

重庆大学

典型建筑墙体的稳态传热分析



2024 至 2025 学年 第 2 学期

姓名：王子诺

学号：20235459

班级：1 班

任课教师：宋代平、皮阳军、廖全



卓越工程师学院
ELITE INSTITUTE OF ENGINEERING

典型建筑墙体的稳态传热分析

一、背景介绍

1. 典型建筑墙体

(1) 实心砖墙

材料：粘土砖、混凝土砖等。

特点：导热系数较高（通常在 $0.5-1.5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ），热阻较小，保温性能较差。热量主要通过导热传递。

应用：常用于低层建筑或对保温要求不高的建筑。

(2) 空心砖墙

材料：空心砖、加气混凝土块等。

特点：内部空腔可填充空气或保温材料，导热系数较低（ $0.1-0.5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ），保温性能较好。空腔中的空气层能有效减少热传导。

应用：广泛用于住宅、办公楼等建筑的内外墙。

(3) 夹心保温墙

材料：外层为砖或混凝土，中间夹有保温材料（如聚苯板、岩棉等）。

特点：保温层显著降低导热系数（保温材料导热系数通常在 $0.02-0.05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ），提高墙体的热阻，减少热量损失。

应用：常用于寒冷地区或对节能要求较高的建筑。

(4) 轻质隔墙

材料：石膏板、轻钢龙骨、玻璃棉等。

特点：质量轻，安装方便，保温隔热性能好（导热系数约 $0.03-0.06 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）。传热以导热和对流为主。

应用：多用于室内隔断、办公室分隔等。

(5) 预制混凝土墙板

材料：钢筋混凝土预制板。

特点：强度高，耐久性好，但导热系数较高（ $1.0-2.0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ），保温性能一般。传热以导热为主。

应用：广泛用于工业建筑、住宅建筑等。

二、物理模型

1. 墙体结构简化

对多层复杂墙体的结构，我们采取简化为等效的多层结构，即计算各层材料的热阻综合，使用等效的热系数和等效厚度来替代，对于由外层、保温层和内层组成的夹心墙，进一步简化为以保温层为主导的单层模型，因为保温层的热阻通常远大于其他层。

同时我们简化传热的方式，在考虑建筑墙体的稳态传热时，在室外温差不大时，辐射的影响可以忽略，同时对于热对流的传热方式，直接使用标准对流换热系数 h ，而不去进行复杂计算。

现在我们分析的是一堵混凝土夹心保温墙，对其墙体简化成由三层构成：

外层：混凝土，厚度为 d_1 ，导热系数为 λ_1 ；

中间层（保温层）：聚苯板（EPS），厚度为 d_2 ，导热系数为 λ_2 ；

内层：混凝土，厚度为 d_3 ，导热系数为 λ_3 ；

2. 构建物理模型

对于这堵混凝土夹心保温墙，我们设定一些边界条件：

室内温度： T_i （假设为恒定，例如 20°C ）

室外温度： T_o （假设为恒定，例如 0°C ）

对流换热：

室内侧对流换热系数 h_i （典型值为 $8-10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ）

室外侧对流换热系数 h_o （与空气流速 v 有关）

同时，我们做出一些假设，假设墙体为平面墙，热量仅沿厚度方向（一维）传递。且系统处于稳态，热流不随时间变化。即分析固定的热流对系统的影响。

根据傅里叶定律，稳态一维传热的热流密度 q （单位：W/m²）为：

$$q = \frac{T_i - T_o}{R_{total}}$$

其中， R_{total} 作为墙体的总热阻，由各层热阻串联组成，于是我们有公式：

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$$

每层的热阻 R_j 为：

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

三、传热过程分析

1. 首先计算各层的热阻：

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, \quad R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}, \quad R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3}$$

2. 计算总热阻：

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$$

3. 计算热流密度：

$$q = \frac{T_i - T_o}{R_{total}}$$

4. 分析各层界面的温度：

(1) 内层与中间层界面温度 T_1 ：

$$T_1 = T_i - q \cdot R_1$$

(2) 中间层与外层界面温度 T_2 ：

$$T_2 = T_1 - q \cdot R_2$$

(3) 外层外表面温度 T3:

$$T_3 = T_2 - q \cdot R_3$$

四、仿真

1. 使用 matlab 对以上公式进行仿真验证:

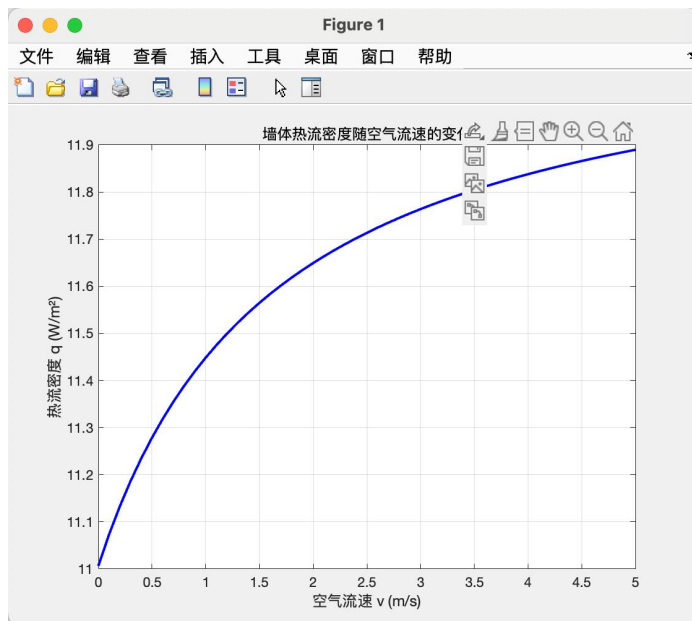
```
% 参数设置
Ti = 20; % 室内温度 (°C)
To = 0; % 室外温度 (°C)
hi = 8; % 室内对流换热系数 (W/m²·K)
% 墙体结构 (夹心保温墙)
L1 = 0.2; % 外层混凝土厚度 (m)
lambda1 = 1.5; % 外层混凝土导热系数 (W/m·K)
L2 = 0.05; % 保温层 (聚苯板) 厚度 (m)
lambda2 = 0.04; % 保温层导热系数 (W/m·K)
L3 = 0.2; % 内层混凝土厚度 (m)
lambda3 = 1.5; % 内层混凝土导热系数 (W/m·K)
% 空气流速范围 (m/s)
v = 0:0.1:5; % 空气流速从 0 到 5 m/s
% 室外对流换热系数 h_o (W/m²·K)
ho = 5.7 + 3.8 * v; % 经验公式
% 计算热阻
R_conv_i = 1 / hi; % 室内对流热阻 (m²·K/W)
% 墙体导热热阻
R_wall = L1 / lambda1 + L2 / lambda2 + L3 / lambda3; % 串联热阻 (m²·K/W)
% 室外对流热阻
R_conv_o = 1 ./ ho; % 随 v 变化 (m²·K/W)
% 总热阻
R_total = R_conv_i + R_wall + R_conv_o; % (m²·K/W)
% 热流密度 q (W/m²)
q = (Ti - To) ./ R_total;
% 绘图
figure;
plot(v, q, 'b-', 'LineWidth', 2);
xlabel('空气流速 v (m/s)');
```

```

ylabel('热流密度 q (W/m²)');
title('墙体热流密度随空气流速的变化');
grid on;
% 显示结果
fprintf('当 v = 0 m/s 时, q = %.2f W/m²\n', q(1));
fprintf('当 v = 2 m/s 时, q = %.2f W/m²\n', q(find(v==2)));
fprintf('当 v = 5 m/s 时, q = %.2f W/m²\n', q(end));

```

2. 得到结论



五、结论

1. 典型建筑墙体的稳态传热分析

传导：物体内部或接触物体间的热能传递；

对流：流体与固体表面的热交换；

辐射：电磁波形式的热能传递；

2. 典型建筑墙体稳态传热分析总结

主导方式：墙体内部以传导为主（多层材料串联传热），内外表面涉及对流（空气换热）和辐射（太阳辐射或室内热辐射）。

稳态条件：热流密度恒定，温度分布不随时间变化 ($\partial t / \partial T = 0$)。

3. 关键公式与应用

总热阻计算：

4. 综述

建筑墙体稳态传热分析以热传导为核心，结合内外表面的对流和辐射，通过串联热阻模型量化热流密度与温度分布。关键公式（傅里叶定律、热阻叠加）为优化墙体保温性能提供理论依据，最终目标是通过材料选择、结构设计降低传热系数，实现建筑节能。