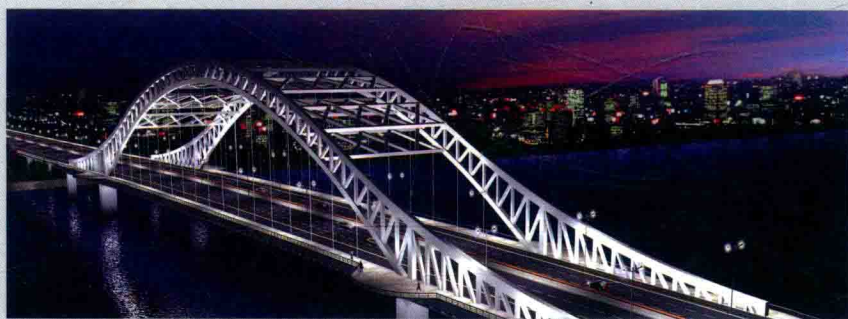




“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

土木工程力学

王 颀 赵凤婷 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

土木工程力学

王 颀 赵凤婷 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书根据高职高专土木工程力学教学的基本要求编写,主要内容划分为四个模块:力学模型的建立,外力分析与计算,内力分析与计算,强度、刚度及稳定性分析。全书共分12章,在每章后都附有小结、思考题及大量的习题,启发学生思考,指导学生学学习。书末附录中设有知识及综合技能拓展,旨在丰富学生力学知识,巩固和训练学生应用土木工程力学知识的能力。

本书可以作为高职高专相关专业土木工程力学课程教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学/王颀,赵凤婷主编. —北京:国防工业出版社,2015.1

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-118-09976-8

I. ①土... II. ①王... ②赵... III. ①土木工程—
工程力学—高等职业教育—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 018956 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18 字数 412 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《土木工程力学》编委会

主 编 王 颀 赵凤婷

副主编 赵丽军 王万德 朱朝东

参 编 马 乐

主 审 李立军

前 言

本书主要遵循“以就业为导向,工学结合”的原则,以实用为基础,突出培养应用型人才解决实际问题的能力。根据专业实际需要进行课程体系设置和教材内容的选取,注重提高案例教学的比重,强化实际应用。

为了适应高职高专教育改革要求,体现培养应用性人才的特点,组织教师进行了深入的调研,在编写上力求体现高职高专特色。在内容上以“应用”为导向,基础理论以“必需、够用”为度,以渗透“现代力学思想,讲清概念,减少理论推导,强化生活和工程实际应用”为重点。力求做到知识面适度,内容简明,实用性强。结构上遵循循序渐进、承上启下的规律;文字上力求语言精练、通俗易懂;内容上坚持少而精,做到重点突出,理论联系实际,增强应用性。本书是我校工程力学精品课建设和教师多年来教学经验的总结,反映了高等职业教育几年来教学改革成果。

根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》的精神,对原书进行修改及编写,主要内容划分四个模块:力学模型的建立,外力分析与计算,内力分析与计算,强度、刚度及稳定性分析。在此基础上增加了附录Ⅱ“知识及综合技能拓展”,以强化知识应用性,突出工程力学与专业课、生活和生产实践的对接。

另外,本书在每章都新增了章知识点提要,包括知识点、重点及难点;每章后都附有小结、思考题及大量的习题,旨在指导学生学习,启发学生思考,巩固和训练学生应用工程力学知识的能力。在书末还附有平面图形几何性质、型钢表及部分习题答案等。书中带有*的章节为选学内容。

本书由王颀、赵凤婷主编,绪论、第1章、第2章、第5章及附录由赵凤婷编写,第4章、第6章由赵丽军编写,第7章由王万德编写,第8章、第10章、第11章、第12章由王颀编写,第3章、第9章及附录部分内容由朱朝东编写。李立军为本书主审。

由于时间仓促与编者水平所限,书中难免存在缺点和不妥之处,恳请专家及广大读者予以指正。

编者

目 录

绪论	1
----------	---

模块一 力学模型的建立

第 1 章 刚体静力分析基础	3
1.1 力与力系的基本知识	3
1.2 约束和约束反力	11
1.3 结构的计算简图	15
1.4 物体的受力分析、受力图	18
小结	21
思考题	23
习题	24

模块二 外力分析与计算

第 2 章 平面力系	28
2.1 力系的基本知识	28
2.2 平面一般力系	37
2.3 物体系的平衡	49
*2.4 摩擦	51
小结	57
思考题	59
习题	60
*第 3 章 空间力系简介	65
3.1 力在空间坐标轴上的投影	65
3.2 力对轴之矩	66
3.3 空间力系的平衡方程	67
小结	71
思考题	72
习题	72

模块三 内力分析与计算

第4章 杆件的内力分析与内力图	75
4.1 概述	75
4.2 轴向拉伸和压缩杆件的内力分析	77
4.3 扭转杆件的内力分析	81
4.4 弯曲杆件的内力分析	84
小结	95
思考题	97
习题	97

模块四 强度、刚度及稳定性分析

第5章 轴向拉伸和压缩时杆件的应力与强度计算	103
5.1 轴向拉伸和压缩时杆件截面上的应力	103
5.2 轴向拉伸和压缩时材料的力学性能	107
5.3 轴向拉伸和压缩时杆件的强度计算	113
*5.4 应力集中的概念	118
小结	119
思考题	120
习题	121
第6章 连接件的实用计算	124
6.1 剪切和挤压的概念	124
6.2 剪切和挤压的实用计算	125
小结	129
思考题	130
习题	130
第7章 圆轴扭转时的应力与强度计算	133
7.1 薄壁圆筒扭转时的应力	133
7.2 圆轴扭转时的应力和强度计算	135
小结	141
思考题	142
习题	143
第8章 梁弯曲时的应力与强度计算	145
8.1 梁弯曲时的正应力	145

8.2 梁弯曲时的强度计算	149
小结	156
思考题	157
习题	158
第9章 杆件的变形分析和刚度计算	160
9.1 轴向拉伸和压缩时杆件的变形	160
9.2 圆轴扭转时的变形计算与刚度计算	163
9.3 梁弯曲时的变形计算及刚度计算	165
小结	173
思考题	174
习题	175
第10章 应力状态和强度理论简介	181
10.1 平面应力状态的概念	181
10.2 平面应力状态分析	183
*10.3 三向应力状态及广义胡克定律	188
*10.4 强度理论	189
小结	194
思考题	196
习题	196
第11章 组合变形杆件的强度问题分析	200
11.1 组合变形的概念和实例	200
11.2 拉伸(压缩)与弯曲的组合	201
*11.3 扭转与弯曲的组合	209
小结	213
思考题	214
习题	215
第12章 压杆稳定	219
12.1 压杆稳定的概念	219
12.2 不同杆端约束下压杆临界力的计算公式	220
12.3 欧拉公式的适用范围及中、小柔度杆的临界应力	222
12.4 压杆的稳定计算	224
12.5 提高压杆稳定性的措施	228
小结	229
思考题	230

习题	231
附录 I 平面图形的几何性质	235
I.1 静矩和形心	235
I.2 极惯性矩和惯性矩	237
习题	242
附录 II 知识及综合技能拓展	245
II.1 工程力学在生活中的应用	245
II.2 工程力学在土建工程中的应用	247
II.3 工程力学在工程机械中的应用	248
II.4 构件的疲劳强度概述	251
II.5 大作业	254
附录 III 型钢表	257
附录 IV 部分习题参考答案	270
参考文献	278

绪 论

1. 工程力学的主要内容

工程力学的内容极其广泛,本书所述的是工程力学最基础的部分,主要是研究物体的受力分析、机械运动以及工程构件承载能力的一门学科。机械运动是指物体在空间的位置随时间而发生的改变,如物体相对于地球的运动、物体的变形、物体的流动等。若物体相对于地球静止或作匀速直线运动,则称物体处于平衡状态。平衡是机械运动的特殊情况。

任何设备、机器、建筑物都是由零件或构件组成的,为了保证机器正常运行、建筑物正常使用,必须保证每一个零件或构件在外力作用下能正常工作,为此必须满足以下要求。

- (1) 有足够的强度:构件不发生破坏(屈服或断裂)。
- (2) 有足够的刚度:发生的变形在工程允许的范围。
- (3) 有足够的稳定性:不丧失原有形状下的平衡状态。

