



高效水解制氢复合粉体及其 发电系统的研发与应用

厦门大学材料学院
刘兴军

2017.7



目录

- 研究背景
- 研究内容
- 技术特点
- 总结

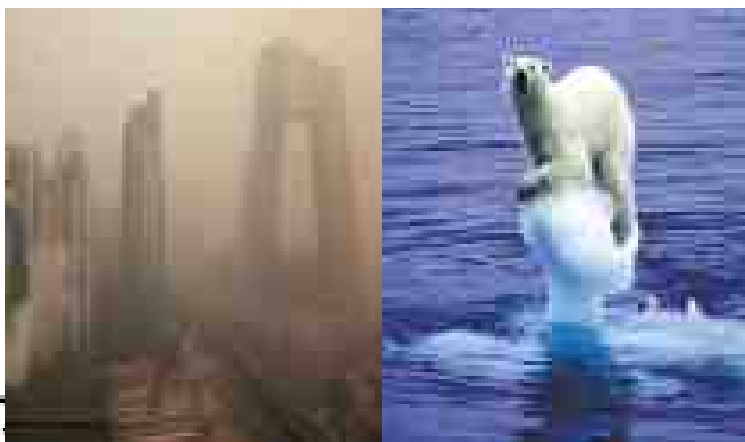


研究背景

矿物燃料日益枯竭



雾霾、温室效应等环境问题



世界能耗不断加剧



寻找绿色清洁的替代能源





新能源

- 太阳能
- 风能
- 核能
- 氢能



基础设施建设成本高，
受天气地理位置限制；



安全性



氢能的优势

氢能

绿色 清洁

燃烧产物是水，不产生温室气体以及其他污染物

资源 丰富

宇宙中含量最丰富的元素，广泛存在于水、矿物燃料以及各种碳水化合物中

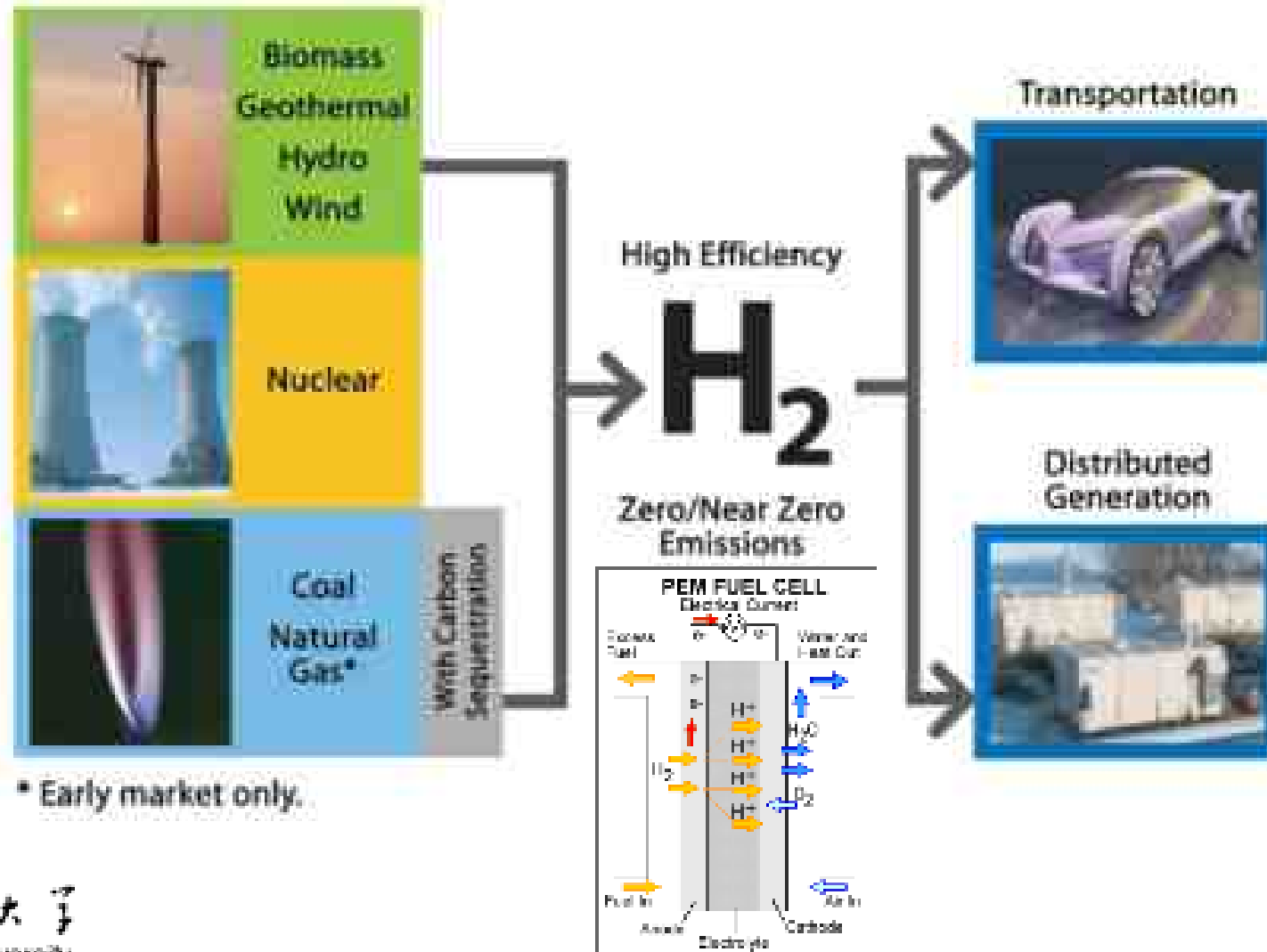
热值高

氢的燃烧热值是石油燃烧热值的3倍

未来最具发展潜力的绿色能源

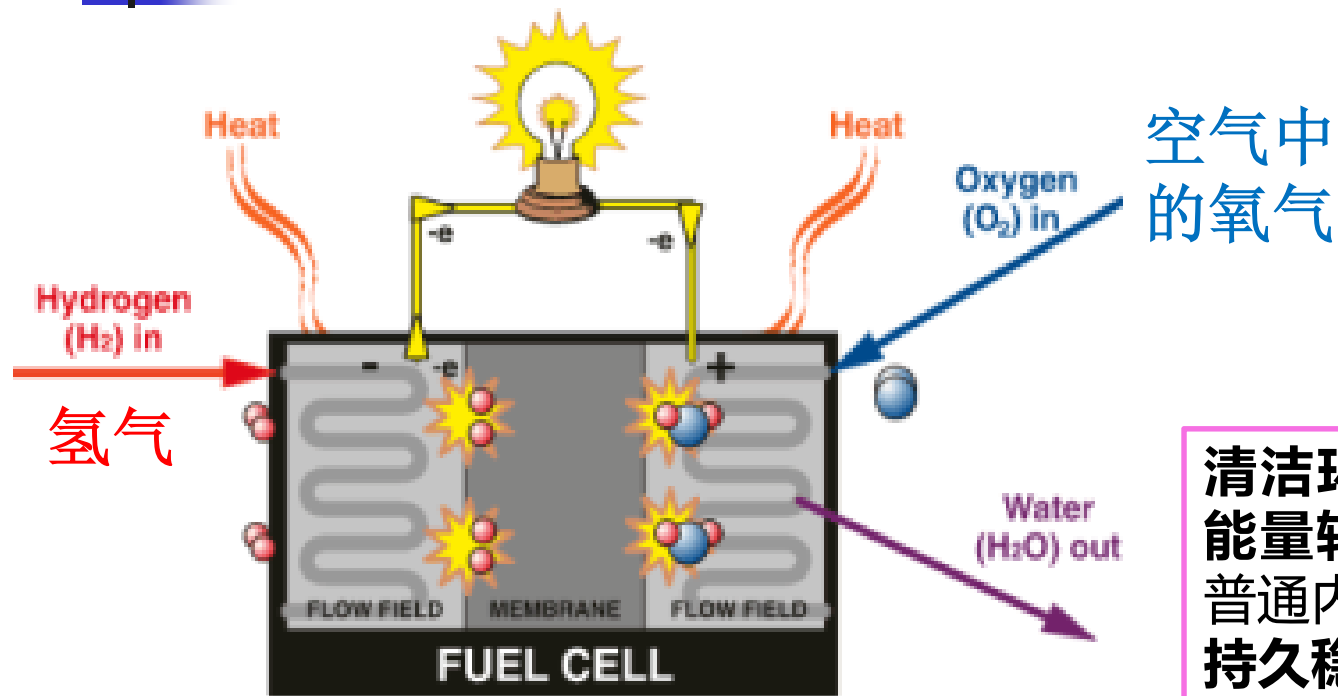


氢能应用



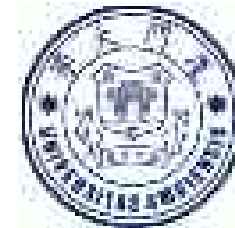


