

全国高等职业教育汽车类规划教材

汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

王 强 主 编
任志新 谢颂京 副主编
廖 君 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育汽车类规划教材

汽车机械基础

王 强 主 编

任志新 谢颂京 副主编

廖 君 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是为适应高职高专《汽车机械基础》课程的教学需要及汽车制造与装配技术(汽车运用技术)领域的职业需求而编写的,主要包括力学基础知识、杆件受力变形与应力分析、互换性与技术测量、金属材料的性能、汽车常用材料、汽车机械传动与常用零部件、液压传动、汽车常用维修机具与设备等内容。

本书可作为高职高专院校汽车制造与装配技术(汽车运用技术)、汽车检测与维修、汽车电子技术等专业的教材,也可作为汽车、机电从业人员岗位培训、职业资格考核鉴定和汽车专业技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础 / 王强主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.5

全国高等职业教育汽车类规划教材

ISBN 978-7-121-13455-5

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车—机械学—高等职业教育—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 081577 号

策划编辑: 程超群

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11 字数: 281.6 千字

印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 22.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

**“全国高等职业教育汽车类规划教材” 编审委员会
成员名单（按姓氏笔画排序）**

主任委员：

陈开考 陈文华

副主任委员：

范小青 刘 健 朱仁学 李天真 李增芳

倪 勇 龚永坚 楼晓春 廖 君

秘书处：

王 强 吴汶芪（秘书长） 陈 宁 孟晋霞

委员名单：

马林才	方 俊	王 强	甘 伟	石锦芸	任海雷
任献忠	刘 健	刘敬忠	孙全江	孙华宪	孙培峰
朱仁学	江 同	吴壮文	吴汶芪	张朝山	张琴友
张 翠	李天真	李学智	李泉胜	李增芳	杜里平
来丽芳	杨培娟	邱英杰	陆叶强	陈天训	陈开考
陈文华	陈 宁	周明安	周梅芳	孟晋霞	巫少龙
范小青	金加龙	姜吾梅	胡允达	赵志刚	赵金祥
骆美富	倪 勇	翁茂荣	谈黎虹	郭伟刚	高奇峰
高照亮	黄会明	龚永坚	散晓燕	程 越	韩春光
楼晓春	廖 君	熊永森	魏小华	魏俞湧	魏 超

前 言

本书是为适应高职高专《汽车机械基础》课程的教学需要及汽车制造与装配技术（汽车运用技术）领域的职业需求而编写的，主要包括力学基础知识（平面汇交力系、力矩与力偶、功率及机械效率）、杆件受力变形与应力分析、互换性与技术测量（公差与配合、表面粗糙度）、金属材料的性能（金属材料的机械性能、工艺性能）、汽车常用材料（黑色金属、有色金属、非金属材料）、汽车机械传动与常用零部件（平面连杆机构、凸轮、齿轮、轴、联轴器、离合器、联接）、液压传动（液压传动的原理、液压系统元件、汽车常用液压系统）、汽车常用维修机具与设备等内容。

本书适应性广，通用性强，既紧密结合高职高专汽车专业的教学需要和岗位需求，又将汽车维修职业技能鉴定考核所需的基础知识融入本教材，以“实用、够用、好用”为度，结构紧凑、内容精练、重点突出、图文并茂、编排合理，体现了高职高专工学结合、注重应用的特点，为汽车专业课的学习奠定了坚实基础。

本书主要面向汽车制造与装配技术（汽车运用技术）、汽车检测与维修、汽车电子技术等专业的在校高职高专生，也可作为汽车、机电从业人员岗位培训、汽车维修职业技能鉴定考核和汽车专业技术人员的参考用书。

本书由浙江交通职业技术学院王强任主编，齐齐哈尔职业学院任志新和浙江经济职业技术学院谢颂京任副主编。全书共8章，其中，王强编写了第6章和第7章；谢颂京编写了第1章和第2章；浙江交通职业技术学院周志国编写了第3章；浙江交通职业技术学院孙伟编写了第4章和第5章；齐齐哈尔职业学院任志新参加了第5章的编写；浙江交通职业技术学院吕凤军编写了第8章。

本书由浙江同济科技职业学院廖君副教授任主审，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2011年5月

目 录

第 1 章 力学基础知识	(1)
1.1 力学基础	(1)
1.1.1 基本概念	(1)
1.1.2 基本公理	(1)
1.2 平面汇交力系	(3)
1.3 力矩与力偶	(5)
1.3.1 力矩	(5)
1.3.2 力偶	(7)
1.4 平面任意力系	(9)
1.5 刚体的定轴转动	(10)
1.5.1 角速度	(11)
1.5.2 线速度	(11)
1.6 功率及机械效率	(12)
1.6.1 功率	(12)
1.6.2 功率、转速与转矩的关系	(12)
1.6.3 机械效率	(12)
思考与练习	(12)
第 2 章 杆件受力变形与应力分析	(15)
2.1 基本概念	(15)
2.2 拉伸与压缩	(16)
2.3 剪切与挤压	(18)
2.3.1 剪切	(18)
2.3.2 挤压	(19)
2.4 扭转与弯曲	(20)
2.4.1 扭转	(20)
2.4.2 弯曲	(21)
思考与练习	(22)
第 3 章 互换性与技术测量	(23)
3.1 尺寸公差与配合	(23)
3.1.1 互换性的基本概念	(23)
3.1.2 孔和轴	(23)
3.1.3 尺寸的基本术语	(23)
3.1.4 尺寸偏差、公差及公差带	(24)
3.1.5 标准公差与基本偏差	(25)
3.1.6 配合	(26)
3.1.7 公差与配合的标注	(28)

3.1.8 尺寸公差与配合的选用	(30)
3.2 形状公差与位置公差	(31)
3.2.1 形位公差的要素及其分类	(31)
3.2.2 形位公差的标注法	(32)
3.2.3 形位公差项目及标注示例	(33)
3.3 表面结构要求	(35)
3.3.1 表面粗糙度评定参数	(35)
3.3.2 标注表面结构的图形符号及标注规则	(37)
3.3.3 表面粗糙度的选用与标注	(38)
思考与练习	(42)
第4章 金属材料的性能	(43)
4.1 金属材料的机械性能	(43)
4.1.1 强度	(43)
4.1.2 刚度和弹性	(44)
4.1.3 塑性	(45)
4.1.4 冲击韧性	(45)
4.1.5 疲劳强度	(46)
4.2 金属材料的工艺性能	(47)
4.2.1 铸造性能	(47)
4.2.2 焊接性能	(47)
4.2.3 切削加工性能	(47)
4.2.4 锻压性能	(48)
4.2.5 热处理性能	(48)
思考与练习	(48)
第5章 汽车常用材料	(49)
5.1 金属材料	(49)
5.1.1 黑色金属	(49)
5.1.2 有色金属	(61)
5.2 非金属材料	(62)
5.2.1 塑料	(63)
5.2.2 橡胶	(63)
5.2.3 陶瓷	(63)
5.2.4 玻璃	(63)
5.2.5 复合材料	(64)
5.3 汽车燃料、润滑材料及工作液	(65)
5.3.1 汽车燃料	(65)
5.3.2 汽车润滑材料	(66)
5.3.3 汽车制动液	(70)
5.3.4 汽车防冻冷却液	(71)
5.3.5 汽车的其他工作液	(73)

思考与练习	(77)
第6章 汽车机械传动与常用零部件	(79)
6.1 平面连杆机构	(79)
6.1.1 机构的组成	(79)
6.1.2 运动副	(79)
6.1.3 机构运动简图	(80)
6.1.4 平面四杆机构	(81)
6.2 凸轮机构	(84)
6.2.1 凸轮机构的组成及应用	(85)
6.2.2 凸轮机构的分类及运动规律	(85)
6.3 带传动与链传动	(88)
6.3.1 带传动	(88)
6.3.2 链传动	(93)
6.4 齿轮传动	(96)
6.4.1 齿轮传动的特点和齿轮机构的分类	(96)
6.4.2 渐开线齿轮的啮合特性	(98)
6.4.3 轮系传动比的计算	(103)
6.5 蜗杆传动	(106)
6.5.1 蜗杆传动的组成	(106)
6.5.2 蜗杆传动的传动比	(107)
6.5.3 蜗杆传动的特点	(107)
6.6 轴	(107)
6.6.1 心轴	(108)
6.6.2 传动轴	(108)
6.6.3 转轴	(108)
6.6.4 直轴和曲轴	(108)
6.7 轴承	(109)
6.7.1 滑动摩擦与滚动摩擦	(109)
6.7.2 滚动轴承	(110)
6.7.3 滑动轴承	(113)
6.8 联轴器与离合器	(115)
6.8.1 联轴器	(115)
6.8.2 离合器	(118)
6.9 联接	(120)
6.9.1 键联接	(120)
6.9.2 销联接	(121)
6.9.3 螺纹联接	(122)
6.9.4 焊接	(124)
6.9.5 粘接、铆接和过盈联接	(125)
6.10 弹簧	(126)

思考与练习	(128)
第 7 章 液压传动	(129)
7.1 液压传动的原理及特点	(129)
7.1.1 液压传动的原理	(129)
7.1.2 液压传动系统的组成	(129)
7.1.3 液压传动系统的图形符号	(130)
7.1.4 液压传动的特点	(130)
7.1.5 液压传动的基本参数	(131)
7.2 液压系统元件	(131)
7.2.1 动力元件	(131)
7.2.2 执行元件	(134)
7.2.3 控制元件	(136)
7.2.4 辅助元件	(141)
7.3 液压基本回路	(143)
7.3.1 方向控制回路	(143)
7.3.2 调压回路	(143)
7.3.3 卸荷回路	(144)
7.4 汽车常用液压系统	(144)
7.4.1 液压制动系统	(144)
7.4.2 液压转向加力装置	(145)
7.4.3 制动防抱死系统	(147)
7.4.4 液力变矩器	(148)
7.4.5 自卸车液压系统	(149)
7.4.6 汽车举升机	(150)
思考与练习	(151)
第 8 章 汽车常用维修机具与设备	(152)
8.1 汽车维修机具及设备	(152)
8.1.1 常用维修机具	(152)
8.1.2 常用维修设备	(157)
8.2 汽车检验仪器设备	(159)
思考与练习	(162)
附录 A 标准公差和基本偏差数值表	(163)
参考文献	(168)

第1章 力学基础知识

人们在推、拉、提、掷物体时，从肌肉的紧张收缩中可感觉到对物体施加的作用，从而产生了对力的感性认识。然而汽车零部件在行驶过程中均受到不同类型的力的作用，受力情况非常复杂，因此正确认识汽车零部件的受力情况，是保证安全行车的关键因素，也是汽车维修、整形的重要依据。了解汽车零部件的运动规律，掌握其承受载荷的计算方法，可为人们进行各项维修工作奠定基础。

1.1 力学基础

1.1.1 基本概念

1. 力的概念

力是物体间的相互作用，这种作用会使物体的运动状态发生改变（称为力的运动效应）或使物体产生变形（称为力的变形效应）。例如，人用力推动小车，人与小车之间会产生相互作用，小车的运动状态发生改变；冲床冲压工件时，冲头与工件间有相互作用，工件产生变形；汽车拉着拖车行驶时，汽车和拖车之间有力的相互作用，即汽车拉拖车，拖车也拉汽车。

2. 力的三要素

力对物体的作用效应取决于力的三要素：

（1）力的大小（在国际单位制中，力的单位为牛，记作 N；牛的单位较小，工程上常以千牛作为力的单位，记作 kN）；

（2）力的方向；

（3）力的作用点。

这三个要素中有任何一个改变时，都会使力的作用效应改变。

3. 力的图示法

力是矢量，既有大小又有方向。力的三要素可用有向线段来表示。

如图 1-1 所示，有向线段的长度 AB 按比例来表示力的大小，线段的方位和箭头表示力的方向，线段的起点 A 或终点 B 表示力的作用点，力所沿的直线称为力的作用线。力的这种表示方法叫做力的图示法。在本章中，力的矢量用黑体字母（如 $\mathbf{F}$ ）表示，手写时可在该字符上方画箭头来表示；而力的大小用对应的普通字母（如 F ）表示。

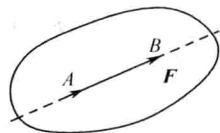


图 1-1 力的图示法

1.1.2 基本公理

公理是人类从长期的观察和实践中积累起来的经验，是经过概括、总结提取出来的，其正

确性已被大量的实践所证明。其中，静力学公理揭示了有关力的基本规律，它是力学的基础。

公理 1 二力平衡公理

刚体仅受两个力作用而平衡的充分必要条件是：两个力大小相等，方向相反，并作用在同一直线上，如图 1-2 所示。即

$$F_1 = -F_2$$

该公理对刚体而言是必要与充分的，但对于变形体而言却只是必要而不充分的。如图 1-3 所示，当绳受两个等值、反向、共线的拉力时可以平衡，但当受两个等值、反向、共线的压力时就不能平衡了。

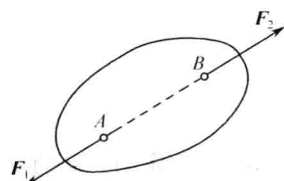
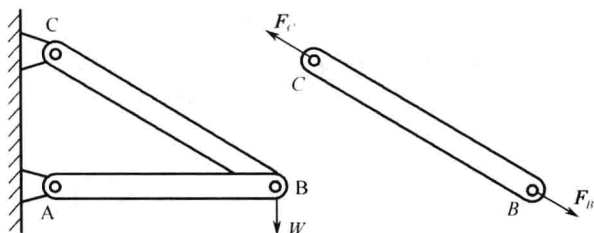


图 1-2 二力的平衡



图 1-3 变形体的受力情况

二力构件：仅受两个力作用而处于平衡状态的构件。二力构件受力的特点是：两个力的作用线必沿其作用点的连线。如图 1-4 (a) 所示的三铰钢架中的 BC 构件，若不计自重，它就是二力构件。



(a) 三铰钢架

(b) BC 构件的受力情况

图 1-4 二力构件

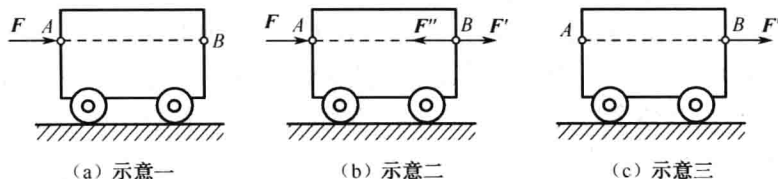
公理 2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上，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果。

该公理主要用来简化力系。但必须注意，该公理只适用于刚体而不适用于变形体。

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刚体内的任意一点，而不改变该力对物体的作用效果，如图 1-5 所示。也就是说，力对刚体的效应与力的作用点在其作用线上的位置无关。因此，作用于刚体上的力的三要素是：力的大小、方向、作用线。



(a) 示意一

(b) 示意二

(c) 示意三

图 1-5 推车或拉车的效果示意

公理 3 力的平行四边形法则



作用在物体上同一点的两个力,可以合成一个合力。合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定,如图 1-6 (a) 所示,其矢量表达式为

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

根据公理 3 求合力时,通常只需画出半个平行四边形就可以了,如图 1-6 (b)、(c) 所示,这样力的平行四边形法则就演变为力的三角形法则。

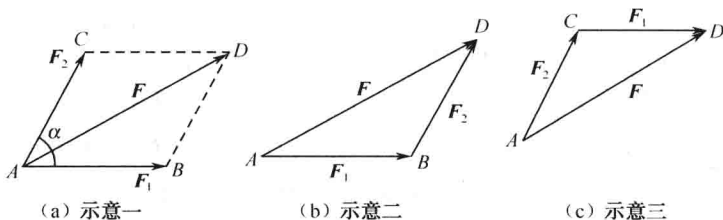


图 1-6 力的平行四边形法则

推论 三力平衡汇交定理

若刚体受到同平面内三个互不平行的力的作用而平衡时,则这三个力的作用线必汇交于一点,如图 1-7 所示。

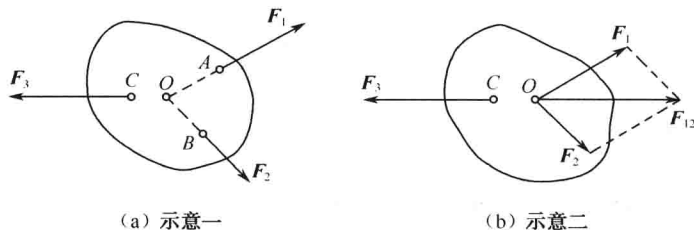


图 1-7 三力平衡汇交定理

公理 4 作用和反作用定律

作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用线相同,但同时分别作用在两个相互作用的物体上。这个公理表明,力总是成对出现的,只要有作用力就必有反作用力,而且它们同时存在,又同时消失。

1.2 平面汇交力系

平面汇交力系是指各力的作用线在同一平面内且汇交于一点的力。平面汇交力系的工程实例如图 1-8 所示。

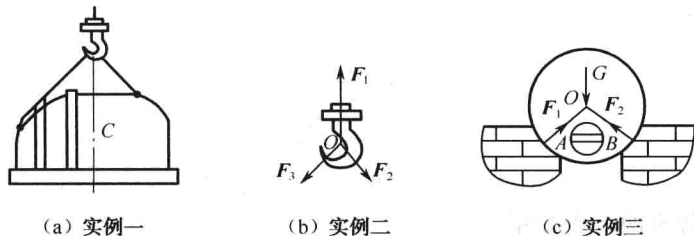


图 1-8 平面汇交力系的工程实例



1. 力的分解

按照平行四边形法则, 两个共作用点的力可以合成为一个合力, 其解是唯一的; 但反过来, 要将一个已知力分解为两个力, 如无足够的条件限制, 则其解将是不确定的。

2. 力在坐标轴上的投影

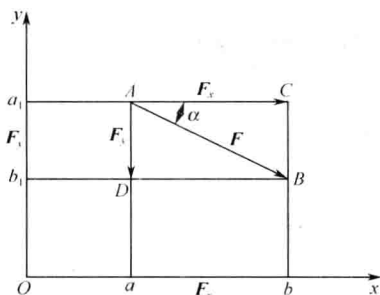


图 1-9 力在坐标轴上的投影

一般规定力的起始端到末端的投影方向与坐标轴的正向相同时, 投影为正, 反之为负, 如图 1-9 所示。

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F \cos \alpha \\ F_y &= F \sin \alpha \end{aligned} \right\}$$

注意, 力的投影是代数量, 它的正负规定如下: 如由 a 到 b 的趋向与 x 轴 (或 y 轴) 的正向一致时, 则力 F 的投影 F_x (或 F_y) 取正值; 反之, 取负值。

若已知力 F 在 x 、 y 轴的投影时, 则 F 的大小和方向可由下面两式求得。

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

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

3. 合力投影定理

合力在某一轴上的投影等于力系中各力在同一轴上的投影的代数和, 如图 1-10 所示。计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} F &= F_1 + F_2 + \cdots + F_n = \sum F \\ F_x &= F_{1x} + F_{2x} + \cdots + F_{nx} = \sum F_x \\ F_y &= F_{1y} + F_{2y} + \cdots + F_{ny} = \sum F_y \end{aligned} \right\}$$

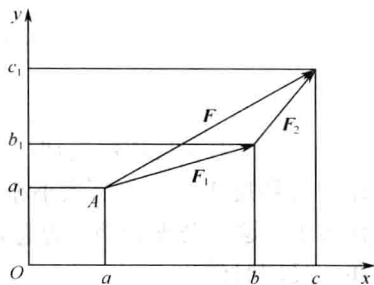


图 1-10 合力投影定理

4. 平面汇交力系的平衡条件

平面汇交力系可以合成为一个合力, 即平面汇交力系可用其合力来代替。显然, 如果合力等于零, 则物体在平面汇交力系的作用下处于平衡状态。平面汇交力系平衡的必要和充分条件是该力系的合力 F 等于零, 即

$$F = \sum F = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} = 0$$

于是可得

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \end{aligned} \right\}$$

也就是说, 力系中所有各力在两个坐标轴中每一轴上投影的代数和都等于零。这是两个独立的方程, 可以求解出两个未知量。

例 1 如图 1-11 (a) 所示为一简易起重机装置, $G=2\text{kN}$ 的重物吊在钢丝绳的一端, 钢丝





绳的另一端跨过定滑轮 A, 绕在绞车 D 的鼓轮上, 定滑轮用直杆 AB 和 AC 支撑, 定滑轮的半径较小, 其大小可忽略不计, 定滑轮、直杆及钢丝绳的重量不计, 各处接触均为光滑。试求当重物被匀速提升时, 杆 AB、AC 所受的力。

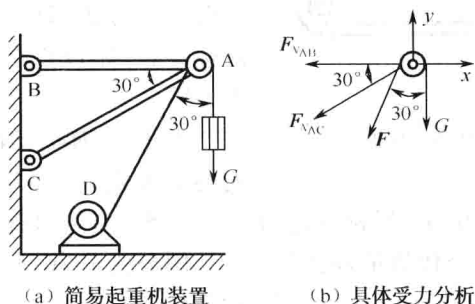


图 1-11 定滑轮 A 的受力分析

解 因为杆 AB、AC 都与定滑轮接触, 所以它们所受的力可以通过其对定滑轮的受力分析求出。因此, 取定滑轮为研究对象, 做出它的受力图并以其中心为原点建立直角坐标系。由平面汇交力系平衡条件列平衡方程, 有

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0, -F_{NAC} \sin 30^\circ - F \cos 30^\circ - G = 0 \\ F_{NAC} &= \frac{-G - F \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{-2 - 2 \times 0.866}{0.5} \text{ kN} = -7.46 \text{ kN} \\ \sum F_x &= 0, -F_{NAB} - F_{NAC} \cos 30^\circ - F \sin 30^\circ = 0 \\ F_{NAB} &= -F_{NAC} \cos 30^\circ - F \sin 30^\circ = (7.46 \times 0.866 - 2 \times 0.5) \text{ kN} = 5.46 \text{ kN}\end{aligned}$$

根据以上例子, 可知解静力学平衡问题的一般方法和步骤如下。

(1) 选择研究对象。所选研究对象应与已知力 (或已求出的力)、未知力有直接关系, 这样才能应用平衡条件由已知条件求出未知力来。

(2) 画受力图。根据研究对象所受外部载荷、约束及其性质, 对研究对象进行受力分析并画出它的受力图。

(3) 建立坐标系, 根据平衡条件列平衡方程。在建立坐标系时, 最好有一个轴与一个未知力垂直。

在根据平衡条件列平衡方程时, 要注意各力投影的正负号。如果在计算结果中出现负号, 则说明原假设方向与实际受力方向相反。

1.3 力矩与力偶

1.3.1 力矩

1. 力矩的概念

力对构件作用的运动效应体现在构件的移动和转动上, 力的移动效应取决于力的大小和方向, 力的转动效应则是用力矩来度量的。常见的工具 (如扳手、杠杆等) 和简单机械 (如手动剪切机等) 的工作原理中都包含着力矩的概念。

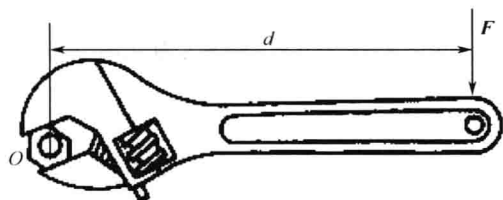


图 1-12 用扳手拧螺母的力对点之矩的分析

以扳手拧螺母为例,如图 1-12 所示,设螺母能绕 O 点转动,作用在扳手上的力 F 在与螺母轴线垂直的平面内,力 F 的作用线到 O 点的垂直距离为 d 。称转动中心 O 点为力矩的中心,简称矩心。称 O 点至力 F 的中心线的垂直距离 d 为力臂。

力 F 使物体绕 O 点转动的效应,取决于下列两个因素:① 力的大小与力臂的乘积 Fd ;

② 力使物体绕 O 点转动的方向。通常规定力使物体绕矩心逆时针方向转动的力矩为正,反之为负。以上两个因素可用一个代数量 $\pm Fd$ 来表示,用公式记为

$$M_o = \pm Fd$$

在国际单位制中,常使用 $\text{N} \cdot \text{m}$ (牛·米) 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ (千牛·米) 作为力矩的单位。

2. 力矩的性质

由上述分析可得力矩的下列性质:

(1) 力对点之矩,不仅取决于力的大小和方向,还与矩心的位置有关,该力矩会随矩心的位置变化而变化;

(2) 力对任一点之矩,不因该力的作用点沿其作用线移动而改变,这是因为力与力臂均未改变;

(3) 力的大小等于零或其作用线通过矩心时,力矩等于零;

(4) 互相平衡的两个力对于同一点之矩的代数和等于零。

3. 合力矩定理

合力对其作用平面内任一点之矩等于该面内各分力对同一点之矩的代数和,即

$$M_o(F_R) = M_o(F_1) + M_o(F_2) + \cdots + M_o(F_n) = \sum M_o(F)$$

式中, F_R 为 $F_1, F_2, \cdots, F_n$ 的合力。

计算力矩时,若力臂不易确定,则常将力分解为两个易确定力臂的正交分力,然后应用合力矩定理来方便地计算力矩。

例 2 如图 1-13 所示,构件 OBC 的 O 端为铰链支座约束,力 F 作用于 C 点,其方向角为 α , 又知 $OB=l$, $BC=h$, 求力 F 对 O 端的力矩。

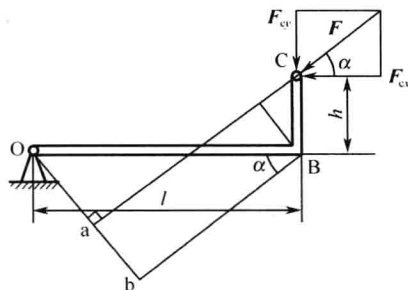


图 1-13 例 2 的图

将力 F 分解成一对正交的分力, 如图 1-13 所示。力 F 的力矩就是这两个分力对点 O 的力矩的代数和, 即

(2) 利用力矩的定义进行求解。

如图 1-14 所示, 过点 O 作出力 F 作用线的垂线, 与其交于 a 点, 则力臂 d 即为线段 Oa 。再过 B 点作力作用线的平行线, 与力臂的延长线交于 b 点, 则有

两种解法的计算结果一致。

例 3 如图 1-15 所示为汽车刹车的操纵机构。在驾驶员的脚踏力 F 的作用下, 脚踏板 A 左移, 摇臂 ABC 绕点 B 转动, 通过连杆推动活塞右移, 实现用液压油控制刹车。已知脚踏力 $F=300\text{N}$, 与水平方向所夹的锐角 $\alpha=30^\circ$, $a=0.25\text{m}$, $b=0.05\text{m}$, 求力 F 对点 B 的力矩 $M_B(F)$ 。

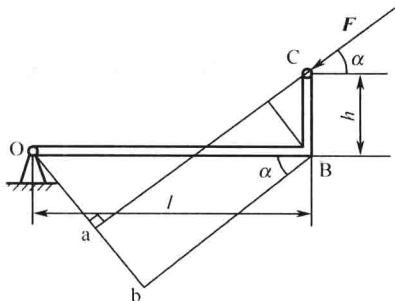


图 1-14 利用力矩的定义进行求解

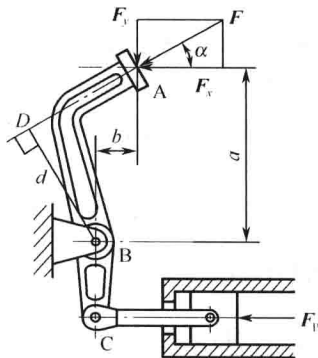


图 1-15 例 3 的图

解 此题如果直接用力矩定义 $M_B(F) = \pm Fd$ 来求解, 则力臂 d 不容易确定, 但题目已给出力 F 作用点 A 与矩心 B 的铅直距离 $a=0.25\text{m}$, 水平距离 $b=0.05\text{m}$, 因此应用合力矩定理可方便地计算力矩。

将力 F 分解为水平和铅直方向两分力 F_x 、 F_y ，这两分力的力臂就是 a 和 b ，计算两分力的力矩，即有

$$F_v = F \sin \alpha = 300 \text{ N} \times \sin 30^\circ = 150 \text{ N}$$

由合力矩定理可得

$$M_B(F) = M_B(F_x) + M_B(F_y) = F_x a - F_y b = 260 \text{ N} \times 0.25 \text{ m} - 150 \text{ N} \times 0.05 \text{ m} = 57.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

1.3.2 力偶

1. 力偶的概念

在日常的生活和生产实际中，我们时常会看到汽车司机通过双手转动转向盘来驾驶汽车；工人用两个手指头拧开或关紧水龙头，如图 1-16 (a)、(b) 所示，转向盘、水龙头为何会转动？这是因为人们对这些物体施加了等值、反向的一对平行力。这种大小相等、方向相反、作用线平行但不共线的两个力称为力偶，用符号 (F, F') 表示，如图 1-16 (c) 所示。两力作用线





之间的垂直距离 d 称为力偶臂，两力作用线所决定的平面称为力偶的作用面。

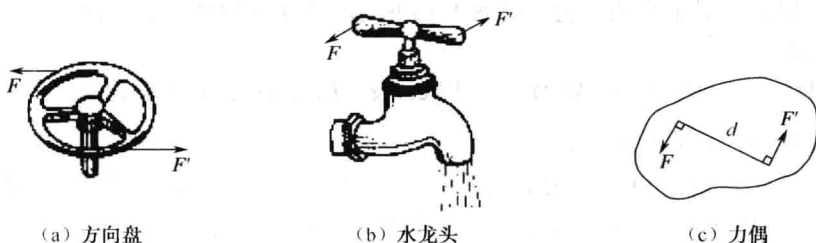


图 1-16 力偶示例

由经验可知，组成为力偶的力越大或力偶臂越大时，力偶对物体产生的转动效应就越显著。因此，力偶对物体的转动效应可用其中的一个力 F 的大小和力偶臂 d 的乘积来度量，并称为力偶矩，记为 $m(F, F')$ 或 M ，即

$$m(F, F') = M = \pm Fd$$

式中，乘积 Fd 称为力偶矩的大小；符号“ $\pm$ ”表示力偶使物体转动的方向，统一规定力偶使物体逆时针方向转动时，力偶矩为正；反之为负。在平面问题中，力偶矩与力矩一样为代数量。

力偶的三要素为力偶的大小、转向及作用面。当三要素中的任何一个发生改变时，力偶对物体的转动效应就会改变。

在国际单位制中，力偶矩的单位是 $\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

2. 力偶的性质

力偶作为一种特殊的力系，有其自身独特的性质：

- (1) 力偶不能与一个力等效，也不能与一个力平衡；
- (2) 力偶对其作用平面内任一点的矩恒等于力偶矩，与矩心位置无关；
- (3) 力偶可在其作用平面内任意转移，而不改变它对刚体的作用效果；
- (4) 只要保持力偶矩的大小和转向不变，就可以同时改变力偶中力的大小和力偶臂的长短，而不改变其对刚体的作用效果。

3. 平面力偶系的合成

作用在物体同一平面内的两个或两个以上的力偶构成平面力偶系，平面力偶系可以合成为一合力偶，此合力偶的力偶矩等于力偶系中各力偶的力偶矩的代数和，即

$$M = M_1 + M_2 + \cdots + M_n = \sum M_i$$

例 4 如图 1-17 (a) 所示，梁 AB 受一主动力偶作用，其力偶矩 $M=100\text{N} \cdot \text{m}$ ，梁长 $l=5\text{m}$ ，梁的自重不计，求两支座的约束反力。

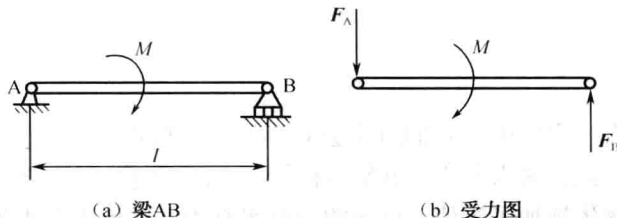


图 1-17 例 4 的图