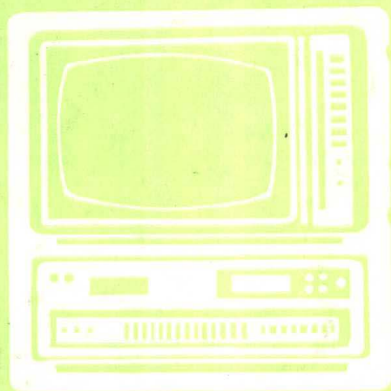


● 广播电视中专教材

# 机械原理及机械零件 习题解

北京市广播电视中等专业学校 编



11-44

冶金工业出版社

广播电视中专教材

# 机械原理及机械零件 习 题 解

北京市广播电视中等专业学校 编

冶金工业出版社

· 216141

广播电视中专教材  
**机械原理及机械零件**  
**习 题 解**

北京市广播电视中等专业学校 编

\*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街黄城根北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张2 3/4 字数 70千字

1987年5月第一版 1987年5月第一次印刷

印数00, 001~17,200册

统一书号: 15062·4576 定价0.47元

## 前 言

应广大电视中专学员的要求，为配合北京市广播电视中等专业学校编写的《机械原理及机械零件》教材的使用，编写了本书。由于解题步骤、参数的选择和系数的选取不是唯一的，因此大多数题都存在着多种结论。编者对每一题只提供一种方法和一组参数解题，因此本书中的解题步骤和结果仅供学员参考。

本书是约请北京钢铁学院卢得霖(第二章至第八章)、廉以智(第九章至第十九章)等同志编写的。

编者殷切希望广大读者对题解中的错误和欠妥之处提出宝贵意见。

北京市广播电视中等专业学校

1986年6月

## 目 录

第一章	绪论 (略)	
第二章	平面机构的活动度及其具有确定运动的条件	1
第三章	平面连杆机构	5
第四章	凸轮机构	11
第五章	齿轮机构	15
第六章	轮系	23
第七章	间歇运动机构 (略)	
第八章	平衡和调速	27
第九章	弹簧	30
第十章	键联接和花键联接	34
第十一章	螺纹联接和螺旋传动	37
第十二章	带传动	43
第十三章	链传动	48
第十四章	齿轮传动	51
第十五章	蜗杆传动	69
第十六章	轴	73
第十七章	滑动轴承	76
第十八章	滚动轴承	78
第十九章	联轴器和离合器	81
第二十章	减速器 (略)	

## 第二章 平面机构的活动度及其具有确定运动的条件

2-1 计算图2-14所示破碎机的活动度。

〔解〕本题为一铰链四杆机构。其中活动构件数  $n = 3$ ，低副数  $P_L = 4$ （都是转动副），高副数  $P_H = 0$ 。所以，该机构之活动度：

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times$$

$$3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

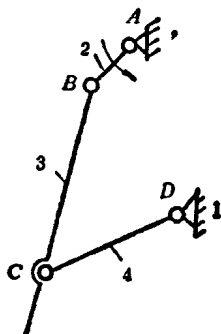
2-2 图示为一压力机。

已知  $l_{AB} = 20\text{mm}$ ， $l_{BC} = 265\text{mm}$ ， $l_{CD} = l_{CE} = 150\text{mm}$ ， $a = 150\text{mm}$ ， $b = 300\text{mm}$ ，试用适当的

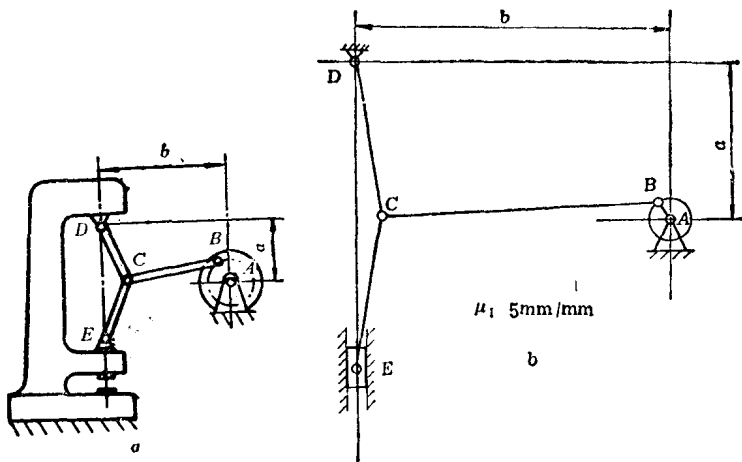
比例尺画出其机构运动简图并计算其活动度。

〔解〕由图可知， $AB$  为主动件作整周回转运动，通过连杆  $BC$ 、 $CD$  和  $CE$  将运动和动力传给滑块（压头），使滑块在导槽内上下运动。又知， $AB$  杆和机架在  $A$  点， $AB$  杆和  $CB$  杆在  $B$  点， $DC$ 、 $BC$ 、 $EC$  在  $C$  点， $CD$  与机架在  $D$  点， $CE$  与滑块在  $E$  点均组成转动副，而滑块与导槽则组成移动副。

