



21世纪汽车专业“十二五”规划新教材



秦坚强 杨树生 主编

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

21 世纪汽车专业“十二五”规划教材

汽车机械基础

主 编 秦坚强 杨树生

副主编 方 敏 李欣然 陈小梅

高洪一 陈长庚

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

(编辑 曹俊 副编辑 田 虎 出版 曹俊 曹俊)

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车机械基础 / 秦坚强, 杨树生主编. — 北京 :
中国广播电视出版社, 2010. 6
21世纪汽车专业“十二五”规划新教材
ISBN 978-7-5043-6168-4

I. ①汽… II. ①秦… ②杨… III. ①汽车—机械学
—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第100069号

汽车机械基础

秦坚强 杨树生 主编

责任编辑	周然毅
封面设计	曾秋海
责任校对	梁 君
出版发行	中国广播电视出版社
电 话	010-86093580 010-86093583
社 址	北京市西城区真武庙二条9号
邮 编	100045
网 址	www.crtpt.com.cn
电子信箱	crtpt8@sina.com
经 销	全国各地新华书店
印 刷	北京市耀华印刷有限公司
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
字 数	300(千)字
印 张	13
版 次	2010 年 6 月第 1 版 2012 年 1 月第 3 次印刷
印 数	
书 号	ISBN 978-7-5043-6168-4
定 价	28.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

目 录

绪 论	1
活动一 概 论	1
活动二 性质和任务	2
习 题	3
项目一 力学基础知识	4
活动一 力的性质	4
活动二 平面汇交力系	9
活动三 力矩与平面力偶系	11
活动四 平面一般力系	16
活动五 摩擦与润滑	19
习 题	41
项目二 金属材料与热处理	43
活动一 金属的力学性能	43
活动二 钢的热处理	46
活动三 常用金属材料	49
活动四 其他常用材料	59
习 题	61
项目三 机械传动与常用机构知识	62
活动一 螺纹联接与螺纹传动	62
活动二 摩擦轮传动、带传动和链传动	71
活动三 齿轮传动	88
活动四 螺杆传动	107
活动五 轮 系	109
活动六 常用机构	120
习 题	131
项目四 液压传动的基础知识	134
活动一 液压传动概述	134
活动二 液压元件	138

活动三	液压基本回路	167
活动四	典型液压系统	180
习 题		183
项目五	极限、配合与技术测量	186
活动一	互换性与标准化概念	186
活动二	极限与配合的基本概念	187
活动三	测量技术基础	195
活动四	形位公差与测量	198
习 题		200
参考文献		202

绪 论

知识目标:

通过本章节学习,对汽车机械基础有一个初步的认识。

能力目标:

通过学习,掌握机械、机构、机器、零件、构件的基本概念,初步认识本课程的性质、学习内容和任务,为后续专业知识的学习作好准备。

活动一 概 论

为了满足生活和生产的需要,人类创造并发展了机械。当今世界,人们越来越离不开机械,如汽车、飞机等。因此,学习机械基础知识,掌握一定的理论和技能是十分必要的。

一、机器、机构与机械

机械是机器与机构的总称。机器是用来变换或传递运动、能量、物料和信息,能减轻或替代人类劳动的工具是人类在长期生产实践中为满足自身生活需要而创造出来的。汽车、电动车、自行车、机床、食品加工机等都是机器。

从制造的角度来看,机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器中不可拆卸的制造单元。如图 0-1 所示是典型的轿车总体构造。一般汽车由发动机、底盘、车身和电器四大部分组成,这四大部分是由几万个零件组成的。汽车是一个机械系统,通过这四大部件实现汽车安全行驶功能,使人类以车代步。

从运动角度看,机器是由若干个运动的单元所组成,这种运动单元称为构件。构件可以是一个零件,也可以是若干个零件的刚性组合体。各构件之间是有联系的,是靠运动副联系起来的。构件与构件直接接触所形成的可动联接称为运动副。用运动副将若干个构件联接起来以传递运动和力的系统称之为机构,其中有一个相对静止的构件是机架。常用机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。

