

► 单元

汽车常用传动机构

3



学习目标

知识目标

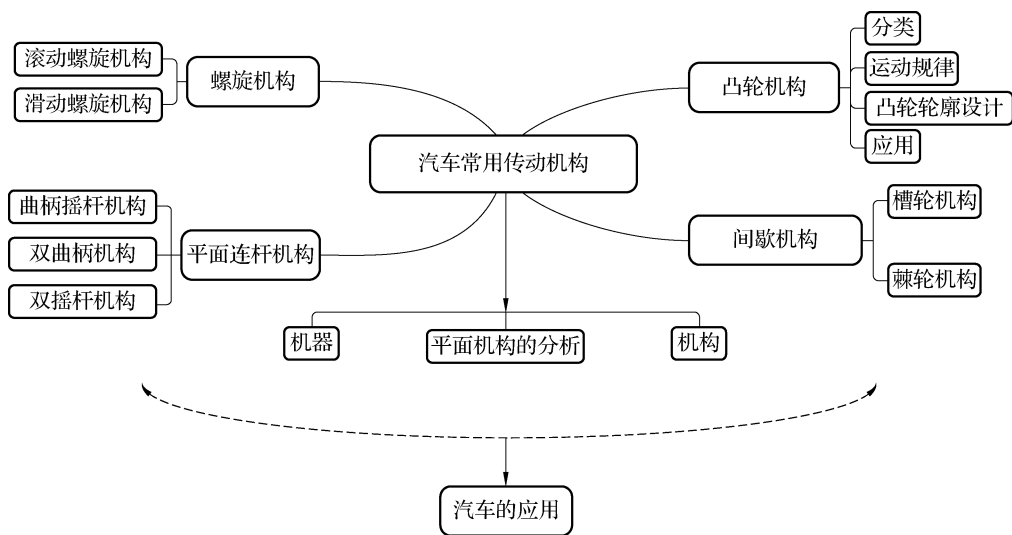
掌握机器、机构、机械、构件、零件及运动副的概念，熟悉平面机构运动简图的绘制方法，熟悉铰链四杆机构的三种基本类型、特点及应用，了解四杆机构的演化形式及应用，了解凸轮机构、螺旋机构、棘轮机构、槽轮机构的分类、应用及特点，掌握凸轮机构基本参数的概念及它们对工作的影响。

能力目标

能够区分机器与机构、构件与零件，能够分析常见平面机构的运动及绘制平面机构运动简图，能够判断四杆机构的类型，能够分析汽车上常见的四杆机构及其演化机构、螺旋机构、间歇运动机构的运动及其特点，能够分析汽车上的配气机构运动及其特点。



知识脉络图



3.1 汽车常用机构组成与运动分析

引入

发动机是汽车的“心脏”，为汽车的行驶提供动力。图 3-1 所示为汽车发动机内部结构图。发动机的工作原理是燃料通过凸轮机构进入密封气缸内，在缸内燃烧产生热能而膨胀，推动活塞做功，通过曲柄连杆机构转变为曲轴旋转的机械能，驱动汽车行驶。为了更好地了解汽车发动机的工作原理，作为工程技术人员必须能够对汽车常用机构的组成、运动特性进行分析。本节将以汽车发动机为载体，学习机器、机构、零件及构件的概念，正确分析平面机构的结构、绘制平面机构的运动简图及判断平面机构运动的确定性。

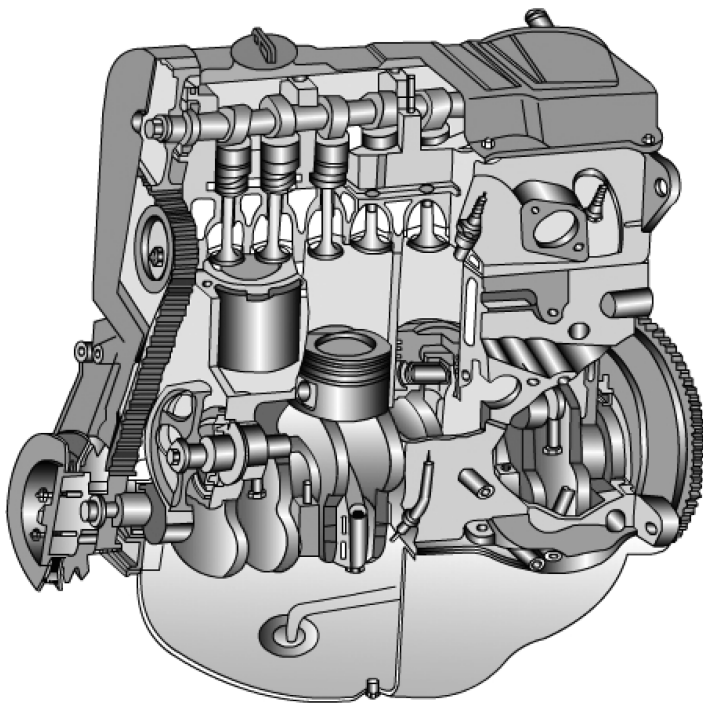
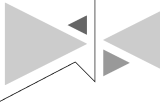


图 3-1 汽车发动机内部结构图



理论知识



3.1.1 机器、机构与机械

1. 机器

(1) 机器的概念。机器是能用来代替人的劳动完成有用的机械功或实现能量转换的具有确定相对运动的实物的组合体。

(2) 机器的类型及应用举例（表 3-1）。

表 3-1 机器的类型及应用举例

类型	应用举例
动力机器	电动机、发电机、内燃机等
工作机器	金属切削机床、纺织机、运输机、起重机、汽车、船舶、飞机等
信息机器	照相机、复印机、打印机、打字机等

(3) 机器的组成。机器一般由动力部分、传动部分、控制部分、执行部分和辅助部分五个基本部分组成，现以汽车为例说明机器的组成部分，见表 3-2。

表 3-2 机器的组成

组成部分	说 明	应用举例
动力部分	动力源	汽车发动机、电动机等
传动部分	把原动部分的运动和动力传给工作部分的中间环节	离合器、变速器、传动轴、驱动桥等
控制部分	控制机器中的其他各部分	汽车计算机、转向器、制动器等
执行部分	完成机器预定动作，一般位于传动的终端	汽车车轮等组成的行驶系
辅助部分	安装和支持其他各部分及照明、润滑等	汽车车身、照明、润滑等

2. 机构

(1) 机构的概念。机构是具有确定相对运动的实物的组合体。

(2) 机器与机构的区别（表 3-3）。

表 3-3 机器与机构的区别

名称	特征	功用	备注
机器	(1) 构件的组合； (2) 构件间具有确定的相对运动； (3) 代替人的劳动完成有用的机械功或实现能量转换	利用机械能做功或实现能量转换	从结构或运动的角度来看，机器和机构是完全相同的
机构	具有机器的 (1) (2) 两个特征，而无 (3) 特征	传递或转变运动的形式	

机构只具有机器的前两个特征，如图 3-1 所示，汽车发动机为一台机器，其内部可由曲柄连杆机构（图 3-2）和凸轮机构（图 3-3）组成。

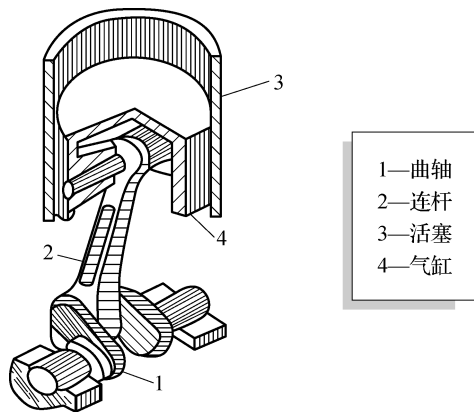


图 3-2 曲柄连杆机构

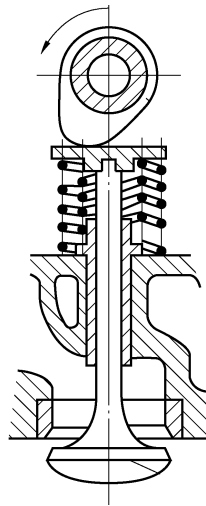


图 3-3 凸轮机构

3. 机械的概念

机器和机构一般统称为机械。

▶▶ 3.1.2 构件与零件 ▶▶ ▶

1. 构件

组成机构的各个相对运动的实物称为构件，构件是机构中的运动单元，如内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

2. 零件

零件是机器中不可拆的最小制造单元，是组成机器的基本要素。机械零件可分为两大类：一类是在各种机器中都能用到的零件，称为通用零件，如齿轮、螺栓、轴承、键、销等；另一类是只在特定类型的机器中才能用到的零件，称为专用零件，如发动机的曲轴、活塞、气门等。

3. 构件与零件的区别与联系（表 3-4）

表 3-4 构件与零件的区别与联系

名称	区别	联系
构件	从运动角度而言，相互间能做相对运动的物体，是运动的单元	构件可以是一个零件，也可以是由若干个零件组成的刚性单元体（图 3-4）
零件	从制造角度而言，相互间没有相对运动的物体，是制造的单元	

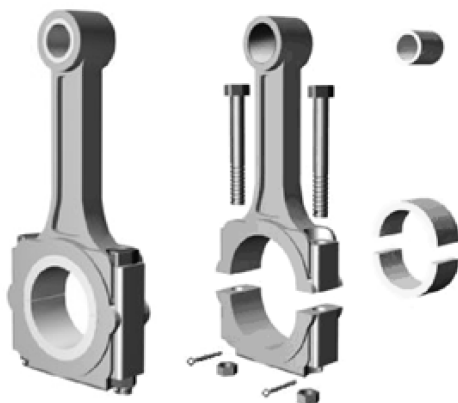


图 3-4 内燃机连杆的组成

▶▶ 3.1.3 机械传动的特性参数 ▶▶ ▶

机械传动是利用各种机构（或传动装置）来传递运动和动力的机械传动。

1. 运动特性参数

运动特性通常用转速、速比、变速范围等参数表示。

当机械传动传递回转运动时（如一对齿轮传动），主动轮的转速 n_1 与从动轮的转速 n_2 之比称为该传动的传动比，用 i （或 i_{12} ）表示

$$i = i_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

式中， n_1 为主动轮转速（r/min）； n_2 为从动轮转速（r/min）。

在传动比可调的机械传动中，当输入轴转速 n_r 一定时，经调速后能输出的最高转速 n_{cmax} 与最低转速 n_{cmin} 之比称为变速范围，用 R_b 表示

$$R_b = \frac{n_{\text{cmax}}}{n_{\text{cmin}}}$$

式中， n_{cmax} 为调速后能输出的最高转速（r/min）； n_{cmin} 为调速后能输出的最低转速（r/min）。

2. 动力特性参数

动力特性通常用功率、转矩、效率等参数表示。

由单元2可知，动力特性参数中的功率、转矩及其转速之间的关系是

$$T = 9\,550 \frac{P}{n}$$

式中， T 为机器的输出转矩（N·m）； P 为机器输出的功率（kW）； n 为机器的转速（r/min）。

机器工作时，由于摩擦阻力消耗一部分功率，使输入功率不能完全得到利用。为了度量输入功率被利用的程度，必须引入机械效率的概念。机械效率用 η 表示，如机器的输入功率为 P_i ，输出功率为 P_o ，则

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

由于输入功率总是大于输出功率（因为有一部分输入功率要消耗于摩擦），所以机械效率 η 总是小

于1。机械效率的大小是衡量机器性能的一个很重要的指标。在机械传动中,通过实验测定,一般常见机构和轴承的机械效率大致数值为

一对齿轮传动: $\eta=0.92\sim 0.985$ (包括轴承损失);

平带传动: $\eta=0.92\sim 0.98$ (包括轴承损失);

V带传动: $\eta=0.90\sim 0.94$ (包括轴承损失);

一对轴承,滚动轴承: $\eta=0.99$; 滑动轴承: $\eta=0.94\sim 0.98$ 。

机械传动效率显示动力机驱动功率的有效利用程度,是反映机械传动装置性能指标的重要参数之一。

当机械传动系统由多级传动机构串接而成时,该传动系统的总效率等于各级传动机构效率的连乘积,即

$$\eta_{\text{总}} = \eta_{12} \eta_{34} \eta_{56} \cdots$$

式中, η_{12} 、 η_{34} 、 η_{56} 分别为第一级、第二级、第三级传动的机械效率。

3.1.4 运动副

1. 运动副与约束

如图3-2所示的曲柄连杆机构,曲轴1与连杆2、连杆2与活塞3、活塞3与气缸4之间各构件均采用一定的方式连接起来,并都具有确定的相对运动。这种两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接,称为运动副。运动副限制了两构件间某些独立运动的可能性,这种限制构件独立运动的作用称为约束。

2. 运动副的分类

根据两构件之间的接触形式是点、线还是面,可将运动副分为低副和高副。

(1) 低副

两构件通过面接触构成的运动副称为低副,每个低副有两个约束和一个自由度。按两构件间的相对运动形式,低副又分为转动副和移动副。

①转动副:两构件只能做相对转动的运动副,又称回转副或铰链。转动副及常用符号如图3-5所示。

②移动副:两构件只能做相对移动的运动副。移动副及常用符号如图3-6所示。

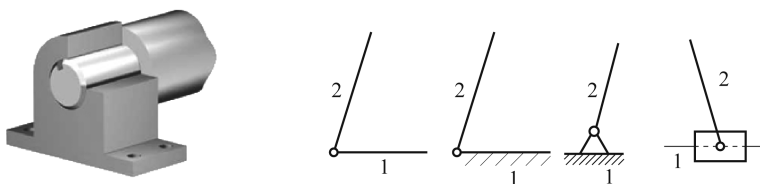


图3-5 转动副及其常用符号

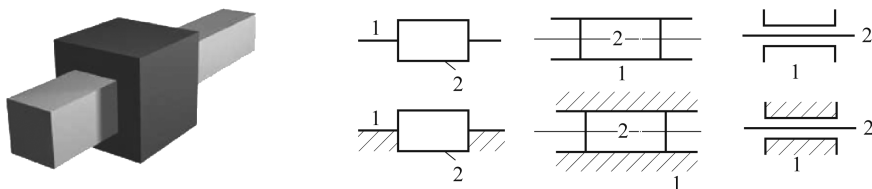


图3-6 移动副及其常用符号

(2) 高副

两构件呈现点、线接触的运动副称为高副。高副用两构件在直接接触处的轮廓表示,每个高副有一个约束和两个自由度,如凸轮与从动件、齿轮啮合等都是高副。高副及符号表示如图 3-7 所示。

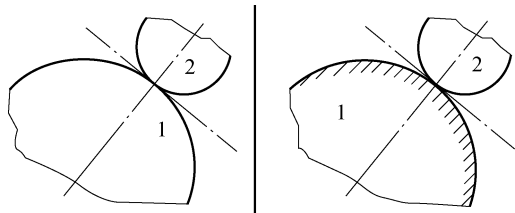


图 3-7 高副及其符号表示

▶▶ 3.1.5 平面机构运动简图 ▶▶ ▶

1. 机构运动简图及符号

在研究机构的运动时,实际构件的外形和结构往往比较复杂,所以在分析机构的运动时,为了突出与运动有关的因素,撇开实际机构中与运动无关的因素,用简单的线条和符号表示构件和运动副,并按一定的比例定出各运动副的相对位置,表示机构各构件之间真实运动关系的图,称为机构运动简图。

2. 绘制平面机构运动简图的一般步骤

绘制平面机构运动简图的一般步骤如下:

(1) 分析机构运动的传递情况,找出机架、原动件和从动件。

(2) 从原动件开始,按照运动的传递顺序,分析各构件间的运动形式,从而确定构件和运动副的数目和类型。

(3) 测量各运动副间的相对位置。

(4) 选择适当的视图平面和原动件位置,以便清楚地表达各构件间的运动关系。平面机构通常选择与构件运动平行的平面作为投影面。

(5) 选择适当的比例尺 μ_l ,按照各运动副间的距离和相对位置,用简单的线条和运动副符号画出机构运动简图。

$$\mu_l = \frac{\text{构件的实际长度} \left(\frac{\text{m}}{\text{mm}} \right)}{\text{构件的图示长度}}$$

▶▶ 3.1.6 机构具有确定相对运动的条件 ▶▶ ▶

1. 自由度的概念

在图 3-8 中,构件 AB 代表在一个平面内的自由运动的构件,它可以沿 x 方向和 y 方向移动以及绕 xOy 平面内任一点发生旋转。我们称构件独立运动的可能性为构件的自由度,自由度的个数用 F 来表示,可见平面内自由运动的构件具有三个自由度。

2. 平面机构自由度的计算

设一个平面机构由 N 个构件组成,其中必有一个构件为机架,则活动构件的个数 $n = N - 1$,这些构件在未使用运动副连接前,其自由度总数为 $3n$;当使用了 P_L 个

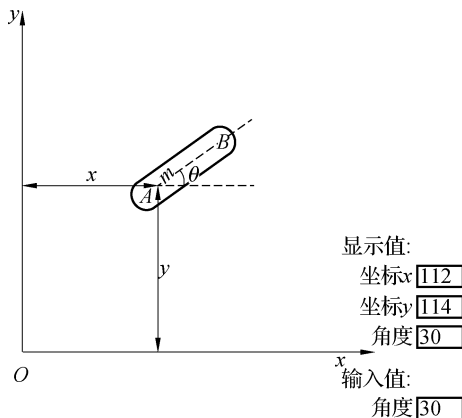


图 3-8 平面机构自由度

低副和 P_H 个高副连接后, 则会引入 $(2P_L + P_H)$ 个约束, 即减少了 $(2P_L + P_H)$ 个自由度, 则平面机构自由度的计算公式为

$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

式中, F 是平面机构的自由度数; n 是机构中活动构件个数; P_L 是机构中低副的个数; P_H 是机构中高副的个数。

3. 平面机构具有确定相对运动的条件

平面机构具有确定相对运动的条件是: 机构自由度 F 等于原动件数 W , 由于机构必有接受外界运动的原动件, 所以 $W > 0$, 即

$$F = 3n - 2P_L - P_H = W > 0$$

4. 几种特殊情况处理

(1) 复合铰链

两个以上构件在同一处用同轴转动副相连接组成的运动副, 称为复合铰链, 如图 3-9 所示。计算时把复合铰链所代表的转动副个数 (k) 应是该处汇交构件个数减 1, 即 $(k-1)$ 。

(2) 局部自由度

不影响整个机构运动的局部的独立运动, 称为局部自由度。将滑动摩擦改为滚动摩擦处会出现局部自由度。如图 3-10 所示, 计算自由度时将局部自由度除去, 将滚子与杆件固结为一体。

