



国内外经典教材辅导系列·理工类

杨可桢 《机械设计基础》

(第6版)

笔记和课后习题 (含考研真题) 详解

主编：圣才考研网
www.100exam.com

买一
送三



140元大礼包

- 送1 3D电子书 (价值30元)
- 送2 3D题库【名校考研真题+课后习题+章节题库+模拟试题】
(价值40元)
- 送3 手机版【电子书/题库】(价值70元)

说明：手机扫码（本书右上角），或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】
专区(100xuexi.com/gift)，免费领取本书大礼包。

本书提供
名师考前
直播答疑

中国石化出版社

HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM

教·育·出·版·中·心

国内外经典教材辅导系列·理工类

**杨可桢《机械设计基础》
(第6版)**

笔记和课后习题(含考研真题)详解

主编：圣才考研网

www.100exam.com

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是国家“十二五”重点图书《机械设计基础》(第6版,杨可桢主编,高等教育出版社)的学习辅导书。本书遵循第6版的章目编排,共分为18章,每章由三部分组成:第一部分为复习笔记,总结本章的重难点内容;第二部分为课后习题详解,对第6版的所有习题都进行了详细的分析和解答;第三部分为名校考研真题详解,精选名校近年的考研真题,并提供了详细的解答。

圣才考研网(www.100exam.com)提供杨可桢《机械设计基础》网授精讲班【教材精讲+考研真题串讲】、3D电子书、3D题库。购书享受大礼包增值服务【30元3D电子书+40元3D题库+70元手机版电子书/题库】。本书提供名师考前直播答疑,手机电脑均可观看,直播答疑在考前推出(具体时间见网站公告)。手机扫码(本书封面的二维码),或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】专区(www.100xuexi.com/gift),免费领取本书大礼包。

图书在版编目(CIP)数据

杨可桢《机械设计基础》(第6版)笔记和课后习题
(含考研真题)详解/圣才考研网主编. —北京:中国
石化出版社,2015.9
(国内外经典教材辅导系列·理工类)
ISBN 978-7-5114-3603-0

I. ①杨… II. ①圣… III. ①机械设计-研究生-入
学考试-自学参考资料 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第214311号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者
以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本16.75印张419千字

2016年4月第1版 2016年4月第1次印刷

定价:35.00元

《国内外经典教材辅导系列·理工类》

编 委 会

主编：圣才考研网(www.100exam.com)

编委： 娄旭海 胡 辉 邸亚辉 赵芳微 张月华
赵 蓓 胡 瑶 涂幸运 张秋瑾 段承先
倪彦辉 万军辉 黄前海 张宝霞 余小刚

序 言

我国各大院校一般都把国内外通用的权威教科书作为本科生和研究生学习专业课程的参考教材，这些教材甚至被很多考试（特别是硕士和博士研究生入学考试）和培训项目作为指定参考书。为了帮助读者更好地学习专业课，我们有针对性地编著了一套与国内外教材配套的复习资料，并提供配套的名师讲堂和题库。

杨可桢主编的《机械设计基础》（第6版）（高等教育出版社）被列为国家“十二五”重点图书，是我国众多高校采用的机械类优秀教材，也被众多高校指定为“机械类”专业考研参考书目。

作为该教材的辅导书，本书具有以下几个方面的特点：

1. 整理名校笔记，浓缩内容精华。在参考了国内外名校名师讲授杨可桢《机械设计基础》的课堂笔记基础上，本书每章的复习笔记部分对该章的重难点进行了整理，因此，本书的内容几乎浓缩了配套教材的知识精华。

2. 解析课后习题，提供详尽答案。本书参考大量机械设计相关资料，对杨可桢《机械设计基础》（第6版）的课（章）后习题进行了详细的分析和解答。

3. 精选考研真题，巩固重难点知识。为了强化对重要知识点的理解，本书精选名校近年的考研真题，并提供详细的解答。所选考研真题基本涵盖了各个章节的考点和难点。

与本书相配套，圣才考研网提供杨可桢《机械设计基础》网授精讲班【教材精讲+考研真题串讲】、3D电子书、3D题库。

购买本书享受大礼包增值服务：手机扫码（本书封面的二维码），或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】专区（www.100xuexi.com/gift），免费领取本书大礼包。具体包括：①本书3D电子书（价值30元）；②3D题库【名校考研真题+课后习题+章节题库+模拟试题】（价值40元）；③手机版【电子书/题库】（价值70元）。本书提供名师考前直播答疑，手机电脑均可观看，直播答疑在考前推出（具体时间见网站公告）。

