

Relationship between Yanshanian Granites and Multi-Metal Mineralization of Tungsten in South China

Zhenming He*, Yuanyuan Jiang, Teng Liu, Yongjing Qin, Xi'an Liao, Li Jiang

College of Earth Science, East China Institute of Technology, Nanchang Jiangxi
Email: 334068054@qq.com

Received: Nov. 6th, 2015; accepted: Nov. 20th, 2015; published: Nov. 26th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Yanshanian granites, which are not only closely related to the multi-phase and multi-stage tectonic event in southern China, but also the leading factor in the large-scale multi-metal mineralization of tungsten in the region, are the main components of the South China granites. There is a good relationship between the Yanshanian granites and multi-metal mineralization of tungsten in time and space, and also complex genetic relation. Based on previous research results, this paper summarizes the basic characteristics and temporal and spatial distribution of Yanshanian granites and tungsten-polymetallic deposits, and discusses the coupling relationship between Yanshanian granite and tungsten polymetal minerogenic in Southern China, which indicates that the activity of Yanshanian granite magma activity not only provides abundant source of thermal power for multi-metal mineralization of tungsten, but also guarantees the rich ore forming material. The diagenesis and metallization in most of the mining areas work almost at the same time, and occur in 160 - 150 Ma, which is the peak of multi-metal mineralization of tungsten-tin in Southern China.

Keywords

Tungsten Mineralization, Yanshanian Granites, South China

华南燕山期花岗岩与钨多金属成矿关系初探

何珍明*, 江媛媛, 刘 腾, 覃泳菁, 廖希安, 江 丽

*通讯作者。

东华理工大学地球科学学院, 江西 南昌
Email: 334068054@qq.com

收稿日期: 2015年11月6日; 录用日期: 2015年11月20日; 发布日期: 2015年11月26日

摘 要

燕山期花岗岩是华南花岗岩的重要组成部分, 其不仅与华南多期多阶段的构造运动密切相关, 同时也是引起区内钨多金属大规模成矿作用的主导因素。华南燕山期花岗岩与钨多金属成矿既有良好的时空关系, 也有复杂的成因联系。本文根据前人的研究成果, 总结华南地区燕山期花岗岩和钨锡等多金属成矿的基本特征及时空分布规律, 探讨华南燕山期花岗岩及其与钨多金属成矿之间的耦合关系, 认为: 燕山期花岗岩浆活动不仅为钨多金属成矿提供充足的热动力来源, 也保证了丰富的成矿物质基础, 多数矿区的成岩与成矿作用近乎同时进行, 且集中发生于160~150 Ma, 是华南钨锡多金属成矿的高峰期。

关键词

钨成矿作用, 燕山期花岗岩, 华南

1. 引言

华南大地构造位置属滨太平洋构造域与特提斯洋构造域的交汇部位, 其范围主要包括扬子地块、华夏地块及两者之间的加里东褶皱带, 以及毗邻海域在内的整个中国南方大陆[1] [2]。晚古生代以来, 华南地区主要受特提斯构造域和滨太平洋构造域的影响, 尤其是早中生代以来的构造-岩浆作用的影响[1], 引起了大规模的岩石圈伸展减薄事件代替了碰撞造山运动[3] [4], 并由此引发了大规模的花岗岩浆活动和爆发性的成矿事件[1], 形成了我国华南地区钨锡铋钼等稀有多金属的大规模成矿作用。

前人对华南燕山期花岗岩的研究由来已久, 主要对其时空分布、成因类型、岩石地球化学特征、演化规律及其与钨多金属成矿相关性等方面进行了大量的研究, 并取得了丰硕的成果。华南地区分布的花岗岩类从东安期至燕山期均有, 其中以燕山期花岗岩类的分布最为广泛[5]。华南地区钨多金属大规模成矿与该地区大规模的燕山期花岗岩浆活动及其演化有密切关系[5] [6], 钨成矿与花岗岩作用有关已是不争的事实[7]-[9]。本文旨在前人研究的基础上, 依托华南燕山期构造活动事件的大背景, 总结华南地区燕山期花岗岩和钨锡等多金属成矿的基本特征及时空分布规律, 同时以赣南地区燕山期花岗岩与相关钨多金属矿床为例, 探讨华南燕山期花岗岩及其与钨多金属成矿之间的耦合关系, 以达成相关共识。

2. 华南燕山期花岗岩概况

晚中生代时期发生的强烈的燕山运动是在华南板块形成后的背景上发生的[4] [10], 是华南地区的一次重大构造-岩浆热事件, 从此, 在华南地区形成了强度最大、分布最广的燕山期花岗岩, 其形成被认为是与晚中生代活动陆缘伸展增生造山作用有关[4]。燕山运动具有特殊性, 在性质上被认为以块断运动为主, 而在空间上具有从内陆向沿海, 岩浆活动时间逐渐变年轻, 活动强度逐渐增加, 不同构造方向(NE、EW 或 SW、NW)的短带状交织组成网格状的构造-岩浆带[11]。它们与华南前中生代的区域构造, 既有继承又有叠加切割等多样复杂的关系。中生代花岗岩的这种构造分布特点, 对它们的岩体地质特征有着重大影响[12]。

本文根据前人大量的研究工作及花岗岩的岩性特征、测年数据等, 将华南燕山期花岗岩分为燕山早

期花岗岩(200 Ma~135 Ma)和燕山晚期花岗岩(135 Ma~65 Ma)两类[11]-[13]。

燕山早期花岗岩主体呈北东向分布于湘、粤、赣、闽等地区,而分布于南岭地区的花岗岩则呈东西向分布,具壳源类型特征[11]。在岩性上,华南燕山早期花岗岩主体为中深成似斑状中细粒黑云母花岗岩、二长花岗岩,属铝过饱和花岗岩类[14]-[16]。燕山早期花岗岩的同位素组成变化较大,绝大部分花岗岩与区内中元古代变质沉积岩具相似的同位素组成,表明华南燕山早期花岗岩的形成主要与区内中元古代变质沉积岩的部分熔融有关。而少数燕山早期花岗岩体具有较高的 $\varepsilon(\text{Nd}, t)$ 值和(-0.1~-6.4)和较小的Nd值(1043~1525 Ma),反映这些燕山早期花岗岩的源区含较多成分的地幔物质,如产于赣东北断裂带内的德兴花岗闪长斑岩[11]。

燕山晚期花岗岩主要分布于鄂南、皖南、湘北及江浙的长江中下游地区和粤、闽、浙的沿海区域,沿海地区的花岗岩主体呈北东向展布,长江中下游地区花岗岩呈北东东向展布,该时期花岗岩岩性主要为准铝和弱过铝质钙碱性,且与同源同时代的火山岩相伴产出,构成花岗质火山侵入杂岩带[10]。据孙涛(2006) [13]知,区内出露约2倍于花岗岩面积的同时期流纹质岩石,因此认为本期岩浆活动更强烈于燕山早期。

燕山晚期花岗岩岩性总体表现为深源浅成、超浅成的次火山岩、斑岩、细粒似斑状花岗岩,偏基性,富含氟等挥发分[14]。与燕山早期花岗岩相比,它们具有更高的 $\varepsilon(\text{Nd}, t)$ 值和更年轻的Nd模式年龄,表明燕山晚期花岗岩在侵入形成的过程中,带入更多的地幔物质[11]。

3. 钨等多金属矿的时空分布特征

华南地区是世界重要的钨锡等多金属矿集区。对于华南燕山期成矿时限,毛景文等(2004) [1]认为,华南钨锡多金属成矿作用主要集中在170~150 Ma、140~125 Ma及110~80 Ma这3个时段,响应了太平洋板块俯冲于华南板块之下引起的多期多阶段弧后岩石圈伸展事件[1]。付建明等(2013) [17]指出,南岭燕山期钨锡多金属矿床的形成时限主要为160~150 Ma、140~130 Ma和100~90 Ma。其中,160~150 Ma期间是区内成矿高峰期,成矿尤为强烈集中。

对于华南地区的W矿床而言(图1),其主要分布于南岭地区,尤其是南岭中东段[16],诸如:湘南地区的香花铺、新田岭、黄沙坪、柿竹园、瑶岗仙、大坳等矿区,主要形成白钨矿;赣南地区的西华山、淘溪坑、柯树岭、漂塘、茅坪、大吉山、牛岭、洪水寨、樟斗、左拔、九龙脑、樟东坑等矿区,以及粤北的石人嶂、南山、红岭、师姑山、棉土窝、禾尚田、瑶岭等矿区,则为石英脉型钨矿床。此外,还有部分钨多金属矿床零星分布于南岭以外的其它地区,如赣西北的浒坑钨矿;粤东的长埔锡矿等。南岭地区的大部分钨锡矿床往往共生出现,但不同区域不同矿床钨锡含量差异明显,总体表现出西锡东钨的格局[18],且部分产于南岭中部的钨锡矿床中,常常含有一定量的Mo、Bi等金属[16]。

据华南地区大量钨矿床的形成时代统计结果显示(表1),钨多金属矿床的主成矿时限为160~150 Ma。如:粤北红岭钨矿(159.1 ± 1.5 Ma) [19],师姑山钨矿(154.2 ± 2.7 Ma)、石人嶂钨矿(159.1 ± 2.2 Ma) [20],禾尚田钨矿(158.91 ± 0.96 Ma) [17],闽北上房钨矿($159.4 \pm 0.9 \sim 149.9 \pm 1.4$ Ma) [21],湘南新田岭钨矿(159.1 ± 2.6 Ma) [22],赣南九龙脑钨矿(151.5 ± 1.1 Ma)、樟东坑钨矿(151.3 ± 1.7 Ma) [23],牛岭钨矿($154.9 \pm 4.1 \sim 154.6 \pm 9.7$ Ma) [24],漂塘钨矿(152.1 ± 1.9 Ma) [25],赣西浒坑钨矿(150.2 ± 2.2 Ma) [26]等。局部地区钨矿床形成时代小于100 Ma,如桂西北的大明山钨矿床(97.10 ± 0.86 Ma) (杨锋等, 2011) [27]。南岭地区钨成矿存在多期多阶段的特征,如湘南柿竹园2期钨矿化分别发生在(154.7 ± 2.5 Ma) [16]和134 Ma [28],而樟斗钨矿则只有1期,其矿化时代为147~144 Ma [24]。总体上,从西至东,华南地区钨多金属矿床的形成时代具有逐渐变年轻的趋势。

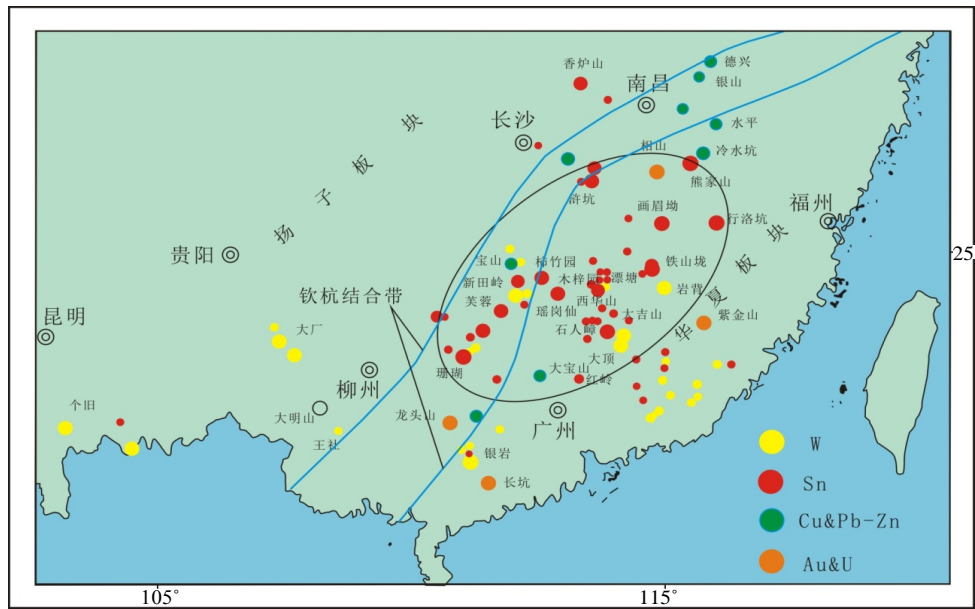


Figure 1. Distribution map of tungsten tin-polymetallic ore deposit in South China (Mao Jingwen, et al., 2008, Change)

图 1. 华南地区钨锡多金属矿床分布图(毛景文等, 2008, 改)

Table 1. List of the metallogenic epoch of tungsten polymetallic deposits in south China

表 1. 华南地区钨多金属矿床成矿时代统计

产地	矿床名称	成因类型	测试方法	成矿时代(Ma)	资料来源
	红岭	石英脉黑钨	辉钨矿 Re-Os	159.1 ± 1.5	王小飞等, 2010
粤北	师姑山	石英脉型钨铋矿	辉钨矿 Re-Os	154.2 ± 2.7	付建明等, 2008
	石人嶂	石英脉型钨铋矿	辉钨矿 Re-Os	159.1 ± 2.2	
	禾尚田	(云英岩)-石英脉型黑钨	白云母 Ar-Ar	158.9 ± 0.96	付建明等, 2013
闽北	上房	矽卡岩型白钨矿	辉钨矿 Re-Os	159.4 ± 0.9~149.9 ± 1.4	陈润生等, 2013
湘南	新田岭	矽卡岩型	辉钨矿 Re-Os	159.1 ± 2.6	袁顺达等, 2012
	柿竹园	矽卡岩型-云英岩型钨锡矿	白云母 Ar-Ar	134.0 ± 1.6	毛景文等, 1998
赣西	浒坑	石英脉型	辉钨矿 Re-Os	154.74 ± 2.5	李晓峰等, 2008
	淘溪坑	石英脉型	辉钨矿 Re-Os	150.2 ± 2.2	刘珺等, 2008b
	柯树岭	石英脉型	白云母 Ar-Ar	154.4 ± 3.8	陈郑辉等, 2006
	漂塘	石英脉型	白云母 Ar-Ar	158.8 ± 1.2	刘善宝等, 2008
赣南	大吉山	石英脉型	白云母 Ar-Ar	152.1 ± 1.9	张文兰等, 2009
	牛岭	石英脉型	白云母 Ar-Ar	147	张文兰等, 2006
	洪水寨	石英脉型	辉钨矿 Re-Os	154.9 ± 4.1~154.6 ± 9.7	丰成友等, 2007
	木梓园	云英岩型钨矿	辉钨矿 Re-Os	156.3 ± 1.3	丰成友等, 2011
	樟斗	石英脉型	辉钨矿 Re-Os	151.1 ± 8.5	张文兰等, 2009
	樟东坑	石英脉型	辉钨矿 Re-Os	149.1 ± 7.1	丰成友等, 2007
桂西北	九龙脑	内带石英脉型钨矿	辉钨矿 Re-Os	151.5 ± 1.1	丰成友等, 2011
	樟东坑	外带石英脉型钨矿	辉钨矿 Re-Os	151.3 ± 1.7	丰成友等, 2011
	大明山	石英脉型	白云母 Ar-Ar	97.10 ± 0.86	杨锋等, 2011

4. 赣南地区花岗岩与钨多金属成矿关系

赣南地区与钨成矿密切相关的岩体主要为燕山期小岩体花岗岩[29],代表性的岩体为:西华山复式岩体、漂塘岩体、大吉山岩体、九龙脑岩体等。这些花岗岩体具有较一致的岩性特征,均表现出高硅、富碱、铝质或过铝质、强烈的Eu负异常等,属高位侵入、高度演化的花岗岩[15][29]-[32]。但在成因类型上,这些岩体却有所差异,西华山复式花岗岩体[30]、大吉山岩体及漂塘岩体[31][32],均为典型的S型花岗岩,九龙脑花岗岩体则表现出A型花岗岩的特征[29]。

在花岗岩与钨成矿的空间关系上,由岩体向外接触带均有钨矿体的分布,就目前研究的结果,成矿类型主要为岩体内部的云英岩化岩体型、石英脉型及外带变质围岩中的石英脉型。成矿模式既有“五层楼”型,亦有“五层楼+地下室”或“上脉下体”型,前者如木梓园钨矿,后者如茅坪钨矿[33]、樟东坑钨矿等,一般的,“上脉下体”型钨矿床表现出上部为石英脉型,下部为云英岩化岩体型,岩体的岩凸部位是良好的云英岩矿化部位,可能是由于该部位聚集了大量的高温岩浆气液与花岗岩发生交代作用,促进了成矿元素的交代、富集、沉淀,而上部的石英脉型黑钨矿的形成主要是由于岩浆期后热液沿构造裂隙通道灌入,由于温压条件的改变,导致钨等元素的沉淀富集,从而形成石英脉型钨矿。

从岩体与钨成矿的时代关系上(表1、表2),漂塘石英脉型钨矿(152.1 ± 1.9 Ma)与其相关的花岗岩体(161.8 ± 1 Ma)[25],大吉山石英脉型钨成矿(147 Ma)与相关岩体(151.7 ± 1.6 Ma)[34]在形成时代上相差10 Ma左右;淘锡坑石英脉型黑钨矿(154.4 ± 3.8 Ma)[35]和与其成矿相关的黑云母花岗岩体(158.7 ± 3.9 Ma)[36]在形成时代上基本一致;洪水寨钨成矿(156.3 ± 1.3 Ma)和与其相关岩体(155.8 ± 1.2 Ma)[37]在形成年龄上基本一致;九龙脑石英脉型钨矿(151.5 ± 1.1 Ma)[23]和与其相关的岩体(155.8 ± 1.2 Ma)[37],木梓园钨成矿(151.1 ± 8.5 Ma)[25],和与其成矿相关的岩体(155.8 ± 1.2 Ma)[37]在形成时代上相差在5 Ma以内;张天堂岩体(156.9 ± 1.7 Ma)和与之相关的摇篮寨岩体型钨矿(155.8 ± 2.8 Ma)形成年代相近,红桃岭岩体(151.4 ± 3.1 Ma)与周缘的樟斗钨矿(149.1 ± 7.1 Ma)[24]的形成时代在误差范围内基本一致。根据赣南多数钨矿床已有的年代学研究结果表明,该区成岩与成矿作用近乎同时进行,成岩作用相对成矿作用略早,但时差一般在10 Ma以内,且成矿作用主要发生于160~150 Ma之间,即两者主要发生于燕山早期晚阶段,与华仁民等(2010)[6]提出的“160~150 Ma为华南地区中生代大规模成岩成矿作用高峰期”观点相符,表明了华南地区大规模钨多金属成矿作用与该区燕山早期花岗岩的密切成因关系。

Table 2. The statistics of diagenetic age of granite about polymetal minerogenic of tungsten in south Jiangxi
表 2. 赣南地区与钨多金属成矿有关花岗岩年龄统计

产地	矿床名称	岩石名称	测试方法	同位素年龄	资料来源
	淘锡坑	中粒似斑状黑云母花岗岩	锆石 SHRIMP U-Pb	158.7 ± 3.9	郭春丽等, 2007
	漂塘	花岗岩	锆石 U-Pb	161.8 ± 1	张文兰等, 2009
	茅坪	花岗岩		$150.8 \pm 1.8 \sim 167 \pm 5$	曾载淋等, 2009
	大吉山	细粒白云母花岗岩	锆石 U-Pb	151.7 ± 1.6	张文兰等, 2006
赣南	摇篮寨	张天堂似斑状花岗岩	锆石 SHRIMP U-Pb	156.9 ± 1.7	丰成友等, 2007
	洪水寨	九龙脑花岗岩体	锆石 U-Pb	155.8 ± 1.2	丰成友等, 2011
	木梓园	花岗岩	锆石 U-Pb	153.3 ± 1.9	张文兰等, 2009
	天门山	红桃岭黑云母花岗岩	锆石 SHRIMP U-Pb	151.4 ± 3.1	丰成友等, 2007
	九龙脑	九龙脑花岗岩	锆石 SHRIMP U-Pb	155.8 ± 1.2	丰成友等, 2011

在花岗岩与钨多金属成矿的成因联系上,花岗岩可以为区内的成矿提供物源、热动力和成矿流体等,且形成的矿床具有多期多阶段的叠加富集成矿特征。如淘溪坑钨矿[38]、茅坪钨矿[39]等的形成,是燕山期岩浆多阶段叠加改造作用的产物,其矿质部分来源于早期形成的富含矿质元素的燕山期花岗岩,其形成不仅受到岩浆本身热动力的影响,还受岩浆期后流体的作用。

