

21 世纪高等教育系列教材

工 程 力 学

主 编 陈 玲

副主编 赵永成 杨立峰

西南交通大学出版社

· 成都 ·

内容简介

本书涵盖教育部有关工程力学课程基本要求的全部内容,博采众多“工程力学”教材之长,理论严谨,逻辑清晰,深入浅出,且适当提高了起点,增加了部分新内容,以适应 21 世纪高等教育和科技发展的要求。

全书分为刚体静力学和弹性静力学两大部分,各部分内容都具有相应的深度,并配有一定数量的典型例题和习题。经审定,本书可作为高等学校本科生教材,教学中可根据不同的教学需要,选择相应章节的内容。此外,本书同时也可供高职、高专、成人高校师生教学使用及有关工程技术人员业务学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/陈玲主编. —成都:西南交通大学出版社,
2005.1

ISBN 7-81057-933-9

I. 工… II. 陈… III. 工程力学—高等学校—教材
IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078741 号

21 世纪高等教育系列教材

工程力学

陈玲 主编

*

责任编辑 张华敏

封面设计 时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

安徽省蚌埠方达印刷厂印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.5

字数:282 千字 印数:1—3000 册

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-933-9/TB·346

定价:19.80 元

编审说明

工程力学是一门理论性、逻辑性和实践性很强的课程,在培养工程设计人才中占有极其重要的地位。随着高等教育改革的不断深入,课内学时在不断缩减,而教学的基本要求又不能改变。为满足 21 世纪高等教育和科技发展的要求,工程力学课程应力争向学时少、内容新、水平高、效果好的目标发展,为此,编者依据上述精神,按照教育部工程力学课程教学基本要求,编写了这本适应 21 世纪本科高等教育教学需要的工程力学教材。

使用工程力学教材的专业很多,专业的差异也较大,为此,本书在编写时力求做到:基本概念、基本理论论述严谨,专业覆盖面宽;静力学和材料力学两部分尽量相互渗透、协调,且保证一定的信息量。

全书内容分为两个层次:基本要求部分,不同专业选用部分(带“*”号)。可适用于课程时数为 40~50 学时的本科或专科专业,此外,课程时数少于 40 学时的专业也可以选用。

本书由长春理工大学陈玲、赵永成、杨立峰、李彦清编写。陈玲编写第二、三、四、七、十章,赵永成编写第五、八、九章,杨立峰编写绪论、第一、十一章,李彦清编写第六章。周宏伟参加了全书图形设置及习题编写工作。全书由陈玲主编。

本书在编写过程中,编者参考了兄弟院校已公开出版的教材和有关资料,引用了部分习题、例题和插图,在此谨向有关著作者表示敬意及衷心感谢。

本书承蒙吉林大学孟广伟教授、长春理工大学宋友贵教授审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

对于书中错误及不足之处,敬请有关专家学者和广大读者不吝批评指正,以便不断修订完善。

21 世纪高等教育系列教材编审指导委员会

2005 年 1 月

目 录

绪 论	(1)
第一篇 刚体静力学	(2)
第一章 刚体静力学基础	(2)
§ 1.1 刚 体	(2)
§ 1.2 力	(2)
§ 1.3 静力学公理	(2)
§ 1.4 约束与约束力	(4)
§ 1.5 物体的受力分析和受力图	(7)
§ 1.6 刚体静力学对变形体静力学的适用性	(9)
习题 1	(11)
第二章 平面力系	(13)
§ 2.1 平面汇交力系	(13)
§ 2.2 平面力偶系	(17)
§ 2.3 平面任意力系的简化	(22)
§ 2.4 平面任意力系的平衡	(26)
§ 2.5 物体系统的平衡	(30)
* § 2.6 考虑摩擦时物体的平衡	(33)
习题 2	(38)
第二篇 弹性静力学	(43)
第三章 弹性静力学基础	(43)
§ 3.1 弹性静力学的任务	(43)
§ 3.2 变形固体的基本假设	(43)
§ 3.3 内力、截面法和应力	(44)
§ 3.4 变形与应变	(47)
§ 3.5 杆件变形的基本形式	(47)
习题 3	(49)
第四章 拉伸、压缩	(50)
§ 4.1 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力	(50)
§ 4.2 直杆轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力	(53)
§ 4.3 材料在拉伸时的力学性能	(54)
§ 4.4 材料在压缩时的力学性能	(57)
§ 4.5 轴向拉(压)构件的强度计算	(59)
§ 4.6 轴向拉伸或压缩时的变形	(61)

* § 4.7 简单拉、压静不定问题	(64)
习题 4	(66)
第五章 扭 转	(69)
§ 5.1 工程中的受扭构件	(69)
§ 5.2 外力偶矩、扭矩、扭矩图	(69)
§ 5.3 纯剪切	(71)
§ 5.4 圆轴扭转时的应力和强度计算	(73)
§ 5.5 圆轴扭转时的变形和刚度计算	(76)
习题 5	(78)
第六章 平面图形的几何性质	(82)
§ 6.1 静矩和形心	(82)
§ 6.2 惯性矩和惯性半径	(84)
§ 6.3 惯性积	(86)
§ 6.4 平行移轴公式	(86)
习题 6	(88)
第七章 弯曲内力	(90)
§ 7.1 概 述	(90)
§ 7.2 梁的简化	(91)
§ 7.3 剪力和弯矩	(92)
§ 7.4 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图	(94)
习题 7	(98)
第八章 弯曲应力	(105)
§ 8.1 纯弯曲	(105)
§ 8.2 纯弯曲时的正应力	(105)
§ 8.3 横力弯曲时的正应力	(107)
习题 8	(110)
第九章 弯曲变形	(114)
§ 9.1 工程中的弯曲变形问题	(114)
§ 9.2 挠曲线微分方程	(114)
§ 9.3 用积分法求弯曲变形	(116)
§ 9.4 用叠加法求弯曲变形	(118)
* § 9.5 简单静不定梁	(120)
习题 9	(122)
第十章 应力和应变分析、强度理论	(128)
§ 10.1 应力状态概述	(128)
§ 10.2 二向和三向应力状态的实例	(129)
§ 10.3 二向应力状态分析——解析法	(130)
§ 10.4 广义胡克定律	(134)

§ 10.5 强度理论概述·····	(135)
§ 10.6 四种常用强度理论·····	(136)
习题 10 ·····	(139)
第十一章 压杆稳定 ·····	(145)
§ 11.1 概 述·····	(145)
§ 11.2 两端铰支细长压杆的临界压力·····	(146)
§ 11.3 其他支座条件下细长压杆的临界压力·····	(147)
§ 11.4 欧拉公式的适用范围、经验公式 ·····	(149)
§ 11.5 压杆的稳定校核·····	(151)
习题 11 ·····	(153)
主要参考文献 ·····	(157)

本书主要符号表

a	加速度	GI_p	圆轴抗扭刚度	U	变形能
A	面积	h	高度	ν, f	挠度
C	截面形心、重心	I, I_p	惯性矩, 极惯性矩	W	抗弯截面模量
D, d	直径	I_{xy}	惯性积	W_t	抗扭截面模量
E	弹性模量	J	转动惯量	Φ	扭转角
T	动能	K	弹簧刚度系数	γ	剪应变
V	势能	l, L	长度, 跨度	ε	线应变
EA	抗拉刚度	M_0	主矩	λ	柔度
EI	抗弯刚度	M	弯矩	μ	长度系数
f	动摩擦系数	T	扭矩	ρ	曲率半径
f_s	静摩擦系数	n	转速	σ	正应力
F	力	n_{st}	稳定安全系数	τ	剪应力
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处支座反力	N	功率	σ_b	强度极限
N	轴力	q	分布载荷集度	σ_p	比例极限
P	载荷	R, r	半径	σ_s	屈服极限
P_{cr}	临界压力	t	时间	$[\sigma]$	许用正应力
Q	剪力	m	外力偶矩	$[\tau]$	许用剪应力
F_x, F_y, F_z	力在 x, y, z 方向分量	u	变形比能	σ_{cr}	临界应力
g	重力加速度	u_t	形状改变比能	σ_m	平均应力
G	剪切弹性模量	u_v	体积改变比能		

绪 论

§ 1 工程力学的研究对象

工程力学所含内容极其广泛,本书所论“工程力学”只包含“刚体静力学”和“弹性静力学”两部分。“刚体静力学”研究物体的受力及平衡规律,“弹性静力学”则研究物体在外力作用下的变形和失效。二者均为工程设计中的基本知识。

结构元件、机器的零部件等工程构件在外力作用下丧失正常功能的现象称为“失效”。工程构件的失效形式有多种,但工程力学范畴内的失效通常可分为三类:强度失效、刚度失效和稳定失效。强度失效是指构件在外力作用下发生不可消失的塑性变形或断裂;刚度失效是指构件在外力作用下产生过大的弹性变形;稳定失效是指构件在某种外力作用下,其平衡形式发生突然转变。

工程设计中必须保证构件在确定的外力作用下具有足够的强度、刚度和稳定性。为此,必须对构件进行外力分析,并研究构件在外力作用下,其内部的受力、变形和失效规律,以提出正确的设计准则与设计方法。

§ 2 工程力学的研究方法

工程力学中“刚体静力学”与“弹性静力学”所研究的问题不同,故分析的方法也随之不同。

“刚体静力学”所研究的对象是刚体,所研究的问题是构件的受力,所采用的方法是平衡法。与此相关,必须正确分析各物体之间接触与连接的方式,以及不同方式所产生的相互作用力。

“弹性静力学”所研究的对象是变形体,所研究的问题是变形固体在外力作用下所产生的变形、内力及对承载能力的影响。因此,必须重点分析变形,分析内力和应力,以解决工程中的强度、刚度和稳定性问题。

第一篇 刚体静力学

第一章 刚体静力学基础

§ 1.1 刚 体

任何物体在力的作用下,或多或少都要产生变形,而工程构件的变形通常都是非常微小的,忽略这种变形对构件的受力分析不会产生什么影响。因此,在刚体静力学中,可将变形体简化为不变形的刚体,即其内任意两点之间的距离保持不变的物体。显然,刚体是一个抽象化的模型,实际上并不存在。

§ 1.2 力

力是物体间的相互作用。力有两种效应:使物体产生运动状态变化和形状变化,分别称为运动效应和变形效应。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,力的三要素可用一个矢量来表示,称作**力矢量**,如图 1-1 所示:线段的长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小;线段的方位以及箭头的指向表示力的方向;线段的始端 A 或末端 B 表示力的作用点。通过力的作用点并沿着力的方位的直线,称为**力的作用线**,如图 1-1 中的直线 KL 。在本书中,矢量均用黑体字母表示。例如,图 1-1 中,用 \mathbf{F} 表示力矢量,而普通字母 F 则表示力的大小。

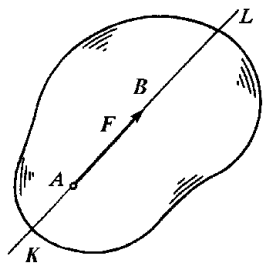


图 1-1

作用于同一物体上的一群力,称为**力系**。

在国际单位制(SI)中,以“N”作为力的单位符号,称作牛顿。有时也以“kN”作为力的单位符号,称作千牛顿。

§ 1.3 静力学公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中总结、概括出来的,无需证明而为人们所公认,它们是静力学的基础。

公理 1 力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个力。合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向由以这两个力为边所做的平行四边形的对角线来确定,如图 1-2 所示。

这种合成力的方法称为**矢量合成法**,合力为这两个力的矢量和,即:

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

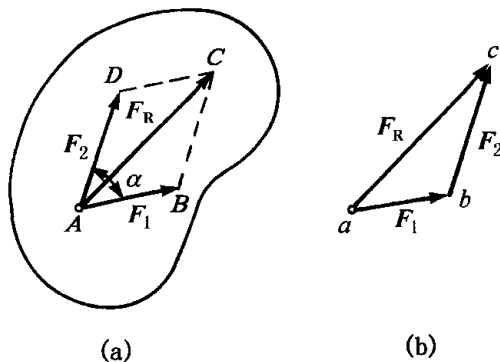


图 1-2

求两个共点力的合力时,不必做出整个平行四边形。如图 1-2(b)所示,在图外任一点 a 开始先画矢量 $\vec{ab} = \vec{F}_1$,再从点 b 画矢量 $\vec{bc} = \vec{F}_2$,连接起点 a 与终点 c 得到矢量 \vec{ac} ,矢量 \vec{ac} 表示合力 \vec{F}_R 的大小和方向,而合力 \vec{F}_R 仍作用于 A 点,此三角形 abc 称为力三角形,这种求合力的方法称为力三角形法则。如果改变分力相加的先后次序作力三角形,并不改变合力 \vec{F}_R 的大小和方向。

公理 2 二力平衡条件

作用在刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且在同一直线上,如图 1-3 所示,即:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (1-2)$$

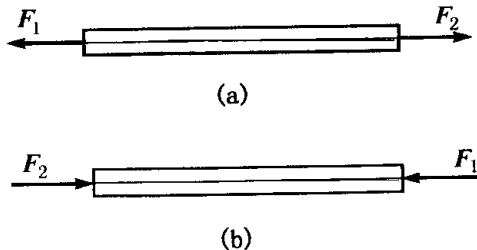


图 1-3

二力平衡条件对于刚体来说,是平衡的必要与充分条件,但对于变形体,这个条件是不充分的。例如,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。

公理 3 加减平衡力系原理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

根据公理 3,可以导出以下推理:

推理 1 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可以沿着它的作用线滑移到刚体内任意一点,而不改变该力对刚体的作用。如图 1-4 所示,作用于刚体上 A 点的力 \vec{F} ,可沿其作用线滑移到 B 点,而力 \vec{F} 对刚体的效应不变。又如图 1-5 所示,用手在车后面沿水平方向推车与沿同一作用线、以同样大小的力在车前拉车,对车的运动效应是相同的。

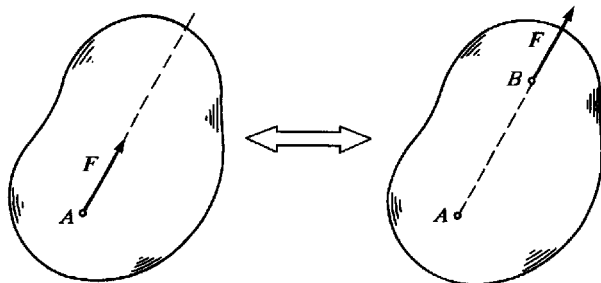


图 1-4

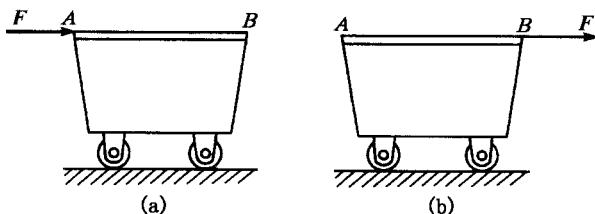


图 1-5

由此可知,作用于刚体上的力的三要素是:力的大小、方向和作用线。

推理 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上三个相互平衡的力,若其中两力的作用线汇交于一点,则此三力必在同一平面内,且第三力的作用线必通过前两力的汇交点。如图 1-6 所示,在刚体的 A、B、C 三点上,分别作用三个相互平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 。根据力的可传性原理,将 F_1 和 F_2 滑移到汇交点 O,再根据力的平行四边形法则得合力 R。则力 F_3 应与 R 平衡,根据二力平衡条件,此二力必共线。所以力 F_3 必定与力 F_1 、 F_2 共面,且通过 F_1 与 F_2 的汇交点 O。

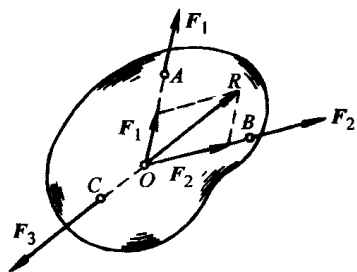


图 1-6

公理 4 作用与反作用定律

相互作用的两个物体之间的作用力与反作用力总是同时存在,两力的大小相等、方向相反,沿着同一条直线,分别作用在两个不同的物体上。

虽然作用力与反作用力大小相等、方向相反,沿着同一条直线,但分别作用在两个物体上。因此,不能认为作用力与反作用力相互平衡,组成平衡力系。

§ 1.4 约束与约束力

1.4.1 自由体与非自由体

力学分析中,通常把物体分为两类:一类称为自由体,它们的位移不受任何限制,例如空中飞行的飞机、炮弹等;另一类称为非自由体,它们的位移受到某种限制,例如在轨道上行驶的机车、轴承中的轴等。

1.4.2 约束

对物体的运动预先限制的其他物体称为约束。例如,轨道对于机车,轴承对于转轴等,都是约束。

1.4.3 约束力和主动力

约束施加于被约束物体的力称为约束力或约束反力,有时简称反力,除约束力以外的其他力则称为主动力或载荷。

因为约束力是限制物体运动的,所以它的作用点应在约束与被约束物体相互接触之处,它的方向应与约束所能限制的运动方向相反。这是确定约束反力方向的准则。

能使物体运动或有运动趋势的力为主动力,约束反力是由主动力的作用而引起的,它随主动力的改变而改变。在静力学中,主动力往往是给定的,而约束反力是未知的。因此,对约束反力的分析,就成为受力分析的重点。

1.4.4 理想约束

约束力是通过约束与被约束物体之间的相互接触而产生的,约束力的特征决定于被约束体与约束体接触面的物理性质和连接方式。接触面的物理性质分为绝对光滑(理想约束)和存在摩擦(非理想约束)两种。物体的连接方式多样且复杂,如不进行理想化,将无法分析约束力。因此,必须将物体间多样复杂的连接方式抽象化为几种典型的约束模型。

1. 理想刚性约束

这种约束为刚体,它与被约束体间为刚性接触,常见的有如下几种。

(1) 光滑接触面

当约束与被约束物体间的接触表面非常光滑,摩擦可忽略不计时,可简化为光滑接触面约束。该种约束只能阻碍物体沿两接触面公法线方向往约束内部的运动,不能阻碍它沿切线方向的运动。因此,光滑接触面约束的约束力作用在接触点处,沿两接触面公法线方向,指向被约束物体,为压力,称为法向反力,记为 F_N ,如图 1-7 所示。



图 1-7

(2) 光滑铰链

工程中常见的光滑铰链约束有如下几种。

• 固定铰链支座

构件的端部与支座有相同直径的圆孔,用一圆柱形销钉连接起来,支座固定在地基或者其他结

构上,这种连接方式称为固定铰链支座,如图 1-8(a)所示,简称为固定铰支。如图 1-8(b)所示为固定铰支座的简图。

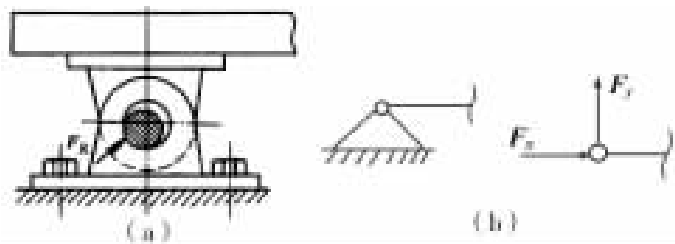


图 1-8

如果销钉与孔之间为光滑接触,则固定铰链支座只限制构件垂直于销钉轴线方向的位移,其约束力的作用线必然垂直于销钉的轴线。约束力的大小和方向与作用在物体上的其他力有关,通常都是未知的。可将未知约束力 F 分解为两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y ,只要求出这两个分力,约束力 F 的大小和方向即可完全确定。

• 滚动铰链支座

工程结构中为了减少因温度变化而引起的约束力,通常在固定铰链支座的底部安装一排辊轮或辊轴,可使支座沿固定支承面自由移动,这种约束称为滚动铰链支座,如图 1-9(a)所示。当构件的长度由于温度变化而改变时,这种支座允许构件的一端沿支承面自由移动。如图 1-9(b)所示为滚动铰链支座的简图。这类约束只限制沿支承面法线方向的位移,如果不考虑辊轮与接触面之间的摩擦,滚动铰链支座实际上也是光滑接触面约束。所以,其约束力的作用线必然沿支承面法线方向,通过铰链中心。

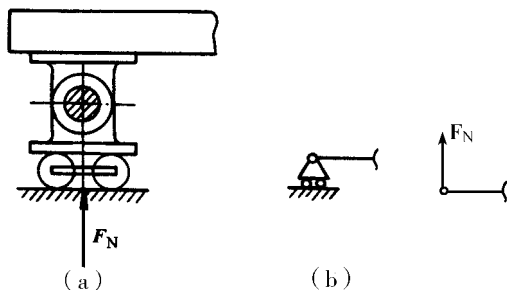


图 1-9

某些工程结构中的辊轴支座,既限制被约束构件向下运动,也限制被约束构件向上运动。因此,垂直于接触面的约束力,可能背向接触面,也可能指向接触面。

• 铰链

将具有相同圆孔的两构件用圆柱形销钉连接起来,称为铰链约束,如图 1-10(a)所示,其简图如图 1-10(b)所示。这种约束的约束力也可以用两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y 表示(图1-10(c))。

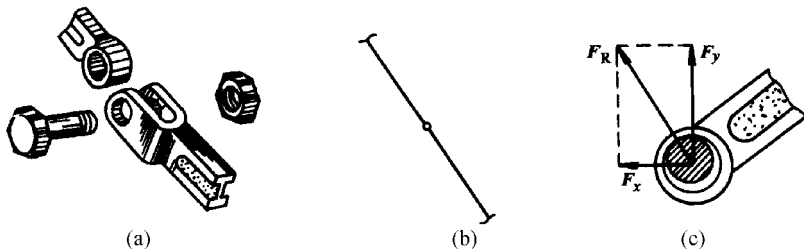


图 1-10

• 球形铰链

构件的一端为球形,称为**球头**,能在固定的球窝中转动,如图 1-11(a)所示,这种空间类型的约束称为球形铰链支座,简称**球铰**。如图 1-11(c)所示为球铰的简图。球铰约束限制了被约束构件在空间三个方向的运动,但不限制转动。如果球头与球窝的接触面是光滑的,通常将约束力分解为三个互相垂直的分力 F_x 、 F_y 和 F_z ,如图 1-11(b)所示。

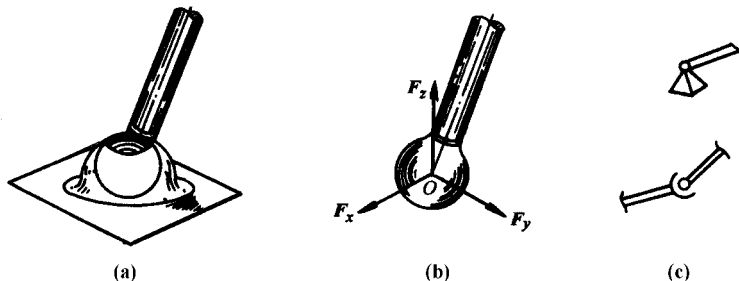


图 1-11

2. 理想柔性约束

绳索、链条、胶带和钢丝绳等柔性体都属于柔性约束,称为**柔索约束**。理想化的柔索柔软而不可伸长,只能承受拉力。所以,柔索只能阻碍被约束物体沿着柔索伸长的方向运动,故柔索对物体的约束力,作用在连接点,方位沿着柔索,指向背离物体。柔索的约束反力恒为拉力,如图 1-12 所示。

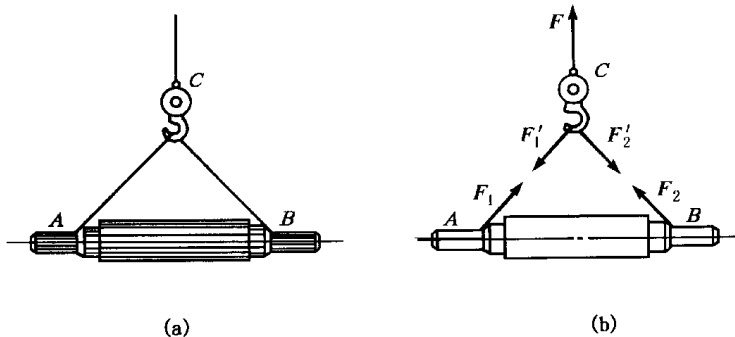


图 1-12

§ 1.5 物体的受力和受力图

对物体进行受力分析是静力学计算中的重要环节。具体分析方法是:将物体从系统中分离出来,将约束对它的作用代以相应的约束力,即取分离体,画受力图,具体步骤如下:

- (1)明确(选择)研究对象(受力体),根据题意,或选单个刚体,或选几个刚体的组合,或选整体。
- (2)根据约束性质,明确受力体受几个力,每个力是哪个施力体施加的,各约束力所指方向。
- (3)根据平衡条件,判断某些约束力的方向。
- (4)注意作用力与反作用力之间的关系。

[例 1-1] 码头运货小车连同货物共重 G , 用卷扬机牵引沿轨道上升, 如图 1-13(a) 所示。设小车与轨道之间的摩擦略去不计, 小车连同货物的重心在点 C , 试画出小车连同货物的受力图。

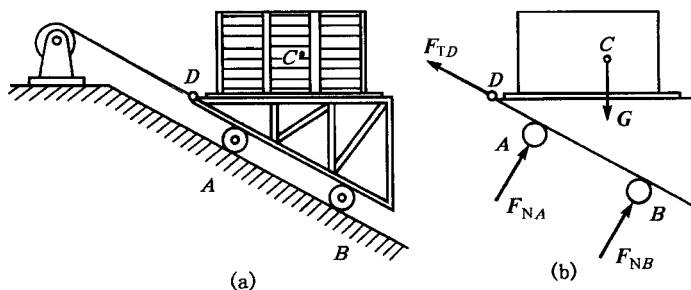


图 1-13

解: (1) 解除约束, 以小车连同货物为分离体, 用简单轮廓线将研究对象单独画出来。

(2) 画出分离体所受的全部主动力, 本例中主动力只有重力 G , 作用于 C 点。

(3) 画出约束力: 小车受钢丝绳的约束, 根据柔索约束的性质, 钢丝绳作用于小车上的约束力 F_{TD} , 沿绳的轴线, 背离小车, 是拉力; 小车与轨道之间为光滑支承面, 轨道作用于小车轮子上的约束力为 F_{NA} 和 F_{NB} , 方位沿车轮与轨道接触点处的公法线, 指向小车。

将上述全部主动力和约束力画在分离体上, 图 1-13(b) 便是小车连同货物的受力图。

[例 1-2] 在如图 1-14(a) 所示的吊架结构中, 物体 H 重为 G , 滑轮 C 及各杆自重不计。(1) 以滑轮 C 、杆 AB 和重物 H 为研究对象, 画出整个系统的受力图。(2) 分别画出杆 AB 、杆 BE 、滑轮 C 的受力图。

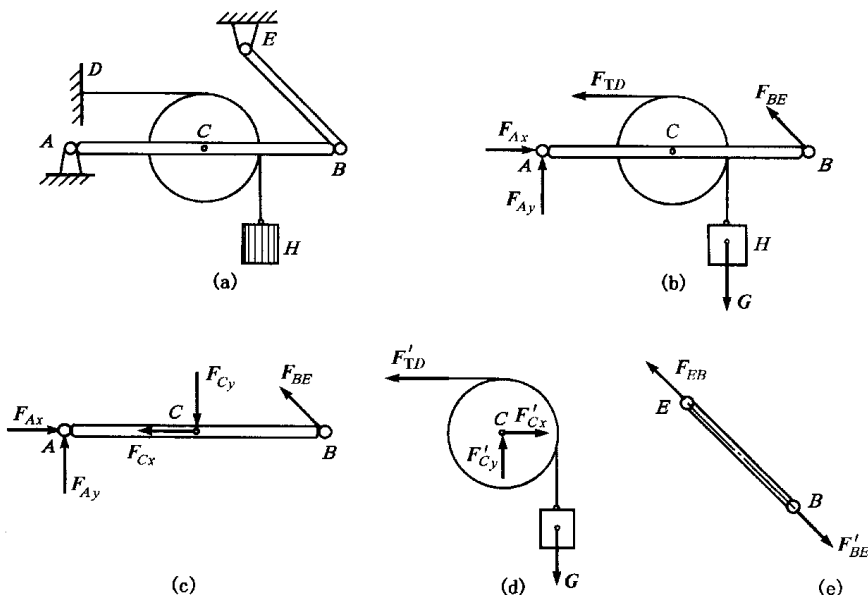


图 1-14

解:(1)作杆 AB 、滑轮 C 和重物 H 所组成的研究对象的受力图。

分离体上作用的主动动力为重力 G 。A 处为固定铰支座,其约束反力用两个正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示,指向假定如图所示;B 处受连杆 BE 约束,其约束力为 F_{BE} ,方位沿 B 、 E 较心的连线,指向假定;绳对滑轮 C 的约束力 F_{TD} ,方位沿绳,指向背离滑轮 C 。杆 AB 与滑轮 C 之间以及绳与滑轮之间的相互作用力均为内力,内力在受力图上不应画出,受力图如图 1-14(b)所示。

(2)画 BE 杆的受力图。

取杆 BE 为分离体,并将杆 BE 单独画出。 BE 杆为连杆,其所受约束力为 F'_{BE} 和 F_{EB} ,依二力平衡条件有 $F'_{BE} = -F_{EB}$,受力图如图 1-14(e)所示。铰链 B 处的约束力 F'_{BE} 与图 1-14(b)上的 F_{BE} 互为作用力与反作用力,当力 F_{BE} 方向假定后,力 F'_{BE} 的方向不能再任意假定,必须满足作用力与反作用力定律。

(3)分别画出杆 AB 、滑轮 C 的受力图。

杆 AB 受力图如图 1-14(c)所示。杆上没有主动力作用。铰链 A 处及铰链 B 处的约束力分别为 F_{Ax} 、 F_{Ay} 以及 F_{BE} ,与图 1-14(b)上 A 、 B 两处约束力的假定指向应一致。 C 处为圆柱形铰链,其约束力用两个正交分力 F_{Cx} 、 F_{Cy} 表示,指向可任意假定。

画滑轮受力图,将滑轮及重物单独画出。滑轮受绳索的约束力 F_{TD} 和重物的重力 G ,铰链 C 处约束力为 F'_{Cx} 、 F'_{Cy} ,这两个力分别与图 1-14(c)上的两个力 F_{Cx} 、 F_{Cy} 互为作用力与反作用力。

§ 1.6 刚体静力学对变形体静力学的适用性

刚体静力学研究刚体在力系作用下的平衡问题。变形体静力学研究弹性体或流体等内部的受力情况及其变形。前者的基本概念、理论和方法具有一定的普遍性,对后者有一定的适用性,但也有一定的局限性,不能随意推广。

刚体静力学中的物体受力分析方法(取分离体,画受力图),为变形体静力学研究平衡问题提供了普遍方法。

刚体静力学只研究外力系的平衡,或者取整体,或者取局部(一个或几个刚体)为分离体,而变形体静力学要研究物体内力系的分布及平衡,所以要截取部分物体或者物体内的微元体为研究对象。

物体的理想化模型改变了,但其受力、物体间接触性质与连接方式的理想化模型一般不变。

变形体静力学将外力系的基本特征量(主矢与主矩)予以推广,使之成为度量内力系等效的基本特征量。

刚体静力学中针对刚体模型得出的力向一点平移的定理,在变形体静力学中将有条件地应用。

刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件。

可由刚化原理说明,即变形体在力系作用下发生变形并已处于平衡时,若将它刚体化,则其平衡状态不变。如用虚线表示的海绵在力系(F_1, F_2, F_3, F_4)作用下变形至实线位置并处于平衡,如图 1-15 所示。此时,海绵还是变形体。若设想将其刚体化,则仍然平衡。



图 1-15

刚体的平衡条件对变形体平衡是必要而不充分的。如图 1-16 所示为一条软绳，在绳两端作用一对平衡拉力。设此两力不会将绳拉断，则绳会像一根刚性杆一样处于平衡状态。但是，若在软绳的两端施加一对平衡压力如图 1-16(b)所示，尽管力系有 $F_1 = -F_2$ ，绳仍将失去平衡状态。

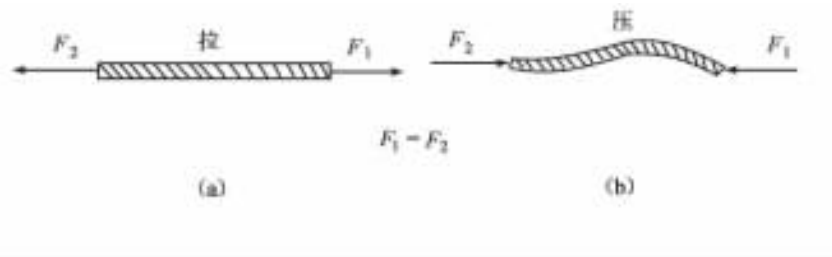


图 1-16

解题指导

1. 步骤

(1) 确定研究对象。根据所研究的问题选择研究对象。研究对象可以是单个物体，也可以是几个物体的组合。把所要研究的物体从周围物体的联系中分离出来，单独画出它的简图，这种方法称为取分离体，所画简图称为分离体图。

(2) 对所研究的对象画上主动力。

(3) 根据约束的类型，正确画上相应的约束反力。

2. 注意

(1) 不要漏画约束反力。必须搞清楚所研究的对象(受力物体)与周围哪些物体(施力物体)相接触，在接触处必须画出约束反力。

(2) 不要多画力。由于力是物体之间的相互作用，因此，对于研究对象上所受的每一个力，都应明确指出是周围哪一个施力物体施加于它的。

(3) 当分析两物体之间的相互作用力时，要注意作用与反作用的关系。

(4) 当研究系统的平衡时，在受力图上只画外部物体对研究对象的作用力(外力)，不画成对出现的内力。