

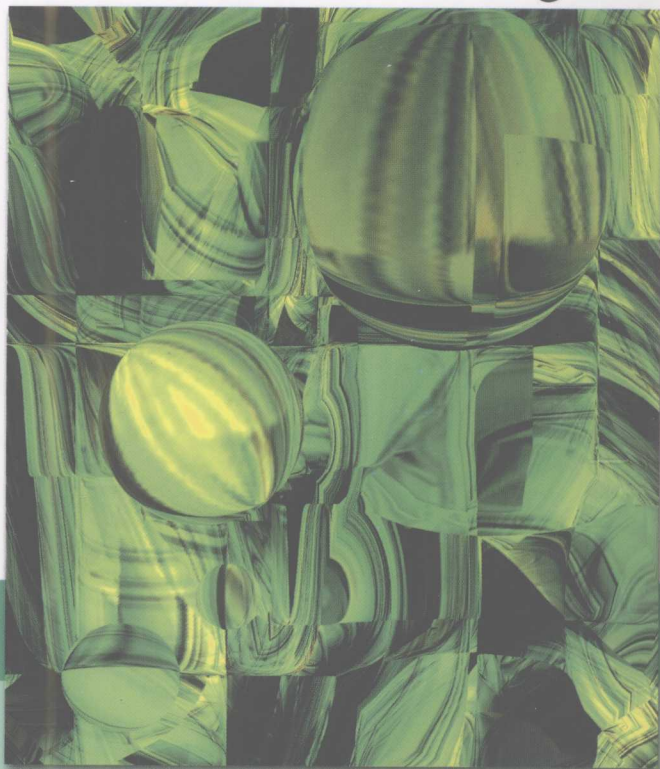
全国高职高专一体化教学（机械专业）通用教材

QuanGuo GaoZhi GaoZhuan YiTiHua JiaoXue (JiXie ZhuanYe) TongYong JiaoCai

机构与零件

JiGou Yu LingJian

主编 宋志军 苏慧祯



本书结合高职高专教学特点，以“理论够用，突出实用”这一原则而编写。

本书包括常用机构的分析与设计方法和通用零件的构造、

特点、标准工作原理与设计方法两个部分。

本书每章后配有相应的具体零件设计参考图，并附有一定量的习题和思考题。



山东科学技术出版社

www.lkj.com.cn

YITI HUA JIAOXUE

YTH

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材
QuanGuo GaoZhi GaoZhuan YiTiHua JiaoXue (JiXie ZhuanYe) TongYong JiaoCai

机构与零件

主编 宋志军 苏慧祯

JiGou Yu LingJian



图书在版编目 (CIP) 数据

机构与零件/宋志军主编. —济南:山东科学技术出版社,2007

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

ISBN 978 - 7 - 5331 - 4737 - 2

I. 机... II. 宋... III. ①机构学—高等学校:技术学校—教材②机械元件—高等学校:技术学校—教材
IV. TH112 TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 103155 号

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

机构与零件

主编 宋志军 苏慧祎

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:临清万方印务有限公司

地址:临清市先锋路

邮编:252600 电话:(0635)2323683

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:16.5

版次:2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 4737 - 2

定价:25.00 元

本书是根据国家教委审订的高等职业学院工程专科，机械专业《机构与零件》教学大纲及劳动部对技术学院机械专业高级工的要求，结合当前迅猛发展的高职高专教育，注重“理论够用，突出实用”的客观现实而编写的。它适用于机械工程类各专业及工程技术人员参考。

在内容体系上，以体现实际生产中常用机构，且讨论机构运转过程中的一些理论问题，为常用机构及零件的设计打下坚实的理论基础。本教材授课学时数以80~100为宜。全书共分十三章，按两大部分展开研究：常用机构的分析与设计方法，其中包括平面连杆机构、凸轮机构、棘轮机构、槽轮机构和轮系；通用零件的构造、特点、标准工作原理与设计方法，它包括键联接、螺纹联接与螺旋传动、弹簧、带传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、轴承和联轴器。前沿的理论知识，请读者查阅有关资料。为了便于学生学习，每章之后配有相应的具体零件设计参考图，并附有一定量的习题便于练习理解掌握。

参加本书编写的人员有：宋志军（绪论、第三章 齿轮机构及传动）、苏慧祎（第一章 平面连杆机构）、纪成美（第二章 凸轮机构，第十一章 滑动轴承与滚动轴承）、孙松舜（第七章 带传动和链传动，第八章 螺纹联接和螺旋传动）、温晓妮（第四章：蜗杆蜗轮机构与传动，第十二章 联轴器与离合器）、朱秀梅（第九章 键、花键联接）、赵辉（第六章 间歇运动机构，第十三章 弹簧）、李卫华（第五章 轮系）、李柯（第十章 轴和轴类零件），谢松霞、张永生、张凤军、朱宝杰也参加了有关章节的编写。本书由宋志军、苏慧祎主编，谢松霞、张永生、张凤军、朱宝杰任副主编。本书由李光伟、李波、王东勇审

