

绪 论

机械工程是最重要的应用工程,人类为了满足生产和生活上的需要,创造了各种各样的机械,从而减轻了体力劳动,提高了生产效率。随着科学技术的飞速发展,它为国民经济各个部门和国防建设提供技术装备。使用机械进行生产的水平已经成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

1. 本课程的研究对象

机械是机器和机构的总称。

机器是人类经过长期实践创造出来的重要工具。机器的种类很多,在生产中,常见的机器有汽车、内燃机、电动机、各种机床、机器人等。在日常生活中,常用的机器有缝纫机、洗衣机、电风扇等。它们的结构和用途不同,但却有其共同的特征。

图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机,由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8、排气阀 9、进气阀 10 等组成。在燃气的推动下活塞在气缸体内作往复移动,并通过连杆使曲轴转动,从而将燃气产生的热能转换为曲轴转动的机械能。

图 0-2 所示的颚式破碎机,由电动机 1、带轮 2 和 4、V 带 3、偏心轴 5、动颚板 6、定颚板及机架 7、肘板 8 等组成。当电动机通过 V 带驱动带轮转动时,偏心轴则绕轴线 A 转动,使动颚作平面运动,轧碎动颚与定颚之间的物料,从而做有用的机械功。

由以上两个实例可以看出,机器具有以下共同的特征:

- (1) 它是人为的多个实物组合体;
- (2) 各实物之间具有确定的相对运动;
- (3) 能够变换或传递能量、物料和信息。

凡同时具有以上三个特征的实物组合体称为机器。按照各部分实物体功能不同,一部完整的机器,通常都是由下面三个部分组成。

(1) 原动部分。它是驱动整个机器完成预定功能的动力源。如实例中的电动机、内燃机等。通常一部机器只用一个原动机,对于复杂的机器也可能有两个或几个原动机。

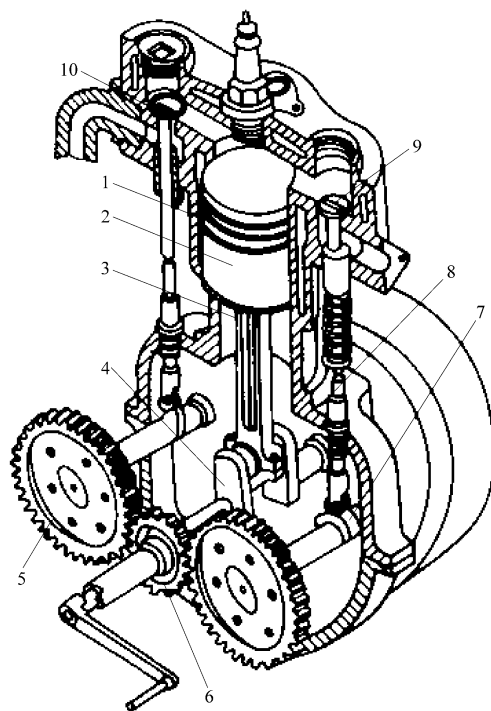


图 0-1 内燃机

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

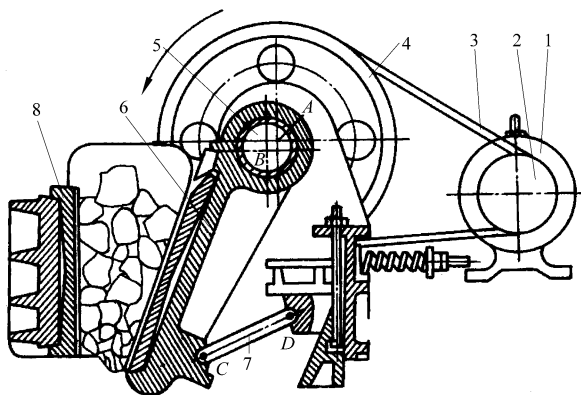


图 0-2 颚式破碎机

1—电动机；2,4—带轮；3—V带；5—偏心轴；6—动颚板；7—定颚板及机架；8—肘板

(2) 执行部分。它是机器中直接完成工作任务的组成部分,如车床的刀架、起重机的吊钩、洗衣机的滚筒等。其运动形式因机器的用途不同,可能是直线运动,也可能是回转运动或间歇运动等。

(3) 传动部分。它是介于原动机部分和工作执行部分之间,用以完成运动和动力的传递及转换的部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩及分配动力等,从而满足工作部分的各种要求。

常用的传动部分有机械传动、电气传动、液压传动,其中机械传动应用广泛。机械传动通常由各种机构(如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等)和各种零件(如带一带轮、链—链轮、轴—轴承等)组成。

所谓机构是指多个实物体的组合,能实现预期的运动和动力传递。如图 0-1 中由齿轮 5 和 6 及机架组成的齿轮机构,将曲轴的转动传递给凸轮轴,而凸轮机构(由凸轮 7、顶杆 8 和机架组成)则将凸轮轴的转动变换为顶杆的直线往复运动,保证了进、排气阀有规律的启闭。机器中最普遍使用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等,称为常用机构。

可见,机构主要用来传递和变换运动,而机器主要用来传递或变换能量、物料和信息(如照相机、复印机、传真机等可实现信息的变换、处理和传递)。从运动和结构的观点来看,机构与机器并无区别。因此,通常把机构和机器统称为机械。

组成机械的各个作相对运动的实物体称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是几个元件的刚性组合。例如,图 0-3 所示的曲轴和图 0-4 所示的连杆都是一个构件。曲

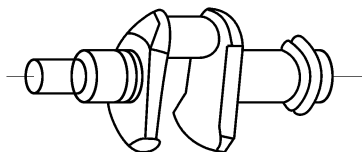


图 0-3 曲轴

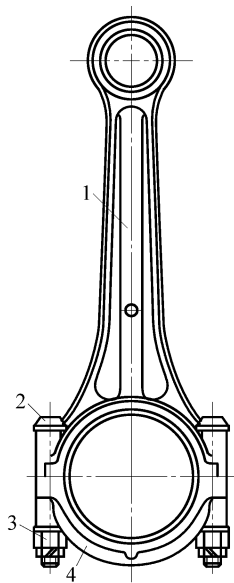


图 0-4 连杆

1—连杆体; 2—螺栓; 3—螺母; 4—连杆盖

轴构件是单一整体,而连杆则是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、连杆盖 4 等几个元件组成。这些元件之间没有相对运动,构成一个运动单元。组成这个构件的几个元件称为零件。由此可知零件是制造的单元。

机械中的零件可以分为两类:一类称为通用零件,它在各类机械中都能遇到,如齿轮、螺栓、螺母、轴等;另一类称为专用零件,它只适用于某些机械之中,如内燃机的曲轴与活塞、汽轮机的叶轮等。

2. 本课程的主要内容

本课程研究的对象是常用机构和通用零件,以及机械设计中的一些基础知识。其研究的内容主要有以下四个方面:

(1) 主要介绍构件的受力分析、力系的简化和构件的平衡条件及其受力变形的基本形式、强度计算。

(2) 主要介绍金属材料与热处理基础,常用钢铁材料、非铁金属材料的牌号、性能及用途。

(3) 主要介绍常用机构和机械传动的工作原理、特点、应用及设计的基本知识,联接及轴系零部件的结构、特点、标准及其选用和设计的基本方法。

(4) 主要介绍液压元件的工作原理、性能及应用,液压回路和液压系统的分析。并简要地介绍了气动元件和气动回路分析。

3. 本课程的性质和任务

本课程是一门重要的技术基础课。通过本课程的学习,可以使学生初步了解机械零件常用材料和热处理的基本知识,掌握物体的受力分析与平衡条件,了解杆件基本变形和应力分析的基本概念和方法,对常用机构和主要通用零件的类型、工作原理、特点、应用及其简单计算具有分析和运用的能力,对机床的液压和气动基本回路有一定的分析能力,为学习有关专业机械设备课程以及参与技术改造奠定必要的基础。因此,对于将来从事生产第一线技术、管理工作的高职高专学生来说,学习“机械工程基础”课程无疑是十分重要的。

本课程又是应用性很强的工程课程。在学习过程中,必须多观察、细思考、勤练习、常总结。观察生产、生活中遇到的各种机械,结合课程内容细思考,主动地联系实际,增强感性认识,要多做练习和简单设计,加深所学内容的理解,提高分析能力和综合能力。及时总结、消化掌握课程内容,归纳学到的各种技术和方法。注重实践能力和创新精神的培养,提高全面素质和综合职业能力。

习题

- 0-1 一般机器主要由哪些部分组成？各部分的作用是什么？试举例分析说明。
- 0-2 机器和机构的异同点各是什么？
- 0-3 机构和零件有何不同？
- 0-4 什么是通用零件？什么是专用零件？试举例说明。

第 1 章

静力学基础

静力学是研究刚体在力系作用下的平衡规律。它包括确定研究对象、进行受力分析、简化力系、建立平衡条件以及求解未知量等内容。刚体是指在力的作用下不变形的物体。工程中,平衡是指物体相对于地球处于静止状态或匀速直线运动状态,是物体机械运动中的一种特殊状态。力系是指作用于被研究物体上的一组力。如果力系可使物体处于平衡状态,则称该力系为平衡力系;若两力系分别作用于同一物体而效应相同,则二者互称等效力系;若力系与一力等效,则称此力为该力系的合力。所谓力系的简化就是用简单的力系等效替代复杂的力系。

1.1 力的概念

1.1.1 力的定义

力是物体之间的相互机械作用。这种作用对物体产生两种效应,即引起物体机械运动状态的变化和使物体产生变形,前者称为力的外效应或运动效应,后者称为力的内效应或变形效应。实践证明,力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点,这三个因素称为力的三要素。当这三个要素中有任何一个改变时,力的作用效应也将改变。力的单位用牛[顿](N)或千牛(kN)表示。

1.1.2 力的表示方法

力是矢量。图示时,常用一带箭头的线段表示,如图 1-1 所示。线段长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小;线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的起点(或终点)表示力的作用点。与线段重合的直线称为力的作用线。矢量用黑体字母表示,如 $\boldsymbol{F}$;力的大小是标量,用一般字母表示,如 F 。

力 $\boldsymbol{F}$ 在坐标轴上的投影定义为:过力矢量 $\boldsymbol{F}$ 两端向坐标轴引垂线,如图 1-2 所示,得垂足 a, b 和 a', b' , 线段 $ab, a'b'$ 分别为力 $\boldsymbol{F}$ 在 x 轴和 y 轴上投影的大小。投影的正负号

则规定为：由起点 a 到终点 b (或由 a' 到 b') 的指向与坐标轴正向相同时为正, 反之为负。
力的投影是代数量。

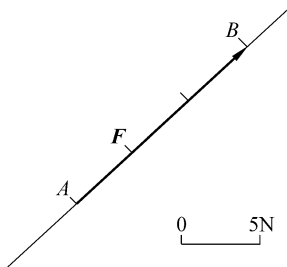


图 1-1 力的表示法

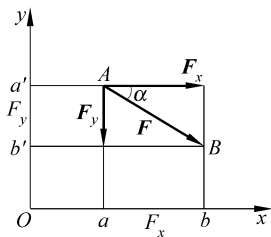


图 1-2 力在坐标轴上的投影

1.1.3 力的性质

人们经过长期的生活和实践积累, 总结出了几条力的基本性质, 其正确性已被实践反复证明, 为大家所公认, 所以也称静力学公理。

性质 1 (二力平衡条件)

刚体上仅受两力作用而平衡的必要与充分条件是：此两力必须等值、反向、共线, 即 $F_1 = -F_2$, 如图 1-3 所示。

这一性质揭示了作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。工程上常遇到只受两个力作用而平衡的构件, 称为二力构件。根据性质 1, 二力构件上的两力必沿两力作用点的连线, 且等值、反向。

性质 2 (加减平衡力系原理)

对于作用在刚体上的任何一个力系, 可以增加或去掉任一平衡力系, 并不改变原力系对于刚体的作用效应。

推论 1 (力的可传性) 刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体上任一点而不改变此力对刚体的作用效应。

证明：设力 F 作用于刚体上的 A 点, 如图 1-4(a) 所示, 在其作用线上任取一点 B , 并在 B 点处添加一对平衡力 F_1 和 F_2 , 使 F 、 F_1 、 F_2 共线, 且 $F_2 = -F_1 = F$, 如图 1-4(b) 所示。根据性质 2, 将 F 、 F_1 所组成的平衡力系去掉, 刚体上只剩下 F_2 , 且 $F_2 = F$, 如图 1-4(c) 所示。

力的可传性说明, 对刚体而言, 力是滑动矢量, 它可沿其作用线滑移至刚体上的任一位置。

性质 3 (力的平行四边形法则)

作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点, 且合力的大小和方向可用这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来确定。

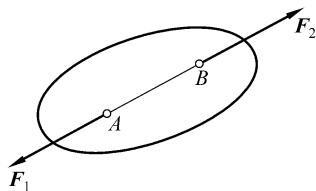


图 1-3 二力平衡

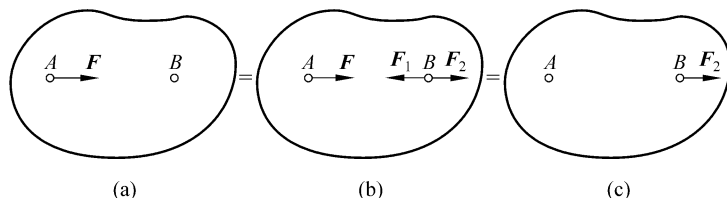


图 1-4 力的可传性

该公理说明,力矢量可按平行四边形法则进行合成与分解,如图 1-5 所示。合力矢量 $\mathbf{F}_R$ 与分力矢量 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2$ 间的关系符合矢量运算法则:

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

即合力等于两分力的矢量和。

由此可推广到 n 个力作用的情况。设一刚体上受力系 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_n$ 作用,力系中各力的作用线共面且汇交于同一点(称为平面汇交力系),根据性质 3 可将此力系合成为一个合力 $\mathbf{F}_R$,且有

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \quad (1-2)$$

可见,平面汇交力系的合力矢量等于力系各分力的矢量和。力系的合力在某轴上的投影等于力系中各分力在同轴上投影的代数和。

在工程中常利用平行四边形法则将一力沿两个规定方向分解,使力的作用效应更加突出。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 $\mathbf{F}_n$ 分解为沿齿轮分度圆圆周切线方向的分力 $\mathbf{F}_t$ 和指向轴心的压力 $\mathbf{F}_r$,如图 1-6 所示。 $\mathbf{F}_t$ 称为圆周力或切向力,作用是推动齿轮绕轴转动; $\mathbf{F}_r$ 称为径向力,作用是使齿面啮合。

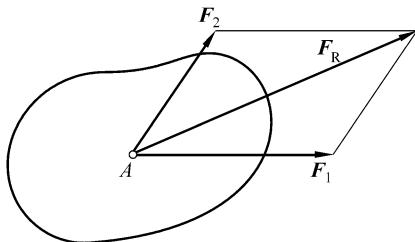


图 1-5 力的平行四边形法则

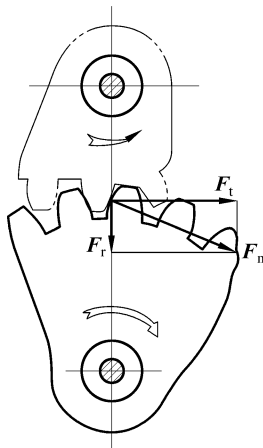


图 1-6 力的分解

推论 2 (三力平衡汇交定理) 刚体受三个共面但互不平行的力作用而平衡时,三力必汇交于一点。

设刚体上 A_1, A_2, A_3 三点受共面且平衡的三力 F_1, F_2, F_3 作用,如图 1-7 所示。根据力的可传性,将 F_1, F_2 移至其作用线交点 B ,并根据性质 3 将其合成为 F_R ,则刚体上仅有 F_3 和 F_R 作用。根据性质 1, F_3 和 F_R 必在同一直线上,所以 F_3 一定通过 B 点,因此 F_1, F_2, F_3 均通过 B 点。

此定理说明了不平行的三力平衡的必要条件,当两个力的作用线相交时,可用来确定第三个力的作用线的方位。

性质 4 (作用与反作用定律)

两物体间相互作用的力总是同时存在,并且两力等值、反向、共线,分别作用于两个物体。这两个力互为作用与反作用的关系。

此定律是由牛顿提出的(牛顿第三定律),它概括了自然界中物体间相互作用的关系,表明一切力总是成对出现的,揭示了力的存在形式和力在物体间的传递方式。

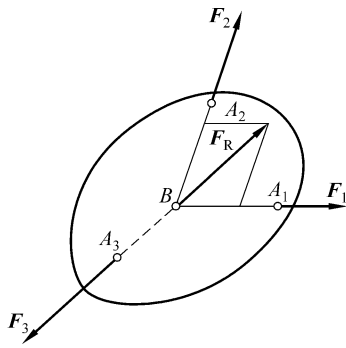


图 1-7 三力汇交原理

1.2 物体的受力分析、受力图

1.2.1 约束与约束反力

机械和工程结构中的每个零件和构件,都是相互联系而又相互制约的,它们之间存在着相互作用的力,因而在解决工程中一般的力学问题时,都必须对零件、构件的受力情况进行分析。

工程上所遇到的物体通常分为两种:自由体和非自由体。不受任何限制,可向一切方向自由运动的物体,称为自由体,例如飞行的飞机、炮弹等;受到其他物体的限制,沿着某些方向不能运动的物体,称为非自由体。

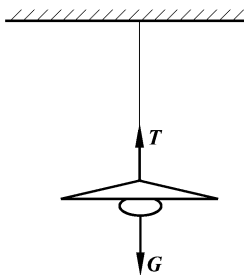


图 1-8 灯的受力

限制非自由体运动的物体,称为该非自由体的约束。如图 1-8 所示,灯是非自由体,绳子是灯的约束。使物体产生运动或运动趋势的力称为主动力。非自由体在主动力作用下,将产生运动或运动趋势。此时,如果非自由体沿着某一方向的运动受到约束的限制,则该非自由体将给约束一定的作用力,同时约束也必将给非自由体一定的反作用力,这个反作用力称为约束反力。显然,主动力企图使物体运动,而约束反力则限制物体(非自由体)运动。如图 1-8 所示,重力 G 是灯的主动力,而绳子

给灯的拉力 T 则是灯的约束反力。

因为约束反力是限制物体运动的力,所以它的作用点应在约束与被约束物体相互连接或接触之处,它的方向应与约束所能限制的运动方向相反。这是确定约束反力的方向和作用点位置的基本依据。

现将工程中常见的几种约束类型分述如下。

1. 柔体约束

柔体约束是由绳索、链条或胶带等非刚性体所形成的约束。它们只能受拉不能受压,只能限制物体(非自由体)沿柔体约束的中心线离开约束的运动,而不能限制其他方向的运动。因此,柔体约束对物体的约束反力的方向,沿着约束的中心线背离被约束物体,如图 1-9(a)、(c)所示。这种约束的约束反力常用 T 来表示。

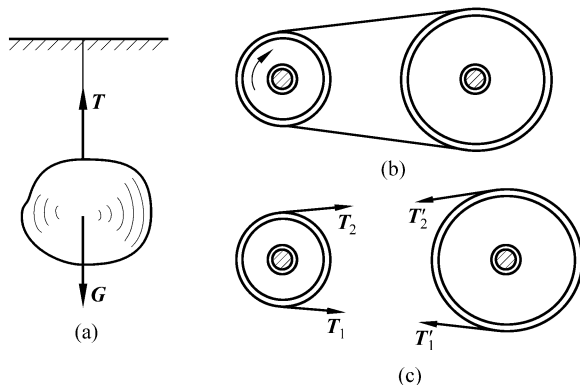


图 1-9 柔体约束

2. 光滑面约束

光滑面约束是由与非自由体成点、线、面光滑接触(接触处摩擦力很小,可以略去不计)的物体所形成的约束。

如图 1-10(a)所示为点接触(曲面和曲面), $n-n$ 为公切面,非自由圆球在主动力(图

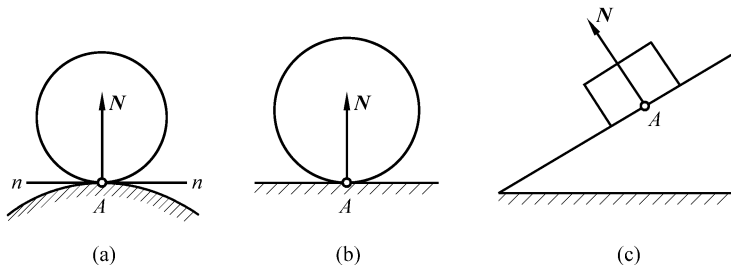


图 1-10 光滑面约束