

2020 年先进能源材料与器件国际大会学术会议综述

阮殿波¹, 乔志军², 王宇作², 陈雪龙², 屠建飞¹

(1. 宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波中车新能源科技有限公司器件所, 浙江 宁波 315112)

摘要: 来自国内外 150 多所高校和企业的近 400 名专家学者和研究生代表出席了本次会议. 会议围绕新能源的先进电化学储能材料与器件展开研讨, 所涉及的储能体系包括了锂离子电池、锂硫电池、超级电容器及新型二次电池等. 本次会议为推动先进能源材料与器件领域的发展提供了一个良好的学术交流平台, 大大提升了研发人员对新能源行业的发展动态、市场需求以及前沿工艺技术的深层次了解, 对于推动基础研究成果和产业化应用的紧密结合起到了积极的作用.

关键词: 电化学储能; 锂离子电池; 锂硫电池; 超级电容器; 新型二次电池; 国际会议

中图分类号: TK02; TM919

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2021) 04-0043-06

能源的转型与发展是科技进步和社会前进的主要驱动力, 而电化学储能技术在其中扮演着举足轻重的角色. 电化学储能技术可将新能源产出的电能转化为化学能进行存储, 并在需要的时候再以电能的形式稳定输出, 从而真正在时间和空间上解放新能源的利用形式, 使未来的用电网更加智能化. 目前, 经过 2019 年新能源产业的转型升级和加快推进, “十四五”规划已对电化学储能器件的性能提出了更高的要求, 这就需要对各类电化学储能技术的相关反应机制进行更为深入的探索, 研制更高性能的储能材料, 建立先进的电化学储能体系, 开发下一代应用技术.

2020 年先进能源材料与器件国际大会暨宁波市第十一届学术大会新能源分会于 12 月 5—6 日在宁波召开. 会议由宁波大学、宁波市科学技术协会和锂电联盟会长(平台)主办, 中国科学院宁波材料技术与工程研究所、宁波正锂新能源科技有限公司承办, 宁波诺丁汉大学、宁波中车新能源科技有限公司协办. 本届会议吸引了来自全国各地的专家学者、科研人员、工程技术人员、企业代表共计 150 多家单位的 400 余人参加.

开幕式由锂电联盟会长(平台)负责人王贤江主持; 大会主席宁波大学机械工程与力学学院特

聘院长阮殿波教授回顾了办会初衷及其发展历程; 宁波大学副校长姚菊明教授介绍了宁波大学的基本情况以及学校在能源材料研究上的专业布局; 中国科学院宁波材料技术与工程研究所张瑞丽副所长也对本次会议的顺利召开表示了祝贺. 此次会议围绕先进储能材料与器件的基础研究和应用进展展开研讨, 所涉及的储能体系包括了锂离子电池、锂硫电池、超级电容器和新型二次电池等. 下面围绕这些专题将会议的一些主要研究进展作一综述.

1 会议概述

1.1 锂离子电池

锂离子电池是一种“摇椅型”的可充电电池, 在充放电过程中, 锂离子在正、负极之间来回迁移, 储能密度可以达到 $260 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$, 被广泛地应用于便携式电子产品、电动汽车等领域. 近年来, 随着市场的快速发展, 锂离子电池的储能密度已难以满足电动汽车续航里程的要求. 同时, 锂离子电池在低温环境下容量快速衰减也制约了电动汽车的进一步推广. 因此, 开发高能量密度($500 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$)的锂离子电池和低温锂离子电池已成为各大科研机构与相关企业的重要研发目标, 且研发方向集

