



Gongcheng Lixue



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

工程力学

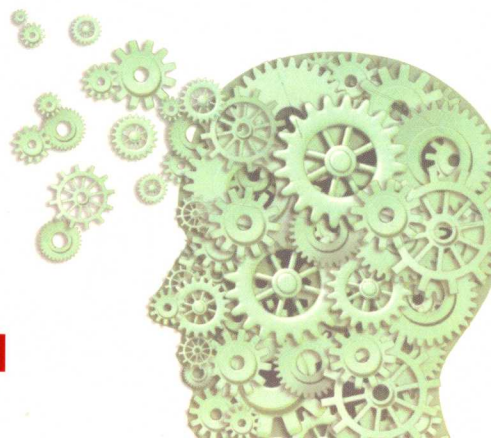
▲主 编 罗 静 袁 江 陈 娜

▲主 审 倪士勇



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

工程力学

Gongcheng Lixue

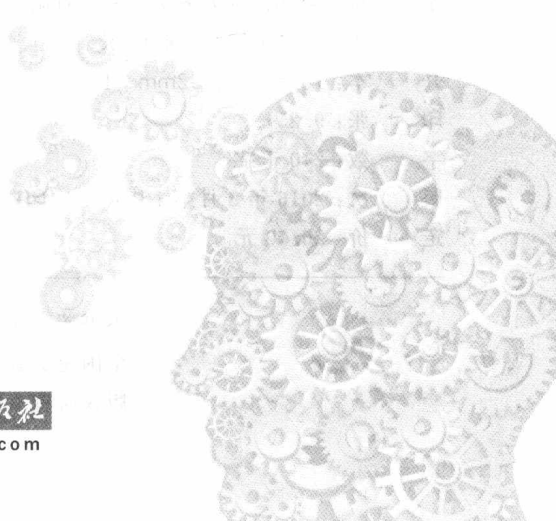
- ▲主 审 倪士勇
▲主 编 罗 静 袁 江 陈 娜
▲副主编 欧学卫 杨 剑 张 建
唐道湘 孙甲尧
▲参 编 吕小艳 宋 玲 吴素珍
方显明



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



内 容 简 介

本书是按照教育部关于高等职业教育课程教学的基本要求和高等职业教育发展的规律和特点编写的,在编写过程中本书坚持必需、够用的原则,精选教学内容,简化理论推导,突出工程应用实际。全书内容包含绪论、工程力学基础知识、平面力系、空间力系的平衡与物体重心、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、圆轴扭转、梁的弯曲、组合变形、压杆稳定、交变应力等内容,且每章内容后均配有大量的习题,多种题型,可直接在教材上做作业,方便学生使用。

本书适合工科三年制、五年制大专工程力学课程使用,也适合相关专业学生或技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/罗静,袁江,陈娜主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5680-1780-0

I. ①工… II. ①罗… ②袁… ③陈… 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(2016)第 092262 号

工程力学

Gongcheng Lixue

罗静 袁江 陈娜 主编

策划编辑:倪 非

责任编辑:倪 非

封面设计:原色设计

责任校对:张 琳

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:9.25

字 数:240千字

版 次:2016年8月第1版第1次印刷

定 价:26.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

工程力学是高职机械类专业的一门专业基础课程,通常在第一学期开课,旨在培养学生的工程意识、科学的思维方式和工作方法,为后续的专业课程学习做准备。本书在编写过程中,按照教育部关于高等职业教育课程教学的基本要求和高等职业教育发展的规律和特点,坚持必需、够用的原则,精选教学内容,简化理论推导,突出工程应用实际。全书语言简练、通俗易懂,所选实例贴近生产生活。本书在每一章的后面,配有足够数量的习题,题型多变,便于学生复习。

本书绪论、第2章由张家界航空职业技术学院陈娜编写;第1章由中航湖南通用航空发动机有限公司高级工程师张建编写;第4章由张家界航空职业技术学院罗静编写;第3章、第7章由张家界航空职业技术学院欧学卫编写;第5章由张家界航空职业技术学院杨剑编写;第6章由张家界航空职业技术学院罗静、唐道湘、孙甲尧编写;第8章、第9章、第10章由张家界航空职业技术学院袁江编写。全书由罗静、袁江、陈娜担任主编,倪士勇担任主审。本书在编写的过程中还得到了多位老师的帮助,在此一并感谢。

