

先进电池材料——移动信息社会的动力

能源是现代社会的基石,人类利用能源包含能量储存与转化两个基本过程.化学能容易实现高密度储存,电能具有清洁且转化效率高,化学能与电能通过电化学反应结合,可利用两者的优点.化学电源(又称电池)正是通过电化学反应、实现能量储存与转化的装置.化学电源广泛应用于便携式消费电子、电动汽车、规模储能、智能电网等领域.随着移动设备信息集成度越来越高、电动汽车领域快速发展,电池续航能力难以满足发展需求.储能应用领域又对电池的循环寿命、快速充放电能力以及安全性和环境适应性提出了更高要求.因此,具有高能量/功率密度、长寿命、高安全等特性的新型电池体系成为当前化学、材料、能源等科学交叉研发的热点和重点之一.

纵观各类电池体系,锂离子电池经过半个世纪的理论与技术发展,已逐渐成为市场主导.商品化锂离子电池通常采用基于脱嵌机制的层状金属氧化物正极(如 LiCoO_2)和碳基负极材料(如石墨),虽然取得巨大商业成功,但其发展即将遭遇正负极理论容量的天花板.基于不同储锂反应机制的新型高容量电极材料,例如富锂相固溶体正极材料(比容量近 300 mAh/g)和硅基负极材料(比容量大于 4000 mAh/g)备受关注.由于比容量高、可逆性好,以金属锂为负极的一些锂电池体系例如锂-硫电池、锂-空气电池也引起极大研究兴趣,锂空气电池理论比能量高达 3600 Wh/kg.高容量锂离子电池材料以及高比能锂-硫电池、锂-空气电池尚处于研发或概念示范阶段,实际性能与理论预期还有很大差距,需要解决结构稳定性差、充放电效率低等关键问题.

从资源角度考虑,锂的储量有限且分布不均,大规模应用势必受限,而钠、镁资源丰富,价格相对低廉,因此钠电池、镁电池受到重视,其研究重点集中在寻找合适的电极材料与电解液,实现大半径或强溶剂化的钠离子、镁离子的可逆、稳定、快速储存与脱出.

金属空气电池和燃料电池属于开放式电池体系,氧作为正极活性物质并不储存在电极中,因而理论比能量显著远高于锂离子电池.这类电池的主要挑战在于如何加快电极动力学、降低反应过电位、提升活性物质的催化转化效率,高活性电催化剂的设计与制备无疑是首要任务.

电池性能从根本上取决于参与成流反应的活性物质,先进电池研发在很大程度上是围绕关键电极材料展开.认识电极反应机制,揭示能量储存与转化规律,发展材料制备新方法,设计与调控电极结构,一直是开发新型电极材料的重要研究内容.为了梳理高能电池领域的最新发展,加强学术交流,我们受邀组织了活跃在研究第一线的部分专家学者,出版了本期“先进电池材料”专辑,共收录十五篇研究论文和综述.

在本专辑锂电池方面,龚正良和杨勇等制备了含铈富锂材料,采用 XPS 和 XAFS 研究了充放电过程的结构和价态变化 (DOI: 10.6023/A16050240);付宏刚等报道了氧化亚钴纳米粒子/石墨烯复合材料的合成与储锂性能研究 (DOI: 10.6023/A16090476);林宁和钱逸泰等对 Si/石墨复合材料的制备方法进行总结 (DOI: 10.6023/A16100548);张跃刚等报道了三维氮掺杂碳纳米带的制备及其在锂硫电池中的固载硫应用 (DOI: 10.6023/A16080434);张强等综述了多功能隔膜在解决锂硫电池库仑效率低、正极容量衰减快、负极循环性能差等问题中的研究进展 (DOI: 10.6023/A16080454);张新波等对锂-空气二次电池正极材料的开发与设计、锂负极的修饰保护以及器件构筑进行了总结展望 (DOI: 10.6023/A16070326);程方益等报道了放电态 Li-AgVO_3 一次电池作为可充 Li-O_2 电池再利用研究 (DOI: 10.6023/A16070329).针对钠电池,陈军等总结了几类电极材料和电解液的最新研究进展,介绍了各自电化学性能、存在问题及解决策略 (DOI: 10.6023/A16060275);胡勇胜等报道了系列新型 Cu 基



陈军

南开大学化学学院

隧道结构化合物作为钠离子电池正极的电化学性能 (DOI: 10.6023/A16080424) ; 吕伟和杨全红等综述了碳负极材料的研究进展, 对碳材料中钠离子的储存机制进行了总结分析, 重点阐述了商用化碳分子筛的应用前景 (DOI: 10.6023/A16080428) . 同时, 殷雅侠和郭玉国等报道了具有三维导电网络结构的锡纳米颗粒/石墨烯纳米片复合电极材料的制备及储镁性能 (DOI: 10.6023/A16100542) ; 童叶翔与李高仁等展示了 Pt 纳米管中管三维结构电催化剂对甲醇燃料电池活性物质利用率与传输的作用 (DOI: 10.6023/A16070337) ; 夏定国等应用密度泛函理论研究了锗纳米管催化氧还原

反应的性能及催化机理 (DOI: 10.6023/A16080451) ; 魏子栋等通过电沉积-置换的方法在 Ti 基底上制备了蜂窝状结构的催化电极用于甲醇催化氧化 (DOI: 10.6023/A16090460) ; 何平和周豪慎等报道了碳包覆的磷酸钛钠和活性炭为电极材料的水系混合超级电容器 (DOI: 10.6023/A16100523) .

本专辑收录的工作反映了当前高能电池材料研究的若干热点方向, 期望能够对读者了解本领域研究前沿、加强学术交流与合作有所助益. 本专辑的出版离不开各位作者、审稿人以及编辑部工作人员的辛勤劳动、大力支持和无私奉献, 在此谨致衷心的感谢.

Materials for Advanced Batteries—A Driving Force of the Mobile Information Society

Chen, Jun

(Key Laboratory of Advanced Energy Materials Chemistry (Ministry of Education), Collaborative Innovation Center of Chemical Science and Engineering, College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China)