



华中科大

基于工作过程导向的“十三五”规划立体化教材  
高等职业教育机电一体化及电气自动化专业教材

# 机械设计基础

主编 © 李慧娟 张爽华 顾吉仁

JIXIE

SHEJI JICHU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



华中机汽

基于工作过程导向的“十三五”规划立体化教材  
高等职业教育机电一体化及电气自动化专业教材

# 机械设计基础

主 编 李慧娟 张爽华 顾吉仁  
副主编 余秋兰 夏章建 李 楷  
温金龙 冯 琴 黄 理  
张 璐



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/李慧娟,张爽华,顾吉仁主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018.7  
ISBN 978-7-5680-4141-6

I. ①机… II. ①李… ②张… ③顾… III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 155592 号

机械设计基础  
Jixie Sheji Jichu

李慧娟 张爽华 顾吉仁 主编

策划编辑:郑小羽

责任编辑:段亚萍

封面设计:孢子

责任监印:朱玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录排:武汉正风天下文化发展有限公司

印刷:武汉首壹印刷有限公司

开本:787 mm×1092 mm 1/16

印张:16

字数:420千字

版次:2018年7月第1版第1次印刷

定价:42.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

本书是根据教育部关于高职高专教育机械设计基础课程教学的基本要求,以职业技能为核心,以职业活动为导向,在深入了解机械制造业对应用型人才的要求和广泛吸纳高职院校机械设计教学改革经验的基础上编写而成的。

本书的特点如下:

1. 为适应高等职业教育机械类专业课程的改革,对有关教学内容进行了较大整合,以必需、够用为度,淡化理论,突出技能,突出应用性和工程性。

2. 本书以带式输送机传动装置设计为课程载体,采取项目导向、任务驱动教学模式,按设计过程确定了机械的认识、平面机构运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、螺纹连接、键和花键连接、轴、轴承、联轴器与离合器、减速器 16 个项目。

3. 书中内容紧扣高职高专教育的特点,注意取材的可用性与实用性,注重培养学生理论知识的应用和解决实际问题的能力。

4. 本书尽可能采用最新颁布的有关国家标准、规范和成熟的设计资料。

本书既可以作为机电类专业的教材,也可供非机电类学生和有关专业人员参考。带 \* 号的内容,可作为选修内容。

本书由李慧娟、张爽华、顾吉仁担任主编。全书共 16 个项目,其中,项目 1、项目 2、项目 16 由咸宁职业技术学院李慧娟编写,项目 3 至项目 5 由江西新能源科技职业学院顾吉仁编写,项目 6、项目 7 由安徽国防科技职业学院张爽华编写,项目 8、项目 9 由湖北职业技术学院冯琴编写,项目 10 由随州职业技术学院夏章建编写,项目 11 由仙桃职业学院李楷编写,项目 12 由襄阳汽车职业技术学院黄理编写,项目 13 由襄阳汽车职业技术学院张璐编写,项目 14 由江西新能源科技职业学院温金龙编写,项目 15 由武汉软件工程职业学院余秋兰编写。另外,全书由李慧娟统稿。

本书在编写过程中,参考了兄弟院校的有关教材和资料,也得到有关领导和同行的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促,再加上编者的学识水平有限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2018 年 4 月

项目 1 机械的认识 .....	1
项目 2 平面机构运动简图及自由度 .....	5
任务 1 平面机构运动简图的绘制 .....	5
任务 2 平面机构自由度的计算 .....	12
项目 3 平面连杆机构 .....	16
任务 1 按给定连杆位置设计平面四杆机构 .....	16
任务 2 按给定行程速度变化系数 $K$ 设计曲柄摇杆机构 .....	26
任务 3 按给定行程速度变化系数 $K$ 设计曲柄滑块机构 .....	27
项目 4 凸轮机构 .....	29
任务 1 对心直动从动件盘形凸轮轮廓设计 .....	29
任务 2 偏置直动从动件盘形凸轮轮廓设计 .....	43
项目 5 间歇运动机构 .....	45
* 任务 1 棘轮机构的设计 .....	45
* 任务 2 槽轮机构的设计 .....	50
任务 3 不完全齿轮机构的应用 .....	54
任务 4 凸轮式间歇运动机构的应用 .....	55
项目 6 带传动 .....	57
* 项目 7 链传动 .....	73
项目 8 齿轮传动 .....	84
任务 1 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动设计 .....	84
* 任务 2 平行轴斜齿圆柱齿轮传动设计 .....	107
* 任务 3 直齿圆锥齿轮传动设计 .....	115

项目 9 蜗杆传动 .....	124
项目 10 轮系 .....	140
任务 1 平面定轴轮系传动比的计算 .....	140
任务 2 空间定轴轮系传动比的计算 .....	144
任务 3 周转轮系传动比的计算 .....	145
* 任务 4 混合轮系传动比的计算 .....	147
项目 11 螺纹连接 .....	149
任务 1 受轴向载荷螺栓连接的设计 .....	149
任务 2 受横向载荷螺栓连接的设计 .....	159
任务 3 螺栓连接的结构设计 .....	163
项目 12 键和花键连接 .....	170
任务 1 键连接的设计 .....	170
* 任务 2 销和花键连接的设计 .....	176
项目 13 轴 .....	180
项目 14 轴承 .....	193
* 任务 1 滑动轴承的选择 .....	193
任务 2 滚动轴承的选择 .....	200
项目 15 联轴器与离合器 .....	219
任务 1 联轴器的选用 .....	219
任务 2 离合器的选用 .....	223
项目 16 减速器 .....	226
参考文献 .....	249

## 项目 1

# 机械的认识

机械是机器和机构的总称,机器与机构两者既有联系又有区别,二者都能传递运动和动力,但机器还具有变换能量、传递物料和信息的功能或能完成有用的机械功;构件与零件同样既有联系又有区别。本项目使学生掌握机器、机构、构件和零件的概念,正确区分机器与机构、构件与零件;了解机械设计的基本要求和一般过程。

### 【任务书】

认识图 1.1~图 1.3 中的机械,能区别机器与机构、构件与零件。

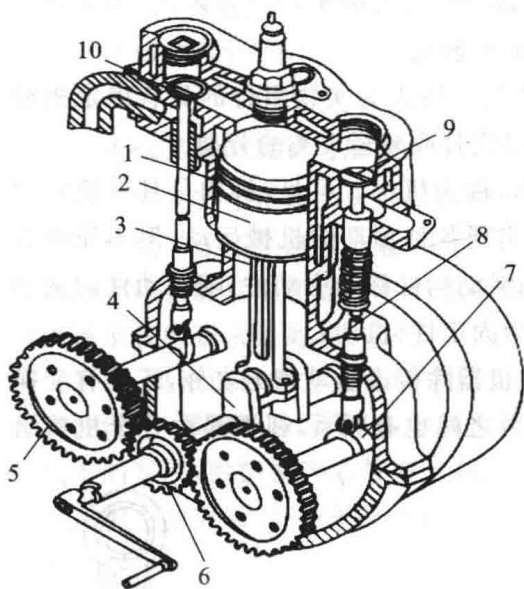


图 1.1 内燃机

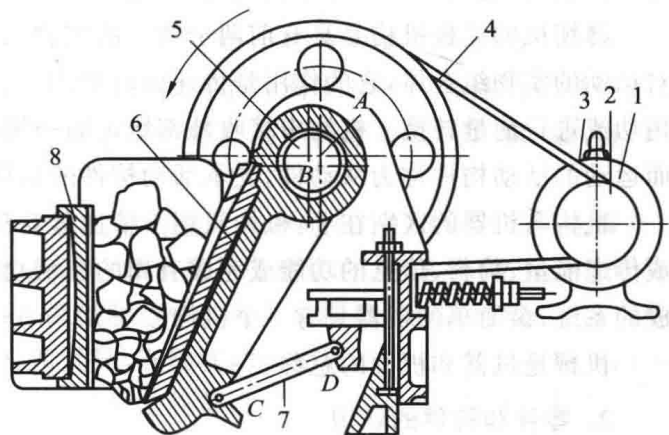


图 1.2 颚式破碎机

### 【知识点】

- (1) 认识机器、机构的特征。
- (2) 认识零件与构件。
- (3) 了解机械设计基础的课程性质与任务。
- (4) 了解机械发展的现状与展望。

### 【任务实施】

#### 1. 机器、机构与机械的认识

图 1.1 所示的单缸四冲程内燃机,由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶

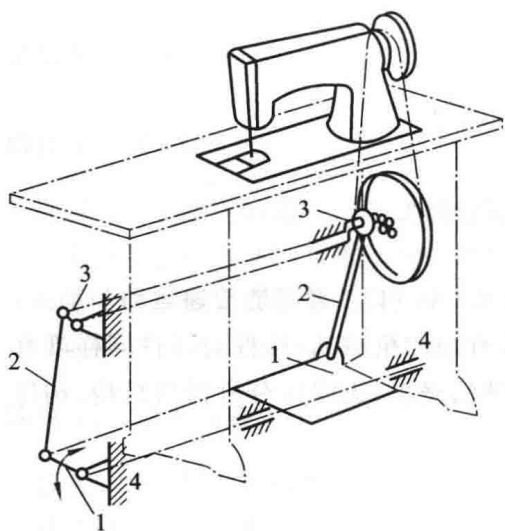


图 1.3 缝纫机踏板机构

杆 8、排气阀 9、进气阀 10 等组成。燃气推动活塞移动,经连杆使曲轴做连续转动,从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

