



普通高等院校“十二·五”
创新型精品规划系列教材

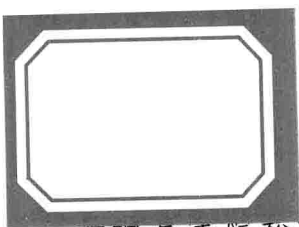
主编 包忠有 冯新红

理论力学

LILUN LIXUE



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI



普通高等院校“十二·五”创新型精品规划系列教材

理 论 力 学

主 编	包 忠 有	冯 新 红
参 编	钟 自 锋	聂 鹏
	董 海 华	叶 春 华



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内 容 简 介

本教材是按 60~75 课时编写的,适用于普通高等院校本科、专科的各专业,内容包含静力学基本理论,运动学和动力学的基本理论和基本概念。

本教材中除例题和习题外,还有一定数量的思考题及题后分析,以帮助读者进一步提高分析问题和解决问题的能力。

在编写本教材的过程中,笔者总结了一些经验及技巧,希望能达到抛砖引玉的目的,对读者有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/包忠有,冯新红主编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2012.5

ISBN 978-7-5625-2874-6

I. ①理…

II. ①包…②冯…

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(2012)第 076404 号

理论力学

包忠有 冯新红 主编

责任编辑:胡珞兰 王 荣

选题策划:刘芳芳

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787mm×1 092mm 1/16

字数:448 千字 印张:17.5

版次:2012 年 5 月第 1 版

印次:2012 年 5 月第 1 次印刷

印刷:武汉珞南印务有限公司

印数:1—3 100 册

ISBN 978-7-5625-2874-6

定价:38.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

本教材是按 60~75 课时编写的,适用于普通高等院校大学本科、专科的各专业。

在内容的安排上,先讲授静力学基本理论,然后讲授运动学和动力学基本理论及概念。

本教材吸收了众多学者的教学经验,在例题和习题的选择上,紧紧围绕相应的基本理论,并配以合适的题后分析及相应的思考题,以启发读者能深入思考,从而找出规律,提高读书质量。对读者容易混淆之处及需要灵活掌握的内容作了特别的说明,力求在分析问题和解决问题时避免呆板。我们编写本教材时很注意题后分析,这是把书读好读活的重要环节,通过大量的总结提高,可以扎扎实实掌握《理论力学》的基本理论、基本概念及解决问题的技巧,并在生产实践中加以灵活应用。

本教材由华东交通大学包忠有教授、江西渝州科技职业技术学院冯新红主编;参编的有华东交通大学钟自锋、聂鹏、董海华、叶春华等老师。希望使用本教材的读者能反馈相关信息,以便于我们进一步提高本教材的质量。

编者于江西南昌
2012 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第1章 静力学公理和物体的受力分析	(2)
1.1 静力学引言	(2)
1.2 静力学的基本概念	(3)
1.3 静力学公理	(4)
1.4 约束和约束反力	(6)
1.5 物体的受力分析	(9)
小结	(16)
思考题	(16)
习题	(17)
第2章 平面汇交力系	(21)
2.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法	(21)
2.2 三力平衡定理	(23)
2.3 力的分解·力的投影	(24)
2.4 平面汇交力系合成与平衡的解析法	(27)
小结	(31)
思考题	(32)
习题	(32)
第3章 力对点的矩·平面力偶理论	(35)
3.1 力对点的矩	(35)
3.2 力偶与力偶矩	(37)
3.3 平面力偶系的合成和平衡条件	(38)
小结	(43)
思考题	(44)
习题	(44)
第4章 平面任意力系	(46)
4.1 工程中的平面任意力系问题	(46)
4.2 平面任意力系向一点的简化	(47)
4.3 平面任意力系简化结果的讨论·合力矩定理	(51)
4.4 平面任意力系的平衡条件·平衡方程	(53)

