

应用新型固体质谱计 IsoProbe-T 高精度地测定单颗粒锆石年龄

王秀丽¹⁾ 李向辉^{1,2)} 李秋立¹⁾ 陈福坤¹⁾

1) 中国科学院地质与地球物理研究所 固体同位素地球化学实验室 北京 100029 ;

2) 中国科学院研究生院地球科学学院 北京 100039

摘 要 固体质谱计 ,以其高精度和可靠性度 ,在同位素年代学和同位素地球化学的研究领域的应用依然前景广阔。近年来 ,微量样品测试手段已经成为地质科学和环境科学等领域极其重要的研究方法 ,促使国际国内地球化学实验室对固体热电离质谱计更新换代。中国科学院地质与地球物理研究所固体同位素地球化学实验室于 2004 年引进英国 GV 公司的 IsoProbe-T 固体热电离质谱计 ,具有较宽质量谱带 ,装备多通道离子计数接收器 ,高灵敏度高精度 ,易于操作等特点。该类型仪器将是今后的同位素年代学和同位素地球化学研究的主导之一。该质谱计配置了 9 个法拉第接收器、1 个戴利接收器和 7 个离子计数器(图 1)。它的运行将有望大幅度地促进年代学和同位素地球化学在壳幔相互作用与深部物质成分、古大陆形成与演化、流体与成矿等主要领域研究工作的应用。本文主要介绍采用 IsoProbe-T 质谱计测定单颗粒锆石 U-Pb 和 Pb-Pb 蒸发年龄方法和应用。

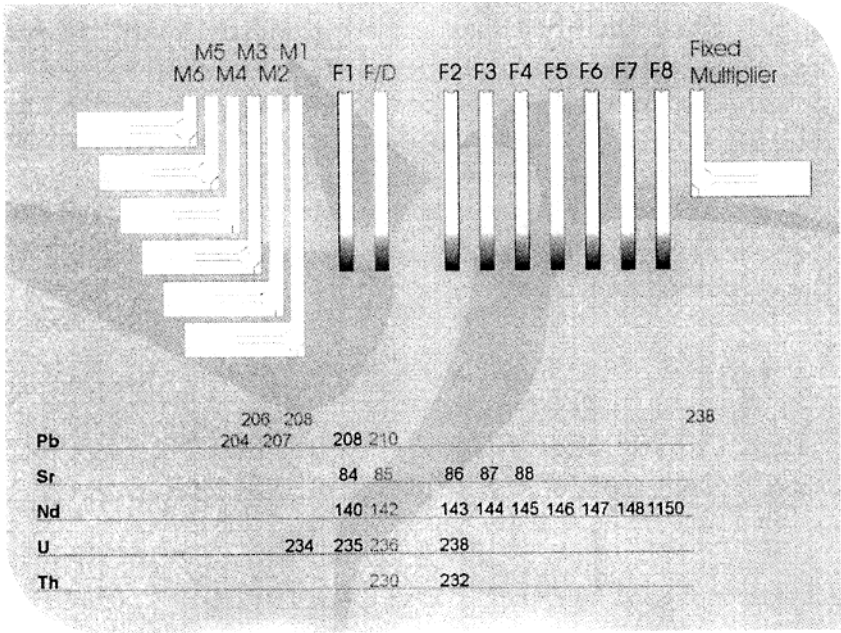


图 1 IsoProbe-T 质谱计 17 个接收器通道分布(由 GV 公司提供)

Fig. 1 Distribution of seventeen cups of the IsoProbe-T (provided by the GV)

M-离子计数器 ,F-法拉第接收器 ,D-戴利接收器

传统的锆石 Pb-Pb 蒸发法定年原理是将锆石单颗粒包裹于钨灯丝中并加热 ,将锆石中铅蒸发至另一钨灯丝上 ,之后加热电离沉淀于该灯丝上的铅样品 ,采用单个离子计数器动态方式测量铅同位素组成 ,从而获得²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 比值和对应的年龄。这一方法技术简单但极为耗时。采用 IsoProbe-T 质谱计的多个离子计数器测量 ,可以克服耗时缺点。方法是包裹于钨灯丝的锆石颗粒加热 ,采用静态方式直接测量蒸发出来的铅同位素组成 ,获得²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄。该方法简便省时 ,同时可以直观地观测到锆石内部铅同位素组成的变化 ,如²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 比值 ,指示锆石中 Th/U 比值的变化 ,或²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 比值变化 ,直接反映出继承锆石的存在与否。离子计数器之间的效率差别可以采用测定铅标准溶液同位素比值来校正。尽管该方法不能与

