

# 《工程力学》教案

## 第一篇 静力学

课题：第一章 静力学基础  
§ 1-1 静力学的基本概念  
§ 1-2 静力学公理

### 一、 教学目的：

1. 理解理论力学学科的基本内容
2. 理解静力学公理、刚力和力的概念

### 二、 教学重点：静力学基本概念及静力学公理

### 三、 教学难点：对静力学公理的理解

### 四、 教学方法：利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、 教学用具：黑板、CAI 课件及其硬件支持

### 六、 教学过程：

[引言]： (约 10min, 语言表述)

简述理论力学作为一门学科，它的研究对象、内容、方法及目的，提升学生学习兴趣，从而引出第一部分静力学 的基本概念及公理。

#### ● 静力学引言部分基本概念 (约 5min, 语言表述结合黑板讲解)

平衡、力系、力系的简化、等效力系、平衡力系

讨论：(1)表述每一概念的含义

(2)指出在静力学中研究的三个问题

#### ● 刚体和力的概念表述 (约 25min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

##### 1. 刚体概念表述：

所谓刚体是只这样的物体，在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变。

讨论：(1)说明刚体是一个理想化的力学模型。

(2)刚体概念不应绝对化。

举例：对于飞机在研究其平衡和颤振问题时，应予以区分对待。

##### 2. 力的概念表述

力是物体对物体的机械作用，其作用的效果是使物体的运动状态发生改变或使物体产生变形。

理解：(1)在理论力学中只研究力的运动效应。

(2)决定力对物体作用效果的三要素。

#### ● 静力学公理 (约 45min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

##### 1. 公理内容表述：

(1)公理一 力的平行四边形规则： $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

作用于刚体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力的作用点仍在该点，合力的力矢则由这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线确定，即合力矢等于两分

力矢的矢量和。

(2) 公理二 二力平衡条件:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

作用于同一刚体上的二力使刚体处于平衡的充要条件是: 这二力的大小相等、方向相反、作用线相同, 简称等值、反向、共线。

(3) 公理三 加减平衡力系原理

在已知力系作用的某一刚体上, 加上或减去任何一个平衡力系, 都不改变原力系对该刚体的作用效果。

(4) 公理四 作用和反作用定律

两物体间相互作用的力总是等值、反向、共线且分别作用在这两个物体上。

(5) 公理五 刚化原理

变形体在某一力系的作用处于平衡状态, 若在该位置将变形体刚化为刚体, 则其平衡状态保持不变。

2. 静力学公理的两个重要推论:

(1) 力在刚体上的可传性:

作用于某一刚体上的力, 可以沿其作用线将其作用点任意滑移到该刚体上任意一点, 并不改变此力对该刚体的作用效果。

(2) 三力平衡必共面汇交定理:

作用于同一刚体上的三个相互平衡的力, 当其中的两个力的作用线相交于一点, 则第三个力的作用线必与该两个力的作用线共面, 且通过此相交点。

3. 公理、推论的证明

4. 公理、推论的意义

## 七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

课题: § 1-3 约束和约束力  
§ 1-4 受力分析和受力图

### 一、教学目的:

1. 掌握约束和约束反力
2. 探究物体的受力分析和受力图

### 二、教学重点:

1. 划分约束类型及确定约束反力方向
2. 物体的受力分析和受力图

### 三、教学难点: 约束与约束反力

### 四、教学方法: 利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、教学用具: 黑板、CAI 课件及其硬件支持

### 六、教学过程:

[引言]:

(约 5min, 语言表述)

回顾上节课内容, 提出物体受到限制时所受的力, 从而引出约束和约束反力。

#### ● 基本概念

(约 5min, 语言表述)

自由体、非自由体、约束、约束反力(反力)

#### ● 简单约束类型和约束反力分析

(约 30min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 约束类型归类：  
光滑面类约束、柔软类约束、光滑铰链约束、其他约束
2. 约束反力分析：  
分析步骤：(1)首先分析约束是何种类型  
(2)然后确定作用点位置  
(3)判定约束反力方向

● **物体的受力和受力图** (约 45min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 基本概念：  
主动力、被动力、取分离体
2. 物体受力和受力图绘制：  
(1)明确研究对象，取分离体。根据求解需要，可以取某个物体或某些物体所组成的系统为研究对象，将其从周围物体中分离出来，并单独画其简图。  
(2)在分离体上画出全部主动力。  
(3)分析分离体在几个地方与其它物体接触，按各接触处的约束特点画出全部约束反力。
3. 引例：例举本节例题，画整体或部分构件受力图
4. 课堂练习：  
作课后部分习题，同时请同学上台在黑板上作，课堂讲解。

七、 **课程小结** (约 5min, 语言表述)

八、 **布置作业：**

课后有关物体的受力和受力图的应用习题两道。

课题：第二章 汇交力系  
§2-1 汇交力系合成的几何法  
§2-2 汇交力系合成的解析法  
§2-3 汇交力系的平衡条件

一、 **教学目的：**

1. 理解平面汇交力系合成与平衡的几何法
2. 掌握平面汇交力系合成与平衡的解析法
3. 汇交力系的平衡条件

二、 **教学重点：**平面汇交力系合成与平衡的解析法

三、 **教学难点：**

1. 平面汇交力系合成的解析法
2. 平面汇交力系的平衡方程

四、 **教学方法：**利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、 **教学用具：**黑板、CAI 课件及其硬件支持

六、 **教学过程：**

[引言]： (约 5min, 语言表述)

回顾上节课内容，由力系的两种简单形式引出平面汇交力系，并分析它的合成与平衡问题

● **平面汇交力系合成的几何法** (约 30min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 基本概念:

平面汇交力系、力多边形

2. 力多边形规则:

合力的力矢由力多边形的封闭边决定, 其指向由力多边形的起点指向终点, 即:

$$\vec{F}_R = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

3. 平面汇交力系平衡的几何条件:

(1) 汇交力系平衡的充要条件是该力系的合力为零:  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$

(2) 汇交力系平衡的几何条件是力多边形自行封闭。

4. 几何法求解平面汇交力系平衡问题:

解题步骤: (1) 选取研究对象。

(2) 分析受力, 画受力图。

(3) 作力多边形或力三角形。

(4) 求出未知量。

● 平面汇交力系合成与平衡的解析法 (约 50min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 正交坐标轴系的投影:

力在某轴的投影, 等于力的模乘以力与投影轴正向间夹角的余弦。

$$X = F \cos \alpha, Y = F \cos \beta = F \sin \alpha$$

2. 力的解析表达式: 由力的解析表达式可求力的大小和方向余弦。

3. 平面汇交力系合成的解析法:

(1) 汇交力系的合力解析表达式:  $\vec{F}_R = F_{Rx} \vec{i} + F_{Ry} \vec{j}$

(2) 合力矢的大小和方向余弦:

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$$
$$\cos(\vec{F}_R, \vec{i}) = \frac{F_{Rx}}{F_R}, \cos(\vec{F}_R, \vec{j}) = \frac{F_{Ry}}{F_R}$$

(3) 平面汇交力系平衡的充要条件:

各力在两个坐标轴上投影的代数和分别等于零——平面汇交力系的平衡方程。

$$\sum_{i=1}^n X_i = 0, \sum_{i=1}^n Y_i = 0$$

4. 举例 2-2、例 2-3 说明平面汇交力系平衡方程的实际应用。

七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

八、布置作业

课后平面汇交力系合成与平衡的解析法习题两道。

课题：第三章 力偶理论  
§3-1 力对点之矩 汇交力系的合力矩定理  
§3-2 力偶及其性质  
§3-3 力偶系的合成与平衡

一、 教学目的：

1. 掌握平面力对点之矩的概念及计算
2. 理解平面力偶性质

二、 教学重点：平面力对点之矩的概念及计算、平面力偶系的合成和平衡条件

三、 教学难点：平面力偶系的合成和平衡条件

四、 教学方法：利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、 教学用具：黑板、CAI 课件及其硬件支持

六、 教学过程：

[引言]： (约 5min, 语言表述)

回顾上节课内容，由力对刚体的作用效应，引出度量转动效应的物理量——力矩。

● 力对点之矩 汇交力系的合力矩定理 (约 20min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 力矩定义表述：

力对点之矩是一个代数量，它的绝对值等于力的大小  $F$  与力臂  $h$  的乘积，它的正负可按下法确定：力使物体绕矩心逆时针转动时为正，反之为负。

$$M_O(\vec{F}) = \pm Fh$$

2. 合力矩定理：

(1) 内容表述：

平面汇交力系的合力对于平面内任一点之矩等于所有各分力对于该点之矩的代数和。

$$M_O(\vec{F}_R) = \sum_{i=1}^n M_O(\vec{F}_i)$$

(2) 定理证明：

(3) 平面力偶系平衡的充要条件：

平面力偶系平衡的充要条件为该力偶系中各力偶矩的代数和为零，即

$$\sum_{i=1}^n M_O(\vec{F}_i) = 0$$

讨论：可用力矩方程代替投影方程求解平面汇交力系的平衡问题。

3. 力矩与合力矩的解析表达式：

4. 引例：举课件例题说明合力矩定理的应用。

● 力偶及其性质 (约 30min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 力偶与力偶矩

(1) 概念表述：力偶、力偶臂、力偶作用面、力偶矩

(2) 决定力偶作用效应的两因素：力偶矩大小；力偶在作用面内的转向。

2. 力偶的性质：

(1) 四大性质内容

(2) 力偶的等效条件

当作用于刚体上的两个力偶的力偶矩相等时，该两力偶等效。

● 力偶系的合成与平衡 (约 30min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 平面力偶系的合成:

在同平面内的任意个力偶可合成为一个合力偶, 合力偶矩等于各个力偶矩的代数和。

$$M = \sum_{i=1}^n M_i$$

2. 平面力偶系的平衡条件:

力偶系平衡的充要条件是该力偶系的合力偶矩等于零, 即力偶系中各力偶矩的代数和等于零, 以式表示为:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

3. 引例: 举例 3-3, 及课件其它例题说明平面力偶系平衡条件的应用。

七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

八、布置作业

课后平面力对点之矩及平面力偶相关习题各一道。

课题: 第四章 平面一般力系

§4-1 力的平移定理

§4-2 平面一般力系向作用面内一点简化

§4-3 简化结果分析

一、教学目的:

1. 理解平面任意力系向作用面内一点简化
2. 理解平面任意力系简化结果分析

二、教学重点:

1. 力的平移定理、平面任意力系向作用面内一点简化
2. 平面任意力系简化结果分析

三、教学难点: 不同情形时平面任意力系简化结果分析

四、教学方法: 利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具: 黑板、CAI 课件及其硬件支持

六、教学过程:

[引言]:

(约 5min, 语言表述)

回顾上章内容, 由工程中的实际问题, 从平面特殊力系引出平面任意力系问题。

● 平面任意力系向作用面内一点简化

(约 40min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 力的平移定理:

- (1) 定理表述: 可以把作用在刚体上点 A 的力行移到任一点 B, 但同时必须附加一个力偶。这个力偶的矩等于原来的力对新作用点 B 的矩。
- (2) 定理证明

2. 平面任意力系向作用面内一点简化, 主矢和主矩:

(1) 内容表述:

平面任意力系向任一点  $O$  (称为简化中心) 简化后, 一般可得一个力和一个力偶。

其中这个力等于该力系的主矢  $\vec{F}_R'$ ，作用线过简化中心  $O$ ，这个力偶的力偶矩等于该力系对简化中心的主矩  $M_O$ 。

$$\vec{F}_R' = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, M_O = \sum_{i=1}^n M_O(\vec{F}_i)$$

(2)应用：利用力系向一点简化的方法，分析固定端支座的约束反力。

● **平面任意力系简化结果分析** (约 40min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 分析出现的四种情形：

(1) 简化为一力偶： $\vec{F}_R' = 0, M_O \neq 0$

(2) 简化为一合力： $\vec{F}_R' \neq 0, M_O = 0$

(3) 简化为一合力： $\vec{F}_R' \neq 0, M_O \neq 0$

此时，合力矢等于主矢，作用线离简化中心距离  $d = \frac{M_O}{F_R'}$

(4) 简化为平衡力系： $\vec{F}_R' = 0, M_O = 0$

2. 引例：举例说明平面任意力系简化结果分析的应用。

**七、课程小结** (约 5min, 语言表述)

课题：§4-4 平面一般力系的平衡条件及平衡方程

**一、教学目的：**

1. 掌握平面一般力系的平衡条件和平衡方程
2. 理解平面平行力系的平衡方程

**二、教学重点：**平面一般力系的平衡条件和平衡方程

**三、教学难点：**平面一般力系的平衡方程的几种形式

**四、教学方法：**利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

**五、教学用具：**黑板、CAI 课件及其硬件支持

**六、教学过程：**

[引言]： (约 5min, 语言表述)

回顾上节内容，由平面一般力系简化结果分析中的一重要情形入手，引出平面一般力系平衡的平衡条件。

● **平面一般力系平衡条件及平衡方程** (约 35min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

1. 平面一般力系平衡的充要条件：

力系的主矢和对任一点的主矩都等于零。

2. 平面一般力系平衡的解析条件（平衡方程）：

$$\sum_{i=1}^n X_i = 0, \sum_{i=1}^n Y_i = 0, \sum_{i=1}^n M_O(\vec{F}_i) = 0$$

- 举例：引例 3-2、3-3 说明一般力系平衡方程的应用
- 平面一般力系平衡方程的其他形式：

$$(1) \text{ 两矩式: } \sum_{i=1}^n X_i = 0, \sum_{i=1}^n M_A(\vec{F}_i) = 0, \sum_{i=1}^n M_B(\vec{F}_i) = 0$$

条件：x 轴不能垂直 A、B 两点的连线。

$$(2) \text{ 三矩式: } \sum_{i=1}^n M_A(\vec{F}_i) = 0, \sum_{i=1}^n M_B(\vec{F}_i) = 0, \sum_{i=1}^n M_C(\vec{F}_i) = 0$$

讨论：应用条件为 A、B、C 三点的不能共线。。

- **平面平行力系的平衡方程** (约 45min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

$$(1) \text{ 一矩式: } \sum_{i=1}^n Y_i = 0, \sum_{i=1}^n M_O(\vec{F}_i) = 0$$

$$(2) \text{ 二矩式: } \sum_{i=1}^n M_A(\vec{F}_i) = 0, \sum_{i=1}^n M_B(\vec{F}_i) = 0$$

讨论：应用条件为 A、B 两点的连线不得与各力平行。

- (3) 引例：举例说明平行力系平衡方程的应用。

## 七、课程小结 (约 5min, 语言表述)

## 八、布置作业

课后平面一般力系平衡问题的习题两道。

## 课题：§4-5 物体系统的平衡

### 一、教学目的：

探究物体系统的静定和超静定问题

### 二、教学重点：物体系统的静定和超静定问题

### 三、教学难点：物体系统平衡问题的求解

### 四、教学方法：利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、教学用具：黑板、CAI 课件及其硬件支持

### 六、教学过程：

[引言]： (约 5min, 语言表述)

回顾上节内容，由物体系统平衡时平衡方程的求解，提出物体系统方程的独立方程数目与系统中未知量数目间关系的问题，从而引出静定与超静定问题。

- **物体系统的静定和超静定问题** (约 35min, CAI 课件演示结合黑板讲解)

#### 1. 概念表述：

独立方程数 > 未知力数目—为静定

独立方程数 = 未知力数目—为静不定

举例：举出不同情形实例，学习区分静定和超静定问题。

#### 2. 解物系问题的方法：物系平衡时，物系中每个构件都平衡，常用方法一般为先整体，

再局部，再单体。

具体解题步骤: (1)选研究对象

(2)画受力图(受力分析)

(3)选坐标、取矩点、列平衡方程

(4)解方程求出未知数

举例:说明物体系平衡问题的解题步骤及技巧。

## 七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

## 八、布置作业

课后物体系平衡问题计算两道。

# 第二篇 材料力学

课题:第六章 轴向拉伸与压缩

§6.1 轴向拉伸与压缩的概念

§6.2 轴向拉伸与压缩杆件的内力

§6.3 轴向拉伸杆截面上的应力

## 一、教学目的:

1. 掌握轴向拉压的概念
2. 掌握轴向拉压的内力计算,并用轴力图表示内力
3. 掌握轴向拉压时横截面及斜截面上的应力计算

二、**教学重点:**截面法求内力、应力的求解、轴力图的画法

三、**教学难点:**正应力的推导过程

四、**教学方法:**课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具:**黑板、投影仪

## 六、教学过程

- 轴向拉压概念及实例 (约 10min, 语言表述)
  - (1) 产生拉压变形原因
  - (2) 拉压变形特点
  - (3) 实例:千斤顶活塞杆、桁架、起重机的钢索等
- 轴向拉压横截面上的内力 (约 20min, 语言及黑板讲解)

用截面法求横截面上的内力,以拉伸时的内力为正,压缩时的内力为负,在求解时利用设正法,讲解一道例题(书中 93 页例 6-1),主要讲解分析过程和注意事项。
- 轴力图的绘制 (约 15min, 语言及黑板讲解)
  - (1) 绘制过程
  - (2) 分析轴力图特点
  - (3) 例题(书中 93 页例 6-1)
- 轴向拉压时横截面上的应力 (约 25min, 课件、语言及黑板讲解)
  - (1) 内力的分布规律,得到平面假设
  - (2) 推导拉压杆横截面正应力公式
  - (3) 例题(书中 96 页例 6-3)

- 轴向拉压时斜截面上的应力 (约 15min, 课件、语言及黑板讲解)  
讲解分析过程, 分析最大正应力和最大剪应力, 讲解一道课后习题。

七、课程小结 (约 5min, 语言表述)

八、作业

轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力题一道;  
轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力题一道

课题: §6.4 轴向拉压时的变形 胡克定律  
§6.5 拉伸和压缩时材料的力学性能

一、教学目的:

1. 掌握拉压的变形计算
2. 掌握材料拉伸和压缩时的力学性能

二、教学重点:

材料拉压时的变形计算公式, 胡克定律、泊松比, 应力应变曲线、材料的强度和塑性指标。

三、教学难点: 强度和塑性指标

四、教学方法: 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具: 黑板、投影仪

六、教学过程

- 轴向拉压的变形 (约 10min, 语言及黑板讲解)

- (1) 纵向变形
- (2) 横向应变

- 胡克定律 (约 10min, 语言及黑板讲解)

在比例极限范围内  $\sigma = E\varepsilon$  或  $\Delta l = \frac{Pl}{EA}$

例题 6-5: 讲解节点位移计算问题

- 泊松比 (约 5min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

表达横向变形和纵向变形之间的关系:  $\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$

- 材料力学性能的概念 (约 5min, 语言表述)

指材料受力后表现出来的破坏、变形等方面的特征

- 研究材料力学性能的方法和过程 (约 15min, 语言及黑板讲解)

用实验的方法进行研究。

实验过程: (1) 准备阶段

(2) 加载

(3) 记录数据

(4) 数据整理

(5) 结果分析

- 低碳钢拉伸实验结果分析 (约 20min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

从  $\sigma - \varepsilon$  曲线分析: 分成四个阶段 (弹性阶段、屈服阶段、强化阶段、局部变形阶段), 得到四个极限应力, 两个强度指标 (屈服强度、抗拉强度) 一个塑性指标

- 
- (塑性应变)
  - 卸载定律和冷作硬化 (约 5min, 课件、语言表述及黑板讲解)
    - (1) 卸载定律
    - (2) 冷作硬化
  - 铸铁拉伸时的力学性能 (约 10min, 课件、语言表述及黑板讲解)
    - 分析  $\sigma - \varepsilon$  曲线特征, 得到一个强度指标
  - 低碳钢和铸铁压缩时的力学性能 (约 15min, 课件、语言表述及黑板讲解)
- 七、课程小结 (约 5min, 语言表述)
- 八、作业
- 轴向拉伸或压缩时的变形计算一道。

课题: §6.6 轴向拉伸与压缩时的强度计算  
§6.9 剪切和挤压的实用计算

一、教学目的:

1. 掌握拉压杆的强度计算
2. 掌握剪切和挤压的实用计算

二、教学重点: 拉压杆的强度计算, 剪切面、挤压面判断

三、教学难点: 拉压杆的强度计算

四、教学方法: 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具: 黑板、投影仪

六、教学过程

- 失效、安全系数、许用应力和强度计算 (约 15min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 安全系数和许用应力
  - (2) 拉压杆的强度计算
  - (3) 例题 (例题 6.6, 例题 6.7, 课件例题)
- 剪切变形 (约 10min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 剪切变形的特点及引起剪切变形的原因
  - (2) 判断受剪面、计算剪力及剪应力
  - (3) 进行剪应力强度计算
- 挤压的实用计算 (约 5min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 挤压的概念及挤压面的判断
  - (2) 挤压面积、挤压力的计算
  - (1) 挤压应力强度计算
- 连接件的强度计算 (约 10min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 连接件实例
  - (2) 连接件破坏形式
  - (3) 连接件强度计算 (包括剪切、挤压、拉压强度): 通过课件上例题讲解

七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

八、作业

强度计算题两道; 剪切挤压计算一道。

课题：第七章 扭转

§7.1 扭转的概念

§7.2 外力偶矩的计算 扭矩和扭矩图

§7.3 薄壁圆筒的扭转 切应力互等定理 剪切胡克定律

一、教学目的：

1. 能够根据轴的传递功率和转速计算外力偶矩
2. 熟练掌握扭矩的计算和扭矩图的绘制方法
3. 理解剪应力与剪应变之间的关系

二、教学重点：扭矩的计算和扭矩图的绘制、纯剪切

三、教学难点：扭矩的正负号

四、教学方法：课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具：黑板、投影仪

六、教学过程

- 外力偶矩 (约 10min, 课件、语言表述及黑板讲解)

$$m = 9549 \frac{N}{n}, \quad m = 7024 \frac{N}{n}, \text{利用这两个式子求解时注意每个量的单位。}$$

- 扭矩 (约 35min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

- (1) 扭矩的概念  
杆件受扭转变形时的内力
- (2) 扭矩的计算  
用截面法, 扭矩用正的扭矩表示, 列平衡方程求解
- (3) 例题 3.1 (说明扭矩的计算)
- (4) 扭矩图的绘制  
分段进行, 控制面即外力偶作用的截面
- (5) 例题 3.1 (说明扭矩图的绘制)

