

高等学校工程专科教材

机械设计基础

邓昭铭 杜志忠 主编

高等教育出版社



高等学校工程专科教材

机械设计基础

邓昭铭 杜志忠 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 简 介

本书是根据国家教委 1991 年审订的《机械设计基础课程教学基本要求》(近机类专业适用)编写的。

全书除绪论外,共十五章及两个专题。主要阐述了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理及有关的设计计算;简单介绍了机械动力学的一些基本知识;对变位齿轮传动及摩擦、磨损、润滑的实用知识作为两个专题进行了介绍。

本书考虑到高等工程专科学校的教学实际,突出专科实用性与针对性较强的特点,反映出近年来高等工程专科学校一些院校近机类专业在本门课程中的教学经验,并应用了最新国家标准。

本书可作为高等工程专科学校近机类各专业机械设计基础课程(75~100 学时左右)的教材,也可供职大、函大相应专业教学使用,还可供有关的工程技术人员参考。

高等学校工程专科教材

机械设计基础

邓昭铭 杜志忠 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 460 000

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数 0001—5 631

ISBN 7-04-004194-4/TH·333

定价 6.45 元

前 言

本书是根据1991年5月国家教委审订的高等学校工程专科《机械设计基础课程教学基本要求》编写的。其基本内容的深广度适用于高等学校工程专科近机类(75~100学时左右)各专业。

本书贯彻《机械设计基础课程教学基本要求》的指导原则,内容以培养技术应用型人才为目的,基础理论以必需、够用为度,强调基本概念,对设计计算公式的推证过程一般从简。各章普遍增加了实用性教学内容,并编写了实用性较强的习题和思考题。为了满足某些专业在生产中遇到有关机器维护、修配等问题及拓宽知识面的需要,本书编入了变位齿轮传动和摩擦、磨损与润滑两个专题。书中带*号的内容及专题,可根据各专业需要进行取舍。

本书结合专科学生特点,精选内容,作到少而精。阐述问题深入浅出,增强可读性。在内容安排上,从机械设计整体出发,将《机械原理》与《机械零件》相关内容融为一体。

考虑到教材的先进性,各章内容、图表均采用国家最新标准,并对有关最新技术成果作了简略介绍。

本书注意了培养学生查阅有关手册的能力,应与《机械零件设计手册》配合使用。

参加本书编写的有:武汉河运专科学校邓昭铭(绪论、第一、二、八、十五章及专题II);重庆钢铁专科学校陈作宾(第三、四、七章);沈阳工业高等专科学校杜志忠(第五、十一、十三、十四章及专题I);湖南轻工业专科学校余成方(第六章);哈尔滨机电专科学校陈锐芬(第九、十、十二章)。由邓昭铭、杜志忠担任主编。

本书承华中理工大学杨元山教授及洛阳建筑材料专科学校张永安副教授担任主审。主审提出了许多宝贵意见和建议,对体现专科特色和提高本书质量帮助很大,编者对此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点、错误在所难免,恳请使用本书的教师和读者批评指正。

对本书的意见请寄武汉河运专科学校机械原理及机械零件教研室。

编者

1992.9.

主要符号表

A ——面积、功	u ——齿数比、速度
a ——中心距、线加速度	V ——体积
b, B ——宽度、齿宽、轮宽	v ——速度
C ——常数、系数、滚动轴承基本额定动负荷	W ——功、抗弯剖面模量
c ——间隙系数	W_T ——抗扭剖面模量
d, D ——直径	X, Y, Z ——系数。
e ——偏心距	z ——齿数、带的根数
F ——力、自由度	α ——系数、压力角、牙型角、带轮包角
G ——力、重力、切变弹性模量	β ——角度、螺旋角、系数
f, f_v ——摩擦系数、当量摩擦系数	γ ——角度、传动角
h, H ——高度、升程、行程	δ ——转角、锥角、间隙
i ——传动比	ε ——重合度、角加速度
J ——转动惯量	η ——效率、粘度
k, K ——系数、数目	θ ——角度、极位夹角
L ——长度、寿命	λ ——角度
m ——模数、质量	μ ——比例尺
M ——弯矩、力矩	ν ——运动粘度
n ——转速、数目	ρ ——摩擦角、曲率半径
N ——力、循环次数	Σ ——轴交角、总和
P ——运动副数、功率、滚动轴承当量动负荷	σ ——正应力
p ——齿距、压强	$[\sigma]$ ——许用应力
Q ——力	τ ——切向应力
r, R ——半径	σ_e ——相当应力
s ——位移	φ ——角度
S ——安全系数	ψ ——摆角
T ——转矩、时间	ω ——角速度
t ——时间、温度	

