

古太平洋构造域的岩浆作用与成矿

黄方¹, 陈福坤¹, 杨晓勇¹, 闫峻², 肖益林¹, 秦礼萍¹,
谢建成¹, 黄建¹, 汪方跃², 沈骥¹, 邓江洪¹, 杨一增¹

1. 中国科学院壳幔物质与环境重点实验室 中国科学技术大学, 合肥 230026;
2. 资源与环境工程学院 矿床成因与勘查技术研究中心 合肥工业大学, 合肥 230009

摘要: 燕山期中国东部出现了大规模的岩浆活动和成矿事件, 探明其发生的地球化学动力学背景以及矿床成因机制, 对理解中国东部中生代以来构造格局转变和指导找矿都具有重要意义。本文将从以下 5 个方面入手, 探索古太平洋构造域的岩浆作用与成矿机制: (1) 下扬子和江南隆起区燕山期岩浆-成矿作用研究; (2) 中国东部燕山期成矿与不成矿埃达克岩及中-新生代玄武岩研究; (3) 东秦岭造山带中生代岩浆作用与成矿研究; (4) 不同类型钼矿床的钼同位素研究; (5) 中国中东部燕山期富碱侵入岩石/正长花岗岩研究。

关键词: 中国东部; 古太平洋构造域; 岩浆作用; 成矿作用

中图分类号: P542.2; P612 文章编号: 1007-2802(2017)04-0551-06 doi:10.3969/j.issn.1007-2802.2017.04.004

Magmatism and Mineralization Induced by Paleo-Pacific Slab Subduction

HUANG Fang¹, CHEN Fu-kun¹, YANG Xiao-yong¹, YAN Jun², XIAO Yi-lin¹, QIN Li-ping¹,
XIE Jian-cheng², HUANG Jian¹, WANG Fang-yue¹, SHEN Ji¹, DENG Jiang-hong¹, YANG Yi-zeng¹

1. CAS Key Crust-Mantle Materials and Environmental Laboratory, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;
2. School of Resources and Environmental Engineering, Ore Deposit and Exploration Centre, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: Large-scale magmatism and mineralization events occurred in eastern China during Yanshanian. Knowledge of geodynamic background for magmatism and the mechanism for mineralization is critical for us to understand the changes of tectonic framework of eastern China since Mesozoic and accomplish ore exploration. In this study, five aspects of work will be carried out, including (1) Study on the Yanshanian magmatism and metallogenesis in the Cambrian Yangtze Region; (2) Metal stable isotopic systematics of ore-bearing and ore-barren adakites and Mesozoic-Cenozoic basalts in eastern China; (3) Late Mesozoic magmatism and mineralization in the eastern Qinling orogenic belt; (4) Comparative study of the Mo isotopic compositions in different types of molybdenite; (5) Study on Yanshanian alkaline rocks/moyite in eastern China. These studies provide a framework for investigating magmatism and ore generation mechanisms in Paleo-Pacific subduction systems.

Key words: Eastern China; Paleo-Pacific tectonic domain; Magmatism; Mineralization

中生代全球构造格局发生了重大转变, 中国东部出现了燕山期大规模的岩石圈减薄、岩浆活动、成矿事件和沉积盆地 (Wong, 1927)。但到目前为止, 人们对中国东部燕山期岩浆活动的地球化学动力学背景和金属矿床形成机制还存在着不同认识。

有学者认为燕山期中国东部地质演化与古太平洋向西俯冲并发生多次俯冲转向有关 (Wu *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2007), 也有学者提出陆-陆碰撞是导致中国东部中生代地质事件的主要驱动力 (任纪舜, 1990)。本文利用新兴的非传统金属稳定同位

收稿日期: 2017-04-10 收到, 2017-05-13 改回

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFC0600404)

第一作者简介: 黄方 (1978-), 男, 教授, 研究方向: 实验岩石学、非传统稳定同位素、铀系不平衡. E-mail: fhuang@ustc.edu.cn.

