文章编号:0258-7106(2010)01-0009-15

华南钨和锡大规模成矿作用的差异及其原因初探*

华仁民,李光来,张文兰,胡东泉,陈培荣,陈卫锋,王旭东
(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 钨和锡都是中国的优势矿产资源,主要分布在华南尤其是南岭及其邻近地区,关系密切、相互共生,但两者之间仍然存在着很明显的差异。在空间分布上表现为东钨西锡:南岭东段,钨矿密集产出;中段,钨锡并重,但锡矿化明显增强;西段则为大规模锡成矿作用。在成矿时代上,钨和锡都以 160~150 Ma 为成矿高峰期,但锡还有雪峰期、印支期成矿作用,以及燕山晚期的又一个成矿高峰期。锡的成矿作用及与其相关的花岗岩类显示出与地幔物质有较为密切的关系,因此,锡的大规模成矿作用或发生在有地幔物质参与的"十-杭带"附近,或发生在地壳强烈拉张的燕山晚期。钨与锡在元素地球化学性质上的差异,以及华南东、西两部分在构造背景、沉积物特征和岩浆活动等方面的差异,是造成华南钨与锡大规模成矿作用差异的根本原因。

关键词 地质学;钨;锡;大规模成矿作用;差异;华南
中图分类号:P618.67;P618.44 **文献标志码**:A

A tentative discussion on differences between large-scale tungsten and tin mineralizations in South China

HUA RenMin, LI GuangLai, ZHANG WenLan, HU DongQuan,
CHEN PeiRong, CHEN WeiFeng and WANG XuDong
(State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, School of Earth Science and Technology,
Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China)

Abstract

Both tungsten and tin are the most prevailing mineral resources in China. Large-scale tungsten and tin mineralizations took place mostly in South China, especially in the Nanling Mountains and the neighboring areas. The two elements are very closely related to and accompanied with each other and always occur together in most ore deposits. However, differences do exist between tungsten and tin mineralizations in many aspects. Spatial distribution shows that the eastern sector of the Nanling Mountains is characterized by strong and dense W mineralization, while Sn mineralization becomes stronger westwards. China's two largest Sn ore deposits are distributed in the western margin of the South China fold system. Although both tungsten and tin mineralizations have the same highest ore-forming epoch of 160~150 Ma, the tin mineralization is spanned from the late Xuefeng Period (~800 Ma) to Late Yanshanian Movement (80 Ma). The Late Yanshanian Movement is in fact another highlight of tin mineralization. The tin-bearing granite and tin mineralization show much closer relationship with the participation of mantle derived materials than tungsten mineralization. Therefore, the large-scale tin mineralization took place either near the so-called Shi-Hang Zone where long-term deep faulting was activated and A-type granites were emplaced or during the Late Yanshanian period when the South China continent was in a strong tensional geodynamic environment. The principal factors responsible for these differences may include the diversity of geochemical properties between the two elements and the differences in tectonic backgrounds, stratigraphic characteristics and magmatic activities between the eastern part and the western part of South China.

* 本文得到国家重点基础研究发展计划(2007CB411404)及国家自然科学基金重点项目(40730423)的资助
第一作者简介 华仁民,男,1946 年生,教授,主要从事矿床学研究与教学。Email:huarenmin@nju.edu.cn
收稿日期 2009-10-12;改回日期 2009-12-01。许德焕编辑。

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

Key words: geology, tungsten, tin, large-scale mineralization, difference, South China

钨和锡都是中国的优势矿产资源。2008 年中国矿山生产的钨占世界总产量的 75%，锡占世界总产量的 45%❶。

众所周知，中国的钨锡矿产资源主要分布在华南。按中国地质学界通用的地域概念，"华南"一般是指长江以南、雪峰山以东的中国东南部地区，与地理意义上的"华南地区"有所不同。由于本文主要讨论钨锡成矿作用，因此，本文所说的"华南"主要是指南岭及其邻近地区，包括闽西、赣南、粤北、湘南、桂北及滇东南等地，而不包括长江中下游和东南沿海地区。

在华南地区众多的钨锡矿床中，钨与锡关系密切、相互共生，真正单独以钨或锡为唯一有用元素的情况反而较少（华仁民等，2008）。因此，长期以来中国地质学界都将该地区的钨、锡成矿作用相提并论，或作为一个成矿系列看待，故在文献中经常出现有"南岭钨锡矿床"、"南岭钨-锡多金属成矿带"等名称（华仁民等，2003；2007；毛景文等，2007；2009）。

尽管钨、锡在华南地区关系十分密切，共生非常普遍，但两者之间仍然存在着很明显的差异，这种差异及其原因也正在越来越受到关注。笔者等近年来在从事华南中生代花岗岩类及其成矿作用关系的研究时，也对该地区的钨和锡在成矿作用、共生关系及其他相关特征方面的差异进行了一些初步调研，发现华南地区的钨、锡成矿作用在区域分布、成矿作用时间、矿床（矿化）类型、岩浆岩专属性等方面存在着差异；而造成这些差异的根本原因，可能是锡与钨在元素地球化学特征上的差异，以及华南地区不同构造单元之间在性质和演化上的差异。

1 钨矿与锡矿在华南地区空间分布上的差异

在华南地区，钨矿床和锡矿床的空间分布存在着差异。徐克勤等（1987）早就提出，华南的钨锡矿床在区域分布上具有"东钨西锡"、"隆钨坳锡"的特征。本文以钨、锡矿床最发育的南岭及其邻近地区为例作进一步阐述。

1.1 南岭东段以钨矿的密集产出为特征

南岭东段主要是指赣南和粤北地区，并向东延伸至闽西。该区段明显以钨矿床的密集产出为特征。赣南地区有 3 个重要的钨矿集区：①"崇-余-犹"矿集区，汇集了 185 处钨矿床和矿化点，堪称世界上密度最大的钨矿汇集区（康永孚等，1991），它包含大余的西华山、漂塘、石雷、荡坪、樟斗、左拔，崇义的茅坪、淘锡坑、宝山、八仙脑，上犹的焦里等矿床；② 于都矿集区，包括于都的盘古山、黄沙、安前滩、上坪，兴国的画眉坳等矿床；③"三南"（龙南、全南和定南）矿集区，包括全南的大吉山、定南的岿美山等矿床。粤北地区则有九连山矿集区，包括连平的锯板坑，翁源的红岭，始兴的梅子窝、石人嶂、师姑山，曲江的瑶岭等矿床，该矿集区实际上与赣南的"三南"矿集区几乎连成一片。在南岭东段最东端的闽西南地区，产有由浸染状-网脉状白钨矿和石英大脉黑钨矿组成的规模巨大的行洛坑钨矿床（张玉学等，1993；张家菁等，2008）。

在南岭东段的邻近地区也有不少钨矿床，如赣中的下桐岭、浒坑、徐山等。而赣北的香炉山、阳储岭等大型钨矿床，虽然其所处的大地构造位置已是江南造山带而不是南岭，但仍可归入华南地区。

相比之下，南岭东段及其邻近地区的锡矿资源就远不如钨矿丰富。尽管赣南-粤北的大部分钨矿床都有锡的共生或伴生，有些矿床的锡还相当重要（如漂塘、锯板坑），但独立的锡矿床或以锡为主的矿床则相对较少。在南岭东段的赣南东部，目前只有会昌的岩背斑岩型锡矿是规模较大的独立锡矿床，但正如后文将述及的，它与赣南-粤北的主要钨矿床在成矿时代和背景等方面有较大差异。此外，在赣北还有德安的曾家垅锡矿，但其位置应属于长江中下游成矿带的范畴，而且，其锡矿物组合以含马来亚石为特色，有别于华南（南岭）锡成矿带的其他锡矿床（曹汉生等，1994）。

在南岭东段更东南面的广东沿海地区，也发育一些钨、锡矿床，如澄海的莲花山钨矿床，潮州的厚婆坳、海丰的长埔、紫金的铁嶂等锡矿床。莲花山钨矿床是与燕山晚期石英正长斑岩有关的斑岩型钨-金矿床（满发胜等，1983；柳少波等，1998）。厚婆坳是一个由地层、构造、岩浆岩三位一体形成的复合型热液脉状锡-银-铅锌矿床（罗庆超，1993）。长埔锡矿床是与次火山有关的浅成中-高温热液矿床（马秀娟，1995），伴生有大量的铅锌硫化物。而铁嶂锡矿与岩浆活动的关系尚不清楚，高凤颖（2004）认为，它是一个与构造破碎有关并受岩石性质和地层产状控制的热液矿床。由于这些矿床位于政和-大埔断裂带以东，已属东南沿海成矿带，所以，在构造背景、岩浆活动等方面都与南岭地区不同，在成矿作用上也具有区别于南岭地区钨、锡矿床的特色，例如其主要共（伴）生金属不是锡或钨，而是金、银、铅锌等。

1.2 南岭中段以钨、锡并重为特征

南岭中段一般指的是湘南（或湘东南）和桂东北一带，在作为南岭主体的越城岭、都庞岭、萌渚岭、骑田岭、大庾岭这 5 个山岭中，前 4 个都位于这一区段。

与南岭东段赣南-粤北的钨多锡少相比，南岭中段以钨、锡并重为特征，而且，锡的矿化已明显增强。该区段既有湘南的瑶岗仙、新田岭、川口、黄沙坪，桂东北的珊瑚、水岩坝（烂头山）、牛塘界等钨矿床，又有柿竹园、红旗岭、野鸡尾、姑婆山等钨、锡共生的矿床，还有不少以锡为主的矿床，如金船塘、香花铺、栗木、新路（六合坳）、长营岭等。

位于粤西信宜的银岩锡矿是一个浅成的云英斑岩矿床（沈敢富，1992），在地理位置上似乎也可归入南岭中段邻近地区。

南岭中段尤其是湘南地区的锡矿资源在中国国内占有重

❶ 美国地质调查局（USGS）网站. 2009. Mineral Commodity Summaries.

要地位(蒋希伟等,2003)。较新(2007 年)的统计资料显示,湖南的锡矿储量(91.78 万吨)居全国第 3 位,超过广东(56.01 万吨)和江西(24.99 万吨)两省的总和❶。而湖南的锡矿主要分布在湘南地区。

近些年来,中国地质调查局部署了"南岭地区锡多金属矿评价"的专题找矿研究项目,至 2004 年底,已取得一系列找矿突破,其中最重要的是在骑田岭发现了芙蓉超大型锡矿田(陈民苏等,2000;黄革非等,2001;魏绍六等,2002);此外,在大义山(刘铁生,2002;伍光英等,2005)、香花岭(钟江临等,2006)、荷花坪(吴寿宁,2006)、锡田(蔡新华等,2006;伍式崇等,2009)、大坳(刘树生等,2007)等地,都有锡多金属找矿的新发现或新进展(蔡明海等,2005b)。值得注意的是,所有这些新发现、新突破的锡矿床或锡多金属矿床都位于南岭中段,并且基本上都在湘南及其邻近地区;而在南岭东段的赣南-粤北地区,则未有锡多金属找矿的新发现。

因此,杨合群(2007)将中国华南钨锡成矿带分为"粤赣湘钨成矿带"和"湘桂锡成矿带"2 大部分,伍光英等(2008)将湘南地区称为"锡多金属矿集区",都应该是非常恰当的。

1.3　南岭西段及其邻区锡成矿作用增强

此处所谓"南岭西段",主要是指广西中北部的九万大山-元宝山和丹池地区、广西西部的"右江褶皱带"以及云南东南部的个旧-文山地区。该区段在地理上已位于南岭以西,但在大地构造上仍属华南加里东褶皱系的西端,因此,地质界一般仍将其归属为南岭有色金属成矿带的一部分(罗君烈,1995;华仁民等,1997;陈毓川,1999)。

