

力学系列教材

理论力学

Theoretical Mechanics

杨晓华◎主 编

◆理论力学◆

◎理论力学是机械运动及物体间相互机械作用的一般规律的学科，也称经典力学。是力学的一部分，也是大部分工程技术科学理论力学的基础。其理论基础是牛顿运动定律，故又称牛顿力学。

理论力学从变分法出发，最早由拉格朗日《分析力学》作为开端，引出的拉格朗日力学体系、哈密顿力学体系、哈密顿-雅克比理论等。是理论物理学的基础学科。



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

理论力学

主 编 杨晓华

副主编 尹久仁 黎永索 张亦静

参 编 汤繁华 熊洪波 黄润德

主 审 龙卫国



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

理论力学 / 杨晓华主编. —杭州:浙江大学出版社, 2012.6

ISBN 978-7-308-10041-0

I. ①理… II. ①杨… III. ①理论力学—高等学校—教材 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 110706 号

理论力学

杨晓华 主编

责任编辑	邹小宁
文字编辑	陈舒洁
封面设计	王聪聪
出版发行	浙江大学出版社 (杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007) (网址: http://www.zjupress.com)
排 版	杭州教联文化发展有限公司
印 刷	浙江云广印业有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	27
字 数	674 千
版 印 次	2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-308-10041-0
定 价	48.60 元

版权所有 翻版必究 印装差错 负责调换

前 言

理论力学是研究物体机械运动规律的科学,是现代工程技术的基础,是高等学校各工科专业一门重要的技术基础课,在许多工程技术领域中有着广泛的应用。理论力学课程的教学一般安排在本专科学学习的初期,是系统地引导学生结合工程实际的第一门理论课程,其重要性不言而喻。通过本课程的学习,要求学生掌握质点、质点系和刚体机械运动(包括平衡)的基本规律和研究方法,学会应用理论力学的理论和方法分析、解决一些简单的工程实际问题;同时培养学生建立力学模型的初步能力和辩证唯物主义的世界观。

本书是根据全国高等学校土木工程专业指导委员会 2001 年 11 月制定的土木工程专业本科培养目标组织编写的,包含静力学——研究物体平衡时作用力之间的关系;运动学——研究运动物体的几何性质(如轨迹、速度和加速度等);动力学——研究作用于物体上的力与运动变化之间的关系共三部分内容。编写中贯穿锻炼学生独立思考能力,适应培养应用型人才的主线,着重考虑了以下几个问题:

一、适当地提高理论力学的教学起点,以矢量运算和矢量分析为主线,全面、系统地论述静力学、运动学和动力学三部分的理论体系。

二、精简整个课程的教学内容,适当增加例题的数量,以适应不同专业、不同教学时数的要求。

三、力求把本课程的基本概念写得难确、通俗。把基本理论阐述得系统、清楚,把基本方法介绍得全面、明确。重点突出,易于掌握。注意加强分析方法(主要是受力分析、运动分析和解题思路的分析)的培养,注意加强综合应用方面的训练,注意加强课程内容与工程实际、生活实际的结合,逐步培养学生具备工程观念、将实际问题抽象化为力学模型的能力。内容安排上,由浅入深、循序渐进。章前有教学要求和教学难点,章后有大量精选习题,便于教学和自学。本教材适用于中、少学时(80~60学时),少学时可根据需要取舍。

本书编写人员长期担任理论力学的教学工作,书中融合了多年的教学经验与体会,是集体智慧的结晶。但由于水平有限,时间仓促,不妥之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2012 年 4 月

目 录

绪 论

第一篇 静力学

第 1 章 静力学基本概念及基本原理	9
1.1 力的概念	9
1.2 静力学公理	10
1.3 力的分解与力的投影	13
1.4 力矩	16
1.5 力偶及力偶矩	24
第 2 章 物体的受力分析	31
2.1 约束和约束力	31
2.2 物体的受力分析和受力图	38
第 3 章 平面力系	51
3.1 平面汇交力系	51
3.2 平面力偶系	58
3.3 平面任意力系	61
3.4 平面平行力系	68
第 4 章 物体系的平衡	78
4.1 静定和静不定问题	78
4.2 平面物体系平衡问题	80
4.3 平面简单桁架的内力计算	85
第 5 章 空间力系	99
5.1 空间简单力系	99
5.2 空间任意力系	104
5.3 重心	110