中于电极材料开发、储能体系设计及应用技术创新等方面。

在提高锂离子电池能量密度方面,高性能的电极材料是研究热点。硅作为下一代锂离子电池的理想负极材料,也是本次会议的研讨热点之一。硅负极的理论比容量可以达到 $4\,200\text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$,远高于目前商业化的石墨负极($372\text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$)。但硅在锂离子的脱嵌过程中,体积变化率接近400%,并引发一系列衍生反应,造成容量迅速衰减,难以实际应用。针对该问题,学者们在硅的形貌控制、复合结构的设计等方面做了大量的研究工作。刘兆平研究员提出了将硅与碳材料进行复合,对硅进行“减负”的观点,通过喷雾干燥技术研发了新型的石墨烯基硅碳复合材料,探讨了工艺对性能的影响。结果表明,石墨烯可以搭建三维导电网络,增加硅的电导率,同时抑制体积膨胀,从而提高其循环性能。目前,其主导研制的相关硅碳复合材料已实现了中试化量产,并成功应用于软包锂离子电池,能量密度可以达到 $400\text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ [1]。智林杰研究员制备了系列不同维度的硅碳模型材料,对硅碳负极的界面工程进行了系统的研究。根据硅和碳的尺寸变化,建立了所涉及维度的设计原则,阐述了不同的协同效应和潜在的性能增强效应,为硅碳复合结构设计提供了良好的理论指导。同时也指出一维碳和二维碳更需要在复合物中引入随机空间,以适应硅的体积变化。相比之下,为了适应硅体积的变化,零维碳通常需要额外的复杂设计,在硅和碳之间保留内置空隙。一维硅和一维碳在增强锂存储性能方面具有巨大潜力,这主要是因为一维硅与一维碳的尺寸匹配良好,有助于解决体积变化,稳定界面以及加速电子/离子迁移等[2]。深圳贝特瑞新材料股份有限公司的庞春雷博士则从产业化的角度阐述了产业界在硅碳负极材料和氧化亚硅负极方面的研发进展。针对不同尺寸硅纳米颗粒的电化学性能进行了比较分析,建立了硅负极尺寸与电化学性能之间的构效关系,指出为了保证循环稳定性,硅纳米颗粒的尺寸应小于150 nm。最后,指出通过对电解液和粘结剂进行改性,可以有效提高硅负极的循环性能,但目前尚未有成熟的相关产品可以同时兼顾成本、循环稳定性、低温性能和倍率性能。此外,在提高传统锂离子

子电池插层化合物电极材料的性能方面,吴明铂教授、舒杰教授和储伟教授等也强调了缺陷和有效晶面层间距对储锂性能有着重要作用。通过引入缺陷、增加层间距等策略,可引入更多的储锂位点,在提高储锂密度的同时达到更高的功率密度[3-5]。

在提高锂离子电池的低温性能方面,提高电极材料的反应动力学,解决电解液在低温下离子电导率低、黏度高及结冰等问题是关键。夏永姚教授等针对上述问题,利用乙酸乙酯凝固点低的特性,开发了一种新型的低温有机电解液,其在 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的超低温下,电导率仍可以达到 $0.2\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。同时,夏教授研究了基于插层化合物的锂离子电池在该电解液下的低温储能行为,指出锂离子的去溶剂化是插层反应在低温条件下的主要速控步骤。由于锂离子的缓慢去溶剂化,即使插层化合物采用这种超低温电解液,也无法在超低温下工作。为了减小锂离子去溶剂化过程对反应动力学的影响,采用具有表面储能特性的新型有机材料作为电极,构筑了超低温锂离子电池,其在 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下仍可以保持室温时储能密度的70%。同时,采用表面具有赝电容效应的镍基普鲁士蓝作为正极材料,可以促进锂离子的去溶剂化过程,达到较高的低温性能。夏教授的研究结果为低温锂离子电池的设计提供了良好的理论指导[6]。

1.2 锂硫电池

锂硫电池是近年来备受关注的电化学储能器件,其采用金属锂作为负极,单质硫(或含硫化合物)作为正极,理论能量密度($600\text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$)远高于锂离子电池。此外,硫自然资源丰富、价格低廉,可以进一步降低电池的生产成本。然而,锂硫电池距离实用化仍有较大距离。首先,对于硫正极,单质硫本身是电子和离子的绝缘体,电化学反应的动力学特性差。同时,硫在和锂离子的反应过程中会形成可溶于电解液的多硫化物,导致严重的“穿梭效应”,从而恶化循环性能。其次,对于锂负极,金属锂在循环过程中会生成锂枝晶,导致“死锂”、微短路和热失控等衍生问题,从而产生严重的安全隐患。在本次会议中,与会的专家介绍了解决上述问题方面开展的相关研究工作。