构件抵抗载荷破坏的能力称为强度。如果构件的强度不够,在载荷作用下会发生断裂或产生较大的塑性变形,使得机器或建筑物无法正常工作,这种现象称为强度破坏或强度失效。如果路面或桥梁断裂,则会影响交通的正常运行;如果缆车或电梯上钢绳断开,后果将不堪设想。因此,要保证建筑物或机械正常地工作,首先要保证受力构件或零件在外力作用下具有足够的强度。

构件抵抗载荷产生弹性变形的能力称为刚度。如果构件的刚度较小,在外力作用下会产生较大的弹性变形,这会影响到构件正常的工作,这种现象称为刚度破坏或刚度失效。如果房屋大梁产生过大的变形会影响其正常使用,危及人身安全;如果齿轮传动轴变形过大,会影响齿轮间的正常啮合,这不仅会产生较大的噪声,而且会增大轴和轴承之间的磨损,还会缩短齿轮的使用寿命。因此,在建筑物或机械中,还需要保证构件或零件具有足够的刚度,以保证其变形量不超过正常工作所允许的范围。

构件受压力作用后保持原有直线平衡形式的能力称为稳定性。例如,细长压杆在满足强度条件下,当载荷增大超过一定的数值后,杆件便会从直线平衡状态突然变弯,丧失原有的直线平衡状态,这就是失稳现象,又称稳定失效。杆件失稳后,会导致杆件折断或发生较大的塑性变形,如建筑用的支架和脚手架、千斤顶螺杆、车床的丝杠等,都必须保证有足够的稳定性。

工程设计的任务之一就是保证构件在确定的外力作用下正常工作而不被破坏,即保证构件具有足够的强度、刚度和稳定性。为此需要:

- (1) 分析并确定构件所受各种外力的大小和方向。
- (2) 研究在外力作用下构件的内力、变形及破坏的规律。
- (3) 提出保证构件具有足够强度、刚度和稳定性的计算方法。

所以,除了要对构件进行受力分析,还要研究构件的强度、刚度和稳定性问题,提供有

关的理论计算方法和实验方法,合理确定构件的材料和形状尺寸,达到安全和经济的要求。

2. 工程力学的研究对象

工程中的建筑物、机械等都是由若干个物体按照一定的规律组合而成的,称为结构。组成结构的基本部件称为构件。

根据几何形状和尺寸的不同,构件大致可以分为杆、板、壳、块体。若构件在某一方向上的尺寸比其余两个方向上的尺寸大得多,则称为杆,梁、轴、柱等都属于杆类构件。若构件在某一方向上的尺寸比其余两个方向上的尺寸小得多,平面形状的称为板,曲面形状的称为壳,如桥梁板、穹形屋顶等都属于这类构件。若构件在三个方向上具有同一量级的尺寸,则称为块体,如水坝、建筑结构物的基础、机械设备底座等都属于这类构件。

工程力学以等截面的直杆(简称等直杆)作为主要研究对象。板壳及块体属于“弹性力学”和“板壳理论”的研究范畴。

3. 工程力学研究的方法

工程力学研究的方法是实验观察—假设建模—理论分析—实验(实践)验证。这是自然科学研究问题的一般方法。

工程力学研究的对象往往比较复杂,在对其进行力学分析时,首先必须根据问题的性质,抓住主要方面,略去一些次要因素,对其进行合理简化,科学地抽象出力学模型。

物体在受力后都要发生变形,但在大多数工程问题中这种变形是极其微小的。当分析物体的平衡规律时,这种微小变形的影响很小,可以忽略不计,认为物体不发生变形。这种受外力作用时保持形状、尺寸不变的力学模型称为刚体。当分析强度、刚度和稳定性问题时,由于这些问题都与变形密切相关,因而即使是极其微小的变形也必须加以考虑,这种受外力作用时形状、尺寸都发生改变的力学模型称为变形固体。

建立模型之后,可运用数学方法进行分析计算。这种解决工程力学问题的方法称为理论方法。然而还有许多工程实际问题,仅靠理论方法还不能有效地解决,但通过实验的方法可以得到满意的结果。另外,在解决构件的承载能力问题时,需要通过实验测定材料的力学性质。可见,实验方法也是解决工程力学问题的一个必不可少的方法。

随着交通和建筑业的飞速发展,工程力学将继续向各专业渗透,不断地开拓新的研究领域。实验力学、断裂力学、复合材料力学的进展又丰富和充实了工程力学的内容。计算机在工程力学中也已经得到广泛应用,工程力学的分析方法和计算能力有了极大的提高。

