



国防特色教材·职业教育

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

● 郭桂萍 王德佩 主编 ●
周文 主审

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

机械设计基础

郭桂萍 王德佩 主编
周 文 主审

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书是为适应我国迅猛发展的高等职业教育改革而编写的,主要介绍了典型机构、基本联接等机械设计基本理论和基础知识。内容紧扣职业教育的特点,注意取材的可用性,注重培养学生应用理论知识和解决实际问题的能力。

本书可作为高职高专、成人教育机械类、近机类各专业机械设计基础课程的教材,也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郭桂萍,王德佩主编.--北京:北京航空航天大学出版社,2010.6

ISBN 978-7-81124-117-4

I.机… II.①郭…②王… III.机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV.TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第142899号

版权所有,侵权必究。

机械设计基础

郭桂萍 王德佩 主编

周 文 主审

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:13.25 字数:297千字

2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷 印数:4000册

ISBN 978-7-81124-117-4 定价:28.00元

前 言

为适应我国高等职业教育需求的迅猛发展,适应高等职业教育以服务为宗旨、以就业为导向、培养生产第一线需要的高素质技能型专门人才的需要,紧密结合高等职业教育改革与发展的需求,根据教育部或相关行业协会颁布的课程标准或教学纲要,特编写本教材。本教材结合高等职业教育的特色和“机械设计基础”课程教学的实践,既注重机械设计基础本身的科学性与系统性,又注重高等职业教育的特殊性,力求体现以下特点:

1. 遵循以应用为目的,以“必需、够用为度”的编写原则。

2. 以实用为原则,将“教、学、做”融为一体,结构体系整体优化,使学生实现由知识向能力的转化。

3. 内容简洁实用,删除繁琐的理论推导,添加生产实例,以有效激发学生的学习兴趣。

4. 克服过去高职教材机械沿用大学本科教材,理论过深、系统性过强的缺陷,注重实效,有利于培养学生理论联系实际的能力。

5. 本教材采用的工程符号、名词术语、量和单位等均为最新国家标准或国际标准,力求使用成熟、简便的设计方法和设计资料。

全书共12章,内容包括:绪论、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、带传动和链传动、齿轮传动、轮系、连接、轴、轴承、联轴器和离合器、间歇运动机构。

本教材由四川航天职业技术学院周文主审,郭桂萍、王德佩任主编,由王立波、刘增华任副主编,熊宇涛、潘启萍等参加编写。本教材在编写过程中受到四川航天技术研究院部派质量监督代表刘晓渝的大力支持,在此表示感谢。

由于时间紧迫,加之编者水平有限,如有错漏之处,恳请广大读者提出批评和改进意见。

编 者

2009年9月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 本课程研究的对象与内容	1
1.2 机械设计的基本要求与一般程序	3
1.2.1 机械零件设计的基本要求	3
1.2.2 机械设计基本要求	3
1.2.3 机械设计的一般程序	4
1.3 本学科的发展趋势	5
第 2 章 平面机构的结构分析	7
2.1 平面机构的组成	7
2.1.1 运动副的概念及分类	7
2.1.2 运动链和机构	9
2.2 平面机构的运动简图	9
2.2.1 运动副及构件的表示方法	9
2.2.2 绘制机构运动简图的步骤	11
2.3 平面机构自由度的计算	12
2.3.1 平面运动构件的自由度	12
2.3.2 平面机构自由度的计算	13
2.3.3 机构具有确定运动的条件	13
2.3.4 计算机构自由度的注意事项	14
思考题	16
第 3 章 平面连杆机构	18
3.1 铰链四杆机构的基本类型	18
3.1.1 铰链四杆机构的基本类型	18
3.1.2 平面四杆机构的演化	22
3.1.3 铰链四杆机构中存在曲柄的条件	25

