



21世纪高等职业教育规划教材
高职高专机械类专业通用技术平台精品课程教材

机械设计基础

第 四 版

主 编 吕慧瑛
副主编 曹晓明 马贵飞
主 审 周雪梅



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

21 世纪高等职业教育规划教材
高职高专机械类专业通用技术平台精品课程教材

机械设计基础

(第四版)

主 编 吕慧瑛

副主编 曹晓明 马贵飞

主 审 周雪梅

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书根据“机械设计基础”教学基本要求以及最新国家标准而编写的。全书共分成 18 章,包括:绪论,平面机构的结构分析,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,齿轮传动,蜗杆传动,齿轮系,带传动,链传动,间歇运动机构,螺纹联接与螺旋传动,轴壳联接,轴承,轴,联轴器、离合器和弹簧,机械的平衡与调速以及机械系统设计简介。各章备有一定数量的习题,以便选用。

本书可作为高职高专机械类及近机类学生机械设计(机械原理和机械零件)及机械设计基础教学用书,也可作为职工大学、成人高校等教学用书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/吕慧瑛主编. —4 版. —上海:上海交通大学出版社,2012

高职高专机械类专业能用技术平台精品课程教材

ISBN 978-7-313-01338-5

I. 机... II. 吕... III. 机械设计—高等职业教育—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 0178097 号

机械设计基础

(第四版)

吕慧瑛 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

太仓印刷厂有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.75 字数:457 千字

1994 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 4 版 2012 年 8 月第 8 次印刷

印数:2030

ISBN 978-7-313-01338-5/TH 定价:36.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:0512-53522925

前 言

本教材在《机械设计基础(第三版)》的基础上作了修订。本书第四版根据“机械设计基础”教学基本要求以及目前教学改革发展的需要编写,针对高职、高专学生工作的现状与未来,突出了以培养技能型、应用型技术人材为目标,教材中贯彻了复合性、实用性和先进性,具有较强的针对性。

本书有机融合了机械原理和机械零件课程的内容,可供机械类和近机类专业学生使用。

本教材第三版出版以来,得到了各兄弟院校的广泛关注。针对目前高职高专教学的迅速发展,以及本人多年的教学经历,对本教材作了修订。修订的内容主要涉及如下几个方面:

(1) 对教材进行了全面审视,力图使叙述更加科学、准确,对印刷中的错误进行了更正。

(2) 对某些章节部分内容进行了增删和优化,对例题和习题作了调整和补充。从而使本书更符合培养应用型人才的目标。

(3) 以近几年公布的国家标准更新了原教材中的有关内容。

参加本书修订的有:吕慧瑛(第1、12、14、15、18章);韩伟伟(第2、8、9、10章);汪秀君(第3、5、11、17章);平华丽(第4、13、16章);万婷婷(第6、7章)。

由于编者水平有限,不当之处恳请广大读者批评指正。

编者

2012年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机械设计研究的对象	1
1.2 机械设计的内容与步骤	2
1.3 本课程的内容、性质和任务	5
第 2 章 平面机构的结构分析	6
2.1 机构结构分析的目的与内容	6
2.2 平面机构的组成	6
2.3 平面机构运动简图	10
2.4 平面机构的自由度	12
思考题与习题	18
第 3 章 平面连杆机构	20
3.1 概述	20
3.2 平面四杆机构的基本型式及其演化	20
3.3 平面四杆机构的基本特性	26
3.4 平面四杆机构的运动设计	30
思考题与习题	34
第 4 章 凸轮机构	37
4.1 凸轮机构的应用和分类	37
4.2 从动件常用运动规律	39
4.3 凸轮轮廓曲线的设计	42
4.4 凸轮机构基本尺寸的确定	47
思考题与习题	49
第 5 章 齿轮机构	51
5.1 概述	51
5.2 渐开线齿廓及其啮合特性	53
5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	57
5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	60
5.5 渐开线齿廓的切削加工及根切现象	66
5.6 变位齿轮和变位齿轮传动	70

