

理论力学

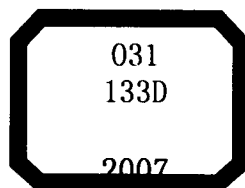
L I L U N L I X U E



韦 林 周松鹤 唐晓弟 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



理论力学

韦 林 周松鹤 唐晓弟 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书主要内容有:静力学基本知识,平面力系,空间力系,摩擦,点的运动,点的合成运动,刚体的平面运动,动力学基本方程,动量定理,动量矩定理,动能定理,达朗伯原理,虚位移原理,拉格朗日方程,单自由度系统的振动。每章都配有小结及学习指导,便于学生自学。本书还配有阶段测验题,便于学生自行检查对课程内容掌握的程度。另外,还配有供学生自学和复习用的电子课件。

本书为少学时教材,可作为高等学校本科生的教材,也可作为函授、网络学院、高职高专等学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/韦林,周松鹤,唐晓弟编著. —上海:

同济大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-5608-3487-0

I. 理… II. ①韦…②周…③唐… III. 理论力学—高等学校—教材 IV. O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001178 号

理论力学

韦 林 周松鹤 唐晓弟 编著

责任编辑 解明芳 责任校对 谢惠云 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 22.75

印 数 1—5100

字 数 455000

版 次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3487-0/O·291

定 价 38.00 元(附光盘)

前 言

本书按理论力学课程指导委员会所制定的基本教学要求编写。近年来,随着教学改革不断深入,各校都普遍减少了理论力学课程的教学时数,若不同时改革教材和教学方法,显然是不能很好完成教学任务的,必然会影响教学质量。笔者长期从事理论力学教学,积累了丰富的教学经验和教学资料,多年来,在如何整合理论力学教学内容、积极使用多媒体教学手段等方面,都做了大量工作,取得了良好的教学效果。从总结和推广这些工作的目的出发,我们编写了这套教材。

本书对静力学部分的内容作了较大的整合和调正,按“平面力系”和“空间力系”作为划分章节的主线,避免重复。在“运动学”中,点的运动学不再单独列为一章,这部分内容仅是普通物理的复习。动力学中,碰撞不再列为单独的章节,一方面考虑到对于土建类专业的学生,这部分内容在实践中很少用到,另一方面,碰撞问题在理论上并没有什么新的内容,实际上是动量定理和动量矩定理的应用,因此,我们把碰撞问题的一些基本概念,融合在动量定理和动量矩定理的例题中。此外,本书还配有图、文、声并茂的电子课件,以辅助学生的复习和自习,学生可以随时按自己的要求反复使用电子课件以帮助学习。考虑到函授与网络教学的特点,每章都配有小结与学习指导,便于学生自学。本书还配有阶段测验模拟试卷,便于学生检查对课程内容的掌握程度。

本书第1、2、3、4、13、14、15章由韦林编写;第5、6、7章由唐晓弟编写;第8、9、10、11章由周松鹤编写;全书由韦林统稿。

承蒙伍云青教授担任本书的主审,伍教授认真、细致、负责地审阅了全书,并在本书编写的整个过程中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书得到了同济大学出版社的大力支持,在编写过程中,还得到了同济大学航空航天与力学学院基础力学教研部全体教师的支持和帮助,在此一并致谢。

限于编者水平,书中的缺点和不妥之处在所难免,敬请广大教师和读者批评指正。

编者

2006年11月

目 次

前言

绪论	(1)
1 静力学基本知识	(2)
1.1 力的概念	(2)
1.2 静力学公理	(3)
1.3 约束和约束反力	(5)
1.4 物体的受力分析和受力图	(9)
小结与学习指导	(12)
思考题	(13)
习题	(14)
2 平面力系	(17)
2.1 平面汇交力系的合成与平衡	(18)
2.2 平面力偶系的合成与平衡	(23)
2.3 力的平移定理	(27)
2.4 平面任意力系的简化与平衡	(28)
2.5 静定与超静定概念 物体系统的平衡	(34)
2.6 平面静定桁架	(39)
小结与学习指导	(45)
思考题	(46)
习题	(48)
3 空间力系	(55)
3.1 力对点之矩与力对轴之矩的关系	(55)
3.2 空间任意力系的简化与平衡	(59)
3.3 重心	(66)
小结与学习指导	(71)
思考题	(72)
习题	(73)
4 摩擦	(79)
4.1 滑动摩擦	(79)
4.2 滚动摩擦	(85)
小结与学习指导	(87)