3.2 平面四杆机构的基本特性	27
3.2.1 压力角和传动角	27
3.2.2 急回特性	29
3.2.3 死点	30
思考题	31
第4章 凸轮机构	33
4.1 凸轮机构的应用及分类	33
4.1.1 凸轮机构的特点及应用	33
4.1.2 凸轮机构的分类	34
4.2 凸轮机构的特性分析	36
4.2.1 凸轮机构的运动分析	36
4.2.2 常用的从动件运动规律	37
思考题	39
第5章 带传动和链传动	40
5.1 带传动的工作原理和类型	40
5.1.1 带传动的工作原理	40
5.1.2 带传动的分类	40
5.1.3 V带传动的特点及应用	41
5.2 带传动的工作情况分析	42
5.2.1 带传动的受力分析	42
5.2.2 带的弹性滑动与传动比	44
5.2.3 带传动的应力分析	45
5.3 普通V带和V带轮的结构	47
5.3.1 普通V带的结构与尺寸	47
5.3.2 普通V带轮的结构	52
5.3.3 V带传动的设计	55
5.4 带传动的张紧和维护	69
5.4.1 带传动的张紧	69
5.4.2 带传动的维护	70
5.5 链传动	71
5.5.1 滚子链与链轮	72

5.5.2 链传动的张紧、布置和润滑	76
思考题	78
第6章 齿轮传动	79
6.1 齿轮传动的特点及分类	79
6.1.1 齿轮传动的特点	79
6.1.2 齿轮传动的分类	80
6.2 渐开线直齿圆柱齿轮	82
6.2.1 渐开线的形成和性质	82
6.2.2 渐开线齿廓啮合特点	82
6.2.3 渐开线齿轮的基本参数及几何尺寸计算	84
6.3 渐开线标准直齿轮的啮合传动	89
6.3.1 渐开线标准齿轮正确啮合的条件	89
6.3.2 渐开线齿轮连续传动的条件	90
6.3.3 渐开线齿轮的标准安装	91
6.4 渐开线齿轮的切削加工方法	91
6.4.1 仿形法	91
6.4.2 展成法	92
6.5 齿轮的根切现象与最少齿数	92
6.5.1 渐开线齿轮的根切现象	92
6.5.2 渐开线标准齿轮的最少齿数	93
6.6 齿轮的失效及齿轮的材料和许用应力	93
6.6.1 齿轮的失效形式	94
6.6.2 齿轮的材料选择	96
6.6.3 许用应力	98
6.7 直齿圆柱齿轮的强度计算及设计准则	101
6.7.1 直齿圆柱齿轮的受力分析	102
6.7.2 齿面接触疲劳强度计算	102
6.7.3 齿根弯曲疲劳强度计算	103
6.7.4 齿轮传动设计参数的选择	104
6.7.5 齿轮的结构与精度	105
6.7.6 齿轮传动的设计准则与步骤	110
6.8 斜齿圆柱齿轮传动	114

6.8.1	齿廓啮合的特点	115
6.8.2	主要参数和几何尺寸	117
6.8.3	正确啮合的条件	119
6.9	直齿圆锥齿轮传动	120
6.9.1	直齿圆锥齿轮的特点和应用	120
6.9.2	主要参数和几何尺寸	121
6.9.3	正确啮合的条件	123
6.10	蜗杆传动	123
6.10.1	蜗杆传动的特点及分类	123
6.10.2	蜗杆的主要参数和几何尺寸	124
6.10.3	蜗杆传动正确啮合的条件	128
	思考题	128
第7章	轮 系	130
7.1	概 述	130
7.1.1	轮系的应用特点	130
7.1.2	齿轮系的分类	130
7.2	齿轮系传动比的计算	132
7.2.1	定轴齿轮系传动比的计算	132
7.2.2	行星轮系传动比的计算	137
7.2.3	组合齿轮系传动比的计算	138
7.3	齿轮系的应用	139
	思考题	142
第8章	联 接	145
8.1	螺纹联接	145
8.1.1	螺纹的类型与特点	145
8.1.2	螺纹的主要参数	146
8.1.3	螺纹联接的主要类型及应用	147
8.1.4	螺纹联接的拧紧与防松	148
8.2	轴毂联接	151
8.2.1	键联接	151
8.2.2	花键联接	154