5.7	平行轴斜齿圆柱齿轮机构	73
5.8	直齿圆锥齿轮机构	80
	思考题与习题	84
第6章	齿轮传动	86
6.1	齿轮传动的失效形式和常用齿轮材料	86
6.2	齿轮传动的精度	93
6.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	94
6.4	平行轴标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	101
6.5	标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	106
6.6	齿轮的结构和齿轮传动润滑	107
	思考题与习题	110
第7章	蜗杆传动	113
7.1	蜗杆传动的特点和类型	113
7.2	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	114
7.3	蜗杆传动的失效形式和常用材料	118
7.4	蜗杆传动的承载能力计算	119
7.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	122
7.6	蜗杆和蜗轮的结构	125
	思考题与习题	126
第8章	齿轮系	128
8.1	齿轮系及其分类	128
8.2	定轴齿轮系传动比的计算	129
8.3	行星齿轮系传动比的计算	130
8.4	组合行星齿轮系传动比的计算	133
8.5	齿轮系的应用	134
	思考题与习题	137
第9章	带传动	140
9.1	概述	140
9.2	V带和带轮	141
9.3	带传动的工作情况分析	146
9.4	普通V带传动的设计计算	150
9.5	带传动的张紧与维护	159
	思考题与习题	160

第 10 章 链传动	162
10.1 概述	162
10.2 链传动的失效形式及主要参数的选择	165
10.3 链传动的布置、张紧和润滑	169
思考题与习题	170
第 11 章 间歇运动机构	171
11.1 棘轮机构	171
11.2 槽轮机构	174
11.3 不完全齿轮机构	176
思考题与习题	177
第 12 章 螺纹联接与螺旋传动	178
12.1 螺纹	178
12.2 螺纹联接的主要类型和标准螺纹联接件	182
12.3 螺纹联接的预紧与防松	184
12.4 螺栓组联接的结构设计	187
12.5 螺栓组联接的受力分析	189
12.6 螺栓联接的强度计算	192
12.7 螺旋传动	196
思考题与习题	199
第 13 章 轴-毂联接	201
13.1 键联接	201
13.2 花键联接	206
13.3 销联接	207
思考题与习题	207
第 14 章 轴承	209
14.1 轴承的功用与类型	209
14.2 滚动轴承的组成、类型及代号	209
14.3 滚动轴承类型的选择	213
14.4 滚动轴承工作情况分析及寿命计算	214
14.5 滚动轴承的尺寸选择	222
14.6 滚动轴承的组合设计	224
14.7 滑动轴承	232
思考题与习题	239

第 15 章 轴	241
15.1 概述	241
15.2 轴的结构设计	244
15.3 轴的强度计算	251
思考题与习题	257
第 16 章 联轴器、离合器和弹簧	259
16.1 联轴器	259
16.2 离合器	266
16.3 弹簧	271
第 17 章 机械的平衡与调速	276
17.1 机械平衡的目的与分类	276
17.2 刚性回转件的平衡	276
17.3 机械运转速度波动的调节	280
思考题与习题	282
第 18 章 机械系统设计简介	283
18.1 常用执行机构、传动机构性能比较	283
18.2 执行机构的协调设计和运动循环图	286
18.3 机械设计实例	288
思考题与习题	290
参考文献	291

第 1 章 绪 论

1.1 机械设计研究的对象

机械设计研究的对象是机械,这里的机械是机器和机构的总称。

人们在生产、生活中广泛使用着各类机器。如图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机,它由曲轴 1、连杆 3、活塞 4、气缸体 5 和阀杆 9、凸轮 10、齿轮 12,13 以及气阀 7、机座 14 等组成。燃气在缸内通过进气—压缩—爆发—排气的过程,使燃气燃烧产生的热能转变成曲轴转动的机械能。又如图 1-2 所示的单轴六角自动车床,装在分配轴 z 上的凸轮 1、2、3 分别推动摆杆 4、5、6 在一定范围内摆动,摆杆又通过齿轮-齿条 7~10 或通过连杆 12 再带动齿轮-齿条 11 传动,从而驱动前(A)、后(B)、立(C)三个刀架协调动作完成切削功能。

