

近代物理所在碳化铀核燃料制备方面取得进展

二氧化铀 (UO_2)

核燃料已经广泛地应用于核电站压水堆中，它具有高熔点、膨胀各向同性的特点以及良好的辐照行为和机械性能，但是存在热导率低以及容易脆化等问题。而碳化铀 (UC) 核燃料拥有极高的硬度，并且在较宽的温度范围内不发生相转变，因而可承受较高的服役温度。碳化铀的热导率为 $21.7 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (1237 K)，密度为 $13.63 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，铀含量为 95.2%，均高于二氧化铀。碳化铀核燃料被认为是第四代反应堆的理想候选核燃料。基于加速器驱动先进核能系统中闭式燃料循环的探索研究，碳化铀还可与钚 (Pu) 以及部分次锕系核素 (MAs) 形成二元混合共溶体系，因此，科研人员选择碳化铀为再生核燃料的形式。

近期，中国科学院近代物理研究所嬗变化学研究室的科研人员利用即时-无冷却混合与微波加热相结合的溶胶凝胶法成功制备 UC 陶瓷核燃料小球；又采用 Pechini 型聚合整合法成功制备了物相单一的 UC 粉末。

近期，中国科学院近代物理研究所嬗变化学研究室的科研人员利用即时-无冷却混合与微波加热相结合的溶胶凝胶法成功制备 UC 陶瓷核燃料小球；又采用 Pechini 型聚合整合法成功制备了物相单一的 UC 粉末。

科研人员与瑞士保罗谢勒研究所 (PSI) 合作共同研制一种室温即时-无冷却混合与微波辅助加热相结合的快速溶胶凝胶工艺平台，并利用该平台成功制备出碳化铀核燃料小球 (图1所示)。首先利用超声分散的方法将炭黑在纳米水平均匀地分散在凝胶剂溶液 (HMUR) 中，然后通过溶胶凝胶法制备包含有炭黑的 C- UO_2 凝胶球，最后再通过碳热还原反应将其转换为物相均一的 UC 陶瓷小球。所制备的 UC 陶瓷小球粒径为 $675 \pm 10 \mu\text{m}$ ，密度可达到理论密度的 92% 以上。该平台将直接应用于闭式燃料循环中再生碳化铀核燃料小球的批量制备。科研人员还采用 Pechini 型聚合整合法通过柠檬酸 (CA) 与铀酰离子 (UO_2^{2+}) 螯合，形成稳定的 UO_2^{2+} -CA 络合物；随着溶剂的蒸发及络合物与甘露醇之间聚合交联反应的发生，得到疏松多孔的前驱体材料；然后原位碳化得到 UO_2/C 纳米复合材料；最后经过碳热还原获得 UC 粉末 (图2所示)。该方法通过 U 和 C 在原子水平的均匀混合，缩短了反应物之间的迁移距离，实现了在相对较低温度 (1400°C) 下制备 UC 粉末。该工作对低温合成包含 Pu 和 MAs 的碳化铀燃料具有一定的应用前景。

此项研究得到中科院战略性先导科技专项 (A 类) “未来先进核裂变能—ADS 嬗变系统” 项目和国家自然科学基金项目 (先进嬗变燃料元件的设计、制备及性能研究) 的支持。成果已分别发表在国际期刊 Ceramics International 和 Journal of the American Ceramic Society 上，文章第一作者分别为田伟和郭航旭。

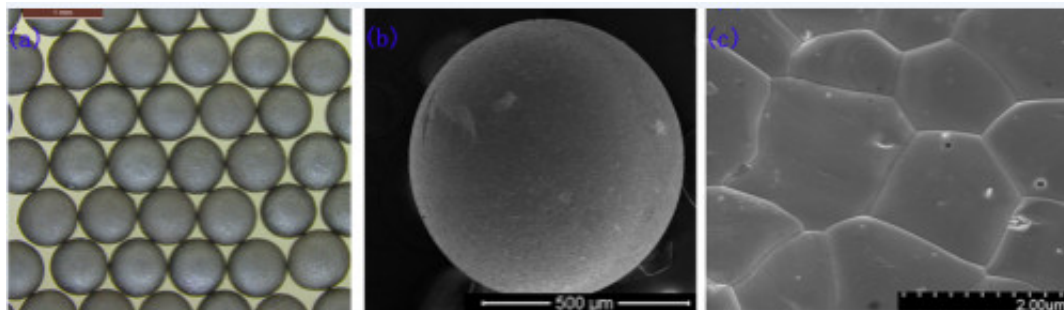


图1：即时无冷却混合-微波加热溶胶凝胶法制备 UC 陶瓷核燃料小球。a：UC 陶瓷核燃料小球实物照片；b：UC 陶瓷核燃料小球的 SEM 照片；c：UC 陶瓷核燃料小球的微观形貌

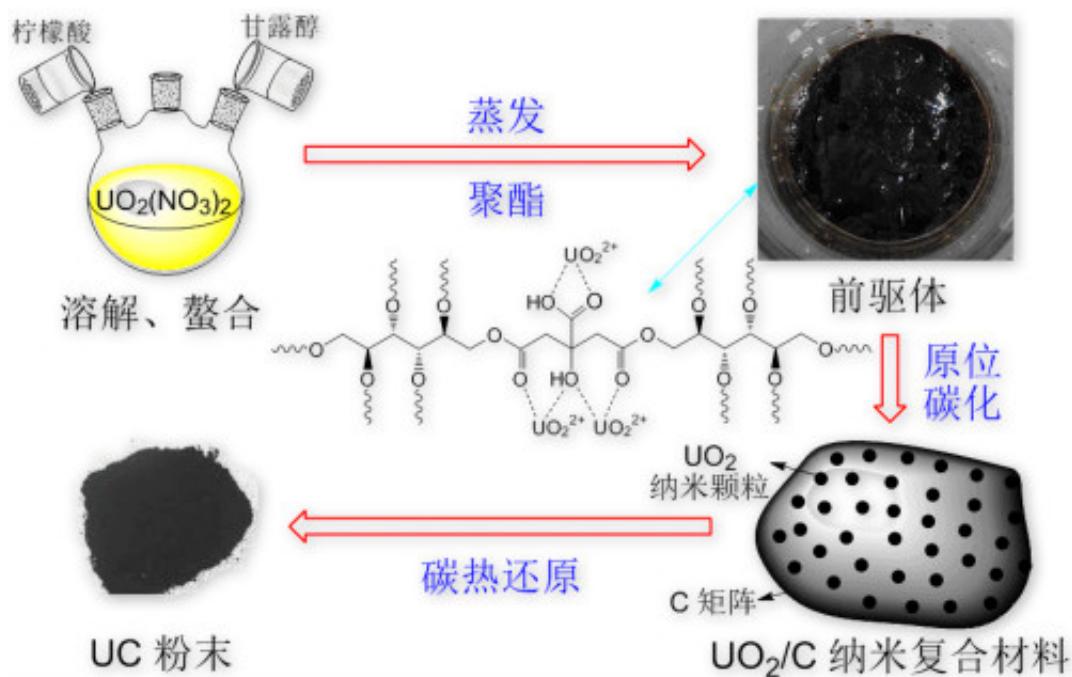


图2：Pechini型聚合螯合法制备UC粉末。首先，柠檬酸（CA）与铀酰离子螯合形成稳定的 UO_2^{2+} -CA络合物；随着溶剂的蒸发及络合物与甘露醇之间聚合交联反应的发生，得到疏松多孔的前驱体材料；然后原位碳化得到 UO_2/C 纳米复合材料；最后经过碳热还原获得UC粉末

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/128853.html>