
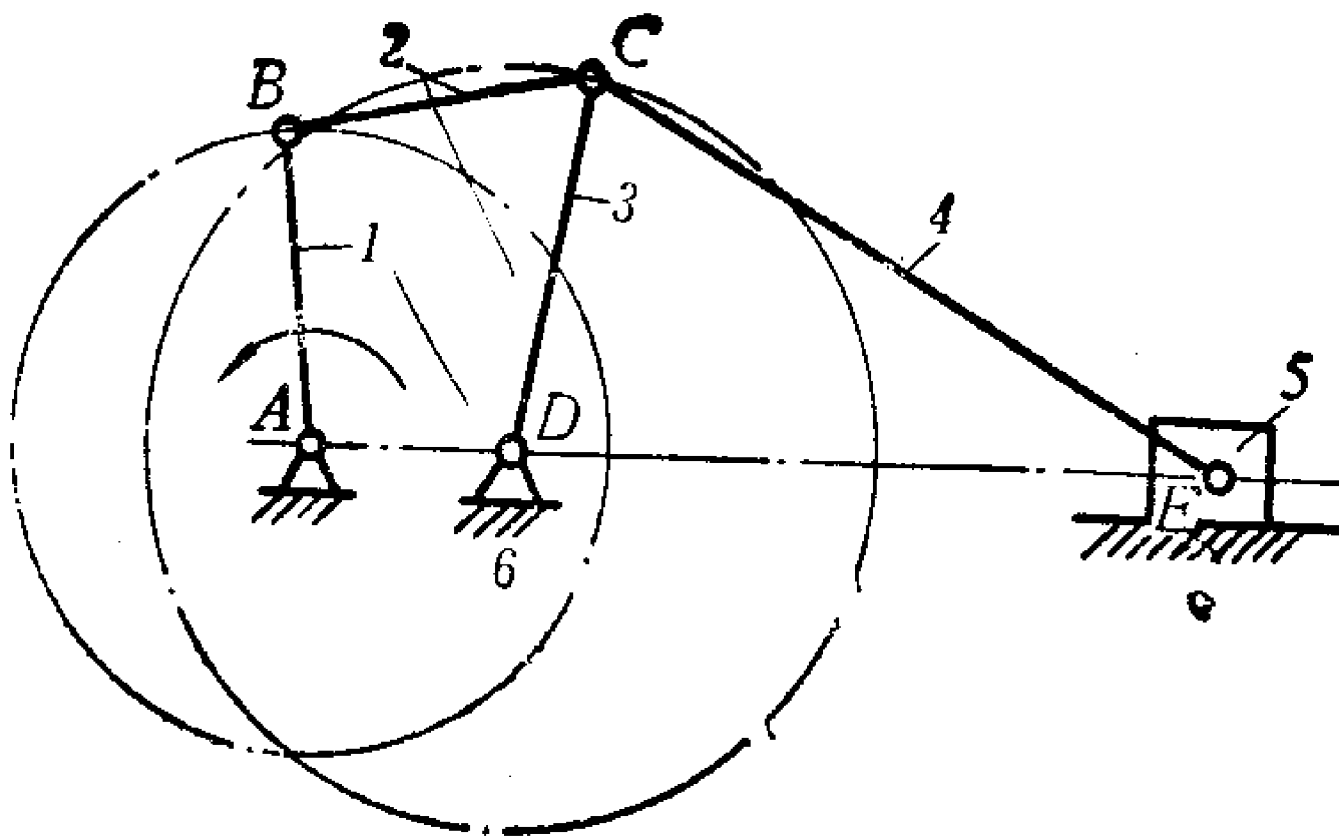


## 第二章 平面连杆机构

- 
- § 2-1 铰链四杆机构的基本型式
  - § 2-2 铰链四杆机构的基本特征
  - § 2-3 铰链四杆机构的设计

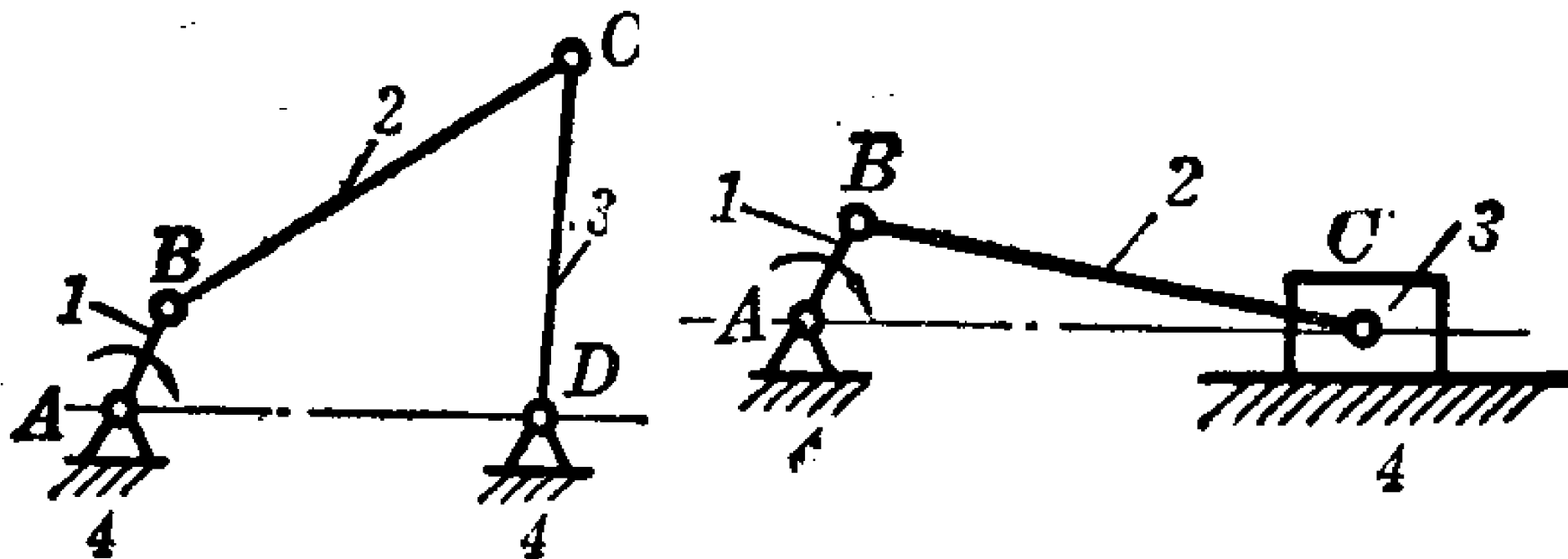
# 平面连杆机构

由许多构件用低副连接组成的平面机构



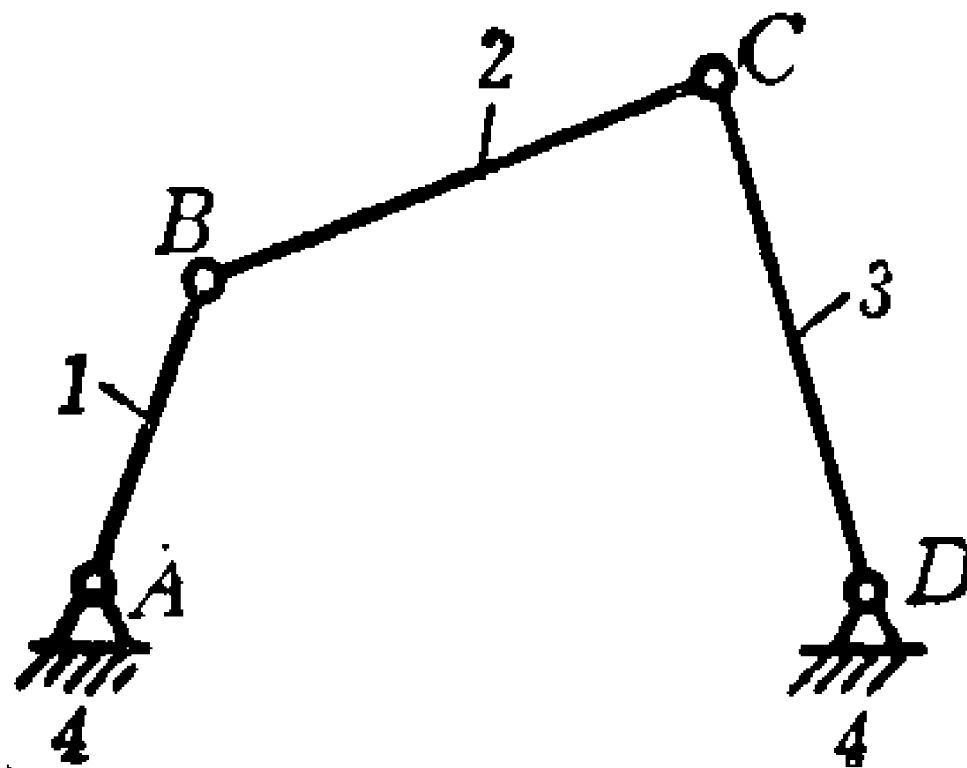
# 本章研究的内容

- 主要研究最简单的平面四连杆机构  
基本类型、特性及常用的设计方法



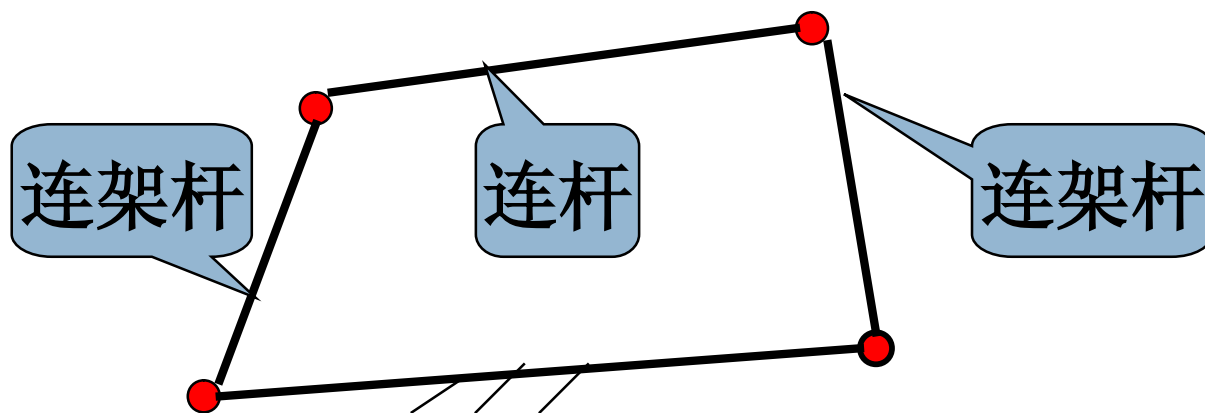
## 2-1 铰链四杆机构的基本型式和特性

- 铰链四杆机构：全部由回转变副组成的平面四杆机构



# 铰链四杆机构中的构件

- 机架：固定构件
- 连架杆：与机架相连的构件
- 连杆：机架对面的构件



# 连架杆的分类

- 如果能整周回转，则称为曲柄。
- 如果连架杆仅能在小于**360**的某一角度内摆动，则称为摇杆。

# 铰链四杆机构分类

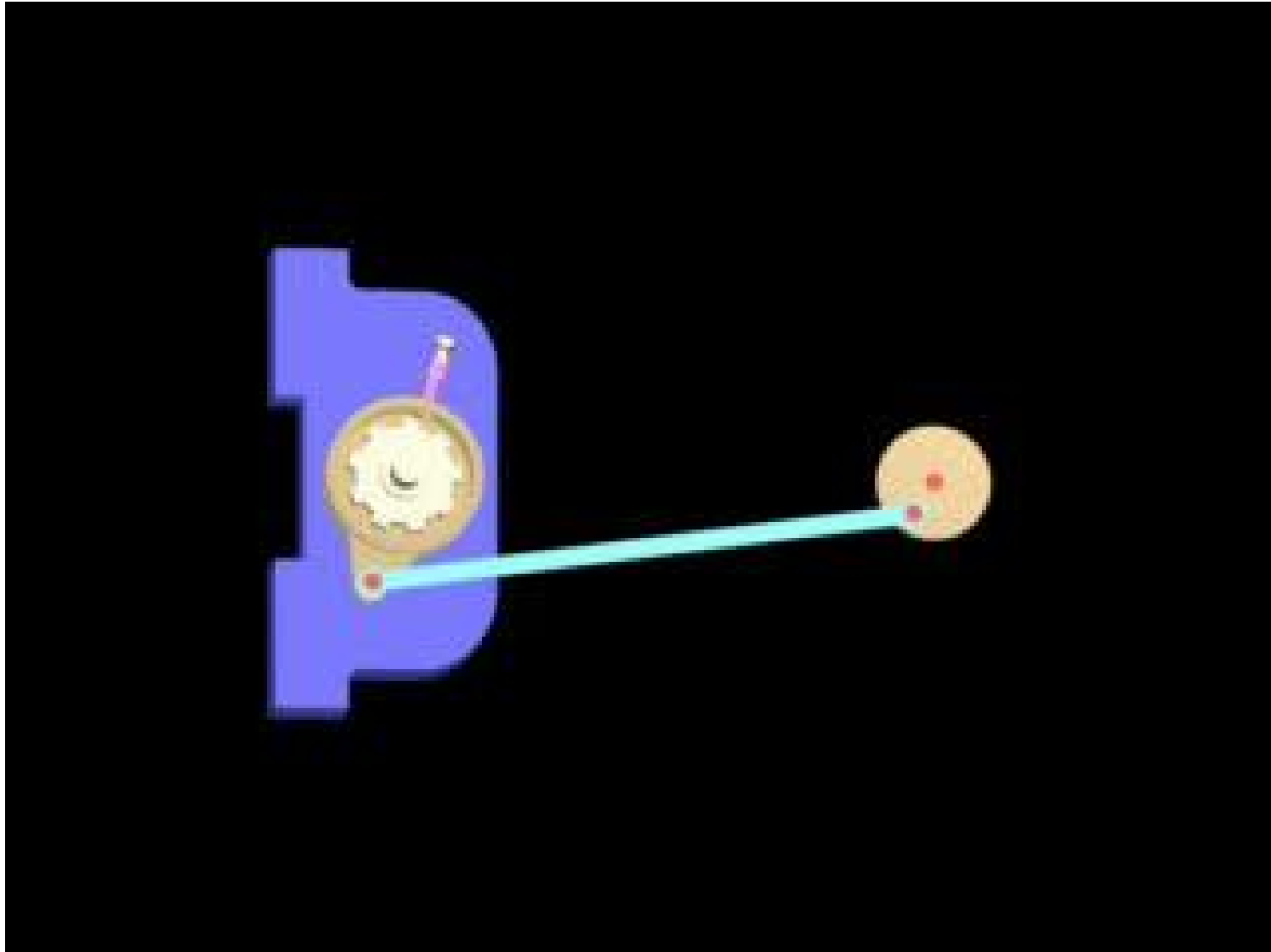
- 能够作整周回转运动的连架杆称为 **曲柄**
- 按是否有曲柄存在分类
  - ✧ **曲柄摇杆机构**
  - ✧ **双摇杆机构**
  - ✧ **双曲柄机构**



