

关于花岗岩成因分类与花岗岩成矿作用 若干基本问题的思考

——与张旗先生等商榷*

华仁民

(内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093)

摘 要 针对《矿床地质》2010 年第 5 期刊登的张旗等(2010)“花岗岩与金铜及钨锡成矿的关系”一文中关于花岗岩分类及其与成矿作用关系的若干重要问题提出质疑, 认为该文按照花岗岩 Sr 和 Yb 的含量将花岗岩分为埃达克型、喜马拉雅型、浙闽型和南岭型 4 类的方案存在 3 个问题: 一是埃达克岩不能作为花岗岩分类学中的一种类型; 二是花岗岩的 Sr、Yb 含量没有明确无误的分类指示作用; 三是喜马拉雅、浙闽和南岭等几个地名未能包含和正确地代表所有的花岗岩。文章指出与花岗岩类有关的钨锡或金铜矿床主要属于热液矿床的范畴, 因此与花岗岩具有密切的成因关系; 与花岗岩有关的成矿作用一般与成岩同时或晚于成岩, 但不可能早于成岩。文章列举了若干例子, 证实金铜(铅锌银)和钨锡即使在一个矿床中共生也屡见不鲜, 而并非如张旗等(2010)所说的“金铜和钨锡是相悖的”。文章还对该文关于矿液与岩浆有各自的上升通道、金的“一次来源”等问题提出了不同看法。

关键词 地质学, 花岗岩分类, 埃达克岩, Sr、Yb 含量, 金铜钨锡成矿, 热液矿床

中图分类号: P588, P611

文献标志码: A

On some basic problems related to the genetic classification and mineralization of granites: A discussion with Mr. Zhang Qi

HUA RenMin

(State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China)

Abstract

As regards some important viewpoints on the genetic classification and related mineralization of granites from the paper “Relationship between granitic rocks and Au-Cu-W-Sn mineralization” written by Zhang Qi et al. (called “Zhang’s paper” for short) in Mineral Deposits, the present author raises several doubts and questions for discussion. The classification put forward by “Zhang’s paper” has three problems, i. e., 1, adakite as a special type of granitic rocks cannot be employed as one of the genetic types of granitoids; 2, Sr and Yb concentrations of granites do not have definite property as an indicator of genetic classification of granites; 3, the names of granite types such as Himalaya, Zhe-Min, and Nanling used by “Zhang’s paper” cannot well represent and incorporate all granites in these areas. It is pointed out that both W-Sn and Cu-Au deposits related to granitic rocks are mainly of hydrothermal geneses, and hence have close genetic relations with granitic rocks.

* 本文得到国家重点基础研究发展(2007CB411404)、国家自然科学基金项目(41073035、40730423)资助

作者简介 华仁民, 男, 1946 年生, 矿物学岩石学矿床学专业。Email: huarenmin@nju.edu.cn

收稿日期 2010-11-20; 改回日期 2010-12-20。张绮玲编辑。

Temporally the mineralization was generally simultaneous to or later than the rock-forming epoch, but could not be earlier than the granite. Many examples are put forward to prove that W-Sn and Cu-Au can co-exist in the same mineral deposit, which, however, was denied by “Zhang’s paper”. The present paper also criticizes other points of view held by “Zhang’s paper”, such as “ore-fluid and magma having respective ascending paths” and so-called “initial source of gold”.

Key words: geology, granite classification, adakite, Sr-Yb concentration, Au-Cu-W-Sn mineralization, hydrothermal deposits

《矿床地质》2010 年第 5 期刊登了张旗等(2010)写的“花岗岩与金铜及钨锡成矿的关系”一文(以下简称“张文”)。这篇长达 31 页的文章对于《矿床地质》这样的刊物来说,可以说是宏制巨作了;而它所涉及的,确实也是花岗岩与成矿作用领域里许多重要的和基本的问题。笔者在拜读之后,产生了许多思考,同时也有许多疑惑,因此冒昧地提出来,向“张文”作者和广大地质同行请教。

1 花岗岩的分类问题

花岗岩的分类,尤其是成因分类,是所有研究花岗岩及相关成矿作用的人必然遇到的一个重要问题,因此前人在这个问题上做了相当大的努力,提出了许多种分类方案。

自上世纪 70 年代以来,花岗岩分类研究取得了突破性进展。Chappell 等(1974)提出了基于物质来源的花岗岩分类方案(S 型和 I 型),Ishihara(1977)提出了基于环境条件的花岗岩分类方案(磁铁矿系列和钛铁矿系列),Loisella 等(1979)提出了 A 型花岗岩的概念。而我国学者徐克勤在 1972 年写成的《花岗岩类与成矿关系,兼论内生矿床的成矿物质来源问题》一文中,就提出了花岗岩成因类型的重要构想:①在构造运动中,由安山岩浆同化了一部分硅铝层,经过分异演化,产生花岗闪长岩、石英二长岩和花岗岩;②激烈的构造岩浆活动引起硅铝层部分重熔产生花岗岩;③超壳深断裂引起碱性花岗岩浆的形成。尔后,他和他的同事以成岩物质来源为依据将花岗岩划分为同熔型、陆壳改造型和幔源型 3 个类型(徐克勤等,1983),被国内同行广泛引用,在国际上也产生了巨大的影响。上世纪 90 年代,Barbarin(1999)综合了花岗岩的矿物组合、野外及岩石学特征、化学及同位素组成,划分出 7 种类型的花岗岩类,等等。