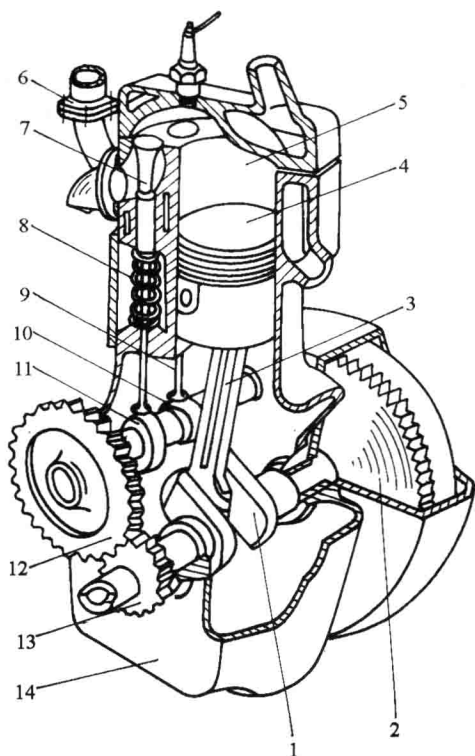


图 1-1 单缸四冲程内燃机

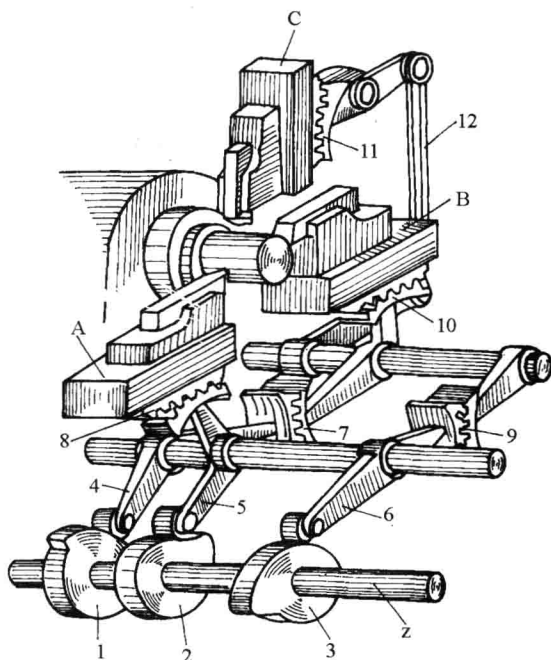


图 1-2 单轴六角自动车床

内燃机和车床都叫机器,机器的种类多种多样,它们的结构、用途各不相同,但它们都是由各种机构组合而成的。

机构是实现运动的传递或变换的系统,如内燃机中的齿轮 12 和 13 组成的齿轮机构将

曲轴的转动传给凸轮轴并可改变转速的大小和方向；由缸体、活塞、连杆、曲轴组成的连杆机构将活塞的移动转换成曲轴的转动；由凸轮、阀杆组成的凸轮机构将凸轮的转动转换成阀杆的移动，由此控制进、排气阀的开闭。而由若干个机构组成的机器不仅能变换运动，还能变换机械能（如内燃机）或完成有用的功（如自动车床）。但从结构和运动观点来看，机器和机构并无差别，工程上统称为“机械”。

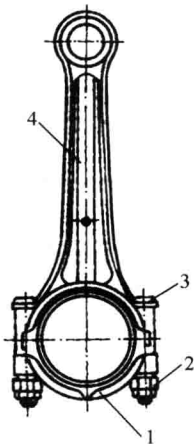


图 1-3 连杆

1—连杆头 2—螺母
3—螺栓 4—连杆体

随着科学技术的发展，机械的含义已突破了传统的概念，它不仅能传递运动和动力，而且能传递信息，不仅能代替人的体力劳动，还能代替人的脑力劳动，如记账机、电子计算机等。机构也不仅仅由刚体组成，气体或液体也可参与运动的传递或变化。

机械中不可拆卸的基本单元称为零件，如齿轮、轴、凸轮等，它是制造的单元体。机械中的运动单元称为构件，它可以是一个零件，也可以由几个无相对运动的零件组成，如连杆由连杆头、连杆体、螺栓和螺母等组成，如图 1-3 所示。机械中由若干个零件装配而成能完成特定任务的一个独立组成部分叫部件，它可以是一个构件如连杆，也可以是多个构件组成，如轴承、联轴器等。若干个部件根据功能又可组成机器的原动部分、传动部分、执行部分及控制部分，从而组成一台完整的机器。

机器的种类异常繁多，但组成机器的机构种类却是有限的，因此以各种机械中的常用机构如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等以及通用零部件如螺钉、齿轮、带、轴承等作为研究对象建立分析及设计的一般方法，可为各类具体机器的研究打下基础。

1.2 机械设计的内容与步骤

1.2.1 设计机械应满足的基本要求

机械的种类很多，但设计机械应满足的基本要求大致相同。主要有以下几点：

- (1) 功能性要求。要使机械能实现预期的功能，并在预定的工作期内有效可靠地运行。
- (2) 经济性要求。要使机械的设计、制造、使用和维护的费用少并且效率高。
- (3) 使用性能要求。要使设计的机械操作方便、省力、安全、可靠。
- (4) 其他要求。设计的机械应便于安装、运输、拆卸，要考虑环境保护等。

1.2.2 机械设计的一般步骤

机械设计总体上分以下四个步骤：

- (1) 确定设计任务。根据市场用户的要求确定机械的功能和各项性能指标，研究实现的可能性，最后确定设计目标，编制设计任务书。
- (2) 方案设计。根据设计目标确定机械的工作原理、传动路线，拟定合理的运动方案，完成机械运动简图设计。
- (3) 结构设计。根据机械运动简图，通过分析、计算、确定机械的总体结构，并进一步设计出相应的零部件，绘制零件工作图，编制必需的技术文件。

(4) 改进设计。设计的结果能否达到预期的目标必须经过试制与鉴定,并进行必要的修改和完善以至使产品达到设计要求,提高它的生命力。

1.2.3 机械设计方法的新发展

随着科学技术迅猛发展,计算机技术渗透各个领域,机械设计方法也从传统设计方法向现代设计方法进展。传统设计方法是静态的、经验的、手工式的;而现代设计方法是动态的、科学的、计算机化的。现代设计方法是科学方法论在设计中的应用,它包含许多方面,如信息论方法,它是现代设计的依据;系统论方法,它是现代设计的前提;动态分析法,它是现代设计的深化;最优化,它是现代设计的目标;相似模拟法,它是现代设计的捷径;智能论方法,它是现代设计的核心;模糊论方法,它是现代设计的发展;创造性设计法,它是现代设计的基础等等。在具体的设计阶段中,又采用了各种相应的现代设计技术,下面介绍几种近年来发展较快、应用较广的机械设计方法。

1. 优化设计

优化设计是使某项设计在规定的限制条件下,优选设计参数,使某项或某几项设计指标获得最优值。它的具体做法是将设计问题的物理模型转变成数学模型,将设计中要确定的参数选为设计变量,将设计中必须要满足的条件作为约束条件,将设计所要求的指标列为目标函数,写出目标函数、约束条件与设计变量之间的函数关系,然后选用适当的最优化方法,在计算机上求解数学模型。它可以在众多的设计方案中自动探优,从而获得理想的结果。

2. 有限单元法

有限单元法是假想把连续结构分割成有限个形状规则的在节点处连接的单元,结构原来承受的外载或约束也移置到节点,然后建立节点力与节点位移之间的关系,用计算机来求解该联立方程组。它也可以进一步求得应力、应变等物理参数。有限单元法已被公认为结构分析等数值计算的有效工具,目前国际上较大的结构分析有限元程序已有几百种,我国也正处在蓬勃发展的新时期。

