



2017 年 11 月 24 日  
南宁, 中国

# 燃料-发电的能源技术革命

朱斌 博士,

瑞典皇家工学院能源技术系教授级研究员  
湖北省“百人计划”特聘教授



## 简介

- 一个挑战
- 一个革命性的突破（器件和技术先进性）
- 一个材料的发现（先进功能材料）
- 材料器件科学（理论先进性）
- 一个产品的介绍（先进产品理念和  
市场燃料电池制造）

材料-器件和技术-基础研究-应用-产品  
打破传统-创新研究和产品研发



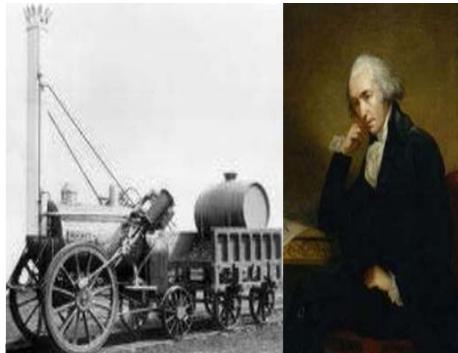
# 燃料-发电的能源技术 Fuel-to-electricity

工业化和人类文明

# 燃料-发电能源技术

## 第一次革命（路线1）：燃料-机械能-电能

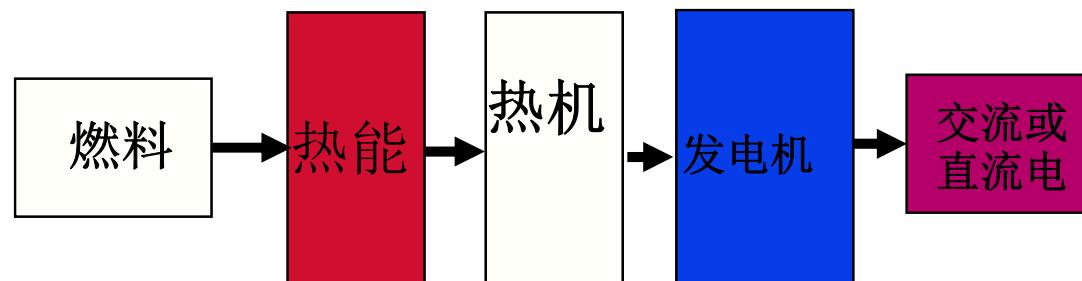
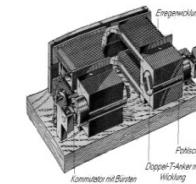
### Electro-Mechanical Power Generation



瓦特, 1776  
发明蒸汽机燃料-机械能

1866

西门子发明发电机  
"Dynamo,"  
机械能-电能



工业革命



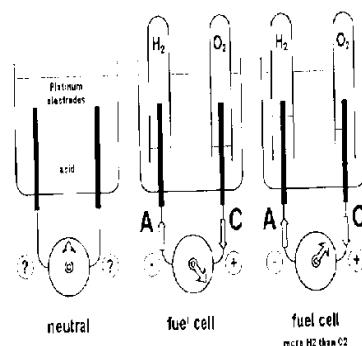
# 燃料-发电能源技术

## 第二次革命（路线2）：燃料直接发电-电化学 Electro-Chemical Power Generation



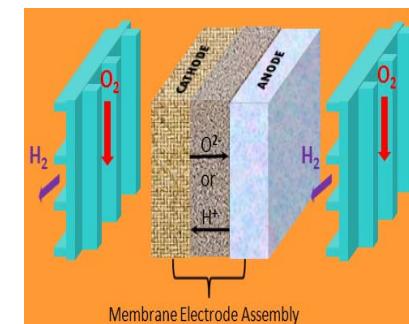
*Philos. Mag., Ser. 3, 1839, 14, 127*

Sir William Robert Grove  
(July 11, 1811 - August 1, 1896)  
Printed by The Bridgeman Art Library, London (The Royal Institute of Economic)



Grove's experiment of [1839]  
Schematic based on information contained in [2]