稿，李光伟主审。

本书在编写过程中，得到了烟台工程职业技术学院领导及有关企业专家的大力支持和帮助，他们提出了许多建设性的意见，在此深表谢意。

由于我们水平有限，编写时间仓促，书中难免存在纰漏，恳请读者提出批评或来函指正。

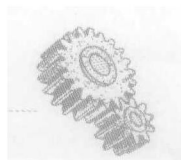
编 者



绪 言	1
第一章 平面连杆机构	5
第一节 四杆机构的基本形式及应用	5
第二节 平面四杆机构的基本特性	11
第三节 平面四杆机构的设计	16
第二章 凸轮机构	21
第一节 凸轮机构的应用与分类	21
第二节 从动件的常用运动规律	24
第三节 凸轮轮廓的画法	28
第四节 凸轮机构设计工作影响因素	30
第三章 齿轮机构及传动	34
第一节 齿轮传动的特点和类型	35
第二节 渐开线的形成、性质及方程	37
第三节 渐开线直齿圆柱标准齿轮的主要参数及几何尺寸	40
第四节 渐开线直齿圆柱标准齿轮啮合传动特点	44
第五节 渐开线齿轮的切削原理及齿廓的根切	47
第六节 圆柱齿轮传动的精度	52
第七节 齿轮传动的失效形式	55
第八节 齿轮常用的材料及热处理	58
第九节 标准直齿圆柱齿轮传动的设计	59
第十节 圆柱齿轮的结构设计及工作图	74
第十一节 标准斜齿轮圆柱传动的强度计算	75
第十二节 直齿圆柱齿轮的变位及几何计算	83
第十三节 圆锥齿轮机构及传动	89
第四章 蜗杆蜗轮机构与传动	95
第一节 蜗杆传动的特点和类型	95
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	97
第三节 蜗杆传动的失效形式计算准则、材料和结构	102



第四节	蜗杆的受力分析与强度计算	104
第五节	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	106
第五章	轮系	110
第一节	轮系分类及应用	110
第二节	定轴轮系传动比的计算	113
第三节	行星轮系传动比的计算	115
第六章	间歇运动机构	120
第一节	棘轮机构	120
第二节	槽轮机构	122
第七章	带传动和链传动	127
第一节	带传动的主要类型、特点和应用	128
第二节	带传动的工作情况分析	129
第三节	带传动的设计准则和单根 V 带传递的功率	131
第四节	V 带传动的设计	133
第五节	V 带轮的材料和结构设计	139
第六节	V 带传动的安装、使用和维护	141
第七节	链传动的特点和应用	142
第八节	链传动的运动特性和受力分析	145
第九节	滚子链传动的设计计算	147
第十节	链传动的布置、张紧和润滑	151
第八章	螺纹联接和螺旋传动	154
第一节	螺 纹	154
第二节	螺旋副的受力分析、效率和自锁	156
第三节	螺纹联接的基本类型及螺纹紧固	159
第四节	螺栓联接的强度计算	163
第五节	螺旋机构的传动及计算	165
第六节	螺纹紧固件的材料和许用应力	168
第七节	提高螺栓联接强度的措施	171
第九章	键、花键联接	175
第一节	键联接	175
第二节	花键联接	179



第十章 轴和轴类零件	182
第一节 轴的类型与材料.....	182
第二节 轴及轴系的结构设计.....	185
第三节 轴的设计计算.....	190
第四节 轴的临界转速的概念.....	198
第十一章 滑动轴承与滚动轴承	200
第一节 滑动轴承的基本知识.....	201
第二节 滑动轴承的类型和结构.....	201
第三节 不完全液体滑动轴承的设计计算.....	204
第四节 滑动轴承材料及润滑.....	205
第五节 滚动轴承的基本知识.....	213
第六节 滚动轴承的类型和选择.....	214
第七节 滚动轴承的动载荷和寿命计算.....	221
第八节 滚动轴承的组合设计.....	230
第十二章 联轴器与离合器	235
第一节 联轴器与离合器的功用及分类.....	235
第二节 联轴器.....	236
第三节 离合器.....	238
第十三章 弹 簧	241
第一节 弹簧的功用和类型.....	241
第二节 弹簧的材料、许用应力及制造	243
第三节 圆柱螺旋压缩及螺旋拉伸弹簧的设计.....	245
参考文献	254

