

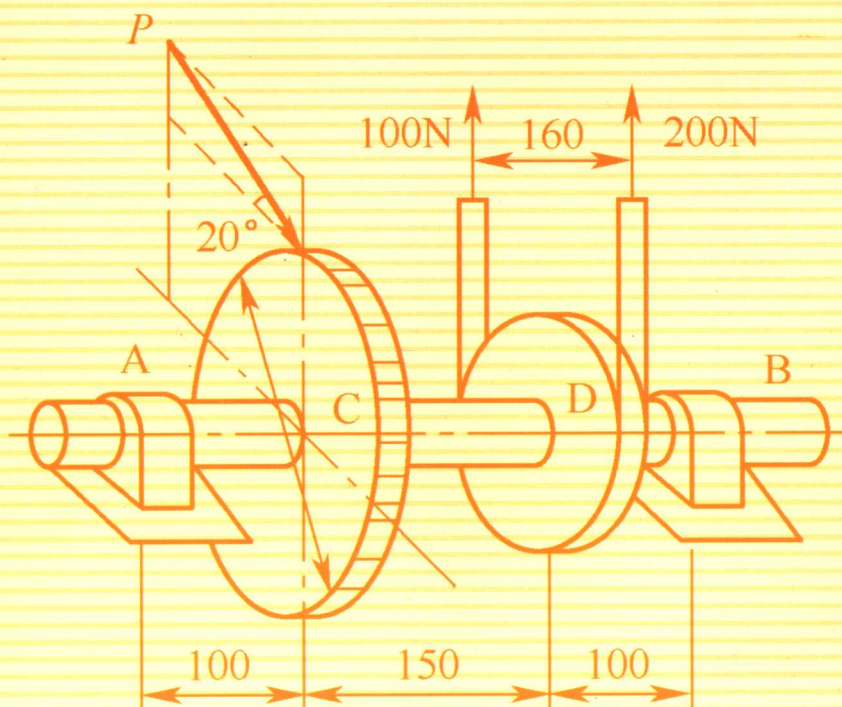
21世纪高职高专
机械类专业规划教材



工程力学

◎ 关玉琴 主 编

◎ 袁 广 主 审



21 世纪高职高专机械类专业规划教材

工 程 力 学

关玉琴 主 编

袁 广 主 审

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学 / 关玉琴主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10

21 世纪高职高专机械类专业规划教材

ISBN 7-115-15176-8

I. 工... II. 关... 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 (2006) 第 102934 号

内 容 提 要

本书是为适应高职高专院校机械工程类专业或相关专业的教学需要而编写的教材。

本书共分 16 章, 主要内容有: 静力学基本概念和物体的受力分析、平面力系和空间力系、杆件的拉压、扭转、弯曲、强度理论、组合变形、压杆稳定和运动学基础、动力学基础以及动载荷及构件的疲劳强度等。本书各章设有小结、思考题和习题, 便于学生更好地掌握所学内容, 并附有部分习题答案可供参考。本书增设了三个实验, 使学生能理论联系实际, 培养学生的实践动手能力。

本书为高职高专机械工程类专业教材, 也可作为成人教育和职工培训的教材。

21 世纪高职高专机械类专业规划教材

工程力学

◆ 主 编 关玉琴

主 审 袁 广

责任编辑 赵桂珍

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

河北三河市海波印务有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 14

字数: 334 千字

印数: 1—3 000 册

2006 年 10 月第 1 版

2006 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-15176-8/TN · 2838

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

前 言

本教材是根据全国高职高专机械工程类（机械制造及其自动化、机电一体化技术、数控技术等）专业“工程力学”课程改革的基本要求而编写的。本教材在编写过程中，充分考虑了高职高专教育的特点与特色，理论以够用为度，着重突出了知识的应用和能力的培养，做到了重点突出、培养目标明确。本教材在充分吸收与借鉴国内“工程力学”教学改革与尝试经验的同时，并结合作者长期教学工作的经验，在教材内容的安排上，大胆取舍并注重创新。与过去同类教材相比，篇幅大大减少，文字通俗易懂，内容更加简明扼要，十分便于学生的自学，较好地体现了职业教育的基本指导思想。

本教材内容在讲授时，可根据实际情况作适当增减，学时数控制在 80 学时左右。书中带*号的内容为选学部分，各院校可根据专业和学时自主安排。实验项目可根据实际条件选择安排。

