



高职高专国家骨干院校

重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

工程力学

GONGCHENG LIXUE

主编◎刘季冬 高宗华 朱祖武



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专国家骨干院校
重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

工 程 力 学

主 编 刘季冬 高宗华 朱祖武
副主编 陈 刚 石万晓

合肥工业大学出版社

内容提要

本书内容包括静力学、材料力学和刚体力学三大模块。全书以项目和任务的形式系统阐述了刚体和变形固体宏观运动规律及其他力学特征;注重基本概念的陈述,而不追求冗长的理论推导和繁杂的数学运算。此外,本书引入了大量涉及广泛领域的工程实例,具有很强的现实指导意义。

本书可作为高等职业院校工程力学课程的教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/刘季冬,高宗华,朱祖武主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5650-0933-4

I. ①工… II. ①刘…②高…③朱 III. ①工程力学—高等职业教育—教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 230627 号

工程力学

刘季冬 高宗华 朱祖武 主编

责任编辑 汤礼广 王路生

出版 合肥工业大学出版社
地址 合肥市屯溪路 193 号
邮编 230009
电话 理工编辑部:0551—2903087
市场营销部:0551—2903198
网址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版次 2012 年 9 月第 1 版
印次 2012 年 9 月第 1 次印刷
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印张 17.5
字数 400 千字
印刷 合肥星光印务有限责任公司
发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0933-4

定价: 35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

随着高等职业教育教学改革不断深化,旧的教材与新的教学模式和教学方法越来越不相适应。为了适应高等职业技术教育发展的要求,根据教育部对高等职业技术教育以培养高素质技能型专门人才的办学要求,结合编者多年的教学经验和教学成果,在有关部门的大力支持和各位老师的通力协助下,我们编写了本教材。

本教材总结了其他同类教材的经验,打破了传统课程章节,跳出理论知识的框架,以高等职业教育培养目标为依据,对相关理论进行了重新组合,同时以任务驱动为导向,突出内容的应用性和注重学生分析问题和解决问题的能力培养,以满足企业对技能型人才的实际需要。

本教材的特点主要有以下几点:

第一,充分体现项目教学的要求,按项目任务组织教学内容,打破了传统教材的理论知识章节框架体系。

第二,理论知识和能力培养并重。本教材每个任务都有学习目标、工作任务、相关知识、相关实践等环节,通过各项目、任务的教学,使学生掌握相关理论知识,并培养学生用相关理论来分析和解决工程实际问题的能力。

第三,在有些任务中还加入了拓展知识,为学有余力的学生寻找个性化发展的方向。

本书由江西工业工程职业技术学院刘季冬担任主编,江西电力职业技术学院高宗华、江西工业贸易职业技术学院朱祖武、江西工业工程职业技术学院陈刚、甘肃钢铁职业技术学院石万晓担任副主编,参加编写的还有江西工业工程职业技术学院赵火英等。全书由刘季冬负责统稿。

本书编写过程中,参考并引用了一些著作和网站中的内容,所参考书籍在参考文献中均进行了列举,在此,对这些被参考书籍的作者表示衷心感谢。由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中错误和疏漏之处在所难免,恳请广大读者不吝指教,以便今后加以改正。

编 者



目 录

导学	(1)
模块一 物体平衡与受力分析	(4)
项目 1 静力学基础	(5)
任务 1 静力学基本概念	(5)
任务 2 静力学公理	(6)
任务 3 约束与约束力	(9)
任务 4 物体受力分析与受力图	(12)
思考与练习	(15)
项目 2 平面力系的简化与平衡	(17)
任务 1 平面汇交力系	(17)
任务 2 平面力矩及力偶系	(23)
任务 3 平面任意力系	(30)
任务 4 考虑摩擦的平面力系问题	(43)
思考与练习	(56)
项目 3 空间力系的简化与平衡	(64)
任务 1 力在空间直角坐标轴上的投影	(64)
任务 2 力对轴之矩	(66)
任务 3 空间力系的平衡方程及其应用	(70)
任务 4 物体重心	(77)
思考与练习	(86)
模块二 构件承载能力计算	(90)
项目 4 材料力学的基本概念	(91)
任务 1 构件的变形形式与承载能力	(91)