圣才考研网（www.100exam.com）是圣才学习网旗下的考研考博专业网站，提供全国各高校理工类专业考研考博辅导班【一对一辅导（面授/网授）、网授精讲班等】、3D电子书、3D题库（免费下载，送手机版）、全套资料（历年真题及答案、笔记讲义等）、理工类国内外经典教材名师讲堂、考研教辅图书等。

考研辅导：www.100exam.com（圣才考研网）

官方总站：www.100xuexi.com（圣才学习网）

圣才学习网编辑部

目 录

第1章 平面机构的自由度和速度分析	(1)
1.1 复习笔记	(1)
1.2 课后习题详解	(3)
1.3 名校考研真题详解	(8)
第2章 平面连杆机构	(12)
2.1 复习笔记	(12)
2.2 课后习题详解	(15)
2.3 名校考研真题详解	(22)
第3章 凸轮机构	(27)
3.1 复习笔记	(27)
3.2 课后习题详解	(32)
3.3 名校考研真题详解	(40)
第4章 齿轮机构	(45)
4.1 复习笔记	(45)
4.2 课后习题详解	(53)
4.3 名校考研真题详解	(58)
第5章 轮 系	(63)
5.1 复习笔记	(63)
5.2 课后习题详解	(65)
5.3 名校考研真题详解	(73)
第6章 间歇运动机构	(78)
6.1 复习笔记	(78)
6.2 课后习题详解	(82)
6.3 名校考研真题详解	(83)
第7章 机械运转速度波动的调节	(85)
7.1 复习笔记	(85)
7.2 课后习题详解	(88)
7.3 名校考研真题详解	(93)
第8章 回转件的平衡	(96)
8.1 复习笔记	(96)
8.2 课后习题详解	(97)
8.3 名校考研真题详解	(104)

第9章 机械零件设计概论	(106)
9.1 复习笔记	(106)
9.2 课后习题详解	(112)
9.3 名校考研真题详解	(117)
第10章 连接	(119)
10.1 复习笔记	(119)
10.2 课后习题详解	(131)
10.3 名校考研真题详解	(140)
第11章 齿轮传动	(144)
11.1 复习笔记	(144)
11.2 课后习题详解	(151)
11.3 名校考研真题详解	(161)
第12章 蜗杆传动	(165)
12.1 复习笔记	(165)
12.2 课后习题详解	(169)
12.3 名校考研真题详解	(174)
第13章 带传动和链传动	(177)
13.1 复习笔记	(177)
13.2 课后习题详解	(186)
13.3 名校考研真题详解	(194)
第14章 轴	(197)
14.1 复习笔记	(197)
14.2 课后习题详解	(200)
14.3 名校考研真题详解	(207)
第15章 滑动轴承	(210)
15.1 复习笔记	(210)
15.2 课后习题详解	(214)
15.3 名校考研真题详解	(217)
第16章 滚动轴承	(220)
16.1 复习笔记	(220)
16.2 课后习题详解	(226)
16.3 名校考研真题详解	(234)
第17章 联轴器、离合器和制动器	(239)
17.1 复习笔记	(239)
17.2 课后习题详解	(245)
17.3 名校考研真题详解	(249)
第18章 弹簧	(251)
18.1 复习笔记	(251)
18.2 课后习题详解	(255)
18.3 名校考研真题详解	(259)

第1章 平面机构的自由度和速度分析

1.1 复习笔记

一、运动副及其分类

按照接触特性，通常把运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

(1) 定义

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。

(2) 分类

平面机构中低副可分为转动副和移动副。

① 转动副(铰链)

转动副是指组成运动副的两构件只能在平面内相对转动的运动副。

② 移动副

移动副是指组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对移动的运动副。

2. 高副

两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。

二、平面机构运动简图

仅用简单线条和符号来表示构件和运动副，并按比例定出各运动副的位置，来表明机构各构件间相对运动关系的简化图形，称为机构运动简图。

1. 机构中运动副表示方法

机构运动简图中的运动副的表示方法如图 1-1-1 所示。

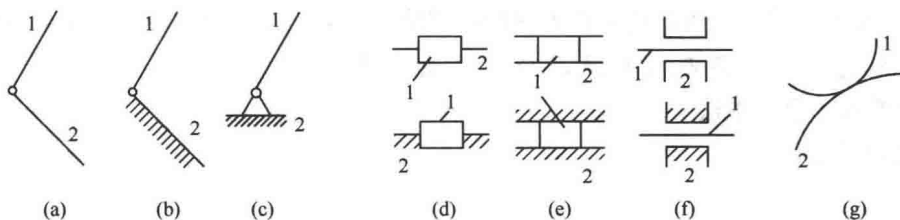


图 1-1-1 平面运动副的表示方法

2. 构件的表示方法

构件的表示方法如图 1-1-2 所示。



图 1-1-2 构件的表示方法

3. 机构中构件的分类

(1) 机架(固定构件)

