



教育部中等专业学校规划教材

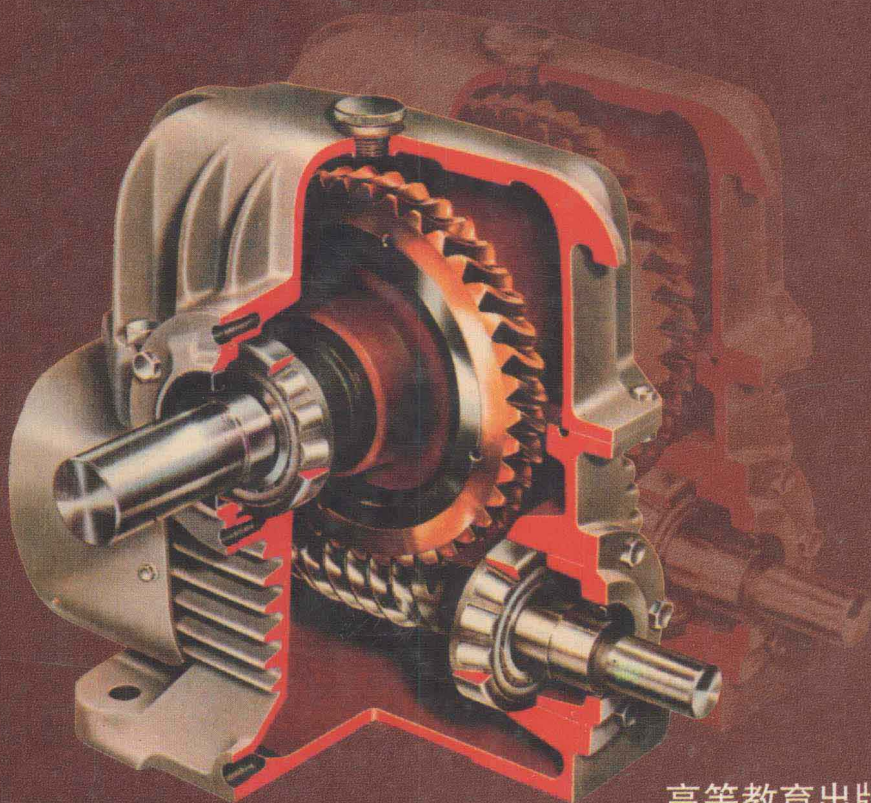
机械类专业通用

机械设计基础

(第二版)

上册

杨黎明 赵翼瀚 郝静如 编
杨黎明 主编



高等教育出版社

教育部中等专业学校规划教材

机械类专业通用

机械设计基础

(第二版)

上 册

杨黎明 赵翼瀚 郝静如 编
杨黎明 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是在《机械原理及机械零件》(第一版)的基础上修订而成的,阐述常用机构的基本知识和通用机械零件的基本设计方法。本书分上、下册出版,主要章节后附有复习思考题和习题。

本书可作为中等专业学校工科机械类专业机械设计基础课程的教材,也可供从事机械设计工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 上册/杨黎明主编.—2版.—北京:高等教育出版社,1998.12

教育部中等专业学校规划教材

ISBN 7-04-006736-6

I.机… II.杨… III.机械设计-专业学校-教材 IV.T
H122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 16997 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店上海发行所发行

江苏如皋印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 27.5 字数 680 000

1982 年 9 月第 1 版

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数 0 001—18 082

定价 21.80 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

第二版序

本书第一版是根据 1982 年中华人民共和国教育部审定的中等专业学校工科机械类专业通用的“机械原理及机械零件教学大纲(试行草案)”编写的。由于当时中等专业学校招生对象是高中毕业生,大纲规定的教学要求高了一些,所以教材部分内容偏多偏深。

为了适应中等专业学校招收初中毕业生的情况,本书根据 1987 年国家教育委员会审定的《机械原理与机械零件教学大纲》的要求,对本书第一版作了修订:

(1) 删去偏多偏深的内容。例如删去了平面连杆机构的运动分析、单油楔圆柱形向心液体动压轴承的设计计算、轴的疲劳强度安全系数校核计算等内容。

(2) 删去或简化繁琐的理论引证和数学推导。例如删去或简化了螺栓组受力计算公式,圆柱齿轮机构重合度、公法线长度计算公式,固定弦齿厚与弦齿高计算公式,齿轮机构和蜗杆机构齿面接触疲劳强度、齿根弯曲疲劳强度计算公式及变位齿轮机构无侧隙啮合方程等的推导。

(3) 为了适应机械设计方法发展的需要,增编了机械零件程序设计一章。

(4) 为了方便理论教学和课程设计,将必要的设计资料分散编入有关章节和附录,省去了机械零件手册、机械零件课程设计手册和课程设计指导书等。

参加本书修订工作的有长春大学赵翼瀚教授(第 2、3、21 章),北京机械工业学院郝静如副教授(第 22 章),北京机械工业学院杨黎明教授(其余各章及附录)。杨黎明教授任主编,并负责全书统稿工作。

