

夏季不同地区的沥青路面结构内部的温度场分布及变化规律

董妮娅¹, 倪富健²

1.交通学院, 东南大学, 江苏, 南京 2.交通学院, 东南大学, 江苏, 南京

简介: 沥青是温度敏感性材料, 高温将增强其流动性, 从而使沥青路面产生不可恢复的车辙变形, 造成行车安全隐患。对车辙正确预估的前提是获得路面温度场数据。路面暴露在外环境之中, 其温度场会随材料参数、气温、风速、太阳辐射等条件实时变化。为了简化计算, 以往的研究未考虑沥青混合料热物性参数的温度敏感性, 且最多计算连续几日内的温度场变化, 结果较粗略, 不能全面准确地反映路面温度场在整个高温季节内的变化规律。本文选取南京、徐州分别作为苏南、苏北的代表, 研究了江苏地区夏季连续两个月内的路面温度场的分布及变化规律。

模型尺寸: 长宽高3m×3m×10.76m, 共分为六个结构层;

计算方法: 使用“表面对表面辐射传热”接口, 环境设置中分别调用南京、徐州两地的气象数据;

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

$$\mathbf{q} = -k \nabla T$$

添加外部辐射源接口, 辐射源为太阳, 输入计算位置坐标;

$$G_{\text{ext}, Bi} = F_{\text{ext}, Bi}(\mathbf{i}_s) \cdot q_{0, s} \cdot \text{FEP}_{Bi}(T_{\text{sun}})$$

$\mathbf{x} \equiv \text{North}, \mathbf{y} \equiv \text{West}, \mathbf{z} \equiv \text{Zenith}$

添加热通量接口, 选择上表面, 设置对流热通量及外部强制对流, 流体流速为该地的风速;

$$-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q} = q_0$$

$$q_0 = h \cdot (T_{\text{ext}} - T), \quad h = h_{\text{air}}(L, U, p_A, T_{\text{ext}})$$

结构层	材料	厚度	密度 (kg/m ³)	导热系数 (W/(m·K))	恒压热容 (J/(kg·K))
上面层	SMA13	4cm	2560	k1	Cp1
中面层	AC20	6cm	2465	k2	Cp2
下面层	AC25	8cm	2465	k3	Cp3
基层	CTB	38cm	2200	1.1	810
底基层	二灰土	20cm	2100	1.11	900
土基	土	10m	1800	1.3	860

表 1. 路面结构材料参数(见参考文献1, 2)

结果: 进行瞬态研究, 分别计算了两地从2016年6月21日零时起每隔0.5h连续1440h(60d)内的路面温度场。图2-4中, 均以a0=0.9和a1=0.9的计算结果为例进行展示。

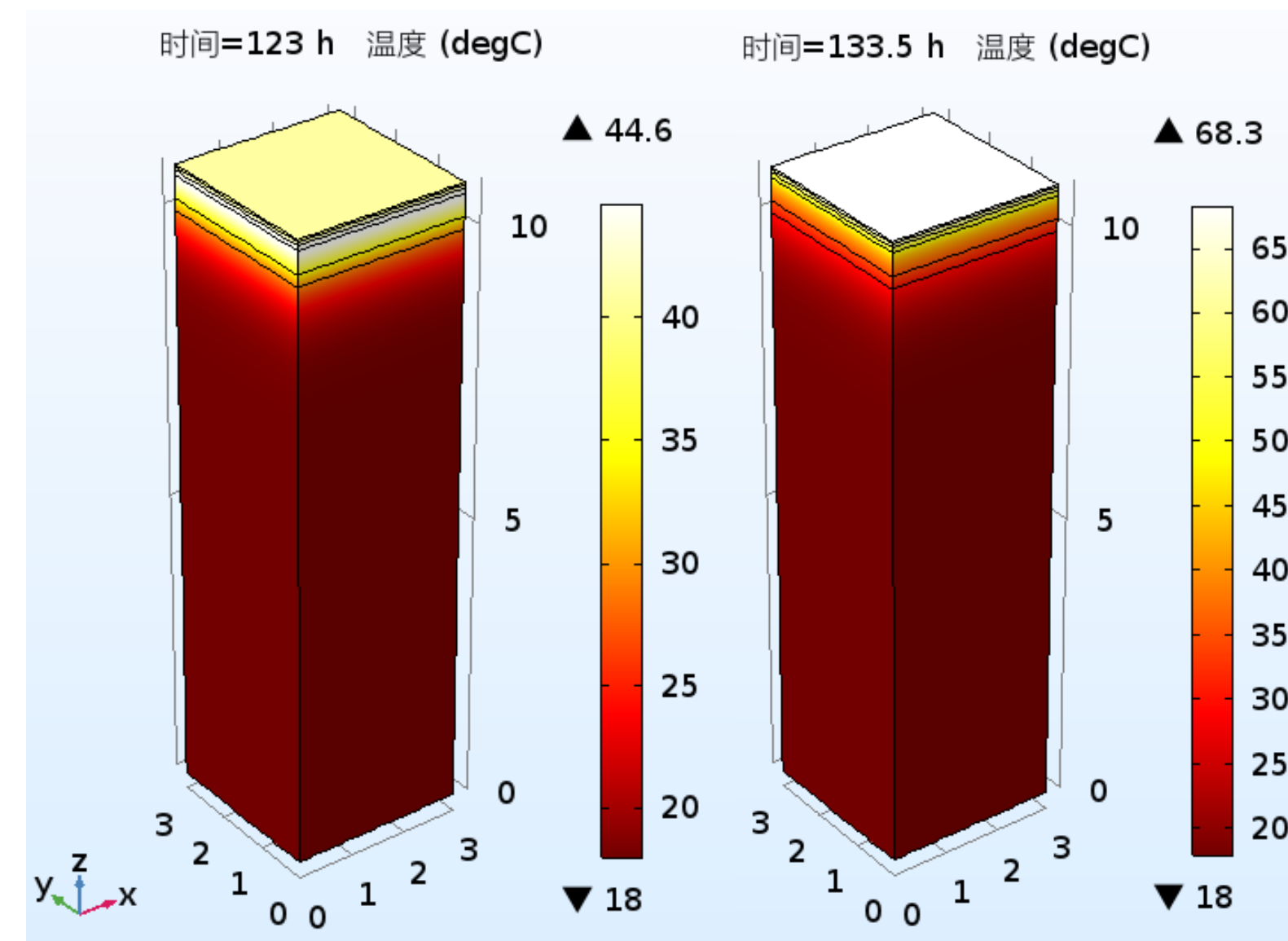


图 2. 南京6.26日路表面温度达最低/最高时温度场

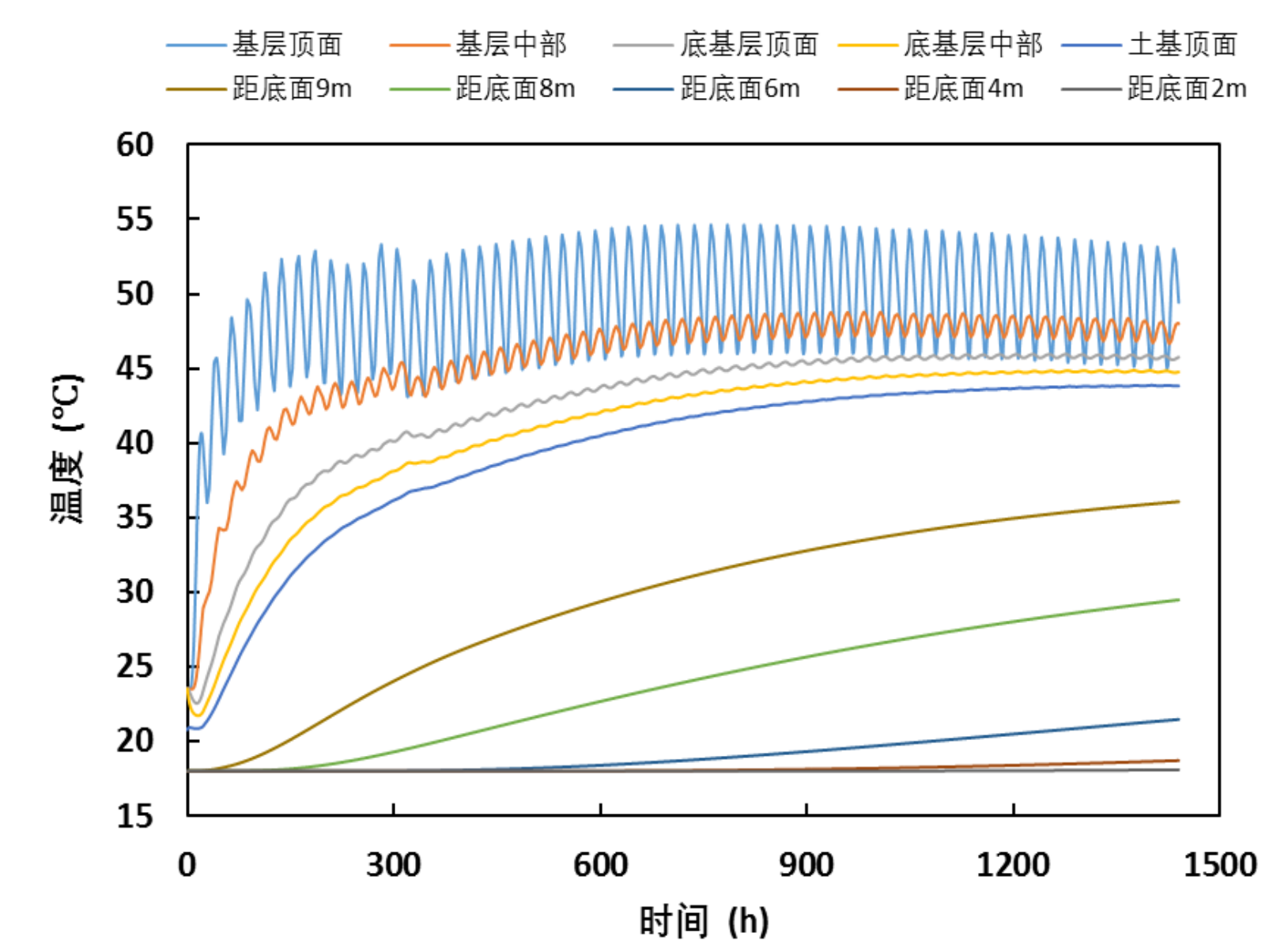


图 3. 南京地区基层及土基温度场变化规律

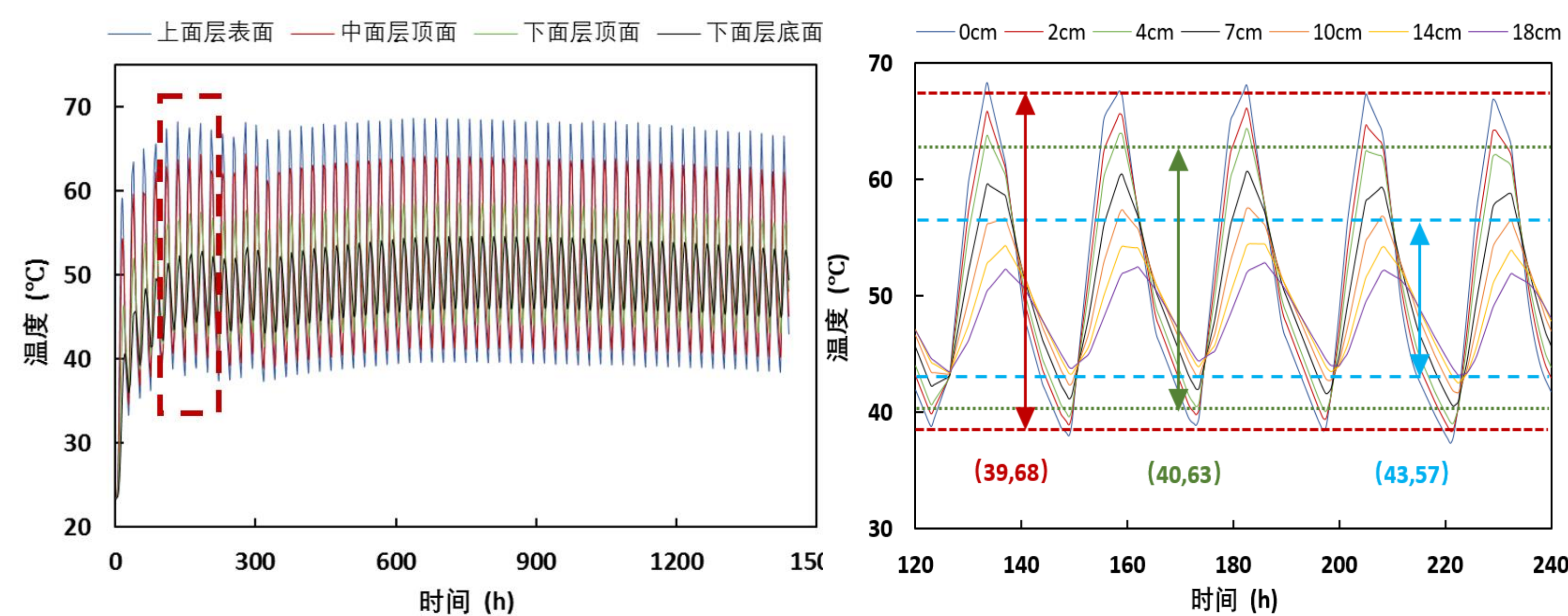


