



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果



机械基础与液压传动

EYA CHUANDONG

◎ 主 编 沈 卓 殷立君

◎ 主 审 余茂武

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



机械基础与液压传动

本书主要介绍机械基础与液压传动的基本知识、基本理论和基本操作技能。全书共分两大部分：第一部分为机械基础，包括绪论、机械零件、机械传动、机械系统等内容；第二部分为液压传动，包括液压传动的基本知识、液压元件、液压回路、液压系统等内容。本书可作为中等职业学校机械类专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。



机械基础与液压传动

机械基础与液压传动

主编 张 伟 副主编 李 伟
主审 李 伟 编 审 李 伟

机械工业出版社
http://www.mep.com.cn

内容简介

本书是面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

机械基础与液压传动

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

主 编 沈 卓 殷立君

副主编 谈建平 章爱萍 万宏钢 徐鸿滨

主 审 余茂武

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

本书可作为机械类、机电类、自动化类、能源动力类等专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

内 容 简 介

本书是为了适应高等教育的改革与发展,从培养实用型、技能型人才应具有的基本技能出发而编写的,具有较强的实用性,力求着重培养学生的自主学习能力和创新精神,提高学生的实践操作能力。

本书是以工作过程为导向,按照项目式教学法的全新理念编写的。其内容包括认知机器、常用零部件、常用连接、常用传动、常用机构及液压传动等。每个任务配有一定数量的自测题,供学生学习时选用。

本书主要作为高等院校机械制造、模具、数控等机械类专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械基础与液压传动/沈卓,殷立君主编. —北京:北京理工大学出版社,2010. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3964 - 6

I. ①机… II. ①沈…②殷… III. ①机械学-高等学校-教材②液压传动-高等学校-教材 IV. ①TH11②TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 222716 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京慧美印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 18.25

字 数 / 341 千字

责任编辑 陈莉华

版 次 / 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷

陈 竑

印 数 / 1~1 500 册

责任校对 张沁萍

定 价 / 38.00 元

责任印制 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是适应高等教育的改革与发展,从培养实用型、技能型人才应具有的基本技能出发,本着“必需与够用”的原则,在内容取舍上,充分考虑目前高等院校的生源状况,力求实用、够用,并适当考虑了知识的连续性和学生今后继续学习的需要而编写的。

本书以先进的高等教育方法——项目式教学法为导向,内容紧贴生产与实践,符合高校学生的学习特点和企业的实际需求,将知识与技能有机地结合起来。本书编排体现以项目为纲,任务为目,在操作与观察中进行知识和技能的探索与学习。内容坚持理论服务于实践,没有空泛的理论推导。在每个项目的任务安排上,尽可能做到简洁、有理、有序。在具体任务设计时,尽可能结合日常生活中的实例,由浅入深,以适应不同层次的学生。考虑到当前部分高校教学课时数的减少,而液压技术在机器中的应用越来越广泛,所以把《机械设计基础》与《液压技术》两门课程整合在一起,在具体内容设计时,没有按照传统教材先机械原理后机械零件再液压传动的顺序安排,而是从机器的外观、使用、维护开始,再介绍机器上的零部件、常用连接、常用传动,把比较枯燥的常用机构安排在后面,最后是液压传动,这样有利于提高学生学习的积极性。

建议本课程教学课时数为 110 学时。

本书由沈卓、殷立君担任主编,谈建平、章爱萍、万宏钢、徐鸿滨担任副主编。具体编写分工为:沈卓编写项目一(任务 1、任务 2、任务 3)、项目四(任务 1、任务 2、任务 5),殷立君编写项目三,谈建平编写项目四(任务 3、任务 4、任务 6),章爱萍编写项目一(任务 4)、项目二,万宏钢编写项目五,徐鸿滨编写项目六,本书最后由余茂武教授主审。

本书在编写过程中,参考和引用了有关教材的内容和插图,在此对这些教材的作者表示衷心的感谢。

由于编者的水平和实践知识有限,加上时间仓促,书中难免有错误,恳请使用本书的广大教师和读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 认知机器	1
任务1 机器的特征	2
任务2 平面机构运动简图及自由度	6
任务3 摩擦与磨损	14
任务4 润滑与密封	18
项目二 常用零部件	28
任务1 轴	28
任务2 滑动轴承	44
任务3 滚动轴承	50
项目三 常用连接	71
任务1 螺纹连接	71
任务2 键、销连接	82
任务3 联轴器、离合器和制动器	90
任务4 弹性连接	100
项目四 常用传动	107
任务1 带传动	108
任务2 链传动	125
任务3 齿轮传动	132
任务4 蜗杆传动	163
任务5 螺旋传动	173
任务6 轮系	176
项目五 常用机构	189
任务1 平面连杆机构	189
任务2 凸轮机构	201
任务3 间歇运动机构	211
项目六 液压传动	217
任务1 液压传动的基本知识	218
任务2 常用液压元件	228
任务3 液压基本回路及典型液压传动系统	268
参考文献	284

项目一 认知机器

【项目描述】

人类在长期的生产实践中为了适应自身的生产和生活需要,创造了各种各样的机器,如自行车、汽车、火车、飞机、各种机床、起重机、挖土机、机器人等。机器能减轻或代替人类的劳动,极大地提高劳动生产率,它所创造的财富丰富了人类的物质文明和精神文明。机器的使用水平已经成为一个国家科技水平和现代化程度的重要标志之一。下面将使读者详细地认识和了解机器与机械。

【学习目标】

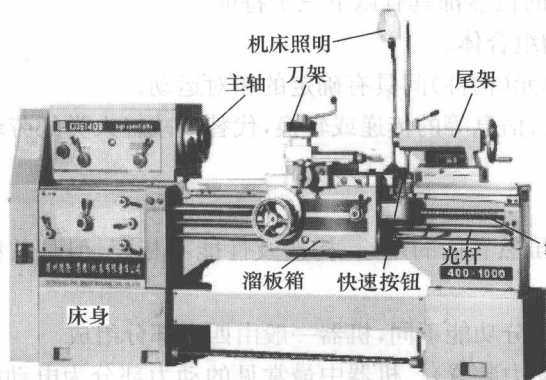
- (1) 掌握机器的组成,区别机器与机构、构件与零件的不同。
- (2) 理解运动副的概念及类型,掌握平面机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件。
- (3) 了解摩擦的种类和磨损的阶段理论。
- (4) 掌握常见的润滑剂种类、润滑方式、润滑装置、密封装置。

【能力目标】

- (1) 能辨别各种机器及其主要功能。
- (2) 能看懂机构运动简图。
- (3) 能初步维护和保养机器。

【情感目标】

- (1) 培养学生仔细观察事物和归纳总结事物特征的能力。
- (2) 培养学生整体和谐意识。



任务1 机器的特征

活动情景

进入实习车间,观察各种机床的工作过程。

任务要求

- (1) 结合日常生活中常见的机器(如摩托车、缝纫机、汽车等),总结机器的特征。
- (2) 观察车床或铣床各运动部位的运动特点。

任务引领

通过观察与讨论回答以下问题:

- (1) 缝纫机、铣床、车床等机器,哪些部位之间有相对运动?它们是怎样运动的(摆动、转动、直动)?
- (2) 相对运动的各部位之间是以什么方式(点、线、面)接触的?

归纳总结

1. 机器的特征

通过观察发现,摩托车、汽车、缝纫机、各种切削机床都是人们根据使用要求,有目的地设计、制造出各种零件后组装成一个整体,而不是任意拼装的。同时还发现各个组成部分之间的运动是有规律的、确定的。

通过观察发现摩托车、汽车等是将汽油燃烧的化学能转化为车轮的机械能,各种切削机床是将电动机的电能转化为车刀运动的机械能,并且大大减轻了人类劳动。

通过分析,所有的机器都具有以下三个特征。

- (1) 人为的实物组合体。
- (2) 每个运动单元(构件)间具有确定的相对运动。
- (3) 能实现能量、信息等的传递或转换,代替或减轻人类的劳动。

2. 机器的组成

机器种类繁多,虽然它们的用途、构造及性能不相同,但是从机器的组成来分析,确有共同之处。

1) 按机器的各部分功能不同,机器一般由四大部分组成

- (1) 动力部分(动力装置)。机器中最常见的动力部分为电动机、内燃机等,是

机器动力的来源,它将其其他形式的能转变成机械能。

(2) 执行部分(执行装置)。执行部分直接实现机器特定功能,完成工作任务的部分,如汽车的车轮、起重机的卷筒和吊钩、车床的卡盘和车刀等。

(3) 传动部分(传动装置)。传动部分是将动力部分的运动和动力传递、转换或分配给执行部分的中间连接装置。如机床变速箱的齿轮传动,自行车和摩托车的链传动,内燃机中的进、排气控制机构等。