郑州铁路机械学校赵祥老师对本书初稿进行了认真细致的审阅,提出了很多宝贵意见,对此表示由衷感谢。

由于编者水平有限,书中如有谬误之处,恳请读者批评指正。

编者

1997 年 10 月

上册目录

第1章 绪 论

1 机器的组成和特征	1	3 本课程的性质、任务和基本要求	4
2 本课程的研究对象和内容	3	复习思考题	4

第2章 机构的自由度及机构运动简图

1 运动副及其主要类型	5	复习思考题	12
2 平面机构运动简图	7	习题	12
3 平面机构具有确定运动的条件	8		

第3章 平面连杆机构

1 铰链四杆机构的类型及曲柄存在条件	14	4 平面连杆机构的设计方法	23
2 铰链四杆机构的演化	18	复习思考题	28
3 连杆机构的特性参数	20	习题	28

第4章 凸轮机构

1 凸轮机构的组成、特点、分类和应用	30	5 凸轮副的材料和热处理	44
2 从动件的常用运动规律及其选择	32	6 凸轮的技术要求	45
3 用图解法设计凸轮廓线	37	7 凸轮和从动件的结构	45
4 压力角、滚子半径、凸轮廓线曲率半径、 基圆半径	40	复习思考题	49
		习题	50

第5章 齿轮机构

1 齿轮机构的特点、应用和分类	52	9 蜗杆机构	83
2 齿廓啮合基本定律	52	10 渐开线圆柱齿轮展成法切齿原理简介	90
3 渐开线齿廓	55	11 根切现象与最少齿数	94
4 渐开线齿轮各部分名称、参数和 几何尺寸	59	12 渐开线圆柱齿轮的变位原理与 几何尺寸计算	94
5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的检测尺寸	64	13 直齿圆锥齿轮机构	106
6 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	67	复习思考题	111
7 渐开线标准斜齿圆柱齿轮机构	71	习题	113
8 交错轴斜齿轮机构	80		

第6章 齿 轮 系

1 齿轮系的分类	115	*7 渐开线少齿差行星齿轮减速器	128
2 定轴齿轮系传动比的计算	116	*8 摆线针轮减速器	130
3 行星齿轮系的组成和分类	119	*9 谐波齿轮传动	132
4 行星齿轮系传动比的计算	121	*10 活齿传动简介	134
5 混合齿轮系传动比的计算	124	复习思考题	135
6 齿轮系的应用	126	习题	135

第7章 其它常用机构

1 棘轮机构	138	*4 组合机构简介	154
2 槽轮机构	147	复习思考题	155
3 螺旋机构	152	习题	155

第8章 键、销 联 接

1 键联接	157	复习思考题	170
2 销联接	165	习题	170
3 滚动花键副简介	169		

第9章 螺纹联接及螺旋传动

1 螺纹的主要参数	173	*7 螺栓组的受力计算	187
2 螺纹的种类、特点和应用	174	8 螺旋传动	190
3 螺旋副的受力分析、自锁和效率	175	9 螺纹联接和螺纹零件结构要素	196
4 螺纹联接的主要类型、拧紧和防松	177	复习思考题	224
5 螺纹联接的强度计算	180	习题	224
6 螺栓组联接的结构设计	185		

第10章 带 传 动

1 带和带传动的类型、特点和应用	227	复习思考题	250
2 V带传动	227	习题	250
3 同步带传动简介	249		

第11章 链 传 动

1 链传动的特点和应用	251	4 齿形链传动简介	270
2 滚子链传动	252	复习思考题	273
3 链传动的布置和张紧	265	习题	274

第12章 齿轮传动承载能力计算

1 齿轮传动的失效形式和设计准则	275	4 齿轮的结构设计	291
2 常用齿轮材料和热处理	278	复习思考题	308
3 齿轮传动强度计算	280	习题	309

第13章 蜗杆传动承载能力计算

1 蜗杆传动的失效形式	310	4 蜗轮蜗杆的结构	316
2 普通圆柱蜗杆传动承载能力计算	310	复习思考题	323
3 蜗杆传动的效率及热平衡计算	314	习题	323

第14章 滑动轴承

1 滑动轴承的润滑状态	324	5 液体动压滑动轴承简介	335
2 滑动轴承的主要类型和结构	325	复习思考题	337
3 轴承材料和轴瓦结构	328	习题	337
4 非液体摩擦滑动轴承计算	332		

第15章 滚动轴承

1 滚动轴承的构造、代号、基本类型及特性	338	4 其他滚动轴承简介	368
2 滚动轴承的计算原理和尺寸选择	345	复习思考题	373
3 滚动轴承的组合设计	360	习题	373

第16章 联轴器和离合器

1 概述	376	简介	390
2 联轴器	377	复习思考题	391
3 离合器	383	习题	391
4 新型联轴器、电磁离合器和电磁制动器			

第17章 轴

1 轴的功用及分类	393	5 轴的强度粗略校核计算	406
2 轴的失效形式及设计准则	395	6 轴的刚度计算简介	409
3 轴的常用材料	395	复习思考题	413
4 轴的结构设计	397	习题	414