图 1.2 所示的颚式破碎机,由电动机 1、带轮 2 和 4、传动带 3、偏心轴 5、动颚板 6、肘板 7、定颚板及机架 8 等组成。电动机通过带传动带动偏心轴转动,从而使动颚板产生平面运动,与定颚板一起实现压碎物料的功能,从而将电能转变为机械能。

图 1.3 所示为缝纫机踏板机构,由踏板 1、连杆 2、曲柄 3、机架 4 组成。踏板通过连杆将运动传给曲柄,曲柄带动机头带轮整周转动。

由单缸四冲程内燃机与颚式破碎机可知,尽管这两个机器结构、性能和用途不同,但却都具有以下三个共同特征:①都是一种人为的实物组合体;②各实物之间具有确定的相对运动;③能实现能量转换或完成有用的机械功。

凡具备上述三个特征的实物组合体称为机器。机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置,它用来完成有用功、转换能量或处理信息,以代替或减轻人类的劳动。

缝纫机的踏板机构是具有前两个特征的实物组合体,称为机构。可见,机构是具有确定相对运动的实物组合体,它的作用是传递运动和力。它能实现各种预期的机械运动,但不能做有用功或进行能量转换。机构中接收外部给定运动规律的活动构件称为主动件,随主动件的运动而运动的活动构件称为从动件,支承活动构件的构件称为固定件(机架)。

机构与机器的区别在于:机构只用于传递运动和力,机器除传递运动和力之外,还具有变换或传递能量、物料、信息的功能或完成有用的机械功;两者之间也有联系,机器是由几个机构组成的系统,最简单的机器只有一个机构。

机械是机器和机构的总称。

## 2. 零件和构件的认识

零件是机械制造的最小单元体,是不可拆分的。构件是机械运动的最小单元体,它有可能是单一的一个零件,也有可能是若干零件组合而成的,如图 1.4 所示的内燃机中的连杆,就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴套 3、轴瓦 4、螺杆 5 和螺母 6 等零件连接而成的,在制造中几个零件分别加工,装配成连杆后整体运动。

零件可以分为两大类:一类是通用零件,它广泛应用于各种机器中,如齿轮、轴、螺母、销、键等;另一类是专用零件,它仅用于某些机器中,常可表征该机器的特点,例如柴油机中的曲轴、内燃机中的活塞(见图 1.1)等。

机构可分为常用机构和特定机构,常用机构包含平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮传动机构等。就功能而言,一般机器包含四个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。

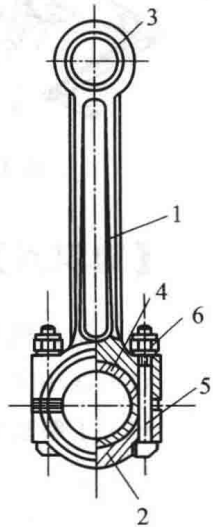


图 1.4 连杆

### 3. 课程的性质、任务与地位

机械设计基础是对前期所学课程的综合与应用,如高等数学、机械制图、公差与技术测量,AutoCAD、工程力学、机械制造技术等课程在机械设计基础中得到应用和巩固,同时机械设计基础也为后续课程的学习提供了分析问题和解决问题的方法,对启迪创新思维、优化设计方法、培养专业技能起着不可估量的作用,因而机械设计基础是一门重要的技术基础课。

本课程的研究对象是一般工作条件下的常用机构和通用机械零件。学生通过完成各项目中的设计、加工、安装与维护任务,掌握常用机构和通用机械零件的工作原理、结构特点、设计与加工方法。

### 4. 机械设计的基本要求和一般过程

机械设计的目的是通过人们的思考与创新,设计出能实现预期功能的新机械。机械设计首先应保证机械能实现预期的功能,其次是要求机械的使用性能好、效率高、成本低,在预定使用期限内安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。

机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合宜的机构;拟定设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

### 5. 机械发展的现状与展望

机械是人们在长期的生产实践中发明产生的,在国民经济中具有十分重要的地位和作用,无论是传统产业还是新兴产业,无论是高端科学还是日常民生都离不开各种各样的机械设备。机械随着社会的发展和需要不断地更新和进步,目前对机械产品的需求是轻、薄、精、细、特,而对机械承载的要求是高速、重载。

当前,机械设计的方法更科学而简明,如计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、优化设计、可靠性设计、摩擦学设计等;多学科运用与相互渗透,如机械与电的结合、液压技术的运用、计算机技术的发展,给机械产品带来了新的活力;在机械制造中一大批高精技术设备得以开发,一些关键技术不断突破,如数控技术广泛运用并日新月异,五轴联动叶片加工中心、大型数控龙门车铣加工中心、五面体加工中心、大型车削中心及柔性加工线都已实现了产业化,复合式板材加工中心、液压式回转头数控压力机等都已达到先进水平,使机械制造上了新的台阶。

