

岛津 EPMA 测试海底铁锰结核的元素面分布特征

EPMA-029

摘要：海洋地质矿物矿藏近年来又成为地质地矿行业系统中的研究热点，铁锰结核 / 结壳即是其中一个典型的矿物。对此类矿物的分析和研究具有重要的科学意义及重大的经济价值。本文针对某区域海底铁锰矿物结核的测试，展示了其结核环带微区形貌分布特征为：内部的破碎原始结核核心；较为致密的纹层状中间生长环带；而且核部和边部的生长环带规律并不一致，预示着结核可能有两期。外层可能受到海洋底流活动较大的影响，表现为较为疏松的斑杂状。

关键词：海洋地质 铁锰结核 环带构造 EPMA XRD

铁锰结核 (ferromanganese nodule), 又称为多金属结核 (polymetallic nodule), 是以 Fe、Mn 为主要元素且富含 Co、Ni、Cu 等金属元素的海底自生沉积矿物集合体。对海底铁锰结核的研究有重要的学术价值和重大的经济意义。大型多金属结核必然记录了生长过程中丰富的地质构造、古海洋环境演化及古气候变迁的信息, 对该类型多金属结核的生长速率、形成年代、物质来源及其与大洋结核在结构构造、化学组成等方面的特征进行对比研究, 可以进一步加深对海底水岩反应机制、海底金属矿床的富集成矿原理、成矿物质

来源等海洋领域热点科学问题的认识程度, 具有较高的科学价值。同时, 多金属结核是当今最重要的深海矿物资源, 在海洋中的资源储量相当可观, 整个大洋底部多金属结核的总储量达 30000 亿吨, 其中含 Co、Ni、Cu、Mn 等具有重大经济价值的资源, 分别高出陆地上相应金属储量的几十倍至上千倍。对于如此巨大的资源, 多年以来, 多个国家不断地投入人力、物力、财力进行研究开发, 我国也大规模开展了相应的开发性研究试验。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津电子探针 EPMA-1720 电子探针显微分析仪

1.2 分析条件

加速电压: 15 kV

束流: 定量测试 20nA、面分析 200nA

束斑直径: 定量测试 1 μ m、面分析 MIN

测试时间: 定量测试 10s、面分析 30ms/point



■ 样品处理

由于铁锰结核试样相对较为疏松, 结合强度较弱, 前期需灌注环氧树脂硬化固定。经环氧树脂镶嵌后的结核试样可切割成矿物薄片试样, 研磨抛光后, 蒸镀碳膜进行测试。

■ 结果与讨论

本次测试的结核外形近似球形, 表面构造成较平滑状, 结核直径达 20~35mm, 见图 1。其主要元素的分布特征如图 2 所示, 其环带细节构造元素分布图见图 3。宏观上看, 铁锰结核总体上包括核部和铁锰质环带两部分, 而且核部和边部的生长环带规律并不一致, 预示着结核可能有两期。核心物质有先前的结核碎块, 各个环带围绕结核核心生长, 形成明暗纹层, 但环带间并非完全均匀等厚, 其致密、疏松程度也具有很大差异。