此外,在赣南之外的粤北地区,发现燕山期花岗岩具有直接成矿的特征,即花岗岩中成矿元素丰度极高,可以直接成为矿床,一般由含高丰度成矿元素的地层部分熔融形成的花岗岩形成。如师姑山、石人嶂、梅子窝和瑶岭等燕山期钨成矿花岗岩[40],有力的证实了华南地区燕山期花岗岩可直接形成钨矿床。

5. 结论

燕山期作为华南大规模成矿作用的重要时期,形成了该区重大的与岩浆作用有关的钨锡等内生金属矿床。在成矿过程中,燕山期花岗岩浆活动不仅提供充足的热动力来源,也保证了丰富的成矿物质基础,矿体不仅产于内接触带的花岗岩体中,也赋存在外接触带的变质围岩中,多数矿区的成岩与成矿作用近乎同时进行,且集中发生于 160~150 Ma,但成矿略晚于成岩年龄。燕山运动造就了华南地区广泛而强烈的花岗岩浆作用以及该时期花岗岩中高丰度的钨锡等稀有金属元素含量,可能是华南钨锡等多金属大规模成矿的重要因素。因此,在研究、勘探华南钨锡等多金属矿床的过程中,必须重视对与矿床有关的燕山期花岗岩的研究,尤其要充分认识燕山期花岗岩构造侵位、演化机制对钨锡成矿作用可能具有的重大影响,相信通过广大学者不断深入的研究,必将促进我们对华南燕山期花岗岩的成因演化、钨锡等多金属成矿机制及两者之间的耦合关系有更深入全面的认识,也将使华南大地的探矿找矿取得新突破。

致 谢

本文在编写过程中,得到了王勇教授的指导,采用了部分学者已发布的数据,在此一并感谢!

参考文献 (References)

- [1] 毛景文, 谢桂青, 李晓峰. 华南地区中生代大规模成矿作用与岩石圈多阶段伸展[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 45-55.
- [2] 黄卉, 蔡杨. 华南燕山期花岗岩的物质来源初步研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(S1): 1093-1094.
- [3] 张岳桥, 董树文, 李建华. 华南中生代大地构造研究新进展[J]. 地球学报, 2012, 33(3): 257-279.
- [4] 周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 556-565.
- [5] 华仁民, 张文兰, 陈培荣. 初论华南加里东花岗岩与大规模成矿作用的关系[J]. 高校地质学报, 2013, 19(1): 1-10.
- [6] 华仁民, 李光来, 张文兰. 华南钨和锡大规模成矿作用的差异及其原因初探[J]. 矿床地质, 2010, 29(1): 9-23.
- [7] 华仁民, 王登红. 关于花岗岩与成矿作用若干基本概念的再认识[J]. 矿床地质, 2002(3): 65-75.
- [8] Khin Zaw, U. (1984) Geology and Geochemistry of Vein-Type W-Sn Deposits at Pennaichaung and Yetkantzintung Prospects, Tavoy Township, Tennasserim Division, Southern Burma. *Mineralium Deposita*, **19**, 138-144.
- [9] Dolníček, Z., René, M., Prochaska, W. and Kovář, M. (2012) Fluid Evolution of the Hub Stock, Horní Slavkov-Krásno Sn-W Ore District, Bohemian Massif, Czech Republic. *Mineralium Deposita*, **47**, 821-833. <http://dx.doi.org/10.1007/s00126-012-0400-0>
- [10] 王德滋. 华南花岗岩研究的回顾与展望[J]. 高校地质学报, 2004, 10(3): 305-314.
- [11] 王德滋, 沈渭洲. 中国东南部花岗岩成因与地壳演化[J]. 地学前缘(中国地质大学,北京), 2003, 10(3): 209-220.
- [12] 朱春林, 龙斌. 华南花岗岩类的演化特征[J]. 大地构造与成矿学, 1997, 21(2): 181-188.
- [13] 孙涛. 新编华南花岗岩分布图及其说明[J]. 地质通报, 2006, 25(3): 332-336.
- [14] 郭春丽. 赣南崇义-上犹地区与成矿有关中生代花岗岩类的研究及对南岭地区中生代成矿花岗岩的探讨[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2010.
- [15] 刘家远. 西华山钨矿的花岗岩组成及与成矿的关系[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(1): 1-6.

