

职业资格培训教材
社会力量办学培训教材

(高级)

冷作钣金工

● 劳动和社会保障部教材办公室组织编写



中国劳动社会保障出版社

TG936
12

职业资格培训教材
社会力量办学培训教材

冷作钣金工

(高 级)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

冷作钣金工. 高级/洪继铭主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2001
职业资格培训教材、社会力量办学培训教材

ISBN 7-5045-3235-5

I. 冷...

II. 职...

III. 钣金工—技术培训—教材

IV. TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 049165 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

中国青年出版社印刷厂印刷 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 19.5 印张 1 插页 488 千字

2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

印数: 5100 册

定价: 34.00 元

读者服务部电话: 64929211

发行部电话: 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

前 言

《劳动法》和《职业教育法》明确规定，在全社会实行学历文凭和职业资格证书并重的就业制度。在国家劳动和社会保障行政管理部门的大力倡导下，取得职业资格证书已经成为劳动者就业上岗的必备的前提，同时，作为劳动者职业能力的客观评价，已经为人力资源市场供求双方普遍接受。取得职业资格证书不但是广大从业人员、待岗人员的迫切需要，而且已经成为各级各类普通教育院校、职业技术教育院校毕业生追求的目标。

开展职业资格培训教材建设十分重要。为此，劳动和社会保障部教材办公室、中国劳动社会保障出版社组织编写了《职业资格培训教材》，用于规范和引导职业资格培训教学。第一批组织编写的有：制冷设备维修工、冷作钣金工、制冷空调工、家用视频设备维修工、客房服务员、汽车修理工、电工、办公设备维修工、电梯安装维修工、计算机操作员、计算机调试工、计算机维修工 12 个职业的教材。其他职业（工种）的教材将分期分批地组织编写。

职业资格培训教材的主要特点是：

1. 最大限度地体现技能培训的特色。教材以最新国家职业标准为依据，以职业技能鉴定要求为尺度，以满足本职业对从业人员的要求为目标。凡《标准》中要求的技能和有关知识，均作了详细的介绍。

2. 以岗位技能需求为出发点，按照“模块式”教材编写思路，确定教材的核心技能模块，以此为基础，得出完成每一个技能训练单元所需掌握的工艺知识、设备（工具）知识、相关知识和技能、专业知识、基础知识，并根据培训教学的基本规律，按照基础知识、专业知识、相关知识、设备（工具）知识、工艺知识、技能训练的次序组成教材的结构体系。

3. 服务目标明确。从教学形式上，主要服务于教育、劳动社会保障系统，以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教学，也适用于各

级各类职业技术学校举办的中短期培训教学，以及企业内部培训的培训教学；从培训教学时间上，服务于3~6个月不同等级的培训教学，即300~600授课学时的培训教学。

4. 在强调实用性、典型性的前提下，充分重视内容的先进性。尽可能地反映与本职业相关联的新技术、新工艺、新设备、新材料、新方法。

本书由洪继铭（天津重型机器厂）、杨正吉、关宪（天津锅炉厂）编写，洪继铭主编；徐增荣（北京轻型汽车有限公司技工学校）审稿。编写过程中，得到天津市劳动和社会保障局、北京市劳动和社会保障局的大力支持，在此一并致谢。

编写职业资格教材是一项探索性的事业，尽管参与编写的专家已经为此付出了艰苦的努力，但是由于缺乏可以借鉴的成功经验，加之时间仓促，存在缺点和不足在所难免，恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后修订，逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

目 录

基础知识部分

单元 1 理论力学基础	(1)
1.1 静力学基本概念	(1)
1.2 平面汇交力系	(4)
1.3 力矩、力偶	(7)
1.4 平面任意力系	(11)
1.5 空间力系	(12)
1.6 摩擦	(13)
单元 2 材料力学知识	(18)
2.1 拉伸与压缩	(18)
2.2 剪切与挤压	(22)
2.3 圆轴扭转	(24)
2.4 弯曲	(29)
单元 3 机械基础	(37)
3.1 平面机构	(37)
3.2 连接零件	(44)
3.3 传动零件	(50)
3.4 轴类零件	(55)
3.5 液压传动基础知识	(60)
单元 4 常用电气设备的结构与工作原理	(71)
4.1 三相异步电动机的结构、特性和工作原理	(71)
4.2 控制电器和保护电器的基本知识	(76)
4.3 半导体二极管和三极管的原理及工作特性	(84)
4.4 单相桥式整流电路的工作原理	(93)

