

综合述评

锡矿床研究新进展述评

裴荣富 毛景文

(中国地质科学院矿床地质研究所)

当代各学科的互相渗透和互相促进与日俱增,矿床学也正是在这种形势下突飞猛进地向前拓展。就锡矿床而论,在70年代以前的上百年内,一直局限于对矿床本身的描述和物质组分资料积累和研究。从70年代至今的十多年间则产生了一个明显的飞跃,该飞跃可以体现在以下几个方面:

1. 区域成矿规律与大地构造环境的关系 从全球构造研究锡矿成矿规律已做了很多工作,如对环太平洋成矿带划分为澳亚含锡体系(M. I. 伊齐克松),将锡的形成环境划分为以前寒武纪塑性变形为主导的花岗岩类的深部环境和与地缝合线有关的花岗岩类的浅部环境(R. G. Taylor)。近年来,板块构造学说的诞生对于阐述锡矿区域成矿规律带来了很大生机。一般来讲,大多数锡矿床分布于板块构造的边缘地带。就目前的研究,锡矿床产布的环境有:①大陆内裂谷带型锡矿化。在大陆内部热点处地幔上隆、地壳相对地幔向四周运动。一组热点构成了一个曲线型或三叉型裂谷带。在裂谷带中生成一系列碱性熔岩、流纹岩及相应的侵入岩。与锡矿化有关系的火成岩是以环状火山杂岩形式高侵定位的花岗质岩石,其岩性大多为非造山的黑云母花岗岩、碱长花岗岩和碱性岩。典型的成矿带有尼日利亚Jos高原(志留-石炭纪,中侏罗世-白垩纪)、巴西的朗多尼亚高原(晚元古代)及美国的密苏里旧金山山地(中元古代)。在我国尚未发现较大的裂谷型锡矿带,近期在弧后的浙闽碱性花岗岩带中发现具有工业意义的锡、稀有金属矿床(方大钧、蔡惠兰,1987)。据毕承恩(1988)报道,在新疆东准噶尔地区的碱性花岗岩套中也找到了成型的锡矿床。②与板块俯冲有关的锡矿化。该类锡矿床在全球分布最广,按矿床生成的空间位置及与之相关的花岗岩类可进一步将其分为岩浆-火山弧的大陆一侧和弧后的狭长沉降带两套组合。岩浆弧中锡矿床主要见于阿拉斯加-阿留申弧(晚中生代-新生代)、日本本州(晚中生代-新生代)以及马来西亚东带(晚中生代之前)和法国中央地块中(海西期)。与成矿有关的火成岩有石英二长岩、二云母石英二长岩、花岗岩及少许的花岗闪长岩和流纹-英安岩,这些岩石属于磁铁矿型(或I型)花岗岩,与锡共生的矿化元素还有W、Mo和Cu等,该类型锡矿化在我国尚未发现。产于弧后岩浆带中的锡矿床包括了世界上绝大多数锡矿及锡矿带,诸如玻利维亚新生代锡矿带,东南亚西部锡矿带,我国滇西中生代-新生代锡矿带,西欧葡萄牙-康沃尔-厄尔士海西期锡矿带,苏联远东-我国东北锡矿带,我国东南沿海锡矿带(中新生代)。华南广大地区的锡矿床可能亦属此类。在弧后沉降带中的成矿花岗岩多为地壳重熔型的黑云母花岗岩,碱长花岗岩,二长花岗岩等。③与板块碰撞有关的锡矿化。迄今为止,该类型锡矿化仅发现于喜马拉雅山地区(中新生代),但尚未找到具有重要工业意义的矿床。在这种环境中与锡矿化有关的花岗质岩石为白云母花岗岩和含电气石浅色花岗岩。④大洋扩张中脊部位的锡矿化。最近几年,在太平洋洋脊中发现有从玄武岩中结晶分异出的花岗质岩石, Pither等称之为M型花岗岩。同时还见有与该类花岗岩伴生的锡矿化。这种矿化在大陆上是否存在尚要探索。

2. 对花岗岩与锡矿成矿关系的重新厘定 锡多金属矿床与花岗岩在时空方面的关系是显而易见的。Stemprok (1963, 1965)曾考察了世界363个锡多金属矿床,发现其中有296个矿床(占总数的82%)与花岗岩有关,而且大型矿床都毫不例外地产于花岗岩体的内外接触带。50—60年代地质工作者曾一度将花岗岩视为锡多金属矿床的唯一物质来源,因而投大量工作于矿床分带、矿物组合分带和成矿阶段、成矿期次的划分与对比,并取得了不少有益的成果。自70年代以来,由于Chappell和White (1974)、Ishihara (1976)在花岗岩成因分类和辨别标志研究方面的长足进展及Groves (1972, 1978)在花岗岩分异作用