任务2 外力、内力与截面法	(93)
任务3 应力与应变	(96)
思考与练习	(99)
项目5 拉(压)杆的承载能力计算	(101)
任务1 拉(压)杆的内力分析	(101)
任务2 拉(压)杆的强度计算	(105)
任务3 拉(压)杆的变形分析	(117)
任务4 拉(压)杆的超静定问题	(120)
思考与练习	(124)
项目6 连接件的承载能力计算	(127)
任务1 剪切的概念与实用计算	(127)
任务2 挤压的概念与实用计算	(131)
任务3 螺纹联接的承载能力计算	(136)
思考与练习	(143)
项目7 圆轴的承载能力计算	(146)
任务1 圆轴扭转内力分析	(146)
任务2 圆轴扭转强度计算	(151)
任务3 圆轴的刚度计算	(156)
思考与练习	(160)
项目8 梁的承载能力计算	(162)
任务1 平面弯曲梁的内力分析	(162)
任务2 纯弯曲梁的应力及强度计算	(178)
任务3 平面弯曲梁的变形分析及刚度计算	(187)
思考与练习	(198)
项目9 组合变形的构件承载能力计算	(204)
任务1 应力状态分析与强度理论	(204)
任务2 弯拉(压)组合变形构件的承载能力计算	(216)
任务3 弯扭组合变形构件的承载能力计算	(221)
思考与练习	(224)
项目10 稳定性计算	(226)
任务1 压杆的临界载荷及临界应力	(226)
任务2 压杆稳定性校核	(232)
思考与练习	(237)



模块三 运动刚体力学分析	(240)
项目 11 运动刚体的力学分析	(241)
任务 1 运动刚体的受力分析	(241)
任务 2 飞轮转动惯量的设计和计算	(250)
任务 3 汽车加速过程的受力分析	(258)
思考与练习	(264)
参考文献	(271)



导 学

力学是人类通过长期的生活实践、生产实践和科学实验,积累了大量有关机械运动的材料,经过抽象、综合、归纳和数学演绎建立概念和理论体系,再回到实践中去检验及指导新的实践,获得进一步的发展而建立起来的。通过实践发现、检验和发展真理,将工程实际问题抽象为力学问题,在已有力学理论的基础上运用数学工具求解,以获得结果,再通过实践去检验这些成果,这就是研究力学问题的方法。

一、工程力学的研究对象、任务和内容

工程力学的研究对象包括理论力学与材料力学两部分内容。

理论力学部分主要研究物体机械运动的一般规律、物体在力的作用下的平衡规律以及物体的运动与其所受力之间的关系。所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间而变化。例如天体的运行、水的流动、机器的运行等。物体的平衡是机械运动的一种特殊情况。机械运动是所有运动形式中最简单且最基本的一种运动。它不仅存在于人类一切生产劳动过程中,也广泛存在于其他运动形式的各种学科中。

材料力学部分主要研究构件在载荷作用下的变形规律。材料力学的任务是在保证构件既安全又最大限度经济实用的前提下,为构件选择适当的材料、截面形状和尺寸。也可以说,材料力学是研究构件承受载荷的能力(简称承载能力)的一门学科。

理论力学的研究对象是刚体,材料力学的研究对象是变形固体。

二、刚体、变形固体及基本假设

1. 刚体的概念

理论力学研究的物体主要是刚体。所谓刚体,是指在力的作用下不变形的物体,即在力的作用下其内部任意两点间的距离始终保持不变的物体。刚体是一种理想化的力学模型。

事实上,任何物体在力的作用下总要产生一定程度的变形。但当物体的变形很小,在所研究的问题中把它忽略不计,并不会对问题的性质带来本质的影响时,该物体就可近似看作刚体。例如工程上的结构构件和机械零件的变形都是很微小的,这种微小的变形对结构构件和机械零件的受力平衡没有实质性的影响。这样,就可以忽略这种微小变形而将结构构件和机械零件假设为刚体。这种假设会使所研究的问题大大简化。所以,刚体是在静力学中对物体进行假设简化后得到的一种理想化的力学模型。因此,静力学又称为刚体静力学。在不加说明时,静力学中所指的物体都是刚体。

