

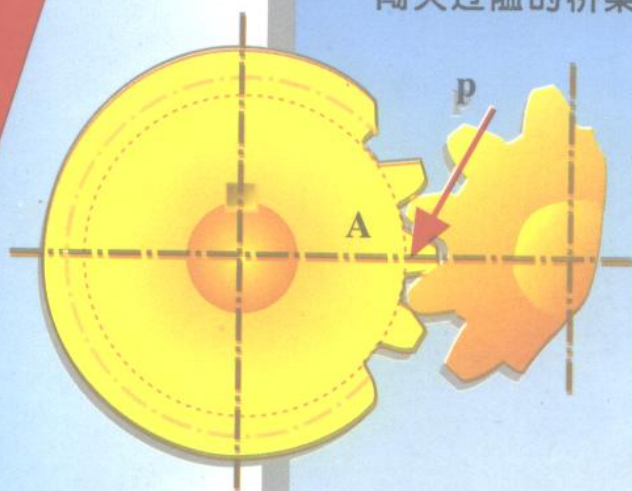
材料力学

常见题型解析及模拟题

刘达 主编

通向研究生
之路系列丛书

- 考研者
愿望成真的阶梯
- 大学生
知识汲取的源泉
- 自学者
闯关过隘的桥梁



理论提要·例题解析·模拟题

西北工业大学出版社

301
D/1

通向研究生之路系列丛书

材 料 力 学

常见题型解析及模拟题

主 编 刘 达

西北工业大学出版社

1997年10月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 “材料力学”课程是报考硕士研究生时许多专业必考的重要专业基础课。本书扼要介绍了“材料力学”课程的教学基本要求,指出了该课程的重点与难点,并从近年来全国重点高等院校硕士研究生典型入学试题为范例进行讲解分析,使广大考生熟悉试题类型;同时还通过模拟训练,以提高考生的应试能力与技巧。本书是报考硕士研究生的考生必备书籍,也可作为高等院校在校学生及教师的重要参考书。

JS320/18

通向研究生之路系列丛书
材料力学常见题型解析及模拟题

主 编 刘 达
责任编辑 王俊轩
责任校对 齐随印

*

© 1997 西北工业大学出版社出版发行
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)

全国各地新华书店经销
空军电讯工程学院印刷厂印装
ISBN 7 - 5612 - 0992 - 4/O · 134

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 16.75 字数:400 千字
1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷
印数:1—6 000 册 定价:19.50 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的、本社发行部负责调换。

前 言

“材料力学”课程是高等工科院校一门重要的技术基础课，也是报考硕士研究生时许多专业（例如机械制造，机械设计，航空、航天、航海工程，土建水利，材料科学，热能工程以及固体力学、一般力学等）必考的一门专业基础课。这门课程一般在大学二年级学完，到报考研究生时，已搁置近两年了；对于毕业后工作四年以上的考生来说，基本上已大半遗忘，变得十分生疏。如何在较短的时间内作好迎考准备，将遗忘的东西重新捡起，掌握其中的重点内容，以收到事半功倍的效果，这是很多考生共同关心的问题。

本书是“通向研究生之路丛书”的“材料力学”分册。编写这本书的主要目的就是帮助报考硕士研究生的考生进行有效的复习，掌握“材料力学”课程的基本理论、基本概念与解题的基本方法，了解其中的难点与重点，熟悉“材料力学”教学基本要求的主要内容，以及考研入学考试试题的题型，以帮助应试者走出迷津，到达成功的彼岸。

编写者长期工作在教学第一线，汇集了丰富资料，多年来一直承担硕士研究生入学考试“材料力学”试题的命题工作。编者十分乐意将自己的感受与经验奉献给青年朋友们，相信本书的出版会对他们有所裨益。这本书也可作为在校广大学生的参考书。从事“材料力学”教学的老师们也可从中受到启发。