4.5 平面平行力系的平衡方程·····	(56)
4.6 物体系的平衡问题·····	(58)
4.7 静定与超静定问题的概念·····	(64)
小结·····	(65)
思考题·····	(66)
习题·····	(66)
第5章 考虑摩擦的平衡问题 ·····	(72)
5.1 引言·····	(72)
5.2 滑动摩擦力的性质·滑动摩擦定律·····	(72)
5.3 自锁现象和摩擦角·····	(75)
5.4 考虑摩擦的平衡问题·····	(78)
5.5 滚动摩阻的概念·····	(81)
小结·····	(82)
思考题·····	(82)
习题·····	(83)
第6章 空间力系 ·····	(86)
6.1 空间力在直角坐标轴上的投影和沿直角坐标轴的分解·····	(86)
6.2 空间汇交力系的合成与平衡·····	(88)
6.3 空间力偶理论·····	(91)
6.4 力对点的矩矢和力对轴的矩·····	(93)
6.5 空间任意力系向一点的简化·主矢和主矩·····	(96)
6.6 空间任意力系的平衡方程·····	(97)
6.7 空间力系的平衡问题·····	(99)
6.8 物体的重心·形心·····	(103)
小结·····	(111)
思考题·····	(111)
习题·····	(112)
第7章 点的运动学 ·····	(116)
7.1 运动学引言·····	(116)
7.2 点的运动的矢量法·····	(117)
7.3 点的运动的直角坐标法·····	(118)
7.4 点的运动的弧坐标法·····	(122)
小结·····	(126)
思考题·····	(126)
习题·····	(127)
第8章 刚体的基本运动 ·····	(129)
8.1 刚体的平行移动·····	(129)
8.2 刚体绕固定轴的转动·····	(130)
8.3 定轴转动刚体内各点的速度和加速度·····	(131)

小结	(134)
思考题	(134)
习题	(135)
第 9 章 点的合成运动	(137)
9.1 点的合成运动的概念	(137)
9.2 点的速度合成定理	(139)
9.3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	(143)
小结	(146)
思考题	(147)
习题	(147)
第 10 章 刚体的平面运动	(151)
10.1 刚体平面运动的概念	(151)
10.2 平面图形的运动方程·平面图形运动的分解	(152)
10.3 求平面图形上点的速度的基点法	(154)
10.4 求平面图形上点的速度的瞬心法	(156)
10.5 求平面图形上点的加速度的基点法	(161)
小结	(163)
思考题	(164)
习题	(165)
第 11 章 质点运动微分方程	(168)
11.1 动力学引言	(168)
11.2 动力学的基本定律	(169)
11.3 质点运动微分方程	(170)
11.4 质点动力学的两类问题	(171)
小结	(174)
思考题	(175)
习题	(175)
第 12 章 动量定理	(177)
12.1 动量	(177)
12.2 力的冲量	(180)
12.3 动量定理	(181)
12.4 质心运动定理	(186)
小结	(189)
思考题	(190)
习题	(190)
第 13 章 动量矩定理	(193)
13.1 动量矩	(193)
13.2 动量矩定理	(197)
13.3 转动惯量·平行轴定理	(202)

13.4 刚体的定轴转动微分方程	(205)
小结	(208)
思考题	(209)
习题	(209)
第14章 动能定理	(213)
14.1 力的功·元功·功率	(213)
14.2 几种常见力的功	(215)
14.3 动能	(219)
14.4 动能定理	(221)
14.5 基本定理的综合应用	(226)
小结	(230)
思考题	(231)
习题	(232)
第15章 达朗伯原理	(236)
15.1 惯性力·达朗伯原理	(236)
15.2 刚体惯性力系的简化	(241)
15.3 动静法	(243)
小结	(247)
思考题	(247)
习题	(248)
第16章 虚位移原理	(250)
16.1 约束的分类·广义坐标与自由度	(250)
16.2 虚位移·虚功·理想约束	(252)
16.3 虚位移原理	(255)
16.4 虚位移原理应用举例	(257)
小结	(261)
思考题	(262)
习题	(262)
习题答案	(265)

