

主編 吳寶珍
副主編 薛佔國 劉福英

機械設計 基礎

山西教育出版社



机械设计基础

主 编 吴宝珍

副主编 薛占国 刘福英

山西教育出版社

机 械 设 计 基 础

主 编 吴宝珍

副主编 薛占国 刘福英

※

山西教育出版社出版 (太原并州北路十一号)

长治彩色印刷厂印刷

※

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 356千字

1991年6月第1版 1991年8月山西第1次印刷

印数: 1—6,000册

※

ISBN 7—80578—636—4

G·630 定价: 5.20元

序

中专教育的目的是培养“实施型”中级技术人才。多年来由于教学内容和教学方法的不相适应,直接影响了这一目标的实现。由山西省轻工业学校等全国十所中专校合编的《机械设计基础》,在教学内容上做了大胆地尝试。这本教材除具有其它非机类中专教材通用性的特点外,尽量围绕轻工行业的需要选材,并收入了部分轻工机械的实例,无疑是一本比较适合轻工中专非机类各专业使用的教科书。尽管由于轻工行业门类繁多,参编人员的专业面也有一定的限度,在诸多方面还不尽人意,但广大轻工教育战线上辛勤耕耘的教师们这种“求索”精神却是难能可贵的。

轻工生产的发展也必须依赖科技的进步。需要教育部门培养出大批具有专业技术水平的建设者。优化教育结构,改革教学内容和方法,提高教育质量是今后教育工作的重点。希望轻工教育战线上的广大教育工作者继续努力,为实现轻工业的腾飞再作贡献。

山西省轻工业厅厅长 牛勇

1991年4月30日

前 言

这本《机械设计基础》教材是由山西省轻工业学校和河南省轻工业学校等十所轻工中等专业学校根据国家教委 1987 年审定颁发的非机械类专业《机械原理与机械零件》教学大纲编写的,总课时为 65~80 学时。

全书共分为十三章,内容顺序依次为:绪论、平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、联接、带传动和链传动、齿轮传动、蜗杆蜗轮传动、轮系、联轴器、离合器和制动器、轴、减速器。在附录中编写了金属材料与热处理,供各校根据教学需要选用。书中带 * 号的为选修或学生自学内容。

在编写中,编者充分注意到使本书基本概念明确、逻辑性强、循序渐进;在文字方面力求简练和通俗易懂。本书突出了以下三个特点:

1、突出了“轻工”的特点:在内容安排上注意了围绕轻工行业的需要;在例题和习题的选择上尽量吸收轻工机械设备为例。

2、突出了“非机”的特点:本教材的知识覆盖面较宽,深度较浅。在保持教材特有的系统性和叙述基本概念明确的基础上,简略了较深,较繁的理论部分和公式推导,多在直接应用。

3、突出了中专培养“实施型”人材的特点:适当增加了使用、维修和保养内容。

本书除作为轻工中专、职业中学非机类工科各专业的教材外,也可供轻工专业教师、工程技术人员参考。

书中所使用的代表符号和技术标准尽量采用了国家新的规定。

本书由山西省轻工业学校吴宝珍老师任主编;同校薛占国和河南省轻工业学校刘福英二位老师任副主编;并由山西省轻工业学校高级工程师孟庆瑞同志担任主审。参加本书编写的还有:河北轻校王春雨,云南轻校杨思磊,浙江轻校胡群芳,河南轻校任丰金,上海轻校张善德、胡祖培,山西轻校王俊山、杨振云、王玉鸿、梁玉英,内蒙二轻校杨根喜,哈尔滨轻校侯宗彦、王志斌、厦门集美轻校魏孔彬和太原食品工业学校李春喜、陈太老师。

在编写本书过程中,曾得到山西省轻工业学校校长关健、付校长李景春、王洲、李志刚和河南省轻工业学校及其它各参编学校领导的大力支持与帮助;同时,还得到了山西省中等专业学校机械原理与机械零件教学研究会理事长、太原冶金工业学校高级讲师杨晟旭老师的热诚指导,在此,我们表示衷心的感谢。

由于我们水平所限,缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1991 年 2 月

目 录

第一章 绪 论

§ 1-1	轻工机械在国民经济中的作用	(1)
§ 1-2	本课程研究对象和内容	(1)
§ 1-3	运动副和机构运动简图概念	(3)
§ 1-4	本课程的任务性质和基本要求	(6)

第二章 平面连杆机构

§ 2-1	平面四杆机构的基本类型及其应用	(7)
§ 2-2	平面四杆机构的有关性质	(16)
* § 2-3	四杆机构的设计	(19)
	习题	(22)

第三章 凸轮机构

§ 3-1	凸轮机构的应用和分类	(24)
§ 3-2	从动件常用运动规律	(26)
§ 3-3	盘形凸轮轮廓的设计	(28)
	习题	(31)

第四章 间歇运动机构

§ 4-1	棘轮机构	(33)
§ 4-2	槽轮机构	(35)
	习题	(38)

第五章 联接

§ 5-1	键联接	(39)
§ 5-2	花键联接和销联接	(43)
§ 5-3	螺纹联接的类型和螺纹联接件	(44)
§ 5-4	螺旋副受力分析、自锁和效率	(50)
§ 5-5	螺栓联接的预紧和防松	(52)
* § 5-6	螺栓联接的强度计算	(52)
§ 5-7	螺旋传动简介	(58)
	习题	(59)

第六章 带传动和链传动

§ 6-1	带传动的工作原理与类型	(61)
§ 6-2	V 型带与 V 型带轮	(64)
§ 6-3	带传动的理论基础	(69)
§ 6-4	带的张紧、安装与维护	(72)

§ 6-5	链传动	(75)
	习题	(83)

第七章 齿轮传动

§ 7-1	齿轮传动的类型与齿轮齿廓的啮合	(84)
§ 7-2	渐开线与渐开线齿轮	(86)
§ 7-3	渐开线标准直齿圆柱齿轮	(88)
§ 7-4	渐开线齿轮正确啮合与连续传动的条件	(91)
* § 7-5	渐开线齿轮的根切与变位齿轮简介	(92)
§ 7-6	轮齿失效形式与齿轮常用材料	(95)
* § 7-7	标准直齿圆柱齿轮强度计算	(100)
§ 7-8	斜齿圆柱齿轮传动	(112)
§ 7-9	圆锥齿轮传动简介	(118)
§ 7-10	圆柱齿轮的结构和尺寸	(122)
	习题	(122)

第八章 蜗杆传动

§ 8-1	蜗杆传动的主要参数与基本尺寸计算	(124)
§ 8-2	蜗杆传动的使用与维护	(128)
§ 8-3	蜗杆传动的受力分析	(132)
§ 8-4	蜗杆蜗轮的结构尺寸	(133)
	习题	(135)

第九章 轮系

§ 9-1	轮系的类型和应用	(136)
§ 9-2	定轴轮系传动比的计算	(138)
§ 9-3	行星轮系及其传动比的计算	(143)
	习题	(148)

第十章 轴承

§ 10-1	滑动轴承的结构类型	(151)
§ 10-2	轴瓦	(152)
§ 10-3	滑动轴承的润滑	(153)
§ 10-4	滚动轴承的结构与类型	(156)
§ 10-5	滚动轴承的尺寸选择	(161)
§ 10-6	滚动轴承的组合设计	(170)
	习题	(175)

第十一章 联轴器、离合器和制动器

§ 11-1	联轴器	(176)
§ 11-2	离合器	(180)
§ 11-3	制动器	(184)
	习题	(185)

第十二章 轴

§ 12-1 轴的类型和材料	(187)
§ 12-2 按扭矩初步计算	(191)
§ 12-3 轴的结构设计	(191)
§ 12-4 按弯扭组合校核	(200)
§ 12-5 轴的设计举例	(203)
习题	(207)

第十三章 减速器

§ 13-1 圆柱齿轮减速器和蜗轮蜗杆减速器的类型特点与应用	(209)
§ 13-2 减速器标准	(211)
§ 13-3 减速器的结构与润滑	(213)
习题	(215)

附录:

一、金属材料	(216)
二、附表	(238)

第一章 绪 论

§ 1-1 轻工机械在国民经济中的作用

机械是工农业生产和交通运输的重要工具,机械化程度的高低标志着一个国家的经济发展水平,也标志着一个国家的国民素质和科学技术水准。轻工业是整个国民经济的一个重要组成部分,轻工业的发展状况,将决定着重工业、农业和整个国民经济的发展前景。

轻工业是直接关系到国计民生的重要工业,要发展轻工业必须从科学技术着眼,除增加产品品种外,还必须对现有机械设备进行全面的技术改造,充分挖掘设备潜力,加快轻工机械科学的研究,设计和制造出各种先进的轻工机械设备,实现轻工机械化、自动化、为提高劳动生产率和产品质量创造条件,这将对国民经济具有十分重要的现实意义和深远的历史意义,这也是我们轻工各专业工程技术人员在发展与振兴轻工业的进程中义不容辞的光荣职责。

§ 1-2 本课程研究对象和内容

本课程研究的主要对象是机械原理和机械零件两部分内容。机械原理是研究通用机械、也是研究轻工机械的组成、动力、运动等原理的科学,其目的在于掌握了该学科的基本理论知识,就能合理使用与维护轻工各专业生产所用的机械,并根据生产实际的需要进行设备革新改造和成套设备的设计工作。

什么叫机械?它又是怎样组成的?这是我们必须首先要了解的。

机械是机器和机构的总称。机器的种类很多,特别是轻工行业,如陶瓷工厂机械设备、食品工厂机械设备、工业发酵工厂机械设备、造纸工厂机械设备、日用化工机械设备以及纺织机械设备等,各行业机械设备中又具有各不相同的机器名目。由于各种机器的功用不同,其工作原理、构造和性能也不尽相同;但从机器的组成原理,运动的确定性及其功能关系来分析,各种机器之间都存在其共同的特征:1、机器一般是由许多构件所组成;2、各构件之间具有确定的相对运动;3、机器能代替和减轻人力劳动完成有用功或转换为其它能量。

机器从其功、能关系来分析,又可分为以下三大类型:

- 1、原动机——将各种形式的能量转换为机械能。如内燃机、电动机、蒸汽机、风动机等。
- 2、工作机——利用机械能代替人力劳动作有效的功。如陶瓷、玻璃工厂的各种破碎机、成型机,食品罐头工厂的装罐机,封罐机等。
- 3、转换机——将机械能转换为其他形式能量。如发电机。

从机器的组成来分析,机器是由许多零件组成的。零件是机器的制造单元。

随着工农业和交通运输业的发展,机械化、自动化程度的提高,各种机械零件,其中包括轻工机械零件也随之日益繁多,为了研究方便,根据使用情况,通常把机械零件分为专用零件和通用零件两大部分。

专用零件系指某种产品使用的特定型式的机械上的零件,如玻璃工业制瓶机上的口钳、钳爪;农业机械上的犁铧;汽轮机上的叶片;造纸机上的网笼、纺纱机上的钢领和锭子等,这些专用零件由相应的专业课去研究,不属于该课程研究范围之列。

通用零件是指普通机械一般都要使用的零件。如各种紧固和联接零件(螺栓、螺钉、螺母、键联接件)、机械传动件(带轮、齿轮、链轮、链、蜗杆、蜗轮等)和机架等。

从机器的运动来分析,机器也可看成是由若干构件组成的。构件是机器的运动单元。首先由零件组成若干构件,再由若干构件组成一台机器。

如图 1-1 所示是食品工厂 GT₄B₂ 型真空自动封罐机的部分传动系统简图。电机通过一对 V 型带轮 2、3 驱动水平轴 9 转动,轴 9 一方面通过蜗杆 7 和蜗轮 8 转动,使立轴 10

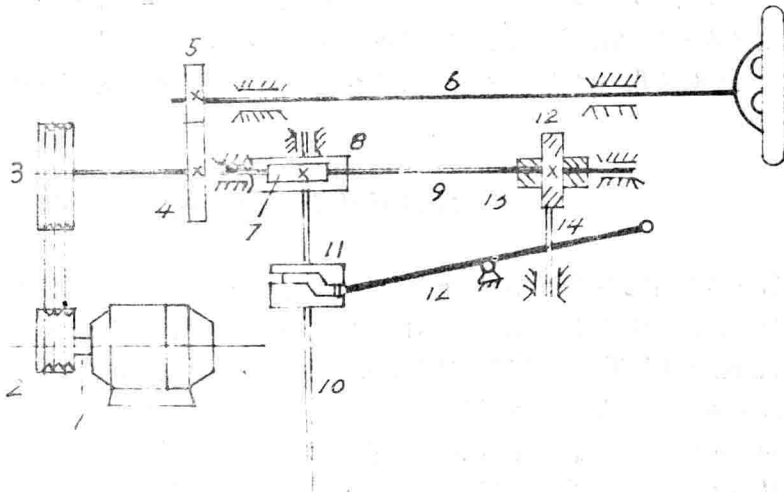


图 1-1

再通过一系列传动驱动送盖、送罐以及托罐、打罐等工作;另一方面又通过一对螺旋齿轮 12 和 13 的传动,驱动立轴 14 带动卷边机头工作。图 1-1 中所示的带轮、齿轮、蜗杆、蜗轮、螺旋齿轮、凸轮和轴都叫零件。而主电机轴 1 和带轮 2 是用键 C 固定在一起的刚性组合体(图 1-2)、不能作相对运动,则为构件;带轮 3、齿轮 4、蜗杆 7 和螺旋齿轮 12 都是用键和水平轴 9 固定在一起,又成为一个构件。同样,蜗轮 8、凸轮 11 和立轴 10 为一构件,螺旋齿轮 13 和立轴 14 成一构件。如上述的齿轮或带轮一般都是用键与轴刚性联接在一起的(见图 1-2),组成这个构件的三个元件则分别称为零件。由此可知,构件可能是一个零件,也可以是若干零件的刚性组合体。在构件中各个零件之间没有相对运动。

机构是一个多构件的组合体,最简单的机器只包含一个机构,例如电动机就是一个双杆机构的组合体。大多数机器都包含有若干个机构。如图 1-1 中自动封罐机的部分传动图就是由 V 型带传动机构、蜗杆蜗轮传动机构、齿轮传动机构、螺旋齿轮传动机构、凸轮转

传动机构所组成。

机构中相对固定不动的构件称为机架；驱动力所作用的构件称为原动构件；被驱动的构件称为从动构件。

从上述可知，机构具有机器的前两个特征，即多构件的组合和各构件之间具有确定的相对运动，而无完成有效功的特性。

本课程着重研究和介绍常用机构的组成形式、工作原理、运动和动力特性，选用准则；同时研究和介绍通用零件的特性、结构、选用规范、使用维护以及设计准则和方法。具体内容将在后面各章分别予以介绍。

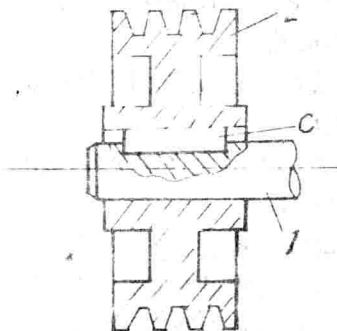


图 1—2

§ 1—3 运动副和机构运动简图概念

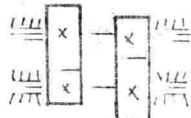
前节介绍了有关机械方面最基本的名词术语，本节再介绍有关机构运动方面几个最基本的术语和运动简图概念。

一、运动副

如前所述，机构是由若干构件所组成；但是若干构件并不都能随意组成一个机构。如图 1—3(a)、(b)分别所示三铰接杆和两根齿轮轴件，都是不能作相对运动的构件组合，因此都不能成为机构。由此可见，构件的组合必须具有一定的条件才能成为机构。因此，研究机构的组成，并使其具有确定运动的条件，对于分析和设计机构是十分重要的。



(a)



(b)

