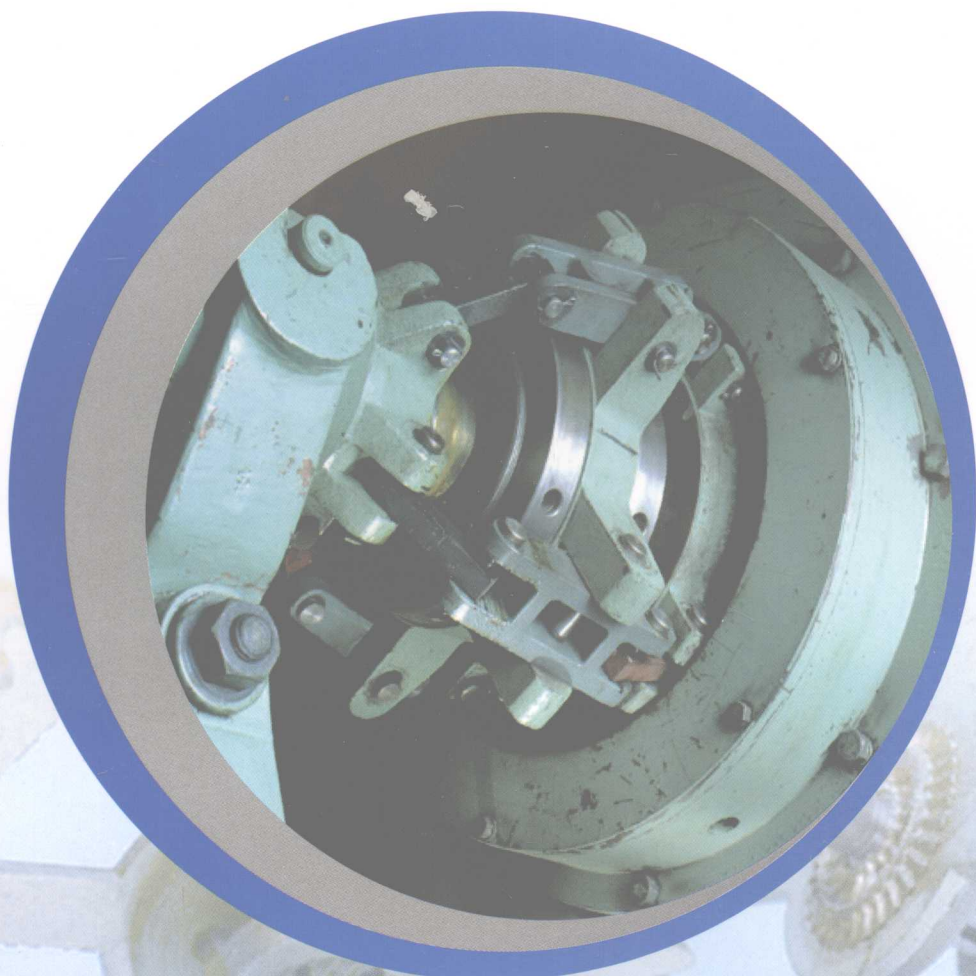




21世纪全国中等职业技术学校规划教材

机械基础学

JIXIE JICHUXUE



李素玲 主编

中央民族大学出版社

21 世纪全国中等职业技术学校规划教材

机械基础学

主 编 李素玲
副主编 李 猛 赵振岭
编 委 魏 波 张会永 徐永飞

中央民族大学出版社
· 北京 ·

内容简介

本书根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《机械基础学教学大纲》(2000),并结合教学实践、职业技能鉴定的需求和机械技术的发展状况编写而成,主要包括:绪论、平面连杆机构、凸轮机构、其它常用机构、轴系零件、摩擦轮带轮、螺旋传动、齿轮传动和链传动、轮系、液压传动基本概念、液压元件、液压基本回路及液压系统。每章进行了知识点划分,并配有习题册。

本书供中等职业技术学校机械类相关专业的师生共同使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础学/李素玲编. —北京:中央民族大学出版社,2007.8

ISBN 978 - 7 - 81108 - 404 - 7

I. 机… II. ①李… III. 机械学—专业学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 119096 号

机械基础学

主 编 李素玲

责任编辑 戴苏芽

封面设计 杨玉兰

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编:100081

电话:68472815(发行部) 传真:68932751(发行部)

68932218(总编室) 68932447(办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 者 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787×1092(毫米) 1/16 印张:14

字 数 358 千字

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 81108 - 404 - 7

定 价 18.80 元

版权所有 翻印必究

前 言

本书是根据劳动和社会保障部培训就业司于2000年8月颁发的《机械基础学教学大纲》和当前机械技术发展状况编写的。本书内容包括:绪论、平面连杆机构、凸轮机构、其它常用机构、轴系零件、摩擦轮带轮、螺旋传动、齿轮传动和链传动、轮系、液压传动基本概念、液压元件、液压基本回路及液压系统。

本书内容特点:

1. 机械基础是机械类相关课程的基础,强调与各个专业课程的衔接,使内容的安排更为合理;
2. 结合各地中等职业技术学校对教材内容的不同要求,从实际出发,增强其适用性,使教材的内容更容易让学生接受;
3. 本书中精心采集了大量的图片,图文并茂,使学生更容易接受相关的教学内容;
4. 采用最新的国标,使教材的内容更加标准化;
5. 突出教材内容的先进性,力求引进较多的新知识、新技术、新工艺、新方法,较全面地反映机械行业的新趋势;
6. 在内容的选择上更强调素质教育和技能培养的有机结合,使学生掌握更多专业知识和技能,为更好地适应未来的工作岗位打下坚实的理论基础;
7. 打破传统的教材编写模式,树立以学生为主体的教学理念,通过相应的习题册,便于学生更深入透彻的理解相关教材内容。

本书由李素玲担任主编;李猛、赵振岭担任副主编;魏波、张会永、徐永飞参加编写。

本书在编写过程中,参照了一些教材和资料,在此一并表示感谢。本教材的编写虽经过各位编者的不懈努力,但限于编者水平与能力,书中难免有错误与不足之处,恳请广大读者和使用本书的各位教师、同仁提出批评和宝贵的意见,以使本书得到不断完善。

编者

2007年8月

目 录

绪论	1
第一节 引言	1
第二节 机械基础概述	2

第一篇 常用机构及轴系零件

第一章 平面连杆机构	6
第一节 铰链四杆机构的组成与分类	6
第二节 铰链四杆机构的基本性质	9
第三节 铰链四杆机构的演化	12
第二章 凸轮机构	16
第一节 凸轮机构概述	16
第二节 凸轮机构的工作原理及其应用	19
第三章 其他常用机构	22
第一节 变速机构	22
第二节 步进运动机构	26
第四章 轴系零件	31
第一节 键、销及其联接	31
第二节 轴	39
第三节 轴 承	44
第四节 联轴器、离合器和制动器	60

第二篇 机械传动

第五章 摩擦轮传动和带传动	69
第一节 摩擦轮传动	69
第二节 带传动	71
第六章 螺旋传动	79
第一节 螺纹的种类及应用	79

第二节 螺旋传动的应用形式	85
第七章 链传动和齿轮传动	90
第一节 链传动的类型和应用特点	90
第二节 齿轮传动的类型和应用特点	94
第三节 渐开线齿廓的形成及特性	97
第四节 直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	99
第五节 其他常用齿轮及其传动简介	104
第六节 齿轮的根切现象、最少齿数和变位齿轮简介 *	110
第七节 渐开线圆柱齿轮精度简介	113
第八节 齿轮轮齿的失效形式	116
第九节 蜗杆传动	119
第八章 轮系	125
第一节 轮系的应用与分类	125
第二节 定轴轮系	126
第三节 周转轮系简介	132
第九章 液压传动基础	135
第一节 液压传动工作原理和液压传动系统的组成	135
第二节 液压油	138
第三节 液压传动系统的流量和压力	139
第四节 液压传动的压力、流量损失和功率计算	143
第十章 液压元件及辅助装置	147
第一节 液压泵	147
第二节 液压马达	153
第三节 液压缸	154
第四节 液压控制阀	160
第五节 液压辅件	176
第十一章 液压基本回路及液压系统实例	181
第一节 液压基本回路	181
第二节 液压传动系统实例	191
附录	200
附录 1 量和单位(GB/T 3100 — 1993 摘录)	200
附录 2 机构运动简图符号(GB/T 4460 — 1984 摘录)	201
附录 3 常用液压元件图形符号(GB/T786.1—1993 摘录)	209

绪 论

第一节 引言

机械是人类进行生产劳动的主要工具,也是社会生产力发展水平的重要标志。

机械基础是研究机械普遍存在的共性规律的一门课程。更是机械类及近机械类专业进入专业课前必修的一门重要的基础课。课程所学内容是研究现有机械运动、工作性能和设计、发明新机械的理论基础。它对机械类参加实际工作有着直接的作用和长远的意义。

我国古代人民在机械方面有过许多杰出的创造与发明。夏周朝时代人们利用卷筒原理制作辘轳;汉武帝时就能制造水利方面用的筒车(即翻车);东汉科学家张衡发明了测定地震方位的地动仪和测定风向的候风仪;晋朝的记里鼓车已应用了齿轮传动和轮系。18世纪后半叶,以蒸汽机的发明为特征的产业革命,标志着从手工业作坊式生产到以机械加工和分工原则为中心的工厂生产的转变。19世纪电气技术的发展,开辟了崭新的电气化新时代,机械工业也得到了飞速发展,实现了批量生产、工业化规范生产的新局面。20世纪的内燃机发明,引发了制造业的革命。历史跨入了21世纪,人类社会的物质文明也进入了一个更加灿烂辉煌的新时代。随着科学技术的进步,工业技术也在不断地发展。微米、亚微米技术已在航空航天领域、微电子产品加工领域得到广泛应用。现代电子技术、计算机技术、信息技术的应用也使传统的制造技术有了飞跃式发展和革命性的变化。现代工业技术正向着高精度、自动化和集成化的方向发展。

一、本课程的主要内容

1. 常用机械传动 常用机械传动包括带传动、螺旋传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动和轮系。主要讨论机械传动的类型、组成、工作原理、传动特点、传动比计算和应用场合等。
2. 常用机构 常用机构包括平面连杆机构、凸轮机构及其他常用机构。主要讨论它们的结构、工作原理和应用场合等。
3. 轴系零件 轴系零件包括常用连接、轴、轴承、联轴器、离合器和制动器。主要讨论它们的结构、特点、常用材料和应用场合,并介绍有关标准和选用方法。
4. 液压传动 液压传动包括液压传动的基本概念、常用液压元件、液压基本回路和液压系统。

二、学习方法

学习本课程,要着重搞清基本概念,理解基本原理,另一方面也要注意这些原理,在机械工程中实际应用的范围和条件。

1. 强调重视基本概念,课程中的基本概念不仅仅是简单名词定义.它对课程的学习、认识和理解有着非常重要的作用,有时直接用基本概念来分析、解决问题以及进行机构的分析和设计。因此不能死记硬背.必须重点搞清其含义和指导意义。
2. 深入理解基本原理,要充分理解、正确应用这些理论,并要善于用理论及其公式证明问题和解决问题,使之更食说服力。
3. 扎实机械基础知识,除多看书做题外,多到工厂去实际观察一下,问问工人师傅,把图纸搞懂,把机械零件制图和实物对照来学习。

第二节 机械基础概述

一、机器与机构

1. 机器 机器是具有确定运动的构件组合体,它用来转换能量、改变或传递物料和处理信息,以代替和减轻人的体力劳动和脑力劳动。

机器的种类很多,根据用途不同,机器可分为:动力机器(如电动机、内燃机、发电机、蒸汽机等)、加工机器(如金属切削机床、纺织机、包装机、缝纫机等)、运输机器(如汽车、拖拉机、起重机械、输送机等)、信息机器(如计算机、机械积分仪、记账机等)。虽然机器的种类繁多,并具有不同形式的构造和用途。但它们都具有共同的特征,即:

- 机器都是由一系列构件(也称运动单元体)组成。如图 0-1 所示的单缸内燃机,是由汽缸、活塞、连杆、曲轴、轴承等构件组合而成的。

- 组成机器的各构件之间都有确定的相对运动。如图 0-1 所示的活塞 2 相对汽缸 1 的往复移动,曲轴 4 相对两端轴承 5 的连续转动。

- 机器均能实现能量转换、代替或减轻人类的劳动,完成有用的机械功。如图 0-1 所示的内燃机,是将热能转换成机械能。

根据上面的分析,可以对机器得到一个明确的概念:机器就是人为实体(构件)的组合,它的各部分之间具有确定的相对运动,并能代替或减轻人类的体力劳动,完成有用的机械功或实现能量的转换。

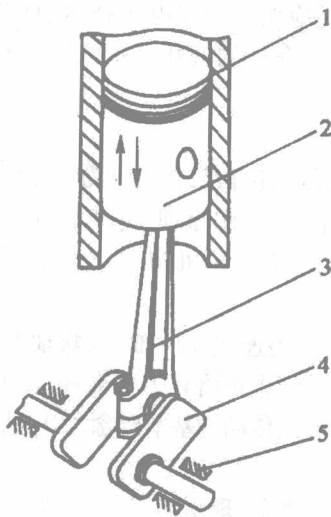


图 0-1 单缸内燃机

1-汽缸 2-活塞 3-连杆 4-曲轴 5-轴承

2. 机构 机构是由具有确定运动单元体组成的,是可以实现传递机械运动和动力的构件组合体,这些运动单元体称为构件。如常见的齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、螺旋机构、带和链传动机构等。机构是用来传递运动和力的构件系统。构件系统中有一个构件为机架,构件系统是用运动副连接起来的。

虽然机构有多种类型,用途各有不同,但它们都有与机器前两个相同的特征,即:

- 机构由若干个构件所组成;

- 组成机构的各构件之间都有确定的相对运动。

机器与机构的区别在于:机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量的转换;机构的主要功用在于传递或转变运动的形式。但不能做机械功,也不能实现能量转换。例如航空发动机、机床、轧钢机、纺织机和拖拉机等都是机器,而钟表、仪表、千斤顶、机床中的变速装置或分度装置等都是机构。通常的机器必包含一个或一个以上的机构。图 0-1 所示的单缸内燃机,其中就有一个曲柄连杆机构,用来将汽缸内活塞的往复运动转变为曲柄(曲轴)的连续转动。

如果不考虑做功或实现能量转换,只从结构和运动的观点来看,机器和机构二者之间没有区别,而将它们总称为机械,即机械是机器与机构的总称。

3. 机器的组成 机器基本上是由动力部分、工作部分和传动装置三部分组成。

- 动力部分是机器动力的来源。常用的发动机(原动机)有电动机、内燃机和空气压缩机等。
- 工作部分是直接完成机器工作任务的部分,处于整个传动装置的终端,其结构形式取决于机器的用途。例如金属切削机床的主轴、拖板、工作台等。
- 传动装置是将动力部分的运动和动力传递给工作部分的中间环节。例如金属切削机床中常用的带传动、螺旋传动、齿轮传动、连杆机构、凸轮机构等。机器中应用的传动方式主要有机械传动、液压传动、气动传动及电气传动等。

在自动化机器中,除上述三部分外,还有自动控制部分。

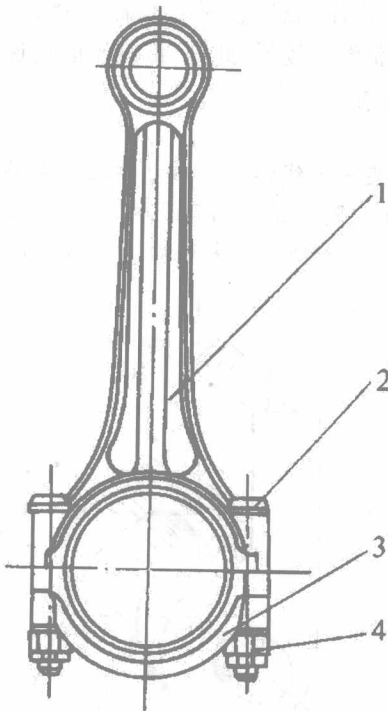


图 0-2 内燃机的连杆构件

1 - 连杆体 2 - 螺栓 3 - 连杆盖 4 - 螺母

二、构件和零件

1. 构件 构件是机构中的运动单元体,也就是相互之间能作相对运动的物体。在机械中应用最多的是刚性构件,即作为刚体看待的构件。一个构件,可以是不能拆开的单一整体,如图 0-1 所示的曲轴 4;也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚性体,如图 0-1 中构件连杆 3,便是由几个可以拆卸的物体组合而成的刚性体。图 0-2 是连杆构件的组成图,

它由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2 和螺母 4 等物体组合而成。

构件按其运动状况,可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架,是机构中固结于定参考系的构件。固定构件一般用来支持机构中可相对于机架运动的构件。运动构件又分主动件(原动件)和从动件两种。主动件是机构中作用有驱动力或力矩的构件,有时也将运动规律已知的构件称为主动件。形象地说,主动件就是带动其他可动构件运动的构件,从动件是机构中除了主动件以外的随着主动件的运动而运动的构件。

2. 零件 零件是构件的组成部分。机构运动时,属于同一构件中的零件,相互之间没有相对运动。构件与零件既有联系又有区别,构件可以是单一的零件,如单缸内燃机中的曲轴,既是构件,也是零件;构件也可以是由若干零件连接而成的刚性结构,如连杆构件是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等零件连接而成。

构件与零件的区别在于:构件是运动的单元,零件是加工制造的单元。

三、运动副

在机构中,每一构件都以一定方式与其它构件相互联接。这种使两构件直接接触的可动联接称为运动副。如轴与轴承、滑块与导轨、轮齿与轮齿、凸轮与拉杆等的联接都构成了运动副。

根据运动副中两构件的接触形式不同,运动副可分为低副和高副。

1. 低副 低副是指两构件以面接触的运动副。其接触表面一般为平面或圆柱面,容易制造和维修,承受载荷时单位面积压力较低(故称低副),因而低副比高副的承载能力大。低副属滑动摩擦,摩擦损失大,因而效率较低;此外,低副不能传递较复杂的运动。按两构件的相对运动形式,低副可分为以下几种:

• 转动副

转动副的两构件只能绕某一轴线作相对转动的运动副称为转动副。图 0-3 所示的铰链连接就是转动副的一种形式,即由圆柱销和销孔及其两端面组成的转动副。铰链连接的两构件只能绕 Z 轴自由转动,沿 X 轴和 y 轴的自由移动,则被限制(约束)掉了。

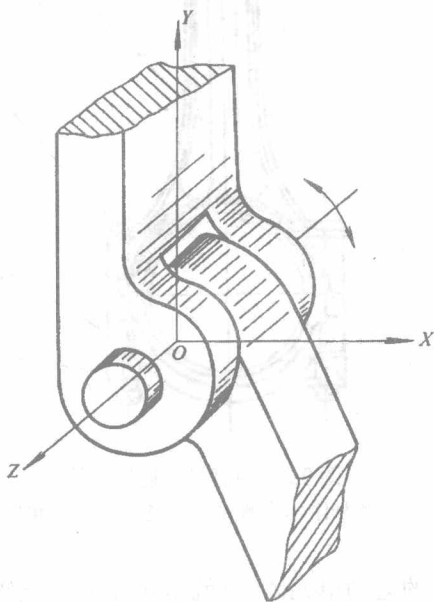


图 0-3 铰链连接

• 移动副

组成运动副的两构件只能作相对直线移动的运动副称为移动副,见图 0-4。

● 螺旋副

组成运动副的两构件只能沿轴线作相对螺旋运动的运动副称为螺旋副,见图 0-5。

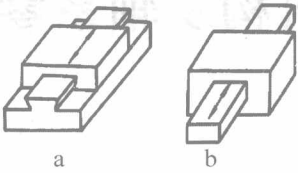


图 0-4 移动副

a. 燕尾滑板 b. 滑块与导轨

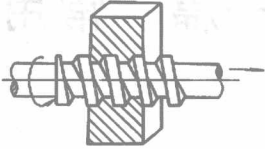


图 0-5 螺旋副

2. 高副 高副是指两构件以点或线接触的运动副。承受载荷时单位面积压力较高(故称高副),两构件接触处容易磨损,寿命短,制造和维修也较困难。高副的特点是能传递较复杂的运动。图 0-6所示为常见的几种高副接触形式:图 a 是车轮与钢轨的接触,图 b 是齿轮的啮合,都是属于线接触的高副;图 c 是凸轮与从动杆的接触,是属于点接触的高副。



图 0-6 高副

3. 低副机构和高副机构 机构中所有运动副均为低副的机构称为低副机构。

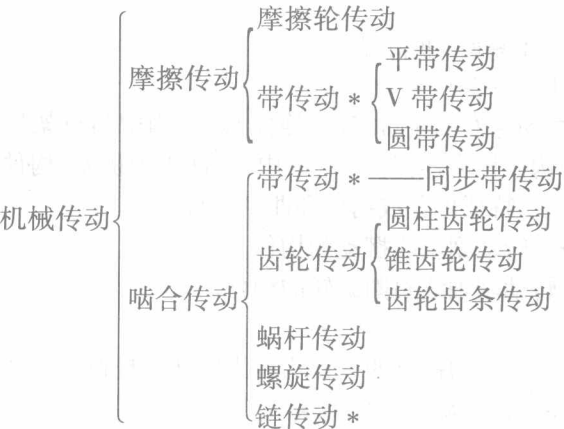
机构中至少有一个运动副是高副的机构称为高副机构。

四、机械传动的分类

传动装置是一般机器的三大组成部分之一,现代工业中主要应用的传动方式有机械传动、液压传、气动传动和电气传动等四种。其中,机械传动是一种最基本的传动方式,应用最普遍。

用来传递运动和动力的机械装置叫做机械传动装置。按其传递运动和动力的方式,机械传动可分为摩擦传动和啮合传动两大类。按运动副构件的接触方式可分为直接接触传动和有中间挠性件(带、链等)传动两种。

机械传动的一般分类如下:



注:带 * 号传动属挠性类传动,其余属直接接触类传动

第一篇 常用机构及轴系零件

第一章 平面连杆机构

第一节 铰链四杆机构的组成与分类

一、铰链四杆机构的组成

平面连杆机构是由若干刚性构件用低副相互连接而组成的在同一平面或相互平行平面内运动的机构。平面连杆机构中的运动副都是低副,因此平面连杆机构是低副机构。平面连杆机构能够实现某些较为复杂的平面运动,在生产中广泛用于动力的传递或改变运动形式。平面连杆机构构件的形状多种多样,不一定为杆状,但绘制机构运动简图时,一般可抽象为杆状。最常用的平面连杆机构是具有四个构件(包括机架)的低副机构,称为四杆机构。

构件间用四个转动副相连的平面四杆机构,称为平面铰链四杆机构,简称铰链四杆机构。铰链四杆机构是四杆机构的基本形式,也是其他多杆机构的基础。

图 1-1a 所示为一铰链四杆机构,由四根杆状的构件分别用铰链连接而成。图 b 为铰链四杆机构的简图。



图 1-1 铰链四杆机构

1、3 - 连架杆 2 - 连杆 4 - 机架

铰链四杆机构中,固定不动的构件称为机架(又称固定件、静件)。机构中与机架用低副相连的构件称为连架杆。不与机架相连的构件称为连杆。图 1-1 中,构件 4 为机架,构件 2 为连杆,构件 1 和 3 为连架杆。连架杆按其运动特征可分成摇杆和曲柄两种。

摇杆——同机架用转动副相连但只绕该转动副轴线摆动的构件。

曲柄——同机架用转动副相连且绕该转动副轴线整圈旋转的构件。

二、铰链四杆机构的基本类型及应用

1. 曲柄摇杆机构 具有一个曲柄和一个摇杆的铰链四杆机构称为曲柄摇杆机构。曲柄摇杆机构一般以曲柄为主动件作等速转动,摇杆为从动件作往复摆动。

在图 1-2 所示曲柄摇杆机构中,设曲柄 AB 为主动件,并作逆时针等速转动。当曲柄 AB

的B端从B点回转到 B_1 点时,从动件摇杆CD上之C端从C点摆动到 C_1 点,而当B端从 B_1 点回转到 B_2 点时,C端从 C_1 点顺时针摆动到 C_2 点。当B端继续从 B_2 点回转到 B_1 点时,C端将从 C_2 点逆时针

摆回到C₁点。这样,在曲柄AB连续作等速回转时,摇杆CD将在 C_1C_2 范围内作变速往复摆动。即曲柄摇杆机构能将主动件(曲柄)整周的回转运动转换为从动件(摇杆)的往复摆动。

图1-3所示为牛头刨床横向进给机构,其传动采用了曲柄摇杆机构。该机构工作时,齿轮1带动齿轮2并与齿轮2同轴的销盘3(相当于曲柄)一起转动,连杆4使带有棘爪的摇杆5绕D点摆动,与此同时棘爪推动棘轮6上的轮齿,使与棘轮同轴的丝杠7转动,从而完成工作台的横向进给。

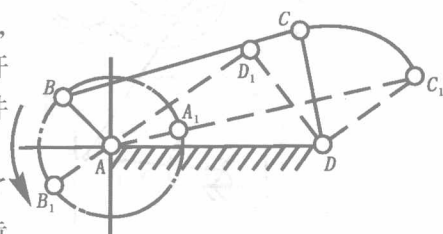


图 1-2 曲柄摇杆机构运动简图

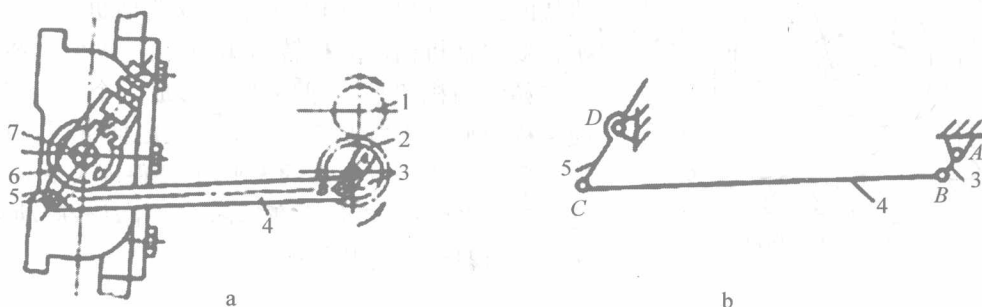


图 1-3 牛头刨床横向进给机构

a. 进给机构 b. 运动简图

1、2-齿轮 3-销盘(曲柄) 4-连杆 5-摇杆 6-棘轮 7-丝杠

曲柄摇杆机构在生产中应用很广,图1-4所示为一些应用实例:图a为雷达俯仰角度的摆动装置,图b为颚式破碎机,图c为剪板机。它们在曲柄AB连续回转的同时,摇杆CD可以往复摆动,完成雷达天线的俯仰摆动、矿石破碎、剪切等动作。

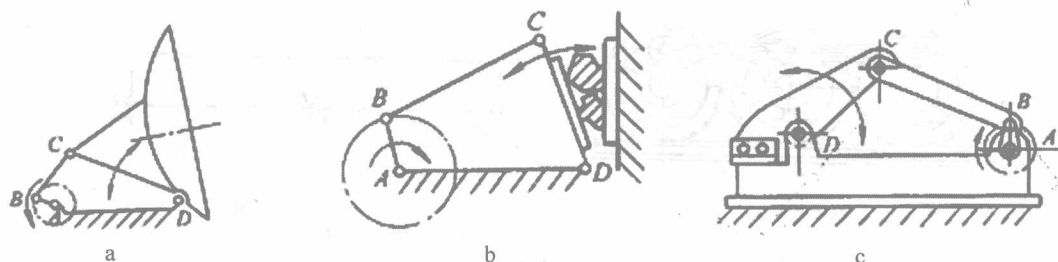


图 1-4 曲柄摇杆机构的应用实例

在曲柄摇杆机构中,当取摇杆为主动件时,可以使摇杆的往复摆动转换成从动件曲柄的整周回转运动。在图1-5所示脚踏砂轮机机构和图1-6所示的缝纫机踏板机构中,踏板(摇杆CD)作往复摆动时,连杆BC驱动曲轴AB和带轮连续回转。

2. 双曲柄机构 两连架杆均为曲柄的铰链四杆机构,称为双曲柄机构。如图1-7所示的惯性筛中的铰链四杆机构即为双曲柄机构。当主动曲柄AB绕点A匀速回转转动 180° 时,通过连杆BC带动从动曲柄CD绕D点变速回转一周并通过E点联接,使筛子变速往复直线运



图 1-5 脚踏砂轮机

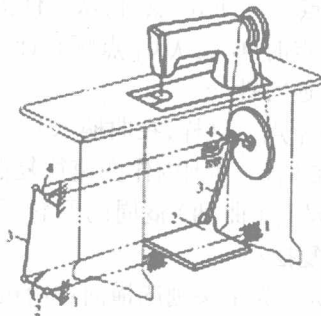


图 1-6 缝纫机踏板

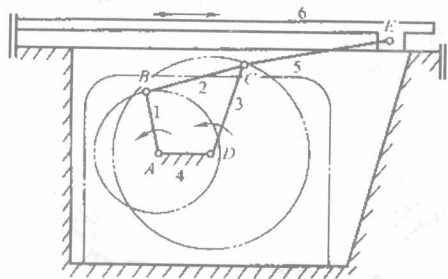


图 1-7 惯性筛机构

动进行筛选工作。

在双曲柄机构中,如果两曲柄的长度相等,连杆与机架的长度也相等,则称为平行双曲柄机构(图 1-8)。平行双曲柄机构两曲柄转向相同,角速度时时相等,连杆也始终与机架平行,四根杆件形成一个平行四边形,故又称为平行四边形机构。平行双曲柄机构在机械中应用广泛,如图 1-9 所示的天平,它能保证天平盘 1、2 始终处于水平位置;图 1-10 所示的火车主动轮联动装置也是平行双曲柄机应用实例。

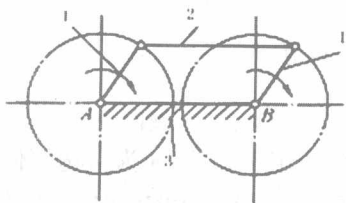


图 1-8 平行双曲柄机构

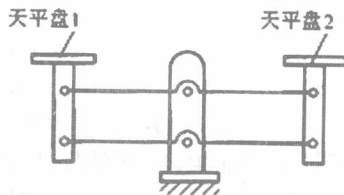
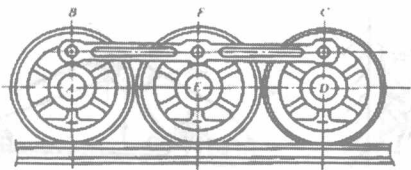
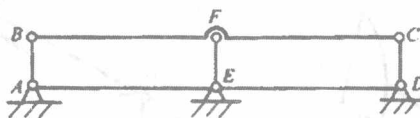


图 1-9 天平



a. 轮联动装置



b. 联动装置机构简图

图 1-10 机车车轮联动装置

若曲柄转向不同,称为反向平行双曲柄机构,简称反向双曲柄机构,如图 1-11 所示。

图 1-12 为车门启闭机构,采用的是反向双曲柄机构。当主动曲柄 AB 转动时,通过连杆 BC 使从动曲柄 CD 反向转动,从而保证了两扇车门的开启和关闭至各自预定的位置。

3. 双摇杆机构 具有两个摇杆的铰链四杆机构称为双摇杆机构。

双摇杆机构的应用实例很多,图 1-13 所示的自卸载重汽车翻斗机构中,AD 为机架,当液压缸输入液压油时,活塞杆向右伸出,使 AB 和 CD 向右摆动,从而使车斗倾斜,卸下货物。如图 1-14 所示的港口起重吊车中,AD 为机架,AB 和 CD 为摇杆,当摇杆 AB 摆动时,通过连杆

CE 将重物 Q 近似水平直线移动到虚线位置。

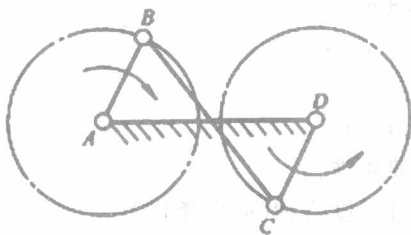


图 1-11 反向双曲柄机构

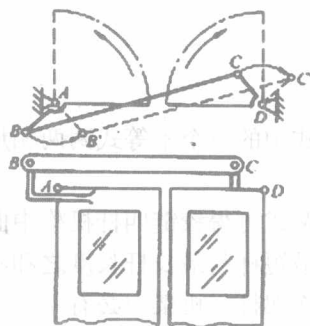


图 1-12 车门启闭机构

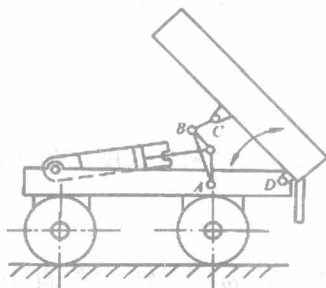


图 1-13 自卸翻斗装置

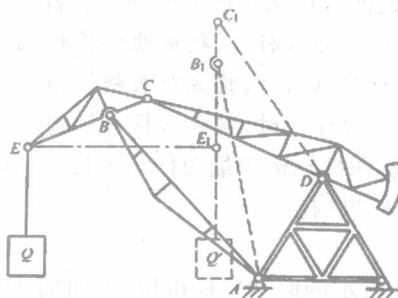


图 1-14 鹤式港口起重机

第二节 铰链四杆机构的基本性质

一、曲柄存在的条件

在铰链四杆机构中曲柄是能作整圈旋转的构件,这种能作整圈旋转的构件能用电动机等连续转动的装置来带动,因此,该种构件在机构中具有非常重要的地位,也就是说曲柄是机构中的关键性构件。所以,在铰链四杆机构中是否有作整圈旋转的构件,取决于各构件之间的长度关系,这就是所谓的曲柄存在条件。下面进行曲柄存在条件的分析:

在图 1-15 所示的曲柄摇杆机构中,假设曲柄 AB 、连杆 BC 、摇杆 CD 和机架 AD 的杆长分别为 a, b, c, d ,当曲柄 AB 回转一周, B 点的轨迹是以 A 为圆心,半径等于 a 的圆。 B 点通过 B_1 和 B_2 点时,曲柄 AB 与连杆 BC 形成两次共线, AB 能否顺利通过这两个位置,是 AB 能成为曲柄的关键。下面就对在这两个位置时四构件间的几何关系来分析曲柄存在的充要条件。

当构件 AB 与 BC 在 B_1 点共线时,利用三角形中两边之和大于第三边,由 $\triangle AC_1D$ 可得: (AB, BC, CD 在极限情况下重合于机架时取等号)。

$$\begin{cases} b - a + c \geq d; \\ b - a + d \geq c \end{cases}$$

当构件 AB 与 CD 在 B_2 点共线时,同理,由 $\triangle AC_2D$ 可得: $a + b \leq c + d$ 。

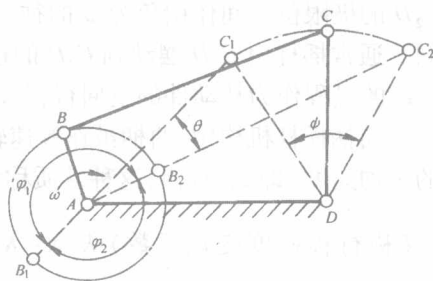


图 1-15 曲柄摇杆机构

综上所述:

$$\begin{cases} a+d \leq b+c \\ a+c \leq b+d \\ a+b \leq c+d \end{cases}$$

将上式中的三个不等式两两相加,可得:

$$a \leq b, a \leq c, a \leq d$$

由上两式可得铰链四杆机构中曲柄存在的充要条件:

- (1) 最短杆与最长杆长度之和不大于其余两杆长度之和(必要条件);
- (2) 连架杆与机架中必有一个是最短杆(充分条件)。

根据曲柄存在条件,可以推论出铰链四杆机构三种基本类型的判别方法:

- (1) 若铰链四杆机构中最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和,则:

- 取最短杆为连架杆时,构成曲柄摇杆机构;
- 取最短杆为机架时,构成双曲柄机构;
- 取最短杆为连杆时,构成双摇杆机构。

- (2) 若铰链四杆机构中最短杆与最长杆长度之和大于其余两杆长度之和,则无曲柄存在,只能构成双摇杆机构。

二、急回特性

在图 1-15 所示的曲柄摇杆机构中,曲柄 AB 以等角速度 ω 顺时针回转,自 AB_1 回转到 AB_2 即转过角度 φ_1 时,摇杆 CD 自 C_1D (左端极限位置) 摆动到 C_2D (右端极限位置),摆动角度为 φ , 设 C 点的平均线速度为 v_1 , 所需时间为 t_1 ; 当曲柄 AB 继续由 AB_2 回转到 AB_1 , 转过角度 φ_2 时,摇杆 CD 自 C_2D 摆回到 C_1D , 摆动角度仍为 φ , 设 C 点的平均线速度为 v_2 , 所需时间为 t_2 。由图不难看出, $\varphi_1 > \varphi_2$, 所以 $t_1 > t_2$, 即 $v_2 > v_1$ 。即曲柄 AB 在作等速转动时,摇杆 CD 在 C_1D 与 C_2D 的极限位置间作摆角为 φ 的往复摆动,且往复两次摆动所用时间不等,平均速度也不相同。通常摇杆由 C_1D 摆动到 C_2D 的过程被用作机构中从动件的工作行程,摇杆由 C_2D 摆动到 C_1D 的过程作为从动件的空回行程,以使空回行程的时间缩短,有利于提高生产率。

曲柄摇杆机构中,曲柄虽作等速转动,而摇杆摆动时空回行程的平均速度却大于工作行程的平均速度(即 $v_2 > v_1$),这种性质称为机构的急回特性。机构的急回特性用急回特性系数 K

(又称行程速度变化系数)表示: $K = \frac{\text{从动件空回行程的平均速度}}{\text{从动件工作行程的平均速度}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\overline{C_2C_1}}{\overline{C_1C_2}} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$

$$= \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

机构有无急回特性,取决于 K 的值。 $K \neq 1$ 时,机构有急回特性,并且 K 值愈大,急回特性愈显著,也就是从动件回程愈快;时,机构无急回特性。

急回特性系数 K 与极位夹角 θ 有关, $\theta = 0^\circ$, $K = 1$, 机构无急回特性; $\theta > 0^\circ$, 机构有急回特性,且 θ 愈大,急回特性愈显著。

三、压力角和传动角

1. 压力角 如图 1-16 所示的曲柄摇杆机构中,曲柄 AB 为主动件。 AB 杆经过连杆 BC 作用于 CD 杆上 C 点的力为 F , F 可分解为沿点 C 速度方向的分力 F_t 及沿 CD 方向的分力 F_n ; 分力 F_n 经 CD 杆作用在铰链 D 上,它不仅无助于从动件的转动,反而增加了从动杆的摩擦阻力

矩, F_n 为无效分力。而 F_t 才是推动从动杆 CD 运动的有效分力。由图可知 $F_t = F \cos \alpha$, α 是作用在从动件上力的方向和从动件受力点的速度方向之间所夹锐角, 称为机构的压力角。从上式可见, 压力角 α 越小, 有效分力 F_t 越大, 而 F_n 越小, 对机构越有利。因此压力角是衡量一个机构力传递性能好坏的主要标志。

2. 传动角 为了度量的方便, 令 $\gamma = 90^\circ - \alpha$ 。 γ 是压力角的余角, 称为传动角。显然, 压力角 α 越小, 或者传动角 γ 越大, 使从动杆运动的有效分力就越大, 对机构传动越有利。 α 和 γ 是反映机构传动性能的重要指标, 由于 γ 角便于观察和测量, 工程上常以 γ 角来衡量连杆机构的传动性能。机构运转时其传动角是变化的, 为了保证机构传动性能良好, 设计时一般应使

$\gamma_{\min} \geq 40^\circ$, 对高速大功率机械应使 $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$ 。为此, 必须确定 $\gamma = \gamma_{\min}$ 时机构的位置并校验 $\gamma_{\min}$ 的值是否大于等于上述的许用值。

铰链四杆机构运转时, 其最小传动角出现的位置可由下述方法求得。如图 1-16 所示, 当连杆与从动件的夹角 δ 为锐角时, 则 $\gamma = \delta$; 若 δ 为钝角时, 则 $\gamma = 180^\circ - \delta$ 。因此, 这两种情况下分别出现 $\delta_{\min}$ 及 $\delta_{\max}$ 的位置, 即为可能出现 $\gamma_{\min}$ 的位置。又由图可知, 在 $\triangle BCD$ 中, BC 和 CD 为定长, BD 随 δ 而变化, 当 $\delta = \delta_{\max}$ 时, $BD = BD_{\max}$; 当 $\delta = \delta_{\min}$ 时, $BD = BD_{\min}$ 。对于图 1-16 所示的机构, $BD_{\max} = AD + AB_2$, $BD_{\min} = AD - AB_1$, 即此机构在曲柄与机架共线的两位置之一处出现最小传动角。

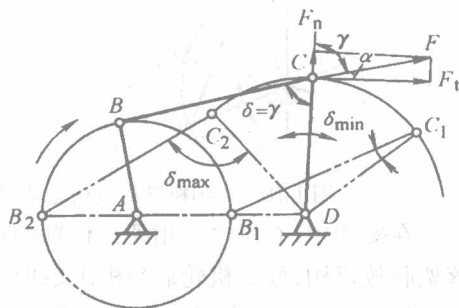


图 1-16 压力角和传动角

在图 1-17a 所示的偏置曲柄滑块机构中, 当曲柄为主动件时, 传动角 γ 为连杆 BC 与导路垂线的夹角。当曲柄处于垂直于导路方向位置且 B 点距导路中心位置最大时, 可得到最小传动角 $\gamma_{\min}$ 。对于对心曲柄滑块机构, 其最小传动角 $\gamma_{\min}$ 也可同样确定。在图 1-17b 所示的导杆机构中, 当曲柄为主动件且不考虑摩擦时, 滑块 2 对导杆 3 的作用力方向始终垂直于导杆, 而导杆上力作用点速度方向也总是垂直于导杆, 因此, 压力角始终等于零, 传动角恒等于 90° , 所以导杆机构的传力性能好。

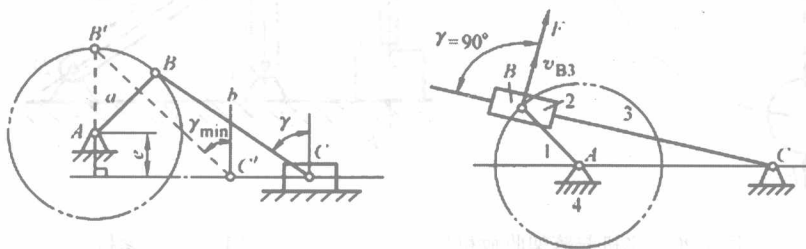


图 1-17 曲柄滑块机构、导杆机构的最小传动角 $\gamma_{\min}$ 的位置

四、死点位置

在图 1-18 所示的缝纫机踏板机构中, 摇杆 CD (踏板) 为主动件, 曲柄 AB 为从动件, 当曲柄与连杆处于共线位置时 (图 1-18), 连杆 BC 传给曲柄 AB 的力恰巧通过曲柄回转转动中心 A , 这时驱动力对从动件的回转力矩等于零。因此, 无论作用力有多大, 也不能推动曲柄转动, 使机构处于卡死状态, 且转向不确定, 机构的这种位置就叫死点位置。缝纫机在使用中有时会出