

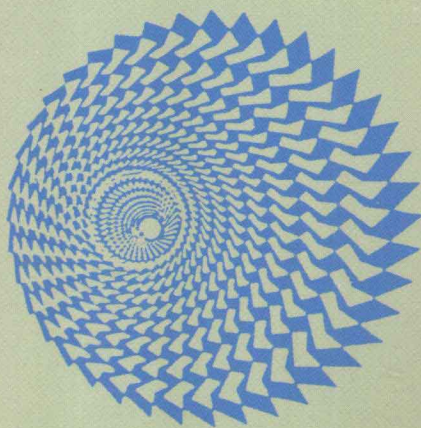


中央广播电视大学教材

机械原理学习指导

JIXIE YUANLI

高松海 申永胜 编



中央广播电视大学出版社

机械原理学习指导

高松海 申永胜 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械原理学习指导/高松海、申永胜编. —北京:中央广播电视大学出版社,1995.10

ISBN 978-7-304-00843-7

I. 机… II. ①高… ②申… III. 机械学-电视大学-教学参考资料 IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 21425 号

机械原理学习指导

高松海 申永胜 编

出版·发行:中央广播电视大学出版社

电话:发行部:010-58840200 总编室:010-68182524

网址:<http://www.crtvup.com.cn>

地址:北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编:100039

经销:新华书店北京发行所

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

印数:16301~18300

版本:1995 年 10 月第 1 版

2007 年 7 月第 7 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:12.25 字数:303 千字

书号:ISBN 978-7-304-00843-7

定价:14.10 元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

前 言

本书是广播电视大学机械工程类各专业机械原理课程的辅导教材。

本书的宗旨是:根据中央广播电视大学 1990 年 11 月审定的机械原理教学大纲,详细阐明本课程的教学要求,具体指出各章节的重点和难点以及学习时容易出现的问题和错误;通过若干典型例题和复习思考题,帮助学生巩固所学的知识,掌握正确的解题思路和解题方法,并提供解题规范;通过若干自我测验题,使学生能自己检查对基本内容掌握的程度,发现自身学习的弱点,以利于自学。

本书是依据主教材《机械原理》(张世民主编、张启先主审,中央广播电视大学出版社,1993 年 10 月版)编写的。对主教材(在本书中简称“教材”)中已讲述过的内容和插图,在本书中尽量避免重复。故本书应与主教材配套使用。

本书可作为辅导教师贯彻本课程的教学要求和组织辅导课的依据,同时作为学生学习本课程的主要参考书。书后附有《机械原理实验指导书》以及本课程的教学大纲和教学进度表。另外,还附有两套试题及答案,以供参考。

本书第四、六、七、八、十一和十二章由申永胜教授编写,其余部分由高松海副教授编写。书中倘有误漏欠妥之处,恳望读者批评指正。

编 者

1995 年 5 月

目 录

第一章	机构的结构分析.....	(1)
第二章	机械中的摩擦和机械效率.....	(14)
第三章	平面连杆机构的运动分析和设计.....	(28)
第四章	凸轮机构的分析和设计.....	(57)
第五章	齿轮的啮合原理和几何设计.....	(74)
第六章	轮系及其设计.....	(107)
第七章	其他常用机构.....	(122)
第八章	机构的组合及机械总体方案设计.....	(126)
第九章	机组的运动和速度波动的调节.....	(130)
第十章	机械的平衡.....	(141)
第十一章	计算机在机构分析与综合中的应用.....	(146)
第十二章	机器人机构学简介.....	(148)
	自我测验题参考答案.....	(150)
	机械原理试题及答案.....	(159)
	机械原理课程教学大纲.....	(171)
	《机械原理》教学进度表.....	(175)
	机械原理实验指导书.....	(178)

第一章 机构的结构分析

一、内 容 提 要

- (一)平面机构的运动简图。
- (二)平面机构的自由度。
- (三)平面机构的组成原理。

二、本 章 重 点

机构分为平面机构和空间机构两类。根据教学大纲,本课程只讨论平面机构。其重点内容如下:

(一) 名词和概念

1. 机器和机构

机械原理是“机构和机器原理”的简称。而“机械”一词则是机构和机器的总称。搞清“机构”和“机器”这两个名词的区别和联系,是从事机械工程专业工作的人员应该具备的常识。

机器的三个特征在教材中已有论述,这是一个传统的定义。随着近代科学技术的发展,机器的定义也随之有了相应的扩展。有些现代机器已具备了自动调节和自动控制功能,引入了气体、液力和磁力传动,并具有信息处理和传输功能乃至人工智能功能,例如:数控机床、仿生机械和各种类型的机器人等等。

机构只具有机器的前两个特征。从机构学的角度来看,“各个运动实体之间具有确定的相对运动”这一特征是最关键的。各个运动实体(构件)之间没有相对运动或者相对运动不确定者,均不能称之为机构。

2. 零件和构件

零件是加工制造的单元,而构件则是作为一个整体参与运动的单元。一个构件可以包括一个或者若干个零件。

机械原理以构件作为研究对象,并将构件视为刚体(不考虑变形),而且往往不考虑构件本身的材料、形状和截面尺寸。这一特点与理论力学课程相似。

3. 运动副

两个构件直接接触而形成的一种可动联接称为运动副。此定义包含有三层意思:

(1) 两个构件——所谓“副”是“成对”的意思,只有两个构件才能构成一个运动副。一个构件不存在运动副;两个以上的构件,则构成多个运动副(例如:复合铰链)。

(2) 直接接触——两个构件只有直接接触才能成“副”。由于直接接触,使构件的某些独立运动受到限制,两构件之间的相对运动自由度便随之减少。对构件的独立运动所加的限制称为约束。一旦脱离接触,约束即不复存在,则它们所构成的运动副亦随之消失。

(3)能产生一定形式的相对运动——直接接触的两个构件之间要能产生一定形式的相对运动,形成可动的联接,才能叫做“运动副”。若两构件之间形成的是不能产生相对运动的“死”联接,则二者合成为一个构件,它们之间也就将不存在运动副。这一点在处理含有局部自由度的运动链的自由度数计算时很重要。

搞清上述三层意思,有助于深刻理解运动副的定义。在计算运动链自由度数时可能出现的错误中,大多与对上述三层意思理解得不透有关。

在平面机构中,运动副分为高副和低副(转动副、移动副)两类。它们所约束掉的自由度的数目和内容是不相同的。

4. 运动链

两个以上的构件,通过运动副联接所构成的系统称为运动链。首尾相接构成一个封闭系统的称为**闭式运动链**,首尾不相接的系统称为**开式运动链**。本课程讨论的对象以闭式运动链为主,而在第十二章则主要讨论开式运动链。

5. 机架、原动件和从动件

运动链中某一固定的(或相对固定的)构件称为机架。

运动链中一个或几个作独立运动的构件称为原动件(或主动件)。在机构运动简图中,通常用箭头标明原动件的运动方向。

运动链中除了机架和原动件以外的其余构件均称为从动件。

机架、原动件、从动件和运动副,是组成机构的四大要素。

(二) 平面机构的运动简图

机构运动简图是一种用简单的线条和符号来表示的工程图形语言,它应能表明机构的类型、各构件相互传动的路线、运动副的种类和数目、构件的数目以及各运动副之间的尺寸等。通过学习教材 § 1-3 和〈实验一〉,学生应掌握绘制平面机构运动简图的基本方法,具有阅读机构运动简图的能力,并在以后各章的学习中逐渐熟练掌握这一工程语言。

在绘制和使用机构运动简图时,应注意以下几点:

(1) 熟记常用运动副的符号和表示方法。机构运动简图与工程图纸(装配图)不同,不要把机械制图中的一些画法照搬到机构运动简图中来。

(2) 在机构运动简图中,主要标出各运动副的位置及与运动有关的尺寸,运动副之间的连线即表示构件,一般不考虑构件本身的形状和截面尺寸。例如:一个定轴转动的构件,既可以用图 Z1-1(a)表示,也可以用图 Z1-1(b)表示,且在必要时也可以将它向所需要的地方扩大,如图 Z1-1(c)所示(参看教材中的图 3-8、图 3-9)。这三种表示方法在本质上

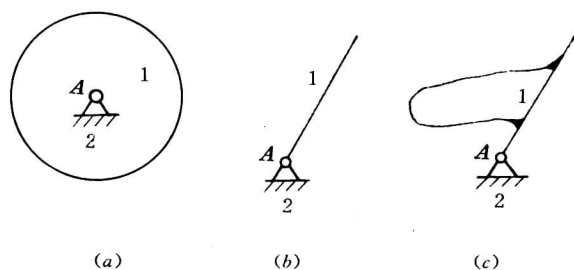


图 Z1-1

是一样的,构件 1 上任何一点的运动规律均遵循刚体绕定轴转动的规律。搞清这一点,对于学习第三章中“运动分析”这部分内容是有帮助的。

(3)比例尺。在机构运动简图中,以及在后面的章节中,用图解法对机构进行力分析和运动

分析时,正确地选取和应用比例尺,是非常重要的。本课程中所用的比例尺,与机械制图中的“比例”不尽相同,初学者容易搞混,需要特别注意。

在图上用一定长度的线段来代表一个实际的物理量(长度、速度、加速度和力)时,该线段的长度(图示长度)与实际物理量之间存在下述关系

$$\mu = \frac{\text{实际物理量}}{\text{图示长度}}$$

我们用符号 μ_l 、 μ_v 、 μ_a 和 μ_p 来分别表示长度、速度、加速度和力的比例尺,其单位分别为: $\frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ 、 $\left(\frac{\text{m}}{\text{mm}}\right)$ 、 $\frac{\text{mm/s}}{\text{mm}}\left(\frac{\text{m/s}}{\text{mm}}\right)$ 、 $\frac{\text{mm/s}^2}{\text{mm}}\left(\frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}}\right)$ 和 $\frac{\text{N}}{\text{mm}}$ 。图上一定长度的线段只是实际物理量的代表线段,二者之间并不相等。因此,当将一个实际物理量用它的代表线段画到图上去时,必须除以相应的比例尺,即

$$\text{图示长度} = \frac{\text{实际物理量}}{\mu}$$

而根据图示长度求出它所代表的实际物理量时,则必须乘以相应的比例尺,即

$$\text{实际物理量} = \text{图示长度} \times \mu$$

初学者必须熟练掌握上述比例尺的应用,以免在以后章节的学习中出现不应有的错误。

(三) 平面机构的自由度

机构是具有确定的相对运动的运动链。并非任何一个运动链都能具有确定的相对运动,因此,我们不能简单地把一个运动链贸然称为机构。

一个运动链具有确定的相对运动的条件是

$$\text{原动件的数目} = \text{运动链的自由度数 } F$$

在满足上述条件的同时,还应有一个机架,这时,才能把该运动链称之为机构。

为了判定一个运动链能否成为机构,首先要计算出它的自由度数,并看其是否与原动件的数目相等。一个运动链中的原动件数目往往是已知的,而其自由度数 F 则按下列公式计算

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

此公式有一定的适用范围:

- 1) 只适用于平面运动链;
- 2) 不适用于全部由移动副组成的运动链;*
- 3) 不适用于带传动和链传动等含有挠性件的运动链。

正确地运用上述公式计算出一个运动链的自由度数 F ,是本章的重点内容之一,必须熟练掌握。当运动链中含有复合铰链、局部自由度和虚约束时,要能够准确地识别它们并予以适当处理,其中虚约束的识别和处理是个难点。

(1) 复合铰链

每两个构件可构成一个运动副。当两个以上的构件在机构运动简图上集于一点构成转动

* 对于只含有移动副的平面运动链,可用公式 $F = 2n - P_L$ 来计算其自由度数。

副时,则会组成一个以上的转动副。如图 Z1-2 中的 m 个构件在 A 点组成转动副,可以认为是以一个构件(如构件 1)为基础,其余构件分别与它组成转动副,故 m 个构件在 A 点组成 $(m-1)$ 个转动副。

所谓复合铰链,显然是指“重合在一起的多个转动副”而言,它与移动副无关。例如:图 Z1-3(a)中的 B 处,构件 1 和 2 构成一个转动副,而构件 2 和 3 构成一个移动副,不能称为复合铰链。图 Z1-3(b)中的 C 处为一个转动副和两个移动副,也不能视为复合铰链。在图 Z1-3(c)中的 D 处,构件 2、3 和 5 构成复合铰链,应按两个转动副计算;而构件 1 和 2、3 和 4 所构成的移动副,则应单独计算,与复合铰链无关。

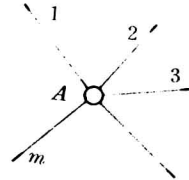


图 Z1-2

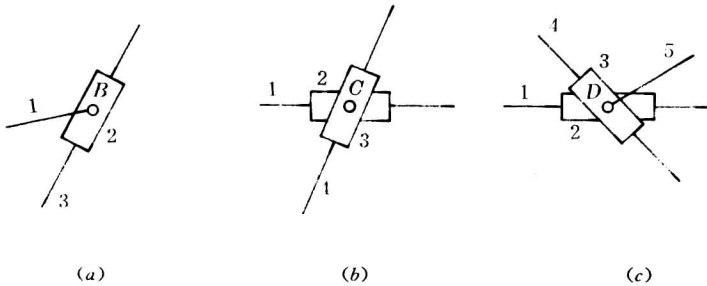


图 Z1-3

(2) 局部的自由度

若运动链中某一构件的自由运动不影响其它构件的运动,则该构件的运动自由度称为局部自由度。局部自由度常见于凸轮机构的滚子从动件以及类似的将滑动摩擦变为滚动摩擦的情况中。如图 Z1-4(a)中的构件 2 和 3 在 B 处构成一个转动副,滚子 3 绕 B 点的转动即为一个局部自由度。对于含有局部自由度的运动链,可用下述两种方法来计算它的自由度:

一种是先将其中含有的局部自由度除去。其处理方法是把滚子 3 和从动件 2 视为一个构件,即认为这两个构件固结为一个刚体,它们之间原来在 B 处所构成的转动副即自行消失。于是,机构运动简图变成图 Z1-4(b)所示的样子,其中: $n=2$ 、 $P_L=2$ 、 $P_H=1$,则

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

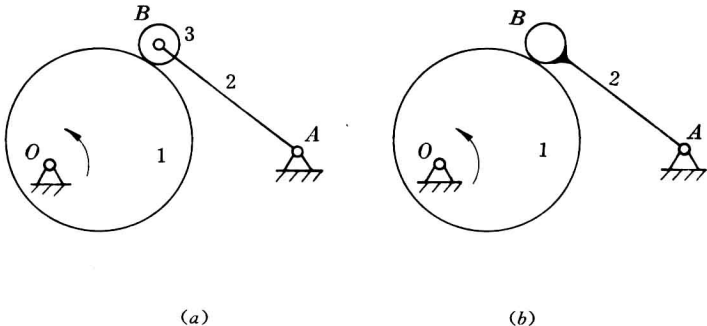


图 Z1-4

另一种方法是在计算时将局部自由度的数目减去。在图 Z1-4(a)中: $n=3$ 、 $P_L=3$ 、 $P_H=1$, 局部自由度数为 1, 则

$$F=3n-2P_L-P_H-\text{局部自由度数}=3\times 3-2\times 3-1-1=1$$

(3) 虚约束

在运动链中不产生实际约束效果的重复约束,称为虚约束。虚约束在实际机构中应用较为广泛,其具体表现形式也比较多,初学者往往因对实际机构缺乏感性认识,对机构运动简图尚不熟悉,因而对虚约束的鉴别常会感到困难,这是一个难点。在教材中,对于在平面机构中使用虚约束的几种情况已作了较详细的论述,我们把这几种情况归纳在表 Z1-1 中,以便于读者学习。另外,读者还应在实际生产和生活中注意观察和分析一些使用虚约束的实际例子,这对于掌握虚约束的鉴别方法很有帮助。

表 Z1-1 虚约束的几种情况

具 体 情 况	虚约束的几何条件	计算自由度时的处理	附 注
两构件之间形成多个转动副,如教材图 1-19(a)所示	各转动副必须共轴线	两个构件之间只按形成一个运动副计算	
两构件之间形成多个移动副,如教材图 1-19(b)所示	各移动副的导路方向必须平行		
定径凸轮或定宽凸轮等两构件之间形成两个高副(教材图 1-20)	要求凸轮廓线两侧的径向尺寸或两侧宽度为定值		
构件上某一动点描出圆弧轨迹,即该动点对某一固定点的距离保持不变,如教材图 1-21(a)中的 E 点对 F 点	可用一个附加杆件把该动点与固定点铰接起来,亦即该杆件的长度必须等于圆弧的半径	撤去附加构件及其运动副	最常见于平行四边形机构中
构件上某一动点描出直线轨迹(相当于该动点对无穷远点的距离保持不变,如教材图 1-24 所示)	可用一个在固定直线导路上移动的附加滑块把该动点铰接起来,其几何条件是导路的导引方向必须与该动点的直线轨迹相平行		
机构中两构件上某两动点间的距离始终保持不变(教材图 1-23)	为使该两动点间的距离始终保持不变,除了要求该两动点要有相同的轨迹外,还要求它们的运动规律也相同,这时可用一个附加杆件把这两动点铰接起来	撤去附加杆件及其转动副	常见于平行四边形机构和两个全等机构中
机构中不起实际约束作用的对称部分的两个构件上,某两动点始终保持重合(如教材图 1-25a 所示)	为使该两动点始终保持重合,除了要求它们具有相同的运动轨迹之外,还要求它们的运动规律也相同,这时可用一个转动副把它们铰接起来	撤去附加的转动副;或撤去整个附加的运动链(指教材图 1-25a 所示齿轮 5 和与它有关的三个运动副)	常见于多个行星齿轮的周转轮系中

存在虚约束的运动链,必须满足一定的几何条件(这种几何条件有时是明显给定的,有时是暗含的,要注意分析)。当必要的几何条件不能满足时,虚约束将变成实际约束。这一点也可以作为鉴别运动链中是否存在虚约束的一种依据。

将运动链中存在的虚约束鉴别出来以后,应先把构成虚约束的构件及其运动副撤除,然后再利用自由度计算公式来计算其自由度数 F 。

例如,图 Z1-5(a)所示的机构中,由于满足 $EF \parallel AB \parallel CD$ 的几何条件,BC 杆上各点的轨迹均为半径相等的圆弧,因而存在虚约束。这时,既可以认为杆 EF 及转动副 E、F 为虚约束,也可以认为杆 CD 及转动副 C、D 为虚约束,如图 Z1-5(b)或(c)所示。其自由度数均为

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

由于杆 AB 为原动件,不能把它视为虚约束。

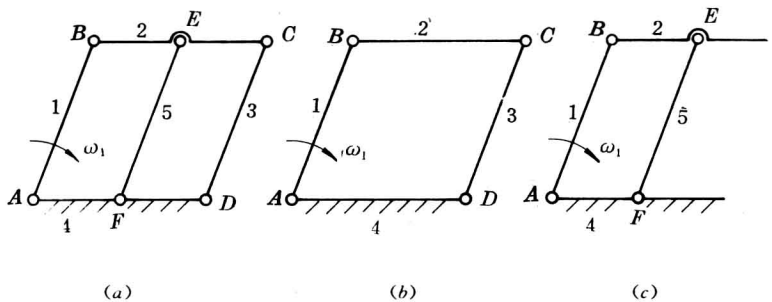


图 Z1-5

又如,图 Z1-6(a)所示的椭圆仪机构中存在虚约束(见教材图 1-24),在计算自由度数时,既可以认为滑块 3 及 C 处的转动副和移动副为虚约束,如图 Z1-6(b)所示;也可以认为滑块 4 及 D 处的转动副和移动副为虚约束,如图 Z1-6(c)所示。去掉虚约束后,就成为曲柄滑块机构,其自由度数

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

由于杆 1 为原动件,故不能视之为虚约束。

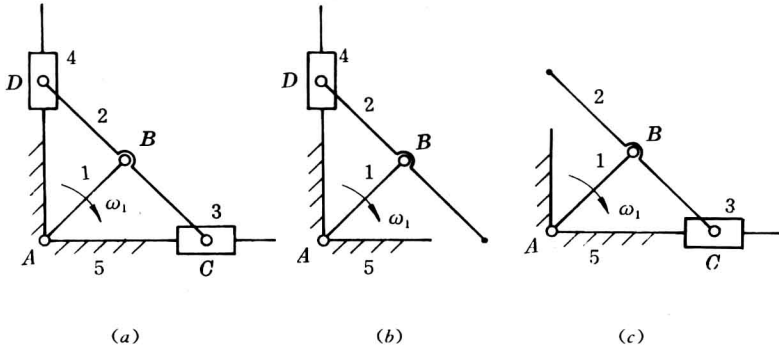


图 Z1-6

关于虚约束,只要求掌握上述几种情况。至于较为复杂的采用虚约束的机构(见教材中的例 1-2),则仅供参考。

(四) 平面机构的组成原理

任何一个平面机构,都可以看作是在 I 级机构上依次添加若干个杆组而组成的。即

平面机构 = I 级机构 + 若干杆组

这就是平面机构的组成原理。

1. I 级机构

由机架和一个原动件所组成的最简单的机构称为 I 级机构。一个 I 级机构的自由度数为 $F=1$ 。原动件可以是转动件,也可以是移动件,如图 Z1-7 所示。大多数 I 级机构为转动式原动件。

一个平面机构中含有一个或几个 I 级机构。由于杆组的自由度数为零,所以一个平面机构中所含的 I 级机构的数目等于原动件的数目,也就等于该机构的自由度数。

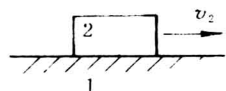
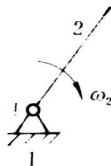


图 Z1-7

2. 杆组

自由度数为零的不可再分解的运动链称为杆组。杆组的条件是

$$P_L = \frac{3}{2}n$$

这里,我们所讨论的是只含有低副的运动链,当运动链中含有高副时,应先将高副予以低化。至于将高副低化的方法,可参阅教材的参考文献[1]。在新的教学大纲中,对高副低化问题不作要求,故这次重新编写的教材中删去了这方面的内容。

由 2 个构件和 3 个低副($n=2$ 、 $P_L=3$)所组成的杆组称为 II 级组,这是最简单的杆组,它具有如教材图 1-29 所示的 5 种型式,要求学生熟练掌握。

$n=4$ 、 $P_L=6$ 的杆组可能是 III 级组或者 IV 级组。我们只要求对 III 级组有一般了解,能够识别如教材图 1-30(a)、(b)所示的三支 III 级组。对 IV 级以上的杆组不作要求。

3. 多构件机构的组成分析

多构件机构的机构位置的确定、动点轨迹的描绘、运动分析以及受力分析等问题,均比较复杂且各有特点,其难易程度并不取决于机构所含构件的数量,而取决于该机构的级数。

机构的级数取决于组成该机构的杆组的级数,且以级别最高的杆组的级作为该机构的级。

对一个平面机构进行分析,确定其中所含杆组的数目和级别,从而确定它是几级机构,这对于研究多构件机构(尤其是级别较高的机构)是非常重要的。我们只要求熟练掌握 II 级机构(包括多构件的 II 级机构)和含有三支 III 级组的 III 级机构的分析方法。

由于一个多构件机构是在一个或几个 I 级机构的基础上依次添加上若干个杆组而组成的,因此,为确定该机构的级别,就要反过来依次逐个拆除各个杆组,并根据所拆出的杆组的最高级别来确定该机构的级。

拆除杆组的原则是:每拆除一个杆组之后,剩下的构件和运动副仍应是一个完整的机构。

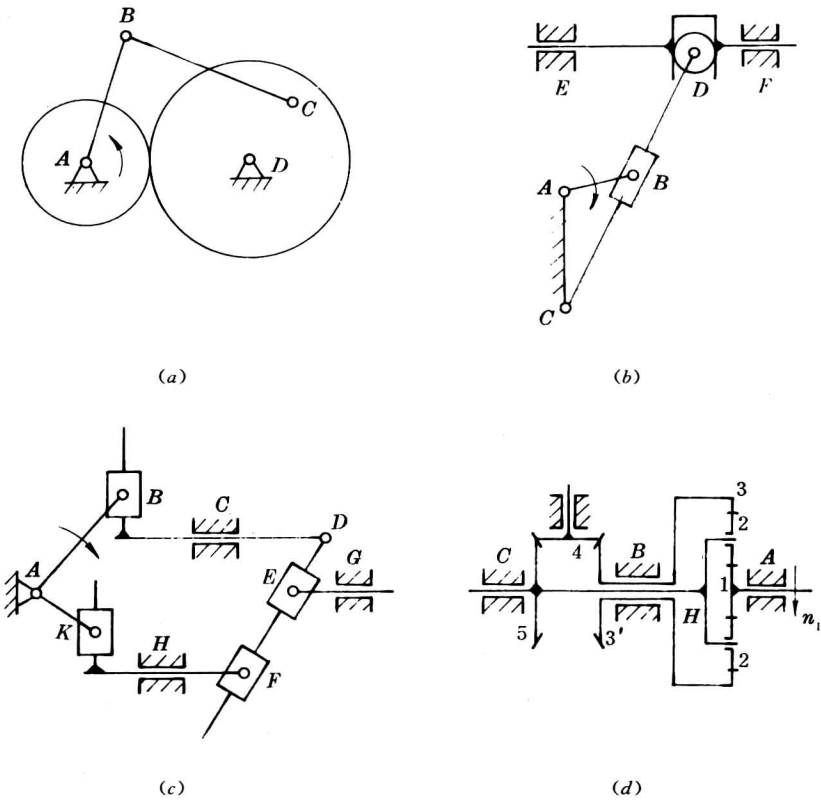
拆除杆组的方法是:从离原动件最远的构件开始(注意:这里所说的构件离原动件的远近,是从运动传递的角度而言的,不是指其实际的距离),先试拆 II 级组,如果拆除不了(即拆除后余下的部分不能组成完整的机构),再试拆 III 级组或 IV 级组。依此方法拆下去,直至剩下一个或几个 I 级机构为止。

同一个运动链,当取不同的构件为原动件时,拆除杆组的顺序当然会不相同,所拆出的杆

组可能不同,因而机构的级别也可能不同。教材图 1-34 所示的例子充分说明了这个问题。另外,教材图 1-33 所示的机构,当取构件 1 为原动件时,是由一个 I 级机构、一个 II 级组和一个三支 III 级组组成的 III 级机构。而当取构件 6 为原动件时,则是由一个 I 级机构和三个 II 级组组成的 II 级机构。请读者自行分析一下。

三、典型例题

例 Z1-1 试计算图示各平面运动链的自由度数,并判断它们能否成为机构(标有箭头的构件为原动件)。



例 Z1-1 图

解 (a) A 处为复合铰链(注意:在这种机构运动简图中,小齿轮与机架所构成的转动副易被忽略,教材题 1-10 亦属此类)。

$$n=4 \quad P_L=5 \quad P_H=1$$

$$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 4-2 \times 5-1=1$$

此运动链有一个原动件,且含有机架,故能成为机构。

(b) D 处滚子为局部自由度,E(或 F)处为虚约束,D 处有一个高副亦为虚约束(注意:此点易被忽略)。

$$n=4 \quad P_L=5 \quad P_H=1$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$$

此运动链有一个原动件,且含有机架,故能成为机构。

(c) A 处为复合铰链。

$$n = 10 \quad P_L = 14$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 10 - 2 \times 14 = 2$$

此运动链有两个自由度,但只有一个原动件,各构件的运动不能确定(无规则的乱动),故不能成为机构。欲使之成为机构,需再增加一个原动件(如:杆 AK)。

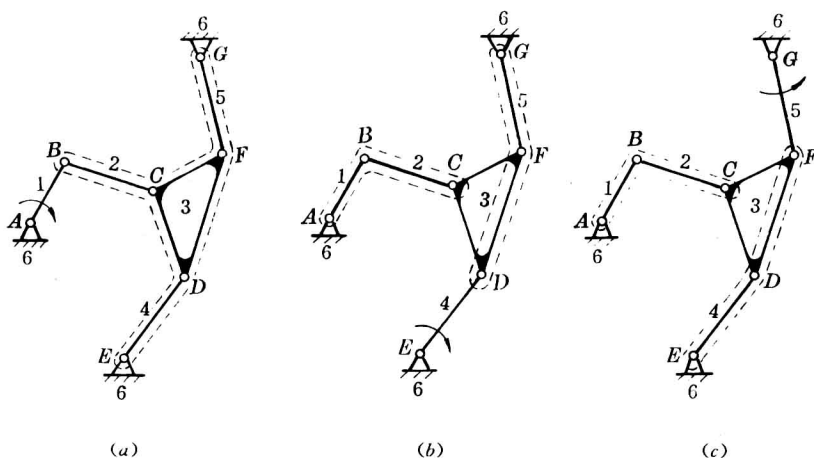
(d) 此轮系有两个行星轮 2,其中有一个为“对运动不起作用的对称部分”,因而其中一个行星轮及与它有关的一个转动副和两个高副引入一个虚约束。另外,轮 5(系杆 H)与机架在 B 和 C 处均构成转动副,可将 B 处的转动副视为虚约束;也可以将 C 处的转动副视为虚约束,则 B 处即为复合铰链。

$$n = 5 \quad P_L = 5 \quad P_H = 4$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 5 - 4 = 1$$

此轮系有一个原动件,且含有机架,故能成为机构。

例 Z1-2 在图示的六杆机构中,当分别取构件 1、4 和 5 为原动件时,试判断各为几级机构。



例 Z1-2 图

解 从图中可以看出,此六杆机构中含有一个三副构件(构件 3)。

当取构件 1 为原动件时,无论从构件 4 或构件 5 开始,都无法拆除 II 级杆组,而只能先拆除一个三支 III 级组,剩下由构件 1 和机架 6 组成的 I 级机构,如图(a)所示。因此,这是由一个 I 级机构和一个三支 III 级组构成的 III 级机构。

当取构件 4 为原动件时,可以先拆除一个由构件 1、2 和转动副 A、B、C 构成的 II 级组,剩余部分为一个四杆机构。再拆除一个由构件 5、3 和转动副 D、F、G 构成的 II 级组,剩下的部分为 I 级机构,如图(b)所示。因此,这是由一个 I 级机构和两个 II 级组所组成的 II 级机构。

当取构件 5 为原动件时,也是由一个 I 级机构和两个 II 级组所组成的 II 级机构。如图(c)

所示。

可见,同一个六杆机构,当取不同的构件为原动件时,机构的组成是不同的,机构的级别也有可能改变。

例 Z1-3 试计算图示多杆机构的自由度,并分析此机构的结构组成。

解 在此机构中, E 为复合铰链, $n=11$ 、 $P_L=16$ 、 $P_H=0$,则

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 11 - 2 \times 16 = 1$$

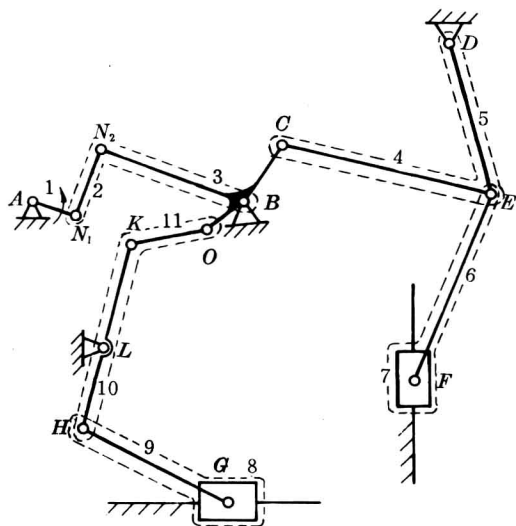
构件 1 为此机构的原动件,应先从离构件 1 最远的构件开始试拆 II 级组。从构件 7 开始,可以拆除一个由构件 6 和 7、转动副 E 和 F 以及移动副 F 所组成的 II 级组;继而可拆除一个由构件 4 和 5、转动副 C 、 E 和 D 所组成的 II 级组。再从构件 8 开始,拆除一个由构件 8 和 9、转动副 H 和 G 以及移动副 G 所组成的 II 级组;然后拆除一个由构件 10 和 11、转动副 L 、 K 和 O 所组成的 II 级组;继而拆除一个由构件 2 和 3、转动副 B 、 N_2 和 N_1 所组成的 II 级组;最后剩下由构件 1、机架和转动副 A 所组成的 I 级机构。如图所示。

因此,这是由一个 I 级机构和五个 II 级组所组成的 II 级机构。

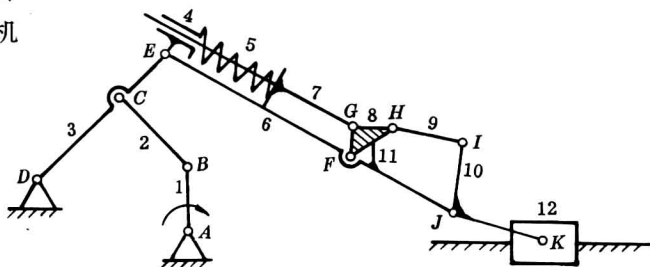
例 Z1-4 图(a)为平锻机夹紧机构的示意图。当滑块 12 上所受的阻力不超过额定值时,构件 4、6、7、8、9 和 10 成为一个刚体,没有相对运动。当滑块 12 上所受的阻力超过额定值而不能继续运动时,上述各个构件之间将产生相对运动。试分析这两种情况下此夹紧机构的结构组成。

解 构件 1 是此机构的原动件。由题意可知:

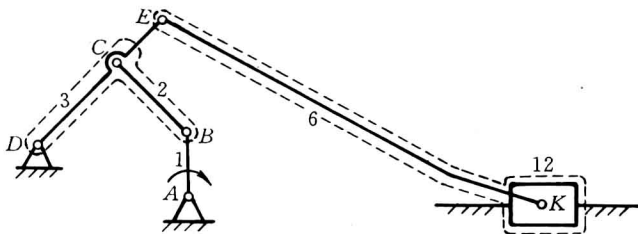
当滑块 12 上所受的阻力不超过额定值而能够沿导路滑动时,构件 4、6、7、8、9 和 10 之间没有相对



例 Z1-3 图



(a)

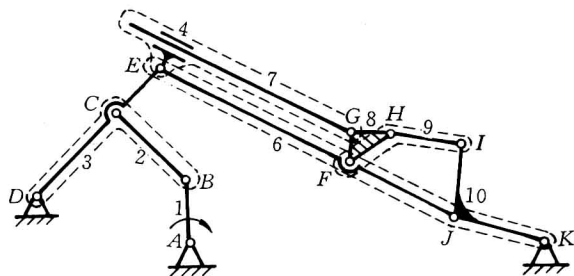


(b)

例 Z1-4 图

运动,可视为一个构件6。因而,其机构运动简图如图(b)所示,这是一个六杆机构。从图(b)可以看出,它是由一个Ⅰ级机构和两个Ⅱ级组所组成的Ⅱ级机构。

当滑块12所受的阻力超过额定值而不能运动时,K点变成一个固定铰链,其机构运动简图如图(c)所示。E处为由构件3、4、6所构成的复合铰链。这时,可先拆除由构件4和7、转动副E和G以及一个移动副所组成的Ⅱ级组;然后,拆除由



(c)
例 Z1-4 图

构件8和9、转动副F、H和I所组成的Ⅱ级组;继而可拆除由构件6和10、转动副E、J和K所组成的Ⅱ级组;最后,可拆除由构件2和3、转动副B、C和D所组成的Ⅱ级组,剩下构件1、机架和转动副A所组成的Ⅰ级机构。因此,这是由一个Ⅰ级机构和四个Ⅱ级组所组成的Ⅱ级机构。

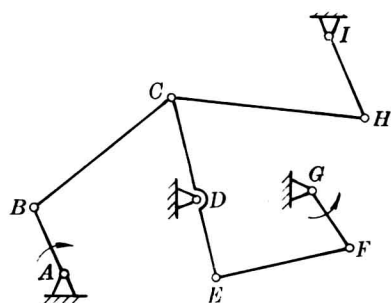
此题是取材于实际机构的一个例子。其难点在于如何根据题意准确地画出两种工作状态下的机构运动简图。另外,从图(c)可以看出,第一个拆除的杆组是从构件4开始的,它在尺寸上并不是离原动件1最远的构件,但从传动关系(传动路线)角度看,它是离原动件最远的构件。

四、复习思考题

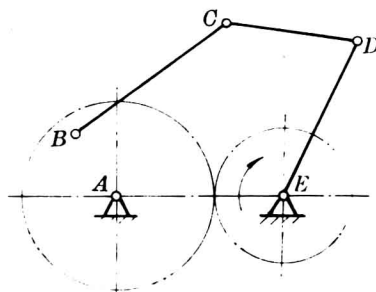
1. 何谓“机器”和“机构”、“零件”和“构件”? 试分别举例说明之。
2. “运动副”是如何定义的? 何谓“高副”和“低副”? 转动副、移动副和高副各约束掉了哪些相对运动的自由度?
3. 何谓“运动链”? 它与“机构”有何区别? 一个运动链需要具备什么条件才能称之为机构?
4. 当一个运动链中的原动件数目等于、小于或大于其自由度数时,各将产生什么结果?
5. 如何计算平面运动链的自由度数? 计算自由度数时应注意哪些问题?
6. 何谓Ⅰ级机构? 何谓杆组? 杆组的条件是什么?
7. Ⅱ级杆组是由几个构件和运动副组成的? 它有哪些型式? 其中哪个是内副、哪些是外副?
8. 怎样对一个平面机构进行结构分析并确定它是几级机构? 拆除杆组的原则和方法是什么?

五、自我测验题

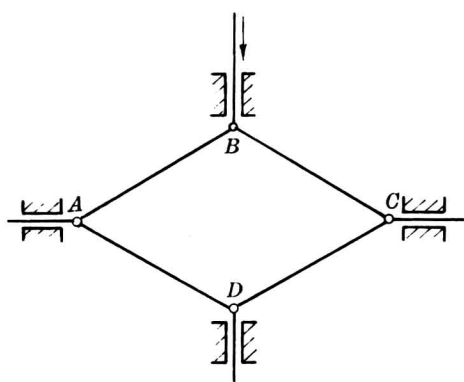
ZC1-1 试计算图示各运动链的自由度数(若含有复合铰链、局部自由度或虚约束,必须明确指出),并判断它能否成为机构。



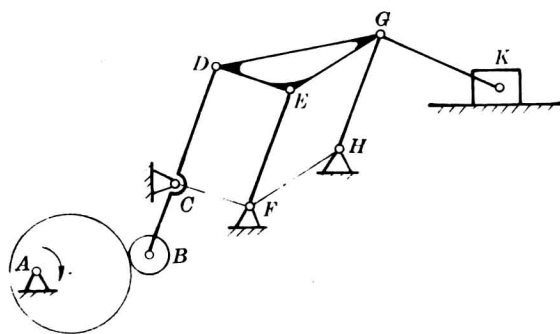
(a)



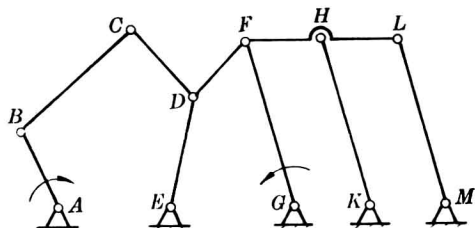
(b)



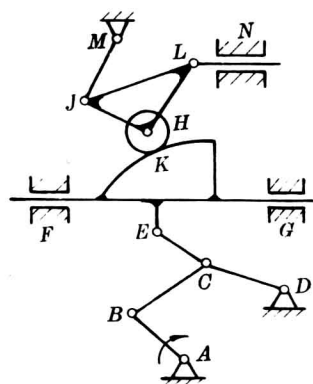
(c) $[AB=BC=CD=DA]$



(d) $[CD \parallel EF \parallel GH]$



(e) $[FG \parallel HK \parallel LM]$



(f)

ZC1-1 图