

21

世纪高等院校 建筑工程技术 系列规划教材

◎ 石立安 主编

建筑力学

Jianzhu
Lixue

华中科技大学出版社

[http:// www.hustp.com](http://www.hustp.com)

21 世纪高等院校建筑工程技术系列规划教材

建筑力学

主 编 石立安

副主编 杨子江 侯丰泽

参 编 常 丽 钱培翔 高学献 易贤铎

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/石立安 主编

武汉:华中科技大学出版社,2006年9月

ISBN 7-5609-3828-0

I. 建…

II. ①石… ②杨… ③侯…

III. 建筑力学

IV. TU311

建筑力学

石立安 主编

责任编辑:曾光 彭保林

封面设计:刘卉

责任校对:朱霞

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华大图文设计室

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:20.25

字数:442 000

版次:2006年9月第1版

印次:2006年9月第1次印刷

定价:32.00元

ISBN 7-5609-3828-0/TU·95

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据教育部关于《高职高专教育土建类专业建筑力学课程教学基本要求》编写而成。本书力求体现高等院校、高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性、实用性,重视由浅入深和理论联系实际,内容简明扼要、通俗易懂,图文配合紧密。

全书共14章,内容包括:绪论、建筑力学基础、力矩和力偶、平面力系合成及平衡、轴向拉伸和压缩、圆轴的扭转、体系几何组成分析、静定结构的内力、梁的弯曲应力、组合变形、压杆稳定、静定结构位移计算、力法、位移法及力矩分配法、影响线。每章后均有小结、思考题和习题,并附有习题答案。

本书适用于建筑、水利、道路、桥梁、市政、设计等专业,既可作为高等院校、高职高专工科类院校及成人高校教材,也可作为工程技术人员的参考书。

前 言

本书是根据教育部“高职高专教育土建类专业建筑力学课程教学基本要求”编写而成。本书力求体现高等院校、高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性、实用性,重视由浅入深和理论联系实际,内容简明扼要,通俗易懂,图文配合紧密。

全书共分十四章,内容包括绪论、建筑力学基础、力矩和力偶、平面力系合成及平衡、轴向拉伸和压缩、圆轴的扭转、体系几何组成分析、静定结构的内力、梁的弯曲应力、组合变形、压杆稳定、静定结构位移计算、力法、位移法及力矩分配法、影响线。每章后有小结、思考题、习题,本书部分习题参考答案在配套网站<http://www.hzpress.com>中下载。

本书适用于建筑、水利、道路、桥梁、市政、设计等专业,既可作高等院校、高职高专工科类教材,又可作为工程技术人员的参考书。

全书共14章,湖北孝感学院的杨子江编写了本书的第4、5章,河南平顶山工学院的侯丰泽编写了本书的第6、7、8章,陕西职业技术学院的常丽编写了本书的第1、2、3章,浙江建设职业技术学院的石立安、高学献、钱培翔分别编写了本书的绪论、第10章,第11、12章和第13、14章,杨子江和易贤铎共同编写了第9章。本书由石立安担任主编,由杨子江、侯丰泽担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2006年4月30日

主要符号表

A	面积
E	弹性模量, 杨氏模量
F	力
F_N	轴力, 法向反力
$F_P, F_{cr}, [F_{cr}]$	集中载荷, 临界荷载, 许用临界荷载
$F_Q, \overline{F_Q}$	剪力
F_R, F'_R	合力, 主矢
F_T	拉力
$F_u, [F_u]$	极限载荷, 许用极限荷载
G	剪切弹性模量
I_y, I_z	惯性矩
I_p	极惯性矩
I_x	惯性积
i_y, i_z	惯性半径
S_y, S_z	静矩
$M, \overline{M}$	弯矩, 单位荷载引起的弯矩
m, M_e	外力偶矩
M_O	对 O 点的弯矩
T	扭矩, 周期, 摄氏温度
n_s	对应于塑性材料 σ_s 的安全因数
n_b	对应于脆性材料 σ_b 的安全因数
n_{st}	稳定安全因数
p	压强
P	功率
q	分布荷载集度
$\Delta, \Delta_x, \Delta_y, \omega$	广义位移, 水平位移, 竖直位移, 挠度
δ	广义单位位移, 厚度, 滚动摩擦系数
$[\Delta]$	许用位移
W	功
W_x	抗弯截面系数
W_p	抗扭截面系数
α	倾角, 线膨胀系数
θ	梁截面转角, 单位长度相对扭转角, 体积应变

φ	相对扭转角
γ	切应变
ϵ	线应变
ϵ_e	弹性应变
ϵ_p	塑性应变
$\lambda, \Delta l$	柔度, 长细比, 压杆轴向位移
μ	长度因数
ν	泊松比
ρ	曲率半径, 材料密度
σ	正应力
σ_t	拉应力
σ_c	压应力
σ_m	平均应力
σ_b	强度极限
σ_{bs}	挤压应力
$[\sigma]$	许用应力
$[\sigma_t]$	许用拉应力
$[\sigma_c]$	许用压应力
$[\sigma_{bs}]$	许用挤压应力
$\sigma_{cr}, [\sigma_{cr}]$	临界应力, 许用临界应力
σ_e	弹性极限
σ_p	比例极限
$\sigma_{0.2}$	名义屈服应力
σ_s	屈服应力
σ_n	名义应力
τ	切应力
τ_u	极限切应力
$[\tau]$	许用切应力
X_i	多余约束力, 力法的基本未知量

目 录

第0章 绪论	(1)
0.1 建筑力学的研究对象	(1)
0.2 建筑力学的任务	(3)
0.3 建筑力学的分析方法	(3)
第1章 建筑力学基础	(4)
1.1 力的性质、力在坐标轴上的投影	(4)
1.1.1 力的定义	(4)
1.1.2 力的三要素	(4)
1.1.3 力的图示法	(5)
1.1.4 刚体的概念	(5)
1.1.5 力在坐标轴上的投影和合力投影定理	(6)
1.2 静力学公理	(7)
1.3 荷载及分类	(11)
1.3.1 荷载的分类	(11)
1.3.2 荷载的简化和计算	(12)
1.4 约束、约束反力、受力图	(13)
1.4.1 约束和约束反力的概念	(13)
1.4.2 工程中几种常见的约束类型及其约束反力	(13)
1.4.3 支座的简化和支座反力	(15)
1.4.4 受力图	(16)
1.5 结构的计算简图	(18)
1.5.1 计算简图的简化原则	(18)
1.5.2 计算简图的简化方法	(19)
1.6 杆系结构的分类	(20)
1.7 杆件的基本变形	(21)
本章小结	(22)
思考题	(23)
习题	(23)
第2章 力矩与力偶	(25)
2.1 力对点的矩	(25)
2.2 合力矩定理	(26)
2.3 力偶及其基本性质	(27)

2.3.1 力偶和力偶矩	(27)
2.3.2 力偶的基本性质	(28)
2.4 平面力偶系的合成与平衡	(29)
2.4.1 平面力偶系的合成	(29)
2.4.2 平面力偶系的平衡条件	(30)
本章小结	(30)
思考题	(31)
习题	(31)
第3章 平面力系	(33)
3.1 平面力系的简化	(33)
3.1.1 力的平移定理	(33)
3.1.2 平面汇交力系合成的几何法	(34)
3.1.3 平面汇交力系合成的解析法	(35)
3.1.4 平面一般力系的简化	(36)
3.2 平面力系的平衡条件及应用	(42)
3.2.1 平面力系的平衡条件	(42)
3.2.2 平面力系平衡条件的应用——物体系统的平衡	(54)
本章小结	(58)
思考题	(60)
习题	(60)
第4章 轴向拉伸与压缩	(63)
4.1 轴向拉伸与压缩的概念	(63)
4.2 轴向拉(压)杆的内力与轴力图	(64)
4.2.1 拉压杆的内力	(64)
4.2.2 轴力图	(64)
4.3 轴向拉(压)时横截面上的应力	(65)
4.3.1 横截面上的应力	(66)
4.3.2 应力集中的概念	(68)
4.4 轴向拉(压)时的变形	(69)
4.4.1 轴向变形与胡克定律	(69)
4.4.2 横向变形、泊松比	(70)
4.4.3 拉压杆的位移	(70)
4.5 材料在拉伸与压缩时的力学性能	(72)
4.5.1 标准试样	(73)
4.5.2 低碳钢拉伸时的力学性能	(73)
4.5.3 其他材料拉伸时的力学性能	(75)
4.5.4 材料压缩时的力学性能	(76)

4.6 安全因数、许用应力、强度条件	(77)
4.6.1 安全因数与许用应力	(77)
4.6.2 强度条件	(77)
4.7 连接件的强度计算	(80)
4.7.1 剪切实用计算	(80)
4.7.2 挤压实用计算	(82)
本章小结	(84)
思考题	(84)
习题	(85)
第5章 扭转	(92)
5.1 扭转的概念及外力偶矩的计算	(92)
5.1.1 扭转的概念	(92)
5.1.2 外力偶矩的计算	(93)
5.2 圆轴扭转时横截面上的内力及扭矩图	(94)
5.2.1 扭矩	(94)
5.2.2 扭矩图	(94)
5.3 等直圆轴扭转时横截面上的切应力	(95)
5.3.1 实心圆轴横截面上的应力	(95)
5.3.2 极惯性矩和抗扭截面系数	(97)
5.4 等直圆轴扭转时的强度计算	(98)
5.5 等直圆轴扭转时的变形及刚度条件	(99)
5.5.1 圆轴扭转时的变形	(99)
5.5.2 圆轴扭转刚度条件	(100)
本章小结	(101)
思考题	(102)
习题	(102)
第6章 平面体系的几何组成分析	(105)
6.1 几何组成分析的目的	(105)
6.2 平面体系的自由度	(105)
6.3 几何不变体系的组成规则	(107)
6.3.1 两刚片的组成规则	(107)
6.3.2 三刚片的组成规则	(107)
6.3.3 二元体规则	(108)
6.4 几何组成分析的应用	(110)
6.5 静定结构和超静定结构	(111)
本章小结	(112)
思考题	(112)

习题	(113)
第7章 静定结构的内力分析	(115)
7.1 工程中梁弯曲的概念	(115)
7.1.1 梁平面弯曲的概念	(115)
7.1.2 单跨静定梁的类型	(116)
7.2 梁的内力——弯矩	(116)
7.2.1 梁的剪力和弯矩	(116)
7.2.2 剪力和弯矩的正负号规定	(117)
7.2.3 计算指定截面上的剪力和弯矩	(118)
7.3 梁的内力图——剪力图和弯矩图	(120)
7.3.1 剪力方程和弯矩方程	(120)
7.3.2 剪力图和弯矩图	(120)
7.4 弯矩、剪力与分布荷载集度之间的关系	(125)
7.4.1 分布荷载集度与剪力、弯矩之间的微分关系	(125)
7.4.2 常见梁的剪力图、弯矩图与荷载三者间的关系	(126)
7.5 用叠加法作梁的弯矩图	(129)
7.6 多跨静定梁的内力	(130)
7.6.1 多跨静定梁的几何组成	(130)
7.6.2 多跨静定梁的内力计算及内力图绘制	(131)
7.7 静定平面刚架的内力	(133)
7.7.1 静定平面刚架的特征	(133)
7.7.2 静定平面刚架的内力和内力图	(133)
7.8 三铰拱的内力	(134)
7.8.1 概述	(134)
7.8.2 三铰拱的计算	(135)
7.8.3 拱的合理轴线	(140)
7.9 静定平面桁架的内力	(141)
7.9.1 概述	(141)
7.9.2 桁架内力的计算方法	(142)
7.10 静定结构的基本特性	(146)
本章小结	(146)
思考题	(148)
习题	(148)
第8章 梁的弯曲应力	(153)
8.1 梁的弯曲正应力	(153)
8.1.1 弯曲正应力一般公式	(153)
8.1.2 最大弯曲正应力	(156)

8.2 平面图形的几何性质	(158)
8.2.1 形心和静矩	(158)
8.2.2 惯性矩、惯性积和平行移轴定理	(159)
8.3 梁的弯曲剪应力	(160)
8.3.1 矩形截面梁的弯曲剪应力	(161)
8.3.2 工字形截面梁的弯曲剪应力	(163)
8.3.3 圆形截面梁的弯曲剪应力	(164)
8.4 梁的强度条件	(165)
8.4.1 弯曲正应力强度条件	(166)
8.4.2 弯曲剪应力强度条件	(166)
8.5 提高梁强度的措施	(170)
8.5.1 合理安排梁的受力情况	(170)
8.5.2 选用合理的截面形状	(171)
8.5.3 采用变截面梁	(171)
8.6 应力状态与强度理论	(172)
8.6.1 应力状态的概念	(172)
8.6.2 强度理论	(174)
本章小结	(177)
思考题	(178)
习题	(178)
第9章 组合变形	(183)
9.1 组合变形的概念	(183)
9.1.1 组合变形的概念	(183)
9.1.2 组合变形的分析方法及计算原理	(184)
9.2 斜弯曲	(184)
9.2.1 斜弯曲的概念	(184)
9.2.2 斜弯曲时杆件的内力、应力的计算	(184)
9.2.3 斜弯曲时的强度条件	(186)
9.3 杆件偏心压缩(拉伸)的强度计算	(188)
9.3.1 单向偏心压缩(拉伸)	(188)
9.3.2 双向偏心压缩(拉伸)	(192)
9.3.3 截面核心	(194)
本章小结	(195)
思考题	(195)
习题	(196)
第10章 压杆稳定	(198)
10.1 压杆稳定的概念	(198)

10.2	临界力和临界应力	(199)
10.2.1	细长压杆临界力计算公式——欧拉公式	(199)
10.2.2	欧拉公式的适用范围	(200)
10.2.3	中粗杆的临界力计算——经验公式、临界应力总图	(201)
10.3	压杆的稳定计算	(204)
10.4	提高压杆稳定的措施	(208)
	本章小结	(209)
	思考题	(210)
	习题	(210)
第11章	静定结构的位移计算	(212)
11.1	概述	(212)
11.1.1	杆系结构的位移	(212)
11.1.2	计算位移的目的	(213)
11.2	虚功原理和单位荷载法	(213)
11.2.1	变形体的虚功原理	(213)
11.2.2	单位荷载法	(214)
11.3	静定结构在荷载作用下的位移计算	(216)
11.3.1	静定结构在荷载作用下的位移公式	(216)
11.3.2	静定桁架的位移计算	(218)
11.3.3	梁的位移及刚度校核	(219)
11.4	图乘法	(224)
11.4.1	图乘法原理	(224)
11.4.2	图乘法计算直梁和刚架的位移	(227)
11.5	静定结构由于支座位移所引起的位移	(229)
11.6	几个互等定理	(230)
	本章小结	(231)
	思考题	(232)
	习题	(232)
第12章	力法	(235)
12.1	超静定结构的概念	(235)
12.2	力法的基本原理	(235)
12.2.1	力法的基本结构	(235)
12.2.2	力法的基本未知量	(236)
12.2.3	力法的基本方程	(236)
12.3	超静定次数的确定与基本结构	(238)
12.4	力法典型方程	(240)
12.5	力法计算的应用	(241)

12.6 对称性的利用	(245)
本章小结	(247)
思考题	(248)
习题	(248)
第13章 位移法及力矩分配法	(251)
13.1 位移法的基本概念	(251)
13.1.1 位移法基本变形假设	(251)
13.1.2 位移法的基本未知量	(251)
13.1.3 位移法的杆端内力	(252)
13.2 位移法的原理	(255)
13.3 位移法的应用	(256)
13.4 力矩分配法的基本概念	(261)
13.5 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	(264)
本章小结	(270)
思考题	(270)
习题	(271)
第14章 影响线	(275)
14.1 影响线的概念	(275)
14.2 用静力法作单跨静定梁的影响线	(275)
14.3 用机动法作静定梁影响线	(278)
14.4 用机动法作连续梁的影响线	(282)
14.5 影响线的应用	(282)
14.5.1 利用影响线求固定荷载下的量值	(283)
14.5.2 荷载最不利位置的确定	(285)
14.6 绝对最大弯矩及内力包络图的概念	(287)
本章小结	(288)
思考题	(289)
习题	(289)
附录 型钢规格表	(291)

第 0 章 绪 论

0.1 建筑力学的研究对象

力学是研究机械运动规律及其应用的学科,建筑力学是力学中最基本、应用最广泛的部分,它是将静力学、材料力学、结构力学三门课程的主要内容融合为一体的学科。

在建筑物或构筑物中起骨架(承受和传递荷载)作用的主要物体称为建筑结构,组成建筑结构的基本部件称为**构件**。

一、变形固体

工程上所用的构件都是由固体材料制成的,如钢、铸铁、木材、混凝土等,它们在外力作用下会或多或少地产生变形,有些变形可直接观察到,有些变形则需通过仪器测出。**在外力作用下,会产生变形的固体称为变形固体。**

变形固体在外力作用下会产生两种不同性质的变形:**一种是外力消除时变形随着消失,这种变形称为弹性变形**;另一种是外力消除后,**不能消失的变形称为塑性变形**。一般情况下,物体受力后,既有弹性变形又有塑性变形,这种情况称为**弹性塑性变形**。但工程中常用的材料,在外力不超过一定范围时,其塑性变形很小,可忽略不计,可认为其只有弹性变形,**这种只有弹性变形的变形固体称为完全弹性体**。只引起弹性变形的外力范围称为弹性范围。本书将主要讨论材料在弹性范围内的变形及受力。

二、变形固体的基本假设

变形固体有多种多样,其组成和性质是非常复杂的。对于用变形固体材料做成的构件进行强度、刚度和稳定性计算时,为了使问题得到简化,常略去一些次要的性质,而保留其主要的性质,因此,研究变形固体材料一般基于以下几个基本假设。

1. 均匀连续假设

假设变形固体其整个体积是由同种介质毫无空隙的充满的物体。

实际上,变形固体是由很多微粒或晶体组成的,各微粒或晶体之间是有空隙的,且各微粒或晶体彼此的性质并不完全相同。但是由于这些空隙与构件的尺寸相比是极微小的,同时构件包含的微粒或晶体的数目极多,排列也不规则,所以,物体的力学性能并不反映其某一个组成部分的性能,而是反映所有组成部分性能的统计平均值。因而可以认为固体的结构是密实的,力学性能是均匀的。

有了这个假设,物体内的一些物理量,才可能是连续的,才能用连续函数来表示。在进行分析时,可以从物体内任何位置取出一小部分来研究材料的性质,其结果可代表整个物体,也可将那些大尺寸构件的试验结果应用于物体的任何微小部分上去。

2. 各向同性假设

假设变形固体沿各个方向的力学性能均相同。

实际上,组成固体的各个晶体在不同方向上有着不同的性质。但由于构件所包含的晶体数量极多,且排列也完全没有规则,变形固体的性质是这些晶粒性质的统计平均值。这样,在以构件为对象的研究问题中,就可以认为是各向同性的。工程使用的大多数材料,如钢材、玻璃、铜

和高标号的混凝土,都可以认为是各向同性的材料。根据这个假设,当获得了材料在任何一个方向的力学性能后,就可将其结果用于其他方向。

在工程实际中也存在不少的各向异性材料,例如轧制钢材、合成纤维材料、木材、竹材等,它们沿各方向的力学性能是不同的。很明显,当木材分别在顺纹方向、横纹方向和斜纹方向受到外力作用时,它所表现出的力学性质是各不相同的。因此,对于由各向异性材料制成的构件,在设计时必须考虑材料在各个不同方向的不同力学性质。

3. 小变形假设

在实际工程中,构件在荷载作用下,其变形与构件的原尺寸相比通常很小,可以忽略不计,这一类变形称为小变形。所以在研究构件的平衡和运动时,可按变形前的原始尺寸和形状进行计算。在研究和计算变形时,变形的高次幂项也可忽略不计。这样,可使计算工作大为简化,而又不影响计算结果的实用精度。

三、杆件及杆系结构

根据构件的几何特征,可以将各种各样的构件归纳为如下四类:

(1)杆。如图0.1(a)所示,它的几何特征是细而长,即 $l \gg h, l \gg b$ 。杆又可分为直杆和曲杆。

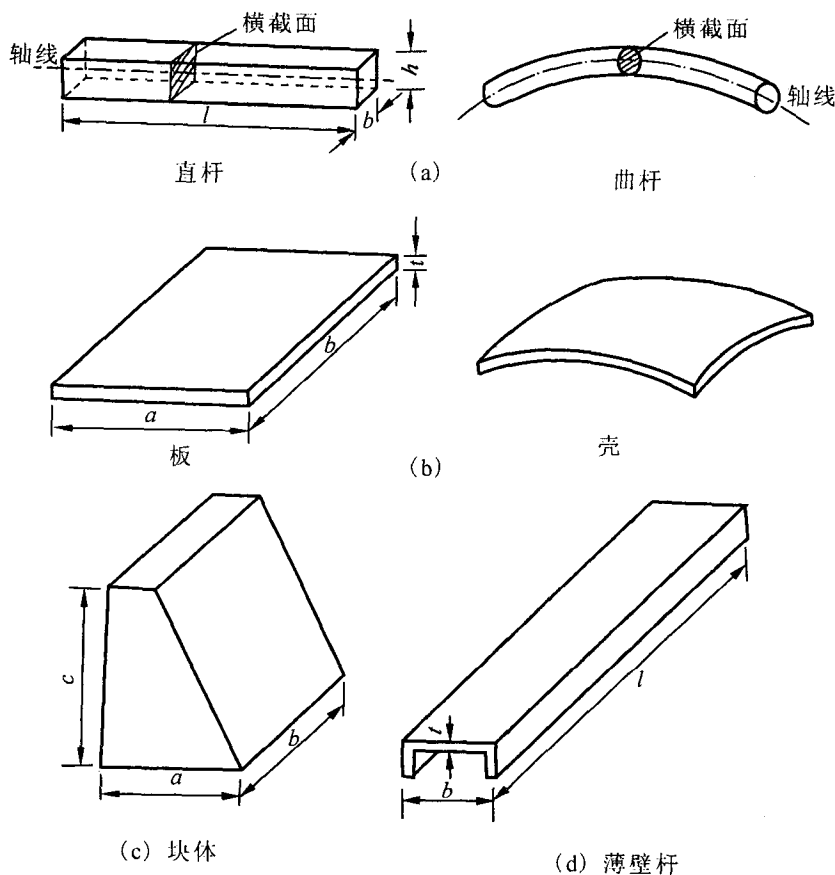


图 0.1

(2)板和壳。如图0.1(b)所示,它的几何特征是宽而薄,即 $a \gg t, b \gg t$ 。平面形状的被称为板,而曲面形状的则被称为壳。

(3)**块体**。如图0.1(c)所示,它的几何特征三个方向的尺寸是同量级大小的。

(4)**薄壁杆**。如图0.1(d)所示的槽形钢材就是一个例子。它的几何特征是长、宽、厚三个尺寸都相差很悬殊,即 $l \gg b \gg t$ 。

由杆件组成的结构称为杆系结构。杆系结构是建筑工程中应用最广泛的一种结构。

本书所研究的**主要对象**是均匀连续的、各向同性的、弹性变形的固体,且限于小变形范围的杆件和杆件组成的杆系结构。

0.2 建筑力学的任务

杆系结构是由杆件组成的一种结构,它必须满足一定的组成规律,才能保持结构的稳定从而承受各种作用力。结构的形式各异,但必须具备可靠性、适用性、耐久性的性能。

首先要研究结构在外力作用下的平衡规律,所谓平衡是结构相对于地球保持静止状态或匀速直线平移;其次要研究结构的强度、刚度和稳定性。

所谓强度是指结构抵抗破坏的能力,即结构在使用寿命期限内,在荷载作用下不允许被破坏。

所谓刚度是指结构抵抗变形的能力,即结构在使用寿命期限内,在荷载作用下产生的变形不允许超过某一额定值。

所谓稳定性是指结构保持原有平衡状态的能力,即结构在使用寿命期限内,在荷载作用下原有平衡状态不允许改变。

建筑力学的任务:是通过研究结构的强度、刚度和稳定性,研究材料的力学性能和结构的几何组成规则,在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下,为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

0.3 建筑力学的分析方法

建筑力学分析方法包括理论分析、实验分析和数值分析三个方面,其具体的分析过程如图0.2所示。

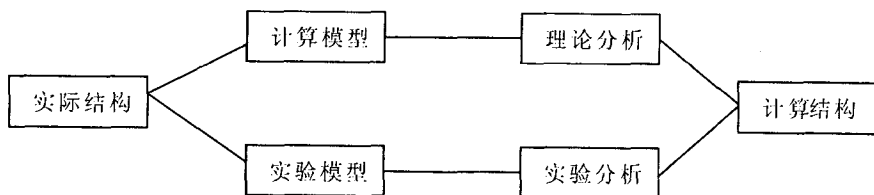


图0.2

建筑力学是力学的一门分支课程,在理论分析中应用了力学的许多基本概念及基本方法。在学习时要注意对基本概念的理解,同时要掌握力学的基本研究方法,以提高分析问题和解决问题的能力。

建筑力学是土建类专业的一门技术基础课程,具有承上启下的作用,本课程既与前面学习的基础课程相关联,又是为后续课程学习打下基础。因此,在学习掌握知识的同时,应当重视力学分析与工程实际的联系,要充分重视对学生分析能力、计算能力、自学能力、表达能力和创新能力的培养。