

铁路职业教育铁道部规划教材

工程力学

GONGCHENGLIXUE

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

钟起辉 主编

中专

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材
(中专)

工 程 力 学

钟起辉 主编

刘淑宏 主审

中国铁道出版社

2007·北京

内 容 简 介

本书为铁路职业教育铁道部规划教材。全书共六章,主要包括:静力学基本知识、与物体的受力分析,平面力系,材料力学基础,轴向拉伸和压缩,直梁弯曲,压杆稳定等。

本书可作为复退军人工务等专业学历教育用教材,也可作为职工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/钟起辉主编. —北京:中国铁道出版社,
2007.8

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-08175-1

I. 工… II. 钟… III. 工程力学-专业学校-教材
IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 112220 号

书 名:工程力学
作 者:钟起辉 主编

责任编辑:程东海 编辑部电话:(010)51873135
封面设计:陈东山
责任校对:孙 玫
责任印制:金洪泽

出版发行:中国铁道出版社

地 址:北京市宣武区右安门西街 8 号

邮政编码:100054

网 址:www.tdpress.com

电子信箱:发行部 ywk@tdpress.com

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

总编办 zbb@tdpress.com

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:7 字数:167 千

版 本:2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-113-08175-1/O·166

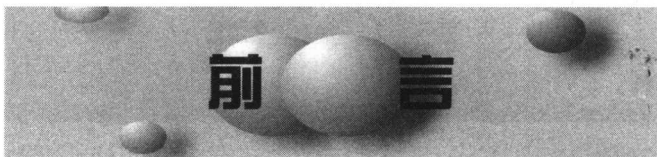
定 价:12.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者发行部调换。

电 话:(市电)010-51873171 (路电)021-73171

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187



本书根据全国铁路职业教育建筑工程专业教学指导委员会三届二次会议上审议通过的关于铁道部复退军人铁道工程(工务)专业指导性教学计划、教学大纲的要求编写的。全书力求体现中等职业教育培养应用性人才的特点,并根据够用的原则,精选静力学、材料力学的有关内容,使之融会贯通,重点突出,应用性强。

根据教学大纲,计划安排 80 学时;本书主要包括:力的基本性质,物体的受力分析,力系的平衡条件,常用构件的内力分析,强度、刚度和稳定性计算等基本内容。

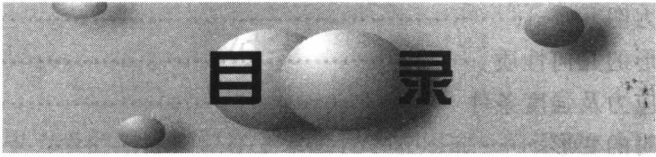
本书的力学名词、单位和符号均采用现行国家标准。

本书由钟起辉主编,参加编写的有:成都铁路运输学校黄鹤、钟起辉,付东老师承担了绘图工作。齐齐哈尔铁路工程学校刘淑宏担任主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,本教材难免有不足之处,敬请同行和读者在使用过程中提出宝贵意见,以便进一步修订。

编 者

2007 年 6 月于成都



目 录

绪 论	1
第一章 静力学基本知识与物体的受力分析	3
§ 1—1 静力学基本概念	3
§ 1—2 静力学公理	4
§ 1—3 约束与约束反力	7
§ 1—4 物体的受力分析和受力图	10
小 结	13
习 题	13
第二章 平面力系	17
§ 2—1 平面汇交力系	17
§ 2—2 力矩 平面力偶系	25
§ 2—3 平面一般力系	29
§ 2—4 物体系统的平衡问题	35
§ 2—5 考虑摩擦时的平衡问题	36
小 结	39
习 题	40
第三章 材料力学基础	47
§ 3—1 构件的承载能力	47
§ 3—2 杆件变形的基本形式	48
小 结	49
习 题	49
第四章 轴向拉伸和压缩	51
§ 4—1 轴向拉(压)杆上的内力——轴力	51
§ 4—2 轴向拉(压)杆横截面上的正应力	54
§ 4—3 轴向拉(压)杆变形 虎克定律	55
§ 4—4 材料拉伸和压缩时的力学性能	57
§ 4—5 许用应力和安全系数	59
§ 4—6 轴向拉(压)杆的强度计算	60
§ 4—7 拉(压)杆连接部分的强度计算	63
小 结	66
习 题	68
第五章 直梁弯曲	71

