贵州省科学技术奖推荐公示内容

**项目名称:**复杂难处理胶磷矿浮选界面调控及强化分离机制

**推荐专家/单位及推荐等级:**贵州大学，贵州省自然科学奖二等奖、三等奖

**项目简介:**

磷化工是国民经济的基础产业，磷资源是磷化工产业的基础资源。我国磷矿以沉积型磷块岩为主，主要为中低品位磷矿石，呈“贫、细、杂”的特点，杂质含量较高、有用矿物与脉石矿物共生紧密、嵌布粒度细。胶磷矿需要经过矿物加工富集才能满足后续磷化工的要求，但其复杂的矿物学特征导致胶磷矿分选难度大。中低品位复杂难处理磷资源高效利用是世界各国竞相发展和重点支持的战略产业方向。我国磷矿资源消费量大，主要用于生产磷酸和制备磷肥。据统计，我国每年用于制备磷肥的磷矿占磷矿总消费量的70%以上，如果以每年3%的增长速度预测磷矿的年消费量，到2065年世界磷矿资源将完全消耗殆尽。因此，对胶磷矿浮选体系界面调控及强化分离机制的研究既是重大科学前沿，也是国家重大战略需求。在国家自然科学基金《白云石-胶磷矿体系中的界面相互作用研究》、《石英-胶磷矿体系中浮选表面化学研究》、《微细粒胶磷矿与白云石絮凝浮选分离机理研究》等的资助下，项目聚焦磷矿资源清洁高效利用这一国家重大需求，系统开展了中低品位胶磷矿矿物学特征、胶磷矿浮选分离及作用机制等方面的研究，取得的代表性研究成果主要包括：

**（1）基于成矿理论确定早寒武世早期贵州织金含磷岩系地球化学特征与成磷作用机制，查明贵州典型硅钙质磷矿石中胶磷矿与主要脉石矿物的矿物学特征及表面化学特性。**

基于早寒武世沉积台地和陆架-斜坡剖面的非传统稳定同位素（Mo、Fe、Zn、Si等）示踪研究明确了早寒武世海洋化学特征，明确了早寒武世早期贵州织金含磷岩系地球化学特征与成磷作用机制；查明了贵州典型硅钙质磷矿石中胶磷矿为主要含磷矿物，发现了主要脉石矿物白云石、方解石、石英等粒度微细、解离难度大的影响机制。基于价键理论明确了有用矿物胶磷矿Ca-O键和Ca-F键易断裂、矿物解离面Ca2+暴露较多的作用机理，解析了主要脉石矿物石英、方解石、白云石等表面结构、电子特性和吸附活性的本质属性，建立了复杂难处理胶磷矿及主要脉石矿物表面结构和反应活性模型及科学理论。

**（2）基于第一性原理明确脂肪酸捕收剂在胶磷矿表面的作用机制及影响因素，验证了理论研究成果。**

明确主要脉石矿物白云石、石英、方解石表面离子富集原理，提出酸性环境是实现胶磷矿选择性浮选分离的必要条件；基于第一性原理明确了脂肪酸捕收剂在胶磷矿Ca末端Ca1(surf)位点形成稳定的吸附构型、脂肪酸与Ca位点之间存在化学吸附和氢键吸附，发现并验证了在一定范围内生增加碳链长度可使脂肪酸吸附作用增强，而碳碳双键增加对吸附强度影响接近的机制；揭示了有用矿物和脉石矿物与浮选药剂的作用机理，为中低品位胶磷矿清洁、高效利用提供了重要科学参考。

**（3）查明磷精矿中稀土元素绝大部分以类质同象形式赋存于胶磷矿中，提出并阐明了综合回收磷精矿中稀土的关键是浸出以类质同象形式存在于胶磷矿中稀土的科学问题。**

针对贵州典型含稀土磷矿中伴生稀土元素开展工艺矿物学研究，发现含稀土磷矿石中存在部分独立的稀土矿物，查明磷精矿中稀土元素绝大部分以类质同象形式赋存于胶磷矿中，要综合回收磷精矿中的稀土，关键是浸出以类质同象形式存在于胶磷矿中的稀土。研发的提取工艺在不影响现有成熟湿法磷酸生产工艺及磷产品质量的前提下，实现磷矿中伴生稀土元素的高效回收。

项目成果是研究团队多年研究的系统总结，从中低品位胶磷矿清洁高效利用的理论到实践进行了系统深入的探索，研究成果补充完善了中低品位复杂难处理胶磷矿分选加工的理论体系，推动了相关学科发展、中低品位胶磷矿清洁的高效利用以及服务区域经济发展做出了重要贡献。

项目研究成果发表在Applied Surface Science、Powder Technology等国际顶尖期刊上，得到国内外同行的广泛关注和高度评价，研究成果创新性强，对中低品位胶磷矿资源及共伴生资源清洁高效利用具有重要科学价值。

**代表性论文专著目录:**

[1] Wen Hanjie;Fan Haifeng;Zhang Yuxu;Cloquet Christophe;Carignan Jean. Reconstruction of early Cambrian ocean chemistry from Mo isotopes[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2015, 164: 1-16.

[2] 高慧,杨瑞东.早寒武世早期贵州织金含磷岩系地球化学特征与成磷作用[J].地球与环境,2005(01):33-42.

[3] Jun Xie;Xianhai Li;Song Mao;Longjiang Li;Baolin Ke;Qin Zhang.Effects of structure of fatty acid collectors on the adsorption of fluorapatite (0 0 1) surface: A first-principles calculations[J]. Applied Surface Science, 2018, 444(30):699-709.

[4] Xianbo Li;Qin Zhang;Bo Hou;Junjian Ye;Song Mao;Xianhai Li. Flotation separation of quartz from collophane using an amine collector and its adsorption mechanisms[J]. Powder Technology, 2017, 318:224-229.

[5] Chen, Qianlin;Ma, Xin;Zhang, Xin; Liu, Yunqi; Yu, Ming.Extraction of rare earth ions from phosphate leach solution using emulsion liquid membrane in concentrated nitric acid medium[J]. Journal of Rare Earths, 2018, 36(11):72-79.

**主要完成人:** 张覃，温汉捷，陈前林，杨瑞东，卯松，李龙江，李显波

**主要完成单位:**贵州大学；贵州科学院；中国科学院地球化学研究所