

# 外墙保温系统传热过程模拟

彭红涛<sup>1</sup>, 王重阳<sup>1</sup>, 宋子豪<sup>1</sup>, 马国星<sup>1</sup>, 成家东<sup>1</sup>, 李迎雪<sup>1</sup>, 田智勇<sup>1</sup>, 于孟洋<sup>1</sup>

1. 土木工程系, 中国农业大学, 北京市

**简介:** 固体传热; 假设室外温度在-40℃~40℃内循环变化, 模拟保温系统内各部分的温度变化情况。

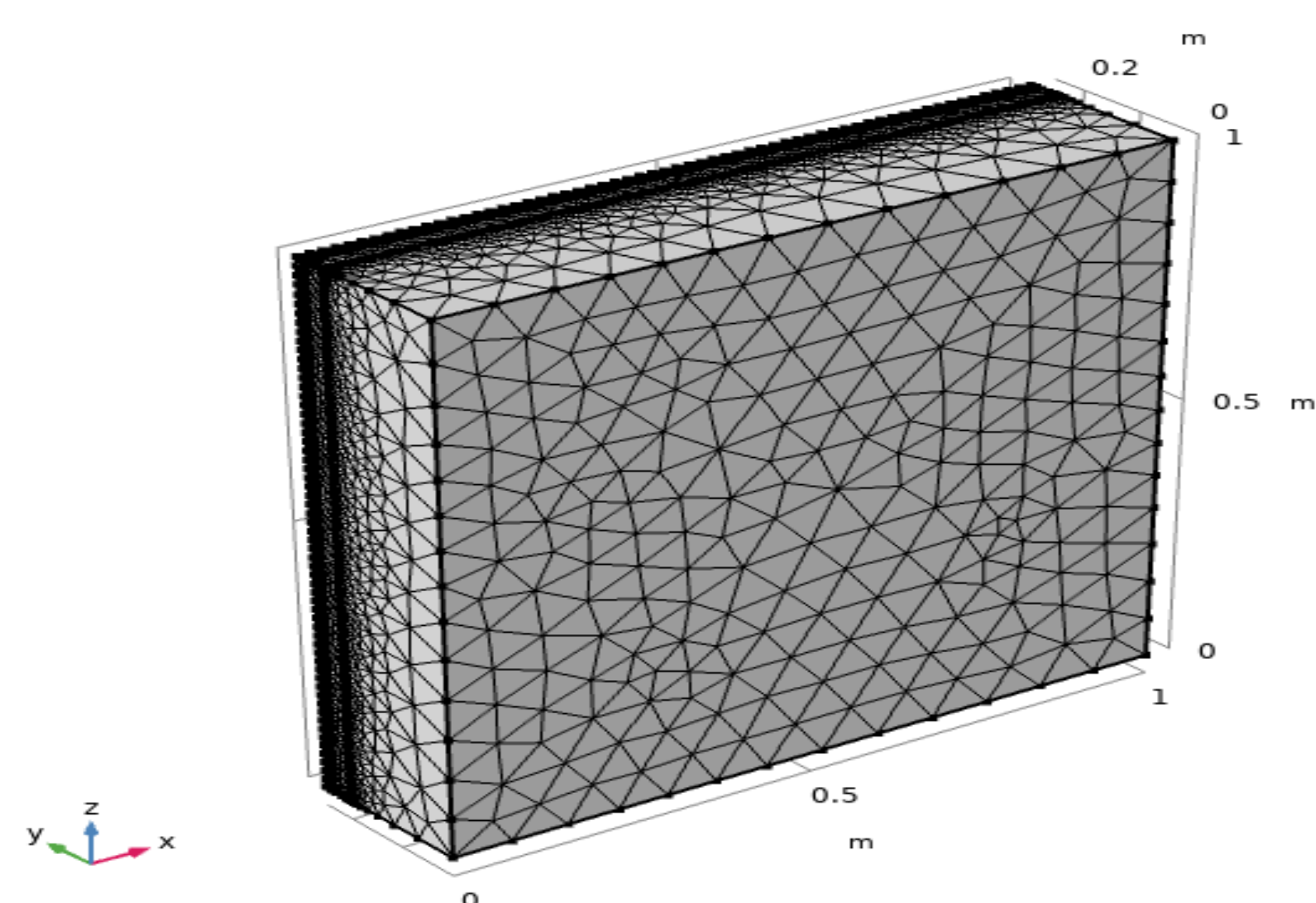


图 1. 外墙保温系统的有限元模型

**计算方法:** 固体传热瞬态控制方程。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mu \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q + Q_{ted}$$

