



圣才[®]考研网

www.100exam.com

【圣才考研】— 考研考博专业课辅导中国第一品牌

国内外经典教材辅导系列·理工类

孙桓 《机械原理》

(第7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

赠 140元大礼包

100元网授班 + 20元真题模考 + 20元圣才学习卡

详情登录: 圣才考研网 (www.100exam.com) 首页的【购书大礼包专区】,

刮开本书所贴防伪标的密码享受购书大礼包增值服务。

特别推荐: 孙桓《机械原理》名师讲堂, 圣才考研专业课辅导班【保录班、网授班、题库等】

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

孙桓《机械原理》(第7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

本书是孙桓《机械原理》(第7版)的学习辅导书。本书基本遵循第7版的章目编排,共分14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;第二部分是课(章)后习题详解,对第7版的所有习题都进行了详细的分析和解答;第三部分为考研真题详解,精选近年考研真题,并提供了详细的解答。

圣才考研网(www.100exam.com)提供全国所有高校各个专业的考研考博辅导班(保过班、面授班、网授班等)、孙桓《机械原理》等国内外经典教材名师讲堂(详细介绍参见本书前彩页)。购书享受大礼包增值服务[100元网授班+20元真题模考+20元圣才学习卡]。本书特别适用于参加研究生入学考试指定考研参考书目为孙桓《机械原理》的考生,也可供各大院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

孙桓《机械原理》(第7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,2012.3

(国内外经典教材辅导系列)

ISBN 978-7-5114-1453-3

I. ①孙… II. ①圣… III. ①机构学-高等学校-教学参考资料 IV. ①TH111

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第030827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

北京兴鹏印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本13.5印张4彩插319千字

2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷

定价:36.00元

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。

孙桓《机械原理》是我国高校采用较多的经典教材之一,也被众多高校(包括科研机构)指定为考研参考书目。作为该教材的学习辅导书,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。每章的复习笔记以孙桓《机械原理》为主,并结合国内外其他相关教材对各章的重难点进行了整理,因此,本书的内容几乎浓缩了经典教材的知识精华。

2. 解答课后习题,解析知识难点。本书以孙桓《机械原理》为基本依据,参考了该教材的国内外配套资料和其他教材的相关知识对该教材的课(章)后习题进行了详细的分析和解答,并对相关重要知识点进行了延伸和归纳。

3. 精选名校考研真题,提供详细答案。为了强化对重要知识点的理解,本书精选了名校近年考研真题,并提供了详细的解答。所选考研真题基本体现了各章的考点和难点,特别注重联系实际突显当前热点。

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,提供全国所有院校各个专业的考研考博辅导班(保过班、面授班、网授班等)、孙桓《机械原理》等经典教材名师讲堂、考研题库(在线考试)、全套资料(历年真题及答案、笔记讲义等)、考研教辅图书等。购书享受大礼包增值服务【100元网授班+20元真题模考+20元圣才学习卡】。

你想免费代理:圣才考研网的14万余份考研考博真题(含详解)、全国500余所院校专业课考研辅导课程和194种经典教材名师讲堂(课程和题库)吗?圣才考研网创业网站是中国第一家提供考研考博资源产品的教育“淘宝店”,一个完全属于自己的创业网站:自选网站名称、拥有独立后台、自己收费开课。(创业网站的详细介绍参见本书书前彩页,咨询电话:18001260136,咨询QQ:540421935)

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

《国内外经典教材辅导系列》

编 委 会

主编：圣才考研网(www.100exam.com)

编委：王 琳 刘会峨 邸亚辉 赵国会 傅芬贵
东方飞 冯汉方 黄骅港 公积发 封都亭
丰国云 刘一方 管贷方 飞山东 李于燕

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 复习笔记	(1)
1.2 课后习题详解	(1)
1.3 名校考研真题详解	(1)
第2章 机构的结构分析	(2)
2.1 复习笔记	(2)
2.2 课后习题详解	(4)
2.3 名校考研真题详解	(16)
第3章 平面机构的运动分析	(19)
3.1 复习笔记	(19)
3.2 课后习题详解	(20)
3.3 名校考研真题详解	(45)
第4章 平面机构的力分析	(49)
4.1 复习笔记	(49)
4.2 课后习题详解	(51)
4.3 名校考研真题详解	(66)
第5章 机械的效率和自锁	(69)
5.1 复习笔记	(69)
5.2 课后习题详解	(70)
5.3 名校考研真题详解	(77)
第6章 机械的平衡	(80)
6.1 复习笔记	(80)
6.2 课后习题详解	(81)
6.3 名校考研真题详解	(91)
第7章 机械的运转及其速度波动的调节	(94)
7.1 复习笔记	(94)
7.2 课后习题详解	(95)
7.3 名校考研真题详解	(102)
第8章 平面连杆机构及其设计	(106)
8.1 复习笔记	(106)
8.2 课后习题详解	(109)
8.3 名校考研真题详解	(125)

第9章 凸轮机构及其设计	(130)
9.1 复习笔记	(130)
9.2 课后习题详解	(133)
9.3 名校考研真题详解	(145)
第10章 齿轮机构及其设计	(148)
10.1 复习笔记	(148)
10.2 课后习题详解	(154)
10.3 名校考研真题详解	(168)
第11章 齿轮系及其设计	(173)
11.1 复习笔记	(173)
11.2 课后习题详解	(174)
11.3 名校考研真题详解	(183)
第12章 其他常用机构	(186)
12.1 复习笔记	(186)
12.2 课后习题详解	(188)
12.3 名校考研真题详解	(193)
第13章 工业机器人机构及其设计	(195)
13.1 复习笔记	(195)
13.2 课后习题详解	(196)
13.3 名校考研真题详解	(204)
第14章 机械系统的方案设计	(205)
14.1 复习笔记	(205)
14.2 课后习题详解	(206)
14.3 名校考研真题详解	(208)

第1章 绪论

1.1 复习笔记

1. 基本概念

机器是根据某种使用要求而设计的执行机械运动的装置，可用来变换或传递能量、物料和信息。

机构是一种各部分之间具有确定的相对运动的装置，可用来传递与变换运动和动力。

机器和机构统称为机械。

构件是指机械中的运动单元，能独立影响机械的功能，如连杆、车轮、滑块等。而零件是指机械中的制造单元，任何机械都由许多零件组合而成的。

2. 机械原理研究的内容

机械原理研究的是有关机器与机构的基本理论。其内容包括机构的结构分析，机构运动学与动力学，常用机构的分析与设计，机械系统的方案设计等。

3. 机器与机构的区别、构件与零件的区别

(1) 机器与机构的区别

机器与机构都是由一系列的运动单元体所组成的，且各运动单元体之间都具有确定的相对运动，但是机器可以转换机械能或完成有用的机械功以代替或减轻人们的劳动，而机构则不具备此特征。机器是由机构组成的，一部机器至少包含一种机构。

(2) 构件与零件的区别

构件是机械的运动单元，而零件是机械的制造单元；构件可以是单一的零件，也可以是几个零件的组合。

1.2 课后习题详解

本章无课后习题

1.3 名校考研真题详解

本章只是对整个课程的一个总体介绍，所以基本上没有学校的考研试题涉及到本章内容，读者简单了解即可，不必作为复习重点，因此，本部分也就没有选用考研真题。

第2章 机构的结构分析

2.1 复习笔记

一、机构组成的基本要素

1. 构件是指由一个或者多个零件刚性连接而成的独立的运动单元体，它是组成机构的基本要素之一。

2. 运动副是指由两个构件直接接触而组成的可动的连接。而把两构件上能够参加接触而构成运动副的表面称为运动副元素。

(1) 根据运动副引入的约束的数目可分为 I 级副、II 级副、III 级副、IV 级副和 V 级副。

(2) 根据构成运动副的两构件的接触情况的不同分为两类。

①高副：两构件通过单一点或线接触而构成的运动副；

②低副：通过面接触而构成的运动副。

(3) 根据构成运动副的两构件之间的相对运动的不同分为四类。

①转动副(或回转副)：相对运动为转动；

②移动副：相对运动为移动；

③螺旋副：相对运动为螺旋运动；

④球面副：相对运动为球面运动。

(4) 根据两构件之间的相对运动情况还可分为平面运动副和空间运动副。

3. 运动链是指构件通过运动副的连接而构成的可相对运动的系统。

在运动链中，如果将其中某一构件加以固定成为机架，则该运动链便成为机构。机构中按给定的运动规律独立运动的构件称为原动件，常在其上画转向箭头表示，而其余活动构件称为从动件。通常，机构可分为平面机构和空间机构两类。

二、机构运动简图

机构运动简图是指用规定的简单线条和符号代表构件，并将运动副用国家标准规定的代表符号画出，严格按选定比例尺绘制与原机械具有完全相同运动特性的，且能够准确表达机构运动特征的简单图形。