第18章 弹 簧

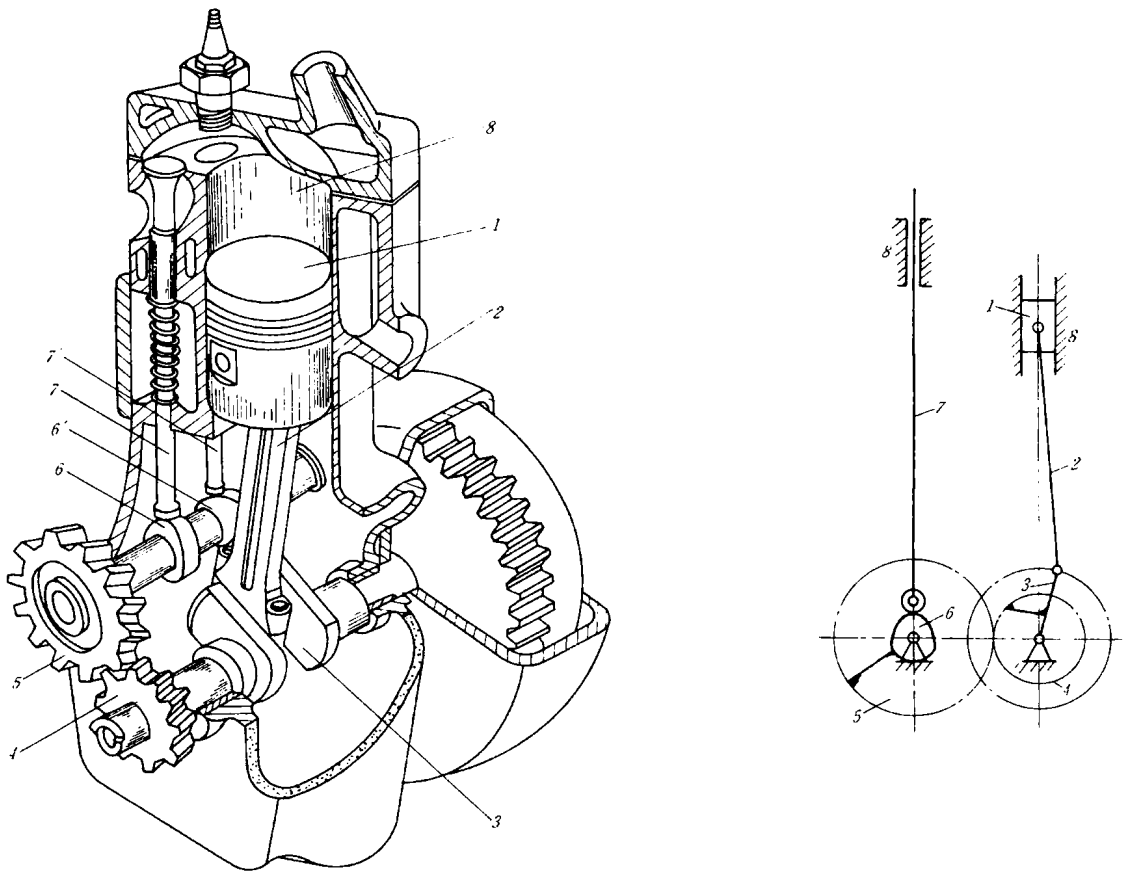
1 弹簧的功用、类型和特点	415	复习思考题	427
2 弹簧的材料和许用应力	417	习题	427
3 圆柱形螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	418		

第 1 章 绪 论

人们在日常生活和生产活动中已经见过或用过不少机器,如缝纫机、洗衣机、计算机、打印机、电动机、机床、汽车发动机、汽车、拖拉机、印刷机、起重机等。虽然,机器种类繁多,构造、性能和用途各异,但它们之间却具有共同特征。下面通过对单缸内燃机和牛头刨床的分析,阐明机器的组成和特征以及零件、构件、机构等概念。

1 机器的组成和特征

1.1 机器的组成和特征



a) 轴测构造图

b) 机构运动简图

图 1-1 单缸内燃机

图 1-1 所示的单缸内燃机,是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、齿轮 4 和 5、凸轮 6 和 6'、阀杆 7 和 7'、气缸(机架)8 等构件构成的齿轮、凸轮、曲柄滑块等机构所组成。

燃气通过进气阀进入气缸 8 以后,进气阀随即关闭,点火,燃气在气缸中燃烧产生压力,推动活塞下移,活塞带动曲轴作定轴连续转动,曲轴一端接工作机,输出机械能,作有用机械功。活塞上移时,排气阀打开,排出废气。进气阀与排气阀开启与关闭时间的控制,由齿轮 4、5 和凸轮 6、6'按一定规律推动阀杆 7、7'来实现。在工作过程中,内燃机各构件具有协调配合的确定运动,活塞往复移动一次,内燃机完成一个工作循环,实现热能与机械能的转换,并完成有用机械功。

图 1-2 所示的牛头刨床,它是由电动机 1、齿轮 2 和 3、滑块 4 和 10、导杆 5、刀架 6(滑枕)、工作台 7、丝杠 8、床身 9 等构件构成的齿轮、导杆等机构所组成。

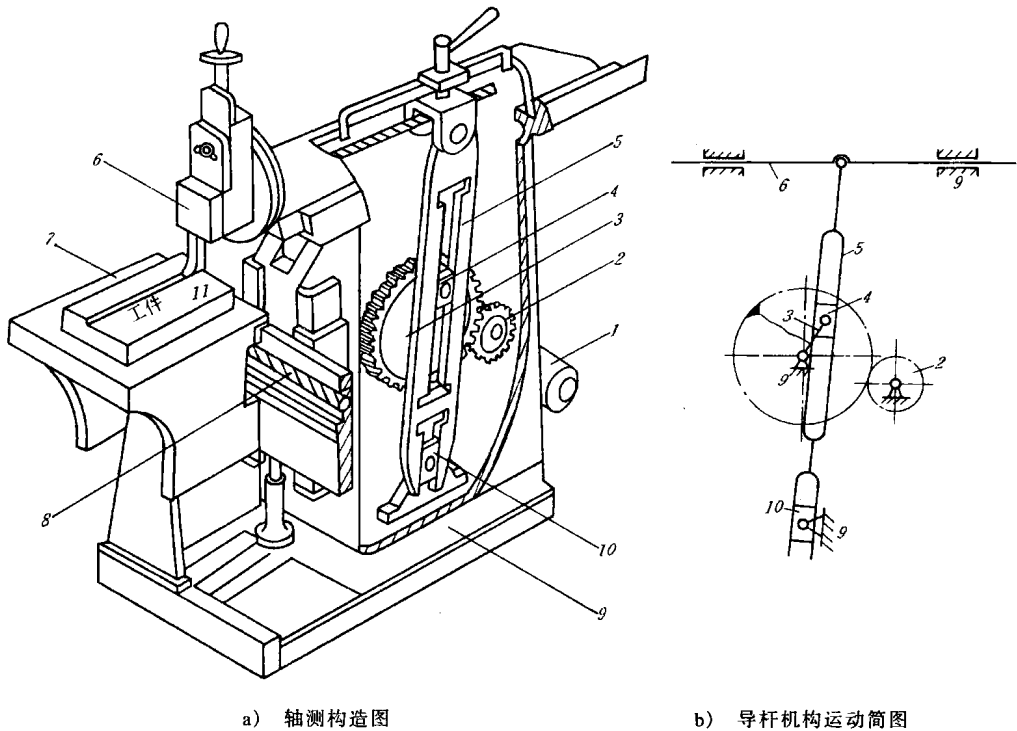


图 1-2 牛头刨床

电动机 1 通过 V 带传动(图中未画出)带动齿轮 2 和 3,作定轴转动,用铰链安装在齿轮 3 偏心销轴上的滑块 4 在导杆槽中滑动,从而带动导杆 5 绕滑块 10 的销轴摆动(滑块 10 空套在销轴上),导杆 5 带动刀架 6(滑枕)作往复直线运动,对工件 11 进行刨削。为了刨削一定宽度的工件,工作台连同工件还需作横向进给运动。横向进给运动是由齿轮、曲柄摇杆、棘轮等机构(图中未画出)带动丝杠 8 来完成的。牛头刨床在工作过程中,各构件具有协调配合的确定运动,刨刀往复运动一次,牛头刨床完成一个工作循环,实现电能与机械能的转换,并完成有用机械功。

从以上两例可知,尽管单缸内燃机和牛头刨床的类型、构造、性能和用途不同,但却具有以下

共同特征:内燃机和牛头刨床都是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。

凡具有执行机械运动、变换或传递能量、物料与信息功能的装置称为机器。

1.2 零件、构件、机构、机械、机械系统

(1) **机械零件** 机械零件是指机器的制造单元体。机械零件又分**通用零件**和**专用零件**:通用零件是指各种机器普遍用到的零件,如螺栓、螺母、键、销等;专用零件是指某种机器才用到的零件,如内燃机的曲轴、活塞等。

(2) **构件** 构件是指机构的运动单元体。构件可能是一个零件,也可能是由若干个零件组合的刚性体,如图 1-3 所示的内燃机连杆就是由连杆体 1、连杆盖 3、螺母 4 和螺栓 2 等零件组成的构件,因为组合成连杆的各零件之间没有相对运动。应当指出的是,构件间的联系不限于机械联接,而是包括电、磁、气、液等各种联系方式。

(3) **机构** 机构是用来传递运动和力、有一个构件为机架、用运动副连接起来的构件系统。例如,内燃机的主体部分称为曲柄滑块机构;传动部分称为齿轮机构;进气排气的控制部分称凸轮机构。由此可见,机器主要由机构组成。从组成角度看,机器与机构并无区别;从功能上看,机构与机器的根本区别在于机构的主要功能是传递运动和力,而机器的主要功能除传递运动和力外,还能变换或传递能量、物料与信息。因此,一台机器可以由一个机构,也可以由多个机构组成。

(4) **机械** 在工程上,通常用“机械”一词作为机器和机构的总称。

(5) **机械系统** 所谓系统是指具有特定功能,相互间具有联系的许多要素构成的一个整体。因此,机械系统就是指由若干个机器与机构及其附属装置组成的具有特定功能的系统。

一个大机械系统,可以由若干小的系统组成,大系统中的小系统常称为**子系统**。例如,牛头刨床整个传动系统就是由切削系统和进给系统两个子系统组成的。

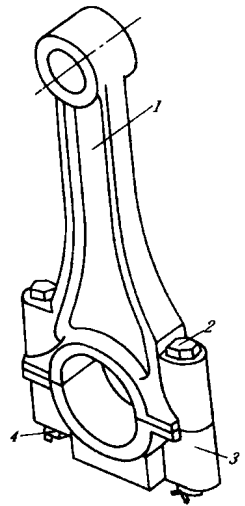


图 1-3 内燃机连杆

2 本课程的研究对象和内容

本课程内容包括机械原理与机械零件设计两部分。机械原理的研究对象是常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。研究内容包括机构的基本概念,机构的组成原理,各种常用机构的运动和动力特性及其设计原理和方法等。

机械零件设计的研究对象是通用机械零件,如螺纹联接、销联接、键联接、带传动、链传动、齿轮传动、轴、轴承、联轴器和离合器、弹簧、减速器等。研究内容包括通用零件的类型、构造、功能、材料、标准、特点、应用等基本知识以及通用零件的工作情况、受力、应力状态、失效形式的分析,设计准则,材料选择,设计方法和步骤等。

3 本课程的性质、任务和基本要求

如上所述,本课程的研究对象和内容都是在使用和设计各种机器中遇到的共性问题,因而本课程是一门机械类专业的技术基础课。它不同于普通基础课,但又是以普通基础课为基础的;同时,它不同于专业课,但又是为专业课打基础的。

本课程的任务是培养学生初步具有选用和设计常用机构、通用机械零件及设计简单机械传动装置的能力,为学习专业课程和解决生产技术问题奠定基础。

通过本课程的学习,学生应达到以下基本要求:

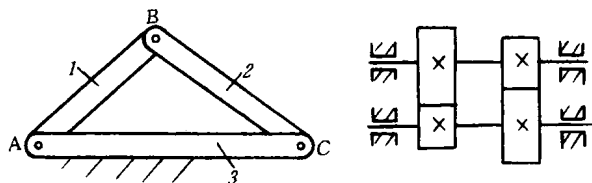
- 1) 熟悉常用机构的工作原理、特性、应用和设计方法,并具有设计常用机构的能力。
- 2) 熟悉通用机械零件的工作原理、构造、失效形式、材料、标准、应用和设计方法,并具有设计通用机械零件的能力。
- 3) 初步具有设计机械传动装置的能力。

复习思考题

- 1-1 用生活中的三个实例,说明机构具有的特征。
- 1-2 用生产中的三个实例,说明机器具有的特征。
- 1-3 用实例说明构件和零件的区别,通用零件与专用零件的区别。
- 1-4 本课程的研究对象和内容是什么?
- 1-5 本课程的性质、任务和基本要求是什么?

第 2 章 机构的自由度及 机构运动简图

如前所述,机构是由若干构件和运动副组成的构件间能够相对运动的系统。图 2-1a 所示的三杆铰接及图 2-1b 所示的两对齿轮轴,都是不能运动的构件和运动副组合体,因而不能成为机构。图 2-2 所示的五杆五铰接系统,系统中各构件间能相对运动,是机构。但是当杆件 1 按一定规律运动时,其余杆件不能获得完全确定的运动。由此可见,构件和运动副组成机构须具备一定条件才能使各构件具有确定的相对运动。研究机构各构件间具有确定运动的条件是本章要论述的重要问题。



a) 三杆铰接 b) 两对齿轮轴
图 2-1 不能运动的零件组合体

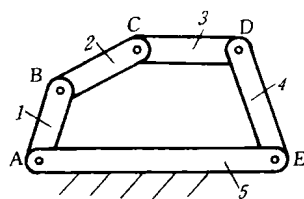


图 2-2 五杆机构

分析或设计机械时,工程界规定用有关的符号和线条绘出机构运动简图,来表示构件的运动关系。如何绘制机构运动简图,是本章要讨论的另一重要问题。

机构各构件在同一平面或相互平行平面内运动时,称为平面机构。平面机构应用广泛,本章主要研究平面机构的有关问题。

1 运动副及其主要类型

1.1 平面运动物体的自由度

机构的任意一个构件在未与其它构件组装之前,都是一个自由运动物体。如图 2-3 所示,一个在平面上运动的物体,能有三个独立运动(分别沿 x 、 y 轴的移动和绕垂直 Oxy 平面上任一轴的转动),物体能进行的独立运动数目称为物体的自由度,所以平面上自由运动的物体具有三个自由度。

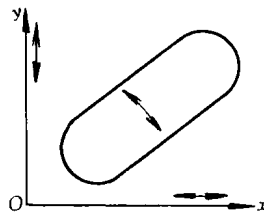


图 2-3 物体的自由度

1.2 运动副及其分类

机构中任一构件,总是以一定方式与其它构件相互接触并组成活动联接。例如,滑动轴承与轴通过圆柱面接触组成活动联接,齿轮与齿轮通过齿廓接触构成活动联接。两构件联接后,构件间的相对运动就受到约束,运动自由度就随之减少。机构正是靠着构件间的联接,约束构件间的相对运动,并使其具有确定运动的。

一般说,两构件直接接触并能保持一定形式的相对运动的联接称为运动副。显然,不仅构件是组成机构的要素,运动副也是组成机构的要素。

根据运动副对构件运动形式的约束及两构件接触方式的不同,运动副可如下分类。

1.2.1 平面运动副

若运动副只允许两构件在同一平面或相互平行平面内作相对运动,则称该运动副为平面运动副。平面运动副可分为低副和高副。

(1) 低副 两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面低副可分为转动副和移动副。

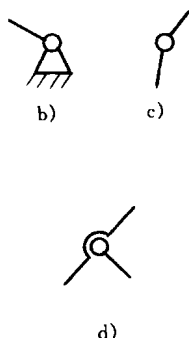
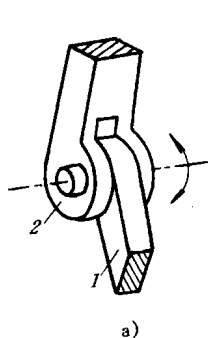


图 2-4 转动副

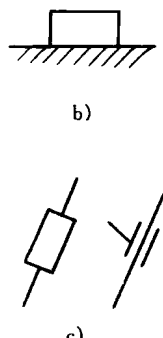
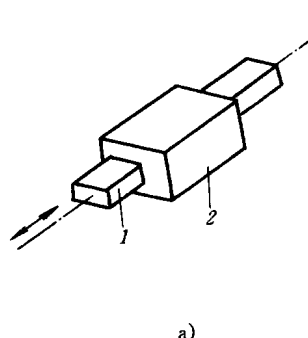


图 2-5 移动副

1) 转动副。若运动副只允许两构件作相对转动,则称该运动副为转动副,也称铰链。图 2-2 及图 2-4a 所示各构件的联接就是转动副。如果转动副的两构件之一是固定不动的,则称该转动副为固定铰链(图 2-2 的 A 和 E),其代表符号如图 2-4b 所示。若转动副两构件都是运动的,则称该转动副为活动铰链(图 2-2 的 B、C 和 D),其代表符号如图 2-4c 所示。图 2-4d 表示转动副位于两构件之一的中部。

2) 移动副。若运动副只允许两构件沿接触面某一方向相对滑移,则称该运动副为移动副。图 2-5a 所示两构件组成的运动副就是移动副,其代表符号如图 b 及图 c 所示。

(2) 高副 两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。如图 2-6 所示的凸轮 1 与从动杆 2(图 a)、齿轮 1 与齿轮 2(图 b)等的联接都是高副。其代表符号可参看例 2-1 及

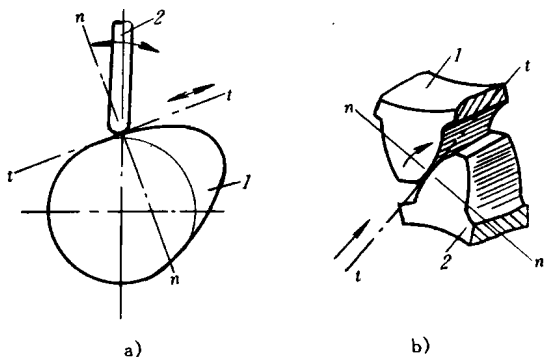


图 2-6 高副

国家标准。

1.2.2 空间运动副

若运动副允许两构件作空间相对运动,则称该运动副为空间运动副。螺旋副就是空间运动副的实例。

常用运动副的规定符号可参看国标 GB 4460 - 84。

2 平面机构运动简图

分析已有的机械或设计新机械时,为了便于研究机械的运动,工程上常用规定的符号和线条,绘出能够表达各构件相对运动关系的图形,这种图形称为机构运动简图。

绘制机构运动简图时,首先要弄清机构的实际构造和运动状况,找出原动件(驱动力作用的构件)、执行件(完成预定工作的构件)和机架(机构中视为固定不动的构件);然后沿着传动路线弄清其它构件的作用和运动副的类型。在此基础上选择能表达构件运动关系的视图平面,用运动副符号和表示构件的线条,根据机构实际尺寸,以适当的比例尺绘出机构运动简图。绘图时,机构中凡与运动无关的结构一律不要画出,以使图形简单清晰。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 2-1 试绘制图 2-7a 所示单缸内燃机的机构运动简图。

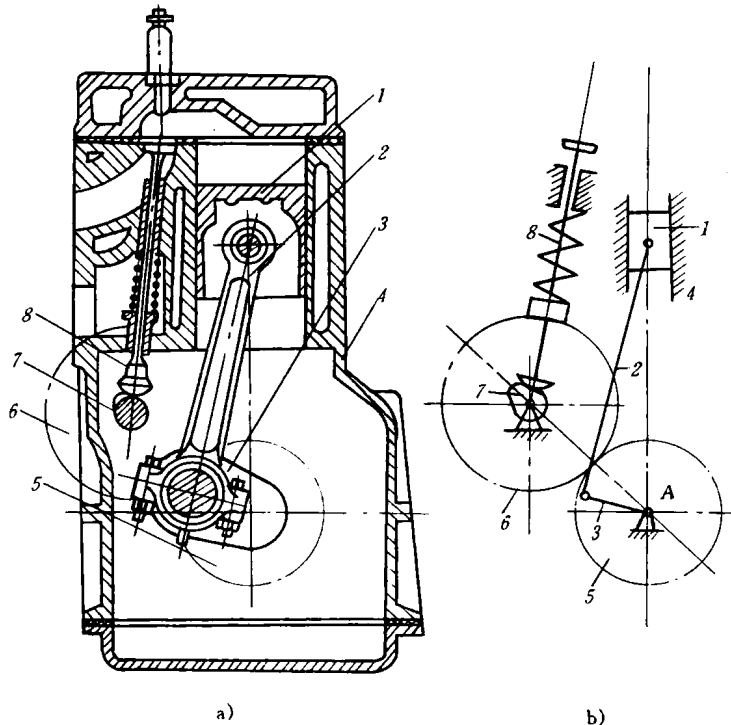


图 2-7 单缸内燃机

解 内燃机由三个机构组成。该机构运动简图绘制过程如下：

(1) 分析机构运动,找出机架、原动件、执行件和其它构件

1) 曲柄滑块机构。由缸体 4(机架)、活塞 1(原动件)、连杆 2 和曲轴 3(执行件)组成。此机构将活塞的往复直线运动转换成曲轴的回转运动。

2) 齿轮机构。由缸体 4(机架)、齿轮 5(原动件)和齿轮 6(执行件)组成。此机构将主动齿轮的转动(转速较高)转换成被动齿轮的转动(转速较低)。

3) 凸轮机构。由缸体 4(机架)、凸轮 7(原动件)和推杆 8(执行件)组成。此机构将凸轮的转动转换成推杆的间歇直线运动。

(2) 分析各构件间相对运动的性质,确定各运动副的类型和数目 曲柄滑块机构中活塞 1 与缸体 4 组成移动副,活塞 1 与连杆 2、连杆 2 与曲轴 3、曲轴 3 与缸体 4 分别组成转动副。齿轮机构中齿轮 5 与缸体 4、齿轮 6 与缸体 4 分别组成转动副,齿轮 5 与齿轮 6 组成齿轮副(平面高副)。凸轮机构中凸轮 7 与缸体 4 组成转动副,推杆 8 与缸体 4 组成移动副,凸轮 7 与推杆 8 组成凸轮副(平面高副)。

(3) 选择视图平面 一般应选择多数构件的运动所在平面或其平行平面作为视图平面,以便清楚地表达构件间的运动关系。如果一个视图平面不能将机构各部分的运动关系表达清楚,可以就不同部分分别选择视图平面,然后将各视图画在同一图面上。根据上述原则,选择垂直于曲轴回转轴线的平面作为视图平面。

(4) 选择比例尺,定出各运动副的相对位置,用构件和运动副的规定符号绘制机构运动简图 先绘出滑块导路中心线及运动副 A 的位置,然后根据构件和各运动副之间的尺寸,按选定的比例尺,用运动副及构件符号,绘出图 2-7b 所示机构运动简图。

3 平面机构具有确定运动的条件

3.1 机构的自由度概念

在图 2-8 所示的曲柄滑块机构中,如给定任一活动件一个确定的运动,例如给定滑块一个独立运动规律 $s = f(t)$,则其余构件的运动规律即可完全确定。这说明曲柄滑块机构只有一个独立运动,或者说只有一个自由度。要使该机构具有确定的运动,必须给定该机构中一个构件的运动规律。

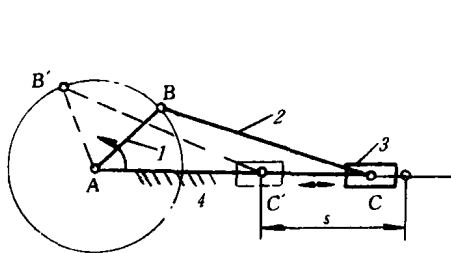


图 2-8 曲柄滑块机构

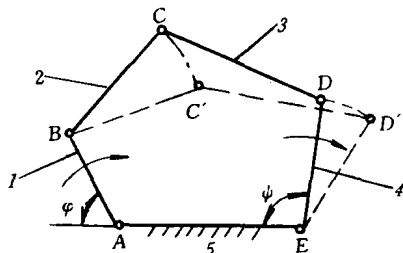


图 2-9 铰链五杆机构

又如图 2-9 所示铰链五杆机构,如果也给定任一活动件一个独立运动规律,例如给定杆 1 的运动规律 $\varphi = \varphi(t)$,此时其余构件的运动还不能完全确定,它们既可处于图中实线位置,又可

处于虚线位置或其它位置。但是,如再给定另一构件一个独立运动规律,例如给定杆 4 的运动规律 $\psi = \psi(t)$,则机构所有构件的运动就完全确定了。这说明该机构有两个独立运动,或者说有两个自由度,要使该机构具有确定的运动,必须同时给定两个独立运动规律。

如上所述,机构中各构件相对于机架所具有的独立运动的数目称为机构的自由度。机构的自由度可能是一个、两个,甚至两个以上。绝大多数机构只有一个自由度,对于这样的机构,只要使其中一个构件按给定的运动规律运动,机构其余构件的运动便可完全确定;而要使具有两个自由度机构的运动确定,就必须同时给定两个独立运动规律。其余情况依此类推。

3.2 平面机构自由度的计算

平面机构的每个构件,在未用运动副与其它构件联接之前,都有三个自由度。而在联接之后,由于运动副的约束,将失去某些自由度。平面低副(图 2-4、图 2-5)使每个被联接件失去两个自由度,保留一个自由度(相对转动或移动),即其约束数目为 2;而组成平面高副的两构件,不能沿过接触点的法线 $n-n$ 方向移动(图 2-6),但可绕接触点转动和沿接触点切线 $t-t$ 方向移动。平面高副仅使构件失去一个自由度,保留两个自由度,即其约束数目为 1。

若某机构由 N 个构件组成,除去机架(视为不动构件),机构中共有 $n = N - 1$ 个活动件。构件在联接之前,全部活动件共有 $3n$ 个自由度。而在联接之后,构件的自由度由于运动副的约束而减少。设在机构中有 P_L 个低副、 P_H 个高副,则该机构全部运动副的约束数目共有 $2P_L + P_H$ 个。如用 F 表示机构保留的自由度,则

