

文章编号:1671-6833(2023)02-0091-07

电池排布方式对 21700 锂电池相变热管理系统的影响

郭茶秀, 魏金宇

(郑州大学 机械与动力工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要:以 21700 锂离子电池组为研究对象,对不同排布方式下的锂电池分别控制电池间距、对流换热系数和相变材料(PCM)导热率,并对其进行有限元仿真。研究了电池间距、对流换热系数和 PCM 导热率对相变电池热管理系统(BTMS)下不同排布方式(长方形、四边形、六边形)的电池组温度场的影响。结果表明:当电池间距为 4 mm 和 6 mm 时,3 者具有近似的最高温度,而当电池间距为 2 mm 和 1 mm 时,长方形排布的电池组最高温度最大,在 2 mm 时长方形排布的电池组最大温升分别为四边形排布下和六边形排布下的电池组的 105.86% 和 108.25%,而 3 者的温差均随间距增大,总体呈现出变小的趋势;在不同的对流换热系数下,长方形排布的电池组最高温度总是最大而四边形最小,随着对流换热系数的增大,3 者温差呈现出变大的趋势;随着 PCM 导热系数的增大,3 者的最高温度均不断下降且下降速率越来越小,在 5 种不同 PCM 导热系数下,长方形排布的电池组最大温升平均是四边形排布和六边形排布电池组的 105.31% 和 106.02%,3 者的潜热储热阶段的温差均有减小,显热阶段对长方形和六边形的温差没有影响,四边形的温差却不断增大。综合考虑最高温度和温差,采用六边形排布的锂电池组在 PCM 热管理下的热性能最佳。

关键词:数值模拟;锂离子电池;热管理;相变材料;导热率

中图分类号:TK124

文献标志码:A

doi:10.13705/j.issn.1671-6833.2023.02.009

锂离子电池作为一种具有高能量密度且循环寿命长的电化学储能系统,已经在电动汽车市场中有了广泛的应用。然而,锂离子电池在各种条件下的热问题研究和电池热管理系统并没有得到充分的解决。因此,对于基于锂离子的电动汽车,需要一种有效的电池热管理系统(battery thermal management system, BTMS)来快速散去电池组内部产生的热量。空气冷却作为最传统的冷却方式^[1-5],由于空气本身较低的导热率,很难满足电池在高功率放电时的散热需求;液冷是如今 BTMS 应用最广泛的冷却方式^[6-8],具有散热效果好、速度快等优点。但其一般都有着较为复杂的结构和较高的价格,而且对密封性要求较高,一般在极端情况下使用。Hal-laj 等^[9]首先提出了将相变材料用于 BTMS 的想法。Sabbah 等^[10]研究了在不同放电速率和环境温度下 PCM(phase change material)和空气热管理系统的性能,结果表明,在高放电倍率和高温环境下,空气冷却需要大量的功耗才能达到 PCM 热管理系统的效果。在研究 PCM 散热的过程中研究

人员发现,当电池温度没有超过 PCM 熔点时,其对电池的最高温度和温差的升高有着很好的抑制作用。

前人对于 PCM 散热和电池的排布优化已经进行了相关的研究,张晓光等^[11]对电池间距的均匀排布和不均匀排布情况进行了研究,在相同体积的相变材料中对电池间距进行非均匀排布,最优排布的最大温差比优化前降低了 34%。以上对电池排布的研究,都选择了间距为变量,采用均匀间距或非均匀间距,但都没有对排布方式进行研究,因此作者选择排布方式为变量,研究了电池间距、对流换热系数和 PCM 导热率对相变 BTMS 下不同排布方式的电池组温度场的影响。

本文以 21700 锂离子电池组为研究对象,通过对不同排布方式下的锂电池分别控制电池间距、对流换热系数和 PCM 导热率,并分别进行仿真分析,研究电池间距、对流换热系数和 PCM 导热率的变化对不同排布方式下以相同体积的相变材料包裹下 21700 锂离子电池的最高温度和温差的影响。

收稿日期:2022-08-19;修订日期:2022-11-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51906228)

作者简介:郭茶秀(1968—),女,江西清江人,郑州大学教授,博士,主要从事太阳能利用研究,E-mail:guochaxiu@163.com。

引用本文:郭茶秀,魏金宇. 电池排布方式对 21700 锂电池相变热管理系统的影响[J]. 郑州大学学报(工学版), 2023, 44(2): 91-97. (GUO C X, WEI J Y. Influence of different arrangement on phase change thermal management system of 21700 lithium battery[J]. Journal of Zhengzhou University(Engineering Science), 2023, 44(2):91-97.)

