

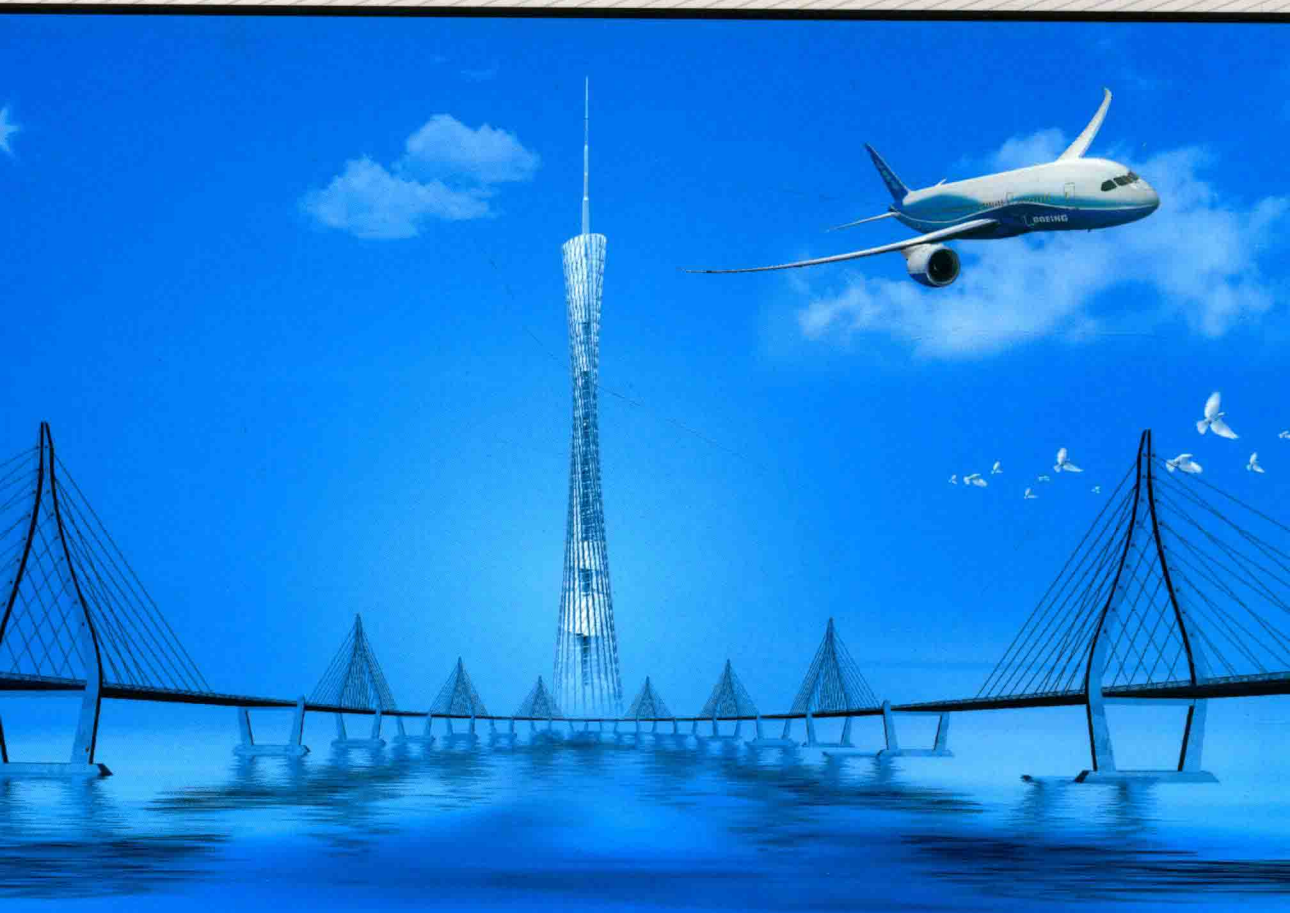
◀◀ 21世纪应用型高等院校机电类专业“十三五”规划教材 ▶▶

工程力学

GONGCHENG LIXUE

航空类、机电类专业适用

主 编◇符双学 李家宇
副主编◇林列书 乔 娟 袁忠大
主 审◇程秀全



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

21世纪应用型高等院校机电类专业“十三五”规划教材

工程力学

主 编 符双学 李家宇

副主编 林列书 乔 娟 袁忠大

主 审 程秀全



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/符双学,李家宇主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.8
ISBN 978-7-5680-2879-0

I. ①工… II. ①符… ②李… III. ①工程力学 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 108447 号

工程力学
Gongcheng Lixue

符双学 李家宇 主编

策划编辑:倪 非

责任编辑:舒 慧

封面设计:原色设计

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20

字 数:547 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:48.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

本书是为了适应我国应用型高等教育大力发展的需要、完善应用型高等教育教材的配套建设,参照教育部关于应用型高等教育(本科、高职)基础课程教学基本要求和专业人才培养目标及规格的主要精神组织编写的,可作为应用型本科院校、高职高专院校航空类、机电类各专业的教材。

本书分为3篇,共16章。其中:第1篇是刚体静力学部分,包括5章,主要介绍了静力学基本概念与受力分析、平面力系与平衡方程、空间力系与平衡方程等;第2篇是变形体静力学部分,包括7章,主要介绍了轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、圆轴扭转、梁的弯曲、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定等;第3篇是运动学和动力学部分,包括4章,主要介绍了构件运动学基础、点的合成运动与刚体的平面运动、质点和刚体动力学基础、动静法与动能定理等。各院校可以结合自身的学习需要和行业背景,选择其中的内容进行学习。

本书广泛吸取了航空类、机电类院校近年来力学课程教学改革的经验和好的做法,围绕培养技术应用型人才的目标,本着必需够用为度、理论推导从简、工程实用突出的原则,尽力使文字叙述简明、内容精炼、例题和习题选择与工程实际密切。本书在贯彻素质教育和培养应用能力方面具有以下鲜明特点:

(1) 全书贯穿了“建立力学模型”这条主线,突出了力学建模在课程中的主导作用,每一章均以工程实例及力学模型作开篇,对力学建模的重要性及工程应用意义进行了必要的叙述,弥补了现行教材中“理论模型”与“工程应用”结合不紧密的不足;

(2) 例题和课后习题的选取具有鲜明的特色,它们对课程知识基本上实现了全覆盖,而且具有一定的代表性。

参加本书编写工作的均是广州民航职业技术学院具有丰富一线教学经验的教师。具体分工为:符双学(绪论、第6章、第7章、第8章、第10章),李家宇(第4章、第9章、第12章),林列书(前言、第5章、第16章及附录B~D),乔娟(第1章、第2章、第3章、第11章),袁忠大(第13章、第14章、第15章、附录A)。

本书由符双学、李家宇担任主编,林列书、乔娟、袁忠大担任副主编,程秀全主审,符双学统稿。

在本书的编写过程中,广州民航职业技术学院张建超教授、田巨教授、雷曙光副教授、刘艺涛副教授、姜红英副教授、徐红波副教授、刘贵芳高级工程师、龚友根老师,江苏航空职业技术学院师平副教授、李跃东副教授给予了大力的支持和帮助,并提出了宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

本书可供各应用型本科院校、高职高专院校师生学习和使用,也可作为相关工程技术人员参考和学习的重要资料。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2017年6月

绪论	(1)
----------	-----

第 1 篇 刚体静力学

第 1 章 静力学基本概念与受力分析	(4)
1.1 力的基本概念和基本公理	(4)
1.2 常见约束及其力学模型	(7)
1.3 构件的受力分析	(10)
小结	(12)
【习题一】	(13)
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	(17)
2.1 力的投影和力的分解	(17)
2.2 平面汇交力系的合成与平衡	(18)
2.3 力对点之矩、合力矩定理	(21)
2.4 力偶、力偶系的合成与平衡	(23)
小结	(26)
【习题二】	(28)
第 3 章 平面任意力系	(33)
3.1 平面任意力系的简化	(33)
3.2 平面任意力系的平衡方程及其应用	(36)
3.3 均布载荷	(39)
3.4 物体系统的平衡	(40)
小结	(42)
【习题三】	(44)
第 4 章 摩擦	(48)
4.1 滑动摩擦	(48)
4.2 摩擦角与自锁现象	(49)
4.3 考虑摩擦时构件的平衡问题	(51)
4.4 滚动摩擦概念	(53)
小结	(54)
【习题四】	(55)
第 5 章 空间力系	(57)
5.1 力在空间直角坐标轴上的投影	(57)
5.2 力对轴之矩及合力矩定理	(59)

5.3 空间力系的平衡方程及其应用	(61)
5.4 物体的重心与平面图形的形心	(66)
小结	(71)
【习题五】	(73)

第2篇 变形体静力学

第6章 轴向拉伸与压缩	(78)
6.1 材料力学的基本概念	(78)
6.2 轴力和轴力图	(80)
6.3 轴向拉(压)杆截面上的应力计算	(83)
6.4 轴向拉(压)杆的变形	(84)
6.5 材料受拉(压)时的力学性能	(87)
6.6 轴向拉(压)时的强度计算	(91)
6.7 轴向拉(压)杆斜截面上的应力计算	(94)
6.8 应力集中的概念	(95)
小结	(95)
【习题六】	(96)
第7章 剪切与挤压	(102)
7.1 剪切	(102)
7.2 挤压	(105)
7.3 剪切与挤压的工程实例与计算	(107)
7.4 剪切胡克定律	(109)
小结	(110)
【习题七】	(111)
第8章 圆轴扭转	(114)
8.1 圆轴扭转的基本概念	(114)
8.2 圆轴扭转的应力	(118)
8.3 圆轴扭转的变形	(120)
8.4 圆轴扭转的强度和刚度准则	(121)
小结	(123)
【习题八】	(124)
第9章 梁的弯曲	(127)
9.1 平面弯曲的基本概念及梁的力学模型	(127)
9.2 弯曲的内力——弯矩与剪力	(130)
9.3 弯矩图和剪力图	(133)
9.4 弯矩、剪力与载荷集度之间的关系	(138)
9.5 弯曲梁横截面上正应力和强度的计算	(144)
9.6 组合截面的惯性矩	(147)
9.7 提高梁抗弯强度的措施	(152)
9.8 弯曲梁横截面上切应力简介	(154)

9.9	梁的变形与刚度的计算	(156)
9.10	简单超静定梁的解法	(161)
	小结	(163)
	【习题九】	(164)
第 10 章	应力状态与强度理论	(172)
10.1	应力状态概念	(172)
10.2	二向应力状态分析	(174)
10.3	广义胡克定律	(178)
10.4	强度理论	(179)
	小结	(181)
	【习题十】	(182)
第 11 章	组合变形	(185)
11.1	拉(压)与弯曲组合变形	(185)
11.2	弯曲与扭转组合变形	(187)
	小结	(190)
	【习题十一】	(191)
第 12 章	压杆稳定	(194)
12.1	压杆稳定的基本概念	(194)
12.2	压杆的临界力	(195)
12.3	压杆的临界应力	(197)
12.4	提高压杆稳定性的措施	(202)
	小结	(203)
	【习题十二】	(204)
第 3 篇 运动学和动力学		
第 13 章	构件运动学基础	(208)
13.1	点的运动学	(208)
13.2	刚体的平行移动	(214)
13.3	刚体的定轴转动	(215)
	小结	(218)
	【习题十三】	(219)
第 14 章	点的合成运动与刚体的平面运动	(223)
14.1	相对运动·牵连运动·绝对运动	(223)
14.2	点的速度合成定理	(224)
14.3	牵连运动为平移时点的加速度合成定理	(226)
14.4	刚体的平面运动	(228)
	小结	(238)
	【习题十四】	(239)
第 15 章	质点和刚体动力学基础	(242)
15.1	质点动力学基本方程	(242)

15.2	质心运动定理	(244)
15.3	动量定理	(246)
15.4	动量矩定理	(248)
15.5	刚体绕定轴转动的微分方程	(252)
	小结	(253)
	【习题十五】	(255)
第 16 章	动静法与动能定理	(257)
16.1	惯性力与动静法	(257)
16.2	刚体运动时惯性力系的简化	(260)
16.3	用动静法求轴承的动反力	(262)
16.4	动能定理	(263)
	小结	(270)
	【习题十六】	(271)
附录		(274)
附录 A	常见截面的几何性质	(274)
附录 B	梁在简单载荷作用下的变形	(282)
附录 C	常用的型钢表	(285)
附录 D	部分习题答案	(300)
参考文献		(311)

一、工程力学的研究对象

工程力学研究物体机械运动的一般规律以及构件承受载荷的能力。机械运动是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。平衡是机械运动的特殊情况。

工程中的结构元件、机器零部件等都可称为构件。构件在承受载荷或传递运动时,能够正常工作而不破坏,也不发生过大的变形,并能保持原有的平衡状态而不丧失稳定,这就要求构件具有足够的强度、刚度和稳定性。

二、工程力学的研究内容和任务

工程力学的任务是研究构件的几何组成规律,以及在载荷的作用下构件的强度、刚度和稳定性问题。构件正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求。

强度是指抵抗破坏的能力。满足强度要求就是要求构件在正常工作时不发生破坏。

刚度是指抵抗变形的能力。满足刚度要求就是要求构件在正常工作时产生的变形不超过允许范围。

稳定性是指构件保持原有的平衡状态的能力。满足稳定性要求就是要求构件在正常工作时不突然改变原有的平衡状态,以免因变形过大而破坏。

本书包含刚体静力学、变形体静力学及运动学和动力学三部分内容。

刚体静力学研究力作用于物体时的外效应,其主要内容有:

- ① 受力物体平衡时作用力应满足的条件;
- ② 研究物体受力的分析方法及力系简化的方法等。

变形体静力学研究物体在力的作用下的内效应,研究对象是变形固体,其主要内容有:

- ① 研究构件在外力作用下的内部受力、变形和失效的规律;
- ② 提出保证构件具有足够强度、刚度和稳定性的设计准则和方法。

运动学研究物体运动的几何性质(如轨迹、速度、加速度等),**动力学**研究物体机械运动的变化与作用在物体上的力之间的关系。

三、工程力学的研究方法

研究科学的过程就是认识客观世界的过程。任何正确的科学研究方法一定要符合辩证唯物主义的认识论。工程力学正是遵循这个正确的认识规律而进行研究和发展的。

工程力学对生产实践起着重要的指导作用,为工程中构件的设计和计算提供了简便、实用

的方法,同时又为生产技术的发展所推动,两者是相互促进、共同发展的。对于工程实际中的问题,应该运用科学、抽象的方法加以综合分析,再进行实验和严密的数学推理,从而得到工程中适用的理论公式,以指导实践,并为实践所检验,即从实践到理论,再由理论回到实践,通过实践进一步补充和发展理论,然后再回到实践,循环往复,逐步发展。

四、工程力学在专业学习中的地位和作用

工程力学是航空、机械、化工、轻工、纺织、电力、冶金、地质、建筑、环境工程等专业的技术基础课。这门课程讲述了力学的基础理论和基本知识,以及处理工程中的力学问题的基本方法,它在专业课与基础课之间起桥梁作用。

学习工程力学不仅要深刻理解力学的基本概念和基本定律,并且要熟练地掌握由基本概念和基本定律推导出的解决工程力学问题的定理和公式,同时要注意培养自己处理工程力学问题的能力。认真读书、演算一定数量的习题、注意联系专业中的力学问题是学好工程力学的重要途径。

“实践是检验真理的唯一标准”。工程力学的全部理论是前人经过长期实践总结出的客观规律,我们的任务是认识它、掌握它,让它为社会主义建设事业服务,它将通过我们在各个实际工程中的应用和实践得到进一步的充实和完善。

第 1 篇

刚体静力学

1

刚体静力学是研究物体处于静止(平衡)时的受力的学科,从引入力、刚体、平衡等基本概念入手,引入静力学基本公理,并在此基础上深入地讨论物体的受力分析、力系的等效简化、物体在力系作用下的平衡条件等基本问题。在以上问题的分析中,采用由浅入深、由简单到复杂的顺序,在简单、特殊力系的基础上研究一般复杂力系的合成与平衡。



本章将介绍静力学的基本概念、基本公理,并阐述工程中几种常见的典型约束和约束力的分析,最后介绍物体受力分析的基本方法及受力图,它是解决力学问题的重要环节,必须予以重视。

◀ 1.1 力的基本概念和基本公理 ▶

一、刚体

刚体是指在力的作用下不变形的物体,即刚体内部任意两点间的距离保持不变。刚体是一个理想化的模型。实际上,任何物体在力的作用下或多或少都会产生变形。在工程实际中,物体的变形一般都非常微小,在很多情况下,当变形对所研究的问题没有实质性影响时,物体的变形可以忽略不计。将物体抽象为刚体,这将使所研究的问题大为简化。静力学的主要研究对象是刚体,所以又称之为刚体静力学。

二、平衡

平衡是物体机械运动的一种特殊状态。平衡只是相对的、暂时的,因为一切物体无不在永远运动着。在一般工程技术问题中,平衡就是指物体相对于地球保持静止或匀速直线运动的状态。例如,房屋、桥梁、工厂中的各种固定设备及作匀速直线运动的车辆等,都处于平衡状态。

三、力的概念

1. 力的定义

力是物体间相互的机械作用,它可以使物体的机械运动状态发生改变或使物体产生变形。前者称为力的外效应或运动效应,例如使物体由静止到运动;后者称为力的内效应或变形效应,例如使梁发生弯曲。

2. 力的三要素

力的三要素分别是力的大小、方向、作用点。大量实践证明,力对物体的作用效应取决于力的三要素,当其中任意一个要素发生改变时,力的作用效应将改变。

力是矢量,可以用带箭头的直线段表示,如图 1.1 所示。该线段的长度按一定的比例尺绘出,用来表示力的大小;线段的箭头指向表示力的方向;线段的起点或终点表示力的作用点;矢量所在的直线表示力的作用线。一般规定用黑体字母 $\mathbf{F}$ 表示力矢量,而用普通字母 F 表示力的大小。在国际单位制(SI)中,力的单位是牛顿(N)或千牛(kN), $1\text{ kN}=1\,000\text{ N}$ 。

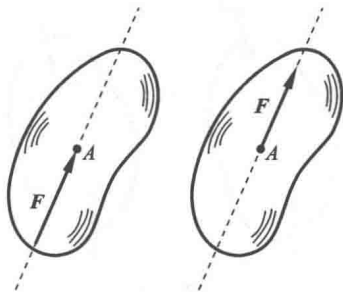


图 1.1

力的大小表示物体间相互机械作用的强度,它可以通过力的作用效应的大小来度量;力的方向指的是静止物体在该力的作用下开始运动的方向;力的作用点是指力作用在物体上的位置。实际上,当两个物体相互作用时,接触处总有一定的面积,因此力总是作用在一定的面积上的。

如果力的作用面积相对于物体的几何尺寸很小,则可以将力的作用面积抽象为一个点,那么这种作用于一点的力称为**集中力**,该点称为力的作用点。如图 1.2(a)所示,绳索作用在箱子上的拉力可以抽象为集中力,力的作用点为绳索与箱子的接触点 A 。如果力的作用面积比较大,就将该力称为**分布力**。如图 1.2(b)所示,梁受到楼板的均匀压力作用。分布力作用的强度用单位面积上力的大小 q 来度量。 q 称为**载荷集度**,其单位为 N/m^2 或 kN/m^2 。如果力是分布在狭长面积或体积上的,那么这种力称为**线分布力**,其载荷集度 q 的单位为 N/m 或 kN/m 。分布力的分布规律一般比较复杂,在研究问题时需要进行简化。

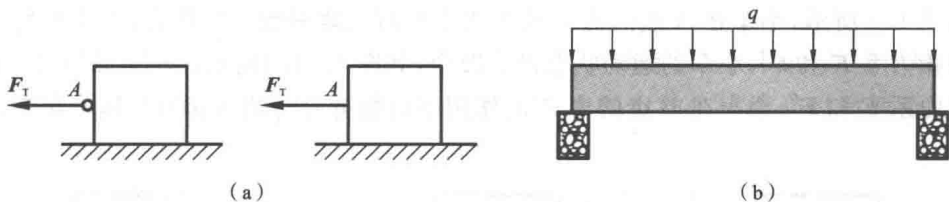


图 1.2

3. 力系

力系是作用在物体上的若干个力的总称。如果物体在一力系的作用下保持平衡状态,则该力系称为**平衡力系**。若两个力系分别作用于同一物体而效应相同,则这两个力系称为**等效力系**。若力系与一个力等效,则此力称为该力系的**合力**,而力系中的每个力称为该合力的**分力**,合力用 $\mathbf{F}_R$ 表示。

四、静力学基本公理

公理是人们在长期的生活和生产实践中,经过反复观察和实验总结出来的客观规律。它可以在实践中得到验证,无须证明而为大家所公认。静力学公理是力的基本性质的概括和总结,静力学的全部理论都是以这些公理为基础的。

公理一 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充分必要条件是:这两个力大小相等、方向相反,并作用在同一条直线上(简称**等值、反向、共线**)。

两个平衡力构成了最简单的平衡力系。图 1.3 表示了二力平衡的两种情形。刚体在 A 、 B 两点分别受到力 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的作用而处于平衡,那么力 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的作用线一定过 A 、 B 两点的连线,且

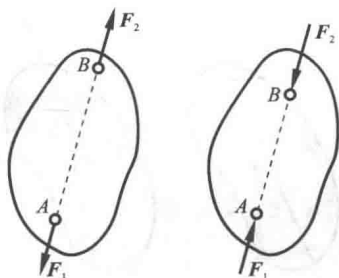
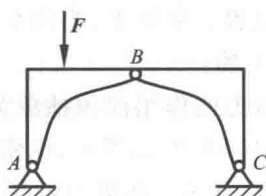


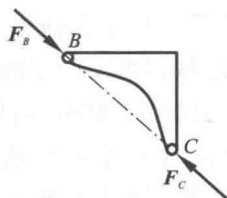
图 1.3

大小相等、方向相反。工程实际中,一些构件的自重和它所承受的载荷比较起来很小,可以忽略不计。本书中的构件没有特别说明或没有表示出自重的,一律按不计自重处理。

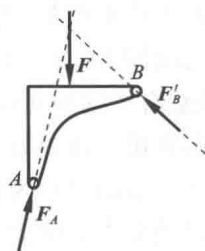
工程中,将受到两个力而平衡的构件称为二力构件或二力杆。由公理一可知,作用在二力构件上的两个力一定沿作用点的连线方向,如图 1.4 所示的刚架。当忽略重力时,BC 杆就可以看作二力构件,其受力如图 1.4(b)所示。



(a)



(b)

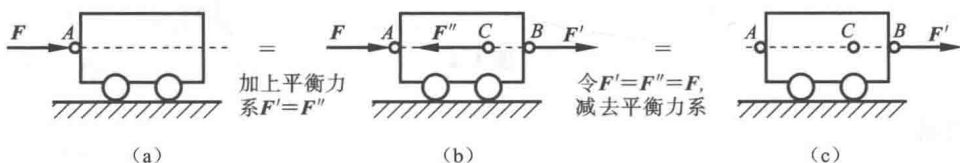


(c)

图 1.4

公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任何一个力系上加上或减去任何平衡力系,并不改变原力系对刚体的外效应。如图 1.5 所示,小车在 A 点的力 F 的作用下保持匀速直线运动状态,在小车的 B、C 两点加上一平衡力系 F' 和 F'' ,小车的运动状态没有改变,如图 1.5(b)所示;令 $F=F'=F''$,在小车上减去平衡力系 F 和 F'' ,小车在 B 点的力 F' 的作用下仍保持原有的匀速直线运动状态,如图 1.5(c)所示。



(a)

(b)

(c)

图 1.5

这是因为一个平衡力系对刚体的平衡或运动状态没有影响。该公理是简化力系的重要理论依据。根据这一公理可以导出一个重要的推论。

推论 力的可传性原理

作用于刚体上的力,可沿其作用线移动至刚体内的任一点而不改变该力对刚体的外效应。由图 1.5 可以看出, A 点的力 F 沿其作用线移动到 B 点,小车仍保持原来的匀速直线运动状态。

由此原理可知,力对刚体的外效应取决于力的大小、方向、作用线。必须指出,公理二及其推论只适用于刚体。

公理三 作用与反作用公理

两物体间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、作用线相同,分别作用在两个物体上,简述为等值、反向、共线。

作用力与反作用力是互相依存、同时出现、共同消失的,它们分别作用在不同物体上。因此,在分析物体受力时,必须明确施力物体和受力物体。这与同一刚体上作用有两个力的平衡

条件问题完全不同,不能把作用力和反作用力视为一组平衡力。

公理四 平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力可以合成为仍作用于该点的一个合力,合力的大小和方向由以此二力为邻边所构成的平行四边形的对角线矢量来表示。

如图 1.6(a)所示,合力矢量 F_R 等于两个力 F_1 、 F_2 的矢量和,即

$$F_R = F_1 + F_2$$

力的平行四边形也可以作成力的三角形,如图 1.6(b)、图 1.6(c)所示。

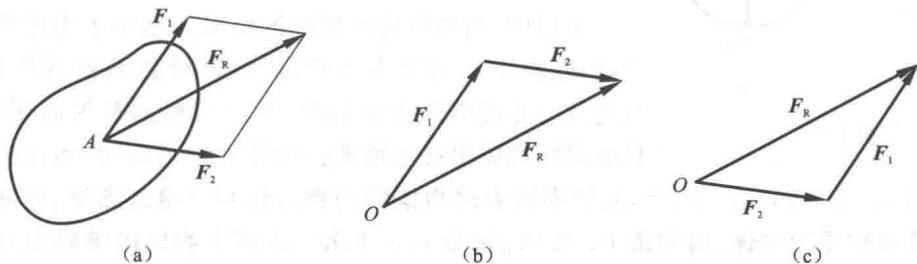


图 1.6

推论 三力平衡汇交原理

作用于刚体上同一平面内互不平行的三个力,使其平衡的必要条件是:三个力的作用线汇交于同一点。

工程中,将作用有三个力而处于平衡的构件称为三力构件。三力构件的三个力的作用线交于一点。若已知两个力的作用线,则可以确定另一个未知力的作用线必过前两个力作用线的交点。

图 1.4(a)中的 AB 杆为三力构件,其 B 点所受的力与 BC 杆 B 点所受的力互为作用力与反作用力。所以,通过延长力 F 和 F'_B 的作用线可找到交点,则 A 点所受的力的作用线也通过该交点,这样就可以确定力 F_A 的作用线。AB 杆的受力如图 1.4(c)所示。

1.2 常见约束及其力学模型

凡是可以在空间作任意运动的物体称为自由体,如在空中飞行的飞机、火箭等;凡是因受到周围物体的阻碍、限制而不能作任意运动的物体称为非自由体,如工程和实际生活中的大多数物体。所谓约束,又称为约束体,就是限制物体运动的周围物体。例如,书放在光滑的桌面上,桌面就是书的约束,它阻碍了书沿重力方向的向下运动。约束对物体的作用实质上就是力的作用。约束作用在物体上的力称为约束力或约束反力。除了约束力外,物体上受到的各种载荷,如重力、风力、切削力等是促使物体运动或有运动趋势的力,称为主动力。

下面介绍工程中常见的几种约束类型和确定约束力的方法。

一、柔体约束

工程中的绳子、钢索、链条等柔体都属于这一类约束。如图 1.7(a)所示,由于柔软的绳索本身只能承受拉力,而不能承受压力,所以它给物体的约束反力也只能是拉力,如图 1.7(b)所

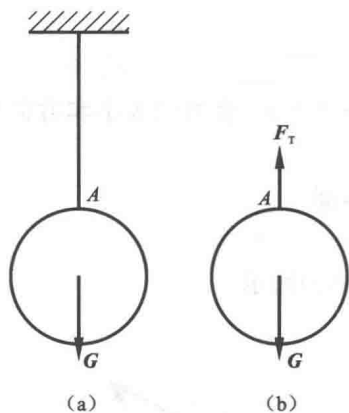


图 1.7

示。因此,柔体对物体的约束力作用在接触点,方向沿着柔体背离受力物体。通常用 F_T 表示柔体约束力。

链传动或皮带传动中,链条和皮带也承受拉力,当它们绕过轮子时,约束力沿轮缘的切线方向背离轮子,如图 1.8 所示。

二、光滑面约束

工程中,当物体接触面间的摩擦力远小于物体所受的其他力时,摩擦力可以略去不计,这样的接触面被看作是光滑面。当物体与光滑面约束接触时,不论接触面是平面还是曲面,都只能限制物体沿接触面的公法线方向的运动,而不能限制物体

沿接触面切线方向的运动。因此,光滑面约束对物体的约束力作用在接触点处,方向沿接触面的公法线并指向受力物体,通常用 F_N 表示,如图 1.9 所示。当两个物体的接触点处有一物体无法线时,约束力沿另一物体的法线方向,如图 1.10 所示。

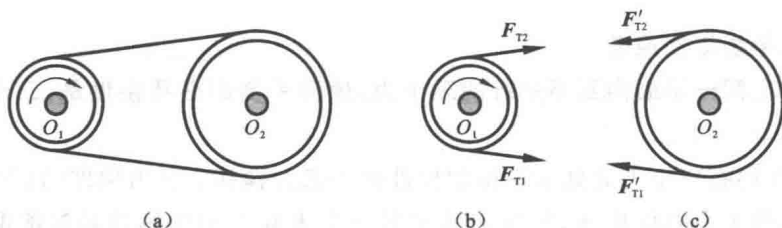


图 1.8

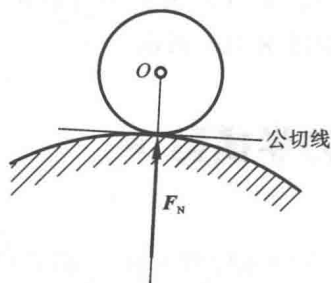


图 1.9

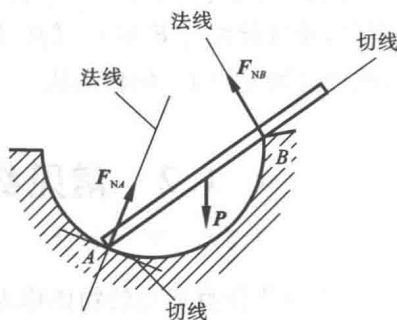


图 1.10

三、铰链约束

用来连接两构件的装置或零件称为铰链,如图 1.11(a)中的销钉。忽略销孔和销钉的变形及摩擦力,得到刚性光滑铰链。铰链约束通常用图 1.11(b)所示的平面简图表示。

(1) 中间铰:销钉只限制两构件的相对移动,而不限制构件绕销钉的相对转动。

(2) 固定铰支座:将销钉连接的两构件中的一个固定于地面(或机架)上,就构成了固定铰支座。如图 1.11(c)所示,固定铰支座限制了构件销孔端的随意移动,而不限制构件绕销钉的转动。

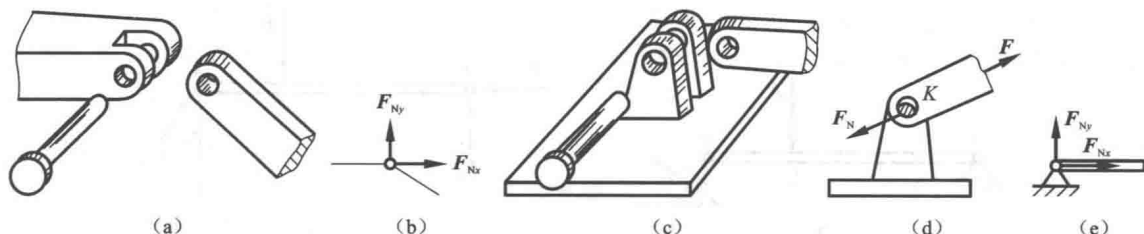


图 1.11

图 1.11(d)所示的销钉与销孔在构件主动力的作用下,是两个圆柱光滑面在 K 点的点接触,其约束力必沿接触面在 K 点的公法线方向,且过铰链的中心。由于主动力的作用方向不同,构件与销钉的接触点 K 就不同,所以约束力的方向不能确定。

综上所述,中间铰和固定铰支座的约束力过铰链的中心,但方向不确定,通常用两个正交的分力 F_{Nx} 、 F_{Ny} 来表示,如图 1.11(e)所示。

必须指出的是,当中间铰和固定铰支座约束的是二力构件时,其约束力满足二力平衡条件,沿两约束力作用点的连线,且方向是确定的。

为了方便分析计算,当中间铰或固定铰支座约束的不是二力构件时,无论其约束力是否确定,都用正交分力表示。如图 1.12(a)所示, AB 、 BC 杆均不计自重。 AB 杆的中点作用有外力 F , BC 杆的 B 端受到中间铰约束,约束力的方向不确定,其 C 端受到固定铰支座约束,约束力的方向不确定,但 BC 杆受此二力作用而处于平衡, BC 杆是二力构件,该二力必过 B 、 C 两点的连线,如图 1.12(b)所示。

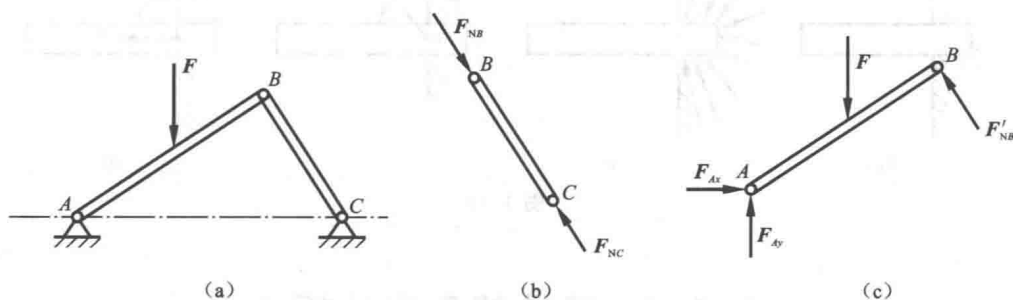


图 1.12

AB 杆在 A 、 B 两点受力,并受外力 F 的作用而处于平衡, AB 杆是三力构件。力 F 的方向已确定, AB 杆在 B 点受到 BC 杆 B 端的反作用力 F'_{NB} , 该力的方向也已确定。 A 端固定铰支座的约束力用正交分力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 表示,如图 1.12(c)所示。

(3) 活动铰支座:在固定铰支座的下边安装滚珠,就构成了活动铰支座,如图 1.13(a)所示。活动铰支座只限制构件沿支承面法线方向的运动,所以活动铰支座约束力的作用线过铰链中心,且垂直于支承面,一般按指向构件画出,用符号 F_N 表示。图 1.13(b)为活动铰支座的几种力学简图及约束力画法。

如图 1.14(a)所示, AB 杆受主动力 F 的作用,其 A 、 B 两端铰支座的约束力如图 1.14(b)所示。

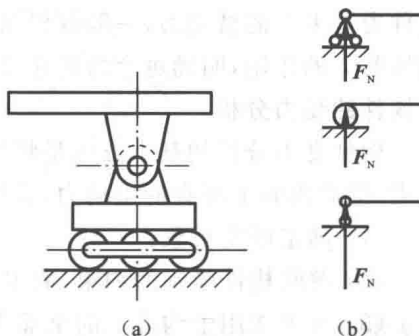


图 1.13