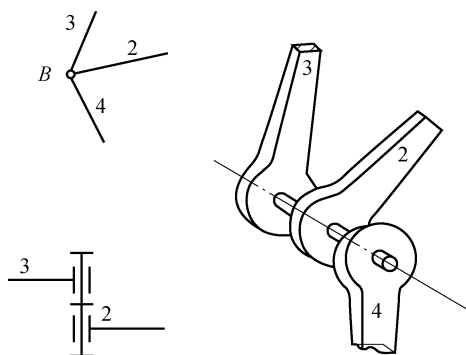


图 3-9 复合铰链

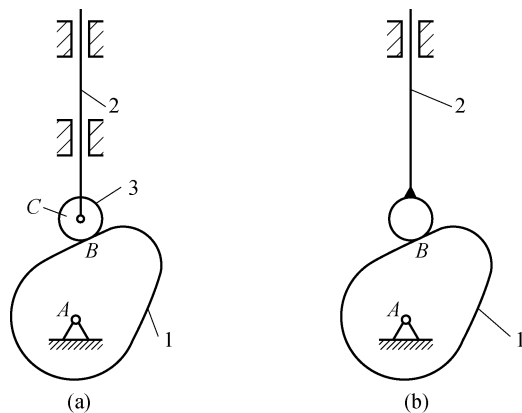


图 3-10 局部自由度

(3) 虚约束

机构中与别的约束起重复限制作用的约束, 称为虚约束。当两个构件形成多个具有相同作用的运动副、被连接件上点的轨迹与机构上连接点的轨迹重合、机构中对传递运动不起独立作用的对称部分时会出现虚约束。如图 3-11 所示, 计算虚约束时去除多余的虚约束, 只保留一个。

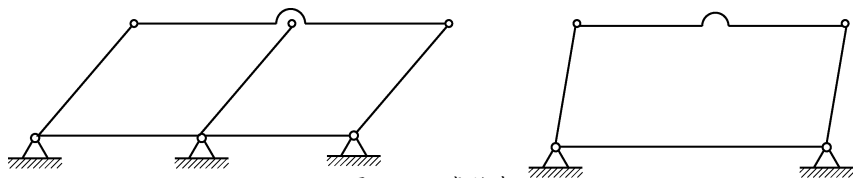


图 3-11 虚约束

3.2 平面连杆机构

引入

图 3-12 所示为缝纫机踏板机构，缝纫机传动路线为：操作者踩踏板（原动件），使踏板往复摆动，通过连杆（传动件）驱动使曲柄（从动件）发生旋转，再通过带传动使机头主轴连续转动。缝纫机实际上是一个平面机构，下面我们学习平面机构及其演化机构的相关知识。

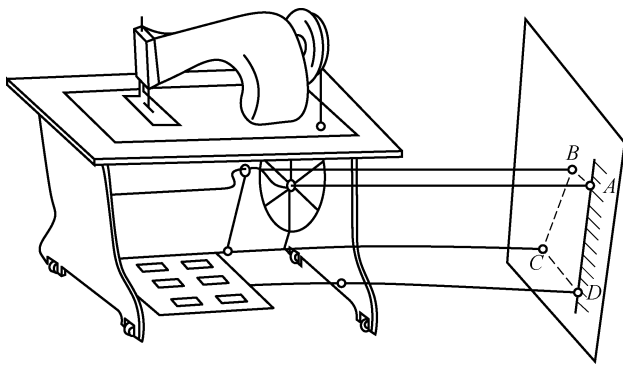


图 3-12 缝纫机踏板机构

理论知识

3.2.1 铰链四杆机构的基本类型

平面连杆机构是指将所有的构件以低副连接而成的平面机构。常以所构成的杆件的数量来命名，由四个构件组成的平面连杆机构称为四杆机构，四个构件通常采用转动副（铰链）相连，故又称为铰链四杆机构，如图 3-13 所示。

机构中固定不动的构件 AD 称为机架，与机架相连的构件 AB 和 CD 称为连架杆。如果连架杆能绕机架上的转动副做 360° 的回转运动，则称为曲柄；若只能在某一角度（小于 360° ）内摆动，则称为摇杆。与机架不相连接的构件 BC 称为连杆。

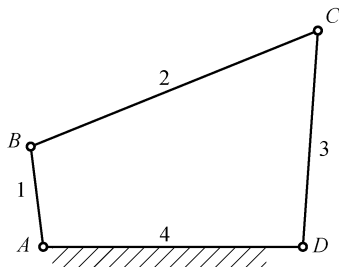


图 3-13 铰链四杆机构

铰链四杆机构根据是否存在曲柄，分为三种基本类型：曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

1. 曲柄摇杆机构

铰链四杆机构的两个连架杆中，若一个是曲柄，另一个是摇杆，则称为曲柄摇杆机构。其功能是将原动件的连续旋转运动转换为从动件的摆动，或将原动件的摆动转换为从动件的连续转动。如图 3-14 所示的汽车风窗玻璃电动刮水器机构和图 3-15 所示。雷达天线俯仰角调整机构，均为曲柄摇杆机构的具体应用。

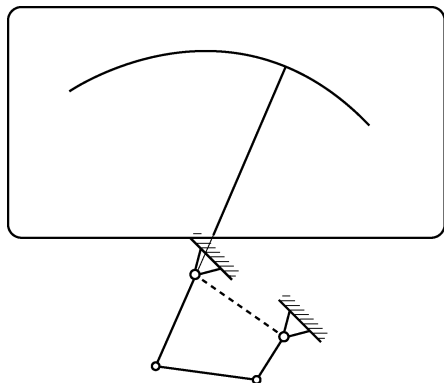


图 3-14 汽车风窗玻璃电动刮水器机构

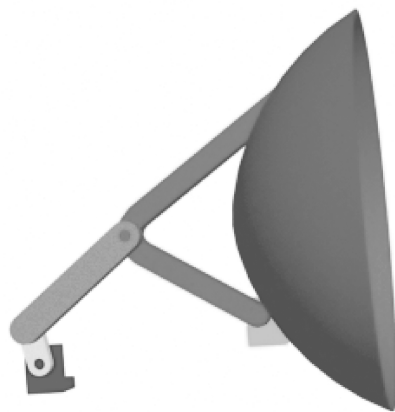


图 3-15 雷达天线俯仰角调整机构

(1) 急回特性

如图 3-16 所示，曲柄摇杆机构中，当曲柄为主动件并做等速回转时，摇杆 CD 为从动件并做变速往复摆动。由图可知，曲柄 AB 沿逆时针方向以等角速度 ω 转过 α_1 时，摇杆 CD 自右极限位置 C_1D 摆至左极限位置 C_2D ，设所需时间为 t_1 ；而当曲柄 AB 再继续转过 α_2 时，摇杆 CD 自 C_2D 摆回至 C_1D ，设所需的时间为 t_2 。由于 $\alpha_1 > \alpha_2$ ，显然在摇杆 CD 往复摆动同样角度 φ 所需时间不同，即 $t_1 > t_2$ 。这种从动件往复运动所需时间不等的性质称为急回特性。生产实际中，如牛头刨床、插床或惯性筛等，利用机构的急回特性将慢速行程作为工作行程，快速行程作为空回行程，这样既能保证工作质量，又能提高生产效率。

(2) 死点位置

在曲柄摇杆机构中，如图 3-16 所示，若取摇杆为主动件，当摇杆在两极限位置 C_1D 和 C_2D 时，连杆与曲柄共线，通过连杆加于曲柄的力将经过铰链中心 A ，该力对 A 点的力矩为零，故不能推动曲柄转动，从而使整个机构处于静止状态，这种位置称为死点。

平面四杆机构是否存在死点位置，决定于从动件是否与连杆共线。凡是从动件与连杆共线的位置都是死点。

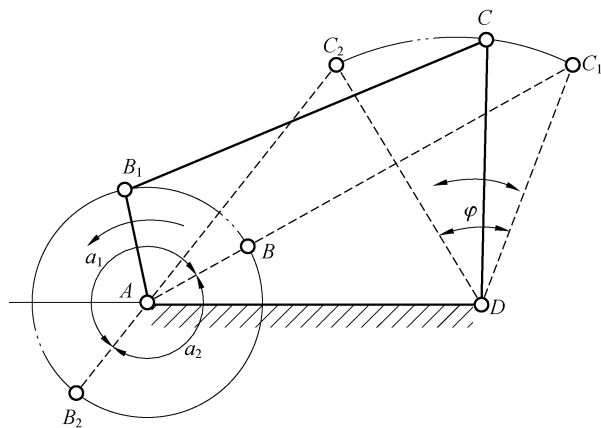


图 3-16 曲柄摇杆机构的急回特性和死点位置

对机构传递运动来说,死点是有害的,因为死点位置常使机构从动件无法运动或出现运动不确定现象。如图 3-12 所示的缝纫机踏板机构(曲柄摇杆机构),当踏板为主动件并做往复摆动时,机构在两处有可能出现死点位置,致使曲柄不转或出现倒转现象。

为了保证机构正常运转,可在曲柄轴上装飞轮,利用其惯性作用使机构顺利地通过死点位置。

在工程上,有时也利用死点进行工作,如图 3-17 所示的铰链四杆机构中,就是应用死点的性质来夹紧工件的一个实例。当夹具通过手柄,施加外力 F 使铰链的中心 B 、 C 、 D 处于同一条直线上时,工件被夹紧,此时如将外力 F 去掉,也仍能可靠地夹紧工件,当需要松开工件时,则必须向上扳动手柄,才能松开夹紧的工件。

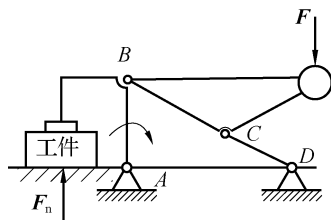


图 3-17 工件夹紧机构

2. 双曲柄机构

两个连架杆均为曲柄的铰链四杆机构,称为双曲柄机构。其功用是将原动件的等速转动转换为从动件的不等速同向、等速同向、等速反向等运动,如图 3-18 所示。

图 3-19 所示的惯性筛,原动件曲柄 AB 做匀速转动,从动件曲柄 CD 做变速转动,通过 CE 杆带动筛子做往复变速运动,实现筛选。

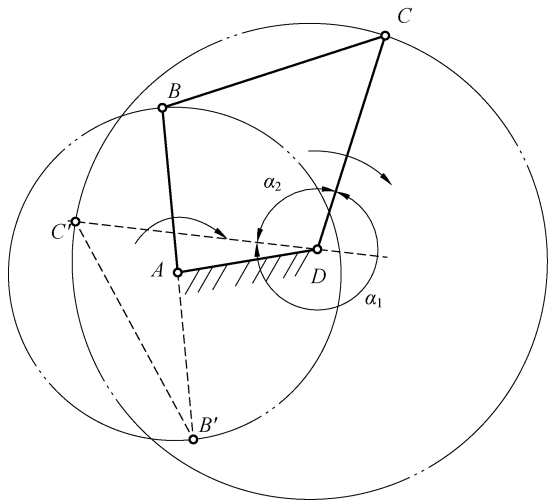


图 3-18 双曲柄机构

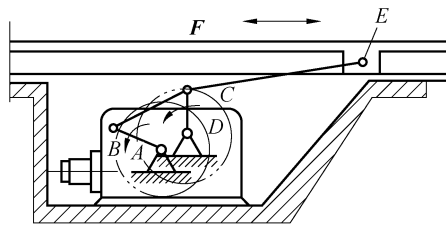


图 3-19 惯性筛

如果两曲柄的长度相等,且连杆和机架的长度也相等,则称为平行四边形机构。如图 3-20 所示的机车车轮联动机构即是平行四边形机构的运用,各轮的转向和速度均相同。

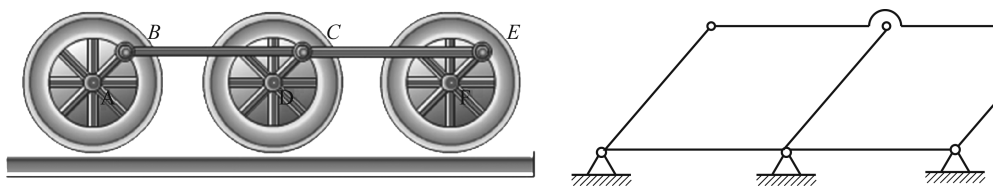


图 3-20 机车车轮联动机构

如果两个曲柄的长度相等，但转动方向相反，则构成反平行四边形机构。如图 3-21 所示的公共汽车车门开关机构即是一种反平行四边形机构。

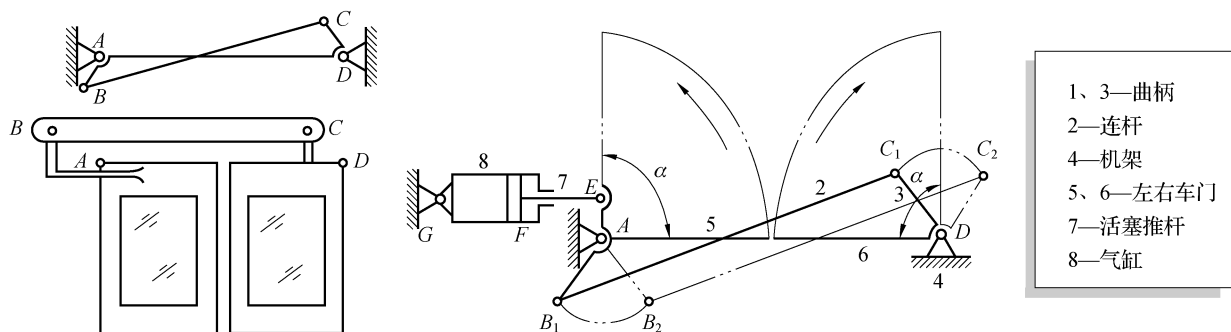


图 3-21 公共汽车的车门开关机构

3. 双摇杆机构

若铰链四杆机构的两个连架杆都是摇杆，则称为双摇杆机构。其功用是将原动件的一种摆动转换为从动件的另一种摆动。

港口鹤式起重机、汽车转向机构、电风扇摇头机构都是双摇杆机构的典型应用。如图 3-22 所示是一种典型的汽车前轮转向机构。



图 3-22 汽车前轮转向机构

▶▶ 3.2.2 铰链四杆机构类型的判断 ▶▶ ▶

以上三种典型的铰链四杆机构可根据是否存在曲柄来区分，在铰链四杆机构中，曲柄的存在需要满足长度和条件，再通过最短杆条件，即可判别该机构是何种类型的铰链四杆机构。判别方法见表 3-5。

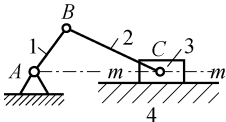
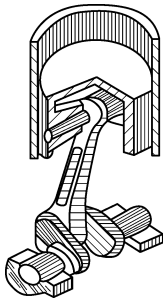
表 3-5 铰链四杆机构的类型判别

机构类型	杆件长度和条件（最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和，即 $l_{\max} + l_{\min} \leq l' + l''$ ）	最短杆条件
双摇杆机构	不满足长度和条件	无论以何杆件为最短杆
	满足长度和条件	最短杆为连杆
双曲柄机构	满足长度和条件	最短杆为机架
曲柄摇杆机构	满足长度和条件	最短杆为连架杆

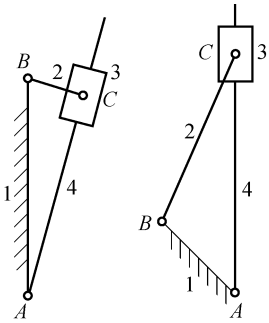
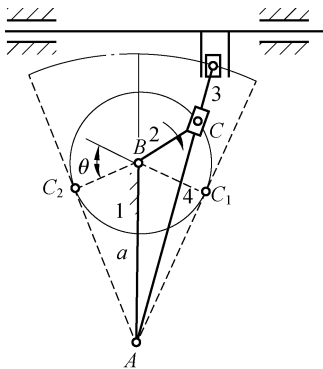
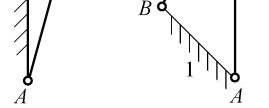
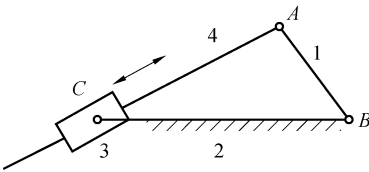
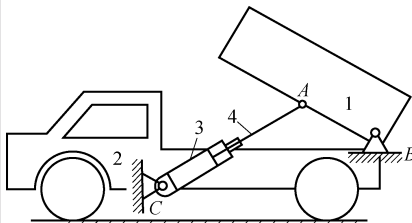
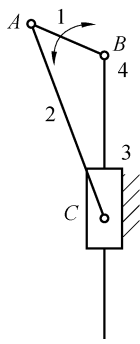
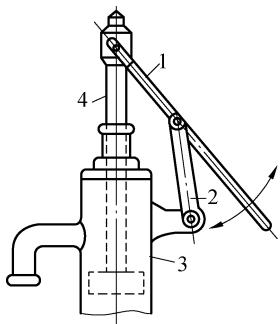
▶▶ 3.2.3 铰链四杆机构的演化 ▶▶ ▶

在实际的工作机械中，以上三种典型的铰链四杆机构远不能满足工作的需要，经过人们的长期研究，演化出四种铰链四杆机构的变化类型，即曲柄滑块机构、导杆机构、摇块机构和定块机构，这些演化机构的特点、判别及应用详见表 3-6。

表 3-6 铰链四杆机构的演化机构的特点判别及应用

机构名称	机构简图	判别	运动特点	应用举例
曲柄滑块机构		滑块做 往复直 线运动	转动，移动	 内燃机机构

续表

机构名称	机构简图	判别	运动特点	应用举例
导杆机构	 (a) 摆动导杆机构	滑块做平面运动	构件 4 只能做往复摆动，构件工作整周转动	 牛头刨床驱动机构
	 (b) 转动导杆机构		构件 2、4 可做整周旋转运动	
摇块机构		滑块做旋转运动	构件 1 做转动或摆动，构件 4 相对 3 滑动并一起绕 C 点摆动或 4 在 3 中移动，1 绕 B 点转动或摆动	 货车自卸翻斗装置
定块机构		滑块固定	构件 1 为主动件，构件 2 绕 C 点摆动，构件 4 相对构件 3 往复移动	 抽水机机构

3.3 凸轮机构

引入

凸轮机构广泛应用于汽车发动机的配气机构（图 3-23）中，配合曲柄连杆机构控制进、排气门来完成进排气过程。发动机在工作过程中，不但要求进、排气门准时地打开和关闭，而且要求开闭过程在短时间内完成，凸轮机构是如何满足工作需求的，现在我们一起学习。

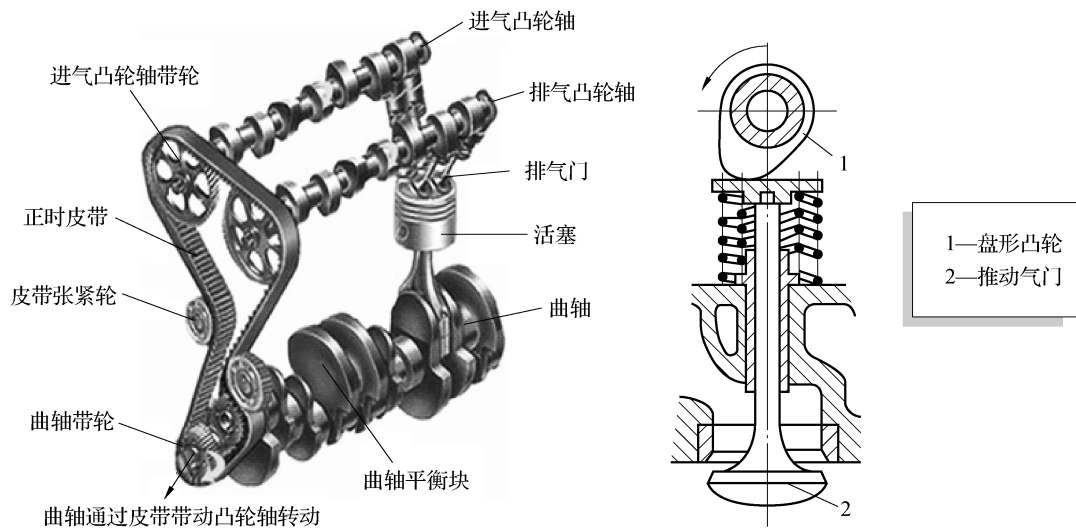


图 3-23 发动机配气机构图



理论知识

3.3.1 凸轮机构的应用及特点

1. 凸轮机构的应用

图 3-23 所示为凸轮机构在汽车发动机中的应用，工作时，盘形凸轮 1 连续转动，推动气门 2 有规律地开启和关闭。

图 3-24 所示为冲床的送料机构，工作过程中移动凸轮 1 随冲头往返运动，推动装有圆柱滚子的从动件 2 做相应的水平往返运动，以实现送料和卸料工作。

图 3-25 所示为机床进退刀机构，工作中圆柱凸轮 1 转动，通过凸轮的凹槽控制从动件 2 按预定的规律摆动，再通过齿轮齿条的传动实现进刀和退刀。

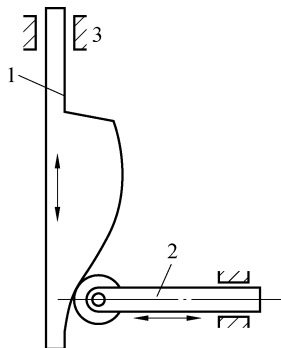


图 3-24 冲床的送料机构

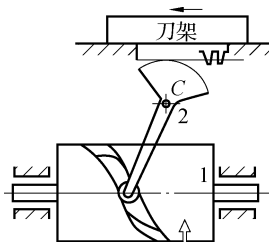


图 3-25 机床进退刀机构

2. 凸轮机构的优缺点

(1) 优点

与平面连杆机构相比，其结构简单、紧凑、设计方便；从动件便于准确地实现预期的运动规律和轨迹。

(2) 缺点

凸轮与从动件为点线接触、压强大、易磨损，所以常用于传力不大的机械、仪表及控制机构中。

3.3.2 凸轮机构的类型

凸轮机构的形式多种多样，可以按凸轮的形状分类，也可以按从动件的形式分类，具体类型及特点详见表 3-7。

表 3-7 凸轮机构的类型及特点

分类方法	类型	结构形式	特点
按凸轮形状分	盘形凸轮		靠回转半径的变化推动从动件产生平面运动；结构简单，行程较小，应用最广泛
	移动凸轮		相当于 $r \rightarrow \infty$ 的盘形凸轮，靠凸轮往复移动带动从动件产生平面运动，常用于仿形机构
	圆柱凸轮		相当于板状凸轮卷在圆柱体上形成的，凸轮与从动件运动不共面，产生空间运动，可用较小径向尺寸得到较大的行程

分类方法	类 型	结构形式	特 点
按从动件形式分	尖顶式		能准确实现复杂运动规律，但易磨损，用于低速、传力小、动作要求灵敏的仪表记录仪中
	滚子式		磨损小，承载能力大，不宜用于高速，应用最广
	平底式		易形成油膜，适用于高速，但凸轮不能有凹形，受力最平稳，如发动机配气机构中

►► 3.3.3 凸轮机构的运动过程及从动件常用运动规律 ►►

1. 凸轮机构的运动过程

图 3-26 所示为凸轮机构的运动过程，以凸轮轮廓最小向径做的圆称为基圆，其半径称为基圆半径，用 r_0 表示。从动件由最低点上升到最高点的距离称为行程，用 h 表示。图 3-26 (b) 所示为凸轮机构从动件位移曲线。

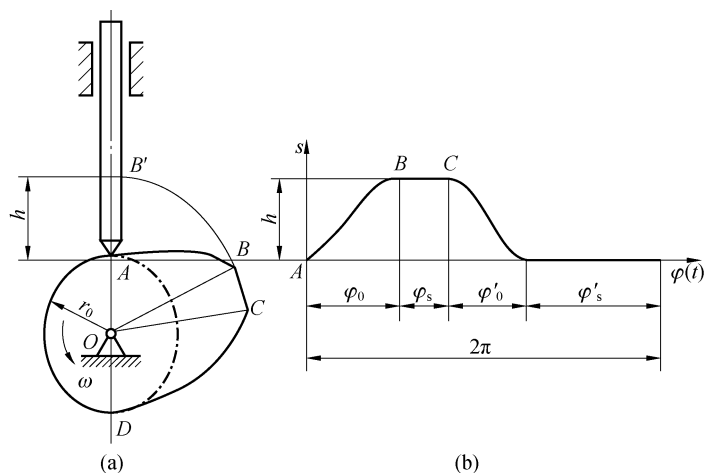


图 3-26 凸轮机构的运动过程

①推程。当凸轮连续转动时，从动件尖端被凸轮轮廓由最低点推至最高点的过程。凸轮相应转过的角度 φ_0 为推程运动角。

②远休止。当凸轮连续转动时，从动件尖端在最高点位置不动的过程。此时凸轮所转过的角度 ϕ_s 为远休止角。

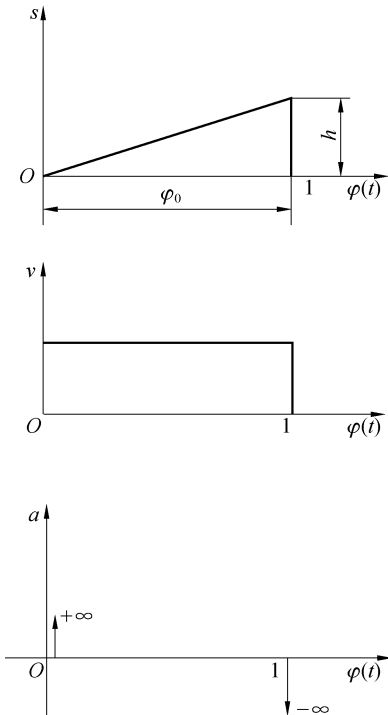
③回程。当凸轮连续转动时，从动件尖端由最高点回到最低点的过程。在回程中，凸轮所转过的角度 φ'_0 为回程运动角。

④当凸轮连续转动时，从动件尖端在最低点位置不动的过程。在近休止时，凸轮所转过的角度 φ'_s 为近休止角。

2. 从动件常用的运动规律

从动件运动规律是指从动件在运动时，从动件位移 s 、速度 v 、加速度 a 随凸轮转角 φ 的变化规律。常用从动件运动规律有等速、等加速和等减速等运动规律，其运动曲线、运动特点及应用见表 3-8。

表 3-8 凸轮从动件常用的运动规律

从动件运动规律	运动曲线图	工作特点	适用场合	应用举例
等速运动规律		工作中速度为常数，行程始末加速度产生无限突变，产生刚性冲击（可采用其他运动规律或用 $r=h/2$ 的过渡圆弧的方法修正冲击点位移曲线等措施避免此冲击）	用于轻载、低速的场合	自动进刀机构

从动件运动规律	运动曲线图	工作特点	适用场合	应用举例
等加速、等减速运动规律		行程中 a 的绝对值不变, 前半行程做等加速运动, 后半行程做等减速运动, 行程始末及中部由于 a 的有限突变, 产生柔性冲击	用于中载、中低速的场合	内燃机配气机构

▶▶ 3.3.4 凸轮轮廓曲线的绘制 ▶▶ ▶

凸轮轮廓曲线的绘制常使用图解法, 图解法绘制凸轮简单直观, 但不够精确, 只适用于设计精度要求较低的凸轮和一些圆弧曲线凸轮。

1. 图解法设计凸轮轮廓的原理

反转法原理: 如图 3-27 所示, 假设给整个凸轮机构加上一个公共角速度 ω , 绕凸轮轴心 O 转动时, 根据相对运动原理, 各构件间相对运动关系不变。

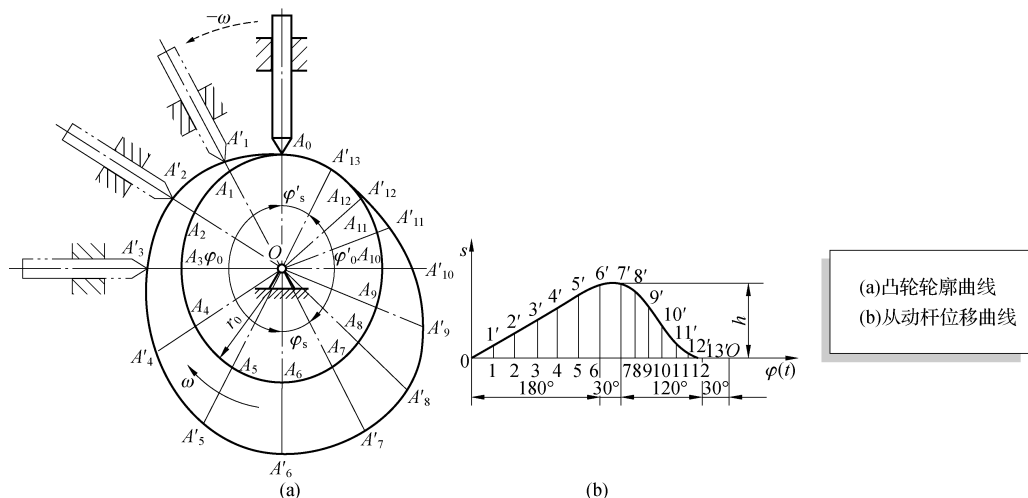


图 3-27 反转法原理

2. 图解法设计凸轮轮廓的步骤

图解法绘制凸轮轮廓的步骤如下：

- (1) 绘制从动件的位移图：选取位移比例尺 μ_l 和角度比例尺 μ_φ ，做从动件的位移线图。
- (2) 确定凸轮机构的初始位置。
- (3) 等分位移曲线，得各等分点位移量。
- (4) 做从动件尖顶轨迹。
- (5) 绘制凸轮轮廓。