§ 5—1 直梁弯曲的概念	71
§ 5—2 梁横截面上的内力	72
§ 5—3 梁的内力图	74
§ 5—4 平面图形的几何性质	78
§ 5—5 梁的正应力及强度条件	81
§ 5—6 梁弯曲时的变形	87
小 结	89
习 题	90
第六章 压杆稳定	95
§ 6—1 压杆稳定的概念	95
§ 6—2 临界力的确定	96
§ 6—3 压杆的稳定计算	98
§ 6—4 提高压杆稳定性的措施	101
小 结	102
习 题	103
参考文献	105

绪 论

工程力学是关于力学的基础知识在土木工程中应用的一门课程。同时也是一门专业基础课。我们学习工程力学是为土木工程的结构设计和施工及维护提供受力分析和计算方法,也为我们进一步学习相关的专业课程打下必要的基础。

在我们周围所看见的各种建筑物,都是由许许多多的单个物体所组成,如房屋、桥梁等,在使用的过程中每一个单个物体都要承受各种力的作用。因此在建造之前,就需要清楚每一个单个物体的受力情况,要承受多大的力,便于我们确定每一个单个物体的尺寸大小、所用的材料等问题。有些物体是主动承受外界给它的力,而有些物体是承受其他物体传递给它的力。如桥梁,其桥面承受火车或汽车给它的直接作用,而桥面又把火车或汽车直接给它的力传递给桥墩。在工程中习惯将这些主动作用于建筑物上的外力称为荷载。在建筑物中承受和传递荷载起骨架作用的部分称为结构。结构中的单个物体称为构件。各类结构中构件的形状多种多样,其中用得最多的构件如梁、柱等,它们的长度比其他两个方向的尺寸大得多(一般为 5 倍以上),这类构件称为杆件。全部构件由杆件组成的结构称为杆系结构。

工程力学的研究对象主要是杆系结构。

任何结构都必须正常安全地工作,要达到这一目的,就必须有一定的承载能力,承载能力包括强度、刚度和稳定性。

所谓强度,就是指结构或构件抵抗破坏的能力,即结构或构件在外荷载以及其他因素作用下不能发生破坏;所谓刚度,就是指结构或构件抵抗变形的能力,在荷载的作用下,结构或构件的形状和尺寸都会发生变化,称为变形;所谓稳定性,就是指结构或构件在受力后能保持原有的平衡状态的能力。

工程力学的任务是研究杆件结构的强度、刚度和稳定性问题,并讨论结构的组成规律与合理形式。

工程力学的研究方法是:理论分析、试验分析和计算分析。理论分析是以基本概念和定理为基础,分析结构中各构件的受力情况,并经过数学推演,得到问题的解答,它是广泛使用的一种分析方法。材料的力学性能是材料在力的作用下抵抗变形的能力,它必须通过材料试验才能测定。因此,试验在工程力学中占有重要的地位。随着计算机技术的飞速发展,工程力学的计算手段发生了根本性的变化,计算机技术与数值分析方法相结合,使计算过程大大简化。工程力学的三种研究方法是相辅相成、互为补充、互相促进的。学习工程力学,首先应掌握好最基本的力学概念、原理和分析方法,因为这些都是进一步学习工程力学其他内容以及掌握计算机分析方法的基础。

工程施工的过程就是把设计图纸变成实际的建筑物,而从事结构维护的过程就是使结构能够长期安全地工作。不管是从事建筑工程施工,还是从事维护的人员,只有掌握了工程力学的基本理论和知识,才能懂得结构中各种构件的作用、受力情况、传递途径以及它们在各种力的作用下以及什么条件下会产生怎样的后果。在实际工程施工及维护中,有许多安全事故的发生,是由于我们的一些人员不懂得力学知识而造成的。因此,要

求我们今后要从事工程施工及维护人员必须要有一定的力学基本知识,避免造成一些不必要的安全事故。

我们在学习工程力学时,要注意理解基本原理、掌握基本方法。其实学习力学的知识并不难,难的是将力学的基本原理、方法用于处理和解决具体问题。要求大家要多做练习,帮助加深对基本原理的理解,以及对基本方法的掌握,才能收到良好的效果。

第一章

静力学基本知识与物体的受力分析

§ 1—1 静力学基本概念

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学。

一、力的概念

力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐渐建立起来的。例如挑担、推车、抛物、拧螺母等都要用力；同样机车牵引列车由静止到运动，万能试验机将试件拉长等，这也是力的作用。这些都说明：力是物体间相互的机械作用，力的作用效果是使物体的运动状态发生改变，也使物体的形状发生变形。因此，力不能离开物体而存在，当某一物体受到力的作用时，一定有另一物体对它施加这种作用。在分析物体受力情况时，必须注意区分哪个是受力物体，哪个是施力物体。例如，人用手提重物时，若把重物看成是受力物体，则手就是施力物体；反之，若认为手是受力物体，那么重物就是施力物体。所以施力物体和受力物体是相对而言的。

