

高等学校试用教材

机械 设计

上册

华南工学院等九院校 合编

人民教育出版社

本书共二十四章,分上、下两册出版。上册包括引言、平面机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的动态静力分析、机械中的摩擦和机械效率、机械系统动力学基础、机械的平衡、平面连杆机构、平面高副机构设计基础、凸轮机构、圆柱齿轮传动、圆锥齿轮传动等十二章。下册包括蜗杆传动、齿轮系传动、间歇运动机构和组合机构、带传动、链传动、螺纹联接及螺旋传动、轴及轴毂联接、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器、弹簧、空间连杆机构等十二章。

本书可作为高等工业学校机械类各专业的试用教材,也可供其他有关专业师生及工程技术人员参考。

高等学校试用教材

机 械 设 计

上 册

华南工学院等九院校 合编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 440,000

1980年4月第1版 1980年10月第1次印刷

印数 00,001—21,000

书号 15012·0251 定价 1.70 元

前 言

本书是根据一九七七年十二月教育部委托召开的高等学校工科基础课机械原理、机械零件、机械设计、工程热力学、传热学教材会议讨论的机械类《机械设计》编写大纲编写的。

本书在编写时注意了加强基础理论与反映现代科学技术发展的关系,在内容方面努力作到削枝强干,保留了以往教材的基本内容,同时为了适应四个现代化和科学技术发展的需要,在机械原理方面增加了平面高副机构设计基础和空间连杆机构两章,并且增强了解析法;在机械零件方面对齿轮传动、带传动、链传动和滚动轴承计算等均采用国际标准化组织(ISO)所推荐的设计计算方法。在本书中,机械原理和机械零件内容约各占一半,其中带有“*”号部分和小号字部分为选学内容,使用时可根据不同专业的要求适当取舍。

全书使用国际单位制(SI)和国际惯用的符号。

在采用新设计方法和国际单位制中,兼顾我国当前情况,个别地方作了适当变动,使其既符合发展要求,又适应目前状况。

本书第一、十一、十二章由华南工学院熊文修、黎庶慰、何永然编写;第二、三、四、八章由西南交通大学陈永、河北工学院谭以津编写;第五、十七章由合肥工业大学丁爵曾、郑浩然、桂长林编写;第六、九、十章由河北工学院谭以津、殷增渭、王振基编写;第七、十六、廿章由山东工学院尹长吉、张耀荣、刘永镒编写;第十三、十九章由东北工学院蔡春源、廖绿萍编写;第十四、十五章由华中工学院廖道训编写;第十八章由湖南大学罗道元、河北工学院董阳照编写;第廿一、廿二、廿四章由同济大学汪信远、喻怀正编写;第廿三章由湖南大学何季雄编写,并由华南工学院黎庶慰、熊文修负责主编。

本书于一九七九年七月在广州召开了审稿会,由成都科技大学黄贵根、何传乐和重庆大学杨玉鼎、顾仁生负责主审。参加审稿会的还有清华大学、北京钢铁学院、北京航空学院、天津大学、上海交通大学、上海工业大学、西北工业大学、陕西机械学院、太原工学院、郑州工学院、广西大学、南京工学院、大连工学院、西安交通大学等校的代表,与会同志提出了许多宝贵意见和建议,编者对此表示衷心的感谢。

在编写过程中虽然全体编写同志经过反复多次讨论和修改,但由于水平所限,特别是书中的一些新内容,教学实践次数较少,加之时间仓促,本书还会有不少缺点和错误,我们恳切地希望各兄弟院校的同志和读者给予批评指正。

编者

1979年12月

常用单位表

量	单位名称	代号	说明
长度	米, 厘米, 毫米	m, cm, mm	
质量	公斤	kg	
时间	秒, 分, 时	s, min, h	
温度	度	°C	
平面角	弧度, 度	rad, °	
面积	平方米, 平方厘米, 平方毫米	m ² , cm ² , mm ²	
体积	立方米, 立方厘米, 立方毫米	m ³ , cm ³ , mm ³	
截面轴惯性矩	四次方米, 四次方厘米, 四次方毫米	m ⁴ , cm ⁴ , mm ⁴	
转动惯量	公斤平方米	kg·m ²	
线速度	米每秒	m/s	
角速度	弧度每秒, 转每分	rad/s, rpm	
线加速度	米每秒平方	m/s ²	
角加速度	弧度每秒平方	rad/s ²	
力	牛顿	N	1N = 1(kg·m)/s ²
力矩、转矩	牛顿米	N·m	
重度	牛顿每立方米	N/m ³	
密度	公斤每立方米	kg/m ³	
应力、压强、弹性模量	帕斯卡(Pascal)	Pa	1Pa = 1N/m ² 1MPa = 10 ⁶ Pa
动力粘度	帕斯卡秒	Pa·s	
运动粘度	平方米每秒	m ² /s	
功, 能, 热量	焦耳	J	1J = 1N·m
功率	瓦特	W	1W = 1J/s
传热系数	瓦特每平方米度	W/(m ² ·°C)	

目 录

第一章 引言

§ 1-1 机械设计课程的内容、性质和任务·····1	§ 1-3 机械设计中应考虑的因素·····4
§ 1-2 机械设计的方法和一般过程·····3	§ 1-4 现代机械设计工作发展动态·····6

第二章 平面机构的结构分析

§ 2-1 机构结构分析的目的和内容·····8	§ 2-4 运动链、机构、平面机构的自由度·····12
§ 2-2 平面运动副及其分类·····8	§ 2-5 平面机构的组成和分类·····16
§ 2-3 机构运动简图·····9	

第三章 平面机构的运动分析

§ 3-1 研究机构运动分析的目的和方法·····20	§ 3-3 用直角坐标解析法进行机构运动 分析·····29
§ 3-2 用相对运动图解法求机构的速度和 加速度·····20	附录 ·····40

第四章 平面机构的动态静力分析

§ 4-1 研究机构动态静力分析的目的和 方法·····45	§ 4-3 平面机构动态静力分析的图解法·····48
§ 4-2 构件惯性力的确定·····45	*§ 4-4 平面机构动态静力分析的解析法·····52

第五章 机械中的摩擦和机械效率

§ 5-1 研究机械中摩擦的目的·····60	§ 5-5 柔韧体的摩擦·····65
§ 5-2 移动副中的摩擦·····60	§ 5-6 机械效率和自锁条件·····66
§ 5-3 螺旋副中的摩擦·····62	*§ 5-7 摩擦在机械中的应用简介·····71
§ 5-4 回转副中的摩擦·····63	

第六章 机械系统动力学基础

§ 6-1 研究机械系统动力学的目的和内容·····76	§ 6-7 具有摩擦离合器的机械系统动力 分析·····90
§ 6-2 机械系统中的阻抗力和驱动力·····76	§ 6-8 机械系统动力分析的图解法·····93
§ 6-3 等功力和等功转矩·····78	§ 6-9 飞轮工作原理·····96
§ 6-4 等能质量和等能转动惯量·····81	§ 6-10 飞轮设计方法举例·····98
§ 6-5 机械系统运动方程式·····82	
§ 6-6 机械系统动力分析的解析法·····84	

第七章 机械的平衡

§ 7-1 机械平衡的目的、分类及方法.....103	原理.....105
§ 7-2 回转构件的静平衡及静平衡法.....103	*§ 7-4 平面机构的平衡原理.....111
§ 7-3 回转构件的动平衡及动平衡机工作	

第八章 平面连杆机构

§ 8-1 概述.....117	§ 8-4 四杆机构综合的简单实例.....126
§ 8-2 平面四杆机构的主要类型及应用.....118	§ 8-5 利用位移矩阵进行平面连杆机构
§ 8-3 四杆机构的传动角和行程速比系数.....124	综合.....129

第九章 平面高副机构设计基础

§ 9-1 瞬心线和瞬心线机构.....141	§ 9-4 齿轮机构的共轭齿廓和啮合线求法.....150
§ 9-2 共轭曲线.....146	§ 9-5 欧拉-沙瓦里方程和应用.....160
§ 9-3 包络线方程式.....147	

第十章 凸轮机构

§ 10-1 概述.....165	§ 10-4 凸轮轮廓设计的图解法.....178
§ 10-2 从动件的常用运动规律及其选择.....167	§ 10-5 凸轮轮廓设计的解析法.....182
§ 10-3 凸轮机构的压力角与基圆半径.....175	*§ 10-6 高速凸轮设计简介.....190

第十一章 圆柱齿轮传动

§ 11-1 齿轮传动的类型和特点.....194	§ 11-12 变位系数的选择.....224
§ 11-2 渐开线的形成及其特性.....196	§ 11-13 渐开线变位齿轮传动的类型和
§ 11-3 圆柱齿轮各部分名称及标准齿轮尺寸计算.....197	特点.....229
§ 11-4 任意圆上的齿厚.....201	§ 11-14 内啮合渐开线齿轮传动.....230
§ 11-5 渐开线圆柱齿轮传动.....201	§ 11-15 齿轮的失效形式和材料选择.....238
§ 11-6 渐开线齿轮传动的重合度.....205	§ 11-16 齿轮传动的受力分析和计算载荷.....242
§ 11-7 渐开线齿轮传动的滑动率.....207	§ 11-17 直齿圆柱齿轮传动的强度计算.....250
§ 11-8 齿轮齿条传动.....210	§ 11-18 圆柱齿轮结构.....268
§ 11-9 齿轮范成原理.....211	§ 11-19 斜齿圆柱齿轮传动.....274
§ 11-10 标准齿轮的根切和最少齿数.....213	§ 11-20 螺旋圆柱齿轮传动简介.....287
§ 11-11 变位齿轮传动.....215	§ 11-21 圆弧齿轮传动简介.....289

第十二章 圆锥齿轮传动

§ 12-1 概述.....294	§ 12-5 直齿圆锥齿轮的变位.....299
§ 12-2 直齿圆锥齿轮的齿廓曲线.....295	§ 12-6 直齿圆锥齿轮传动的强度计算.....300
§ 12-3 直齿圆锥齿轮的各部名称和几何尺寸计算.....296	§ 12-7 圆锥齿轮的结构.....304
§ 12-4 直齿圆锥齿轮的背锥和当量齿数.....297	§ 12-8 螺旋圆锥齿轮传动简介.....307

上册主要参考书刊.....311

第一章 引 言

§ 1-1 机械设计课程的内容、性质和任务

“机器”一词的概念,人们在生产实践和日常生活中已经形成。例如:起重机、拖拉机、汽车、缝纫机、各种机床等都是机器。

为了便于从运动上分析和设计机器,通常可把机器看成是由若干机构组成。所谓“机构”,系指由两个以上构件按一定形式连接起来的构件系统,它们之间具有确定的相对运动。所以由机构组成的机器,它的各部分可以达到预期的运动要求。

如图 1-1 所示的内燃机是由机架 1、曲柄 2、连杆 3、活塞 4、阀门 5、推杆 6、凸轮 7 以及齿轮 8 和 9 组成。当燃气推动活塞 4 往复移动时,经连杆 3 使曲柄 2 作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定运动规律推动阀门,保证燃气定时进入和排出气缸。这种内燃机常被看成由两个机构组成:一是活塞-连杆-曲柄,二是齿轮-凸轮-推杆。前者将往复移动转变为连续转动,后者将连续转动转变为间歇的往复移动。

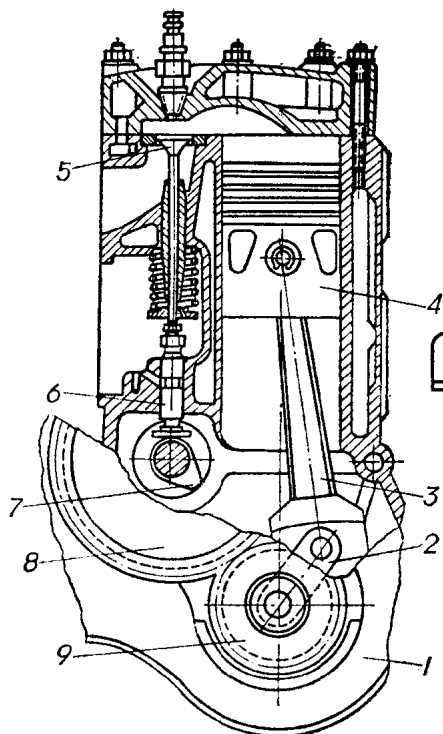


图 1-1 内燃机

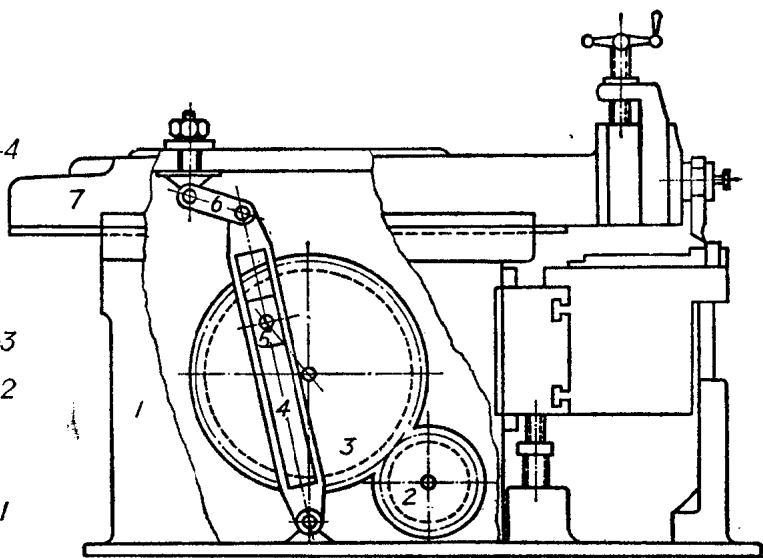


图 1-2 牛头刨床

又如图 1-2 所示的牛头刨床是由床身 1、传动齿轮 2 和 3、导杆 4、滑块 5、连杆 6、刨头 7 以及其它辅助部分(图中未表出)所组成。当电动机驱动齿轮 2、带动齿轮 3 (相当于曲柄)回转时,滑

块5推动导杆4左右摆动,再经连杆6带动刨头7带着刨刀作往复直线移动,从而使刨刀实现平面刨削加工。其中曲柄-滑块-导杆-连杆-刨头组成一个机构,它的作用是把连续转动转变为有急回作用的往复移动。至于工件的横向送进则由其它机构完成。

从上述两个例子可见,机构有两方面的用途。一是传递运动并变换运动形式。例如内燃机的活塞-连杆-曲柄所组成的机构可以把直线运动转变为回转运动,牛头刨床的曲柄-滑块-导杆-连杆-刨头所组成的机构则可以把等速回转运动转变为变速直线运动。二是传递运动并改变运动量,例如这两种机器都由齿轮机构来改变回转速度的大小和方向,以达到减速的目的。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。例如内燃机中的活塞、连杆、曲柄、机架等都是构件。为了便于分析机构,通常把支持活动构件的构件称为机架,或称固定构件。对于在运动着的机器上的机构,如机车、轮船和飞机等的机构,可取机身作为固定构件。构件可以看作是机器的运动单元。

另一方面,从结构上分析机器,可以把机器看成由若干机械零件组成。机械零件简称“零件”。例如许多机器都是由机架、螺栓、螺母、轴、轴承、齿轮等等所组成。这些都是零件。

比较复杂的机器,由零件组成部件,再由部件组成机器。例如车床就由走刀箱1、挂轮箱2、主轴箱3、刀架4、尾架5、拖板6和床身7等部件组成(图1-3)。把机器划分成若干部件,对设计、制造、运输、安装和维修都会带来方便。

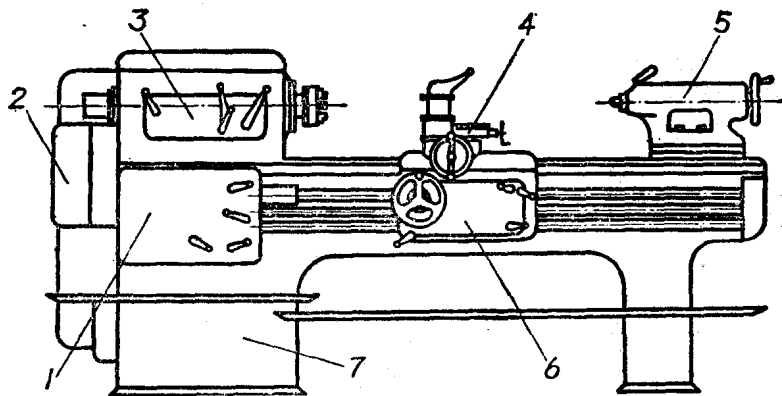


图1-3 普通车床

“机械”是个总称,习惯上包括机器和机构。

一般机器中常用的机构,称为常用机构,如齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、间歇运动机构、螺旋机构等。

一般机器都通用的零件,称为通用零件^①,如圆柱齿轮、圆锥齿轮、蜗杆及蜗轮、带和带轮、链和链轮、轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器、制动器、栓螺及螺母、链、弹簧等。只在专业机器才用的零件,称为专用零件,如船的螺旋桨和柴油机的曲轴等。

机械设计课程的主要内容包括常用机构的分析和综合(设计),通用零件的设计和选用,以及与机械设计有关的问题。对常用机构来说,主要论述其运动问题。对通用零件来说,主要论述其

^① 包括部件,下同。

工作能力问题。但是,运动问题与工作能力问题是紧密地有机联系着的。

由于机械运动总是外力作用的结果,故研究机械运动问题时必须与机械系统动力学密切联系。在研究机械系统动力学问题时,也应联系到摩擦力、机械效率、速度调节、机构平衡等问题。此外,为了系统地研究机构的分析与综合,也应了解机构的组成原理。

本课程是一门设计性质的课程。在本课程里,要综合应用到一系列先修课程的知识 and 生产实践知识。与本课程紧密地联系着的先修课程有:数学、物理、机械制图、金属材料及热处理、金属工艺学、理论力学、材料力学、公差及技术测量等。另外,本课程又为后继专业课打下专业机器设计的基础。

在我国实现农业、工业、国防和科学技术的现代化,把我国建设成为社会主义的现代化强国,是我国人民肩负的伟大历史使命。在实现四个现代化的过程中,将要建立许多新的大型工业、农业、国防工业的生产基地,新的交通运输系统,新的科学实验基地,其中必将应用为数极多的机械设备。为了提高生产率和产品质量,对原有工农业生产设备、交通运输设备等,要进行技术革命和技术改革。不论在制造新的机械设备或改革原有机械设备,都要进行大量的机械设计工作。由此可见,学习本课程与实现四个现代化有着紧密的联系。

§ 1-2 机械设计的方法和一般过程

一、机械设计方法

机械设计有多种方法,各适用于相应场合。

1. 理论设计

按照长期生产斗争和科学实验中总结出来的机器、机构或零件的现代设计理论、设计方法和实验数据进行设计,称为理论设计。这是本课程主要介绍的方法。

2. 经验设计

根据实践经验,在参考同类型机器、机构或零件的基础上进行设计,称为经验设计。经验设计虽无详尽的理论分析,但它是从实践中总结出来的,因此也有一定的实际价值。经验设计可用于设计次要的零件,或用于确定零件的次要尺寸,或用于初步拟定零件尺寸,然后进行理论计算校核。

3. 模型实验设计

对于一些比较新的或要求较高的机器、机构或零件,在目前又无比较成熟的参考资料或计算方法时,可以将初步设计出的机器、机构或零件进行模型试验,根据试验结果修改设计。

机构和零件的繁复的设计计算工作可利用电子计算机辅助进行。凡利用电子计算机处理信息,并作出决策判断,完成机器及其机构和零件的设计工作,称为计算机辅助设计(CAD)^①。由于电子计算机计算速度快,而且可以储存大量数据和资料,因此计算机辅助设计可以节省大量时间和人力。利用电子计算机也可以进行自动设计和自动制图。

^① CAD是英文Computer-aided Design的简写。

二、机械设计的一般过程

机械设计没有一成不变的过程,设计时要对具体情况进行具体分析。这里介绍一般过程如下:

1. 了解设计要求和拟定初步方案

对机械设计任务,首先应明确设计要求,然后根据设计要求进行深入调查研究,收集有关设计资料。通常应调查了解现有同类型机器的生产、使用情况和优缺点,目前机器的生产技术水平,采用先进技术的可能性,材料和标准零件的供应情况等。设计者应做到心中有数,根据设计要求初步拟定机构运动简图和机器结构方案。

2. 建立力学模型和计算主要参数

拟定初步方案之后,应根据已有理论和方法,建立尽可能与实际设计系统一致的力学模型。按此力学模型进行分析和计算以决定机器的功率和效率,机构和零件的载荷、材料选择、主要尺寸等。

3. 制图和编写说明书

为了表达设计结果,要进行制图和编写设计说明书。设计者应能熟练地绘制机械图和善于编写设计说明书。机器计算完成之后,应根据初步拟定的机器结构方案,对每一零、部件进行细致的结构设计。然后,先绘制机器或其部件装配图,再根据装配图拆绘零件图。所有装配图和零件图应具备足够的视图并注明生产上所需的全部尺寸、公差、技术条件和材料。对于计算机辅助设计和辅助加工(CAD/CAM)^①系统则可不通过图形和书面说明而将设计结果直接输入机床进行零件加工。

成批生产的机器,还要进行试生产和成品试验,根据试生产中出现的問題及成品试验结果,对设计进行修改。这项工作有时要反复进行多次,才能获得较好的成果。

因为影响设计的因素很多,它们之间又有相互依存的关系,所以实际上,具体的设计过程往往要交叉进行,反复校正,以期获得良好结果。

设计工作是一种创造性劳动,应发挥人的主观能动性,分析所有因素的辩证关系,解决主要和次要矛盾。

§ 1-3 机械设计中应考虑的因素

设计机器及其机构或零件时,往往要考虑多种因素。但各种机构或零件性能不同,工作情况也不一样,所考虑的因素应有所侧重。

机械设计中应考虑的因素:

一、运动性能和动力性能

根据机器的使用要求,从运动上确定工作原理,选择机构类型及传动方式。应以合理的机构组合来协调运动,实现预定动作。

^① CAM 是英文 Computer-aided Manufacture 的简写。

按机器工作情况, 确定输入功率、传动效率。

二、强度和刚度

零件应具备足够强度。它一般指零件在其预定寿命期间承受载荷后不致因反复工作而疲劳破坏, 不致因偶然的过载而断裂, 也不因受载以致产生过量的塑性变形。

零件应具备足够刚度。它一般指零件在受载时不产生过量的弹性变形。例如机床主轴、轧钢机的轧辊等对刚度要求较高, 这些零件如果刚度不足, 就会严重影响产品质量。

三、摩擦、磨损和润滑

不少零件在工作中彼此具有相对运动, 而且有互相接触的表面, 因之产生摩擦。例如机构中的铰链连接, 直线导轨与滑块、转轴与轴承、螺杆和螺母、相啮合的齿轮等都是常见的互相摩擦的零件。因摩擦而产生摩擦阻力和摩擦功, 将消耗能量, 降低机器效率。对大功率的机器应特别注意提高效率, 对机构应注意防止因自锁而不能运动。

作相对运动的零件, 因摩擦而产生磨损。零件的磨损导致工作性能的下降。例如齿轮齿面的磨损使齿形失去理论上要求的形状, 从而使运转不平稳; 机床主轴承的磨损将影响机床的运转精度从而增大产品的制造误差。过度磨损常为零件报废的主要原因之一。

此外, 摩擦使零件工作温度升高, 如果散热不良还会导致摩擦副烧坏。

为了减小摩擦、降低磨损以及冷却、防尘、防锈、防振等目的, 应对摩擦表面进行润滑。为了润滑应施用润滑剂, 并应具备能使润滑剂进入摩擦表面的润滑装置。

研究摩擦、磨损和润滑原理问题已形成一门新的学科, 称为摩擦学(Tribology)。

四、振动

高速机器易产生振动。由振动而产生的附加应力使零件提早破坏。振动会使机器不能正常工作或影响其产品质量。机器噪音的产生主要也由于振动。当载荷变动频率与机器固有频率相等时, 发生共振, 可能使机器迅速破坏。所以, 对于高速机器及其零件, 应进行相应的振动计算和采取措施防止机器及其零件因振动而失效。

五、工作寿命、安全操作和人机联系设计

设计机器时应拟定机器的预期工作寿命。机器中各个零件因其工作情况不同, 所以零件的预期工作寿命可与机器的预期工作寿命不一致。例如机器的寿命比较长而机器中所用轴承、传动胶带、传动链条等的寿命却要短些。

工人的安全操作和劳动保护应予以极大重视。操纵系统应简便可靠。容易错误操纵的地方可用连锁闭合装置。例如有些设备当润滑油泵未开动前机器不能启动, 因而能保证摩擦部分在工作之前就具备必要的润滑状态。

人机联系设计内容有几个方面, 其中与本课程关系较大的是关于仪表、信号显示器和操纵器等的设计问题。这些装置都应适合于人的使用, 才能保证人的工作效率。仪表的位置排列、大小、形状、颜色、显示方式等, 都与人的工作效率有关。仪表采用形象化显示方式, 较为直观, 例如高度仪可用指针上下移动表示。应注意开关、按钮、手柄、手轮等的形状。不同操纵器应有明显不同的形状, 应当做到不必用眼, 手一触及即可明确其作用。对操纵器所用的力不宜过大或过小。

过大易使人疲劳;过小则操纵器易滑移。操纵力大小最好与操纵量的大小成比例,使操纵者从操纵力中取得有关操纵量的信息。

六、经济性、工艺性、材料选用和标准化

机构或零件在满足使用要求下应结构简单、加工容易、材料价廉、维修方便、摩擦耗功较低。材料选择还应考虑到国家资源及当时供应情况。

不少种类的通用零件已有标准系列。标准系列的零件称为标准零件。标准零件在专门工厂生产,由特定设备加工,因此,生产率较高,质量较好,成本较低,又能节约原材料。使用标准零件可以减轻机器的设计工作,对制造与维修也带来很大方便。只有标准零件不能满足要求时才允许采用非标准零件。

七、其它要求

各种机器上用的机构和零件,常因其专业性质不同,而有其特殊要求。例如:机床和仪器要求长期保持精度;飞机要求重量轻、工作可靠;钻探机要求装拆方便;食品机器和纺织机器要求清洁不污染产品;核动力装置要求不污染环境。另外,在极高及极低温度下工作的机器要考虑其耐高温、低温性能;受腐蚀介质侵袭的机器要考虑其耐蚀性等。

总的来说,机械设计工作应使机器及其机构和零件在满足工作要求的前提下,尽量做到体积小、重量轻、效率高、成本低、制造容易、安全耐用、维修简便、不污染产品及环境等。从客观实际出发,尽可能采用现代先进设计方法及生产技术,同时还应考虑材料供应,标准零件使用,以及目前生产条件限制、运输安装等问题。

§ 1-4 现代机械设计工作发展动态

现代机械设计工作发展动态是多方面的,仅就其较主要者简介如下:

一、有限单元法

五十年代中期,有限单元法从结构矩阵分析法的基础上迅速发展起来。有限单元法把一整个结构看成由有限个力学小单元在有限个节点处连接而成的组合体,用有关参数来描述这些小单元的力学性质,而整个结构的力学性质就是这些有限个小单元力学特性的总合。由此建立力的平衡关系和变形的协调关系,求出结构中各单元的位移和内力,从而求解强度、刚度和稳定性。将弹性连续体分割的单元越多,越接近实际情况,计算精度也就越高。

目前,有限单元法不仅用于结构物的强度和刚度计算,同时也用于热传导及流体力学等方面的计算。在机械零件设计方面,对机架、传动齿轮、滑动轴承、汽轮机叶轮、内燃机气缸及连杆等的分析和设计,亦有采用有限单元法的。

二、断裂力学

二十年代已有人开始研究有裂纹材料的强度计算问题。到六十年代,断裂力学在实验和理论方面已经成熟。它从研究材料的断裂机理开始,探讨断裂规律,找出解决问题的方法。断裂力学是研究带有裂纹物体的固体力学。

目前断裂力学已应用于金属材料、冶炼、高压容器等方面。有些零件(如大型转子)的设计采

用断裂强度计算,有些零件(如航空发动机的重要零件)已有明确允许使用的裂纹长度,必须修理的裂纹长度和必须报废的裂纹长度的可靠数据。

三、最优化技术

最优化技术是最近十多年来迅速发展起来的一门学科。它在机械设计中应用也愈来愈广泛。设计时为获得最优设计方案,对简单问题,可以用试算法作几个方案进行比较,选择较好者。对单项目标的最优设计,可用求单一变量的导数以获得极值(极大或极小)的办法,取得最优结果。但对比较复杂的问题,必须全面考虑各种影响因素,利用某些数学工具和计算机辅助求解才能获得最优结果。

进行机构和零件最优设计时,可按工作要求和工程科学理论,并考虑生产条件及实践经验等建立起数学模型,列出目标函数与约束方程组,通过一定的数学手段求出最优参数。

四、可靠性设计

可靠性的概念沿用已久,但以往只限于定性方面。现代可靠性设计方法已包括数值量度。这种可靠性设计方法始用于五十年代,在六十年代得到很大的发展。可靠性测定中采用统计学方法。

可靠性以“可靠度”量度。可靠度指某机构或零件在规定的工作寿命期间内,在预期的应用中能正常工作的概率。

机构或零件的工作寿命是很具体的。预期应用指在特定的条件下以一定的方式工作。正常工作指具有满意性能的工作。对于具体设计,预期应用与满意工作都有适当的要求。

五、其它

弹性流体动压润滑理论是一种新发展的润滑理论。它把弹性体接触变形和高压润滑油粘度变化对流体动压润滑的影响一并考虑,得到更为精确的计算结果。弹性流体动压润滑理论已应用于某些零件的设计。

另外,对机器及其零件进行动态分析及动态设计,已日益提到重要地位。

第二章 平面机构的结构分析

§ 2-1 机构结构分析的目的和内容

常用机构的分析与综合是机械设计课程的主要内容之一。由于机构的种类繁多, 要对每种机构逐一进行研究, 是既不可能也不合适的, 因此有必要研究机构结构组成的共同规律。此外, 有时还可以按结构分类建立机构运动分析、动力分析和综合的一般方法。本章内容包括:

(1) 在进行机构分析和综合时, 为了研究的方便, 可将实际机构中与分析和综合无关的复杂外形和结构加以简化, 用机构运动简图的形式来表式。因此本章首先讨论机构运动简图绘制的方法和步骤。

(2) 研究机构的组成原理, 即探讨机构中各构件应如何组成才能获得预定的运动目的。

(3) 用图解法或解析法进行机构分析和综合时, 都可以按结构的分类方法, 建立对机构运动分析, 动力分析与综合的一般方法。

所有构件均在同一平面或平行平面内运动的机构称为平面机构。本章仅限于讨论平面机构的结构分析, 对于空间连杆机构的结构分析将在第廿四章讲述。

§ 2-2 平面运动副及其分类

机构是由两个以上构件按一定形式连接起来的系统, 各构件之间应有确定的相对运动。构件间的相对运动取决于各构件的连接形式。凡两构件直接接触, 而又能容许一定型式的相对运动的连接, 称为运动副。运动副的接触型式不同, 所容许的相对运动也不一样。两构件间用销轴和孔构成的连接称为回转副(如图 2-1a); 两构件间用滑块与导路构成的连接称为移动副(如图 2-1b); 两构件间用齿轮齿廓构成的连接称为齿轮副(如图 2-1c); 两构件间用凸轮与从动件构成的连接称为凸轮副(如图 2-1d)。

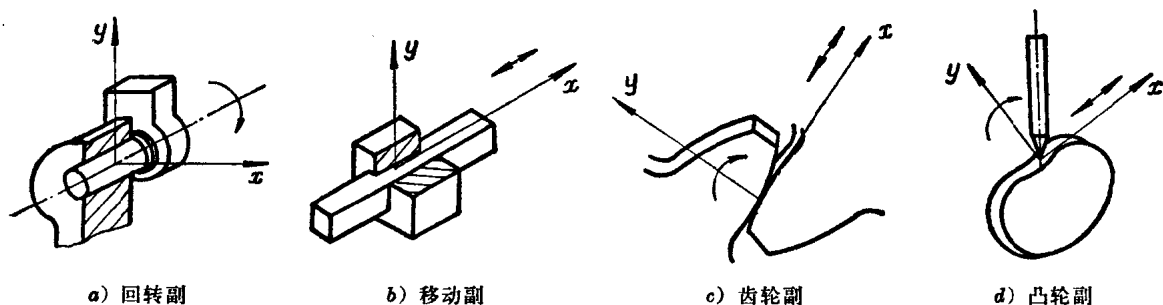


图 2-1 常见的几种平面运动副

如图 2-2 所示, 一个构件在没有任何约束条件下相对于另一构件(例如固定构件)的任意平

面运动, 可以看成由 x 方向和 y 方向的移动与在该平面的转动等三个独立运动所组成, 或者说作平面运动构件在任何一瞬间的位置可以由构件中 A 点的坐标 (x, y) 和构件上标线 AA' 的转角 φ 三个参数所决定。这种独立运动数或确定构件位置的独立参数的数目称为自由度。因此, 平面运动构件有三个自由度。

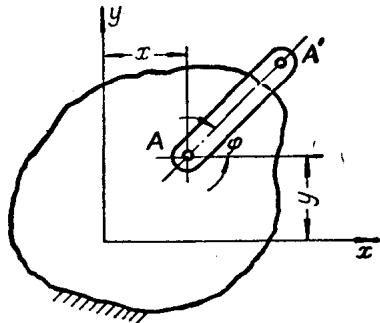


图 2-2 平面运动构件的相对运动自由度

当两构件组成运动副后, 由于相对运动受到限制, 故自由度减少, 这个减少了的自由度称为约束条件。如图 2-1a 所示, 两构件组成回转副后, 相对运动只能是转动, 即失去了 x, y 两个方向的移动自由, 故约束条件数为 2; 如图 2-1b 所示, 两构件组成移动副后, 相对运动只能是沿 x 方向的移动, 即失去了 y 方向移动和转动的自由, 故约束条件数为 2; 如图 2-1c 和 d 所示, 两构件组成齿轮副和凸轮副后, 瞬时相对运动都可以沿切线 x 方向移动和在 xy 平面内转动, 即失去了法线 y 方向的移动自由, 故约束条件数均为 1。

凡面接触的运动副称为低副, 例如回转副和移动副等, 它们都是约束条件数为 2 的运动副; 凡点或线接触的运动副称为高副, 例如齿轮副和凸轮副等, 它们都是约束条件数为 1 的运动副。

§ 2-3 机构运动简图

机构各构件之间的相对运动, 完全取决于机构的运动副数目, 运动副的类型以及构件长度, 而与构件的外形和运动副的具体结构无关。因此, 在研究机构的运动和动力特性时, 可以不考虑构件的复杂外形和运动副的具体结构, 而用简单的符号表示运动副, 并按比例用直线或曲线将同一构件的运动副连接起来表示构件。按上述方法用简单符号表示机构运动副和构件的图形称为机构运动简图。

在机构运动简图中, 运动副的表示符号如下。

1. 回转副

可用图 2-3a 表示。如果两构件之一为固定的机架, 则应把代表机架的构件画上短斜线以区别于活动构件, 如图 2-3b 所示。

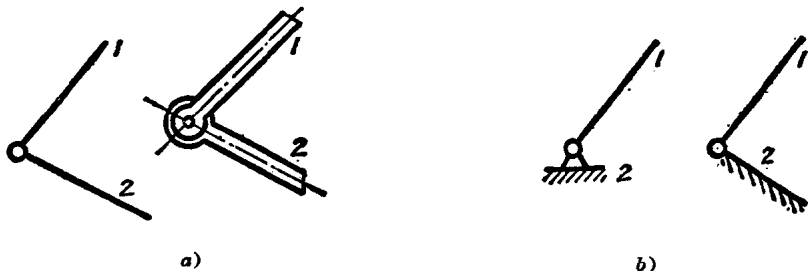


图 2-3 回转副

2. 移动副

可用图 2-4a、b、c 中的一种方法表示。

3. 凸轮副和齿轮副

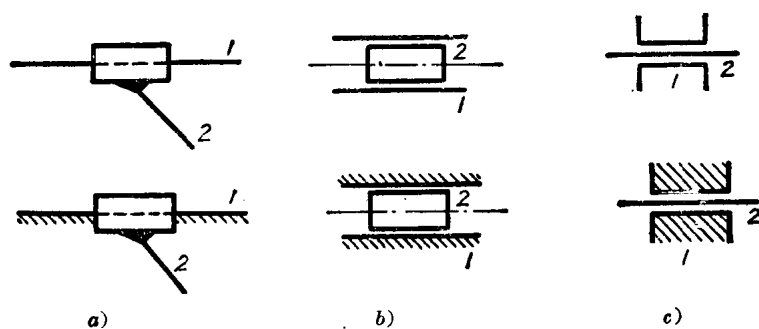


图 2-4 移动副

应当绘出其接触处构件工作廓线的形状。如图 2-5 所示为凸轮副；图 2-6 为齿轮副。

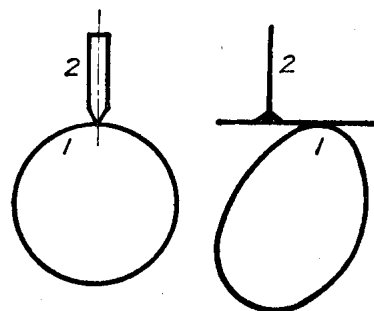


图 2-5 凸轮副

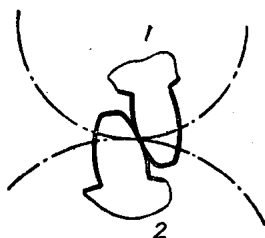


图 2-6 齿轮副

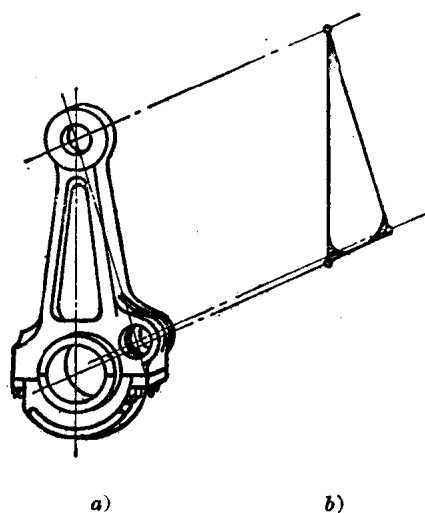


图 2-7 V 型发动机主连杆

常用机构简图所用的符号,除上述四种外,详见 GB 138-74。

具有三个或三个以上运动副的构件可用三角形或多边形表示,各运动副之间的相对位置必须与实物相符或成比例。如图 2-7a 所示的 V 型发动机主连杆,可用图 2-7b 所示的三角形表示,图中三角形的各顶点应分别与各孔中心相对应。为了表明三个回转副在同一构件上,亦可将三角形各顶点之间的夹角处涂黑(犹如焊缝画法),或将整个三角形画上剖面线(如图 2-8b)。应当注意,运动副简图稍有差异,表示的结构就完全不同。如图 2-8a、b 所示为一个构件上有三个回转副;图 2-8c 所示为两个构件上有三个回转副;图 2-8d、e 所示为一个构件上有三个回转副和一个移动副;图 2-8f 所示为三个构件上有三个回转副和一个移动副。

用上述运动副符号绘制平面机构运动简图的步骤如下:

(1) 根据机构的运动情况,找出固定构件(机架)。根据各构件间的相对运动的形式,决定连接它们的运动副类型。

(2) 选定一个与各构件运动平面相平行的平面作为绘制简图的平面,用运动副规定符号表示各运动副。

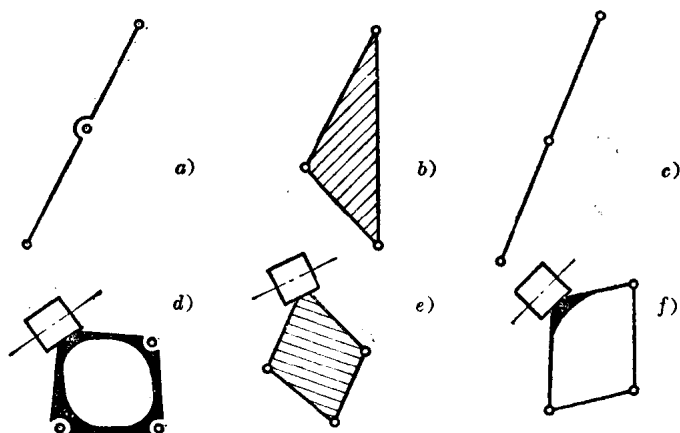


图 2-8 构件及其上运动副的一些表示法

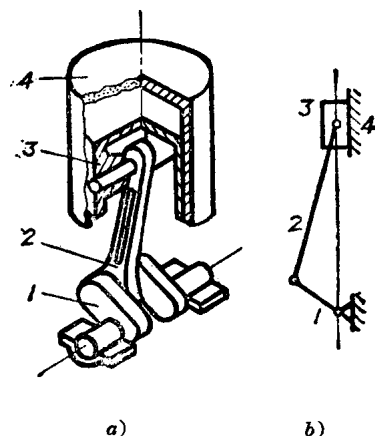
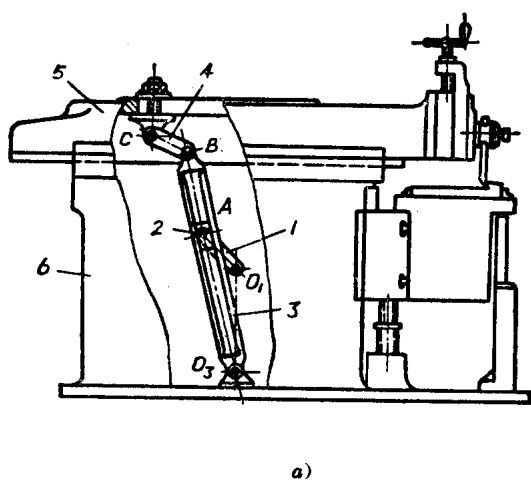


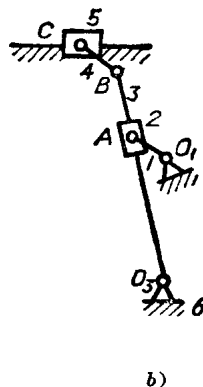
图 2-9 内燃机曲柄滑块机构的运动简图

(3) 量出各运动副间的距离和相对位置，用选定的比例尺将同一构件上的各运动副用直线或曲线连接起来，即为机构运动简图。但应注意同一构件有三个以上运动副的表示方法。

图 2-9a 所示是内燃机的曲柄滑块机构，它由四个构件组成，其中构件 4 为固定构件(机架)，构件 3 与机架组成移动副，构件 3 与构件 2、构件 2 与构件 1 各组成回转副。图 2-9b 是它的机构运动简图。



a)



b)

图 2-10 牛头刨床主机构的运动简图

图 2-10a 是牛头刨床的主机构，它是由曲柄 1、滑块 2、导杆 3、连杆 4、刨头 5 和床身 6 (机架)组成。除滑块 2 与导杆 3、刨头 5 与床身 6 组成移动副外，其余 O_1 、 O_3 、A、B、C 均为回转副的中心。图 2-10b 是它的机构运动简图。

图 2-11a 是内燃机的配气凸轮机构。它是由凸轮 1、滚子 2、从动件 3、配气阀 4 和机体 5 组成。其中除凸轮与滚子、从动件与配气阀端部组成凸轮副外，A、B、C 三点均为回转副的中心。图 2-11b 是它的机构运动简图。