

# 项目

## 平面连杆机构

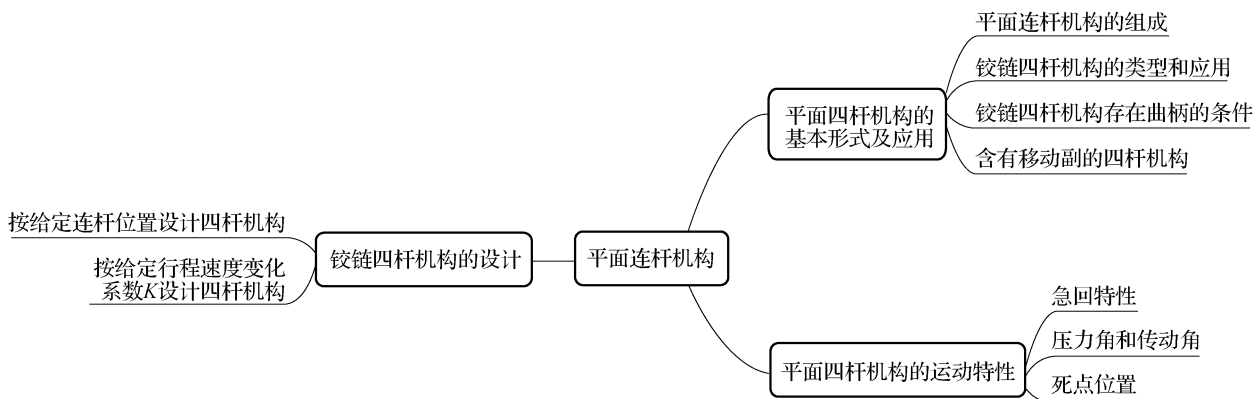


### 学习目标

1. 掌握铰链四杆机构的基本类型。
2. 了解平面四杆机构的演化形式。
3. 掌握平面四杆机构的运动特性。
4. 了解铰链四杆机构的设计方法。
5. 掌握铰链四杆机构存在曲柄的条件。



### 知识脉络图



## 7.1

## 平面四杆机构的基本形式及应用

平面连杆机构是在各种机器中应用最为广泛的机构之一，了解其工作原理、特点及其设计十分重要。

## 7.1.1 平面连杆机构的组成

## 1. 基本概念

构件间全部由低副连接而组成的机构称为连杆机构，又称低副机构。所有构件均在某一平面内运动或做平行于某一平面的平面运动的连杆机构称为平面连杆机构。

连杆机构中的构件称为杆，一般连杆机构以其所含杆的数量而命名。由四个构件组成的平面连杆机构称为平面四杆机构，它是平面连杆机构中最为常见的形式。若平面四杆机构中的低副全部都是转动副，则称其为铰链四杆机构，它是平面四杆机构的基本形式，其他形式的平面四杆机构都可看成是在它的基础上演化而成的。

在工程上应用最广泛的是平面四杆机构，而平面多杆机构大都是在其基础上添加一些构件系统而组成的。

## 2. 平面连杆机构的特点及应用

平面连杆机构的特点：由于连杆机构以低副连接，接触表面为平面或圆柱面，压力小，且便于润滑，磨损较小，故寿命较长；结构简单，易于制造；可实现远距离操纵控制；常用来实现预定的运动轨迹或预定的运动规律。连杆机构的设计计算比较复杂，所实现的运动规律也往往精度不高；连杆机构运动时产生的惯性力难以平衡，所以不适用于高速的场合。

连杆机构由于具有以上特点，因而广泛应用于各种机械和仪表中，如内燃机、锻压机、空气压缩机、牛头刨床中的主运动机构等都是平面连杆机构；再如雷达天线俯仰角的调整机构（图 7-1）、摄影车的升降机构（图 7-2）、电风扇的摇头机构（图 7-3）以及颚式破碎机、回转油泵、拖拉机等机器中的传动或控制机构也都是平面连杆机构。

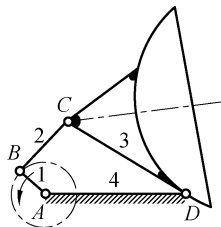


图 7-1 调整机构

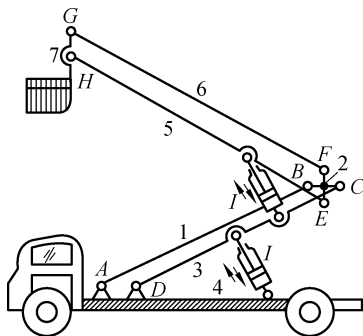


图 7-2 升降机构

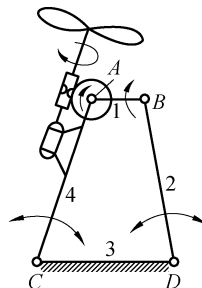


图 7-3 摇头机构

## 7.1.2 铰链四杆机构的类型和应用

平面四杆机构的基本形式是铰链四杆机构。如图 7-4 所示铰链四杆机构中，杆 4 是机架，与机架相对的杆 2 称为连杆，与机架相连的杆 1 和杆 3 称为连架杆，能做整周回转运动的连架杆称为曲柄，仅能在某一角度内摆动的连架杆称为摇杆。

根据两连架杆运动形式的不同，铰链四杆机构有三种基本形式。



铰链四杆机构的类型和应用

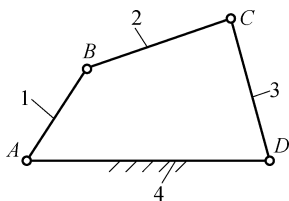


图 7-4 铰链四杆机构



图 7-4 动画+运动轨迹



图 7-4 动画 1



图 7-4 动画 2



图 7-4 双曲

### 1. 曲柄摇杆机构

两连架杆中一个是曲柄，另一个是摇杆的铰链四杆机构，称为曲柄摇杆机构。曲柄摇杆机构一般以曲柄为原动件做等速转动，摇杆为从动件做往复摆动。如图 7-1 所示雷达天线俯仰角调整机构及图 7-5 所示的搅拌机机构。在曲柄摇杆机构中也有以摇杆为原动件而曲柄作为从动件的情况，如图 7-6 所示的脚踏砂轮机构和图 7-7 所示的缝纫机踏板机构等。

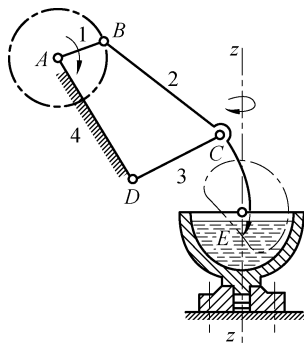


图 7-5 搅拌机

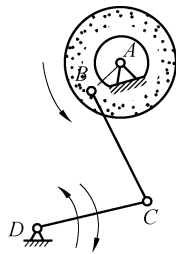


图 7-6 脚踏砂轮机构

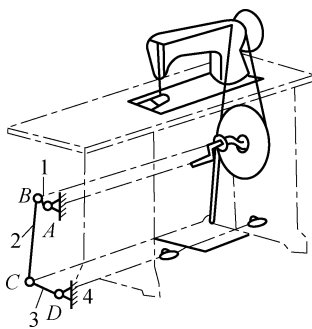


图 7-7 缝纫机踏板机构



图 7-5 搅拌机



图 7-7 缝纫机

### 2. 双曲柄机构

两连架杆均为曲柄的铰链四杆机构称为双曲柄机构。一般原动曲柄做等速转动，从动曲柄做变速转动。如图 7-8 所示惯性筛机构正是利用从动曲柄做变速运动而带动筛子做变速运动，使颗粒物料因惯性作用而达到筛分的目的。

双曲柄机构中有一种特殊机构叫平行四边形机构，其连杆长度与机架长度相等，两曲柄转向相同、速度相等，如图 7-9 所示天平机构和图 7-10 所示机车车辆机构都是平行四边形机构。

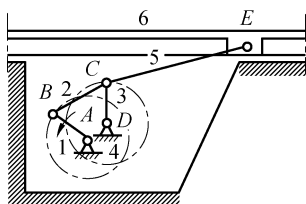


图 7-8 惯性筛机构



图 7-8 惯性筛

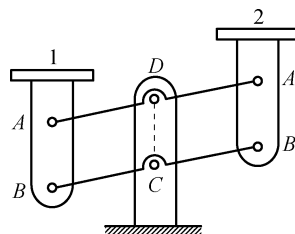
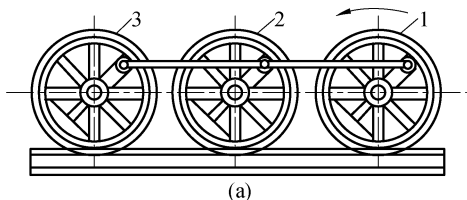


图 7-9 天平机构

在图 7-10 所示机车车辆机构中含有一个虚约束，目的是防止曲柄与机架共线时运动的不确定。若去掉虚约束则得如图 7-11 所示平行四边形机构，在曲柄与机架共线时， $B$  点转到  $B_1$  位置， $C$  点转至  $C_1$  位置，当原动曲柄  $AB$  继续转至  $B_2$  位置时，从动曲柄  $CD$  则可能继续转至  $C_2$  位置，也可能反转至  $C'_2$  位置，这时出现了从动件运动不确定现象。为消除这种运动不确定现象，可采取两种措施：①依靠构件惯性；②添加辅助构件，如图 7-10 所示。

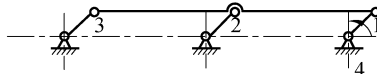


图 7-10 案例



(a)

图 7-10 机车车辆机构



(b)

图 7-10 平行四边形



如果双曲柄机构的对边构件长度相等而不平行，则称为反向双曲柄机构，其特点为原动件曲柄  $AB$  等速转动时，从动件曲柄  $CD$  做反向变速运动。图 7-12 所示的公共汽车的车门开闭机构就是这种机构的应用实例。

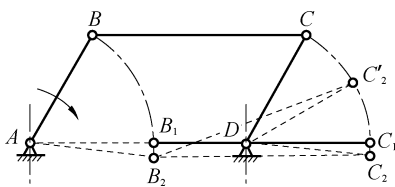


图 7-11 平行四边形机构的运动不确定性

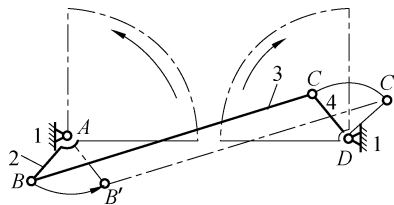


图 7-12 反向双曲柄机构（车门开闭机构）

### 3. 双摇杆机构

两连架杆均为摇杆的四杆机构称为双摇杆机构。双摇杆机构常用于操纵机构、仪表机构等。如图 7-13 所示港口起重机变幅机构，当摇杆  $CD$  摆动时，连杆  $BC$  上悬挂重物的  $M$  点做近似水平直线运动，可避免重物在移动时因不必要的升降而发生危险；再如图 7-3 所示电风扇的摇头机构，电动机安装在摇杆 4 上，在铰链  $A$  处有一个与连杆 1 固连成一体的蜗轮，电动机转动时，电动机轴上的蜗杆带动蜗轮迫使连杆 1 绕

