

## 商用锂离子电池快充降解及热失控特性研究

周晓猛<sup>a,b</sup>, 蔡金乐<sup>a,b</sup>, 郭一博<sup>a</sup>, 廖云龙<sup>b</sup>

(中国民航大学 a. 民航热灾害防控与应急重点实验室; b. 安全科学与工程学院, 天津 300300)

**摘要:** 为识别快充老化因素对锂离子电池工作及热安全性能的影响, 首先, 本文采用 1C/2C 充电速率对商用 18650 锂离子电池开展循环老化试验, 表征电池的容量衰减、电化学阻抗、工作升温等特性。其次, 在自搭建的热失控平台上, 对比新鲜和快充老化后的锂离子电池在热失控行为、温度特性等方面的差异。结果表明, 锂离子电池老化过程是非线性的, 呈现 3 个阶段的变化, 对应于不同的老化机制; 提高快充速率会导致电荷转移阻抗、欧姆电阻大幅增加; 2C 充电速率老化的锂离子电池循环寿命迅速缩短, 且在循环期间出现异常放热行为, 其在充电阶段的最高表面温度达到 75 °C, 这不仅导致电池容量衰减加快, 还提高了热失控风险。热失控测试结果表明, 老化锂离子电池热失控延后, 热失控温度更高; 受快充老化因素影响的锂离子电池具有更好的热稳定性, 但热失控过程更加危险。

**关键词:** 锂离子电池安全; 快充; 热失控; 老化降解; 循环寿命

**中图分类号:** TM911 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5590(2025)01-0027-06

### Study on degradation and thermal runaway characteristics of commercial lithium-ion battery fast-charging

ZHOU Xiaomeng<sup>a,b</sup>, CAI Jinle<sup>a,b</sup>, GUO Yibo<sup>a</sup>, LIAO Yunlong<sup>b</sup>

(a. Key Laboratory of Civil Aviation Thermal Hazards Prevention and Emergency Response;  
b. College of Safety Science and Engineering, CAUC, Tianjin 300300, China)

**Abstract:** To identify the impact of fast-charging aging factors on the operation and thermal safety performance of lithium-ion batteries, this study first conducts cyclic aging tests on commercial 18650 lithium-ion batteries using 1C/2C charging rate to characterize capacity decay, electrochemical impedance, operating temperature rise, and other characteristics of the battery. Secondly, on the self built thermal runaway platform, compare the differences in thermal runaway behavior and temperature characteristics between fresh and fast-charging aged lithium-ion batteries are compared. The results show that the aging process of lithium-ion battery is nonlinear, and presents three stages corresponding to different aging mechanisms. Increasing the fast-charging rate leads to a significant magnify in charge transfer impedance and ohmic impedance. The cycle life of lithium-ion batteries with 2C charging rate aging shortens rapidly, and abnormal heat release behavior occurs during the cycle, and the maximum surface temperature reaches 75 °C during the charging phase, which not only accelerates the capacity decay of the battery, but also increases the risk of thermal runaway. The results of the thermal runaway test show that the thermal runaway of aged lithium-ion batteries is delayed and the temperature of thermal runaway is higher. Lithium-ion batteries affected by fast-charging aging factors have better thermal stability, but the process of thermal runaway is more dangerous.

**Key words:** lithium-ion battery safety; fast-charging; thermal runaway; aging degradation; cyclic life

锂离子电池老化是指锂离子电池在循环、储存过程中受充放电速率、环境温度等因素的影响, 导致其各项性能出现不可逆下降的过程。老化降解的锂离子电池有 3 个显著的特征: ①锂离子电池在单次充放电循环中容量会小幅度减少, 而在长期的充放电循环下其会

损失大量初始容量<sup>[1,2]</sup>; ②随着锂离子电池老化的加深, 其电化学性能会降低, 且极化产生的应力会造成电极材料破裂和损失<sup>[3]</sup>; ③老化锂离子电池储存的活性锂难以嵌入负极, 会在负极表面形成锂镀层<sup>[4]</sup>, 且老化严重的锂离子电池所产生的锂枝晶甚至会刺穿电池隔膜导

致内短路,进而引发热失控,造成电池安全问题。

当前,大多数关于锂离子电池热失控的研究都集中在设计制造缺陷和外部滥用条件等因素。受充放电循环条件的影响,锂离子电池的材料会发生降解和老化,使其可储存的能量降低并产生新的物相,这可能会改变锂离子电池的热安全性能。Roth 等<sup>[5]</sup>首次提出老化因素会对锂离子电池的热稳定性产生影响,并采用加速量热仪(ARC, accelerating rate calorimeter)和差示扫描量热仪(DSC, differential scanning calorimeter)研究了大功率 18650 锂离子电池高温老化后的热失控响应过程,结果表明,高温老化可使锂离子电池的热稳定性提高。Fleischhammer 等<sup>[6]</sup>首次利用同步热分析(STA, simultaneous thermal analysis)研究了循环老化因素对三元锂离子电池热安全性的影响。Juarez-robles 等<sup>[7]</sup>采用过充电方式对比了新鲜和老化锂离子电池的热失控行为,结果表明,在正常和降低电压区间下充放电循环至容量衰减 20%的锂离子电池不会发生热失控。Abada 等<sup>[8]</sup>采用建模和试验结合的方式,建立了新鲜和老化锂离子电池热失控的多物理场三维模型,以研究影响热失控机制的因素,结果表明日历老化后的锂离子电池热失控起始温度降低,且热失控过程延迟。张青松等<sup>[9]</sup>首次基于有效剂量分数模型对新鲜和老化三元锂离子电池热失控中产生的有毒气体进行量化对比,以评估老化三元锂离子电池的热失控危害。以上研究均表明锂离子电池的热安全性与老化降解因素有关。

在 market 需求的推动下,快速充电能力成为评价锂离子电池性能好坏的重要衡量指标之一<sup>[10]</sup>。提高充电速率不仅会使锂离子电池老化降解更严重,并降低其容量、电化学性能、循环寿命等各项工作性能,也会对电池安全性能产生影响<sup>[8-11]</sup>。本文通过对商用 18650 锂离子电池进行不同快充速率的循环老化和热失控试验,表征快充循环降解因素对电池容量衰减、电学阻抗及工作升温特性的影响。其次,在自搭建的热失控平台上对比快充老化电池与新鲜电池的热失控行为与温度的差异,总结了快充老化电池的热失控规律,为锂离子电池健康状态评估、热安全性能评价提供理论依据,同时为老化锂离子电池事故的应急处置提供参考。

### 1 试验概况

#### 1.1 锂离子电池老化策略

试验用锂离子电池为镍钴锰酸锂(NCM, nickel-

cobalt-manganese)正极/石墨负极 18650 商用锂离子电池,锂离子电池制造商推荐的充电速率为 0.5 C,其他各项参数如表 1 所示。

表 1 测试电池性能参数

Tab.1 Performance parameters of the test battery

参数	数值
标称容量/mAh	3 450
标称电压/V	3.635
截止电压/V	2.5
最大充电电压/V	4.2 ± 0.05
初始交流阻抗/mΩ	≤40
工作温度/°C	-20 ~ 60

首先,对锂离子电池 a 和 b 分别采取 1C 和 2C 充电速率恒流充电至 4.2 V,再以 4.2 V 恒压充电至电流降到 50 mA;其次,锂离子电池 a 和 b 均以 1C 放电速率恒流放电至 2.5 V。以上每个阶段间均设置 5 min 休息时间,锂离子电池 a 充放电循环 500 次,锂离子电池 b 充放电循环 200 次,其间使用高速数据采样仪及 K 型热电偶记录电池表面温度。每 50 次充放电循环后将电池开路电压调整至 3.6 V,对应 30%荷电状态(SOC, state of charge)。使用由日本 HIOKI 公司制造,型号为 BT4560A983-01 的交流阻抗测试仪在室温条件下进行阻抗测试,扰动频率范围为 0.1~1 000 Hz。

#### 1.2 热失控测试

锂离子电池老化阶段结束后再补充若干次充放电循环,使锂离子电池 a 和 b 的容量均下降为初始容量的 65%,再充电至 100% SOC,并在自搭建的热失控平台中以 5 °C/min 升温至触发热失控。此外,另取新鲜电池 f 充电至 100% SOC 进行热失控试验作为参照。两根热电偶分别位于距离电池顶部和底部 20 mm 处,并避开铜制加热套筒的覆盖范围,减少加热装置对热电偶采集温度的影响,热电偶的布置图如图 1 所示。热失控试验期间使用由日本 HIOKI 公司制造,型号为 LR8402-21 的高速数据采样仪记录电池表面温度。需要注意的是,两种充电速率的老化锂离子电池的热失

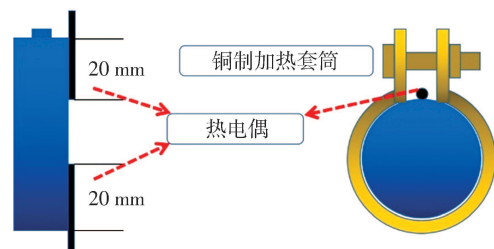


图 1 热电偶布置图

Fig.1 Layout diagram of thermocouple

控试验均至少重复两次,以保证试验数据的可靠性。

## 2 快充老化因素对电池工作性能的影响

### 2.1 充电容量

每 50 次充放电循环后对锂离子电池 a 和 b 进行一次健康状态(SOH, state of health)测试,以便获取每个阶段的真实充电容量。充放电循环期间锂离子电池的充电容量如图 2 所示。从图 2 可以看出,在每个阶段充放电循环开始时充电容量均出现回升,这是大电流充电下极化所导致的。随着充放电循环次数增加,充电容量回升现象更明显,表明电池极化增大。充电期间极化会随循环次数累积,产生的极化应力会使正极发生机械降解,减少电极的活性材料。

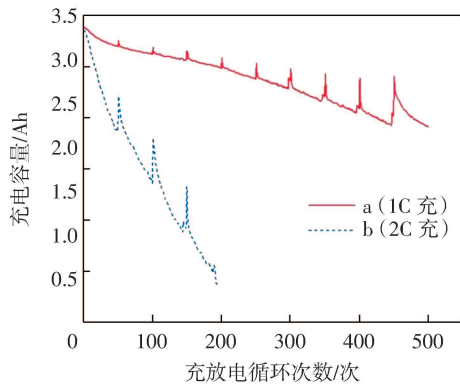


图 2 充放电循环期间锂离子电池的充电容量

Fig.2 Charging capacity of lithium-ion batteries during charge-discharge cycles

SOH 测试结果如图 3 所示。从图 3 可以看出,锂离子电池 a 和 b 的充电容量分别衰减至初始容量的 70%、67%。

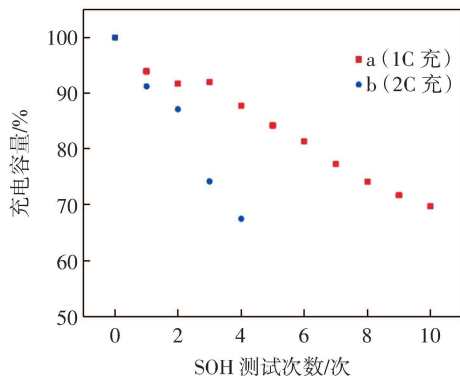


图 3 SOH 测试中老化锂离子电池的充电容量

Fig.3 Charging capacity of aging lithium-ion batteries in SOH test

对比图 2 和图 3 可知,大电流极化导致锂离子电池 b 的容量表现出更大差异,其充电速率相比锂离子电池 a 提高一倍后,达到相同容量衰减水平所需的充

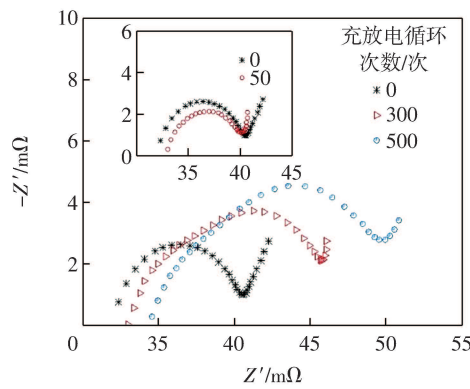
放电循环次数相比锂离子电池 a 缩短了 60%,这表明快充循环过程会迅速缩短锂离子电池的循环寿命和使用周期。锂离子电池的充电容量衰减呈非线性变化,新鲜电池容量衰减速率最大,最初的 50 次充放电循环后,锂离子电池 a、b 充电容量分别降至 94%和 90%,随后保持稳定,充放电循环后期衰减速率加快。容量衰减快慢反映了不同阶段锂离子电池的老化机制。

在锂离子电池老化初期,部分活性锂逐渐从充放电循环的电化学过程中脱出,形成的  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  等锂氧化物是固体电解质界面层(SEI, solid electrolyte interface)的主要成分。SEI 在这个阶段生长,消耗电池内可用活性锂的同时使阻抗增大。老化电池工作的最高温度超过 SEI 分解的初始温度,充放电循环期间 SEI 会分解一部分,电解液得以与电极接触后生成新的 SEI<sup>[12-13]</sup>。SEI 生成—分解—再生过程持续消耗存储的活性锂,使锂离子电池容量稳定下降。长期充放电循环下,极化积累产生的应力会使电极机械降解,活性材料颗粒破裂、脱落,造成锂离子电池容量进一步下降<sup>[14]</sup>。大量锂在负极表面还原生成锂镀层,不再参与电化学过程,表现为电池容量快速下降。

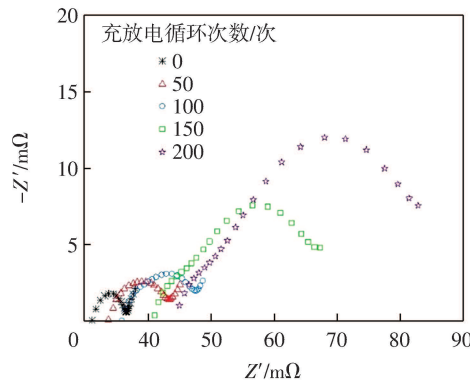
### 2.2 电化学阻抗

图 4(a)和图 4(b)分别显示了锂离子电池 a 和 b 的电化学阻抗谱(EIS, electrochemical impedance spectroscopy)。其中,  $Z'$  和  $-Z''$  分别为复数的实部和虚部,阻抗谱与实部的截距对应欧姆电阻。欧姆电阻<sup>[15]</sup>主要由电极材料、电解液、隔膜电阻和集流体、外壳等各部分零件的接触电阻组成。从图 4 可以看出,50 次充放电循环后锂离子电池 a 的欧姆电阻增加了 7%,锂离子电池 b 的欧姆电阻增加了 42%。在提高充电速率后,欧姆电阻的增幅有显著提升,这表明电解液消耗加剧。电解液参与反应不仅增大了欧姆电阻,还产生了  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$  等可燃气体<sup>[13,16]</sup>。图谱的半圆部分对应电荷转移阻抗  $R_{ct}$ 。两组电池的电荷转移阻抗部分均由一个半圆逐渐发展为相叠加的两个半圆,反映了老化过程中负极表面 SEI 层的生长。

图 5 中的电荷转移阻抗近似值取自对应半圆的直径。从图 5 可知,电荷转移阻抗在锂离子电池老化初期(锂离子电池 a 充放电循环 200 次、锂离子电池 b 充放电循环 100 次)有所降低,这是电化学研磨导致的电池内部活化现象<sup>[17]</sup>。在活化作用下,电池界面中的离子动力学性能得到了短暂提升。随着锂离子电池老化加深,电极材料与电解液发生反应、SEI 生长、电解液分解、活性材料机械降解等副反应相继发生;电池健康



(a) 锂离子电池 a (1C 充)



(b) 锂离子电池 b (2C 充)

图4 锂离子电池的电化学阻抗谱

Fig.4 EIS of lithium-ion batteries

恶化且活化现象消失导致电化学性能持续下降。锂离子电池 b 的电荷转移阻抗增长远超锂离子电池 a, 这是快充条件下的锂电镀造成的, 析出的大量锂减少了活性材料的接触表面积, 使离子动力学性能降低。

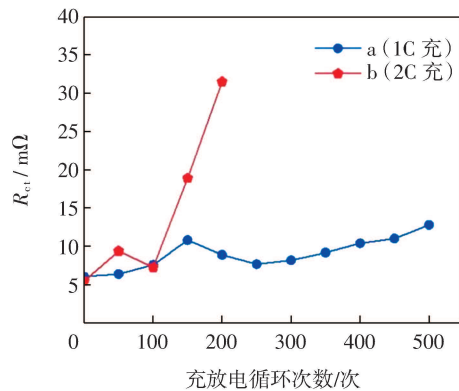


图5 锂离子电池的电荷转移阻抗近似值

Fig.5 Approximate value of charge transfer impedance of lithium-ion batteries

### 2.3 工作温度

电池正常工作期间产生的热量主要来源于欧姆电阻产生的焦耳热以及反应熵变。在经历大电流充放电循环后, 极化产热的占比逐渐升高<sup>[18-19]</sup>。每 50 次充

放电循环为一个周期, 图 6 显示了锂离子电池 a、b 在每个循环周期充电阶段的最高表面温度。增大充电速率后, 欧姆电阻产热和极化产热提高<sup>[20]</sup>。在循环的第一周期中, 由于充电速率更高, 锂离子电池 b 的最高表面温度比锂离子电池 a 高 18 °C。在整个老化过程中, 锂离子电池 a 电池阻抗增加较少, 极化产热占比小, 各循环周期的充电最高表面温度集中在 35 °C 左右; 与锂离子电池 a 不同, 锂离子电池 b 在各老化阶段的最高表面温度从 53 °C 持续上升至 75 °C。老化后锂离子电池 b 的最高表面温度相比老化前有大幅上升, 表明在 2C 充电速率下, 锂离子电池 b 产生了异常放热行为。

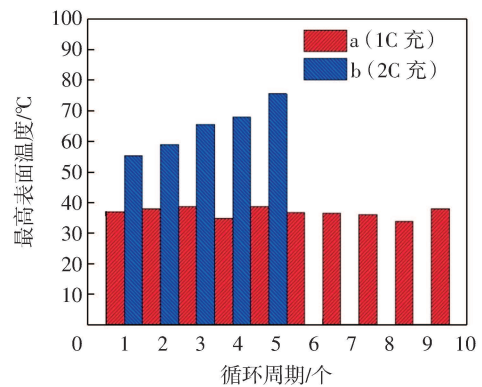


图6 循环期间电池的充电阶段最高表面温度

Fig.6 Maximum surface temperature of the battery charging phase during the cycle

为了进一步研究 2C 充电循环下锂离子电池 b 的异常放热行为, 将新鲜锂离子电池 f 和老化后的锂离子电池 a、b 在制造商规定的充放电协议下进行充放电, 并对其放热行为。图 7 为老化结束后 SOH 测试时锂离子电池的表面温度曲线。在恒流充电阶段, 所有锂离子电池的表面温度曲线均呈梯度分布, 锂离子电池 a、b 表现出更高的升温效果; 新鲜锂离子电池 f 电池温度升高 5 °C, 而锂离子电池 b 温度则升高 8 °C 以上, 锂离子电池 a 的温升也超过 5 °C。以上结果表明, 快充

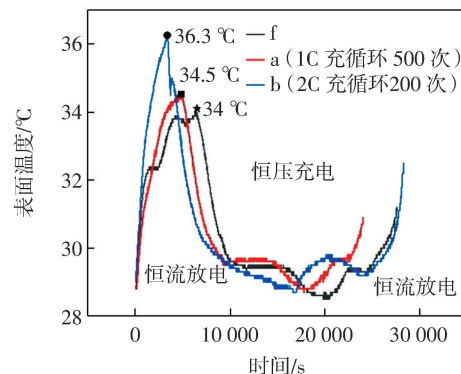


图7 老化后 SOH 测试期间锂离子电池的表面温度曲线

Fig.7 Surface temperature curve of lithium-ion batteries during SOH test after aged

老化因素会导致锂离子电池在相同工况下产生更多热量<sup>[14]</sup>。结合锂离子电池循环老化过程和老化前后的标准充放电过程,从锂离子电池的工作产热结果分析来看,锂离子电池在老化后确实出现了异常放热行为,运行温度升高会加速电池老化,缩短循环寿命。大型电池组中,多个老化单元在运行期间的额外产热可能会使环境温度上升,提高热失控风险<sup>[20]</sup>。

### 3 快充老化因素对电池热失控的影响

#### 3.1 热失控行为

图 8 为锂离子电池热失控过程的静态帧。快充老化锂离子电池与新鲜锂离子电池的热失控趋势类似,分为外部加热升温、副反应链式发生、热失控 3 个阶段。新鲜锂离子电池 f 和老化锂离子电池 a(1C 充循环 500 次)、b(2C 充循环 200 次)分别达到 139、149、152 °C 后,正极安全阀破裂并发生排气行为。副反应产热在电池内聚集至温度达到 180 °C 左右时,热失控开始发生。热失控初始阶段,大量气体和烟雾从安全阀排出。随后,其与空气混合后喷出的大量易燃材料被高温点燃,形成喷射燃烧过程。喷射结束后,电池顶口火焰持续燃烧并逐渐熄灭。由于活性锂减少和电极活性材料的损失,老化电池储存的能量水平降低,因此喷射过程相对温和。

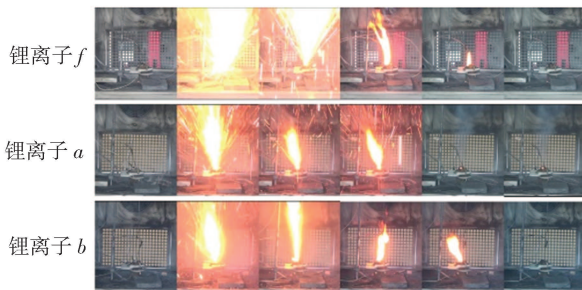


图 8 锂离子电池热失控过程的发展静态图像

Fig.8 Static images of the development of thermal runaway process of lithium-ion batteries

#### 3.2 热失控温度

热失控测试期间锂离子电池的表面温度如图 9 所示。

从图 9 可知,老化锂离子电池热失控与达到最高表面温度所需的时间相对延后,这与锂离子电池储存的能量水平有关。老化锂离子电池因 SEI 生长和活性材料损失,触发热失控需要更长的热积累过程,表明快充老化后锂离子电池的热稳定性有所提高。Wang 等<sup>[11]</sup>的研究也得出了类似结论。然而锂离子电池 a、b 的热失控

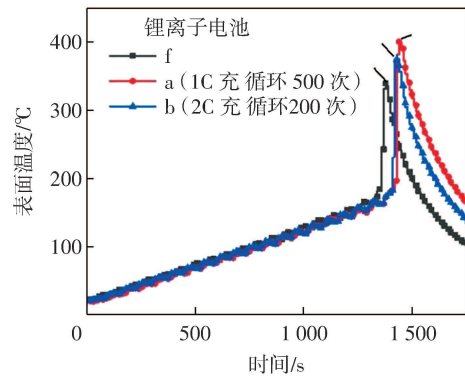


图 9 热失控测试期间锂离子电池的表面温度

Fig.9 Surface temperature of lithium-ion batteries during thermal runaway test

最高温度分别为 381、403 °C,新鲜锂离子电池 f 的热失控最高温度为 340 °C。循环老化后的锂离子电池在经历热失控时,表面温度比新鲜电池至少高 40 °C,可能归因于老化的另一种模式——锂镀层<sup>[6]</sup>。在拥有多个老化单元的锂离子电池组中,这种热失控结果将会导致更严重的事故。

### 4 结语

本文对商用 18650 锂离子电池进行充放电循环老化试验,探究了快充老化因素对锂离子电池工作性能和热失控特性的影响。主要结论如下。

(1)快充循环过程中,锂离子电池容量呈现非线性衰减。增大充电速率会使锂离子电池极化加剧,在下个循环阶段开始时充电容量恢复更明显。充电速率提高一倍后,达到相同容量衰减所需充放电循环次数大幅减少,锂离子电池循环寿命缩短 60%。新鲜锂离子电池容量下降最快,快充循环前期衰减速率保持稳定,在快充循环后期衰减速率加快,这与不同的老化机制有关。

(2)提高充电速率后,欧姆电阻和电荷转移阻抗大幅增加。高倍率充电会导致锂离子电池的电化学性能下降更严重。在快充循环老化初始时期,因为活化作用导致电池界面中的离子动力学性能暂时提高,会出现阻抗降低的现象。大电流充电产生的电镀锂会大幅提高电荷转移阻抗,降低离子动力学性能。

(3)2C 充电模式下的锂离子电池在循环周期充电阶段最高表面温度有大幅上升,这表明锂离子电池出现了异常放热行为。相同的工况下,老化电池表面温度也比新鲜电池更高。锂离子电池老化单元的工作温度升高,不仅会加速电池老化,还会提高热失控风险。

(4)快充循环老化后的锂离子电池的热失控过程比新鲜锂离子电池更温和,热失控与达到最高温度所需的时间更长,热稳定性提高。但老化锂离子电池热失控温度要高于新鲜电池,这与快充老化析出的锂镀层有关。在拥有多个老化单元的锂离子电池组中,热失控将会导致更严重的事故。

