

海 南 大 学

《机械原理》 课程

教

案

课程编号： 0500X004

适用专业： 机械设计制造及其自动化、机械电子工程、农业
机械化及其自动化、车辆工程、交通运输

开课时间： 2010 年 4 月

章节	第 1 章 绪论	课时	2 学时
教 学 目 的	1. 明确本课程的研究对象、内容以及它的地位、任务和作用。 2. 对本学科的发展状况和趋势有所了解。		
教 学 重 点	本章重点是“本课程研究的对象及内容”。本章介绍了机器、机构、机械等名词，并通过动画等实例说明各种机器的主要组成部分是各种机构，从而明确了机构是本课程研究的主要对象。在本章教学中，要把注意力集中在了解本课程研究的对象及内容上。		
教 学 难 点	本章难点是要搞清楚机器、机构以及机械三名词的区别。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1. 孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2. 郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3. 陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4. 陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5. 葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6. 张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

	课堂讨论、积极发言； 作业及实验独立完成，根据其认真程度评定成绩； 利用答疑或其它形式主动提问，师生交流； 总成绩的评定。 思考题： 1. 何为机构？何为机器？何为机械？ 2. 本课程研究的内容主要包括哪几个方面的问题？ 3. 为什么要学习本课程？通过对本课程的概括了解，为了学好本课程，你认为在学习过程中应注意哪些问题？ 4. 试设想一个国家没有机械工业将会成为什么样子？
教 学 后 记	掌握机器、机构、机械的概念

章节	第 2 章 机构的结构分析	课时	6 学时
教 学 目 的	1. 了解机构的组成，掌握构件、运动副、运动副元素、运动链的概念。 2. 能熟练绘制机构运动简图，能正确计算平面机构的自由度。 3. 对平面机构的组成原理有所了解，并能对平面机构进行杆组分析		
教 学 重 点	本章重点是机构运动简图的绘制、机构自由度的计算和机构具有确定运动的条件，机构的组成原理及结构分析，以及机构组成中的构件、运动副运动链及机构等概念。		
教 学 难 点	本章难点是机构中虚约束的判定问题。机构中的虚约束常发生在下列情况： 1. 轨迹重合。在机构中，如果用转动副连接的是两构件上运动轨迹相重合的点，则该连接将带入一个虚约束。 2. 用双转动副杆连接两运动构件上距离恒定不变的两点。机构在运动过程中，若两构件上某两点之间的距离始终保持不变，如用双转动副杆将此两点相连，则将带入一个虚约束。 3. 结构重复或对称。机构中某些不影响机构运动传递的重复部分或对称部分所带入的约束为虚约束。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

4

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 由绪论可知，机构是用来传递运动和力的构件系统。在着手设计新机构时，首先应判断所设计的机构能否运动；如果能够运动，还需判断在什么条件下才具有确定的相对运动。研究机构结构的目的之一，就在于探讨机构运动的可能性及其具有确定运动的条件。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、机构的组成 1. 构件 2. 运动副（表2—1） 运动副：两构件通过直接接触组成的一种可动联接称为运动副。 运动副元素：两构件参与接触而构成运动副的部分称为运动副元素。 a. 低副：两构件通过面接触而形成的运动副（回转副，移动副）。 b. 高副：两构件通过点、线接触而形成的运动副（齿轮副，凸轮副）。 3. 运动链 由若干个构件通过运动副联接组成的构件系统称为运动链。 4. 机构 运动链中的一个构件固定作为机架时则这种运动链称为机构。 二、机构运动简图的绘制 1. 机构运动简图的绘制 机构运动简图定义：用简单的线条和规定的运动副符号，按照一定的比例尺所绘制的图形。 2. 运动副与构件的表示法（表2—3） 3. 机构运动简图绘制方法和步骤 三、机构自由度计算 1. 平面运动链的自由度计算公式 $F = 3n - 2p_l - p_h$ 2. 运动链成为机构的条件 原动件数目=运动链的自由度数

3. 机构自由度时应注意的事项

- 1) 复合铰链 两个以上构件在同一处以转动副相联接，所构成的运动副称为复合铰链。
- 2) 局部自由度 对整个机构运动无关的自由度称为局部自由度。
- 3) 虚约束 对机构不起独立限制作用的约束称为虚约束。

4. 综合举例

四、机构的组成原理

1. 机构的组成原理

杆组：不可拆分的自由度为零构件组合。

机构的组成原理：把若干个自由度为零的基本杆组依次联接到原动件和机架上，就组成一个新的机构，其自由度数与原动件数目相等。

2. 机构的结构分析

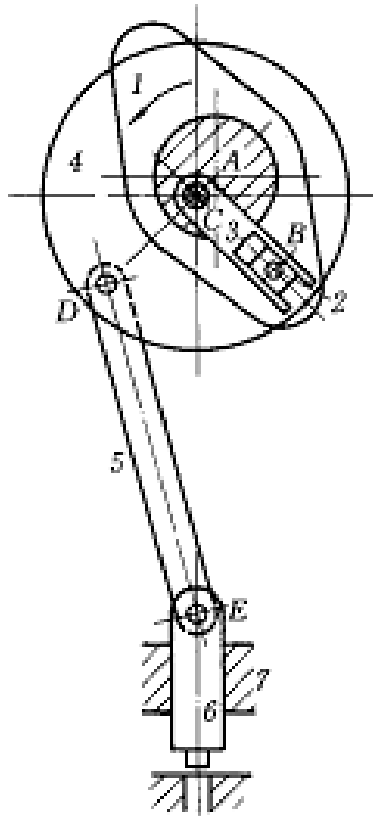
机构结构分析就是将已知机构分解为原动件、机架和若干个基本杆组，进而了解机构的组成，并确定机构的级别。

思考题：

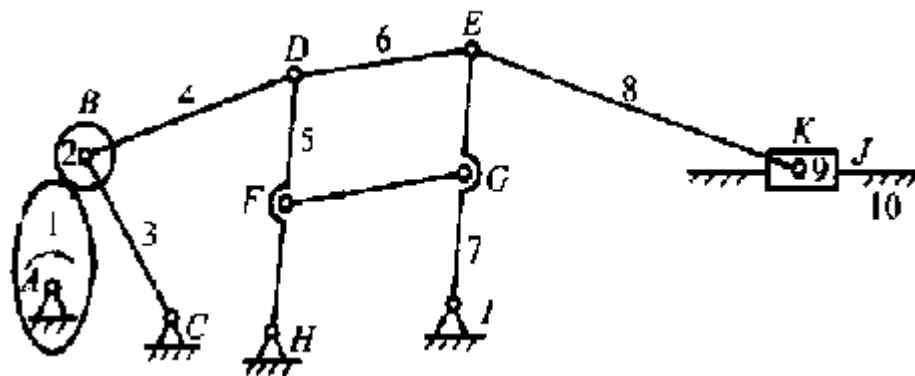
1. 何为构件？何为运动副和运动副元素？运动副是如何进行分类的？
2. 机构运动简图有何用处？它能表示出原机构哪些方面的特征？
3. 何谓机构的自由度？在计算平面机构自由度时应注意哪些问题
4. 何谓基本杆组？机构的组成原理是什么？如何确定基本杆组及机构的级别？确定基本杆组及机构级别有何意义？
5. 对平面机构进行高副低代时应满足什么条件？

