U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

中美清洁能源联合研究中心

清洁汽车联盟

欧阳明高 (中方主任, 清华大学)

彭 晖 (美方主任 CVC1, 密歇根大学)

Donald Hillebrand(美方主任 CVC2, 阿岗国家实验室)

2016.7.1 中国 北京

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

汇报内容

CVC1.0研究成果总结

CVC2.0研究工作计划

CVC2.0初步合作成果

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CVC1.0构成

学术界&国家实验室合作伙伴

U.S.

University of Michigan

The Ohio State University

Massachusetts Institute of Technology

Sandia National Laboratories

Oak Ridge National Laboratory

Argonne National Laboratory

jbei Joint BioEnergy Institute

China

Tsinghua University

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CVC1.0构成

企业伙伴

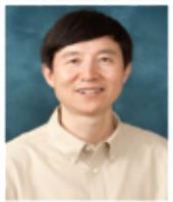
U.S.

China

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CVC1.0组织管理构架

美方主任：
彭晖



副主任：
倪军

中方主任：
欧阳明高

副主任：
王贺武

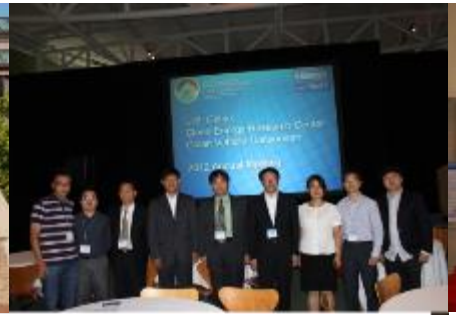
副主任：
邱新平

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

第一期年度技术交流会议

启动会议，密歇根，2011.1

第一届年度技术论坛，北京，2011.10



第二届年度技术论坛，密歇根，2012.8

第三届年度技术论坛，北京，2013.8

第四届年度技术论坛，密歇根，2014.8

第五届年度技术论坛，北京，2015.8

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

中美电动车和电池技术座谈会

CVC1.0 期间完成

- 第一次：2009.9在中国北京
- 第二次：2010.9在美国芝加哥
- 第三次：2011.3在中国北京
- 第四次：2011.8在美国芝加哥
- 第五次：2012.4在中国杭州
- 第六次：2012.8在美国波士顿
- 第七次：2013.4在美国伯克利
- 第八次：2013.9在中国成都
- 第九次：2014.8在美国西雅图
- 第十次：2015.3在中国北京
- 第十一次：2016.5在美国丹佛

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

人员交流

姓名	身份	TA	日期
Caihao Wang	Ph.D. (UM)	TA2	05/11-06/11
Xiankun Huang	Ph.D. (THU)	TA1	07/11-08/12
Xiaowu Zhang	Ph.D. (UM)	TA2	06/12-06/12
Xuerei Ma	Ph.D. (SJTU)	TA2	12/12-12/13
Mingxuan Zhang	Ph.D. (THU)	TA2	01/13-02/13
Cong Hou	Ph.D. (THU)	TA2	06/13-08/13
Yugong Luo	Prof. (THU)	TA5	08/13-08/14
Xuning Feng	Ph.D. (THU)	TA3	12/13-12/14
Tze-You Song	Ph.D. (THU)	TA1	12/13-12/14
Tanjin He	Ph.D. (THU)	TA2	01/14-06/14
Lin-Jun Song	Prof. (BHU)	TA6	06/13-06/14
Yong Xia	Prof. (THU)	TA4	06/14-12/14
Han Hao	Prof. (THU)	TA6	06/14-06/15
Xiaobin Zhang	Ph.D. (THU)	TA6	03/15-03/16

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

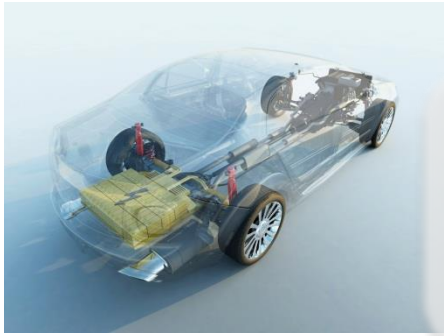
第一期6个研究重点

1. 先进电池材料与系统集成

4. 轻量化车身与碰撞安全

2. 燃料燃烧与能量利用

5. 车联网与基础设施

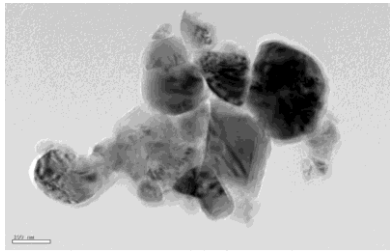


3. 驱动系统构型与优化

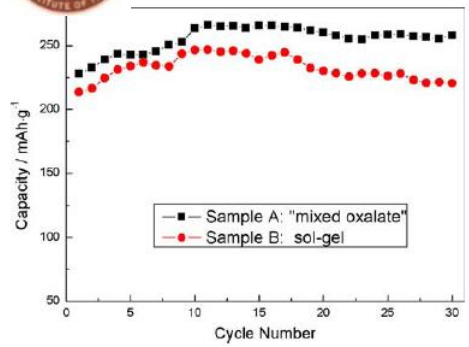
6. 系统分析与路线图

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

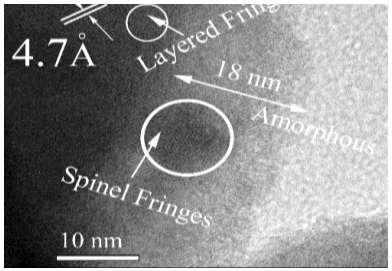
高比能量动力电池材料体系



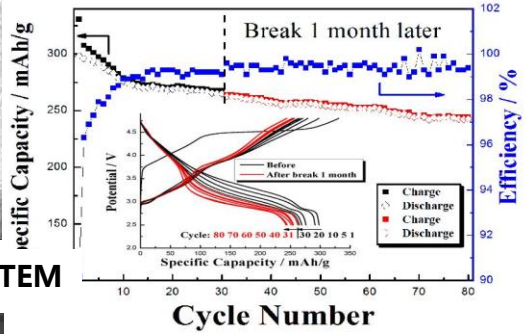
富锂锰基正极材料SEM照片

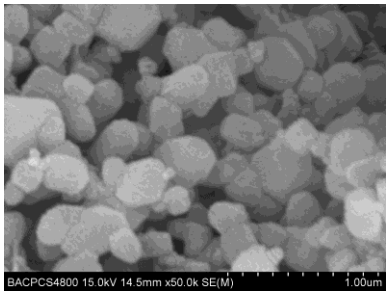


通过双方合作，建立了分析模型，并开发了仿真软件，对锂硫电池、锂空气电池和钠空气电池等多种具有发展潜力的动力电池新体系材料进行了性能模拟分析。研究成果主要体现在联合发表学术论文

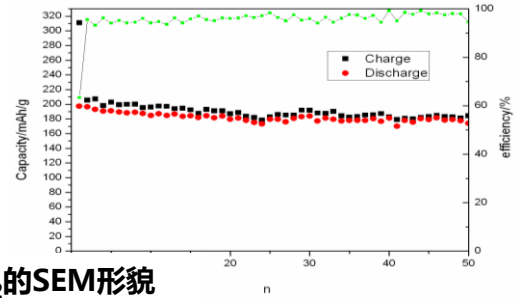


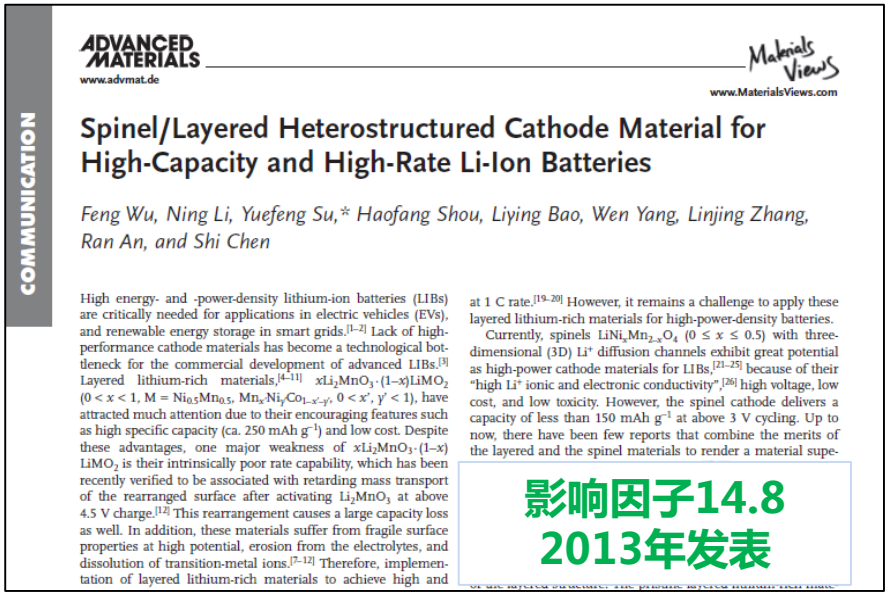
包覆氧化锰富锂锰基正极材料TEM





合成$Li[Li_{0.1}Mn_{0.495}Ni_{0.405}]O_2$的SEM形貌





ADVANCED MATERIALS
www.advmat.de
Materials Views
www.MaterialsViews.com
COMMUNICATION

Spinel/Layered Heterostructured Cathode Material for High-Capacity and High-Rate Li-Ion Batteries

Feng Wu, Ning Li, Yuefeng Su,* Haofang Shou, Liying Bao, Wen Yang, Linjing Zhang, Ran An, and Shi Chen

High energy- and -power-density lithium-ion batteries (LIBs) are critically needed for applications in electric vehicles (EVs), and renewable energy storage in smart grids.[1–2] Lack of high-performance cathode materials has become a technological bottleneck for the commercial development of advanced LIBs.[3] Layered lithium-rich materials,[4–11] $xLi_2MnO_3\cdot(1-x)LiMO_2$ ($0 < x < 1$, M = $Ni_{0.5}Mn_{0.5}$, $Mn_{x'}Ni_{y'}Co_{1-x'-y'}$, $0 < x', y' < 1$), have attracted much attention due to their encouraging features such as high specific capacity (ca. 250 mAh g^{-1}) and low cost. Despite these advantages, one major weakness of $xLi_2MnO_3\cdot(1-x)LiMO_2$ is their intrinsically poor rate capability, which has been recently verified to be associated with retarding mass transport of the rearranged surface after activating Li_2MnO_3 at above 4.5 V charge.[12] This rearrangement causes a large capacity loss as well. In addition, these materials suffer from fragile surface properties at high potential, erosion from the electrolytes, and dissolution of transition-metal ions.[7–12] Therefore, implementation of layered lithium-rich materials to achieve high and at 1 C rate.[19–20] However, it remains a challenge to apply these layered lithium-rich materials for high-power-density batteries.

Currently, spinels $LiNi_xMn_{2-x}O_4$ ($0 \le x \le 0.5$) with three-dimensional (3D) Li^+ diffusion channels exhibit great potential as high-power cathode materials for LIBs,[21–25] because of their "high Li^+ ionic and electronic conductivity",[26] high voltage, low cost, and low toxicity. However, the spinel cathode delivers a capacity of less than 150 mAh g^{-1} at above 3 V cycling. Up to now, there have been few reports that combine the merits of the layered and the spinel materials to render a material supe-

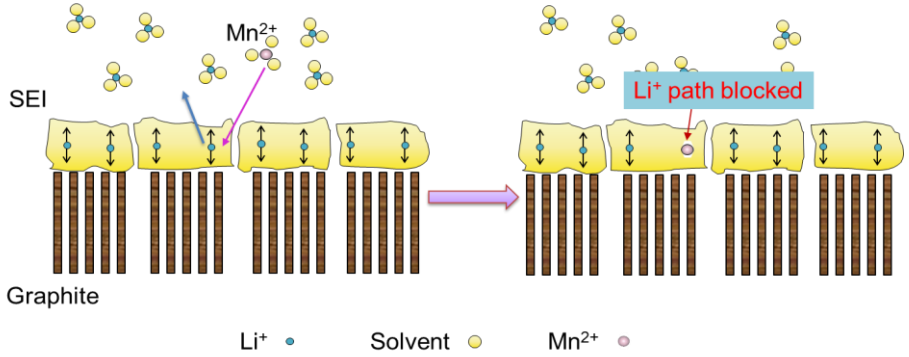
影响因子14.8
2013年发表

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

动力电池衰减机理

在提高锂离子电池使用寿命的基础研究方面取得了重大突破，在国际著名期刊Nature Communications上联合发表了“二价锰离子在锂离子电池负极表面的沉积及其对电池容量衰减的影响”的学术成果

- Denying electrochemical reduction mechanism
  $Mn^{2+}+2e \rightarrow Mn$
- Raise other possibility: Ion exchange model



Argonne NATIONAL LABORATORY

nature COMMUNICATIONS

ARTICLE

Received 9 Jan 2013 | Accepted 13 Aug 2013 | Published 30 Sep 2013 DOI: 10.1038/ncomms3427

Mn(II) deposition on anodes and its effects on capacity fade in spinel lithium manganate-carbon systems

Chun Zhan[1,2*], Jun Lu[2*], A. Jeremy Kropf[2], Tianpin Wu[3], Andrew N. Jansen[2], Yang-Kook Sun[4], Xinping Qiu[1] & Khalil Amine[2]

Dissolution and migration of manganese from cathode lead to severe capacity fading of lithium manganate-carbon cells. Overcoming this major problem requires a better understanding of the mechanisms of manganese dissolution, migration and deposition. Here we apply a variety of advanced analytical methods to study lithium manganate cathodes that are cycled with different anodes. We show that the oxidation state of manganese deposited on the anodes is +2, which differs from the results reported earlier. Our results also indicate that a metathesis reaction between Mn(II) and some species on the solid-electrolyte interphase takes place during the deposition of Mn(II) on the anodes, rather than a reduction reaction that leads to the formation of metallic Mn, as speculated in earlier studies. The concentration of Mn deposited on the anode gradually increases with cycles; this trend is well correlated with the anodes rising impedance and capacity fading of the cell.

[1] Key Laboratory of Organic Optoelectronics and Molecular Engineering, Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing 100084, China. [2] Chemical Sciences and Engineering Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL 60439, USA. [3] X-ray Science Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL 60439, USA. [4] Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 133791, South Korea. * These authors contributed equally to this work. Correspondence and requests for materials should be addressed to X.Q. (email: qiuxp@mail.tsinghua.edu.cn) or to K.A. (email: amine@anl.gov).

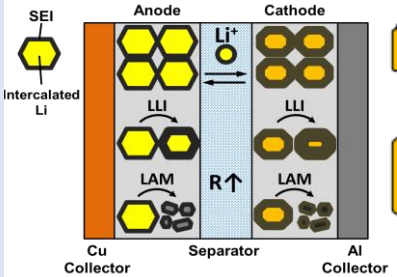
© 2013 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved.

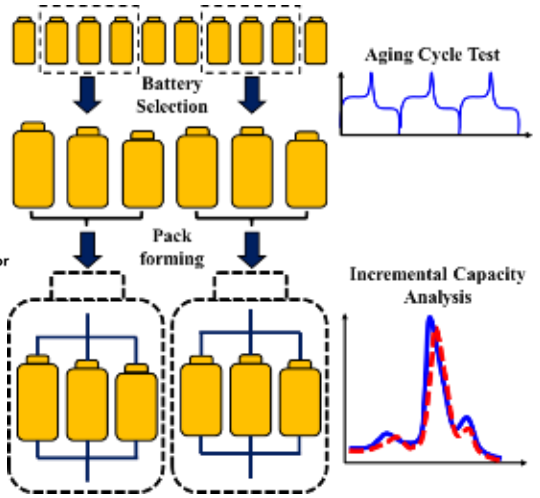
影响因子10.0
2013年发表

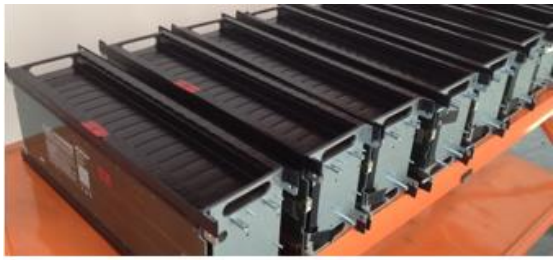
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

电池模组寿命衰减及技术应用

联合研究了动力电池健康状态估计方法，可以实时进行动力电池正负极容量衰减量化分析与电池健康状态在线估计与单体间差异性评价。基于该方法，电池集成企业开发了SOH管理方法，并应用于科易动力(中方企业伙伴)的电池系统中，在纯电动物流车推广。

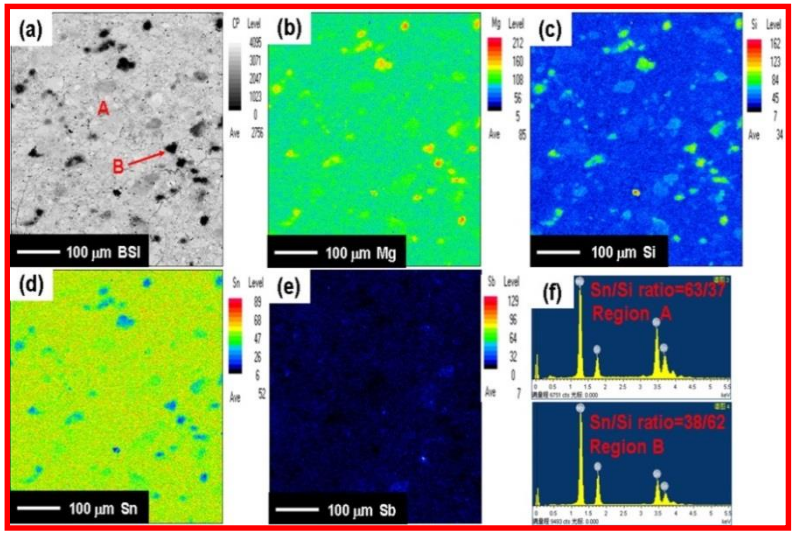






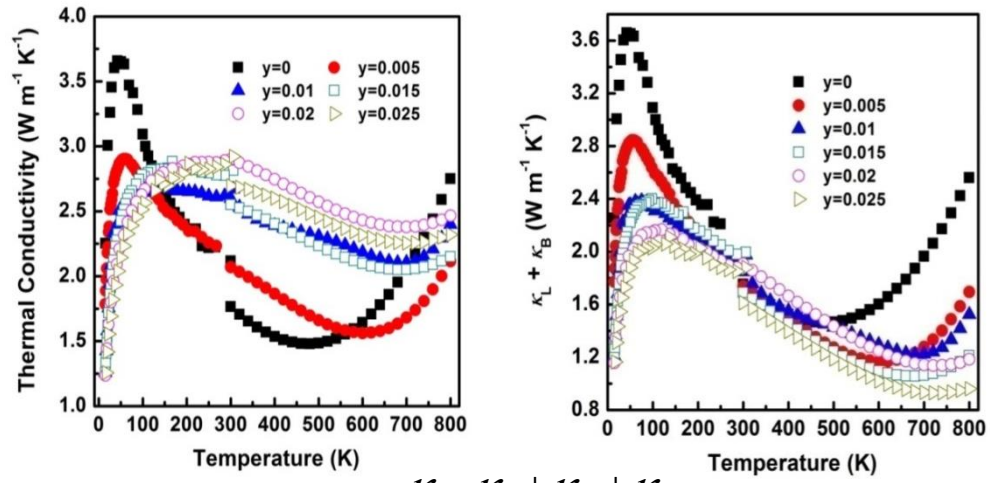
SOH管理方法应用于科易动力纯电动物流车电池组

新型热电固溶体研制和热电输运特性



Darker regions are rich in Si

Elemental mapping of $Mg_{2.16}(Si_{0.4}Sn_{0.6})_{1-y}Sb_y$



$$\kappa = \kappa_e + \kappa_L + \kappa_B$$

$Mg_{2.16}(Si_{0.4}Sn_{0.6})_{1-y}Sb_y$材料的热导系数研究

与美方合作伙伴联合发表高水平学术论文

[1] W. Liu, X. F. Tang, C. Uher, et al., Journal of Materials Chemistry 22, 13653 (2012).
[2] W. Liu, X. J. Tan, X. F. Tang, C. Uher, et al., Physical Review Letters 108, 166601 (2012)
[3] X. J. Tan, W. Liu, H. J. Liu, X. F. Tang, C. Uher, et al., Physical Review B 85, 205212 (2012).
[4] W. Liu, X. F. Tang, C. Uher, et al., Journal of Solid State Chemistry 203, 333 (2013).

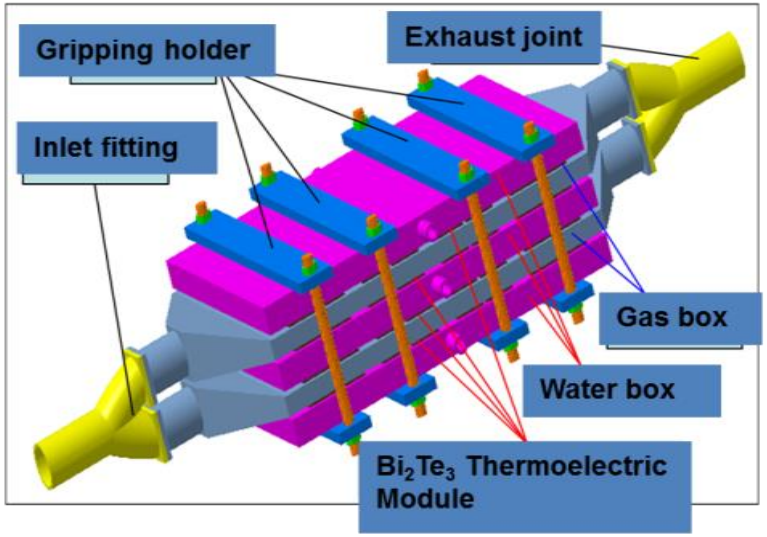
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

汽车废热回收的高效热电材料

开发出热电材料汽车尾气废热回收热器件模块，最高能源转换效率可达25%

University of Michigan · Wuhan University of Technology · Sandia National Laboratories · Oak Ridge National Laboratory

Structure of the stack gas box



- Compact structure. Improve the space utilization and cooling efficiency.
- Increase the temperature gradient. Improve the homogeneity of temperature distribution.

Distribution of TE module on the Gas Box

- Low temperature Bi_2Te_3 module: Conversion efficiency ~5%
- 32 chips per layer. 4 layers. Total: 128 chips.