力使物体运动状态发生变化的效应称为力的外效应，而力使物体产生变形的效应称为力的内效应。静力学只研究力的外效应，材料力学将研究力的内效应。

力对物体的作用效应应取决于力的大小、力的方向、力的作用点。这三者称为力的三要素。力的大小表示物体相互间机械作用的强弱程度。力的方向表示物体间的相互机械作用具有方向性。力的作用点是物体间相互机械作用位置的抽象化，实际上物体相互作用的位置并不是一个点，而是物体的一部分面积或体积。这三个要素中有一个改变时，力对物体作用的效果也随之改变。

为了度量力的大小，必须确定其度量单位。本书采用我国统一实行的法定计量单位（国际单位制 SI 为基础），力的单位名称为牛[顿]，符号为“N”。工程力学中常用 kN（千牛）， $1\text{ kN}=1\,000\text{ N}$ 。

由力的三要素可知，力是矢量，应该用一沿力的作用线的有向线段表示。此有向线段的起点或终点表示力的作用点，故力是定位矢量。图 1-1 表示了物体在 A 点受到力 F 的作用。本书中用一个粗体字母表示力矢量，如 $\mathbf{F}$ ，而用普通字母表示力矢量的大小，如 $F, F_x, \dots$

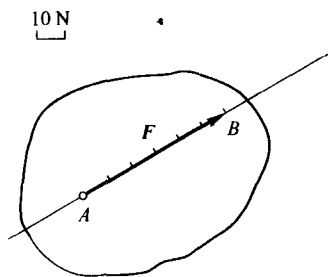


图 1-1

二、刚体的概念

刚体是指在运动中和受力作用后,形状和大小都不发生改变,且内部各点之间距离不变的物体。刚体是从实际物体抽象得来的一种理想的力学模型,自然界中并不存在。实际上,任何物体在力的作用下都将发生变形,但如果物体的变形尺寸与原始尺寸相比很小,在所研究的力学问题中,忽略这种变形后不会引起显著的误差时,就可以把这个物体抽象化为刚体,从而使所研究的问题得到简化。这种在影响具体事物的诸多因素中保留起决定作用的主要因素,舍去次要因素的方法,是科学研究中常用的抽象化方法。解决工程力学问题时,常常将实际物体抽象为力学模型,使问题大为简化,因此能更准确地反映客观事物的本质。

三、平衡的概念

静力学研究物体机械运动的特殊情况,即物体的平衡问题。所谓物体的平衡,是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。事实上,任何物体皆处于永恒的运动中,即运动是绝对的、无条件的,而平衡只是相对的、有条件的。例如在地面上看来是静止的桥梁、房屋,实际上仍然随着地球的自转和公转而运动。因此,静止或平衡总是相对于地球而言的。

§ 1—2 静力学公理

所谓公理,就是符合客观现实的真理。静力学公理就是人类对客观现实长期的观察、分析、抽象、归纳、总结而得出的结论。它的正确性只能用实验方法证实,而不能用更基本的原理来证明。静力学的全部理论,就是以静力学公理推导而来的,所以它是静力学的基础。

公理 1 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力,使刚体保持平衡的充分和必要条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一直线上,如图 1-2(a)、(b) 所示。

需要指出的是,二力平衡条件只适用于刚体。二力等值、反向、共线是刚体平衡的必要与充分条件。对于非刚体,二力平衡条件只是必要的,而不是充分的,并非满足等值、反向、共线的作用力就可以平衡,如绳索受等值、反向、共线的两个压力作用就不能平衡。

若一根杆件只在两点受力而处于平衡,则作用在此两点的二力的方向必在这两点的连线上。此杆件称为二力构件,简称为二力杆。

二力构件的受力特点是:所受二力必沿其两作用点的连线。图 1-3 中的杆 AB,若不计自重,它就是一个二力杆。这时 F_1 和 F_2 的作用线必在二力作用点的连线上,且等值、反向。

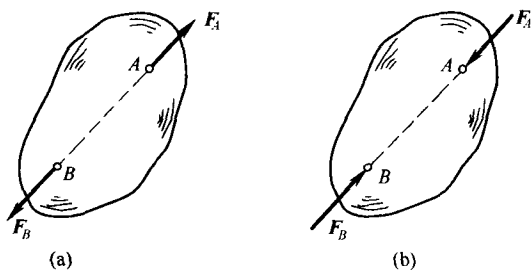


图 1-2



图 1-3

公理 2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,加上或减去任意的平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效果。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态,即平衡力系对物体的运动效果为零,所以在物体的原力系上加上或去掉一个平衡力系,是不会改变物体的运动效果的。

这个公理常被用来简化已知力系,在以后推导许多定理时要用到它。作为公理 2 的应用,我们得出下面的推论。

推论 力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点,而不改变原力对刚体的作用效果。

证明

(1) 设力 F 作用在小车上的 A 点[图 1-4(a)]。

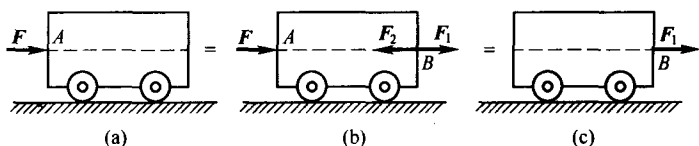


图 1-4

(2) 根据加减平衡力系公理,在力 F 的作用线上任取一点 B ,加上一个平衡力系 F_1 和 F_2 ,并使 $F_1 = -F_2 = F$ [图 1-4(b)]。

(3) 由于力 F 和 F_2 是一个平衡力系,可以去掉,所以只剩下作用在 B 点的力 F_1 [图 1-4(c)]。

(4) 力 F_1 和原力 F 等效,就相当于把作用在 A 点的力 F 沿其作用线移到 B 点。

经验也告诉我们,用力 F 在 A 点推小车,与用力 $F_1 (=F)$ 在 B 点拉动小车,两者的作用效果是相同的。应注意,这个推论只适用于刚体,而不适用于变形体。

根据力的可传性原理可知,力对刚体的作用效果与力的作用点在作用线上的位置无关。因此,力的三要素可改为:力的大小、方向和作用线。

公理 3 力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用于该点,合力的大小和方向由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示。

如图 1-5(a)所示, F_1 、 F_2 为作用与物体上同一点 O 的两个力,以这两个力为邻边作出平行四边形 $OACB$,则从 O 点作出的对角线 OB ,就是 F_1 、 F_2 的合力 F 。

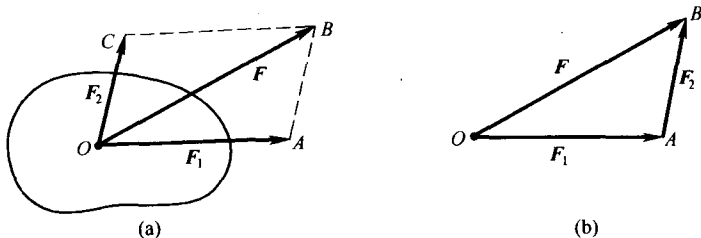


图 1-5

实际上,在求合力 F 时,不一定要作出整个平行四边形 $OACB$ 。因为平行四边形的对边

平行且相等,所以只要作出对角线一侧的一个三角形(OAB 或 OCB)就可以。如图 1-5(b)所示,只要将力矢 F_1 、 F_2 首尾相接,成一折线 OAB ,再用直线 OB 段将其封闭构成一个三角形,那么矢量 OB 就代表合力 F 。显然在作折线时两力的前后次序是可以任选的。这一力的合成方法称为力的三角形法则。它从平行四边形公理演变而来,应用更加简便。但要注意图 1-5(b)中矢量 F_2 只表示力 F_2 的大小和方向,实际 F_2 并不作用于 A 点,而仍作用于 O 点。

求 F_1 和 F_2 两力的合力,可以用一个矢量式表示如下:

$$F = F_1 + F_2$$

读作合力 F 等于力 F_1 和 F_2 的矢量和。该式与代数式 $F = F_1 + F_2$ 完全不同,不能混淆。只有当两力共线时,其合力才等于两力的代数和。

力的平行四边形公理总结了最简单的力系简化的规律,它是力的合成和分解的依据,也是简化较复杂力系的基础。

推论 三力平衡汇交定理

若作用于物体同一平面上的三个互不平行的力使物体平衡,则它们的作用线必汇交于一点。这就是三力平衡汇交定理。

证明

(1) 设共面不平行的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用在刚体上的 A 、 B 、 C 三点而成平衡,如图 1-6(a)所示。

(2) 根据力的可传性原理,将力 F_1 、 F_2 移到该两力作用线的交点 O 上,然后根据力的平行四边形公理,可得合力 F 则力 F_3 应与 F 平衡。

(3) 根据二力平衡公理, F 与 F_3 必在同一条直线上,所以 F_3 必通过 O 点,于是, F_1 、 F_2 、 F_3 均通过 O 点[图 1-6(b)]。证毕。

物体只受共面三个力作用而平衡,称为三力构件。若三个力中已知两个力的交点及第三个力的作用点,就可以按三力平衡汇交定理确定第三个力的作用线方位。必须注意,三力平衡汇交定理是共面且不平行三力平衡的必要条件,但不是充分条件,即同一平面内,作用线汇交于一点的三个力不一定是平衡的。

公理 4 作用与反作用公理

两物体间的作用力和反作用力,总是大小相等,方向相反,沿同一直线,并分别作用在这两个物体上。

这个公理说明力永远是成对出现的,物体间的作用总是相互的,有作用力就有反作用力,两者总是同时存在,又同时消失。如物体 A 对物体 B 施加作用力 F ,同时物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' ,且这两个力大小相等、方向相反、沿同一直线作用,如图 1-7 所示。

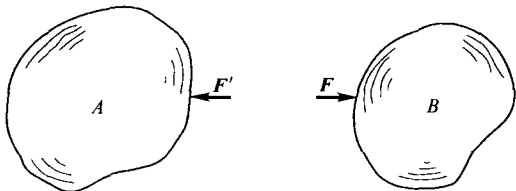


图 1-7

这里应注意公理 1 和公理 4 的区别,公理 1 是叙述作用在同一物体上两力的平衡条件,公

理 4 是描述两物体间的相互作用关系。必须指出,虽然作用力与反作用力等值、反向、共线,但分别作用在两个不同的物体上。因此,对于每一物体,不能认为作用力与反作用力相互平衡,组成平衡力系。

§ 1—3 约束与约束反力

在工程实际中,任何构件都受到与它相联系的其他构件的限制,而不能自由运动。例如,大梁受到柱子限制,柱子受到基础的限制,桥梁受到桥墩的限制,等等。

一个物体的运动受到周围物体的限制时,这些周围物体就称为该物体的约束。例如上面所提到的柱子是大梁的约束,基础是柱子的约束,桥墩是桥梁的约束。

既然约束限制着物体的运动,所以约束必然对物体有力的作用,这种力称为约束反作用力,简称约束反力或反力。约束反力是阻碍物体运动的力,所以属于被动力。能使产生物体运动(或有运动趋势)的力称为主动力,如地球引力、拉力、压力等,通常这些力的大小和方向是已知的。

约束反力作用点位置和约束反力的方向一般是已知的,其确定准则如下:

- (1) 约束反力的作用点就是约束与被约束物体的相互接触点;
- (2) 约束反力的方向总是与约束所能限制的被约束物体的运动方向相反。

至于约束反力的大小,一般是未知的。在静力学问题中,主动力和约束反力组成平衡力系,因此可以利用平衡条件来定量计算约束反力。

工程实际中,约束的形式很多,现将常见的几种约束类型,以及定性确定约束反力的方法介绍如下:

一、柔体约束

由柔软的绳索、链条、传动带等形成的约束称为柔性约束。柔体只能承受拉力,不能承受压力,只能限制物体(非自由体)沿柔体约束的中心线离开约束的运动,而不能限制其他方向的运动,因此其约束反力作用于连接点,方向沿着绳索、链条、传动带等约束体的中心线背离被约束物体。通常用 F_T 或 F_S 表示这类约束的反力。例如用连接于铁环 A 的钢丝绳,吊起一减速器箱盖[图 1-8(a)],箱盖的重力 G 是主动力。根据柔体约束反力的特点,可以确定钢丝绳给铁环 A 的力一定是拉力[图 1-8(a)中的 F_{T1} 、 F_{T2} 、 F_T]。钢丝绳给箱盖的力也是拉力(F_{T1} 、 F_{T2})。图 1-8(b)所示带传动中,传动带给两个带轮的力都是拉力,并沿传动带与轮缘相切的方向。

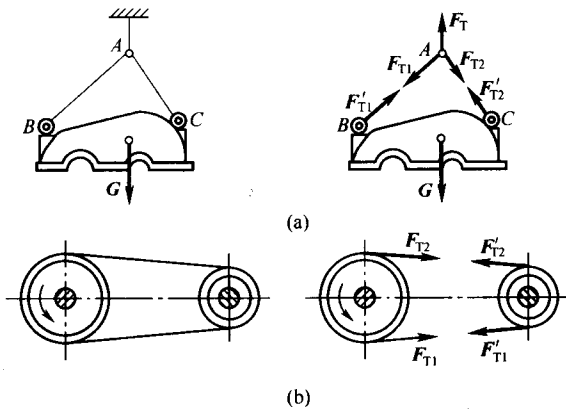


图 1-8

二、光滑面约束

两个互相接触的物体,如接触面上的摩擦力很小可忽略不计,这种光滑面所构成的约束,

称为光滑面约束。物体可以沿光滑的支承面自由滑动,也可向离开支承面的方向运动,但是支承面能限制物体沿接触法线并朝向支承面方向的运动。所以,光滑面约束的反作用力通过接触点,方向总是沿接触表面的公法线并指向物体,使物体受一法向压力作用。这种约束反力又称为法向反力,通常以符号 F_N 表示。图 1-9(a)所示为一停在光滑地面上的小车。地面对小车 A、B 二轮的约束反力 F_{NA} 和 F_{NB} 都沿着接触表面(轮缘与地面)的公法线方向,且指向车轮。图 1-9(b)为另一种光滑面约束,物体所受的约束在 A、B、C 三点,均为点与直线(或直线与平面)的接触,约束反力沿接触处的公法线而指向被约束的物体。

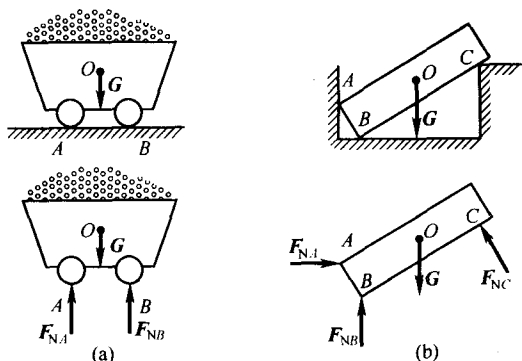


图 1-9

三、铰链约束

由铰链构成的约束,称为铰链约束。如图 1-10(a)所示,这种约束是采用圆柱销 C 插入构件 A 和 B 的圆孔内而构成,其接触面是光滑的。这种约束使构件 A 和 B 相互限制了彼此的相对移动,而只能绕圆柱销 C 的轴线自由转动。铰链约束的简图如图 1-10(b)所示。铰链的应用非常广泛,例如门窗的合页、内燃机的曲杆机构中,曲柄与连杆用的销连接(图 1-11 中的 A 处),连杆与活塞用的活塞销连接(图 1-11 中 B 处),都是铰链约束的实例。

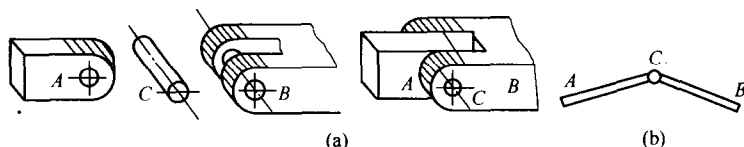


图 1-10

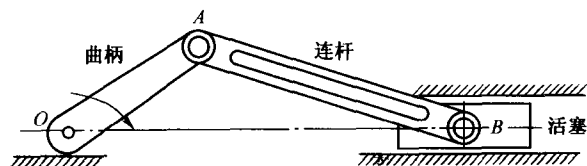


图 1-11

四、支座及其反力

工程中常常通过支座将一个构件支承在基础或另一静止的构件上。常见的支座有以下两种。

1. 固定铰支座(铰链支座)

图 1-12 所示是固定铰支座的结构简图。支座固定于基础或静止的结构上,构件与支座再用光滑的圆柱形销钉连接,就构成了固定铰支座。它的计算简图如图 1-13(a)或(b)所示。

固定铰支座的约束是限制物体(构件)在垂直于销钉轴线的平

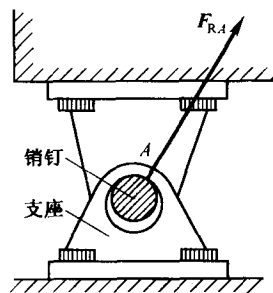


图 1-12

面内沿任意方向的移动,而不是限制物体(构件)绕销钉轴线的转动。其约束反力必定通过圆柱销钉的中心,但其大小 F_R 及方向一般不能由约束本身的性质决定,须根据构件受力情况才能决定。因此在画图和计算时,这个方向未定的支座约束反力,常用相互垂直的两个分力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 来代替,如图 1-13(c)或(d)所示。

2. 活动铰支座

如图 1-14 所示是活动铰支座的结构简图。在固定铰支座下面加几个辊轴支承于平面上,但支座的连接,使它不能离开支承面,就构成了活动铰支座。计算简图如图 1-15(a)或(b)所示。

这种支座只能限制构件垂直于支承面方向的移动,而不能限制物体绕销钉轴线的转动和沿支承面方向的移动。所以它的支座反力通过销钉中心,垂直于支承面,指向未定,如图 1-15(c)所示。

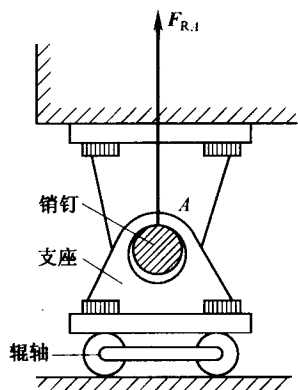


图 1-14

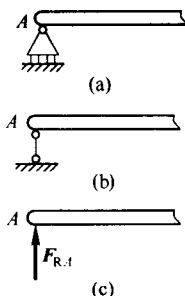


图 1-15

在工程中,如桥梁、房屋等结构就要用到以上两种支座。在桥梁里,梁的一端用固定铰支座,另一端则用活动铰支座,这是因为当桥梁受到热胀冷缩时,其长度就有变化,活动铰支座可相应地沿支撑面移动。

五、固定端约束

地面对电杆的约束,房屋建筑中的挑梁,它的一端嵌固在墙壁内,墙壁对挑梁的约束,其目的是限制电杆、挑梁沿任何方向的移动,也同时限制了物体的转动,这样的约束称为固定端约束。它的构造简图如图 1-16(a)所示,计算简图如图 1-16(b)所示。

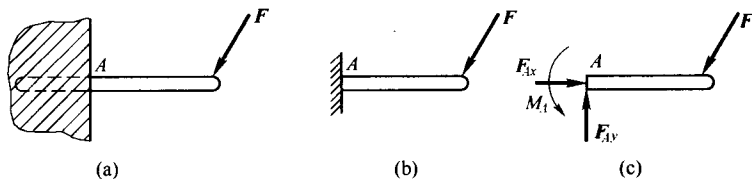


图 1-16

由于这种支座既限制构件的移动,又限制构件的转动,所以,它除了产生水平和竖向的约束反力外,还有一个阻止转动的约束反力偶,如图 1-16(c)所示。

§ 1—4 物体的受力和受力图

为了清楚地表示物体的受力情况,需要把所研究的物体(称为研究对象)从所受的约束中分离出来,单独画出它的简图,然后在上面画出它所受的全部主动力和约束反力。由于已将研究对象的约束解除,因此应以约束反力来代替原有的约束作用。

解除约束后的物体,称为分离体。画出分离体上的所有作用力(包括主动力和约束反力)的图,称为物体的受力图。画物体的受力图是解决静力学平衡问题的第一步,也是学好静力学的关键,必须正确无误。

对物体进行受力和画受力图时应注意以下几点:

1. 首先确定研究对象,并分析哪些物体(约束)对它有力的作用。
2. 画出作用在研究对象上的全部力,包括主动力和约束反力。画约束反力时,应取消约束,而用约束反力来代替它的作用。
3. 研究对象对约束的作用力或其他物体上受的力,在受力图中不应画出。

下面举例说明物体受力分析及画受力图的方法。

例 1-1 均质球重 G ,用绳系住,并靠于光滑的斜面上,如图 1-17(a)所示。试分析球的受力情况,并画出受力图。

解 (1)确定球为研究对象。

(2)作用在球上的力有三个:即球的重力 G (作用于球心,铅直向下),绳的拉力 F_T (作用于 A 点,沿绳轴线并离开球体),斜面的约束反力 F_N (作用于接触点 B ,垂直于斜面并指向球心)。

(3)根据以上分析,将球及其所受的各力画出,即得球的受力图,如图 1-17(b)所示。球受 G 、 F_T 、 F_N 三力作用而平衡,此三力满足三力平衡汇交原理,其作用线相交于球心 O 。

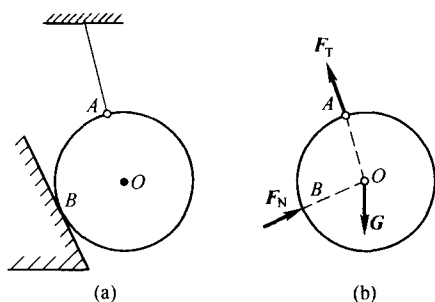


图 1-17

例 1-2 均质杆 AB ,重量为 G ,支于光滑的地面及墙角间,并用水平绳 DE 系住,如图 1-18(a)所示。试画出杆 AB 的受力图。

解 以杆 AB 为研究对象。作用在杆上的主动力有重力 G (作用于杆的重心 O)。约束反力有地面的约束反力 F_{NA} ,为光滑面约束,反力过 A 点并垂直于地面;墙角的约束反力 F_{NC} ,为光滑面约束,反力过 C 点与杆垂直;柔体绳子的拉力 F_T ,沿绳轴线并离开杆的方向。受力图如图 1-18(b)所示。