# 1. 曲柄摇杆机构

- 一连架杆能整周回转，另一连架杆只能往复摆动的铰链四杆机构。
- 实例

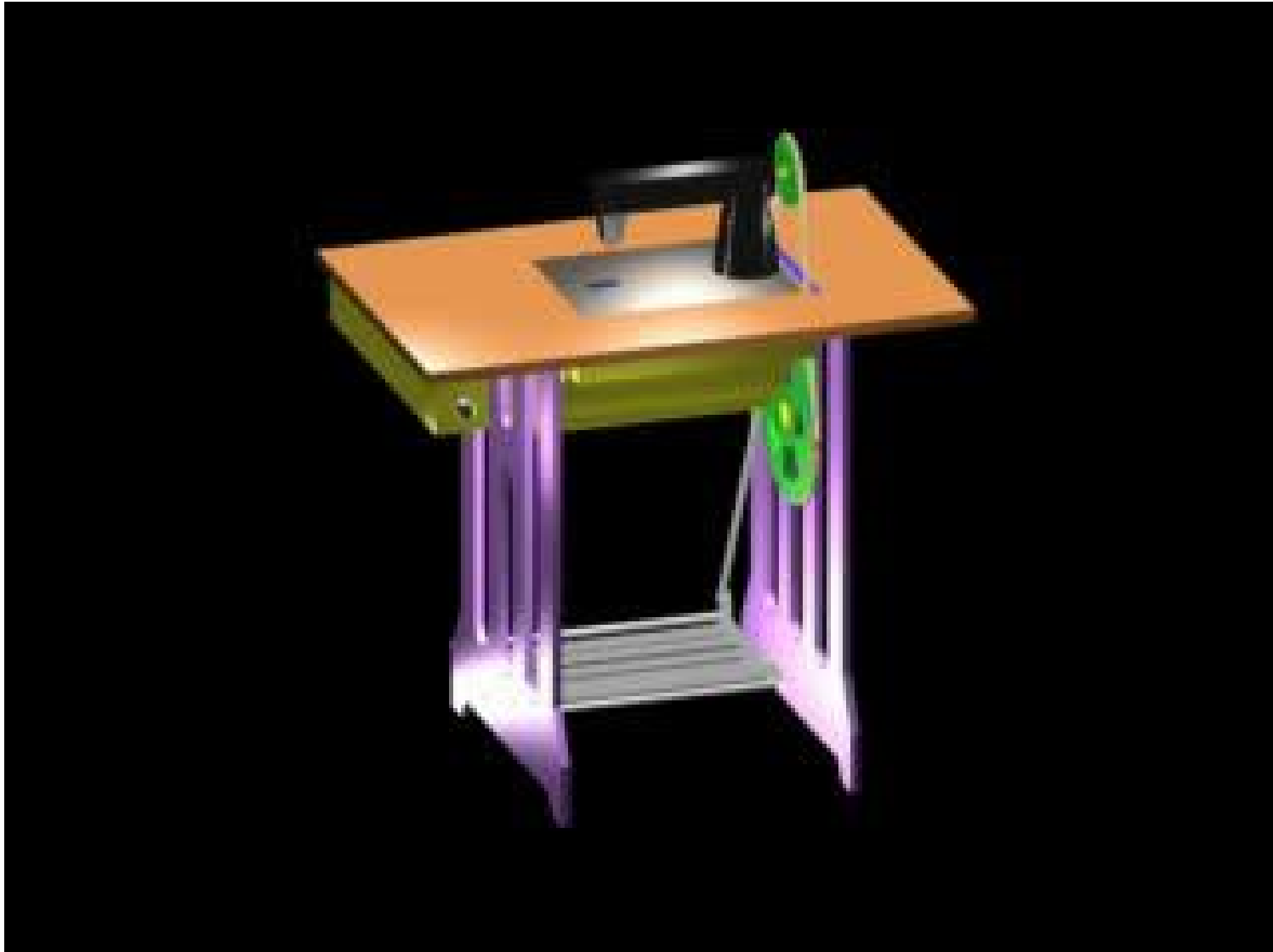
# 牛头刨床



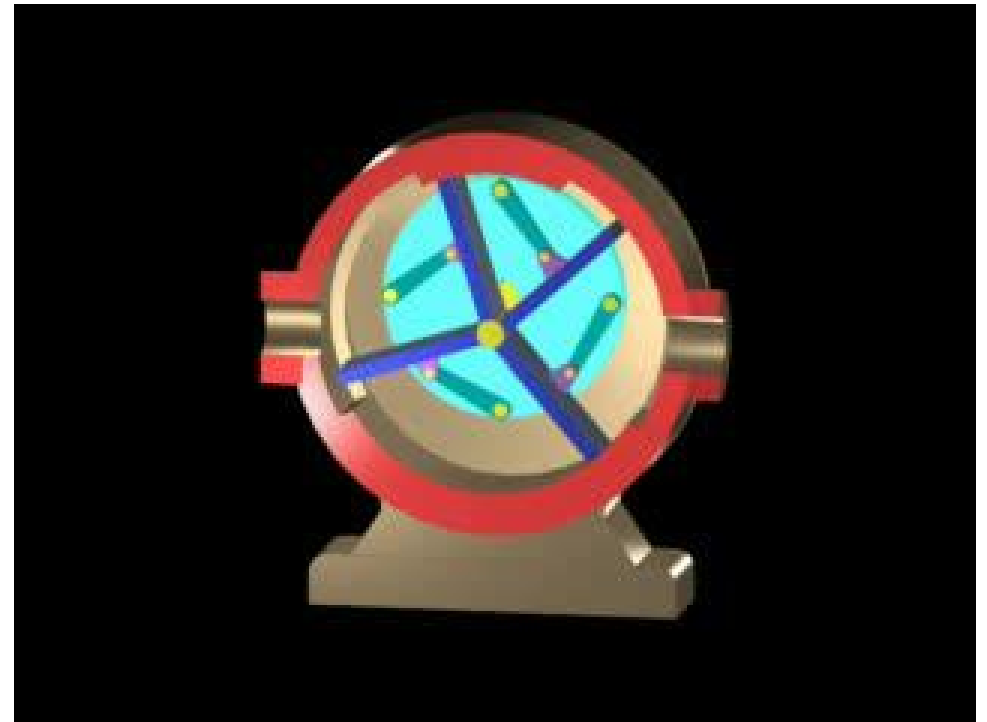
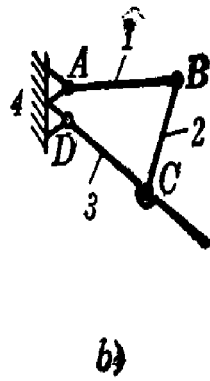
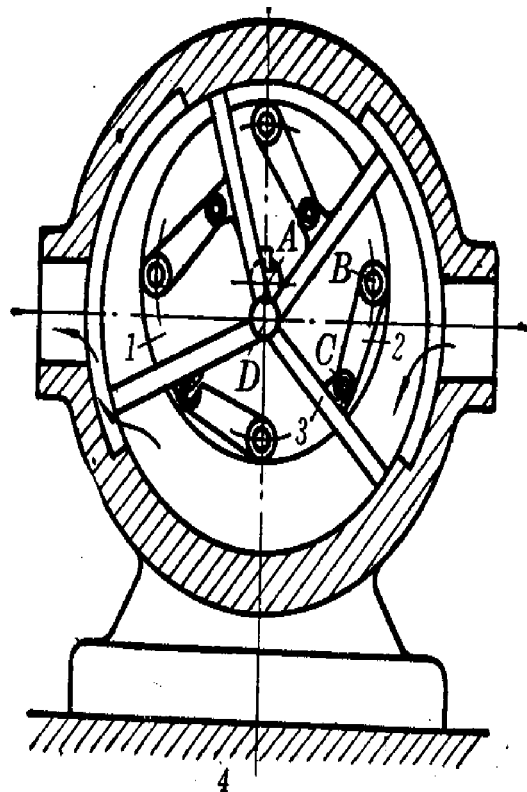
# 雷达天线调整机构



# 缝纫机



# 双曲柄机构



# 惯性筛

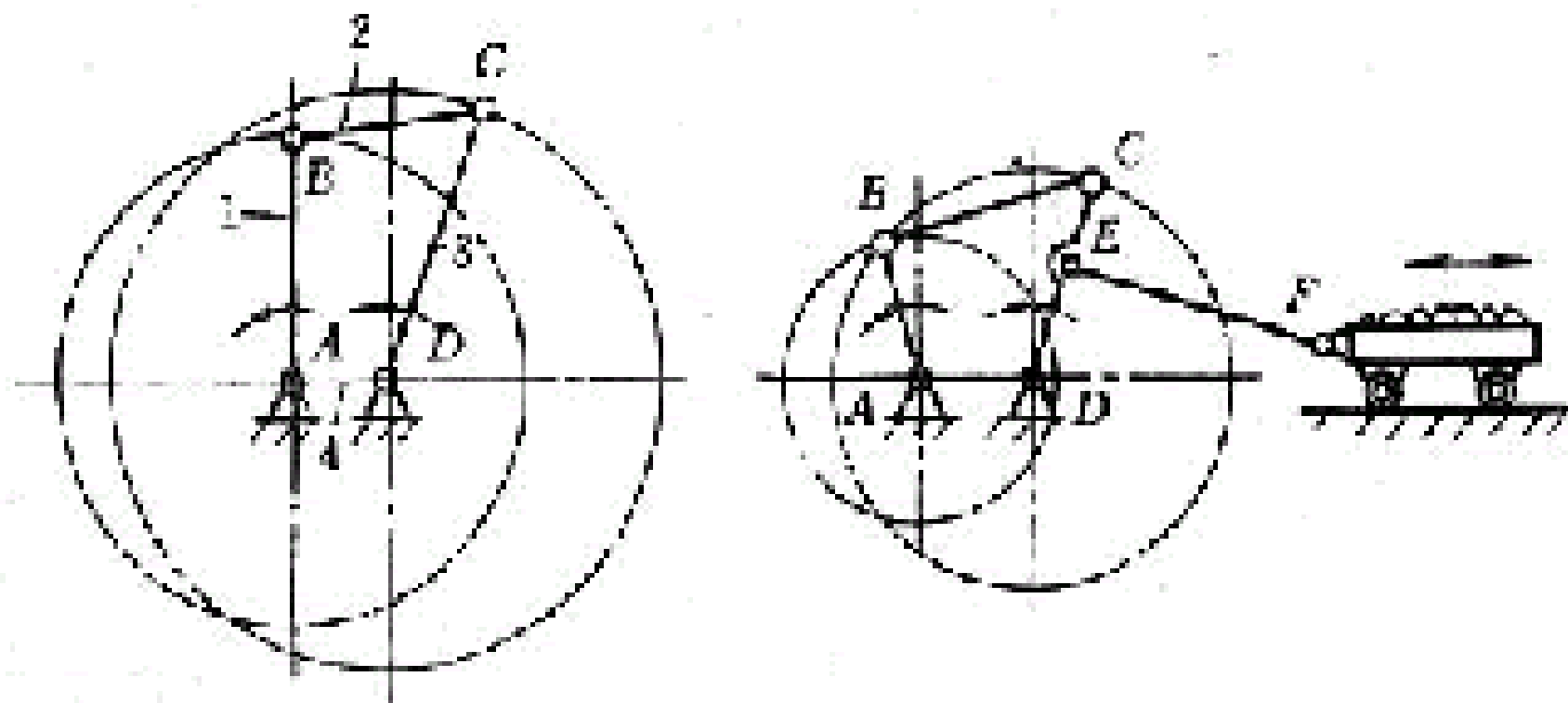


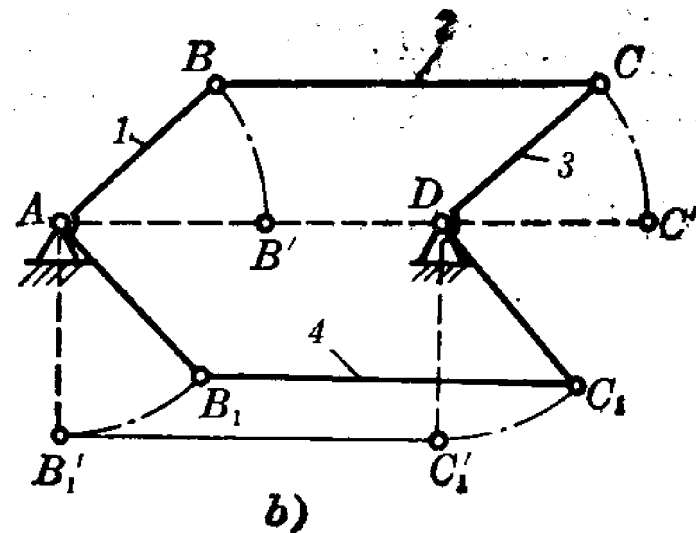
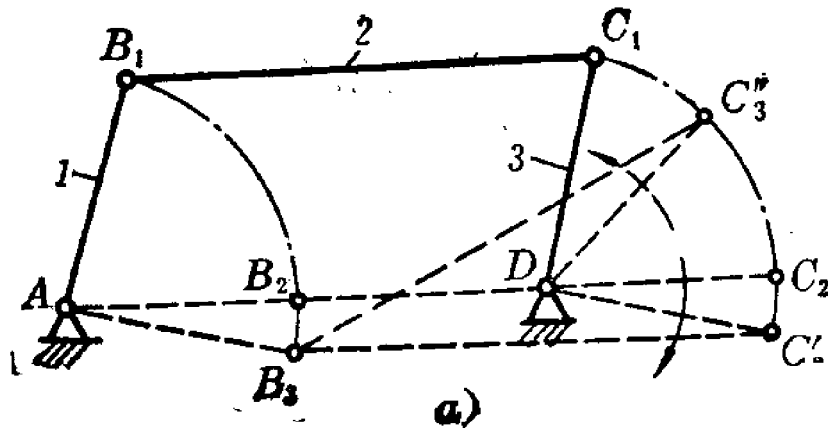
图 4-10 惯性筛分机

