

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.848>



喀斯特型铝土矿是如何形成的?

王庆飞¹, 刘学飞¹, 杨淑娟¹, 张起钻², 邓军¹

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

2. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170

铝土矿作为战略性大宗矿产不但是铝的主要来源,也是稀土、镓、耐火材料、化学制品及高铝水泥的重要原料(Bárdossy, 1982; Deng *et al.*, 2010);我国铝资源保障程度低,对外依存度达到60%之上.我国铝土矿成因独特,以底板为碳酸盐岩的喀斯特型为主(刘长龄,1988;廖士范等,1989;王庆飞等,2012);但是该类型矿床成因研究薄弱,不能被基于连续沉积的地层学和基于原地风化作用的矿床学已有理论所涵盖,是一项全新的科学探索,急需创新喀斯特型铝土矿成矿理论.我国铝土矿分布广,但开采程度较浅,深部是否具有资源潜力,也急需建立高效勘查技术组合,开展找矿勘查,实现找矿突破.

1 核心思想

喀斯特型铝土矿成矿机制的传统认识为物质来源为原地和准原地,成矿过程需要长期的地表风化和富铝物质的积累,经历了早期风化作用、后期变质或二次风化的改造和富集作用;传统成因模式和找矿勘查规范认为,铝土矿主要在浅表部富集,找矿勘查工作主要集中于浅部.近些年,详细野外调研和矿物精细分析,与现代铝土矿地质特征和形成过程的对比研究表明,喀斯特微地貌对含铝沉积层序组成和变化具有明显控制作用(Yang *et al.*, 2017).通过碎屑锆石 U-Pb 定年与 Hf 同位素、碎屑

金红石微量元素、全岩 Hg 含量及其同位素、自生粘土矿物 Sr-Nd 同位素和稳定微量元素图解(Zr、Hf、Nb、Ta)等多种物源示踪方法研究表明,我国主要成矿区带铝土矿的物质来源具有异地多来源特征,包括矿体底板灰岩、岛弧地体、岛弧岩浆岩、变质岩及矿区附近地层风化再沉积的产物(Deng *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2016, 2020; Liu *et al.*, 2022).综合矿区地质构造、系统的矿物学、稳定同位素(C-S-O)、热液伊利石 K-Ar 年代学研究,确定了硬水铝石生物催化和表生沉淀结晶的成因机制(Liu *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020),发现了后期热液改造作用,定量刻画了矿体二次富集过程(Liu *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2021).上述研究证实喀斯特型铝土矿成矿物质非传统原地/近原地来源,具有异地多来源特征,克拉通边缘造山作用、地幔柱有关岩浆作用也广泛参与成矿;尽管矿石经历了复杂矿物演化和改造过程,浅表的沉积过程具备硬水铝石等铝氢氧化物的形成与富集条件;研究揭示成矿作用受到了陆缘造山—陆内喀斯特化—火山喷发—冰期海侵多因耦合控制(Wang *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2022).然而,该理论认识进一步引发了新的思考和科学问题,包括铝土矿形成中的大规模风化作用对全球碳循环和气温变化的反馈作用、盆山体系统演化和古喀斯特微地貌结构、非连续沉积地层层序格架、共伴生矿产赋存状态和利用前

基金项目:广西重点研发计划项目(No.桂科 AB21196028);国家重点研发计划项目(No.2022YFC2903402);国家自然科学基金(Nos.42172073,41972073,41202061).

作者简介:王庆飞(1978—),男,博士,教授,长期从事矿床学研究. E-mail:wqf@cugb.edu.cn

引用格式:王庆飞,刘学飞,杨淑娟,张起钻,邓军,2022.喀斯特型铝土矿是如何形成的?地球科学,47(10):3880—3881.

Citation: Wang Qingfei, Liu Xuefei, Yang Shujuan, Zhang Qizuan, Deng Jun, 2022. How did the Karst Bauxite Form? *Earth Science*, 47(10): 3880—3881.

