

普通高等教育规划教材

Theoretical Mechanics

理论力学



第2版

© 唐国兴 王永廉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

理论力学

第2版

主 编	唐国兴	王永廉
副主编	张 珑	王晓军
参 编	汪云祥	杨小斌
主 审	吴文龙	



机械工业出版社

本书是为国内应用型本科院校与民办二级学院精心编写的理论力学教材。在保持教材定位、体系、风格与特点不变的基础上,本版对第1版进行了适当修订,使之更臻完善。

本书共十五章,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,点的运动学,刚体的基本运动,点的合成运动,刚体的平面运动,质点动力学基本方程,动量定理,动量矩定理,动能定理,动静法。每章都配有大量的例题、复习思考题与习题,并在本书的最后,给出了习题参考答案和参考文献。

本书配有制作精美的多媒体电子教案,读者可在机械工业出版社教材服务网(www.cmpedu.com)上注册下载。同时,与本书配套的教学与学习指导书——《理论力学学习指导与题解》也已由机械工业出版社出版发行。

本书适合作为应用型本科院校与民办二级学院工科各专业的理论力学课程以及工程力学课程中理论力学部分的教材,也可作为高职高专、自学考试和成人教育的教材,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/唐国兴,王永廉主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2011.7
(2011.8重印)

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-33944-1

I. ①理… II. ①唐…②王… III. ①理论力学—高等学校—教材 IV. ①031

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第053925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 王 琪

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2011年8月第2版第2次印刷

169mm×239mm·18.5印张·359千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33944-1

定价:29.80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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

这本主要适用于国内应用型本科院校与民办二级学院的教材自 2008 年 7 月出版发行以来,受到这一层面上师生的普遍欢迎。为了使之更臻完善,在保持教材的定位、体系、风格与特点不变的基础之上,编者对第 1 版作了精心修订。

主要修订工作有:

- (1) 对各章的例题和习题作了适当的增补和调整。
- (2) 在第五章“空间力系”的第二节中,增加了“力对点的矩的矢量定义”。
- (3) 在第六章“静力学专题”的第三节中,增加了“用实验法确定复杂形状物体的重心”。
- (4) 在第十四章“动能定理”中,增加了“功率、功率方程与机械效率”一节。
- (5) 在第十五章“动静法”中,增加了“绕定轴转动刚体的轴承约束力”一节。
- (6) 进一步润色和提炼全书的文字与插图。

第 2 版的修订工作由南京工程学院的王永廉负责完成。

本教材虽经修订,但疏漏与欠妥之处在所难免,欢迎读者继续批评指正。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

2011 年 2 月

目 录

第2版前言

第1版前言

绪 论

第一章 静力学基础

第一节 静力学的基本概念	2
第二节 静力学公理	3
第三节 约束与约束力	6
第四节 物体的受力分析	10
复习思考题	15
习题	16

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	19
第二节 平面汇交力系合成与 平衡的解析法	21
复习思考题	27
习题	28

第三章 力矩、力偶与平面力偶系

第一节 力对点的矩	32
第二节 力偶与力偶矩	34
第三节 平面力偶系的合成与平衡	36
复习思考题	39
习题	41

第四章 平面任意力系

第一节 平面任意力系向一点的简化 ..	44
第二节 平面任意力系的平衡方程	49
第三节 物体系的平衡问题	54
复习思考题	60
习题	61

第五章 空间力系

第一节 空间汇交力系	71
第二节 力对轴的矩与力对点的 矩的矢量定义	74
第三节 空间任意力系的平衡方程	78
复习思考题	84
习题	84

第六章 静力学专题

第一节 滑动摩擦	88
第二节 平面桁架的内力计算	98
第三节 物体的重心	105
复习思考题	112
习题	113

第七章 点的运动学

第一节 矢量法	119
第二节 直角坐标法	121
第三节 自然法	126
复习思考题	132
习题	133

第八章 刚体的基本运动

第一节 刚体的平行移动	137
第二节 刚体绕定轴转动	138
第三节 绕定轴转动刚体内各点 的速度和加速度	142
第四节 定轴轮系的传动比	145
复习思考题	146
习题	146

