

中等专业学校教学用书

机械设计基础

费鸿学 刘凤明 主编

中国矿业大学出版社

中等专业学校教学用书

机 械 设 计 基 础

费鸿学 刘凤明 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国矿业大学出版社

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 机械传动

第一章 平面机构的运动简图及自由度	(5)
-------------------	-----

第一节 平面机构的组成	(5)
-------------	-----

第二节 平面机构运动简图	(7)
--------------	-----

第三节 平面机构的自由度	(11)
--------------	------

第二章 平面连杆机构	(18)
------------	------

第一节 铰链四杆机构的基本型式及其应用	(18)
---------------------	------

第二节 铰链四杆机构类型的判别	(21)
-----------------	------

第三节 铰链四杆机构的演化	(23)
---------------	------

第四节 平面四杆机构的传动特性	(26)
-----------------	------

第五节 四杆机构的设计	(30)
-------------	------

第三章 凸轮机构	(36)
----------	------

第一节 概述	(36)
--------	------

第二节 从动件常用的运动规律	(39)
----------------	------

第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计	(42)
-----------------	------

第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	(47)
-----------------	------

第四章 其它机构	(52)
----------	------

第一节 棘轮机构	(52)
----------	------

第二节 槽轮机构	(54)
----------	------

第三节 螺旋机构	(56)
----------	------

第五章 挠性件传动	(62)
-----------	------

第一节 带传动的主要类型和特点	(62)
-----------------	------

第二节 带传动的工作原理	(66)
--------------	------

第三节 普通V带传动的设计计算	(70)
-----------------	------

第四节 普通V带轮的结构设计	(78)
----------------	------

第五节 V带传动的张紧与维护	(81)
----------------	------

第六节 其它带传动简介	(84)
-------------	------

第七节 链传动的特点和应用	(85)
---------------	------

第八节 滚子链和链轮的结构	(85)
---------------	------

第九节 链传动的运动特性	(88)
--------------	------

第十节 链传动的失效形式、布置和润滑	(89)
--------------------	------

第六章 齿轮传动	(94)
第一节 齿轮传动的特点、类型和基本要求	(94)
第二节 齿廓啮合基本定律	(96)
第三节 渐开线及其特性	(97)
第四节 渐开线齿廓啮合特性	(100)
第五节 渐开线齿轮各部分名称、基本参数及 标准直齿圆柱齿轮几何尺寸的计算	(101)
第六节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(106)
第七节 渐开线齿轮的切齿原理	(109)
第八节 渐开线齿轮的切齿干涉和最少齿数	(111)
第九节 变位齿轮概述	(112)
第十节 变位齿轮传动	(115)
第十一节 直齿圆柱齿轮的齿厚测量计算	(119)
第十二节 直齿圆柱齿轮几何参数的测定	(122)
第十三节 齿轮的失效形式及计算准则	(125)
第十四节 齿轮材料及热处理	(127)
第十五节 齿轮传动的精度选择	(130)
第十六节 直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷	(132)
第十七节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(134)
第十八节 直齿圆柱齿轮传动的设计步骤和方法	(140)
第十九节 斜齿圆柱齿轮传动	(143)
第二十节 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析和强度计算	(147)
第二十一节 直齿锥齿轮传动	(151)
第二十二节 齿轮结构	(155)
第二十三节 圆弧圆柱齿轮传动简介	(157)
第七章 蜗杆传动	(162)
第一节 蜗杆传动的特点和类型	(162)
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(164)
第三节 蜗杆传动的强度计算	(167)
第四节 蜗杆传动的效率和热平衡计算	(170)
第五节 蜗杆蜗轮的结构	(172)
第八章 轮系	(176)
第一节 定轴轮系传动比的计算	(176)
第二节 行星轮系传动比的计算	(179)
第三节 组合行星轮系传动比的计算	(186)
第四节 轮系的功用	(189)

第二篇 轴系部件

第九章 滚动轴承	(195)
第一节 概述.....	(195)
第二节 滚动轴承的代号.....	(199)
第三节 滚动轴承类型的选择和计算准则.....	(202)
第四节 滚动轴承的尺寸选择.....	(203)
第五节 滚动轴承的组合设计.....	(212)
第十章 滑动轴承及轴承润滑	(220)
第一节 滑动轴承的结构型式与特点.....	(220)
第二节 轴瓦的结构和材料.....	(222)
第三节 非液体润滑轴承的计算.....	(225)
第四节 轴承的润滑与密封.....	(226)
第五节 滚动轴承与滑动轴承的比较.....	(230)
第十一章 联轴器、离合器和制动器	(232)
第一节 联轴器.....	(232)
第二节 离合器.....	(238)
第三节 制动器.....	(240)
第十二章 轴	(242)
第一节 轴的分类与材料.....	(242)
第二节 轴的结构设计.....	(245)
第三节 轴的设计计算.....	(250)

第三篇 联接及其它

第十三章 机械联接	(258)
第一节 螺纹联接的基本类型及标准联接件.....	(258)
第二节 螺纹联接的预紧和防松.....	(263)
第三节 螺栓联接的强度计算.....	(266)
第四节 螺栓组联接的结构设计.....	(272)
第五节 键联接.....	(274)
第六节 花键联接.....	(279)
第七节 销联接.....	(279)
第十四章 弹簧	(283)
第一节 概述.....	(283)
第二节 圆柱螺旋拉、压弹簧的设计.....	(286)
第十五章 刚性回转件的平衡	(293)
第一节 回转件平衡的目的和分类.....	(293)
第二节 回转件的平衡计算.....	(294)

绪 论

人类在生产活动中创造和发明了各种各样的机械,用以减轻人们的体力劳动、提高劳动生产率、完成各种复杂的工作。随着社会生产力和科学技术水平不断提高,各种机械也不断得到发展和完善。

我国是一个文明古国,早在西汉时期,我们祖先发明的指南车和记里鼓车就采用了齿轮传动。东汉张衡发明的候风地动仪是人类历史上第一台地震仪。在晋朝,人们就利用凸轮原理创造了连机碓和水碾。十八世纪中叶,西方蒸汽机的发明促进了欧洲的产业革命,出现了由原动机、传动系统及工作机组成的近代机器。从此以后,机械工业和机械科学得到了迅速发展,到十九世纪,逐渐形成了系统的机械设计学科。

近数十年来,随着电子计算机的广泛使用,机械设计学科发生了相当大的变化。设计方法更为科学、完善、合理,计算精度更高,计算速度更快。此外,为了实现人类探测宇宙、海底开发及生产的全盘自动化,机械产品正朝着机-电一体化方向发展。

一、本课程研究的对象和内容

机器种类极其繁多,其构造、工作原理和用途等各不相同。如图 0-1 所示牛头刨床,它是由电动机经 V 带传动(图中未画出)使齿轮 1 带动大齿轮 2 转动,在大齿轮侧面用销轴活动地装有滑块 3,它和绕定轴转动的滑块 5 嵌在导杆 4 的滑槽中。齿轮 2 转动时,带动滑块 3 运动,而使导杆 4 作复杂平面运动,并通过销钉 8 带动滑枕 6(刀架)作往复直线移动,从而产生刨削动作。与此同时,原动力还要通过其它辅助装置(图中未画)带动丝杆 9 作间歇回转,使工作台 10 连同工件作横向间歇进给运动,以便刨出平面。由这个例子可以看出,牛头刨床是通过一系列协同动作的传动元件,利用电动机输出的机械能完成有用机械功(刨削工件)的一台机器。电动机则是由定子和转子组成,使电能转换为机械能的一种机器。

通过上述两个例子可以看出,尽管它们的构造、工作原理、用途等不同,但作为机器,它们又有下列三个共同的特征:1)机器是以若干元件由人工组合而成的;2)各元件之间有确定的相对运动;3)在生产过程中机器代替或减轻人类劳动,完成有用的机械功(如刨削工件,起重机械起吊重物等)或实现能量转换(如电动机等)。

如果不考虑机器的第三个特征,仅从运动观点分析,组成机器的各个部分,其作用是不相同的。如牛头刨床这台机器中,齿轮 1 和齿轮 2 是传递回转运动;滑块 3、5 和导杆 4 是将齿轮 2 的回转运动转变为滑枕的往复直线运动等等。人们常把这些能够实现预期运动目的的元件组合体称为机构。如后几章将要介绍的连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。这就是说,机构仅具备机器的前二个特征。一台机器可由一个机构组成(如电动机便是由一个二杆机构组成),一般情况下是由若干个机构组成的(如刨床等)。

从结构和运动观点来看,机构和机器之间没有任何区别,通常用“机械”一词作为机构和机器的总称。

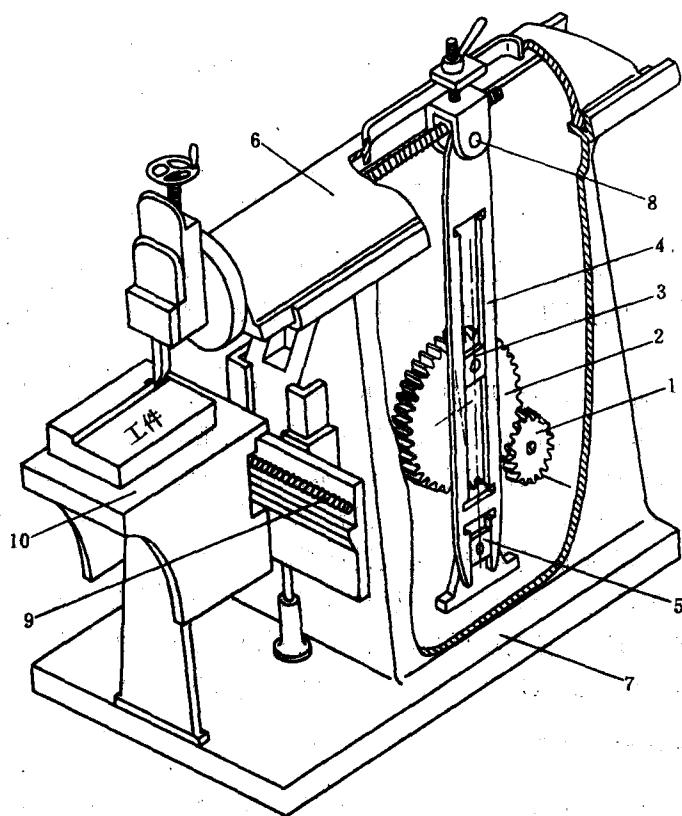


图 0-1 牛头刨床

组成机构或机器的元件是一个运动的整体,称为构件。它可以是单一的零件,也可以是几个零件的刚性组合。如图 0-2 所示,齿轮 1、键 2 和轴 3 三个零件组成一个构件,它们之间没有相对运动,形成一个运动的整体。由此可知,构件是运动的单元体,而零件是制造的单元体。

机械中的零件可分为两大类。一类是通用零件,它在各种机械中都能经常遇到,而且所起的作用基本相同,如齿轮、螺钉、轴、键、弹簧等。另一类是专用零件,它只出现在某些机械中,如汽轮机的叶片,内燃机中的活塞、曲轴等。另外,还常把一组协同工作的零件所组成的独立装配(或独立制造)的组合体称为部件,如减速箱、滚动轴承等(为了叙述方便,也可把滚动轴承等部件归纳到零件范围)。

本课程主要研究常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法。

本课程具体研究的对象有以下三个部分

- 1) 机械传动——常用机构和简单传动装置;
- 2) 轴系零件——轴承、联轴器、离合器以及轴;
- 3) 联接及其它——各种联接件、弹簧、刚性回转件的平衡、减速箱等。

此外,为了适应科学技术迅速发展、生产水平不断提高的需要,本课程还扼要介绍了现

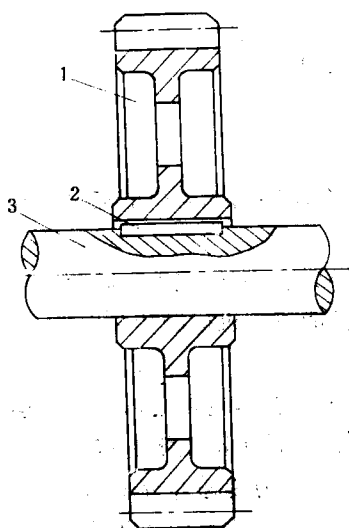


图 0-2 齿轮、轴和键组成构件

代机械设计方法概况和电子计算机在机械设计中的应用。同时,本书在部分章节中还简要介绍了有关规范和国家标准。

二、本课程在专业学习中的地位

机械设计基础是一门重要的技术基础课。

通过本课程的学习,将为学习专业机械设备课程提供必要的理论基础;为从事工艺、运行、管理的工程技术人员,在了解各种机械设备的工作原理、正确使用和维护设备、分析事故等方面提供必要的基本知识;通过本课程的学习和课程设计实践,逐步培养学生学会应用标准、规范和机械设计手册的能力,并初步具备综合运用所学的知识设计简单传动装置的能力,为今后从事技术工作创造条件;通过实验课,使学生初步掌握机构和机械零件的实验方法,提高观察和分析问题的能力,并培养学生的动手能力;此外,在本课程的学习过程中,还要逐步培养学生树立正确的设计思想。

第一篇 机械传动

机器通常由原动机、传动系统和工作机三部分组成。传动系统是将原动机的运动和动力传给工作机的中间装置,它是机器的重要组成部分。

按工作原理,可把传动分为机械传动、流体传动和电传动三类。在机械传动和流体传动中,输入输出的都是机械能,在电传动中,则是把电能变为机械能或把机械能变为电能。本篇仅讨论机械传动。

机械传动系统用于传递平行轴、相交轴和交错轴间的运动和动力,也可用以将某种运动形式变换为另一种运动形式,如将回转运动变换为往复移动等。机械传动系统的作用是通过减速(或增速)、变速、换向或变换运动形式,将原动机的运动和动力传递并分配给工作机,使工作机获得所需的运动形式和生产能力。根据具体的工作要求,传动系统可采用一级、二级或多级传动,也可采用多种形式的组合传动。

按工作原理,又可把机械传动分为推压传动、摩擦传动和啮合传动三类。这三类传动的型式有很多种,发展甚为迅速,新型传动不断涌现。表1给出了常见的机械传动型式。

表1 机械传动按工作原理分类

传 动 类 型		主 要 型 式
推压传动	连杆机构	铰链四杆机构、滑块四杆机构、多杆机构
	凸轮机构	盘形凸轮机构、移动凸轮机构、圆柱凸轮机构
	间歇机构	槽轮机构、棘轮机构
	组合机构	齿轮-连杆机构、齿轮-凸轮机构、凸轮-连杆机构
摩擦传动	直接接触传动	摩擦轮传动
	挠性件传动	摩擦式无级变速传动
		带 传 动
		绳 传 动
啮合传动	直接 接触 传动	圆柱齿轮传动
		圆锥齿轮传动
		行星传动
	蜗杆 传动	圆柱蜗杆传动
		圆弧面蜗杆传动
		锥蜗杆传动
		螺旋传动
	挠性件 传动	链传动
		同步带传动

机械传动也可按传动比和传动输出速度的变化情况进行分类,见表2。

表 2 机械传动按传动比变化分类

分 类		举 例
定传动比传动		带、链、摩擦轮、齿轮、蜗杆传动
变传动比传动	有级变速	齿轮变速箱、塔轮传动
	无级变速	各种机械无级变速器
	按周期性规律变化	非圆齿轮、凸轮、连杆机构、组合机构

第一章 平面机构的运动简图及自由度

所有构件都只能在相互平行的平面上运动的机构,称为平面机构。本章讨论平面机构的结构分析,即怎样才能使机构实现确定运动的问题。此外,还将介绍如何用简单的线条和符号来绘制机构的运动简图。

第一节 平面机构的组成

如前所述,机构是具有确定相对运动的构件系统。为了研究如何才能保证构件间具有确定的相对运动,我们必须首先了解组成机构的构件及它们如何组合成系统这两个基本问题。

一、构件及其分类

构件是机构中运动的单元体。它可能是一个零件,也可能是几个零件相联接的刚性结构。在进行机构分析时,研究的对象是机构中的构件,而不是零件。有时也将构件简称为“杆”。

机构中的构件可分为三类:

1. 机架

机构中固结于定参考系的构件称为机架。它用以支持其它运动构件。一般情况下,机械安装在地面上,机架相对于地面是固定不动的。如果机械安装在运动的物体(如车、船、飞机等)上,则机架相对于该运动物体是固定不动的,而相对于地面却有相对运动。如图 1-1 中的汽缸体 1。因研究机构时均以机架作为参考系,所以,在进行分析时,均假定机架是静止的。所有固定的构件都看作是一个机架。