(4) 控制部分(控制装置)。控制部分是控制机器启动、停车和变更运动参数的部分。如开关、变速手柄、离合踏板及相应的电器等。

2) 按机器的构成分析

当我们对机器进行拆分时,发现机器是由一个或几个机构和动力源组成。

(1) 机构。机构具有确定的相对运动,能实现一定运动形式转换或动力传递的实物组合体。它是机器的重要组成部分,机器和机构的根本区别是机构只能传递运动和动力,一般不直接做有用的机械功或进行能量转换,例如图 1-1 万能铣床的升降装置。从构成和运动角度看,两者无本质的区别。故人们常把机器与机构统称为“机械”。

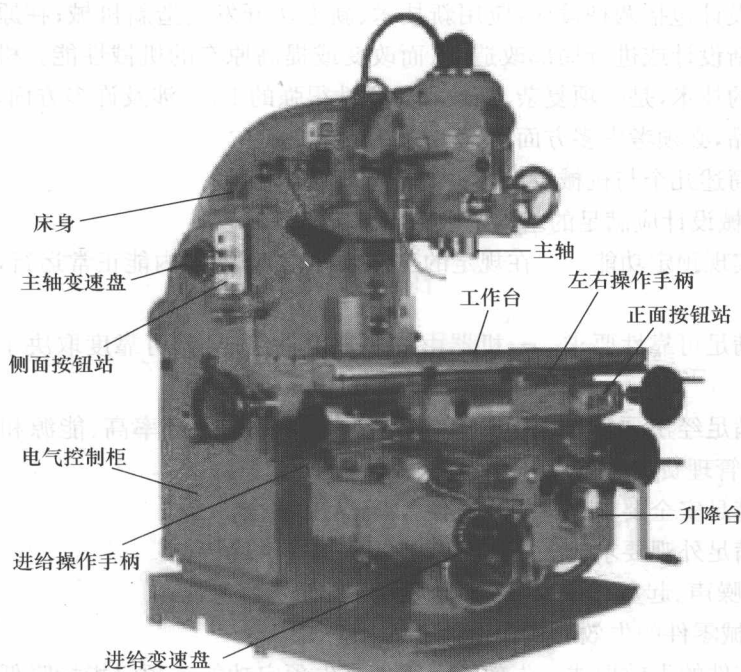


图 1-1 万能铣床

(2) 构件。在机器中作为一个整体而运动的最小单位称为构件,如摩托车的链条、车轮等。

(3) 零件。任何机器都是由一个个零件组成的。零件是组成构件的基本部

分,是组成“机器”的最小单元,是加工制造的起点,是组装、拆装的基础。零件又分为两类:一类是通用零件,即各种机器中普通使用的零件,如螺栓、齿轮、轴等;另一类是专用零件,即只在某一种类型的机器中使用,如曲轴、叶片、吊钩。

另外,将由一组协调工作的零件所组成的独立装配的组合件称为部件。如减速器、联轴器、滚动轴承等。

知识拓展

1. 本课程的内容和任务

本课程的基本内容包括机械原理、机械零件和液压传动三大部分。本课程综合运用各先修课程的基础理论知识和生产知识,是一门重要的技术基础课。通过本课程的学习,可以使學生获得机械的基本知识、基本理论和基本技能,初步具备正确分析、使用及维护机械的能力,初步具备设计机械传动和运用手册设计简单机械的能力。为今后学习有关机械设备和参与应用型技术工作奠定必要的基础。

2. 机械设计概述

机械设计包括两种设计:应用新技术、新方法开发创造新机械;在原有机械的基础上重新设计或进行局部改造,从而改变或提高原有的机械性能。机械设计是一门综合的技术,是一项复杂、细致和科学性很强的工作,涉及许多方面,要设计出合格的产品,必须考虑多方面因素。

