



新世纪中等职业教育
模具制造技术类课程规划教材

模具设备控制基础

MU JU SHE BEI KONG ZHI JI CHU

主编 赵秀娟 耿健 主审 李建平



大连理工大学出版社



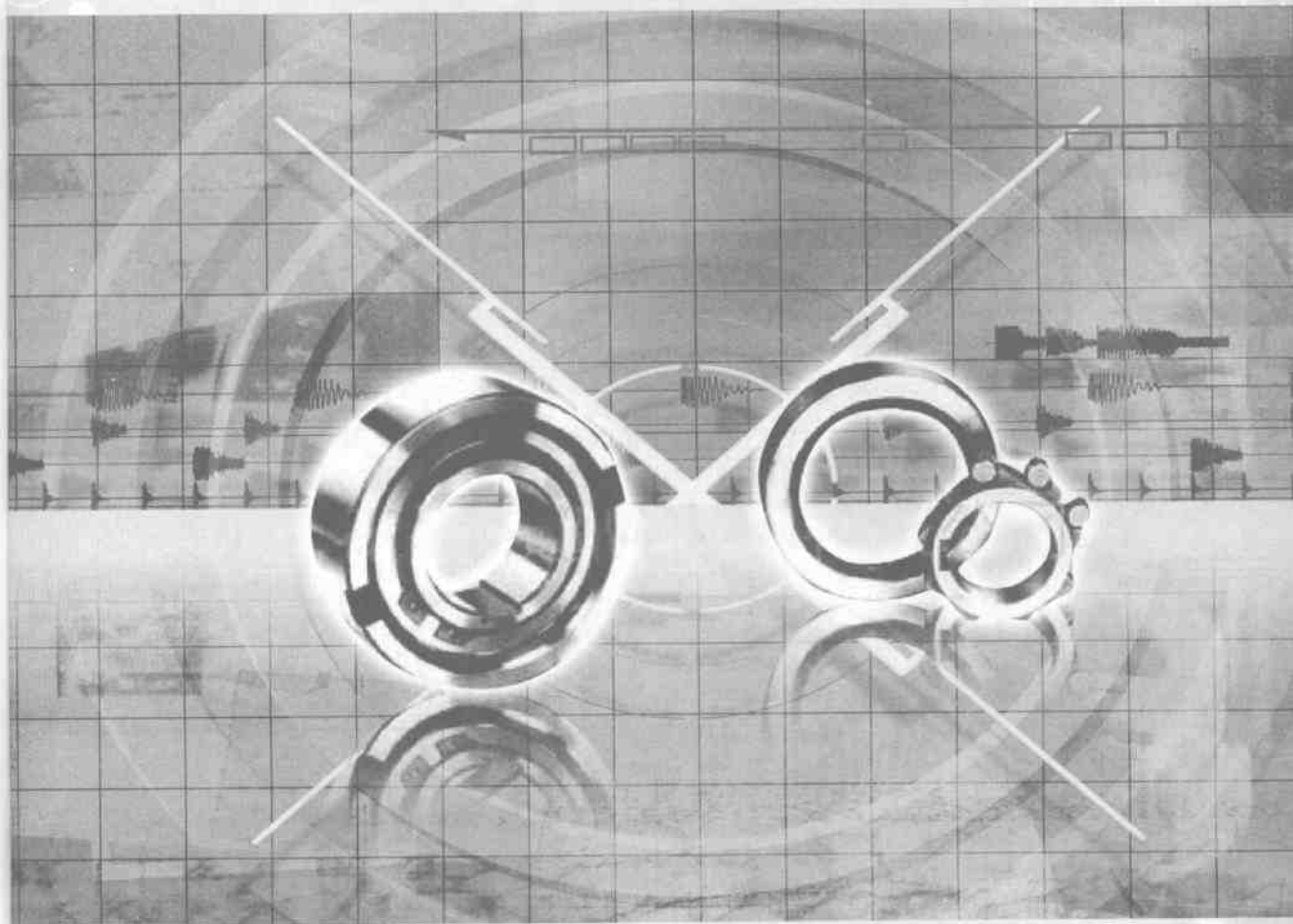
新世纪中等职业教育

模具制造技术类课程规划教材

模具设备控制基础

MU JU SHE BEI KONG ZHI JI CHU

主编 赵秀娟 耿 健 副主编 石丽湘 主审 李建平



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模具设备控制基础/赵秀娟,耿健主编. —大连:大连理工大学出版社,2009.9

新世纪中等职业教育模具制造技术类课程规划教材

ISBN 978-7-5611-5087-0

I. 模… II. ①赵… ②耿… III. 模具—机械设备—自动控制系统—专业学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150792 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dlutp@dlutp.cn URL: <http://www.dlutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:9.75 字数:234 千字

印数:1~1500

2009 年 9 月第 1 版

2009 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 芸

责任校对:黎险峰

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-5087-0

定 价:18.80 元

《模具设备控制基础》是新世纪中等职业教育模具制造技术类课程规划教材之一。

本教材按照以培养学生综合素质为目的的新的教学改革方案的基本要求编写而成,打破了传统的学科体系和教学模式,收集了众多企业所反馈的岗位需求信息,总结和吸纳了多年来模具专业课程教学改革的实践经验,遵循“实用、适度、够用”的原则,力求使教材的编写符合中等职业教育的特色。本书可作为中等职业学校三年制或四年制模具设计与制造专业教材,也可作为成人教育等相关培训和自学者使用的教材。

在编写思路,本教材以典型模具设备(压力机、注塑机)为主线展开,融机械零件、机械传动、液压与气压传动知识及电工常识为一体,通过对压力机等模具设备的结构及工作原理的分析,使学生全面了解有关模具设备的基础知识;在内容上尽可能做到少而精,力争反映新知识、新技术,突出实用性;在语言表述上力求通俗易懂,版面设计图文并茂。

本教材采用我国法定计量单位和现行最新的国家标准。

本教材共分3章:第1章讲述模具设备的常用机构与零件,目的在于培养学生识别和选用模具设备的常用机构与零件以及分析其工作原理、运动参数和特性的能力;第2章讲述液压与气压传动方面的知识,目的在于使学生掌握模具设备液压与气压元件的使用、调试、故障分析及其排除等技能;第3章介绍电工常识,目的在于培养学生在使用模具设备时能够安全用电以及正确使用元器件的基本能力。



本教材由大连市轻工业学校赵秀娟、耿健任主编,石丽湘任副主编,戴淑雯、李春菊、张吉林、李京福参与了部分章节的编写。大连市轻工业学校李建平、广东省高级技工学校成百辆审阅了全书并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢!另特别感谢原大显模具厂厂长郁根荣、原大连铜管乐器厂工程师车喜全在本教材编写过程中给予的大力支持!

尽管我们在探索教材特色的建设方面做出了许多努力,但由于编者水平有限,教材中仍可能存在一些错误和不足,恳请各教学单位和读者在使用本教材时多提宝贵意见,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

编 者

2009年9月



第1章 机械传动与零件	1
1.1 常用机构	1
习 题	13
1.2 机械传动	14
习 题	33
1.3 轴系主要零部件	35
习 题	56
第2章 液压与气压传动	59
2.1 液压与气压传动基础知识	59
2.2 液压泵、液压马达和液压缸	65
2.3 液压控制阀及其辅助元件	70
2.4 气源装置及其辅助元件	77
2.5 气动执行元件	81
2.6 气动控制元件	83
2.7 液压与气动元件常见故障及其排除方法	89
2.8 液压基本回路	94
2.9 气动基本回路	103
2.10 典型液压系统	109
2.11 气压传动系统实例	111
习 题	112
第3章 电工常识	115
3.1 电工基础知识	115
3.2 电气安全技术知识	116
3.3 工厂常用的电气元件及电气设备的安全运行	119
3.4 安全用电注意事项	124
3.5 节约用电	125
习 题	126
附 录	127
附录一 液压及气动元件图形符号(摘自 GB/T 786.1—1993)	127
附录二 标准结构	132
附录三 标准件	133
附录四 技术要求	145
参考文献	149

第1章

机械传动与零件

1.1 常用机构

冷冲模具安装在压力机上,压力机中曲柄压力机是最常使用的设备,如图 1-1 所示。其工作过程是:电动机驱动带传动,带动齿轮传动,齿轮带动曲轴通过连杆使冲头(滑块)上、下往复运动,冲头又带动上模与下模作用,实现冲压工作,如图 1-2 所示。曲柄压力机主体运动机构由齿轮机构、曲柄滑块机构组成,而曲柄滑块机构就是平面连杆机构的一种,平面连杆机构是机械中应用较多的一种机构。

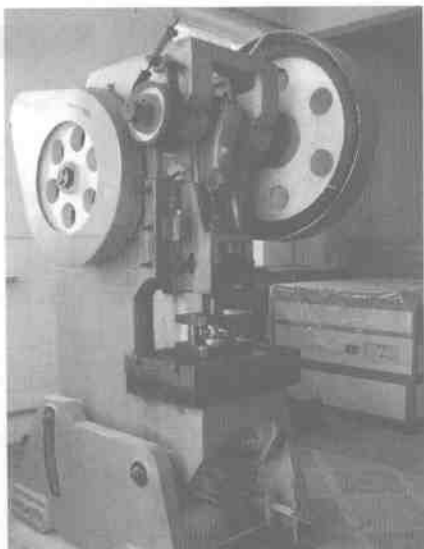


图 1-1 曲柄压力机

1.1.1 平面连杆机构

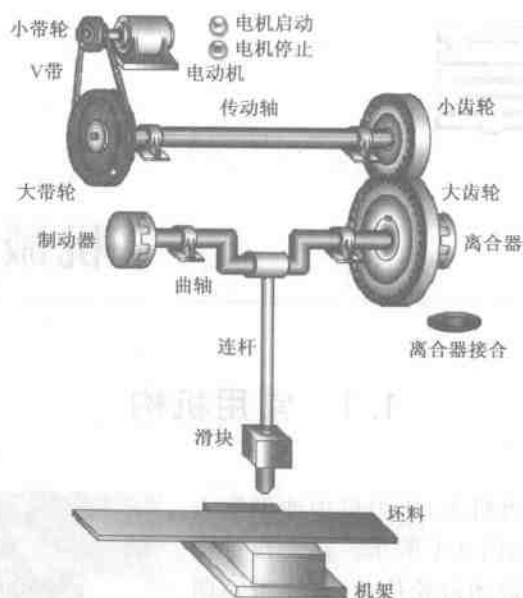
◆问题:什么是平面连杆机构?其类型有哪几种?应用在什么场合?各具有怎样的工作特性?

◆分析问题:平面连杆机构的各构件是由低副(销轴滑道等方式)连接起来的,各构件间的相对运动均在同一平面或相互平行的平面内。那么什么是运动副呢?

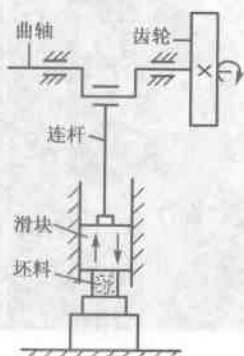
1. 运动副

由曲柄压力机可知,齿轮、曲柄滑块等机构都是由许多构件组成的,构件间以一定方式相互连接。这种连接不是固定的连接,而是能产生确定相对运动的连接,如曲柄与轴承座、曲柄与连杆的相对转动以及冲头(滑块)相对冲件(坯料)的移动等。把两个或两个以上构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。常用运动副的表达方法如图 1-3 和图 1-4 所示。

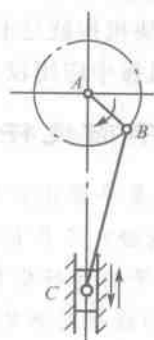
运动副对构件间的相对运动产生作用是通过改变构件间的相对运动形式来实现的。工程上,人们将运动副按其运动范围分为空间运动副和平面运动副两大类。在一般机器中,经常遇到的是平面运动副,所以在这里仅讨论平面运动副。根据两个构件接触形式的不同,可将平面运动副分为低副和高副。



(a) 曲柄压力机工作原理

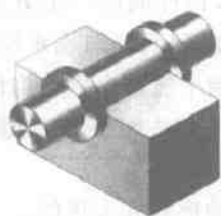


(b) 曲柄压力机运动简图

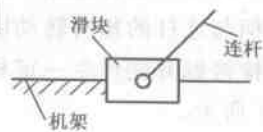
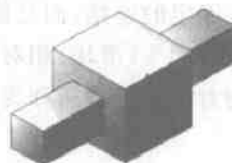
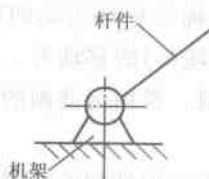


(c) 曲柄滑块机构

图 1-2 曲柄压力机工作原理、运动简图及曲柄滑块机构



(a) 轴与轴承的连接



(b) 滑块与导轨的连接

图 1-3 低副表示法

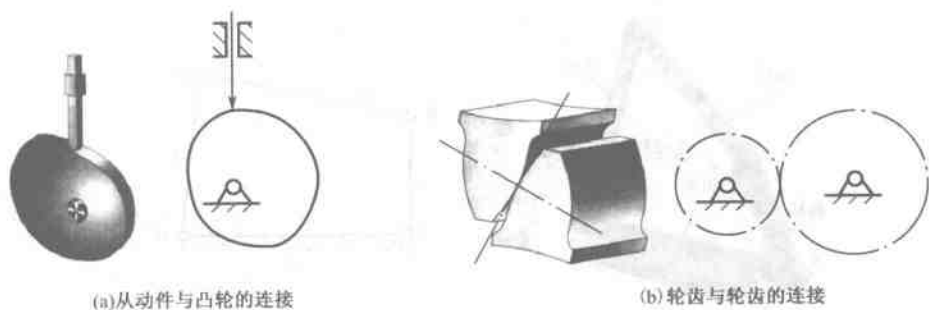


图 1-4 高副表示法

(1) 低副

低副是指构件之间面与面接触的运动副。平面机构中的低副有转动副和移动副两种,如图 1-3 所示。其特点是面接触,压强低,承载能力高,不易磨损。

(2) 高副

高副是指构件之间以点线接触而形成的运动副,如图 1-4 所示。其特点是点线接触,压强高,承载能力低,易磨损。

2. 平面连杆机构的运动形式、应用及类型

(1) 平面连杆机构的运动形式及应用

平面连杆机构可实现多种运动形式:

① 将主动件的转动转变为从动件的往复摆动,如搅拌机、碎石机等;或转变为从动件的往复直线运动,如曲柄压力机等;或将上述从动件转为主件,即将主动件的摆动或移动转变为从动件的转动,如缝纫机踏板机构、内燃机主机构等。

② 将主动件的转动或摆动转变为从动件与其相同或不同规律的转动或摆动,如惯性分筛机、飞机起落架等。

③ 执行构件不直接与机架相连,不同点的轨迹得到不同形状的曲线(连杆曲线),可以用来满足生产需要的各种轨迹要求,如鹤式起重机吊钩、液压挖掘机的挖斗等。

(2) 平面连杆机构的类型

平面连杆机构是根据含有的构件数目来命名的。由四个构件组成的连杆机构称为平面四杆机构,多于四个构件组成的机构称为平面多杆机构。

其中平面四杆机构不仅应用广泛,还是平面多杆机构的基础,因此本节以平面四杆机构作为研究重点。

3. 铰链四杆机构

(1) 铰链四杆机构的组成

如图 1-5 所示,由四个杆通过铰链(转动副)连接而成的机构称为铰链四杆机构。其各部分的名称为:

① 机架 4 为固定不动的件;

② 连架杆 1、3 是与机架相连的杆,其运动形式如果是绕回转中心做整周转动,则称为曲柄;如果是绕回转中心只能在小于 360° 范围内摆动,则称为摇杆;

③ 连杆 2 是不与机架相连接的杆。

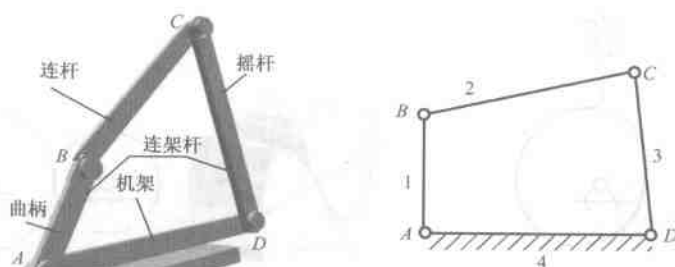


图 1-5 铰链四杆机构的组成

1,3—连架杆;2—连杆;4—机架

(2) 铰链四杆机构的三种基本形式

铰链四杆机构根据两个连架杆运动形式的不同分为三种基本形式,即曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构。

① 曲柄摇杆机构

两个连架杆中一个杆为曲柄,另一个杆为摇杆。其运动特点是曲柄整周转动,摇杆在一定范围内摆动。其应用如图 1-6 所示。

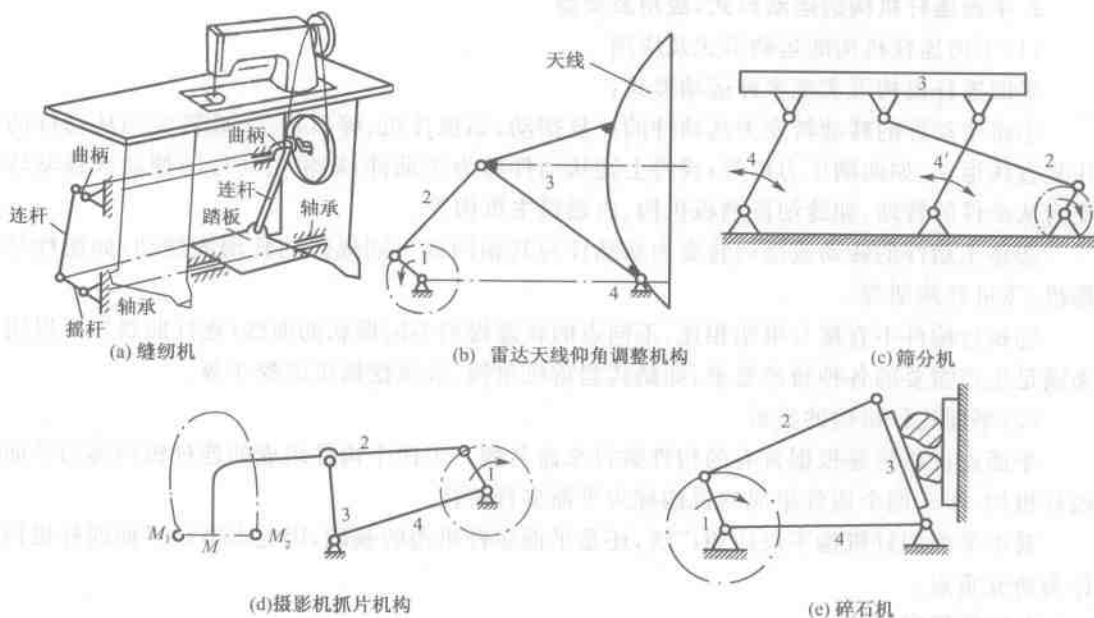


图 1-6 曲柄摇杆机构的应用

② 双曲柄机构

• 普通双曲柄机构

两个连架杆均为曲柄,而两个曲柄长度不相等。其运动特点是:主动曲柄做等速转动,从动曲柄随之做变速转动。如图 1-7(a)所示,当曲柄 AB 做等速转动时,另一个曲柄 CD 做周期性变速转动,通过 EF 杆连接装物料筛车,利用 CD 的变速转动和物料的惯性来达到筛分的目的。普通双曲柄机构还应用于旋转式水泵(图 1-7(b))、插床主机构等。

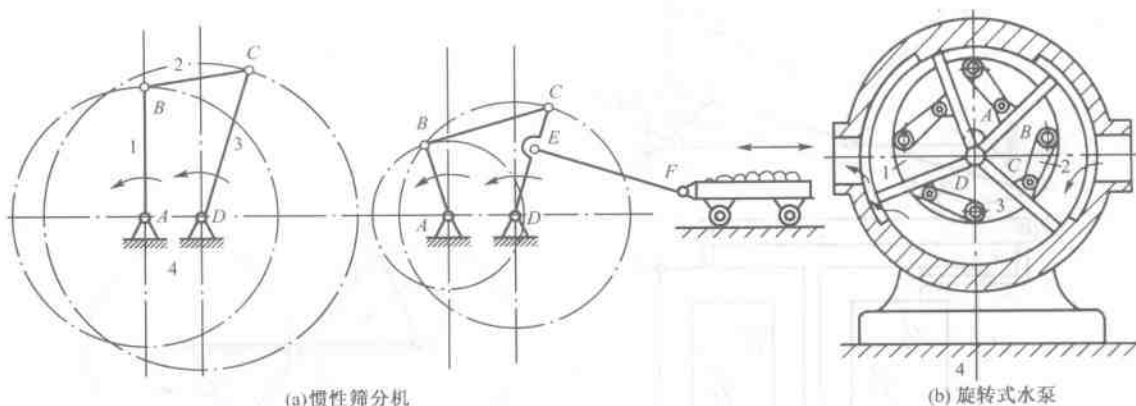


图 1-7 普通双曲柄机构的应用

• 平行双曲柄机构

四个杆对边平行且相等,此时四个杆组成了平行四边形,如图 1-8 所示。其运动特点是两曲柄的旋转方向相同,角速度也相等。平行双曲柄机构应用于机车车轮联动装置(图 1-9)、天平称、摄像升降机等。

如图 1-8 所示,平行双曲柄机构在运动过程中,主动曲柄 AB 转动一周,从动曲柄 CD 将会出现两次与连杆 BC 共线的位置,这样会造成从动曲柄 CD

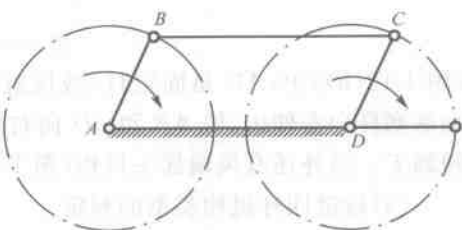
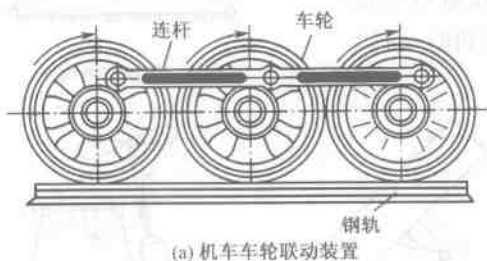
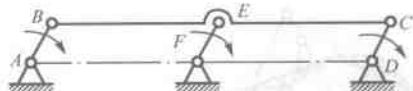


图 1-8 平行双曲柄机构



(a) 机车车轮联动装置



(b) 机构简图

图 1-9 平行双曲柄机构的应用

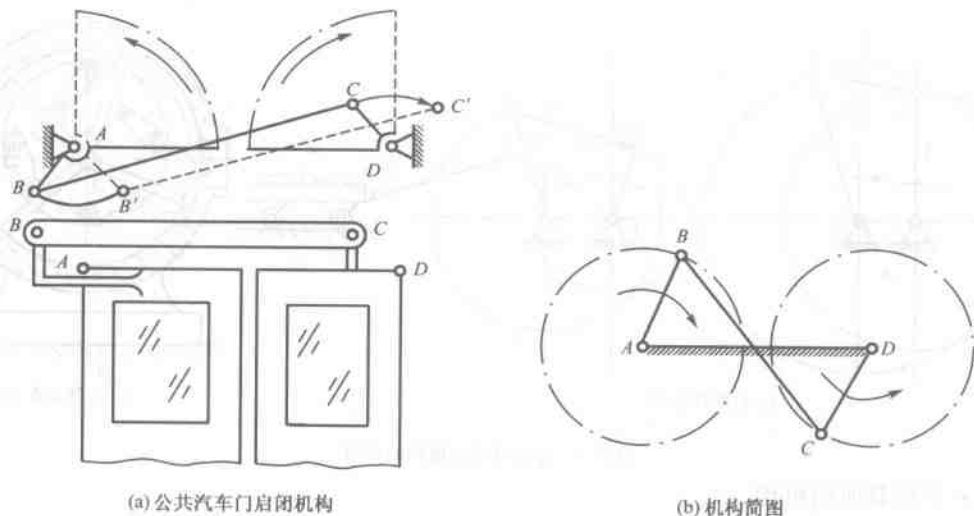
运动的不确定现象(即 CD 可能顺时针转,也可能逆时针转,从而变成反向双曲柄机构)。为避免这一现象的发生,可用增设辅助构件的方法来解决。如图 1-9(b)所示,它是增设了一个曲柄 EF 的辅助构件,以防止平行双曲柄机构 $ABCD$ 变为反向双曲柄机构。

• 反向双曲柄机构

双曲柄机构如果对边长度相等但互不平行,则称为反向双曲柄机构。其运动特点是两曲柄的旋转方向相反,且角速度不相等。最典型的例子是公共汽车门启闭机构,如图 1-10(a)所示,其运动原理是:当主动曲柄 AB 转动时,通过连杆 BC 使从动曲柄 CD 朝反向转动,从而保证两扇车门能同时开启和关闭到预定位置。

③ 双摇杆机构(图 1-11)

两个连架杆均为摇杆。其运动特点是两摇杆只能摆动一定角度,其应用如图 1-12 所示。港口用起重吊车(图 1-12(a))吊钩的移动轨迹近似于水平线;自卸载货汽车的翻斗机构



(a) 公共汽车门启闭机构

(b) 机构简图

图 1-10 反向双曲柄机构的应用

(图 1-12(b))中, AD 是固定杆, 液压缸中输入压力油而推动活塞杆向右伸出, 使 AB 和 CD 向右摇动, 从而使车斗货物卸下。另外还有风扇摇头机构(图 1-12(c))、炉门等。

(3) 铰链四杆机构类型的判定

铰链四杆机构三种基本类型的区别在于连架杆是否为曲柄, 这主要取决于各构件之间的相对尺寸, 通过几何关系推导, 得出判断铰链四杆机构类型的依据, 即当最长杆加最短杆的长度小于或等于其余两杆长度之和时, 有以下三种情况:

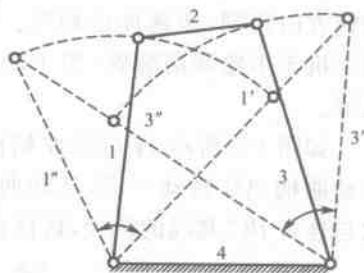
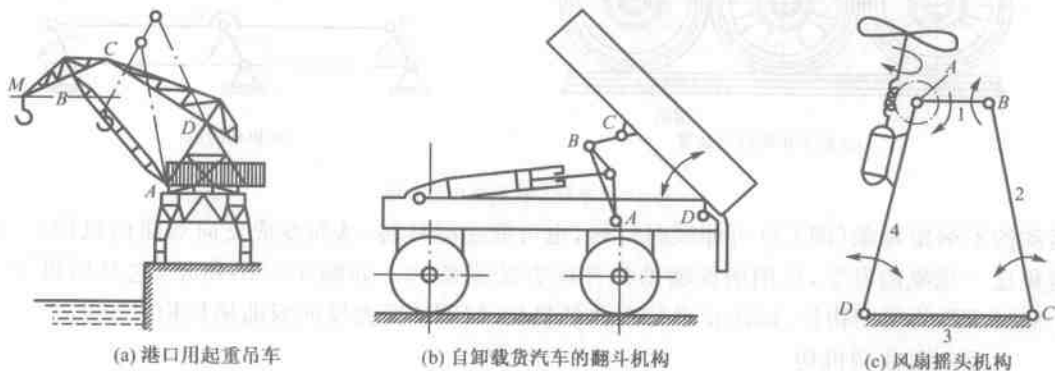


图 1-11 双摇杆机构



(a) 港口用起重吊车

(b) 自卸载货汽车的翻斗机构

(c) 风扇摇头机构

图 1-12 双摇杆机构的应用

- ①最短杆为连架杆, 得到曲柄摇杆机构;
- ②最短杆为机架, 得到双曲柄机构;
- ③最短杆为连杆, 得到双摇杆机构。

当最长杆加最短杆的长度大于其余两杆长度之和时, 不论哪一个杆为机架, 均为双摇杆机构。

4. 含有一个移动副的四杆机构

(1) 曲柄滑块机构

① 曲柄滑块机构的形成

实际中还常应用含有一个移动副的四杆机构,如压力机、内燃机主机机构等,这些机构都可以看做是从铰链四杆机构演化而来的。其演化原理是用移动副取代转动副、变更杆件长度和机架以扩大转动副等,如图 1-13 所示。

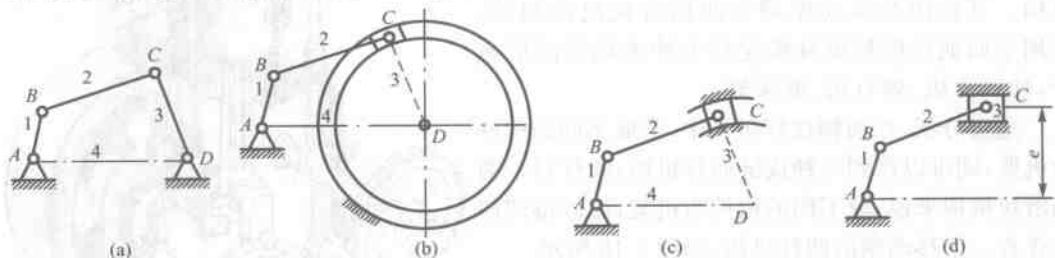


图 1-13 曲柄摇杆机构的演化

滑块移动的距离称为行程 H ,如图 1-14(a)所示。就曲柄压力机而言,行程 H 的大小反映冲头上下运动的距离,有时为了满足生产需要,压力机的行程可以调整。

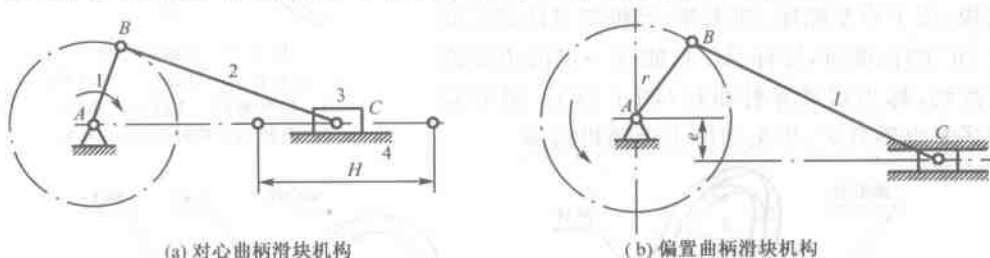


图 1-14 曲柄滑块机构

如图 1-14(b)所示,曲柄转动中心距移动导路的距离 e 称为偏心距。若 $e=0$ (图 1-14(a)),则称为对心曲柄滑块机构,其行程 $H=2AB$;若 $e \neq 0$ (图 1-14(b)),则称为偏置曲柄滑块机构。

② 曲柄滑块机构的运动特点及应用

如图 1-14 所示,若曲柄 AB 为主动件,通过连杆 BC 可以带动滑块 C 做往复直线运动;如图 1-15(b)所示的自动送料装置,曲柄 AB 每转一周,滑块就从料槽中推出一个工件;反之,如图 1-16 所示的单缸内燃机,以滑块(活塞)为主动件做往复直线运动时,通过连杆带动曲柄(曲轴)做整周连续转动。

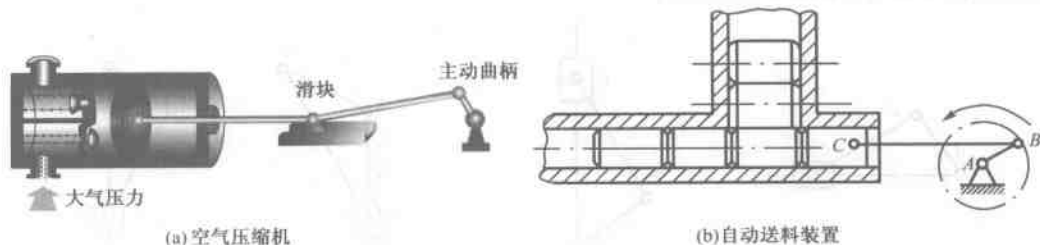


图 1-15 曲柄滑块机构的应用

③ 偏心轮机构(图 1-17)

对于受力较大的对心曲柄滑块机构来说,若滑块行程 H 很短,曲柄长度也相应缩短,曲柄两端很难安装铰销,这时可用一个回转中心与几何中心不重合的偏心轮代替曲柄(偏心距 e),连杆的一端有大圆环套在偏心轮上,这种机构称为偏心轮机构。其作用及运动原理与曲柄滑块机构相同,常用于曲柄长度较短且承受较大冲击载荷的机械中,如压力机、碎石机、剪床等。

通过分析,在曲柄摇杆机构中,若取不同的构件为机架,则可以得到三种铰链四杆机构;同样对于曲柄滑块机构来说,取不同的构件为机架,可以得到四种含有一个移动副的四杆机构,如图 1-18 所示。

(2) 导杆机构

如图 1-18(b) 所示,当机架 AB 的长度小于 BC 的长度时,导杆 AC 做 360° 转动,称为转动导杆机构,用于小型刨床、插床等;当机架 AB 的长度大于 BC 的长度时,导杆 AC 只能在一定的角度范围内摆动,称为摆动导杆机构(图 1-19)。另外其应用还有电器开关、牛头刨床主运动机构等。

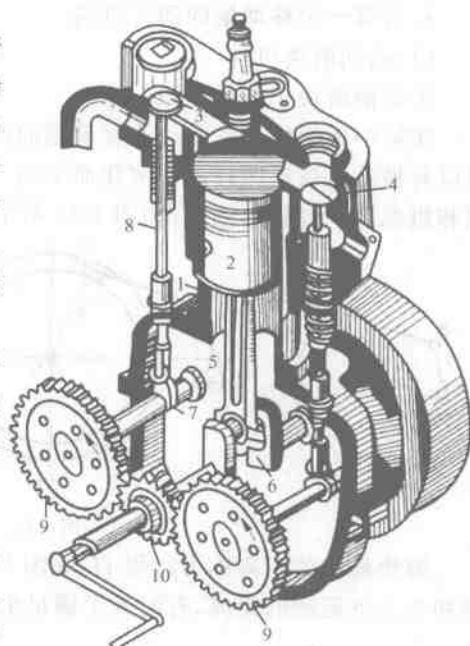


图 1-16 单缸内燃机

1—汽缸体;2—活塞;3—进气阀;
4—排气阀;5—连杆;6—曲轴;
7—凸轮;8—顶杆;9、10—齿轮

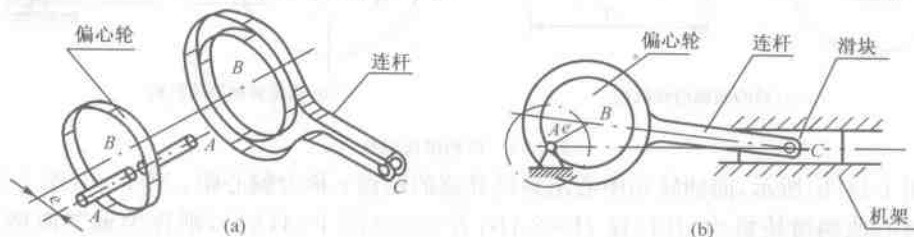


图 1-17 偏心轮机构

(3) 摇块、定摇块机构

如图 1-18(c) 所示,当以构件 BC 为机架时,滑块只能绕 C 点摆动,称为摇块机构。它常用于气、液压驱动装置,如图 1-20 所示。

如图 1-18(d) 所示,当以构件 C (滑块) 为机架时,可演化成定摇块机构。它常用于抽油泵、手摇抽唧筒等,如图 1-21 所示。

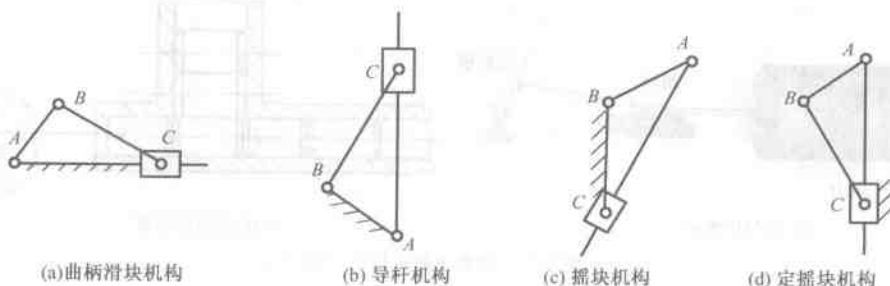


图 1-18 含有一个移动副的四杆机构

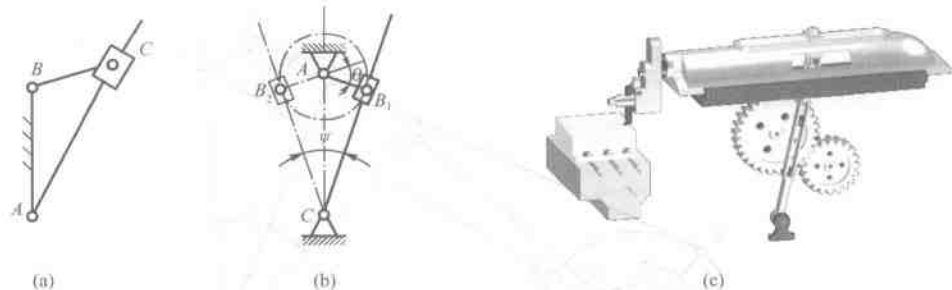


图 1-19 摆动导杆机构及其应用



图 1-20 挖掘机



图 1-21 手摇抽唧筒

5. 平面四杆机构的工作特性

根据工作要求,使平面四杆机构在传递运动和动力时具有一定的工作特性,如牛头刨床主机机构的摆动导杆往复摆动的速度不相同,碎石机主机机构的摇杆在不同位置受力大小不相同等。这些特性与哪些因素有关呢?

(1) 急回运动特性

① 极位夹角

在图 1-22 所示的曲柄摇杆机构中,曲柄每转一周有两次与连杆共线,即曲柄与连杆重叠共线和曲柄与连杆延伸共线,这时摇杆的两个位置称为极限位置,其夹角 Ψ 称为摇杆摆角。曲柄在摇杆处于两个极限位置时所夹的锐角 θ 称为极位夹角。

② 急回运动特性

由图 1-22 可以看出,曲柄在两行程中相应的两个转角 φ_1 和 φ_2 分别为

$$\varphi_1 = 180^\circ + \theta, \varphi_2 = 180^\circ - \theta$$

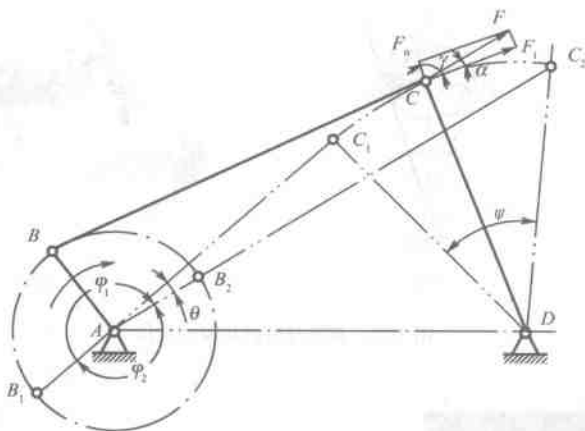


图 1-22 曲柄摇杆机构的工作特性

由于 $\varphi_1 > \varphi_2$, 若曲柄以等角速度顺时针转动, 则所对应的时间 $t_1 > t_2$, 因而 $v_1 < v_2$ 。机构工作件的这种返回行程平均速度大于工作行程平均速度的特性称为急回运动特性。

为了表示工作件往复运动时的急回程度, 急回运动特性常用行程速比系数 K 表示, 即

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\widehat{C_2C_1}/l_2}{\widehat{C_1C_2}/l_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

K 的大小表示急回的程度。机构有无急回运动特性取决于该机构有无极位夹角 θ 。 θ 越大, K 越大, 急回运动特性也越显著; 若 $\theta = 0$, 则机构无急回运动特性。

急回运动特性能节省返回时间, 提高生产率, 如牛头刨床。

(2) 传力特性

在生产实际中, 机构不仅要实现预定的运动, 而且希望运转轻便、效率高, 即具有良好的传力性能。通常以压力角 α 或传动角 γ 表明机构的传力特性。

在图 1-22 中, 曲柄为主动件, 摇杆为从动件, 若忽略各杆的质量和转动副中的摩擦力影响, 则连杆为二力杆。任一瞬时曲柄通过连杆对从动件摇杆的作用力 F 沿 BC 方向。摇杆受力点 C 的速度方向垂直于摇杆。力 F 与速度 v_C 之间所夹的锐角 α 称为该点的压力角, 则

$$F_1 = F \cos \alpha$$

$$F_n = F \sin \alpha$$

式中: F_1 是推动摇杆转动的有效分力; F_n 是仅对转动副 C 产生附加径向压力的有害分力。显然, 压力角越小, 有效分力越大, 所以压力角是衡量机构传力性能的重要指标。特别指出, 压力角 α 的大小是随从动件的位置而变化的。

在实际中, 为了度量方便, 常用压力角 α 的余角 γ 判断机构的传力性能, γ 称为传动角。传动角 γ 越大, 机构传力性能越好, 效率也越高; 反之, 传动角 γ 越小, 机构传力越困难, 当小到一定程度时, 会由于摩擦力的作用而发生自锁现象。机构最小传动角 $\gamma_{\min}$ 出现在曲柄与机架两次共线位置之一。为了保证机构的传力性能良好, 通常使最小传动角 $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$; 传递大功率时, 最小传动角 $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$ 。

(3) 死点位置

以图 1-23 所示的曲柄滑块机构为例, 当滑块为主动件, 机构处于图中所示的两个极限

位置时,连杆与从动曲柄共线,此时压力角 $\alpha=90^\circ$,主动件滑块通过连杆作用于从动件曲柄上的力恰好通过回转中心,该力对回转中心的力矩为零,不能推动曲柄旋转,出现“卡死”现象。机构的这种位置称为死点位置。

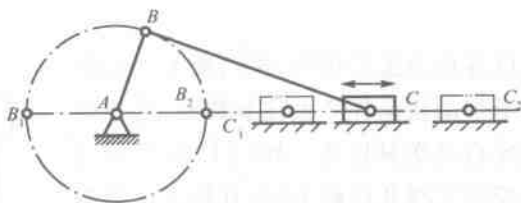


图 1-23 曲柄滑块机构的死点位置

平面四杆机构是否存在死点,取决于从动件与连杆是否共线。凡是从动件与连杆共线的位置都是死点位置。

对于传动机构,死点位置的存在是有害的,它使机构处于卡死或运动不定向状态,必须采取措施使其顺利地通过死点位置。例如缝纫机踏板机构,在从动件曲柄轴上安装质量较大的飞轮(大带轮),利用惯性使机构按原来的转向通过死点位置。

机构的死点位置也常被用于实现特定的工作要求,如图 1-24 所示为一种钻床上夹紧工件用的连杆式快速夹具,工件夹紧后 BCD 成一条线(死点位置),即使工作反力很大也不能使机构反转,从而使夹紧牢固可靠。

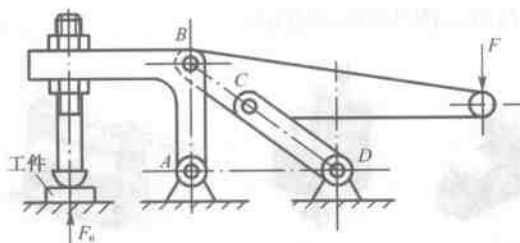


图 1-24 死点位置的应用

1.1.2 凸轮机构

◆功能:凸轮机构广泛应用于各种机械中,特别是冲压设备自动送料机构,如图 1-25 所示,它能实现各种复杂的运动要求。

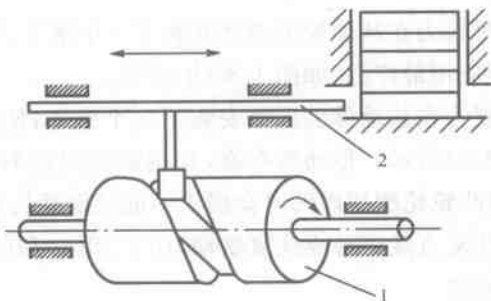


图 1-25 冲压设备自动送料机构