当变形这一因素在所研究的问题中不容忽略时,例如在材料力学中我们要研究物体的



变形,就不能再把物体视为刚体。

2. 变形固体及基本假设

在材料力学中,我们主要研究构件在不同受力情况下的变形规律。由于所有构件都是由固体材料制成的,它们在外力作用下都会发生变形,故称为变形固体。

变形固体在外力作用下所产生的物理现象是各种各样的,为了研究方便,常常舍弃那些与所研究的问题无关或关系不大的特征,而只保留其主要特征,并通过作出某些假设将所研究的对象抽象成一种理想化的“模型”。

为了简化性质复杂的变形固体,通常作出如下基本假设:

(1) 连续性假设:即认为材料无间隙地分布于物体所占的整个空间中。根据这一假设,物体因受力和变形而产生的内力和位移都将是连续的,因而可以表示为各点坐标的连续函数,从而有利于建立相应的数学模型。

(2) 均匀性假设:即认为物体内部各点处的力学性能都是一样的,不随点的位置而变化。按此假设,从构件内部任意部位所切取的微元件,都具有与构件完全相同的力学性能。应该指出,对于实际材料,其基本组成部分的力学性能往往存在不同程度的差异,但由于构件的尺寸远远大于其基本组成部分的尺寸,按统计学观点,仍可将材料看成是均匀的。

(3) 各向同性假设:即认为材料沿各个方向上的力学性能都是相同的,我们把具有这种属性的材料称为各向同性材料。在各个方向具有不同力学性能的材料则称为各向异性材料。本书仅研究各向同性材料的构件。按此假设,我们在计算中就不用考虑材料力学性能的方向性,而可以沿任意方位从构件中截取一部分作为研究对象。

(4) 小变形假设:即认为构件在外力作用下所产生的变形与构件本身的几何尺寸相比是很小的。根据这一假设,当考虑物体的平衡问题时,一般可略去变形的影响,因而可以直接应用理论力学的分析方法。

实际上,工程材料与上面所讲的“理想”材料并不完全符合。但是,材料力学并不关心其微观上的差异,而只着眼于材料的宏观性能。实践表明,按这种理想化的材料模型研究问题,所得的结论能够很好地符合实际情况,即使对某些均匀性较差的材料,如铸铁、混凝土等,在工程上也可得到比较满意的结果。

三、载荷的分类

载荷是机器工作时出现的力和力矩。确定零件所受载荷是保证零件满足强度、刚度、摩擦磨损等方面的要求,可靠工作的基础。

1. 静载荷与变载荷

载荷可以分为静载荷与变载荷。大小与方向不随时间变化或随时间变化缓慢的载荷叫静载荷,如汽缸所受的压力。大小或方向随时间变化的载荷叫变载荷,如工作时挖掘机的连杆受载荷,见图 0-1 中零件 8;推土作业时推土机齿轮所所受载荷。图 0-1 挖掘机反铲变载荷又分为循环变载荷和随机(变)载荷(载荷的频率和幅值均随机变化)。

