

文章编号:0258-7106(2005)02-0099-09

论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用*

华仁民,陈培荣,张文兰,陆建军

(成矿作用研究国家重点实验室,南京大学地球科学系,江苏南京 210093)

摘要 文章在总结大量前人资料的基础上,提出华南地区中生代发生了 3 次大规模成矿作用,且都在燕山期。其中,第一次发生在燕山早期的 180~170 Ma,以赣东北和湘东南的 Cu、Pb-Zn、(Au) 矿化为代表。第二次发生在燕山中期的第二阶段(约 150~139 Ma),主要是南岭及相邻地区以 W、Sn、Nb-Ta 等有色-稀有金属矿化为主的成矿作用。第三次是发生在燕山晚期 125~98 Ma 的以南岭地区 Sn、U 矿化和东南沿海地带的 Au-Cu-Pb-Zn-Ag 矿化为代表的成矿作用。华南地区中生代这 3 次大规模的成矿作用是该地区岩石圈发展演化的产物,它们与拉张的动力学背景、壳-幔相互作用、深部热和流体的参与有着成因上的密切关系。

关键词 地质学;中生代;燕山期;大规模成矿作用;岩石圈演化;华南;综述

中图分类号:P611

文献标识码:A

近年来,中国东部中生代的大规模成矿作用或成矿大爆发(毛景文等,1999;华仁民等,1999)已引起了普遍重视,相关的研究工作正在蓬勃开展。中生代在地球历史中虽然仅占较短时间,但毕竟也长达 1.6 亿年。在这段时间里,并非自始至终都发生着大规模的成矿作用。那么,中生代大规模成矿作用具体发生在什么时间?是在什么背景、条件下发生的呢?笔者在近年来研究以南岭为中心的华南地区与花岗岩类有关的成矿作用过程中,总结了大量前人的资料,提出华南地区中生代发生了 3 次大规模成矿作用。

1 燕山早期的 Cu、Pb-Zn、(Au) 大规模成矿作用

1.1 印支期华南地区未发生大规模金属成矿作用

华南地区的中生代构造运动主要是从印支造山运动开始的。(258±6)~(243±5) Ma 发生了以 Sibumasu 地块与印支板块-华南板块的碰撞增生为代表的印支构造运动,并在 245 Ma 左右造成东特提斯洋的关闭(Carter et al., 2001)。它不仅使华南内部发生了以碰撞-挤压-推覆-隆升为主的印支造山运动,而且,也推动了华北板块和华南板块在印支期完

成碰撞拼合,并形成中国大陆;任纪舜等(1999)将其称为“陆-陆叠覆造山运动”。根据扬子北缘滁州三界蓝片岩带年龄 245 Ma(李曙光等,1993),及大别超高压变质带的年龄(Sun et al., 2002)来推断,华南地区印支构造运动的主碰撞期应为 250~230 Ma。

如同世界上其他造山带发生的大量地壳拉张一样,华南印支造山运动在造山期和造山期后都有强烈的拉张构造运动发生(刘勉,2002)。目前还缺少对具体的造山期拉张事件及有关的动力学机制的研究,但拉张引起的陆内伸展构造及花岗岩类的形成已受到广泛重视。华南大部分印支期花岗岩的年龄为 235 Ma 到 205 Ma,比主碰撞期明显滞后,因此实际上印支期花岗岩形成于“后碰撞”(post-collision)动力学环境中,约 220 Ma 已经有规模较小的镁质岩浆活动产物,如在道县发育的辉长岩包体(郭峰等,1997),表明在主碰撞期之后岩石圈已经有初始的拉张-伸展作用发生,造成地幔上涌、基性岩浆底侵。当然,该时期的拉张-伸展和地幔物质上涌是局部和有限的,对花岗岩的成因并没有太大的控制意义。周新民(2003)认为,在多数印支期花岗岩的形成过程中较少有当时的年轻地幔物质加入。王岳军等(Wang et al., 2002b)在合理构建华南印支期地质-

* 本文得到国家重点基础研究发展规划项目(1999CB403209)和国家自然科学基金重点项目(40132010)的资助
第一作者简介 华仁民,男,1946年生,博士,教授,主要从事矿床学的教学和研究。
收稿日期 2004-09-06;改回日期 2004-12-13。李岩编辑。

物理模型的基础上,利用 FLAC 软件模拟了该区印支期过铝质富钾花岗岩形成的动力学背景。模拟结果表明,陆壳变形叠置加厚可能是华南印支期构造岩浆作用形成的主导机制。这也佐证了华南地区印支期花岗岩地幔物质参与较少的结论。

华南印支期花岗岩的数量较少,较零散地分布在西部的雪峰隆起带、东部的武夷隆起带,以及湘中—粤西—桂南一带。在造山运动导致地壳加厚最显著的地段,如赣北的庐山、德安、幕阜山一带及赣中的武功山,出现了代表与重力滑塌有关的变质核杂岩(Coney et al., 1984),其中武功山变质核杂岩中 4 个花岗片麻岩的云母 Ar/Ar 年龄分别为 259 Ma、233.5 Ma、229 Ma 和 225.6 Ma(刘昌实等, 2002),可能反映了伸展变形主要发生于 233~225 Ma。

总体来说,印支期华南地区没有发生大规模的金属成矿作用。但是,印支期花岗岩与铀矿化有着特殊的关系,这是因为它们一般都有较高的铀含量,因而常常是花岗岩型铀矿的矿源岩;在燕山期,特别是燕山晚期与拉张背景有关的各种岩浆活动叠加的情况下,印支期花岗岩中的铀便活化转移、富集成矿,从而成为燕山晚期大规模成矿作用的组成部分。