在未来的机械设计中,计算机网络技术、机械科学技术、数据库及知识库技术、标准化技术、远程技术、控制技术、多媒体技术、图形图像技术以及其他科学技术、高端技能等都将成为重要的支持平台;更多学科的新发展在执行件——机械方面得到实现和拓展;机械手和机器人在从事空间探测、海底开发,实现生产过程自动化和人们的生活现代化等活动中发挥出越来越大的作用。机械制造业成为国民经济发展的标志,必将进一步推动我国的发展和人类的进步。

## 【拓展训练】

观察连杆机构设计陈列柜、凸轮机构设计陈列柜、齿轮机构混合陈列柜、标准件设计陈列柜、间歇机构陈列柜、齿轮系设计陈列柜、带与链传动设计陈列柜、螺纹和螺旋传动设计陈列柜等。

- (1) 观察各种连杆机构的组成结构、各种运动副之异同、这些机构之间的内在联系。
- (2) 观察各种凸轮机构的原动件和从动件的结构特点及运动的不同形式,判断哪些是平面

凸轮,哪些是空间凸轮。

- (3) 观察齿轮传动的类型及旋转方向。
- (4) 观察标准件的类型,思考螺栓、螺钉、垫圈与螺母有哪些类型。
- (5) 观察各种间歇机构的原动件和从动件的运动情况,判断哪些是平面机构,哪些是空间机构。
- (6) 观察轮系的结构与运动情况,判断哪些是定轴轮系,哪些是周转轮系。
- (7) 观察带传动与链传动的类型,以及原动件和从动件的运动情况。
- (8) 螺纹有哪几种类型? 有哪些螺旋机构?

## 平面机构运动简图及自由度

机构是由构件通过运动副组成的系统,组成机构的所有构件都在同一平面或平行平面内的机构,称为平面机构。本项目通过平面机构运动简图的绘制和平面机构自由度的计算两个工作任务的实施,使学生掌握平面机构运动简图的绘制和平面机构自由度计算的方法与步骤,掌握运动副和构件的表示法,会画实际机构的机构运动简图,并计算其自由度。

### 任务 1 平面机构运动简图的绘制

#### 【任务书】

绘制图 2.1 所示颚式破碎机的机构运动简图。

#### 【知识点】

- (1) 平面机构的组成。
- (2) 运动副的分类与表示方法。
- (3) 绘制平面机构运动简图的方法与步骤。

#### 【任务分析】

用一些简单线条表示构件,用规定符号表示运动副的类型,并按一定比例绘制的表示机构结构和各构件间相对运动关系的简图,称为机构运动简图,如图 2.2 所示。

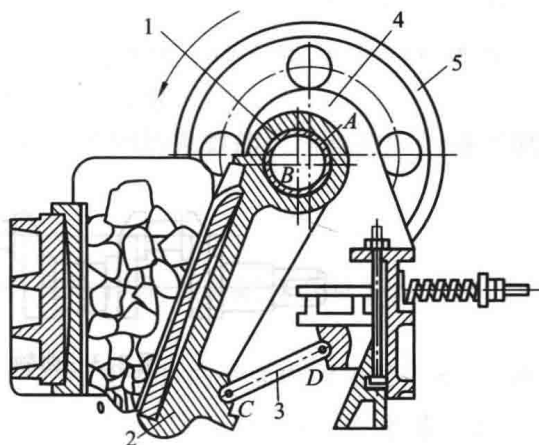
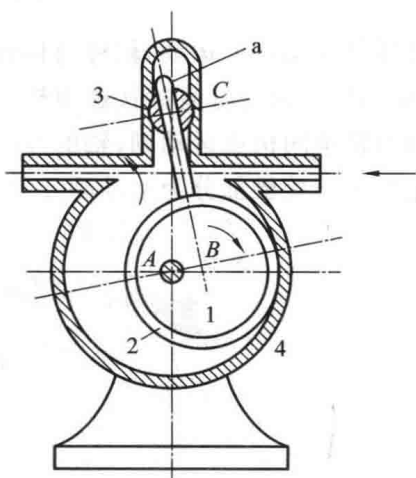
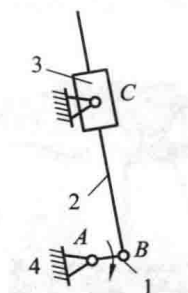


图 2.1 颚式破碎机



(a) 偏心油泵



(b) 机构运动简图

图 2.2 偏心油泵机构及其机构运动简图

绘制机构运动简图,其主要步骤为:①分析机构的运动;②确定运动副的类型和数量;③选择投影平面;④选择适当的比例;⑤绘制机构运动简图。

## 【机构的组成与平面机构运动简图的基本知识】

### 1. 机构的组成

#### 1) 构件

从运动的观点分析机械时,构件是参加运动的最小单元体。构件可以是一个零件,也可以是由多个零件组成的刚性系统。前者如图 2.3 所示曲轴;后者如图 2.4 所示连杆。

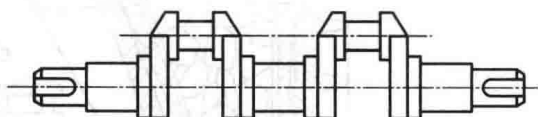


图 2.3 曲轴

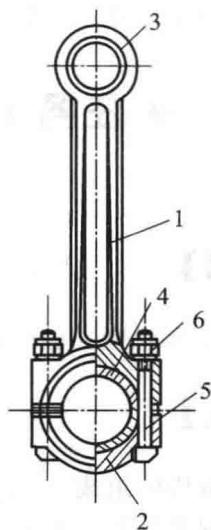


图 2.4 连杆

#### 2) 零件

从制造的观点分析机械时,零件是组成机械的最小单元体。任何机械都是由许多零件组合而成的。如内燃机中的连杆(见图 2.4)由连杆体 1、连杆盖 2、轴套 3、轴瓦 4、螺杆 5 和螺母 6 等零件组成。

### 2. 运动副

为了使多个构件组成一个系统后相互之间具有确定的运动,构件与构件之间需要一种既直接接触又有相对运动的连接,这种连接称为运动副。两构件直接接触而构成的运动副的点、线、面部分,称为运动副元素。如图 2.5 所示,轴与轴承间构成运动副,轴的外圆柱面与轴承内孔为运动副元素;凸轮与滚子间构成运动副,凸轮与滚子接触部分为运动副元素。



图 2.5 运动副

### 3. 构件的自由度与运动副约束

如图 2.6 所示,一个在空间自由运动的构件,具有六个独立运动,即沿着  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴的移动和绕着  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴的转动。而对于一个做平面运动的构件来说,仅有三个独立运动,即沿着  $x$ 、 $y$  轴的移动和绕着  $xOy$  平面内任一点的转动,可用三个独立参数  $x$ 、 $y$ 、 $\varphi$  来描述,如图 2.7 所示。构件独立运动的数目称为构件的自由度,可见,一个在平面内自由运动的构件具有三个自由度。

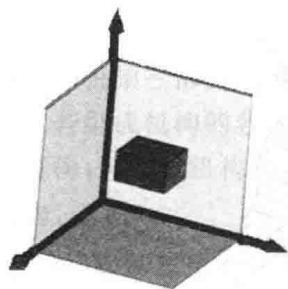


图 2.6 空间自由运动的刚体

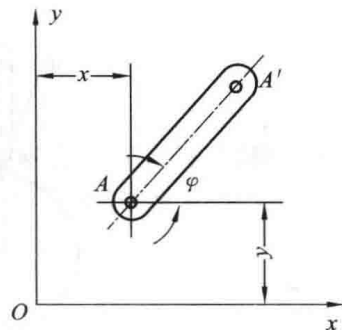
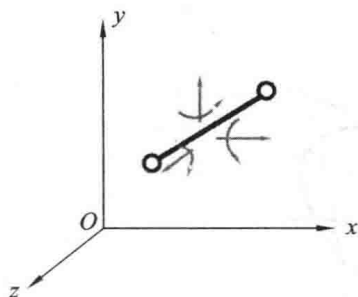


图 2.7 平面运动的构件

当两个构件通过运动副连接以后,它们之间的某些独立运动将不能实现,这种对构件独立运动所加的限制称为约束,它所限制的独立运动的数目称为约束数。

运动副每引入一个约束,构件就失去一个自由度。两构件间约束数的大小和约束的特点取决于运动副的形式。

### 4. 运动副的分类

根据运动副对构件相对运动的约束及两构件接触方式的不同,运动副分类如下。

#### 1) 平面运动副

若组成运动副的两个或两个以上的构件在同一平面或相互平行的平面内做相对运动,则称该运动副为平面运动副。平面运动副分为低副和高副。

(1) 低副。两个构件之间通过面接触而组成的运动副称为低副。根据两个构件之间的相对运动形式,低副又可分为转动副和移动副。

在图 2.8 中,构件 1 与构件 2 以圆柱面相接触,由构件 2 观察,它限制构件 1 沿  $x$ 、 $y$  方向的相对移动,形成两个约束,保留绕  $z$  轴的一个独立的相对转动,这种运动副称为转动副或回转副,又称为铰链。

在图 2.9 中,构件 1 与构件 2 以棱柱面相接触,由构件 2 观察,它限制构件 1 沿  $y$  方向的相对移动,同时限制它相对构件 2 的转动,形成两个约束,保留一个独立的沿  $x$  方向的移动,这种运动副称为移动副。