限于编者水平,书中难免出现错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年5月

绪论	1
0.1 工程力学的研究对象	1
0.2 工程力学的研究内容和任务	1
0.3 刚体、变形固体及其基本假设	2
第1章 工程力学基础知识	4
1.1 力的基本概念和静力学基本公理	4
1.2 约束与约束力	7
1.3 物体受力分析与受力图	9
习题	11
第2章 平面力系	14
2.1 平面汇交力系	14
2.2 力对点之矩合力矩定理	19
2.3 力偶及其性质	22
2.4 平面力偶系的合成与平衡方程	24
2.5 平面一般力系的简化与平衡方程	25
2.6 物体系统的平衡	32
习题	35
第3章 空间力系的平衡与物体重心	41
3.1 力的空间投影与力对轴的矩	41
3.2 空间力系的平衡	44
3.3 物体的重心与形心的求法	46
习题	49
第4章 轴向拉伸与压缩	51
4.1 材料力学的基本概念	51
4.2 轴力和轴力图	52
4.3 轴向拉(压)杆截面上的应力	56
4.4 轴向拉(压)杆的变形	57
4.5 材料在拉伸与压缩时的力学性能	60
4.6 轴向拉伸与压缩时的强度计算	63
习题	67

第 5 章 剪切与挤压	73
5.1 剪切与挤压的概念	73
5.2 剪切与挤压的实用计算	74
5.3 剪切胡克定律	78
习题	79
第 6 章 圆轴扭转	82
6.1 圆轴扭转的概念	82
6.2 圆轴扭转的应力	86
6.3 圆轴扭转时的变形	89
6.4 圆轴扭转时的强度和刚度计算	90
习题	91
第 7 章 梁的弯曲	94
7.1 平面弯曲的认识	94
7.2 梁弯曲的内力	97
7.3 剪力方程与弯矩方程、剪力图和弯矩图	99
7.4 载荷集度 q 剪力 F_S 和弯矩 M 间的微分关系	102
7.5 纯弯曲时梁的正应力	103
7.6 弯曲正应力强度计算	104
7.7 梁的变形概述	106
7.8 提高梁的强度和刚度的措施	109
习题	111
第 8 章 组合变形	116
8.1 应力状态与强度理论	116
8.2 拉(压)与弯曲组合变形	120
8.3 弯曲与扭转组合变形	123
习题	125
第 9 章 压杆稳定	127
9.1 压杆稳定的概念	127
9.2 压杆的临界应力	128
9.3 压杆的稳定性计算	133
习题	135
第 10 章 交变应力	137
10.1 交变应力的概念	137
10.2 疲劳破坏与持久极限	138
10.3 构件的持久极限与疲劳强度计算	139
习题	139
参考文献	141

绪 论

0.1 工程力学的研究对象

建筑物中承受载荷而起骨架作用的部分称为结构。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。组成结构的各单独部分称为构件。例如：支承渡槽槽身的排架是由立柱和横梁组成的钢架结构，如图 0.1(a)所示；单层厂房结构由屋顶、楼板和吊车梁、柱等构件组成，如图 0.1(b)所示。结构受载荷作用时，如不考虑建筑材料的变形，其几何形状和位置不会发生改变。

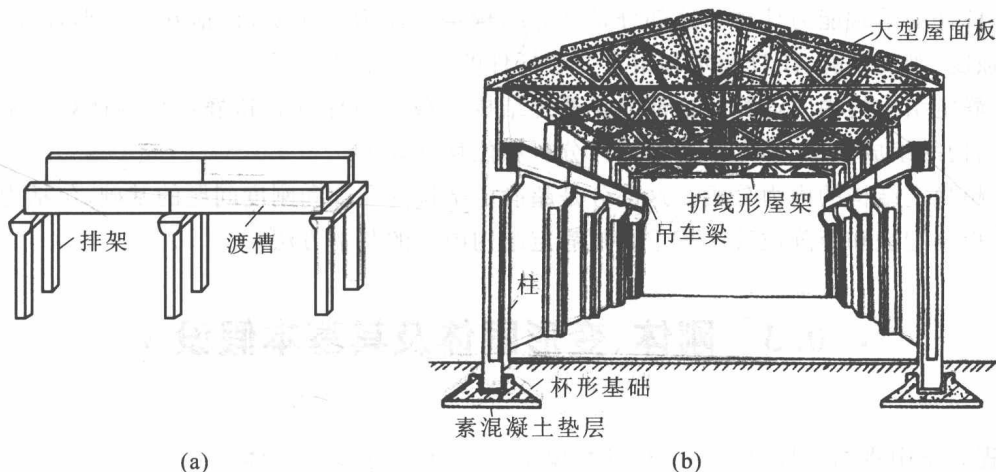


图 0.1 渡槽和厂房示意图

结构按其几何特征分为以下三种类型。

- (1) 杆系结构：由杆件组成的结构。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度。
 - (2) 薄壁结构：由薄板或薄壳组成。薄板或薄壳的几何特征是其厚度远远小于另外两个方向的尺寸。
 - (3) 实体结构：由块体构成。块体的几何特征是三个方向的尺寸基本为同一数量级。
- 工程力学的研究对象主要是杆系结构。

