**奖励类别：**自然科学奖

**项目名称：**新颖电化学能源材料的可控制备、储能机理及其性能研究

**主要完成人：**童叶翔,李高仁,卢锡洪,李奇,翟腾,于明浩,王子龙,钟锦辉

**主要完成单位：**中山大学

**推荐单位：**中山大学

**项目简介：**

本项目属于物理化学学科，是纳米储能材料和超级电容器器件研究的国际前沿课题。

能源是人类活动的物质基础，能源的发展是全人类共同关心的问题，也是我国社会经济可持续发展的重大需求。超级电容器是介于二次电池和传统电容器之间的一种新型储能装置，它具有功率密度高、充放电速度快、使用寿命长、工作温度范围宽、对环境无污染等优点，是最有希望的绿色能源之一，在电子产品、电动汽车、电力峰谷调节和风力、太阳能发电能量储存等领域得到了广泛应用，但其能量密度与循环稳定性有待进一步提升。需着重解决电极材料的导电性、结构的稳定性及复合电极材料的协同储能问题。本成果针对如何在保持高功率密度下提高储能材料的能量密度这一关键科学问题开展了大面积可控制备低成本、高性能纳米储能材料和超电容器件研制的原创性研究，以提升超级电容器的能量密度为主线（E=0.5CV2），主要研究纳米储能电极材料的电化学反应规律和储能机理；设计和研制新型的高性能柔性电容器器件以提高超电容的工作电压，从而实现超级电容器的高比能量化，为可穿戴电子装置的发展与应用提供绿色高效的新型柔性储能器件。

主要发现及创新点如下：

(1) 创新性地发展了电化学界面限域反应可控制备一维 MnO2 基储能材料的新思路，实现了 MnO2 和金属氧化物优势性能之间的耦合，显著提高了 MnO2 基储能材料的电子传输与离子扩散速率，实现了 MnO2 基储能材料的高容量、高倍率及高稳定性。

(2) 针对金属氮化物储能电极寿命差的问题，提出利用聚合物电解质来稳定金属氮化物电极电化学活性的新方法，并发展了一种普适性强的碳壳稳定策略来拓宽金属氮化物电极在水系电解液中应用。

(3) 基于不同材料的析氢、析氧过电势，提出以改性金属氧化物纳米材料为正极和钒氧化物为负极，拓宽了柔性固态电容器的工作电压，设计了多款能量密度高的锰基非对称柔性固态超电容储能器件。

(4) 通过纳米结构优化策略，构筑具有大比表面积和多孔道结构，实现了快速的离子传输，显著提高了超级电容器电极材料的比电容及倍率性能。

科学价值：阐明了过渡金属基纳米储能材料结构与容量的关系，发展了几种大容量的柔性电极材料的大面积可控制备方法；在超电容器件研制方面，发现了电极材料的循环稳定性、混合型超电容正负极匹配性存在的科学问题，并提出了有效的解决方案；设计和研制了多款新型柔性高比能量超级电容器。研究成果为研发柔性高性能超电容提供了重要的科学基础。

本成果完成人近 5 年来在Adv. Mater.，NanoLett.，Energy Environ. Sci. 等国际重要学术期刊上发表 SCI 收录论文 38 篇，9 篇论文进入ESI 高被引用论文。10 篇代表性论文影响因子总和为 130.607，SCI他引总数 1116 次，其中单篇论文最高 SCI 他引 245 次，5 篇论文 SCI 他引超过 100 次。

**主要完成人情况表：**

1.姓名：童叶翔

排名:1

技术职称:教授

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 提出纳米储能材料的大面积可控制备和超电容器件研制的学术思想，对发现点1、2、3和4都做出了创造性的贡献，是代表性论文1、2、3、5、7、9、10 的通讯作者。

曾获科技奖励情况: （1）19997年获广东省自然科学一等奖（排名第3）；（2）19998年获广东省自然科学一等奖（排名第2）；（3）2007年获教育部中国高校自然科学一等奖（排名第3）。

2.姓名：李高仁

排名:2

技术职称:教授

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 本人对本项目《重要科学发现》中所列第1、4项科学发现做出了创造性贡献，是第5、6、8、9、10 篇代表性论文专著的通讯作者。

曾获科技奖励情况: 2007年获教育部中国高校自然科学一等奖（排名第4）。

3.姓名：卢锡洪

排名:3

技术职称:副教授

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第1、2、3 点科学发现做出了创造性贡献，是所列10篇代表性论文作中第1、2、3、7、10篇论文的第一作者。

曾获科技奖励情况: 无

4.姓名：李奇

排名:4

技术职称:其他

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第4点科学发现做出了创造性贡献，是第4篇代表性论文的第一作者。

曾获科技奖励情况: 无

5.姓名：李奇

排名:5

技术职称:其他

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第1、2、4 点科学发现做出了重要贡献，是第 1、2、3、7、10篇代表性论文的主要作者。

曾获科技奖励情况: 无

6.姓名：于明浩

排名:6

技术职称:其他

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第 1、2 点科学发现做出了重要贡献，是第1、2、3、4、10 篇代表性论文的主要作者。

曾获科技奖励情况: 无

7.姓名：王子龙

排名:7

技术职称:其他

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第 2 点科学发现做出了重要贡献，是第 4、6、8 、9 篇代表性论文的主要作者。