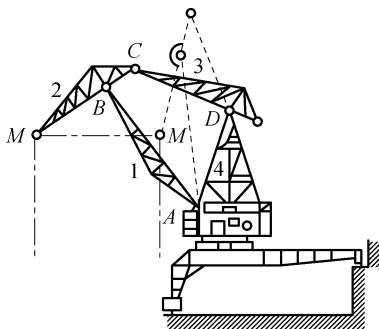


图 7-13 门座式起重机



图 7-13 起重机

A 点做整周转动, 从而带动连架杆 2 和 4 做往复摆动, 实现电风扇摇头的目的。

### 7.1.3 铰链四杆机构存在曲柄的条件

铰链四杆机构中是否存在曲柄, 取决于机构中各杆的相对长度和机架的选择。通过实物演示和机构运动的几何关系均可以证明, 铰链四杆机构存在曲柄的必要与充分的条件是:

- (1) 最短杆与最长杆长度之和应小于或等于其余两杆长度之和;
- (2) 曲柄或机架为最短杆。

根据曲柄存在条件可得到以下推论:

① 当最短杆与最长杆长度之和小于其余两杆长度之和时: a. 最短杆为机架时得到双曲柄机构 [图 7-14 (a)、(c)]; b. 最短杆的相邻杆为机架时得到曲柄摇杆机构 [图 7-14 (b)]; c. 最短杆的对面杆为机架时得到双摇杆机构 [图 7-14 (d)]。

② 当最短杆与最长杆长度之和大于其余两杆长度之和时, 则不论取何杆为机架, 都只能得到双摇杆机构。

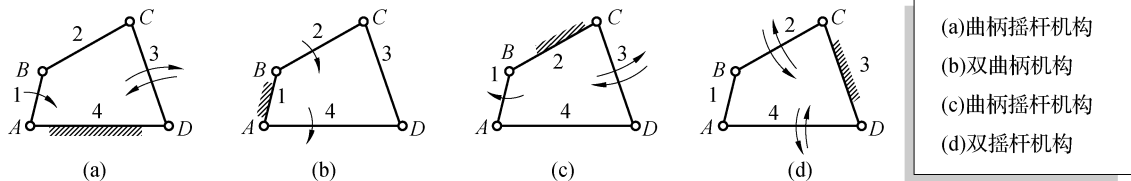


图 7-14 取不同构件为机架对铰链四杆机构的演化

**例 7-1** 如图 7-15 所示铰链四杆机构, 已知:  $l_{BC} = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{CD} = 35 \text{ mm}$ ,  $l_{AD} = 30 \text{ mm}$ ,  $AD$  为机架。

- (1) 若为曲柄摇杆机构, 且  $AB$  是曲柄, 求  $l_{AB}$  的取值范围;
- (2) 若为双曲柄机构, 求  $l_{AB}$  的取值范围。

**解** (1) 若为曲柄摇杆机构, 且  $AB$  是曲柄, 则必有  $AB$  最短, 即  $l_{AB} < 30 \text{ mm}$ ;

所以,  $l_{AB} + l_{BC} \leq l_{CD} + l_{AD}$

$$l_{AB} \leq 15 \text{ mm}$$

(2) 若为双曲柄机构, 则必有  $AD$  最短, 即  $l_{AB} > 30 \text{ mm}$ ,

① 当  $l_{AB} < 50 \text{ mm}$  时,  $l_{AD} + l_{BC} \leq l_{AB} + l_{CD}$

$$45 \text{ mm} \leq l_{AB} < 50 \text{ mm}$$

② 当  $l_{AB} > 50 \text{ mm}$  时,  $l_{AD} + l_{AB} \leq l_{BC} + l_{CD}$

$$50 \text{ mm} < l_{AB} \leq 55 \text{ mm}$$

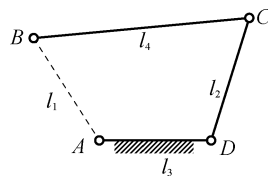


图 7-15 铰链四杆机构

### 7.1.4 含有移动副的四杆机构

#### 1. 曲柄滑块机构

在图 7-16 (a) 所示的曲柄摇杆机构中, 摇杆 3 上 C 点的轨迹是以 D 为圆心、 $CD$  为半径的圆弧  $\widehat{mm}$ 。现将转动副 D 的半径扩大, 并在机架 4 上做出弧形槽, 杆 3 做成与弧形槽相配合的弧形滑块, 如图 7-16 (b) 所示。此时, 尽管转动副 D 的外形改变了, 但机构的相对运动性



7.1.4 平面四杆机构的演化

质未变。若将弧形槽的半径增至无穷大，即转动副  $D$  的中心移至无穷远处，此时弧形槽变成了直槽，弧形滑块变成了平面滑块，滑块 3 上  $C$  点的轨迹变成了直线  $mm$ ，转动副  $D$  也就演化成了移动副，如图 7-16 (c) 所示，机构的相对运动性质也发生了变化。一个转动副演化为移动副后所得到的机构称为曲柄滑块机构。

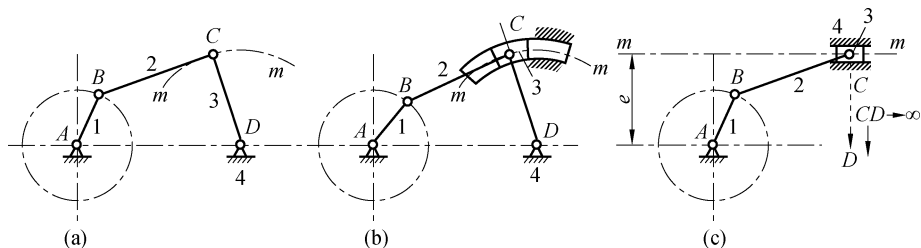


图 7-16 曲柄滑块机构

在图 7-16 (c) 中，由于滑块的移动导路线  $mm$  不通过曲柄的转动中心  $A$ ，故称为偏置曲柄滑块机构，滑块移动导路线  $mm$  至曲柄的转动中心  $A$  的垂直距离称为偏距  $e$ 。当  $e=0$  时，滑块移动导路线通过曲柄的转动中心，称为对心曲柄滑块机构，如图 7-17 所示。曲柄滑块机构在冲床、空压机、内燃机等机械设备中得到了广泛应用。

