

热管与相变材料相结合的锂电池热管理研究

江智元¹, 王琼¹, 屈治国¹

1. 西安交通大学, 能源与动力工程学院, 咸宁西路28号, 西安市, 陕西省, 710049

引言: 有效的电池热管理技术是电动车及混合动力汽车应用中的一个重要课题。采用相变材料与热管相结合的热管理结构, 既能利用相变材料的相变潜热, 也能利用热管的高效导热特点, 在防止相变材料失效的同时, 增强热管理效果。本文针对相变材料与热管相结合的换热结构, 对该结构的换热特点, 以及对影响该结构换热效果的相关参数进行了数值模拟研究。

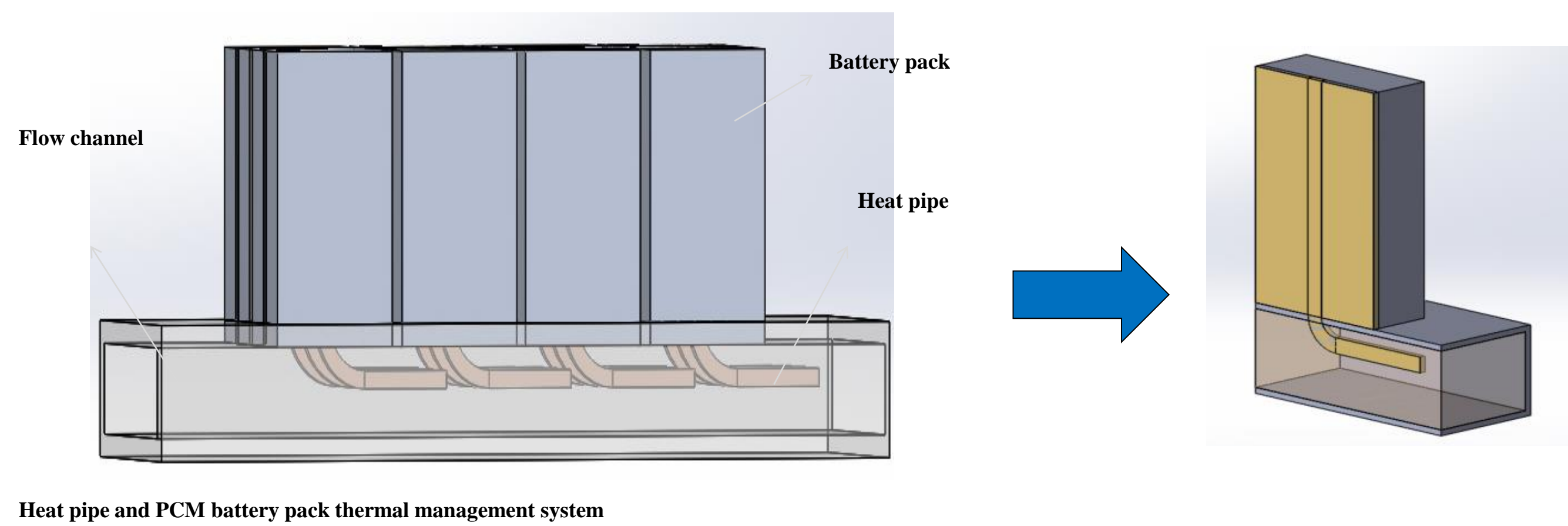


图 1. 电池热管理结构

计算方法: 利用 COMSOL Multiphysics® 中的电化学模块和传热模块, 建立了二维的电池-热管-相变材料“三明治”结构。电池部分采用了热-电化学耦合的电池产热模型, 热管采用了三层结构的烧结热管模型。利用相关模型, 对高倍率充放电条件下的电池产热过程进行了模拟。

