



圆柱26700锂离子电池电化学及热特性

欧阳全胜^{1,3,4}, 徐超², 杨永欣², 马洪波², 洪树^{2,3,4}

- (1. 贵州轻工职业技术学院 先进电池与材料工程研究中心, 贵阳 550025;
2. 安徽利维能动力电池有限公司, 滁州 239000;
3. 贵州省普通高等学校石墨烯材料工程研究中心, 贵阳 550025;
4. 废旧动力电池梯次利用及资源化省级协同创新中心, 贵阳 550025)

摘要: 本文以磷酸铁锂/石墨体系26700圆柱锂离子电池为研究对象, 通过使用伪二维电化学热模型进行建模, 分别模拟0.5C以及1C两种不同倍率的充电策略。结果表明: 模型输出结果与电池测试结果基本吻合, 且在0.5C和1C恒流充电条件下, 电池绝热温升实测数据与模型模拟结果基本一致。在1C充电过程中, 负极因极化产生的不可逆热为主要热源, 随着充电电流增加, 负极过电位同步增加; 而正极因锂脱嵌产生熵变, 反应为吸热过程, 在充电2500~3000 s期间, 吸热热功率与放热热功率持平, 电池温度曲线呈现平台形态。

关键词: 锂离子电池; 伪二维电化学热模型; 充电温升

文章编号: 1004-0609(2022)-07-2050-08

中图分类号: TQ152

文献标志码: A

引文格式: 欧阳全胜, 徐超, 杨永欣, 等. 圆柱26700锂离子电池电化学及热特性[J]. 中国有色金属学报, 2022, 32(7): 2050–2057. DOI: 10.11817/j.ysxb.1004.0609.2021-41045

OUYANG Quan-sheng, XU Chao, YANG Yong-xin, et al. Electrochemical and thermal behavior of 26700 cylindrical lithium ion battery[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2022, 32(7): 2050–2057. DOI: 10.11817/j.ysxb.1004.0609.2021-41045

锂离子电池因其高能量密度、高功率和长循环寿命特性备受关注, 成为当今主流的能量存储装置之一, 广泛应用于电动汽车、电动自行车、储能、通讯备电等方面。在众多的电池材料体系中, 磷酸铁锂因其独特稳定和安全的橄榄石结构以及较低的成本和对环境友好^[1], 因而适用于低速车以及中型到大型储能应用中。XU等^[2]指出磷酸铁锂/石墨体系锂离子电池存在高发热量和不均匀热分布现象, 特别是电池在高倍率充放电条件下, 因为热量积聚问题, 对电池的电性能及安全性能将产生不利影

响, 严重情况下可能导致安全事故的发生。

通常锂离子电池设计开发一般采用迭代方式进行, 即设计初始方案并制作样品, 通过相关测试确认电池在既定工况下的热响应, 根据测试结果调整设计, 制作样品进行第二轮测试。这种迭代既昂贵又耗时, 而使用电池的数值建模和仿真, 则可以经济地在短时间内为设计提供指导^[3]。

常见电池模型有三种, NTGK(Newman-Tiedemann-Gu-Kim model, 热电模型)、ECM(Equivalent-circuit model, 等效电路模型)和电化学

基金项目: 贵州省科学技术基金资助项目(黔科合基础[2018]1086); 贵州轻工职业技术学院自然科学研究项目(16QY001)

收稿日期: 2021-05-13; **修订日期:** 2021-10-20

通信作者: 洪树, 高级工程师, 博士; 电话: 18390960068; E-mail: hong2018@163.com

模型。电化学模型因其能够描述电池内部电化学信息与外特性备受推崇。由 NEWMAN 等^[4-5]提出的多孔电极伪二维电化学模型是锂离子电池设计领域广泛应用的模型, 该模型通过建立电池一维简化模型, 简化物质及电荷传递、热量产生及传热过程, 同时结合活性物质颗粒额外维度中的物质及电荷转移以及固液界面反应过程, 系统描述电池内部电化学及动力学特性。SATO 等^[6]对多孔电极伪二维模型进行修正, 提出了电池的发热包括四个部分, 即欧姆热、极化热、反应热和副反应热。此模型已被广泛用于研究磷酸铁锂电池的电化学及热性能^[7-8]。

SAW^[9]基于伪二维电化学热耦合模型研究了磷酸铁锂电池的放电性能, 发现反应热是低放电倍率下的主要热源。LI 等^[10]建立商用磷酸铁锂电池电化学热模型并预测电池在放电过程中的电化学和热行为。DU 等^[11]讨论了锂离子电池中不可逆热的产生过程, 并发现负极粒径大小对不可逆热的产生有重大影响。

