

主管：中国石油和化学工业联合会 主办：化学工业出版社 中国化工学会

ISSN 1674-2252  
CN 10-10/6/1K

# 储能

相变  
储能  
专刊

# 4

# 科学与技术



2017年7月  
Vol.6 No.4

## Energy Storage Science and Technology

中国科学引文核心 中国科技核心期刊 河南东大高温节能材料有限公司特别支持

中国企业500强 | 2016年  
186位

中国制造业500强 | 2016年  
85位

资源共享

长期共存

## 超威能源 CHILWEE

倡导绿色能源·完美人类生活

共同发展

互惠互利

# 储能科学与技术

CHUNENG KEXUE YU JISHU

(2012年9月创刊, 双月刊)

中国科学引文核心数据库收录 (CSCD)

中国科技核心期刊

2017年第6卷第4期 (总第30期)

Vol.6 No.4 2017年7月1日出版

## 相变储能专刊: 从材料到系统集成与应用

特约主编: 丁玉龙, 冷光辉

### 目次

#### 相变储能专刊

Phase change microcapsules in thermal energy applications:

A critical review

..... XIAO Anna, YUAN Qingchun (607)

水合盐相变储能材料的研究进展

..... 孟令然, 郭立江, 李晓禹, 王会, 陈胜利,  
周园, 李建强 (623)

纳米相变胶囊的制备、表征与传热强化研究进展

..... 方昕, 汪明军, 张晓龙, 吕洪坤, 俞自涛 (633)

赤藓糖醇基相变复合纤维制备及热性能

..... 车海山, 陈迁乔, 钟秦, 何思 (644)

碳酸锂钠共晶盐复合相变材料的储放热特性

..... 李传, 李琦, 姜竹, 曹慧,  
譙耕, 李永亮, 雷宪章, 丁玉龙 (655)

In 元素对 Sn-Bi-Zn 合金传热储热性能及结构的影响

..... 程晓敏, 王青萌, 李元元, 喻国铭 (662)

NaNO<sub>3</sub>-KNO<sub>3</sub>-NaNO<sub>2</sub> 三元混合相变熔盐结构

与物性的分子动力学模拟

..... 倪海欧, 孙泽, 路贵民, 于建国 (669)

混杂三维网状石墨烯相变复合材料的制备与热性能分析

..... 王亚, 张东 (675)

三硬脂酸甘油酯/DMDBS 凝胶态相变材料的制备与性能

..... 程晓敏, 李戈, 韩加强, 喻国铭,  
李元元, 许君, 向佳纬 (681)

Ceramic-salt based composites for thermal energy storage

..... NAVARRO Maria Elena, PALACIOS Anabel,  
HUGHES Tomos, CONNOLLY Chloe, UPPAL Harkiran,  
CONG Lin, LEI Xianzhang, QIAO Geng,  
LENG Guanghui, DING Yulong (688)

#### 第二届《储能科学与技术》编委会

(以姓氏拼音为序)

##### 顾问委员会

主任委员: 陈立泉

副主任委员: 衣宝廉

委员: 程时杰 费维扬 李国欣

李静海 徐锭明 严陆光

杨裕生 周孝信 吴锋

国际委员: R. A. Williams Antje Wörner

R. Velraj Z. X. Guo

##### 编辑委员会

主任委员: 丁玉龙

常务副主任委员: 黄学杰

副主任委员: 陈海生 来小康 李泓

马紫峰 米增强 王保国

王志峰 魏飞 温兆银

张华民 张子峰 周伟斌

委员: 曹乃珍 陈永翀 程晓敏

戴兴建 樊栓狮 冯自平

何向明 黄云辉 李翀

李建强 梁成都 凌祥

牛春明 钱斌 邱介山

阮殿波 沈浩宇 石桥

苏伟 苏党生 王庚超

王守相 王子冬 魏子栋

吴鸣 吴贤章 吴玉庭

夏保佳 许晓雄 严川伟

严干贵 杨晓伟 余仲宝

俞振华 岳建华 张东

张洪涛 张华农 张信荣

张寅平 张宇 张正国

赵长颖 赵海敏 赵金保

周友 朱敏

主管: 中国石油和化学工业联合会

主办: 化学工业出版社, 中国化工学会

编: 丁玉龙

常务副主编: 黄学杰

英文顾问: 丁玉龙

编辑: 《储能科学与技术》编辑部

出版: 化学工业出版社

编辑部主任: 郝向丽

责任编辑: 董小翠

通讯地址: 北京市东城区青年湖南街13号

邮编: 100011

电话/传真: (010) 64519601/9602/9643

电子邮箱: energystorage\_cip@163.com

esst\_edit@126.com

网址: www.energystorage-journal.com

印刷: 北京地大彩印有限公司

发行范围: 公开发行人

国内订阅: 全国各地邮政局(所)

邮发代号: 80-732

国外总发行: 中国国际图书贸易集团有限公司

国外发行代号: BM9110

广告经营许可证: 京东工商广字第8036号

国际标准刊号: ISSN 2095-4239

国内统一刊号: CN 10-1076/TK

广告部电话: 010-64519601

国内定价: 48元/期

国外定价: 48美元/期

双层相变材料组合式蓄冷装置的性能研究	凌子夜, 王前嵩, 张正国, 高学农, 方晓明 (696)
冰蓄冷场合流动冰浆快速制取实验研究	尹少武, 李鸿坤, 贾震雄, 王立, 童莉葛 (701)
堆积床储冷系统循环性能分析	金翼, 王乐, 杨岑玉, 宋洁, 徐超 (708)
高温显热-潜热复合储热系统传热特性研究	王艳, 白凤武, 杨贝, 王志峰 (719)
低谷电储能冷热双供系统分析	白芳, 陈旭东, 尹少武, 刘传平, 童莉葛, 王立 (726)
双层相变蓄能辐射地板传热特性实验研究	张舒阳, 夏毅, 张小松 (730)
高温复合相变材料储热电暖器的储热性能	李传, 司艳阳, 冷光辉, 许永, 丁玉峰, 翁立奎, 丁玉龙 (739)
基于 $\varepsilon$ -NTU 方法和可用能回收率最大化的储热设备建模与优化设计	王述浩, 黄云, 李大成, 赵彦琦, 李永亮, 丁玉龙, 葛维春, 付予 (748)
低温液空储能流程模拟及优化	白芳, 张沛, 尹少武, 童莉葛, 王立 (753)
<b>热点点评</b>	
锂电池百篇论文点评 (2017.4.1—2017.5.31)	詹元杰, 陈宇阳, 陈彬, 王昊, 赵俊年, 武悻达, 金周, 张华, 贾留斌, 俞海龙, 刘燕燕, 黄学杰 (758)
<b>研究开发</b>	
高镍三元锂离子电池高温存储性能衰退机理	王嗣慧, 徐中领, 杜锐, 孟焕平, 刘永, 柳娜, 梁成都 (770)
钒电池中高浓度 $\text{VO}_2$ 水溶液黏度预测	李享容, 秦野, 刘建国, 严川伟 (776)
熔盐储罐冷却过程的瞬态分析	顾清之, 张艳梅, 关弘扬, 张亚伟, 段洋, 廖文俊 (782)
天然气水合物沉积物颗粒影响实验研究	刘艳军, 董孟阳, 江磊磊, 李文, 黄志强 (789)
$\text{LiFePO}_4$ 锂离子动力电池内阻与放电倍率关系研究	罗红斌, 邓林旺, 冯天宇, 吕纯 (799)
羧基纤维素钠在锂离子电池中的应用	黄庆华, 秦杏, 张娜 (806)
<b>储能专利</b>	
储能技术领域发表文章和专利概览综述	王朔, 周格, 禹习谦, 李泓 (810)
<b>综合信息</b>	
资讯聚焦	(654, 674, 695, 700, 725, 775, 781, 798, 805, 840)
广告索引	(729)
会议会展	(839)

# Energy Storage Science and Technology (Bimonthly)

Vol.6 No.4 (Sum No. 30) Jul. 2017

## Special Issue of Phase Change Energy Storage The Guest Editor: *DING Yulong, LENG Guanghui* Contents

### Special Issue of Phase Change Energy Storage

Phase change microcapsules in thermal energy applications: A critical review

..... *XIAO Anna, YUAN Qingchun* (607)

Salt hydrate based phase change materials for thermal energy storage—A review

..... *MENG Lingran, GUO Lijiang, LI Xiaoyu, WANG Hui, CHEN Shengli, ZHOU Yuan, LI Jianqiang* (623)

Progress of preparation, characterization and heat transfer enhancement of nano-encapsulated phase change materials (NEPCM)

..... *FANG Xin, WANG Mingjun, ZHANG Xiaolong, LV Hongkun, YU Zitao* (633)

Preparation and thermal properties of erythritol-based phase change composite fibers

..... *CHE Haishan, CHEN Qianqiao, ZHONG Qin, HE Si* (644)

Charging and discharging behavior of carbonate-based salt composite phase change material modules

..... *LI Chuan, LI Qi, JIANG Zhu, CAO Hui, QIAO Geng, LI Yongliang, LEI Xianzhang, DING Yulong* (655)

Effect of In on the thermal properties and microstructure of Sn-Bi-Zn alloy

..... *CHENG Xiaomin, WANG Qingmeng, LI Yuanyuan, YU Guoming* (662)

Molecular dynamics simulation of structure and physical properties of  $\text{NaNO}_3\text{-KNO}_3\text{-NaNO}_2$  ternary phase-change molten salts

..... *NI Haiou, SUN Ze, LU Guimin, YU Jianguo* (669)

Preparation and thermal properties of hybrid composites made of a phase change material and three-dimensional networked graphene

..... *WANG Ya, ZHANG Dong* (675)

Preparation and characterization of glyceryl tristearate/DMDDBS gel based form-stable phase change material

..... *CHENG Xiaomin, LI Ge, HAN Jiaqiang, YU Guoming, LI Yuanyuan, XU Jun, XIANG Jiawei* (681)

Ceramic-salt based composites for thermal energy storage

..... *NAVARRO Maria Elena, PALACIOS Anabel, HUGHES Tomos, CONNOLLY Chloe, UPPAL Harkiran,  
CONG Lin, LEI Xianzhang, QIAO Geng, LENG Guanghui, DING Yulong* (688)

Performance study of a cold storage device with a combination of two phase change materials

..... *LING Ziye, WANG Qianhao, ZHANG Zhengguo, GAO Xuenong, FANG Xiaoming* (696)

Experimental study on rapid preparation of ice storage applications

..... *YIN Shaowu, LI Hongkun, JIA Zhenxiong, WANG Li, TONG Lige* (701)

Cycle performance of a packed bed based cold storage device

..... *JIN Yi, WANG Le, YANG Cenyu, SONG Jie, XU Chao* (708)

Heat transfer behavior of a combined sensible-latent thermal energy storage system for high temperature applications

..... *WANG Yan, BAI Fengwu, YANG Bei, WANG Zhifeng* (719)

Electricity load analysis on a dual heating and cooling system with off-peak thermal energy storage

..... *BAI Fang, CHEN Xudong, YIN Shaowu, LIU Chuanping, TONG Lige, WANG Li* (726)

An experimental study on a radiant floor system with double-layered phase change materials

..... *ZHANG Shuyang, XIA Yi, ZHANG Xiaosong* (730)

Charging behavior of an electrical storage heater using a high temperature composite phase change material

..... *LI Chuan, SI Yanyang, LENG Guanghui, XU Yong, DING Yufeng, WENG Likui, DING Yulong* (739)

Modeling and optimal design of thermal storage devices based on effectiveness-*NTU* approach and exergy recovery maximization  
..... *WANG Shuhao, HUANG Yun, LI Dacheng, ZHAO Yanqi, LI Yongliang, DING Yulong, GE Weichun, FU Yu* (748)

Simulation and optimization of cryogenic liquid energy storage process  
..... *BAI Fang, ZHANG Pei, YIN Shaowu, TONG Lige, WANG Li* (753)

## Research highlight

Reviews of selected 100 recent papers for lithium batteries (Apr. 1, 2017 to May 31, 2017)  
..... *ZHAN Yuanjie, CHEN Yuyang, CHEN Bin, WANG Hao, ZHAO Junnian, WU Yida, JIN Zhou, ZHANG Hua, BEN Liubin, YU Hailong, LIU Yanyan, HUANG Xuejie* (758)

## Research

Degradation study of Ni-rich NCM batteries operated at high temperatures  
..... *WANG Sihui, XU Zhongling, DU Rui, MENG Huanping, LIU Yong, LIU Na, LIANG Chengdu* (770)

Prediction of viscosity for concentrated aqueous  $\text{VOSO}_4$  solutions for vanadium flow batteries  
..... *LI Xiangrong, QIN Ye, LIU Jianguo, YAN Chuanwei* (776)

Transient analyses of a molten salt heat storage tanks  
..... *GU Qingzhi, ZHANG Yanmei, GUAN Hongyang, ZHANG Yawei, DUAN Yang, LIAO Wenjun* (782)

An experiment investigation into the effect of particle properties on natural gas hydrate sediments  
..... *LIU Yanjun, DONG Mengyang, JIANG Leilei, LI Wen, HUANG Zhiqiang* (789)

The relationship between internal resistance and discharge rate of  $\text{LiFePO}_4$  batteries  
..... *LUO Hongbin, DENG Linwang, FENG Tianyu, LV Chun* (799)

The use of sodium carboxymethyl cellulose in lithium-ion batteries  
..... *HUANG Qinghua, QIN Xing, ZHANG Na* (806)

## Energy storage patent

Overview of research papers and patents on energy storage technologies  
..... *WANG Shuo, ZHOU Ge, YU Xiqian, LI Hong* (810)

## 声 明

为了实现科技期刊编辑、出版、发行工作的电子化，推进科技信息交流的网络化进程，本刊已入“万方数据资源系统 (China Info) 数字化期刊群”、“中国学术期刊 (光盘版)”。所有向本刊投稿并录用的文章，将一律由编辑部统一纳入上述各期刊数据库，进入因特网提供信息服务。如作者不同意将文章编入数据库，请在来稿时声明，本刊将做适当处理，本刊所付稿酬包含刊物内容在因特网上的服务报酬，不再另付。本刊对所发表的文图拥有专版权，凡转载本刊作品的须注明转自本刊，并按规定支付报酬。

---

<b>Superintended by</b>	China Petroleum and Chemical Industry Association	<a href="http://www.energystorage-journal.com">http://www.energystorage-journal.com</a>
<b>Sponsored by</b>	Chemical Industry Press, The Chemical Industry and Engineering Society of China	<b>Published by</b> Chemical Industry Press
<b>Editor in Chief</b>	DING Yulong	<b>Editorial Director</b> XI Xiangli
<b>Edited by</b>	Editorial Department of Energy Storage Science and Technology (No.13 Qingnianhu South Street, Dongcheng District, Beijing 100011, China)	<b>Executive Editor</b> DONG Xiaocui
<b>Tel</b>	+86-10-64519601/9602(fax)/9643	<b>English Consultant</b> DING Yulong
<b>E-mail</b>	energystorage_cip@163.com; esst_edit@126.com	<b>Printed by</b> Beijing DiDa Color Printing Co., Ltd.
		<b>ISSN</b> 2095-4239
		<b>CN</b> 10-1076/TK
		<b>Price</b> \$48

---

志存高远 锲而不舍 坚韧不拔

Nothing Lay Ahead of Us but High Aspirations, Perseverance, and Dauntlessness



## 宁波中车新能源科技有限公司

NINGBO CSR NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.,LTD.

宁波中车新能源科技有限公司成立于2012年2月，是由中国中车集团株洲电力机车厂投资组建的控股子公司，注册资本1.85亿元人民币，主要从事超级电容器电极、超级电容器单体以及超级电容器储能系统的研发、制造和销售。

公司拥有超级电容核心技术。通过引进国外先进设备，已建成世界领先的超级电容器自动化生产线，占地面积11312m<sup>2</sup>，投资达2.2亿元人民币，实现了自动化、智能化工艺生产，同时拥有国内领先的标准模组及高压储能系统组装生产线，已具备最高2300V高压系列超级电容储能系统的生产能力。

公司通过成立超级电容单体及运用系统研发中心，引进高端人才，在研发方面不断突破创新，开展多项国家层面科研项目。公司具备350F及以上系列超级电容单体产品生产能力，目前公司已完成2.7V 650F、2.7V 800F、2.7V 3000F、2.7V 7500F、2.7V 9500F、3V 12000F与2.8V 30000F单体产品以及16V—125V系列标准模组产品的开发，并同步实现量产，在市场已大量投入运用。市场应用覆盖轨道交通、新能源汽车、风力发电、港口机械、石油机械、智能电网及军工应用等新兴产业。

### 现已应用项目



※ 储能式轻轨电车



※ 现代储能式有轨电车



※ 储能式无轨电车



※ 储能式充电站



※ 混合动力大巴



※ 内燃机辅助启动



※ 风力发电



※ 石油机械



※ 港口起重机械

致力于为全球客户提供新型储能与能量回馈方案及装备

We are committed to providing the new type of energy storage energy feedback solutions and equipment for global customers

ISSN 2095-4239



9 772095 423170