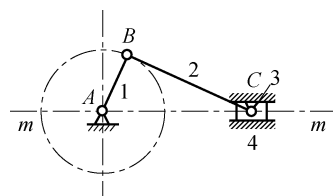


图 7-17 对心曲柄滑块机构

## 2. 导杆机构

导杆机构可以视为由改变曲柄滑块机构中的机架演变而成。若取杆 1 为机架，则得到图 7-18 (b) 所示的曲柄摆动导杆机构（当杆件 2 比杆件 1 短时）或图 7-18 (c) 所示的曲柄转动导杆机构（当杆件 2 比杆件 1 长时）。导杆机构广泛应用于牛头刨床（图 7-19）、回转式油泵（图 7-20）以及插床等机器中。

## 3. 定块机构

若取图 7-18 (a) 中的杆 3 为机架，则得到图 7-18 (d) 所示的定块机构，又称移动导杆机构。这种机构常用于手压唧筒（图 7-21）和抽油泵等机器或设备中。

## 4. 曲柄摇块机构

若将图 7-18 (a) 中的杆件 2 取为机架，则得到图 7-18 (e) 所示的曲柄摇块机构。摇块机构在卡车自动卸料机构（图 7-22）、插齿机及摆缸式原动机等机器中得到了广泛应用。

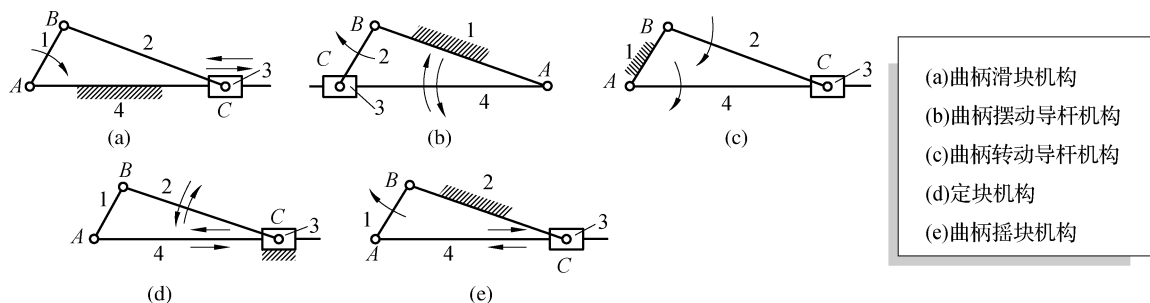


图 7-18 取不同构件为机架对曲柄滑块机构的演化

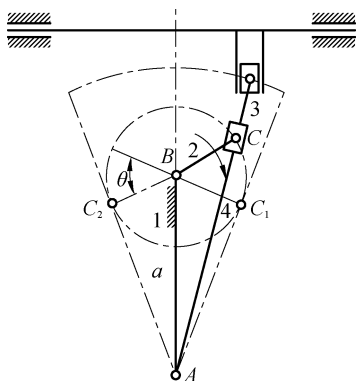


图 7-19 牛头刨床

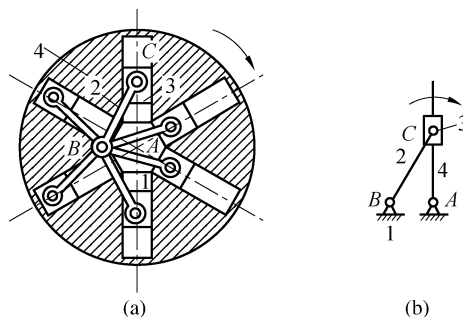


图 7-20 回转式油泵

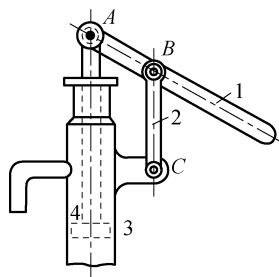


图 7-21 手压唧筒

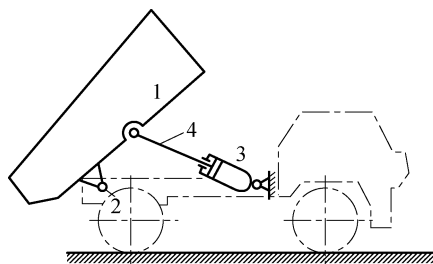


图 7-22 自动卸料机构

### 5. 曲柄移动导杆机构

在演化一个转动副得到如图 7-23 (a) 所示的曲柄滑块机构的基础上, 按同样的演化原理即可得到如图 7-23 (c) 所示的含有两个移动副的机构, 机构中构件 3 演变成了滑块 2 的移动导杆, 故该机构称为曲柄移动导杆机构 (又通称为正弦机构)。图 7-24 所示的缝纫机刺布机构是这种机构的应用实例。

### 6. 双转块机构

图 7-24 (a) 所示曲柄移动导杆机构中, 若取杆 1 为机架, 则得到图 7-25 (a) 所示的双转块机构, 图 7-25 (b) 所示十字滑块联轴器是双转块机构的应用。

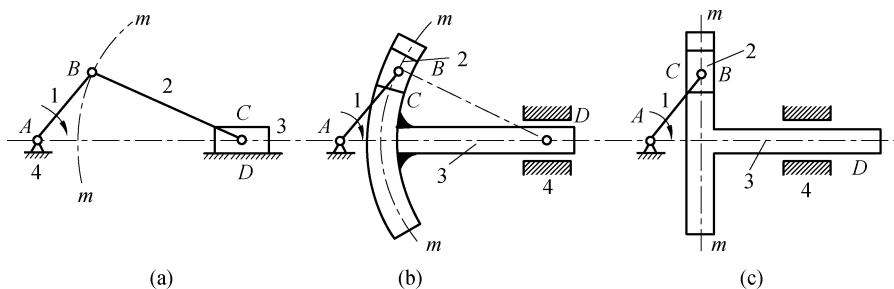


图 7-23 两个转动副的演化

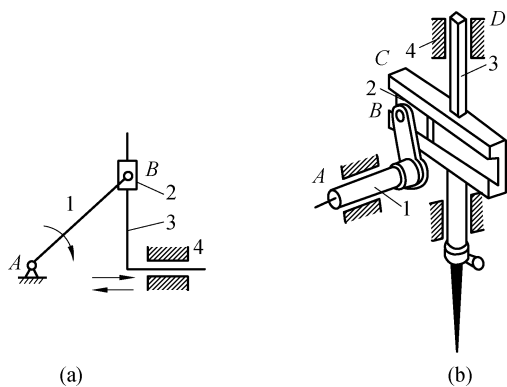


图 7-24 缝纫机刺布机构

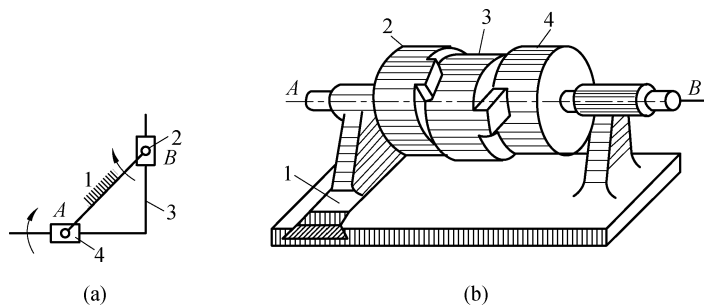


图 7-25 双转块机构

## 7. 双滑块机构

图 7-24 (a) 所示曲柄移动导杆机构中, 若取杆 3 为机架, 则得到图 7-26 (a) 所示的双滑块机构, 图 7-26 (b) 所示椭圆绘图仪是双滑块机构的应用实例, 在构件 1 上除 A、B 两点和 AB 连线的中点外, 其上 (或延长线上) 任一点 M 的轨迹必为椭圆。

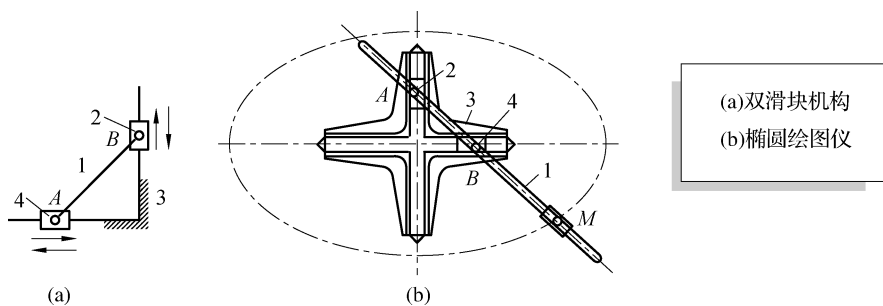


图 7-26 双滑块机构



## 平面四杆机构的运动特性

### 7.2.1 急回特性

在某些连杆机构中, 当曲柄做等速转动时, 从动件做往复运动, 而且返回时的平均速度比前进时的平均速度要大, 这种性质称为连杆机构的急回特性。在生产实际中利用连杆机构的急回特性可以提高产品质量和缩短非生产时间从而提高生产效率, 因而在设计各种机器时广泛考虑采用具有急回特性的连杆机构。

如图 7-27 所示曲柄摇杆机构，在原动件曲柄  $AB$  做等速转动一周的过程中，它与连杆  $BC$  两次共线，此时从动件摇杆  $CD$  分别位于两极限位置  $C_1D$  和  $C_2D$ ，在此两极限位置时曲柄相应的两个位置所夹的锐角称为极位夹角，用  $\theta$  表示。

当曲柄顺时针从  $AB_1$  转到  $AB_2$  位置时，转过角度  $\varphi_1 = 180^\circ + \theta$ ，摇杆由  $C_1D$  摆至  $C_2D$ ，所需时间为  $t_1$ ， $C$  点的平均速度为  $v_1$ 。当曲柄顺时针从  $AB_2$  转到  $AB_1$  位置时，转过角度  $\varphi_2 = 180^\circ - \theta$ ，摇杆由  $C_2D$  摆至  $C_1D$ ，所需时间为  $t_2$ ， $C$  点的平均速度为  $v_2$ 。因为曲柄等速转动，且  $\varphi_1$  大于  $\varphi_2$ ，所以  $t_1 > t_2$ ，因为摇杆  $CD$  来回摆动的行程相同，均为  $\overline{C_1C_2}$ ，所以  $v_1 < v_2$ 。这说明曲柄摇杆机构具有急回特性。

连杆机构急回特性的相对程度，用行程速度变化系数  $K$  来表示，即

$$K = \frac{\text{从动件空回行程平均速度}}{\text{从动件工作行程平均速度}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \quad (7-1)$$

式 (7-1) 经变形后可得

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} \quad (7-2)$$

由式 (7-1) 可见，连杆机构的急回特性取决于极位夹角  $\theta$  的大小， $\theta$  角越大， $K$  值越大，机构的急回程度越高，若  $\theta = 0^\circ$ ，则  $K = 1$ ，机构无急回特性。

