

探索发现 · 交大智慧

上海交大制冷所团队在ACS Central Science期刊发表封面论文，提出近零能耗自适应智能型电池热管理新思路

2020年08月16日 责任编辑：陈焱



近日，上海交大机械与动力工程学院制冷与低温工程研究所（以下简称“制冷所”）王如竹教授和李廷贤副教授领衔的能源-空气-水ITEWA创新团队（Innovative Team for Energy, Water & Air）在能源化学领域期刊ACS Central Science上发表了题为“Near-Zero-Energy Smart Battery Thermal Management Enabled by Sorption Energy Harvesting from Air”的交叉学科研究论文，首次提出了从环境空气中捕获能量实现近零能耗、高能量/功率密度的自适应智能型电池热管理新思路，阐述了基于水蒸汽吸附材料“脱附散热-吸附加热”的电子器件热管理机制，筛选并制备了适用于电池热管理的多孔有机金属骨架（MOF）/泡沫碳高导热复合吸附材料，验证了该智能型电池热管理策略用于电池全年候运行时夏季散热、冬季预热的可行性。论文第一作者是制冷所博士研究生许嘉兴、晁京伟和李廷贤副教授，通讯作者是李廷贤副教授和王如竹教授。该文入选ACS Central Science期刊封面论文。

期刊封面：基于水蒸汽吸附材料“脱附散热-吸附加热”的智能型电池热管理策略

电池热管理技术是维持电动汽车安全、高效工作的关键技术之一，目前商业化的动力电池热管理技术主要以风冷和液冷为主，通常存在结构复杂、体积大、能耗高等不足。近年来，基于固-液相变材料的电池热管理技术受到广泛关注，利用相变过程的吸热效应可以将电池温度控制在相变温度附近，但受限于固-液相变较低的相变焓值（例如石蜡200-250 kJ kg⁻¹），该技术的应用将大幅增加电动汽车的载重负荷。相较于固-液相变，气-液相变过程具有十倍以上相变焓值（例如水~2400 kJ kg⁻¹），尽管基于蒸发-冷凝气-液相变过程的热管散热技术可以实现高的传热系数，但其冷却功率仍依赖于冷凝侧的空气散热，需要额外的辅助散热设计。近年来报道的开放式水蒸发散热技术可以实现高能量/功率密度的电池热管理，但由于不具备可逆循环性需进行阶段性补水，且液态水的存在带来电池的潜在风险。

基于水蒸汽可逆吸附-脱附的电池热管理吸附材料制备、表征与性能测试

ITEWA创新团队针对现有电池热管理技术的不足和难点，提出了一种新型的基于水蒸汽可逆吸附-脱附过程的智能型电池热管理策略，采用MIL-101 (Cr) 多孔MOF材料与环境空气中的气态水作为工作介质，利用MOF材料在吸附或脱附水分子过程中的放热与吸热效应分别实现对电池的散热与加热。夏季电池散热模式：电池停止工作或低功率运行阶段，MOF材料吸附捕捉空气中的水蒸汽并存储在孔内；当电池高功率运行时其温度上升达到材料脱附温度后触发水蒸汽解吸，释放的高焓值气态水蒸汽将热量散至环境中实现对电池的降温。冬季电池预热模式：电池启动前干燥的MOF材料从环境空气中吸附水蒸汽，利用释放的吸附热实现对电池的预热；当电池高功率运行或充电阶段利用其自身产热驱动MOF材料的内部水蒸汽释放，脱附完全的MOF材料与空气隔绝实现能量的储存以备下次循环使用。

为了克服多孔MOF材料热导率较低制约传热的问题，该文作者采用喷涂的方法将纳米级MOF颗粒均匀分散在多孔碳CF内部制备了MOF@CF复合吸附材料，相对MOF材料的热导率提高了4-5倍以上。典型夏季气候下（30℃，60-80%RH），该材料的脱附温度为35-45℃，典型冬季气候下（10℃，80%），该材料可吸附升温至20-30℃，因此较完美地契合动力电池热管理的控温范围，该智能电池热管理策略适用于全球主要大城市的相对湿度与温度工况。

高能量/功率密度的自适应智能型电池热管理实验验证

在材料优选、表征的基础上，作者构建了智能电池热管理演示装置。通过与空电池的对照实验对比发现，采用了智能电池热管理的18650锂离子电池可以获得最高8.3°C的降温效果，并使电池温度控制在45°C以下。受益于水蒸汽脱附过程的高焓值，电池演示装置仅采用了0.51克MOF材料即可实现单节电池所有焦耳热的吸收，该质量数值仅为电池质量的百分之一，因此具有显著的高能量密度优势。在冬季预热模式下，采用了智能电池热管理的18650锂离子电池获得了5°C的温升效果，使得锂电池获得了更深的充放电效果，容量提升9.2%。此外，作者研究了电池温度和环境湿度对材料脱附速率和吸附速率的影响，结果表明该材料在不同的约束工况下表现出自适应吸附/脱附的工作特性，随着电池温度的升温速率增大其脱附速率增大，随着升温速率的减小其脱附速率降低，因此具备自适应散热功率的实时调控。

该研究工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划项目和国家自然科学基金创新研究群体项目的资助。王如竹教授领衔的ITEWA团队近年来在Energy & Environmental Science、Advanced Material、Joule、Angewandte Chemie-International Edition、ACS Materials Letters、ACS Central Science、Energy Storage Materials、Progress in Energy and Combustion Science等期刊上发表了10余篇论文，该团队致力于解决能源、水、空气交叉领域的前沿基础性科学问题和关键技术，旨在通过学科交叉实现材料-器件-系统层面的整体解决方案，推动相关领域取得突破性进展。

附：期刊简介

ACS Central Science创刊于2015年，是美国化学学会ACS出版社旗下的综合性旗舰期刊（影响因子12.685），致力于发表与化学、生物、工程、材料相关的新颖性高水平论文。

论 文 链 接 : <https://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.0c00570>
(<https://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.0c00570>)

作者： 制冷与低温工程研究所
供稿单位： 机械与动力工程学院

地址：上海市东川路800号 邮编：200240 查号：86-21-54740000