尽管由于受到当时的研究手段和研究范围等限

制,使上面这些分类存在这样或那样的不足,以至于在后来的岁月中被不断修正、补充,而有些则日渐式微,但是它们在花岗岩研究史上的地位毋庸置疑,它们的影响依然存在,有些名称如 S 型、I 型、A 型花岗岩则迄今仍在全球范围广泛使用。

除了上述分类方案外,当然也不乏其他方案。但是,尽管花岗岩的分类方案很多,其原则仍较简单,所考虑的主要是花岗岩的物质来源(如壳源、幔源、壳-幔混源)、构造背景和环境(如碰撞前、同碰撞、碰撞后和造山后)、形成方式(如改造和同熔)、矿物组合(如 QAP 分类)、化学成分(如 TAS 分类和铝指数)等,这些分类方案之所以能得到较普遍的认可,是因为分类的结果确实能反映出花岗岩的相关特征,而且也具有一定的实际应用价值和较好的普遍适用性。

“张文”从埃达克岩的研究出发,提出了一个新的分类方案,即“按照花岗岩 Sr 和 Yb 的含量将花岗岩分为埃达克型、喜马拉雅型、浙闽型和南岭型花岗岩 4 类”(张旗等,2006,2010a,2010b)。对于这一分类,笔者觉得有 3 个问题值得商榷:一是能否将埃达克岩作为花岗岩分类学中的一种类型;二是花岗岩的 Sr、Yb 含量是否具有明确无误的分类指示作用;三是用几个地名(如喜马拉雅、浙闽和南岭)是否能包含所有的花岗岩。

1.1 埃达克岩是否能作为花岗岩分类中的一类

首先需要指出的是,所谓花岗岩分类应该是将所有的花岗岩包括在内的,即使不可能包括那些很特殊的岩石,至少也要包括绝大多数。岩石学研究中又经常会对某些具有一定特色的岩石进行命名,这种对某一种或某一类岩石的命名与岩石分类是两回事。例如“Li-F 花岗岩”(王联魁等,2000),只是对华南某些高分异花岗岩的称呼,并不意味着它可以成为某种花岗岩分类方案中的一个成员,事实也是如此。再如国内外有不少人研究富氟花岗岩类,并且给出了若干名称,如产于美国西部、俄罗斯等地的

黄玉流纹岩(topaz rhyolite),产于英国、法国、加拿大、芬兰、中国宜春等地的黄玉花岗岩(topaz granite),产于蒙古等地的翁岗岩(ongonite)等,Taylor (1992)又将富氟花岗岩分为富磷与贫磷两类等。所有这些岩石的命名都只适合某些特定的研究对象,并没有成为花岗岩成因分类的依据或参照。

笔者认为,埃达克岩也是这样一种情况。

埃达克岩似乎是上世纪90年代被人认识的,传入中国之后却迅速走红,很快形成一股“埃达克岩革命”。许多原先已经有很规范、很恰当名称的岩体,一夜之间都变成了埃达克岩。而 Defant 等(1990)报道的最原始的埃达克岩的面貌,如高 Na_2O 含量(3.5%~7.5%),相对低的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值(约0.42%)高的 Ni、Cr 含量,高的 Sr 含量($w_{\text{Sr}} > 400 \times 10^{-6}$,最高可达 $3\,000 \times 10^{-6}$),轻、重稀土元素高度分异、重稀土元素亏损($w_{\text{Yb}} < 1.8 \times 10^{-6}$)等,也渐渐起了变化,没有那么严格了。就拿“张文”中划分为“埃达克型”花岗岩类的 Sr、Yb 含量标准来说, w_{Sr} 是 $> 300 \times 10^{-6}$ 而不是 $> 400 \times 10^{-6}$, w_{Yb} 是 $< 2.5 \times 10^{-6}$ 而不是 $< 1.8 \times 10^{-6}$ 。这样一来,就扩大了“埃达克型”花岗岩的范围,使一批达不到原始埃达克岩 Sr、Yb 含量的岩石,摇身一变也成了“埃达克型”花岗岩。

当然,这种小的误差也许并非问题本质。关键是埃达克岩是一种在特定环境下被认识的岩石,它具有高 Sr、低 Yb 的特征;但是,我们不能因此就认定,具有高 Sr、低 Yb 特征的岩石就是埃达克岩或就可以叫埃达克岩。这难道不是最基本和正确的科学思维吗?