8.2.3 销联接	154
思考题	155
第 9 章 轴	156
9.1 轴的作用和分类	156
9.1.1 轴的作用	156
9.1.2 轴的分类	156
9.2 轴设计的基本要求及轴的结构设计	158
9.2.1 轴设计的基本要求	158
9.2.2 轴的结构设计	158
9.2.3 轴上零件的固定	160
9.2.4 轴的制造与装配工艺要求	162
9.3 轴的强度计算	162
9.3.1 按轴的扭转强度条件计算	163
9.3.2 按轴的弯扭合成强度条件计算	163
思考题	165
第 10 章 轴 承	166
10.1 概 述	166
10.1.1 滚动轴承的组成与分类	166
10.1.2 滑动轴承的结构与分类	170
10.2 滚动轴承的代号	173
10.2.1 前置代号	173
10.2.2 基本代号	173
10.2.3 后置代号	175
10.3 滚动轴承的合理选用	175
10.4 滚动轴承的寿命计算及静强度计算	176
10.4.1 滚动轴承的主要实效形式及计算准则	176
10.4.2 滚动轴承的寿命计算	177
10.4.3 滚动轴承的当量动载荷计算	179
10.4.4 滚动轴承静强度计算	180
10.5 滚动轴承的组合设计	183
10.5.1 滚动轴承轴系支点的结构形式	183

10.5.2	滚动轴承组合的调整	185
10.5.3	滚动轴承的配合与装拆	185
10.6	滚动轴承的润滑与密封	186
10.6.1	滚动轴承的润滑	186
10.6.2	滚动轴承的密封	187
	思考题	188
第 11 章	联轴器和离合器	189
11.1	概 述	189
11.1.1	联轴器的分类	189
11.1.2	离合器的分类	190
11.2	刚性联轴器	190
11.2.1	套筒联轴器	190
11.2.2	凸缘联轴器	191
11.3	挠性联轴器	191
11.3.1	无弹性元件联轴器	191
11.3.2	弹性联轴器	194
11.4	离合器	195
11.4.1	牙嵌式离合器	195
11.4.2	摩擦式离合器	196
	思考题	197
第 12 章	间歇运动机构	198
12.1	棘轮机构	198
12.1.1	棘轮机构的组成及工作原理	198
12.1.2	棘轮机构的特点与应用	199
12.2	槽轮机构	199
12.2.1	槽轮机构的组成及工作原理	199
12.2.2	槽轮机构的特点及应用	200
12.2.3	槽轮槽数和拨盘圆柱销数的选择	200
12.3	凸轮式间歇运动机构	201
	思考题	202
	参考文献	202

第1章 绪论

1.1 本课程研究的对象与内容

“机械设计基础”顾名思义,其研究对象是机械,研究内容是有关机械的一些基本理论和设计问题。

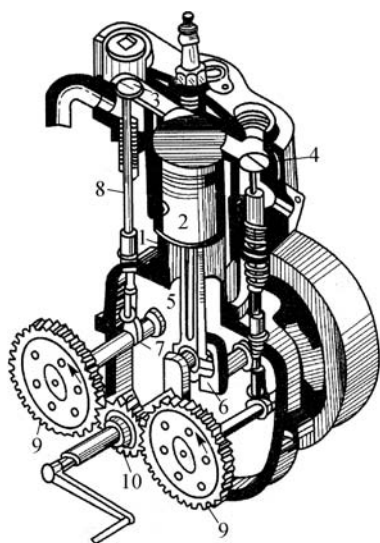
机械是人类在长期的生产实践中创造出来的技术装置。在现代生产和日常生活中,机械都起着非常重要的作用。日常生活中,人们会接触到许多机器,例如缝纫机、洗衣机、复印机、各种机床、汽车、拖拉机、起重机等。图 1-1 所示为单缸内燃机,它由气缸体、活塞、进气阀、排气阀、连杆、曲轴、凸轮、顶杆和齿轮等组成。通过燃气在气缸内的进气—压缩—做功—排气过程,使其燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能。

图 1-2 所示为颚式破碎机,由电动机、带轮、V带、偏心轴、动颚板、肘板、定颚板及机架等组成。偏心轴与带轮固连,当电动机通过 V 带驱动带轮运转时,偏心轴则绕着带轮中心轴转动,进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。

机器的种类繁多,结构形式和用途也各不相同,但总的来说机器有三个共同的特征:都是一种人为的实物组合;各部分之间具有确定的相对运动;能实现能量转换或完成有用的机械功。

机构也是人为的实物组合,各部分之间具有相对确定的运动,但它不能进行能量的转换和做有用的机械功,即机构只具备机器的前两个特征。各种机器中普遍使用的机构称为常用机构,如齿轮机构、凸轮机构、连杆机构等。在图 1-1 中 3 个齿轮组成了齿轮机构,它将曲轴的转动传递给凸轮轴,而凸轮轴和顶杆则构成凸轮机构,将凸轮轴的转动变换为顶杆的往复直线运动,保证了进气阀和排气阀有规律的启闭。由此可见,机器是由机构组成的,但从结构和运动观点来看两者并无差别,工程上统称为“机械”。

从以上分析可知,机器和机构的主要区别在于机器是为了利用机械能做有用的机械功或

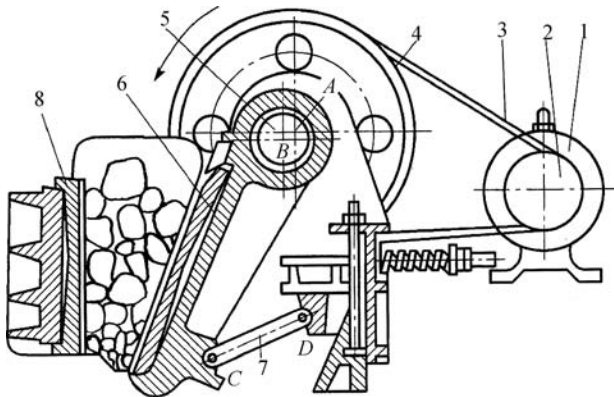


1—气缸体;2—活塞;3—进气阀;4—排气阀;
5—连杆;6—曲轴;7—凸轮;8—顶杆;9,10—齿轮

图 1-1 单缸内燃机

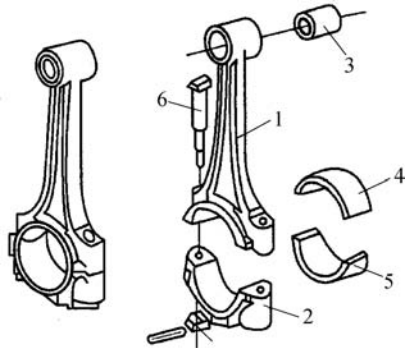
进行能量转换,而机构则是用于传递或转变运动形式。

组成机械的各个相对独立运动的实体称为构件,机械中不可拆的制造单元体称为零件。构件可以由单一零件组成,如内燃机的曲轴(参见图 1-1);也可以是由多个零件刚性的组合在一起,如内燃机的连杆。如图 1-3 所示,该连杆由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓、螺母、开口销等组成。由此可见,构件是机械中运动的单元体,零件是机械中制造的单元体。



1—电动机;2—带轮;3—V带;4—带轮(大);
5—偏心轴;6—动颚板;7—肘板;8—定颚板

图 1-2 颚式破碎机



1—连杆体;2—连杆盖;3,4,5—轴瓦;6—螺栓

图 1-3 连杆简图

零件分为两类:一类是通用零件,是各种机器中经常使用的零件,如螺栓、螺母等;另一类是专用零件,是仅在特定类型机器中使用的零件,如活塞、曲轴等。

本书研究的主要对象即是前面所述的机器中常用的机构和通用零部件。

本课程研究的主要内容是:

1. 机构的结构分析

如上所述,各种机构是本课程研究的主要对象。首先研究机构是怎样组成的,机构的组成情况对其运动的影响,以及机构具有确定运动的条件等。这些问题都是有关机构结构分析的问题。此外,为了便于更系统地研究现有机构及为创造新机构开辟途径,还需要研究机构的组成原理,并进而进行机构的结构分类;这些问题也都是机构结构分析的重要内容。与此同时,还将研究如何用简单的图形把机构的结构状况表示出来,以便据此对机构进行运动及动力分析。

2. 机构的工作原理

为系统研究现有机构及为创造新机构开辟途径,必须对机构的工作原理进行研究,了解机

构中各构件之间的相对运动特点,为机构的设计计算奠定基础。

3. 机构的运动分析

对机构进行运动分析,了解机构的运动情况,是设计新机械的必要步骤,也是合理有效地使用现有机器的理论依据。通过对机构进行运动分析,也将为研究结构的受力分析和动力学问题提供基础。本课程将介绍对机构进行运动分析的基本原理和方法。

4. 常用机构和通用零部件的设计与计算

机器的主要组成部分是各种机构。通过对机构的结构、工作原理、运动特点进行分析后,应该具备对常用机构和通用零部件的初步计算和设计能力。

1.2 机械设计的基本要求与一般程序

机械设计主要有两种方式: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机械的性能。设计质量直接关系机械产品的性能、价格及经济效益。机械零件作为机器的基本组成单元,在讨论机械设计的基本要求之前,首先应初步了解对机械零件设计的基本要求。

1.2.1 机械零件设计的基本要求

零件的工作能力是指零件在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力,对载荷而言称为承载能力。失效是指零件由于某些原因不能正常工作。只有每个零件都能可靠地工作,才能保证机器的正常运行。

工作可靠并且成本低廉是设计机械零件应满足的基本要求。

设计机械零件还必须坚持经济观点,力求综合经济效益高。为此要注意以下几点:①合理选择材料,降低材料费用;②保证良好的工艺性,减少制造费用;③尽量采用标准化、通用化设计,简化设计过程从而降低成本。

1.2.2 机械设计基本要求

虽然机械的种类繁多,但在设计机械时,都应该满足以下几个方面的基本要求:

1. 实现预定功能的要求

设计新机械主要目的就是为了实现一定的功能。因此,在设计机械时应考虑选择正确的

零件类型、机构类型、机械传动方案等,以实现预定的功能。

2. 满足可靠性的要求

可靠性要求是指在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下,机械能够正常工作的一定概率。机械的可靠性是机械的一种重要属性。

3. 满足经济性要求

经济性指标是一项综合性指标,在满足使用要求的前提下,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. 操作方便和工作安全的要求

设计出来的机械要求操作起来简便可靠,有利于减轻操作人员的劳动强度;还要有各种保险装置以消除由于误操作而引起的危险,避免人身及设备事故的发生。

5. 其他特殊要求

除了上面一些基本要求,设计出来的机械还应该具有其他一些特殊要求,如:外形美观;对环境的污染小;安装、拆卸、运输方便等。

1.2.3 机械设计的一般程序

机械设计是一项复杂、细致且科学性很强的工作。随着科学技术的发展,对设计的理解在不断地深化,设计方法也在不断地发展。近年发展起来的“优化设计”、“可靠性设计”、“有限元设计”、“模块化设计”和“计算机辅助设计”等现代设计方法已在机械设计中得到了推广与应用。即使如此,常规设计方法仍然是工程技术人员进行机械设计的重要基础,必须很好地掌握。

机械设计的一般程序可用图 1-4 来表示。

对于不同的零件和工作条件,以上这些设计步骤可以有所不同。此外,在设计过程中,这些步骤又是相互交错、反复进行的。

应当指出,在设计机械零件时往往要将较复杂的实际工作情况进行一定的简化,才能应用力学等理论解决机械零件的设计计算问题。在实际的设计过程中,设计人员应经过深入的调查研究,广泛吸取用户和工艺人员的意见,在设计、制造、安装和调试过程中及时发现问题,反复修改,以获得最优化的设计方案,最终进行产品定型。

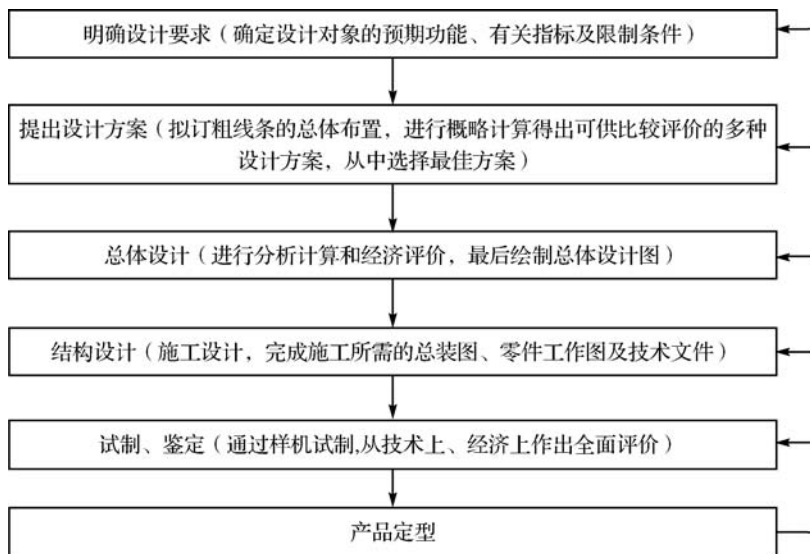


图 1-4 机械设计的一般程序

1.3 本学科的发展趋势

近年来,机械设计基础学科发生了很大变化,设计方法更科学、更完善,计算精度更高、速度更快。主要体现在以下的几个方面:

1) 基础理论得到进一步深化和扩展。过去研究问题,比较偏向于宏观方面,现已向微观方面发展。例如:摩擦学研究摩擦表面间的物理和化学性质,进一步探索薄层摩擦副的机理和计算问题;断裂力学研究微观裂纹的扩展规律,对“复活”报废零件,防范事故发生,改善结构等都起着积极作用;弹性流体动力润滑研究重载接触副的最小油膜厚度、摩擦力、摩擦温度等问题,以提高齿轮传动、滚动轴承等的寿命和可靠性。

2) 传统的机械设计偏重于零件、部件的静态设计,现正向以多种零件的综合或整机系统为对象的动态设计方向扩展。例如,研究机械系统的动力学问题对发展高速机械具有很重要的意义。

3) 为使产品设计更科学、更完善、更有市场竞争能力,新的设计方法不断出现,如优化设计、可靠性设计、系统设计、设计方法学、价值工程、造型设计、模块化设计等。

4) 由于计算机具有速度快、计算精度高、有记忆和逻辑判断功能等特点,某些设计方法如优化设计、有限元分析等得以应用。在机械设计中,还应用计算机进行程序设计、自动设计、计算机绘图、人机对话、建立程序库和数据库等先进设计手段。这些内容统称为计算机辅助设计

(CAD)。

5) 近年来,机械设计的 CAD 技术正向规模大、知识广、层次深、智能化等方面发展。除了具有一般的数值计算、绘图等功能外,还具有逻辑推理、分析综合、方案构思、决策等功能,其中还包括专家的知识 and 丰富经验,这对于创造性地提高设计质量和设计效率具有很重要的应用价值。这一技术通称为机械设计专家系统或智能机械设计。

6) 传统的机械产品正面临新的转折。机电一体化是当今世界的发展方向,我国也已将其列为机械工业技术政策的发展目标之一。机电一体化实质上是机械与电子、强电与弱电、软件与硬件、控制与信息等多种技术的有机结合,其产品具有技术先进、结构简单、工作精度高、易于实现自动化或半自动化操作、调整维修方便、产品更新换代快等特点。

7) 任何科学技术的开发,都必须通过实验验证,并提供足够的实验数据才能应用。机械设计的实验研究技术,在微观、动态的精密测量,在自动控制和监测、数据采集和处理等方面都已取得很大的进步。由于实验和理论的相互促进,对问题的认识进一步得到深化,从而促使设计水平进一步提高。

第 2 章 平面机构的结构分析

机构是机器的重要组成部分,对机构的结构进行分析对了解机器具有十分重要的意义。本章主要介绍机构的基本组成和机构在什么条件下才具备确定的运动。实际机构中的构件形状一般比较复杂,但构件的外形和结构并不影响机构的运动。为了便于研究机构的运动,就需要将具体的机器抽象成简单的运动学模型,绘制出机构运动简图。本章还将对机构运动简图的绘制和平面机构自由度的计算进行介绍。

2.1 平面机构的组成

2.1.1 运动副的概念及分类

1. 运动副的概念

机构是由许多构件以一定方式联接而成的。构件间的联接不是固定联接,而是能产生一定相对运动的联接。这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的联接称为运动副。在图 2-1 中,轴承中的滚动体与内、外圈的滚道(见图 2-1(a))、啮合中的一对齿廓(见图 2-1(b))、滑块与导槽(见图 2-1(c)),均保持直接接触,并能产生一定的相对运动,因而它们都构成了运动副。构件上参与接触的点(见图 2-1(a))、线(见图 2-1(b))、面(图 2-1(c)),称为运动副元素。

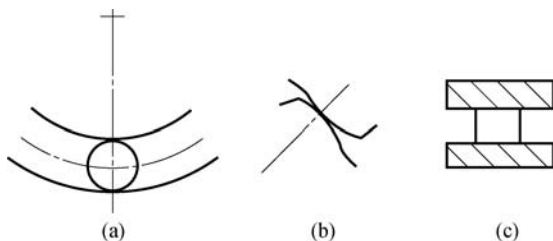


图 2-1 运动副元素

两个构件组成运动副以后,其独立运动将受到某些限制,通常将运动副对构件独立运动的限制称为约束。引入一个约束将限制构件的一个独立运动,而约束的多少及约束的特点取决于运动副的形式。