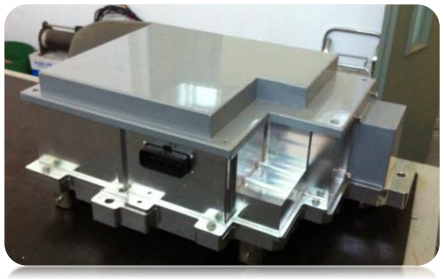
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

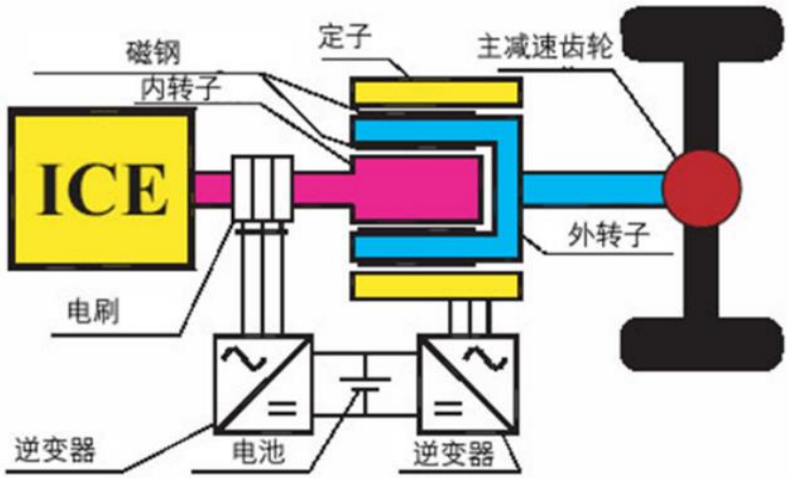
新型驱动电机仿真、设计与控制

- 研发出用于SUV和小型汽车的双机械端口的电动无级变速（EVTT）系统
- 获批10项专利、发表14篇相关文章

The Ohio State University

参数	基准样机	优化后非晶电机
额定功率	20kw	20kW
功率密度	1kw/kg	1.2kW/kg
有效体积(标幺值)	1	0.68
额定点效率	93%	95%



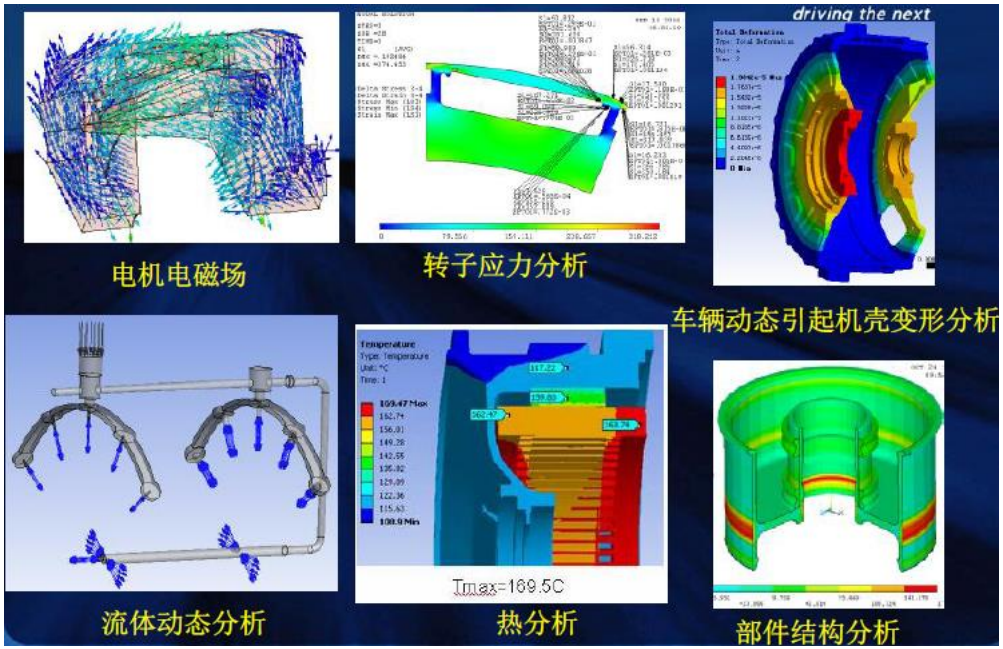


15kW/20kW DMPM for small sedan

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

新型驱动电机仿真、设计与控制

联盟中方企业精进电动与多家美国公司合作开发先进电机和电机系统，迄今已经实现高性能驱动电机在美国汽车企业应用万台以上



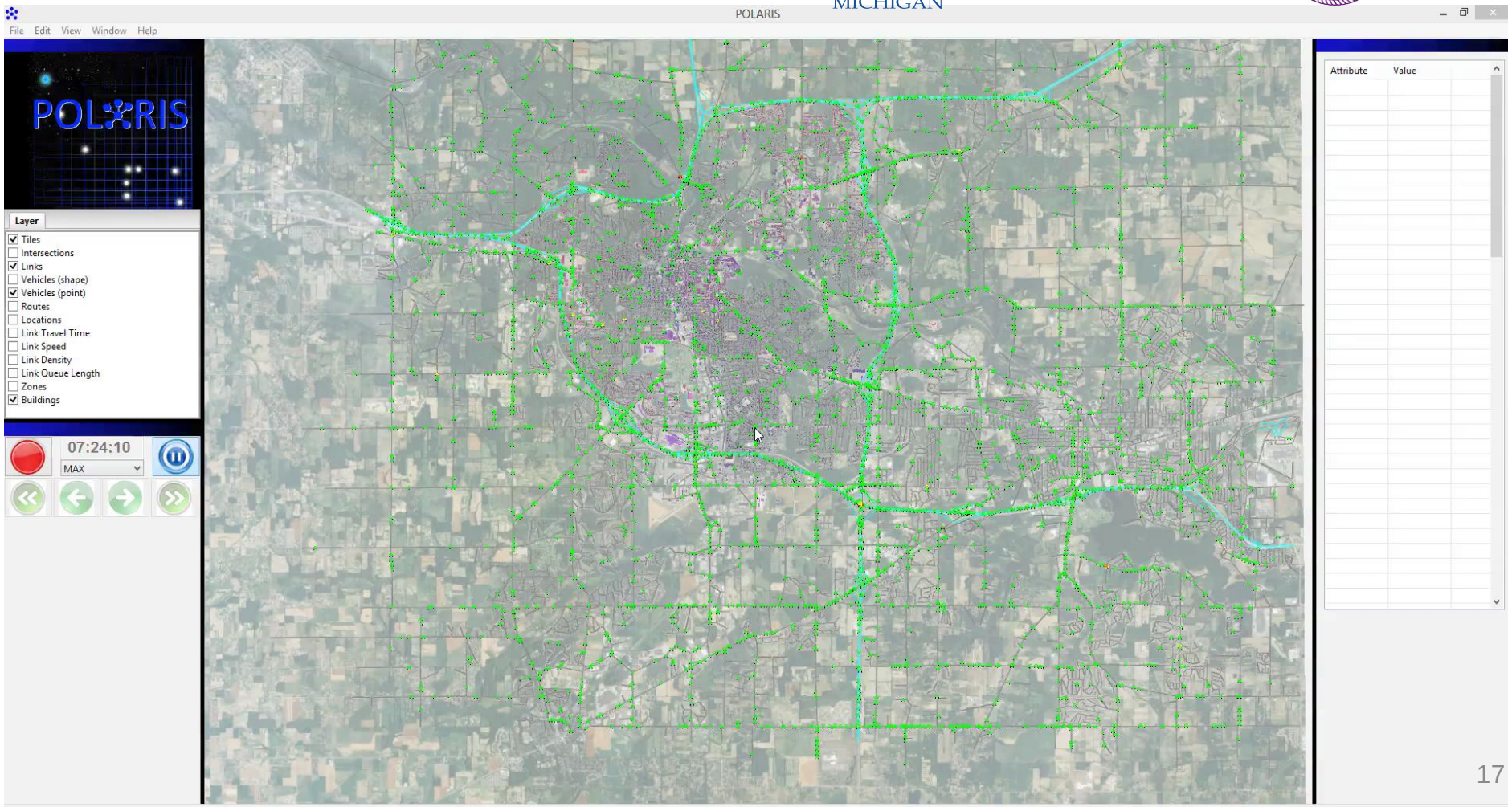
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

服务于车辆网的区域交通流模拟

Ann Arbor车辆网区域交通流

University of Michigan

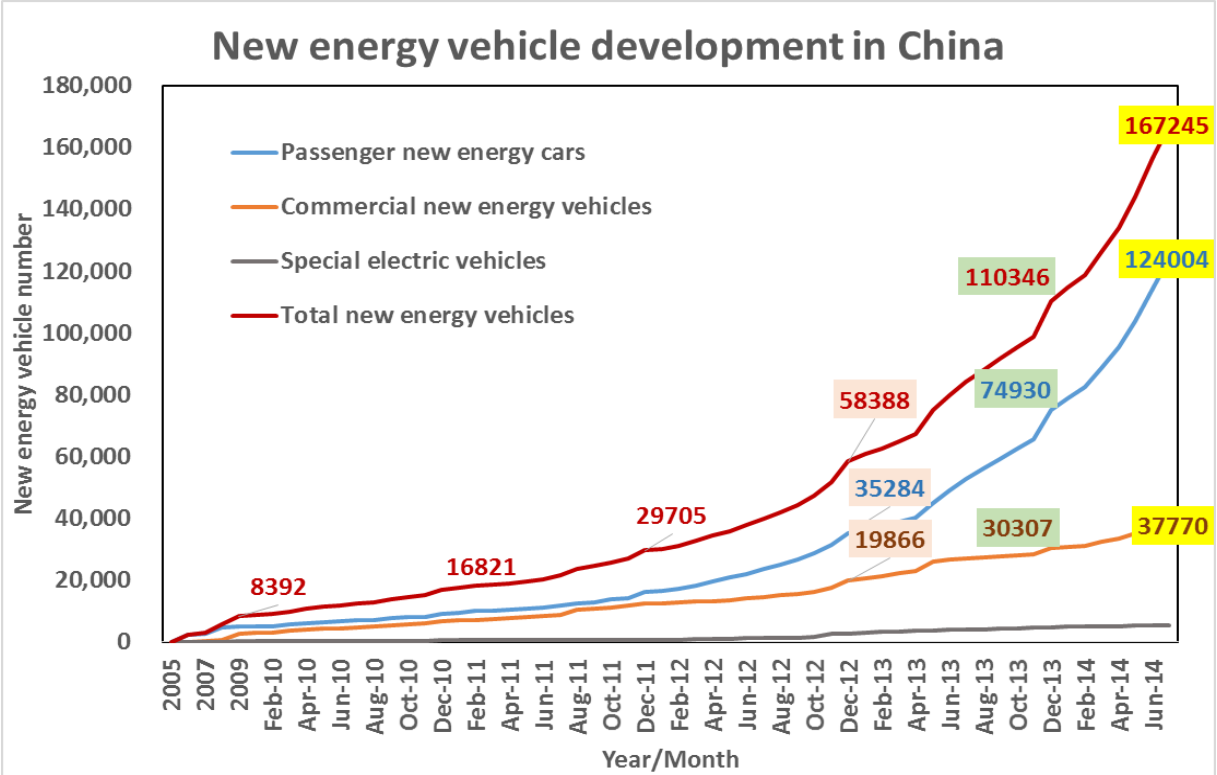
Argonne National Laboratory



U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

电动汽车产业化数据共享

基于美国E-drive数据库平台，与阿岗国家实验室联合开发《中国节能与新能源汽车产业数据库》



Copyright：DAE-PCG-ES & SKL-ASE, Tsinghua University;
Hewu wang (王贺武）wanghw@tsinghua.edu.cn

Argonne NATIONAL LABORATORY

中国节能与新能源汽车产业数据库

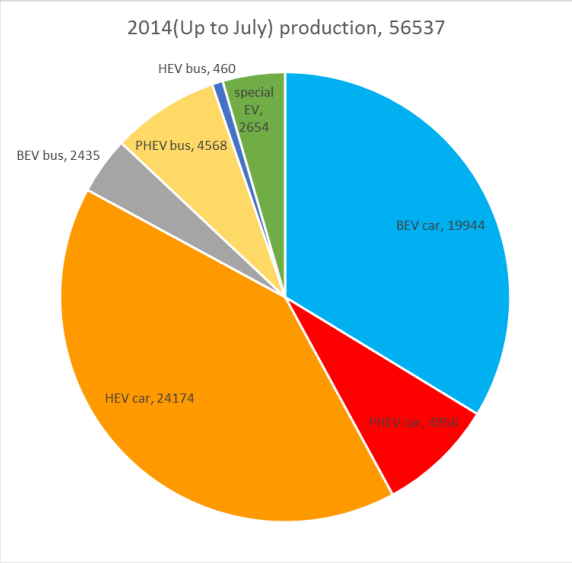
Data Base of Electric Vehicle Production in China

数据库开发：王贺武：wanghw@tsinghua.edu.cn

项目支持：科技部高新司(863、科技支撑)、国际合作司（中美清洁汽车联盟专项）

版权：清华大学汽车系/汽车安全与节能国家重点实验室

引用请注明：王贺武. 中国节能与新能源汽车产业数据库，清华大学汽车安全与节能国家重点
Citing as: Hewu WANG. Data Base of Electric Vehicle Production in China, State Key

