

21/11
高等学校试用教材

机械设计基础

上册

南京工学院 上海工业大学
同济大学 上海科技大学
上海化工学院 编

人民教育出版社

高等学校试用教材

机械设计基础

上册

南京工学院 上海工业大学
同济大学 上海科技大学
上海化工学院 编

人民教育出版社

本书共二十二章,分上、下两册出版。上册除绪论外包括:平面机构的运动简图及活动度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、机械零件设计概论、弹簧、联接、螺旋传动、带传动、链传动、直齿圆柱齿轮传动等共十一章。下册包括:斜齿圆柱齿轮传动、螺旋齿轮传动、圆锥齿轮传动、蜗杆传动、轮系、减速器、无级变速器、轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器、制动器、机械速度波动的调节、回转件的平衡等共十一章。

本书采用了国际单位制。

本书可作为高等学校工科非机械类专业“机械原理及机械零件”或“机械设计基础”课程的试用教材,某些机械类专业及有关工程技术人员也可参考使用。

高等学校试用教材

机械设计基础

上册

南京工学院 上海工业大学

同济大学 上海科技大学

上海化工学院 编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

天津人民出版社印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张12 字数270,000

1979年8月第1版 1979年9月第1次印刷

印数 00,001—65,000

书号 15012·0186 定价 1.00 元

序

本书是根据 1977 年 12 月高等学校工科机械原理、机械零件、机械设计, 工程热力学、传热学教材会议上讨论的非机械类 100 学时《机械设计基础》教材编写大纲编写的。编排次序为: 常用机构、机械零件和机器动力学的某些问题(机器速度波动的调节、回转件的平衡)。

由于非机械类各专业对本课程的要求和学时安排不尽相同, 所以本书各章内容一般都偏广些, 但尽量做到选用方便, 以使其具有较大的适应性。按照编写大纲的规定, 本书全份量大约相当于 100 学时, 其中带星号的部分为选学内容, 小号字部分为非主要内容, 少于 100 学时的各专业在使用本书时可根据具体条件酌情取舍。

本书定稿前曾经教育部委托召开的审稿会议进行审查。参加本书审稿会的有大连工学院、清华大学、天津大学、西安交通大学、东北工学院、北京化工学院、西安冶金建筑学院、华东石油学院、山东矿业学院等院校有关同志, 主审是大连工学院韩东振、马书山等同志。他们对本书提了许多宝贵意见, 编者表示深切谢意。

参加本书编写工作的院校和人员有: 南京工学院程光蕴(绪论、第二十一章)、钱庆蕊(第三章)、杨可桢(第五章)、朱永玉(第六章、第十七章)、胡宗祺(第十八章、第二十章)、郑文纬(第二十二章); 同济大学喻怀正(第一章、第二章、第四章)、董亲建(第十四章、第十六章); 上海化工学院李永年(第七章、第八章)、李仲生(第九章、第十章); 上海工业大学王绍杰(第十一章、第十二章、第十三章); 上海科技大学谢伟民(第十五章)、胡哲鸿(第十九章), 并由南京工学院杨可桢、程光蕴担任主编。在编写过程中, 编写者所属的教研组曾给予大力的支持和帮助。

限于我们的理论水平和业务能力, 加之编写时间仓促, 谬误欠妥之处在所难免, 深望使用本书的教师及读者批评指正。

编 者

一九七八年十二月

上册目录

绪论1	§ 6-5 其他弹簧简介*.....82
§ 0-1 引言.....1	第七章 联接86
§ 0-2 本课程研究的对象和内容.....1	§ 7-1 键联接及花键联接.....86
§ 0-3 本课程在教学计划中的地位.....3	§ 7-2 销联接.....91
第一章 平面机构的运动简图及活动度4	§ 7-3 过盈联接.....93
§ 1-1 机构的组成要素.....4	§ 7-4 螺纹联接件的基本类型及标准联接件.....94
§ 1-2 平面机构运动简图的绘制.....6	§ 7-5 螺栓联接中的预紧和防松.....98
§ 1-3 平面机构具有确定运动的条件.....10	§ 7-6 螺栓联接的强度计算.....100
第二章 平面连杆机构16	§ 7-7 螺栓联接的疲劳损坏及提高螺栓持久强度的措施*.....106
§ 2-1 铰链四杆机构的基本型式和性质.....16	第八章 螺旋传动110
§ 2-2 铰链四杆机构的型式与尺寸的关系.....22	§ 8-1 螺旋传动的应用和类型.....110
§ 2-3 铰链四杆机构的演化.....23	§ 8-2 螺旋副的受力分析和效率.....110
§ 2-4 平面四杆机构的设计*.....27	§ 8-3 自锁螺旋.....114
§ 2-5 多杆机构简介*.....34	§ 8-4 螺旋传动的计算.....114
第三章 凸轮机构37	§ 8-5 滚动螺旋简介.....120
§ 3-1 凸轮机构的应用和类型.....37	§ 8-6 差动螺旋.....121
§ 3-2 从动件的常用运动规律.....38	第九章 带传动123
§ 3-3 按给定运动规律设计盘形凸轮轮廓.....41	§ 9-1 概述.....123
§ 3-4 圆柱凸轮轮廓设计.....45	§ 9-2 三角胶带的结构和型号.....124
§ 3-5 设计凸轮机构应注意的问题.....46	§ 9-3 带传动的工作情况分析.....126
§ 3-6 圆弧凸轮简介*.....49	§ 9-4 单根三角胶带能传递的功率.....130
第四章 间歇运动机构53	§ 9-5 三角胶带传动的设计计算.....133
§ 4-1 棘轮机构.....53	§ 9-6 三角带轮的结构.....137
§ 4-2 槽轮机构.....56	§ 9-7 带传动的张紧装置及维护.....138
第五章 机械零件设计概论60	§ 9-8 同步齿形带传动简介.....140
§ 5-1 机械零件设计概述.....60	第十章 链传动143
§ 5-2 机械零件的强度.....61	§ 10-1 链条结构.....143
§ 5-3 机械零件接触强度的概念.....65	§ 10-2 套筒滚子链链轮.....145
§ 5-4 机械制造中常用材料及其选择.....66	§ 10-3 链传动的传动比及运动不均匀性.....147
§ 5-5 机械零件的工艺性及标准化.....68	§ 10-4 链传动的设计计算.....148
第六章 弹簧70	§ 10-5 链传动的布置及润滑.....152
§ 6-1 弹簧的功用和类型.....70	第十一章 直齿圆柱齿轮传动156
§ 6-2 圆柱形螺旋拉伸、压缩弹簧的应力和变形.....71	§ 11-1 齿轮传动的特点和分类.....156
§ 6-3 弹簧的制造、材料和许用应力.....74	§ 11-2 齿廓啮合基本定律.....157
§ 6-4 圆柱形螺旋拉伸、压缩弹簧的设计.....76	§ 11-3 渐开线齿廓满足齿廓啮合基本定律.....158

§ 11-4 渐开线标准齿轮各部分名称及其 基本尺寸.....	160	§ 11-8 根切现象、最少齿数及变位齿轮.....	169
§ 11-5 渐开线标准齿轮啮合传动.....	162	§ 11-9 轮齿的损坏形式.....	173
§ 11-6 渐开线标准齿轮的公法线长度和 固定弦齿厚.....	165	§ 11-10 齿轮材料及热处理.....	174
§ 11-7 渐开线齿廓切削加工的原理.....	167	§ 11-11 直齿圆柱齿轮的强度计算.....	176
		§ 11-12 圆柱齿轮传动的精度.....	184

绪 论

§ 0-1 引 言

机械是人类进行生产斗争的重要武器,也是社会生产力发展水平的重要尺度。早在古代,人类就知道利用杠杆、滚子、绞盘等原始的简单机械从事建筑和运输。十八世纪中叶,蒸汽机的发明促进了欧洲的产业革命,出现了由原动机、传动机、工作机组成的近代机器。从此以后,机械工业就以前所未有的速度迅猛发展,并推动机械科学向前发展,到十九世纪逐渐形成系统地研究机械设计的学科。

我国古代人民在机械方面有许多杰出的发明和创造。远在五千年前就使用了简单的纺织机械,在夏朝以前就发明了车子。晋朝的连机碓和水碓早就应用了凸轮原理,西汉的指南车和记里鼓车都已采用了轮系传动。东汉张衡创造的候风地动仪是人类历史上第一台地震仪。近代机械中采用的青铜轴瓦和金属人字齿轮,在我国东汉年代的文物中都可以找到它们原始的型态。

但是,由于我国封建社会漫长,加上帝国主义入侵,所以新中国建立以前长期处于半封建半殖民地社会,工业得不到发展,机械工业和机械科学都处于极其落后的状态。

新中国成立以来,我国工农业生产和科学技术有了飞速的发展。在第一个五年计划期间,我国建立了一批大型机械制造厂,使我国的机械工业由过去只能进行零星修配一跃而能自行制造飞机、汽车和各种类型的机床。在以后的几个五年计划期间,又从制造一般的机械设备发展到能够制造大型、精密、尖端产品,并开始了产品的自行设计。

在各个生产部门实现机械化,对于发展国民经济具有十分重要的意义。为了加速社会主义建设的步伐,应当对现有机械设备进行全面的技术改造,以充分挖掘企业潜力;应当设计出各种高质量的成套设备武装各个生产部门;还应当研究和设计出完善的机械手和机器人,从事空间探测、海底开发和实现生产过程全盘自动化。可以预计,在实现四个现代化的进程中,机械设计这门学科将会发挥越来越大的作用,它本身也必将得到更大的发展。

§ 0-2 本课程研究的对象和内容

《机械设计基础》介绍机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、结构特点和设计计算方法。现以内燃机为例说明如下:

图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等所组成。活塞的往复移动通过连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,在曲轴和凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮传动。这样,当燃气推动活塞运动时,进排气阀有规律地

启闭,就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

从这个例子可以看出,机器具有以下特征:(1)它是许多构件经人工组合而成的;(2)这些构件之间具有确定的相对运动;(3)它用来代替人的劳动去变换机械能(如内燃机)或完成有用的机械功(如起重机、金属切削机床)。

