

面向“十二五”高等院校人才培养规划教材

J I X I E S H E J I J I C H U

机械设计基础

习题与学习指导

主 编 许 玠 沈晓玲



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容简介

本书为《机械设计基础》课程的教学用书，可作为机械类、机电类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。本书共分12章，主要内容包括：绪论、机械传动、轴系零件、机械零件、机械系统、机械控制、机械测试、机械故障诊断、机械可靠性设计、机械安全设计、机械环境设计、机械振动设计。本书可作为高等院校机械类、机电类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

机械设计基础习题与学习指导

主编 许 玢 沈晓玲

参编 钟礼东 涂 嘉 朱爱华

曹爱文 槐创锋

本书是根据《机械设计基础》课程的教学大纲，结合编者多年的教学经验和教材编写经验编写而成的。本书可作为高等院校机械类、机电类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。本书共分12章，主要内容包括：绪论、机械传动、轴系零件、机械零件、机械系统、机械控制、机械测试、机械故障诊断、机械可靠性设计、机械安全设计、机械环境设计、机械振动设计。本书可作为高等院校机械类、机电类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校机械类、机电类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

ISBN 978-7-309-09250-0
定价：21.00元

内容简介

本书为《机械设计基础》一书的配套用书,考虑到其他院校学生学习或考研的需要,内容有所扩展。

全书由17章组成,阐述了教材中各章的学习要求、重点与难点提示、精选例题分析,编制了习题和自测题,并给出了部分答案。另外附有课程实验指导以及模拟试卷,以方便教师备课和有利于读者自学。

本书可供相关专业本(专)科学生、考研人员学习参考,也可供有关教师和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础习题与学习指导/许玢,沈晓玲主编. —杭州:浙江大学出版社,2014.2

ISBN 978-7-308-12852-0

I. ①机… II. ①许… ②沈… 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(2014)第019797号

机械设计基础习题与学习指导

主编 许 玢 沈晓玲

责任编辑 邹小宁

文字编辑 吴琦骏

封面设计 王聪聪

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 浙江省良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.25

字 数 237千

版 次 2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12852-0

定 价 21.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

前言

本书与浙江大学出版社出版的高等院校 21 世纪规划教材《机械设计基础》(钟礼东,许玢主编)配套使用,章节顺序和内容体系与教材完全一致。

本书阐明了教材各章内容的学习要求;具体指出了各章的重点和难点,并相应作出总结归纳和深入分析,同时,提炼出学生在学习过程中容易出现的问题,并作了详细的分析;结合各章的重点和难点内容精选了一些典型例题进行解答,引导学生掌握正确的解题方法;各章后都配有适量的习题和自测练习题,为了使能够自己检查各章基本概念,大部分习题和自测题都给出参考答案;结合本课程教学大纲的要求,附了 4 个课内实验项目,供实验指导之用。

本书全部采用最新的标准和规范。

本书的编者均来自教学一线,具有丰富的教学经验,在深刻理解机械设计基础课程内容的基础上编写本书。

参加本书编写工作的有华东交通大学许玢、沈晓玲、钟礼东、涂嘉、朱爱华、曹爱文、槐创锋等。由许玢、沈晓玲担任主编。

鉴于编者的水平有限,书中错误和欠妥之处在所难免,殷切希望读者批评指正。对本书意见请寄:南昌华东交通大学机电学院机械设计教研室(邮编 330013)。

编者

2013 年 12 月

第 4 章 平面连杆机构

4.1 学习要求

4.2 重点与难点

4.3 精选例题分析

4.4 习题

4.5 自测题

目 录

第1章 绪论	1
1.1 学习要求	1
1.2 重点与难点	1
第2章 机械设计基础总论	2
2.1 学习要求	2
2.2 重点与难点	2
2.3 精选例题分析	4
2.4 习题	5
2.5 自测题	6
第3章 平面机构的自由度和运动分析	7
3.1 学习要求	7
3.2 重点与难点	7
3.3 精选例题分析	10
3.4 习题	11
3.5 自测题	13
第4章 平面连杆机构	15
4.1 学习要求	15
4.2 重点与难点	15
4.3 精选例题分析	17
4.4 习题	19
4.5 自测题	21