限于编者自身的水平，疏误之处在所难免，恳请广大读者指正。

编 者

1997年1月

通向研究生之路系列丛书编委会

- 顾问** 戴冠中 (西北工业大学校长, 博士生导师, 教授)
- 主任委员** 徐德民 (西北工业大学副校长, 博士生导师, 教授)
- 副主任委员** 孙 朝 (陕西省学位委员会办公室主任)
- 王润孝 (西北工业大学教务处副处长, 教授)
- 冯博琴 (西安交通大学教务处副处长, 教授)
- 韦全生 (西安电子科技大学教务处副处长, 副教授)
- 郑永安 (西北工业大学出版社副总编, 副编审)
- 委员** 史忠科 张畴先 王公望 葛文杰
- 刘 达 支希哲 范世贵
- 策 划** 王 璐 张近乐

序

● 邱关源*

面向 21 世纪,社会对德才兼备的高素质科技人才的需求更加迫切。通过行之有效的途径和方法培养符合时代要求的优秀人才,是摆在全社会尤其是高等学校、科研院所面前一项艰巨而现实的问题。

为了强化素质教育,使大学生学有所长,增强才智,高等教育部门各有关单位对高等学校公共基础课、技术基础课到专业课的整个教学过程做了大量细致的工作。与之相配合,不少出版社也相继出版了指导学生理解、领会教学内容,增强分析、解决问题能力的辅导读物,其中多数是关于外语、数学、政治等公共基础课的,极大地满足了大学生基础课学习阶段相应的要求。但当学习技术基础课时,学生们同样需要合适的参考书来帮助他们掌握课程重点和难点,提高课程学习水平,以及指导解题的思路和技巧,乃至适应研究生入学考试的需求。不过,这类读物目前比较少见。基于此,西北工业大学出版社的同志们深入作者、读者之中,进行市场调研研究,在广泛听取意见的基础上,组织数十位在重点大学执教多年,具有较高学术造诣的一线教

* 邱关源——西安交通大学教授,博士生导师。曾任第一、二届中国电工技术学会理论电工专业委员会副主任委员,高等教育委员会工科电工课程教学指导委员会委员。

师,经历两年,精心编撰了这套旨在有效指导大学生学习技术基础课,为课程学习、应试考研及以后工作提供帮助的参考书。

该丛书首批推出 9 种,所有书稿几经修改,并经同行专家审定。内容选材符合课程基本要求,并且重在对基本概念的启发、理解和提高读者分析问题的能力。我热情地向大家推荐这套丛书,希望它能对广大读者的学习有所帮助,更期望它能在强化素质教育、推动教学改革方面起到积极作用。

邱关源

1997 年 10 月

出版 说明

近年来,随着经济建设的快速发展和科教兴国战略的实施,社会对高素质专业人才的需求更加迫切。崇尚知识,攻读学位,不仅是一种知识价值的体现,更是社会进步的标志。“考研热”已成为当今中国社会的一道引人注目的风景线,成为莘莘学子乃至社会关注的焦点和热点。

研究生入学考试是通向研究生之路的基石,考试成绩的高低是能否跨入研究生之门的主要依据。为了配合考生进行有效的复习,不少出版社围绕国家教委颁布的考试大纲,相继推出了众多的考研复习辅导书,其中尤以公共基础课(外语、数学、政治)的应考书最多。

事实上,研究生入学考试不仅包括外语、数学等公共基础课,技术基础课(或称专业基础课)和专业课也是必考科目。片面强调公共基础课,导致技术基础课及专业课考试失分,是众多报考者最终未能如愿的主要原因,此中技术基础课对考生影响尤甚。作为制约人才培养和成长的课程因素,加强技术基础课的学习,拓宽基础知识,已成为广大学生及教师共同的心声。

为了推动教学改革,弥补技术基础课学时短、内容多,学生难以在课堂内准确理解、全面接受教学内容之不足;更为了满足当今社会对基础扎实、专业面宽、动手能力强的人才的需求,促进大学生学有所长,早日成才,西北工业大学出版社策划和组织编写了通向研究生之路系列丛书。本丛书首批推出9种,所对应的9门课程是:自动控制原理、机械原理、材料力学、理论力学、模拟电子技术、数字电子技术、电工技术、电子技术、微型计算机原理。其余课程的指导书将陆续推出,届时将基本涵盖全国工科院校所开设的技术基础课和拟选定的考研要求科目。