绪 言

本章要点

- 了解机器的组成。

机器广泛应用于人类的社会实践活动中,它是人们用来进行生产劳动的设备,例如:在机械产品加工的企业,使用车床(图 0.1)、牛头刨床(图 0.2)及 XK5040A 数控机床(图 0.3),对零件进行切削加工。人们把车床、牛头刨床、数控机床、内燃机、电动机等,统称为机器。

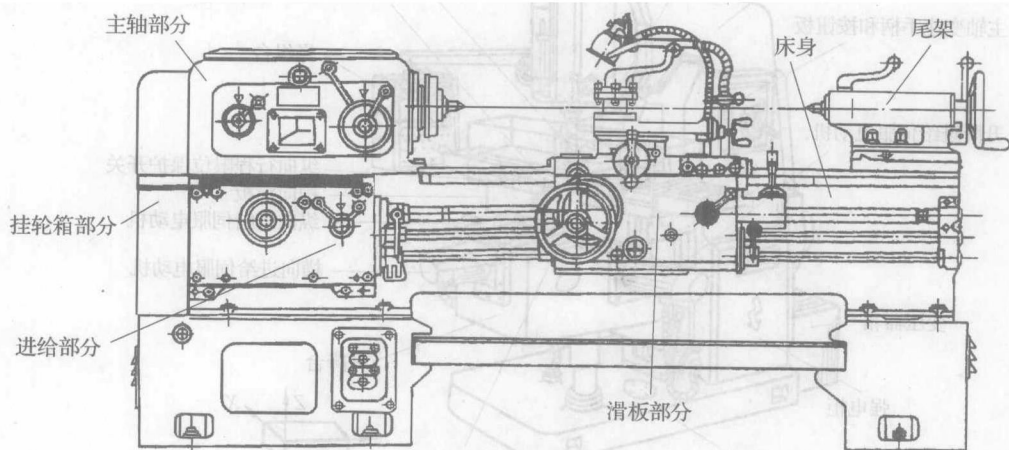


图 0.1 普通车床

机器的种类很多,一般可分为:原动机、工作机和转换机三大类。其中原动机有内燃机、电动机、汽轮机,它们都是将其他形式的能量转变为机械能,为另一些机器提供机械能。上述提到的三种金属切削机床是工作机,它们在工作时依靠原动机提供的机械能来工作。转换机是把机械能转变为其他形式能量的机器,如发电机。其中,工作机应用最为广泛。

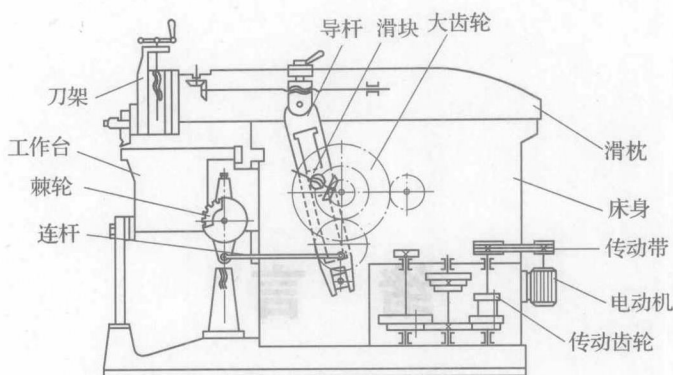


图 0.2 牛头刨床示意图

现以牛头刨床(图 0.2)来简单说明工作机的组成,它由电动机、床身、滑枕、刀架、工作台和一些传动装置组成。电动机主轴的转动通过传动带和传动齿轮到达大齿轮时,运动分成两路:一路经滑块和导杆将大齿轮的转动变为滑枕的往复直线移动,从而带动刀架实现刨刀的切削运动;另一路由连杆经棘轮和传动螺杆(图中未画出)带动工作台作单向间歇直线移动,以此实现横向进刀运动,使切削运动与进刀运动协调配合,达到对工件平面或沟槽加工的目的。

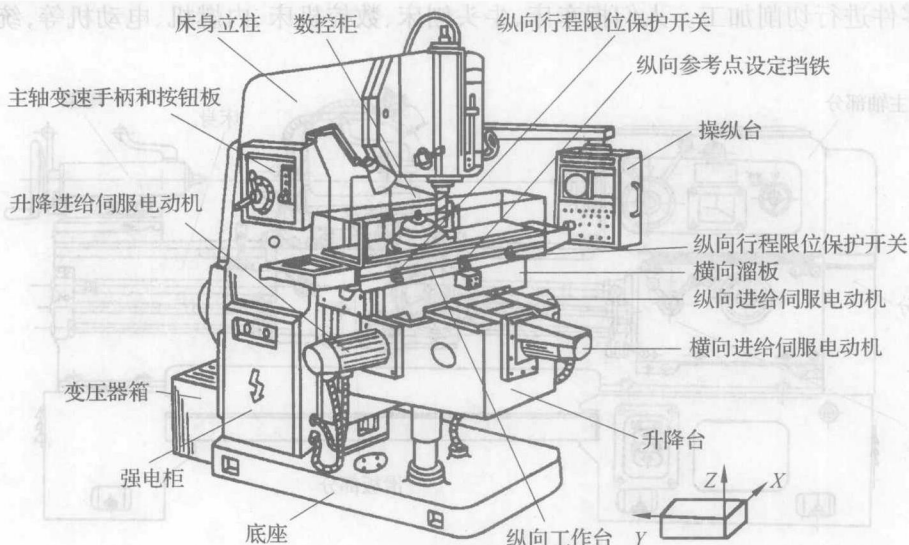
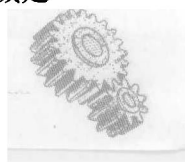


图 0.3 XK5040A 数控机床

在机器和机构中,由单个零件或几个零件固联为一个整体,且具有确定的运动,它是运动的单元,称为构件。例如:齿轮传动机构中,齿轮和轴由键联结组成的整体称为构件。由若干构件按一定方式组成具有确定运动的结构,称为机构。由此可知,一般工作机都由原动部分、传动部分和执行部分三个主要部分组成。牛头刨床(图 0.2)中有平面连杆机构(导杆机构)、带传动机构、齿轮传动机构(大齿轮的转动变为滑枕的往复移动)。机构是机器的重要组成部分,在机器中起着传递并分配运动和改变运动方式的作用。机械是



机器和机构的总称。

机构的重要特征是构件之间具有确定的相对运动,为此必须对各个构件的运动加以必要的限制。在机构中,每个构件都以一定的方式与其他构件相互接触,两者之间形成一种可移动的连接,使两个相互接触的构件之间的相对运动受到约束。两个构件之间的这种可动连接,称为运动副。

运动副是两个构件直接接触组成的可动连接,它约束了两个构件之间的某些相对运动,而又允许有另一些相对运动。两个构件组成运动副时,构件上能参与接触的点、线、面称为运动副元素。

根据运动副两构件的接触形式不同,运动副可分为低副和高副。低副是面与面接触的运动副,在承受载荷后,其压强比点或线相接触时低得多,故称为低副。低副又分为转动副(如图0.4)、移动副(如图0.5)、螺旋副(如图0.6)。高副是指两构件以点或线接触的运动副,如图0.7中,(a)是车轮与钢轨的接触,(b)是齿轮的啮合为线接触的,(c)是凸轮与从动杆件为点接触,都是常见的高副接触。

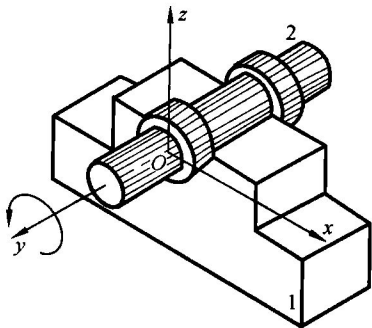


图0.4 转动副

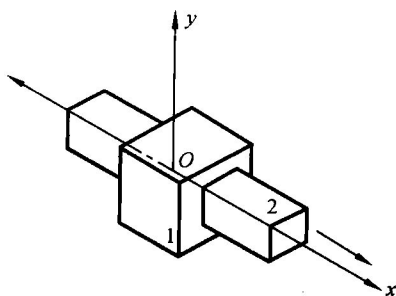


图0.5 移动副

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为高副的机构称为高副机构。

在机器工作时,齿轮转动,键和轴也同步转动,人们把构件上的齿轮、键和轴称为零件,它们是制造的单元。由此可以看出,不同零件的几何形状各不相同。零件一般可分两大类:一类是通用零件,例如:齿轮、带轮、轴、轴承、螺钉和螺母等,这些零件在各类机器上能够通用;另一类是专用零件,它是机器为满足某些性能要求而特意设计的,如机床床身、内燃机曲轴、连杆、气缸和活塞等。

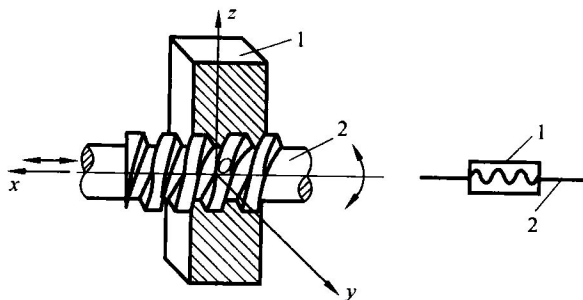


图0.6 螺旋副

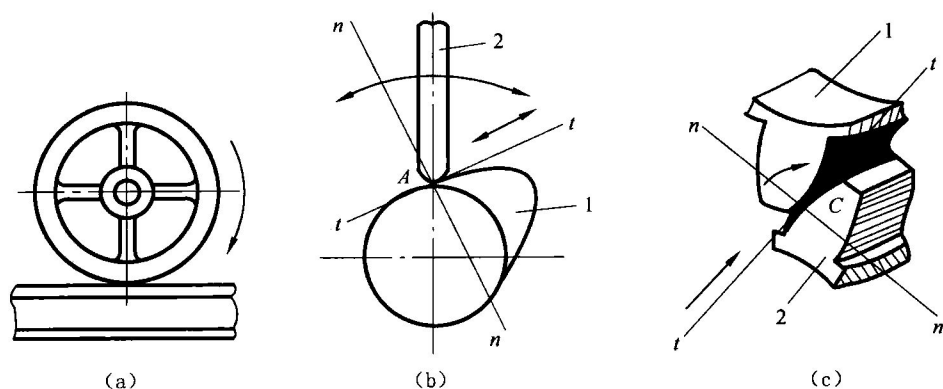


图 0.7 高副

《机构与零件》这门课是以通用零件中的齿轮、带轮、轴、轴承、螺钉和螺母以及常用机构中的平面连杆机构、带传动机构、凸轮机构、间歇运动机构和齿轮传动机构等为研究对象,具体分析这些零件和机构的结构形式、工作原理、应用特点以及设计方法。它是机械类专业学生学习专业课及从事机械设计的工程技术人员所必须掌握的一门基础技术课程。

本章小结

绪论主要介绍了机器的种类,机构、构件、运动副、低副和高副等有关术语,重点掌握它们的概念及特点。

讨 论

1. 何谓机器、机构、零件? 机器有哪几类? 一部完整的工作机由哪几部分组成?
2. 何谓运动副? 何谓低副和高副?



第一章 平面连杆机构

本章要点

- 了解铰链四杆机构和含有一个移动的平面四杆机构的基本类型。
- 掌握平面四杆机构存在曲柄的必要条件以及在该条件下取不同构件为机架时,各为何种机构的判别知识。
- 掌握平面四杆机构的急回特性及行程速度变化系数 K 、极位夹角 θ 的概念及其意义,当运动学尺寸已知时,能作图确定 θ ,记住 θ 和 K 的关系式。
- 掌握平面四杆机构压力角 α (或传动角 γ)及死点的概念及其意义。
- 掌握给定连杆的2~3位置及给定的行程速度变化系数 K 等条件,设计平面四杆机构。

第一节 四杆机构的基本形式及应用

一、基本概念

在使用的机械产品中,连杆机构得到广泛应用,因为它能实现运动变换和传递动力。根据机器的使用性能要求设计的构件结构,其形状往往不同,且不一定全部为杆状,但从运动原理分析,所设计的构件可用等效的杆件代替,故称为连杆机构。连杆机构按各构件间相对运动的性质不同,可分为空间连杆机构和平面连杆机构两类。平面连杆机构各构件的相对运动都在同一平面或相互平行的平面内。最常用的平面连杆机构是具有四个杆件组成的低副机构,称为四杆机构。若四杆机构中都是转动副,则称为铰链四杆机构。

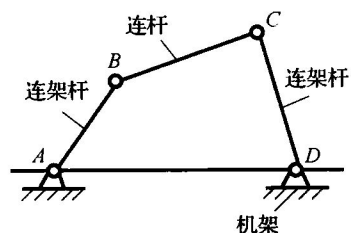


图 1.1 铰链四杆机构

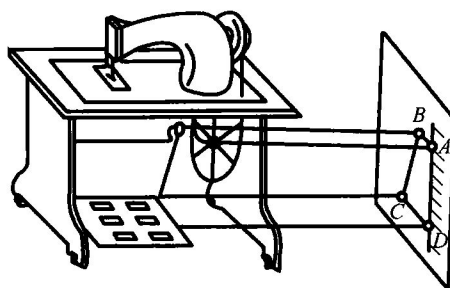


图 1.2 缝纫机构的踏板机构

在铰链四杆机构(图 1.1)中,固定不动的构件 AD 称为机架,与机架相对的构件 BC 称为连杆。与机架相连的构件 AB 、 CD 称为连架杆,能作 360° 整周转动的连架杆称为曲柄;而只能在一定范围内往复摆动的连架杆称为摇杆。

二、四杆机构的基本形式

按运动性质,铰链四杆机构可分为三种基本形式:曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构,如图 1.3 所示。

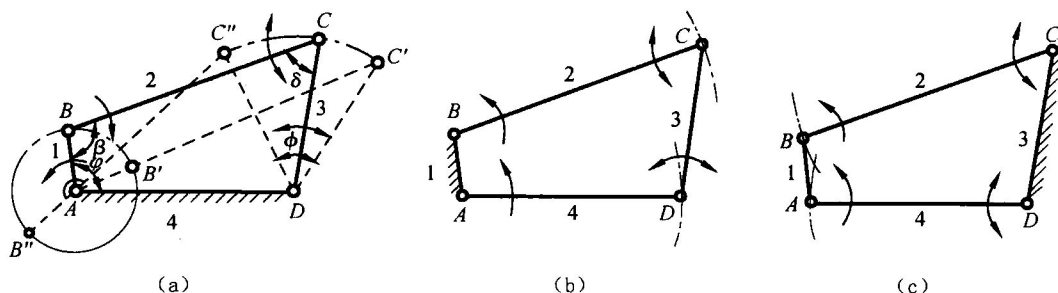


图 1.3 铰链四杆机构的基本形式

1. 曲柄摇杆机构

铰链四杆机构中的两个连架杆,如果其中一个是曲柄,而另一个是摇杆,则称为曲柄摇杆机构,如图 1.3(a)所示。而缝纫机的踏板机构(图 1.2)、牛头刨床的横向进给机构[图 1.4(a)]都是曲柄摇杆机构应用的实例。图 1.4(b)中,用单向箭头表示整周转动,用双向箭头表示往复摆动。

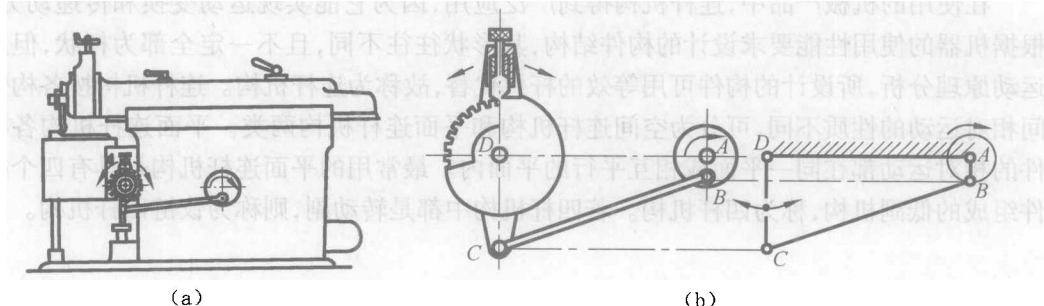


图 1.4 牛头刨床的横向进给机构

2. 双曲柄机构

两个连架杆都可以相对于机架做整周转动的机构称为双曲柄机构。如图 1.3(b) 中, 连架杆 2 和 4 都可以对机架 1 做整周转动。

图 1.5 所示惯性筛中的四杆机构 $ABCD$ 为一双曲柄机构。当主动曲柄 1 等速转动, 从动曲柄 3 作变速转动时, 通过杆 5 带动滑块 6 上的筛子以所需的加速度往复运动, 从而使被筛分的颗粒物料因惯性力作用而达到筛分的目的。

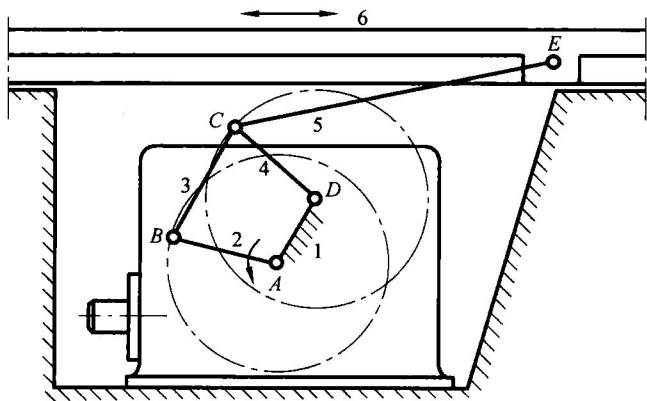


图 1.5 惯性筛机构

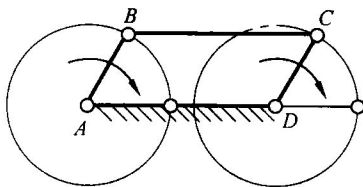


图 1.6 平行四杆机构

在双曲柄机构中, 若连杆与机架的长度相等, 且两曲柄的转向相同、长度也相等时, 则称为平行四杆机构, 如图 1.6 所示。这种机构两曲柄的角速度始终保持相等, 且连杆始终作平动, 故应用较广。如图 1.7 所示的摄影车升降机构, 其升降高度的变化, 采用两组平行四边形机构来实现, 且连杆 7 始终作平动, 而与其固连一体的坐椅始终处于水平位置, 确保了摄影人员安全可靠的工作。