在硫正极方面,采用复合结构设计提高单质硫的电导率,限制多硫化物的溶解、穿梭是有效的

解决方法. 杨全红教授强调过渡金属化合物对硫的转换反应过程具有催化作用, 是理想的复合材料, 并分析了不同过渡金属化合物(氮化物、氧化物、硫化物)对硫的催化作用, 建立了相应的催化作用机制及提高策略, 提出了过渡金属化合物的共性选取原则: (1) 催化剂需要对多硫化物具有强烈的吸附作用; (2) 催化剂需要具有良好的导电子能力; (3) 催化剂需要对单质硫的转换反应具有较高的催化活性. 最后, 指出目前过渡金属化合物对硫的转换反应只具备单向的催化能力, 即只能催化氧化反应或还原反应. 基于此, 进一步介绍了课题组解决该问题的最新进展, 即通过构建金属氧化物与金属硫化物的异质结构, 获得双向催化剂. 结果表明, 双向催化剂可以有效提高硫正极的循环稳定性, 即使单质硫的面载量高达 $3.9 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ [7-8].

在锂负极方面, 对金属锂的表面进行修饰, 或将锂沉积在具有多孔结构的基底材料中, 可有效抑制锂枝晶的产生. 张浩研究员介绍了其在金属锂表面修饰方面的工作. 开发了一种简单的浸涂技术, 在金属锂的表面成功构建了一层坚固的聚多巴胺/铜离子复合涂层, 并分析了其电化学行为. 结果表明, 该涂层可对锂离子的沉积反应进行良好的调控和引导. 在沉积过程中, 锂离子和铜离子一起形成润滑的表面层, 促进锂离子的均匀扩散并稳定固态电解质界面(SEI)膜. 基于该涂层的锂负极实现了较高的库伦效率, 且在 650 次循环中没有产生锂枝晶^[9]. 何海勇研究员介绍了其在基底材料的腔体结构设计方面的研究工作. 强调如何避免金属锂沉积在基底材料的框架顶部是构筑高性能锂负极的关键. 基于此, 以聚苯乙烯作为模板, 在铜箔上构建了三维的二氧化钛周期框架. 结果表明, 二氧化钛较低的电导率促使锂更倾向于在铜箔表面沉积. 锂在沉积过程中, 逐步往上填充整个基底框架, 而不会积聚在表面, 从而保证了优异的循环稳定性. 同时, 也开展了轻质锂基底材料方面的研究工作, 成功研制了一种由三维空心球组成的石墨烯基底材料, 有效提高了锂沉积的动力学, 避免了锂枝晶的产生, 为锂基底材料的研究开辟了新的途径^[10].

1.3 新型二次电池

近年来, 新型二次电池的研发已经成为研究

热点, 旨在满足未来对电化学储能器件安全、环保、绿色的要求. 本次与会的许多学者介绍了该方向的研究进展. 二次电池的革新主要体现在两个方面, 即电解液体系的革新和反应化学体系的革新. 前者聚焦在采用水系电解液替代当前广泛使用的有机系电解液, 这是因为水系电解液在安全、环保、功率性能、成本及制备工艺等方面具有显著优势. 后者则主要是开发新型的化学反应体系替代目前的锂基反应体系, 避免未来锂资源耗尽的问题.

在水系二次电池方面, 钱逸泰院士分析了水系二次电池的问题, 并对有效的解决策略进行了探讨, 为设计高性能水系二次电池提供了新视角, 同时也对其前景作了重要总结. 指出水系二次电池的构建需要解决 3 个关键问题: (1) 拓宽水系电解液的电压窗口(1.23 V), 抑制析氢/吸氧反应; (2) 避免水系电解液对集流体的化学和电化学腐蚀; (3) 选择与水系电解液具有高度兼容性的电极材料和反应体系. 在拓宽电压窗口方面, 其解决策略主要是在电极表面构建电子绝缘、离子导通的固态电解质层, 对其进行有效的保护. 为了实现上述目标, 钱院士开发了尿素改性的水系电解液, 通过改变阳离子溶剂化壳层的结构, 促进尿素的分解反应, 从而在电极表面原位沉积固态电解质层, 将电压窗口拓宽至 3 V. 在集流体方面, 钱院士研制了一种由石墨和碳纳米管组成的薄膜集流体. 该集流体重量轻、成本低, 且具有优异的耐腐蚀性能. 在电极材料的选择及反应体系的设计方面, 打破了传统二次电池只采用一种类型阳离子(锂离子)的局限, 开发了系列水系混合离子(锂/钠离子、锂/锌离子)二次电池. 结果表明, 混合离子电池的设计有利于拓宽正、负电极的选择范围, 缓解锂资源的消耗及增加电解液的电导率. 目前, 基于上述集成化技术开发的锂/钠混合离子电池的能量密度可以达到 $100 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$, 成本仅为 60 美元 $\cdot \text{kWh}^{-1}$, 且循环寿命超过 10 000 次, 具有较大的应用潜力^[11-13].