下面简述几个与机械设计有关的基本问题。

1) 机械设计应满足的基本要求

(1) 实现预定功能——在规定的工作条件、工作期限内能正常运行,达到设计要求。

(2) 满足可靠性要求——机器由许多零部件组成,其可靠度取决于零部件的可靠性。

(3) 满足经济要求——设计及制造成本低、机器生产率高、能源和材料耗费少、维护及管理费用低等。

(4) 满足安全要求——操作方便,保证人身安全。

(5) 满足外观要求——外型美观、和谐,具有时代特点。

此外,噪声、起重、运输、卫生、防腐蚀等方面不容忽视。

2) 机械零件的失效形式和设计准则

(1) 零件的失效形式。失效——零件丧失预定功能或预定指标降低到许用值以下的现象称为失效。

常见的零件失效形式如下。

① 断裂。

② 过量变形。

③ 表面失效:疲劳点蚀、磨损、压溃、腐蚀等。

④ 其他:打滑、不自锁、过热、噪声过大等。

(2) 机械零件的计算准则。根据不同的失效原因建立起来的工作能力判定条件称为设计计算准则。

① 强度准则:强度是零件抵抗破坏的能力。强度可分为整体强度和表面强度(接触与挤压强度)两种。

$$\text{强度准则: } \sigma \leq \frac{\sigma_{\min}}{s}$$

刚度准则:刚度是零件抵抗变形的能力。

$$\text{刚度准则: } y \leq [y]$$

② 耐磨性准则:耐磨性是零件抵抗磨损的能力。由于磨损机理较复杂,通常采用条件性的计算准则。

$$\text{耐磨性准则: } p \leq [p]$$

③ 耐热性准则:耐热性是零件承受热量的能力。

$$\text{耐热性准则: } t \leq [t]$$

④ 可靠性准则:可靠性用可靠度表示,零件的可靠度用在规定的寿命时间内能连续工作的件数占总件数的百分比表示。

(3) 设计步骤。机械设计方法很多,既有传统的设计方法,也有现代的设计方法,这里只简单介绍常见机械零件的设计方法。

① 根据机器的工作情况和简化的计算方案,确定零件的载荷。

② 根据零件的工作情况分析,判定零件失效形式,从而确定计算准则。

③ 选择材料、选择主要参数。

④ 根据计算准则,计算出零件的基本尺寸。

⑤ 选择零件的类型和结构。

⑥ 结构设计。

⑦ 绘制零件工作图,编写说明书及有关技术文件。

在机械设计和制造的过程中,有些零件如螺纹连接件、滚动轴承等,由于应用范围广、用量大,已经高度标准化而成为标准件,由专门生产厂生产。对于同一产品,为了符合不同的使用要求,生产若干同类型不同尺寸或不同规格的产品,作为系列产品以满足不同用户的需求。不同规格的产品使用相同类型的零件,以使零件的互用更为方便。因此在机械零件设计中,还应注意标准化、系列化、通用化。

自 测 题

一、单项选择题

1. 汽车的变速箱是机器的()。

A. 动力部分 B. 传动部分 C. 工作部分

2. 在机械中属于运动单元的是()。

A. 构件 B. 零件 C. 机构

3. 下列各机械中属于机构的是()。

A. 摩托车 B. 电动机 C. 台虎钳

4. 在机械中属于制造单元的是()。

A. 部件 B. 零件 C. 机构

二、填空题

1. 机器与机构通称为_____。

2. 一般机器是由_____、_____、_____和_____四部分组成。

3. 机构在机器中的作用是改变_____、_____和_____。

4. 零件丧失预定功能或预定指标降低到许用值以下的现象称为_____。

任务2 平面机构运动简图及自由度

活动情景

操作折叠雨伞、缝纫机踏板机构、手动补鞋机或简易冲床。

任务要求

观察各运动部位的连接方式及运动过程。

任务引领

通过观察与操作回答以下问题：

(1) 各运动部位是以什么形式相接触的？用什么符号表示？

(2) 这些接触对构件的运动产生怎样的影响？

(3) 如何判定机构具有确定的相对运动？

归纳总结

1. 运动副及其分类

通过操作各种机构发现，为了使机构中每个构件具有确定的相对运动，构件之间必须要以某种方式连接起来。这种使两构件间直接接触并能产生一定形式的相对运动的连接，称为运动副。例如，摩托车的车轮与轴的连接、链轮与链条的连接等。

所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动称为平面机构，否则称为空间机构。工程中常见的机构大多属于平面机构。

根据运动副中两构件接触形式的不同，可将运动副分为低副和高副两大类。

1) 低副

两构件以面接触所组成的运动副称为低副,根据构件间的相对运动形式又分为移动副和转动副。

(1) 转动副。两构件间只能产生相对转动的运动副称为转动副,如图 1-2 所示。

(2) 移动副。两构件间只能产生相对移动的运动副称为移动副,如图 1-3 所示。

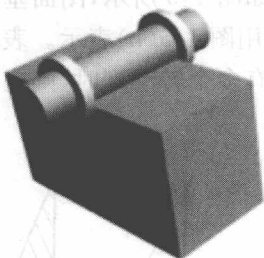


图 1-2 转动副

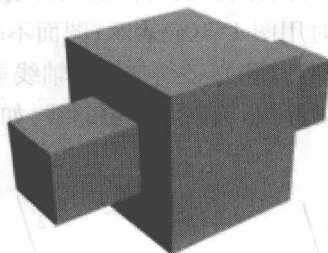


图 1-3 移动副

2) 高副

两构件以点或线接触的运动副称为高副,如图 1-4 所示。

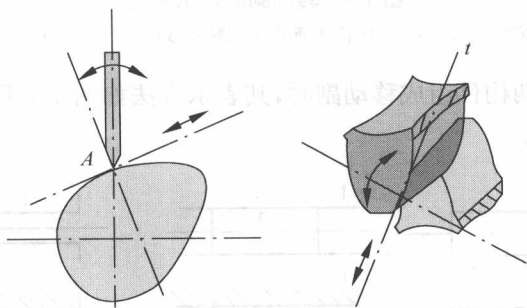


图 1-4 高副

2. 机构的组成

机构由主动件、从动件和机架三部分组成。

(1) 主动件。机构中输入运动的构件称为主动件。

(2) 从动件。除主动件以外的其余的可动构件称为从动件。

(3) 机架。固定不动的构件称为机架,一个机构只有一个机架。

3. 平面机构运动简图

实际机构的外形和结构很复杂,为了便于分析通常不考虑构件的外形尺寸和运动副的实际结构,只需用简单的线条和符号表示构件和运动副,并按一定的比例绘出能表达各构件间相对运动关系的图形称为机构运动简图。对于只为了表示机

构的组成及运动情况,而不严格按照比例绘制的简图,称为机构示意图。

简图中应包括的主要内容有:构件数目、运动副的数目和类型、与运动变换相关的构件尺寸参数、主动件及运动特性。

1) 构件及运动副的表示方法

(1) 构件。构件均用线条或小方块等来表示,画有斜线的表示机架。

(2) 转动副。两构件组成转动副时,其表示方法如图 1-5 所示,图面垂直于回转轴线时用图 1-5(a)表示;图面不垂直于回转轴线时用图 1-5(b)表示。表示转动副的圆圈,其圆心必须与回转轴线重合。一个构件具有多个转动副时,则应在两条线交接处涂黑,或在其内画斜线,如图 1-5(c)所示。