氢氧燃料电池



清洁环保：反应产物是水；
能量转换率高：超过80%；
普通内燃机只有30%；
持久稳定、容量大、
比能量高、功率范围广。

能源利用的终极形式！



氢能发展的制约因素

二次能源

氢气的供应

制备
效率低
成本高
污染大

存储
储氢率低
成本高

运输
风险高
不便利

矿物燃料制氢
电解水制氢
光催化制氢
生物制氢

移动氢源

“即时即地”
“按需索取”

AI基水解制氢材料



铝水制氢的优点

铝水制氢技术

铝来源广泛，价格低廉

铝密度小，单位产氢量高

氢气纯度高，不含CO等气体

全过程环境友好，无污染

存在的问题：铝在空气中极易氧化，生成致密氧化膜，从而无法实现**持续、快速**地制备氢气。



目前存在的破坏氧化膜的方法

加入碱

- 环境污染，设备损伤

提高反应温度

- 成本高，操作复杂，无法实际使用

添加低熔点金属

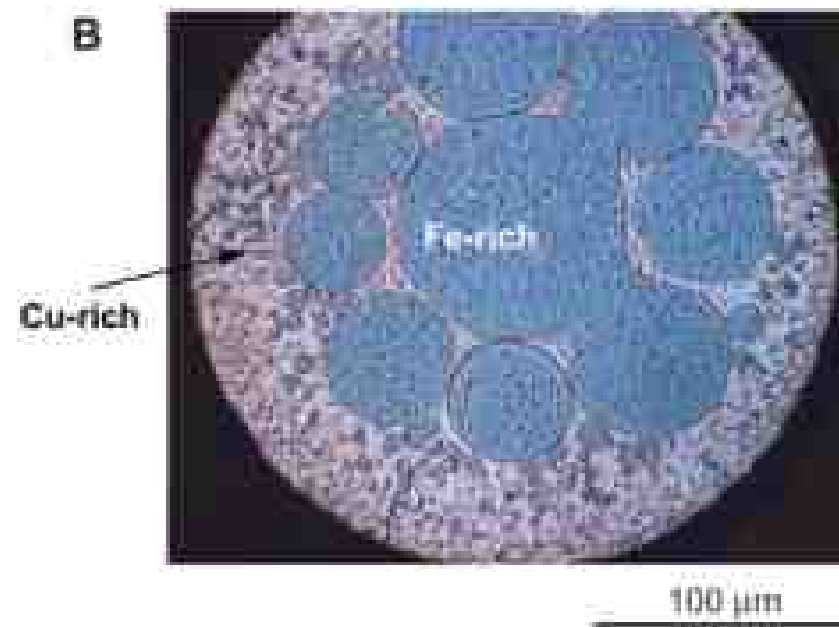
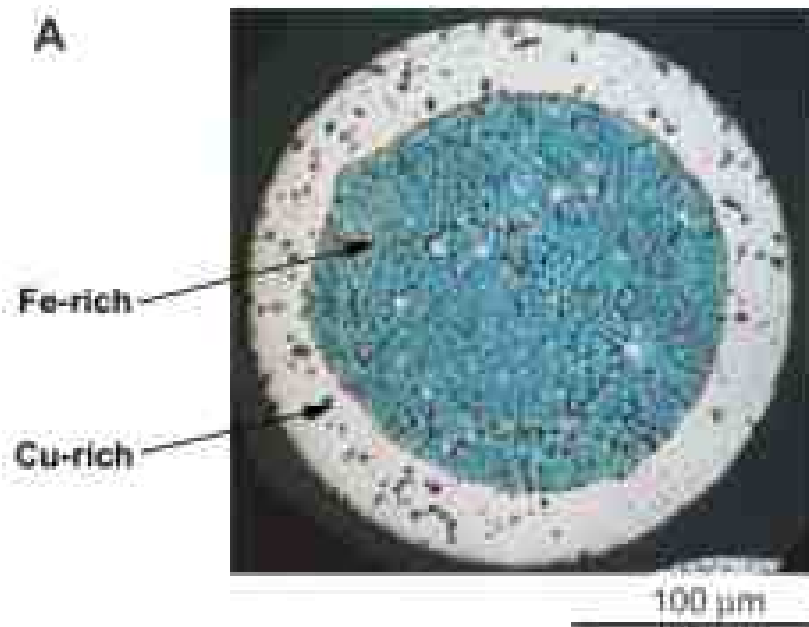
- 制备方法复杂，成本高

