



Gongcheng Lixue

高职高专机械专业力学教材

工程力学

主编 张建华 吉子轩



知识产权出版社

TB12
26

高职高专机械专业力学教材

工 程 力 学

主编 张建华 吉子轩

知识产权出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/张建华,吉子轩编. —北京:知识产权出版社,2005.8

ISBN 7-80198-409-9

I. 工... II. ①张...②吉... III. 工程力学—高等学校:技术学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 087808 号

内容提要

本书依据教育部最新制定的“高职高专教育机械类专业力学课程教学基本要求”编写而成。

本书注重力学基本概念、基本原理、基本方法的理解和掌握,注重理论在工程实践中的应用,以利于培养学生分析问题、解决问题的能力。全书共三篇十八章。第一篇“静力学”部分包括:静力学的基本概念、平面汇交力系、力矩及平面力偶系、平面一般力系、重心及截面几何性质。第二篇“材料力学”部分包括:轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转、平面弯曲内力、平面弯曲梁的强度计算、弯曲变形、组合变形的强度计算。第三篇“运动学与动力学”部分包括:质点的运动、刚体的平移与绕定轴转动、点的合成运动、刚体的平面运动,动能定理。每章后附有思考题和习题。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校及成人高校的机械类专业工程力学课程的教材,适应 80 学时左右的教学要求,也可供相关的工程技术人员参考。

本书的所有版权受到保护,未经出版者书面许可,任何人不得以任何方式和方法复制抄袭本书的任何部分,违者皆须承担全部民事责任及刑事责任。

工程力学

主 编:张建华 吉子轩

责任编辑:荆成恭

出版发行:知识产权出版社

社 址:北京市海淀区马甸南村 1 号

网 址:<http://www.cnipr.com>

电 话:010-82000860 转 8128、8325

印 刷:知识产权出版社电子印制中心

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 次:2005 年 8 月第一版

字 数:380 千字

邮 编:100088

电子信箱:zscq-bjb@126.com

传 真:010-82000890

经 销:新华书店及相关销售网点

印 张:13.25

印 次:2007 年 5 月第二次印刷

定 价:64.00 元

ISBN 7-80198-409-9/T·186

如有印装质量问题,本社负责调换。

前 言

本书是按照 80 学时的教学要求编写的,可作为钢铁冶金、冶金机械、自动化、仪表、无线电、冶金热加工、轻工、地质、采选、材料等类高职高专教材。

工程力学是一门技术基础课。通过本课程的教学,要求学生能较熟练地进行受力分析,对杆件的强度、刚度和稳定性有明确的基本概念、必要的基础知识和计算能力。为此,本书以“高等工业学校力学课程教学基本要求”为依据,考虑到高职高专教育的培养目标,以实用为主、够用为度为原则,尽可能吸取现行教材各家所长编写而成。编写时考虑到学生在普通物理学中对运动学和动力学知识已奠定了较好的基础,书中对基本概念和基本理论做了较详尽而深透的阐述,列举了大量的例题,以帮助读者澄清概念和加强基本训练。

参加本书编写的有:山西工程职业技术学院吉子轩(第一章至第八章)、长治职业技术学院王禾稼(第九章至第十四章)、长治职业技术学院张建华(第十五章至第十八章、附录及本书所有思考题和习题)。书中插图均由吉子轩编排。全书由张建华、吉子轩担任主编,黑龙江省七台河市第二建筑工程有限责任公司张士海担任主审。

限于编者水平,加之编写时间短促,书中疏漏之处在所难免,希望读者予以指正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

第一篇 静 力 学

引言	2
第一章 静力学的基本概念	3
§ 1.1 静力学的基本概念·刚体和力	3
§ 1.2 静力学公理	3
§ 1.3 约束和约束反力	5
§ 1.4 物体的受力分析	7
思考题	9
习题	10
第二章 平面汇交力系	12
§ 2.1 平面汇交力系的合成与平衡——几何法	12
§ 2.2 平面汇交力系的合成与平衡——解析法	13
思考题	16
习题	17
第三章 平面力矩与平面力偶理论	19
§ 3.1 力矩	19
§ 3.2 力偶及其性质	21
§ 3.3 平面力偶系的合成与平衡	22
思考题	23
习题	23
第四章 平面一般力系	25
§ 4.1 力的平移定理	25
§ 4.2 平面一般力系向作用面内一点简化	26
§ 4.3 简化结果的讨论	28
§ 4.4 平面一般力系的平衡条件和平衡方程	29
§ 4.5 平面平行力系	32
§ 4.6 静定和超静定问题·物体系统的平衡	33
思考题	37
习题	38

第五章 重心 平面图形的几何性质	40
§ 5.1 重心	40
§ 5.2 平面图形的几何性质	47
思考题	51
习题	51

第二篇 材料力学

引言	54
----------	----

第六章 材料力学的基本概念	55
§ 6.1 变形固体及其基本假设	55
§ 6.2 外力及其分类	56
§ 6.3 内力、截面法、应力	56
§ 6.4 杆件及其变形的基本形式	58

第七章 轴向拉伸和压缩	60
§ 7.1 轴向拉伸和压缩的概念	60
§ 7.2 轴向拉伸和压缩时的内力	60
§ 7.3 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力	62
§ 7.4 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	63
§ 7.5 轴向拉伸和压缩时的变形 胡克定律	64
§ 7.6 材料在拉伸和压缩时的力学性质	67
§ 7.7 许用应力及安全系数	70
§ 7.8 轴向拉伸和压缩时的强度计算	71
思考题	73
习题	74

第八章 剪切和挤压	77
§ 8.1 剪切和挤压的概念	77
§ 8.2 剪切和挤压的实用计算	77
§ 8.3 剪应变 剪切胡克定律	80
思考题	81
习题	81

第九章 扭转	83
§ 9.1 扭转的概念 外力偶矩的计算	83
§ 9.2 圆轴扭转时横截面上的内力	84
§ 9.3 圆轴扭转时横截面上的应力	86
§ 9.4 圆轴扭转时的变形	90

§ 9.5 圆轴扭转时的强度条件和刚度条件·····	90
思考题·····	93
习题·····	94
第十章 梁的内力 ·····	95
§ 10.1 梁弯曲的概念·····	95
§ 10.2 梁的内力——剪力和弯矩·····	96
§ 10.3 剪力图和弯矩图·····	99
§ 10.4 剪力图和弯矩图的规律作图·····	103
思考题·····	105
习题·····	106
第十一章 弯曲应力 ·····	108
§ 11.1 梁弯曲时横截面上的正应力·····	108
§ 11.2 梁的正应力强度计算·····	112
§ 11.3 梁的剪应力和剪应力强度计算·····	116
§ 11.4 梁的主应力·····	119
思考题·····	124
习题·····	124
第十二章 弯曲变形 ·····	128
§ 12.1 弯曲变形的概念·····	128
§ 12.2 用积分法求梁的变形·····	130
§ 12.3 叠加法求梁的变形·····	133
§ 12.4 梁的刚度校核·····	136
思考题·····	136
习题·····	137
第十三章 组合变形的强度计算 ·····	138
§ 13.1 组合变形的概述·····	138
§ 13.2 斜弯曲·····	138
§ 13.3 圆轴扭转与弯曲的组合变形·····	141
思考题·····	143
习题·····	143

第三篇 运动学与动力学

引言·····	146
第十四章 质点的运动 ·····	147

§ 14.1	用矢量法表示点的位置、速度和加速度	147
§ 14.2	用直角坐标法表示点的速度和加速度	148
§ 14.3	用自然坐标法表示点的速度和加速度	150
§ 14.4	质点动力学方程	154
§ 14.5	动静法	156
思考题		158
习题		158
第十五章	刚体的平移与绕定轴转动	161
§ 15.1	刚体的平移	161
§ 15.2	质心运动定理	162
§ 15.3	刚体绕定轴转动	164
§ 15.4	刚体定轴转动动力学方程	167
思考题		170
习题		170
第十六章	点的合成运动	173
§ 16.1	合成运动的基本概念	173
§ 16.2	点的速度合成定理	174
思考题		176
习题		176
第十七章	刚体的平面运动	178
§ 17.1	刚体平面运动的基本概念	178
§ 17.2	平面运动刚体内各点的速度分析	179
思考题		182
习题		183
第十八章	动能定理	185
§ 18.1	功和功率	185
§ 18.2	质点和刚体的功能	188
§ 18.3	动能定理	189
思考题		192
习题		193
附录	型钢规格表	196
参考文献		205

第一篇

静力学

引 言

静力学研究物体在力系作用下的平衡规律。平衡是物体机械运动的特例。若物体相对惯性参考系静止或做匀速直线平动,则称此物体处于平衡状态。凡使牛顿定律成立的参考系,称为惯性参考系。工程中一般可以把固结在地球上或相对地球做匀速直线平动的参考系看成是惯性参考系。

静力学要解决的基本问题有以下两个。

一、力系的简化

力系是指作用在物体上的一群力。在保持力系对物体作用效果不变的条件下,用另一个力系代替原力系,称为力系的等效替换。这样的两个作用效果相同的力系互为等效力系。用一个简单力系等效替换一个复杂力系,则称为力系的简化。通过力系的简化可以了解力系对物体总的作用效果,同时力系的简化也是建立力系平衡条件的基础。平衡力系可以简化,非平衡力系也可以简化。

二、力系的平衡条件

一般情况下,物体在力系的作用下未必处于平衡状态,只有当作用在物体上的力系满足一定的条件时,物体才能平衡。把物体平衡时作用在物体上的力系所满足的条件,称为力系的平衡条件,满足平衡条件的力系称为平衡力系。

第一章 静力学的基本概念

§ 1.1 静力学的基本概念 · 刚体和力

1.1.1 刚体的概念

刚体是指在力作用下不变形的物体。特点是受力后其上任意两点间的距离保持不变。它是一个理想化的模型。实际上,物体在力的作用下,均会产生不同程度的变形。但是,当这种变形十分微小,对研究物体的平衡问题影响不大时,可以略去不计。

在静力学中,研究对象只限于刚体和刚体系统,故又称之为刚体静力学,它是研究变形体力学的基础。

1.1.2 力的概念

力是物体相互间的机械作用。这种机械作用使物体的运动状态发生变化,同时使物体产生变形。前者称为力的运动效应(外效应);后者称为力的变形效应(内效应)。力对物体的施加方式有两种:一是通过物体间的直接接触而施力;二是通过力场对物体施力。

实践表明,力对物体的作用效果取决于三个要素:①力的大小。它表示了物体间机械作用的强弱。在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。②力的方向。它表明物体间的机械作用具有方向。③力的作用点。它是物体间机械作用位置的抽象化。物体相互接触发生机械作用时,力总是分布在一定的范围中。当这个范围的尺寸与研究对象的尺寸相比,可以忽略时,可近似认为这个作用范围是一个点,而将这种作用力称为集中力;当作用范围的尺寸不能忽略时,称这样的作用力为分布力。通常称这三个要素为力的三要素。

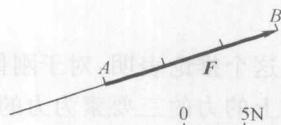


图 1-1

力的三要素表明力是矢量且是定位矢量。它可以用一具有方向的线段来表示(图 1-1),线段的长度按一定比例尺表示力的大小,线段的方位和箭头的指向表示力的方向,线段的起点(或终点)表示力的作用点,而与线段重合的直线表示力的作用线。

§ 1.2 静力学公理

公理是人们在生产和生活实践中长期积累的经验总结,又经过实践的反复检验,证明是符合客观实际的普遍规律。它不能用更简单的原理去代替,也无需证明而被大家所公认,并可以作为证明的论据。静力学公理是人们关于力的基本性质的概括和总结,它们是静力学全部理论的基础。

公理一(二力平衡公理) 作用在同一刚体上的两个力使刚体平衡的必要与充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一条直线上。这个公理总结了作用在刚体上的最简单力系平衡时所必须满足的条件。它是以后推证复杂力系平衡条件的基础。对于刚体,这个

条件是必要的,也是充分的;对于变形体,这个条件只是必要的,而不是充分的。

工程上将只受两个力而平衡的刚体称为二力杆,又称二力构件。根据公理一,这两个力必沿其作用点的连线,且大小相等,方向相反。

公理二(加减平衡力系公理) 在作用在同一刚体上的任一已知力系上加上或去掉任意个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。也就是说,如果两个力系对同一刚体的作用只差一个或几个平衡力系,则它们对刚体的作用是相同的,因而可以等效替换。

这个公理是力系简化的理论依据。

推论一(力的可传性) 作用在刚体上的力,可沿其作用线滑移到同一刚体内的任意一点,而不改变该力对刚体的作用效果。

证明 设力 F 作用在刚体上 A 点,如图 1-2(a) 所示,在同一刚体内力 F 的作用线上任一点 B 加一对平衡力 F_1 和 F_2 ,使 $F_1 = F = F_2$ 如图 1-2(b) 所示。由公理二知,这不会改变原力 F 对刚体的作用。由公理一知,力 F 与 F_2 构成平衡力系,再由公理二,这个平衡力系可以去掉,最后剩下作用在 B 点的力 F_1 ,如图 1-2(c) 所示。可见,力 F_1 与力 F 等效,又注意到点 B 的任意性,所以推论得证。

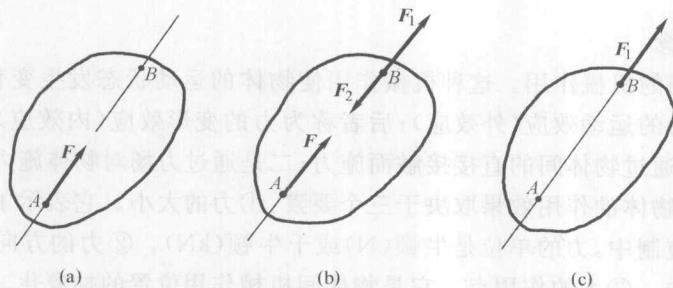


图 1-2

这个推论表明:对于刚体来说,力的作用效果与力在作用线上的位置无关。因此,作用在刚体上的力的三要素为力的大小、方向和作用线。由于作用在刚体上的力可沿其作用线滑移,因此,作用在刚体上的力是滑动矢量。

公理三(二力合成公理) 作用于物体某点上的两个力的合力,也作用在同一点上,其大小和方向可由以这两个力为边的平行四边形的对角线来确定。此公理又称为力的平行四边形法则。如图 1-3(a) 所示,设物体上 O 点作用有力 F_1 和 F_2 ,如以 R 表示它们的合力,则合力 R 等于两个分力 F_1 和 F_2 的矢量和,即

$$R = F_1 + F_2$$

这个公理总结了最简单力系的简化规律,也为复杂力系的简化奠定了基础。

因为合力的作用点也通过 O 点,求合力的大小和方向时,实际上无须作出整个平行四边形。可以用下述简单方法来代替:以任选一点 a 作矢量 ab 表示力矢 F_1 ,在其末端 b 作矢量 bd 表示力矢 F_2 ,则矢量 ad 表示合力矢 R [图 1-3(b)]。由只表示力的大小和方向的分力矢及合力矢所构成的三角形 abd 称为力三角形;这种求合力矢的作图规则称为力的三角形法则。力三角形只表示各力矢的大小和方向,并不表示作用位置。若先作矢量 ac 表示力 F_2 ,再作矢量 cd 表示力 F_1 ,同样可得表示合力矢 R 的矢量 ad [图 1-3(c)]。这说明合力矢的大小和方向与两分力矢作图的先后次序无关。

推论二(三力平衡汇交定理) 当刚体在三个力作用下处于平衡时,若其中两个力的作用

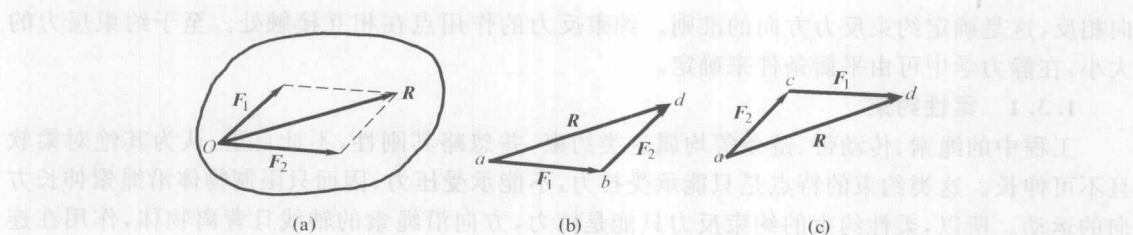


图 1-3

线交于一点,则第三个力的作用线也必交于同一点,且三个力的作用线共面。

证明 如图 1-4 所示,在刚体的 A 、 B 和 C 点上分别作用有三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 ,且刚体处于平衡。根据力的可传性,将力 F_1 和 F_2 移至汇交点 O ,并由平行四边形法则求得它们的合力 R_{12} ,则由公理一,力 F_3 应与力 R_{12} 平衡,并且有 R_{12} 与 F_3 共线。所以,力 F_3 必与力 F_1 和 F_2 共面,且通过 F_1 和 F_2 的汇交点 O 。证毕

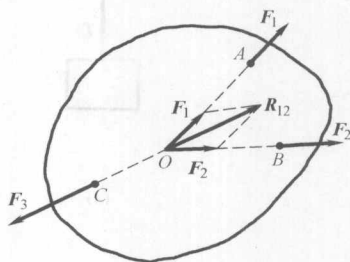


图 1-4

三力平衡汇交定理说明了三个力平衡的必要条件。若已知两个力的作用线,可用此定理来确定第三个力作用线的方位。但是,三力汇交时,刚体也未必平衡。

公理四(作用与反作用公理) 两物体间相互作用的作用力和反作用力总是同时存在,大小相等,方向相反,沿同一直线,分别作用在两相互作用的物体上。这个公理概括了物体间相互作用的关系,表明作用力和反作用力总是成对出现的。它是物体受力分析必须遵循的原则,并为从单个物体的受力分析过渡到物体系统的受力分析提供了基础。

公理五(刚化原理) 变形体在某一力系作用下处于平衡,如把此变形体“硬化”成刚体,则平衡状态保持不变。这个公理提供了把变形体抽象成刚体的条件,建立了刚体力学与变形体力学的联系。同时,它还表明刚体的平衡条件对变形体来说只是必要的,而不是充分的。例如,一段绳子在两个等值反向的拉力作用下处于平衡,如果把它用刚性杆来替换,则平衡状态不受影响;但是,对两端受等值、反向且共线的压力作用的刚性杆,如果将其用绳来替换,则平衡状态必然被打破。

§ 1.3 约束和约束反力

在工程中,称其空间位移不受限制的物体为自由体,如飞机、火箭等;称其空间位移受一定限制的物体为非自由体,如火车受铁轨的限制只能沿轨道运行、悬挂的重物受绳索的限制不能下落等。火车、悬挂的重物都是非自由体。把对非自由体的运动起限制作用的其他物体称为非自由体的约束,如铁轨是火车的约束、绳索是重物的约束等。

既然约束阻碍物体的运动,则约束必然对物体有作用力,这种力称为约束反力,简称反力。除约束反力外,物体上受的各种力如重力、风力、水压力等,它们促使物体运动或有运动趋势,称之为主动力。在静力学中,主动力一般作为已知条件给出。由于约束反力是由主动力引起的,故又将它称为被动力,以示区别。

约束反力取决于约束本身的性质、主动力以及物体的运动。约束阻碍物体运动的作用是通过物体间相互接触实现的,因此,约束反力的方向总是与约束所能阻碍的运动或运动趋势方

向相反,这是确定约束反力方向的准则。约束反力的作用点在相互接触处。至于约束反力的大小,在静力学中可由平衡条件来确定。

1.3.1 柔性约束

工程中的绳索、传动带、链条等均属这类约束,并忽略其刚性,不计自重,认为其绝对柔软且不可伸长。这类约束的特点是只能承受拉力,不能承受压力,因而只限制物体沿绳索伸长方向的运动。所以,柔性约束的约束反力只能是拉力,方向沿绳索的轴线且背离物体,作用在连接点处。一般用 T 表示,如图 1-5 所示。

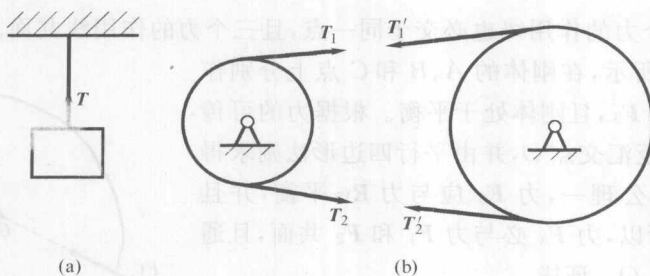


图 1-5

1.3.2 光滑接触面约束

光滑接触面约束忽略接触点处的摩擦,认为是光滑接触。其特点是不论支承接触表面的形状如何,只能承受压力不能承受拉力,只能限制物体沿接触表面在接触点处的公法线趋向支承面的运动。所以,光滑接触面的约束反力只能是压力,方向沿接触表面在接触点处的公法线而指向物体,并作用在接触点处。一般用 N 表示,如图 1-6 所示。

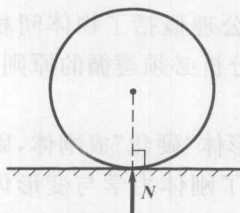


图 1-6

1.3.3 光滑铰链支座约束

光滑铰链支座约束是将两个构件或一个构件和一个固定支承物用一圆柱形销钉连接而成。若销钉连接的是两个构件,则称之为中间铰链支座[图 1-7(a)]。若销钉连接的是一个构件和一个固定支承物,则称之为固定铰链支座[图 1-7(b)]。这类约束忽略摩擦以及销钉与圆孔间的余隙。其特点是只能限制物体沿任意径向的移动,不能限制构件绕销钉轴线的转动和平行轴线的移动。由于销钉与圆孔的接触是光滑接触,则约束反力应沿接触点上一点到销钉的连线且垂直于轴线。又因为接触点的位置不能预先确定,因而约束反力的方向也不能预先确定。所以,光滑铰链支座的约束反力在垂直于销钉轴线的平面内,通过销钉中心,方向不定。通常方向及大小不定的力可以用两个正交的分力 X_A 和 Y_A 来表示,如图 1-7(c)所示。

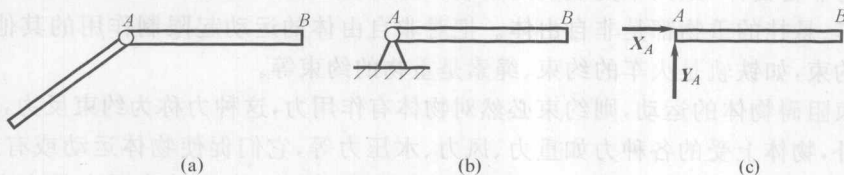


图 1-7

1.3.4 可动铰支座(辊轴支座)约束

可动铰支座约束由在固定铰链支座和其底部的若干辊轴放在光滑支承面上而构成,如

图 1-8(a)、(b)所示。这种约束的特点是只能限制物体 A 端沿支承面法线方向的运动,而不能阻止绕销钉轴线的转动和沿支承面的运动。所以,可动铰支座的约束反力垂直于支承面,通过销钉轴线,方向不定。通常用 R 表示,如图 1-8(c)所示。

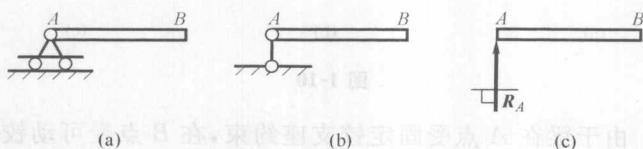


图 1-8

§ 1.4 物体的受力分析

解决力学问题时,首先要选定被研究的对象,然后分析其受力情况,这个过程称为物体的受力分析。假想地把研究对象从周围物体中取出来,去掉约束并代以相应的约束反力,以保留约束对研究对象的约束作用,画出其简图,并画出其主动力,这样的图形称为受力图。必须指出的是,正确画出受力图是解决力学问题的关键。受力分析的步骤可归纳如下:

- (1) 确定研究对象,画其隔离体。
- (2) 画出作用在其上的主动力,并标注各主动力的名称。
- (3) 画出相应的约束反力,并标注其名称。

注 有时要利用二力平衡共线、三力平衡汇交的条件来确定某些约束反力的作用线方位。

受力分析的最终结果就是得出受力图。画受力图时要注意:一般不考虑研究对象的自重;每画一力都要有依据,不多画力,也不漏画力;两刚体的相互约束反力应符合作用与反作用公理。下面举例说明,受力分析的过程及受力图的画法。

例 1.1 用力 T 拉动碾子压平路面,碾子受到一石块的阻碍,如图 1-9(a)所示。试画碾子的受力图。

解 (1) 以碾子为研究对象。

(2) 画主动力。碾子自身的重力 P 和拉力 T 。

(3) 画约束反力。由于碾子在 A 和 B 处受石块和地面的约束,它们均是光滑接触面约束,故在 A 点受石块的约束反力 N_A 作用,在 B 点受地的约束反力 N_B 的作用,它们均过碾子上的接触点指向碾子中心 O。碾子的受力图如图 1-9(b)所示。当碾子处于将要越过石块 A 的临界平衡状态时, B 点的约束反力 $N_B = 0$ 。

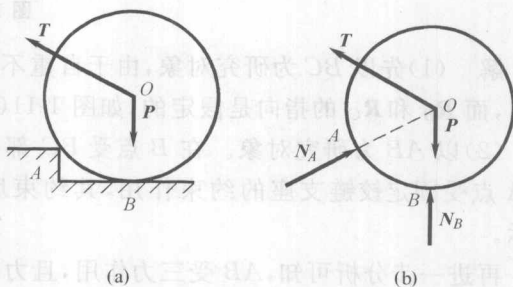


图 1-9

例 1.2 简支梁 AB 两端用铰支座和可动铰支座支承,如图 1-10(a)所示。在 C 点作用有一集中力 P ,画梁 AB 的受力图。

解 (1) 以梁 AB 为研究对象。

(2) 画主动力。作用在梁上的主动力为 P 。

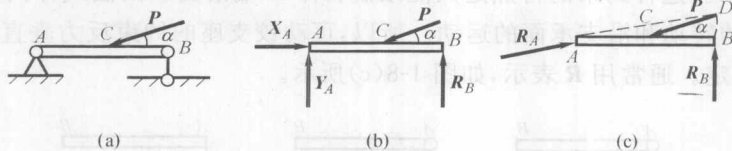


图 1-10

(3)画约束反力。由于梁在 A 点受固定铰支座约束,在 B 点受可动铰支座约束。因而 A 点的约束反力为 X_A 和 Y_A , B 点的约束反力为 R_B ,且垂直于支承面。 AB 梁的受力图如图 1-10(b)所示。

梁 AB 的受力图也可按图 1-10(c)所示的画法。由于梁 AB 受三个力作用,根据三力平衡汇交定理,已知力 P 与 R_B 的作用线交于 D 点,则第三个力 R_A 的作用线也必须交在 D 点,从而确定了 R_A 的作用线。

例 1.3 三铰刚架如图 1-11(a)所示。如不计自重,试分别画出 AB 、 BC 和整个刚架的受力图。

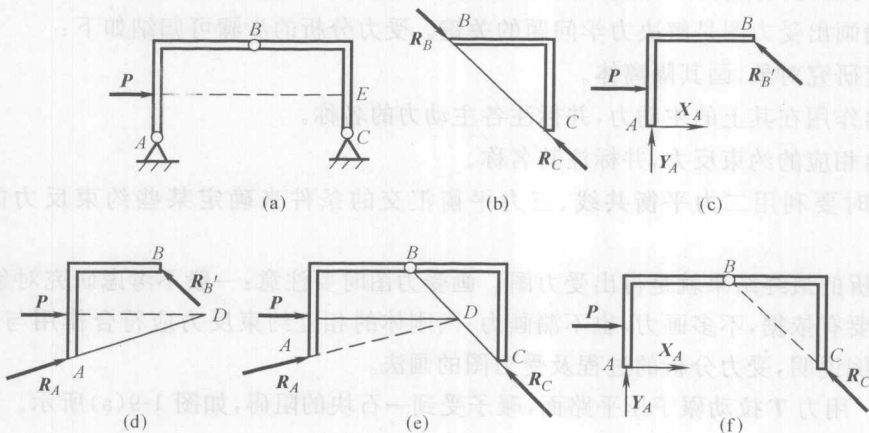


图 1-11

解 (1)先以 BC 为研究对象,由于自重不计, BC 为二力杆,约束反力 R_B 和 R_C 必沿 BC 方向,而 R_B 和 R_C 的指向是假定的,如图 1-11(b)所示。

(2)以 AB 为研究对象。在 B 点受 BC 部分对它的约束,由作用与反作用公理 $R_B' = R_B$ 。在 A 点受固定铰链支座的约束作用,其约束反力为 X_A 和 Y_A 。 AB 的受力图如图 1-11(c)所示。

再进一步分析可知, AB 受三力作用,且力 P 与力 R_B' 的作用线交于 D 点,由三力平衡汇交定理,固定铰链支座 A 的约束反力也应交于 D 点,且沿 AD 方向, AB 的受力图如图 1-11(d)所示。

(3)以整个刚架为研究对象,其受力图如图 1-11(e)或图 1-11(f)所示。

应当注意的是:当以整体为研究对象时,铰链 B 所受的力互为作用力和反作用力,它们是系统内各物体间的相互作用力,称之为内力。由于对于整个系统而言,内力成对出现,它们对系统的作用相互抵消,放在受力图中不必画出。在受力图中只需画出系统以外物体对系统的作用力。这种力称为外力。

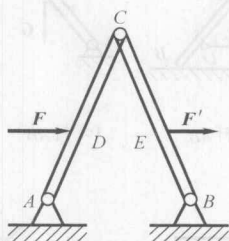
思 考 题

1.1 如图所示,当求铰链 C 的约束力时,可否将作用于杆 AC 上点 D 的力 F 沿其作用线移动,变成作用杆 BC 上 E 点的力 F' ,为什么?

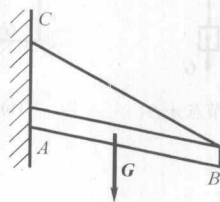
1.2 如图所示,杆 AB 重为 G , B 端用绳子拉住, A 端靠在光滑的墙面,问杆子能否平衡?为什么?

1.3 凡两端用铰链连接的直杆均为二力杆,对吗?

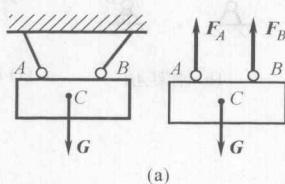
1.4 如图所示受力图是否正确?请说明原因。



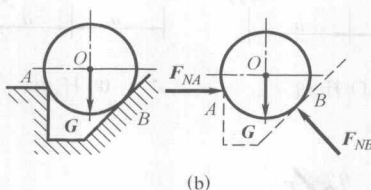
思考题 1.1 图



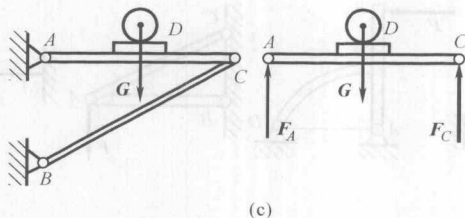
思考题 1.2 图



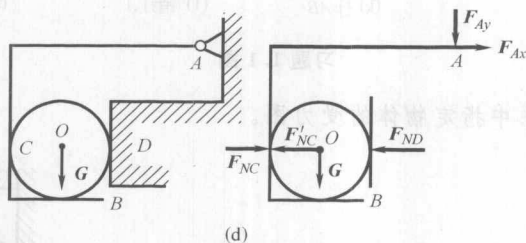
(a)



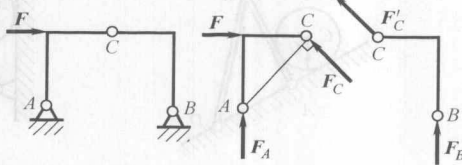
(b)



(c)



(d)



(e)

思考题 1.4 图