素作为主要研究手段,选取典型地区的中-新代岩浆岩和典型金属矿床为研究对象,系统研究中国东部大规模岩浆活动的时空演化和矿产分布,剖析古太平洋板块俯冲对岩浆-成矿作用动力学的控制;利用元素和金属稳定同位素直接示踪成矿元素的来源,反演元素的迁移和富集过程。为达到上述目标,本课题主要研究内容分为5个方面。

1 下扬子和江南隆起区燕山期岩浆-成矿作用研究

下扬子可以划分为长江中下游拗陷带和江南隆起带2个三级构造单元。其中,在安徽段,长江中下游拗陷带又以滁州断裂为界,划分为沿江带和北外带。长江中下游沿江带成矿过程与中生代发生的构造转换及岩浆活动密切相关,但在构造转换时间和成矿的形成环境等方面存在着较大的争论。一种观点认为是陆内拉张作用的产物,与洋壳俯冲无关(Wang *et al.*, 2006);另一种观点则认为与古洋壳俯冲作用有关(Sun *et al.*, 2007; Deng *et al.*, 2016)。北外带岩浆岩及成矿带大地构造位置属于华北板块与扬子板块的交汇处,该区燕山期岩浆活动比较频繁,成矿作用具有自身的特色,明显不同于沿江带,当前对于该区岩浆岩的成因与大地构造背景的研究还比较薄弱。江南隆起带和长江中下游地区这2个构造单元在成矿类型、矿床种类、成矿时代、成矿岩浆岩以及区域成矿背景等方面具有一定的相似性,但也存在显著的差异性。2个区域的成矿作用是否都受控于古太平洋板块俯冲,或者是板内挤压环境向拉张环境的转换?是什么地质作用过程控制成矿,又是什么原因造成了这2个区域的岩浆岩物质来源和相关矿种上的差异?针对这些问题,本课题分别选取下扬子和江南隆起区典型矿床为研究对象,进行全岩主微量元素、全岩Sr-Nd-Pb-O同位素、岩石薄片电子探针分析以及LA-ICP-MS原位年龄、微量元素和Hf同位素分析,金属硫化物Re-Os同位素,脉石矿物流体包裹体等分析。开展的研究工作有:(1)岩浆演化:包括成矿岩浆岩的时空格架、源区端元组份和岩浆过程以及岩浆演化与成矿的耦合关系;(2)金属矿床成矿系统形成机制:包括各类矿床形成的物理化学条件(温度、压力、成矿流体盐度、不同矿床的岩浆氧逸度)、成矿元素的源区性质判定以及成矿热液演化过程中成矿元素迁移和富集机理。通过以上的研究工作,查明不同类型成矿系统形成机制,厘清不同类型矿床的成矿岩浆源和成矿元素源,总结研究

区构造、岩浆演化与不同类型成矿系统的耦合关系,并进一步探讨不同构造单元成矿作用对古太平洋板块俯冲背景下构造体质转换的差异响应。

2 中国东部燕山期成矿与不成矿埃达克岩及中-新生代玄武岩研究

下扬子地区的铜金矿床与早白垩高镁埃达克岩具有成因上的联系(Sun *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2007)。对于该区的高镁埃达克岩的成因,存在以下2个主流观点:(1)是拆沉下地壳部分熔融产生的熔体与地幔橄榄岩反应的结果(Wang *et al.*, 2007);(2)是由俯冲的太平洋板块部分熔融产生的熔体与地幔橄榄岩反应的结果(Sun *et al.*, 2010)。除了下扬子地区,郟庐断裂带南缘同样分布着几处早白垩高镁埃达克岩,但却未见有伴生的金属矿床。因为,郟庐断裂带南缘的高镁埃达克岩是由拆沉下地壳部分熔融产生(Huang *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2010),从而产生一个问题:拆沉下地壳部分熔融与铜金矿床是否存在成因上的联系?