1.2 180~170 Ma 华南地区发生第一次大规模金属成矿作用

在经历了 200~185 Ma 的调整期(岩浆活动相对沉寂)之后,从燕山期开始,华南内部尤其是南岭地区进入了一个造山后的岩石圈“局部伸展-拉张裂解”的地球动力学环境,与此相关的较大规模岩浆活动大约从 185 Ma 开始,并集中在 180~170 Ma。该期岩浆活动主要有 4 种类型。第一种是玄武质岩浆活动,主要分布在湘东南的汝城、道县、宁远、宜章等地,年龄主要为 178~175 Ma(赵振华等, 1998)。第二种是双峰式岩浆活动,主要分布在赣南,如寻乌县的白面石和菖蒲,临江县的东坑,以及闽西南永定县的潘坑等盆地,其中的基性端员(玄武岩)的年龄主要在 179~158 Ma 之间(陈培荣等, 1999)。第三种是 A 型花岗岩及相关的正长岩-花岗岩岩套,如赣南的寨背和陂头,其 Rb-Sr 等时线年龄分别为 176 Ma 和 178 Ma(陈培荣等, 1998;范春方等, 2000)。第四种是钙碱性岩浆活动,主要分布在两个地区,一为江南造山带,如江西德兴的花岗闪长斑岩,其年龄数据集中于 184~170 Ma(朱训等, 1983; Hua et al., 1984);二为湘东南地区,如水口山、宝山、江华、江永

等地的花岗闪长质小岩体,它们的单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 181~172 Ma(Wang et al., 2002a)。

以上几种(尤其是第一、二、三种)类型岩浆岩的同时出现,构成了一种典型的后造山岩石组合,也是软流圈上升、岩石圈减薄、大陆地壳开始拉张裂解的最直接证据(Chen et al., 2002)。总的来说,这几类岩石的分布范围还不广,只限于局部地区,大部分是在南岭中段的湘东南—赣南地区,向东延伸至闽西南,恰处于印支构造域的中间部位。笔者认为,它们大致上呈东西向展布,很可能反映了在印支运动南北向挤压应力消失后,岩石圈发生了同一(南北)方向的伸展-拉张作用。因此,可以确定南岭地区燕山早期的动力学背景是造山后的“局部伸展-拉张裂解”。而第四种类型岩石的分布特征,则可能反映了沿着扬子—华夏边界发生的构造-岩浆活动。

与燕山早期岩浆活动相关的成矿作用主要是江南造山带和湘东南地区与钙碱性岩石伴生的以铜-铅-锌为主的多金属成矿作用,形成一批超大型和大型、中型矿床,如铜厂、富家坞、银山、水口山、宝山、黄沙坪、铜山岭等。与此相伴随的金矿化也颇具规模,如德兴斑岩铜矿的伴生金,水口山铅锌矿田中的康家湾 Au-Ag-Pb-Zn 矿床和宝(山)—黄(沙坪)成矿带西部的大坊金矿等;此外,湘南地区与燕山早期岩浆活动有关的金矿床类型还有矽卡岩型(江永剪复湾)、浅成热液型(常宁仙人岩)和隐爆角砾岩型(老鸦巢)等。笔者认为,这一期以 Cu、Pb-Zn、(Au) 为主的成矿作用可以看作是华南地区中生代发生的第一次大规模金属成矿作用。

2 燕山中期的 W、Sn、Nb-Ta 等金属大规模成矿作用

2.1 华南地区陆壳重熔型花岗岩类的大量出现

在早期岩石圈局部拉张裂解的基础上,华南地区在 170 Ma 之后的燕山中期发生了更大规模的“造山后”岩石圈伸展-减薄,并形成了大量的陆壳重熔型花岗岩类。值得注意的是,这一时期的花岗岩类虽然是在岩石圈全面伸展-减薄、地幔物质上涌导致玄武质岩浆底侵的背景下形成的,且分布范围广、面积大,但是它们主要是由地壳物质的部分熔融形成的,而地幔物质的参与较少,所以总体上显示出明显的壳源岩石地球化学特征。这与前面所述的几种岩石是完全不同的。

从 170 Ma 到 150 Ma 可称为燕山中期的第一阶段,陆壳重熔型花岗岩的大规模形成时间主要在 165 Ma 到 150 Ma 之间,尤其是 160 Ma 左右。在湘南,与柿竹园超大型矿床有关的千里山岩体可以作为该阶段花岗岩类活动的代表,目前已发表的千里山岩体年龄数据有 162 Ma、163 Ma 等(刘义茂等,1997),而毛景文等(1998)在有关柿竹园矿床研究的专著中给出的数据为(152 ± 9) Ma。湘南另一个著名的花岗岩体是骑田岭,近年来发表的用 Rb-Sr 等时线、锆石 U-Pb 及黑云母 Ar/Ar 等方法测定的一批年龄数据都在 161 ~ 157 Ma 范围内(黄革菲,1992;朱金初等,2003;毛景文等,2004a)。笔者等最近获得的 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 年龄表明,黄沙坪花岗岩体也是该阶段的产物(另文发表)。

在赣南,这一阶段以与著名的西华山钨矿有关的花岗岩为代表。早期发表的西华山花岗岩的 K-Ar 法年龄数据跨度较大,多在 184 ~ 139 Ma 范围内(南京大学地质系,1981;吴永乐等,1987),而 20 世纪 80 年代中期以来的大量 Rb-Sr、U-Pb 年龄数据则集中在 157 ~ 150 Ma(李亿斗等,1986;陈志雄等,1989;McKee et al., 1987; Maruejol et al., 1990)。相邻的漂塘和木梓园花岗岩,本次研究测定的单颗粒锆石 U-Pb 年龄分别为 161 Ma 和 153 Ma(另文发表)。赣南另一个著名的大吉山钨矿,相关的两个阶段花岗岩侵入体年龄分别为 161 Ma 和 159 Ma(孙恭安等,1989)。

在粤北,佛岗、贵东、九峰、红岭和司前等规模不等的花岗岩体的年龄也基本上在这一范围内(陈志雄等,1989;李献华,1999;邓平等,2000;陈小明等,2002;包志伟等,2003)。在桂东北,花山、姑婆山、里松、栗木等花岗岩的年龄值在 165 Ma 到 148 Ma 之间(朱金初等,1989;张德全等,1985;史明魁等,1981),也都是这一阶段的产物。

燕山中期第一阶段虽然是南岭地区壳源型花岗岩类大规模侵位的时期,但并不是相关的 W-Sn-Nb-Ta 等金属的大规模成矿期。笔者的研究发现,与这类花岗岩有关的成矿作用明显滞后于成岩作用。从目前掌握的资料来看,这一次大规模成矿作用,虽然开始于燕山中期第一阶段的末期(如某些钨矿化),但主要发生在,并全盛于紧接着的燕山中期第二阶段。

2.2 150 ~ 139 Ma 华南地区发生第二次大规模金属成矿作用

燕山中期第二阶段的时间大致为 150 ~ 139

Ma,这一阶段是南岭地区主体改造型花岗岩充分演化,并有晚阶段补体相或补充侵入相,尤其是一些来源更深、侵位更浅的小岩体(如花岗斑岩等)广泛发育的阶段。这一阶段的特征是地壳热流值明显升高,地幔物质较多参与,以及火山活动频繁发生,基性岩脉、煌斑岩等与幔源密切相关的岩石也较发育,反映了地壳的进一步伸展-拉张。第二阶段也是 W、Sn、Nb-Ta 等有色-稀有金属矿化大规模发生的阶段,这可能与深部或幔源流体的大量参与有关。

以湘南为例,虽然前文所述的千里山花岗岩、骑田岭花岗岩有多个第一阶段的年龄数据,但并不意味着有关的成矿作用都发生于该阶段。对于与千里山花岗岩密切相关的柿竹园矿床来说,目前的成矿年龄数据多为 160 ~ 150 Ma,但笔者注意到,有一组切穿千里山花岗岩主体的、广泛发育的 NE 向花岗斑岩脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(144.41 ± 2.83) Ma,等时线年龄为(142.34 ± 2.85) Ma,而辉绿玢岩脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(142.34 ± 2.85) Ma(刘义茂等,1997)。据悉,目前已有 149 Ma 的柿竹园成矿年龄数据。而对于骑田岭花岗岩,近年来一批长石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 139 ~ 144 Ma,邻近的杉山岭正长岩为(141.30 ± 2.83) Ma(刘义茂等,2002;赵振华等,2003),显示在这一时期有强烈的热事件发生。因此,笔者认为与骑田岭花岗岩有关的芙蓉锡矿的成矿时代应该是燕山中期的第二阶段。这也有最近赣甯川等未发表的芙蓉花岗岩及 10 号矿脉等年龄数据所佐证。

前面提到的赣南西华山钨矿,大量前人资料显示西华山花岗岩可划分为 3 个阶段,分别为斑状中粒黑云母花岗岩、中粒黑云母二长-碱长花岗岩和斑状中细粒黑云母二长花岗岩(吴永乐等,1987;刘昌实等,2002),与主矿化关系最密切的是第二阶段的晚期含石榴子石花岗岩。西华山花岗岩年龄测定数据很多,但由于缺乏成矿年龄数据,因此只能根据岩体和矿体的相互切穿关系初步推断成矿时间为 150 Ma 左右,即相当于燕山中期第一阶段末。然而,李华芹等(1993)所测定的萤石 Sm-Nd 等时线年龄为(137.4 ± 3.0) Ma,黑钨矿 Sm-Nd 等时线年龄为(139.2 ± 2.8) Ma,而石英中流体包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄则为(139.8 ± 4.5) Ma,三者相当一致,表明西华山钨矿的成矿年龄应在 140 ~ 137 Ma,比花岗岩的成岩年龄至少晚了 10 Ma,此时已经是燕山中期的第二阶段了。

笔者等最近对赣南大吉山钨矿的成矿年龄进行了测定,采自黑钨矿石英脉中的2件云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法测年结果分别为144 Ma和147 Ma(另文发表),证实了与高度分异演化的大吉山花岗岩有关的W、Nb-Ta成矿作用发生于燕山中期第二阶段。

3 燕山晚期的Sn、U及Au、Cu、Pb-Zn、Ag大规模成矿作用

燕山晚期是华南地区构造-岩浆活动的又一个高发期,而且火山活动的强度和广度明显大于燕山早、中期。据李武显(1999)对中国东南部206个花岗岩、火山岩的同位素年龄统计,以早白垩世(139~97 Ma)为最多,占57.2%。其原因,一是由于燕山晚期华南地区发生了岩石圈的大规模伸展(李献华,1999);二是从燕山晚期起,中国东部开始明显受太平洋动力体系的影响,而浙闽沿海地带所受的影响尤其明显。

燕山晚期在南岭东段及邻近地区(陆内)主要发育一些侵位较浅的或“次火山岩相”的花岗岩类,有的甚至与火山岩共生,构成花岗质火山-侵入杂岩,有些还伴有中心式(塌陷)火山机构,王德滋等(1991;1999)称之为“S型火山岩”。它们中的许多岩体与锡矿有关,如江西的岩背斑岩锡矿,相关的岩背花岗岩斑岩年龄为136~104 Ma(熊小林等,1994;梅勇文等,1994;王德滋等,1994);此外还有曾家垅、中甲和尖峰岭锡矿,广东的银岩-塌山(117 Ma,刘师先,1992)、厚婆坳等锡矿,浙江的洋滨锡矿[(101.7±32.1) Ma,沈渭洲等,1994],以及著名的广西大厂锡矿等,它们的成矿年龄主要为125~98 Ma,甚至更晚。有些花岗质火山-侵入杂岩体则与铀矿化有关,成为华南东部浙皖赣粤北东向火山岩型铀矿带的重要组成部分,例如江西的相山,据已发表的资料,其火山岩(碎斑熔岩)-花岗斑岩的时代为141~126 Ma,而铀的两期成矿作用则分别发生在120~115 Ma和100~97 Ma(李坤英等,1989;陈繁荣等,1989;1990;陈迪云等,1993;陈小明等,1999)。

对于这类岩石的成因类型,一些研究者认为应属于“同熔型”,岩浆来源于“上地幔至下地壳”(陈惜华等,1986;刘师先,1992);但由于它们都是富铝的,有些火山岩(如江西相山、东乡)中还含有红柱石、石榴子石等富铝矿物,并具有较高的铈同位素初始比值等特征,因此目前大部分研究者认为它们属于陆

壳重熔型花岗岩类或陆壳重熔型火山-侵入杂岩或S型花岗质火山-侵入杂岩(王德滋等,1991;沈渭洲等,1995;陈小明等,1999)。

差不多与此同时,在东南沿海地带由于受太平洋动力体系的影响而形成了广泛分布的钙碱系列火山-侵入岩,如浙江桐庐火山-侵入杂岩的年龄为134 Ma(陈小明等,1999)。周新民等(2002a)归纳了浙闽沿海一批晚中生代钙碱性花岗质火山-侵入杂岩的年龄数据,结果都在125~101 Ma,并提出了自140 Ma以来这一地区花岗质火山-侵入杂岩的成因模式是“洋壳消减脱水作用地幔楔湿熔融-玄武岩浆底侵中下地壳部分熔融”(周新民等,2002b)。而在中国东部一些受深断裂控制的地带,如郯庐断裂带、长江中下游断裂带,则发育一套橄榄安粗岩系列的火山岩,王德滋等将它们命名为橄榄安粗岩省(Wang et al., 1996;王德滋等,1999)。燕山晚期的钙碱系列和橄榄安粗岩系列的火山岩与Au、Ag、Cu、Pb、Zn等成矿作用密切相关,典型实例有江西的冷水坑(Ag、Pb-Zn),浙江的五部(Pb-Zn)、大岭口(Ag)、治岭头(Ag-Au),福建的钟腾(Cu)等,它们的成矿年代资料较少,但根据相关的岩石年龄等判断,其成矿作用主要也发生在125~98 Ma,并可延续到90 Ma;在福建上杭紫金山地区,燕山晚期的花岗闪长斑岩-英安质火山岩在105 Ma左右活动,造成了大规模的斑岩-浅成热液铜金成矿作用(张德全等,2001;华仁民等,2002)。

此外,发生在印支期花岗岩背景上的铀的活化-成矿也是该时期南岭地区成矿作用的重要特色。例如粤北的下庄铀矿田,就是在印支期花岗岩的基础上,由于燕山晚期的多次酸性和基性岩浆活动的叠加而形成的多期、多阶段的铀矿化,其成矿作用的时间延续到100 Ma以后(邓平等,2000)。

因此,燕山晚期的125~98 Ma是华南地区燕山期第三次大规模金属成矿作用时期。值得注意的是,这一时期也是中国东部其他地区最重要的金属成矿作用发生期(毛景文等,2003;2004b),如:长江中下游Cu-Fe-Au-S成矿带的玢岩铁矿和部分金、铜成矿作用年龄集中于125 Ma前后,胶东的金成矿高峰在120 Ma左右;郯庐断裂带中南段的沙溪、七宝山东溪、天投山等Au-Cu矿床也是这一时期的产物,因而这一时期应该是中国东部燕山期大规模成矿作用的高潮。

4 结论与讨论

大量事实证明,华南地区中生代发生了3次大规模成矿作用,且都在燕山期。其中,燕山早期的180~170 Ma发生了第一次大规模的金属成矿作用,以赣东北和湘东南的Cu、Pb-Zn、(Au)矿化为代表。燕山中期的第二阶段(约150~139 Ma),主要在南岭及相邻地区发生了以W、Sn、Nb-Ta等稀有金属矿化为主的第二次大规模成矿作用。而燕山晚期的125~98 Ma发生了华南地区第三次大规模金属成矿作用,以南岭地区的Sn、U矿化和东南沿海地带的Au、Cu、Pb-Zn、Ag矿化为代表。

华南地区燕山期的3次大规模成矿作用,是该地区岩石圈发展演化的产物。总的来说,第一、二次大规模成矿作用分别对应于印支造山运动后的局部拉张-裂解和大规模伸展-减薄;而第三次大规模成矿作用的背景更为复杂,既有拉张又有挤压,大陆边缘大规模的火山岩浆作用、弧后的扩张作用、板内岩石圈的进一步伸展以及深断裂的活动,都显示该时期的壳-幔相互作用达到了一个前所未有的高潮,从而引发了最大规模的金属成矿作用。

华南地区中生代发生的3次大规模成矿作用提供了一个重要的信息,那就是尽管花岗岩类可以在挤压-陆壳加厚的动力学背景下由地壳物质的部分熔融形成,但是大规模的成矿作用主要与拉张的动力学背景、壳-幔相互作用、深部热和流体的参与有着成因上的密切关系。

需要指出的是,上述认识仅仅是初步的和概括性的。一方面,地质-成矿作用具有多样性和复杂性,尤其是像华南这样的地区;另一方面,目前所掌握的精确的成岩、成矿年龄还不够,许多矿床的研究程度也不深,所以亟需今后更多的具体研究工作来进一步证实和完善。

致谢 本文是科技部973项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”09课题的集体研究成果,除笔者外,王岳军、张德全、毕献武等研究员也投入了大量工作。本文还应用了大量前人资料,在写作中得到王德滋院士、周新民教授及毛景文研究员的指导。在此一并致以衷心的感谢。

References

Bao Z W and Zhao Z H. 2003. Geochemistry and tectonic setting of the

- Fugang aluminous A-type granite, Guangdong, China: A preliminary study[J]. *Geology-Geochemistry*, 31(1): 52~61 (in Chinese with English abstract).
- Carter A, Roques D, Bristow C, et al. 2001. Understanding Mesozoic accretion in Southeast Asia: Significance of Triassic tectonism (Indosinian Orogeny) in Vietnam[J]. *Geol.*, 29: 211~214.
- Chen D Y, Zhou W B, Zhou L M, et al. 1993. Isotope geology of the Xiangshan uranium orefield[J]. *Mineral Deposits*, 12(4): 370~377 (in Chinese with English abstract).
- Chen F R, Liu C S and Wang D Z. 1989. The general characteristics of crust-derived type volcanic rocks of Xiangshan-Dongxiang, Jiangxi Province[J]. *J. Nanjing Univ. (Earth Sciences)*, 4: 53~64 (in Chinese with English abstract).
- Chen F R, Shen W Z, Wang D Z, et al. 1990. Isotopic geochemistry of uranium ore-field No.1220 and the implication to ore genesis[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 14(1): 69~77 (in Chinese with English abstract).
- Chen P R, Zhang B T, Kong X G, et al. 1998. Geochemical characteristics and tectonic implication of Zhaibei A-type granitic intrusives in South Jiangxi Province[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 14: 289~298 (in Chinese with English abstract).
- Chen P R, Kong X G, Wang Y X, et al. 1999. Rb-Sr isotopic dating and significance of early Yanshanian bimodal volcanic-intrusive complex from South Jiangxi Province[J]. *Geol. J. China Univ.*, 5(4): 378~383 (in Chinese with English abstract).
- Chen P R, Hua R M, Zhang B T, et al. 2002. Early Yanshanian post-orogenic granitoids in the Nanling region[J]. *Sci. in China (Series D)*, 45(8): 757~768.
- Chen X H, Hu X Z and Cong X D. 1986. Genesis and mineralization of sub-granitic porphyry Xiling tin deposit, Guangdong[J]. *Geochemistry*, 1: 50~57 (in Chinese with English abstract).
- Chen X M, Lu J J, Liu C S, et al. 1999. Single-grain zircon U-Pb isotopic ages of the volcanic-intrusive complexes in Tonglu and Xiangshan areas[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 15(2): 272~278 (in Chinese with English abstract).
- Chen X M, Wang R C, Liu C S, et al. 2002. Isotopic dating and genesis for Fogang biotite granites of Conghua area, Guangdong Province [J]. *Geol. J. China Univ.*, 8(3): 293~307 (in Chinese with English abstract).
- Chen Z X, Li S Z and Zhu J G. 1989. Studies on metallogenic features of Xihuashan and Hongling tungsten deposits[A]. In: Yichang Institute of Geology, ed. *Scientific reports of geology and mineral resources in Nanling (2)* [C]. Wuhan: Univ. China Geosci. Press. 277~325 (in Chinese).
- Coney P J and Harms T A. 1984. Cordilleran metamorphic core complexes: Cenozoic extensional relics of Mesozoic compression[J]. *Geol.*, 12: 550~554.
- Deng P, Tan Z Z and Wu L Q. 2000. Tectono-magmatism of granite and uranium metallogenic sequences in North Guangdong [J]. *Uranium Geology in South China*, 17(1-2): 32~43 (in Chinese).
- Department of Geology, Nanjing University. 1981. *Granites of different*

- ages in south China and their metallogenetic relations[M]. Beijing : Sci. Press . 1 ~ 395 (in Chinese) .
- Fan C F and Chen P R . 2000 . Geochemical characteristics and tectonic implication of Beitou A-type granitic intrusive in south Jiangxi Province[J]. *Geochimica* , 29(4) : 358 ~ 366 (in Chinese with English abstract) .
- Guo F, Fan W M, Lin G, et al . 1997 . Sm- Nd dating and petrogenesis of Mesozoic gabbro xenolith in Daoxian County, Hunan Province [J]. *Chinese Sci. Bull.* , 42(15) : 1661 ~ 1663 (in Chinese) .
- Hua R M and Dong Z Q . 1984 . The characteristics and origins of granitic rocks of two genetic series in Dexing, Jiangxi[A]. In: Xu K Q and Tu G C, ed. *Geology of granites and their metallogenetic relations*[C]. Beijing : Sci. Press . 347 ~ 366 .
- Hua R M and Mao J W . 1999 . A preliminary discussion on the Mesozoic metallogenetic explosion in East China[J]. *Mineral Deposits* , 18(4) : 300 ~ 308 (in Chinese with English abstract) .
- Hua R M, Lu J J, Chen P R, et al . 2002 . Late Mesozoic porphyry-epithermal Au-Cu metallogenetic system and its ore fluid in East China [J]. *Advances in Natural Sciences* , 12(3) : 240 ~ 244 (in Chinese) .
- Huang G F . 1992 . Discussion on emplacement time of Qitianling composite rock masses[J]. *Geology and Prospecting* , 11 : 7 ~ 11 (in Chinese with English abstract) .
- Li H Q, Liu J Q and Wei L . 1993 . Study on geochronology of fluid inclusion in hydrothermal ore deposits and its geological applications [M]. Beijing : Geol. Pub. House . 1 ~ 126 (in Chinese) .
- Li K Y, Shen J L and Wang X P . 1989 . Isotopic geochronology of Mesozoic terrestrial volcanic rocks in the Zhejiang-Fujian-Jiangxi area [J]. *J. Stratigraphy* , 13(1) : 1 ~ 13 (in Chinese with English abstract) .
- Li S G, Liu D L, Chen Y Z, et al . 1993 . Time of the blueschist belt formation in central China[J]. *Scientia Geologica Sinica* , 28 (1) : 21 ~ 27 (in Chinese with English abstract) .
- Li W X . 1999 . Origin and tectonic constraint of late Mesozoic igneous rocks in the coastal region of Zhejiang and Fujian Provinces [dissertation for doctor degree] [D]. Tutor: Zhou X M. Nanjing Univ. 56p (in Chinese with English abstract) .
- Li X H . 1999 . Cretaceous magmatism and lithosphere extension[A]. In: Institute of Geochemistry, CAS, ed. *Resources, environment, and sustainable development*[C]. Beijing : Sci. Press . 256 ~ 263 (in Chinese) .
- Li Y D, Sheng J F, Le Bel L, et al . 1986 . Evidence of lower crust source for the Xihuashan granite[J]. *Acta Geologica Sinica* , 60(3) : 256 ~ 273 (in Chinese with English abstract) .
- Liu C S, Wang R C, Shu L S, et al . 2002 . The forming and evolution of continental S-type granite[A]. In: Wang D Z and Zhou X M, ed. *Petrogenesis and crustal evolution of Late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complexes from Southeast China*[C]. Beijing : Sci. Press . 93 ~ 130 (in Chinese) .
- Liu M . 2002 . Gravitational collapse of mountains belts[A]. In: Zhang Y X and Yin A, ed. *Structure evolution and dynamics of the earth* [C]. Beijing : Higher Education Press . 177 ~ 205 (in Chinese with English abstract) .
- Liu S X . 1992 . Geological characteristics and metallogenetic mechanism of Tashan porphyry tin deposit[J]. *Geochimica* , 2 : 149 ~ 157 (in Chinese with English abstract) .
- Liu Y M, Dai T M, Lu H Z, et al . 1997 . Ar/ Ar and Sm/ Nd isotopic ages of the lithogenesis and mineralization of the Qianlishan granite [J]. *Sci. in China (Series D)* , 27(5) : 425 ~ 430 (in Chinese) .
- Liu Y M, Xu J F, Dai T M, et al . 2002 . Ar/ Ar isotopic ages of the Qitianling granite and their geological significance[J]. *Sci. in China (Series D)* , 32 (Supp) : 40 ~ 48 (in Chinese) .
- 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, et al . 1998 . Geology and geochemistry of the Shizhuyuan W-Sn-Mo-Bi poly-metallic deposit, Hunan[M]. Beijing : Geol. Pub. House . 1 ~ 215 (in Chinese with English abstract) .
- Mao J W, Xie G Q, Li X F, et al . 2004a . Mesozoic large scale mineralization and multiple lithospheric extension in South China[J]. *Earth Science Frontier* , 11(1) : 45 ~ 55 (in Chinese with English abstract) .
- Mao J W, Li X F, Lehmann B, et al . 2004b . Ar- Ar dating of tin ores and related granite in Furong tin orefield, Hunan Province and its geodynamic significance[J]. *Mineral Deposits* , 22(2) : 164 ~ 175 (in Chinese with English abstract) .
- Mao J W, Zhang Z H, Yu J J, et al . 2003 . Geodynamic settings of Mesozoic large scale mineralization in North China and vicinity: revealed from the accurate age determination of ore deposits[J]. *Sci. in China (Series D)* , 33(4) : 289 ~ 299 (in Chinese) .
- Maruejol P, Cuney M and Turpin L . 1990 . Magmatic and hydrothermal REE fractionation in the Xihuashan granites (SE China) [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.* , 104 : 668 ~ 680 .
- McKee E H, Rytuba J and Xu K Q . 1987 . Geochronology of the Xihuashan composite granitic body and tungsten mineralization, Jiangxi Province, south China[J]. *Econ. Geol.* , 82 : 218 ~ 223 .
- Mei Y W, Ye J P, Zhu Y Z, et al . 1994 . Study on prognosis of concealed tin-poly-metallic deposits in south Jiangxi[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese) .
- Ren J S, Niu B G, Liu Z G, et al . 1999 . Soft collision, superposition orogeny, and multi-cycle suture [J]. *Earth Science Frontiers* , 6 (3) : 85 ~ 93 (in Chinese with English abstract) .
- Shen W Z, Liu C S, Min M Z, et al . 1994 . Isotope geologic study of the Yangbin porphyry tin deposit, Zhejiang[J]. *Mineral Deposits* , 13 (2) : 186 ~ 192 (in Chinese with English abstract) .
- Shen W Z, Wang D Z and Liu C S . 1995 . Isotope geochemical characteristics and material sources of tin-bearing porphyries in South China [J]. *Acta Geologica Sinica* , 69 (4) : 349 ~ 359 (in Chinese with English abstract) .
- Shi M K and Sun G A . 1981 . Petrological and geochemical characteristics of rare-metal granites in Limu, Guangxi[J]. *Yichang Institute of Geology Bulletin* , 3 : 96 ~ 107 (in Chinese) .
- Sun G A, Shi M K, Zhang H L, et al . 1989 . Study on petrology, geo-

- chemistry, and metallogeny of Dajishan granite[A]. In: Yichang Institute of Geology, ed. Scientific reports of geology and mineral resources in Nanling (2) [C]. Wuhan: Univ. China Geosci. Press. 326 ~ 363 (in Chinese) .
- Sun W D, Li S G, Chen Y D, et al. 2002. Timing of synorogenic granitoids in the South Qinling, central China: Constraints on the evolution of the Qinling-Dabie orogenic belt[J]. *J. Geol.*, 110(4): 457 ~ 468 .
- Wang D Z, Liu C S, Shen W Z, et al. 1991. Discovery of Mesozoic S-type volcanic belt in Dongxiang-Xiangshan, Jiangxi, and its geological significance[J]. *Chinese Sci. Bull.*, 36(19): 1491 ~ 1493 (in Chinese with English abstract) .
- Wang D Z, Shen W Z, Liu C S, et al. 1994. Geochemical features and origin of volcanic-intrusive complex in Yanbei, Jiangxi[J]. *Sci. in China (Series B)*, 24(5): 531 ~ 538 (in Chinese) .
- Wang D Z, Ren Q J, et al. 1996. The Mesozoic volcanic-intrusive complexes and their metallogenic relations in East China[M]. Beijing: Sci. Press .
- Wang D Z and Zhou J C. 1999. Look back and look forward to granite research[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 15(2): 161 ~ 169 (in Chinese with English abstract) .
- Wang D Z and Zhou X M. 2002. Origin of late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complex and crust evolution in Southeastern China [M]. Beijing: Sci. Press. 294p(in Chinese) .
- Wang Y J, Fan W M, Guo F, et al. 2002a. U-Pb dating of Mesozoic granodioritic intrusions in southeastern Hunan Province and its petrogenetic implication[J]. *Sci. in China (Series D)*, 44(3): 270 ~ 280 .
- Wang Y J, Zhang Y H, Fan W M, et al. 2002b. Numerical modeling for generation of Indo-Sinian peraluminous granitoids, Hunan Province: basaltic underplating vs. tectonic thickening[J]. *Sci. in China (Series D)*, 45(11): 1042 ~ 1056 .
- Wu Y L, Mei Y W, Liu P, et al. 1987. Geology of the Xihuashan tungsten deposit[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 318p (in Chinese with English summary) .
- Xiong X L, Zhu J C, Liu C S, et al. 1994. Alteration zoning of the Yanbei porphyry tin deposit in Jiangxi and geochemical characteristics of its main altered rocks[J]. *Mineral Deposits*, 13(1): 1 ~ 10 (in Chinese with English abstract) .
- Zhang D Q, Wang X Y and Song G Y. 1985. Cooling history and emplacement ages of the Guposhan-Lisong granite masses, Guangxi[J]. *Geol. Rev.*, 31(3): 232 ~ 239 (in Chinese with English abstract) .
- Zhang D Q, Li D X, Feng C Y, et al. 2001. The temporal and spatial framework of the Mesozoic magmatic system in Zijinshan area and its geological significance[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(5): 403 ~ 408 (in Chinese with English abstract) .
- Zhao Z H, Bao Z W and Zhang B Y. 1998. Geochemical features of Mesozoic basalts in South Hunan[J]. *Sci. in China (Series D)*, 28(Supp.): 102 ~ 112 (in Chinese) .
- Zhao Z H, Tu G C, et al. 2003. Super-large ore deposits in China, Vol. 2 [M]. Beijing: Sci. Press. 54 ~ 56 (in Chinese) .
- Zhou X M, Li W X and Xu X S. 2002a. Late Mesozoic calc-alkaline magmatism in coast area of Zhejiang and Fujian Provinces[A]. In: Wang D Z and Zhou X M, ed. Origin of Late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complex and crust evolution in Southeastern China [C]. Beijing: Sci. Press. 74 ~ 92 (in Chinese) .
- Zhou X M and Li W X. 2002b. Tectono-magmatic model of late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complex in Southeastern China. In: Wang D Z and Zhou X M, ed. Origin of Late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complex and crust evolution in Southeastern China [C]. Beijing: Sci. Press. 273 ~ 295 (in Chinese) .
- Zhou X M. 2003. My thinking about granite geneses of South China [J]. *Geol. J. China Univ.*, 9(4): 556 ~ 565 (in Chinese with English abstract) .
- Zhu X, Huang C K, Rui Z Y, et al. 1983. The geology of Dexing porphyry copper ore field [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 336p (in Chinese with English contents and summary) .
- Zhu J C, Li X D, Shen W Z, et al. 1989. Sr, Nd and O isotope studies on the genesis of the Huashan granite complex[J]. *Acta Geologica Sinica*, 63(3): 225 ~ 235 (in Chinese with English abstract) .
- Zhu J C, Huang G F, Zhang P H, et al. 2003. On the emplacement age and material sources for the granites of Cailing superunit, Qitianling pluton, South Hunan Province[J]. *Geol. Rev.*, 49(3): 245 ~ 252 (in Chinese with English abstract) .