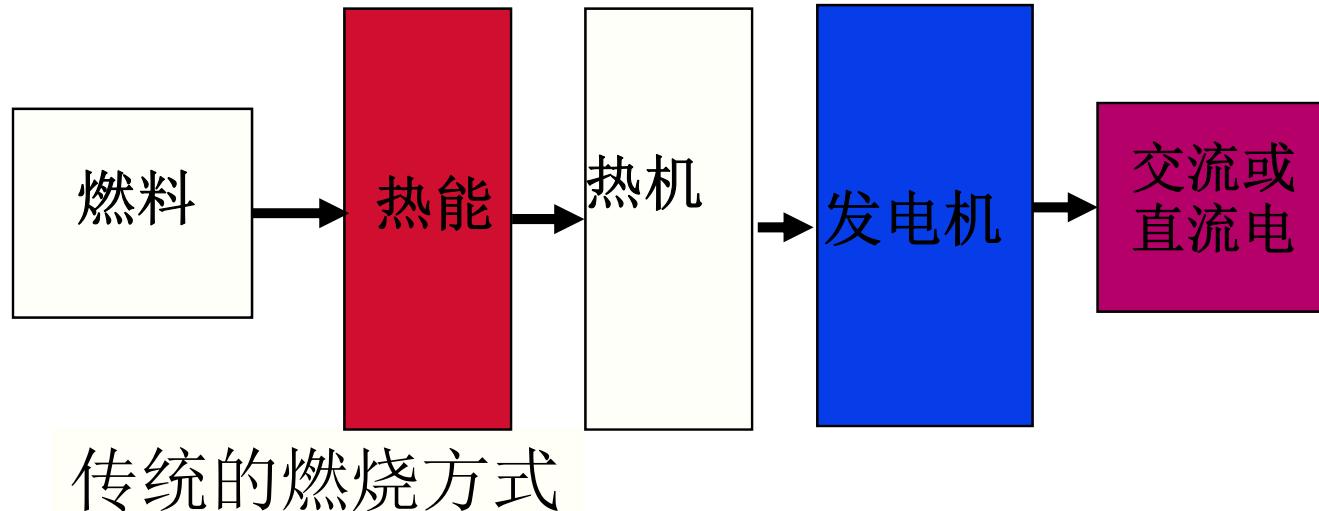
1839  
Grove  
发明燃料电池



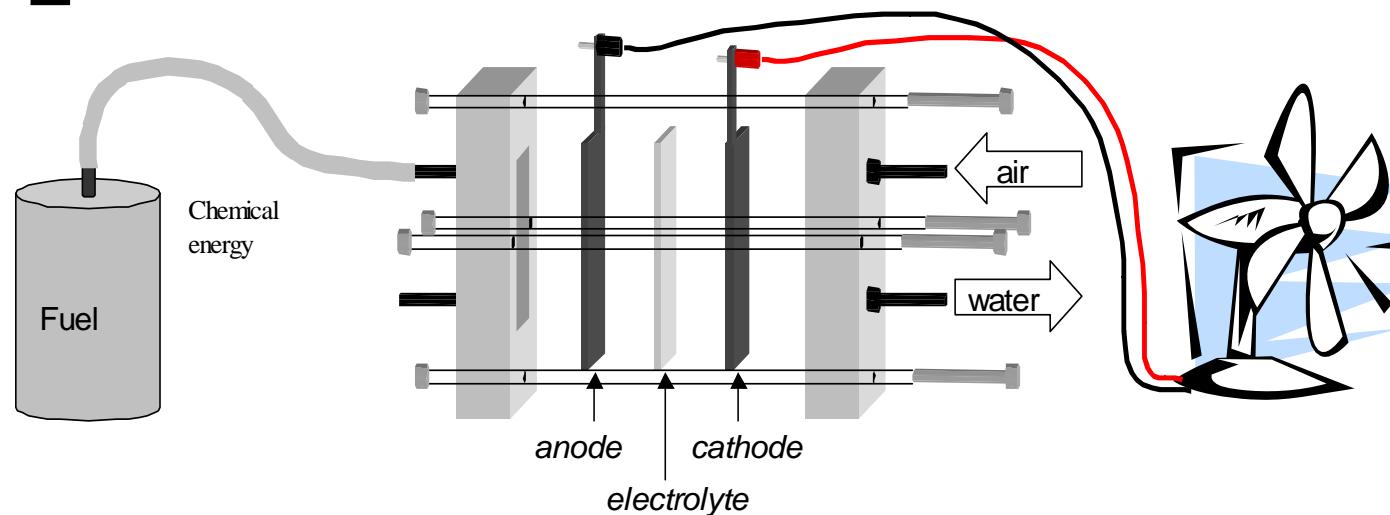
阳极/电解质/阴极  
核心部件：电解质



# 路线 1



# 路线 2



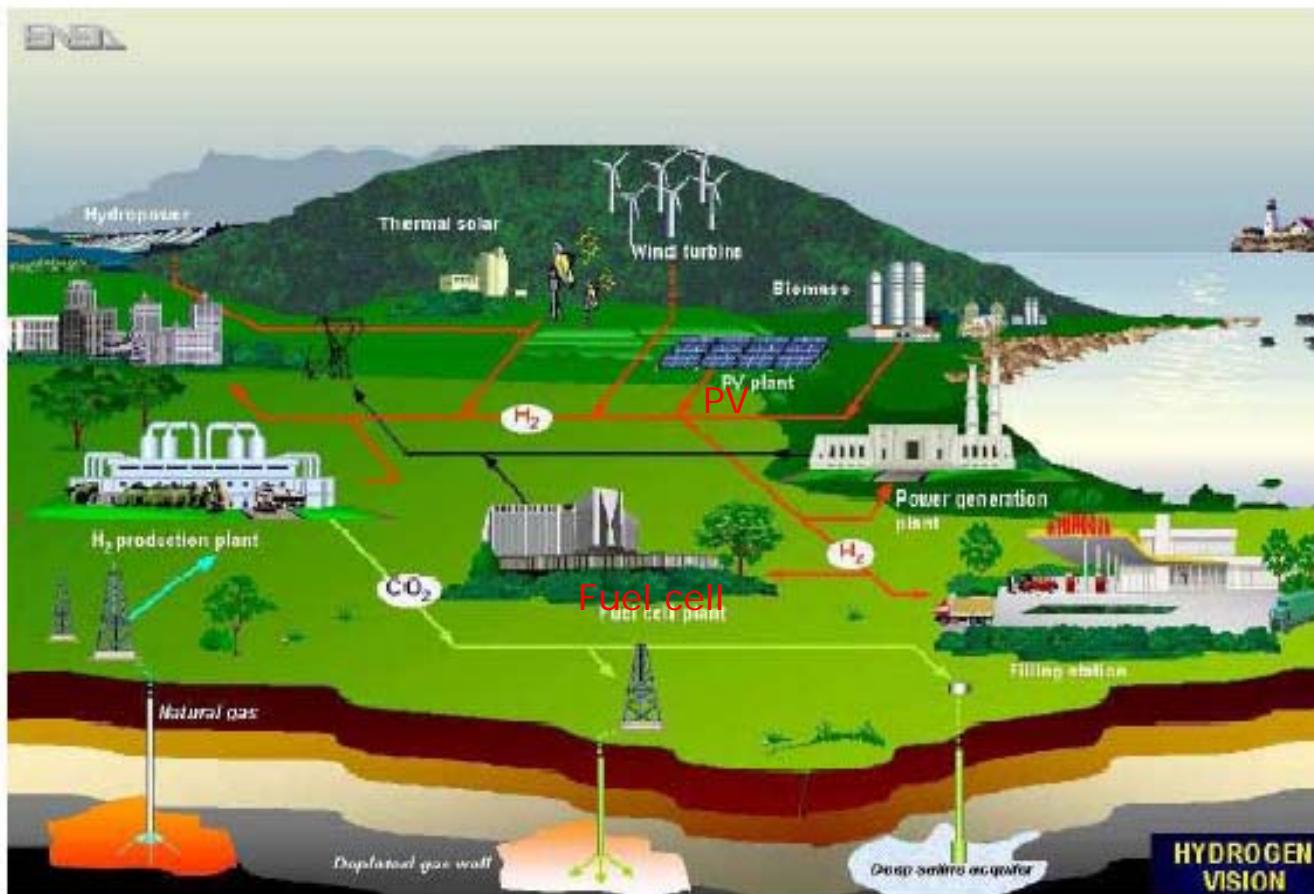
燃料-电，一步到位，高效，清洁  
第四代连续发电方式



# 欧盟能源线路图



## A visionary energy outlook



slide n° 21 - Miami, November 2003

Sustainable Energy Systems



路线 1: 燃料-热机-机械能-发电

8

第三次革命? (路线3)