0.2 工程力学的研究内容和任务

工程力学的任务是研究结构的几何组成规律，以及结构和构件在载荷的作用下的强度、刚度和稳定性问题。研究平面杆系结构的计算原理和方法，为结构设计合理的形式，其目的是保

证结构按设计要求正常工作,并充分发挥材料的性能,使设计的结构既安全、可靠,又经济、合理。

进行结构设计时,要求在受力分析基础上,进行结构的几何组成分析,使各构件按一定的规律组成结构,以确保结构的几何形状在载荷的作用下不发生改变。

结构要想正常工作,就必须满足强度、刚度和稳定性的要求。

强度是指抵抗破坏的能力。结构满足强度要求,就是要求结构的构件在正常工作时不发生破坏。

刚度是指抵抗变形的能力。结构满足刚度要求,就是要求结构的构件在正常工作时产生的变形不超过允许范围。

稳定性是指结构或构件保持原有的平衡状态的能力。结构满足稳定性要求,就是要求结构的构件在正常工作时不突然改变原有平衡状态,避免因变形过大而遭到破坏。

按教学要求,工程力学主要研究以下几个部分的内容。

(1)静力学基础。这是工程力学的重要基础理论,包括物体的受力分析、力系的简化与平衡等刚体静力学基础理论。

(2)杆件的承载能力计算。这部分是计算结构承载能力的实质,包括基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算,压杆稳定和组合变形杆件的强度、刚度计算。

(3)静定结构的内力计算。这部分是静定结构承载能力计算和超静定结构计算的基础,包括研究结构的组成规律、静定结构的内力分析和位移计算等。

(4)超静定结构的内力分析。这部分是超静定结构的强度和刚度问题的基础,包括力法、位移法、力矩分配法和矩阵位移法等求解超静定结构内力的基本方法。

0.3 刚体、变形固体及其基本假设

工程力学中将物体抽象化为两种计算模型:刚体和理想变形固体。

刚体是指形状和尺寸在外力作用下都不改变的物体。实际上,任何物体受力的作用后都会发生一定的变形,但在一些力学问题中,物体变形这一因素与所研究的问题无关或对其影响甚微,这时可将物体视为刚体,从而使研究的问题得到简化。

理想变形固体是对实际变形固体的材料的理想化,常做出以下假设。

(1)连续性假设。连续性假设认为物体的材料结构是密实的,物体内材料是无空隙的、连续分布的。

(2)均匀性假设。均匀性假设认为材料的力学性质是均匀的,从物体上任取或大或小一部分,材料的力学性质均相同。

(3)向同性假设。向同性假设认为材料的力学性质是各向同性的,即材料沿不同方向具有相同的力学性质。各方向力学性质不同的材料称为各向异性材料。本教材中仅研究各向同性材料。

按照上述假设理想化的一般变形固体称为理想变形固体。刚体和变形固体都是工程力学中必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受载荷作用时将产生变形。在载荷撤去后,可完全消失的变形称为弹性变形;不

能恢复的变形称为塑性变形或残余变形。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形。工程中,大多数构件在载荷的作用下产生的变形量若与其原始尺寸相比很微小,称为小变形。小变形构件的计算,可采取变形前的原始尺寸并可略去某些高阶无穷小量,这样可大大简化计算。

综上所述,工程力学把所研究的结构和构件看作是连续、均匀、各向同性的理想变形固体,在弹性范围内和小变形情况下研究其承载能力。

知识及技能

- 理解力的基本概念和静力学基本公理;
- 能够根据约束的类型,绘制出约束反力;
- 能够对工程结构中的单个物体及物体系统进行受力分析并画出受力图。

1.1 力的基本概念和静力学基本公理

1.1.1 力的概念

力是物体间相互的机械作用,这种作用会使物体的运动状态发生变化(外效应),表现为物体的平动或转动;或者使物体发生变形(内效应),表现为物体的形状改变和体积改变。力不可能脱离物体而单独存在,有受力物体时,必定要有施力物体。

1. 力的三要素

(1) 力的大小。力的大小表示物体间相互作用的强弱程度,力的国际单位制单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