1 数值方法

1.1 几何模型

采用模拟软件 Ansys Fluent19.2,以 21700 型圆柱形锂离子电池为研究对象,以数值模拟的方法模拟了使用 PCM(石蜡)热管理系统下的锂电池不同排布方式的传热过程。

为了研究不同排布方式对 PCM 热管理系统的影响,设计了以长方形、四边形和六边形排布的 3 种电池组,以相同比体积(相变材料体积与电池个数比值)的相变材料包裹电池。锂电池和相变材料物性参数如表 1 所示。

表 1 电池和 PCM 的规格参数^[12]

参数	21700 电池	石蜡
比热容/(J·(kg·℃) ⁻¹)	2 765	2 250
密度/(kg·m ⁻³)	1 028	800
导热率/W (kg·K ⁻¹)	3.5	0.2
潜热/(kJ·kg ⁻¹)		270.7
熔点/℃		44
高度/mm	21	
直径/mm	70	
额定容量/Ah	3.0	

1.2 电池产热模型

在进行数值分析前,要先得到电池的产热功率,通常用 Bernardi 等^[13]提出的产热公式得到与实验中的实际结果较为符合的产热功率,所以本文中使用了 Bernardi 产热公式来计算电池的产热功率:

$$q = \frac{1}{V} \left[I(U_{ocv} - U) + IT \frac{\partial U_{ocv}}{\partial T} \right]. \quad (1)$$

式中: q 为电池的产热功率, W/m³; I 为电池工作时的电流, A; V 为电池的体积, m³; T 为电池的初始热力学温度, K; U_{ocv} 为电池的开路电压, V; U 为电池的端电压, V; $\frac{\partial U_{ocv}}{\partial T}$ 为电池的熵系数, mV/K。

Chen 等^[12]实验得到了 21700 型锂电池在 35℃ 下以 4C 倍率放电时的开路电压、端电压和熵系数,如图 1 所示。结合表 1 的电池参数在拟合后,可以得到 4C 倍率放电情况下的电池产热功率-时间关系式:

$$q = 125\,864.27 - 172.50t + 3.27t^2 - 0.02t^3 + 5.28 \times 10^{-5}t^4 - 5.95 \times 10^{-8}t^5 + 2.45 \times 10^{-11}t^6. \quad (2)$$

1.3 产热模型验证

为了验证产热公式的可靠性,使用 Fluent19.2 对单个电池在自然对流下以 4C 倍率放电的产热情

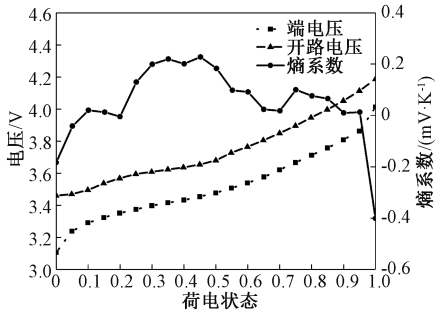


图 1 电池电压和熵系数随荷电状态的变化情况

Figure 1 Variation of voltage and entropy coefficient of battery with SOC

况进行模拟并与实验情况进行对比。环境温度设置为 35℃,自然对流系数为 10 W/(m²·K),结果如图 2 所示。

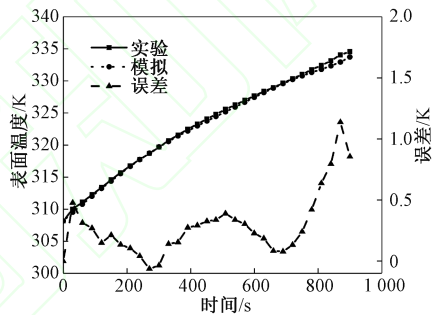


图 2 电池 4C 速率放电表面平均温度实验模拟对比

Figure 2 Experimental simulation comparison of average temperature of battery 4C rate discharge surface

由图 2 中数据可以看出,实验和模拟中电池的温升都是先快后慢,总体趋势相同,且最大误差仅为 1.14 K,实验与模拟结果误差不超过 5%,由此可以看出,产热公式具有较高的精确性和可靠性,可以满足计算模拟的需求。

