

Chinese Altay. Gondwana Research, 47: 142–160

Zhang X, Zhang H, Ma Z L, Tang Y, Lv Z H, Zhao J Y, Liu Y L. 2016. A new model for the granite-pegmatite genetic relationships in the Kaluan-Azubai-Qiongkuer pegmatite-related ore fields, the Chinese Altay. Journal of Asian Earth Sciences, 124: 139–155

Zhao H, Chen B, Huang C, Bao C, Yang Q, Cao R. 2022. Geochemical and Sr-Nd-Li isotopic constraints on the genesis of the Jiajika Li-rich pegmatites, eastern Tibetan Plateau: Implications for Li mineralization. Contributions to Mineralogy and Petrology, 177(1): 4

Zhou Q F, Qin K Z, Tang D M, Wang C L, Sakya P A. 2018. LA-ICP-MS U-Pb zircon, columbite-tantalite and ⁴⁰Ar–³⁹Ar muscovite age constraints for the rare-element pegmatite dykes in the Altai orogenic belt, NW China. Geological Magazine, 155(3): 707–728

董增产. 2020. 中国阿尔泰造山带富蕴–青河地区古生代地质演化及其对古亚洲洋增生造山过程的约束. 博士学位论文. 西安: 西北大学

龙晓平. 2007. 新疆阿尔泰古生代碎屑沉积岩的沉积时代、物质来源及其构造背景. 硕士学位论文. 广州: 中国科学院研究生院 (广州地球化学研究所)

吕正航, 张辉, 唐勇, 赵景宇, 刘云龙, 郭柳. 2018. 新疆阿尔泰不同矿化类型伟晶岩中磷的分布特征及其找矿指示. 矿物岩石地球化学通报, 37(2): 260–270

马占龙, 张辉, 唐勇, 吕正航, 张鑫, 赵景宇. 2015. 新疆卡鲁安矿

区伟晶岩锆石 U-Pb 定年、钨同位素组成及其与哈龙花岗岩成因关系研究. 地球化学, 44(1): 9–26

秦纪华, 耿新霞, 温超权, 郭建新, 任宇晨. 2016. 阿尔泰小土尔根铜矿区岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义. 矿床地质, 35(1): 18–32

任宝琴, 张辉, 唐勇, 吕正航. 2011. 阿尔泰造山带伟晶岩年代学及其地质意义. 矿物学报, 31(3): 587–596

沈瑞峰, 张辉, 唐勇, 吕正航. 2015. 阿尔泰造山带古生代地层的地球化学特征及其对沉积环境的制约. 地球化学, 44(1): 43–60

王登红, 陈毓川, 徐志刚. 2003. 新疆阿尔泰印支期伟晶岩的成矿年代学研究. 矿物岩石地球化学通报, 22(1): 14–17

王仁民, 贺高品, 陈珍珍, 郑松彦, 耿元生. 1987. 变质岩原岩图解判别法. 北京: 地质出版社

新疆地质局区域地质调查大队. 1979. 德柳、青河幅 1:20 万地质图 (内部资料)

张辉, 吕正航, 唐勇. 2019. 新疆阿尔泰造山带中伟晶岩型稀有金属矿床成矿规律、找矿模型及其找矿方向. 矿床地质, 38(4): 792–814

邹天人, 李庆昌. 2006. 中国新疆稀有及稀土金属矿床. 北京: 地质出版社

(本文责任编辑:龚超颖;英文审校:张兴春)



• 亮点速读 •

大火成岩省岩浆侵入作用引发全球变暖

大火成岩省是在较短的地质时间尺度内 (<5 Ma) 大规模 (>105 km³) 基性岩浆喷发的产物。大火成岩省会释放大量的二氧化碳到地表大气, 导致全球气候变暖。最新的高精度定年数据显示, 白垩纪末期的德干地盾和中新世的哥伦比亚河大火成岩省的主要火山活动和岩浆主体喷发时间均晚于该地质时期的全球变暖时间, 滞后约 30 万年。该现象使大火成岩省因岩浆喷发排放二氧化碳而导致全球变暖的理论遇到挑战。前人研究表明, 在岩浆发生侵入作用时, 冷却结晶过程同样会使溶解于玄武岩岩浆中的大量二氧化碳释放到大气中, 而岩浆侵入作用早于喷发作用。因此, 大火成岩省岩浆侵入作用释放的二氧化碳可能是全

球变暖早于大火成岩省岩浆剧烈喷发的原因, 但对该过程的动力学机制还缺乏约束。

为了研究该问题, 来自哥伦比亚大学的学者们使用地球动力学模型, 模拟了德干地盾和哥伦比亚河大火成岩省的岩浆活动过程。当岩浆从地幔侵入地壳时, 密度较大的基性岩床 (2800 kg/m³) 侵入密度较低的地壳 (7 km 深处密度为 2700 kg/m³)。在地壳体积不变的情况下, 入侵岩床冷凝导致地壳的单位密度增大 (7 km 深处密度可增加为 2900 kg/m³)。由此原理, 他们建立了随时间变化的大火成岩省侵入作用和喷发作用的动力学模型, 其中模型的输入数据为岩浆通量、岩床半径、地壳密度及热传导效率, 输出

结果则是岩浆侵入作用释放的二氧化碳与岩浆最终喷发的时间间隔。

模型结果显示, 大火成岩省大规模的岩浆侵入, 首先造成了地壳密度增大, 同时先侵入的岩浆冷却凝固释放大量二氧化碳。这些二氧化碳由断层等裂缝进入大气, 由此引发了全球变暖。模型显示约 30 万年后, 岩浆密度小于上覆地壳平均密度达到了喷发条件, 成为大火成岩省主峰期的喷发岩浆。该工作解释了白垩纪–古近纪交界时期, 以及中新世时期全球气候变暖事件均早于大火成岩省岩浆主体喷发的时间约 30 万年左右的观测现象, 有力地支持了大火成岩省与全球变暖之间的成因联系。

[以上成果发表在国际著名学术期刊 *Nature Geoscience* 上; Tian X, Buck W R. 2022. Intrusions induce global warming before continental flood basalt volcanism. Nature Geoscience, 15(5), 417-422]