- 薄壁圆筒扭转时的变形 (约 10min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

- (1) 对薄壁圆筒进行扭转实验
- (2) 观察变形特点, 说明截面上的应力分布情况

- 剪应力 (约 15min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

- (1) 求剪应力
- (2) 分析剪应力特点 (剪应力互等原理)

- 剪应变 (约 10min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

- (1) 纯剪切概念
- (2) 剪应变公式

- 剪切胡克定律 (约 5min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

表达剪应力和剪应变之间的关系:  $\tau = G\gamma$

- 剪切变形能 (约 5min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

外力使物体发生剪切变形而储存的能量

七、作业

扭矩的计算和扭矩图绘制两题。

课题：§7.4 圆轴扭转时的应力和变形  
§7.5 圆轴扭转时的强度和刚度计算

一、教学目的：

1. 理解圆轴扭转时剪应力和扭角公式的推导过程
2. 明确平面假设的意义和作用
3. 熟练掌握受扭圆轴强度和刚度计算

二、教学重点：受扭圆轴强度和刚度计算

三、教学难点：刚度的涵义

四、教学方法：课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具：黑板、投影仪

六、教学过程

- 圆轴扭转应力 (约 25min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 平面假设
  - (2) 横截面上剪应力公式的推导  
从三方面来推导：
    - a. 变形几何关系
    - b. 物理关系
    - c. 静力关系
  - (3) 剪应力公式适用条件
    - a. 等截面圆直杆（微变截面杆）
    - b. 剪应力在比例极限范围内
    - c. 也适用于空心圆杆
- 强度计算 (约 25min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
建立强度条件, 进行三种强度计算（强度校核、截面选择、容许扭矩），讲解例题
- 圆轴扭转时的变形 (约 25min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 等截面圆直杆扭角变形公式
  - (2) 各段扭矩不同的圆轴扭角变形公式
  - (3) 截面微变的锥形轴
  - (4) 外力偶矩微均布时
- 刚度要求及刚度计算 (约 15min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

$$\varphi_{\max} = \frac{T_{\max}}{GI_p} \times \frac{180}{\pi} \leq [\varphi] \frac{\circ}{m}, \text{ 讲解例题一个}$$

七、作业

圆轴扭转时的应力和刚度计算两题。

课题：第八章 弯曲内力

§8.1 对称弯曲的概念 梁的计算简图

§8.2 剪力和弯矩

§8.3 剪力方程和弯矩方程 剪力图和弯矩图

一、教学目的：

1. 明确平面弯曲的概念，理解将实际受弯构件简化微力学模型的过程
2. 明确弯曲内力的符号
3. 熟练掌握建立剪力、弯矩方程和绘制剪力、弯矩图的方法

二、**教学重点**：绘制剪力和弯矩图

三、**教学难点**：平面弯曲的概念

四、**教学方法**：课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具**：黑板、投影仪

六、**教学过程**：

- 弯曲概念、工程实例、平面弯曲 (约 15min, 课件、语言表述及黑板讲解)
  - (1) 弯曲概念
  - (2) 工程实例：起重机大梁、火车轮轴等
  - (3) 平面弯曲的概念
- 受弯杆件的简化 (约 10min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 杆件的简化：用杆轴线来代替工程中的杆件
  - (2) 支座的简化：a: 铰支座 b: 固定端约束
  - (3) 载荷的简化：a: 集中力 b: 分布力
- 剪力和弯矩 (约 20min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

弯曲变形的内力包括剪力 ( $F_s$ ) 和弯矩 ( $M$ )，可以用截面法求解，画受力图时，将剪力和弯矩用正的方向表示。其中，截面的左段对右段向上相对错动的剪力为正，反之为负；在截面处弯曲变形上凹下凸时弯矩为正，反之为负。
- 剪力方程和弯矩方程 (约 15min, 语言表述及黑板讲解)

将  $F_s$  和  $M$  表示为横截面位置的函数称为剪力方程和弯矩方程。
- 剪力图和弯矩图的绘制 (约 30min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

将  $F_s$  和  $M$  用图形的方式沿轴线表示出来，这样的图称为剪力图和弯矩图  
以例题讲解说明（三个例题）

七、**作业**

剪力方程和弯矩方程及其剪力图和弯矩图两题。

课题：§8.4 剪力、弯矩与分布载荷集度之间的关系

一、**教学目的**：

1. 掌握载荷集度、剪力和弯矩间关系式的推导
2. 熟练掌握利用载荷集度、剪力和弯矩间关系绘制剪力图和弯矩图

二、**教学重点**：利用  $q(x)$ 、 $F_s(x)$  和  $M(x)$  之间的关系绘制内力图

三、**教学难点**： $q(x)$ 、 $F_s(x)$  和  $M(x)$  之间的关系的理解

四、**教学方法**：课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具**：黑板、投影仪

六、**教学过程**：

- 平面刚架内力的计算和内力图的绘制 (约 15min, 语言表述及黑板讲解)

同样用截面法计算平面刚架的内力，其中，轴力以拉伸时为正，剪力以使研究对象顺时针转为正，弯矩不设正负号。绘制剪力图和轴力图同前面讲过的方法，

---

绘制弯矩图时，将弯矩绘制在受弯侧。讲解一道例题

- $q(x)$ 、 $F_S(x)$  和  $M(x)$  之间的关系推导 (约 15min, 语言表述及黑板讲解)

$$\frac{dF_S(x)}{dx} = q(x), \quad \frac{dM(x)}{dx} = F_S(x), \quad \frac{d^2M(x)}{dx^2} = q(x)$$