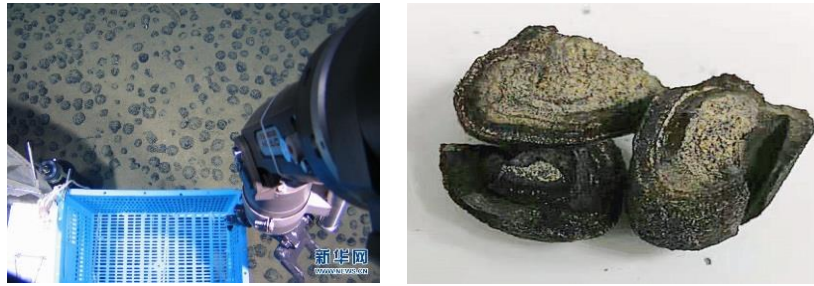


图 1 海底铁锰结核, a. 新华网新闻图片, b. 铁锰结核试样的宏观特征

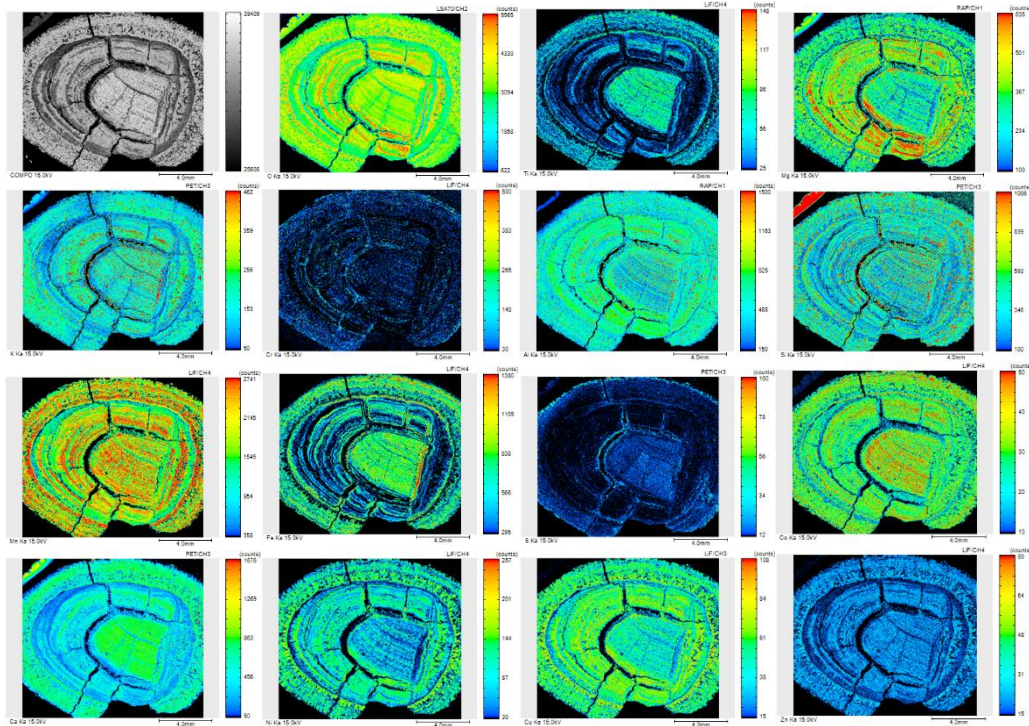
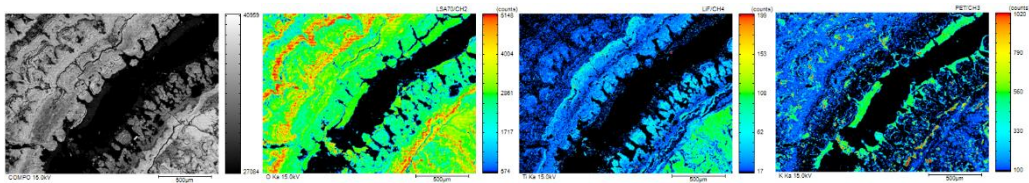


