地球环境研究所利用硼同位素揭示盐湖卤水硼酸盐“蒸发成盐”新机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43093.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！

地球环境研究所利用硼同位素揭示盐湖卤水硼酸盐“蒸发成盐”新机制。盐湖卤水蒸发实验是盐湖资源开发中一项关键的基础性研究工作，它通过模拟自然条件下的蒸发过程，为从卤水中提取各种有用元素提供了科学依据和技术支撑。该工作，不仅可以精确掌握卤水在蒸发浓缩过程中，各种盐类结晶析出的顺序、数量，以及剩余母液量和组分的变化规律，还可以通过实验确定各阶段成卤率、析盐率，并绘制出原则性的蒸发路线图，从而为盐田的工程设计、节点控制和工艺操作提供可靠依据。因此，盐湖卤水蒸发实验是连接盐湖资源认知与工业化开发之间的核心桥梁，它通过将复杂的自然蒸发过程搬进实验室和试验场，把经验性的操作转变为可预测、可控制的科学工艺。

长期以来，高世扬院士团队提出著名的稀释成盐一直是盐湖卤水提硼工艺的重要基础：向浓缩卤水加水，破坏离子缔合体系，可快速诱导硼酸镁盐结晶。但是，大自然一般很难在干旱蒸发条件下加水，因而，硫酸镁亚型盐湖卤水在自然持续蒸发浓缩下，到底能不能直接析出硼酸盐矿物（蒸发成盐）？过去一直缺乏直接的实验证据。

中国科学院地球环境研究所盐类战略资源研究团队联合中国科学院青海盐湖研究所，采用柴达木盆地一里坪富锂盐湖硫酸镁亚型晶间卤水，开展等温蒸发-晶体生长模拟实验，复刻卤水从原始状态浓缩至水氯镁石析出的全过程，并结合卤水化学、XRD、XPS
与高精度硼同位素（δ11B）进行综合分析。

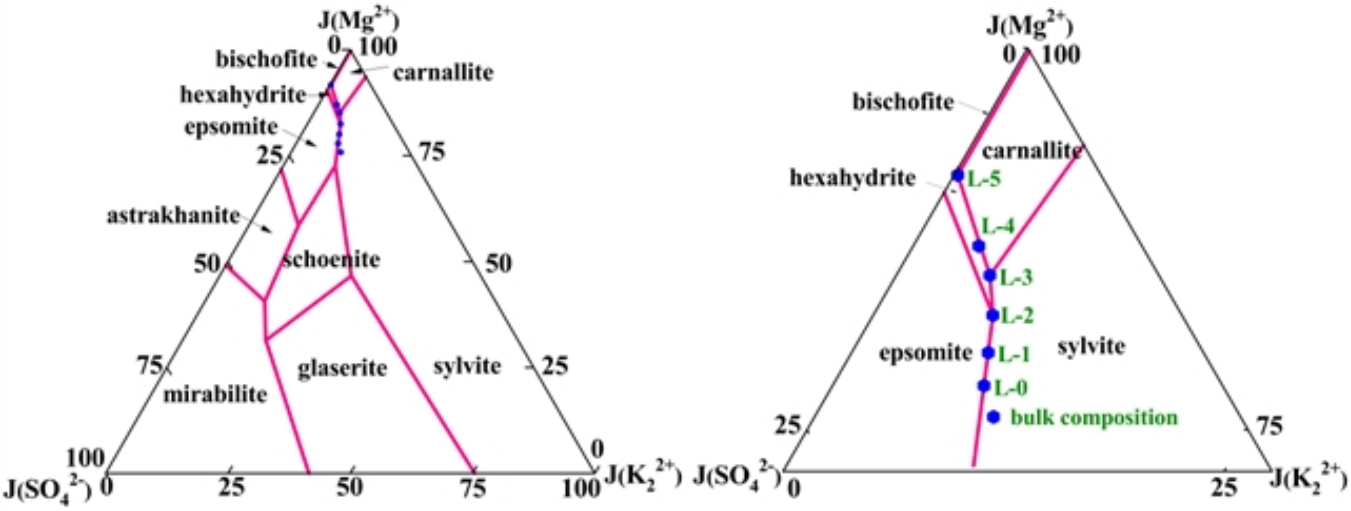


图1. Na+，K+，Mg2+ //Cl-，SO42- -H2O （15°C）五元体系介稳相图及卤水蒸发结晶路线

研究结果表明，盐湖卤水蒸发过程严格遵守Na+，K+，Mg2+//Cl-，SO42--H2O
五元体系介稳相平衡的等温结晶规律（图
1）。同时可以明确分为石盐阶段、氯化钾阶段、光卤石阶段和水氯镁石阶段。前三个阶段卤水δ11B整体稳定，固相δ11B逐步抬升，石盐、钾石盐、光卤石等矿物析出对卤水硼同位素组成影响微弱；直至水氯镁石析出阶段，卤水δ11B显著升高，卤水硼同位素组成的变化表明该阶段硼的两种同位素分别在液、固相间发生了不同程度的富集，即硼同位素10B在固相富集而11B在液相富集，指示有硼酸盐从卤水中结晶出来（图2）。

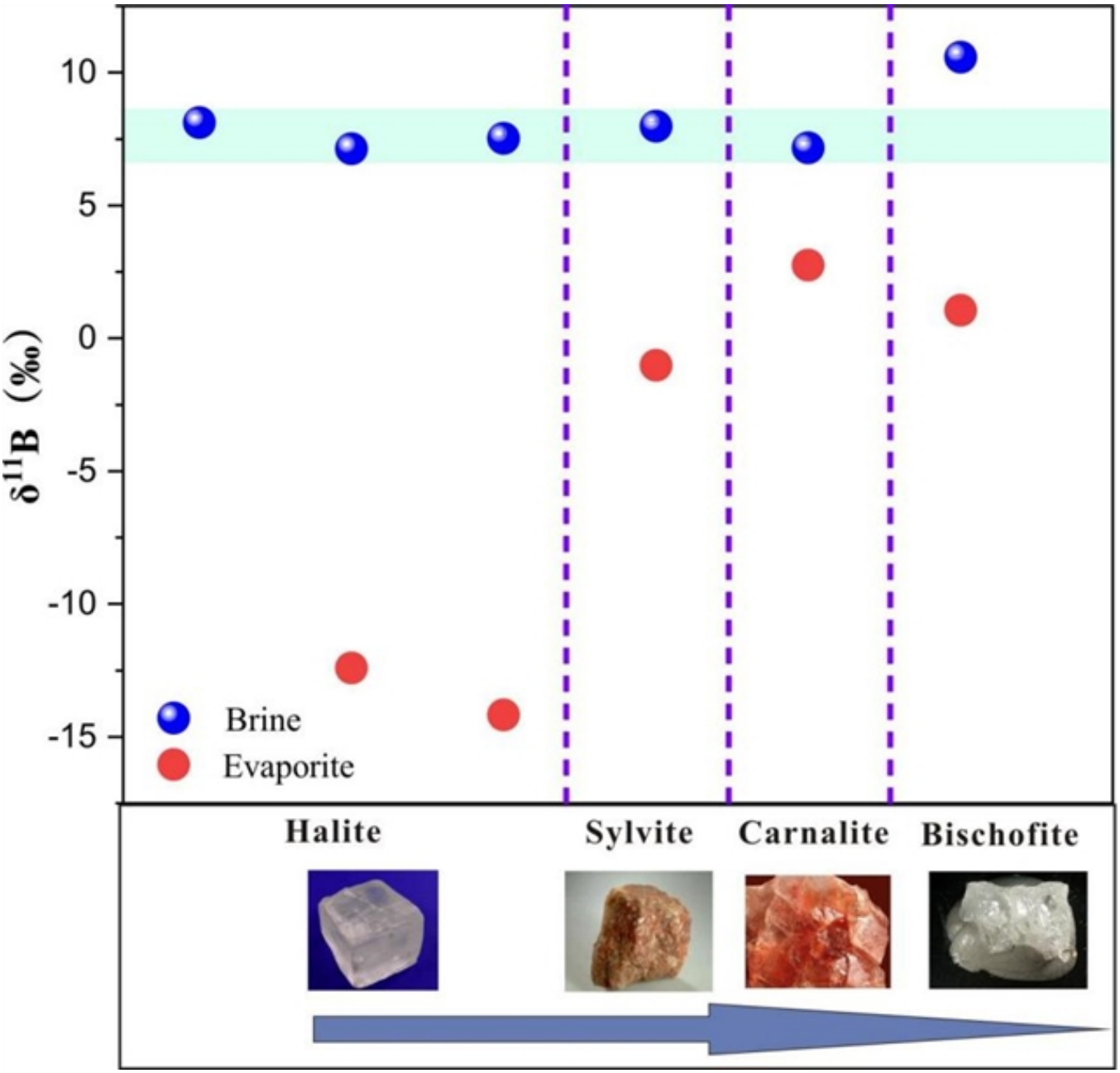


图2. 蒸发过程中卤水和盐的δ11B值变化趋势

更重要的是：卤水δ11B在石盐-光卤石阶段基本平稳，到水氯镁石阶段突然抬升，这个拐点就

精准锁定了硼酸盐启动结晶的时机，与 B2O3达到 20.77 g/L 的临界点相对应。

随蒸发浓缩，卤水镁离子浓度 [Mg ^{2} +] 持续升高。卤水 B2O3先上升后达峰，而蒸发盐 B2O3持续攀升-卤水把硼让渡给了固相。峰后（S-5→S-6）液相硼开始下降，正是六硼酸镁大规模结晶的直接表现（图3）。

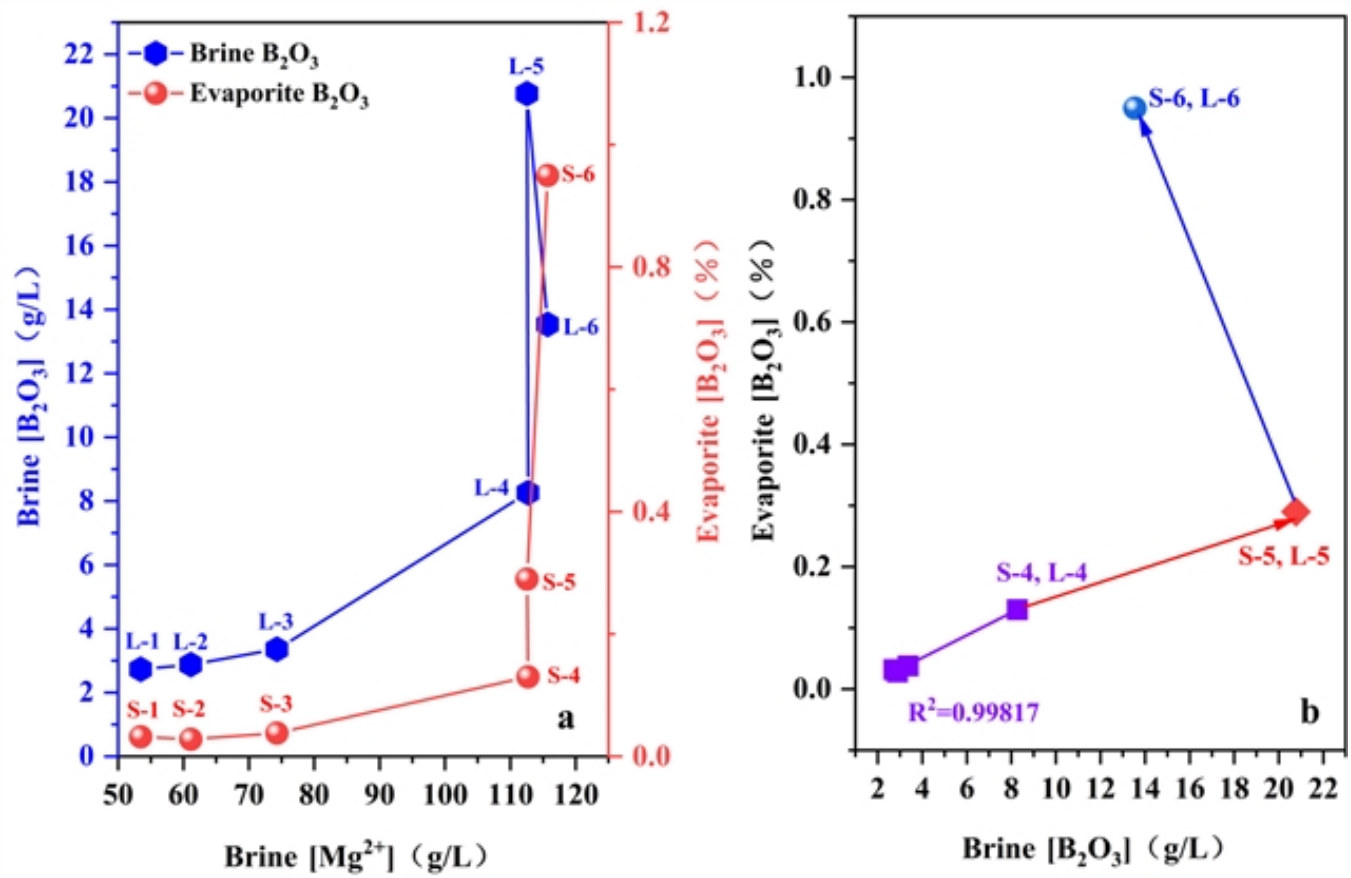


图3. 蒸发以及晶体生长过程固液相B2O3浓度变化

本研究首次通过室内模拟实验证实：硫酸镁亚型盐湖卤水确实存在蒸发成盐机制，但并不否定经典稀释成盐理论，二者代表两种不同触发模式。该成果得到审稿专家高度评价，认为研究设计严谨，利用硼同位素证据证实了硫酸镁亚型盐湖中硼酸盐的 蒸发结晶 成矿机制，对柴达木盆地盐湖资源成矿理论研究具有重要价值，为区域盐湖硼资源勘探开发提供了新的理论依据。

上述研究成果发表在国际期刊Ore Geology Reviews上。研究工作受到国家自然科学基金（资助号：42573114，42403030）、国家重点研发计划（项目编号：2022YFB3805903）、青海省昆仑人才高端创新创业人才计划（项目编号：QHKLYC-GDCXCY-2024-368）资助。（来源：中国科学院地球环境研究所）

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2026.107619

作者：高世扬等 来源：《矿石地质评论》

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