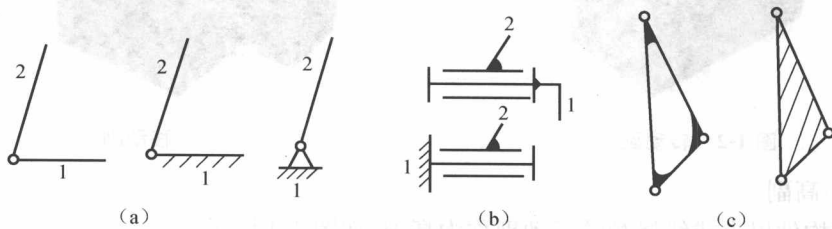


图 1-5 转动副的表示方法

(a) 图面垂直于回转轴线时;(b) 图面不垂直于回转轴线时;(c) 一个构件有多个转动副时

(3) 移动副。两构件组成移动副时,其表示方法如图 1-6 所示,其导路必须与相对移动方向一致。

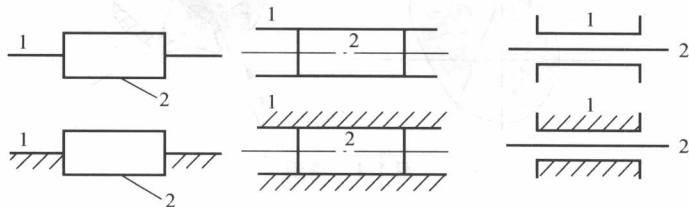


图 1-6 移动副的表示方法

(4) 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的曲线轮廓。对于凸轮、滚子习惯上画出其全部轮廓;对于齿轮,常用点划线画出其节圆,如图 1-7 所示。

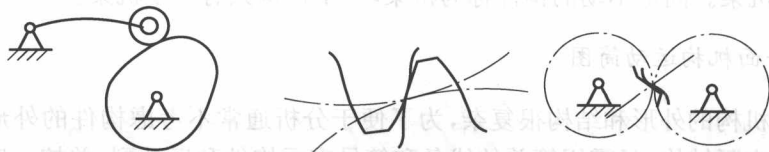


图 1-7 平面高副的表示方法

2) 平面机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图按以下步骤进行。

- (1) 分析机构的组成和运动,确定机架、主动件和从动件。
- (2) 从主动件开始,沿运动传递路线,搞清各构件间相对运动的性质,确定运动副的类型和数目。

(3) 选择合适的视图平面及机构运动瞬时位置。

(4) 测量出运动副间的相对位置。

(5) 选择适当比例,用规定的符号和线条绘制出机构运动简图。

根据图纸的幅面及构件的实际长度,选择适当的比例尺:

$$\mu_l = \frac{\text{构件实际长度(mm)}}{\text{构件图示长度(mm)}}$$

例 1-1 试绘制图 1-8(a)所示内燃机部分结构的机构运动简图。

解:从图 1-8(a)可知,缸体 3 是机架,缸内活塞 4 是主动件。活塞 4 与连杆 2 相对转动构成转动副,与缸体 3 构成移动副;运动通过连杆 2 传给曲轴 1,且两者构成转动副。

测量各运动副间相对位置,选择合适的比例,按照规定的线条和符号,先绘出机构示意图,后绘出机构的运动简图。如图 1-8(b)所示。

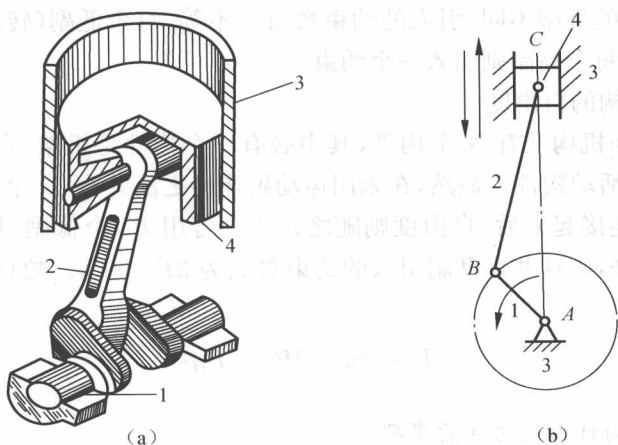


图 1-8 内燃机部分结构与机构运动简图

(a) 内燃机部分结构; (b) 机构运动简图

1—曲轴; 2—连杆; 3—缸体; 4—活塞

拓展延伸

1. 平面机构的自由度

1) 构件的自由度

如图 1-9 所示,在未与其他构件组成运动副之前,一个自由构件在平面中有三

个独立的运动,即沿 x 轴和 y 轴的移动以及在 xy 平面内的转动,构件的这三个独立运动称为自由度。

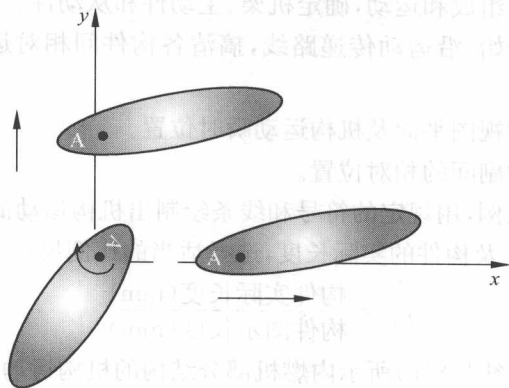


图 1-9 构件的自由度

2) 运动副对构件的约束

构件通过运动副连接后,它们的某些独立运动就会受到限制,因而自由度也随之减少,这种对构件独立运动的限制称为约束。每引入一个约束构件就减少一个自由度,运动副的类型不同,引入的约束数目也不等,每个低副(转动副或移动副)引入两个约束,每个高副则引入一个约束。