本文以 26700 型 4 A·h 圆柱型锂离子电池为研究对象, 研究充电速率对磷酸铁锂电池电化学和热学特性的影响; 建立了磷酸铁锂电池的伪二维电化学-热耦合模型, 利用该模型对电池在不同放电速率下的放电过程进行了模拟, 对比实际测试结果验证模型。

1 电化学-热模型建模

1.1 电化学模型

电化学模型基于电池内部电化学体系物质守恒、能量守恒以及电荷守恒定律, 表征固相内部锂离子扩散、液相电解液内部锂离子扩散及迁移, 固液界面电化学反应。控制方程见表 1 所示。

表 1 中: c_s 为固相中锂离子浓度; D_s 为固相中锂离子扩散系数; t 为时间; a_v 为固相颗粒比较面积; R_0 为固相颗粒半径; c_l 为电解液中锂离子浓度; D_l 为电解液中锂离子扩散系数; t_+ 为离子迁移数; L 为固相物质厚度; k_0 为反应速率常数; α_a 及 α_c 分别为阳极、阴极传递系数; $c_{s,max}$ 为固相最大嵌锂浓度; $c_{s,surf}$ 为固相表面嵌锂浓度; φ_{eq} 为固相平衡电位; T 为热力学温度; T_{ref} 为参考温度(298.15 K); f 为平均摩尔活度因子; γ_s 及 γ_l 为 Bruggeman 系数; ϵ_s 及 ϵ_l 分别为固相体积分数和孔隙率; σ_s 及 σ_l 分别为固相及液相电导率; φ_s 及 φ_l 分别为固相及液相电势。

图 1 展示了多孔电极模型充电过程中内部电化学过程。锂离子电池充电时, 一方面电流从正极集流体流入, 正极磷酸铁锂颗粒与电解液界面处发生电化学反应, Li 以 Li^+ 形式从磷酸铁锂颗粒表面脱嵌, 进入电解液; 另一方面电流从负极集流体流出, 负极石墨颗粒与电解液界面处发生电化学反应, 电解液中的 Li^+ 嵌入石墨颗粒。由于 Li 的脱嵌

表 1 电化学模型控制方程^[4, 10, 12]

Table 1 Governing equations of electrochemical model^[4, 10, 12]

Electrochemical process	Equation	Parameter and boundary condition
Solid mass conservation	$\frac{\partial c_s}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(-r^2 D_s \frac{\partial c_s}{\partial r} \right) = 0$	$\left. \frac{\partial c_s}{\partial r} \right _{r=0} = 0; -D_s \left. \frac{\partial c_s}{\partial r} \right _{r=R_0} = \frac{j_{Li}}{a_v F}$
Electrolyte mass conservation	$\epsilon_l \frac{\partial c_l}{\partial t} + \nabla \cdot \left\{ -D_l^{\text{eff}} \nabla c_l \right\} = S_a \frac{1-t_+}{F} j_{Li}$	$D_l \left. \frac{\partial c_l}{\partial x} \right _{x=0} = 0; D_l \left. \frac{\partial c_l}{\partial x} \right _{x=L} = 0; D_l^{\text{eff}} = D_l \epsilon_l^{\gamma_l}$
Interfacial electrochemical reaction	$j_{Li} = F k_0 c_l^{\alpha_c} (c_{s,max} - c_{s,surf})^{\alpha_a} c_{s,surf}^{\alpha_a}$	$\eta = \varphi_s - \varphi_l - U$
Bulter - Volmer equation	$\left\{ \exp \left(\frac{\alpha_a \eta F}{RT} \right) - \exp \left(\frac{-\alpha_c \eta F}{RT} \right) \right\}$	$U = \varphi_{eq} + (T - T_{ref}) \frac{dU}{dT}$
Solid charge conservation	$\nabla \cdot \left(-\sigma_s^{\text{eff}} \nabla \varphi_s \right) = -S_a j_{Li}$	$\sigma_s^{\text{eff}} = \sigma_s \epsilon_s^{\gamma_s}; S_a = \frac{3\epsilon_s}{R}$
Electrolyte charge conservation	$\nabla \cdot \left\{ \sigma_l^{\text{eff}} \left[-\nabla \varphi_l + k_{junc} \frac{\nabla c_l}{c_l} \right] \right\} = S_a j_{Li}$	$\sigma_l^{\text{eff}} = \sigma_l \epsilon_l^{\gamma_l}; k_{junc} = \frac{2RT}{F} \left(1 + \frac{\partial \ln f}{\partial \ln c_l} \right) (1 - t_+)$