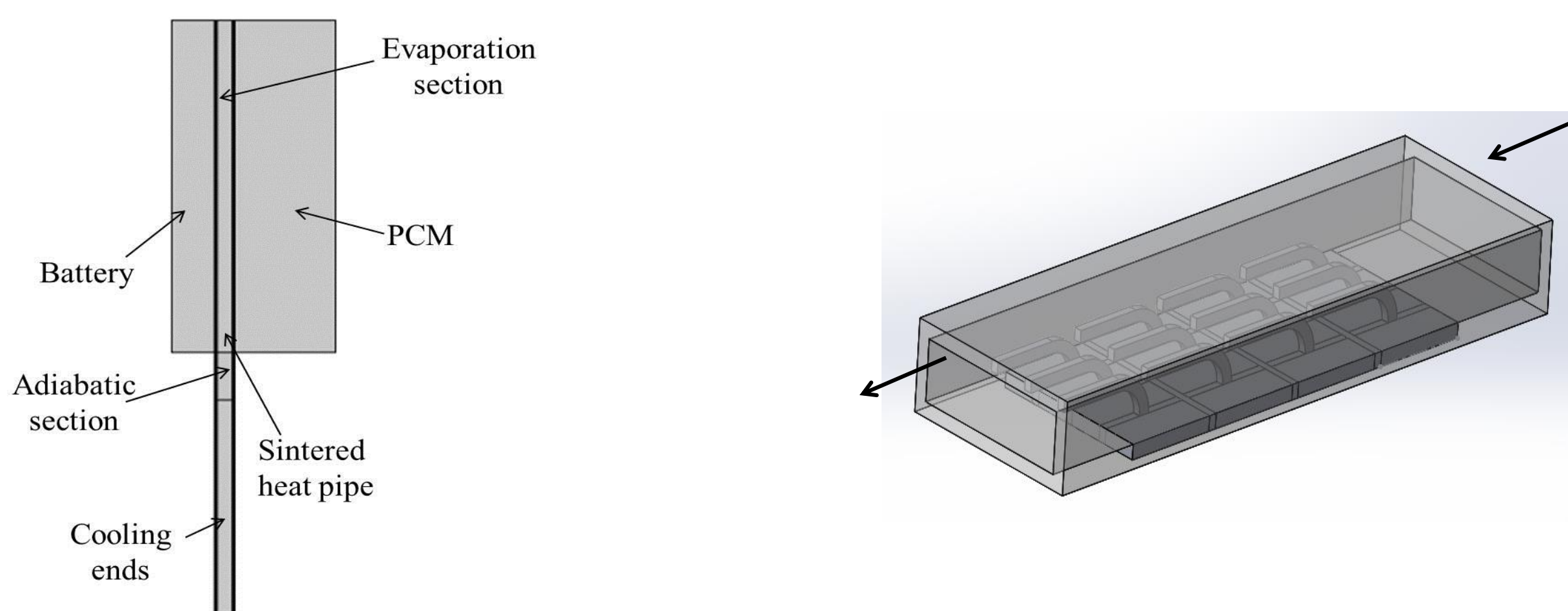


图 2. 热管理结构单体二维模型

图 3. 电池组冷却通道三维模型

结果1: 热管与相变材料的排布方式对散热效果有影响。

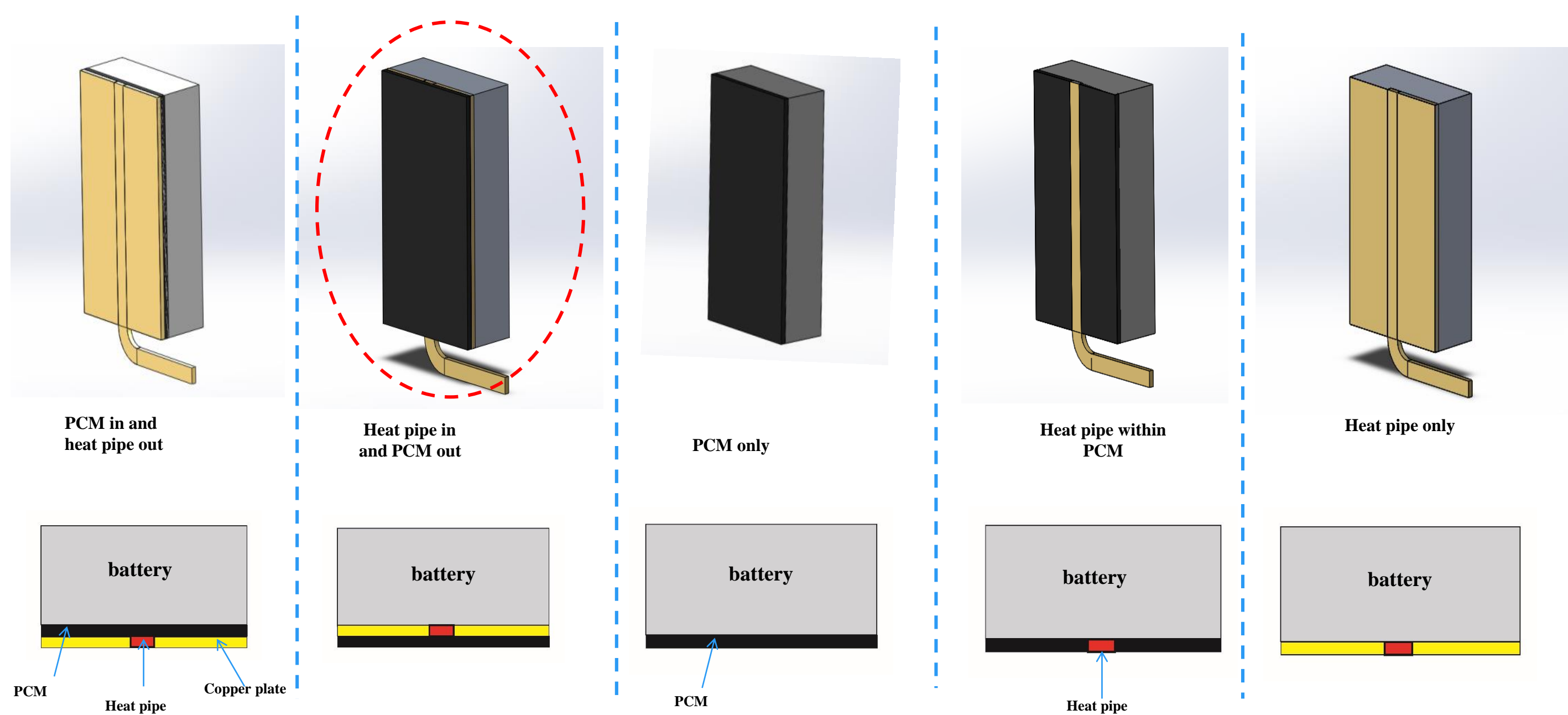


图 4. 不同排布方式的选择

