

南岭燕山期构造—岩浆热事件与锡田锡钨成矿

吴自成^{1,2}, 刘继顺¹, 舒国文¹, 王伟¹, 马慧英¹

(1. 中南大学 地质与环境工程学院, 长沙 410083; 2. 甘肃有色金属地质研究所, 兰州 730000)

摘要: 燕山期发生的与岩石圈减薄和构造转折有关的壳幔相互作用, 引起了地球深部能量和物质向浅部的大规模传输, 造成了南岭中生代构造—岩浆热事件, 从而为成矿作用提供了必需的热、流体、挥发组分和成矿元素, 形成了巨量金属堆积的独特地质背景。处于南岭多金属成矿带中段北缘的锡田锡钨成矿区即是在此热事件作用下, 形成了云英岩型、似伟晶岩壳型、夕卡岩型、构造蚀变岩型、石英脉型锡、钨多金属矿床。

关键词: 构造—岩浆热事件; 锡钨成矿; 燕山期; 锡田多金属矿床, 湖南省

中图分类号: P611; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)03-0201-05

0 引言

扬子板块和华夏板块从新元古代晋宁期至加里东期多次微型陆—陆碰撞造山和中生代太平洋板块向华南陆壳俯冲引发陆缘增生和陆内岩片叠复增厚、重熔, 从而形成南岭多金属成矿带不同时代、多种类型的花岗岩浆侵位和喷出活动^[1,2]。裴荣富等认为构造—岩浆热事件为金属的巨量堆积提供了良好的动力、通道和空间^[3]。本文试图通过构造—岩浆热事件对钨锡成矿的控制作用探讨锡田多金属矿的矿床成因。

1 地质概况

锡田多金属矿床位于湘东茶陵县城以东 25 km 处, 系南岭多金属成矿带北缘, 扬子板块与华夏板块接合带的东缘。

矿区出露地层主要为上古生界上泥盆统锡矿山组、余田桥组、中泥盆统棋梓桥组、跳马涧组及下石炭统岩关阶(图 1)。其中, 棋梓桥组、锡矿山组下段、余田桥组分布广泛, 主要由不纯的碳酸盐岩组成, 因受印支期—燕山期构造运动的影响, 岩石节

理、裂隙发育, 为钨锡矿床的主要赋矿层位。

矿区所处的炎陵—郴州—蓝山断裂带是湘东南重要的控岩控矿构造带, 属 I 级基底断裂, 南岭多金属成矿带中段大部分多金属矿床都位于其两侧。该断裂带为震旦纪—早古生代的同生沉积断裂, 到加里东运动时挤压形成板片仰冲带。印支期由于陆下岩石圈继续由南东向北西深俯冲, 导致南东侧震旦系—奥陶系褶皱基底进一步仰冲到晚古生代沉积盖层之上, 构成上行板片, 控制了加里东花岗岩的分布^[4]。燕山期由于同方向的 A 型俯冲作用及湘东南伸展构造的兴起, 形成伸展构造外围隆起带, 导致该带花岗岩形成多期次复式岩体。

曾昭健认为湘东南存在一明显的重力梯级带, 在香花岭、骑田岭、千里山、锡田形成局部重力低异常^[5], 这反映了隐伏岩体或构造岩浆带的存在。锡田矿集区内岩浆侵入活动频繁, 已发现大小岩体 20 余个, 出露面积达 207.6 km², 主要为燕山早期中细粒斑状黑云母花岗岩、细粒含斑黑云母花岗岩及晚期细粒斑状二云母花岗岩。此外, 区内脉岩发育, 主要受 NE 向断裂控制, 亦有呈 NW 向展布, 大部分脉岩成群成组产出, 岩性为花岗斑岩、石英斑岩、花岗细晶岩、石英正长岩、伟晶岩、闪长岩等。

