

# ”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

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

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

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的热量, 借此通过  $COP$  和  $EER$  求出空调消耗的电量, 最后转换成碳排放。其中  $COP$  和  $EER$  的定义分别为

$$COP = \frac{Q_{heat}}{W}, \quad EER = \frac{Q_{cold}}{W} \quad (2.1)$$

$Q_{heat}/Q_{cold}$  指的是单位时间内的制热/制冷量, 单位为  $W$ , 公式中  $W$  指的是单位为时间内空调消耗的功率, 单位为  $W$

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

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

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

我们使用热传导方程计算用来需要制热/制冷的热量，其形式为

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot |\Delta T|}{L} \quad (2.2)$$

其中  $Q$  表示传热量， $k$  为导热系数， $A$  为传热面积， $\Delta T$  是室内外温度差，即  $t_{in} - t_{out}$ ， $L$  表示材料厚度。

将建筑分成墙、门窗、房顶、地面四个部分，分别计算并累加即可得到需要制热/制冷的热量，设为  $Q_{make}$ ，由  $COP$  和  $EER$  的定义可得到需电量  $Q_{elec}$  和热量  $Q_{make}$  的转化关系

$$Q_{elec} = \begin{cases} \frac{Q_{make}}{EER} & \Delta t < 0 \\ 0 & \Delta t = 0 \\ \frac{Q_{make}}{COP} & \Delta t > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

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。

### 3 模型假设

### 4 符号说明

### 5 模型的建立与求解

### 6 结果检验与误差分析

### 7 模型评价

### 8 模型推广与改进

### 9 参考文献

### 10 附录

#### 附录 A 问题一

Listing 1: testModel1.py

```
1 # -*- coding:utf-8 -*-
2 """
3 Project: MathematicsModeling-2023.5
4 Written by: Evan Wong
5 DATE: 2023/5/9
6 TIME: 17:09
7 """
8
9
10 import matplotlib.pyplot as plt
11
12
13 monthdays = [31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31]
14 temperatures = [-1, 2, 6, 12, 22, 28, 31, 32, 26, 23, 15, 2]
15
```

```

16 COP = 3.5
17 EER = 2.7
18
19 length = 4
20 width = 3
21 height = 3
22
23 roof_thickness = 0.3
24 roof_thermal = 0.2
25 roof_square = length * width
26 windowAndDoor_thickness = 0.3
27 windowAndDoor_thermal = 1.6
28 windowAndDoor_square = 5
29 wall_thickness = 0.3
30 wall_thermal = 0.3
31 wall_square = (length + width) * height * 2 - windowAndDoor_square
32 ground_thickness = 1.0
33 ground_thermal = 0.25
34 ground_square = length * width
35
36
37 def get_delta_t(tout):
38     if tout < 18:
39         return 18 - tout
40     elif tout > 26:
41         return 26 - tout
42     else:
43         return 0
44
45
46 def get_qmake(k, a, t, d):
47     return (k * a * t) / d
48
49
50 def get_day_qmake(dt):
51     if dt == 0:
52         return 0.0
53
54     day_qmake = get_qmake(wall_thermal, wall_square, dt, wall_thickness) + \
55         get_qmake(windowAndDoor_thermal, windowAndDoor_square, dt,
56                 windowAndDoor_thickness) + \
57         get_qmake(roof_thermal, roof_square, dt, roof_thickness) + \

```

```

57         get_qmake(ground_thermal, ground_square, dt, ground_thickness)
58     return day_qmake
59
60
61 def get_month_qmake(month):
62     return get_day_qmake( abs(get_delta_t(temperatures[month]))) * monthdays[month]
63
64
65 def get_qelec(qmake, dt):
66     if dt < 0:
67         return qmake / EER
68     elif dt == 0:
69         return 0
70     else:
71         return qmake / COP
72
73
74 def get_carbon_emission(qelec):
75     return qelec / 1000 * 0.28
76
77
78 carbonEmissions = []
79 for i in range(0, 12):
80     qelec = get_qelec(get_month_qmake(i), get_delta_t(temperatures[i]))
81     carbonEmissions.append(get_carbon_emission(qelec))
82
83 print("Sum of carbon emissions: " + str( sum(carbonEmissions)) + "kg")
84
85 plt.figure(figsize=(10, 6))
86 plt.bar( range(1, len(carbonEmissions) + 1), carbonEmissions, fc='g')
87 plt.title("Carbon Emissions")
88 plt.xlabel("Month")
89 plt.ylabel("kg")
90
91 plt.show()

```

附录 B      问题二

附录 C      问题三

附录 D      问题四

附录 E      问题五