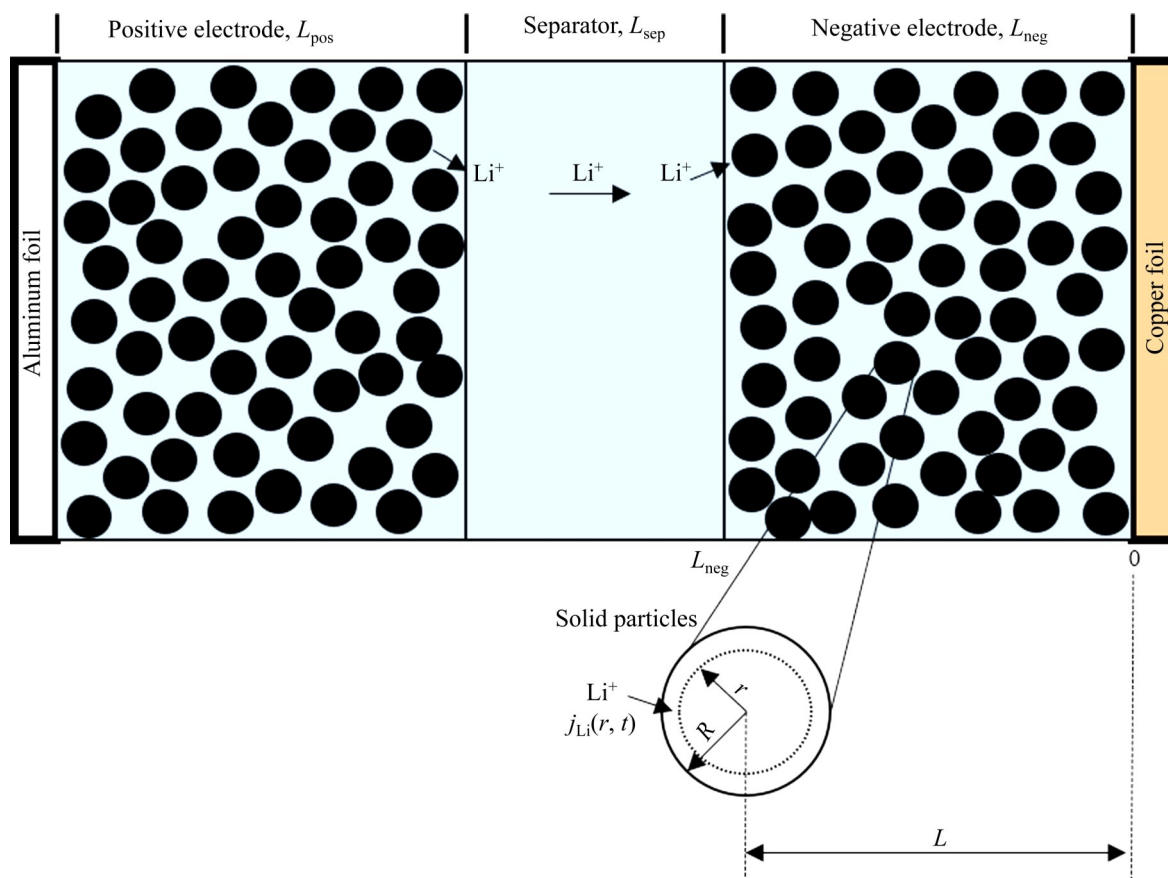


图1 多孔电极电化学模型^[13]

Fig. 1 Porous electrode electrochemical model^[13]

和嵌入，磷酸铁锂颗粒和石墨颗粒的表面与芯部出现Li浓度差异，在固相扩散机制下，Li浓度分布逐渐改变。电解液在正极位置的Li⁺浓度与其在负极位置的Li⁺浓度因界面电化学作用而出现差异，在液相扩散和迁移机制下，Li⁺浓度逐渐改变。

利用以上理论模型，建立电化学模型，模型输入参数见表2及图2。

1.2 产热模型

根据RAO等^[16]提出的局部生热模型，在充电或放电过程中有三部分热源，分别为反应热 Q_{rea} (充放电过程熵变引起)、欧姆热 Q_{ohm} (欧姆内阻产生)以及极化热 Q_{act} (活性物质与电解液界面处极化引起)。欧姆热包含正负极固相电子及电解液离子迁移产生的热。上述热源中反应热为可逆热源，而欧姆热和极化热为不可逆热源。

表3所列为热模型控制方程。

根据上述模型，建立圆柱电池热模型，模型输

入参数见表4。

2 模型验证

本文对国内某电池企业生产的ITR2670-40E型号26700圆柱4A·h电池进行研究，使用前述伪二维电化学-热耦合模型，借助Comsol Multiphysics软件平台，分别模拟了0.5C以及1C两种不同倍率的充电策略，经对比，仿真数据同测试数据基本吻合，结果如图3所示。

热模型验证时，使用SDL705SH型号高低温箱对26700圆柱电池常温绝热温升进行测试，电池使用绝热棉包裹，分别测试0.5C、1C恒流充电条件下电池温度变化；借助于ANSYS FLUENT软件，对比电池实测温度变化与仿真数据结果，如图4所示。热模型输出的电池温度随时间的变化趋势与实测绝热条件下电池温度随时间的变化趋势基本一致，在0.5C恒流充电条件下，仿真数据与实测数

表2 电化学模型参数^[10-11, 13-15]

Table 2 Model parameter for electrochemical model^[10-11, 13-15]

Parameter	Negative electrode	Separator	Positive electrode
Maximum lithium intercalation concentration, $c_{s,max}/(\text{mol}\cdot\text{m}^{-3})$	31370	—	22806
Initial lithium intercalation concentration, $c_{int}/(\text{mol}\cdot\text{m}^{-3})$	0.034×31370	—	0.837×22806
Solid phase conductivity, $\sigma_s/(\text{S}\cdot\text{m}^{-1})$	100	—	0.5
Solid phase lithium diffusion coefficient, $D_s/(\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})$	3.9×10^{-14}	—	$1.18\times 10^{-18}/(1+ SOL)^{1.6}$ *
Cathode and anode reaction rate constant, $k_0/(\text{m}^{2.5}\cdot\text{mol}^{-0.5}\cdot\text{s}^{-1})$	3×10^{-11}	—	$1.4\times 10^{-12}\exp(-3SOL)$ *
Cathode and anode transfer coefficient α_c, α_a	0.5	—	0.5
Bruggeman coefficient	1.5	1.5	1.5
Liquid diffusion coefficient, $D_l/(\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})$	$D_l=10^{-14}\times 10^{-4.43-\frac{54}{T-229-0.005C}-0.22C^{**}}$		
Liquid phase conductivity, $\sigma_l/(\text{S}\cdot\text{m}^{-1})$	1.10	1.10	1.10
Number of migrations, t^+	0.363	0.363	0.363
Electrolyte activity correlation coefficient	1.485	1.485	1.485
Particle radius, $R/\mu\text{m}$	7.8	—	0.0365
Porosity, ε	0.456	—	0.320
Volume fraction of active substance	0.503	—	0.613
Thickness, $L/\mu\text{m}$	70	20	77

* SOL is lithium insertion state (average concentration of lithium iron phosphate/maximum concentration of lithium iron phosphate);
** T is ambient temperature, C is lithium ion concentration in electrolyte

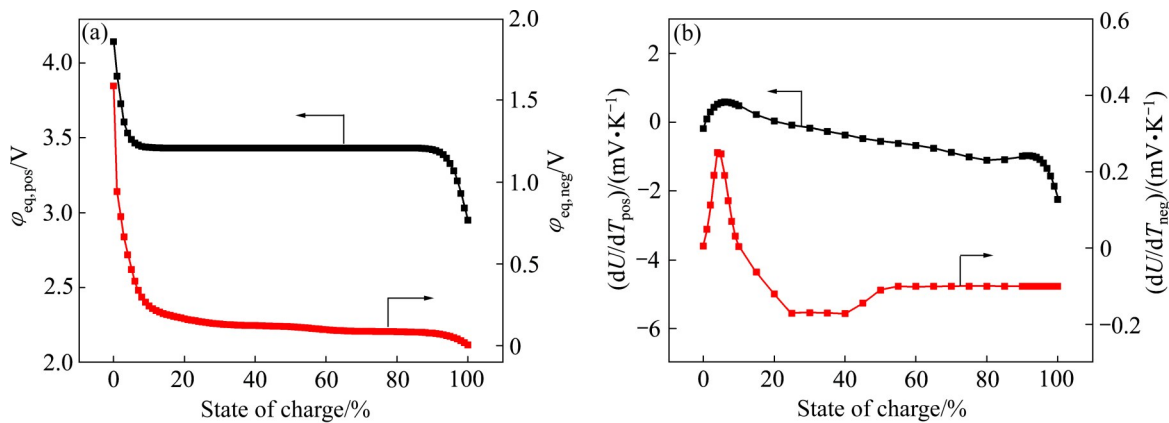


图2 磷酸铁锂和石墨的平衡电位 ϕ_{eq} ^[14]以及熵热系数 dU/dT ^[12]

Fig. 2 Equilibrium potential (ϕ_{eq})^[14] (a) and entropy coefficient (dU/dT)^[12] (b) of LiFePO₄ and graphite

据的最大温差约0.6℃；在1C恒流充电条件下，仿真数据与实测数据的最大温差约0.8℃。

3 结果与讨论

3.1 电池倍率充电电性能

图5所示为1C充电过程中，距离铜箔L位置处颗粒表面Li⁺浓度值(见图1)。从图5中可以看出，随着与正极集流体的距离增加，正极磷酸铁锂颗粒

表面Li浓度逐渐增大。正极颗粒与集流体的距离越小，颗粒电子传导速率就越快，颗粒与电解液界面间的电化学反应速率也越快。相比于正极颗粒表面Li浓度的变化趋势，随着与负极集流体的距离增加，负极石墨颗粒表面Li浓度的变化减小。这与石墨颗粒电导率以及扩散系数显著大于磷酸铁锂有关。充电过程中，电解液的Li⁺浓度分布呈现负极低、正极高的趋势，浓度分布差异较小；随着充电时间的增加，浓度分布差异增加，但总体浓度差异

表3 热模型控制方程^[4, 10]Table 3 Governing equations of thermal model^[4, 10]

Model parameter	Equation
Reaction heat, Q_{rea}	$Q_{\text{rea}} = S_a j_{\text{Li}} T \frac{dU}{dT}$
Ohmic heat, Q_{ohm}	$Q_{\text{ohm}} = \sigma_s^{\text{eff}} \nabla \varphi_s \cdot \nabla \varphi_s + \left[\sigma_1^{\text{eff}} \nabla \varphi_1 - \frac{2RT\sigma_1^{\text{eff}}}{F} \left(1 + \frac{\partial \ln f}{\partial \ln c_1} \right) (1 - t_+) \nabla (\ln c_1) \right] \cdot \nabla \varphi_1 + I^2 \frac{R_{\text{ec}}}{A} \frac{1}{V}$
Polarization heat, Q_{act}	$Q_{\text{act}} = S_a j_{\text{Li}} \eta$
Irreversible heat, Q_{irr}	$Q_{\text{irr}} = Q_{\text{ohm}} + Q_{\text{act}}$
Reversible heat, Q_{re}	$Q_{\text{re}} = Q_{\text{rea}}$
Energy conservation formula	$\rho_i c_{p,i} \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k_i \nabla T) = Q_{\text{irr}} + Q_{\text{re}}^{**}$

* I is charge/discharge current, A is active material area, and V is volume of battery core; ** ρ_i is density of component, $c_{p,i}$ is specific heat capacity of component at constant pressure, and k_i is thermal conductivity of component

表4 热模型参数^[12, 17]Table 4 Model parameters for thermal model^[12, 17]

Parameter	Copper foil	Aluminum foil	Steel shell	Core
Density, $\rho/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	8700	2700	7500	1674
Specfic heat capacity, $c_p/(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	396	900	460	960
Thermal conductivity, $k_s/(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	398.0	238.0	14.0	26.3/0.4 (axial/radial)
Conductivity, $\sigma_s/(\text{S} \cdot \text{m}^{-1})$	$\sigma_s = -0.04889T^3 + 54.65T^2 - 2187T + 3.52 \times 10^6$ *	$\sigma_s = -0.0325T^3 + 37.07T^2 - 15000T + 2.408 \times 10^6$	—	—

* T is ambient temperature

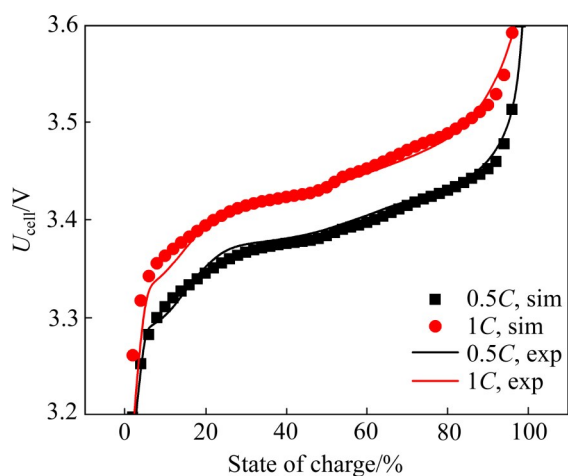


图3 0.5C和1C充电倍率下模型验证

Fig. 3 Model validations under charge rates of 0.5C and 1C

较小。充电电流越大，浓度分布差异就越大。

此外，石墨以及磷酸铁锂颗粒内部Li浓度分布也存在差异，随着充电进行，石墨颗粒中的Li浓

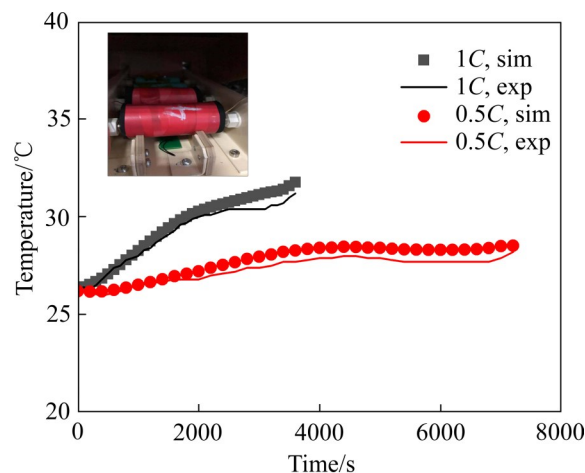


图4 0.5C和1C充电倍率下的绝热温升

Fig. 4 Adiabatic temperature rises of under charge rates of 0.5C and 1C

度分布梯度远小于磷酸铁锂颗粒，如图6所示。LI等^[10]指出石墨颗粒中的Li浓度分布梯度可能导致扩散应力，造成颗粒破碎，降低电池容量、功率以及

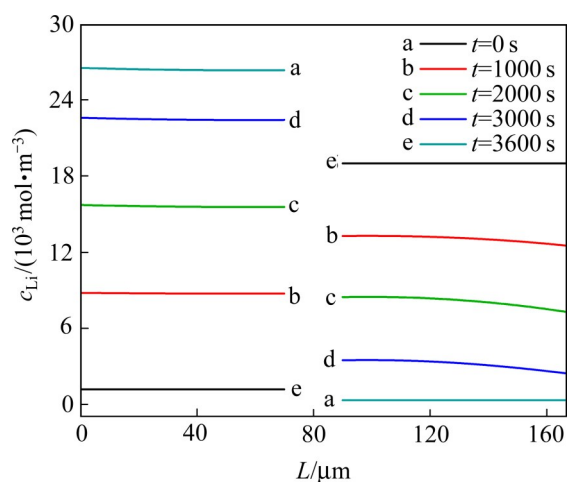


图5 距离铜箔 L 位置的磷酸铁锂/石墨颗粒表面 Li 浓度
Fig. 5 Lithium concentration on surface of LiFePO_4 /graphite particles at distance L from copper foil

循环寿命。在本文研究模型中, 可以看出 1C 充电条件下石墨颗粒最外层 Li 浓度约为芯部浓度的 1.08 倍。

3.2 电池及模组倍率热特性评估

图 7 所示为 1C 充电过程的电池热功率密度和充电 3600 s 后电化学热模型热场分布图。在 1C 恒流充电过程中, 电池因充电过程中熵变产生的可逆热功率明显高于不可逆热功率。可逆热来源于正极磷酸铁锂颗粒锂脱嵌以及石墨颗粒锂嵌入过程, 磷酸铁锂颗粒锂脱嵌过程基本为吸热过程, 而石墨嵌锂过程基本为放热过程; 石墨放热功率明显大于磷酸铁锂嵌锂吸热功率, 尤其是在 1600~2000 s 期间, 综合结果为可逆热来源于石墨嵌锂过程。不可逆热

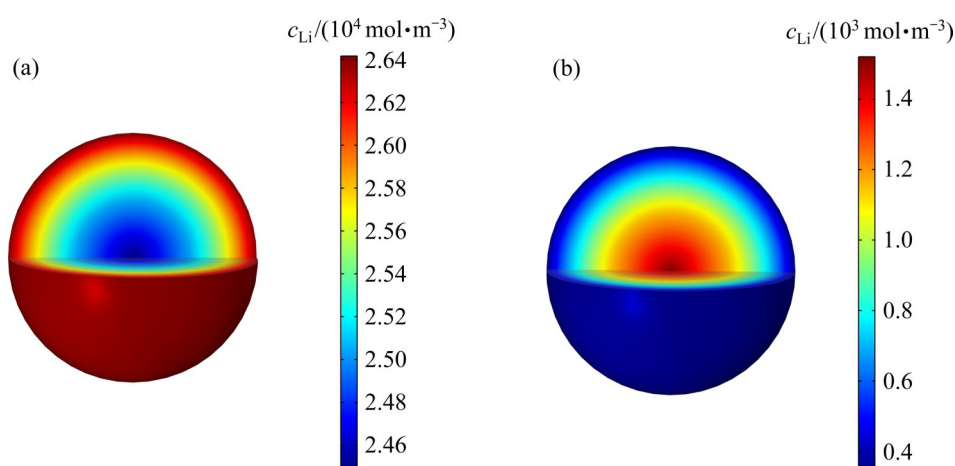


图6 石墨颗粒和磷酸铁锂颗粒 Li 浓度分布

Fig. 6 Lithium concentration distribution of graphite particles (a) and LiFePO_4 particles (b)

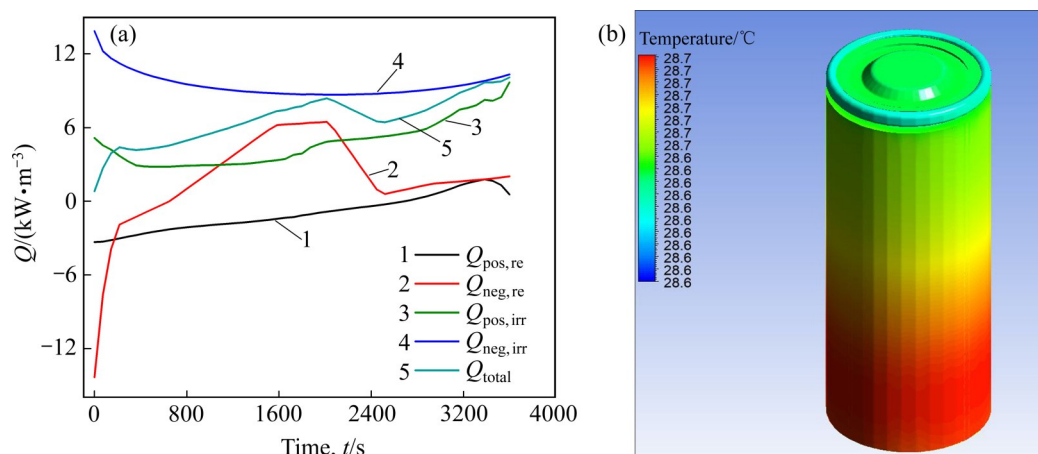


图7 1C 充电过程的电池热功率密度和充电 3600 s 后电化学热模型热场分布图

Fig. 7 Volumetric heat generation rates of cell at 1C charging(a) and thermal field distribution diagram of cell after charging at 1C for 3600 s(b)

由欧姆热以及极化热贡献,而欧姆热功率在此模型中经计算约为 207.3 W/m^3 ,远小于极化热功率,因此不可逆热主要来源于极化热,即正极磷酸铁锂颗粒以及负极石墨颗粒极化发热。从图7可以看出,负极不可逆功率远大于正极不可逆功率,而极化发热又取决于过电位,这说明负极的过电位要远大于正极的过电位。

利用电化学模型输出的热功率,对26700型圆柱锂离子电池在1C充电状态下的电池温升情况进行模拟,结果如图4和图7(b)所示。从图4和图7(b)可以看出,充电2000 s之前,模拟和实测温度曲线符合度较好,而在充电2500~3000 s期间,实测温度曲线呈现平台形态,此位置两者略有差异。由于正负极不可逆热持续产出,因此此平台形态产生的主要原因为可逆热(反应热)出现吸热过程,导致电池在此阶段综合热功率下降。

4 结论

1) 建立了26700型圆柱锂离子电池伪二维电化学-热耦合模型,模拟电池进行0.5C以及1C恒流充电过程。模型输出结果与电池测试结果基本吻合,且在0.5C以及1C恒流充电条件下,电池绝热温升实测数据与模型模拟结果基本一致。

2) 在磷酸铁锂/石墨体系1C充电过程中,负极不可逆热为主要热源。负极不可逆热是由于负极石墨颗粒界面过电位较大而形成,随着充电电流增加,负极过电位同步增加。充电过程中,正极因熵变出现吸热过程,在充电2500~3000 s期间,电池温度曲线呈现平台状态。

REFERENCES

- [1] ZHANG W J. Structure and performance of LiFePO_4 cathode materials: A review[J]. *Journal of Power Sources*, 2011, 196: 2962–2970.
- [2] XU M, ZHANG Z, WANG X, et al. A pseudo three-dimensional electrochemical-thermal model of a prismatic LiFePO_4 battery during discharge process[J]. *Energy*, 2015, 80: 303–317.
- [3] LEE K J, SMITH K, PESARAN A, et al. Three dimensional thermal-, electrical-, and electrochemical-coupled model for cylindrical wound large format lithium-ion batteries[J]. *Journal of Power Sources*, 2013, 241: 20–32.
- [4] DOYLE M, FULLER T F, NEWMAN J. Modeling of galvanostatic charge and discharge of the lithium/polymer/insertion cell[J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 1993, 140(6): 1526–1533.
- [5] FULLER T F, DOYLE M, NEWMAN J. Simulation and optimization of the dual lithium ion insertion cell[J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 1994, 141(1): 1–10.
- [6] SATO N. Thermal behavior analysis of lithium-ion batteries for electric and hybrid vehicles[J]. *Journal of Power Sources*, 2001, 99: 70–77.
- [7] PANCHAL S, MATHEW M, FRASER R, et al. Electrochemical thermal modeling and experimental measurements of 18650 cylindrical lithium-ion battery during discharge cycle for an EV[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2018, 135: 123–132.
- [8] PANCHAL S, DINCER I, AGELIN-CHAAB M, et al. Transient electrochemical heat transfer modeling and experimental validation of a large sized LiFePO_4 /graphite battery[J]. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2017, 109: 1239–1251.
- [9] SAW L H, YE Y, TAY A A O. Electrochemical-thermal analysis of 18650 lithium iron phosphate cell[J]. *Energy Conversion and Management*, 2013, 75: 162–174.
- [10] LI J, CHENG Y, JIA M, et al. An electrochemical-thermal model based on dynamic responses for lithium iron phosphate battery[J]. *Journal of Power Sources*, 2014, 255: 130–143.
- [11] DU S, LAI Y, AI L, et al. An investigation of irreversible heat generation in lithium ion batteries based on a thermo-electrochemical coupling method[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2017, 121: 501–510.
- [12] HUANG Y, LAI H. Effects of discharge rate on electrochemical and thermal characteristics of LiFePO_4 /graphite battery[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2019, 157: 113744.
- [13] KEMPER P, LI S E, KUM D. Simplification of pseudo two dimensional battery model using dynamic profile of lithium concentration[J]. *Journal of Power Sources*, 2015, 286: 510–525.
- [14] SAFARI M, DELACOURT C. Modeling of a commercial graphite/ LiFePO_4 cell[J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2011, 158(5): A562–A571.
- [15] 贾明, 李立祥, 李书国, 等. 动力锂离子电池电极结构对其极化特性影响的仿真研究[J]. *中国有色金属学报*,

- 2020, 30(3): 620–628.
- JIA Ming, LI Li-xiang, LI Shu-guo, et al. Simulation research of effect of electrode structure on polarization characteristics of power lithium ion battery[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2020, 30(3): 620–628.
- [16] RAO L, NEWMAN J. Heat-generation rate and general energy balance for insertion battery systems[J]. Journal of the Electrochemical Society, 1997, 144(8): 2697–2704.
- [17] YE Y, SAW L H, SHI Y, et al. Effect of thermal contact resistances on fast charging of large format lithium ion batteries[J]. Electrochimica Acta, 2014, 134: 327–337.

Electrochemical and thermal behavior of 26700 cylindrical lithium ion battery

OUYANG Quan-sheng^{1,3,4}, XU Chao², YANG Yong-xin², MA Hong-bo², HONG Shu^{2,3,4}

(1. Advanced Batteries and Materials Engineering Research Center,
Guizhou Light Industry Technical College, Guiyang 550025, China;

2. EVPS Anhui Power Battery Co., Ltd., Chuzhou 239000, China;

3. Graphene Materials Engineering Research Center of Guizhou Colleges and Universities,
Guiyang 550025, China;

4. Provincial Collaborative Innovation Center of Used Power Batteries Recycling, Guiyang 550025, China)

Abstract: In this paper, the electrochemical and thermal behaviors of the $\text{LiFePO}_4/\text{graphite}$ system 26700 cylindrical lithium ion battery were investigated based on pseudo-two-dimensional electrochemical-thermal coupling model. By using this model, the charging processes of $\text{LiFePO}_4/\text{graphite}$ system under two charging strategies with different rates of 0.5C and 1C were simulated, respectively. The results show that the model output results are basically consistent with the battery cell test results. At the same time, under 0.5C and 1C constant current charging conditions, the measured data of the adiabatic temperature rise of the cell is basically consistent with the model simulation results. During the 1C charging process, the irreversible heat generated by the polarization of the negative electrode is the main heat source. As the charging current increases, the negative electrode overpotential increases simultaneously, while the positive electrode changes due to the entropy of lithium deintercalation, and the reaction is an endothermic reaction. In the charging period of 2500 – 3000 s, the endothermic heat power is the same as the exothermic heat power, and the cell temperature curve appears to be a platform shape.

Key words: lithium ion battery; pseudo-two-dimensional electrochemical-thermal coupling model; charging temperature rise

Foundation item: Project(QKHJC[2018]1086) supported by the Science and Technology Program of Guizhou Province, China; Project(16QY001) supported by the Science and Technology Program of Guizhou Light Industry Technical College, China

Received date: 2021-05-13; **Accepted date:** 2021-10-20

Corresponding author: HONG Shu; Tel: +86-18390960068; E-mail: hongshu2018@163.com

(编辑 何学锋)