背景。 成文过程中得到唐晓珊高级工程师的指导,谨 表示诚挚的谢意。

参考文献:

- [1]王登红,陈毓川,李华芹,等.湖南芙蓉锡矿的地质地球化 学特征及找矿意义[J].地质通报,2003,(1):50—56.
- [2]肖红全,赵葵东,蒋少涌,等.湖南东坡矿田金塘锡铋矿床
 铅同位素地球化学及成矿年龄[J].矿床地质,2003,(3):
 264—269.
- [3]毛景文,张作衡,余金杰,等.华北及邻区中生代大规模成 矿的地球动力学背景:从金属矿床年龄精测得到启示[J]. 中国科学(D辑),2003,(4):289-299.
- [4]黄革非,龚述清,蒋希伟,等.湘南骑田岭锡矿成矿规律探 讨[J].地质通报,2003,(6):445—451.
- [5]陶魁元.环太平洋中国东南大陆火山岩带独特性探讨 [A].陆志刚等.中国东南沿海火山地质与矿产文集[M]. 北京:地质出版社,1992.1-13.
- [6]李献华. 华南白垩纪岩浆活动与岩石圈伸展—— 地质年代 和地球化学制约[A]. 中国科学院地球化学研究所等. 资 源环境与可持续发展[M]. 北京:科学出版社,1999. 264— 275.
- [7]王岳军,范蔚茗,郭锋,等. 湘东南中生代花岗闪长质小岩 体的岩石地球化学特征[J]. 岩石学报,2001,17(1):169— 175.
- [8]谢窦克,商玉强.东南大陆岩石圈板块地体构造[J].中国

地质科学院南京地质矿产研究所所刊,1999,10(4):1-12.

- [9]李献华. 华南地壳增长和构造演化的年代学格架与同位素 体系制约[J]. 矿物岩石地球化学通讯,1993,(3):111— 115.
- [10]郑基俭,贾宝华.骑田岭岩体的基本特征及其与锡多金属 成矿作用关系[J].华南地质与矿产,2001,(4):50-57.
- [11]Bonin B, Azzouni-Sekkal A, Bussy F, et al. Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: petrologic constraints and geodynamic settings [J]. Lithos, 1998, 45:45-70.
- [12] 邱瑞照,周肃,常海亮,等.香花岭花岗岩稀土元素演化 [J].现代地质,2002,16(1):53-58.
- [13]李昌年.火成岩微量元素岩石学[M].武汉:中国地质大 学出版社,1992.108.
- [14]Taylor R G. 锡矿床地质学(云南地质科学研究与西南冶 金地质勘探公司情报室合译)[M]. 北京:地质出版社, 1983.488.
- [15] El Blouseily A M, EL Sokkary A A. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks [J]. Chem Geol,1975,16:207-219.
- [16]陈培荣,华仁民,章邦桐,等. 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[J]. 中国科学(D辑), 2002,32(4):280-289.

Geochemical characteristics and its tectonic setting of the Xitian tungsten-tin-bearing granite pluton

MA Tie-qiu, WANG Xian-hui, BAI Dao-yuan (Hunan Institute of Geological Survey, Xiangtan 411100, China)

Abstract: The Xitian granite pluton located in the northern margin of Nanling orogenic belt is mainly composed of monzogranite which was formed during early Yanshanian period and are characterized by high in silicon and rich in alkali with high contents of tungsten, tin, molybdenum, bismuth, copper, uranium and thorium. The Xitian granite pluton lithochemically resembles the tinbearing Qitianling and Xianghualing plutons in southern Hunan and shows excellent potential tungstentin mineralization. Geochemically, the Xitian granite pluton shows the characteristics of typical postorogenic A-type granite and might be formed in a intraplate extensional setting.

Key words: A-type granite; geochemical characteristics; post-orogenic; Xitian pluton