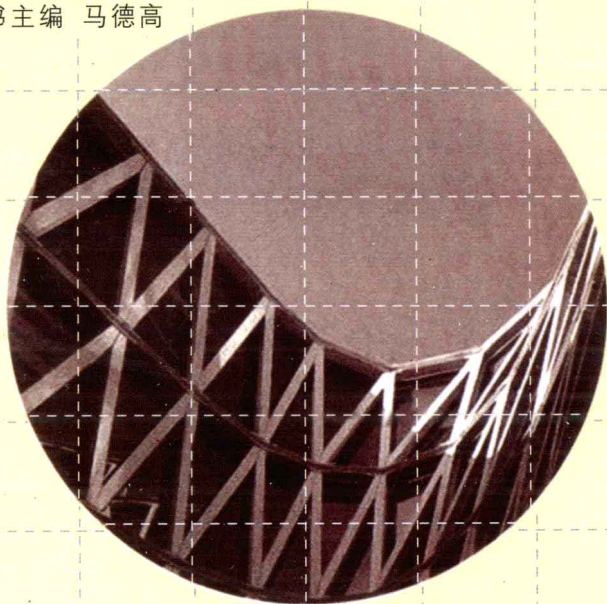


高等院校教材同步辅导及考研复习用书

spark® 星火·燎原

丛书主编 马德高

Mechanics of Materials



材料力学 辅导及习题精解

(刘鸿文·第5版) (I、II合订)

本册主编 侯倩倩 高红

联系考研, 渗透精讲历年考研真题

知识内容
小结

+

典型例题
分析

+

教材习题
答案

延边大学出版社

大学理工图书畅销精品

※ 同步辅导系列

高等数学辅导 (同济六版)

线性代数辅导及习题精解 (同济四版、同济五版)

概率论与数理统计辅导及习题精解 (浙大三版、浙大四版)

结构力学辅导及习题精解 (龙驭球第二版)

材料力学辅导及习题精解 (刘鸿文第5版)

理论力学辅导及习题精解 (哈工大第七版)

电路辅导及习题精解 (邱关源第5版)

电工电子技术辅导及习题精解 (秦曾煌第七版) (上、下册)

模拟电子技术基础辅导及习题精解 (清华第四版)

数字电子技术基础辅导及习题精解 (清华第五版)

通信原理辅导及习题精解 (樊昌信第6版)

物理学辅导及习题精解 (马文蔚第五版)

※ 同步测试卷系列

高等数学同步测试卷 (同济六版) (上、下册)

线性代数同步测试卷 (同济五版)

概率论与数理统计同步测试卷 (浙大四版)



※ 考研数学系列

考研数学历年真题点评 (数学一、数学二、数学三)

考研数学全真试题与命题预测 (数学一、数学二、数学三)

责任编辑/何方

封面设计/星火视觉设计中心

更多精彩,敬请关注“星火英语官方微博”!  

星火英语网
读者服务热线

www.sparke.cn
400-623-1860

ISBN 978-7-5634-1786-5



9 787563 417865 >

定 价: 21.80元

MCL111

丛书主编 马德高

材料力学 辅导及习题精解

(刘鸿文·第5版) (I、II合订)

本册主编 侯倩倩 高 红
副主编 周海涛 周 星

延 边

图书在版编目(CIP)数据

材料力学辅导及习题精解：刘鸿文第5版 / 马德高
主编. — 延吉：延边大学出版社，2011.7

ISBN 978-7-5634-1786-5

I. ①材… II. ①马… III. ①材料力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 136204 号

材料力学辅导及习题精解

主编：马德高

责任编辑：何 方

出版发行：延边大学出版社

社址：吉林省延吉市公园路 977 号

邮编：133002

网址：<http://www.ydcbs.com>

E-mail：ydcbs@ydcbs.com

电话：0433-2732435

传真：0433-2732434

印刷：山东滨州明天印务有限公司

开本：880×1230 1/32

印张：19 字数：430 千字

版次：2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5634-1786-5

定价：21.80 元

前 言

《材料力学》是土木专业最重要的一门基础课之一,也是报考专业硕士研究生专业考试科目。刘鸿文主编的《材料力学》是一套深受读者欢迎并多次获奖的优秀教材,被全国许多院校采用,也是许多学校硕士研究生入学考试的指定教材。刘鸿文主编的《材料力学》(第五版)保持了其一贯的体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点,并根据近代学科发展的潮流,做了相应的调整,进一步强调提高学生的综合素质并激发学生的创新能力。为帮助、指导广大读者学好这门课程,我们编写了这本与刘鸿文主编的《材料力学》(第五版)完全配套的《材料力学辅导及习题精解》,以帮助加深对基本概念的理解,加强对基本解题方法与技巧的掌握,进而提高学习能力和应试水平。

本书共分十八章。章节的划分与教材一致。每章包括五大部分内容:

一、知识结构及内容小结:先用网络结构图的形式揭示出本章知识点之间的有机联系,以便于学生从总体上系统地掌握本章知识体系和核心内容;然后简要对每节涉及的基本概念和基本公式进行了系统的梳理,并指出理解与应用基本概念、公式时需注意的问题以及各类考试中经常考查的重要知识点。

二、经典例题解析:精选部分反映各章基本知识点和基本方法的典型例题——其中部分例题选自名校考研真题,给出了详细解答,以提高读者的综合解题能力。

三、历年考研真题评析:精选全国众多知名高校的研究生入学考试真题,做了精心深入的解答。

四、教材习题全解:对教材里该章节全部习题作详细解答,与市面上习题答案不全的某些参考书有很大的不同。在解题过程中,对部分有代表性的习题,设置了“思路探索”以引导读者尽快找到解决问题的思路和方法;

安排有“方法点击”来帮助读者归纳解决问题的关键、技巧与规律。有的习题还给出了一题多解,以培养读者的分析能力和发散思维能力。

全书内容编写系统、新颖、清晰、独到,充分体现了如下三大特色:

一、知识梳理清晰、简洁:直观、形象的图表总结,精炼、准确的考点提炼,权威、独到的方法归纳,将教材内容抽丝剥茧、层层展开,呈现给读者简明扼要、层次分明的知识结构,便于读者快速复习、高效掌握,形成稳固、扎实的知识网,为提高解题能力和思维水平夯实基础。

二、能力提升迅速、持续:所有重点、难点、考点,统统归纳为一个个在考试中可能出现的基本题型,然后针对每一个基本题型,举出丰富的精选例题、考研例题,举一反三、深入讲解,真正将知识掌握和解题能力提升高效结合、一举完成。

三、联系考研密切、实用:本书既是一本教材同步辅导,也是一本考研复习用书,书中处处联系考研:例题中有考研试题,更不用说讲解中处处渗透考研经常考到的考点、重点等,为的就是让同学们同步完成考研备考,达到考研要求的水平。

本书注意博采众家之长,参考了多本同类书籍,吸取了不少养分。在此向这些书籍的编著者表示感谢。由于我们水平有限,书中疏漏与不妥之处,在所难免,敬请广大读者提出宝贵意见,以便再版时更正、改进。

编者

目 录

| | |
|-----------------------------|-------|
| 第 1 章 绪论 | (1) |
| 本章知识结构及内容小结 | (1) |
| 经典例题解析 | (4) |
| 历年考研真题评析 | (5) |
| 本章教材习题全解 | (6) |
| 第 2 章 拉伸、压缩与剪切 | (10) |
| 本章知识结构及内容小结 | (10) |
| 经典例题解析 | (19) |
| 历年考研真题评析 | (27) |
| 本章教材习题全解 | (29) |
| 第 3 章 扭转 | (81) |
| 本章知识结构及内容小结 | (81) |
| 经典例题解析 | (87) |
| 历年考研真题评析 | (93) |
| 本章教材习题全解 | (95) |
| 第 4 章 弯曲内力 | (117) |
| 本章知识结构及内容小结 | (117) |
| 经典例题解析 | (120) |
| 历年考研真题评析 | (125) |
| 本章教材习题全解 | (127) |
| 第 5 章 弯曲应力 | (162) |
| 本章知识结构及内容小结 | (162) |
| 经典例题解析 | (165) |
| 历年考研真题评析 | (169) |
| 本章教材习题全解 | (174) |
| 第 6 章 弯曲变形 | (201) |
| 本章知识结构及内容小结 | (201) |
| 经典例题解析 | (203) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| 历年考研真题评析 | (208) |
| 本章教材习题全解 | (212) |
| 第7章 应力应变分析、强度理论 | (252) |
| 本章知识结构及内容小结 | (252) |
| 经典例题解析 | (258) |
| 历年考研真题评析 | (266) |
| 本章教材习题全解 | (269) |
| 第8章 组合变形 | (306) |
| 本章知识结构及内容小结 | (306) |
| 经典例题解析 | (309) |
| 历年考研真题评析 | (313) |
| 本章教材习题全解 | (316) |
| 第9章 压杆稳定 | (341) |
| 本章知识结构及内容小结 | (341) |
| 经典例题解析 | (344) |
| 历年考研真题评析 | (349) |
| 本章教材习题全解 | (353) |
| 第10章 动载荷 | (368) |
| 本章知识结构及内容小结 | (368) |
| 经典例题解析 | (370) |
| 历年考研真题评析 | (374) |
| 本章教材习题全解 | (377) |
| 第11章 交变应力 | (391) |
| 本章知识结构及内容小结 | (391) |
| 经典例题解析 | (394) |
| 历年考研真题评析 | (395) |
| 本章教材习题全解 | (396) |
| 第12章 弯曲的几个补充问题 | (414) |
| 本章知识结构及内容小结 | (414) |
| 经典例题解析 | (416) |
| 历年考研真题评析 | (418) |
| 本章教材习题全解 | (420) |

| | |
|-------------------------------|-------|
| 第 13 章 能量方法 | (430) |
| 本章知识结构及内容小结 | (430) |
| 经典例题解析 | (433) |
| 历年考研真题评析 | (436) |
| 本章教材习题全解 | (439) |
| 第 14 章 超静定结构 | (464) |
| 本章知识结构及内容小结 | (464) |
| 经典例题解析 | (466) |
| 历年考研真题评析 | (471) |
| 本章教材习题全解 | (475) |
| 第 15 章 平面曲杆 | (503) |
| 本章知识结构及内容小结 | (503) |
| 经典例题解析 | (507) |
| 本章教材习题全解 | (508) |
| 第 16 章 厚壁圆筒和旋转圆盘 | (521) |
| 本章知识结构及内容小结 | (521) |
| 经典例题解析 | (523) |
| 本章教材习题全解 | (525) |
| 第 17 章 矩阵位移法 | (529) |
| 本章知识结构及内容小结 | (529) |
| 经典例题解析 | (535) |
| 本章教材习题全解 | (539) |
| 第 18 章 杆件的塑性变形 | (578) |
| 本章知识结构及内容小结 | (578) |
| 经典例题解析 | (585) |
| 本章教材习题全解 | (588) |

第 1 章 绪 论

本章知识结构及内容小结

【本章知识结构】



【本章内容小结】

1. 材料力学的任务

材料力学的任务就是在满足强度、刚度和稳定性的要求下,为设计既经济又安全的构件,提供必要的理论基础和计算方法。

衡量构件承载能力的三个方面是强度、刚度、稳定性,材料力学就是研究构件承载能力的一门科学。

强度:在载荷作用下,构件抵抗破坏的能力。

刚度:在载荷作用下,构件抵抗变形的能力。

稳定性:在载荷作用下,构件保持原有平衡状态的能力。

2. 变形固体的基本假设

在外力作用下,一切固体都将发生变形,故称为变形固体。在材料力学中,所研究的构件都是变形固体。一般无特别说明,均假设变形固体具有连续性、均匀性和各向同性。主要研究线弹性范围的小变形。

3. 外力与内力

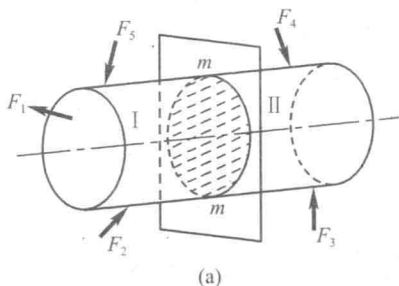
外力是指施加在结构上的外部载荷及支座反力。按其作用方式可分为体积力和表面力。体积力是指连续分布于物体内部各点的力。如重力和惯性力。表面力是指直接作用于构件表面的力,又可分为分布力和集中力。分布力是指连续分布于物体表面上的力,若外力作用面积远小于物体表面的尺寸,可作为作用于一点的集中力。按外力与时间的关系分为静载荷和动载荷。载荷缓慢地由零增加到某一定值后,就保持不变或变动很不显著,称为静载。载荷随时间而变化称为动载,主要有交变载荷和冲击载荷。

在外力作用下,物体内部各部分之间因外力而引起的附加相互作用力称为内力。内力成对的出现,大小相等,方向相反,分别作用在构件的两部分上,随着外力的增加而增加。

4. 截面法

截面法是研究构件内力的基本方法。其主要步骤:

(1) 假想沿 $m-m$ 横截面将杆切开,留下左半段或右半段



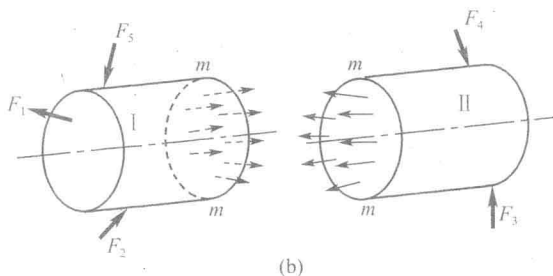


图 1-1

(2) 将弃去部分对留下部分的作用内力代替

(3) 对留下部分写平衡方程, 确定未知的内力。

在空间问题中, 内力有六个分量, 合力的作用点是截面形心, 平衡是力的平衡。

5. 应力

在外力作用下, 根据连续性假定, 构件上任一截面的内力是连续分布的。截面上任一点内力的密集程度(内力集度), 称为该点的应力。应力是矢量, 通常分解为 σ 正应力, τ 切应力。应力的国际单位为 Pa(帕斯卡), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ N/m}^2$ 。

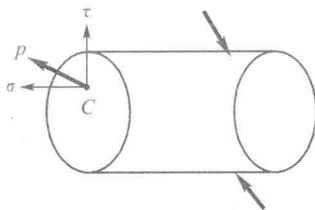


图 1-2

6. 变形和应变

变形是指物体内任意两点的相对位置发生变化。两种基本变形: 线变形是线段长度的变化; 角变形是线段间夹角的变化。

7. 杆件变形的基本形式

材料力学主要研究长度远大于横截面尺寸的构件, 称为杆件。在外力作用下, 杆件变形的形式有拉伸或压缩、剪切、扭转及弯曲四种形式。

(1) 拉伸或压缩。外力合力的作用线与杆件轴线重合, 变形表现为杆件长度的伸长或缩短。

(2) 剪切。构件受间距非常近的一对横向作用, 变形表现为两力之间的截面发生相互错动。

(3) 扭转。外力偶作用于端面, 变形表现为横截面绕轴线转动。

(4) 弯曲。外力为垂直于杆件轴线的横向力或横向力偶, 变形表现为轴线由直线变为曲线。

杆件其他复杂的变形都可以看成是以上四种基本变形的组合。

经典例题解析

例 1 一等截面直杆,如图 1-3 所示,关于其轴线在变形后的位置(图中虚线所示)有 4 种答案。根据构件受力和变形的特点,试分析哪一种合理的?

解:根据构件受力和变形的特点,图 1-4(c) 图是合理的。

受力分析如图 1-5 所示,点 A 处约束反力为向下的 F_P ,点 B 处约束反力为向上的力 $2F_P$,在这两个力及点 C 处的外加荷载 F_P 的作用下,杆件将发生上凸下凹的变形,而又因为是弹性的,当然是错误的;答案(D)中 AB 段的变形与受力不一致,也是错误的。答案(C)中梁的变形与受力状况一致,而且是一条光滑连续的曲线,符合变形协调一致的要求,所以这一答案是正确的。

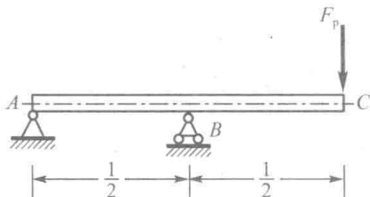


图 1-3

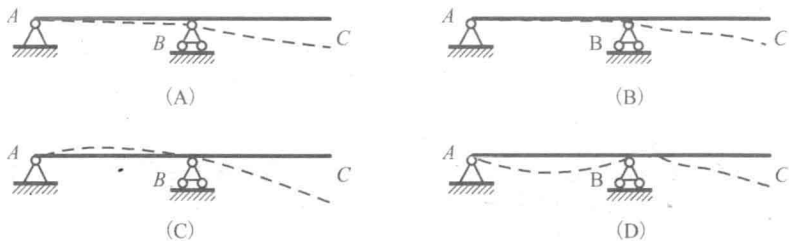


图 1-4

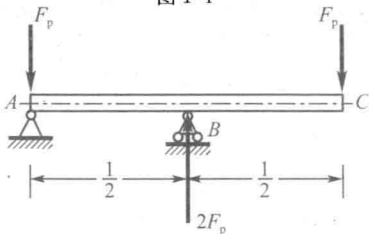


图 1-5

例 2 如图 1-6 所示,在杆体的斜截面上 $m-m$ 上,任一点 A 处的应力 $P = 150 \text{ MPa}$,其方位角 $\theta = 20^\circ$,试求该点处的正应力 σ 和切应力 τ 。

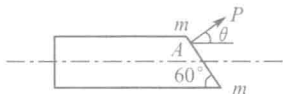


图 1-6

【思路探索】 清晰理解正应力 σ 与切应力 τ 的定义, σ 是应力 P 沿截面法线方向上的分量, τ 是 P 沿截面切线方向上的分量。

$$\text{解: } \sigma = P \cos 10^\circ = 150 \text{ MPa} \times \cos 10^\circ = 147.7 \text{ MPa}$$

$$\tau = P \sin 10^\circ = 150 \text{ MPa} \times \sin 10^\circ = 26.0 \text{ MPa}$$

例 3 试求图 1-8 所示结构 $m-m$ 和 $n-n$ 两截面上的内力, 并指出 AO 和 OB 两杆的变形属于何种变形。

【思路探索】 进行受力分析, 求出各杆内力。弄清杆件产生变形是由何种力产生的。

解: OB 杆为二力杆, 将 OB 从 $n-n$ 截面截开, 如右图 1-9

$$\text{由平衡方程: } \sum M_A = 0, \text{ 得 } 3F_N + 2 \times 5 = 0, \text{ 则 } F_N = -3.3 \text{ kN}$$

OB 杆受压力 F_N 作用, 属压缩变形。

从 $m-m$ 截面截开, 如右图 1-10

$$\text{由平衡方程: } \sum F_y = 0, F_N + 5 - F_S = 0,$$

$$\sum M_m = 0, 2F_N + 1 \times 5 + M = 0,$$

$$\text{则 } F_S = 1.7 \text{ kN}, M = 1.6 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

QA 杆受弯矩 M 作用, 属弯曲变形。

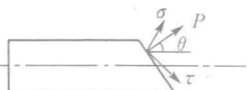


图 1-7

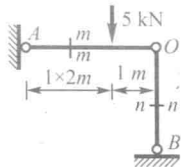


图 1-8

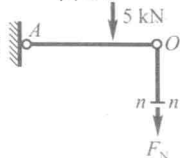


图 1-9

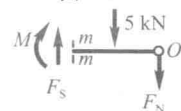


图 1-10

历年考研真题评析

1. 薄圆环的平均直径为 D , 变形后的平均直径增加了 ΔD , 如图 1-11, 试证明该圆环沿圆周方向的平均线应变 $\epsilon = \frac{\Delta D}{D}$ 。(大连理工大学, 2005 年)

【思路探索】 应弄清线应变的概念。

证明: 圆环沿圆周方向的平均线应变用其周长的平均线应变表示

$$\epsilon = \frac{\pi(D + \Delta D) - \pi D}{\pi D} = \frac{\Delta D}{D}$$

2. 利用截面法, 求图 1-12 所示简支梁 1-1 截面的内力。(同济大学, 2007)

【思路探索】 取部分杆件为研究对象, 利用平衡方程求解。

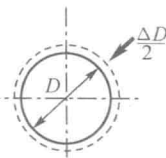


图 1-11

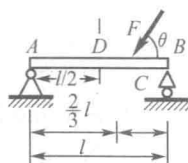


图 1-12

解: (1) 取整体为研究对象, 求支座 A 的反力

$$\sum F_x = 0, F_{Ax} - F \cos \theta = 0$$

$$\text{则 } F_{Ax} = F \cos \theta$$

$$\sum M_B = 0, F_{Ay} l - F \sin \theta \cdot \frac{l}{3} = 0$$

$$\text{则 } F_{Ay} = \frac{F \sin \theta}{3}$$

(2) 沿截面 1-1 截开, 取左半部分为研究对象

$$\text{由平衡方程 } \sum F_x = 0, F_{Ax} + F_N = 0$$

$$F_N = -F \cos \theta (\text{负号表示与假设方向相反})$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_S - F_{Ay} = 0 \quad F_S = \frac{F \sin \theta}{3}$$

$$\sum M_D = 0 \quad M - F_{Ay} \cdot \frac{l}{2} = 0 \quad M = F_{Ay} \cdot \frac{l}{2} = \frac{Fl \sin \theta}{6}$$

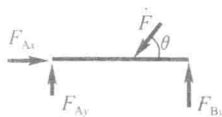


图 1-13

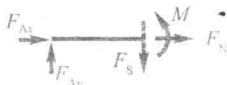
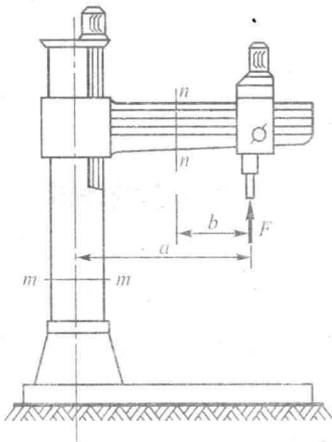


图 1-14

本章教材习题全解

1.1 对图 1-1 所示的钻床, 试求 $n-n$ 截面上的内力。



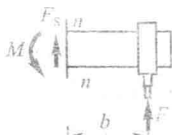
题 1.1 图

【思路探索】 用截面法求解内力时, 选取研究对象时, 应保证所选部分所受外力尽可能多的为已知量。

解: 沿截面 $n-n$ 将钻床分为两部分, 进行研究。

$$\text{由平衡方程 } \sum F_y = 0, F + F_S = 0,$$

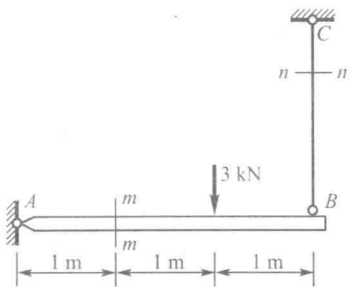
$$\sum M_{n-n} = 0, Fb + M = 0,$$



题解 1.1 图

则 $F_S = -F, M = -Fb$, 负号表示方向与假定方向相反。

1.2 试求图示结构 $m-m$ 和 $n-n$ 两截面上的内力, 并指出 AB 和 BC 两杆的变形属于哪一类基本变形。



题 1.2 图

【思路探索】 整个结构有两个杆件构成, 两杆件单独研究更简便。

解: 取 AB 为研究对象, 由平衡方程 $\sum M_A = 0$

$$3F_B - 3 \times 2 = 0, F_B = 2 \text{ kN},$$

取如题解 1.2 图(b) 所示截面 $m-m$ 右半部分为研究对象

由平衡方程

$$\sum F_y = 0 \quad F_S + F_B - 3 = 0 \quad F_S = 1 \text{ kN}$$

$$\sum M_0 = 0 \quad 2F_B - 3 \times 1 - M = 0 \quad M = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

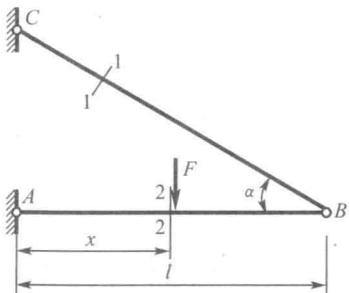
取截面 $n-n$ 下半部分为研究对象

$$\text{由平衡条件 } \sum F_y = 0, F_N - F_B = 0 \quad F_N = 2 \text{ kN}$$

取整体为研究对象时, 由平衡条件 $\sum F_x = 0$, 则 $F_{Ax} = 0$

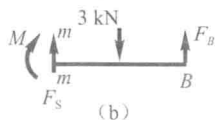
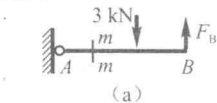
则杆件 AB 属于弯曲变形, 杆 BC 属于轴向拉伸变形。

1.3 在图示简易吊车的横梁上, F 力可以左右移动。试求截面 1-1 和 2-2 上的内力及其最大值。



题 1.3 图

【思路探索】 用截面法求内力, 函数表达式求极值。



题解 1.2 图

解:取 AB 杆为研究对象,由平衡方程 $\sum M_A = 0$

$$F_B \cdot l \sin \alpha - Fx = 0 \quad \text{则 } F_B = \frac{Fx}{l \sin \alpha}$$

对于 1-1 截面,取如题解 1.3 图(a) 所示为研究对象,由力的平衡可知

$$F_{N_1} = F_B = \frac{Fx}{l \sin \alpha}$$

F_N 为 x 的线性函数

$$\text{当 } x = l \text{ 时, } F_{N_{\max}} = F / \sin \alpha$$

如题解 1.3 图(b) 所示,对于 2-2 截面,取 AB 杆 2-2 截面右半部分为研究对象

如题解 1.3 图(b) 所示,由平衡条件

$$\sum F_x = 0 \quad F_{N_2} - F_B \cos \alpha = 0$$

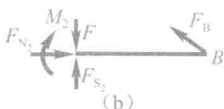
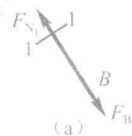
$$\sum F_y = 0 \quad F_{S_2} + F_B \sin \alpha - F = 0$$

$$\sum M_0 = 0 \quad M_2 - F_B \sin \alpha (l - x) = 0$$

$$F_{N_2} = \frac{Fx}{l \tan \alpha}, \text{ 取当 } x = l \text{ 时, } F_{N_{2\max}} = \frac{F}{\tan \alpha}$$

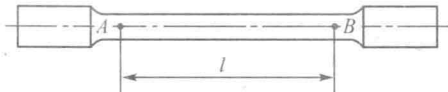
$$F_{S_2} = F - \frac{Fx}{l} = \left(1 - \frac{x}{l}\right)F, \text{ 当 } x = 0 \text{ 时, } F_{S_{2\max}} = F$$

$$M_2 = \frac{Fx(l-x)}{l}, \text{ 当 } x = \frac{l}{2} \text{ 时, 取 } M_{2\max} = \frac{Fl}{4}$$



题解 1.3 图

1.4 拉伸试样上 A, B 两点间的距离 l 称为标距。受拉力作用后,用变形量量出两点间距离的增量为 $\Delta l = 4.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ 。若 l 的原长为 $l = 100 \text{ mm}$, 试求 A 与 B 两点间的平均应变 ϵ_m 。



题 1.4 图

【思路探索】 弄清平均应变的概念,利用公式 $\epsilon_m = \frac{\Delta s}{\Delta x}$ 。

$$\text{解: } \epsilon_m = \frac{\Delta l}{l} = \frac{4.5 \times 10^{-2}}{100} = 4.5 \times 10^{-4}$$

1.5 图示三角形薄板因受外力作用而变形,角点 B 垂直向上的位移为 0.03 mm , 但 AB 和 BC 仍保持为直线。试求沿 OB 的平均应变, 并求 AB 与 BC 两边在 B 点的角度改变。