

中国西部燕山运动及岩浆作用与成矿

王强^{1 2 3}, 但卫¹, 纪伟强⁴, 张修政¹, 梁华英⁵, 朱弟成⁶, 夏小平¹, 马林¹

1. 中国科学院广州地球化学研究所 同位素地球化学国家重点实验室, 广州 510640; 2. 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 5. 中国科学院广州地球化学研究所 矿物学与成矿学重点实验室, 广州 510640; 6. 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083

摘要: 本研究以中国西部(主要为扬子西缘及邻区)的燕山期岩浆岩和相关的金属矿床为重点研究对象,重点解决的关键科学问题为多幕次燕山期岩浆作用形成的深部动力学机制及其与金属成矿的关系,约束中国西部“燕山运动”前的构造背景,探讨特提斯洋的产生、俯冲和闭合过程及其与燕山期多幕式岩浆的时空演化关系,构建扬子地块西缘及邻区中生代洋陆演化格局,揭示中国西部多幕式“燕山运动”的基本特征、本质及其驱动机制,探讨中国西部“燕山运动”与中国东部燕山期重大地质事件之间的关联,为揭示“燕山运动”的驱动机制提供制约;同时,总结中国西部燕山期“安第斯型”金属成矿的动力学机制,为找寻中国的“安第斯型”金属成矿带提供重要启示。

关键词: 燕山运动; 岩浆作用; 成矿作用; 特提斯; 中国西部

中图分类号: P588.11 文章编号: 1007-2802(2017)04-0570-04 doi: 10.3969/j.issn.1007-2802.2017.04.008

Yanshanian Orogenic Movement, Magmatism and Metallogenesis in West China

WANG Qiang^{1 2 3}, DAN Wei¹, JI Wei-qiang⁴, ZHANG Xiu-zheng¹,
LIANG Hua-ying⁵, ZHU Di-cheng⁶, XIA Xiao-ping¹, MA Lin¹

1. State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China; 5. Key laboratory of Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 6. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract: In this project, the important research objects are Yanshanian magmatism and related metal deposits in West China (western Yangtze and nearby areas). The key scientific issue which needs to be resolved is the deep geodynamic mechanism for multi-epoches of Yanshanian magmatism and its relationship with metal metallogenesis. Some important work needs to be done: Constraining the tectonic setting of “Yanshan Orogenic Movement” in West China; discussing the generation, subduction and closing processes of the Tethys Ocean and their relationships with the spatio-temporal evolution of multi-epoches of Yanshanian magmatism; reconstructing the configuration of Mesozoic ocean and continent evolution; revealing the basic features and essences and driving mechanism for the multi-epoches of ‘Yanshanian Orogenic Movement’ of West China; discussing the close relationship between ‘Yanshanian Orogenic Movement’ of West China and Yanshanian great geological events of East China; constraining the driving mechanism for ‘Yanshanian Orogenic Movement’. In the same time, summarizing the dynamic mechanism for the Yanshanian ‘Andean-type’ metal metallogenesis in West China provides important insights for finding ‘Andean-type’ metal metallogenic belts in China.

Key words: Yanshanian Orogenic Movement; magmatism; metallogenesis; Tethys; west China

收稿日期: 2017-04-13 收到, 2017-05-11 改回

基金项目: 深地专项课题 (National Key R & D Program of China 2016YFC0600407)、国家基金项目 (41630208)

第一作者简介: 王强 (1971-), 男, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 岩石学. E-mail: wqiang@gig.ac.cn.

“燕山运动”最先在 1927 年由翁文灏先生在考察了北京西山等地后提出,当时是指侏罗纪末、白垩纪前的造山运动,以九龙山与髫髻山组之间的不整合为代表(翁文灏,1927)。后来,大量的学者对中国东部“燕山运动”进行了研究和探讨,指出“燕山运动”包括两次主要挤压事件,分别为燕山运动 A 幕[髫髻山组火山岩下的不整合(160±5 Ma 前)]和 B 幕[张家口组火山岩下的不整合(135±1 Ma 前)],并认为中国东部燕山期(~175~80 Ma)重大地质事件除了上述两次挤压事件外,还包括多次拉张和大规模岩浆活动与成矿等事件。与中国东部燕山期重大地质事件相对应,中国西部(主要为扬子西缘及邻区)也存在燕山期多次地质事件,这些地质事件与中国东部燕山期重大地质事件之间是否存在关联,是否有共同的深部动力学驱动机制,是需要深入研究的课题。

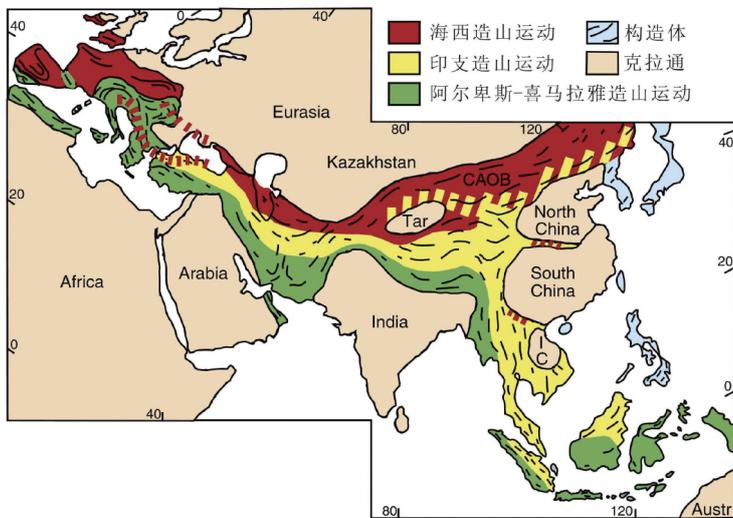
1 中国西部燕山运动

这里提的中国西部主要包括扬子西缘及邻区的羌塘、班公湖-怒江带、拉萨、雅江带和三江地区等区域。中国西部的燕山运动实质上是指“燕山期”的运动,主要指发生在中国西部的侏罗纪-白垩纪构造-岩浆-成矿作用。首先是特提斯洋形成与闭合过程:(1)青藏高原南部雅鲁藏布江蛇绿岩主体形成时代为 130~125 Ma(如,吴福元等,2014),雅鲁

藏布江新特提斯洋俯冲-闭合事件则发生在 205~50 Ma(Ji *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 2011, 2013; Ma *et al.*, 2013a, 2013b, 2013c, 2015); (2)班公湖-怒江蛇绿岩主体形成时代为 190~170 Ma(Wang *et al.*, 2016),班公湖-怒江特提斯洋俯冲-闭合、拉萨与羌塘碰撞事件曾发生在 160~100 Ma、140~135 Ma 或 110~100 Ma 等范围之间(Zhang *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2016; Hao *et al.*, 2016a, 2016b)。其次,扬子西缘及邻区的羌塘、班公湖-怒江带、拉萨、雅江带和三江等区域出现大量燕山期岩浆岩,以及与这些燕山期岩浆岩密切共生的大型-超大型金属矿床或成矿作用(如羌塘南部多不扎斑岩铜金成矿带(130~110 Ma)、藏南冈底斯雄村-谢通门(180~160 Ma)和克鲁-桑布嘉拉(100~85 Ma)斑岩铜金岩浆成矿带、三江铜厂沟-红山铜钼成矿带(100~80 Ma)和扬子西缘个旧-大厂锡多金属成矿带(100~90 Ma))。而且,一些铜金矿床(如羌塘南部和藏南冈底斯侏罗-白垩纪矿床)的形成与大洋板块的俯冲作用有关,类似于南美“安第斯型”成矿作用。因此,中国西部“燕山期运动”应主要与特提斯洋在侏罗纪-白垩纪的俯冲-闭合密切相关。

中国西部与中国东部“燕山运动”是否存在联系?虽然中国东部和西部在中生代分属于古太平洋和特提斯洋构造域,但两者在构造-岩浆重大事件间存在许多相似之处,如晚侏罗世与早白垩世间的不整合、中侏罗世开始的俯冲和早白垩世晚期的岩浆爆发(Zheng *et al.*, 1996; Dong *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 2016)。这是否暗示了中国东、西部燕山运动之间有内在联系,还需要深入研究。另外,从早古生代奥陶纪至晚古生代,中国大陆陆块分散、规模小,并且基本只在一侧受到大洋俯冲,导致其陆内造山不发育(Stampfli *et al.*, 2013)。在中三叠世中国大陆主体开始形成后,构成一个巨大陆块,即整体固定,然后在其东、西、北都开始受到俯冲,俯冲应力及后面的碰撞效应容易传递至内陆形成陆内造山带(Klootwijk 2013)。因此,要剖析清楚中国燕山期地质事件,需要对西部燕山运动进行深入研究。

研究中国西部燕山运动需要解决哪些重要科学问题?我们知道,印支运动奠定了中国大陆中生代发展的格局,



Austr: 澳大利亚; CAOB: 中亚造山带; IC: 印支地块; Tar: 塔里木地块

图 1 中南部欧亚地区海西(华里西),印支(基梅里)和阿尔卑斯-喜马拉雅造山运动(引自 Klootwijk, 2013)

Fig.1 Hercynian (Variscan), Indosinian (Cimmerian) and Alps-Himalayan orogenic movement in central-southern Euorean-Asian continent (after Klootwijk, 2013)

具有划时代的意义(图1)(黄汲清等,1977;任纪舜,1984; Xu *et al.*, 2015)。所以,研究中国西部燕山运动需要解决的第一问题就是,中国西部前燕山期的构造背景或洋陆格局。第二个问题,也是核心问题,就是扬子地块西缘及邻区多幕次燕山期岩浆作用形成的深部动力学机制及其与金属成矿的关系。第3个问题,就是中国西部“燕山运动”与中国东部燕山期重大地质事件之间究竟有怎样关联。

2 研究思路与研究内容

“中国西部燕山运动及岩浆作用与成矿”作为深地专项“燕山期重大地质事件的深部过程与资源效应”的课题,拟以扬子西缘及邻区的燕山期岩浆岩和相关的金属矿床为重点研究对象,结合区域上中生代构造-岩浆-变质-沉积事件,以构造地质学、岩石学、矿物学、同位素年代学和地球化学为研究手段,重点解决的关键科学问题为多幕次燕山期岩浆作用形成的深部动力学机制及其与金属成矿的关系。主要研究内容包括以下5个方面:

(1) 扬子地块西缘及邻区中生代的洋陆格局与演化

以该区的三叠纪岩石为研究对象,探究古特提斯洋的闭合过程,约束扬子地块西部及邻区“燕山运动”前的构造背景;以班-怒带蛇绿岩、高压变质岩和岩浆岩为研究对象,反演这些大洋的产生、俯冲和闭合过程;揭示中国西部特提斯洋多个分支的演化历史,构建扬子地块西缘及邻区中生代洋陆演化格局;厘定扬子西缘及邻区多幕式“燕山运动”的基本特征,揭示中国西部“燕山运动”本质,并进一步探讨中国西部“燕山运动”与中国东部燕山期重大地质事件之间的关联。

(2) 青藏高原中部拉萨-羌塘碰撞带燕山期岩浆活动的深部动力学过程

阐明北部拉萨和南部羌塘地块燕山期岩浆成分的时空演化规律和岩浆活动的深部过程,揭示该区燕山期岩浆事件与班公湖-怒江特提斯洋俯冲-闭合过程的内在联系;揭示班公湖-怒江成矿带白垩纪地壳生长、铜金成矿机制及深部过程。

(3) 青藏高原南部印度-欧亚碰撞带燕山期岩浆活动的深部动力学过程

对拉萨地块南缘燕山期岩浆岩进行细致研究,揭示该区燕山期岩浆作用的期次及时空演化规律,探讨其与地壳生长、雅江新特提斯洋板片俯冲过程的内在联系,约束雅江新特提斯洋初始俯冲时间以及俯冲的精细过程,为该区成矿事件动力学背景提

供启示。

(4) 扬子地块西缘-三江地区中生代岩浆活动的深部动力学过程

揭示扬子地块西缘-三江典型地区中生代岩浆作用活动的期次及时空演化规律,揭示该期岩石成因及其形成的深部动力学过程,并结合与特提斯演化相关的盆地碎屑物源示踪,反演其形成的深部动力学过程,制约三江-哀牢山古特提斯洋俯冲-闭合过程。