4. 工程力学在工科专业中的作用

工程力学对土木、机械、水工和航空航天等工科专业来说,是一门技术基础课,它是由基础理论课过渡到专业课的桥梁。它为钢筋混凝土结构、桥梁工程、机械基础等专业课程的学习提供必要的基础知识;为工程实际问题提供理论分析和解决问题的方法;并培养学生具有熟练的计算能力和初步的实验分析能力。

模块一 力学模型的建立

第1章 刚体静力分析基础

本章提要

【知识点】力、力系、刚体的概念,静力学公理,力矩的概念和计算,力偶的概念和性质,约束与约束反力的概念,工程中常见的约束与约束反力,结构的计算简图,物体的受力分析与受力图。

【重点】静力学公理,工程中常见的约束与约束反力,物体的受力分析与受力图。

【难点】简单物体系统的受力分析与受力图。

1.1 力与力系的基本知识

1.1.1 力的概念

力是物体间相互的机械作用。这种作用对物体有两方面的作用效果。一方面使物体的机械运动状态发生变化。例如,行驶中的汽车刹车时,靠摩擦力能使它停下来,人造卫星在地球引力作用下不断改变运动方向而绕着地球运行等。力使物体的运动状态发生变化的效应,称为力的运动效应(外效应)。有时几个力共同作用在一个物体上,物体的运动状态没有发生改变,即物体处于平衡。例如,桥梁和房屋在各种荷载和地基反力的共同作用下仍然保持静止,这是由于各个力的外效应相互抵消的结果。另一方面使物体形状发生变化。例如,弹簧受拉后会伸长,桥梁在汽车及火车车轮的压力作用下会产生弯曲变形等。力使物体形状发生变化的效应称为变形效应(内效应)。实践证明,力对物体的作用取决于力的大小、方向和作用点(通常称为力的三要素)。

力的方向包含方位和指向。例如,力的方向是“铅垂向下”,“铅垂”是力的方位,“向下”则是力的指向。

力的作用点是力在物体上的作用位置。实际上,力总是作用在物体上一定的面积或体积范围内,但当作用的范围很小或根据力作用的性质可以忽略不计时,就可以近似地看成是作用在范围中某个点上的一个力,作用于一点的力称为集中力。例如,房梁的自重属于体积力,房梁各个微小的组成部分都有质量,都受到地球引力的作用。在研究房梁的平衡(研究力的外效应)时,房梁的自重可以抽象为集中力,作用在房梁的重心,铅垂向下。在

研究房梁的变形(研究力的内效应)时,房梁的自重必须表示为沿房梁轴线分布的力。力在一定范围内连续分布,用力的分布集度矢量表示力的作用,这类力的模型称为分布力(图 1-1)。

力既有大小又有方向,因此力是矢量。当日常手书表示一个力时,通常用加示一个箭头的字母,如 \vec{F} 、 \vec{P} (或用黑斜体字母,如 \boldsymbol{F} 、 \boldsymbol{P} 表示)等表示力的名称,而不加箭头的字母,如 F 、 P 等只表示力的大小。当在受力图上表示一个力时,通常用一定比例尺的带箭头的线段表示(本书中力的矢量用黑斜体字母表示,如图 1-2 所示)。线段的长度表示力的大小,箭头的指向表示力的方向,线段的起点(或始点)表示力的作用点,与线段重合的直线称为力的作用线。国际单位制中力的基本单位是:N 或 kN。

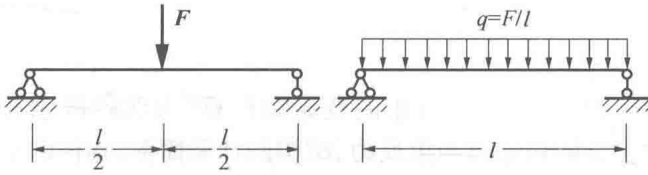


图 1-1

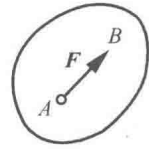


图 1-2

1.1.2 力系的概念

作用于一个物体上的若干个力称为**力系**。若作用于物体上的某一力系可以用另一个力系来代替,而不改变它对物体的作用效应(运动效应),那么这两个力系是互为**等效力系**。如果一个力与一个力系等效,那么这个力称为该力系的**合力**,原力系的各力称为合力的**分力**。将一个复杂的力系用一个简单的等效力系来代替的过程称为**力系的简化**。