图 2 整个铁锰结核环带元素分布特征

a.Be;l;b.O.c.Ti;d.Mg;e.K;f.Cr;g.Al;h.Si;i.Mn;j.Fe;k.S;l.Co;m.Ca;n.Ni;o.Cu;p.Zn



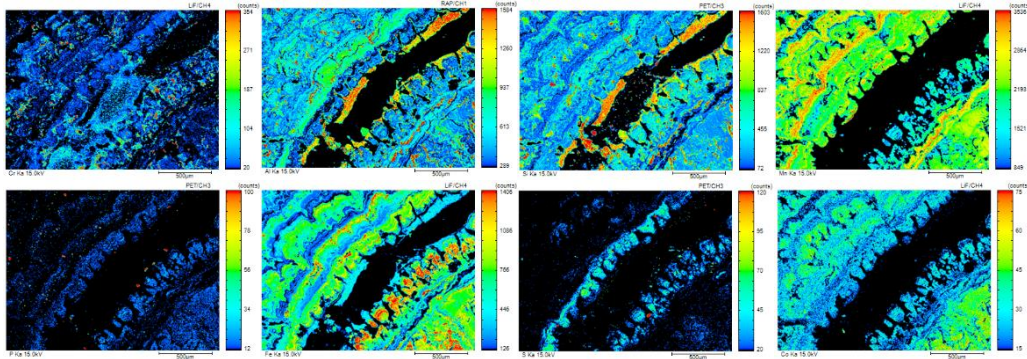


图3 结核外环带细节分布，显示胶状环带结构

a.BEI; b.O; c.Ti; d.K; e.Cr; f.Al; g.Si; h.Mn; i.P; j.Fe; k.S; l.Co

结核环带分布特征显示三个主要构成，核心、（相对致密的）内层，（较为疏松的）外层。海底底流活动强弱可能是影响铁锰结核生长速率的主要环境因素之一，因而可能反映结核相应环带的生长特征。其内层致密纹层状构造多形成于环境稳定、生长缓慢的条件下，在水成型结核中比较常见；而外层扩展成斑杂状构造，环带结构疏松，是沉积环境剧烈动荡、结核生长速度较快的结果。从纹层状到斑杂状的构造可能指示着沉积环境中底流活动强度与结核生长速率的逐渐增大。

此铁锰结核样品余样破碎后进行XRD衍射谱图分析。展谱为弥散宽化的衍射峰，表明其整体结晶程度较差或晶粒细化严重；部分尖锐的衍射峰，显示其含有某些结晶较好的矿相。对照ICDD-PDF卡片库进行物相鉴定，结果如图4所示。物相分析结果表明，该多金属结核样品中含有钙锰矿（Todorokite）、钙十字沸石（Phillipsite）和石英（Quartz）等矿相。矿物的组成也反应了水成成因结核的特点。

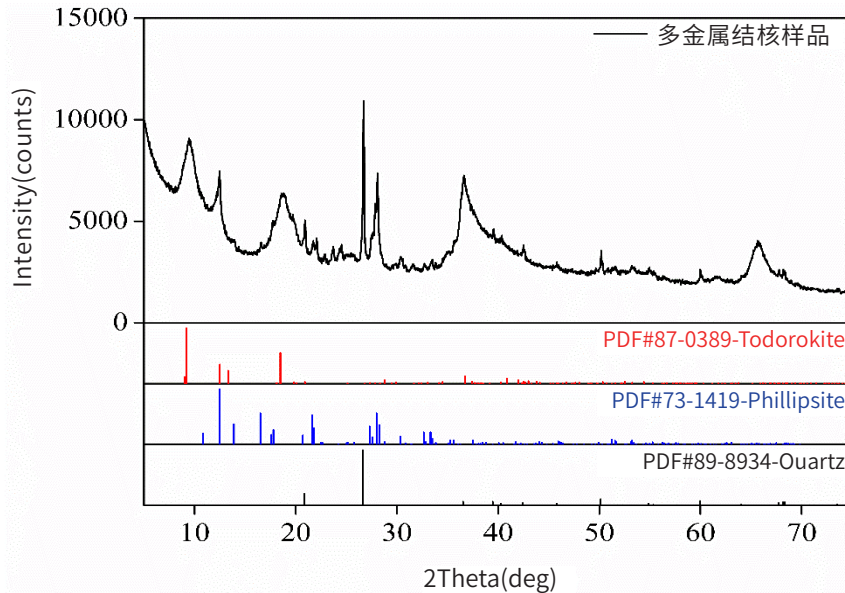


图4 铁锰结核XRD物相定性分析结果

针对内外层的致密和疏松交会位置和内部核心，背散射电子图像下可以看到疏密结合位置可能是多孔的胶状物质，其他位置 Mn 和 Fe 含量均相对较高，并有一定的负相关性。铁锰结核内部核心较环带外层略为致密，主要呈纹层结构，核心和生长层元素含量上差异不大，Ti、Fe 和 Ca 的含量略微较高。核心主要成分以 MnO_2 为主，其他背散射图像上暗色位置为 SiO_2 、 Al_2O_3 。

■ 结论

综合 EPMA 测试获得的环带和核心的元素面分布特征数据、各微区元素定量结果，以及 XRD 图谱分析结果显示，此铁锰结核的结构相对较为简单，结核有两期，核心主要由原始结核碎块构成，以 MnO_2 为主，Ti、Fe 和 Ca 含量略为较高，结构上主要为纹层状，早期的生长较为缓慢，所以比较致密。环带层上表现为内部为致密纹层状、多孔胶状非晶质以及外层为疏松斑杂状，结构显示其外部结核生长速率较快，可能指示着沉积环境的动荡，海洋底流活动的增强。