

职业教育立体化教材丛书

装备制造系列



机械基础

JIXIE JICHU

主 编 彭 敏 滕少锋
副主编 刘春颖 刘 峰
编 委 汪洪宇 钟晓亮 李 岩 李 明
张忠宇 孙宇洁 孙 一 董岫山
孟宪臣 郭立侠 尚建新

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 彭敏, 滕少锋主编. — 长春 : 吉林大学出版社, 2015. 11

ISBN 978 - 7 - 5677 - 5080 - 7

I. ①机… II. ①彭… ②滕… III. ①机械学—高等学校—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 270170 号

书 名:机械基础

作 者:彭 敏 滕少锋 主编

责任编辑:吴亚杰 责任校对:王瑞金

吉林大学出版社出版、发行

开本:787×1092 毫米 1/16

印张:12.25 字数:300 千字

ISBN 978 - 7 - 5677 - 5080 - 7

封面设计:林 雪

三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司 印刷

2015 年 11 月第 1 版

2018 年 5 月第 2 次印刷

定价:39.00 元

版权所有 翻印必究

社址:长春市明德路 501 号 邮编:130021

发行部电话:0431-89580028/29

网址:<http://www.jlup.com.cn>

E-mail:jlup@mail.jlu.edu.cn



前言 INTRODUCTION

机械基础立体教材

《机械基础》立体化教材是为了适应职业教育培养目标和课程改革的需要，紧扣职业教育教学中的重点难点，运用先进的 AR 技术开发的新型教学产品。在教材内容上，在对数控技术应用、机电技术应用、机械加工技术等机械类、近机类专业相关岗位进行调研的基础上，以颚式破碎机、减速器、台虎钳等来源于企业的典型机械设备及部件为载体，内容包括平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构等常用机构的组成、工作原理、特点及应用；带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动等常用机械传动的工作原理、特点、类型、应用、主要参数及安装与维护方法；螺纹连接件、键、销、轴承、轴等通用机械零部件的功用、类型、特点、结构及标准。在表现形式上，利用增强现实技术提供界面友好、形象直观的交互式学习环境，提供图文声像并茂的多种感官综合刺激。通过自主控制的人机交互方式，提供形象的思维材料来展现学生不能直接观察到的事物等，从而形成广博的知识点。在预期效果上，通过直观形象的信息展示，学生可以利用立体教材提供的虚拟仿真三维交互模型进行轻松自主、生动活泼、扩展思维的学习，提高学生自主学习兴趣和能力；同学之间还可以互相学习，共同探究，建立合作型的学习模式，培养合作交流能力。同时，实现日常授课、教学信息化，开展声形并茂、视听结合的辅助教学机制；教师可以利用立体化教材实现高科技教学；教师还可通过异地互动立体教材开展跨区域互动教研活动，互相取长补短，高

前言 INTRODUCTION

机械基础立体教材



科技地进行自身学习和教学。

教材由来自于长春市职业学校具有丰富教学经验和实践能力
的专业教师、企业能工巧匠和东北师大理想软件股份有限公司的
技术人员共同完成，为课程内容紧贴生产实际，实现学生与企业
员工的无缝对接和现代信息技术的应用奠定了良好的基础。本教
材由彭敏、滕少锋担任主编、刘春颖、刘峰担任副主编。编者有
汪洪宇、孙一、董岫山、孟宪臣、郭立侠、尚建新。其中彭敏编
写了项目三至项目七，滕少锋编写了项目一至项目二，汪洪宇编
写了项目八。刘春颖、刘峰、尚建新负责数字化教学资源总体开
发工作，刘春颖、孙一开发了项目一、项目二数字化资源，刘峰、
董岫山开发了项目三、项目四数字化资源，尚建新、孟宪臣开发
了项目五、项目六数字化资源，郭立侠开发了项目七、项目八数
字化资源。钟晓亮负责移动端应用制作，李岩、李明、张忠宇、
孙宇洁负责全书资源合成制作，张守山老师和吉林省赫铭精密
设备有限公司高级技师白凤祥指导了教材的编写，对此表示衷心
的感谢。

本教材可作为中职机械类、近机械类专业教材，也可作为中
等职业学校相关专业及相关行业职工岗位培训的参考用书。

鉴于作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，切望读者
和同仁批评指正。

项目一 颞式破碎机运动简图的绘制	1
【项目概述】	1
【项目目标】	1
【知识链接】	1
一、机器的组成	1
二、运动副及其分类	6
三、平面机构运动简图的绘制	8
四、平面机构的自由度	10
【项目实施】	14
颞式破碎机运动简图的绘制	14
 项目二 单缸内燃机结构和运动分析	 17
【项目概述】	17
【项目目标】	17
【知识链接】	17
一、平面连杆机构	17
二、凸轮机构	32
【项目实施】	38
单缸内燃机结构和运动分析	38
 项目三 蜂窝煤压制机结构和运动分析	 40
【项目概述】	40
【项目目标】	40
【知识链接】	40
一、棘轮机构	40

二、槽轮机构·····	44
三、不完全齿轮机构·····	46
【项目实施】·····	47
蜂窝煤压制机结构和运动分析·····	47
项目四 台钻转速的调节 ·····	48
【项目概述】·····	48
【项目目标】·····	48
【知识链接】·····	48
一、带传动概述·····	48
二、V带传动·····	51
三、带传动的张紧、安装与维护·····	58
【项目实施】·····	61
台钻转速的调节·····	61
项目五 车床主轴箱套筒滚子链的安装 ·····	64
【项目概述】·····	64
【项目目标】·····	64
【知识链接】·····	64
一、链传动概述·····	64
二、套筒滚子链和链轮·····	66
三、链传动的运动特性·····	70
四、链传动的失效形式·····	70
五、链传动的布置、张紧与润滑·····	71

【项目实施】	74
车床主轴箱套筒滚子链的安装	74
项目六 台虎钳的拆装	76
【项目概述】	76
【项目目标】	76
【知识链接】	76
一、螺纹概述	76
二、螺纹连接	82
三、螺旋传动	89
【项目实施】	96
台虎钳的拆装	96
项目七 减速器的拆装	99
【项目概述】	99
【项目目标】	99
【知识链接】	99
一、减速器	99
二、键连接	103
三、销连接	109
四、齿轮传动	111
五、轴	137
六、轴承	147
七、联轴器和离合器、制动器	170
【项目实施】	180
双级圆柱齿轮减速器的拆装	180



项目八 机床主轴转速的调节·····	186
【项目概述】·····	186
【项目目标】·····	186
【知识链接】·····	186
一、轮系概述·····	186
二、定轴轮系传动比的计算·····	189
三、周转轮系传动比的计算·····	191
四、变速机构·····	193
五、变向机构·····	195
【项目实施】·····	197
机床主轴转速的调节·····	197
参考文献·····	198



项目一 颞式破碎机运动简图的绘制

项目概述

如图 1-1 所示, 颞式破碎机俗称鄂破, 又名老虎口, 是一种工程机械设备。颞式破碎机由动颞和静颞两块颞板组成破碎腔, 模拟动物的两颞运动而完成物料破碎作业, 广泛应用于矿山、冶炼、建材、公路、铁路、水利和化工等行业中各种矿石与大块物料的中等粒度破碎。常常通过绘制颞式破碎机的运动简图来分析其工作原理、运动特性及受力情况。

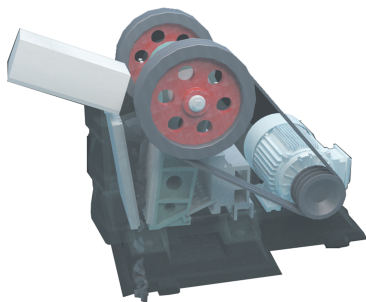


图 1-1 颞式破碎机

项目目标

通过本项目的学习, 可以掌握机器的组成、分类以及平面机构运动简图相关知识; 具备分析机器的结构和运动、绘制机构运动简图以及判断机构是否具有确定相对运动的能力。

知识链接

人类在生产活动中创造和发明了各种机械, 机械是衡量社会生产力发展水平的重要标志。机器种类繁多, 虽然它们的结构形式和用途各不相同, 但从其组成、运动和功能角度看, 却具有共同的特征。

一、机器的组成

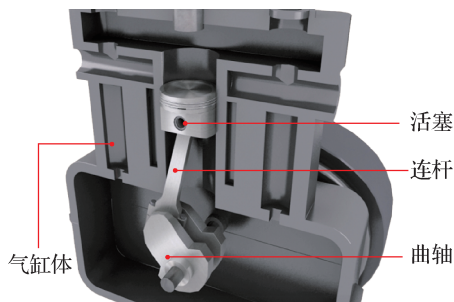
1. 机器的基本概念

要了解机械, 首先要熟悉与其相关的零件、构件、机构、机器和机械的概念。



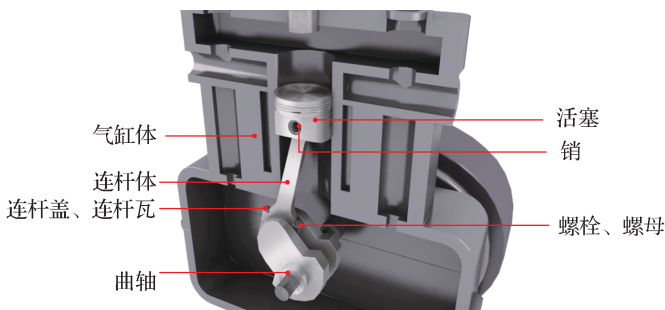
(1) 零件的概念

内燃机是驱动汽车等机械设备的动力机械，图 1-2 所示为单缸内燃机的结构和工作原理图。工作时，汽缸体内燃烧的气体推动活塞做往复直线运动，通过连杆使曲轴做连续转动，从而使燃料燃烧释放的化学能和热能转换为曲轴的机械能。



扫一扫 图 1-2 单缸内燃机

要装配出一台内燃机，首先要制造出如图 1-3 所示的汽缸体、活塞、销、连杆体、连杆瓦、连杆盖、螺栓、螺母、曲轴等，它们统称为零件。因此，零件是机器的最小单元，是机器的制造单元，是组成机器的不可拆卸的基本单元。



扫一扫 图 1-3 组成单缸内燃机的零件

机械中的零件按照功能和结构特点可分为通用零件和专用零件。如图 1-4 所示，通用零件是各种机械中普遍使用的零件，如螺栓、螺母、齿轮、轴承等。如图 1-5 所示，专用零件是仅在某些专门机械中才用到的零件，如内燃机活塞、减速器箱体、汽轮机叶片等。



图 1-4 通用零件

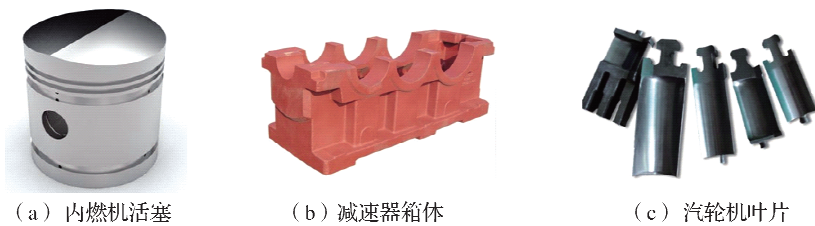


图 1-5 专用零件

(2) 构件的概念

机械要工作，必须要运动，运动是机械的最基本特征之一。如果从运动的角度研究单缸内燃机组成的话，可以看出，工作时，汽缸体是静止不动的；活塞和活塞销通过过盈配合连接在一起做往复直线运动；连杆体、连杆瓦、连杆盖通过螺栓、螺母连接在一起做复合运动；曲轴做旋转运动，也就是说单缸内燃机工作时其内部结构有四种不同形式的运动，我们就称它由四个构件组成。因此，机器中相互之间能做相对运动的部分称为构件，构件是机器的运动单元。如图 1-2 所示，单缸内燃机由汽缸体、活塞、连杆、曲轴四个构件组成。

一个构件可以由一个或多个零件组成。单缸内燃机中连杆作为一个构件参加运动，该构件是由连杆体、连杆盖、连杆瓦、螺栓、螺母等零件组成的，而曲轴这个构件就是由曲轴这一个零件组成。

机构中，相对于地面固定不动的构件，称为机架。按照外界给定运动规律运动的构件，称为主动件。动力输出的构件，称为从动件。单缸内燃机中汽缸体是机架；活塞是主动件；曲轴是从动件。

(3) 机构的概念

工作时，单缸内燃机的主动件活塞做往复直线运动，而单缸内燃机所驱动的汽车工作时需要的是车轮的旋转运动。因此，将汽缸体、活塞、连杆、曲轴四个构件依次连接到一起的目的除了是实现构件间运动和动力的传递之外，还可以将活塞的往复直线运动转换为曲轴的旋转运动。因此，机器中具有确定相对运动的多构件的组合称为机构，其主要功用在于传递运动、动力或实现运动形式的转换。

如图 1-2 所示，单缸内燃机中的汽缸体、活塞、连杆、曲轴这四个构件组成了一个曲柄滑块机构，用来实现活塞、连杆、曲轴之间运动和动力的传递，同时将汽缸内活塞（滑块）的往复直线运动转换为曲轴（曲柄）的连续转动。

(4) 机器的概念

单缸内燃机虽然是组成汽车这部机器的一个部件，但它本身也是一部机器，因为它符合机器应同时具备的以下三个特征：

- 1) 任何机器都是由许多构件组合而成的；
- 2) 各构件之间具有确定的相对运动；
- 3) 能够代替或减轻人类的劳动，完成有用的机械功或实现能量的转换。

机器是由一个或几个机构组成的系统。机器与机构的区别在于功用的不同，机器的主



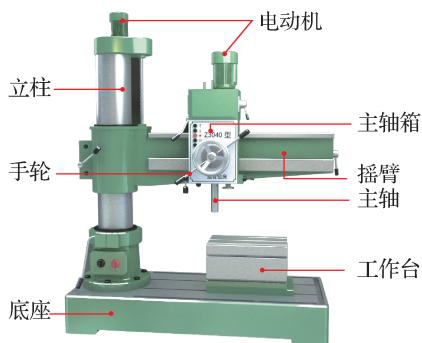
要功用是利用机械能做功或实现能量的转换；机构的主要功用是传递运动和动力或转换运动形式。单缸内燃机就是由多构件组成的、能够将燃料燃烧释放的化学能和热能转换为机械能的机器。

(5) 机械的概念

从运动观点看，机器和机构并无区别，工程上统称为机械。

2. 机器的组成

机器的结构形式和用途各不相同，机器的功能需要多部分配合才能完成。图 1 - 6 所示的摇臂钻床适用于在大型工件上进行单孔或多孔加工。主轴箱安装在摇臂的水平导轨上，可以通过手轮使其在水平导轨上沿摇臂移动。摇臂安装在立柱上，可通过电动机和升降机构进行机动升降，可以围绕立柱回转 360°。工作台安装在底座上。钻孔时，将工件固定到工作台上，移动主轴，调整刀具的位置以对准被加工孔的中心。按动按钮，电动机带动钻头做旋转运动，同时钻头做进给运动，完成钻孔加工。



扫一扫
扫一扫
图 1 - 6 摇臂钻床

可以看出，电动机、主轴箱、主轴、工作台、按钮、手轮在摇臂钻床中起着不同的作用。按照各部分实体的功能不同，一台完整的机器通常由以下四部分组成：

(1) 动力部分

动力部分也称原动部分，是机器的动力来源。其作用是将其他形式的能量转换成机械能，以驱动机器其他各部分运动、工作。常见机器的动力部分有电动机、内燃机等。摇臂钻床的动力部分为电动机。

(2) 执行部分

执行部分也称工作部分，是机器中直接完成工作任务的部分，一般位于传动的终端，如汽车的车轮、缝纫机的机头、洗衣机的拨水盘等。摇臂钻床的执行部分为主轴和工作台。

(3) 传动部分

传动部分是在动力部分和执行部分之间进行运动和动力的传递和转换的中间部分，如凸轮机构、带传动和齿轮传动等。传动部分可以实现减速、增速、调速，改变转矩以及运动形式等，从而满足工作机的各种要求。摇臂钻床的传动部分由主轴箱等组成。

(4) 操纵和控制部分

操纵和控制部分可以显示和反映机器运行位置和状态，控制机器的正常运行和工作，常采用机械、电子、电气、光波等技术。摇臂钻床中的各种电路、控制按钮、手轮组成了



其操纵和控制部分。

3. 机械的分类

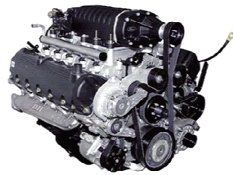
机械按照用途不同可分为以下四种类型：

(1) 动力机械

如图 1 - 7 所示，动力机械用来实现机械能与其他形式能量之间的转换，如电动机、内燃机、液压泵等。



(a) 电动机



(b) 内燃机

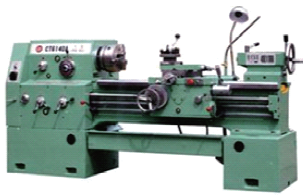


(c) 液压泵

图 1 - 7 动力机械

(2) 加工机械

如图 1 - 8 所示，加工机械用来改变物料的状态、性质、结构和形状等，如金属切削机床、粉碎机、压力机等。



(a) 金属切削机床



(b) 粉碎机



(c) 压力机

图 1 - 8 加工机械

(3) 运输机械

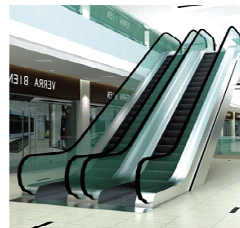
如图 1 - 9 所示，运输机械用来改变人或物料的空间位置，如汽车、飞机、电梯等。



(a) 汽车



(b) 飞机



(c) 电梯

图 1 - 9 运输机械



(4) 信息机械

如图 1 - 10 所示, 信息机械用来获取或处理各种信息, 如复印机、打印机、照相机等。



图 1 - 10 信息机械

二、运动副及其分类

构件组成机构后各构件的自由运动得到了限制, 同时彼此连接的两构件间仍能产生一定的相对运动。

1. 运动副的概念

两构件直接接触并能产生确定相对运动的活动连接称为运动副。机构就是由构件和构件连接时所形成的运动副组成的。如图 1 - 2 所示, 单缸内燃机中, 汽缸体与活塞、活塞与连杆、连杆与曲轴、曲轴与轴承之间分别形成了运动副。

2. 运动副的分类

根据两构件形成运动副时的接触形式, 运动副可分为低副和高副两大类。

(1) 低副

两构件以面接触所形成的运动副称为低副。形成低副的两构件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, 因而低副承载能力大。但低副属于滑动摩擦, 摩擦损失大, 因而效率较低; 且低副不能传递较复杂的运动。根据组成低副的两构件的相对运动形式, 低副可分为转动副、移动副和螺旋副三种。