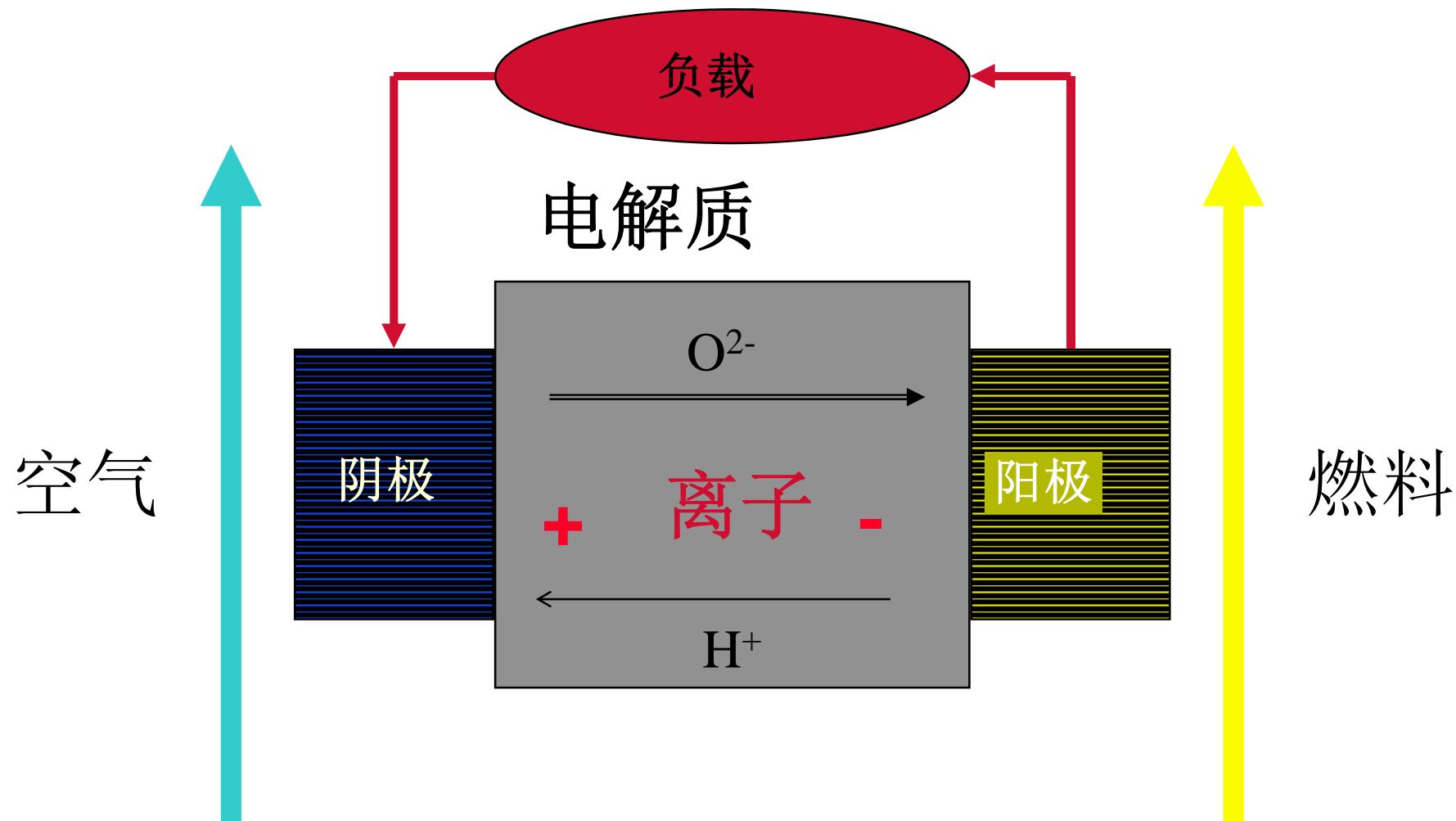
电化学-物理, 直接发电  
Electro(chem)-Physically

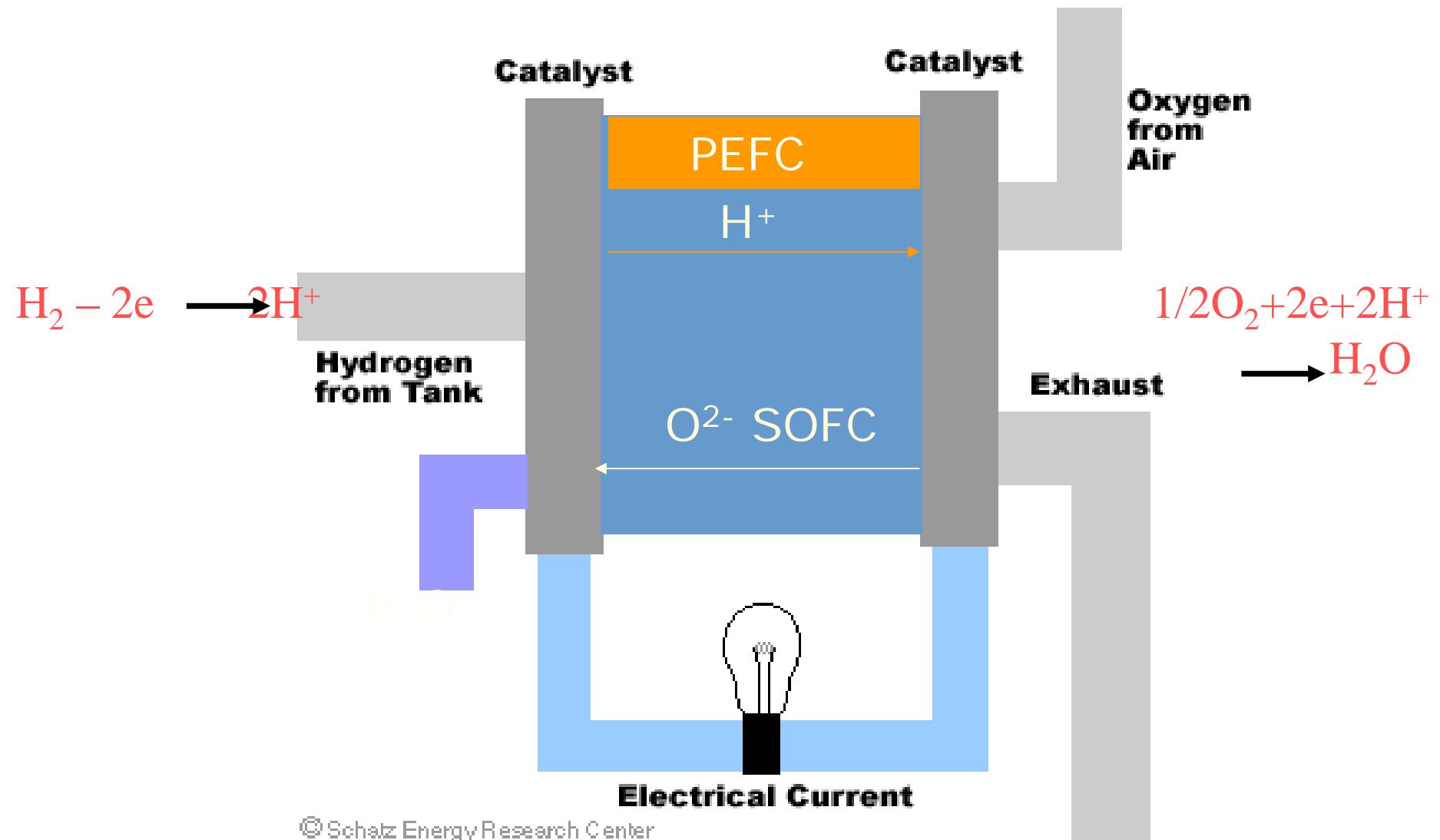
路线 2: 电化学-燃料电池-发电

# Fuel cell 燃料电池?

Fuel-to-electricity 燃料-电

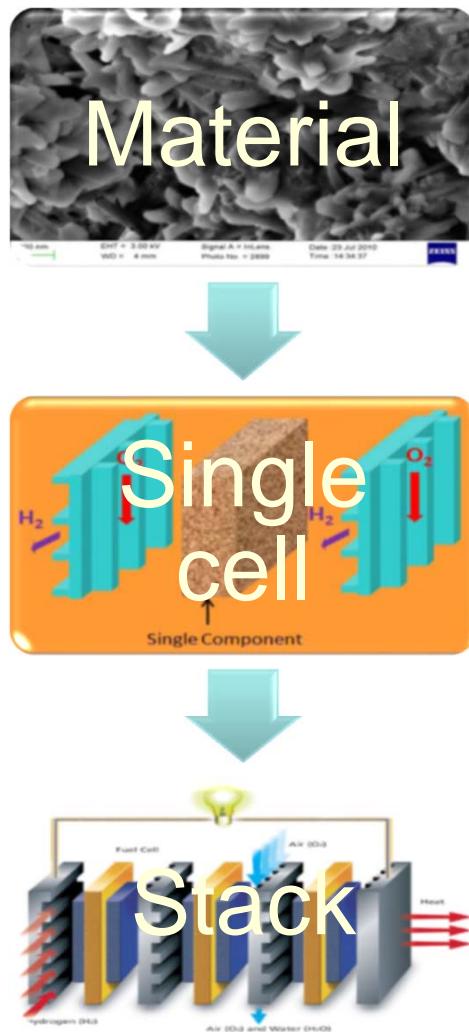
电池氧化还原转换电能





© Schatz Energy Research Center

# 应用



生产





科技部部长万钢：氢能燃料电池汽车将成重要发展方向

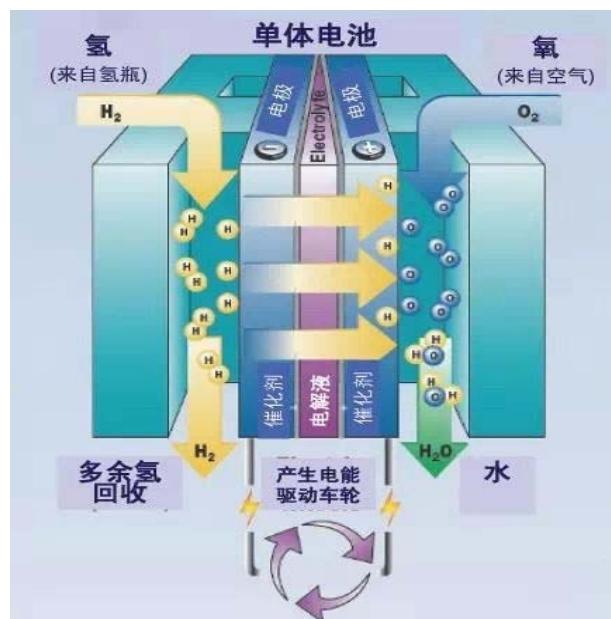
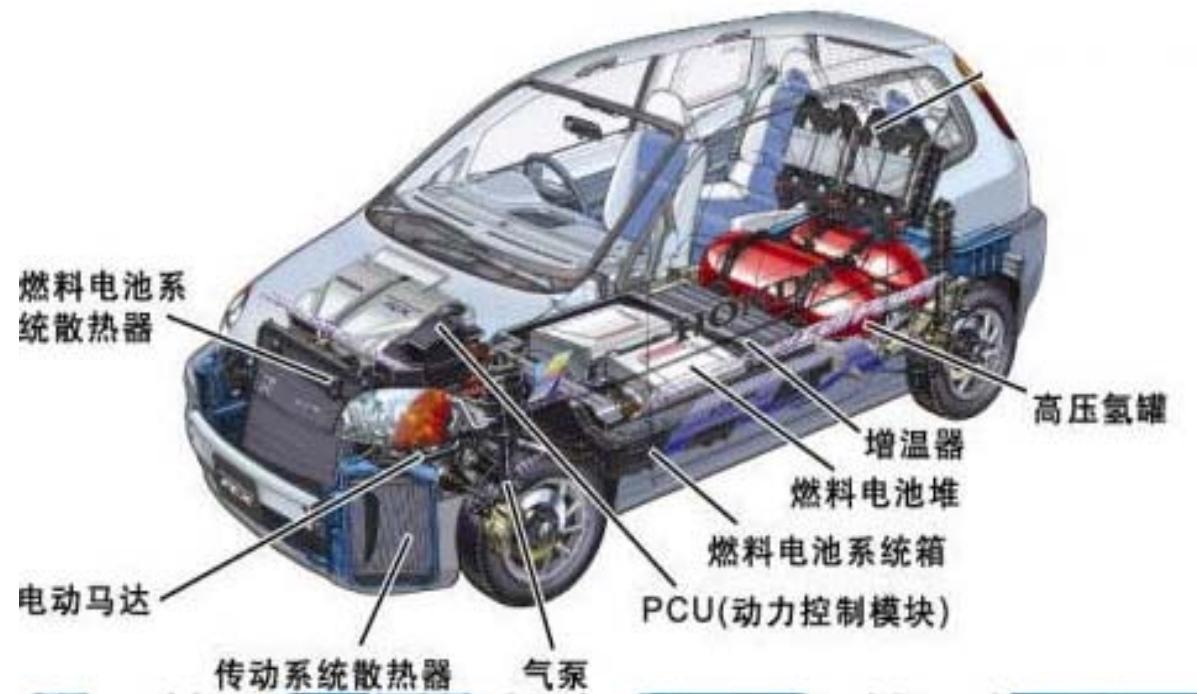
光明网06-26 08:52

url:[http://kepu.gmw.cn/2017-06/26/content\\_24888261.htm](http://kepu.gmw.cn/2017-06/26/content_24888261.htm),id:24888261

新华社长春 6 月 25 日电（记者张建）科技部部长万钢 25 日在吉林长春发表演讲时表示，氢具有来源广泛、大规模稳定储存、持续供应、远距离运输、快速补充等特点，在未来车用能源中，氢燃料与电力将并存互补，共同支撑新能源汽车产业发展。

