



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

“互联网+教育”新形态一体化教材

工程力学

主
编
罗相杰 吕荣生

工程力学

主 编 罗相杰 吕荣生



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学 / 罗相杰, 吕荣生主编. — 北京: 北京出版社, 2014.5 (2024 重印)
ISBN 978-7-200-10699-2

I. ①工… II. ①罗… ②吕… III. ①工程力学—高等职业教育—教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 114109 号

工程力学

GONGCHENG LIXUE

主 编: 罗相杰 吕荣生

出 版: 北京出版集团

北京出版社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版印次: 2014 年 5 月第 1 版 2024 年 3 月修订 2024 年 3 月第 6 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 12.5

字 数: 260 千字

书 号: ISBN 978-7-200-10699-2

定 价: 37.50 元

教材意见建议接收方式: 010-58572314 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572314 010-58572393

绪论	1
单元一 力学基础知识	4
学习任务 1 刚体和变形固体	5
学习任务 2 力及力的基本性质	5
学习任务 3 力对点的矩	8
学习任务 4 力偶	10
单元二 杆件和结构的受力分析与受力图	15
学习任务 1 约束及约束反力	16
学习任务 2 杆件和结构的受力分析与受力图	19
单元三 平面力系的合成与平衡	24
学习任务 1 平面汇交力系的合成与平衡	25
学习任务 2 平面力偶系的合成与平衡	31
学习任务 3 平面一般力系向作用面内任一点简化	33
学习任务 4 平面一般力系的平衡方程及应用	37
学习任务 5 静定桁架内力计算	45
单元四 空间力系简介	54
学习任务 1 力对点之矩与力对轴之矩的关系	55
学习任务 2 空间力系的平衡方程及应用	57
单元五 轴向拉伸和压缩	61
学习任务 1 轴向拉伸和压缩的概念	62
学习任务 2 内力·截面法·轴力及轴力图	63
学习任务 3 轴向拉(压)杆的应力计算	65
学习任务 4 拉(压)杆的变形·胡克定律	68

学习任务 5	材料在拉伸和压缩时的力学性能	70
学习任务 6	强度条件·安全系数·许用应力	76
学习任务 7	应力集中的概念	79
单元六	扭转	83
学习任务 1	扭转内力	84
学习任务 2	切应力互等定理和剪切胡可定理	88
学习任务 3	圆轴扭转时的应力和强度条件	90
学习任务 4	圆轴扭转时的变形和刚度条件	95
单元七	平面弯曲	100
学习任务 1	杆件弯曲时的内力	101
学习任务 2	剪力图和弯矩图	104
学习任务 3	载荷、剪力与弯矩间的关系	107
学习任务 4	弯曲正应力及其强度条件	112
学习任务 5	弯曲切应力及其强度条件	117
学习任务 6	平面弯曲梁的变形及刚度计算	120
单元八	应力状态与强度理论	133
学习任务 1	应力状态的概念	134
学习任务 2	平面应力状态下应力分析、应力圆	136
学习任务 3	各向同性材料的应力-应变关系	142
学习任务 4	强度理论与应用	144
单元九	组合变形	153
学习任务 1	组合变形的概念	154
学习任务 2	斜弯曲	155
学习任务 3	拉伸(压缩)与弯曲	157
学习任务 4	扭转与弯曲	161
单元十	压杆稳定	166
学习任务 1	压杆稳定概念	167
学习任务 2	细长压杆的临界载荷	168
学习任务 3	压杆的临界应力	171
学习任务 4	压杆的稳定计算	174
附录	平面图形的几何性质	179
参考答案		186
参考文献		190

绪论

一、工程力学的研究对象

任何建筑物在施工使用过程中，都要受到各种各样力的作用。例如，楼板在施工过程中，除承受自身的重量外，还承受人和施工设备的重量，及墙壁或大梁的作用力；承重墙承受楼板传来的压力、风力和自重。在工程中习惯于把这些主动作用在建筑物上的力称为荷载，而楼板受到墙壁或大梁的力称为约束反力。