中国东部中-新生代玄武岩构成了中国东部火山带,是环太平洋火山带的一部分。大于110 Ma玄武岩具有岛弧型微量元素分布特征(即富集大离子亲石和轻稀土元素,亏损高场强元素)、较低Ce/Pb值(<10)、较高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和非常负的 ϵNd (低至 -20),说明这些玄武岩形成时有下地壳物质的混入(Zhang *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2008)。小于110 Ma玄武岩具有与洋岛玄武岩相似的微量元素分布特征(即富集大离子亲石元素、轻稀土元素和Nb-Ta,亏损K、Pb)和相对亏损的Sr-Nd同位素组成(Liu *et al.*, 2008; Xu, 2014; Huang *et al.*, 2015)。传统的观点认为新生代玄武岩起源于软流圈地幔(Zhou and Lee Armstrong, 1982)。随着研究的深入,越来越多的学者认识到它们的地幔源区可能含有再循环的表壳物质:(1)熔体提取后的榴辉岩质大陆下地壳(Liu *et al.*, 2008);(2)俯冲的太平洋洋壳物质(Yang *et al.*, 2012; Xu, 2014; Huang *et al.*, 2015)。

前人研究发现,中国东部小于110 Ma玄武岩具有比地幔值轻的Mg同位素但比地幔值重的Zn同位素组成,指示有西太平洋板块携带的再循环海相碳酸盐混入到地幔源区(Yang *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2015, 2016; Liu *et al.*, 2015)。然而,前人研究的玄武岩仅仅集中在大于100 Ma和小于30 Ma年龄段,对于100~30 Ma玄武岩的研究处于空白,极大制约了我们对西太平洋俯冲对中国大陆影响时限的理解。除了Mg-Zn同位素, Li同位素也是很敏感

的示踪地壳物质再循环的示踪剂 (Elliott *et al.*, 2004)。华北克拉通地幔橄榄岩捕虏体的 Li 同位素组成显示中国东部岩石圈曾经受到过西太平洋俯冲物质的交代作用 (Tang *et al.*, 2014)。Fe(+2, +3) 和 Cr(+3, +6) 都是变价元素, 对玄武岩源区氧逸度的变化比较敏感, 而源区氧逸度的变化能够很好地反映俯冲洋壳物质的加入。

针对中国东部埃达克岩及中-新代玄武岩成因的争论, 本课题拟以沿郯庐断裂不成矿和下扬子成矿早白垩纪埃达克质岩以及中国东部不同年龄序列的玄武岩为研究对象, 利用新兴的 Li-Mg-Fe-Zn-Cr 金属稳定同位素, 揭示埃达克岩成因差异, 制约玄武岩的源区性质, 揭示中国东部地幔性质随时间的演化, 制约古太平洋俯冲影响的时限。最后再结合区域构造背景、现有地球物理资料以及板块漂移历史, 制约转换的动力学机制, 讨论古太平洋板块俯冲对中国东部构造格局的影响。

3 东秦岭造山带中生代岩浆作用与成矿研究

秦岭造山带自北向南主要由华北陆块南缘、北秦岭和南秦岭构造单元构成。东秦岭地区位于凤县-太白走滑剪切断裂带和徽成盆地以东, 出露有大量的晚中生代 (160~110 Ma) 的花岗质岩石 (王晓霞等, 2011), 主要分布在华北陆块南缘和北秦岭构造单元内。华北陆块南缘晚中生代岩体主要以花岗岩类为主, 产状主要以大的花岗岩基及小的花岗斑岩岩株为主。北秦岭地区大规模岩浆侵入活动集中在新元古代、古生代和中生代, 以酸性岩为主, 往往形成大的岩基或者岩体。与华北陆块南缘晚中生代花岗岩类相比, 北秦岭地区的岩浆活动基本上以岩基或较大的岩体产出, 以新元古代和古生代岩浆活动最为强烈, 而晚中生代岩浆活动相对较弱, 分布也较局限。小岩体分布在大岩体周围, 伴生有一定的钼矿化或钼矿床的形成 (柯昌辉等, 2012)。

在东秦岭造山带中, 多金属矿床多数与小的晚中生代花岗斑岩有关。近年来, 在一些大的岩体, 如文峪、合峪、太山庙、老君山花岗岩体中也发现有钼矿化, 其中发育在合峪岩体中的鱼池岭钼矿达到了超大型钼矿的规模 (Li *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2014), 太山庙岩体中发育的竹园沟钼矿达到了中型钼矿的规模 (黄凡等, 2010)。因此, 含矿化的花岗岩基的研究能够为深部区域内大规模成矿作用提供深部制约。在东秦岭造山带, 华北陆块南缘和