对其他连杆机构，如图 7-28 所示，图 (a) 为对心曲柄滑块机构，因极位夹角  $\theta = 0^\circ$ ，所以无急回特性；图 (b) 为偏置曲柄滑块机构，因极位夹角  $\theta \neq 0^\circ$ ，所以有急回特性；图 (c) 为导杆机构，其极位夹角  $\theta$  等于导杆摆角  $\varphi$ ，不可能等于零，所以恒具急回特性。

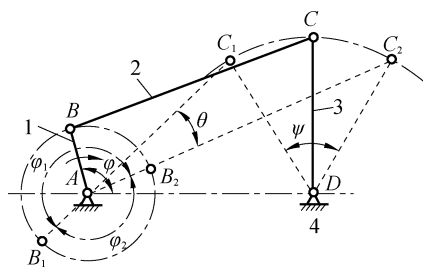


图 7-27 急回特性

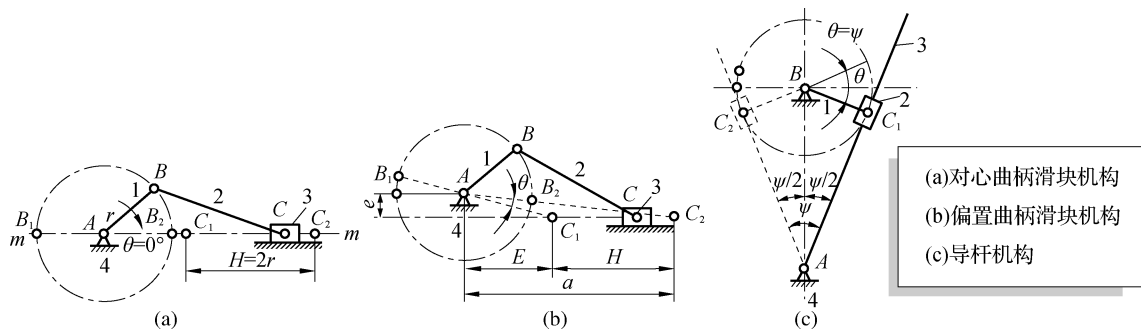


图 7-28 其他连杆机构的急回特性

## 7.2.2 压力角和传动角

在图 7-29 所示曲柄摇杆机构中，若不计各构件的质量和运动副中的摩擦力，则连杆  $BC$  只受两个力的作用且作用力沿  $B$ 、 $C$  两点连线方向，于是原动件曲柄通过连杆  $BC$  作用于从动件摇杆  $CD$  的力  $F$  沿  $BC$  方向， $F$  可分解为两个分力  $F_t$  和  $F_n$ ，其中  $F_n$  只能使铰链  $C$ 、 $D$  产生径向压力，而  $F_t$  才是推动从动件  $CD$  运动的有效分力。由图可得

$$\left. \begin{aligned} F_t &= F \cos \alpha = F \sin \gamma \\ F_n &= F \sin \alpha = F \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (7-3)$$

式中,  $\alpha$  为力  $F$  的作用线与其作用点 (图中为  $C$  点) 速度 ( $v_c$ ) 方向所夹的锐角, 称为压力角, 其余角  $\gamma$  称为传动角。

由式 (7-3) 可知,  $\alpha$  角越小或  $\gamma$  角越大, 则使从动件运动的有效分力  $F_i$  就越大, 机构的传动性能就越好, 所以压力角  $\alpha$  是反映机构传动性能的重要指标。在连杆机构设计中, 由于传动角  $\gamma$  便于观察和测量, 故常用  $\gamma$  角来衡量连杆机构的传动性能。

为保证连杆机构具有良好的传动性, 对一般机械设计时要求最小传动角  $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$  (即  $\alpha_{\max} \leq 50^\circ$ ), 对高速大功率机械则要求  $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$  (即  $\alpha_{\max} \leq 40^\circ$ )。为此, 必须确定  $\gamma = \gamma_{\min}$  时机构的位置并检验  $\gamma_{\min}$  的值是否小于上述的许用值。

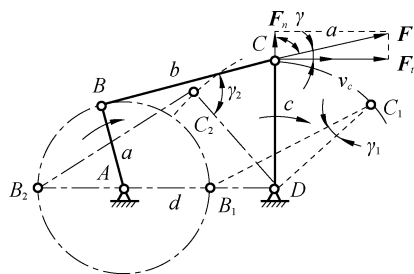


图 7-29 压力角和传动角

### 7.2.3 死点位置

在不计构件的重力、惯性力和运动副中摩擦阻力的条件下, 当机构处于压力角为  $90^\circ$  (传动角为  $0^\circ$ ) 的位置时, 由式 (7-1) 可知, 推动从动件的有效分力为零。在此位置, 无论驱动力多大, 均不能使从动件运动, 机构的这种位置称为死点。

如图 7-30 所示缝纫机踏板机构, 踏板 (即摇杆  $CD$ ) 为原动件, 曲柄  $AB$  为从动件。当曲柄与连杆处于两个共线位置 (图中  $AB_1C_1$  实线位置和  $AB_2C_2$  虚线位置) 时, 机构的传动角  $\gamma = 0^\circ$ , 连杆  $BC$  作用于曲柄  $AB$  的力  $F$  通过曲柄回转中心  $A$ , 对曲柄的回转力矩为零, 不能驱使曲柄转动, 所以机构的这两个位置均为死点。

四杆机构中是否存在死点, 取决于从动件是否与连杆共线。对曲柄摇杆机构, 若以曲柄为原动件, 因连杆与从动摇杆无共线位置, 故不存在死点; 若以摇杆为原动件, 因连杆与从动曲柄有共线位置, 故存在死点。