该区段的锡成矿作用明显进一步增强,锡矿不仅格外丰富,且其意义十分重要。个旧和大厂这 2 个中国最大的锡矿田都在该区段,此外,还有广西的五地一洞、九毛、德保,云南的都龙、白牛厂、新寨等矿床。至于滇西三江地区的小龙河、来利山、石缸河等锡矿,则已不属南岭或华南地区,本文就不再赘述。

正是南岭西段大规模的锡成矿作用,使云南、广西成为中国锡矿已查明资源储量最丰富的 2 个省(区)。截至 2007 年底,在中国锡矿已查明的资源储量中,云南(124.99 万吨)与广西(97.55 万吨)两者之和占中国锡矿总储量的 46%❶。

南岭西段的钨矿化则继续减弱,唯一稍具规模的是广西中-南部的武鸣大明山钨矿床,位于"右江褶皱带"东缘与丹池成矿带南延部分相交之处。到了滇东南,钨矿已很少,而且大多是锡矿床(田)或锡多金属矿田的共(伴)生产物,例如,与都龙老君山岩体相关的南秧田白钨矿床等(罗君烈,1995)。

2　锡与钨在成矿时间上的差异

在华南地区,钨和锡的成矿作用于时间上也有一定差异。总体而言,中生代(尤其燕山期)是南岭及邻区最重要的钨锡成矿期(华仁民等,1999;2003;2005a;毛景文等,1999;2007)。

华南地区尤其是南岭及邻区,其钨和锡的大规模成矿作用都始于 160 Ma 左右。从近年来发表的众多成矿年龄数据来看,钨的成矿高峰期相对较短,几乎都集中在 160～150 Ma,少数延续到 140 Ma 左右(表 1),属于燕山中期(Hua et al.,2005b)。除了这一时间段,其他地质时期在华南地区几乎没有什么重要的(与花岗岩有关的)钨矿化。

表 1　华南地区燕山中期若干钨矿床的成矿年龄

Table 1　Ore-forming ages of several mid-Yanshanian tungsten deposits in South China

产地	矿床名称	测试方法	年龄值/Ma	数据来源
赣南	淘锡坑	包裹体 Rb-Sr	161～154	郭春丽等,2007
赣南	淘锡坑	Re-Os	154	陈郑辉等,2006
赣南	柯树岭	白云母 Ar/Ar	159	刘善宝等,2008
赣南	漂塘	白云母 Ar/Ar	159	刘善宝等,2008
赣南	漂塘	白云母 K-Ar	156～154	穆治国等,1988
赣南	漂塘	Ar/Ar	154	陈郑辉等,2006
赣南	漂塘	Ar/Ar	152	张文兰等,2009
赣南	茅坪	Re-Os	158～141	曾载淋等,2009
赣南	大吉山	白云母 K-Ar	158～153	蒋国豪等,2004
赣南	大吉山	包裹体 Rb-Sr	150	李华芹等,1993
赣南	大吉山	Ar/Ar	147～144	张文兰等,2006
赣南	摇篮寨	Re-Os	156	丰成友等,2007a
赣南	牛岭	Re-Os	155	丰成友等,2007b
赣南	木梓园	Re-Os	151	张文兰等,2009
赣南	浒坑	Re-Os	150	刘珺等,2008
赣南	西华山	白云母 K-Ar	150～149	穆治国等,1988
赣南	西华山	包裹体 Rb-Sr	139	李华芹等,1993
赣南	樟斗	Re-Os	149	丰成友等,2007b
粤北	石人嶂	Re-Os	159～158	付建明等,2008
粤北	师姑山	Re-Os	154	付建明等,2008
闽西	行洛坑	Re-Os	156	张家菁等,2008
闽西	行洛坑	包裹体 Rb-Sr	148	张家菁等,2008
湘南	香花铺	Ar/Ar	161	Yuan et al.,2007
湘南	新田岭	Ar/Ar	157	毛景文等,2004b
湘南	新田岭	石英 Rb-Sr	157	蔡明海等,2008
湘南	黄沙坪	Re-Os	155	姚军明等,2007
湘南	黄沙坪	Re-Os	154	马丽艳等,2007
湘南	黄沙坪	Re-Os	154	毛景文等,2007
湘南	瑶岗仙	Re-Os	155	Peng et al,2006
湘南	柿竹园	Ar/Ar	153	毛景文等,2004b
湘南	柿竹园	Re-Os	151	李红艳等,1996
湘南	柿竹园	Sm-Nd	149	Li et al, 2004
湘南	柿竹园	Ar/Ar	148	彭建堂等,2007
湘南	大坳	Re-Os	151	付建明等,2007
广西	大明山	Re-Os	95	李水如等,2008

❶ 中国经济网. 2009 年 1 月 15 日. 我国锡矿资源利用现状与存在问题.

在南岭地区，属于燕山晚期的钨矿极少。李水如等(2008)测得了大明山钨矿区含矿石英脉中辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 95.40 Ma，与大厂锡多金属矿床的主要成矿时代一致，并认为大明山矿田与大厂矿田的成矿作用几乎同时发生在燕山晚期。此外，前已述及的广东莲花山斑岩型钨矿，其形成显然与燕山晚期东南沿海的火山-岩浆活动密切相关。

相比之下，锡成矿作用的时间跨度明显大得多，前人在总结华南花岗岩地质与成矿时就指出，Sn 成矿花岗岩可形成于各个地质时期(地质矿产部南岭项目花岗岩专题组，1989)。以南岭及邻区的与花岗岩类相关的锡成矿作用来说，早在雪峰期就有重要的锡矿形成，例如桂北地区与雪峰期元宝山花岗岩有关的九毛锡矿❶以及五地一洞锡矿等(陈毓川等，1995)。与印支期花岗岩有关的锡矿有湘南的荷花坪(224 Ma)等。赣南崇-余-犹钨矿集区内的崇义仙鹅塘矿床是一个以锡矿化为主的锡钨矿床，刘善宝等(2008)测得其成矿年龄为(231.4±2.4)Ma，属印支期。最近，杨峰等(2009)测定了栗木锡矿云英岩化花岗岩中白云母的 Ar/Ar 年龄，认为该锡矿的成矿作用主要发生在 214 Ma 左右，属印支期。赵蕾等(2006)研究了闽西南印支期红山花岗岩的形成时代(226 Ma)、特征及其含矿性，认为其演化晚期的产物有可能形成锡矿。看来，印支期也可能成为华南锡的主要成矿期之一。

与钨成矿相同的是，燕山中期 160～150 Ma 也是一个锡的成矿高峰期。但在 140 Ma 以后的燕山晚期(尤其是 120～80 Ma)，华南出现了锡的另一个成矿高峰期(表 2)，南岭及邻区内的几个超大型锡矿，如桂北的大厂、滇东南的个旧等，都是燕山晚期锡多金属大规模成矿作用的产物。而粤东沿海地区的厚婆坳、长埔、铁嶂等锡矿床，虽然目前还缺乏可靠的成矿年龄数据，但从现有资料分析，也是燕山晚期成矿作用的产物。因此，毛景文等(2009)最近在总结华南地区中生代主要金属矿床模型时，分别建立了晚侏罗世 160～150 Ma 与花岗岩有关的钨锡矿床模型和白垩纪锡钨多金属矿床模型。

表 2 华南地区若干锡矿床的成矿年龄

Table 2 Ore-forming ages of several tin deposits in South China

产地	矿床名称	测试方法	年龄值/Ma	数据来源
赣南	仙鹅塘	白云母 Ar/Ar	231	刘善宝等，2008
赣南	岩背	Rb-Sr	126	梅玉萍等，2007
粤西	银岩(岩体)	Rb-Sr	87	胡祥昭，1989
湘南	荷花坪	Re-Os	224	蔡明海等，2006a
湘南	金船塘	Pb-Pb	164	肖红全等，2003
湘南	锡田	白云母 Ar/Ar	157～155	马丽艳等，2008
湘南	锡田	Re-Os	150	刘国庆等，2008
湘南	芙蓉淘锡窝	Ar/Ar	160	毛景文等，2004b
湘南	芙蓉淘锡窝	Ar/Ar	160～151	彭建堂等，2007
湘南	芙蓉三门	Ar/Ar	156	毛景文等，2004b
湘南	芙蓉白腊水	Ar/Ar	159	毛景文等，2007
湘南	芙蓉白腊水	Ar/Ar	157～151	彭建堂等，2007
湘南	芙蓉白腊水	Rb-Sr，Sm-Nd	137～133	李华芹等，2006
湘南	尖峰岭	Ar/Ar	158	Yuan et al，2007
湘南	香花岭	Ar/Ar	154	Yuan et al，2008
湘南	大坳	Re-Os	151	付建明等，2007
湘南	界牌岭	黑云母 Ar/Ar	91	毛景文等，2007
桂北	栗木	白云母 Ar/Ar	214	杨峰等，2009
桂北	大厂	Ar/Ar	95～91	王登红等，2004
桂北	大厂亢马	包裹体 Rb-Sr	94	蔡明海等，2005a
桂北	大厂铜坑-长坡	包裹体 Rb-Sr	93	蔡明海等，2006b
滇东南	个旧卡房	Re-Os	83	杨宗喜等，2008
滇东南	都龙	锡石 U-Pb	82～80	刘玉平等，2007
滇东南	都龙	矿石 Rb-Sr	77	刘玉平等，2000

3 锡与钨的地球化学性质对其在矿床中差异的影响

锡是否与钨共生，跟钨矿床的(矿化)类型有一定的关系。总体上说，各种石英脉型(尤其是大脉型)黑钨矿床最易出现锡的富集，而其他类型的钨矿床如矽卡岩型(白)钨矿床、斑岩型或细脉浸染型钨矿床，所伴生的锡矿化则相对较弱。例如：湘东南的新田岭矽卡岩型钨矿床基本上没有锡矿化；赣北的阳储岭斑岩钨(钼)矿床、广东的莲花山斑岩钨矿床、福建的行洛坑细脉浸染型钨矿床等，锡都是很次要的伴生组分，而代之以主要伴生钼为特征。

从钨和锡在矿床中共生的主客关系来看，两者也存在着一定的差异。南岭地区大部分以钨为主的矿床都有锡伴生，即使如前所述的矽卡岩型、斑岩型或细脉浸染型钨矿床，尽管伴生的锡矿化较弱，但还是或多或少地存在。这可能与南岭地区的区域构造地球化学背景有关，因为南岭地区无论地层还是花岗岩都有较高的钨锡背景值。而南岭地区以外的一些钨矿却没有伴生锡，如江西中部武功山地区的下桐岭钨矿床就没有锡伴生，但伴生有钼、铋、铍(汪帮勤等，2004)；中国另一个重要的钨矿资源产地——河南栾川三道庄斑岩钼钨矿床，也没有锡的共生。

在南岭及邻区的以锡为主的矿床中，钨可能并不是最重要的共生或伴生金属，有的甚至基本上没有钨的共生或伴生，而是与银、铅锌等共生，如江西的德安曾家垅锡矿、石城松岭锡矿、会昌岩背锡矿等；湖南宜章界牌岭隐伏锡矿的共生金属不是钨而是铜和铅锌(侯建强，1999)。而且，似乎锡的矿化规模越大，其共(伴)生的钨越不重要。例如，桂东北的栗木矿田，原来是以锡为主的锡-钨共生矿床，但是从上世纪 60 年代起，该矿山就转为主要开采花岗岩型钽铌锡矿，并建立了老虎头、水溪庙和金竹源等 3 处花岗岩型钽(铌)-锡矿床，钨已变得很不重要；又如，在广西大厂和云南个旧这 2 个超大型锡多金属矿床中，钨也不是重要的伴生组分。

即使在钨锡密切共(伴)生的矿床或矿田中，钨与锡也有各自的产出特征和富集规律。例如著名的湘东南柿竹园矿床，其钨、锡储量均达到了超大型矿床的规模(陈毓川等，1993；

❶ 朱 征，唐嗣俊. 1991. 广西九毛锡矿特征及成矿机理探讨. 西南矿产地质，5(3)：19-26.