(1) 画机构运动简图 根据以上分析，各构件均作平面运动，故选取纸面作为视图平面。选定长度比例尺  $\mu_l = 5\text{mm/mm}$ ，将已知的各杆长度及有关尺寸换算成应画在图上的长度： $AB = l_{AB}/\mu_l = 20/5 = 4\text{mm}$ ， $BC = 265/5 = 53\text{mm}$ ， $CD = CE = 150/5 = 30\text{mm}$ ， $a = 150/5 = 30\text{mm}$ ， $b = 300/5 = 60\text{mm}$ 。按这些尺寸首先定出固定铰链点  $A$  和  $D$  的位置，然后按各杆长度画出整个机构简图，如图  $b$  所示。



题 2-1 图



题 2-2 图

(2) 计算机构的自由度 活动构件  $n = 5$ ，从上面分析中可知该机构中各运动副均为低副，但由于  $BC$ 、 $DC$ 、 $EC$  三构件在  $C$  点构成复合铰链，所以低副数  $P_L = 7$ ， $P_H = 0$ ，这时，机构的自由度为：

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 = 1$$

2-3 计算下列各机构之自由度，并分析该机构是否有确定运动（图中标有箭头的构件为主动件）。

〔解〕

(1) 图 a 所示机构的自由度  $n = 7$ ，该机构全部为转动副，且  $C$  处为复合铰链，所以  $P_L = 10$ ，于是得：

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$$

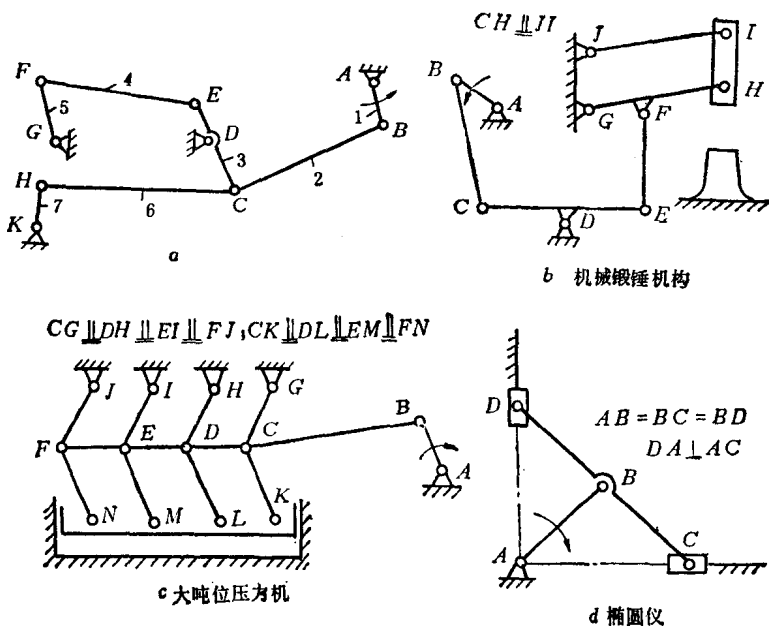
由于计算结果自由度等于 1，说明该机构只需给定一个主动件即有确定运动。而图中标有箭头的  $AB$  即主动件，所以该机构有确定运动。

(2) 图 b 所示之机械锻锤机构  $n = 7$ ， $P_L = 10$ ， $P_H = 0$ ，故：

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$$

图中标有箭头的构件  $AB$  为主动件，且计算之自由度  $W =$

1, 所以, 该机构有确定运动。



题 2-3 图

(3) 图 c 所示之大吨位压力机 由于机构中某些杆长及其配置的特殊关系, 即  $CG, DH, EI, FJ$  平行且相等,  $CK, DL, EM, FN$  平行且相等, 故当  $AB$  转动时  $N, M, L, K$  各点均以同样的速度向下移动。因此, 从实现压头 (即滑块) 上下运动角度来看, 仅有  $ABCGK$  这一部分就完全能满足要求, 其余部均属多余, 存在与否并不影响压头的运动。因此,  $HDL, IEM, JFN$  均为虚约束, 在计算活动度时应除去不计。所以该机构的活动度为:

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 = 1$$

注意:  $BC, GC, KC$  三杆在  $C$  点构成复合铰链。

由于活动度数与主动件数相等, 故该机构有确定运动。



(4) 图  $d$  为椭圆仪 由于图中所给出的杆长关系, 不难理解, 其中  $BC$  杆上  $D$  点的运动轨迹是在  $AD$  直线上、而滑块本身也只能在  $AD$  上运动, 所以滑块上  $D$  点的运动轨迹与  $BC$  杆上  $D$  点的运动轨迹相重合, 即滑块存在与否并不影响  $BC$  杆上  $D$  点作直线运动。所以滑块  $D$  是虚约束, 计算活动度时应除去不计 (当然  $C$  点滑块也可作虚约束处理, 但  $C$  和  $D$  中只能取一个)。这时, 机构的活动度为:

$$W = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

说明该机构有确定运动。

### 第三章 平面连杆机构

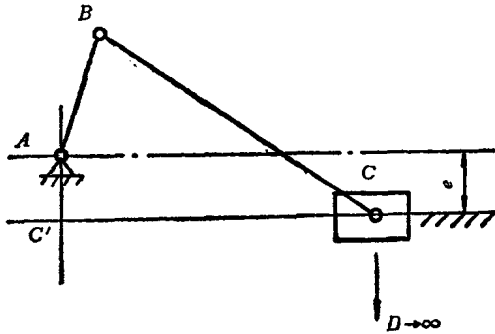
3-1 图示为一偏置曲柄滑块机构，试求以  $AB$  为曲柄的条件。当偏距  $e = 0$  时， $AB$  为曲柄的条件又如何？

〔解〕

(1) 当  $e \neq 0$  时，根据曲柄存在条件（最短杆加最长杆  $\leq$  其它两杆长度之和）有：
$$l_{AB} + e + l_{C'D} \leq l_{BC} + l_{CD} \quad (\because l_{C'D} = l_{cd})$$

即  $l_{AB} + e \leq l_{BC}$  为曲柄存在条件

(2) 当  $e = 0$  时： $l_{AB} \leq l_{BC}$  为曲柄存在条件。



题 3-1 图

3-2 试根据图中所注明的尺寸判别各铰链四杆机构的类型。

〔解〕

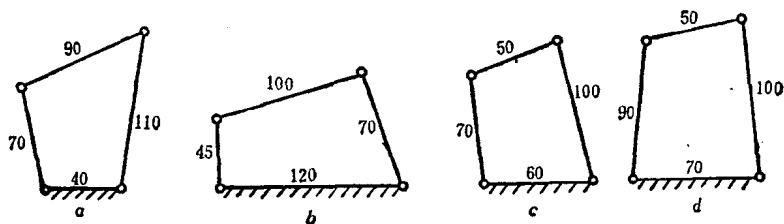
(1) 对于图  $a$ ，因  $40 + 110 < 70 + 90$ ，即最短杆加最长杆长度之和小于其它两杆长度之和，当最短杆为机架时为双曲柄机构。

(2) 对于图  $b$ ，因  $45 + 120 < 100 + 70$ ，所以取最长杆为机

架时，得到曲柄摇杆机构。

(3) 对于图 *c*，因  $50 + 100 > 70 + 60$ ，即最短杆与最长杆长度之和大于其它两杆长度之和，故没有曲柄存在，所以 *c* 为双摇杆机构。

(4) 对于图 *d*，虽然  $50 + 100 < 90 + 70$ ，但由于采取最短的相对杆为机架，故为双摇杆机构。

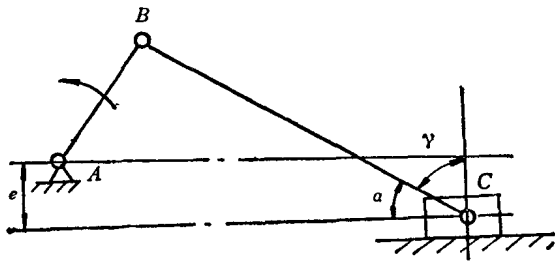


题 3-2 图

**3-3** 什么是连杆机构的“压力角”、“传动角”？它们的大小对连杆机构的传力性能有何影响？试在题3-1图中标出滑块C点的压力角和传动角。

〔解〕 连杆机构中的压力角是指从动构件受力方向与力作用点的速度方向所夹的锐角，用  $\alpha$  表示，而压力角的余角叫传动角，用  $\gamma$  表示。因此  $\alpha + \gamma = 90^\circ$ 。显然，压力角愈小，有效分力愈大，传力性能愈好。或者说传动角愈大对传动愈有利。

题3-1中的曲柄滑块机构，其压力角、传动角如题3-3图所示。



题 3-3 图

3-4 什么叫“行程速比系数 $K$ ”?试说明 $K=1$ 和 $K>1$ 的含义是什么?

〔解〕从动件空回行程平均速度与从动件工作行程平均速度之比叫行程速比系数,用符号 $K$ 表示。 $K=1$ 时说明机构无急回特性。 $K>1$ 时说明有急回特性。

3-5 图示为某加热炉炉门的两个位置,实线所示为关闭位置,虚线为开启位置。工作条件要求开启位置时炉门处于水平位置当作小平台使用。试设计一铰链四杆机构,并满足连杆(即炉门)的两个位置要求。有关尺寸见图。

〔解〕按图中所给尺寸,用1:1的比例尺画出炉门(即连杆)的两个位置 $B_1C_1$ 和 $B_2C_2$ 。联接 $B_1B_2$ 、 $C_1C_2$ 并作其中垂线 $b_{12}$ 和 $c_{12}$ 。则两个固定铰链中心 $A$ 、 $D$ 可分别在 $b_{12}$ 和 $c_{12}$ 上任意选取。故有无穷多解。此处将固定铰链分别选在炉壁上的 $A$ 、 $D$ 处。则 $AB_1C_1D$ 即为所求之四杆机构。因所用比例尺为1:1,所以各杆长可从图上直接量取:

$$\begin{aligned} l_{AB} &= 94\text{mm} & l_{BC} &= 28\text{mm} \\ l_{CD} &= 18\text{mm} & l_{AD} &= 105\text{mm} \end{aligned}$$

3-6 已知曲柄滑块机构的滑块行程 $S=100\text{mm}$ ,偏距 $e=10\text{mm}$ ,行程速比系数 $K=1.5$ ,试用图解法设计此曲柄滑块机构。

〔解〕

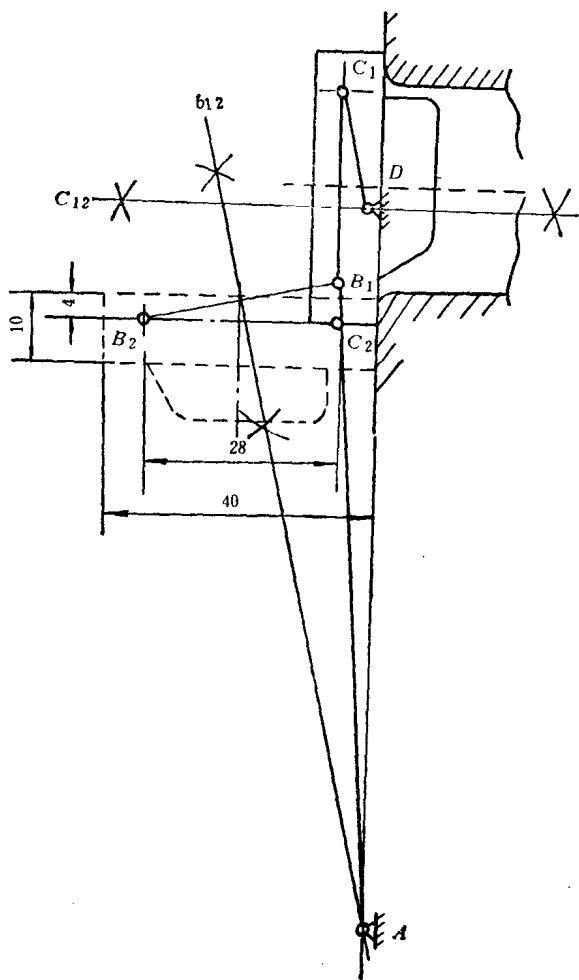
(1) 由给定的行程速比系数 $K$ 算出极位夹角 $\theta$ :

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} = 180^\circ \times \frac{1.5-1}{1.5+1} = 36^\circ$$