景以及矿床深时演化模型。

2 科学价值

已有研究创建了全新的喀斯特型铝土矿成矿模式,从新的视角探索了我国喀斯特型铝土矿大规模成矿机制等科学问题,丰富了铝土矿成矿理论。研究成果突破了已有铝土矿只能在 200~300 m 深度勘探的传统认识,提出深部具有良好成矿条件。可以进一步利用成矿系统源—运—储—变—保的思路分析区域成矿潜力和找矿方向;通过源区示踪与构造—岩相古地理分析等判识矿化富集中心和变化规律;利用地化异常和地质填图可确定铝土矿地表边界(Yang *et al.*, 2017);利用矿田构造解析和多元统计方法,可分离构造变形趋势和古喀斯特面形态,确定矿体深部延伸趋势;运用 CSAMT 方法可确定隐伏的奥陶纪—石炭纪岩性边界;利用高精度重力可定位边界上大型溶斗沉积成矿中心;综合利用地质、数学地质和地球物理手段,可圈定重点成矿带成矿范围。建立隐伏矿体预测技术、矿床勘查模型和找矿集成技术,确定有利成矿靶区,通过高效勘查指导我国大型铝土矿矿集区取得重大找矿突破。

3 发展前景

未来研究主要集中于全球关键喀斯特型铝土矿矿集区成矿规律的对比和定量评价铝土矿与重大地质事件成因联系,深入揭示全球超大型铝土矿矿集区形成的耦合要素及其时空配置(Yang *et al.*, 2022),理论研究与找矿实践相结合,建立隐伏矿体预测技术,联合大数据深度学习开展找矿预测,确定有利成矿靶区,实现深部准确高效找矿,具有重要的理论研究前景和找矿需求。开展铝土矿原生以及后期加工利用过程中共生有用元素富集规律和综合提取技术研究,对于解决我国关键金属资源危机也具有重要意义。

参考文献

Bárdossy, G., 1982. Karst Bauxites: Bauxite Deposits on Carbonate Rocks. *Developments in Economic Geology* 14. Elsevier, Amsterdam, 441.

Deng, J., Wang, Q.F., Yang, S.J., et al., 2010. Genetic Relationship between the Emeishan Plume and the Bauxite Deposits in Western Guangxi, China: Constraints from U-Pb and Lu-Hf Isotopes of the Detrital Zir-

cons in Bauxite Ores. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37(5-6): 412-424. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2009.10.005>

Liu, X.F., Wang, Q.F., Zhang, Q.Z., et al., 2017. Genesis of the Permian Karstic Pingguo Bauxite Deposit, Western Guangxi, China. *Mineralium Deposita*, 52(7): 1031-1048. <https://doi.org/10.1007/s00126-017-0723-y>

Liu, X.F., Wang, Q.F., Peng, .B., et al., 2022. Intensified and Apace Bauxitization over the Paleo-Karstic Surface Linked to Volcanism. *GSA Bulletin*, <https://doi.org/10.1130/B36507.1>

Wang, Q.F., Deng, J., Liu, X.F., et al., 2016. Provenance of Late Carboniferous Bauxite Deposits in the North China Craton: New Constraints on Marginal Arc Construction and Accretion Processes. *Gondwana Research*, 38: 86-98. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.10.015>

Wang, Q.F., Yang, L., Xu, X.J., et al., 2020. Multi-Stage Tectonics and Metallogeny Associated with Phanerozoic Evolution of the South China Block: A Holistic Perspective from the Youjiang Basin. *Earth-Science Reviews*, 211: 103405. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2020.103405>

Wang, R.X., Wang, Q.F., Tonguç Uysal, I., et al., 2021. Mesozoic Hydrothermal Overprint on Carboniferous Bauxite in China. *Economic Geology*, 116(3): 787-800. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4796>

Yang, L., Wang, Q.F., Zhang, Q.Z., et al., 2017. Interaction between Karst Terrain and Bauxites: Evidence from Quaternary Orebody Distribution in Guangxi, SW China. *Scientific Reports*, 7: 11842. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12181-1>

Yang, S.J., Wang, Q.F., Deng, J., et al., 2019. Genesis of Karst Bauxite-Bearing Sequences in Baofeng, Henan (China), and the Distribution of Critical Metals. *Ore Geology Reviews*, 115: 103161. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103161>

Yang, S.J., Wang, Q.F., Liu, X.F., et al., 2022. Global Spatio-Temporal Variations and Metallogenic Diversity of Karst Bauxites and Their Tectonic, Paleogeographic and Paleoclimatic Relationship with the Tethyan Realm Evolution, *Earth-Science Reviews*, 233: 104184, <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2022.104184>

廖士范, 梁同荣, 张月恒, 1989. 论我国铝土矿床类型及其红土化风化壳形成机制问题. *沉积学报*, 7(1): 1-10.

刘长龄, 1988. 中国石炭纪铝土矿的地质特征与成因. *沉积学报*, 6(3): 1-10, 130.

王庆飞, 邓军, 刘学飞, 等, 2012. 铝土矿地质与成因研究进展. *地质与勘探*, 48(3): 430-448.