本丛书具有如下特点:

1. 选题新颖,独树一帜

技术基础课历来不像外语、数学、政治等公共基础课一样受到出版者的重视,因而这方面的指导书凤毛麟角,学生很难找到一套系统的、全面的、富有针对性的参考书。该丛书站在新的视角,有计划地推出整套工科技术基础课学习用书,令人耳目一新,为之一振。

2. 紧扣大纲，严把尺度

该丛书紧紧围绕国家教委制定的教学大纲及研究生入学考试大纲，按照提高基础知识与解题技巧的主线，展开论述。丛书既巩固和加深学生对技术基础课重点、难点的理解，又重在为备考研究生提供有力的指导，即既要保证课程学习时开卷有益，又要对复习应考行之有效。

3. 重视能力，提高技巧

该丛书时刻牢记不管是学习还是考试其最终目的都是为了提高学生分析问题、解决问题的能力这一主旨，重在通过阐明基本要点及设定典型例题解析来引导学生识题、解题。丛书中所选例题均是历届课程结业考试及考研中出现过的试题，经精选、精编后，既避免了让学生陷入“茫茫题海”的窘境，又使学生在有限的时间内掌握大纲所规定的基本内容，提高自己的解题潜能，从而在课程考试及研究生考试中立于不败之地。

4. 选材得当，重点突出

参加本套丛书编写的均为从事教学工作多年的资深教师，他们既能把握住课程要求的脉搏，又最了解学生的学习状况和需求心态，因而在丛书内容的取舍，材料的选编及文字表达方面能更胜一筹。正因为如此，该丛书内容得当，材料全而不滥，精而易懂，注释简明，解析扼要，使学生乐于阅读，易于接受。

“通向研究生之路丛书”的出版不管是对大学生的课程学习还是对有关考研人员以及广大自学者来说无疑都是一个福音，我们衷心希望本丛书能帮助广大读者闯关过隘，获得课程考试或研究生入学考试的好成绩，我们也祝愿天下莘莘学子早日如愿以偿，大展鸿图！

丛书编委会

1997年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 内容提要	1
1.1.1 基本要求	1
1.1.2 重点与难点	1
1.2 例题精选	4
1.3 习题	6
2 轴向拉伸与压缩	8
2.1 内容提要	8
2.1.1 基本要求	8
2.1.2 重点与难点	8
2.2 例题精选	11
2.3 习题	18
3 剪切与扭转	26
3.1 内容提要	26
3.1.1 基本要求	26
3.1.2 重点与难点	26
3.2 例题精选	30
3.3 习题	36
4 弯曲内力	43
4.1 内容提要	43
4.1.1 基本要求	43
4.1.2 重点与难点	43
4.2 例题精选	45
4.3 习题	53
5 弯曲应力	58
5.1 内容提要	58
5.1.1 基本要求	58
5.1.2 重点与难点	58

5.2	例题精选	60
5.3	习题	72
6	弯曲变形	80
6.1	内容提要	80
6.1.1	基本要求	80
6.1.2	重点与难点	80
6.2	例题精选	81
6.3	习题	91
7	应力状态与强度理论	95
7.1	内容提要	95
7.1.1	基本要求	95
7.1.2	重点与难点	95
7.2	例题精选	99
7.3	习题	109
8	组合变形	116
8.1	内容提要	116
8.1.1	基本要求	116
8.1.2	重点与难点	116
8.2	例题精选	117
8.3	习题	130
9	能量法	139
9.1	内容提要	139
9.1.1	基本要求	139
9.1.2	重点与难点	139
9.2	例题精选	141
9.3	习题	152
10	静不定系统	157
10.1	内容提要	157
10.1.1	基本要求	157
10.1.2	重点与难点	157
10.2	例题精选	158
10.3	习题	171