在建筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为结构。组成结构的每一个部件称为构件。图 0-1 是一个单层工业厂房承重骨架的示意图。它由屋面板、屋架、吊车梁、柱子及基础等构件组成。每一个构件都起着承受和传递荷载的作用。如屋面板承受着屋面上的荷载并通过屋架传给柱子，吊车荷载通过吊车梁传给柱子，柱子将其受到的各种荷载传到基础再传给地基。

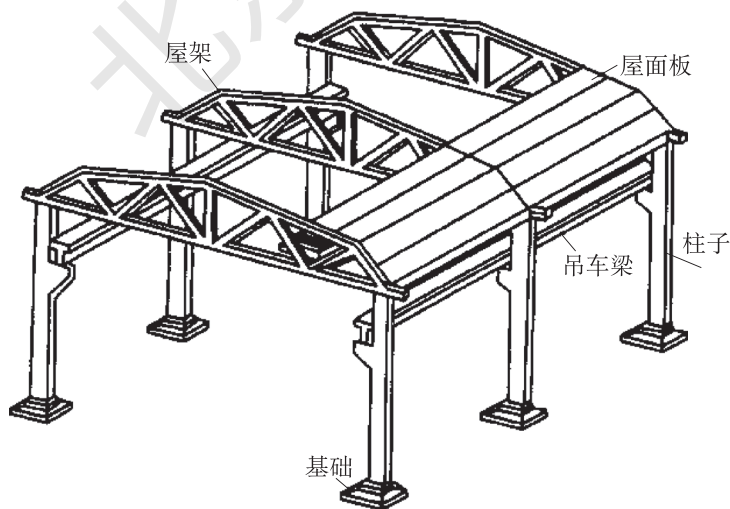


图 0-1 单层工业厂房承重骨架

工程上结构的类型很多,按构件的形状及几何尺寸分为实体结构、薄壁结构和杆件结构三类。

(1) 实体结构。结构的长度、宽度和高度尺寸相仿。如图 0-2 所示挡土墙、水坝等。

(2) 薄壁结构。结构的厚度远小于长度和宽度。如图 0-3 所示楼板、薄壁屋面,图 0-4 所示折板。

(3) 杆件结构。由若干杆件组成的结构,其几何特征是横截面尺寸比长度小得多。如图 0-5 所示。

杆件是工程力学的主要研究对象。

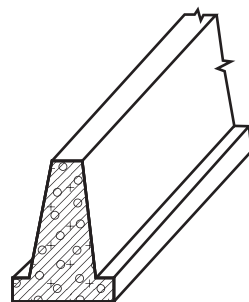


图 0-2 实体结构示意图



图 0-3 薄壁屋面示意图

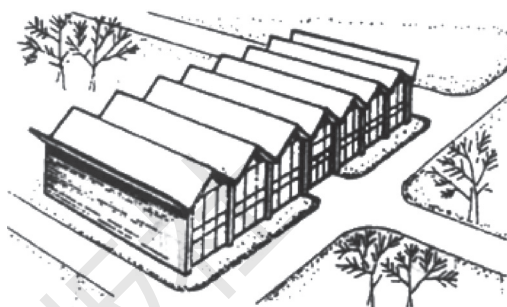


图 0-4 折板屋面示意图

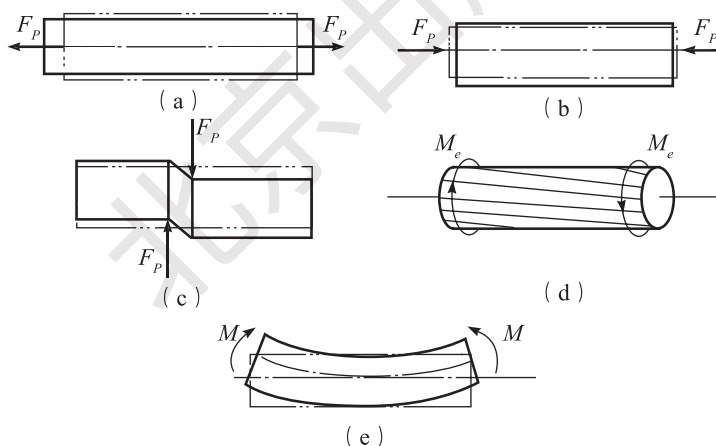


图 0-5 杆件结构示意图

在工程实际中杆件可能受到各种各样力的作用,因此杆件的变形也是多种多样的。但其变形必是以下四种基本变形中的一种或是其中几种基本变形的组合。

① 轴向拉伸与压缩。在一对大小相等、方向相反的轴向外力下,杆件主要发生沿轴向的伸长与缩短,如图 0-5 (a)、(b) 所示。

② 剪切。在一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向外力作用下,杆件的相邻横截面发生错动,如图 0-5 (c) 所示。工程及生活中的例子有剪刀剪纸、用切割机切割钢筋、搓纸等。

③ 扭转。在一对大小相等、转向相反、作用面垂直于杆轴的外力偶作用下，杆件的任意两个横截面发生转动，如图 0-5 (d) 所示。

④ 弯曲。在一对大小相等、方向相反、位于杆的纵向对称面的外力偶作用下，杆件将在纵向对称面内发生弯曲，如图 0-5 (e) 所示，称纯弯曲，还有横力弯曲。

二、工程力学的任务

工程力学是建筑专业的一门技术基础课，具体研究杆件在荷载作用下：

(1) 力系的简化和力系的平衡问题。

(2) 强度、刚度和稳定性的计算原理和计算方法。

力系的简化和力系的平衡问题是对结构（或构件）进行强度、刚度和稳定性计算的基础。而计算强度、刚度和稳定性的目的，则是在保证结构满足安全和经济的要求下，不致发生使用上不能允许的位移。强度、刚度和稳定性的计算不仅发生在结构的设计阶段，而且对已有的结构当所受的荷载发生改变时，也需要进行校核以保证其安全使用。

工程力学的任务就是在满足构件既安全可靠又经济的条件下，为设计构件提供理论依据和实用的计算方法。

三、工程力学的学习方法

(1) 对工程实例进行抽象，建立力学模型，从而进行分析和归纳，进一步总结力学基本规律。

(2) 学习时要注意理解基本概念、基本原理，掌握分析问题、解决问题的方法和解题思路。

(3) 按照课程进度，按时完成作业，只有进行一定数量的习题练习才能掌握工程力学的基本概念、原理和分析方法。

单元一 | 力学基础知识

单元描述

本单元介绍力学研究的物体模型，刚体和变形固体概念，组成力系的基本元素；力、力偶、力矩的概念及性质，为分析物体受力和解决工程实际问题打下基础。

学习任务 1 | 刚体和变形固体

■ 任务目标

1. 理解刚体和变形固体的能力。
2. 刚体和变形固体在力学中具有特定性，要求学生要持严谨、认真、一丝不苟的学习态度。

知识链接

一、刚体

在任何外力作用下，大小和形状都保持不变的物体称为刚体。其基本特征是在任何情况下刚体内任意两点距离保持不变。当然这是一个理想模型，真正的理想刚体在现实中是不存在的，只不过变形较小时可不计。本书前四单元的研究对象均按刚体对待，故称刚体静力学。

二、变形固体

变形固体指受力后产生变形的固体。其基本特征是受力后变形，固体内两点间的距离会发生改变。变形固体是现实生活中的物体，按其在外力作用下发生的变形特点分为弹性变形和塑性变形两类。在外力撤去后，能消失的变形为弹性变形，不能消失而遗留下来的变形为塑性变形。在一般情况下，物体受力后既有弹性变形又有塑性变形。但工程中所用的材料在外力不超过一定限度时，塑性变形很小，可略去不计，即认为材料只发生弹性变形而不产生塑性变形则称为理想弹性体，只产生弹性变形的外力范围称弹性范围。建筑力学只研究杆件在弹性范围内的变形问题。

学习任务 2 | 力及力的基本性质

■ 任务目标

1. 深刻理解力、力矩和力偶的概念，对静力学公理要有更透彻的理解。
2. 力的基本性质是工程力学的基础，要想学好，学生就要有耐心、专注、吃苦耐劳、爱岗敬业的精神。