课堂练习：

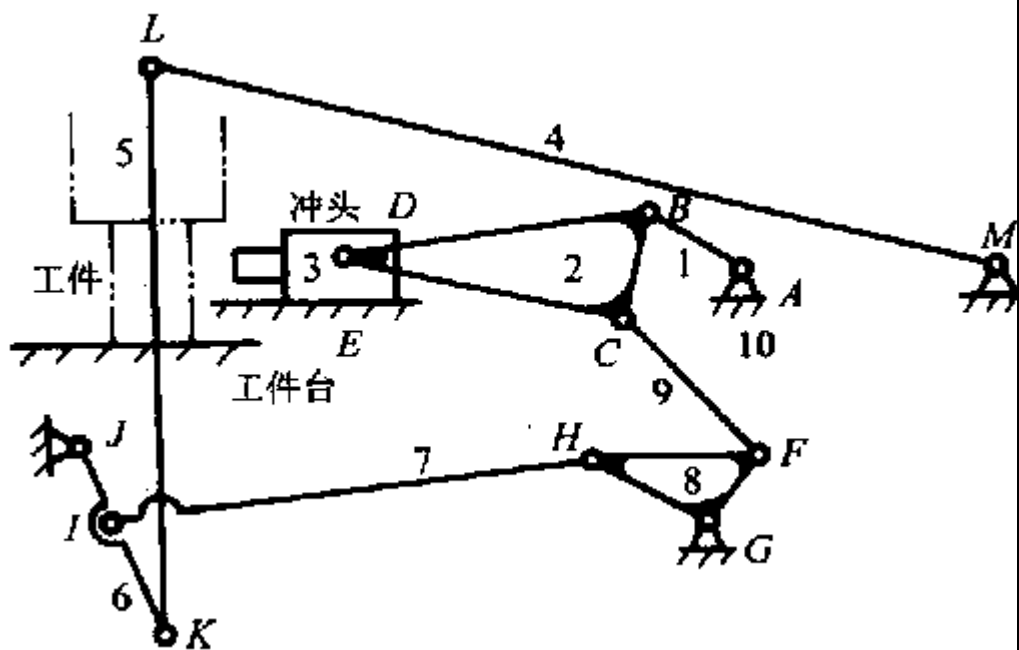
例 1. 图示为一冲床。绕固定中心 A 转动的菱形盘 1 为原动件，与滑块 2 在 B 点铰接，滑块 2 推动拨叉 3 绕固定轴 C 转动，拨叉 3 与圆盘 4 为同一构件，当圆盘 4 转动时，通过连杆 5 使冲头 6 实现冲压运动。试绘制其机构运动简图。



例 2. 计算图示某包装机送纸机构的自由度，并判断该机构是否有确定运动。



例 3. 试计算图示冲压机构的自由度，并分析下列情况下组成机构的基本杆组及机构的级别：（1）当以构件 1 为原动件时；（2）当以构件 6 为原动件时。



教学后记

1. 掌握运动副的分类, 高副、低副的定义。
2. 掌握机构运动简图的绘制方法。
3. 掌握平面机构自由度计算的计算方法。
4. 掌握机构结构分析的目的和方法。

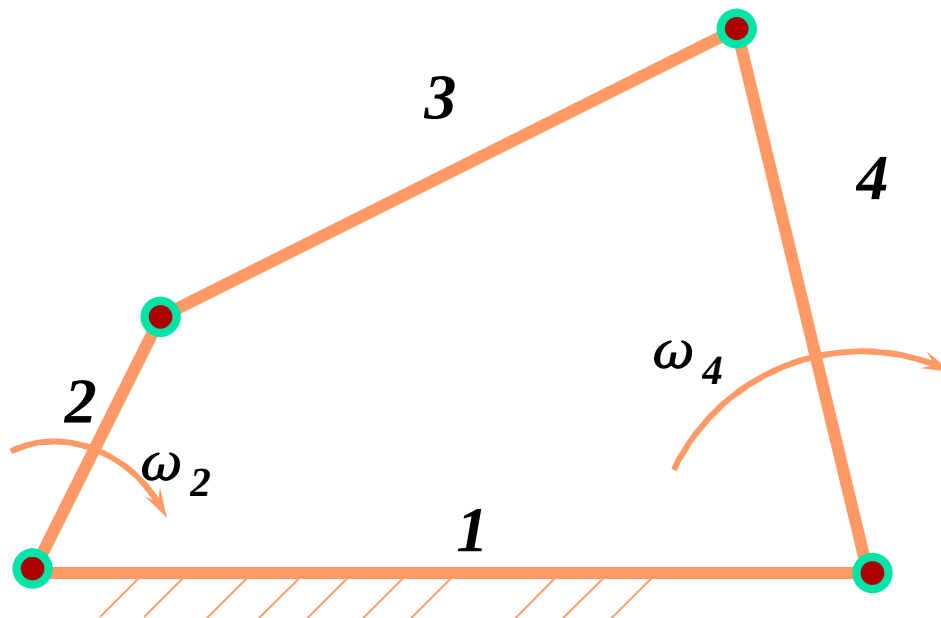
章节	第 3 章 平面机构的运动分析	课时	2 学时
教 学 目 的	1.正确理解速度瞬心（包括绝对瞬心和相对瞬心）的概念，并能运用“三心定理”确定一般平面机构各瞬心的位置。 2.能用瞬心法对简单高、低副机构进行速度分析。 3.能用矢量方程图解法对 II 级机构进行运动分析。		
教学 重点	本章重点是用速度瞬心法求机构的速度和用相对运动图解法求机构的速度及加速度。		
教学 难点	本章难点是分析两构件重合点之间的加速度关系，因为含有哥氏加速度一项，故求解过程较复杂一些。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 我们前面介绍的第二章内容就是介绍机构的组成和表达以及机构运动的确定性和创造机构的一些途径。那么我们在对一些真实机械在对它进行分析或者需要改进的时候，我们需要对它进行运动分析。我们前面讲的运动确定性问题，也就是这个机构运动确定不确定，是从定性角度来分析机构运动的确定性问题，也就是当你给定原动件运动的时候，从动件的运动必须是确定的。但是当原动件按已知运动规律运动的时候，从动件能不能达到运动要求，比如像位移能不能达到要求，速度、加速度能不能达到要求。那么像这个问题，我们上一章是不解决的，主要我们是放在这一章来研究，所以我们这一章介绍一下平面机构的运动分析。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、速度分析的瞬心法 1.机构运动分析的目的与方法 方法：图解法、解析法 2.速度分析的瞬心法 1) 速度瞬心 2) 机构中瞬心的数目 3) 机构中瞬心位置的确定 4) 瞬心在机构速度分析中的应用 二、杆组法及其应用 1.杆组法 1) 单杆构件的运动分析 2) RRR 杆组的运动分析 3) RRP 杆组的运动分析 4) RPR 杆组的运动分析 2、杆组法在运动分析中的应用 思考题： 1.何谓速度瞬心？相对瞬心与绝对瞬心有何区别？ 2.何谓三心定理？ 3.速度瞬心法一般适用于什么场合？能否利用速度瞬心法对机构进行加速度分析？ 4.何谓速度影像原理和加速度影像原理，应用影像法必须具备什么条件？要