物体在力系作用下,一般不一定处于平衡状态,只有当力系满足某些特定的条件,则物体处于平衡,这种特定的条件称为**平衡条件**。平衡时的力系称为**平衡力系**。研究物体的平衡问题,实际上就是研究作用于物体上力系的平衡条件。应注意,力系简化的结果是建立平衡条件的依据。

1.1.3 刚体的概念

刚体是指在力作用下不变形(即任意两点间距离保持不变)的物体,这是一个理想化的模型。任何物体在力的作用下,或多或少都会发生不同程度的变形。但是工程实际中构件的变形通常是非常微小的,在某些情况下可以忽略不计。例如图 1-3 所示的桥式起重机,工作时由于起重机与它自身的重量,使桥架产生微小的变形,这个微小的变形,对研究物体的运动或平衡时不起主要作用,可以将其略去不计,可简化问题的研究。因此在研究平衡问题时就可以把起重机桥架看成是不变形的刚体。实践表明:刚体在力系作用下平衡时所满足的条件,对于变形体的平衡来说,也必须满足。即刚体的平衡条件,也适用于变形体,这说明了刚体平衡规律的普遍意义。但是应指出,不应该把刚体的概念绝对化,在采用刚体这一简化模型时要注意所研究的问题的内容和条件。在某些情况下,物体的变形成为主要因素时,就不能再把物体看成是刚体,而要看成为变形体。

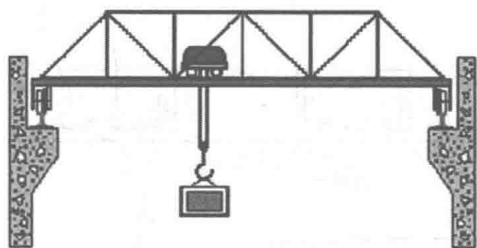


图 1-3

1.1.4 静力学公理

静力学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最基本的原理,它可以在实践中得到验证。静力学公理是对力的基本性质的概括和总结,是静力学理论的基础,是解决力系的简化、平衡条件以及物体的受力分析等问题的关键。

1. 二力平衡原理

作用在同一物体上的两个力,使物体处于平衡的必要与充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,作用在同一条直线上(图 1-4)。

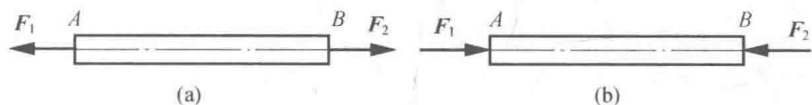


图 1-4

应该指出,这个原理只适用于刚体。对于变形体来说,条件是必要的,而不是充分的。例如,一绳索两端受两个等值、反向、共线的力作用时,若两个力为拉力,绳索则平衡;若两个力为压力,则不能平衡。

只受两个力作用而处于平衡的构件,称为二力构件(或二力杆)。工程中存在着许多二力构件。二力构件的受力特点是:不论其形状如何,其所受的两个力的作用线必沿两个力作用点的连线,且大小相等,方向相反,如图 1-5 所示。这一性质在以后对物体进行受力分析时是很有用的。



图 1-5

2. 加减平衡力系原理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系,并不改变原力系对物体的作用效应。这个原理对力系的简化起重要作用,根据这个性质可以推出力的可传性原理。

推论 1 力的可传性原理

作用在物体上的力可以沿其作用线移到物体内部任意一点,而不改变它对物体的作用效应。这个原理是人们所熟悉的,例如人们在车后 A 点推车,与在车前的 B 点拉车效果

是一样的,如图 1-6 所示。

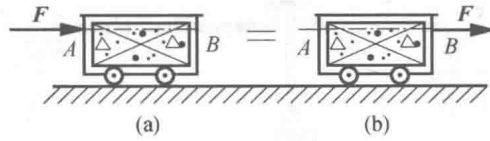


图 1-6

设力 F 作用于刚体上的 A 点,如图 1-7(a)所示。在刚体上沿力 F 的作用线上任取一点 B ,在 B 点沿力 F 的作用线加上一对平衡力 F_1 和 F_2 ,使 $F_1 = F_2 = F$,如图 1-7(b)所示,刚体所受的作用效应不变。由于 F 和 F_2 也是一对平衡力,故可去掉,如图 1-7(c)所示,刚体所受的作用效应仍然不变。于是力 F 就从 A 点沿其作用线移到了 B 点,而不改变其对刚体的作用效应。

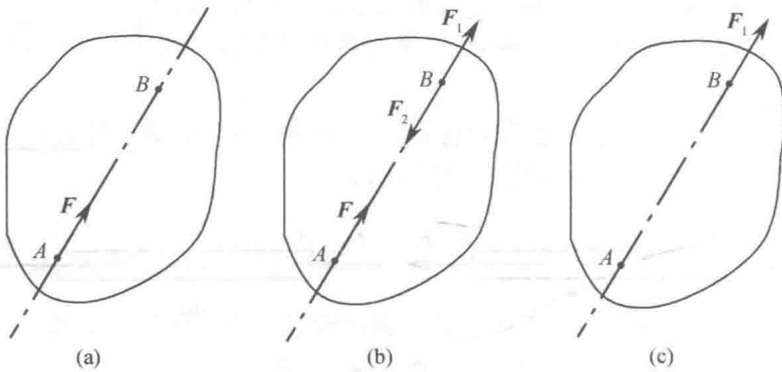


图 1-7

由此可知,对于刚体来说,力的作用点已不是决定力的作用效果的要素,它已被力的作用线所代替。因此,作用于刚体上的力的三要素是:力的大小、方向和作用线。力是一滑动矢。显然,加减平衡力系原理和力的可传性原理只适用于刚体,对于非刚体来说,加减平衡力系或将力作任何移动都将改变力对物体的变形效应。如图 1-8(a)所示,一根直杆受到一对等值、共线、反向的拉力作用,杆被拉长,若将这两个力沿作用线分别移到杆的另一端,如图 1-8(b)所示,则杆将受压力作用而缩短。

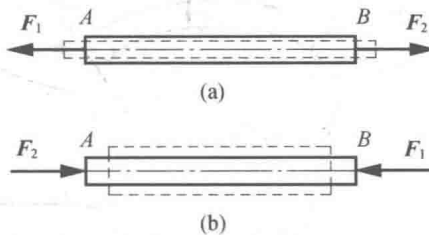


图 1-8

3. 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力,可以合成为作用于该点的一个合力,合力的大小和方向以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示,如图 1-9(a)所示。

这种合成力的方法为向量加法,可用向量和表示为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

应该指出,式(1-1)为向量等式,它与代数式 $F_R = F_1 + F_2$ 的意义完全不同,不能混淆。为了求两个共点力的合力,也可只画出平行四边形的一半。为了画面清晰,通常不在原图上画,而画在原图附近。在原图附近选取 A 点,从 A 点起作一个与力 F_1 大小相等、方向相同的矢量 AB ,再过 B 点作一个与力 F_2 大小相等、方向相同的矢量 BC ,则矢量 AC 就表示合力 F_R 的大小和方向,如图 1-9(b)所示。这种求合力的方法称为力的三角形法则。即,力的平行四边形法则也可以简化为力的三角形法则。

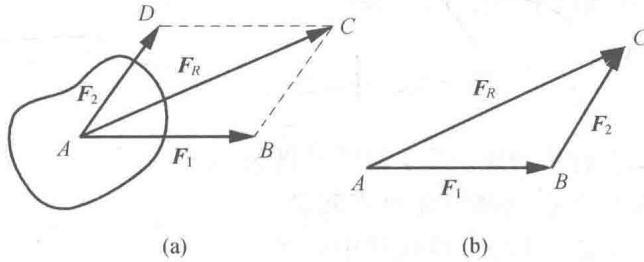


图 1-9

平行四边形法则既是力合成的法则,也是力分解的法则。例如沿斜面下滑的物体如图 1-10 所示,有时就把重力 P 分解为两个力:一个是与斜面平行的分力 F ,这个力使物体沿斜面下滑;另一个是与斜面垂直的分力 N ,这个力使物体沿斜面下滑时紧贴斜面。这两个分力的大小分别为

$$F = P \sin \alpha$$

$$N = P \cos \alpha$$

推论 2 三力平衡汇交定理

刚体受不平行的三个力作用而平衡,则三力作用线必汇交于一点且位于同一平面内。

如图 1-11 所示,刚体上 A 、 B 、 C 三点分别作用力 F_1 、 F_2 、 F_3 ,其中力 F_1 和力 F_2 的作用线交于 O 点,刚体在此三力作用下处于平衡状态。把力 F_1 和力 F_2 沿作用线移到交点 O ,运用平行四边形法则求得合力 F_{12} ,则力 F_3 应与合力 F_{12} 平衡,所以力 F_3 必过 O 点,且力 F_1 、 F_2 、 F_3 也必共面。

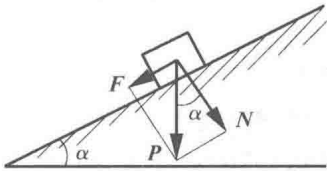


图 1-10

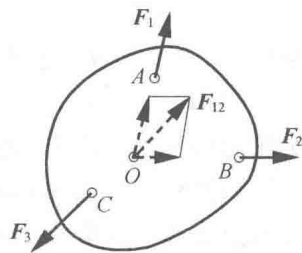


图 1-11

此定理的逆定理不成立。

当刚体受三个互不平行的共面力作用而处于平衡时,若已知两个力的方向,用此定理可以确定未知的第三个力的作用线方位。

4. 作用与反作用定律

两物体间相互作用的力,总是大小相等、作用线相同而指向相反,分别作用在这两个物体上。

这个定律概括了自然界中物体间相互作用力的关系,表明一切力总是成对出现的,有作用力就必有反作用力,它们彼此互为依存条件,同时存在,又同时消失。此定理在研究几个物体组成的系统时具有重要作用,而且无论对刚体还是变形体都是适用的。

应该注意,尽管作用力与反作用力大小相等,方向相反,作用线相同,但它们并不互成平衡,更不能把这个定律与二力平衡定理混淆。因为作用力与反作用力不是作用在同一物体上,而是分别作用在两个相互作用的物体上。

1.1.5 力对点之矩

1. 力矩的概念

力对点的矩通常简称为力矩。为了说明其概念,考察用扳手拧紧螺钉时的情形,如图 1-12 所示。力 F 使扳手连同螺钉绕 O 点转动,经验表明:加在扳手上的力越大,离螺钉中心越远,则转动螺钉就越容易。

这表明力 F 使扳手绕 O 点转动的效应,不仅与力 F 的大小有关,还与 O 点到力 F 作用线的垂直距离 d 有关。因此,用乘积 Fd 表示力 F 使物体绕某点(如 O 点)转动的效应,并称为力 F 对 O 点的力矩,记为 $m_o(\mathbf{F})$,表示为

$$m_o(\mathbf{F}) = \pm Fd \quad (1-2)$$

式中:点 O 称为矩心;距离 d 称为力臂。

式(1-2)中符号规定:力使物体绕矩心作逆时针方向转动时,力矩取正号;顺时针方向转动时,取负号。根据以上情况,平面内力对点的矩,只取决于力矩的大小及旋转方向,因此平面内力对点的矩是代数量。

由图 1-12 及式(1-2)可知,力矩的大小正好等于以矩心为顶点、以力矢量为底边的三角形面积的 2 倍,即

$$m_o(\mathbf{F}) = \pm 2 S_{\triangle OAB} \quad (1-3)$$

力矩的单位:力矩是力和距离的乘积,因此它的常用单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

综上所述可知:

(1) 如果力的大小等于零,则力对任意点的矩恒等于零。

(2) 如果力的作用线通过矩心,即力臂等于零,则力对点的矩恒等于零。

(3) 力对点之矩不仅取决于力的大小,同时还与矩心的位置有关,同一个力对不同的矩心,其力矩是不同的(如数值、符号都可能不同)。

最后再指出一点:前面是由力对于物体上固定点的作用引出力矩的概念。实际上,作用于物体上的力可以对任意点取矩。

2. 合力矩定理

平面力系的合力(\mathbf{F}_R)对平面内任一点的矩,等于力系中各分力(\mathbf{F})对同一点力矩的

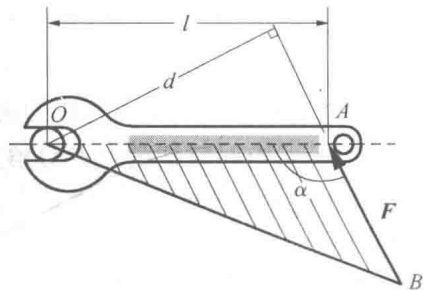


图 1-12