毛景文等，1998；刘义茂等，2000）。柿竹园矿床产于千里山花岗岩体东南内弯处与泥盆系余田桥组泥质灰岩的内外接触带，复杂的成矿作用形成了 4 种成因类型的矿体，并呈现出明显的垂直分带，自上而下：① 大理岩细网脉型 Sn、(Be) 矿体；② 矽卡岩型 W、Bi 矿体；③ 网脉状云英岩-矽卡岩型 W、(Sn)、Mo、Bi 矿体；④ 云英岩型 W、Sn、Mo、Bi 矿体。由此可见，钨与锡既有密切共生，又有各自的富集规律，钨矿化在空间上与矽卡岩体的分布基本一致，主要产于中部的矽卡岩型矿体中，而锡在网脉型和云英岩型矿体中较为集中。

锡与钨在元素地球化学性质上的差异可能是两者在成矿作用中行为及共生关系差异的原因之一。

从元素本身的地球化学性质来看，锡与钨的关系其实并不十分密切。锡与钨既非同一周期又非同一族，两者的电子构型、原子和离子半径、氧化还原电位等地球化学参数均有一定差异（刘英俊等，1984）。钨属于典型的亲氧元素，它在自然界中以 W^{6+} 的氧化态形式与 O^{2-} 结合形成 WO_4^{2-} 络阴离子，再与 Fe、Mn、Ca 等元素结合形成钨酸盐类，因此，钨的天然矿物均以钨酸盐为主。

与钨相比，锡虽然也属于亲氧元素（戚长谋，1991），但是，锡不仅具有亲氧性，还具有亲铁性、亲硫性，因此，可以在更多的地质条件下形成多种锡的独立矿物，如锡的氧化物、氢氧化物、硫化物、硫盐、铌钽酸盐、硅酸盐和硼酸盐等。在自然界，锡容易与钛、铁、铌钽、铝等发生类质同象置换，却很少与钨形成类质同象；锡的最重要矿物锡石中所包含的主要微量金属是钛、铁、铌钽等，而钨在锡石中的含量普遍很低。在目前已知的锡的 6 大类 50 多种矿物中，钨没有进入任何一种锡矿物的化学式（陈骏等，2000）。这或许可以用来解释为什么许多大型锡矿床中钨并不一定是重要的共生或伴生金属。

前人研究成果显示，锡石在含氟水溶液中的溶解度随氟浓度的增加而升高，锡在成矿热液中主要以羟基氟络合物的形式迁移（刘玉山等，1986；陈骏等，2000），因此，与钨相比，锡与氟的关系更加密切。宋慈安（1996）对广西珊瑚矿田的研究表明：从浅部到深部，该矿床的石英、黑钨矿等矿物中的 W-Sb-Cu-Pb-Zn-Mo-Ag 含量增多，而 Sn-Cl-F 含量有减少的趋势。这一现象似乎揭示了 Sn 与 F 之间更具相关性。徐敏林等（2006）综合了赣南若干钨锡矿床的特征，也发现富锡石的黑钨矿石英脉常含较多的萤石和黄玉（尤其是萤石），显示出成矿流体既富锡又富氟的特征。覃宗光等（2008）的研究显示，栗木花岗岩中 F 含量可以作为寻找盲矿体的指示元素之一。苏咏梅（2008）的研究发现，野鸡尾锡多金属矿床中萤石化很发育，尤其是网脉状大理岩型矿体中的锡矿化往往产在白云母-萤石脉中。笔者等近年来在考察赣南若干钨矿床时，也发现富锡的矿石中常有萤石出现，如漂塘钨锡矿床、石雷钨锡矿床内常可见到含锡石的石英脉中有萤石发育。而事实上，与赣南的岩背、粤西的银岩等斑岩锡矿有关的花岗岩，就是非常富氟的黄玉花岗岩（王德滋等，1993）或云英斑岩（沈敢富，1992）。

4　华南内部区域地质构造背景差异的分析

为什么钨矿床与锡矿床在华南地区空间分布上有这样的差异？这是矿床地质工作者共同关心的问题，但尚未有专门的研究成果发表。现在看来，华南（或南岭）东、西部在地质构造背景上的差异无疑是重要的因素之一。

关于华南的大地构造格架及其演化，虽然至今仍未获得统一的认识，但地质学界较为普遍认同的是华南地区主要包括两大块体，即华夏地块（或华夏陆块）和扬子地块（或扬子陆块）（Shui et al.，1986；杨森楠，1989；汪纪舜，1990；马振东等，2000；舒良树，2006）。现今的扬子陆块包括其主体扬子古陆（或扬子克拉通）及其东缘的江南造山带；现今的华夏陆块则包括葛利普所谓的“华夏古陆”（卢华复，2006）及其以西的华南褶皱系。因此，本文所述的“华南”实质上主要包括了江南造山带的一部分和几乎整个华南（加里东）褶皱系。

尽管对于华夏陆块与扬子陆块的碰撞时间和机制还有不同认识（Li et al.，2002；周金城等，2008），但笔者关心的是：① 这两大陆块的碰撞-对接位置基本上被确认为是从东北部的绍兴-江山断裂带，基本上沿浙赣线向西，至萍乡（或宜春）一带转向南而进入湖南，在湖南境内大致沿茶陵（或酃县）-郴州-临武这一条断裂带向南，经广西东部进入北部湾；② 该对接带两侧的构造背景、沉积作用、岩浆活动都存在着一定差异（任纪舜等，2001；杨明桂等，1998；童潜明等，2000）。

自从 Gilder 等（1996）在华南识别出一条具有较高 Sm-Nd 含量和 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值、较低 Sr 同位素初始比值及 Nd 模式年龄的花岗岩带——“十-杭带”以来，已有许多相关的研究工作给予了肯定及支持，并取得了进展（陈江峰等，1999；洪大卫等，2002）。目前地质学界基本上认可的这条“十-杭带”的位置相当于上述华夏与扬子两大陆块的碰撞对接带；而“十-杭带”在南岭中段的具体表现就是湘南的酃县-郴州-临武断裂带及沿此带分布的一系列花岗岩体。

谢窦克等（2006）据地球物理研究资料认为，扬子与华夏两大陆块之基底岩石的物质组成及地壳结构完全不同，扬子克拉通具有由来自原始地幔的岩石组成的具多层结构的结晶基底，而华夏陆块则缺少结晶基底。马振东等（2000）对华夏与扬子陆块的古-中元古代基底陆源碎屑岩、晋宁期花岗岩类的不相容元素进行了对比，据其大离子亲石元素含量及比值所反映的信息，认为这两大陆块在中元古代处于不同的构造位置，而且，华夏陆块较之扬子陆块经历了更为强烈的后期叠加改造作用。

具体来说，“十-杭带”北西侧（湖南大部及赣北等地）是属于扬子陆块的江南造山带及其东南缘，以一套浅变质的中-上元古界火山-陆源碎屑沉积岩（四堡群、板溪群及相应层位）为褶皱基底，上覆泥盆系等地台型沉积的陆源碎屑-浅海相碳酸盐建造，构成 SN 向褶皱盖层构造，属相对凹陷区。“十-杭带”南东侧是华南加里东褶皱带，基本上没有中元古界出露，

除少数地区有青白口系至震旦系外，主要是由以寒武系-奥陶系陆源碎屑(-火山)沉积为主体的下古生界浅变质岩系等组成的 EW 向紧密褶皱为特征(杨明桂等，1998)，构成该区的褶皱基底，为相对隆起区，岩浆活动比北西侧更强烈。

前人研究表明，华南震旦系和古生界的某些层位，存在钨矿源层(徐克勤等，1981)或含钨建造。刘英俊等(1982)确定，华南有元古界(+震旦系)、寒武系、泥盆系和石炭系 4 个含钨建造。

总体来看，"十-杭带"两侧地层的钨背景值都比较高，而其南东侧更是钨的地球化学高背景区。已知的超大型钨矿的围岩大多是震旦系、寒武系和泥盆系，石英脉型和蚀变花岗岩型矿床产于震旦系、寒武系硅铝质砂岩、板岩或凝灰岩、凝灰质砂岩中，而矽卡岩型及层控角岩型矿床的围岩则为古生界(中寒武统、中-上泥盆统)的泥质灰岩和砂页岩。因此，大型-超大型钨矿的形成，与这些矿源层密切相关。例如，著名的柿竹园钨锡钼铋矿床，不仅是与其相关的千里山花岗岩中钨含量很高，而且，该岩体的围岩地层的钨含量也很高，例如，震旦系、寒武系碎屑岩的钨含量为 28.0 mg/kg，泥盆系跳马涧组砂岩的钨含量为 13.6 mg/kg，分别是地壳平均值的 21.5 倍和 10.5 倍(龚庆杰等，2004)。

相对而言，"十-杭带"的北西侧是锡的地球化学高背景区，尤其是湘南-桂北地区广泛发育的泥盆系，其锡的含量很高。庄锦良等(1993)提供，湘南地区泥盆系碳酸盐岩的锡丰度为(11.81×10^{-6})，砂页岩的锡丰度高达(39.05×10^{-6})，尤以中泥盆统的跳马涧组、棋梓桥组含锡最丰。史明魁等(1993)所提供的湘桂粤赣 4 省不同时代地层的锡平均含量显示，湖南的寒武系、泥盆系、石炭系的锡平均含量(分别为 5.3×10^{-6}、27.0×10^{-6}、2.6×10^{-6})均高于江西相应地层的锡含量(分别为 4.0×10^{-6}、4.5×10^{-6}、1.6×10^{-6})。

迟清华等(2007)汇编的中国东部元素丰度数据也反映出这种差异。在所统计的内蒙兴安-吉黑造山带、华北地台、秦岭-大别造山带、扬子地台(东)、华南褶皱系等 5 个中国东部主要构造单元中，属于华南地区的扬子地台(东)和华南褶皱系，无论其基底或盖层，都是 SiO_2 和 K_2O 含量最高，说明其地壳最为成熟；而且，无论在沉积岩、浅变质岩还是花岗岩中，钨锡等有色及稀有金属成矿元素的丰度都最高。可见，华南是一个成矿元素的高丰度区，其特殊的地质背景及演化历史为钨锡等金属的富集成矿提供了物质基础。从扬子地台(东)、华南褶皱系的钨锡丰度来看，虽然在大多数统计项目中，华南褶皱系含量略高，或两者不分伯仲，但值得一提的是，在"花岗岩"和"片岩"这两种岩石的统计中，都显示出下述特征，扬子地台(东)的 Sn 丰度(分别为 3.0×10^{-6} 和 3.6×10^{-6})高于华南褶皱系(分别为 2.7×10^{-6} 和 2.7×10^{-6})，而华南褶皱系的 W 丰度(分别为 1.7×10^{-6} 和 2.7×10^{-6})则高于扬子地台(东)(分别为 1.6×10^{-6} 和 1.84×10^{-6})。

上述关于"十-杭带"两侧地层的含矿性的差异，或许也能为华南地区"东钨西锡"的空间分布特征提供一点注解。

5 钨与锡在岩浆岩专属性方面的差异

由于钨与锡在华南地区共生的普遍性及其与花岗岩密切的成因关系，所以，长期以来人们习惯于将与钨锡有关的花岗岩归为一类，称作"钨锡花岗岩"或"含钨锡花岗岩"。但是，从锡与钨在全球范围内的成矿作用、矿床类型及分布情况来看，两者在岩浆岩专属性方面的差异也比较明显。

