

[提交](#) [旧版](#) [EN](#)[学院概况](#) [师资力量](#) [科学研究](#) [本科生教学](#) [研究生培养](#) [党建园地](#) [学生工作](#) [行政事务](#) [国际交流](#)

科学研究

[概述](#)[科研动态](#)[文件下载](#)[学术交流](#)[科研团队](#)[成果展示](#)[转化动态](#)[可转化项目](#)[企业技术需求](#)[研发队伍](#)

成果展示

[首页](#) [科学研究](#) [成果展示](#)

陈军院士/严振华博士：梯度亲钠3D-MXene/CNTs结构提升钠负极大电流密度承受能力

2022-02-21

来源：能源学人

【研究亮点】

- 1) 提出一种简单而巧妙的梯度亲钠性三维骨架策略，诱导钠离子自下而上均匀沉积，抑制钠枝晶。
- 2) 梯度三维骨架（厚度可调：80-250微米），显著提升大电流密度和高面容量下（ 40 mA cm^{-2} , 40 mAh cm^{-2} ）电池循环稳定性。
- 3) 梯度结构设计理念为开发应用于大电流密度与高沉积容量的金属负极提供了新思路。

【研究背景】

钠金属电池因钠资源储量丰富、分布均匀及理论比容量高（ $1160 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ ）等优势，而被广泛关注。然而，钠金属基电池中的枝晶生长与负极体积膨胀的难题，严重的阻碍着其进一步实际应用。针对上述难题，研究者们提出了许多解决方法，如构建

扫一扫，加关注

关注“南开化学”



微信公众号



与体积膨胀的问题，因而被人们寄予厚望。但现阶段钠负极三维框架面对超大电流密度与沉积容量 ($> 10 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$, $> 10.0 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-2}$) 的测试环境承受能力较弱，而这一特性对高比能量电池的快充快放属性至关重要。因此，如何进一步提升三维框架对大电流密度的承受能力，具有十分重要的研究意义。

【工作介绍】

近日，中国科学院院士、南开大学化学学院陈军教授和严振华博士课题组利用羟基纤维化MXene ($\text{h-Ti}_3\text{C}_2$) 的高亲钠特性，构筑了一种具有梯度结构的 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2/\text{CNTs}$ 基三维骨架 (h-M-SSG)，由上至下 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2$ 含量依次递增。研究表明， h-M-SSG 的亲钠结构可以有效诱导钠离子自下而上均匀沉积，抑制钠枝晶的生成。在 $1 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2} \sim 40 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ 电流密度和 $1 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-2} \sim 40 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-2}$ 沉积容量下， h-M-SSG/Na 基对称电池均显示出较低的极化电压与优良的循环稳定性。将 h-M-SSG/Na 负极应用于 Na-O_2 电池体系在 $1000 \text{ mA}\cdot\text{g}^{-1}$ 电流密度和 $1000 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ 截止容量的条件下，相比 Na 、 CNTs/Na 、 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2/\text{CNTs/Na}$ 三种负极，循环寿命分别提升至9倍、3倍和2倍，充放电电压差维持在 0.137 V ，容量无明显衰减且倍率性能优异。该工作表明梯度三维骨架载体是提升高载钠容量以及大电流下电池循环稳定性的有效手段。该文章发表在国际顶级期刊Advanced Materials上。贺鑫博士为本文第一作者。

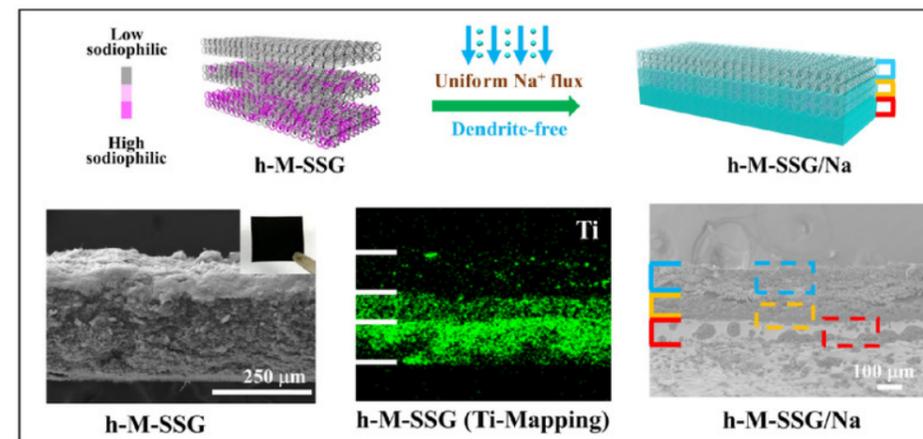
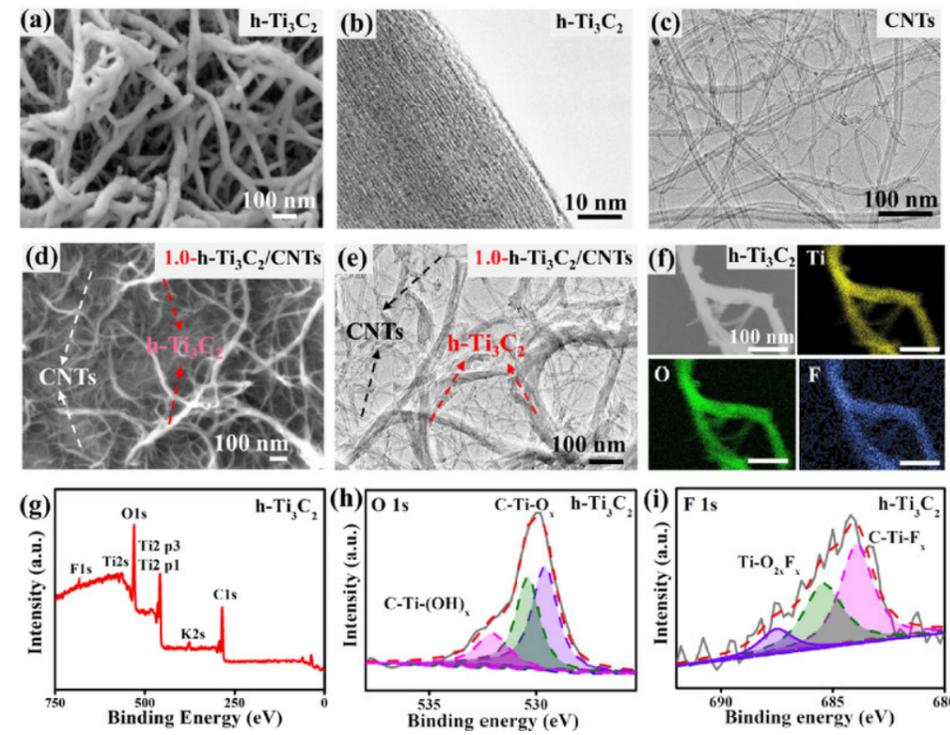


图1. 梯度结构诱导钠离子自下而上均匀沉积示意图和扫描电镜图

【本文要点】

要点一：利用高浓KOH溶液，并延长碱化时间制备羟基纤维化 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2$ ，与CNTs进行超声振荡后即可获得 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2/\text{CNTs}$ 原料溶液，其中 $\text{h-Ti}_3\text{C}_2$ 具有丰富的氧、氟等亲钠性官能团。

图2. 羟基纤维化h-Ti₃C₂及其原料溶液的形貌结构与物化性能表征

要点二：通过配制不同h-Ti₃C₂含量（质量分数分别为100%，30%，0%）的h-Ti₃C₂/CNTs分散液，并依次进行真空抽滤，即可获得梯度亲钠性结构的三维框架h-M-SSG，可根据分散液加入量调控梯度和框架厚度。