因此,笔者认为埃达克岩根本不能作为花岗岩成因分类的依据或参照。如果一定要把埃达克岩拿来参加花岗岩的成因分类,那么,世界上的花岗岩只能分为2类:一类叫“埃达克岩”,另一类叫“非埃达克岩”。

1.2 对 Sr、Yb 含量作为分类标准的质疑

用岩石化学成分来进行花岗岩分类是比较被普遍认可和采纳的。例如 SiO_2 和 $\text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O})$ 是划分碱性、高钾钙碱性、钙碱性等岩石类型的最常用指标(Middlemost, 1994; Rollinson, 1993);在常量元素中,铝饱和指数(A/CNK)也是很重要的指标;甚至也有根据 CaO 的含量将花岗岩分为富 Ca 花岗岩和贫 Ca 花岗岩的。但是这些根据岩石化学成分划分的花岗岩“类型”并不是本文讨论的“花岗岩成因分

类”。对于微量(包括稀土)元素来说,目前最普遍的是用蛛网图、配分图以及某些元素的比值来解释岩石的性质、成因、演化特征、可能的物质来源等,但迄今为止很少有人只用某一、二个元素的含量来作为花岗岩分类的指标。

具体到花岗岩中 Sr 和 Yb 的含量,一般来说,如果不考虑其他因素,那么,花岗岩类中那些偏中性的岩石如花岗闪长岩、石英二长岩具有较高的 Sr 含量,而偏酸性的岩石则具有较低的 Sr 含量。在一个复式花岗岩体中,从早阶段演化到晚阶段,岩石中的 Sr 含量一般逐渐降低。例如“张文”提到的骑田岭花岗岩,其第一阶段、第二阶段和晚阶段花岗岩的 Sr 含量(w_{Sr})分别为 175×10^{-6} 、 121×10^{-6} 、 57×10^{-6} ,而相应地,这3个阶段岩石的 Yb 含量却逐渐升高,分别为 4.37×10^{-6} 、 5.16×10^{-6} 、 5.80×10^{-6} (朱金初等,2007)。一些较大的花岗岩体中由于各种原因而可能包含若干个岩性不同但形成时间和环境相近的岩体,它们的 Sr 和 Yb 的含量彼此相差可能更大。因此, Sr 和 Yb 的含量的意义可能没有“张文”中所说的那样重大,可以反映出“花岗岩形成时源区所在的深度和压力”,甚至“有助于探寻地质历史上曾经出现过(现已消失)的高原和山脉,对于找矿也有所帮助”。

实际上,“张文”在依据花岗岩 Sr 和 Yb 含量进行花岗岩分类时也遇到一些问题。在“张文”的图1中,除了“埃达克型”和“南岭型”基本上“泾渭分明”外,其他不同岩石类型之间的过渡和重合相当多,以至于不得不将“各类花岗岩区分的指标”设定得有所重叠。

因此笔者认为,花岗岩的 Sr、Yb 含量并不具有明确无误的分类指示作用,不是成因分类的可靠标准。

1.3 关于用地区名称作为花岗岩类型的质疑

“张文”用几个地区的名称作为不同花岗岩类型的名称,这种分类当然也是可以的,历史上也曾经有过这种分类。例如在很早的时候有人把全球的火成岩组合分为“太平洋岩套”和“大西洋岩套”(丛柏林,1979),翁文灏将华南的花岗岩类分为扬子型和南岭型(Wong, 1927),张理刚等(1994)曾提出以岩石的铅同位素组成特征将华南含钨锡花岗岩类划分为“南扬子省”与“南岭省”,等等。但是由于实际情况的复杂性,一个地方的岩石往往难以在全球范围内具有普适性,因此随着科学的发展,这种以地名作为

岩石命名的方案逐渐不被人们所采用。

不管怎么说,在使用地区名称作为花岗岩类型名称的时候,总要有一些前提条件。首先是这个地区的花岗岩数量足够多,而且大多数花岗岩(尤其是典型的、有代表性的花岗岩体)的特征必须比较一致地符合它的分类指标或标准;否则用这个地名作为某一类岩石的名称就没有意义。

笔者举几个例子来看看“张文”中用中国地名来命名的 3 个花岗岩类型的情况。

广东佛冈岩体是南岭地区最大的复式花岗岩基,理所当然应该是“张文”中“南岭型”的代表。但是,即使去掉其中的碱性、中-基性岩石如南昆山、恶鸡脑、乌石等不予考虑,就其主体花岗岩(占佛冈岩体总面积 90% 以上)来说,其 Sr 含量变化也较大,而且 w_{Sr} 大多数超过了 100×10^{-6} ,有的超过 300×10^{-6} (徐夕生等,2007),按照“张文”的划分标准,这个岩体应该属于“浙闽型”而不是“南岭型”。一个南岭地区最大的花岗岩体不属于“南岭型”,那么这个“南岭型”的名称还有什么意义呢?江西宜春的雅山花岗岩有较低的 Sr 含量($w_{Sr} < 30 \times 10^{-6}$)和很低的 Yb 含量(一般 $w_{Yb} < 0.02 \times 10^{-6}$),按照“张文”的划分,也不是南岭型而应归于喜马拉雅型。