$$q = -k \nabla T$$

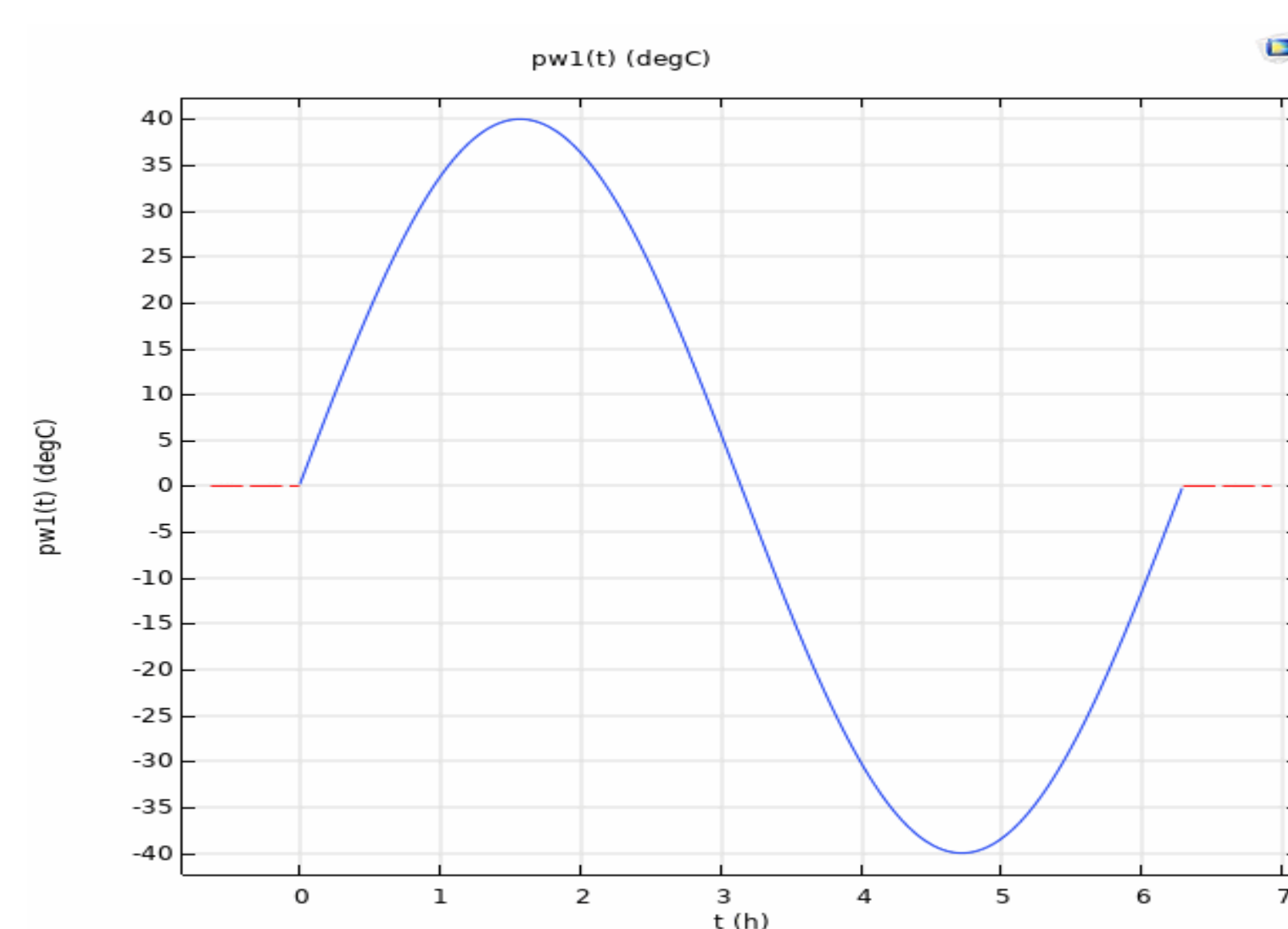


图 2. 边界温度循环变化条件

**结果:** 仿真研究的结果包括不同时间下的保温系统各部分温度图、不同时间下的保温系统温度线图、各部分温度随时间变化线图。

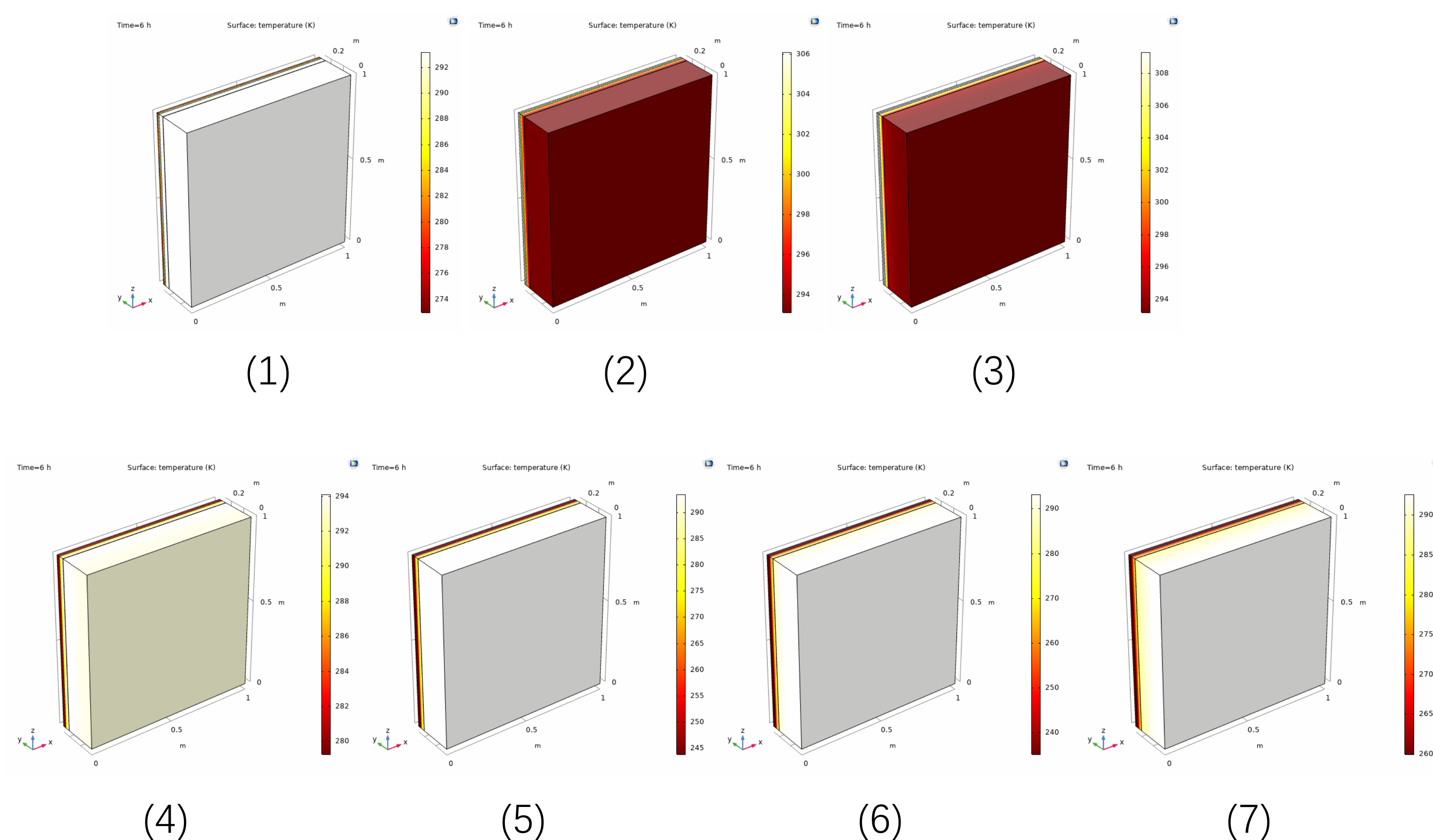


图 3. 不同时间下的保温系统各部分温度图

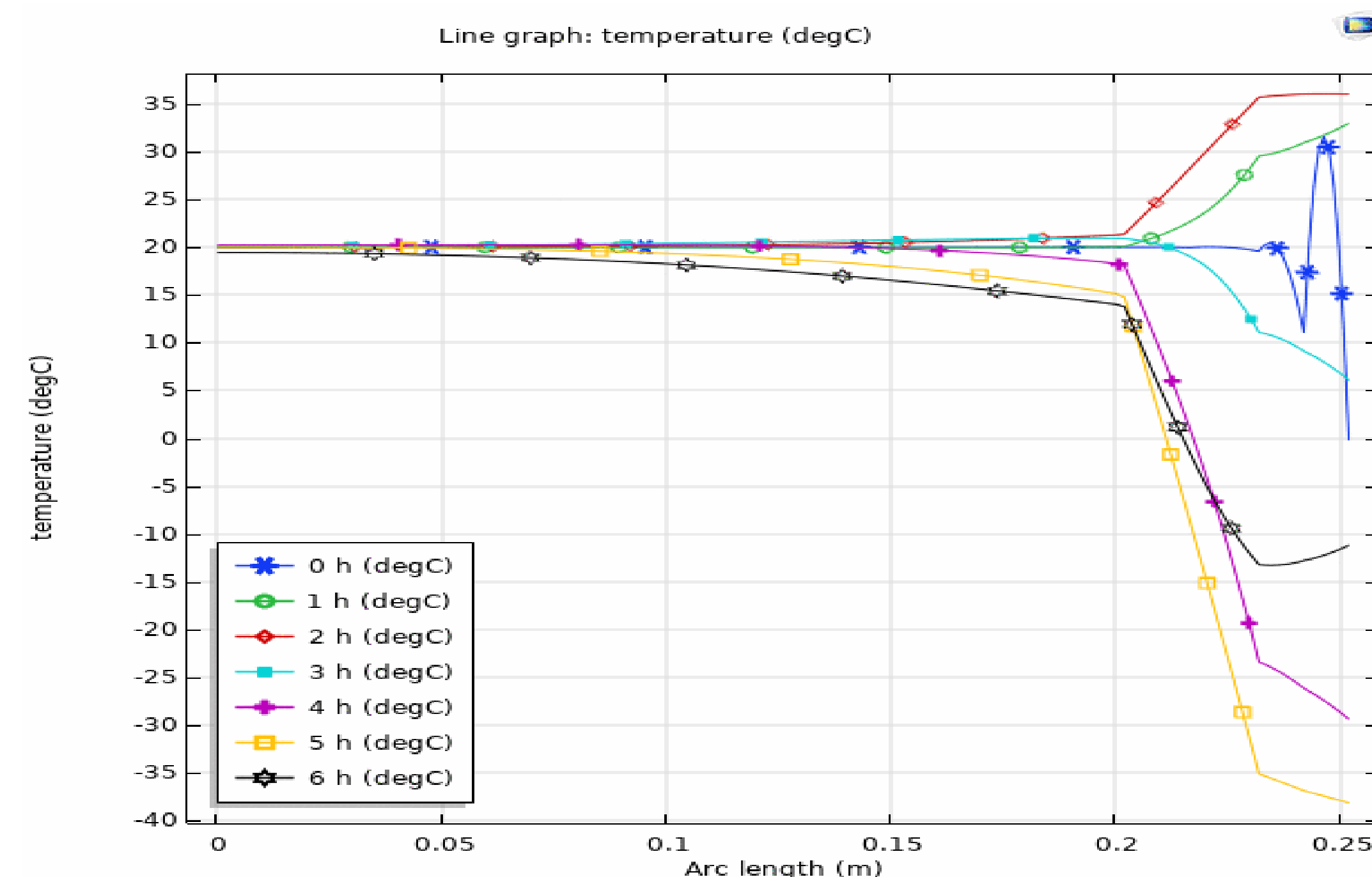


图 4. 不同时间下的保温系统温度线图

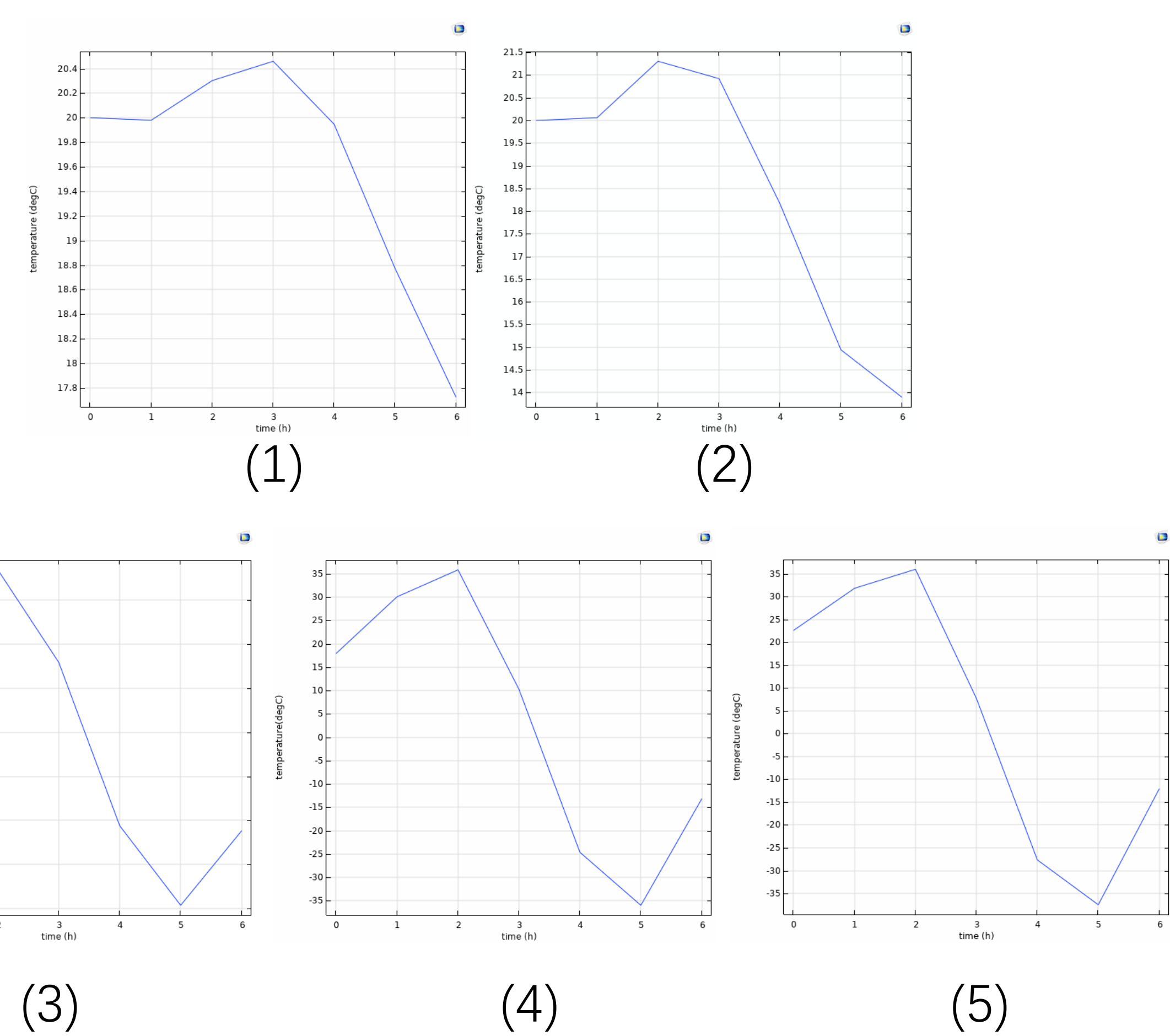


图 5. 各部分温度随时间变化线图

**结论:** 不同的时间步长下各层温度是不同的。在混凝土层内温度变化趋于一条直线, 并且温差很小。这点在不同时间下不同弧长处温度变化线图和两层之间界面温度变化线图也可以体现出来。在图4中, 弧长为0.2 m以内的部分, 均为混凝土基墙, 弧长为0处即为室内温度。由图可见, 其温度在任一时间步长下均保持在15℃~22℃范围内。在其他范围温度变化幅度很大, 尤其是在30 mm内的保温层, 这也说明了保温层隔热效果很好, 内外两侧温差大, 阻隔了热量的传递。在严寒地区, 保温层的厚度还可以在此基础上加厚。

在外墙保温系统的五个基层内, 温度随时间变化情况也显著不同。混凝土层温度变化曲线先上升后下降, 最高温与最低温相差约2.6℃。界面层温度变化曲线在前两个小时温度上升, 其后一直呈下降趋势。最高温度可达21℃, 最低温度为14℃。保温层的温度变化曲线趋势接近于热冷循环曲线, 最高温度在28℃左右, 最低温度在-10℃左右。抗裂层曲线变化趋势类似于保温层, 最大温差可达70℃。饰面层的变化情况与抗裂层大致相同。

通过有限元软件的模拟分析, 可以得到这样的结论。在保温层、抗裂层、饰面层的保护作用下, 内部的混凝土基墙和界面粘结砂浆的温度变化幅度很小。这也有利于减小混凝土在冻融循环下的破坏程度并且保护了粘结强度。饰面层与抗裂层的导热性极强, 对热量基本没有阻隔作用, 所以其温度变化曲线与热冷循环曲线类似的同时, 温度差极大。热冷循环的温度差为80℃, 在这两个层内的温度变化幅度都达到了70℃。保温层的作用就在于阻隔抗裂层和饰面层传递过来的能量, 保护内部的混凝土和界面粘结剂。其导热系数越低、厚度越大保护作用就越强。