机械球磨

- 不易保存，效率低，噪声污染



卵形结构复合粉体

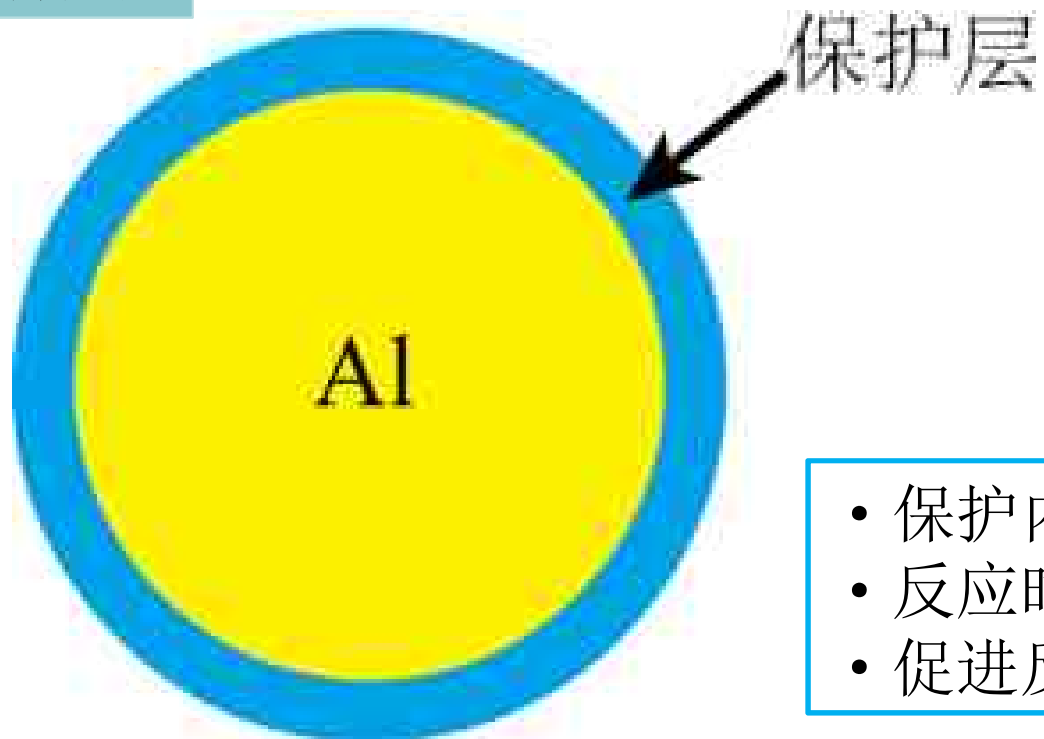


C.P.Wang, X.J.Liu, et al. "Formation of Immiscible Alloy Powders with Egg-type Microstructure", Science, 297 (2002), 990



Al基自组装卵形复合粉体

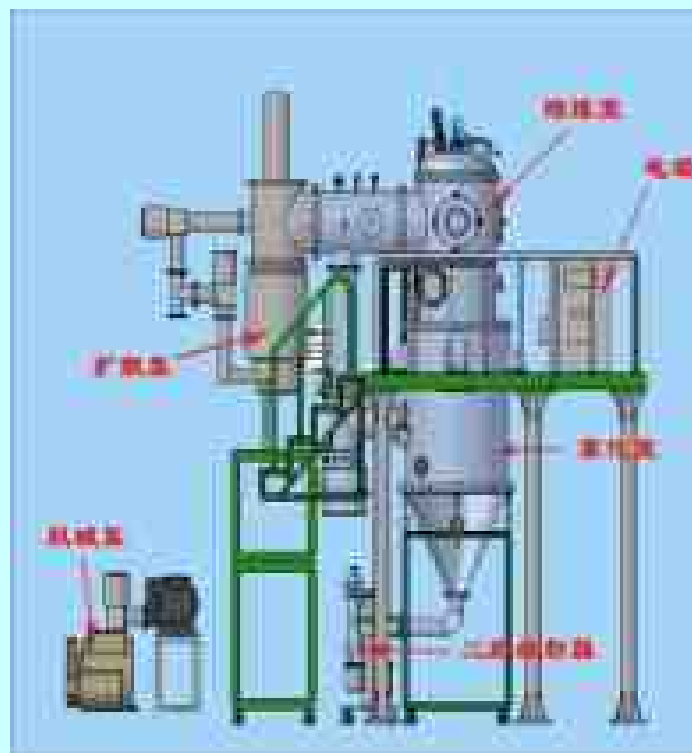
Al基液相分离体系

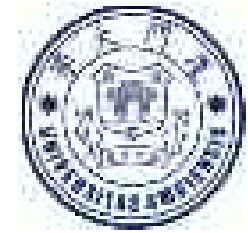


- 保护内部Al的活性
- 反应时能分解
- 促进反应进行

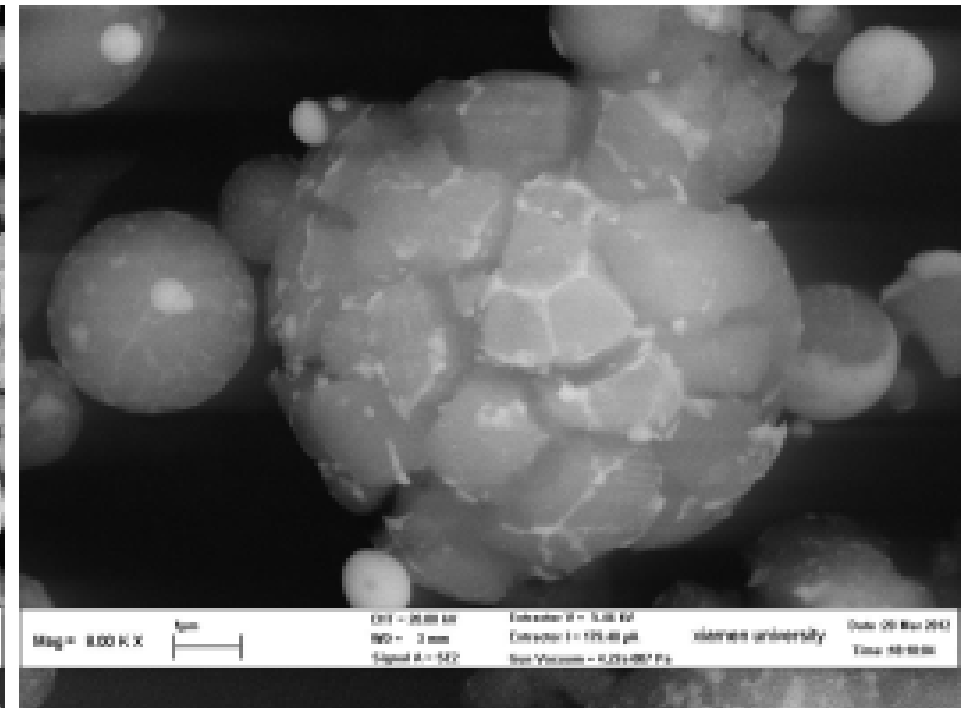
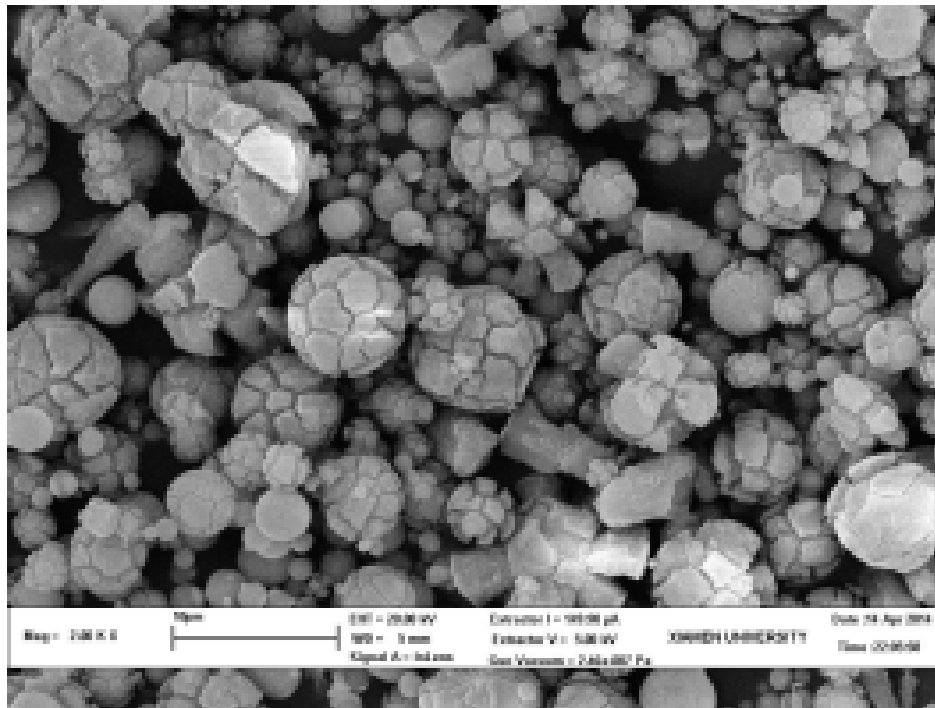