目 录

绪论	1	§ 5 6 螺旋传动	87
§ 0-1 引言	1	习题	90
§ 0-2 机器的组成及其特征	2	第六章 齿轮传动	92
§ 0-3 机械设计的基本要求及一般程序	4	§ 6-1 齿轮传动的类型和对它的基本 要求	92
§ 0-4 “机械设计基础”课程的内容、性 质和任务	6	§ 6-2 齿廓啮合基本定律	93
第一章 平面机构的运动简图及自由度	7	§ 6-3 渐开线齿廓	96
§ 1-1 平面机构的组成	7	§ 6-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要 参数及几何尺寸	97
§ 1-2 平面机构运动简图	10	§ 6-5 渐开线齿轮的正确啮合与连续 传动	101
§ 1-3 平面机构的自由度	13	§ 6-6 渐开线齿轮的加工方法及根切 现象	104
习题	19	§ 6-7 轮齿的失效和齿轮的材料	107
第二章 平面连杆机构	22	§ 6-8 标准直齿圆柱齿轮传动的强度 计算	110
§ 2-1 概述	22	§ 6-9 斜齿圆柱齿轮传动	125
§ 2-2 铰链四杆机构的基本型式及其 演化	23	§ 6-10 直齿圆锥齿轮传动	134
§ 2-3 平面四杆机构的基本特性	28	§ 6-11 齿轮的结构设计及齿轮传动的 润滑	138
§ 2-4 平面四杆机构的设计	35	习题	142
* § 2-5 平面多杆机构简介	38	第七章 蜗杆传动	145
习题	40	§ 7-1 蜗杆传动的特点和类型	145
第三章 凸轮机构	43	§ 7-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	146
§ 3-1 凸轮机构的应用和分类	43	§ 7-3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	151
§ 3-2 常用的从动件运动规律	46	§ 7-4 蜗杆传动的强度计 算	153
§ 3-3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	51	§ 7-5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡 计算	155
§ 3-4 设计凸轮机构应注意的问题	55	习题	159
习题	59	第八章 齿轮系和减速器	161
第四章 间歇运动机构	61	§ 8-1 齿轮系的分类	161
§ 4-1 棘轮机构	61	§ 8-2 定轴齿轮系传动比的计算	163
§ 4-2 槽轮机构	63	§ 8-3 行星齿轮系传动比的计算	165
§ 4-3 不完全齿轮机构	66	* § 8-4 几种特殊的行星传动简介	172
§ 4-4 凸轮式间歇机构	67	§ 8-5 减速器	176
习题	68	习题	179
第五章 螺纹联接与螺旋传动	69	第九章 带传动	182
§ 5-1 机械制造中常用螺纹	69	§ 9-1 概述	182
§ 5-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	72		
§ 5-3 螺纹联接的基本类型及其预紧和 防松	75		
§ 5-4 螺栓联接的强度计算	80		
§ 5-5 螺纹联接件的材料和许用应力	84		

§ 9-2 V 带和带轮.....	183	§ 12-4 轴毂联接.....	255
§ 9-3 带传动的受力和应力分析.....	188	习题.....	259
§ 9-4 带传动的弹性滑动和传动比.....	190	第十三章 联轴器和离合器	261
§ 9-5 普通V 带传动的设计.....	191	§ 13-1 联轴器.....	261
§ 9-6 带传动的张紧和维护.....	199	§ 13-2 离合器.....	265
习题.....	201	§ 13-3 联轴器、离合器的选择与维护.....	268
第十章 链传动	202	习题.....	270
§ 10-1 概述.....	202	第十四章 弹簧	271
§ 10-2 滚子链和链轮.....	203	§ 14-1 概述.....	271
§ 10-3 链传动的运动特性.....	207	§ 14-2 弹簧的材料和许用应力.....	272
§ 10-4 滚子链传动的设计计算.....	208	§ 14-3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计	
§ 10-5 链传动的布置、张紧和润滑.....	212	计算.....	274
习题.....	214	习题.....	279
第十一章 轴承	215	第十五章 机械的平衡及调速	280
§ 11-1 滚动轴承的构造和类型.....	215	§ 15-1 机械平衡的目的、分类及方法.....	280
§ 11-2 滚动轴承的代号.....	218	§ 15-2 回转件的平衡.....	281
§ 11-3 滚动轴承的寿命计算.....	219	* § 15-3 平面机构的静平衡.....	285
§ 11-4 滚动轴承的组合设计.....	227	§ 15-4 机械速度波动的调节.....	287
§ 11-5 滚动轴承的维护与使用.....	231	习题.....	291
§ 11-6 滑动轴承概述.....	233	专题 I 变位直齿圆柱齿轮传动	292
§ 11-7 滑动轴承的结构和材料.....	233	§ I-1 概述.....	292
§ 11-8 滑动轴承的润滑.....	236	§ I-2 变位齿轮的切制与齿形特点.....	292
§ 11-9 非液体摩擦滑动轴承的设计计算.....	238	§ I-3 变位齿轮几何尺寸的计算.....	294
§ 11-10 滚动轴承与滑动轴承的比较.....	240	§ I-4 变位齿轮传动类型与设计.....	298
习题.....	242	专题 II 摩擦、磨损与润滑	306
第十二章 轴及轴毂联接	244	§ II-1 摩擦.....	306
§ 12-1 概述.....	244	§ II-2 磨损.....	308
§ 12-2 轴的结构设计.....	246	§ II-3 润滑.....	311
§ 12-3 轴的设计计算.....	249	主要参考文献	316

