

新世纪 理工科研究生入学考试指导丛书

典型题解析与实战模拟

结构力学

任钧国 蒋志刚 编写

国防科技大学出版社

新世纪
理工科研究生入学考试指导丛书

结 构 力 学

典型题解析与实战模拟

国防科技大学出版社
·长沙·

内 容 简 介

本书根据教育部制定的结构力学课程教学大纲要求和硕士研究生入学考试要求而编写。全书分为两大部分。第一部分为解析篇,内容涉及到结构力学的基本概念、研究方法,共分十章。每一章含内容提要、考试重点、典型题解和习题精选。大部分例题和习题选自近年来重点高等院校硕士研究生入学试题。所有习题都给出详细的参考答案。第二部分为实战篇,分为模拟试题(3套)和近几年重点院校的考研试题(6套)。

本书适合作为报考土木建筑、水利工程、道路桥梁及航空航天类专业硕士研究生的考前复习参考书,也可作为大学生学习相关课程的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学:典型题解析与实战模拟/任钧国等编写. - 长沙:国防科技大学出版社,2003.7
(新世纪理工科研究生入学考试指导丛书)

ISBN 7-81024-975-4

I.结… II.任… III.结构力学-研究生-入学考试-自学参考资料 IV.0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 053219 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail:gfkdcbs@public.cs.hn.cn
责任编辑:石少平 责任校对:黄 煌
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:23.75 字数:549 千
2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-3000 册

*

定价:36.00 元

新世纪理工科研究生入学考试指导丛书

编审委员会

主任委员:

陈火旺 (国防科技大学计算机学院教授,中国工程院院士)

副主任委员:

麦中凡 (北京航空航天大学计算机科学与工程系教授)

侯文永 (上海交通大学电子信息学院教授)

彭文生 (华中科技大学机械工程学院教授,全国机械设计教学研究会理事长)

委员:

屈婉玲 (北京大学计算机系教授)

王广芳 (国防科技大学计算机学院教授)

陈松乔 (中南大学信息工程学院教授)

宁 洪 (国防科技大学计算机学院教授,全国高校计算机专业教学指导委员会委员)

邹逢兴 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

任钧国 (国防科技大学航天与材料工程学院教授)

刘明俊 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

策 划:

潘 生 张 静 石少平

序

新世纪来临,挑战和机遇共存。作为当代大学生和有志青年,当务之急是积累知识,培养能力,以备将来为祖国为人民服务,实现自身的理想和价值。因而,近年来高校“考研热”不断升温,引人关注。

为满足广大学生考研复习之需,更为了适应培养高素质高水平人才的形势,不少出版社出版了辅导学生深入学习课程的参考书,但多是关于数学、外语、政治等公共基础课的,针对各门专业课的指导书较少,精品更少。鉴于此,国防科技大学出版社经多方调研,全面规划,精心组织作者编写了这套旨在帮助学生学习各门专业课、提高考研应试能力的指导丛书。该套丛书具有以下几大特色:

(一)作者经验丰富,权威性强

本丛书的作者都是经悉心遴选,从事教学、科研、著书多年,某些是在全国有相当影响、所著的教材(或专著)在相应专业使用较广的资深专家教授。他们都是高校硕士或博士指导教师。他们在编写这套丛书时废寝忘食,躬行写作,将自己多年积累的经验、体会凝聚在字里行间,奉献给广大的读者,相信他们的辛勤劳动成果必然会对大家学习有关课程有极大帮助,这正是我们丛书编审委员会最感欣慰的。

(二)题目收集广泛,针对性强

这套丛书紧扣国家教育部制定的课程教学大纲和研究生入学考试要求,合理安排各书内容,条理清晰,详略分明,深入浅出,释疑去惑,并广泛搜集近年全国 20 余所重点高

校或研究所考研试卷,加以分析、归纳、提高,使读者既能把握各门专业课程的全貌,又能抓住主脉络,领会其中的主要原理、方法,真正提高能力。

(三)突出实战模拟,操作性强

这套丛书中每本书分解析篇和实战篇。其中解析篇按章分提要、例题、习题、习题解答,分别讲清理论、分析各种解题技巧、提供练习和检验机会,使学生全面掌握课程的概念、原理、方法和技巧,学深、学透。实战篇,提供几份模拟题及其参考答案、多份重点高校近年考研试卷,供学生在课程考试或考研的前夕实景备战,以巩固复习成果,丰富考场经验,增强自信心。这样的结构安排极利于学生使用好本丛书。

国防科技大学出版社、丛书编审委员会和编写者共同努力,辛勤劳动,所有的书稿均经多次审定、修改,使这套丛书达到了较高的质量水平,相信本丛书必能为在书海中遨游的学子指点迷津,助他们踏上成功之路。

本丛书除了适合高校学生学习使用外,对广大的自学者、相关专业工程技术人员亦会有所裨益。

丛书编审委员会邀我为该书作序,谨寄数言,既是对这套丛书的郑重推荐,也是对该套丛书编写者的敬意。

陳大旺

2001年5月

前言

结构力学是土木建筑、水利和道路桥梁各专业及航空航天结构设计专业的技术基础课,也是这些专业研究生的入学考试科目。结构力学在力学方面主要建立在理论力学和材料力学基础上,因此具有很强的实践性和灵活性。为了帮助读者在短时间内复习结构力学,抓住和掌握这门课程的精髓,并且有所提高,本书以正确理解概念和原理、掌握解题技巧、突出重点和难点为原则,对那些具有普适性的典型问题,特别是针对研究生入学考试的重点和疑难问题,详尽地予以阐述。

本书包括两部分。第一部分为解析篇,以国家教育部制定的结构力学课程教学大纲为主线,分为十章:第一章关于结构计算简图,由于有的专业的结构力学研究生入学考试内容包含材料力学,因此添加了有关材料力学部分内容;第二章关于结构机动分析;第三章关于静定结构的内力计算,包括梁、刚架、桁架和三铰拱,由于航空航天类专业可能对薄壁结构有所要求,因而添加了关于薄壁结构的内容;第四章关于虚功原理和结构位移的计算,也提及了能量原理;第五章关于超静定结构,包括力法、位移法和力矩分配法;第六章关于影响线的计算;第七章关于矩阵位移法;第八章关于弹性稳定性计算;第九章关于结构动力计算;第十章关于结构极限载荷。每一章包括内容提要(包括考试重点)、典型题解和习题,所有习题均给出详细的参考答案。内容提要着重理清各章的概念、原理和方法,使读者掌握重点和难点;典型题解通过对精选的各类例题深入分析和解答,使读者领会各章的精髓,提高解题技巧;习题给读者提供更多的练习,而详尽的习题解答可进一步检验、提高读者解决问题的能力。本书的大部分例题和习题选自近几年来全国十几所著名大学的研究生入学考试试题。本书的第二部分为实战篇,包括3份考研模拟试卷,6份2001年以后的考研典型试卷。读者通过这部分的实战练习,定会更全面、透彻地理解和掌握结构力学这门课程,并能轻松地应对各种类型的考试。

本书适合作为研究生入学考试的复习参考书,也可以作为本科生、自考生和其他人员学习结构力学辅导用书。由于各高校结构力学考试内容略有差别,请读者根据所报考单位提供参考书的内容作适当选择。

本书第一部分第五、六、八、九、十章由蒋志刚编写,第一部分的第一至四章、第七章和第二部分由任钧国编写,并负责最后统稿。编者感谢为本书提供资料的各高校的老师以及参与编写工作的研究生田四朋、王大志、刘宇、张书俊、孔铁全和吴志桥。

由于编者水平有限,书中难免疏漏,恳请读者批评指正。

作 者

2003 年 5 月

目 录

解 析 篇

第一章 引论

1.1 内容提要	(1)
1.1.1 结构力学的研究对象	(1)
1.1.2 结构计算简图	(1)
1.1.3 与材料力学的相关内容	(4)
1.1.4 考试重点	(13)
1.2 典型题解	(13)
1.3 习题	(21)
1.4 习题解答	(25)

第二章 结构的几何不变性

2.1 内容提要	(28)
2.1.1 结构的几何构造分类	(28)
2.1.2 自由度、约束、铰	(29)
2.1.3 平面几何不变体系	(30)
2.1.4 空间几何不变体系	(33)
2.1.5 考试重点	(34)
2.2 典型题解	(34)
2.3 习题	(39)
2.4 习题解答	(42)

第三章 静定结构

3.1 内容提要	(44)
3.1.1 静定结构的一般概念	(44)
3.1.2 静定梁与刚架	(45)
3.1.3 桁架	(47)

3.1.4 实体三铰拱	(49)
3.1.5 薄壁结构	(51)
3.1.6 考试重点	(54)
3.2 典型题解	(54)
3.3 习题	(67)
3.4 习题解答	(87)

第四章 弹性体系的虚功原理、结构位移计算、能量原理

4.1 内容提要	(94)
4.1.1 基本概念	(94)
4.1.2 虚功原理	(95)
4.1.3 单位载荷法	(95)
4.1.4 结构位移计算	(96)
4.1.5 图乘法	(97)
4.1.6 线性变形体的互等定理	(97)
4.1.7 能量原理	(99)
4.1.8 考试重点	(100)
4.2 典型题解	(100)
4.3 习题	(106)
4.4 习题解答	(112)

第五章 超静定结构

5.1 内容提要	(115)
5.1.1 基本概念	(115)
5.1.2 力法	(117)
5.1.3 位移法	(122)
5.1.4 渐近法	(127)
5.1.5 对称结构的计算及无弯矩杆件的判断	(131)
5.1.6 分区混合法	(134)
5.1.7 考试重点	(135)
5.2 典型题解	(136)
5.3 习题	(156)
5.4 习题解答	(185)

第六章 影响线及其应用

6.1 内容提要	(196)
6.1.1 影响线的概念	(196)
6.1.2 静力法作影响线	(196)

6.1.3 机动法作影响线	(197)
6.1.4 影响线的应用	(200)
6.1.5 考试重点	(202)
6.2 典型题解	(202)
6.3 习题	(209)
6.4 习题解答	(214)

第七章 矩阵位移法

7.1 内容提要	(221)
7.1.1 基本概念	(221)
7.1.2 杆单元 弹簧元 梁单元 刚架单元 连续梁单元	(222)
7.1.3 单元等效结点载荷	(226)
7.1.4 结构刚度矩阵 结构载荷列阵 平衡方程	(228)
7.1.5 先处理法和后处理法	(229)
7.1.6 单元内力和支反力	(230)
7.1.7 矩阵位移法求解步骤	(231)
7.1.8 考试重点	(231)
7.2 典型题解	(231)
7.3 习题	(247)
7.4 习题解答	(255)

第八章 结构的动力计算

8.1 内容提要	(262)
8.1.1 动力载荷分类和结构的动力自由度	(262)
8.1.2 单自由度体系的自由振动	(264)
8.1.3 单自由度体系的强迫振动	(266)
8.1.4 多自由度体系的自由振动	(271)
8.1.5 多自由度体系的强迫振动	(274)
8.1.6 考试重点	(276)
8.2 典型题解	(277)
8.3 习题	(284)
8.4 习题解答	(290)

第九章 结构的稳定计算

9.1 内容提要	(295)
9.1.1 基本概念	(295)
9.1.2 分析分支点稳定问题的静力法	(296)
9.1.3 分析分支点稳定问题的能量法	(298)

9.1.4 平面刚架的稳定分析	(298)
9.1.5 考试重点	(299)
9.2 典型题解	(300)
9.3 习题	(310)
9.4 习题解答	(313)

第十章 结构的极限载荷

10.1 内容提要	(319)
10.1.1 基本概念	(319)
10.1.2 比例加载的一般定理	(321)
10.1.3 结构极限载荷的计算方法	(321)
10.1.4 考试重点	(323)
10.2 典型题解	(323)
10.3 习题	(329)
10.4 习题解答	(331)

实 战 篇

一、模拟试题

模拟试题(一)	(333)
模拟试题(二)	(337)
模拟试题(三)	(341)

二、实战试题

1. 华中理工大学 2001 年硕士研究生入学考试试题	(344)
2. 上海交通大学 2001 年硕士研究生入学考试试题	(347)
3. 北京航空航天大学 2002 年硕士研究生入学考试试题	(349)
4. 浙江大学 2002 年硕士研究生入学考试试题	(353)
5. 同济大学 2002 年硕士研究生入学考试试题	(359)
6. 国防科技大学 2003 年硕士研究生入学考试试题	(362)

参考文献	(365)
------------	-------

解析篇

第一章

引论

结构系指能承受载荷、维持体系平衡和形状并起骨架作用部分,简称结构。在结构设计中,需要对实际结构进行受力分析、内力和变形的计算。由于结构的组成和受力都很复杂,于是要对结构和载荷进行简化,保存主要因素,把结构抽象为计算模型,这种计算模型称为结构计算简图。本章主要复习结构计算简化基本知识,与材料力学有关内容和薄壁结构工程梁。

1.1 内容提要

1.1.1 结构力学的研究对象

结构力学研究结构的组成规律和合理形式,以及结构在外载作用下的强度、刚度和稳定性分析。

1.1.2 结构计算简图

1. 杆件、支座和结点的简化

(1) 杆件

当结构元件某方向的尺度比其它方向的尺度大得很多时,称这种元件为杆,其两个主要几何因素是轴线和横截面积。其变形主要特点是变形过程中其横截面基本上保持为平面,称为平面假定。在计算简图中用其轴线表示。

(2) 平面结构的支座

1) 可动铰支座

支座构造如图 1-1(a) 所示,其计算简图如图 1-1(b),它容许结构绕铰转动,又容许结构沉垫块平面左右移动,其支反力 F_y 垂直于梁。

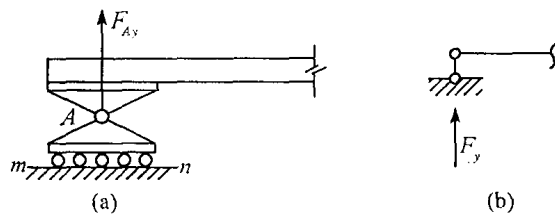


图 1 - 1

2) 固定铰支座

支座构造如图 1 - 2(a) 所示, 其计算简图如图 1 - 2(b)。它容许结构绕铰转动, 不容许移动, 其支反力通过铰心, 方向不确定, 因而有两个分量, 水平分量 F_x 和垂直分量 F_y 。

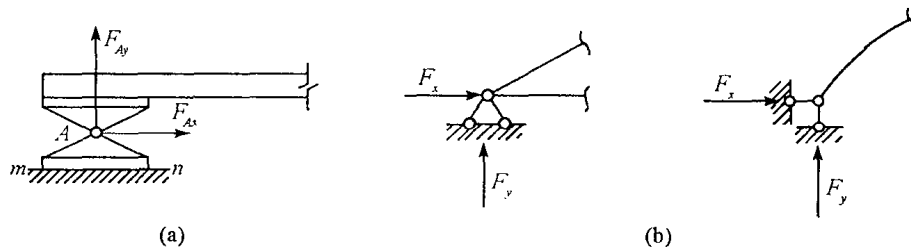


图 1 - 2

3) 固定支座

支座构造如图 1 - 3(a) 所示, 其计算简图有如图 1 - 3(b), 它既不容许结构转动, 又不容许移动, 其支反力有两个分量, 水平分量 F_x 和垂直分量 F_y , 还有支反力偶矩 M 。

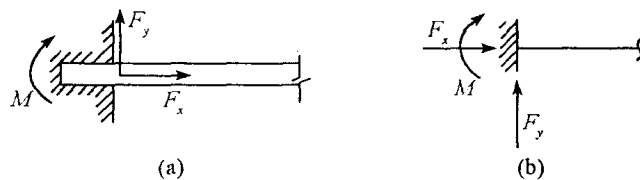


图 1 - 3

4) 定向支座

支座只允许沿某方向移动, 而不允许发生转动, 如图 1 - 4(a) 所示, 显然这种支座只有两个反力, 其计算简图有如图 1 - 4(b)、(c), 两种。

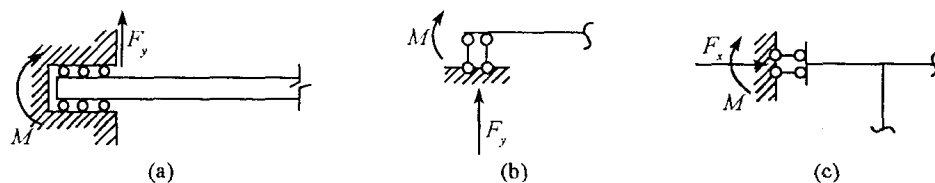


图 1 - 4

(3) 结点

杆系结构中, 几根杆件相互连接处称为结点。在计算简图中, 结点通常简化为以下两种模型及其组合:

1) 铰结点

所连接的各杆都可以绕结点自由转动,结点处各杆之间的夹角在变形中可以改变,这种结点不传递力矩,铰结点计算简图 1-5(a) 所示。平面结构中,各杆是绕过铰心垂直于平面的直线自由转动,空间结构中,各杆是绕过铰心自由转动。

2) 刚结点

所连接的各杆都不能绕结点转动,结点处各杆之间的夹角在变形中不改变,这种结点能传递力矩,刚结点计算简图 1-5(b) 所示。

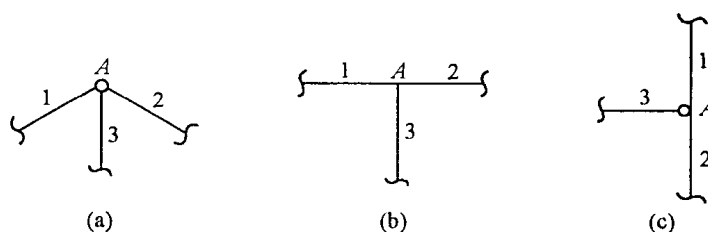


图 1-5

3) 组合结点

所连接的杆有些不能绕结点转动,有些可以绕结点自由转动,如图 1-5(c) 所示的结点,杆 3 与结点铰连接,杆 1 和杆 2 与结点刚连接。

2. 载荷的确定和分类

载荷的确定涉及到很多因素,需要参考有关资料和规范,合理的确定是进行计算和合理设计的前提。

载荷的分类主要有:分布载荷与集中载荷;永久载荷与临时载荷;固定载荷与移动载荷;静力载荷与动力载荷;主要载荷、附加载荷与特殊载荷。

3. 结构的分类

(1) 元件分类

1) 杆件结构

结构由杆件或杆系组成,如桁架、刚架。

2) 薄壁结构

当结构的一个方向的尺度比其它两个方向的尺度小得很多时,这种结构称为薄壁结构,如板。

(2) 结构几何特征分类

1) 平面结构

组成结构的所有元件和载荷均在同一平面内的结构。

2) 空间结构

组成结构的所有元件和载荷不在同一平面内的结构,实际结构都是空间的,但取计算简图时,许多结构可简化为一个或几个平面结构计算。

4. 结构系统的简化

实际结构状态往往很复杂,不经过简化难以分析,简化主要原则是保留原结构的主要特征和变形的主要因素。简化包括元件的简化,支撑的简化,载荷的简化。

1.1.3 与材料力学相关的内容

1. 截面的几何性质

虽然杆的主要两个几何因素是长度和横截面,但是横截面的形状对杆的变形大小也有很大影响。一般杆的轴线方向取为 x 轴,横截面取为 yz 平面。在材料力学中主要用到下列几个量。

(1) 截面的静矩和形心位置

yz 平面内的截面微元 dF (如图 1-6) 对 y 轴或 z 轴的静力矩,其面积分称为此截面的静矩,即下列两个积分

$$\begin{cases} S_z = \int_F y dF \\ S_y = \int_F z dF \end{cases} \quad (1-1)$$

截面的形心位置 $(\bar{y}, \bar{z})$ 为

$$\begin{cases} \bar{y} = \frac{S_z}{F} \\ \bar{z} = \frac{S_y}{F} \end{cases} \quad (1-2)$$

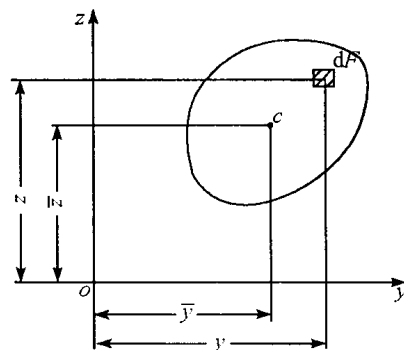


图 1-6

其中, F 为截面面积。

(2) 惯性矩和惯性积

yz 平面内的截面微元 dF 对 y 轴或 z 轴二次矩的面积分称为惯性矩,即下列两个积分

$$\begin{cases} I_z = \int_F y^2 dF \\ I_y = \int_F z^2 dF \end{cases} \quad (1-3)$$

yz 平面内的截面微元 dF 对坐标 y, z 乘积的面积分称为惯性积,即下列积分

$$I_{yz} = \int_F yz dF \quad (1-4)$$

对通过形心 c 有一对与 y, z 轴平行的形心轴 y_c, z_c 的惯性和惯性积,分别记为 I_{y_c}, I_{z_c} 和惯性积 $I_{y_c z_c}$ 。

(3) 惯性矩和惯性积的平行移动和转轴

对 y 轴和 z 轴的惯性矩 I_y, I_z 和惯性积 I_{yz} 与对形心轴的惯性矩 I_{y_c}, I_{z_c} 和惯性积 $I_{y_c z_c}$ 间有关系

$$\begin{cases} I_y = I_{y_c} + a^2 F \\ I_z = I_{z_c} + b^2 F \\ I_{yz} = I_{y_c z_c} + abF \end{cases} \quad (1-5)$$

其中, (b, a) 为形心的坐标 $(\bar{y}, \bar{z})$ 的值。

若 y, z 轴绕原点 O 旋转 α 角 (如图 1-7), 截面对新的 y_1, z_1 轴的惯性矩和惯性积对 y, z 轴的惯性矩和惯性积间关系为

$$\begin{cases} I_{y_1} = \frac{I_y + I_z}{2} + \frac{I_y - I_z}{2} \cos 2\alpha - I_{yz} \sin 2\alpha \\ I_{z_1} = \frac{I_y + I_z}{2} - \frac{I_y - I_z}{2} \cos 2\alpha + I_{yz} \sin 2\alpha \\ I_{y_1 z_1} = \frac{I_y - I_z}{2} \sin 2\alpha + I_{yz} \cos 2\alpha \end{cases} \quad (1-6)$$

在转轴关系中,惯性矩之和为常量,

$$I_y + I_z = I_{y_1} + I_{z_1} \quad (1-7)$$

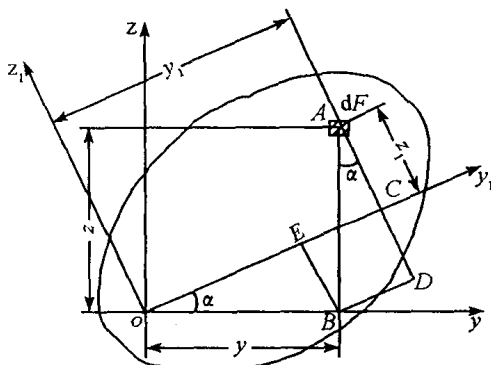


图 1-7

(4) 主形心惯性轴和主形心惯性矩

截面对某一对轴的惯性积为零轴称为主惯性轴,当这时轴的交点与形心重合时,这对轴称为主形心惯性轴。它是弯曲问题的主要截面几何性质。若截面有一对称轴,它就是一个主形心惯性轴。

转动坐标轴可以得到主形心惯性轴,若转动角为 α_0 ,则

$$\tan 2\alpha_0 = \frac{-2I_{yz}}{I_y - I_z} \quad (1-8)$$

主惯性矩为

$$\begin{cases} I_{y_0} = \frac{I_y + I_z}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4I_{yz}^2} \\ I_{z_0} = \frac{I_y + I_z}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4I_{yz}^2} \end{cases} \quad (1-9)$$

2. 应力状态

(1) 应力状态

1) 一点的应力状态

构件受力后,通过构件内某一点的各个截面上的应力情况,称为该点处的应力状态。一般可围绕该点取出一微小的平行六面体(简称单元体)进行研究。由于单元体是无限小的,故可认为单元体各面上的应力是均匀的,且相互平行的平面上的应力大小相等,方向相反。

2) 主应力、主平面

理论证明对受力构件内任一点必可找到这样一个单元体,在该单元体的三对相互垂直面上仅有正应力,而无剪应力,这种单元体也称为主单元体。仅有正应力而无剪应力的