



高职高专“十二五”规划教材

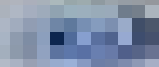
机械专业系列

机械设计与实践

林承全 编 著



南京出版社



教育部“十二五”规划教材

教育部审定

机械设计与实践

—— 机械制图 ——





高职高专“十二五”规划教材

机械专业系列

机械设计与实践

林承全 编 著



南京大学出版社

内容简介

本书是为高职高专机械、模具、数控、机电和汽车类各专业编写的专业基础课教材,采用项目教学、任务驱动、基于工作过程和学教做一体化模式与机械设计各专业课内容密切结合,为学生学习专业课提供必要的机械设计基础方面的知识,主要内容包括平面机构设计、凸轮机构设计、间歇机构设计、机械连接设计、齿轮及轮系设计、挠性传动设计、轴、轴承及其他零部件设计等内容。

全书9个项目均采用【学习目标】、【任务导入】、【任务分析】、【力学知识】、【设计知识】、【任务实施】、【相关拓展】和【复习延伸】等模式展开,有很强的实用性。少学时专业可不讲【力学知识】模块,或让读者自学;开设了工程力学课程的专业也可不上力学部分。本书适合高职高专机械、模具、数控、机电和汽车类等相关专业使用。也可以作为成人高等教育、民办高校、高级技校、技师学院、机械技术社会培训大专班等相关课程的教材和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计与实践 / 林承全编著. — 南京 :
南京大学出版社, 2011. 8
高职高专“十二五”规划教材·机械专业系列
ISBN 978-7-305-08659-5

I. ①机… II. ①林… III. ①机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 146092 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健
丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·机械专业系列
书 名 机械设计与实践
编 著 林承全
责任编辑 汤 锐 编辑热线 025-83597482
照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 宜兴市盛世文化印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 19.25 字数 480 千
版 次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-08659-5
定 价 38.00 元
发行热线 025-83594756 83686452
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

本教材是国家示范性高等职业教育机械、模具、数控、机电和汽车专业普通高等教育“十二五”规划教材,是根据教育部对高职高专各专业领域技能型紧缺人才培养目标的要求编写的,主要适用于高职高专机械、模具、数控、机电和汽车类各专业的教学。

教材力求突出高职高专教育的特色,满足企业对毕业生的技能需要,以服务教学、面向岗位、面向就业为导向,主要体现在如下几个方面:

(1) 完全采用项目教学、任务驱动、基于工作过程和学教做一体化模式与机械、模具、数控、机电和汽车维修各专业课程内容密切结合,而不是简单地把几本教材合并、把章改为项目、把节改为任务。本书为专业基础课程采用任务驱动式教学开辟了一条新的途径。

(2) 本书对传统学科型教材进行了整合,在教学内容选取上保证了机械、模具、数控、机电和汽车类专业所需的最基本、最主要的机械设计基础的经典内容,尽量避免内容之间不必要的交叉和重叠,淡化学科体系,减少教学时数,提高课堂教学效率。

(3) 基本知识点的选取以“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际操作能力,使学生更好地适应社会需求。没有过多的理论推导,为体现高职高专教育的特点,本书选择了许多工程中的实例,以培养学生分析问题和解决实际问题的能力。

(4) 本书在叙述上力求通俗易懂,深入浅出,对各种基本概念与基本原理的阐述力求简明扼要。每个项目均采用【学习目标】、【任务导入】、【任务分析】、【力学知识】、【设计知识】、【任务实施】、【相关拓展】和【复习延伸】等模式展开,有很强的实用性。少学时专业【力学知识】可不讲,留给学生自学。开过工程力学的专业也可跳过这个部分。

(5) 为便于教师教学和学生自学,每个项目前备有【学习目标】,让学生(学员)

知道该项目应该达到的知识目标和能力目标。教材所选案例均贴合工程实际,以满足广大企业对各专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。