(5) 扬子地块西缘及邻区燕山期岩浆成矿系统的成因及其动力学过程

以拉萨地块南部早侏罗世斑岩铜金矿为研究对象,反演俯冲型斑岩铜金矿床成矿过程,评估雅江弧岩浆活动的成矿潜力;以扬子西缘燕山期典型斑岩铜钼矿为研究对象,反演斑岩铜钼矿床形成深部过程,揭示不同元素组合斑岩矿床的岩浆源区性质和岩浆流体组成的异同,阐明形成斑岩型铜钼矿床控制因素和过程;以个旧、大厂锡多金属矿床为研究对象,阐明燕山期锡多金属成矿系统形成过程及深部制约机制;对扬子地台西缘燕山期斑岩铜钼矿化和扬子地台南缘锡矿化的成岩成矿源及精细的成矿期次分析,阐明扬子地块西缘中部和南部形成不同成岩成矿系统的深部动力学机制。

3 工作模型

深地专项项目“燕山期重大地质事件的深部过程与资源效应”将中生代中国大陆置于全球板块构造体系,其东、北和西南方向可能受到古太平洋、蒙古-鄂霍茨克洋和特提斯洋构造域活动的影响(任纪舜,1984;董树文等,2000; Dong *et al.*, 2015)。“中国西部燕山运动及岩浆作用与成矿”作为深地专项项目的课题,主要集中研究中国西部中生代特别是燕山期岩浆及成矿作用,探讨特提斯洋的产生、俯冲和闭合过程及其与燕山期多幕式岩浆的时空演化关系,揭示中国西部多幕式“燕山运动”的基本特征、本质及其驱动机制,探讨中国西部“燕山运动”与中国东部燕山期重大地质事件之间的关联,为揭示“燕山运动”的驱动机制提供制约。

4 预期目标

通过“中国西部燕山运动及岩浆作用与成矿”这个课题的实施,拟达到以下预期目标:(1)探索扬子西缘及邻区中生代的洋陆格局,约束该区前燕山期和燕山期运动的构造背景;(2)剖析扬子西缘及邻区多幕次燕山期岩浆作用的时空规律,揭示其成

因和形成的深部动力学过程; (3) 厘定拉萨地块和扬子西缘—三江带燕山期金属成矿期次, 揭示其成矿机理; (4) 探讨研究区多幕次燕山期岩浆—成矿作用与特提斯洋俯冲—闭合的联系; (5) 揭示扬子西缘及邻区“燕山运动”的特征及其与中国东部燕山期重大地质事件之间的关联。课题将紧紧围绕上述目标, 系统阐述中国西部燕山期深部动力学过程, 获得创新性成果, 发表一批具有国际影响力的高水平学术论文, 进一步提升中国地学研究的国际影响力。

中国西部燕山期主要为斑岩铜金钼矿, 且与特提斯洋的俯冲、闭合密切相关, 类似于南美“安第斯型”成矿作用, 对其深入研究, 揭示中国西部燕山期“安第斯型”金属成矿的动力学机制, 将会为找寻中国的“安第斯型”金属成矿带提供重要启示。

致谢: 衷心感谢孙卫东研究员、审稿专家和编辑部老师们为稿件提出了宝贵的建议!

参考文献 (References):