图 4. 南京沥青面层温度场变化:(左)60d内;(右)6.26-6.30日

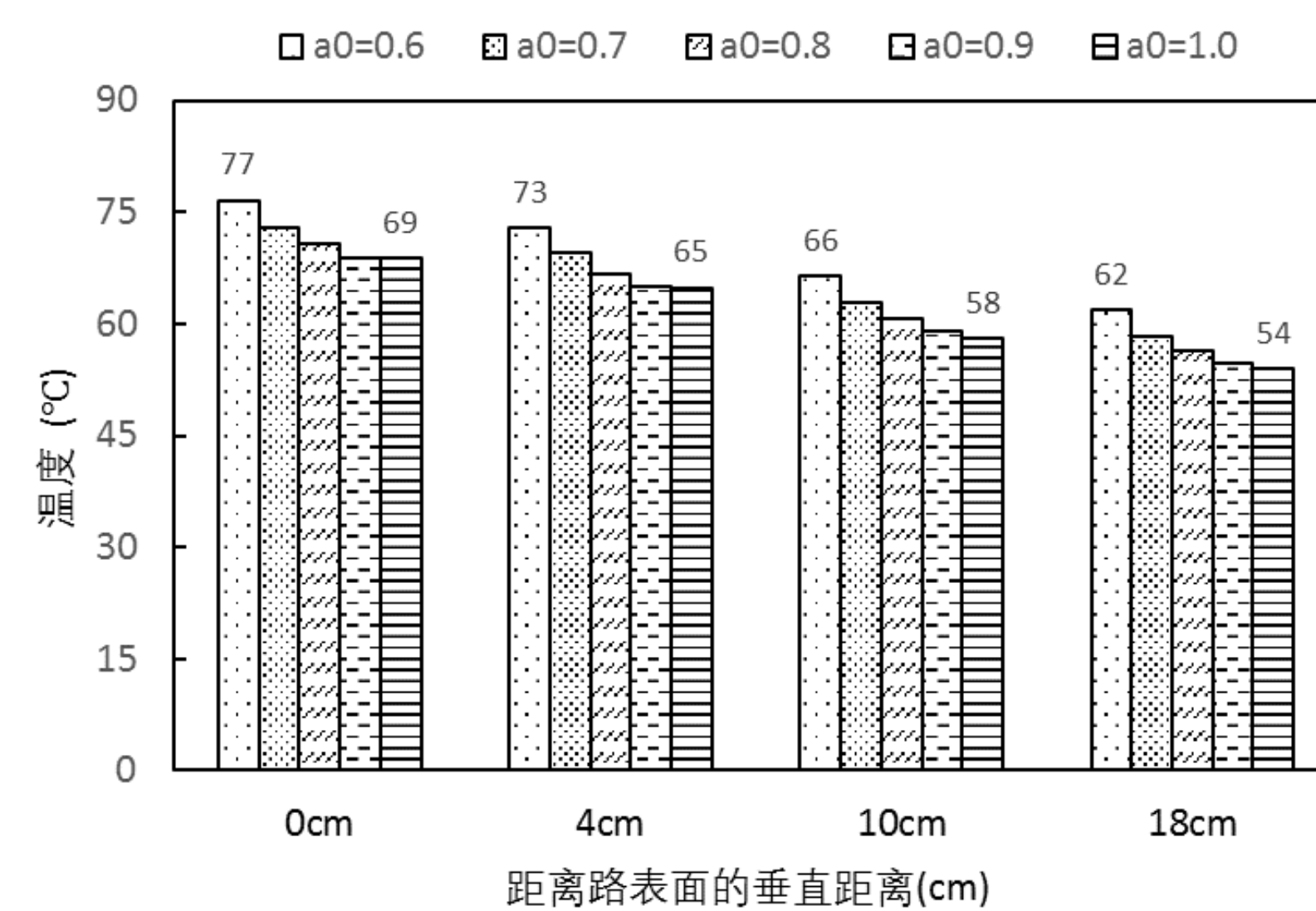


图 5. a1=0.9时徐州路面不同深度处的温度随a0的变化

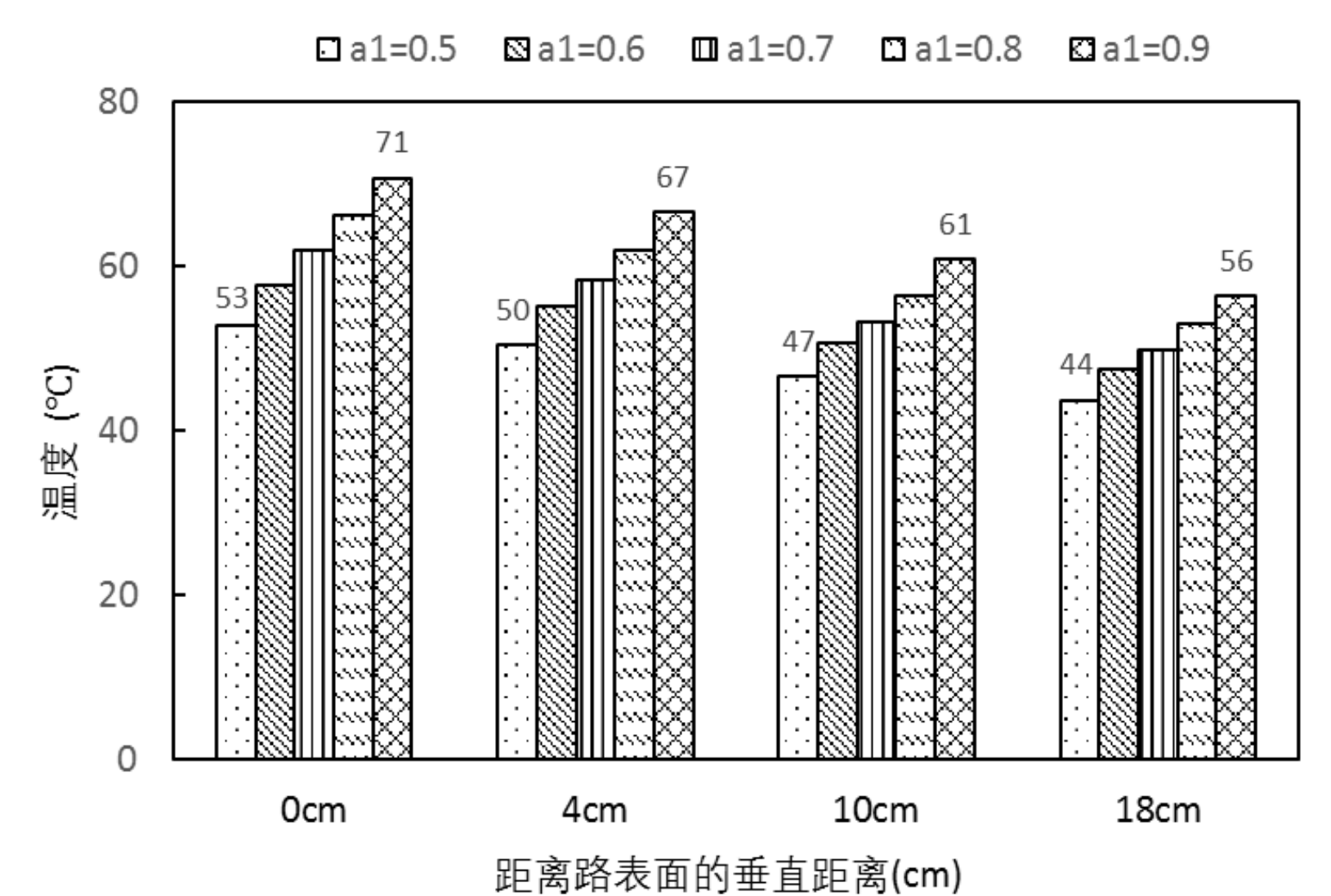


图 6. a0=0.8时徐州路面不同深度处的温度随a1的变化

结论: ① 沥青路面温度场受太阳辐射影响最显著, 因此路面温度场呈现周期性变化; 路表面的昼夜温差最大, 随着路面深度的增加, 昼夜温差迅速缩小, 底基层及土基温度的周期性变化不明显, 在距离土基底面4m范围内的温度梯度不超过1°C。② 南京、徐州两地夏季路面温度场的差异在2°C以内, 变化规律相似。③ 以徐州为例, 路表面发射率增加0.1, 面层温度下降2°C; 太阳光吸收率增加0.1, 面层温度增加3-4.5°C, 越靠近路表面升温越显著。④ 夏季太阳辐射最强时刻, 上面层表面的温度在60-70°C之间; 中间层表面在58-67°C; 下面层在53-61°C; 越靠近路表, 温度梯度下降越快; 上中、中下面层温差分别约为4°C、6°C。

参考文献:

- 袁青泉, 沥青路面高温变形的室内模拟试验方法研究[D], 南京: 东南大学, 38-39 (2010)
- 廖公云, ABAQUS有限元软件在道路工程中的运用[M], 北京: 人民交通出版社, 205 (2008)
- 刘晓燕, 土壤恒温层温度及深度研究[J], 太阳能学报, 28, 494-498 (2007)

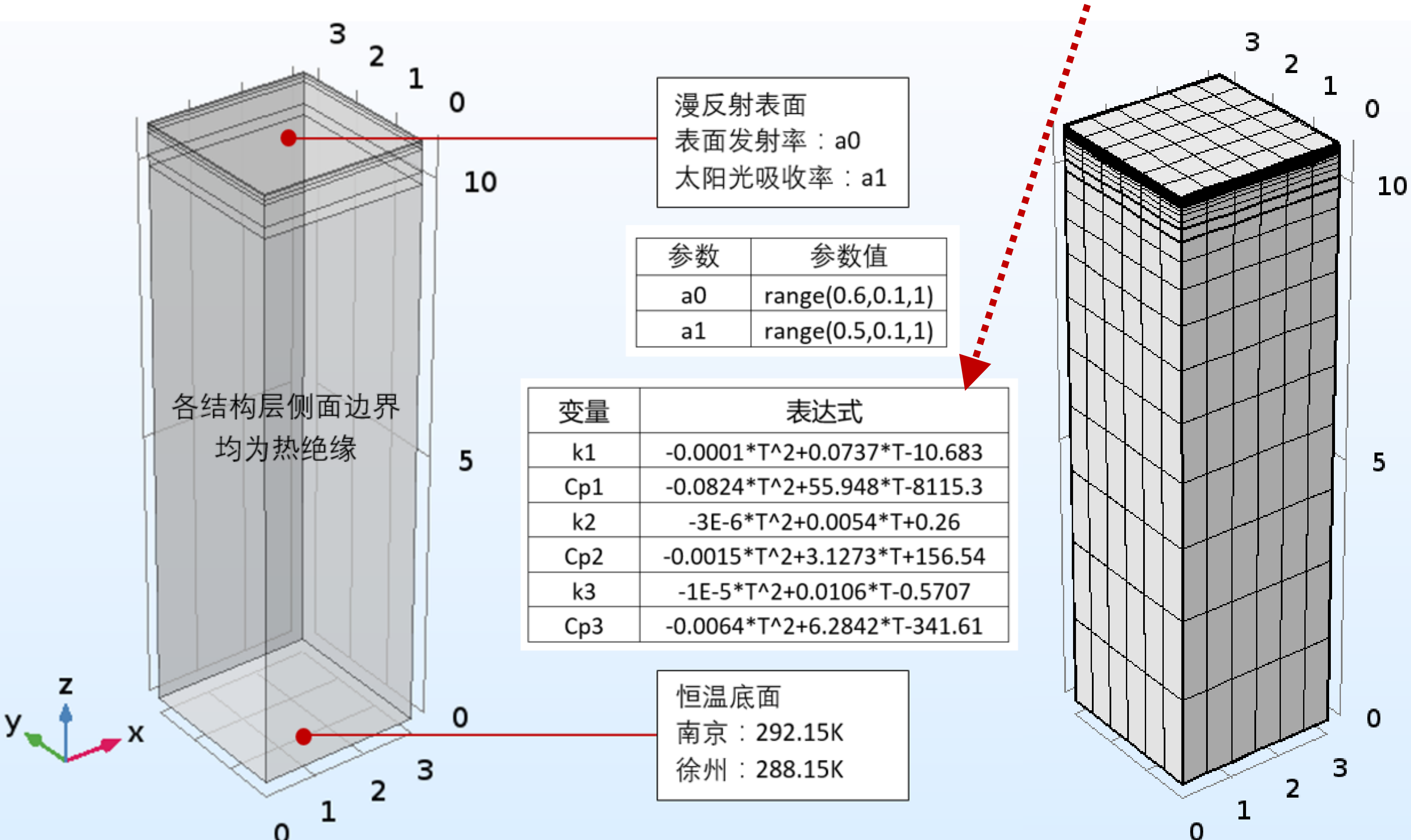


图 1. 路面三维传热几何模型、边界条件及网格划分(见参考文献3)