

《土木工程力学基础》

课程单元教学设计及教案

(2019~2020 学年第 2 学期)

课程名称: 土木工程力学基础

所属专业 (教研室): 建筑工程技术

制定人: 武可娟

合作人: _____

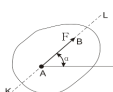
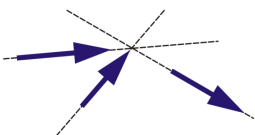

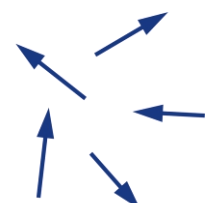
制定时间: 2020 年 2 月

日照职业技术学院

单元教学设计及教案

授课题目				
课型			学时	
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	1.明确力、平衡、约束、约束反力的概念。 2.深刻理解静力学公理。 3.掌握常见约束的特点及相应约束反力 4.能对单个物体和简单的物体系统进行正确的受力分析并正确绘出受力图			
	二、能力目标			
	了解职业岗位力学知识；掌握刚体静力学的力学分析方法			
	三、素质目标			
主动性与创新能力；学习与理解能力；总结归纳能力				
学生基本情况分析				
教学重点与难点	静力学的基本概念。作用与反作用公理，二力平衡公理，加减平衡力系公理，力的平行四边形公理及三力平衡汇交定理。			
教学方法与手段	理论讲解，问题导向，演示，实践练习，总结归纳			

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学方法与手段
	<p>新课导入：在平时生活中，力是无时无刻的存在我们身边的！那么，什么是力那？我们下面来学习第一章，从中我们就可以了解到！</p> <p style="text-align: center;">第一节力和平衡的概念</p> <p>一、力的定义及分类（了解）15分钟</p> <p>力：是物体间相互的机械作用</p> <p>力对物体作用效应：</p> <p>一是使物体的机械运动状态发生改变，叫做力的运动效应或外效应。</p> <p>二是使物体的形状发生改变，叫做力的变形效应或内效应。</p> <p>力的三要素：力的大小、力的方向、力的作用点。</p> <p>力具有大小和方向，所以说力是矢量。可以用一带箭头的直</p> <p style="text-align: center;">线段将力的三要素表示出来。</p>  <p>二、力系的定义及其分类（了解）15分钟</p> <p>力系：是指作用在物体上的一群力。</p> <p>力系的分类：</p> <p>各力的作用线都在同一平面内的力系称为平面力系；</p> <p>各力的作用线不在同一平面内的力系称为空间力系。</p> <p>平面汇交力系：各力作用线都汇交于同一点的力系。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>平面汇交力系</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>平面平行力系</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>平面一般力系</p> </div> </div> <p>平面平行力系：各力作用线平行的力系。</p> <p>平面一般力系：各力作用线既不汇交又不平行的平面力系。</p> <p>三、静力学的研究对象（了解）15分钟</p> <p>刚体：在任何外力的作用下，大小和形状始终保持不变的物体。</p> <p>静力学的研究问题：</p>	

	<p>1、 物体的受力分析 2、 力系的等效替换（简化） 3、 建立力系的平衡条件</p> <p>合力：凡一个力与一个力系等效，则称此力为该力系的合力。</p> <p>等效力系：使同一物体具有相同效应的力系。</p> <p>平衡：是指物体相对于惯性参考系（如地面）保持静止或作匀速直线运动。</p> <p>平衡力系：使物体处于平衡状态的力系（满足平衡条件的力系）</p> <p>第二节 静力学基本公理（掌握） 45 分钟</p> <p>公理 1 力的平行四边形法则 作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点，合力的大小和方向，由这两个力为边构成的平行四边形对角线确定。</p> <p>公理 2 二力平衡公理 作用在刚体上的两个力，使刚体处于平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。 二力杆(二力体，二力构件): 仅在两点受力而处于平衡的物体或构件。 用途:已知两力的作用点,确定其作用线.</p> <p>公理 3 加减平衡力系原理 在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效果。推论 1 力的可传性 作用于刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移到刚体内任一点，不改变该力对刚体的作用。 推论 2 三力平衡汇交定 作用于刚体上的三个相互平衡的力，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必在同一平面内，且第三力的作用线通过汇交点。</p> <p>公理 4 作用和反作用定律 作用力和反作用力总是同时存在，两力的大小相等，方向相反，沿着同一直线，分别作用在两个相互作用的物体上。</p> <p>公理 5 刚化原理 变形体再某一力系作用下处于平衡，如将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。</p> <p>思考题：1、合力一定大于分力。 2、力的可传性适用于刚体和变形体 3、静力学将研究对象抽象为_____。</p>	
--	---	--

新课导入：前面我们学习了力的基本概念，那么力的存在就要受到约束，那么什么是约束呀？我们来学习下面的内容！

第三节 约束与约束反力的概念（掌握） 45 分钟

自由体：空间运动不受限制的物体。

非自由体：运动受到某些限制的物体。

约束：对非自由体运动起限制作用的周围物体称约束。

约束力：约束作用在被约束物体上的力。

确定约束力方向的基本原则：约束力的方向恒与约束所限制的运动方向相反。

常见约束特点及约束反力：

一、柔体约束：绳索、链条、胶带等

柔索只承受拉力

约束力— F_N

作用点—接触点 方向—沿柔索背离被约束物体

二、光滑面约束：支持面、啮合齿轮的齿面、机床中的导轨

约束力—法向约束力 F_N

作用点—接触点

方向—垂直于接触面，指向被约束物体。

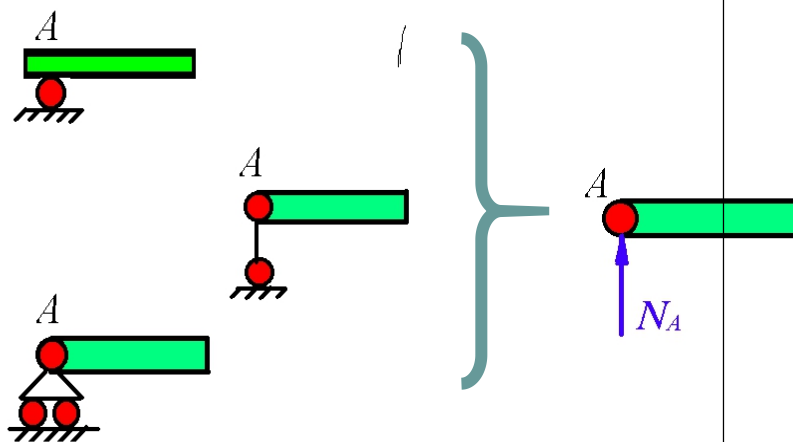
三、光滑圆柱铰链约束


光滑圆柱铰链约束的约束性质是限制物体平面移动（不限制转动），其约束反力是互相垂直的两个力（本质上是一个力），指向任意假设。

四、固定铰链支座

五、滚轴支座

约束力：沿着支承面的公法线方向



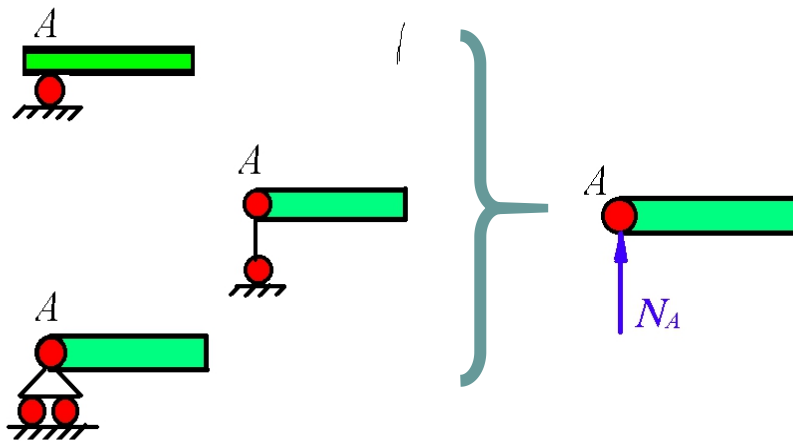
	<p>六、固定端支座</p>  <p>(b)</p> <p>第四节 物体的受力和受力图（了解）30分钟</p> <p>受力分析基础</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、根据约束性质确定约束力； 2、取隔离体； 3、画受力图。 <p>物体受力分析的依据</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、根据约束的性质 2、注意二力杆的判断 3、三力平衡汇交定理的应用 																															
布置作业																																
自我总结与评价																																
学生学习情况		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="778 1518 935 1603">班级</th> <th data-bbox="935 1518 1075 1603">应到</th> <th data-bbox="1075 1518 1216 1603">请假</th> <th data-bbox="1216 1518 1295 1603">迟到</th> <th data-bbox="1295 1518 1369 1603">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																												

单元教学设计及教案

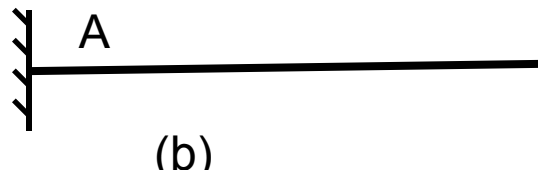
授课题目				
课型			学时	
授课时间		第几次课	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	各种常见约束特点及约束反力的形式			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点	常见约束特点及约束反力			
教学方法与手段				

教学详案

教学环节 时间 分配	教学内容	教学方法 与手段
	<p>新课导入：前面我们学习了力的基本概念，那么力的存在就要受到约束，那么什么是约束呀？我们来学习下面的内容！</p> <p style="text-align: center;">第三节 约束与约束反力的概念（掌握） 45 分钟</p> <p>自由体：空间运动不受限制的物体。 非自由体：运动受到某些限制的物体。</p> <p>约束：对非自由体运动起限制作用的周围物体称约束。 约束力：约束作用在被约束物体上的力。</p> <p>确定约束力方向的基本原则：约束力的方向恒与约束所限制的运动方向相反。</p> <p>常见约束特点及约束反力：</p> <p>一、柔体约束：绳索、链条、胶带等 柔索只承受拉力 约束力—F_N 作用点—接触点 方向—沿柔索背离被约束物体</p> <p>二、光滑面约束：支持面、啮合齿轮的齿面、机床中的导轨 约束力—法向约束力 F_N 作用点—接触点 方向—垂直于接触面，指向被约束物体。</p> <p>三、光滑圆柱铰链约束 光滑圆柱铰链约束的约束性质是限制物体平面移动（不限制转动），其约束反力是互相垂直的两个力（本质上是一个力），指向任意假设。</p> <p>四、固定铰链支座</p> <p>五、滚轴支座 约束力：沿着支承面的公法线方向</p>	



六、固定端支座



第四节 物体的受力和受力图（了解）30 分钟 受力分析基础

- 1、根据约束性质确定约束力；
- 2、取隔离体；
- 3、画受力图。

物体受力分析的依据

- 1、根据约束的性质
- 2、注意二力杆的判断
- 3、三力平衡汇交定理的应用

1、画图 (a) 所示结构 ACDB 的受力图。(掌握) 25 分钟

- (1) 取结构 ACDB 为研究对象。
- (2) 画出主动力：主动力为 F_P 。
- (3) 画出约束反力：约束为固定铰支座和可动铰支座，画出它们的约束反力，如图 (b) 所示

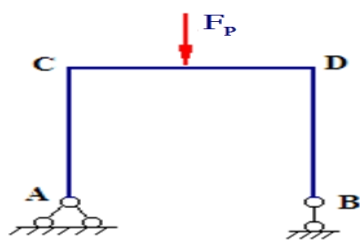


图 (a)

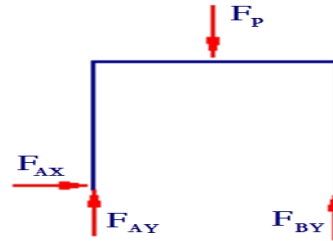


图 (b)