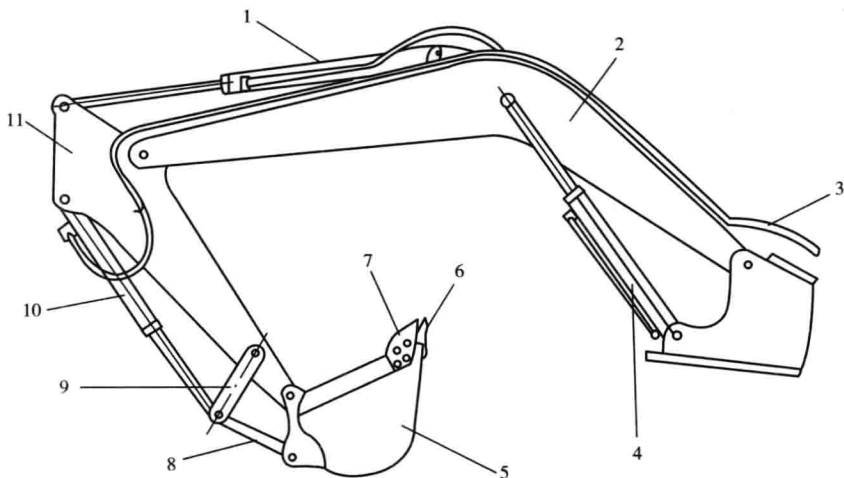


图 0-1 挖掘机反铲

1—斗杆油缸;2—动臂;3—油管;4—动臂油缸;5—铲斗;
6—斗齿;7—侧齿;8—连杆;9—摇杆;10—铲斗油缸;11—斗杆

2. 工作载荷、名义载荷和计算载荷

根据原动机或工作机的额定功率而计算出的载荷称为名义载荷。计算名义载荷时没有考虑原动机输出功率的不均匀性、阻力的不均匀性、速度变化等因素对机械零件受载的影响。若原动机的额定功率为 P (kW), 额定转速为 n (r/min), 则作用在传动零件上的名义转矩为

$$T = 9.55 \times 10^6 \frac{P \eta_i}{n} (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (0-1)$$

工作载荷是零件工作时实际所受载荷。由于机器实际工作情况比较复杂, 要准确确定工作载荷有时是非常困难的。比如, 水中机器浪涌的作用力造成零件的工作载荷; 汽车行驶在崎岖路面上零件所受工作载荷。

在设计时, 常用载荷系数 K 来考虑工作载荷和名义载荷之间的差异。计算载荷等于载荷系数乘以名义载荷, 即

$$F_C = K \cdot F \quad (0-2)$$

载荷系数是考虑载荷不均匀、载荷在零件上分布的不均匀性及其他影响零件受载的因素而引入的系数, 在连接和设计章节中有载荷系数的确定方法。设计计算时视计算载荷为零件所受载荷。

思考与练习

- 0-1 工程力学研究的对象是什么? 包括哪些内容?
- 0-2 何谓刚体? 何谓变形固体? 变形固体的基本假设的具体内容是什么?
- 0-3 载荷如何分类?

模块一

物体平衡与受力分析



项目1 静力学基础

任务1 静力学基本概念

【学习目标】

- (1) 掌握平衡、力的概念；
- (2) 熟悉静力学的基本假设。

工作任务

分析力的概念及力的表示。

相关知识

静力学主要研究物体机械运动的特殊状况,即物体的平衡问题。平衡是指物体相对于周围参照物保持静止或作匀速直线运动。在常见的机械工程技术问题中,平衡就是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态,也就是说平衡是相对的、暂时的。若物体保持平衡状态,则作用于物体上的一群力(即力系)应满足一定条件,这个条件就是力系的平衡条件。为解决工程技术实际问题,将一般物体经过抽象化得到理想的力学模型,建立静力学力学模型的概念,即把一般物体看作是刚体。

刚体是在外力作用下其形状和尺寸都不会发生改变的物体。静力学中的研究对象主要是刚体,即把静力学也称为刚体静力学。简化力系,也就是将作用于物体的复杂力系转化为一个作用效应相同的简单力系。则在静力学中要解决的问题是:力系的简化;力系的平衡条件及应用。

力的概念:力是物体间的一种相互的机械作用,这种作用是使物体的运动状态或物体形状发生改变的原因。这种相互作用的效果有:一是使物体的运动状态发生变化,此为外效应;二是使物体产生变形,此为内效应。注意,研究物体的外效应是把物体看成刚体,研究物体的内效应是把物体看成变形体。力对物体的运动效果取决于力的三要素。力的三要素即力的大小、方向、作用点。力的大小是指物体间相互机械作用的强度,通过力的效应的大小