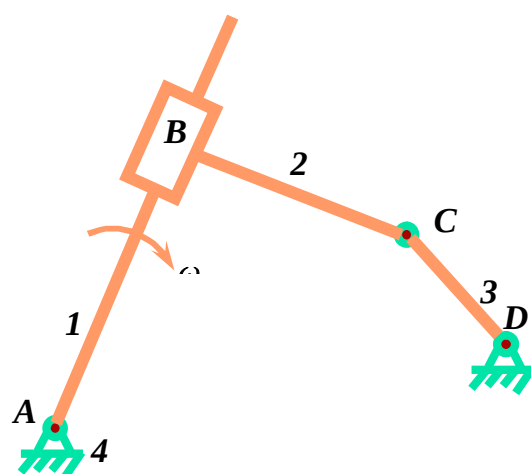
注意哪些问题？

课堂练习：

例 1. 如图所示的平面四杆机构中，已知原动件 **2** 以角速度 ω_2 等速度转动，现需确定机构在图示位置时从动件 **4** 的角速度 ω_4 。



例 2. 已知图示机构尺寸和原动件 **1** 的运动。求重合点 **C** 的运动



教 学 后 记	1. 掌握速度瞬心在机构速度分析中的应用。 2. 了解杆组法在机构运动分析中的应用。

章节	第 4 章 平面机构的力运动分析	课时	6 学时
教 学 目 的	1.了解机构中作用的各种力的分类及机构力分析的目的和方法 2.能对几种最常见的运动副中的摩擦力进行分析和计算。 3.能对 II 级机构进行动态静力分析。		
教学 重点	本章重点是移动副中摩擦的概念、摩擦力或摩擦力矩的计算和运动副中总反力作用线的确定。		
教学 难点	本章难点是平面机构中运动副总反力作用线的确定。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 那么前一章我们介绍了机构的运动分析，主要介绍了机构运动分析的方法。就是当已知原动件运动的时候，我们可以通过机构运动分析的方法来了解机构的各构件的运动情况。比如，位置、速度、加速度，或者构件上点的速度和加速度，来了解它运动的一些特性。那么这一部分重点我们要掌握图解的方法，因为解析法侧重于方程的建立，主要是瞬心法和矢量方程图解法。 那么对于机构来说，我们说机构是用来传递运动和力的一种运动装置。那么我们对于机构的了解，一个是了解它运动特性，那么另一个还要了解它力的特性。也就是它是如何进行力的传递的，或者是如何进行力的变换的。
	二、教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 1. 移动副中的摩擦； 2. 螺旋副中的摩擦； 3. 转动副中的摩擦； 4. 考虑摩擦时机构受力分析； 1.移动副中的摩擦 移动副中的摩擦是运动副摩擦的一种简单的方式，广泛存在于机械运动中。有三种情况，即平面摩擦、斜面摩擦和槽面摩擦。 1. 平面摩擦 滑块与平面构成的移动副，滑块在自重和驱动力的作用下向右移动。分析滑块的受力如下图。 摩擦角：总反力 R_{21} 与法向反力 N_{21} 的夹角 φ。 由图可知 $\tan \varphi = \frac{F_{21}}{N_{21}} = \frac{f \cdot N_{21}}{N_{21}} = f$ 故 $\varphi = \arctan f$ 总反力 R_{21} 与相对运动方向 v_{12} 的夹角总为钝角。其大小为 $(90^\circ + \varphi)$ 2. 斜面摩擦 一滑块置于斜面上，在铅垂载荷 Q 的作用下滑块沿斜面等速运动，分析使滑块沿斜面等速运动时所需的水平力。 置于斜面上的滑块有两种运动可能即沿斜面等速上升及沿斜面等速下滑。下面分别讨论滑块所受摩擦力。

(1) 滑块等速上升

(2) 滑块等速下滑

当滑块在水平力作用下等速上升时

当滑块在水平力作用下等速下滑

$$F + Q + R_{21} = 0$$

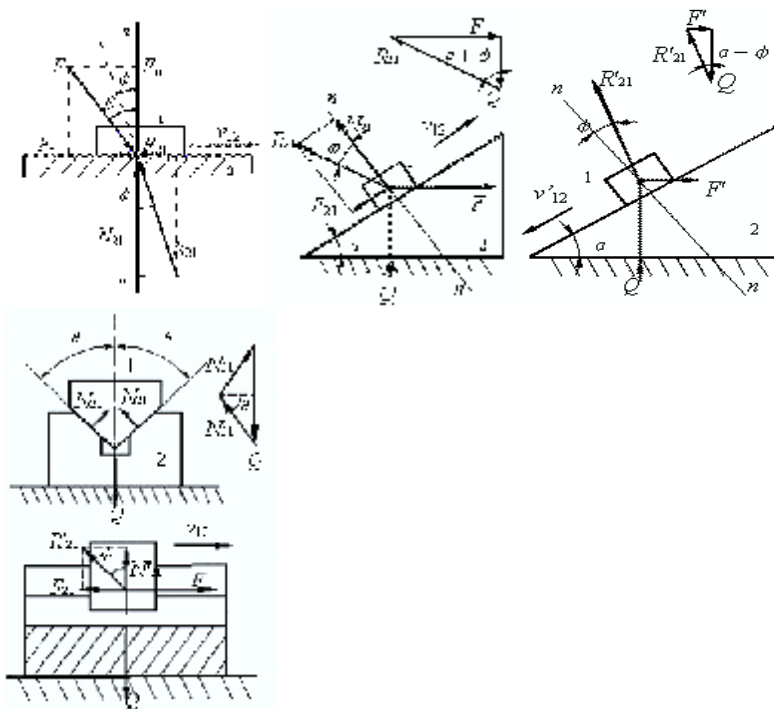
$$F' + Q + R'_{21} = 0$$

式中 F 与 R 的大小未知, 作力的三角形

由力的三角形得

$$F = Q \tan(\alpha + \varphi)$$

$$F' = Q \tan(\alpha - \varphi)$$



a) 平面摩擦

b) 滑块等速上升

c) 滑块等速下滑

d) 槽面摩擦

3. 槽面摩擦

由力三角形得: $N_{21} = \frac{Q}{2 \sin \theta}$ 故 $F_{21} = 2f \cdot N_{21} = f \cdot \frac{Q}{\sin \theta}$ 若令 $\frac{f}{\sin \theta} = f_e$

则 $F_{21} = f_e Q$ 。式中 f_e 称当量摩擦系数, 相当于把楔形滑块视为平滑块时的摩擦系数。与之对应的摩擦角称为当量摩擦角。引入当量摩擦系数的意义在于:

当量摩擦系数引入后, 在分析运动副中的滑动摩擦系数时, 不管运动副两元素的几何形状如何, 均可视为单一平面接触来计算其摩擦力。

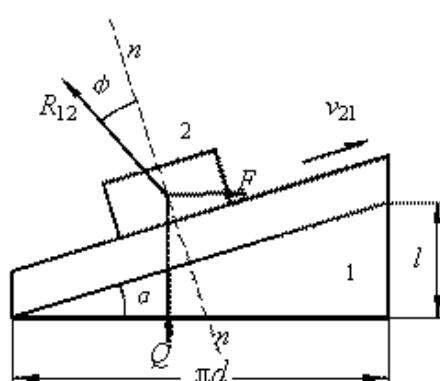
2. 螺旋副中的摩擦

螺旋副为一种空间运动副, 其接触面是螺旋面。当螺杆和螺母的螺纹

之间受有轴向载荷时, 拧动螺杆或螺母, 螺旋面之间将产生摩擦力。

在研究螺旋副中的摩擦时, 通常假设螺杆与螺母之间的作用力 Q 集中在平均直径为 d 的螺旋线上。由于螺旋线可以展成平面上的斜直线, 螺旋副中力的作用与滑块和斜面间的力的作用相同。就可以把空间问题转化为平面问题来研究。下面就矩形螺纹螺旋副中的摩擦和三角形螺纹螺旋副中的摩擦进行研究。

1) 矩形螺纹螺旋副中的摩擦



$$\tan \alpha = \frac{l}{\pi d} = \frac{zp}{\pi d}$$

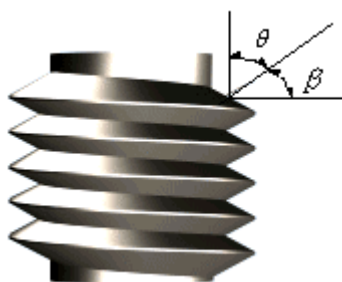
由力的三角形得:

$$F = Q \tan(\alpha + \varphi)$$

$$\text{拧紧力矩: } M = F \cdot \frac{d}{2} = \frac{d}{2} Q \tan(\alpha + \varphi)$$

2) 三角形螺纹螺旋副中的摩擦

三角形螺纹和矩形螺纹的区别在于螺纹间接触面的形状不同。螺母在螺杆上的运动近似的认为是楔形滑块沿斜槽面的运动。



此时, 斜槽面的夹角等于 2θ ($\theta = 90^\circ - \beta$, β 称为牙形半角)

$$f_e = \frac{f}{\sin(90^\circ - \beta)} = \frac{f}{\cos \beta}$$

$$\varphi_e = \arctan f_e = \arctan\left(\frac{f}{\cos \beta}\right) \quad \text{可得拧紧力矩}$$

$$M = F \cdot \frac{d}{2} = \frac{d}{2} Q \tan(\alpha + \varphi_e)$$

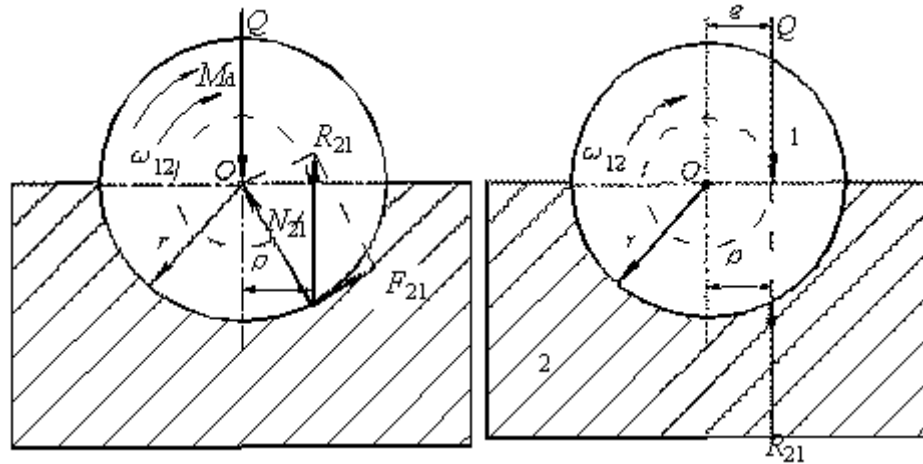
由于 $\varphi_e > \varphi$, 故三角形螺纹的摩擦力矩较大, 宜用于联接紧固。矩形螺纹摩擦力矩较小, 宜用于传递动力的场合。