机构运动简图的绘制步骤如下：

(1) 根据运动传递的路线，确定组成机构的构件情况和运动副的类别、数目及相对位置情况；

(2) 根据机构的运动尺寸以及选定的比例尺，确定出各运动副的位置，画上相应的运动副符号；

(3) 用相应的符号代表构件，并将各运动副连接起来，最后标出构件数字代号、运动副的字母代号以及原动件的运动方向箭头。

三、机构具有确定运动的条件

自由度：机构具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目，常以 F 表示。

机构具有确定运动的条件：机构的原动件数目应等于机构的自由度数目。

当机构不满足这一条件时，如果机构的原动件数目小于机构的自由度，则机构的运动将不完全确定；如果原动件数大于机构自由度，则将导致机构中最薄弱环节的损坏。

四、平面机构自由度的计算

1. 计算公式

当各构件用运动副连接之后，设共有 p_l 个低副和 p_h 个高副，由于平面机构中每个自由构件具有三个自由度，低副提供两个约束，高副提供一个约束，故机构的自由度为

$$F = 3n - (2p_l + p_h)$$

式中， n 为机构中活动构件的数目（机架不是活动构件）。

2. 计算自由度时应注意的事项

(1) 正确计算运动副的数目

①两个以上的构件同在一处以转动副相连接，所构成的转动副称为复合铰链。在计算时，由 m 个构件组成的复合铰链，共有 $(m-1)$ 个转动副。

②如果两构件在多处接触而构成转动副，且转动轴线重合；或者在多处接触而构成移动副，且移动方向彼此平行；或者两构件构成平面高副，且各接触点处的公法线彼此重合，则均只能算作一个运动副（一个转动副、一个移动副或一个平面高副）。

③如果两构件在多处相接处所构成的平面高副，在各接触点处的公法线方向彼此不重合，就构成了复合高副，它相当于一个低副。

(2) 除去局部自由度

在有些机构中，某些构件所产生的局部运动不影响其他构件的运动，该局部运动的自由度称之为局部自由度。计算时应将其减去，设机构的局部自由度数目为 F' ，则机构的实际自由度为

$$F = 3n - (2p_l + p_h) - F'$$

局部自由度常常发生在滑动摩擦变为滚动摩擦时添加的滚子以及轴承中的滚珠等。

(3) 除去虚约束

在特定几何条件或结构条件下，某些运动副所引入的约束对机构的运动只起到重复约束作用，这种不起独立限制作用的重复约束称为虚约束。计算时应将其减去，设机构的虚约束数目为 p' ，则机构的实际自由度为

$$F = 3n - (2p_l + p_h - p')$$

虚约束常常发生的场合：

- ①两构件上某两点间的距离在运动过程中始终保持不变时；
- ②连接构件与被连接构件上连接点的轨迹重合时；
- ③机构中对运动不起作用的对称部分。

五、平面机构的组成原理、结构分类和结构分析

1. 组成原理

任何机构都可看作是由若干个基本杆组依次连接于原动件和机架上而构成的，这就是机构的组成原理。其中基本杆组是不能拆分的最简单的自由度为零的构件组。

应当注意：在杆组并接时，不能将同一杆组的各个外接运动副接于同一构件上，否则将起不到增加杆组的作用。

2. 结构分类

在同一机构中可以包含不同级别的基本杆组，把由最高级别为 II 级组的基本杆组构成的

机构称为Ⅱ级机构；把由最高级别为Ⅲ级组的基本杆组构成的机构称为Ⅲ级机构；而把只由机架和原动件构成的机构(如杠杆机构、斜面机构等)称为Ⅰ级机构。

3. 结构分析

为了解机构的组成，并确定机构的级别，首先应正确计算机机构的自由度并确定原动件，其次通过拆分杆组确定基本杆组的最高级别。

拆杆组时应遵循的原则：

- ①从传动关系离原动件最远的部分开始试拆；
- ②每拆除一个杆组后，机构的剩余部分仍应是一个完整的机构；
- ③试拆时，先按Ⅱ级杆组试拆，若无法拆除，再试拆高一级别的杆组。