度量,单位是牛顿(N);力的方向是指力作用开始运动的方向,包括力的作用线在其间的方位和指向;作用点是指两物体的接触点,物体相互作用位置的变化。三要素中任何一个变化时力对物体的作用效果都随之改变。力是一个不仅有大小还有方向的量,所以力是矢量,可以用一带箭头的线段来表示;线段的长度表示力的大小,箭头指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。力的图示有向线段如图 1-1a 所示。具有确定作用点的矢量称为定位矢量,不涉及作用点的矢量称为自由矢量。力是定位矢量,只表示力的大小和方向的矢量称为力矢。力也可用字母表示如: F 、 N 、 G 、 Q 、 R 等。

力有外力和内力之分,外力是指物体受其他物体作用的力。荷载:主动力;约束反力:被动力。内力是指物体本身内部各部分之间的相互作用力。

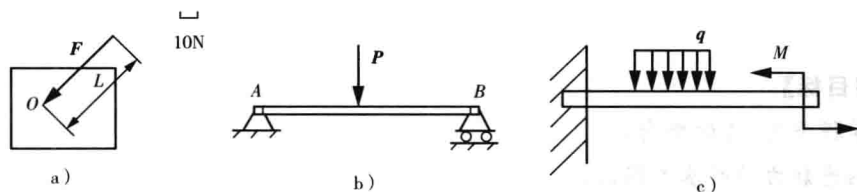


图 1-1 力的表示

按力系的作用线分布情况不同有:集中力 F (单位是牛顿或千牛, N 或 kN), 如图 1-1b 所示, 作用于一点; 分布力 q (单位是 N/m), 如图 1-1c 所示, 作用于线或面上; 集中力偶 M (单位是 $N \cdot m$)。平面力系, 是指所有力的作用线在同一平面, 否则是空间力系。汇交力系是指所有力的作用线汇交于一点的力系; 而所有力的作用线都相互平行时就是平行力系, 否则是任意力系。平衡力系是指一个力系作用于刚体, 此刚体保持平衡或不改变其运动状态。如果两个力系分别作用在同一物体其效应相同那就是等效力系。若一个力和一个力系等效, 则这个力是这个力系的合力, 而该力系中的每个力就是合力的分力。

相关实践

用压力试验机、地面或身体的合理部位, 做承受同样大小力的试验, 并比较用点、线、面接触的作用效果。

任务 2 静力学公理

【学习目标】

掌握静力学的基本公理。



工作任务

分析理解静力学的基本公理及应用。

相关知识

公理是人们经长期的缜密观察、实践和总结积累而得到结论,又在实践中得到了验证,被大家公认的理论。静力学公理是关于力的基本性质的概括和总结。

公理一:二力平衡公理

若使作用于刚体上的二力平衡,则其充要条件是:这两个力等值、反向、共线。

二力平衡公理解释了作用于物体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件,并强调对刚体而言此公理是必要与充分的。如图 1-2 所示,这一对平衡力一定是大小相等、方向相反且作用在同一条直线上。

工程中经常遇到只承受两个力作用而处于平衡的构件,称之为二力构件或二力杆。

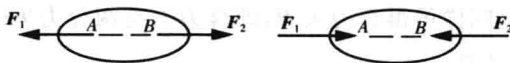


图 1-2 一对平衡力

公理二:加减平衡力系公理

在作用于刚体的任意力系上加上或减去任何平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

根据平衡力系的定义可知加减平衡力系公理(如图 1-3)的正确性。注意:此公理只适用于刚体。加减平衡力系公理是力系简化的重要理论依据。

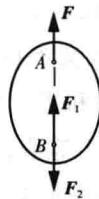


图 1-3 加减平衡力系

推论:力的可传性原理

作用于刚体上的力可以沿其作用线移动到刚体内的任意一点,并不改变原力对刚体的作用效应。

证明:如图 1-3,设力 F 作用于刚体的 A 点,在其作用线上任取一点 B ,在 B 点处添加一对相互平衡的力 F_1 和 F_2 ,再设 $F_1 = F_2 = F$,由加减平衡力系公理可知这并不改变原力对刚体的作用效应;根据二力平衡公理得知 F_2 与 F 是一对平衡力,再由加减平衡力系公理去掉这两个力,这时仅剩作用于 B 点的力 F_1 ,显然力 F_1 与原力 F 等效,即力可沿其作用线在刚体内任意移动而不改变原力对刚体的作用效应。