燃料电池汽车的挑战：  
造价、加氢站、氢气安全、加氢站

纯电动车充电时间长和续航里程短这两个短板都被氢燃料电池车解决

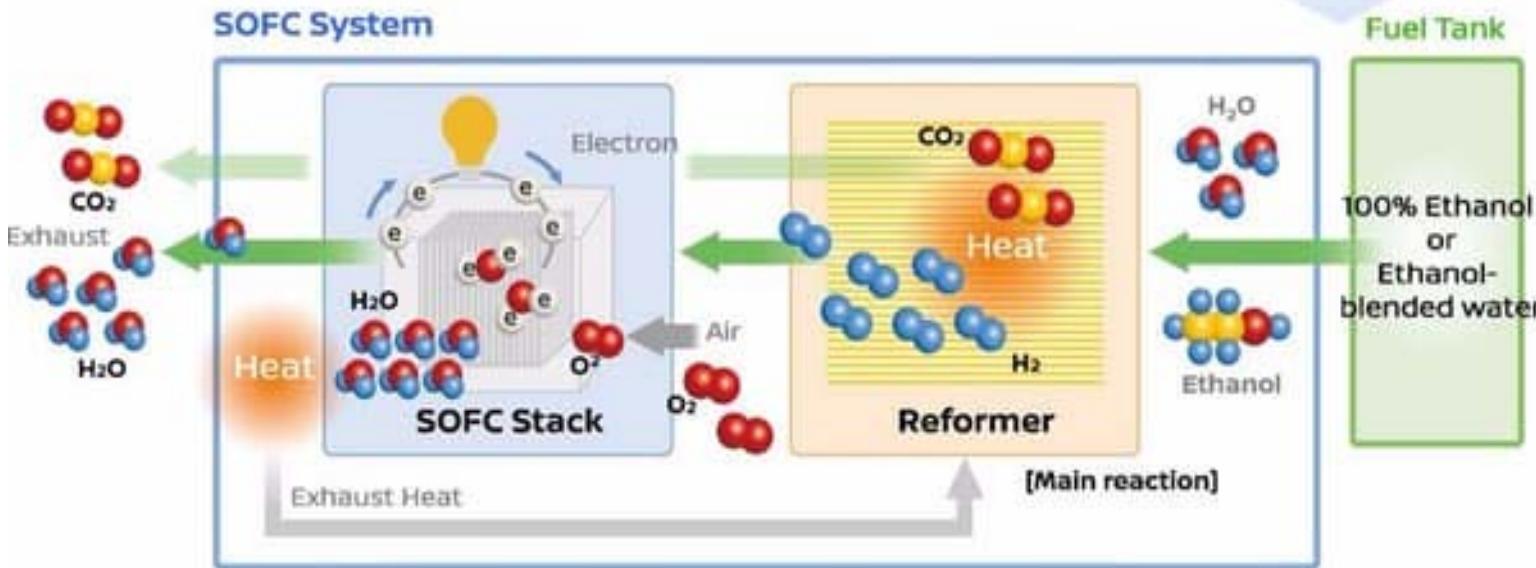


# 日本Nissans乙醇燃料电池电动车2016.08

## 不要充电桩不要加氢站



5kW(固体氧化物燃料电池)SOFC续航  
24kW 电池启动  
30 L 乙醇  
600 公里世界之最



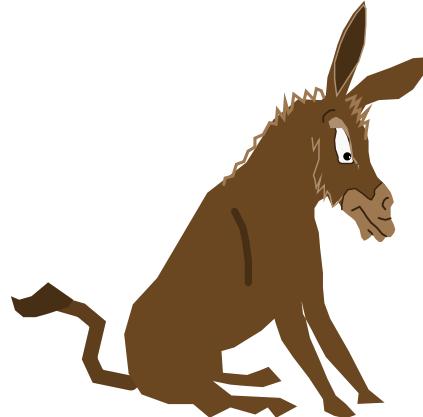


## 固体氧化物燃料电池（SOFC）

### 欧盟版乙醇SOFC燃料电池电动车

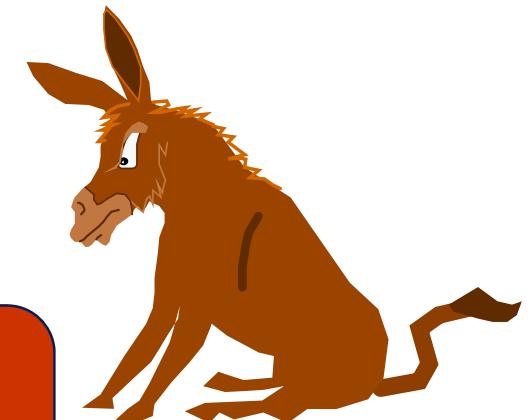
- 日产生生物乙醇**SOFC**汽车的亮相，**PEM**燃料电池**100kw**变成了**SOFC5kw**，主动力变成了增程器。氢**PEM**燃料电池技术变成了乙醇**SOFC**。
- 无独有偶，**MeStREx**项目就是研究乙醇**SOFC**燃料电池增程式电动车的，**Plansee**正在与来自工业和研究合作伙伴一起创新研发这样的一个“范围扩展器”。它设计极其有效地方法，将乙醇基燃料转换为电力。
- “**MeStREx**”项目的核心是正在开发的具有**金属支撑结构**的**高温燃料电池**（**固体氧化物燃料电池**，**SOFC**），其将乙醇基燃料极其有效地转化为电力。**SOFC**中生物乙醇转化为电是的，因此被视为完美补充。此外，新的基于燃料电池的系统的效率非常高

今天燃料电池面临商业化的挑战：**价格**  
创新和重大突破是必须的...



技术

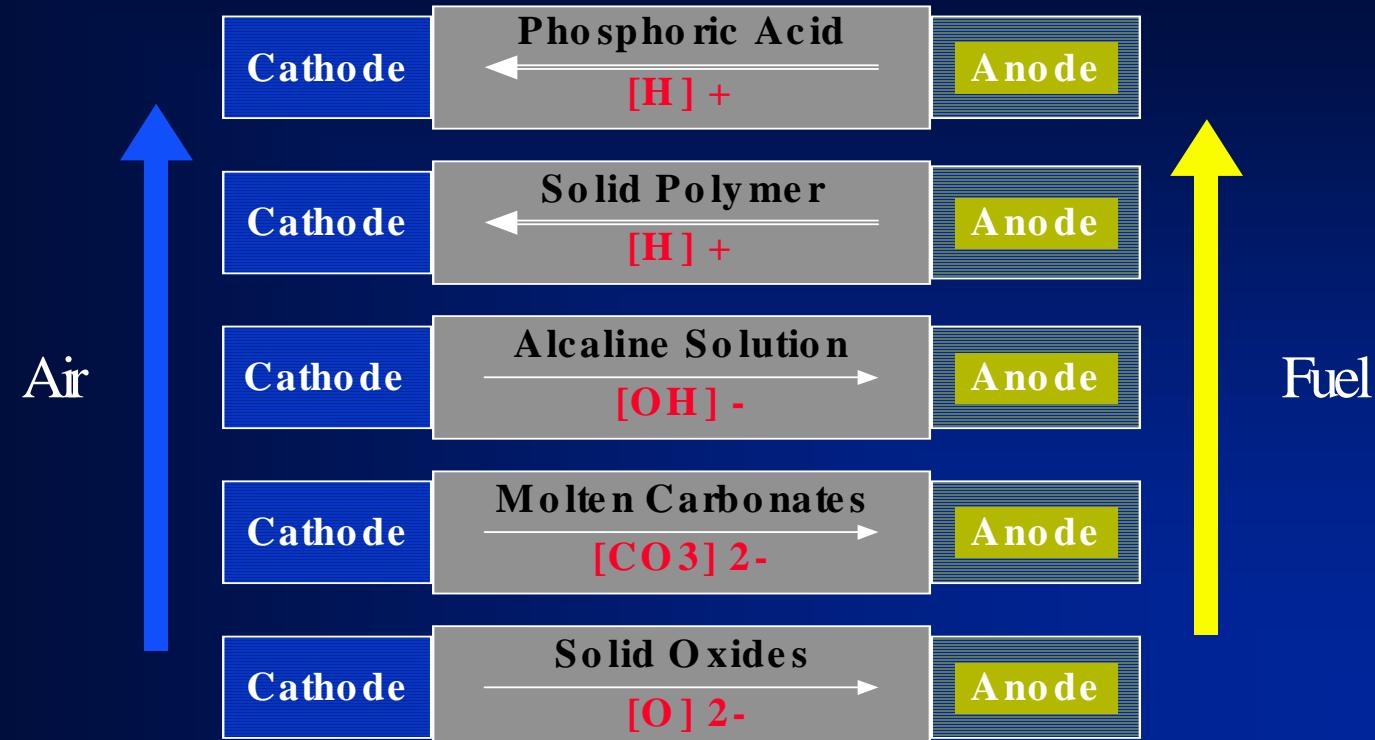
对峙



市场



## 燃料电池家族



# 燃料电池的重大突破-单部件无电解质燃料电池



## 燃料-发电的第3条科学技术路线的产生

燃料电池170多年历史基于电解质发展的阳极-电解质-阴极3部件,电解质决定了不同的燃料电池技术,其复杂技术导致高造价,至今没有商业化。除去了电解质,即去除了燃料电池商业化的瓶颈。