(2) 力的方向。力的方向表示力的作用效果具有方向性,如垂直向下、水平向右等都表示力的作用方向。

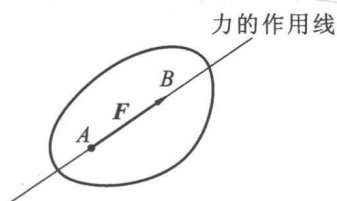


图 1.1 力的表示法

(3) 力的作用点。力的作用点是指力作用在物体上的范围,是两物体产生相互作用的位置。

2. 力的表示法

在图上表示力时,通常用一个带箭头的线段表示,如图 1.1 所示。在图 1.1 中,线段的长度表示力的大小,线段箭头的指向表示力的方向,线段的端点(起点或终点)表示力的作用点。

工程力学中的力有大小、有方向,是一个矢量,因此,在力的分析过程中,一定要从力的三要素入手,三个要素缺一不可。力的矢量常用加粗的斜体字母表示,如 $\boldsymbol{F}$,未加粗的字母 F 则表示力的大小。

1.1.2 刚体和平衡

1. 刚体

刚体是在任何外力作用下,大小和形状都不发生变化的物体,这种物体是一种理想化的模

型。实际上,物体在力的作用下,都会产生不同程度的变形。工程力学中的研究对象一般都是固体,对这些物体进行静力分析、运动分析和动力分析时,其变形对研究的影响往往很小,此时可将这些物体视为刚体;但研究物体在外力作用下的变形规律和强度等问题时,物体就不能再视为刚体,而应当视为变形固体。

2. 平衡

在工程中,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。若干个作用在被研究物体上的力的集合称为力系,一个力系使物体处于平衡状态,则称该力系为平衡力系。如果两个力系对物体的作用效果相同,这两个力系称为等效力系。如果一个力与一个力系等效,则此力称为该力系的合力,该力系中的各个力称为合力的分力。

1.1.3 静力学基本公理

1. 二力平衡条件与二力构件

(1) 二力平衡条件 作用在同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的充分和必要条件是:这两个力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,如图 1.2 所示。二力平衡条件简称等值、反向、共线,用矢量表示为 $F_1 = -F_2$ (不同的力要用不同的下标,以示区分)。

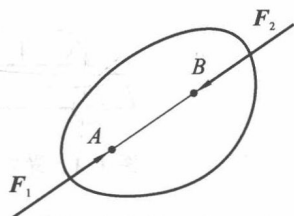
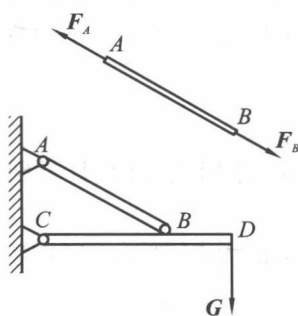


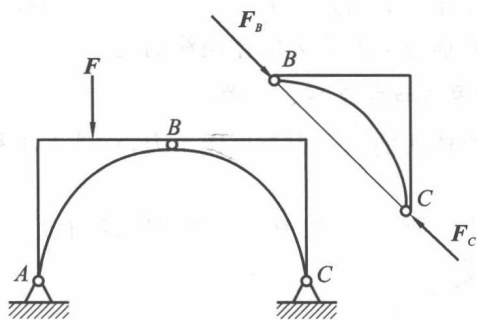
图 1.2 刚体在二力作用下平衡

(2) 二力构件 在两个力的作用下处于平衡状态的构件,称为二力构件。在工程实际中,一些构件的自重与其所受的载荷(力)比较起来很小,通常忽略不计。

图 1.3(a)所示托架中,AB 杆处于平衡状态,且只有两个端点受力,故 AB 杆属于二力杆;图 1.3(b)所示三铰拱结构中的 BC 拱同样也属于二力构件,分析时应注意力的作用线方向是通过两个力的作用点的连线。



(a) 托架及二力杆 AB



(b) 三铰拱及 BC 拱

图 1.3 托架与三铰拱

2. 加减平衡力系公理与力的可传性原理

(1) 加减平衡力系公理 在一个已知的力系上加上或减去一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。

(2) 力的可传性原理 作用于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。

图 1.4 所示的小车,在所用力相同的情况下,在 A 点拉车和在 B 点推车,对小车的作用效果是一样的。

应当注意的是,加减平衡力系公理和力的可传性原理,都只能应用于刚体,而不适用于变形体。此静力学公理对力系的简化及物体受力分析有一定作用。

3. 力的平行四边形法则与三力平衡汇交定理

(1) 力的平行四边形法则 作用于构件上同一点的两个力,可以合成一个合力,合力作用于该点,合力的大小和方向是以两力为邻边所构成的平行四边形的对角线。如图 1.5 所示,用矢量表示为: $F_R = F_A + F_B$ 。