3) 平面机构的自由度

设一个平面机构共有 N 个构件,其中必有一个构件是机架(自由度为零),则有 $n=N-1$ 个活动构件。显然,在未用运动副连接之前共有 $3n$ 个自由度,当这些构件用运动副连接起来后,自由度则随之减少。若用 P_L 个低副, P_H 个高副将活动构件连接起来,则这些运动副引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 。故该机构的自由度 F 为:

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

2. 计算机构自由度的注意事项

在应用式(1-1)计算机构的自由度时,必须注意以下几个问题。

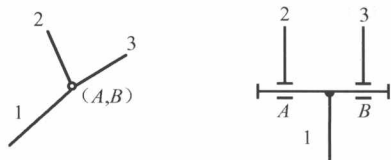


图 1-10 复合铰链

1) 复合铰链

两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 1-10 所示是三个构件在同一处构成复合铰链。构件 1 分别与构件 2、3 构成两个转动副。显然,如有 m 个构件在同一处,以转动副连接,则应有 $m-1$ 个转

动副。

2) 局部自由度

在机构中某些活动构件所具有的不影响机构输出与输入运动关系的自由度称为局部自由度。如图 1-11(a) 所示的凸轮机构, 滚子绕本身轴线的转动不影响其他构件的运动, 该转动的自由度即为局部自由度。计算时先把滚子看成与从动件连成一体, 消除局部自由度(如图 1-11(b) 所示)后, 再计算该机构的自由度。

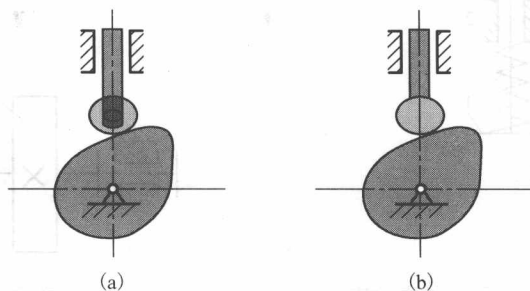


图 1-11 局部自由度

(a) 凸轮机构; (b) 消除局部自由度

局部自由度虽然不影响机构的运动规律, 但可以将高副处的滑动摩擦变为滚动摩擦, 从而减少磨损。

3) 虚约束

机构中某些运动副所引入的约束与其他运动副所起到的限制作用是一致的, 这种对运动不起独立限制作用的约束称为虚约束, 在计算自由度时应先除去虚约束。

虚约束常在下列情况下发生。

(1) 两构件上两点间的距离始终保持不变, 如图 1-12(b) 所示, 平行四边形机构 $EF \parallel AB \parallel CD$ 且 $EF = AB = CD$, 杆 5 上 E 点的轨迹与杆 3 上 E 点的轨迹重合。因此 EF 杆带进了虚约束, 计算时先将其简化成 1-12(a) 图; 如果不满足上述条件, 则 EF 杆就成为有效约束, 如图 1-12(c) 所示, 此时机构的自由度 $F=0$ 。

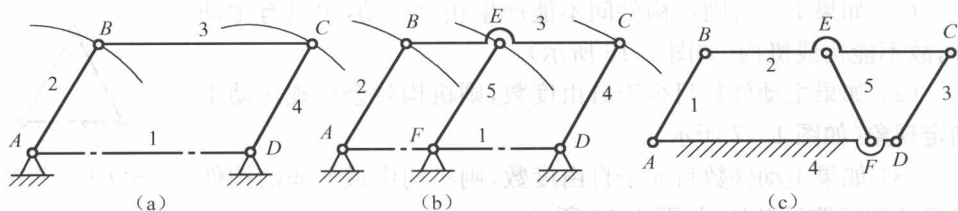


图 1-12 运动轨迹重合引入虚约束