区内成矿作用显著, 形成一个以锡田岩体为中心向外依次为岩体型钨—锡矿床、云英岩脉型钨—锡矿、构造蚀变带型钨—锡矿床、夕卡岩型锡—钨矿

收稿日期: 2009-05-27

作者简介: 吴自成(1972-), 男, 甘肃山丹人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事矿产勘查与矿床地质研究工作。通信地址: 湖南省长沙市中南大学校本部研南楼 403 室; 邮政编码: 410083; E-mail: zichengwu@126.com

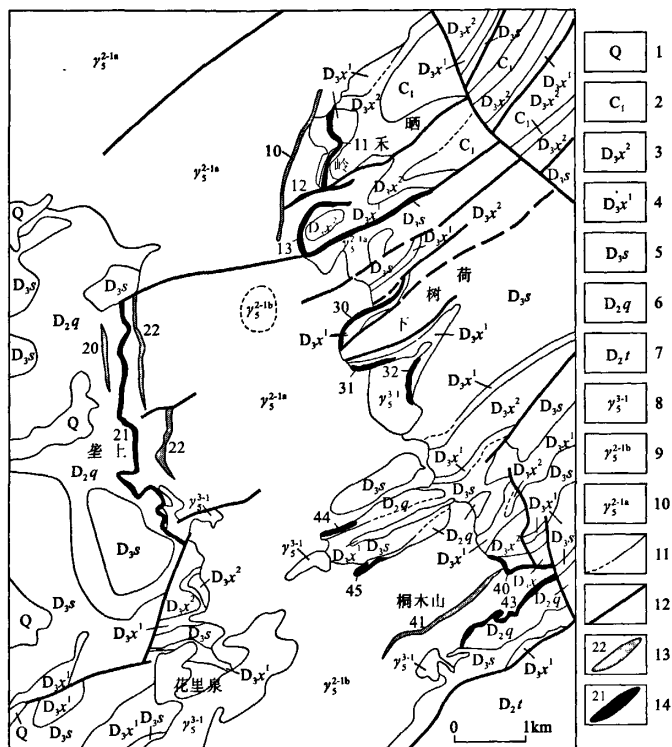


图1 锡田钨锡矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Xitian W-Sn deposit

1. 第四系 2. 下石炭统 3. 上泥盆统锡矿山组上段 4. 上泥盆统锡矿山组下段 5. 泥盆统余田桥组 6. 中泥盆统棋梓桥组 7. 中泥盆统跳马涧组 8. 燕山晚期细粒斑状二云母花岗岩 9. 燕山早期细粒含斑黑云母花岗岩 10. 燕山早期中细粒斑状黑云母二长花岗岩 11. 地质界线 12. 断层 13. 构造蚀变带—夕卡岩复合型钨锡矿脉及编号 14. 夕卡岩型钨锡矿体及编号

床、裂隙充填型锡—铅锌矿床的矿化分带^[6]。蚀变强烈,主要见有角岩化、大理岩化、夕卡岩化、钠长石化、绢云母化、白云母化、云英岩化、电气石化、帘石化、萤石化、碳酸盐化。

2 构造—岩浆热事件

从中国东部(一般指贺兰山—龙门山—一线以东直至东部沿海的我国东北、华北、华东、中南广大地区)矿床的空间分布来看,板块或古陆的边缘往往是矿床的密集分布区,因此板块边缘与边界的成矿作用已经受到了普遍重视^[7,8]。南岭成矿带中生代构造—岩浆热事件即系该地区岩石圈演化过程中各种特定地质条件综合作用的结果,而其中的关键问题是发生在中生代的大规模、突变性的构造及动力学

