

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2014.04.006

南岭地区成钨、成锡花岗岩组合的几个判别标志

程顺波, 付建明, 马丽艳, 卢友月

CHENG Shun-Bo, FU Jian-Ming, MA Li-Yan, LU You-Yue

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 中国地质调查局花岗岩成矿研究中心, 武汉 430205)

(Wuhan Center & Research Center of Granitic Diagenesis and Mineralization, Chinese Geological Survey, Wuhan 430205, China)

摘要: 南岭地区钨锡多金属成矿作用和区内中酸性 - 酸性花岗岩有着密切的成因联系。利用已发表的和野外收集的地质资料, 本文尝试对区内成钨锡花岗岩组合(包括与钨锡矿相关的含钨锡花岗岩和成钨锡花岗岩)进行宏观地质判别。判别过程采用循序渐进的方式, 首先将成钨锡花岗岩组合与不成矿花岗岩相区别, 然后将含锡花岗岩和含钨花岗岩互相区别开来。相对于不成矿花岗岩, 成钨锡花岗岩组合通常具有 W、Sn、F、B 化探组合异常、多期多阶段演化特点、适度的构造叠加(即存在明显的热液活动)等共同特点, 且三者缺一不可。不成矿花岗岩一般具有 W、Sn、F、B 化探组合为背景值, 岩性单一, 少见晚期岩株、岩脉(演化不充分)及蚀变的特征。在野外地质工作中, 含锡花岗岩一般为花岗闪长岩—二长花岗岩—二云母花岗岩岩性组合。基性端元以普遍发育暗色微粒包体、常见角闪石、含较多的黑云母为鉴别特征。酸性端元中可以含有少量白云母。而含钨花岗岩以黑云母—二长花岗岩—二云母花岗岩—白云母花岗岩岩性组合为主, 常见含 B 矿物电气石, 基性端元少见或不见角闪石、含较少的黑云母, 仅见变质岩、围岩捕掳体和黑云母团块, 酸性端元白云母含量较高等组合特征可以与含锡花岗岩相区别。

关键词: 成锡花岗岩组合; 成钨花岗岩组合; 判别标志; 野外地质特征; 南岭地区

中图分类号: P618.44; P618.67

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2014)04-352-09

Cheng S B, Fu J M, Ma L Y and Lu Y Y. Some discrimination criterions of W/Sn mineralization related granitoids in Nanling Range. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2014, 30(4): 352–360.

Abstract: Most tungsten–tin polymetallic deposits are undoubtedly coexist with intermediate–acid granitoids in Nanling Range, South China. This paper focus on the field identifications of granitoids related to W/Sn mineralization. In the discrimination process, granitoids related to W/Sn mineralization are firstly differentiated from those unmineralized, and further divided into W series and Sn series from each other. Compared to those unmineralized granitoids, the majority of mineralized granitoids have positive W, Sn, F, B geochemical anomaly, multiple lithologies and appropriate tectonic superposition (or hydrothermal alteration). Granitoids unmineralized can be easily identified by W, Sn, F, B background contents, simple lithology, lackness of late granitic stocks/veins and alterations. In field exploration, Sn series are easily indentified by granodiorite–monzogranite–two–mica granite lithologies, widespread MME and hornblend in basic end member with higher biotite content (4–6 wt% or higher), and low muscovite content (< 1 wt%) in acid end member. While W series can be differed from Sn series by sev–

收稿日期: 2014-4-21; 修回日期: 2014-9-30.

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212011085356、12120114020701 和 12120114084501)资助。

第一作者: 程顺波(1983—), 男, 助理研究员, 从事矿床学和地球化学研究, E-mail: chsb2007@qq.com.

eral other features such as monzogranite–two mica granite–muscovite granite lithologies, biotite nodule, meta–sedimentary and hostrock enclave commonly seen in basic end member with lower biotite content(2–4 wt%) and little hornblend, and identical disseminated tourmaline and high muscovite content (1–2 wt%) in acid members.

Keywords: W mineralization related granitoids; Sn mineralization related granitoids; discrimination criterions; field observation; Nanling Range

1 引言

南岭地区是世界著名的钨锡产地之一,产有西华山、大吉山、锯板坑、黄沙、柿竹园、香花岭、大厂、栗木等一大批大型或超大型钨锡多金属矿床。野外地质事实和室内研究证明,钨锡矿床与花岗岩在成因上密切联系、空间上紧密共生,是后者成岩演化末期的产物^[1–3]。在湖南地勘局系统中,至今还流行“燕山期成矿、小岩体成矿以及接触带控矿”的勘查思想。1999年国土资源大调查以来,钨锡矿产勘查相继在骑田岭、大义山、都庞岭、锡田、越城岭、彭公庙等岩基中取得突破,其找矿思路也是遵循钨锡矿产与花岗岩密切共生这一原则。

虽然南岭地区含钨锡花岗岩星罗棋布,比比皆是,但是找矿实践发现只有那些具有某些特征的含钨锡花岗岩才能演化成为成钨锡花岗岩。所以,总结含钨锡花岗岩和成钨锡花岗岩(这里将与钨锡矿相关的含钨锡花岗岩以及成钨锡花岗岩作为一个整体,统称为成钨锡花岗岩组合)的特征和相关共生、演化规律,建立相关成矿性评价标志对于找寻新矿床、扩大矿区远景都有着重要的意义。