1.4 网格无关性验证

为了减少网格数量对实验结果产生的影响并且节省计算时间,需要选取合适大小的网格进行计算。图 3 为网格无关性验证。

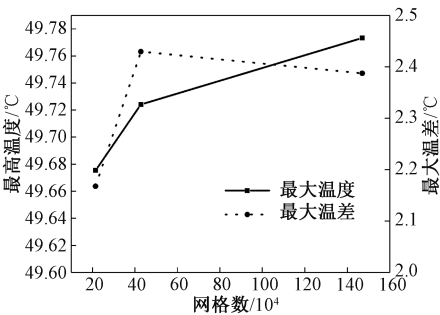


图 3 网格无关性验证

Figure 3 Grid independence verification

从图 3 可以看出,当网格数从 214 344 增加到

428 016 时,最高温度和最大温差都变化较大,而继续增大网格数则变化不大。所以,为了有效利用计算资源并保证模拟的精确性,本文的模拟采用网格数为 428 016 的网格模型进行计算。

1.5 控制方程

为了简化计算过程,首先要对传热过程做出以下假设。

① 电池内部物性参数和产热是均匀的;② PCM 热物性参数各向同性,且不随温度变化;③ PCM 内部只考虑热传导,忽略液态 PCM 的热对流;④ 不考虑传热过程中的辐射。

模拟时电池和 PCM 的初始温度和环境温度都为 35 ℃,空气自然对流系数为 10 W/(m²·K)。

电池内部传热方程:

$$\rho_b C_{p,b} \frac{\partial T}{\partial t} = k_b \nabla^2 T + q_o.$$

(3)

相变材料内部传热方程:

$$\rho_{PCM} \frac{\partial T}{\partial t} = k_{PCM} \nabla^2 T.$$

(4)

$$H = \int_{T_0}^T C_{p,PCM} dT + \beta L.$$

(5)

$$\beta = \begin{cases} 0, & T < T_s; \\ \frac{T - T_s}{T_l - T_s}, & T_s < T < T_l; \\ 1, & T > T_l. \end{cases}$$

(6)

电池与 PCM 接触面的边界条件:

$$-k_b \frac{\partial T}{\partial n} = -k_{PCM} \frac{\partial T}{\partial n}.$$

(7)

外表面边界条件:

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = hA(T - T_{amb}).$$

(8)

式中: ρ_b 为电池的密度,kg/m³; $C_{p,b}$ 为电池的比热容,J/(kg·K); k_b 为电池的导热率,W/(m·K); $\frac{\partial T}{\partial t}$ 为温度梯度; q 为体热源,W; ρ_{PCM} 为 PCM 的密度 kg/m³; $C_{p,PCM}$ 为电池的比热容,J/(kg·K); k_{PCM} 为电池的导热率 W/(m·K); β 为 PCM 的液相分数; L 为 PCM 的潜热,kJ/kg; T_s 和 T_l 分别为相变开始和终止的温度,K; h 为自然对流系数,取 10 W/(m²·K); T_{amb} 为环境温度,取 35 ℃。

2 结果与讨论

2.1 排布方式对电池温度场分布的影响

图 4 和图 5 显示了电池在 4C 速率放电情况下,不同排布方式的电池组表面最高温度和温差随时间

的变化情况。

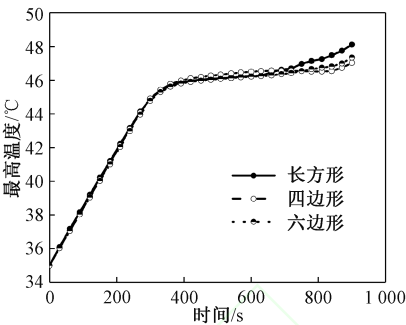


图 4 不同排布方式的电池组最高温度
Figure 4 Maximum temperature of battery pack with different arrangement

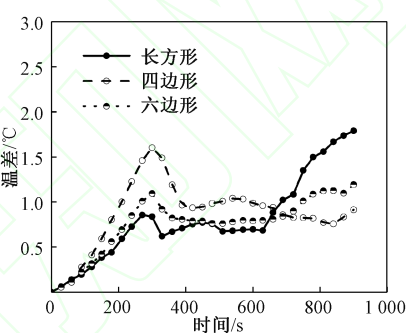


图 5 不同排布方式的电池组表面温差
Figure 5 Temperature difference of battery pack in different arrangement modes