转折。关于中国东南部与南岭多金属成矿带有关的构造、岩浆活动及其与成矿的关系前人进行了大量的研究工作。例如,邓晋福等认为中国东南部在印支期拼合形成统一大陆后^[9],由于发生了造山岩石圈根的拆沉—去根作用,而使该区岩石圈在燕山期减薄了 50 km 以上,而这些大于 50 km 厚的岩石圈物质被软流圈物质取代所产生的化学不平衡和物理不稳定可能成为本区燕山期强烈的岩浆构造事件的深部因素。任纪舜等认为中国东部构造动力之彻底改变,即 EW 向构造格局转变为 NE-NNE 向构造是在侏罗纪末—白垩纪初(约 155~140 Ma)的中燕山运动^[10];在西太平洋古陆与亚洲大陆的挤压作用达到高潮之后,亚洲东部大陆边缘发生大规模的裂解。李文达等^[11]提出中国东南大陆岩石圈的构造环境经历了 176~150 Ma 的挤压、145 Ma 由挤压向伸展扩张的转换、125~105 Ma 的扩张增强以及 92 Ma 左右进入裂解阶段,而中生代大规模的火山—侵入作用和成矿作用主要发生在大陆伸展—地壳减薄期。李献华研究了华南花岗岩的地质年代学和地球化学^[12],发现燕山早期与燕山晚期的岩浆活动在时间、空间和成分上存在着显著的差异,而且两者之间存在着约 10 Ma 的岩浆活动间隔,这很

可能显示构造环境(由挤压向伸展)的改变,即华南岩石圈动力学在大约 146 Ma 开始的白垩纪以伸展拉伸为特征。万天丰认为在中国大陆东部的板内拉伸带发生的成矿作用是最重要的^[13]。华仁民等认为中国东部中生代成矿大爆发是该地区在特定地质背景下发生岩石圈大减薄和构造格局大转折相结合、从而导致大规模壳幔相互作用和构造圈热侵蚀事件的产物^[14]。

笔者认为,正是中生代发生与岩石圈减薄和构造转折直接有关的大规模壳幔相互作用,由此引起地球深部能量和物质向浅部的大规模传输,造成了南岭成矿带中生代构造—岩浆热事件(表现为发育大面积的燕山期花岗岩),从而为大规模成矿作用提供了必需的热、流体、挥发组分和成矿元素,形成了巨量金属堆积的独特地质背景。处于南岭多金属成

矿带中段北缘的锡田钨锡成矿区即为此热事件的受益者。

该区构造、岩浆活动强烈,发育有大量的燕山期花岗岩,主要可分为早、晚两期,其空间展布受吕梁期、晋宁期及加里东期形成基底构造的制约^[15],呈 NNW 向的哑铃状。

锡田岩体的主要造岩矿物种类和平均含量总体相近(表 1),仅结构存在一定差异^[6],与南岭地区同时代花岗岩对比,锡田岩体花岗岩中黑云母含量略偏低,其他矿物含量大致相同。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^[16,17]。锡田岩体微量元素特征也显示出该区锡、钨成矿作用与花岗岩有密切联系。成矿元素 W, Sn, Mo, Bi, Cu, Li 等丰度特别高(表 2),通常是维诺格拉多夫(1962)酸性岩平均值的 5~20 倍,特别是 W, Sn 等元素丰度在较晚次岩石中最高,如亲氧元素中的 Sn 的质量分数高出同类岩石维氏值 6~11 倍, W 在早期边缘相岩石中高出约 1 倍,而在内部相岩石中高出 28 倍,晚期岩体岩石中高出 5 倍。

表 1 锡田花岗岩化学成分及有关参数
Table 1 Chemical compositions and related parameters of the Xitian granites

岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺ , 灼失		
γ ₂ ^{1a}	73.99	0.16	13.01	0.23	2.25	0.04	0.22	1.08	2.86	5.65	0.04	0.35		
γ ₂ ^{1b}	75.52	0.07	12.06	0.54	2.28	0.08	0.20	0.62	3.23	4.45	0.01	0.93		
γ ₂ ¹	75.82	0.05	12.03	0.20	2.45	0.06	0.12	0.70	3.18	4.70	0.02	0.59		
岩性	Ap	Mt	Or	Ab	An	Qz	C	Hy	A/CNK	DI	SI	AR	σ	K ₂ O/ Na ₂ O
γ ₂ ^{1a}	0.09	0.34	33.54	24.31	5.15	31.63	0.31	4.32	1.02	89.49	1.96	4.05	2.33	1.98
γ ₂ ^{1b}	0.02	0.79	26.55	27.59	3.05	36.73	0.83	4.31	1.07	90.86	1.87	4.07	1.81	1.38
γ ₂ ¹ 0.04	0.29	27.96	27.09	3.38	35.97	0.49	4.69	1.04	91.01	1.13	4.25	1.89	1.48	