钨的主要矿床均与分异程度高的酸性岩密切相关，而锡矿床的形成在岩浆岩专属性方面的选择余地显然要比钨矿床宽得多，除了与分异程度高的酸性岩有关外，还可以与富钙酸性岩、碱性岩、A 型花岗岩、中酸性花岗闪长岩、基性岩等多种岩石类型有关。

近年来，有一些研究者试图找出华南地区与钨相关及与锡相关的花岗岩之间的差异并将它们区分开，这虽然是很有意义的工作，但难度较大，因为在许多情况下，可能是花岗岩的分异演化程度而并非成因类型决定了它是与钨相关还是与锡相关。笔者等曾经在华南与陆壳重熔型花岗岩类有关的成矿系统中，划分出"主体(S 型)花岗岩"、"Li-F 花岗岩"和"火山-侵入杂岩"3 种类型(华仁民等，2003)，其中的第 1 类与钨矿化密切相关，而第 3 类则与燕山晚期的浅成或次火山-斑岩型锡矿相关。最近，陈骏等(2008)将南岭地区含钨锡铌钽的花岗岩划分为含钨花岗岩、含锡钨花岗岩和含铌钽花岗岩 3 个类型，这三者在 TiO_2 含量、ACNK 值、Rb/Sr 比值及稀土元素等地球化学特征方面显示出一定的差异；其中的含钨花岗岩和含铌钽花岗岩与华仁民等(2003)划分的第 1、2 种类型较为类似。伍光英等(2008)则将湘南的花岗岩类分为 MC 型、CM 型和 C 型铝质 3 类，并认为，骑田岭、大义山、千里山和锡田等花岗岩属于壳幔混合的 CM 型花岗岩，而瑶岗仙、香花岭、宝峰仙等花岗岩属于壳源铝质的 C 型花岗岩；CM 型和 C 型花岗岩的重要差别之一是，前者岩体中常有大量的暗色包体，并伴生基性岩墙、岩脉。

如果说这种分类的尝试还存在不少问题，还有许多工作要做的话，那么，在与华南钨锡有关的花岗岩及其成矿作用特征的研究上有两方面的成果是值得肯定的：一是 A 型花岗岩与锡矿的关系密切；二是锡的成岩成矿更明显有地幔物质的参与。

A 型花岗岩与锡矿的关系是近年来花岗岩与成矿关系研究的重要进展之一。2000 年前后，南岭及邻区的一批 A 型花岗岩被确认(陈培荣等，1998；包志伟等，2000；范春方等，2001)，大大拓宽了人们的思路。原来一直以为华南与钨锡成矿有关的都是壳源的、改造型或 S 型的花岗岩类，在后来的研究中却发现了有些岩体可以归入 A 型花岗岩的范畴。

柏道远等(2005)研究讨论了骑田岭岩体主体的地球化学特征，经多种相关图解判别，认为该岩体属于 A 型花岗岩，形成于后造山拉张构造环境。

付建明等(2005)经研究认为，与大坳等锡多金属矿床有

关的九嶷山金鸡岭花岗岩属铝质 A 型花岗岩，形成于大陆边缘裂谷环境。

王强等(2005)将华南晚中生代的 A 型花岗岩类或碱性侵入岩大致分成 3 期，其中的第 1 期为侏罗纪(184～152 Ma)，其动力学背景可能是走滑或岩石圈伸展，A 型花岗岩类或碱性侵入岩主要沿"十-杭裂谷带"南段分布。

朱金初等(2006)研究了与锡多金属矿化有关的花山-姑婆山花岗质杂岩的岩石学、地球化学和岩石成因，认为这是一个以地幔物质略占优势的 A1 亚型花岗质杂岩带，其源区可能主要是经过交代和富集的具有 OIB 型微量元素特征的岩石圈地幔和下地壳。

目前看来，华南尤其是湘南-桂北地区的大规模锡多金属矿化与沿"十-杭带"呈 NE 向分布的燕山期 A 型花岗岩带相关，这已成为许多人的共识(朱金初等，2008；蒋少涌等，2008)。正因为"十-杭带"是扬子陆块与华夏陆块在新元古代的碰撞对接带，并且此后多次沿该带开合，它就成为地幔物质上涌加入地壳的一条重要通道(洪大卫等，2002)，所以，该地区内形成于拉张动力学环境的 A 型花岗岩或多或少有幔源岩浆的参与。在湘南-桂北地区，沿"十-杭带"分布着千里山、骑田岭、九嶷山(金鸡岭)、花山-姑婆山等被认为属于 A 型的花岗岩体，并且，相应地分布着东坡、芙蓉、香花岭、大坳、新路等一系列以锡为主、锡钨共生的重要矿床和矿田。

李兆丽等(2006)的研究表明，芙蓉矿田矿石内硫化物中流体包裹体的$^3He/^4He$测定值为 0.14～2.95 Ra，低于地幔的$^3He/^4He$值(6～7 Ra)，而高于地壳的$^3He/^4He$值(0.01～0.05 Ra)，这表明芙蓉锡矿田成矿流体中的 He 具有壳幔两端员混合的特点。该区的硫、锶同位素及其他证据也都表明，深部地幔物质确实参与了该区锡的成矿作用。

燕山晚期，华南地区陆内的强烈拉张和相关的地幔上涌岩浆活动，导致了又一次大规模的锡成矿作用。例如在南岭西缘的滇东南个旧锡矿区，杨宗喜等(2008)应用辉钼矿 Re-Os 定年法测得了卡房矿体的成矿年龄为 83 Ma，不仅揭示了其与老卡岩体的关系密切，而且，辉钼矿的 Re 含量显示出成矿过程中有地幔物质的参与。程彦博等(2008)应用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法测得个旧地区碱性岩和煌斑岩的侵入年龄为 77 Ma 左右，它们都形成于岩石圈伸展的动力学环境。

与锡矿化相比，钨矿化与地幔的关系就显得并不密切。在赣南-粤北地区，大量与钨矿化相关的花岗岩在其形成和演化过程中，很少或几乎没有地幔物质的参与，这些陆壳重熔的花岗岩既无暗色包体发育，亦无镁铁质岩墙、岩脉相伴随。而且，钨的成矿作用过程本身也很难发现有地幔物质加入或参与的痕迹。笔者近期所测得的赣南铁山垅钨矿的 He-Ar 同位素组成，也不支持有地幔物质的参与(另文发表)。

6　主要结论

(1) 华南是中国乃至世界上钨、锡最重要的矿产地，尤以南岭及邻近地区最为集中。在华南地区，尽管钨、锡成矿作用的关系十分密切，共生非常普遍，但两者之间仍然存在着很明显的差异。

(2) 华南地区的钨矿床和锡矿床在空间分布上呈现出"东钨西锡"的格局：南岭东段的赣南和粤北，明显以钨矿床的密集产出为特征；南岭中段的湘南和桂东北，钨、锡并重，并且锡的矿化已明显增强；而南岭西段的桂北、右江和滇东南，则以大规模的锡成矿作用为特征。

(3) 华南钨和锡的成矿作用在时间上存在着一定差异。钨的成矿作用时间几乎都集中在 160～150 Ma，而锡成矿作用的时间跨度较大，除燕山中期的 160～150 Ma 外，还有雪峰期、印支期的锡矿，尤其是在燕山晚期，出现了锡的又一个成矿高峰期。

(4) 钨与锡在元素地球化学性质上的差异，可能是两者在矿床中的共生关系乃至成矿作用差异的重要原因之一。

(5) 华南地区东、西两部分(扬子陆块和华夏陆块)在地质构造背景、基底及盖层沉积物特征、岩浆活动等方面存在着差异，属于华夏陆块的华南褶皱系具有钨的高地球化学背景，而属于扬子陆块的江南造山带东缘，锡的地球化学背景较高。这可能是钨与锡在空间分布上存在差异的根本原因之一。

(6) 锡矿化与地幔的关系较为密切，因此，沿发生强烈壳-幔相互作用的"十-杭带"呈 NE 向分布的 A 型花岗岩带，控制了燕山中期的大规模锡成矿作用，而燕山晚期，华南地区陆内的强烈拉张和东南沿海广泛的火山-岩浆活动，导致了又一次大规模的锡成矿作用。

References

Bai D Y, Chen J C, Ma T Q and Wang X H. 2005. Geochemical characteristics and tectonic setting of Qitianling A-type granitic pluton in southeast Hunan[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 24(4): 255-272 (in Chinese with English abstract).

Bao Z W, Zhao Z H and Xiong X L. 2000. Geochemistry of Ejinao alkali syenite and its geodynamic significance[J]. Geochemica, 29(5): 462-468 (in Chinese with English abstract).

Cai M H, Liang T and Wu D C. 2005a. Geological characteristics and ore-forming time of the Kangma deposit in the Dachang tin-polymetallic ore field, Guangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 79(2): 262-268 (in Chinese with English abstract).

Cai M H, Wang X W, He L Q, Chen K X and Liu G Q. 2005b. Main types and prospecting models of tin deposits in the mid-Nanling region [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2: 22-29 (in Chinese with English abstract).

Cai M H, Chen K X, Qu W J, Liu G Q and Fu J M. 2006a. Geological characteristics and Re-Os dating of molybdenites in Hehuaping tin-polymetallic deposit, southern Hunan Province[J]. Mineral Deposits, 25(3): 263-268 (in Chinese with English abstract).

Cai M H, Liang T, Wei K L, Huang H M and Liu G Q. 2006b. Rb-Sr dating of the No. 92 orebody of the Tongkeng-Changpo deposit in the

Dachang tin-polymetallic ore field, Guangxi, and its significance[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2:31-36 (in Chinese with English abstract).

Cai M H, Han F B, He L Q, Liu G Q, Chen K X and Fu J M. 2008. He, Ar isotope characteristics and Rb-Sr dating of the Xintianling skarn scheelite deposit in southern Hunan, China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 29(2):167-173. (in Chinese with English abstract).

Cai X H and Jia B H. 2006. Discovery of the Xitian tin deposit, Hunan, and its ore potential[J]. Geology in China, 33(5):1100-1108 (in Chinese with English abstract).

Cao H S and Zeng X H. 1994. The features of Zenjialong Sn-bearing mineral and its geological significance[J]. Geology in Jiangxi, 8(3):190-194 (in Chinese with English abstract).

Chen J F and Jiang B M. 1999. Isotope tracing of Nd, Sr, and Pb, and continental crust evolution of southeastern China[A]. In: Zheng Y F, ed. Chemical geodynamics[C]. Beijing: Science Press. 262-287 (in Chinese).

Chen J, Wang R C, Zhou J P and Ji J F. 2000. Geochemistry of tin [M]. Nanjing: Nanjing University Press. 320p (in Chinese).

Chen J, Lu J J, Chen W F, Wang R C, Ma D S, Zhu J C, Zhang W L and Ji J F. 2008. W-Sn-Nb-Ta-bearing granites in the Nanling Range and their relationship to metallogenesis[J]. Geological Journal of China Universities, 14(4):459-473 (in Chinese with English abstract).

Chen M S and Liu X H. 2000. Metallogenic model and resource general capacity forecast of Furong Sn field in Chenzhou[J]. Geology in Hunan, 19(1):43-47 (in Chinese).

Chen P R, Zhang B T, Kong X G, Cai B C, Ling H F and Ni Q S. 1998. Geochemical characteristics and tectonic implication of Zhaibei A-type granite intrusives in south Jiangxi province[J]. Acta Petrologica Sinica, 14(3):289-298 (in Chinese with English abstract).