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

F 也就是机构具有的独立运动数目。式(2-1)即为平面机构自由度的计算公式。

3.3 机构具有确定运动的条件

如前所述,要使机构具有确定的运动,则给定的独立运动的数目,必须等于机构的自由度数。由于机构中按给定规律运动的构件是机构的原动件,而原动件一般都和机架相联接,只能给定一个独立运动规律,所以,要使机构具有确定的运动,则原动件数目应等于机构的自由度 F 。

例 2-2 试计算图 2-7 所示单缸内燃机机构的自由度,并判断该机构运动是否确定。

解 该机构有六个构件:齿轮 5 与曲轴 3 组成一个构件,齿轮 6 与凸轮轴 7 组成一个构件,其余构件是活塞 1、连杆 2、推杆 8 和缸体 4(机架)。机构中共有六个低副和两个高副,即式(2-1)中 $n = 6 - 1 = 5$ 、 $P_L = 6$ $P_H = 2$,由式(2-1)求得自由度

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1$$

内燃机机构的原动件是活塞 1,因原动件数目等于机构自由度数,所以该机构具有确定的运动。

例 2-3 试计算图 2-2 所示铰链五杆机构的自由度。

解 铰链五杆机构由五个构件用五个铰链联接组成。即 $n = 5 - 1$, $P_L = 5$, $P_H = 0$,根据式(2-1)求得自由度

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 = 2$$

所以铰链五杆机构要有两个原动件机构才能有确定的运动。

3.4 计算机构自由度时应注意的事项

计算机构自由度时,常会遇到以下情况。

(1) 复合铰链 若两个以上的构件在同一处组成几个转动副,且各转动副轴线重合,则称该处联接为复合铰链。

如图 2-10a 所示,构件 1 与构件 2 和 3 组成两个轴线重合的转动副,其侧视图图 b 仅能用一个转动副符号表示。计算自由度时应当注意,在图 b 所示复合铰链处,若该复合铰链由 m 个构件组成,则联接处有 $(m-1)$ 个转动副。

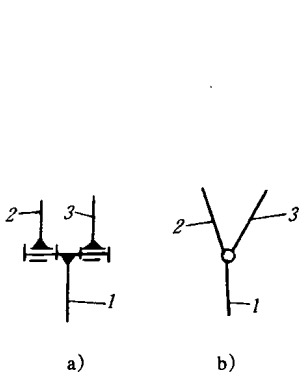


图 2-10 复合铰链

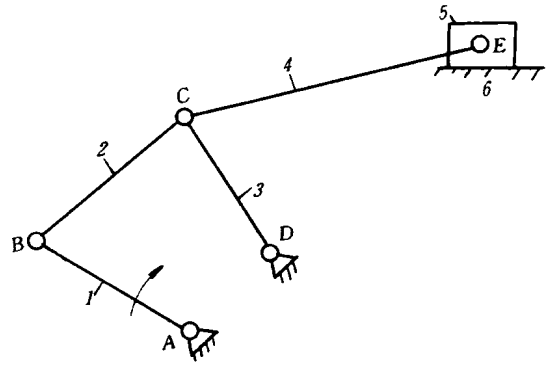


图 2-11 惯性筛机构

例 2-4 试计算图 2-11 所示惯性筛机构的自由度。

解 该机构当原动件 1 等速回转时,滑块 5 作往复直线运动。机构中有一个原动件,由 6 个构件、7 个低副 (C 处是由 3 个构件组成的复合铰链,含有 $m-1=3-1=2$ 个转动副)组成。即 $n=6-1=5, P_L=7, P_H=0$ 。自由度

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

计算时若将 C 处错算为一个转动副,则机构自由度 $F = 3 \times 5 - 2 \times 6 = 3$ 。即此机构必须有 3 个原动件才能具有确定的运动。这样就使计算结果与实际情况不符。

(2) 局部自由度 机构中某些构件所具有的不影响其余构件运动的自由度,称为局部自由度。计算机构自由度时,应将局部自由度除去不计。

例 2-5 试计算图 2-12a 所示凸轮机构的自由度。

解 该机构当原动件凸轮 1 回转时,通过滚子 2 使推杆 3 作一定规律的往复直线运动。该机构有一个原动件(凸轮 1),由 4 个构件,3 个低副和 1 个高副组成。即 $n=4-1=3, P_L=3, P_H=1$ 。自由度

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

计算结果表明,该机构应有两个原动件,显然与实际情况不符。其原因就是计入了局部自由度。试想,若将滚子 2 与推杆 3 焊成一体(图 b),从动杆 3 的运动不会发生任何变化。可见,滚子与推杆间的自由度是局部自由度。如将此局部自由度除去不计,即将滚子与推杆视为一个构件,则 n

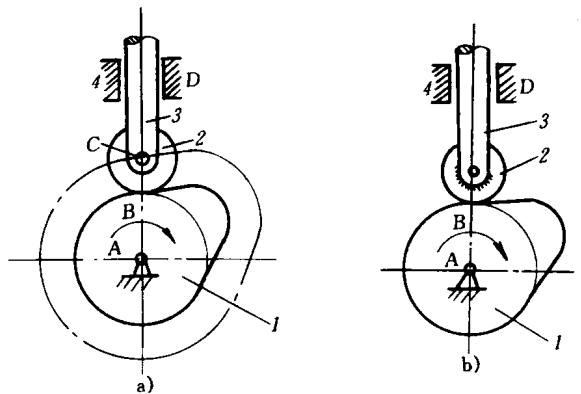


图 2-12 凸轮机构