3. 转动副中的摩擦

转动副在各种机械中应用很广, 常见的有轴和轴承以及各种铰链。转动副可按载荷作用情况的不同分成径向轴颈与轴承和止推轴颈与轴承。

1. 径向轴颈的摩擦

当载荷垂直于轴的几何轴线时，称为径向轴颈与轴承。轴颈在驱动力矩的作用下，在轴承中等速回转。



由于存在法向反力 N_{12} ，摩擦力 $F_{21} = fN_{21} = f_e Q$ ，其中 f_e 为当量摩擦系数。对于非跑和的径向轴颈 $f_e = \frac{\pi}{2} f$ ，跑和的径向轴颈 $f_e = \frac{4}{\pi} f$ ，摩擦力矩为 $M_f = F_{21}r = f_e Qr$ ，由力平衡 $R_{21} = -Q$ （ R_{21} 为总反力），力矩平衡 $M_d = -R_{21}\rho = -M_f$ 。可得： $\rho = f_e r$ 。

对于具体的轴颈， ρ 为定值。以轴颈中心 O 为圆心， ρ 为半径的圆称为摩擦圆， ρ 为摩擦圆半径。总反力 R_{21} 始终切于摩擦圆，大小与载荷 Q 相等。其对轴颈轴心 O 之距的方向必与轴颈相对于轴承的角速度的方向相反。上图中用一偏距为 e 的载荷 Q 代替原载荷及驱动力矩 M ，则 $M_d = Qe$

$e > \rho$ 轴颈将加速运动

$e = \rho$ 轴颈将等速运动

$e < \rho$ 轴颈将减速运动，若加载前静止，则保持静止状态。

2. 止推轴颈的摩擦

轴用以承受载荷的部分称为轴端或轴踵。轴端和承受轴向载荷的止推轴承 **2** 构成一转动副。非跑合的止推轴承轴端各处压强相等；跑合的止推轴承，轴端各处的压强不相等，离中心远的地方磨损较快，因而压强减小；离中心近的部分磨损较慢，因而压强增大。

4. 考虑摩擦时机机构的受力分析

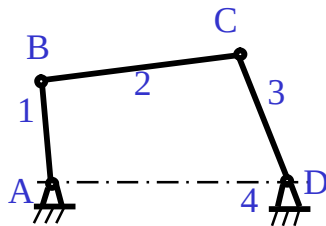
运动副中的摩擦是客观存在的，考虑摩擦的机构受力分析才能反映机构的实际受力状况。以曲柄滑块机构为例，介绍机构的受力分析方法。

思考题：

1. 何谓驱动力？何谓阻抗力？何谓有效阻力？何谓有害阻力？
2. 为什么要研究机械中的摩擦？试举例说明摩擦对机械工作的利弊？
3. 何谓当量摩擦系数？何谓当量摩擦角？为何要引入当量摩擦的概念？为什么槽面摩擦大于平面摩擦？是否因为槽面摩擦的摩擦系数 f 大于平面摩擦的摩擦系数所致？
4. 何谓摩擦圆？摩擦圆的大小与哪些因素有关？在转动副中如何确定其总反力的方位？

课堂练习：

例 1. 图示机构中，已知工作阻力 Q 和摩擦圆半径 ρ ，画出各运动副总反力的作用线并求驱动力矩 M_d

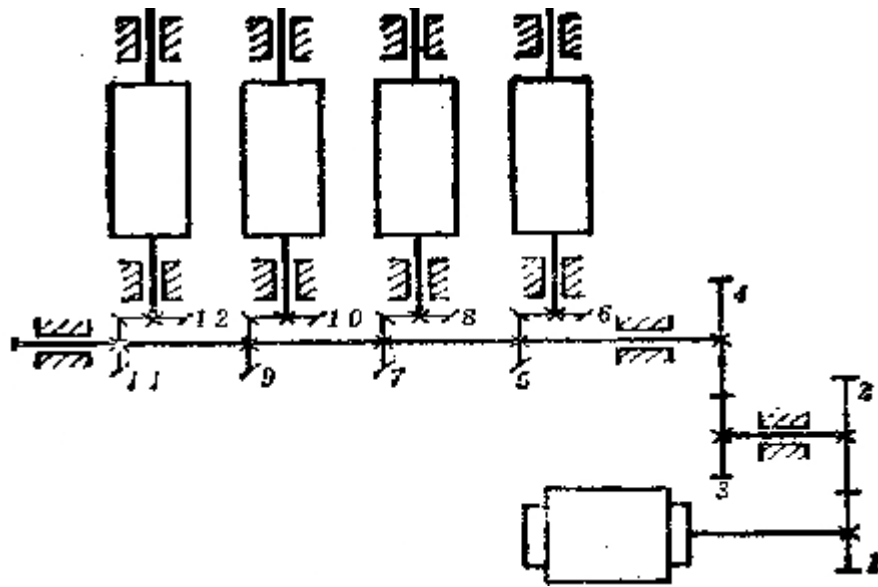


教
学
后
记

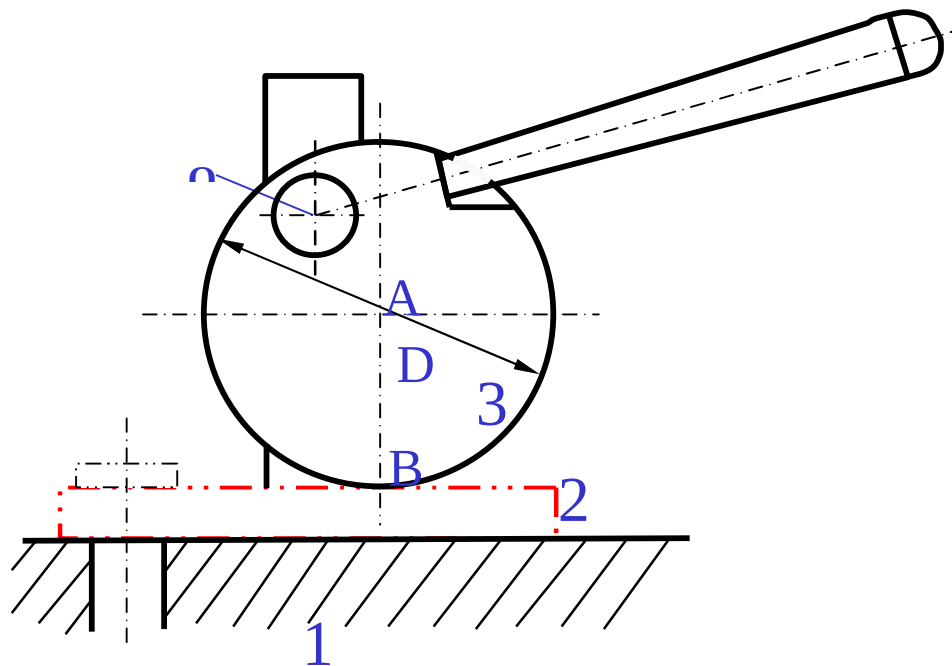
1. 掌握运动副中总反力的确定方法。
2. 掌握考虑摩擦时的机构受力分析

章节	第 5 章 机械的效率和自锁	课时	2 学时
教 学 目 的	1.能确定简单机械的效率及自锁条件。		
教学 重点	本章重点是机械效率的计算，机械的自锁现象和自锁条件的确定。		
教学 难点	本章难点是机械自锁条件的判定。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 前面我们仅研究了机构中的力和力的计算方法。本章将进一步研究由机构组成的机器在这些力作用下所作的功和这些功与机器运动的关系，以及衡量机器对能量的有效利用程度的方法，故引入机械效率。 此外，有些机械，就其结构境况分析，只要加上足够大的驱动力，按常理就应该能够沿着有效驱动力作用的方向运动，而实际上由于摩擦的存在，却会出现无论这个驱动力如何增大，也无法使它运动的现象，这种现象称之为机械的自锁。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等）
	讲课内容： 一、机械效率和自锁 1.机械效率的表达形式 2.机械系统的机械效率 3.机械的自锁 4.举例 二、提高机械效率的途径 三、摩擦在机械中的应用 思考题： 1. 何谓机械效率？对机械效率的力比形式的计算公式 $h = \frac{F_0}{F} = \frac{M_0}{M}$ 应如何理解？在使用中应注意什么问题？ 2. 何谓机械的自锁现象？对于机械自锁时，其效率 $h \leq 0$ 应如何理解？ 3. 所谓自锁机构是否就是不能运动的机构？ 4. 机构的正反行程的机械效率是否相同？其自锁条件是否相同？为什么？ 课堂练习： 例 1. 如图所示为一输送辊道的传动简图。设已知一对圆柱齿轮传动的效率为 0.95；一对圆锥齿轮传动的效率为 0.92（均已包括轴承效率）。求该传动装置的总效率。



