

“战略性矿产岩矿分析测试技术和标准体系”专辑

絮 语

战略性矿产是中国战略新兴产业发展的重要保障。岩矿分析测试是获取岩石、矿石中元素含量和分布特征的主要手段,是支撑战略性矿产高效开发利用的关键技术。多数战略性矿产,特别是稀有、稀土、稀散矿产,其丰度低、颗粒细、多伴生产出,如稀散元素自然丰度极低,且多与大宗金属元素伴生。岩矿样品中两类元素的含量差异达 3~6 个数量级,对岩矿分析测试提出多方面挑战,需要高精度、高灵敏度的多元素分析技术。铜、钼、盐湖、锂等一批战略性矿产集中分布在中国西部偏远地区,很多矿化无法直接观察识别,需要采用便捷、高效的野外现场分析技术。岩石矿物中元素的空间分布和化学相态是研究成矿机理、优化选冶工艺的依据,战略性矿产元素的赋存状态异常复杂,而整体分析只能获取元素含量信息,需要高灵敏度、高分辨率的赋存状态分析技术。

国家重点研发计划项目“战略性矿产岩矿分析测试技术和标准体系”(2021YFC2903000)紧密围绕上述需求,重点攻关多元素分析、微区原位分析和野外现场分析三类技术,构建覆盖稀有、稀散、稀土等 15~20 种主要战略性矿产的岩矿分析测试技术和标准体系。《岩矿测试》2023 年第 5 期专辑收录 16 篇学术论文,报道了该项目实施两年来在高精度多元素整体分析、高空间分辨率微区原位分析、绿色友好分析技术等方面的研究成果。

元素和同位素的整体分析是岩矿测试的基石。该领域虽已基本完成从化学分析向仪器分析的升级,但对矿石类型多样、共伴生特征复杂的战略性矿产,仍存在很多亟需完善的空间。离子吸附型矿石中稀土的赋存形式多样,朱云等(P877-887)系统比较了五元混合酸、盐酸、硝酸、硫酸铵对不同相态稀土的选择性提取效果。钪的化学性质有别于镧系稀土元素,需要采用特殊材料分离提取。白宇等(P888-902)研制了一种羧基功能化共价膦腈聚合物材料,实现酸性介质中钪的高效选择性分离。煤可以富集稀土等关键金属元素,但其中有机质含量高、基体复杂,对分析测试产生干扰。张欣等(P903-914)建立了硝酸-氢氟酸高压密闭消解煤,混合酸半敞开消解煤矸石和煤飞灰,ICP-MS 测定煤系样品稀土元素的方法。钼矿石是铼的重要来源,肖玉芳等(P915-922)建立了逆王水微波消解样品,8-羟基喹啉沉淀分离基体杂质元素,ICP-MS 测定钨钼矿石中铼的方法,分析流程缩短至 2h。铍矿石类型多样,于汀汀等(P923-933)针对绿柱石、香花石、日光榴石等铍矿物,建立了混合酸酸溶,ICP-OES 测定 9 种主次量元素的方法。阴离子类型与含量是评价锂、钾卤水资源的重要指标。孙红宾等(P934-943)基于流动注射仪,建立了咸水、半咸水中硝酸盐氮和亚硝酸盐氮的分析测试方法。魏雨秋等(P944-956)优化了树脂分离流程,并采用动态多接收 TIMS 法测定铯同位素,有效地消除法拉第杯系数的影响,方法精密度提高 2~3 倍。

微区原位分析是近二十年来岩矿分析测试领域发展势头迅猛的方向之一,正朝着分辨率、灵敏度、准确度和精密度更高的方向发展。原子探针层析技术(APT)的分辨率已经达到亚纳米水平,能提供定量的三维元素和同位素信息。陶鹏等(P957-969)从成矿元素赋存状态、纳米尺度包裹体和稳定同位素组成三方面总结了原子探针在矿床研究中的代表性应用成果。LA-ICP-MS是地球科学领域应用最广泛的微区原位分析技术。李会来等(P970-982)研制了一款低温样品池,可抑制激光剥蚀过程中的热效应,减少硫化物熔化和气溶胶再沉积,提高了分析精密度和准确度。何焘等(P983-995)将高频剥蚀与Ar-N₂等离子体技术相结合,使LA-ICP-MS对微量元素的灵敏度提升了1.5~9倍,在高空间分辨率(10~24μm)条件下实现硅酸盐玻璃样品的准确定量分析。罗涛等(P996-1006)采用气溶胶局部提取快速清洗剥蚀池,结合高频率激光剥蚀的方式,将碳酸盐矿物元素的检出限降低5~10倍。

减少使用或不使用酸碱等化学试剂的绿色分析测试方法,是岩矿分析的另一重要发展方向。张晨西等(P1007-1019)利用高能红外激光照射粉末样品,使之熔融形成玻璃态样品,实现海洋沉积物、土壤、铝土矿等复杂基体样品的快速制备,有效地提高了样品均一性和分析精密度。陈达辉等(P1020-1030)将氟化铵消解、超细粉末压片和LA-ICP-MS元素分析技术相结合,实现岩石、矿物、土壤样品中45个主微量元素的精确测定。郭心玮等(P1031-1040)基于交流电弧直读光谱仪,开发了固体样品直接进样测定钼矿石中高含量钼的分析方法,无需高倍稀释即可实现最高含量50%钼矿石中钼的准确测定。宋洲等(P1041-1051)开发了高温直接烧结后混合酸提取,ICP-OES测定钼矿石中钼钨及5种伴生元素的方法,省去赶酸环节,减少酸气的排放。董学林等(P1052-1061)开发了湿法球磨制备超细样品的方法,30min球磨后岩矿样品粉末粒度达到1000目,取样量可降低至2mg,从而减少试剂的用量。

未来两年,重点研发计划项目“战略性矿产岩矿分析测试技术和标准体系”将继续围绕多金属矿石中的主成矿及共伴生元素精准测定、野外现场样品成矿元素含量高效分析、元素赋存状态的高空间分辨率识别等方向加强攻关。加强研制高空间分辨率微区分析装置、现场分析仪器和移动实验室等装备,加快开发多元素分析、现场分析和微区原位分析技术,构建技术方法标准化和体系化,以及建立标准物质研制和质量监控平台,以期实现战略性矿产岩矿分析测试技术的综合集成和体系构建。

客座主编:周利敏(国家地质实验测试中心)
屈文俊(国家地质实验测试中心)