针对成钨锡花岗岩,国内诸多学者曾从岩石学、矿物学、地球化学、同位素、流体包裹体等方面进行了深入研究,提出了许多有效的判别标志^[4–18]。但是研究人员和一线地质工作者在工作方法和技术手段上存在较大的差异,导致这些判别标志在钨锡矿产勘查中不同程度的遇到一些困难。众所周知,勘查同行更多的采用物化探方法、大比例尺地质填图(包括花岗岩、蚀变和构造)和匹配山地工程的方法进行钨锡矿产调查工作。基于这点,本文在归纳总结成钨锡花岗岩组合判别标志的时候,尽量收集宏观地质信息,希望能为一线地质勘查提供些许帮助。

在进行判别之前,有必要对成锡花岗岩组合和

成钨花岗岩组合做些简单的界定。本稿中,将矿化类型以锡为主或者为钨锡共生的花岗岩组合归入成锡花岗岩组合,将以钨为主的花岗岩组合归入成钨花岗岩组合。

2 成锡、成钨花岗岩组合的时空分布特征

成钨锡花岗岩组合在南岭地区广泛分布,成岩时代可以从晋宁期、加里东期、一直到印支期和燕山期,其中燕山期是其成岩爆发期。

晋宁期主要形成成锡花岗岩组合。它局限分布于桂北隆起区,即带状的“江南古陆”内^[19]。岩性以黑云母二长花岗岩为主,代表性的岩体有三防、元宝山、清明山、平英和田朋岩体,相关矿床包括一洞、五地、九毛、六秀等多个大中型钨多金属矿床。近年的高精度的锆石 U–Pb 测年表明,这些花岗岩均形成于 820~825 Ma 左右^[20]。

加里东期花岗岩在区内广泛出露,其分布面积仅次于燕山期花岗岩,但是区内是否存在加里东期钨锡成矿作用是一个长期争论的问题。徐克勤等(1963)^[21]认为加里东期花岗岩岩体本身及其外围均无钨锡矿的存在。陈毓川等(1995)^[22]曾注意到加里东期花岗岩可能与成矿作用有关。最近的测年工作在湘南彭公庙岩体南部张家垄和桂东北越城岭岩体西南部牛塘界等中型钨多金属矿床中报道出了加里东期成矿作用,其中张家垄矿区含矿细晶岩脉的形成时间为 426.5 Ma^[23],牛塘界矿区含矿矽卡岩的形成时间为 421 Ma^[24]。这直接说明南岭地区存在加里东期成钨花岗岩组合,后者可能是区内钨锡勘查思路的一个重要突破。

蔡明海等(2006)^[25]通过辉钼矿 Re–Os 测年工作,获得湘南王仙岭岩体南部荷花坪矿床早期矽卡岩成矿年龄为 224.0 Ma,首次确认南岭地区存在印支期成矿作用。之后近十年众多研究者^[26–29]相继报道在桂东北栗木、苗儿山岩体东南部油麻岭和越城

岭岩体东北部界牌,湘东锡田岩体中部垄上,湘南崇阳坪岩体茶山坳,赣南仙鹅塘等多地发现印支期钨锡成矿作用,证实印支期成钨锡花岗岩组合在全区广泛分布。在这些矿区中,栗木、垄上矿区花岗岩属于成锡花岗岩组合,其他矿区花岗岩均属于成钨花岗岩组合。

燕山期是南岭地区成岩成矿作用的高峰期,众多的成钨锡花岗岩组合和钨锡矿产均在这一时期内形成。对已发表的成岩成矿数据的统计表明^[30-31],燕山期成钨锡花岗岩组合的形成时期可以分为 150~160 Ma、140~130 Ma 和 100~90 Ma 三个阶段。150~160 Ma 是该区成钨锡花岗岩组合最重要的形成时期,并且在空间上呈现出东钨西锡的分布格局。东部粤北-赣南加里东隆起区是成钨花岗岩组合的集中分布区,主要有西华山、大埠、九龙脑、铁山垄、热水等岩体和天门山-红桃岭、三南地区等岩株群。西部湘南海西印支凹陷区是成锡花岗岩组合的集中分布区,典型花岗岩有骑田岭、千里山、九嶷山、香花岭、锡田、邓阜仙、大义山、荷花坪等岩体。140~130 Ma 的成钨锡花岗岩组合区内很少见到,目前能确定的只有赣南岩背成锡花岗岩组合^[32-33]。100~90 Ma 的成钨锡花岗岩组合多分布在南岭地区边部及外围,目前已知的包括桂北龙箱盖二长花岗岩^[34]、湘南界牌岭花岗岩斑岩群^[35]、外围粤西银岩花岗岩斑岩群^[36]等成锡花岗岩组合和桂北珊瑚长营岭隐伏成钨花岗岩组合(作者未刊资料)。在全区范围内,燕山期成钨锡花岗岩组合具有以湘南、粤北和赣南为中心(150~160 Ma),向四周变年轻(140~90 Ma)的趋势^[31]。

3 成锡、成钨花岗岩组合的共同判别标志

在矿产勘查学中,合理搭配使用地质、物探、化探、遥感等技术方法,逐步缩小评价(或勘查)靶区是通行方法之一。从这点出发,本文在总结成钨、成锡花岗岩组合的判别标志时,有必要综合收集化探、岩石学和矿床学信息,由面到点逐级归纳。