Chen Y C and Zhu Y S. 1993. Mineral deposit models of China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 367p (in Chinese).

Chen Y C, Mao J W, et al. 1995. Metallogenic series of ore deposits and metallogenic evolution through geological history in North Guangxi [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press. 433p (in Chinese).

Chen Y C, ed. 1999. Mineral resources assessment of major metallogenic provinces in China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 536p (in Chinese with English abstract).

Chen Z H, Wang D H, Qu W J, Chen Y C, Wang P A, Xu J X, Zhang J J and Xu M L. 2006. Geological characteristics and mineralization age of the Taoxikeng tungsten deposit in Chongyi County, southern Jiangxi Province, China[J]. Geological Bulletin of China, 25(4):496-501 (in Chinese with English abstract).

Cheng Y B, Mao J W, Chen M H, Yang Z X, Feng J R and Zhao H J. 2008. LA-ICP-MS zircon dating of the alkaline rocks and lamprophyres in Gejiu area and its implications[J]. Geology in China, 35(6):1138-1149 (in Chinese with English abstract).

Chi Q H and Yan M C. 2007. Handbook of Elemental abundance for applied geochemistry[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 148p (in Chinese).

Fan C F and Chen P R. 2000. Geochemical characteristics and tectonic implication of Pitou A-type granite intrusive in south Jiangxi province [J]. Geochemica, 29(4):358-366 (in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Feng Y D, Xu J X, Zeng Z L, She H Q, Zhang D Q, Qu W J and Du A D. 2007a. Isotope chronological evidence for Upper Jurassic petrogenesis and mineralization of altered granite-type tungsten deposits in the Zhangtiantang area, southern Jiangxi[J]. Geology in China, 34(4):642-650 (in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Xu J X, Zeng Z L, Zhang D Q, Qu W J, She H Q, Li J W, Li D X, Du A D and Dong Y J. 2007b. Zircon SHRIMP U-Pb and molybdenite Re-Os dating in Tianmenshan-Hongtaoling tungsten-tin orefield, southern Jiangxi Province, China, and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica, 81(7):952-963 (in Chinese with English abstract).

Fu J M, Ma C Q, Xie C F, Zhang Y M and Peng S B. 2005. Ascertainment of the Jinjiling aluminous A-type granite, Hunan Province and its tectonic settings[J]. Geochimica, 34(3):215-226 (in Chinese with English abstract).

Fu J M, Li H Q, Qu W J, Yang X J, Wei J Q, Liu G Q and Ma L Y. 2007. Re-Os isotope dating of the Da'ao tungsten-tin deposit in the Jiuyi Mountains, southern Hunan Province[J]. Geology in China, 34(4):651-656 (in Chinese with English abstract).

Fu J M, Li H Q, Qu W J, Ma L Y, Yang X J, Wei J Q and Liu G Q. 2008. Determination of mineralization epoch of quartz vein type tungsten deposits in Shixing region, northern Guangdong and its geological significance[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1):57-62 (in Chinese with English abstract).

Gao F Y. 2004. Geological features and origin of the Tiezhang tin deposit, Zijin county, Guangdong province[J]. Geology in Guangdong, 19(1):22-29 (in Chinese).

Gilder S A, Gill J, Coe R S, et al. 1996. Isotopic and paleomagmatic constraints on the Mesozoic tectonic evolution of South China [J]. Journal of Geophysics Research, 101(B7):13137-16154.

Gong Q J, Yu C W and Zhang R H. 2004. Physical chemistry study on the ore-forming process of Shizhuyuan tungsten-polymetallic deposit [J]. Earth Science Frontiers, 11(4):617-625 (in Chinese with English abstract).

Guo C L, Wang D H, Chen Y C, Wang Y B, Chen Z H and Liu S B. 2007. Precise zircon SHRIMP U-Pb and quartz vein Rb-Sr dating of Mesozoic Taoxikeng tungsten polymetallic deposit in southern Jiangxi [J]. Mineral Deposits, 26(4):432-442 (in Chinese with English abstract).

Hong D W, Xie X L and Zhang J S. 2002. Geological significance of the Hangzhou-Zhuguangshan-Huashan high-εNd granite belt[J]. Geological Bulletin of China, 21(6):348-354 (in Chinese with English abstract).

Hou J Q. 1999. Geochemical abnormal model of Jiepailing Sn multi-metal deposit at Yizhang[J]. Geology in Hunan, 18(4):100-106 (in Chinese with English abstract).

Hu X Z. 1989. The origin and petrology of the Yinyan tin-bearing gran-

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

ite porphyry[J]. Geochimica, 3: 251-259 (in Chinese with English abstract).

Hua R M, Zhu J C, Zhao Y Y, Zhou J P, Wu Y Y and Chen X D. 1997. Preliminary study on metallogenetic series of nonferrous metal deposits in Youjiang Fold Belt[J]. Geological Journal of China Universities, 3(2): 183-191 (in Chinese with English abstract).

Hua R M and Mao J W. 1999. A preliminary discussion on the Mesozoic metallogenic explosion in East China[J]. Mineral Deposits, 18(4): 300-308 (in Chinese with English abstract).

Hua R M, Chen P R, Zhang W L, Liu X D, Lu J P, Lin J F, Yao J M, Qi H W, Zhang Z S and Gu S Y. 2003. Metallogenic systems related to Mesozoic and Cenozoic granitoids in South China[J]. Science in China (Series D), 46(8): 816-829 (in Chinese).

Hua R M, Chen P R, Zhang W L and Lu J J. 2005a. Three major metallogenic events in Mesozoic in South China[J]. Mineral Deposits, 24(2): 99-107 (in Chinese with English abstract).

Hua R M, Chen P R, Zhang W L, Yao J M, Lin J F, Zhang Z S, Gu S Y, Liu X D and Qi H W. 2005b. Metallogeneses related to Mesozoic granitoids in the Nanling Range, and their geodynamic settings[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 79(6): 801-811.

Hua R M, Zhang W L, Gu S Y and Chen P R. 2007. Comparison between REE granite and W-Sn granite in the Nanling region, South China, and their mineralizations[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(10): 2321-2328 (in Chinese with English abstract).

Hua R M, Zhang W L, Li G L and Hu D Q. 2008. A preliminary study on the features and geologic implication of the accompanying metals in tungsten deposits in the Nanling Region[J]. Geological Journal of China Universities, 14(4): 527-538 (in Chinese with English abstract).

Huang G F, Zeng Q W, Wei S L, Xu Y M, Hou M S and Kang W Q. 2001. Geological characteristics and ore-controlling factors of the Furong ore field, Qitianling, Hunan[J]. Geology in China, 28(10): 30-34 (in Chinese with English abstract).

Jiang G H, Hu R Z, Xie G Q, Zhao J H and Tang Q L. 2004. K-Ar ages of plutonism and mineralization at Dajishan tungsten deposit, Jiangxi Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 24(3): 253-256 (in Chinese with English abstract).

Jiang S Y, Zhao K D, Jiang Y H and Dai B Z. 2008. Characteristics and genesis of Mesozoic A-type granites and associated mineral deposits in the southern Hunan and northern Guangxi provinces along the Shi-Hang belt, South China[J]. Geological Journal of China Universities, 14(4): 496-509 (in Chinese with English abstract).

Jiang X W, Huang G F, Tang F P and Guo A M. 2003. Study on the exploitation of Sn, Pb, Zn deposits in Hunan and social economy sustainable development[J]. Geology in Hunan, 22(1): 6-9 (in Chinese with English abstract).

Kang Y F and Li C Y. 1991. Geological characteristics, types and distribution of tungsten deposits in China[J]. Mineral Deposits, 10(1): 19-26 (in Chinese with English abstract).

Li H Y, Mao J W, Sun Y L, Zou X Q, He H L and Du A D. 1996. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in the Shizhuyuan polymetallic tungsten deposit, southern Hunan[J]. Geological Review, 42(3): 261-267 (in Chinese with English abstract).

Li H Q, Liu J Q and Wei L. 1993. Chronology of fluid inclusion on hydrothermal ore deposit and its geological application[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-75 (in Chinese).

Li H Q, Lu Y F, Wang D H, Chen Y C, Yang H M, Guo J, Xie C F, Mei Y P and Ma L Y. 2006. Dating of the rock-forming and ore-forming ages and their geological significances in the Furong ore-field, Qitian mountain, Hunan[J]. Geological Review, 52(1): 113-121 (in Chinese with English abstract).

Li S R, Wang D H, Liang T, Qu W J and Ying L J. 2008. Metallogenic epochs of the Damingshan tungsten deposit in Guangxi and its prospecting potential[J]. Acta Geologica Sinica, 82(7): 873-879 (in Chinese with English abstract).

Li X H, Liu D Y, Sun M, Li W X, Liang X R and Liu Y. 2004. Precise Sm-Nd and U-Pb isotopic dating of the supergiant Shizhuyuan polymetallic deposit and its host granite, SE China[J]. Geological Magazine, 141(2): 225-231.

Li Z X, Li X H, Zhou H and Kinny P D. 2002. Grenvillian continental collision in South China: New SHRIMP U-Pb zircon results and implications for the configuration of Rodinia[J]. Geology, 30: 163-166.

Li Z L, Hu R Z, Peng J T, Bi X W and Li X M. 2006. Helium isotope composition of fluid inclusions and the origin of ore-forming fluids of Furong tin orefield in Hunan Province, China[J]. Earth Science, 31(1): 129-135 (in Chinese with English abstract).

Liu G Q, Wu S C, Du A D, Fu J M, Yang X J, Tang Z H and Wei J Q. 2008. Metallogenic ages of the Xitian tungsten-tin deposit, eastern Hunan province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1): 63-71 (in Chinese with English abstract).

Liu J, Mao J W, Ye H S, Yang G Q and Zhang W. 2008. Re-Os dating of molybdenite from the Hukeng tungsten deposit in the Wugongshan area, Jiangxi Province, and its geological implications[J]. Acta Geologica Sinica, 82(11): 1576-1584 (in Chinese with English abstract).

Liu S B, Wang D H, Chen Y C, Li J K, Ying L J, Xu J X and Zeng Z L. 2008. $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of muscovite from different types tungsten-bearing quartz veins in the Chong-Yu-You concentrated mineral area in Gannan region and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 82(7): 932-940 (in Chinese with English abstract).

Liu S S, Zeng Z F and Zhao Y X. 2007. Geological characteristics and genesis of the Da 'ao intrusion-type tungsten-tin deposit, Daoxian County, Hunan[J]. Geology in China, 34(4): 657-667 (in Chinese with English abstract).

Liu T S. 2002. Geological characteristics and genesis of rock type tin deposits in the Dayishan ore field[J]. Geology in China, 29(4): 411-415 (in Chinese with English abstract).

Liu Y M, Wang C L, Xu Y Z and Lu H Z. 2000. Origin and metallogenic model of the Shizhuyuan super-large W polymetallic deposit [A]. In: Tu G C, ed. Super-large ore deposits in China (1) [M]. Beijing: Science Press. 27-48 (in Chinese).

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

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. 548p (in Chinese).

Liu Y J, Li Z L and Ma D S. 1982. Study on geochemistry of W-bearing formations in South China[J]. Science in China (Series B), 10: 939-950(in Chinese).

Liu Y P, Li Z Y, Gu T and Wang J L. 2000. Isotopic constraints on the source of ore-forming materials of Doulong Sn-Zn polymetallic deposit, Yunnan[J]. Geology-Geochemistry, 28(4): 75-82 (in Chinese with English abstract).