2、重量为的小球，按图 1.23(a)所示放置，试画出小球的受力图。(掌握) 25 分钟

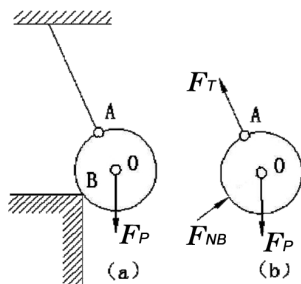


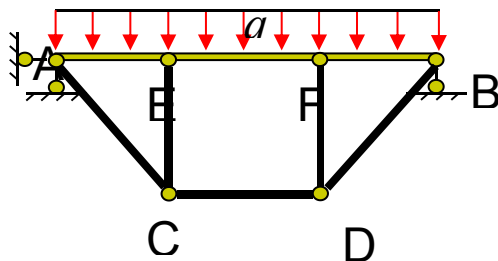
图 1.23

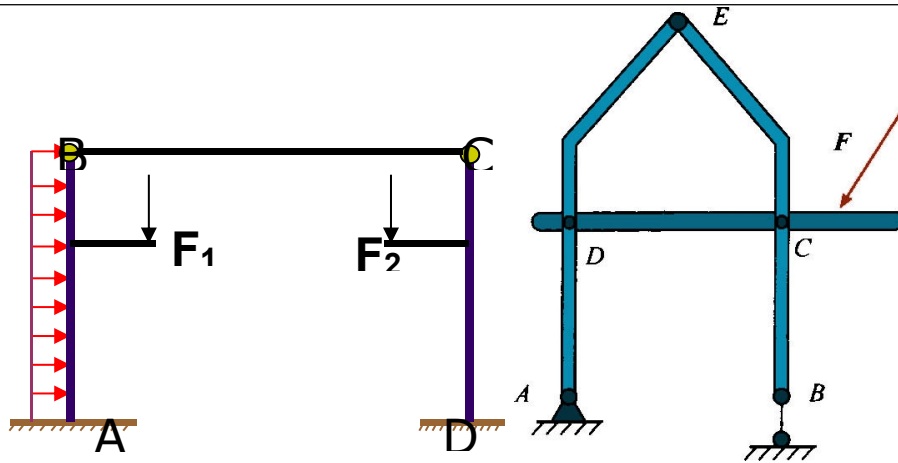
(1) 根据题意取小球为研究对象。

- (2) 画出主动力：主动力为小球所受重力。
- (3) 画出约束反力：约束反力为绳子的约束反力以及光滑面的约束反力。

小球的受力图如图 1.23(b)所示。

3、对下列图形进行受力分析 (掌握) 35 分钟





布置
作业

自我
总结
与
评价

小结：
受力分析 1、根据约束性质确定约束力；2、取隔离体；3、画受力图
约束力的方向恒与约束所限制的运动方向相反

学生
学习
情况

班级	应到	请假	迟到	旷课
----	----	----	----	----

授课题目				
课型			学时	
授课时间	第几次课		上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	力在直角坐标轴上的投影 平面汇交力系的合成与平衡 平衡条件求解未知力的步骤			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点	力在直角坐标轴上的投影 平面汇交力系的合成与平衡 平衡条件求解未知力的步骤			
教学方法与手段				

教学详案		
教学环节 时间分配	教学内容	教学方法 与手段
	<p>新课导入：前面一章我们学习了力和约束的关系，在这章我们将继续学习由多个力组成的力系，在力系中的受力情况！</p> <p>第一节 力在直角坐标轴上的投影（掌握）25 分钟 力在坐标轴上的投影</p> $F_x = F \cos \alpha \quad F_y = F \sin \alpha$ $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad \operatorname{tg} \alpha = \left \frac{F_y}{F_x} \right $ <p>第二节 平面汇交力系的合成（掌握）25 分钟 平面汇交力系：是指作用于物体上的各力的作用线位于同一平面内且汇交于一点的力系。</p> <p>一、几何法 (一) 两个共点力的合成 力三角形的矢序规则：分力矢 F_1、F_2 沿三角形某一边界的某一方向首尾相接，而合力 F_R 则沿相反方向，从起点指向最后一个分力矢的末端。</p> <p>汇交力系平衡的几何条件：力多边形自行封闭 合力 F_R 为力多边形的封闭边 平面汇交力系的合成与平衡（几何法） 对于由 n 个力 F_1、F_2、F_n 组成的平面汇交力系， 可得：$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \cdots + F_{nx} = \sum F_x$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \cdots + F_{ny} = \sum F_y$</p> <p>从而，平面汇交力系的合力 R 的计算式为： $F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$\operatorname{tg} \alpha = \left \frac{\sum F_y}{\sum F_x} \right$</p> <p>运用平衡条件求解未知力的步骤为：（掌握）15 分钟 1、合理确定研究对象并画该研究对象的受力图； 2、由平衡条件建立平衡方程； 3、由平衡方程求解未知力。 实际计算时，通常规定与坐标轴正向一致的力为正。即水平力向右为正，垂直力向上为正。</p> <p>二、合成的解析法（掌握）15 分钟 实际计算时，通常规定与坐标轴正向一致的力为正。即水平力向右</p>	

为正，垂直力向上为正。

二、合成的解析法（掌握）15分钟

$$F_{Rx} = \sum X$$

$$F_{Ry} = \sum Y$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(\sum X)^2 + (\sum Y)^2}$$

$$\alpha = \arctg \left| \frac{\sum Y}{\sum X} \right|$$

例 1 图示三角支架，求两杆所受的力

取 B 节点为研究对象，画受力图

由 $\sum F_Y = 0$ ，建立平衡方程：

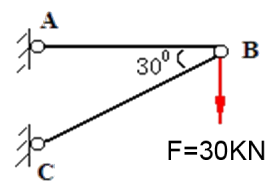
$$-F_{NBC} \sin 30^\circ - F = 0$$

$$F_{NBC} = -2F = -60\text{KN}$$

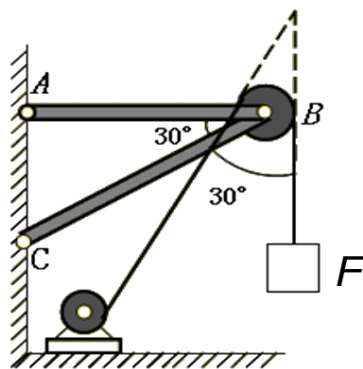
负号表示假设的指向

与真实指向相反。

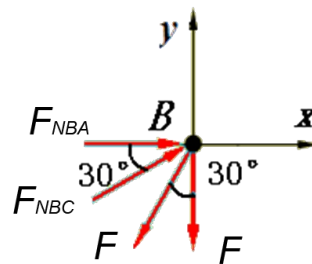
由 $\sum F_X = 0$ ，建立平衡方程： $F_{NBC} \cos 30^\circ - F_{NBA} = 0$



例 2 图(a)所示体系，物块重 $F = 20\text{ kN}$ ，不计滑轮的自重和半径，试求杆 AB 和 BC 所受的力。



(a)



(b)

1. 取滑轮 B 的轴销作为研究对象，画出其受力图。

2. 列出平衡方程：由 $\sum F_Y = 0$ ，建立平衡方程：

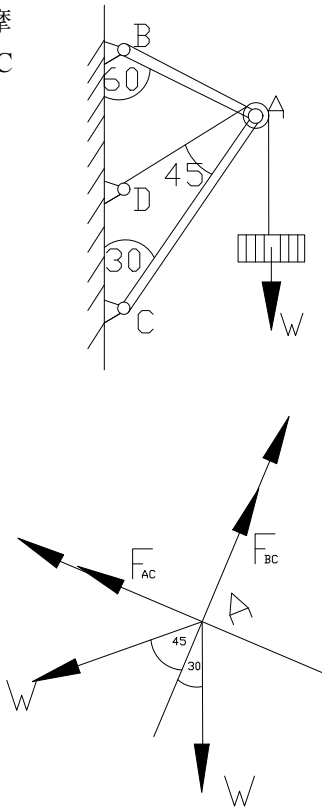
$$F_{NBC} \cos 60^\circ - F - F \cos 30^\circ = 0$$

$$F_{NBC} = 74.5\text{kN}$$

由 $\sum F_X = 0$ ，建立平衡方程： $F_{NBC} \cos 30^\circ + F_{NBA} - F \sin 30^\circ = 0$

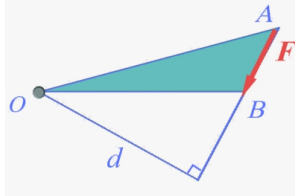
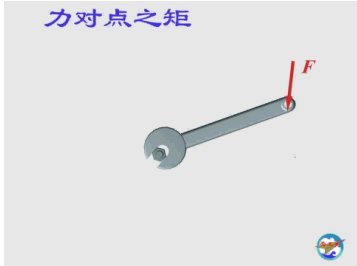
$$F_{NBA} = -54.5\text{kN}$$

反力 F_{NBA} 为负值，说明该力实际指向与图上假定指向相反。即杆 AB 实际上受拉力。

	<p>重物 $W=100\text{N}$, 设各杆、滑轮、钢丝绳自重不计, 摩擦不计, A、B、C 三处均为铰接连接。求杆件 AB, AC 受到的力。</p> <p>以 AB 杆和 AC 杆建立直角坐标系 A 点为原点</p> $\sum Y = 0 \quad W\sin 45 + F_{AB} - W\sin 30 = 0$ $F_{AB} = 50(1 - \sqrt{2})\text{kN}$ $\sum X = 0 \quad -W\cos 45 + F_{AC} - W\cos 60 = 0$ $F_{AC} = -50(\sqrt{2} + \sqrt{3})\text{kN}$																																		
布置作业																																			
自我总结与评价	<p>小结: 平衡条件求解未知力的步骤为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、合理确定研究对象并画该研究对象的受力图; 2、由平衡条件建立平衡方程; 3、由平衡方程求解未知力 																																		
学生学习情况	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="817 1541 983 1621">班级</th> <th data-bbox="983 1541 1118 1621">应到</th> <th data-bbox="1118 1541 1230 1621">请假</th> <th data-bbox="1230 1541 1342 1621">迟到</th> <th data-bbox="1342 1541 1401 1621">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																															

授课 题目				
课型				学时
授课 时间				上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	合力矩定理 力偶的基本性质			
	二、能力目标			
	合力矩定理 力偶的基本性质			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点	常见约束特点及约束反力			
教学 方法 与手 段				

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段
	<p>新课导入：基本力系我们在前面已经学习过了！这章我们来学习转动的度量力矩！</p> <p style="text-align: center;">第一节 力矩的概念及合力矩定理（了解）25 分钟</p> <p>一、 平面力对点之矩（力矩）</p> <p>力对点的矩简称为 力 矩</p> <p>力矩是度量力对刚体转动效应的物理量</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>$M_O(F) = \pm Fd = \pm 2A_{OAB}$</p> <p>$O$ —— 矩心</p> <p>d —— 力臂</p> <p>力对点的矩是代数量。</p> <p>力矩的单位： $N \cdot m$ $kN \cdot m$</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  <p style="color: blue; font-weight: bold;">力对点之矩</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">符号规定：力 F 使物体绕矩心作逆时针方向转动时为正，顺时针转动时为负。</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <p style="color: blue; font-weight: bold;">力对点之矩</p> </div> <p>力矩的性质：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 力对 O 点的矩不仅仅取决于力 F 的大小，同时与矩心的位置有关。 2 力 F 对 O 点的矩不会因为 F 在其作用线上移动而改变。 3 如果力 F 通过矩心 O，则 $M_O(F)=0$，此时力对物体的作用效应为移动。 4 互成平衡的二力对同一点之矩的代数和等于零。 <p>二、合力矩定理与力矩的解析表达式（掌握）25 分钟</p> <p style="text-align: center;">合力矩定理：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(F_i) 对同一点之矩的代数和。</p>	

$$M_o(F_R) = M_o(F_1) + M_o(F_2) + \dots + M_o(F_n) = \sum_{i=1}^n M_o(F_i)$$

力矩的解析表达式:

已知力 F , 作用点 $A(x,y)$ 及其夹角 θ , 求力 F 对坐标原点之矩, 通过分力 F_x 与 F_y 对点之矩来得到:

$$M_o(F) = M_o(F_x) + M_o(F_y) = xF \sin \theta - yF \cos \theta$$

或
$$M_o(F) = xF_y - yF_x$$

合力 F_R 对坐标原点之矩的解析表达式

$$M_o(F_R) = \sum_{i=1}^n (x_i F_{iy} - y_i F_{ix})$$

第二节 力偶及其基本性质 (掌握) 25 分钟

一、力偶与力偶矩

1、力偶的定义: 作用在同一刚体上的大小相等、方向相反、作用线又不重和的两个平行力所组成的力系称为力偶。(F, F')

2、力偶对物体的作用效果:

力偶的作用是使物体转动, 力偶使物体转动的效应, 不仅与力 F 的大小有关, 还与两个力作用线之间的垂直距离 d (力偶臂) 有关。

3、力偶矩:

力偶中力的大小与两力间的垂直距离的乘积定义为该力偶的力偶矩。

$$M = \pm F d = \pm 2A_{OAB}$$

d ——是力偶臂 力偶矩是代数量

符号规定: 力偶逆时针转为正、顺时针转为负

力偶矩是力偶对刚体转动效应的度量, 与转动中心无关。

一、力偶的基本性质与同一平面内力偶的等效定理

定理: 在同一平面内的两个力偶, 如果力偶矩相等, 则两力偶彼此等效。

基本性质: (掌握) 15 分钟

I、力偶没有合力, 不能与一个力平衡; 不是平衡力系。

II、力偶对其平面内任一点的力矩为定值, 就等于力偶矩。

III、力偶可在其平面内任意移动, 而不改变它对刚体的转动效应。

IV、在保持力偶矩大小和转向不变的条件下, 可以任意改变力偶中力与力偶的数值, 而不改变它对刚体的转动效应。

力偶性质的推论:

1、只要保持力偶矩不变, 力偶可在作用面内任意移动, 其对刚体的作用效果不变

2、保持力偶矩不变, 分别改变力和力偶臂大小, 其作用效果不变

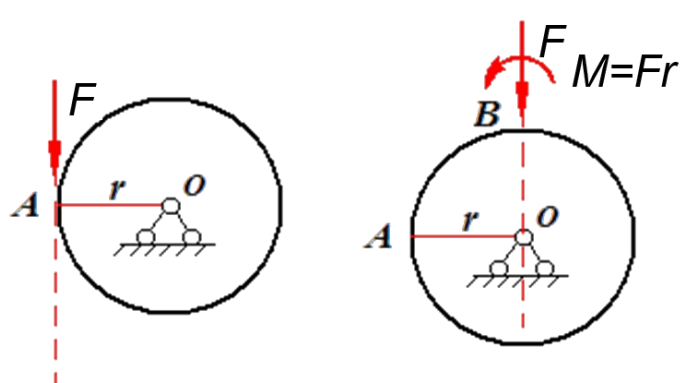
变

结论: 力的作用线可以平行移动, 移动后必须附加一个力偶, 附加力

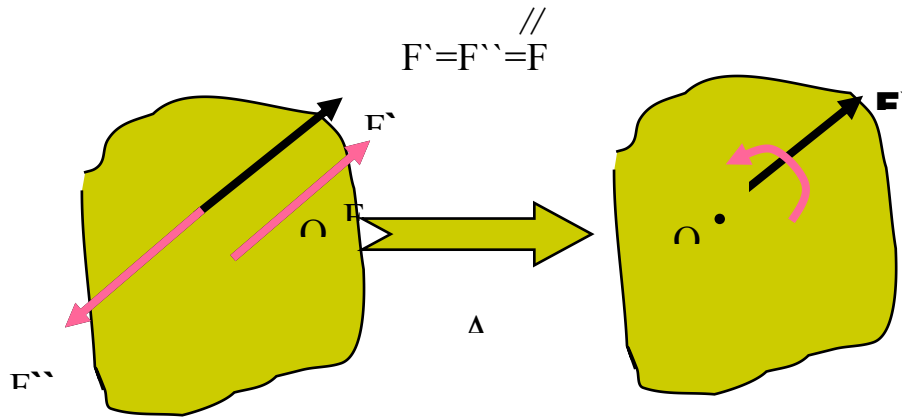
	<p>偶的力偶矩等于原来的力对所移动点的力矩</p> <p>作业：P 40 3-1 (b) (c)</p>																																			
布置作业																																				
自我总结与评价	<p>小结：：力偶是由等值、反向、不共线的两个平行力组成的特殊力系。 力偶没有合力，不能与一个力平衡 平面力偶对物体的作用效应决定于力偶矩 M 的大小和转向，即 $M = \pm F \cdot d$ 正负号表示力偶的转向，一般以逆时针转向为正，反之为负。 力偶对平面内任一点的矩等于力偶矩，力偶矩与矩心的位置无关。 等效定理：在同一平面内的两个力偶，如果力偶矩相等，则两力偶彼此等效。</p>																																			
学生学习情况						<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="817 1473 983 1559">班级</th> <th data-bbox="983 1473 1118 1559">应到</th> <th data-bbox="1118 1473 1228 1559">请假</th> <th data-bbox="1228 1473 1342 1559">迟到</th> <th data-bbox="1342 1473 1404 1559">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																																

授课题目					
课型				学时	
授课时间	第几次课	5	上课地点		
类别	理论课	实验课	习题课	实践课	其他
教学目标	一、知识目标				
	力的平移定理 平面力系的合成与平衡条件				
	二、能力目标				
	三、素质目标				
学生基本情况分析					
教学重点与难点	常见约束特点及约束反力				
教学方法与手段					

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学方法与手段
	<p>新课导入：前面我们了解力偶的基本性质，我们来学习一下力应如何平移？</p> <p style="text-align: center;">第三节 力的平移 35 分钟 （掌握）</p> <p>一、 力的平移定理：作用于刚体上的力，可以平移到力的作用平面内的任一点，但同时必须附加一个力偶，该力偶的矩等于原作用力对新作用点之矩。</p> <p style="text-align: center;">$M = Fd = M_0 (F)$</p> <p>设圆盘 A 点处作用一个 F 力，讨论 F 力的等效平移问题。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p style="text-align: right;">等效平移一个力，必须附加一个力偶，其力偶矩等于原来的力对新作用点之矩。</p> <p>力系向任意一点 O 的简化</p> <p>应用力的等效平移定理，将平面一般力系中的各个力(以三个力为例)全部平行移到作用面内某一给定点 O。从而这力系被分解为一个平面汇交力系和一个平面力偶系。这种等效变换的方法称为力系向给定点 O 的简化。点 O 称为简化中心。</p> <p>推导过程：15 分钟 （了解）</p> <p>结论：力的作用线可以平行移动,移动后必须附加一个力偶,附加力偶</p>	

的力偶矩等于原来的力对所移动点的力矩



一、平面任意力系向作用面内一点的简化:

平面一般力系 (平面任意力系):

各力的作用线都在同一平面内分布, 且既不完全相交于一点, 也不完全相互平行, 则该力系称为平面任意力系。

平面一般力系等效为两个简单力系: 平面汇交力系和平面力偶系。

平面汇交力系可合成作用线通过点 O 的一个力 F'_R

$$F'_R = F'_1 + F'_2 + \dots + F'_n = \sum_{i=1}^n F'_i$$

力矢 F'_R 等于原来各力的矢量和。

平面力偶系可合成为一个力偶, 其力偶矩等于各附加力偶矩的代数和, 又等于原来各力对点的矩的代数和, 即

$$M_o = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_{i=1}^n M_o(F_i)$$

平面任意力系向已知点简化, 可以得到一个力和一个力偶。该力称为原力系的主矢, 作用在简化中心。该力偶的矩称为主矩, 它等于原力系中的各力对已知点的力矩的代数和。

R ——主矢 $R = \sum F_i$ 与简化中心无关

M_o ——主矩 $M_o = \sum m_o(F_i)$ 与简化中心有关

力系主矢的解析表达式为:

$$F'_R = F'_{Rx} + F'_{Ry} = \sum F_x i + \sum F_y j$$

主矢 F'_R 的大小和方向余弦为

$$F'_R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$

$$\cos(F'_R, i) = \frac{\sum F_x}{F'_R}, \quad \cos(F'_R, j) = \frac{\sum F_y}{F'_R}$$

力系对点 O 的主矩的解析表达式为:

$$M_o = \sum_{i=1}^n M_o(F_i) = \sum_{i=1}^n M_o(x_i F_{iy} - y_i F_{ix})$$

二、平面一般力系的简化结果分析 30 分钟 (掌握)

- ①. $R=0, M_o \neq 0$ 原力系为一力偶系,与简化中心位置无关;
- ②. $R \neq 0, M_o = 0$ 原力系为一作用在简化中心的合力,与简化中心位置有关;
- ③. $R \neq 0, M_o \neq 0$ 为普遍情形,还可继续简化为一作用在点的合力,即为原力系的合力;

$$d = \frac{M_o}{R} = \frac{M_o}{R'}$$

$$R'd = m_o(\mathbf{R}') = M_o = \sum m = \sum m_o(\mathbf{F}_i)$$

$$m_o(\mathbf{R}') = \sum m_o(\mathbf{F}_i)$$

合力矩定理:当平面一般力系具有合力时,合力对平面内任一点的矩就等于该力系的各分力对同一点的矩的代数和。

- ④ $R=0, M_o = 0$, 原力系为一平衡力系。

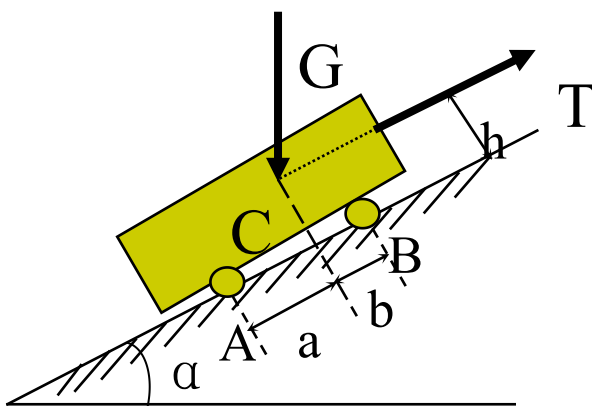
二、平面一般力系的平衡方程及其应用 40 分钟 (掌握)

平衡方程的基本形式:平面一般力系平衡 等效于 $R=0, M_o = 0$

平面一般力系的平衡方程:

$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \\ \sum m_o = 0 \end{cases}$$

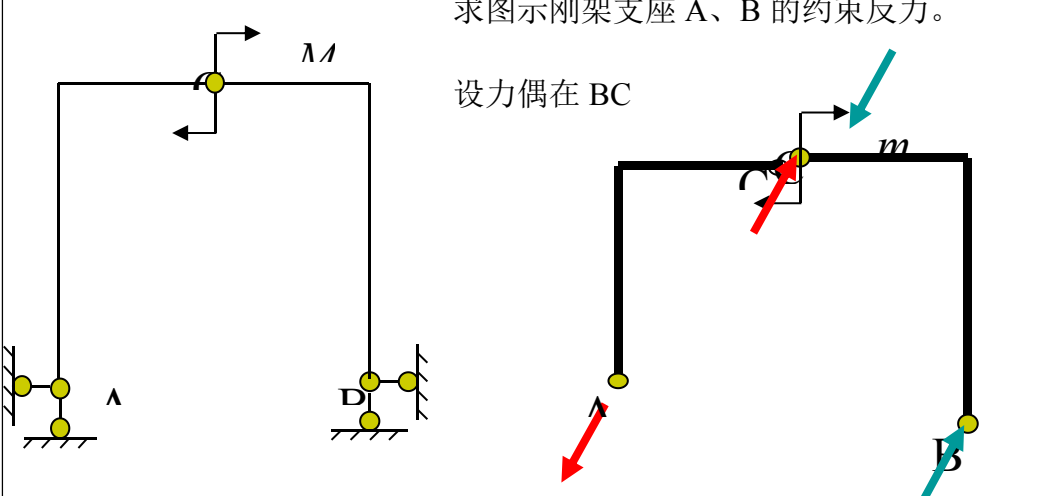
应用:求 A、B 两处的约束反力及绳子的拉力



$$\begin{aligned} T - G \sin \alpha &= 0 \\ N_A + N_B - G \cos \alpha &= 0 \\ N_B \cdot b - N_A \cdot a &= 0 \end{aligned}$$

解:①.取研究对象——小车

- ②.做受力图
- ③.建立适当的坐标轴
- ④.判断力系类型,列出对应的平衡方程

	<p>⑤.解方程</p> <p>求图示刚架支座 A、B 的约束反力。</p> <p>设力偶在 BC</p> 																																		
布置作业																																			
自我总结与评价	<p>小结：①. $R=0, MO \neq 0$ 原力系为一力偶系,与简化中心位置无关;</p> <p>②. $R \neq 0, MO = 0$ 原力系为一作用在简化中心的合力,与简化中心位置有关;</p> <p>③. $R \neq 0, MO \neq 0$ 为普遍情形,还可继续简化为一作用在点的合力,即为原力系的合力;</p> <p>. 合力矩定理: 当平面一般力系具有合力时, 合力对平面内任一点的矩就等于该力系的各分力对同一点的矩的代数和。</p> <p>④ $R=0, MO = 0$, 原力系为一平衡力系。</p>																																		
学生学习情况	<table border="1"> <thead> <tr> <th>班级</th> <th>应到</th> <th>请假</th> <th>迟到</th> <th>旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																															

授课 题目				
课型				学时
授课 时间	第几次课	6	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	截面法求内力的步骤			
	二、能力目标			
	截面法求内力的步骤			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点	截面法求内力			
教学 方法 与手 段				
教学详案				

教学内容

导入新课：在前面的课程里我们学习图形的几何性质，这为我们更好的学习下面的课程做好了准备，那么这节课那我们来继续学习材料力学的一些基本假设和基本概念。

第一节 变形固体及其基本假设（了解）25 分钟

1、变形固体的概念

工程中的构件都是由固体材料制成的，如钢、铸铁、木材、混凝土等。这些固体材在外力作用下会产生变形，称为变形固体。当研究物体受力后的变形与破坏时，不能把它当做刚体看待，而应当按实际的变形体进行研究。

2、变形固体的基本假设

1) 均匀连续假设

假设变形固体在其整个体积内连续不断地充满着物质，并且在各点处的材料性质完全相同。(2) 各向同性假设

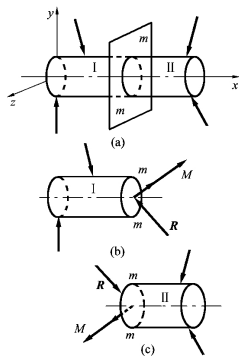
认为材料在各个方向上具有相同的性质。

第二节 内力、截面法、应力（掌握）55 分钟

1、内力

物体在未受外力时，它的分子间本来就有相互作用着的力，正是由于存在这些力，物体才保持固定的形状。当物体在外力作用下，它将发生变形，物体内部各质点间相互作用的力也发生了改变。这种力的改变量，就是材料力学所要研究的内力。严格的讲，它是由外力的作用而引起的附加内力，通常简称为内力。

内力是研究构件的强度、刚度及稳定性问题时，首先要计算的力。由于内力存在于构件内部，所以只有把它暴露出来才能做进一步的分析。为了显示内力可以采用截面法。



运用截面法求内力，可以归纳为下列三个步骤：

第一，假想用一横截面将物体截为两部分，研究其中一部分，弃去另一部分。

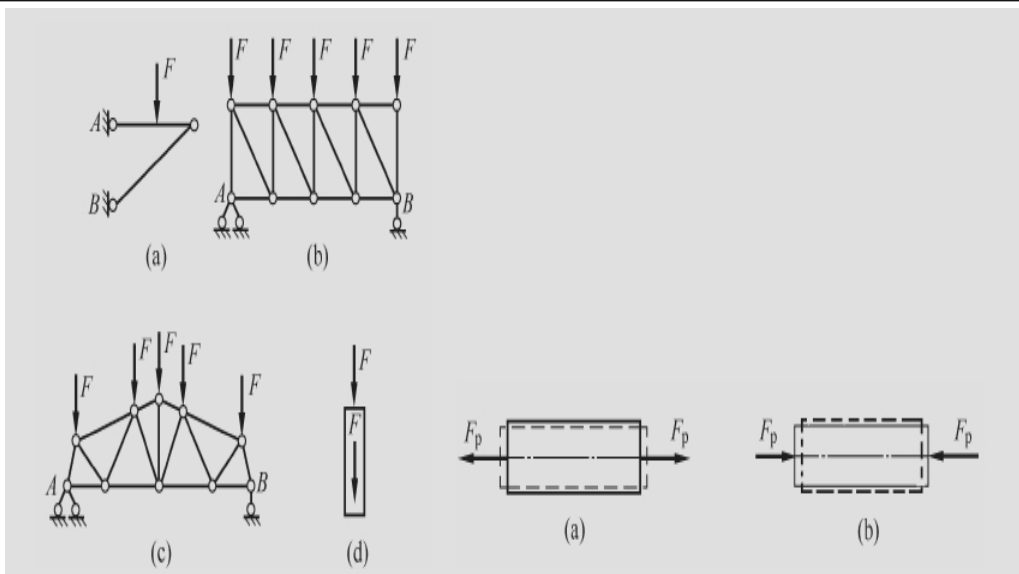
第二，用作用于截面上的内力代替弃去部分对研究部分的作用。

第三，建立研究部分的平衡条件，确定未知的内力。

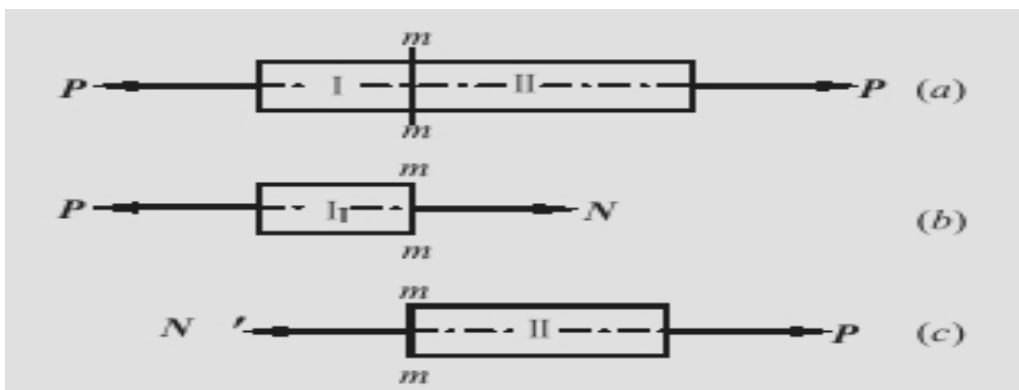
第三节 轴向拉伸与压缩的概念（了解）30 分钟

轴向拉伸变形和轴向压缩变形是杆件的基本变形之一，在工程中常见到如图所示的杆件受力情况，

这些杆件受力的共同特点是：作用在杆件上的外力的作用线与杆轴线重合，杆件的主要变形是轴向伸长或缩短。这类构件称为拉(压)杆。相应的变形分别称为轴向拉伸变形和轴向压缩变形。



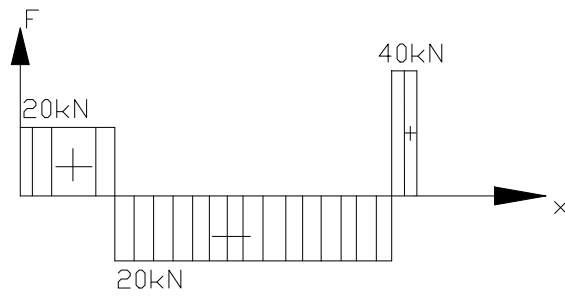
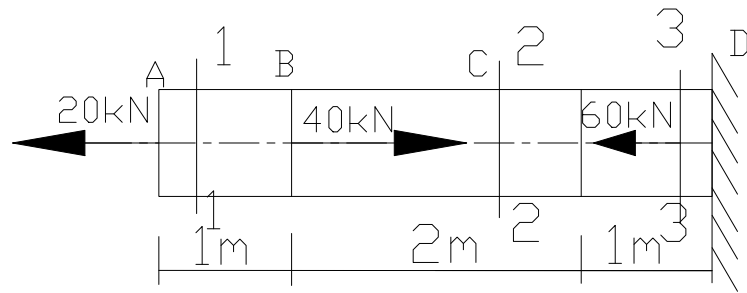
为了求出拉（压）杆横截面上的应力，先要研究拉（压）杆的内力。对直杆受轴向拉力 P 的作用，我们应用截面法，求 $m-m$ 截面的内力，如图 5-5 所示



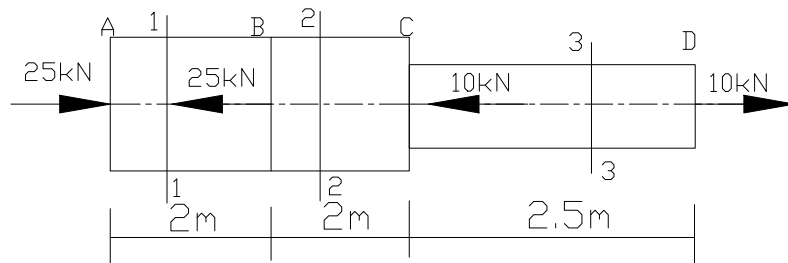
$$F_N = P$$

$$F'_N = P$$

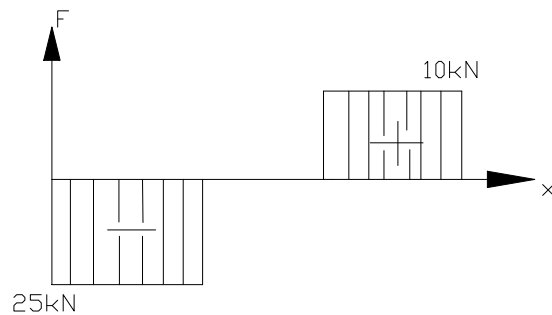
求如图所示各杆 1-1,2-2,3-3 截面上的轴力，并作轴力图。



1-1 截面：20kN 2-2 截面：-20kN 3-3 截面：40kN



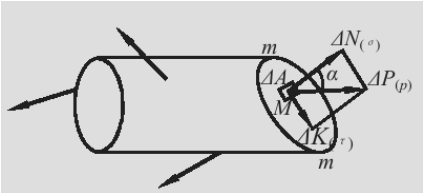
1-1:-25kN 2-2:0
3-3 :10kN



布置作业																																
自我总结与评价	小结：																															
学生学习情况		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="821 1529 983 1615">班级</th> <th data-bbox="983 1529 1118 1615">应到</th> <th data-bbox="1118 1529 1230 1615">请假</th> <th data-bbox="1230 1529 1342 1615">迟到</th> <th data-bbox="1342 1529 1394 1615">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																												

授课题目				
课型				学时
授课时间	第几次课			上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	轴向拉压杆应力			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点	常见约束特点及约束反力			
教学方法与手段				

教学详案

环节 时间 分配	教学内容	教学 手段
	<p>2、应力</p> <p>在受力杆件中沿任意一点 M 取一块微面积 ΔA，如果作用在这一微面积上的内力为 Δp，那么 Δp 对 ΔA 的比值，称为这块微面积上的平均应力，即</p> $P_m = \frac{\Delta P}{\Delta A}$ <div style="text-align: center;">  </div> <p>一般说 $m-m$ 截面上的内力并不是均匀分布的，因此平均应力 p_m 随所取 ΔA 的大小而不同。所以它并不能真实的表明内力在 M 点的强弱程度。随着 ΔA 的逐渐缩小，分布于 ΔA 内的力也逐渐均匀。当 ΔA 趋近零时，极限值：</p> $p = \lim \frac{\Delta p}{\Delta A} = \frac{dp}{dA}$ <p>称为 M 点处的内力集度，也称 M 点处的总应力。p 是一个矢量，一般说不与截面垂直，也不与截面相切。通常将 p 分解为垂直截面的分量 σ 和切于截面的分量 τ（图 5-2）。σ 称为正应力。τ 称为剪应力。</p> <p>在国际单位制中，应力的单位是 N/m^2，称为帕斯卡或简称为帕（Pa）。由于这个单位太小，使用不便，通常使用 MN/m^2（MPa）。$MPa = 10^6 N/m^2 = N/mm^2$。</p> <p style="text-align: center;">拉（压）杆横截面上的应力：$\sigma = \frac{F}{A}$</p>	

布置作业					
自我总结与评价	<p>小结截面法求内力的步骤是截开、代替、平衡</p> <p>拉（压）杆横截面上的应力：$\sigma = \frac{F}{A}$</p>				
学生学习情况					
	班级	应到	请假	迟到	旷课

授课 题目				
课型				学时
授课 时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	轴向拉压杆的变形			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点	常见约束特点及约束反力			
教学 方法 与手 段				

教学详案		
时间	教学内容	教学手段
	<p style="text-align: center;">轴向拉(压)杆的变形·虎克定律</p> <p>1、杆件的纵横向变形 杆件原长为 l，截面边长为 a，变形后边长为 l_1，横截面边长为 a_1 杆件的纵向变形量为</p> $\Delta l = l_1 - l,$ <p style="text-align: center;">轴向拉伸为正，压缩为负值。</p> <p>横向变形量为</p> $\Delta a = a_1 - a$ <p style="text-align: center;">轴向拉伸为负，压缩为正值。</p> <p>杆件单位长度的纵向变形：</p> $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \varepsilon: \text{纵向线应变（线应变）}$ <p style="text-align: center;">轴向拉伸为正，压缩为负值 无量纲</p> <p>杆件单位长度的横向变形：</p> $\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a} \quad \varepsilon': \text{横向线应变}$ <p style="text-align: center;">轴向拉伸为负，压缩为正值 无量纲</p> <p>1、 泊松比 25 分钟（掌握）</p> $\mu = \left \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right $ <p style="text-align: center;">无量纲，与材料有关。 纵向线应变——泊松比——横向变形</p> $\varepsilon' = -\mu\varepsilon$ <p>2、 胡克定律 55 分钟（掌握）</p> <p style="text-align: center;">弹性范围内： 变形量 与轴力成正比，与面积成反比。</p> $\Delta l \propto \frac{F_N l}{A}$ $\Delta l = \frac{F_N l}{EA} \quad (\text{引入比例常数 } E)$ <p>EA: 拉抗（压）刚度</p>	

$$\Delta l = \frac{Pl}{EA} = \frac{F_N l}{EA}$$

轴向拉伸为负，压缩为正值。

杆件单位长度的纵向变形：

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \varepsilon: \text{纵向线应变（线应变）}$$

轴向拉伸为正，压缩为负值 无量纲

杆件单位长度的横向变形：

$$\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a} \quad \varepsilon': \text{横向线应变}$$

轴向拉伸为负，压缩为正值 无量纲

3、泊松比 25 分钟（掌握）

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$$

无量纲，与材料有关。

纵向线应变——泊松比——横向变形

$$\varepsilon' = -\mu\varepsilon$$

4、胡克定律 55 分钟（掌握）

弹性范围内：变形量 与轴力成正比，与面积成反比。

$$\Delta l \propto \frac{F_N l}{A}$$

$$\Delta l = \frac{F_N l}{EA} \quad (\text{引入比例常数 } E)$$

EA：拉抗（压）刚度

$$\Delta l = \frac{Pl}{EA} = \frac{F_N l}{EA} \quad \sigma = \frac{F_N}{A} = \frac{EA \cdot \Delta l}{L} \frac{1}{A}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

在材料的线弹性范围内，正应力与线应变呈正比关系。

思考题：1、一圆截面直杆，两端承受拉力作用，若将其直径增大一倍，其他条件不变，则__C__。

- A、其轴力不变
- B、其应力是原来的 1 / 4
- C、其伸长量是原来的 1 / 4
- D、其抗拉刚度将是原来的 4 倍

2、设 ε 和 ε_1 分别表示拉压杆的轴向线应变和横向线应变， μ 为材料的泊松比，则下列结论正确的是__D__。

A、 $\mu = \varepsilon_1 / \varepsilon$

B、 $\mu = -\varepsilon_1 / \varepsilon$

C、 $\mu = |\varepsilon_1 / \varepsilon|$

D、 $\mu = -|\varepsilon_1 / \varepsilon|$

E、当 $\sigma \leq \sigma_p$ 时， $\mu = \text{常数}$

材料在拉伸和压缩时的力学性质（掌握）35 分钟

1、材料拉伸时的力学性质

力学性质——指材料受力时在强度和变形方面表现出来的性质。

条件：材料拉伸和压缩试验—常温、静载拉伸试验

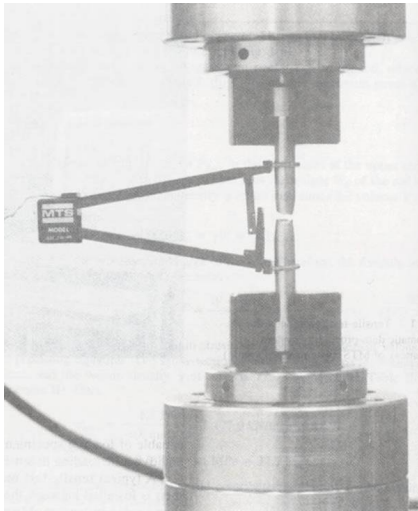
变形 { 塑性变形
弹性变形 塑性变形又称永久变形或残余变形

塑性材料：断裂前产生较大塑性变形的材料,如低碳钢

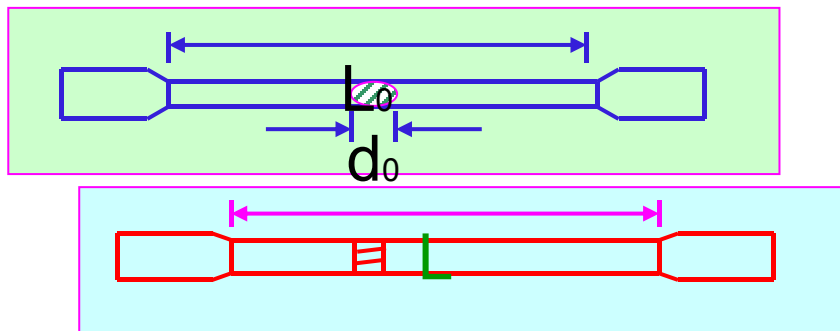
脆性材料：断裂前塑性变形很小的材料，如铸铁、石料

材料拉伸和压缩试验—常温、静载拉伸试验

试验设备——万能试验机、变形仪



拉伸试验标准试件的制备:



拉伸过程的四个阶段:

- 1、弹性阶段
- 2、屈服阶段
- 3、强化阶段
- 4、颈缩阶段

残余变形——试件断裂之后保留下来的塑性变形。

$$\Delta L = L_1 - L$$

低碳钢拉伸时的力学性质

衡量材料塑性的两个指标:

$$\text{断后伸长率: } \delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\%$$

$\delta > 5\%$ ——塑性材料 $\delta < 5\%$ ——脆性材料

$$\text{断面收缩率: } \psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\%$$

σ_b 是衡量脆性材料拉伸强度的唯一指标。

2、塑性材料和脆性材料的主要区别: (了解) 25 分钟
塑性材料的主要特点:

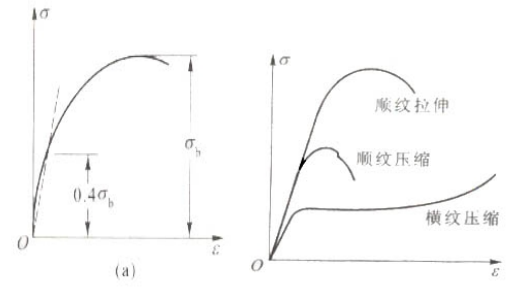
塑性指标较高，抗拉断和承受冲击能力较好，其强度指标主要是 σ_s ，且拉压时具有同值。

脆性材料的主要特点：

塑性指标较低，抗拉能力远远低于抗压能力，其强度指标只有 σ_b 。

3、几种非金属材料力学性能（了解）25分钟

- 1、混凝土
- 2、木材



思考题：钢筋经过冷作硬化处理后，其性能的变化是__B、E__。
 A、比例极限提高 B、屈服极限提高 C、弹性模量降低
 D、延伸率提高 E、塑性变形能力降低

布置作业

自我总结与评价

小结：
 塑性材料脆性材料

拉伸过程的四个阶段

断后伸长率： $\delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\%$

断面收缩率： $\psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\%$

学生 学习 情况					
	班级	应到	请假	迟到	旷课

授课题目				
课型			学时	
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	剪切和挤压的计算			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案		
教学环节 时间分配	教学内容	教学方法 与手段
	<p>新课导入：咱们同学最喜欢的体育运动是打篮球，大家平时有没有仔细观察一下篮圈与篮板的连接是什么样的呀？这种连接是一种螺栓连接，那么螺栓受哪些力那？这节课让我们一同研究学习一下！</p> <p style="text-align: center;">第一节 剪切与挤压的概念（了解）30分钟</p> <p>一、 剪切</p> <p>1、剪切</p> <p>剪切变形：对大小相等、方向相反、作用线平行且相距很近并垂直杆轴的外力作用，两力间的横截面将沿外力的方向发生相对错动</p> <p>剪力：剪切面上与截面相切的内力</p> <p>剪切面：单剪 双剪</p> <p>2、剪切计算</p> $\sum F_x = 0 \quad F - F_Q = 0$ $F_Q = F$ $\tau = \frac{F_Q}{A}$ <p style="text-align: center;">F_Q为剪切面上的剪力，A为受剪面的面积</p> <p>保证构件在工作中不发生剪切破坏</p> $\tau = \frac{F_Q}{A} \leq [\tau]$ <p>二、挤压</p> <p>1、联接件和被联接件的接触面上相互压紧</p>	

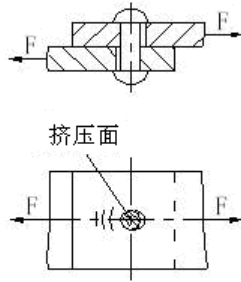


图 6-4

挤压力：作用在挤压接触面上的压力

挤压面：发生局部挤压的接触面

2、挤压的计算

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}} \leq [\sigma_{bs}]$$

一、剪应力互等定理

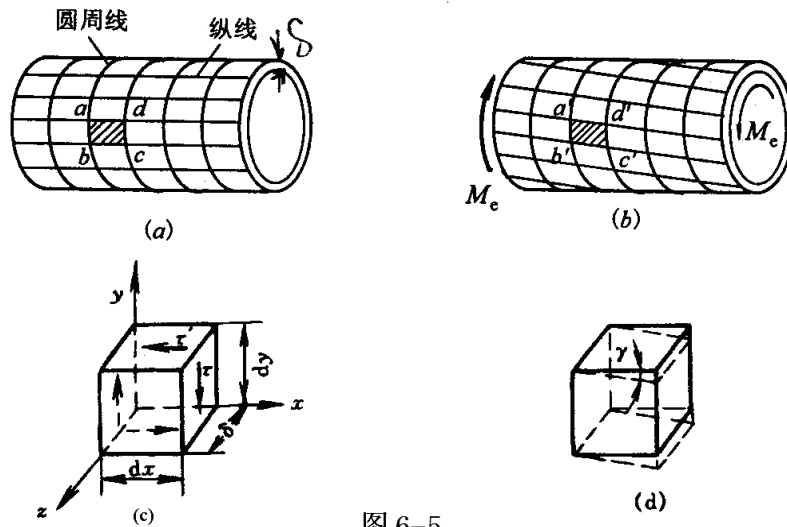


图 6-5

在单元体两个互相垂直的平面上，同时存在垂直于公共棱边且数值相等的剪应力，其方向均指向或背离两平面的交线。

二、剪切胡克定律

$$\tau = G\gamma$$

材料的切变模量与弹性模量、泊松比的关系为

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

布置作业					
自我总结与评价	小结：				
学生学习情况					
	班级	应到	请假	迟到	旷课
授课					

题目				
课型				学时
授课 时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	圆轴扭转时的内力及应力			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点				

教学详案		
时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：前面课我们讲到了剪切变形，大家复习一下相关概念，这节课我们来继续学习一下在工程实际中的第二种变形，扭转变形！</p> <p style="text-align: center;">第三节 圆轴扭转时的内力及应力</p> <p>一、 扭转（掌握）35 分钟</p> <p>1、扭转变形： 在外力作用下，杆件各横截面均绕杆轴线相对转动，杆轴线始终保持直线，这种变形形式称为扭转变形。</p> <p>2、外力偶矩</p> $\{M_e\}_{N \cdot m} = 9549 \frac{\{P\}_{kW}}{\{n\}_{r/min}}$ <p>式中： M_e 为作用在轴上的外力偶矩； P 为传动轴所传递的功率； n 为传动轴的转速。</p> <p>二、内力</p> <p>1、扭矩</p> <p style="text-align: center;">由平衡条件 $\sum M_x = 0$</p> <p style="text-align: center;">$M_t - M_e = 0$</p> <p>扭矩的正负号规定如下：按右手螺旋法则，让四个手指与扭矩的转向一致，大拇指伸出的方向与截面的外法线 n 方向一致时，为正，；反之为负。</p> <p>用截面法计算扭矩时，通常先假设扭矩为正，然后根据计算结果的正负确定扭矩的实际方向</p> <p>2、扭矩图</p> $M_t = f(x)$	

布置作业						
自我总结与评价	小结:					
学生学习情况						
	班级	应到	请假	迟到	旷课	

授课题目				
课型			学时	
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	圆轴扭转时的应力及强度计算			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案		
时间分配	教学内容	手段
	<p>三、应力</p> <p>横截面上的剪应力</p> $\tau_{\max} = \frac{M_t \rho_{\max}}{I_p} = \frac{M_t r}{I_p}$ $W_p = \frac{I_p}{r} \quad \tau_{\max} = \frac{M_t}{W_p}$ <p>W_p 称为截面的扭转截面系数，只与截面形状、尺寸有关，常用单位为 m^3, mm^3</p> <p>只适用于圆轴在线弹性范围内的扭转。</p> <p>2、圆截面极惯性矩及截面扭转系数的计算</p> <p>实心圆截面的扭转截面系数为</p> $W_p = \frac{I_p}{r} = \frac{I_p}{d/2} = \frac{\pi d^3}{16}$ <p>空心圆杆惯性矩及扭转截面系数分别为：</p> $I_p = \frac{\pi D^4}{32} - \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi D^4}{32} (1 - \alpha^4)$ <p>式中 d 为内径；D 为外径，$\alpha = d/D$</p> <p>第四节 圆轴扭转时的强度计算（掌握）35 分钟</p> $\tau_{\max} = \frac{M_{t, \max}}{W_p} \leq [\tau]$ <p>式中：材料的许用剪应力 $[\tau]$，可通过扭转试验测得材料的极限剪应力后，除以安全系数得到。</p>	

布置作业					
自我总结与评价	小结:				
学生学习情况					
	班级	应到	请假	迟到	旷课

授课 题目				
课型				学时
授课 时间		第几次课		上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点				
教学 方法 与手 段				

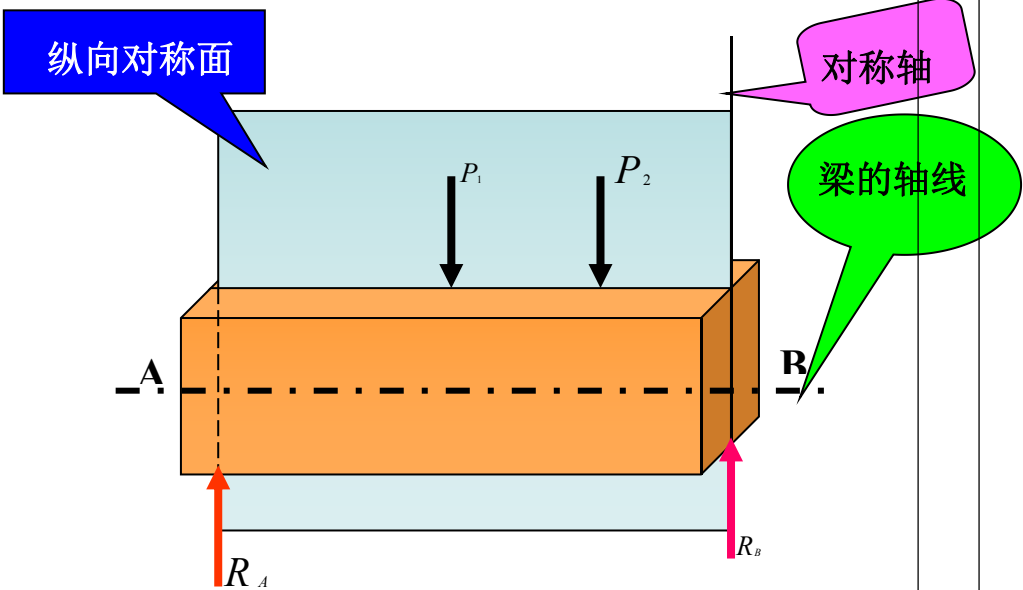
教学详案

时间分配	教学内容	手段

布置作业						
自我总结与评价	小结：					
学生学习情况						
	班级	应到	请假	迟到	旷课	

授课题目				
课型			学时	
授课时间	第几次课	14, 15	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	平面弯曲内力计算			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案

时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：工程实际中把什么视为杆件结构呀？梁和柱，那么梁是受什么力的那？我们来继续学习梁的受力，首先我们来学习一下什么是弯曲？</p> <p>第一节 平面弯曲概念（了解）30分钟</p> <p>一、简单梁</p> <ol style="list-style-type: none">1.简支梁2.悬臂3.外伸梁 <p>二、平面弯曲的概念</p> <p>具有纵向对称面外力都作用在此面内弯曲变形后轴线变成对称面内的平面曲线</p>  <p>The diagram illustrates a beam with a longitudinal plane of symmetry. A blue callout box labeled '纵向对称面' (Longitudinal Plane of Symmetry) points to a vertical dashed line. A pink callout box labeled '对称轴' (Symmetry Axis) points to a vertical solid line. A green callout box labeled '梁的轴线' (Beam's Axis) points to a horizontal dashed line. The beam is shown as a 3D orange block with a horizontal dashed line representing its axis. Two downward-pointing arrows labeled P_1 and P_2 represent forces acting on the top surface. Two upward-pointing arrows labeled R_A and R_B represent reaction forces at the bottom. The beam is supported at points A and B, indicated by dashed lines and labels.</p>	

梁变形后的轴线与外力在同一平面内

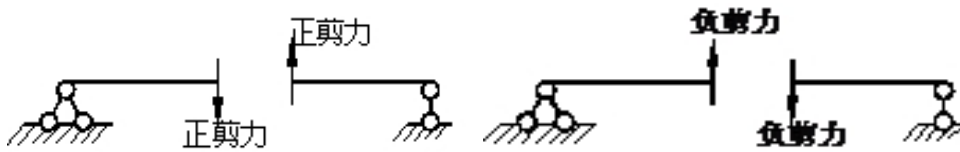
第二节梁的内力—剪力和弯矩（掌握）40分钟

一、剪力、弯矩

F_Q 剪力，平行于横截面的内力合力。

M 弯矩，垂直于横截面的内力系的合力偶矩。

二、剪力和弯矩的正负



截面上的剪力绕梁上任意一点的矩为顺时针转向时，剪力为正；反之为负。

三、截面法

- (1) 计算支座反力；
- (2) 用假定切面 $m-m$ 截开梁成为两段；
- (3) 取外力简少部分的隔离体为研究对象进行受力分析—抄写外力和支反力，设定内力即剪力和弯矩，一般按正向内力的方向设定；
- (4) 按照隔离体的平衡原则列隔离体的平衡方程，解方程求出未知内力。

四、简便法求内力 顺转剪力正，下凸弯矩正

例题：如图所示，简支外伸梁受多种荷载作用，求 D 右一点内力

(1) 求支座反力

梁的整体平衡

$$Y_E = 13kN, Y_B = 19kN$$

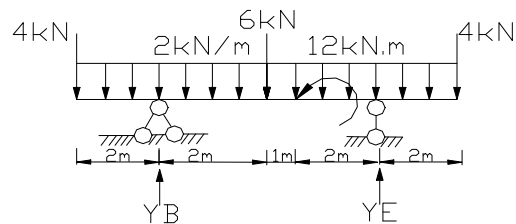
(2) 计算右一点截面上的剪力

和弯矩

顺转剪力正，下凸弯矩正

$$F_{Q_{D右}} = 4 + 2 \times 4 - Y_E = -1kN$$

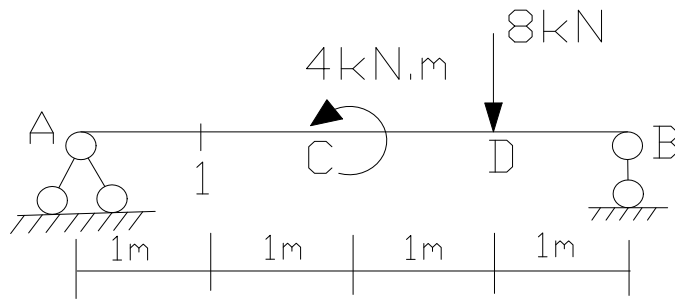
$$M_{D右} = Y_E \times 2 - 4 \times 4 - 2 \times 4 \times 2 =$$



将 AB 杆由 1 点截开 画出杆端内力
受力分析

$$\sum Y = 0 \quad Y_1 = \frac{ql}{2}$$

$$\sum M_1 = 0 \quad M_1 = -\frac{ql^2}{8}$$



求其支座反力：对 A 点取矩

$$\sum M_A = 0 \quad 4 - 8 \times 3 + Y_B \times 4 = 0$$

$$Y_B = 5kN$$

$$\sum Y = 0 \quad Y_A = 3kN$$

$$\sum M_1 = 0 \quad -Y_A \times 1 + M_1 = 0 \quad M_1 = 3kN.m$$

求梁截面上的剪力和弯矩 图 C、D 截面左右
取 C 截面左右取左侧为隔离体 受力分析

$$\text{求支座反力: } \sum M_A = 0 \quad Y_B = 12kN \quad \sum Y = 0 \quad Y_A = 15kN$$

$$\text{左侧: } \sum Y = 0 \quad Y_{c左} = 3kN$$

$$\text{右侧: } \sum Y = 0 \quad Y_{c右} = -12kN$$

$$\text{左侧: } \sum M_{c左} = 0 \quad M_{c左} = 18kN.m$$

$$\text{右侧: } \sum M_{c右} = 0 \quad M_{c右} = 18kN.m$$

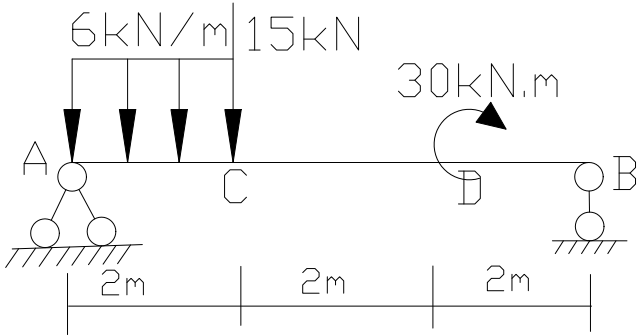
取 D 截面左右取左侧为隔离体 受力分析

$$\text{左侧: } \sum Y = 0 \quad Y_{d左} = -12kN$$

$$\text{右侧: } \sum Y = 0 \quad Y_{d右} = -12kN$$

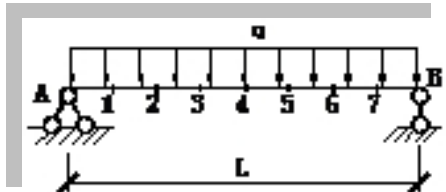
$$\text{左侧: } \sum M_{d左} = 0 \quad M_{d左} = -6kN.m$$

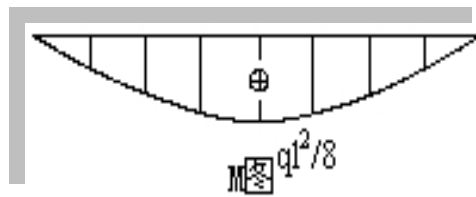
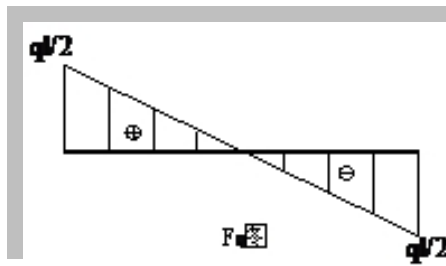
$$\text{右侧: } \sum M_{d右} = 0 \quad M_{d右} = 24kN.m$$

																																									
布置作业																																									
自我总结与评价	<p>小结：截面法</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 计算支座反力； (2) 用假定切面 $m-m$ 截开梁成为两段； (3) 取外力简单部分的隔离体为研究对象进行受力分析—抄写外力和支反力，设定内力即剪力和弯矩，一般按正向内力的方向设定； (4) 按照隔离体的平衡原则列隔离体的平衡方程，解方程求出未知内力。 																																								
学生学习情况	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">班级</th> <th style="width: 10%;">应到</th> <th style="width: 10%;">请假</th> <th style="width: 10%;">迟到</th> <th style="width: 10%;">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					班级	应到	请假	迟到	旷课																															
班级	应到	请假	迟到	旷课																																					

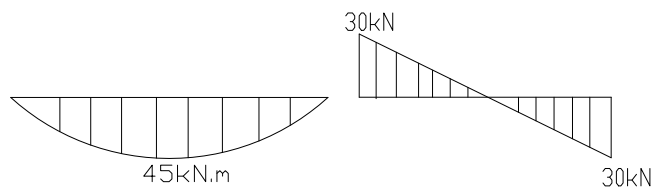
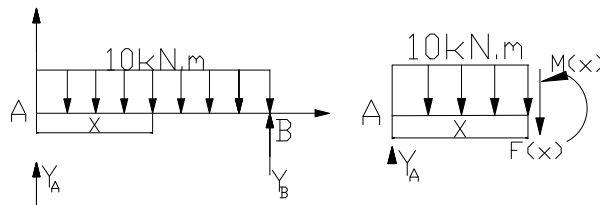
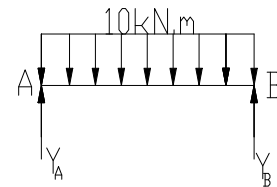
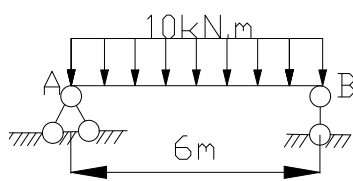
授课 题目				
课型				学时
授课 时间	第几次课	16,17	上课地点	
类别	习题课			
教学 目标	一、知识目标			
	平面弯曲梁内力图绘制			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点				
教学 方法 与手 段				

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学方法 与手段
	<p>新课导入：为了研究梁的强度和刚度问题，要确定内力沿轴线的变化规律，找出梁内的最大剪力和弯矩图所在的截面位置，为了表示梁内力的变化规律，需要画出梁的内力图——剪力图和弯矩图。</p> <p style="text-align: center;">第三节梁的剪力图和弯矩图（了解）20 分钟</p> <p>一、剪力图、弯矩图</p> <p>用 $Q(x)$ 或 $M(x)$ 函数表示梁的各个横截面上的剪力和弯矩情况。</p> <p>绘制剪力图和弯矩图时，按选定的比例尺，以横截面上的剪力或弯矩为纵坐标，以截面沿梁轴线的位置为横坐标绘出表示 $Q(x)$ 或 $M(x)$ 的图线。</p> <p>二、内力图绘制：（掌握）70 分钟</p> <p>1. 方程法</p> <p style="padding-left: 2em;">列出内力方程，</p> <p style="padding-left: 2em;">建立坐标系，</p> <p style="padding-left: 2em;">以横坐标为杆件，</p> <p style="padding-left: 2em;">以纵坐标为内力值，</p> <p>画出内力方程图线。</p> <p>对于剪力，正值一般画在 x 轴的上侧；对于弯矩，一般画在梁的受拉侧。</p> <div style="text-align: center;">  </div>	



例题：用方程法绘制梁的剪力图和弯矩图



(1) 求支座反力

以梁轴线为轴，支座为原点，建立平面坐标系

(2) 从梁轴线的点处截开构件，取左段隔离体进行受力分析

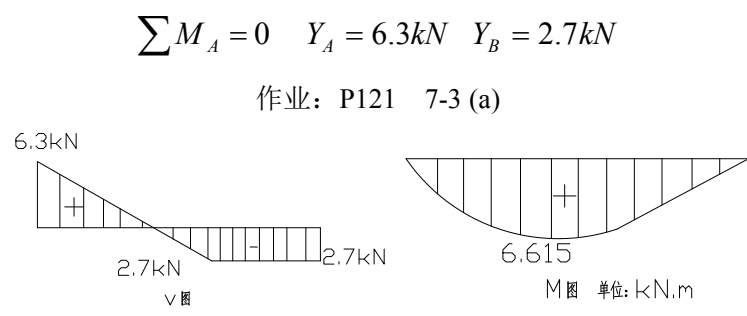
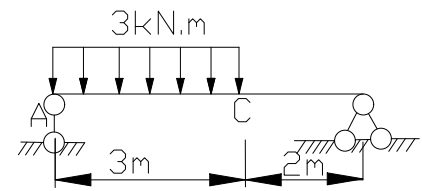
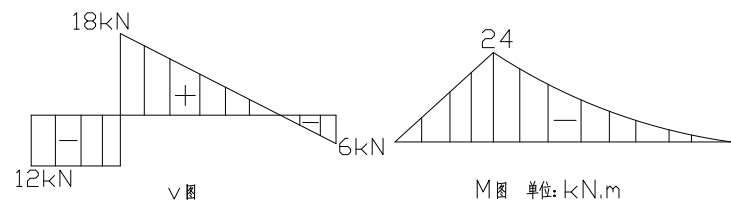
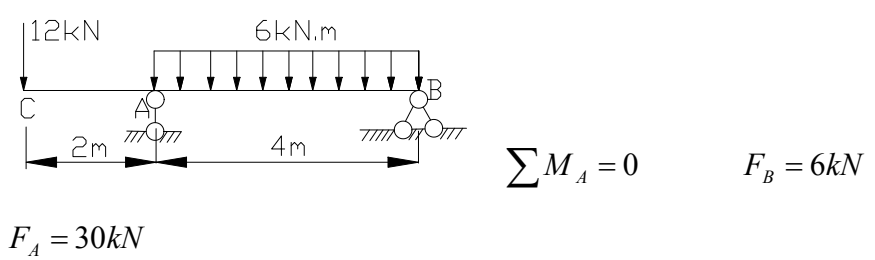
(3) 列剪力和弯矩方程的表达式为

$$F_Q(x) = Y_A - 10x = 30 - 10x, x \in [0, 6]$$

$$M(x) = Y_A \cdot x - 10x \cdot \frac{x}{2} = 30x - 5x^2, x \in [0, 6]$$

(4) 绘制内力方程图线

2、微分法绘制内力图（掌握）40 分钟



作业: P121 7-3 (a)

自我总结
与评价

小结: 方程法绘制内力图
微分法绘制内力图

学生学习
情况

班级	应到	请假	迟到	旷课

授课题目				
课型			学时	
授课时间	第几次课	2	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	叠加法绘制弯矩图的步骤			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案

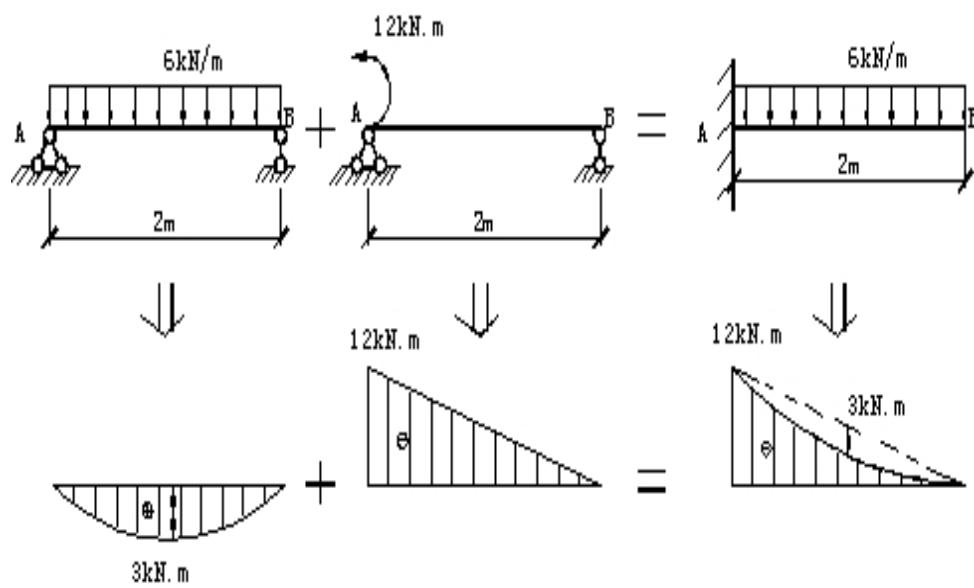
时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：梁在实际中经常会受到不同荷载的作用，同时受到集中荷载和均布荷载等作用，这些荷载作用在梁上的变形应如何求解？这节课我们来学习在多种荷载作用下梁的内力的绘制！</p> <p style="text-align: center;">第四节 叠加法绘制梁的内力图（了解）30 分钟</p> <p>一、叠加原理：构件在多个荷载作用下所引起的支座反力、弯矩、剪力、应力和变形等于各个荷载分别单独作用时所引起的弯矩、剪力、变形各自量相叠加的总和。</p> <div style="text-align: center;"> </div>	

二、叠加法绘制弯矩图的步骤：（掌握）40 分钟

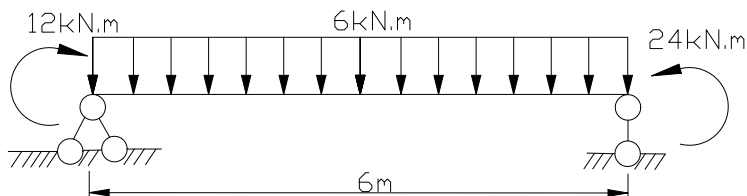
(1) 求支座反力

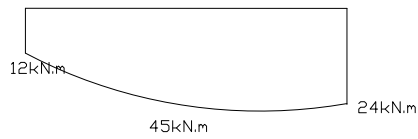
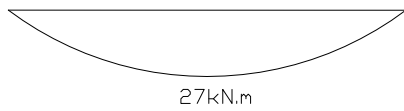
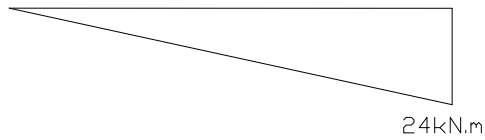
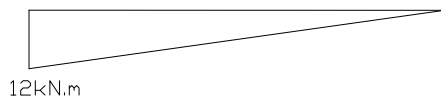
(2) 分别作出单独荷载作用下的弯矩图

(3) 将单独荷载作用下的弯矩图进行叠加



叠加法：（掌握）40 分钟

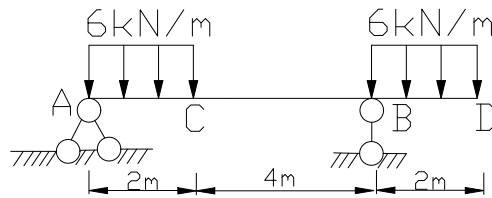




叠加法绘制弯矩图的步骤:

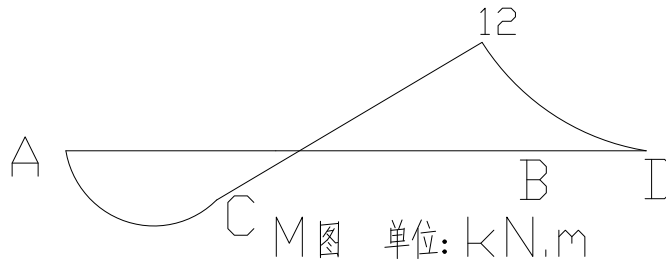
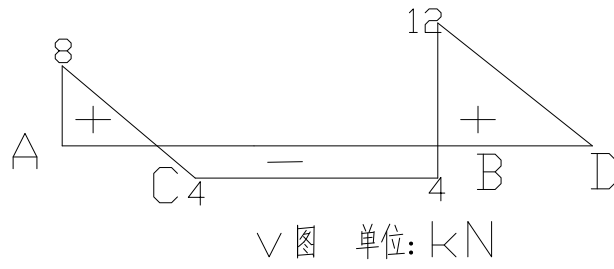
- (1) 求支座反力
- (2) 分别作出单独荷载作用下的弯矩图
- (3) 将单独荷载作用下的弯矩图进行叠加

综合运用: (掌握) 40 分钟



求其支座反力:

$$\sum M_A = 0 \quad Y_B = 16kN \quad \sum Y = 0 \quad Y_A = 8kN$$



课堂练习: P122 7-6 (b) 7-5 (d)

	<p>V图 单位: kN</p> <p>M图 单位: kN.m</p> <p>课堂练习: P122 7-6 (b) 7-5 (d)</p>				
布置作业					
自我总结与评价	小结:				
学生学习情况					
	班级	应到	请假	迟到	旷课

授课题目	弯曲正应力其应用			
课型			学时	
授课时间		第几次课	2	上课地点
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案