(2) 选取长度比例尺 $\mu_l=2\text{mm/mm}$ ,作滑块的行程长度(滑块的两个极限位置之间的距离) $\overline{C_1C_2}=S=100/2=50\text{mm}$ 。

(3) 自 $C_1$ (或 $C_2$ )作 $\overline{C_1C_2}$ 的垂线 $\overline{C_1M}$ ,作 $\angle C_1C_2N=90^\circ-\theta=54^\circ$ ,则直线 $\overline{C_2N}$ 与 $\overline{C_1M}$ 相交于 $P$ 点。

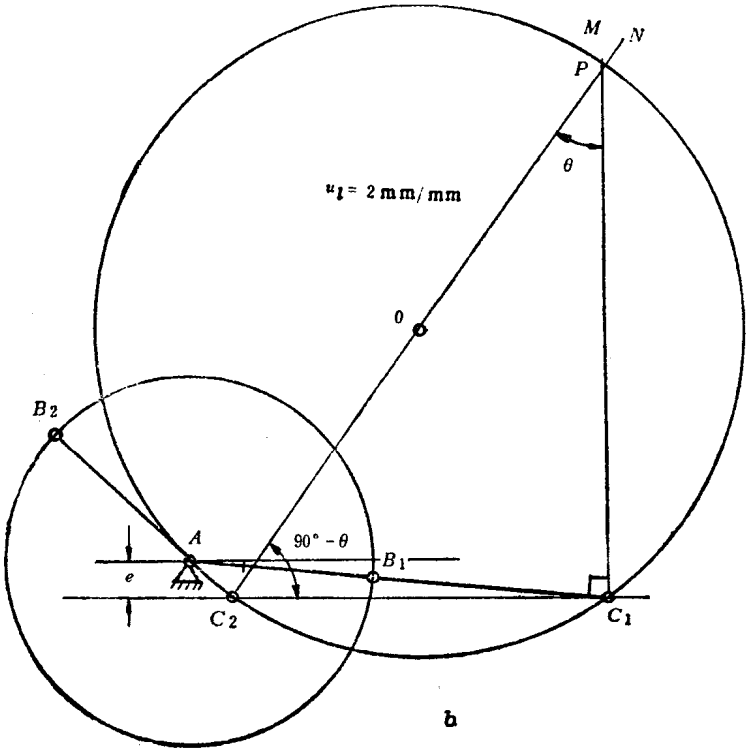
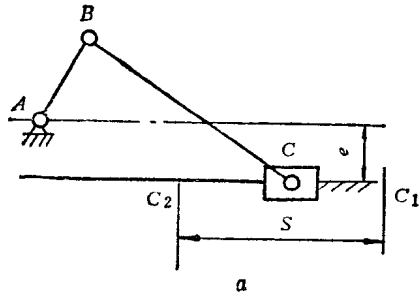
(4) 以 $\overline{C_2P}$ 为直径作直角三角形 $\triangle C_1PC_2$ 的外接圆(圆心为 $O$ )。



题 3-5 图

(5) 作直线平行于  $\overline{C_1C_2}$  并距  $\overline{C_1C_2}$  为  $e = 10/2 = 5\text{mm}$ , 与外接圆交于  $A$  点, 则  $A$  即曲柄之固定中心。

(6) 联接  $A, C_1$  和  $A, C_2$  则  $\overline{AC_1} = \overline{AB_1} + \overline{B_1C_1}$ ,  $\overline{AC_2} = \overline{B_2C_2} - \overline{AB_2}$ ,  $\overline{AB_1} = \overline{AB_2}$ ,  $\overline{B_1C_1} = \overline{B_2C_2}$ 。解之得:



题 3-6 图

$$\overline{AB} = \frac{\overline{AC_1} - \overline{AC_2}}{2} = \frac{56 - 7.5}{2} = 24.25 \text{ mm}$$

$l_{AP} =$

$$\overline{AB} \cdot \mu_l = 24.25 \times 2 = 48.5 \text{ mm}$$

$$\overline{BC} = \frac{\overline{AC_1} + \overline{AC_2}}{2} = \frac{56 + 7.5}{2} = 31.75 \text{ mm}$$

