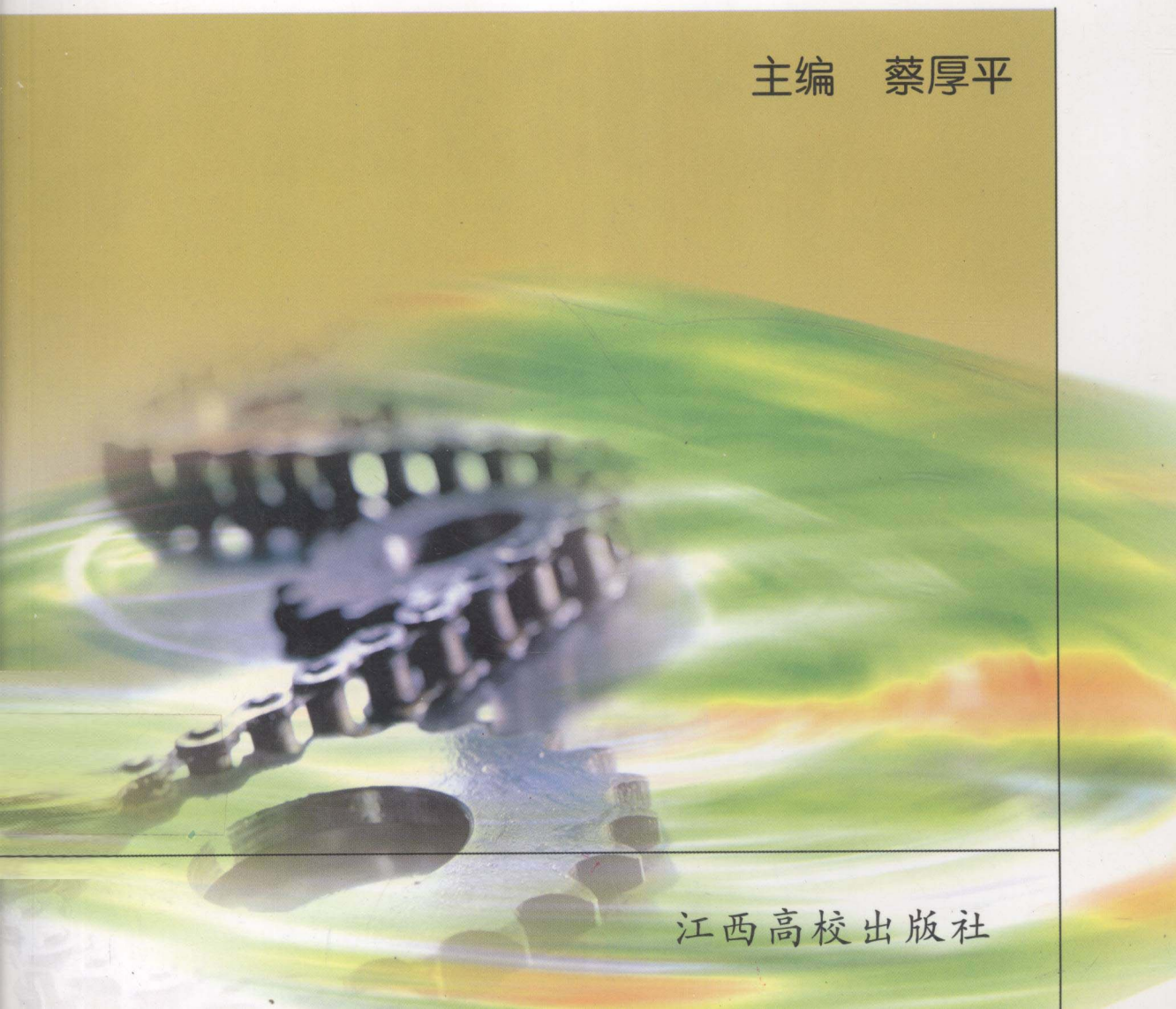


21 世纪高校规划教材

机械设计基础

主编 蔡厚平



江西高校出版社

21 世纪高校规划教材

机械设计基础

主 编 蔡厚平

副主编 卢其宜 桂家章 胡 晔

江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/蔡厚平主编. —南昌:江西高校出版社, 2004. 8

ISBN 7 - 81075 - 453 - X

I. 机… II. 蔡… III. 机械设计 - 高等学校 - 教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004) 第 080169 号

江西高校出版社出版发行

(江西省南昌市洪都北大道 96 号)

邮编:330046 电话:(0791)8592235, 8504319

江西太元科技有限公司照排部照排

南昌市光华印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 27.5 印张 680 千字

印数:1 ~ 2000 册

定价:42.00 元

(江西高校版图书如有印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

前 言

本书根据教育部“高职高专教育机械设计课程教学基本要求”的精神,结合多院校多年的教改经验编写而成,主要适用于机械类,近机械类各专业的教学,参考学时数为 120~140 学时。教材特点如下:

1.教材体系新。本书将理论力学、材料力学、机械原理、机械零件合为一体,共分二十一章,以基本概念、基本原理为向导,以机械设计为主线,进行内容的编排。

2.教材整合力度大。例如,本书将剪切挤压强度与键销联接合为一章、扭转强度与螺纹联接合为一章,突出了工程力学在机械设计中的应用;将平面机构的结构、平面连杆机构和凸轮机构合为一章,将轴系零部件合为一章,进一步强化了机械设计综合能力的培养。

3.教材的应用性强。本书遵循“必须、够用为度”原则,简化了大量的公式推导,按照由浅入深、边讲边练、循序渐进的原则编写教材,便于组织教学。

4.教材采用了新的国家标准,引入了新的技能型的知识。

参加本书编写的有九江职业技术学院蔡厚平(第一章、第五章、第八章),南昌水利水电高等专科学校桂家章(第二十章),江西工业工程学院刘海星(第四章、第六章、第七章),江西旅游商贸职业学院田石祥(第九章、第十二章),江西机电职业技术学院卢其宜(第十四章、第十六章),江西应用技术职业学院龙永莲(第十七章),新余高等专科学校朱双霞(第十五章),江西工业工程学院胡晔(第二章、第三章),江西工业工程学院刘小群(第十章、第十一章、第十三章、第二十一章),九江职业技术学院修辉平(第十八章、第十九章)。

全书由蔡厚平担任主编,卢其宜、桂家章、胡晔担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者给予批评指正。

编者

2004 年 6 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机器的组成	1
第二节 现代机械设计的基本要求、方法和一般步骤	2
第三节 本课程的性质、任务及要求	3
第四节 本课程的学习方法	4
第二章 静力学的基本概念	5
第一节 力的概念	5
第二节 受力图	8
第三节 平面汇交力系的合成与平衡	13
第四节 力矩的概念	19
第五节 力偶、力线平移定理	21
第三章 平面力系	29
第一节 平面任意力系的简化及其结果分析	29
第二节 平面任意力系的平衡条件及其应用	32
第三节 物系的平衡、静定与超静定问题的概念	35
第四节 考虑摩擦时的平衡问题	38
第四章 空间力系	46
第一节 力在空间直角坐标轴上的投影	46
第二节 力对轴之矩	47
第三节 空间力系的平衡条件及其应用	49
第四节 重心	53
第五章 机械与机械零件概论	61
第一节 变形固体的基本假设	61
第二节 机械零件的主要失效形式	61
第六章 轴向拉伸与压缩	67
第一节 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力	67
第二节 轴向拉伸与压缩时横截面上的应力	69
第三节 轴向拉伸与压缩时的变形	71
第四节 材料在拉压时的力学性能	73
第五节 轴向拉伸与压缩时的强度计算	77
第七章 剪切与挤压计算与应用	83

第一节 剪切与挤压的计算	83
第二节 键联接与销联接	87
第八章 圆轴的扭转计算与应用	97
第一节 圆轴扭转的概念、扭矩	97
第二节 圆轴扭转时的应力与强度计算	99
第三节 圆轴扭转时的变形与刚度计算	103
第四节 螺纹联接的结构	105
第五节 螺纹联接的强度计算	114
第六节 联轴器	120
第七节 离合器	123
第九章 直梁的弯曲	128
第一节 梁弯曲和内力的概念	128
第二节 纯弯曲时梁横截面上的正应力	135
第三节 梁弯曲时的强度计算	140
第四节 梁的弯曲变形概述	142
第十章 组合变形的强度计算	155
第一节 应力状态的概念、强度理论简介	155
第二节 弯曲和拉(压)组合变形的强度计算	159
第三节 弯曲和扭转组合变形的强度计算	161
第十一章 动载荷和交变应力简介	166
第一节 动载荷	166
第二节 交变应力	168
附录 型钢表	170
第十二章 质点运动力学	175
第一节 质点的运动规律	175
第二节 用直角坐标法表示点的速度和加速度	177
第三节 用自然坐标法表示点的速度和加速度	179
第四节 质点动力学基本方程	183
第十三章 刚体运动力学	189
第一节 刚体基本运动	189
第二节 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	195
第三节 转动惯量	196
第四节 刚体绕定轴转动的动力学基本方程的应用	198
第五节 动静法	199
第十四章 动能定理	205
第一节 功和功率	205
第二节 质点和刚体的动能	210
第三节 动能定理	212