Liu Y P, Li Z X, Li H M, Guo L G, Xu W, Ye L, Li Z Y and Pi D H. 2007. U-Pb geochronology of cassiterite and zircon from the Dulong Sn-Zn deposit: Evidence for Cretaceous large-scale granitic magmatism and mineralization events in southeastern Yunnan province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 23(5): 967-976 (in Chinese with English abstract).

Liu Y S and Chen S Q. 1986. An experimental study on cassiterite solubility and transportduring mineralization[J]. Acta Geologica Sinica, 60(1): 78-88 (in Chinese with English abstract).

Liu S P 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).

Lu H F. 2006. On the Cathaysian old land[J]. Geological Journal of China Universities, 12(4): 413-417 (in Chinese with English abstract).

Luo J L. 1995. Metallogenic model of Sn, W, Pb-Zn, and Ag deposits in southeastern Yunnan[J]. Yunnan Geology, 14(4): 319-332 (in Chinese).

Luo Q C. 1993. Ore-forming geological features and prospecting direction of the Houpo 'ao Ag-Sn-Pb-Zn deposit, east Guangdong[J]. Guangdong Geology of Non-ferrou Metal, 2: 1-7 (in Chinese).

Ma L Y, Lu Y F, Qu W J and Fu J M. 2007. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in Huangshaping lead-zinc deposit, southeast Hunan, and its geological implications[]J. Mineral Deposits, 26(4): 425-431 (in Chinese with English abstract).

Ma L Y, Fu J M, Wu S C, Xu D M and Yang X J. 2008. $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic dating of the Longshang tin-polymetallic deposit, Xitian ore-field, eastern Hunan[J]. Geology in China, 35(4): 706-713 (in Chinese with English abstract).

Ma X J. 1995. The characters and evolution of minerogenetic fluid of Changpu tin deposit[J]. Acta Geoscientica Sinica, 4: 386-396 (in Chinese with English abstract).

Ma Z D and Chen Y J. 2000. Geochemical discussion on Paleo-Mesoproterozoic basement crust of Yangtze and Cathaysia cratons in southern China: using trace elements as tracers[J]. Geochimica, 29(6): 525-531 (in Chinese with English abstract).

Man F S, Bai Y Z, Ni S B and Li T. 1983. Preliminary isotope studies of the Lianhuashan tungsten ore deposit[J]. Mineral Deposits, 4(4): 35-42 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Hua R M and Li X B. 1999. A preliminary study of large-scale metallogenesis and large clusters of mineral deposits[J]. Mineral Deposits, 18(4): 291-299 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Li H Y, Song X X, Wang D H and Zhang J K. 1998. Geology and geochemistry of the Shizhuyuan W-Sn-Mo-Bi polymetallic deposit, Hunan, China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 215p (in Chinese).

Mao J W, Xie G Q, Li X F, Zhang C Q and Mei Y X. 2004a. Mesozoic large scale mineralization and multiple lithospheric extension in South China[J]. Earth Science Frontiers, 11: 45-55 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Li X F, Lehmann B, Chen W, Lan X M and Wei S L. 2004b. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of tin ores and related granite in Furong tin ore-field, Hunan province, and its geodynamic significance[J]. Mineral Deposits, 23(2): 164-175 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Xie G Q, Guo C L and Chen Y C. 2007. Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region, South China: Metallogenic ages and corresponding geodynamic processes[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(10): 2329-2338 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Xie G Q, Cheng Y B and Chen Y C. 2009. Mineral deposit models of Mesozoic ore deposits in South China[J]. Geological Review, 55(3): 347-354 (in Chinese with English abstract).

Mei Y P, Li H Q, Wang D H, Lu Y F, Yang H M, Xu J X and Zhang J J. 2007. Rock-forming and ore-forming ages of the Yanbei porphyry tin deposit in Jiangxi Province and their geological significance [J]. Acta Geoscietica Sinica, 28(5): 456-461 (in Chinese with English abstract).

Mu Z G, Huang F S and Lu D K. 1988. K-Ar ages of some W-bearing granites in South China[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 7(2): 109-118 (in Chinese).

Peng J T, Zhou M F, Hu R Z, Shen N P, Yuan S D, Bi X W, Du A D and Qu W J. 2006. Precise molybdenite Re-Os and mica Ar-Ar dating of the Mesozoic the Yaogangxian tungsten deposit, central Nanling district, South China[J]. Mineralium Deposita, 41: 661-669.

Peng J T, Hu R Z, Bi X W, Dai T M, Li Z L, Li X M, Shuang Y, Yuan S D and Liu S R. 2007. $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic dating of tin mineralization in Furong deposit of Hunan Province and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 26(3): 237-248 (in Chinese with English abstract).

Qi C M. 1991. A discussion for geochemical classification of elements [J]. Journal of Changchun University of Earth Science, 21(4): 361-365 (in Chinese with English abstract).

Qin Z G and Yao J Q. 2008. F effect on the Limu Sn-Nb-Ta deposit with its prospecting evaluating indication on surface, Guangxi[J]. Mineral Resources and Geology, 22(1): 1-5 (in Chinese with English abstract).

Ren J S. 1990. On the geotectonics of southern China[J]. Acta Geologica Sinica, 64(4): 275-288 (in Chinese with English abstract).

Ren J S and Xiao L W. 2001. Tectonics and stratigraphic regionalization of China[J]. Journal of Stratigraphy, 25(Supp.): 361-369 (in Chinese with English abstract).

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

Shen G F. 1992. On the petrogenesis and metallogenesis of the Yinyan tin deposit, Guangdong Province[J]. Geochimica, 4: 346-353 (in Chinese with English abstract).

Shi M K, Xiong C Y and Jia D Y. 1993. Comprehensive prognosis for the concealed nonferrous metallic deposits in Hunan-Guangxi-Guangdong-Jiangxi area[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 135p (in Chinese with English abstract).

Shui T, Xu B T, Liang R H and Qiu Y S. 1986. Shaoxing-Jiangshan deep-seated fault zone, Zhejing province[J]. Chinese Science Bulletin, 31(18): 1250-1255.

Shu L S. 2006. Pre-Devonian tectonic evolution of South China: From Cathaysian block to Caledonian period folded orogenic belt[J]. Geological Journal of China Universities, 12(4): 418-431 (in Chinese with English abstract).

Song C A. 1996. The character of geochemical anomaly and prospecting and prognostic model in Shanhu W-Sn mining area, Guangxi [J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 16(4): 353-361 (in Chinese with English abstract).

Su Y M. 2008. Geological features and ore-forming law for the Yejiwei Sn-polymetallic deposit, Chenxian, Hunan [J]. Acta Geologica Sichuan, 28(1): 18-23 (in Chinese with English abstract).

The granitoid research group of the Nanling project, MGMR. 1989. Geology of granitoids of Nanling region and their petrogenesis and mineralization[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 471p (in Chinese with English abstract).

Tong Q M, Li R Q and Zhang J X. 2000. The characteristics of magmatic rocks along the Chenzhou-Linwu deep-seated fault[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 3: 8-16 (in Chinese with English abstract).

Wang B Q, Huang D T, Li X Z and Wu Z R. 2004. Metallogenesis and geological characteristics of Xiatongling tungsten polymetallic deposit [J]. China Tungsten Industry, 19(6): 25-29 (in Chinese with English abstract).

Wang D H, Chen Y C, Chen W, Sang H Q, Li H Q, Lu Y F, Chen K L and Lin Z M. 2004. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi Acta Geologica Sinica, 78(1): 132-138 (in Chinese with English abstract).

Wang D Z, Liu C S, Shen W Z and Xiong X L. 1993. The volcano-intrusive of Yanbei porphyry tin deposit area in Jiangxi Province[J]. Journal of Nanjing University (Natural Science Edition), 29(4): 638-650(in Chinese with English abstract).

Wang Q, Zhao Z H, Jian P, Xiong X L, Bao Z W, Dai T M, Xu J F and Ma J L. 2005. Geochronology of Cretaceous A-type granitoids or alkaline intrusive rocks in the hinterland, South China: Constraints for late-Mesozoic tectonic evolution[J]. Acta Petrologica Sinica, 21(3): 795-808 (in Chinese with English abstract).

Wei S L, Zeng Q W, Xu Y M, Lan X M, Kang W Q and Liao X Y. 2002. Characteristics and ore prospects of tin deposits in the Qitianling area, Hunan[J]. Geology in China, 29(1): 67-75 (in Chinese with English abstract).

Wu G Y, Pan Z F, Hou Z Q, Li J D, Che Q J and Chen H M. 2005. Ore-body distribution pattern, ore-controlling factors and prospecting potentiality in the Dayishan tin deposit, Hunan Province[J]. Geology and Prospecting, 41(2): 6-11 (in Chinese with English abstract).

Wu G Y, Hou Z Q, Xiao Q H, Wang T, Yan Q R, Chen H M and Ma T Q. 2008. REE geochemistry and petrogenesis and mineralization of the Yanshanian mineralized granites in the southern Hunan polymetallic ore-concentration region[J]. Geology in China, 35(3): 410-420 (in Chinese with English abstract).

Wu S C, Hong Q H, Long W P and Luo Y. 2009. Geologiclal features and metallogenic model of Xitian W- Sn polymetallic deposit, Hunan Province[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2: 1-6 (in Chinese with English abstract).

Wu S N. 2006. Geological characteristics of the Hehuaping tin polymetallic deposit in Chenzhou, Hunan Province[J]. Mineral Resources and Geology, 20(1): 43-46 (in Chinese with English abstract).

Xiao H Q. Zhao K D, Jiang S Y, Jiang Y H and Ling H F. 2003. Lead isotope geochemistry and ore-forming age of Jinchuantang Sn-Bi deposit in Dongpo ore field, Hunan Province[J]. Mineral Deposits, 22(3): 264-270 (in Chinese with English abstract).

Xie D K, Zhou Y Z, Zhang K B and Xing G F. 2006. The wave characteristic of Precambrian base meta-complex in high-T and high-P and the crust structure of South China[J]. Progress in Geophysics, 21(1): 107-117 (in Chinese with English abstract).

Xu K Q, Hu S X, Sun M Z, Zhang J R, Ye J and Li H P. 1981. Study on the regional metallogenic conditions of tungsten deposits in South China[A]. In: Proceedings of symposium on geology of tungsten mineralization[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 243-258 (in Chinese).

Xu K Q and Zhu J C. 1987. Spatial-temporal distribution and ore-forming control of Sn-W deposits in South China[A]. In: Proceedings of symposium on geology of tin mineralization[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 50-59 (in Chinese).

Xu M L, Feng W D, Zhang F R, Li J D and Luo X H. 2006. Metallogenic characteristics of Taoxikeng wolfram deposit, Chongyi[J]. Resources Survey & Environment, 27(2): 159-163 (in Chinese with English abstract).

Yang F, Li X F, Feng Z H and Bai Y P. 2009. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of muscovite from greisenized granite and geological significance in Limu tin deposit[J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 29(1): 21-24 (in Chinese with English abstract).

Yang H Q. 2007. Relationship between W-Sn deposits and earth evolution of the Earth[J]. Northwest Geology, 40(4): 108 (in Chinese).

Yang M G, Liao R J and Liu Y G. 1998. The metamorphic basement types and the division and correlation of metamorphosed strata in Jiangxi[J]. Jiangxi Geology, 12(3): 201-208 (in Chinese with English abstract).

Yang S N. 1989. The formation features and tectonic evolution of the South China taphrogenic system[J]. Earth Science, 14(1): 29-36 (in Chinese with English abstract).

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

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

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).

Yao J M, Hua R M, Qu W J, Qi H W, Lin J F and Du A D. 2007. Re-Os isotope dating of molybdenites in the Huangshaping Pb-Zn-W-Mo polymetallic deposit, Hunan Province, South China and its geological significance[J]. Science in China (Series D), 50 (4): 519-526 (in Chinese).