附中文参考文献

- 包志伟, 赵振华. 2003. 佛岗铝质 A 型花岗岩的地球化学及其形成环境初探[J]. *地质地球化学*, 31(1): 52 ~ 61 .
- 陈迪云, 周文斌, 周鲁民, 等. 1993. 相山铀矿田同位素地质学特征[J]. *矿床地质*, 12(4): 370 ~ 377 .
- 陈繁荣, 刘昌实, 王德滋. 1989. 江西相山东乡壳源型火山岩基本特征[J]. *南京大学学报(地球科学)*, 4: 53 ~ 64 .
- 陈繁荣, 沈渭洲, 王德滋, 等. 1990. 1220 铀矿田同位素地球化学及矿床成因研究[J]. *大地构造与成矿学*, 14(1): 69 ~ 77 .
- 陈培荣, 章邦桐, 孔兴功. 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: 289 ~ 298 .
- 陈培荣, 孔兴功, 王银喜, 等. 1999. 赣南燕山早期双峰式火山-侵入杂岩的 Rb-Sr 同位素定年及意义[J]. *高校地质学报*, 5(4): 378 ~ 383 .
- 陈惜华, 胡祥昭, 丛献东. 1986. 西岭锡矿床岩体含矿性与成因类型的研究[J]. *地球化学*, (1): 50 ~ 57 .
- 陈小明, 陆建军, 刘昌实, 等. 1999. 桐庐-相山火山侵入杂岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄[J]. *岩石学报*, 15(2): 272 ~ 278 .
- 陈小明, 王汝成, 刘昌实, 等. 2002. 广东从化佛岗(主体)黑云母花岗岩定年和成因[J]. *高校地质学报*, 8(3): 293 ~ 307 .
- 陈志雄, 李善择, 朱晋干. 1989. 西华山和红岭钨矿床成矿地质特征的研究[A]. 见: 宜昌地质矿产研究所, 编. 南岭地质矿产科研报告集(二)[C]. 武汉: 中国地质大学出版社. 277 ~ 325 .
- 邓平, 谭正中, 吴烈勤. 2000. 粤北花岗岩构造岩浆活动与铀成矿序列[J]. *华南铀矿地质*, 17(1-2): 32 ~ 43 .
- 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.
- 郭峰, 范蔚茗, 林舸, 等. 1997. 湘南道县辉长岩包体的年代学研究及成因探讨[J]. 科学通报, 42(15): 1661~1663.
- 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, 陆建军, 陈培荣, 等. 2002. 中国东部晚中生代斑岩-浅成热液金(铜)体系及其成矿流体[J]. 自然科学进展, 12(3): 240~244.
- 黄革菲. 1992. 骑田岭复式岩体侵位时代讨论[J]. 地质与勘探, (11): 7~11.
- 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[J]. 北京: 地质出版社. 1~126.
- 李坤英, 沈加林, 王小平. 1989. 中国浙闽赣地区造山带陆相火山岩同位素年代学[J]. 地层学杂志, 13(1): 1~13.
- 李曙光, 刘德良, 陈移之, 等. 1993. 中国中部蓝片岩的形成时代[J]. 地质科学, 28(1): 21~27.
- 李武显. 1999. 浙闽沿海地区晚中生代火成岩成因及构造制约[学位论文][D]. 导师: 周新民. 南京大学. 56页.
- 李献华. 1999. 华南白垩纪岩浆活动与岩石圈伸展[A]. 见: 中国科学院地球化学研究所, 等, 编. 资源环境与可持续发展[C]. 北京: 科学出版社. 256~263.
- 李亿斗, 盛继福, Le Bel L, 等. 1986. 西华山花岗岩下陆壳起源证据[J]. 地质学报, 60(3): 256~273.
- 刘勉. 2002. 造山带的重力滑塌[A]. 见: 张有学, 尹安, 编. 地球的结构、演化和动力学[C]. 北京: 高等教育出版社.
- 刘昌实, 王汝成, 舒良树, 等. 2002. 陆内S型花岗岩的形成和演化[A]. 见: 王德滋, 周新民, 编. 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[C]. 北京: 科学出版社. 93~130.
- 刘师先. 1992. 塌山斑岩锡矿地质特征及成矿机理[J]. 地球化学, (2): 149~157.
- 刘义茂, 戴樟模, 卢焕章, 等. 1997. 千里山花岗岩体成岩成矿的Ar/Ar和Sm-Nd同位素年龄[J]. 中国科学(D辑), 27(5): 425~430.
- 刘义茂, 许继峰, 戴樟模, 等. 2002. 骑田岭花岗岩Ar/Ar同位素年龄及其地质意义[J]. 中国科学(D辑), 32(增刊): 40~48.
- 毛景文, 李红艳, 朱学信, 等. 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, 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, 张作衡, 余金杰, 等. 2003. 华北及邻区中生代大规模成矿作用的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精测得到启示[J]. 中国科学(D辑), 33(4): 289~299.
- 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 等. 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(1): 45~55.
- 毛景文, 李晓峰, Lehmann B, 等. 2004b. 湖南芙蓉锡矿地质特征、锡矿石和有关花岗岩的Ar-Ar测年及其成岩成矿的地球动力学意义[J]. 矿床地质, 22(2): 164~175.
- 梅勇文, 叶景平, 朱元早, 等. 1994. 赣南地区锡多金属隐伏矿床预测研究[M]. 北京: 地质出版社.
- 南京大学地质系. 1981. 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. 395页.
- 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚, 等. 1999. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J]. 地学前缘, 6(3): 85~93.
- 沈渭洲, 刘昌实, 闵茂中, 等. 1994. 浙江洋滨斑岩锡矿的同位素地质研究[J]. 矿床地质, 13(2): 186~192.
- 沈渭洲, 王德滋, 刘昌实. 1995. 华南含锡斑岩的同位素地球化学特征及其成因[J]. 地质学报, 69(4): 349~359.
- 史明魁, 孙恭安. 1981. 广西栗木稀有金属花岗岩的岩石学和地球化学特征[J]. 宜昌地质矿产研究所所刊, 3: 96~107.
- 孙恭安, 史明魁, 张宏良, 等. 1989. 大吉山花岗岩体岩石学、地球化学及成矿作用的研究[A]. 见: 宜昌地质矿产研究所, 编. 南岭地质矿产科研报告集(二)[C]. 武汉: 中国地质大学出版社. 326~363.
- 王德滋, 刘昌实, 沈渭洲, 等. 1991. 江西东乡-相山中生代S型火山岩带的发现及其地质意义[J]. 科学通报, 36(19): 1491~1493.
- 王德滋, 沈渭洲, 刘昌实, 等. 1994. 江西岩背火山-侵入杂岩的地球化学特征和成因[J]. 中国科学(B辑), 24(5): 531~538.
- 王德滋, 周金城. 1999. 我国花岗岩研究的回顾与展望[J]. 岩石学报, 15(2): 161~169.
- 王德滋, 周新民(主编). 2002. 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. 294页.
- 吴永乐, 梅勇文, 刘鹏, 等. 1987. 西华山钨矿地质(地质专报)[M]. 北京: 地质出版社. 318页.
- 熊小林, 朱金初, 刘昌实, 等. 1994. 江西岩背斑岩锡矿蚀变分带及其主要蚀变岩的地球化学特征[J]. 矿床地质, 13(1): 1~10.
- 张德全, 王雪英, 孙桂英. 1985. 关于广西姑婆山里松岩体的定位年龄和冷凝历史的探讨[J]. 地质论评, 31(3): 232~239.
- 张德全, 李大新, 丰友成, 等. 2001. 紫金山地区中生代岩浆系统的时空结构及其地质意义[J]. 地球学报, 22(5): 403~408.
- 赵振华, 包志伟, 张伯友. 1998. 湘南中生代玄武岩类地球化学特征[J]. 中国科学(D辑), 28(增刊): 102~112.
- 赵振华, 涂光炽, 等. 2003. 中国超大型矿床(II)[M]. 北京: 科学出版社. 54~56.
- 周新民, 李武显, 徐夕生. 2002a. 浙闽沿海晚中生代钙碱性岩浆作用[A]. 见: 王德滋, 周新民, 编. 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[C]. 北京: 科学出版社. 74~92.
- 周新民, 李武显. 2002b. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩形成的构造岩浆模式[A]. 见: 王德滋, 周新民, 主编. 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[C]. 北京: 科学出版社. 273~295.
- 周新民. 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. 高校地质学报, 9(4): 556~565.
- 朱训, 黄崇朝, 芮宗瑶, 等. 1983. 德兴斑岩铜矿田地质[M]. 北京: 地质出版社. 336页.
- 朱金初, 李向东, 沈渭洲, 等. 1989. 广西花山复式花岗岩体成因的锆钨和氧同位素研究[J]. 地质学报, 63(3): 225~235.
- 朱金初, 黄革菲, 张佩华, 等. 2003. 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, 49(3): 245~252.

Three major metallogenic events in Mesozoic in South China

HUA Ren-min, CHEN Pei-rong, ZHANG Wen-lan and LU Jian-jun

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

Abstract

In Mesozoic, large-scale metallogeny took place in South China, which was called "Mesozoic metallogenic explosion". Based on detailed investigation, the authors have recognized three major large-scale metallogenic events in Mesozoic. All these events occurred in Yanshanian period, which has been considered as the post-orogenic period of the Indosinian Orogenesis. The first large-scale metallogeny took place from 180 Ma to 170 Ma, represented by Cu, Pb-Zn, (Au) mineralization in northeastern Jiangxi and southeastern Hunan. The second one was mainly mineralization of rare metals such as W, Sn, Nb-Ta closely related to crust-melting type granitoids during 150 ~ 139 Ma. The following 125 ~ 98 Ma was the time for the third, and perhaps the strongest large-scale metallogeny, which included Sn-U mineralization in Nanling Range region and Au-Cu-Pb-Zn-Ag mineralization in the Southeast Coastal zone. The three major metallogenic events resulted from lithospheric evolution of South China and had close genetic relation with extensional geodynamic background, crust-mantle interaction, and participation of deep-source heat and fluids.

Key words: geology, Mesozoic, Yanshanian period, large-scale metallogeny, lithospheric evolution, South China, comprehensive

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