北秦岭地体 2 个构造单元在晚中生代岩浆作用规模和相关的金属成矿作用强度存在明显差异。深入对比研究不同构造单元与成矿相关的岩浆作用, 将有利于理解和认识东秦岭地区成矿岩浆的性质, 进一步制约晚中生代地壳深部过程。

选取东秦岭地区多个含矿的花岗岩基, 通过锆石 U-Pb 年代学、岩石学、矿物学、岩石地球化学和同位素地球化学方法, 探讨岩体形成时的岩浆演化过程与成矿作用, 为东秦岭地区晚中生代的岩浆-成矿作用提供约束。主要研究工作包括: (1) 对代表性花岗岩体进行详细的野外观察, 查明岩石的野外分布及产状, 系统地采集具有代表性的岩石样品; (2) 在岩石学和矿物学观察基础上, 识别不同岩体的岩浆作用期次和岩相学特征, 进行岩体的锆石 U-Pb 同位素年代学测试, 建立华北陆块南缘和北秦岭地体晚中生代岩浆作用的年代学格架; (3) 获取代表性花岗岩体的不同岩相岩石样品的地球化学组成和放射性成因同位素组成, 厘定岩浆的地球化学组成特征、源区性质和岩浆演化过程; (4) 对比研究华北陆块南缘和北秦岭地体晚中生代岩浆岩的地球化学组成和成因差异, 识别不同构造单元的岩浆-成矿作用的特征和差异性。

4 不同类型钼矿床的钼同位素研究

钼是一种重要的战略资源, 在材料, 冶金, 军事, 电子工业方面均具有重要的应用。而中国更是全球钼资源最丰富的国家, 中国已探明的钼储量接近全球钼储量的 40%。因此深入了解钼矿的特征及成矿机制对于合理开发利用这一重要资源起到十分重要的作用。对于中国的钼矿成矿时代的研究表明, 中国的钼矿主要形成于燕山期, 与古太平洋板块的俯冲相关。板块俯冲为成矿带来了成矿物质, 同时板块释放的流体可以引起成矿物质的迁移和富集 (Li *et al.*, 2012a)。

钼同位素能够帮助我们制约钼矿的形成机理和物质来源, 建立板块俯冲与中国东部燕山期钼矿之间的联系。通过对不同来源, 不同形成年代, 不同类型的各类辉钼矿的钼同位素进行分析, 可以推测在辉钼矿形成过程中, 钼经历了较大程度的种型变化, 进一步暗示辉钼矿可能形成于蒸汽相的结晶过程 (Hannah *et al.*, 2007)。在成矿演化过程中, 随着流体迁移, 钼同位素组成系统逐渐偏正, 反映钼随着流体迁移成矿过程中, 钼同位素发生分馏 (Greber *et al.*, 2014)。成矿过程往往伴随着钼同位素的较大分馏, 而不同类型的钼矿所具有的钼同位

素特征也存在一定的差异,这就使得我们可以通过钼同位素特征指示钼成矿的过程(Breillat *et al.*, 2016)。结合微量元素数据以及钼同位素的分馏情况,辉钼矿的成矿物质来源也可以被进一步限定(Wang *et al.*, 2015)。因此,使用钼同位素对于研究辉钼矿的形成机制以及物质来源都表现出比较大的潜力。然而,对于辉钼矿在手标本尺度表现的高度不均一,不同成矿期次以及成矿历史之间的钼同位素变化等方面仍然缺少一个系统而合理的解释。针对具体的地质构造事件对矿体钼同位素的影响也还需要更进一步的研究。

中国东部燕山期钼矿则为我们利用钼同位素研究钼矿床的形成机制以及物质来源提供了很好的空间。中国东部钼矿主要为斑岩型,矽卡岩型,石英脉型,大多分布在东秦岭-大别,长江中下游和华南3个成矿带,分别对应着古太平洋板块俯冲及转向过程中俯冲板片与大陆岩石圈之间不同的相互作用。我们针对3个不同的成矿带选取德兴,金堆城,南泥湖,三道庄,白石尖,百丈岩等钼矿体、围岩和不同期次含钼矿物为研究对象,测定其钼同位素组成,以期(1)查明各类型钼矿的钼同位素组成;(2)探明钼矿床形成过程中的钼同位素分馏机制;(3)探讨构造环境以及成矿类型对于钼同位素组成的影响;(4)利用钼同位素反演成矿物质的迁移富集途径,最终指导钼矿床的找矿。

5 中国中东部燕山期碱性岩/钾长花岗岩研究

富碱侵入岩一般是指碱性氧化物(K_2O+Na_2O)含量大于8%的火成岩,是地球深部动力学过程在地壳浅部的一个直接反映(Eby, 1992)。因此富碱侵入岩和共生的岩石组合可以有效指示源区性质、深部过程和大地构造背景,对深入认识区域成矿规律、大陆构造背景及演化具有重要科学意义和价值。中国东部中生代发育大量的富碱侵入岩,其形成源区和构造背景一直存在较大争论,目前尚未有统一性的意见。同时,这些富碱侵入岩与古太平洋俯冲的关系也存在较大争论(Li *et al.*, 2012)。吴福元等将中国东北地区本不同时代A型花岗岩形成的构造背景划分为拆沉成因、板片断裂拉张成因和板内裂谷成因(Wu *et al.*, 2002),指出早白垩世A型花岗岩形成与非造山环境下太平洋俯冲背景下的裂谷环境。李贺等指出延长江断裂左右分布不同类型A型花岗岩,由内带的A2型向外带的A1型花

岗岩分布特征,提出洋中脊俯冲模型(Li *et al.*, 2012b),指出其A型花岗岩来自于富集地幔熔融。福建地区白垩世A型花岗岩的形成也被认为与太平洋俯冲和后撤有关(Zhao *et al.*, 2015)。

中国中东部地区发育大量的富碱侵入岩分布于不同构造带,包括大别造山带、长江断裂凹陷带、江南隆起带和沿海地区。高精度年代学研究表明,其主要形成时代从晚侏罗到晚白垩世(138~80 Ma)。对于这些富碱侵入岩目前存在的诸多争论,需要系统全面的进行解析。目前中国中东部富碱侵入岩存在以下几个问题需要进一步研究:(1)判别真假A型花岗岩。A型花岗岩判别标准主要以其地球化学特征为依据,然而这类判别依据有较大不确定性,如高分异花岗岩也具有与A型花岗岩形式的地球化学特征。因此,需要通过岩相学、地球化学等综合指标仔细甄别中国中东部这些富碱侵入岩是否为A型花岗岩;(2)富碱侵入岩源区性质。目前对于中国中东部富碱侵入岩源区存在较大争议,如来自于富集地幔、下地壳、壳幔混合还是洋壳熔融等;(3)岩石组合特征。基于富碱侵入岩分布和源区特征判别构造背景可能存在多解性,需要关注同时代共生其他岩性组合加以限定;(4)富碱侵入岩与燕山期古太平洋俯冲的关系具体如何?是否能区分洋脊俯冲,洋壳后撤、板块断离还是拆沉作用形成富碱侵入岩。

针对以上问题,我们拟通过对中国中东部地区自内陆到沿海地区剖面上富碱侵入岩系统分析,主要研究对象包括大别造山带河棚-腾冲岩体、响洪甸岩体和白鸭山岩体、长江中下游黄梅尖岩体、花山岩体和花园巩岩体、江南造山带东段黄山岩体、牯牛降岩体和谭山岩体以及东南沿海北段大毛山岩体和舟山岩体。建立区域精细年代学格架、通过测定矿物含水量、形成温度、氧逸度特征限定富碱侵入岩形成过程中的物理化学条件。通过测定全岩主微量、Mg-Pb、锆石O-Hf同位素、矿物微量元素面扫描技术等揭示富碱侵入岩岩石地球化学特征、岩浆演化过程、物质来源和深部过程。通过剖面上横向对比了解不同地块环境下富碱花岗岩形成特点与形成构造背景,综合探讨富碱侵入岩与燕山期古太平洋板块俯冲的内在联系。

6 结论

本课题以古太平洋板块俯冲、转向为切入点,将板块运动和岩浆活动的深部过程与成矿作用相耦合;结合传统的岩石学、地球化学、单个流体/熔

体包裹和金属稳定同位素研究,剖析成矿物质和能量来源,揭示燕山期大规模成矿的机理,提出新的构造演化模式和成岩成矿理论。有机结合传统地球化学手段(例如:主微量元素、Sr-Nd-Pb 同位素)和新兴的金属稳定同位素(例如:Mg-Fe-Cu-Zn-Mo-Cr-Li)等研究手段,探讨中国东部玄武岩和埃达克岩的成因,制约成矿金属的直接来源、运移机制和富集过程。

参考文献 (References):

- Breillat N, Guerrot C, Marcoux E, Négrel P. 2016. A new global database of $\delta^{98}\text{Mo}$ in molybdenites: A literature review and new data. *Journal of Geochemical Exploration*, 161: 1-15
- Deng J H, Yang X Y, Li S, Gu H L, Mastoi A S, Sun W D. 2016. Partial melting of subducted paleo-Pacific plate during the early Cretaceous: Constraint from adakitic rocks in the Shaxi porphyry Cu-Au deposit, Cambrian Yangtze River Belt. *Lithos*, 262: 651-667
- Eby G N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20(7): 641-644
- Elliott T, Jeffcoate A, Bouman C. 2004. The terrestrial Li isotope cycle: Light-weight constraints on mantle convection. *Earth and Planetary Science Letters*, 220(3-4): 231-245
- Greber N D, Pettke T, Nägler T F. 2014. Magmatic-hydrothermal molybdenum isotope fractionation and its relevance to the igneous crustal signature. *Lithos*, 190-191: 104-110
- Hannah J L, Stein H J, Wieser M E, de Laeter J R, Varner M D. 2007. Molybdenum isotope variations in molybdenite: Vapor transport and Rayleigh fractionation of Mo. *Geology*, 35(8): 703-706
- Huang F, Li S G, Dong F, He Y S, Chen F K. 2008. High-Mg adakitic rocks in the Dabie orogen, central China: Implications for foundering mechanism of lower continental crust. *Chemical Geology*, 255(1-2): 1-13
- Huang J, Xiao Y. 2016. Mg-Sr isotopes of low- $\delta^{26}\text{Mg}$ basalts tracing recycled carbonate species: Implication for the initial melting depth of the carbonated mantle in Eastern China. *International Geology Review*, 58(11): 1350-1362
- Huang J, Li S G, Xiao Y L, Ke S, Li W Y, Tian Y. 2015. Origin of low $\delta^{26}\text{Mg}$ Cenozoic basalts from South China Block and their geodynamic implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 164: 298-317
- Li C Y, Wang F Y, Hao X L, Ding X, Zhang H, Ling M X, Zhou J B, Li Y L, Fan W M, Sun W D. 2012a. Formation of the world's largest molybdenum metallogenic belt: A plate-tectonic perspective on the Qinling molybdenum deposits. *International Geology Review*, 54(9): 1093-1112
- Li H, Ling M X, Li C Y, Zhang H, Ding X, Yang X Y, Fan W M, Li Y L, Sun W D. 2012b. A-type granite belts of two chemical subgroups in central eastern China: Indication of ridge subduction. *Lithos*, 150: 26-36
- Li N, Chen Y J, Pirajno F, Ni Z Y. 2013. Timing of the Yuchiling giant porphyry Mo system, and implications for ore genesis. *Mineralium Deposita*, 48(4): 505-524
- Liu S A, Li S G, He Y S, Huang F. 2010. Geochemical contrasts between early Cretaceous ore-bearing and ore-barren high-Mg adakites in central-eastern China: Implications for petrogenesis and Cu-Au mineralization. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(24): 7160-7178
- Liu S A, Wang Z Z, Li S G, Huang J, Yang W. 2015. Zinc isotope evidence for a large-scale carbonated mantle beneath eastern China. *Earth and Planetary Science Letters*, 444: 169-178
- Liu Y S, Gao S, Kelemen P B, Xu W L. 2008. Recycled crust controls contrasting source compositions of Mesozoic and Cenozoic basalts in the North China Craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(9): 2349-2376
- Sun W D, Xie Z, Chen J F, Zhang X, Chai Z F, Du A D, Zhao J S, Zhang C H, Zhou T F. 2003. Os-Os dating of copper and molybdenum deposits along the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *Economic Geology*, 98(1): 175-180
- Sun W D, Ding X, Hu Y H, Li X H. 2007. The golden transformation of the Cretaceous plate subduction in the west Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, 262(3-4): 533-542
- Sun W D, Ling M X, Yang X Y, Fan W M, Ding X, Liang H Y. 2010. Ridge subduction and porphyry copper-gold mineralization: An overview. *Science China Earth Sciences*, 53(4): 475-484
- Wang Q, Wyman D A, Xu J F, Zhao Z H, Jian P, Xiong X L, Bao Z W, Li C F, Bai Z H. 2006. Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): Implications for geodynamics and Cu-Au mineralization. *Lithos*, 89(3-4): 424-446
- Wang Q, Wyman D A, Xu J F, Zhao Z H, Jian P, Zi F. 2007. Partial melting of thickened or delaminated lower crust in the middle of eastern China: Implications for Cu-Au mineralization. *The Journal of Geology*, 115(2): 149-161
- Wang Y, Zhou L, Gao S, Li J W, Hu Z F, Yang L, Hu Z C. 2015. Variation of molybdenum isotopes in molybdenite from porphyry and vein Mo deposits in the Gangdese metallogenic belt, Tibetan plateau and its implications. *Mineralium Deposita*, DOI 10.1007/s00126-015-0602-3
- Wong W H. 1927. Crustal movements and igneous activities in eastern China since Mesozoic time. *Bulletin Geological Society of China*, 6: 9-37
- Wu F Y, Sun D Y, Li H, Jahn B M, Wilde S. 2002. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis. *Chemical Geology*, 187(1-2): 143-173
- Wu F Y, Lin J Q, Wilde S A, Zhang X O, Yang J H. 2005. Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in eastern China. *Earth and Planetary Science Letters*, 233(1-2): 103-119
- Xu Y G. 2014. Recycled oceanic crust in the source of 90-40 Ma basalts in North and Northeast China: Evidence, provenance and significance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 143: 49-67
- Yang W, Teng F Z, Zhang H F, Li S G. 2012. Magnesium isotopic systematics of continental basalts from the North China craton: Implications for tracing subducted carbonate in the mantle. *Chemical Geology*, 328: 185-194
- Zhang H F, Sun, M, Zhou X H, Fan W M, Zhai, M G, Yin J F. 2002. Mesozoic lithosphere destruction beneath the North China Craton: Evidence from major-, trace-element and Sr-Nd-Pb isotope studies