由图 4 可以看出,在达到 PCM 的熔点前,3 种排布方式的电池组的最高表面温度均以较快的速率上升,在达到熔点后则上升速率迅速放缓,直至 600 s 时,长方形排布的电池组上升速率开始增大并很快超过四边形排布和六边形排布的电池组,放电结束时长方形排布、四边形排布和六边形排布的电池组表面最高温度分别为 48.12 ℃、47.03 ℃ 和 47.35 ℃。

由图 5 中可看出,在 300 s 前,电池组表面温差在 3 种排布方式下均以一定的速率上升,而在达到峰值后均出现了一定程度的下降。在 300~600 s 时,3 种排布方式下温差均保持稳定,而 600 s 后,长方形排布的电池组温差开始上升,而四边形排布和六边形排布的电池组温差依然保持稳定。3 种排布下最大温差分别为 1.79 ℃ (长方形),1.60 ℃ (四边形)和 1.19 ℃ (六边形)。

2.2 电池间距对电池温度场分布的影响

将电池以 1、2、4 和 6 mm 的间距排布,长方形和四边形排布下电池数量为 20 个,六边形排布下为 19 个,所以六边形排布总体积为长方形和四边形排布的 19/20,以相同的比体积计算得到不同排布方式等效的间距(2d),如表 2 所示,3 种排布方式的电

池组俯视图如图 6 所示。

表 2 3 种排布方式下的电池间距

Table 2 Battery spacing and in the three configurations		
长方形间距/mm	四边形间距/mm	六边形间距/mm
1	1.84	2.08
2	2.88	3.12
4	4.96	5.24
6	7.04	7.34

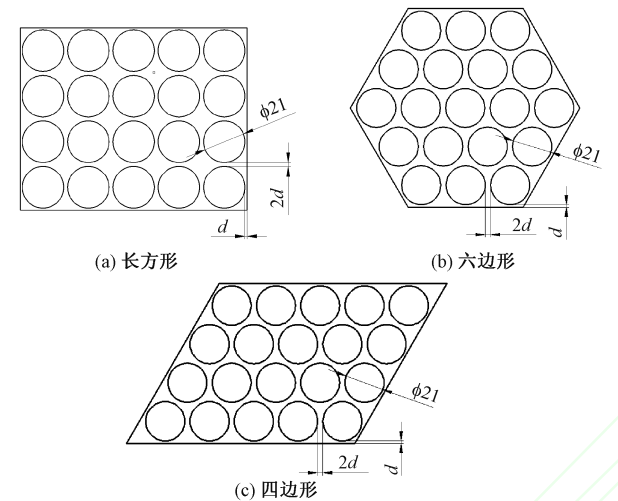


图 6 3 种不同排布方式的电池组俯视图
Figure 6 Top view of battery pack in three different arrangements

图 7 为不同间距下 3 种排布方式电池组的表面最高温度随时间的变化情况。从图 7 中可以看出,随着电池间距的不断减小,在放电结束时的最高温度不断增大,以长方形排布下的电池组为例,在 1、2、4 和 6 mm 的间距下,在放电结束时的最高温度分别为 49.6、48.4、47.3 和 46.8 ℃,且在 PCM 显热储热阶段的最高温度上升速度也不断增大。同样以长方形排布为例,在 1、2、4 和 6 mm 的间距下,表面最高温度达到 PCM 熔点的时间分别为 261、266、293 和 328 s。同时也可以看出,不同排布方式下不断减小间距,最高温度的变化幅度也有所不同,在 4、6 mm 的间距下,3 种排布方式下的最高温度变化趋势基本相同,而在 1、2 mm 的间距下,长方形排布下电池组的最高温度在放电后期的上升幅度要大于四边形排布和六边形排布的电池组,所以也导致在小间距放电结束时,长方形排布下电池组的最高温度要大于四边形排布和六边形排布,例如在 1 mm 的间距下放电结束时 3 种排布方式的最高温度分别为 49.6 ℃(长方形)、48.8 ℃(四边形)和 48.5 ℃(六边形)。

