

# 燃烧仿真.燃烧基础理论：扩散燃烧：燃烧过程的数值模拟方法

## 1 燃烧基础理论简介

### 1.1 燃烧的定义与分类

燃烧是一种化学反应过程，通常涉及燃料与氧气的快速氧化反应，产生热能和光能。在工程和科学领域，燃烧被广泛研究，因为它在能源生产、航空航天、汽车工业和环境保护等方面扮演着重要角色。燃烧可以按照不同的标准进行分类，例如：

- 根据燃烧过程的热力学性质：可以分为放热燃烧和吸热燃烧。
- 根据燃烧的传播方式：可以分为火焰燃烧和无焰燃烧。
- 根据燃烧的化学反应类型：可以分为均相燃烧和非均相燃烧。
- 根据燃烧的物理状态：可以分为固体燃烧、液体燃烧和气体燃烧。

在本教程中，我们将重点关注气体燃烧中的扩散燃烧。

### 1.2 扩散燃烧的基本概念

#### 1.2.1 扩散燃烧定义

扩散燃烧是指燃料和氧化剂在混合前是分开的，燃烧过程主要由燃料和氧化剂的扩散混合控制。这种燃烧模式常见于气体燃烧中，例如天然气燃烧器、工业燃烧炉等。

#### 1.2.2 扩散燃烧过程

扩散燃烧过程可以分为以下几个阶段：

1. **燃料和氧化剂的扩散**：燃料和氧化剂通过分子扩散或湍流扩散混合。
2. **化学反应**：当燃料和氧化剂混合到一定程度时，化学反应开始，生成燃烧产物。
3. **热量释放**：化学反应释放出大量的热能，维持燃烧过程。
4. **燃烧产物的扩散**：燃烧产物扩散到周围环境中，释放热能和光能。

#### 1.2.3 数值模拟方法

数值模拟是研究扩散燃烧过程的重要工具。它通过建立数学模型，使用数值方法求解模型方程，来预测燃烧过程中的物理和化学现象。常用的数值模拟方法包括：

- **有限差分法**：将连续的物理域离散化，用差分方程近似偏微分方程。
- **有限体积法**：基于控制体积原理，将整个计算域划分为多个控制体积，然后在每个控制体积上应用守恒定律。
- **有限元法**：将计算域划分为多个小单元，用单元内的插值函数来逼近解。

在扩散燃烧的数值模拟中，通常要求解以下方程组：

- **连续性方程**：描述质量守恒。
- **动量方程**：描述动量守恒。
- **能量方程**：描述能量守恒。
- **组分方程**：描述燃料和氧化剂的浓度变化。

### 1.2.4 示例：使用 Python 进行扩散燃烧的数值模拟

下面是一个使用 Python 和 numpy 库进行简单扩散燃烧模拟的示例。我们将模拟一维空间中燃料和氧化剂的扩散混合过程。

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# 设置参数
L = 1.0 # 空间长度
N = 100 # 空间离散点数
dx = L / (N - 1) # 空间步长
dt = 0.001 # 时间步长
D = 0.1 # 扩散系数
t_end = 1.0 # 模拟结束时间

# 初始化浓度分布
fuel = np.zeros(N)
oxidizer = np.zeros(N)
fuel[0:int(N/2)] = 1.0 # 燃料在左侧
oxidizer[int(N/2):N] = 1.0 # 氧化剂在右侧

# 定义时间步长的迭代函数
def diffusion_step(u, D, dt, dx):
    un = u.copy()
    u[1:-1] = un[1:-1] + D * dt / dx**2 * (un[2:] - 2*un[1:-1] + un[:-2])
    return u

# 进行模拟
t = 0.0
while t < t_end:
    fuel = diffusion_step(fuel, D, dt, dx)
    oxidizer = diffusion_step(oxidizer, D, dt, dx)
```

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/727145164150006160>