1—(主动)曲柄; 2—连杆; 3—(从动)曲柄; 4—机架。

# 双曲柄机构

应用最多的是平行双曲柄机构，或称为**平行四边形机构**

• 存在不定状态



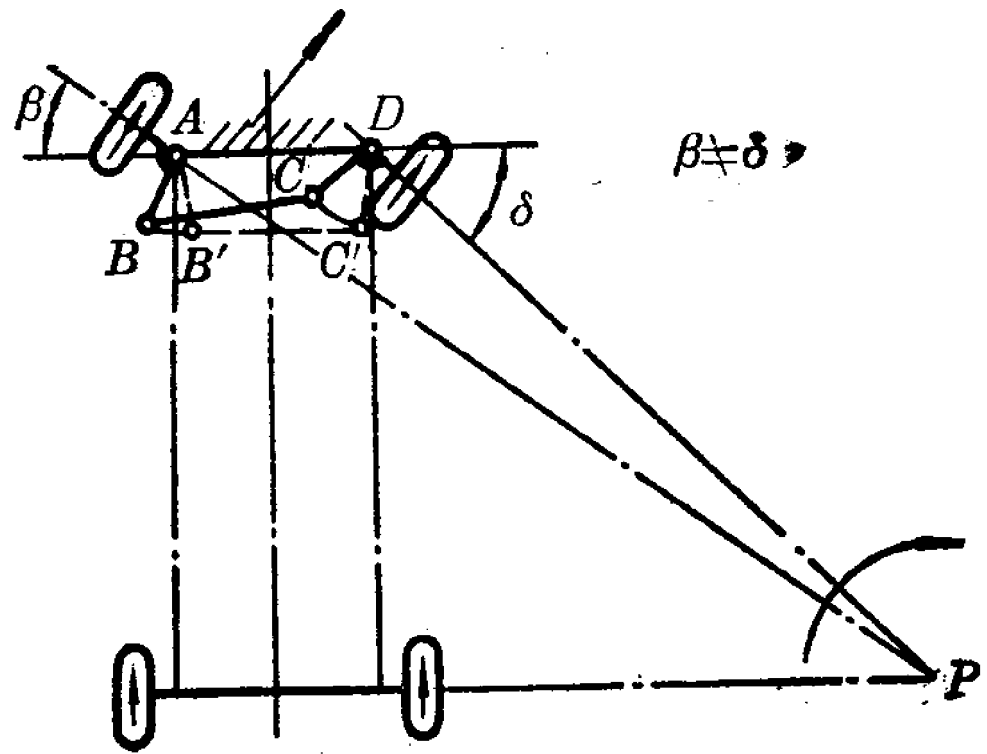




# 双摇杆机构

- 两个摇杆长度相等的双摇杆机构，称为等腰梯形机构

- 应用：汽车前轮的转向机构

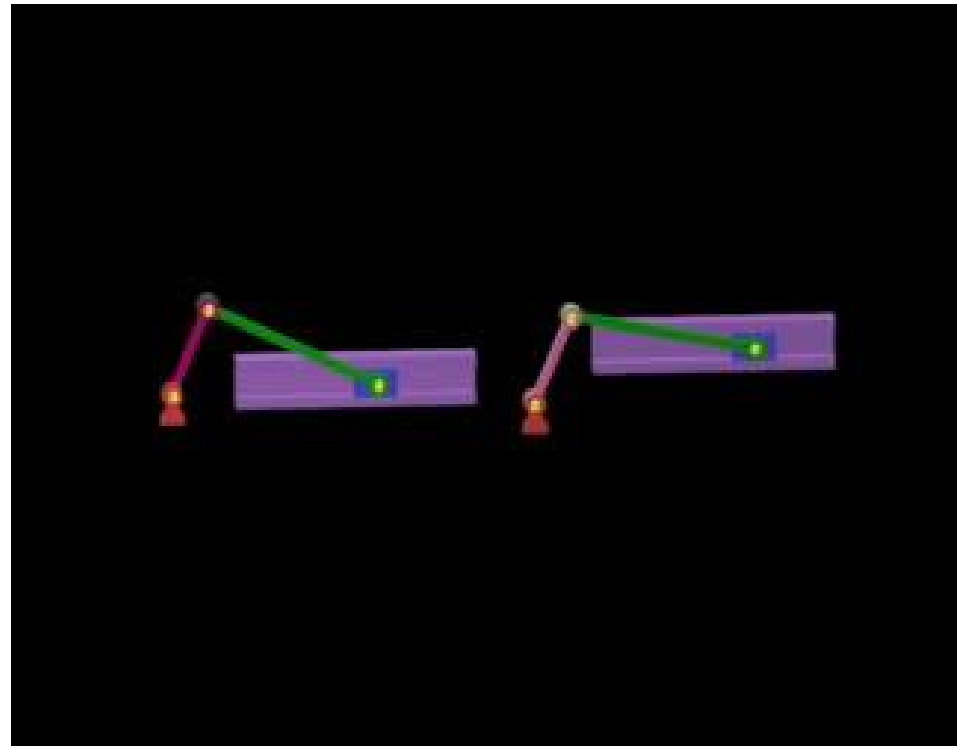


# 具有移动副的四杆机构的类型

- 曲柄滑块机构
- 导杆机构
- 摇块机构
- 定块机构
- 双滑块机构
- 偏心轮机构
- 摇杆滑块机构

# 曲柄滑块机构

- 广泛应用在活塞式内燃机、空气压缩机、冲床等机械中。
- 实例：
  - 自动送料机
  - 内燃机曲轴活塞机构



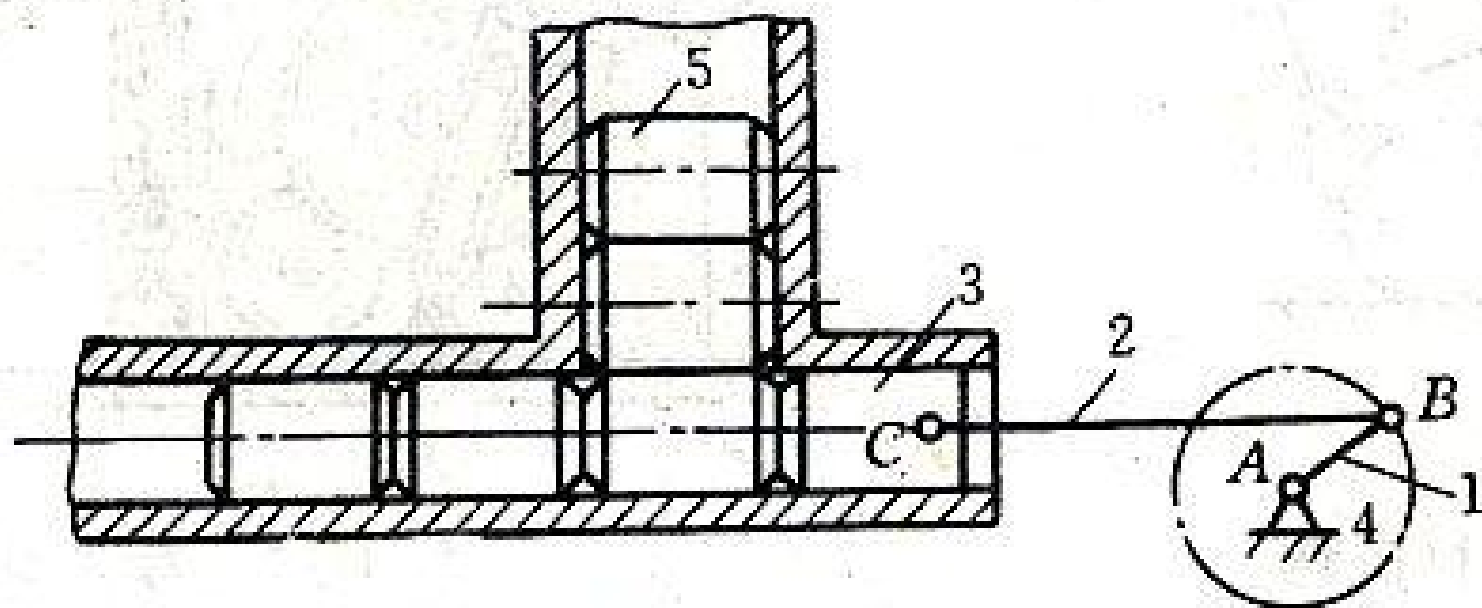
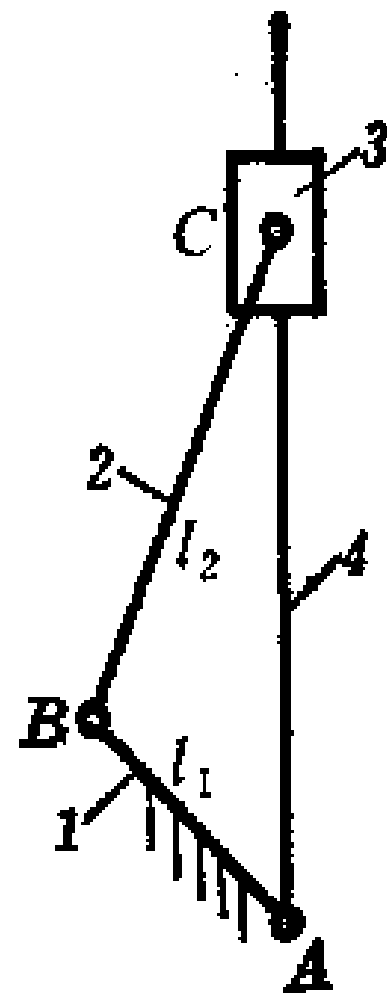


图 4-14 自动送料机

1—曲柄；2—连杆；3—滑块；4—机架；5—零件。

# 导杆机构

- .. 是由改变曲柄滑块机构中的固定件而演化来的。
- .. 杆与杆均可整轴回转，称为**转动导杆机构**，杆只能往复摆动，称为**摆动导杆机构**。
- .. 常用于牛头刨床、插床和回转式油泵中。