图 8 为不同间距下 3 种排布方式下电池组的表面温差随时间的变化情况。

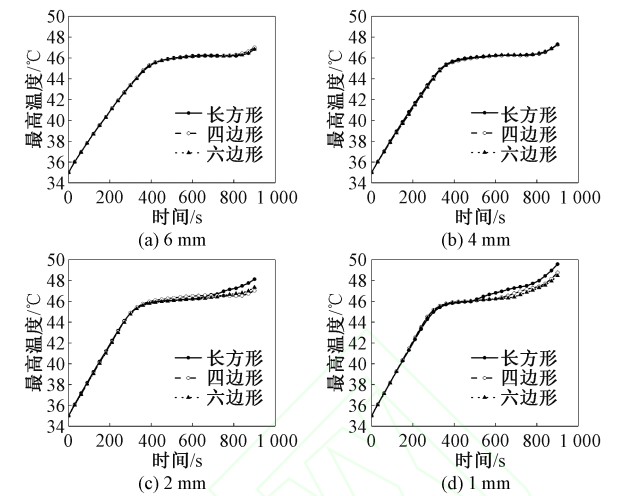


图 7 不同间距下 3 种排布方式电池组的表面温度
Figure 7 Maximum temperature of battery strings in different spacing and layout modes

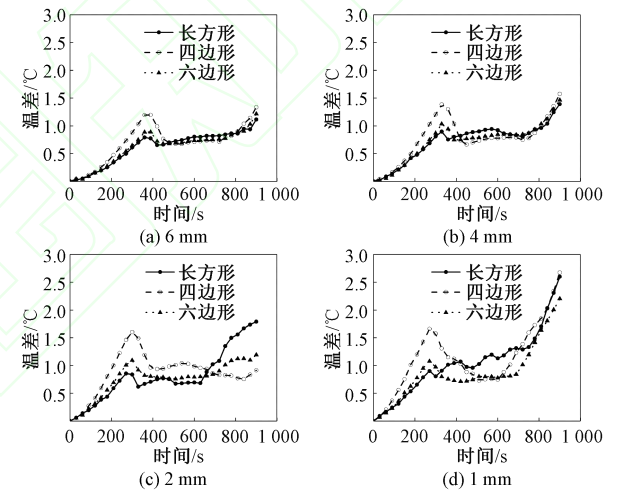


图 8 不同间距下 3 种排布方式电池组温差
Figure 8 Temperature difference of battery strings with different spacing

从图 8 可以看出,在不同间距下,3 种排布的电池表面温差在 300 s 前都在不断上升,而四边形排布下的电池组温差上升速率总是要大于其他 2 种排布方式,在 300~600 s 时,3 种排布方式下温差均保持稳定,在 600 s 之后 3 种排布方式下的温差则又开始上升且随着间距的减少上升速率不断增大。这也导致随着间距的减少,3 种排布方式下的温差均不断增大。以四边形排布为例,在 1、2、4 和 6 mm 的间距下的最大温差分别为 2.67、1.60、1.57 和 1.33 ℃。

2.3 对流换热系数对电池温度场分布的影响

图 9 为不同对流换热系数下 3 种排布方式电池组的表面最大温度随时间的变化情况。从图 9 可以看出,长方形排布电池组的最高温度总是最大而六边形排布的电池组总是最小,随着对流换热系数的

变化,3 种排布方式下的最高温度并无显著变化。

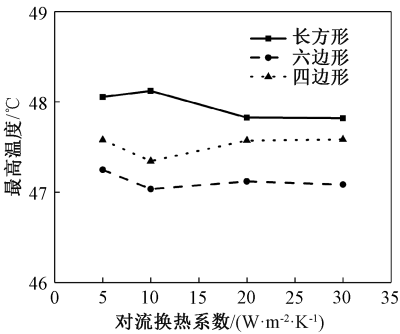


图 9 不同对流换热系数 3 种排布方式下电池组最高温度
Figure 9 Maximum temperature of the battery pack under three different convective heat transfer coefficients

图 10 为不同对流换热系数下 3 种排布方式电池组的表面温差随时间的变化情况。

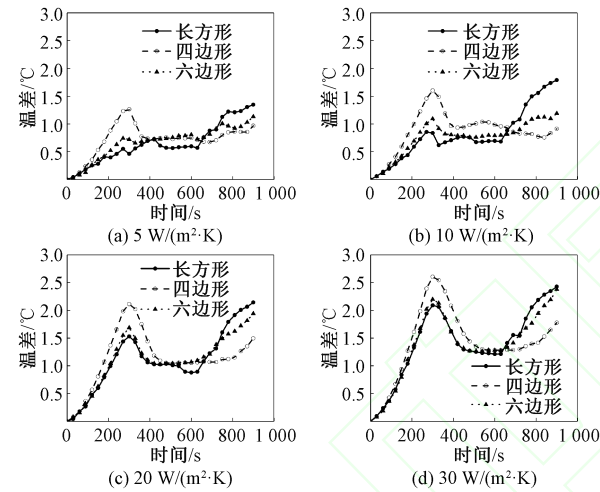


图 10 不同对流换热系数下 3 种排布方式电池组温差
Figure 10 Temperature difference of battery pack under different convective heat transfer coefficient

