

中等专业学校教学用书

机械设计基础

上海机械专科学校 编

上海科学技术文献出版社

中等专业学校教学用书

机械设计基础

上海机械专科学校 编

上海科学技术文献出版社

TH122
8

中等专业学校教学用书

机械设计基础

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行

上海市印刷十二厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 75 字数 411,000

1984年9月第1版 1984年9月第1次印刷

印数: 1—26,300

书号: 15192·328 定价: 2.45元

《科技新书目》78-202

前 言

本书系按高等专科学校近机类专业学时数在 95~130 范围内的教学要求编写,与上海机械专科学校编写,上海科学技术文献出版社出版的《工程力学》一书配套。它可供高等专科学校和中等专业学校教学学时数相近的专业及职工业余教育使用,也可供工程技术人员参考。

全书共十六章,包括常用机构的分析和设计方法;回转构件的平衡;通用零件的工作原理、结构、特点 and 设计方法等三方面内容。其特点是:注重基本概念的建立,适当简化计算公式的推导。排成小号字的公式推导及带有“*”号的内容以便各校根据教学要求取舍。

书中的带传动、链传动、齿轮传动的强度计算和滚动轴承的寿命计算,基本上采用了国际标准化组织(ISO)推荐的计算方法,但为了适合教学特点,对部分内容(如齿轮传动)进行了适当的简化。

本书基本上采用国际单位制,并尽量采用国际通用的物理符号。考虑到目前我国有关标准的实际情况,对于滚动轴承在该章附录中仍保留工程单位制,但在计算时换算成国际单位。

为便于教学,在各章末尾均编有一定数量的习题,以供学生思考和练习。

本书由上海机械专科学校马永林同志主编、盛庆梁同志副主编,参加编写工作的还有戴占元、竺宜良、张英武等同志。

限于水平,以及编写时间仓促,书中不妥之处,恳请批评指正。

编 者

一九八四年元月

绪 论

§ 0-1 机械设计基础课程的作用与任务

机器是用来代替人们繁重的体力劳动,提高劳动生产率。机器的种类很多,各种类型的机器,其结构、性能和用途各不相同。图 0-1 所示为一内燃机,它是由气缸体、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、进气阀推杆和排气阀推杆等组成。燃烧的气体膨胀时推动活塞,通过连杆,使曲轴作连续转动。进气阀推杆和排气阀推杆由凸轮控制,使气体按一定时间进入气缸和排出气缸。内燃机使燃气的热能转变为曲轴的机械能。

又如图 0-2 所示的牛头刨床,它是由床身、滑枕、刨刀、工作台、齿轮、带轮、导杆、滑块等组成。电动机安装在床身上。电动机驱动后,通过胶带传动和齿轮传动,使偏心销跟随大齿轮一起转动。在偏心销上套有一个可以绕其轴线回转的滑块 1,而滑块 1 嵌入导杆中间的槽内,它与导杆中间的槽可作相对滑动。导杆下端的槽内嵌入另一个可以绕固定轴线回转的滑块 2。导杆上端与滑枕用铰链相连接。因此,当大齿轮转动时,通过其上的偏心销与滑块 1,带动导杆作往复摆动,从而通过铰链使滑枕沿床身的导轨作往复移动,完成切削工作。

从上面的两个实例可知,尽管它们的结构、性能和用途不相同,但机器都具有下列共同特征:

- 1) 它们是为人的物体的组合;
- 2) 组合体的各部分之间具有确定的相对运动;
- 3) 在工作时能够转换机械能或作出有用的机械功。

在图 0-2 所示的牛头刨床中,要使电动机的转动转变成具有一定规律的滑枕的运动,就需要安置中间的传动部分,这些部分称为机构。如本例中的带传动机构、齿轮传动机构、摆动导杆机构(大齿轮的转动转变成滑枕的往复移动的部分)。由此可知,机构仅具有机器的前两个特征,即机构也是人为的物体的组合,并且各组合体之间具有确定的相对运动。机器是由机构组成的。机械是机器和机构的总称。

机构是由各个具有确定的相对运动的运动整体组成的,这些运动整体称为构件。构件可以是一个元件的运动整体,也可以是几个元件组成的运动整体。例如齿轮与轴用键联接

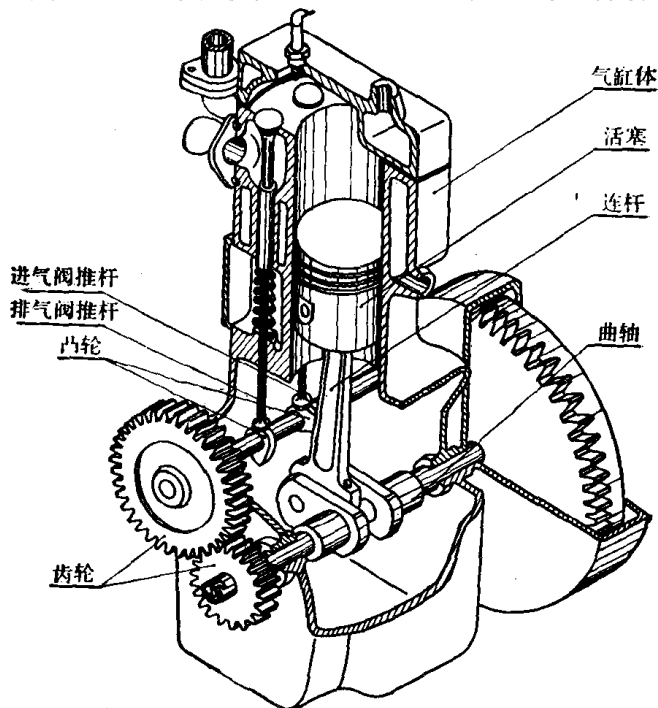


图 0-1 内燃机

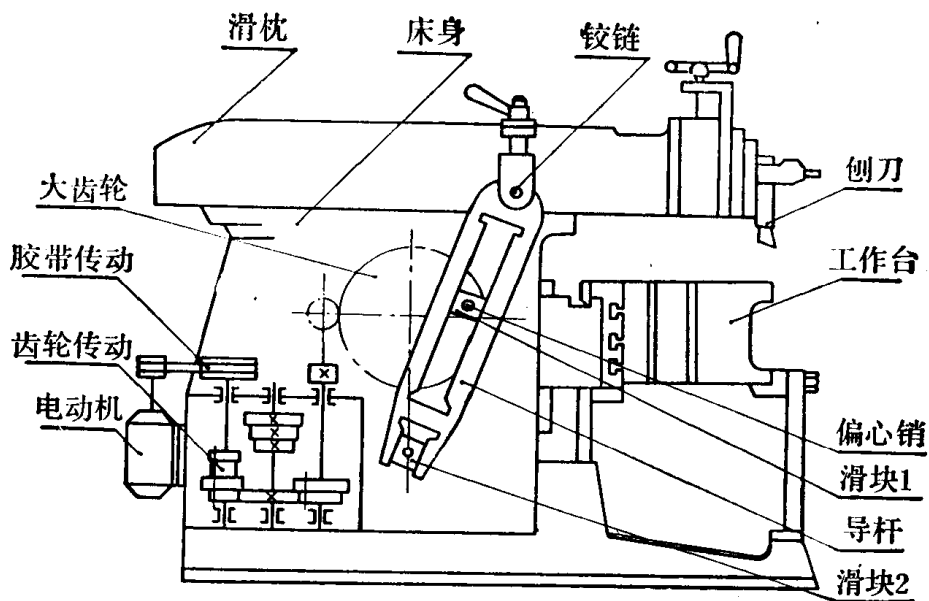


图 0-2 牛头刨床

成的运动整体，就是构件，此构件中的齿轮、轴和键称为零件。因此，构件与零件的区别是，构件是运动的单元，零件是制造的单元。

机械中零件的种类很多，通常将它分成两大类：(1)通用零件，它在一般机械上都要用到的，例如齿轮、轴、螺栓等都是通用零件；(2)专用零件，它应用于某些特殊的机械中，例如内燃机的连杆和活塞，汽轮机的叶片等都是专用零件。

机械设计基础课程的主要任务是：分析几种常用机构（平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等）的运动特点和设计方法；同时还分析通用零件的工作原理、结构、特点和设计方法，为车间技术工作以及有关的专业课程奠定必要的基础。

§ 0-2 机构的运动简图

由机构的特征可知，组成机构的构件之间需要一定的联接，使构件具有确定的相对运动。这种存在相对运动的可动联接，称为运动副。如图 0-2 中的小齿轮与大齿轮的联接、滑块与导杆的联接等都是运动副。

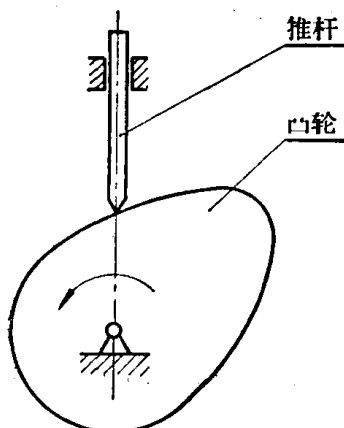


图 0-3 运动副

在运动副中，构件与构件的接触形式通常有三种：点接触、线接触和面接触。我们将两构件间由点接触或线接触所组成的运动副称为高副，两构件间由面接触所组成的运动副称为低副。如图 0-3 中的凸轮与推杆是以点接触所组成的运动副，又如图 0-2 中的小齿轮与大齿轮的轮齿是以线接触所组成的运动副，因此它们都是高副。图 0-2 中的滑块与导杆，以及滑块与偏心销都是以面接触所组成的运动副，因此它们都是低副。在低副中，如滑块与导杆，它们只能作相对移动，故又称为移动副；又如滑块 1 与偏心销，它们只能作相对转动，故又称为转动副。此外，低副中的螺杆与螺母只能作螺旋运动，故又称为螺旋副。

在研究机构的运动时，为了使问题简化，便于分析，可以不考虑构件的外形、构件的截面

表 0-1 几种运动副的符号

运动副类别	代表符号	运动副类别	代表符号
与固定支座组成移动副		两运动构件组成转动副	
与固定支座组成转动副		两构件组成螺旋副	
两运动构件组成移动副		整体螺母	
		对开螺母	
		齿轮高副	
		凸轮高副	

尺寸和运动副的实际构造, 仅用简单的线条和符号来代表构件和运动副。几种运动副的符号, 如表 0-1 所示。

在机构中固定不动的构件称为**机架**或**静件**。在一般情况下, 机器安装在地面上, 因此机架相对于地面是固定不动的。如果机器安装在运动的物体上(如汽车、轮船、飞机上), 则机架相对于运动的物体是固定不动的, 而相对于地面是运动的。

采用简单线条和符号画出的代表机构的图形, 称为**机构运动简图**。下面来举例说明机构运动简图的画法。

例 0-1 试画出图 0-2 所示牛头刨床中摆动导杆机构(包括滑枕在内)的机构运动简图。

解 此机构中包含的构件有: 导杆、滑块、大齿轮、机架。因本题只要求画出摆动导杆机构, 并不包括齿轮机构在内, 故大齿轮可简化成构件 AB 。画出的机构运动简图, 如图 0-4 所示。图中转动副 A 、 C 两处的阴影线和滑枕处的阴影线, 都表示机架。

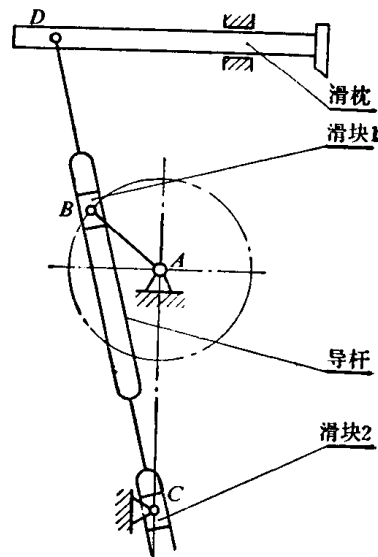
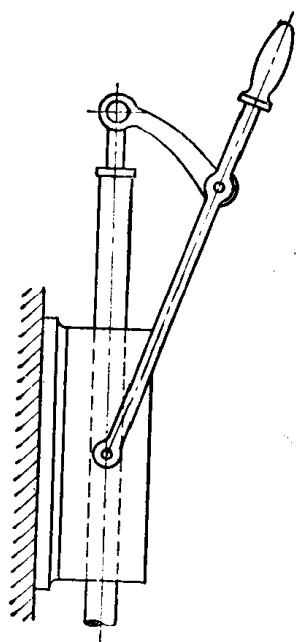


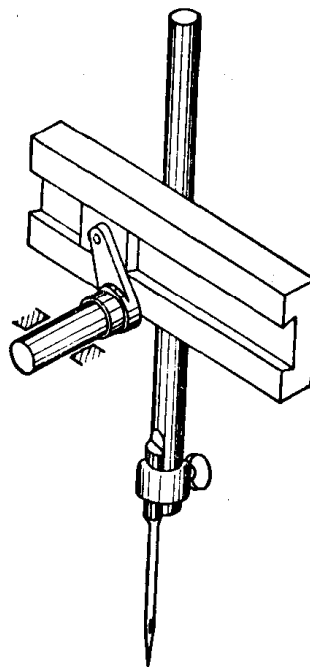
图 0-4 摆动导杆机构的运动简图

习 题

- 0-1 试述机器、机构与机械的概念, 并举出实例。
- 0-2 什么叫做运动副? 它有哪些类型? 图 0-3 中有几个运动副? 它们各属于何种类型?
- 0-3 试画出图示平面机构的运动简图。



(a)



(b)

题 0-3 图

目 录

绪论	1
§ 0-1 机械设计基础课程的作用与任务	1
§ 0-2 机构的运动简图	2
习题	3
第一章 平面连杆机构	
§ 1-1 平面四杆机构的基本型式及其应用	1
§ 1-2 铰链四杆机构演化成其他型式的平面四杆机构	3
§ 1-3 铰链四杆机构中曲柄存在的条件	6
§ 1-4 平面四杆机构的基本性质	8
§ 1-5 铰链四杆机构的运动设计	11
习题	16
第二章 凸轮机构	
§ 2-1 凸轮机构的应用与分类	20
§ 2-2 从动杆的常用运动规律	22
§ 2-3 盘形凸轮轮廓曲线的画法	26
§ 2-4 凸轮机构设计中的几个问题	30
§ 2-5 凸轮与滚子的常用材料、凸轮的精度要求与固定方法	31
习题	33
第三章 间歇运动机构	
§ 3-1 棘轮机构	34
§ 3-2 槽轮机构	39
习题	42
第四章 键、花键及销联接	
§ 4-1 键联接的类型和特点	44
§ 4-2 平键联接的尺寸选择与强度验算	46
§ 4-3 花键联接	48
§ 4-4 销联接	50
习题	50
第五章 螺纹联接与螺旋传动	
§ 5-1 螺纹的形成、分类及主要参数	51
§ 5-2 常用螺纹	52
§ 5-3 螺旋副的受力分析、效率和自锁	54
§ 5-4 螺纹联接的基本类型及螺纹联接件	56
§ 5-5 螺栓联接的预紧与防松	58

§ 5-6 螺栓联接的强度计算	61
§ 5-7 螺旋传动	66
§ 5-8 滚动螺旋传动简介	69
习题	69
第六章 带传动	
§ 6-1 带传动的工作原理、特点和主要类型	71
§ 6-2 三角胶带的结构和标准	72
§ 6-3 带传动的受力和应力分析	73
§ 6-4 带传动的滑动	75
§ 6-5 单根三角胶带所能传递的功率	76
§ 6-6 三角胶带传动的设计计算	78
§ 6-7 三角带轮	82
§ 6-8 三角带传动的张紧装置	86
§ 6-9 同步齿形带传动简介	88
习题	88
第七章 链传动	
§ 7-1 链传动的工作原理与特点	89
§ 7-2 链与链轮	89
§ 7-3 链传动的运动特性和主要参数选择	92
§ 7-4 链传动的失效形式与设计计算	94
§ 7-5 链传动的布置与润滑	96
习题	98
第八章 齿轮传动	
§ 8-1 齿轮传动的特点和分类	99
§ 8-2 齿廓啮合的基本定律	100
§ 8-3 渐开线齿廓	101
§ 8-4 渐开线齿轮的主要参数与几何尺寸	102
§ 8-5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	104
§ 8-6 直齿圆柱齿轮的公法线长度和固定弦齿厚	106
§ 8-7 渐开线齿轮加工的基本原理与根切现象	111
§ 8-8 圆柱齿轮传动的精度	114
§ 8-9 轮齿的失效形式与常用材料	115
§ 8-10 直齿圆柱齿轮的受力分析与计算载荷	118
§ 8-11 直齿圆柱齿轮的强度计算	119
§ 8-12 斜齿圆柱齿轮(简称斜齿轮)传动	126
§ 8-13 圆柱齿轮的结构	133
§ 8-14 变位直齿圆柱齿轮传动	138
§ 8-15 直齿圆锥齿轮传动	147
习题	154

第九章 蜗杆传动	
§ 9-1 蜗杆传动的特点和类型	157
§ 9-2 蜗杆传动的主要参数、几何尺寸、结构与精度	158
§ 9-3 蜗杆传动的强度计算	161
§ 9-4 蜗杆传动的受力分析、效率和发热计算	163
习题	166
第十章 轮系与减速器简介	
§ 10-1 轮系及其分类	168
§ 10-2 定轴轮系的传动比计算	168
§ 10-3 周转轮系的传动比计算	171
§ 10-4 渐开线少齿差行星传动及摆线针轮行星传动简介	174
§ 10-5 减速器简介	176
习题	180
第十一章 轴	
§ 11-1 轴的分类、材料及设计轴的基本要求	183
§ 11-2 轴的结构设计	185
§ 11-3 轴的强度计算	188
§ 11-4 轴的刚度计算概念	193
习题	193
第十二章 滑动轴承	
§ 12-1 滑动轴承的种类与摩擦状态	195
§ 12-2 滑动轴承的结构	195
§ 12-3 轴瓦与轴承衬	197
§ 12-4 混合润滑的向心轴承的计算	198
§ 12-5 滑动轴承的润滑	199
§ 12-6 液体润滑滑动轴承简介	202
习题	203
第十三章 滚动轴承	
§ 13-1 滚动轴承的构造、类型和代号	204
§ 13-2 滚动轴承类型的选择	207
§ 13-3 滚动轴承的失效形式	209
§ 13-4 按额定动载荷来确定滚动轴承的尺寸	210
§ 13-5 按额定静载荷来确定滚动轴承的尺寸	216
§ 13-6 滚动轴承的组合设计	217
附表	223
习题	230
第十四章 联轴器和离合器	
§ 14-1 联轴器和离合器的作用	232
§ 14-2 常用联轴器	232

§ 14-3 常用离合器	239
§ 14-4 安全联轴器与安全离合器	241
习题	242
第十五章 弹簧	
§ 15-1 弹簧的功用、种类与制造	243
§ 15-2 圆柱螺旋形压缩(拉伸)弹簧的端部结构、工作特性曲线、主要参数 与几何尺寸	245
§ 15-3 圆柱螺旋形压缩(拉伸)弹簧的计算	247
§ 15-4 扭转弹簧简介	249
习题	252
第十六章 回转构件的平衡	
§ 16-1 回转构件及其平衡概念	253
§ 16-2 静平衡与动平衡	254
§ 16-3 回转构件的静平衡试验	256
习题	256

第一章 平面连杆机构

平面连杆机构是由一些刚性构件用低副(转动副与移动副)联接而成的机构,故又称为平面低副机构。由于机构中的大多数构件呈杆状,因此常称这种构件为杆。平面连杆机构中最常用的是由四根杆组成的平面四杆机构,它是最基本的,也是应用最广泛的平面连杆机构。

§ 1-1 平面四杆机构的基本型式及其应用

当平面四杆机构中的运动副都是转动副时,此机构称为铰链四杆机构。图 1-1 所示为一铰链四杆机构。图中固定不动的杆 AD 为机架或静件;与机架相连的两杆 AB 和 CD 称为连架杆;不与机架连接的杆 BC 称为连杆。能作整周回转的连架杆称为曲柄,只能在一定角度范围内摆动的连架杆称为摇杆。铰链四杆机构有以下三种基本型式。

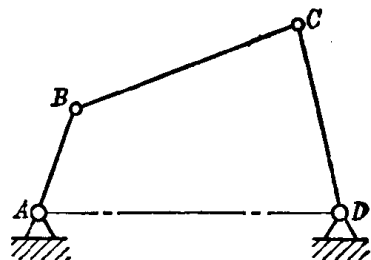


图 1-1 铰链四杆机构

一、曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中,若一个连架杆为曲柄,另一个连架杆为摇杆,则此四杆机构称为曲柄摇杆机构。图 1-2a 所示的牛头刨床,在进给系统中的四杆机构(图 1-2b)就是曲柄摇杆机构。它的运动简图如图 1-2c 所示。曲柄 AB 为主动件,摇杆 CD 为从动件。当曲柄 AB 转动时,通过连杆 BC ,使带有棘爪的摇杆 CD 作往复摆动。棘爪则推动固定在丝杠上的棘轮,使丝杠产生间歇转动,再通过固定在工作台内的螺母,使工作台完成进给运动。

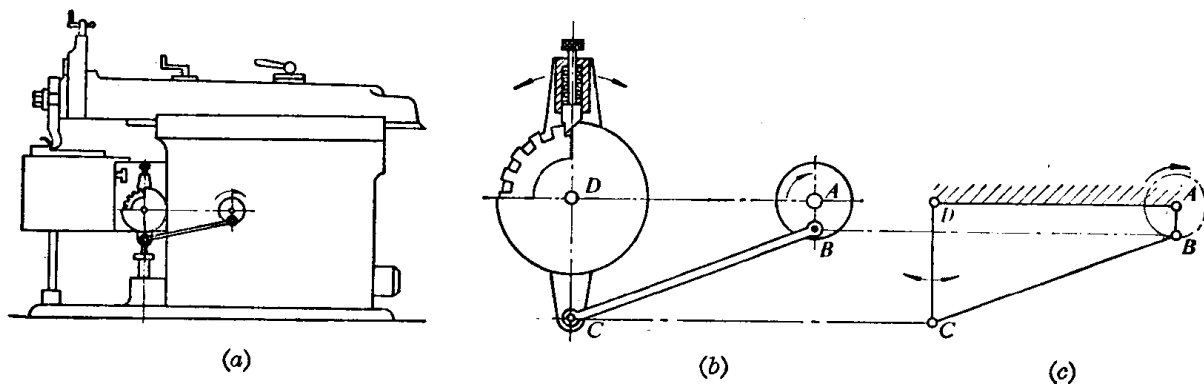


图 1-2 牛头刨床进给机构及机构运动简图

曲柄摇杆机构中,也有摇杆为主动件的。例如图 1-3a 所示的缝纫机的踏板机构,其机构运动简图如图 1-3b 所示。踏板简化成摇杆 CD ,曲轴简化成曲柄 AB 。当脚踏动摇杆 CD 使其作往复摆动时,通过连杆 BC 使曲柄 AB 作连续转动,从而进行缝纫工作。

二、双曲柄机构

在铰链四杆机构中,若两连架杆均为曲柄,则此四杆机构称为双曲柄机构。例如图 1-4 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 作匀速转动一周时,从

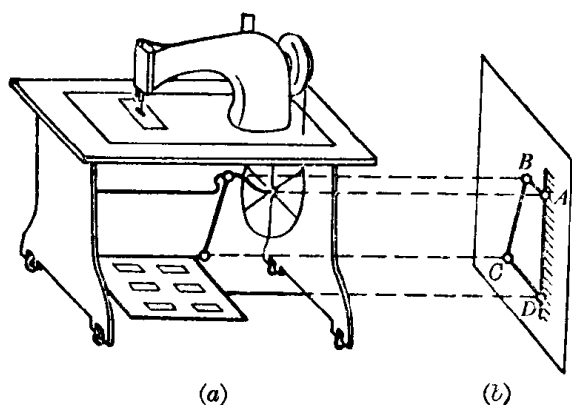


图1-3 缝纫机踏板机构

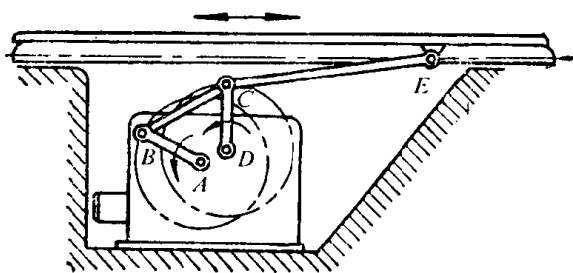


图1-4 惯性筛机构

动曲柄 CD 作变速转动一周。因而使筛子具有所需的加速度, 结果材料块因惯性而筛分。

在双曲柄机构中, 如果两曲柄的长度相等, 且连杆与机架的长度也相等, 则成为图 1-5 所示的平行双曲柄机构。这种机构的运动特点是两曲柄 AB 和 CD 的角速度始终保持相等, 连杆 BC 始终作平行于机架 AD 的平动。例如图 1-6 所示的机车车轮联动机构和图 1-7a 所示的同步偏心多轴钻机构都是平行双曲柄机构。同步偏心多轴钻机构的运动简图如图 1-7b 所示, 它的动力由主轴输入, 通过曲柄 1 带动连杆 2, 再由连杆 2 带动与钻头相联接的曲柄 3, 从而使钻头转动, 使几个孔同时加工。

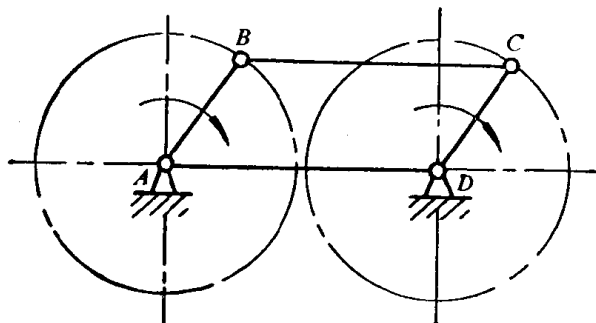


图1-5 平行双曲柄机构

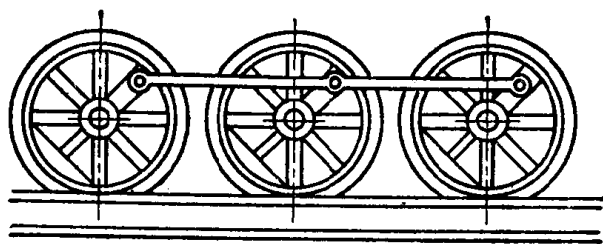


图1-6 机车车轮联动机构

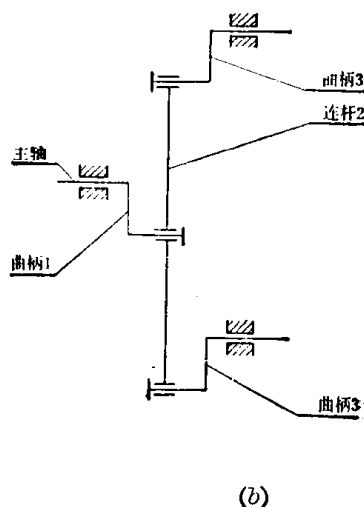
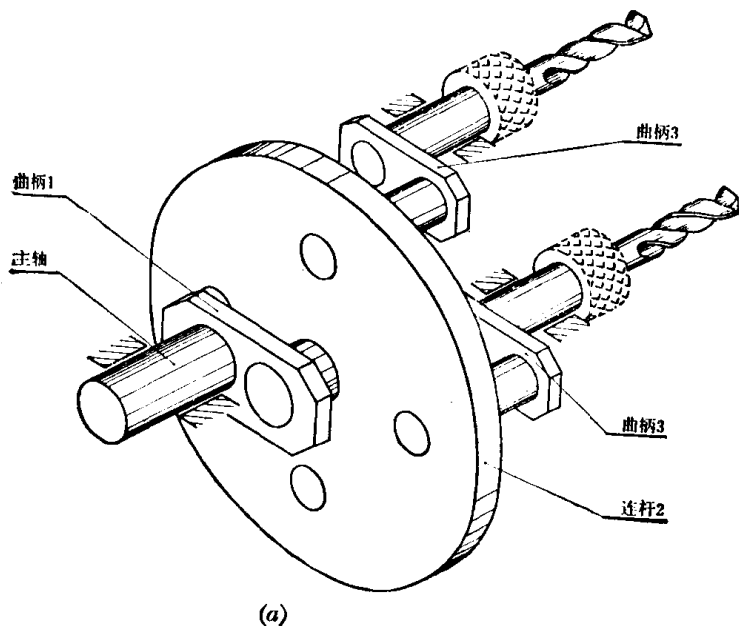


图1-7 同步偏心多轴钻机构

三、双摇杆机构

在铰链四杆机构中,若两连架杆均为摇杆,则此四杆机构称为双摇杆机构。例如图 1-8a 所示的港口起重机的变幅机构就是双摇杆机构,其运动简图如图 1-8b 所示。当摇杆 CD 摆动时,可使悬挂在连杆 BC 延长部分 M 处的吊钩,在近似的水平直线上移动。这样,所吊的重物在水平移动时,可以避免因不必要的升降而引起能量消耗。

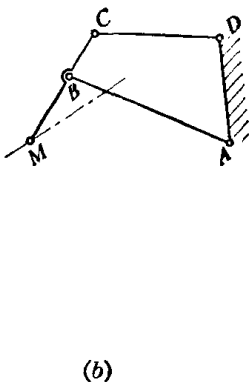
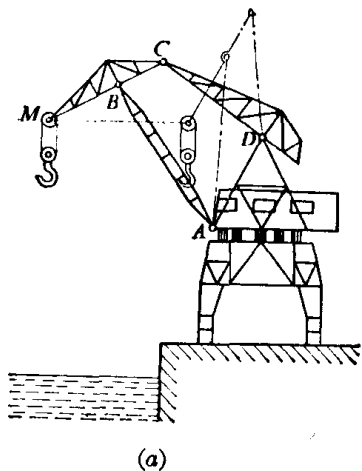


图 1-8 港口起重机的变幅机构

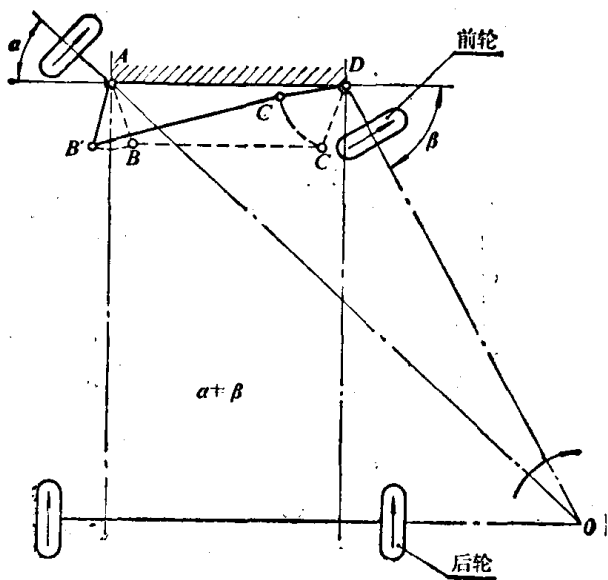


图 1-9 汽车前轮的转向机构运动简图

图 1-9 所示为汽车前轮的转向机构运动简图。它是具有等长摇杆($AB=CD$)的双摇杆机构。当汽车转弯时,与前轮固联的两摇杆 AB 和 CD 的摆角 α 和 β 不相等,即 $\alpha \neq \beta$ 。如果在任意位置都能使两前轮轴线的交点 O 位于后轮轴线的延长线上,则当整个车身绕 O 点转动时,四个车轮都能够在地面上作纯滚动,避免轮胎因滑动而磨损。在实际上等长双摇杆机构不可能完全达到上述理想情况,但是等长双摇杆机构可以近似满足上述要求,故能使轮胎的磨损大大减小。

§ 1-2 铰链四杆机构演化成其他型式的平面四杆机构

在实际应用中,除了上节中介绍的平面四杆机构的基本型式以外,还有其他型式的平面四杆机构。这些机构虽然与基本型式的铰链平面四杆机构,在外形和构造上不相同,但它们之间往往具有相同的相对运动特性。所以可以认为,其他型式的平面四杆机构是由基本型式的铰链平面四杆机构演化而成的。

一、曲柄滑块机构

曲柄滑块机构可以看成是由曲柄摇杆机构演化而成的。如图 1-10a 所示的曲柄摇杆机构,当曲柄 AB 作连续转动时,摇杆 CD 作往复摆动。现以摇杆 CD 的长度为半径作一环形槽(1-10b),用滑块代替摇杆。原来的摇杆与机架是以转动副相联接的,而现在的滑块与机架却以移动副相联接了,但是,机构中各构件的相对运动性质并没有改变。再将环形槽的半径增加到无穷大,则环形槽变成了直槽(图 1-10c)。曲柄中心至直槽中心线的垂直距离 e 称

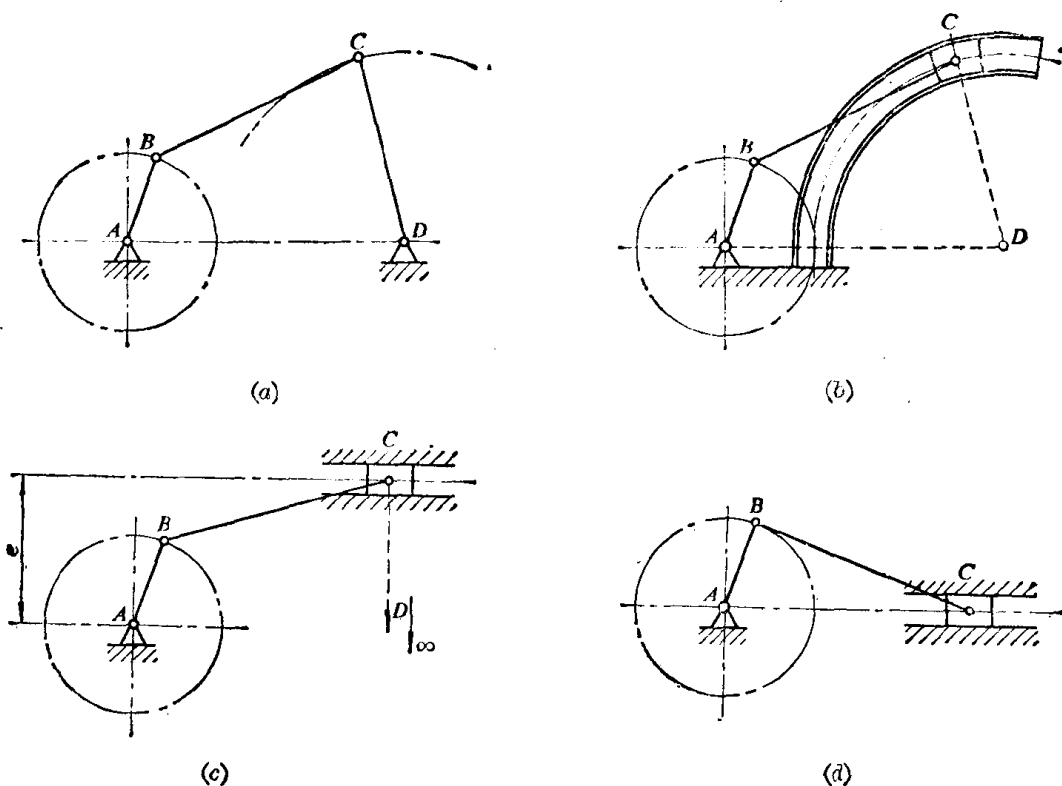


图 1-10 曲柄摇杆机构演化成曲柄滑块机构

为偏距。此机构称为偏置曲柄滑块机构。如将直槽中心线通过曲柄中心(图 1-10 d), 则 $e=0$, 这种机构称为对心曲柄滑块机构, 常简称为曲柄滑块机构。

曲柄滑块机构应用很广。当曲柄为主动件时, 可将曲柄的转动转变为滑块的往复移动, 此

机构可应用于活塞式水泵、空气压缩机、冲床等机器中; 当滑块为主动件时, 可将滑块的往复移动转变为曲柄的转动, 此机构可应用于内燃机、蒸汽机等机器中。

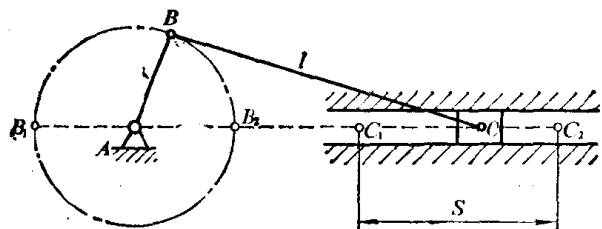


图 1-11 滑块的行程

置 C_1 和 C_2 之间的距离 s 称为滑块的行程。它与曲柄长度 r 有如下关系

$$s = 2r \quad (1-1)$$

为使机构能正常工作, 曲柄长度 r 应小于连杆的长度 l , 即 $r < l$ 。一般机器上常取 $\frac{l}{r} = 3 \sim 12$, 具体数值的选择, 应根据不同类型的机器而定。

二、偏心轮机构

在曲柄滑块机构中, 如果要求滑块的行程 s 较小, 则曲柄的长度也必须较小。根据结构的需要, 往往用一个回转中心与几何中心不相重合的偏心轮来代替曲柄(图 1-12), 回转中心 A 与几何中心 B 间的距离称为偏心距(它等于曲柄的长度)。显然, 滑块的行程等于偏心距的两倍。这样的机构称为偏心轮机构。偏心轮机构可以认为由图 1-11 所示的曲柄滑块机构中转动副 B 的半径扩大, 使之超过曲柄的长度演化而成的。因此它的运动特性与曲柄滑块机构相同。这种偏心轮机构常用于冲床、剪床等机器中。

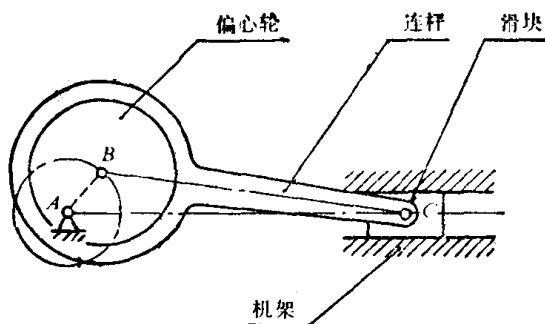


图 1-12 偏心轮机构

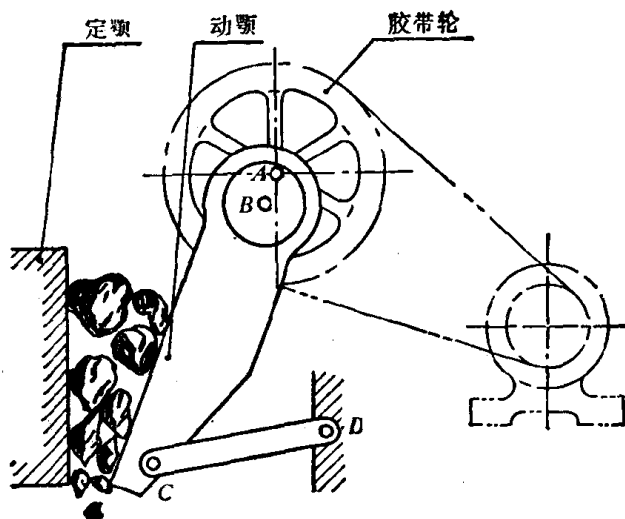


图 1-13 颚式破碎机中的偏心轮机构

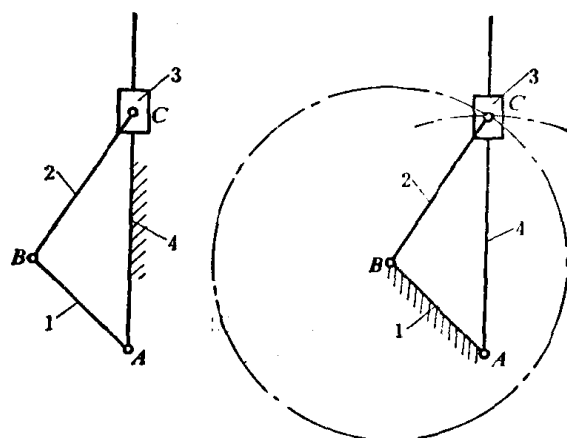
图 1-13 是用于颚式破碎机上的另一种偏心轮机构。它有摇杆 OD ，而没有滑块，连杆 BC 作为动颚。偏心轮与胶带轮固联在同一轴上。动力由胶带传来，通过胶带轮，使偏心轮绕中心 A 转动，从而使动颚作平面一般运动，完成破碎工作。

三、导杆机构

导杆机构可以认为由曲柄滑块机构演化而成的。如图 1-14a 所示的曲柄滑块机构，若改取杆 1 作为机架，即得图 1-14b 所示的导杆机构。曲柄 2 转动时，另一连架杆 4 对滑块 3 的运动起导路作用，故称此连架杆 4 为导杆。

当曲柄 2 的长度 l_2 大于机架 1 的长度 l_1 ，即 $l_2 > l_1$ 时(图 1-14b)，则导杆 4 也能作整周转动，故又称此机构为转动导杆机构。有些大型插床的主传动机构采用这种转动导杆机构。

当曲柄 2 的长度 l_2 小于机架 1 的长度 l_1 ，即 $l_2 < l_1$ 时(图 1-15)，则导杆 4 不能作整周转动，只能往复摆动，故称此机构为摆动导杆机构。有些牛头刨床中采用这种摆动导杆机构。图 1-16 所示为牛头刨床中采用的另一种形式的具有两个滑块的摆动导杆机构，实际上它是一个平面五杆机构(不包括滑枕)。



(a) 曲柄滑块机构

(b) 导杆机构

图 1-14

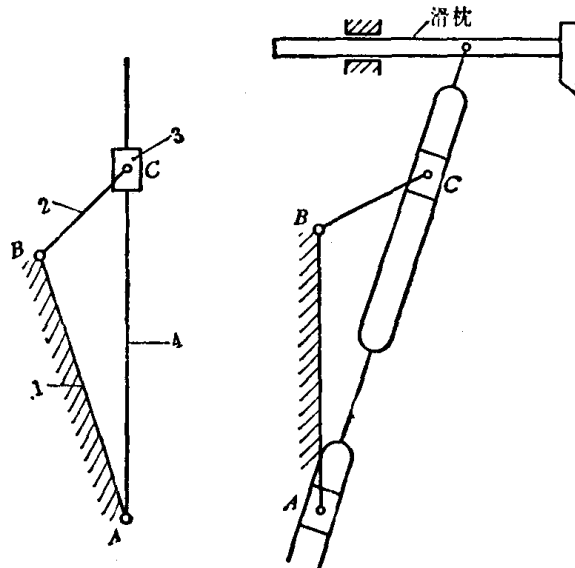


图 1-15 摆动导杆机构

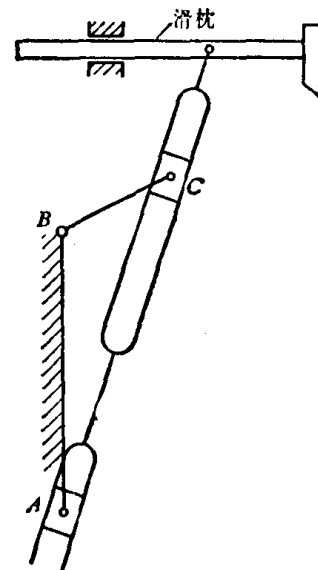


图 1-16 具有两个滑块的摆动导杆机构