专业知识部分

单元 5 复杂构件的展开与放样	(100)
5.1 空间曲线的划线和计算	(100)
5.2 几何形体截交线的性质	(109)
5.3 锥、柱形体的复杂相贯构件	(112)
5.4 复杂结构件展开	(118)
5.5 等径蛇形弯管构件展开	(126)
5.6 不可展曲面的近似展开	(145)
单元 6 一般设计与计算	(152)
6.1 规则形体展开尺寸的计算	(152)
6.2 构件的受力分析及强度计算知识	(156)
6.3 焊接结构受力分析与强度计算	(161)
6.4 一般冲裁模、弯曲模、拉深模的设计	(165)
6.5 通用及专用夹具的设计	(177)
单元 7 大型复杂构件的装配与装配工艺的编制	(180)
7.1 复杂构件	(180)
7.2 编制复杂构件的工艺规程、工艺细则及制造工艺流程	(195)
7.3 典型产品复杂构件的装配工艺	(202)
单元 8 装配质量的检验与控制	(207)
8.1 应用质量管理方法控制结构件的生产	(207)
8.2 受力构件与旧构件的加固、修复与更换	(209)
8.3 结构件成品的检验方法	(210)
8.4 无损检测	(218)
8.5 复杂构件的部件划分	(221)

相关知识部分

单元 9 新工艺、新技术、新设备的应用	(222)
9.1 切割知识	(222)

9.2	焊接知识	(228)
9.3	胀接知识	(233)
9.4	新设备的应用	(238)
单元 10	管理知识	(249)
10.1	工时定额的组成	(249)
10.2	提高劳动生产率的途径	(252)
10.3	制作整台构件的工时预算与算料	(253)

技能操作部分

单元 11	空间曲线及大型结构件的展开放样、样板制作及组装装配操作	(273)
11.1	切平面水平截切不反映实形的（空间的）圆管	(273)
11.2	等径圆管Ⅳ节蛇形构件	(275)
11.3	导柱表面螺旋线	(278)
11.4	大型复杂构件—锅炉水冷系统的放样及不同排号的弯管的 放样成型样板制作	(279)
11.5	矩形扭向三节斜漏斗构件	(280)
11.6	箱形梁扭曲变形的矫正	(284)
11.7	大型构件的装配及变形矫正	(285)
11.8	螺旋输送轴螺旋叶片展开、成形及部件装配、焊接、矫正	(286)
11.9	大型构件的装配—球罐的装配	(288)
单元 12	工具设备的使用与保养	(296)
12.1	正确使用工卡量具及其合理的维护与保养	(296)
12.2	设备的使用管理、维修与调试	(300)
12.3	安全文明施工与生产	(303)

基础知识部分

单元 1 理论力学基础

1.1 静力学的基本概念

(1) 力的概念

力是物体相互之间的机械作用，力的作用效应是使物体运动状态发生变化，也可以使物体发生变形，甚至破坏物体。力不能脱离物体而存在，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，必须注意区分哪个物体是受力物体，哪个物体是施力物体。

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，材料力学研究力的内效应。

力对物体的作用效果取决于以下三个要素：①力的大小；②力的方向；③力的作用点。这三个要素中任何一个要素改变时，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。我国统一实行的法定计量单位是以国际单位制 SI 为基础。力的单位为牛 [顿] (N)，或千牛 [顿] (kN)。暂时与国际单位制并用的还有工程单位制，它使用力的单位是千克力，其符号为 kgf，或吨力，其符号为 tf。牛 [顿] 和千克力的换算关系为：

$$1 \text{ kgf} = 9.807 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

力是具有大小和方向的量，即矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段示于物体作用点上，线段的长度（按一定比例）表示力的大小，箭头的指向表示力的方向，线段的起点表示力的作用点。通过力的作用点，沿力的方向所画的直线，称为力的作用线。

(2) 力的可传性

对于刚体（在力的作用下，形状和大小都保持不变的物体）而言，可以把力的作用点沿其作用线移至任意点，而不改变它对物体的作用效果。

(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，合力也作用于该点上。合力的大小和方向用这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。

如图 1—1a 所示， F_1 、 F_2 为作用于物体同一点 O 上的两个力，以这两力为邻边作平行四边形 $OABC$ ，则从 O 点作出的对角线 OB 就是 F_1 、 F_2 的合力 R 。

实际上求二力的合力，不一定要作出整个平行四边形，因为平行四边形的对边平行且相

等，所以只画出对角线一侧的三角形如图 1—1b 所示，就可以了，图中 OB 代表合力 R ， OA 代表 F_1 ， AB 代表 F_2 ，这一力的合成法称为力的三角形法。但要注意， F_2 只表示大小和方向，不表示作用点在 A 上，作用点仍在 O 点上。

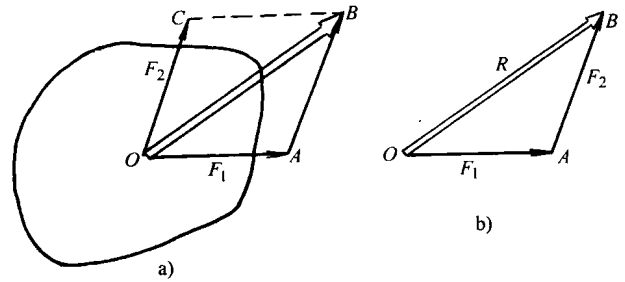


图 1—1 二力的合力

a) 平行四边形法 b) 三角形法

(4) 二力平衡的条件

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。

作用在物体上的两个力，如物体处于平衡时，此二力必须大小相等，方向相反，且作用在同一条直线上（二力平衡条件只适用于刚体）。

(5) 物体受力和受力图

1) 约束与约束反作用力 研究物体的平衡或运动时，首先必须分析物体受哪些力的作用（简称受力分析），并确定物体所受每个力的大小、方向和作用点位置，这是学习理论力学的首要内容。

在机械工程结构中，每个构件的运动都被与它相联系的其他构件所限制。例如列车受钢轨的限制而只能沿轨道运行；钢索悬吊的重物受到钢索的限制而不能下落；门受铰链的限制，只能转动而不能移动等。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约束。例如，轨道就是列车的约束，钢索就是重物的约束，铰链就是门的约束。

既然约束阻碍着物体的运动，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。促使物体运动的力，称为主动力。主动力和被动力都是物体上的外力（即载荷）。

约束反力作用点位置和约束反力的方向一般都是已知的，其确定准则是：约束反力的作用点就是约束与被约束物体的相互接触点；约束反力的方向总是与被约束物体所受限制的运动方向相反。

约束反力的大小是未知的，可利用平衡条件来计算得出。

工程中常见的约束有：

① 柔性约束。由绳索、链条，V 带等所形成的约束称为柔性约束。柔性约束只能承受拉力，不能承受压力，其约束反力作用于连接点，方向沿绳索而背离物体。如图 1—2 所示。

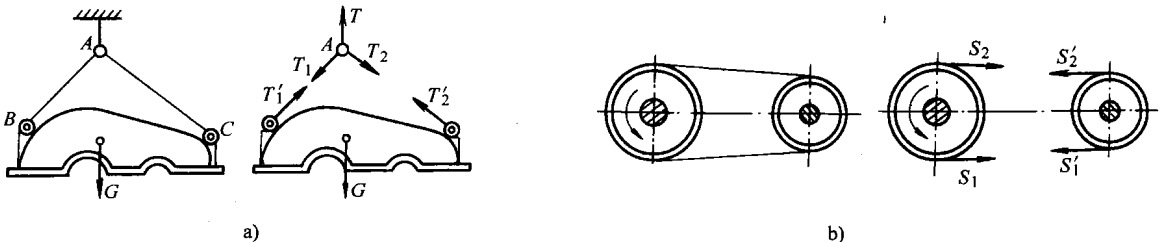


图 1—2 柔性约束

a) 由绳索形成的柔性约束 b) 由 V 带形成的柔性约束

② 光滑面约束。两个互相接触的物体，如接触面上的摩擦力极小而可略去不计时，这种

光滑面所构成的约束就称为光滑面约束。光滑面约束的反作用力通过接触点，方向总是沿着接触面的公法线而指向受力物体，使物体受一法向压力的作用，如图 1—3 所示。

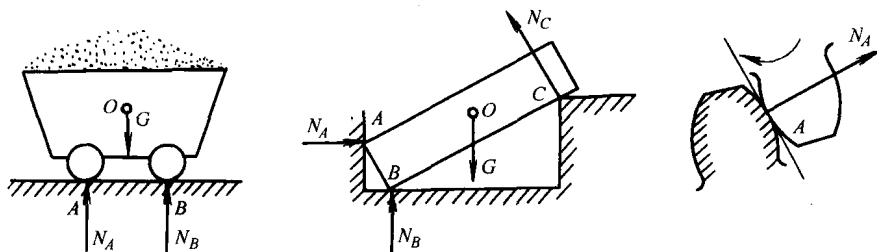


图 1—3 光滑面约束

③铰链约束。由铰链构成的约束，称为铰链约束。如图 1—4 所示。

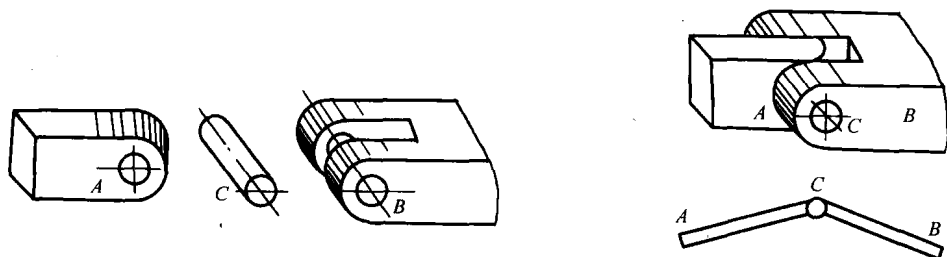


图 1—4 铰链约束

④固定端约束。使被约束物体固定不动的约束。如车床刀架对车刀的约束，地面对电线杆的约束都属固定约束。如图 1—5 所示。

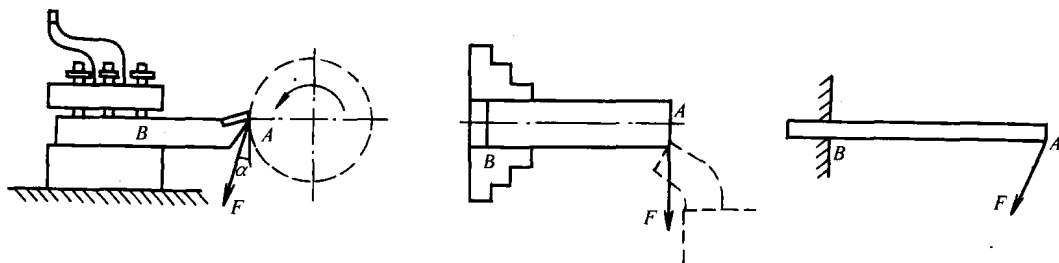


图 1—5 固定端约束

2) 受力和受力图 为了清楚地表示物体的受力情况，需要把研究的物体（又称研究对象）从所受的约束中分离出来，单独画出它的简图，然后在它上面画出它所受的全部主动力和约束反力，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。画出分离体上所有作用力的图，称为物体的受力图。

对物体进行受力和画受力图时应注意以下几类：

①首先确定研究对象，并分析哪些物体对它有力的作用。

②画出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和其他物体上的受力，在受力图中不应画出。

例 有一匀质球重 G ，用绳系住，并靠于光滑的斜面上，如图 1—6a 所示。试分析球的

受力情况。

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，铅垂向下），绳的拉力 T （作用于 A 点，沿绳并离开球），斜面的约束反力 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，即球的受力图，如图 1—6b 所示，球受 G ， T ， N 三力作用而平衡。

1.2 平面汇交力系

(1) 力系

作用在一个物体上的多个力称为力系。

(2) 平面汇交力系

是指作用在物体上诸力的作用线在同一平面内，且汇交于同一点的力系。如图 1—7 所示的起重机，在吊起重物时，作用于吊钩上 D 点的力与作用于连接点 B 的力，都属于平面汇交力系。

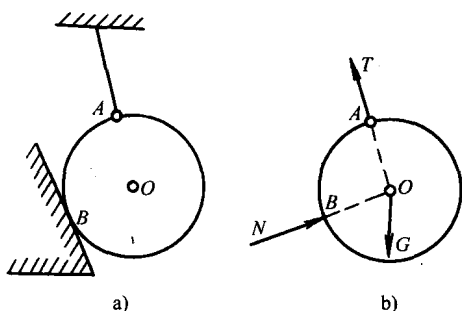


图 1—6 匀质球受力情况

a) 用绳系住的匀质球 b) 匀质球受力图

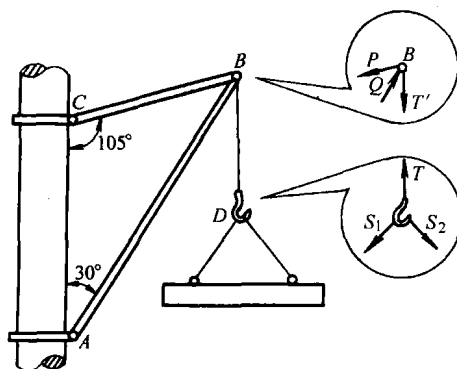


图 1—7 平面汇交力系

(3) 平面汇交力系合成的几何法

对于汇交于一点的两个力的合成，可应用力的平行四边形法则或力的三角形法。至于平面内多个汇交力的合成，也可用同样的方法来求出合力的大小和方向，方法是应用力的三角形法将诸力依次相加，也可直接将各力依次首尾相接画出，如图 1—8 所示。

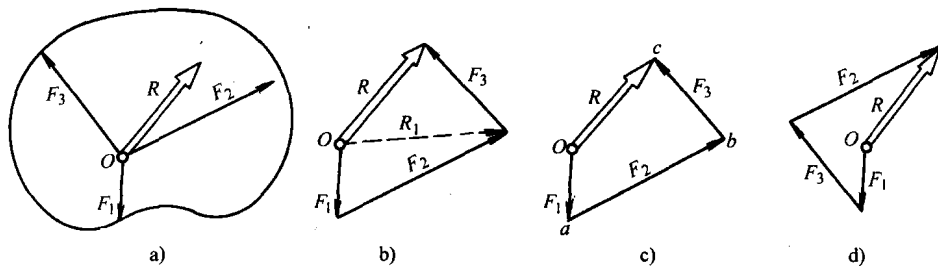


图 1—8 多个汇交力的合成

这样的作图规则，称为力的多边形法则，这种方法称为力系合成的几何法或图解法。用矢量式可表示如下：

$$R = F_1 + F_2 + \cdots + F_n = \sum F$$

综上所述, 可做如下结论: 平面汇交力系合成的结果是一个合力, 其大小和方向用该力系的力多边形的封闭边来表示, 作用线通过力系中诸力的汇交点。合力的方向是由力多边形中第一个分力的起点指向最后一个分力的终点。

(4) 平面汇交力系平衡的几何条件

如果合力等于零, 则物体将处于平衡状态。因此, 平面汇交力系平衡的必要与充分条件是合力等于零。用矢量式可表示为:

$$R=0 \quad \text{或} \quad \sum F=0$$

从力多边形上来看, 合力等于零的情况应是第一个分力的起点和最后一个分力的终点的重合, 即形成一个闭合的多边形。因此, 平面汇交力系平衡的几何条件是力多边形闭合。如图 1—9 所示。

(5) 平面汇交力系合成的解析法

平面汇交力系合成与平衡的几何方法虽然比较简单, 但作图要十分准确, 否则会出现较大的误差。工程中应用较多的是解析法。这种方法是力在坐标轴上的投影作为基础来进行的。

1) 力在坐标轴上的投影 设在直角坐标 Oxy 平面内, 有一已知力 F , 如图 1—10 所示。此力与 x 轴所夹锐角为 α 。从力 F 的两端 A 和 B 分别向 x 、 y 轴作垂线, 得线段 ab 和 $a'b'$, 则 ab 称为力 F 在 x 轴上的投影, 用 F_x 表示; $a'b'$ 称为力 F 在 y 轴上的投影, 用 F_y 表示。力在坐标轴上的投影是代数量, 它有正负之区别, 投影的指向与坐标轴的正向一致时, 投影值为正, 反之为负。图 1—10 所示的力 F 的投影, 与 x 轴和 y 轴的正向一致, 故投影值为正。其值为:

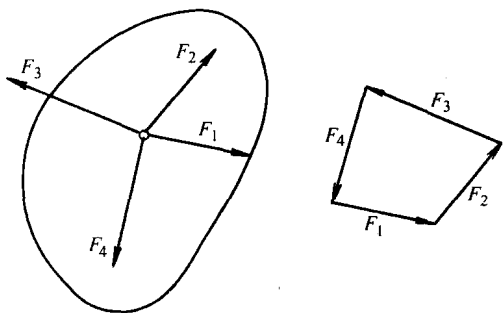


图 1—9 力的多边形

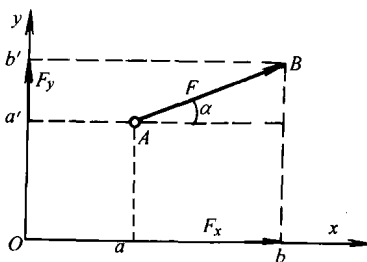


图 1—10 力在坐标轴上的投影

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$F_y = F \sin \alpha$$

力 F 和夹角 α 分别为:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\tan \alpha = \left| \frac{F_y}{F_x} \right|$$

2) 合力投影定理, 设有一作用在刚体上的平面汇交力系 F_1, F_2, F_3 , 如图 1—11 所示, 用多边形法求其合力 R 。如图 1—12 所示, 在力多边形 $ABCD$ 所在的平面内, 取直角坐标

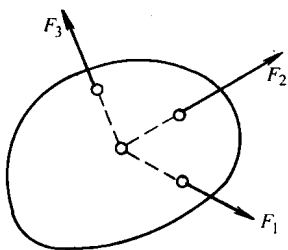


图 1—11 刚体上平面汇交力系

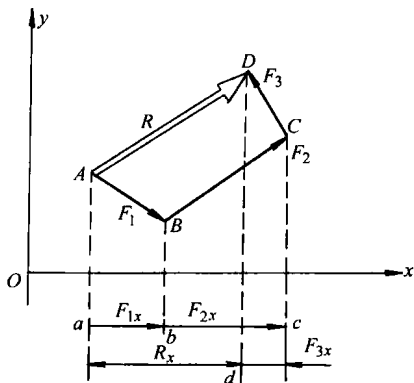


图 1—12 合力投影

系 Oxy ，将力系中各力 F_1 、 F_2 、 F_3 和合力 R 分别向 x 轴投影，得 $F_{1x} = ab$ ， $F_{2x} = bc$ ， $F_{3x} = -cd$ ， $R_x = ad$ 。

由图可看出： $ad = ab + bc - cd$

则：

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = \sum F_x$$

同理，若将各力向 y 轴投影，可得：

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = \sum F_y$$

以上两式说明，合力在任一坐标轴上的投影等于各分力在同一轴上投影的代数和，这就是合力投影定理。

3) 平面汇交力系合成的解析法 求平面汇交力系 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $\dots$ 、 F_n 的合力时，利用合力投影定理进行计算更为简便。方法是分别求出合力 R 在 x 、 y 轴上的投影 R_x 、 R_y ，可根据合力投影定理求得：

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum F_x$$

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum F_y$$

再求出合力 R 的大小和方向，合力：

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$

合力的方向为

$$\tan \alpha = \left| \frac{R_y}{R_x} \right|$$

求出合力与 x 轴的夹角 α ，则可确定合力 R 的方向。合力的作用点，仍然是通过力系的汇交点。

例 1—1 在同一平面内的三根绳连结在一个固定的圆环上。已知三根绳的拉力分别为 $F_1 = 50$ (N)， $F_2 = 100$ (N)， $F_3 = 200$ (N)。求这三根绳作用在圆环上的合力。见图 1—13。

解 以力系汇交点 O 为坐标原点，取直角坐标系 Oxy ，并令 x 轴与力 F_2 重合，这样可简化计算，分别求出各已知力在 x 及 y 轴上的代数和。

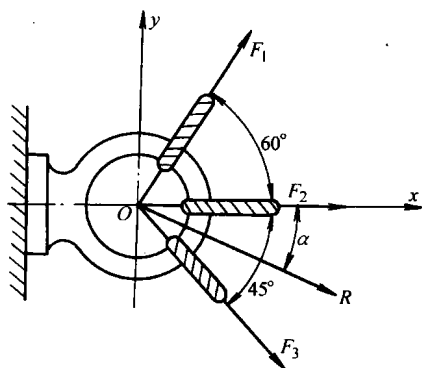


图 1—13 同一平面上固定点三力的合力

$$\begin{aligned}
 R_x &= \sum F_x = F_1 \cos 60^\circ + F_2 + F_3 \cos 45^\circ \\
 &= 50 \times 0.5 + 100 + 200 \times 0.707 \\
 &= 266 \text{ (N)} \\
 R_y &= \sum F_y = F_1 \sin 60^\circ - F_3 \sin 45^\circ \\
 &= 50 \times 0.866 - 200 \times 0.707 \\
 &= -98.1 \text{ (N)}
 \end{aligned}$$

求合力 R ,

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{266^2 + (-98.1)^2} = 284 \text{ (N)}$$

合力方向。

$$\tan \alpha = \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = \left| \frac{-98.1}{266} \right| = 0.368$$

则 $\alpha = 20^\circ 13'$, 合力与 x 轴的夹角为锐角, R_x 为正值, R_y 为负值, 所以合力 R 在第四象限, 其作用线通过三个分力的汇交点 O 。

1.3 力矩、力偶

(1) 力矩

1) 力对点的矩 力对物体的作用, 有时能使物体移动发生变化, 有时能使物体转动发生变化。为了度量力使物体绕一定点转动的变化效应, 力学中引入了力对点的矩的概念, 简称力矩。以用扳手拧紧螺母为例, 如图 1—14 所示。力 F 作用在与螺母轴线垂直的平面内, 其拧紧程度不仅与力 F 的大小有关, 且与螺母中心 O 到力 F 作用线的垂直距离 h 有关。 F 越大螺母拧得越紧, 距离 h 增大, 螺母也拧得越紧。

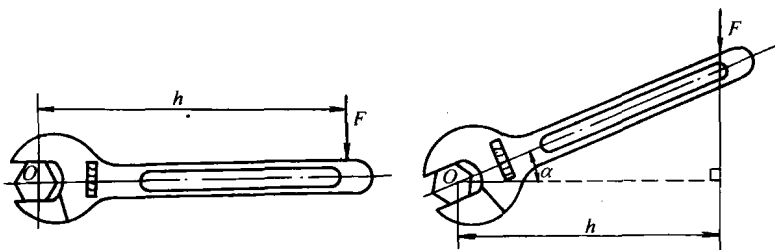


图 1—14 扳手拧螺母

我们以 F 与 h 的乘积, 作为力 F 使物体绕轴心 O 点转动效应的度量, 称为 F 对 O 点之矩, 简称力矩, 以符号 $M_O(F)$ 表示, 即

$$M_O(F) = \pm Fh$$

式中 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 h 称为力臂。正、负号表示转动方向, 一般规定: 力使物体绕矩心作逆时针方向转动时, 力矩为正, 反之力矩为负。

力矩的单位, 在国际单位制中常用牛 (顿) 米 ($\text{N} \cdot \text{m}$), 在工程单位制中常用千克力·米 ($\text{kgf} \cdot \text{m}$)。

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 h 等于零。

如图 1—15 所示，杆 AB 长度为 L ，自重不计，A 端为固定铰链支座，在杆的中心点 C 悬挂一重力为 G 的物体，B 端支靠在光滑的墙上，其约束反力为 N ，杆与铅直墙面的夹角为 α ，则 G 和 N 对铰链中心 A 点的矩的求法为：首先计算力臂，设矩心 A 与力 N 的作用线的垂直距离为 h ，则 $h = L \cos \alpha$ ，设矩心 A 与重力 G 的作用线之间垂直距离为 d ，则 $d = \frac{L}{2} \sin \alpha$ 。根据力矩定义可得：

$$M_A(N) = Nh = NL \cos \alpha$$

$$M_A(G) = -Gd = -\frac{1}{2}GL \sin \alpha$$

2) 合力矩定理

在计算力矩时，力臂一般可通过几何关系确定。但有时由于几何关系比较复杂，直接计算力臂比较困难。这时，如果将力做适当分解，计算分力的力矩则很方便。为建立合力对某点的矩与其分力对同一点的矩之间的关系，有必要介绍一下合力矩定理。平面汇交力系合力矩定理是：平面汇交力系的合力对平面内任一点的矩，等于力系中各分力对于该点力矩的代数和。

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

式中 R 为平面汇交力系的合力。

例 1—2 如图 1—16 所示，在车床上用一切槽刀车削零件上一环形槽，刀具固定在车床小刀架上，刀刃和固定点 A 在同一水平上，伸长部分为 $L = 120 \text{ mm}$ ，被加工零件给刀刃的切削阻力 $F = 2000 \text{ N}$ ， F 与铅垂线的夹角 $\alpha = 30^\circ$ ，试求力 F 对点 A 的矩。

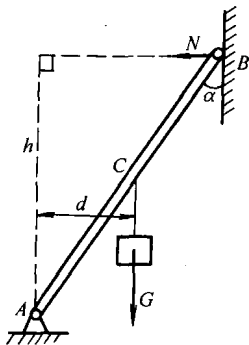


图 1—15 力对固定点的矩

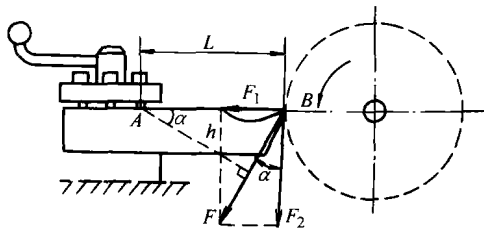


图 1—16 车刀切削时的力矩

解 按合力 F (切削力) 计算

$$\begin{aligned} M_A(F) &= -Fh \quad \text{因 } h = L \cos 30^\circ \\ &= -2000 \times 120 \times 0.866 \\ &= -208 \text{ (N} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

(2) 力偶

1) 力偶的概念 在实践中，常可见到物体受两个大小相等、方向相反、但不在同一作用线上的两个平行力矩的作用，而使物体转动的情况，例如，司机用双手转动方向盘，如图 1—17 所示。

在同一物体上受等值、反向的二平行力作用，其合力显然等于零，但是由于它们不共线，因而不能相互平衡，这种大小相等、方向相反、作用线平行的二力组成的力系即称为力偶，如图 1—18 所示，可记作 (F, F') 。

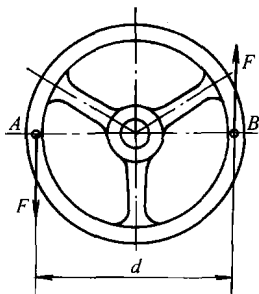


图 1—17 方向盘受力情况

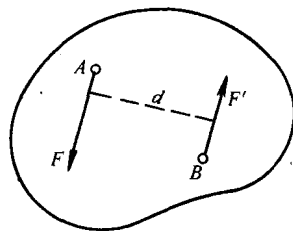


图 1—18 力偶

力偶中两力之间的垂直距离称为力偶臂，力偶所在的平面称为力偶的作用面。由力偶定义可知，组成力偶的一对反向平行力构成的特殊力系有以下特点：

- ① 它在某作用面内任一坐标轴上投影的代数和等于零，因而力偶无合力。
 - ② 力偶不能用一个力来代替，也不能用一个力来平衡，力偶只能用力偶来平衡。
- 所以力和力偶是力学中的两个基本力学量。

2) 力偶矩

力偶对物体作用效果的大小、既与力 F 的大小成正比，又与力偶臂 d 的大小成正比，因此，可用两者的乘积 Fd 来度量力偶作用效果的大小，这个乘积称为力偶矩，用下式表示：

$$M = \pm Fd$$

式中 M —— 力偶矩；

F —— 力；

d —— 力偶臂。

由于力偶在其作用面内的转向不同，作用效果也不同。因此，与力矩一样，可用力偶矩的正、负号来表示力偶的转向，逆时针为正，顺时针为负。力偶矩的单位与力矩的单位相同，在国际单位制中用牛·米 ($N \cdot m$)，在工程制单位中用公斤力·米 ($kgf \cdot m$)。

综上所述，力偶对物体的转动效应，取决于下列三个要素：即力偶矩的大小；力偶的转向；力偶矩作用面的方位。

3) 力偶的等效作用

作用于物体上的力偶，如果可以用另一个力偶来代替，而不改变对物体的作用效果，这两个力偶就是等效力偶。因为在确定的作用面内，力偶对物体的转动效应取决于力偶矩的大小和力偶的转向，而与矩心的位置无关，由此可以得出如下两个推论：

- ① 力偶可以在它的作用面内任意移动和转动，而不改变它对物体的作用。
- ② 只要保持力偶矩的大小和力偶的转向不变，可同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，而不改变力偶对物体的作用。

综上所述，只要两力偶的力偶矩大小和力偶的转动方向相同，则此两力偶就是等效力偶。