自主开发设计的超音雾化制粉设备



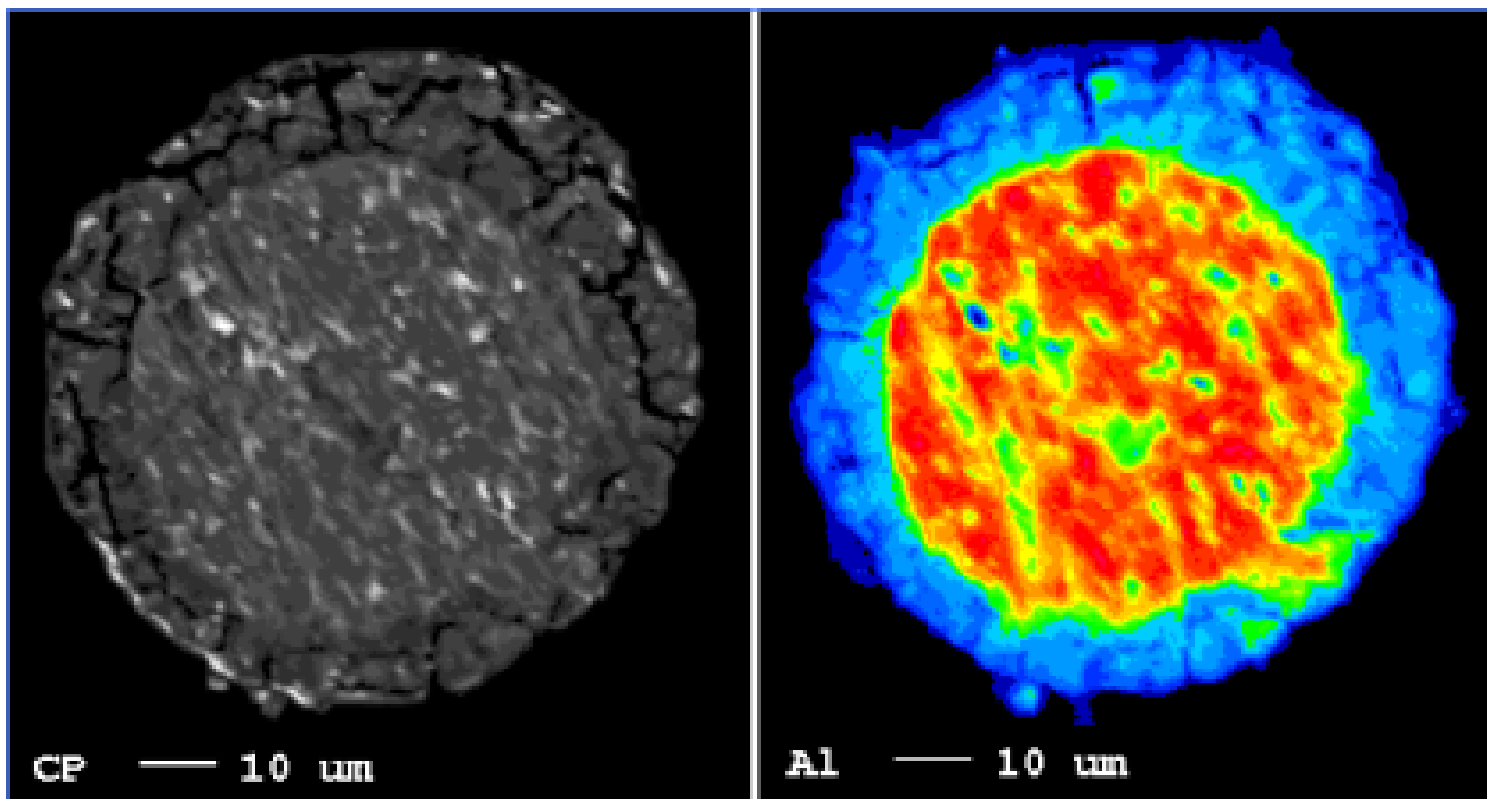


复合材料的形貌观察



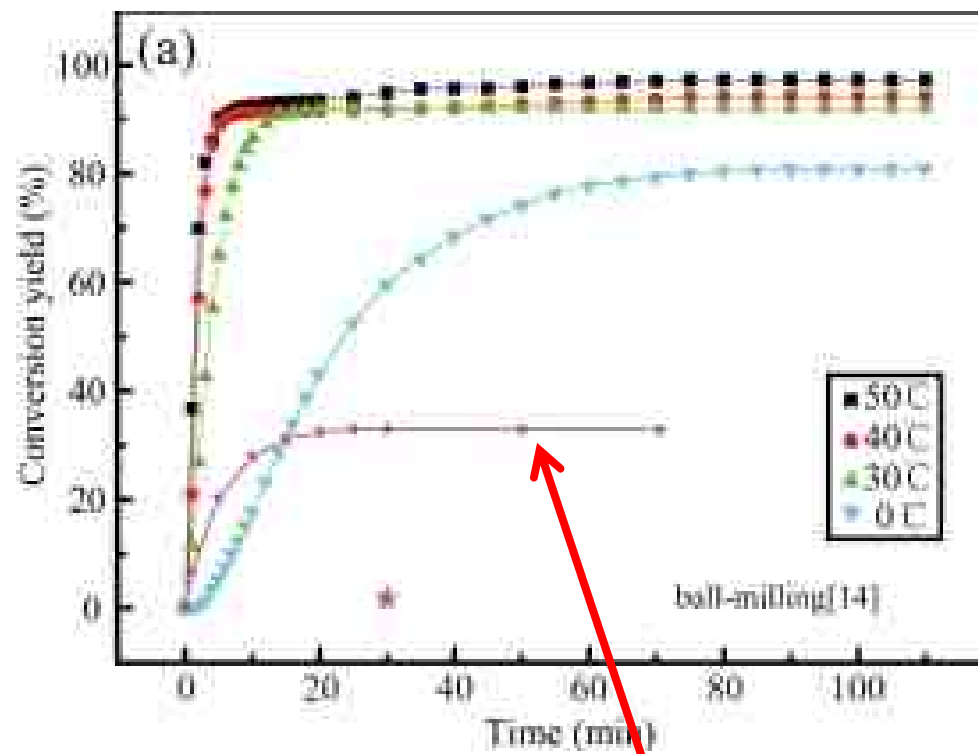


EPMA 面扫描分析结果