$l_{BC} =$

$$\overline{BC} \cdot \mu_l = 31.75 \times 2 = 63.5 \text{ mm}$$

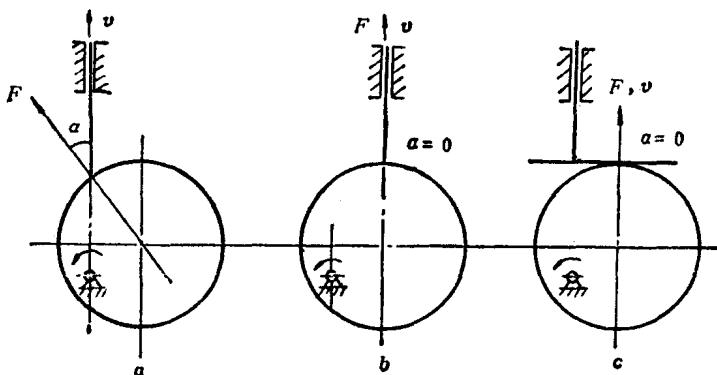
式中  $\overline{AC_1}$  和  $\overline{AC_2}$  自图中直接量取。

## 第四章 凸轮机构

4-1 什么是凸轮机构的压力角?压力角的大小与凸轮尺寸有何关系?对传力性能有何影响?

〔解〕凸轮对从动件的作用力方向与从动件运动方向所夹之锐角 $\alpha$ 称为凸轮机构的压力角。压力角愈大,凸轮尺寸愈小,但对从动件的有效分力也愈小。所以,对力的传递不利。反之,压力角愈小,尺寸愈大,对传力愈有利。

4-2 试在下列各图中标出压力角。



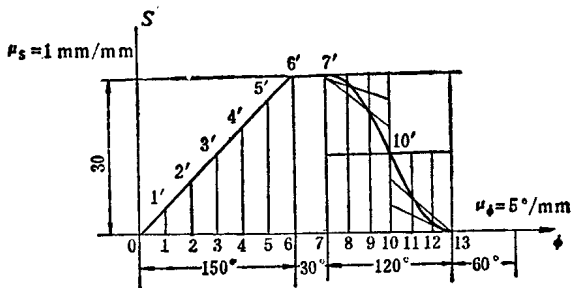
题 4-2 图

〔解〕图 a 之压力角 $\alpha$ 如图所示。图 b 和图 c 中因从动件的受力方向与其运动方向相重合,故压力角 $\alpha = 0$ 。

4-3 已知从动件升程 $h = 30\text{mm}$ ,凸轮转角 $\varphi$ 从 $0 \sim 150^\circ$ 时从动件等速运动上升到最高位置,从 $150^\circ \sim 180^\circ$ 时从动件在最高位置不动,从 $180^\circ \sim 300^\circ$ 时从动件以等加速等减速运动返回,而从 $300^\circ \sim 360^\circ$ 时从动件在最低位置不动。试绘出从动件的位移曲线。



〔解〕画横坐标代表凸轮转角  $\phi$ ，比例尺  $\mu_\phi = 5^\circ/\text{mm}$ 。画纵坐标代表从动件的位移，比例尺  $\mu_s = 1\text{mm}/\text{mm}$ 。按已知条件将横坐标分为  $150^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $120^\circ$  和  $60^\circ$  四个区间。在纵坐标上量出从动件之最大升程  $h = 30\text{mm}$ 。按题意，在凸轮最初转过  $150^\circ$  时从动件等速上升到最高位置，所以，位移曲线应为一条斜直线。在凸轮继续转过  $30^\circ$  区间内从动件停在最高位置不动，所以，位移曲线为一平行于横轴的直线。当凸轮再转过  $120^\circ$  时，从动件以等加速等减速运动规律下降，因此，位移曲线为两段对称的抛物线。抛物线的画法详见教材有关部分及图4-9。而当凸轮继续转过其余  $60^\circ$  时，从动件则停在最低位置不动，故位移曲线为与横轴重合的一段水平线。以上作图结果示于题4-3图。



题 4-3 图

4-4 试按题4-3的运动规律设计一对心尖顶直动从动件盘形凸轮机构。已知凸轮的基圆半径  $r_b = 40\text{mm}$ ，凸轮逆时针方向转动。

〔解〕

(1) 利用题4-3之位移曲线图，首先将横坐标  $0 \sim 150^\circ$  的区间分为六等份，将  $120^\circ$  的区间也分为六等份，再自各分点作垂线分别与位移曲线交于  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ …… $12'$  点。

(2) 在图中适当位置选一点  $O$  作为凸轮的回转中心。选定长度比例尺  $\mu_l = \mu_s = 1\text{mm}/\text{mm}$ ，画基圆  $r_b = 40\text{mm}$ 。以  $OB_0$  为起