

高技能人才培养创新示范教材

工程机械基础

GONGCHENG JIXIE JICHU



主 编 林 利 顾炳峰
主 审 杜晓虹



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高技能人才培养

Gongcheng Jixie Jichu 工程机械基础

主编 林 利 顾炳峰
主审 杜晓红



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是高技能人才培养创新示范教材,主要内容包括力学基础知识、金属材料与热处理、机械传动、常用机构、液压传动、互换性与测量技术基础,共计6章。

本书可作为中职院校工程机械类相关专业课程的教材,也可作为工程机械类高技能人才的培养用书,还可供相关技术与管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械基础/林利,顾炳峰主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.10

高技能人才培养创新示范教材

ISBN 978-7-114-13333-6

I. ①工… II. ①林… ②顾… III. ①工程机械—教材 IV. ①TU6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第222652号

书 名: 工程机械基础

著 作 者: 林 利 顾炳峰

责任编辑: 戴慧莉

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10.25

字 数: 236 千

版 次: 2016年10月 第1版

印 次: 2016年10月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13333-6

定 价: 24.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



前言

Preface

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》精神,按照《国家高技能人才振兴计划》的要求,深化职业教育教学改革,积极推进课程改革和教材建设,满足职业教育发展的新需求,着重高技能人才的培养,依据公路工程机械运用与维修、工程机械技术服务与营销和工程机械施工与管理三大专业的教学计划和课程标准,我们组织行业专家及各校一线教师编写了这套补充教材。

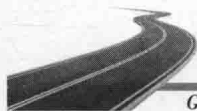
本套教材适用于公路工程机械类专业高级工和技师层次全日制学生培养及社会在职人员培训,具有以下特点:

(1)本套教材开发基于实际工作岗位,通过提炼典型工作任务,形成专业课程框架、教学计划及课程标准,切合职业教育教学的特点,符合培养技能型人才成长的规律。

(2)本套教材在编写模式上部分实践性较强的课程采用了任务引领型模式进行编写,有利于任务驱动式教学方法的使用,便于培养学生自我学习、收集信息、解决问题等方面的核心能力。

(3)本套教材在内容选取方面多数课程打破了传统教材学科知识体系的结构,但也考虑了知识和技能的连贯性和整体性,同时也保持了知识和技能选取的先进性、科学性和实用性。

《工程机械基础》是公路工程机械运用与维修、工程机械技术服务与营销和工程机械施工与管理三个专业的基础课程。本书主要介绍了工程机械专业基础方面的知识,包括力学基础知识、金属材料与热处理、机械传动、常用机构、液压传动、互换性与测量技术基础等,有较强的趣味性和实用性。通过学习本



课程,吸引学生走进工程机械的世界。

本教材由浙江公路技师学院林利、顾炳峰担任主编,浙江公路技师学院杜晓红担任主审。具体编写情况如下:第一章、第四章、第五章由林利编写,第二章、第三章、第六章由顾炳峰编写。在编写过程中得到了徐州工程机械集团有限公司、三一重工股份有限公司、厦门厦工重工有限公司、广西柳工机械股份有限公司等厂商及专家的支持与帮助,在此表示感谢。

由于编审人员的业务水平和教学经验有限,书中难免有不妥之处,恳切希望使用本书的教师和读者批评指正。

编者

2016年8月



目 录

Contents

第一章 力学基础知识	1
第一节 力的性质	1
第二节 平面汇交力系	5
第三节 力矩与平面力偶系	7
第四节 平面一般力系	11
第二章 金属材料与热处理	14
第一节 金属的性能	14
第二节 金属材料的热处理	22
第三节 钢材	29
第四节 铸铁	36
第五节 有色金属材料	40
第六节 非金属材料	48
第三章 机械传动	53
第一节 摩擦轮传动	54
第二节 螺旋传动	56
第三节 带传动	63
第四节 链传动	70
第五节 齿轮传动	77
第六节 蜗杆传动	87
第七节 轮系	91
第四章 常用机构	97
第一节 平面连杆机构	97