例 2. 图示偏心夹具在 P 力加紧，去掉 P 后要求不能松开，即反行程具有自锁性，



教 学 后 记	1. 掌握效率的计算方法 2. 了解机械自锁条件的判定方法。
----------------------------	---

章节	第 6 章 机械的平衡	课时	4 学时
教 学 目 的	1. 掌握刚性转子静平衡、动平衡的原理和方法。 2. 了解平面机构的平衡原理。		
教学 重点	本章重点是刚性转子的静平衡、动平衡的原理及计算方法。静平衡只能平衡惯性力，动平衡后使惯性力和惯性力偶均为零。		
教学 难点	本章难点：一个转子，不论其形状如何复杂，理论上只需在任意选定的两个平面内分别增加（或减少一个质量），就能使该转子达到完全平衡。其理论依据可由理论力学的原理来解释。一个力可以分解为与它相平行的两个分力，无论转子质量如何分布，各质量产生的惯性力可以分解到两个选定的平面内。这样，就把空间力系的平衡问题，转化为两个平面上的汇交力系的平衡问题。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

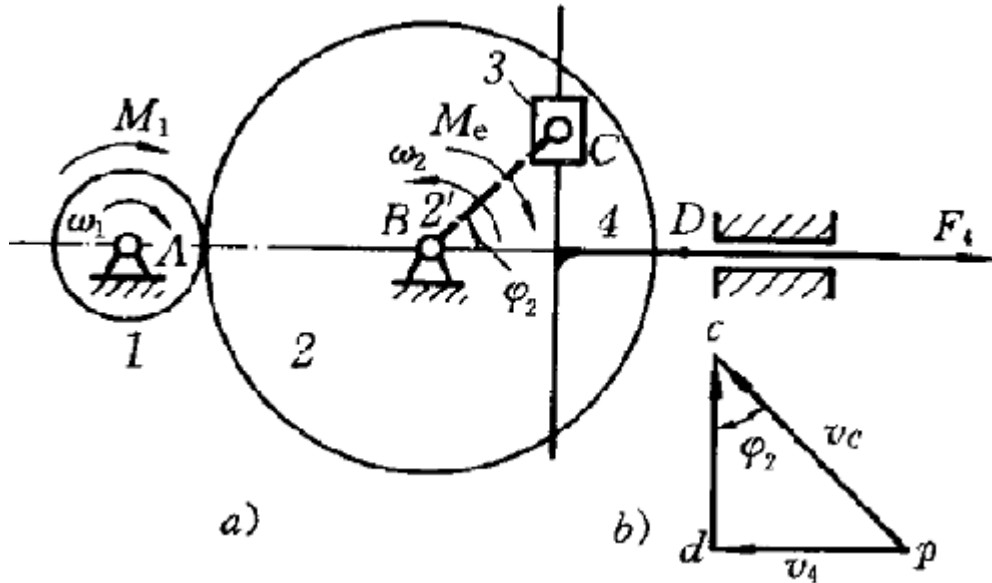
教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 前面已经提到，机构运转时构件将产生惯性力和惯性力偶矩，它们在机构各运动副中引起动压力，并传到机架上。由于惯性力和惯性力偶矩的大小和方向随着机械运转的循环而产生周期性变化，因此当它们不平衡时，将使整个机器发生振动，引起工作精度和可靠性下降、零件的磨损和疲劳以及有害人体的噪声。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、的分类和平衡方法 1.机械平衡的分类 2.机械平衡方法 二、刚性转子的平衡设计 1.静平衡设计 2.动平衡设计 三、刚性转子的平衡实验 四、平面机构的平衡设计简介 1.平面机构惯性力的平衡条件 2.机构惯性力的完全平衡 3.机构惯性力的部分平衡 思考题： 1. 为什么要对回转构件进行平衡？ 2. 对于作往复移动或平面运动的构件，能否在构件本身将其惯性力平衡？ 3. 何谓动平衡？何谓静平衡？他们各需要满足什么条件？哪一类构件只需要进行静平衡？哪一类构件必须进行动平衡？ 4. 在工程上为什么要规定许用不平衡量？为什么说完全的绝对平衡是不可能的，也是不必要的？ 5. 对平面四杆机构进行平衡的基本原理和基本方法是什么？ 6. 何谓平面四杆机构的完全平衡？这种平衡方法有什么优缺点？ 7. 何谓平面机构的部分平衡？为什么要这样处理？

	课堂练习： 例 1. 如图 6—9 所示，为一个一般机械的转子，质量为 70kg，转速 $n=3000\text{r/min}$，两平衡基面 I、II 至质心的距离分别为 $a=40\text{cm}$，$b=60\text{cm}$，试确定两平衡基面内的许用不平衡量。
教 学 后 记	1. 掌握刚性转子的静平衡设计。 2. 了解平面机构的平衡设计方法

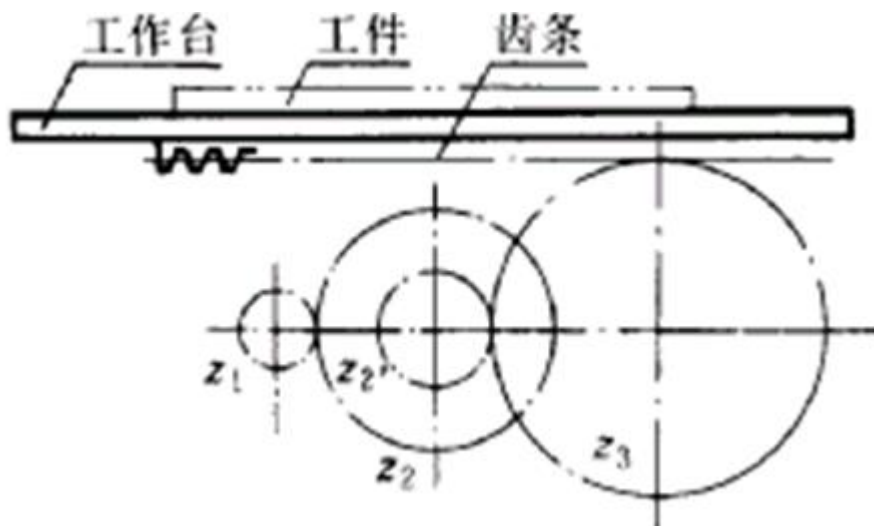
章节	第7章 机械的运转及其速度波动的调节	课时	4 学时
教 学 目 的	1. 对单自由度机械系统等效动力学模型有明确概念。 2. 掌握建立机械系统运动方程式的方法。 3. 熟悉周期性与非周期性速度波动的调节原理。掌握飞轮转动惯性的近似计算方法。		
教 学 重 点	本章重点是： 1. 机械系统等效动力学模型的概念。 2. 等效转动惯量、等效质量、等效力矩、等效力的概念及计算方法。 3. 机械运转速度波动及其调节方法，飞轮转动惯量的计算。		
教 学 难 点	本章难点是最大盈亏功的确定及机械运动方程的求解。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 前面在研究机构的运动分析及力分析时，一般都假设原动件机作等速运动，而实际上机构原动件的运动规律是由其各构件的质量、转动惯量和作用于其上的驱动力与阻抗力等因素而决定的。在一般情况下，原动件的速度和加速度是随时间而变化的，因此为了对机构进行精确的运动分析和力分析，就需要首先确定机构原动件的真实运动规律，这对于高速、高精度和高自动化程度的机械设计是十分重要的。所以，本章研究的主要问题之一，就是研究在外力作用下机械的真实运动规律。
	二、教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、机械的运转过程 作用在机械上的力及运转过程 二、机械的等效动力学模型 1.等效动力学模型的建立 2.等效量的计算 三、机械运动方式的建立及求解 机械的速度波动及其调节方法 1.周期性速度波动及其调节 2.非周期性速度波动及其调节 四、飞轮设计 1.飞轮设计基本原理 2.最大盈亏功[W]的确定 思考题： 1. 机器主轴的运转速度为什么是波动的？何谓周期性速度波动和非周期性速度波动？产生周期性速度波动和非周期性速度波动的原因是什么？为什么要加以调节？各可用什么方法来加以调节？ 2. 机器安装了飞轮以后能否得到绝对匀速运转？飞轮能否用来调节非周期性速度波动？欲减小机器的周期性速度波动，转动惯量相同的飞轮应安装在机器的高速轴上还是安装在低速轴上？ 3. 为什么有的机器上即装有飞轮又装有调速器？而有的机器上只装有飞轮，有的机器上只装有调速器？ 课堂练习： 例 1. 如图为一齿轮驱动的正弦机构，已知：$z_1=20$，转动惯量为 J_1；$z_2=60$，转动惯量为 J_2，曲柄长为 l，滑块 3 和 4 的质量分别为 m_3，m_4，