绪 论

本书研究物体机械运动的一般规律。

运动是物质的存在方式,所有物质都处在永恒不停的运动中。没有运动的物质是不存在的。但物质运动的形式却多种多样,任何物理过程(如发光、生电)、化学过程(如合成、分解)、生物过程(如细胞的分裂),甚至人的思维过程等,都属于物质运动的不同形式。机械运动是物质运动形式中最简单的一种。所谓机械运动,就是物体在空间的位置随时间而发生改变的~~运动~~。平衡是机械运动的一种特殊情况。机械运动现象是如此之普遍,可以说宇宙万物无一不处于机械运动之中,甚至比较复杂的物质运动形式也与机械运动有着或多或少的联系。所以对机械运动的研究有着十分重要的意义。

研究机械运动的一般规律,是以刚体、质点和质点系为研究对象,以牛顿定律为理论基础,通过一系列的公理、定理、原理来揭示研究对象的机械运动的普遍规律。这些内容属于经典力学的范畴,它适用于宏观、低速(与光速相比)物体的运动。近代物理学的重大发展表明,对于微观粒子和速度接近于光速的宏观物体,它们的机械运动有其特殊的规律性,不属于经典力学的研究范畴。在科学技术高度发达的当代,生产实践中的大量力学问题,仍用经典力学的理论来解决,不仅使用方便,而且具有足够的精确度。

本书的内容可以划分为以下 3 个部分:

第一部分(第 1 章至第 6 章),属于静力学内容。静力学研究物体受力分析的方法、力系简化的方法,以及物体在力系作用下的平衡规律及其应用。

第二部分(第 7 章至第 10 章),属于运动学内容。运动学研究物体机械运动的几何性质,如点的运动轨迹、速度、加速度等。

第三部分(第 11 章至第 16 章),属于动力学内容。动力学研究物体的机械运动与所受的力之间的关系。

学习《理论力学》,在了解机械运动的客观规律的基础上,为认识和解决较广泛的实际工程问题,以及学习其他技术知识和从事科学研究工作创造条件。

第1章 静力学公理和物体的受力分析

导 言

• 本章讲述静力学的基本概念和公理、常见的约束与其约束反力,以及物体的受力分析。

• 静力学的基本概念和公理是静力学的理论基础;物体受力分析是力学课程中第一个重要的基本训练。

• 将约束视为一知识单元,它由4个相关的知识点组成,且其相依关系为:约束概念→约束构造→约束性质→约束反力。力的概念、公理及约束等知识是正确进行物体受力分析的基础。

1.1 静力学引言

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律及其在工程中的应用。

力系是指作用在物体上的一组力。

平衡是指物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线平动。虽然,平衡是物体机械运动的一种特殊状态。一般工程问题中,平衡通常是指相对于地球保持静止或作匀速直线平动。

静力学主要包含3个内容:

一是物体的受力分析,即了解物体的受力情况。

二是力系的简化。如果两个力系对某物体的作用效果相同,则说这两个力系是等效力系。这时,可用其中的一个力系代替另一个力系,而不改变对该物体的作用效果,这种代换称为力系的等效代换。用简单的力系等效代换复杂的力系,称作力系的简化。

三是力系的平衡条件,并应用平衡条件求解工程实际问题。需要注意,物体处于平衡状态与物体上所受力系满足力系的平衡条件,这二者的含义不是相互等同的。物体平衡时,其所受力系必满足力系的平衡条件;物体上所受力系满足力系的平衡条件时,物体不一定平衡。

静力学部分所建立的基本概念、理论和方法,在动力学部分中也将得到应用,这些概念是重要的力学基础知识。

1.2 静力学的基本概念

力和刚体是静力学中两个重要的基本概念。这里将介绍这两个概念的涵义,说明它们反映了客观事物的何种本质特征,是概括了客观事物的哪些共性而抽象化形成的。

1.2.1 力的概念

在生活和生产实践中,到处可以看到相互作用的物体。物体相互作用所产生的效果是多种多样的。铁板与空气接触,这种作用的效果是使铁板表面生锈;玻璃棒与丝绸摩擦,这种作用的效果是使玻璃棒带电,如此等等。两个物体相互作用,使物体的机械运动状态发生改变,这种作用效果更是在日常生活中经常、大量观察得到的。例如用手将石子抛出,手与石子相互作用的结果是使石子由静止而进入运动。被抛出的石子与地球相互吸引,又使石子沿抛物线降落。手抛石子的作用,地球吸引石子的作用,它们的效果都是使石子的机械运动状态发生改变,产生这种效果的机械作用称为力。