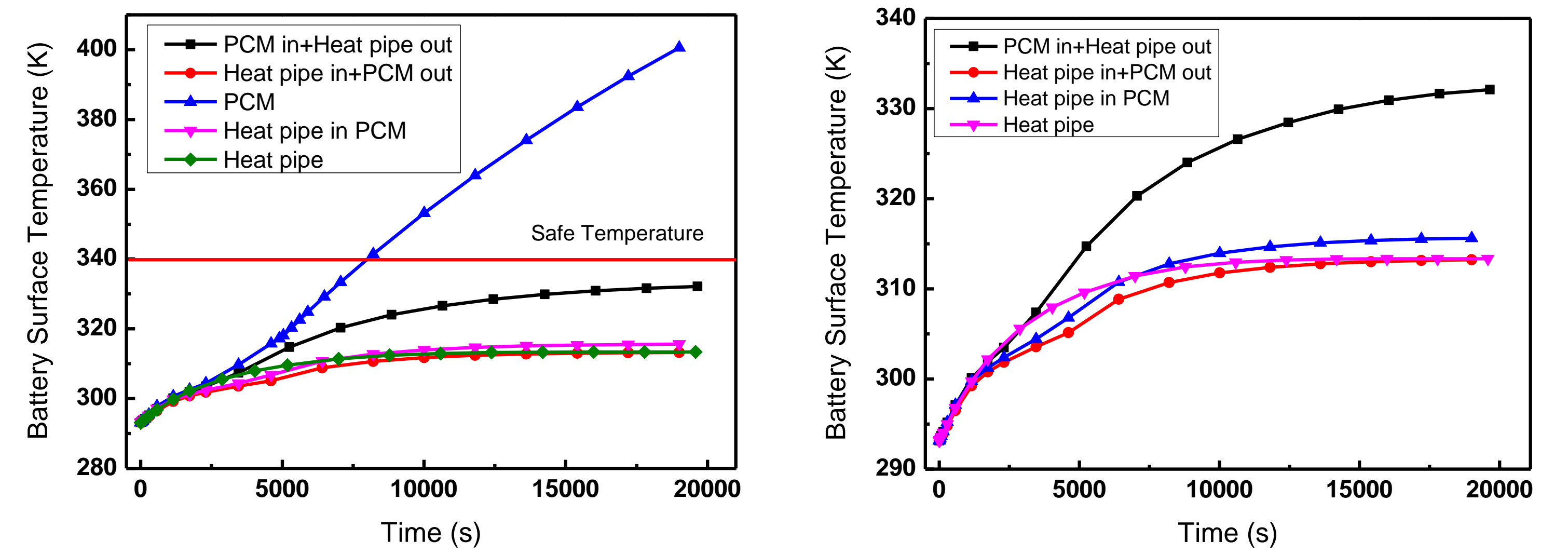


图 5. 不同排布方式的温升曲线

结果2: 对于耦合换热模块而言, 热管冷端的散热情况和相变材料的厚度对模块的换热效果影响较大。

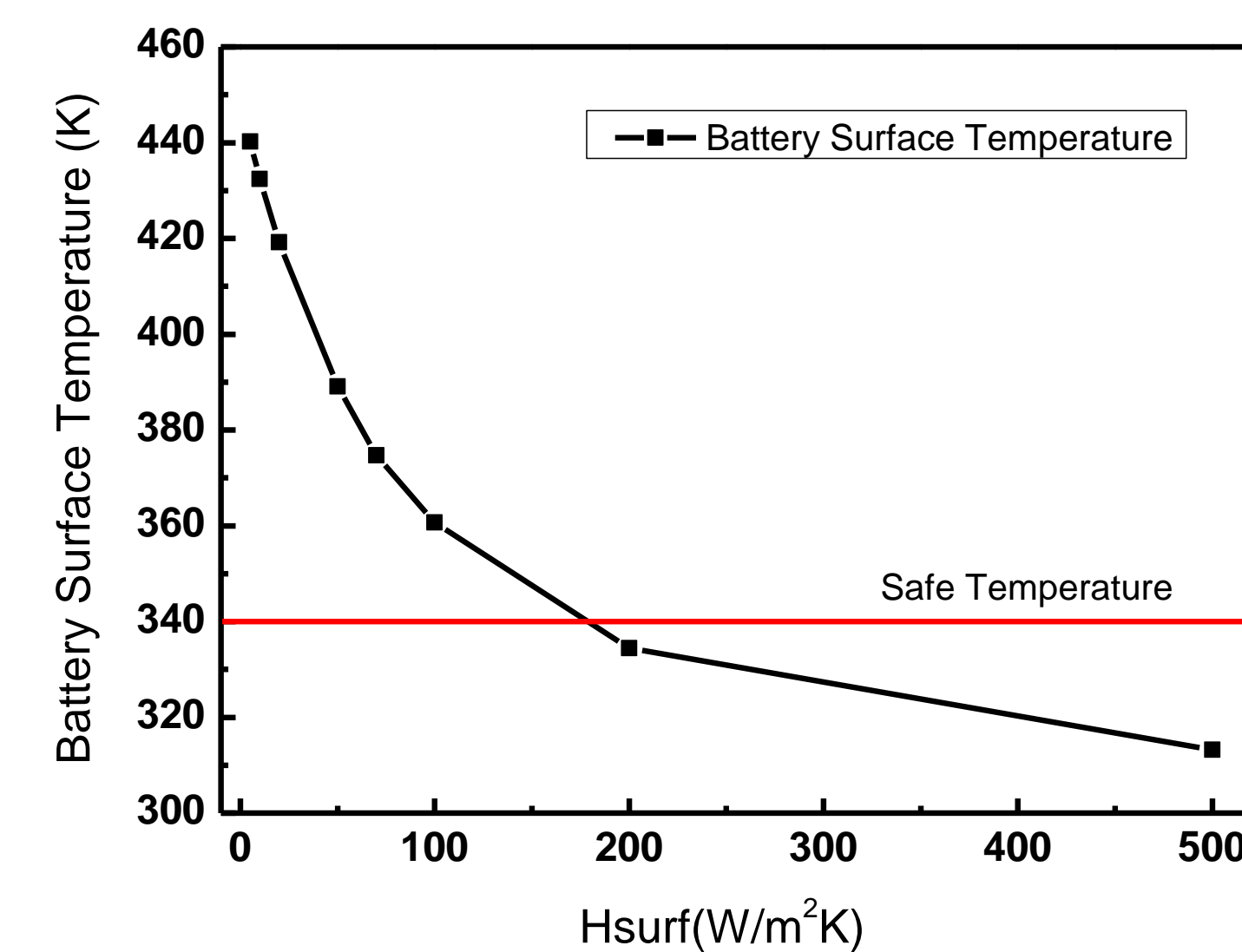


图 6. 电池表面温度随热管冷端换热系数的变化

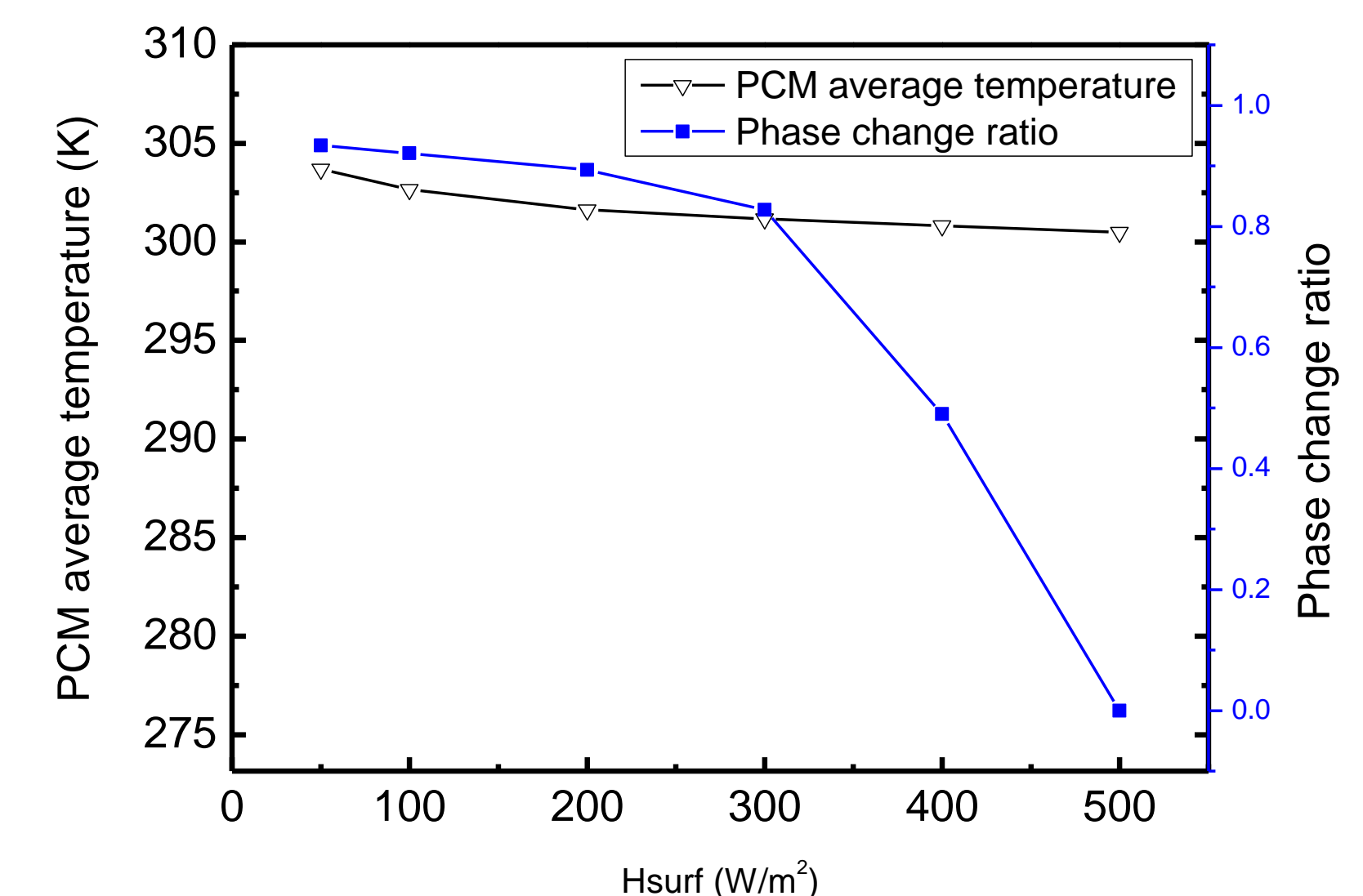


图 7. 相变材料温度以及相变率随热管冷端换热系数的变化

结果3: 在冷却通道内加入扰流结构能增强通道内的换热效果。

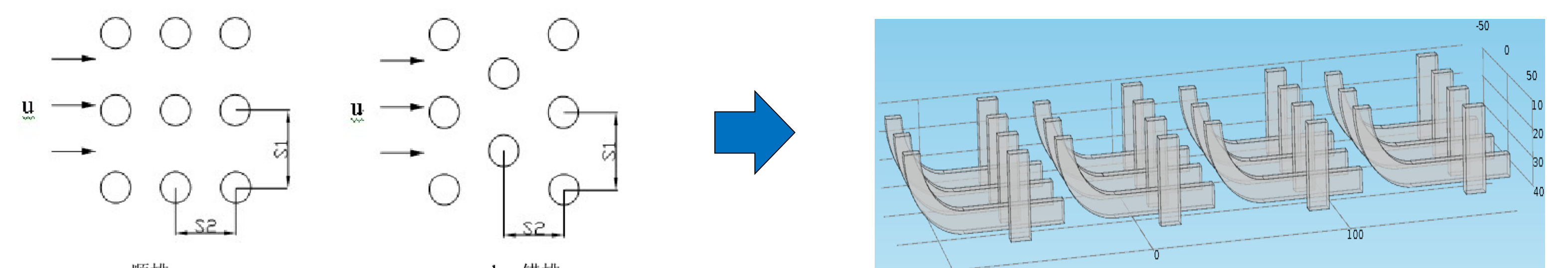