从图 10 可以看出,随着对流换热系数的增大,在 300 s 前和 600 s 后,温差的上升速率有着明显的上升,其中四边形排布的电池组在 300 s 前上升速率最大而在 600 s 后最小,长方形排布的电池组则与之相反,300 s 前上升速率最小而在 600 s 后最大,而六边形排布的电池组相较于其他两种排布方式温差波动较小,最大温差也最小。以 20 W/(m²·K) 为例,3 种排布方式的最大温差分别为 2.14 °C (长方形)、2.11 °C (四边形) 和 1.94 °C (六边形)。

2.4 相变材料导热系数对电池温度场分布的影响

相变材料的导热系数对于 PCM 热管理系统的性能有着很大的影响,为了研究 PCM 导热系数对不同排布方式下电池温度场的影响,在模拟中使用导热系数不同其他物性相同的 PCM 进行计算。

图 11 为不同导热系数下 3 种排布方式电池组

的表面最大温度随时间的变化情况。3 种排布方式下的电池组最大温度有着相同的变化趋势,随着导热系数的不断增大,最高温度不断减小,且减小的速率随着导热系数的增大不断减小。在 3 种排布方式中,长方形排布的电池组最高温度总是比其他排布方式要高 0.5 °C 左右,而四边形排布和六边形排布电池组的最高温度差距较小,当导热系数小于 1 W/(m·K) 时,六边形的最高温度大于四边形,当导热系数大于 1 W/(m·K) 时,四边形的最高温度大于六边形。

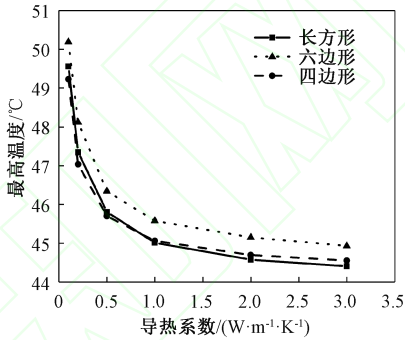


图 11 不同导热系数 3 种排布方式电池组最大温度
Figure 11 Maximum temperature of the battery string in three layout modes with different thermal conductivity

图 12 为不同导热系数下 3 种排布方式电池组的表面温差随时间的变化情况。可以看出随着导热系数的增大,长方形排布和六边形排布下的电池组

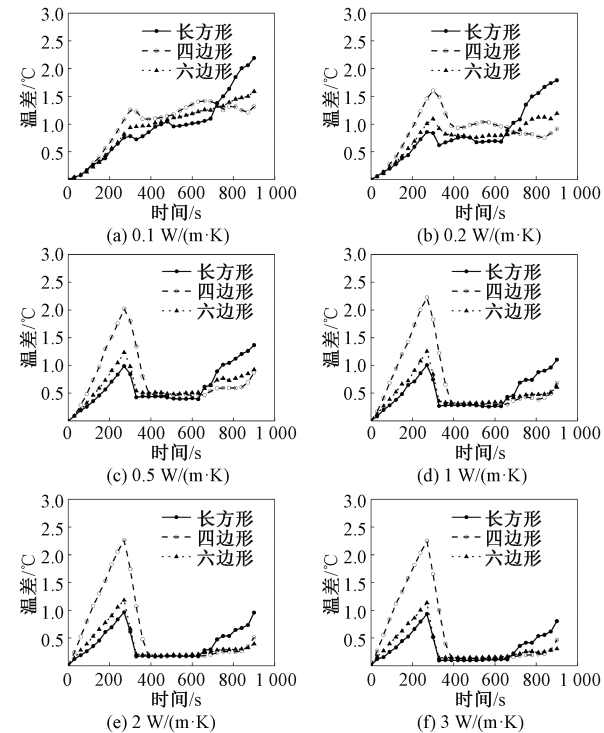


图 12 不同导热系数下 3 种排布方式的电池组温差
Figure 12 Three configuration modes under different coefficient of thermal conductivity of the battery temperature

