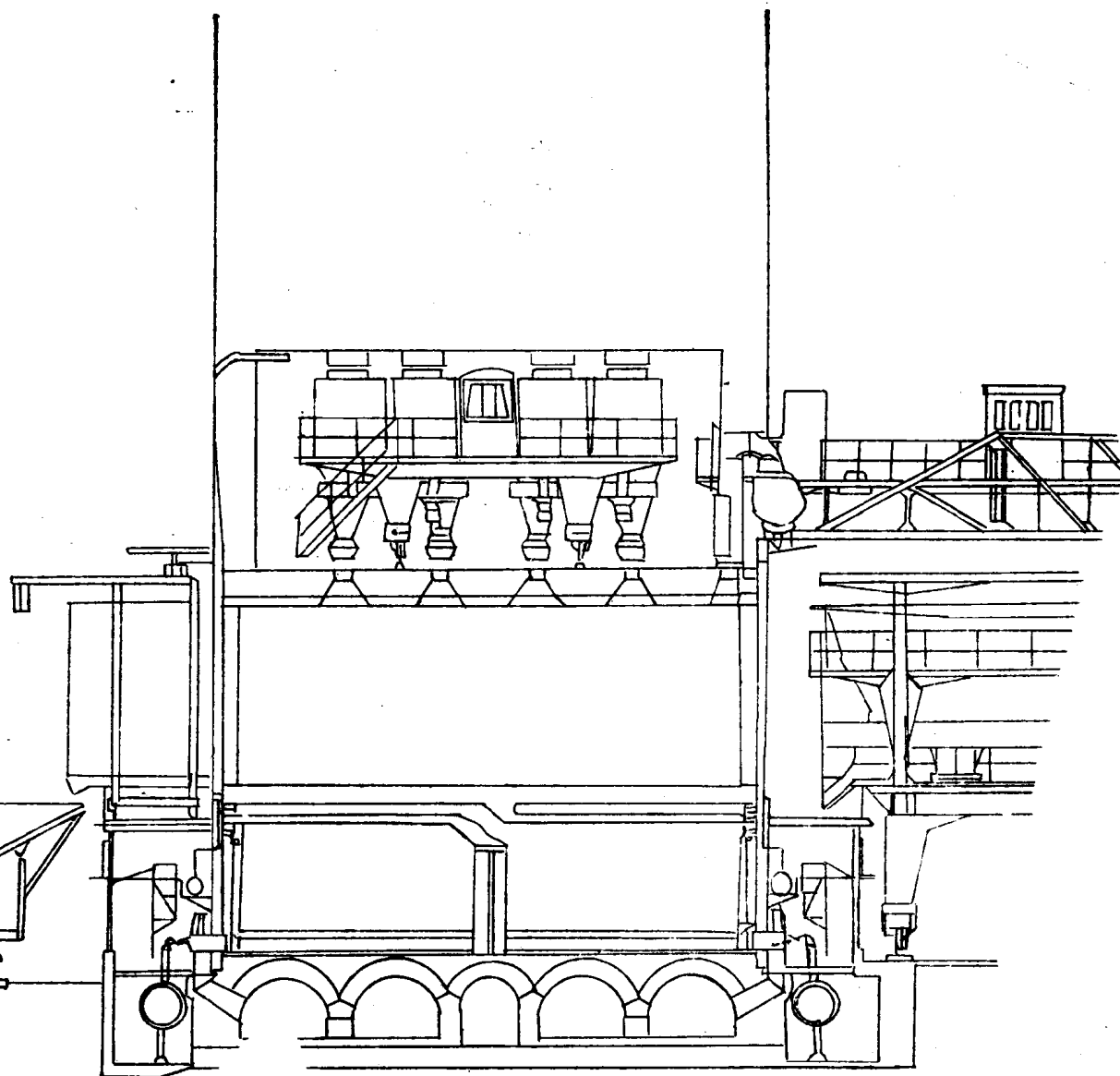


JIAOHUA JIXIE JICHU JI WEIHU
焦化机械基础及维护

● 魏宇梅 李哲浩 编



工业大学出版社

76.18
9192535

焦化机械基础及维护

魏宇梅 李哲浩 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

武汉工业大学出版社

1 9 9 1

内 容 提 要

本书介绍了焦化厂主要机械设备的原理、设计基础,以及焦化厂机械管理维护技术和方法。

全书共九章。第一章强度设计基础;第二章机械设计基础;第三章焦化厂机械;第四章化工设备的强度设计;第五章机械设备管理;第六章典型通用零部件的装配与修理;第七章鼓风机的维护与检修;第八章液压设备的安装使用与维修;第九章焦化厂设备的腐蚀与防腐。

本书可供焦化工业及城市煤气工程技术人员、干部和技术工人学习使用,也可作为大、专院校焦化专业师生教学参考。

焦化机械基础及维护

魏宇梅 李哲浩 编

责任编辑 周建平

武汉工业大学出版社出版

武汉钢铁学院印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 441.6 千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷

印数 1—3000册 定价 8.05元

ISBN7-5629-0481-2/TH·13

前 言

随着焦化技术的发展,以及国家对环境保护事业的重视,现代大型焦炉和中、小型焦炉的机械设备必须朝机械化、自动化和多功能化方向发展。这就要求焦化工作者,特别是与焦化机械有关的工程技术人员、机修技术工人具备应有的知识。近年来,为了提高各类人员的技术素质,各厂、矿不断举办了不同层次的专业技术提高班,也需要与之相应的教材。然而,迄今国内尚缺乏系统的、有针对性的介绍有关焦化机械知识的书籍。为此,编者根据中国金属学会炼焦化学学会第1~3次全国焦化装备学术会议关于必须加强焦化机械技术力量及其管理水平的指导思想,在调查研究的基础上,结合多年来从事焦化机械教学方面的经验,编写了这本书。

在编写过程中,我们力求理论联系实际,将最基本的理论基础与焦化设备的原理、设计技能结合起来;另外,尽可能反映国内外焦化机械的新成就。在全书编写过程中,力求语言简洁,概念准确,注意到各章节的系统性和相对独立性。

我们祈望读者通过对该书阅读和系统学习后,能够了解焦化机械的传动原理、设备的正确使用、故障分析及维护等基本知识,同时具备初步运用手册设计简单机械的能力,为日后从事技术革新奠定基础。