第5章 凸轮	24
5.1 学习要求	24
5.2 重点与难点	24
5.3 精选例题分析	27
5.4 习题	29
5.5 自测题	31
第6章 其他常用机构	33
6.1 学习要求	33
6.2 重点与难点	33
6.3 精选例题分析	33
6.4 习题	36
第7章 齿轮传动	38
7.1 学习要求	38
7.2 重点与难点	39
7.3 精选例题分析	43
7.4 习题	47
7.5 自测题	49
第8章 蜗杆传动	55
8.1 学习要求	55
8.2 重点与难点	55
8.3 精选例题分析	57
8.4 习题	61
8.5 自测题	62
第9章 轮系	66
9.1 学习要求	66
9.2 重点与难点	66
9.3 典型例题分析	67
9.4 习题	69
9.5 自测题	71

第10章 带传动与链传动	73
10.1 学习要求	73
10.2 重点与难点	73
10.3 精选例题分析	76
10.4 习题	77
10.5 自测题	78
第11章 螺纹连接	80
11.1 学习要求	80
11.2 重点与难点	80
11.3 精选例题分析	83
11.4 习题	84
11.5 自测题	86
第12章 轴毂连接	88
12.1 学习要求	88
12.2 重点与难点	88
12.3 精选例题分析	89
12.4 习题	90
12.5 自测题	90
第13章 轴	92
13.1 学习要求	92
13.2 重点与难点	92
13.3 精选例题分析	93
13.4 习题	96
13.5 自测题	98
第14章 轴承	101
14.1 学习要求	101
14.2 重点与难点	101
14.3 精选例题分析	105

14.4 习题	108
14.5 自测题	110
第 15 章 联轴器和离合器	112
15.1 学习要求	112
15.2 重点与难点	112
15.3 习题	113
15.4 自测题	113
第 16 章 弹簧	114
16.1 学习要求	114
16.2 重点与难点	114
16.3 精选例题分析	115
第 17 章 机械的调速与平衡	117
17.1 学习要求	117
17.2 重点与难点	117
17.3 精选例题分析	119
17.4 习题	121
17.5 自测题	122
附录 A 习题参考答案	124
附录 B 自测题参考答案	132
附录 C 实验	138
实验一 机构运动简图的测绘	138
实验二 带传动实验	141
实验三 液体动压滑动轴承实验	144
实验四 轴系结构设计及分析实验	148
附录 D 机械设计基础模拟试卷	151
参考文献	156

第1章 绪论

1.1 学习要求

1. 掌握机器和机构的特征。
2. 理解构件、零件和部件的区别。
3. 了解机器的组成。
4. 了解本课程的内容、性质和任务。

1.2 重点与难点

本章重点是：机器和机构的特征；构件、零件和部件的区别。

1. 机器具有以下三个共同的特征：

- (1) 它们都是一种人为的实物组合体。
- (2) 组成它们各部分之间都具有确定的相对运动。
- (3) 可用来完成有用的机械功(如机械手代替人的工作)或转换机械能(如内燃机将热能转换成机械能)或处理信息。

机构具备了机器的前两个特征。若撇开机器在做功和转换能量方面的功能,仅从结构和运动的观点来看,机器与机构并无区别,因此,习惯上把“机械”作为机器与机构的总称。

2. 构件是运动单元,零件是制造单元,而部件是一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合物。

(a) 外接触

(b) 内接触

图 2-2

14.4 习题	110
14.5 自测题	110

第15章 联轴器和离合器	112
--------------	-----

第2章 机械设计基础总论

15.1 本章学习要求	112
15.2 重点与难点	112
15.3 习题	113
15.4 自测题	113

2.1 学习要求

1. 了解机械零件设计的基本要求和设计步骤。
2. 掌握机械零件强度计算中载荷、应力的种类及相应的强度设计准则,能正确地进行强度计算。
3. 掌握接触强度、刚度。
4. 掌握机械零件磨损的主要类型、磨损曲线。
5. 了解机械制造常用材料及其选择原则。
6. 了解机构零件的工艺性和标准化。

