

# “双碳”目标下低碳建筑研究

## 摘要

### 关键词

## 1 问题重述

### 1.1 问题背景

“双碳”即碳达峰与碳中和的简称，我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。“双碳”战略倡导绿色、环保、低碳的生活方式。我国加快降低碳排放步伐，大力推进绿色低碳科技创新，以提高产业和经济的全球竞争力。低碳建筑是指在建筑材料与设备制造、施工建造和建筑物使用的整个生命周期内，减少化石能源的使用，提高能效，降低二氧化碳排放量。

### 1.2 目标任务

**问题一：**现在有一间长  $4m$ 、宽  $3m$ 、高  $3m$  的单层平顶单体建筑，墙体为砖混结构，厚  $30cm$ （热导系数  $0.3W/m^2 \cdot K$ ），屋顶钢筋混凝土浇筑，厚度  $30cm$ （热导系数  $0.2W/m^2 \cdot K$ ），门窗总面积  $5m^2$ （热导系数  $1.6W/m^2 \cdot K$ ），地面为混凝土（热导系数  $0.25W/m^2 \cdot K$ ），该建筑所处地理位置一年（按 365 天计算）的月平均温度（单位： $^{\circ}C$ ）见下表

|      |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 月份   | 1  | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 平均温度 | -1 | 2 | 6 | 12 | 22 | 28 | 31 | 32 | 26 | 23 | 15 | 2  |

假设该

建筑物内温度需要一直保持在  $18 - 26^{\circ}C$ ，在温度不适宜的时候要通过电来调节温度，消耗  $1kW \cdot h$  电相当于  $0.28kg$  碳排放。请计算该建筑物通过

空调 (假设空调制热性能系数  $COP$  为 3.5, 制冷性能系数  $EER$  为 2.7) 调节温度的年碳排放量。(尽量使用本题所给条件计算碳排放, 不考虑其他损耗)

**问题二:** 在居住建筑的整个生命周期 (建造、运行、拆除) 中, 影响碳排放的因素有很多, 如建筑设计标准、气候、建材生产运输、地区差异、建造拆除能耗、装修风格、使用能耗、建筑类型等。请查找、分析资料, 建立数学模型, 找出与上述因素相关度大且易于量化的指标, 基于这些指标对居住建筑整个生命周期的碳排放进行综合评价。

**问题三:** 在问题 2 的基础上, 分别考虑建筑生命周期三个阶段的碳排放问题, 查找相关资料, 建立数学模型, 对 2021 年江苏省 13 个地级市的居住建筑碳排放进行综合评价, 并对所建评价模型的有效性进行验证。

**问题四:** 准确的碳排放预测能够为制定减排政策、优化低碳建筑设计提供重要的参考依据。建立碳排放预测模型, 基于江苏省建筑全过程碳排放的历史数据, 对 2023 年江苏省建筑全过程的碳排放量进行预测。

**问题五:** 请结合前面的讨论给出江苏省建筑碳减排的政策建议。

## 2 问题分析

### 2.1 问题一

问题一要求计算通过空题调节温度产生的年碳排放量。我们需先求出空调制热和制冷分别消耗的电量, 借此求出空调消耗的电量, 最后转换成碳排放。

首先计算出建筑物各个月的能量需求量。设室内温度要维持的温度为  $t_{in}$ , 室外温度为  $t_{out}$ , 当月该地区平均温度为  $t_{ave}$ , 方便起见, 我们规定

$$t_{out} = t_{ave}$$

$$t_{in} = \begin{cases} 18^{\circ}C & t_{out} < 18^{\circ}C \\ t_{out} & t_{out} \in [18^{\circ}C, 26^{\circ}C] \\ 26^{\circ}C & t_{out} > 26^{\circ}C \end{cases}$$

我们使用单位面积热负荷计算每个月能量需求量。单位面积热负荷可由以下公式计算

$$q = U \cdot A \cdot |\Delta t| \quad (2.1)$$

其中,  $q$  为单位面积热负荷,  $U$  为总传热系数,  $A$  为总传热面积,  $\Delta t = t_{in} - t_{out}$ 。

总传热系数  $U$  可由以下公式计算

$$U = \frac{1}{R_{wall} + R_{roof} + R_{air}} \quad (2.2)$$

其中  $R_{wall}$ ,  $R_{roof}$ ,  $R_{air}$  分别为墙体、屋顶、空气层的热阻。

由于空气层的热阻很小, 在此忽略不计。墙体和屋顶的热阻可以由以下公式计算

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2.3)$$

其中  $d$  为墙体或房顶的厚度,  $\lambda$  为其热传导率。

计算得到总传热系数  $U$  后即可进一步计算得出建筑物每月单位时间的能量需求量  $Q_{heat} = q \cdot c$ , 其中  $c$  为该月份所含单位时间数目, 再根据  $\Delta t$  判断制热还是制冷, 进而计算得出需电量  $Q_{elec}$ 。

需电量的计算函数为

$$Q_{elec} = \begin{cases} \frac{Q_{heat}}{EER} & \Delta t < 0 \\ 0 & \Delta t = 0 \\ \frac{Q_{heat}}{COP} & \Delta t > 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

最后根据需电量与碳排放的换算关系  $m = Q_{elec} \cdot 0.28$  求出每月碳排放后累加, 即得到年度碳排放量。