

# 研究建立激光方解石U-Pb定年技术

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18419.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！**

方解石可以在多种地质环境中形成。方解石U-Pb年代学在诸多地学领域具有较大应用前景，如古气候、沉积学、成岩作用、断裂时代、成矿过程以及油气运移等方面。早期方解石U-Pb定年主要基于同位素稀释法（ID），然后采用热电离质谱（TIMS）或多接收电感耦合等离子体质谱（MC-ICP-MS）进行测定。然而，这种分析方法耗时长，成功率低，需要样品溶解以及U和Pb的化学分离；其空间分辨率差，不适合用于具有环带变化的样品，因此未得到广泛应用。

自2014年激光剥蚀电感耦合等离子体质谱（LA-ICP-MS）首次应用于化石中方解石胶结物U-Pb定年以来，该技术在解决一系列关键地质问题中得到广泛应用。与ID-TIMS相比，LA-ICP-MS具有空间分辨率高、分析速度快等优点，能快速测得样品的U-Pb比值。但方解石U含量普遍较低（ $<5\text{mg g}^{-1}$ ），对仪器灵敏度具有挑战。采用高灵敏度扇形磁场电感耦合等离子体质谱仪（SF-ICP-MS）比四极杆电感耦合等离子体质谱仪（Q-ICP-MS）更具优势。

基于此，中国科学院地质与地球物理研究所多接收-电感耦合等离子体质谱实验室高级工程师吴石头和正高级工程师杨岳衡及合作者，通过系统优化Element XR SF-ICP-MS接口锥组、辅助氮气、铂电极圈等参数，将其灵敏度提高了5-10倍（图1），比国际上已报道的同类型仪器灵敏度高2-4倍。基于此，研究建立了LA-SF-ICP-MS方解石U-Pb定年技术。采用国际标准物质Duff Brown Tank、JT和ASH-15对方法的分析精度和准确度进行了验证（图2）。通过改善的灵敏度，空间分辨率达到85-110微米，可以对大多数方解石进行U-Pb定年。研究还进一步证明，基于LA-ICP-MS二维元素成像技术选取样品定年区域可提高方解石U-Pb定年的成功率。

副研究员兰中伍及其合作者将该技术应用于埃迪卡拉纪盖帽碳酸盐岩上。Marinoan冰川杂砾岩和其上部的盖帽碳酸盐岩是支持雪球地球假说（snowball Earth）直接的岩石学证据，该岩石组合指示了古气候由冷到暖的变化，是多学科领域关注的前沿和焦点。前人从这套盖帽碳酸盐岩内陆续开展了沉积学、地层学、地球化学和地球生物学等方面的工作，但其复杂的沉积结构和异常低的 $^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 值（ $<-45\text{‰}$ ）使得科学家对其成因较难做出合理解释。了解方解石的形成机制和共生矿物形成的先后顺序有助于了解其与雪球地球假说之间的关系，并对地球化学数据做出合理解释。研究人员对宜昌三峡地区九龙湾剖面的Marinoan盖帽白云岩开展了激光剥蚀电感耦合等离子质谱（LA-ICP-MS）U-Pb同位素和REE分析。岩相学观察表明早期白云石孔洞和裂隙被晚期方解石脉/方解石单颗粒/黄铁矿/铁氧化物所充填，然后被石英胶结物所包裹（图3）。

通过对方解石进行U-Pb定年，在Tera-Wasserburg图解中得到了 $636.5 \pm 7.4 \text{ Ma}$ 下交点年龄（图4）。传递衰变常数和标样误差之后，年龄误差为17.8

Ma。因此，采样层位的沉积时代为  $636.5 \pm 7.4/17.8$  Ma。该年龄和前人从盖帽白云岩内白云石中测得的U-Pb年龄  $629.3 \pm 16.7/22.9$  Ma以及火山灰锆石U-Pb年龄  $635.23 \pm 0.57$  Ma在误差范围内相一致。新的年龄数据表明方解石在埃迪卡拉纪早期形成，不可能在埃迪卡拉纪晚期或者寒武纪热液活动中形成。