应当注意：同一个机构，当原动件更换时，机构的组成和级别也有可能改变。

4. 平面机构中的高副低代

为便于对含有高副的平面机构进行分析，可以将机构中的高副根据一定的条件虚拟地以低副加以代替，这种将高副以低副来代替的方法称为高副低代。

代换前后应满足：①机构的自由度不变；②机构的瞬时运动不变。

代换方法：用一个虚拟构件分别与两高副构件在过接触点的曲率中心处以转动副相连。

应当注意：高副低代只便于对机构进行自由度计算、机构组成分析和机构运动分析，不能用于机构的力分析。

2.2 课后习题详解

2-1 何谓构件？何谓运动副及运动副元素？运动副是如何进行分类的？

解：参见本章复习笔记相关内容。

2-2 机构运动简图有何用处？它能表示出原机构哪些方面的特征？

解：机构运动简图通过对机构的组成和运动传递情况的表示，使得了解机构的组成和对机构进行运动和动力分析变得十分简便。

机构运动简图能够正确的表达出机构的组成构件和组成形式。

2-3 机构具有确定运动的条件是什么？当机构的原动件数少于或多于机构的自由度时，机构的运动将发生什么情况？

解：机构具有确定运动的条件：机构的原动件数目等于机构的自由度数目。

如果机构的原动件数目少于机构的自由度，机构的运动将不完全确定；如果原动件数目多于机构的自由度，将导致机构中最薄弱环节的损坏。

2-4 何谓最小阻力定律？试举出在机械工程中应用最小阻力定律的1、2个实例。

解：如果机构的原动件数目小于机构的自由度，机构的运动将不完全确定。这时机构的运动遵循最小阻力定律，即优先沿阻力最小的方向运动。例如，空调水系统冷热水循环泵的变转速运行即运用了最小阻力控制，它是根据空调冷热水循环系统中各空调设备的调节阀开度，控制冷热水循环泵的转速，使这些调节阀中至少有一个处于全开状态。

2-5 在计算平面机构的自由度时，应注意哪些事项？

解：参见本章复习笔记相关内容。

2-6 在图2-1所示的机构中，在铰链C、B、D处，被连

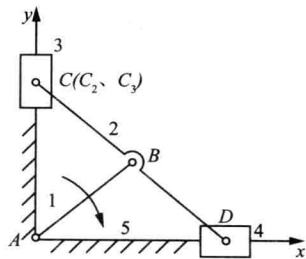


图2-1

接的两构件上连接点的轨迹都是重合的，那么能说该机构有三个虚约束吗？为什么？

解：不能。因为对铰链 C 、 B 、 D 中任何一点，被连接的两构件上连接点的轨迹重合是由其他两处制约作用的，所以只有一个虚约束。

2-7 何谓机构的组成原理？何谓基本杆组？它具有什么特性？如何确定基本杆组的级别及机构的级别？

解：机构的组成原理：任何机构都是可以看作是由若干个基本杆组依次连接于原动件和机架上而构成的。

基本杆组：不能再拆的最简单的自由度为零的构件组。

特性：自由度为零、不可再分。

杆组的级别的确定：杆组中包含有最多运动副的构件的运动副数目。

机构的级别的确定：机构中最高级别基本杆组的级别。

***2-8 为何要对平面高副机构进行“高副低代”？“高副低代”应满足的条件是什么？**

解：为了便于对含有高副的平面机构进行分析研究，需要对平面高副机构进行“高副低代”。

“高副低代”满足的条件：(1)代替前后机构的自由度完全相同；(2)代替前后机构的瞬时速度和瞬时加速度完全相同。

2-9 任选三个你身边已有的或能观察到的下列常用装置(或其他装置)，试画出其机构运动简图，并计算其自由度。(1)折叠桌或折叠椅；(2)酒瓶软木塞开盖器；(3)衣柜上的弹簧合页；(4)可调臂台灯机构；(5)剥线钳；(6)磁带式录音机功能键操纵机构；(7)洗衣机定时器机构；(8)轿车挡风玻璃雨刷机构；(9)公共汽车自动开闭门机构；(10)挖掘机械臂机构；……。

解：(1)如图 2-2(a)为公共汽车自动开闭门机构的运动简图。

该机构的自由度为： $F = 3n - 2p_1 - p_h = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ 。

(2)如图 2-2(b)为运动训练器的运动简图。

该机构的自由度为： $F = 3n - 2p_1 - p_h = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ 。

(3)如图 2-2(c)为缝纫机踏板机构的运动简图。

该机构的自由度为： $F = 3n - 2p_1 - p_h = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ 。

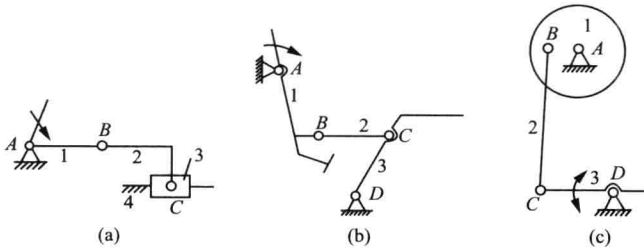


图 2-2

2-10 请说出你自己身上腿部的髋关节、膝关节和踝关节分别可视为何种运动副？试画出仿腿部机构的机构运动简图，并计算其自由度。

解：根据人体的身体结构和功能可知，髋关节和踝关节可视为球面副，膝关节可视为球销副。取连接大腿的身体部分为机架，仿腿部机构运动简图如图 2-3 所示。

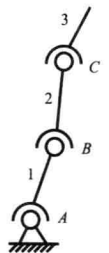


图 2-3

该机构的自由度为： $F = 6n - (4p_4 + 3p_3) = 6 \times 3 - (4 \times 1 + 3 \times 2) = 8$ 。