第二节 凸轮机构	101
第三节 其他常用机构	105
第五章 液压传动	110
第一节 液压传动的基本原理及组成	111
第二节 液压传动系统的压力与流量	113
第三节 液压动力元件	115
第四节 液压执行元件	118
第五节 液压控制元件	122
第六节 液压辅助元件	130
第七节 液压系统基本回路	131
第六章 互换性与测量技术基础	137
第一节 互换性的概念	138
第二节 极限与配合的基本概念	140
第三节 表面粗糙度	146
第四节 测量技术基础	150
第五节 形位公差与测量	154
参考文献	158

第一章 力学基础知识

学习目标

1. 掌握力学性质;
2. 了解平面汇交力系;
3. 了解力矩与平面力偶系。

力学是一门以工程技术为背景的应用基础学科,它以理论、实验和计算机仿真为主要手段,研究工程技术中的普遍规律和共性问题,直接为工程技术服务。

本章主要介绍静力学。静力学主要研究物体在力的作用下的平衡规律,具体包括两个问题:一是物体受力分析;二是物体在力系作用下的平衡条件。

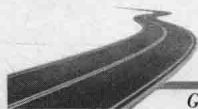
物体的受力分析方法和力系平衡条件在工程中应用很广。在静载荷作用下的工程结构(如桥梁、房屋、起重机、水坝等)、常见的机械零件(如轴、齿轮、螺栓等),当满足某些特定条件时,将处于平衡状态,这种特定的条件成为平衡条件。

为了合理设计或选择这些工程结构和零件的形状、尺寸,保证构件安全可靠地工作,就要运用静力学知识对构件进行受力分析,并根据平衡条件求出未知力,为构件的应力分析做好准备。如通过对轴上零件的受力分析来合理布置轴承,应用平衡条件求轴承反力,由此作为选用轴承的一个依据。

第一节 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,一个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公式 $G = mg$ 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

$$\begin{aligned} G &= mg \\ &= 5 \times 10^3 \times 9.8 \\ &= 49 \times 10^3 (\text{N}) \end{aligned}$$

答:物体所受重力为 $49 \times 10^3\text{N}$ 。

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)”的换算关系如下

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

三、力的三要素

我们把力的大小、方向和作用点称为力的三要素。改变三要素中的任何一个,力对物体的作用效果也随之改变。

例如用手推一物体,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,如图 1-1 所示。

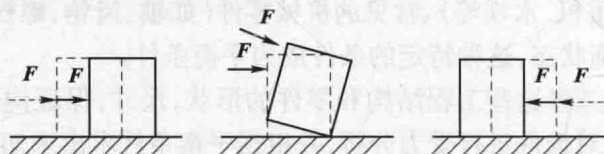


图 1-1 力对物体的作用

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。

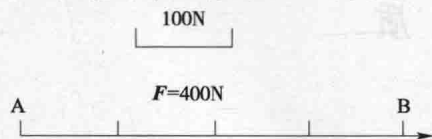


图 1-2 矢量图

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 上加一横线表示矢量,即 $\vec{F}$ 。

四、作用力和反作用定律

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?

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。

以上事例说明:物体间的作用是相互的。我们把其中的一个力叫作作用力,另一个就叫作反作用力。作用力与反作用力大小相等,方向相反,分别作用在两个物体上。

五、支承反力和受力图

1. 支承反力

图 1-4 为起重机受力简图。当起重机吊起重物后静止不动时,因为有起升绳拉住重物,重物在重力作用下却不会下落,起升绳就是重物的支承,吊臂 AB 是由 A 处轴销和绳索 DE 支承的,起重机整体是由地面支承的。

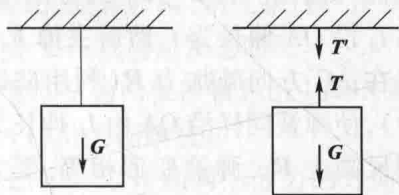


图 1-3 作用力与反作用力

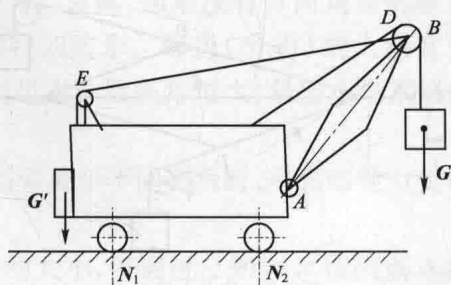


图 1-4 起重机受力简图

一个构件由另一构件支承,支承构件给这个被支承构件的反作用力叫作支承反力。支承是限制运动的,所以支承反力的方向与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、大小和重物的重力 G 相等,如图 1-5 所示。

(2) 光面支承。

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 的大小的和等于整个起重机和重物的重力(图 1-4)。

2. 受力图

全面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,把研究对象隔离出来,画出受力图。

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。

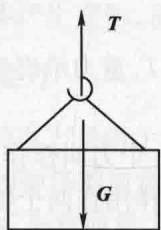


图 1-5 受力图

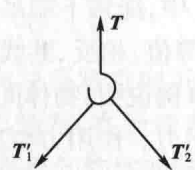
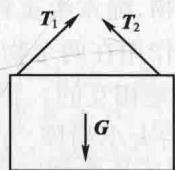


图 1-6 吊钩和吊索钢丝绳的受力图

六、力的合成分解

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如图 1-7 所示。弹

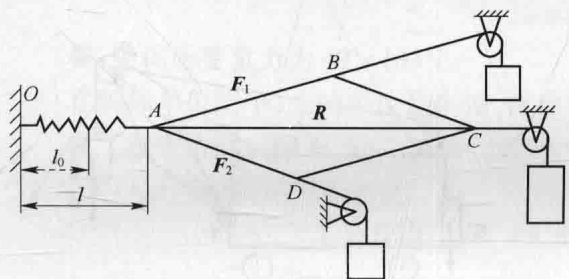


图 1-7 共点力的合成

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 （利用砝码逐渐加力），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 R 一个

力的作用效果相等， R 是 F_1 、 F_2 两力的合力。

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，大小为 800N， F_2 即 AD，大小为 400N，求合力 R （AC）为多少？

解：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 O 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，则合力大小为 $200\text{N} \times 5 = 1000\text{N}$ ，如图 1-8 所示。

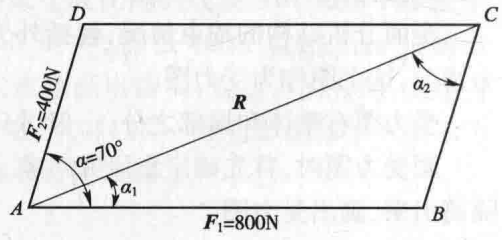


图 1-8 图解法

(2) 三角函数法。

根据三角形正弦定理和余弦定理可计算出合力 R

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

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

例 1-2 中

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \\ &= \sqrt{800^2 + 400^2 + 2 \times 800 \times 400 \times \cos 70^\circ} \\ &= 1009.4 \text{ N} \end{aligned}$$

从力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。

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做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, 限制吊索分肢夹角过大, 是防止吊索超过最大安全工作载荷而发生断裂。

图 1-9 为两根吊索悬吊 1000N 载荷, 当两根吊索处于不同夹角时, 吊索的受力变化。

(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 AI 、 AII , 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 AI 、 AII 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。

(2) 三角函数法。

计算时也可利用三角函数公式。

求力的分解, 如图所示 1-10 所示。

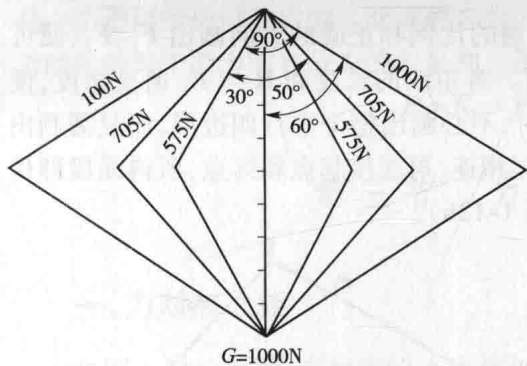


图 1-9 吊索的受力变化

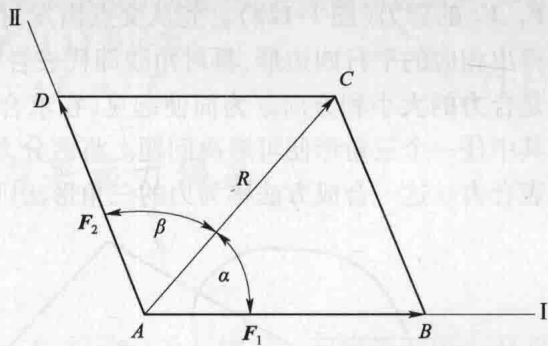


图 1-10 分力图解法

第二节 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。图 1-11a) 所示的起重机，在起吊构件时，作用于吊钩上 C 点的力；图 1-11b) 所示的屋架，节点 C 所受的力都属于平面汇交力系。

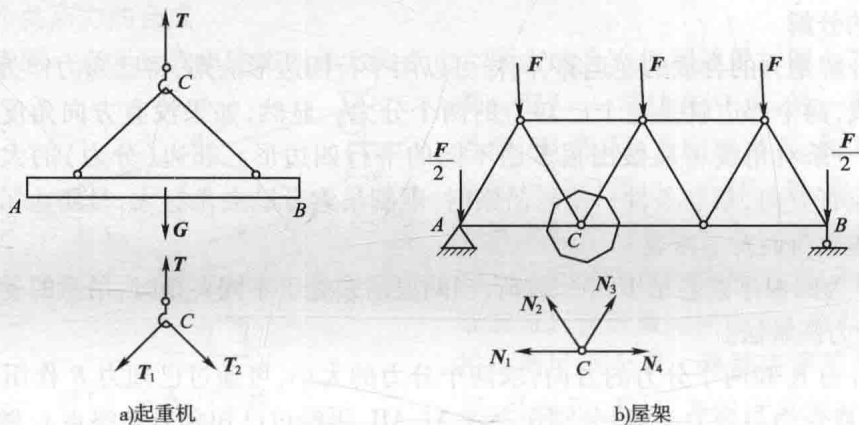


图 1-11 平面汇交力系

平面汇交力系合成的几何法如下。

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，应用学过的平行四边形法则，求 F_1 、 F_2 的合力（图 1-12a）。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，其 diagonal 即代表合力 R 。对角线的长度和 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 1-12b）。

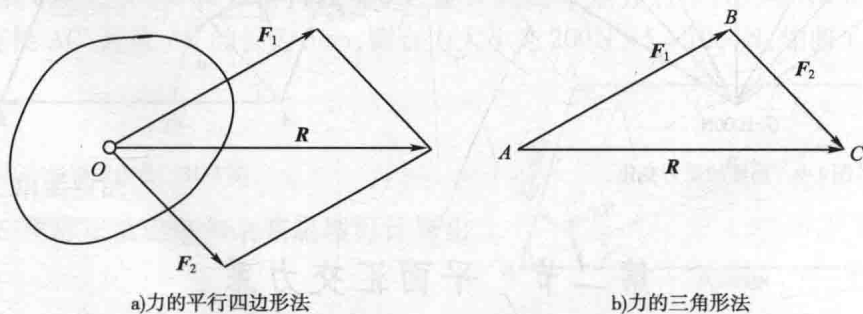


图 1-12 两个汇交力的合成

可用式子表示

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

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 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 、 $\mathbf{F}_3$ 、 $\mathbf{F}_4$,如图 1-13a)所示,求此力系的合力。为此,可连续应用力三角形法则,如图 1-13b)所示,先求 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 的合力 $\mathbf{R}_1$,再求 $\mathbf{R}_1$ 和 $\mathbf{F}_3$ 的合力 $\mathbf{R}_2$,最后求 $\mathbf{R}_2$ 和 $\mathbf{F}_4$ 的合力 $\mathbf{R}$ 。显然, $\mathbf{R}$ 就是原汇交力系 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 、 $\mathbf{F}_3$ 、 $\mathbf{F}_4$ 的合力。实际作图时,表示 $\mathbf{R}_1$ 、 $\mathbf{R}_2$ 的力不必画出,可直接按一定的比例尺依次做出矢量 AB、BC、CD、DE,分别代表力系中各分力 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 、 $\mathbf{F}_3$ 、 $\mathbf{F}_4$ 之后,连接 $\mathbf{F}_1$ 的起点和 $\mathbf{F}_4$ 的终点,就可得到力系的合力 $\mathbf{R}$,如图 1-13c)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 $\mathbf{R}$ 的大小和方向均不改变。由此而知,合力 $\mathbf{R}$ 与绘制力多边形的先后次序无关。

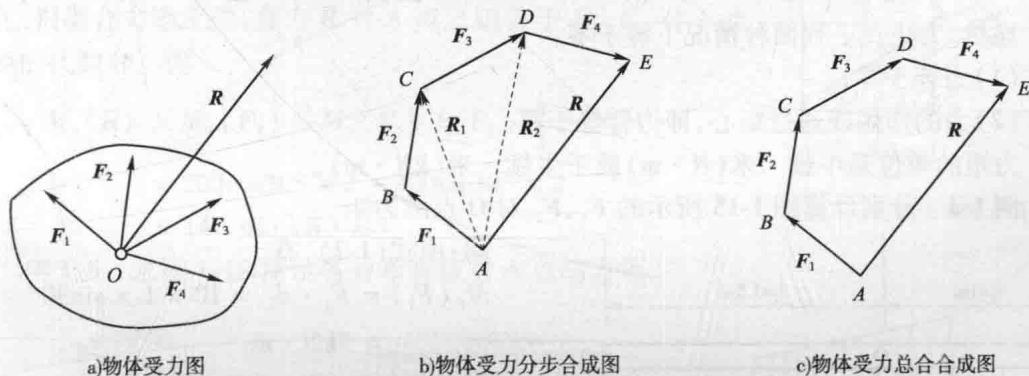


图 1-13 平面汇交力系合成图

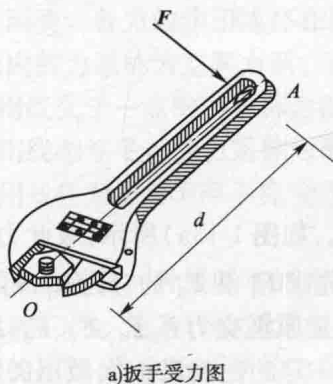
将上述方法推广到由 n 个力组成的汇交力系中,可得结论:平面汇交力系合成的结果是一个作用线通过各力的汇交点的合力,合力的大小和方向由多边形的封闭边确定,即合力的矢量等于原力系各分力的矢量和。用公式(1-1)表示为:

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n = \sum \mathbf{F} \quad (1-1)$$

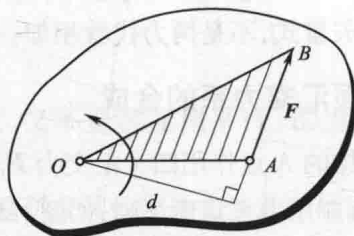
第三节 力矩与平面力偶系

一、力对点之矩

如图 1-14a)所示,在扳手的 A 点施加一力 $\mathbf{F}$,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 $\mathbf{F}$ 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 $\mathbf{F}$ 越大,转动越快。当力 $\mathbf{F}$ 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 $\mathbf{F}$ 与 d 的乘积再冠以适当的正负号来表示力 $\mathbf{F}$ 使物体绕 O 点转动的效应,并称为力 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩,简称力矩,以符号 $M_O(\mathbf{F})$ 表示。



a) 扳手受力图



b) 手受力矩图

图 1-14 力矩图

由图 1-14b) 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, 如公式 (1-2) 所示。

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

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 ($N \cdot m$) 或千牛顿·米 ($kN \cdot m$)。