#### 参考文献:

- [1] JUAREZ-ROBLES D, JEEVARAJAN J A, MUKHERJEE P P. Degradation-safety analytics in lithium-ion cells: part I. aging under charge/discharge cycling[J]. Journal of the Electrochemical Society, 2020, 167(16): 160510.
- [2] BALAGOPAL B, HUANG C S, CHOW M Y. Effect of calendar aging on li ion battery degradation and SOH[C]/IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, October 29-November 1, 2017, Beijing, China. IEEE, 2017: 7647-7652.
- [3] SCHUSTER S F, BACH T, FLEDER E, et al. Nonlinear aging characteristics of lithium-ion cells under different operational conditions[J]. Journal of Energy Storage, 2015, 1: 44-53.
- [4] KLETT M, ERIKSSON R, GROOT J, et al. Non-uniform aging of cycled commercial LiFePO<sub>4</sub>/graphite cylindrical cells revealed by post-mortem analysis[J]. Journal of Power Sources, 2014, 257: 126-137.
- [5] ROTH E P, DOUGHTY D H. Thermal abuse performance of high-power 18650 Li-ion cells[J]. Journal of Power Sources, 2004, 128(2): 308-318.
- [6] FLEISCHHAMMER M, WALDMANN T, BISLE G, et al. Interaction of cyclic ageing at high-rate and low temperatures and safety in lithium-ion batteries[J]. Journal of Power Sources, 2015, 274: 432-439.
- [7] JUAREZ-ROBLES D, AZAM S, JEEVARAJAN J A, et al. Degradation-safety analytics in lithium-ion cells and modules: part II. overcharge and external short circuit scenarios[J]. Journal of the Electrochemical Society, 2021, 168(5): 050535.
- [8] ABADA S, PETIT M, LECOCQ A, et al. Combined experimental and modeling approaches of the thermal runaway of fresh and aged lithium-ion batteries[J]. Journal of Power Sources, 2018, 399: 264-273.
- [9] 张青松, 曲奕润. 循环老化三元锂离子电池热失控气体毒性研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2024, 50(6): 1761-1769.
- [10] 梁峰伟, 夏煜华, 张玉龙, 等. 快充下锂离子电池析锂机制、模型及快充策略研究[J]. 稀有金属, 2022, 46(9): 1235-1243.
- [11] WANG Z, WANG J. An experimental investigation of the degradation and combustion behaviors associated with lithium ion batteries after different aging treatments[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 272: 122708.
- [12] WANG Q S, SUN J H, YAO X L, et al. Thermal stability of LiPF<sub>6</sub>/EC+DEC electrolyte with charged electrodes for lithium ion batteries [J]. Thermochemica Acta, 2005, 437(1/2): 12-16.
- [13] GUO J, LI Y Q, PEDERSEN K, et al. Lithium-ion battery operation, degradation, and aging mechanism in electric vehicles: an overview[J]. Energies, 2021, 14(17): 5220.
- [14] 陈芬放. 高能量密度 NCA 正极锂离子电池老化过程产热特性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [15] JALKANEN K, KARPPINEN J, SKOGSTRÖM L, et al. Cycle aging of commercial NMC/graphite pouch cells at different temperatures[J]. Applied Energy, 2015, 154: 160-172.
- [16] GERELT-OD B, KIM J, SHIN E, et al. In situ Raman investigation of resting thermal effects on gas emission in charged commercial 18650 lithium ion batteries[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2021, 96: 339-344.
- [17] STROE A I, KNAP V, STROE D I. Comparison of lithium-ion battery performance at beginning-of-life and end-of-life[J]. Microelectronics Reliability, 2018, 88/89/90: 1251-1255.
- [18] 李天奇, 李悦, 潘崇超. 锂离子电池恒流充电的温度及产热特性分析[J]. 电源技术, 2021, 45(7): 872-876.
- [19] 陈述林, 郭密, 王珍珍. 内阻对锂离子电池产热功率的影响[J]. 电池, 2021, 51(4): 385-388.
- [20] 张志超, 郑莉莉, 杜光超, 等. 锂离子电池充放电过程中产热特性研究综述[J]. 储能科学与技术, 2019, 8(S1): 31-37.

(责任编辑:刘智勇)

## 《中国民航大学学报》版权声明

本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊全文数据库(CJFD)及万方数据数字化期刊群、维普期刊全文数据库、中国台湾中文电子期刊服务——思博网(CEPS)、波兰《哥白尼索引》(IC, Index of Copernicus)、美国剑桥科学文摘社(CSA, Cambridge Science Abstracts)等国内外知名数据库。凡本刊录用的稿件将同时通过互联网进行网络出版或提供信息服务。凡投本刊的稿件一经录用,本刊即认定作者将该文的复制权、发行权、信息化网络传播权、翻译权、汇编权等权利在世界范围内转让给本刊。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。