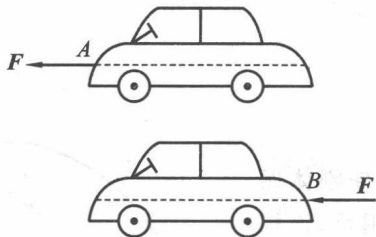


图 1.4 受力的小车

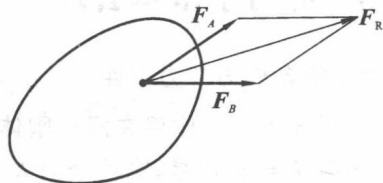


图 1.5 力的平行四边形法则

力的平行四边形法则是力系简化的基础,可以将多个力合并成一个合力。同时,也可以应用该法则对力进行分解,分解之后产生的两个力称为分力。在实际应用中,通常将一个力分解成方向互相垂直的两个分力。

(2) 三力平衡汇交定理 刚体在三个互不平行的力的作用下处于平衡时,这三个力的作用线必汇交于一点。这个定理要求三个力共面,同时也说明了三个力平衡的必要条件。应用此定理,可用于解决在三力作用下处于平衡状态的刚体受力问题,若已知两个力的作用线,可以确定另一个未知力的作用线。

在图 1.6(a)所示的托架中,杆 CD 为三力平衡构件,若已知 B、D 两点所受的力,则 C 点所受的力的作用线必通过力 F'_B 和 G 的交点。同样,图 1.6(b)中,AB 拱也是三力平衡构件,力 F_A 的作用线必通过另两个力的作用线的交点。

4. 作用力与反作用力公理

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,且分别作用在两个物体上。

如图 1.6 所示,托架中 B 点处,杆 AB 上的力 F_B 与杆 CD 上的力 F'_B 就是一组作用力与反作

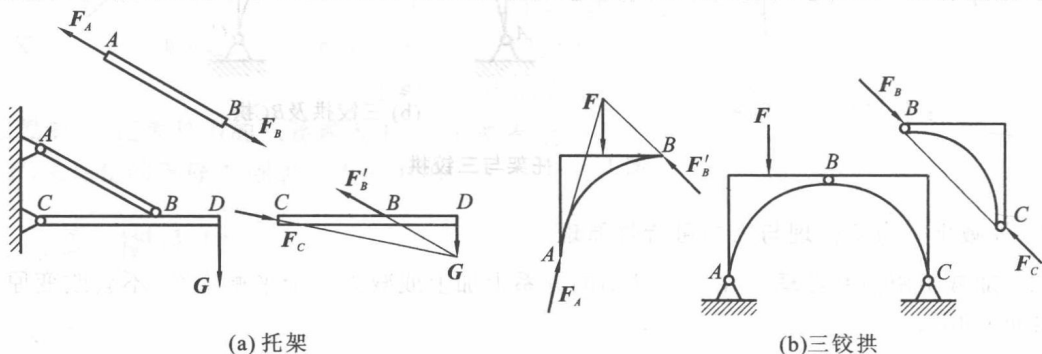


图 1.6 托架和三铰拱中的三力构件受力图

用力;三铰拱中的 B 点处,力 F_B 与力 F'_B 也是一组作用力与反作用力。这个公理说明了力总是成对出现的。

应用该公理时注意与二力平衡的两个力的区别,作用力与反作用力是分别作用在两个物体上的,二力平衡的两个力是作用在同一个物体上的。

1.2 约束与约束力

1.2.1 约束与约束力的概念

一个物体在运动时受到周围物体的限制,则这些周围的物体就被称为该物体的约束。例如铁轨限制了火车轮的运动,所以铁轨就是火车轮的约束。当物体沿着约束所限制的方向有运动或运动趋势时,约束就会对物体产生力的作用,从而限制物体的运动,这种约束对物体的作用力称为约束力,其方向与被限制的运动方向相反。

1.2.2 常见约束类型及表示方法

工程实际中,构件本身的形状和它们之间的连接方式多种多样。在静力学分析中,按照约束力限制构件运动的特征抽象成理想化的力学模型,常见的模型主要有柔体约束、光滑面约束、铰链约束、固定端约束。

1. 柔体约束

由绳索、链条、传动带等柔性物体构成的约束简称为柔体约束。这类约束只能承受沿着约束中线的拉力,方向是背离受力物体的。图 1.7 所示起重机吊起重物时,钢绳 AC 、 BC 对重物的约束力沿着钢绳中线,背离物体,用 F_A 和 F_B 表示。