绪 论

§ 0-1 引 言

在现代生产活动和日常生活中，机械起着非常重要的作用。回顾机械发展的历史，从杠杆、斜面、滑轮到起重机、汽车、拖拉机、内燃机、缝纫机、洗衣机及机械手、机器人等，都说明机械的进步，标志着生产力不断向前发展。因此，机械的发展程度无疑是国家工业水平的重要标志之一，对于现代工程技术人员在实现四个现代化的进程中，学习和掌握一定的机械设计基础知识是极为必需的。

机械的种类繁多，性能、用途各异，所以有必要从各类机器的共同特征出发，剖析其结构、研

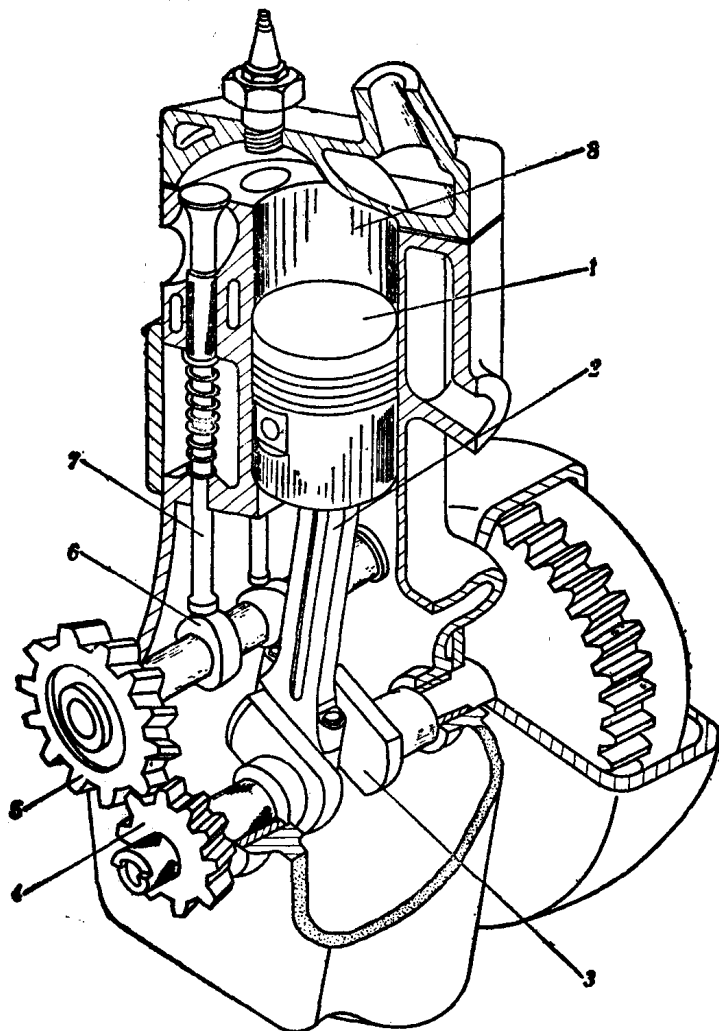


图 0-1 单缸内燃机

究其组成原理,以达到掌握、运用的目的。

§ 0-2 机器的组成及其特征

任何机器都是为实现某种功能而设计制作的。如图0-1所示的单缸内燃机,是由活塞1、连杆2、曲轴3、齿轮4与5、凸轮6、顶杆7以及气缸体8等所组成。其基本功能是使燃气在缸内经过进气—压缩—爆发—排气的循环过程,将燃气的热能不断地转换为机械能,从而使活塞的往复运动转换为曲轴的连续转动。为了保证曲轴连续转动,要求定时将燃气送入气缸和将废气排出气缸,这是通过进气阀和排气阀完成的,而进、排气阀的启闭则是通过齿轮、凸轮、顶杆、弹簧等各实物组合成一体,并协同运动来实现的。

又如图0-2所示的颚式破碎机,其主体是由机架1、偏心轴2、动颚3和肘板4等组成。偏心轴与带轮5固连,当电动机通过V带驱动带轮运转时,偏心轴则绕轴A转动,使动颚作平面运动,轧碎动颚与定颚6之间的矿石,从而作有用的机械功。

通过以上两例可知,机器具有以下共同特征:

- (1) 它们是为人为实体的组合;
- (2) 各实体间具有确定的相对运动;
- (3) 它们能代替或减轻人类的劳动,以完成有效的机械功(如颚式破碎机)或热能转换机械能(如内燃机)。

