

机械工程基础

吉继贤 主编



中国建材工业出版社

机 械 工 程 基 础

主 编 吉继贤
副主编 门书春 孙继业

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/吉继贤主编. —北京:中国建材工业出版社,1996.10

普通高等学校教学参考书

ISBN 7-80090-529-2

I. 机…… II. 吉…… III. 机械工程-基础知识-高等学校-教学参考教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12289 号

内 容 简 介

本书概括了机械工程的基础知识,介绍了机械传动装置的设计方法。全书共分三篇:第一篇为工程力学,讲述静力学和材料力学的基本理论;第二篇为机械传动,包括常用机构、机械传动、机械联接、轴系零部件等内容;第三篇为液压传动,介绍了液压泵、液压阀、基本液压回路和典型液压回路。本书采用了新的国家标准和法定计量单位,章后附有练习思考题。本书将机械工程基础理论与机械工程实际相结合,突出实用性,旨在培养分析机械工程实际问题和设计机械装置的能力,并为学习其它机械工程技术知识打下理论基础。

本书可作为普通高等学校及职工大学非机械类专业的教材和工厂企业职工继续教育的教材,亦可作为工程技术人员的参考书。

机 械 工 程 基 础

主 编 吉继贤

副 主 编 门书春 孙继业

责任编辑 赵从旭

中国建材工业出版社出版

(北京百万庄国家建材局内 邮政编码:10083)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:19.125 字数:440 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价 38.00 元

ISBN 7-80090-529-2/TH·17

前 言

随着科学技术的发展,机械已成为现代社会工业生产的基本要素。对于从事非机械专业的工程技术人员和工科学生,了解和掌握一定的机械工程基础知识是完全必要的。本书概括了机械工程力学和机械设计的基础知识,并介绍了常用机械传动、液压传动的设计方法。

本书以培养技术应用性人才为总目标,始终贯彻“掌握基本概念,强化理论应用,培养基本技能”的原则,注意精选内容,缩减理论推导,突出应用性,加强传动设计基本技能的训练。书中各章后附有练习思考题。

本书努力反映最新的国家标准及有关规范、资料。由于篇幅所限,只能摘录少部分。必要时读者需另查有关标准、手册。本书采用我国法定的计量单位及规定的术语和符号。

本书可作为普通高等学校及职工大学非机械类专业的教材和工厂企业职工继续教育的教材,也可作为工程技术人员参考书。

参加本书编写的有:孙继业(第一章至第九章),吉继贤(绪论、第十章至第十七章),门书春(第十八章)。本书由吉继贤任主编,门书春、孙继业任副主编。本书承洛阳工业高等专科学校张永安副教授任主审,提出了很多宝贵意见,编者在此特表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,漏误之处在所难免,敬请各位专家、同行和广大读者批评指正。

编者

1996年9月

目 录

绪论	(1)
第一篇 工程力学	(4)
第一章 静力学基本概念·受力分析	(5)
第一节 力及其性质	(5)
第二节 约束和约束反力	(7)
第三节 物体的受力分析及受力图	(11)
练习思考题	(13)
第二章 平面汇交力系	(15)
第一节 几何法	(15)
第二节 三力平衡汇交定理	(18)
第三节 解析法	(19)
练习思考题	(23)
第三章 力矩和平面力偶系	(26)
第一节 力对点之矩	(26)
第二节 平面力偶系	(27)
练习思考题	(30)
第四章 平面一般力系	(32)
第一节 平面一般力系向一点简化	(33)
第二节 平面力系简化结果的讨论·合力矩定理	(35)
第三节 平面力系的平衡方程及应用	(36)
第四节 平面平行力系的平衡方程	(38)
第五节 物体系的平衡·静定与静不定问题的概念	(39)
练习思考题	(42)
第五章 轴向拉伸和压缩	(46)
第一节 拉(压)杆的内力与应力	(46)
第二节 材料在拉伸和压缩时的机械性质	(50)
第三节 拉(压)杆的强度计算	(56)
第四节 拉(压)杆的变形	(59)
练习思考题	(61)
第六章 剪切和挤压	(65)
第一节 剪切的观念和剪切实用计算	(65)
第二节 挤压的实用计算	(66)

练习思考题	(68)
第七章 扭转	(70)
第一节 扭转的概念	(70)
第二节 外力偶矩的计算·扭矩和扭矩图	(70)
第三节 薄壁圆筒的扭转	(73)
第四节 圆轴横截面上的应力	(75)
第五节 极惯性矩和抗扭截面模量	(77)
第六节 圆轴扭转的强度条件	(78)
第七节 圆轴扭转时的变形和刚度条件	(80)
练习思考题	(82)
第八章 弯曲	(84)
第一节 工程中的弯曲问题	(84)
第二节 梁的内力	(85)
第三节 剪力图和弯矩图	(87)
第四节 弯曲正应力	(94)
第五节 惯性矩的计算	(97)
第六节 梁弯曲时的强度计算	(101)
第七节 梁的刚度简介	(105)
练习思考题	(105)
第九章 构件强度计算中的几个问题	(109)
第一节 组合变形强度计算	(109)
第二节 动载荷和疲劳强度简介	(115)
练习思考题	(119)
第二篇 机械传动	(120)
第十章 常用机构	(121)
第一节 机构和机构运动简图	(121)
第二节 平面连杆机构	(123)
第三节 凸轮机构	(128)
第四节 间歇运动机构	(131)
练习思考题	(132)
第十一章 带传动与链传动	(133)
第一节 带传动	(133)
第二节 链传动	(148)
练习思考题	(153)
第十二章 齿轮传动	(154)
第一节 概述	(154)
第二节 渐开线标准直齿轮各部分名称、参数和几何尺寸	(156)
第三节 渐开标准齿直圆柱齿轮传动	(158)
第四节 齿轮切削加工方法及变位齿轮传动简介	(159)

第五节	轮齿的失效形式和计算准则	(162)
第六节	齿轮材料及热处理	(163)
第七节	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(165)
第八节	标准斜齿圆柱齿轮传动	(170)
第九节	直齿圆锥齿轮传动	(174)
第十节	齿轮的结构设计	(176)
第十一节	蜗杆传动	(178)
	练习思考题	(182)
第十三章	联 接	(184)
第一节	螺纹联接	(184)
第二节	螺纹联接的强度计算	(188)
第三节	键联接和花键联接	(193)
第四节	销联接	(198)
	练习思考题	(198)
第十四章	轴承	(200)
第一节	概述	(200)
第二节	滑动轴承的典型结构	(201)
第三节	非液体摩擦滑动轴承的设计计算	(204)
第四节	滚动轴承的结构和代号	(205)
第五节	滚动轴承的基本类型、特性及类型的选择	(210)
第六节	滚动轴承尺寸的选择	(213)
第七节	滚动轴承装置的组合设计	(220)
	练习思考题	(225)
第十五章	轴	(226)
第一节	概述	(226)
第二节	轴的结构设计	(228)
第三节	轴的强度计算	(233)
	练习思考题	(237)
第十六章	联轴器和离合器	(239)
第一节	概述	(239)
第二节	联轴器	(240)
第三节	离合器	(244)
	练习思考题	(246)
第十七章	减速器	(247)
第一节	减速器的类型和应用	(247)
第二节	普通减速器的结构和润滑	(247)
第三节	标准减速器的选用	(251)
	练习思考题	(255)

第三篇 液压传动.....	(256)
第十八章 液压传动.....	(256)
第一节 概述.....	(256)
第二节 油泵、油缸和辅助元件	(264)
第三节 液压基本回路和控制阀.....	(271)
第四节 典型液压系统分析.....	(283)
第五节 液压系统常见故障.....	(289)
练习思考题.....	(287)
习题答案(第二章~第九章).....	(291)
主要参考文献.....	(294)

绪 论

机械是人类经过长期的生产实践逐渐创造出来的。它能够代替人类进行更繁重、更有效、更精细的劳动。只有使用机器,才便于实现产品的标准化、系列化和通用化,因而才能集中进行大量生产和现代化科学管理。因此机械工业对促进我国国民经济的发展,推进社会主义现代化建设起着重要的作用。

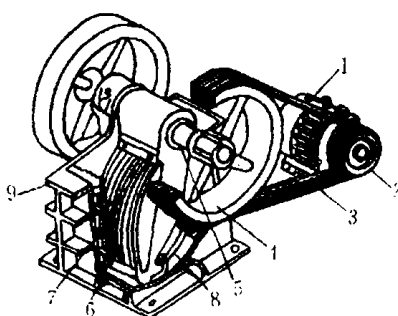
一、机械的组成

机器种类繁多,但一台完整的机器通常是由工作部分、原动机和传动装置这三个基本部分所组成(见颞式破碎机示意图)。

工作部分是用来完成机器预定功能的组成部分。如定颞板 7 不动,动颞板 6 做复杂摆动,通过颞板之间间隙的周期变化来辗压物料,完成破碎工作。

原动机是驱动机器运转的动力源,常见的为电动机,如下图中的件 1。原动机具有一定的额定转速和额定功率。

由于机器的功能各有不同,因而工作部分要求的运动形式,运动参数及生产阻力是千差万别的。而原动机的运动形式,运动参数及驱动力矩却很有限,因而就需要一些中间环节来完成运动的转换及力的传递,这些中间转换环节就是传动装置。图中所示的颞式破碎机,先通过小 V 带轮 2、普通 V 带 3 和大 V 带轮 4 组成的带传动将电机轴的高转速变为偏心轴 5 的低转速,再通过由偏心轴 5、动颞板 6、肘板 8 和机架 9 组成的连杆传动使偏心轴的转动变为动颞板的复杂摆动,从而克服物料的生产阻力,完成对物料的破碎。



颞式破碎机示意图

1——电动机;2——主动 V 带轮;3——普通 V 带;4——从动带轮;5——偏心轴;6——动颞板;7——定颞板;8——肘板;9——机架

如果仅从运动上分析,上述传动装置就是一些机构,因此,机器是由机构组合而成。常用的机构有齿轮机构,带传动机构,链传动机构,连杆机构,凸轮机构,棘轮机构,槽轮机构及螺旋机构等。机械就是机器和机构的总称。

从加工制造和装配角度来看,机械又是由许多零件和部件所组成。零件是机械最基本的制造组成单元。

机械零件通常分为两大类:一类为通用零件,即各种机器经常使用的零件,如齿轮、带轮、轴、螺栓等;另一类为专用零件,即某些特殊机器中才使用的特殊零件,如汽轮机中的叶片、内燃机中的活塞、曲轴等。我们常把机器中由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合体称为部件,如联轴器、减速器等。

二、机械零件的主要失效形式和工作能力计算准则

任何一台机器的工作能力取决于它组成零件的工作能力。因而,要设计一台机器就必须很好地设计它的零件。而零件的设计和选择又是和整个机器的性能要求分不开的。

机械零件在使用中不能正常工作称为失效。零件失效的主要形式有:

(1)整体断裂。零件在受拉、压、剪切、弯曲、扭转等外载荷的作用下,由于某一危险剖面上的应力超过了零件的强度极限而发生断裂,或者零件在变载荷的作用下而发生疲劳断裂。例如轴、齿轮轮齿和螺栓等断裂。

(2)过大的残余变形。零件所受应力超过其屈服极限时所产生的残余变形超过了允许值。例如齿轮轮齿表面,滚动轴承滚动体或滚道表面的塑性变形。

(3)表面破坏。零件表面由于腐蚀,磨粒磨损,疲劳点蚀,胶合所造成的损坏,如开式齿轮齿面的磨粒磨损,滚动轴承滚动体表面的疲劳点蚀,滑动轴承轴瓦表面的胶合和腐蚀等。

(4)破坏正常工作条件引起的失效。例如带传动当张紧力不足时会出现打滑,螺栓联接的预紧力不足时会破坏联接的紧固性或紧密性等。

零件的失效形式很多,与很多因素有关。因此应根据具体工作条件对零件进行失效分析,找出主要原因加以改进设计或加强维护工作。

在设计零件时,应根据主要失效形式来确定工作能力计算准则。零件最主要的设计准则有:

(1)强度准则。零件在载荷作用下的工作应力不得超过允许的限度。

(2)刚度准则。零件在载荷作用下的弹性变形是不得超过允许的限度。

(3)寿命准则。零件保证在一定的正常工作时间内不出现疲劳破坏,或磨损量在允许的范围内。

三、设计机器的一般程序

设计机器的一般程序是:

(1)选择机器工作原理,确定执行构件的运动及其相互协调配合关系。

(2)选择原动机的类型及运动参数。

(3)进行功能分析,确定机器的运动方案。并根据执行构件的运动要求及动力要求进行各组成机构的运动尺度设计,绘制机器运动简图。

(4)进行动力设计。根据执行构件的生产阻力和构件的运动参数等计算各主要零部件上的载荷(力、转矩等)并确定原动机的功率。

(5)进行构形及工作能力设计。在机器运动简图设计的基础上,进行零件构形设计并依据动力分析的结果和零件的设计计算准则进行工作能力计算,或根据简化的设计计算公式,确定零件基本尺寸,并以此进行结构设计。

(6)设计和绘制部件及总体装配图。

(7)设计和绘制零件工作图。

(8)编制设计计算说明书等技术文件。

在具体设计过程中,有时有些程序需要平行、交叉或反复进行。因而机械设计的内容及程序并不是一成不变的。

四、本课程的性质、任务和主要内容

《机械工程基础》是学习有关机械专业知识的一门重要技术基础课,是一门适用面广,实用性强的设计性课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- (1)具有一定的工程力学、机械传动和液压传动的基础知识;
- (2)具有设计通用零件及简单机械传动装置的能力;
- (3)具有运用标准、规范及查阅手册等技术资料的能力;
- (4)具有初步的实验技能。

本书的具体内容有:

静力学部分——构件的受力分析,力系简化,各力系的平衡条件。

材料力学部分——构件在载荷作用下的强度条件及刚度。

常用机构部分——平面连杆机构,凸轮机构,棘轮机构和槽轮机构等。

机械传动部分——带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动等。

联接部分——螺纹联接,键及花键联接,销联接等。

轴系零部件及减速器部分——滑动轴承,滚动轴承,轴,联轴器,离合器和减速器等。

液压传动部分——油泵,油缸,控制阀,辅助装置及基本回路等。

第一篇 工程力学

引 言

机械零件和工程结构的元件在工程力学中,通称构件。

工程力学为构件的设计提供理论基础和计算方法。它包括两部分内容:第一部分(第一章至第四章)内容属于静力学;第二部分(第五章至第九章)内容属于材料力学。

静力学研究诸力作用下物体的平衡问题。所谓平衡是指物体相对地面保持静止或作匀速直线运动的状态。

静力学的研究对象是物体。物体在力的作用下,其形状和尺寸大小都发生一定程度的改变,即发生变形。但是,工程中构件的变形通常是十分微小的,对其平衡影响很小,可以忽略不计,因此在静力学中将所研究的物体看作是不变形的物体——刚体。

静力学的主要内容为:物体的受力分析;各种力系的简化和平衡条件。因此解决了构件的受力分析和静力计算问题。

在载荷作用下,构件应该具有足够的承载能力,这是材料力学研究的问题。构件的承载能力主要由以下三方面来衡量。

(1)足够的强度。即在载荷作用下构件不发生破坏。例如传动轴不被扭断,可见,所谓强度是指构件抵抗破坏的能力。

(2)足够的刚度。某些构件在载荷作用下虽没有发生破坏,但由于变形超过允许的限度,也将失去正常工作能力,例如机床工作时,其主轴即使有足够的强度,若变形过大,将会影响工件的加工精度。因而,所谓刚度是指构件抵抗变形的能力。

(3)足够的稳定性。例如千斤顶的顶杆,如果过于细长,在压力作用下便有可能被压弯。为了保证正常工作,要求其始终保持直线形式,即要求原有的直线平衡形态保持不变,所以,所谓稳定性是指构件保持原有平衡形态的能力。

本篇材料力学部分主要研究杆类构件的强度和刚度,在保证满足构件强度、刚度的条件下,最经济地为构件选择适宜的材料,确定合理的截面和尺寸,以达到既经济又保证安全的目的。

在研究构件的强度、刚度和稳定性问题时,构件的变形是主要因素。因此,在材料力学中不能将物体视为刚体,而要视为变形固体。为了便于理论分析、简化计算,需要忽略变形固体的一些次要性质,根据其主要性质作如下假设:

(1)连续均匀性假设。即假设变形固体在其整个体积内毫无间隙地充满了物质,而且各处的性质都相同。

(2)各向同性假设。即认为变形固体在各个方向具有相同的性质。

实践证明,根据上述假设所建立的理论 and 计算精度是符合工程要求的,即使将上述假设

用于或有条件地用于某些具有方向性的材料(如轧钢、木材),也得到令人满意的结果。

工程中一般构件的变形都是属于弹性变形和小变形。所谓小变形是指变形量远远小于构件原始尺寸的变形。由于变形小,所以在确定构件外力和运动时,可忽略变形,而按机构的原始尺寸计算,从而使计算大大简化,误差却很微小。

构件的形状是多种多样的。若构件一个方向(长度方向)的尺寸远大于其它两个方向(宽度和高度)的尺寸,称其为杆件。杆件的几何形状可以用其轴线(截面形心的连线)和垂直于轴线的几何图形(横截面)表示。轴线是曲线的称为曲杆;轴线是直线的称为直杆,各横截面相同的直杆称为等直杆,等直杆是本篇材料力学研究的主要对象。

杆件受力后,变形的基本形式有四种:(1)轴向拉伸或压缩;(2)剪切;(3)扭转;(4)弯曲。其它复杂变形只不过是以上二种或二种以上基本变形的组合,称为组合变形。

第一章 静力学基本概念·受力分析

第一节 力及其性质

一、力和力系

力是物体间相互的机械作用。力对物体的效应是使物体的运动状态发生变化和使物体发生变形。前者称为力的运动效应,后者称为力的变形效应。静力学只研究运动效应,材料力学则研究变形效应。

由实践可知,力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点,即力的三要素,显然,力是向量(或矢量)。如图 1-1 所示,通常用有向线段表示力,线段 AB 的长度按比例表示力的大小,箭头表示力的指向, A 或 B 表示力的作用点。通过力的作用点沿力的指向的直线称为力的作用线。用黑体字母 F 表示力的名称,而力的大小则用普通字母 F 表示。

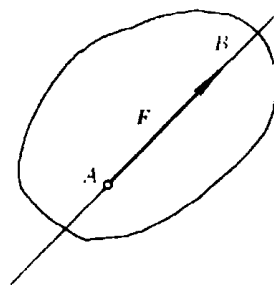


图 1-1 力的表示

力的国际制单位是牛顿(N)或千牛顿(kN), $1\text{kN} = 10^3\text{N}$ 。

作用在物体上的一群力称为力系,刚体平衡时的力系称为平衡力系。如果两个力系分别对同一个刚体的作用效应相同,则这两个力系彼此称为等效力系。若一个力与一个力系等效,则称这个力是该力系的合力,而该力系中的每个力称为合力的分力。

二、力的性质

实践证明,力具有下述性质:

性质 1. 作用于刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要和充分条件是:两个力大小相等,指向相反,作用在同一条直线上(图 1-2),此性质称为二力平衡条件。

此条件对非刚体是不充分的,例如绳索的两端受到一对等值、反向、共线的压力作用时,

并不能保持平衡。

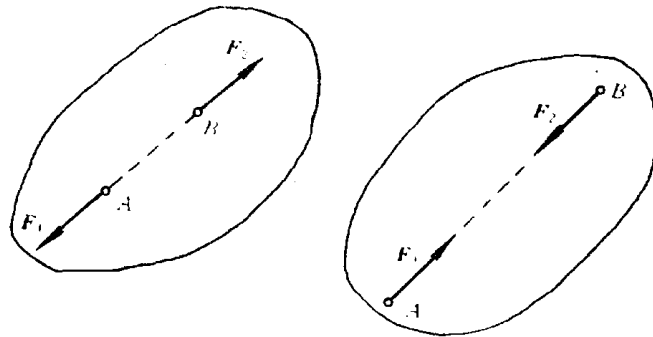


图 1-2 二力平衡

只受二个力作用而平衡的刚体称为二力体。如果刚体是杆件,则称二力杆。二力体所受的二力必沿着作用点的连线。例如棘轮机构(图 1-3a)中的棘爪(图 1-3b),受机架和棘轮轮齿的作用力 F_A 、 F_B 必沿着作用点 A 、 B 的连线。

性质 2. 在作用于刚体上的任何一个力系,加上或去掉任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。此性质称为加减平衡力系公理。

推论(力的可传性) 作用在刚体上的力,可沿着力的作用线任意移动作用点,而不改变它对刚体的效应。

如图 1-4 所示作用于小车后 A 点的力 F 沿其作用线移到小车前 B 点,变推车为拉车,小车的运动状态并不变化,即效果相同。

必须指出,力的可传性只适用于刚体,而不适用于变形体(或者说只适用研究物体的运动,平衡是物体运动的特殊状态)。例如,直杆 AB 两端受到两个等值、反向、共线的拉力 F_A 和 F_B 而保持平衡(图 1-5a)。将这两个力沿作用线分别移到杆的另一端(图 1-5b),虽然直杆仍然平衡,但它的变形情况却由拉伸变为压缩。

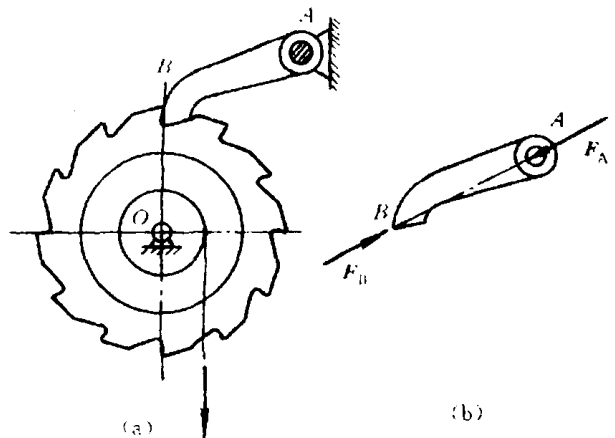


图 1-3 二力体示例

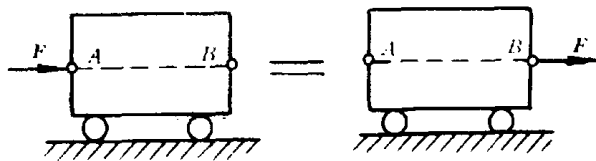


图 1-4 力的可传性

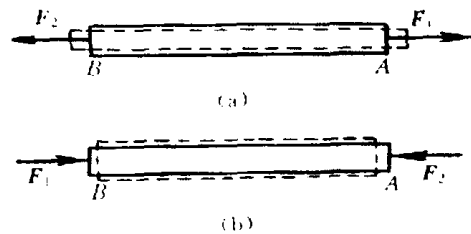


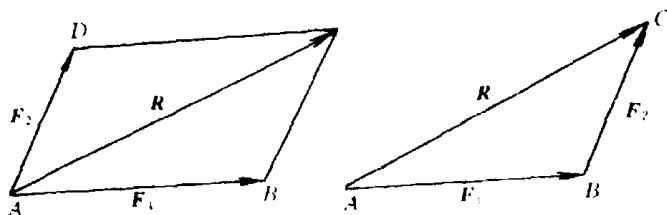
图 1-5 拉伸与压缩

性质 3. 作用在物体上同一点的两个力,可以合成一个合力,合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向是以这两个力为边所作的平行四边形的对角线来表示(图 1-6a),此性质称为力的平行四边形法则。

这种合成力的方法称为向量加法,合力称为这两力的向量和。可用公式表示为

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

为了作图方便,在用向量加法求合力时,只须画平行四边形的一半,即三角形即可,如图 1-6b 所示,可从 A 点作一个与力 F_1 大小相等、方向相同的向量 \overline{AB} ,过 B 点作一个与力 F_2 大小相等、方向相同的向量 \overline{BC} ,则有向线段 \overline{AC} 即表示力 F_1 、 F_2 的合力 R ,显然,调换 F_1 、 F_2 的顺序,其结果不变,这种求合力的方法称为三角形法则。力三角形只表明力的大小和方向,它不表示力的作用点或作用线。



(a) 四边形法则

(b) 三角形法则

图 1-6 力的合成法则

利用力的平行四边形法则也可以将一力分解为相交的两个分力。工程上常将一力沿两个互相垂直的方向分解,这种分解称为正交分解。如图 1-7 所示沿斜面下滑的物体,把重力 P 分解为沿斜面的分力 F 和垂直于斜面的分力 N ,力 F 使物体沿斜面下滑,而力 N 使物体下滑时紧贴斜面。这两个分力的大小分别为:

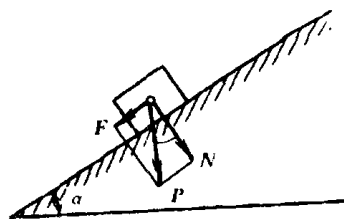


图 1-7 力的正交分解示例

$$F = P \cdot \sin\alpha, N = P \cdot \cos\alpha$$

性质 4. 任意两个相互作用物体之间的作用力和反作用力,总是大小相等,方向相反,沿同一直线,分别作用在两个物体上。这就是作用和反作用定律。

该定律表示一切力总是成对地出现的,有作用力必有反作用力,单方面的作用是不存在的。研究由几个物体组成的系统——物体系的受力关系时,常使用该定律。

应当注意,作用与反作用定律中的一对力,和二力平衡条件中的一对力是有区别的。作用和反作用力分别作用在两个相互作用的物体上,而二力平衡条件中的两个力则作用在同一个物体上。

第二节 约束和约束反力

能在空间任意运动的物体称为自由体,如飞机、火箭等。当物体受到其它物体的限制,不能沿某些方向运动时,这样的物体称为非自由体。

对非自由体的某些运动起限制作用的周围物体称为约束,例如图 1-8 曲柄压床中滑道是滑块的约束,限制滑块只能沿铅直方向移动,轴承是曲柄轴的约束,限制曲柄轴只能转动。

约束施加于被约束物体的力称为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是与约束所能

限制运动的方向相反,这是确定约束反力方向的准则,约束反力的作用点应在约束与被约束物体相互接触之处,至于约束反力的大小,可由平衡条件求出。

能使物体运动或有运动趋势的力,称为主动力,例如重力、水压力、风压力、油压力和电磁力等。一般情况下主动力是已知的力。约束反力是未知力,是由主动力的作用而引起的,所以又称为“被动力”,它随主动力的改变而改变。

下面介绍工程中常见的约束类型及其反力方向的确定。

1. 柔性体约束

绳索、链条和带等可以构成这种约束,如图 1-9a 所示链条,只能限制物体沿其中心线离开的运动,而不能限制其它方向的运动。

因此,链条的约束反力 T_B 、 T_C 的方向应沿着它的中心线而背离物体,约束反力作用在物体与链条的联结点(图 1-9b)。

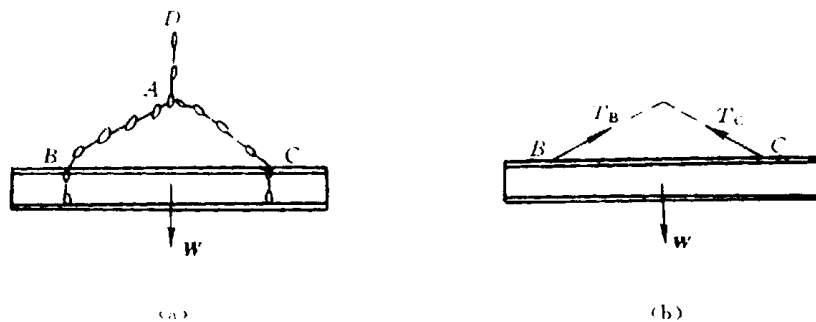


图 1-9 柔性体约束及约束反力

2. 光滑面约束

若物体相互接触面上的摩擦力与其它力相比很小,则可以忽略不计,这样的接触面就认为是光滑的,光滑接触面不能限制物体沿接触面切线方向的运动而只能限制物体沿接触面公法线指向约束的运动。因此,光滑面约束反力为过接触点的公法线且指向物体,如图 1-10(a)、(b)所示的反力 N 。这种约束反力也称为法向反力。机械中常见的啮合齿轮的齿面约束(图 1-11),即可视为光滑面约束。

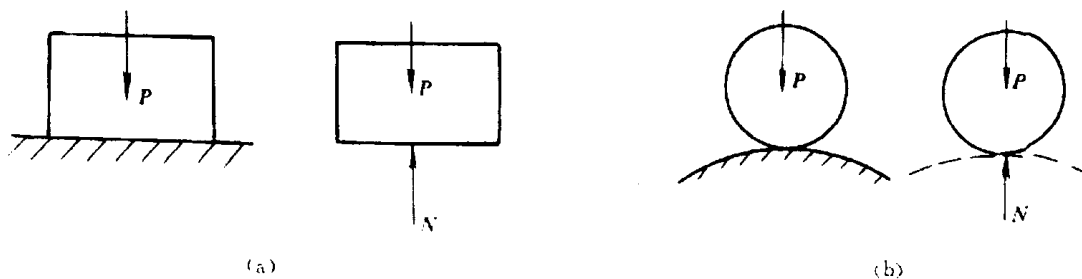


图 1-10 光滑面约束及约束反力

3. 光滑圆柱铰链约束

将两个构件在连接处钻上圆孔,用圆柱销连起来便构成此约束。若不计摩擦,则此结构可视为光滑圆柱铰链约束。物体受这种约束,彼此只能绕圆柱销的轴线转动。如果其中一个物体固定于地面或机架,则称为固定铰链支座(图 1-12a),其简图如图 1-12e 所示。

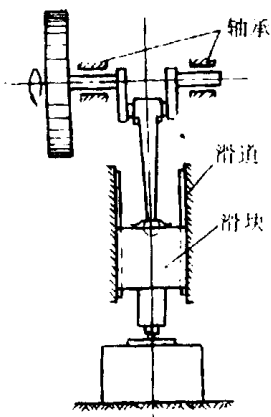


图 1-8 曲柄压床

不计摩擦, 铰链中的圆柱销与物体的圆孔间的接触是两个光滑圆柱面的接触(图 1-12b)。所以圆柱销给物体的约束反力 R 应沿着圆柱面上接触点 K 的公法线, 并通过铰链中心 O , 如图 1-12c 所示, 因接触点 K 的位置可以是孔的圆周上任一点, 所以约束反力 R 的方向不能预先确定, 通常用通过铰链中心的两个正交分力 X 和 Y 表示, 如图 1-12d 所示。

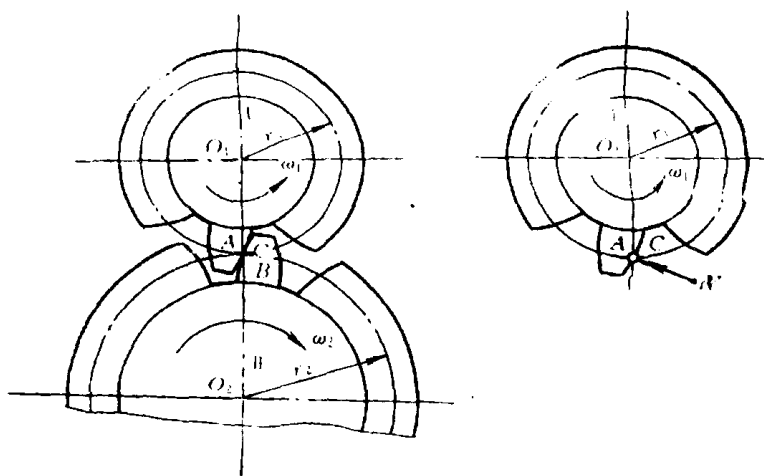


图 1-11 光滑面约束示例

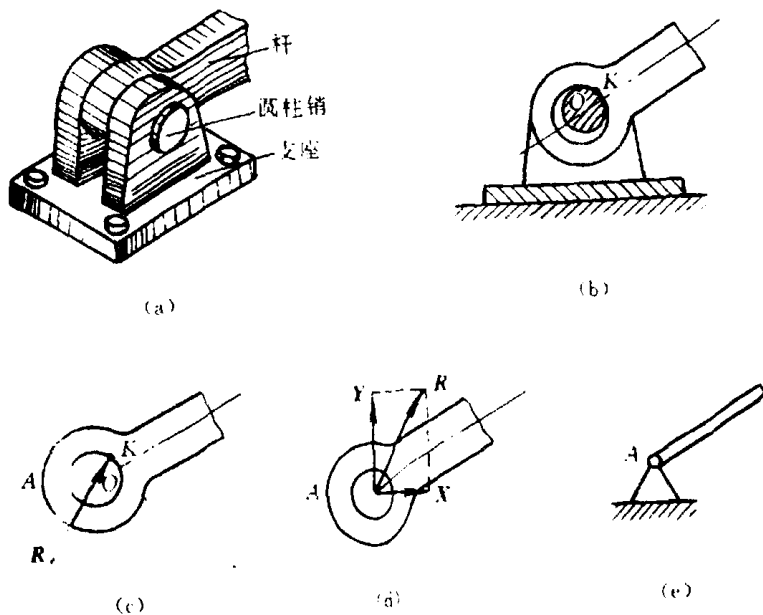


图 1-12 固定铰链支座及约束反力

图 1-13(a)、(b) 所示称为中间铰链, 其圆柱销对物体的约束反力与上述相同, 通常也表示为两个正交的分力(图 1-13c)。

4. 辊轴约束

将物体的铰链支座用几个辊轴支承在光滑平面上, 就成为辊轴约束(图 1-14a), 又称活动铰链支座。辊轴约束只能限制物体在垂直于支承面方向的运动, 不能限制物体沿着支承面的运动或绕圆柱销的转动, 因此辊轴约束的反力通过铰链中心, 垂直于支承面, 它的指向不