

普通高等教育规划教材



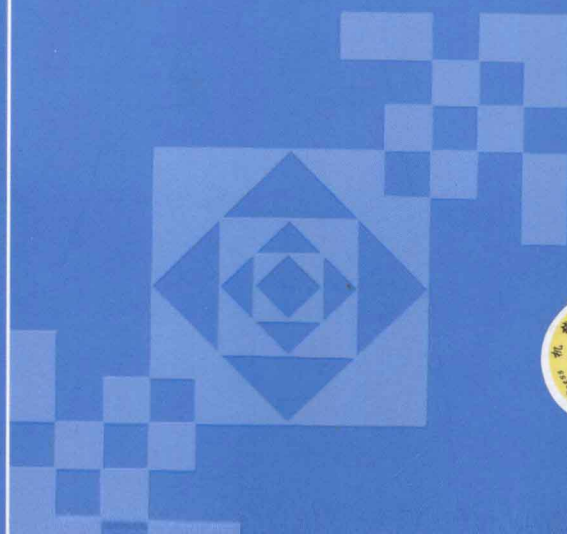
Engineering Mechanics

工程力学

(静力学与材料力学)



王永廉 马景槐 © 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

工 程 力 学

(静力学与材料力学)

主 编 王 永 廉
副 主 编 汪 云 祥
参 编 张 琰
主 审 邓 宗 白



机 械 工 业 出 版 社

本书是为国内应用型本科院校与独立学院编写的工程力学教材。考虑到培养应用型人才的需要,本书对基本理论、基本概念의阐述简洁明了,对工程应用、解题方法的介绍翔实细致,具有结构严谨、层次分明、语言精练、通俗易懂的特点。

本书涵盖了静力学与材料力学的主要内容,共分十八章,包括静力学基础,平面汇交力系,力矩、力偶与平面力偶系,平面任意力系,空间力系,静力学专题,材料力学绪论,轴向拉伸与压缩,剪切与挤压,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态分析与强度理论,组合变形,压杆稳定,疲劳问题简介,电测法简介。大部分章节都配有大量的例题、复习思考题与习题。常用材料的力学性能、型钢表和习题参考答案作为附录列于书后。

本书配有制作精美的多媒体电子课件,教师可在机械工业出版社教育服务网(www.cmpedu.com)上注册下载。

本书适合作为应用型本科院校与独立学院非机、非土建类各专业中少课时“工程力学”课程的教材,也可作为高职高专、自学考试和成人教育相应课程的教材,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学(静力学与材料力学)/王永廉,马景槐主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-44785-6

I. ①工… II. ①王…②马… III. ①静力学—高等学校—教材②材料力学—高等学校—教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第272310号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张金奎 责任编辑:张金奎 韩冰

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京市四季青双青印刷厂印刷

2014年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·23印张·447千字

标准书号:ISBN 978-7-111-44785-6

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是为国内应用型本科院校与独立学院编写的工程力学教材，主要适合于这些院校非机、非土建类各专业中少学时“工程力学”课程的教学，也可用于高职高专、自学自考和成人教育。

本书涵盖了静力学、材料力学的主要内容。静力学部分包括静力学基础，平面汇交力系，力矩、力偶与平面力偶系，平面任意力系，空间力系与静力学专题等六章；材料力学部分包括材料力学绪论，轴向拉伸与压缩，剪切与挤压，扭转，弯曲内力，弯曲应力，弯曲变形，应力状态分析与强度理论，组合变形，压杆稳定，疲劳问题简介与电测法简介等十二章。考虑到学生的认知规律和教师的授课习惯，本书在章节编排上采用了由特殊到一般、由平面到空间、由浅入深的传统方式。

根据国内应用型本科院校与独立学院的办学定位和教学要求，本着以必需够用为度、以实际应用为重的原则，本书在内容上进行了适当取舍，并简化理论推导，加大例题、复习思考题与习题的比重，着重于培养学生的实际应用能力。

本书对基本理论、基本概念的阐述简洁明了，对工程应用、解题方法的介绍翔实细致，尽力做到结构严谨，层次分明，语言精练，通俗易懂。

参与本书编写工作的有江苏理工学院的马景槐，南京工程学院的王永廉、汪云祥、方建士、张珑和穆春燕。其中，王永廉、马景槐任主编，汪云祥、方建士任副主编。王永廉负责全书的统稿定稿工作。

本书配有制作精美的多媒体电子教案，教师可在机械工业出版社教育服务网（www.cmpedu.com）上注册下载。

本书的姊妹篇——《理论力学》和《材料力学》，已由机械工业出版社出版发行，可供应用型本科院校与独立学院工科各专业的理论力学课程和材料力学课程的教学选用。

编者期望，这套教材能够使这个层面上的师生满意。但由于编者能力有限，难免会存在不足之处，衷心希望读者批评指正。有建议者请与南京工程学院材料工程系王永廉联系（E-mail: ylwang0606@163.net）。

编 者

目 录

前言

第一章 静力学基础

第一节 静力学的基本概念	1
第二节 静力学公理及推论	2
第三节 约束与约束力	5
第四节 物体的受力分析	8
复习思考题	13
习题	13

第二章 平面汇交力系

第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何法	16
第二节 平面汇交力系合成与平衡的解析法	18
复习思考题	23
习题	24

第三章 力矩、力偶与平面力偶系

第一节 力对点的矩	27
第二节 力偶与力偶矩	29
第三节 平面力偶系的合成与平衡	31
复习思考题	34
习题	35

第四章 平面任意力系

第一节 平面任意力系向一点的简化	38
第二节 平面任意力系的平衡	43
第三节 物体系的平衡问题	48
复习思考题	53
习题	54

第五章 空间力系

第一节 空间汇交力系	61
第二节 力对轴的矩	64

第三节 空间任意力系的平衡	66
复习思考题	72
习题	72

第六章 静力学专题

第一节 滑动摩擦	76
第二节 平面桁架的内力计算	84
第三节 物体的重心	91
复习思考题	96
习题	96

第七章 材料力学绪论

第一节 材料力学的基本任务	101
第二节 材料力学的基本假设	101
第三节 材料力学的研究对象	102
第四节 杆件的基本变形	102
复习思考题	104

第八章 轴向拉伸与压缩

第一节 引言	105
第二节 拉(压)杆的内力	106
第三节 拉(压)杆的应力	109
第四节 拉(压)杆的变形	113
第五节 材料在拉伸时的力学性能	117
第六节 材料在压缩时的力学性能	122
第七节 拉(压)杆的强度计算	123
第八节 应力集中概念	127
第九节 拉伸(压缩)超静定问题	129
复习思考题	133
习题	134

第九章 剪切与挤压

第一节 引言	141
第二节 剪切的实用计算	143
第三节 挤压的实用计算	143

第四节 连接件的强度计算	145
复习思考题	149
习题	150

第十章 扭 转

第一节 引言	154
第二节 外力偶矩的计算·扭矩 与扭矩图	155
第三节 扭转圆轴横截面上的应力	158
第四节 扭转圆轴的强度计算	163
第五节 扭转圆轴的变形与刚度计算	165
复习思考题	168
习题	169

第十一章 弯 曲 内 力

第一节 引言	172
第二节 梁的支座反力	175
第三节 剪力和弯矩	176
第四节 剪力方程和弯矩方程· 剪力图和弯矩图	183
第五节 剪力、弯矩与载荷 集度间的关系	187
复习思考题	193
习题	194

第十二章 弯 曲 应 力

第一节 引言	198
第二节 截面的几何性质	198
第三节 弯曲正应力	205
第四节 弯曲正应力强度计算	210
第五节 弯曲切应力及其强度计算	215
第六节 梁的合理强度设计	221
复习思考题	224
习题	224

第十三章 弯 曲 变 形

第一节 引言	230
第二节 挠曲线近似微分方程	231
第三节 计算弯曲变形的积分法	232
第四节 计算弯曲变形的叠加法	236

第五节 梁的刚度计算	242
第六节 简单超静定梁	243
复习思考题	246
习题	247

第十四章 应力状态分析与强度理论

第一节 应力状态概念	252
第二节 复杂应力状态的工程实例	254
第三节 二向应力状态分析的解析法	256
第四节 二向应力状态分析的图解法	260
第五节 三向应力状态简介	263
第六节 广义胡克定律	265
第七节 强度理论	267
复习思考题	272
习题	272

第十五章 组 合 变 形

第一节 引言	278
第二节 弯曲与拉伸(压缩)的组合	279
第三节 弯曲与扭转的组合	283
复习思考题	288
习题	289

第十六章 压 杆 稳 定

第一节 引言	295
第二节 临界力的欧拉公式	297
第三节 临界应力的欧拉公式	301
第四节 经验公式与临界应力总图	303
第五节 压杆的稳定计算	308
第六节 提高压杆稳定性的措施	311
复习思考题	313
习题	314

第十七章 疲劳问题简介

第一节 引言	320
第二节 对称循环下构件的 疲劳强度计算	323
复习思考题	328

第十八章 电测法简介

第一节 引言	329
第二节 电测法的基本原理	329
第三节 电测法的简单应用	331
复习思考题	335
习题	335

附 录

附录 A 常用材料的力学性能	338
附录 B 型钢表	339
附录 C 习题参考答案	349

参 考 文 献

第一章

静力学基础

静力学是研究物体平衡规律的学科。它主要解决以下三类问题：

1. 物体的受力分析。分析物体的受力情况，并作出表明其受力情况的简图。
2. 力系的简化。用一个较为简单的力系来等效替代一个较为复杂的力系。
3. 力系的平衡。建立力系的平衡条件，并利用平衡条件求出力系中的未知量。

本章介绍静力学的基础知识，主要内容包括静力学的基本概念、静力学公理及推论、约束与约束力以及物体的受力分析。

第一节 静力学的基本概念

一、力的概念

力是物体间的相互机械作用。这种作用使物体的机械运动状态发生改变和使物体产生变形。前者称为力的运动效应或外效应，后者称为力的变形效应或内效应。理论力学主要研究力的外效应，材料力学则主要研究力的内效应。

经验表明，力对物体的作用效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点。力的大小表示物体间相互机械作用的强弱程度。在国际单位制中，衡量力大小的单位是 N（牛顿）。力的方向包括力的作用线方位和力沿作用线的指向。力的作用点是力作用位置的抽象。严格意义上讲，物体相互作用的位置不可能是一个点，而应是物体的一部分。但当力的作用范围很小时，就可将其抽象为一点，该点即称为力的作用点。

综上所述，力是一个具有大小、方向和作用点的物理量，因此是一个定位矢量，可用一段带箭头的有向线段来表示（见图 1-1）。有向线段的长度按一定的比

例尺表示力的大小，有向线段的方位和箭头表示力的方向，有向线段的起点或终点表示力的作用点，与有向线段重合的直线则表示力的作用线。

矢量通常用黑体字母（如 $\mathbf{F}$ ）或上方带箭头的字母（如 $\vec{F}$ ）来表示，而矢量的大小则用普通字母（如 $\bar{F}$ ）来表示。在本书中，一律采用黑体字母（如 $\mathbf{F}$ ）来表示矢量。

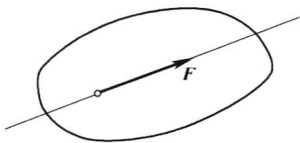


图 1-1

二、刚体的概念

刚体是指在任何力的作用下都不发生变形的物体。其特征表现为：刚体内任意两点的距离永远保持不变。刚体是静力学中理想化的力学模型。实际上，任何物体受力后都会产生不同程度的变形。如果物体的变形很小，对所研究的问题没有实质性影响，则可将物体抽象为刚体。在静力学中，泛指的对象均应理解为刚体。

三、平衡的概念

平衡是指物体相对于惯性参考系（如地球）处于静止或匀速直线运动的状态。它是物体机械运动的一种特殊形式。

四、力系的概念

力系是指作用于物体上的一群力。根据力系中力的作用线是否位于同一平面内，可将力系分为**平面力系**和**空间力系**两大类。根据力系中力的作用线的相互关系，又可将力系分为作用线汇交于一点的**汇交力系**，作用线互相平行的**平行力系**和作用线既不完全平行、也不完全汇交于一点的**任意力系**。

使物体处于平衡状态的力系称为**平衡力系**。如果某两力系对物体的作用效应相同，则称这两个力系为**等效力系**。若一个力与一个力系等效，则称该力为力系的**合力**，而称力系中的各力为该合力的**分力**。用一个较简单的力系等效替代一个较复杂的力系，称为**力系的简化**；用一个力等效替代一个力系，称为**力系的合成**。反之，一个力用其分力进行等效替代，则称为**力的分解**。

第二节 静力学公理及推论

静力学公理是人类关于力的基本性质的概括和总结，是静力学理论的基础。

它无需证明而为人们所确认。

公理 1 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定，如图 1-2a 所示。它们的矢量关系式为

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

即合力矢 $\mathbf{F}_R$ 等于两个分力矢 $\mathbf{F}_1$ 与 $\mathbf{F}_2$ 的矢量和。

在求作用于刚体同一点的两个力的合力时，也可采用力的三角形法则，即将两个力依次首尾相连，构成一个不封闭的三角形，合力的大小和方向则由该三角形的封闭边矢量确定，如图 1-2b 或图 1-2c 所示。

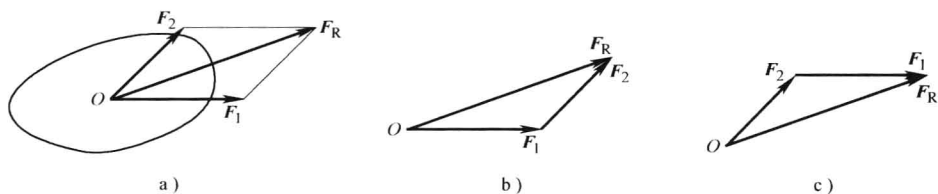


图 1-2

反之，也可以根据这一公理将一个力分解为作用于同一点的两个分力。由于同一对角线可作出无数多个不同的平行四边形，因此分解的结果不唯一。要使分解结果唯一，必须附加条件。通常是将一个力分解为方向互相垂直的两个分力，这种分解方式称为正交分解，所得的两个分力称为正交分力。

公理 2 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要且充分条件是：这两个力大小相等、方向相反，且作用在同一条直线上。

二力平衡公理指出了作用于刚体上最简单力系平衡时所必须满足的条件。对于刚体而言，这个条件既必要又充分；但对于非刚体而言，这个条件只是必要条件。

受两个力作用而处于平衡状态的构件，称为二力构件。当二力构件的形状为杆件时，称为二力杆。根据二力平衡公理，无论二力构件的形状如何，其所受的两个力的作用线必沿此两力作用点的连线。

公理 3 加减平衡力系公理

在已知力系上加上或减去任一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。此公理是研究力系等效变换的重要依据，只适用于刚体而不适用于变形体。由上述三个公理可得到以下两个推论：

推论 1 力的可传性原理

作用在刚体上的力, 可沿其作用线滑移到刚体内的任一点, 而不改变该力对刚体的作用效应。

证明: 设力 F 作用在刚体上的点 A , 如图 1-3a 所示。根据公理 2 和公理 3, 在该力作用线上的任一点 B 加上一对平衡力 F_1 和 F_2 , 并令 $F_2 = -F_1 = F$ (见图 1-3b)。此时, 力 F 和 F_1 也是一对平衡力, 再将这一对平衡力减去, 就只剩下一个作用于点 B 的力 F_2 (见图 1-3c), 其等效于作用于点 A 的力 F 。由此推论得证。

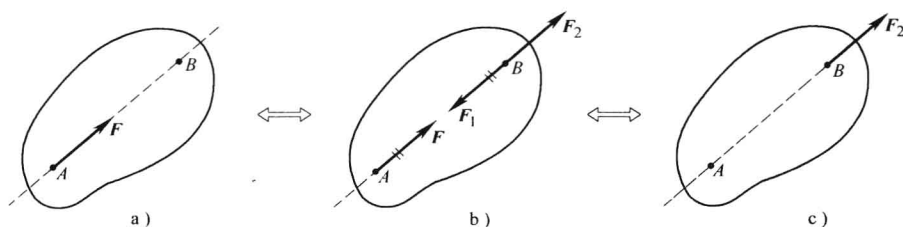


图 1-3

力的可传性原理只适用于刚体。由力的可传性原理可知, 对于刚体而言, 力的三要素可改为: 力的大小、方向和作用线。因此, 对于刚体来说, 力是滑动矢量。

推论 2 三力平衡汇交定理

刚体受三个力的作用而平衡, 若其中两个力的作用线相交于一点, 则第三个力的作用线必汇交于同一点, 且三力共面。

证明: 设在刚体的 A 、 B 、 C 三点分别作用三个平衡力 F_1 、 F_2 、 F_3 , 其中 F_1 、 F_2 的作用线相交于点 O , 如图 1-4 所示。根据力的可传性原理, 分别将 F_1 、 F_2 沿各自作用线滑移至汇交点 O , 并由平行四边形法则得其合力 F_{12} 。 F_{12} 应与 F_3 平衡, 由二力平衡公理有 F_3 与 F_{12} 共线, 故 F_3 必与 F_1 、 F_2 共面, 且其作用线通过汇交点 O 。由此推论得证。

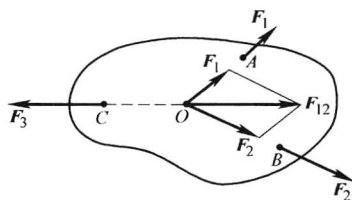


图 1-4

三力平衡汇交定理说明了不平行三力平衡的必要条件。利用此定理可以确定不平行的平衡三力中未知的第三个力的方向。三力平衡汇交定理同样只适用于刚体。

公理 4 作用力与反作用力定律

两个物体之间的作用力和反作用力总是同时存在的, 其大小相等、方向相反, 沿同一直线, 分别作用在两个物体上。

这个公理概括了物体间相互作用的关系,表明一切力总是成对出现的。由于作用力与反作用力分别作用在两个不同的物体上,因此它们不是平衡力系。

第三节 约束与约束力

一、约束与约束力的概念

就其运动情况而言,物体可分为两类:一类是位移不受限制的物体,称为**自由体**,如在空中飞行的飞机、自由下落中的物体等;另一类是位移受限制的物体,称为**非自由体**或**受约束体**,如沿轨道行驶的火车、桌面上的茶杯等。

限制非自由体位移的周围物体称为**约束**,如限制火车位移的轨道、限制茶杯位移的桌面等。约束作用在被约束物体上限制其位移的力称为**约束力**,也可称为**约束反力**或**支反力**,约束力属于**被动力**。显然,约束力的方向总与该约束所限制的物体位移方向相反,约束力的作用点位于约束与被约束物体的相互接触处。

与约束力相反,作用于物体上的重力、风力等各种载荷,将促使物体运动或使物体产生运动趋势,这类力属于**主动力**。一般来说,主动力是已知的,约束力是未知的。在平衡问题中,约束力的大小应根据主动力,由平衡条件确定。

二、约束的基本类型及其约束力

下面将工程中常见的约束分类,并根据各类约束的特性说明其约束力的表达方式。

1. 柔性体约束

由绳索、链条和传动带等柔性连接物体构成的约束称为**柔性体约束**。这类约束的特点是绝对柔软,只能限制物体沿着柔性体伸长方向的位移。因此,柔性体的约束力作用在连接点或假想截断处,方向沿着柔性体的轴线而背离被约束物体,恒为拉力,常用 F_T 表示,如图 1-5 所示。

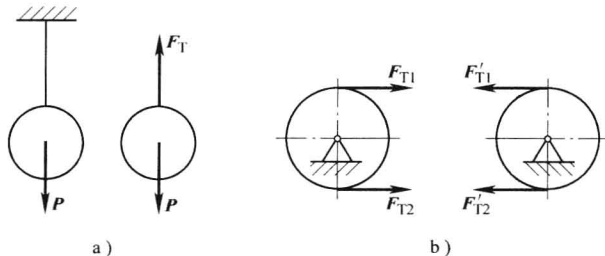


图 1-5

凡只能限制物体沿某一方向位移而不能限制物体沿相反方向位移的约束称为**单面约束**,既能限制物体沿某一方向位移又能限制物体沿相反方向位移的约束则称为**双面约束**。柔性体约束属于单面约束。

2. 光滑接触面约束

物体与约束相互接触,接触面是光滑的,其间的摩擦力可以忽略不计,这类约束称为**光滑接触面约束**。光滑接触面约束只能限制物体沿接触面的公法线而趋向于约束内部的位移。因此,光滑接触面对物体的约束力作用在接触点处,方向沿接触面的公法线而指向被约束物体。这种约束力称为**法向约束力**或**法向反力**,常用 F_N 表示,如图 1-6 所示。光滑接触面约束也属于单面约束。

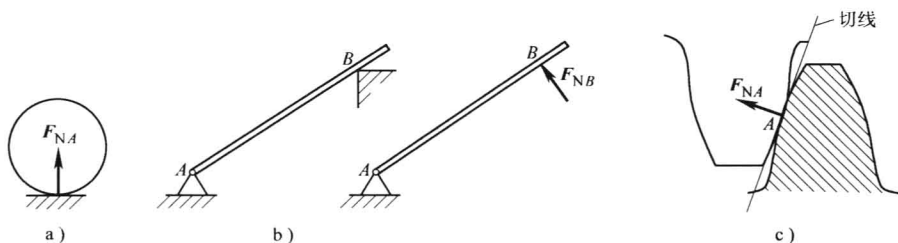


图 1-6

3. 光滑铰链约束

工程中常用的圆柱铰链、固定铰链支座、活动铰链支座、向心轴承、止推轴承、球形铰链等,都属于**光滑铰链约束**。它们的共同特点是只能限制物体的移动,而不能限制物体的转动。

(1) 圆柱铰链 圆柱铰链又称为**中间铰链**,简称**铰链**,它是由圆柱销钉插入两构件的圆孔构成的(见图 1-7a),其简图如图 1-7b 所示。圆柱铰链只能限制物体沿销钉径向的位移,而不能限制物体沿销钉轴向的位移。因此,其约束力必然位于垂直于销钉轴线的平面内,作用在销钉与构件圆孔的接触点,方向沿接触面公法线通过圆孔中心。随着物体受力情况的不同,接触点的位置也不同。由于接触点不能事先确定,因而其约束力的方向也不能预先确定,通常用两个作用于圆孔中心的正交分力 F_x 、 F_y 来表示,如图 1-7c 所示。

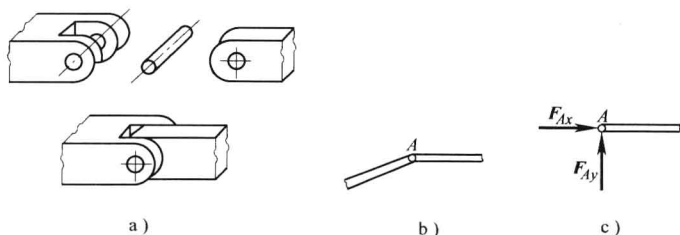


图 1-7

(2) 固定铰链支座 若铰链约束中有一个构件固定在地面或机架上作为支座, 则称为**固定铰链支座**, 简称**铰支座** (见图 1-8a), 其简图如图 1-8b 所示。由于固定铰链支座的构造和圆柱铰链相同, 故其约束力通常也用两个作用于圆孔中心的正交分力来表示, 如图 1-8c 所示。

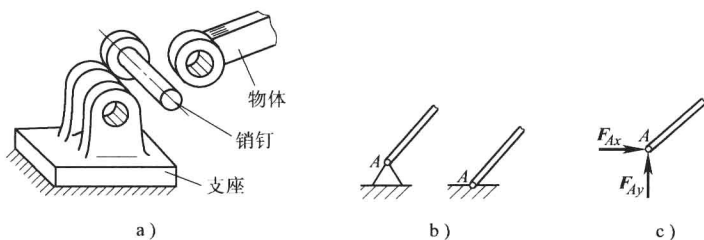


图 1-8

(3) 活动铰链支座 在铰支座下面用几个辊轴支承在光滑平面上, 就构成了**活动铰链支座**, 也称为**辊轴支座** (见图 1-9a), 其简图如图 1-9b 所示。活动铰链支座只能限制物体沿支承面法线方向的位移, 而不能限制物体沿支承面切线方向的位移, 故其约束力垂直于光滑支

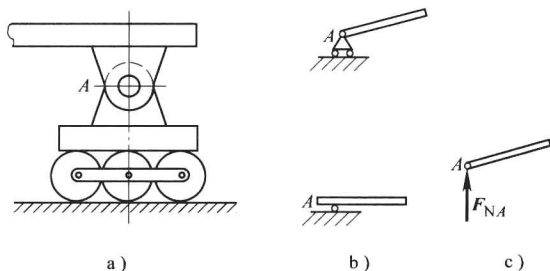


图 1-9

承面, 通常用 F_N 表示, 如图 1-9c 所示。与光滑接触面约束不同, 活动铰链支座通常为双面约束。

(4) 向心轴承 **向心轴承** 又称为**径向轴承** (见图 1-10a), 支承在转轴的两端, 其简图如图 1-10b 或图 1-10c 所示。向心轴承只能限制转轴沿径向的位移, 而不能限制转轴沿轴向的位移。因此, 向心轴承对转轴的约束力一定沿着径向, 但具体方向一般未知, 通常也用作用于轴心的两个正交分力来表示, 如图 1-10b 或图 1-10c 所示。

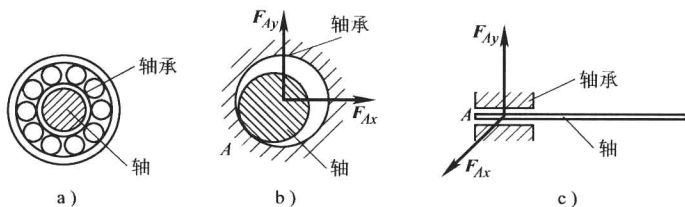


图 1-10

(5) 止推轴承 止推轴承 (见图 1-11a) 的简图如图 1-11b 所示。与向心轴承不同, 它能同时限制转轴沿轴向和径向的位移, 比向心轴承多一个沿轴向的约束力。因此, 止推轴承的约束力常用三个正交分力 F_x 、 F_y 、 F_z 来表示, 如图 1-11c 所示。

4. 链杆约束 (二力杆约束)

两端用光滑铰链与其他构件连接且不计自重的刚性杆称为链杆, 常被用来作为拉杆或撑杆构成链杆约束, 如图 1-12a 所示。由于链杆为二力杆, 故又称为二力杆约束。显然, 链杆约束的约束力方向必沿其两端铰链中心的连线, 但指向一般不能预先确定, 通常可假设为拉力, 如图 1-12b 所示。链杆约束为双面约束。

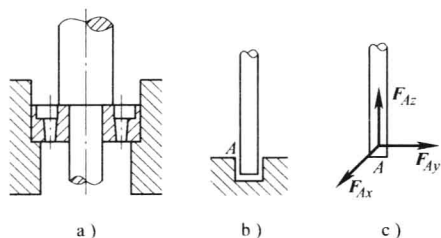


图 1-11

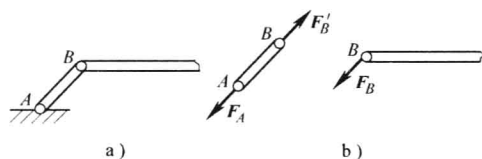


图 1-12

5. 固定端约束

物体的一部分固嵌于另一物体所形成的约束称为固定端约束。例如, 输电线的电杆、房屋的阳台、固定在刀架上的车刀等所受的约束都是固定端约束。固定端约束的简图如图 1-13 所示。固定端约束限制物体的所有位移, 由于其约束力的分布比较复杂, 需要加以简化, 因此, 固定端约束力的表达方式将在本书第四章中介绍。

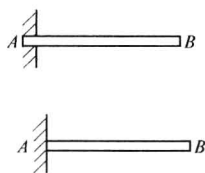


图 1-13

第四节 物体的受力分析

解决力学问题时, 首先要选取研究对象, 然后分析研究对象的受力情况, 并作出表明其受力情况的简图, 这个过程称为物体的受力分析。为了清晰地表示物体的受力情况, 需要取分离体, 即解除研究对象所受的全部约束, 将它从周围物体中分离出来, 并单独画出其简图。在分离体的简图上作出的表示其受力情况的力矢图称为受力图。对物体进行正确的受力分析并作出受力图, 是分析、解决力

学问题的基础。

物体受力分析的基本步骤为：

- 1) 选定研究对象，并取分离体。
- 2) 在分离体简图上画出研究对象所受的主动力。
- 3) 根据约束类型及其他有关静力学知识画出研究对象所受的约束力。

【例 1-1】 重力为 P 的球体，在 A 处用绳索系在墙上，如图 1-14a 所示，试画出球体的受力图。

解：(1) 选取研究对象 选取球体为研究对象，解除约束，单独画出其简图。

(2) 画主动力 主动力为重力 P ，垂直向下，作用点在球心 O 。

(3) 画约束力 小球在 A 点有绳索约束，约束力为拉力 F_T ，作用于 A 点并沿绳索背离小球；在 B 点有光滑接触面约束，约束力为法向反力 F_N ，作用于接触点 B 并沿接触面的公法线指向球体。

球体的受力图如图 1-14b 所示。

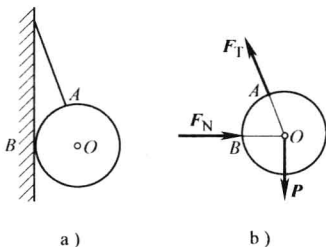


图 1-14

【例 1-2】 梁 AB 左端为固定铰支座，右端为活动铰支座，如图 1-15a 所示。在 C 处作用一集中载荷 F ，梁重不计，试作出梁 AB 的受力图。

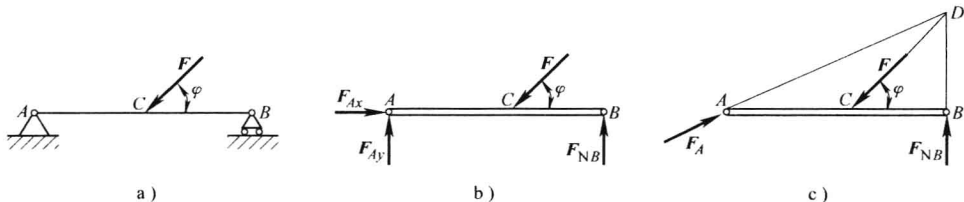


图 1-15

解：(1) 选取研究对象 选取梁 AB 为研究对象，解除约束，单独画出其简图。

(2) 画主动力 主动力为已知集中载荷 F 。

(3) 画约束力 B 端活动铰支座的约束力为法向反力 F_{NB} ，垂直于支承面铅垂向上； A 端固定铰支座的约束力用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示。梁 AB 的受力图如图 1-15b 所示。

梁 AB 的受力图还可以画成图 1-15c 所示的形式。根据三力平衡汇交定理，已知力 F 与 F_{NB} 的作用线相交于点 D ，则 A 端的约束力 F_A 的作用线必汇交于 D 点，从而可确定 F_A 一定沿着 A 、 D 两点的连线。

【例 1-3】 试画出图 1-16a 所示的简支刚架 $ACDB$ 的受力图。

解：(1) 选取研究对象 选取刚架 $ACDB$ 为研究对象，解除约束，单独画出其简图。

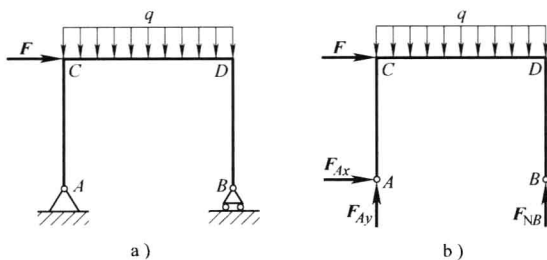


图 1-16

(2) 画主动力 C 点承受水平集中载荷 F , CD 段承受均布载荷 q 。

(3) 画约束力 A 端固定铰支座的约束力用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示, B 端活动铰支座的约束力为法向反力 F_{NB} 。

刚架 $ACDB$ 的受力图如图 1-16b 所示。

【例 1-4】 如图 1-17a 所示, 匀质水平梁 AB 用斜杆 CD 支撑, A 、 C 、 D 三处均为光滑铰链连接。梁 AB 的自重为 P_1 , 其上放置一重为 P_2 的电动机。如不计斜杆 CD 的重力, 试分别画出斜杆 CD 和梁 AB (包括电动机) 的受力图。

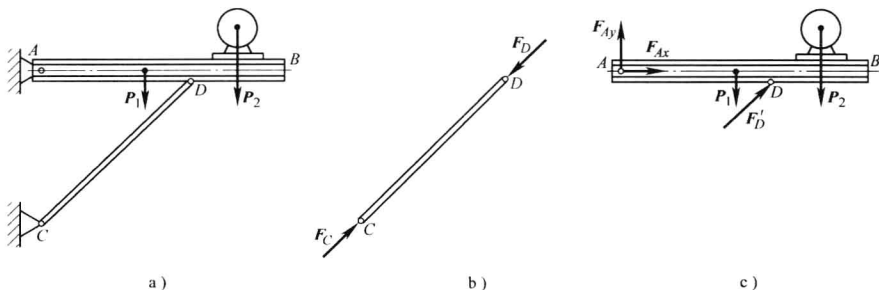


图 1-17

解: (1) 画斜杆 CD 的受力图 选取斜杆 CD 为研究对象, 解除约束, 单独画出其简图。

由于斜杆的自重不计, 且只在 C 、 D 两处受到光滑铰链约束, 因此斜杆 CD 为二力杆。由此可确定 F_C 和 F_D 的作用线应沿 C 、 D 铰链中心的连线, 且二力大小相等、方向相反, 即 $F_C = -F_D$ 。由经验判断, 斜杆 CD 受压力, 其受力图如图 1-17b 所示。如果 F_C (F_D) 的指向不能预先判定, 通常可先假设杆件受拉。若最后求出的力为正值, 则说明原假设正确, 杆件受拉; 若为负值, 则表明杆件实际受力方向与原假设相反, 杆件受压。

(2) 画梁 AB (包括电动机) 的受力图 选取梁 AB (包括电动机) 为研究对象, 解除约束, 并单独画出其简图。

依次画出作用于其上的主动力及约束力: 它受 P_1 、 P_2 两个主动力的作用; 梁在铰链 D 处受二力杆 CD 给它的约束力 F'_D , 根据作用力与反作用力定律, $F'_D = -F_D$, 即 F'_D 与 F_D 的大小相等、方向相反; 梁在 A 处受到固定铰支座约束力的作用, 由于方向未知, 可用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示。

梁 AB (包括电动机) 的受力图如图 1-17c 所示。