量的单位:wtB/%;资料来源:湖南省地质调查院基础所《1:25 万衡阳市幅区域地质调查报告(送审稿)》。

表 2 锡田花岗岩的微量元素组成
Table 2 Average contents for some trace elements of the Xitian granites

岩性	W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	Zn	As	Ag	Sb	Hg	Sr	Ba	V	Th	U
γ ^{1a}	2.7	25.3	7.98	0.4	293.3	47.4	66	2.3	0.029	0.4	0.017	49	221	12.5	65.5	10.6
γ ^{1b}	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
γ ¹	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
岩性	Co	Ni	Be	Ta	Nb	Zr	Hf	Rb	Cs	Cr	Sc	Cd	Ga	Li	Au	
γ ^{1a}	3.6	8.4	5.5	1.9	20.8	127	5.1	375	16.4	7.7	3.7	0.03	21.7	79	0.0010	
γ ^{1b}	3.6	10.8	18.8	14.3	38.9	96	3.7	803.7	58.2	20	6.2	0.17	25.1	382.1	0.0015	
γ ¹	3.1	10	6.3	9.6	33.1	96	3.3	819.2	63.1	22	4.3	0.04	22.5	387.2	0.0018	

量的单位:wtB/10⁻⁶;资料来源:湖南省地质调查院基础所《1:25 万衡阳市幅区域地质调查报告(送审稿)》。

2.1 燕山早期花岗岩地质特征

早期中细粒斑状黑云母二长花岗岩(γ₂^{1a})为边缘相,呈岩基产出。侵入时代(165±16)Ma^[18]。岩石呈似斑状结构,中细粒花岗结构,块状构造。斑晶为钾长石,含量 10%~15%;基质为石英(31%~35%)、钾长石(30%~40%)、斜长石(25%~30%)、黑云母(3%~9%)、磷灰石(≤0.1%)、萤石(0.2%)、锆石(<0.1%)等。常见暗色微粒包体,成分为闪长质、石英闪长质,包体中针状磷灰石发育,长宽比在 1:30~1:60 间,为镁铁质微粒包体,暗示壳幔岩浆作用强烈。

早期细粒含斑黑云母花岗岩(γ₂^{1b})为内部相,

呈小岩株产出。侵入时代(151±24)Ma^[18,19]。岩石为斑状结构,细粒花岗结构,块状构造。斑晶为钾长石,含量在 5%左右。基质由石英(28%~30%)、钾长石(28%~38%)、斜长石 25%~30%、黑云母 5%~12%、白云母≤1%、锆石 0.1%~0.2%、萤石≤0.1%组成。

2.2 燕山晚期花岗岩地质特征

晚期侵入体以细粒斑状二云母花岗岩(γ₂¹)为主,呈小岩株产出。侵入时代(114±14)Ma^[18]。岩石为斑状结构,细粒花岗结构,块状构造。斑晶钾长石含量约 10%。基质由石英(35%~40%)、钾长石(30%~36%)、斜长石(20%~25%)、黑云母(2%~