3.4 螺旋机构



引入

螺旋传动是利用螺杆和螺母组成的螺旋副来实现传动要求的。它主要用于将回转运动转变为直线运动或将直线运动转变为回转运动，同时传递运动或动力。螺旋机构在汽车及相关检修工具中大量使用，图 3-28 所示为汽车千斤顶的工作图，该千斤顶实际上是一个螺旋机构，下面来讲解螺旋机构的相关知识。



图 3-28 汽车千斤顶的工作图



理论知识

3.4.1 螺旋机构的应用和特点

1. 螺旋机构的应用

螺旋机构广泛应用于汽车及相关工具、量具中，图 3-29 所示为汽车转向系统中常用的循环球式转向器。该转向器具有两个传动副，一个是螺杆螺母传动副，另一个是齿条齿扇传动副。其工作过程为转动螺杆，螺母随之轴向移动，通过齿条、齿扇使转向摇臂转动，实现车轮转向。

在常用的汽车检修和测量工具中也有大量螺旋机构的应用，如图 3-28 所示的千斤顶，常用于汽车检修过程

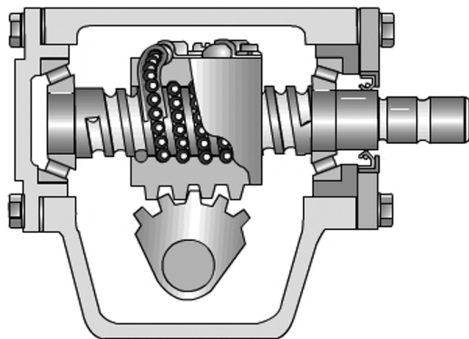


图 3-29 循环球式转向器

中顶起汽车来更换轮胎。如图 3-30 所示的三爪拉马、如图 3-31 所示的台虎钳以及如图 3-32 所示的螺旋测微器都是螺旋机构的应用，常用于汽车零部件的装配、检修和测量。



图 3-30 三爪拉马

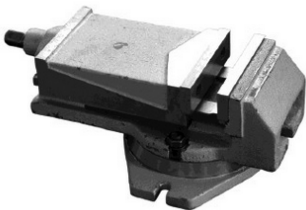


图 3-31 台虎钳

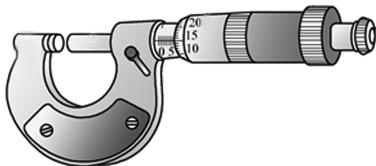


图 3-32 螺旋测微器

2. 螺旋机构的特点

- (1) 螺旋机构由螺杆和螺母组成，结构比较简单，具有较大的传动比。
- (2) 螺杆和螺母的啮合是连续的，增力显著，工作平稳无噪声。
- (3) 由于啮合时接触面积较大，故承载能力较高。

合理选择螺旋升角可具有自锁性能的优点，但也存在摩擦损耗大、传动效率低等缺点。

▶▶ 3.4.2 螺旋机构的形式 ▶▶ ▶

螺旋机构按螺旋副中的摩擦性质，可分为滑动螺旋机构、滚动螺旋机构、静压螺旋机构三种类型；按用途可分为传力螺旋机构、传导螺旋机构、测量螺旋机构和调整螺旋机构等形式；按螺旋副数目可分为单螺旋机构和双螺旋机构。

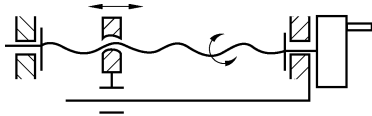
1. 单螺旋机构

单螺旋由一个螺杆和一个螺母组成。根据螺杆和螺母相对运动的组合形式，单螺旋机构有四种基本传动形式，其基本传形式、特点及应用见表 3-9。

表 3-9 单螺旋机构基本传动形式、特点及应用

基本传动形式	示意图	特点及应用
螺母固定，螺杆转动并轴向移动		可获得较高的传动精度，适合于行程较小的场合，如千斤顶、压力机、台虎钳
螺杆固定，螺母转动并轴向移动		结构简单、紧凑，但精度较差，使用不便，应用较小
螺母转动，螺杆轴向移动		结构复杂，用作仪器调节机构，如螺旋千分尺的微调机构

续表

基本传动形式	示意图	特点及应用
螺杆转动，螺母轴向移动		结构紧凑、刚性好、适用于行程较大的场合，如车床的丝杠进给机构

2. 双螺旋机构

具有两段不同螺纹的螺杆与两个螺母组成的螺旋机构称为双螺旋机构。按照螺旋副的旋向不同，双螺旋机构又可分为差速式螺旋机构和增速式螺旋机构。

(1) 差速式螺旋机构

当两螺旋副中的螺纹旋向相同时，则形成差动螺旋机构，用来实现动螺母的微小移动。常用于测微仪、计算机、分度机以及精密切削机床、仪器和工具中，如镗刀杆微调机构等。

(2) 增速式螺旋机构

当两螺旋副中的螺纹旋向相反时，则形成增速式螺旋机构，用来实现螺杆或螺母的快速运动。常用于快速调整或移动两构件相对位置的场合，如铣床快动夹具（自定心夹紧机构）和电线杆钢索拉紧装置用的松紧螺套等。

3.4.3 滚珠螺旋机构

滚动螺旋机构又称为滚珠丝杠（图 3-33），是将回转运动转换为直线运动，是应用最广泛的一种新型理想传动装置。滚珠丝杠被广泛应用于数控机床的进给机构，车辆、转向机构等高精度、高效传动的机械中。为了使滚动螺旋机构工作可靠，滚珠丝杠设有反向器和防尘圈，如图 3-33 所示。反向器使滚珠返回顺畅，加之在螺母体内只有一个滚珠进出通道，从而运行更加平稳。防尘圈的独特设计使唇口与丝杠截形吻合，防尘密封效果好。一般滚动螺旋机构的滚珠数量越多，其承载能力越大。

如图 3-29 所示的循环球式转向器就是一种滚动螺旋机构。滚珠丝杠的特点如下：

- (1) 摩擦系数小，传动效率高，所需传动转矩小。
- (2) 磨损小，寿命长，精度保持性好。
- (3) 灵敏度高，传动平稳，不易产生爬行。
- (4) 丝杠和螺母之间可通过预紧等措施消除间隙，提高轴向刚度和反向精度。
- (5) 运动具有可逆性，既可将回转运动变成直线运动，又可将直线运动变成回转运动。
- (6) 制造工艺复杂，成本高。
- (7) 在垂直安装时不能自锁，需附加制动机构。
- (8) 承载能力比普通螺旋机构传动差。

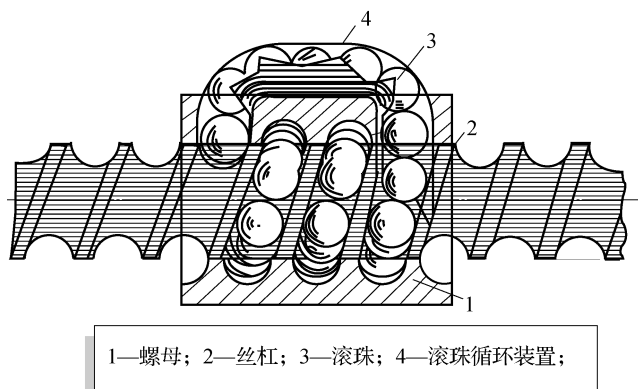


图 3-33 滚珠丝杠

3.5 间歇运动机构

引入

在许多机械中，特别是在各种自动和半自动机械中，常需将原动件的连续运动变为从动件的周期性间歇运动，能够实现这种功能的机构称为间歇运动机构。常见的间歇运动机构有棘轮机构和槽轮机构。如图 3-34 所示的汽车驻车制动器，俗称手刹，其内部结构就是一种典型的棘轮机构。下面来讲解棘轮机构和槽轮机构的结构及工作原理等知识。



图 3-34 汽车驻车制动器

理论知识

3.5.1 棘轮机构

1. 棘轮机构的工作原理和类型

棘轮机构如图 3-35 所示，主要由棘轮、驱动棘爪和机架组成。当摇杆向右摆动时，装在摇杆上的驱动棘爪插入棘轮的齿间，推动棘轮顺时针方向转动。当摇杆向左摆动时，驱动棘爪在齿背上滑过，棘轮静止不动。故棘轮机构的特点是将摇杆的往复摆动转换为棘轮的单向间歇转动。为了防止棘轮自动反转，采用了止退棘爪。