方解石REE组成总体上表现出La, Y和Gd正异常 ( Gd=1.1-1.96 )，高Y/Ho比值 ( 大多数>44 ) ( 图5)。Eu以正异常为主 ( Eu=1.02-1.38 )，少量表现出负异常 ( Eu=0.79-0.96 )。高Y/Ho比值为海水沉积的特征，Eu正异常说明有热液活动的影响。从REE配分型式上可以看出有些方解石可能是从海水中形成的。这种情况下，甲烷的厌氧氧化 ( AOM ) 形成了方解石、黄铁矿、硫酸钡、铁氧化物，以及盖帽白云岩中的负  $^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  值。负  $^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  方解石和盖帽白云岩近于同期形成，甲烷水合物去稳导致甲烷泄露到大气中，引发冰川融化。有些方解石可能是在埃迪卡拉纪早期 ( ca. 632 Ma ) 热液活动中形成的。

研究成果发表于 [Science](#) [China](#) [Earth](#) [Sciences](#)和 [Geological Magazine](#)

。研究工作得到国家重点研发项目、国家自然科学基金、岩石圈演化国家重点实验室开放基金、古生物学与地层学国家重点实验室开放基金，以及地质过程与矿产资源国家重点实验室开放基金的共同资助。

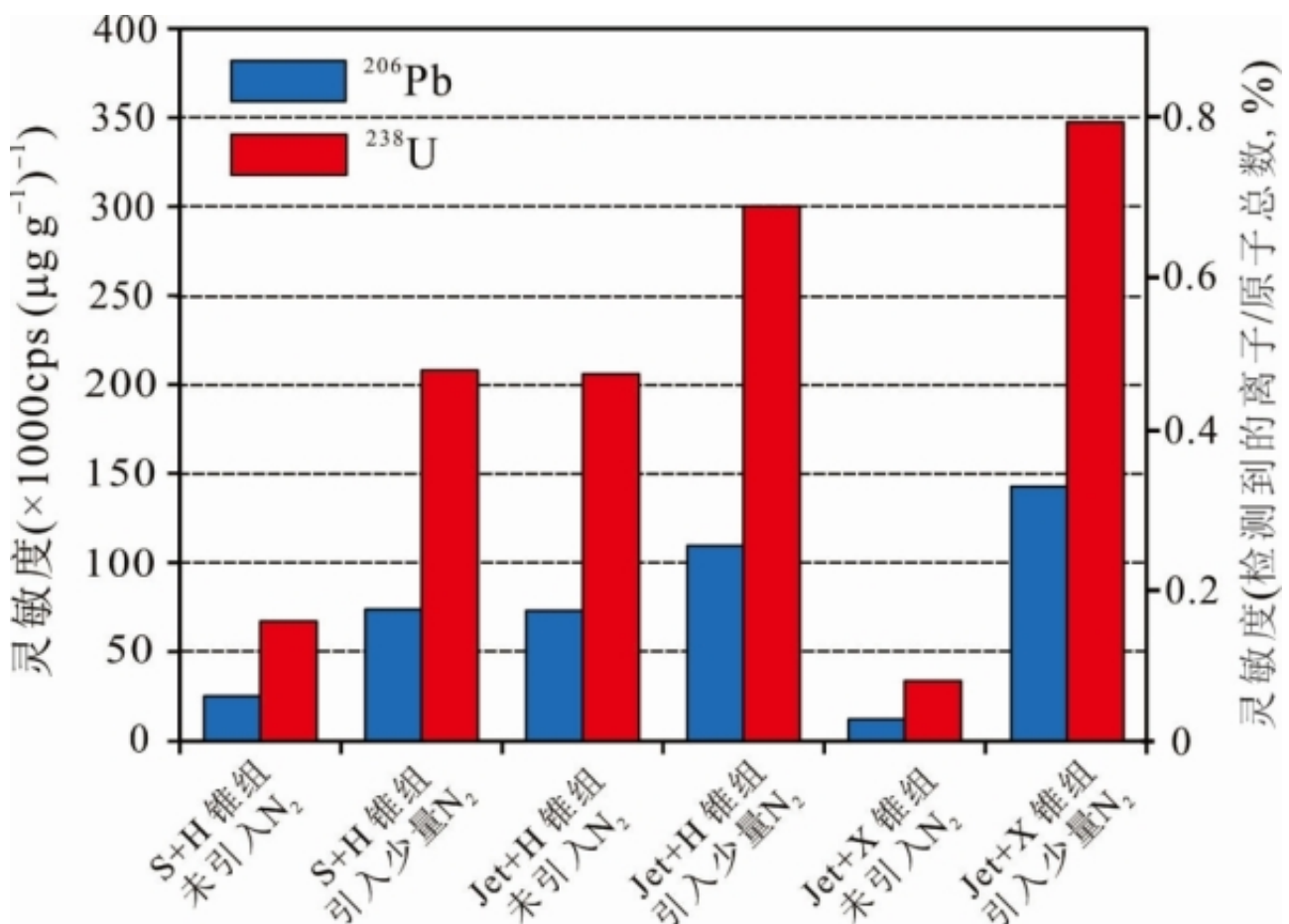


图1.三种锥组合 ( S + H、Jet + H和Jet + X ) 在不引入  $\text{N}_2$  和引入少量  $\text{N}_2$  条件下  $^{206}\text{Pb}$  和  $^{238}\text{U}$  的信号强度

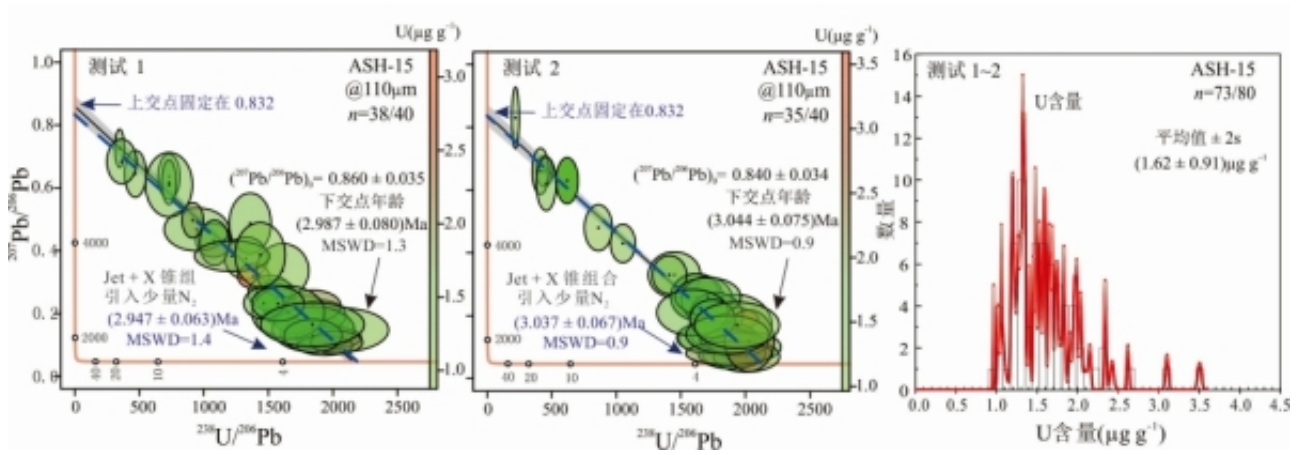


图2.ASH-15的下交点年龄和U含量结果图，其中下交点年龄结果以Tera-Wasserburg图表示；U含量变化以相对概率的形式表示。蓝色虚线为固定上交点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为0.832的等时线；黑色实线为未固定上交点的等时线。在不同时间内，共进行了2次独立分析

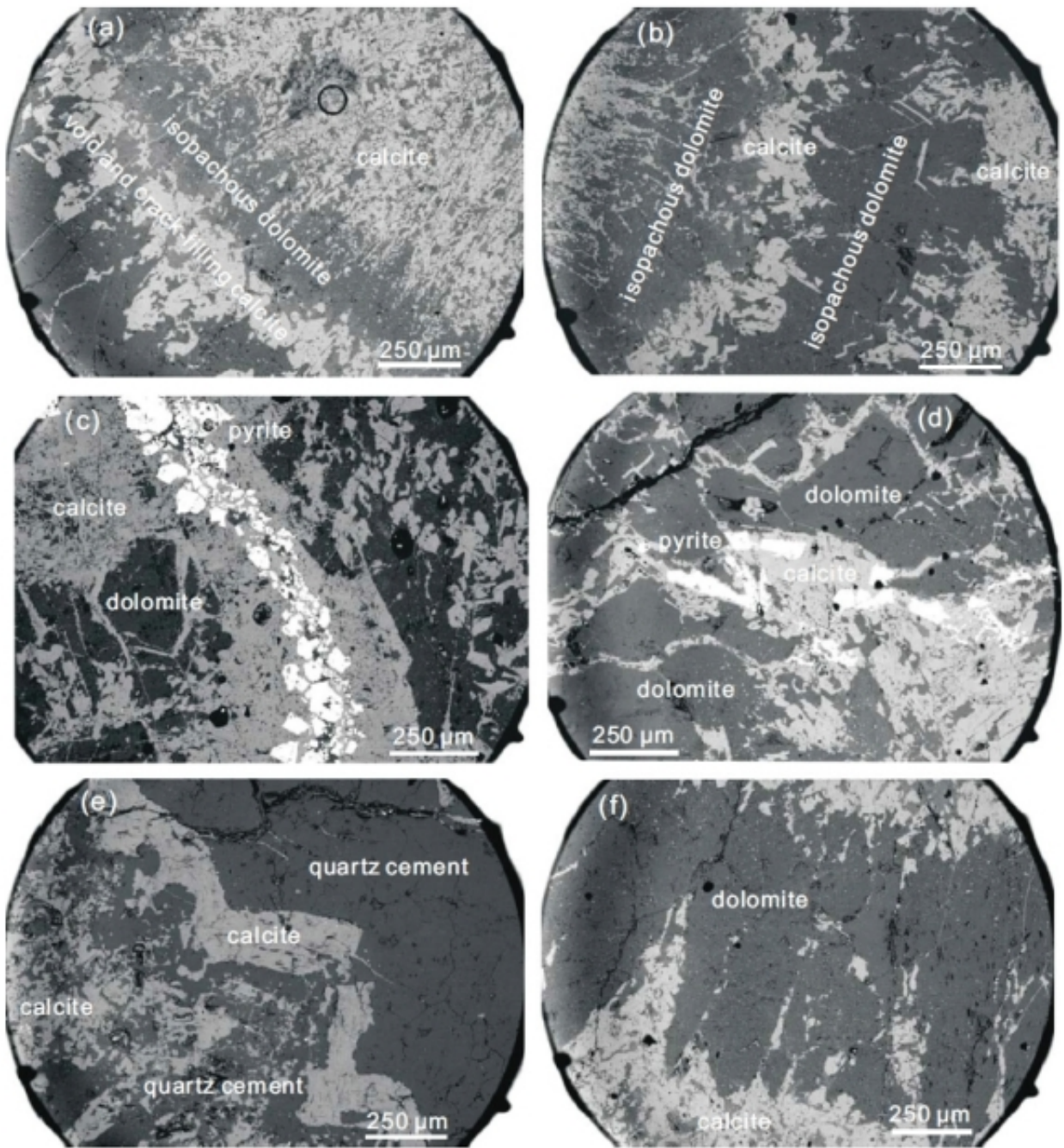


图3.三峡地区九龙湾剖面陡山沱组底部葡萄状白云岩内矿物共生组合（BSE图像）。多种形态的方解石胶结物和黄铁矿充填在等厚状白云石内部的孔洞和裂隙内，后期被石英胶结物所包裹

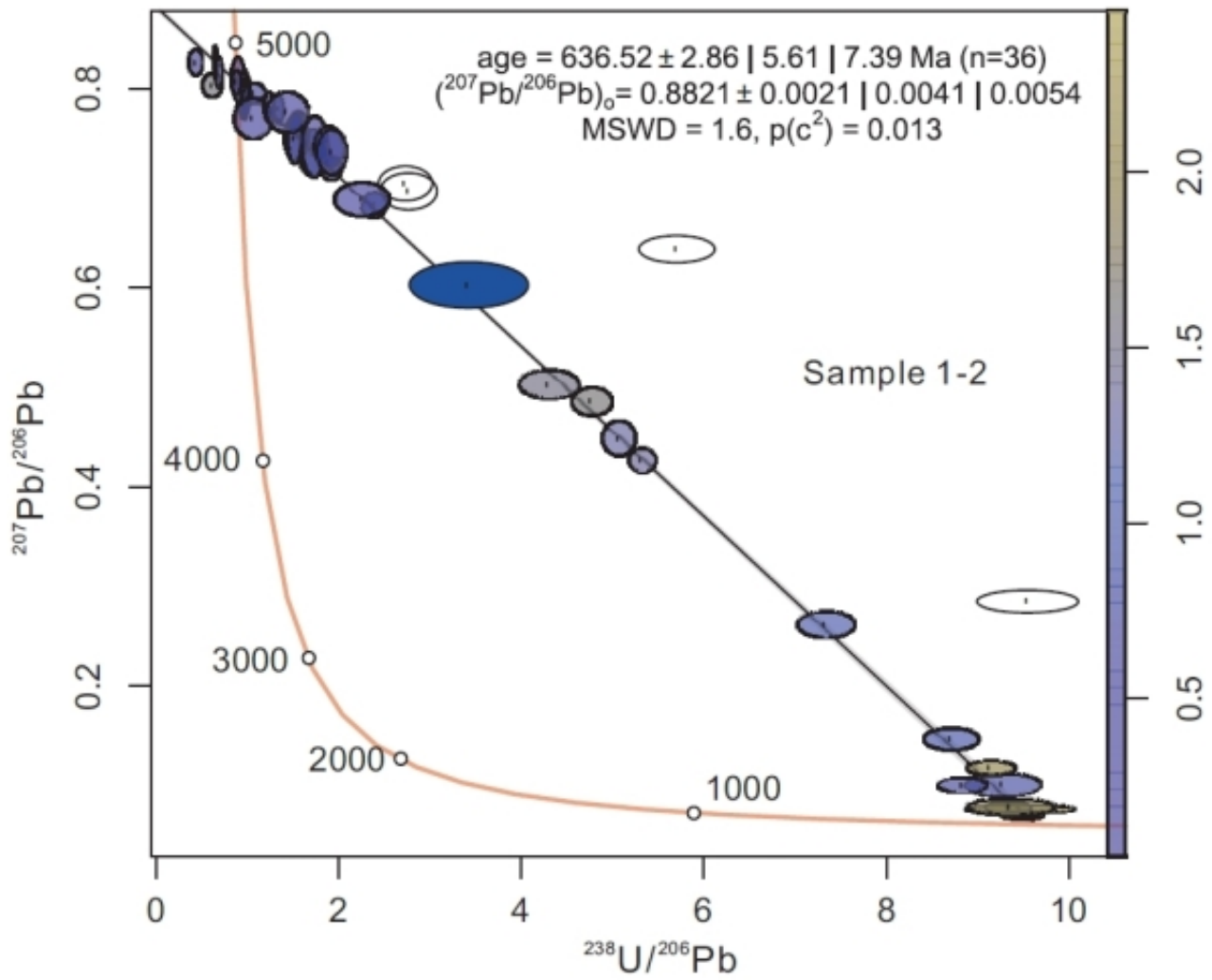


图4.方解石Tera-Wasserburg谐和图。回归线的上交点代表普通铅组成，下交点代表样品的年龄

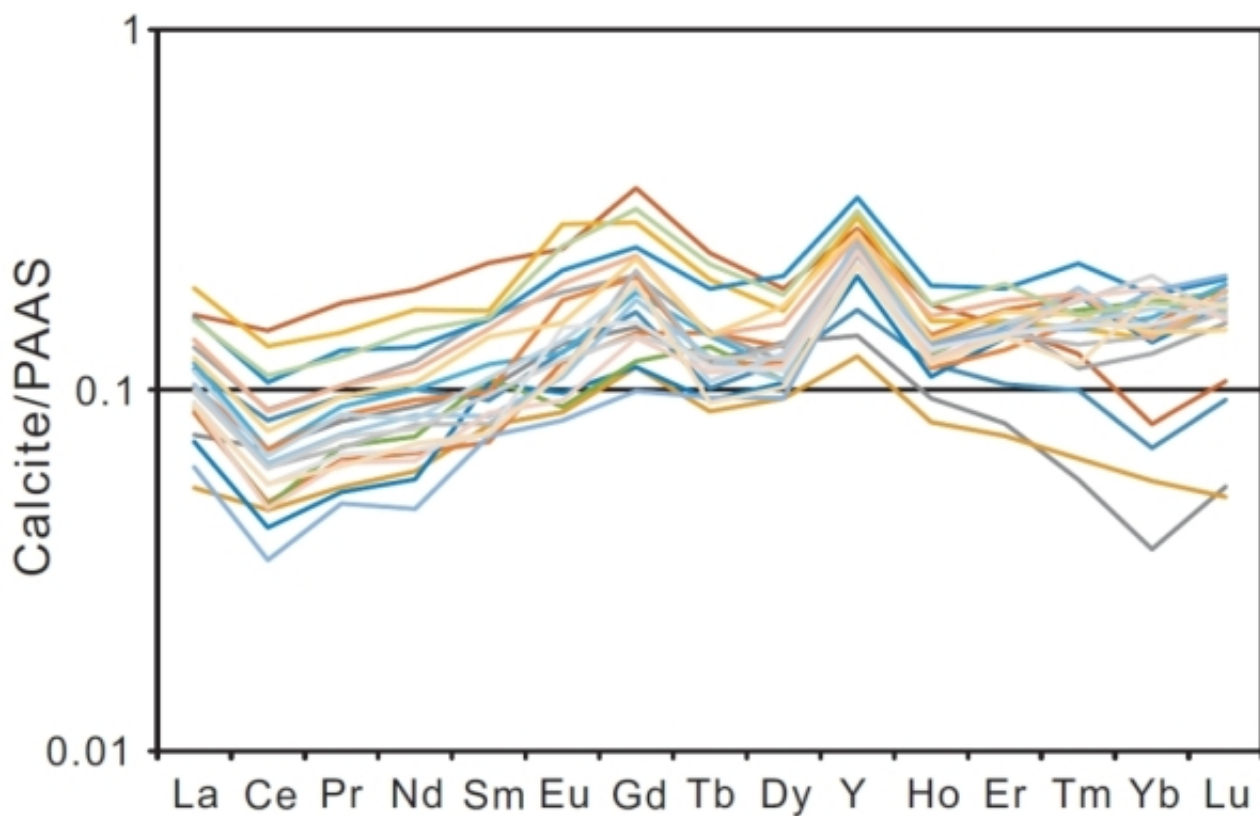


图5.葡萄状白云岩内方解石的REE配分型式

研究团队单位：地质与地球物理研究所

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](http://www.iikx.com)转发