2. 主动件

机构中作用有驱动力或驱动力矩的构件称为主动件,有时也将运动规律已知的活动构件称为主动件。图 1-1 中的活塞 2,它的运动是由燃油燃爆产生的动力推动的,故为主动件。

3. 从动件

机构中可相对于机架运动的构件,称为可动构件。而随主动件的运动而运动的其它可

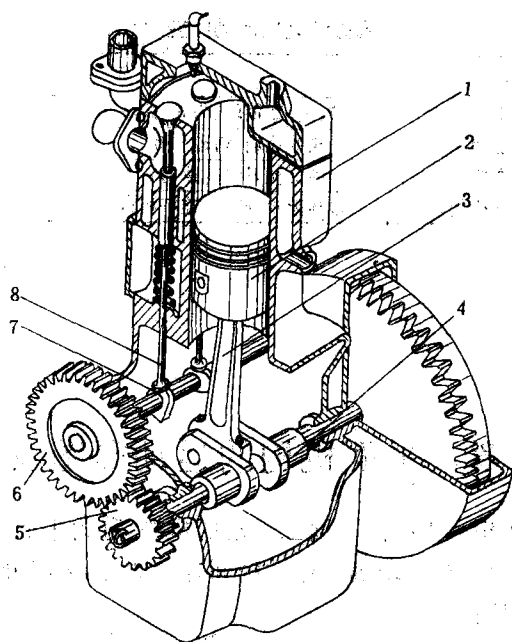


图 1-1 内燃机

动构件,均称为从动件。如图 1-1 中的连杆 3 和曲轴 4,它们是由活塞 2 驱动而作确定运动的,故为从动件。

二、运动副及其分类

为使构件组成具有确定运动的机构,它们之间必须以某种方式联接起来。但这种联接不应使它们成为一个运动单元体,而应保证构件之间仍能产生某些相对运动。这种由两构件直接接触组成的可动联接称为运动副。显然,它限制了两构件之间的某些相对运动,而又允许有另一些相对运动。图 1-2 所示为常见的运动副。

运动副反映了两构件间的接触状况。而接触的形式不外乎是点、线或面。根据这些接触形式对构件运动的限制作用,一般将运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件间面接触的运动副称为低副。根据相对运动的形式不同又可把低副分为转动副和移动副。

1) 转动副 组成运动副的两构件只能绕某一轴线作相对转动,这样的运动副称为转动副,又称为铰链。如图 1-2a 所示。其中左图的铰链,在组成运动副的两构件中,有一构件是机架 1,故称为固定铰链。右图的两构件 1、2 均为可动构件,则称为可动铰链。