2-11 图 2-4 所示为一简易冲床的初拟设计方案。设计者的思路是：动力由齿轮 1 输入，使轴 A 连续回转；而固装在轴 A 上的凸轮 2 与杠杆 3 组成的凸轮机构，将使冲头 4 上下运动以达到冲压的目的。试绘出其机构运动简图，分析其是否能实现设计意图，并提出修改方案。

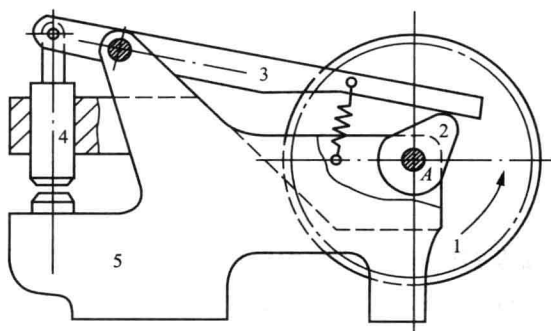


图 2-4

解：该机构的运动简图如图 2-5(a) 所示。

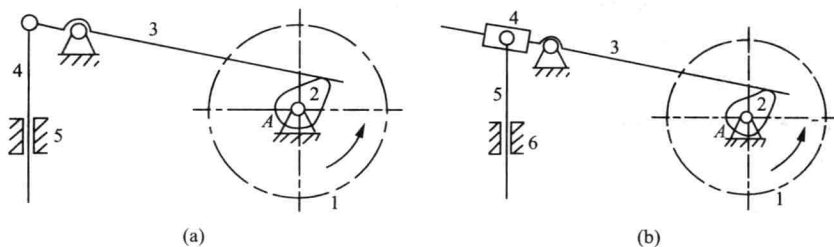


图 2-5

该机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 3 - (2 \times 4 + 1) = 0。$$

因此该机构不能实现设计意图，可以在构件 3、4 之间加一个滑块和一个移动副，改进后方案运动简图如图 2-5(b) 所示。

此时机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 4 - (2 \times 5 + 1) = 1。$$

2-12 图 2-6 所示为一小型压力机。图中齿轮 1 与偏心轮 1' 为同一构件，绕固定轴心 O 连续转动。在齿轮 5 上开有凸轮凹槽，摆杆 4 上的滚子 6 嵌在凹槽中，从而使摆杆 4 绕 C 轴上下摆动；同时，又通过偏心轮 1'、连杆 2、滑杆 3 使 C 轴上下移动；最后，通过在摆杆 4 的叉槽中的滑块 7 和铰链 G 使冲头 8 实现冲压运动。试绘制其机构运动简图，并计算其自由度。

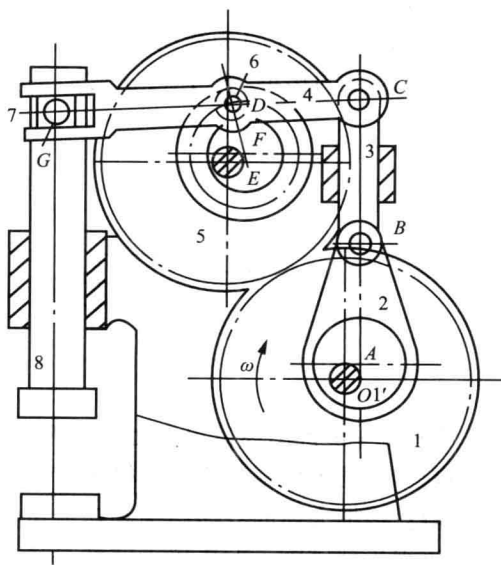


图 2-6

解：该机构的运动简图如图 2-7 所示。其中，机构局部自由度 $F' = 1$ ，则机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h) - F' = 3 \times 8 - (2 \times 10 + 2) - 1 = 1。$$

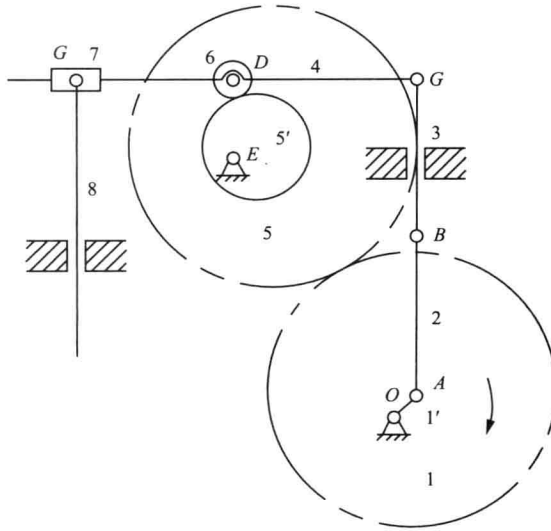


图 2-7

2-13 图 2-8 所示为一新型偏心轮滑阀式真空泵。其偏心轮 1 绕固定轴心 A 转动，与外环 2 固连在一起的滑阀 3 在可绕固定轴心 C 转动的圆柱 4 中滑动。当偏心轮 1 按图示方向连续回转时，可将设备中的空气吸入，并将空气从阀 5 中排出，从而形成真空。试绘制其机构运动简图，并计算其自由度。

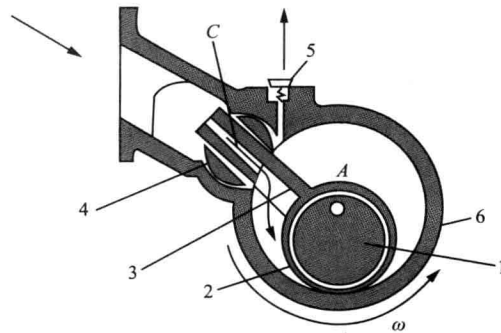


图 2-8

解：该机构的运动简图如图 2-9 所示。

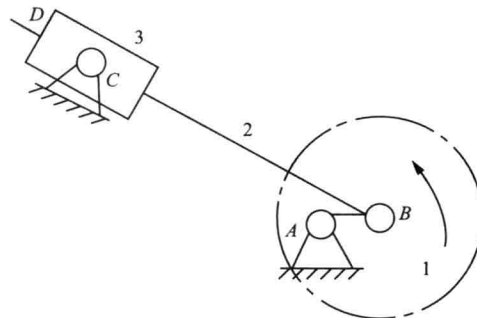


图 2-9

该机构的自由度为： $F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 3 - (2 \times 4 + 0) = 1$ 。

2-14 图 2-10 所示是为高位截肢的人所设计的一种假肢膝关节机构。该机构能保持人行走的稳定性。若以胫骨 1 为机架，试绘制其机构运动简图，计算其自由度，并作出大腿弯曲时的机构运动简图。

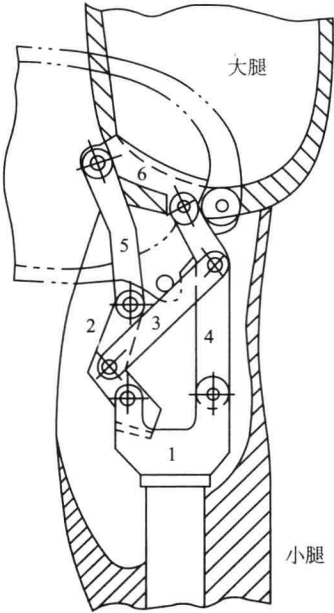


图 2-10

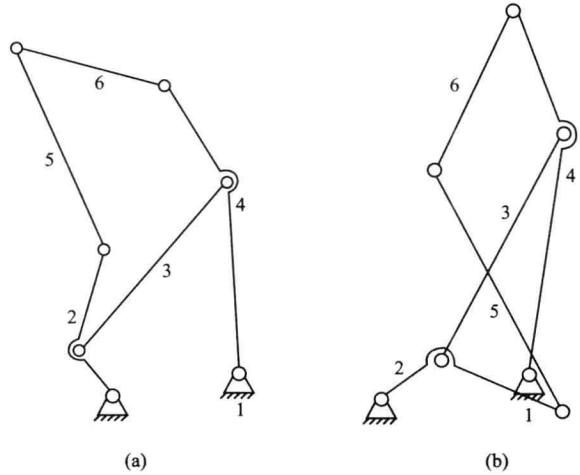


图 2-11

解：该机构的运动简图如图 2-11(a) 所示。

其自由度为： $F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 5 - (2 \times 7 + 0) = 1$