- of Fangcheng basalts. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 114(2): 241-254
- Zhang J, Ye H S, Zhou K, Meng F. 2014. Processes of ore genesis at the world-class Yuchiling molybdenum deposit, Henan province, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 666-681
- Zhao J L, Qiu J S, Liu L, Wang R Q. 2015. Geochronological, geochemical and Nd-Hf isotopic constraints on the petrogenesis of Late Cretaceous A-type granites from the southeastern coast of Fujian Province, South China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105: 338-359
- Zhou X H, Lee Armstrong R. 1982. Cenozoic volcanic rocks of eastern China—secular and geographic trends in chemistry and strontium isotopic composition. *Earth and Planetary Science Letters*, 58(3): 301-329
- 黄凡, 罗照华, 卢欣祥, 陈必河, 杨宗峰. 2010. 河南汝阳地区竹园沟钼矿地质特征、成矿时代及地质意义. *地质通报*, 29(11): 1704-1711
- 柯昌辉, 王晓霞, 李金宝, 齐秋菊. 2012. 北秦岭马河钼矿区花岗岩类的锆石U-Pb年龄、地球化学特征及其地质意义. *岩石学报*, 28(1): 267-278
- 任纪舜, 崔可锐, 刘庆, 董蔚欣, 朱光. 1990. 中国东部及邻近大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京: 科学出版社
- 王晓霞, 王涛, 齐秋菊, 李舫. 2011. 秦岭晚中生代花岗岩时空分布、成因演变及构造意义. *岩石学报*, 27(6): 1573-1593

(本文责任编辑: 龚超颖)

· 学会之声 ·

中国矿物岩石地球化学学会第九届理事会及监事会组建公告

在中国科协的指导下, 经过选举工作小组近一年的工作, 由全国各地学单位提名推荐, 第八届理事会第五次全体会议审议, 在 2017 年 4 月 19 日召开的第九次全国会员代表大会上, 经会员代表无记名投票表决, 选举产生了由 99 人组成的第九届理事会和由 5 人组成的监事会。2017 年 4 月 19 日晚第九届理事会召开了第一次全体会议。会议选举产生了第九届常务理事和学会负责人。此外, 这次会议还决定了学会名誉理事长、顾问、名誉理事, 以及秘书长、副秘书长的聘任。与此同时, 由会员代表大会选举产生的监事会也召开了第一次会议, 会议推选产生了监事长和副监事长。以上人员的任(聘)期均为 2017 年 4 月至 2021 年 4 月。现将以上组成人员名单一并公布如下。

名誉理事长: 欧阳自远 刘丛强

顾问(以姓氏汉语拼音为序):

安芷生 戴金星 丁仲礼 贾承造 林学钰 刘宝珺 刘嘉麒 沈其韩 孙 枢 王成善 谢先德 叶大年 於崇文

名誉理事(以姓氏汉语拼音为序):

冯增昭 关广岳 兰玉琦 刘焕杰 刘若新 罗谷风 裘怿楠 张彦英 赵伦山 周新民

理事长: 胡瑞忠

副理事长:(以姓氏汉语拼音为序):

邓 军 何宏平 胡素云 王世杰 翟明国 郑建平 郑永飞 周卫健(女)

常务理事:(以姓氏汉语拼音为序):

陈汉林 陈 骏 代世峰 邓 军 杜建国 范蔚茗 冯新斌 何宏平 侯增谦 胡瑞忠 胡素云 李献华 李院生
刘文汇 鲁安怀 毛景文 倪师军 石学法 孙晓明 王贵文 王世杰 王玉往 吴丰昌 许文良 曾志刚 翟明国
张宏福 张立飞 郑建平 郑永飞 周美夫 周卫健(女) 朱立新

理事(以姓氏汉语拼音为序):

鲍志东 蔡演军 陈福坤 陈汉林 陈 骏 代传固 代世峰 党 志 邓 军 董发勤 杜建国 范洪海 范蔚茗
方维萱 丰成友 冯 东 冯新斌 葛良胜 巩恩普 顾雪祥 郭进义 韩润生 韩喜球(女) 何宏平 侯增谦
胡华斌 胡瑞忠 胡素云 黄 标 李春来 李和平 李建康 李 霓(女) 李荣西 李献华 李院生 李忠权
李子颖 连 宾 梁 涛 林畅松 林承焰 林杨挺 刘福来 刘建忠 刘 良 刘全有 刘文汇 刘晓春 刘勇胜
刘 羽 龙汉生 鲁安怀 毛景文 缪秉魁 倪 培 倪师军 彭平安 秦 勇 任云生 石学法 孙卫东 孙晓明
孙永革 唐跃刚 汪立今 王贵文 王 剑 王世杰 王学求 王玉往 魏春景 魏国齐 吴春明 吴丰昌 吴敬禄
夏燕青 谢玉玲(女) 邢光福 徐夕生 许文良 杨进辉 杨良锋 杨瑞东 杨守业 曾志刚 翟明国 张宏福
张立飞 章 程 章军锋 赵红静(女) 郑建平 郑永飞 钟 宏 周美夫 周卫健(女) 周永章 朱立新

秘书长: 冯新斌

副秘书长(以姓氏汉语拼音为序):

金章东 李红艳(女) 李忠权 刘 莉(女, 常务) 刘 强 倪 培 倪怀玮 丘志力 吴元保 夏群科 袁 超
郑秀娟(女) 朱弟成

监事长: 李世杰

副监事长: 徐义刚 邹才能

监事(以姓氏汉语拼音为序):

杜杨松 李世杰 徐义刚 周新华 邹才能

中国矿物岩石地球化学学会
2017 年 5 月 8 日