很显然,机器和机构最明显的区别是:机器能作有用功,而机构不能,机构仅能实现预期的机械运动。两者之间也有联系,机器是由几个机构组成的系统,最简单的机器只有一个机构。

机构与机器统称为机械。



图 0-1 典型轿车总体结构

二、研究内容

汽车《机械基础》是机械类各专业课程的基础,因此本课程务求为同学们打下一个基础的平台。

力学基础知识——基本掌握机械力学知识,会进行一般力学问题分析与简单计算。

金属材料基础——主要介绍机械工程材料,也就是制造机械零部件的材料,包括金属材料和非金属材料,介绍了金属材料的力学性质、金属热处理的基本知识和金属材料的种类、非金属材料种类、性能等。

常用机构与机械传动——主要介绍常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、螺旋机构)、齿轮传动、齿轮系与减速器、带传动与链传动等。

液压传动——介绍液压传动的基本原理与基本知识、主要元件、基本回路,应用在汽车机械上典型液压系统分析等。

极限配合与技术测量基础——主要介绍公差与配合的基本原理及相关知识。

活动二 性质和任务

1. 性质:技术基础课

基础:机械工程技术人员必须掌握的机械基础理论知识。

培养:学生具有一定机械设计的能力,学会基本设计方法。

专业:为了解本专业所用机械的传动原理、运行维修、改造、自动控制等方面获得必要的基本知识。

2. 任务

(1) 知识教学目标

- ①掌握常用的机械工程材料类型、牌号、力学性能。
- ②理解公差与配合的原理并掌握常用量具与量仪的正确使用。
- ③理解常用机构的工作原理、结构特点。
- ④理解通用机械零件的结构、参数。
- ⑤掌握基本的液压基本知识。

(2) 能力培养目标

- ①具有查阅、检索相关技术资料的能力,掌握相关的技术标准。
- ②掌握正确判断工程材料和选择工程材料的能力。
- ③掌握正确使用量具与量仪进行技术测量的能力。
- ④能正确识别机械零件及常用机构的能力。
- ⑤能对常用机构进行工作原理和结构分析。
- ⑥能识别常用的液压元件并对简单液压系统进行正确分析。
- ⑦运用和维护机械、传动装置的能力。

习 题

一、填空

1. _____是机器与机构的总称。
2. _____是机器中不可拆的制造单元。
3. 一般汽车由_____、_____和_____四大部分组成。

二、思考题

1. 构件与零件的区别。
2. 何为运动副? 何为机构? 试说出几种常用机构。

项目一 力学基础知识

知识目标:

了解力、重力的概念,明确力的三要素、作用力和反作用力,会画受力分析图。了解平面汇交力系的基本概念及其合成。知道力臂、力矩、力偶等概念及其性质,会合成平面内的力偶系。知道力的平移定理,会合成和平衡一般平面力系。了解摩擦、磨损等概念,知道润滑的基本原理,知道润滑油的性质和选用的要求。

能力目标:

在掌握力学的基础知识的基础上,会分析一些吊索具的受力情况,能进行一些简单的计算。

学习力学基础知识的目的在于了解吊索具的受力特点,掌握简单静力的计算方法。

活动一 力的性质

一、力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中经过观察和分析,逐步形成和建立的。当人们用手握、拉、掷、举物体时,由于肌肉紧张而感受到力的作用。这种作用广泛地存在于人与物及物与物之间。例如用手推小车,小车受了“力”的作用,由静止开始运动,用锤子敲打会使烧红的铁块变形等。人们从大量的实践中,形成力的科学概念,即力是物体间相互的机械作用。这种作用一是使物体的机械运动状态发生变化,称为力的外效应;另一个是使物体产生变形,称为力的内效应。

二、物体的重力

物体所受的重力是由于地球的吸引而产生的。重力的方向总是竖直向下的,物体所受重力大小 G 和物体的质量 m 成正比,用关系式 $G = mg$ 表示。通常,在地球表面附近, g 取值为 9.8N/kg ,表示质量为 1kg 的物体受到的重力为 9.8N 。在已知物体的质量时,重力的大小可以根据上述的公式计算出来。

【例 1-1】起吊一质量为 $5 \times 10^3\text{kg}$ 的物体,其重力为多少?