(6) 贯穿“以学生为主体,以教师为主导”、培养学生“学会怎样学习,学会怎样思维,学会怎样创造”的能力;不仅学习知识,更要训练技能和训练思维方法。全书基本术语、材料牌号、设备型号等符合最新的国际标准和国家标准。

(7) 本书提供全部多媒体课件、教案、习题答案、课程设计指导、设计标准资料、实训指导、教学大纲、授课计划、动画库、习题库及答案等,极大地方便教师备课、学生自学。

本书吸取了编者多年的教学改革和使用教材的经验,编写时力求教师和学生使用方便,减轻学生负担而又能保证有利于培养学生机械实践动手能力。

本书由林承全担任编著,由林承全负责全书的统稿和定稿。安徽工业职业技术学院徐礼锋副教授和辽宁铁道职业技术学院缪凯歌副教授作为本书的主审,二位主审专家对本书提出了很多宝贵的修改意见,在此深表感谢。

本书由林承全负责编写项目 1、2、3、5、7、8、9 和附录。项目 4 由湖南理工职业技术学院何英编写,项目 6 由广州华立科技职业学院郑明华编写,在此表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中得到了南京大学出版社和编审者所在单位领导的大力帮助与支持,也参考了许多国内外先进机械设计基础技术课程改革和教材改革的先进经验,在书后参考文献中列举出来,在此一并表示衷心的感谢!

限于编审者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者联系 E-mail:linchengquan@msn.com。

编 者

2011 年 6 月

目 录

项目 1 平面机构设计	1
任务一 常用机构的组成	1
任务二 平面连杆机构类型判别	15
任务三 平面连杆机构设计	26
项目 2 凸轮机构设计	31
任务一 凸轮机构的应用	31
任务二 凸轮轮廓设计	42
项目 3 间歇机构设计	52
任务一 棘轮机构设计	52
任务二 槽轮机构设计	61
项目 4 齿轮及轮系设计	71
任务一 渐开线标准直齿圆柱齿轮	71
任务二 渐开线齿轮齿廓切削加工	82
任务三 斜齿圆柱齿轮传动	91
任务四 蜗杆传动设计	102
任务五 轮系设计计算	112
任务六 圆柱齿轮强度与结构设计	124
项目 5 常用机械连接设计	143
任务一 螺纹连接设计	143
任务二 轴毂连接	154
项目 6 挠性传动设计	160
任务一 带传动的应用	160
任务二 V 带传动的设计	172
任务三 链传动设计	182
项目 7 轴承设计	193
任务一 滚动轴承类型的选择	193
任务二 滚动轴承的组合设计	212
任务三 滑动轴承设计	222

项目 8 轴的设计	237
任务一 轴的直径估算	237
任务二 轴的结构设计	248
任务三 轴的强度校核	257
项目 9 其他零部件设计	267
任务一 联轴器设计	267
任务二 离合器设计	271
任务三 弹簧设计计算	285
附 录	298
部分型钢表	298
参考文献	301

项目 1 平面机构设计

【学习目标】

一、知识目标

- (1) 了解机构的结构组成；
- (2) 机构的自由度计算；
- (3) 平面四杆机构的特性知识；
- (4) 几何法设计四杆机构。

二、能力目标

- (1) 掌握常用机构的结构；
- (2) 掌握机构具有确定相对运动的条件；
- (3) 能正确分析常用平面机构的类型；
- (4) 能正确计算平面机构自由度和设计常用的平面机构。

任务一 常用机构的组成

【任务导入】

工程中有很多机构,我们要归纳分析找出他们的组成规律,要绘制他们的运动简图和计算其自由度。机构是具有确定的相对运动的构件系统,其组成要素有构件和运动副。所有构件的运动平面都相互平行的机构称为平面机构,否则称为空间机构。神龙汽车零部件制造公司要求学员讨论平面机构的组成,特别是汽车工业中平面机构应用情况。要求讨论单缸四冲程内燃机机构是否有确定的相对运动,条件是什么? 具体任务之一是绘制单缸四冲程内燃机的运动简图。