不论是何种物体相互作用,也不论物体之间相互作用的方式如何,只要物体间相互作用的效果是使物体的机械运动状态发生改变,就将具有这种本质特征的机械作用称为力。总之,力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生改变。物体的变形是物体机械运动状态改变的一种形式。所以,力的作用效果包括使物体发生变形。

实践证明,力对物体的作用效果决定于力的大小、方向和作用点,称为力的三要素。作用在物体上的力 F (图 1-1) 需要用矢量表示。矢量的起点 A 表示力的作用点;矢量的长度 AB 按选定的比例尺表示力的大小;矢量的方向表示力作用的方向。

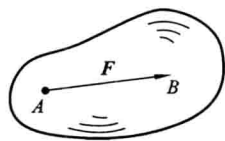


图 1-1

在国际单位制中,力的单位是牛[顿](N)或千牛[顿](kN),且 $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$ 。

理解和应用力的概念时应明确:

(1) 力是两个物体的相互作用,每一个力必有承受此力作用的物体,称为**受力物体**,还有施加这一作用力的物体,称为**施力物体**。

(2) 两个物体相互作用,同时产生两个力。力总是成对出现的,每一对力中,一个力的受力物体正是另一个力的施力物体。

1.2.2 刚体的概念

任何物体在受力作用时都要发生变形,即便变形极其微小,也能用各种测试手段证明其变形的存在。但是,在研究物体机械运动规律时,如果物体受力作用所引起的变形很小,对所研究的问题影响甚微;或者物体的变形已经结束,不再继续发生,且已发生的变形与所研究的问题无关。在上述情况下,为使问题得到简化,可以略去物体变形这一次要因素,把所研究的物体看作为不变形的物体——**刚体**。刚体是受力作用而不变形的物体。刚体上任意两点的距离恒定不变。

绝对刚硬的物体在客观世界中并不存在,刚体是一种理想化的力学模型。在所研究的机械运动问题中,物体的变形可以不予考虑,这是刚体概念所反映和概括的本质特征。

需强调指出,一个物体是否视为刚体,应取决于所研究问题的性质。在图 1-2 中的钢杆 AB 受 3 个力作用处于静止平衡状态。若研究钢杆平衡时 3 个力所需满足的条件,可不考虑钢杆的变形,将其视为刚体;若研究钢杆是否可能被拉断,钢杆的变形则是决定性因素,需将其视为变形体。



图 1-2

上例中当需考虑杆 AB 的变形时,刚体的概念仍是解决变形体力学问题时所需要考虑的一个方面。由刚体概念所建立的一些平衡规律,在材料力学中研究弹性杆件时,都将有条件地得到应用。

1.3 静力学公理

静力学公理是人们在实践中总结出的关于力的一些基本规律,这些规律又在实践中得到验证,而被人们所公认。静力学公理所反映的规律是极其简单的,但是,它是建立静力学理论的基础。

公理一 二力平衡条件

刚体受两个力作用且处于平衡状态,此二力必须满足的条件是:作用在同一条直线上,且大小相等,方向相反。

由两个力所组成的力系是最简单的力系。公理一给出了这种最简单力系的平衡条件。按图 1-3 这二力矢量的关系为:

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$$

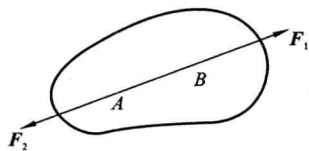


图 1-3

公理二 力的平行四边形法则

一力与某一力系等效,则此力称为该力系的合力。

作用在物体同一点的两个力,可以合成为作用在该点的一个合力,合力矢量的大小和方向,用以这两个分力为边所组成的平行四边形的对角线来确定。

图 1-4(a) 中的平行四边形 ABCD 表示了作用在 A 点的分力 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 与其合力 $\mathbf{R}$ 的关系。

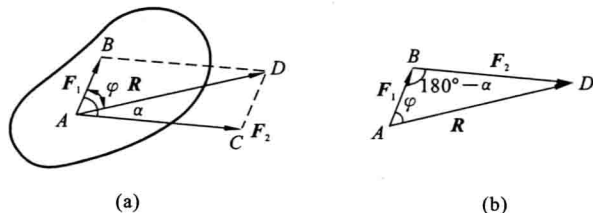


图 1-4

由矢量代数可知,合力矢量等于二分力矢量的矢量和:

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

合力矢量也可由图 1-4(b) 中的力三角形确定。由余弦定理求合力的大小:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

用正弦定理确定合力 $\mathbf{R}$ 与分力 $\mathbf{F}_1$ 的夹角:

$$\sin\varphi = \frac{F_2}{R}\sin\alpha$$

公理三 加减平衡力系原理

满足力系平衡条件的力系称为平衡力系。平衡力系不能改变刚体的运动状态,或说平衡力系对刚体不产生作用效果。

从作用在刚体上的力系中,减去或加上任意的平衡力系,对刚体的作用效果不会改变。

由这一公理还可引出力可传性:

作用在刚体上的力,可沿其作用线在该刚体上移动,而不改变此力对该刚体的作用效果,如图 1-5 所示。

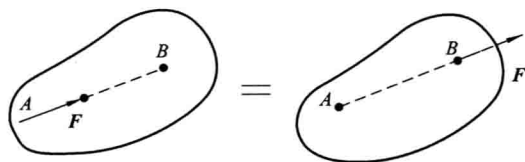


图 1-5

应用力的可传性时需注意:

此原理只能用于刚体,如图 1-6(a) 所示刚体受二等值、反向、共线的拉力 $F_A = -F_B$ 作用平衡,依力的可传性,允许将二力分别沿作用线移动如图 1-6(b) 所示的受二压力作用平衡是允许的。但对变形体(假如图 1-6 中杆 AB 是变形体,变形体将在材料力学中研究),则力的可传性原理不成立。因图 1-6(a) 中杆 AB 受拉产生伸长变形,而图 1-6(b) 中杆 AB 受压产生缩短变形,二者截然不同。如不考虑条件,乱用力的可传性,必将导致错误结果。



图 1-6

又如图 1-7(a)、(b) 所示刚架,根据力的可传性,将力 F 由作用点 O 移到了作用点 O' ,对吗?

要注意力的可传性是针对一个刚体而言的,即作用在同一刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体上的任一点,而不改变此力对刚体的外效应。故图 1-7(a) 中力的移动是可以的,但图 1-7(b) 中力 F 的移动是错误的。因为,这时力 F 已由刚体 AB 移到了刚体 BC 上,这是不允许的。因为移动前 BC 是二力构件,刚体 AB 是受三力作用而平衡的。其受力图如图 1-7(a) 所示。而移动后刚体 BC 和 AB 的受力图都发生了变化,如图 1-7(b) 所示。刚体 AB 由原受三力平衡变为受二力平衡(二力构件)。而刚体 BC 由原受二力平衡变为受三力平衡。同时在铰链 B 处,两个刚体相互作用力的方向在力移动之后也发生了变化。因此,力只能在同一刚体上沿其作用线移动,而绝不允许由一个刚体移动到另一个刚体上。

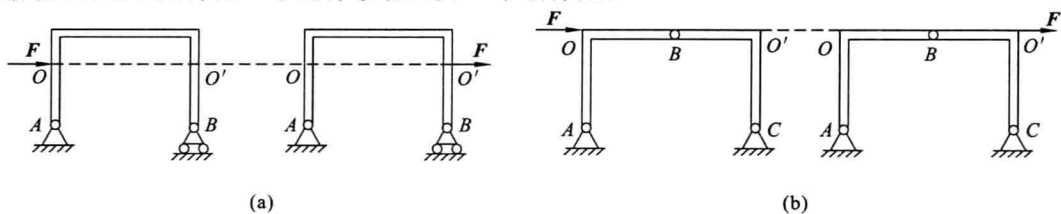


图 1-7

公理四 作用和反作用定律

两个物体相互作用,同时产生一对力。称其中一个力为作用力,另一个力则为反作用力。

两个物体相互作用所产生的作用力与反作用力,总是共线、等值、反向地分别作用在相互作用的两个物体上。

分别用力 F 和 F' 表示作用力和反作用力,二力矢量的关系为:

$$F = -F'$$

公理四中作用力与反作用力的关系,以及公理一中两个平衡力之间的关系,都表达为:两个力共线、等值、反向。但是,公理一中指的是作用在一个物体上的两个力,公理四中指的是分别作用在相互作用的物体上的两个力。这是两个公理在本质上的差异。

作用与反作用定律,适用于刚体,也适用于变形体;适用于平衡的物体,也适用于一般运动的物体。

1.4 约束和约束反力

物体可以这样分为两类:一类是**自由体**,它可以自由地移动,不受其他物体的任何限制。如空中飞行的飞机,它可以在任意方向移动和旋转,属于自由体。另一类是**非自由体**,它不能自由地移动,某些方向的移动因受其他物体的限制而不能实现。如用绳索悬挂的重物,受绳索的限制不能发生向下的移动,属于非自由体。

限制非自由体自由移动的其他物体,称为非自由体的**约束**。如上例中绳索就是重物的约束。约束对非自由体的机械作用称为**约束反力**。由于约束对非自由体的作用是阻碍非自由体的移动,所以,约束反力的方向,总是与约束所阻碍的移动的方向相反。这是确定约束反力方向的一般原则,约束反力的大小都是未知的。

在生活和生产实践中,约束的形式繁多,这里仅介绍几种典型的、常见的约束。着重说明由约束的构造确定约束的性质,由约束的性质分析约束反力的一般方法,从而培养学生具有把工程问题简化为力学问题的能力。

1.4.1 柔索

柔索约束由软绳、链条等构成。柔索只能承受拉力,即只能限制物体在柔索受拉方向的移动,这就是柔索约束的约束性质。被约束的物体所受的约束反力与约束所限制的移动方向相反,所以,柔索的约束反力通过接触点,沿着柔索而背离物体。

图 1-8 给出一受软绳约束的物体,约束反力 T 如图中所示,约束反力 T 的反作用力 T' 作用在软绳上,使软绳受拉。

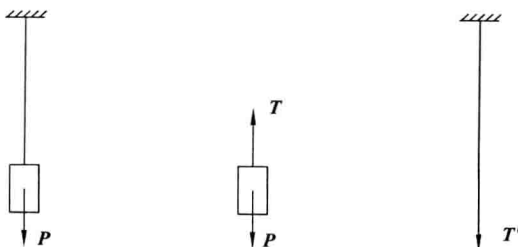


图 1-8

1.4.2 光滑面

光滑面约束由两个物体表面光滑接触所构成。物体沿接触面的公法线且指向接触面的移动受到限制。这是光滑面约束的约束性质。所以,光滑面对物体的约束反力作用于接触点,沿接触面的公法线且指向物体。

图 1-9(a) 中力 N 为光滑接触面对轮 O 的约束反力。图 1-9(b) 中的圆盘 O 在 A 、 B 两点各有一光滑接触面。反力 N_A 沿两个接触面的公法线,反力 N_B 沿圆盘表面的法线,两个反力都指向圆盘的中心 O 。