在编写本书的过程中,武汉钢铁学院陶著教授对编写工作悉心指导;武汉钢铁学院炭素研究室姜荆、李其祥、何选明等教师以及大连重型机器厂刘渤、邢进高级工程师、武钢焦化厂李坚达、赵泉宝工程师提供了宝贵的资料和意见;参加“中国金属学会炼焦化学学会第三次全国焦化装备学术会议”的全体代表对编者给予鼓励和支持;湖南省涟源市甘溪焦化厂董新军等同志为本书的出版给予了很大的支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误之处,敬请读者和同行批评指正。

编 者

1991年1月

目 录

1 强度设计基础	(1)
1.1 受力分析	(1)
1.1.1 静力学的基本概念	(1)
1.1.2 力系概念	(7)
1.1.3 力矩概念	(9)
1.2 强度计算	(11)
1.2.1 材料力学的任务	(11)
1.2.2 构件承受的外力及内力	(11)
1.2.3 杆件变形的基本形式	(13)
1.2.4 几种受力情况下的强度计算	(14)
1.2.5 静载下圆杆的弯曲与扭转组合变形时的强度条件	(24)
1.2.6 压杆稳定	(25)
2 机械设计基础	(31)
2.1 机械零件常用材料	(31)
2.1.1 材料的性能	(31)
2.1.2 机械零件的常用材料	(36)
2.1.3 机械零件的热处理	(43)
2.1.4 金属的腐蚀与防腐	(44)
2.1.5 选择材料的基本原则	(47)
2.2 常用平面机构	(48)
2.2.1 基本概念	(48)
2.2.2 铰链四杆机构简介	(50)
2.3 机械零件设计概论	(51)
2.3.1 机械零件的强度	(52)
2.3.2 接触疲劳强度概念	(53)
2.3.3 机械零件的刚度概念	(53)
2.4 齿轮传动设计	(54)
2.4.1 渐开线齿轮传动的主要参数及其几何尺寸计算	(54)
2.4.2 渐开线齿轮啮合特点	(55)
2.4.3 渐开线标准齿轮传动的设计计算	(56)
2.5 轴的设计	(63)
2.5.1 轴的功用与类型	(63)
2.5.2 轴的材料与结构设计	(63)
2.5.3 轴的强度设计	(65)
2.6 滚动轴承的选择	(68)
2.6.1 滚动轴承的类型、代号	(68)
2.6.2 滚动轴承的选择	(71)
2.7 液压传动基本知识	(77)

2.7.1 液压传动系统的组成及工作原理	(77)
2.7.2 油泵与油马达	(81)
2.7.3 液压缸	(87)
2.7.4 液压控制阀	(89)
2.7.5 液压油	(97)
2.7.6 液压系统的一般设计与简单计算	(100)
2.7.7 液压传动在焦炉机械的应用	(105)
2.7.8 附录	(109)
3 焦化厂机械	(114)
3.1 备煤机械	(114)
3.1.1 煤场机械	(114)
3.1.2 配煤机械	(118)
3.1.3 粉碎机械	(121)
3.1.4 炼焦备煤预筛分新技术简介	(124)
3.1.5 胶带输送机	(124)
3.1.6 成型煤机械	(133)
3.2 煤的选分、脱水机械	(135)
3.2.1 煤的选分机械	(135)
3.2.2 脱水机械	(149)
3.3 焦炉机械	(153)
3.3.1 推焦车	(153)
3.3.2 装煤车	(167)
3.3.3 拦焦车	(170)
3.3.4 熄焦车与电机车	(173)
3.3.5 交换机	(175)
3.3.6 切焦机	(175)
3.3.7 焦炉机械的现状与发展方向	(177)
3.4 捣固焦炉机械	(183)
3.5 炼焦化学产品车间机械	(185)
3.5.1 鼓风机	(185)
3.5.2 泵	(194)
3.5.3 连续式离心机	(207)
4 化工设备的强度设计	(209)
4.1 化工设备分类	(209)
4.2 非标化工设备的设计步骤	(209)
4.3 化工设备的强度设计计算	(210)
4.3.1 化工设备强度设计的基本原则	(210)
4.3.2 受压容器	(210)
4.3.3 在设计受压容器时使用的一些参数	(210)
4.3.4 许用应力	(211)
4.3.5 内压容器的强度设计	(213)
4.3.6 压力较高的内压力容器壁厚计算	(216)
4.3.7 焊缝的强度计算	(217)

4.3.8 螺栓联接的强度计算	(219)
4.3.9 塔罐类设备支撑结构的强度设计	(221)
5 机械设备管理	(225)
5.1 机械设备管理范围与专业管理制度	(225)
5.2 机械设备的正确使用	(225)
5.3 机械设备的维护与修理	(226)
5.3.1 机械设备的维护保养	(226)
5.3.2 机械设备的维护制度	(226)
5.3.3 机械设备的计划检修	(228)
5.3.4 机械设备的点检	(229)
5.4 焦化厂设备使用规程实例	(230)
5.4.1 蒸汽往复泵使用规程实例	(230)
5.4.2 推焦车维护规程实例	(231)
6 典型通用零部件的装配与修理	(235)
6.1 通用零部件的装配方法	(235)
6.2 齿轮的装配与修理	(235)
6.3 轴的装配与修理	(236)
6.4 滚动轴承的装配与修理	(238)
6.5 联轴器的找正	(238)
7 鼓风机的维护与检修	(243)
7.1 鼓风机的维护	(243)
7.1.1 润滑	(243)
7.1.2 鼓风机常见故障及处理方法	(246)
7.2 鼓风机的检修	(249)
7.2.1 拆卸	(249)
7.2.2 主要零部件的修理	(250)
7.3 转子及其零部件的平衡	(252)
7.4 风机的整机平衡简介	(254)
8 液压设备的安装使用与维修	(255)
8.1 安装液压系统时应注意事项	(255)
8.2 液压系统在使用过程中应注意事项	(255)
8.3 维护检修	(255)
8.3.1 维护检修周期与方法	(255)
8.3.2 常见故障与排除方法	(257)
9 焦化设备的腐蚀与防腐	(262)
9.1 腐蚀概况与腐蚀种类	(262)
9.2 常用的防腐技术	(266)
参考文献	(275)

1 强度设计基础

机械零件的设计、改造、验算应遵循的基本原则有强度、刚度、工艺性及可靠性等。对于一个具体零件,则应根据它在机械设备中的作用、受力情况和其它因素进行具体分析,以确定满足上述准则的一部分或全部分时所需采取的设计、改造、验算措施。