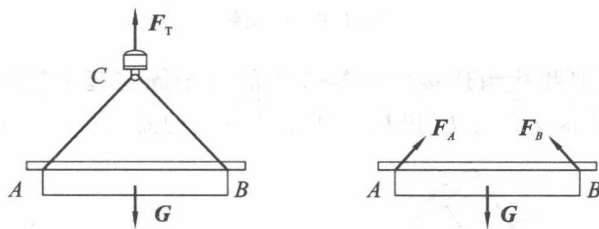


图 1.7 柔体约束

2. 光滑面约束

两物体相互接触的表面,并不完全都是光滑的,为研究方便,常忽略掉摩擦及变形,把物体的接触面看成是完全光滑的刚性接触面,所形成的约束称为光滑面约束。光滑面约束的约束力应沿着接触表面的公法线并指向受力物体,通常用符号 F_N 表示。图 1.8(a)所示是重力为 G 的圆柱形物体放在 V 形槽内, A 、 B 两点的约束力表示为 F_{NA} 、 F_{NB} 。图 1.8(b)所示是重力为 G 的工件放在凹槽内, A 、 B 、 C 点的约束力沿着接触面公法线并指向工件。

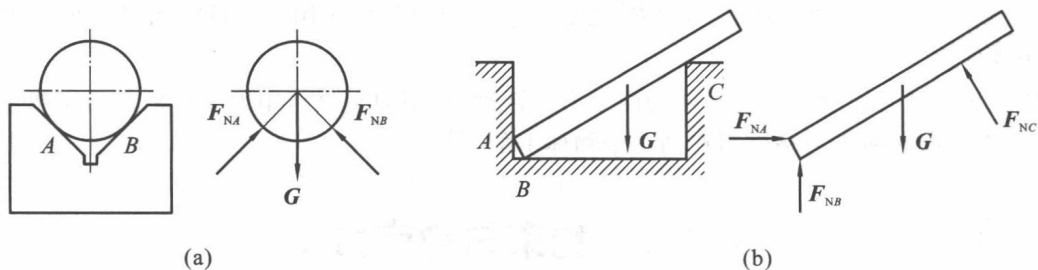


图 1.8 光滑面约束

3. 铰链约束

经常用圆柱销将两个带圆孔的构件连接起来,这种连接方式称为铰链连接。铰链连接的两构件的不同作用,分别形成了中间铰、固定铰支座和活动铰支座三种约束形式。

(1) **中间铰** 用铰链将两个构件连接在一起,就形成了**中间铰**,如图 1.9 所示。A、B 两个构件用圆柱销 C 连接在一起,被连接件 B 只能绕圆柱销中心线转动。中间铰中,由于圆柱销与销孔之间是点接触,接触点的位置与构件的位置及主动力都存在联系,因此,接触点的位置是不确定的,也造成了约束力的方向不确定,通常用通过铰链中心的两个正交分力 F_x 和 F_y 表示。中间铰的简图及受力形式如图 1.9(c) 所示。

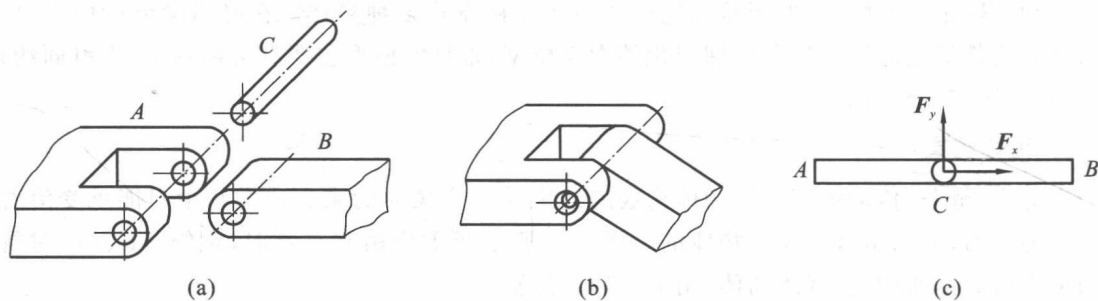


图 1.9 中间铰

(2) **固定铰支座** 把圆柱销连接的两构件中的一个固定起来,就成为**固定铰支座**,如图 1.10(a)所示。约束力的正交分力 F_x 和 F_y 及固定铰支座的简图如图 1.10(b) 所示。