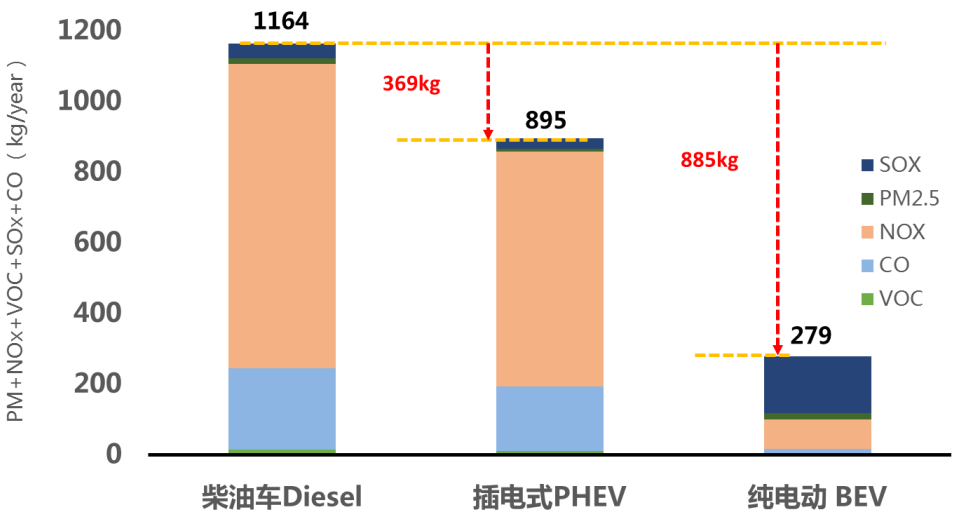


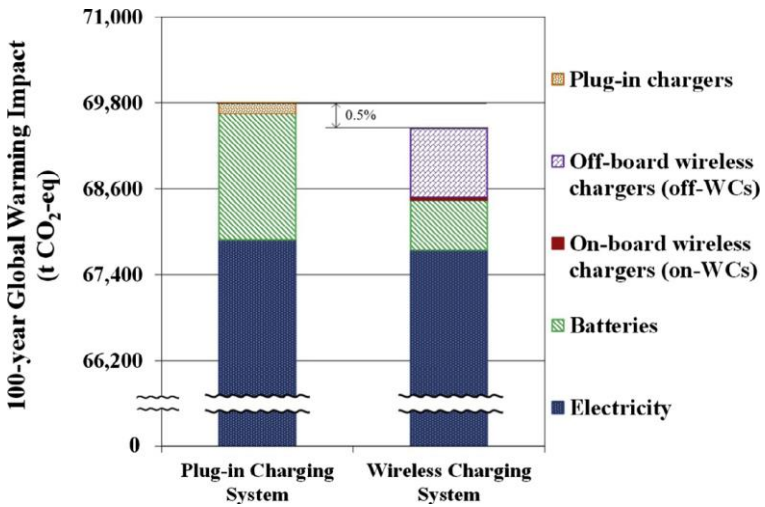
两国新能源车技术路径优化

两国城市电动客车评价（中国深圳、美国安娜堡）

◆各类新能源公交车全寿命周期碳排放及PM、NOx等污染物的排放都低于传统燃油公交车。

◆快充与在线充电两种纯电动公交车与插电式混合动力公交车具有较明显的经济优势。





U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

总体成果

- 组织双边工作会议、研讨会、专题讨论会
  - 6 次联盟内会议, 11 次电动汽车和电池研讨会
  - 每年多于100次的技术交流会议 (多数由独立TA完成)
  - 完成100人次短期访问，30次长期访问（>30天）
- 发表期刊及会议论文
  - 多于400篇发表或接受，联合30
- 知识产权公开入档；美国，中国和国际专利
  - 中国专利71项，美国28专利 (中方申请20项)
- 标志性成果
  - 在先进电池等六个重点研究方向取得了一批合作成果

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

典型综合成果

1. 先进动力电池系统；

（1）面向安全性的动力电池材料改性；

（2）高比能量锂离子动力电池热失控机理.

3. 电驱动与控制技术

电动汽车动力电池安全与防护系统

4. 轻量化电动汽车碰撞安全技术

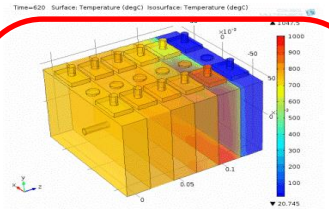
车辆碰撞过程动力电池失效机理

5. 电动汽车-电网智能交互技术

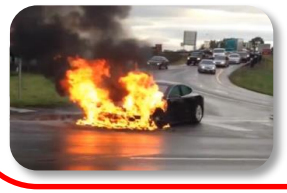
先进充电技术

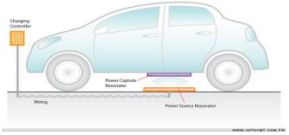
6. 电动汽车能源与系统分析

电动汽车动力电池安全性测试标准



动力电池安全性

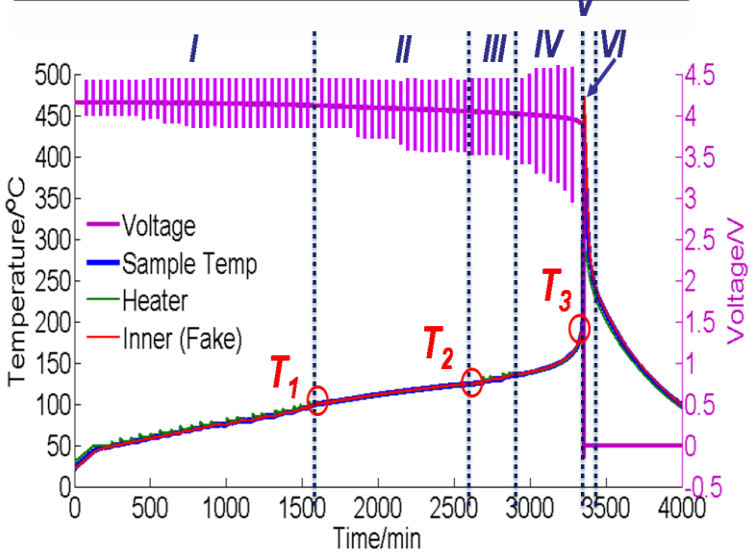




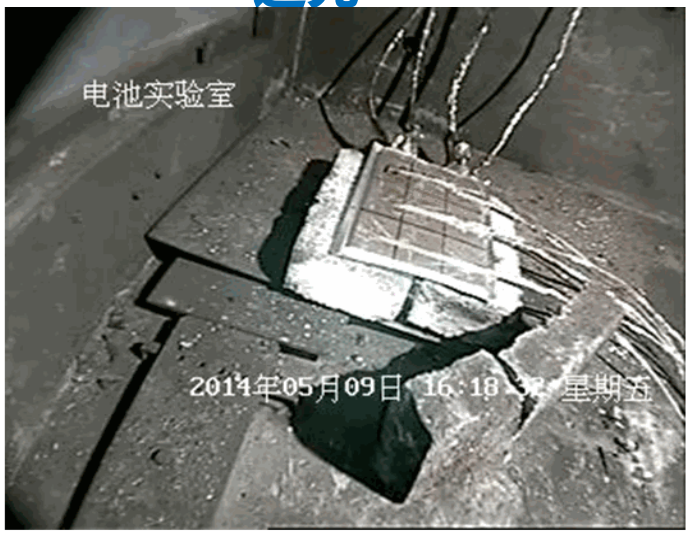
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

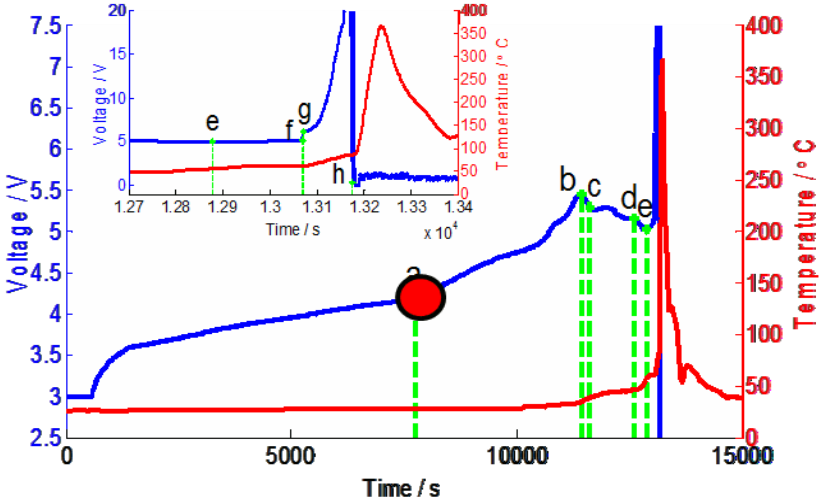
方向1：先进动力电池系统
动力电池热失控机理研究

短路/针刺



过充





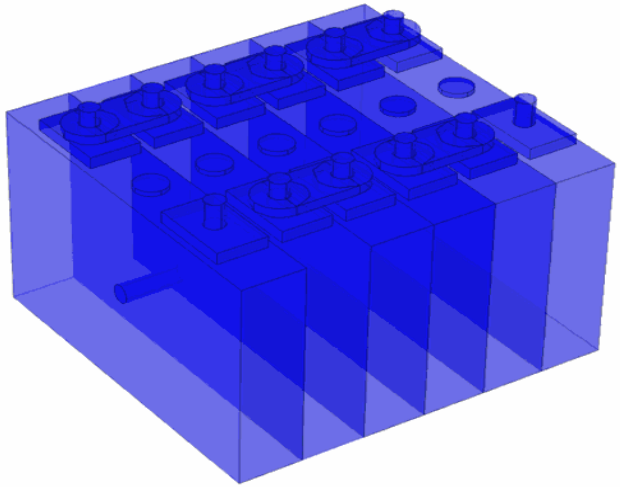
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

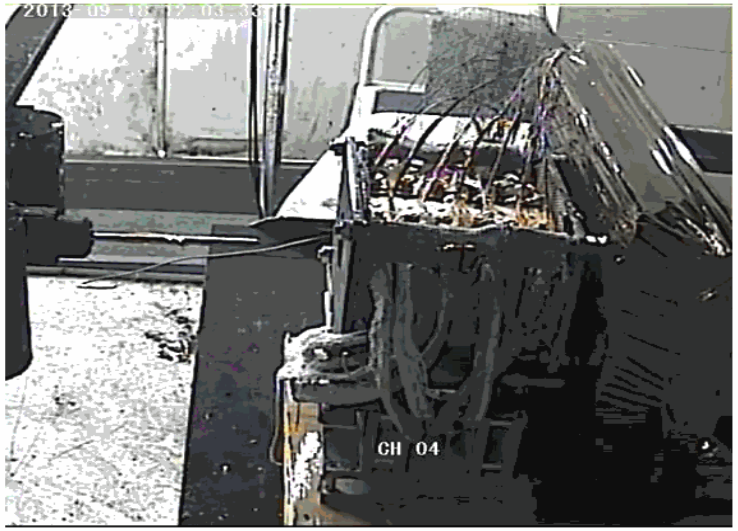
方向1：先进动力电池系统
动力电池热失控机理研究

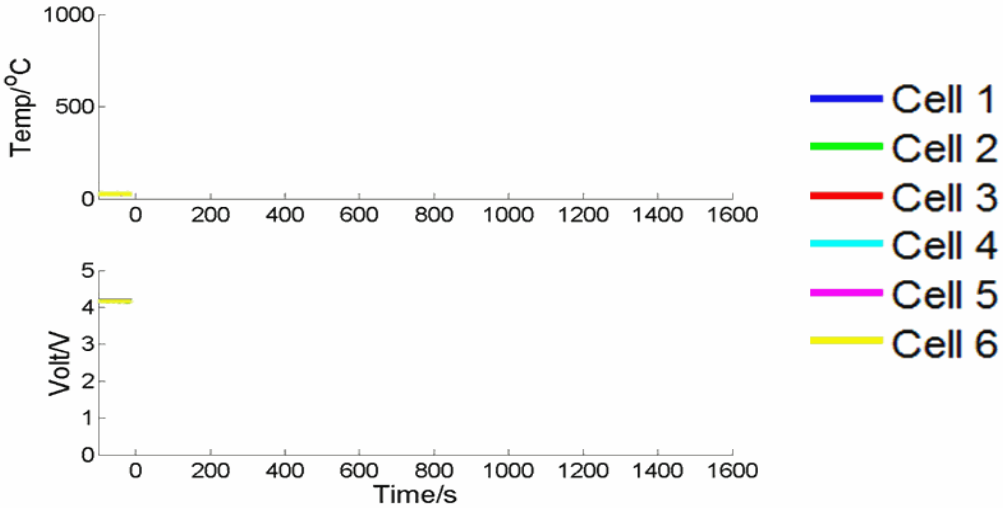
触发 → 扩展

↑

抑制





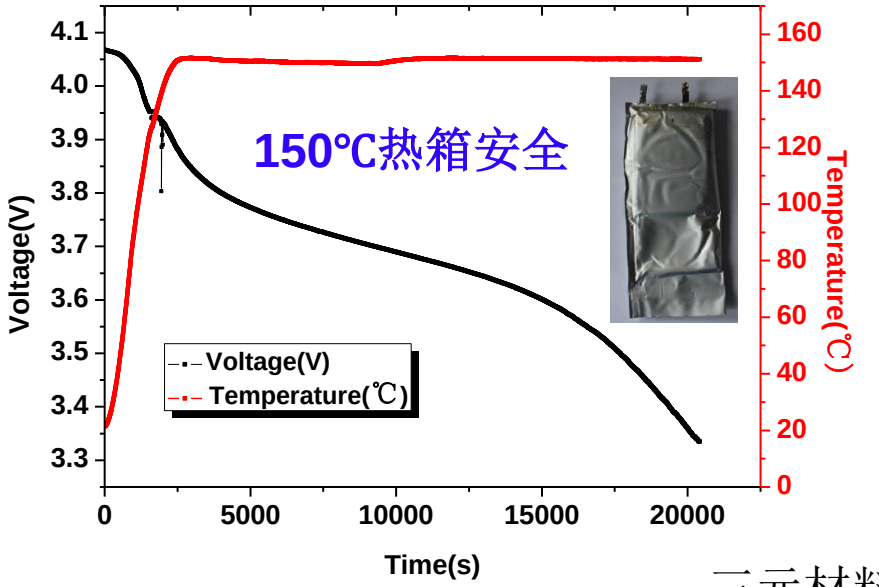


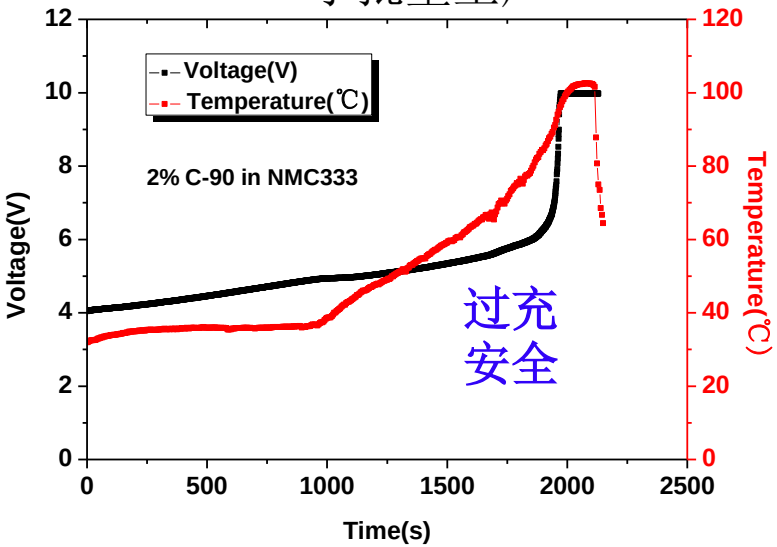
方向1：先进动力电池系统
面向安全的先进动力电池材料开发

聚合物材料安全性添加剂：阻止电解质反应放热

- 完成聚合物添加剂的分子结构设计，合成工艺优化。完成小批量试制；
- 稳定电池界面，提高电池安全性和使用寿命。

小批量生产



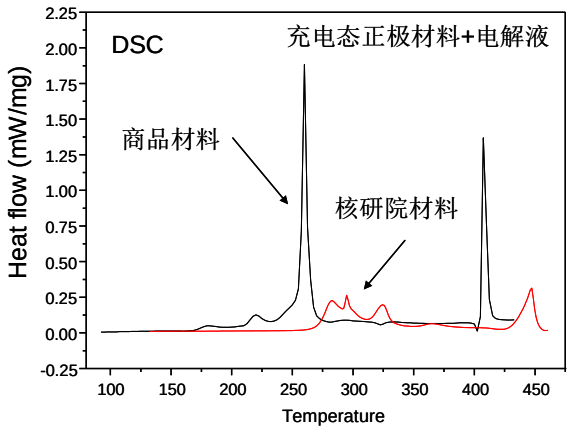


三元材料电池

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

方向1：先进动力电池系统
面向安全的先进动力电池材料开发

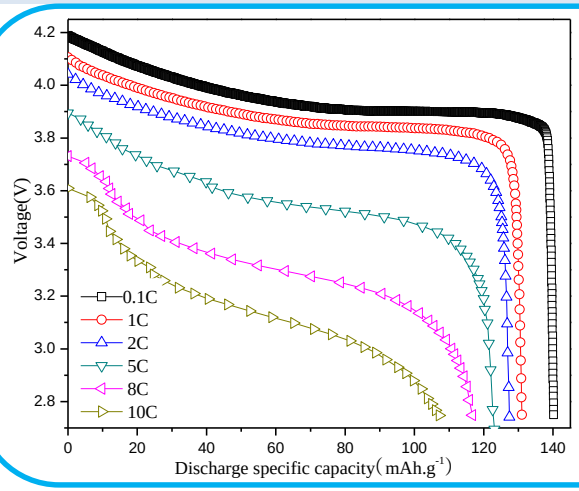
三元正极材料：高热稳定性

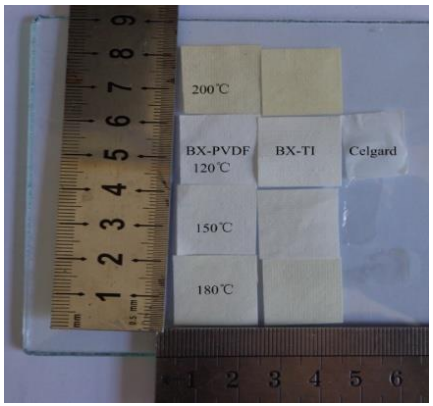


1、发热量量小。

2、 放热温度后移。

热稳定隔膜材料：阻止正负极接触放热





1、电化学性能优良。

2、 150℃下隔膜不收缩。

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

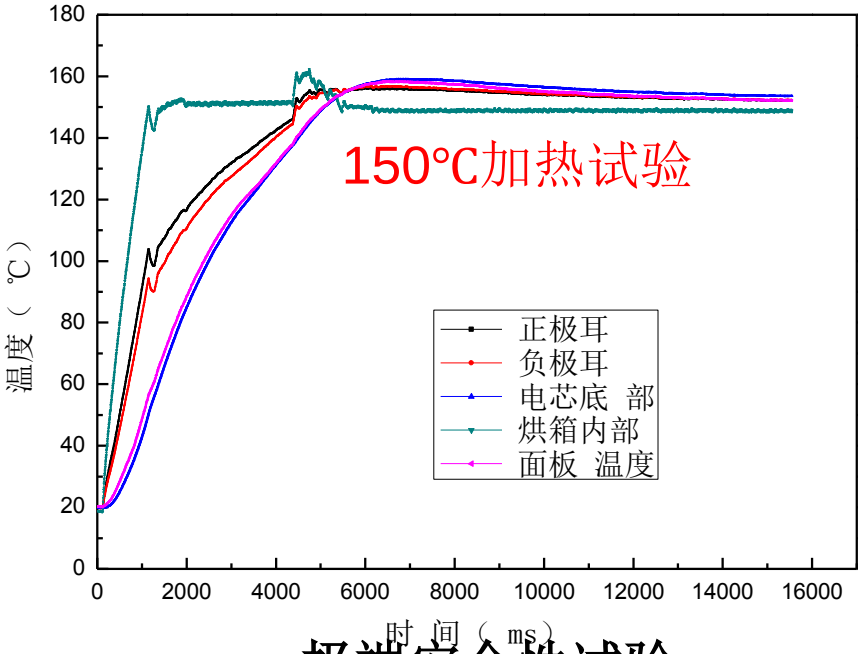
方向1：先进动力电池系统
面向安全的先进动力电池材料开发

新材料制造的单体能量密度：180-200Wh/kg

20V过充电

150℃/4小时加热

短路



极端安全性试验

1、测试条件：100%SOC，150℃恒温保持4小时。

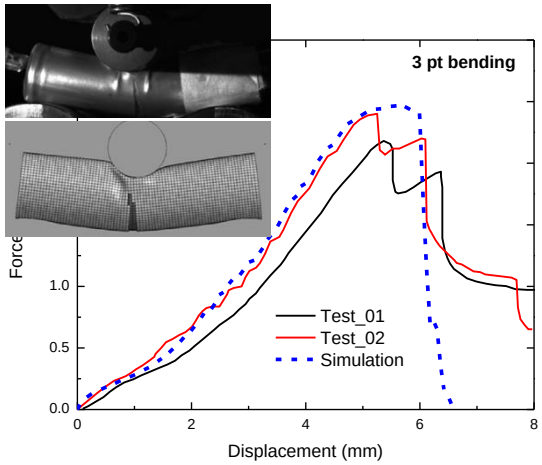
2、测试结果：未漏液、未起火

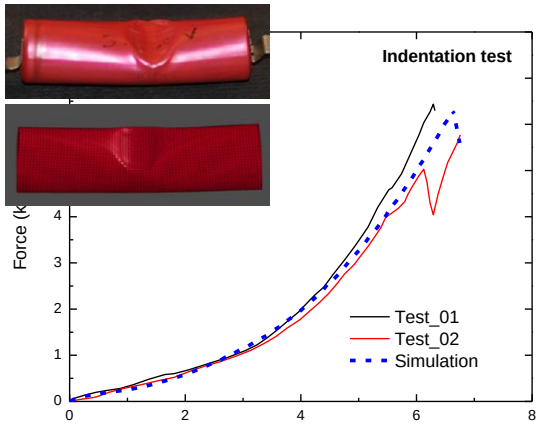
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

方向4：轻量化电动汽车碰撞安全技术
车辆碰撞过程的动力电池安全性

动力电池碰撞模型和碰撞容限

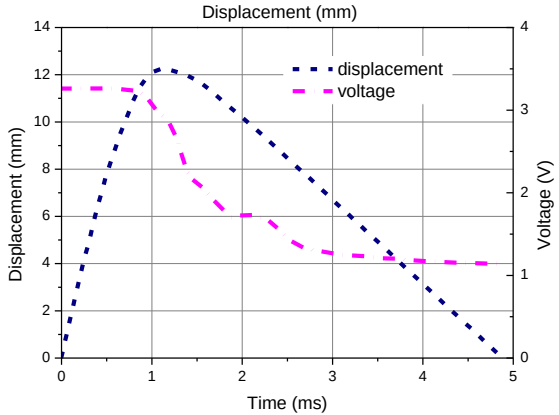
- 电池单体准静态加载试验，同步监控承载变化-电压变化-温度变化
- 揭示机械载荷下的变形失效与电池短路的关联性
- 均质化模型，准静态加载工况（挤压/侵入/弯曲）的电池单体短路预测





核心：电池单体卷芯层的等效表征（包括失效准则）

- 电池的落锤冲击试验
- 碰撞大变形-电压陡降
- 为开发动力电池碰撞模型和碰撞容限提供信息



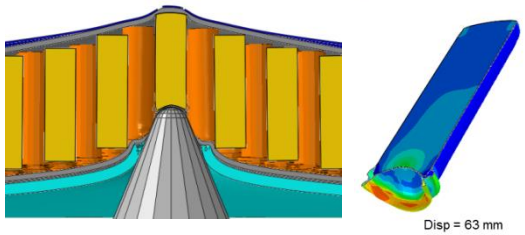
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