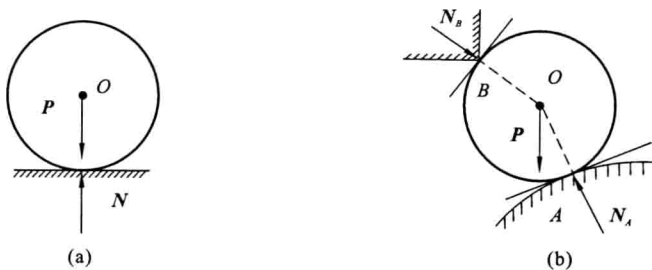


图 1-9

实际生活中理想的光滑面并不存在。当接触面的摩擦很小,在所研究的问题中可以忽略不计,接触面可视为光滑面。需要考虑摩擦的情况,将在第 5 章专门讨论。

1.4.3 光滑圆柱铰链

铰链约束是连接两个物体(构件)的常见约束形式。铰链约束是这样构成的:在两个物体上各做一个大小相同的光滑圆孔,用光滑圆柱销钉插入两物体的圆孔中,如图 1-10(a) 所示。圆柱铰链连接用简化图形如图 1-10(b) 所示。

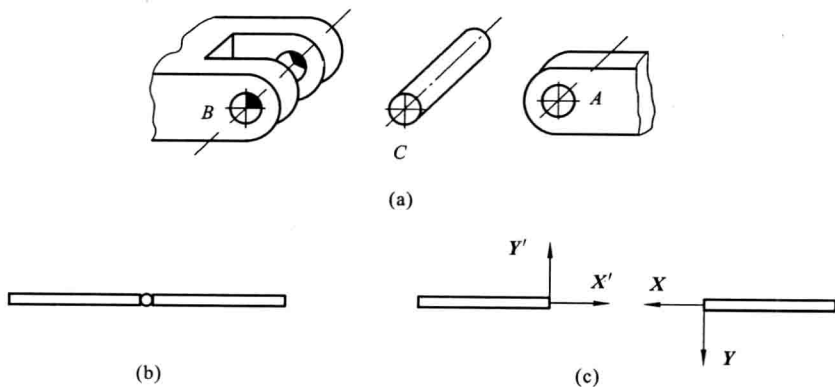


图 1-10

根据圆柱铰链连接的构造,其约束性质是:在两物体的铰链连接处,允许有相对转动(角位移)发生,不允许有相对移动(线位移)发生。因为铰链约束反限制的线位移方向不能直观确

定,可将其分解为互相垂直的两个位移分量。与之对应,铰链连接的约束反力用相互垂直的两分力表示,如图 1-10(c) 所示。此二力的大小和指向均为未知,图 1-10(c) 中约束反力的指向是假定的。

1.4.4 铰支座

铰支座有固定铰支座和滚动铰支座两种。把构件用铰链与地面或其他固定的物体连接,构成的约束称为固定铰支座[图 1-11(a)]。将构件用铰链连接在支座上,支座又用辊轴支持在光滑面上,这样构成的约束称为滚动铰支座[图 1-11(b)]。这两种支座的简化图形分别如图 1-11(c)、(d) 所示。图 1-11(e) 中的梁 AB 其两端就是分别用这两种支座固定在地面上,这种梁称为简支梁。

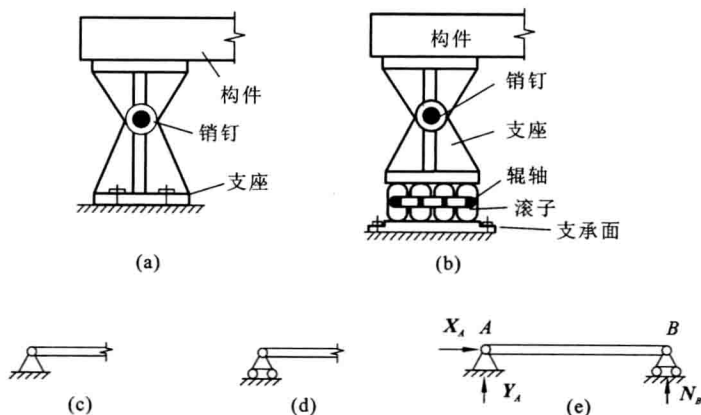


图 1-11

固定铰支座的约束性质与圆柱铰链约束相同。所以,固定铰支座的约束反力一般也用两个相互垂直的分力来表示。滚动铰支座只限制垂直于光滑面且指向光滑面的移动,因而滚动铰支座的约束反力垂直于光滑面且指向物体。这两种支座的约束反力表示在图 1-12(e) 中,其中约束反力 X_A 、 Y_A 的指向是假定的。