当我们仅仅研究构件之间的相对运动,而不考虑它们在作功和变换能量方面所起的作用时,通常把这些具有确定相对运动的多构件组合称为机构。例如内燃机和曲柄式压力机,尽管它们的功用不同,但从相对运动来考察,它们的主要部分同属于曲柄滑块机构。机器是由机构组成的。最简单的机器只包含一个机构,如电动机、鼓风机。大多数常见的机器都包含若干个机构,例如图 0-1 所示的内燃机,便是由齿轮机构、凸轮机构、曲柄滑块机构等所组成。组成机器的各个机构,有时也按照它的功用来命名,如传动机构、走刀机构、变速机构、配气机构等。通常用机械一词作为机构和机器的总称。

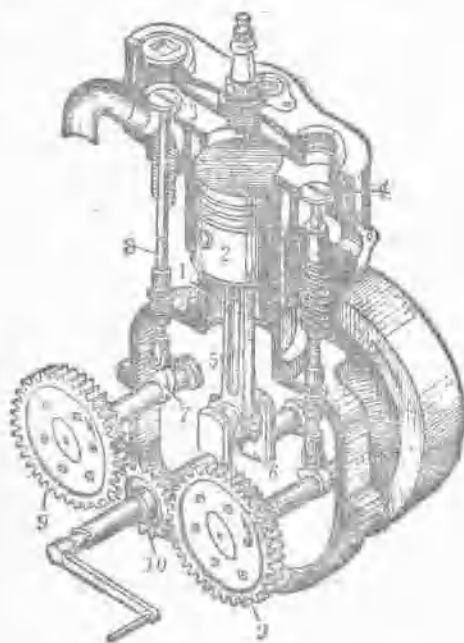


图 0-1

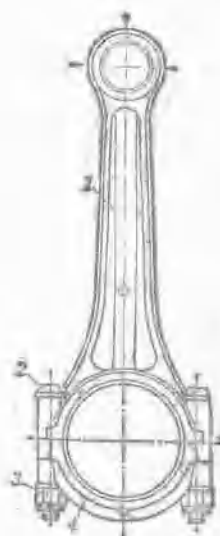


图 0-2

组成机构或机器的构件是一个运动的整体。它可以是单一的刚体,也可以是几个零件的刚性组合。如图 0-2 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 以及螺母 3 等几个零件组合而成。这些零件之间没有相对运动,形成一个运动的整体,所以成为一个构件。由此可知,构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

机械中的零件可以分为两类。一类称为通用零件,它在各种机械中都能经常遇到,如齿轮、螺钉、轴、弹簧等。另一类称为专用零件,它只出现于某些特殊机械之中,如汽轮机的叶片,内燃机的活塞等。机械的类型很多,用途不一,设计时各有其不同的特殊要求。对于各种专用机械的整机设计和专用零件设计,将由有关专业著作详加讨论,不在本课程范围之内。

本书着重介绍机械中的常用机构(连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构)、常用的机械联接(键联接、销联接、过盈联接、螺栓联接)、主要的机械传动(螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动)、轴系零部件(轴、轴承、联轴器、离合器、制动器)、弹簧以及机器动力学某些问题(飞轮和平衡)的设计理论和计算方法,并扼要介绍有关规范和国家标准,为机械设计提供最基本的知识,为使用《机械设计手册》提供必要的理论依据。这些常用机构和通用零部件的设计理论和设计方法,对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

§ 0-3 本课程在教学计划中的地位

随着机械化生产规模的日益扩大,在采矿、冶金、石油、化工、土建、动力、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员,将会经常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当对机械具备一定的基础知识。因此《机械设计基础》如同《机械制图》、《电工学》一样,是高等学校工科有关专业一门重要的技术基础课。

《机械设计基础》将为有关专业学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。

《机械设计基础》将使从事工艺、运行、管理的技术人员,在了解各种机械的传动原理,正确使用和维护设备,分析设备事故方面获得必要的基本知识。

通过本课程的学习和课程设计实践,可以培养学生初步具备运用手册设计简单传动装置的能力,为日后从事技术革新创造条件。

机械设计工作应当努力使所设计的机器做到性能好、效率高、成本低、寿命长、安全可靠、操作方便和便于调整维修。为此,机械设计工作者必须确立正确的设计思想:在制订方案时,要加强调查研究,尽可能吸收国内外同类型机械的先进技术,而不满足于抄袭和仿造;要坚持实践第一的观点,在设计、加工、安装、调试过程中及时发现问题,并对原方案反复修改,以不断积累实际设计经验。当前科学技术的发展酝酿着重大突破,电子计算机的应用,对于机器的总体设计、设计理论和计算方法都正在发生重大的影响,设计人员应当密切注意和应用科学技术发展的新成果。

机械设计是许多学科知识的综合运用。《机械设计基础》的先修课程是《机械制图》和《工程力学》。除此以外,在学习本课程之前,学生还应具备金属材料及其冷热加工的一般知识。考虑到许多近代机械设备并非单纯采用机械传动,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电力传动和电子技术等有关知识。