3.1 W、Sn、F、B 化探组合异常

本文将 W、Sn、F、B 化探组合异常放在首位,不仅是因为它在钨锡勘查中发挥了重要作用,更是因为它代表着成钨锡花岗岩组合所具有的、比其他

花岗岩更有利的成钨锡矿基因。据我们的统计,不同区域产出的成钨锡花岗岩组合,其 W、Sn 异常有所不同。如桂北平英岩体含 $\text{Sn } 10 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, 平均 30×10^{-6} ^[37];大厂龙箱盖黑云母花岗岩平均含 $\text{Sn } 14 \times 10^{-6}$ ^[38];个旧老厂等粒花岗岩平均含 $\text{Sn } 20 \times 10^{-6}$ ^[39];康滇地轴含锡花岗岩平均含 $\text{Sn } 20 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$ ^[40]。在赣南地区,阳储岭斑岩体平均含 $\text{W } 60 \times 10^{-6} \sim 110 \times 10^{-6}$ ^[41];西华山岩体含 $\text{W } 7 \times 10^{-6} \sim 70 \times 10^{-6}$, 平均 30×10^{-6} ^[42];铁山垅似斑状黑云母二长花岗岩含 $\text{W } 25.5 \times 10^{-6}$ ^[43]。对已有的 1:50 万化探数据处理后,我们发现 W 含量 20×10^{-6} 以上、Sn 含量 15×10^{-6} 范围与已知含钨或者含锡花岗岩范围吻合。

作为 W、Sn 元素的矿化剂^[44-45],F、B 元素的高低也直接决定着成矿元素矿化强度。在花岗岩出露区,黄玉、萤石、电气石等富挥发分副矿物是判别含钨锡花岗岩的宏观证据之一,在隐伏花岗岩分布区,F、B 分散晕往往成为一种特征的找矿标志^[46]。由于含钨锡花岗岩 F、B 数据十分有限,此处只能根据贵阳地化所(1979)^[46]、刘英俊等(1984)^[4]、徐克勤和朱金初(1987)^[8]以及项目组的研究资料进行统计。初步结果显示南岭地区含钨锡花岗岩的 F 含量大多在 1000×10^{-6} 以上,B 含量大多在 130×10^{-6} 以上,在含锡花岗岩中 F 含量更高,而含钨花岗岩中 B 含量更高。

3.2 多期多阶段演化特点

现在愈来愈多的实践证明,成钨锡花岗岩组合具有较强的分异演化特征,往往包含多期或者多阶段的含钨锡花岗岩和成钨锡花岗岩。大型岩基经常由多期(多时代)、多阶段的复式花岗岩岩体组成,小型岩株中花岗岩也常具有多阶段特征^[2,8,14,17,47]。一般来说,成矿花岗岩组合能见到 3~6 个阶段的岩相,不同阶段岩相之间常呈明显或较明显的突变接触关系,但接触的形式多样,包含平直、脉状和枝叉状等接触关系。不论岩体规模大小,花岗岩组合总有基质粒度由粗变细,斑晶由多变少、岩性由中酸性变酸性的变化趋势^[7,11]。如锡田矿区的花岗岩岩相演化规律为:中(细)粒斑状黑云母二长花岗岩-细粒含斑黑云母二长花岗岩-细粒二云母花岗岩-花岗斑岩脉。在野外岩体地质工作中,上述变化规律表现为复式岩体内花岗岩岩性变化较大,在中(细)粒花岗岩中出现较多的细粒花岗岩岩株(或岩

枝)和斑岩脉群。

由于钨锡矿床是属于成岩期后热液矿床,因此在空间上和时间上与成岩演化晚阶段的成矿花岗岩格外密切。一般在成岩演化的最后阶段,气化-热液成矿作用才会触发,驱使钨锡元素形成矿床^[1]。因此,晚阶段细粒花岗岩、脉岩相岩石的发育程度是矿化程度的间接标志之一,矿化强度往往与前者发育程度成正比。在西华山钨矿区,细晶岩脉常成群出现,南京大学地质系在1964年就曾统计出200余条,它们与钨矿脉有着非常复杂的相互穿插关系^[1],指示两者存在非常紧密的成生联系。一般来说,成矿前的细晶岩脉颜色略深,呈浅灰色到灰色,而成矿后的细晶岩脉,则呈浅灰到肉红色。

3.3 存在适度的构造系统叠加

这部分内容也可以用“明显的中高温热液蚀变叠加”来概括,但是我们更愿意从构造方面来解释这个问题。因为容矿构造类型和发育程度决定了热液蚀变的范围和强度。

不管是不是成钨锡花岗岩,自然界中花岗质熔体都含有大约3~8%的水^[48]。由于花岗质熔体中最大含水量同压力成正相关^[49],在10 km左右的深部岩浆房熔体中的水可能是不饱和的,但是侵位到地壳浅部1~4 km处时,围岩压力降低会促使熔体中

水达到饱和,或者经过一定程度结晶逐渐达到饱和,造成流体的出溶。熔体侵位越高,出溶的流体就越多,这可以解释为什么中细粒含钨锡花岗岩容易成为成钨锡花岗岩的缘故。那么,如何让成钨锡花岗岩中的出溶富钨锡流体形成蚀变或者矿化呢?这要求在成矿花岗岩岩体顶部或者附近区域存在一套构造系统,将散布在花岗质熔体内或者结晶矿物间隙的富钨锡流体集中起来,运输到岩体顶部成矿场所形成蚀变岩石或者矿(化)体,此处称之为构造叠加。这些构造可以是成钨锡花岗岩边部的接触带构造及附近地层层间薄弱面、断层,也可以是岩体内部的岩突构造、断裂、裂隙或者节理,形成时间可以从成矿前一直延续到成矿花岗岩岩浆结晶晚期。在野外工作过程中,构造系统叠加程度,主要依据成钨锡花岗岩组合中岩浆期后热液矿物(铁锂云母、电气石、黄玉、长石、石英等)或者叠加构造中充填交代蚀变岩(云英岩、矽卡岩、含硫化物石英脉、伟晶岩等)的产出状态判别。在越城岭中部,同样是含B矿物电气石,在中细粒含斑花岗岩中是以浸染状产出(图1a),但是在毗邻细粒花岗岩的围岩中却是以伟晶岩脉形式出现(图1b),显示后者存在构造叠加。在一些中到大型矿床的形成过程中,往往能见到多期次的构造叠加,形成复杂多样的蚀变