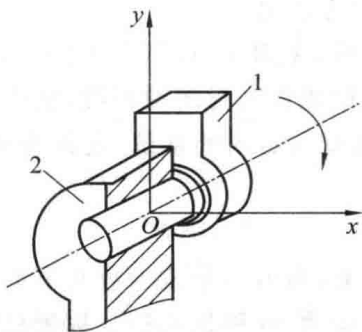


图 2.8 转动副

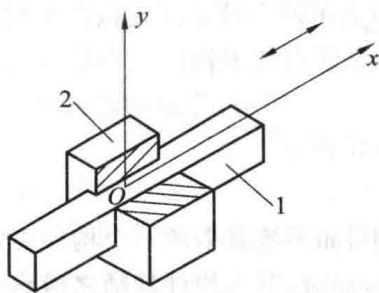


图 2.9 移动副

(2) 高副。两个构件之间通过点或线接触而组成的运动副称为高副。

图 2.10(a)所示的是凸轮 1 与从动件 2 通过点接触组成的高副,图 2.10(b)所示的是齿轮 1 和齿轮 2 通过线接触组成的高副。当两个构件之间组成高副时,由构件 1 观察,它限制构件 2 沿公法线  $nn$  方向的移动,形成一个约束,保留沿接触点  $A$  的公切线  $tt$  方向的相对移动和绕接触点  $A$  的相对转动。

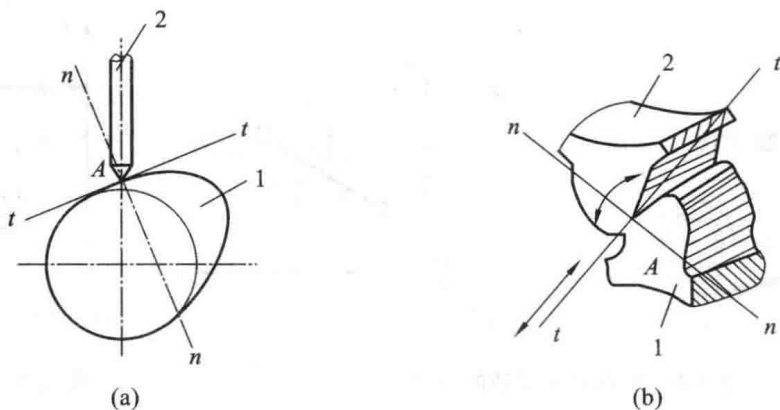


图 2.10 高副

## 2) 空间运动副

若运动副允许两构件做空间相对运动,则该运动副称为空间运动副。常用空间运动副有螺旋副和球面副,如图 2.11 所示。

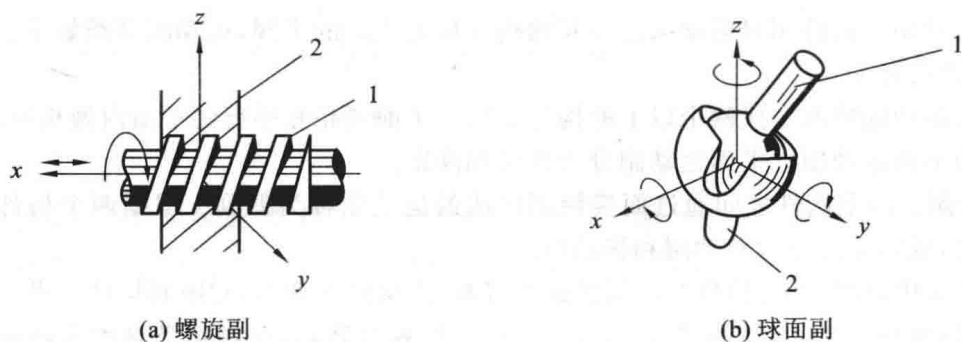


图 2.11 空间运动副

## 5. 运动链和机构

### 1) 运动链

将两个以上的构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。

图 2.12(a)表示四个转动副连接四个构件的运动链, $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四个小圆代表转动副,连接  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  的四条线段代表构件。若运动链的各构件构成首末封闭的系统,则称为闭式运动链(闭链),如图 2.12(a)所示;若运动链的各构件未构成首末封闭的系统,则称为开式运动链(开链),如图 2.12(b)所示。

### 2) 机构

在运动链中,如果将其中的一个构件固定作为机架,当另一个或少数几个构件按给定的运动规律做独立运动时,其余构件均随之做确定的相对运动,这种运动链就称为机构。机构中输入运动的构件称为原动件(也称主动件),其余可动构件称为从动件,因此,机构是由原动件、从

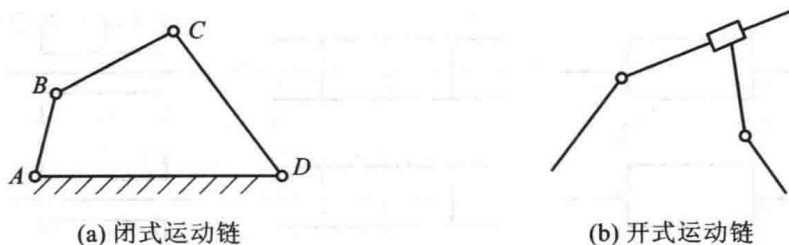


图 2.12 运动链

动件和机架三部分组成的,如图 2.13 所示。

若组成机构的各构件的相对运动均在同一平面内或在相互平行的平面内,则该机构称为平面机构;若组成机构的各构件的相对运动不在同一平面或平行的平面内,则该机构称为空间机构。