Yuan S D, Peng J T, Shen N P, Hu R Z and Dai T M. 2007. ^{40}Ar-^{39}Ar isotopic dating of the Xianghualing Sn-polymetallic orefield in Southern Hunan, China and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica, 81: 278-286.

Yuan S D, Peng J T, Hu R Z and Dai T M. 2008. A precise U-Pb age on cassiterite from the Xianghualing tin-polymetallic deposit (Hunan, South China)[J]. Mineralium Deposita, 43(4): 375-382.

Zeng Z L, Zhang Y Z, Zhu X P, Chen Z H, Wang C H and Qu W J. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Maoping tungsten-tin deposit in Chongyi County of southern Jiangxi Province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 209-214 (in Chinese with English abstract).

Zhang J J, Chen Z H, Wang D H, Chen Z Y, Liu S B and Wang C H. 2008. Geological characteristics and metallogenic epoch of the Xingluokeng tungsten deposit, Fujian province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1): 92-97 (in Chinese with English abstract).

Zhang W L, Hua R M, Wang R C, Chen P R and Li H M. 2006. New dating of the Dajishan granite and related tungsten mineralization in southern Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 80(7): 956-962 (in Chinese with English abstract).

Zhang W L, Hua R M, Wang R C, Li H M, Qu W J and Ji J Q. 2009. New dating of the Piaotang granite and related tungsten mineralization in southern Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 83(5): 659-670 (in Chinese with English abstract).

Zhang Y X and Liu Y M. 1993. Geological-geochemical characteristics and origin of the Xingluokeng W deposit[J]. Geochimica, 2: 187-196 (in Chinese with English abstract).

Zhao L, Yu J H, Wang L J, Xie L, Sun T and Qiu J S. 2006. Formation time of Hongshan topaz-bearing granite and its metallogenic potential prognosis[J]. Mineral Deposits, 25(6): 672-682 (in Chinese with English abstract).

Zhong J L and Li C P. 2006. Geological characteristics and genesis of Xianghualing skarn type tin deposit[J]. Mineral Resources and Geology, 20(2): 147-151 (in Chinese with English abstract).

Zhou J C, Wang X L and Qiu J S. 2008. Is the Jiangnan orogenic belt a Grenvillian orogenic belt: Some problems about the Precambrian geology of South China[J]. Geological Journal of China Universities, 14(1): 64-72 (in Chinese with English abstract).

Zhu J C, Zhang P H, Xie C F, Zhang H and Yang C. 2006. The Huashan-Guposhan A-type granitoid belt in the western part of the Nanling mountains: Petrology, geochemistry and genetic interpretations[J]. Acta Geologica Sinica, 80(4): 529-542 (in Chinese with English abstract).

Zhu J C, Chen J, Wang R C, Lu J J and Xie L. 2008. Early Yanshanian NE trending Sn/W-bearing A-type granites in the western-middle part of the Nanling regionp[J]. Geological Journal of China Universities, 14(4): 474-484 (in Chinese with English abstract).

Zhuang J L, Tong Q M and Liu Z W. 1993. Study on concealed tin, lead and zinc deposits predicting in South Hunan[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 126p (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

柏道远,陈建超,马铁球,王先辉. 2005. 湘东南骑田岭岩体 A 型花岗岩的地球化学特征及其构造环境[J]. 岩石矿物学杂志, 24(4): 255-272.

包志伟,赵振华,熊小林. 2000. 广东恶鸡脑碱性正长岩的地球化学及其地球动力学意义[J]. 地球化学,29(5): 462-468.

蔡明海, 梁 婷,吴德成. 2005a. 广西大厂锡多金属矿田亢马矿床地质特征及成矿时代[J]. 地质学报,79(2): 262-268.

蔡明海, 汪雄武, 何龙清,陈开旭,刘国庆. 2005b. 南岭中段锡矿床主要类型及找矿模式[J]. 华南地质与矿产, 2: 22-29.

蔡明海, 陈开旭, 屈文俊, 刘国庆,付建明. 2006a. 湘南荷花坪西多金属矿床地质及辉钼矿 Re-Os 测年[J]. 矿床地质, 25 (3): 263-268.

蔡明海, 梁 婷,韦可利,黄惠明,刘国庆. 2006b. 大厂锡多金属矿田铜坑-长坡 92 号矿体 Rb-Sr 测年及其地质意义[J]. 华南地质与矿产,2: 31-36.

蔡明海, 韩凤彬,何龙清, 刘国庆,陈开旭,付建明. 2008. 湘南新田岭白钨矿床 He,Ar 同位素特征及 Rb-Sr 测年[J]. 地球学报,29 (2): 167-173.

蔡新华,贾宝华. 2006. 湖南锡田锡矿的发现及找矿潜力分析[J]. 中国地质,33(5): 1100-1108.

曹汉生,曾学华. 1994. 曾家垅含锡矿物特征及地质意义[J]. 江西地质,8(3): 190-194.

陈江峰, 江博明. 1999. 钕、锶、铅同位素示踪和中国东南大陆地壳演化[A]. 见: 郑永飞, 主编. 化学地球动力学[C]. 北京: 科学出版社. 262-287.

陈 骏,王汝成,周建平,季俊峰. 2000. 锡的地球化学[M]. 南京: 南京大学出版社. 320 页.

陈 骏,陆建军,陈卫锋,王汝成,马东升,朱金初,张文兰,季俊峰. 2008. 南岭地区钨锡铌钽花岗岩及其成矿作用[J]. 高校地质学报,14(4): 459-473.

陈民苏, 刘星辉. 2000. 郴州芙蓉锡矿田成矿模式及资源总量预测[J]. 湖南地质,19(1): 43-47.

陈培荣,章邦桐,孔兴功,蔡笔聪,凌洪飞,倪琦生. 1998. 赣南寨背 A 型花岗岩体的地球化学特征及其构造地质意义[J]. 岩石学报, 14(3): 289-298.

陈毓川, 朱裕生. 1993. 中国矿床成矿模式[M]. 北京: 地质出版社. 367 页.

陈毓川, 毛景文, 等. 1995. 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. 433 页.

陈毓川(主编). 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社. 536 页.

陈郑辉，王登红，屈文俊，陈毓川，王平安，许建祥，张家菁，许敏林. 2006. 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，25(4)：496-501.

程彦博，毛景文，陈懋弘，杨宗喜，冯佳睿，赵海杰. 2008. 云南个旧锡矿田碱性岩和煌斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质，35(6)：1138-1149.

迟清华，鄢明才. 2007. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京：地质出版社. 148 页.

地质矿产部南岭项目花岗岩专题组. 1989. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京：地质出版社. 471 页.

范春方，陈培荣. 2000. 赣南陂头 A 型花岗岩的地质地球化学特征及其形成的构造环境[J]. 地球化学，29(4)：358-366.

丰成友，丰耀东，许建祥，曾载淋，佘宏全，张德全，屈文俊，杜安道. 2007a. 赣南张天堂地区岩体型钨矿晚侏罗世成岩成矿的同位素年代学证据[J]. 中国地质，34(4)：642-650.

丰成友，许建祥，曾载淋，张德全，屈文俊，佘宏全，李进文，李大新，杜安道，董英君. 2007b. 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，81(7)：952-963.

付建明，马昌前，谢才富，张业明，彭松柏. 2005. 湖南金鸡岭花岗岩属铝质 A 型花岗岩的厘定及构造环境分析[J]. 地球化学，34(3)：215-226.

付建明，李华芹，屈文俊，杨晓君，魏君琦，刘国庆，马丽艳. 2007. 湘南九嶷山大坳钨锡矿的 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质，34(4)：651-656.

付建明，李华芹，屈文俊，马丽艳，杨晓君，魏君琦，刘国庆. 2008. 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，32(1)：57-62.

高凤颖. 2004. 广东省紫金县铁嶂锡矿床地质特征及成因机制[J]. 广东地质，19(1)：22-29.

龚庆杰，於崇文，张荣华. 2004. 柿竹园钨多金属矿床形成机制的物理化学分析[J]. 地学前缘，11(4)：617-625.

郭春丽，王登红，陈毓川，王彦斌，陈郑辉，刘善宝. 2007. 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，26(4)：432～442.

洪大卫，谢锡林，张季生. 2002. 试析杭州-诸广山-花山高 ε_{Nd} 值花岗岩带的地质意义[J]. 地质通报，21(6)：348-354.

侯建强. 1999. 宜章界牌岭锡多金属矿床地球化学异常模式[J]. 湖南地质，18(2)：100-106.

胡祥昭. 1989. 银岩含锡花岗斑岩的岩石学特征及成因探讨[J]. 地球化学，3：251-259

华仁民，朱金初，赵一英，周建平，吴燕玉，陈晓东. 1997. 右江褶皱带有色金属矿床成矿系列初步研究[J]. 高校地质学报，3(2)：183-191.

华仁民，毛景文. 1999. 试论中国东部中生代成矿大爆发[J]. 矿床地质，18(4)：300-308.

华仁民，陈培荣，张文兰，刘晓东，陆建平，林锦富，姚军明，戚华文，张展适，顾晟彦. 2003. 华南中、新生代与花岗岩类有关的成矿系统[J]. 中国科学(D 辑)，33(4)：335-343.

华仁民，陈培荣，张文兰，陆建军. 2005a. 论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用[J]. 矿床地质，24(2)：99-107.

华仁民，张文兰，顾晟彦，陈培荣. 2007. 南岭稀土花岗岩、钨锡花岗岩及其成矿作用的对比[J]. 岩石学报，23(10)：2321-2328.

华仁民，张文兰，李光来，胡东泉. 2008. 南岭地区钨矿床共(伴)生金属特征及其地质意义初探[J]. 高校地质学报，14(4)：527-538.

黄革非，曾钦旺，魏绍六，许以明，侯茂松，康卫清. 2001. 湖南骑田岭芙蓉矿田锡矿地质特征及控矿因素初步分析[J]. 中国地质，28(10)：30-34.

蒋国豪，胡瑞忠，谢桂清，赵军红，唐群力. 2004. 江西大吉山钨矿成矿年代学研究[J]. 矿物学报，24(3)：253-256.

蒋少涌，赵葵东，姜耀辉，戴宝章. 2008. 十杭带湘南-桂北段中生代 A 型花岗岩带成岩成矿特征及成因讨论[J]. 高校地质学报，14(4)：496-509.

蒋希伟，黄革非，唐分配，郭爱民. 2003. 湖南锡铅锌矿勘查与社会经济可持续发展研究[J]. 湖南地质，22(1)：6-9.

康永孚，李崇佑. 1991. 中国钨矿床地质特征、类型及其分布[J]. 矿床地质，10(1)：19-26.

李红艳，毛景文，孙亚利，邹晓秋，何红丽，杜安道. 1996. 柿竹园钨多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄研究[J]. 地质论评，42(3)：261-267.

李华芹，刘家齐，魏　林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用[M]. 北京：地质出版社. 75 页.

李华芹，路远发，王登红，陈毓川，杨红梅，郭　敬，谢才富，梅玉萍，马丽艳. 2006. 湖南骑田岭矿田成岩成矿时代的厘定及其地质意义[J]. 地质论评，52(1)：113-121.

李水如，王登红，梁　婷，屈文俊，应立娟. 2008. 广西大明山钨矿区成矿时代及其找矿前景分析[J]. 地质学报，82(7)：873-879.

李兆丽，胡瑞忠，彭建堂，毕献武，李晓敏. 2006. 湖南芙蓉锡矿田流体包裹体的 He 同位素组成及成矿流体来源示踪[J]. 地球科学，31(1)：129-135.