3. 可靠性设计

可靠性设计是可靠性工程学的重要组成部分,它把随机方法应用于工程设计中,能有效提高产品的设计水平和质量,降低产品的成本。在可靠性设计中,将载荷、材料性能与强度、零部件的尺寸等都看成属于某种概率分布的统计量,应用概率统计理论及强度理论,求出在给定条件下零部件不产生破坏的概率公式,进而设计出满足可靠性指标的零部件的尺寸。

可靠性预测也是可靠性设计的重要内容之一,它在设计阶段即从所得的失效率数据预报零部件和系统实际可能达到的可靠度,预报这些零部件和系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的概率。

可靠性设计的另一重要内容是可靠性的分配,它将系统规定的容许失效概率合理地分配给该系统的零部件,以期获得合理的系统设计。

4. 计算机辅助设计

计算机辅助设计是利用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的一种方法和技术。它是一门多学科综合应用的新技术,它包括:图形处理技术、工程分析技术、数据管理与数据交换技术、图文档处理技术、软件设计技术等。它可以有效地与产品开发的下游工作(CAM,CAPP,CAE,CAT等)结合形成计算机集成制造系统。

上述几种设计方法均已进入成熟期,在工程设计中已产生了很大作用,并带来了巨大的经济效益和社会效益。

设计方法随社会经济和科技的进步而不断发展、近年来,又有不少新的设计方法面世。如:

5. 创新设计

在设计中是否注重创新性是区别现代设计与传统设计的重要标志。以科学原理为基础,在继承的基础上大胆创新,充分发挥设计人员的创新性思维,遵循从发散思维到收敛思维的过程,从而获得创造性的设计结果。

创新设计也有法可循,下面归纳一些人们常用的方法。

- (1) 智暴法:抓住瞬时灵感而得到的想法。
- (2) 集智法:集中多位专家,各抒己见,只提思路,不作评价,从而获得多种方案。
- (3) 提问法:对新产品从多方面提出新的设想。
- (4) 联想法:通过类比、联想提出新的设想。
- (5) 反向思索法:对现有的方法从反面加以考虑。
- (6) 组合创新法:把现有的技术或产品组合起来得到新的方案。

6. 智能设计

智能设计就是要研究如何提高人机系统中计算机智能水平,从而使计算机更好地承担设计中的各种复杂任务,成为设计工程师得力的助手。

在智能设计的高级阶段,智能活动由人、机共同承担,其表现形式是人机智能化设计系统。它是针对大规模复杂产品设计的软件系统。而面向集成的决策自动化是高级的设计自动化,它顺应了市场对制造业的柔性化、多样化、低成本、高质量及迅速响应能力的要求。它是新世纪设计技术的核心。

7. 并行设计

并行设计是并行工程的核心。并行工程是对产品设计及其相关过程(包括设计过程、制造过程和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。这种工作模式力图使开发者一开始就考虑到产品全生命周期中的所有因素,包括质量、成本、进度与用户要求。并行设计的内容包括:

- (1) 过程重构:由传统的串行产品开发模式转变成集成的、并行的产品开发模式,使下游设计过程上的需求及早地反馈给相应过程中。
- (2) 数字化产品定义:包括数字化产品的模型定义和管理、数字化过程定义和管理、数字

化工具定义和信息集成。

(3) 产品开发队伍重构:将传统的以功能部门为主线的产品设计,改变为以产品为主线,组织多功能集成产品开发团队,进行产品并行开发。

(4) 协同工作环境:利用多媒体、网络等技术协调工作环境,支持并行设计。

8. 绿色产品设计

绿色产品设计是以环境资源保护为核心概念的设计过程,它要求在产品的整个生命周期内把产品的基本属性和环境属性紧密结合,在进行设计决策时,除满足产品的物理目标外,还应满足环境目标以达到优化设计要求。其包括材料的选择与管理、产品的可回收性、产品的可拆卸性、产品的可维护性、可重复利用性及人身健康与安全、绿色产品成本分析、绿色产品设计数据库等。

1.3 本课程的内容、性质和任务

机械在国民经济建设和发展中起着十分重要的作用。本课程研究的对象就是机械中的常用机构和通用零部件,研究它们的工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护。它是一门技术基础课,它综合运用高等数学、工程力学、工程材料、机械制图、机械基础等基础知识,解决常用机构和通用零部件的分析和设计问题。通过本课程的学习,要求学生掌握机构的结构分析、运动特性,具有设计常用机构的能力;掌握通用零件的设计方法,初步具备设计简单机械传动装置的能力;具有查阅及运用资料手册的能力,并获得实验技能的初步训练。总之,本课程是一门理论性和实践性都很强的机械类及近机类专业的主干课之一,具有承上启下的作用,是机械工程师和机械管理工程师的必修课程。

第 2 章 平面机构的结构分析

2.1 机构结构分析的目的与内容

2.1.1 机构结构分析的目的

对机构进行结构分析,其目的在于探讨机构运动的可能性及其具有确定运动的条件;将各式各样的机构按结构加以分类,以便按这种分类建立分析和研究的一般方法;通过结构分析掌握正确绘制运动简图的方法。除此之外,研究机构的结构还可以指出合理设计机构和创造新机构的途径。

2.1.2 机构结构分析的内容

从结构分析的目的出发,结构分析的内容包含以下三个方面。

1. 研究机构的组成及其具有确定运动的条件

机构作为传递运动和动力或改变运动形式的机械装置,是由具有确定相对运动的构件组合而成的。因此,在进行机构设计时,我们必须首先判定机构是否能够运动,并且在什么条件下才具有确定的运动。

2. 根据结构特点进行机构的结构分类

现代技术的发展使机构形式繁多,逐个进行分析已不可能。但可以对成千上万的机构按结构特点进行分类。对同一类的机构,采用同一方法进行分析和研究,最终使问题简化。

3. 正确绘制机构运动简图

组成机构的构件,其外形和构造一般比较复杂,但这些外形和具体构造并不影响机构的相对运动。因此,在研究机构的运动时,可忽略与运动无关的外形和具体结构,只要根据构件间联接的特点及有关运动尺寸,用简单的线条、符号绘制机构运动简图,以作为机构分析时使用。

2.2 平面机构的组成

2.2.1 运动副

因为机构是由若干个具有确定相对运动的构件组成,所以在机构中,每个构件都需以一定的方式与其他构件相互联接,且这种联接能使两构件间产生一定的相对运动。通常我们把使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称作运动副。如图 2-1 所示轴颈和轴承之间

的联接(图 2-1(a))、滑块和导槽之间的联接(图 2-1(b))以及齿轮和齿轮的联接(图 2-1(c))都构成运动副。

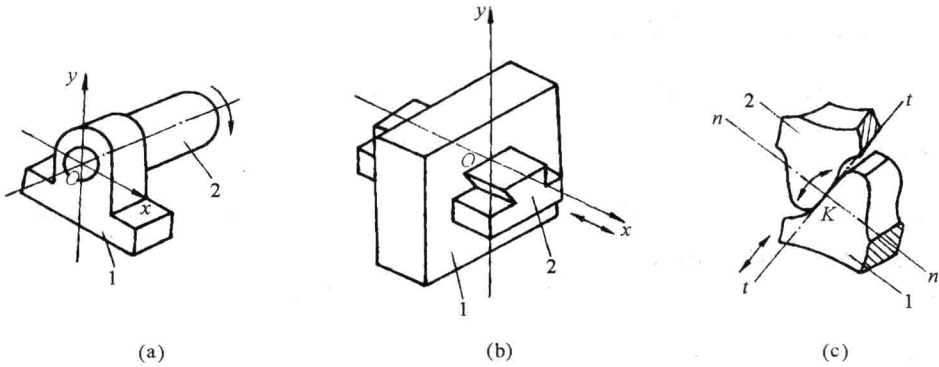


图 2-1 平面运动副

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。按运动副元素不同可以把运动副分为低副和高副两类。凡以面接触形成的运动副称为低副,如图 2-1(a),(b)所示;以点或线接触形成的运动副称为高副,如图 2-1(c)所示。