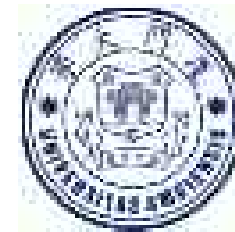


复合材料的水解制氢性能



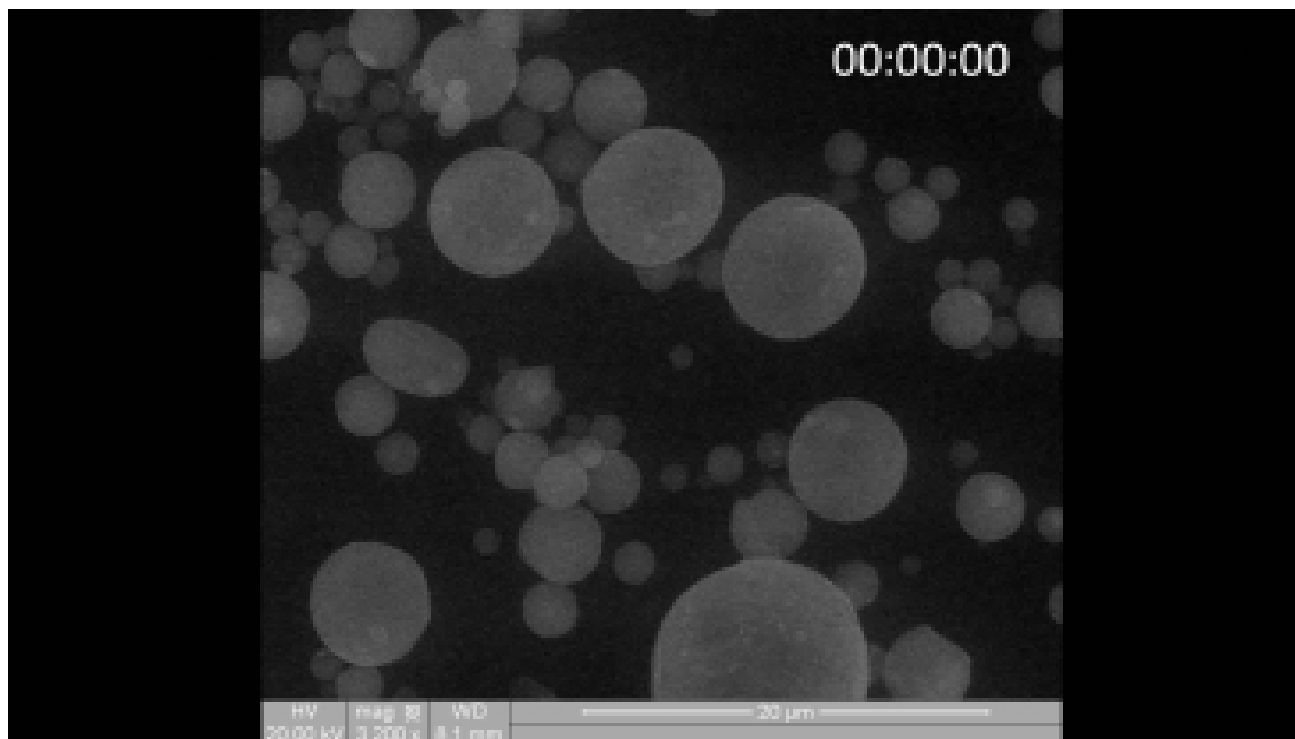
在常温下甚至 0°C 的中性水中，复合材料具有优异的水解制氢性能和抗氧化性能，转化率接近100%。

