

# 《结构动力学》课程教学大纲

## 一、课程信息

课程名称：结构动力学

Structural Dynamics

课程代码：

课程类别：专业限选课

适用专业：道路桥梁与渡河工程专业

课程学时：36学时

课程学分：2学分

修读学期：第5学期

先修课程：高等数学、线性代数、结构力学

## 二、课程目标

### （一）具体目标

本课程是土木工程土木工程、交通工程、工程力学专业必修的一门主要专业基础课。本课程的教学目的是使学生在理论力学和材料力学的基础上，进一步掌握计算杆件体系静态及动态的基本原理和方法，了解各类结构的受力性能及动力响应。掌握基本的计算技能，和处理一般结构的力学方法，为学习《有限元》及《钢筋混凝土结构设计》等后续课程以及有关的结构分析和科学研究打下基础。

通过学习，学生应掌握结构动力学的基本理论和概念，了解结构动力分析的特点和各类动力计算方法。通过本课程的学习，使学生达到以下目标。

**课程目标 1：**结构动力学的基本理论、专业术语，数学、物理模型的建立，解析和数值分析方法；【支撑毕业要求 1.2】

**课程目标 2：**结构动力学理论在实际工程中的应用。【支撑毕业要求 2.1】

### （二）课程目标与毕业要求的对应关系

表1 课程目标与毕业要求的对应关系

课程目标	支撑的毕业要求	支撑的毕业要求指标点
课程目标 1	1. 工程知识:能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。	1.2 掌握理论力学、材料力学、结构力学、道路工程材料、测量学、结构设计原理、土质学与土力学、路基路面工程、基础工程、桥梁工程、道路勘测设计等解决复杂道路桥梁与渡河工程问题所需的基础知识和应用能力。
课程目标 2	2. 问题分析:能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题,以获得有效结论。	2.1 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别与归纳复杂道路桥梁与渡河工程问题。

### 三、课程内容

#### (一) 课程内容与课程目标的关系

表2 课程内容与课程目标的关系

课程内容	教学方法	支撑的课程目标	学时安排
1 结构动力学概述	讲授法	课程目标 2	2
2 单自由度体系的振动	讲授法、专题研讨	课程目标 1、2	10
3 多自由度体系的振动	讲授法、专题研讨	课程目标 1、2	8
4 无限自由度(分布参数)体系的振动	讲授法、专题研讨	课程目标 1、2	8
5 结构动力分析的实用解法	讲授法	课程目标 1、2	8
合计			36 学时

#### (二) 具体内容

##### 1 结构动力学概述

###### 【学习目标】

1. 了解《结构动力学》课程的内容和要求;
2. 了解结构动力学的研究对象及任务;
3. 掌握动荷载类型和动力自由度的概念。

###### 【学习内容】

1. 结构动力计算的特点。
2. 动荷载类型。
3. 动力自由度与几何自由度。
4. 动力自由度的确定。

**【学习重点】**

1. 动力自由度的确定。

**【学习难点】**

1. 动力自由度的确定。

## 2 单自由度体系的振动

**【学习目标】**

1. 单自由度体系运动方程，动力特性计算及振动反应分析；
2. 非线性结构动力响应及自振频率的近似算法。

**【学习内容】**

1. 单自由度体系运动方程建立
  - (1) 建立方程方法
  - (2) 考虑重力影响
  - (3) 考虑支座移动
  - (4) 广义单自由度体系运动方程及各物理特性计算
2. 自由振动
3. 简谐振动响应
  - (1) 无阻尼体系
  - (2) 有阻尼体系
  - (3) 共振响应
  - (4) 隔振
  - (5) 阻尼算法
4. 一般周期性荷载下响应
  - (1) 荷载的 Fourier 级数展开式
  - (2) 对 Fourier 级数荷载的时域响应