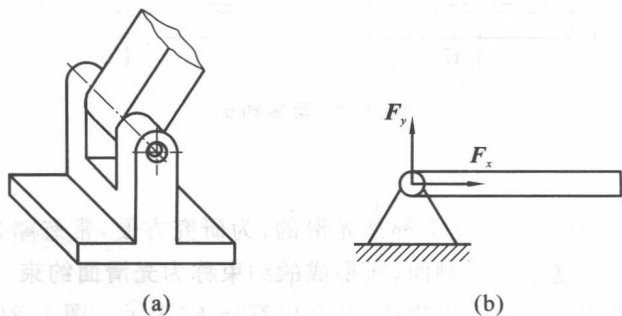


图 1.10 固定铰支座

值得注意的是,若中间铰和固定铰支座约束的是二力构件,其约束力满足二力平衡条件,则约束力的方向沿两约束力作用点的连线,方向也是确定的。

(3) **活动铰支座** 在固定铰支座的下边安装上滚珠则成为活动铰支座,如图 1.11(a)所示。活动铰支座只限制物体沿支承面法线方向的运动,其约束力通过铰链中心且垂直于支承面,用符号 F_N 表示,如图 1.11(b)所示。

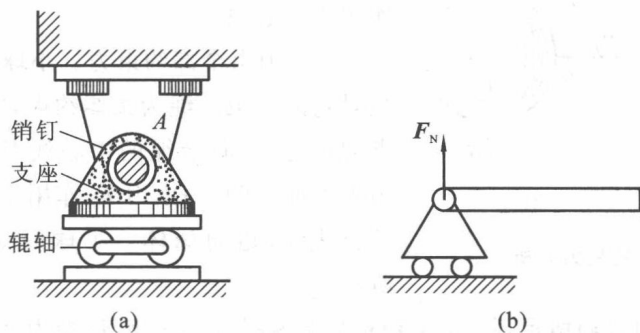


图 1.11 活动铰支座

4. 固定端约束

将构件的一端完全固定,就形成了固定端约束,表示方法如图 1.12(a)所示。固定端约束除了产生水平和垂直的约束反力外,还会产生一个阻止构件转动的力,如图 1.12(b)中的 M_A 所示。

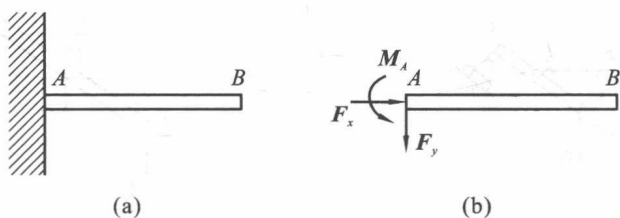


图 1.12 固定端约束

1.3 物体受力分析与受力图

1.3.1 受力分析

在求解静力平衡问题时,必须首先分析物体的受力情况,即进行受力分析。为此,需将所研究物体假想地从相互联系的结构中分离出来,单独画出。然后,将研究对象受到的所有主动力和约束力全部画在分离体上,这样的图形称为受力图。

对物体进行受力分析的步骤是:①确定研究对象;②取分离体;③画受力图。

1.3.2 单个物体的受力图

例 1-1 如图 1.13(a)所示,重力为 G 的小球 A,用绳子 BC 系在铅直墙壁上,试画出小球 A 的受力图。

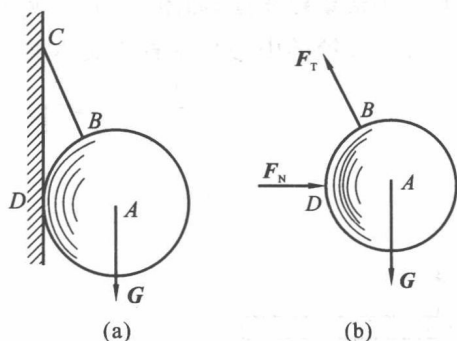


图 1.13 小球的受力分析

解 (1) 以小球 A 为研究对象,解除墙壁及绳的约束,画出分离体。

(2) 画主动力。小球所受重力 G ,方向垂直向下,作用于球心 A。

(3) 画出全部约束力。小球受到的约束有墙壁和绳对它的约束。绳为柔体约束,约束力 F_T 为作用在 B 点的拉力,方向沿绳的中心线背离球体;小球与墙壁为光滑面接触,约束力 F_N 作用于 D 点,方向沿接触面的公法线,指向球体。小球的受力图如图 1.13(b) 所示。

例 1-2 如图 1.14(a)所示,物体 AB 的 A 端为固定铰支座, B 端为活动铰支座,在 D 处作用一力 F ,画出物体 AB 的受力图。

解 (1) 以物体 AB 为研究对象,解除固定铰支座和活动铰支座约束,画出分离体。

(2) 画出全部主动力。按照图 1.14(a)中所标,画出重力 G 和已知力 F 。

(3) 画出全部约束力。固定铰支座 A 处的约束力 F_{Ax} 、 F_{Ay} ,活动铰支座 B 处的约束力 F_{NB} 垂直于支承面,受力图如图 1.14(b) 所示。