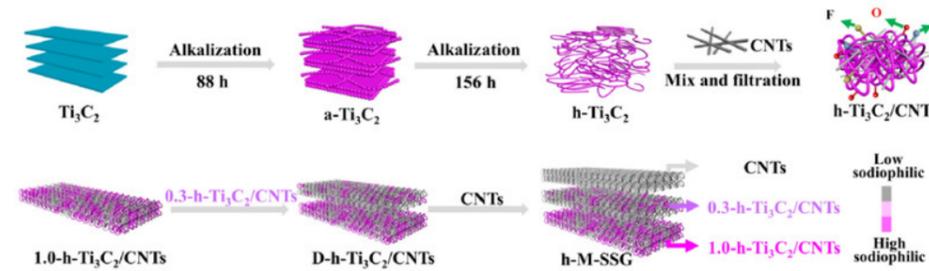


图3. 梯度亲钠结构三维框架h-M-SSG的制备示意图

要点三：利用原位XRD和原位光学显微镜对大电流密度下的h-M-SSG三维框架薄膜的枝晶抑制效果进行探究，并利用DFT理论计算对亲钠性进行了机理分析。

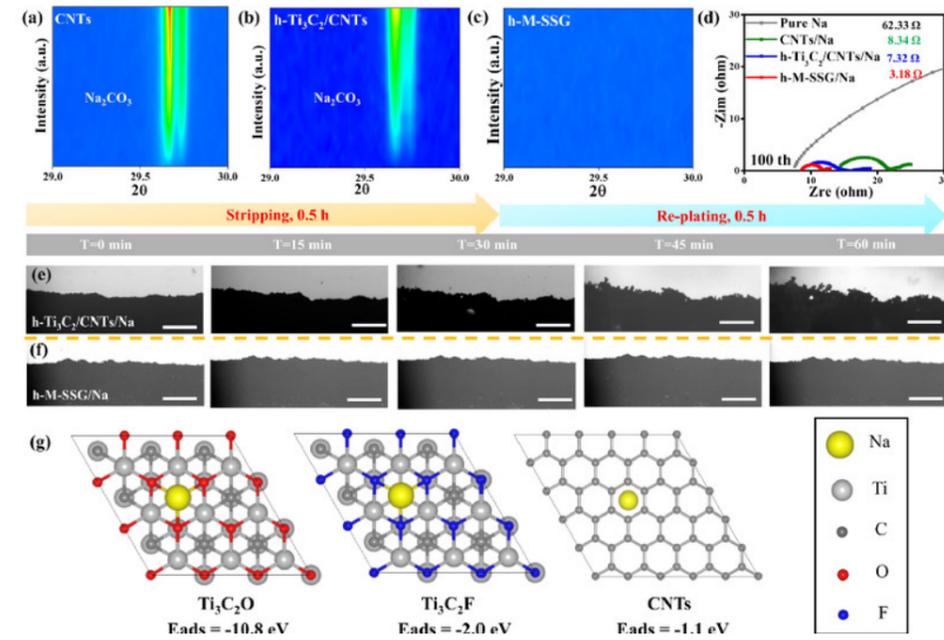


图4. h-M-SSG三维框架在大电流密度下枝晶抑制效果及其机理分析探究

要点四：以h-M-SSG/Na电极分别组装对称电池和钠氧电池，并通过恒流充放电测试研究了其大电流密度下循环稳定性与倍率性能。

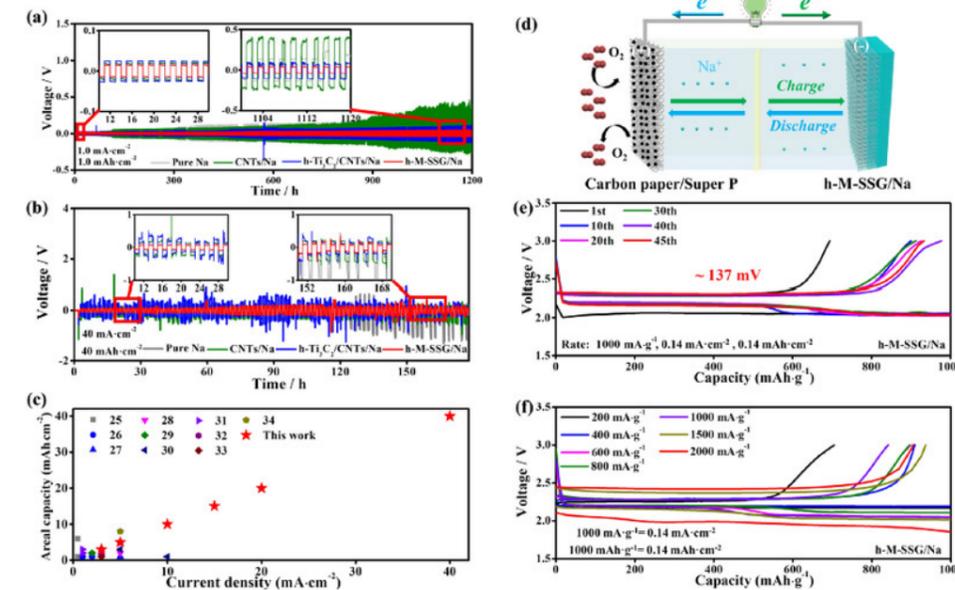


图5. h-M-SSG/Na基对称电池和钠氧电池在大电流密度下的循环稳定性表征

Xin He, Youxuan Ni, Yixin Li, Haoxiang Sun, Yong Lu, Haixia Li, Zhenhua Yan,* Kai Zhang, and Jun Chen*, MXene-Based Metal Anode with Stepped Sodiophilic Gradient Structure Enables a Large Current Density for Rechargeable

通讯作者介绍:

陈军 院士 中国科学院院士、发展中国家科学院院士，南开大学教授，副校长。

1985-1992年在南开大学化学系学习，先后获学士和硕士学位；1996-1999年在澳大利亚Wollongong大学材料系学习，获博士学位；1999-2002年在日本大阪工业技术研究所任研究员。自2002年任南开大学教授、博士生导师，2014年入选英国皇家化学会会士（FRSC），2017年当选中国科学院院士，2020年当选发展中国家科学院院士。发表研究论文500余篇，他引超过65000次，获授权发明专利35项，多项实现转化并取得一定经济效益，编写教材和著作17部（章）。2003年获国家杰出青年科学基金，2005年入选教育部特聘教授。2010、2017年两次任国家纳米重点研发项目负责人。获2011年度国家自然科学二等奖、2006年度和2016年度天津市自然科学一等奖、2009年通用汽车中国高校创新人才一等奖、2018年全国“五一”劳动奖章等奖励、2020年全国创新争先奖状等奖励。