第九章 点的合成运动

第一节 绝对运动、相对运动 和牵连运动	150
------------------------------	-----

第二节 点的速度合成定理	153
第三节 点的加速度合成定理	159
复习思考题	166
习题	167

第十章 刚体的平面运动

第一节 刚体平面运动的基本概念 ...	173
第二节 平面图形上点的速度分析 ...	175
第三节 平面图形上点的加速度 分析	184
复习思考题	189
习题	189

第十一章 质点动力学基本方程

第一节 动力学基本概念	196
第二节 动力学基本定律	197
第三节 质点运动微分方程	198
复习思考题	204
习题	204

第十二章 动量定理

第一节 动量与冲量	208
第二节 动量定理	211
第三节 质心运动定理	214
复习思考题	218
习题	219

第十三章 动量矩定理

第一节 质点和质点系的动量矩	222
----------------------	-----

第二节 动量矩定理	223
第三节 刚体绕定轴转动微分方程 ...	227
第四节 刚体平面运动微分方程	231
复习思考题	233
习题	234

第十四章 动能定理

第一节 力的功	239
第二节 动能	242
第三节 动能定理	245
第四节 功率、功率方程与 机械效率	251
复习思考题	253
习题	254

第十五章 动静法

第一节 质点的惯性力与动静法	259
第二节 质点系的动静法	261
第三节 刚体上惯性力系的简化	262
第四节 绕定轴转动刚体的 轴承动约束力	268
复习思考题	269
习题	270
习题参考答案	274

参考文献

绪 论

一、理论力学的研究内容

理论力学是研究物体机械运动的一般规律性的学科。所谓机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。平衡是机械运动的特殊形式，故也属于理论力学的研究范畴。

理论力学的研究内容可以分为以下三大部分：

静力学 主要研究物体的平衡规律。

运动学 主要从几何的角度来研究物体的机械运动。

动力学 主要研究物体的机械运动与作用力之间的关系。

二、理论力学的研究方法

理论力学的研究方法是从实践出发，经过抽象、综合与归纳，建立公理；然后以公理为基础，通过数学演绎和逻辑推理，获得定理和推论，形成理论体系；最后再将理论用于实践，使之在实践中得到完善和发展。

三、理论力学的研究目的

理论力学所研究的是力学中最一般、最基本的规律。许多工科专业的后继课程，如材料力学、结构力学、机械原理、机械设计、振动理论等，都要以理论力学为基础。学习理论力学的目的之一是为后续课程打下必要的理论基础。

有些日常生活中的现象和工程技术问题，可以直接运用理论力学的理论去解释和解决。还有些问题，则需用理论力学知识和其他学科知识结合起来共同研究。所以，学习理论力学的目的之二是为解决有关工程实际问题奠定基础。

理论力学的研究方法就是自然科学研究的一般方法。因此，学习理论力学的目的之三是理解和掌握自然科学研究的一般方法，培养正确分析问题和解决问题的能力，为今后从事科学研究和工程技术工作打下基础。

第一章

静力学基础

本章介绍静力学的基础知识，主要包括静力学基本概念、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，力的内效应将在后续课程材料力学中研究。

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。在严格意义上，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。

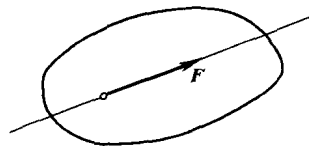


图 1-1

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 F ）来表示。在本书中，一律采用黑体字母（如 $\mathbf{F}$ ）来表示矢量。

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。刚体是理论力学中理想化的力学模型，实际上，任何物体受力都会产生程度不同的变形。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。在理论力学中，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换一个较复杂的力系，称为**力系的简化**；用一个力等效替换一个力系，称为**力系的合成**；反之，一个力用其分力来等效代替，则称为**力的分解**。

静力学的主要内容有：

- （1）**物体的受力分析** 分析物体受哪些力作用，以及每个力的作用位置和方向。
- （2）**力系的简化或合成** 用一个较简单的力系来等效替换一个较复杂的力系，或者用一个力来等效替换一个力系。
- （3）**求解平衡问题** 研究作用于物体上的各种力系所应满足的平衡条件，并应用这些平衡条件来解决工程中的平衡问题。

第二节 静力学公理

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以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，亦可采用力的三角形法则，即将两个力依次首尾相连，构成一不封闭的三角形，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 c 所示。

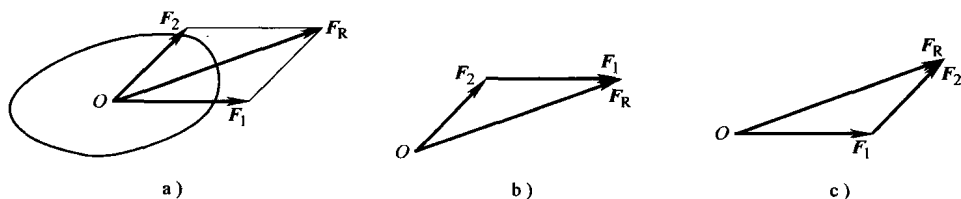


图 1-2

反之，也可以根据这一公理将一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。对刚体而言，这个条件既必要又充分，但对非刚体而言，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，则称为二力杆。根据二力平衡公理，不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。

由上述几个公理可得到下面两个推论：

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 。于是推论得证。

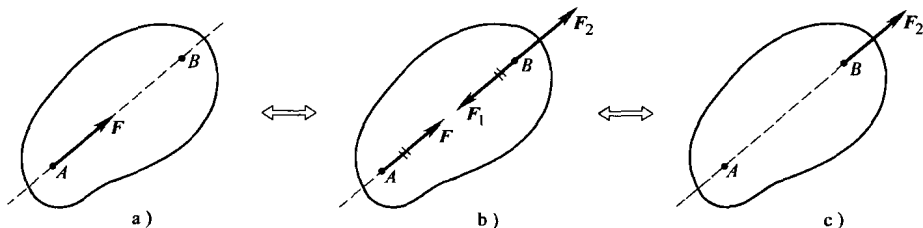


图 1-3

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

刚体受三力作用而平衡，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， 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。

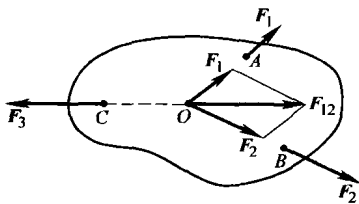


图 1-4

三力平衡汇交定理说明了不平行三力平衡的必要条件。利用这个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

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。

公理 5 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，若将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

这个公理表明，刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件，从而扩大了刚体静力学的应用范围。但需同时指出，刚体的平衡条件并不是变形体平衡的充分条件。如图 1-5a 所示，绳索在等值、反向、共线的两个拉力作用下处于平衡，如将绳索刚化为刚体，其平衡状态保持不变。反之，刚体在等值、反向、共线的两个压力作用下处于平衡状态，如将刚体变为绳索，显然其平衡状态就不能保持了（见图 1-5b）。

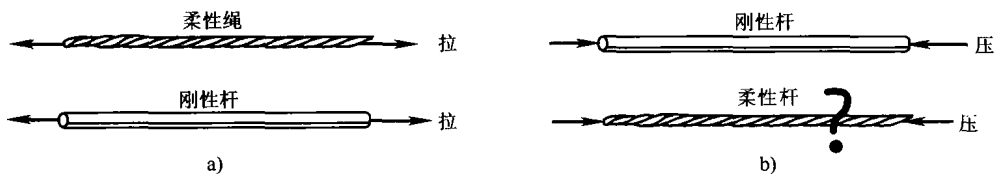


图 1-5

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**，又称为**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、链条和皮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 1-6 所示。

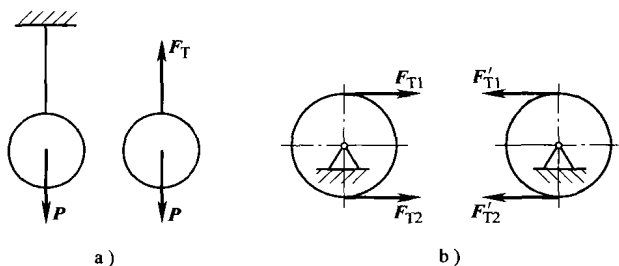


图 1-6

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 1-7 所示。光滑接触面约束亦属于单面约束。

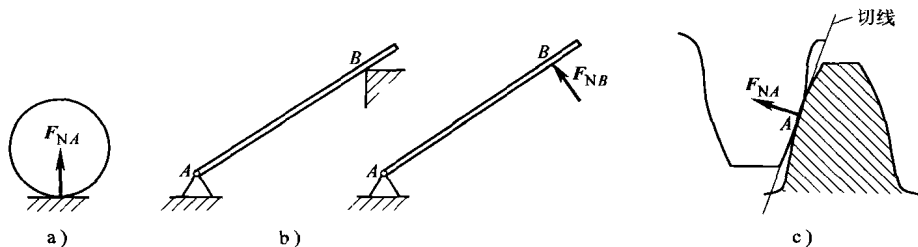


图 1-7

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 圆柱铰链又称中间铰链，简称铰链，它是由圆柱销钉插入两构件的圆孔中而构成的（见图 1-8a），其简图如图 1-8b 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 1-8c 所示。

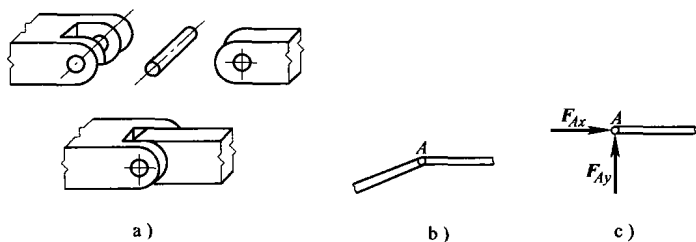


图 1-8

(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 1-9a），其简图如图 1-9b 所示。由于固定铰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 1-9c 所示。

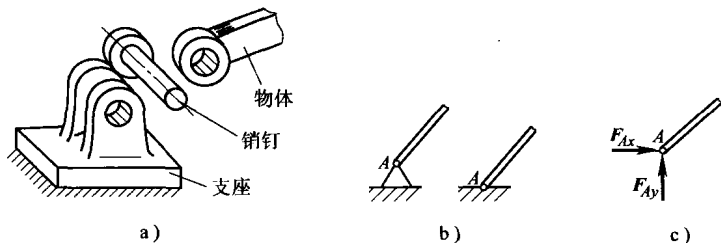


图 1-9

(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 1-10a），其简图如图 1-10b 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承面，通常用 F_N 表示，如图 1-10c 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。

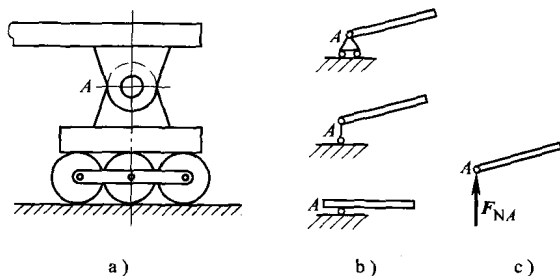


图 1-10

(4) 向心轴承 向心轴承又称径向轴承（见图 1-11a），支承在转轴的两端，其简图如图 1-11b 或 c 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，其特点与固定铰支座相似。因此，向心轴承对转轴的约束力通常也用作用于轴心的两个正交分力来表示，如图 1-11b 或 c 所示。

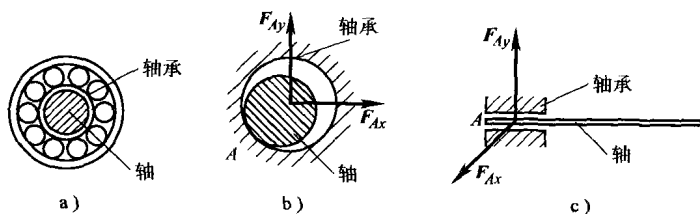


图 1-11

(5) 止推轴承 止推轴承（见图 1-12a）的简图如图 1-12b 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 1-12c 所示。

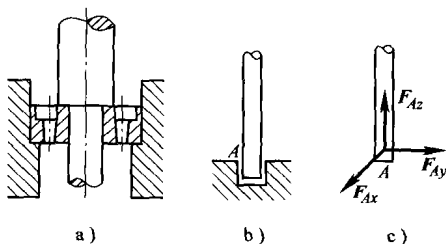


图 1-12

(6) 球形铰链 将固结于构件一端的球体置于球窝形的支座内，就形成了球形铰链，简称球铰链（见图 1-13a），其简图如图 1-13b 所示。球铰链限制构件

端部球心的移动,但不能限制构件绕球心的转动。其约束力的作用线通过球心,但方向一般不能预先确定,通常用三个正交分力来表示,如图 1-13c 所示。

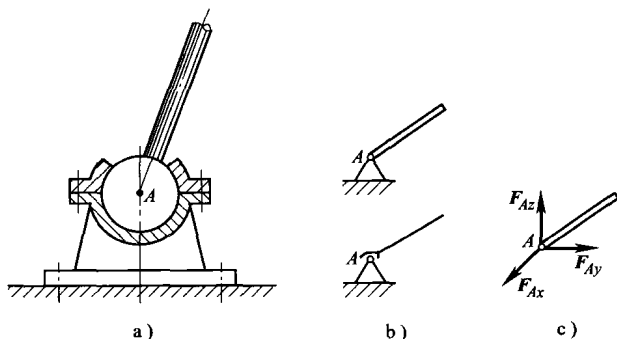


图 1-13

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 1-14a 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

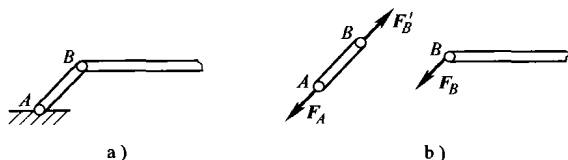


图 1-14

向一般不能预先确定,通常可假设为拉力,如图 1-14b 所示。链杆约束为双面约束。

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 1-15 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,固定端的约束力的表达方式将在第四章中介绍。

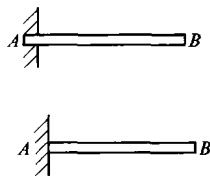


图 1-15

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。正确地对物体进行受力分析并作受力图,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 1-16a 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。

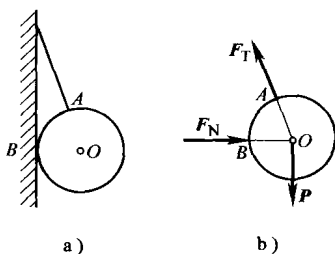


图 1-16

球体的受力图如图 1-16b 所示。

【例 1-2】 梁 AB 左端为固定铰支座,右端为活动铰支座,如图 1-17a 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。

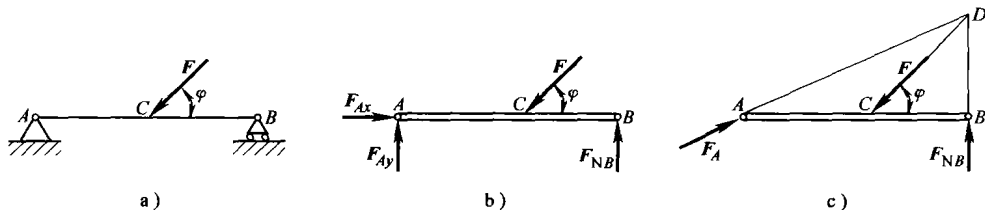


图 1-17

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 1-17b 所示。

梁 AB 的受力图还可以画成如图 1-17c 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,从而确定 F_A 一定