

高等学校教学参考书

材料力学 思考题集

老 亮 赵福滨 郝松林 吴荣礼 合编



Cai liao lixue

Sikao tiji

高等教育出版社



高等学校教学参考书

材料力学思考题集

老 亮 赵福滨 郝松林 吴荣礼 合编

高等教育出版社

本书编者根据自己长期教学的丰富经验,为便于学生在学习材料力学课程时能更深入地思考一些问题,共汇集673道思考题,书末给出194道题答案。

所汇集的题,首先从工科大学本科生的学习内容出发,同时亦适当兼顾各类大专(电大、函大、职大、自学等)学生的需要。其中,既有理论和概念方面的,也有实验和工程实际方面的,有些还从日常生活和材料力学发展史等方面提出问题,具有一定的趣味性。

本书适用于各类高等学校工科各专业的师生教学参考,亦可供大专及中专的材料力学教师参考。

责任编辑 蒋鉴

高等学校教学参考书

材料力学思考题集

老、洪、赵福滨 郝松林 吴荣礼 合编

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
中国青年出版社印刷厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张7.25 字数180 000

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷

印数 0 001—4 400

ISBN 7-04-002197-8/TB·124

定价 1.80元

编 者 的 话

为了便于学生在学习材料力学课程时能更深入地思考一些问题，我们尝试编写了这本思考题集。

一些材料力学教科书所给出的思考题，似乎可以分为两大类。一类主要是复习性的，例如，“材料力学的任务是什么？”“材料力学的研究对象是什么？”等等。另一类则不单纯是复习，而且带有一定的思考性。收入本书的673道题，基本上属于后一类（有个别题属于归纳、小结的性质）。当然，这些题目思考起来，其难易和繁简程度是不一样的。在选编题目时，我们首先是从工科大学本科生的学习内容出发，同时亦适当兼顾各类大专学生（包括电大、函授和各种成人、业余教育以及自学等）的需要。若干题目略为超出现行一般教科书内容的范围，以期扩大学生的视野，或为准备报考硕士研究生者复习参考。此外，有些题目，例如第十二章末尾的几道题，涉及到一些有趣的实际问题，但它们却未必有唯一的定量的答案。选入这些题目的目的，是让读者体会一下实际问题的复杂性和综合性，并尝试如何运用材料力学知识来处理这些问题。这或许有助于能力的锻炼和培养。在本书编写过程中，某些题目曾被用作学生智力竞赛的答辩题，并引起了同学们的兴趣。总之，本书不仅是学生学习材料力学时的一本参考读物，而且还可供教师在教学中参考。

对于较为困难或复杂，以及超出一般教科书内容范围的思考题，一般用星号“*”注明。书末还给出了194道题的答案或提示，以供参考。限于篇幅，并出于培养学生自学能力的考虑，在不少答案中只列出了参考文献。为了读者能方便找到有关资料，答案中仅介绍中文书刊，并以近期出版的为主（一本书写有两个年份者，依次表示第1、2版）。至于外国人名，凡《中国大百科全

书·力学》上有的，本书一律照着译出，其他则采用较为通行的译名。

清华大学范钦珊副教授审阅了书稿，并提出了许多宝贵的意见。国防科学技术大学陈荣锦教授提供了有关实验方面的十几道题目。在此谨向他们表示深切的谢意。

限于水平和时间，书中一定存在不少问题，甚至错误，欢迎读者指正。

编 者
1988年

目 录

编者的话	(I)
第一章 绪论和基本概念	(1)
第二章 拉伸和压缩	(3)
第三章 剪切和扭转	(20)
第四章 应力状态和强度理论	(29)
第五章 平面图形的几何性质	(42)
第六章 弯曲	(48)
第一节 内力	(48)
第二节 应力	(58)
第三节 变形	(74)
第七章 组合变形	(89)
第八章 变形能法	(98)
第九章 超静定体系	(108)
第十章 压杆稳定和梁柱 (纵横弯曲)	(119)
第十一章 动载和疲劳	(129)
第十二章 综合性问题和其他	(144)
答案和提示	(170)
答案和提示所引用的参考文献	(222)

第一章 绪论和基本概念

1.1 如果我们作这样的概括：材料力学从宏观上研究 构件（主要是杆件）在外力作用（和温度变化）下的变形和失效的规律，为合理设计提供有关的基础，那么，这里讲的变形和失效问题又可分为哪几个方面？所谓合理包含有什么主要的要求？