按形成运动副的两构件之间产生的相对运动是平面运动还是空间运动,可以把运动副分为平面运动副和空间运动副两大类。图 2-1 所示为平面运动副,图 2-2 所示为空间运动副。本章主要讨论平面运动副。

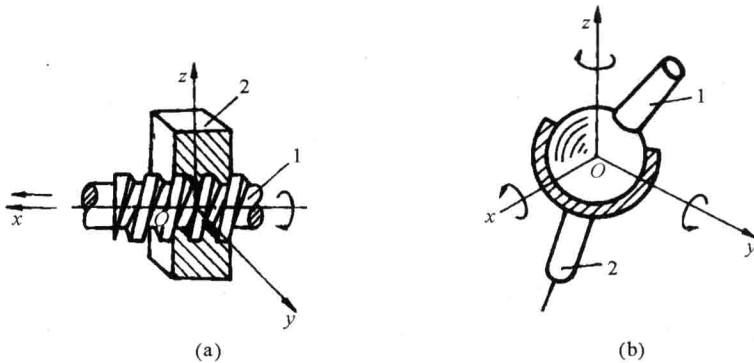


图 2-2 空间运动副

2.2.2 平面构件的自由度和运动副的约束

由理论力学可知,作平面运动的刚体具有三个独立运动参数,即沿 x 方向的移动、沿 y 方向的移动和绕垂直于 xOy 平面的轴的转动,如图 2-3 所示。构件所具有的独立运动参数的数目称为构件的自由度。因此,一个作平面运动的构件具有三个自由度。

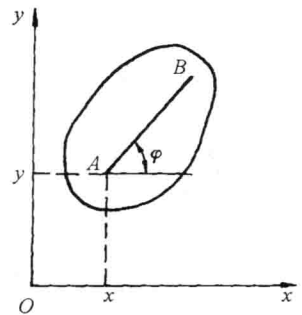


图 2-3 构件在平面中的自由度

一个构件与另一个构件通过运动副联接以后,每个构件的运动便受到限制。运动副对构件运动的这种限制作用称为

约束。运动副的约束使机构中每个构件的自由度相应地减少,减少的数目就等于运动副引入的约束数目。不同的运动副产生的约束数目也不尽相同。

2.2.3 常见的平面运动副

常见的平面运动副有以下几种。

1. 转动副

图 2-4 所示的运动副,是由轴颈 2 与轴承 1 的两个圆柱面接触而成的,它限制了轴颈 2 沿 x 轴和 y 轴的两个相对移动,故约束数为 2。它允许轴颈绕垂直于 xOy 平面的 O 轴作相对转动。这种允许构件作相对转动的运动副称为转动副,也称回转副或铰链。

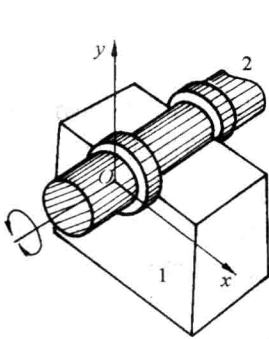


图 2-4 转动副

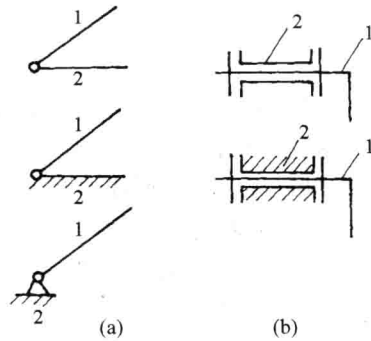


图 2-5 转动副的符号

转动副可用图 2-5 所示符号表示。其中图 2-5(a)所示符号为转动轴线垂直于纸面,轴线位于小圆圈的中心。图 2-5(b)表示轴线位于纸平面内。图中有剖面线的构件表示固定构件,也即机架。

2. 移动副

图 2-6 所示的运动副,是由滑块 2 与导轨 1 的两个平面接触而形成的。导轨 1 限制了滑块 2 沿 y 轴的移动和绕垂直于 xOy 平面的轴线的转动,故约束数为 2。允许滑块 2 沿 x 轴作相对移动。这种允许构件作相对移动的运动副,称为移动副。