曾获科技奖励情况: 无

8.姓名：钟锦辉

排名:8

技术职称:其他

工作单位:中山大学

对本项目技术创造性贡献: 对本项目《重要科学发现》中所列第4项科学发现做出了创造性贡献，是第 6 篇代表性论文专著的第一作者，是第 9 篇代表性论文专著的主要作者。

曾获科技奖励情况: 无

| 1.不超过10篇代表性论文、专著 | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文、专著  名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码  年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者  (中文名) | SCI  他引次数 | 他引  总次数 | 是否国内完成 | |
| 1 | Hydrogenated TiO2 Nanotube Arrays for Supercapacitors./Nano Lett./ Xihong Lu, Gongming Wang, TengZhai, Minghao Yu, JiayongGan, Yexiang Tong\* and Yat Li | 13.592 | 2012, 12(3): 1690-1696. | 2012-02-24 | 童叶翔/卢锡洪 | 245 | 245 | 是 | 1 |
| 2 | Facile Synthesis of Large-area Manganese Oxide Nanorod Arrays as High-Performance Electrochemical Supercapacitor /Energy Environ. Sci./ XihongLu, DezhouZheng,TengZhai,ZhaoqingLiu,YunyunHuang,ShileiXie and Yexiang Tong\* | 20.523 | 2011, 4(6), 2915-2921 | 2011-06-22 | 童叶翔/卢锡洪 | 132 | 132 | 是 | 1 |
| 3 | H-TiO2@MnO2//H-TiO2@C Core–Shell Nanowires for High Performance and Flexible Asymmetric Supercapacitors. /Adv. Mater./Xihong Lu, Minghao Yu, Gongming Wang, TengZhai, ShileiXie, Yichuan Ling, Yexiang Tong,\* and Yat Li\* | 17.493 | 2013, 25(2): 267-272. | 2012-10-19 | 童叶翔/卢锡洪 | 138 | 138 | 是 | 1 |
| 4 | Design and Synthesis of MnO2/Mn/MnO2 Sandwich-Structured Nanotube Arrays with High Supercapacitive Performance for Electrochemical Energy Storage. /Nano Lett./ Qi Li, Zi-Long Wang, Gao-Ren Li,\* RuiGuo, Liang-Xin Ding, and Ye-Xiang Tong | 13.592 | 2012, 12(7): 3803-3807. | 2012-06-25 | 李高仁/李奇 | 110 | 110 | 是 | 1 |
| 5 | Mesoporous MnO2/Carbon Aerogel Composites as Promising Electrode Materials for High-Performance Supercapacitors./Langmuir/Gao-Ren Li\*，Zhan-Ping Feng，Yan-Nan Ou，Dingcai Wu，Ruowen Fu，and Ye-Xiang Tong\* | 4.457 | 2010, 26(4), 2209–22132010. | 2010-01-12 | 童叶翔/李高仁 | 99 | 99 | 是 | 1 |
| 6 | Co3O4/Ni(OH)2 composite mesoporousnanosheet networks as a promising electrode for supercapacitor applications/J. Mater. Chem./Jin-Hui Zhong, An-Liang Wang, Gao-Ren Li,\* Jian-Wei Wang, Yan-Nan Ou and Ye-Xiang Tong | 7.443 | 2012, 22(12), 5656–5665. | 2012-02-10 | 李高仁/钟锦辉 | 102 | 102 | 是 | 1 |
| 7 | Stabilized TiN Nanowire Arrays for High-Performance and Flexible Supercapacitors. /Nano Lett./ Xihong Lu, Gongming Wang, TengZhai, Minghao Yu, ShileiXie, Yichuan Ling, Chaolun Liang, Yexiang Tong\*, and Yat Li | 13.592 | 2012, 12(10): 5376-5381 | 2012-09-04 | 童叶翔/卢锡洪 | 87 | 87 | 是 | 1 |
| 8 | Single-Crystal ZnONanorod/Amorphous and Nanoporous Metal Oxide Shell Composites: Controllable Electrochemical Synthesis and Enhanced Supercapacitor Performances. /Energy Environ. Sci./Yun-Bo He, Gao-Ren Li,\* Zi-Long Wang, Cheng-Yong Su, Ye-Xiang Tong | 20.523 | 2011, 4(4): 1288-1292. | 2011-03-04 | 李高仁/贺沄波 | 70 | 70 | 是 | 1 |
| 9 | Electrochemical Synthesis of PolyanilineNanobelts with Predominant Electrochemical Performances./ Macromolecules/Gao-Ren Li,\* Zhan-Ping Feng, Jin-Hui Zhong, Zi-Long Wang, and Yexiang Tong\* | 5.8 | 2010, 43(5), 2178–2183 | 2010-02-12 | 童叶翔/李高仁 | 69 | 69 | 是 | 1 |
| 10 | High Energy Density Asymmetric Quasi-Solid-State Supercapacitor with Porous Vanadium Nitride Nanowire Anode./Nano Lett./Xihong Lu，Minghao Yu，Teng Zhai，Gongming Wang，Shilei Xie，Tianyu Liu，Chaolun Liang，Yexia ng Tong\* and Yat Li\* | 13.592 | 2013, 13(6), 2628–2633 | 2013-05-01 | 童叶翔/卢锡洪 | 64 | 64 | 是 | 1 |