本教材由关玉琴任主编，赵增富、周明、张萍、严颂凯、胡笛川任副主编。其中赵增富编写了第 1 章、第 9 章、第 10 章；关玉琴编写了第 2 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章；严颂凯编写了第 6 章、第 7 章、第 8 章；张萍编写了第 4 章、第 5 章、第 14 章、第 15 章；周明编写了第 3 章和实验内容；胡笛川编写了第 16 章。蔚刚、王中元、武艳慧参与了部分内容的编写，以及全书图表的绘制工作。

本教材由袁广任主审，全书由关玉琴、袁广负责统稿工作。

本教材在编写过程中，得到了有关院校的大力支持与帮助，在此一并感谢！

由于编者水平有限、经验不足和编写时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 静力学的基本概念与物体的受力分析	1
1.1 力的概念	1
1.1.1 力的定义	1
1.1.2 力的三要素	1
1.1.3 力的表示方法	1
1.2 力的性质	2
1.3 约束与约束反力	3
1.3.1 柔性约束	4
1.3.2 光滑面接触约束	4
1.3.3 光滑铰链约束	5
1.4 物体的受力分析与受力图	6
1.4.1 单个物体的受力图	7
1.4.2 物体系统的受力图	7
本章小结	10
思考题	10
习题	11
第2章 平面汇交力系	13
2.1 平面汇交力系的合成	13
2.1.1 平面汇交力系合成的几何法	13
2.1.2 力在直角坐标轴上的投影和沿直角坐标轴的分解	15
2.1.3 合力投影定理	16
2.1.4 平面汇交力系合成的解析法	16
2.2 平面汇交力系的平衡	17
2.2.1 平面汇交力系平衡的几何条件	17
2.2.2 三力平衡汇交定理	18
2.2.3 平面汇交力系平衡的解析条件和平衡方程	18
本章小结	20
思考题	21
习题	22
第3章 力矩和平面力偶系	24
3.1 力矩 力偶和力偶矩	24
3.1.1 力矩的概念	24



3.1.2 合力矩定理	24
3.1.3 力偶和力偶矩	25
3.1.4 力偶的基本性质及等效条件	26
3.2 平面力偶系的合成和平衡	26
3.3 力的平移定理	28
本章小结	29
思考题	29
习题	30
第4章 平面任意力系	32
4.1 平面任意力系	32
4.2 摩擦	35
4.2.1 滑动摩擦	36
4.2.2 摩擦角与自锁	36
4.2.3 考虑摩擦的物体平衡问题	37
4.2.4 滚动摩擦简介	39
本章小结	39
思考题	39
习题	40
第5章 空间力系与重心	43
5.1 空间力系的平衡方程	43
5.2 力对轴的矩	43
5.3 重心	48
5.3.1 平行力系的中心	48
5.3.2 重心位置的计算确定	49
5.3.3 重心位置的其他确定法	50
本章小结	53
思考题	53
习题	53
第6章 拉伸与压缩的概念	56
6.1 轴向拉伸与压缩的概念	56
6.2 拉伸与压缩时,直杆横截面上的内力和应力	56
6.3 杆件拉伸与压缩时的变形及胡克定律	60
6.4 材料的拉伸与压缩时的机械性能	63
6.5 杆件拉伸与压缩时的强度计算	66
6.6 杆件系统超静定问题简介	68
本章小结	69
思考题	70
习题	71

实验一 测定低碳钢、铸铁的拉伸机械性能	73
第7章 剪切与挤压	75
7.1 剪切与挤压概念和实例	75
7.1.1 剪切	75
7.1.2 挤压	76
7.2 剪切与挤压的强度计算	77
7.2.1 剪切强度计算	77
7.2.2 挤压强度计算	77
7.3 剪应变 剪切胡克定律	80
本章小结	81
思考题	81
习题	82
第8章 圆轴扭转	84
8.1 扭转概念 外力偶矩和扭矩的计算	84
8.2 圆轴扭转时的应力与变形	87
8.2.1 圆轴扭转时的应力	87
8.2.2 圆轴扭转时的变形	90
8.3 圆轴扭转时的强度与刚度计算	90
8.3.1 圆轴扭转时的强度条件	90
8.3.2 圆轴扭转时的刚度条件	92
本章小结	95
思考题	96
习题	96
实验二 测定低碳钢、铸铁在扭转时的机械性能	98
第9章 弯曲内力	99
9.1 平面弯曲的概念	99
9.2 梁的计算简图及分类	100
9.3 梁的内力计算	101
9.3.1 截面法求内力	101
9.3.2 剪力和弯矩	101
9.3.3 剪力图和弯矩图	103
9.4 剪力、弯矩与载荷集度间的微分关系	107
9.4.1 剪力、弯矩与载荷集度间的微分关系	107
9.4.2 应用剪力、弯矩与载荷集度的微分关系作梁的内力图	107
本章小结	110
思考题	111
习题	112