1839, Grove



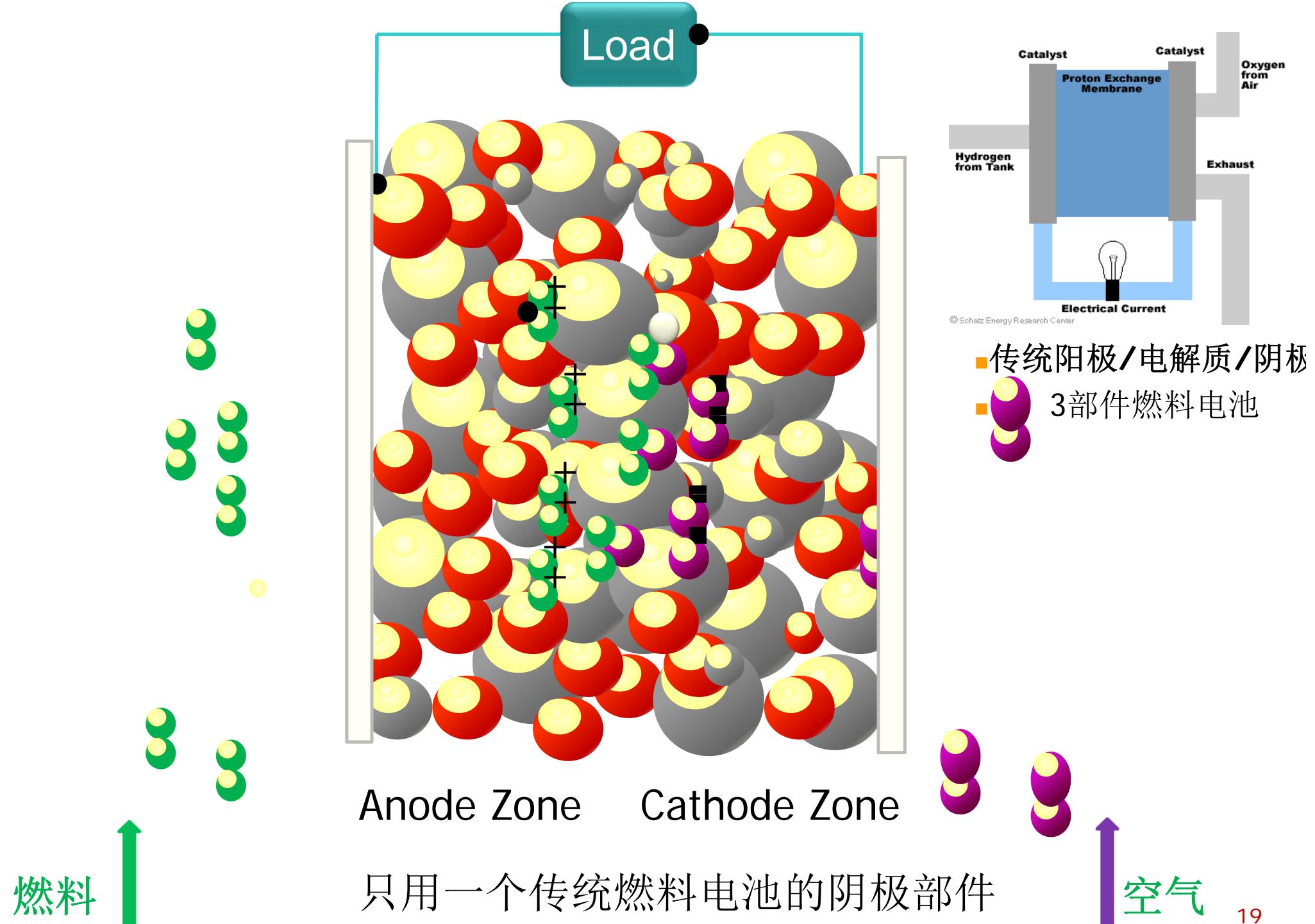
电解质瓶颈



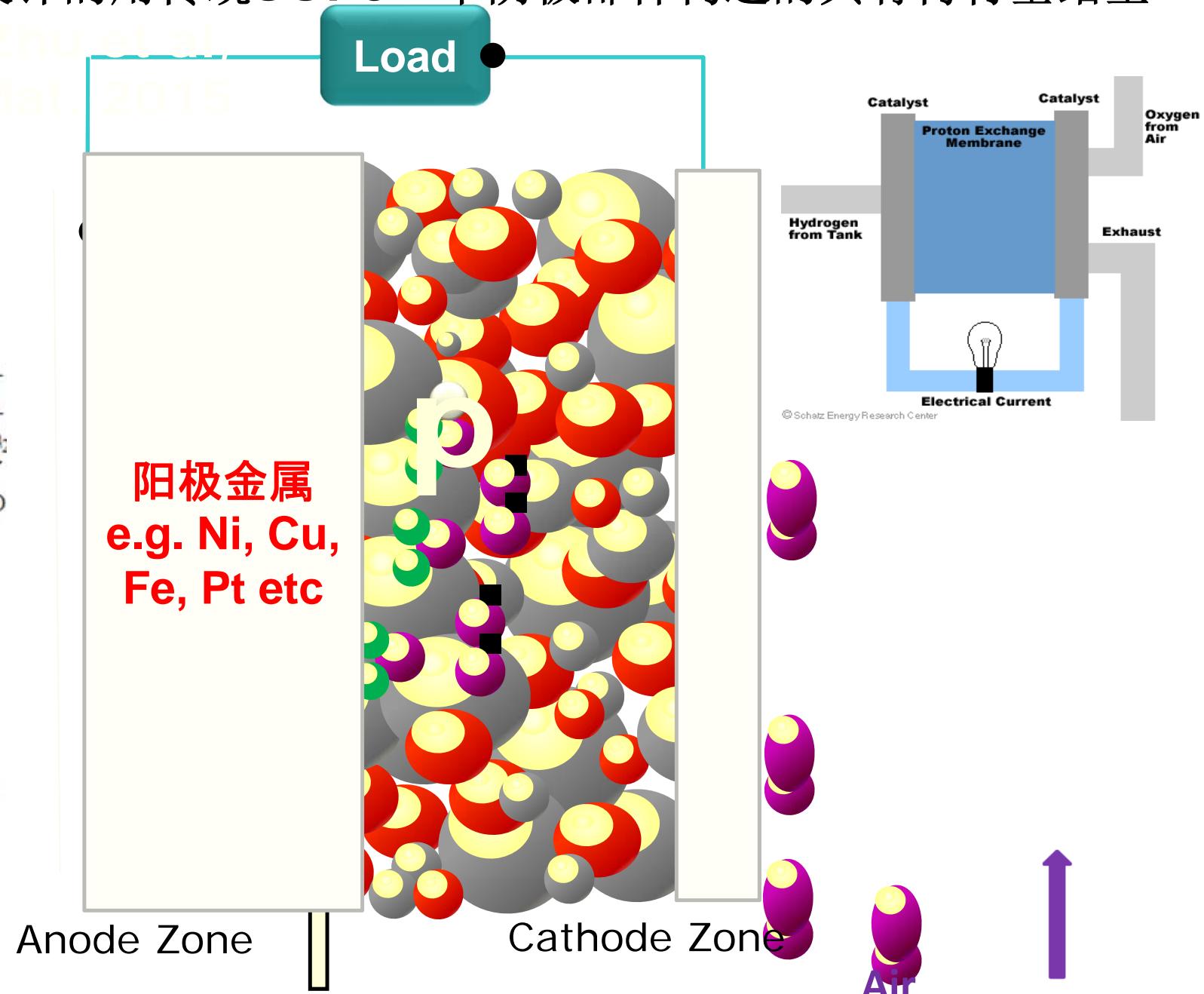
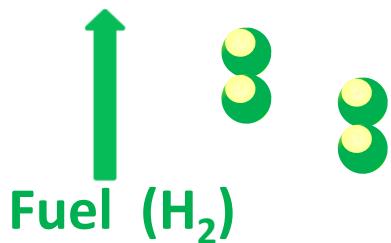
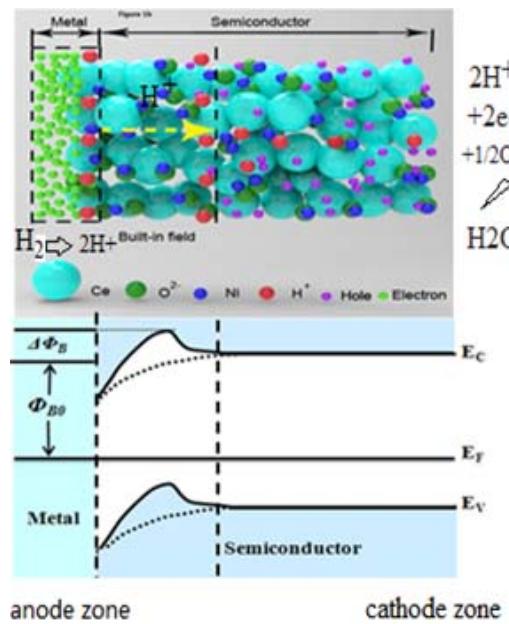
B. Zhu et al, *Adv. Funct. Mater.* 2011, **21**, 2465;