目前担任《eScience》主编，《Inorg. Chem. Front.》、《Sci. China: Mater.》、《Energy Chem》、《Research》、《高等学校化学学报》、《应用化学》、《电源技术》副主编。



2007-2014年在聊城大学获学士和硕士学位，2015年在中国农业科学院担任实习研究员，2015-2018年在南开大学获博士学位；2018年留校任讲师，兼任陈军院士科研助手。聚焦新型电极材料制备新方法的研制，特别关注电沉积和原位拉曼光谱技术在电催化和二次电池中的应用，与多家新能源企业紧密合作。主持和参加国家自然科学基金、国家重点研发计划和企业横向课题等项目6项。主编出版《新能源科学与工程导论》教材一部，在Nat. Commun.、Angew. Chem. Int. Ed.、Adv. Mater.、Chem. Rev.、CCS Chem.等期刊发表SCI论文50余篇，他引2700余次，其中高被引论文6篇，申请中国发明专利10余项。

第一作者介绍：



贺鑫，南开大学博士、现任湖南大学化学化工学院助理教授、岳麓学者、硕士生导师。

2018-2021年在南开大学化学学院学习，获理学博士学位，师从无机化学家陈军院士。研究方向为金属负极保护、固态电解质和金属空气电池。2022年1月入职湖南大学化学化工学院，任助理教授。近五年以第一作者在Angew. Chem. Int. Ed. (2篇)、Adv. Mater.、Chem. Eng. J.、Chem. Comm.、J. Mater. Chem. B等国际高水平期刊上发表研究型论文6篇，以学生第一发明人身份，获授权发明专利4项。曾获唐敖庆化学奖学金、南开大学优秀毕业生、南开大学优秀共产党员、优秀党支部书记等荣誉。担任《eScience》等国际期刊特邀审稿人。

[友情链接](#)

[南开大学网站](#)

[相关单位网站](#)

电话：022-23508470
邮箱：hxy@nankai.edu.cn



关注“南开化学”微信公众
众号

版权所有：
南开大学



化学学院版权所有

[教师办公管理系统](#) [会议室预约系统](#) [院级仪器管理平台](#) [化学学院论文评审系统](#)