零件在工作时,既不发生任何形式的破坏,也不产生超过容许限度的残余变形,就认为是满足了强度条件。这个要求,对于保证机械设备正常运转和安全生产来说,是十分必要的。因而这是一切零件都应满足的一个准则。为了使零件有足够的强度,除了那些受力较小或结构形式非常复杂的零件,要根据经验规范或工艺要求进行设计、改造外,对于大多数重要零件来说,在设计、改造、验算中是以满足强度条件式的方法加以保证的。

焦化机械中,通用机械零部件和常用机构,占有重要的地位。为了更好地使用、管理、改造机械设备,延长其使用寿命,那么有必要了解机械零件的强度概念、选材原则、正确使用和维护检修规程,以及机械设备的传动原理、工作原理及其常见的故障和处理方法。

1.1 受力分析

静力学是研究物体平衡时作用力之间的关系。平衡是物体机械运动的一种特殊形式。物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。所谓机械运动,就是物体之间在空间的相对位置随时间而变化(包括物体相对于其他物体的相对静止)。它是宇宙间一切物质运动的最简单的形式。

1.1.1 静力学的基本概念

1.1.1.1 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(包括变形)。例如用手推小车,小车就由静止开始运动;推焦杆推焦炭,静止的焦炭就被推出炭化室等。

力使物体运动状态发生改变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。本节主要讨论力的外效应。

实践证明,力对物体的效应决定于三个要素:(1)力的大小;(2)力的方向;(3)力的作用点。

在力学中,只需考虑其大小的量称为标量。不但考虑大小,还要考虑方向的量称为矢量(或向量)。力是一个既有大小又有方向的量,因此,力是矢量。在力学中,矢量可用一具有方向的线段来表示,如图 1.1—1 所示。

用线段的起点或终点表示力的作用点;用线段的方位和箭头指向表示力的方向;用线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线称为力的作用线。本书中的力矢量用粗体字母例如 $\mathbf{F}$ 表示,而力的大小则用普通字母 F 表示。

力的国际制单位(SI)是牛[顿](N),或千牛[顿](kN)。力的工程制单位是公斤力(kgf)或吨力(tf)。两者的换算关系如下:

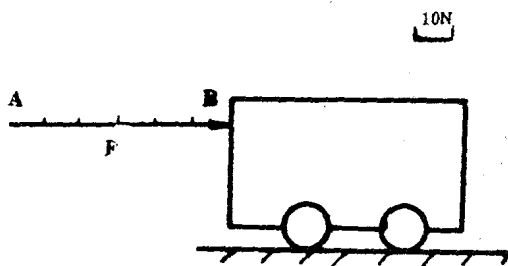


图 1.1-1 力是矢量

1 公斤力(kgf)=9.8 牛(N)≈10 牛(N)。

1.1.1.2 刚体的概念

力对物体的效应,除了使物体的运动状态发生变化外,还使物体发生变形。在正常情况下,工程上的机械零件及构件在力的作用下变形很微小,例如一般机械中的轴,其最大挠度都在轴承间距的万分之五以下,最大扭转角为每米轴长不超过 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 。因此,可以忽略不计。把物体看作是不变形的。在受力情况下保持形状和大小不变的物体称为刚体。显然,刚体是一个抽象化的模型。

1.1.1.3 平衡的概念

前面已提到,在工程上物体相对地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。必须注意,运动是绝对的,而平衡、静止则是相对的。所谓相对,就是暂时的,有条件的。如果作用于物体上的力系满足一定条件,物体可以处于平衡状态,但一旦物体所受的力发生变化,平衡的条件就被破坏,物体由平衡状态转化为不平衡状态。

如果物体在力系作用下处于平衡状态,这种力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为平衡条件。

1.1.1.4 静力学公理

公理一:二力平衡公理 最简单的平衡力系由两个力组成。受两力作用的刚体处于平衡状态的充分和必要条件是,这两个力大小相等,方向相反,作用线相同(简称等值、反向、共线)。

如图 1.1-2 所示: $F_A = -F_B$, $T = -G$ 。必须注意,对于非刚体来说,二力平衡条件只是必要条件而非充分条件。例如绳索的两端受到等值、反向、共线的两个拉力时处于平衡,但如受到等值、反向、共线的两个压力时,就不能平衡了。

在两个力作用下并处于平衡的物体称为二力体。如果物体是杆件,也称二力杆。如图 1.1-3 所示的棘爪,在 A 处受到销钉给的力 F_A ,在 B 处受到棘轮所给的力 F_B ,棘爪自重很轻可略去不计,所以棘爪是二力杆。二力杆所受力的特点是:两个力必沿作用点的连线。

公理二:加减平衡力系公理——在作用于刚体上的任何一个力系上,加上或减去任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。因为要加上或减去的这个平衡力系中各力的外效应彼此抵消了。

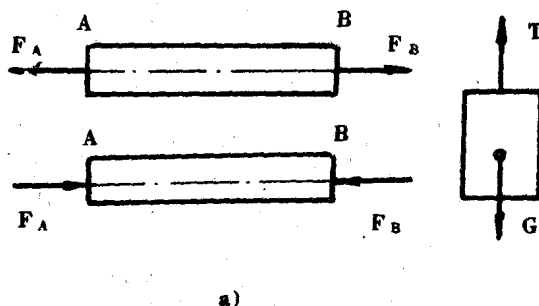


图 1.1-2 二力平衡

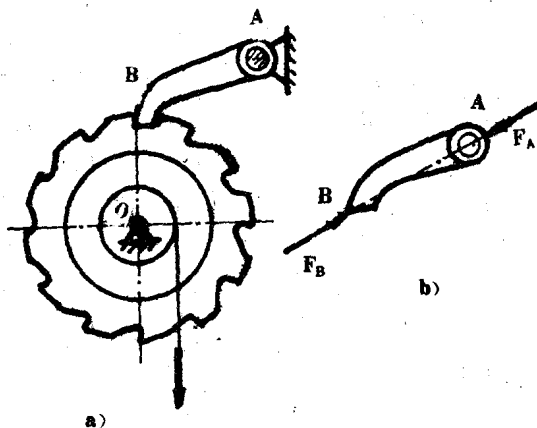


图 1.1-3 二力杆

推论：力的可传性原理——作用于刚体上的力，可以沿其作用线移至该刚体上任意一点，而不改变它对该刚体的外效应。例如图 1.1-4 所示，人们在车后 A 点推，与在车前 B 点拉车，效果是一样的。必须注意，运用力的可