- Dong S W, Zhang Y Q, Zhang F Q, Cui J J, Chen X H, Zhang S H, Miao L C, Li J H, Shi W, Li Z H, Huang S Q, Li H L. 2015. Late Jurassic-early Cretaceous continental convergence and intracontinental orogenesis in East Asia: A synthesis of the Yanshan Revolution. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114: 750-770
- Hao L L, Wang Q, Wyman D A, Ou Q, Dan W, Jiang Z Q, Yang J H, Li J, Long X P. 2016a. Partial melting of the mélangé for the growth of andesitic crust indicated by the Early Cretaceous arc dioritic/andesitic rocks in southern Qiangtang, central Tibet. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17 (5): 1641 - 1659, doi: 10.1002/2016GC006248
- Hao L L, Wang Q, Wyman D A, Ou Q, Dan W, Jiang Z Q, Wu F Y, Yang J H, Long X P, Li J. 2016b. Underplating of basaltic magmas and crustal growth in a continental arc: Evidence from Late Mesozoic intermediate-felsic intrusive rocks in southern Qiangtang, central Tibet. *Lithos*, 245: 223-242
- Ji W Q, Wu F Y, Chung S L, Li J X, Liu C Z. 2009. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotopic constraints on petrogenesis of the Gangdese batholith, southern Tibet. *Chemical Geology*, 262 (3-4): 229-245
- Klootwijk C. 2013. Middle-Late Paleozoic Australia-Asia convergence and tectonic extrusion of Australia. *Gondwana Research*, 24(1): 5-54
- Ma L, Wang Q, Li Z X, Wyman D A, Jiang Z Q, Yang J H, Gou G N, Guo H F. 2013a. Early Late Cretaceous (ca. 93 Ma) norites and hornblendites in the Milin area, eastern Gangdese: Lithosphere-asthenosphere interaction during slab roll-back and an insight into early Late Cretaceous (ca. 100-80 Ma) magmatic “flare-up” in southern Lhasa (Tibet). *Lithos*, 172-173: 17-30
- Ma L, Wang Q, Wyman D A, Jiang Z Q, Yang J H, Li Q L, Gou G N, Guo H F. 2013b. Late Cretaceous crustal growth in the Gangdese area, southern Tibet: Petrological and Sr-Nd-Hf-O isotopic evidence from Zhengga diorite-gabbro. *Chemical Geology*, 349-350: 54-70
- Ma L, Wang Q, Wyman D A, Li Z X, Jiang Z Q, Yang J H, Gou G N, Guo H F. 2013c. Late Cretaceous (100-89 Ma) magnesian charnockites with adakitic affinities in the Milin area, eastern Gangdese: Partial melting of subducted oceanic crust and implications for crustal growth in southern Tibet. *Lithos*, 175-176: 315-332
- Ma L, Wang Q, Wyman D A, Jiang Z Q, Wu F Y, Li X H, Yang J H, Gou G N, Guo H F. 2015. Late Cretaceous back-arc extension and arc system evolution in the Gangdese area, southern Tibet: Geochronological, petrological, and Sr-Nd-Hf-O isotopic evidence from Dagze diabases. *Journal of Geophysical Research*, 120 (9): 6159-6181
- Stampfli G M, Hochard C, Vérard C, Wilhem C, vonRaumer J. 2013. The formation of Pangea. *Tectonophysics*, 593: 1-19
- Wang B D, Wang L Q, Chung S L, Chen J L, Yin F G, Liu H, Li X B, Chen L K. 2016. Evolution of the Bangong-Nujiang Tethyan ocean: Insights from the geochronology and geochemistry of mafic rocks within ophiolites. *Lithos*, 245: 18-33
- Xu Z Q, Dilek Y, Cao H, Yang J S, Robinson P, Ma C Q, Li H Q, Jolivet M, Roger F, Chen X J. 2015. Paleo-Tethyan evolution of Tibet as recorded in the East Cimmerides and West Cathaysides. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105: 320-337
- Zhang K J, Xia B, Zhang Y X, Liu W L, Zeng L, Li J F, Xu L F. 2014. Central Tibetan Meso-Tethyan oceanic plateau. *Lithos*, 210-211: 278-288
- Zheng Y, Zhang Q, Wang Y, Liu R, Wang S G, Zuo G, Wang S Z, Lkaasuren B, Badarch G, Badamgarav Z. 1996. Great Jurassic thrust sheets in Beishan (North Mountains)—Gobi areas of China and southern Mongolia. *Journal of Structure Geology*, 18(9): 1111-1126
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Mo X X, Chung S L, Hou Z Q, Wang L Q, Wu F Y. 2011. The Lhasa Terrane: Record of a microcontinent and its histories of drift and growth. *Earth and Planetary Science Letters*, 301(1-2): 241-255
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Dilek Y, Hou Z Q, Mo X X. 2013. The origin and pre-Cenozoic evolution of the Tibetan Plateau. *Gondwana Research*, 23(4): 1429-1454
- Zhu D C, Li S M, Cawood P A, Wang Q, Zhao Z D, Liu S A, Wang L Q. 2016. Assembly of the Lhasa and Qiangtang terranes in central Tibet by divergent double subduction. *Lithos*, 245: 7-17
- 董树文, 吴锡浩, 吴珍汉, 邓晋福, 高锐, 王成善. 2000. 论东亚大陆的构造翘变——燕山运动的全球意义. *地质论评*, 46(1): 8-13
- 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 张之孟, 许志琴. 1977. 中国大地构造基本轮廓. *地质学报*, 51(2): 117-135
- 任纪舜. 1984. 印支运动及其在中国大地构造演化中的意义. *中国地质科学院院报*, (9): 31-44
- 翁文灏. 1927. 中国东部中生代以来之地壳运动及火山活动(英文). *地质学报*, 6(1): 9-37
- 吴福元, 刘传周, 张亮亮, 张畅, 王建刚, 纪伟强, 刘小驰. 2014. 雅鲁藏布蛇绿岩——事实与臆想. *岩石学报*, 30(2): 293-325