【任务分析】

在现代机械中,传动部分有机械的、电力的、液压和气压的,其中以机械传动应用最广。从制造和装配方面来分析,任何机械设备都是由许多机械零件、部件组成的。如图 1.1 所示为单缸四冲程内燃机,它由齿轮 1 和 2、凸轮 3、排气阀 4、进气阀 5、气缸体 6、活塞 7、连杆 8、曲轴 9 组成。

各种机器尽管有着不同的形式、构造和用途,然而都具有下列三个共同特征:① 机器是人为的多种实体的组合;② 各部分之间具有确定的相对运动;③ 能完成有效的机械功或变换机械能。

机器是由一个或几个机构组成的,机构仅具有机器的前两个特征,它被用来传递运动或变换运动形式。若单纯从结构和运动的观点看,机器和机构并无区别,因此,通常把机器和机构

统称为机械。

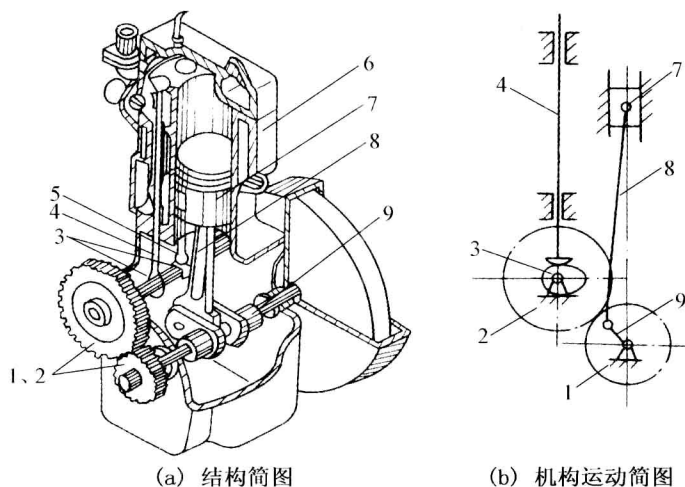


图 1.1 单缸四冲程内燃机

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

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体(如活塞),也可以是多个零件组成的刚性结构。如图 1.1 中曲轴 9 和齿轮 1 作为一个整体做转动,它们构成一个构件,但在加工时是两个不同的零件。由此可知,构件是运动的基本单元,而零件是制造的基本单元。

【力学知识】

静力学公理

一、力与力系的概念

力的概念产生于人类从事的生产劳动当中。当人们用手握、拉及举起物体时,由于肌肉紧张而感受到力的作用,这种作用广泛存在于人与物及物与物之间。例如,奔腾的水流能推动水轮机旋转,锤子的敲打会使烧红的铁块变形等。

1. 力的定义

力是物体之间相互的机械作用,这种作用将使物体的机械运动状态发生变化,或者使物体产生变形。前者称为力的外效应,后者称为力的内效应。

2. 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应,取决于力的大小、方向(包括方位和指向)和作用点的位置,这三个因素就称为力的三要素。在这三个要素中,如果改变其中任何一个,也就改变了力对物体的作用效应。例如:用扳手拧螺母时,作用在扳手上的力,因大小不同,或方向不同,或作用点不同,它们产生的效果就不同,如图 1.2(a)所示。

3. 力是矢量

力是一个既有大小又有方向的量,而且又满足矢量的运算法则,因此力是矢量(或称向量)。

矢量常用一个带箭头的有向线段来表示(图 1.2 (b)),线段长度 AB 按一定比例代表力的大小,线段的方位和箭头表示力的方向,其起点或终点表示力的作用点。此线段的延伸称为力的作用线。用黑体字 $\mathbf{F}$ 代表力矢,并以同一字母的非黑体字 F 代表该矢量的模(大小)。