例 1-3 梁 AB , A 端为固定铰支座, B 端为活动铰支座,梁中点 C 受主动力 F 作用[图 1-19(a)],梁重不计,试分析梁的受力情况。

解 (1)以梁 AB 为研究对象并画出分

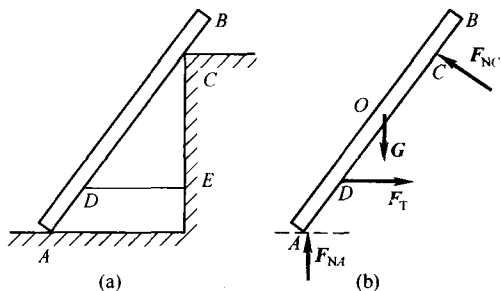


图 1-18

离体[图 1-19(b)]。

(2)画出主动力 F 。

(3)画约束反力。活动铰支座约束反力 F_{NB} ，铅垂向上。固定铰支座约束反力为 F_{Ax} 、 F_{Ay} 或 F_{RA} 。受力图如图 1-19(b)、(c)所示。

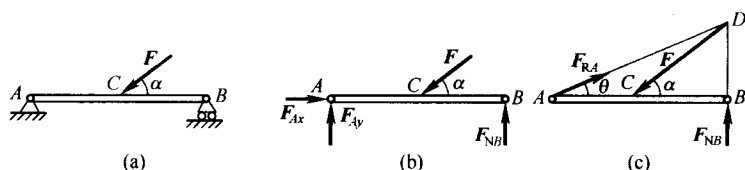


图 1-19

例 1-4 两只油桶堆放在槽中,如图 1-20(a)所示,桶重分别为 G_1 、 G_2 。试分析每个桶的受力情况。

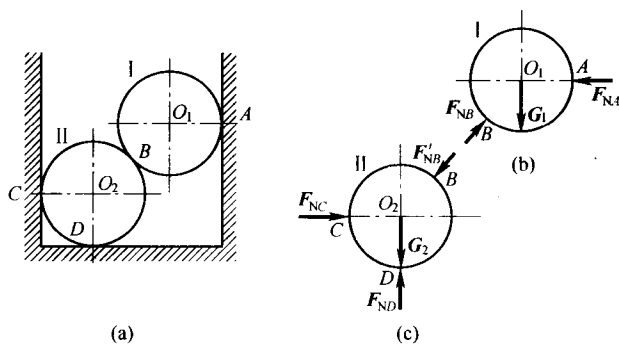


图 1-20

解 先分析桶 I 的受力情况。取桶 I 为研究对象画出分离体。桶 I 的主动力只有自重 G_1 ；桶 I 在 A 和 B 两处,都受到光滑面约束,其反力 F_{NA} 、 F_{NB} 都通过桶的中心。桶 I 的受力图如图 1-20(b)所示。

再分析桶 II 的受力情况。取桶 II 为研究对象画出分离体[图 1-20(c)]；桶 II 的主动力除自重 G_2 外,还有上面桶 I 传来的压力 F'_{NB} ,注意到 F'_{NB} 与 F_{NB} 互为作用与反作用, F'_{NB} 必通过桶 II 中心,且有 $F'_{NB} = F_{NB}$ ；桶 II 在 C、D 处受有光滑面约束,其约束反力 F_{NC} 、 F_{ND} 都指向桶 II 且通过其中心。

例 1-5 图 1-21(a)中,梁 AD 的 A 端为固定铰支座, D 端挂一重为 G 的重物 E,中间由直杆 BC 支撑。若不计梁及直杆自重,画出梁 AD 及直杆 BC 的受力图。

解 先画出杆 BC 的受力图[图 1-21(b)]。以直杆 BC 为研究对象并画分离体；直杆是二力杆,故 F_B 、 F_C 必沿 BC 杆中心线,方向可假设(拉或压),显然,本题中 BC 杆应受压。

再画梁 AD 受力图。以梁 AD 为研究对象并画出分离体[图 1-21(c)]；画主动力 G ；画约束反力。 $F'_C = -F_C$, F'_C 与 G 相交于 H,由三力平衡汇交定理可确定固定铰支座 A 的约束反力 F_{RA} 必交于 H 点,即 F_{RA} 沿 AH 连线。固定铰支座 A 的约束反力也可画成正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} [图 1-21(d)]。

例 1-6 三角架由 AB 及 BC 两杆用铰链连接而成。销钉 B 处悬挂重量为 G 的物体, A、C 两处用铰链与墙固连[图 1-22(a)]。不计杆的自重,试分别画出杆 AB、BC、销钉 B 及系统 ABC 的受力图。