机架是用来支承活动构件的构件。

(2) 主动件(原动件)

主动件是运动规律已知的活动构件，其运动是由外界输入的，又称输入构件。

(3) 从动件

从动件是指机构中随原动件运动而运动的其余活动构件。其中输出预期运动的从动件称为输出构件，其他从动件则起传递运动的作用。

三、平面机构的自由度

活动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数称为机构自由度，以 F 表示。

1. 平面机构自由度计算公式

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

式中 n —— 机构中活动构件的数目；

P_L —— 低副的个数；

P_H —— 高副的个数。

机构具有确定运动的条件是：机构的自由度 $F > 0$ ，且 F 等于原动件数。

2. 计算平面机构自由度的注意事项

(1) 复合铰链

两个以上构件同时在一处用转动副相连接就构成复合铰链。

在计算时，由 K 个构件汇交而成的复合铰链具有 $(K - 1)$ 个转动副。

(2) 局部自由度

机构中与输出构件的运动无关的自由度称为局部自由度(又称多余自由度)，计算机构自由度时应予以排除。

(3) 虚约束

对机构起重复约束作用的约束称为虚约束或消极约束，计算自由度时应除去不计。

四、速度瞬心及其在机构速度分析上的应用

1. 速度瞬心及其求法

(1) 速度瞬心

① 定义

两刚体上绝对速度相同的重合点称为瞬心。

a. 若两构件都是运动的，其瞬心称为相对瞬心；

b. 若两构件中有一个是静止的，其瞬心称为绝对瞬心。

② 计算

对于由 K 个构件组成的机构，其瞬心总数为：
$$N = \frac{K(K-1)}{2}$$

(2) 瞬心位置的确定

① 根据定义确定

a. 当两构件组成转动副时，转动副的中心是其瞬心；

b. 当两构件组成移动副时，所有重合点的相对速度方向都平行于移动方向，其瞬心位

于导路垂线的无穷远处；

c. 当两构件组成纯滚动高副时，接触点相对速度为零，接触点就是其瞬心；

d. 当两构件组成滑动兼滚动的高副时，接触点的相对速度沿切线方向，其瞬心应位于过接触点的公法线上。

②根据三心定理确定

三心定理：作相对平面运动的三个构件共有三个瞬心，这三个瞬心位于同一直线上。

2. 瞬心在速度分析上的应用

用速度瞬心法进行机构的运动分析时，首先要确定各瞬心的位置，然后根据瞬心的定义进行速度求解。

(1)瞬心法只能对机构进行速度分析，不能用于加速度分析；

(2)适用于构件数目较少的情况。

1.2 课后习题详解

1-1 至 1-4 绘出图示(图 1-2-1~图 1-2-4)的机构运动简图。

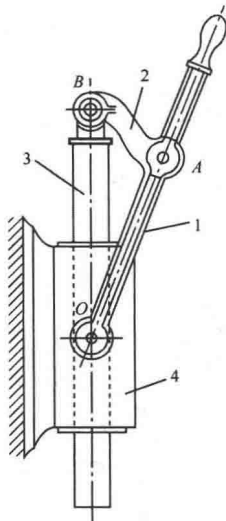


图 1-2-1 唧筒机构

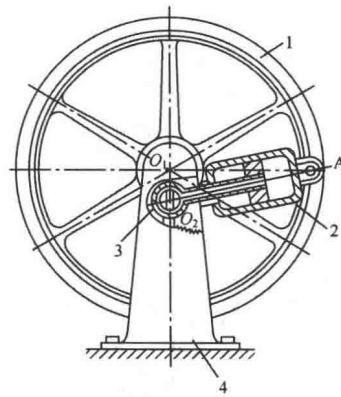