解:根据公式: $G = mg$

$$= 5 \times 10^3 \times 9.8$$

$$= 4.9 \times 10^4\text{N}$$

答:物体所受重力为 $4.9 \times 10^4\text{N}$ 。

在国际单位制中,力的单位是牛顿,简称“牛”,符号是“N”。

在工程中常冠以词头“kN”、“daN”,读作“千牛”、“十牛”。与以前工程单位制采用的“公斤力(kgf)”的换算关系:

$$1 \text{ 公斤力(kgf)} = 9.8 \text{ 牛(N)} \approx 10 \text{ 牛(N)} \quad 1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$$

三、力的三要素

实践证明,力作用在物体上所产生的效果,不但与力的大小和方向有关,而且与力的作用点有关。我们把力的大小、方向和作用点称为力的三要素。改变三要素中任何一个时,力对物体的作用效果也随之改变。

例如用手推一物体,如图 1-1 所示,若力的大小不同,或施力的作用点不同,或施力的方向不同都会对物体产生不同的作用效果。

在力学中,把具有大小和方向的量称为矢量。因而,力的三要素可以用矢量图(带箭头的线段)表示,如图 1-2 所示。

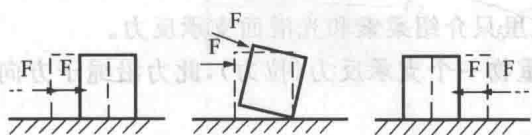


图 1-1 力的作用

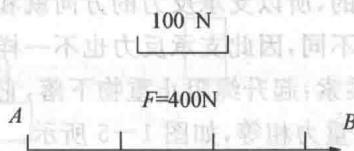


图 1-2 力的矢量图

作矢量图时,从力的作用点 A 起,沿着力的方向画一条与力的大小成比例的线段 AB(如用 1cm 长的线段表示 100N 的力,那么 400N 就用 4cm 长的线段),再在线段末端画出箭头,表示力的方向,文字符号用黑体字 F 表示,并以同一字母非黑体字 F 表示力的大小,书写时则在表示力的字母 F 上加一横线 $\vec{F}$ 表示矢量。

四、作用力和反作用力定律

我们知道,力是一个物体对另一个物体的作用。一个物体受到力的作用,必定有另一个物体对它施加这种作用,那么施力物体是否也同时受到力的作用呢?

用手拉弹簧,弹簧受力而伸长,同时手也受到一反方向的力,即弹簧拉手的弹力。船上的人用竹篙抵住河岸,竹篙给河岸一个力,同时河岸也给竹篙一个反向推力,把小船推离河岸。物体 A 在物体 B 的平面上运动,如果平面 B 对物体 A 有摩擦力,则物体 A 对平面 B 也有摩擦力。

如图 1-3 中,绳索下端吊有一重物,绳索给重物的作用力为 T ,重力给绳索的反作用力为 T' , T 和 T' 等值、相反、共线且分别作用在两个物体上。

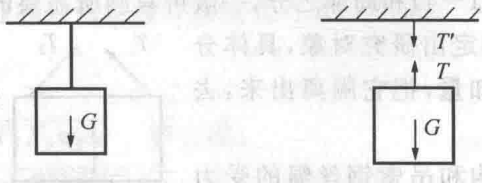


图 1-3 力的作用力与反作用力

以上事例说明:物体间的作用力是相互的。这一对力叫做作用力和反作用力。我们

把其中的一个力叫做作用力,另一个就叫做反作用力,它们大小相等,方向相反,分别作用在两个物体上。

作用力和反作用力定律:两个物体之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。

五、支承反力和受力图

1. 支承反力

以起重机简图为例,如图 1-4 所示。

当起重机吊起重物后静止不动时,重物在重力作用下而不能下落,因为有起升绳拉住它。起升绳就是重物的支承,吊臂 AB 是由 A 处轴销和拉索 DE 支承的,起重机整体又是由地面支承的。