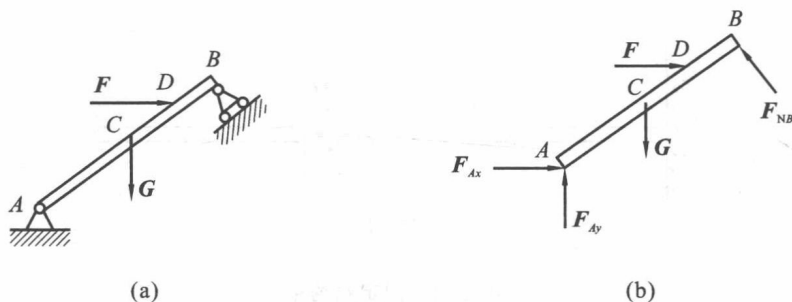


图 1.14 物体 AB 的受力分析

1.3.3 物体系统的受力图

几个物体通过一定的联系组成的系统,称为物体系统。画物体系统的受力图时,可以将物体系统看成是一个对象,忽略物体系统内部约束的相互作用力,受力分析过程与单个物体受力分析基本相同。

例 1-3 如图 1.15(a)所示三铰拱,左、右拱在 B 处铰接, A、C 处为固定铰支座,在左拱上作用一力 F ,画出三铰拱系统的受力图。

解 (1) 以三铰拱为研究对象,解除 A、C 两处的固定铰支座,画出三铰拱系统的分离体。

(2) 画出主动力。按照图 1.15(a)中所标,画出已知力 F 。

(3) 画出全部约束力。固定铰支座 A 处的约束力 F_{Ax} 、 F_{Ay} , C 处的约束力 F_{Cx} 、 F_{Cy} ,受力图如图 1.15(b) 所示。铰链约束通常采用正交分力表示,即便是三力构件也不用三力平衡汇交表示。

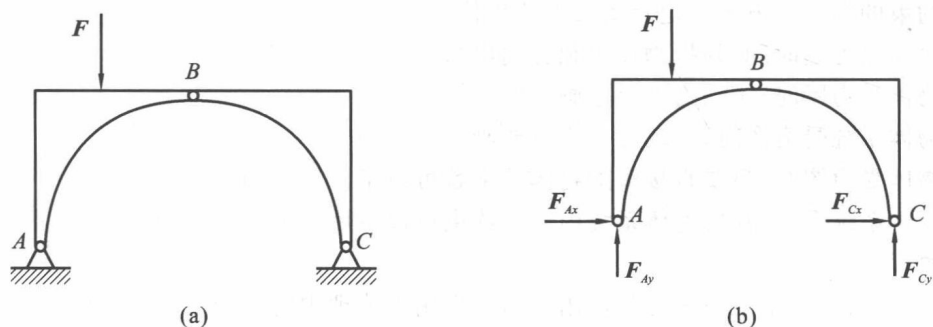


图 1.15 三铰拱

习 题

一、填空题

1. 力是物体间相互的 _____, 故总是成对出现, 这对力大小 _____, 方向 _____。
2. 力的三要素为 _____、_____、_____。
3. _____是静力学最基本的力学模型。
4. 力对物体产生两种效应, 一种是使物体的运动状态发生变化, 称为力的 _____; 另一种是使物体的形状或体积发生变化, 称为力的 _____。
5. 二力平衡的充分必要条件是: _____、_____、_____。
6. 二力构件是指 _____。
7. 力的可传性原理的适用条件是 _____。
8. 作用在刚体内任一点的力, 可在刚体内沿 _____任意移动而不会改变它对刚体的作用效果。
9. 工程中遇到的物体, 大部分是非自由体, 那些限制或阻碍非自由体运动的物体称为 _____。
10. 常见约束的类型有 _____、_____、_____、_____。
11. 光滑面约束的约束力方向是 _____。
12. 柔性约束的约束力方向是 _____。
13. 画受力图的基本步骤是 _____、_____、_____。

二、判断题

1. 力是有大小的, 所以是矢量。()
2. 二力平衡原理和作用力与反作用力公理的区别在于力作用在几个物体上。()
3. 刚体就是在外力的作用下不发生任何变形的物体。()
4. 任何物体受到外力的作用都会发生变形。()
5. 大小相等、方向相反且作用线共线的两个力, 一定是一对平衡力。()
6. 柔性约束的约束力方向是可以确定的。()
7. 光滑面约束的约束力方向是指向被研究物体的。()
8. 中间铰链的约束力方向是无法确定的。()
9. 一个约束指的就是一个力。()