其质心分别在 **C** 和 **D** 点，轮 **1** 上作用有驱动力矩 **M_1** ，在滑块 **4** 上作用有阻力 **F_t** ，取曲柄为等效构件，求：图示位置时的等效转动惯量 **J_e** 及等效力矩 **M_e** 。



例 2. 已知：各齿轮齿数，齿轮 **3** 的分度圆半径 **r_3** ，各齿轮的转动惯量，工作台重 **G** ，当取齿轮 **1** 为等效构件时，试求该机械系统的 **J_e** 。



教 学 后 记	1. 掌握等效量的计算； 2. 掌握飞轮设计的近似方法
----------------------------	--

章节	第 8 章 平面连杆机构及其设计	课时	6 学时
教 学 目 的	1. 了解连杆机构的传动特点及其主要优缺点。 2. 了解平面四杆机构的基本型式、演化型式及平面四杆机构的应用实例。 3. 对平面连杆机构的运动和传力性能有明确概念。 4. 能按已知连杆三位置、两连架杆三对应位置以及行程速比系数等要求设计平面四杆机构。		
教 学 重 点	本章重点是：平面四杆机构的基本型式及其演化，有关四杆机构的一些基本知识，以及平面四杆机构的一些基本设计方法。		
教 学 难 点	本章难点是按两连架杆多对对应位置、或连杆的多个精确位置、或轨迹的多个精确点的设计。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 连杆机构的应用十分广泛，它不仅在众多工农业机械和工程机械中得到广泛应用，而且诸如人造卫星太阳能板的展开机构、机械手的传动机构、折叠伞的收放机构等也都用有连杆机构。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、平面连杆机构的特点 1. 连杆机构中构件以低副相连，可用来传递较大的动力； 2. 构件运动形式具有多样性； 3. 连杆曲线具有多样性 二、基本类型---铰链四杆机构 按照连架杆的运动形式又分为： a) 曲柄摇杆机构 b) 双摇杆机构 c) 双曲柄机构 平面四杆机构的演化方法： 1. 转动副转化为移动副 2. 选取不同构件为机架 3. 变化构件形态 4. 扩大转动副的尺寸 三、 转动副为周转副的条件 1. 杆长条件：最短杆+最长杆小于等于其余两杆长度之和； 2. 组成转动副的两个构件中，必有一个为最短杆。 四、急回运动特性 1. 极位夹角 θ：从动件处于两极限位置时，曲柄两位置之间所夹锐角 2. 行程速比变化系数 $k = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$ 五、压力角与传动角 六、机构的死点位置 七、平面连杆机构设计的基本问题 1. 实现刚体给定位置的设计

2. 实现预定运动规律的设计

3. 实现预定轨迹的设计

八、平面连杆机构的图解设计

1. 刚体导引机构的设计

2. 函数生成机构的设计

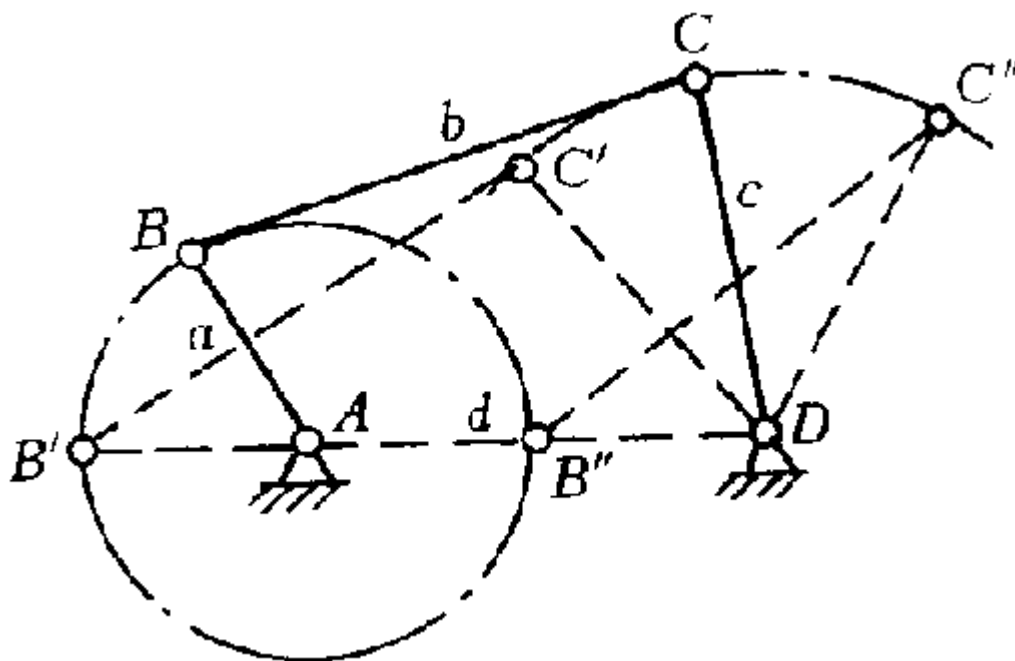
3. 急回机构的设计

思考题：

1. 平面四杆机构的基本型式是什么？它有哪些演化型式？研究平面四杆机构演化的目的何在？
2. 何谓曲柄？四杆机构具有曲柄的条件是什么？曲柄是否就是最短杆？
3. 何谓连杆机构的压力角和传动角？研究传动角有何意义？在连杆机构设计中对传动角有何限制？为什么说在曲柄摇杆机构中最小传动角出现在曲柄与机架共线的两位置之一？
4. 在四杆机构中，死点和极为实际上是同一个位置，那末为什么有时叫它死点，有时又叫它极位，它们区别在什么地方？
5. 死点与自锁有什么区别？说明死点的危害及其克服方法，以及死点在机械工程中的应用情况。

课堂练习：

例 1. 如下图所示的铰链四杆机构,已知: $a=10\text{mm}$, $c=45\text{mm}$, $d=50\text{mm}$, 欲使该机构成为曲柄摇杆机构, 求连杆长度 b 的变化范围.

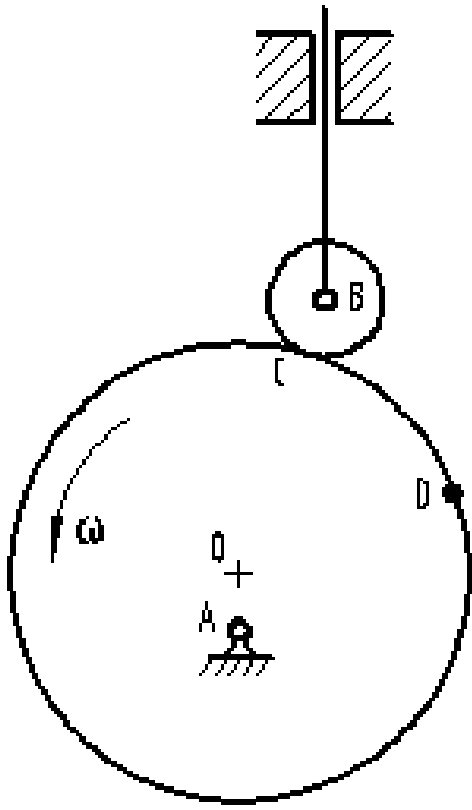


教 学 后 记	1. 了解四杆机构的基本型式及演化方法 2. 掌握平面连杆机构的工作特征，应用自如。 3. 掌握平面连杆机构的图解设计方法。
------------------	--

章节	第 9 章 凸轮机构及其设计	课时	6 学时
教 学 目 的	1.了解凸轮机构的类型和应用。 2.对推杆的基本运动规律及推杆运动规律的选择有明确的概念。 3.对凸轮机构的压力角和自锁有明确的概念。 4.能确定盘形凸轮机构的基本尺寸。 5.掌握盘形凸轮廓线的设计方法。		
教学 重点	本章重点是：推杆常用运动规律的特点及其选择原则。凸轮机构运动过程的分析。凸轮轮廓曲线的设计。凸轮机构压力角与机构基本尺寸的关系。		
教学 难点	本章难点： 1.凸轮机构设计的基本方法（反转法） 。 2.凸轮机构的运动分析方法。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 由前章所述可知，低副机构一般只能近似地实现给定运动规律，而且设计较为复杂。当从动件的位移、速度和加速度必须严格地按照预订规律变化，尤其当原动件作连续运动而从动件必须作间歇运动时，则以采用凸轮机构最为简便。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、凸轮机构的应用与分类 1. 凸轮机构的组成 2. 凸轮机构的应用 3. 凸轮机构的分类 4. 凸轮机构的特点和功能 二、推杆运动规律 1. 基本概念 基圆、升距、推程运动角、回程运动角 2. 从动件的常用运动规律 a. 等速运动规律 b. 等加速等减速运动规律 c. 简谐运动规律 d. 摆线运动规律 3. 从动件常用运动规律特性比较及适用场合 4. 从动件运动规律选择原则 三、凸轮廓线的设计 1. 凸轮廓线设计的基本原理——反转法 2. 用作图法设计凸轮廓线 a. 直动从动件盘形凸轮廓线设计 b. 摆动从动件盘形凸轮廓线设计 c. 圆柱凸轮廓线设计 3. 用解析法设计凸轮廓线 a. 直动滚子从动件盘形凸轮 b. 理论廓线方程 c. 实际廓线方程

	四、 凸轮机构基本尺寸确定 1. 凸轮机构的压力角 2. 凸轮基圆半径的确定 3. 滚子半径的选择 4. 平底直动从动件平底尺寸的确定 5. 从动件偏置方向的确定 思考题： 1. 在凸轮机构设计中有哪几种常用的推杆运动规律？各有什么特点及优缺点？在选择推杆的运动规律时，主要应考虑哪些因素？ 2. 何谓凸轮机构的变尖现象？它对凸轮机构的工作有何影响？如何加以避免？ 3. 平底推杆凸轮机构的压力角为多少？是否恒为零？这种凸轮机构是否也存在自锁问题？为什么？ 课堂练习： 例 1. 如图所示的凸轮为偏心圆盘。圆心为 O，半径 $R=30\text{mm}$，偏心距 $l_{OA}=10\text{mm}$，$r_T=10\text{mm}$，偏距 $e=10\text{mm}$。试求（均在图上标出）： （1）凸轮的理论廓线为何种廓线？ （2）推杆的行程 h 和凸轮的基圆半径 r_0 （3）推程运动角 δ_0、远休止角 δ_{02}、回程运动角 δ'_0、和近休止角 δ_{02} （4）从接触点 C 到接触点 D 凸轮所转过的角度 δ 和在 D 点时推杆的位移 s （5）在 C 点接触时凸轮机构的压力角 α_c
--	--

	
教 学 后 记	1. 掌握常用运动规律的特点和适用场合 2. 掌握凸轮廓线的图解设计方法。 3. 掌握廓线机构的解析设计方法。 4. 掌握凸轮机构压力角的概念。

章节	第 10 章 齿轮机构及其设计	课时	8 学时
教 学 目 的	1.了解齿轮机构的类型和应用。 2.明确齿廓啮合基本定律的概念 3.深入了解渐开线直齿圆柱齿轮传动的啮合特性。 4.掌握标准直齿圆柱齿轮传动的基本参数和几何尺寸的计算。 5.明确根切现象及最少齿数，齿轮的变位修正和变位齿轮传动的基本概念。 6.了解平行轴斜齿轮的啮合特点及其几何尺寸的计算。 7.了解标准直齿圆锥齿轮传动的特点及其几何尺寸的计算。 8.对蜗杆传动的特点有所了解。		
教 学 重 点	本章重点是渐开线直齿圆柱齿轮外啮合传动的基本理论和设计计算，对于其他类型的齿轮传动则应注意其与直齿圆柱齿轮传动的异同点。		
教 学 难 点	本章难点是齿轮的变位修正和变位齿轮传动。这一部分内容因受教学学时的限制，未作为本章的重点内容来阐述，但它在工程实际中却是非常重要的。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

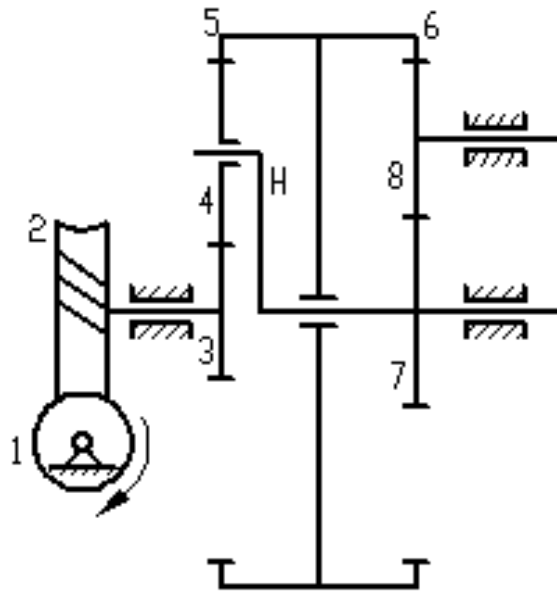
教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 齿轮机构用于传递空间任意两轴之间的运动和动力，它是现代机械中应用最为广泛的一种传动机构。它依靠轮齿齿廓直接接触来传递空间任意两轴间的运动和动力，并具有传递功率范围大、传动效率高、传动比准确、使用寿命长、工作可靠等优点；但也存在对制造和安装精度要求高以及成本较高等缺点。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 10—1. 齿轮机构的类型 1. 平面齿轮机构 2. 空间齿轮机构 10—2. 齿廓啮合基本定律 $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P} = \text{常数}$ 10—3. 渐开线齿廓 1. 渐开线的形成 2. 渐开线的性质 3. 渐开线的方程 4. 渐开线齿廓的啮合特性 10—4. 外齿轮各部分的名称 1. 二、基本参数 齿数、模数、压力角、齿顶高系数、顶隙系数 2. 几何尺寸计算 3. 内齿轮简介、齿条的特点 10—5. 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 1. 正确啮合条件 $\left. \begin{array}{l} m_1 = m_2 = m \\ a_1 = a_2 = a \end{array} \right\}$ 2. 无侧隙啮合条件 一对齿轮的无齿侧间隙啮合及标准安装； 齿轮齿条无齿侧间隙啮合及标准安装； 齿轮齿条啮合传动特点。