B. Zhu et al, *Energy Environ. Sci.* 2011, **4**, 2986.

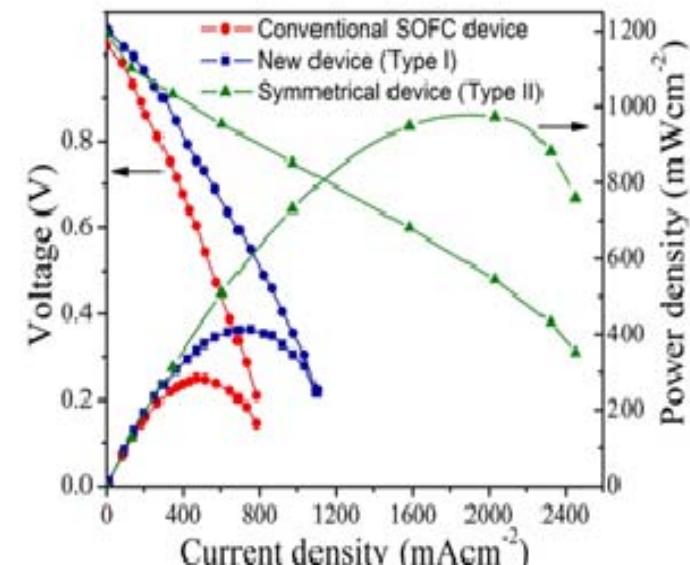
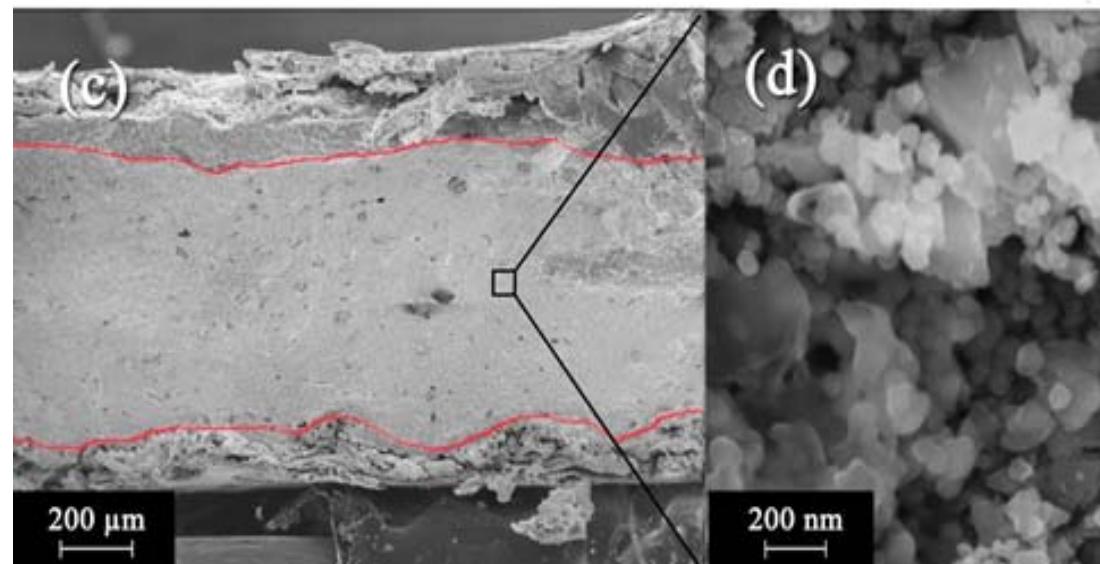
# 路线3：电化学-物理装置-半导体离子协同作用



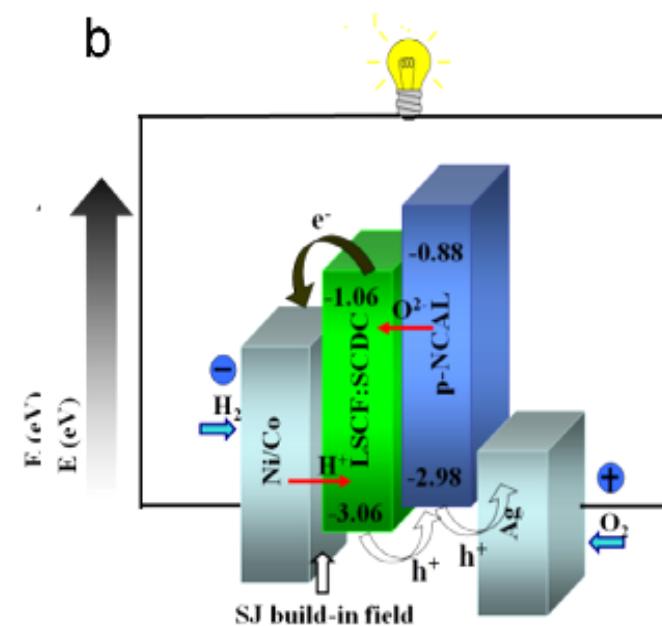
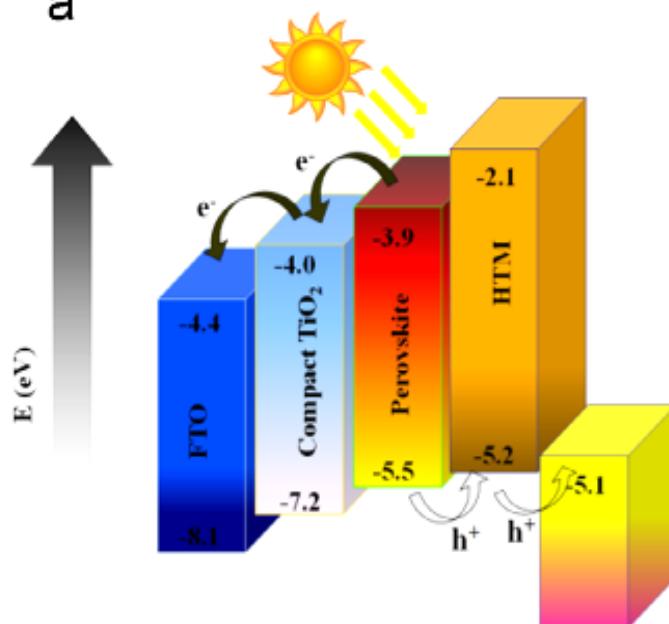
# 基于半导体物理设计的用传统SOFC一个阴极部件构造的具有肖特基结型单部件燃料电池



