

顎式破碎机设计与检修

✓

# 第一章 概 述

## 第一节 物料的破碎

### 一、物料破碎的目的与意义

凡用外力将大块物料变成小块物料的过程都叫破碎。按破碎过程得到的物料粒度大小不同又可分为：粒度大于1mm的叫破碎；粒度小于1mm的叫磨碎。

#### 1. 物料破碎的目的

##### 1) 增加物料的比表面积

物料破碎后，其比表面积增加，因而可提高物理作用的效果和化学反应的速度。如几种不同固体物料的混合，若物体破碎得越细，则混合均匀的程度越高，水泥熟料的烧成，基本上是一种固相反应，其反应速度与物料碎磨粒度有关，物料磨得越细，反应速度进行得越快。反应速度越快，煅烧时节省热量越多。

##### 2) 制备混凝土骨料与人造砂

制备混凝土需要各种粒度的骨料（碎石），是由开采出来的大块石料，经破碎筛分加工后得到的各种粒度的碎石。当天然砂不足时，可用破碎方法制备人造砂。

##### 3) 使矿石中有用成分解离

在选矿作业中，破碎与磨碎作业，是把各种有用矿物里紧密结合与共生在一起的有用成分和杂质分开，即“解离”。物料解离后，才能用选矿的方法除去杂质而得到纯洁的精矿。

#### 4) 为原料下一步加工作准备或便于使用

在炼焦厂、烧结厂、制团厂、建筑材料以及粉末冶金部门中，所用的原料块度一般都比较大小，要求碎磨到一定粒度以下，供下一步加工处理用。

在食品、化学、医药、化肥及农药等工业部门中，常将产品碎磨成粉末状态，以便使用。

#### 2. 物料破碎意义<sup>[5, 6, 9]</sup>

在选矿工业中，物料的破碎占有重要地位。选矿厂破碎与磨碎作业的生产费用，平均要占全部费用的40%以上，而碎磨设备的投资占选矿厂总投资的60%左右。

在水泥工业中，水泥厂碎磨作业费用约占生产成本的30%以上，破碎机械的耗电量占全厂总耗电量的10%，而磨碎机械的耗电量则占60%。

据不完全统计，70年代末期，全世界经过碎磨加工的物料量平均每年近30亿t，碎磨这些物料的能耗约占整个工业能耗的3%~4%、钢耗约达500万t。金属矿选矿厂碎磨工业所占耗费的比重更大：设备费用约占65%~70%，经营费约占50%~65%，电耗约占50%~65%，钢耗占50%以上。因此，基于经济效益和节能的观点，必须不断地改善碎磨作业，特别是研制新型高效碎磨设备和改进现有碎磨机械，对于达到优质、高产、低成本、低消耗具有非常重要的意义。

### 二、破碎比与破碎流程

#### 1. 破碎比

衡量破碎机破碎效果，常用破碎比这个概念。破碎机破碎比就是原料粒度与破碎后产品粒度之比，它表示破碎后原料减小的倍数。

破碎比有几种计算方法：平均破碎比法——(1) 中先

① 用破碎前物料最大粒度与破碎后产品最大粒度之比计算：

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} \quad (1-1)$$

式中  $D_{\max}$ ——破碎前物料最大粒度；

$d_{\max}$ ——破碎后物料最大粒度。

由于各国的习惯不同，最大粒度取值方法也不同，英、美以物料80%能通过筛孔的筛孔宽度为最大粒度的直径；我国和苏联以物料的95%能通过筛孔的筛孔宽度为最大粒度的直径。

