广州地化所在锡成矿作用中锡同位素分馏研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/3334.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

广州地化所在锡成矿作用中锡同位素分馏研究中取得进展。金属矿床成矿作用研究中，矿床学家一直借助于与金属矿物“ 共生 ”脉石矿物的传统同位素(H-O-S, Sr-Nd-Pb等)地球化学示踪成矿流体与物质来源和推演成矿过程。近二十年来，测试技术的突飞猛进，使得非传统稳定同位素(包括Mo、Cu、Fe、Zn等金属)地球化学取得突破性成果，促使矿床学家尝试从研究金属元素的地球化学行为入手，直接示踪金属矿床成矿作用中成矿元素的源运储，还原金属矿床成矿过程，发展成矿理论。

锡是一种经济价值很大的金属，易挥发、具亲铁性和亲铜性，地球化学行为复杂，有0价、2价和4价。锡拥有10个同位素，是元素周期表中同位素最多的元素。近几年，锡同位素测试技术取得突破，有学者对不同类型地质样品的锡同位素组成进行了探索性研究，显示高温过程中锡同位素会发生分馏。然而，热液锡成矿作用中锡同位素的分馏未见报道。中国科学院广州地球化学研究所流体成矿作用学科组副研究员姚军明及其合作者，选择四个不同环境的产锡地区(美国南达科他地区、英格兰康沃尔地区、德国捷克交界处的厄尔士山脉和玻利维亚的安第斯锡矿带)，收集了50件锡石和21件黄锡矿样品，开展了锡同位素地球化学的研究工作(图1)。锡石是锡矿床最主要的矿石矿物，黄锡矿是含锡硫化物，数量极少但分布普遍;同一个成矿系统中，锡石形成较黄锡矿早。

$$\Delta\ \delta\ 124Sn_{cassiterite\ -\ stannite} = mean\ \delta\ 124Sn_{cassiterite}\ -\ mean\ \delta\ 124Sn_{stannite}$$

四个锡产地具有相似的$\Delta\ \delta\ 124Sn_{cassiterite\ -\ stannite}$值：2.3 ± 0.2‰ (康沃尔), 2.1 ± 0.2‰ (南达科塔), 2.0 ± 0.2‰ (Cinovec-Krupka齐诺韦茨-克鲁普卡), 和 1.5 ± 0.2‰ (玻利维亚)。浅成的矿床具有最低的$\Delta\ \delta\ 124Sn_{cassiterite\ -\ stannite}$值(图2)。

对多价态过渡族金属如铜铁同位素系统的研究表明，氧化还原反应会引起明显的同位素分馏，高价态元素倾向于富集重同位素。锡石和黄锡矿中的锡都是四价态，在热液锡成矿过程中，氧逸度变化至关重要，锡一般以二价态络合物的形式搬运，在成矿早阶段以四价态的锡石大量沉淀下来，晚阶段会有少量四价态的黄锡矿出现。因此氧化还原反应可能是引起锡同位素分馏的主要机制。同时，热液成矿系统中锡同位素的分馏可能与多种相互关联的变化有关，如，溶液中锡的存在形式、气液分离、电子迁移、温度、压力、化学键的竞争环境和不同矿物相之间锡的平衡过程等。该研究来自四个不同环境的锡产地样品有着类似的锡同位素组成，可以排除温度变化、压力变化和气液分离等因素;该研究只涉及锡石和黄锡矿，且锡石早于黄锡矿形成，因此排除了不同矿物相之间的平衡分馏;而锡在热液系统中以氯的络合物形式存在。考虑到氧离子和硫离子是先后

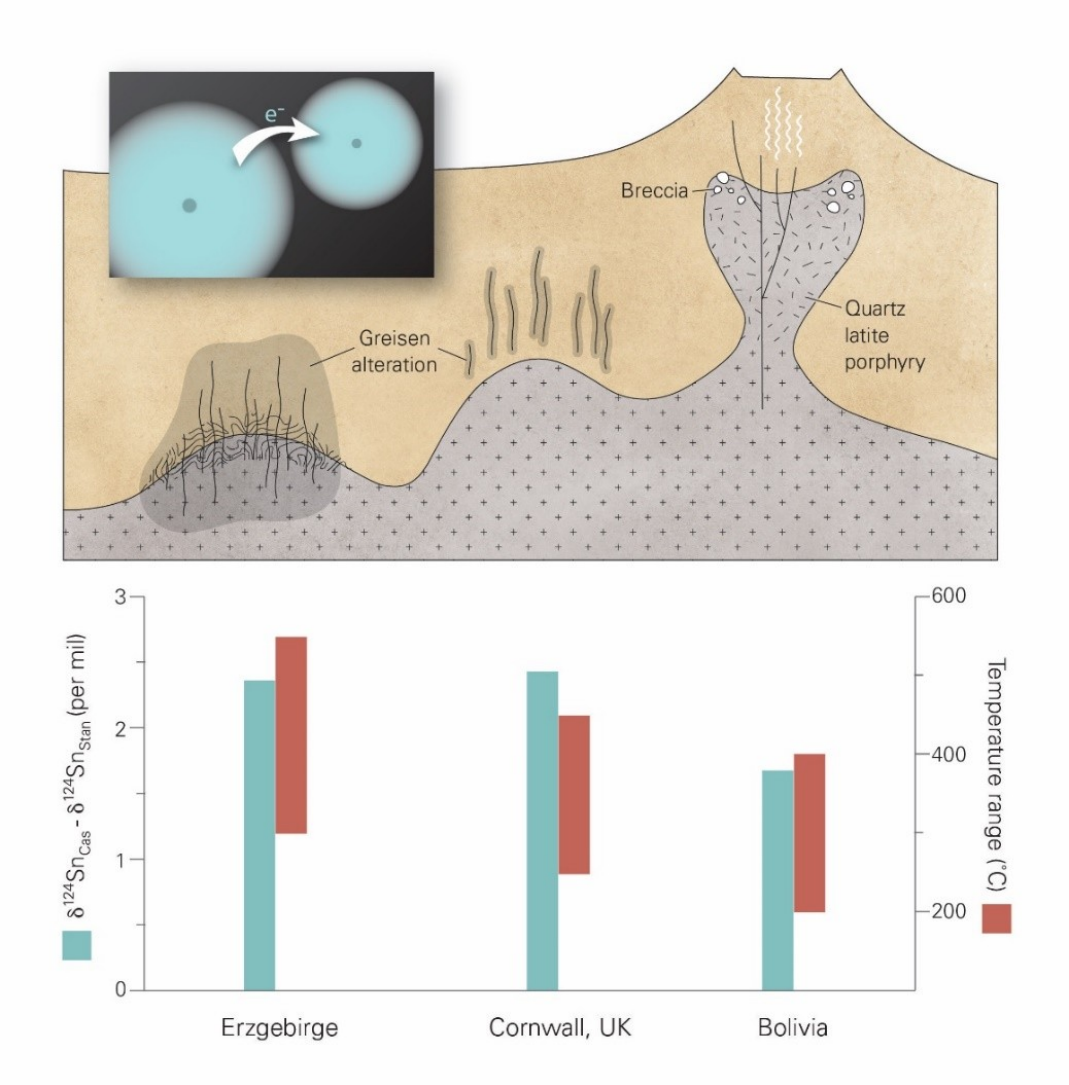
与锡离子结合，而不是同时争夺锡离子，故化学键的竞争所导致的分馏也很微弱。

该研究认为，在热液锡成矿作用中，因氧化还原反应，早期形成的锡石富集重同位素，使得溶液中的锡同位素偏轻，导致晚期形成的黄锡矿具有轻的锡同位素组成。同等重要的是，不同矿床锡石的锡同位素的平均值具有不同的组成，暗示锡石的锡同位素组成可能与源区和岩浆演化有关，值得开展进一步的研究工作。

该成果受国家重点研发计划“深地资源勘查开采”重点专项“燕山期重大地质事件的深部过程与资源效应”(2016YFC0600405)和国家自然科学基金(41672079，41372085)的联合资助，发表在国际地学期刊American Mineralogist 第103期1591-1598页上。

论文详情：Yao, Junming; Mathur, Ryan; Powell, Wayne; Lehmann, Bernd; Tornos, Fernando; Wilson, Marc; Ruiz, Joaquin. Sn-isotope fractionation as a record of hydrothermal redox reactions. AMERICAN MINERALOGIST, 2018, 103(10): 1591-1598. DOI: 10.2138/am-2018-6524

