

九章
丛书

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版杨可桢、程光蕴、李仲生、钱瑞明主编

教你用更多的自信面对未来!

机械设计基础 (第六版)

同步辅导及习题全解

主 编 ◆ 焦艳晖

一书两用
同步辅导 + 考研复习

习题超全解

名师一线经验大汇集, 解题步骤超详细, 方法技巧最实用

新版



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

高校经典教材同步辅导丛书

机械设计基础（第六版）

同步辅导及习题全解

主 编 焦艳晖



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是与高等教育出版社出版,杨可桢、程光蕴、李仲生、钱瑞明主编的《机械设计基础》(第六版)一书配套的同步辅导及习题全解辅导书。

《机械设计基础》(第六版)共有18章,分别介绍平面机构的自由度和速度分析,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构,机械运转速度波动的调节,回转件的平衡,机械零件设计概论,连接,齿轮传动,蜗杆传动,带传动和链传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器、离合器和制动器,弹簧。本书按教材内容安排全书结构,各章均包括本章知识要点、知识点归纳、习题全解三部分内容,针对各章节习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习《机械设计基础》(第六版)课程的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导教材,同时可供教师备课命题作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础(第六版)同步辅导及习题全解 / 焦艳晖主编. — 北京:中国水利水电出版社,2016.10
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5170-4777-3

I. ①机… II. ①焦… III. ①机械设计—高等学校—
教学参考资料 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第241882号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:周益丹 加工编辑:高双春 封面设计:梁燕

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 机械设计基础(第六版)同步辅导及习题全解 JIXIE SHEJI JICHU (DILIUBAN) TONGBU FUDAO JI XITI QUANJIE
作 者 出版发行	主 编 焦艳晖 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京正合鼎业印刷技术有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 12.75印张 338千字
版 次	2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	20.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前言

杨可桢、程光蕴、李仲生、钱瑞明主编的《机械设计基础》(第六版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《机械设计基础(第六版)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑机械设计基础这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. **本章知识要点。**每章前面均对本章的知识要点进行了整理。综合众多参考资料,归纳了本章几乎所有的考点,便于读者学习与复习。
2. **知识点归纳。**对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章学习过程中目标明确,有的放矢。
3. **习题全解。**教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材的课后习题给了详细的解答。

由于时间较仓促,编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评、指正。

编者

2016年8月

前言

第一章 平面机构的自由度和速度分析	1
本章知识要点	1
知识点归纳	1
习题全解	4
第二章 平面连杆机构	9
本章知识要点	9
知识点归纳	9
习题全解	12
第三章 凸轮机构	19
本章知识要点	19
知识点归纳	19
习题全解	24
第四章 齿轮机构	32
本章知识要点	32
知识点归纳	32
习题全解	37
第五章 轮系	43
本章知识要点	43
知识点归纳	43
习题全解	46
第六章 间歇运动机构	52
本章知识要点	52
知识点归纳	52

习题全解	54
第七章 机械运转速度波动的调节	56
本章知识要点	56
知识点归纳	56
习题全解	59
第八章 回转件的平衡	64
本章知识要点	64
知识点归纳	64
习题全解	66
第九章 机械零件设计概论	76
本章知识要点	76
知识点归纳	76
习题全解	82
第十章 连接	88
本章知识要点	88
知识点归纳	88
习题全解	97
第十一章 齿轮传动	105
本章知识要点	105
知识点归纳	105
习题全解	113
第十二章 蜗杆传动	123
本章知识要点	123
知识点归纳	123
习题全解	127

第十三章 带传动和链传动	133
本章知识要点	133
知识点归纳	133
习题全解	144
第十四章 轴	150
本章知识要点	150
知识点归纳	150
习题全解	154
第十五章 滑动轴承	160
本章知识要点	160
知识点归纳	160
习题全解	166
第十六章 滚动轴承	169
本章知识要点	169
知识点归纳	169
习题全解	175
第十七章 联轴器、离合器和制动器	182
本章知识要点	182
知识点归纳	182
习题全解	186
第十八章 弹簧	189
本章知识要点	189
知识点归纳	189
习题全解	193

第一章

平面机构的自由度和速度分析

本章知识要点

本章考点有以下几个方面:

- (1) 机构中的构件、运动副、复合铰链、局部自由度和虚约束等基本概念。
- (2) 运用规定的符号, 绘制常用机构的机构运动简图。
- (3) 平面机构自由度的正确计算。
- (4) 速度瞬心的概念和三心定理的正确运用。
- (5) 用速度瞬心法作机构的速度分析。

知识点归纳

1.1 运动副及其分类

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。

运动副三要素: 两构件组成、直接接触、有相对运动。

分类如下:

运动副	高副——点、线接触	
	低副——面接触	转动副——两构件只在平面内做相对转动 移动副——两构件只沿某一轴线做相对移动

1.2 平面机构运动简图

描述机构运动原理的图形可以根据机构的运动尺寸, 按一定的比例尺定出各运动副的位置, 再

用规定的运动副的代表符号和代表构件的简单线条或几何图形将机构的运动情况表示出来,这种与实际机构位置相同或尺寸成比例绘出的简单图形称为机构运动简图。

简图绘制步骤如下:

第一步:认清机架、输入构件和输出构件。

第二步:分清构件并编号。首先使主动件运动起来,然后从主动件开始,按构件是运动单元体的概念分清机构中有几个构件,并将构件(包括机架)按连接顺序编号为1,2,3,...

第三步:认清运动副类型并编号。根据两构件间的相对运动形态或运动副元素的形状,认清运动副的类型并依次编号,如A,B,C,.....。

第四步:恰当地选择作图的投影平面。选择时应以能最简单、清楚地把机构的运动情况表示出来为原则。一般选机构中的多数构件的运动平面为投影面。

第五步:以机架为参考坐标系,将主动件置于一个适当的位置,按比例定出各运动副的位置,并画出各运动副的符号及注出编号。以机架为参考坐标系,就是可先定出机架上运动副的位置,并以此位置作为基准,画出机构中各构件相对于机架的位置关系,所以机架本身是否水平或倾斜是不必考虑的。将主动件置于适当位置的目的是使画出的机构运动简图清晰,即代表构件的线条尽量不交叉、不重叠。

第六步:将同一构件的运动副用简单的线条连起来代表构件,并注出构件编号和原动件的转向箭头,便绘出了机构的运动简图。

1.3 平面机构的自由度

自由度

一个自由构件在未与其他构件组成运动副之前,在平面内有3个自由度:沿 x 轴的移动、沿 y 轴的移动、绕垂直于 Oxy 平面的 z 轴转动。

约束

当做平面运动的自由构件与另一构件组成运动副后,构件间的直接接触会使某些独立运动受到限制,自由度便会减少。这种对对立运动所加的限制称为约束。

低副:两个约束,一个自由度。

高副:一个约束,两个自由度。

公式

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

式中 n ——机构中活动构件数;

P_L ——低副数;

P_H ——高副数。

复合铰链、局部自由度和虚约束

A. 复合铰链

定义:两个以上构件在同一处以转动副相连接构成的运动副称为复合铰链。

处理方法:由 K 个构件汇成的复合铰链应包含 $K-1$ 个转动副。

B. 局部自由度

定义:若机构中某些构件所具有的自由度仅与其自身的局部运动有关,而不影响其他构件的运动,则称这种自由度为局部自由度。

处理方法:可将滚子和安装滚子的构件视为一体进行计算,或在计算公式中减去局部自由度。

C. 虚约束

定义:不产生实际约束效果的重复约束称为虚约束。

出现场合:

- 两构件构成多个移动副且其导路互相平行;
- 两构件构成多个转动副且其轴线互相重合;
- 轨迹重合(或两构件上某两点间距离在运动中保持恒定);
- 机构中对运动不起作用的对称部分。

机构具有确定运动的条件

(1) 机构自由度 $F > 0$ 。

(2) 原动件数 = 机构自由度。

特殊情况

为了使 F 计算正确,必须正确判断机构中 n 、 P_L 和 P_H 的数目,因此,应特别注意处理好下列三种情况:

(1) 要正确判定机构中构件的数目和运动副的数目。构件是机构中的运动单元体,所以,不论构件的结构如何复杂,只要是同一个运动单元体,它就是一个构件。对于运动副数目的确定,应注意复合铰链的存在。

(2) 要除去局部自由度。

(3) 要除去虚约束。

1.4 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用

速度瞬心

速度瞬心是做相对平面运动的两构件上瞬时相对速度为零(即绝对速度相等)的重合点,即同速点。

在机构中,如果这两个构件都是运动的,即其同速点处的绝对速度不等于零,则其瞬心称为相对瞬心。

如果这两个构件之一是静止的,即其同速点处的绝对速度为零,则其瞬心称为绝对瞬心。

瞬心总数

由 K 个构件(含机架)组成的机构,其瞬心数目按组合关系可得

$$N = K(K-1)/2$$

瞬心位置的确定

机构中直接以运动副连接的两构件,其瞬心位置的确定方法如下:

- (1)若两构件组成转动副,则转动副中心即是它们的瞬心。
- (2)若两构件组成移动副,则其瞬心位于移动方向的垂线的无穷远处。
- (3)若两构件形成纯滚动的高副时,则其高副接触点就是它们的瞬心。
- (4)若两构件组成滚动兼滑动的高副时,其瞬心应位于过接触点的公法线上。

三心定理:做平面运动的三个构件之间共有三个瞬心,它们位于同一直线上。

瞬心在速度分析上的应用

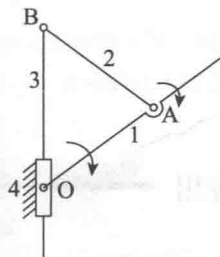
应用速度瞬心法作机构的速度分析,其任务是确定其中某两个构件的角速比(或速比),或者已知一构件的角速度(或速度),需求另一构件的角速度(或速度)及其上点的速度。应用速度瞬心法解决上述问题的关键在于确定这两个构件与机架之间的三个速度瞬心。

在用速度瞬心法作机构的速度分析时,应掌握构件扩大的概念,能够设想以线条表示的两构件,向它们的同速点扩大,实现重合之后来求解。

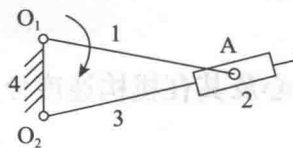
速度瞬心法可以跳跃式地由主动件立即求出最后从动件上任何点的线速度和它的角速度,且不受机构级别的限制;但瞬心法只能用来求速度而不能用来求加速度,且当机构复杂时,某些必要的瞬心位置可能超出图纸之外。

习题全解

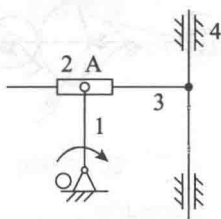
1-1 至 1-4 解题过程 1-1 至 1-4 机构运动简图如题 1-1 解图至题 1-4 解图所示。



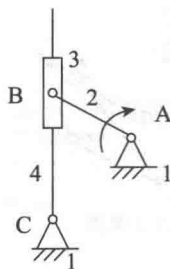
题 1-1 解图



题 1-2 解图



题 1-3 解图



题 1-4 解图

1-5 至 1-13 解题过程 1-5 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 7-2\times 10-0=1$

$$1-6 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 6-2\times 8-1=1$$

$$1-7 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 8-2\times 11-1=1$$

$$1-8 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 8-2\times 11-0=2$$

$$1-9 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 6-2\times 8-1=1$$

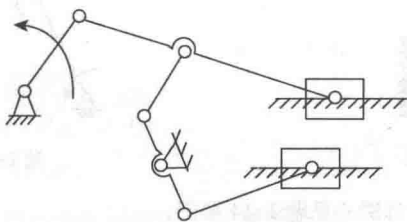
$$1-10 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 4-2\times 4-2=2$$

$$1-11 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 9-2\times 12-2=1$$

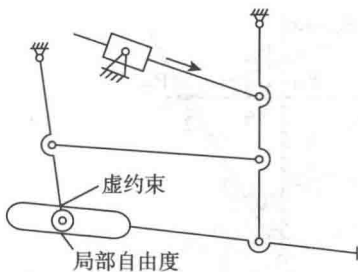
$$1-12 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 4-2\times 4-2=2$$

$$1-13 \quad F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 3-0=3$$

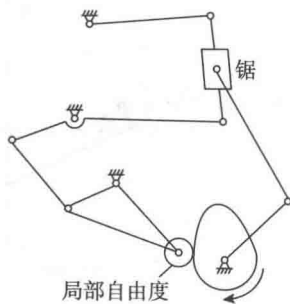
关于 1-5 到 1-13 中的复合铰链、局部自由度和虚约束见题 1-5 解图至题 1-12 解图。



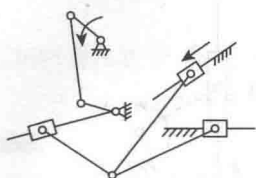
题 1-5 解图



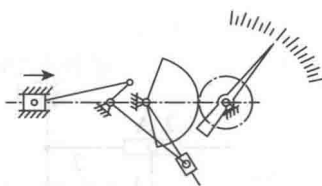
题 1-6 解图



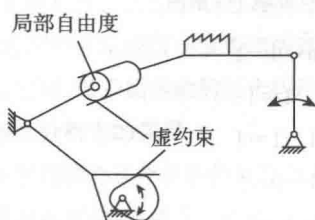
题 1-7 解图



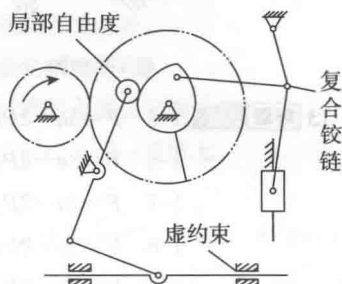
题 1-8 解图



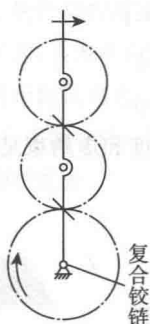
题 1-9 解图



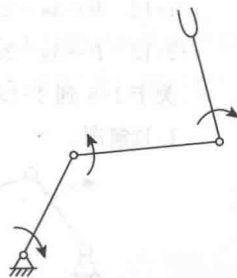
题 1-10 解图



题 1-11 解图



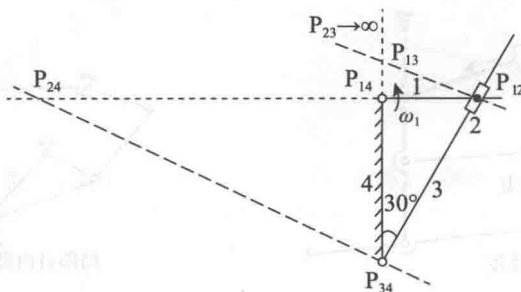
题 1-12 解图



题 1-13 解图

1-14 **解题过程** 导杆机构的全部瞬心见图 1-14 解图。

$$\frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{P_{34}P_{13}}{P_{14}P_{13}} = 4$$

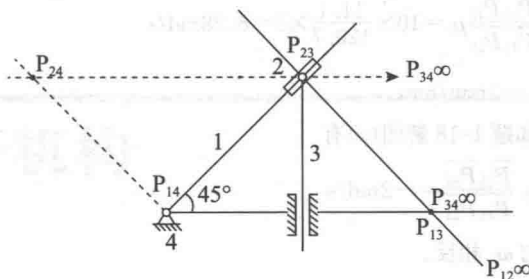


题 1-14 解图

1-15 **解题过程** 该机构的全部瞬心见图 1-15 解图。

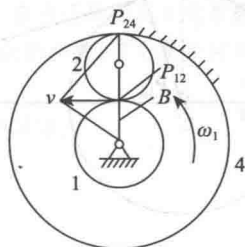
构件 3 的速度为

$$v_3 = V_{P_{13}} = \omega_1 L_{P_{14}P_{13}} = 0, 2\omega_1 = 2\text{m/s (方向垂直向上)}$$



题 1-15 解图

1-16 **解题过程** 首先确定轮 1、轮 2 和机架 4 三个构件的三个瞬心 P_{12} 、 P_{14} 和 P_{24} ，如题 1-16 解图所示。则

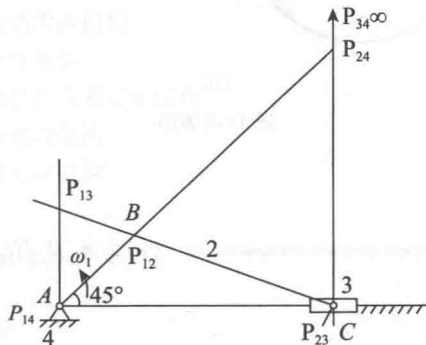


题 1-16 解图

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{P_{24}P_{12}}{P_{14}P_{12}} = -\frac{2r_2}{r_1}$$

轮 1 和轮 2 转向相反。

1-17 **解题过程** 取比例尺 $\mu_l = 9\text{mm/mm}$ 则如题 1-17 解图所示。



题 1-17 解图

滑块速度为

$$V_3 = \omega_1 \cdot \overline{P_{13}P_{14}} \cdot \mu_l = 10 \times 10 \times 9 = 0.9 \text{ m/s}$$

连杆角速度为

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\overline{P_{14}P_{12}}}{\overline{P_{24}P_{12}}} \mu_l = 10 \times \frac{11.1}{120.7} \times 9 = 8.28 \text{ rad/s}$$

1-18 解题过程 比例尺 $\mu = 1 \text{ mm/mm}$

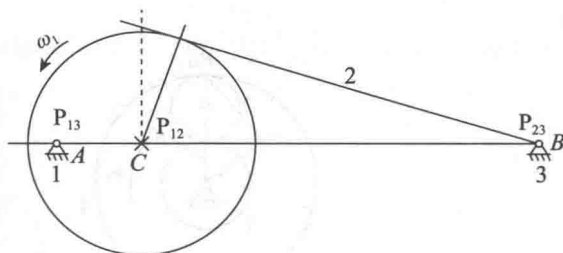
$\theta = 0$ 时如题 1-18 解图(a)有

$$\omega_2 = -\omega_1 \frac{\overline{P_{12}P_{13}}}{\overline{P_{12}P_{23}}} = -2 \text{ rad/s}$$

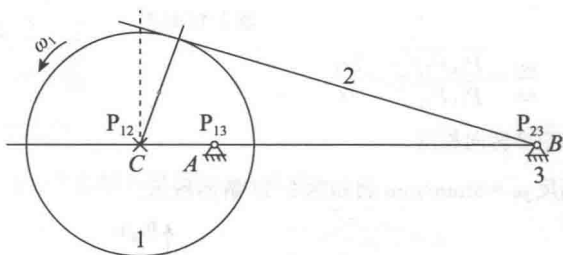
即方向与 ω_1 相反。

$\theta = 180^\circ$ 时如题 1-18 解图(b)有

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\overline{P_{12}P_{13}}}{\overline{P_{12}P_{23}}} = \frac{5}{3} \text{ rad/s}$$



(a)



(b)

题 1-18 解图

第二章

平面连杆机构

本章知识要点

- (1) 绘制各种四杆机构及其演化机构的运动简图。
- (2) 会判断机构是否具有急回特性和死点,会求行程速度变化系数。
- (3) 能够通过四杆机构各杆长度判断整转副的存在,确定属于何种机构。
- (4) 按行程速度变化系数设计四杆机构。
- (5) 已知连杆的三个位置,进行四杆机构的设计。

知识点归纳

2.1 平面四杆机构的基本类型及其应用

平面连杆机构是由若干个构件用低副(转动副、移动副)连接组成的平面机构。

平面四杆机构的基本形式为平面铰链四杆机构。

铰链四杆机构分为三种基本类型:曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

铰链四杆机构的演化

- 曲柄滑块机构
- 导杆机构
- 摇块机构和定块机构
- 双滑块机构
- 偏心轮机构

2.2 平面四杆机构的基本特性

铰链四杆机构有整转副的条件

- (1) 最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和。

(2) 整转副是由最短杆与其邻边组成的。

当铰链四杆机构满足以上两个条件时:

- (1) 取最短杆为机架时, 机架上两个整转副, 得双曲柄机构。
- (2) 取最短杆邻边为机架时, 机架上只有一个整转副, 得曲柄摇杆机构。
- (3) 取最短杆对边为机架时, 机架上没有整转副, 得双摇杆机构。

当铰链四杆机构不满足杆长条件时, 得双摇杆机构。

急回特性

当原动件(曲柄)做匀速定轴转动、从动件相对机架做往复运动(摆动或移动)时, 从动件正反两个行程的平均速度不一样的现象称作机构的急回特性。

用行程速度变化系数 K 来衡量机构急回运动的程度:

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

其中 θ (极位夹角)是摇杆处于两极限位置时, 对应的曲柄所夹的锐角。

- (1) $K > 1$ 时, 机构有急回特性, $\theta > 0$ 。
- (2) θ 角越大, K 越大, 机构急回运动也越显著。
- (3) 急回运动在机械中可以用来节省动力和提高劳动生产率。
- (4) 已知 K , 可以求极位夹角: $\theta = 180^\circ(K-1)/(K+1)$ 。

压力角和传动角

压力角和传动角如图 2-1 所示:

压力角 α ——从动杆件受力点的受力方向和该点绝对速度方向之间所夹的锐角。

传动角 γ ——压力角的余角, 即 $\gamma = 90^\circ - \alpha$ 。实际就是连杆与从动杆件之间所夹的锐角。

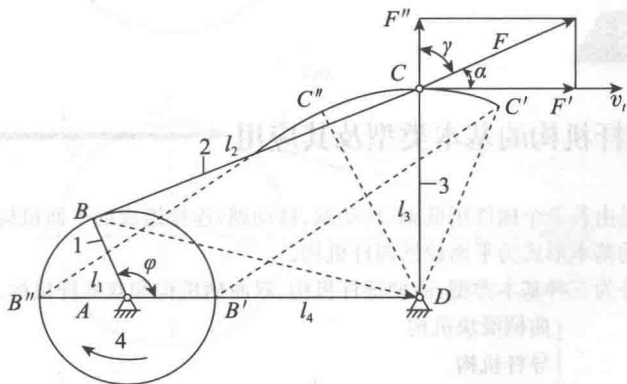


图 2-1

α 越大, γ 越小, 传力性越差, 作用力的有效分力越小, 机构的效率就越低。因此为了保证机构传动性能的良好, 一般规定最小传动角 $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$ 。对于四杆机构来说, 最小传动角出现在曲柄与机架两次共线位置之一。

死点位置

机构在运动过程中, 如果从动件的传动角 $\gamma = 0^\circ$, 即压力角 $\alpha = 90^\circ$, 驱动力与从动件受力点的运动方向垂直, 其有效分力等于零, 这时机构不能运动, 称此位置为死点位置。这时不管驱动力有多大, 都不能使曲柄转动。一般在四杆机构中, 若以曲柄为从动件, 都会出现死点。机构在死点位置可