大腿弯曲 90° 时的机构运动简图如图 2-11(b) 所示。

2-15 试绘制图 2-12 所示机械手的机构运动简图，并计算其自由度。图 a 为仿食指的机械手机构；图 b 为夹持型机械手。

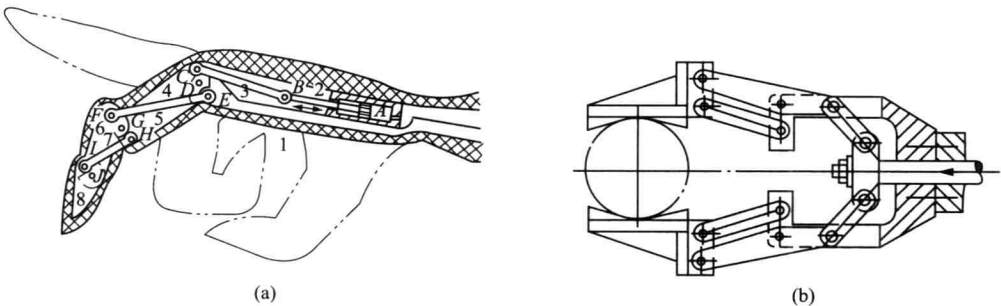


图 2-12

解：(a) 仿食指机械手的机构运动简图如图 2-13(a) 所示。

该机构自由度为： $F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 7 - (2 \times 10 + 0) = 1$ 。

(b) 夹持型机械手的机构运动简图如图 2-13(b) 所示。

该机构自由度为： $F = 3n - (2p_1 + p_h) = 3 \times 9 - (2 \times 13 + 0) = 1$ 。

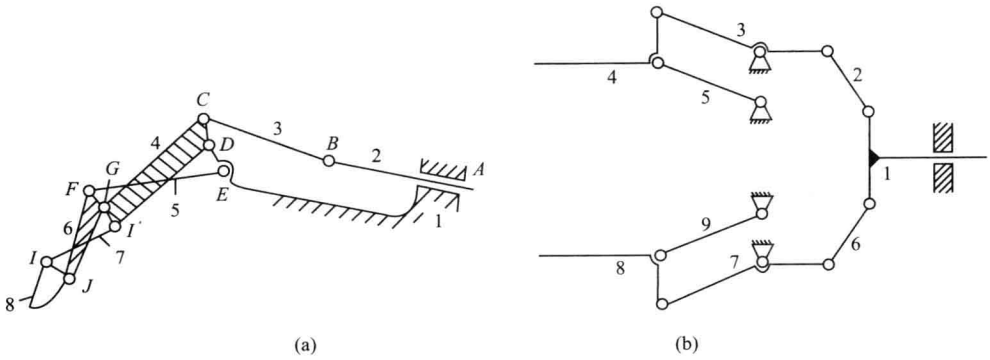


图 2-13

2-16 试计算图 2-14 所示各机构的自由度。图 a、d 为齿轮-连杆组合机构；图 b 为凸轮-连杆组合机构(图中 D 处为铰接在一起的两个滑块)；图 c 为一精压机构。并问在图 d 所示机构中，齿轮 3、5 和齿条 7 与齿轮 5 的啮合高副所提供的约束数目是否相同，为什么？