## 6. 构件及运动副的表示方法

### 1) 构件

构件用直线或小方块等来表示,其上画有短斜线的构件表示机架,如图 2.14 所示。

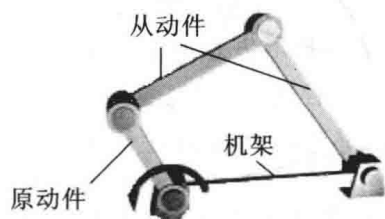


图 2.13 机构

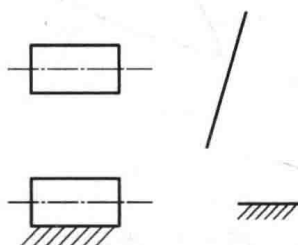


图 2.14 构件

### 2) 运动副

(1) 转动副。转动副用一个小圆圈表示,其圆心代表相对转动的轴线。图 2.15(a)表示组成转动副的两个构件都是活动构件,称为活动铰链;图 2.15(b)表示组成运动副的两个构件之一为机架,在代表机架的构件上画短斜线,称为固定铰链,习惯上用图 2.15(c)来代替图 2.15(b)所示的固定铰链。一个构件具有多个转动副时,则将两条线的交叉处涂黑,或在其内画上斜线,如图 2.16 所示。

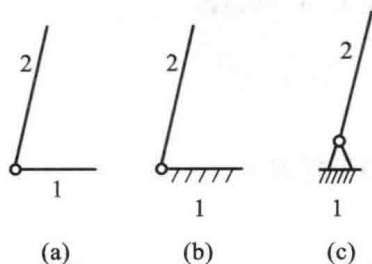


图 2.15 转动副表示法

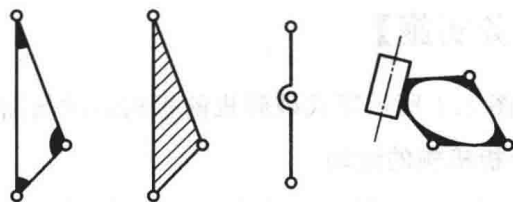


图 2.16 一构件多转动副表示法

(2) 移动副。图 2.17 所示是两个构件组成移动副的表示方法。在组成移动副的两个构件中,习惯上将长度较短的块状构件 2 称为滑块,而将长度较长的杆状或槽状构件 1 称为导杆或导槽。移动副的导路方向必须与相对移动方向一致,图中画有短斜线的构件表示机架。

(3) 平面高副。两构件组成平面高副时,其运动简图中应画出两构件接触处的曲线轮廓,

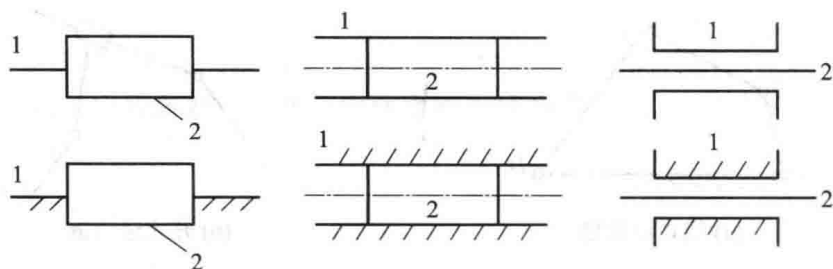


图 2.17 移动副表示法

如图 2.18 所示。图 2.19 所示是两个构件组成凸轮副的表示方法,对于凸轮、滚子,习惯画出其全部轮廓。

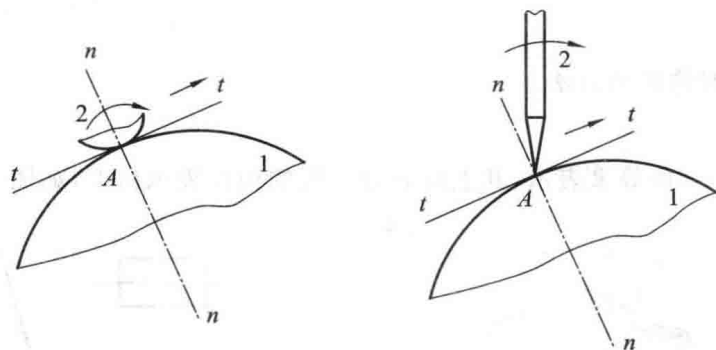


图 2.18 平面高副

(4) 齿轮副。图 2.20 所示是两个构件组成齿轮副的表示方法,对于齿轮,常用点画线画出其节圆。

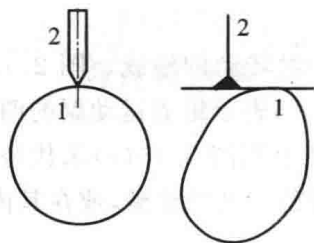


图 2.19 凸轮副

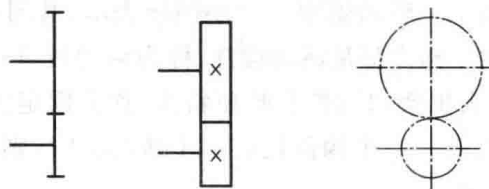


图 2.20 齿轮副

## 【任务实施】

绘制图 2.1 所示颚式破碎机的机构运动简图的方法和步骤如下。

### 1. 分析机构的运动

观察机构的运动情况,找出原动件、从动件和机架。从主动件开始,沿着传动路线分析各构件间的相对运动关系,确定机构中构件的数目。

如图 2.1 所示,颚式破碎机是由电动机将运动传递给带轮 5,带轮 5 与偏心轴 1 连成一体,一起绕转动中心  $A$  转动;偏心轴 1 带动动颚板 2 运动;肘板 3 的一端与动颚板 2 相连接,另一端与机架 4 在  $D$  点相连。当动颚板 2 做平面运动时,定颚板固定不动,从而将矿石轧碎。由此分析可知,该机构是由原动件偏心轴 1、从动件动颚板 2 和肘板 3、机架 4 四个构件组成的。

## 2. 确定运动副的类型和数量

沿着运动传递路线,分析两构件间相对运动的性质,以确定运动副的类型和数目。

偏心轴1与机架组成转动副A;偏心轴1与动颚板2组成转动副B;肘板3与动颚板2组成转动副C;肘板3与机架组成转动副D。整个机构共有四个转动副。

## 3. 选择投影平面

一般选择与多数构件的运动平面相平行的面为投影面,必要时也可以就机械的不同部分选择两个或两个以上的投影面,然后展开到同一平面上。这里选择机构的运动平面为绘制简图的视图平面。

## 4. 选择适当的比例

选择适当比例尺 $\mu_1$ :

$$\mu_1 = \frac{\text{实际尺寸(mm)}}{\text{图示尺寸(mm)}}$$

## 5. 绘制机构的运动简图

按选定的比例尺,确定各运动副的相对位置,并按规定的符号绘出运动副;然后用线段将同一构件上的运动副连接起来代表构件;从原动件开始,按传动顺序标出各构件的编号和运动副的代号,在原动件上标出箭头以表示其运动方向。

选定转动副A的位置,然后根据各转动副中心间的尺寸,按选定的比例尺确定转动副D、B及C的位置。连接A、B为偏心轴1,连接B、C为动颚板2,连接C、D为肘板3,并在图中机架上加画斜线,在偏心轴1上标出箭头,从而绘制出颚式破碎机的机构运动简图,如图2.21所示。

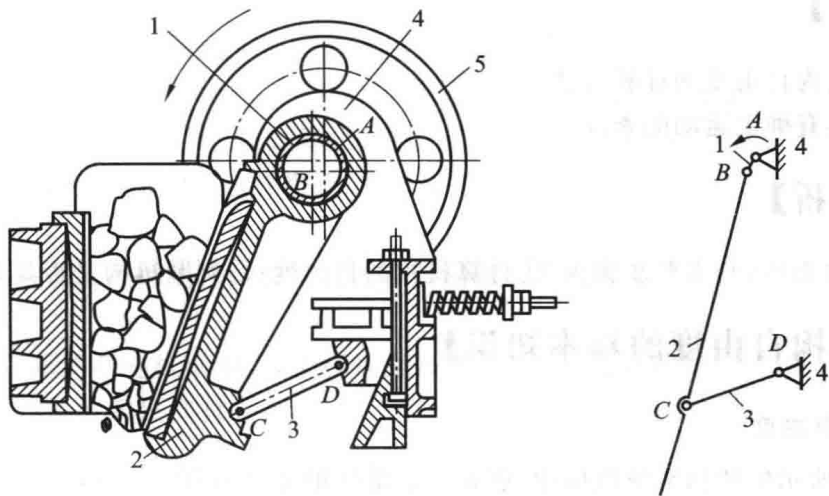


图 2.21 颚式破碎机的机构运动简图

## 【拓展训练】

绘制图 2.22 所示各机构的机构运动简图。各机构的尺寸从图中直接测量。

图 2.22(a)所示为提升泵,轮1转动时,通过扇形齿轮3,带动齿条4上下运动提水;

图 2.22(b)所示为手动油泵,手柄2摆动时,活塞杆4上下移动抽油;

图 2.22(c)所示为柱塞油泵,曲柄1转动时,泵芯3摆动,柱塞2相对泵芯3上下移动泵油。