	3.连续传动条件 10—6.渐开线齿轮的加工 1.齿轮的加工方法 仿形法、范成法 范成法切制齿轮的基本原理 用标准型齿条刀具加工齿轮 2.渐开线齿廓的根切 根切现象、产生原因 3.避免根切的方法 增加被加工齿轮的齿数 增大刀具与轮坯中心的距离 10—8.斜齿圆柱齿轮机构 1.斜齿圆柱齿轮齿廓面的形成 2.斜齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算 3.平行轴斜齿轮传动 4.斜齿轮的当量齿轮 5.斜齿轮传动的特点 10—9.圆锥齿轮机构 直齿圆锥齿轮齿廓的形成 直齿圆锥齿轮的啮合传动 10—10.蜗杆蜗轮机构 1.蜗杆和蜗轮的形成 2.蜗杆蜗轮机构的啮合特性 3.蜗杆蜗轮机构的传动设计 思考题: 1. 要齿轮传动匀速、连续、平稳的进行，必须满足哪些条件？这些条件各起何作用？ 2. 渐开线齿轮的基本参数有哪些？其中哪些是具有标准的？为什么说这些参数是基本参数？ 3. 重合度的物理意义是什么？影响重合度的主要参数有哪些？增大齿轮的模数对提高重合度有无好处？ 4. 斜齿轮的螺旋角对传动有什么影响？它的常用范围是多少？为什么要作这样的限制？ 5. 蜗杆传动有何优缺点？为什么说多头蜗杆传动有发展趋势？蜗杆传动效率是不是只能较低而不能提得较高？你能指出提高蜗杆传动效率的途径吗？
--	---

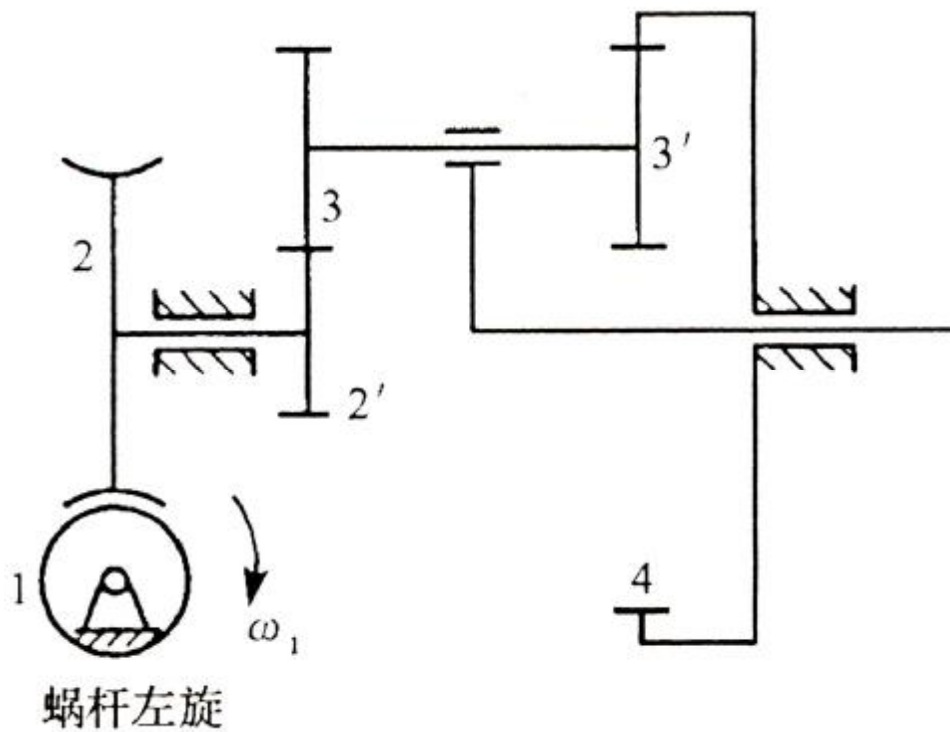
	课堂练习： 例 1. 已知一对渐开线外啮合标准直齿圆柱齿轮的参数为：$m=5\text{mm}$，$z_1=20$，$z_2=30$， 试求： （1）分度圆半径 r_1、r_2，齿顶圆半径 ra_1、ra_2，齿根圆半径 rf_1、rf_2，标准中心距 a； （2）若安装中心距比标准中心距增大 2mm 时，顶隙 c、啮合角及两轮的节圆半径、各为多少？
教 学 后 记	1. 了解两个齿轮做定传动比传动的条件 2. 掌握渐开线的性质、渐开线齿廓的啮合特性 3. 掌握渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算 4. 掌握正确啮合条件、连续传动条件 5. 掌握渐开线齿廓的根切现象、产生的原因及避免的方法 6. 掌握斜齿圆柱齿轮的参数特点 7. 了解斜齿圆柱齿轮当量齿轮的概念、传动特点。

章节	第 11 章 齿轮系及其设计	课时	6 学时
教 学 目 的	1.熟悉轮系的分类与功用 2.能计算各种类型轮系的传动比		
教 学 重 点	本章重点是轮系传动比计算，特别是周转轮系和复合轮系传动比的计算。		
教 学 难 点	本章难点是复合轮系如何正确划分为各个基本轮系。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 在前一章对一对齿轮的传动和几何设计问题进行了研究，但在实际机械中，为了满足不同的工作需要，仅用一对齿轮组成的齿轮机构往往是不够的，需用由一系列齿轮所组成的齿轮机构来传动。这种由一系列的齿轮所组成的齿轮系统称为齿轮系。
	二、教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、轮系的类型 1.定轴轮系 2.周转轮系 3.混合轮系 二、轮系的传动比 1.定轴轮系传动比 2.周转轮系传动比 3.混合轮系传动比 三、轮系的功用 思考题： 1. 在定轴轮系和周转轮系中，其从动件的转向分别是如何确定的？ 2. 在确定行星轮系中各轮的齿数时，应满足哪些条件？ 课堂练习： 例 1. 图示轮系中各轮模数相同且均为标准齿轮，齿数分别为 $z_1=1$, $z_2=30$, $z_3=14$, $z_5=z_6=50$, $z_7=20$，主动轮右旋蜗杆 1，转向如图 (1) 该轮系由哪些基本轮系组成； (2) 确定齿数 z_4, z_8; (3) 计算传动比 i_{17}; (4) 在图中标出齿轮 7 的转向。



例 2. 在图中的轮系中，已知各齿轮的齿数， $z_1=1, z_2=40, z_3=72, z_4=114$ ，蜗杆左旋，转向如图所示。求轮系的传动比 i_{1H} ，并确定输出杆 H 的转向。



教 学 后 记	1. 掌握轮系传动比的计算
----------------------------	-----------------------------

章节	第 12 章 其他常用机构	课时	4 学时
教 学 目 的	1. 熟悉间歇运动机构的结构、功能和应用。 2. 熟悉其它常用机构的结构、功能和应用。 3.了解机构的组合方式与组合机构的类型及功能。		
教 学 重 点	本章重点是棘轮机构、槽轮机构、万向铰链机构及螺旋机构的组成、运动特点及其运动设计要点。		
教 学 难 点	本章难点是各种间歇机构的设计。		
相关素材（参考资料、指导学生阅读材料等）： 1.孙恒，陈作模等. 机械原理. 高等教育出版社. 2006 2.郑文纬，吴克坚.机械原理. 高等教育出版社 2003 3.陈作模，张永红等. 机械原理学习指南. 高等教育出版社. 2006 4.陆品，秦彦斌.机械原理（导教导学导考）.西北工业出版社.2005 5.葛文杰.机械原理常见题型解析及模拟题. 西北工业出版社.2003 6.张志强，孙江宏等.机械原理考研指导.清华大学出版社.2004			

教 学 过 程	教师授课思路、设问及讲解要点
	一、 引言 在许多机器中，除广泛采用前面各章所介绍的常用机构外，还经常用到其他类型的一些机构，如各类间歇运动机构、非圆齿轮机构、螺旋机构、万向铰链机构、组合机构等。本章将对这些机构的工作原理、运动特点、应用情况及设计要点分别予以简要介绍。
	二、 教学内容正文（含讲课内容、提问设计、课堂练习等） 讲课内容： 一、间歇运动机构 1.棘轮机构 2.槽轮机构 3.凸轮式间歇运动机构 4.不完全齿轮机构 二、其它常用机构 1.螺旋机构 2.挠性传动机构 3.液压、气动机构 思考题： 1. 棘轮机构有何特点？棘轮工作齿面的倾斜角 α 应如何确定？若倾斜角过小，将会出现什么问题？ 2. 何谓槽轮机构的运动系数和静止系数？两者之间有何关系？ 3. 螺旋机构运动特点是什么？变转动为移动有哪三种基本形式，其位移大小和方向如何确定？ 4. 单万向铰链机构在传动过程中有何特点？一般用于什么场合？双万向铰链机构要满足什么条件才能保证传动比恒为 1？中间轴作何种运动？

教 学 后 记	1. 了解棘轮机构、槽轮机构的组成、应用。 2. 了解组合机构的类型及功能。
----------------------------	---