在新型化学反应体系方面, 学者们的研究方向集中于钠离子电池和锌离子电池. 钠离子电池的反应机理与锂离子电池类似, 即通过钠离子的插层反应储能, 其优势在于: (1) 金属钠的地球储量丰富; (2) 钠的沉积电位低. 钠离子电池面临的主要

问题是其较大的离子半径导致反应动力学较差,难以兼容目前的电极材料,因此需要对电极材料的结构进行合理的设计。针对该问题,时志强教授开发了一种溶剂诱导相分离的方法来生产多通道碳纳米纤维材料,以此作为钠离子电池的高性能负极。该方法可以通过简单调整可溶性聚合物和不溶性碳前驱体的质量比,从而精确设计多孔碳的微观结构。同时,以该材料作为模型材料详细研究了钠离子的存储行为和动力学机理。结果表明,在碳纳米纤维中引入缺陷和孔构成的多通道结构可以显著提高储钠反应的动力学,从而提高倍率性能。丰富的超微孔和缺陷可以增加储钠的活性位点,而扩大晶格的层间距则可以使钠离子的插入反应更加容易。由该材料构建的钠离子电池可以提供约 $270 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的能量密度^[14]。其研究结果不仅为构建多通道碳基材料提供了可行策略,而且还为其他碳基储钠材料的设计提供了理论指导。

锌离子电池的优势在于能量密度高、离子电导率高,并且可以采用水系电解液,因此安全性高、成本低,是当前的研究热点。锌离子电池面临的挑战是如何解决金属锌负极的腐蚀和枝晶生长问题以及正极反应动力学缓慢的问题。康飞宇教授介绍了在解决上述问题上的研究工作。其发明了一种表面修饰技术,在锌其表面成功构建了一个金属铟层,从而有效抑制了剧烈的腐蚀和锌枝晶的生长。结果表明,该涂层具有双重功能,它既可作为缓蚀剂,又可作为锌的成核剂。基于此,经过处理的锌电极可以在超低电压(54 mV)下维持高达 1 500 h 的循环周期。另一方面,研究了不同金属氧化物作为锌离子电池正极的电化学行为,成功研制了高性能的钒基、锰基和钨基正极储锌材料,并阐述了相应的反应机理及提高策略,为锌离子电池正极材料的设计策略奠定了良好的基础^[15]。范红金教授则从实用化的角度研究了锌离子电池的热失控问题。发明了一种富含氯化锌的吸湿性水凝胶电解液,利用其离子扩散速率随温度发生可逆变化的特性,实现了锌离子电池智能、高效的热自我保护^[16]。

1.4 超级电容器

超级电容器作为一种新型的储能器件具有超高功率性能、长循环寿命、免维护等诸多优点,广

泛应用于储能式有轨列车、储能式无轨列车等城市公共交通领域以及港口机械、风力发电、军工等领域。随着应用范围的不断拓宽,双电层电容器比较低的能量密度限制了其广泛应用。因此,需要深入研究双电层电容器体系,开发新型多孔碳电极材料,提高超级电容器的性能。

纳米材料的结构及表面状态对器件性能有较大的影响,李峰研究员在超级电容用碳材料的孔结构与表面设计的研究中取得了系统创新性成果,发现了碳材料表面状态、孔结构与非碳材料在电化学过程中的新机制;提出了具有普适性的碳材料孔结构新概念、孔结构和碳材料表面结构调控新方法,发明了电化学电荷注入改变电极材料表面状态的方法,并将其应用于多种电化学储能体系,实现了电极材料的功率密度和能量密度同时提高,发展了智能电化学储能器件;解决了纳米材料储能应用的一些关键问题,研制出宽温度使用范围、高能量密度、高功率密度的柔性器件用电极材料及储能器件^[17-18]。

多孔碳材料是超级电容器的核心电极材料,直接决定储能性能。陈成猛研究员以生物质、煤炭和高分子等为原料,开发出具有高吸附性、快速离子/电子传输和表面化学可调的低成本多孔碳材料,研究了有机前驱体向无机碳演变的化学机制^[19-21],实现了形貌、表面和孔结构的理性设计与调控,探索工艺对结构与性能的影响规律,建立材料微观结构与电化学性能间的构效关系,明确指标体系及工艺控制点。总结了近几年不同维度生物质衍生多孔碳的结构特点及其作为超级电容器电极材料的研究进展^[22]。提出了当前生物质碳基电极材料在超级电容器应用过程中存在的挑战和发展前景。最后,陈成猛研究员介绍了中科院山西煤化所在淀粉基多孔碳批量化制备方面的进展。开发了全套工艺,已建成 10 t 级电容炭中试线,完成公斤级材料用户评测,实现指标定型和工艺固化。依托自主碳材料设计开发多种超级电容器,并在太阳能路灯和游览车等领域形成应用示范。

碳气凝胶是一种新型纳米碳材料,具有超高比表面积、合理的孔径分布、孔结构和易于控制的表面性质。与超级活性炭电极相比,在很宽的范围内有很高且稳定的电导率,可以克服内部接触电

阻大、电解液难以进入微孔、比表面积利用不充分等问题。特别指出的是碳气凝胶独特的可设计能力和可控原料使其具有可替代超级活性炭的优势。王朝阳研究员从低成本工业原料出发,介绍了有机碳气凝胶的规模化制备技术,解决了原料活性和连续化工艺设计,以及吨级生产线设计问题。同时论述了有机碳气凝胶在超级电容、锂硫电池、电化学除盐、燃料电池催化剂以及电磁屏蔽等方面的应用研究。

2 会议总结

近些年来储能技术研究无论是储能材料、储能体系,还是测试及应用技术等方面都得到了全面发展。在当前储能器件的应用需求形势下,关键材料的国产化日趋重要。此次会议的成功召开为锂离子电池、锂硫电池、超级电容器及新型二次电池等相关前沿技术、产业技术相关问题提供了具有重要参考价值的研究成果。

本次会议得到了宁波大学科学技术处、宁波大学先进储能技术与装备研究院、中国电工技术学会超级电容专业委员会和宁波大学学报(理工版)的支持。

参考文献:

- [1] Yang Z D, Xia Y G, Ji J J, et al. Superior cycling performance of a sandwich structure Si/C anode for lithium ion batteries[J]. RSC Advances, 2016, 6:12107-12113.
- [2] Zhang X H, Kong D B, Li X L, et al. Dimensionally designed carbon-silicon hybrids for lithium storage[J]. Advanced Functional Materials, 2019, 29:1806061.
- [3] Zhao Q S, Xie H, Ning H, et al. Intercalating petroleum asphalt into electrospun ZnO/Carbon nanofibers as enhanced free-standing anode for lithium-ion batteries[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 737:330-336.
- [4] Zheng R T, Li Y H, Yu H X, et al. Rational construction and decoration of $\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{24.5}\text{O}_{62-x}\text{@C}$ nanowires as superior anode material for lithium storage[J]. Chemical Engineering Journal, 2020, 384:123314.
- [5] Li J, Wang N, Deng J, et al. Flexible metal-templated fabrication of mesoporous onion-like carbon and $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{@N}$ doped carbon foam for electrochemical energy storage[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2018, 6: 13012-13020.
- [6] Dong X L, Guo Z W, Guo Z Y, et al. Organic batteries operated at 70 °C[J]. Joule, 2018, 2:902-913.
- [7] Wang R C, Luo C, Wang T S, et al. Bidirectional catalysts for liquid-solid redox conversion in lithium-sulfur batteries[J]. Advanced Materials, 2020, 32:2000315.
- [8] Xiao S J, Zhang J, Deng Y Q, et al. Graphene-templated growth of WS_2 nanoclusters for catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries[J]. ACS Applied Energy Materials, 2020, 3:4923-4930.
- [9] Meng Q Q, Zhang H M, Liu Y, et al. A scalable bio-inspired polydopamine-Cu ion interfacial layer for high-performance lithium metal anode[J]. Nano Research, 2019, 12(12):2919-2924.
- [10] Pan L H, Wang J, Luo Z F, et al. 3D periodic ion transport channel to suppress top deposition toward stable lithium metal anode[J]. Batteries & Supercaps, 2020, 3(8):773-779.
- [11] Liu M K, Cai J Y, Ao H S, et al. $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ solid-state electrolyte protection layer on Zn metal anode for superior long-life aqueous Zinc-ion batteries[J]. Advanced Functional Materials, 2020, 30:2004885.
- [12] Ao H S, Zhao Y Y, Zhou J, et al. Rechargeable aqueous hybrid ion batteries: developments and prospects[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2019, 7:18708-18734.
- [13] Zhang X Q, Dong M F, Xiong Y L, et al. Aqueous rechargeable Li^+/Na^+ hybrid ion battery with high energy density and long cycle life[J]. Small, 2020, 16(41): e2003585.
- [14] Ren Q J, Shi Z Q, Yan L, et al. High-performance sodium-ion storage: Multichannel carbon nanofiber freestanding anode contrived via ingenious solvent-induced phase separation[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2020, 8:19898-19907.
- [15] Liu W B, Dong L B, Jiang B Z, et al. Layered vanadium oxides with proton and zinc ion insertion for zinc ion batteries[J]. Electrochimica Acta, 2019, 320:134565.
- [16] Yang P H, Feng C Z, Liu Y P, et al. Thermal self-protection of zinc-ion batteries enabled by smart hygroscopic hydrogel electrolytes[J]. Advanced Energy Materials, 2020, 10(48):2002898.
- [17] Li Z N, Gadipelli S, Li H C, et al. Tuning the interlayer spacing of graphene laminate films for efficient pore utilization towards compact capacitive energy storage[J]. Nature Energy, 2020, 5:160-168.
- [18] Weng Z, Li F, Wang D W, et al. Controlled electrochemical charge injection to maximize the energy density of supercapacitors[J]. Angewandte Chemie

- International Edition, 2013, 52:3722-3725.
- [19] Cao Y F, Xie L J, Sun G H, et al. Hollow carbon microtubes from kapok fiber: Structural evolution and energy storage performance[J]. Sustainable Energy Fuels, 2018, 2:455-465.
- [20] Ma W P, Xie L J, Dai L Q, et al. Influence of phosphorus doping on surface chemistry and capacitive behaviors of porous carbon electrode[J]. Electrochimica Acta, 2018, 266:420-430.
- [21] Li M Q, Bi Z H, Xie L J, et al. From starch to carbon materials: Insight into the cross-linking reaction and its influence on the carbonization process[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2019, 7:14796-14804.
- [22] Yuan S T, Huang X H, Wang H, et al. Structure evolution of oxygen removal from porous carbon for optimizing supercapacitor performance[J]. Journal of Energy Chemistry, 2020, 51:396-404.

2020 international conference on advanced energy materials and devices

RUAN Dianbo¹, QIAO Zhijun², WANG Yuzuo², CHEN Xuelong², TU Jianfei¹

(1.Faculty of Mechanical Engineering & Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Device Research Institute, Ningbo CRRC New Energy Technology Co., Ltd., Ningbo 315112, China)

Abstract: Nearly 400 experts, scholars and graduate students from more than 150 universities and enterprises attended this conference. The conference was mainly focused on advanced energy-storage materials and devices. The corresponding energy-storage systems include lithium ion batteries, lithium-sulfur batteries, supercapacitors and novel secondary batteries, etc. This conference provided a good academic exchange platform and promoted the development of advanced energy-storage materials and devices. Also, it is helpful for researchers to understand the recent progress on industry development trends, market demand and technologies of energy-storage areas. This will play a positive role in promoting the combination of basic research results and practical applications.

Key words: electrochemical energy-storage; lithium-ion battery; lithium-sulfur battery; supercapacitor; secondary battery; international conference

(责任编辑 韩 超)