1.2 材料力学的研究对象与理论力学的研究对象有什么区别和联系？为什么会有这样的区别？

1.3 材料力学中对构件的材料有哪些基本假设？为什么要有这些假设？在什么情况下这些假设是符合或不符合实际情况的？

1.4 均匀性假设与各向同性假设的区别在哪里？均匀性假设实际上包含了连续性假设，对吗？

1.5 试列举五种以上不是各向同性的固体。

1.6 材料力学中为什么要引入“小变形”的限制条件？试举二、三例说明。

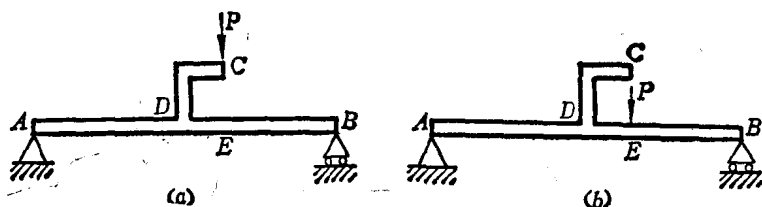
1.7 试列举几个可以简化为杆件的实际零、构件（最好是结合所学专业的）。

1.8 试就日常生活中所见，列举一些静载荷、动载荷和恒载荷以及体积力、表面力（按面积和按长度分布的）和集中力的实例。

1.9 将实际零、构件的受力、支承等情况简化为材料力学的计算模型时，是只能简化为一种还是可以有不同的模型？试举例说明。

1.10 内力与应力有什么区别和联系？横截面上的法向内力就是该面上法向应力的合力，这样的说法是否合适？

1.11 在求解材料力学的问题中, 理论力学里力的可传性原理什么时候可以应用, 什么时候不能应用? 图中力 P 的作用点若从 C 处移到 E 处, 对支反力有影响吗? 对哪一段杆的内力和变形有影响?



题 1.11 图

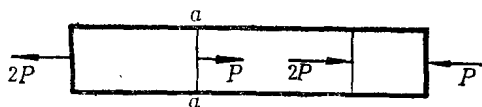
1.12 对于所学专业或日常生活会遇到的某一种结构物、机械或武器, 试分析它的各个零、构件属于哪种杆件或板壳, 并分析其中各杆件的受力和变形形式。

1.13 杆件的基本变形一般有轴向拉伸(压缩)、剪切、扭转和弯曲四种, 而应变则只有线应变(正应变)和角应变(剪应变)两种。这样说对吗?