及锡矿质分异富集和成矿方面的卓越成就,将锡矿床研究方向引入辨别花岗质岩石类型和探讨成矿物质在岩浆侵位-定位过程中演化性状。目前,该研究取得了比较一致的意见是壳源型(亦称S型或钛铁矿系列)花岗岩与锡多金属成矿关系最为密切,花岗岩分异作用越强烈越有利成矿。分异作用的结果必将导致硅质、碱质、挥发组分和酸性不相容元素等聚集于高度分异的晚期花岗岩的岩隆部位,这些部位产生间缝-孔隙热流体,在发育完好的体系里,锡可能直接转入热液相,也可能从碱交代作用的部位淋滤出来。锡的沉淀机制,通过大量实验研究还在不断发展中。近期,地质学家们对花岗岩的研究已不仅仅囿于应用几个变量标志辨别花岗岩的成因类型,开始认识到花岗岩类的复杂性是由“不同源的多种作用生成的几个系列的综合”(Lameyre),并把花岗岩类的来源(origin)和成因(genesis)分别来看待,即着眼于花岗岩类的演化是从静态向动态方向的转变。站在更高层次上来进一步研究火成岩套(或称火成岩系)中各个岩体之间的时空演化关系。由此发现在一个岩石系列中,早阶段岩体似I型花岗岩,越到晚阶段的岩体越表现出S型花岗岩的特征,而锡多金属元素从早阶段岩体到晚阶段岩体趋向富集。另一方面, M. P. Atherton (1987)也提出花岗岩类结晶顺序的对比研究,即针对花岗岩类演化具有一定结晶途径的新的探讨。此外,当一部分岩石矿床学家在继续探讨花岗岩分异演化成矿的同时,国内外又涌现出了一股淡化花岗岩成矿热。由于同位素地质的迅速发展,人们越来越清楚地认识到,花岗岩对成矿作用在能量方面的贡献大于其在提供物质方面的效益。1985年在英国召开的HHP国际会议上,将淡化花岗岩成矿研究引入了一个热潮,可惜会议未提出锡矿床方面的具体实例。涂光炽(1984)曾论述了花岗岩与其周围矿产的关系,以及花岗岩类成矿作用的多种途径(1987)。他认为W、Sn、Nb、Ta直接来自花岗岩,属花岗岩岩浆和岩浆热液成矿作用;Sb、Hg等元素可能取自周围地层,属花岗岩类与围岩地质体互相作用(热量影响)成矿。近几年,笔者对桂北九万大山-元宝山地区锡多金属矿床的研究结果表明:在花岗岩的内外接触带中,成矿流体以岩浆水为主,Sn、W等成矿物质出自岩体,在距接触带1000m以内的地段,成矿流体为岩浆水和大气降水的混合水,一部分Sn、Cu来自岩体,另一部分Sn、Cu及Pb、Zn来源于围岩。在1000m以外的地段,花岗岩只起到“热能机”的作用,其本身的热能驱动地层中的大气降水受热而循环,这些循环水逐渐演变为含矿热卤水,继而形成了一系列贱金属硫化物矿床。在岩体冷凝晚期,由于热中心下移,在岩体内外接触带也生成了一批由热卤水卸载而成的贱金属硫化物矿床。在中国东南部,根据花岗岩的形成环境研究了不同花岗岩体的侵位类型与成矿关系,这也是当前从花岗岩地质学研究成矿作用对仅以花岗岩岩石学和地球化学研究成矿的一项重要发展和补充。