与采用高能球磨办法制备的相同成分的材料相比，本项目具有明显优势。



新型制氢技术---水汽制氢

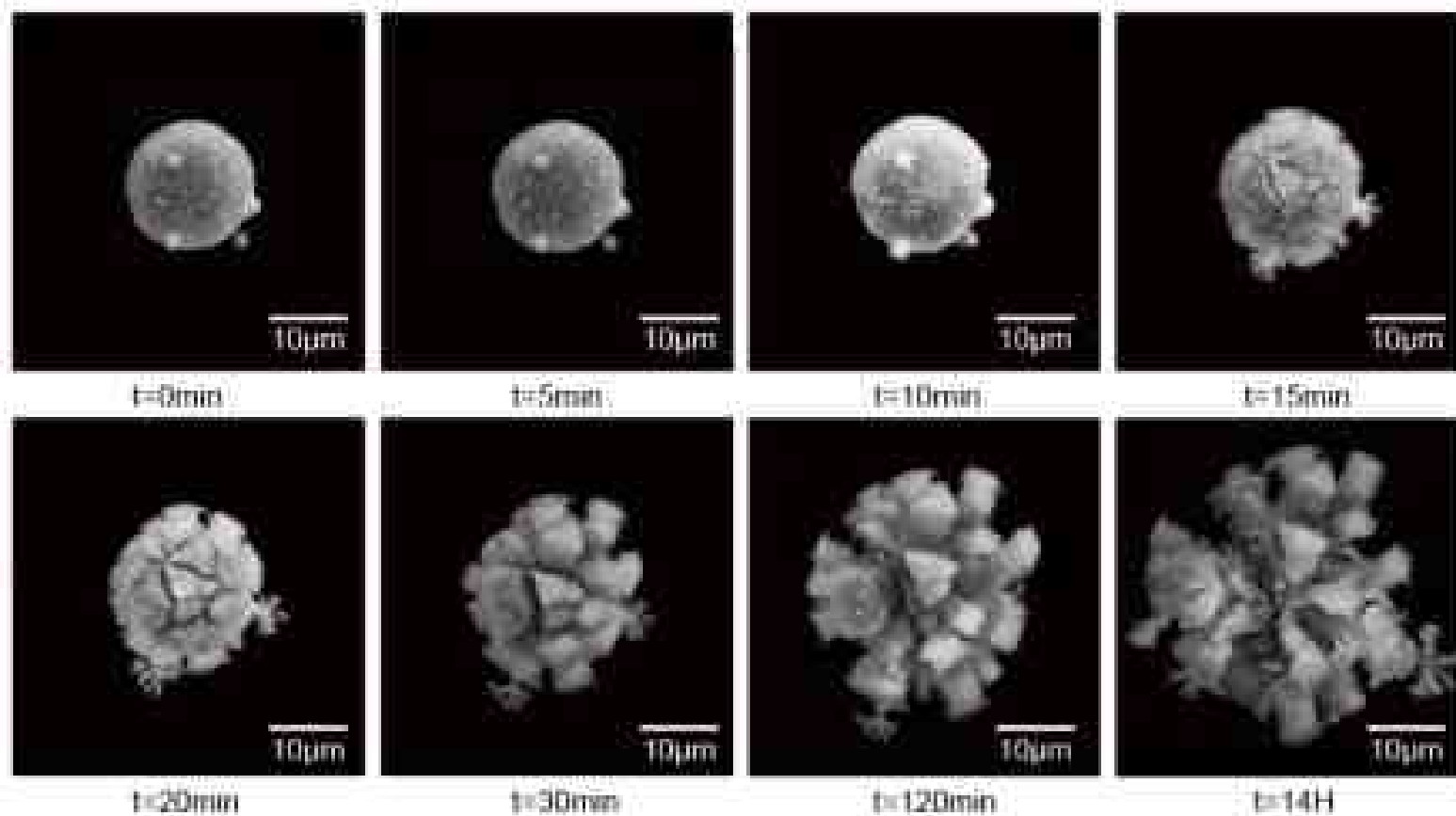
活性粉体在水汽中的独特反应



最近我们的研究发现一些成分的活性铝基粉体在空气中会与空气中的水汽进行独特的爆米花状反应。

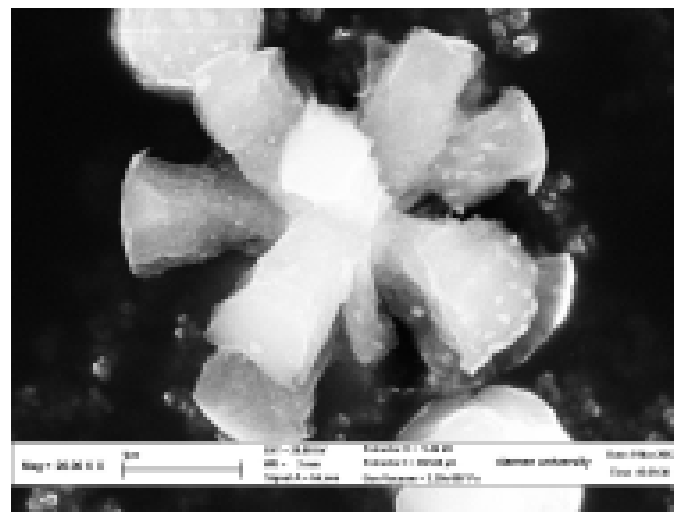
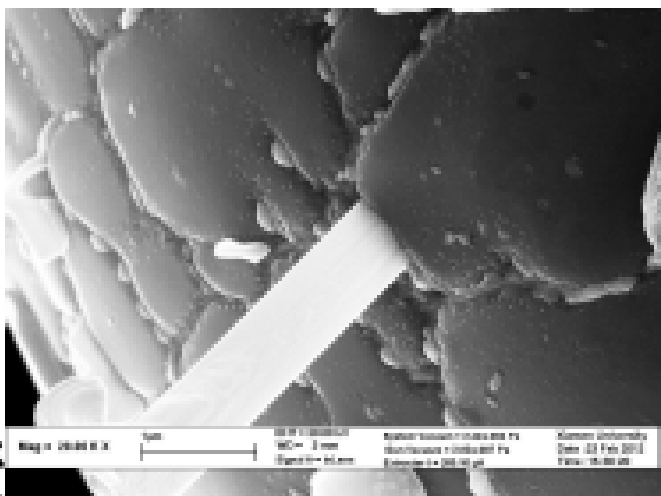
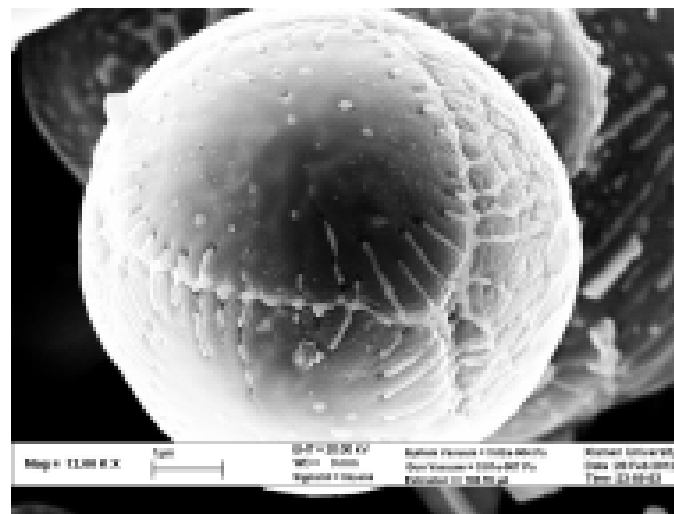
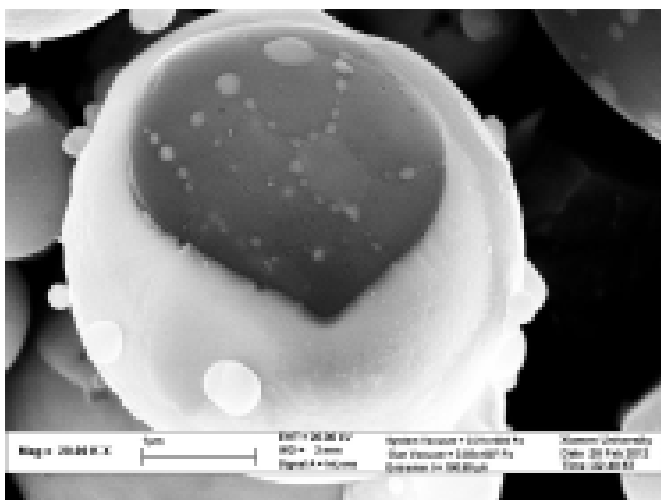


