

# 使用 Hansel iQuad 2300 ICP-MS与激光剥蚀联用进行锆石U-Pb同位素定年

作者 李孟婷 衡昇质谱（北京）仪器有限公司



## 前言

激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱（LA-ICP-MS）技术因其高空间分辨率、低检测限、快速分析和样品制备简便等优点，已成为地质样品原位 U-Pb 定年的重要手段，尤其广泛应用于矿石样品中锆石、磷灰石、独居石和铀矿物等含 U、Th 矿物的年龄测定。通过将高能脉冲激光聚焦于待分析矿物表面，产生微小的剥蚀颗粒，随后这些颗粒被输送至 ICP-MS 中进行离子化并测定其 U、Th、Pb 等同位素的含量及比值，从而计算出矿物的形成年龄。

与传统的热蒸发或化学分离结合 TIMS（热电离质谱）方法相比，LA-ICP-MS 具备非破坏性、原位分析和高通量等显著优势，特别适合用于复杂多期次矿化作用或微米尺度异质性显著的矿物分析。在地质勘查与矿床研究中，LA-ICP-MS 定年技术可用于厘定成矿阶段、约束成矿时间窗口、识别热液事件及其与构造背景的关系。特别是在金属矿床的找矿过程中，锆石 U-Pb 年龄数据常与微量元素分析结合使用，能够有效揭示成矿岩体的时空演化过程。

尽管 LA-ICP-MS 定年精度略逊于 SIMS 和 TIMS，但通过优化仪器条件、选择合适的标准物质、采用内部

标准校正等方法，已能够获得可靠且具有地质意义的年龄结果。因此，LA-ICP-MS 技术在矿石样品定年方面已成为兼顾效率与准确度的主流手段，推动了矿床成因研究与找矿预测方法的快速发展。

## 实验部分

### 标样

标样 91500。

### 仪器

点阵式飞秒激光剥蚀系统（凯来仪器）

iQuad 2300 ICP-MS（衡昇质谱）

使用 ICP-MS 软件内的自动调谐功能对 ICP-MS 进行优化，优化完成后再将样品引入系统。所用仪器运行条件如表 1 所示。

表 1. 2300 ICP-MS 和激光剥蚀系统运行条件

ICP-MS参数	设置
雾化器	玻璃同心雾化器
雾室	玻璃旋流雾室
锥	镍锥
等离子气流量	14L/min
辅助气流量	0.8L/min
雾化气流量	0.8L/min
RF功率	1500W
驻留时间	0.05s
重复测量次数	3
测量模式	标准模式
激光剥蚀参数	设置
波长 (nm)	343
剥蚀频率 (Hz)	2
激光器能量 (%)	100
光斑 (μm <sup>2</sup> )	50×50

## 结果与讨论

使用联接激光剥蚀系统的 iQuad 2300 对锆石标样 91500 进行测试，测的 <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U 的年龄为 (1061±13) Ma，图 1 为锆石标样的年龄图。

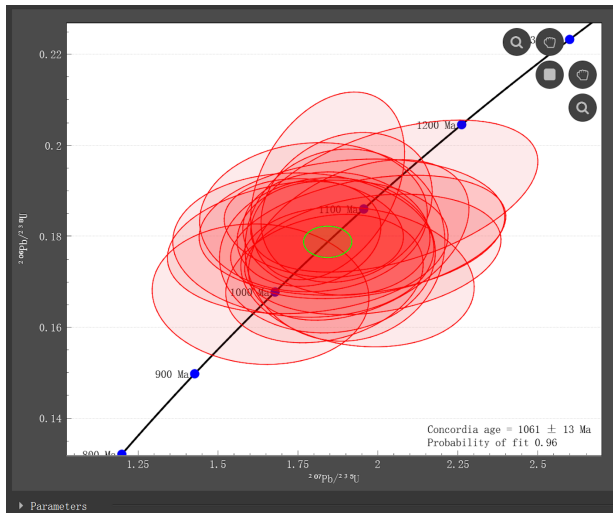


图 1 锆石标样 91500 年龄图

## 结论

在本方案中，利用 iQuad 2300 ICP-MS 与激光剥蚀系统联用，对国际通用锆石标准样品 91500 进行了原位 U-Pb 同位素定年测试。分析过程中，通过优化激光剥蚀参数（激光频率、能量密度、光斑大小等）以及 iQuad 2300 的质谱调谐条件，实现了对 U、Th 及 Pb 同位素的高灵敏度测定。所获得  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  及  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄数据分布集中，且其加权平均年龄为  $1061 \pm 13 \text{ Ma}$  (91500)，与公认的参考年龄高度一致，表明该联用系统具备良好的准确性和稳定性。

特别是在  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  年龄测定方面，iQuad 2300 展现出优良的质量分辨能力和同位素比值精度，确保了对小尺度锆石区的精准定年。这进一步验证了该仪器系统在地质样品年代学研究中的应用潜力。实验过程中，锆石剖面的微区年龄分布也揭示了样品内部的同质性，支持了定年结果的可靠性。