2) 移动副 组成运动副的两构件只能作相对直线运动,这样的运动副称为移动副。如图 1-2b 所示。

低副为面接触,在受载的情况下,单位面积上的压力较小,故不易磨损。

2. 高副

两构件间为点或线接触的运动副称为高副。图 1-2c 所示的齿轮副和图 1-2d 所示的凸轮

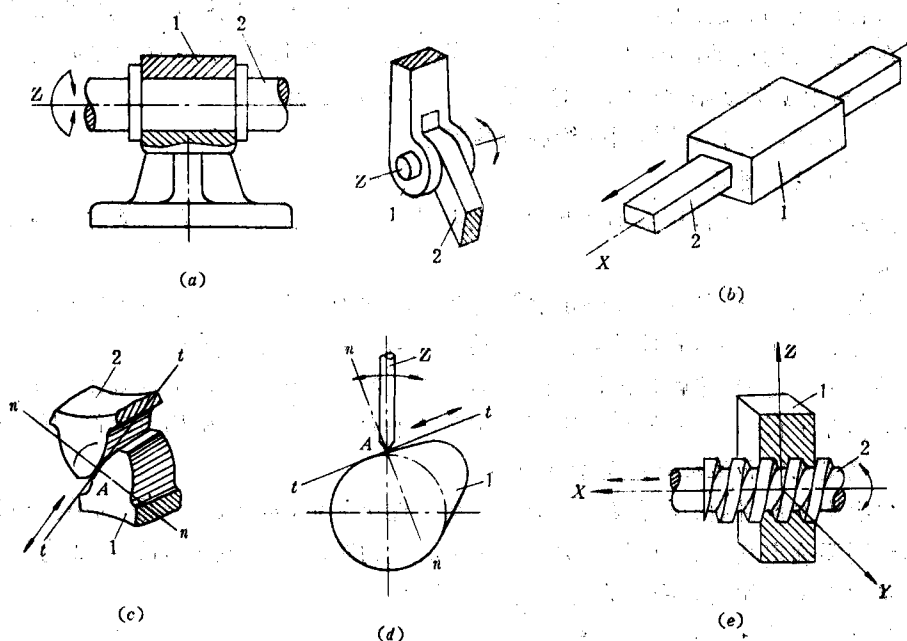


图 1-2 运动副

副均为高副。它们的相对运动是绕接触点(或线)的转动和沿切线 $t-t$ 的移动。而沿公法线 $n-n$ 方向的运动受到限制。

高副因为点或线接触,单位面积上的压力较大,故易磨损。

此外,常用运动副尚有螺旋副(图 1-2e)。它属于空间运动副。

第二节 平面机构运动简图

一、机构运动简图及其作用

在实际运行的机械中,构件的结构和形状是比较复杂的。原因在于,构件的形状和结构不仅与机构的运动有关,而且与受力状况、制造及装配等多种因素密切相关。

设计新的机械时,首要的问题是如何获得良好的设计方案和实现预期的运动;分析现有机械时,也要首先了解它们的工作原理,分析其运动规律和特性。这两者都有一个共同的任务,就是要分析机构的运动特性。这时,既不可能、也无必要涉及构件的具体结构和形状。

由于机构的运动仅与构件数目,运动副的类型、数目和它们的相对位置(即构件长度)有关,我们就可保留这些因素,而略去构件断面尺寸、运动副的具体结构等无关因素,将实际机构简化为示意图来对运动特征进行分析。这种用规定的构件和运动副符号来表示机构的一种简化示意图称为机构简图,或称为机构示意图。

用长度比例尺画出的机构简图,则称为机构运动简图。

二、平面机构运动简图的绘制

机构运动简图是工程上的一种常用图形。它用简单的线代表构件,相应的符号代表各种

运动副,用以表示实际机器中各机构的组成和运动关系,而使机器的工作原理表达得一目了然。但必须强调的是:机构运动简图表达的运动特性应与原机构的运动特性完全相同。

在绘制机构运动简图时,应排除构件的复杂外形和具体结构,采用规定的代表符号(见表 1-1),再根据运动副之间的相对位置尺寸,按比例绘出。

综上所述,机构运动简图的绘制步骤如下:

1. 分析结构情况

慢慢扳动该机构,从主动件起沿传动路线跟踪,仔细观察所有从动件的运动情况,并确定机架。

在此基础上,即可进一步确定绘制机构运动简图的视图平面。其方法如下:在任一可动构件上随意认定一点,在此构件的一个运动循环中,因为是平面机构,这个点的运动轨迹必处于某一平面之中,这就是该构件的运动平面。若所有构件的运动均处于一个平面内,或各自处于相互平行的几个平面内,则可将该运动平面认定为绘制机构运动简图的视图平面。

2. 确定构件和运动副的类型和数目

数出构件数目后,再观察这些构件之间的连接关系,即判断运动副的类型和数目。如为转动副则要确定其中心位置,有关转动副中心间的距离则为构件的长度。如为移动副则确定其导路的方位。如为高副则确定其轮廓形状等。

3. 测量各构件的尺寸

将各个构件的长度分别量出。

4. 绘制机构运动简图

用规定的代表符号,按测量的实际尺寸,选择适当的比例,在前面确定的视图平面上绘出机构运动简图。并标明作图的比例尺 μ_l 。

$$\mu_l = \frac{\text{实际长度(m)}}{\text{图示长度(mm)}}$$

在绘制机构运动简图时,尚须注意的问题是:先将与机架有关的各运动副按相对位置画好,然后再画有位置变化的运动副。在选择它们的图示位置时要适当,应以各构件不出现重叠或交叉为宜。

此外,在主动件上常标注一箭头,表示其运动规律为已知。

例 1-1 试绘制图 1-1 所示内燃机的机构运动简图。

解 1) 从内燃机的运动关系得知,它是由汽缸体 1 内的燃油燃爆,推动活塞 2 作上下运动,通过连杆 3 带动曲轴 4 作转动。曲轴转动使齿轮 5 带动齿轮 6,再通过轴使凸轮 7 转动时,推动进油汽阀推杆 8,用以控制燃油进入汽缸的时间。

通过上述跟踪观察,我们可以判断,活塞受燃爆推动,为主动件。其余可动构件为从动件。汽缸体为机架。再从运动情况看,所有构件的运动虽不在同一平面上,但运动平面均与曲轴的轴线垂直。我们即可认定以垂直于曲轴轴线的平面为视图平面。

2) 除主动件 2 外,其余 3,4,5,6,7,8 共四件均为从动件(因 4 与 5,6 与 7 均为刚性连接,应认为各是一个构件),1 为机架。组成转动副的有 2-3,3-4,4-1,6-1,组成移动副的有 2-1,8-1,组成高副的有 5-6(齿轮副),7-8(凸轮副)。

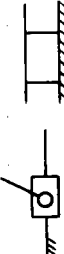
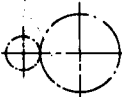
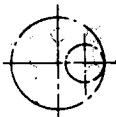
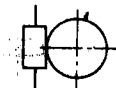
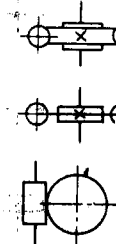
3) 量出有关构件的尺寸,如连杆长(两转动副中心间的距离),曲轴的偏心距等。选取一定的比例尺绘制,并在主动件 2 处标以箭头,即可得出如图 1-3 所示的机构运动简图。

表 1-1

机构运动简图常用符号(摘自 GB4460-84)

名 称	简 图 符 号	名 称	简 图 符 号
轴、杆		零件与轴的固定连接	
三副元素构件		链传动	
构件的永久连接		V 带传动	
转动副		平带传动	
移动副			
平面低副			

续表

名 称	简 图 符 号	名 称	简 图 符 号
机 架	基本符号 	棘轮机构	
	机架是转动副的一部分 		
	机架是移动副的一部分 		
平 面 高 副	齿轮副外啮合 	圆锥齿轮传动	
	齿轮副内啮合 		
	凸轮副 		
空 间 副	螺旋副 	蜗杆蜗轮传动	

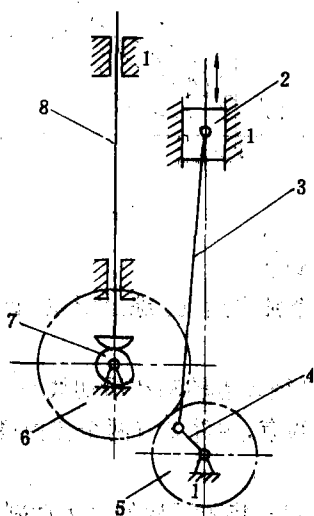


图 1-3 内燃机的机构运动简图

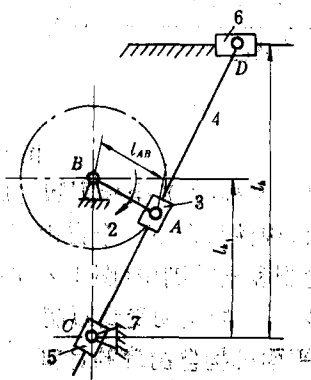


图 1-4 牛头刨床的机构运动简图

例 1-2 试绘制图 0-1 所示牛头刨床的机构运动简图。

解 1) 牛头刨床由电动机通过一系列传动(已略去)带动图中的大齿轮 2 转动,再由以转动副装于其上的滑块 3 带动导杆 4 摆动,从而推动滑枕 6 作往复运动。由此可知,大齿轮 2 为主动件,其余可动构件为从动件,刨床床身 7 为机架。同时亦可认定,与大齿轮 2 轴线垂直的平面为视图平面。

2) 除主动件 2 外,其余 3、4、5、6 均为从动件,7 为机架。转动副有 7-2, 2-3, 7-5, 4-6, 移动副有 3-4, 5-4, 6-7。

3) 再量出构件的尺寸。如 l_a, l_b, l_{AB} 等。选取一定的比例尺绘制,并在主动件 2 上标以箭头,即可得图 1-4 的机构运动简图。

第三节 平面机构的自由度

一、自由度及约束

一个作平面运动的构件最多可以有三个同时存在的独立运动的可能性,如图 1-5a 所示。在坐标系 XOY 中,自由构件 AB 作平面运动时的位置,可以由任一点 A 的坐标 X_A, Y_A ,以及过 A 点的任一直线 AB 绕 A 点转动的角度 φ 这三个独立参数决定。构件相对于定参考系可能的独立运动的数目称为构件的自由度。可见,作平面运动的自由构件具有三个自由度。

两构件组成运动副后,它们之间的某些相对运动将不能实现,对于相对运动的这种限制称为运动副的约束。若在自由构件中的 A 处以转动副与其它构件连接(图 1-5b),则 X, Y 两个方向的移动受到了约束,只剩下一个绕 A 轴转动的自由度。同理,若在 AB 方向上以移动副与其它构件连接(图 1-5c),则首先是转角 φ 不能变化,即受到了约束,其次当构件沿 X 方

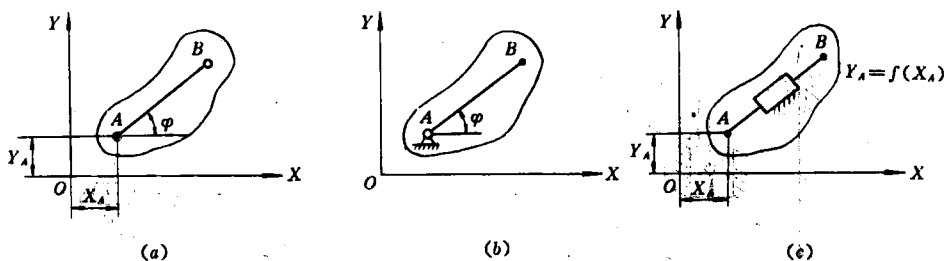


图 1-5 平面构件的自由度及约束

向移至某一坐标时, Y 坐标则随之确定, 实际上只剩下一个独立运动。综上所述, 低副引入了两个约束, 构件只余下一个自由度。

齿轮副和凸轮副中(图 1-2c, d), 构件 2 相对构件 1 可绕 A 点转动和沿切线 $t-t$ 移动, 只有沿法线 $n-n$ 的运动受到限制。因此, 高副引入了一个约束, 构件 2 有两个自由度。

二、平面机构自由度的计算

前已分析, 机构是以构件通过运动副连接而成的。但是, 将若干构件以运动副连接起来是否能成为机构呢? 其中的关键问题, 就是要判断这些构件之间能否保证有确定的相对运动。为此, 应首先判断机构实现运动的可能性。机构中各构件相对于机架的所能有的独立运动的数目称为机构的自由度。也就是说, 要学会计算机构的自由度。

因为一个自由构件具有三个自由度, 引入一个低副即引入两个约束, 失去两个自由度。引入一个高副即引入一个约束, 失去一个自由度。因此, 平面机构的自由度应该是: 全部可动构件在自由状态下的自由度总数减去全部运动副引入的约束总数。用公式来表达即为:

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

式中 F ——平面机构的自由度;

n ——机构的可动构件数;

P_L ——机构中所有低副的个数;

P_H ——机构中所有高副的个数。

例 1-3 试计算图 1-3 所示内燃机机构的自由度。

解 此机构有可动构件 2、3、4、5、6、7、8 共五个, 即 $n=5$ 。转动副有 2-3, 3-4, 4-1, 6-1 共四个; 移动副有 2-1, 8-1 共二个, 即低副数 $P_L=6$ 。高副有 5-6, 7-8 共二个, 即 $P_H=2$ 。代入式(1-1), 可得机构的自由度为

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

故此机构的自由度为 1。

例 1-4 试计算图 1-4 所示牛头刨床的自由度。

解 由前分析可知, 该机构可动构件数 $n=5$, 低副数 $P_L=7$, 无高副。代入式(1-1)可得机构的自由度为

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

故此机构的自由度亦为 1。