在70RH%的空气中



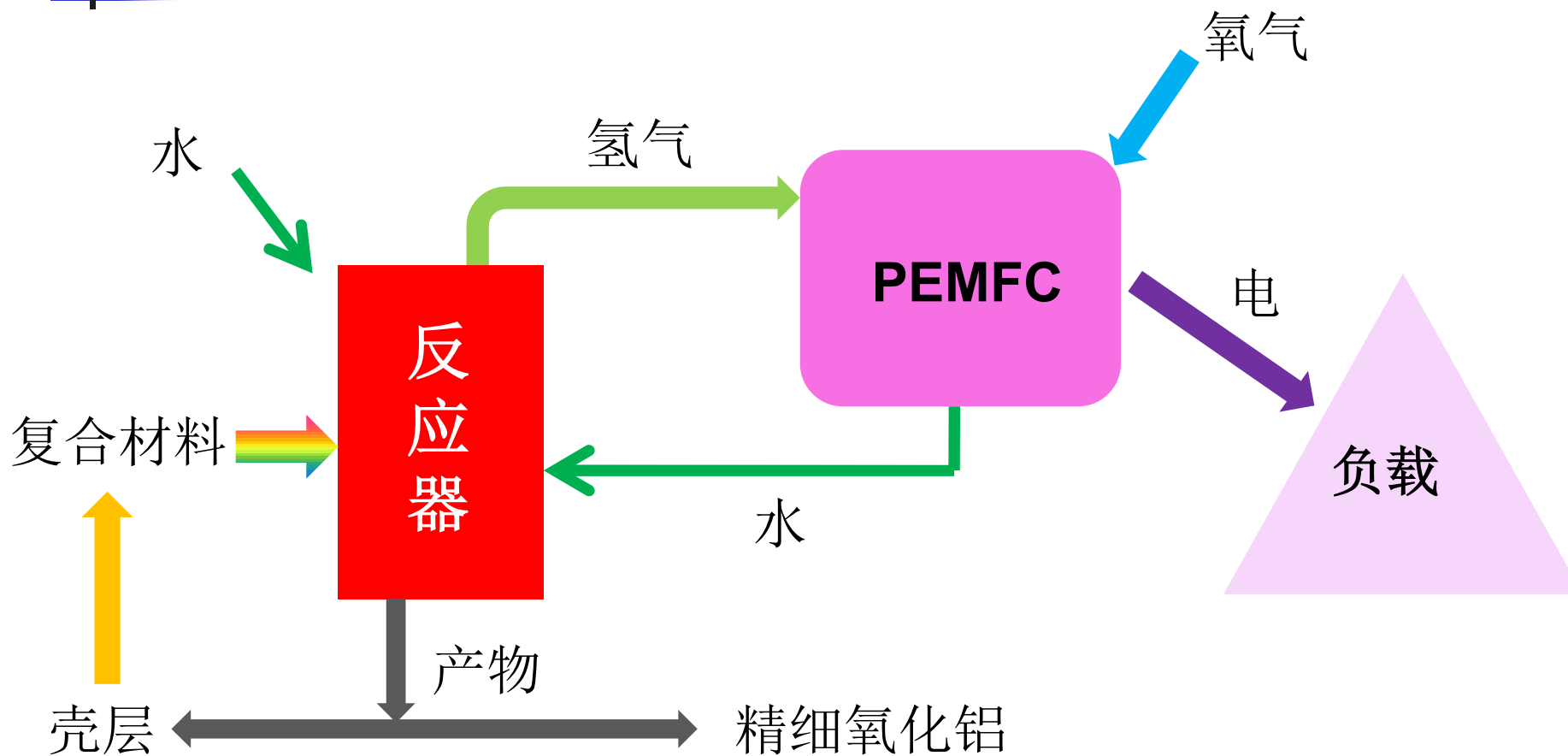


复合材料的组织控制



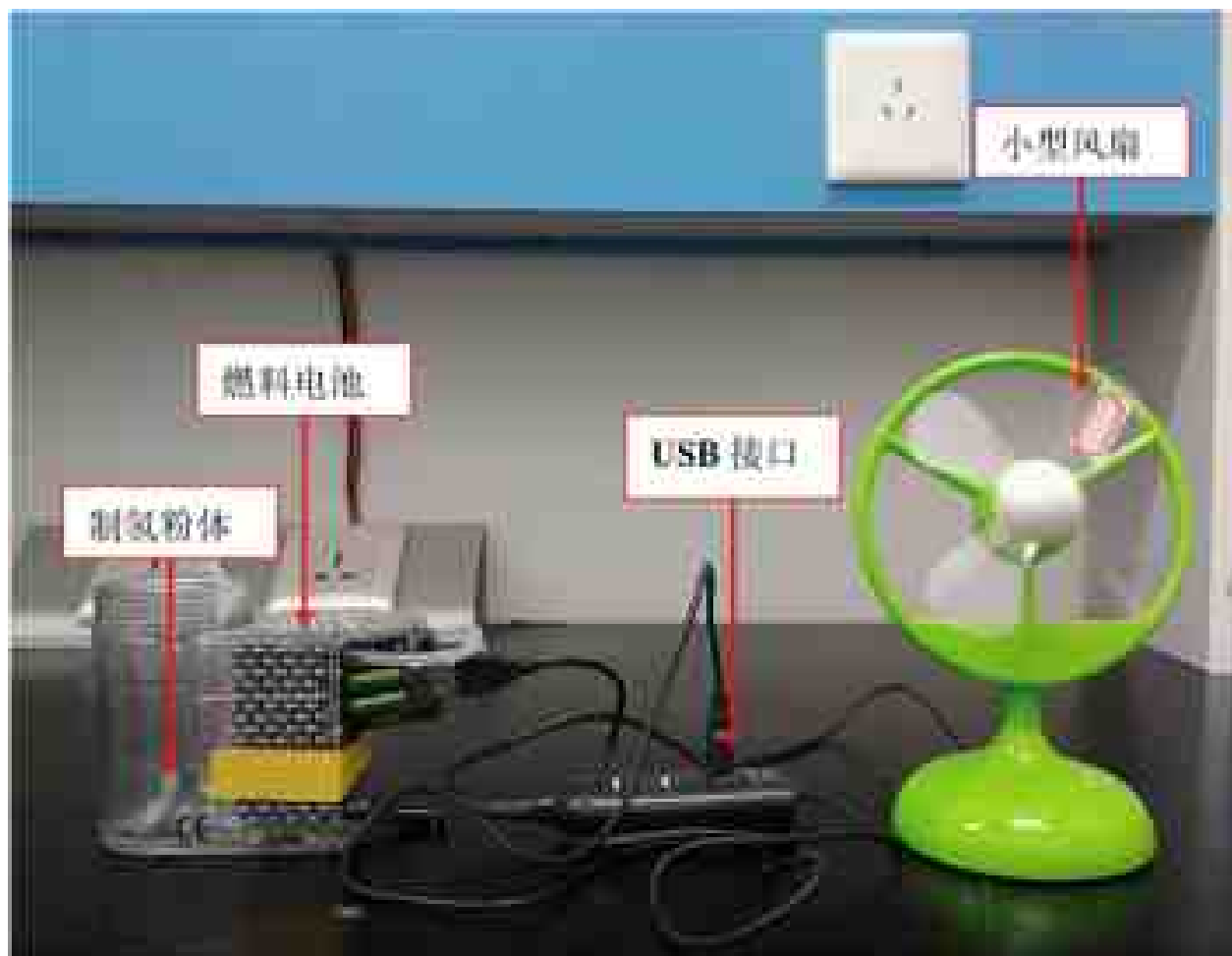


复合材料发电系统





在燃料电池上的应用





在燃料电池上的应用





应用前景

特殊场合
极地、空间探索



新能源汽车

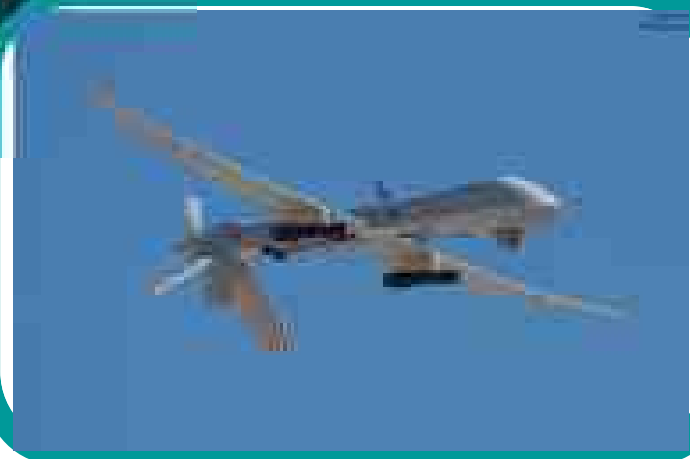


应用
前景

便携式电源



无人机



手机、
相机、
ipad、
手提
电脑



新能源汽车

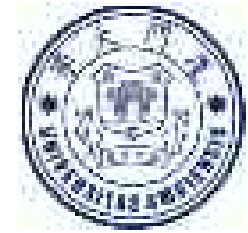
目前存在问题：

- 纯电动车（特斯拉）：
充电站建设、充电时间长、续航短、成本高；
- 氢燃料电池车：
携带氢气钢瓶、需要建设加氢站、成本高；



本研究发电系统的优势：

- 携带制氢原料而不是钢瓶，大大增加安全系数，减轻整体重量，节约成本；
- 氢气随产随用；
- 无需建设加氢站，便利店即可购买制氢原料；



无人机

目前存在问题：

军用无人机采用的是硼氢化钠：

- 硼氢化钠有毒，制备方法复杂，成本较高；
- 强碱性溶液，对设备和环境损害大；
- 需要催化剂，成本高，合成方法复杂；
- 反应放出大量的热量，无法控制反应速度。



本研究发电系统：

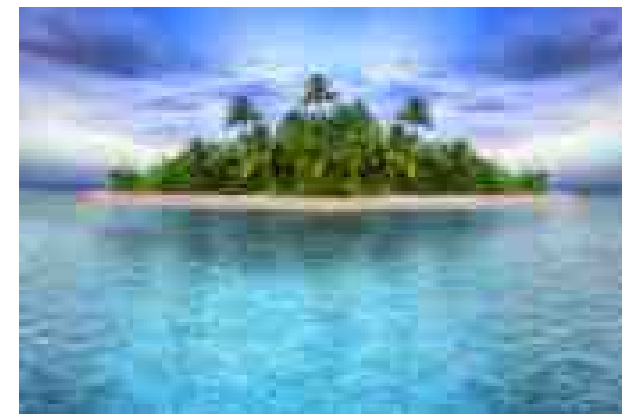
- 制氢效率高，反应条件温和，不需要任何催化剂。
- 无需催化剂
- 不受水质影响，自来水、海水都能反应；对pH值没有要求；
- 在常温甚至低于 0°C 的水中也能产生氢气，且反应速度可控；



海岛/海面钻井平台

目前存在问题：

- 电力设备无法建设；
- 太阳能、风能、潮汐能等发电方式建设成本高；
- 运输氢气钢瓶不便利



本研究复合材料及发电系统

利用海水，就地取材；
方便携带，无需建设大型设备；





应急电源/便携式电源

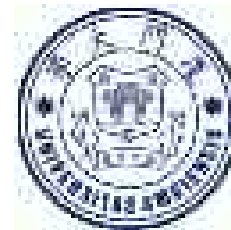
单兵作战电源、便携式电源：

- 采用氢气瓶、硼氢化钠，重量大，有一定毒性和危险性；
- 使用充电电池，需要提前充电，在野外无法续航，充放电次数有限制，另外受到撞击会发生爆炸；

本研究发电系统：

- 制氢粉体便于携带、减轻重量，只需携带少量水或者在野外寻找水源；
- 方便安全，无需携带氢气瓶；





实用性分析

实用性

高效即时

反应诱导期短，速率高达 $500\text{ml/g}\cdot\text{min}$ ，转化率接近100%。只要有水，就可以实现即时即地制氢。

安全灵活