1.14 变形和位移有什么区别和联系? 构件中的某一点, 若沿任何方向都不产生应变, 则该点一定没有位移。试问这种说法是否正确? 并举例说明。

第二章 拉伸和压缩

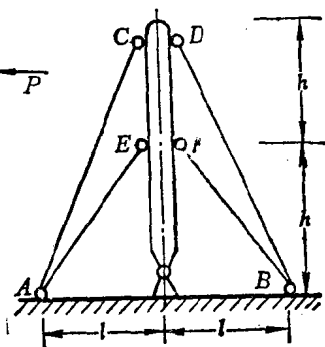
2.1 对于图示的杆件，若刚好在外力 P 作用的截面 $a-a$ 上



题 2.1 图

把它假想切开，那么力 P 应算是作用在哪一段上？这样能否得到该截面上确定的内力值？为什么？

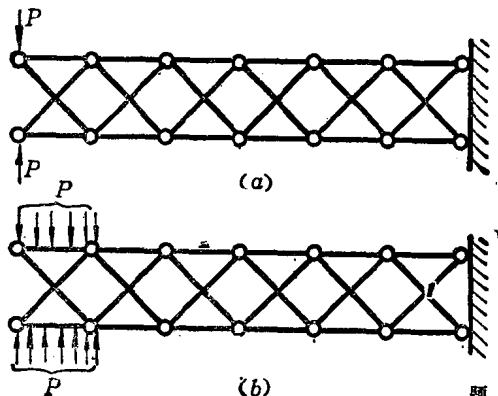
2.2 图示一起重桅杆，由四根钢丝绳拉紧，使它保持直立状态。



题 2.2 图

这时 AC 和 BD 两绳的拉力一致， AE 和 BF 两绳的拉力一致。若突然有一根钢丝绳断了，比如 BD ，问其他三根钢丝绳的拉力会有什么变化？

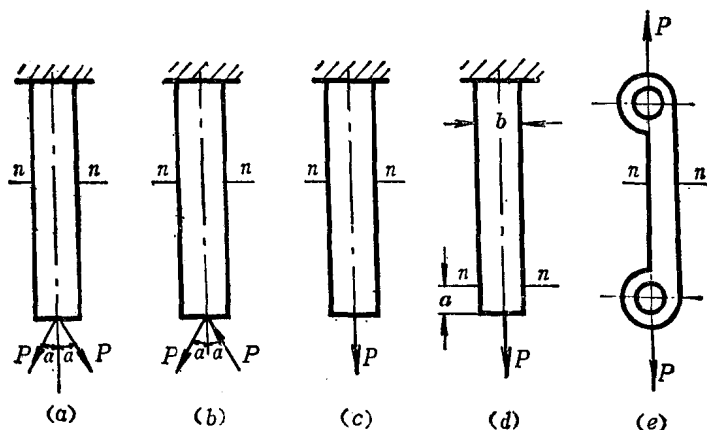
2.3 两个相同的多节桁架受不同的载荷作用，如图所示，其



题 2.3 图

中各相交斜杆互不接触。问两种载荷对各节杆件内力的影响是否相同? 为什么?

2.4 图示各直杆在 $n-n$ 截面上的正应力, 哪些属于均匀分布的? 为什么? 图 d 中尺寸 $a < b$ 。

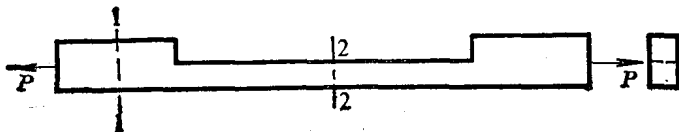


题 2.4 图

2.5 杆件受拉如图, 由于截面1-1和2-2上的轴力为 $N_1 = N_2 = P$, 截面积 $A_1 = 2A_2$, 所以正应力分别为

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{P}{2A_2}, \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{P}{A_2}$$

即 $\sigma_2 = 2\sigma_1$, 对吗? 如果认为不对, 那么, 在什么条件下可以得到上述结果?

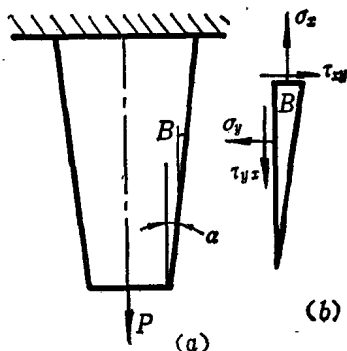


题 2.5 图

2.6 横截面为任意形状的等直杆, 如果受拉时整个横截面

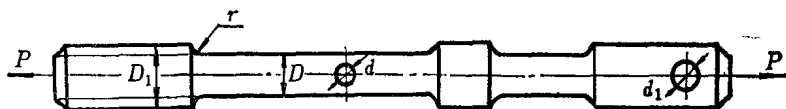
上的正应力是均匀分布的, 问此面上的合力作用线是否通过它的形心? 怎样用静力学来证明这一点?

2.7 图 a 所示为等厚度、变宽度杆件受轴向拉力作用, 其横截面上是否有剪应力存在? 平面假设和横截面上的正应力公式 $\sigma = N/A$ 是否仍可适用? 为什么? 若从杆中 B 点处取出一个五面体 (称为单元体) 如图 b 所示, 则由它的平衡条件求得 $\sigma_x = \tau_{yx}, \sigma_y = \tau_{xy}$, 对吗? 为什么?



题 2.7 图

2.8 特制受拉圆杆如图, 采用简单拉伸的正应力公式 $\sigma = N/A$ 对它进行强度校核时, 应注意哪些问题? 杆中有直径为 d 和 d_1 的两个圆孔。



题 2.8 图

2.9 已知图示桁架两杆的 $[N_1] = [\sigma_1] A_1 = 2[\sigma_2] A_2 = 2[N_2]$, 为求它的许可载荷 $[P]$, 由节点 B 的平衡方程:

$$\sum X = 0, \quad -N_1 \sin 30^\circ + N_2 \sin 60^\circ = 0 \quad (a)$$

$$\sum Y = 0, \quad N_1 \cos 30^\circ + N_2 \cos 60^\circ - P = 0 \quad (b)$$

求得 $N_1 = \sqrt{3}P/2$ 和 $N_2 = P/2$ 。有几位同学用下列不同方法继续求解:

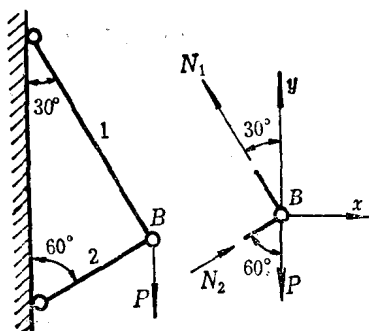
$$(1) \text{ 由于 } N_1 > N_2, \text{ 所以 } [P] = \frac{2}{\sqrt{3}} [N_1],$$

$$(2) \text{ 由于 } \frac{[N_2]}{[N_1]} < \frac{N_2}{N_1}, \text{ 所以 } [P] = 2[N_2],$$

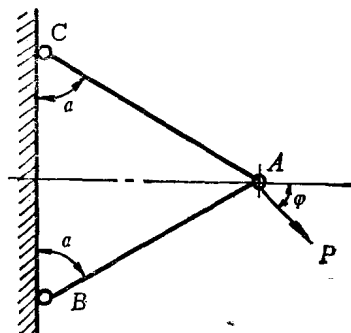
(3) $[P]$ 与两杆都有关, 所以由式 (b) 得

$$[P] = [N_1] \cos 30^\circ + [N_2] \cos 60^\circ$$

以上谁的解法正确? 为什么?



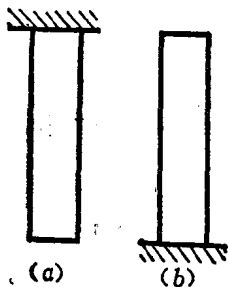
题 2.9 图



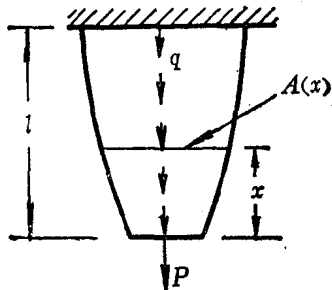
题 2.10 图

2.10 图示桁架两杆的尺寸和材料都相同, 在桁架平面内受力 P 的作用。若两杆长度不变, 对于下列两种情况, 试确定使杆件用料最省的角度 φ 或 α : (1) $\varphi = 90^\circ$, 确定 α 角; (2) $\alpha = 45^\circ$, 确定 φ 角。

2.11 已知一等直杆的重量 W 、长度 l 、弹性模量 E 和泊松比 μ , 当按图示不同方式放置时, 两者的体积是增大还是缩小? 你会计算其体积变化吗?



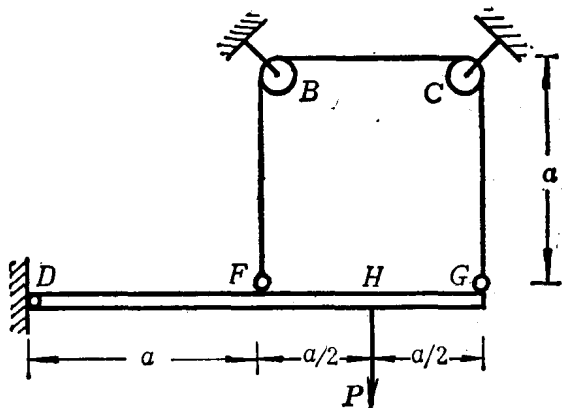
题 2.11 图



题 2.12 图

2.12 变截面圆杆受力如图, 已知集中力 P 和均布力 q 、杆的长度 l 和截面积 $A(x)$ 、弹性模量 E 和泊松比 μ 。若认为杆件均匀拉伸, 问如何求距底端为 x 处的轴向线应变 ε_x 、面积变化率 $\Delta A(x)/A(x)$ 和总体积变化?

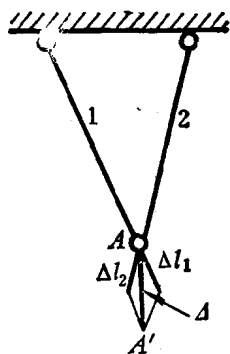
2.13 如图所示, 刚性杆 DG 用铰链固定于 D 点, 并由绕过 B 和 C 两个滑轮的绳索吊住。求绳索的内力时, 这是一个静定还



题 2.13 图

是超静定问题? 你能确定着力点 H 的垂直位移吗? 绳索是否有某个截面的位置保持不动? 你能找到它在哪里吗?

2.14 已算得图示两杆的伸长分别为 Δl_1 和 Δl_2 。有人认为, 结点位移是向量, 所以按照平行四边形定律, 以“位移分量” Δl_1 和 Δl_2 为两边作平行四边形, 则对角线就表示 A 点的“总位移” Δ 。这样做对吗? 为什么?