许多浙闽地区的花岗质岩石难以归入“张文”所划分的“浙闽型”。例如:太姥山火山-侵入杂岩中的火山岩具有很高的 Sr 含量(一般 $w_{Sr} > 300 \times 10^{-6}$,甚至可达 600×10^{-6})和较低的 Yb 含量(一般 $w_{Yb} < 3 \times 10^{-6}$)(周新民等,2002),按照“张文”的划分,应该归于埃达克型而不是浙闽型;而同源共生的花岗岩则具有较低的 Sr 含量(一般 $w_{Sr} < 20 \times 10^{-6}$),较高的 Yb 含量(一般 $w_{Yb} > 8 \times 10^{-6}$)(周新民等,2002),按照“张文”的划分,又应该归于南岭型,也不是浙闽型。福建沿海铝质 A 型花岗岩的典型代表岩体如乌山、金刚山、新村,都具有较高的 Yb 含量(一般 $w_{Yb} < 3 \times 10^{-6}$),很低的 Sr 含量($w_{Sr} < 6 \times 10^{-6}$)(邱检生等,2002),按照“张文”的划分,应该归于南岭型而不是浙闽型。

因此,用“喜马拉雅型”、“浙闽型”和“南岭型”来归纳和划分所有 $w_{Sr} < 30 \times 10^{-6}$ 的花岗岩显然也是有问题的。

综上所述,笔者认为“张文”的花岗岩分类方案缺乏实用性和普适性,不能揭示花岗岩成因的实质,远远不及已有的相关分类方案,因此难以自立于花

岗岩分类方案之林,也难以被学术界所接受。

2 关于花岗岩成岩和成矿的关系

2.1 花岗岩与相关的金铜或钨锡矿床是成因关系

关于花岗岩成岩和成矿的关系,“张文”明确指出:“成岩和成矿是两回事,成岩基本上是一个物理过程,而成矿主要体现为化学反应”;“成矿需要热、流体以及合适的矿源 3 个条件,缺一不可”。

笔者赞同“成岩和成矿是两回事”这种说法。在关于“花岗岩类成岩-成矿时间差”的一篇文章中(华仁民,2005),笔者曾提出“花岗岩与矿床在形成机制上的根本性差异,即(陆壳重熔型)花岗岩是地壳物质部分熔融-侵位的产物,而矿床则是在一定的构造条件下由热和流体将岩石中分散的金属元素迁移-集中的产物”。然而,笔者所说的与成矿有关的“岩石”就包括了花岗岩;“热和流体”也都可能与花岗岩直接相关。

但是,“张文”认为成矿与成岩之间不是“成因有关”而是“时空有关”,因为“它们的源区不同,岩浆和矿液性质不同”;因此“张文”对“含矿岩体和成矿母岩的说法”予以否定。对此,笔者不敢苟同,因为这牵涉到对热液矿床一些基本知识和理论的认同。与花岗岩类有关的钨锡或金铜矿床,主要应该归属于热液矿床的范畴,一般认为,这些矿床形成的主要因素或者主线就是花岗岩类的岩浆-热液活动。虽然上世纪三四十年代的“岩浆一元论”早已不再盛行,虽然成矿作用有地层、构造以及温度、压力、氧逸度、酸碱度等各种物理化学条件的共同参与和影响,但花岗岩与矿床之间的关系毫无疑问是成因关系,而不是“张文”所说的只是共用一个空间的“邻居关系”。因此,有关“含矿岩体”和“成矿母岩”的说法,即使并不十分严密和精确,却至少仍然是矿床学界的共同语言。

尽管“张文”否认成矿与花岗岩成岩之间的成因关系,但是却十分相信成矿与花岗岩之间的时空关系。“张文”认为:“一个地区,可以有花岗岩广泛出现、金铜矿却很少的现象,但是,不可能有金铜矿床密集而岩浆岩不发育的情况”。这一结论未免太武断了,而且显然与实际情况完全不符。例如我国西南的滇黔桂金三角应该是一个金矿床较密集的地区吧,可是却偏偏岩浆岩不发育,再如著名的中非铜带是世界上层状铜矿最密集的地区,可是这类铜矿与

岩浆岩之间不仅没有密切的成因关系,而且也没有密切的时空关系。

2.2 关于成矿时间早于成岩时间的合理性

“张文”认为:“花岗岩成矿与成岩同时、或成矿早于成岩、或晚于成岩,都是合理的”。这同样涉及对热液成矿作用的基本认识问题。笔者再次重申:与花岗岩类有关的钨锡或金铜矿床,主要应该归属于热液矿床的范畴。成矿的热液主要来自花岗岩岩浆演化后期的挥发组分聚集,同时也可能有其他流体的参与。对于花岗岩类演化后期的岩浆-热液(熔体-流体)过程,以及成矿流体的岩浆水来源,已经有国内外的许许多多学者进行过大量研究,所揭示的花岗岩与热液矿床之间的成因关系不容置疑。因此,花岗岩成矿与成岩同时或晚于成岩,应该是合理的,而花岗岩(相关的)成矿早于成岩,一般来说是不合理的。

“张文”提出“成矿早于成岩是合理的”的理由之一是因为“精确的年代学研究表明,实际上存在许多成矿年龄大于成岩年龄的例子”,而“……如何解释成矿年龄早于成岩年龄呢?笔者认为,在一个矿区范围内,成岩可以有一个时间间段,成矿也可以有一个时间间段,两者可能大致重叠”。

“张文”还用“图17”来解释成矿时间早于成岩的合理性,图中根据岩体和矿体的相互切穿关系列出从1到7的时间顺序,说明“成矿(4、5)时代晚于岩体1、2、3,早于岩体6和7”。但是从图面上来判断,矿体4应该是与岩体3有关的,矿体5可能是与岩体2有关的,而岩体6和7都明显是在成矿后侵入的,与矿体4、5之间没有成因关系而是切穿或破坏了矿体,当然要比成矿(4、5)时代晚。因此,“图17”不仅没有为“成矿时间早于成岩的合理性”作出注解,而恰恰既证实了岩体与成矿之间的成因关系,又证实了成矿时间不可能早于成岩时间。

在近年来发表的一些花岗岩成矿与成岩年代学文章中,确实有成矿年龄数据早于成岩的情况出现,尤其是一些辉钼矿的 Re-Os 同位素定年。但这大多可能是样品和分析方法方面的因素,包括成矿与成岩年龄测试的不同方法之间的差别造成的,不能说明成矿时间早于成岩的合理性。

2.3 关于金铜和钨锡是否能同时同地出现

“张文”认为:“金铜与埃达克型和喜马拉雅型花岗岩有关,形成于加厚地壳;钨锡与南岭型花岗岩有关,形成于减薄地壳。因此,金铜和钨锡是相悖的,

不可能同时同地出现”。为此,“张文”还举了一个福建西部既有大型的紫金山斑岩铜矿又有大型的行洛坑钨矿而两者时代不同的实例,来证明“金铜和钨锡不可能在同时同地出现,但可以叠加在一起”。其实,国内从事矿床研究的学者根本不会把紫金山铜矿与行洛坑钨矿联系起来进行讨论,因为两者之间本来就不存在时空和成因联系。而且,按照“张文”的说法,紫金山铜金矿应该“与埃达克型和喜马拉雅型花岗岩有关,形成于加厚地壳”,但实际上紫金山铜金矿形成于白垩纪的伸展盆地,恰恰是岩石圈减薄的产物,因此“张文”的说法倒正好与地质事实是“相悖”的。

可见,“张文”的这一认识,不是从成矿作用的实际情况出发,而是建立在所谓“埃达克型和喜马拉雅型花岗岩形成于加厚地壳,南岭型(少数情况下浙闽型)花岗岩形成于减薄地壳”的理论上,因此是错误的,而且也显然违背了事实。

金铜和钨锡在成矿作用上是有差异的,造成这种差异的原因,除了相关的花岗岩类型、性质确有不同之外,两类元素本身的地球化学性质也不同。一般来说,金、银、铜、铅、锌以及砷、锑、汞等被认为是典型的亲铜或亲硫元素,与钨、锡、铌钽等亲氧元素具有不同的地球化学性质和行为(刘英俊等,1984)。但是,成矿作用是受许多因素控制的,因此是非常复杂的。金铜和钨锡的成矿作用虽有差异,但绝不是什么“相悖”的!

不要说一个大的成矿带或成矿区内金、铜、钨、锡、铅、锌、银等矿产的共生司空见惯,即使在一个矿床中,金铜(铅锌银)和钨锡的共生也屡见不鲜。例如,赣中东乡的枫林、丰城的徐山、赣南于都的小东坑都是钨铜矿床,钨与铜同时同地出现,不是什么“叠置关系”。广东澄海的莲花山是一个斑岩型的钨金矿床(柳少波等,1998),钨与金同时同地出现,也不是什么“叠置关系”。闻名中外的云南个旧锡矿实际上也是一个锡铜多金属矿床(杨宗喜等,2008)。其他例子还有很多,如:广西的德保是锡铜矿床,广西中部的马岭、高田是钨铜矿床(李水如等,2007),广西的王社则是一个铜钨矿床(蒯志永等,2008)……。赣南和湘南的西华山、漂塘、岿美山、盘古山、石雷、黄沙、荡坪、下垌、川口、柿竹园、黄沙坪等钨(锡)矿床中都或多或少地伴生铜的矿化,只是大多数情况下达不到以副产品回收利用的程度而已。赣南钨矿中伴生的铅锌银矿化就更普遍了,除了上面

提到的这些矿床外,崇义的八仙脑钨锡矿床富含铜铅锌银(张庆林等,2007),上犹的焦里、大余的宝山等都是钨铅锌银矿床。

一般来说,钨锡与金的共生相对较为少见。但近年来在南岭地区尤其是赣南钨矿密集分布区也发现一些金矿化(王定生,2001)。例如曾经是赣南四大钨矿之一的岿美山,因资源枯竭而闭坑,上世纪末发现在该矿床钨矿脉的南东延长段,钨矿化逐渐变为金矿体,矿体厚 8 m,金的平均品位为 3.37×10^{-6} ,最高达 21×10^{-6} ,推测其具有中型以上远景(尹意求等,2000)。

谭运金(2001)在分析了国内外若干与钨矿共生的金矿床特征后,认为相关的花岗岩主要是高钾的钙碱性花岗岩,共生的钨矿是成矿温度较低、硫化物含量较低但富含铋、碲的矿床,并提出在南岭地区寻找共生金矿床应首选 W-Be-Mo-Bi 型黑钨矿床及其外围。Thompson 等(1999)报道了国外几个在钨-锡矿区与(花岗岩类)岩浆作用有关的金矿床的实例,如美国阿拉斯加的 Fort Knox、捷克的 Mokrsko 等。笔者本人也曾参与过在美国阿拉斯加 Circle 地区与花岗岩类有关的金和锡矿化的地质调查工作。看来,与花岗岩有成因联系的金与钨锡共生或伴生的情况似乎并不罕见。

2.4 关于矿液与岩浆以及它们的通道问题

为了阐明成矿与成岩之间不存在“成因关系”,“张文”设计了一张示意图,即图 16,显示“成岩与成矿各自具有不同的过程”。虽然这仅仅是一张卡通,不必在细节上过分较真,但我相信,绝大多数从事矿床研究的人不会认同这张图。因为稍有矿床学知识的人都不会相信下地壳底部聚集有粘性极低的“含金矿液”。恐怕“张文”的作者也很难说清楚这个“含金矿液”是什么状态、什么物质组分。而更神奇的是,这种“含金矿液”居然有自己单独的通道,与旁边的岩浆分道扬镳,互不干涉,以保持成因上严格划清界线,直至到了上地壳后才可能和岩浆产物有一个“共用空间”——这实在令人难以理解和接受。

“张文”还认为:“金如果是一次来源的,必定与深源有关”。因此,在图 16 中,各种类型的金矿,包括沉积型、斑岩型、砂卡岩型、火山岩型,统统是由下地壳底部上来的“含金矿液”形成的“一次来源金”。这恐怕也有问题。因为在地壳演化过程中有些元素包括金是会活化转移、重新成矿的。我国西南地区的微细浸染型金矿是否与花岗岩类有关,研究者之

间尚有争议,但我想,即使与花岗岩类有关,这类金矿中的金显然已经不是直接从下地壳底部上来的“含金矿液”形成的“一次来源金”了。那么这些金应该至少是“二次来源金”,甚至是“三次来源金”。可是“张文”对“二次来源金”是怎么定义的呢?“张文”说“金有二次来源,即次生金矿,如砂金和含金砾岩”,这个定义显然也是不正确的。砂金和含金砾岩恐怕只能称为“末次来源金”而未必是“二次来源金”。

“张文”涉及的内容太多,有许多问题笔者尚未消化,因此只能就上述一些有关花岗岩与成矿的基本问题发表自己的意见和评论。

“张文”在最后写道:“花岗岩是岩浆岩中最复杂的,许多基本的问题都还没有搞明白”(张旗等,2008),而成矿比花岗岩更复杂”;“张文”在 738 页上还有这样一段话:“我们的研究应当更加仔细,不能满足于泛泛的研究,应当努力区分开不同岩性、不同类型、不同时代的花岗岩,查明哪些与成矿有关,哪些与成矿无关,从而避免张冠李戴,搞错了找矿方向,贻误了找矿时机”。我想在此谨借用“张文”的这两段话,与“张文”作者及广大读者共勉,更加踏实、仔细地将花岗岩及其与成矿关系的研究向前推进一步。

References

- Barbarin B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environment[J]. *Lithos*, 46: 605-626.
- Chappell B W and White A J R. 1974. Two contrasting granite types [J]. *Pacific Geology*, 8: 173-174.
- Cong B L. 1979. Magmatism and assemblage of igneous rocks[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 203-204 (in Chinese).
- Defant M J and Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subduction lithosphere[J]. *Nature*, 347: 662-665.
- Hua R M. 2005. On the temporal differences between rock-forming and related ore-forming times for the Mesozoic granitoids of crust remelting types in the Nanling Range, South China, and its geologic significance[J]. *Geology Review*, 51(6): 633-639 (in Chinese with English abstract).
- Ishihara S. 1977. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks [J]. *Mining Geology*, 27: 293-305.
- Li S R, Wei J H, Deng J and Tan J. 2007. Ore types of tungsten polymetallic deposits and prospecting indications[J]. *China Tungsten Industry*, 22(6): 19-24 (in Chinese with English abstract).

- Lin Z Y, Wang D H and Li S R. 2008. Re-Os isotopic age of molybdenite from the Wangshe copper-tungsten deposit in Guangxi Province and their implications[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(11): 1565-1571 (in Chinese with English abstract).
- Liu S B and Wang L K. 1998. Element gains and loss in the process of alteration in Lianhuashan W-Au porphyry-type deposit[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 33(1): 102-114 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y J, Cao L M, Li Z L, Wang H N, Chu T Q and Zhang J R. 1984. *Geochemistry of elements*[M]. Beijing: Science Press. 1-548 (in Chinese).
- Loisella M C and Wones D R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites[C]. *GSA Abstracts*, 11: 468.
- Middlemost E A K. 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system[J]. *Earth Sci. Rev.*, 37: 215-224.
- Qiu J S, Shen W Z and Wang D Z. 2002. Late Mesozoic A-type granites in Zhejiang-Fujian coastal area[A]. In: Wang D Z and Zhou X M, ed. *Origin of Late Mesozoic granitic volcano-intrusive rocks in southeast China, and implication to crust evolution*[M]. Beijing: Science Press. 160-188 (in Chinese).
- Rollinson H R. 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation[M]. New York: Longman. 1-400.
- Tan Y J. 2001. The gold deposits associated with tungsten deposits and their exploration[J]. *China Tungsten Industry*, 16(2): 1-21 (in Chinese with English abstract).
- Taylor R P. 1992. Petrological and geochemical characteristics of the Pleasant Ridge zinnwaldite-topaz granite, southern New Brunswick, and comparisons with other topaz-bearing rocks[J]. *Canadian Mineralogist*, 30: 895-921.
- Thompson J F H, Sillitoe R H, Baker T, Lang J R and Mortensen J K. 1999. Intrusion related gold deposits associated with tungsten-tin provinces[J]. *Mineralium Deposita*, 34(4): 323-334.
- Wang D S. 2001. Perspective analysis for exploring gold and silver in tungsten mines and adjacent area in southern Jiangxi[J]. *China Tungsten Industry*, 16(4): 21-24 (in Chinese with English abstract).
- Wang L K and Huang Z L. 2000. *Li-F granite liquid segregation and experiment*[M]. Beijing: Science Press. 280p (in Chinese).
- Wong W H. 1927. Crustal movement and igneous activities in eastern China since Mesozoic time[J]. *Bull. Geol. Soc. China*, 6(1): 9-36.
- Xu K Q, Hu S X, Sun M Z, Zhang J R and Ye J. 1983. On the genetic series of granites, as exemplified by the Mesozoic granites of south China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 57(2): 107-118 (in Chinese with English abstract).
- Xu X S, Lu W M and Fan Q C. 2007. The Fogang granite pluton[A]. In: Zhou X M, ed. *Geneses of Late Mesozoic granitoids and the dynamic evolution of lithosphere in Nanling region*[M]. Beijing: Science Press. 236-255 (in Chinese).
- Yang Z X, Mao J W, Chen M H, Tong X, Wu J D, Cheng Y B and Zhao H J. 2008. Re-Os dating of molybdenite from the Kafang skarn copper (tin) deposit in the Gejiu tin polymetallic ore district and its geological significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 28(4): 1937-1944 (in Chinese with English abstract).
- Yin Y Q, Wei X L, Wang D S and Huang Y P. 2000. The gold deposit and prospecting sense outside tungsten mine of Kuimeishan[J]. *China Tungsten Industry*, 15(4): 20-21 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q, Wang Y, Li C D, Wang Y L, Jin W J and Jia X Q. 2006. Granite classification on the basis of Sr and Yb contents and its implication[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(9): 2249-2269 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q, Jin W J, Li C D and Wang Y L. 2010a. Revisiting the new classification of granitic rocks based on whole-rock Sr and Yb contents: Index[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(4): 985-1015 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q, Jin W J, Wang Y, Li C D and Wang Y L. 2010b. Relationship between granitic rocks and Au-Cu-W-Sn mineralization[J]. *Mineral Deposits*, 29(5): 729-759 (in Chinese with English abstract).
- Zhang L G, Wang K F, Cheng Z S and Liu J X. 1994. Lead isotopic composition of Mesozoic W-Sn-bearing granites from South Yangtze and Nanling provinces in southern China and its geological significance[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 14(1): 15-21 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q L, He G H and Xie G. 2007. The geological characteristics of tungsten-tin ore deposit in Baxiannao, Chongyi, Jiangxi[J]. *Resources Survey & Environment*, 28(1): 40-45 (in Chinese with English abstract).
- Zhou X M, Li W X and Xu X S. 2002. Late Mesozoic calc-alkaline magmatism in Zhejiang-Fujian coastal area[A]. In: Wang D Z and Zhou X M. *Origin of Late Mesozoic granitic volcano-intrusive rocks in southeast China, and implication to crust evolution*[M]. Beijing: Science Press. 74-92 (in Chinese).
- Zhu J C, Zhang P H, Xie C F, Yang C and Zhao K D. 2007. The Qitianling granite pluton[A]. In: Zhou X M, ed. *Geneses of Late Mesozoic granitoids and the dynamic evolution of lithosphere in Nanling region*[M]. Beijing: Science Press. 520-532 (in Chinese).

附中文参考文献

- 丛柏林. 1979. 岩浆活动与火成岩组合[M]. 北京: 地质出版社. 203-204.
- 华仁民. 2005. 南岭中生代陆壳重熔型花岗岩类成岩-成矿的时间差及其地质意义[J]. *地质论评*, 51(6): 633-639.
- 李水如, 魏俊浩, 邓军, 谭俊. 2007. 广西大明山矿集区钨多金属矿床类型及控矿因素与找矿标志[J]. *中国钨业*, 22(6): 19-24.
- 简志永, 王登红, 李水如. 2008. 广西王社铜钨矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. *地质学报*, 82(11): 1565-1571.
- 柳少波, 王联魁. 1998. 莲花山斑岩型钨金矿床蚀变矿化过程中元素迁移定量研究[J]. *地质科学*, 33(1): 102-114.
- 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 王鹤年, 储同庆, 张景荣. 1984. 元素地

球化学[M]. 北京 :科学出版社. 548p.

邱检生,沈渭洲,王德滋. 2002. 浙闽沿海晚中生代 A 型花岗岩 [A]. 见 :王德滋,周新民,等. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京 :科学出版社. 160-188.

谭运金. 2001. 与钨矿床共生的金矿床及其找矿[J]. 中国钨业 ,16 (2):1-21.

王定生. 2001. 赣南钨矿山及周边金银找矿前景分析[J]. 中国钨业 , 16(4) 21-24.

王联魁,黄智龙. 2000. Li-F 花岗岩液态分离与实验[M]. 北京 :科学出版社. 280.

徐克勤,胡受奚,孙明志,张景荣,叶俊. 1983. 论花岗岩的成因系列——以华南中生代花岗岩为例[J]. 地质学报, 57(2):107-118.

徐夕生,鲁为敏,范钦成. 2007. 佛冈岩体[A]. 见 :周新民,主编. 南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动力学演化[M]. 北京 :科学出版社. 236-255.

杨宗喜,毛景文,陈懋弘,童祥,武俊德,程彦博,赵海杰. 2008. 云南个旧卡房砂卡岩型铜(锡)矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报 24(8):1937-1944.

尹意求,韦星林,王定生,黄永平. 2000. 岷美山外围金矿床及其地质找矿意义[J]. 中国钨业 ,15(4) 20-21.

张旗,王焰,李承东,王元龙,金惟俊,贾秀勤. 2006. 花岗岩的 Sr-Yb 分类及其地质意义[J]. 岩石学报 22(9): 2249-2269.

张旗,金惟俊,李承东,王元龙. 2010a. 再论花岗岩按照 Sr-Yb 的分类标志[J]. 岩石学报 26(4) 985-1015.

张旗,金惟俊,王焰,李承东,王元龙. 2010b. 花岗岩与金铜及钨锡成矿的关系[J]. 矿床地质 29(5):729-759.

张理刚,王可法,陈振胜,刘敬秀. 1994. 华南南扬子省与南岭省中生代含钨锡花岗岩长石铅同位素组成及其地质意义[J]. 矿物学报 ,14(1):15-21.

张庆林,何桂红,谢刚. 2007. 崇义县八仙脑钨锡矿床特征[J]. 资源调查与环境 28(1):40-45.

周新民,李武显,徐夕生. 2002. 浙闽沿海晚中生代钙碱性岩浆作用 [A]. 见 :王德滋,周新民,等. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京 :科学出版社. 74-92.

朱金初,张佩华,谢才富,杨策,赵葵东. 2007. 骑田岭岩体[A]. 见 :周新民,主编. 南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动力学演化[M]. 北京 :科学出版社. 520-532.

2010 年度《矿床地质》审稿人员名单

在 2010 年,承蒙以下地质学家为《矿床地质》杂志审稿,在此,我们向这些为本刊登付出大量劳动和心血的专家们表示衷心的感谢!祝各位专家在新的一年里科研成果丰硕!身体健康!

(按姓氏的拼音字母为序)

白大明	白志达	曹亚文	陈柏林	陈福坤	陈懋弘	陈衍景	陈正乐	储雪蕾
杜安道	杜杨松	范宏瑞	方维萱	丰成友	冯佐海	葛文胜	顾连兴	顾雪祥
韩春明	侯可军	侯满堂	华仁民	黄智龙	江思宏	蒋少涌	焦鹏程	李厚民
李华芹	李建威	李景朝	李俊建	李晓峰	李延河	李子颖	刘成林	刘家军
刘 燊	刘勇胜	刘玉平	卢振权	陆建军	罗照华	马东升	马生明	毛景文
孟祥金	牛贺才	彭建堂	秦克章	邱华宁	邱检生	邱小平	曲晓明	曲懿华
余宏全	申 维	施俊法	史仁灯	帅开业	苏文超	孙景贵	孙晓明	唐菊兴
陶 炎	万 丽	王登红	王海平	王可勇	王立本	王庆飞	王汝成	王学求
王义天	王玉往	吴良士	肖荣阁	谢桂青	谢玉玲	熊小林	徐九华	徐庆生
徐文艺	许德如	薛春纪	杨富全	杨 刚	杨天南	杨晓勇	杨岳清	杨志明
杨竹森	叶 霖	于津海	袁忠信	张长青	张德全	张宏福	张 旗	张永生
张招崇	张作衡	赵元艺	赵志丹	郑有业	周涛发	朱谷昌	朱祥坤	朱永峰