第 10 章 弯曲应力和弯曲变形	115
10.1 梁纯弯曲时截面正应力分布与计算	115
10.1.1 纯弯曲时梁的正应力	115
10.1.2 常用截面二次轴矩 平行移轴公式	118
10.1.3 弯曲正应力强度计算	120
10.2 梁的变形计算	122
10.2.1 梁的挠度和转角的概念	122
10.2.2 梁的挠度和转角方程	122
10.2.3 叠加法计算梁的变形	123
10.2.4 梁的刚度条件	125
10.2.5 提高梁的强度和刚度的措施	127
本章小结	130
思考题	131
习题	131
实验三 测定弯曲正应力的分布规律	134
第 11 章 应力状态及强度理论	136
11.1 应力状态的概念	136
11.1.1 点应力状态的概念	136
11.1.2 主应力与主平面	137
11.1.3 应力状态的分类	138
11.2 平面应力状态的分析	139
11.2.1 解析法计算任意斜截面上的应力	139
11.2.2 最大正应力与最大剪应力	140
11.3 广义胡克定律	143
11.4 强度理论简介	144
本章小结	147
思考题	149
习题	149
第 12 章 组合变形时杆件的强度计算	151
12.1 组合变形概述	151
12.2 弯曲与拉伸(或压缩)的组合	152
12.3 扭转与弯曲的组合	156
本章小结	163
思考题	163
习题	165
第 13 章 压杆稳定	167
13.1 压杆稳定的概念	167

13.2 细长压杆的临界压力	168
13.2.1 欧拉公式	168
13.2.2 压杆的临界应力	169
13.2.3 欧拉公式的使用范围	170
13.3 压杆稳定的使用计算	173
13.4 提高压杆稳定性的措施	176
本章小结	177
思考题	178
习题	179
第 14 章 运动学基础	181
14.1 点的运动	181
14.1.1 概念	181
14.1.2 点运动的描述	181
14.1.3 点的速度 加速度	182
14.2 刚体的运动	184
14.2.1 刚体的平动	184
14.2.2 刚体的定轴转动	185
本章小结	188
思考题	188
习题	188
第 15 章 动力学基础	191
15.1 质点运动微分方程	191
15.2 质点动力学应用	193
15.2.1 质点动力学第一类问题	193
15.2.2 质点运动第二类问题	195
15.3 功 功率和机械效率	197
本章小结	198
思考题	199
习题	199
*第 16 章 动载荷及构件的疲劳强度	201
16.1 动载荷与交变应力	201
16.1.1 动载荷与交变应力的概念	201
16.1.2 构件做匀加速直线运动时的应力计算	201
16.1.3 构件做匀速转动时的应力计算	202
16.1.4 交变应力循环特征	203
16.2 材料疲劳极限及其影响因素	204
16.2.1 疲劳破坏和持久极限	204
16.2.2 影响持久极限的主要因素	206

本章小结.....	206
思考题.....	207
附录 习题参考答案	209
参考文献.....	214

第1章 静力学的基本概念与物体的受力分析

静力学是研究刚体在力系作用下的平衡规律的科学。刚体是指在力的作用下不变形的物体。力系是指作用于被研究物体上不只有一个而是许多个力。所谓的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。如果力系作用于平衡物体上仍处于平衡时,则力系称为平衡力系,平衡力系所应满足的条件,称为力系的平衡条件。