② 用破碎机给料口有效宽度和排料口宽度的比值计算：

$$i = \frac{0.85 B}{b}$$

式中  $B$ ——破碎机给料口宽度；

$b$ ——破碎机排料口宽度。

式中的0.85是为保证破碎机咬住物料的有效宽度系数。排料口宽度  $b$  的取值，粗碎机取最大排料口宽度；中、细碎机取最小排料口宽度。

用式 (1-2) 计算破碎比很方便，因在生产中不可能经常对大批物料作筛分分析，但是只要知道破碎机给料口和排料口宽度，便可按式 (1-2) 计算破碎比。

③ 用平均粒度计算：

$$i = \frac{D_{c_p}}{d_{c_p}} \quad (1-3)$$

式中  $D_{c_0}$ ——破碎前物料的平均直径；  
 $d_{c_0}$ ——破碎后物料的平均直径。

这种方法求得的破碎比，能较真实地反映破碎程度。因而理论研究中采用它。

## 2. 破碎流程

一般采矿所得到的矿块都很大，如露天矿最大矿块尺寸可达1200~1500mm；井下采矿最大矿块尺寸可达200~100mm。若入磨最大矿块尺寸以15mm计算，则破碎比为  $i = \frac{1500}{15} = 100$ 。

目前，所有破碎机都不能一次达到这样大的破碎比，因此必须分段进行破碎，即用串联几台破碎机来实现破碎比100的破碎作业。

图1-1所示，原矿经固定筛筛分后，筛上物料进入2号破碎机，筛下物料和2号破碎机的产品混合，经3号筛筛分后，筛上物料进入4号破碎机，筛下物料与4号机的产品一起经5号筛筛分后，筛下物料直接落入矿仓作为

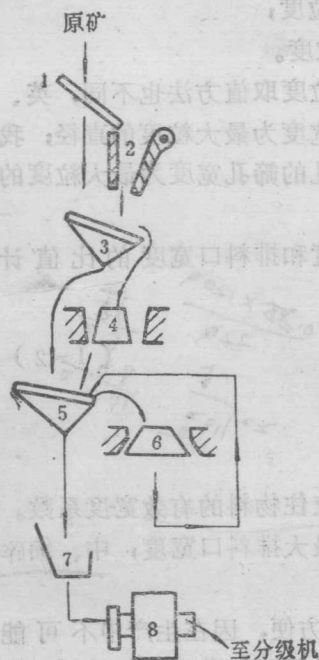


图1-1 三段破碎机机械流程图

- 1—固定格条筛 2—粗碎颞式破碎机
- 3、5—振动筛 4—中碎圆锥破碎机
- 6—细碎圆锥破碎机 7—矿仓
- 8—磨机

磨机原料，而筛上物料进入6号破碎机，其破碎后的物料返

表 1-1 各种矿石机械性能

矿石硬度类别	矿石名称	抗压强度 (MPa)	普氏硬度系数
软矿石	煤	2~4	2~4
	方铅矿	4.5	
	菱铁矿	7	
	无烟煤	13~49	
	闪锌矿	10	
	松散的石灰岩	40	
软~中硬矿石	致密的石灰岩	50~100	5~10
	砂岩	50~100	
	褐铁矿	82	
	磁铁矿	100~150	
中硬矿石	花岗岩	120~150	12~15
	正长岩	125~150	
中~高硬矿石	大理岩	55~150	15~18
	致密的砂岩	160	
	半假象赤铁矿	158~195.5	
	辉绿岩	190~250	
高硬矿石	闪绿岩	200	15~18
	片麻岩	172~220	
极硬矿石	石英岩	200~220	18~20
	闪绿岩	180~240	
	斑岩	150~280	
	铜矿石	150~280	
	钛磁铁矿	234	
	玄武岩	200~300	
	花岗长英岩	350	



回到5号筛。以上物料经过的破碎过程称为破碎流程。

对于2号破碎机来说，其破碎产品经3号筛筛分后，进入4号破碎机，为开路破碎；对于6号破碎机来说，其破碎产品返回5号筛筛分后，筛上大块重新进入6号破碎机再次破碎，称闭路破碎。

### 三、矿石的机械性能

矿石的机械性能对于物料的破碎效果、破碎机零部件的磨损、强度和选择破碎方法等有重要意义。

这里给出部分矿石机械性能：抗压强度和硬度系数（表1-1），供选择和设计破碎机时参考。

### 四、破碎方法与破碎机分类

#### 1. 破碎方法

被破碎的物料大多数属脆性材料。从弹性变形理论（挤压、拉伸、弯曲和剪切）可知：当物料所受的应力超过材料的极限强度时，物料即行破碎。

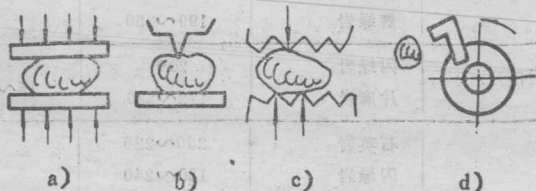


图1-2 物料的破碎方法

a) 压碎 b) 劈碎 c) 折断 d) 冲击破碎

目前，利用机械力破碎物料的方法主要有：压碎、劈碎、折断和冲击破碎。

1) 压碎 (图 1-2 a)

将物料放在两个工作表面之间,施加压力后,因其压应力超过抗压强度极限而破碎。

2) 劈碎 (图 1-2 b)

将物料放在一个平面和一个牙齿之间,施力后,物料中产生拉应力,因其拉应力达到拉伸强度极限,则沿作用力方向劈裂。

3) 折断 (图 1-2 c)

将物料放在两个带牙齿的表面之间,施力后,因其弯曲应力超过弯曲强度极限,使物料被折断。

4) 冲击破碎 (图 1-2 d)

物料在瞬间受外来的冲击力而破碎。这种方法可用多种方式来实现。比其他方法破碎效率高、破碎比大、能耗小,但锤头磨损严重。

实际上,各种破碎机在破碎物料过程中,都是几种破碎方法综合作用的结果。但是,其中必以某种破碎方法为主而其他破碎方法为辅。

人们是根据物料机械性能、料块尺寸和破碎比等因素来选择破碎方法。如对硬物料,以挤压、劈碎和折断为宜;对粘性物料,以劈碎、磨碎为宜;对脆性物料,则以劈碎、压碎和冲击为宜。随着耐磨材料质量的提高和使用寿命的延长,对于硬而脆的物料也可采用冲击破碎方法。

## 2. 破碎机分类

破碎机按给料和破碎产品粒度大小分为:

粗碎破碎机 一般使1500~500mm物料破碎到350~100mm;



中碎破碎机 使350~100mm物料破碎到140~40mm;  
细碎破碎机 使100~40mm物料破碎到30~10mm。

破碎机按工作原理和结构分为;

颞式破碎机 其工作部分由固定颞板和活动颞板组成。当活动颞板周期性地接近固定颞板时，借压碎作用破碎物料。因在两颞板上的衬板有牙齿，故兼有劈碎和折断作用(图1-3a)。

旋回与圆锥破碎机 其工作部分是固定的外锥和活动的内锥组成。内锥以一定的偏心半径绕外圆锥中心线作偏心运动，物料在两锥体之间被压碎和折断(图1-3b)。

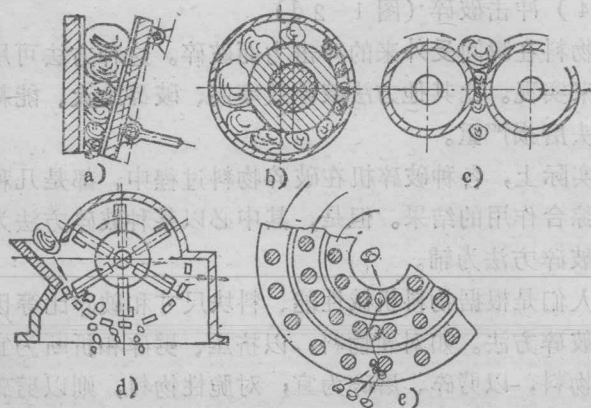


图1-3 破碎机种类

a) 颞式破碎机 b) 旋回与圆锥破碎机 c) 辊式破碎机

d) 冲击式破碎机 e) 鼠笼式破碎机

辊式破碎机 其工作部分是由两个平行放置的作相向转动的辊子所组成。物料在两辊子之间受到挤压(光辊)，或

同时受到挤压和劈裂（齿辊）而破碎（图 1-3c）。冲击式破碎机利用高速旋转的锤子冲击作用和物料本身以高速向固定衬板上冲击而使物料破碎（图 1-3d）。鼠笼式破碎机其工作部分是两个相向高速旋转的圆盘，其上刚性地固定着许多圆棒，矿石受高速旋转的圆棒的冲击而破坏（图 1-3e）。

## 第二节 腭式破碎机概述

### 一、腭式破碎机的工作原理

如图 1-4 所示，腭式破碎机的工作原理是：电动机 8 驱动皮带 7 和皮带轮 5，通过偏心轴 6 使连杆 11 上下运动。当连杆上升时，肘板 10、12 之间的夹角变大，从而推动动腭板 3 向固定腭板 1 接近，与此同时物料 2 被压碎；当连杆下行

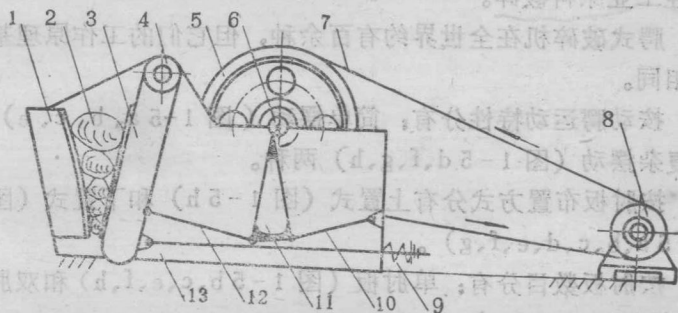


图 1-4 腭式破碎机工作原理

- 1—固定腭板 2—物料 3—动腭板 4—动腭悬挂轴  
5—带轮 6—偏心轴 7—带 8—电动机 9—拉杆弹簧  
10—后肘板 11—连杆 12—前肘板 13—机架

时，肘板 10、12 之间的夹角变小，动腭板在拉杆弹簧 9 的作用下离开固定腭板，此时被压碎的物料从破碎腔排出。随着

电动机连续转动而破碎机动颚作周期性地压碎物料。  
这种破碎机，由于动颚是绕悬挂点作简单摆动，故称为  
简摆颚式破碎机。

将该机动颚悬挂轴用偏心轴代替，即两者合一；同时去  
掉连杆和前肘板（图 1-5 f）构成复摆破碎机。由于该机动  
颚绕偏心轴中心转动的同时，还绕同一中心作摆动，构成一  
种复杂运动，故称为复摆颚式破碎机。