由此可知在刚体上力是滑动矢量。

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;合力的大小和方向,可以用这两个



力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

如图 1-4a 所示,设在物体的 A 点作用力 F_1 、 F_2 ,以 R 表示其合力,则其矢量表达式为

$$R = F_1 + F_2$$

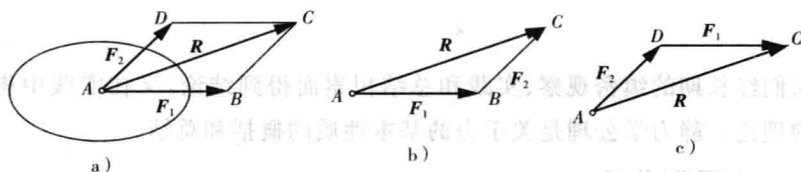


图 1-4 力的平行四边形法则

力的平行四边形法则反映了力的方向性的特征,矢量和与代数和不同,矢量和必须用平行四边形的关系来确定。平行四边形法则可使力系简化。

求合力 R 的大小和方向无需做出整个平行四边形,如图 1-4b,各力首尾相接,其封闭边即为合力的大小和方向,构成的三角形 ABC 称为力三角形。这种求合力矢的作图规则称为三角形法则。如图 1-4c,同样可得合力矢 R ,即合力矢与两分力矢的作图先后次序无关。

推论:三力平衡汇交定理

若刚体承受三个力而使刚体平衡,则这三个力一定汇交于一点,且三个力的作用线在同一平面内。

证明:设三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 ,如图 1-5 所示,分别作用于刚体的 A、B、C 三点,延长 F_1 和 F_2 的作用线交于 O 点。根据力的可传性原理, F_1 和 F_2 沿其作用线移至 O 点;由平行四边形法则,将 F_1 和 F_2 合成一合力 F_R 。此时刚体上只有 F_3 和 F_R 两个力,根据二力平衡公理, F_3 和 F_R 两个力等值、方向、共线;则 F_3 也通过 O 点,且 F_3 与 F_1 、 F_2 共面。

三力平衡汇交定理说明了不平行的三个力使刚体平衡的必要条件。

公理四:作用与反作用公理(牛顿第三定律)

两物体间的相互作用力,总是成对出现,两力等值、反向、共线,且分别作用于两个物体上。

如图 1-6a 所示的情况下,重物通过绳子挂在吊钩上,重物与绳子的相互作用,如图 1-6b 所示,力 T 和 F 就是一对作用力与反作用力;绳子与吊钩的相互作用,如图 1-6c 所示,力 T 和 F 也就是一对作用力与反作用力。至于这两个力哪一个是作用力哪一个是反作用力,则要分清哪个是受力物体,哪个是施力物体。

必须注意,大小相等、方向相反、沿同一直线的作用力与反作用力,它们分别作用在两个不同的物体上,因此,不可以认为这两个力互相平衡。这与二力平衡公理中所说的两个力是有区别的。后者是作用在同一刚体上的,且只有当这一刚体处于平衡时,它们才等值、反向、共线。如图 1-6b 中所示的力 P 和 F 才是二力平衡。

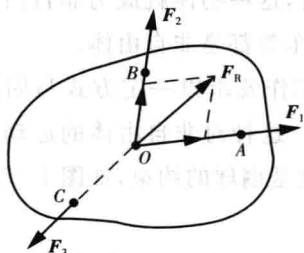


图 1-5 三力平衡汇交

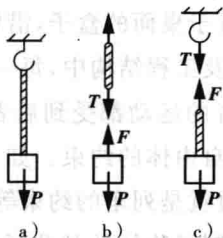


图 1-6 作用与反作用力

公理五:刚化原理

变形体受已知力系作用而平衡,若将该物体转化为刚体(即刚化),则平衡状态不会改变。

静力学研究的关于刚体的平衡条件,对于变形体来说也是必要的。如绳索受拉力而处于平衡状态,这时可将绳索刚化为刚性杆;若刚性杆受压力而处于平衡状态,这时就不能将刚性杆转化为绳索,因为其平衡状态会发生改变。因此,必须注意,刚体的平衡条件对于变形体而言,只是必要的但非充分。

相关实践

组织同学参与拔河比赛:准备一根绳子或杠子,选几个力量相当的同学分组拔河;再组织以两位同学为一组,确定位置,站定相互用手拉或推,使同学们充分理解二力平衡公理和作用与反作用公理。

任务 3 约束与约束力

【学习目标】

- (1) 熟悉约束和约束力的概念;
- (2) 掌握工程中常见的几种约束及其约束力方向的确定。

工作任务

反复练习,讨论接受工程中常见的约束力的确定方法。

相关知识

1. 约束和约束力

在空间能向任何方向自由运动的物体,称为自由体。如空中的飞鸟、粉尘等。当物体受



到了其他物体的限制,因而不能沿某些方向运动时,这种物体就成为非自由体。如悬挂在绳索上的钢球,放置于桌面的盒子,沿钢轨行驶的列车等都是非自由体。

在各种机器及工程结构中,每一构件都根据工作要求以一定方式与周围的其他构件联系着,因而前者的运动都受到后者的某些限制。这种对非自由体的运动起限制作用的周围物体称为该非自由体的约束。如上所述,绳索就是钢球的约束,如图 1-7a 中,桌面就是盒子的约束,而钢轨就是列车的约束等等。

约束既然限制了物体的某些运动,它就必然承受物体对它的作用力,与此同时,它也给予该物体以反作用力。例如绳索既然阻止钢球下落,它就受到钢球对它的向下的作用力,同时它也给钢球以向上的反作用力。这种约束施加于被约束物体上的力称为约束力。图 1-7b 中的力 F 就是绳索对重球的约束力。约束力以外的力,即主动地引起物体运动或使物体有运动趋势的力称为主动力,例如图 1-7 中重力 Q 。一般情况下,有主动力作用才会引起约束力,因而约束力也称为被动力。主动力往往已知,静力学中大量的问题是在已知主动力下求约束力。

2. 工程中常见的几种约束和确定约束力方向的方法

(1) 柔体约束

工程上常用的绳索、链条和胶带等所形成的约束,称为柔体约束。这类约束的物理性质决定了它们只能承受拉力而不能抵抗压力,也不能抵抗弯曲。当物体受到柔体约束时,绳索只能限制物体沿绳索伸长方向的运动,因此绳索的约束力方向总是沿着绳索而离开被约束物体。如图 1-7a 中的绳索只能阻止重物向下的运动,因此它所产生的约束力 F 竖直向上,其作用点是绳索和被约束物体的连接点,如图 1-8b 所示的 A 点。

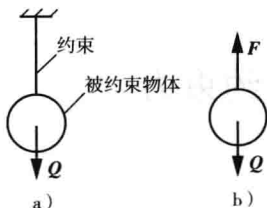


图 1-7 约束与约束力

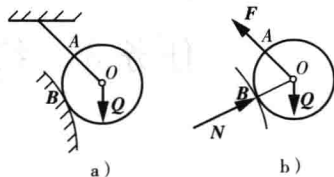


图 1-8 约束

(2) 光滑面约束

当两物体接触时,忽略摩擦,则其接触面看作是理想光滑的。光滑接触面约束的特点是不论支承接触面的形状如何,如图 1-8a,只能承受压力而不承受拉力;只能限制物体沿两接触表面在其公法线而向支承接触面的运动。所以光滑接触面约束的约束力只能是压力,方向是沿其公法线而指向被约束物体,作用点是两物体的接触点。如图 1-8b 所示。

(3) 光滑圆柱铰链约束

圆柱形铰链是连接两个构件的圆柱形零件,一般称为销钉。如门窗上的合页,机器上的轴承等,如图 1-9a 所示。光滑圆柱铰链约束的特点是只能限制物体的径向移动,不能限制