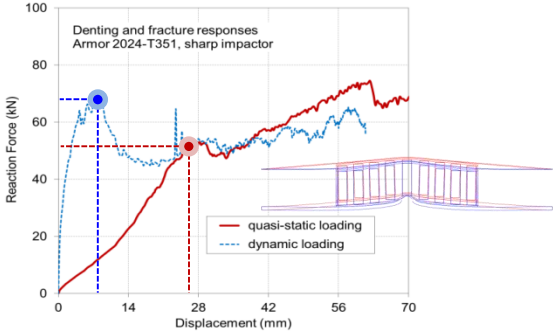
方向4：轻量化电动汽车碰撞安全技术
车辆碰撞过程的动力电池安全性

电动汽车电池包结构底部撞击

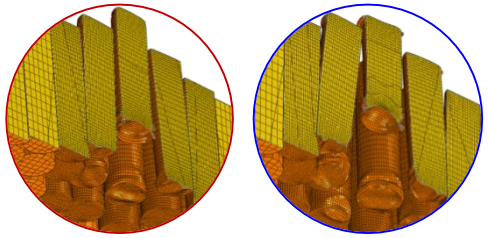
- 多尺度模型分析

— 底部结构变形和侵彻 → 局部电池变形特征 → 电池单体精细化分析

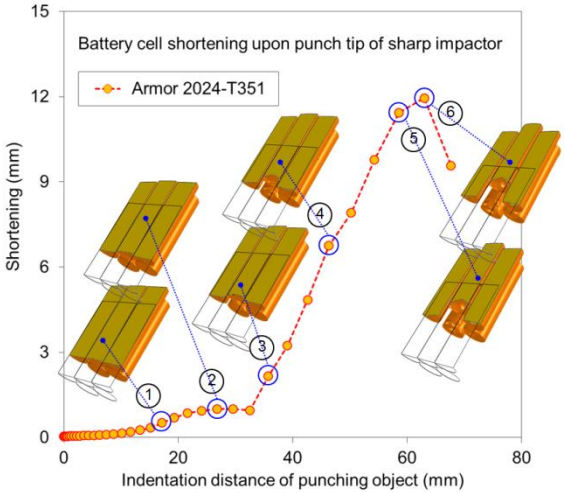


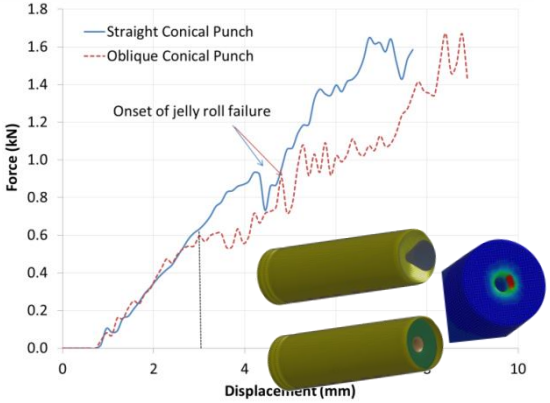


准静态和动态局部侵入结果差异

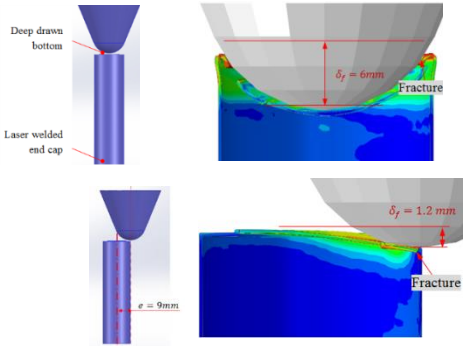


不同地板结构下的局部电池变形





不同侵入方式下的电池卷芯层变形和失效



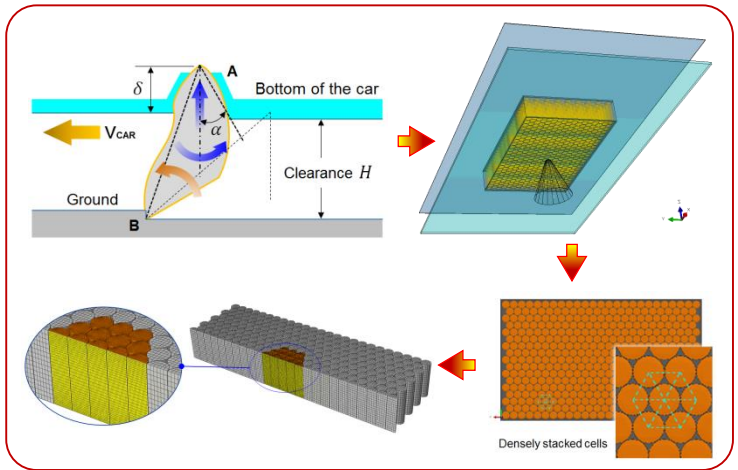
不同侵入方式下的电池壳体变形和失效

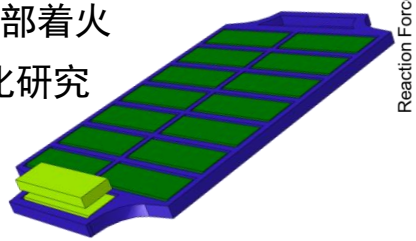
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

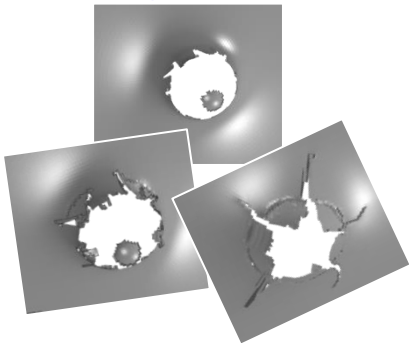
方向4：轻量化电动汽车碰撞安全技术
车辆碰撞过程的动力电池安全性

电动汽车电池包结构底部撞击模拟与仿真分析

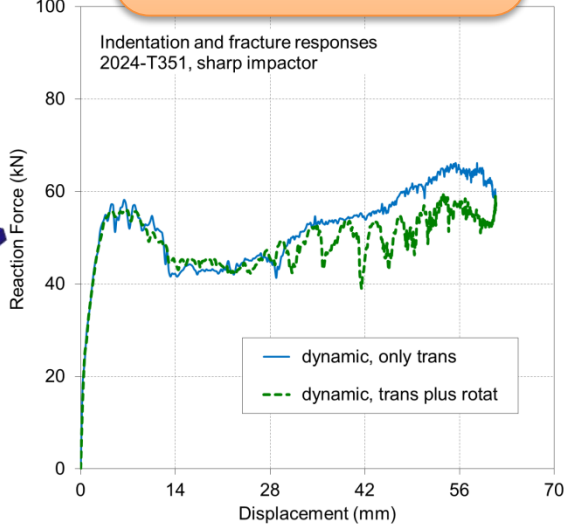
- 背景：Tesla Model S 高速公路路面异物撞击底部着火
- 平板状电池包结构底部撞击的模型定义和参数化研究
- 金属护板侵彻过程和裂口扩展形态分析

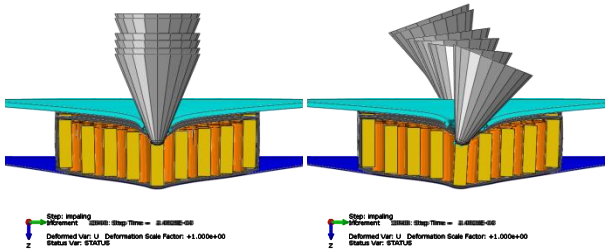






不同材料护板的裂口扩展形态



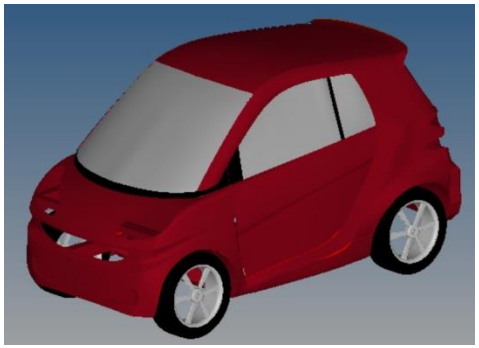


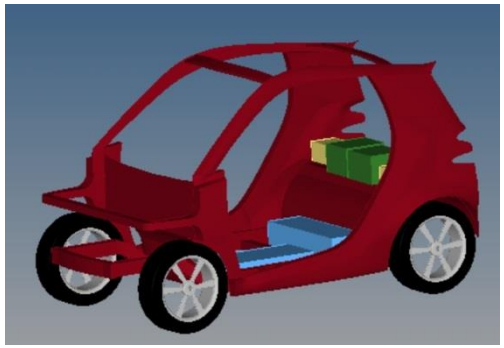
正向撞击 vs. 转动撞击

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

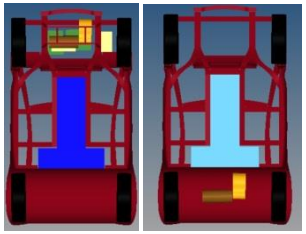
方向4：轻量化电动汽车碰撞安全技术
轻量化电动轿车整车碰撞安全

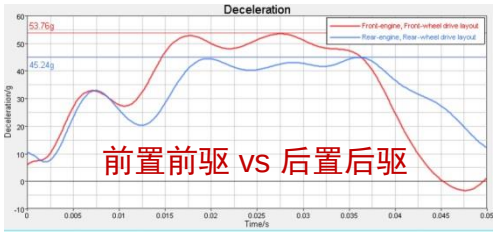
轻量化小型纯电动轿车车身设计，整车碰撞仿真分析

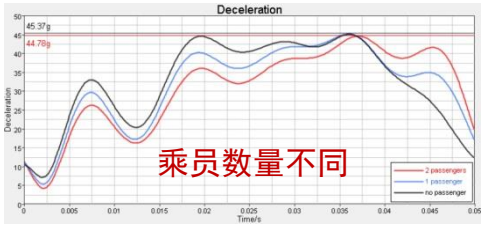


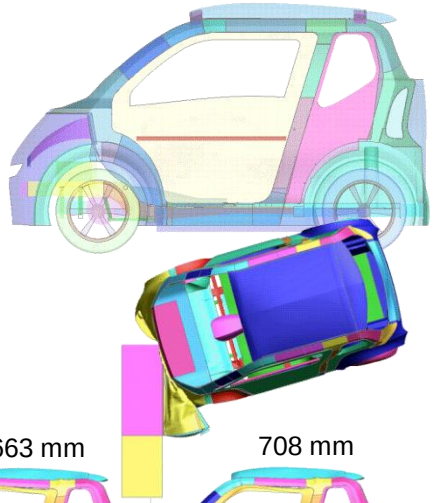


- 完成1000kg ／ 600kg 小型电动轿车模型
  - 用于分析电池和乘员质量分布对碰撞性能的影响
  - 使用轻质材料对减重和安全性的影响

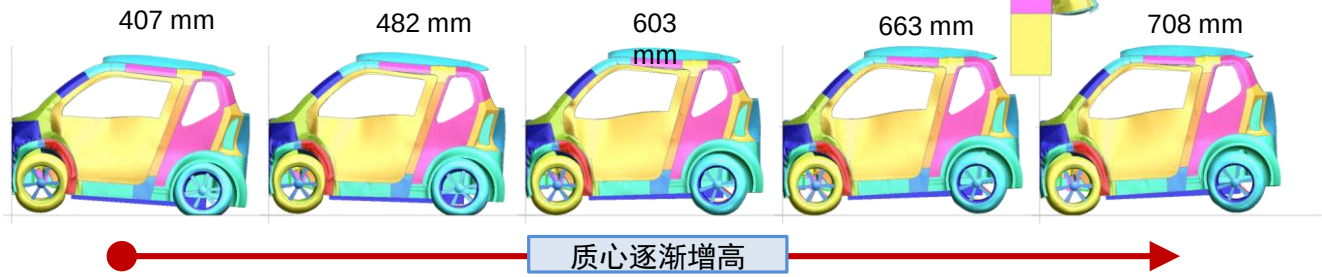








- 电池组位置影响整车重心
  - 整车重心位置影响汽车俯仰运动
  - 俯仰运动影响汽车碰撞吸能



University of Michigan

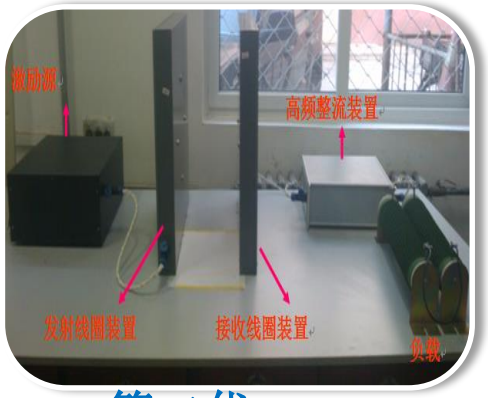
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

