

中等职业学校教学用书

机械工程力学练习与实验

(工程技术类)

主编 金贤铠

高等教育出版社

责任编辑 李 澈
封面设计 王 睢
责任绘图 朱 静
责任校对 康晓燕
责任印制

内容简介

本书是与金贤铠主编的国家规划教材《机械工程力学》相配套的辅助教学用书。本书分 11 章,包括与主教材内容同步对应的练习题和实验指导书,以及各章的内容提要、难点的学习指导等。全书共收集了各种类型的习题约 400 道,其中,标注“*”为选择题。本书取材丰富,内容全面,覆盖面广,可供各种不同需要的学习者选择使用。

本书主要读者对象为中等职业学校工程技术类各专业师生、对口升学者以及自学者等。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程力学练习与实验 金贤铠主编. —北京:高等教育出版社,2001.7
ISBN 7 - 04 - 009794 - X

. 机... . 金... . 机械学:工程力学 - 专业学校 - 习题 机械学:工程力学 - 实验 - 专业学校 - 教学参考资料 . TH113

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 036713 号

机械工程力学练习与实验(工作技术类)
金贤铠 主编

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010 - 64054588	传 真	010 - 64014048
网 址	http: www. hep. edu. cn http: www. hep. com. cn		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷			
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	年 月第 版
印 张	10	印 次	年 月第 次印刷
字 数	190 000	定 价	12.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是《机械工程力学》的配套辅助教材,内容包括与主教材各章内容相对应的练习题和实验指导书、各章的内容提要,以及少数适合于在辅导课讲授的教学内容。

内容提要是每一章教学内容的小结。除了基本概念之外,还有与工程实际有关的力学问题的解题方法、解题步骤和注意事项。凡是同类型的内容都列成表格,以便对某些容易混淆的概念作对比。

本书大部分习题都比主教材中例题的难度低,比以往出版的大、中专力学教材习题的难度更低,计算数据也尽可能简单。对于机械工程中一些常见的力学问题,如,自锁的工夹具、压力容器纵截面上的应力、偏心转子的惯性力等等,都没有要求其力学原理的理论推证,只要求了解其简单结论、简单计算或定性分析的方法。

本书练习题按照主教材教学内容的先后顺序编排,以便于布置课外作业。每次除了布置适当数量的计算题外,还可以布置适当数量的填空、选择、简答题等,有利于巩固基本概念、掌握解题方法。

根据以往的教学经验,学生不能正确地画出约束力的主要原因,在于他们没有分析清楚约束的类型。所以,在本书画受力图的习题中,同一类型约束的第一个题目,或稍有一些难度的题目,都要求先填写约束类型和约束力的表格。根据主教材中关于约束类型的讲述和约束力的分析方法,填写这些表格所花时间不会很多,却可以强化学生“必须根据约束类型画约束力”的训练。

在当前学校的教学中,仍由人工批改试卷,任课教师可以从中发现学生所存在的概念性错误和其他问题。所以,本书习题中的“选择题”安排得较少。对于一些判断、改错的题目,不只单纯要求学生判断是非,还要求改正并指出其错误之所在,这样可以避免学生靠“蒙”答题。

本书约有400多道大、小习题,其中一部分可以作为课外作业。除了计算题之外,大部分题目都可以作为各章节的复习提纲。阶段复习或学期总复习时,学生可以根据这些习题自我检测。所以,编者所选择的习题,力求全面反映教学大纲所规定的内容。书中标注“*”号的题目为选做题,读者可根据需要选择。由于初次尝试这种方法,遗漏仍在所难免,可由任课教师酌情补充。

习题直接做在本书的习题纸上,正反两面的习题全部做完后,沿裁剪线裁下,交任课教师批改。学生应妥善保存裁剪下来的习题纸,以便复习需要。

中等职业学校学生进行材料力学实验的主要目的是操作有关的实验设备,而不是本学科的学术研究。在本课程的实验指导书中,没有提供现成的实验报告,只有供参考的内容与格式,目的在于要求学生重视实验操作,并在实验之后认真编写实验报告。而且,在习题中还有一部分与操作实验设备有关的题目。这一切都是为了改变以往那种马马虎虎上实验课,课后在现成的实验指导书上胡乱填写几个数据上交的状况。

在主教材第三章中没有将“由剪力图面积计算弯矩的方法”编入,因为不需要专门为了讲述这个方法而占用学时,而是通过例题或习题课,直接使用由剪力图面积计算弯矩的方法。

参加本书编写的有:福建省建材工业学校胡抗美(第一、二章内容提要)、四川省工程技术学

校杨显龙(第四章内容提要及习题,四个实验及与实验有关的习题)、南京市莫愁职业高级中学王辉(第五章习题)、北京汽车工业学校韩向东(第九、十章内容提要及习题)、四川宜宾工业学校皮惠琳(第十一章内容提要及习题)、福建职业技术学院金贤铠(其余部分)。本书由金贤铠主编,并对书稿作了重新编整和统稿。

本书由清华大学工程力学系李苹教授主审,并对书稿提出了许多宝贵的意见和建议,在此,我们谨表示衷心感谢。

编者
2001. 3. 11

目 录

绪 论	1	习题	86
内容提要	1	第六章 杆件的变形和刚度条件	108
习题	2	内容提要	108
第一章 静力分析基础	3	习题	110
内容提要	3	第七章 压杆的稳定条件	117
习题	5	内容提要	117
第二章 平衡方程及其应用	19	习题	119
内容提要	19	第八章 提高构件承载能力的措施	122
习题	21	内容提要	122
第三章 内力计算	37	习题	124
内容提要	37	第九章 运动形式概述	127
习题	41	内容提要	127
第四章 材料失效与机械零部件失效	52	习题	128
内容提要	52	第十章 刚体绕定轴转动	129
低碳钢和铸铁的拉伸与压缩实验	54	内容提要	129
习题	62	习题	131
第五章 机械零部件的强度条件	68	* 第十一章 合成运动	138
内容提要	68	内容提要	138
梁弯曲正应力电测实验	71	习题	141
低碳钢和铸铁的扭转破坏实验	77	主要参考书目	151
疲劳实验演示	81		

绪 论

内 容 提 要

一、机械工程力学课程的性质

机械工程力学是工程技术类专业的一门技术基础课。

二、机械工程力学课程的主要内容

第一篇 静力分析基础 分析计算物体在平稳状态下的受力。

第二篇 机械零部件的承载能力 在经济合理的前提下,保证正常工作的机械零部件不因受力而失效。

第三篇 运动分析和动力分析初步 分析计算机械零部件的运动规律及其受力与运动的关系。

三、机械工程力学课程的任务

理解后续课程所涉及力学问题的分析和计算方法;处理生产实际中简单的力学问题;为继续教育提供基础知识。

四、机械零部件的力学模型

变形体 在力的作用下会发生形状或大小变化的构件(实际工程中的受力构件多为变形体)。

刚体 在任何情况下都保持其大小和形状不发生变化的构件(理想化的受力构件)。

习 题

0 - 1 作用在图示构件 CD 段的均布载荷集度 $q = 8 \text{ N/m}$ 。试计算该载荷合力的大小, 以及合力作用线至 A 端支座圆孔中心的水平距离。

题 0 - 1 图

0 - 2 作用在图示杆件 AC 段的均布载荷集度 $q = 12 \text{ N/m}$ 。试计算该载荷合力的大小, 以及合力作用线至 B 端的水平距离。

题 0 - 2 图

裁
剪
线

第一章 静力分析基础

内 容 提 要

一、力的投影

1. 力的投影数值 在平面直角坐标系中,力与哪一个坐标轴的夹角是已知的,力在该轴的投影就等于力的大小与此夹角余弦的乘积,力在另一轴的投影等于力的大小与此夹角正弦的乘积。

力的投影的正负符号 假想把该力分解为与直角坐标轴平行的两个正交分力。如果分力和坐标轴同向,力在该轴的投影为正值;反之,分力和坐标轴反向,力在该轴的投影为负值。

分力是矢量,力的投影是代数量。只有当分力方向分别和两个坐标轴平行时,分力的大小和力在相应坐标轴的投影值才相等。

2. 合力投影定理 合力在某一坐标轴上的投影,等于各个分力在同一坐标轴上投影的代数和。

合力投影定理的应用 计算作用线汇交于一点的多个力的合力。如,各分力作用线在同一平面上,合力的大小和方向为

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$
$$\tan \alpha = \left| \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \right| = \left| \frac{F_y}{F_x} \right|$$

3. 力偶的投影 力偶在其作用面上任一轴的投影恒等于零。

二、力矩

1. 力矩 = 力 × 力臂,其中,力臂是转动中心至力作用线的垂直距离。

力矩的正负符号 使物体绕矩心逆时针转动的力矩为正值,顺时针转动力矩为负值。

2. 合力矩定理 合力对一点(轴)的力矩等于各分力对该点(轴)力矩的代数和。

合力矩定理的应用 当力臂的尺寸不容易确定时,将力分解为两个分力,使用合力矩定理计算力矩。

3. 力偶的力矩 力偶对其作用面上任一点的力矩恒等于其力偶矩。其中,

$$\text{力偶矩} = \text{力偶中的一力} \times \text{力偶臂}$$

力偶臂是组成功偶的两个力作用线之间的垂直距离。

4. 力的平移定理 作用在刚体上的力,可以平行移动到刚体内任意一点,但必须附加一个力偶,其力偶矩等于原力对平移点的力矩。

力的平移定理的应用 将齿轮啮合力或带轮的皮带拉力平移到转轴的轴线上,可得到作用线与转轴垂直的力,以及作用面也与转轴垂直的力偶,以便分析计算在弯曲与扭转组合作用之下

转轴的承载能力(§ 5 - 6)。

三、重心和形心

1. 重心 物体重力的作用点。

$$x_c = \frac{W_i x_i}{W}$$

重心位置的坐标公式

$$y_c = \frac{W_i y_i}{W}$$

$$z_c = \frac{W_i z_i}{W}$$

2 形心 物体的形状中心。

$$x_c = \frac{A_i x_i}{A}$$

平面图形形心位置的坐标公式

$$y_c = \frac{A_i y_i}{A}$$

可以利用图形形状的对称性确定形心位置。

3 均质物体的重心和形心位置重合

四、画受力图的要求

1. 要画隔离体

画隔离体的全部受力, 包括主动力和约束力。

2 要根据约束类型画约束力

柔索约束——绳带拉力 约束力有确定的指向。

光滑约束——法向压力

固定铰链——两个分力

二力杆件——钉孔连线 约束力没有确定的指向。

活动铰链——垂直一力

固定端——一偶两力

3 要表示作用力与反作用力的关系

作用线平行;

指向相反;

约束力的名称相同, 并在其中一力名称的右上角加一撇。

4 不画内约束力

习 题

1 - 1 在平面直角坐标系中, x 轴水平向右, y 轴铅直向上。

力 F 和水平线的夹角为 α , 该力在 x 轴上的投影为 $\pm F \cos \alpha$, 在 y 轴上的投影为 $\pm F \sin \alpha$ 。

力 F 和铅垂线的夹角为 β , 该力在 x 轴上的投影为 $\pm F \sin \beta$, 在 y 轴上的投影为 $\pm F \cos \beta$ 。

1 - 2 将一个力分解为两个分力, 其方向和平面直角坐标系的两个坐标轴平行。当分力方向与坐标轴同向时, 力在该轴的投影为正值; 当分力方向与坐标轴相反时, 力在该轴的投影为负值。

1 - 3 可以将一个力分解为预先指定方向的两个分力, 各个分力是矢量。也可以将一个力投影到平面直角坐标系的两个坐标轴上, 力的投影是代数量。

选择答案: (a) 矢量; (b) 标量; (c) 代数量。

1 - 4 可以将一个力分解为两个分力, 当分力方向和平面直角坐标系的两个坐标轴平行时, 分力的大小和力在相应坐标轴上的投影值相等; 当分力方向和两个坐标轴不平行时, 分力的大小和力的投影值不相等。

选择答案: (a) 相等; (b) 不相等。

1 - 5 已知: $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 20 \text{ N}$, $F_3 = 30 \text{ N}$, $F_4 = 40 \text{ N}$ 。试计算各力在 x 轴和 y 轴上的投影。

题 1 - 5 图

裁
剪
线

1 - 6 已知作用在图示构件 CD 段的均布载荷集度 $q = 8 \text{ N/m}$ 。试计算分布载荷的合力在 x 轴和 y 轴上的投影。

题 1 - 6 图

1 - 7 在平面直角坐标系中, x 轴水平向右, y 轴垂直向上。使用合力投影定理计算作用线汇交于一点的多个力的合力时, 如果各分力在两个坐标轴投影的代数和均为正值, 合力方向指向_____ ; 如果各分力在两个坐标轴上投影的代数和均为负值, 合力方向指向_____ ; 如果各分力在 x 轴投影的代数和为正值, 在 y 轴投影的代数和为负值, 合力方向指向_____ ; 如果各分力在 x 轴投影的代数和为负值, 在 y 轴投影的代数和为正值, 合力方向指向_____。

选择答案: (a) 左上方; (b) 左下方; (c) 右上方; (d) 右下方。

1 - 8 已知: $F_1 = 300 \text{ N}$, $F_2 = 150 \text{ N}$, $F_3 = 395 \text{ N}$ 。试求这三个力的合力, 并在图上画出合力的方向。

题 1 - 8 图

裁
剪
线

1 - 9 用力矩的正负符号表示力矩的转动方向,顺时针转向的力矩为_____;逆时针转向的力矩为_____。

1 - 10 同一个力在坐标轴上投影的正、负号和对一点之矩的正、负号一定_____。

选择答案:(a) 相同;(b) 相反;(c) 互不相关。

1 - 11 有两种计算力矩的方法:第一种方法是将力的大小乘以力臂;第二种方法是先将力分解为两个分力,再根据合力矩定理,计算两个分力对同一矩心力矩的代数和。

若要分别计算图示 F_1 、 F_2 两力对支座中心 A 点的力矩,使用第二种方法计算哪一个力矩比较方便?

题 1 - 11 图

裁
剪
线

1 - 12 已知: $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 20 \text{ N}$, $F_3 = 30 \text{ N}$, $F_4 = 40 \text{ N}$, $F_5 = 50 \text{ N}$ 。图中画有“ \circ ”的点表示力的作用点位置,坐标轴上每格的长度为 100 mm 。试计算各力对坐标原点 O 的力矩。

题 1 - 12 图

1 - 13 在题 1 - 6 图中,作用在图示构件 CD 段的均布载荷集度 $q = 8 \text{ N/m}$ 。试计算其合力对左端支座圆孔中心点 A 的力矩。

1 - 14 齿轮分度圆和带轮外圆的直径均为 280 mm。齿轮啮合力 F_n 和带轮的紧边皮带拉力 F_T 均为 1 500 N。齿轮啮合力 F_n 与分度圆切线的夹角,以及带轮的紧边皮带拉力 F_T 与水平线的夹角均为 $\alpha = 20^\circ$ 。试计算这两力对各自轮心 O 的力矩。

题 1 - 14 图

1 - 15 根据力的平移定理,可以将作用在刚体上的力平行移动到刚体内任一点,为了保证该力的作用效果不变,附加力偶的力偶矩等于 _____,其方向与 _____ 相同。

1 - 16 在题 1 - 14 中,将齿轮的啮合力 F_n 和带轮紧边皮带的拉力 F_T 都平行移动到各自的轮心上,为了平移后对轮轴的作用效果不变,试计算各轮应当附加的力偶矩,并在图上画出平移后的 F_n 和 F_T 力,以及各附加力偶的转向。

1 - 17 力偶的两条性质是什么?

裁
剪
线

1 - 18 图示构件在同一平面上受到两个力偶作用,各力偶矩分别为 $M_1 = 50 \text{ N}\cdot\text{m}$, $M_2 = 20 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。试求这两个力偶在 x 轴和 y 轴上投影的代数和,以及对左端支座钉孔中心点 A 的力矩的代数和。

题 1 - 18 图

裁
剪
线

1 - 19 试确定 T 形断面的形心位置。

题 1 - 19 图

1 - 20 试确定角钢断面的形心位置。

题 1 - 20 图

裁
剪
线

1 - 21 在画一个隔离体的受力图时,除了要画所有约束力之外,要不要画作用在该隔离体上的主动力?

1 - 22 画受力图时,必须根据_____画约束力。

注:下列所有画受力图各题,均不考虑接触处的摩擦,没有标重力 W 的构件均不考虑自身的重量。有表格的题目,先在表中填写指定构件受约束处的约束类型及约束力的表示方法,再画受力图。

[例 1 - 1] 在下表中填写杆件 AB 受约束处的约束类型及其约束力的表示方法。画杆件 AB 和 AC 的受力图。见例图 1 - 1。

位置	约束类型	约束力
A	固定铰链	两个分力
D	二力杆件	钉孔连线
B	光滑约束	法向压力

例 1 - 1 图

1 - 23 在表中填写圆球受约束处的约束类型及其约束力的表示方法。画圆球的受力图。

位置	约束类型	约束力

题 1 - 23 图

1 - 24 画圆球的受力图。

1 - 25 画圆球的受力图。

题 1 - 24 图

题 1 - 25 图

裁
剪
线