- 利用  $q(x)$ 、 $F_S(x)$  和  $M(x)$  之间的关系绘制剪力和弯矩 (约 55min, 语言表述及黑板讲解)

主要讲解由  $q(x)$ 、 $F_S(x)$  和  $M(x)$  之间的关系得到的剪力和弯矩图的几何特征。讲解三道例题加以说明。

- 课程小结: (约 5min, 语言表述)

## 七、作业

利用三者的关系直接绘内力图两题。

课题：附录 A 平面图形的几何性质

§ A-1 静矩和形心

§ A-2 惯性矩、惯性积和惯性半径

### 一、教学目的:

1. 掌握平面几何图形的静矩和形心的计算方法
2. 掌握平面几何图形惯性矩和惯性半径的计算方法
3. 掌握平面几何图形惯性积的计算

### 二、教学重点:

1. 各种基本几何图形的静矩和形心的计算
2. 各种基本几何图形的惯性矩和惯性半径的计算
3. 平面几何图形惯性积的计算

### 三、教学难点:

1. 组合平面图形的静矩和形心的计算
2. 组合平面图形的惯性矩和惯性半径的计算
3. 平面几何图形惯性积的计算

### 四、教学方法:

利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、教学用具:

黑板、CAI 课件及其硬件支持

### 六、教学过程:

**【引言】** (约 5min, 语言表述结合 CAI 课件演示)

简单说明平面图形的几何性质以及其在工程计算中的重要地位，进而介绍平面几何图形的静矩、形心、惯性矩和惯性半径以及惯性积的计算方法。

● **形心的计算** (约 5min, CAI 课件演示穿插黑板讲解)

结合 CAI 课件中的例 1，讲解组合图形的形心的求法。

● **静矩的计算** (约 5min, 黑板讲解)

板书，讲解用积分法求平面图形的静矩

● **静矩和形心的关系以及两者之间的互求** (约 5min, 语言表述)

● **惯性矩及惯性半径的计算** (约 10min, 黑板讲解)

板书，借助例题讲解平面图形惯性矩的计算方法及惯性矩与惯性半径的关系

● 惯性积的计算 (约 10min, 黑板讲解)

特别强调如何快速判断所给的平面几何图形的惯性积为零。

七、课程小结 (约 5min, 语言表述)

课题：第九章 弯曲应力

§9.1 梁横截面上的正应力

§9.2 弯曲正应力的强度条件及其应力

一、教学目的：

1. 掌握纯弯曲的概念和变形规律
2. 掌握由纯弯曲变形规律提出的弯曲变形假设
3. 掌握纯弯曲正应力公式的推导过程和应用
4. 掌握横力弯曲正应力公式和适用条件
5. 掌握梁的正应力强度计算

二、教学重点：正应力公式的推导和正应力强度计算

三、教学难点：中性层和中性轴的概念以及中性轴的确定

四、教学方法：课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具：黑板、投影仪

六、教学过程：

- 弯曲应力涵义 (约 5min, 语言表述及黑板讲解)  
包括与剪力相关的剪应力和与弯矩相关的正应力
- 纯弯曲的概念 (约 5min, 语言表述及黑板讲解)  
梁截面上只有弯矩没有剪力称为纯弯曲 (举例说明)
- 纯弯曲变形规律的研究 (约 15min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
通过做纯弯曲实验, 研究纯弯曲变形规律, 分析变形规律, 得到弯曲变形假设: a: 平面假设; b: 纵向纤维无正应力。
- 正应力公式推导 (约 20min, 语言表述及黑板讲解)  
从三个方面进行推导:

a: 变形几何关系:  $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$

b: 物理关系:  $\sigma = E\varepsilon$

c: 静力平衡关系:  $S_z = 0$ , 说明中性轴过形心。

$$\sigma = \frac{My}{I_z} \text{ (纯弯曲正应力公式)}$$

- 横力弯曲正应力公式 (约 15min, 语言表述及黑板讲解)  
纯弯曲正应力公式同样适用于横力弯曲正应力的求解, 只要梁长比梁高大于 5 即可。
- 梁的正应力强度计算 (约 30min, 语言表述及黑板讲解)  
包括强度校核、截面设计和许可载荷设计三个方面。讲解三个例题说明。

## 七、作业：

弯曲正应力计算习题两题。

课题： §9.3 弯曲切应力  
§9.5 提高梁弯曲强度的一些措施

### 一、教学目的：

1. 了解矩形截面梁弯曲剪应力公式的推导及计算
2. 了解工梁弯曲切应力的计算
3. 了掌握提高弯曲强度的措施

二、**教学重点：**切应力公式的强度计算，矩形截面梁切应力分布规律 提高弯曲强度的措施

三、**教学难点：**矩形截面梁切应力分布规律

四、**教学方法：**课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具：**黑板、投影仪

### 六、教学过程：

- 矩形截面梁切应力公式的推导 (约 30min, 语言表述及黑板讲解)
  - (1) 两个假设  
切应力公式：最大切应力： $\tau_{\max} = \frac{3F_s}{2A}$
- 工梁剪应力公式 (约 10min, 语言表述及黑板讲解)

可以用矩形截面梁切应力公式，切应力几乎全部分布在腹板上。
- 梁的切应力强度计算 (约 20min, 语言表述及黑板讲解)

一般都是根据正应力强度进行设计，再按照剪应力进行强度校核，切应力强度校核只是再几种特殊情况下需要。讲解一道例题说明。
- 提高弯曲强度的措施 (约 30min, 语言表述及黑板讲解)