思考题	(88)
习题	(89)
5 点的运动和刚体的基本运动	(93)
5.1 点的运动矢量法	(93)
5.2 点的运动直角坐标法	(95)
5.3 点的运动自然坐标法	(99)
5.4 刚体的基本运动	(106)
5.5 定轴轮系的传动比	(111)
5.6 以矢积表示点的速度和加速度	(113)
小结与学习指导	(115)
思考题	(117)
习题	(119)
6 点的合成运动	(124)
6.1 点的合成运动的概念	(124)
6.2 点的速度合成定理	(125)
6.3 牵连运动平动时点的加速度合成定理	(130)
6.4 牵连运动转动时点的加速度合成定理	(134)
小结与学习指导	(139)
思考题	(140)
习题	(141)
7 刚体的平面运动	(147)
7.1 刚体的平面运动方程	(147)
7.2 平面图形上各点的速度关系	(148)
7.3 平面图形上各点的加速度关系	(157)
小结与学习指导	(163)
思考题	(164)
习题	(165)
8 动力学基本方程	(171)
8.1 质点动力学的基本定律	(171)
8.2 质点动力学两类基本问题	(174)
小结与学习指导	(178)
思考题	(179)
习题	(180)
9 动量定理	(185)
9.1 动量定理	(185)
9.2 质心运动定理	(194)

小结与学习指导	(197)
思考题	(198)
习题	(199)
10 动量矩定理	(206)
10.1 转动惯量	(206)
10.2 质点系的动量矩	(211)
10.3 质点系动量矩定理	(214)
10.4 刚体定轴转动微分方程	(218)
10.5 刚体平面运动微分方程	(221)
小结与学习指导	(227)
思考题	(228)
习题	(230)
11 动能定理	(242)
11.1 力与力偶的功	(242)
11.2 动能	(247)
11.3 质点系动能定理	(248)
11.4 势力场与势能	(252)
11.5 机械能守恒定律	(255)
11.6 动力学普遍定理的综合运用	(258)
小结与学习指导	(262)
思考题	(263)
习题	(264)
12 达朗伯原理	(275)
12.1 惯性力 质点系的达朗伯原理	(275)
12.2 刚体惯性力系的简化	(278)
小结与学习指导	(285)
思考题	(286)
习题	(286)
13 虚位移原理	(292)
13.1 约束方程 广义坐标与自由度	(292)
13.2 虚位移和理想约束	(294)
13.3 虚位移原理	(296)
13.4 广义坐标表示的虚位移原理	(303)
小结与学习指导	(305)
思考题	(307)
习题	(307)

14 拉格朗日方程	(312)
14.1 动力学普遍方程.....	(312)
14.2 拉格朗日方程	(314)
小结与学习指导.....	(320)
思考题.....	(321)
习题.....	(321)
15 单自由度系统的振动	(324)
15.1 单自由度系统的自由振动.....	(324)
15.2 单自由度系统的受迫振动.....	(334)
小结与学习指导.....	(339)
思考题.....	(341)
习题.....	(341)
阶段测验题	(347)

绪 论

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

所谓机械运动,就是物体在空间的位置随时间的变化而发生改变。

例如,人造地球卫星的运行,建筑物的振动,各种交通工具的运行,空气、河水的流动等,都是机械运动。

理论力学所研究的内容是以伽利略和牛顿所总结的关于机械运动的基本定律为基础的,是属于经典力学的范畴。在 19 世纪初,由于物理学的重大发展,产生了相对论力学和量子力学学科,表明经典力学的应用范围是有局限性的,经典力学的规律不适用于速度接近于光速的情况,也不适用于微观粒子的运动。但是,在工程实际问题中,我们所遇到的机械运动一般都是宏观物体的运动,而且物体运动速度远小于光速。所以,在研究一般工程上的力学问题时,应用经典力学来分析所得的结果是足够精确的。