3. 层控矿床的认识和发展 近二十年来,矿床学领域内最大的革命莫过于层控成矿理论的崛起。层控概念的出现不仅使一批与岩浆作用关系不明显的热液矿床在成因方面得到了合理的解释,而且也有助于人们不断地开阔成矿找矿思路。以往对锡矿成因认识仅停留在花岗岩成矿唯一途径上,而今诸多地质事实表明海底喷气作用也是形成锡矿的一条重要途径。最近, Franklin等(1988)在北美西海岸的Gorda洋脊进行考察时,发现在洋底热泉(喷气口)附近有块状磁黄铁矿矿石正在从热液中卸载生成,目前其储量已达1Mt。在块状磁黄铁矿矿石中含锡品位达0.46%。另外,在一些前寒武纪喷气型块状硫化物矿床中常常伴生有Sn,可以作为副产品回收。例如,在加拿大,太古代的Kidd Creek和South Bay矿床中锡品位分别为0.14%和0.25%,二者成矿主岩都是长英质火山岩序列,其蚀变岩系中富有萤石和电气石。著名的元古代Sullivan铅-锌矿床中含锡平均值为0.05%,最高可达2%,伴生锡储量超过10000t。在我国南祁连山加里东期优地槽西端的喷气型锡铁山铅锌矿中也伴生有达工业品位的Sn元素,其储量达数千吨。以上实例充分说明在海底喷气过程中,锡作为伴生组分可以与贱金属硫化物一起生成。目前,矿床学家所面临的问题是如何认识花岗岩周围的似层状、层状和透镜状锡石硫化物矿体,它们是同生喷气成因还是花岗岩作用的后生成因。Knight(1975)和Hutchinson(1979)先后提出澳大利亚西塔斯马尼亚著名的Renison Bell, Bischoff锡矿床(磁黄铁矿-锡石建造)为海底喷气生成,但迄今为止,这一认识还未能为大多数地质学家接受。近几年,蔡宏渊和张国林(1983, 1985),雷良奇(1986)也将我国著名的大厂锡矿床论证为层控型矿床,但他们所有的证据仍有待进一步充实。总之,花岗岩内外接触带中的锡石硫化物矿床的成因问题已经成为矿

床成因学中争议的焦点之一, 无论层控论者能否找到令人信服的证据, 结果总会促进地质学家们站在更高层次对这些矿床的成因问题进行深刻认识。

4. 含锡花岗岩的判别准则 摆在人们面前的基本事实仍然是: 世界上绝大多数锡矿床(尤其是大型锡矿床)在空间上总是与花岗岩相伴存。随着地质工作的日益深入, 在地表找到大矿的几率越小。因此, 为了寻找隐伏矿体, 地质学家对于探索岩体含矿性的兴趣也有增无减。Ratigan (1964)、Stemprok (1970)、Brockly (1982) 和 Neva (1982, 1984, 1986) 等分别在该方面作了大量工作, 他们研究了澳大利亚、欧洲和东南亚地区的含锡花岗岩, 在副矿物组合、黑云母和白云母矿物化学、岩石化学和微量元素等方面建立了一些辨别岩体含矿性的准则。我国学者也常利用这些准则对有关研究岩体进行含矿性判别, 但由于地球物质分布的差异性, 所以在对比过程中不同程度地遇到了一些困难。在此情况下, 我国学者也着手研究我国(尤其是华南地区)含锡花岗岩的鉴别标志。王韦玉、韦文灼(1985)在研究岩石化学、微量元素和黑云母及磁铁矿、钛铁矿标型等方面提出了广西燕山期花岗岩体锡钨含矿的判别要素。笔者近几年研究和收集了我国58个典型含锡花岗岩资料, 建立了我国含锡花岗岩的系列准则。其中包括在黑云母的 Al^{IV} 对 F/FM 图解中, 在岩石的 $Q-A-P$ 图解、 $SiO_2/10-(CaO+MgO)-(Na_2O+K_2O)$ 图解、 $(\Sigma FeO+MgO)-CaO-(Na_2O+K_2O)$ 图解、 $D.I.$ 直方图解、 $A-C-F$ 图解、 $\delta^{18}O-SiO_2$ 图解中确定了含锡花岗岩的区域和含锡花岗岩在微量元素及比值、酸性不相容元素分布型式图、稀土元素分布型式图等方面的判别标志。

5. 锡矿成矿系列的产生和发展趋势 程裕洪、陈毓川、赵一鸣于1979年首次提出成矿系列概念, 并在1983年进行了大量的补充, 初步形成了一种新的学术思想。该理论一经问世, 即得到我国不少矿床地质工作者的关注、运用和发展, 并先建立了一些成矿系列的成矿模式。近几年来, 在锡多金属成矿系列方面已进行了大量工作, 例如华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、锡多金属矿床成矿系列、大厂锡矿带多金属矿床成矿系列、中国东部地区多金属成矿系列、云南腾冲地区锡多金属成矿系列、广东云开隆起区钨锡多金属成矿系列、福建南平伟晶岩稀有铌钽金矿床成矿系列、桂北九万大山一元宝山区锡多金属矿床成矿系列。以上在锡多金属矿床成矿系列方面的研究成果不仅深化了同一地质单元内一组矿床的时空演化关系和矿床系统工程中物质转变规律, 而且也提高了区域和地区性综合找矿的科学性和系统性。预计在今后一段时间内, 锡多金属矿床成矿系列的研究动态有四: ①在中国滨西太平洋成矿带或南岭和三江地区中运用成矿系列学术思想进一步论述其成矿作用的演化和总结成矿规律; ②尝试探讨三大成矿系列组合之间在成矿演化过程中的联系或之外的成矿系列的存在和意义; ③研究同一锡多金属成矿系列中内生作用与外生作用平衡统一的问题; ④利用成矿系列的成矿模型进行隐伏矿体靶区优选。