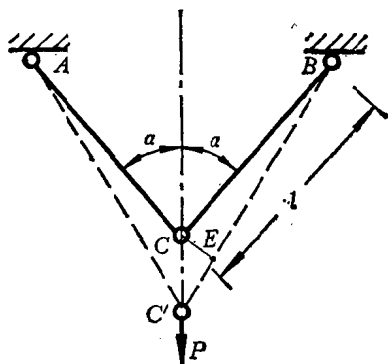
题 2.14 图

2.15 图示对称结构, CC' 为 C 点在铅垂力 P 作用下的位移, CE 垂直于 BC' , 由“小变形”知 EC' 等于 BC 杆

的伸长 Δl_{BC} , $\angle EC'C$ 仍近似等于 α 。试指出下列两种算法正确与否。若有错误则指出错在哪里。

$$(1) CC' = \frac{EC'}{\cos \alpha} = \frac{\Delta l_{BC}}{\cos \alpha};$$

$$\begin{aligned} (2) CC' &= BC' \cos \alpha - BE \cos \alpha \\ &= (l + \Delta l_{BC}) \cos \alpha - l \cos \alpha \\ &= \Delta l_{BC} \cos \alpha \end{aligned}$$



题 2.15 图

2.16 能否利用一般的万能试验机或拉伸试验机的绘图装置所自动描出的拉伸图来测定材料的弹性模量? 为什么?

2.17 通过杆件拉伸试验测定弹性模量时, 已知测力的误差为 $\pm 2\%$, 卡尺的误差为 $\pm 5\%$, 引伸计的误差为 ± 0.01 , 你怎样来估算 E 的最大可能相对误差?



题 2.18 图

2.18 用电测法测定材料的弹性模量 E 和泊松比 μ 时, 往往采用图示的矩形截面板状拉伸试样。试设计电阻应变片的最佳贴片位置, 并说明其理由。

*2.19 延伸率一般用 δ_{10} 和 δ_5 表示, 它们的含义有什么不同? 同一种材料的 δ_{10} 和 δ_5 是一样大吗? 为什么? 当试件有颈缩但其位置不同时 (例如在中间或靠近某一端), 对于同样的材料和标距, 其 δ 值是否一样? 为什么? 一般标准规定以颈缩大致居中为准, 但试验时却出现了颈缩靠近一端的

情况, 这样的试验结果是否只能作废? 采用怎样的测量和计算方法, 就可以得到相当于颈缩居中的有效的 δ 值呢?

2.20 通常把延伸率 $\delta > 5\%$ 的材料叫做塑性材料。是否塑性材料的屈服限 σ_s 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$, 在拉伸与压缩时都几近相等? 可否举出一些塑性材料, 其拉伸与压缩的屈服应力存在着不容忽视的差异?

2.21 在拉伸试验中, 为什么对 σ_s 和 σ_b 用试件三处截面积的最小值计算, 而对 E 和 $\sigma_{0.2}$ 则用试件三处截面积的平均值计算?

2.22 经冷作硬化(强化)的材料, 在性能上有什么变化? 在应用上有什么利弊?

2.23 在拉伸和压缩试验中, 各种材料试样的破坏形式有哪些? 试从宏观上大致分析其破坏的原因。

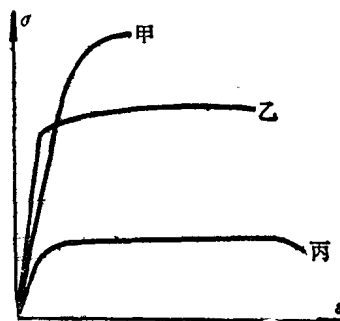
2.24 在灰铸铁压缩试验中, 测量一下试样断裂面的倾角, 并研究此倾角为什么不是 45° 。

2.25 通常把延伸率 $\delta < 5\%$ 的材料叫做脆性材料, $\delta > 5\%$ 的叫做塑性材料。是否塑性材料制成的圆柱形试样都只能压成薄圆饼状而不能压至破裂, 因而得不到压缩强度限? 是否脆性材料则必定被压破而不会被压成薄圆饼状?

2.26 某种材料的压缩强度限是拉伸强度限的四倍左右, 是否压缩弹性模量也是拉伸弹性模量的四倍左右?

2.27 从拉伸试验所测得某种材料的屈服限或屈服强度、强度限、延伸率和断面收缩率, 能否判断这种材料拉伸时是否发生了颈缩? 为什么?

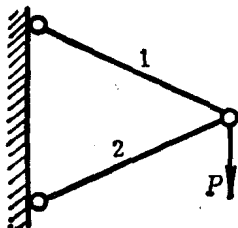
2.28 图示三种材料的拉伸应力-应变曲线, 试比较它们的强度、刚度和塑性。



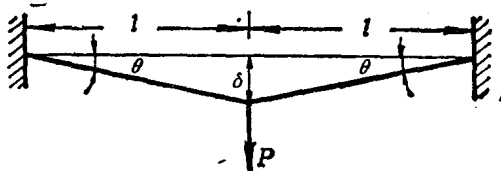
题 2.28 图

2.29 甲说灰铸铁是脆性材料，低碳钢是塑性材料，所以灰铸铁的变形比低碳钢小。乙说低碳钢的强度比灰铸铁大，所以它的变形比灰铸铁小。在这个争论中，你要发表什么样的意见呢？

2.30 备有低碳钢和灰铸铁的杆件可供你选用，试问如何构造图示桁架比较合适？



题 2.30 图



题 2.31 图

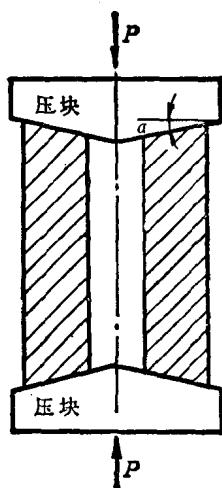
*2.31 图示一种“弦丝测力计”，当弦丝为线弹性材料时，问这种测力计的 $P-\theta$ 特性曲线是直线还是曲线？你能把它画出来吗？

*2.32 用同一材料制成直径相同而长度不等的压缩试样，由试验画出它们的压缩应力-应变曲线是否相同？为什么？

2.33 如图所示，将压缩试样制成两端有凹锥的圆筒形，同时压块亦制成与之吻合的圆锥形。这样做有什么好处？如何确定合适的角度 α ？

2.34 在弹性范围内，空心圆杆受轴向压力时，如果不考虑两端摩擦力的影响，它是否外径扩大、内径缩小？为什么？

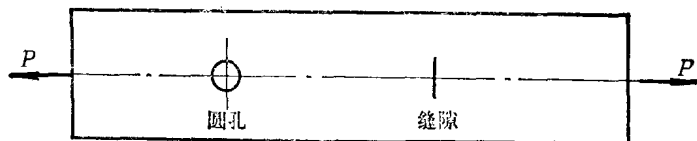
2.35 灰铸铁试样受拉伸时，为什么断口常常发生在标距段与夹持段



题 2.33 图

之间？如果在中间断开，这可能是什么原因？试对后者的断口作一仔细的观察。

2.36 取一张长约240mm，宽约60mm的纸条，在其中剪一直径为10mm的圆孔和长为10mm的横向缝隙，如图所示。当用手拉纸条的两端时，问破裂从哪里开始？为什么？



题 2.36 图

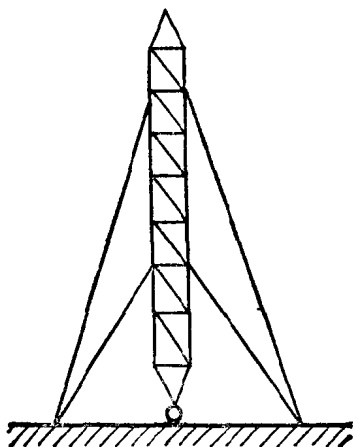
2.37 受拉伸和压缩的杆件，在怎样的情况下会发生应力集中现象？应力集中系数是否与材料有关？在静载条件下如何考虑应力集中对塑性材料和脆性材料的影响？

2.38 试指出下列概念的区别和联系：

- (1) 比例限与弹性限；
- (2) 工作应力、极限应力（或危险应力）与许用应力；
- (3) 延伸率与线应变；
- (4) 断面收缩率与横向线应变。

2.39 泊松比 μ 的数值一般在什么范围？若 $\mu = 0$ ， $\mu < 0$ ， $\mu = 0.5$ ， $\mu > 0.5$ ，则材料在单向拉伸时会产生什么结果？会不会 $\mu > 1$ ？

2.40 图示一塔架，下端用柱铰安装在地面上，两边左右对称地用绳索拉住。当从左边或右面有风吹来时，为确定



题 2.40 图