机械运动是最简单的物体运动形式,在自然界和工程技术中随时随地可以遇到。理论力学所研究的运动规律,可以用来解释很多自然现象,更重要的,它还为解决一系列工程技术问题提供了必要的基础。例如,房屋、桥梁、铁路、水坝、机械等的设计,飞行器和火箭的运动原理的研究都要用到理论力学的知识。因此,理论力学是工程技术的重要理论基础之一。它与其他有关专业知识结合在一起,可以帮助我们解决许多工程实际问题,促进科学技术的发展。

任何一门学科的研究,都离不开人类认识的客观规律。理论力学也毫不例外,它的研究方法是从实践出发,经过抽象、综合、归纳,建立一些基本概念、定律或公理,再用数学演绎和逻辑推理得到定理和结论,然后再通过实践来证实并发展这些理论。

因为理论力学是现代工程技术的重要理论基础,所以,它在工科院校中是一门重要的技术基础课程。它在学习一系列后继课程提供基础知识。例如,材料力学、结构力学、弹塑性力学、流体力学、机械原理和振动理论等课程都要以理论力学为基础的。在很多专业课程中,也要用到理论力学的知识。因此,如果没有踏实的、足够的理论力学知识,那么,在学习阶段要顺利地学好一系列后继课程,并在工作岗位上要成为一个有独立解决工程实际问题能力的工程师是很难的。

理论力学通常分为以下三部分内容进行研究:

静力学——研究作用于物体的力系简化与平衡条件;

运动学——研究物体运动的几何性质;

动力学——研究物体的运动与其所受力之间的关系。

1 静力学基本知识

静力学中要研究物体在力作用下平衡的规律。所谓物体的平衡就是指物体的运动状态不变,它包括物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动两种情况。

研究物体的平衡条件是从一个经过抽象化了的理想模型——刚体的平衡开始的。所谓刚体就是指在任何外力作用下都不变形的物体,真正不变形的物体实际上是不存在的,所以,刚体只是在理论力学中研究物体运动或平衡的规律时被抽象化了的理想模型。

1.1 力的概念

力的概念是人们在日常生活和长期的生产劳动中逐步形成的。最初,人们对力的认识是由人们在推、提、拉、掷物体等活动中,由于感到肌肉紧张而产生的。后来,当人们仔细地观察和分析了物体间相互的作用,以及研究了物体动态改变的原因以后,才建立起力的科学定义。力是物体之间的相互机械作用,这种作用有两种效应:使物体产生运动状态变化和形状变化,分别称为运动效应(外效应)和变形效应(内效应),在理论力学中,仅讨论力的运动效应。

力对物体作用的效应取决于力的三要素:力的大小、方向和作用点。

(1) 力的大小,通常采用国际单位(SI)制中的牛顿来度量。牛顿简称牛(N),1000牛顿简称千牛(kN)。

(2) 力的方向,就是力作用的方位和指向。例如,我们说火箭垂直朝上发射,这里垂直是方位,朝上是指向。

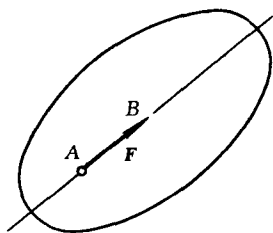


图 1-1 力的作用线

(3) 力的作用点,就是力作用的部位。实际上,当两个物体直接接触而产生力的作用时,力是分布在一定的面积上的。如用手去推车时,力分布在手与车相接触的面积上,只是当接触面积相对地较小的时候,可以抽象地看作集中于一点,这样的力称为集中力。这个点称为力的作用点。不能看作集中力的称为分布力,分布力又可以分为面分布力和体分布力。面分布力分布于两物体相接触的表面上,而体分布力则分布于物体内部的

每一点上,地球吸引物体的重力就是体分布力的具体例子。

像力这样具有大小与方向的物理量,总是可以用一个几何图像“矢”来表示。“矢”是带有箭头的线段,本书中用某一粗体字母来表示该矢,而用细体字表示该矢的

大小,如图 1-1 所示。线段的长度,按一定的比例尺表示这个力的大小,线段的方位以及箭头指向表示它的方向,线段的起点 A 或终点 B 表示力的作用点。通过力的作用点沿力方位的直线称为力的作用线(如图 1-1 所示的直线)。

由一些力组成的一群力称为力系,如果某一力系作用到原来平衡的任一刚体上,而刚体仍然处于平衡,则此力系称为平衡力系。

在研究力系的平衡条件时,我们总是先把力系加以合成或者简化。也就是说,用比较简单的力系来代替原来的力系。经过合成或简化之后,我们将很容易地得出力系的平衡条件。

1.2 静力学公理

静力学的全部理论建立在下面四个公理的基础上。

1.2.1 两力平衡公理(公理一)

作用在同一刚体上的两个力,它们使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力等值、反向、共线。

设一刚体受到 F_1, F_2 两个力作用而平衡,如图 1-2 所示。这两个力的作用线必定与两力作用点 A, B 的连线重合;此时,这两个力的大小相等,指向相反,构成一平衡力系。

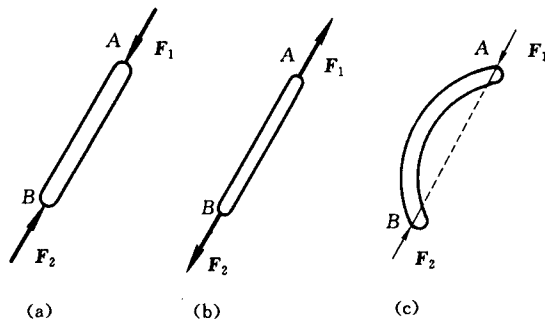


图 1-2 二力平衡

图 1-2(a)所示的两个力将使杆有压缩趋势,称为压杆。图 1-2(b)所示的两个力将使杆有拉伸趋势,称为拉杆。在工程结构中,常有仅在两端各作用一个力的平衡杆(构件),通常称为二力杆(二力构件),如图 1-2(c)中所示。

1.2.2 力的平行四边形公理(公理二)

作用在物体上同一点的两个力可合成为作用在该点的一个合力,其大小和方向可由这两个力矢为邻边所作的平行四边形的对角线表示。现以矢量方程式表示为

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

即合力 $\mathbf{F}_R$ 等于 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 这两力的矢量和, 这称为力的平行四边形公理, 如图 1-3(a) 所示。有时, 也可用三角形法则表示两个力合成一个合力的矢量 $\mathbf{F}_R$, 如图 1-3(b) 所示。三角形法则与分力的次序无关, 即也可先作 $\mathbf{F}_2$, 再从 $\mathbf{F}_2$ 的终点作 $\mathbf{F}_1$, 所得结果相同。

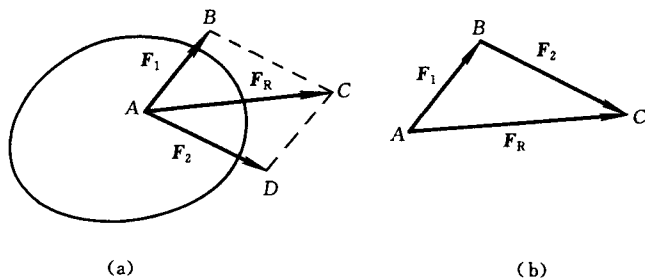


图 1-3 力的平行四边形公理与三角形公理

1.2.3 加减平衡力系公理(公理三)

在刚体上某一已知力系加上或减去任何一个平衡力系后与原力系等效。根据这一公理和公理一可以得到作用于刚体上的力的一个重要推论:即作用于刚体上的力, 可以沿其作用线任意移动, 而不改变对刚体的效应。这一性质称为力的可传性原理。

例如, 作用力 $\mathbf{F}_A$ 作用于小车上 A 点, B 为其作用线上任意一点(图 1-4), 今在 AB 线 B 点加上等值、反向的两个力 $\mathbf{F}_B$ 与 $\mathbf{F}'_B$, 并令其大小都等于 $\mathbf{F}_A$, 由于 $\mathbf{F}_B$ 与 $\mathbf{F}'_B$ 为平衡力系, 所以, 加上之后不改变 $\mathbf{F}_A$ 对刚体的原有效应, 同时看到, 在 $\mathbf{F}_B$, $\mathbf{F}'_B$, $\mathbf{F}_A$ 三个力组成的力系中, $\mathbf{F}_A$ 与 $\mathbf{F}'_B$ 也是一个平衡力系。因此, 除去这两个力, 也不改变 $\mathbf{F}_A$ 对刚体的原有效应。除去 $\mathbf{F}_A$ 与 $\mathbf{F}'_B$ 后, 剩下一个作用于 B 点的 $\mathbf{F}_B$, $\mathbf{F}_B$ 与 $\mathbf{F}_A$ 具有相同的作用线、相同的大小和相同的指向, 这就相当于把原来作用于 A 点的力 $\mathbf{F}_A$, 沿着作用线传到了任意一点 B。力 $\mathbf{F}_A$ 推车或拉车将得到同样的效果, 是这一原理的实践验证。

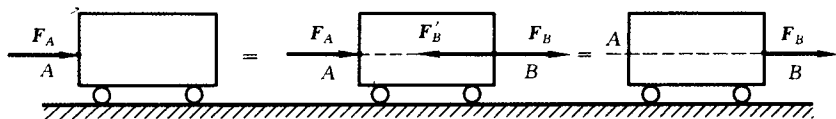


图 1-4 力的可传性原理

根据这个原理可以看到, 就力对刚体的效应而言, 或者说, 不考虑力对物体的内效应时, 力为滑动矢量。应该注意的是, 力的可传性原理, 只适用于刚体。如果考虑到力对物体的内效应, 即考虑到物体的变形时, 力就不能任意移动, 也就是说, 力的可

传性原理不适用。

根据上述公理可以得到作用于刚体上的力的另一个重要推论：刚体受三力作用而平衡，若其中两力相交，则此三力共面共点，这一性质称为三力平衡汇交定理。

求证如下：设刚体受到 F_1, F_2, F_3 三力作用而平衡，其中， F_1, F_2 的作用线通过力的可传性力交于 O 点，如图 1-5 所示。我们知道，这两个力的一合力 F_R 应通过两力的交点，于是，刚体在 F_3 与 F_R 作用下平衡。据两力平衡必须共线的条件知道， F_3 作用线必须与 F_R 的作用线重合，亦即 F_3 的作用线也必定通过 O 点。于是 F_1, F_2, F_3 应共面共点而组成平面共点力系。

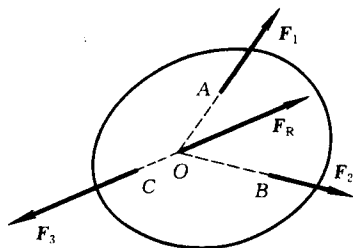


图 1-5

1.2.4 作用与反作用公理(公理四)

两物体上相互作用的一对力，它们必定同时存在且等值、反向、共线。这一公理，也就是牛顿运动三定律中的第三定律。

我们已经知道，力是两个物体之间的作用。这条公理进一步指出了两物体间所发生的作用一定是相互的，亦即当物体 A 对物体 B 具有一个作用力的同时，物体 B 对物体 A 一定有一个反作用力存在。当然，作用力与反作用力这两个等值、反向、共线的力是分别作用在两个物体上的，因此，这不是一对平衡力。