11 压杆稳定	179
11.1 内容提要	179
11.1.1 基本要求.....	179
11.1.2 重点与难点.....	179
11.2 例题精选	181
11.3 习题	192
12 动载荷	199
12.1 内容提要	199
12.1.1 基本要求.....	199
12.1.2 重点与难点.....	199
12.2 例题精选	201
12.3 习题	213
13 模拟试题	223
13.1 试卷 1.....	223
13.2 试卷 2.....	226
13.3 试卷 3.....	230
13.4 试卷 4.....	232
13.5 试卷 5.....	233
13.6 试卷 6.....	235
13.7 试卷 7.....	237
13.8 试卷 8.....	238
13.9 试卷 9.....	240
参考答案	242
参考文献	255

绪 论

1.1 内容提要

1.1.1 基本要求

- (1) 了解构件强度、刚度和稳定性的概念,明确材料力学课程的主要任务。
- (2) 理解变形固体的基本假设、条件及其意义。
- (3) 明确内力的概念、初步掌握用截面法计算内力的方法。
- (4) 建立正应力、剪应力、线应变、角应变及单元体的基本概念。
- (5) 了解杆件变形的受力和变形特点。

1.1.2 重点与难点

1. 外力与内力的概念

外力是指施加到构件上的外部载荷(包括支座反力)。在外力作用下,构件内部两部分间的附加相互作用力称为内力。内力是成对出现的,大小相等,方向相反,分别作用在构件的两部分上,只有把构件剖开,内力才“暴露”出来。

2. 应力,正应力和剪应力

在外力作用下,根据连续性假设,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。

例如,图1-1(a)所示, $m-m$ 截面上任一点C处的应力用 p 表示

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}$$

ΔP 为微面积 ΔA 上的合内力。

一点处的应力可以分解为两个应力分量。垂直于截面的分量称为正应力,用符号 σ 表示;和截面相切的分量称为剪应力,用符号 τ 表示(图1-1(b))。应力单位为 Pa(帕斯卡, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$), $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$, $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$ 。应力的量纲

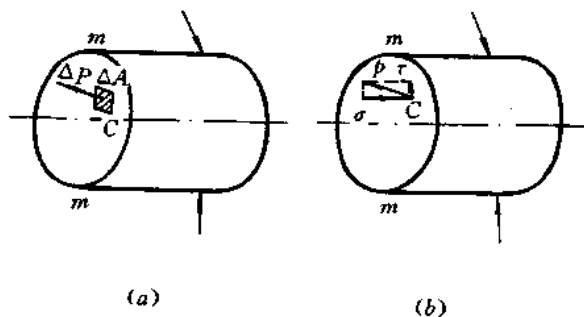


图 1-1

和压强的量纲相同,但是二者的物理概念不同,压强是单位面积上的外力,而应力是单位面积的内力。

3. 截面法

截面法是求内力的基本方法,它贯穿于“材料力学”课程的始终。利用截面法求内力的四字口诀为:切、抛、代、平。

一切:在欲求内力的截面处,假想把构件切为两部分。

二抛:抛去一部分,留下一部分作为研究对象。至于抛去哪一部分,视计算的简便与否而定。

三代:用内力代替抛去部分对保留部分的作用力。
一般地说,在空间问题中,内力有六个分量,合力的作用点为截面形心。如在切开截面建立右手坐标系,以截面形心为原点,则六个内力分量为 N_x, Q_y, Q_z, M_x, M_y 和 M_z (图 1-2)。

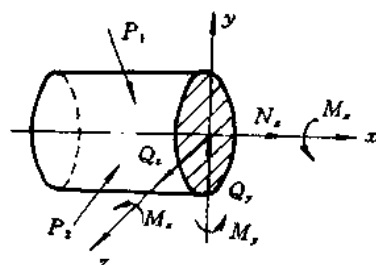


图 1-2

四平:原来结构在外力作用下处于平衡,则研究的保留部分在外力与内力共同作用也应平衡,可建立平衡方程,由已知外力求出各内力分量。

4. 小变形条件在解决材料力学问题时的应用

由于大多数材料在受力后变形比较小,即变形的数量远小于构件的原始尺寸。

在材料力学中,利用小变形的概念,可使问题简化;一些重要的公式,也是在小变形的前提下推导出来的。具体地说:

(1) 在研究构件受力时,可不考虑构件的变形,根据变形前的位置建立力的平衡方程(原始尺寸原理)。

在分析图 1-3 所示简易吊车的受力时,如以新节点 A' 为研究对象,则因 AB 杆受拉力而伸长, AC 杆受压力而缩短,夹角 θ 变为 θ' ,与节点 A' 相应的平衡方程变得十分麻烦(图 1-4(a))。

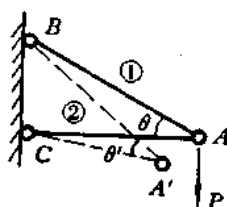


图 1-3

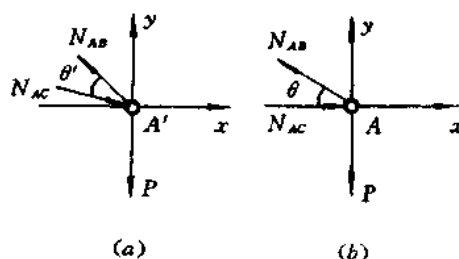


图 1-4

考虑到小变形条件,以节点 A 为研究对象(变形前的平衡位置),其平衡方程为(图 1-4(b))

$$\begin{aligned}\sum x &= 0 & N_{AC} - N_{AB}\cos\theta &= 0 \\ \sum y &= 0 & N_{AB}\sin\theta - P &= 0\end{aligned}$$

由此可以极简便地求得 N_{AB} 和 N_{AC} 。在小变形条件下,所引起的计算数值的差别可以忽略

不计。

(2) 利用小变形条件,可使构件的变形计算得以简化。图 1-5(a) 所示结构,现求节点 A 的垂直位移 δ 。构件受力后,杆 AB、AC 的新位置为 A'B 和 A'C,两杆都受拉而伸长。由于对称,A 点只有铅垂位移。在小变形条件下,可认为 $\angle BA'D \approx \angle BAD = \theta$ 。

在求 AB 杆的伸长变形 ΔL_1 时,可由 A 向 A'B 作垂线,而不是采取以 B 为圆心,以 BA 为半径画圆弧的办法;因为是小变形,可以用切线来代替圆弧(图 1-5(b))。

在 $\triangle AA'B'$ 中 $A'B' \approx \Delta L_1$

$$AA' = \delta = \frac{\Delta L_1}{\cos \theta}$$

(3) 小变形条件使所研究的问题按线性加以对待。

在研究弹性变形时,常常出现一些附加的高次项,使问题非线性化,给求解带来困难;如果利用小变形条件,略去高次项,使问题按线性对待。这种处理方法,在材料力学课程中经常遇到,如挠曲线近似微分方程的推导就是一例。

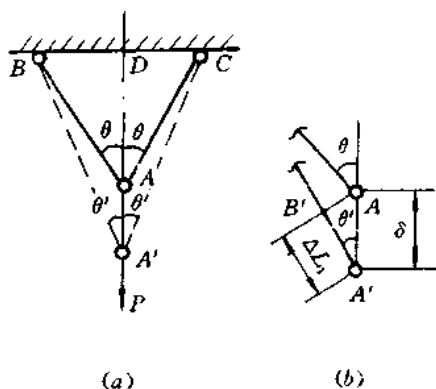


图 1-5

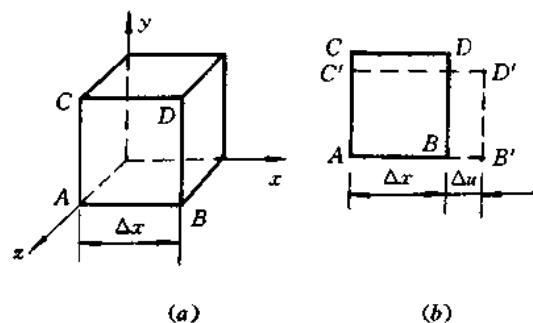


图 1-6

5. 变形,线应变和角应变

构件受力以后,物体内部任意两点的距离和任意两条线段的夹角都会改变。

如果在物体内部 A 点附近取出一个微单元体(边长为微量的微小的正六面体),它的一个边 AB,变形前平行坐标轴 x,且长度为 Δx (图 1-6(a)),变形后长度变为 $\Delta x + \Delta u$, Δu 为 AB 的变形量,如 AB 上各点的变形程度相同,则比值(图 1-6(b))

$$\epsilon = \frac{\Delta u}{\Delta x}$$

称为 AB 线段的平均线应变,而极限

$$\epsilon_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx}$$

定义为 A 点沿 x 方向的线应变。

变形前 AB、AC 两线段夹角为直角,变形后夹角发生改变(图 1-7),其改变量 γ 称为角应变或剪应变。

线应变和角应变都没有量纲。角应变用弧度表示。线应变 ϵ 和角应变 γ 是度量构件变形程度的两个基本量,不同方向的线应变是不同的,不同平面的角应变也是不同的,它们都是坐标

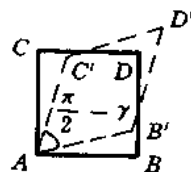


图 1-7

的函数。因此,在描述物体的线应变和角应变时,应明确应变发生在哪一个点,哪一个方向或者哪一个平面里。

6. 应注意的一些问题

初学材料力学课的同学,容易把理论力学中的一些概念和处理问题的方法照搬过来,造成错误。

理论力学课程中把物体抽象为质点或刚体,研究它们的平衡及运动规律,它们的理论基础是牛顿三大定律。

材料力学课程把物体视为弹性体,在弹性范围内,研究其变形和破坏规律,因此,理论力学中的原理在材料力学中并不都是适用的,要加以具体分析,“力的可传性原理”就是一例。

图 1-8 所示一受拉直杆,当把研究对象视为刚体时,力的作用点在 B 或在 C ,都不影响杆件整体的平衡,力可以沿杆件轴线任意平移。但如果把杆件作为变形固体,在 C 作用拉力 P (图 1-8(a)),整个杆件都将受力并变形;而在 B 处作用拉力 P (图 1-8(b)),仅仅 AB 段受力,发生变形;这两种情况是不同的。因此,在“材料力学”中,力不可沿轴线任意平移,即要注意力的作用点。

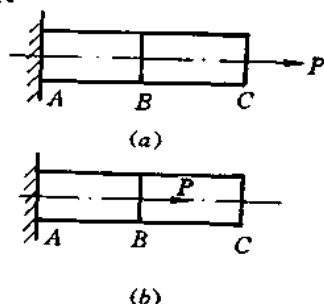


图 1-8

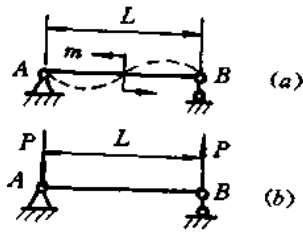


图 1-9

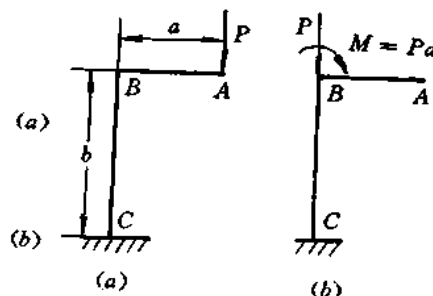


图 1-10

同样,在“材料力学”课程中,力偶矩也是不能任意平移的。图 1-9(a) 和 (b) 所示两种情况,支座反力是相同的。对“变形固体”来讲,图 1-9(a) 所示的简支梁将产生虚线所示的变形,而图 1-9(b),虽然一对力 P 仍然构成力偶 $M = Pl$,但因 P 力刚好作用在支座上,简支梁不会发生变形。