- [16] 李晓峰, Yasushi, W., 华仁民. 华南地区中生代 Cu-(Mo)-W-Sn 矿床成矿作用与洋岭/转换断层俯冲[J]. 地质学报, 2008, 82(5): 625-640.
- [17] 付建明, 李华芹, 马丽艳. 粤北乐昌市和尚田钨锡多金属矿成矿时代及其地质意义[J]. 地质学报, 2013, 87(9): 1349-1358.
- [18] 杨帅. 南岭地区钨锡矿床分布规律及成矿预测[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2006.
- [19] 王小飞, 戚华文, 胡瑞忠. 粤北红岭钨矿中辉钼矿 Re-Os 同位素年代学及其地质意义[J]. 矿床地质, 2010, 29(3): 415-426.
- [20] 付建明, 李华芹, 屈文俊. 粤北始兴地区石英脉型钨矿成矿时代的确定及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(1): 57-62.
- [21] 陈润生, 李建威, 曹康. 闽北上房钨矿床锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 中国地质大学(地球科学), 2013, 38(2): 289-304.
- [22] 袁顺达, 张东亮, 双燕. 湘南新田岭大型钨钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测年及其地质意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(1): 27-38.
- [23] 丰成友, 黄凡, 屈文俊. 赣南九龙脑矿田东南部不同类型钨矿的辉钼矿 Re-Os 年龄及地质意义[J]. 中国钨业, 2011, 26(4): 6-11.
- [24] 丰成友, 许建祥, 曾载淋. 赣南天门山-红桃岭钨锡矿田成岩成矿时代精细测定及其地质意义[J]. 地质学报, 2007, 81(7): 952-963.
- [25] 张文兰, 华仁民, 王汝成. 赣南漂塘钨矿花岗岩成岩年龄与成矿年龄的精确测定[J]. 地质学报, 2009, 83(5): 659-670.
- [26] 刘珺, 叶会寿, 谢桂青. 江西省武功山地区浒坑钨矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2008, 82(11): 1573-1580.
- [27] 杨锋, 冯佐海, 康志强. 广西中部大明山钨矿白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年及其地质意义[J]. 地质通报, 2011, 30(9): 1429-1433.
- [28] 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.
- [29] 赵希林, 刘凯, 毛建仁. 华南燕山早期晚阶段两类花岗质岩体与成矿作用, 以赣南-闽西南地区为例[J]. 中国地质, 2012, 39(4): 871-886.
- [30] 肖剑, 王勇, 洪应龙. 西华山钨矿花岗岩地球化学特征及与钨成矿的关系[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2009, 32(1): 22-31.
- [31] 华仁民, 张文兰, 陈培荣. 赣南大吉山与漂塘花岗岩及有关成矿作用特征对比[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 609-619.
- [32] 蒋国豪, 胡瑞忠, 谢桂青. 大吉山花岗岩体黑云母地球化学特征及其成岩成矿意义[J]. 矿物岩石, 2005, 25(5): 58-61.
- [33] 曾载淋, 张永忠, 朱祥培. 赣南崇义地区茅坪钨锡矿床铷-锶同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3): 209-214.
- [34] 张文兰, 华仁民, 王汝成. 赣南大吉山花岗岩成岩与钨矿成矿年龄的研究[J]. 地质学报, 2006, 80(7): 956-962.
- [35] 陈郑辉, 王登红, 屈文俊. 赣南崇义地区淘锡坑钨矿的地质特征与成矿时代[J]. 地质通报, 2006, 25(4): 496-501.
- [36] 郭春丽, 王登红, 陈毓川. 赣南中生代淘锡坑钨矿区花岗岩锆石 SHRIMP 年龄及石英脉 Rb-Sr 年龄测定[J]. 矿床地质, 2007, 26(4): 432-442.
- [37] 丰成友, 黄凡, 曾载淋. 赣南九龙脑岩体及洪水寨云英岩型钨矿年代学[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(1): 111-121.
- [38] 黑欢. 赣南地区淘锡坑钨矿床地质特征及成矿作用研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2012.
- [39] 王定生, 陆思明, 胡本语. 江西茅坪钨锡矿床地质特征及成矿模式[J]. 中国钨业, 2011, 26(2): 6-11.
- [40] 姚正红. 广东始兴南山地区燕山期花岗岩与钨锡多金属矿成矿关系[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2011.