第一章 平面机构的运动简图及活动度

如同绪论所述,机构的作用主要是传递和变换运动,因此,机构中的构件不能任意拼凑。因为任意拼凑起来的构件组合不一定能够运动,或者不一定能够保证运动是确定的。那么机构究竟应该如何组合,才能够运动呢?又在什么条件下,它的运动才是确定的呢?这都与机构的活动度有关。这些知识无论对分析现有机构或创造新机构都是非常重要的。它就是本章讨论的主要内容。

此外,在实际工作中常常需要了解和研究现有机器的运动和工作性能,或创造和设计新的机构。为了便于分析和研究,工程上常需要以简单的线条和符号作出机构的运动简图。因此,掌握机构运动简图的绘制方法,也是本章讨论的内容之一。

如果组成机构的所有构件都在同一平面内运动,或在几个相互平行的平面内运动,则这种机构称为平面机构,否则就是空间机构。工程上大量应用平面机构,所以本章主要讨论平面机构的运动简图及活动度。

§ 1-1 机构的组成要素

一、构件及其自由度

由绪论已知,构件是组成机构的运动单元,它可以是单一的刚体或若干个零件的刚性组合。在未组成机构之前,每一个作平面运动的自由构件有三个独立运动的可能性。如图 1-1 所示,在 xOy 坐标系中,构件可以在 xOy 平面内绕任一点转动和沿 x, y 轴线移动。这种可能出现的独立的自由运动,称为构件的自由度。所以,一个作平面运动的构件有三个自由度。

二、运动副及其约束

图 0-1 所示内燃机中的各个构件都不是孤立的,而是以一定方式联接起来的。这些构件彼此之间都不是刚性联接,而保持着一定的相对运动。两个构件之间直接接触并保持一定相对运动的联接,称为运动副。例如:活塞 2 与连杆 5、活塞 2 与气缸体 1、齿轮 9 与齿轮 10 的轮齿、凸轮 7 与进气阀顶杆 8 之间的联接都是运动副。显然,构件用运动副联接后,它们独立的自由运动就受到了约束。从而减少了自由度。

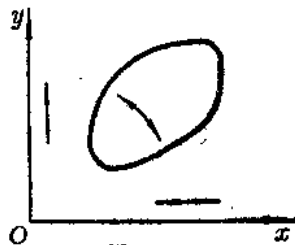


图 1-1

不同型式的运动副对运动的约束是不同的。根据组成运动副的两个构件之间的接触方式及其所保留的相对运动的性质,平面机构中的运动副可分类如下:

1. 低副

两构件之间通过面接触组成的运动副,称为低副。根据它们之间的相对运动是转动或移动,

又可分为回转副和移动副。

(1) 回转副 若组成运动副的两个构件只能在一个平面内作相对转动, 这种运动副称为回转副, 又称为铰链。如图 1-2, *a* 所示的轴 1 与轴承 2 组成的就是回转副, 由于它有一个构件是固定的, 又称为固定铰链。图 1-2, *b* 所示构件 1 与构件 2 也组成回转副, 由于它的两个构件都未固定, 故又称为活动铰链。例如图 0-1 中曲轴与气缸体所组成的回转副是固定铰链, 活塞与连杆、连杆与曲轴所组成的回转副是活动铰链。

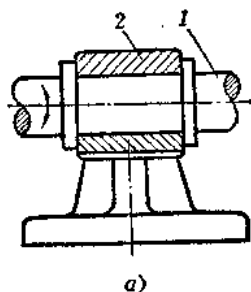


图 1-2

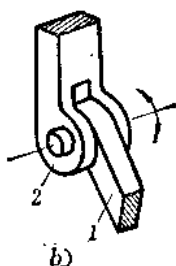
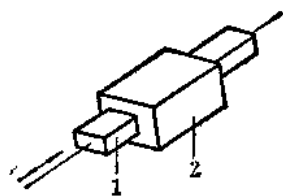


图 1-3



(2) 移动副 若组成运动副的两个构件只能沿某一轴线相对移动, 这种运动副称为移动副。图 1-3 中构件 1 与构件 2 组成的是移动副。图 0-1 中的活塞和气缸体所组成的也是移动副。

2. 高副

两构件之间通过点或线接触组成的运动副, 称为高副。它们之间的相对运动是转动和移动。图 1-4 中的车轮 1 与钢轨 2、凸轮 1 与从动件 2、轮齿 1 与轮齿 2, 分别在其接触处 *A* 都组成高副。

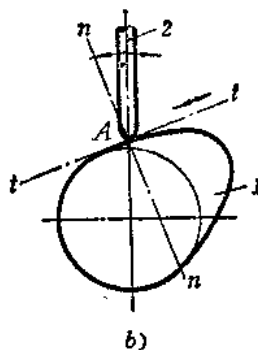
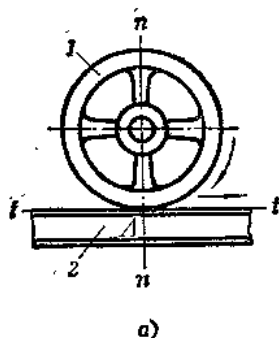
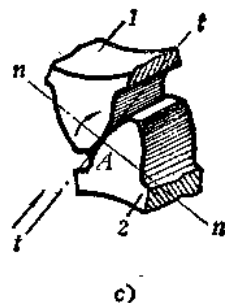


图 1-4



由于构件之间的相对运动仅与其直接接触部分的几何形状有关, 而与构件这部分的实际结构无关, 因此, 为了清晰简便起见, 常将构件和运动副用规定的简单符号表示。如图 1-5 所示。图中 *a* 表示回转副; *b* 表示移动副; *c* 表示高副; *d* 表示活动构件; *e* 表示机架或固定件 (用阴影线表示)。

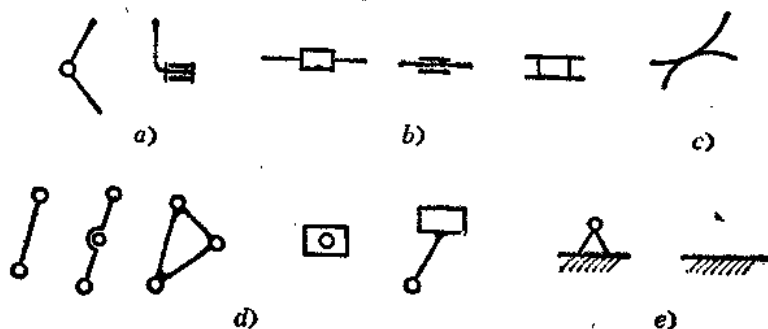


图 1-5

此外，常用的运动副还有：图 1-6 所示的球面副和图 1-7 所示的螺旋副。它们都是空间运动副，在本章中不作详细讨论。

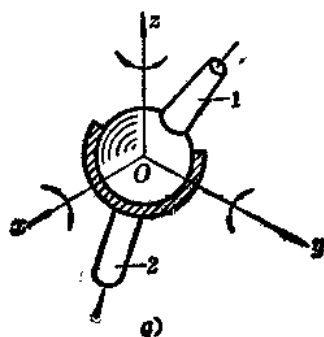


图 1-6

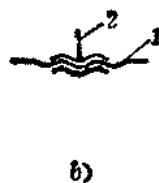
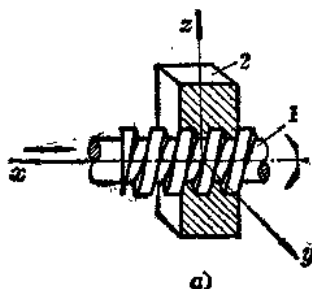


图 1-7

§ 1-2 平面机构运动简图的绘制

机构运动简图就是用一些代表构件和运动副的简单符号，把机构的运动特征准确地表达出来的图形。为了能够清晰地表示出与原机构完全相同的运动关系，在机构运动简图中，只要求准确地绘出对机构运动有影响的关键尺寸；对运动没有影响的尺寸，应予略去。

一般机构中的构件可分为三类：

(1) 固定件(机架) 它是用来支承活动构件的构件。图 0-1 中的气缸体就是固定件。它用以支承活塞和曲轴等。在研究机构中活动构件的运动时，常以固定件作为参考坐标系。

(2) 原动件(原动杆) 它是运动规律已知的构件。它的运动规律是由外界给定的。图 0-1 中的活塞就是原动件。

(3) 从动件(从动杆) 它是机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件。图 0-1 中的连杆和曲轴都是从动件。从动件的运动规律取决于原动件的运动规律和机构的组成情况。

任何一个机构中，必然有一个构件被当作固定件。例如：气缸体虽然随着汽车运动，但在研究发动机的运动时，仍把气缸体当作固定件。在活动构件中必须有一个或几个原动件，其余的都是从动件。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 绘制图 1-8, a 所示颚式破碎机的主体机构运动简图。

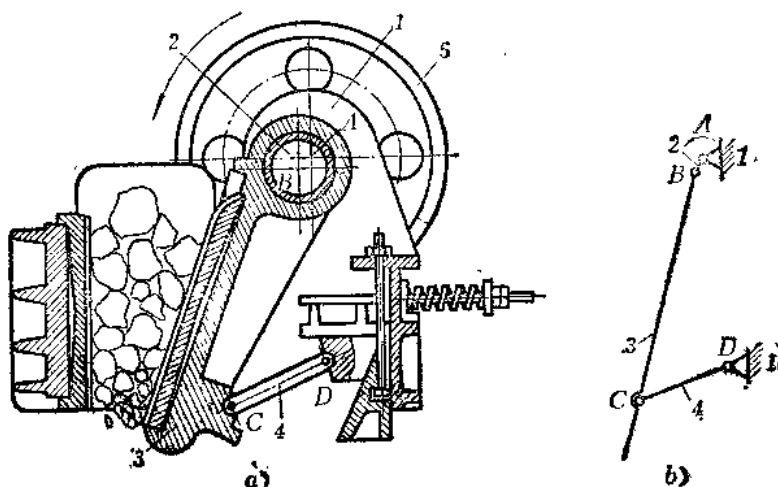


图 1-8

解 颚式破碎机的主体机构是由机架 1、偏心轴(又称曲轴)2、动颚 3、肘板 4 共四个构件通过回转副联接组成的。当偏心轴 2 在皮带轮 5 的带动下绕轴线 A 转动时, 驱使动颚 3 作平面运动, 从而将矿石轧碎。