## 二、颚式破碎机的应用与分类

颚式破碎机是1858年由美国人E·W布雷克(Blake)  
发明的。自第一台颚式破碎机问世以来至今已有130年的历  
史，其结构不断完善。

由于这种破碎机具有构造简单、工作可靠、容易制造、  
使用维修方便等优点，故广泛地用于冶金、建材、化学与煤  
炭等工业原料破碎。

颚式破碎机在全世界约有百余种，但它们的工作原理基  
本相同。

按动颚运动特性分有：简单摆动（图 1-5 a、b、c、e）  
和复杂摆动（图 1-5 d、f、g、h）两种。

按肘板布置方式分有上置式（图 1-5 h）和下置式（图  
1-5 a、b、c、d、e、f、g）。

按肘板数目分有：单肘板（图 1-5 b、c、e、f、h）和双肘  
板（图 1-5 a、d、g）。

按动颚传动方式分有：上部传动（图 1-5 d、e、f、g、h）  
和下部传动（图 1-5 a、b、c）。

此外，图 1-5 d 为双动颚式破碎机。由于液压技术不断  
地发展，在颚式破碎机上，国外已有液压驱动的颚式破碎机

2004  
1838

14.7

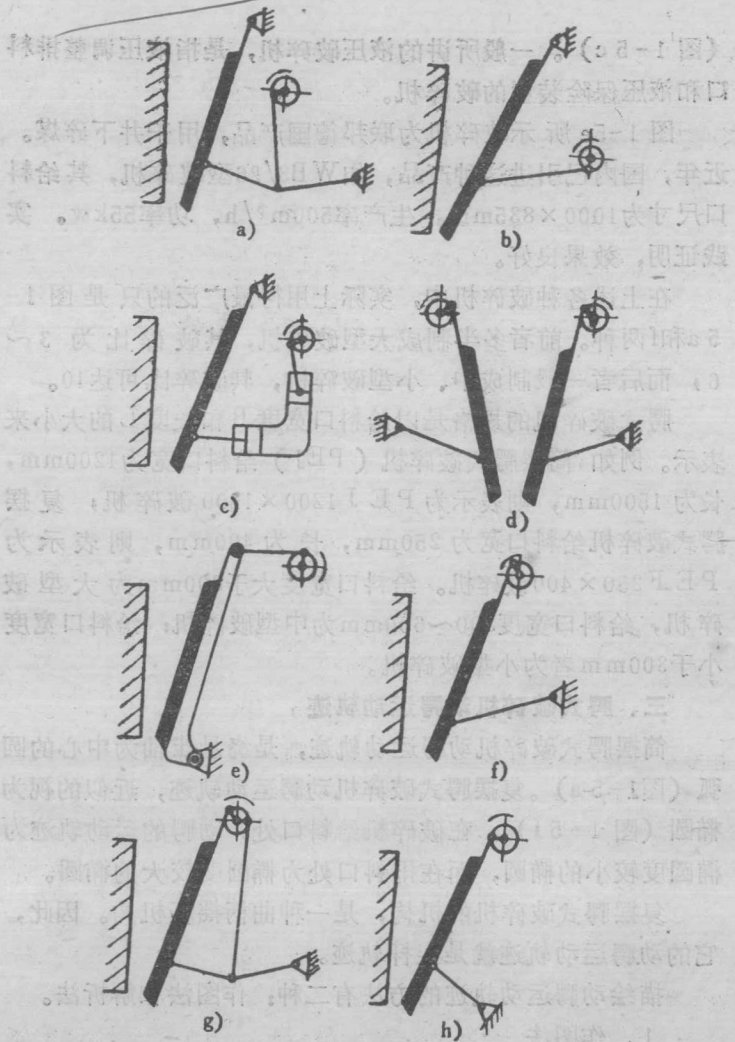


图 1-5 颞式破碎机的分类

a)、b)、c)、e) 简摆式 d)、f)、g)、h) 复摆式



(图 1-5c)。一般所讲的液压破碎机，是指液压调整排料口和液压保险装置的破碎机。

图 1-5e 所示破碎机为联邦德国产品，用于井下碎煤。近年，国内已引进这种产品，如 WB8/26 型破碎机，其给料口尺寸为  $1000 \times 835\text{mm}$ ，生产率  $500\text{m}^3/\text{h}$ ，功率  $55\text{kW}$ 。实践证明，效果良好。

在上述各种破碎机中，实际上用得最广泛的只是图 1-5a 和 f 两种。前者多半制成大型破碎机，其破碎比为  $3 \sim 6$ ；而后者一般制成中、小型破碎机，其破碎比可达 10。

腭式破碎机的规格是以给料口宽度  $B$  和长度  $L$  的大小来表示。例如，筒摆腭式破碎机 (PEJ) 给料口宽为  $1200\text{mm}$ ，长为  $1500\text{mm}$ ，则表示为 PEJ  $1200 \times 1500$  破碎机；复摆腭式破碎机给料口宽为  $250\text{mm}$ ，长为  $400\text{mm}$ ，则表示为 PEF  $250 \times 400$  破碎机。给料口宽度大于  $600\text{mm}$  为大型破碎机，给料口宽度  $300 \sim 600\text{mm}$  为中型破碎机；给料口宽度小于  $300\text{mm}$  者为小型破碎机。

### 三、腭式破碎机动腭运动轨迹

筒摆腭式破碎机动腭运动轨迹，是绕悬挂轴为中心的圆弧 (图 1-5a)。复摆腭式破碎机动腭运动轨迹，近似的视为椭圆 (图 1-5f)。在破碎机给料口处，动腭的运动轨迹为椭圆度较小的椭圆，而在排料口处为椭圆度较大的椭圆。

复摆腭式破碎机的机构，是一种曲柄摇杆机构。因此，它的动腭运动轨迹就是连杆轨迹。

描绘动腭运动轨迹的方法有二种：作图法和解析法。

#### 1. 作图法

图 1-6 中  $O_1A_0$  为曲柄、 $A_0B_0$  为连杆、 $O_2B_0$  为肘板、

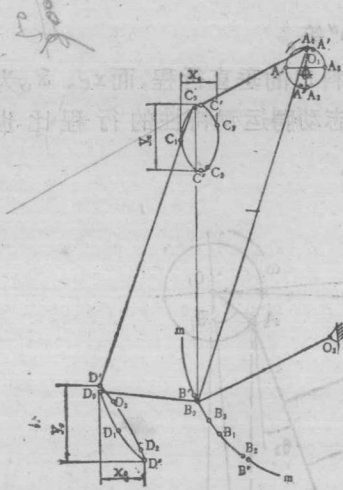


图1-6 用作图法求髌动运动轨迹图

$O_1O_2$ 为机架。现求动髌上 $C_0$ 、 $D_0$ 两点的运动轨迹如下：将曲柄 $O_1A_0$ 的运动轨迹按圆周等分若干等分，并按其旋转方向标出序号 $A_0, A_1, A_2, \dots$ 。肘板上 $B_0$ 点的轨迹是以 $O_2$ 为圆心， $O_2B_0$ 为半径的圆弧 $m-m$ ；在运动过程中 $A_0B_0$ 长度不变，因此动髌 $A_0B_0$ 上 $B_0$ 点的轨迹也是以 $A_0B_0$ 为半径，分别

以 $A_0, A_1, \dots$ 点为圆心，作弧与圆弧 $m-m$ 分别交于 $B_0, B_1, \dots$ ，即得 $B_0$ 点的轨迹。  
连接 $A_0C_0$ 和 $C_0B_0$ 线构成 $\triangle A_0C_0B_0$ ，在曲柄旋转过程中，三角形各边长度不变，只要找出动髌各个位置时， $C_0$ 点的位置 $C_0, C_1, \dots$ ，把各点按照运动的连续性描绘成圆滑的曲线，即得 $C_0$ 点的轨迹， $D_0$ 点的运动轨迹可用上述同样方法绘出。

特别应该指出，肘板最上和最下位置 $B'$ 及 $B''$ 点的作法。 $B'$ 点是动髌 $A'B'$ 运动到与曲柄 $O_1A'$ 完全重合时的位置，因此以 $O_1$ 为圆心，以 $(A_0B_0 - A_0O_1)$ 为半径作弧，与 $m-m$ 的交点即 $B'$ 、 $B''$ 是 $A''B''$ 位于曲柄 $O_1A'$ 的延长线上的位置，因此以 $O_1$ 为圆心，以 $(O_1A_0 + A_0B_0)$ 为半径作弧，与 $m-m$ 的交点即 $B''$ 。根据 $B'$ 、 $B''$ 的位置即可求出 $C_0$ 、 $D_0$ 。



点相应的位置 $C'$ 、 $C''$ 及 $D'$ 、 $D''$ 等。

图中 $y_c$ 、 $y_D$ 为动脬给、排料口的垂直行程,而 $x_c$ 、 $x_D$ 为动脬给、排料口水水平行程。标志动脬运动特性的行程比也叫特性值,  $i_c = \frac{y_c}{x_c}$ ,  $i_D = \frac{y_D}{x_D}$ 。

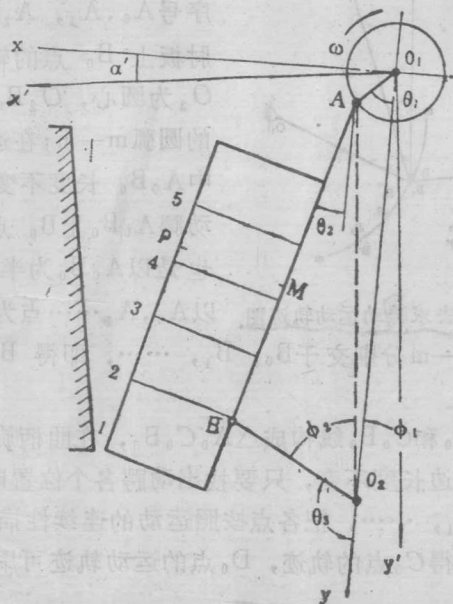


图1-7 用解析法求动脬轨迹

## 2. 解析法——计算机辅助计算

根据机械原理,对平面连杆机构进行位置分析(图1-7)。设图中 $O_1A = l_1$ ,  $AB = l_2$ ,  $BO_2 = l_3$ ,  $O_1O_2 = l_4$ ,  $AM = a$ ,  $MP = b$ 。

根据机构所构成的矢量封闭形,可写出矢量关系式:

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 = \vec{l}_3 + \vec{l}_4 \quad (1-4)$$

此矢量关系式又可写成两个分量形式的代数式：

$$\left. \begin{aligned} l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2 - l_3 \cos \theta_3 - l_4 &= 0 \\ l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 - l_3 \sin \theta_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

该式为位置分析的基本方程式。式中 $\theta_2$ 和 $\theta_3$ 为未知数。

如图所示，连杆上 $P$ 点的坐标为

$$\left. \begin{aligned} x_P &= l_1 \sin \theta_1 + a \sin \theta_2 + b \sin(90^\circ + \theta_2) \\ y_P &= l_1 \cos \theta_1 + a \cos \theta_2 + b \cos(90^\circ + \theta_2) \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

为求 $\theta_2$ ，将式(1-5)写成

$$l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 - \sqrt{l_3^2 - (l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2 - l_4)^2} = 0 \quad (1-7)$$

用二分法解此代数方程，可得出

$$\theta_2 = f(\theta_1) \quad (1-8)$$

所以，式(1-6)可表示为：

$$\left. \begin{aligned} x_P &= F_x(\theta_1, \theta_2) = F_x[\theta_1, f(\theta_1)] \\ y_P &= F_y(\theta_1, \theta_2) = F_y[\theta_1, f(\theta_1)] \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

根据式(1-9)，当曲柄旋转一周时，即可算出连杆上 $P$ 点位置坐标所走过的轨迹。

对于动腮板上各点(1~6点)的轨迹计算，用式(1-9)求得后，还应利用坐标转换关系式(1-10)。

$$\left. \begin{aligned} x'_p &= x_p \cos \alpha' + y_p \sin \alpha' \\ y'_p &= y_p \cos \alpha' - x_p \sin \alpha' \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

转换到 $x'O_1y'$ 坐标系中，以便求出动腮各点的水平行程 $s_x$ 和

垂直行程 $s_y$ 。

计算机辅助计算见附录一。

#### 四、动颚运动轨迹的分析

从破碎物料来说，要求动颚运动轨迹是：动颚的水平行程要大，并使其从排料口向给料口逐渐加大；从减少衬板磨损来说，动颚垂直行程要小，并使其有助于排料的作用。这样的运动轨迹，不仅能提高生产率，而且又能大大地减少衬板的磨损。

表1-2给出三种破碎机在相同的排料口水平行程 $s$ 的条件下，动颚给、排料口处的垂直行程、水平行程和行程比以及单位动颚平均行程的处理能力。

从表1-2中看出，简摆破碎机动颚运动轨迹是：给料口水平行程小于排料口的水平行程。与此相反，破碎腔中的物料是给料块大，排料块小，大块要求水平行程大，小块要求水平行程小，动颚绕悬挂轴作圆弧运动，有阻碍排料作用。因此在其他条件相同的情况下，简摆破碎机生产率比复摆破碎机低30%左右。但是，它的垂直行程小，即行程比较小，所以衬板磨损较轻；再者，破碎机受力情况较好，连杆施以较小的力，在肘板上产生很大的推力，去推动动颚破碎物料。故这种破碎机最适合破碎坚硬和极坚硬物料，并可做成大型破碎机。

从表1-2中看出，复摆破碎机动颚水平行程较大，而且从排料口向给料口是逐渐加大的，因此有利于破碎物料；动颚运动轨迹的运动方向（图1-5）有促进排料作用，故它比简摆破碎机生产率高。但是，它的垂直行程较大，即行程比较大，所以衬板磨损较快，降低了衬板使用寿命。再者，