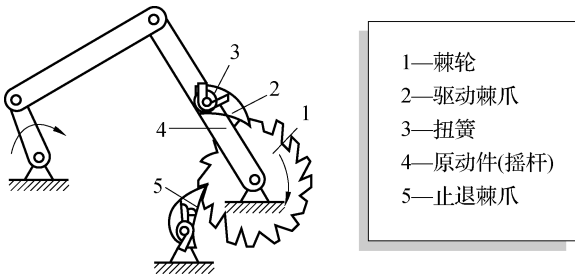


图 3-35 棘轮机构

棘轮转过的角度是可以调节的。如图 3-36(a) 所示，若转动螺杆 D 改变曲柄 O_1A 的长度，摇杆 BO_2 摆动的角度就发生变化，这时棘轮转过的角度也随之相应改变；另一种调节方法如图 3-36(b) 所示，棘轮装在罩盖内，仅露出一部分齿，转动罩盖，如图 3-36(c) 所示调整后，则不用改变摇杆摆动的角度 φ 就能使棘轮的转角由 α_1 变成 α_2 。

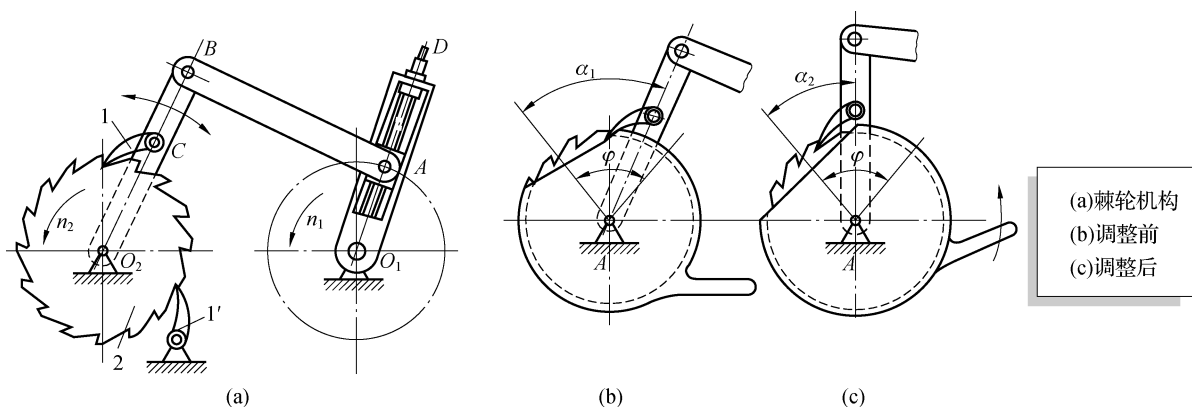


图 3-36 棘轮机构转角的调整

棘轮机构的类型有很多种，按照工作原理分，可分为齿式棘轮机构和摩擦式棘轮机构，棘轮机构的类型、特点及应用见表 3-10。

表 3-10 棘轮机构的类型、特点及应用

类 型	结构形式	结 构 特 点	应 用 特 点
双向式棘轮机构		棘轮齿形对称（矩形），棘爪齿形对称（或单边楔形），棘爪翻转可改变棘轮转动方向	实现双向间歇转动
双动式棘轮机构		棘轮单向齿形（锯齿形），两个棘爪可分别先后使棘轮向一个方向转动	摇杆摆动一次，棘轮间歇转动两次（不需要时可将一棘爪悬空）
摩擦式棘轮机构		棘轮、棘爪都是“无齿”的，只是依靠棘爪和棘轮间的摩擦力使棘轮转动	传动平稳，无噪声，棘轮转角可无级调节，但转载能力小
防逆转式棘轮机构		采用止退棘爪防止棘轮逆转	可作为间歇运动机构，也可作为停止机构

2. 棘轮机构的应用

齿式棘轮机构结构简单、制造方便、运动可靠；从动棘轮的转角大小可在较大范围内调节，止退棘爪具有防止反转的作用。传动时有较大冲击和噪声、运动平稳性差。故棘轮机构常应用于速度较低，载荷不大，运动精度要求不高的场合，如各种机床和自动机械的进给机构、进料机构以及自动计数器等；也常用于汽车安全操作装置的汽车驻车制动器（图 3-37）和汽车安全带的卷收器（图 3-38）。



图 3-37 汽车驻车制动器



图 3-38 汽车安全带的卷收器

▶▶ 3.5.2 槽轮机构 ▶▶ ▶

1. 槽轮机构的工作原理和类型

槽轮机构（图 3-39）一般由主动拨盘、从动槽轮和机架组成，其工作原理是由带圆销的主动拨盘带动从动槽轮转动，完成间歇转动。

槽轮机构有平面槽轮机构（图 3-39）、空间槽轮机构（图 3-40）两大类。



图 3-39 平面槽轮机构

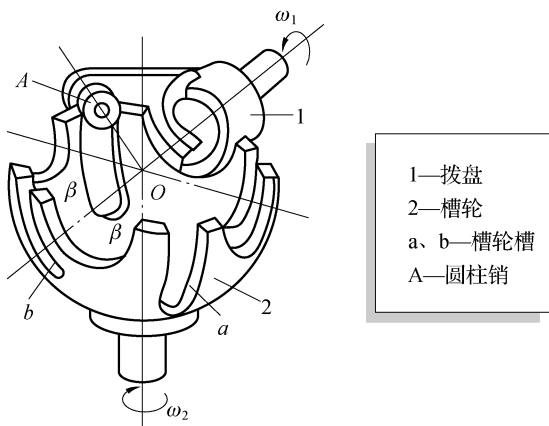


图 3-40 空间槽轮机构

2. 槽轮机构的特点及应用

槽轮机构结构简单，外形尺寸小，机械效率高，能平稳地、间歇地进行转位。但对于一个已定的槽轮机构来说，其转角不能调节，且在转动始、末，加速度变化较大，有冲击。因此，槽轮机构不适用于高速传动，一般用于转速不是很高、转角不需要调节的自动转位和分度机械中。

槽轮机构常用于电影放映机卷片机构（图 3-41）以及车床刀架转位机构（图 3-42）中。

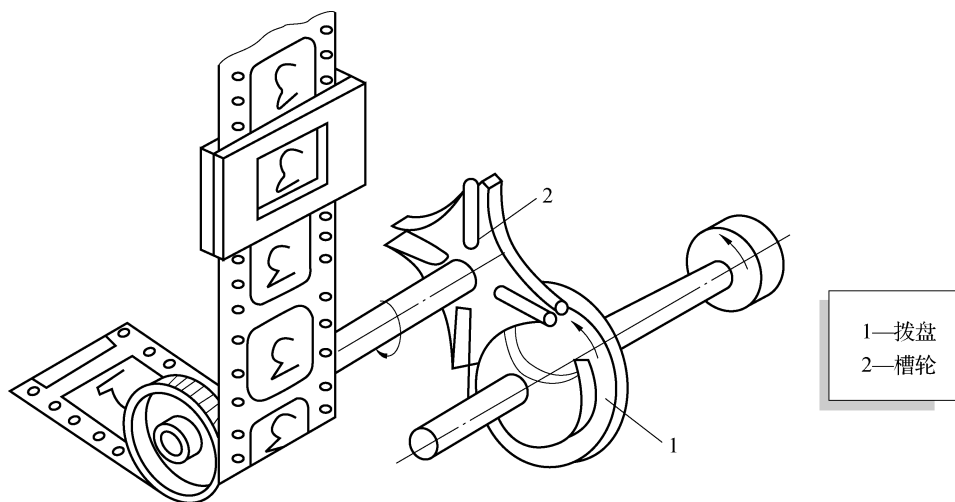


图 3-41 电影放映机卷片机构

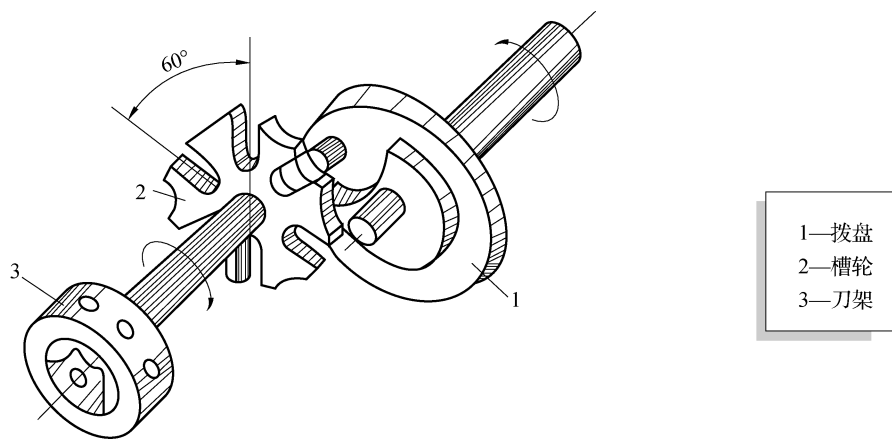


图 3-42 车床刀架转位机构



▶▶ 汽车安全带 ▶▶ ▶

汽车安全带是为了在碰撞时对乘员进行约束以及避免碰撞时乘员与转向盘及仪表板等发生二次碰撞或避免碰撞时冲出车外导致死伤的安全装置。汽车安全带又可以称为座椅安全带，是乘员约束装置的一种。汽车安全带是公认的最廉价也是最有效的安全装置，在车辆的装备中很多国家是强制装备安全带的。

1. 汽车安全带的主要结构组成

(1) 织带是用尼龙或聚酯等合成纤维织成的宽约 50 mm，厚约 1.2 mm 的带，根据不同的用途，通过编织方法来达到安全带所要求的强度、伸长率等特性。它也是吸收冲突能量的部分。对于安全带的性能各国法规有不同的要求。

(2) 卷收器是根据乘员的坐姿、身材等来调节安全带长度，不使用时收卷织带的装置，分为 ELR（紧急锁止卷收器，Emergency Locking Retractor）和 ALR（自动锁止卷收器，Automatic Locking Retractor）。