1) 转动副

组成运动副的两构件只能做相对转动, 也称铰链, 可分为两构件都可运动的活动转动副和只有一个构件可以运动的固定转动副两种, 如图 1 - 11 所示。

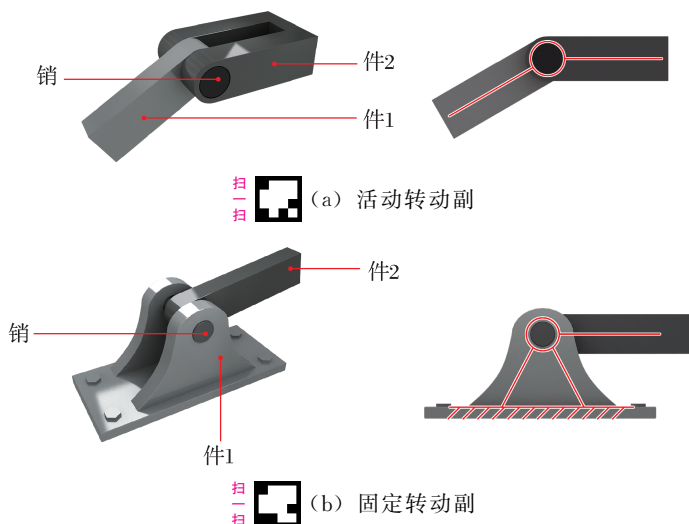


图 1 - 11 转动副



2) 移动副

组成运动副的两构件只能做相对直线移动，也称滑块，可分为两构件都可运动的活动移动副和只有一个构件可以运动的固定移动副两种，如图 1 - 12 所示。

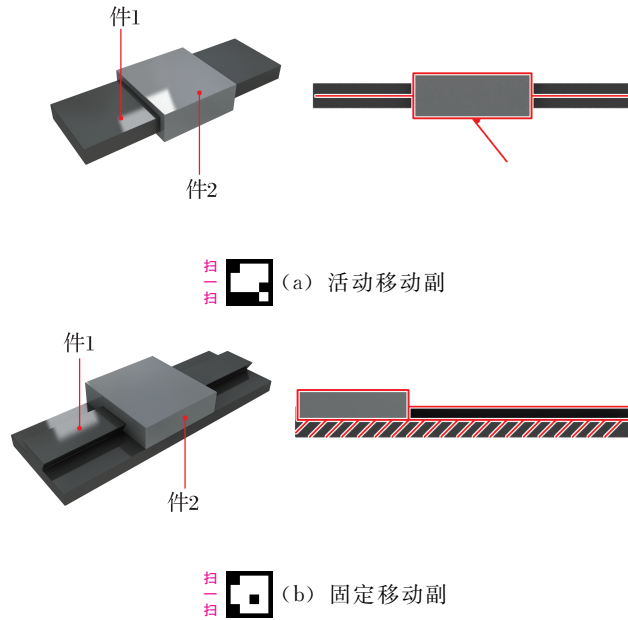


图 1 - 12 移动副

3) 螺旋副

组成运动副的两构件只能做相对螺旋运动，如图 1 - 13 所示。

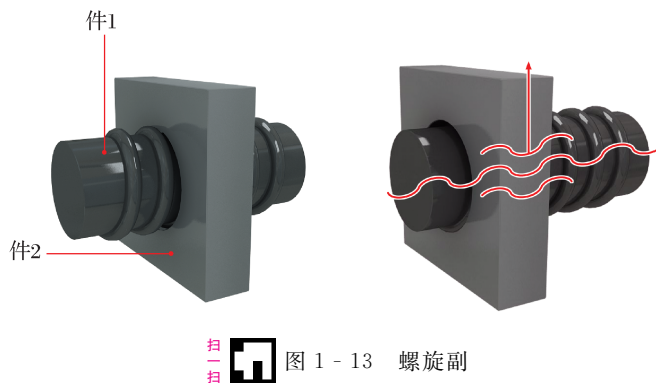
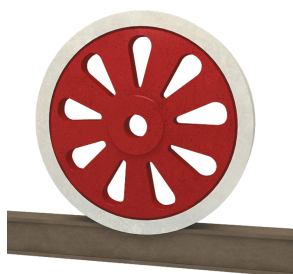



图 1 - 13 螺旋副

(2) 高副

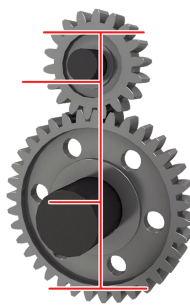
两构件以点或线接触所形成的运动副称为高副。形成高副的两构件接触面积小，在承受载荷时单位面积压力较大，构件易磨损，寿命短；制造维修困难；但高副能传递较复杂的运动。如图 1 - 14 所示，车轮与钢轨、凸轮与从动件以及齿轮啮合等均为高副。



 (a) 滚动轮副



 (b) 凸轮副



 (c) 齿轮副

图 1 - 14 高副

三、平面机构运动简图的绘制

组成机构的各构件都在同一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构。对平面机构进行分析，目的在于了解组成机构的各构件是如何工作的。此时，只需考虑与运动有关的构件的数目、运动副的数目、类型及相对位置，而无需考虑机构的真实外形和具体结构。

1. 平面机构运动简图的概念

用线条表示构件，用简单符号表示运动副的类型，按一定比例及规定的简化画法表示各构件间相对位置及运动关系的工程图形，称为平面机构运动简图。利用平面机构运动简图可方便地分析机构的原理、运动特性及受力情况。只为了表示机构的结构及运动情况，而不严格按照比例绘制的简图，称为机构的示意图。

2. 构件及运动副的规定表示符号

在平面机构的运动简图中，构件和运动副的规定表示符号见表 1 - 1。

3. 平面机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图的步骤如下：

(1) 分析机构运动，确定构件数目

观察机构的运动传递情况，找出机架、主动件和从动件。从主动件开始，沿传动线路



分析构件数目及各构件的相对运动情况，确定运动关系。

单缸内燃机中，汽缸体、轴承是机架，活塞是主动件，连杆、曲轴是从动件。从活塞开始，机构的传动路线如下：活塞—连杆—曲轴，共由四个构件组成。

表 1 - 1 平面机构运动简图符号

名称		简图符号	名称		简图符号
构件	轴、杆		机架	机架	
	三副元素构件			机架是转动副的一部分	
	构件的永久连接			机架是移动副的一部分	
平面低副	转动副		平面高副	外啮合	
	移动副			内啮合	
			凸轮副		

(2) 确定运动副的类型和数目

分析构件间的连接关系，确定运动副的类型和数目。

单缸内燃机中，构件汽缸体与活塞、活塞与连杆、连杆与曲轴、曲轴与轴承外圈之间形成了 4 个运动副。其中，汽缸体与活塞形成移动副，活塞与连杆、连杆与曲轴、曲轴与轴承形成转动副。

(3) 选择视图平面

选取能够全面反映机构运动特征的平面作为视图平面。平面机构一般取构件的运动平面作为视图平面。

(4) 选择适当的比例尺 μ_1 ，绘制机构运动简图

选择适当的比例尺 $\mu_1 = \frac{\text{实际长度 (m)}}{\text{图示长度 (mm)}}$ 。按照各运动副间的距离和相对位置，以规定的符号将各运动副表示出来。用直线或曲线将同一构件上的运动副连接起来，画出机构运动简图。图中各运动副标以大写英文字母，各构件标以阿拉伯数字，并将主动件的运动方向用箭头标明。单缸内燃机运动简图的绘制如图 1 - 15 所示。

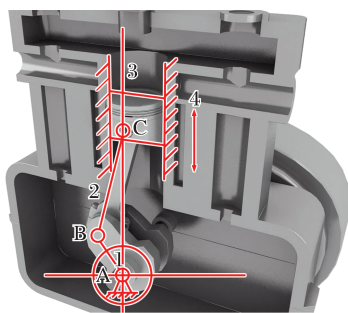


图 1-15 单缸内燃机运动简图的绘制

四、平面机构的自由度

为了保证机构按照预期的结果进行工作，要求各构件以不同的方式连接形成运动副后，各构件间具有确定的相对运动。

1. 自由度

构件的独立运动称为自由度。没有用运动副连接的，做平面运动的构件称为自由构件。如图 1-16 (a) 所示，自由构件 2 在 xOy 平面上具有三个独立的运动，即沿 x 轴方向和 y 轴方向的两个移动以及在 xOy 平面上绕任意点的转动，即具有三个自由度。

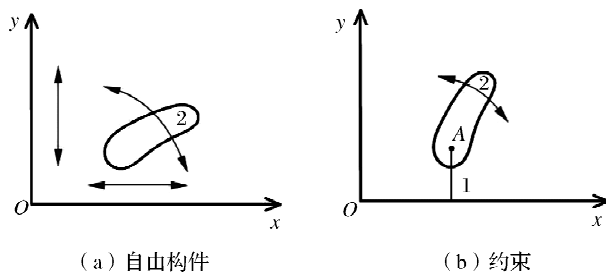


图 1-16 自由构件与约束

2. 约束

当两构件连接形成运动副后，构件的独立运动受到限制。如图 1-16 (b) 所示，构件 2 与固定在 x 轴上的构件 1 在 A 点形成转动副，构件 2 沿 x 轴方向和 y 轴方向的两个移动受到了限制。这种限制构件独立运动的作用称为约束。

不同类型的运动副引入的约束数目是不同的。如图 1-17 (a) 所示，转动副限制了构件 2 沿 z 轴方向和 y 轴方向的两个移动，只允许绕 x 轴转动，即转动副引入了两个约束，保留了一个自由度。如图 1-17 (b) 所示，移动副限制了构件 2 沿 y 轴方向的移动和绕 z 轴的转动，只允许沿 x 轴方向移动，即移动副引入了两个约束，保留了一个自由度。

如图 1-17 (c)、(d) 所示，构件 2 相对于构件 1 既可沿接触点 A 处切线 $t-t$ 方向移动，又可绕接触点 A 转动，只是沿公法线 $n-n$ 方向的运动被限制，即平面高副引入一个



约束，保留了两个自由度。

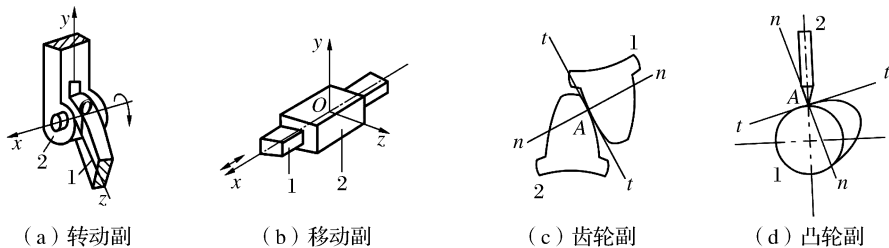


图 1-17 不同运动副引入的约束

3. 平面机构自由度的计算

机构具有的独立运动数目称为机构的自由度。在平面机构中，每个活动构件有 3 个自由度。构件用运动副连接后引入了约束，并失去了自由度，一个低副失去两个自由度，一个高副失去一个自由度。

平面机构自由度的计算公式为：

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

式中： n ——活动构件数目；

P_L ——低副数目；

P_H ——高副数目。

单缸内燃机由活塞、连杆、曲轴 3 个活动构件、4 个低副（其中 1 个移动副、3 个转动副）、0 个高副组成，其自由度为：

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$$

在计算平面机构自由度时，应注意复合铰链、局部自由度、虚约束三种特殊情况。

(1) 复合铰链

三个或三个以上的构件共用同一转动轴线所构成的转动副，称为复合铰链。图 1-18 所示三个构件实际上构成了轴线重合的两个转动副，故转动副的数目为 2 个。以此类推，由 m 个构件在同一轴线上形成的复合铰链，转动副的数目应该是 $(m-1)$ 个。



图 1-18 复合铰链

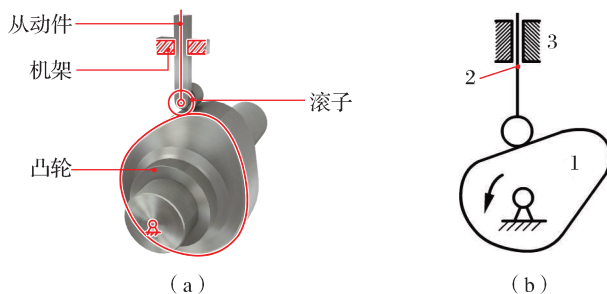
(2) 局部自由度

与机构整体运动无关的构件的独立运动，称为局部自由度。在计算机构自由度时，局部自由度应略去不计。



图 1-19 (a) 所示凸轮机构中, 滚子绕其自身轴线的转动完全不影响从动件的运动, 因而滚子转动的自由度属于局部自由度。在计算该机构的自由度时, 应将滚子与从动件看成一个构件, 如图 1-19 (b) 所示。该机构的自由度为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 = 1$$



扫一扫 图 1-19 局部自由度

局部自由度虽不影响机构的运动关系, 但可以变滑动摩擦为滚动摩擦, 从而减轻了由于高副接触而引起的摩擦和磨损。因此, 在机械中常见具有局部自由度的结构, 如滚动轴承、滚轮等。

(3) 虚约束

机构中不产生独立限制作用的约束称为虚约束。在计算自由度时, 应先去除虚约束。虚约束常在以下几种情况中发生:

1) 两构件在连接点上的运动轨迹重合, 则该运动副引入的约束为虚约束。

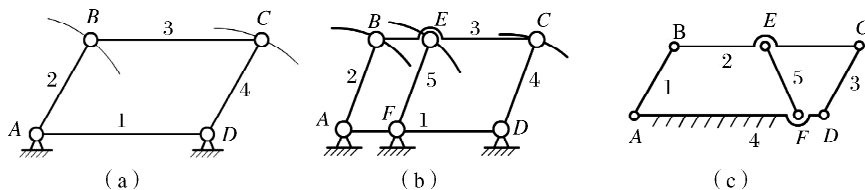


图 1-20 运动轨迹重合形成的虚约束

如图 1-20 (b) 所示平行四边形机构中, 连杆 3 作平动, 由于杆 EF 平行并等于杆 AB 及 CD , 杆 5 上 E 点的轨迹与杆 3 上 E 点的轨迹完全重合, 因此杆 EF 引入了虚约束, 计算时, 应将其简化为如图 1-20 (a) 所示的机构形式。该机构的自由度为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

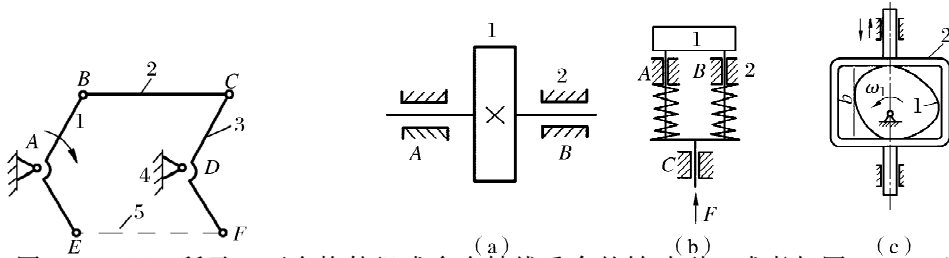
如不满足上述几何条件, 如图 1-20 (c) 所示, 则杆 EF 引入的约束为有效约束。该机构的自由度为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 6 - 0 = 0$$

2) 机构运动时, 如果两构件上两点间的距离始终保持不变, 将此两点用构件和运动副连接, 则会引入虚约束, 如图 1-21 所示。该机构的自由度为:



$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$



3) 如图 1-22 (a) 所示, 两个构件组成多个轴线重合的转动副; 或者如图 1-22 (b)、(c) 所示, 两个构件组成多个移动方向一致的移动副时, 只需考虑其中一处约束, 其余各处引入的约束均为虚约束。

4) 机构中对运动不起作用的对称部分引入的约束为虚约束。

图 1-23 所示的差动轮系, 从传递运动而言, 只需要一个齿轮 2 便可传递运动。为了提高承载能力并使机构受力均匀, 图中采用了 3 个完全相同的行星轮 2、2' 和 2'' 对称布置。这里每增加一个行星轮 (包括两个高副和一个低副), 便引入 1 个虚约束。该机构的自由度为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

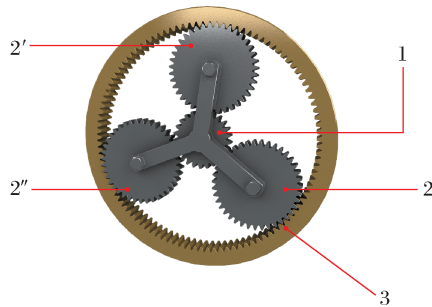


图 1-23 对称结构引入的虚约束

虚约束虽不影响机构的运动, 但可以增加机构的刚性, 改善机构的受力情况, 因此在机构设计中被广泛采用。但是虚约束对机构的几何条件要求较高, 因此对机构的加工和装配都提出了较高的要求。

图 1-24 所示为筛料机构运动简图, 机构中滚子的自转为局部自由度; 杆 DF 与机架在两处组成导路重合的移动副 E' 和 E, 因此其中之一为虚约束; C 处为由三个构件组成的复合铰链。除去局部自由度和虚约束以后, 该机构的自由度为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 = 2$$

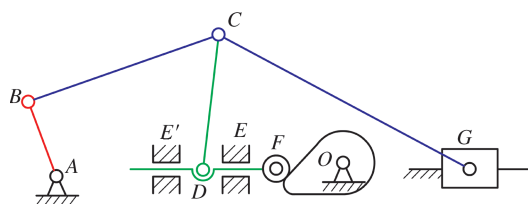
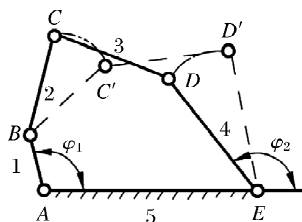
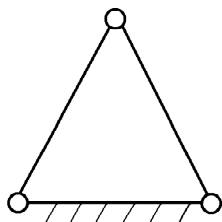


图 1 - 24 筛料机构自由度的计算

4. 机构具有确定运动的条件

机构是由构件和运动副组成的，机构要实现预期的运动，必须使其运动具有可能性和确定性。图 1 - 25 所示的由 3 个构件通过 3 个转动副连接而成的衍架机构就没有运动的可能性。图 1 - 26 所示的五杆机构，若取构件 1 为主动件，当给定其转角 φ_1 时，从动件 2、3、4 既可处在实线位置，也可处在虚线或其他的位置，即从动件的运动是不确定的；若同时给定构件 1 和 4 的位置参数 φ_1 和 φ_2 ，则其余构件的位置就可以确定下来。



机构的自由度是机构具有的独立运动数目，如果通过 1 个主动件对此独立运动加以限制，则机构的运动就完全确定了。由此可见，机构具有确定运动的条件为：机构的主动件数目 W 等于机构的自由度数 F ，即

$$W = F > 0$$

在分析机构或设计新机构时，一般可以通过计算机构的自由度来检验所作的运动简图是否满足具有确定运动的条件，以避免所设计的机构出现原理性错误。

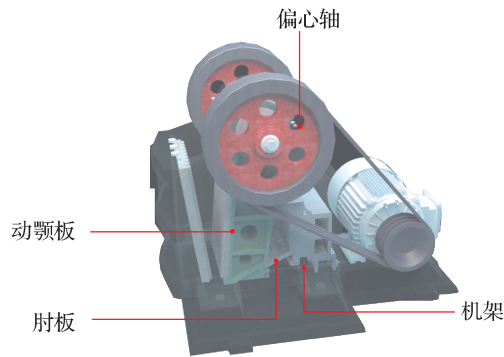
项目实施


颞式破碎机运动简图的绘制

项目工单：参照图 1 - 1 所示颞式破碎机工作原理图，进行结构和运动分析，绘制机构的运动简图，并判断机构的运动是否确定。

一、结构分析

如图 1 - 27 所示，颞式破碎机主机体机构由机架、偏心轴、动颞板和肘板四个构件组成。



扫一扫  图 1 - 27 颞式破碎机结构分析

二、运动分析

颞式破碎机的主动件是偏心轴，工作构件是动颞板，其运动传动路线是：偏心轴→动颞板→肘板。

三、机构运动简图的绘制

颞式破碎机机构运动简图的绘制如图 1 - 28 所示。

1. 确定运动副的数目和类型

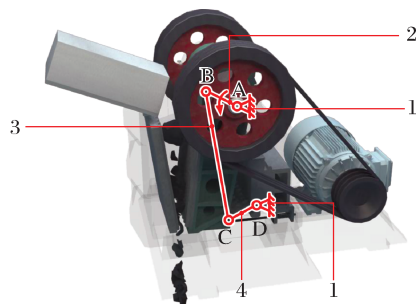
该机构中，偏心轴与机架、偏心轴与动颞板、肘板与动颞板和肘板与机架分别组成运动副。其中，主动件偏心轴与机架组成转动副 A，偏心轴与动颞板组成转动副 B，肘板与动颞板组成转动副 C，肘板与机架组成转动副 D。


2. 选择视图平面

该机构中各运动副的轴线互相平行，即所有的活动构件在同一平面内运动，所以选定构件的运动平面为视图平面。

3. 确定适当的比例

按照各运动副间的距离和相对位置，以规定的符号将各运动副表示出来。用直线将同一构件上的运动副连接起来，画出机构运动简图。图中各运动副标以大写英文字母，各构件标以阿拉伯数字，并将主动件的运动方向用箭头标明。



扫一扫  图 1 - 28 颞式破碎机运动简图的绘制



四、颚式破碎机机构自由度的计算

颚式破碎机由偏心轴、动颚板和肘板 3 个活动构件、4 个低副（4 个转动副）、0 个高副组成，其自由度为：

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 4=1$$

机构以偏心轴为主动件，机构的主动件数目 $W=1$ ，等于机构的自由度数 $F=1$ ，所以，该机构具有确定的运动。