(3) 对 Fourier 级数荷载的复频响应

5. 冲击荷载下的响应

(1) 正弦脉冲

(2) 矩形脉冲

(3) 三角脉冲

(4) 振动谱

(5) 分析

6. 一般动力荷载响应

(1) 无阻尼体系 Duhamel 积分及数值解

(2) 有阻尼体系 Duhamel 积分及数值解

7. 非线性结构响应

(1) 增量形式运动方程逐步积分法

(2) 步骤、例自振频率近似计算

8. 自振频率近似计算

(1) 方法原理

(2) 一般体系的近似计算

(3) 振动形状选取

(4) 改进的瑞利法

### 【学习重点】

1. 任意动荷载作用下的动力反应；
2. 杜哈梅(Duhamel)积分。

### 【学习难点】

1. 方程的求解方法；
2. 杜哈梅(Duhamel)积分。

## 3 多自由度体系的振动

### 【学习目标】

1. 多自由度体系运动方程及结构特性矩阵计算, 动力反应分析及基于正交条件的模态分析法。

## 【学习内容】

1. 运动方程建立
  - (1) 自由度选取
  - (2) 运动方程
  - (3) 常轴力效应
2. 结构特性矩阵计算
  - (1) 弹性矩阵特性
  - (2) 质量矩阵
  - (3) 阻尼特性
  - (4) 广义荷载
  - (5) 几何刚度
  - (6) 静力凝聚
3. 无阻尼自由振动
  - (1) 频率分析
  - (2) 振型分析
  - (3) 轴向力影响
  - (4) 交条件
4. 动力反应分析
  - (1) 正则坐标
  - (2) 非耦合的运动方程
  - (3) 阻尼耦合
  - (4) 振型叠加法

## 【学习重点】

1. 多自由度系统的动力学建模及响应计算方法；
2. 振型叠加法。

## 【学习难点】

1. 多自由度系统的动力学建模及响应计算方法；
2. 振型叠加法。

### 【学习目标】

1. 在无限自由度体系的动力计算中,除取时间作为独立变量外,还取位置坐标作独立变量。因此,体系的运动方程是偏微分方程。本章主要讨论等截面直杆和刚架的振动。

### 【学习内容】

1. 直杆弯曲振动方程的建立;
2. 直杆弯曲自由振动;
3. 直杆弯曲强迫振动;
4. 直杆的剪切振动、轴向振动和扭转振动;
5. 刚架的振动。

### 【学习重点】

1. 连续分布参数系统的动力学建模及分析方法。

### 【学习难点】

1. 连续分布参数系统的动力学建模及分析方法。

## 5 结构动力分析的实用解法

### 【学习目标】

1. 讨论结构自振频率的近似计算方法,包括能量法、集中质量法、迭代法等。

### 【学习内容】

1. 结构动力分析的实用解法;
2. 能量法求自振频率;
3. 集中质量法求自振频率;
4. 迭代法求自振频率和主振型。

### 【学习重点】

1. 能量法求自振频率;
2. 集中质量法求自振频率。

### 【学习难点】

1. 能量法求自振频率;
2. 集中质量法求自振频率。

## 四、教学方法

讲授法、专题研讨。

## 五、课程考核

考核方式：平时考核+期末考试。

本课程为考试课，考试由平时考核及期末考试两部分构成，平时考核由课堂考勤（ $a_1$ ）、平时作业（ $a_2$ ）、课堂讨论（ $a_3$ ）三部分构成，所占的权重分别为  $a_1=10\%$ 、 $a_2=10\%$ 、 $a_3=10\%$ 。期末考试为闭卷考试，卷面总分 100 分，占课程考核的权重  $a_4=70\%$ 。

课程总成绩（100%）=课堂考勤（ $a_1$ ）+ 平时作业（ $a_2$ ）+课堂讨论（ $a_3$ ）+期末成绩（ $a_4$ ）。

表 3 各考核环节建议值及考核细则

课程成绩构成及比例	考核方式	目标值	考核细则	对应课程目标
课堂考勤（ $a_1=10\%$ ）	随堂点名	100	教师随堂点名，每学期点名三次以上，根据学生出勤情况作为课堂考勤成绩。	课程目标 1、2
平时作业（ $a_2=10\%$ ）	课程作业	100	每次作业单独评分，取平均分作为平时作业成绩。	课程目标 2
课堂讨论（ $a_3=10\%$ ）	课堂讨论	100	以分组的形式就课程中的基础理论或主要疑难问题，在独立钻研的基础上，共同进行讨论、辩论，每次讨论单独评分，最后取平均分作为课堂讨论成绩。	课程目标 1
期末考试（ $a_4=70\%$ ）	期末考试	100	卷面成绩 100 分。题型以选择题、判断题、填空题、计算题等为主。	课程目标 1、2