方向5：电动汽车与电网交互技术-无线充电

第一代

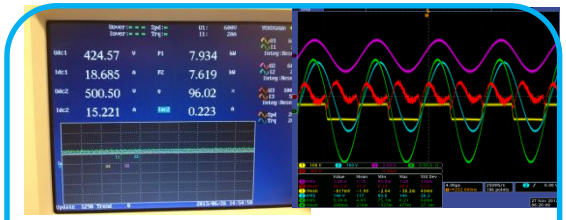
先后开发1kW、3.3kW
无线充电实验平台

DENSO
University of Michigan
Oak Ridge National Laboratory
Chinese Academy of Sciences



第二代

第三代



系统仿真平台

- 额定功率3.3kW
- 传输距离20cm
- 系统效率超过90%

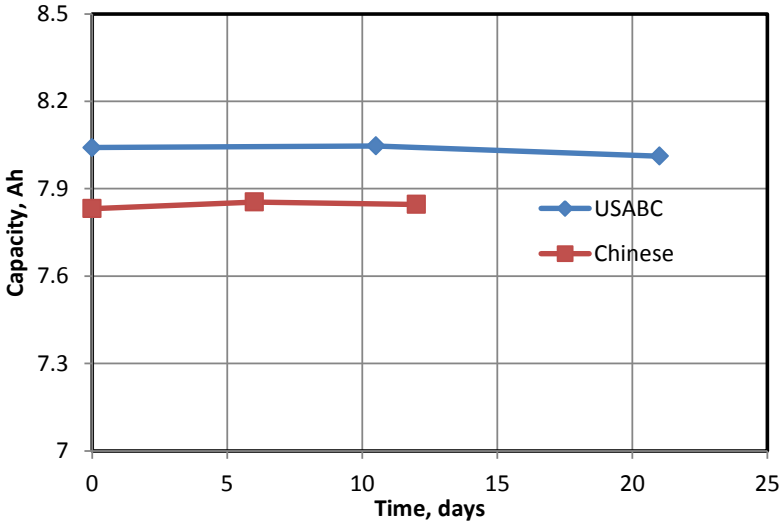
装车实验

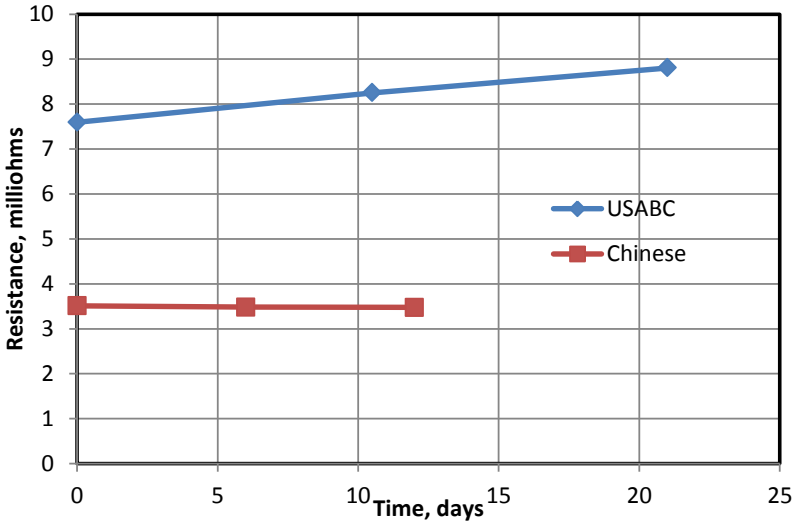
方向6：电动汽车能源与系统分析 -动力电池测试标准

中美电动车电池联合测试

- **中美电动车电池测试协议的相似点：**
  可用的电压窗口、温度、容量以及以80%容量容量 作为i寿命测试终点。
- **中美电动车电池测试协议的不同点：**
  恒电流循环与电池动力性能关系测量方法；功率密度测量方法。

中美电池初步测试结果对比





U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

汇报内容

CVC1.0研究成果总结

CVC2.0研究工作计划

CVC2.0初步合作成果

聚焦研究内容

1. 先进电池材料与系统集成

2.清洁燃烧与辅助动力单元

3.电驱动系统构型与优化

4.轻量化车身与材料

5.车联网与基础设施

6.系统分析与路线图

CVC1.0 到 CVC 2.0

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

清洁汽车联盟成功过渡

- CERC2015 指导委员会（2015年1月、华盛顿）
- CVC 2015 年度技术会议（2015年8月，北京）
- CVC2.0研究内容确定(2015年12月，北京）
- CVC2.0 联合工作计划、产权管理计划（2016年7月）

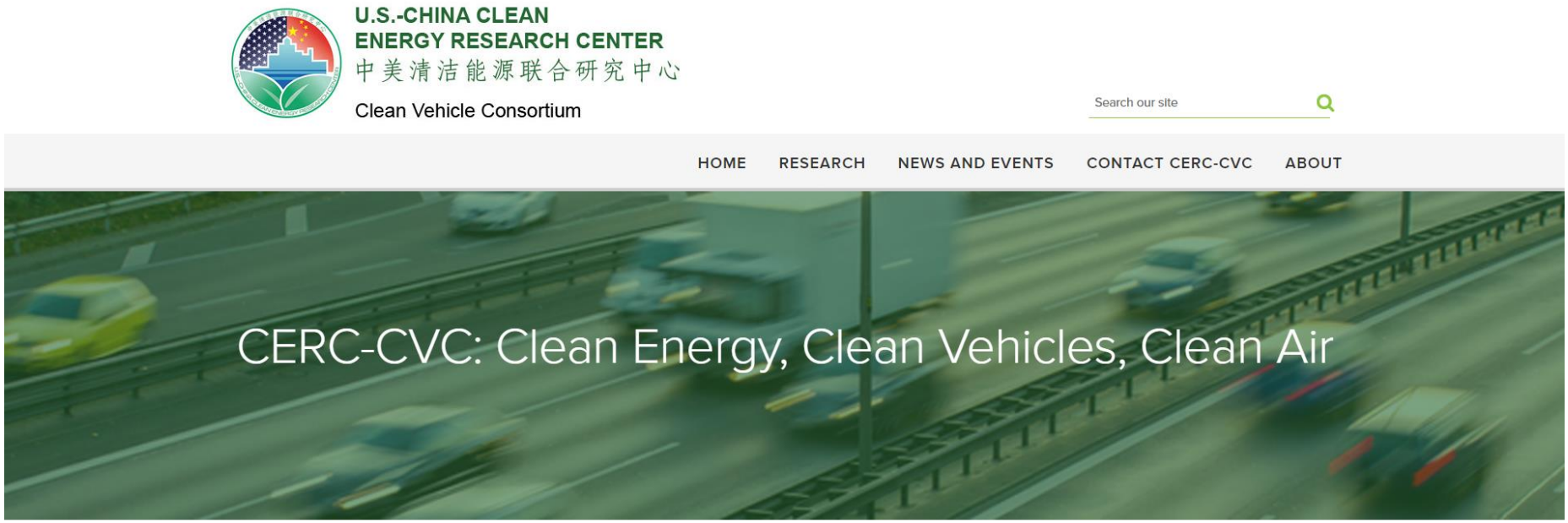
2015.01 华盛顿

2015.08 北京
CVC2.0 内容讨论

2015.12 北京
CVC2.0 内容和目标达成共识

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

清洁汽车联盟第二阶段



CERC-CVC 第二阶段将延续第一阶段的成功合作

愿景: 促进相关技术的大幅度进步，降低两国汽车对石油的依赖和提高燃料效率。

A website dedicated to CERC-CVC Phase 2: http://cerc-cvc.anl.gov/

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CERC-CVC 2.0: 组织机构

Argonne NATIONAL LABORATORY

主任：
Don Hillebrand

副主任：
王全录

副主任：
Khal Amine

主任：
欧阳明高

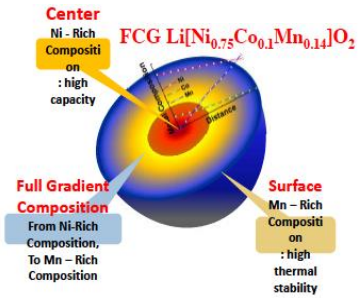
副主任：
王贺武

副主任：
邱新平

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

先进电池研究方向

- 开发先进的表征方法来了解不同电池系统的实效机理，侧重于高电压高能量新型电池正极材料(230mAh/g)
- 硅基负极材料特性和SEI
- 锂硫电池特性研究
- 电池单体和模组的安全性研究
- 锂空电池、锌空电池新型电解质的研发



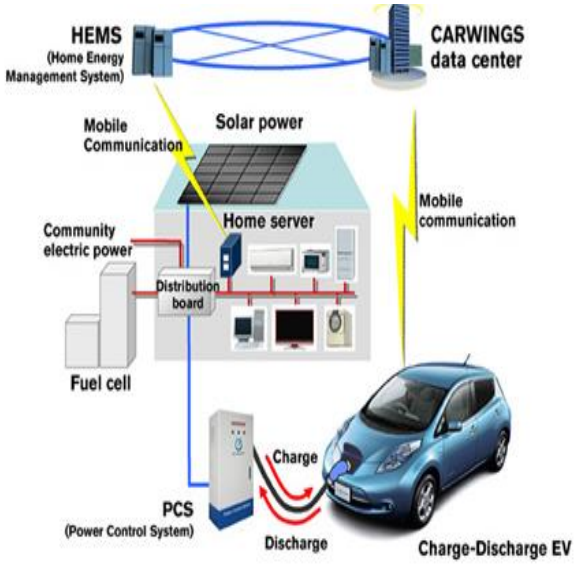
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

先进汽车技术方向

- 电动化动力系统：重点进行驾驶循环、部件优化、动力系统优化的研究
- 能量转换装置：研究准对两国不同市场特点的PEV用最佳燃烧装置
- 车辆系统优化：评估PEV车辆的主要构型、基于市场的车辆设计、电池系统性能影响和保护

网联车技术方向

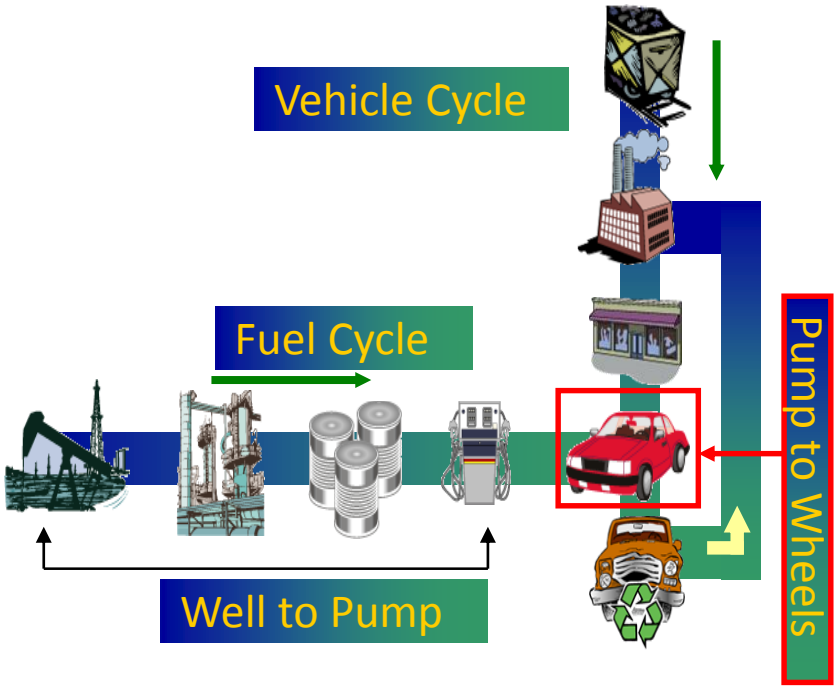
- 集成化交通系统：研究网联车和自动驾驶对能源消耗的影响
- 充电基础设施与技术：研究促进电动汽车市场最大化的响应措施和技术
- 共享交通：评估基于共享基础上的网联化和自动驾驶对能源的影响