时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：上几次课我们学习了梁的内力图的画法，我们知道了梁内力的分布，那么梁内的应力是什么样的那？我们来学习一下下面的知识！</p> <p>第五节 梁弯曲时的应力及强度（掌握）40 分钟</p> <p>一、弯矩作用下横截面上的正应力</p> <p>弯曲正应力</p> $\sigma = \frac{My}{I_z}$ <p>正应力计算的步骤：1、求支座反力 2、求梁的横截面弯矩 3、求横截面惯性矩 求横截面上任一点的正应力，并确定拉压方向</p> <p>3.梁的应力强度条件（掌握）40 分钟</p> <p>（1）梁的正应力强度条件</p>	

布置作业																																
自我总结与评价	小结：																															
学生学习情况																																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="821 1498 983 1574">班级</th> <th data-bbox="983 1498 1118 1574">应到</th> <th data-bbox="1118 1498 1230 1574">请假</th> <th data-bbox="1230 1498 1342 1574">迟到</th> <th data-bbox="1342 1498 1394 1574">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="821 1574 983 1657"></td> <td data-bbox="983 1574 1118 1657"></td> <td data-bbox="1118 1574 1230 1657"></td> <td data-bbox="1230 1574 1342 1657"></td> <td data-bbox="1342 1574 1394 1657"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="821 1657 983 1740"></td> <td data-bbox="983 1657 1118 1740"></td> <td data-bbox="1118 1657 1230 1740"></td> <td data-bbox="1230 1657 1342 1740"></td> <td data-bbox="1342 1657 1394 1740"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="821 1740 983 1823"></td> <td data-bbox="983 1740 1118 1823"></td> <td data-bbox="1118 1740 1230 1823"></td> <td data-bbox="1230 1740 1342 1823"></td> <td data-bbox="1342 1740 1394 1823"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="821 1823 983 1906"></td> <td data-bbox="983 1823 1118 1906"></td> <td data-bbox="1118 1823 1230 1906"></td> <td data-bbox="1230 1823 1342 1906"></td> <td data-bbox="1342 1823 1394 1906"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="821 1906 983 1989"></td> <td data-bbox="983 1906 1118 1989"></td> <td data-bbox="1118 1906 1230 1989"></td> <td data-bbox="1230 1906 1342 1989"></td> <td data-bbox="1342 1906 1394 1989"></td> </tr> </tbody> </table>	班级	应到	请假	迟到	旷课																									
	班级	应到	请假	迟到	旷课																											

授课题目					
课型				学时	
授课时间	第几次课	2	上课地点		
类别	理论课	实验课	习题课	实践课	其他
教学目标	一、知识目标				
	二、能力目标				
	三、素质目标				
学生基本情况分析					
教学重点与难点					
教学方法与手段					

教学详案

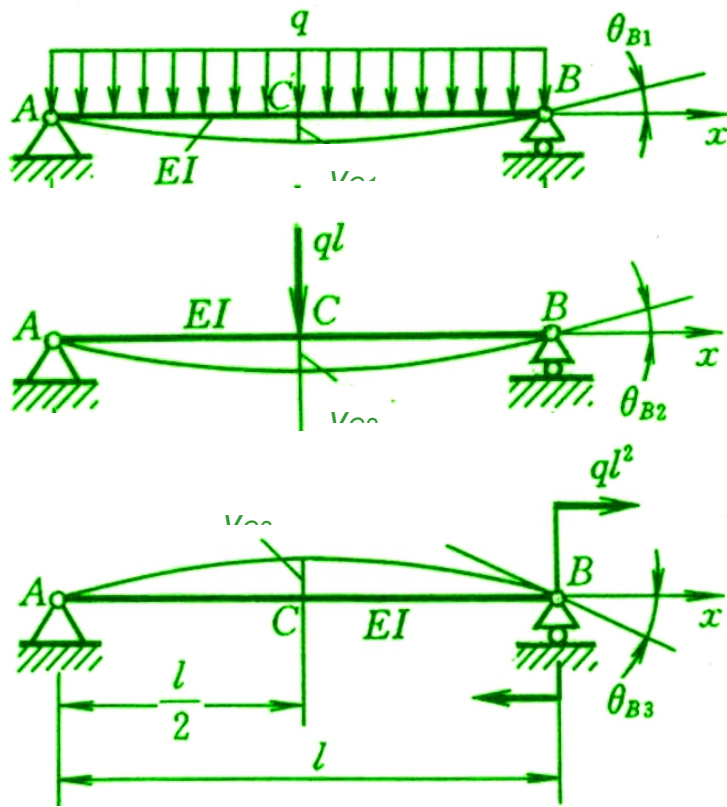
时间分配	教学内容	手段
	<p>2.梁的剪应力</p> <p>矩形梁:</p> $\tau = \frac{Q}{2I_z} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right)$ $\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{Q}{A}$ <p>工字梁:</p> $\tau = \frac{QS_z^*}{I_z d}$ $\tau_{\max} = \frac{QS_{z\max}^*}{I_z d}$ <p>剪应力的计算步骤：1、求支座反力 2、求梁的横截面剪力 3、求横截面惯性矩</p> <p>3.梁的应力强度条件（掌握）40 分钟</p> <p>(1) 梁的正应力强度条件</p>	

	<p>工程中强度计算的三类问题：强度校核 横截面设计 确定许用荷载</p> <p>(2) 梁的剪应力强度条件</p> $\tau_{\max} \leq [\tau]$ <p>即</p> $\frac{Q_{\max} S_{z \max}^*}{I_z b} \leq [\tau]$					
布置作业						
自我总结与评价	小结：					
学生学习情况						
		班级	应到	请假	迟到	旷课

授课 题目				
课型			学时	
授课 时间	第几次课	2	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学 目标	一、知识目标			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生 基本 情况 分析				
教学重 点与难 点				
教学 方法 与手 段				

教学详案

时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：梁的强度满足要求了就能正常工作了吗？如果梁产生了较大的变形的时候，同学们会觉得安全吗？所以我们这节课学习一下梁的变形！</p> <p style="text-align: center;">第六节 梁的变形（了解）20 分钟</p> <p>一、梁的挠度和转角</p> <p style="margin-left: 40px;">挠度：弯曲变形前后竖向的距离。 向下为正，用 y 表示，单位为 mm。</p> <p style="margin-left: 40px;">转角：弯曲变形前后其轴线切线所转动的角度。 顺时针为正，用 θ 表示。单位为 rad（弧度）</p> <p style="margin-left: 40px;">挠度转角关系为：$\theta \approx \tan \theta = \frac{dy}{dx}$</p> <p>二、叠加法计算梁的变形（掌握）50 分钟</p> <p style="margin-left: 40px;">弯曲变形的叠加原理：</p> <p style="margin-left: 40px;">梁在若干个载荷共同作用时的挠度或转角，等于在各个载荷单独作用时的挠度或转角的代数和。这就是计算弯曲变形的叠加原理</p> <p style="margin-left: 40px;">例题：已知简支梁受力如图所示，q、l、EI 均为已知。求 C 截面的挠度 y_C；B 截面的转角 θ_B</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>	



荷分解

1) 将梁上的载

$$\theta_B = \theta_{B1} + \theta_{B2} + \theta_{B3}$$

(2) 查表得 3 种情形下 C 截面的挠度和 B 截面的转角。

$$y_{C1} = -\frac{5ql^4}{384EI} \quad \theta_{B1} = \frac{ql^3}{24EI}$$

$$y_{C2} = -\frac{ql^4}{48EI} \quad \theta_{B2} = \frac{ql^3}{16EI}$$

$$y_{C3} = \frac{ql^4}{16EI} \quad \theta_{B3} = -\frac{ql^3}{3EI}$$

(3) 应用叠加原理，将简单载荷作用时的结果求和

$$y_C = -\frac{5ql^4}{384EI} - \frac{ql^4}{48EI} + \frac{ql^4}{16EI} = \frac{11ql^4}{384EI}$$

$$\theta_B = \frac{ql^3}{24EI} + \frac{ql^3}{16EI} - \frac{ql^3}{3EI} = -\frac{11ql^3}{48EI}$$

提高梁刚度的措施：1、选择合理截面 2、改善支座形式减小弯矩

	值 3、改善荷载形式减小弯矩值	
--	-----------------	--

布置作业																																
自我总结与评价	小结:																															
学生学习情况		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="820 1491 983 1574">班级</th> <th data-bbox="983 1491 1118 1574">应到</th> <th data-bbox="1118 1491 1230 1574">请假</th> <th data-bbox="1230 1491 1342 1574">迟到</th> <th data-bbox="1342 1491 1396 1574">旷课</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	班级	应到	请假	迟到	旷课																									
班级	应到	请假	迟到	旷课																												

授课题目				
课型				学时
授课时间	第几次课	2	上课地点	
类别	理论课	实验课	习题课	实践课 其他
教学目标	一、知识目标			
	二、能力目标			
	三、素质目标			
学生基本情况分析				
教学重点与难点				
教学方法与手段				

教学详案

时间分配	教学内容	手段
	<p>新课导入：在工地中 我们经常看到在建筑物施工外侧架立了一圈的钢管，我们把它们叫做脚手架，脚手架在安装的时候如果架子中间很长的時候不会因为强度不够而破坏，而是架子在某一平面内失稳，失去稳定性造成破坏，这种破坏在工程实际中是要避免的，为了解决这一问题我们来学习这章的内容！</p> <p style="text-align: center;">第一节 概述（了解）20 分钟</p> <p style="text-align: center;">临界力</p> <p style="text-align: center;">压杆失稳</p> <p style="text-align: center;">第二节临界力和临界应力（掌握）40 分钟</p> <p>一、 影响临界力的因素</p> <p style="padding-left: 2em;">1、材料特性 2、截面几何性质 3、杆件长度 4、两端约束条件</p> <p>二、压杆临界力</p> <p style="text-align: center;">欧拉公式：$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$</p> <p style="text-align: center;">修改后欧拉公式：$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$（约束条件）</p> <p>三、压杆临界应力</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{\mu l}{i}\right)^2}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2 A}$ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ </div> </div> <p style="text-align: center;">欧拉公式的适用条件</p> <div style="text-align: center;"> $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_p$ </div>	

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_p}}$$

$$\lambda \geq \lambda_p$$

根据柔度的大小可将压杆分为三类: (了解) 20 分钟

1. 大柔度杆或细长杆

压杆将发生失稳. 此时压杆在直线平衡形式下横截面上的正应力不超过材料的比例极限.

$$\lambda \geq \lambda_p$$

2. 中长杆 $\lambda_s \leq \lambda \leq \lambda_p$

压杆亦发生失稳. 此时压杆在直线平衡形式下横截面上的正应力已超过材料的比例极限. 截面上某些部分已进入塑性状态.

3. 粗短杆 $\lambda < \lambda_s$

压杆不会发生失稳, 但将会发生屈服破坏.

导入：上次课我们学习了欧拉公式，大家一起来复习一下什么是欧拉公式，它解决什么问题呀？杆件的稳定性！这节课我们来继续学习压杆的稳定计算！

第三节 压杆稳定的计算（掌握）60 分钟

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq [\sigma_{cr}]$$

$[\sigma_{cr}]$ —临界应力的许用值

$$[\sigma_{cr}] = \frac{\sigma_{cr}}{K}$$

K— 稳定安全系数

$$[\sigma_{cr}] = \frac{\sigma_{cr}}{K} = \varphi[\sigma]$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \varphi[\sigma]$$

$$\sigma = \frac{P}{\varphi A} \leq [\sigma]$$

压杆稳定条件的三方面计算：

- 1、稳定校核
- 2、计算压杆的承载力（容许荷载）
- 2、对压杆进行截面设计

	<p style="text-align: center;">第四节 提高压杆稳定性的措施（了解）25 分钟</p> <p>一、 合理选择截面形状</p> <p>二、改善杆端约束情况和减小压杆长度</p> <p>支承的刚性越大，压杆长度系数值越低，临界载荷越大。如，将两端铰支的细长杆，变成两端固定约束的情形，临界载荷将呈数倍增加。</p> <p>三、 合理选择材料</p> <p>对于细长杆，若选用高强度钢，对压杆临界载荷影响甚微，意义不大，反而造成材料的浪费。</p> <p>对于粗短杆或中长杆，其临界载荷与材料的比例极限或屈服强度有关，这时选用高强度钢会使临界载荷有所提高。</p> <p style="text-align: center;">3、</p>					
布置作业						
自我总结与评价	小结：					
学生学习情况						
	班级	应到	请假	迟到	旷课	