移动副可用图 2-7 所示的符号表示,图中有剖面线的构件表示固定构件。

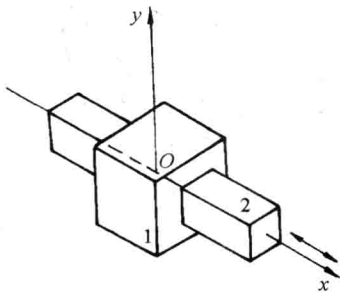


图 2-6 移动副

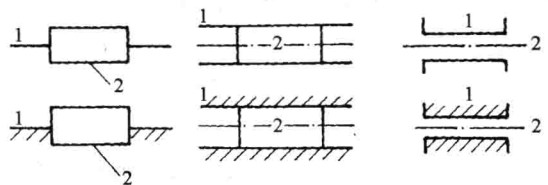


图 2-7 移动副的符号

转动副和移动副都是低副，它们引入两个约束，仅保留一个自由度。

3. 高副

图 2-8(a)所示为凸轮机构的一部分，凸轮 1 和从动件 2 在 A 点接触，形成凸轮副。它只限制了从动件 2 沿接触点的公法线 nm 方向的相对移动，允许构件 2 沿公切线 tt 作相对移动和绕 A 点作相对转动，故约束数为 1。

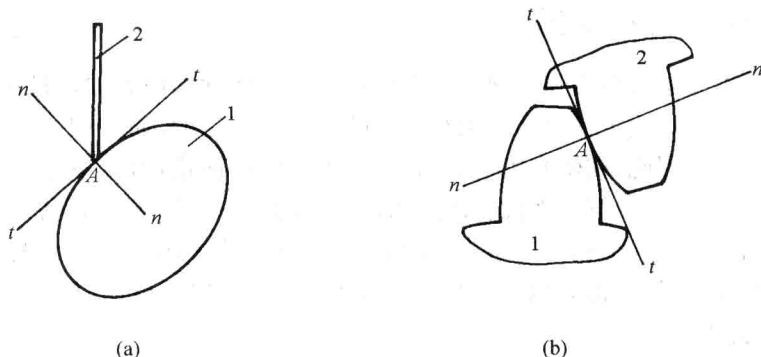


图 2-8 凸轮副和齿轮副

图 2-8(b)为齿轮机构的一部分，轮齿 1 与轮齿 2 在 A 点接触，形成齿轮副。它也只限制了轮齿 2 沿接触点处公法线 nm 方向的相对移动，故约束数为 1。

凸轮副和齿轮副都是高副，它们引入一个约束，保留两个自由度。

2.2.4 运动链和机构

两个以上的构件通过运动副联接所构成的系统称为运动链，如图 2-9 所示。

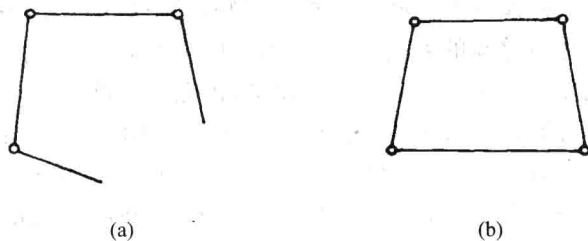


图 2-9 运动链

如果运动链的各构件未构成首末封闭的系统，如图 2-9(a)所示，则称此运动链为开式运动链，简称开链。从图中可以看出，开链中至少有一个构件仅有一个运动副和其他构件相联接。各种机械手就是开链。如果运动链的各构件构成首末封闭的系统，如图 2-9(b)所示，则称此运动链为闭式运动链，简称闭链。从图中可以看出，闭链中每个构件都通过两个运动副和其他构件相联接。一般机械中都采用闭链。

在闭式运动链中，如果将其中的某一构件加以固定，另一个或少数几个构件按给定的运动规律相对于固定构件运动时，其余的构件也随之作确定的运动，这种运动链便成为机构。其中，被固定的构件称为机架，机构中作用有驱动力或力矩的构件，或运动规律已知的构件称为