温差在 300 s 前趋势基本没有变化,而在 300 s 后的温差有着明显减小;四边形排布下的电池组在 300 s 前温差随着导热系数的增大不断增大,直至导热系数达到 $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 时,温差不再上升变化趋势保持不变,在 300 s 后温差有着明显减小。在导热系数大于 $0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 时,四边形排布下的电池温差在 300 s 前要明显大于其他 2 种排布方式,而长方形排布下的电池组温差在 600 s 后要明显大于其他 2 种排布方式。

3 结论

本文以 21700 锂电池组为研究对象,通过数值模拟的方法研究了电池间距,对流换热系数和 PCM 导热系数对 PCM 热管理系统下不同排布方式电池组的温度场影响,得到以下结论:

(1) 电池间距大于 4 mm 时,3 种排布方式下的电池组最大温度和温差基本相同;小于 4 mm 时,长方形排布的电池组的最高温度最大,六边形排布的电池组最大温差最小,说明排布方式在相变材料不足量时对电池组温度场影响较大。

(2) 在不同对流换热系数下,长方形排布的电池组最高温度均为最大,四边形排布均为最小;六边形排布的电池组最大温差均为最小,且随着对流换热系数的增大,最大温差均不断增大,这是由于不同排布方式的热管理系统内部不同位置换热条件不同,而对流换热系数的增大也增大了这一差异。

(3) 随着 PCM 导热系数的增大,3 种排布下电池组最高温度均不断减小,长方形排布的电池组最高温度总是最大;3 种排布方式的温差在 300 s 后温差均不断减小,在 300 s 前长方形排布和六边形排布的电池组温差无显著变化而四边形排布的电池组温差上升速度则显著增大,直至导热系数达到 $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 时,温差不再上升变化趋势保持不变。

(4) 综合考虑最高温度和温差,采用六边形排布的锂电池组在 PCM 热管理下的热性能最佳。

参考文献:

- [1] LI X K, ZHAO J P, YUAN J L, et al. Simulation and analysis of air cooling configurations for a lithium-ion battery pack [J]. *Journal of Energy Storage*, 2021, 35: 102270.
- [2] ZHANG F R, WANG P W, YI M F. Design optimization of forced air-cooled lithium-ion battery module based on multi-vents [J]. *Journal of Energy Storage*, 2021, 40: 102781.
- [3] 宋俊杰,王义春,王腾. 动力电池组分层风冷式热管理

- 系统仿真[J]. *化工进展*, 2017, 36(增刊 1): 187-194.
- SONG J J, WANG Y C, WANG T. Simulation of layered air cooling thermal management system for lithium-ion battery pack[J]. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 2017, 36(S1): 187-194.
- [4] 刘瑞丽,高琼旻,马静,等. 定形相变板材制备及相变墙体热工性能研究[J]. *郑州大学学报(工学版)*, 2021, 42(4): 105-110.
- LIU R L, GAO Q M, MA J, et al. Study on preparation of shaped phase change sheet and thermal performance of phase change wall [J]. *Journal of Zhengzhou University (Engineering Science)*, 2021, 42(4): 105-110.
- [5] 员紫梦,刘单单,黄佳佳. 黏结剂对钾硫电池正极材料性能的影响研究[J]. *郑州大学学报(工学版)*, 2022, 43(6): 70-76.
- YUN Z M, LIU D D, HUANG J J. Effect of binders on the performance of span cathode for potassium-sulfur batteries [J]. *Journal of Zhengzhou University (Engineering Science)*, 2022, 43(6): 70-76.
- [6] JIN L W, LEE P S, KONG X X, et al. Ultra-thin minichannel LCP for EV battery thermal management [J]. *Applied Energy*, 2014, 113: 1786-1794.
- [7] QIANZ, LI Y M, RAO Z H. Thermal performance of lithium-ion battery thermal management system by using mini-channel cooling [J]. *Energy Conversion and Management*, 2016, 126: 622-631.
- [8] PANCHAL S, KHASOW R, DINCER I, et al. Thermal design and simulation of mini-channel cold plate for water cooled large sized prismatic lithium-ion battery [J]. *Applied Thermal Engineering*, 2017, 122: 80-90.
- [9] HALLAJ S A, SELMAN J R. A novel thermal management system for electric vehicle batteries using phase-change material [J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2000, 147(9): 3231-3236.
- [10] SABBAAH R, KIZILEL R, SELMAN J R, et al. Active (air-cooled) vs. passive (phase change material) thermal management of high power lithium-ion packs: limitation of temperature rise and uniformity of temperature distribution [J]. *Journal of Power Sources*, 2008, 182(2): 630-638.
- [11] 张晓光,潘晓楠,李金铭,等. 电池排布对锂电池组相变热管理性能的影响[J]. *储能科学与技术*, 2022, 11(1): 127-135.
- ZHANG X G, PAN X N, LI J M, et al. Effect of battery arrangement on the phase change thermal management performance of lithium-ion battery packs [J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2022, 11(1): 127-135.
- [12] CHEN X, ZHOU F, YANG W, et al. A hybrid thermal management system with liquid cooling and composite

phase change materials containing various expanded graphite contents for cylindrical lithium-ion batteries[J]. Applied Thermal Engineering, 2022, 200: 117702.