研究发现，锡石的锡同位素组成为δ124Sn = 0.48±0.62‰，黄锡矿的锡同位素组成为δ124Sn= -1.47±0.54‰，锡石富重锡同位素，黄锡矿富轻锡同位素;两种矿物锡同位素的变化幅度也相似，锡石为2.48‰，黄锡矿为2.61‰。为了比较四个产锡地区的异同，研究人员用以下公式对锡石和黄锡矿之间的锡同位素差异进行了计算。


e⁻
Breccia
Quartz
latite
porphyry
Greisen
alteration
3
2
1
0
$\delta^{124}Sn_{Cas} - \delta^{124}Sn_{Stan}$ (per mil)
600
400
200
Temperature range (°C)
Erzgebirge
Cornwall, UK
Bolivia

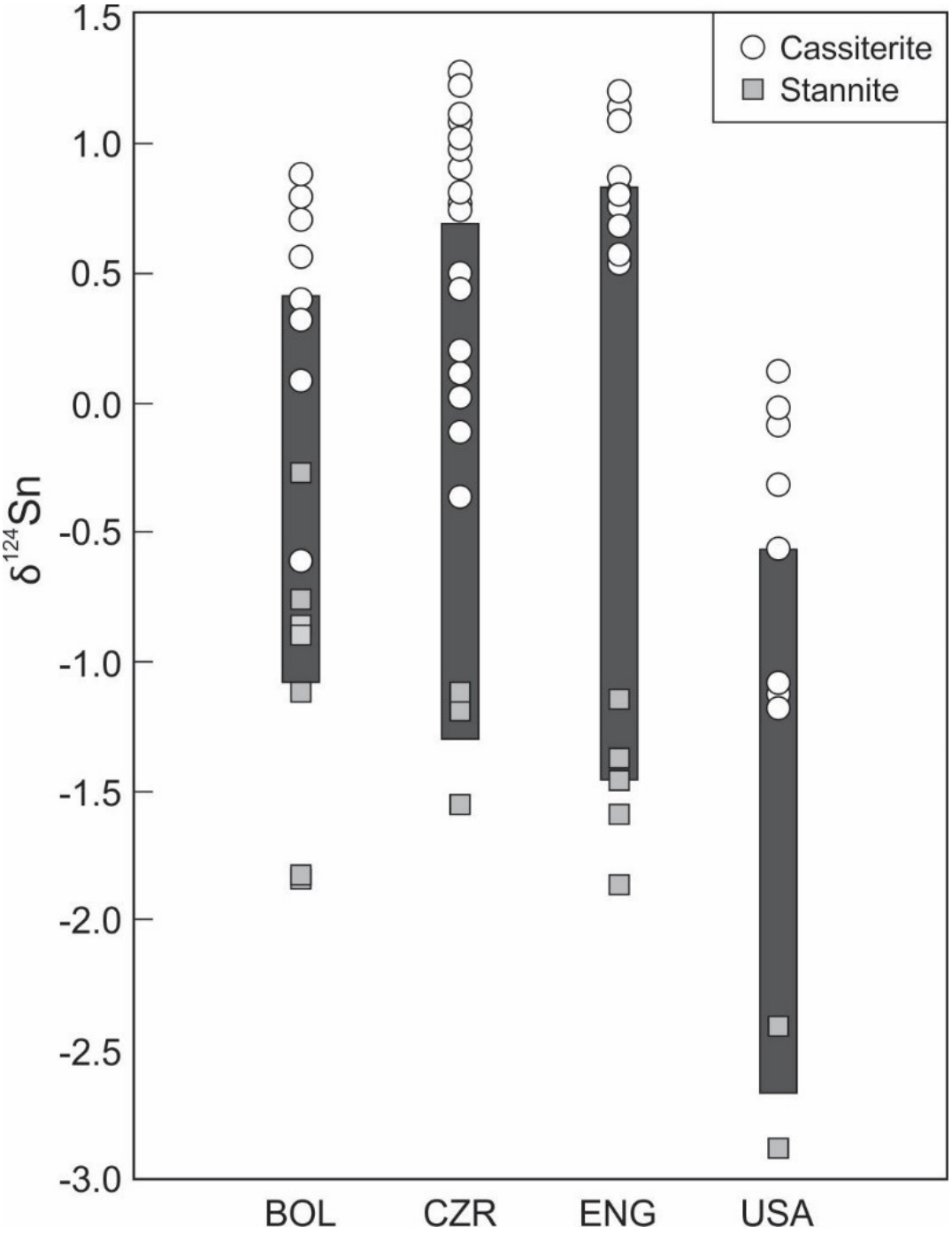


图2四个锡产地锡石和黄锡矿锡同位素组成(黑色范围表示Δ δ 124Sncassiterite – stannite值)

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发