从传动的角度来看, 机构中存在死点是不利的, 因为这时从动件会出现卡死或运动不确定的现象 (如缝纫机踏不动或倒车)。为克服死点对传动的不利影响, 应采取相应措施使需要连续运转的机器顺利通过死点。比如在机器上加装惯性较大的飞轮, 利用惯性来通过死点 (如缝纫机) 或利用错位排列的方法通过死点, 如图 7-31 所示的错列机构。

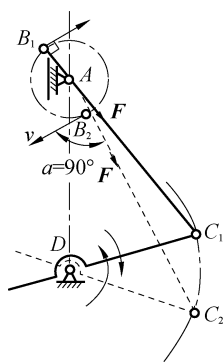


图 7-30 死点

工程上有时也利用死点来实现一定的工作要求。如图 7-32 所示的夹具, 工件被夹紧后  $BCD$  成一条直线, 此时夹紧机构处于死点位置, 即使工件反力很大也不能使夹紧机构反转, 使工件的夹紧牢固可靠。再如图 7-33 所示的飞机起落架, 当起跑轮放下时,  $BC$  杆与  $CD$  杆共线, 机构处在死点位置, 地面对轮子的力不会使  $CD$  杆转动, 从而保证飞机安全起飞和降落。

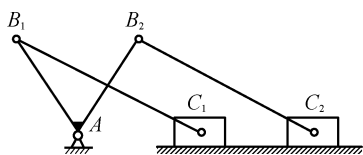


图 7-31 错列机构

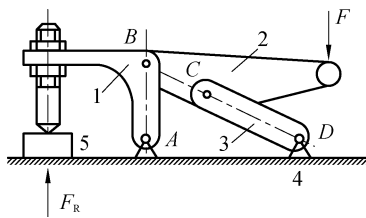


图 7-32 夹具

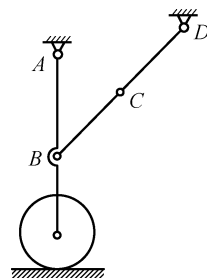


图 7-33 飞机起落架

## 7.3

## 铰链四杆机构的设计

平面四杆机构的设计指的是运动设计,即根据已知条件来确定机构中各构件的尺寸。平面四杆机构的设计方法有图解法、解析法和试验法三种。图解法直观但精度不高,解析法精确但设计复杂,试验法简便但不实用。三种方法各有优缺点,本书仅介绍图解法。

## 7.3.1 按给定连杆位置设计四杆机构

图 7-34 所示为加热炉的炉门,要求设计一四杆机构,把炉门从开启位置  $B_2C_2$  (炉门水平位置,受热面向下) 转变为关闭位置  $B_1C_1$  (炉门垂直位置,受热面朝向炉膛)。

由于连杆上  $B$  点的运动轨迹是以  $A$  为圆心,以  $AB$  长为半径的圆弧,因此  $A$  点必在  $B_1$ 、 $B_2$  连线的垂直平分线上,同理可得  $D$  点亦必在  $C_1$ 、 $C_2$  连线的垂直平分线上。因此可得设计步骤如下:

(1) 选取适当的长度比例尺  $\mu_1$  ( $\mu_1 = \text{实际尺寸}/\text{作图尺寸}$ ),按已知条件画出连杆  $BC$  的两个位置  $B_1C_1$ 、 $B_2C_2$ ;

(2) 连接  $B_1B_2$ 、 $C_1C_2$ , 分别作  $B_1B_2$ 、 $C_1C_2$  的垂直平分线  $mm$ 、 $nn$ ;

(3) 分别在直线  $mm$ 、 $nn$  上任意选取一点作为转动中心  $A$ 、 $D$ , 如图 7-34 (b) 所示。

由以上可见,若只给定连杆的两个位置,则有无穷多个解,一般再根据具体情况由辅助条件(比如最小传动角、各杆尺寸范围或其他结构要求等)得到确定解。如果给定连杆的三个位置,设计过程与上述相同,但由于三点(如  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ )可确定一个圆,故转动中心  $A$ 、 $D$  能够唯一确定,即有唯一解,如图 7-35 所示。

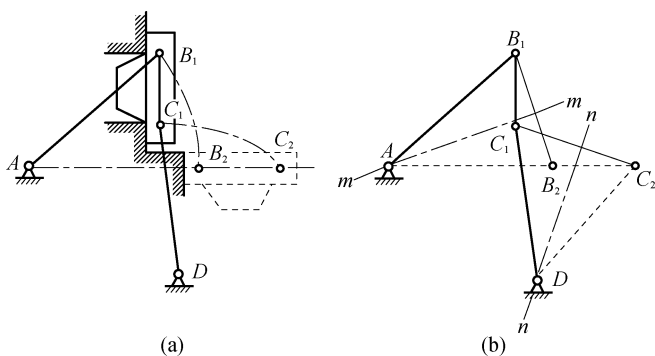


图 7-34 加热炉门

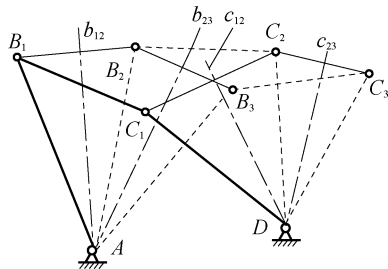


图 7-35 按给定连杆三个位置设计四杆机构

7.3.2 按给定行程速度变化系数  $K$  设计四杆机构

已知摇杆  $CD$  的长度  $l_{CD}$ 、摆角  $\varphi$  和行程速度变化系数  $K$ , 试设计该曲柄摇杆机构。

设计的关键是确定固定铰链  $A$  的位置, 具体设计步骤如下:

(1) 选取适当比例尺  $\mu_1$ , 按摇杆长度  $l_{CD}$  和摆角  $\varphi$  作出摇杆的两极限位置  $C_1D$  和  $C_2D$ , 如图 7-36 所示;

