

---

## 工程与材料科学部

### “鼓励探索、突出原创”典型案例

#### 亚稳相铁基光电催化分解水制氢

各国对氢能的需求越来越大，纷纷制定了燃油车退出的时间表。太阳能光电催化分解水制氢具有重要应用和发展前景。但是，太阳能光电催化分解水应用的瓶颈：缺乏低成本、高效、环境友好、稳定的光电极材料。经典使用的  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  光电极材料，间接带隙半导体，光吸收系数小，空穴迁移率低，因此实验上获得的分解水的性能远低于理论值  $12.6 \text{ mA cm}^{-2}$ 。能否寻找理论转化效率更高、直接带隙、低成本的光电极材料是迫在眉睫的事情。

前期工作发现，亚稳相的  $\beta$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  太阳能-氢能的理论转化效率 20.9%，高于经典  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (15%)，证实了  $\beta$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是直接带隙半导体材料，同时发现了其在激光加热条件下向  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  转变的相变行为。另外，亚稳相  $\eta$ - $\text{YFeO}_3$  太阳能-氢能的理论转化效率可以达到 21%。因此，如果能够寻找到稳定亚稳相的方法，有望突破传统  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的限制，提高光电转换至氢的效率。

因此，我国学者提出利用元素掺杂提高亚稳相  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的稳定性，同时提高载流子浓度；并构筑电荷传输通道，应用到光解水领域，提升分解水性能。在国际上率先探索亚稳相铁基光电极材料的研究，拓宽人们的视野，推动光电催化分解水制氢的发展。

---

## “聚焦前沿、独辟蹊径”典型案例

### 电化学脱嵌法的盐湖提锂

锂是重要的战略金属，我国储量居世界第二，我国 80%左右的锂赋存于盐湖卤水，镁锂高却非常难提取。

我国学者将锂离子电池的工作原理应用于从盐湖卤水中选择性提取锂，“反其道而行之”发明了“电化学脱嵌法盐湖提锂”新方法。基于这一独特思路，构筑了“富锂态吸附材料 | 支持电解质 | 阴离子膜 | 卤水 | 欠锂态吸附材料”的电化学提锂新体系。实现了盐湖卤水中锂的高选择性、低成本、绿色提取和富集。

同传统方法相比，新方法处理高镁锂具有优势：1) 提高 30~50%锂综合回收率；2) 可直接处理原卤、老卤及任意阶段的卤水；3) 碳酸锂成本低于 2 万元/吨；4) 过程清洁环保；5) 提锂装置模块化、智能化。

## “需求牵引、突破瓶颈”典型案例

### 金属基复合材料

金属基复合材料具有高比强度、高比刚度、抗疲劳、耐热、耐磨、高导热、低热膨胀等特性，是航空航天、能源、电子信息和交通运输等领域高速发展不可缺少的共性关键材料，其应用广度、生产发展的速度和规模，已成为衡量一个国家材料科技水平

---

的重要标志之一。由于其在关键领域的重要性，基本无法依靠进口，成为制约我国相应领域发展的“卡脖子”问题。

我国学者致力于从以下三个方向自主研发新一代的金属基复合材料，一是，在复合材料设计中引入非均匀的复合构型，通过基体与增强体在空间的合理构型设计与协调耦合效应，从而打破原本耦合在一起的材料性能，实现其性能指标的最优化配置；二是，基于材料基因工程的思想，建立材料成分/结构/性能的共享数据库，通过高通量模拟计算预测有望提高材料性能的因素，优选出材料的成分和合成工艺，从而节省研发时间、降低材料成本；三是，寻求性能更加优异的增强体，将碳纳米管和石墨烯用作纳米增强体，用于高性能金属基复合材料的制备。

我国学者经过对金属基复合材料进行了长期的基础研究后，在金属基复合材料领域取得了可喜的进展。在复合材料性能方面，通过基础研究所开辟的新的思路与方法，以及所发展新的复合制备理念和技术原型，有效打破了金属基复合材料一些性能之间存在的“倒置”关系瓶颈，获得了优异的综合力学与功能特性。在材料和相关制品方面，我国学者以国家需求为牵引，研究开发出了系列的高性能构件，在航天、军事、核能等领域获得广泛的应用，有效提高了我国在相关领域的国际竞争力，有力解决了在我国在金属基复合材料领域的“卡脖子”现象。

---

## “共性导向、交叉融通”典型案例

### 青藏高原湖泊水量遥感监测

青藏高原是“亚洲水塔”和“中华水塔”，也是我国湖泊分布最集中的地区，这些湖泊是区域水热循环的重要节点，对气候变化十分敏感。准确认识气候波动和变化下湖泊水量消长的规律，对提高区域水文-气候相互作用机理及演变规律的认识具有重要的科学意义。另一方面，近20年来青藏高原湖泊呈现快速扩张的趋势，对湖泊邻近地区的农田牧场、基础设施的威胁与日俱增，甚至可能诱发湖泊溢流洪水。青藏高原湖泊水量实测资料严重匮乏，而遥感数据正好具有覆盖范围广、平均成本低、数据量大等特点，可运用空间观测技术监测湖泊水位、水量变化。

我国学者借助谷歌地球引擎(Google Earth Engine)高效利用Landsat光学影像，将光学影像观测到的岸线变化过程转化为湖泊水位消长过程，再结合湖泊面积观测将其转化为水量变化信息，并通过严格的不确定性分析和多次野外实验对光学水位信息的准确性进行了有效验证，借助高分辨率影像从源头上分析了误差来源，构建了光学水位不确定度与相关要素的关系式。在此基础上，形成相应的水量数据集，并包含丰富的湖泊水储量变化时空分布信息。另一方面，利用光学水位信息时间连续性较高的特点，可以甄别出不同的测高卫星数据之间存在的系统误差并予以移除。模型计算与遥感观测对结果相互验证，实现了遥感与水文

---

与水资源学科的有机结合。

NSFC四类科学问题属性典型案例库