[13] BERNARDI D, PAWLIKOWSKI E, NEWMAN J. A general energy balance for battery systems[J]. Journal of the Electrochemical Society, 1985, 132(1): 5-12.

Influence of Different Arrangement on Phase Change Thermal Management System of 21700 Lithium Battery

GUO Chaxiu, WEI Jinyu

(School of Mechanical and Power Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Taking 21700 lithium ion battery pack as the research object, the finite element simulation was carried out by controlling the changes of battery spacing, convective heat transfer coefficient, and Phase Change Material (PCM) thermal conductivity of lithium battery with different arrangement. The effects of cell spacing, convective heat transfer coefficient and PCM thermal conductivity on the temperature field of different battery arrays Rectangular, Quadrilateral, and Hexagonal Arrangement with phase change BTMS were studied. The results showed that when the battery spacing was 4 mm and 6 mm, the three had approximate maximum temperature, and when the battery spacing was 2 mm and 1 mm, the maximum temperature of the Rectangular Arrangement was the largest, for example, the maximum temperature rise of the Rectangular Arrangement was 105.86% and 108.25% of the Quadrilateral Arrangement and Hexagonal Arrangement, respectively. However, the temperature differences of the three components tended to decrease with the increase of the spacing. With different convective heat transfer coefficients, the maximum temperature of Rectangular Arrangement was always the largest while that of Quadrilateral Arrangement was the smallest. With the increase of convective heat transfer coefficient, the temperature difference among the three showed a trend of increasing. With the increase of the thermal conductivity of PCM, the maximum temperature of the three gradually decreased with a decreasing rate. With the five different thermal conductivity of PCM, the average maximum temperature rise of Rectangular Arrangement was 105.31% and 106.02% of that of Quadrilateral Arrangement and Hexagonal Arrangement, and the temperature difference of latent heat storage stage of the three decreased. In the sensible heat stage, the temperature difference between Rectangular Arrangement and Hexagonal Arrangement was not affected, but the temperature difference of Quadrilateral Arrangement increased continuously. Considering the highest temperature and temperature difference, the Hexagonal Arrangement lithium battery pack had the best thermal performance with PCM thermal management.

Keywords: numerical simulation; lithium-ion battery; thermal management; phase change material; thermal conductivity

2023 年郑州大学学报(工学版)“智能电气与能源”专栏征稿

为提升我国电气与能源工程的装备制造水平,实现 2030 年前“碳达峰”、2060 年前“碳中和”的国家战略目标,构建新能源占比逐步提高的新型电力系统和能源系统成为未来重要发展方向。郑州大学学报(工学版)“智能电气与能源”专栏旨在凝练全国绿色能源与低碳电气装备的科学问题和发展方向,报道电气工程、能源动力工程领域最新技术、新成果和新进展,促进专家学者的交流与合作,为电气与能源工程相关技术研究提供新的思路。欢迎全国电气工程与能源动力工程相关领域的专家、学者、科研人员、学生等踊跃投稿。

一、征稿主题(包括但不限于)

(1)电工理论与新技术;(2)新型电机系统及其应用;(3)新能源电力系统;(4)电力电子与电力传动;(5)高电压技术;(6)能源工程;(7)热能动力及控制;(8)热力发动机及应用;(9)流体机械及流体动力;(10)制冷与低温;(11)水利水电动力工程。

二、投稿方式

请登录《郑州大学学报(工学版)》网站,投稿时请在系统页面题名处标注“IEEE:题名”。论文首页页脚处注明:基金项目以及第一作者姓名(出生年—)、籍贯、职称、学历、研究方向、email、电话。

三、联系方式

投稿网址: <http://gxb.zzu.edu.cn>; 微信公众号: zdxbgxb; 联系邮箱: gxb@zzu.edu.cn; 联系方式: 0371-67781276, 0371-67781277。