2.2 重点与难点

1. 本章的重点是机械零件强度计算中载荷、应力的种类,接触强度的计算公式。
 - (1)机器在理想的平稳工作条件下作用在零件上的载荷称为名义载荷,它是根据名义功率用力学公式计算出作用在零件上的载荷。为考虑实际载荷随时间作用的不均匀性,载荷在零件上分布的不均匀性,以及其他因素的影响而得到的载荷称为计算载荷。
 - (2)按照名义载荷用力学公式求得的应力称为名义应力,按照计算载荷求得的应力称为计算应力。按照随时间变化的情况,应力可分为静应力和变应力。

不随时间变化的(或变化缓慢的)应力,称为静应力[见图2-1(a)]。静应力下工作的零件主要失效形式是断裂或塑性变形。因此,对于塑性材料,取材料的屈服极限 σ_s 作为极限应力;对于脆性材料,取材料的强度极限 σ_b 作为极限应力。

随时间变化的应力,称为变应力。具有周期性的变应力称为循环变应力,图2-1(b)所示为一般的非对称循环变应力,图中的 T 为应力循环周期。图2-1(c)为对称循环变应力;图2-1(d)为脉动循环变应力。在变应力下工作的零件主要失效形式是疲劳断裂。

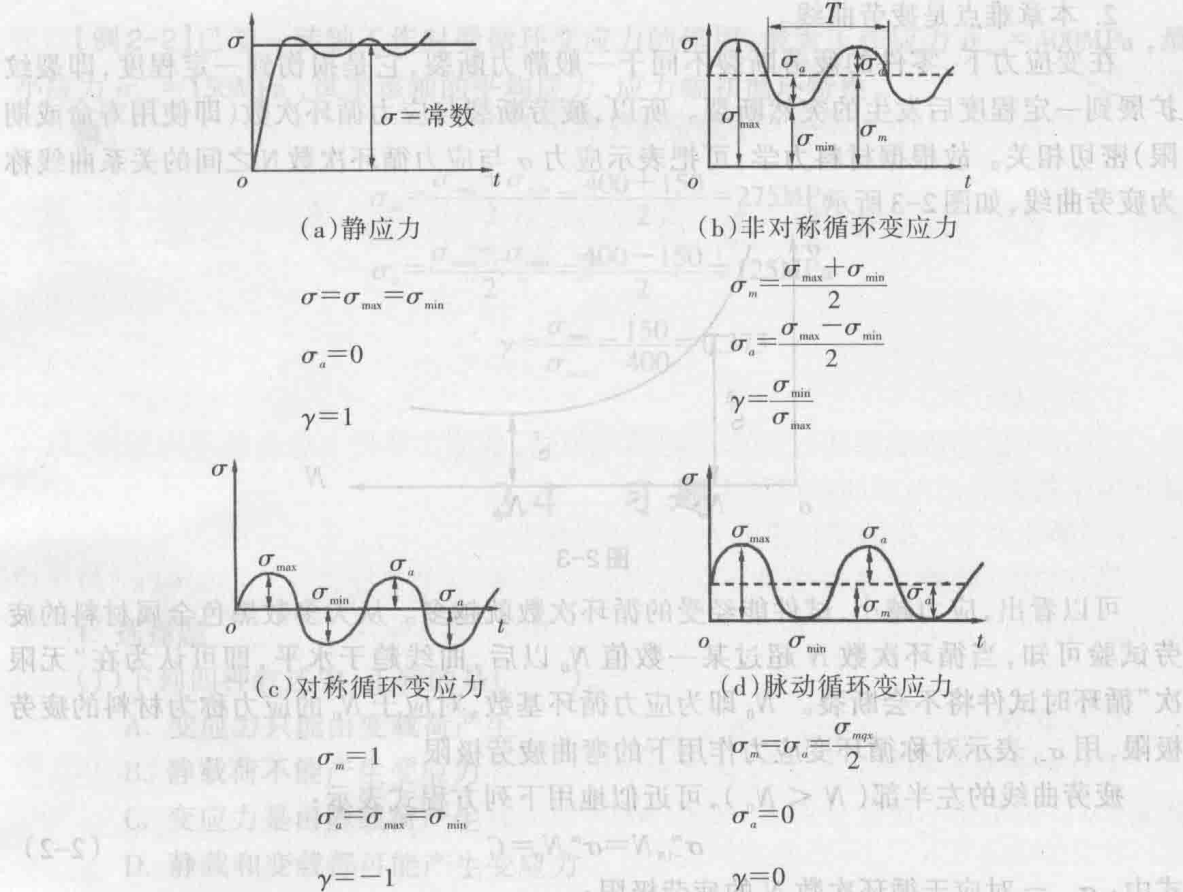


图 2-1

(3)理论上点接触或线接触的两个零件,当有载荷作用时,由于局部变形使接触处形成小的接触区,在面积很小的接触区表层产生很大的应力,称为接触应力。接触应力(见图 2-2)的计算是一个弹性力学问题。对于线接触弹性力学给出的计算公式为