# 由半导体物理能带设计的新型燃料发电旗舰和技术

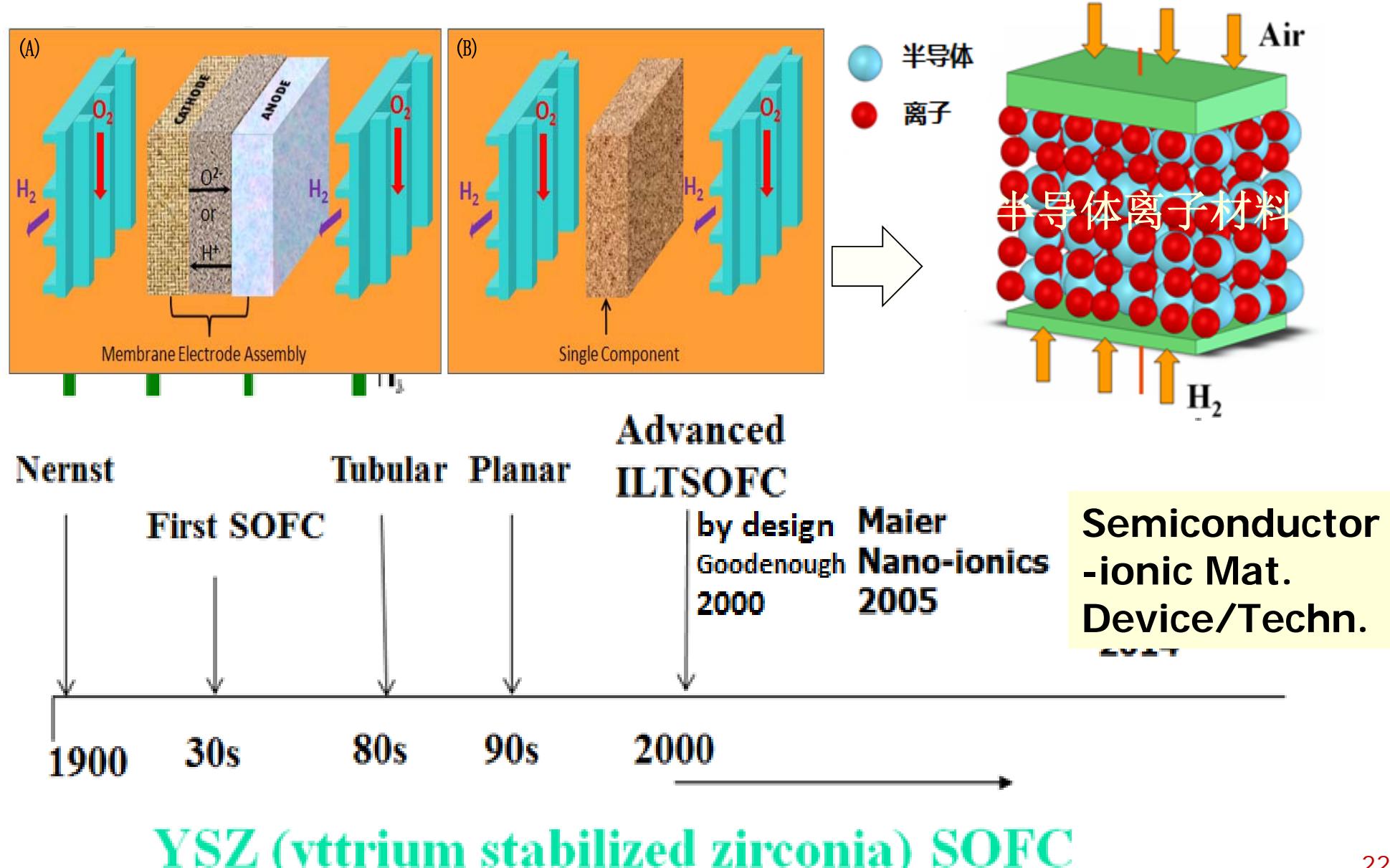


B. Zhu et al  
**Nano Energy**  
2016, 2017



Energy band alignment determine  $e^-/h^+$  flow not short circuiting 21

# 改变SOFC固体氧化物燃料电池100年历史 -从离子电解质电化学到半导体离子装置的 半导体物理科学和器件技术

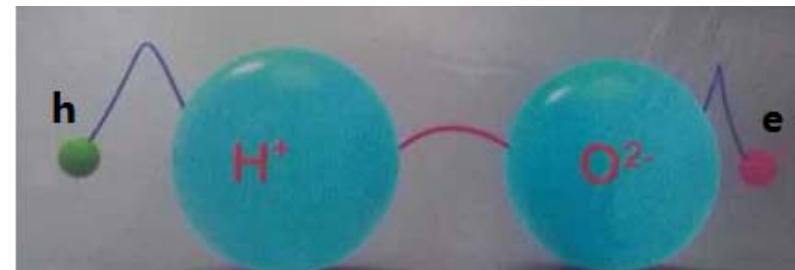


# 先进功能的半导体离子材料

两个独特性能和规律

1. 离子电导率的极大增强

我们的理论计算增强是由于电子-离子的强关联、耦合造成



2. 离子受电子量子调控产生的隧道效应，无阻或极低阻力迁移导致输出电流、功率大大增强。



材料瓶颈一旦突破

半导体离子材料

半导体离子装置-设备技术

半导体离子学

新的科学和技术

新一代能源技术:

燃料电池、电解制氢、太阳能电池和光催化电解水

[www.nanocofc.com](http://www.nanocofc.com)



科技部部长万钢：基础研究若跟不上，我国产业只能长期锁定中低端 *2017-06-24 刘莉 付丽丽 科技日报*  
**[http://mp.weixin.qq.com/s/wqOO\\_YEut9DgAfONvkImqw](http://mp.weixin.qq.com/s/wqOO_YEut9DgAfONvkImqw)**

“基础研究领域的差距直接影响到未来产业技术水平的提升，如果一些中间领域的基础问题不能有效的解决，一些共性核心关键技术就不能突破，我国的产业将面临长期锁定中低端的风险。”

# 总结