图 1—3

机构中任一构件总是以一定的方式与其他构件相互接触并组成能够相对运动的联接，这种构件之间的直接接触且具有确定的相对运动的联接，称为运动副。

运动副可根据其两构件的接触转动是否在同一平面内，分平面运动副和空间运动副两种；又根据两构件运动的接触形式不同，分为高副和低副；在低副中又根据其运动的形式不同，分为移动副和回转副。

平面运动副。只允许两构件在同一平面或相互平行的平面内作相对运动，则该运动付称为平面运动副。如图 1—1 中带轮 2、3 和齿轮 4、5 的运动，都为平面运动副。

空间运动副。能允许两构件作空间相对运动的则称该运动副为空间运动副。如图 1—1 中蜗杆 7 与蜗轮 8 的接触运动，螺旋齿轮 12、13 的接触运动都为空间运动副。

高副。不论平面运动副或空间运动副，两构件之间的接触，都不外乎是点、或线、或面的接触，我们把两构件之间作点或线接触的运动副称为高副。如滚动轴承中滚珠与内外圈

之间的接触,凸轮与从动件顶尖的接触,皆为点接触;齿轮与齿轮之间的接触,则为线接触。

低副。两构件之间作面接触的运动副称为低副。如导杆与滑块之间的接触;滑动轴承与轴接触皆为面接触。

移动副,在低副中,只允许两构件作某一相对直线运动,则又称该运动副为移动副,如导杆与滑块的运动。

回转副。在低副中只允许两构件作相对回转运动,则又称该运动副为回转副。如滑动轴承与轴的相对运动。

二、机构运动简图概念

机械虽然繁多,结构虽然复杂,但两构件之间的运动形式,大体都不外乎回转副、螺旋副、齿轮副、移动副、凸轮副和固定机架以及带有运动副元素的活动构件等形式。且这种两构件之间的相对运动仅与其运动形式、构件数目、相对位置有关,而与某构件的外形结构尺寸无关。因此,为了研究方便,把这各不同的运动副规定以不同的简略符号予以表示。如表1-1所示。图1-1为食品工厂自动封罐机的部分传动系统就是用这种简略符号表示的运动简图。图1-4(a)为陶瓷工厂的颚式破碎机由前壁定颚1,悬挂在轴4上的动颚3、机侧壁2、悬挂在偏心轮5上的连杆6、推板7和8、拉杆9和弹簧11以及机后壁10组成。用规定的符号绘成机构运动简图(b)。这种用简单的线条和符号表示机构各构件的相对运动关系的图形称为机构运动简图。

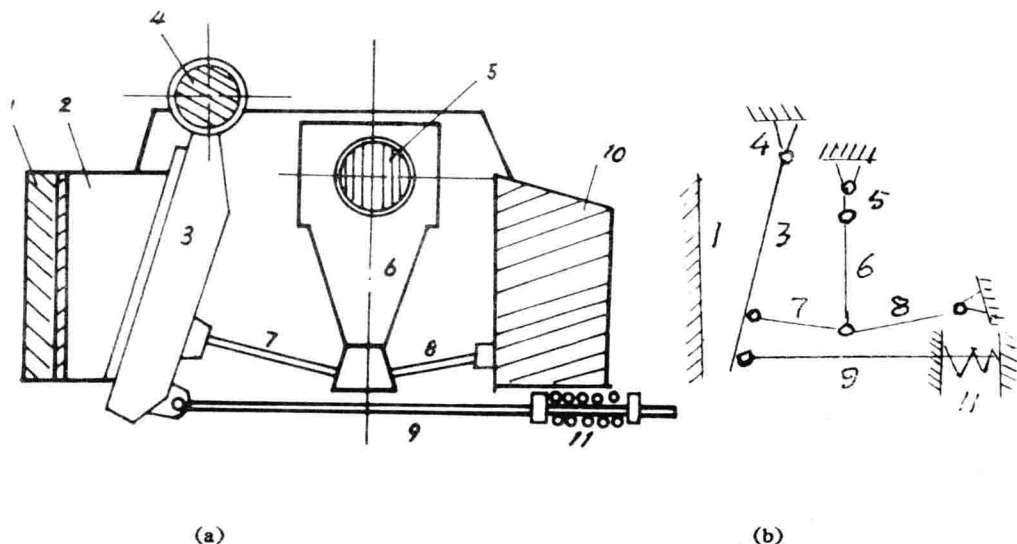
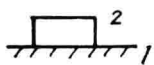
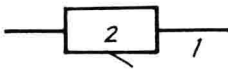
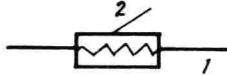
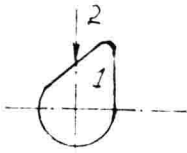
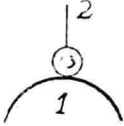
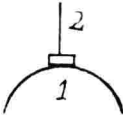
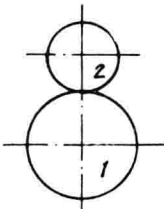
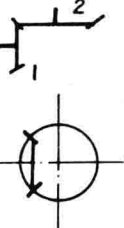
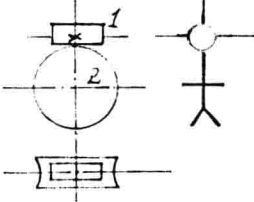


图 1-4

机构运动简图不仅能充分表示出机构的传动原理,而且还能表示出机构上各有关点的运动特性(位移、速度和加速度等),它是分析和设计机构时的一种简便而又科学的方法。在绘制机构简图时应按一定的比例并确定各运动副的相对位置。

表 I — I

机构简略符号

项 目		
低	回转副	  
	移动副	  
	螺旋副	 
高	凸轮副	  
	齿轮副	   
构 件	活动构件	
	机架	 

§ 1—4 本课程的任务、性质和基本要求

机械是发展生产提高产品质量的必要基础,在工业生产部门的工程技术人员,首先必须了解和掌握一般通用机械和专业机械设备的构造和工作原理,以便合理正确使用,并进而根据生产发展的需要设备进行设备改造工作。因此,本课程的主要任务就在于介绍机械中常用机构和通用零件的性能与设计知识,为学习有关专业课,并为以后生产实际中解决一般机械使用,维护、管理和革新改造打下基础。

本课程既是轻工工科非机械类专业介于基础课和专业课之间的一门技术基础课,又是一门能直接用于生产的技术课,它在各专业教学计划中占有很重要的地位,它既有承上,又有启下的作用,学习这门课必须具有一定的数学、工程力学、金属工艺学、机械制图 and 公差配合等先修课的基础;同时本课程又是学习有关专业课的基础。因此,必须紧密联系有关先修课的知识,把学习本课程的过程做为综合运用所学知识的过程,这是培养学生学知识用知识和设计能力的重要途径。

通过学习,使学生达到以下基本要求:

- 1、熟悉常用机构的工作原理,特点和应用;
- 2、熟悉常用机械零件的工作原理、特点和结构,了解通用零件的标准选用和设计知识;
- 3、为学习和使用专业机械设备打下一定的机械理论基础;
- 4、初步具有查阅机械零件手册的能力。

习题

- 1—1、根据我国社会经济建设的实际,谈谈轻工业以及轻工机械在社会经济建设中的作用。
- 1—2、轻工工程技术人员在轻工机械化、自动化方面负有哪些义不容辞的责任?
- 1—3、什么叫运动副、运动副分那几种类型,这几种类型是根据什么划分的?
- 1—4、根据你生活中见到的简单机械,利用已学习过的机械制图知识和技能绘制出一种机械运动简图。

第二章 平面连杆机构

平面连杆机构是由一些刚性构件用平面低副(回转副或移动副)联接组成的机构,故也称平面低副机构。

平面连杆机构不但能进行多种形式的运动转换,实现一些比较复杂的平面运动规律,而且与高副机构相比,平面连杆机构两构件之间为面接触,单位面积上的压力小,且便于润滑,磨损较小,寿命较长;又由于低副联接的接触表面是圆柱面或平面,故制造简单,易获得较高的制造精度。所以,平面连杆机构在各种机械,特别是轻工机械和日常生活中得到了广泛的应用。

平面连杆机构中最基本的是平面四杆机构。它不仅应用广泛,而且是多杆机构的基础。所以,本章着重介绍平面四杆机构的基本类型、性质及其应用。

§ 2-1 平面四杆机构的基本类型及其应用

在平面四杆机构中,若构件间均以回转副联接,称为铰链四杆机构。若构件间的联接含有移动副,则为演化的铰链四杆机构。

一、铰链四杆机构

如图 2-1 所示,在铰链四杆机构中,固定不动的构件 AD 称为机架,与机架相联的构件 AB、DC 称为连架杆,联接两连架杆的构件 BC 称为连杆。连杆通常作平面运动,连架杆则绕各自的铰链中心转动,其中能作整周回转的连架杆称为曲柄,只能在一定角度内往复摆动的连架杆称为摇杆,如图 2-2 所示。

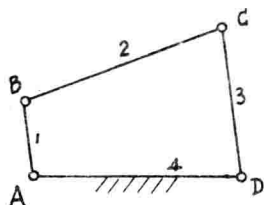


图 2-1

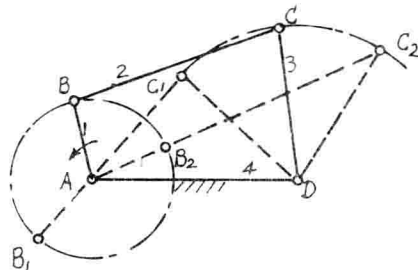


图 2-2

按照两连架杆是否能够成为曲柄,可将铰链四杆机构分为三种基本类型:曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构。

1、曲柄摇杆机构

若铰链四杆机构的两连架杆之一为曲柄,另一连架杆为摇杆,则称为曲柄摇杆机构。

在曲柄摇杆机构中,通常以曲柄为主件,且作等速回转运动,而摇杆为从件,作变速往复摆动。如图 2-3(a)所示为颚式破碎机主体机构,该机器常用于玻璃、陶瓷等原料的破碎。机构的运动由电机通过皮带传入,其中与大带轮同轴固定的偏心轮 1(即相当于曲柄)驱使动颚 2(即连杆)作平面运动,以完成原料的破碎。构件 3 为肘板(即摇杆)。图 2-3(b)为该机构的运动简图。

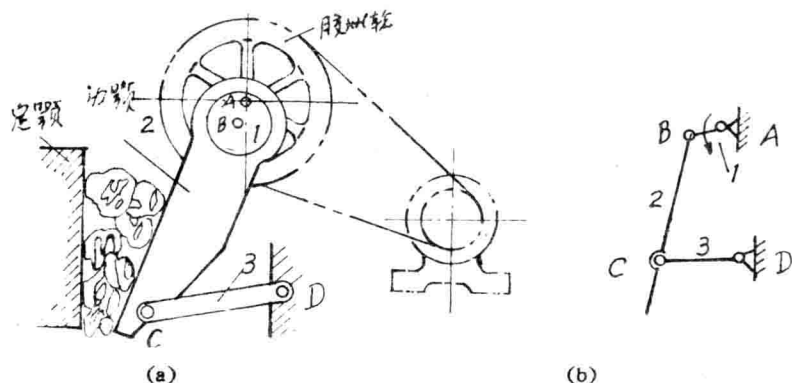


图 2-3

图 2-4 所示为搅拌机机构。当主动曲柄等速回转时,连杆作平面运动,其中某点 E 的轨迹是一条封闭曲线,这样便使得池内物体得到充分搅拌。

曲柄摇杆机构也可以摇杆为主件。如图 2-5 所示的缝纫机踏板机构,当踏板往复摆动时,连杆使曲柄整周回转,从而带动机头进行工作。

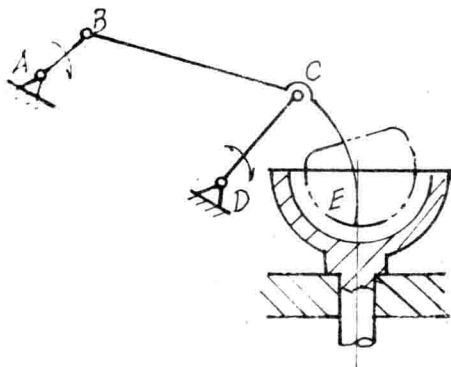


图 2-4

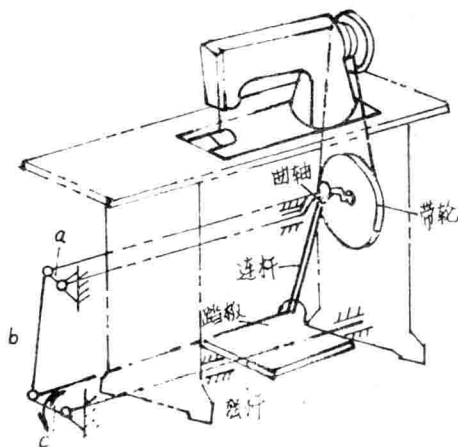


图 2-5

2、双曲柄机构

若铰链四杆机构的两连架杆都是曲柄,则称为双曲柄机构。

在双曲柄机构中,当两曲柄不等长或不平行时,可将主动曲柄的匀速回转变为从动曲

柄的变速回转。从图 2—6 中可以看出,主动曲柄由 AB 位置沿逆时针转至 AB' 位置时,从动曲柄将在同一时间内,由 DC 转至位置 DC', 从动曲柄的角位移小于 180° , 此过程从动曲柄的角速度较主动曲柄小;当主动曲柄再转 180° 回到 AB 位置时,从动曲柄也回到原位 DC, 但从动曲柄的角位移大于 180° , 所以此过程从动曲柄的角速度较主动曲柄大。

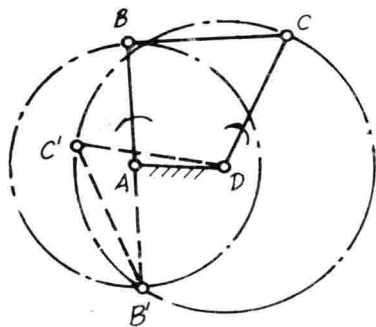


图 2—6

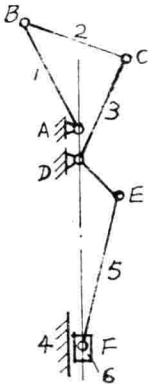


图 2—7

如图 2—7 所示插床机构运动简图。图中杆 1、2、3 和机架 4 组成双曲柄机构。当曲柄 1(主动件)等速回转一周时,曲柄 3 变速回转一周,与滑块 6 固联的插刀作往复直线运动,插刀工作行程平均速度较低,空程平均速度较高,从而提高了机床生产率。

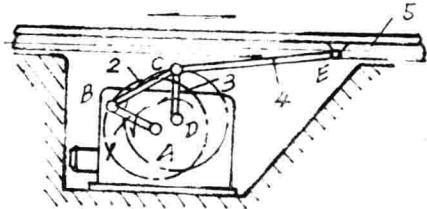


图 2—8

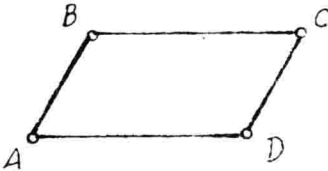


图 2—9

如图 2—8 所示为食品和玻璃、陶瓷工厂使用的惯性筛机构。当主动曲柄 1 等速回转时,从动曲柄 3 变速回转,因而通过连杆 4 使筛子 5 在往复运动开始时有较大的加速度,结果料块因惯性而达到筛分的目的。

在双曲柄机构中,若两曲柄等长且平行,称为平行四边形机构。这种机构在运动过程中,各杆始终组成一个平行四边形,两曲柄的转速与转向完全相同,如图 2—9 所示。

如图 2—10 和图 2—11 所示的挖土机机构和机车车轮的联动机构,都是应用的平行四边形机构。而图 2—12 所示的万能绘图仪则是平行四边形机构的又一个应用。它由 ABCD 和 EFGH 两个平行四边形机构组成,A 和 D 为图板上的固定铰链,连线 AD 在水平