

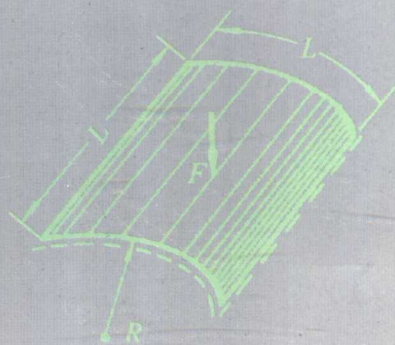
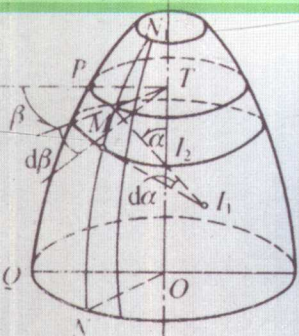
同济大学力学辅导系列丛书

板壳力学

复习与解题指导

王俊民 唐寿高 江理平 编著

BANQIAO LIXUE FUXI YU JIETIZHIDAO



同济大学力学辅导系列丛书

板壳力学复习与解题指导

王俊民 唐寿高 江理平 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是按照高等工业学校“板壳力学”课程教学要求编写的教学辅导书。全书共分十三章,内容有:绪论,矩形薄板的小挠度弯曲及其经典解法,圆形薄板的小挠度弯曲及其经典解法,用差分法和变分法解薄板的小挠度弯曲,用有限单元法求解薄板的小挠度弯曲,薄板的稳定问题,薄板的振动问题,各向异性板,薄板的大挠度弯曲问题,壳体的一般理论,柱壳,旋转壳,扁壳。每章由四部分组成:复习导引,范例解析,复习指导与小结,同步练习。本书附有模拟试卷四份。练习题与试卷均有参考答案。

本书可作为高等学校工科类本科生、研究生的参考书,也可供相关专业的自学者及教师、科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

板壳力学复习与解题指导/王俊民,唐寿高,江理平编著. —上海:同济大学出版社,2007.5

(同济大学力学辅导系列丛书)

ISBN 978-7-5608-3483-2

I. 板… II. ①王…②唐…③江… III. ①板-固体力学-高等学校-教学参考资料②壳体(结构)-固体力学-高等学校-教学参考资料 IV. TU330.1

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2007)第034530号

同济大学力学辅导系列丛书

板壳力学复习与解题指导

王俊民 唐寿高 江理平 编著

责任编辑 解明芳 责任校对 谢惠云 封面设计 潘向葵

出 版
发 行

同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海四平路1239号 邮编:200092 电话:021 65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 18

印 数 1:3100

字 数 360000

版 次 2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3483-2/TU·723

定 价 29.00元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

本书的内容与国家有关部门制定的高等工业学校“板壳力学”课程教学基本要求相符,可作为高校工科类相关专业本科生的辅导性参考书,也可作为研究生及有关教师、科技工作者的参考书。

本书每章由复习导引、范例解析、复习指导与小结、同步练习四部分组成。书中附有四份模拟试卷。试卷和同步练习题都附有答案。

在每章的复习导引部分,对主要概念、理论及公式进行简明的介绍,且适当配以表格和框图使总体思路清晰、各知识点构成有机联系。

在范例解析部分,对常见的典型例题、习题进行了详细的分析,且采用同类(纵向)对比,异类(横向)对照方法,使读者加深理解。

每章均配以复习指导与小结,对该章的基本概念、方程、求解方法与技巧作归纳性总结。每章结尾还设置了同步练习题,以利读者巩固所学知识。

随着板壳结构在航空、船舶、土木建筑、机械等领域得到越来越广泛的应用,板壳力学的重要性也日益凸现。能使更多的读者掌握好板壳力学,是编者编写本书的初衷。由于学识有限,书中难免有欠妥之处,恳切希望专家及广大读者及时给予指正。借此机会,谨向历年来在板壳结构方面努力工作的学者、专家们及参考文献的作者们表示敬意。

编 者

2006年4月于同济大学

主要字符表

x, y, z	直角坐标
ρ, φ	极坐标
ρ, φ, z	柱坐标
$\alpha, \beta, \gamma(z)$	正交曲线坐标
$A = (H_1)_{\gamma=0}, B = (H_2)_{\gamma=0}$	壳体沿 α 与 β 方向的拉梅系数
H_1, H_2, H_3	壳体拉梅系数
a, b, l, L, h	长度;厚度
$k_1, k_2(R_1, R_2)$	主曲率(主曲率半径)
R	半径
K	高斯曲率
D, D_1, D_2, D_3, D_k	抗弯刚度
$E; \nu; G$	弹性模量;泊松比;切变模量
F_x, F_y, F_z	以直角坐标表示的体力分量
F_ρ, F_φ	以极坐标表示的体力分量
$F_\alpha, F_\beta, F_\gamma$	以曲线坐标表示的体力分量
$F, Q; M$	集中力;力偶
p, q, q_0	连续分布载荷
$Q_0; M_0$	壳边上的作用力;力矩
ρg	液体压力
$M_x, M_y, M_\rho, M_\varphi; M_{xy}, M_{\rho\varphi}$	薄板单位宽度上的弯矩;扭矩
$Q_x, Q_y; Q_\rho, Q_\varphi$	薄板单位宽度上的横向剪力
$V_x, V_y; V_\rho, V_\varphi$	薄板单位宽度上的总的分布剪力
$N_x, N_y, N_{xy}; N_\rho, N_\varphi, N_{\rho\varphi}$	薄板单位宽度上的中面(薄膜)内力
$(P_x)_{cr}, (P_y)_{cr}, (P_{xy})_{cr}; (P_\rho)_{cr}$	薄板的临界力
$M_1, M_2; M_{12}$	薄壳单位宽度上的弯矩;扭矩
Q_1, Q_2	薄壳单位宽度上的横向剪力
$V_1, V_2; H_{12}$	薄壳单位宽度上的总的分布剪力;平错力

$N_1, N_2; S_{12}$	薄壳单位宽度上的中面(薄膜)内力
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z (\tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy})$	以直角坐标表示的正(切)应力分量
$\sigma_\rho, \sigma_\varphi (\tau_{\rho\varphi})$	以极坐标表示的正(切)应力分量
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 (\tau_{23}, \tau_{13}, \tau_{12})$	对应于曲线坐标的正(切)应力分量
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z (\gamma_{yz}, \gamma_{xz}, \gamma_{xy})$	以直角坐标表示的正(切)应变分量
$\varepsilon_\rho, \varepsilon_\varphi (\gamma_{\rho\varphi})$	以极坐标表示的正(切)应变分量
$\varepsilon_1, \varepsilon_2 (\varepsilon_{12})$	壳体中面内的正(切)应变
$x_1, x_2 (x_{12})$	壳体中面曲率(扭率)的改变
u, v, w	位移的直角坐标分量
u_ρ, u_φ	位移的极坐标分量
$w(x, y), w(\rho, \varphi); W(x, y), W(\rho, \varphi)$	薄板的挠度函数;振型函数
ω	薄板的固有频率
$W; V_\epsilon$	外力功;薄板应变势能
K_{\max}	薄板的最大动能
$U; \Phi$	内力函数;混合解函数
$\nabla^2; \nabla$	拉普拉斯算子;调和算子
$[D]; [B]; [S]$	弹性矩阵;应变转换矩阵;内力转换矩阵
$[K]^e; [K]$	单元刚度矩阵;总刚度矩阵
$\{\chi\}; \{M\}$	应变矩阵;内力矩阵
$\{R\}; \{\Delta\}$	总体结点载荷列阵;总体结点位移列阵

目 次

前言

主要字符表

1 绪论	(1)
1.1 复习导引	(1)
1.2 范例解析	(4)
1.3 复习指导与小结	(6)
1.4 同步练习	(8)
2 矩形薄板的小挠度弯曲及其经典解法	(9)
2.1 复习导引	(9)
2.2 范例解析	(17)
2.3 复习指导与小结	(36)
2.4 同步练习	(37)
3 圆形薄板的小挠度弯曲及其经典解法	(39)
3.1 复习导引	(39)
3.2 范例解析	(42)
3.3 复习指导与小结	(63)
3.4 同步练习	(64)
4 用差分法和变分法解薄板的小挠度弯曲	(66)
4.1 用差分法解薄板的小挠度弯曲问题	(66)
4.2 用变分法解薄板的小挠度弯曲问题	(71)
4.3 复习指导与小结	(83)
4.4 同步练习	(85)

5 用有限单元法求解薄板的小挠度弯曲	(87)
5.1 复习导引	(87)
5.2 范例解析	(93)
5.3 复习指导与小结	(94)
5.4 同步练习	(95)
6 薄板的稳定问题	(96)
6.1 复习导引	(96)
6.2 范例解析	(99)
6.3 复习指导与小结	(123)
6.4 同步练习	(125)
7 薄板的振动问题	(127)
7.1 复习导引	(127)
7.2 范例解析	(130)
7.3 复习指导与小结	(141)
7.4 同步练习	(143)
8 各向异性板	(145)
8.1 复习导引	(145)
8.2 范例解析	(152)
8.3 复习指导与小结	(158)
8.4 同步练习	(160)
9 薄板的大挠度弯曲问题	(161)
9.1 复习导引	(161)
9.2 范例解析	(166)
9.3 复习指导与小结	(179)
9.4 同步练习	(180)

10 壳体的一般理论	(182)
10.1 复习导引	(182)
10.2 范例解析	(194)
10.3 复习指导与小结	(195)
10.4 同步练习	(197)
11 柱壳	(198)
11.1 复习导引	(198)
11.2 范例解析	(206)
11.3 复习指导与小结	(224)
11.4 同步练习	(225)
12 旋转壳	(227)
12.1 复习导引	(227)
12.2 范例解析	(232)
12.3 复习指导与小结	(247)
12.4 同步练习	(248)
13 扁壳	(250)
13.1 复习导引	(250)
13.2 范例解析	(256)
13.3 复习指导与小结	(263)
13.4 同步练习	(264)
模拟试卷一	(266)
模拟试卷二	(268)
模拟试卷三	(270)
模拟试卷四	(271)
参考答案	(272)
参考文献	(277)

1 绪 论

1.1 复习导引

1.1.1 板壳的概述

(1) 板壳是平板和壳体的总称。一个物体,若其厚度(h)远小于其余两个方向的尺寸,该物体便是薄平板或薄壳体。若平分物体厚度的中面是一平面,此物体就称为平板;若该中面是一曲面,则该物体就称为壳体。本书主要讨论等厚度的薄板与薄壳。

(2) 板壳与梁、柱等构件相比,因其固有的两维结构特征而双向受力,故力学性能较好,材料能得到较好的发挥,是优良的结构构件。目前,板壳被广泛地应用于航天航空、船舶制造、压力容器、交通运输、建筑、军事等工程领域中。

1.1.2 板壳力学研究的内容与其他课程之间的关系

板壳力学(又称板壳理论)以高等数学、材料力学、弹性力学等课程知识为基础,是航空、造船、土木建筑、机械制造、力学等专业的一门重要的专业课。板壳力学研究板壳结构在外载荷(外界因素)影响下所产生的内力和位移,并按需求进行相关的强度、刚度和稳定性计算。板壳力学与同属固体力学范畴的其他力学课程在研究对象和内容方面的比较见表 1-1。

表 1-1 几门力学课程主要研究对象和内容的比较

课程名称	研究对象	研究的主要内容
板壳力学	板壳结构	板壳的内力、临界力、位移的计算与分析
弹性力学	弹性体	梁、柱、坝体等物体的应力、应变和位移的计算与分析
材料力学	杆状构件	梁、柱等杆件在拉、压、弯、扭、剪状态下的应力和位移
结构力学	杆系结构	桁架、刚架、连续梁等杆系结构的支承力、内力及位移

1.1.3 板壳力学研究分析和解决问题的方法

(1) 板壳力学与弹性力学相似,在平板或壳体中任一点取微分板(或壳)单元

体加以研究,从静力学、几何学和物理学三方面考虑,导出板或壳体对应的平衡微分方程、几何方程和物理(本构)方程,这些方程分别体现了内力与外力、应变与位移、应变与应力之间的相互联系与制约。在给定的边界条件下,可由上述相关的基本方程确定基本未知量。

(2) 可将位移或内力作为未知量,也可将部分位移与内力作为未知量,因此有三种途径来求解板壳问题,并可以按导出未知量(如内力函数、混合解函数等)来求解。最后,均可将板壳问题归结为在给定的边界下求解偏微分方程(组)的问题,即求解偏微分方程的边值问题。

(3) 求解时,可用设置位移函数或内力函数,以满足给定的边界条件及对应的基本微分方程的方法求得精确解或近似解(以级数或函数表示);也可将板壳假想离散化,用差分法或有限单元法将基本求解方程组转换为代数方程组求解,以求得板壳问题的近似解(以数值表示);还可用变分法得到板壳问题近似的解析解答(以级数或函数表示)。

(4) 在具体解题方法上,板壳力学大都采用半逆解法,即先设置位移函数或内力函数,使其满足边界条件,然后通过基本方程确定待定系数,从而求得位移和内力。当然,也有少量例题采用逆解法求解(薄板小挠度弯曲问题):对给出的位移(挠度)函数,通过满足基本方程及边界条件而求出板面载荷和确定边界上支承情况等。

1.1.4 板壳力学中的几个基本概念

1. 基本假定

在板壳力学中,假定所研究的板壳是均匀的、连续的、线弹性的、各向同性的(正交各向异性板除外)、小变形的(板壳大挠度问题除外)。

2. 计算假定

在研究板壳问题时,采用下列计算假定中的(1)、(2)。对于薄板小挠度问题,还需增加计算假定(3):

(1) 直法线假定,即变形前垂直于中面的法线线段在变形后仍垂直于中面,且长度不变。

(2) 沿板厚无挤压假定,即假设法向应力 σ_z 远小于其他应力分量,因而它对形变的影响可忽略不计。

(3) 中面无拉伸假定,即假设中面内各点无平行于中面的位移。

采用上述假定,可使板壳变形的问题简化为其中面的变形问题(类似于材料力学中采用平截面假设将梁弯曲变形的问题化为绕其中性轴弯曲问题)。此外,板壳中将外载荷(体力、面力)均化为作用于中面上的载荷,板壳的外形也以中面

来表示。在研究板壳的静力平衡及静力边界条件时,也只考虑取中面体素。在求解板壳问题时,通常将应力分量合成为中面单位宽度上的内力,从而把复杂的三维应力分析问题简化为二维应力分析问题。

3. 基本量

弹性力学空间问题、薄板弯曲问题及薄壳弯曲问题的基本量情况见表 1-2。

表 1-2 三种问题的基本量

名 称	应力分量或内力分量	位 移 分 量	应 变 分 量
弹性力学空间问题	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$	u, v, w	$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$
薄壳弯曲问题	$(N_1, N_2, S)M_1, M_2, M_{12}, Q_1, Q_2$ (薄膜内力)弯曲内力	u, v, w 中面位移	$e_1, e_2, e_3, e_{23}, e_{31}, e_{12}$ 中面应变
薄板弯曲问题	$M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$	$u = -\frac{\partial w}{\partial x}z,$ $v = -\frac{\partial w}{\partial y}z, w$	$\epsilon_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \epsilon_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2},$ $\gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$

注:薄板小挠度弯曲问题通常按挠度 w 求解(一个未知量)。薄壳弯曲问题中,基本量的下标 1, 2 分别对应于正交曲线坐标 α, β 方向(也有文献以 x, y 标示)。

1.1.5 板壳力学中常运用的原理

1. 圣维南(Saint Venant)原理

将物体一小部分上的面力变换为分布不同但静力等效的面力,只影响面力作用处附近的应力分布,而不影响远处的应力。它又可称为局部性原理。运用此原理,可把板边或壳边的扭矩静力等效地变换为横向剪力(薄壳时另有平错力)。

2. 叠加原理

在线弹性和小变形前提下,将同一物体上若干组外载荷分别作用下的解答叠加起来,等于这若干组外载荷同时作用于该物体时的解答。

3. 能量原理

下列各种原理都是能量守恒原理的结果:

(1) 功能原理 外力作的功等于物体应变势能的增加。

(2) 最小势能原理 在所有几何可能的位移中,真实的位移使总势能取最小值。

(3) 虚功原理 外力在任意一组几何可能位移上所作的功等于任意一组静力可能的应力在与上述几何可能位移所对应的应变上所作的功。

1.1.6 板壳力学中常关联的方程

在求解板壳力学某些问题时,如求解矩形薄板小挠度弯曲时,其基本求解方程的导出,基于表 1-3 所示的弹性力学空间问题的基本方程。

表 1-3 弹性力学空间问题的基本方程(15个)

名 称	基本方程表达式	运用基本假定
平衡微分方程 (Navier)	$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + F_x = 0$ $\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + F_y = 0 \quad (1-1)$ $\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + F_z = 0$	连续性 均匀性 小变形
几何方程 (Cauchy)	$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$ $\epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \quad (1-2)$ $\epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \gamma_{zx} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}$	连续性 均匀性 小变形
物理方程 (Hooke)	$\epsilon_x = \frac{1}{E}[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)], \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$ $\epsilon_y = \frac{1}{E}[\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)], \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz} \quad (1-3)$ $\epsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)], \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}$	连续性 均匀性 小变形 完全弹性 各向同性

注:空间问题的基本未知量为 15 个;6 个应力分量($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$);6 个应变分量($\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$);3 个位移分量(u, v, w)。

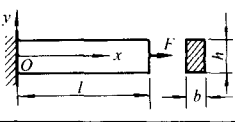
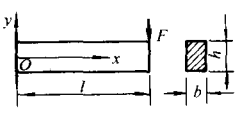
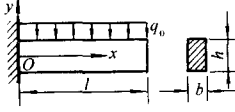
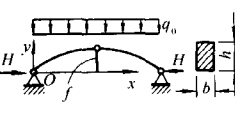
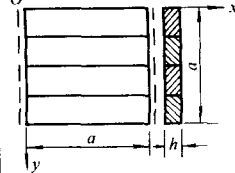
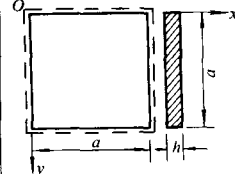
1.2 范例解析

例 1-1 试分析下列四组受力结构的力学性能:

(1)受轴向力 F 作用的杆与受端部集中力 F 作用的悬臂梁;(2)跨度相同且同受均布载荷 q_0 作用的简支梁与三铰拱;(3)边长相同且都受均布压力 q_0 (z 向)作用的组合梁系与四边简支的薄板;(4)在法向载荷 F_z 作用下的薄板与薄壳(壳底面形状和支承与薄板相同)。

解 (1)前三组受力结构的最大内力或最大位移以及对应的比值和说明列于表 1-4。

表 1-4 杆与梁、梁与拱、梁与板的受力分析

结构形状及受力	内 力	位 移	比值及说明
	$N = F$ $\sigma_{\max}^1 = \frac{F}{bh}$	$u_{\max}^1 = \frac{Fl}{Ebh}$	$\frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_{\max}^1} = \frac{6l}{h} \gg 1$ $\frac{w_{\max}^2}{u_{\max}^1} = \frac{4l^2}{h^2} \gg 1$ 杆承受轴力时应力沿截面均布, 材料能充分利用, 而梁受弯曲时应力在离中性轴最远处达到最大值, 材料未充分利用
		$M = Fx$ $\sigma_{\max}^2 = \frac{6Fl}{bh^2}$	
	$M = \frac{q_0 x}{2} (l-x)$ $\sigma_{\max}^3 = \frac{3q_0 l^2}{4bh^2}$	拱轴线方程 $y = \frac{4fx(l-x)}{l^2}$	设 $\frac{l}{f} = 4, \frac{l}{h} = 20, \varphi_0 = 45^\circ$ $\frac{\sigma_{\max}^4}{\sigma_{\max}^3} = \frac{h}{(6f \cos \varphi_0)} = 4.7\%$ 在拱内无弯矩情况下(由支座反力 H 消除), 拱的最大应力仅为梁的 5%, 即前者能充分利用材料
			
	$(M_x)_{\max}^5 = \frac{q_0 a^2}{8}$	$(w)_{\max}^5 = \frac{5}{384} \cdot \frac{12q_0 a^2}{Eh^3}$	$\frac{(M_x)_{\max}^6}{(M_x)_{\max}^5} = 0.383$ $\frac{(w)_{\max}^6}{(w)_{\max}^5} = 0.284$ 在尺寸、载荷、材料相同情况下, 两维结构板中的最大弯矩及最大挠度只有一维结构梁系的 38% 和 28%
		$(M_x)_{\max}^6 = 0.0479 q_0 a^2$	

注: $N(u)$ 为杆的轴向力(轴向位移); M 为弯矩, w 为 z 向位移(挠度)。

(2) 对于第四组受力结构, 当壳体为筒支柱壳或球形扁壳时, 其计算结果均小于支承和受力相同的薄板(薄壳底面尺寸与薄板亦相同), 分别见例 11-6、例 13-5、例 2-7。这说明壳的承载能力(力学性能)胜于薄板。

分析 (1) 由上面讨论可知薄板与拱的力学性能胜于梁, 而薄壳则优于薄板。

(2) 二维结构的薄壳对薄板所具有的优点, 远胜于一维结构的拱相对于梁的优点。对于薄壳, 在各种载荷下可设法(如改变壳边的支承方式)使壳内的弯矩很小(或为零), 或弯矩虽大但只发生在壳边局部区域(大部分区域弯矩仍很小)。对于拱, 只有在均布载荷作用下且支座提供水平反力 H 时拱内弯矩才为零。

1.3 复习指导与小结

1.3.1 板壳中的应力及其正负号的规定

(1) 从材料力学或弹性力学可知,在外力作用下弹性体内任一点通常会产生 9 个应力分量(由切应力互等定理可知,独立的为 6 个),其量纲为[力][长度]⁻²,其正负号的规定为:正面正向、负面负向为正,即:背离(朝向)其作用面的正应力为正(负);正应力背离(朝向)其作用面上的切应力以沿坐标轴的正(反)方向为正。板壳微分单元体上的应力均以正方向标示。

(2) 由理论计算和实验表明,在板壳弯曲问题中,数值上最大的是应力 σ_x , σ_y , τ_{xy} (主要的应力);横向切应力 τ_{xz} , τ_{yz} 数值较小(次要的应力);而法向正应力 σ_z 最小(因而在计算假定中忽略其对形变的影响)。

1.3.2 板壳中的内力及其正负号的规定

(1) 为方便板壳问题的求解,通常将板壳内的应力分量沿其厚度合成为作用于中面单位宽度上的内力。内力方向由对应的应力方向确定,板壳中面上的内力均以正方向标示。

(2) 薄板小挠度弯曲中的内力为:弯(扭)矩 M_x , M_y , M_{xy} ; 横向剪力 Q_x , Q_y 。薄壳中的内力为:中面(薄膜)内力 N_1 , N_2 , S ; 弯(扭)矩 M_1 , M_1 , M_{12} ; 横向剪力 Q_1 , Q_2 。弯矩、扭矩的量纲为[力][长度]/[长度](即为[力]); 薄膜内力和横向剪力的量纲则为[力][长度]⁻¹。

1.3.3 有关原理的适用范围、计算假定的相对误差

1. 叠加原理只适用于小变形、线弹性状态下的物体(板壳)。对于大变形情况,横向载荷引起的弯曲变形将使轴向载荷产生弯曲效应,而叠加原理没考虑这种效应,因此,对于稳定、大挠度及弹塑性问题,叠加原理均不适用。

2. 对于圣维南原理,首先,它只能运用于板壳的边界(一小部分边界),其次,需注意静力等效(主矢、主矩相等)。具体运用时,可将薄板或薄壳边缘上的扭矩变换为分布不同但静力等效的剪力(壳体时还包括等效平错力),由此形成对内力的影响,仅局限于板壳边缘表面相当于宽为 h 的局部范围。

3. 许多研究工作和实践证明,若板壳很薄,运用计算假定所引起的误差属于 $(h/L)^2$ 量级(L 为板或壳中面尺寸, h 为厚度),即计算结果与实际情况基本相符。

1.3.4 板壳力学课程总体复习指导

1. 对相关的材料力学、弹性力学和高等数学知识进行复习、认真听课和完成习题、勤于思考和钻研、理解掌握重要概念,是学好本课程的前提和关键。

2. 为便于读者学习,现将本课程主体内容划分为薄板与薄壳两大部分,且将各部分所包含的主要内容、知识点及互相间的关联以框图形式示于图 1-1。

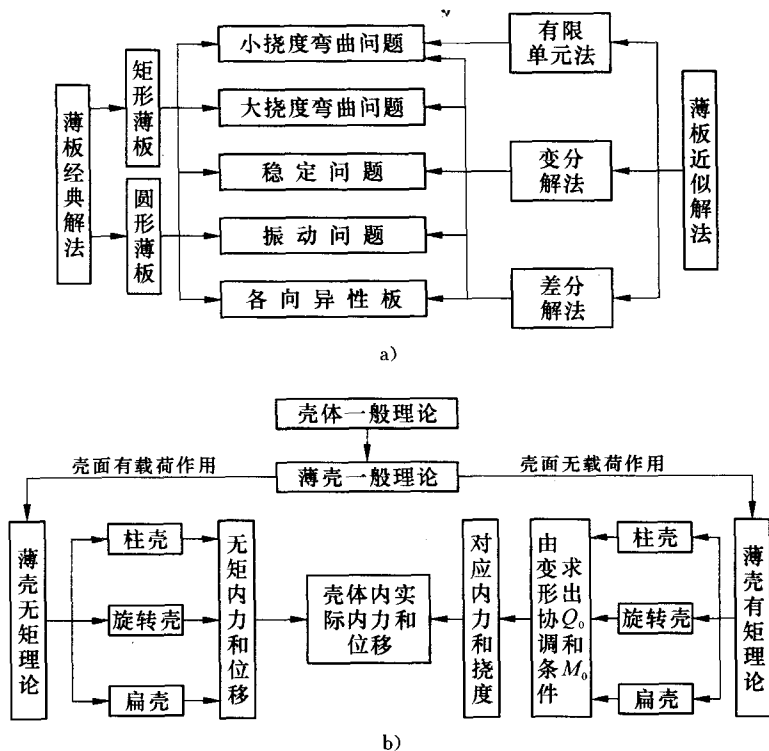


图 1-1 板壳力学重点内容示意

3. 板壳力学主要内容与本科生的授课计划相结合,按课时数与复习时数约 1:2 的比例,安排自学与复习计划如表 1-5 所示。表中所列例题与习题是要求掌握的基本题型,读者可依据本专业教学要求或个人需求取舍。

表 1-5 板壳力学课程复习计划表

名称	重点例题	重点习题	复习时数
1 绪 论	例 1-1	1-1~1-3	2

续 表

名 称	重点例题	重点习题	复习时数
2 矩形薄板小挠度弯曲	例 2-1、例 2-3~例 2-8、 例 2-13	2-1~2-5、2-8、 2-9	8
3 圆形薄板小挠度弯曲	例 3-1~例 3-4、 例 3-7~例 3-9	3-1~3-4、3-8	8
4 用差分法、变分法求解小挠度弯曲	例 4-1~例 4-11	4-1~4-4	4
5 有限单元法求解小挠度弯曲	例 5-1、例 5-2	5-1、5-2	4
6 薄板的稳定问题	例 6-1~例 6-3、例 6-5 例 6-7~例 6-9、例 6-12	6-1、6-3~6-5	6
7 薄板的振动问题	例 7-1~例 7-4、例 7-7、 例 7-8	7-1~7-3	7
8 各向异性板	例 8-2~例 8-5	8-1~8-5	6
9 薄板的大挠度弯曲问题	例 9-1、例 9-2、 例 9-4~例 9-7	9-2、9-3	6
10 壳体的一般理论	例 10-1、例 10-2	10-1、10-3	5
11 柱 壳	例 11-1~例 11-3、例 11-5 例 11-7~例 11-10	11-1~11-3	7
12 旋 转 壳	例 12-1~例 12-5、 例 12-7、例 12-8	12-1、12-4~12-6	7
13 扁 壳	例 13-2~例 13-4	13-1、13-2	6

1.4 同步练习

- 1-1 板壳力学中的基本假定是什么？
- 1-2 板壳力学中的计算假定是什么？
- 1-3 板与壳中的基本量有哪些？
- 1-4 简叙叠加原理与圣维南原理的适用范围。