图 1-2-2 回转柱塞泵

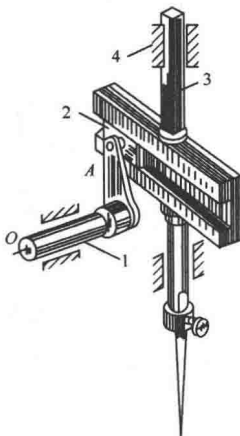


图 1-2-3 缝纫机下针机构

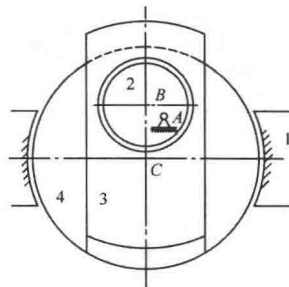


图 1-2-4 偏心轮机构

答：机构运动简图分别如图 1-2-5~图 1-2-8 所示。

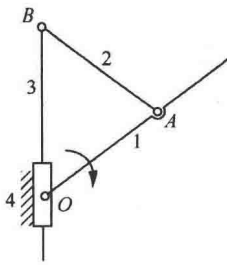


图 1-2-5

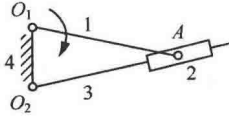


图 1-2-6

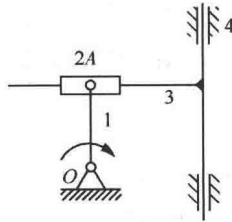


图 1-2-7

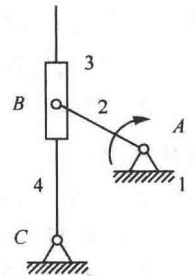


图 1-2-8

1-5 至 1-13 指出机构运动简图(图 1-2-9 ~ 图 1-2-17)中的复合铰链、局部自由度和虚约束, 计算各机构的自由度。

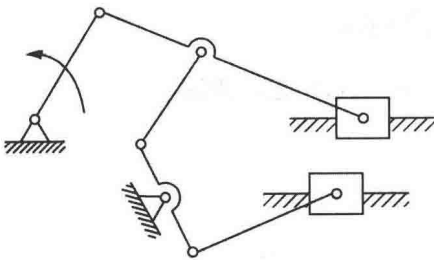


图 1-2-9 发动机机构

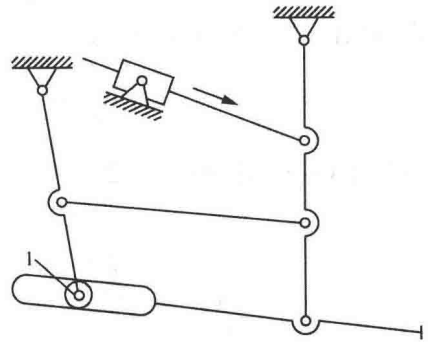


图 1-2-10 平炉渣口堵塞机构

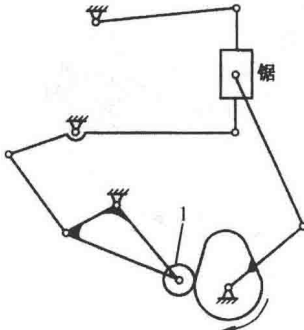


图 1-2-11 锯木机构

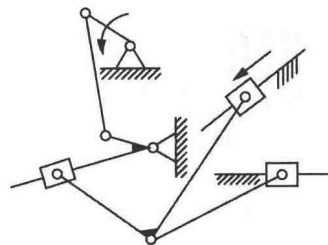


图 1-2-12 加药泵加药机构

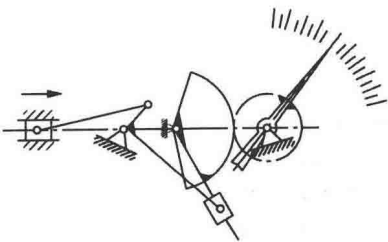


图 1-2-13 测量仪表机构

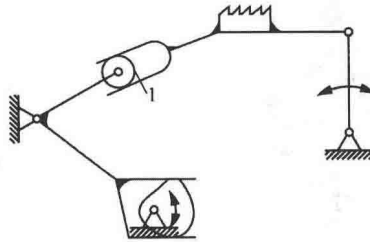


图 1-2-14 缝纫机送布机构

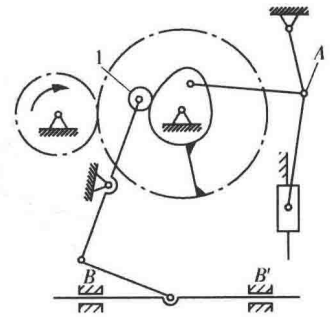


图 1-2-15 冲压机构

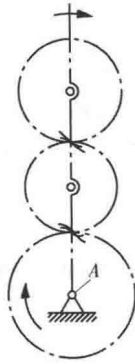


图 1-2-16 差动轮系

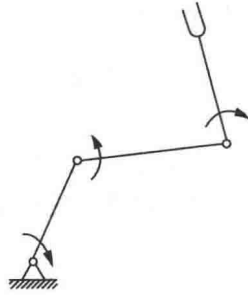


图 1-2-17 机械手

解: (1) 图 1-2-9 所示机构的自由度为

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

(2) 图 1-2-10 中, 滚子 1 有一个局部自由度, 则该机构的自由度为

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

(3) 图 1-2-11 中, 滚子 1 处有一个局部自由度, 则该机构的自由度为

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