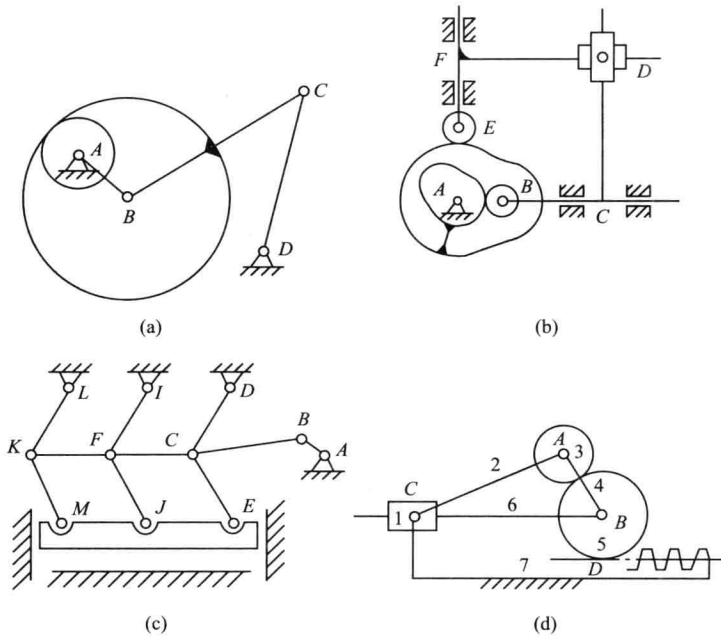


图 2-14

解：(a) A 处为复合铰链，因此机构自由度为：

$$F = 3n - (2p_l + p_h) = 3 \times 4 - (2 \times 5 + 1) = 1。$$

(b) B、E 两处的滚子为局部自由度，因此机构自由度为：

$$F = 3n - (2p_l + p_h - p') - F' = 3 \times 7 - (2 \times 8 + 2 - 0) - 2 = 1。$$

(c) 分析可知，该机构的运动通过 ABCDE 即可实现，其余部分为虚约束。因此去除虚约束部分后，该机构 $n = 5$ ， $p_l = 7$ ， $p_h = 0$ ，自由度为：

$$F = 3n - (2p_l + p_h) = 3 \times 5 - (2 \times 7 + 0) = 1。$$

(d) A、B、C 处均为复合铰链，因此机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_l + p_h) = 3 \times 6 - (2 \times 7 + 3) = 1。$$

齿轮 3、5 和齿条 7 与齿轮 5 的啮合高副所提供的约束数目不同，因为齿轮 3、5 啮合中心距不变，所以为一个高副，而齿条 7 与齿轮 5 中心距变化，在齿的两侧面保持接触，因此为两个高副。

2-17 图 2-15 所示为一汽车减振悬挂机构，该装置的输入是由从动轮传至连杆的。试说明该机构是否具有确定的运动。

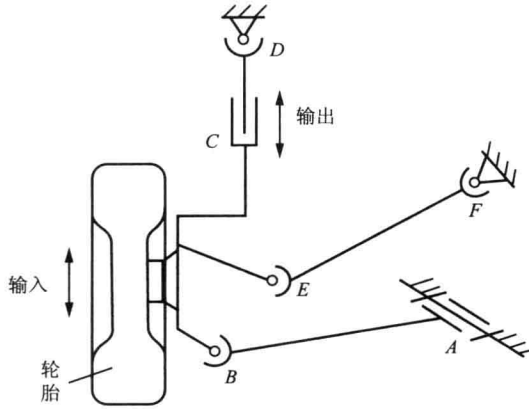


图 2-15

解：由该机构的运动简图可知，机构中 $n=5$ ， $p_5=5$ ， $p_4=1$ ， $p_3=4$ ，则其自由度为：

$$F = 6n - (5p_5 + 4p_4 + 3p_3) = 6 \times 5 - 5 \times 1 - 4 \times 1 - 3 \times 4 = 9$$

图示机构中原动件数目为 1，小于自由度 $F=9$ ，因此该机构不具有确定运动。

2-18 图 2-16 所示为一刹车机构。刹车时操作杆 1 向右拉，通过由构件 2、3、4、5、6 使两闸瓦刹住车轮。试计算机构的自由度，并就刹车过程说明此机构自由度的变化情况。

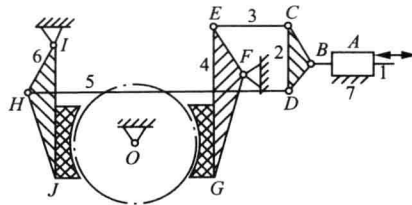


图 2-16

解：(1) 未刹车时， $n=6$ ， $p_1=8$ ，刹车机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h - p') - F' = 3 \times 6 - (2 \times 8 + 0 - 0) - 0 = 2。$$

(2) 两闸瓦 G、J 之一刹紧车轮时， $n=5$ ， $p_1=7$ ，刹车机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h + p') - F' = 3 \times 5 - (2 \times 7 + 0 - 0) - 0 = 1。$$

(3) 两闸瓦 G、J 同时刹紧车轮时， $n=4$ ， $p_1=6$ ，刹车机构的自由度为：

$$F = 3n - (2p_1 + p_h + p') - F' = 3 \times 4 - (2 \times 6 + 0 - 0) - 0 = 0。$$

2-19 图 2-17 所示为某水库升船机的大型安全制动器，其制动轮直径 $D=5\ 600\ \text{mm}$ ，制动力矩 $M_t=5\ 000\ \text{kN} \cdot \text{m}$ 。该机构是一个常闭式（在重力 G 的作用下）多自由度机构，在外力 F 的作用下解除制动。为使两制动瓦均能可靠地离开制动轮，设置了四个限位挡块 $T_1 \sim T_4$ 试计算该机构的自由度（计算时不考虑制动轮），并说明为什么该装置要用多自由度机构，其目的何在？