3%)、白云母(3%~5%)、帘石(0.1%)、萤石($\leq 0.1\%$)和黄玉(约2%)组成。

3 构造—岩浆热事件与成矿的关系

南岭花岗岩主体属于下地壳重熔的富Be、Li和F、高Si富K花岗岩类,被称之为典型的BELIF花岗岩^[3]。这类岩体具有高温驱动力、强大高挥发分蒸汽压力和极强渗透力,对成矿物质的传导、卸载和使之超巨量堆积起到极其重要的激发作用。此外,南岭地区与成矿有关的花岗岩含有大量的放射性物质,其 $w(U+Th)$ 一般 $\geq 80 \times 10^{-6}$,可称之为高热花岗岩(HHP)^[20]。这些都证实本区在大地构造演化过程中由于“构造圈热侵蚀”形成大规模高温、高热花岗岩侵位,从而引发成矿作用突变,造成巨量金属堆积是完全可能的。

锡田岩体作为南岭花岗岩的一部分,其位于NE向炎陵—郴州基底断裂与NW向安仁—龙南深大断裂的交汇部位(图2)。在西太平洋古陆与亚洲大陆的挤压作用形成的NE向压扭性构造严塘—小田复式向斜,被亚洲东部大陆边缘发生大规模的裂解所形成的NW向张扭性断裂所切割,诱发了大规模的岩浆侵入,形成了NW向的锡田岩体西侧为NE扬起、SW倾伏的严塘复式向斜,东侧为SW扬起、NE倾伏的小田复式向斜。同时中生代构造—岩浆热液活动频繁发生,使岩浆中和活化矿源层中的成矿物质得以大量富集,就位于张扭性裂隙构造中成矿。其模式大致为燕山早期形成的斑状花岗岩或花岗岩侵入到泥盆系灰岩或砂页岩中,花岗岩固结后产生断裂并有后期石英斑岩、花岗斑岩侵入。后期形成的成矿母岩侵入到斑状花岗岩及其围岩中,由于自变质作用或岩浆期后成矿热液作用的影响,在其顶部形成岩体型及面状云英岩型钨—锡矿,接触面内侧形成似伟晶岩壳型锡矿;在花岗岩与灰岩接触的有利部位或灰岩的层间破碎带中形成夕卡岩型锡、钨多金属矿;在成矿母岩外接触带的斑状花岗岩、花岗岩、灰岩、砂页岩的有利构造部位形成构造蚀变岩型、石英脉型锡、钨多金属矿。

4 结论

南岭地区中生代大规模的陆内造山和强烈的岩

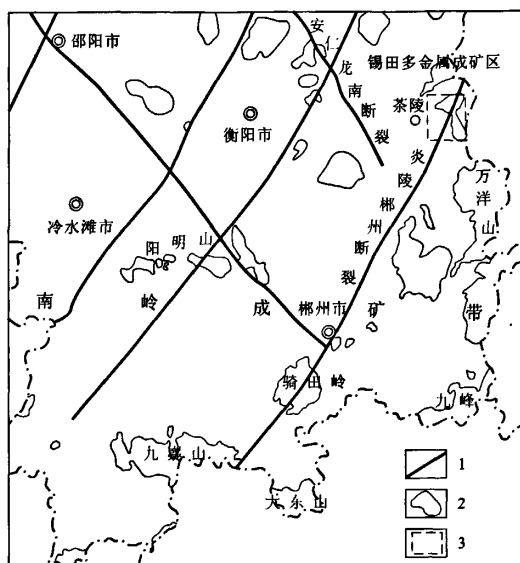


图2 构造—岩浆岩分布图

Fig. 2 Tectonic-magmatite map

1. 深大断裂 2. 岩体 3. 锡田多金属成矿区

浆活动造成“构造圈热侵蚀”,引发壳—幔馈变,从而形成南岭燕山期同熔重熔花岗岩带。该构造—岩浆热事件成为锡田爆发异常成矿的动力,当与表壳控矿构造相耦合时,激发常规成矿发生突变,促成该区巨量金量堆积,对形成锡田锡钨多金属大型矿床起到了决定性的作用。

参考文献:

- [1] 陈毓川,裴荣富. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京:地质出版社,1989:20-47.
- [2] 南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京:地质出版社,1989:57-66,285-287.
- [3] 裴荣富,邱小平,尹冰川,等. 成矿作用爆发异常与巨量金属堆积[J]. 矿床地质,1999,18(4):333-340.
- [4] 车勤建. 湘南锡多金属矿集区燕山期岩浆—流体—成矿过程研究[D]. 北京:中国地质大学,2005:12-16.
- [5] 曾昭健. 湖南有色金属矿产成矿条件与找矿前景[J]. 湖南地质,1995,16(4):154-158.
- [6] 蔡新华,贾宝华. 湖南锡田锡矿的发现及找矿潜力分析[J]. 中国地质,2006,33(5):1100-1108.
- [7] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统[C]. 北京大学地质学系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京:地震出版社,1998:769-778.
- [8] 毛景文. 浅议扬子地块周缘金矿床成矿的一些特点[J]. 矿床

- 地质, 1998, 17 (增刊): 11-14.
- [9] 邓晋福. 中国大陆根—柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [10] 任纪舜, 牛宝贵, 和政军, 等. 中国东部的构造格局和动力演化[J]. 地学研究, 1997, (第 29-30 号): 43-55.
- [11] 李文达, 毛建仁, 朱云鹤, 等. 中国东南部中生代火成岩与矿床[M]. 北京: 地震出版社, 1998.
- [12] 李献华. 华南白纪岩浆活动与岩石圈伸展[C]. 见: 中国科学院地球化学研究所. 资源环境与可持续发展. 北京: 科学出版社, 1999: 264-273.
- [13] 万天丰. 中国东部中、新生代变形构造应力场及其作用[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [14] 华仁民, 毛景文. 试论中国东部中生代成矿大爆发[J]. 矿床地质, 1999, 18 (4): 300-307.
- [15] 邓平, 舒良树, 肖旦红. 中国东南部晚中生代火成岩的基底探讨[J]. 高校地质学报, 2002, 8(2): 170-179.
- [16] Bonin B, Azzouni-Skhal 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 (in chinese with English abstract).
- [17] 马铁球, 王先辉, 柏道远. 锡田含 W, Sn 花岗岩体的地球化学特征及其形成构造背景[J]. 华南地质与矿产, 2004, (1): 11-16.
- [18] 刘国庆, 伍式崇, 杜安道, 等. 湘东锡田钨锡矿区成岩成矿时代研究[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(1): 63-71.
- [19] 马铁球, 柏道远, 邝军, 等. 湘东南茶陵地区锡田岩体锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 地质通报, 2005, 24(5): 415-419.
- [20] 毛景文, 李红艳, 宋学信. 湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 34-47.

THE RELATIONSHIP BETWEEN YANSHANIAN TECTONIC - MAGMATIC THERMAL EVENT AND TIN, TUNGSTEN MINERALIZATION AT XITIAN, NANLING AREA

WU Zi-cheng^{1, 2}, LIU Ji-shun¹, SHU Guo-wen¹, WANG Wei¹, MA Hui-ying¹

(1. School of Geoscience and Environmental Engineering Central South University, Changsha 410083, China; 2. Gansu Institute of Geological for Nonferrous Metals, Lanzhou 730000, China)

Abstract: During Yanshanian Period occurred lithospheric thinning and tectonic variation that led to crust-mantle interaction and transfer of energy and material at depth of the earth to the shallow resulting in the Mesozoic tectonic - magmatic-thermal event in Nanling metallogenic belt,. The event provided heat, fluid, volatile components and ore-forming elements and a unique geological background with huge voluminous metal accumulation. Under the background greisen, pegmatitic shell, skarn, altered cataclastic rock and quartz vein types of Sn-W polymetallic deposits are formed in Xitian Sn-W ore district at the north margin of the middle of Nanling polymetallic metallogenic belt

Key Words: tectonic-magmatic thermal event; tin-tungsten mineralization; Yanshanian Period; Hunan Province