## 六、课程评价

课程目标达成度评价包括课程分目标达成度评价和课程总目标达成度评价，具体计算方法如下：

$$\text{课程分目标达成度} = \frac{\text{相关评价方式加权平均得分}}{\text{相关评价方式目标加权总分}}$$

$$\text{课程总目标达成度} = \text{课程所有分目标达成度加权值之和}$$

课程目标评价内容及符号意义说明： $A_i$  为平时成绩对应课程目标  $i$  的得分， $B_i$  为

期末考试成绩对应课程目标  $i$  的得分； $OA_i$  为平时成绩对应课程目标  $i$  的目标分值， $OB_i$  为期末考试对应课程目标  $i$  的目标分值； $\gamma_i$  为课程目标  $i$  在总目标达成度中的权重值； $S$  为课程总目标的达成度， $S_i$  为课程目标  $i$  的达成度。

表 4 课程考核成绩对课程目标达成情况评价

课程目标	课程目标权重	评价方式	目标分值	实际平均分	目标达成评价值
课程目标 1	0.3	课堂考勤	$OA_{1-1}=30$	$A_{1-1}$	$S_1 = \frac{a_1 A_{1-1} + a_2 A_{1-2} + a_3 A_{1-3} + a_4 B_1}{a_1 OA_{1-1} + a_2 OA_{1-2} + a_3 OA_{1-3} + a_4 OB_1}$
		平时作业	$OA_{1-2}=30$	$A_{1-2}$	
		课堂讨论	$OA_{1-3}=30$	$A_{1-3}$	
		期末成绩	$OB_1=30$	$B_1$	
课程目标 2	0.7	课堂考勤	$OA_{2-1}=70$	$A_{2-1}$	$S_1 = \frac{a_1 A_{2-1} + a_2 A_{2-2} + a_3 A_{2-3} + a_4 B_2}{a_1 OA_{2-1} + a_2 OA_{2-2} + a_3 OA_{2-3} + a_4 OB_2}$
		平时作业	$OA_{2-2}=70$	$A_{2-2}$	
		课堂讨论	$OA_{2-3}=70$	$A_{2-3}$	
		期末成绩	$OB_2=70$	$B_2$	
课程目标 $i$ 权重和	$\sum_{i=1}^2 \gamma_i = 1.0$	课程总成绩	100	课程总目标达成度	$S = \sum_{i=1}^2 \gamma_i S_i$

注：1.目标分值为课程目标对应评价方式的满分，同一评价方式目标分值之和为 100。  
2.实际平均分为参与评价的学生在该评价方式的平均分。

## 七、课程资源

### (一) 建议选用教材

包世华. 结构动力学. 武汉理工大学出版社, 2005.

### (二) 主要参考书目

- [1]刘晶波, 杜修力. 结构动力学(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [2]于开平, 邹经湘. 结构动力学(第3版)[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2016.
- [3]刘延柱, 陈文良, 陈立群. 振动力学(第2版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [4]R. 克拉夫, J. 彭津. 结构动力学(第2版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [5]龙驭球, 包世华, 袁驷. 结构力学 II 基本教程(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版



社, 2018.

[6] 邹经湘. 结构动力学[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996.

### (三) 其它课程资源

1. 哈尔滨工业大学结构动力学慕课

[https://www.icourse163.org/course/HIT-1001768002?from=searchPage&outVendor=zw\\_mooc\\_pcscsjg](https://www.icourse163.org/course/HIT-1001768002?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcscsjg)

2. 武汉理工大学结构动力学慕课

[https://www.icourse163.org/course/WHUT-1001862006?from=searchPage&outVendor=zw\\_mooc\\_pcscsjg](https://www.icourse163.org/course/WHUT-1001862006?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcscsjg)

g

3. 福建理工大学结构动力学慕课

<https://www.icourse163.org/spoc/course/FJGCXY-1450421198>

执笔人: 付 超

参与人: 吴志强

课程负责人: 付 超

审核人(系/教研室主任): 王士革

审定人(主管教学副院长/副主任): 袁晓辉

2023 年 11 月