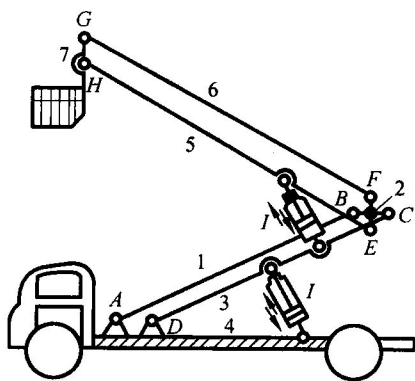


图 1.7 摄影车升降机构

在平行四边形机构中, 当曲柄转动一周时, 将出现两次与从动曲柄、连杆及机架共线, 这种情况, 将使从动曲柄与主动曲柄转向相同或相反, 即运动不确定现象。如图 1.8(a) 所示, 在平行四边形机

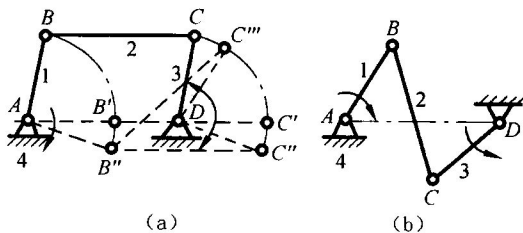


图 1.8 平行四杆机构的运动

构 $ABCD$ 中,当主动曲柄 AB 与从动曲柄 CD 处于共线位置 $AB'DC'$ 时,下一瞬时则可能会出现机构位于相同位置 $AB''C'D$ 或反向位置 $AB''C''D$ 的情况。解决的措施:辅助曲柄,如图 1.9(a) 所示;错列机构,如图 1.9(b) 所示。详见第二节中所述。

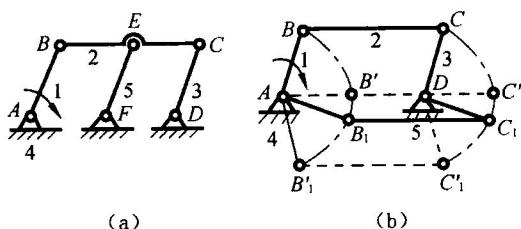


图 1.9 平行四杆机构运动不确定的解决

对于两个曲柄转向相反的情况,即连杆与机架的长度相等,两个曲柄长度相等组成转向相反的双曲柄机构,则称为逆向平行四边形机构,如图 1.8(b) 所示。车门的启闭机构为其应用实例,如图 1.10 所示;当主动曲柄 1 转动时,从动曲柄 3 作反向转动,从而使两扇门同时开启或关闭。

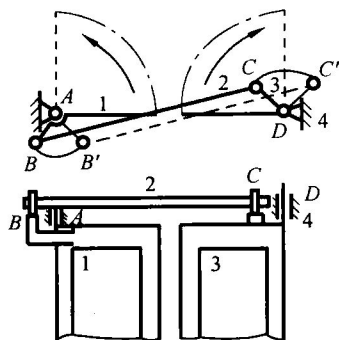


图 1.10 车门启闭机构图

3. 双摇杆机构

当两个连架杆都只能相对于机架作一定角度的摆动时,称为双摇杆机构,如图 1.3(c) 中连架杆 2 和 4 都可以对机架 3 作一定角度的往复摆动。

图 1.11 所示为港口起重机,当摇杆 CD 摆动时,连杆 BC 上悬挂的重物 M ,其质点作近似的水平直线运动,避免了重物因平移时产生的升降引起的不安全因素。

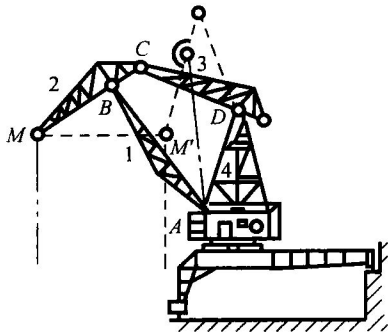


图 1.11 港口起重机图

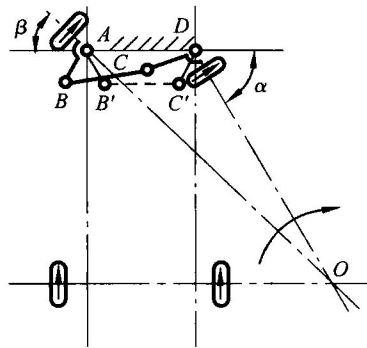


图 1.12 车辆前轮转向机构

在双摇杆机构中,若两摇杆的长度相等,则称为等腰梯形机构。如图 1.12 所示的汽车、拖拉机前轮转向机构,当汽车、拖拉机转弯时,为了保证轮胎与地面之间为纯滚动,以减轻轮胎的磨损,应使两前轮转动轴线与后轮转动轴线相交于一点 O (O 为瞬时回转中心)。为满足这一要求,显然,在转弯时右前轮摆角 α 应大于左前轮摆角 β 。由图 1.12 分析可知,采用等腰梯形机构操纵前轮转向,就能实现上述要求。