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_n}{\pi b} \cdot \frac{\frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}}} \tag{2-1}$$

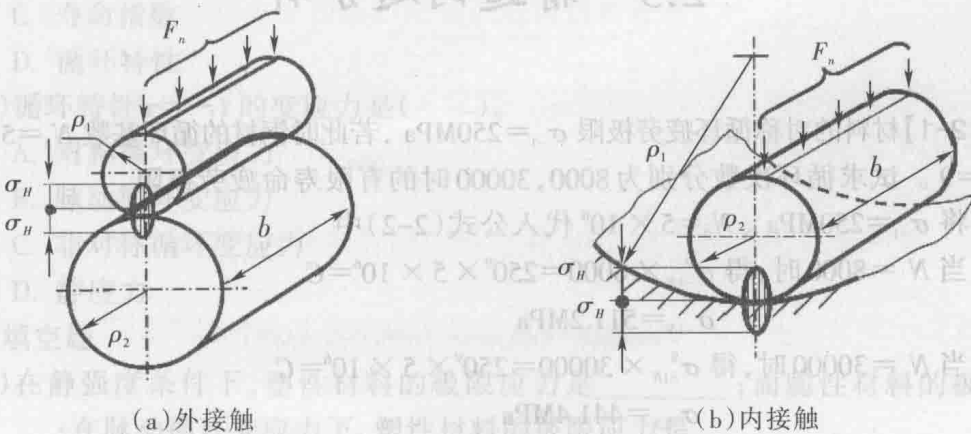


图 2-2

2. 本章难点是疲劳曲线。

在变应力下,零件的疲劳断裂不同于一般静力断裂,它是损伤到一定程度,即裂纹扩展到一定程度后发生的突然断裂。所以,疲劳断裂与应力循环次数(即使用寿命或期限)密切相关。故根据材料力学,可把表示应力 σ 与应力循环次数 N 之间的关系曲线称为疲劳曲线,如图 2-3 所示。

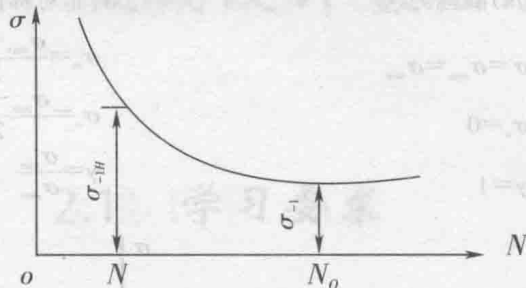


图 2-3

可以看出,应力越小,试件能经受的循环次数就越多。从大多数黑色金属材料的疲劳试验可知,当循环次数 N 超过某一数值 N_0 以后,曲线趋于水平,即可认为在“无限次”循环时试件将不会断裂。 N_0 即为应力循环基数,对应于 N_0 的应力称为材料的疲劳极限,用 σ_{-1} 表示对称循环变应力作用下的弯曲疲劳极限。

疲劳曲线的左半部 ($N < N_0$), 可近似地用下列方程式表示:

$$\sigma_{-1N}^m N = \sigma_{-1}^m N_0 = C \quad (2-2)$$

式中: σ_{-1N} —对应于循环次数 N 的疲劳极限;

C —常数;

m —随应力状态而不同的幂指数,例如弯曲时 $m=9$ 。

从式(2-2)求得对应于循环次数 N 的弯曲疲劳极限

$$\sigma_{-1N} = \sigma_{-1} \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} \quad (2-3)$$

2.3 精选例题分析

【例 2-1】材料的对称循环疲劳极限 $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$, 若此时钢材的循环基数 $N_0=5 \times 10^6$, 指数 $m=9$ 。试求循环次数分别为 8000, 30000 时的有限寿命疲劳极限。

解: 将 $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$ 、 $N_0=5 \times 10^6$ 代入公式(2-2)中

当 $N=8000$ 时, 得 $\sigma_{-1N}^9 \times 8000 = 250^9 \times 5 \times 10^6 = C$

$$\sigma_{-1N} = 511.2\text{MPa}$$

当 $N=30000$ 时, 得 $\sigma_{-1N}^9 \times 30000 = 250^9 \times 5 \times 10^6 = C$

$$\sigma_{-1N} = 441.4\text{MPa}$$

【例2-2】已知一转轴工作时受循环变应力的作用,最大工作应力 $\sigma_{\max}=400\text{MPa}$,最小应力 $\sigma_{\min}=150\text{MPa}$,试求该轴的平均应力、应力幅和循环特性。

解:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{400 + 150}{2} = 275\text{MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{400 - 150}{2} = 125\text{MPa}$$

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{150}{400} = 0.375$$

2.4 习题

1. 选择题

(1)下列四种叙述中,正确的是()。

- A. 变应力只能由变载荷产生
- B. 静载荷不能产生变应力
- C. 变应力是由静载荷产生
- D. 静载和变载都可能产生变应力

(2)在进行疲劳强度计算时,其极限应力应为材料的()。

- A. 屈服极限
- B. 疲劳极限
- C. 强度极限
- D. 弹性极限

(3)在有限寿命疲劳极限 σ_{rN} 中, N 表示寿命计算的()。

- A. 循环次数
- B. 循环基数
- C. 寿命指数
- D. 循环特性

(4)循环特性 $r=-1$ 的变应力是()。

- A. 对称循环变应力
- B. 脉动循环变应力
- C. 非对称循环变应力
- D. 静应力

2. 填空题

(1)在静强度条件下,塑性材料的极限应力是_____;而脆性材料的极限应力是_____;在脉动循环变应力下,塑性材料的极限应力是_____。

量, (2)一个零件的磨损过程大致可分为三个阶段,即____、____和剧烈磨损阶段。

(3)机械零件由于某种原因不能正常工作时称为_____。

2.5 自测题

1. 填空题

(1)为考虑实际载荷随时间作用的不均匀性,载荷在零件上分布的不均匀性,以及其他因素的影响而得到的载荷称为_____。

(2)静应力下工作的零件主要失效形式是断裂或_____。

(3)已知一转轴工作时受循环变应力的作用,最大工作应力 $\sigma_{\max}=400\text{MPa}$, 最小应力 $\sigma_{\min}=0\text{MPa}$, 该轴的平均应力为_____MPa、应力幅是_____和循环特性为_____。

2. 计算题

某材料的对称循环疲劳极限 $\sigma_{-1}=450\text{MPa}$, 若此时钢材的循环基数 $N_0=5 \times 10^6$, 指数 $m=9$ 。试求循环次数分别为 10000, 30000 时的有限寿命疲劳极限。

2.3 精选例题分析

【例 2-1】材料的对称循环疲劳极限 $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$, 若此时钢材的循环基数 $N_0=5 \times 10^6$, 指数 $m=9$ 。试求循环次数分别为 1000, 30000 时的有限寿命疲劳极限。

解: 将 $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$, $N_0=5 \times 10^6$ 代入公式 (2-2) 中
当 $N=1000$ 时, 得 $\sigma_{-1}^m \times 1000 = 250^m \times 5 \times 10^6$
 $\sigma_{-1} = 511.2\text{MPa}$

当 $N=30000$ 时, 得 $\sigma_{-1}^m \times 30000 = 250^m \times 5 \times 10^6$
 $\sigma_{-1} = 171.2\text{MPa}$

3. 平面机构自由度的计算

平面机构的自由度和运动分析

平面机构的自由度计算是机构设计的基础，也是机构运动分析的前提。在计算自由度时，必须注意以下几点：①机构中的活动构件数；②机构中的低副数；③机构中的高副数；④机构中的虚约束数。只有正确识别这些因素，才能准确地计算出机构的自由度。

第3章 平面机构的自由度和运动分析

在计算自由度时，必须注意以下几点：①机构中的活动构件数；②机构中的低副数；③机构中的高副数；④机构中的虚约束数。只有正确识别这些因素，才能准确地计算出机构的自由度。

3.1 学习要求

与机构组成的复合铰链容易忽略，要注意识别。在计算自由度时，必须注意以下几点：①机构中的活动构件数；②机构中的低副数；③机构中的高副数；④机构中的虚约束数。

1. 了解平面机构的基本概念。
2. 掌握运动副的概念和分类。
3. 掌握机构运动简图的绘制方法。
4. 熟练掌握平面机构自由度的计算方法，能准确识别机构中的复合铰链、局部自由度和虚约束。
5. 掌握机构具有确定运动的条件。
6. 了解速度瞬心的概念。

3.2 重点与难点

本章是学习各种机构设计的基础，重点是运动副、构件的概念；读懂和绘制平面机构运动简图；平面机构自由度的计算。本章的难点是平面机构运动简图的绘制；计算自由度时复合铰链、局部自由度和虚约束的正确识别和处理。

1. 几个基本概念

运动副——两个构件直接接触而又能有一定相对运动的连接称为运动副。

所以，运动副具有三个特征：①由两构件组成；②两构件直接接触；③两构件之间可以相对运动。

低副——两构件之间通过面接触组成的运动副，分为移动副和转动副。每个低副产生两个约束。

高副——两构件之间通过点或线接触组成的运动副。每个高副产生一个约束。

通常，虚约束问题的处理方法是：

通常，虚约束问题的处理方法是：

2. 平面机构运动简图的绘制

机构运动简图是机构设计者表达设计思想的一种手段,是对机构进行运动分析和动力学分析的一个重要工具。因此,要求准确表达出机构的组成和运动特性,绘制机构运动简图的一般步骤如下:

- (1)分析机构的组成和构件的运动情况,确定构件的数目,并进一步明确其中的机架、原动件和从动件。
- (2)从原动件开始,按照运动的传递顺序,分析各相互连接构件之间相对运动的性质,确定运动副的类型和数目。
- (3)选择适当的视图平面和适当的机构运动瞬时位置。通常选择与各构件运动平面平行的平面作为绘制机构运动简图的投影面,本着将运动关系表达清楚的原则,把原动件定在某一位置,作为绘图的起点。

(4)选择适当的比例尺[比例尺 $\mu_l = \text{实际尺寸(m)}/\text{图示尺寸(mm)}$],定出各运动副之间的相对位置,用上述规定的符号,从原动件开始依次绘制机构运动简图。

在具体画图时要注意以下事项:

- ①转动副中心位置的确定:两构件之间为面接触且相对转动时,构件是用转动副连接的,代表转动副的小圆圆心必须与构件的相对转动中心重合。
- ②移动副导路位置的确定:两构件相对移动时,代表移动副的滑块,其导路的方向必须与相对移动的方向一致,在不改变机构中其他运动副位置的前提下,导路的位置可以平移。如图3-1所示,两图的运动关系完全相同。

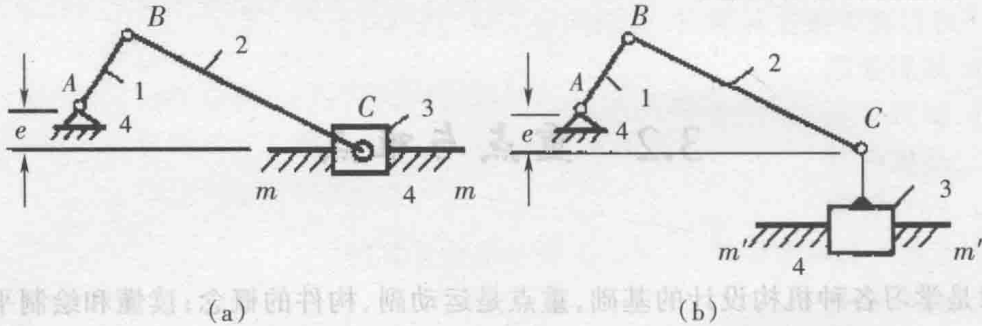


图3-1

③构件的表达要简单,构件的形状不需表达;若同一轴上安装若干零件且各零件之间无相对运动时,应视为同一构件,可以用焊接符号或用相同的编号来表示。如图3-2所示。

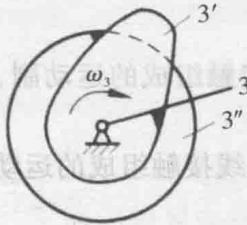


图3-2

3. 平面机构自由度的计算

平面机构自由度的计算公式为:

$$F=3n-(2P_L+P_H)$$

式中: n —机构中的活动构件数;

p_L —机构中的低副数;

P_H —机构中的高副数。

在利用上述公式计算机构自由度时,正确确定活动构件数、运动副的类型和数量特别重要,故应注意下列三方面的问题:

(1) 正确计算运动副的数目。

①两个以上的构件在同一处以转动副相连接,则构成复合铰链。由多个转动构件与机架构成的复合铰链容易被忽略,要特别注意。 m 个构件以复合铰链相连接时,构成转动副的数目为 $(m-1)$ 个。图3-3所示为复合铰链的多种形式。

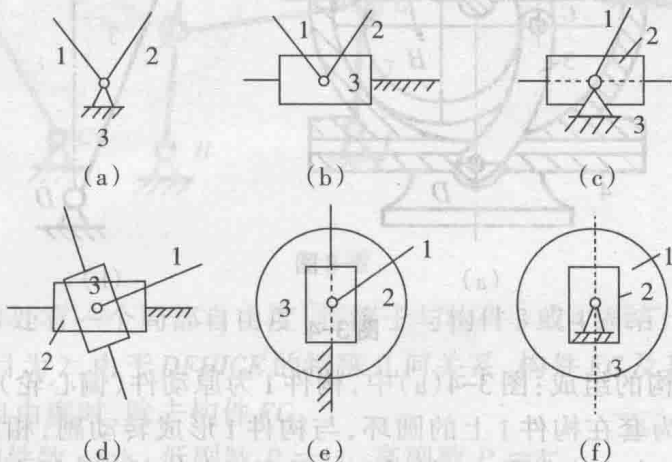


图3-3

②两构件间形成多个导路平行或重合的移动副,只能算一个移动副;两构件在多处相配合而构成转动副,且转动轴线重合,也只能算一个转动副;如果两构件在多处相接触而构成平面高副,而各接触点处的公法线重合,则只能算一个平面高副。

(2) 除去局部自由度。

机构中某些构件的局部运动并不影响其他构件的运动,这种自由度称为局部自由度。计算自由度时,可将产生局部运动的构件和与其相连接的构件视为一个构件(焊接在一起),以达到去除局部自由度的目的。

(3) 除去虚约束。

虚约束是机构中与其他约束重复而不起限制运动作用的约束。虚约束一般出现在特定的几何条件下,具体情况较为复杂,需要仔细分析加以判断。在平面机构中虚约束常出现在以下场合:①两构件组成若干运动副(移动副、转动副、平面高副);②机构结构对称;③机构含平行四边形结构。

通常,虚约束问题的处理方法是: