

18650 圆柱形电芯的产热行为研究

李继民

(大连中比动力电池有限公司,辽宁 大连 116450)

摘要: 本文研究以 18650 圆柱形电芯为例,利用实验的方法对 18650 圆柱形单体电芯产热行为进行研究,优化其原有锂电池的产热特性。

关键词: 热安全性;18650 圆柱形电芯;产热特性

[DOI]10.12231/j.issn.1000-8772.2021.29.111

1 引言

当前电动汽车由于车内体积空间的限制,同时电池在特定的环境下所需要的放电模式也是要超高倍率,这种情况下存在着发热隐患。本文通过试验测试 18650 圆柱形电芯的充放电数据,并与普通的锂离子电池相比较,采用计算机积分的方式估算出电池的理论产热并且通过该值计算出电芯的平均比热与平均发热功率,重点说明其产热行为的创新性。

2 18650 圆柱形电芯概述

新型的锂离子的电芯是在 20 世纪 90 年代出现的绿色环保的电芯。18650 圆柱形电芯是现有的锂离子电池的一种,其中 18 代表该电芯的直径为 18mm,65 表示其长度为 65mm,0 则代表其为圆柱形。其相比较与其他电池也有其自身的创新性:(1)容量较大;(2)工作中安全性能高;(3)可以实行串联或并联从而形成 18650 圆柱形锂电池组;(4)自身内阻较小。

3 实验

3.1 实验平台搭建

本次实验是利用 CMICR18650F8 电芯,其电压和电容量分别为 3.7V 和 2600mAh,其重量为 46g。在实验之前用厚度为 10mm 的隔热材料进行包裹,其实物见图 1 所示。



图 1 18650 电芯与隔热材料实物图

其测试是利用 T 型 PFA 热电偶线与温度巡检仪来测量电芯的表面温度,其实物如图 2 所示。

3.2 测试方法

在利用直流稳压电源对电芯进行 0.5C 的充电过程,整个过程中需要经历恒流再恒压的过程,所需要的时间为 133.76min。将充满电后的电芯进行静态搁置 30min,而后采用固态锂电池自动检测化成设备对该电芯进行 1C/3C 放电,这个过程需要在常温下进行。

4 结果与讨论

对于双电解液类的电池,这里忽略其混合熵值的变化以及相变过程的影响,同时为了简化计算过程,对于电池的反应热用 Q_r 来表示;对于电池极化所引起的能量损失用 Q_p 来表示;电



图 2 数据记录仪

池在充放电的过程中还存在着副反应,其中典型的副反应是电解液的分解和自放电反应,这其中所引起的能量损失用 Q_s 表示;由于电池内部还存在着电阻,充放电过程中会有电流通过,这将产生一定的焦耳热 Q_j 。所以对于一个电池的总热源表示为

$$Q_0 = Q_r + Q_p + Q_s + Q_j \quad (9)$$

本文通过实验测试的方法,分析处理 18650 电芯在运行过程中的时间与电压/电流的关系,进而根据其瞬时功率的变化得到功率与时间变化的曲线图 $P-T$,而后根据积分运算求出此曲线图的有效面积,从而估算出电池的实际总产热值。这个过程中需要整理电池放电温度数据以及电池放电电压电流特性数据,这两者采集的时间间隔要保持一致。

4.1 放电时间与压降分析

对于此类分析是对 CMICR18650F8 单体电芯进行 0.5C 的充电,1C/3C 的恒流放电,其电流电压特性曲线变化如图 3 所示。

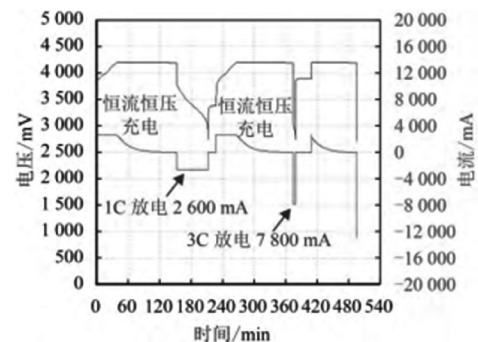


图 3 电芯电压/电流与时间曲线

从图 3 中的变化可以看出来,此电芯的恒流稳压充电相比较稳定,总耗时 133.76min,充入总电量为 2600mAh。在 1C 恒流放电倍率下,电芯截止电压下降至 2.75V,放出总电量 2600mAh,总耗时 60.37min。3C 放电倍率下,总耗时 5.43min,放出电量 700mAh。由此可见,该电芯当前无法实现高倍率放电。但是相较

于其他 Li 离子电芯而言,充电过程更为稳定,而且低倍率放电下的 18650 圆柱形电芯产热放出的电量更多,其效率也比较高。

4.2 放电时间与电芯温度分析

对于 18650 圆柱形单体电芯的充放电过程进行实时温度采集,并整理其相应的数据,做出其时间-温度曲线图,如下图 4 所示。

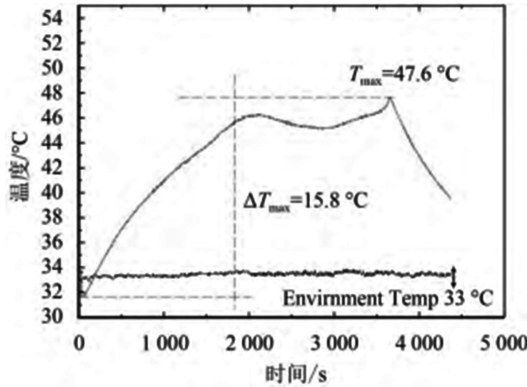


图 4 单体电芯 1C 放电倍率下温度与时间曲线

从图 4 可以看出该电芯在 1C 恒流放电倍率下的温度特性,从中可以得到此放电过程中的持续时间为 60.37min,所能达到的最高温度为 47.6°C,整个放电过程前后的温差最大可以达到 15.8°C,其环境温度则相对恒定,数值在 33±0.5 波动。此电芯相比于其他电芯环境温度波动较小,其最高温度相对较低。

4.3 放电时间与瞬时功率分析

该电池的瞬时功率与时间的曲线如图 5 所示。

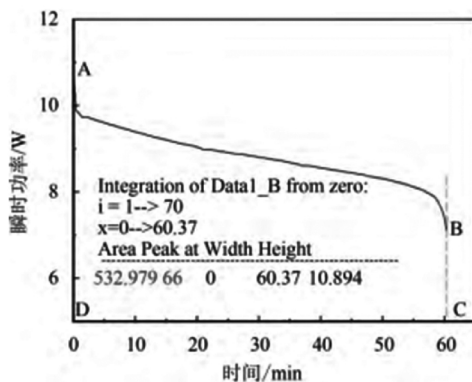


图 5 电芯在 1C 放电倍率下瞬时功率与时间曲线

根据图 5 中的曲线,利用计算机积分的方式对上图中的瞬时功率-时间曲线所围成的面积进行计算,从而得到 1C 放电情况下的电子负载的实际功耗 Q_i :

$$Q_i = M_{ABCD} = \int_D^C f(t) dt = 533 \text{ W} \cdot \text{min} = 31980 \text{ J} \quad (10)$$

从热量角度上来考虑,其电池的产热为

$$Q_0 = I^2 t (R_{\text{欧姆}} + R_{\text{极化}}) = 2160 + I^2 t R_{\text{极化}} \quad (11)$$

其中欧姆内阻可利用内阻仪测量得出,极化内阻小于欧姆内阻,因此这种产热估算研究方式合理,可做参考。其平均比热容 C 平均计算得 5.37J/(g·K)。单体电池平均发热功率 P_i 为电池发热量与发热总时长的比值为 1.08W。

4.4 18650 单体电池的计算分析

通过对上述实验所搭建的测试平台和所得的测试数据,整理出此次实验对象 18650 单体电芯的相关热物理量数据,利用三维瞬态导热模型,而后结合上述实验的平台搭建以及实际的工况来选取相应的边界条件,可以得到 18650 单体电池 1C 倍率

放电的温度云图,其结构如图 6 和图 7 所示。

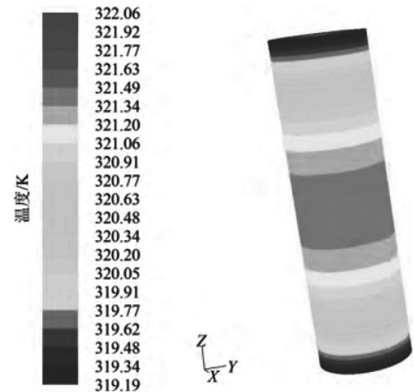


图 6 电芯在 1C 放电倍率下表面温度分布云图

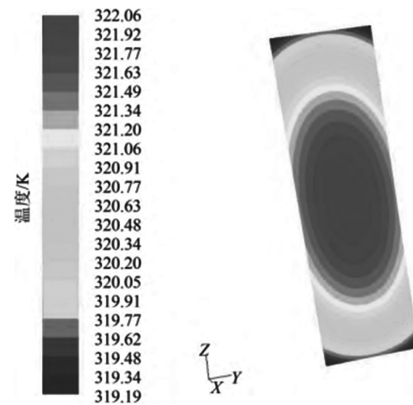


图 7 电芯在 1C 放电倍率下截面温度分布云图

从图 7 可以看出,18650 电池在其规定的边界条件下以 1C 倍率的恒流进行放电,电池会存在放热过程,其表面的最高温度达 48.3°C,且沿着 z 轴的方向其温度有下降的趋势,最低温度可以达到 46.2°C,温度分布规定符合实验值,其中电池在 1C 放电下表面最高温度的实验值与模拟值的误差小于等于 1°C,可见 18650 圆柱形电芯相比较于其他电芯而言更为精确,误差值较小,在能源使用上更有优势。

5 结束语

本文是采用对 18650 圆柱形单体电芯的恒流放电测试的方式分别采集了电流、电压、温度及时间的数据,整理其所得进一步研究,得到其最高温度的误差在 1°C 以内,足见 18650 圆柱形电芯相较于其他电芯而言误差较小,其仿真数据的准确性使得在设计时只需利用仿真数据即可。

参考文献

[1]王子缘,张国庆,高冠勇,等.18650 圆柱形电芯的产热行为研究[J].广东工业大学学报,2017,034(001):45-49.
 [2]杜光超,郑莉莉,张志超,等.锂离子电池热安全性研究进展[J].储能科学与技术,2019,008(003):500-505.
 [3]胡锐鸿.电动汽车用锂离子电池热特性及散热装置的数值模拟[D].华南理工大学,2014.
 [4]廖利.18650 圆柱型 LiNi_(0.5)Co_(0.2)Mn_(0.3)O_2/Li_4Ti_2O_(12)锂离子电池的工艺探索与性能研究[D].成都理工大学,2013.

作者简介:李继民(1976,5-),男,汉,河南许昌人,大连中比动力电池有限公司执行董事,MBA,研究方向:专注于锂离子和 LiFePO4 电池组的销售、研发和生产。