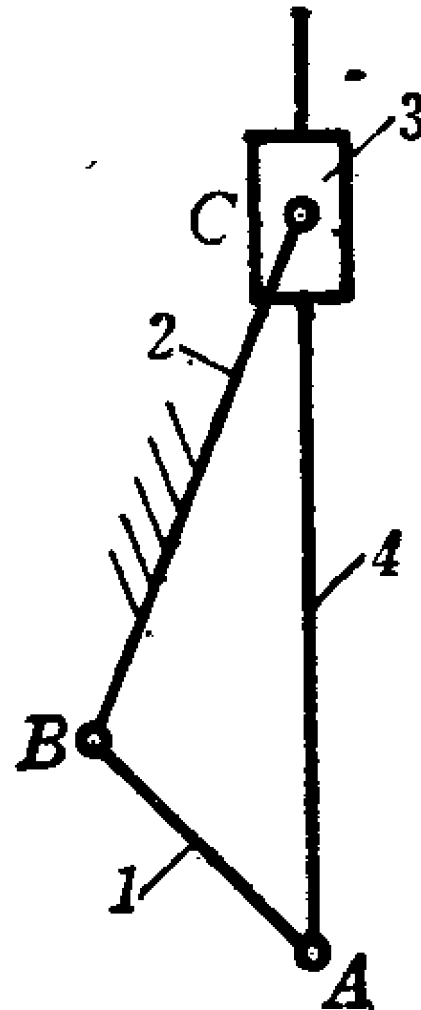


# 摇块机构

亦称为摆动滑块机构，用于液压和气动装置。

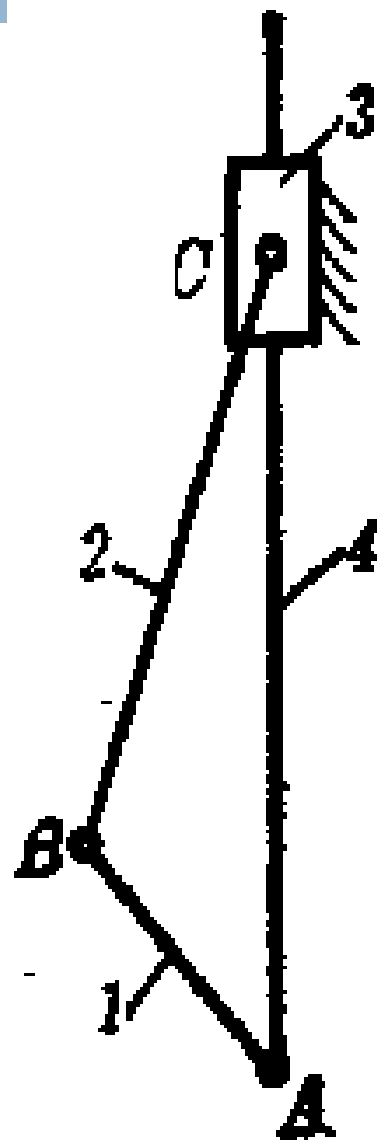
实例：

摆缸式内燃机  
液压驱动装置



# 定块机构

- 亦称为 **固定滑块机构**
- 用于抽水唧筒和抽油泵中

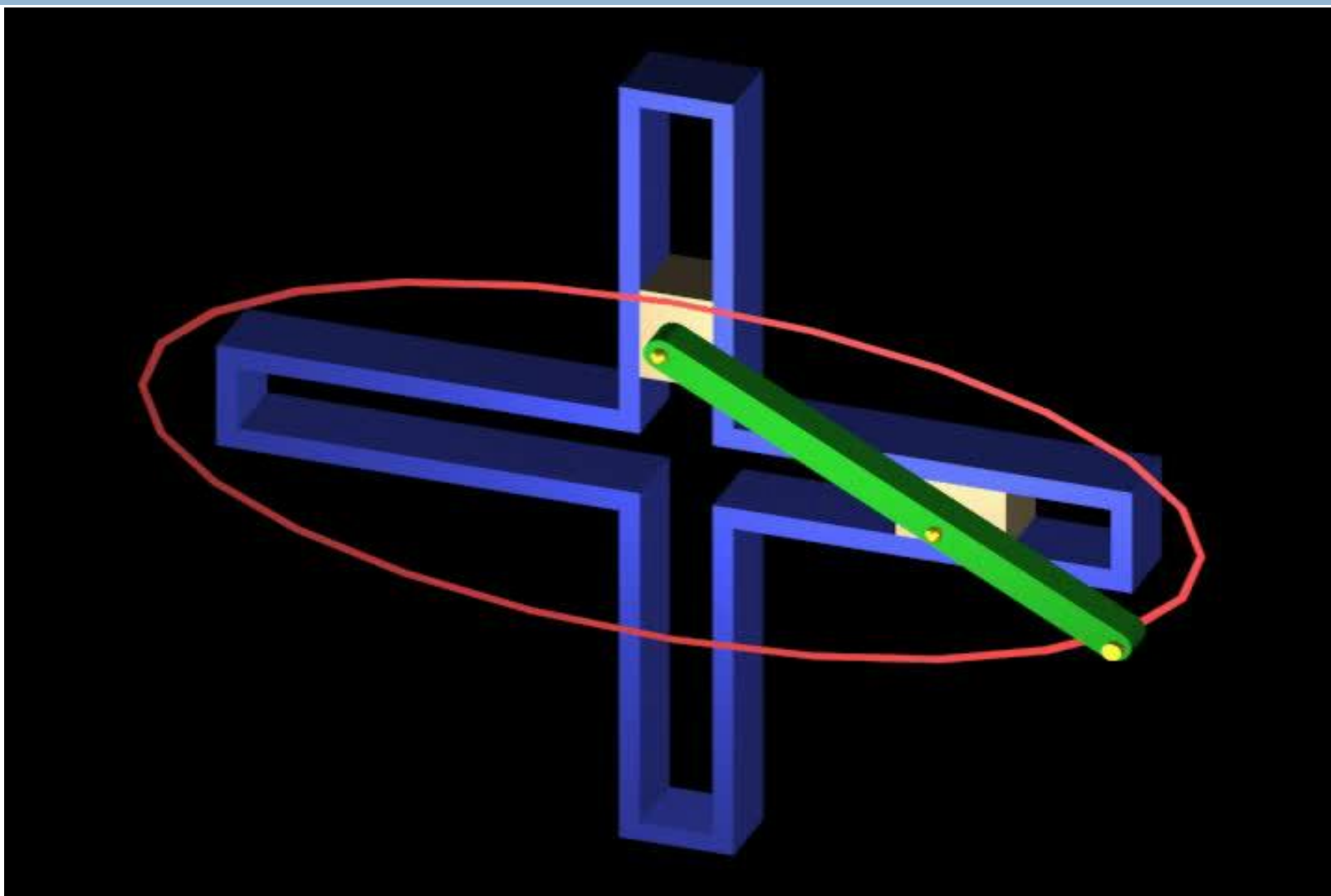


# 双滑块机构

- .. 具有两个移动副的四杆机构。
- .. 可分为正切机构、正弦机构，滑块联轴器和椭圆机构。

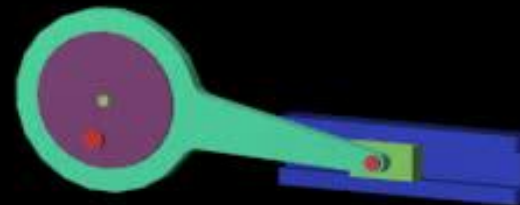
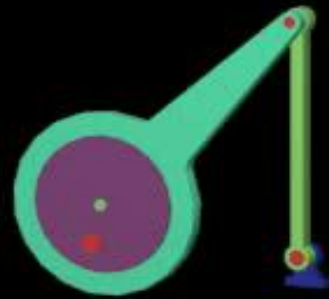


# 双滑块机构---椭圆仪



# 偏心轮机构

- 当曲柄长度很小时，通常将曲柄作成偏心轮。
- 广泛用于传力较大的剪床、冲床、颚式破碎机、内燃机中。



# 摇杆滑块机构

## 飞机高度表

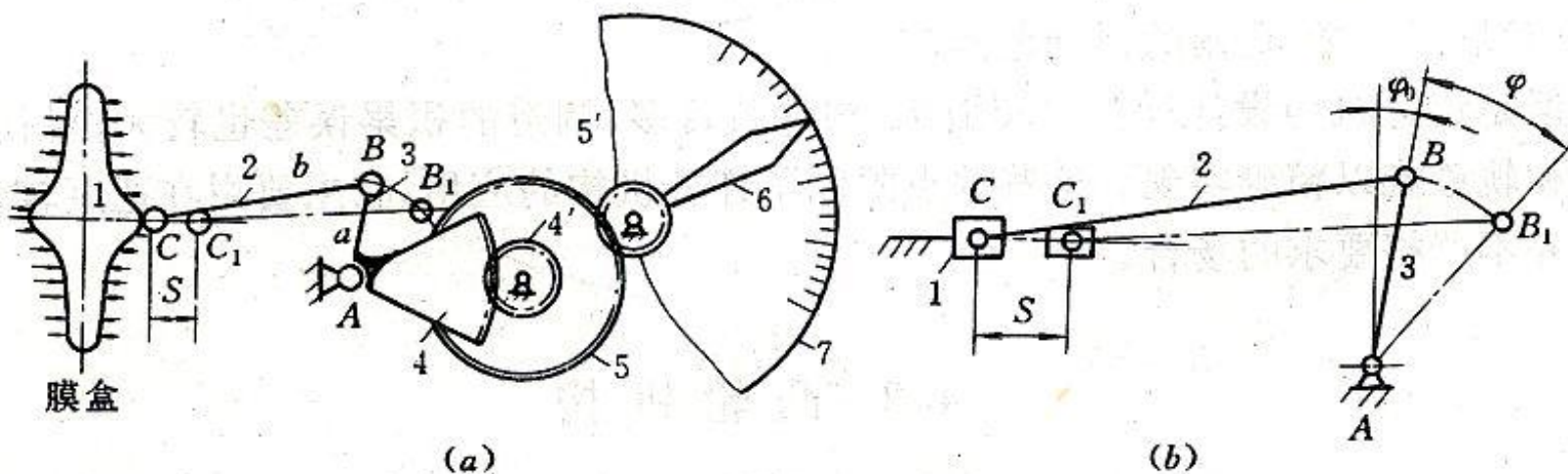


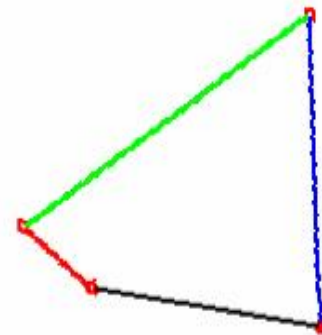
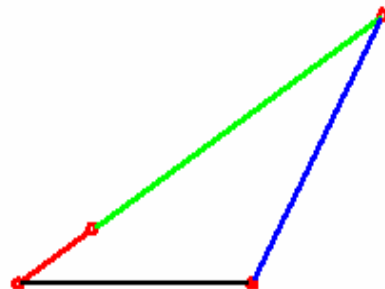
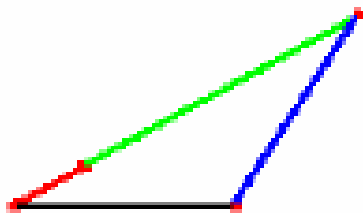
图 4-15 高度表

(a)高度表简图;(b)机构图。

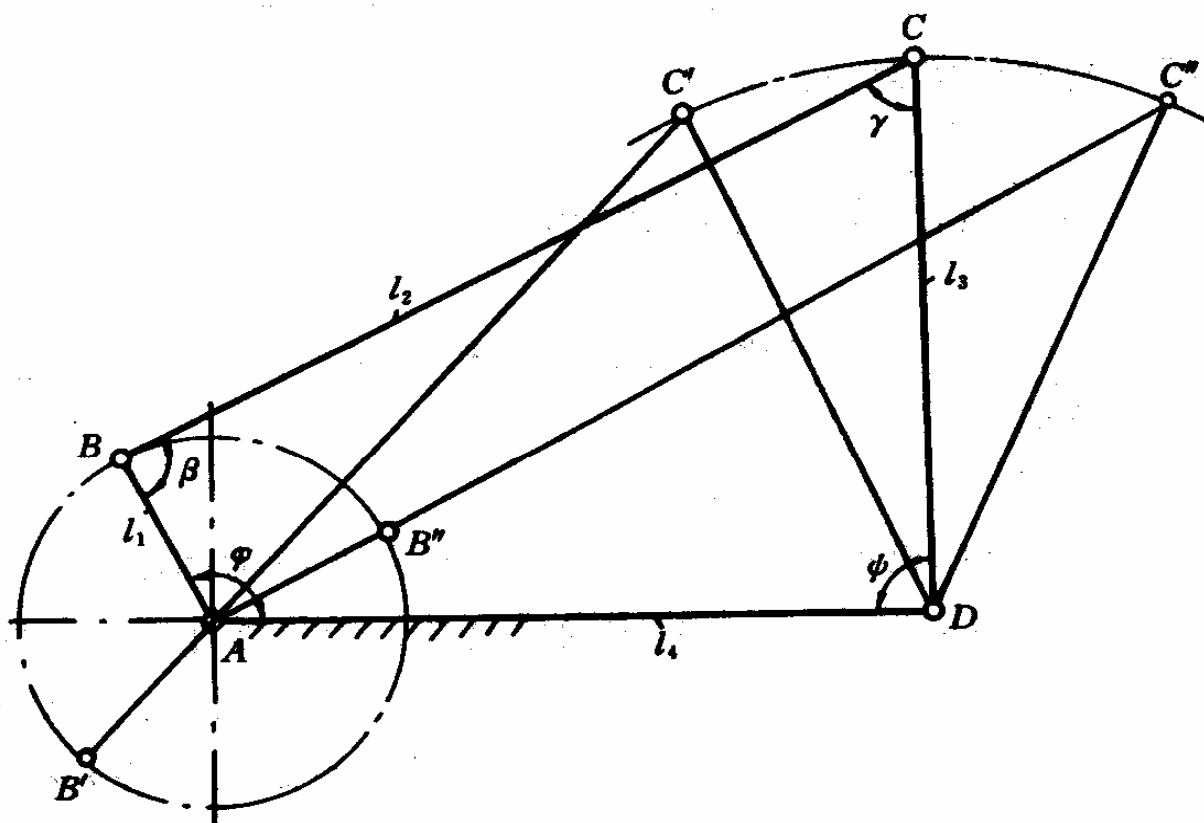
1—真空膜盒;2—连杆;3—摆杆;4—扇形齿轮;4'—小齿轮;  
5—齿轮;5'—小齿轮;6—指针;7—刻度盘。