(4) 图 1-2-12 所示机构的自由度为

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

(5) 图 1-2-13 所示机构的自由度为

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

(6) 图 1-2-14 中, 滚子 1 处有一个局部自由度, 则该机构的自由度为

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

(7) 图 1-2-15 中, 滚子 1 处有一个局部自由度, A 处为三个构件汇交的复合铰链, 移动副 B、B' 的其中之一为虚约束。则该机构的自由度为

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

(8) 图 1-2-16 中, A 处为机架、杆、齿轮三构件汇交的复合铰链。则该机构的自由度为

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

(9) 图 1-2-17 所示机构的自由度为

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

1-14 求出图 1-2-18 所示导杆机构的全部瞬心和构件 1、3 的角速比。

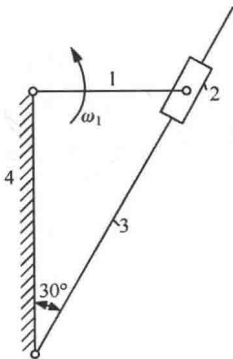


图 1-2-18 导杆机构

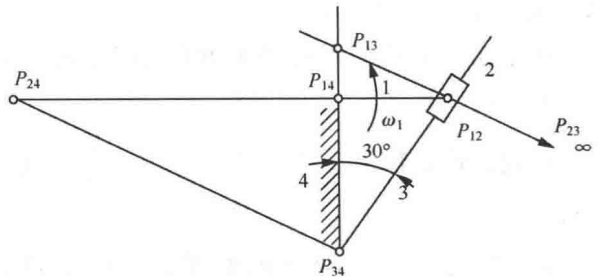


图 1-2-19

解：该导杆机构的全部瞬心如图 1-2-19 所示。

由 $\omega_1 \overline{P_{14}P_{13}} = \omega_3 \overline{P_{34}P_{13}}$ 可得，杆件 1、3 的角速比： $\frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{\overline{P_{34}P_{13}}}{\overline{P_{14}P_{13}}} = 4$ 。

1-15 求出图 1-2-20 所示正切机构的全部瞬心。设 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ ，求构件 3 的速度 v_3 。

解：该正切机构的全部瞬心如图 1-2-21 所示。

由 $\omega_1 \overline{P_{14}P_{13}} = v_3$ 可得，构件 3 的速度： $v_3 = \omega_1 \overline{P_{14}P_{13}} = 10 \times 200 = 2000 \text{ mm/s} = 2 \text{ m/s}$ ，方向垂直向上。

