

DOI: 10.11883/bzycj-2025-0021

动力电池专刊简介*

在全球能源转型的大背景下,电动汽车产业的快速发展以及低空经济布局中电动垂直起降飞机(eVTOL)的研究和应用规划,极大地推动了高比能量、高循环性能动力电池的广泛使用。然而,这些应用场景的高速运动服役工况伴随着显著的碰撞风险,使得动力电池的安全性问题日益受到关注。外力作用可能引发电池内部组件的变形或破坏,轻则导致性能退化,重则引发内部短路、热失控,甚至起火或爆炸。这些安全隐患严重制约了动力电池及相关产业的可持续发展。与此同时,动力电池安全研究涉及非平衡态、多尺度、多场耦合(力-电-热-化学)等复杂问题,带来了极大的科学和工程挑战。

目前,主要应用的锂离子动力电池是由涂覆活性涂层的金属箔电极和隔膜通过堆叠或卷绕形成内芯,浸电解液后封装在外壳中构成。动力电池的多层复合结构及其储能功能特性决定了在外力作用下的失效行为需同时考虑力学结构失效和电学功能失效的耦合效应。其内部多孔电极材料与外部封装体系的动态率效应,使得动力电池的动态力学行为显著区别于静态工况;加载速度、载荷条件以及电池规格等因素均对其动态响应产生复杂影响。因此,围绕动力电池在动态冲击工况下的安全需求,对其力电耦合行为及底层力学机理开展深入研究具有重要意义。

动力电池的动态安全问题主要包括两个关键方面:一是电池动态碰撞的失效阈值与损伤表征。这涉及材料层级和电芯层级的动态力学测试与表征,动态失效机制的分析,以及电池动态仿真建模等。关键问题包括针对电池测试优化传统动态测试技术(如落锤冲击和霍普金森杆),深入研究材料应变率效应、电解液流动以及多孔微结构惯性效应对失效行为的影响,分析加载条件、环境温度、电池状态等多因素作用下的电池动态响应与建立本构模型,以及冲击后电池性能劣化与安全性评估等。二是电池失效后热失控引发的爆炸风险研究。这包括电池热失控过程及其产物的测定分析,荷电状态、老化程度及化学体系对爆炸极限的影响,以及热失控爆炸的防护技术开发等关键内容。上述研究从失效前与失效后两个视角对动力电池的动态安全问题展开探索,需结合冲击动力学、爆炸科学、电化学和热力学等多学科的交叉协作。相关研究将为揭示动力电池碰撞失效与爆炸行为机理提供关键理论参考,并为事故防控与风险减轻提供技术支持,助力降低动力电池系统故障引发的社会成本。

该专刊主要征稿范围包括:动力电池材料动态本构关系,冲击/爆炸载荷下动力电池的失效行为与机理,动力电池热失控与爆炸触发机理,动力电池在动载下的性能测试技术及安全评估和预警,动力电池防护结构与耐冲击电池设计。邀稿/自由来稿均按照《爆炸与冲击》的稿件处理流程,经过严格的同行评议,录用了1篇综述论文和13篇研究论文。在此对作者与审稿专家的辛勤付出表示衷心的感谢,对《爆炸与冲击》编辑部的大力支持表示感谢!

中山大学 胡玲玲教授