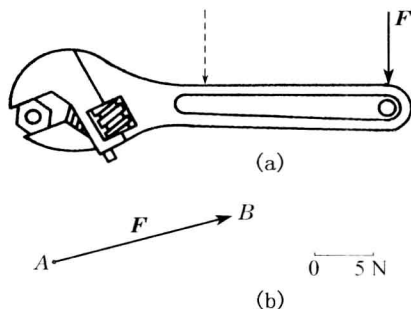


图 1.2 力的三要素

4. 力系的概念

物体处于平衡状态时,作用于该物体上的力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为平衡条件。如果两个力系对同一物体的作用效应完全相同,则称这两个力系互为等效力系。当一个力系与一个力的作用效应完全相同时,把这这个力称为该力系的合力,而该力系中的每一个力称为合力的分力。

必须注意,等效力系只是不改变原力系对于物体作用的外效应,至于内效应显然将随力的作用位置等的改变而有所不同。

5. 力的单位

力的国际制单位是牛顿或千牛顿,其符号为 N ,或 kN 。

二、刚体的概念

所谓刚体是指在受力状态下保持其几何形状和尺寸不变的物体。显然,这是一个理想化的模型,实际上并不存在这样的物体。但是,工程实际中的机械零件和结构构件,在正常工作情况下所产生的变形,一般都是非常微小的。这样微小的变形对于研究物体的外效应的影响极小,是可以忽略不计的。当然,在研究物体的变形问题时,就不能把物体看做是刚体,否则会导致错误的结果,甚至无法进行研究。

三、静力学公理

人们在长期的生活和生产实践中,发现和总结出一些最基本的力学规律,又经过实践的反复检验,证明是符合客观实际的普遍规律,于是就把这些规律作为力学研究的基本出发点。这些规律称为静力学公理。

1. 公理一 二力平衡公理

一个刚体受两个力作用而处于平衡状态的充分与必要条件是:这两个力大小相等,作用于同一直线上,且方向相反(图 1.3)。

这个公理揭示了作用于物体上的最简单的力系在平衡时所必须满足的条件,它是静力学中最基本的平衡条件。

2. 二力体

只受两个力作用而平衡的物体称为二力体。

机械和建筑结构中的二力体常常统称为“二力构件”。它们的受力特点是:两个力的方向必在二力作用点的连线上。

应用二力体的概念,可以很方便地判定结构中某些构件的受力方向。如图 1.4 所示三铰

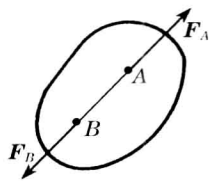


图 1.3 二力平衡

拱中 AB 部分,当车辆不在该部分上且不计自重时,它只可能通过 A 、 B 两点受力,是一个二力构件,故 A 、 B 两点的作用力必沿 AB 连线的方向。

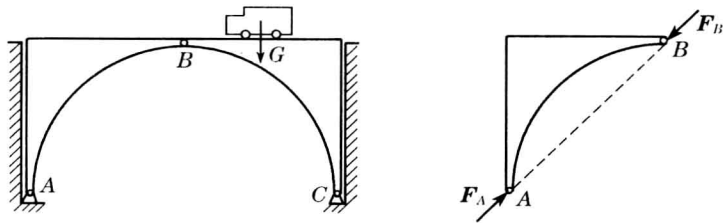


图 1.4 二力体

3. 公理二 加减平衡力系公理

在刚体的原有力系中,加上或减去任一平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。这一公理的正确性是显而易见的,因为一个平衡力系是不会改变物体的原有状态的。这个公理常被用来简化某一已知力系。依据这一公理,可以得出一个重要推论:力的可传性原理。

4. 力的可传性原理

作用于刚体上的力可以沿其作用线移至刚体内任一点,而不改变原力对刚体的作用效应。例如,图 1.5 中在车后 A 点加一水平力推车,与在车前 B 点加一水平力拉车,其效果是一样的。