U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

能源系统分析方向

- 进行电动车、传统内燃机车和电池生命周期的分析，并评估相关技术在两国推进所带来的能源及环境影响
- 调查两国消费者在驾驶和购买车辆方面的行为习惯，开展电动汽车市场预测
- 研究两国针对电动汽车的财政/非财政政策激励机制，探索电池性能提升和成本降低对于未来市场的影响



- 从中美两国及其他地区已成功运行的实例中开展优化筛选，对中美开展的电动车示范工程进行经验总结，提出清洁低碳交通市场化政策新建议。

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CVC2.0 研究团队

美方

Argonne National Laboratory

The Ohio State University

Massachusetts Institute of Technology

University of Michigan

UC Davis ITS Institute of Transportation Studies

icct The International Council on Clean Transportation

CALSTART

Oak Ridge National Laboratory

Pacific Northwest National Laboratory

Brookhaven National Laboratory

University of Washington

Carnegie Mellon University

中方

清华大学

shevdc 上海数据中心

上海交大

北理工

中科院

北航

湖大

CATARC 中汽中心

电科院

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

CVC2.0企业成员

美方

DELPHI
Aramco Services Company
State of California Energy Commission
GM
microvast Power Systems
ClimateWorks Foundation
万向集团 WANXIANGGROUP
A123 Systems
Farasis
Excellatron

中方

CATL
万向集团 WANXIANGGROUP
SAIC
JAC
CAERI
CNTARC
上汽通用五菱 SGMW
LISHEN
LIBs
JJE
ECTEK
KeyPower 科易动力

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

汇报内容

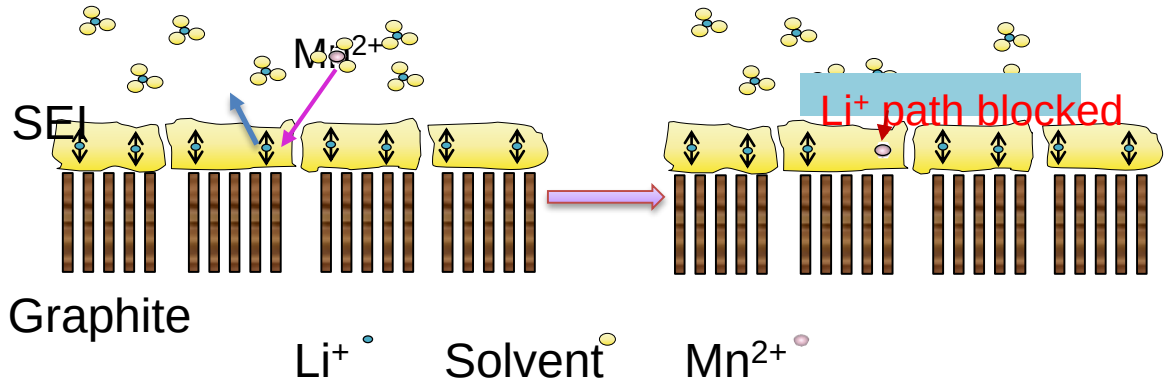
CVC1.0研究成果总结

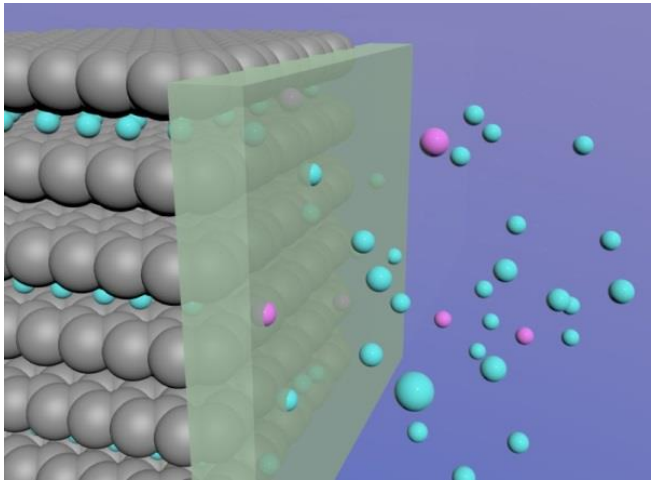
CVC2.0研究工作计划

CVC2.0初步合作成果

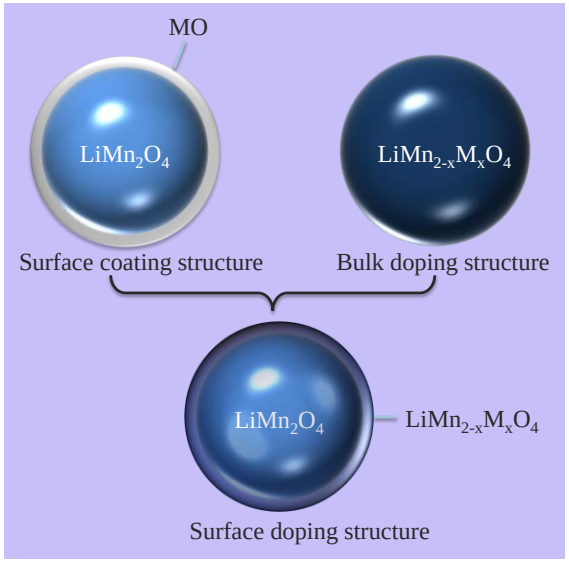
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

尖晶石锰酸锂-碳材料锂离子电池体系中锰溶解过程





Nat. Commun. 4, 2437, **2013**



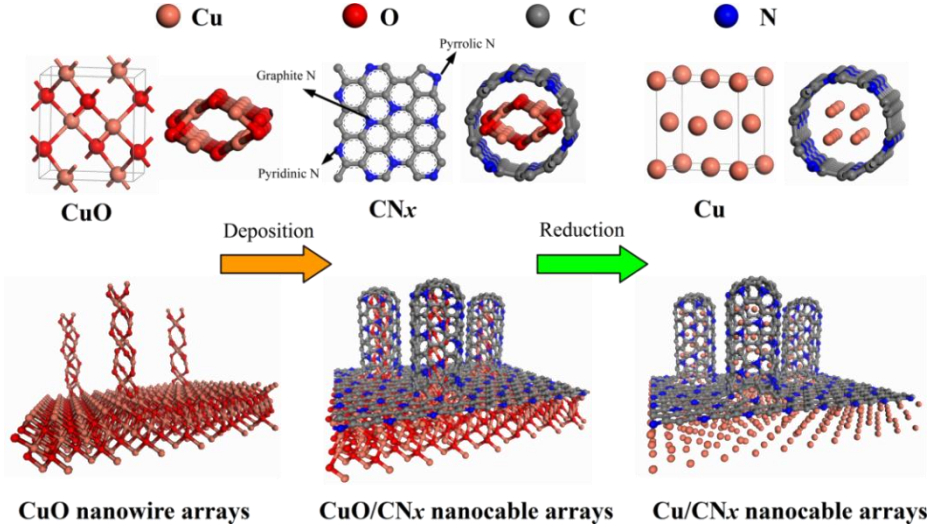
Nat. Commun. 5, 5693, **2014**

- 锰在负极表面沉积的价态为+2
- 锰离子与SEI的反应是锂离子反应，二不是形成金属锰的还原反应（锂离子陷阱效应）
- 锂离子电池容量衰减是由于负极的SEI膜的变化引起
- 采用原子层析或凝胶溶胶法处理尖晶石正极表面材料可显著提高电池的容量和循环性，可抑制高温下锰的溶解过程

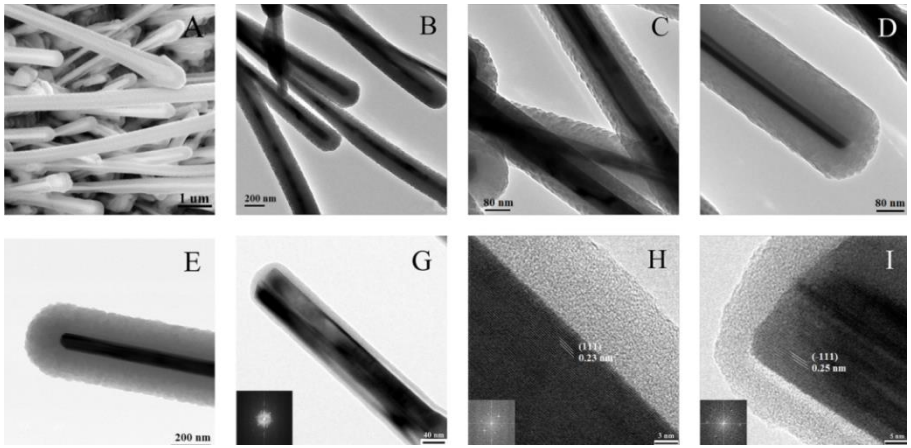
U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

纳米阵列电极材料

Synthetic Mechanism

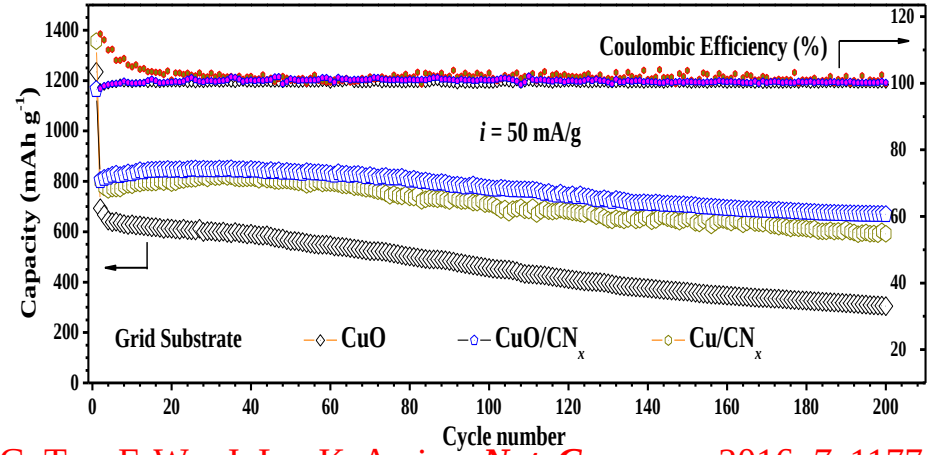


Core-Shell Nano-Arrays



- 采用两步电极制备工艺，在铜基体上生长氧化铜纳米线，并利用RF建设方法在其表面形成氮化碳薄膜，从而制备了具有三维壳殼结构的纳米阵列电极
- CuO/CNx的壳殼结构可以补偿锂 嵌入-脱出过程中电极材料的体积变化，三维的纳米阵列可提供丰富的电活性区域和电子-离子传输通道，该结构可提高电极的整体能量和功率密度

Cycling Performance



G. Tan, F. Wu, J. Lu, K. Amine, ***Nat. Commun***. 2016. *7*, 11774

总 结

- 确定了CVC2.0的研究方向和项目，双方超过100名研究人员和学生在今后的5年中开展合作研究
- 2016年CVC年度技术交流会8月3-6号在美国召开
- 完成企业成员的初步沟通，企业投入的费用将能够超过政府的要求
- 包括科技部、能源部、以及合作伙伴均能接受现有的知识产权管理计划（TMP）

U.S.–China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

谢 谢！

U.S.–China Clean Energy Research Center

中美清洁能源研究中心

Clean Energy Consortium

U.S.: http://cerc-cvc.anl.gov/
China: http://www.cerc.org.cn/