第十五章 平面机构的结构分析	221
第一节 平面机构的运动简图及自由度.....	221
第二节 机械零件的材料选择及结构工艺性.....	229
第三节 平面连杆机构.....	236
第四节 凸轮机构.....	250
第十六章 带传动和链传动	267
第一节 带传动概述.....	267
第二节 V带和V带轮	268
第三节 V带传动的工作能力分析.....	274
第四节 V带传动的设计.....	277
第五节 V带传动的安装和维护.....	286
第六节 链及链轮.....	287
第七节 链传动的运动特性和设计计算.....	293
第八节 链传动的使用和维护.....	302
第十七章 齿轮传动	306
第一节 齿轮传动概述.....	306
第二节 渐开线直齿圆柱齿轮.....	307
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动.....	312
第四节 渐开线齿轮的加工原理.....	315
第五节 圆柱齿轮的精度.....	320
第六节 齿轮的失效和齿轮的材料.....	322
第七节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算.....	326
第八节 斜齿圆柱齿轮传动.....	333
第九节 直齿圆锥齿轮传动.....	336
第十节 齿轮传动的结构设计.....	339
第十一节 齿轮传动的润滑和维护.....	341
第十二节 齿轮的检测和测绘.....	344
第十八章 蜗杆传动	347
第一节 蜗杆传动概述.....	347
第二节 蜗杆传动的失效形式、材料、结构.....	353
第三节 蜗杆传动的工作能力分析.....	356
第十九章 轮系	362
第一节 定轴轮系传动比计算.....	362
第二节 行星轮系传动比计算.....	364
第二十章 轴系零部件	372
第一节 轴系概述.....	372
第二节 滑动轴承.....	374
第三节 滚动轴承的类型及选择.....	381

第四节	轴系的结构设计·····	386
第五节	轴的强度计算·····	399
第六节	滚动轴承的工作能力计算·····	402
第二十一章	其他常用机构及零部件·····	413
第一节	间歇运动机构·····	413
第二节	螺旋传动机构简介·····	416
第三节	弹簧简介·····	418
第四节	减速器简介·····	422
第五节	回转体平衡与机械运转速度波动调节·····	426

第一章 绪论

随着生产的不断发展,人类社会出现了越来越多的各种各样的机械。从最早的杠杆、斜面等简单的机械逐步发展成为现今的汽车、各种机床、洗衣机、计算机、机器人等种类繁多、结构复杂、技术先进、功能全面的机械。可以说机械的发展丰富了人类社会的物质文明和精神文明,推动着社会的发展进步。在科学技术发展的今天,使用机械的水平已经成为一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

第一节 机器的组成

一、机器的种类

任何一种机器都是为实现某种功能而设计制造的。机器的种类很多,按照工作类型的不同,机器可分为动力机器、工作机器和信息机器等三类。

动力机器用于将机械能转换成其他形式的能量,或将其他形式的能量转换成机械能,如发电机、电动机、内燃机等。工作机器用以完成有用的机械功或搬运物料,如起重机、各种机床、汽车、飞机等。信息机器用以实现信息的变换、处理和传递,如传真机、复印机、照相机等。

二、机器的组成和机构

1. 机器的组成

(1) 机器的特征

如图 1-1 所示内燃机,由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、齿轮 4 和 5、凸轮 6、顶杆 7、汽缸体 8 等实体组成。燃气推动活塞移动,通过连杆使曲轴转动,从而实现燃气在缸内经过进气—压缩—燃烧—排气的循环过程,将燃烧的热能转换为使曲柄转动的机械能。

又如图 1-2 所示颚式破碎机,由机架 1、偏心轴 2、动颚板 3、肘板 4、带轮 5、定颚板 6 等组成。电动机经过带传动带动偏心轴转动,使动颚板作平面运动,与定颚板一起实现压碎物料的功能。

由此可见,尽管各种机器的功能、组成、工作原理各不相同,但各种机器还是具有一些共同的特征,即:1)都是若干实体的人为组合;2)各实体之间具有确定的相对运动;3)可做有用的机械功或实现机械能转换。

(2) 机器的组成

机器中不可拆卸的制造单元(如图 1-3 所示曲轴)称为零件,因此从制造的角度看,机器由零件组成。组成机器的各个相对运动的实体单元(如图 1-4 所示连杆)称为构件,因此从运动的角度看,机器由构件组成。按照各部分实体的不同功能,一台机器由动力部分、传动部分、执行部分和控制部分组成。

综上所述,机器是一种用来转换或传递能量、物料和信息,执行机械运动的装置。

2. 机构

所谓机构,是指能实现预期的运动和动力传递的多个实体的人为组合。机构的功能只能用于传递运动和动力,而机器除用于传递运动和动力外,还能实现能量、物料和信息的转换与传递。当从运动和结构的观点看时,机构与机器并无区别,因此工程上常将机构和机器统称

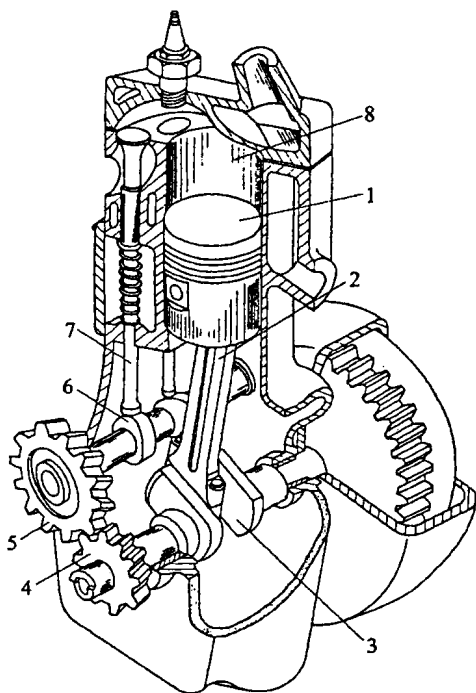


图 1-1 单缸内燃机

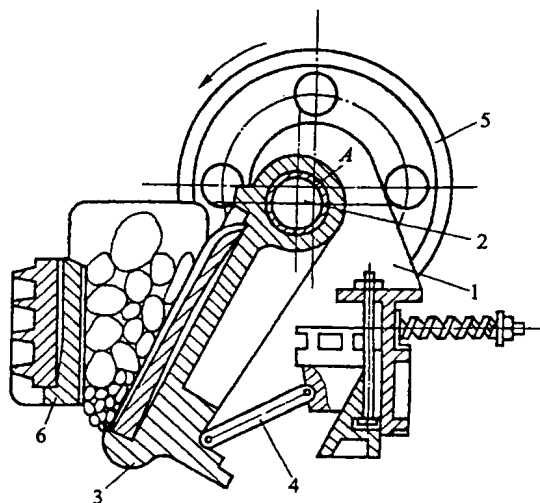


图 1-2 颚式破碎机

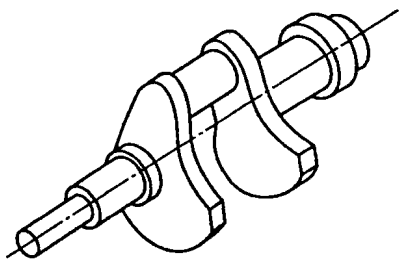


图 1-3 曲轴

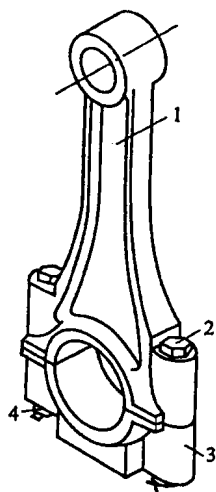


图 1-4 连杆

为机械。

第二节 现代机械设计的基本要求、方法和一般步骤

一、机械设计的基本要求

为提高机械产品质量,提高竞争力,机械设计应满足以下基本要求:

1. 满足功能要求:设计的产品首先要能在现有条件下尽可能地选用好的工艺方法,其次应

满足预期的使用要求。

2. 满足先进性要求: 创新是所设计产品的生命力所在, 评价设计水平的高低取决于创新所带来的效果。同时, 设计者必须在经济、技术、社会效益等方面进行综合考虑, 使设计效果达到最优化。

3. 满足人机工程的要求: 人机工程就是要使机器和人相互适应, 创造舒适和安全的环境, 以提高工效。因此, 机械产品必须适合人的各方面需求, 安全可靠, 避免人身事故和设备事故, 并能到达最高效率。

4. 满足经济和社会的要求: 经济性要求成本低, 效率高, 能源和材料消耗少, 维护管理费用低。社会性要求尽可能降低噪声, 减轻对环境的污染。

二、现代机械设计的方法和一般步骤

机械设计是一项综合、细致和科学的工作, 现代机械设计广泛采用的设计方法有: 优化设计、可靠性设计、模块设计、计算机辅助设计等。但无论哪种设计方法都是将设计、制造和使用综合起来考虑并进行设计的。机械设计的一般步骤可分为以下五个阶段:

1. 制定设计任务书: 首先要进行市场调查和预测, 根据需要确定所设计机械的功能及技术要求, 给出明确而详尽的设计任务书。

2. 进行方案设计: 根据设计任务书的机械功能, 分析机械的运动规律和受力情况, 选择采用机构和传动的类型, 拟定最优的机械总体布置方案。

3. 进行技术设计: 首先根据总体方案, 通过运动和动力等计算, 绘制机械的总体结构图, 即总装配图; 然后根据总装配图要求进行零部件的设计, 绘制零部件的工作图, 并编写出相应的技术文件和说明书。