一个构件由另一构件支承,另一构件给这个构件的反作用力叫做支承反力。支承是限制运动的,所以支承反力的方向就和支承所能限制的运动方向相反。不同的支承对物体的作用不同,因此支承反力也不一样,这里只介绍柔索和光滑面支承反力。

(1)柔索:起升绳阻止重物下落,它给重物一个支承反力(拉力),此力沿绳子方向、大小和 G 的重力相等,如图 1-5 所示。

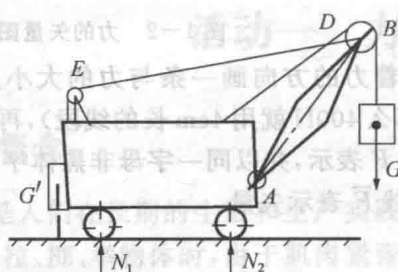


图 1-4 支承反力

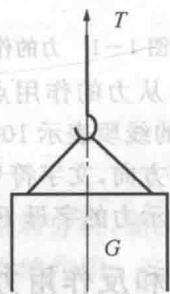


图 1-5 受力图

(2)光面支承:图 1-4 中(起重机简图)整体起重机用轮子支承在地面上,由于地面支承,轮子不能向下移动,沿垂直方向有 N_1 、 N_2 支承反力, N_1 、 N_2 的大小等于整个起重机和重物的重力。

2. 受力图

全面地分析结构的约束情况,包括外力、支承反力后,用一个简图清楚地表示出全部受力情况,这个图称为受力图。

受力图有整体(见图 1-4)和局部之分,一般可只画所需要的局部受力图。

画受力图时,首先确定出研究对象,具体分析已知条件和要求的未知量,把它隔离出来,去粗取精画出受力图。

例如我们要分析吊钩和吊索钢丝绳的受力情况,就可以只画出所需部分。如图 1-6 所示。

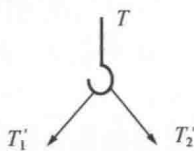
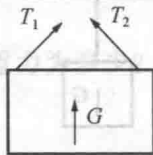


图 1-6 吊钩和吊索钢丝绳的受力图

六、力的合成和分解

1. 两个共点力的合成

作用于同一点并互成角度的力称为共点力,两力的合力作用效果我们可以用下例演示来证明。如图 1-7 所示,弹簧长度 l_0 ,一端挂在 O 点,另一端在 A 点,各沿 AB 和 AD 方向加力 F_1 和 F_2 ,力的大小按比例尺画出。在 F_1 、 F_2 两力作用下,弹簧由 l_0 沿 OA 伸长为 l ,然后去掉 F_1 、 F_2 两力。在 AC 方向施加力 R (利用法码逐渐加力),使弹簧同样沿 OA 由 l_0 伸长为 l ,按比例尺画上 R 。弹簧变形相等,受力相等,可知 F_1 、 F_2 两力的合成效果和只一个力的作用效果相等, R 是 F_1 、 F_2 两力的合力。

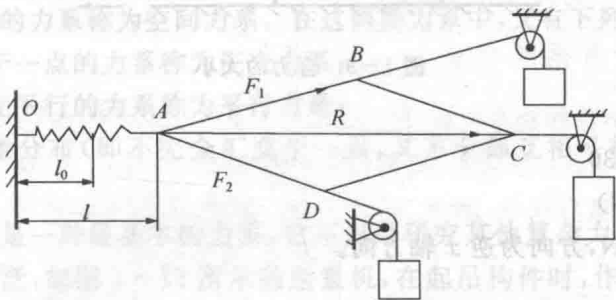


图 1-7 力的合成

如果以 F_1 、 F_2 作为两邻边,画平行四边形,我们发现合力 R 正好是它的对角线,这就证明了力的平行四边形法则,即:两个互成角度的共点力,它们合力的大小和方向,可以用表示这两个力的线段作邻边所画出的平行四边形的对角线来表示。两个力的合力不能用算术的法则把力的大小简单相加,而必须按矢量运算法则,即平行四边形法则几何相加,可用图解法和三角函数计算法。

(1) 图解法

【例 1-2】已知 F_1 、 F_2 两个力,其夹角为 70° , F_1 即 AB 为 800N , F_2 即 AD 为 400N ,求合力 $R(AC)$ 为多少?

方法:取比例线段 1cm 代表 200N ,并沿力的方向将 AB 和 AD 二力按比例画出,取 AB 长 4cm 代表 800N ,取 AD 长 2cm 代表 400N ,经 B 点及 D 点分别作 AD 与 AB 的平分线交于 C 点,连接 AC ,量取 AC 的长为 5cm ,则合力为 $200\text{N} \times 5 = 1000\text{N}$ 。如图 1-8 所示。

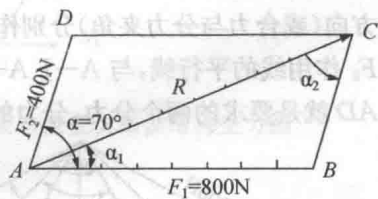


图 1-8 力的合成图解法

(2) 三角函数法

根据三角形正弦定理和余弦定理计算出合力 R :

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{F_1}{\sin \alpha_2} = \frac{F_2}{\sin \alpha_1}$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \quad \text{如上例:}$$

$$\text{解: } R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

$$= \sqrt{800^2 + 400^2 + 2 \times 800 \times 400 \times \cos 70^\circ}$$

$$= 1009.4(\text{N})$$

从力的平行四边形法则可以看出 F_1 、 F_2 力的夹角越小,合力 R 就越大,当夹角为零时,二分力方向相同,作用在同一直线上,合力 R 最大。

反之,夹角越大,合力 R 就越小,当夹角为 180° 时,二分力方向相反,作用在同一直线上,合力最小。

作用在同一直线上各力的合力,其大小等于各力数值的代数和,其方向与计算结果的符号方向一致,通常以 x 坐标轴方向为正(+),反方向为负(-)。如下例,求图 1-9 所示合力。



图 1-9 合力的大小

解: $R = F_1 + F_2$

$$= -40 + 30$$

$$= -10(\text{N})$$

合力大小为 10N,方向为逆 x 轴方向。

2. 力的分解

力的分解是力的合成的逆运算,同样可以用平行四边形法则,将已知力作为平行四边形的对角线,两个邻边就是这个已知力的两个分力。显然如果没有方向角度的条件限制,对于同一条对角线可以作出很多组不同的平行四边形。邻边(分力)的大小变化很大,因此应有方向、角度条件。使用吊索时,限制吊索分支夹角过大是防止吊索超过最大安全工作载荷,而发生断裂。

图 1-10 为两根吊索悬吊 1000N 载荷,当两根吊索处于不同夹角时,吊索受力变化如图所示。

(1) 分力图解法

已知合力 R 和两个分力的方向,求两个分力的大小,可通过已知力 R 作用点 A 沿分力的方向(或合力与分力夹角)分别作直线 $A-I$ 、 $A-II$,再经过已知合力 R 终点 C 做两个分力 F_1 、 F_2 作用线的平行线,与 $A-I$ 、 $A-II$ 直线交于 B 、 D 两点,得平行四边形 $ABCD$ 。其两邻边 AB 、 AD 就是要求的两个分力,分力的大小可用比例尺量出。如图 1-11 所示。

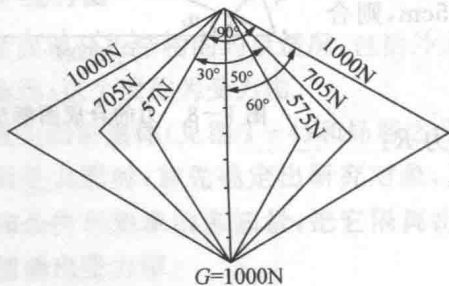


图 1-10 不同夹角吊索受力情况

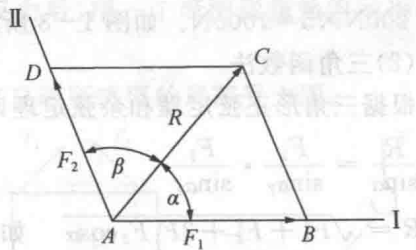


图 1-11 分力图解法

(2)三角函数法

计算时也可利用三角函数公式。

求力的分解,如图 1-11。

活动二 平面汇交力系

作用在物体上的力系,根据力系中各力的作用线在空间的位置的不同,可分为平面力系和空间力系两类。各力的作用线都在同一平面内的力系称为平面力系,各力的作用线不在同一平面内的力系称为空间力系。在这两类力系中,又有下列情况:

(1)作用线交于一点的力系称为汇交力系;

(2)作用线相互平行的力系称为平行力系;

(3)作用线任意分布(即不完全汇交于一点,又不全都互相平行)的力系称为一般力系。

平面汇交力系是一种最基本的力系,它不仅是研究其他复杂力系的基础,而且在工程中用途也比较广泛,如图 1-12 所示的起重机,在起吊构件时,作用于吊钩上 C 点的力,图 1-13 所示的屋架,节点 C 所受的力都属于平面汇交力系。

本节主要内容是:分别利用几何法及解析法讨论平面汇交力系的合成和平衡。

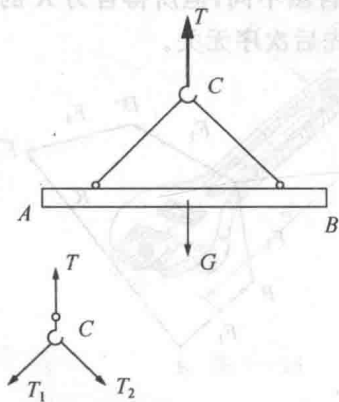


图 1-12 起重机起吊构件

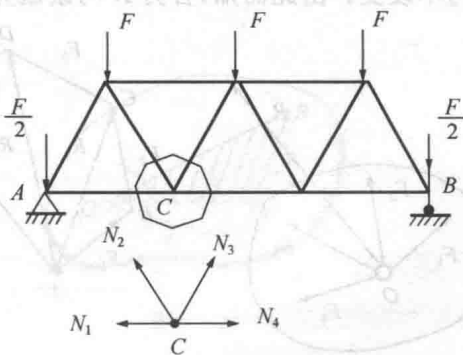


图 1-13 屋架及节点受力图及吊构受力图

一、两个汇交力的合成

设物体受到汇交于 O 点的两个力 F_1 和 F_2 的作用(图 1-14a),应用学过的平行四边形法则,求 F_1 、 F_2 的合力。先从交点出发,按适当的比例和正确的方向画出 F_1 、 F_2 ,便可得出相应的平行四边形,具对角线即代表合力 R 。对角线 R 的长度和 R 与 F_1 所夹角度,便是合力的大小和方向。

为简便起见,在求合力时,不必画出整个平行四边形,而只需画出其中任一个三角形便可解决问题。将两分力首尾相连,再连接起点和终点,所得线段即代表合力。这一合成方法称为力的三角形法则(图 1-14b)。可用式子表示:

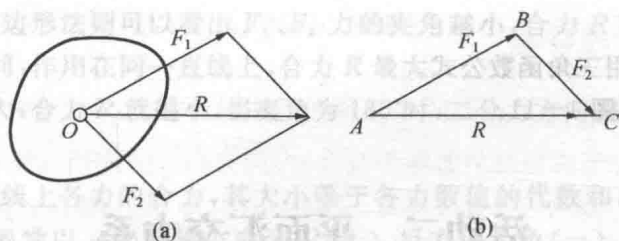


图 1-14 两个汇交力合成的几何法

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

上式为矢量式,不是两力代数相加。

二、平面汇交力系的合成

设在物体的 A 点作用四个汇交力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 ,如图 1-15(a)所示,求此力系的合力。为此,可连续应用力三角形法则,如图 1-15(b)所示,先求 F_1 和 F_2 的合力 R_1 ,再求 R_1 和 F_3 的合力 R_2 ,最后求 R_2 和 F_4 的合力 R 。显然, R 就是原汇交力系 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的合力。实际作图时,表示 R_1 、 R_2 的力不必画出,可直接按一定的比例尺依次作出矢量 AB 、 BC 、 CD 、 DE ,分别代表力系中各分力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 之后,连接 F_1 的起点和 F_4 的终点,就可得到力系的合力 R ,如图 1-15(c)所示。这就是力的多边形法则。在作图时,如果改变各分力作图的先后次序,得到的力多边形的形状自然不同,但所得合力 R 的大小和方向均不改变。由此而知,合力 R 与绘制力多边形的先后次序无关。

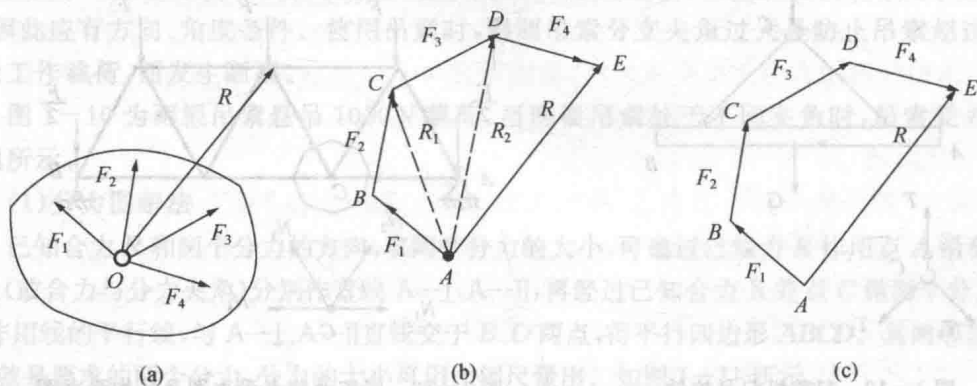


图 1-15 平面汇交力系合成的几何法

将上述方法推广到由 n 个力组成的汇交力系中,可得结论:平面汇交力系合成的结果是一个作用线通过各力的汇交点的合力,合力的大小和方向由力多边形的封闭边确定,即合力的矢量等于原力系,各分力的矢量和。用式子表示为:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F} \quad (2-1)$$

活动三 力矩与平面力偶系

一、力对点之矩

力对点的矩是很早以前人们在使用杠杆、滑车、绞盘等机械搬运或提升重物时所形成的一个概念。现以扳手拧螺母为例来说明。如图 1-16 所示,在扳手的 A 点施加一力 F ,将使扳手和螺母一起绕螺钉中心 O 转动,这就是说,力有使物体(扳手)产生转动的效应。实践经验表明,扳手的转动效果不仅与力 F 的大小有关,而且还与点 O 到力作用线的垂直距离 d 有关。当 d 保持不变时,力 F 越大,转动越快。当力 F 不变时, d 值越大,转动也越快。若改变力的作用方向,则扳手的转动方向就会发生改变,因此,我们用 F 与 d 的乘积再冠以适当的正负号来表示力 F 使物体绕 O 点转动的效应,并称为力 F 对 O 点之矩,简称力矩,以符号 $M_O(F)$ 表示,即:

$$M_O(F) = \pm F \cdot d \quad (1-1)$$

O 点称为转动中心,简称矩心。矩心 O 到力作用线的垂直距离 d 称为力臂。式中的正负号表示力矩的转向。通常规定:力使物体绕矩心作逆时针方向转动时,力矩为正,反之为负。在平面力系中,力矩或为正值,或为负值,因此,力矩可视为代数量。

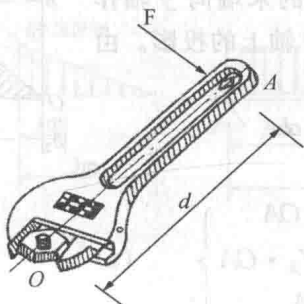


图 1-16

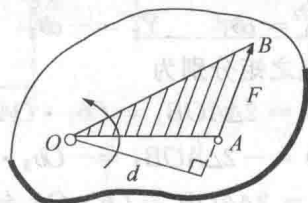


图 1-17

由图 1-17 可以看出,力对点之矩还可以用以矩心为顶点,以力矢量为底边所构成的三角形的面积的二倍来表示。即:

$$M_O(F) = \pm 2\Delta OAB \text{ 面积} \quad (1-2)$$

显然,力矩在下列两种情况下等于零:

- (1) 力等于零;
- (2) 力的作用线通过矩心,即力臂等于零。

力矩的单位是牛顿·米($\text{N} \cdot \text{m}$)或千牛顿·米($\text{kN} \cdot \text{m}$)。

【例 1-3】分别计算图 1-18 所示的 F_1 、 F_2 对 O 点的力矩。

解:由式(1-1),有:

$$\begin{aligned} M_O(F_1) &= F_1 \cdot d_1 = 10 \times 1 \times \sin 30^\circ \\ &= 5 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$M_O(F_2) = -F_2 \cdot d_2 = -30 \times 1.5 \\ = -45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

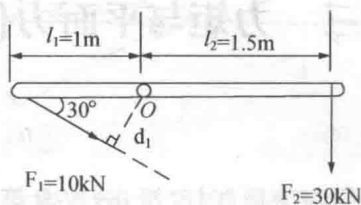


图 1-18

二、合力矩定理

我们知道平面汇交力系对物体的作用效应可以用它的合力 R 来代替。这里的作用效应包括物体绕某点转动的效应,而力使物体绕某点的转动效应由力对该点之矩来度量,因此,平面汇交力系的合力对平面内任一点之矩等于该力系的各分力对该点之矩的代数和。合力矩定理是力学中应用十分广泛的一个重要定理,现用两个汇交力系的情形给以证明。

证明:如图 1-19 所示,设在物体上的 A 点作用有两个汇交的力 F_1 和 F_2 ,该力系的合力为 R 。在力系的作用面内任选一点 O 为矩心,过 O 点并垂直于 OA 作为 y 轴。从各力矢的末端向 y 轴作垂线,令 Y_1 、 Y_2 和 R_y 分别表示力 F_1 、 F_2 和 R 在 y 轴上的投影。由图 1-19 可见:

$$Y_1 = ob_1 \quad Y_2 = -ob_2 \quad R_y = ob$$

各力对 O 点之矩分别为

$$\left. \begin{aligned} MO(F_1) &= 2\Delta AOB_1 = Ob_1 \cdot OA = Y_1 \cdot OA \\ MO(F_2) &= -2\Delta AOB_2 = -Ob_2 \cdot OA = Y_2 \cdot OA \\ MO(R) &= 2\Delta AOB = Ob \cdot OA = R_y \cdot OA \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

根据合力矩定理有:

$$R_y = Y_1 + Y_2$$

上式两边同乘以 OA 得:

$$R_y \cdot OA = Y_1 \cdot OA + Y_2 \cdot OA$$

将(a)式代入得:

$$MO(R) = MO(F_1) + MO(F_2)$$

以上证明可以推广到多个汇交力的情况。用式子可表示为:

$$MO(R) = MO(F_1) + MO(F_2) + \dots + MO(F_n) = \sum MO(F) \quad (1-3)$$

虽然这个定理是从平面汇交力系推证出来,但可以证明这个定理同样适用于有合力的其它平面力系。

【例 1-4】如图 1-20 所示,每 1m 长挡土墙所受土压力的合力为 R ,它的大小 $R=200\text{kN}$,方向如图所示,求土压力 R 使墙倾覆的力矩。

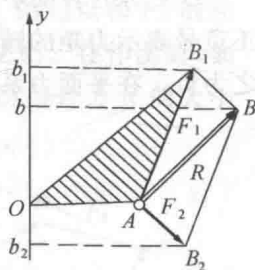


图 1-19