在工程实际中,存在着大量的静力学问题,静力分析在工程实际中有着广泛的应用,例如:用塔式吊车起吊重物时,必须根据平衡条件确定起重量不超过多少才不致翻倒。在设计平衡的机械零部件时,首先要进行受力分析,然后应用平衡条件求出未知力,最后研究机械零部件的承载能力。此外,物体受力分析的方法和力系简化也是动力分析的基础。因此学习静力学部分,一方面可以直接解决实际工程中的受力分析和运动计算问题,另一方面也为一系列后续课程如材料力学部分、机械设计等奠定必要的基础知识。

1.1 力的概念

1.1.1 力的定义

力是物体间相互的机械作用。这种作用有两种效应:一种是使物体的运动状态发生变化,称为运动效应或外效应;另一种是物体产生变形,称为力的变形效应或内效应。

1.1.2 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点,这三个因素称为力的三要素。

(1) 力的大小 力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。在我国法定计量单位中规定力的单位为牛顿(N)、千牛顿(kN)。

(2) 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“铅直向下”,“铅直”是指力的方向;“向下”是指力的指向。

(3) 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。但是当作用面积很小时就可以近似看作一个点,而作用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,也就改变了对物体的作用效果。

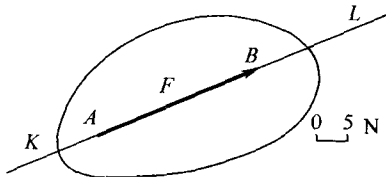


图 1-1 力的表示

1.1.3 力的表示方法

力既然是一个有大小和方向的量,所以力是矢量。如图 1-1 所示,常用以带箭头的线段

来表示。线段 AB 按一定的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，与线段重合的直线 KL 称为力的作用线。

1.2 力的性质

人们经过长期的生活和实践积累，总结了几条力的基本性质，因其正确性已被实践反复证明并为大家所公认，所以也称为静力学公理。

性质 1 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为作用于该点的一个合力，合力的大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线决定，如图 1-2 所示。

如用 R 表示 F_1 和 F_2 的合力，则性质 1 的矢量表达式为

$$R = F_1 + F_2$$

即合力的矢量等于两个分力的矢量和。

力的平行四边形法则是力系简化的基础。它表明作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力；反之，一个力可以分解为同一平面内的两个分力，但两个分力并不是唯一的。如图 1-3 所示，在工程实际中常把一个力 R 沿直角坐标轴方向分解，从而得到两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y ，称为力的正交分解。

性质 2 二力平衡条件

作用于同一刚体的两个力，使刚体处于平衡的充分和必要条件是：这两个力大小相等，方向相反，且力的作用线在同一条直线上。如图 1-4 所示，力 F_1 和 F_2 等值、反向、共线。

这一性质揭示作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。

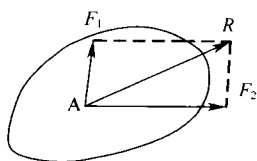


图 1-2 力的平行四边形法则

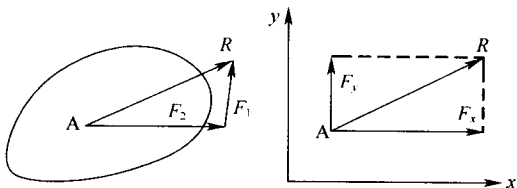


图 1-3 力的分解

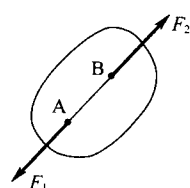


图 1-4 二力平衡

需要指出的是，这一条件只是变形体平衡的必要条件，而不是充分条件。例如当绳索两端受到大小相等、方向相反的拉力时可以平衡，但受到大小相等、方向相反的压力时，则不能平衡。

在工程上常遇到只受两个力作用而平衡的构件，称为二力构件。二力构件上的力必须满足二力平衡条件，在物体的受力分析中，据此可以确定二力构件中未知力作用线的位置。

性质 3 加减平衡力系公理

在刚体上的原有力系中，加上或减去任意一个平衡力系，不会改变原力系对刚体的作用效应。此公理对于研究力系的简化问题很重要。

推论：力的可传性原理

由于力对于刚体只有运动效应，因此作用于刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体内的

任一点，而不改变力对刚体的作用效应，如图 1-5 所示。

性质 4 作用力与反作用力定律

两个物体间的作用力与反作用力总是大小相等，方向相反，沿着同一直线，并分别作用在两个物体上。

这一性质说明，力总是成对出现，有作用力，必定有反作用力，二者总是同时存在，同时消失。一般习惯上将作用力与反作用力用同一个字母表示，其中一个字母加上一撇表示区别。

值得注意的是，这一性质易与二力平衡条件相混淆。

作用与反作用力定律中的两个力分别作用在两个物体上，而二力平衡条件中的两个力一般作用在同一刚体上。

图 1-6 中，若绳对重物的拉力 F_B 和 F_C 为作用力，则两根绳所受的力 F'_B 和 F'_C 就是反作用力，如果称 F'_B 和 F'_C 为作用力，则就称 F_B 和 F_C 为反作用力。所以作用力与反作用力分别作用在两个物体上，且称呼是相对的。

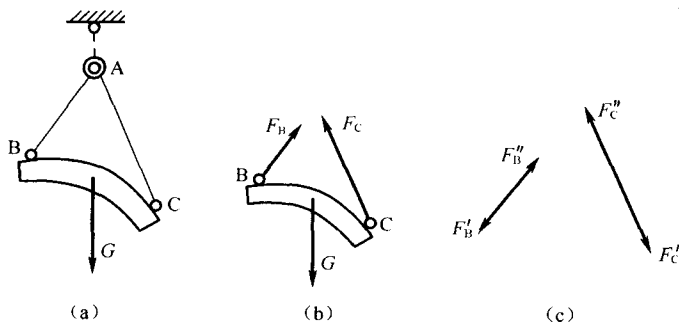


图 1-6 作用力和反作用力

例如，在日常生活中用绳拉车，或者沿着同一直线 F 以同样大小的力推车，对车将产生相同的运动效应。

根据力的可传性，作用于刚体上力的三要素可以改变为：力的大小、方向和作用线。由于作用于刚体上的力可以沿着作用线移动，这种矢量称为**滑移矢量**。

应当指出，在研究力对物体的变形效应时，力是不能沿作用线移动的。如图 1-7 (a) 所示的可变形直杆，沿杆的轴线在两端施加大小相等、方向相反的一对力 F_1 和 F_2 时，杆将产生拉伸变形。如图 1-7 (b) 所示，如果将力 F_1 和 F_2 的方向改变为与原方向相反，则杆将产生压缩变形。因此，力的可传性对变形体不成立。

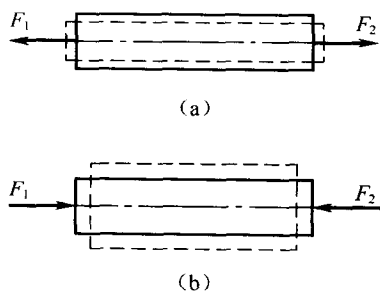


图 1-7 可变形直杆受力情况

1.3 约束与约束反力

在实际工程中，一些物体可以在空间自由运动，获得任何方向的位移。这些物体称为自由体。例如，在空中航行的飞机，飞行中的炮弹、气球等，另一些物体在空间的运动受到其

他物体的限制,使其在某些方向上不能发生位移,这些物体便称为非自由体或受约束物体。例如,机器中的轴承对轴就是一种约束;用绳索悬挂重物,绳对物体就是一种约束。

既然约束是限制物体的运动,那么,当物体沿着约束所能限制的方向有运动趋势时,约束对该物体必然有力的作用。这种约束作用于非自由体上的力称为**约束力**。约束力的方向总是与约束限制非自由体的运动方向相反,它的作用点就在约束与被约束物体的接触点。作用于非自由物体上的约束以外的力统称为**主动力**。如重力、推力等都是主动力,主动力在工程上又称为**载荷**。

静力分析在研究物体的平衡问题时,主动力一般是已知的,而约束力往往是未知的,它们需要根据平衡条件来推定。然而不同类型的约束,约束力也不相同。根据约束的类型可确定其约束的特征。下面主要介绍工程实践中常见几种典型约束及其约束力的特征。

1.3.1 柔性约束

柔软且不可伸长的绳子、胶带、链条、钢丝等通常称为**柔索**。柔索本身只能承受拉力,不能承受压力。其约束特点是:限制物体沿柔索伸长方向的运动,只能给物体提供拉力,拉力一般用符号 F 表示。

如图 1-8 所示,图(a)为一根绳 AB 拉住一个重为 G 的物体,绳 AB 就对重为 G 的物体产生约束,去掉约束,用约束反力 F_T 表示;(b)图为用链条 OA、OB 起吊一根轴,去掉约束,分别作用于铁环 O 的拉力为 F_{OA} 、 F_{OB} ; (c)图中胶带对胶带轮的拉力为 F_1 、 F'_1 、 F_2 、 F'_2 ,均属于柔性约束力。

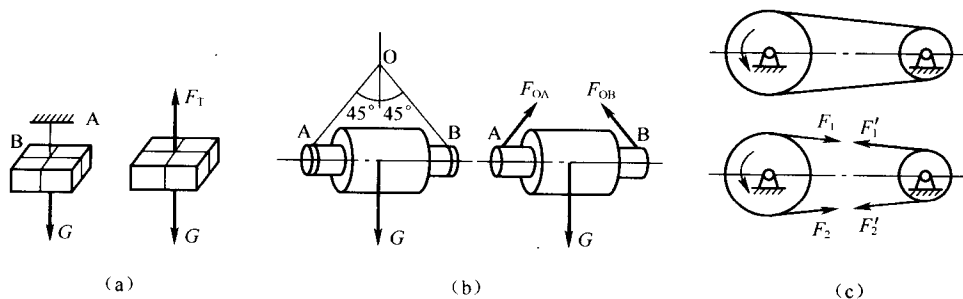


图 1-8 柔性约束受力分析

1.3.2 光滑面接触约束

当物体与约束的接触面之间摩擦很小、可以忽略不计时,则认为接触面是光滑的,这种光滑的平面或曲面构成的约束称为**光滑面接触约束**,也称为**光滑面约束**。如图 1-9 所示,光

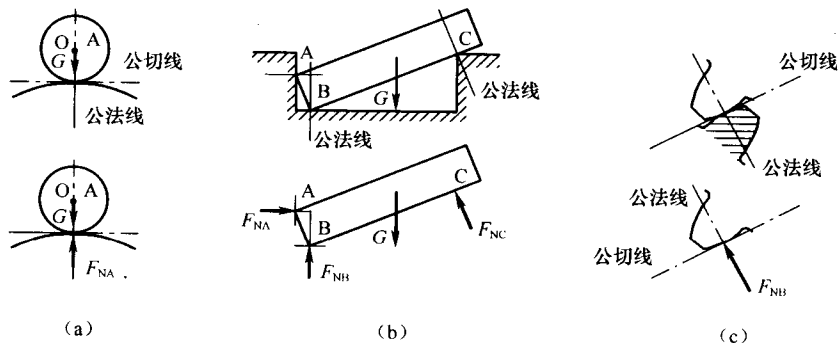


图 1-9 光滑面约束的受力分析

滑面约束只能限制物体沿接触点或接触面的公法线且向着约束内部的运动, 而不能限制物体沿着接触点或接触面公切线方向运动, 所以光滑面的约束力的作用线, 沿接触面公法线方向, 指向被约束的物体, 恒为压力, 称为法向约束力或正压力, 常用 F_N 表示。

1.3.3 光滑铰链约束

圆柱铰链和球铰链是一种特殊的光滑面约束。

1. 中间铰约束

如图 1-10 (a) 所示, 1 和 2 分别是两个带圆孔物体, 将圆柱形销钉穿入物体 1 和 2 的圆孔中, 便构成中间铰。通常用简图 1-10 (b) 表示。

由于销钉与物体的圆孔表面都是光滑的, 两者之间总有间隙, 会产生局部接触。本质上属于光滑面约束, 那么销钉对物体的约束力应通过圆孔中心。但由于接触点不确定, 故中间铰链对物体的约束力特点是: 作用线通过销钉中心, 垂直于销钉轴线, 方向不定, 可表示为图 1-10 (c) 中单个力 R 和未知角 α , 或两个正交分力 F_x 和 F_y 。 R 与 F_x 、 F_y 为合力与分力的关系。

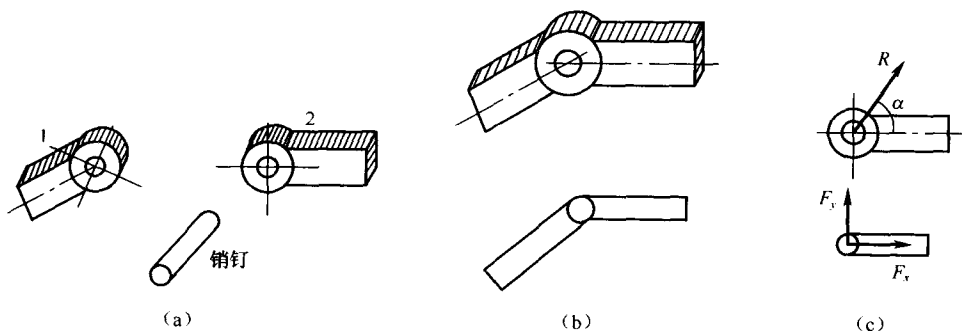


图 1-10 中间铰约束受力分析

2. 固定铰链支座约束

如图 2-11 (a) 所示, 将中间铰结构中的物体换成支座, 且与基础固定在一起, 则构成固定铰链支座约束, 符号如图 1-11 (b) 所示; 约束力特点与中间铰相同, 如图 1-11 (c) 所示。

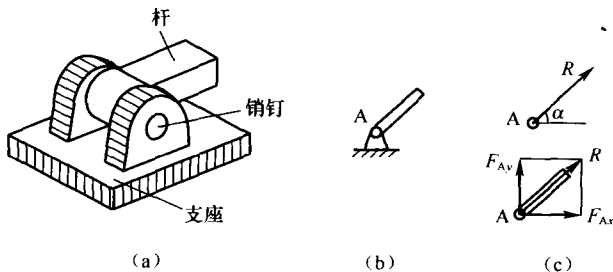


图 1-11 固定铰链支座约束受力分析

3. 活动铰链支座约束

将固定铰链底部安放许多滚子, 并与支承面接触, 构成活动铰链支座, 又称辊轴支座。如图 1-12 (a)、(b) 所示, 这类支座常见于桥梁、屋架等结构中, 通常用简图 1-12 (c) 表示。活动铰链支座只能限制构件沿支承面垂直方向的移动, 不能阻止物体沿支承面的运动或绕销钉轴线的转动。因此, 活动铰链支座的约束力如图 1-12 (d) 所示, 通过销钉中心, 垂直于支承面, 指向不确定。

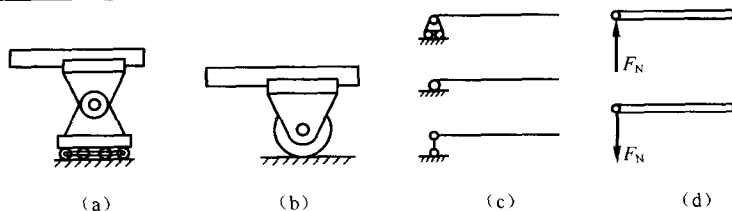


图 1-12 活动铰链支座约束受力分析

4. 二力杆约束

一根不计自重的杆件，杆的两端用铰链的方式与周围物体相连接，且不受其他外力作用的杆件，称为链杆。也称为二力杆或二力构件。

根据二力平衡的性质，链杆的约束力必须沿杆件两端铰链中心的连线，指向不确定。如图 1-13 (a) 中的杆件 AC 为二力杆，图 1-13 (b) 中的杆件 CD 为二力杆。

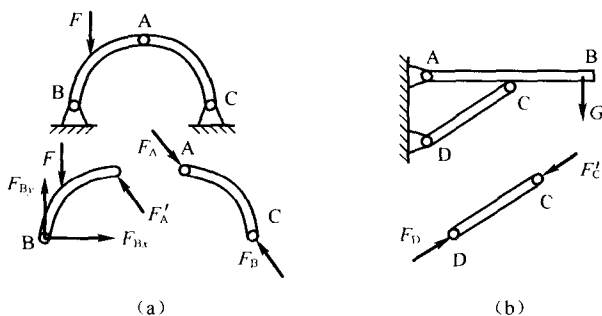


图 1-13 二力杆约束受力分析

5. 固定端约束

如图 1-14 (a) 中房屋的阳台，图 1-14 (b) 中的电线杆均不能沿任何方向移动或转动。构件受到这样的约束称为固定端约束。其简图如图 1-14 (c) 所示。

梁的一端固定，另一端悬空，这样的梁称为悬臂梁。当梁上作用载荷时，固定端的约束既能阻止梁端沿任何方向移动，也能阻止梁的转动，因而产生的约束反力为：水平反力 F_{Ax} ，竖直反力 F_{Ay} ，还有能阻止转动的反力偶 M_A 。固定端约束反力如图 1-14 (c) 所示。

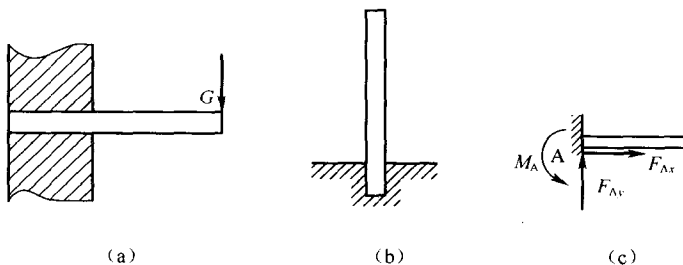


图 1-14 固定端约束受力分析

1.4 物体的受力分析与受力图

求解力学问题时，首先要分析物体受到哪些力的作用，以及每个力的作用位置和方向。

这一过程称为物体的受力分析。物体的受力分析包含以下几个步骤。

1. 确定研究对象，取分离体

为正确分析物体的受力，根据求解未知力的需要，选定一个物体或几个物体作为研究对象，并将研究对象从周围的约束中分离出来，单独画出其简图，这一过程称为取分离体或取研究对象。解出约束后的物体称为分离体。

2. 画出主动力

在分离体上画出该物体所受到的全部主动力，如重力、风载、水压、油压、电磁力等。

3. 画约束力

在解除约束的位置，根据约束的不同类型，画出约束力。

4. 画受力图

在分离体上将研究对象所受的全部外力（包括主动力和约束反力）用力矢量画在其作用点上。这样的图形称为物体的受力图，这一过程称为画受力图。

1.4.1 单个物体的受力图

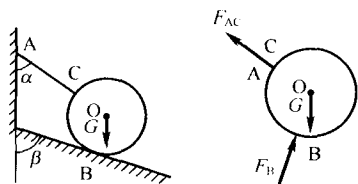
例 1-1 将重量为 G 的物体放在光滑的斜面上，并有绳索 AC 与铅直面连接，如图 1-15 (a) 所示，画出小球的受力图。

解：(1) 以小球为研究对象，并画出球的分离体图，如图 1-15 (b) 所示。

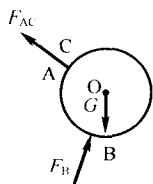
(2) 分析并画出主动力，作用在物体上的主动力为 G 。

(3) 分析并画出约束反力。作用在物体上的约束反力是绳 AC 的拉力 T_{AC} ，作用于接触点 C，沿着绳的中心线且背离球心，光滑面对球的约束反力 N_B ，通过切点 B，沿着公法线并指向球心。物体的受力图如图 1-15 (b) 所示。

例 1-2 水平梁 AB 中点受已知力 F 的作用，A 端为固定铰支座，B 端为可动铰支座，如图 1-16 (a) 所示，梁的自重不计，试画出梁 AB 的受力图。

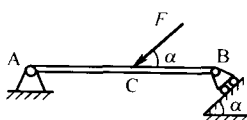


(a)

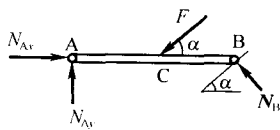


(b)

图 1-15 小球受力



(a)



(b)

图 1-16 水平梁

解：(1) 取梁 AB 为研究对象，并单独画出其分离体，如图 1-16 (b) 所示。

(2) 分析并画出主动力，作用在 AB 梁上的主动力为 F 。

(3) 分析画出其约束反力。

梁 A 点为固定铰链，其约束反力用两个正交分力 N_{Ax} 和 N_{Ay} 表示。B 端为可动铰支座。其约束反力为 N_B 垂直于支承面上，其受力图如图 1-16 (b) 所示。

1.4.2 物体系统的受力图

由若干个物体通过适当的约束组成的系统称为物体系统，简称为物系。物体系统的受力图与单个物体的受力图画法相同。只是所取的研究对象可能是整个系统或系统的某一部分或