1.3 约束和约束反力

当一个物体不受任何限制在空间自由运动(例如，可在空中自由飞行的小鸟)，则此物体称为自由体；反之，如一个物体受到一定的限制，使其在空间沿某些方向的运动成为不可能，则此物体称为非自由体。那些阻碍非自由体运动的限制，在力学中称为约束。当物体沿着约束所能阻碍的方向有运动趋势时，约束对该物体就有阻碍运动的力作用，这种作用力称为约束反力，简称反力。约束反力的方向总是与约束所能阻碍物体运动的方向相反。在力系中有些力能主动地使物体运动或使物体有运动趋势，这种力称为主动力。例如，物体的重力、水压力、风力等都是主动力，工程中也称为荷载。通常主动力都是已知的，而约束反力通常是未知的。在静力学中，这些未知量都需用平衡条件来求出。并且约束反力的作用点就是约束与被约束物体之间的接触点。

工程上常见的几种约束及其约束反力的特性介绍如下：

1.3.1 柔体约束

由绳索(或链条)等柔软物体所构成的约束称为柔体约束。柔体约束只能阻止物

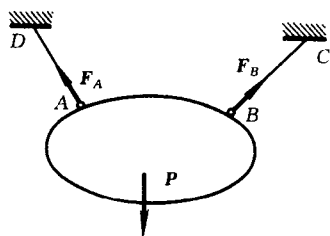


图 1-6 柔性约束

体上与绳索连接的一点沿绳索中心线离开绳索方向的运动。所以,绳索对物体的约束反力一定作用在物体与绳索的连接点上,方位沿绳索的中心线,其指向背离物体。也就是说,绳索只能承受拉力,而不能承受压力或其他方向的力。图 1-6 中所示的 F_A 和 F_B 分别为绳索 AD 和 BC 对物体的约束反力。

1.3.2 刚体约束

1. 光滑接触

在相互接触的物体上,如果接触处很光滑,摩擦力很小可忽略不计,则这种接触称为光滑接触。

这类约束只能限制物体与光滑面接触点的法线方向往约束内部的运动,但不能限制物体在切线方向运动。所以,光滑接触面的约束反力通过接触点,方向沿光滑面接触点处的法线并指向被约束的物体(即为压力)。

如图 1-7(a)所示的圆球搁置在光滑面上,则光滑面对圆球的约束反力为 F 。又如图 1-7(b)所示直杆 AB 在 B, C 处分别受光滑水平面和铅垂面的约束,其约束反力分别垂直于水平面和铅垂面如图示 F_B, F_C ,而直杆搁置在 A 点上,对直杆的约束反力则垂直于直杆的光滑线,指向直杆的内部如图示 F_A 。

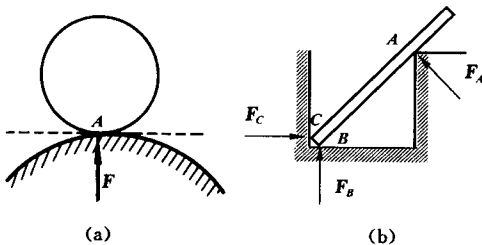


图 1-7 光滑接触

2. 圆柱形铰链与铰链支座

工程上常用一圆柱形销钉将两个或更多的构件连接在一起。采用的办法是连接处各钻一直径相同的圆孔,用圆柱形销钉插入使之连接在一起,这样就构成所谓圆柱形铰链约束如图 1-8(a), (b) 所示,图 1-8(c) 是图 1-8(b) 的简图。设销钉与圆孔的接触是光滑的,则这种约束只能限制被约束构件在垂直于销钉轴线平面内任意方向

的移动,但不能限制构件绕销钉的转动和沿其轴线方向的移动。由于销钉与构件的接触是光滑的,所以销钉对构件的约束反力作用在构件圆孔与销钉的接触点公法线上,并垂直于销钉轴线与通过销钉中心,但方向不能预先定出如图 1-8(d),在进行计算时,为了方便,通常用两个互相垂直且通过销钉中心的分力 F_x 和 F_y 来代替原来 F 和 θ 这两个未知量(图 1-8(e))。 F_x 和 F_y 的指向可以任意假定。

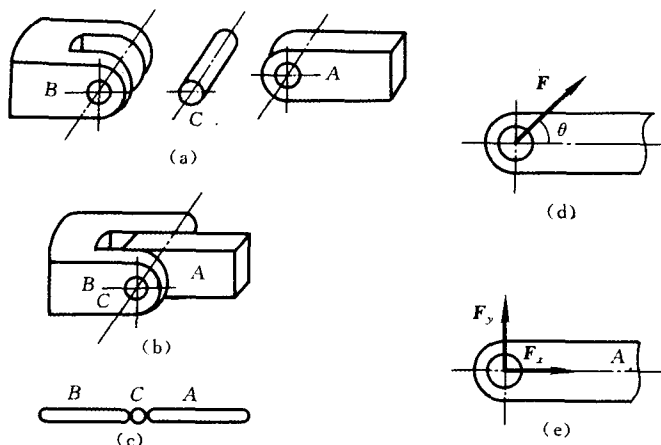


图 1-8 圆柱形铰链

用圆柱形铰链连接的两个构件中,如果有一个固定不动,就构成铰链支座,也称固定铰支座如图 1-9(a)。这种支座约束的性质与圆柱形铰链约束的性质相同,其约束反力可用 F_x 和 F_y 表示如图 1-9(c)所示。

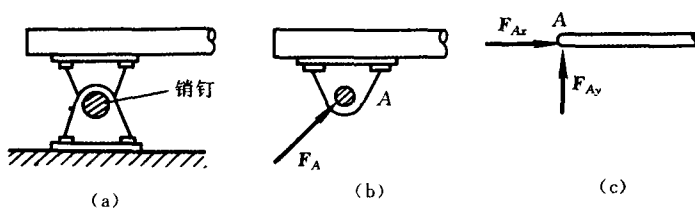


图 1-9 固定铰支座

3. 辊轴支座

为了保证构件变形时既能发生微小转动,又能发生微小移动,在工程上常采用辊轴支座,如图 1-10(a)所示。设各接触处为光滑,则这种支座只能阻止构件上的 A 点在垂直于支承面方向向下运动。在附加特殊装置后,也能阻止其向上运动。因此,辊轴支座的约束反力垂直于支承面且通过销钉中心,其大小和指向待定。辊轴支座的简图及其约束反力的表示如图 1-10(b),(c)所示,图中辊轴支座反力 F_A 的指向是假定的,其正确性可根据以后的计算结果来判定。

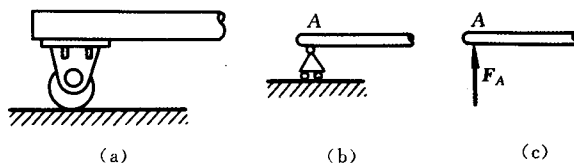


图 1-10 辊轴支座

4. 链杆

自重不计的直杆在两端分别用光滑销钉与其他两物体连接起来,即称为链杆约束(图 1-11(a))。链杆的杆中不受其他力作用,根据两力平衡公理可知销钉 A, B 对链杆的力一定是大小相等、方向相反且沿着链杆的中心线,即链杆为两力杆。作用在链杆上力的指向是可假定的,链杆的简图及约束反力如图 1-11(d), (e) 所示。

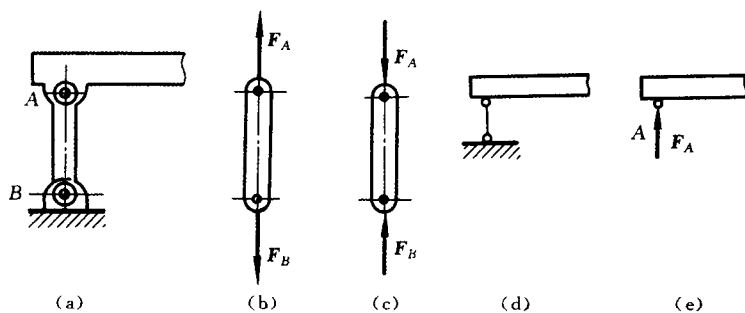


图 1-11 链杆

5. 球铰支座

将物体的一端制成球状,并置于与基础固结具有球形凹窝的固定支座中,又在球心部增加一块封板而构成球铰支座(图 1-12(a)),简称球铰。

若接触面是光滑的,则球形铰链支座只能限制物体上的圆球离开球心的任何方向移动,但不能阻止绕球心的转动。所以约束反力垂直于球面,通过球心,但方向不能预先决定,为计算方便,可取三个相互正交的分力 F_x, F_y, F_z 来表示。球形铰链支座的简图及约束反力如图 1-12(b), (c) 所示。

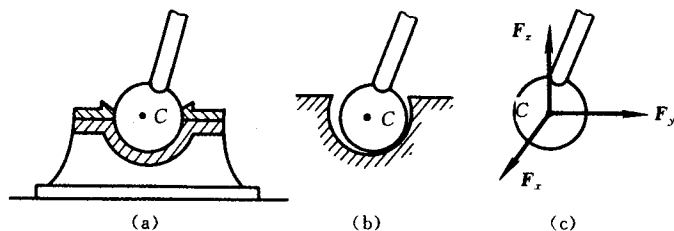


图 1-12 球铰支座

除了以上介绍的几种约束外,还有一些其他形式的约束,在以后学习遇到时再介绍。事实上,在工程问题中需要对实际约束的构造及其性质进行分析,分清主次,略去一些次要因素,就可能将实际约束简化为属于上述约束形式之一。

1.4 物体的受力和受力图

在研究静力学问题或动力学问题时,一般都需要根据已知条件和待求量从与问题有关的许多物体中,选取某一物体(或几个物体的组合)作为研究对象,分析物体受哪些力作用,即对物体进行受力分析。为了分析物体的受力情况,往往设想把研究的物体所受到的约束全部解除,单独画出所研究的物体,并将解除的约束用相应的约束反力来代替,而且画上作用在物体上所有的主动力,这样的图形称为受力图,或称示力图。

物体的受力图是描述某一物体(或物体系统)全部受力情况的简图。画受力图时,必须注意以下几点:

(1) 明确研究对象。根据求解需要选取单个物体或多个物体为研究对象,把所要研究的对象从周围物体的联系中分离出来,单独画出它的简图,这种简图又称分离体图。

(2) 将所研究的对象画上已知的主动力,并根据约束类型,正确画约束反力。切不可按主动力的方向去主观臆测约束反力的方向。

(3) 当分析两物体间相互的作用力时,应遵循作用与反作用公理。若作用力的方向一旦假定,则反作用力的方向与之相反。

(4) 在以整体结构为研究对象时,仅画外部物体对研究对象的作用外力,不必画出成对的内力。

(5) 受力图是力学分析中重要的环节,若受力图画错了,分析和计算必然导致错误的结果。因此,应认真对待,反复练习。

例 1-1 由梁 AB 、杆 BC 组成的托架与墙壁来支承重力为 P 的电机,如例 1-1 图(a)所示。梁、杆自重不计,试分别画出各刚体的受力图。

解 (1) 以简单的二力杆 BC 为研究对象,假设杆受压,画出受力图如例 1-1 图(b);

(2) 以水平梁 AB 与电机为研究对象作受力图,可先画主动力 P ;再画反作用力 F'_{BC} 与固定铰支座 A 处的约束反力(例 1-1 图(c));

(3) AB 梁与电机的受力图也可以运用三力平衡汇交定理画成如例 1-1 图(d), D 点是三力汇交点;

(4) 各约束反力的指向可先假设,以后按平衡条件确定实际指向。对整体受力图 A 、 C 的约束反力表示是相同的。

例 1-2 支架由杆 AC 、杆 CD 与滑轮 B 铰接组成。重物重力 P ,用绳子挂在滑轮上。如杆、滑轮及绳子的自重不计,如例 1-2 图(a)所示的结构,忽略各处的摩擦,试分别画出滑轮 B 、重物、杆 AC 和杆 CD 及整体的受力图。