刘国庆，伍式崇，杜安道，付建明，杨晓君，汤质华，魏君琦. 2008. 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，32(1)：63-71.

刘　珺，毛景文，叶会寿，杨国强，章　伟. 2008. 江西武功山地区浒坑钨矿床辉钼矿的 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，82(11)：1576-1584.

刘善宝，王登红，陈毓川，李建康，应立娟，许建祥，曾载淋. 2008. 赣南崇-余-犹矿集区不同类型含矿石英中白云母 Ar/Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，82(7)：932-940.

刘树生，曾志方，赵永鑫. 2007. 湖南道县大坳岩体型钨锡矿床地质特征与成因探讨[J]. 中国地质，34(4)：657-667.

刘铁生. 2002. 大义山矿田岩体型锡矿地质特征及矿床成因[J]. 中国地质，29(4)：411-415.

刘义茂，王昌烈，胥友志，卢焕章. 2000. 柿竹园超大型钨多金属矿床的成因特征、成矿作用与成矿模式[A]. 见：涂光炽，主编. 中国超大型矿床(Ⅰ)[C]. 北京：科学出版社. 27-48.

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. 548 页.

刘英俊，李兆麟，马东升. 1982. 华南含钨建造的地球化学研究[J]. 中国科学(B 辑)，10：939-950.

刘玉平，李朝阳，谷　团，王金良. 2000. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪[J]. 地质地球化学，28(4)：75-82.

刘玉平,李正祥,李惠民,郭利果,徐 伟,叶 霖,李朝阳,皮道会. 2007. 都龙锡锌矿床锡石和锆石 U-Pb 年代学:滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事件[J]. 岩石学报,23(5):967-976.

刘玉山,陈淑卿. 1986. 锡石溶解度和锡迁移形式的实验研究[J]. 地质学报,60(1):78-88.

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.

卢华复. 2006. 关于华夏古陆[J]. 高校地质学报,12(4):413-417.

罗君烈. 1995. 滇东南锡、钨、铅锌、银矿床的成矿模式[J]. 云南地质,14(4):319-332.

罗庆超. 1993. 粤东厚婆坳银锡铅锌矿床成矿地质特征及找矿方向[J]. 广东有色金属地质,2:1-7.

马丽艳,路远发,屈文俊,付建明. 2007. 湖南黄沙坪铅锌多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄及其地质意义[J]. 矿床地质,26(4):425-431.

马丽艳,付建明,伍式崇,徐德明,杨晓君. 2008. 湘东锡田垄上锡多金属矿床 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素定年研究[J]. 中国地质,35(4):706-713.

马秀娟. 1995. 长埔锡矿床成矿流体性质与演化[J]. 地球学报,4:386-396.

马振东,陈颖军. 2000. 华南扬子与华夏陆块古-中元古代基底地壳微量元素地球化学示踪探讨[J]. 地球化学,29(6):525-531.

满发胜,白玉珍,倪守斌,黎 彤. 1983. 莲花山钨矿床同位素地质学初步研究[J]. 矿床地质,4(4):35-42.

毛景文,华仁民,李晓波. 1999. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J]. 矿床地质,18(4):291-299.

毛景文,李红艳,宋学信,王登红,张景凯. 1998. 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. 215 页.

毛景文,谢桂青,李晓峰,张长青,梅燕雄. 2004a. 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,11:45-55.

毛景文,李晓峰,Lehmann B,陈 文,蓝晓明,魏绍六. 2004b. 湖南芙蓉锡矿地质特征、锡矿石和有关花岗岩的 ^{40}Ar-^{39}Ar 测年及其成岩成矿的地球动力学意义[J]. 矿床地质,23(2):164-175.

毛景文,谢桂清,郭春丽,陈毓川. 2007. 南岭地区大规模钨锡多金属成矿作用:成矿时限及地球动力学背景[J]. 岩石学报,23(10):2329-2338.

毛景文,谢桂清,程彦博,陈毓川. 2009. 华南地区中生代主要金属矿床模型[J]. 地质论评,55(3):347-354.

梅玉萍,李华芹,王登红,路远发,杨红梅,许建祥,张家菁. 2007. 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,28(5):456-461.

穆治国,黄福生,卢德揆. 1988. 华南某些含钨花岗岩的 K-Ar 年龄[J]. 岩石矿物学杂志,7(2):109~118.

彭建堂,胡瑞忠,毕献武,戴橦谟,李兆丽,李晓敏,双 燕,袁顺达,刘世荣. 2007. 湖南芙蓉锡矿床 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质,26(3):237-248.

戚长谋. 1991. 元素地球化学分类探讨[J]. 长春地质学院学报,21(4):361-365.

覃宗光,姚锦其. 2008. 广西栗木锡-铌-钽矿床中氟的作用及地表找矿评价标志[J]. 矿产与地质,22(1):1-5.

任纪舜. 1990. 论中国南部的大地构造[J]. 地质学报,64(4):275-288.

任纪舜,肖黎薇. 2001. 中国大地构造与地层区划[J]. 地层学杂志,25(增刊):361-369.

沈敢富. 1992. 银岩锡矿成岩、成矿机理新探[J]. 地球化学,4:346-353.

史明魁,熊成云,贾德裕. 1993. 湘桂粤赣地区有色金属隐伏矿床综合预测[M]. 北京:地质出版社. 135 页.

舒良树. 2006. 华南前泥盆纪构造演化:从华夏地块到加里东造山带[J]. 高校地质学报,12(4):418-431.

宋慈安. 1996. 广西钨锡矿田地球化学异常特征及预测模式[J]. 桂林工学院学报,16(4):353-361.

苏咏梅. 2008. 湖南郴县野鸡尾锡多金属矿床地质特征及成矿规律[J]. 四川地质学报,28(1):18-23.

童潜明,李荣清,张建新. 2000. 郴临深大断裂带及其两侧的岩浆岩特征[J]. 华南地质与矿产,3:8-16.

汪帮勤,黄定堂,李新芝,吴忠儒. 2004. 下桐岭钨多金属矿床地质特征及成矿作用[J]. 中国钨业,19(6):25-29.

王登红,陈毓川,陈 文,桑海清,李华芹,路远发,陈开礼,林枝茂. 2004. 广西南丹大厂超大型钨多金属矿床的成矿时代[J]. 地质学报,78(1):132-138.

王德滋,刘昌实,沈渭洲,熊小林. 1993. 江西岩背斑岩锡矿区火山-侵入杂岩[J]. 南京大学学报(自然科学版),29(4):638-650.

王 强,赵振华,简 平,熊小林,包志伟,戴橦谟,许继峰,马金龙. 2005. 华南腹地白垩纪 A 型花岗岩类或碱性侵入岩年代学及其对华南晚中生代构造演化的制约[J]. 岩石学报,21(3):795-808.

魏绍六,曾钦旺,许以明,蓝晓明,康卫清,廖兴钰. 2002. 湖南骑田岭地区锡矿床特征及找矿前景[J]. 中国地质,29(1):67-75.

伍光英,潘忠芳,侯增谦,李金冬,车勤建,陈辉明. 2005. 湖南大义山锡多金属矿田矿体分布规律、控矿因素及找矿方向[J]. 地质与勘探,41(2):6-11.

伍光英,侯增谦,肖庆辉,王 涛,闫全人,陈辉明,马铁球. 2008. 湘南多金属矿集区燕山期成矿花岗岩的稀土地球化学特征和成岩成矿作用探讨[J]. 中国地质,35(3):410-420.

伍式崇,洪庆辉,龙伟平,罗 郧. 2009. 湖南锡田钨锡多金属矿床成矿地质特征及成矿模式[J]. 华南地质与矿产,2:1-6.

吴寿宁. 2006. 湖南郴州荷花坪锡多金属矿床地质特征[J]. 矿产与地质,20(1):43-46.

肖红全,赵葵东,蒋少涌,姜耀辉,凌洪飞. 2003. 湖南东坡矿田金船塘锡铋矿床铅同位素地球化学及成矿年龄[J]. 矿床地质,22(3):264-270.

谢窦克,周宇章,张开毕,邢光福. 2006. 华南前寒武系基底变质杂岩高温高压下的波速特征及地壳结构[J]. 地球物理学进展,21(1):107-117.

徐克勤,胡受奚,孙明志,张景荣,叶 俊,李惠平. 1981. 华南钨矿床的区域成矿条件分析[A]. 见:钨矿地质讨论会文集[C]. 北京:地质出版社. 243-258.

徐克勤,朱金初. 1987. 华南锡钨矿床的时空分布和成矿控制[A]. 见:锡矿地质讨论会论文集[C]. 北京:地质出版社. 50-59.

徐敏林,冯卫东,张凤荣,李江东,罗仙华. 2006. 崇义淘锡坑钨矿成

矿地质特征[J]. 资源调查与环境，27(2)：159-163.

杨　峰，李晓峰，冯佐海，白艳萍. 2009. 栗木锡矿云英岩化花岗岩白云母$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄及其地质意义[J]. 桂林工学院学报，29(1)：21-24.

杨合群. 2007. 钨锡矿与地球演化的关系[J]. 西北地质，40(4)：108.

杨明桂，廖瑞君，刘亚光. 1998. 江西变质基底类型及变质地层的划分对比[J]. 江西地质，12(3)：201-208.

杨森楠. 1989. 华南裂陷系的建造特征和构造演化[J]. 地球科学，14(1)：29-36.

杨宗喜，毛景文，陈懋弘，童　祥，武俊德，程彦博，赵海杰. 2008. 云南个旧卡房矽卡岩型铜(锡)矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报，28(4)：1937-1944.

姚军明，华仁民，屈文俊，戚华文，林锦富，杜安道. 2007. 湘南黄沙坪铅锌钨钼多金属矿床辉钼矿的 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 中国科学(D 辑)，37(4)：471-477.

曾载淋，张永忠，朱祥培，陈郑辉，王成辉，屈文俊. 2009. 赣南崇义地区茅坪钨锡矿床铼-锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：209-214.

张家菁，陈郑辉，王登红，陈振宇，刘善宝，王成辉. 2008. 福建行洛坑大型钨矿的地质特征、成矿时代及其找矿意义[J]. 大地构造与成矿学，32(1)：92-97.

张文兰，华仁民，王汝成，陈培荣，李惠民. 2006. 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，80(7)：956-962.

张文兰，华仁民，王汝成，李惠民，屈文俊，季建清. 2009. 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，83(5)：659-670.

张玉学，刘义茂. 1993. 行洛坑钨矿地质地球化学特征及成因研究[J]. 地球化学，2：187-196.

赵　蕾，于津海，王丽娟，谢　磊，孙　涛，邱检生. 2006. 红山含黄玉花岗岩的形成时代及其成矿能力分析[J]. 矿床地质，25(6)：672-682.

钟江临，李楚平. 2006. 湖南香花岭夕卡岩型锡矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 矿产与地质，20(2)：147-151.

周金城，王孝磊，邱检生. 2008. 江南造山带是否格林威尔期造山带[J]？高校地质学报，14(1)：64-72.

朱金初，张佩华，谢才富，张　辉，杨　策. 2006. 南岭西段花山-姑婆山 A 型花岗质杂岩带：岩石学、地球化学和岩石成因[J]. 地质学报，80(4)：529-542.

朱金初，陈　骏，王汝成，陈建平，谢　磊. 2009. 南岭中西段燕山早期北东向含锡钨 A 型花岗岩带[J]. 高校地质学报，14(4)：474-484.

庄锦良，童潜明，刘钟伟. 1993. 湘南地区锡铅锌隐伏矿床预测研究[M]. 北京：地质出版社. 126 页.

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