使氢气以合金的形式间接存储，无需携带巨大钢瓶，1L的氢气仅需携带1g的粉末，使得制氢系统变得更加安全化和灵活化。

工业生产

制备技术理论成熟，工艺稳定，成品率高，接近工业化应用的水平。



产品的主要技术指标

- (1) 雾化设备60万元，复合材料制备量可达到0.5吨至1吨每次，年产量可达千吨级以上；
且制备工艺稳定，制备理论成熟；满足工业化应用水平；
- (2) 复合材料反应过程中只生成氢气，纯度可达99.999%；
- (3) 每公斤复合材料的成本为5~10元，每立方米氢气的成本价为5~10元且其成本可通过技术创新、规模化效应等方式进一步降低。
- (4) 在常温下，与水反应的速度最高可达500ml/(g.min)，1kg复合材料在一分钟内最多可产生500L的氢气。



本项目技术特点

技术特点

1. 制氢效率高，反应条件温和，不需要任何催化剂。
2. 氢气纯度高，可达99.999%；杂质仅为水蒸气；
3. 不受水质影响，自来水、海水都能反应；对pH值没有要求；
4. 在常温甚至低于0℃的水中也能产生氢气，且反应速度可控；
5. 通过燃料电池，可以直接发电，有效的移动氢源；
6. 产品一次性成型，制备量大，且工艺稳定，成品率高；
7. 产品抗氧化性强，产品的收集过程可以在空气条件下进行，易于保存携带方便。（与机械球磨方式对比优势明显）
8. 反应固体产物可以重复利用或者作为工业原料使用，进一步降低成本。
9. 成本低，粉末成本5-10元/kg；制取一立方米氢气需要5-10元。可通过降低原料铝的方式降低成本。
10. 制氢速度：常温下，速度可达500ml/(g·min)。
11. 消耗水的质量为1:2，1g粉需要2g水，产生1.2L氢气。



已取得成果

1. Y.H. Liu, X.J. Liu, C.P. Wang, *International Journal of Hydrogen Energy* **42**,(2017).
2. C.P. Wang, Y.H. Liu, X.J. Liu et al. *Scientific Report*, 5:17428, (2015).
3. C.P. Wang, T. Yang, X.J. Liu, *International Journal of Hydrogen Energy* **39**,(2014).
4. 刘兴军, 王翠萍, 柳玉恒等, 一种抗氧化的水解制氢复合粉及其制备方法, 国家发明专利, 授权号: CN 104190916 B.
5. 刘兴军, 陈信任, 王翠萍等, 铝基水解制氢材料的抗湿抗氧化包衣及其加工方法, 国家发明专利;
6. 刘兴军, 陈信任, 王翠萍等, 一种水蒸气制氢装置, 国家发明专利;



刘兴军

Tel: 0592-2187888

Email: lxj@xmu.edu.cn

Thank you!