第 6 章 摩 擦	127
6.1 滑动摩擦	127
6.2 摩擦角与自锁现象	129
6.3 滚动摩阻	137

第二篇 运动学

第 7 章 点的运动学	151
7.1 矢径法	151
7.2 直角坐标法	152
7.3 自然法	155
第 8 章 点的合成运动	168
8.1 相对运动·牵连运动·绝对运动	168
8.2 点的速度合成定理	171
8.3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	175
8.4 牵连运动为定轴转动时点的加速度合成定理-科氏加速度	178
第 9 章 刚体的简单运动	192
9.1 刚体的平行移动	192
9.2 刚体绕定轴的转动	194
9.3 转动刚体内各点的速度和加速度	195
9.4 轮系的传动比	199
9.5 以矢量表示角速度和角加速度·以矢积表示点的速度和加速度	202
第 10 章 刚体的平面运动	211
10.1 刚体平面运动概述与运动分解	211
10.2 平面图形上各点的速度分析	213
10.3 用基点法求平面图形内各点的加速度	223
10.4 运动学综合应用举例	226

第三篇 动力学

第 11 章 质点动力学	245
11.1 动力学基本定律	245
11.2 质点运动微分方程	246

第 12 章 动量定理	258
12.1 动量和冲量	258
12.2 动量定理	260
12.3 质点系动量守恒定律	262
12.4 质心运动定理	266
第 13 章 动量矩定理	276
13.1 动量矩的计算	276
13.2 动量矩定理	278
13.3 刚体对转轴的转动惯量	284
13.4 刚体定轴转动微分方程	289
13.5 刚体平面运动微分方程	292
第 14 章 动能定理	308
14.1 功	308
14.2 动能的计算	313
14.3 动能定理	317
14.4 功率、功率方程、机械效率	324
14.5 机械能守恒定律	327
14.6 动力学普遍定理的综合应用	330
第 15 章 达朗贝尔原理(动静法)	341
15.1 达朗贝尔原理	341
15.2 惯性力系的简化	345
15.3 刚体绕定轴转动时轴承的动约束力	353
第 16 章 虚位移原理(静动法)	363
16.1 约束·自由度和广义坐标	363
16.2 虚位移与理想约束	366
16.3 虚位移原理	369
第 17 章 机械振动基础	382
17.1 单自由度系统的自由振动	383
17.2 单自由度系统的有阻尼自由振动	393
17.3 单自由度系统的受迫振动	398
17.4 隔振	406
17.5 两个自由度系统自由振动	410
附录 主要符号表	421
参考文献	423

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一般规律的一门学科。

按照辩证唯物主义的观点,运动是物质存在的形式,是物质的固有属性,它包含宇宙中发生的一切现象和过程——从简单的位置变化到人的思维活动。机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。例如日、月、星辰的运行,车辆、船只的行驶,大气、河水的流动,建筑物的振动,一切机器的运转等等,都是机械运动。

平衡(如物体相对于地球处于静止状态)是机械运动的一种特殊形式。

从一般的意义来说,运动是物体的存在形式。大家知道,世界上没有绝对静止的物体。运动是物质的固有属性,它包括了在物质世界中所发生的一切变化与过程。因此物质的运动形式是多种多样的。除机械运动外,物质的发声、发光、发热、化学过程、电磁现象,以致人类的思维活动、生命现象(即生老病死)等也都是物质的运动形式。在多种多样的运动形式中,机械运动是人们在日常生活和生产实践中最常见、最普遍,也是最简单的一种运动。而任何比较复杂的,比较高级的物质运动形式都与机械运动存在着或多或少的联系。所以,理论力学的概念、规律和方法在一定程度上也被应用于自然科学的其他领域中,对他们的发展起了积极作用。在力学范围内,通常把机械运动简称为运动。

物体的机械运动都服从某些一般规律,这些一般规律就是理论力学的研究对象。按照循序渐进的认识规律,理论力学分为静力学、运动学、动力学、分析力学基础和动力学应用四部分。

静力学是研究物体平衡的科学,是研究动力学的基础,在工程中具有重要的意义。平衡是物体机械运动的特殊形式。在工程上平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。在静力学中主要研究力系的简化和物体的平衡条件。也就是课本上所讲的主要研究受力物体平衡时作用力所应满足的条件,同时也研究物体受力的分析方法,以及力系简化的方法等。