4. 试制和修改设计: 完成零件施工图的设计和各类技术文件的编制后, 先试制几台样机, 再进行运行、检验, 发现问题, 最后去改进设计, 使之完善。

5. 审核鉴定并定型生产: 鉴定会应根据任务书, 将规定的指标与实际情况逐项对照, 写出意见和结论。在可投入生产的鉴定结论下, 使样品定型。然后根据市场需求投入批量生产。

第三节 本课程的性质、任务及要求

一、课程的性质

本课程是一门技术基础课, 综合应用各先修课程的基本理论和生产知识, 解决常用机构及通用零部件的力学、原理、结构等的分析和设计问题。本课程的理论性、实践性较强, 是机械类专业和近机类专业的主干基础课程之一, 也是后续专业课程学习的重要技术基础。本课程在教学中起着承上启下的作用, 是机械工程人员的必修课程。

二、课程的任务和要求

本课程的任务是培养学生树立正确的设计思想和思维方式, 养成严谨、踏实、进取的品质。通过对本课程的学习, 要求学生达到以下基本要求:

1. 熟练掌握静力分析和运动分析的基本理论和基本计算方法, 能解决工程中的有关静力分析和运动分析的具体问题。

2. 掌握通用零部件的类型、工作原理、失效形式、设计准则和设计方法, 初步具有对一般工作条件和常用参数范围内的通用零部件进行设计的能力。

3. 熟悉常用机构的结构特点、工作原理及其应用等基本知识, 并具有初步分析和设计常用

机构的能力。

4. 学会查用图表、标准、规范和手册等技术资料,具有设计简单机械及传动装置的基本技能。

第四节 本课程的学习方法

本课程是一门应用性很强的工程课程,是从理论性、系统性都很强的基础课向实践性较强的专业课过渡的一个转折点。因此,在学习上要注意以下几点:

1. 注意理论联系实际,学以致用。应在理解基本概念和基本理论的基础上,学会应用定理和公式去解决具体问题。尤其要注重实践能力和创新精神的培养,提高综合职业能力。

2. 注意本课程内容的内在联系,融会贯通,抓住基本知识和设计两条主线来学习。学习时应从整体出发,不要片面孤立地研究问题。

3. 设计计算的公式与数据都是有条件的,学习时要着重了解各量的物理意义、取值范围、应用条件以及它们之间的相互关系。

4. 要重视结构设计。对机械工程问题来说,如果没有正确的结构设计,再好的理论计算也毫无意义。在学习时,应逐步培养将理论计算与结构设计、工艺等问题相结合的思维方法,要多观察现有零部件的实物或图纸,进行分析和比较,提高和丰富结构设计方面的知识。

练 习 题

- 1-1 机器由哪几部分组成?各部分有何功用?
- 1-2 机器与机构的共同特征有哪些?它们的区别是什么?
- 1-3 什么是零件?什么是构件?两者的关系和区别如何?
- 1-4 机械设计的基本原则有哪些?你能举例说明吗?
- 1-5 本课程的研究对象和学习方法如何?

第二章 静力学的基本概念

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。力系是指作用于同一物体上的一组力。物体的平衡是指物体相对于地面处于静止或做匀速直线运动的状态。要使物体处于平衡状态,作用于该物体上的力系必须满足一定的条件,这些条件称为平衡条件。平衡时的力系称为平衡力系。

静力学研究的主要内容之一就是建立力系的平衡条件,并借此对物体进行受力分析。静力学建立力系平衡条件的主要方法是力系的简化,所谓力系的简化就是用简单的力系等效代替复杂的力系,当然,这种代替必须在两力系对物体的作用效应完全相同的条件下进行的。对同一物体作用效应相同的两力系,彼此称为等效力系。若一个力与一个力系等效,则此力称为该力系的合力。

综上所述,静力学将研究的主要问题是:

(1) 力系的简化。

(2) 物体在各种力系作用下的平衡条件。

静力学的研究对象为刚体,刚体是指在任何力作用下都不发生变形的物体。当物体发生微小变形时,对我们研究的问题影响很小,略去变形反而使问题简化,我们就把物体抽象为不变形的刚体,事实上刚体是不存在的。

第一节 力的概念

一、力的基本概念

力是物体间的相互作用,这种作用将引起物体机械运动状态发生变化,或者使物体发生变形。例如,用手推小车,小车就由静止开始运动、受地球引力作用自高空自由落下的物体,速度越来越大等等;挑担时扁担发生弯曲、锤子的敲打会使烧红的铁块变形等等。可见,力的作用对物体将产生两种效果:一种是使机械运动状态发生变化,称为力的外效应;另一种是使物体产生变形,称为力的内效应。静力学只讨论力的外效应。

1. 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应,是由力的大小、方向和作用点的位置所决定的,这三个因素称为力的三要素。

力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。度量力的大小的单位,本书采用国际制计量单位,力的单位用牛顿(N)或千牛顿(kN), $1\text{kN} = 10^3\text{N}$ 。

力的方向通常包含方位和指向两个意思。例如,说重力方向是“铅直朝下”,“铅直”是力的方位,“朝下”是力的指向。

力的作用点是指力对物体作用的位置。一般来说,力的作用位置并不是一个点而是一部分面积,但当作用面积很小时就可近似地看成一个点,而作用于在这个点上的力称为集中力,这个点称为作用点。

在力的三要素中,如果改变其中任何一个因素,也就改变了力对物体作用的效果。例如[图2-1(a)],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。

2. 力的矢量表示

力是一个既有大小又有方向的量,因此,力是矢量,图示时,常用一个带箭头的线段表示[图 2-1(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。通过力的作用点沿力的方向的直线称为力的作用线。书中用粗体英文字母(如 $\boldsymbol{F}$) 代表力矢量,并以普通字母(如 F) 代表力的大小。

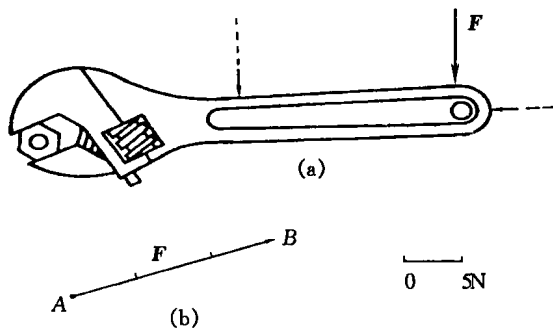


图 2-1 力的图示

二、力的基本性质

性质 1 (二力平衡公理) 作用于同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:此两力必须等值、反向、共线。

对刚体来说,这个条件是必要与充分的,但是对变形体是不充分的。如图 2-2 所示,软绳受两个等值反向的拉力可以平衡,当受两个等值反向的压力时,就不能平衡了。

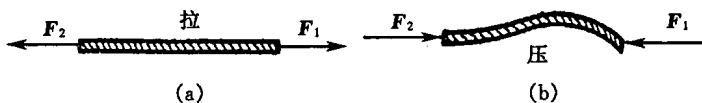


图 2-2 变形体

两力平衡公理是刚体受最简单的力系作用时的平衡条件,如一物体仅受两力作用而平衡,则两力的作用线必定沿此两力作用点的连线,如图 2-3 所示,这类构件常被称为二力构件。

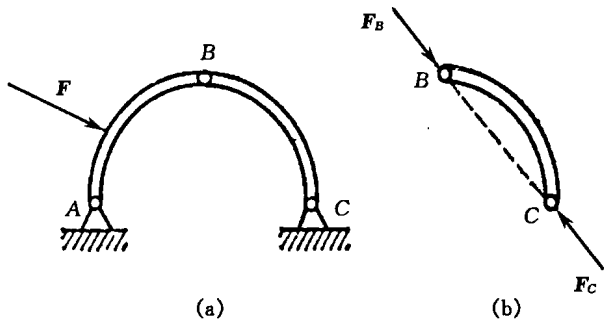


图 2-3 二力构件

性质 2 (加减平衡力系公理) 在已知力系上,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。

推理 1 (力的可传性原理) 作用于刚体上的力,可沿其作用线滑移到该刚体的任何位置而不会改变此力对刚体的作用效应。

此原理证明如下:

(1) 设力 $\boldsymbol{F}$ 作用于刚体上 A 点 [图 2-4(a)]。

(2) 在力 $\boldsymbol{F}$ 的作用线上任选一点 B ,并在 B 点加一组沿 AB 线的平衡力 $\boldsymbol{F}_1$ 和 $\boldsymbol{F}_2$,且使 $\boldsymbol{F}_2 = \boldsymbol{F} = -\boldsymbol{F}_1$ [图 2-4(b)]。

(3) 除去 F 与 F_1 所组成的一对平衡力, 刚体上只剩 F_2 , 且 $F_2 = F$ [图 2-4(c)]。

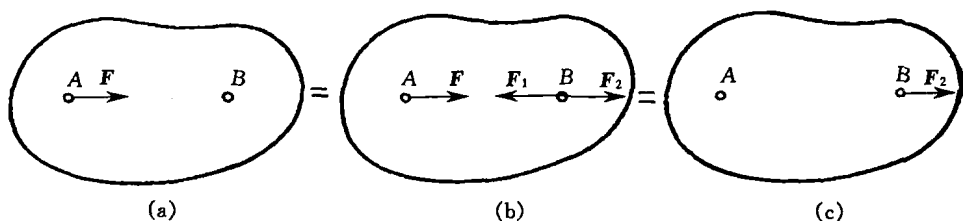


图 2-4 力的可传性

此原理说明, 对刚体而言力是滑移矢量, 它可以沿其作用线滑移但不能任意移至作用线以外的位置。

必须指出, 力的可传性原理不适用于研究物体的内效应。例如: 一根直杆受一对平衡力 F_1 、 F_2 作用时, 杆件受拉 [图 2-5(a)]; 若将两力互沿作用线移动而易位, 则杆变为受压作用 [图 2-5(b)], 但拉伸和压缩是两种不同的内效应。因此, 研究物体的内效应时, 力应作固定矢量处理。

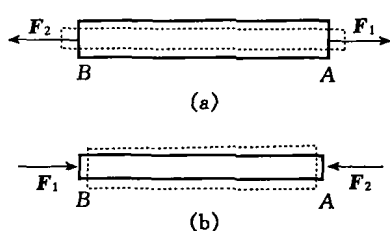


图 2-5 拉杆与压杆

性质 3 (力的平行四边形法则), 作用于物体上某点两力的合力也作用于该点, 其大小和方向可用此两力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示 [图 2-6(a)]。

力是矢量, 其运算应按矢量运算法则进行, 其矢量合成式为 $F_R = F_1 + F_2$

这里应注意矢量式与代数等式 $F_R = F_1 + F_2$ 的意义完全不同, 矢量式的矢量是应用平行四边形法则得出的, 而代数式是带符号的加减运算, 两者不能混淆。

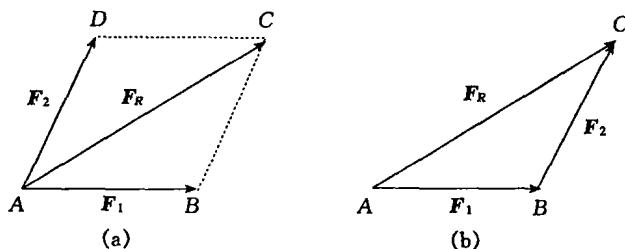


图 2-6 力合成的法则

(1) 力的三角形法则

在用向量加法求合力时, 为了方便, 往往不必画出整个的平行四边形。由于平行四边形对边相互平行且长度相等, 为简化作图只画出平行四边形的一半——三角形 [如图 2-6(b)], 不改变力的大小和方向, 使 F_1 与 F_2 首尾相接, 合力 F_R 从第一个力的起始端指向第二个力的末端, 这种求合力的方法称为力的三角形法则。但应注意: 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的具体位置。

(2) 力的分解

根据平行四边形法则, 两个共点力可以合成为一个力, 自然也可以将一个力分解为两个分力, 分解也按力的平行四边形法则来进行。但是, 由已知力为对角线可作无穷多个平行四边形 (图 2-7), 故必须附加一定条件, 才可能得到确切的结果。附加的条件要么规定两个分力的方

向;要么规定其中一个分力的大小和方向等等。通常我们沿 x 、 y 相互垂直的两个方向进行正交分解。

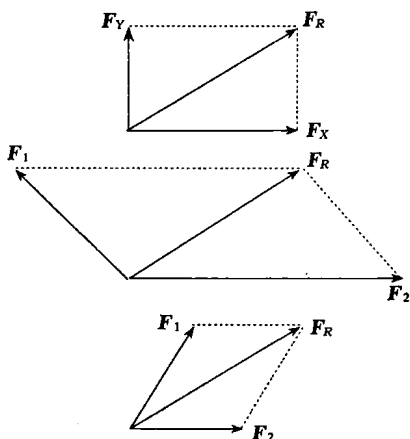


图 2-7 力的分解

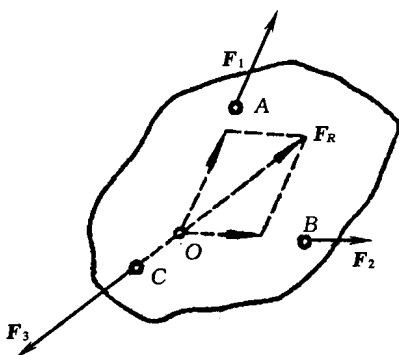


图 2-8 三力汇交

推理 2 (三力平衡汇交定理) 若刚体在三个共面而又互不平行的力作用下处于平衡状态,则此三力必汇交于一点。

证明 (1) 设刚体上 A 、 B 、 C 三点有共面力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用(图 2-8),按力的可传性原理将 F_1 、 F_2 移至 F_1 、 F_2 作用线交点 O ,并根据性质 3,将 F_1 与 F_2 合成为 F_R 。

(2) 现在刚体上只有两力 F_3 与 F_R 作用,根据性质 1 的二力平衡条件, F_3 与 F_R ,必在同一直线上,所以 F_3 必通过 O 点,于是 F_1 、 F_2 、 F_3 均通过 O 点。

性质 4 (作用与反作用公理) 若将两物体间相互作用的力之一称为作用力,则另一个就称为反作用力,两物体间的作用力与反作用力必定等值、反向、共线,分别同时作用于两个相互作用的物体上。

作用力与反作用力尽管也等值、反向、共线,但分别作用在两个物体上,决不可认为它们是二力平衡公理中所说的一对平衡力,一对平衡力是作用在同一物体上的。因此,不能认为作用力与反作用力互相平衡。

第二节 受力图

一、约束与约束反力

在各种机械中,构件总是以一定的形式与周围其他构件相互联接的。例如房梁受立柱的限制,使其在空间得到稳定的平衡;转轴受到轴承的限制,使其只能产生绕轴心的转动等等。

一物体的运动受到周围物体的限制时,这种限制就称为约束,约束限制了物体本来可能产生的某种运动,因此约束对物体有力的作用,这种力称为约束力。于是,就可以将物体所受的力分为两类:一类是使物体产生可能运动的力,称为主动力;另一类则是约束限制某种可能运动的力,称为约束力,又因它是由主动力引起的反作用力,故其全称应是约束反作用力,简称约束反力。

分析约束反力不能根据被约束物体的运动趋势,而是根据约束的性质,要看约束怎样限制物体的运动。约束反力总是作用在被约束物体与约束物体的接触处,其方向也总是与该约束所

能限制的运动或运动趋势的方向相反。据此,即可确定约束反力的位置及方向。至于约束反力的大小,将由平衡条件求出。

工程中的约束种类很多,主要有以下几种基本类型。

1. 柔性体约束

由柔索、胶带、链条等所形成的约束为柔性体约束。这类约束只能限制物体沿柔索伸长方向的运动,因此它对物体只有沿柔索方向的拉力,如图 2-9 吊灯。

约束特点:只能受拉,不能受压。

约束反力:过接触点,沿柔性体中心线背离物体,指向约束。

2. 光滑面约束

当两物体直接接触,并可忽略接触处的摩擦时,接触面就认为是光滑的。此时,不论接触面是平面或曲面,其约束特点为:都不能限制物体沿接触面切线方向的运动,只能限制物体在接触点沿接触面的公法线指向约束物体的运动。故约束反力:沿接触面在接触点处的公法线且指向被约束物体,也称法向反力[图 2-10(a)],图中用符号 F_N 表示此类约束反力。

图 2-10(b) 为直杆与方槽在 A、B、C 三点接触,三处的约束反力沿二者接触点的公法线方向作用。

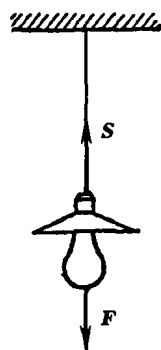


图 2-9 柔性约束

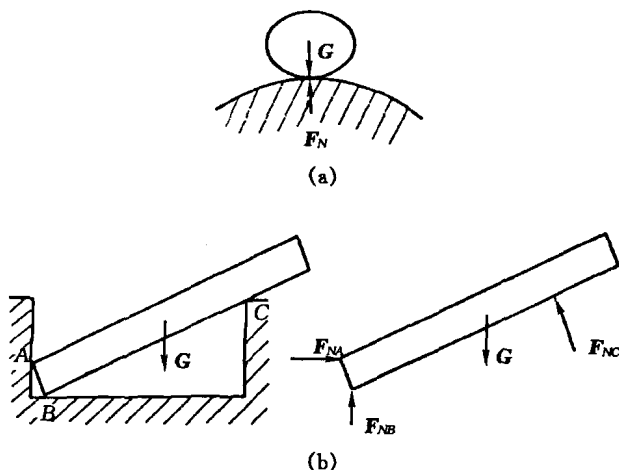


图 2-10 光滑面约束

3. 铰链约束

两构件采用圆柱销所形成的联接为铰链联接。其结构为一圆柱销与一构件固联,插入另一个构件的插孔。若相联的构件有一个固定,则称为固定铰链支座[图 2-11(a)];若均不固定,则称为中间铰链[图 2-12(a)],铰链简称为铰。

这类约束的本质即为光滑面约束,按照光滑面约束反力的性质,可知销钉给构件的约束反力 F_A 应沿圆柱面在接触点 K 的公法线,并通过铰链中心 O,如图 2-11(c) 所示,但因其接触点位置往往不能预先确定,故只能确定铰链的约束反力为一通过圆销中心的大小、方向均未定的力,通常此力就用两个大小未知的正交分力来表示[图 2-11(d) 和图 2-12(c)]。而图 2-11(e) 是常用的固定铰支座的简化表示法。