(3) 固定机构包括带扣、锁舌、固定销和固定座等。带扣及锁舌是系紧和解开座椅安全带的装置。将织带的一端固定在车身的称为固定板，车身固定端称为固定座，固定用的螺栓称为固定螺栓。肩部安全带固定销的位置对系安全带时的便捷性有很大的影响，因此为了适合各种身材的乘员，一般都选用可调节式固定机构，能够上下调节肩部安全带的位置。

2. 汽车安全带的主流——三点式安全带

(1) 三点式安全带的基本构成

三点式安全带的基本结构如图 3-43 所示，为当前最为广泛使用的三点式安全带的结构。在各种安全带中，是实用性、舒适性以及乘员约束性结合得相当好的安全带形式。

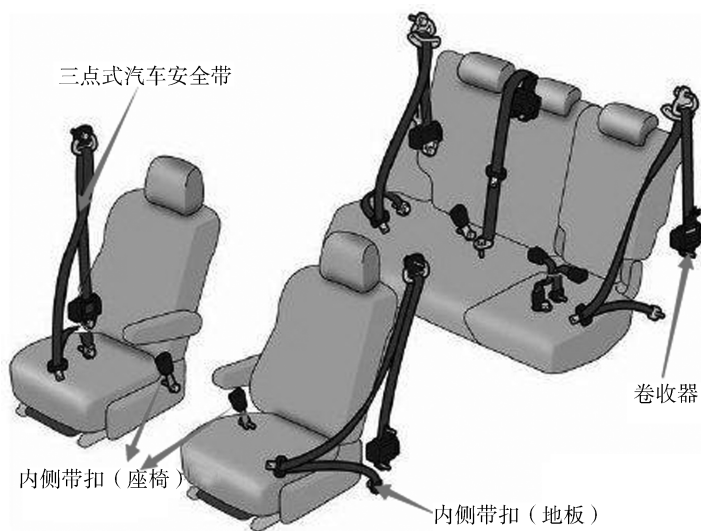


图 3-43 三点式安全带

(2) ELR 三点式安全带

ELR 三点式安全带就是装有 ELR 卷收器的三点式安全带。这类卷收器称为紧急锁止卷收器，通常可以自由拉出安全带。它装备了在撞车时或紧急制动时可锁死安全带的冲击感应装置。一般是通过车辆的减速传感器感知冲击量，还有的是通过织带的拉出速度来感知，将两种方式组合起来使用的方式已经成为主流。

(3) ALR 三点式安全带

ALR 三点式安全带就是装有 ALR 卷收器的三点式安全带。这类卷收器称为自动锁止卷收器，是当安全带拉出时，其卷取到正好符合乘员使用的长度位置便被锁止，再不能拉出多余安全带的收缩装置。与 ELR 组合使用的 ELR/ALR 已经成为主流。在安全带全量拉出时 ALR 起作用，在全量收回时 ELR 起作用。这种方式主要用于儿童座椅的固定。

(4) 带预张紧器和限力器的安全带

现在很多中高端轿车都装用带有预张紧器和限力器的安全带。预张紧器是用来尽量消除安全带的多余张紧余量，避免乘员被爆炸的安全气囊伤害头部。限力器是在受力峰值过去后，降低安全带的张紧力度，以减小乘员肋骨和肩部受力。

3. 汽车安全带的工作原理

卷收器的作用是储存织带和锁止织带拉出，它是安全带中最复杂的机械件。卷收器里面是一个棘轮机构，正常情况下乘员可以在座椅上自由匀速拉动织带，但当织带从卷收器连续拉出过程一旦停止或当车辆遇到紧急状态时，棘轮机构就会做锁紧动作将织带自动锁死，阻止织带拉出。安装固定件是与车体或座椅构件相连接的耳片、插件和螺栓等，它们的安装位置和牢固性直接影响安全带的保护效果和乘员的舒适感。

4. 汽车安全带的性能

(1) 安全带设计要素

安全带在设计上应该满足乘员的保护性能、提醒使用安全带以及舒适性和方便性方面的要求。使上述几点得以实现的设计手段是安全带调节器位置的选定、安全带的规格和采用的辅助装置。

(2) 乘员保护性能

汽车安全带的乘员保护性能要求尽早对乘员进行约束，尽量减小约束时乘员受到的压力，保持约束位置不变，以使约束力避开人身体较脆弱的部位。作为实现上述目的的手段，主要是预张紧器和限力器使这些方面的性能得到显著提高。

5. 正确使用安全带

(1) 经常检查安全带的技术状态，有损坏应立即更换。

(2) 正确使用，安全带要尽量系在髋部和胸前，应该横跨在骨盆和胸腔之上形成一个水平放置的 V 字，只能一个人使用，严禁双人共用，不要将安全带扭曲使用。

(3) 用安全带时不要让其压在坚硬易碎的物体上，如口袋里的手机、眼镜、钢笔等。

(4) 座椅上无人时，要将安全带送回卷收器中，将扣舌置于收藏位置，以免在紧急制动时扣舌撞击在其他物体上。

(5) 不要让座椅背过于倾斜，否则影响使用效果。

(6) 安全带的扣带一定要扣好，防止受外力时脱落而不能起到保护作用。



学习评价

理论 学习评价单

基本信息	姓 名		班 级		成 绩	
	学 号		考核日期			

一、填空题（每空 2.5 分，共计 25 分）

1. 使两构件_____又能产生_____的连接称为运动副；齿轮副属于_____副。
2. 房门的开关运动，是_____副在接触处可允许的相对转动。抽屉的拉出或推进运动，是_____副在接触处可允许的相对移动。
3. 曲柄滑块机构由_____机构演化而来。偏心轮机构中滑块的行程是_____。若改变曲柄滑块机构中的固定件可得到_____、_____、_____机构。

二、判断题（每题 1 分，共计 10 分）

1. 自行车的轮子是个构件，轮子上的钢丝、螺母、钢圈等都是零件。（ ）
2. 内燃机能把气缸活塞往复运动转变为曲轴连续转动，因此内燃机是机构而不是机器。（ ）
3. 只有以曲柄摇杆机构的最短杆为机架，才能得到双曲柄机构。（ ）
4. 内燃机中应用的曲柄滑块机构是以曲柄作为主动件的。（ ）
5. 凸轮机构是点接触的高副机构。（ ）
6. 滚子式凸轮机构，由于它工作阻力小，不易磨损，故特别适用于高速场合。（ ）
7. 螺旋传动，通常是将直线运动平稳地变换成旋转运动。（ ）
8. 棘轮机构中的棘轮一般只能做单向转动。（ ）
9. 构件是独立运动的单元。（ ）
10. 组成构件的若干个零件之间都有相对运动。（ ）

三、选择题（每题 3 分，共计 30 分）

1. 单缸内燃机中，活塞与连杆之间的连接属于（ ）。
A. 移动副 B. 螺旋副 C. 转动副 D. 高副
2. 以下不属于双曲柄机构的是（ ）。
A. 铲斗车 B. 公共汽车车门启闭机构
C. 鹤式起重机 D. 惯性筛
3. 用靠模法车前手柄时，常采用（ ）机构。
A. 盘形凸轮 B. 槽轮 C. 间歇齿轮
4. 用于机械静连接的螺栓，其螺纹应是（ ）螺纹。
A. 矩形 B. 三角形 C. 梯形 D. 锯齿形

5. 下列属于专用零件的是 ()。
 - A. 齿轮
 - B. 平键
 - C. 螺栓
 - D. 汽车发动机曲轴
6. 两构件由 () 接触构成的运动副称为高副。
 - A. 面
 - B. 平面
 - C. 点或线
 - D. 空间
7. 下列运动副中属于低副的是 ()。
 - A. 转动副
 - B. 齿轮副
 - C. 凸轮副
 - D. 均不正确
8. 铰链四杆机构中固定不动的构件称为 ()。
 - A. 曲柄
 - B. 摇杆
 - C. 连杆
 - D. 机架
9. 下列运动副中属于高副的是 ()。
 - A. 转动副
 - B. 齿轮副
 - C. 螺旋副
 - D. 均不正确
10. 铰链四杆机构中能整周转动的构件称为 ()。
 - A. 曲柄
 - B. 摇杆
 - C. 连杆
 - D. 机架

四、简答题 (35 分)

1. 四杆机构中, 机架长为 30 mm, 两连架杆分别为 15 mm 和 40 mm, 若要该机构为曲柄摇杆机构, 试求连杆的长度范围。(10 分)

2. 判断下列四杆机构的类型, 如图 3-44 所示。(15 分)

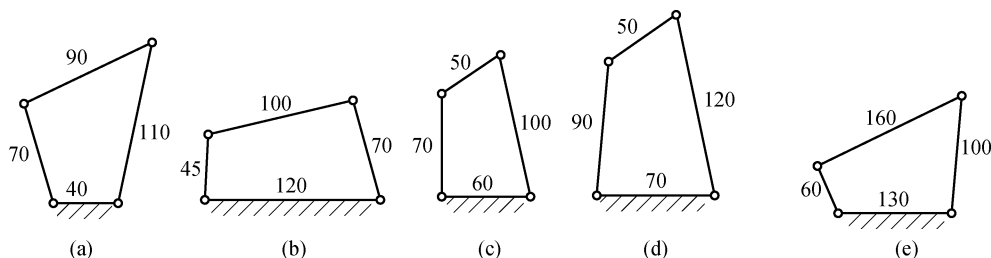


图 3-44 题 2 图

3. 盘形凸轮顺时针转动, 尖顶从动杆的中心线通过凸轮中心, 基圆半径为 30 mm, 从动杆运动规律如下:

$\triangle$	$0^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 180^\circ$	$180^\circ \sim 360^\circ$
S	等速上升 18 mm	停止不动	等加速或等减速下降至原处

试画出位移曲线。(10 分)