

强度计算.结构分析：振动分析：振动理论与应用

1 振动基础理论

1.1 振动的基本概念

振动是物体在平衡位置附近来回往复的运动。在结构分析中，振动分析是评估结构在动态载荷作用下响应的关键部分。振动可以是自由的，也可以是受迫的，其特性由频率、振幅、相位等参数描述。

1.1.1 频率

频率是振动每秒重复的次数，单位为赫兹（Hz）。例如，一个以 10Hz 频率振动的系统每秒振动 10 次。

1.1.2 振幅

振幅是振动的最大偏离量，即物体从平衡位置的最大位移。振幅的大小反映了振动能量的大小。

1.1.3 相位

相位描述了振动的时序，即振动开始的时刻相对于参考点的位置。相位差可以用来比较两个振动的同步性。

1.2 单自由度系统的振动

单自由度系统是指系统中只有一个独立的运动方向。这类系统可以通过一个线性微分方程来描述，通常形式为：

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t)$$

其中， m 是质量， c 是阻尼系数， k 是刚度， x 是位移， $\dot{x}$ 是速度， $\ddot{x}$ 是加速度， $F(t)$ 是随时间变化的外力。

1.2.1 示例：单自由度系统的自由振动

假设一个单自由度系统，质量 $m = 1kg$ ，刚度 $k = 10N/m$ ，无阻尼。系统从初始位移 $x_0 = 0.1m$ 开始自由振动。我们可以使用 Python 的 `scipy` 库来求解系统的振动方程。

```
import numpy as np
from scipy.integrate import solve_ivp
import matplotlib.pyplot as plt
```

```

# 定义振动方程
def vibration(t, y, m, k):
    x, v = y
    dxdt = v
    dvdt = -k/m * x
    return [dxdt, dvdt]

# 参数设置
m = 1.0 # 质量
k = 10.0 # 刚度
y0 = [0.1, 0.0] # 初始条件: 位移0.1m, 速度0m/s

# 时间范围
t_span = (0, 10)
t_eval = np.linspace(0, 10, 1000)

# 求解微分方程
sol = solve_ivp(vibration, t_span, y0, args=(m, k), t_eval=t_eval)

# 绘制结果
plt.plot(sol.t, sol.y[0], label='位移')
plt.xlabel('时间 (s)')
plt.ylabel('位移 (m)')
plt.legend()
plt.show()

```

此代码示例展示了如何使用 `scipy` 库的 `solve_ivp` 函数求解单自由度系统的自由振动，并绘制出位移随时间变化的曲线。

1.3 多自由度系统的振动

多自由度系统是指系统中有两个或两个以上的独立运动方向。这类系统的振动分析通常涉及矩阵方程，形式为：

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F(t)$$

其中， M 是质量矩阵， C 是阻尼矩阵， K 是刚度矩阵， X 是位移向量， $\dot{X}$ 是速度向量， $\ddot{X}$ 是加速度向量， $F(t)$ 是外力向量。

1.3.1 示例：二自由度系统的受迫振动

考虑一个二自由度系统，质量矩阵 M ，阻尼矩阵 C ，刚度矩阵 K 如下：

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} 10 & -5 \\ -5 & 10 \end{bmatrix}$$

假设系统受到一个随时间变化的外力 $F(t) = [0, \sin(2\pi t)]^T$ 。我们可以使用 `scipy` 库的 `solve_ivp` 函数来求解系统的振动方程。

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/518132104045006133>