知识链接

一、力及力的效应、分类

1. 力的概念

力是物体之间的相互作用，这种作用的效应有两方面。一方面是使物体的运动状态发生变化；另一方面是使物体的几何形状发生变化。前者称为力的运动效应或外效应，后者称为力的变形效应或内效应。例如，自由落体物在重力作用下越来越快，楼房中水平圈梁在重力、墙及柱支持力作用下保持不动，均为运动效应。教室水平大梁在楼板、人群及家具压力下产生弯曲变形，均为变形效应。

实践证明，力对物体的作用效应取决于力的大小、方向、作用点。其单位为牛顿(N)，用有向线段 F 表示，如图 1-1 所示。

2. 集中力和分布力

力作用在物体上都有一定的范围。当力的作用范围与物体相比很小时，可以近似地看作是一个点，该点即力的作用点，该力称为集中力。当力作用范围不能看作一个点时，则该力称为分布力，分布力有线分布、面分布及体分布三种。如图 1-2 (a) 所示为线分布力，符号为 q ，单位为 N/m ；图 1-2 (b) 为面分布力，符号为 p ，单位为 N/m^2 。

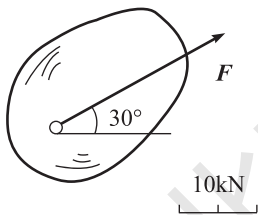


图 1-1 力的表示

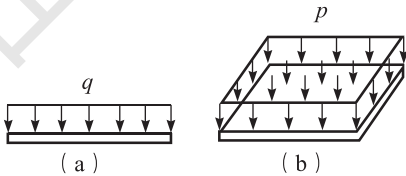


图 1-2 分布力

二、力系及分类

作用在物体上的一组力称为力系，即由两个以上力组成的一群力。

1. 力系的分类

按照力系中力的作用线分布的形式分为平面力系和空间力系两大类，而平面力系及空间力系又可分为八种。

平面力系：

- A. 平面汇交力系 力系中各力作用线汇交于一点。
- B. 平面力偶系 力系中各力组成若干个力偶。
- C. 平面平行力系 力系中各力作用线相互平行。
- D. 平面任意力系 力系中各力作用线既不完全相交于一点，也不完全相互平行，既有力又有力偶。



力及力的基本性质

以上平面力系是本书研究的重点。

类似的空间力系也有以上四种。

2. 等效力系

若某一力系对物体产生的效应，可以用另一个力系来代替，则这两个力系称为等效力系。当一个力与一个力系等效时，则该力称为此力系的合力，而该力系中每一个力称为此合力的分力。把力系中各个分力代换成合力的过程，称为力系的合成；反过来把合力代换成若干个分力的过程称为力的分解。

3. 平衡力系

若刚体在某力系作用下保持平衡，则称该力系为平衡力系。使刚体保持平衡的力系所满足的条件称为力系的平衡条件。

三、力的基本性质

力的基本性质亦称为静力学公理。公理是人们在长期生产和实践中的经验总结，是经过实践反复检验的一般规律。本书介绍四个公理及两个推论，是研究力系简化和平衡的基础。

1. 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使物体平衡的必要与充分条件是：这两个力大小相等、方向相反、作用线在一条直线上。如图 1-3 所示。

应该指出：二力平衡公理对刚体是充要条件，而对非刚体只是必要条件，不是充分条件。例如，绳索受一对拉力平衡，但受压则平衡不成立。

2. 加减平衡公理

在受任意力系的刚体上，加上或减去一个或多个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。这个公理是研究力系简化问题的基础。

推论 1 力的可传性定理

作用在刚体上的力，可沿其作用线滑移到刚体上任一点，而不改变它对刚体的作用效应。

此定理可用以上两公理证明。如图 1-4 所示。

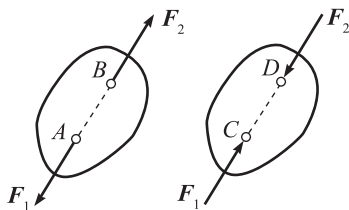


图 1-3 二力平衡

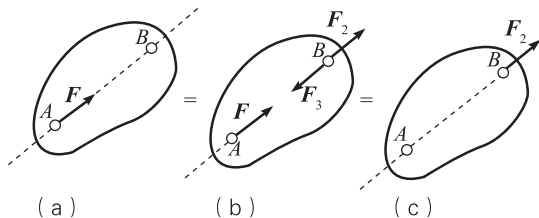


图 1-4 力的可传性证明

3. 作用与反作用公理

此公理即牛顿第三定律，两物体间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、沿同一直线分别作用在这两个物体上。

注意此公理与二力平衡公理的区别。

4. 力的平行四边形法则

作用在物体上不平衡的两个力，可以合成为一个合力 R ，合力的大小和方向由这两个力矢量为邻边所作的平行四边形的对角线确定，如图 1-5 所示。

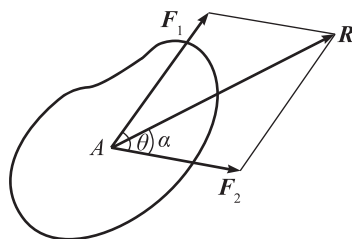


图 1-5 力的平行四边形

合力 R 的大小由余弦定理确定， $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$ ，方向角由正弦定理确定，即： $\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin \theta}$ 。

推论 2 三力平衡汇交定理

一刚体在不平行的三力作用下平衡时，此三力的作用线必共面且汇交于一点。

证明：设在刚体的 A 、 B 、 C 三点上，分别作用不平行的使该刚体平衡的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 (图 1-6)。根据力的可传性原理，将力 F_1 、 F_2 移到其汇交点 O ，然后根据力的平行四边形法则，得合力 F_4 ，则力 F_3 应与 F_4 平衡。由二力平衡公理知， F_3 与 F_4 必共线。因此力 F_3 的作用线必通过 O 点并与力 F_1 、 F_2 共面。

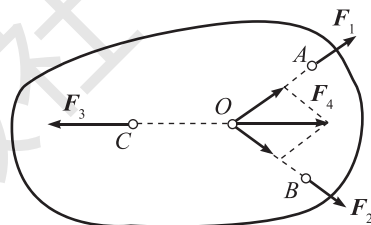


图 1-6 三力平衡汇交

应当指出，三力平衡汇交定理只说明了不平行的三力平衡的必要条件，而不是充分条件。它常用来确定刚体在共面不平行的三个力作用下平衡时，其中某个未知力的方向。

学习任务 3 | 力对点的矩

■ 任务目标

1. 掌握力对点的矩的计算以及合力矩定理的应用。
2. 树立遵循力对点的矩工作原则，坚守为党育人、为国育才的初心使命。

知识链接

一、力对点的矩的概念

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,现以拧螺母的扳手(图 1-7)为例来说明。

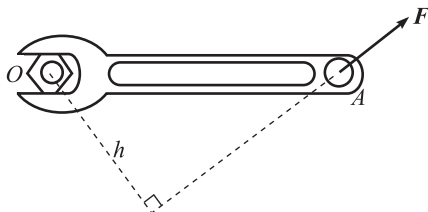


图 1-7 力矩定义

在扳手的 A 点施一力 F , 使扳手和螺母一起绕螺钉中心 O 转动。这就是说, 力 F 有使扳手产生转动的效应。实践证明, 这种转动效应不仅与力 F 的大小成正比, 而且还与螺钉中心 O 到该力作用线的垂直距离成正比。另外, 力 F 使扳手绕 O 点转动的方向不同, 作用效果也不同。通常, 顺时针转动, 螺钉将被拧紧; 逆时针转动, 螺钉将被松开。因此, 我们用力 F 的大小与 O 点到力 F 作用线的垂直距离 h 的乘积 Fh , 再冠以适当的正负号, 来度量力 F 使物体绕 O 点转动的效应, 称力 F 对 O 点的矩, 简称力矩, 用符号 $m_o(F)$ 表示, $m_o(F) = \pm Fh$ 。

公式中, O 点称为力矩中心, 简称矩心, h 称为力臂, 正负号表示力矩的转向。通常规定力使物体绕矩心做逆时针方向转动时力矩为正值, 反之则为负值。在平面问题中, 力矩是一个代数量。力矩的常用单位是 $\text{N} \cdot \text{m}$ (牛顿米) 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ (千牛顿米)。

由力矩定义容易得出力矩有如下性质:

- (1) 力矩的值与矩心位置有关, 同一力对不同的矩心, 其力矩不同。
- (2) 力沿其作用线任意移动时, 力矩不变。
- (3) 力的作用线通过矩心时, 或当力的大小等于零时, 力矩为零。

二、合力矩定理

在计算力矩时, 有时力臂的计算比较麻烦, 为了方便, 常将力分解成为两个力臂已知的分力来简化计算。因此, 就需要建立合力对某点的力矩与其分力对同一点的力矩之间的关系。

如图 1-8 所示, 在 A 点作用一力 F , 其沿坐标轴的分力为 F_x 和 F_y , 合力 F 对 O 点的矩为:

$$m_o(F) = Fh = Fr \sin(\alpha - \theta) = Fr(\sin\alpha \cos\theta - \cos\alpha \sin\theta)$$

应用三角函数关系, 可知每个分力的大小为:

$$F_x = F \cos\alpha, \quad F_y = F \sin\alpha,$$

且

$$x = r \cos\theta, \quad y = r \sin\theta,$$

所以

$$m_o(F) = F_y x - F_x y = m_o(F_y) + m_o(F_x)$$

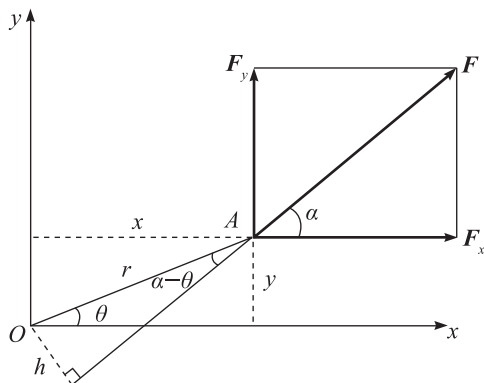


图 1-8

上式结果表明合力对平面内任一点的矩等于其各分力对同一点的矩的代数和。这就是合力矩定理。

需注意的是，上述结论具有普遍意义。它适用于任意两个或两个以上的力，无论是何种力系，只要存在合力，那么就存在合力矩定理。

例 1-1

试计算图 1-9 中力 F 对 A 点的矩。

解： 本题直接计算力 F 对 A 点的力矩，力臂 h 不易求出。现将力 F 分解为互相垂直的两个分力 F_x 和 F_y ，如图 1-9 所示，利用合力矩定理可方便地计算出力 F 对 A 点的矩为：

$$\begin{aligned} m_A(F) &= M_A(F_x) + M_A(F_y) \\ &= F_x b - F_y a \\ &= -F \cos \alpha \cdot b + F \sin \alpha \cdot a \\ &= F a \sin \alpha - F b \cos \alpha \end{aligned}$$

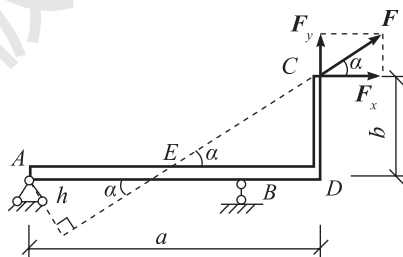


图 1-9

学习任务 4 | 力偶

任务目标

1. 掌握力偶的三要素。
2. 力偶是力学的一部分，引导学生利用理论知识解释自然科学，启迪学生的科学思维。

知识链接

一、力偶的概念

在生产实践和日常生活中，常看到物体同时受到大小相等、方向相反、作用线相互平行但不共线的两个力作用的现象。例如，拧水龙头时，人手作用在开关上的力 F 和 F' ；汽车司机用双手转动方向盘时，作用在方向盘上的力 F 和 F' ；等等。如图 1-10 所示。



力偶

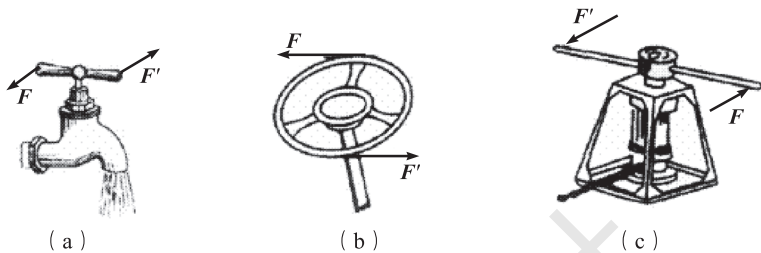


图 1-10 生活中的力偶应用

在力学中，把这种由两个大小相等、方向相反、不共线的平行力组成的力系，称力偶，用符号 (F, F') 表示。如图 1-11 所示。



图 1-11 力偶表示

二力作用线间的垂直距离 d 称为力偶臂，二力所在的平面称为力偶的作用面。由于力偶不能再简化成更简单的形式，所以力偶与力是组成力系的两个基本元素。

二、力偶矩

实践证明：当组成力偶的力 F (或 F') 越大，或力偶臂 d 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，用力偶中力的大小与力偶臂的乘积 Fd 来度量力偶在其作用面内对物体的转动效应，并把这一乘积冠以适当的正负号，称为此力偶的力偶矩，用符号 m 表示，即：

$$m = \pm Fd$$

式中，正负号表示力偶转向。通常规定：若力偶使物体逆时针转动时，力偶矩为正，反之则为负。在平面力系中，力偶矩是代数量。力偶矩的单位与力矩的单位相同，也是 $\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

综上所述，力偶对物体的转动效应取决于力偶矩的大小、力偶的转向及力偶的作用面，此即力偶的三要素。

力偶在其作用面内除可用两个力表示外，通常还用一带箭头的弧线来表示。如图 1-12 所示，其中箭头表示力偶的转向， m 表示力偶矩的大小。

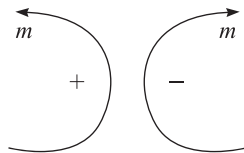


图 1-12 力偶的弧线表示

三、力偶的性质

力偶不同于力，有如下特殊的性质：

(1) 力偶不能合成为一个力，所以不能用一个力来代替。由力偶的定义可知，力偶中的两个力只会使物体产生转动效应，不会产生移动效应。而力可以使物体产生移动效应，可见力偶不能和一个力等效，因此力偶不能合为一个力，不能用一个力与之平衡，力偶只能和力偶平衡。

(2) 力偶对其作用平面内任一点的矩都等于力偶矩，与矩心位置无关。

(3) 在同一个平面内的两个力偶，如果它们的力偶矩大小相等、转向相同，则这两个力偶矩是等效的。

此性质已为实践所证实。由此，得出两个推论。

推论 1

力偶可以在其作用平面内任意移动或转动，而不改变它对物体的转动效应，即力偶对物体的转动效应与它在作用平面内的位置无关。如图 1-13 所示，司机操纵驾驶盘，只要转向相同， (F_1, F_1') 和 (F_2, F_2') 的力偶矩相同时，作用位置虽然不同，但作用效应是相同的。

推论 2

只要保持力偶矩的大小和力偶的转向不变，可同时相应地改变组成力偶的力的大小和力偶臂的长度，而不改变它对物体的转动效应。如图 1-14 所示，攻螺纹时，虽所加的力的大小和力偶臂不同，但 (F, F') 与 $(2F, 2F')$ 的力偶矩相同，故对扳手的转动效应一样。

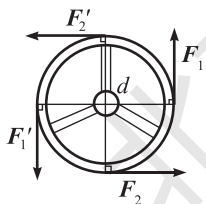


图 1-13 操纵驾驶盘中的力偶

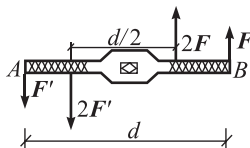


图 1-14 攻螺纹中的力偶

单元小结

1. 刚体和变形固体的概念

刚体可以是抽象的物体，也可以是具体的物体；可以是单个的工程构件，也可以是工程结构整体。例如，建筑工地上常见的塔式吊车。当设计其某部件或零件时，都不能看成刚体，而必须视为变形体，这时的零件或部件就是变形体模型。但是当需要确定保证塔式吊车在各种工作状态下都不发生倾覆所需的配置时，整个塔式吊车又可以视为刚体。

2. 力和力系的概念

力是物体间的相互作用，使物体产生运动效应或变形效应。

力可以分为集中力和分布力。

对于平面力系,按各力作用线的分布情况分为平面汇交力系、平面力偶系、平面平行力系和平面一般力系;按作用效果分为等效力系和平衡力系。

3. 静力学分析基础

(1) 静力学公理 研究力系合成与荷载问题的基础。

- ①最简单的平衡力系是二力平衡,其平衡条件是此二力等值、共线、反向。
- ②对刚体力具有可传性。
- ③两物体之间的作用力和反作用力等值、共线、反向,且分别作用在这两个物体上。
- ④力的合成与分解,均服从力的平行四边形法则。

(2) 力对点的矩 力的大小与力臂的乘积并冠以适当的正负号,记作

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

其性质有:

- ①力矩的值与矩心位置有关,同一力对不同的矩心,力矩不同。
- ②力沿其作用线任意移动时,力矩不变。
- ③力的作用线通过矩心时,力矩为零
- ④合力对任一点的矩,等于各分力对同一点的矩的代数和。

(3) 力偶 等值、反向、不共线的一对平行力。力偶对物体转动效应的三要素为力偶矩的大小、力偶的转向和力偶的作用面。其性质有:

- ①力偶只能与力偶平衡。
- ②力偶对其作用面上的任意一点的矩都等于其力偶矩。
- ③力偶可在其作用面任意移动和转动,而不改变力偶中力的大小和力偶臂的长短,则不改变它对刚体的作用效果。

职业技能知识点考核

1. 计算图 1-15 所示各力 F 对点 O 的矩。

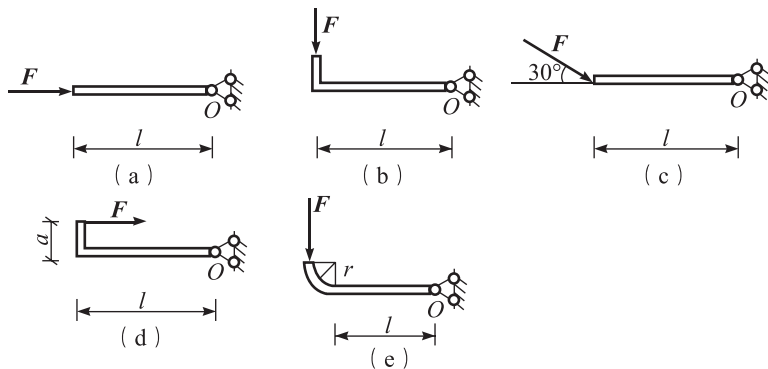


图 1-15

2. 如图 1-16 所示挡土墙, 已知其中 $W=75\text{kN}$, 铅垂土压力 $F_1=120\text{kN}$, 水平土压力 $F_2=90\text{kN}$, 试求这三个力对点 A 的矩, 并指出哪些力矩有使墙绕 A 点倾倒的趋势, 哪些力矩使墙趋于稳定。它们的值各为多少?

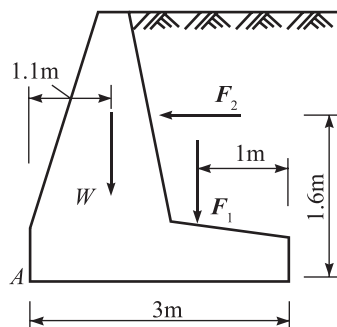


图 1-16