1.4.5 链杆·链杆支座

链杆是两端与其他物体用光滑铰链连接,不计自重且中间不受力的杆件。链杆只在两个铰链外有受力作用,因此又称为二力杆。

由二力平衡条件可知,当链杆处于平衡状态时,其上所受的两个力必定是大小相等、方向相反地作用在链杆两个铰链中心的连线上。按作用与反作用定律,链杆对物体的约束反力也必定作用在链杆两铰链中心的连线上。反力的大小和指向待定。

在图 1-12(a) 所示结构中,不计构件自重,杆 BC 即为二力杆。其上 B、C 两点所受的力 N_B 和 N_C 共线、等值、反向,如图 1-12(c) 所示,图中二力相向的指向是假定的。二力杆 BC 对杆 AB 的约束反力为 N'_C ,是 N_C 的反作用力,如图 1-12(b) 所示。

铰链约束的约束反力,一般是用两个垂直分力表示。但是,当用铰链与二力杆相连接时,铰



链的约束反力作用线是确定的,所以不再用两个垂直分力表示。在图 1-12 中,铰链 C 的约束反力或固定铰支座 B 的约束反力都属于这种情况。

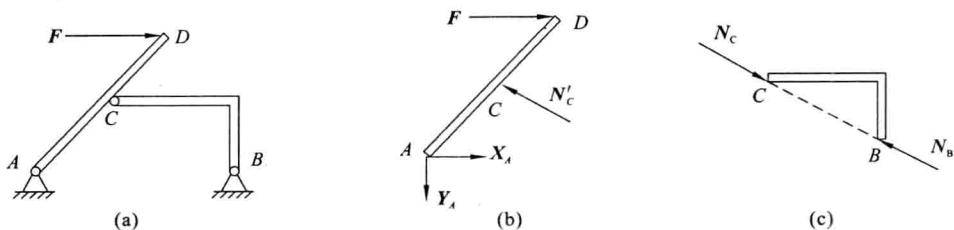


图 1-12

用链杆作支座,称为**链杆支座**。在图 1-13 中所示梁的 B 端的支座为链杆支座,其约束反力 N_B 的作用线沿链杆,指向是假定的。该梁也称为**简支梁**。

最后强调指出,工程中的真实的约束,与力学中的典型约束在构造上常有不同。这时,必须了解真实约束的构造,分析其约束性质,进而判定它与哪种力学中的典型约束在约束性质上基本相同,并将它简化为力学中的典型约束。例如,砖石房屋横梁的两端埋入墙体内(图 1-14)。梁的约束情况与本节中所介绍的约束都不相同。根据约束的构造,分析约束的性质可知:

- (1) 梁端的线位移受到限制。
- (2) 梁端埋入墙体的部分较短,限制转动的能力较弱,允许梁端有微小的角位移发生。

上述约束性质与简支梁所受约束的约束性质基本相同,于是它便可简化为图 1-13 所示的简支梁。



图 1-13

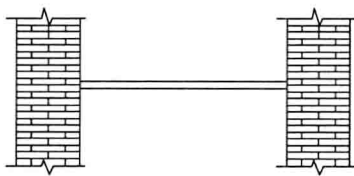


图 1-14

1.5 物体的受力分析

解决力学问题时,要首先确定研究的对象,并了解研究对象的受力情况。这个过程称为**物体的受力分析**。熟练、正确地进行物体的受力分析是重要的基本训练。在物体受力分析上的失误,必然导致力学计算的失败。倘若在解决工程问题时出现了这种情况,必将造成严重的不良后果。

物体的受力分析包含两个步骤:一是将所要研究的物体(构件)单独分离出来,画出其简图。这一步称为**取研究对象或取分离体**。二是在分离体上画出它所受的全部力,包括约束反力和约束反力以外的主动力。这一步称为**画受力图**。

下面举例说明进行物体受力分析的方法。

例 1-1 由杆件 AB 和 CD 组成的起吊架起吊重量为 Q 的重物[图 1-15(a)]。不计杆件自