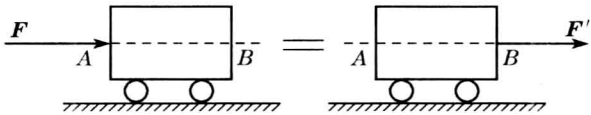


图 1.5 力的可传性

如图 1.6(a)所示,设力 F 作用在刚体上的点 A ,根据公理二,在力的作用线上任取一点 B ,并添加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 ,使 $F=F_2=-F_1$,如图 1.6(b)所示。根据公理一,可知力 F 和 F_1 是一个平衡力系,故可除去;这样只剩下一个力 F_2 ,如图 1.6(c)所示。于是,原来的力 F 与力系 (F, F_1, F_2) 以及力 F_2 等效,这样就将原来的力 F 沿其作用线由点 A 移到了点 B 。

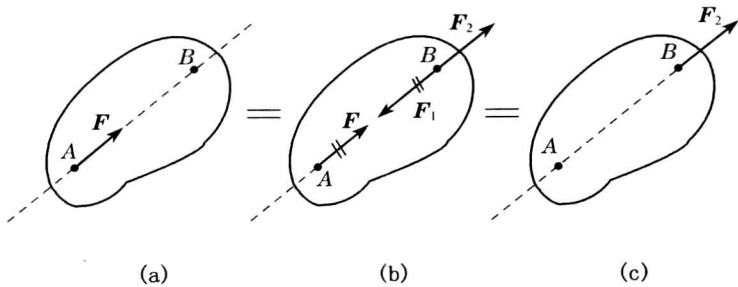


图 1.6 力的可传性原理

由此可见,对刚体而言,力的作用点要素可用作用线来代替,所以作用于刚体上的力的三要素是:力的大小、方向和作用线。作用于刚体上的力可以沿着作用线移动,而不改变力对刚体的外效应。这样的力矢量称为滑移矢量。力的可传性原理只适用于刚体,对变形体不适用。

5. 公理三 力的平行四边形法则

作用于物体同一点的两个力可以合成为一个合力,合力也作用于该点,其大小和方向由以

这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线所确定,即合力矢等于这两个分力矢的矢量和。如图 1.7 所示。其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

从图 1.8 可以看出,在求合力时,实际上只需作出力的平行四边形的一半,即一个三角形就行了。为了使图形清晰起见,通常把这个三角形画在力所作用的物体之外。如图 1.8 所示,其方法是自任意点 O 先画出一力矢 $\mathbf{F}_1$,然后再由 $\mathbf{F}_1$ 的终点画一力矢 $\mathbf{F}_2$,最后由 O 点至力矢 $\mathbf{F}_2$ 的终点作一矢量 $\mathbf{F}_R$,它就代表 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的合力。合力的作用点仍为汇交点 A 。这种作图方法称为力的三角形法则。在作力的三角形时,必须遵循这样一个原则,即分力力矢首尾相接,但次序可变,合力力矢与最后分力箭头相接。此外还应注意,力三角形只表示力的大小和方向,而不表示力的作用点或作用线。

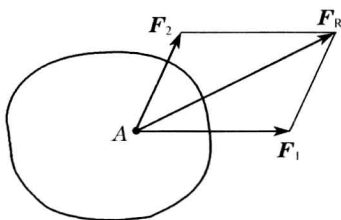


图 1.7 平行四边形法则

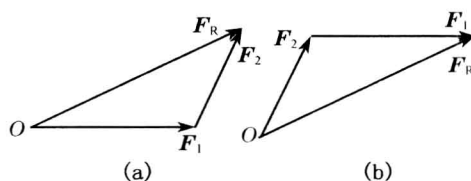


图 1.8 三角形法则

力的平行四边形法则总结了最简单的力系简化规律,它是复杂力系合成的主要依据。

力的分解是力的合成的逆运算,因此也是按平行四边形法则来进行的,但为不定解。在工程实际中,通常是分解为方向互相垂直的两个分力。例如,在进行直齿圆柱齿轮的受力分析时,常将齿面的法向正压力 $\mathbf{F}_n$ 分解为推动齿轮旋转的沿齿轮分度圆圆周切线方向的分力——圆周力 $\mathbf{F}_t$,指向轴心的压力——径向力 $\mathbf{F}_r$ (图 1.9)。若已知 $\mathbf{F}_n$ 与分度圆圆周切向所夹的压力角为 α ,则有

$$F_t = F_n \cos \alpha \quad F_r = F_n \sin \alpha \quad (1-2)$$

运用公理二、公理三可以得到下面的推论:

物体受三个力作用而平衡时,此三个力的作用线必汇交于一点。此推论称为三力平衡汇交定理。读者可自行证明。

6. 公理四 作用与反作用定律

两个物体间的作用力与反作用力,总是大小相等,方向相反,作用线相同,并分别作用于这两个物体上。

这个公理概括了自然界的物体相互作用的关系,表明了作用力和反作用力总是成对出现的。必须强调指出,作用力和反作用力是分别作用于两个不同的物体上的,因此,决不能认为这两个力相互平衡,这与二力平衡公理中的两个力有着本质上的区别。

工程中的机械都是由若干个物体通过一定的形式约束组合在一起,称为物体系统,简称物系。物系外的物体与物系之间的作用力称为外力,而物系内部物体间的相互作用力称为内力。内力总是成对出现且等值、反向、共线,对物系而言,内力的合力恒为零。故内力不会改变物系

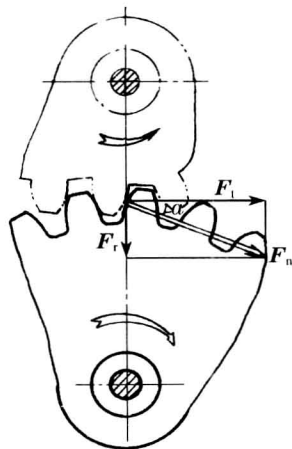


图 1.9 力的分解

的运动状态。但内力与外力的划分又与所取物系的范围有关。随所取物系的范围不同,内力与外力是可以互相转化的。

【设计知识】

一、掌握机构的组成要素

1. 构件及其类型

构件是机构彼此相对运动的运动单元体。一个构件可以是一个单独制造的零件,如图 1. 10(a) 所示的简单连杆;也可以是由若干零件连接构成的组合体,如图 1. 10(b) 所示的结构复杂的连杆。

构件按其在机构中的地位和功能分为机架、主动件和从动件等。机架是机构中相对静止用来支承各运动构件运动的构件,如图 1. 1 所示内燃机主体机构的气缸体 6;主动件又称为原动件或输入件,是输入运动和动力的构件,如活塞 7;从动件又称为被动件或输出件,是直接完成机构运动要求,跟随主动件运动的构件,如齿轮 1。

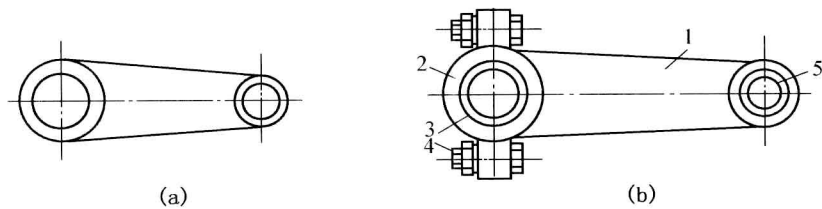


图 1. 10 连杆结构

1—连杆体;2—连杆头;3—轴瓦;4—螺栓、垫圈、螺母;5—轴套

2. 运动副

机构中各个构件之间必须有确定的相对运动。因此,构件的连接既要使两个构件直接接触,又能产生一定的相对运动,这种直接接触的活动连接称为运动副。在图 1. 11 中,轴承中的滚动体与内外圈的滚道(图 1. 11(a)),啮合中的一对齿廓(图 1. 11(b)),滑块与导轨(图 1. 11(c)),均保持直接接触,并能产生一定的相对运动,因而都构成了运动副。两构件上直接参与接触而构成运动副的点、线或面称为运动副元素。

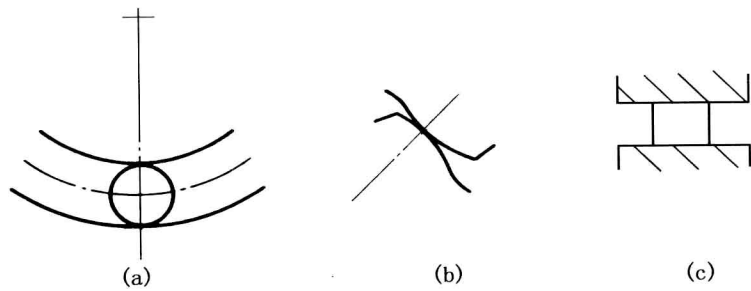


图 1. 11 运动副

3. 自由度和运动副约束

任何一个构件在空间自由运动时皆有 6 个自由度。它可表示为在直角坐标系内沿着 3 个

坐标轴的移动和绕 3 个坐标轴的转动。而对于一个做平面运动的构件,则只有 3 个自由度,如图 1.12 所示,即沿 x 轴和 y 轴移动,以及在 xOy 平面内的转动。把构件相对于参考系具有的独立运动参数的数目称为自由度。

两个构件通过运动副连接以后,相对运动受到限制。运动副对组成该副的两个构件间的相对运动所加的限制称为约束。引入一个约束条件将减少一个自由度,而约束的多少及约束的特点取决于运动副的形式。

(1) 转动副。如图 1.13 所示的运动副限制了轴颈沿 x 轴和 y 轴的移动,只允许轴颈绕轴承相对转动,这种运动副称为转动副,也叫回转副。转动副引入了 2 个约束,保留了 1 个自由度。

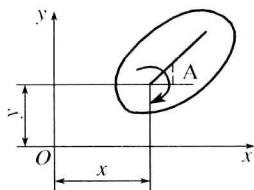


图 1.12 平面运动构件的自由度

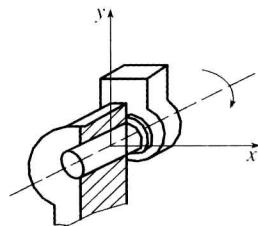


图 1.13 转动副

(2) 移动副。如图 1.14 所示的运动副,构件间只能沿 x 轴做相对移动,这种沿一个方向相对移动的运动副称为移动副。移动副也具有 2 个约束,保留了 1 个自由度。

转动副和移动副都是面接触,统称为低副。

(3) 平面高副。如图 1.15 所示,在曲线(或曲面)构成的运动副中构件 2 相对于构件 1 既可沿接触点处切线 $t-t$ 方向移动,又可绕接触点 A 转动,运动副保留了 2 个自由度,带进了一个约束。这种点接触或线接触的运动副称为平面高副,简称高副。

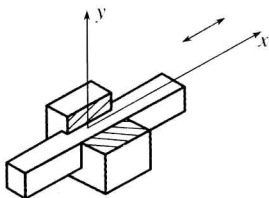


图 1.14 移动副

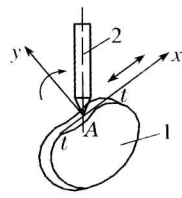
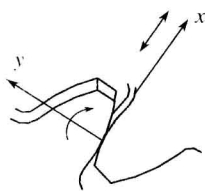


图 1.15 平面高副

二、平面机构的运动简图的绘制

实际构件的外形和结构往往很复杂,在研究机构运动时,为了突出与运动有关的因素,常将那些无关的因素删掉,保留与运动有关的外形,用规定的符号和线条来代表构件和运动副,并按一定的比例表示各种运动副的相对位置。这种表示机构各构件之间相对运动的简化图形,称为机构运动简图。机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性。

1. 构件、运动副的代表符号

(1) 构件均用直线或小方块等来表示,画有斜线的构件表示机架。两构件组成转动副时,其表示方法如图 1.16 所示。表示回转副的圆圈,其圆心必须与回转轴轴线重合。

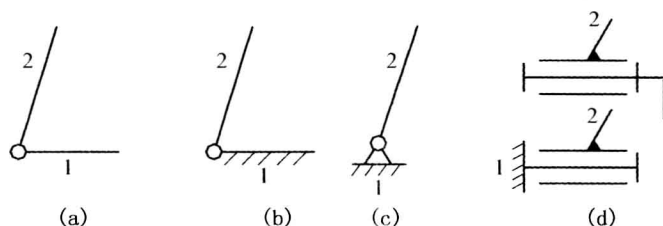


图 1.16 转动副的表达方法

(2) 两构件组成移动副的表示方法如图 1.17 所示,其导路必须相对移动方向一致。

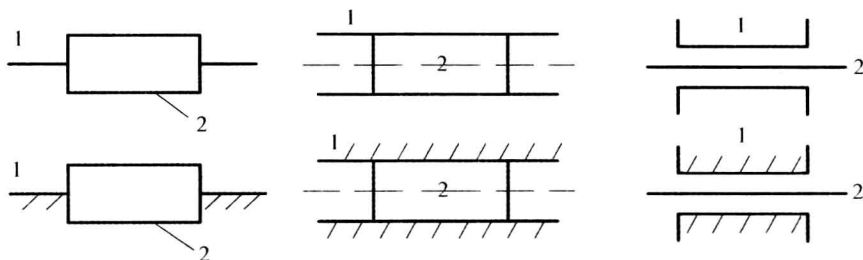


图 1.17 移动副的表达方法

(3) 两构件组成平面高副时,其运动简图中应画出两构件接触处的曲线轮廓。对于齿轮常用点划线画出其节圆,对于凸轮、滚子,习惯上画出其全部轮廓。如图 1.18 所示。齿轮副、凸轮副及机构运动简图常用符号见表 1.1。

2. 机构运动简图的绘制步骤

(1) 分析机构的运动原理和结构情况,确定其原动件、机架、执行部分和传动部分。

(2) 沿着运动传递路线,逐一分析每个构件间相对运动的性质,以确定运动副的类型和数目。

(3) 选择视图平面,通常可选择机械中多数构件的运动平面为视图平面,必要时也可选择两个或两个以上的视图平面,然后将其画到同一图面上。

(4) 选择适当的比例尺,定出各运动副的相对位置,并用各运动副的代表符号、常用机构的运动简图符号和简单的线条来绘制机构运动简图。

(5) 从原动件开始,按传动顺序标出各构件的编号和运动副的代号。在原动件上标出箭头以表示其运动方向。

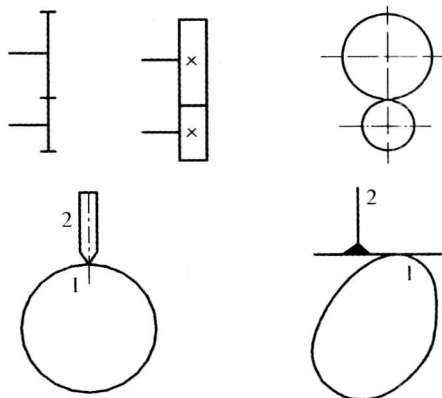


图 1.18 平面高副的表达方法

表 1.1 机构运动简图常用符号

名 称	符 号	名 称	符 号
杆的固定连接		链传动	
二副元素构件		外啮合圆柱齿轮机构	
三副元素构件		内啮合圆柱齿轮机构	
转动副		齿轮齿条机构	
移动副		圆锥齿轮传动	
电动机		蜗杆传动	
向心普通轴承		棘轮机构	
单向向心推力普通轴承		联轴器	
凸轮机构		制动器	
带传动			