从两个方面来提高：降低最大弯矩、提高抗弯截面系数。

  - (1) 合理安排梁的受力情况，以降低最大弯矩  
a: 合理布置梁的支座      b: 合理布置载荷
  - (2) 采用合理截面形式，以增大抗弯截面系数  
a: 尽可能增大截面高度，并使大部分的面积布置在距中性轴较远处  
b: 考虑加工和应用的方便  
c: 考虑材料的特性，布置时尽量抗压、抗拉同时达到容许应力
  - (3) 采用变截面梁      根据弯矩的变化布置截面形状

## 七、作业

弯曲强度计算一题。

课题： 第十章 弯曲变形与简单超静定梁  
§10.1 梁的变形与位移  
§10.2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分

### 一、教学目的：

1. 了解工程中常见的弯曲变形问题
2. 掌握挠曲线近似微分方程的推导
3. 掌握用积分法求弯曲变形

二、**教学重点：**弯曲变形的求解

三、**教学难点：**利用边界条件，确定积分常数

四、**教学方法：**课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具：**黑板、投影仪

六、**教学过程：**

- 工程中的弯曲变形问题 (约 10min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
 工程中通常在强度要求下, 变形也不能过大。弯曲变形问题的研究为了对梁进行刚度校核, 以及求解一些静不定问题。  
 梁的弯曲变形包括绕度和转角。

- 挠曲线微分方程 (约 20min, 语言表述及黑板讲解)

$$\frac{d^2\omega}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI}$$

- 用积分法求弯曲变形 (约 40min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 分段写微分方程
  - (2) 积分
  - (3) 找边界条件, 计算积分常数
  - (4) 积分常数代入, 得到弯曲变形公式
  - (5) 讲解三道例题

- 梁的弯曲刚度计算 (约 20min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

$$\text{刚度条件: } \begin{cases} |f|_{\max} \leq [f] \\ |\theta|_{\max} \leq [\theta] \end{cases}$$

七、**作业**

用积分法求弯曲变形两题。

课题： §10.3 用叠加法求梁的转角和挠度  
 §10.4 梁的刚度校核 提高梁刚度的一些措施

一、**教学目的：**

1. 掌握用叠加法求弯曲变形
2. 了解提高弯曲刚度的一些措施

二、**教学重点：**用叠加法求弯曲变形

三、**教学难点：**将梁分解成可以查表的简单梁

四、**教学方法：**课件演示及黑板讲解穿插教学

五、**教学用具：**黑板、投影仪

六、**教学过程：**

- 叠加原理 (约 15min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
 分别求出每一载荷单独引起的挠度或转角, 再把所得的变形叠加即为这些载荷共同作用时的变形。
- 用叠加法求弯曲变形 (约 50min, 语言表述及黑板讲解)

- (1) 将梁分解成表中可以查的简单梁
- (2) 查表求各部分挠度
- (3) 进行叠加
- (4) 讲解三道例题说明求解过程
- 提高梁的弯曲刚度 (约 25min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 增大梁的抗弯刚度
  - (2) 调整跨度

## 七、作业

用叠法求弯曲变形一道

课题： 第十一章 应力状态和强度理论  
 §11.1 应力状态概述  
 §11.2 平面应力状态的应力分析

### 一、教学目的：

1. 了解应力状态的几个基本概念
2. 了解二向和三向应力状态的实例分析
3. 掌握用解析法分析二向平面应力状态

### 二、教学重点：二向应力状态分析的解析法

### 三、教学难点：一点的应力状态的概念和单元体的概念

### 四、教学方法：课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、教学用具：黑板、投影仪

### 六、教学过程：

- 几个基本概念 (约 15min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 一点的应力状态  
过一点的各个不同截面上的应力情况
  - (2) 单元体  
围绕一点取出的微小六面体
  - (3) 主平面  
没有剪应力作用的平面
  - (4) 应力状态分类
    - a: 单向应力状态
    - b: 二向应力状态
    - c: 三向应力状态
- 二向和三向应力状态实例 (约 25min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 二向应力状态实例  
封闭的薄壁圆筒, 受内压的作用
  - (2) 三向应力状态实例  
滚珠轴承中, 滚珠和外围接触点的应力
- 用解析法分析二向应力状态 (约 50min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)
  - (1) 分析过程
    - a: 取分析对象
    - b: 对研究对象进行受力分析
    - c: 写平衡方程求解

$$d: \sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha$$

$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha$$

- (2) 用解析法分析主应力和主平面
- (3) 用解析法分析最大剪应力和最大剪应力所在的平面
- (4) 讲解两道例题说明

## 七、作业

应力分析题一道；解析法一道。

课题： §11.4 广义胡克定律  
 §11.5 强度理论的概念  
 §11.6 常用的四个强度理论

### 一、教学目的：

1. 掌握广义胡克定律的推导过程和应用
2. 掌握强度理论的研究方法
3. 掌握四种常用强度理论及其应用

### 二、教学重点：

广义胡克定律 四种常用强度理论

### 三、教学难点：

复杂应力状态下强度理论研究和单向应力状态的区别

### 四、教学方法：

课件演示及黑板讲解穿插教学

### 五、教学用具：

黑板、投影仪

### 六、教学过程：

- 广义胡克定律的推导 (约 10min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
 基于单向拉伸、压缩时的胡克定律, 分析变形特点, 用叠加原理进行推导。

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)]$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}, \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}$$

- 利用广义胡克定律求解主应变 (约 5min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
 当剪应力为零时, 只有主应力作用。代入主应力得到主应变。
- 强度理论概述 (约 20min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)  
 在复杂应力状态下, 不再可以单纯的根据实验确定强度条件, 而是通过观察、实验、理论分析和总结前人的经验, 提出一些假说, 从而建立强度条件。  
 具体的是分析材料的破坏形式和主要的破坏因素。将材料的破坏形式大致分为