(2) 由式 (7-2)  $\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1}$  算出极位夹角  $\theta$ ;

(3) 连接  $C_1C_2$ , 作  $\angle C_1C_2O = \angle C_2C_1O = 90^\circ - \theta$ , 得一点  $O$ , 以  $O$  点为圆心、 $OC_1$  为半径作辅助圆, 则  $\widehat{C_1C_2}$  所对的圆心角为  $2\theta$ , 所对的圆周角为  $\theta$ ; 在辅助圆的圆周上允许范围内任选一点  $A$ , 则  $\angle C_1AC_2 = \theta$ ;

(4) 由于摇杆在极限位置时, 连杆与曲柄共线, 则有  $AC_1 = BC - AB$ ,  $AC_2 = BC + AB$ , 故有

$$AB = \frac{AC_2 - AC_1}{2}$$

$$BA = \frac{AC_2 + AC_1}{2}$$

由上述两式求得  $AB$ 、 $BC$  和由图中量取  $AD$  后, 可得曲柄、连杆、机架的实际长度分别为

$$l_{AB} = AB \cdot \mu_1, \quad l_{BC} = BC \cdot \mu_1, \quad l_{AD} = AD \cdot \mu_1$$

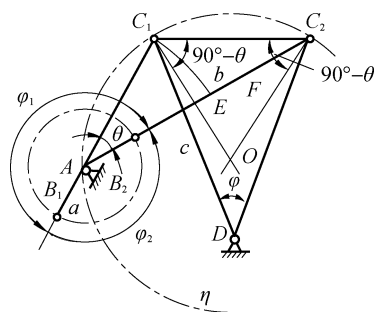
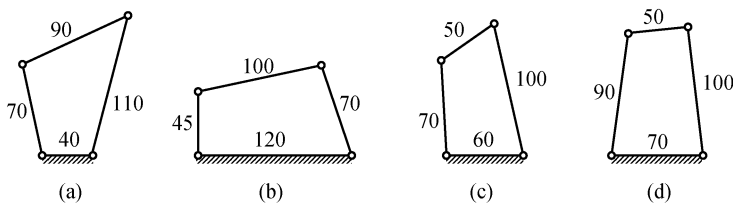


图 7-36 按行程速度变化系数设计四杆机构



## 思考与练习

1. 连杆机构为什么又称低副机构? 它有哪些特点? 常应用于何种场合?
2. 铰链四杆机构有哪几种类型? 它们各有何区别?
3. 何谓“曲柄”? 铰链四杆机构中曲柄存在的条件是什么? 曲柄是否一定是最短杆?
4. 连杆机构中的急回特性的含义是什么? 什么条件下连杆机构才具有急回特性?
5. 何谓连杆机构的压力角和传动角? 其大小对连杆机构的工作有何影响?
6. 何谓连杆机构的死点? 是否所有四杆机构都存在死点? 什么情况下出现死点? 请举出避免死点和利用死点的例子。
7. 试根据图中注明的尺寸判断下列铰链四杆机构是曲柄摇杆机构、双曲柄机构, 还是双摇杆机构。



题 7 图

8. 图示四铰链运动链中, 已知各构件长度:  $l_{AB} = 55 \text{ mm}$ ,  $l_{BC} = 40 \text{ mm}$ ,  $l_{CD} = 50 \text{ mm}$ ,  $l_{AD} = 25 \text{ mm}$ 。

- (1) 哪个构件固定可获得曲柄摇杆机构?
- (2) 哪个构件固定可获得双曲柄机构?

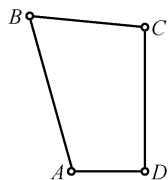
(3) 哪个构件固定可获得双摇杆机构?

9. 在图示四铰链机构中, 已知:  $l_{BC}=50\text{ mm}$ ,  $l_{CD}=35\text{ mm}$ ,  $l_{AD}=30\text{ mm}$ ,  $AD$  为机架。

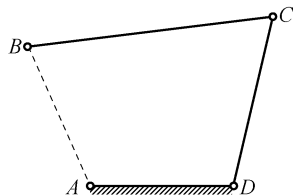
(1) 如果能成为曲柄摇杆机构, 且  $AB$  是曲柄, 求  $l_{AB}$  的极限值;

(2) 如果能成为双曲柄机构, 求  $l_{AB}$  的取值范围;

(3) 如果能成为双摇杆机构, 求  $l_{AB}$  的取值范围。



题 8 图



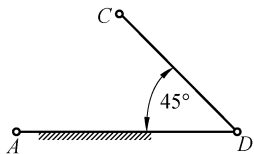
题 9 图

10. 试用图解法设计图示铰链四杆机构。已知摇杆  $CD$  的长度  $l_{CD}=0.075\text{ m}$ , 行程速度变化系数  $K=1.5$ , 机架  $AD$  的长度为  $l_{AD}=0.1\text{ m}$ , 摇杆的一个极限位置与机架间的夹角为  $45^\circ$ , 求曲柄  $AB$  的长度  $l_{AB}$  和连杆  $BC$  的长度  $l_{BC}$ 。

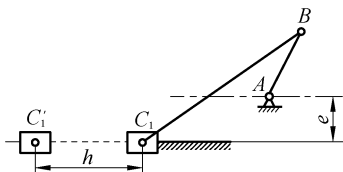
11. 如图所示的偏置曲柄滑块机构, 已知行程速度变化系数  $K=1.5$ , 滑块的行程  $h=50\text{ mm}$ , 偏距  $e=16\text{ mm}$ , 试用图解法求:

(1) 曲柄长度  $l_{AB}$  和连杆长度  $l_{BC}$ ;

(2) 滑块为原动件时机构的死点位置。



题 10 图



题 11 图