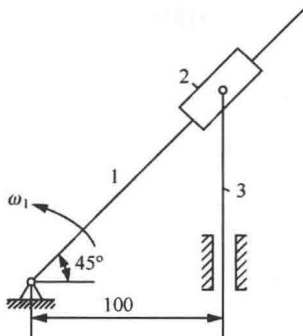


图 1-2-20 正切机构

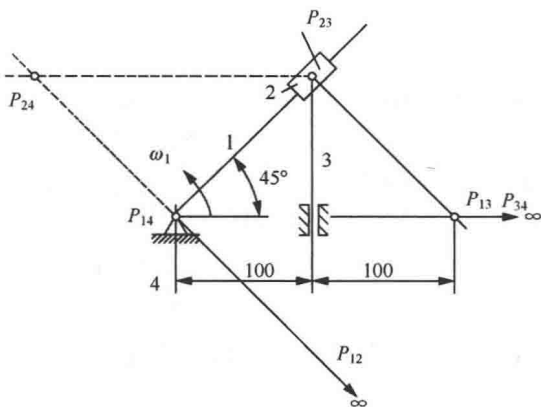


图 1-2-21

1-16 图 1-2-22 所示为摩擦行星传动机构，设行星轮 2 与构件 1、4 保持纯滚动接触，试用瞬心法求轮 1 与轮 2 的角速比 ω_1/ω_2 。

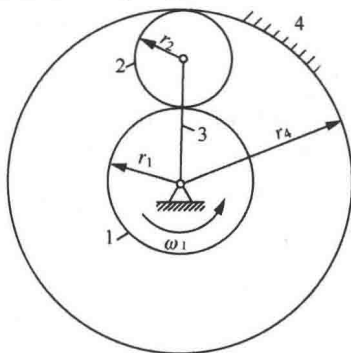


图 1-2-22 摩擦行星传动机构

解：确定轮 1、轮 2 和机架 4 三个构件的三个瞬心 P_{12} 、 P_{14} 、 P_{24} ，如图 1-2-23 所示。

由于在行星轮 2 和构件 1 的瞬心 P_{12} 处，有 $v_1 = -v_2$ ，即 $\omega_1 r_1 = -\omega_2 \cdot 2r_2$ 。

因此，轮 1 和轮 2 的角速比 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{2r_2}{r_1}$ ，轮 1 和轮 2 转向相反。

1-17 图 1-2-24 所示曲柄滑块机构，已知 $l_{AB} = 100 \text{ mm}$ ， $l_{BC} = 250 \text{ mm}$ ， $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ ，求机构全部瞬心、滑块速度 v_3 和连

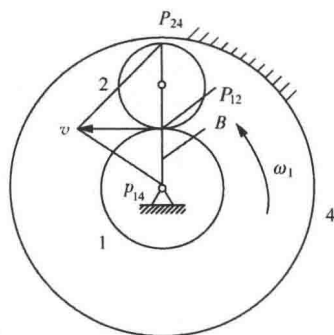


图 1-2-23

杆角速度 ω_2 。

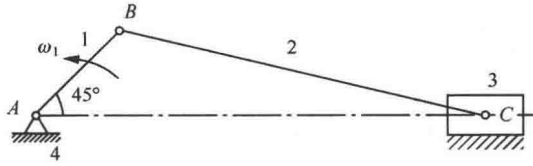


图 1-2-24 曲柄滑块机构

解：如图 1-2-25 所示，取比例尺 $\mu_l = 9\text{mm/mm}$ 。

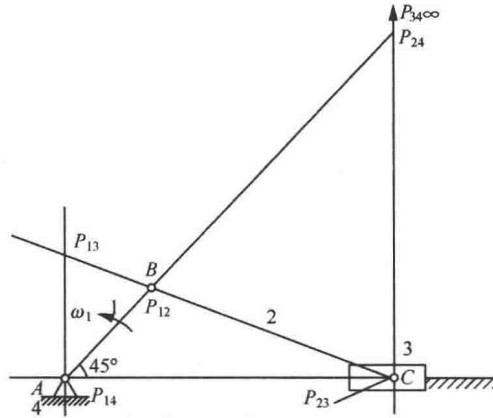


图 1-2-25

该机构全部瞬心为 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 、 P_{23} 、 P_{24} 、 P_{34} ，如图 1-2-25 所示。

滑块的速度： $v_3 = \omega_1 \overline{P_{14}P_{13}} \mu_l = 10 \times 10 \times 9 = 900\text{mm/s} = 0.9\text{m/s}$ 。

由 $\omega_1 \overline{P_{14}P_{12}} = \omega_2 \overline{P_{24}P_{12}}$ 得，连杆的角速度： $\omega_2 = \frac{\omega_1 \overline{P_{14}P_{12}}}{\overline{P_{24}P_{12}}} = 10 \times \frac{11.1}{120.7} = 0.92\text{rad/s}$ 。

1-18 图 1-2-26 所示平底摆动从动件凸轮机构，已知凸轮 1 为半径 $r = 20\text{mm}$ 的圆盘，圆盘中心 C 与凸轮回转中心的距离 $l_{AC} = 15\text{mm}$ ， $l_{AB} = 90\text{mm}$ ， $\omega_1 = 10\text{rad/s}$ ，求 $\theta = 0^\circ$ 和 $\theta = 180^\circ$ 时，从动件角速度 ω_2 的数值和方向。

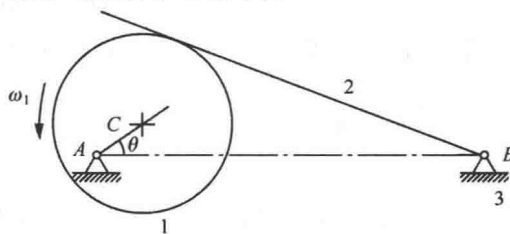


图 1-2-26 平底摆动从动件凸轮机构

解：如图 1-2-27(a) 所示， $\theta = 0^\circ$ 时，由 $\omega_1 \overline{P_{13}P_{12}} = \omega_2 \overline{P_{23}P_{12}}$ 可得，从动件的角速度：

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \overline{P_{13}P_{12}}}{\overline{P_{23}P_{12}}} = \frac{10 \times 15}{90 - 15} = 2\text{rad/s (顺时针)}。$$

如图 1-2-27(b) 所示， $\theta = 180^\circ$ 时，由 $\omega_1 \overline{P_{13}P_{12}} = \omega_2 \overline{P_{23}P_{12}}$ 可得，从动件的角速度：

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \overline{P_{13}P_{12}}}{\overline{P_{23}P_{12}}} = \frac{10 \times 15}{90 + 15} = 1.43\text{rad/s (逆时针)}。$$

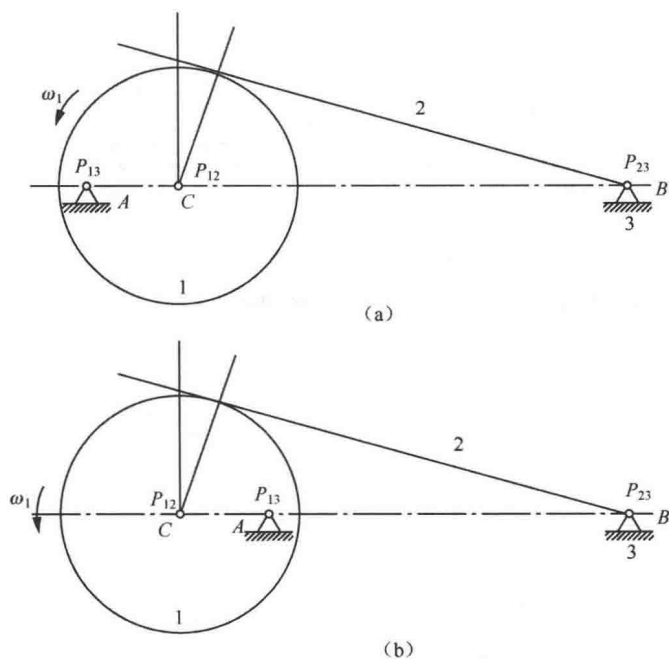


图 1-2-27

1.3 名校考研真题详解

一、填空题

1. 机构具有确定运动条件是：_____和_____。[厦门大学 2011 研]

【答案】运动链的自由度大于零；原动件的数目等于运动链的自由度数

【解析】常用自由度来表达机构运动是否具有确定性。自由度的计算公式为 $F = 3n - 2P_L - P_H$ 。当自由度 $F > 0$ 且等于原动件的个数时，其运动是惟一的。

2. 当两构件组成转动副时，其相对速度瞬心在_____处；组成移动副时，其瞬心在_____处；组成兼有滑动和滚动的高副时，其瞬心在_____处。[厦门大学 2011 研]

【答案】转动副的中心；移动副导路方向的垂线的无穷远；接触点的公法线

【解析】(1) 两构件组成转动副时，在转动副的中心位置的相对速度为 0，即转动副的中心是其瞬心；

(2) 当两构件组成移动副时，所有重合点的相对速度方向都平行于移动方向，其瞬心位于导路垂线的无穷远处；

(3) 当两构件组成滑动兼滚动的高副时，接触点的速度沿切线方向，其瞬心应位于过接触点的公法线上。

二、选择题

某平面机构共有 5 个低副，1 个高副，机构的自由度为 1，该机构具有()活动构件。[浙江大学 2006 研]

A. 0 个 B. 3 个 C. 4 个 D. 5 个

【答案】C

【解析】自由度计算公式为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3n - 2 \times 5 - 1 = 1$$

可得活动构件数目为 $n=4$ 。

三、判断题

1. 门与门框间通常有两个以上的铰链,这是复合铰链的典型例子。() [浙江大学 2005 研]

【答案】错

【解析】门与门框间的铰链不是复合铰链。复合铰链是指两个以上的构件在同一处以转动副相连接,而门和门框是两个构件,用铰链连接组成转动副。

2. 构件是机械中独立的制造单元。() [浙江大学 2005 研]

【答案】错

【解析】构件是机械中独立运动的单元,可以用来运动分析;零件是机械中独立制造的单元,可以用来强度计算。

3. 零件是机构中运动分析和强度计算的基本单元。() [浙江大学 2010 研]

【答案】错

【解析】构件是运动的单元,它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构,用来运动分析;零件是制造的单元,可以进行强度计算分析。

四、分析计算题

1. 计算图 1-3-1 机构的自由度。[厦门大学 2011 研]

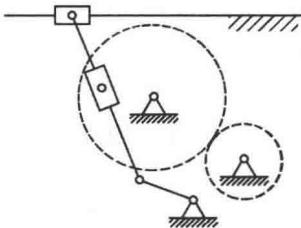


图 1-3-1

解: 图中共有六个活动杆件, 8 个低副(6 个转动副, 两个移动副), 在两齿轮相啮合处有一个高副。机构的自由度为

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

2. 计算图 1-3-2 所示的飞剪机构的自由度。[浙江大学 2010 研]

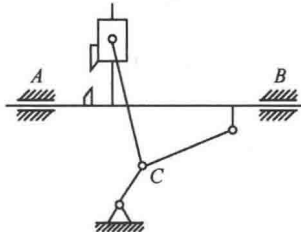


图 1-3-2

解: 此机构共有 5 个活动杆件, A 或 B 处有一个虚约束, C 处有一复合铰链, 共 7 个低副(5 个转动副, 两个移动副)。故机构的自由度为

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

3. 图 1-3-3 所示齿轮—连杆组合机构。已知齿轮 1 为主动件, 转向为顺时针; 齿轮 3 为从动件。

- (1) 求该机构的自由度(要求有具体计算过程);
- (2) 用瞬心法求机构在图示位置时的传动比 $i_{13} = \omega_1/\omega_3$ 和 $i_{15} = \omega_1/\omega_5$ (列出计算表达式即可);
- (3) 针对图示机构位置, 直接在图上将机构中的高副化为低副;
- (4) 另行画出机构所含各杆组, 并确定杆组的级别和机构的级别。[东南大学 2004 研]

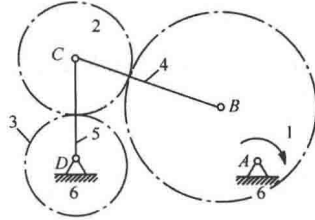


图 1-3-3

解: (1) 由图 1-3-3 可知, 该机构中 C 、 D 处均为复合铰链, 且活动构件数目 $n=5$, 代入公式可得自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1$$

(2) 根据三心定理可确定构件 1、3, 构件 1、5 的瞬心, 如图 1-3-4 所示, 其中 P_{25} 、 P_{45} 重合, 且位于转动中心 C 点; P_{35} 、 P_{56} 、 P_{36} 重合, 且位于转动中心 D 点。由瞬心性质有

$$i_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{P_{36}P_{13}}{P_{16}P_{13}}, \quad i_{15} = \frac{\omega_1}{\omega_5} = \frac{P_{56}P_{15}}{P_{16}P_{15}}$$

(3) 如图 1-3-4 所示, 将两高副用 C 、 G 、 D 三个低副代替。替代后低副机构为 AEF - CGD 及原 $ABCD$ 四杆机构。其中 AB 、 AE 同为构件 1, 上述机构变为 1、4、5、7、8、9、10、6 八杆机构。

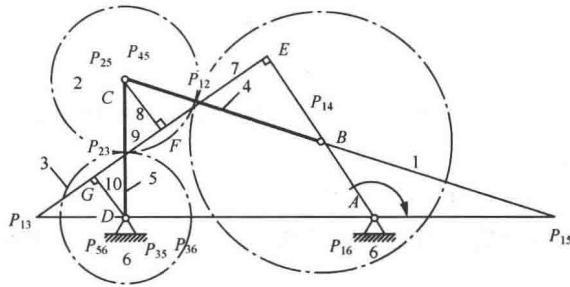


图 1-3-4

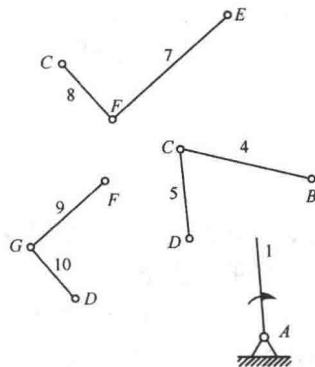


图 1-3-5