作者简介



黄方, 1978年生, 中国科学技术大学教授、博士生导师。2011年入选首批中组部“青年千人计划”, 2012年获得“孙贤钵”奖, 2013年获得国家杰出青年科学基金资助, 2013年获得第13届中国青年科技奖, 2016年获教育部青年科学奖。目前在 Nature, EPSL, GCA, Geology, Chemical Geology, 《科学通报》等国内外一流期刊上发表 20 多篇第一作者或者通讯作者文章。主要从事非传统稳定同位素、实验岩石学和铀系不平衡的研究。在金属稳定同位素的测量、分馏机制和应用, 微量元素在矿物-熔体间分配系数的实验测定, 俯冲带岩浆作用的过程和时间尺度等方面取得一系列原创的成果。



郑建平, 1964年生, 中国地质大学(武汉)教授、博士生导师、长江学者特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者, 围绕大陆岩石圈演化研究方向, 在地幔置换作用、下地壳增生再造及壳-幔相互作用过程研究等方面取得了系统性创新成果。发表 SCI 论文 140 余篇, SCI 论文引用 3750 多次。获国家自然科学二等奖(排名第 2)、湖北省自然科学一等奖(排名第 1)、侯德封青年科学家奖、黄汲清青年科学技术奖等, 入选国家百千万人才工程并获“有突出贡献中青年专家”荣誉等称号。



王强, 1971年生, 中国科学院广州地球化学研究所研究员、博士生导师、国家杰出青年科学基金获得者、中国科学院大学“岗位教授”, 现任同位素地球化学国家重点实验室常务副主任, 入选“万人计划”创新领军人才。主要从事岩浆岩岩石学、地球化学和地球动力学的研究, 在埃达克质岩成因及成矿、大陆地壳生长、青藏高原隆升等方面取得了一些重要成果。共发表论文 135 篇, 其中 SCI 论文 94 篇(第一和通讯作者论文 56 篇)。入选 ESI 全球地学和爱思唯尔 2016 年高被引用率科学家榜单。曾经先后获得了

广东省科学技术一等奖(2项)、孙贤钵奖、“中国科学院杰出青年”称号、侯德封奖、青藏高原青年科技奖、黄汲清青年地质科技奖等, 并获聘为《Mineralogy and Petrology》、《岩石学报》、《Solid Earth Sciences》副主编和《Lithos》、《Tectonophysics》、《JES》、《地球科学》等刊物编委等。



钟宏, 1971年生, 中国科学院地球化学研究所研究员、博士生导师, 2003年入选中国科学院“百人计划”, 2014年获国家杰出青年基金。主要从事镁铁-超镁铁质岩相关的成岩成矿作用研究, 在国内外刊物发表论文 100 余篇, 其中 SCI 论文 70 余篇。先后承担国家杰出青年基金项目、国家重点研发计划项目课题、973 项目课题、中科院百人计划项目、中科院重要方向项目等 10 余项科研课题。现任 Journal of Earth Science 和 Acta Geochimica 编委。



孟庆任, 1957年生, 中国科学院地质与地球物理研究所研究员, 博士生导师, 中国科学院大学岗位教授。主要从事盆地构造和大陆变形方面研究。主持完成基金委重大计划重点项目、中国科学院战略先导专项项目、国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金等项目。在国际著名刊物外发表 SCI 论文 40 余篇。在华北克拉通破坏研究集体中作为重要贡献, 获得 2014 年度“中国科学院杰出科技成就奖”。



陈贇, 1974年生, 中国科学院地质与地球物理研究所副研究员。主要从事地球壳幔结构成像与动力学研究, 在青藏高原及邻区壳幔结构探测和深部过程重建等方面取得了系列重要进展。在国内外学术刊物发表论文 60 余篇(SCI 论文 30 余篇), 引用逾千次。曾获“第八届青藏高原青年科技奖”(2011年)、中国地质学会“十大地质科技进展”(2010年度, 2015年度)、教育部“高等学校科学研究优秀成果”二等奖等科技奖励。兼任中国大陆动力学专业委员会副秘书长。