本文得到 973 项目“大陆深俯冲作用”(编号:G1999075502) 国家教育部留学回国人员科研启动基金和中国科学院地质与地球物理研究所所长基金资助。

第一作者:王秀丽,1967 年生,工程师,同位素地球化学专业,E-mail:XLwang@mail.igcas.ac.cn。

SHRIMP 微区 U-Pb 定年媲美,却可以获得成因单一锆石高精度 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄且节省经费。应用该方法测定内蒙古渣尔泰群沉积岩中碎屑锆石,获得的年龄与采用传统锆石 Pb-Pb 蒸发法和 U-Pb 稀释法获得的年龄一致,集中分布于 2.4~2.5 Ga。

多个离子计数器测量技术也可以应用于单颗粒锆石 U-Pb 年代学方法,该方法所获得的数据可靠性主要地取决于实验流程 U 和 Pb 本底情况。为了降低流程本底,笔者采用低本底的蒸汽法高温高压条件下溶解锆石(图 2)。将锆石和 ^{205}Pb - ^{235}U 混合稀释剂加于小溶样杯内,HF 酸置于 Teflon 焖罐底部,在高温高压条件下加热,完全溶解锆石。采用该溶样方法和高纯度水和试剂,获得小于 5 pg 和 10 pg 的全流程 U 和 Pb 本底。

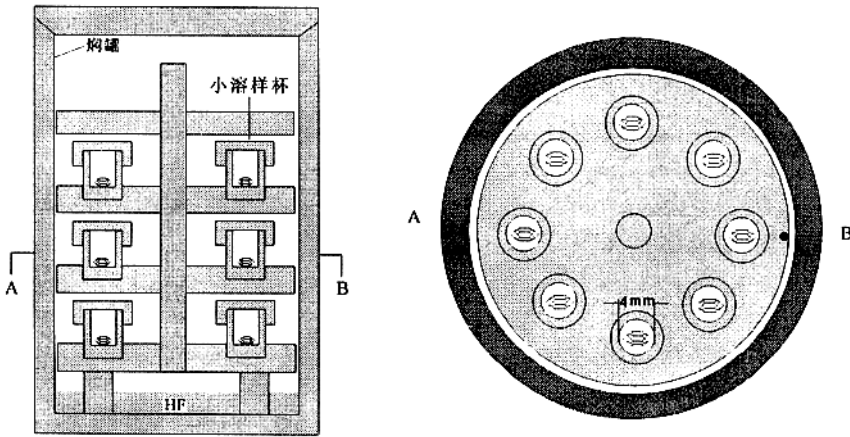


图 2 低本底的蒸汽法高温高压锆石溶样焖罐设计

Fig. 2 Design for the low-blank vapor digestion method of zircon under high temperature and high pressure condition

应用该方法测定了苏鲁地区南部海州群单颗粒锆石 U-Pb 年龄。3 个云母石英片岩样品中的锆石大部分具有振荡环带内部结构,指示岩浆成因,退晶化程度也较明显。采用铀-铅同位素稀释法和铅-铅蒸发法分析,获得锆石年龄范围为 801~787 Ma。时代上,海州群云母石英片岩的原岩可与大别-苏鲁超高压变质带内超高压和高压变质岩的原岩对比,可能代表与晚元古代 Rodinia 超大陆裂解有关的岩浆作用的产物。

关键词 固体质谱计 单颗粒锆石 U-Pb 法 蒸发法

Precise Dating of Single Zircon Grain Using an IsoProbe-T Mass Spectrometer

WANG Xiuli¹⁾ LI Xianghui^{1, 2)} LI Qiuli¹⁾ CHEN Fukun¹⁾

1) Laboratory for Radiogenic Isotope Geochemistry, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029; 2) School of Earth Sciences, Graduate College, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039

Abstract The technical development of solid source thermal ionization mass spectrometer has accelerated the application of isotopic geochemistry in many branches of earth sciences in recent years. In this paper, the authors report technical advance in the single zircon U-Pb dilution and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ evaporation method using an IsoProbe-T mass spectrometer manufactured by the GV Company. A comparison of analytical results obtained by the Finnigan MAT262 with those obtained by the IsoProbe-T is also presented.

Key words mass spectrometer single grain zircon U-Pb method evaporation method