## 2-2 平面四杆机构的基本特性

- 取决于各杆的相对长度和机架的选择



# 铰链四杆机构有整转副的条件



- 1——曲柄
- 2——连杆
- 3——摇杆
- 4——机架



$\Delta AC'D$

$$l_4 \leq (l_2 - l_1) + l_3$$

$$l_1 + l_4 \leq l_2 + l_3$$

$$l_3 \leq (l_2 - l_1) + l_4$$

$$l_1 + l_3 \leq l_2 + l_4$$

$\Delta AC''D$

$$l_1 + l_2 \leq l_4 + l_3$$

$$l_1 \leq l_2$$

$$l_1 \leq l_3$$

$$l_1 \leq l_4$$

# 分析曲柄摇杆机构的几何关系

$$l_2 \leq (l_4 - l_1) + l_3 \Rightarrow l_1 + l_2 \leq l_3 + l_4 \quad (1)$$

$$l_3 \leq (l_4 - l_1) + l_2 \Rightarrow l_1 + l_3 \leq l_2 + l_4 \quad (2)$$

$$l_1 + l_4 \leq l_2 + l_3 \quad (3)$$

由（1， 2， 3）式得  $l_1 \leq l_2 \quad l_1 \leq l_3 \quad l_1 \leq l_4$



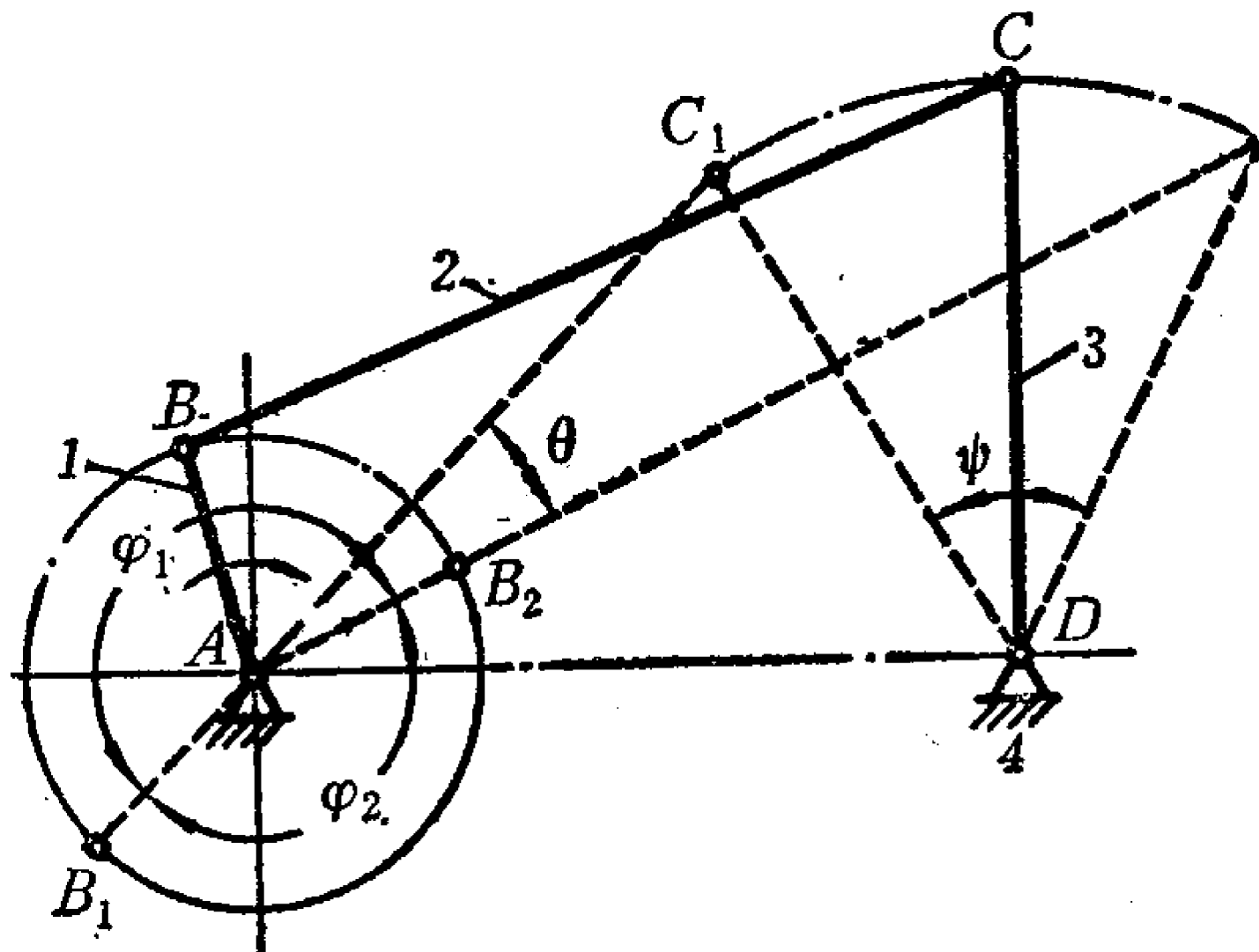
# 曲柄存在条件

- 最短杆和最长杆之和小于等于其余两杆之和，是曲柄存在的必要条件
- 在曲柄摇杆机构中，曲柄为最短杆

# 取不同的杆为机架

- .. 前提条件：满足必要条件
- .. 最短杆为机架—— 双曲柄机构
- .. 与最短杆相邻杆为机架—— 曲柄摇杆机构（最短杆为曲柄）
- .. 最短杆对面的杆为机架—— 双摇杆机构

## 2. 急回特性



**$K$**

行程速比系数

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{C_1 C_2 / t_2}{C_1 C_2 / t_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{j_1}{j_2} = \frac{180^\circ + q}{180^\circ - q}$$

$$q = 180^\circ \frac{K - 1}{K + 1}$$

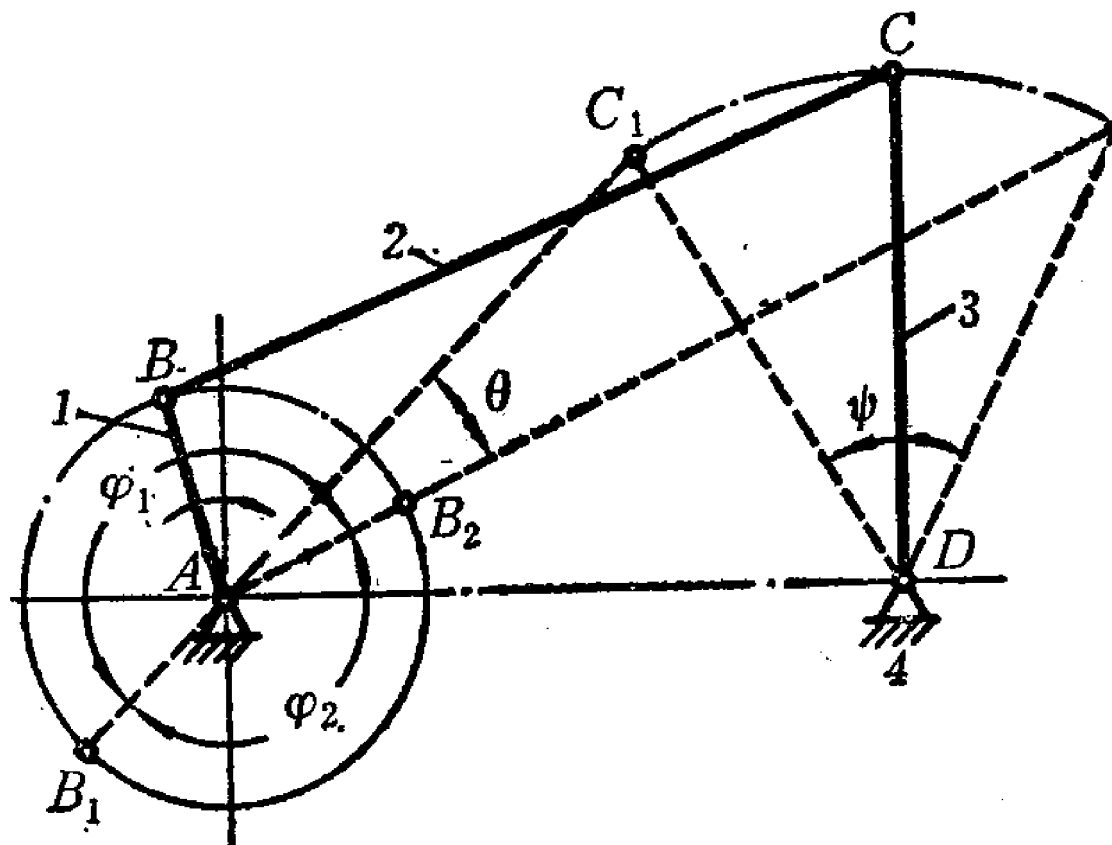
极位夹角

# 行程速度变化系数

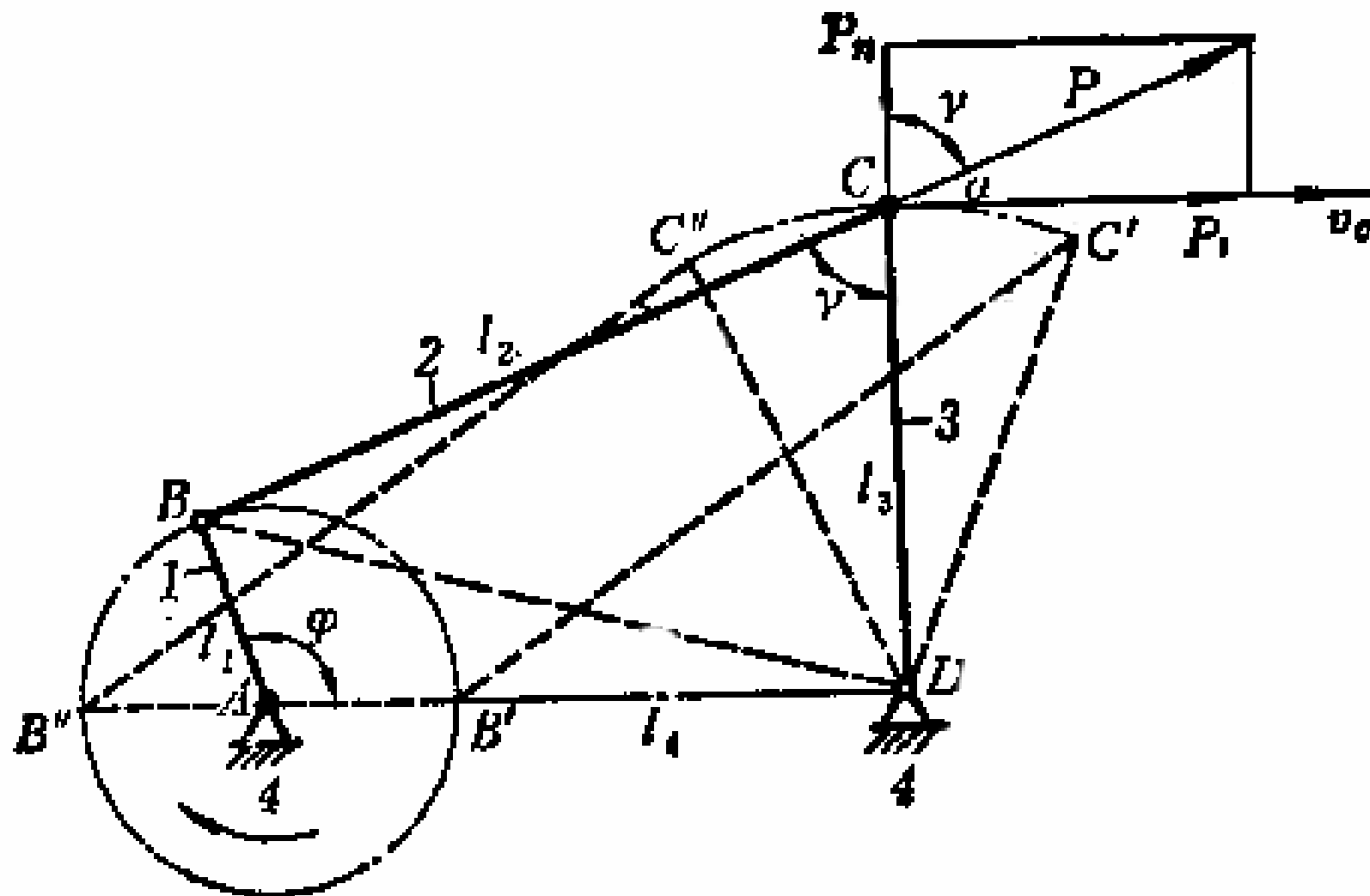
$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{C_1 C_2 / t_2}{C_1 C_2 / t_1}$$

$$= \frac{t_1}{t_2} = \frac{j_1}{j_2} = \frac{180^\circ + q}{180^\circ - q}$$

$$q = 180^\circ \circ \frac{K - 1}{K + 1}$$



### 3 压力角和传动角



压力角 + 传动角 =  $90^\circ$


$\triangle ABD$

$$BD^2 = l_1^2 + l_4^2 - 2l_1l_4 \cos j$$

$\triangle BCD$

$$BD^2 = l_2^2 + l_3^2 - 2l_2l_3 \cos \angle BCD$$

$$\cos \angle BCD = \frac{l_2^2 + l_3^2 - l_1^2 - l_4^2 + 2l_1l_4 \cos j}{2l_2l_3}$$


$$j = 0^\circ \longrightarrow \angle BCD_{\min}$$

$$j = 180^\circ \longrightarrow \angle BCD_{\max}$$

$$g = \begin{cases} \angle BCD \\ 180^\circ - \angle BCD \end{cases}$$

$\angle BCD$  为锐角

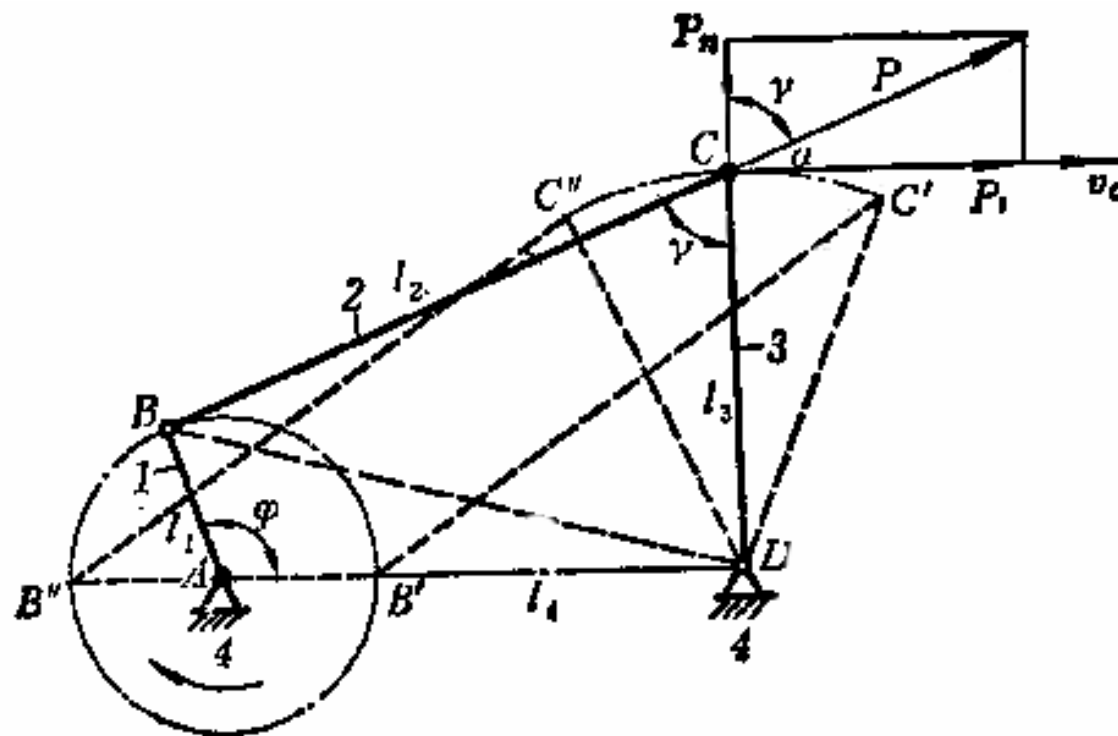
$\angle BCD$  为钝角



- 压力角:  $\alpha$   
判断机构传动  
性能的标志

$$P_t = P \cos \alpha$$

- 传动角  $\gamma$



# 最小传动角

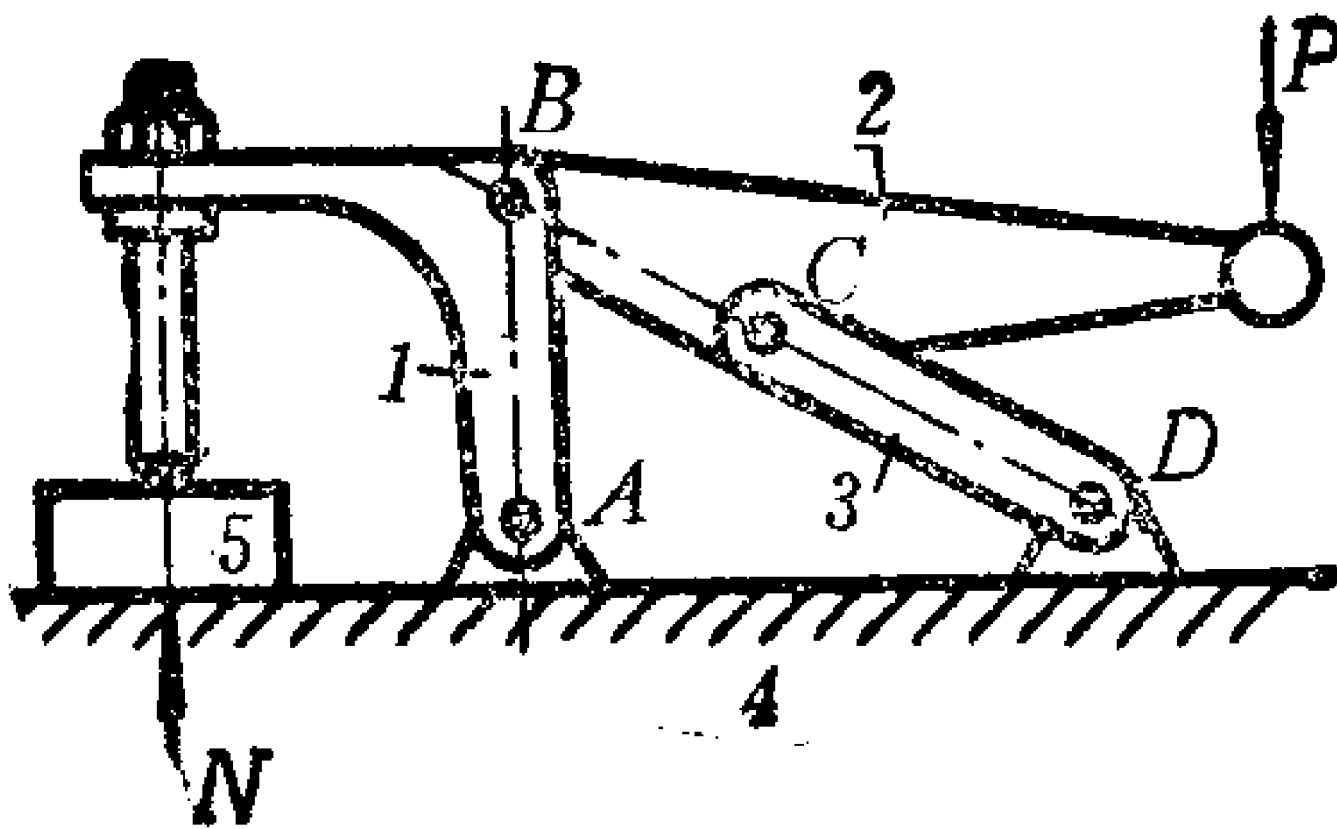
$$g_{\min} \geq 40^\circ$$

$$\geq 50^\circ$$

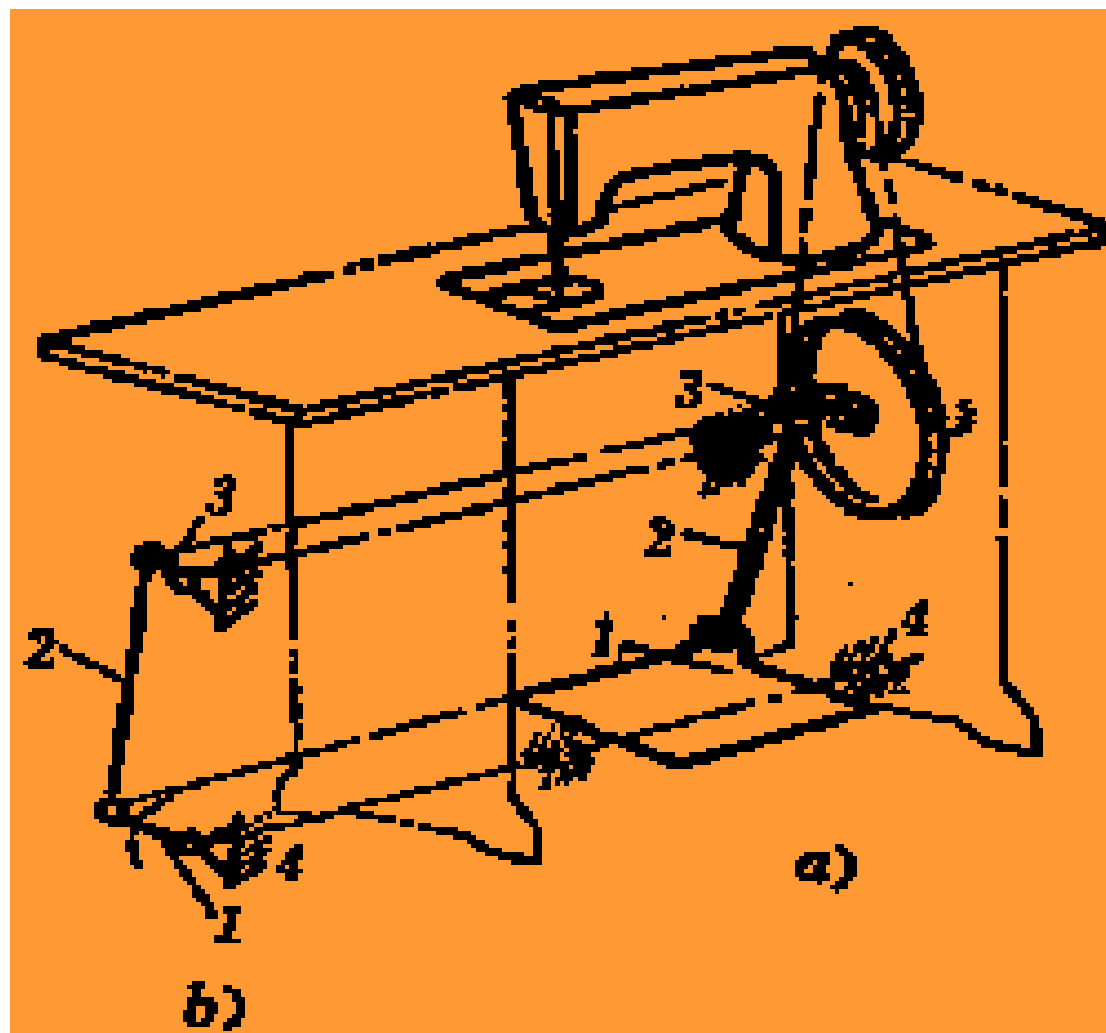
## 4 死点位置

- 摇杆为主动件
  - 且处于极限位置时
  - 从动件出现卡死
  - 运动的不定状态
- 
- 利——锁紧
  - 弊——运动不确定

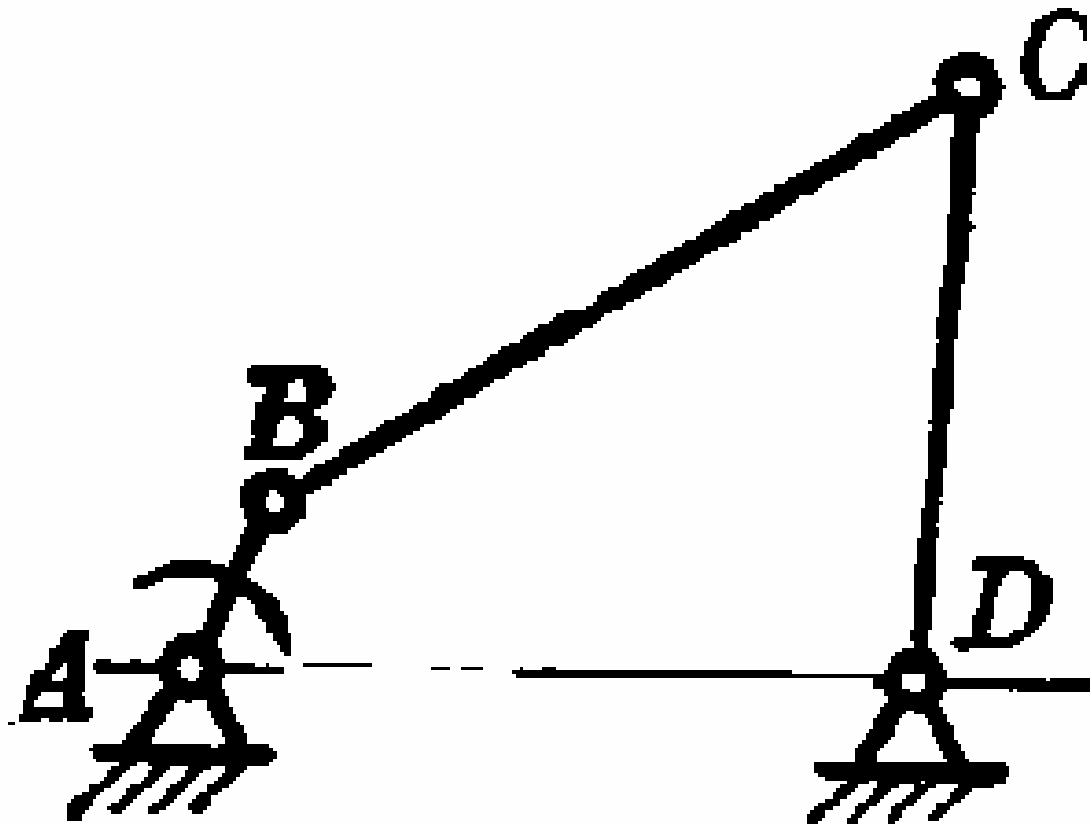
# 用于夹紧装置的防松



.. 连杆与曲柄共  
线时可利用飞  
轮或构件自身  
的惯性作用通  
过死点



## § 2-3 平面四杆机构的设计



# 设计方法

## .. 解析法

- ✧ 建立数学模型，通过计算得到机构参数
- ✧ 精确，应用逐渐广泛

## .. 作图法

- ✧ 直观、简单，能满足一般工程上的精度要求
- ✧ 在实际中应用较多

## .. 实验法

- ✧ 简便易行，试凑结果

# 1 按给定的行程速比系数 $K$ 设计四杆机构

- ∴ 回特性--极限位置的几何关系--简图的参数
- ∴ 已知条件
  - ✧ 摇杆长度 $l_3$ ，摆角 $\gamma$ ，和行程速比系数 $K$

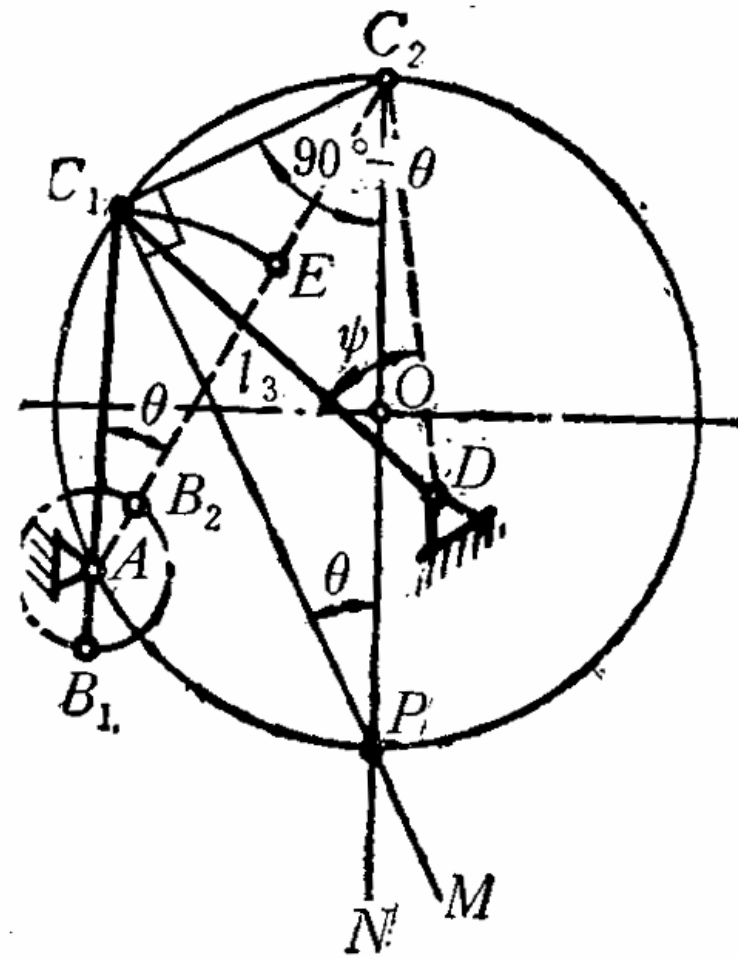


# 按给定的行程速比系数 $K$ 设计四杆机构

- 1). 选定杆长 $l_{CD}$ , 根据给定 $\psi$ 作出 $CD$ 杆的两个极限位置 $C_1D$ 和 $C_2D$ 。
- 2). 由 $K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$ , 计算 $q = 180^\circ \frac{K - 1}{K + 1}$
- 3). 连接 $C_1$ 和 $C_2$ , 并作两个角度 $\beta = 90^\circ - \theta$ 得 $O$ 点。

## 按给定的行程速比系数 $K$ 设计四杆机构

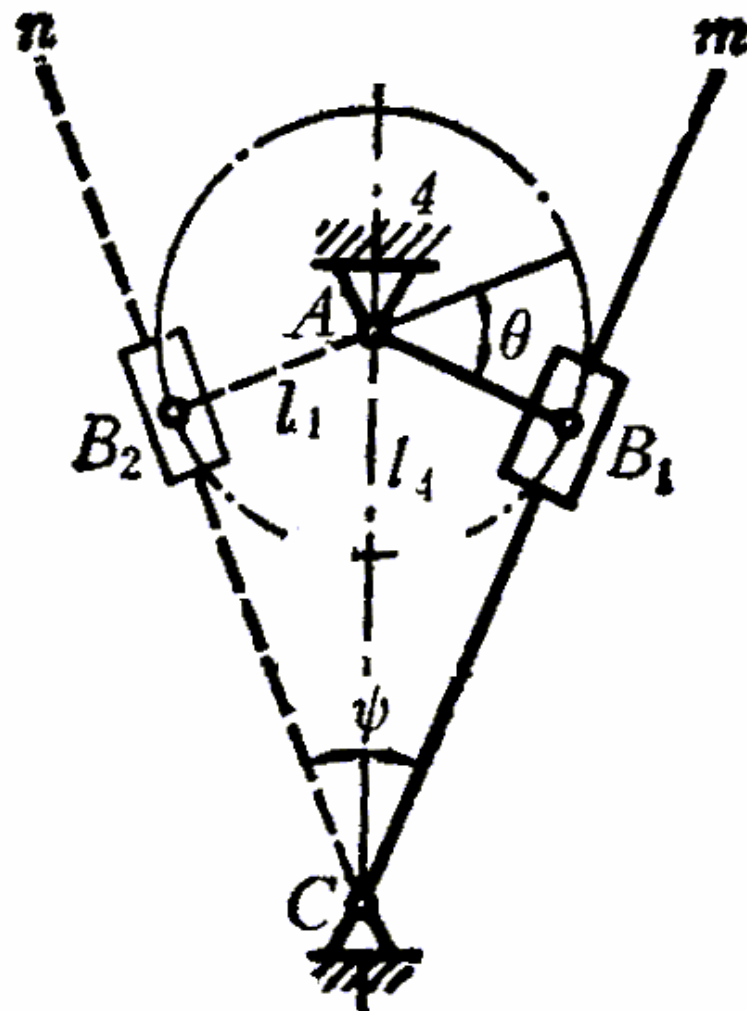
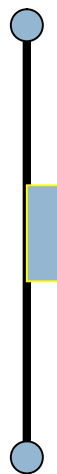
- .. 4). 以 $O$ 为圆心  $\overline{OC_1}$  为半径作圆，则在圆周上某些区段可选作铰链 $A$ 的位置。
- .. 5). 连接 $AC_1$ 和 $AC_2$ ，两线的夹角即为设计所要求的极位夹角 $\theta$ 。
- .. 6). 在 $AC_1$ 线上截取 $AP=AC_2$ ，则线段 $PC_1$ 之半即为曲柄长 $l_{AB}$ ，也就确定了铰链 $B$ 的位置。

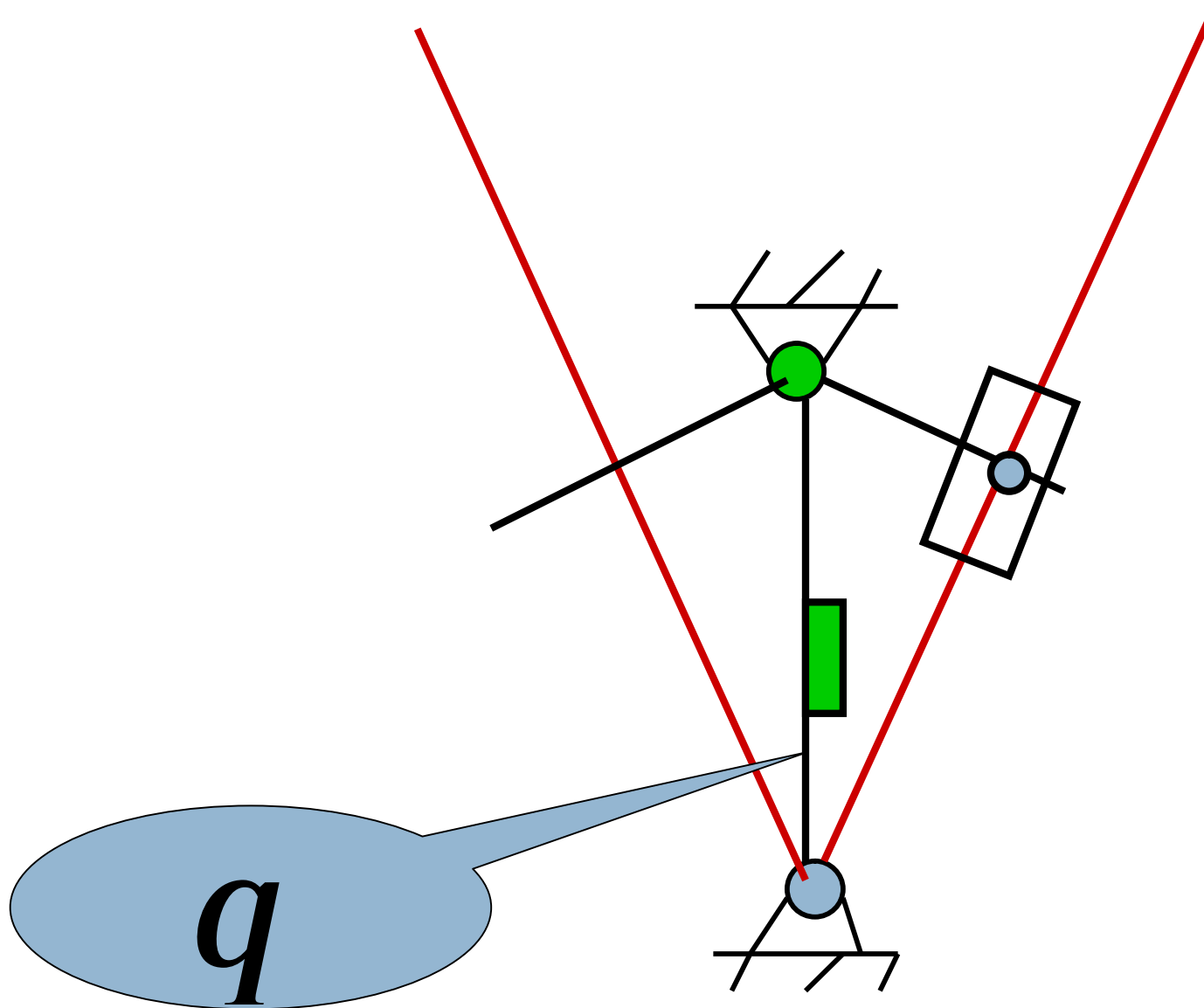


# 导杆机构

已知：K，机架长度  
分析：

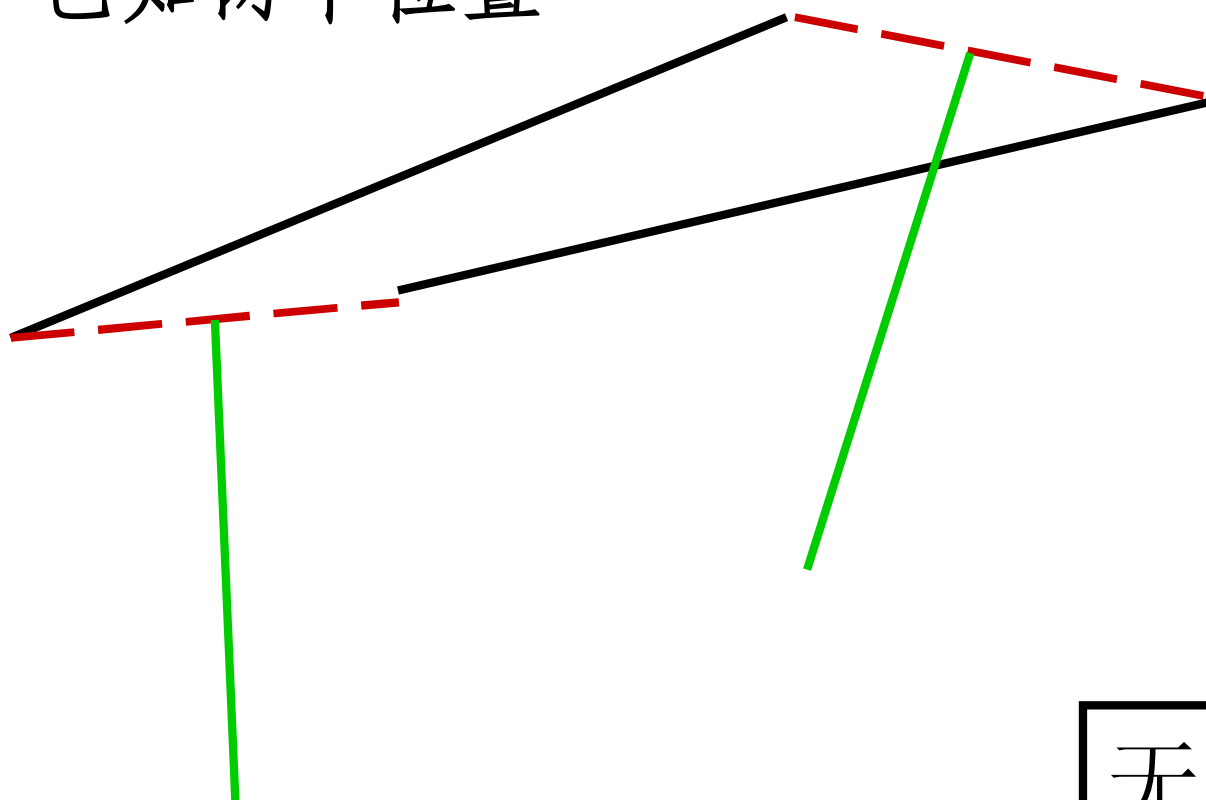
$$q = y$$





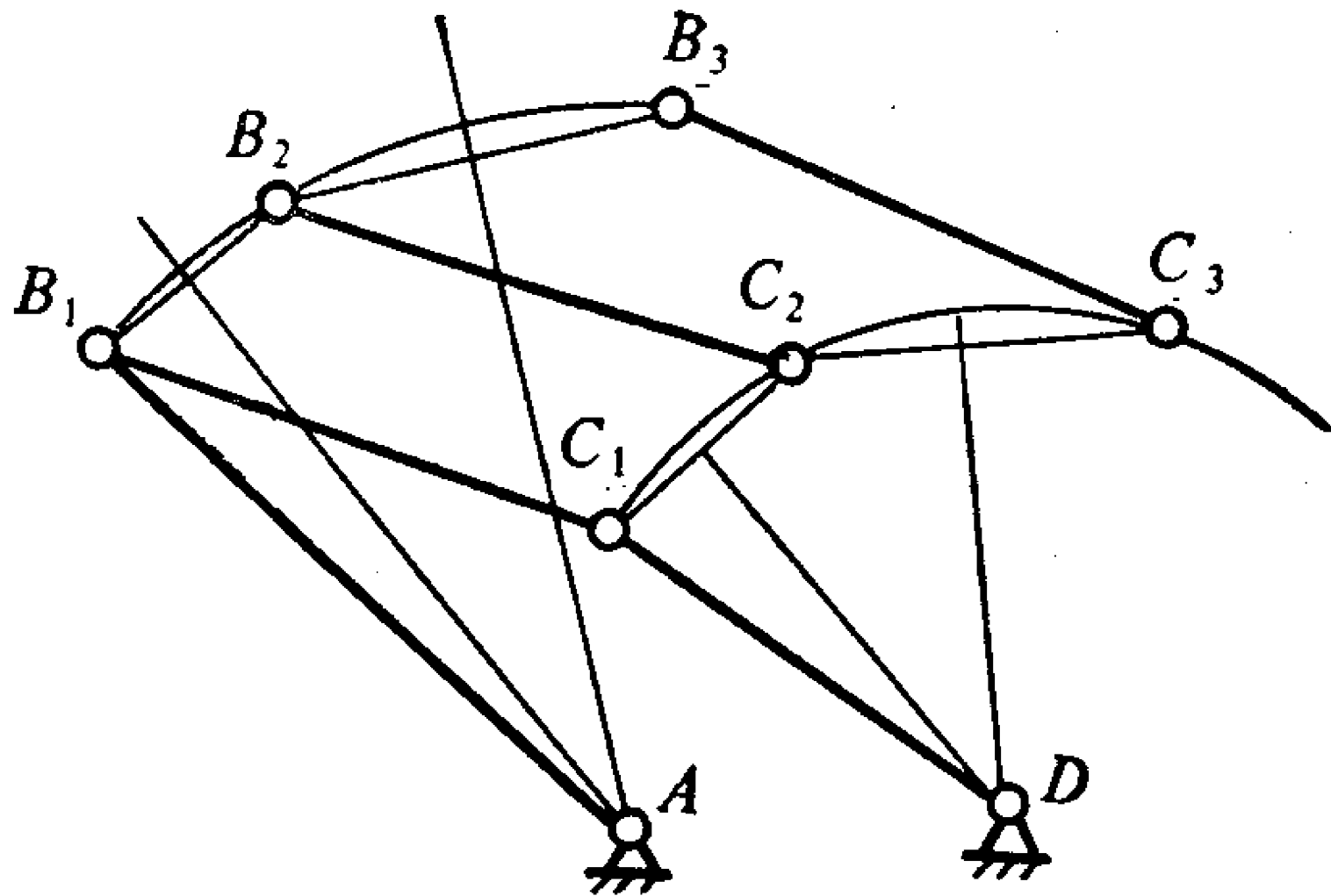
## 二 按给定连杆位置设计

已知两个位置



无穷多个解

# 已知三个位置



### 3给定：两连架杆对应位置

三对对应位置

解析法：唯一解

两对对应位置

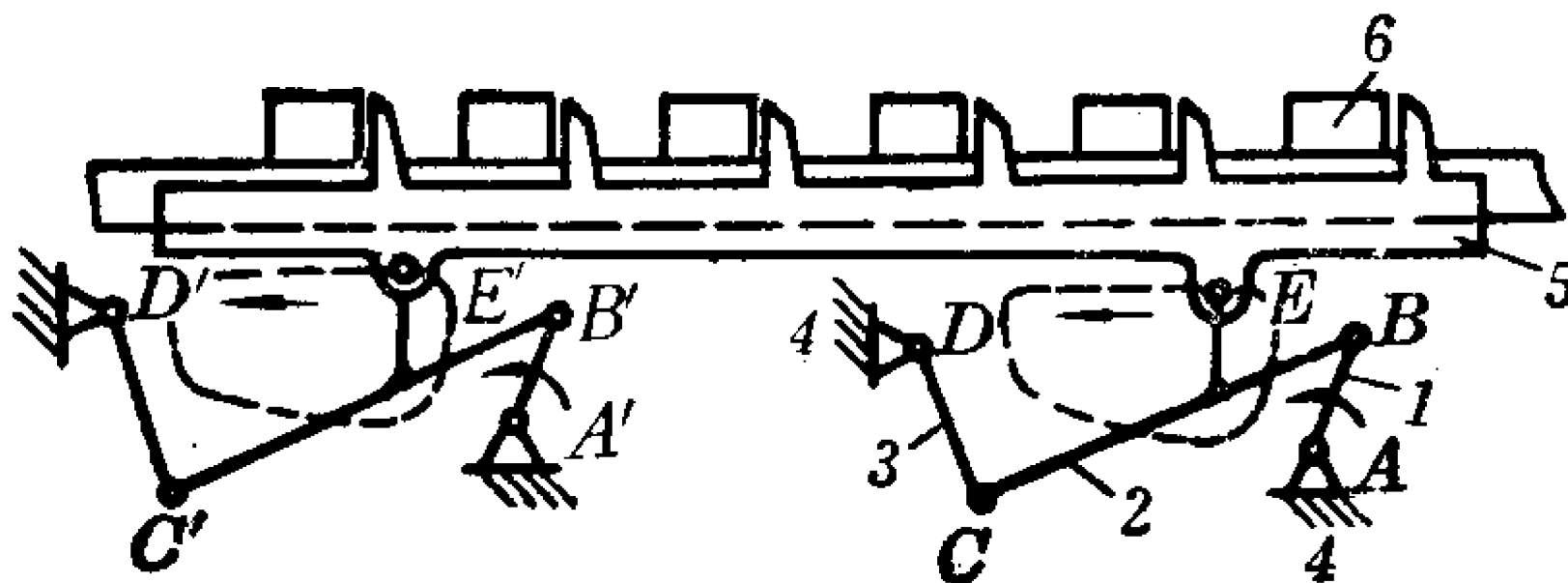
解析法：无穷解

四对对应位置

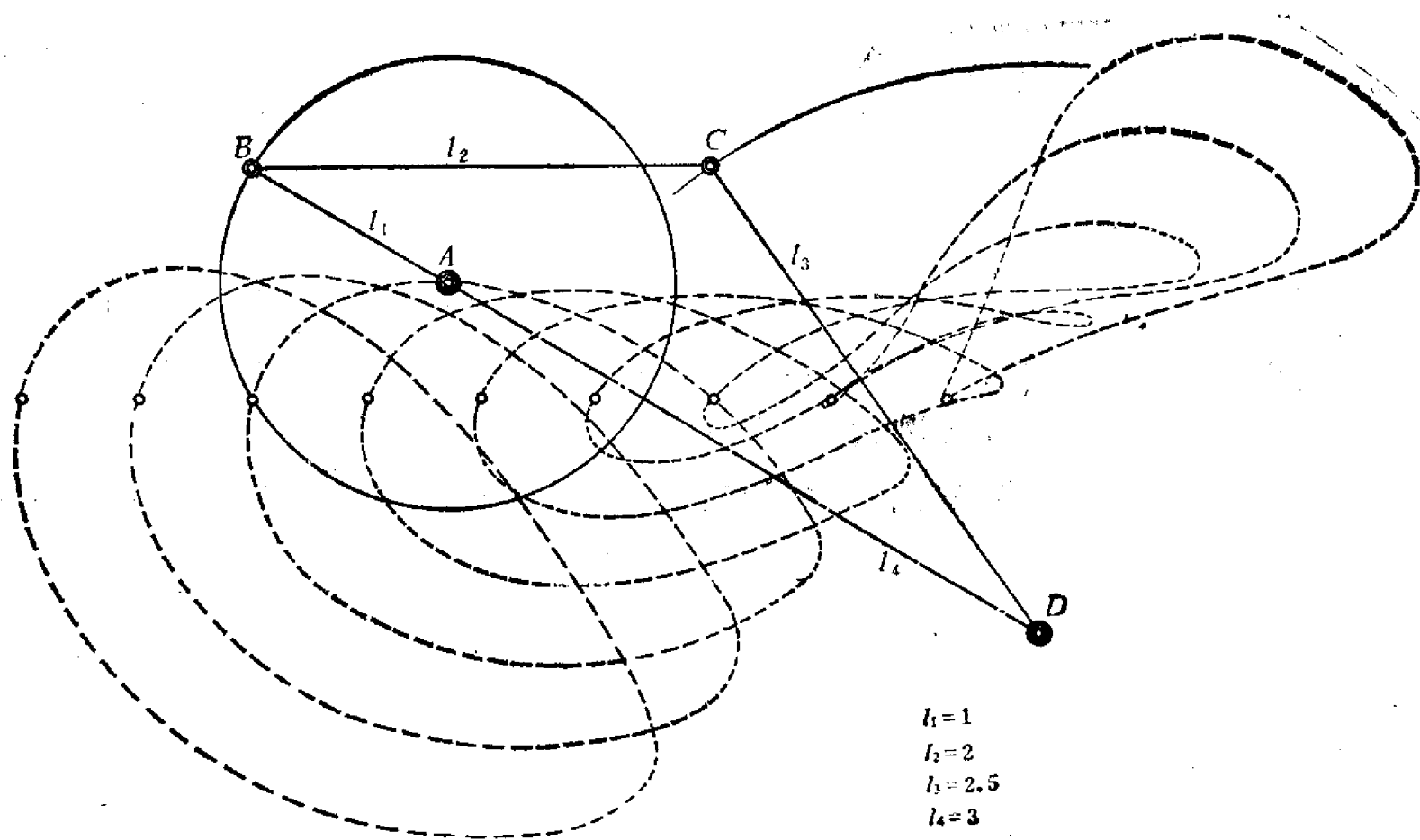
几何实验法



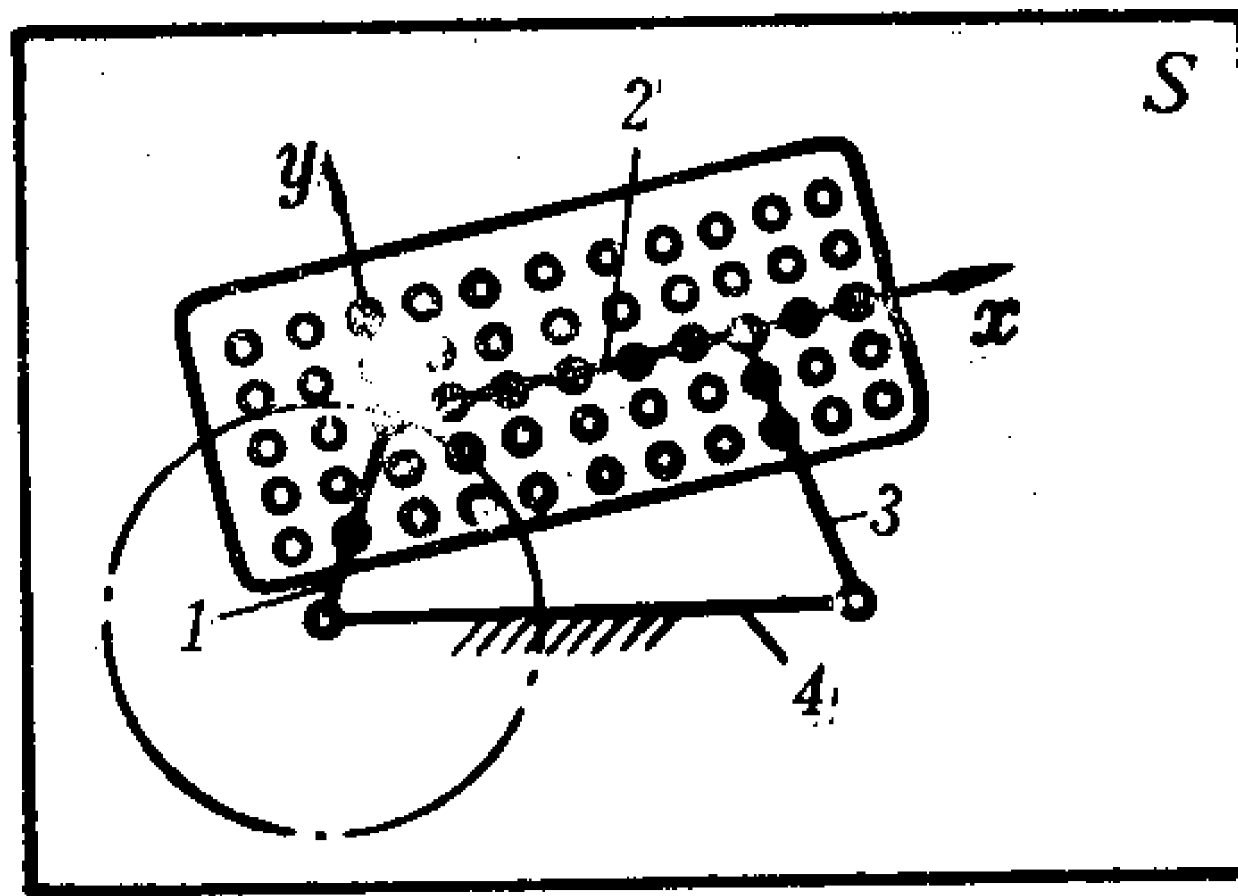
## 4 按给定轨迹设计



# 连杆曲线图谱



# 连杆曲线绘制



# 平面连杆机构的特点和应用

## ·· 优点：

- ✧ 构件间为低副联接，接触面积大，能传递较大载荷且不易磨损。
- ✧ 低副接触表面为圆柱面或平面，加工制造简单。
- ✧ 形式多样，适用的运动范围广。

## ·· 缺点：

- ✧ 设计计算比较困难
- ✧ 构件数目多，制造的积累误差大
- ✧ 难以实现精确的任意运动规律和轨迹

## ·· 适用场合：

- ✧ 速度较低
- ✧ 运动规律不严格要求

# 连杆机构的应用



- .. 实现运动形式的改变
- .. 实现一定的动作或达到某个位置
- .. 实现一定的轨迹