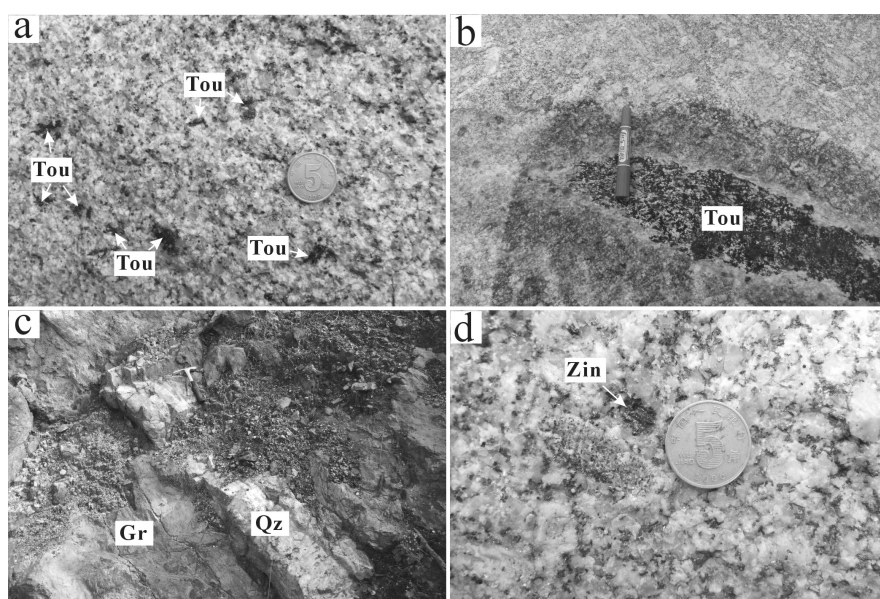


图1 含(或成)钨锡花岗岩内流体活动迹象

Fig. 1 Signs of fluid activity found in W-Sn bearing granite

a. 越城岭岩体细粒含斑二长花岗岩中电气石(Tou)呈浸染状;b. a采样点外围中粒斑状二长花岗岩内部裂隙中电气石伟晶岩脉;c. 锡田垄上矿区强云英岩化花岗岩(Gr)被稍晚的矿化石英脉(Qz)穿切;d. 塔山岩体中细粒斑状二长花岗岩中绿色厚板状铁锂云母(Zin)。它交代早期形成的黑褐色薄片状铁黑云母。

岩石和矿化体,如锡田垄上可以见到接触交代型矽卡岩化,裂隙充填型云英岩细脉、石英脉(图 1c)和伟晶岩脉,以及破碎带型硅化+黄铁矿化蚀变。没有构造叠加的含钨锡花岗岩岩体,富钨锡流体将困在原地参入含水矿物结晶和/或者缓慢挥发流失,留下大范围的 W、Sn 异常,如塔山岩体主体中细粒斑状花岗岩。该花岗岩中广泛存在的浸染状厚板状铁锂云母(图 1d)和团块状伟晶岩可作为不成矿的指示标志。但是构造系统过于发育,将导致出溶富钨锡流体无法集中,成矿效果就不会太好。

4 含锡、含钨花岗岩的宏观区别标志

含锡、含钨花岗岩在岩石学、矿物学、地球化学、同位素、成矿温度等诸多方面都存在差异。从矿产勘查的角度出发,本节着重介绍两者的宏观区别标志。

4.1 岩石学

尽管含锡花岗岩和含钨花岗岩在岩性(二长花岗岩)上有较大的重叠,但是它们的基性、酸性端元仍有很大的区别。含锡花岗岩的基性端元常为含角闪石的花岗闪长岩,酸性端元为二云母花岗岩,而

含钨花岗岩基性端元多为含黑云母的二长花岗岩,酸性端元为白云母花岗岩。在野外,除了围岩捕虏体外,(偏)基性端元中常含有暗色微粒包体(MME)是鉴别含锡花岗岩的一个突出特征。包体直径从几厘米到几十厘米大小,一般十几厘米大小。有些含锡花岗岩的包体内含有寄主岩石的长石斑晶(图 2a),在另外一些则没有见到类似捕俘晶(图 2b),但是在显微镜下,包体内都能见到针柱状磷灰石。含钨花岗岩中基本不含这类包体,(偏)基性端元中一般只见有少量的黑云母团块和围岩捕虏体,后两者均具有明显的变质结构。富黑云母团块直径一般几厘米大小,不规则状(图 2c),成分以黑云母为主,常含有黄铜矿、黄铁矿等硫化物。围岩捕俘体大小从几厘米到几十厘米都有,形态长条状、浑圆状到不规则状,成分通常为长英质,受寄主岩石烘烤后角岩化现象明显,部分捕虏体还具有残余层理(图 2d)。

4.2 矿物学

在斑岩型成矿系统中,烟灰色、它形球斑和/或自形六方双锥石英斑晶是成矿花岗岩的矿物学标志之一。在野外地质工作中,笔者发现很多成钨、成锡花岗岩组合也具有这一特征。成钨花岗岩组合中的石英斑晶一般出现在晚期次与矿化近同时形