图 8. 加入扰流结构形成错排

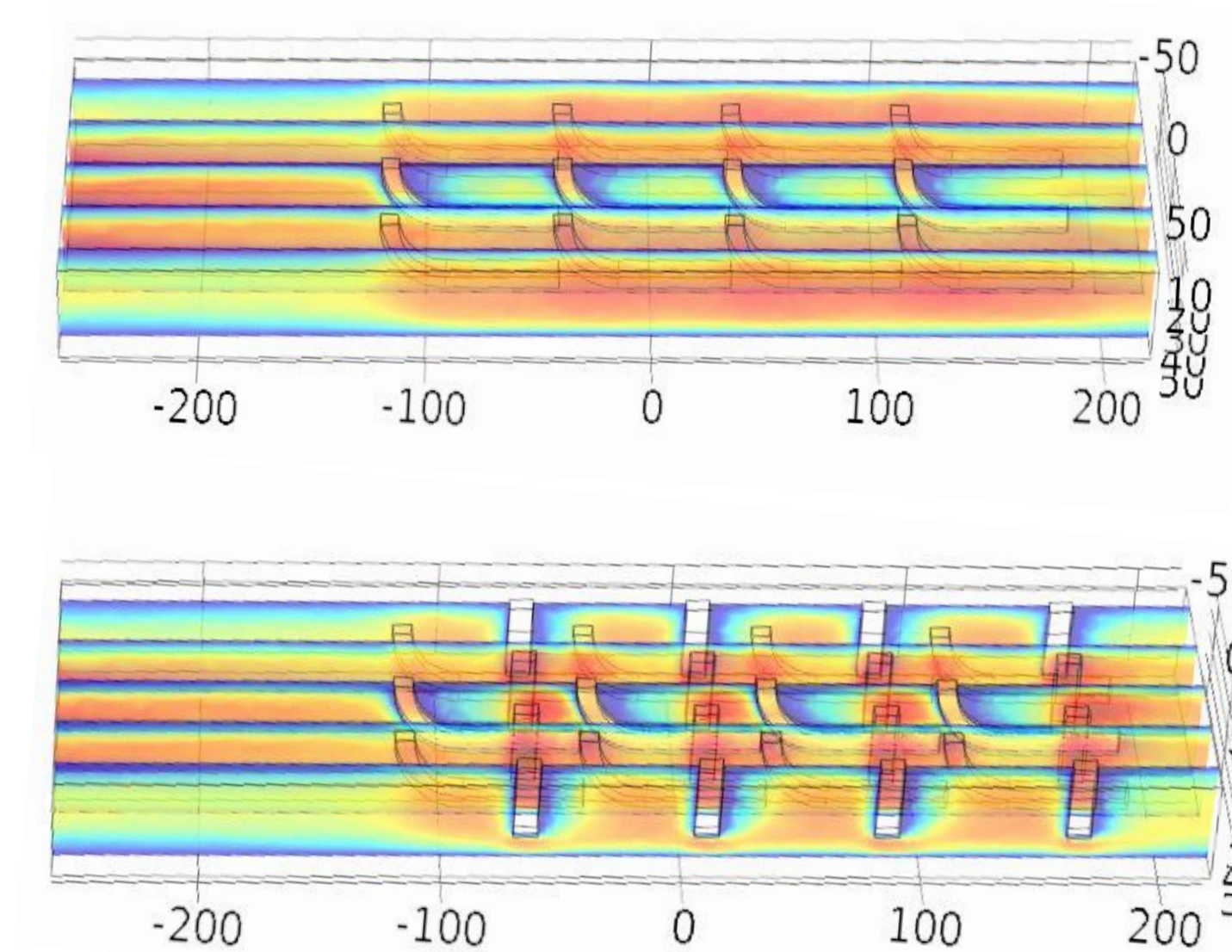


图 9. 流道速度分布

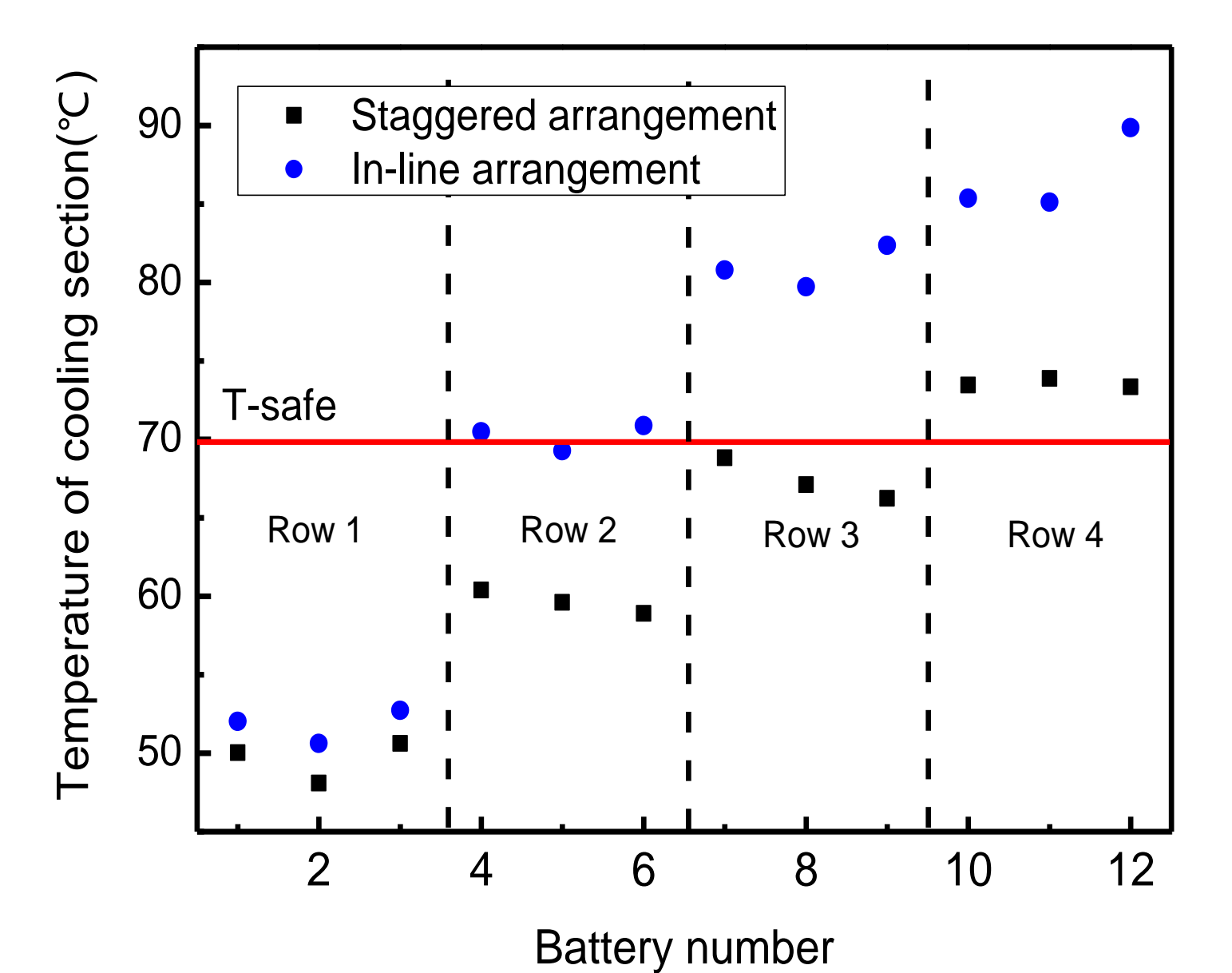


图 10. 电池组各电池温度

结论: 对于热管与相变材料相结合的散热结构, 热管冷端的散热情况对模块的换热效果影响最大, 当热管冷端散热受阻时, 相变材料的储热作用将明显提高。在流道中加入扰流结构能降低电池组温度。

参考文献:

1. Agyenim F, Hewitt N, Eames P, Smyth M. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010;14:615-28.
2. Sabbah R, Kizilel R, Selman JR, Al-Hallaj S. 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. Journal of Power Sources. 2008;182:630-8.
3. Wu M-S, Liu KH, Wang Y-Y, Wan C-C. Heat dissipation design for lithium-ion batteries. Journal of Power Sources. 2002;109:160-6.