6. 锡矿的物质来源问题 在70年代以前, Bowen (1958) 的一元岩浆结晶演化系列在岩石学研究中起着主导作用, 由于受花岗岩出自玄武岩浆的传统思想束缚, 因而与花岗岩有关的锡多金属矿床中的矿质也自然被认为是源于地幔。70年代以后, 在花岗岩成因研究方面的突破, 使多数学者基本上同意了地球上大面积出露的花岗岩类为地壳重熔的产物。由此以来锡的地壳来源认识占了上风。尤其是近几年, 在世界各地找到了一些含锡丰度较高的地层层位, 如我国华南地区的早元古界和泥盆系、东欧的厄尔士元古代结晶基底地层, 南非前寒武纪特兰斯瓦系上段等, 这些事实对地壳成锡矿又提供了有力的证据。另一部分学者注意到了以下几点事实: ①锡在地球上各类岩石的分配表明, 中基性岩和中酸性岩含锡丰度大于酸性岩和超基性岩(美国地质调查所, 1971)和硅酸盐隕石含锡丰度高达20ppm (Heide等, 1957); ②在东德元古代(700Ma) 细碧质的变火山岩中有Sn、Cu、Zn的矿化作用; 在中国和澳大利亚发现前寒武纪有与镁铁质岩浆活动有关的层纹状电英岩锡矿化体。③在洋脊的M型花岗岩中伴生有锡矿化及海底喷气型块状硫化物矿床中伴有副产品锡; ④苏联远东滨海省南部的锡石-硅酸盐矿床常与基性岩墙或闪长岩体有关, 我国扬子古陆边缘的桂北和康滇地轴上的锡矿体多产于花岗岩周围的镁铁质-超镁铁质岩中。故此, Sillitoe (1979) 再次强调了Sn来自地幔的认识, 并从板块角度加以探讨。郭文魁(1987)通过对锡的地球化学属性的剖析, 并对世界范围内的锡矿成矿问题进行了综合研究, 提出了锡的地幔来源之见解。

就目前研究来看, 对锡的来源问题尚争论不休, 相持不下。但一个必须正视的事实是地球本身含Sn表

现为非均一性和同一地区锡矿成矿的继承性。这就解释了为什么在同一地区地幔岩和地壳岩石都可以成锡，而在另一些地区也尽管经历了相同的地质作用，但都没有锡矿生成。

主要参考文献

- [1] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣 1979 初论矿床的成矿系列问题 中国地质科学院院报 第1号
- [2] 涂光炽 1984 与花岗岩类有关的成矿作用 中国科学院地球化学研究所年报
- [3] 郭文魁 1987 论锡的成矿问题 《锡矿地质讨论会论文集》地质出版社
- [4] 陈毓川 1983 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列 矿床地质 第2卷 第2期
- [5] 毕承思 1988 新疆发现一处与碱性花岗岩有关的成型锡矿 地质论评 第34卷 第5期
- [6] 毛景文、陈毓川等 1988 桂北地区中元古代层纹状锡矿化的发现及其意义 矿床地质 第7卷 第1期
- [7] 方大钧、蔡惠兰 1987 浙江A型花岗岩的性质、成因及其成矿关系 岩石矿物地球化学通讯 第3期
- [8] Andrew, A. S., Pollard, P. J., Taylor, R. G and Groves, D. I., 1986, Closed-system behaviour for the tin-tungsten system at Zaaiplests, South Africa. Proceedings of Conference of 3rd IGCP-220, 1986. Canberra, Australia.
- [9] Atherton, M. P., 1987, Contrasting crystallization sequence in granite. Proceeding of 4th Symposium of IGCP-220, 1987, Guilin, China.
- [10] Groves, D. I. and Mccarthy, T. S., 1978, Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids. Mineralium Deposita. Vol. 13, pp. 11-16.
- [11] Hutchinson, R. W., 1979, Exhalative genetic evidences on Tasmania tin deposits. CIM Bulletin. Vol. 72, pp. 96-104.
- [12] Plimer, I. R., 1983, The geology of tin and tungsten deposits. Course Handbook.
- [13] Sillitoe, R. H., 1974, Tin mineralization above mantle hot spots. Nature. Vol. 284, pp. 297-299.

<http://www.kcdz.ac.cn/>