两种：塑性屈服和脆性断裂。

● 四种常用强度理论 (约 55min, 课件, 穿插语言表述及黑板讲解)

(1) 最大拉应力理论 (第一强度理论)

破坏条件: 最大拉应力超过材料单向拉伸时的极限应力

$$\text{强度条件: } \sigma_1 \leq [\sigma]$$

适用材料: 脆性材料

适用范围: 存在拉应力的应力状态

(2) 最大伸长线应变理论 (第二强度理论)

破坏条件: 最大伸长线应变超过材料单向拉伸时的极限应变

$$\text{强度条件: } \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) \leq [\sigma]$$

适用材料: 脆性材料

适用范围: 单向受压、拉一压二向、部分材料的二向受压

(3) 最大剪应力理论 (第三强度理论)

破坏条件: 最大剪应力超过材料的某一极限值

$$\text{强度条件: } \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

适用材料: 塑性材料

(4) 形状改变比能理论 (第四强度理论)

破坏条件: 形状改变比能超过材料的某一极限值

$$\text{强度条件: } \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma]$$

适用材料: 几种塑性材料 (如钢、铜、铝)

## 七、作业

复杂应力状态下强度计算题两道。

课题: 第十三章 压杆稳定

§ 13.1 压杆稳定性的概念

§ 13.2 细长压杆的临界压力

§ 13.3 欧拉公式的应用范围 临界应力总图

### 一、教学目的:

1. 明确稳定平衡、不稳定平衡和临界压力的概念
2. 理解两端铰支细长压杆临界压力公式的推导过程
3. 理解长度系数的力学意义
4. 掌握四种常见约束形式下细长压杆的临界力的计算

### 二、教学重点:

1. 压杆稳定的概念
2. 临界应力的计算

### 三、教学难点: 细长压杆临界力的计算

四、教学方法：利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具：黑板、CAI 课件及其硬件支持

六、教学过程：

【引言】 (约 5min, 语言表述结合 CAI 课件演示)

介绍细长杆件受压时的工作特点，从而引入压杆稳定的问题。

●压杆稳定的问题 (约 15min,语言表述结合 CAI 课件演示)

- 1.分析稳定平衡和不稳定平衡的概念，侧重讲解压杆的稳定问题
- 2.说明临界力的定义及其意义

●两端铰支细长压杆临界力的计算 (约 45min,黑板讲解穿插 CAI 课件演示)

1. 推导两端铰支细长压杆临界力的计算公式  $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

2. 说明上述公式的适用范围：1) 理想压杆；  
2) 线弹性范围内；  
3) 两端为铰支座约束

●长度系数 (约 20min,黑板讲解结合 CAI 课件演示)

1. 用同样的方法推导出其它三种常见约束条件下细长压杆的临界力的计算公式
2. 归纳四种常见约束条件下细长压杆的临界力的计算公式，引入长度系数的定义

七、课程小结： (约 5min,语言表述)

八、作业：课后有关求解细长压杆的临界力的习题两题

课题： § 13.3 欧拉公式的应用范围 临界应力总图  
§ 13.4 压杆的稳定校核

一、教学目的：

1. 掌握压杆的分类及其依据
2. 掌握各类压杆的临界力的计算
3. 明确欧拉公式的适用范围
4. 掌握压杆稳定性的校核方法

二、教学重点：

1. 压杆分类的判别方法
2. 欧拉公式的适用范围
3. 各类压杆临界力的计算
4. 压杆稳定的校核

三、教学难点：

1. 压杆分类的判别方法
2. 各类压杆临界力的计算
3. 压杆稳定的校核

四、教学方法：利用 CAI 课件演示及黑板讲解穿插教学

五、教学用具：黑板、CAI 课件及其硬件支持

六、教学过程：

【引言】 (约 5min, 语言表述结合 CAI 课件演示)

---

简单复习上次课的内容，深入分析欧拉公式，强调其适用范围，从而说明压杆的分类及其分类的依据。

●欧拉公式的适用范围 (约 10min, 黑板讲解穿插 CAI 课件演示)

1. 说明柔度或长细比的定义及其意义
2. 欧拉公式的适用范围：只适用于小变形、线弹性范围内

公式表示适用范围： $\lambda \geq \lambda_1 = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_p}}$

●压杆的分类及其临界力的计算 (约 35min, 黑板讲解结合 CAI 课件演示)

1. 根据压杆的柔度，压杆可分为三类：大柔度压杆 ( $\lambda \geq \lambda_1$ )

中等柔度压杆 ( $\lambda_2 \leq \lambda \leq \lambda_1$ )

小柔度压杆 ( $\lambda < \lambda_2$ )  $\lambda_2 = \frac{a - \sigma_s}{b}$

2. 大柔度压杆临界力的计算——欧拉公式
3. 中等柔度压杆临界力的计算——经验公式（直线公式） $\sigma_{cr} = a - b\lambda$
4. 小柔度压杆临界力的计算——压缩强度公式  $\sigma_{cr} = \sigma_s$ （或  $\sigma_b$ ）
5. 结合例题，继续强化压杆临界力的计算

●压杆稳定性的校核 (约 35min, 黑板讲解结合 CAI 课件演示)

1. 说明压杆的稳定条件  $n = \frac{P_{cr}}{P} \geq n_{st}$
2. 结合例题，讲解压杆稳定性的校核方法。

七、课程小结

(约 5min, 语言表述)

八、作业：

- 求解细长压杆的临界力的习题一题  
压杆稳定性校核的习题一题