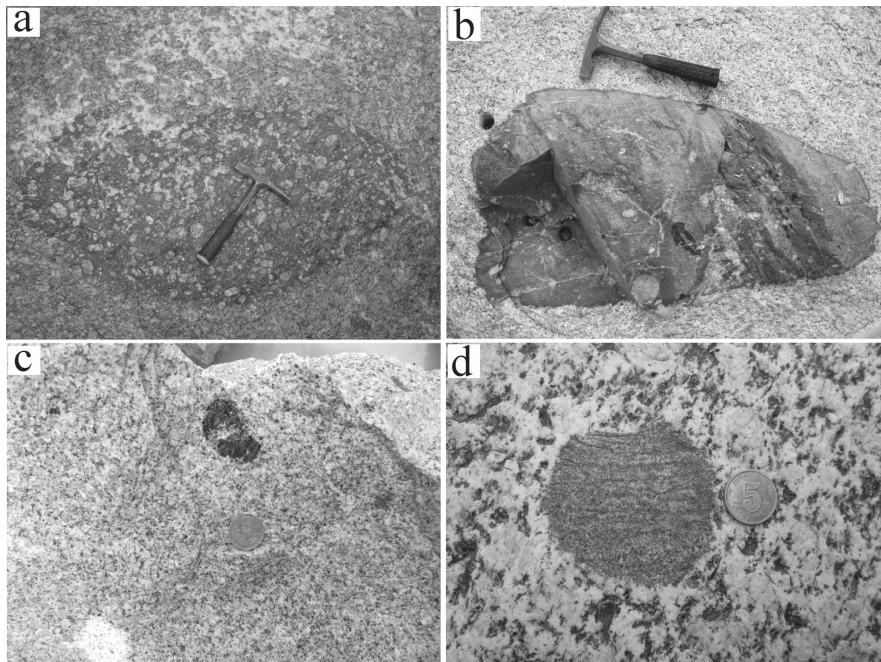


图2 含钨、含锡花岗岩(偏)基性端元的岩石学照片

Fig. 2 Field photos for the mafic endmember of W-Sn bearing granite

a. 骑田岭岩体基性端元中的暗色微粒包体;b. 姑婆山岩体偏基性端元中的暗色微粒包体(据陆建军个人资料);c. 弹前岩体偏基性端元中的富黑云母团块;d. 越城岭岩体基性端元中的变质岩捕俘体。

成的细粒含钨花岗岩或者斑岩中,分布范围局限。在成锡花岗岩组合中,石英斑晶并不局限于晚期次岩相中。在锡田垄上矿区,笔者就在早阶段形成的中粒斑状二长花岗岩中找到了一些石英球斑的痕迹(图3a),在九嶷山西山岩体中更是随处可见自形石英斑晶(图3b)。石英作为较先晶出矿物,说明含锡的花岗质熔体形成温度相对较高^[49-50]。

在赣南粤北隆起区,含钨花岗岩具有一个突出的矿物学特征就是黑云母含量低。在基性端元中一般只有2%~4%(图2c、图3c);在酸性端元中其含量下降很快,多数被白云母交代,后者在局部区域可达到1%~2%,成为主要云母种属(图3d)。含锡花岗岩基性端元中黑云母含量一般都高于含钨花岗岩,多数在4%~6%之间(图3a),少数可能更高,常含有

角闪石;酸性端元中也出现白云母,含量通常<1%,以交代黑云母或者长石的方式产出(图3e)。在湘桂凹陷区,越城岭岩体含钨花岗岩基性端元也含有较多的黑云母,但是凭借酸性端元中广泛存在的电气石析离体(图1a)、伟晶岩团块(或者脉体(图1a)),可以将它们与含锡花岗岩区分开来。

前面已经提到,含钨花岗岩以富含B元素为特征,表现在矿物学上就是花岗岩中含较多的浸染状电气石(图1a)。与含钨花岗岩不同的是,含锡花岗岩相对富集元素F。基性端元中F主要以富F黑云母形式存在,酸性端元中F浓度增加才会出现少量黄玉副矿物,含量也不过几百克/吨^[46],一般肉眼很难辨别。如果在含锡花岗岩的人工重砂中发现较多黄玉副矿物,那该花岗岩无疑属于成锡花岗岩。在

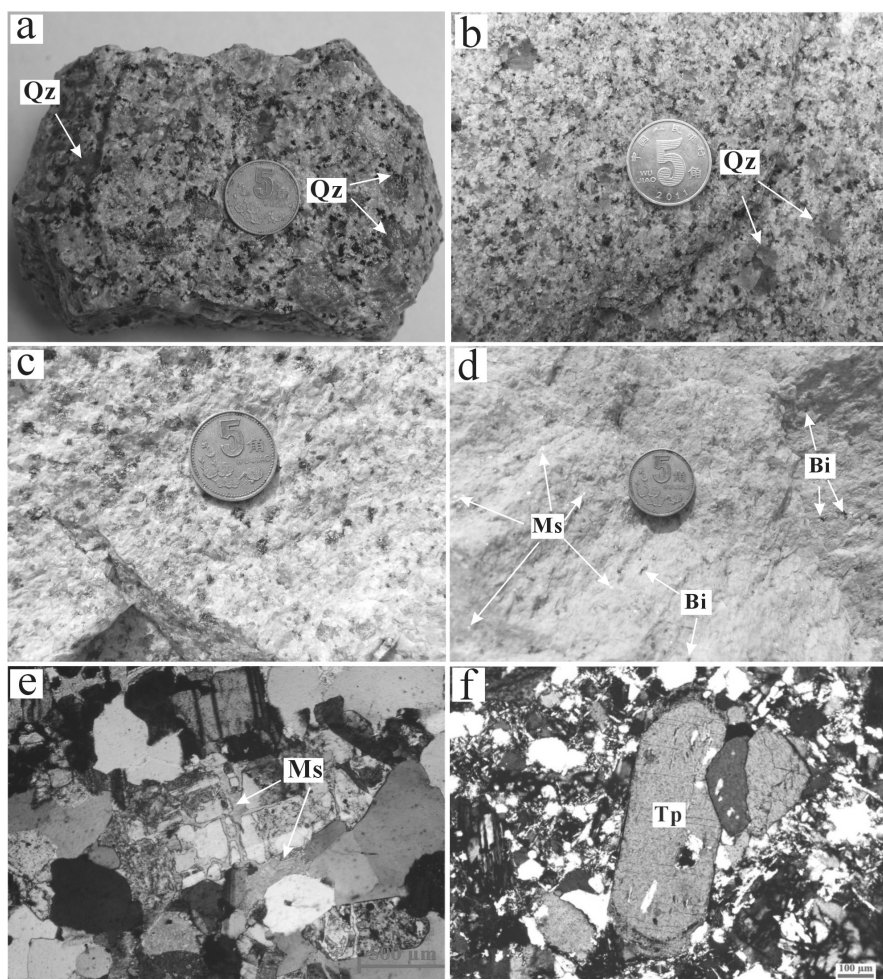


图3 含(或成)钨锡花岗岩的岩石学和矿物学照片

Fig. 3 Hand specimens and micrograph of W-Sn bearing granite

a. 锡田岩体基性端元中的石英球斑;b. 西山微细粒斑状二长花岗岩中的自形石英斑晶;c. 西华山岩体基性端元细中粒含斑二长花岗岩,含少量黑云母;d. 西华山岩体酸性端元细粒二云母(Ms+Bi)花岗岩;e. 锡田酸性端元中的自交代白云母(Ms)f. 香花岭翁岗岩中的黄玉(Tp)斑晶(据朱金初个人资料)。

香花岭癞子岭岩体晚期岩脉中,黄玉异常富集,成斑晶形式出现(朱金初会议交流)(图3f)。

在副矿物方面,两类花岗岩也有较大的差别。含锡花岗岩一般具有I型花岗岩的特征副矿物组合,代表性矿物为榍石和磁铁矿^[51-54]。九嶷山西山岩体花岗质碎斑熔岩中还出现铁橄榄石和铁辉石(付建明等,2005)^[54]。含钨花岗岩与S型花岗岩相似,代表性副矿物有独居石、石榴石和钛铁矿^[2]。

5 讨论与结论

由于华南地区花岗岩具有多旋回多期次的特点,各旋回、各期不同类型花岗岩往往产在同一岩基内,给一线的钨锡勘查工作带来困难。项目组用了近十年时间整理资料和室外花岗岩考察,总结出了一些成钨锡花岗岩组合的判别标志。据已发表文献和1:50万化探资料总结,成钨花岗岩组合W含量一般 20×10^{-6} 以上,B含量大多在 130×10^{-6} 以上;成锡花岗岩组合Sn含量一般在 15×10^{-6} 以上,F含量在 1000×10^{-6} 以上。不成矿花岗岩中这些指示元素含量一般为背景值或者稍高于背景值。利用这些判据,在比例尺更大的1:20万化探图件上区分成钨锡花岗岩组合与不成矿的花岗岩将变得更加容易。在大比例尺的野外填图中,成钨锡花岗岩组合具有岩性复杂(容易识别的是斑晶和粒度变化),晚期酸性小岩株、岩脉尤其发育的特征,指示岩体具多期或多阶段演化特点。在矿化区域内,如果花岗岩附近伟晶岩脉、石英脉、云英岩脉或者电气石脉非常发育(存在适度构造系统叠加使成矿热液能够集中释放),那么钨锡矿体有可能就在附近区域。不成矿花岗岩一般具有岩性单一,少见晚期岩株、岩脉(演化不充分)及蚀变的特征。也有很多不成矿花岗岩具有较高的W、Sn、F、B化探异常(为含钨锡花岗岩),但没有形成钨锡矿床,与花岗质岩浆侵位期间受构造活动影响很小有很大关系。在这类花岗岩中,富钨锡流体无法通过构造集中,多困在原地参入含水矿物结晶,剩余的往往在花岗岩中形成孤立的伟晶岩团块。

通常情况下,含锡花岗岩具有H型和铝质A型花岗岩的特征,而含钨花岗岩具有S(或C)型花岗岩的特征^[3]。在野外地质工作中,含锡花岗岩岩性一般偏基性一些,为花岗闪长岩-二长花岗岩-

二云母花岗岩组合。(偏)基性端元以普遍发育暗色微粒包体,常见角闪石、含较多的黑云母为鉴别特征,部分能见到石英斑晶。酸性端元中可以含有少量白云母。而含钨花岗岩岩性相对偏酸性一些,以黑云母二长花岗岩-二云母花岗岩-白云母花岗岩岩性组合为主,常见浸染状含B矿物电气石。(偏)基性端元仅见变质岩、围岩捕虏体和黑云母团块,少见或不含角闪石、含较少的黑云母,酸性端元中白云母含量较高等组合特征可以与含锡花岗岩相区别。

对于两类花岗岩在成岩成矿方面产生差异的原因,多数学者解释为含锡花岗岩中存在较强的壳幔岩浆混合作用^[18,54-55],而含钨花岗岩中非常微弱^[56-57]。但是壳幔相互作用在成岩成矿作用中存在哪些具体贡献,却少有人提及。针对这一点,笔者初步认为,地幔物质的加入改变了花岗质岩浆的物理化学条件,使岩浆演化有利于锡矿的形成,而不利钨矿化。另一方面,幔源物质可能为锡矿化提供了部分成矿元素。

在几年野外地质工作中,得到了湖南地调院陈必河教授,湖南地勘局416队武式崇总工程师、曾桂华工程师,湖南地勘局418队曾永红高级工程师、湖南地勘局407队孔令兵工程师、湖南地勘局湘南地勘院李建中高级工程师、湖南有色一总队钟江临总工程师、资利君工程师、赣南地质大队曾载林总工程师、陈骁勇副总工程师和广西壮族自治区二七一地质队蒋桂新高级工程师鼎力帮助,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 南京大学地质学系. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 132-327.
- [2] 朱焱龄, 李崇佑, 林运淮. 赣南钨矿地质[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1981: 1-440.
- [3] 地矿部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: 1-471.
- [4] 刘英俊, 张景荣, 孙承轅, 等. 华南花岗岩类中微量元素的地球化学特征[A]. // 花岗岩类地质和成矿关系学术讨论会议论文[C]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1984: 511-525.
- [5] 王伟玉, 韦文灼. 广西燕山期花岗岩体含矿(钨钨)性判别及其演化[J]. 地质学报, 4: 162-167.
- [6] 王伟玉, 韦文灼. 关于广西及华南某些地区不同构造单元

- 中的花岗岩含矿性演化的讨论[J].地质论评,1989,35(2): 333-344.
- [7] 吴明超. 中国南部地区含锡花岗岩的特征及其评价判别标志[J].矿产地质研究院学报,1986,2:1-11.
- [8] 徐克勤,朱金初. 华南锡钨矿床的时空分布和成矿控制. 见: 锡矿地质讨论会论文集 [C]. 北京:地质出版社, 1987,50-59.
- [9] 朱金初,徐士进. 华南含锡钨花岗岩的稀土元素地球化学特征和岩石成因[J].矿床地质,1989,8(3): 21-31.
- [10] 李忠文. 我国含锡钨花岗岩的特征及其与矿化的关系[J].地质与勘探,1988,24(9):8-13.
- [11] 张宏良,裴荣富. 南岭钨锡花岗岩的地质特征及成矿作用[J].湖南地质,1986,78-87.
- [12] 彭振安. 含锡花岗岩类地质地球化学特征及成矿性评价[J].矿产与地质,1991,4:240-248.
- [13] 郑跃鹏,喻铁阶,蔡宏渊. 评价含锡花岗岩类岩体成矿性的包裹体地球化学标志 [J]. 矿物学报,1991,11(4): 395-403.
- [14] 夏宏远,梁书艺. 华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成因系列[M]. 北京:科学出版社,1991:1-192.
- [15] 王新光,朱金初. 个旧花岗岩的成因、演化及其找矿意义 [J].大地构造与成矿学,1992,16(4):379-387.
- [16] 梁书艺,夏宏远. 华南钨锡稀有金属花岗岩的岩石化学和矿物学特征 [J]. 矿物岩石,1992,12(1):65-72.
- [17] 陈富文,付建明. 南岭地区中生代主要成锡花岗岩地质地球化学特征与锡矿成矿规律 [J]. 华南地质与矿产, 2005,(2):12-21.
- [18] 陈骏,王汝成,朱金初,陆建军,马东升. 南岭多时代花岗岩的钨锡成矿作用[J]. 中国科学:地球科学,2014,44 (1),111-121.
- [19] 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):556-575.
- [20] 王孝磊,周金城,邱检生,高剑峰. 桂北新元古代强过铝花岗岩的成因:锆石年代学和Hf同位素制约[J]. 岩石学报,2006,9(4):326-342.
- [21] 徐克勤,孙鼎,王德滋. 华南多旋回的花岗岩类的侵入时代、岩性特征、分布规律及其成矿专属性的探讨[J]. 地质学报,1963,43(1):326-342.
- [22] 陈毓川,毛景文,邹天人. 桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹 [M]. 南宁:广西科学技术出版社,1995: 1-433.
- [23] 张文兰,王汝成,雷泽恒. 湖南彭公庙加里东期含白钨矿细晶岩脉的发现 [J]. 科学通报,2011,28 (4): 1448-1454.
- [24] 杨振. 桂北苗儿山-越城岭地区前燕山期岩浆活动及其成矿作用的研究 [D]. 南京: 南京大学硕士论文, 2012,1-54.
- [25] 蔡明海,陈开旭,屈文俊,刘国庆,付建明,印建平. 湘南荷花坪锡多金属矿床地质特征及辉钼矿Re-Os测年[J]. 矿床地质,2006,25(3): 263-268.
- [26] 刘善宝,陈毓川,王登红,李建康,应立娟,许建祥,曾载淋. 赣南崇义-大余-上犹矿集区不同类型含石英中白云母 $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ 年龄及其地质意义 [J]. 矿床地质, 2008,82(7): 932-939.
- [27] 杨锋,李晓峰,冯佐海,白艳萍. 栗木锡矿云英岩化花岗岩白云母 $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 桂林工学院学报,2009,29(1): 21-24.
- [28] 邹先武,崔森,屈文俊,白云山,陈希清. 广西都庞岭李贵福钨锡多金属矿Re-Os同位素定年研究 [J]. 中国地质,2009,36(4): 837-844.
- [29] 程顺波,付建明,马丽艳,蒋桂新,陈希清,卢友月,童喜润. 桂东北越城岭-苗儿山地区印支期成矿作用:油麻岭和界牌矿区成矿花岗岩锆石U-Pb年龄和Hf同位素制约 [J]. 中国地质,2013,40(4):1189-1201.
- [30] 毛景文,谢桂青,李晓峰,张长青,梅燕雄. 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.
- [31] 付建明,徐德明,杨晓君,等. 南岭锡矿[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2011:1-241.
- [32] 黄常立,唐维新,桂永年,等. 会昌岩背式斑岩锡矿[M]. 北京:中国地质大学出版社,1997:1-141.
- [33] 梅玉萍,李华芹,王登红,路远发,杨红梅,徐建祥,张家菁. 江西岩背斑岩锡矿的成岩成矿时代及其地质意义 [J]. 地球学报,2007,28(5):456-461.
- [34] 蔡明海,何龙清,刘国庆,吴德成,黄惠明. 广西大厂锡矿田侵入岩SHRIMP U-Pb年龄及其意义[J].地质论评,52 (3):309-413.
- [35] 卢友月,付建明,程顺波,马丽艳,张鲲. 湘南界牌岭锡多金属矿床含矿花岗斑岩SHRIMP锆石U-Pb年代学研究[J].华南地质与矿产,2013,(3):199-206.
- [36] 关勋凡,周永清,肖敬华,梁树钊,李金茂. 银岩斑岩锡矿——中国锡矿床的一种新类型[J]. 地质学报,1985(2): 155-163.
- [37] 黎国初,马富君,林进姜,等. 广西报摊古老基底锡矿成矿机理[A].//锡矿地质讨论会论文集[C]. 北京:地质出版社,1987:247-254.
- [38] 李大德,李水明,李辛一,等. 广西丹池多金属矿带、大厂锡矿田及矿床地球化学特征及找矿标志[A].//锡矿地质讨论会论文集[C]. 北京:地质出版社,1987:185-193.
- [39] 姚金炎,吴明超. 个旧花岗岩成岩和成矿作用[A]. 见:锡

- 矿地质讨论会论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 1987: 280-285.
- [40] 金明霞, 沈苏, 黄永合, 等. 康滇地轴重熔花岗岩的演化及其钨锡成矿作用[A].//锡矿地质讨论会论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1987:350-354.
- [41] 颜美钟. 江西找钨矿的基本理论与主要方法[A].//钨矿地质讨论会论文集[C]. 北京:地质出版社, 1984:259-270.
- [42] 徐克勤, 胡受奚, 孙明志, 等. 华南钨矿床的区域成矿条件分析[A].//钨矿地质讨论会论文集[C].北京:地质出版社, 1984:243-258.
- [43] 陈尊达, 胡立樾. 黄沙脉钨矿床的地质特征及原生分带[A].//钨矿地质讨论会论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 1984:25-34.
- [44] 刘玉山, 陈淑卿. 锡石溶解度和锡迁移形式的实验研究[J]. 地质学报, 1988, 59(1): 78-87.
- [45] 王玉荣, 周义明. Na_2SnF_6 在水热溶液中水解特征的实验研究[J]. 地球化学, 1986,(3): 202-210.
- [46] 贵阳地化所. 华南花岗岩类的地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1979:143-150,338-353.
- [47] 俞受璠, 陈志中. 粤西南锡矿床成矿规律[M].广州: 中山大学出版社, 1990:1-106.
- [48] Laurence R. Introduction to Ore-forming process[M]. Blackwell Publishing, 2005: 101-105.
- [49] 周金城, 王孝磊. 实验及理论岩石学[M]. 北京:地质出版社, 2005:179-210.
- [50] 邱家骧.应用岩浆岩岩石学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991,322-325.
- [51] 朱金初, 黄革非, 张佩华, 李福春, 饶冰. 湘南骑田岭岩体菜岭超单元花岗岩侵位年龄和物质来源研究[J].地质论评, 2003, 49(3): 245-252.
- [52] 朱金初, 张佩华, 谢才富, 张辉, 杨策. 南岭西段花山-姑婆山侵入岩带锆石U-Pb年龄格架及其地质意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(9): 2270-2278.
- [53] 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[J]. 华南地质与矿产, 2004,(1): 11-16.
- [54] 付建明. 华南骑田岭-九嶷山地区燕山早期花岗岩类与壳-幔相互作用[D]. 武汉: 中国地质大学, 2005: 1-122.
- [55] 赵葵东, 蒋少涌, 朱金初, 李亮, 戴宝章, 姜耀辉, 凌洪飞. 桂东北花山-姑婆山侵入杂岩和暗色包体的锆石微区Hf组成及其成岩指示意义 [J]. 科学通报, 2009, 54(23): 3716-3725.
- [56] Guo C L, Chen Y C, Zeng Z L, Lou F S. Petrogenesis of the Xihuashan granites in southern China: constraints from geochemistry and in-situ analyses of zircon U-Pb-Hf-O isotopes [J]. lithos, 2012, 148: 209-227.
- [57] He Z Y, Xu X S, Zou H B, Wang X D, Yu Y. Geochronology, petrogenesis and metallogeny of Piaotang granitoids in the tungsten deposit region of South China [J]. Geochemical Journal, 2010, 44: 299-313.