例 1-3 分别计算图 1-15 所示的 F_1 、 F_2 对 O 点的力矩。

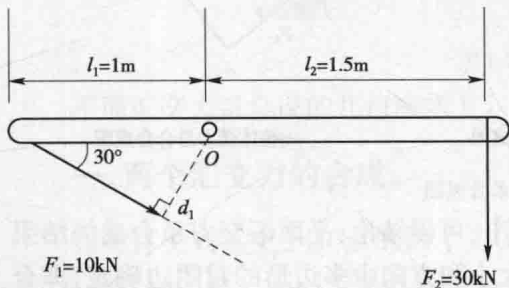


图 1-15 直杆受力图

解: 由式 (1-2), 有

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

$$\begin{aligned} M_o(F_2) &= -F_2 \cdot d_2 = -30 \times 1.5 \\ &= -45 kN \cdot m \end{aligned}$$

二、合力矩定理

证明: 如图 1-16 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 1-16 可见

$$Y_1 = Ob_1 \quad Y_2 = -Ob_2 \quad R_y = Ob$$

各力对 O 点之矩如公式 (1-3) 所示。

$$\left. \begin{aligned} M_o(F_1) &= 2\Delta AOB_1 = Ob_1 \cdot OA = Y_1 \cdot OA \\ M_o(F_2) &= -2\Delta AOB_2 = -Ob_2 \cdot OA = Y_2 \cdot OA \\ M_o(R) &= 2\Delta AOB = Ob \cdot OA = R_y \cdot OA \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

根据合力矩定理有

$$R_y = Y_1 + Y_2$$

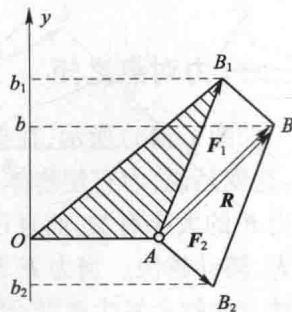


图 1-16 力对坐标的投影图

上式两边同乘以 OA 得

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

将式(1-3)代入得

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

以上证明可以推广到多个汇交力的情况。用式子可表示为

$$M_O(R) = M_O(F_1) + M_O(F_2) + \cdots + M_O(F_n) = \sum M_O(F)$$

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

例 1-4 如图 1-17 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 1-17 所示,求土压力 R 使墙倾覆的力矩。

解:土压力 R 可使挡土墙绕 A 点倾覆,求 R 使墙倾覆的力矩,就是求它对 A 点的力矩。由于 R 的力臂求解较麻烦,但如果将 R 分解为两个分力 F_1 和 F_2 ,则两分力的力臂是已知的。因此,根据合力矩定理,合力 R 对 A 点之矩等于 F_1 、 F_2 对 A 点之矩的代数和。则

$$\begin{aligned} M_A(R) &= M_A(F_1) + M_A(F_2) = F_1 \cdot \frac{h}{3} - F_2 \cdot b \\ &= 200\cos 30^\circ \times 2 - 200\sin 30^\circ \times 2 \\ &= 146.41(\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

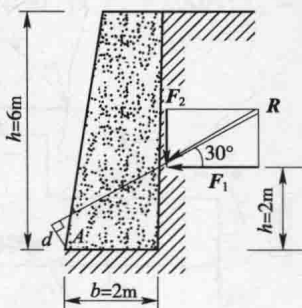


图 1-17 挡土墙受力图

例 1-5 求图 1-18 所示各分布荷载对 A 点的力矩。

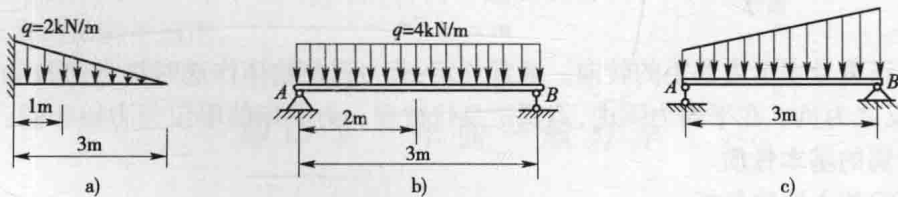


图 1-18 载荷的分布图

解:沿直线平行分布的线荷载可以合成为一个合力。合力的方向与分布荷载的方向相同,合力作用线通过荷载图的重心,其合力的大小等于荷载图的面积。

根据合力矩定理可知,分布荷载对某点之矩就等于其合力对该点之矩。

(1) 计算图 1-18a) 三角形分布荷载对 A 点的力矩为

$$M_A(q) = -\frac{1}{2} \times 2 \times 3 \times 1 = -3(\text{kN} \cdot \text{m})$$

(2) 计算图 1-18b) 均布荷载对 A 点的力矩为

$$M_A(q) = -4 \times 3 \times 1.5 = -18(\text{kN} \cdot \text{m})$$

(3) 计算图 1-18c) 梯形分布荷载对 A 点之矩。为避免求梯形形心,可将梯形分布荷载分解为均布荷载和三角形分布荷载,其合力分别为 R_1 和 R_2 ,则有

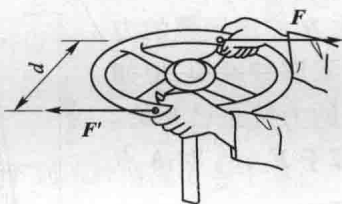
$$M_A(q) = -2 \times 3 \times 1.5 - \frac{1}{2} \times 2 \times 3 \times 2 = -15(\text{kN} \cdot \text{m})$$



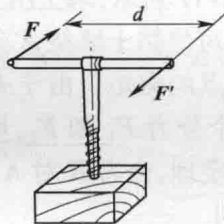
三、力偶及其基本性质

1. 力偶和力偶矩

在生产实践和日常生活中,经常遇到大小相等、方向相反、作用线不重合的两个平行力所组成的力系。这种力系只能使物体产生转动效应,而不能使物体产生移动效应。例如,驾驶员用双手操纵转向盘(图 1-19a),木工用丁字头螺丝钻钻孔(图 1-19b),以及用拇指和食指开关自来水龙头或拧钢笔套等。这种大小相等、方向相反、作用线不重合的两个平行力称为力偶。用符号(F, F')表示。力偶的两个力作用线间的垂直距离 d 称为力偶臂,力偶的两个力所构成的平面称为力偶作用面。



a) 驾驶员操纵转向盘力偶图



b) 木工钻孔力偶图

图 1-19 力偶图

实践表明,当力偶的力 F 越大,或力偶臂越大,则力偶使物体的转动效应就越强;反之就越弱。因此,与力矩类似,我们用 F 与 d 的乘积来度量力偶对物体的转动效应,并把这一乘积冠以适当的正负号称为力偶矩,用

$$m = \pm Fd \quad (1-4)$$

式中正负号表示力偶矩的转向。通常规定:若力偶使物体作逆时针方向转动时,力偶矩为正;反之为负。在平面力系中,力偶矩是代数量。力偶矩的单位与力矩相同。

2. 力偶的基本性质

力偶的基本性质包括:

- (1) 力偶没有合力,不能用一个力来代替;
- (2) 力偶对其作用面内任一点之矩都等于力偶矩,与矩心位置无关;
- (3) 同一平面内的两个力偶,如果它们的力偶矩大小相等、转向相同,则这两个力偶等效,称为力偶的等效性。图 1-20 为等效力偶图。

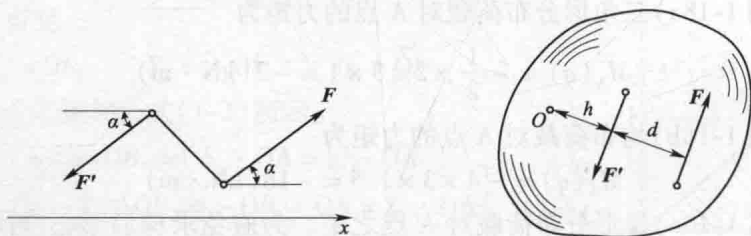


图 1-20 等效力偶图

从以上性质还可得出两个推论: