

吉黑东部中生代金成矿的陆壳增生制约机制

陈永福, 闫家盼, 王晓军, 傅扬, 杨玉霞

中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北廊坊, 065000

研究大陆地壳的增生速率具有很大的不确定性 (Frimmel, 2008)。不过, 可以确定的是全球大陆地壳在 4.5~4.4 Ga 就已经开始形成 (Harrison et al., 2005), 随后呈现阶段生长方式, 出现 2.0 Ga, 2.7 Ga, 2.1 Ga, 1.9 Ga 和 1.2 Ga 的生长峰期 (Condie, 1998; Parman, 2007), 这种生长往往伴随古老先存陆壳的再循环。但是, 有证据表明 3.6~3.0 Ga 和 2.1~1.9 Ga 是新生陆壳的两个增生峰期 (Kemp et al., 2006), 其增长和 3.3~3.0 以及 2.1~1.9 Ga 的两期金成矿作用在时间上一致 (Frimmel, 2008)。据此, 新生陆壳的增生被认为是金成矿作用的首要控制因素 (Bierlein et al., 2006), 而含水的镁铁质陆壳可以是含矿流体和 Au 金属的最好源区 (Frimmel, 2008)。同时, 新生陆壳一般在俯冲洋盆闭合时形成并保存在增生造山带中, 其保存常常发生在大陆碰撞时期 (Condie et al., 2014)。因此, 新生陆壳的增生和保存对金的富集成矿具有重要意义。

然而, 传统观点 (Sylvester et al., 1997; Taylor and McLennan, 1995) 认为小于 1.0 Ga 的新元古代到显生宙时间内, 新生陆壳的增长量可以忽略不计。但包括吉黑东部在内的中国东北花岗岩的研究 (吴福元等, 1999; Wu et al., 2003) 则对传统认识提出了挑战, 认为中国东北甚至中亚造山带在内的主体陆壳物质都是在新元古代及其以后以垂直方式从地幔产生的。中国东北拥有目前地球上陆壳形成年龄最年轻的大片大陆区, 且从同位素特征看, 幔源特征比较明显 (吴福元等, 1999)。幔源岩浆的板底托作用不仅使得陆壳得以增生, 而且使深部陆壳的岩石发生组成及状态上的重新调整 (吴福元等, 1999; Wu et al., 2003)。不仅花岗岩的研究显示中国东北存在着这种新元古代的新生陆壳 (吴福元等, 1999; Wu et al., 2003), 吉黑东部的罗圈站

组及天桥岭组英安-流纹岩也与该新生大陆下地壳的加厚熔融有关 (Xu et al., 2009)。

吉黑东部是我国重要的金矿产地。中生代以来, 形成一期 110 Ma 的斑岩-浅成低温热液型岩浆-热液金成矿活动, 典型矿床如乌拉嘎金矿、东安金矿, 四平山金矿、四山林场金矿, 以及金厂金矿和小西南岔金矿等, 主要分布在小兴安岭、太平岭和完达山三个金矿集区 (陈永福等, 2014)。目前部分矿床的研究表明, 如小兴安岭的东安金矿 (Zhang et al., 2010)、乌拉嘎金矿 (许九华等, 2012) 和完达山的金厂金矿 (Zhang et al., 2012), 金成矿与新元古代 (主要为 600~800 Ma) 的新生陆壳的部分熔融有关。

一般来说, 俯冲后曾被俯冲作用交代的岩石圈地幔极易被软流圈地幔热交代而失去先前获得的金属物质, 而新生大陆下地壳对已获取的金属物质却能长期保存直到随岩浆上涌并侵入-喷发而成矿 (Richard, 2011)。考虑到俯冲作用与俯冲后斑岩系统成矿往往具有较大的时差。因此, 俯冲后斑岩系统成矿与新生大陆下地壳的关系就显得尤为重要。Hou et al. (2009) 认为与俯冲后斑岩矿床成矿有关的下地壳为新生大陆下地壳, 其部分熔融能为斑岩系统型矿床提供金属物质和水 (Hou et al., 2009, 2011)。事实上, 研究区位于中亚造山带东段, 该构造单元由多个微板块经历多次南北向和东西向俯冲拼合作用 (Wu et al., 2011), 早期俯冲拼合作用形成的新元古代新生陆壳增生可能为重要的金矿源区, 其保存并受后期太平洋板块俯冲作用影响而高度熔融, 为区域金成矿提供金属物质, 这可能是吉黑东部金成矿的主要制约机制。

此外, 中国东北岔路口钼矿岩石地球化学和同位素研究均表明成矿相关的岩石起源于新元古代

注: 本文为中国人民武装警察部队黄金指挥部计划内重点项目 (编号 HJY10-03) 的成果。

收稿日期: 2015-02-20; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 陈永福, 男, 1980 年生。博士, 高级工程师, 金矿地质专业。Email: saiwaijiaozi@163.com。

新生大陆下地壳的部分熔融, 新生陆壳是岔路口巨型斑岩钼矿的主要钼金属来源 (Li et al., 2014)。

不可否认, 虽然显生宙以来大部分金矿和陆壳物质一样通过再循环形成 (Frimmel, 2008), 然而吉黑东部金成矿作用应当是通过新生陆壳形式经地幔高浓度熔融形成, 这种大规模新生陆壳的高速增生可能是吉黑东部乃至中国东北金钼成矿的主要控制因素。因此, 中国东北多板块拼合背景下的新生陆壳增生作用研究不仅对理解区域深部壳幔岩浆演化以及丰富金钼成矿理论具有极大帮助。

参 考 文 献 / References

- 陈永福, 闫家盼, 王晓军, 郭晓东, 杨玉霞. 2014. 吉黑东部中生代晚期中酸性岩浆活动与金成矿作用. *地质与勘探*, 50(Z1):1248~1256.
- 吴福元, 孙德有, 林强. 1999. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生. *岩石学报*, 15(2): 181~189.
- 徐九华, 魏浩, 王燕海, 曾庆栋, 刘建明, 王永彬, 毛蹇. 2012. 黑龙江乌拉嘎金矿的次火山岩浆-热液成矿: 熔体-流体包裹体证据. *岩石学报*, 28(4): 1305~1316.
- Bierlein F P, Groves D I, Goldfarb R J, Dube B. 2006. Lithospheric controls on the formation of provinces hosting giant orogenic gold deposits. *Mineral Deposits*, 40, 874~886.
- Condie K C. 1998. Episodic continental growth and supercontinents: a mantle avalanche connection? *Earth Planet. Sci. Lett.* 163, 97~108.
- Condie K C. 2014. Growth of continental crust: a balance between preservation and recycling. *Mineralogical Magazine*, 78(3): 623~637.
- Frimmel H E. 2008. Earth's continental crustal gold endowment. *Earth and Planetary Science Letters*, 267: 45~55.
- Harrison T M, Blichert-Toft J, Müller W, Albareda F, Holden P, Mojzsis S J. 2005. Heterogeneous Hadean hafnium: evidence of continental crust at 4.4 to 4.5 Ga. *Science*, 310, 1947~1950.
- Hou Z Q, Yang Z M, Qu X M, Meng X J, Li Z Q, Beaudoin G, Rui Z Y and Gao YF, 2009. The Miocene Gangdese porphyry Cu belt: Generated during post-collisional extension in the Tibetan orogen. *Ore Geology Review*, 36: 25-51.
- Hou Z Q, Zhang H R, Pan X F, Yang Z M. 2011. Porphyry Cu (-Mo-Au) deposits related to melting of thickened mafic lower crust: Examples from the eastern Tethyan metallogenic domain. *Ore Geology Reviews*, 39: 21~45.
- Kemp A I S, Hawkesworth C J, Paterson B A, Kinny P D, 2006. Episodic growth of the Gondwana supercontinent from hafnium and oxygen isotopes in zircon. *Nature* 439, 580~583.
- Li Z Z, Qin K Z, Li G M, Ishihara S, Jin L Y, Song G X, Meng Z J. 2014. Formation of the giant Chalukou porphyry Mo deposit in northern Great Xing'an Range, NE China: Partial melting of the juvenile lower crust in intra-plate extensional environment. *Lithos*, 202~203: 138~156.
- Parman S W. 2007. Helium isotopic evidence for episodic mantle melting and crustal growth. *Nature* 446, 900~903.
- Richards J P. 2011. Magmatic to hydrothermal meta fluxes in convergent and collided margins. *Ore Geology Reviews*, 40: 1~26.
- Sylvester P J, Cambel, Bowyer D A. 1997. Niobium/uranium evidence for early formation of the continental crust. *Science*, 275: 521~523.
- Taylor S R and McLennan S M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Rev. Geophys.*, 33: 241~265.
- Wu F Y, Jahn B M, Wilde S A, Lo C H, Yui T F, Lin Q, Ge W C, Sun D Y. 2003. Highly fractionated I-type granites in NE China (II): isotopic geochemistry and implications for crustal growth in the Phanerozoic. *Lithos*, 67: 191~204.
- Wu F Y, Sun D Y, Ge W C, Zhang Y B, Grant M L, Wilde S A, Jahn B M. 2011. Geochronology of the Phanerozoic granites in northeastern China. *J. Asian Earth Science*, 41: 1~30.
- Xu W L, Ji W Q, Pei F P, Meng E, Yang D B, Zang X Z. 2009. Triassic volcanism in eastern Heilongjiang and Jilin provinces, NE China: Chronology, geochemistry, and tectonic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34: 392~402.
- Zhang H F, Li S R, Santosh M, Liu J J, DiWu C R, Zhang H. 2013. Magmatism and metallogeny associated with mantle upwelling: Zircon U-Pb and Lu-Hf constraints from the gold-mineralized Jinchang granite, NE China. *Ore Geology Reviews*, 54: 138~156.
- Zhang Z C, Mao J W, Wan Y B, Pirajno F, Liu J L, Zhao Z D. 2010. Geochemistry and geochronology of the volcanic rocks associated with the Dong'an adularia-sericite epithermal gold deposit, Lesser Hinggan Range, Heilongjiang province, NE China: Constraints on the metallogenesis. *Ore Geology Reviews*, 37:158~174.