传性原理不改变物体的外效应，但要改变力对物体的内效应。例如直杆 AB 的两端分别受到两个等值、反向、共线的力 F_1 、 F_2 而处于平衡(图 1.1-5a)，将这两个力沿作用线分别移到杆的另一端(图 1.1-5b)，显然杆仍平衡，这

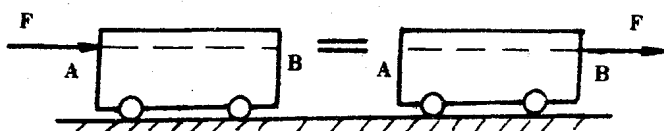


图 1.1-4 力的可传性

说明力沿作用线移动并不改变力的外效应。但图 1.1-5a 中，杆产生拉伸变形，而图 1.1-5b 中，杆产生压缩变形。

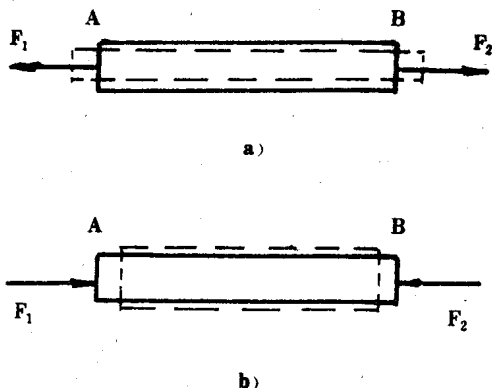


图 1.1-5

ac，向量 $\overline{ac}$ 就是合力 R 的大小和方向，这种方法称为力的三角形法则(图 1.1-6b)。必须注意合力的作用线仍通过两个分力的交点 A。

应用力的平行四边形法则，也可将一个力按已知方向分解为交于一点的两个分力。工程上常将一个力分解为两个互相垂直的分力。这时只需以 F 为对角线，以水平和垂直线为边作出矩形，则 F_1 和 F_2 就是要求的两个分力(图 1.1-7)。

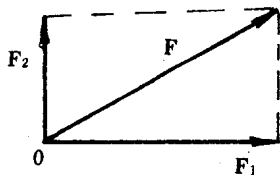
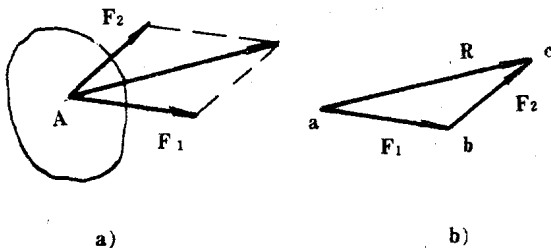


图 1.1-7 力的分解

公理三：力的平行四边形法则——作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向是以这两个分力为边所作的平行四边形的对角线来表示(图 1.1-6a)，图中 R 表示合力， F_1 、 F_2 表示分力。这种合成力的方法，称为向量加法，合力称为这两个分力的向量和(或几何和)，用向量式表示如下：

$$R = F_1 + F_2 \quad (1.1-1)$$

在具体作图时，只需按一定比例自任意点 a 作向量 $\overline{ab} = F_1$ ，再从 b 点作向量 $\overline{bc} = F_2$ ，连接



a) 力的平行四边形法则 b) 力的三角形法则

图 1.1-6 二力的合成

公理四：作用与反作用定律——两物体间的作用力和反作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一条直线，分别作用在相互作用的两个物体上。例如一重物用钢绳吊在天车上(图 1.1-8a) G 为重物的重力， T 为钢绳对重物的拉力， T' 为重物对钢绳的拉力(图 1.1-8b)，显然， T 与 T' 是一对作用力与反作用力， $T = T'$ ，二者的方向相反，分别作用于重物和钢绳上。 G 是地球对重物的吸引力，所以 G 的反作用力为重物对地球的吸引力 G' ，此力作用于地球，方向朝上(未

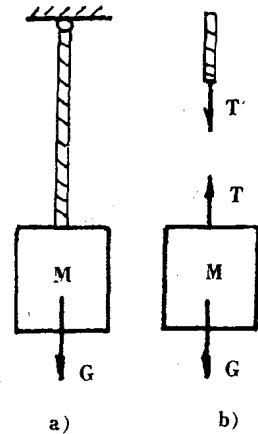
画出), $G = G'$ 。

机械中动力的传递,都是通过机械零部件之间的作用与反作用的关系而实现的。

1.1.1.5 约束与约束反力

能在空间作任意运动的物体称为自由体。例如飞行的飞机。但当物体受到其他物体的限制,自由体就成了非自由体。例如图 1.1-8 中悬挂着重物 M 可以向上或向前、后、左、右运动,但它不能向下运动。工程中物体的运动大都受到某些限制。例如转轴受轴承的限制,只能转动。那些限制物体某些运动的条件称为约束。例如图 1.1-8 中,钢绳就是重物 M 的约束。

当物体受到约束时,物体与约束之间相互作用着力。约束给被约束物体的力称为约束反力或约束力。例如图 1.1-8 中的 T 就是钢绳给重物 M 的约束反力。



1.1-8 作用力与反作用力

在受力分析中,主动力往往是给定的,而约束反力是未知的。因为约束反力是限制物体运动的,所以它的作用点应在约束与被约束物体相互接触处,它的方向应与约束所能限制的运动方向相反,它的大小应由平衡条件求出。

工程中约束的种类很多,而物体所受的约束反力必须根据约束的性质进行分析。下面介绍约束的几种基本类型并进行约束反力的分析。

1) 柔性体约束 属于这类约束的有绳索、链条和胶带等。当物体受到柔索(柔性体的简称)的约束时,柔索只限制物体沿着柔索伸长的方向运动。因此,柔索给被约束物体的力,方向一定沿着柔索,而且只能是拉力(即约束反力)的方向背离物体(图 1.1-9)。

2) 光滑面约束 当两物体接触面之间的摩擦力远小于物体受的其他各力,则摩擦力可略去不计而认为接触面是“光滑”的。此时,不论接触面是平面或曲面,都不能限制物体沿接触面切线方向运动,而只能限制物体沿接触面的公法线方向压入接触面。因此,光滑面约束反力的方向,必沿接触面在接触点处的公法线且指向物体(图 1.1-10)。

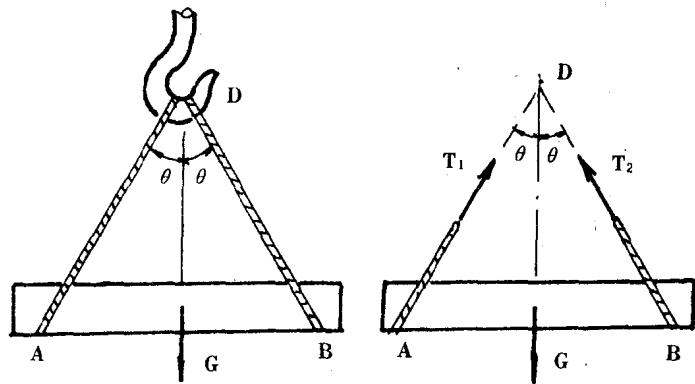


图 1.1-9 柔性体(绳索)约束

3) 光滑铰链约束 光滑铰链约束通常由一个圆孔套在一个圆柱外面构成。它在工程中有多种型式。

(1) 圆柱形销钉连接 这种连接只限制两构件的相对移动,而不限制两构件的相对转动。如图 1.1-11a),若接触面的摩擦力可略去不计,则销钉与圆孔间是以两个光滑圆柱面接触,按照光滑接触面反力的特点,可知销钉给构件的反力 N 应沿圆柱面在接触点 K 的公法线并通过铰链中心 O ,如图 1.1-11b)。但因接触点 K 有时不能预先确定,所以 N 的方向也不能预先确定。在受力分析中,通常用通过铰链中心的两个正交分力 N_x 、 N_y 表示(图 1.1-1b)。

(2) 铰链支座 在力学上用图 1.1-2a)简化图表示固定铰链支座,其反力方向不能预先确

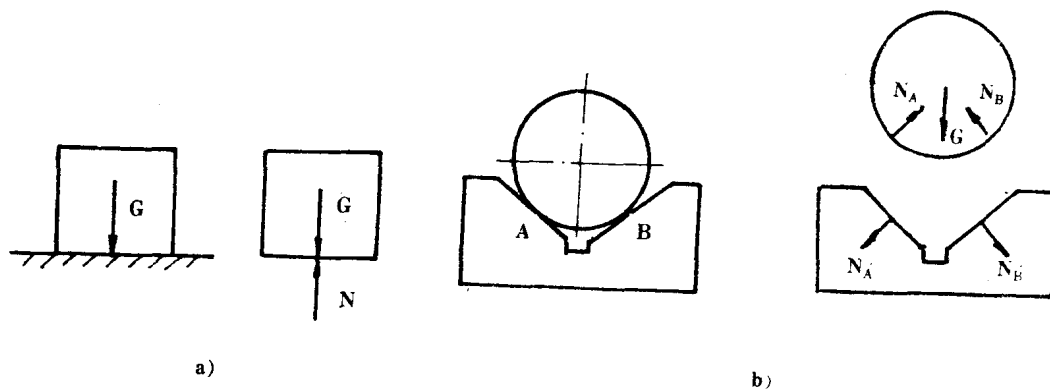


图 1.1-10 光滑面约束

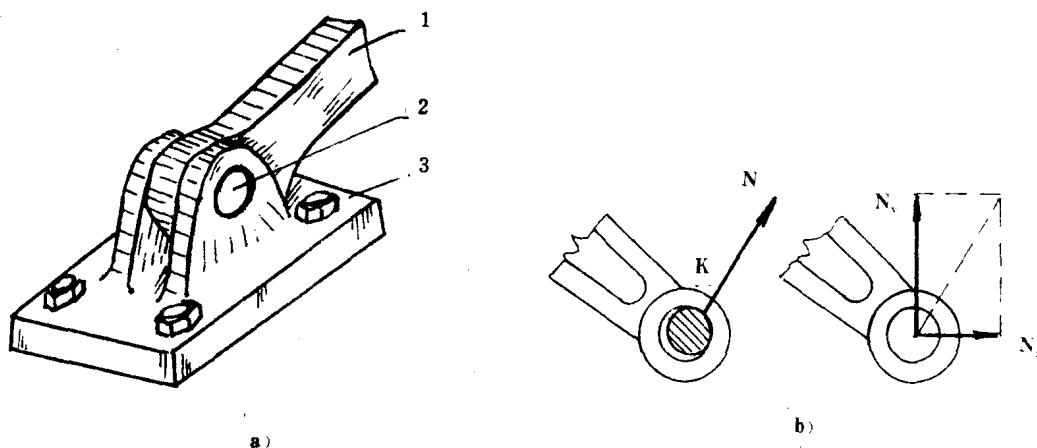


图 1.1-11 光滑铰链约束

a) 1—杆, 2—销钉, 3—底座

定, 就用两个正交分力 N_x 、 N_y 表示; 用图 1.1-12b) 简化图表示可动铰支座 (在支座与支承面

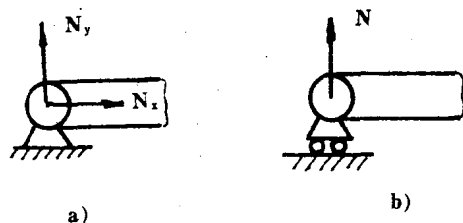


图 1.1-12 铰链支座

a) 固定铰支座, b) 可动铰支座

之间有辊轴, 就成了可动铰支座)。因为有了辊轴, 这种支座对结构沿支承面的运动没有限制, 相当于支承面是光滑的。因此约束反力通过销钉中心, 垂直于支承面, 它的指向待定。工程上常用铰链将桥梁、起重机起重臂等结构支承面或机架等连接起来。

在机械设备中, 轴承对轴的约束可以看成固定铰链或可动铰链支座约束, 这要根据轴承的结构特点而定。

1.1.1.6 物体的受力与受力图

作用在物体上的每一个力, 都对物体的运动 (包括平衡) 产生一定的影响, 因此, 在研究某一物体的运动时, 首先对该物体进行受力分析。为便于分析, 需要把所研究的物体 (称为研究对象) 从周围物体的约束中分离出来, 单独画出该物体的轮廓, 并画上周围物体给它的力。被分离出来的物体称为研究对象或分离体, 画有分离体及所受各力的图称为受力图。

例 1.1-1 一加料小车由钢绳牵引沿倾斜铁轨匀速上升,料车连同所装料共重 G ,重心在 C 点(图 1.1-13a),略去料车小轮与铁轨之间的摩擦,试画出料车的受力图。

解:以料车为研究对象。

料车所受的力如图 1.1-13b 示有:重力 G ,作用在重心 C 点;钢绳拉力 T ,根据柔索约束反力的特性,它的方向应沿着钢绳;铁轨的反力 N_A 及 N_B ,根据光滑面约束反力的特性,它们应垂直于铁轨。

例 1.1-2 一钢架(图 1.1-14a)在 B 点受一水平力 P 作用,钢架的重量略去不计,试画出钢架的受力图。

解:取钢架为分离体。钢架受的力有:主动力 P ; D

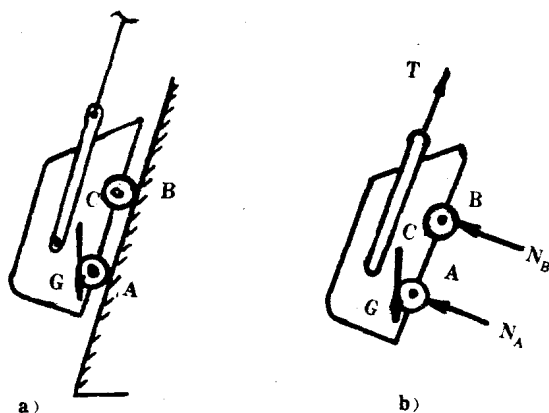


图 1.1-13

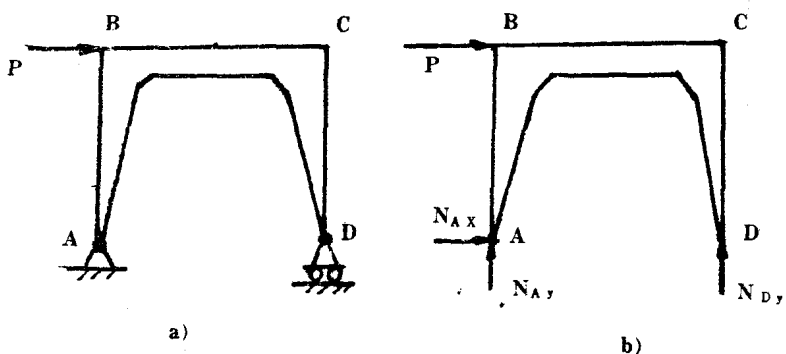


图 1.1-14

点为可动铰支座,约束反力 N_D 通过销钉中心 D ,垂直于支承面,方向朝上; A 点为固定铰支座,约束反力用两个正交分力 N_{Ax} 、 N_{Ay} 表示,方向先假设,如图 1-14b) 所示。

小 结

- 1) 力对刚体的作用有两种效应,内效应和外效应。静力学分析只研究力的外效应。
- 2) 刚体是不变形固体,它是力学中物体的一种抽象模型。在静力学分析中把所研究的物体看成刚体,使得研究平衡问题时大为简化。
- 3) 静力学公理是静力学的基础。公理一和公理二以及力的可传性原理只适用于刚体,不适用于非刚体(变形体)。

作用力与反作用力虽然大小相等、方向相反、沿同一直线,但是作用在相接触的两个不同物体上;它不是二力平衡公理中所说的两个作用在同一刚体上的力。因此,不能认为作用力与反作用力互相平衡。

4) 分析约束反力是根据约束的性质,要看约束怎样限制物体的运动。

5) 受力图 画受力图是机械设计计算中重要的一环,若受力图画错了,分析和计算也必然导致错误的结果。画受力图的步骤大致归纳如下:

- (1) 首先根据问题的要求确定研究对象,并将研究对象从周围物体的约束中分离出来;
- (2) 画出已知力;
- (3) 画约束力,先分析出约束是属于哪一类型;再根据约束性质画约束反力。

1.1.2 力系概念

在工程实际中,常常需要应用力系的合成、平衡或者力的分解等基本方法来研究机械零件的受力。这里仅介绍力系的基本概念及其分类。

作用在一个物体上的多个力称为力系。力系分为平面力系和空间力系。

1) 平面力系 如果力系中各力的作用线在同一平面内,则该力系称为平面力系。平面力系可分为以下三种类型:

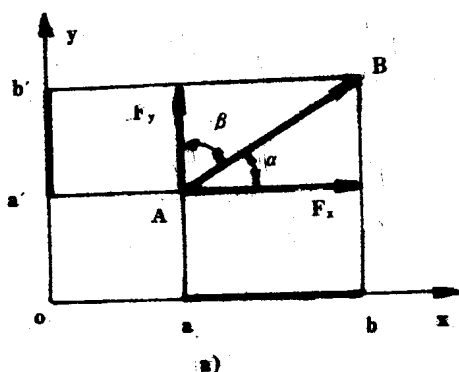
(1) 平面汇交力系 各力的作用线在同一平面内且相交于一点的力系称为平面汇交力系。根据力的可传性原理,平面汇交力系可以转换成平面共点力系(图 1.1-15a→b)。因此只需研究平面共点力系就够了。

平面汇交力系的合成方法有两种:几何法与解析法。

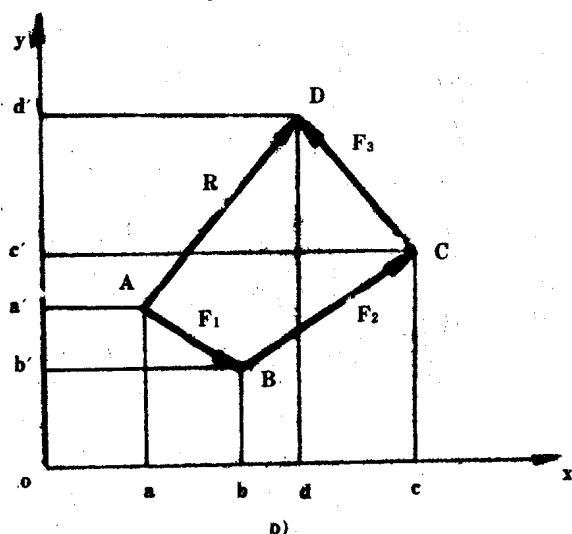
a) 几何作图法(简称几何法) 几何作图法也称为力多边形法则(图 1.1-15)。

平面汇交力系合成的结果为一个合力,合力的作用线通过力系的汇交点,合力的大小和方向等于力系的矢量和。

$$\text{即} \quad R = F_1 + F_2 + \cdots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i \quad (1.1-2)$$



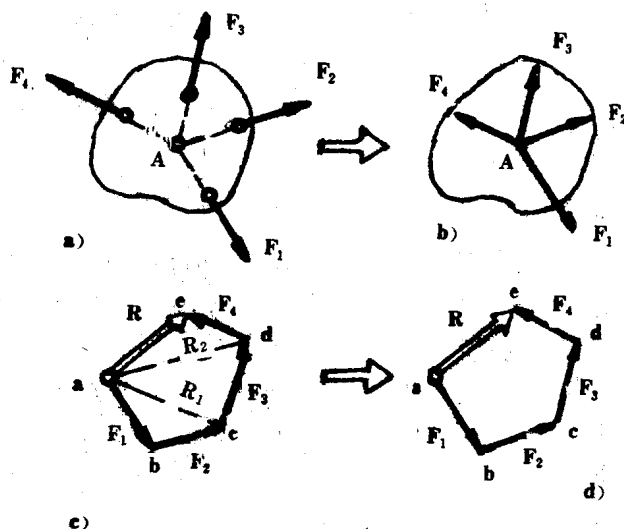
a 单个力的投影



b 合力的投影

图 1.1-16 力的投影

图 1.1-15 多个共点力的合成(几何法)



b) 解析法 解析法是以力在坐标轴上的投影为基础的。设力 $F = \overline{AB}$ 在 oxy 平面内(图 1.1-16a), F 在 x 轴上的投影为 ab , 在 y 轴上的投影为 $a'b'$ 。 F 与 x 、 y 轴的正向夹角分别为 α 与 β 。则

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F \cos \alpha \\ F_y &= F \sin \alpha = F \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (1.1-3)$$

平面汇交力系的合力在任一轴上的投影, 等于各分力在同一轴上的投影的代数和, 即

$$\left. \begin{aligned} R_x &= F_{1x} + F_{2x} + \cdots + F_{nx} = \sum F_{ix} \\ R_y &= F_{1y} + F_{2y} + \cdots + F_{ny} = \sum F_{iy} \end{aligned} \right\} \quad (1.1-4)$$

平面汇交力系的平衡方法有两种: 几何法和解析法。

a) 平面汇交力系平衡的必要和充分的几何条件是: 力系各力组成的力多边形自行封闭(图 1.1-17)。

b) 平面汇交力系平衡的充分和必要条件是力系的合力等于零。亦即平面汇交力系的平衡方程为:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{ix} &= 0 \\ \sum F_{iy} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.1-5)$$

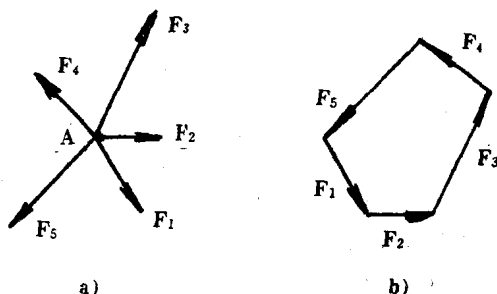


图 1.1-17 力多边形封闭

力的分解 工程实际中, 常用分解力的方法来求解问题。例如一对直齿圆柱齿轮传动, 其轮齿上受力 F_n , 在不计齿面间的摩擦力的情况下, F_n 沿着啮合点的公法线。常需知道其圆周力 F_t 和径向力 F_r 的大小, 所以把 F_n 分解为两个正交分力 F_t 及 F_r (图 1.1-18)。

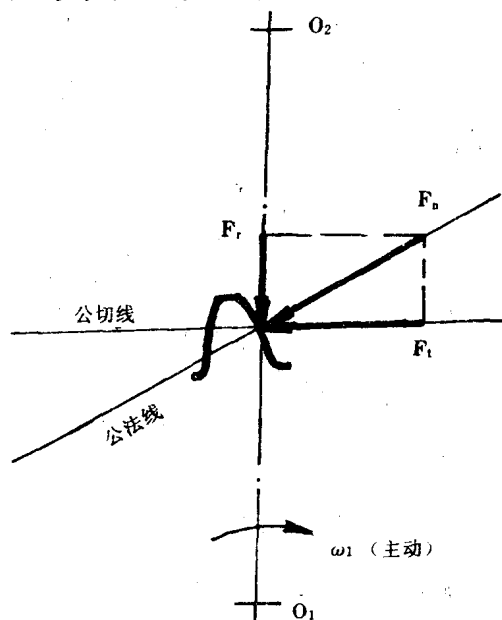


图 1.1-18 力的分解

(2) 平面一般力系 各力的作用线在同一平面内任意分布的力系称为平面一般力系(图 1.1-19)。

(3) 平面平行力系 各力作用线在同一平面内并相互平行的力系称为平面平行力系。例如起重机、桥梁等结构上所受的力系, 常常可简化为平面平行力系(图 1.1-20)。

2) 空间力系 各力的作用线不在同一平面内的力系称为空间力系。空间力系也可分为空间汇交力系、空间平行力系和空间一般力系。

由图 1.1-21 可知, 斜齿圆柱齿轮所受的法向总压力 F_n 就是一空间力系。它在三个坐标轴上的投影分别为 F_x (即 $F_n \cos \alpha$)、 F_y (即 $F_n \sin \alpha$) 以及 F_z (即 F_n)。

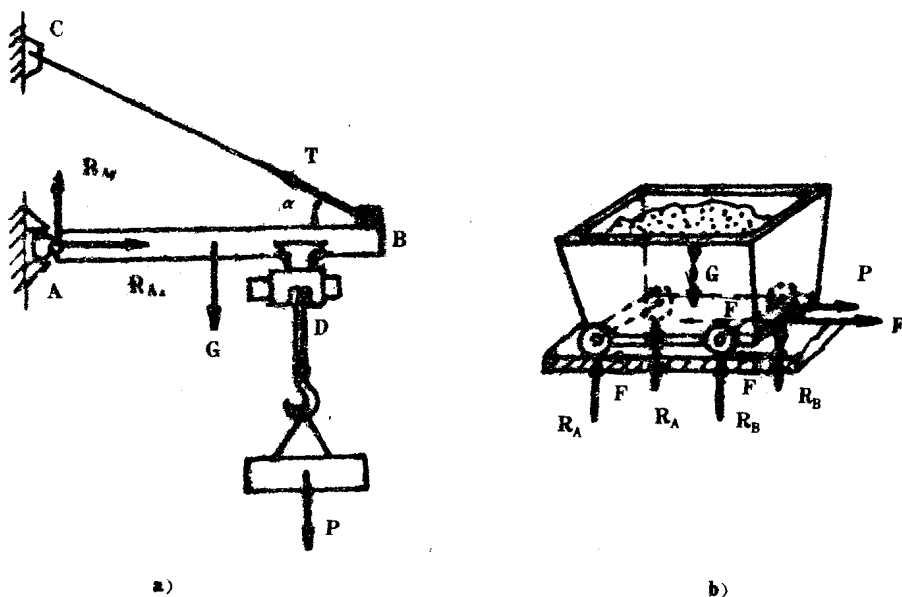


图 1.1-19 平面一般力系
a 单臂吊受力情况 b 小车受力情况

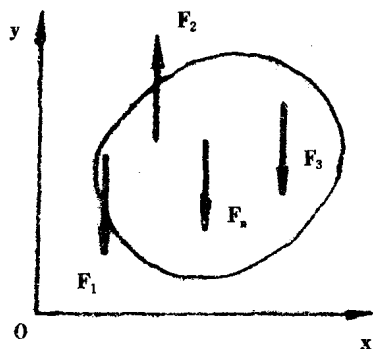


图 1.1-20 平面平行力系

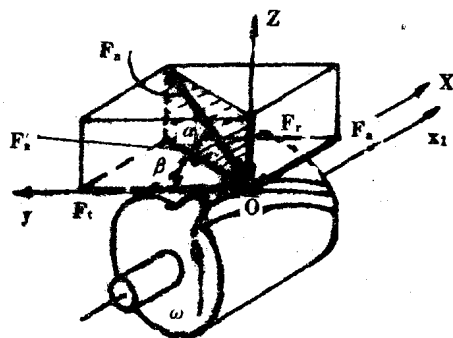


图 1.1-21 空间力系

1.1.3 力矩概念

在一般情况下,力对物体作用可以产生移动和转动两种效应。已经知道,力的移动效应取决于力的大小和方向;为了度量力的转动效应,下面介绍力矩的概念和计算方法。

1.1.3.1 力对点的矩

经验告诉我们:用扳手转动螺母时(图 1.1-22a)作用于扳手一端的力 F 使扳手绕 O 点转动的效应,不仅与力 F 的大小有关,而且与 O 点到力 F 作用线的垂直距离 d 有关。因此,在力学上以乘积 $F \cdot d$ 作为度量力 F 使物体绕 O 点转动效应的物理量,这个量称为力 F 对 O 点的矩,简称力矩,以符号 $m_o(F)$ 表示,即

$$m_o(F) = \pm Fd \quad (1.1-6)$$

O 点称为力矩中心(简称矩心); O 点到力 F 作用线的垂直距离 d ,称为力臂。用钉锤拔钉子也具有类似的性质(图 1.1-22b)。

广义上来说,力对点的矩可以用一个代数量表示,其绝对值等于力的大小和力臂的乘积,它的正负号规定为:力使物体绕矩心逆时针方向转动时为正,反之为负(图 1.1-23)。

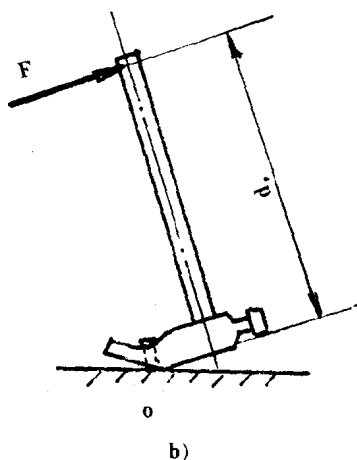
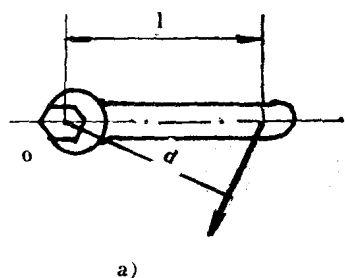


图 1.1-22 力对点的矩

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。

若力的单位用牛[顿]或千牛[顿]，力臂的单位用米，则力矩的单位用牛[顿]·米($N \cdot m$)或千牛[顿]·米($kN \cdot m$)。

1.1.3.2 力偶与力偶矩

在力学上我们把大小相等、方向相反、作用线互相平行的两个力叫做力偶，记作为(F, F')。力偶中两力所在的平面称为力偶作用面，若作用面不同，力偶的作用效应也不一样。两力偶作用线间的垂直距离称为力臂，用 d 表示(图 1.1-24a)。

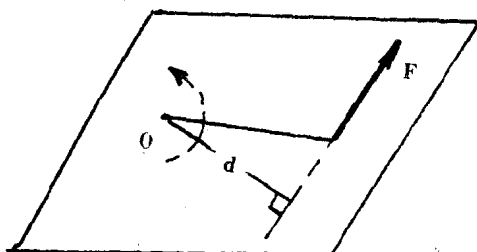


图 1.1-23 力矩为正值

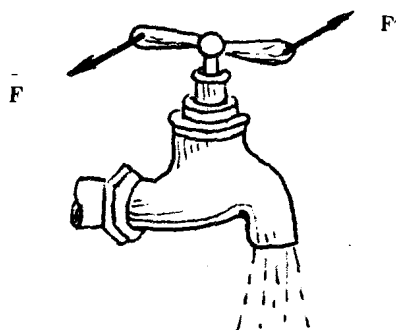
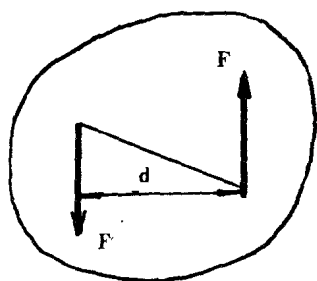


图 1.1-24 力偶

物体受力偶作用的实例很多，例如拧水龙头时人手作用在开关上的两个力 F 和 F' (图 1.1-24b)。

力偶对物体只能产生转动效应。不能产生移动效应，即力偶无合力。力偶对物体的效应用力偶矩度量。力偶对作用面内任一点的矩恒等于力偶中一力的大小与力臂的乘积，它与力偶的旋转方向有关而与矩心的位置无关。乘积 Fd 加上适当的正负号称为力偶矩。记作 $m(F, F')$ 。平面力偶矩也用代数量表示：