绘制机构运动简图的一般步骤如下:

(1) 分析机构的运动, 认清固定件、原动件与从动件。

颚式破碎机中, 机架 1 是固定件, 偏心轴 2 是原动件, 剩下的动颚 3 与肘板 4 都是从动件(皮带轮 5 与偏心轴 2 固联成为一个整体, 属于同一构件)。

(2) 由原动件开始, 按照运动传递的顺序, 仔细分析各构件之间相对运动的性质, 从而确定构件的数目以及运动副的数目和种类。

颚式破碎机中, 偏心轴 2 与机架 1、偏心轴 2 与动颚 3、动颚 3 与肘板 4、肘板 4 与机架 1 之间的相对运动都是转动。因此, 机构中共有四个构件, 组成四个回转副。

(3) 合理选择视图。通常是选择大多数构件的运动平面或平行于运动平面的平面作为视图平面, 如果一个视图不能将机构的运动传递关系表达清楚, 可另补充辅助视图。

图 1-8, a 的视图已能清楚地表示各构件之间的运动传递关系。所以选择此视图平面绘制机构运动简图。

(4) 选定适当的比例尺, 定出各运动副之间的相对位置, 用构件和运动副的规定符号绘制机构运动简图。

图 1-8, b 所示为颚式破碎机的机构运动简图。其绘制过程如下: 先画出偏心轴 2 与机架 1 组成的回转副中心 A; 其次按运动副间的相对位置选定比例尺, 画出肘板 4 与机架 1 组成的回转副中心 D, 机架长度用线段 AD 表示; 其次, 按同一比例尺画出偏心轴 2 与动颚 3 组成的回转副中心 B (B 是偏心轴的几何中心)。它与 A 之间的距离称为偏心距, 即曲柄的长度, 用线段 AB

表示;再按同一比例尺定出回转副中心 C 的位置。最后用构件和运动副的规定符号相连,绘制出机构运动简图。

需要指出:虽然曲轴2与动颚3是用一半径大于偏心距 AB 的回转副联接的。但是,由于运动副的规定符号仅与相对运动的性质有关,而与所代表的运动副的具体结构无关。所以,机构中的四个回转副可用同样大小的小圆圈表示。

例 1-2 绘制图 1-9, a 所示内燃机的机构运动简图。

解 图 1-9, a 所示的内燃机是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3 与气缸体 4 组成的曲柄滑块机构;齿轮 5、6 与气缸体 4 组成的齿轮机构;凸轮 7、进气阀顶杆 8 与气缸体 4 组成的凸轮机构(排气阀在图中未画出)共同组成的。

1. 曲柄滑块机构

(1) 气缸体 4 与机架固联,是固定件;活塞 1 在燃气推动下运动,所以它是原动件;其余构件是从动件。

(2) 活塞 1 与气缸体 4 之间的相对运动是往复直线移动,从而组成移动副;活塞 1 与连杆 2、连杆 2 与曲轴 3、曲轴 3 与气缸体 4,它们之间的相对运动都是转动,所以都组成回转副。

由于上述构件是按照气缸体——活塞——连杆——曲轴——气缸体的顺序联接的(其间没有再与其他构件发生联接),独立形成一个封闭的构件组合,因此它形成一个独立的机构。这个机构称为曲柄滑块机构。它共有四个构件,分别组成一个移动副和三个回转副。

(3) 选择图 1-9, a 的运动平面作为视图平面(已能清楚地表达曲柄滑块机构的运动关系)。

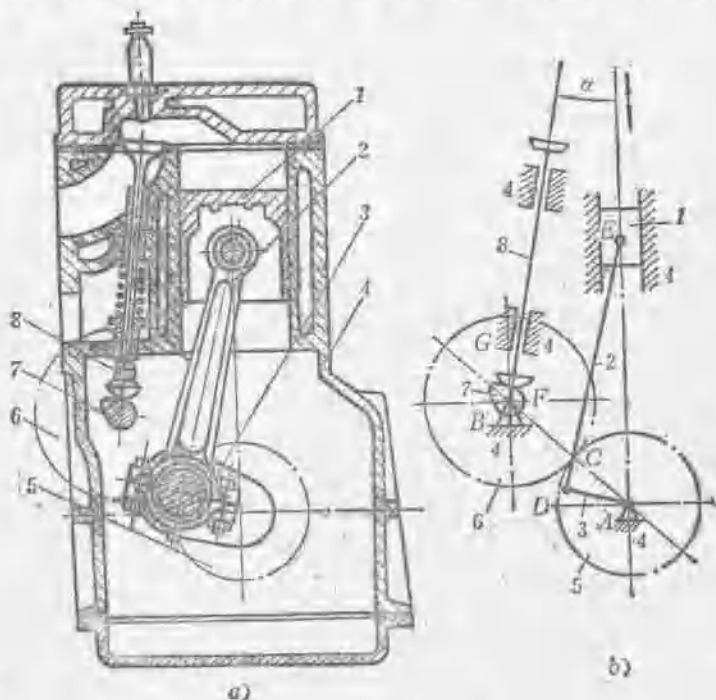


图 1-9

(4) 选取一定的比例尺, 并任意选定活塞(原动件)相对气缸体的一个位置, 即可用相应的构件与运动副的符号绘出机构运动简图, 如图 1-9, *b* 所示。

2. 齿轮机构

齿轮 5 与曲柄 3 固联, 它的运动已由曲轴决定, 所以它是原动件。气缸体 4 是固定件, 剩下的齿轮 6 是从动件。

齿轮 5、6 与气缸体之间的相对运动都是转动, 都组成回转副; 齿轮 5、6 之间的轮齿啮合是线接触, 组成高副(齿轮副), 从而独立形成另一封闭的构件组合, 即齿轮机构。它共有三个构件, 分别组成两个回转副和一个高副。

同理, 选择其运动平面作为视图平面, 并选用相应的比例尺, 以相应的构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图, 如图 1-9, *b* 所示。

需要指出: 图中的齿轮副虽然是高副, 但由于齿轮之间只能传递转动, 因此在一般情况下, 齿轮副也常以它们的节圆来表示。

3. 凸轮机构

盘形凸轮 7 与齿轮 6 固联, 它的运动已由齿轮 6 决定, 所以它是原动件。

凸轮 7 与气缸体 4 组成回转副, 又与进气阀顶杆 8 组成高副, 进气阀顶杆 8 与气缸体 4 组成移动副, 独立形成一封闭构件组合, 即凸轮机构。

同理, 可绘出凸轮机构的运动简图, 如图 1-9, *b* 所示。

从上述可知, 就整个内燃机而言, 它的原动件是活塞 1, 而齿轮 5 与凸轮 7 的运动都取决于活塞。当活塞 1 的位置一定时, 齿轮 5 与凸轮 7 的相应位置也就确定了。

例 1-3 绘制图 1-10, *a* 所示牛头刨床主体机构的运动简图。

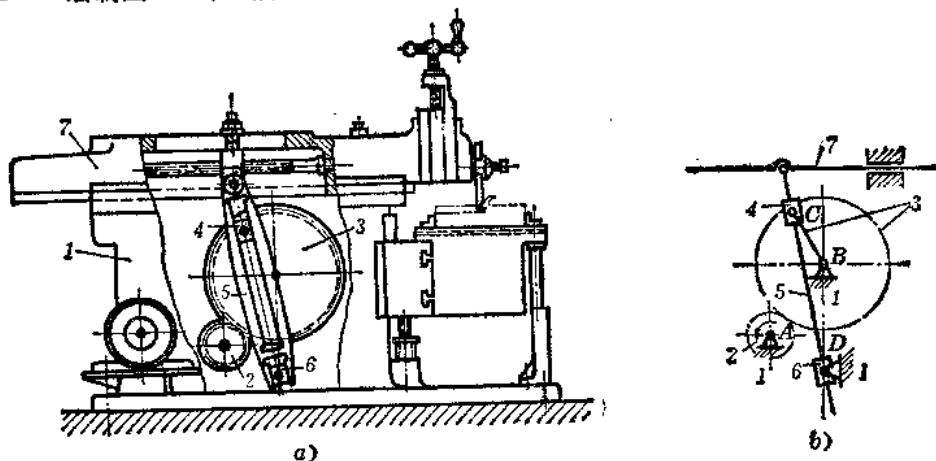


图 1-10

解 牛头刨床的主体机构是由床身(固定件)1、小齿轮 2、大齿轮 3、滑块 4、导杆 5、滑块 6、刨头 7 七个构件通过运动副联接组成。刨床由电动机驱动, 经三角皮带和齿轮变速箱(图中均未画出), 由齿轮 2 传到齿轮 3, 带动滑块 4、导杆 5、滑块 6, 从而使刨头 7 与刨刀一起作急回往复直线移动, 刨削工件。

1. 齿轮机构

床身 1 是固定件, 齿轮 2 是原动件, 齿轮 3 是从动件。两齿轮分别与床身组成回转副, 其轮齿通过啮合组成高副, 它们独立形成一封闭的构件组合, 即齿轮机构。

选择两齿轮的运动平面为视图平面, 并选取一定的比例尺, 即可画出其机构运动简图, 如图 1-10, *b* 所示。

2. 平面六杆机构

通过齿轮 2 的带动, 使齿轮 3 在六杆机构中成为原动件, 床身仍然是固定件, 其余的都是从动件。它共有六个构件, 四个回转副和三个移动副, 独立组成一封闭的构件组合, 即平面六杆机构。其机构运动简图如图 1-10, *b* 所示。

由上述可知, 任何一个机构随着原动件位置的改变, 可以画出一系列相应位置的机构运动简图。

§ 1-3 平面机构具有确定运动的条件

一、平面机构的自由度

由前述已知, 一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。因此, 在平面机构中, 每一个活动构件在未用运动副联接之前, 都有三个自由度, 即沿着 x 和 y 轴的移动, 以及在 xOy 平面内的转动(坐标系 xOy 与固定件固联, 并且平行于运动平面)。当两个构件组成运动副之后, 它们的相对运动就受到约束, 相应的自由度数目随之减少。不同种类的运动副, 由于引入的约束数目不同, 保留的自由度也不相同。如回转副(图 1-2)约束了沿 x, y 轴线的两个移动的自由度, 只保留一个转动的自由度; 而移动副(图 1-3)约束了沿一根轴线的移动和在平面内的转动两个自由度, 只保留沿另一轴线移动的自由度; 高副(图 1-4)则只约束了沿接触处公法线 nn 方向移动的自由度, 保留绕接触处的转动和沿接触处公切线 tt 方向移动的两个自由度。也可以说, 在平面机构中, 每个低副引入两个约束, 使构件丧失两个自由度; 每个高副引入一个约束, 使构件丧失一个自由度。

若一个平面机构共有 N 个构件。除去固定件, 则机构中的活动构件数为 $n = N - 1$ 。在未用运动副联接之前, 这些活动构件的自由度总数应为 $3n$ 。当用运动副将构件联接起来组成机构之后, 机构中各构件具有的自由度数就减少了。若该机构中低副的数目为 p_L 个, 高副的数目为 p_H 个, 则机构中全部运动副所引入的约束总数为 $2p_L + p_H$ 。因此, 活动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数就是该机构相对于固定件的自由度数。它称为机构的自由度, 以 F 表示, 即

$$F = 3n - 2p_L - p_H \quad (1-1)$$

这就是判断平面机构活动度的公式。由公式可知, 机构活动度 F 取决于活动构件的数目以及运动副的性质(低副或高副)和数目。

另由式(1-1)可知, 机构要能够动, 它的活动度必须大于零。要使机构具有确定的运动, 则当机构活动度等于 1 时, 需要有一个原动件; 当机构活动度等于 2 时, 就需要有两个原动件。即机

机构具有确定运动的条件是：机构的原动件数目必须等于机构的活动度。

对于机构而言，由于其原动件的运动是由外界给定的，是已知条件。所以只需算出该机构的活动度，就可以判断它的运动是否确定。

例 1-4 试计算图 1-8, b 所示颚式破碎机主体机构的活动度(图中画有箭头的为原动件)。

解 在颚式破碎机的主体机构中，有三个活动构件，即 $n=3$ ；组成的运动副是四个回转副， $p_L=4$ ；没有高副， $p_H=0$ 。所以由式(1-1)可得机构的活动度为

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 3-2\times 4=1$$

即此机构只有一个活动度。此机构原动件是曲轴 2，原动件的数目与机构的活动度相等，故此机构的运动是确定的。当曲轴绕轴线 A 转动时，动颚 3 与肘板 4 就能按照一定的规律运动。

例 1-5 试计算图 1-9 所示内燃机机构的活动度。

解 图中曲轴 3 与齿轮 5 是刚性联接，只能看作一个构件。同样，齿轮 6 与凸轮 7 也是一构件。此机构的活动构件数为 5，低副数为 6 (四个回转副和两个移动副)，高副数为 2。由式(1-1)得

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 5-2\times 6-2=1$$

此机构只有一个原动件——活塞。因原动件数等于活动度，故运动是确定的。当活塞移动时，曲轴、凸轮和气阀均作有规律的运动。

例 1-6 试计算图 1-10 所示牛头刨床机构的活动度。

解 图中曲轴和大齿轮 3 为同一构件。由图 b 可知，此机构共有六个活动构件，八个低副(五个回转副和三个移动副)，一个高副。由式(1-1)得

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 6-2\times 8-1=1$$

此机构的原动件为小齿轮 2。原动件数目与活动度相等，因而运动是确定的。

例 1-7 图 1-11 所示为一差动轮系机构，试计算其活动度。

解 在差动轮系机构中，活动构件有中心轮 1、3，行星轮 2，转臂 H，即 $n=4$ ；在 A、B 处各组成一个回转副，在 C 处组成两个回转副，即 $p_L=4$ ；在 D、E 处各组成一个高副，即 $p_H=2$ 。所以由式(1-1)可得机构的活动度为：

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 4-2\times 4-2=2$$

即此机构有两个活动度。要保证机构作确定的运动，就需要有两个原动件。

如果将中心轮 3 固定不动，则中心轮 3 与机架 4 成为同一构件。这时在 C 处将减少一个回转副，整个机构的活动度也随着发生变化。由于 $n=3$ ， $p_L=3$ ， $p_H=2$ ，所以由式(1-1)可得

$$F=3\times 3-2\times 3-2=1$$

即此机构变成只有一个活动度，由差动轮系变成了行星轮系。只要给出中心轮或转臂的运动，行星轮系就具有确定的运动。

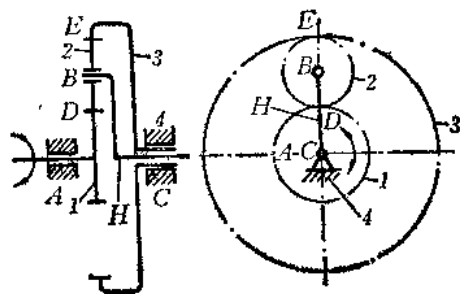


图 1-11