运动学是研究物体在空间的位置随时间变化规律的科学,在工程中有其独特的意义。如对于一部机器,为了满足生产的需要,首先要求各零部件能正确实现预先规定的运动,这就需要运动学的知识。运动学只从几何的角度来研究物体的运动(如轨迹、速度和加速度等),并不研究引起物体运动的物理原因。

动力学是研究物体机械运动的变化和作用在物体上的力之间的关系,它在理论力学中占有主体地位。动力学的知识在工程技术中应用甚广,动力机械设计、结构动力分析等工程问题都需要动力学的知识。简单的讲,动力学研究的就是受力物体的运动与作用力之间的关系(如动量、动能以及动量定理、动能定理、能量守恒等都属于动力学的范畴)。近代物理

学的发展说明了经典力学的局限性:经典力学仅适用于低速、宏观物体的运动。当物体的速度接近于光速时,其运动应当用相对论力学来研究;当物体的大小接近于微观粒子时,其运动应当用量子力学来研究。而对于速度远低于光速的宏观物体,由经典力学推得的结果具有足够的精确度。工程技术中所处理的对象一般都是宏观物体,而且其速度也远低于光速,所以其力学问题仍以经典力学的定律为依据。因而经典力学至今仍有很大的实用意义,并且还在不断的发展着。

理论力学作为一门独立的学科有着其他学科所不能包含了的研究对象,针对这些研究对象,理论力学有着它与其他学科所不同的研究方法。这对于我们今后的学习有着非常重要的作用。

二、理论力学的研究方法

任何一门学科由于研究对象的不同而有不同的研究方法,通过实践而发现真理,这是任何科学技术发展的正确途径。理论力学的发展史也遵循着这一认识规律。概括地说,理论力学的研究方法是从对事物的观察、实践和科学实验出发,经过分析、综合归纳和抽象化,建立起力学模型,总结出力学的最基本的概念和规律;从基本规律出发,利用数学推理演绎,得出具有物理意义和实用意义的结论和定理,构成力学理论;然后再回到实践中去验证理论的正确性,并在更高的水平上指导实践,同时从这个过程中获得新的材料、新的认识,再进一步完善和发展理论力学。

理论力学是伴随着人类生产实践的历史长河发展起来的,现已是一门历史悠久的成熟的学科。理论力学由少量最基本的公理、规律出发,得到了从多方面揭示机械运动规律的定理、定律和公式,建立了严密而完整的理论体系,用统一的观点深刻地揭示了力学诸定理之间的内在联系,形成一定的逻辑系统,便于学习、掌握和应用。但应值得注意的是理论力学的概念、公理和定律是来自实践的,其中有的是在生活和生产实践中与我们形影不离,因而它们并不是抽象的和难以理解的,但是我们已有的一些感性认识,有的可能是片面的,有的可能甚至是一种错觉。这就要求在学习理论力学的过程中,勤于思考,深刻理解基本概念和基本原理,克服片面,避免主观臆断,不断提高自己的理论水平。

1. 通过观察生活和生产实践中的各种现象,进行多次的科学实验,经过分析、综合和归纳,总结出力学的最基本的概念和规律。远在古代,人们为了提水,制造了辘轳;为了搬运重物,使用了杠杆、斜面 and 滑轮;为了利用风力和水力,制造了风车和水车,等等。制造和使用这些生活和生产工具,使人类对于机械运动有了初步的认识,并积累了大量的经验,经过分析、综合和归纳,逐渐形成了如“力”和“力矩”等基本概念,以及如“二力平衡”、“杠杆原理”、“力的平行四边形规则”和“万有引力定律”等力学的基本规律,并总结于科学著作中。我国的墨翟(公元前 468—前 382 年)所著的《墨经》是一部最早记述有关力学理论的著作,书中提到“力,刑之所以奋也”就明确表达了力是物体运动的原因。人们为了认识客观规律,不仅在生活和生产实践中进行观察和分析,还要主动地进行实验,定量地测定机械运动中各因素之间的关系,找出其内在规律性。例如伽利略(公元 1564—1642 年)对自由落体和物体在斜面上的运动作了多次实验,从而推翻了统治多年的错误观点,并引出“加速度”的概念。此外,如摩擦定律、动力学三大定律等,都是建立在大量实验基础之上的。实验是形成理论的重要基础。

2. 在对事物观察和实验的基础上,经过抽象化思维建立力学模型,在基本规律的基础上,经过逻辑推理和数学演绎,建立理论体系。客观事物总是具体而复杂多样的,为找出其共同规律性,必须抓住主要因素,建立抽象化的力学分析模型。例如,在分析一些问题时,忽略实际物体受力后的微小弹性变形,建立形状不变的刚体模型;在分析另一些问题中则忽略物体的大小和形状,得到质点的模型,抓住不同物体间机械运动的相互限制的主要方面,建立一些典型的理想约束模型;为分析复杂的振动现象,建立了弹簧质点的力学模型,等等。这种抽象化、理想化的方法,一方面简化了所研究的问题,另一方面也更深刻地反映出事物的本质。当然,任何抽象化的模型都是相对的。当条件改变时,必须再考虑到影响事物的新的因素,建立新的模型。例如:在研究物体受外力作用而平衡时,可以忽略物体形状的改变,采用刚体模型;但要分析物体内部的受力状态或解决一些复杂物体体系的平衡问题时,必须考虑到物体的变形,建立弹性体的模型。生产实践中的问题是复杂的,不是一些零散的感性知识所能解决的。

3. 将理论力学的理论用于实践,在实践中不断得到验证和发展。实践是检验真理的唯一标准,实践中所遇到的新问题又是促进理论发展的源泉。古典力学理论在现实生活和工程中,被大量实践所验证,形成许多新的力学分支,如振动力学、弹塑性力学、弹道力学、量子力学、流体力学、生物力学等。

理论力学中所要学到的一些基本概念以及一些基本规律,都是建立在大量实验基础上的,而由实验得到的结论又是我们解决实际问题的依据。根据这些结论,我们就可以经过抽象化建立起力学模型,这也就接上了我们前面讲的关于一些具体问题的解决方法。最后还要指出的一点是,我们解决任何问题都是为了指导实践。所以不管我们得到的结论如何完善,都必须放到实践中去检验,只有通过实践检验的结论才可以称之为真理。

三、学习理论力学的目的

1. 理论力学是现代工程技术的理论基础,它的定律和结论被广泛应用于各种工程技术中。各种机械、设备和结构的设计,机器的自动调节和振动的研究,航天技术等,都要以理论力学的理论为基础。另外,对于工程实际中出现的各种力学现象,也需要利用理论力学的知识去认识,去解决。因此一般工程技术人员都必须具备一定的理论力学知识。

2. 理论力学是一门理论性较强的技术基础课,是研究力学中最普遍、最基本的规律。很多工程专业的课程,例如材料力学、机械原理、机械设计、结构力学、弹塑性力学、流体力学、飞行力学、振动理论、断裂力学以及许多专业课程等,都要以理论力学为基础,所以理论力学是学习一系列后续课程的重要基础。通过学习本课程,要掌握物体机械运动的基本规律,初步学会运用这些规律去分析和解决生产实际中的力学问题,并为学习后续课程做好准备。另外,随着现代科学技术的发展,力学与其他学科相互渗透,形成了许多边缘学科,它们也都是以理论力学为基础的。如生物力学、电磁流体力学、爆炸力学、物理力学等这些新兴学科的建立都必须以坚实的理论力学知识为基础。由此可见,学习理论力学,也有助于学习其他的基础理论,掌握新的科学技术。

3. 理论力学的研究方法,与其他学科的研究方法有不少相同之处。因此充分理解理论力学的研究方法,不仅可以深入地掌握这门学科,而且有助于学习其他科学技术理论,有助于培养辩证唯物主义的世界观和正确分析问题和解决问题的能力,为以后参加生产实践和

从事科学研究打下良好的基础。

四、工程实际问题的简化方法及力学模型的建立

在工程实际问题中,所考察的物体和受力状态复杂多样。为便于研究,必须将工程实际问题进行简化,得到合理的简化力学分析模型,再在此基础上作进一步的计算和分析。将一个实际问题抽象成为力学分析模型并不是很容易的事,需要在实践中锻炼和不断提高这方面的能力。一般来说,实际问题简化,需从三方面考虑:物体的几何尺寸、物体承受的荷载(力)状态和约束情况。

在简化过程中,要找到和保留实际问题的主要因素,略去一些次要因素,必然包含着某种近似性。例如,某些尺寸远比其他相关尺寸为小则可忽略不计,因而在微小面积上的力可看作集中力,接触面很光滑或经过充分润滑时可不计摩擦,等等。究竟哪些因素可以看作次要因素而略去,与所需的资料及其精确度有关。例如,在研究一般抛射运动时,把抛射体作为质点看待,且只计重力而不计空气阻力,得到的结果可以满足一般的工程要求,但在研究远程炮弹的运动时,如果作同样的假设,则炮弹会偏离射击目标。如果对实际存在的问题,不分主次,全都计入,看起来很符合实际,而结果可能使问题无法求解,或者虽能求解,但困难极大,费时费力,可实际问题并不需要这样高的精确度。所以,对一个具体问题,在抽象成为力学模型时,可作哪些近似的假设,可忽略哪些因素,必须深入分析,力求合理,既要满足实际要求,又使其在数学上可以求解。

理论力学研究的主要力学模型为质点、刚体和质点系三种。

1. 质点

如果一个物体的大小和形状对所讨论的问题无关紧要,可以忽略不计,而只需考虑质量。将物体看作只有质量,没有大小的点,称为质点。

2. 刚体

所谓刚体是指这样的物体,在力的作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变。这是一个理想化的力学模型。实际物体在力的作用下,都会产生程度不同的变形。但是,这些微小的变形,对研究物体的平衡问题不起主要作用,可以略去不计,这样可使问题的研究大为简化。但是不应该把刚体的概念绝对化。例如,在研究飞机的平衡问题或飞行规律时,我们可以把飞机看作刚体;可是在研究飞机的颤振问题时,机翼等的变形虽然非常微小,但必须把飞机看作弹性体。还有,在计算某些工程结构时,如果不考虑它们的变形,而仍使用刚体的概念,则问题将成为不可解的。理论力学中,静力学研究的物体只限于刚体,故又称刚体静力学,它是研究变形体力学的基础。

3. 质点系

质点系是相互间有一定联系的有限或无限个质点的总称。刚体可以认为由无数个质点组成的不变形的质点系。由若干个刚体组成的系统称为刚体系统,有时也称为物体系统。

第一篇 静力学

静力学是研究物体在力的作用下的平衡规律的科学。

平衡是机械运动的一种特殊情况,是指物体相对于某一惯性坐标系保持静止或作匀速直线运动的状态。在一般工程问题中,所谓平衡是指相对于固结在地球表面的惯性参考系的平衡,特别是指相对于地球表面的静止。

静力学研究的对象为刚体,静力学所说的物体或物体系均指刚体或刚体系。

通常,作用在物体上的力不止一个,而是若干个,这若干个力总称为力系。力的作用线位于同一平面内的力系称为平面力系,否则称为空间力系。如果一个力系作用在某一物体上,而使它保持平衡,则该力系称为平衡力系。一个力系必须满足某些条件才能成为平衡力系,这些条件称为平衡条件。有时作用在物体上的一个力系可以用另一个力系来代替,而不改变原力系对物体作用的效应,则这两个力系称为等效力系。如果一个力与一个力系等效,则该力称为此力系的合力,而此力系的各力称为该力的分力。

力系:作用在物体上的一群力。记为:

$$(\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \cdots, \mathbf{F}_n)$$

等效力系:若两个力系对物体的效应完全相同,则称这两个力系为等效力系。记为:

$$(\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \cdots, \mathbf{F}_n) \equiv (\mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2, \cdots, \mathbf{G}_n)$$

等效的两个力系可以相互代替,称为力系的等效替换。

力系的简化:用一个简单的力系等效替换一个复杂的力系。

合力:一个力的作用效应同一个力系的作用效应相同。记为:

$$(\mathbf{F}) \equiv (\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \cdots, \mathbf{F}_n)$$

作用于物体的力系往往较为复杂,在研究物体的平衡或运动问题时,需要对物体进行受力分析,并将复杂的力系加以简化,然后再讨论物体的平衡或运动规律。因此静力学主要研究下列问题:

1. 物体的受力分析;
2. 力系的等效及简化;
3. 力系的平衡条件及其应用。

在实际工程中有大量的静力学问题。例如,在土建和水利工程中,用移动式吊车起吊重物时,必须根据平衡条件确定起重重量不超过规定的限值,否则吊车有翻倒的危险;设计屋架时,将所受的重力、风荷载、雪压力等加以简化,根据平衡条件求出各杆所受的力,以确定各杆截面尺寸。其他如水闸、水坝、桥梁和隧道等建筑,设计时都需进行受力分析,以便得到既安全又经济的设计方案。静力学理论是进行受力分析的基础。在机械设计时,也往往要用静力学理论分析机械零、部件的受力情况,作为强度计算的依据。静力学中关于力系简化的理论,可直接应用于动力学中;动力学问题也可在形式上变换成为动平衡问题,应用静力学理论求解。可见,静力学理论在生产实践中应用很广,也是很重要的。

第 1 章 静力学基本概念及基本原理

1. 教学目的、要求

要求深入理解力、力矩和力偶等概念

熟练掌握静力学公理

2. 教学重点及难点

静力学公理及其推论

力、力矩和力偶

力与力偶是力学中两个基本物理量,力与力偶使物体产生的运动效应和变形效应是力学分析的基础知识。本章主要阐述了力与力偶的概念、性质以及几个基本原理。

1.1 力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变或使物体产生变形。力使物体改变运动状态的效应称为力的运动效应(外效应),使物体产生变形的效应称为力的变形效应(内效应),一般来讲,这两种效应是同时存在的。静力学研究对象是刚体或刚体系,所以不考虑力的内效应,只研究力的外效应,以及力作用于刚体时的一些特殊性质。至于力的内效应,将在材料力学、结构力学、弹性力学等后续课中研究。

如果考察对象是质点,作用在质点上的力所产生的效应使其产生加速度。

如果考察的是刚体,则作用于其上的力,使刚体的移动状态和转动状态发生改变,分别称为力的移动效应和转动效应。

按照力作用的范用来分,力可以分为集中力与分布力两类。集中力是作用在物体某一点上的力。分布力则是作用于物体某一体积(面积或线段)上的力。事实上,集中力是一个抽象出来的概念,任何两物体之间的相互作用不可能局限于无面积大小的一个点上,只不过当面积与物体尺寸相比很小时,可以近似认为作用在一个点上。另外,对于刚体,一些分布力的作用效果可以用一个与之等效的集中力来代替,以使问题得到简化,如物体重力可以用一个等效集中力作用于刚体重心上来代替。尽管集中力是抽象的概念,但它是最重要、最普遍的一种力,大多数力的作用可以用集中力来描述。本书中所说的力均指集中力。

力对物体作用的效应取决于力的三要素,即力的大小、方向和作用点。力是一个有大小和方向的量,所以力是矢量(也称向量)。过力的作用点沿力矢量方位画出的直线,称为力的作用线(如图 1-1 所示的虚线)。常用黑体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示力矢,而用普通字母 F 表示力的大小。

度量力的大小通常采用国际单位制(SI),力的单位用 N(牛)或 kN(千牛)。

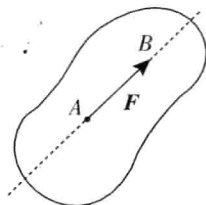


图 1-1 力的作用线

在作图时,可用一个矢量表示力的三要素,如图 1-1 所示。该矢量的长度 $\overline{AB}$ 按一定比例表示力的大小,矢量线的方位和箭头的指向表示力的方向,矢量的始端点 A 或终端点 B 表示力的作用点。

1.2 静力学公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

1.2.1 二力平衡原理

作用在刚体上的两个力(如图 1-2 所示中的 F_1 与 F_2),使刚体保持平衡的充要条件是:这两个力大小相等、方向相反、作用在一条直线上。

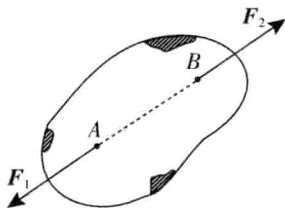


图 1-2 力的作用线

该公理指出了作用在刚体上最简单力系的平衡条件。对刚体而言,这个条件既是必要的又充分的;但对变形体来讲,这个条件并不充分。

工程上经常遇到仅在两点受力作用而处于平衡的刚体,这类刚体称为二力体。是杆件就称为二力杆(如图 1-3)。如果它是结构中的构件就称为二力构件。由公理 1 可知,二力构件无论其形状如何,所受两个力必沿两力作用点的连线。如图 1-4 所示的 AB 构件。



图 1-3 二力平衡杆