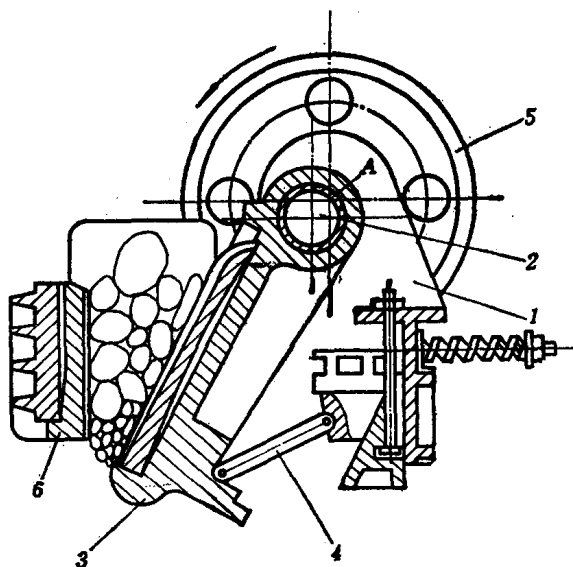


图 0-2 颚式破碎机

凡同时具有以上三个特征的称为机器;仅具备前两个特征的则称为机构。由图0-1可知,内燃机为机器,它由曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构等组成。又由图0-2可知,颚式破碎机也为机器,它由一个带轮传动机构和偏心轮机构组成。由此可见,机器主要由机构组成,但从构成和运动观点看,机器和机构并无区别。在工程上,通常以“机械”一词作为机器和机构的总称。

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能传递运动和力外,还能变换机械能或完成有用的机械功。因此,一部机器可以只有一种机构,也可以是数种机构的组合。

随着科学技术的发展,“机器”一词的含义已有所改变。对于现代机器,则可定义为:“机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息,以代替或减轻人的体力和脑力劳动。”

根据用途不同,现代机器可分为动力机器(电动机、内燃机、发电机等)、加工机器(金属切削机床、轧钢机、织布机等)、运输机器(升降机、起重机、汽车等)、信息机器(机械积分仪、记帐机等)等。

凡是在无人直接参与的前提下,能完成能量、物料和信息的整个变换过程的机器,即能按一

定程序自动完成某些生产工艺过程的单机,称为自动机,例如各种自动机床等。通过自动运输装置联接起来,且能自动完成生产过程的自动机群和控制系统的组合,则称为自动线。它在汽车、轴承、电机等大批量生产的工业部门中采用,例如轴承环、箱体等自动线。显然,机器,尤其是自动机,能较大地减轻人的劳动,提高劳动生产率。

对于机构,其含义也随着科学技术的发展而有所变化。以前人们认为机构只能由刚体所组成,现在这一观点已由液体和气体可参与运动的变换而改变。如果机构中除刚体外,液体或气体也参与运动的变换,则该机构相应称为液压机构或气动机构。

一台完整的机器一般由原动部分、传动部分和执行部分所组成。如载重汽车,作为一台完整的机器,它有:原动部分(机器动力的来源),即汽车上的内燃机;执行部分(直接完成机器预想动作的部分),即汽车的车轮;传动部分(将原动部分的运动和动力传给执行部分的中间环节),即离合器、变速箱、传动轴、差速器和半轴等。

对于自动机,除上述三部分外,还常有自动控制部分,如数控机床的数控系统等。

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。

机构中的运动单元体称为构件。所以构件具有独立的运动特性,它是运动的单元。而零件则是制造的单元。构件可以是一个零件,如图 0-3a 所示曲轴,也可由若干个相互无相对运动的零件所组成,如图 0-3b 所示的连杆,它是由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2 及螺母 4 等零件所组成。

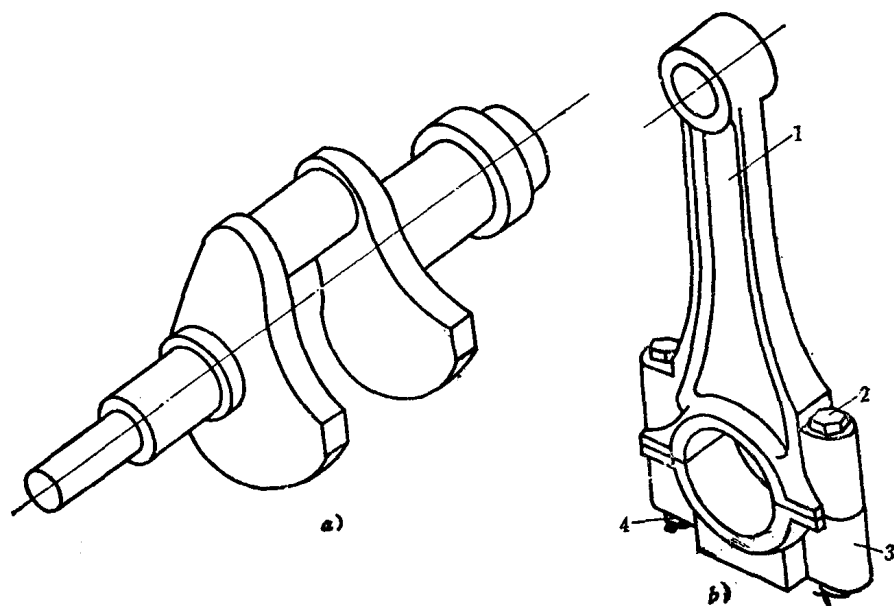


图 0-3 构件与零件

对于机器中的零件,按其功能和结构特点又可分为通用零件和专用零件。各种机械中普遍使用的零件,称为通用零件,如螺栓、齿轮、轴、弹簧等。仅在某些专门行业中才用到的零件称为专用零件,如内燃机的活塞与曲轴、汽轮机的叶片、机床的床身等。

对于一套协同工作且完成共同任务的零件组合,通常称为部件。部件亦可分为通用部件与专用部件。如:减速器、滚动轴承和联轴器等属通用部件;而汽车转向器等则属于专用部件。

组成机器不可拆卸的基本单元称为机械零件。这一术语也常用来泛指零件和部件。

§ 0-3 机械设计的基本要求及一般程序

一、机械设计的基本要求

机械的类型很多,但其设计的基本要求大致相同,主要有以下几方面:

1. 预定功能的要求

功能要求是指被设计机器的功用和性能指标。

设计机器的基本出发点是实现预定的功能要求。为此,必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案。

一般机器的预定功能要求包括:运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面。

2. 安全可靠与强度、寿命的要求

安全可靠是机器正常工作的必要条件,因此,设计的机器必须保证在预定的工作期限内能够可靠地工作,防止个别零件的破坏或失效而影响正常运行。为此,应使所设计的机器零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、耐热性、振动稳定性及其寿命等方面的要求。

3. 经济性要求

设计机器时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下尽可能做到经济合理,力求投入的费用少,工作效率高且维修简便等。

由于机器的经济性是一个综合性指标,它与设计、制造和使用等各方面有关。为此,设计者需要注意:良好的工艺性、合理地选材、尽可能实现三化(零件标准化;部件通用化;产品系列化),以最大限度地提高经济效益。

目前,价值工程方法可将产品的经济性、技术要求和功能要求统一起来,并以功能分析为中心,力求使产品具有必要的功能和最低成本,以获得最佳经济效益。价值工程这门新兴的边缘学科,将在机械设计中得到日益广泛的应用。详细内容可参阅有关文献及专著。

4. 操作使用要求

设计的机器力求操作方便,最大限度地减少工人操作时的体力和脑力消耗,改善操作者的工作环境,降低机器噪声,净化废气、废液及灰尘,使其对环境的污染和公害尽可能小。

5. 其他特殊要求

某些机器还有一些特殊要求。例如:机床应能在规定的使用期限内保持精度;经常搬动的机器(如塔式起重机、钻探机等),要求便于安装、拆卸和运输;食品、医药、纺织等机械有不得污染产品的要求等。

总之,必须根据所要设计的机器的实际情况,分清应满足的各项设计要求的主、次程度,切忌简单照搬或乱提要求。

1 4 1

二、机械设计的一般程序

机械设计没有一成不变的程序,应根据具体情况而定。这里仅介绍一般设计程序。

1. 提出和制定产品设计任务书

首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机器的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制订产品设计任务书。在设计任务书中应注明产品的用途、主要技术经济指标(生产率、能耗、重量、目标成本等)、使用条件、设计承担者和预定的设计周期等。

2. 总体方案设计

根据设计任务书,进行调查研究,了解国内外有关的技术经济信息。分析有关产品,参阅有关技术资料,并充分了解用户意见、制造厂的技术设备及工艺能力等。在此基础上确定实现预定功能的机器工作原理,拟定出总体设计方案;进行运动和动力分析,从工作原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标作适当修改,然后绘制机构简图。同时可进行液压、电器控制系统的方案设计。

3. 技术设计

在总体方案设计的基础上,确定机器各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对主要零件的工作能力进行计算,即进行机械零件设计。

机械零件设计是本课程研究的主要内容之一,其设计步骤如下:

- (1) 根据机器零件的使用要求,选择零件的类型与结构。
- (2) 根据机器的工作要求,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件(包含对零件的特殊要求,例如:耐高温、耐腐蚀等),考虑材料的性能、供应情况、经济因素等,合理选择零件的材料。
- (4) 根据零件可能出现的失效形式,确定其计算准则,并通过计算,确定零件的主要尺寸。
- (5) 根据零件的主要尺寸及工艺性、标准化等要求,进行零件的结构设计。
- (6) 绘制零件工作图,制订技术要求。

应注意,以上这些内容可在绘制总装配图、部件装配图及零件图的过程中交错、反复进行。同时进行润滑设计。然后编写设计说明书、有关的技术文件及标准件、外购件的明细表。

4. 样机的试制和鉴定

设计的机器是否能满足预定功能要求,则需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行,进行性能测试。然后便可组织鉴定,进行全面的经济评价。这主要包括动力特性审查、标准化审查、工艺审查、成本预测等。同时对设计可进行适当修改,以继续完善设计方案。必要时进行小批量生产。

5. 产品的正式投产

在样机的试制与鉴定通过的基础上,才可进行产品的正式投产。将机器的全套设计图纸(总装图、部装图、零件图、电气原理图、液压传动系统图、安装地基图、备件图等)和全套技术文件(设

计任务书、设计计算说明书、试验鉴定报告、零件明细表、产品质量标准、产品检验规范、包装运输技术条件等)提交产品定型鉴定会评审,在评审通过后,才能由有关职能部门下达任务,进行批量生产。

§ 0-4 “机械设计基础”课程的内容、性质和任务

一、课程的内容

“机械设计基础”(又称为“机械原理及机械零件”)课程主要讲述机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点,基本设计理论和计算方法,以及机器动力学中的一些问题。同时扼要地介绍国家标准和规范、某些标准零部件的选用原则与方法,以及通用零部件的一般使用维护知识。总之,本课程主要是讲述与常用机构和通用零部件设计有关的问题。

二、课程的性质

本课程是一门技术基础课。它综合运用高等数学、理论力学、材料力学、机械制图、金属工艺学、金属材料及热处理、互换性原理与技术测量、算法语言等课程的基本知识,去解决常用机构、通用零部件设计等问题。

本课程的科学性、综合性、实践性都比较强,是机械类或近机类专业的主干课之一,在相应各专业的教学计划中占有重要的地位,是培养机械或机械管理工程师的必修课。

三、课程的任务

本课程的主要任务是培养学生:

1. 掌握机构的结构、运动特性、初步具有分析和设计常用机构的能力。对机械动力学的某些基本知识有所了解。
2. 掌握通用机械零件的工作原理、结构特点、设计计算和维护等基本知识,并初步具有设计机械传动装置的能力。
3. 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。
4. 获得本学科实验技能的初步训练。

总之,通过本课程的学习,应使学生具备使用、维护和改进机械设备的基本知识和分析设备事故的基本能力。培养学生能运用手册、设计简单机械传动,为今后技术革新创造条件,并为学习有关专业机械设备课程奠定必要的基础。

第一章 平面机构的运动简图及自由度

机构的主要作用之一是传递和变换运动。然而机构中的构件任意拼凑起来是不一定能运动的。图 1-1a 是一个三构件的组合体,但各构件之间无相对运动,所以它不是机构。又如图 1-1b 所示为五构件组合体,当只给定构件 1 的运动规律时,其余构件的运动并不确定。为此,构件究竟应如何组合,才能运动?在什么条件下才具有确定的相对运动?这对分析现有机构或创新机构是很重要的。

若组成机构的所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动,则称该机构为平面机构,否则称为空间机构。实际机构一般由外形和结构都较复杂的构件组成。为了便于分析和研究机构,常用机构运动简图来表示,如图 1-1c、d 所示,图 d 为图 c 的机构运动简图。因此掌握正确地绘制机构运动简图的方法是必要的。本章仅讨论平面机构的情况。

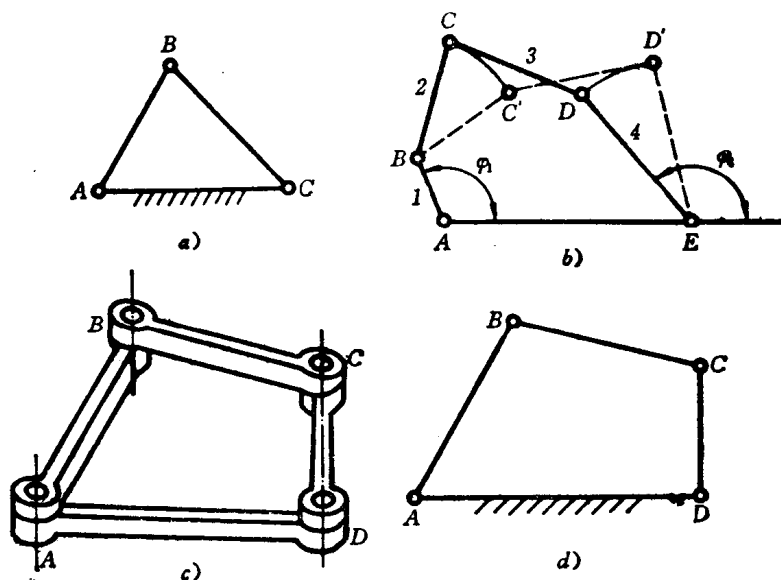


图 1-1 三、四、五构件组合体

§ 1-1 平面机构的组成

一、构件及其自由度

由前述可知,构件是机构中具有相对运动的单元体,因此它是组成机构的主要要素之一。

自由度是构件可能出现的独立运动。任何一个构件在空间自由运动时皆有六个自由度。它可表达为在直角坐标系内沿着三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动。而对于一个作平面

运动的构件,则只有三个自由度,如图 1-2 所示,构件 AB 可以在 XOY 平面内绕任一点 A 转动,也可沿 X 轴或 Y 轴方向移动。

二、约束与运动副

对物体运动的限制称为约束。机构中的构件由于相互联接,其独立运动受到约束。为此,必然失去一些自由度,但又保留一些自由度。构件失去的自由度与它受到的约束条件数相等。如:平面机构中的任一构件若都在图 1-2 中 XOY 平面内运动,则这些构件皆失去三个自由度,即受到三个公共约束(沿垂直于运动平面轴线的移动和绕 X 轴、 Y 轴的转动均被约束)。因此,当这些构件相互联接组成机构时,至少又要引入一个约束,但最多只能引入两个约束,这是因为这些构件的自由度皆为 3 的缘故。

当构件组成机构时,每个构件都以一定的型式与其它构件相互联接,且相互联接的两构件间保留着一定的相对运动。这种使两构件直接接触而又彼此有一定的相对运动的联接称为运动副。组成运动副的两构件在相对运动中可能参加接触的点、线、面称为运动副元素。显然,运动副也是组成机构的主要要素。

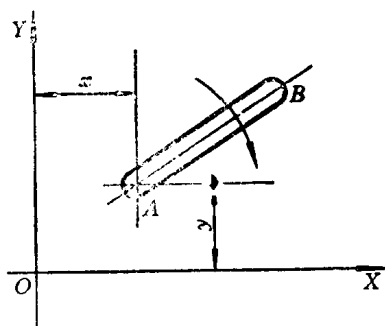


图 1-2 构件的自由度

三、运动副的分类

根据组成运动副两构件之间的接触特性,运动副可分为低副和高副。

1. 低副

两构件通过面接触形成的运动副称为低副。根据它们之间的相对运动是转动或移动,又可分为转动副和移动副。

(1) 转动副 若组成运动副的两构件之间只能绕某一轴线作相对转动,这种运动副称为转动副。由圆柱销和销孔及其两端面所构成的转动副称为铰链,如图 1-3 所示。图中有一构件(如构件 1)是固定的,称为固定铰链。若没有构件固定,则称为活动铰链。如图 0-1 所示发动机中,曲

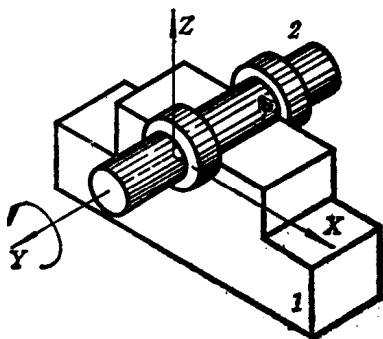


图 1-3 转动副

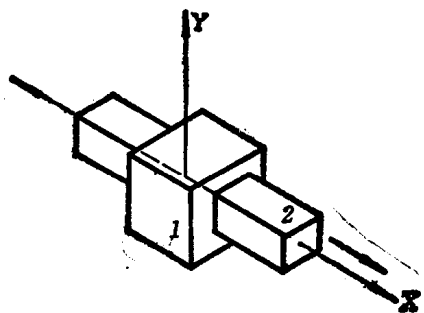


图 1-4 移动副

轴轴颈与缸体轴承座组成固定铰;活塞与连杆组成活动铰链。它们皆为转动副的一种具体形式。

(2) 移动副 若组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对直线移动,这种运动副称为移动副,如图 1-4 所示。活塞与气缸体所组成的运动副即为移动副(见图 0-1)。

由上述可知,平面机构中的低副引入两个约束,而仅保留一个自由度。

2. 高副

两构件之间通过点或线接触组成的运动副,称为高副。如图 1-5 中,凸轮 1 与从动件 2 (图 a),轮齿 1 与轮齿 2 (图 b)皆在其接触处组成高副。

在平面机构中两构件组成高副后,保留的自由度为 2。如图 1-5b 所示,轮齿 1 与轮齿 2 组成的高副中,轮齿 1 沿公法线 $n-n$ 方向的移动受到约束,而轮齿 1 相对于轮齿 2 则既可沿接触点 P 的切线 $t-t$ 方向移动,同时还可绕 P 点转动。图 1-5a 中的尖顶从动件与凸轮组成的高副,也可如此分析。由此可知,平面机构中的高副引入一个约束,而保留二个自由度。

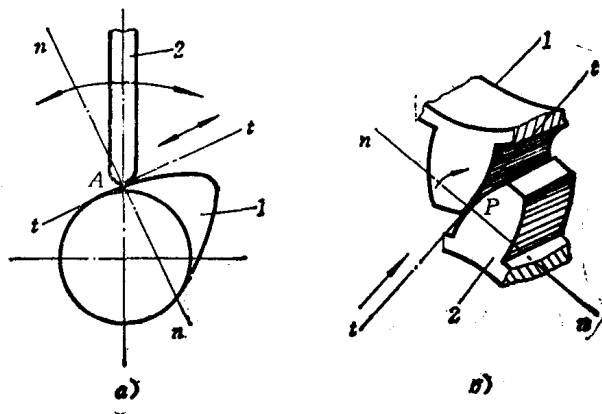


图 1-5 高副

此外,常见的运动副还有螺旋副,如图 1-6a 所示;球面副,如图 1-6b 所示。它们皆属于空间运动副,即两构件间的相对运动为空间运动。

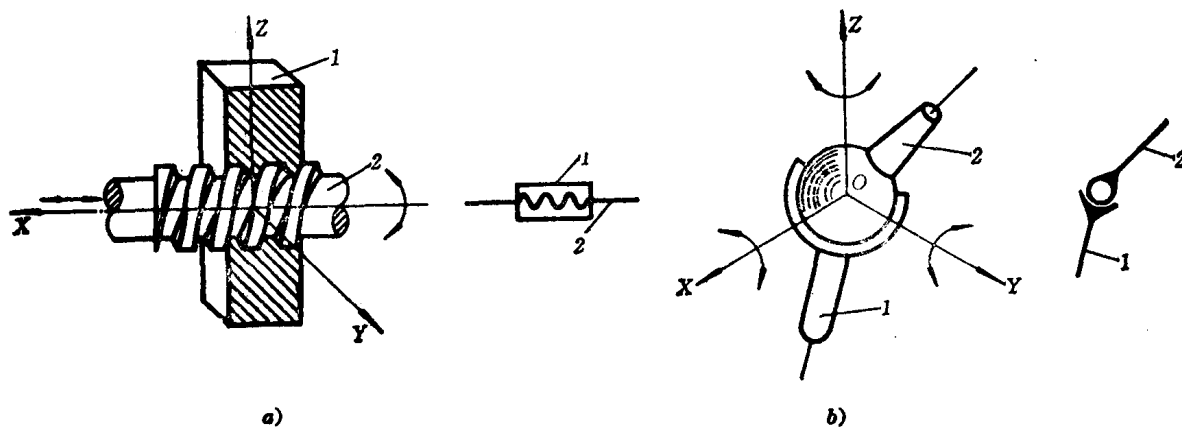


图 1-6 螺旋副与球面副

四、运动副符号

由于两构件间的相对运动仅与其直接接触部分的几何形状有关,而与构件本身的实际结构无关,为突出运动关系,以便于分析、研究,常将构件和运动副用简单的符号来表示。如图 1-7 所示,图 a 表示转动副,图 b 表示移动副,图 c 表示高副(画高副简图时,应将接触部分的外形准确画出),图 d 表示带有两个或三个运动副的活动构件,图 e 表示机架或固定件。

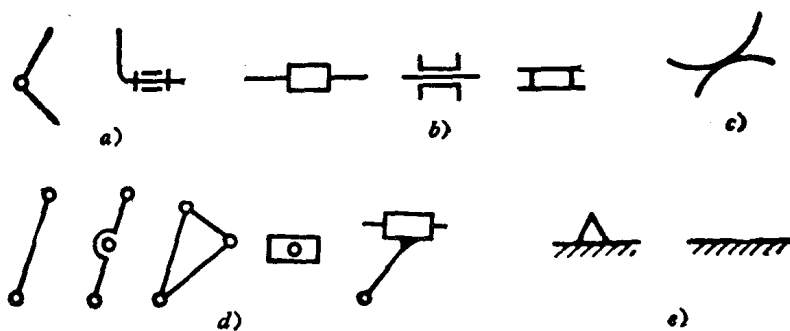


图 1-7 运动副符号

五、机构中构件的分类及组成

组成机构的构件,根据运动副性质可分为三类:

1. 固定构件(机架) 机构中固结于定参考系的构件称为固定构件。它用来支承机构中的可动构件(机构中可相对于机架运动的构件)。如:图 0-1 中的气缸体就是固定构件,它支承可动构件曲轴与活塞。并以此为参考坐标系,来研究曲轴与活塞的运动。

2. 主动件(原动件) 机构中作用有驱动力或力矩的构件,有时也将运动规律已知的构件称为原动件或主动件。如在曲柄滑块机构中的滑块与曲柄,滑块可为驱动力(矩)作用的构件;而曲柄也可作为运动规律由外界给定的构件,因此两者皆可为主动件。

3. 从动件 机构中除了主动件以外,随着主动件的运动而运动的其余可动构件皆称为从动件。如图 0-1 中当曲轴为主动件时,连杆与活塞即为从动件。它们的运动取决于曲轴的运动规律及机构的组成情况。

由此可知,机构可由机架、原动件及从动件系统(除机架与原动件外的所有从动件)所组成。

§ 1-2 平面机构运动简图

为了便于分析、研究已有的机构或设计新机构,需要首先作出能表明机构运动特征的机构运动简图。为此,介绍平面机构运动简图及其绘制方法。

一、机构运动简图与机构简图

由于机构的运动仅与机构中运动副的性质(低副或高副等)、运动副的数目及相对位置(转动