上述三种铰链四杆机构中,以曲柄摇杆机构最具代表性,后两种机构可以由曲柄摇杆机构通过改换机架转变而得到。

三、铰链四杆机构的演化

在实际机械中,平面连杆机构的形式是多种多样的,但其中绝大多数是在铰链四杆机



机构的基础上发展和演化而成。一般可通过以下途径演化：

1. 铰链四杆机构中一个转动副转化成移动副

移动副可以认为是由转动副演化而来的。图 1.13(a) 是铰链四杆机构。连杆 2 的铰链点 C ，由于摇杆 3 的控制，它的轨迹是以点 D 为圆心、以杆长 CD 为半径的圆弧槽 k_c ，相当于把摇杆 3 变化为几何形状与圆弧槽 k_c 相符，而半径为 CD 的滑块置于槽中滑动。图 1.13(b) 中，由滑块 3 与机架 4 所组成的移动副取代了点 D 的转动副。此时连杆 2 上的点 C 的运动轨迹完全等同于有转动副 D 的轨迹。而圆弧槽 k_c 的圆心仍是摇杆 3 的转动轴 D ，圆弧槽 k_c 的半径亦等于摇杆 3 的长度 CD 。

如果圆弧槽 k_c 的半径增大，如图 1.13(c) 所示，则相当于摇杆 3 的长度 CD 增大；若 CD 增大到无穷远处，此时圆弧槽 k_c 变为直线，即点 C 的运动轨迹在该直线上，所得到的机构是具有一定偏距 e 的偏置曲柄滑块机构，如图 1.13(d) 所示。

曲柄滑块机构是典型的由一个转动副转化成移动副的四杆机构。这种机构同样可以通过改变固定件的方法得到与生产相适应的运动机构。曲柄滑块机构在内燃机、空气压缩机及冲床等机械设备得到广泛的应用。

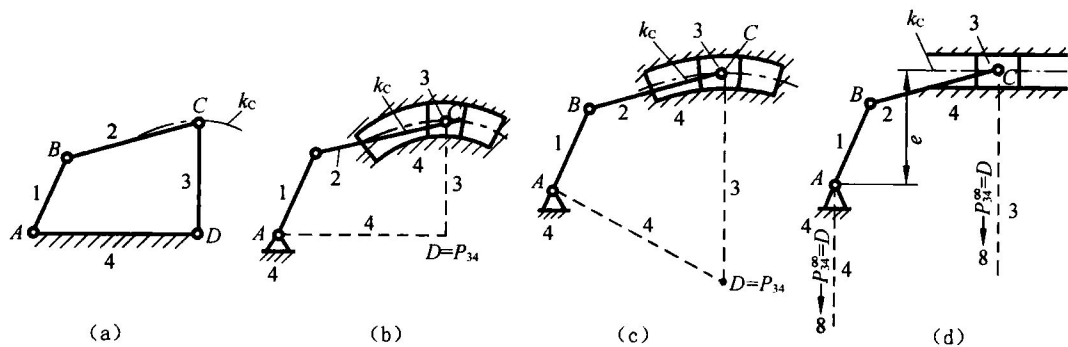


图 1.13 铰链四杆机构的演化

(1) 曲柄滑块机构 图 1.14(a) 所示为 $e=0$ 的对心曲柄滑块机构，是一种最常见的曲柄滑块机构。在图 1.14(a) 中，构件 4 是机架，当构件 1 的长度 AB 小于连杆 2 的长度 BC 时，构件 1 可相对于机架 4 作 $\geq 360^\circ$ 的整周转动，而成为曲柄，这时铰链 A 为转动副；同样曲柄 1 与连杆 2 之间的夹角 β 也可作 $\geq 360^\circ$ 的转动，因此铰链 B 也是转动副；而连杆 2 与滑块 3 上的点 C 的移动方向线之间的夹角 δ 仅能在 $< 180^\circ$ 的范围内摆动，因此铰链 C 亦是转动副。分析可知，利用低副运动可逆性原理，使其余三构件分别轮换作为机架，可得到三种不同的只含有一个移动副的机构；若将图 1.14(a) 中的曲柄 AB 作为机架，如图 1.14(b) 所示，称为曲柄转动导杆机构。

(2) 摆动导杆机构 如果把图 1.14(a) 中的构件 2 作为机架，如图 1.14(c) 所示，构件 1 将是围绕固定转轴 B 转动的曲柄，杆状构件 4 制成块状构件滑块；而把 3 制成杆状构件，然后穿过构件 4 组成移动副，如图 1.14(d) 所示，则杆状构件 3 绕机架 2 上的点 C 做往复摆动成为定轴摆动的导杆，因此称为摆动导杆机构。

