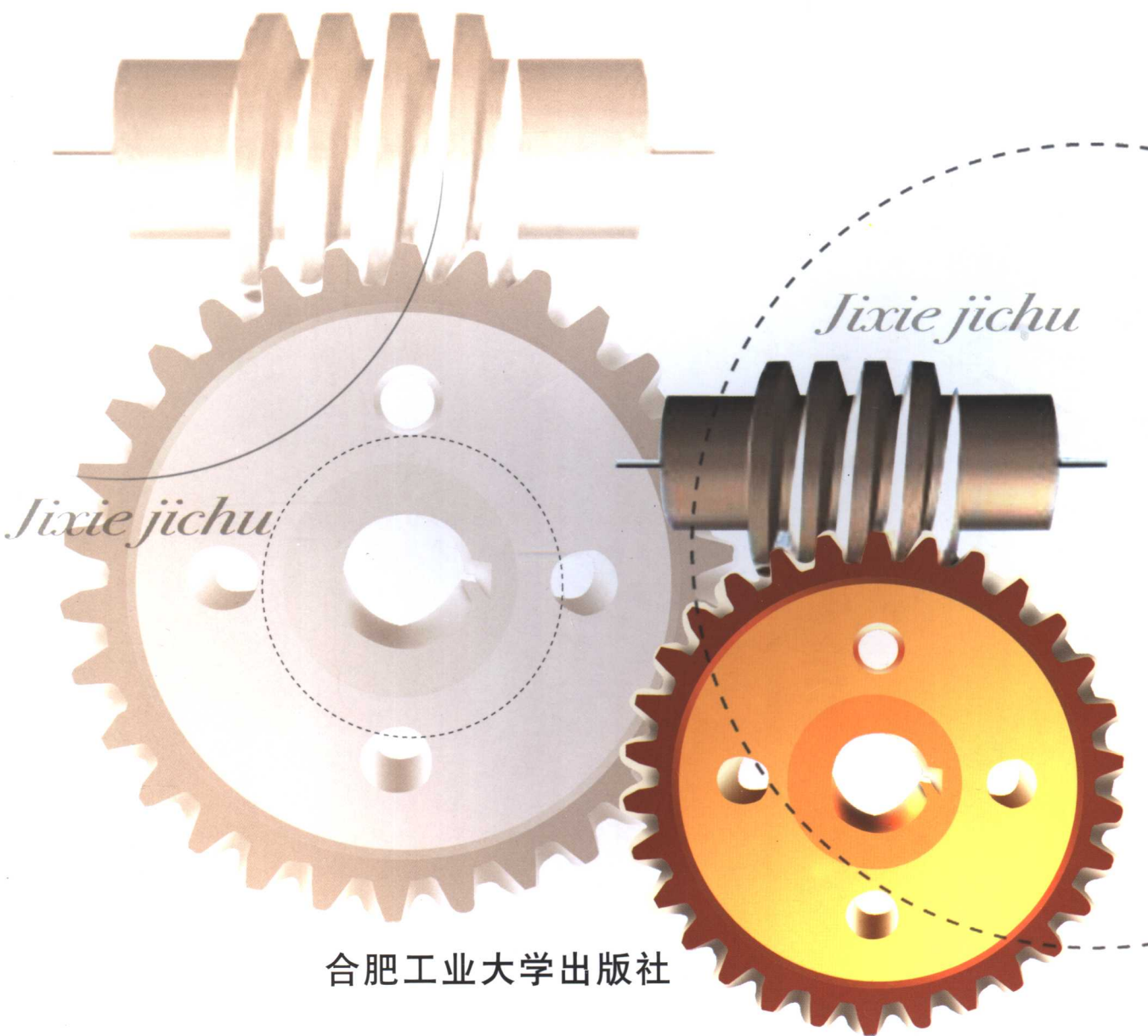


● 高职高专制造业人才培养培训规划教材

机械基础

■ 余承辉 主编



合肥工业大学出版社

高职高专制造业人才培养培训规划教材

机械基础

主 编 余承辉

副主编 安 荣 余嗣元

参 编 耿道森 贾 芸 范文翠

邵 刚 廖玉松 沈 刚

主 审 孙敬华

合肥工业大学出版社

前 言

本书是高等职业技术教育理工科类专业学生重要的教学用书,是我们经过多年的高职教学实践,在总结经验和广泛地征求意见的基础上编写而成。

《教育部关于加强高职高专人才培养工作的意见》指出:“课程和教学内容体系改革是高职高专教学改革的重点和难点。”以“应用”为主旨和特征来构建高职高专课程和教学内容体系是解决这一重点和难点的指导思想。而课程综合化是解决这一重点和难点的重要途径之一。本书是把机械传动、机械零部件、液压与气压传动、金属工艺和机械加工等知识体系进行有机重组和改造而成的一门综合性的课程教材。

在编写本书前,我们根据高职教育及专业课的特点,首先确定了编写的指导思想:以对机械的基础应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点。在具体编写时,我们按照生产第一线的高等技术应用性专门人才的培养要求,突出应用能力的培养;力求做到理论与实践的统一,教材内容来源于实践,经过归纳、分析,进行系统理论化后,又应用于实践,指导实践。编写后的本书体现了以下特色:

(1) 对课程的知识体系进行整体优化,精选、整合教学内容,使本教材做到了“一本多能”;

(2) 改变以往课程庞杂陈旧、分割过细的现象;删去繁琐的理论推导,避免简单拼凑、脱节和不必要的重复,注重“实用”;

(3) 加强理论联系实际,注重通用性、实践性和应用性,培养学生的综合应用能力。

本书分五篇共18章。第一章、第二章由贾芸编写,第三章、第四章由沈刚编写,第五章、第六章、第七章、第八章由范文翠编写,第九章、第十章由耿道森编写,第十一章、第十二章由安荣编写,第十三章由廖玉松编写,第十四章、第十六章由余承辉编写,第十五章、第十七章由余嗣元编写,第十八章由邵刚编写。

全书由余承辉任主编,安荣、余嗣元任副主编,安徽水利水电职业技术学院孙敬华主审。主审认真、仔细审阅了全稿,并提出了许多宝贵的修改意见,对此表示衷心感谢。

由于本书的知识体系跨度很大,加之编写这种教材是教学改革的一次探索,更限于编者的水平,书中的缺点和错误肯定难免,恳请读者批评指正。

编 者
2006年8月



目 录

第一编 机械传动

第二篇 常用零部件

第一章 常用机构..... (3)	第五章 螺纹联接与螺旋传动 (73)
第一节 平面机构结构分析..... (3)	第一节 螺纹的分类和参数 (73)
第二节 平面连杆机构 (11)	第二节 螺纹联接的基本类型和 常用螺纹联接件 (74)
第三节 凸轮机构 (19)	第三节 螺纹联接应注意的几个问题 (77)
第四节 间歇运动机构 (24)	第四节 螺旋传动简介 (79)
思考与练习 (25)	思考与练习 (81)
第二章 带传动和链传动 (27)	第六章 轴与轴毂联接 (82)
第一节 带传动 (27)	第一节 轴 (82)
第二节 链传动 (40)	第二节 轴毂联接 (87)
思考与练习 (44)	思考与练习 (89)
第三章 齿轮传动 (45)	第七章 轴承 (90)
第一节 概述 (45)	第一节 滑动轴承 (90)
第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮 传动 (47)	第二节 滚动轴承 (93)
第三节 其他齿轮传动 (56)	思考与练习 (98)
思考与练习 (64)	第八章 联轴器与离合器 (99)
第四章 轮系 (65)	第一节 联轴器 (99)
第一节 概述 (65)	第二节 离合器..... (103)
第二节 定轴轮系的传动比计算 ... (67)	思考与练习..... (106)
第三节 行星轮系的传动比计算 ... (68)	
思考与练习 (70)	



第三篇 液压与气压传动

第九章 液压传动	(109)
第一节 液压传动基础知识	(109)
第二节 液压元件	(113)
第三节 液压基本回路	(129)
第四节 典型液压系统分析	(135)
思考与练习	(137)
第十章 气压传动	(138)
第一节 气压传动概述	(138)
第二节 气动元件	(139)
第三节 气压基本回路	(148)
第四节 气压传动系统实例	(151)
思考与练习	(152)

第四篇 金属工艺基础

第十一章 常用金属材料	(155)
第一节 材料的力学性能	(155)
第二节 铁碳合金基本知识	(160)
第三节 碳钢	(162)
第四节 合金钢	(164)
第五节 有色金属及其合金	(168)
思考与练习	(170)
第十二章 锻压成形	(172)
第一节 锻压成形工艺基础	(172)
第二节 自由锻	(178)
第三节 模锻	(186)
思考与练习	(191)

第十三章 焊接	(192)
第一节 焊接工艺基础	(192)
第二节 常用焊接方法	(194)
第三节 常用金属材料的焊接	(207)
第四节 焊接结构工艺	(210)
第五节 焊接应力和变形	(213)
第六节 常见焊接缺陷	(218)
思考与练习	(222)
第十四章 钳工基础	(223)
第一节 概述	(223)
第二节 划线	(224)
第三节 锯割	(227)
第四节 锉削	(231)
第五节 孔加工	(233)
第六节 攻丝和套扣	(237)
第七节 铰削	(240)
第八节 刮削	(242)
思考与练习	(244)

第五篇 机械加工基础

第十五章 金属切削基本知识	(247)
第一节 概述	(247)
第二节 金属切削机床的基础知识	(250)
第三节 金属切削刀具	(256)
第四节 金属的切削过程	(260)
思考与练习	(263)
第十六章 车削加工	(264)
第一节 概述	(264)
第二节 车床	(265)

• 3 •

第一篇 机械传动

机械传动是机械系统中的重要组成部分。机械传动的主要作用是用来传递运动和动力,或变换运动形式。实现这些作用的机械种类繁多,但它们都是由一些基本机构组成或演化而来的。机械传动常用的有带传动、齿轮传动、链传动和推压传动(如凸轮机构、连杆机构、棘轮机构和槽轮机构等)。



第一章 常用机构

第一节 平面机构结构分析

机构是具有确定运动的构件系统,其组成要素有构件和运动副。所有构件的运动平面都相互平行的机构称为平面机构;否则称为空间机构。本节仅讨论平面机构的情况,因为在生活和生产中,平面机构应用最多。

一、机构的组成要素

1. 构件及其类型

构件是机构里的彼此相对运动的运动单元体。一个构件可以是一个单独制造的零件,如图 1-1a 所示的简单连杆;也可以是由若干零件联接构成的组合体,如图 1-1b 所示的结构复杂的连杆。

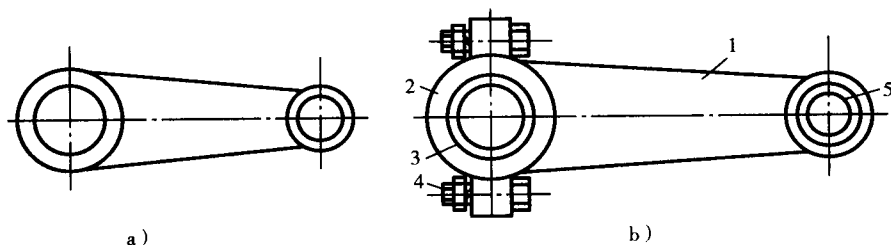


图 1-1 连杆结构

1—连杆体 2—连杆头 3—轴瓦 4—螺栓、垫圈、螺母 5—轴套

构件依其在机构中的地位和功能区分为机架、主动件、联运件和从动件。机架是机构中相对静止并用来支承各运动构件运动的构件,如图 1-2 所示,内燃机主体机构的气缸体 4;主动件又称为原动件或输入件,是输入运动和动力的构件,如活塞 1;从动件又称为被动件或输出件,是直接完成机构运动要求,跟随主动件运动的构件,如曲柄 3;联运件是联接主动件和从动件的中介构件,如连杆 2。

2. 运动副

机构中各个构件之间必须有确定的相对运动,因此,构件的连接既要使两个构件直接接触,又能产生一定的相对运动,这种直接接

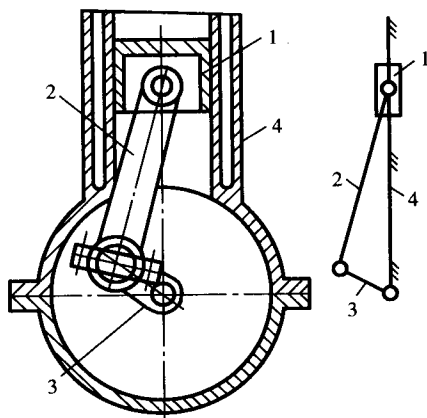


图 1-2 内燃机结构

1—活塞 2—连杆 3—曲柄 4—气缸体



触的活动连接称为运动副。在图 1-3 中,轴承中的滚动体与内外圈的滚道(如图 1-3a),啮合中的一对齿廓(如图 1-3b)、滑块与导轨(如图 1-3c),均保持直接接触,并能产生一定的相对运动,因而都构成了运动副。两构件上直接参与接触而构成运动副的点、线或面称为运动副元素。

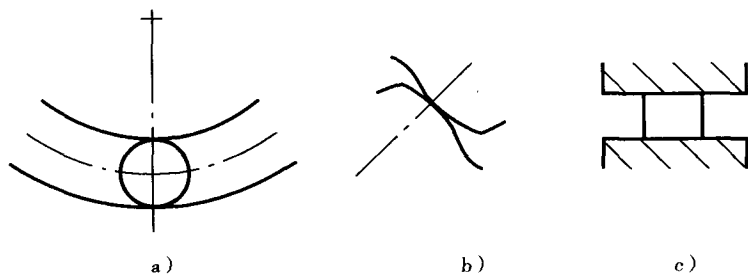


图 1-3 运动副

3. 自由度和运动副约束

任何一个构件在空间自由运动时皆有六个自由度。它可表示为在直角坐标系内沿着三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动。而对于一个作平面运动的构件,则只有三个自由度,如图 1-4 所示,即沿 x 轴和 y 轴移动,以及在 xOy 平面内的转动。我们把构件相对于参考系具有的独立运动参数的数目称为自由度。

两个构件通过运动副联接以后,相对运动受到限制。运动副对成副的两个构件间的相对运动所加的限制称为约束。引入一个约束条件将减少一个自由度,而约束的多少及约束的特点取决于运动副的形式。

(1)转动副 如图 1-5 所示的运动副,限制了轴颈沿 x 轴和 y 轴的移动,只允许轴颈绕轴承相对转动,这种运动副称为转动副。转动副引入了两个约束,保留了一个自由度。

(2)移动副 如图 1-6 所示的运动副,构件之间只能沿 x 轴作相对移动,这种沿一个方向相对移动的运动副称为移动副。移动副也具有两个约束,保留了一个自由度。

转动副和移动副都是面接触,统称为低副。

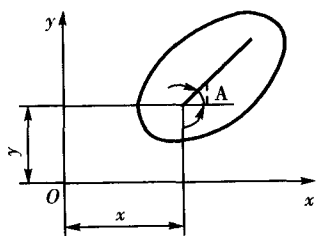


图 1-4 平面运动构件的自由度

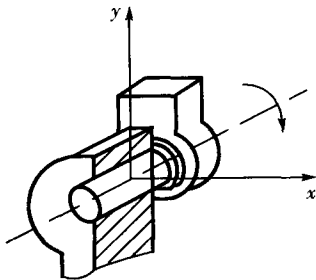


图 1-5 转动副

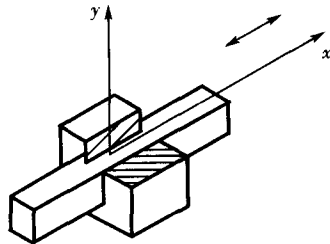


图 1-6 移动副

(3)平面高副 如图 1-7 所示,在曲线构成的运动副中,构件 2 相对于构件 1 既可沿接触点处切线 $t-t$ 方向移动,又可绕接触点 A 转动,运动副保留了两个自由度,带进了一个约束。这种点接触或线接触的运动副称为高副。



4. 运动链和机构

两个以上的构件通过运动副联接而成的系统称为运动链。运动链分为闭式运动链和开式运动链两种。所谓闭式运动链是指组成运动链的每个构件至少包含两个运动副,组成一个首尾封闭的系统;开式运动链的构件中有的构件只包含一个运动副,它们不能组成一个封闭的系统。如图 1-8 所示。

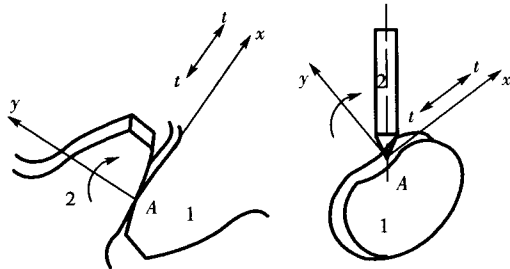


图 1-7 平面高副

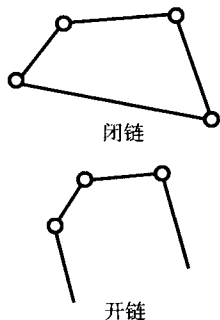


图 1-8 运动链

二、平面机构的运动简图的绘制

实际构件的外形和结构往往很复杂,在研究机构运动时,为了突出与运动有关的因素,将那些无关的因素删减掉,保留与运动有关的外形,用规定的符号来代表构件和运动副,并按一定的比例表示各种运动副的相对位置。这种表示机构各构件之间相对运动的简化图形,称为机构运动简图。机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性。

1. 常用机构的构件、运动副的代表符号

(1) 构件均用直线或小方块等来表示,画有斜线的表示机架。图 1-9a 表示包含两个运动副元素的构件的各种画法,图 1-9b 表示包含三个运动副元素的构件的各种画法,图 1-9c 表示包含四个运动副元素的构件的画法,这些画法可供绘制机构运动简图时参考。

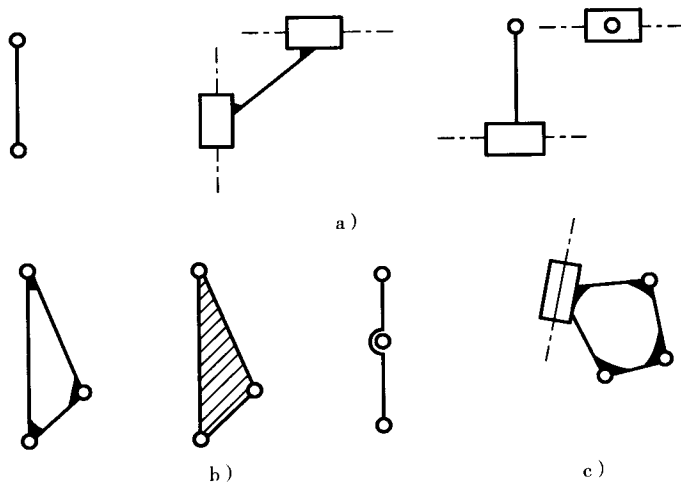


图 1-9 构件的画法



(2) 两构件组成转动副时,其表示方法如图 1-10 所示。图面垂直于回转轴线时用图 1-10a 表示;图面不垂直于回转轴线时用图 1-10b 表示。表示回转副的圆圈,其圆心必须与回转轴线重合。

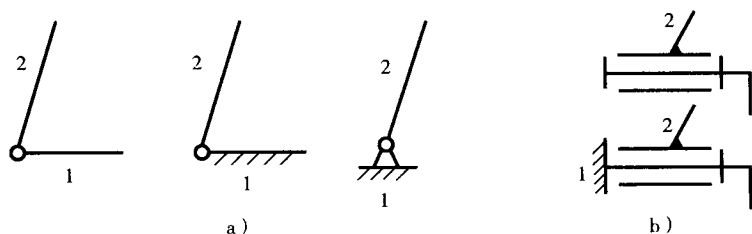


图 1-10 转动副的表达方法

(3) 两构件组成移动副的表示方法如图 1-11 所示,其导路必须与相对移动方向一致。

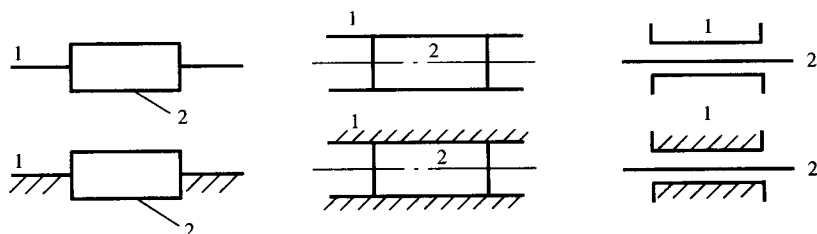


图 1-11 移动副的表达方法

(4) 两构件组成平面高副时,其运动简图中应画出两构件接触处的曲线轮廓。对于齿轮,常用点画线画出其节圆,对于凸轮、滚子,习惯上画出其全部轮廓,如图 1-12 所示。

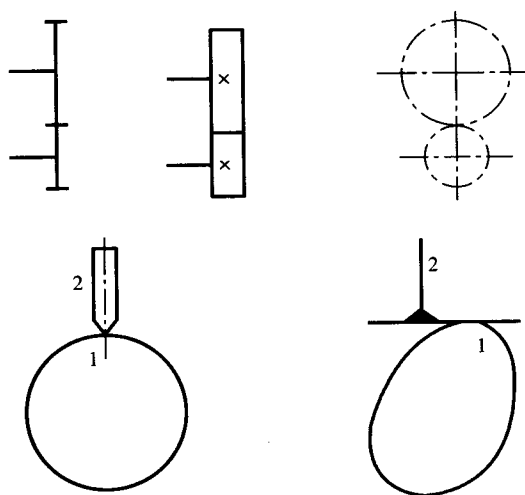


图 1-12 平面高副的表达方法

2. 运动简图的绘制步骤

(1) 分析机械的运动原理和结构情况,确定其原动件、机架、执行部分和传动部分。



(2) 沿着运动传递路线,逐一分析每个构件间相对运动的性质,以确定运动副的类型和数目。

(3) 恰当地选择视图平面,通常可选择机械中多数构件的运动平面为视图平面,必要时也可选择两个或两个以上的视图平面,然后将其展到同一视图平面上。

(4) 选择适当的比例尺,定出各运动副的相对位置,并用各运动副的代表符号、常用机构的运动简图符号和简单的线条,绘制机构运动简图。

(5) 从原动件开始,按传动顺序标出各构件的编号和运动副的代号。在原动件上标出箭头以表示其运动方向。

运动简图是设计者交流思想所需要的一种共同语言,既要简洁,又能够正确表达设计思想;运动简图还是设计者研究分析机构运动学和动力学问题的一个重要工具。因此,要求准确表达机构的运动特性和运动尺寸。但是,由于运动简图仅反映机构的运动状况,不涉及机构的具体结构尺寸和强度问题,故不能用机械零件图和总装图代替。

【例 1-1】 绘制图 1-13a 所示的颚式破碎机主体机构运动简图。

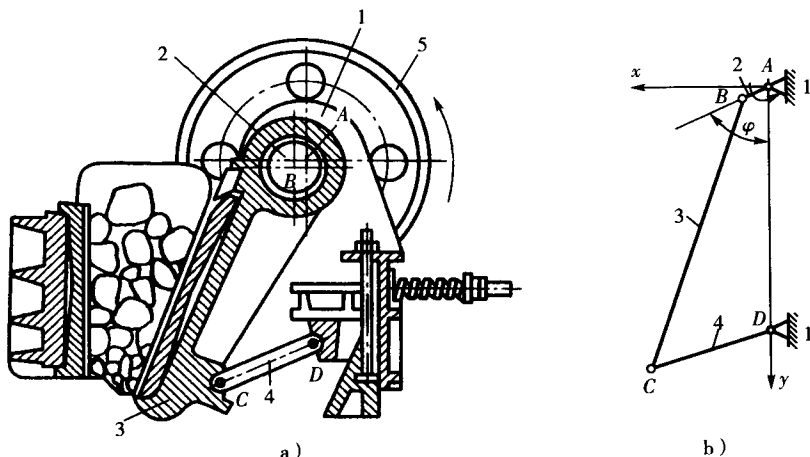


图 1-13 颚式破碎机的机构运动简图

【解】 (1) 分析机构运动,识别机构的结构

图示的颚式破碎机中,带轮 5 和偏心轴 2 固接在一起绕轴心 A 转动,偏心轴 2 带动动颚 3,动颚 3 与机架 1 之间装有肘板 4,动颚运动时就可不断地破碎矿石。由此可知,机架 1、原动件(偏心轴)2、从动件(动颚)3 和肘板 4 等四个构件组成四杆机构。

偏心轴 2 与机架 1 绕轴心 A 相对转动,偏心轴 2 与动颚 3 绕轴心 B 相对转动。由此可知,整个机构有 A、B、C、D 四个转动副。

(2) 选择视图平面、比例尺,绘制机构运动简图

对于平面机构,选构件运动平面为视图平面,因其已可将平面机构表达清楚,故不需再选辅助视图平面。本例选择的所在平面为视图平面,如图 1-13b 所示。

根据图纸的大小、实际机构的大小和能清楚表达机构的结构,选择长度比例尺:

$$\mu_l = \frac{\text{实际尺寸(m)}}{\text{图上尺寸(mm)}}$$

在图 1-13a 中,测量 A、B 两点的长度, B、C 两点的长度, C、D 两点的长度, A、D 两点的长度,画转动副 A、B、C、D,各转动副间距离按比例计算。用简单线条连成构件 2、3、4 及机架 1,在原动件 2 上标注带箭头的圆弧,在机架 1 上画出斜线,便得到图 1-13b 所示的机构运动简图。



三、平面机构的自由度

1. 机构具有确定运动的条件

运动链和机构都是由机件和运动副组成的系统,机构要实现预期的运动传递和变换,必须使其运动具有可能性和确定性。如图 1-14 所示,由三个构件通过三个转动副联接而成的系统就没有运动的可能性。如图 1-15 所示的五杆系统,若取构件 1 作为主动件,当给定角度时,构件 2、3、4 既可以处在实线位置,也可以处在虚线或其他位置,因此,其从动件的位置是不确定的。但如果给定构件 1、4 的位置参数,则其余构件的位置就都被确定下来。如图 1-16 所示的四杆机构,当给定构件 1 的位置时,其他构件的位置也被相应确定。

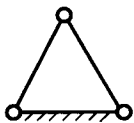


图 1-14 桁架

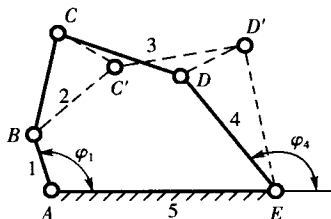


图 1-15 五杆铰链机构

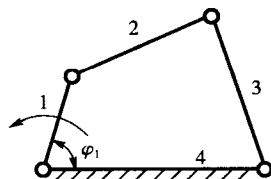


图 1-16 平面四杆机构

由此可见,无相对运动的构件组合或无规则乱动的运动链都不能实现预期的运动变换。将运动链的一个构件固定为机架,当运动链中一个或几个主动件位置确定时,其余从动件的位置也随之确定,则称机构具有确定的相对运动。那么究竟取一个还是几个构件作主动件,这取决于机构的自由度。机构的自由度就是机构具有的独立运动的数目,因此,当机构的主动件等于自由度数时,机构就具有确定的相对运动。

2. 平面运动链的自由度计算

在平面运动链中,各构件相对于某一构件所需独立运动的参变量数目,称为运动链的自由度。它取决于运动链中活动构件的数目以及连接各构件的运动副类型和数目。平面运动链自由度计算公式:

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

式中: F ——机构的自由度数;

n ——活动构件的数目;

P_L ——低副的数目;

P_H ——高副的数目。

设一个平面运动链中除去机架时,其余活动构件的数目为 n 个。而一个不受任何约束的构件在平面中有三个自由度,故一个运动链中活动构件在平面共具有 $3n$ 个自由度。当两构件连接成运动副后,其运动受到约束,自由度将减少。自由度减少的数目,应等于运动副引入的约束数目。由于平面运动链中的运动副只可能是高副或低副,其中每个低副引入的约束数为 2,每个高副引入的约束数为 1。因此,对于平面运动链,若各构件之间共构成了 P_L 个低副和 P_H 个高副,则它们共引入 $(2P_L - P_H)$ 个约束。运动链的自由度 F 应为: $F = 3n - 2P_L - P_H$ 。此式即为平面运动链自由度的计算公式,也称为平面机构结构公式。

由公式可知,机构自由度 F 取决于活动构件的数目以及运动副的性质和数目。



如图 1-14 所示桁架的自由度为 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 2-2\times 3-0=0$, 它的各杆件之间不可能产生相对运动。

如图 1-15 所示五杆铰链机构的自由度为 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 4-2\times 5-0=2$, 原动件数小于机构自由度, 机构运动不确定, 表现为任意乱动。

如图 1-16 所示平面四杆机构的自由度为 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 4-0=1$, 原动件数=机构自由度, 机构有确定的运动。

综上所述, 机构具有确定运动的条件是: 机构自由度必须大于零、且原动件数与其自由度必须相等。

3. 计算机构自由度的注意事项

应用式(1-1)计算机构的自由度时, 必须注意以下问题。

(1) 复合铰链 由两个以上构件组成两个或更多个共轴线的转动副, 即为复合铰链。如图 1-17a 所示, 为三个构件在 A 处构成的复合铰链。由其侧视图 1-17b 可知, 此三构件共组成两个共轴线转动副。当由 m 个构件组成复合铰链时, 则应当组成 $(m-1)$ 个共轴线转动副。

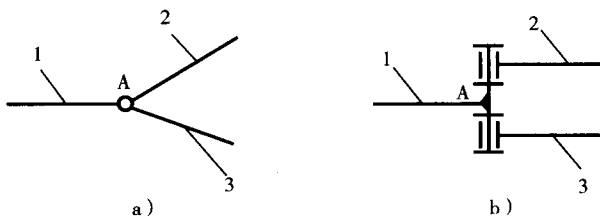


图 1-17 复合铰链

(2) 局部自由度 机构中常出现一种与输出构件运动无关的自由度, 称为局部自由度或多余自由度。在计算机构自由度时, 可预先排除。

如图 1-18a 所示的平面凸轮机构中, 为了减少高副接触处的磨损, 在从动件上安装一个滚子 3, 使其与凸轮轮廓线滚动接触。显然, 滚子绕其自身轴线转动与否并不影响凸轮与从动件间的相对运动, 因此, 滚子绕其自身轴线的转动为机构的局部自由度, 在计算机构的自由度时, 应预先将转动副 C 除去不计, 或如图 1-18b 所示, 设想将滚子 3 与从动件 2 固联在一起作为一个构件来考虑。这样在机构中, $n=2$, $P_L=2$, $P_H=1$, 其自由度为 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 2-2\times 1-1=1$, 此凸轮机构中只有一个自由度。

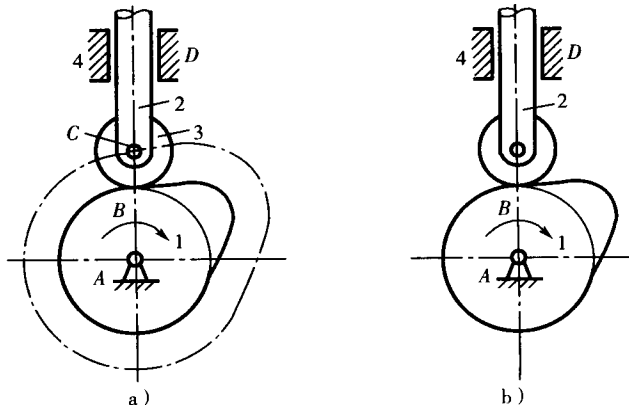


图 1-18 局部自由度



(3)虚约束 在运动副引入的约束中,有些约束对机构自由度的影响是重复的。这些对机构运动不起限制作用的重复约束,称为消极约束或虚约束。在计算机构自由度时,这种约束应当除去不计。

如图 1-19a 所示的平行四边形机构中,如果以 $n=4, P_L=6, P_H=0$ 来计算,则 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 4-2\times 6-0=0$ 。显然计算结果不符合实际,其原因是,该运动链中的连杆作平移运动,因此,去掉一个构件,右图与左图的运动完全相同。这种起重复限制作用的约束称为虚约束。计算自由度时应先将产生虚约束的构件去掉,如图 1-19b 所示,再进行计算,结果为 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 4-1=0$ 。

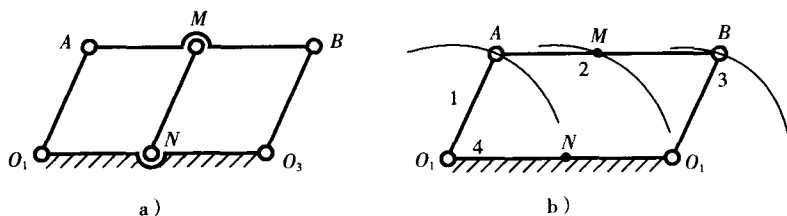


图 1-19 运动轨迹重合引入虚约束

平面机构的虚约束常出现下列几种情况:

(1)两个构件之间组成多个导路平行的移动副时,只有一个移动副起作用,其余都是虚约束。

(2)两个构件之间组成多个轴线重合的回转副时,只有一个回转副起作用,其余都是虚约束。如图 1-20 所示,两个轴承支撑一根轴,只能看作一个回转副。

(3)机构中对传递运动不起独立作用的对称部分,也为虚约束。如图 1-21 所示的轮系中,中心轮经过两个对称布置的小齿轮 2 和 2' 驱动内齿轮 3,其中有一个小齿轮对传递运动不起独立作用。但由于第二个小齿轮的加入,使机构增加了一个虚约束。

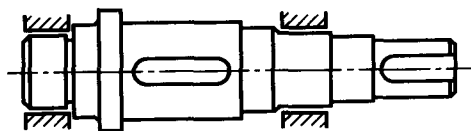


图 1-20 轴线重合的虚约束

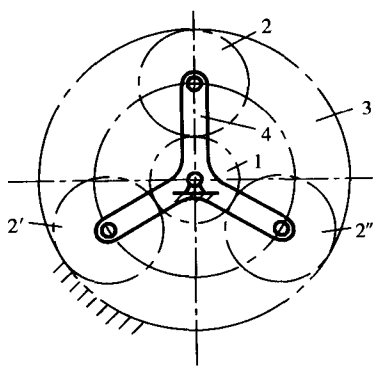


图 1-21 对称结构的虚约束

应当注意,对于虚约束,从机构的运动观点来看是多余的,但能增加机构的刚性,改善其受力状况,因而被广泛采用。但是虚约束对机构的几何条件要求较高,因此对机构的加工和装配提出了较高的要求。



【例 1-2】 计算图 1-22 所示大筛机构的自由度。

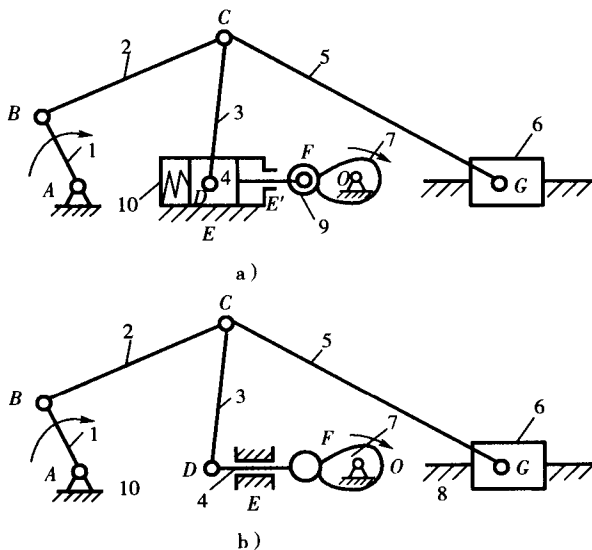


图 1-22 大筛机构

【解】(1)分析 构件 2、3、5 在 C 处组成复合铰链；滚子 9 绕自身轴线的转动为局部自由度；活塞 4 在 E、E' 两处形成导路平行的移动副，其中之一为虚约束。弹簧不起限制作用，可略去。经以上处理后，得机构运动简图。其中 $n=7$, $P_L=9$, $P_H=1$

(2)计算 由公式得 $F=3n-2P_L-P_H=2$ ，所以此机构应有两个原动件。

第二节 平面连杆机构

平面连杆机构是将各构件用转动副或移动副联接而成的平面机构。最简单的平面连杆机构是由四个构件组成的，简称平面四杆机构。它的应用非常广泛，而且是组成多杆机构的基础。

一、四杆机构的基本形式

全部用回转副组成的平面四杆机构称为铰链四杆机构，如图 1-23 所示。机构的固定件 4 称为机架；与机架用回转副相联接的杆 1 和杆 3 称为连架杆；不与机架直接联接的杆 2 称为连杆。能作整周转动的连架杆，称为曲柄。仅能以某一角度摆动的连架杆，称为摇杆。对于铰链四杆机构来说，机架和连杆总是存在的，因此可按照连架杆是曲柄还是摇杆，将铰链四杆机构分为三种基本型式：曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

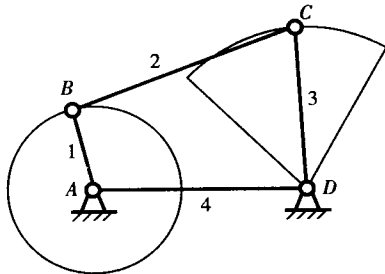


图 1-23 铰链四杆机构

所有运动副均为转动副的平面四杆机构称为铰链四杆机构，它是平面四杆机构的最基本的型式，其他型式的平面四杆机构都可看作是在它的基础上通过演化而成的。