如果力平移简化以后,并不影响所研究部分的受力与变形,则是许可的。图 1-10(a) 所示一平面刚架,如果只研究 BC 段的受力与变形,允许将力 P 从 A 点移到 B 点,这时在 B 点作用一集中力 P 和集中力偶矩 $M = Pa$ (图 1-10(b));对于 BC 段来讲,它和在 A 点施加一集中力 P 时的效应是相同的。

1.2 例题精选

例 1-1 利用截面法,求图 1-11 所示简支梁 $m-m$ 面的内力分量。

解

(1) 将外力 P 分解为两个分量,垂直于梁轴线的分量 $P \sin \theta$,沿梁轴线的分量 $P \cos \theta$ 。

(2) 求支座 A 的约束反力:

$$\sum x = 0 \quad X_A = P \cos \theta$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad Y_A L = P \sin \theta \frac{L}{3}$$

$$Y_A = \frac{P}{3} \sin \theta$$

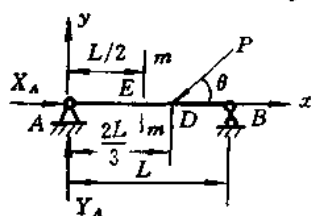


图 1-11

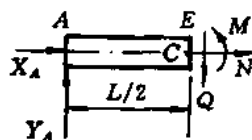


图 1-12

(3) 切开 $m-m$, 抛去右半部分。右半部分对左半部分的作用力用 N 、 Q 和力偶 M 代替(图 1-12)。

以左半段为研究对象, 由平衡条件可以得到

$$\Sigma x = 0 \quad N = -X_A = -P \cos \theta \quad (\text{负号表示与假设方向相反})$$

$$\Sigma y = 0 \quad Q = Y_A = \frac{P}{3} \sin \theta$$

左半段所有力对截面 $m-m$ 的形心 C 的合力矩为零

$$\Sigma M_C = 0 \quad M = Y_A \frac{L}{2} = \frac{PL}{6} \sin \theta$$

讨论 对平面问题, 杆件截面上的内力分量只有三个, 和截面外法线重合的内力称为轴力, 和外法线垂直的内力称为剪力, 矢量与外法线垂直的力偶矩称为弯矩。这些内力分量根据截面法很容易求得。在“材料力学”课程中主要讨论平面问题。

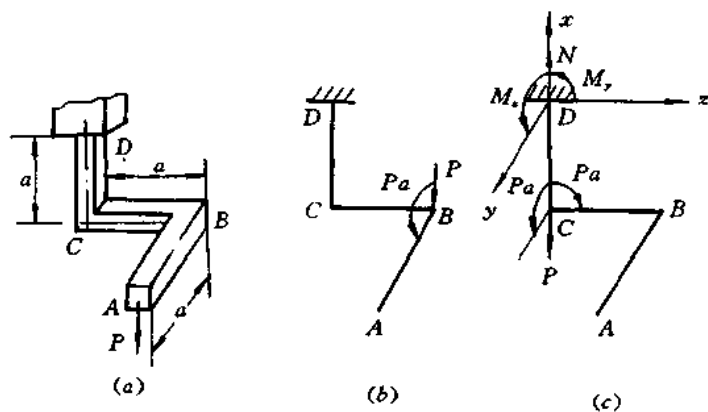


图 1-13

例 1-1 求图 1-13(a) 所示拐杆固定端 D 的内力。

解

(1) 为研究方便, 首先将外力 P 从 A 平移到 B , 在 B 点得到一向下的力 P 和力偶矩 Pa (图 1-13(b))。

然后将力 P 和力偶矩 Pa 从 B 平移到 C , 在 C 得到一向下的力 P 和两个作用在不同平面内的力偶矩 Pa (图 1-13(c))。