

高等职业教育建筑工程类规划教材

建筑力学

(静力学、材料力学部分)

● 主 编 李淳敏 刘余强

JIANZHU
LIXUE

煤炭工业出版社

高等职业教育建筑工程类规划教材

建 筑 力 学

(静力学、材料力学部分)

主编 李淳敏 刘余强

煤炭工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书是高等职业教育建筑工程类规划教材之一。

主要内容包括第一篇静力学和第二篇材料力学。第一篇静力学内容有:静力学基础,平面汇交力系,平面力偶系,平面一般力系,空间力系等;第二篇材料力学内容有:材料力学的基本概念,拉伸和压缩,扭转,截面图形的几何性质,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态和强度理论,组合变形的强度计算,压杆稳定,动荷应力等。

本书是高等职业技术学院、高等专科学校建筑工程类各专业的教材,也可供中等专业学校、成人教育学院建筑工程类各专业教学使用,同时可作为建筑企事业单位工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学(静力学、材料力学部分)/李淳敏,刘余强主编. —北京:煤炭工业出版社,2004
高等职业教育建筑工程类规划教材
ISBN 7-5020-2469-7

I. 建… II. ①李…②刘… III. 建筑力学—高等学校:技术学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050950 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 20^{3/4}
字数 497 千字 印数 1—6,000
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷
社内编号 5240 定价 31.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

高等职业教育建筑工程类规划教材 编审委员会

主任:牛维麟

副主任:杜蜀宾 张乃新 王以功 陈连城 张德琦
杨平均 王作兴

委员(按姓氏笔画排列):

于锦伟	王 强	王长平	王玉辉	王社欣
王德利	方洪涛	马芝文	卢经扬	宁掌玄
吕志彬	仲兆金	刘伍诚	刘禄生	刘胜利
刘余强	祁振悦	孙世奎	孙荆波	李万江
李志忠	李淳敏	李永怀	张廷刚	张克俊
张志英	张贵良	陈晋中	吴文金	吴光林
宋 群	初明祥	冷冬兵	邹 波	邹绍明
杨 锐	武玉龙	罗达新	周文平	赵建民
郝临山	钟来星	侯印浩	郭清燕	徐 卓
黄国斌	梁珠擎	游普元	曹长春	常跃军
韩连顺	韩应军	翟永利	蔡建国	魏焕成

前 言

本书是根据2003年1月高等职业教育建筑工程类规划教材编审会的精神,结合编者长期的职教经验编写而成的。在编写过程中,力求反映高职教育特点,紧扣必需的基本内容,强化应用能力的培养,淡化或删除一些繁琐的理论证明,使之符合高等技术应用性人才的培养要求。

本书立足于高等职业教育建筑工程类专业力学课程教学的基本要求,以技术应用能力培养为主线构建教学内容。

本书由李淳敏、刘余强任主编,梁宝英任副主编。李淳敏、梁宝英根据审稿会的意见修改统稿,并由李淳敏定稿。参加编写的人员有:李淳敏(绪论、第五章、第六章、第十章、第十一章、第十六章及附录),刘余强(第一章、第四章、第十三章、第十四章),梁宝英(第七章、第八章、第十二章),韩连顺(第二章、第三章),郑云山(第九章、第十五章)。

此外,在本书的编写过程中,吴德儒、向秋文、齐永红等同志参加了部分章节的编写工作并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促,以及编写认识和实践水平所限,书中难免有欠妥之处,恳请广大读者及同行专家批评指正。

编 者
2003年10月

主要字符表

字符	字符意义	符号
A	面积	A
A_c	挤压面积	A_c
B, b	宽度	B, b
C	形心, 积分常数	C
c	尺寸	c
D	直径	D
d	直径, 尺寸	d
E	弹性模量	E
e	偏心距	e
F	主动力	F
G	切变模量	G
H, h	高度	H, h
I_x, I_y	轴惯性矩	I_x, I_y
I_p	极惯性矩	I_p
I_{yz}	惯性积	I_{yz}
$i(i_x, i_y)$	惯性半径	$i(i_x, i_y)$
i	线刚度	i
K_d	动荷系数	K_d
L, l	长度, 跨度	L, l
M	弯矩	M
M_n	扭矩	M_n
m	外力偶矩	m
N	轴力	N
n	转速	n
n_b, n_s	安全系数	n_b, n_s
P	功率	P
P_{cr}	压杆的临界力	P_{cr}
p	面分布荷载集度	p
Q	主动力	Q
q	线分布荷载集度	q

字符

字符意义

R

合力,支反力

S_y, S_z

静距

S

转动刚度

V

剪力

W

功

W_z, W_y

抗弯截面系数

W_P

抗扭截面系数

\bar{X}

虚设荷载

x, y, z

坐标轴

$y(f)$

挠度

α

斜截面方位角

α

冲击韧度

γ

切应变

γ

材料重度

Δ

线位移、广义位移

δ

延伸率

δ_d

动变形

δ_{st}

静变形

ϵ

线应变

θ

转角

θ_{max}

单位扭转角

λ

压杆的柔度

μ

泊松比

μ

压杆的长度系数

ρ

曲率半径

σ

正应力

σ^0

极限应力

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$

主应力

$[\sigma]$

许用应力

$\sigma_c, [\sigma_c]$

挤压应力、许用挤压应力

$[\sigma_t]$

许用拉应力

$[\sigma_c]$

许用压应力

σ_{cr}

压杆的临界应力

σ_p

比例极限

σ_e

弹性极限

$\sigma_s, \sigma_{0.2}$

屈服极限、名义屈服极限

字符	字符意义
σ_b	强度极限
σ_d	动荷应力
τ	切应力
τ_s	屈服切应力
$[\tau]$	许用切应力
φ	扭转角
Ψ	截面收缩率

目 录

(84)	.....	.....	.....	.....
(82)	.....	.....	.....	.....
(72)	.....	.....	.....	.....
(53)	.....	.....	.....	.....
(64)	.....	.....	.....	.....
(22)	.....	.....	.....	.....
(70)	.....	.....	.....	.....
(07)	绪论 .....	.....	.....	(1)
(27)	.....	.....	.....	.....
(14)	.....	.....	.....	.....
(17)	第一篇 静力学 .....	.....	.....	.....
(28)	.....	.....	.....	.....
(27)	.....	.....	.....	.....
(18)	第一章 静力学基础 .....	.....	.....	(3)
	第一节 静力学概述 .....	.....	.....	(3)
	第二节 静力学公理 .....	.....	.....	(5)
	第三节 约束和约束反力 .....	.....	.....	(8)
	第四节 物体的受力分析和受力图 .....	.....	.....	(12)
	本章小结 .....	.....	.....	(15)
(28)	思考题 .....	.....	.....	(16)
(23)	习题 .....	.....	.....	(16)
(18)	第二章 平面汇交力系 .....	.....	.....	(18)
(22)	第一节 平面汇交力系合成的几何法和平衡的几何条件 .....	.....	.....	(18)
(22)	第二节 平面汇交力系合成的解析法和平衡的解析条件 .....	.....	.....	(20)
(27)	本章小结 .....	.....	.....	(24)
(28)	思考题 .....	.....	.....	(24)
(28)	习题 .....	.....	.....	(25)
(20)	第三章 平面力偶系 .....	.....	.....	(28)
(20)	第一节 力对点之矩 合力矩定理 .....	.....	.....	(28)
(20)	第二节 力偶的概念及其性质 .....	.....	.....	(30)
(24)	第三节 力偶的等效条件 .....	.....	.....	(31)
(22)	第四节 平面力偶系的合成与平衡条件 .....	.....	.....	(32)
(28)	本章小结 .....	.....	.....	(34)
(20)	思考题 .....	.....	.....	(35)
(20)	习题 .....	.....	.....	(36)
(13)	第四章 平面一般力系 .....	.....	.....	(39)
(11)	第一节 力的平移定理 .....	.....	.....	(39)
(13)	第二节 平面一般力系向一点简化 .....	.....	.....	(41)
(13)	第三节 平面一般力系的简化结果分析 .....	.....	.....	(43)

第四节	平面一般力系的平衡方程及其应用	(48)
第五节	平面平行力系的平衡方程	(54)
第六节	物体系统的平衡	(57)
本章小结		(62)
思考题		(64)
习题		(65)
第五章	空间力系	(70)
第一节	力在空间直角坐标轴上的投影	(70)
第二节	力对轴之矩	(73)
第三节	空间一般力系的平衡方程	(74)
第四节	空间力系平衡问题的平面解法	(77)
本章小结		(78)
思考题		(79)
习题		(79)
第二篇 材料力学		
第六章	材料力学的基本概念	(83)
第一节	材料力学概述	(83)
第二节	变形固体的概念及其基本假设	(84)
第三节	构件的分类 杆件变形的基本形式	(85)
第四节	内力的概念	(86)
第五节	应力的概念	(87)
本章小结		(88)
思考题		(89)
第七章	拉伸和压缩	(90)
第一节	轴向拉伸和压缩的概念	(90)
第二节	轴向拉(压)杆的轴力和轴力图	(90)
第三节	轴向拉(压)杆横截面上的应力	(94)
第四节	轴向拉(压)杆斜截面上的应力	(96)
第五节	轴向拉(压)杆的变形	(98)
第六节	材料的力学性能	(102)
第七节	轴向拉(压)杆的强度计算	(108)
第八节	应力集中的概念	(113)
第九节	拉(压)杆连接部分的强度计算	(115)
本章小结		(120)
思考题		(121)

(018) 习题	(123)
(019) 第八章 扭转变形	(129)
(020) 第一节 扭转的概念	(129)
(025) 第二节 圆轴扭转时横截面上的内力	(130)
(030) 第三节 薄壁圆筒扭转时横截面上的切应力	(134)
(035) 第四节 圆轴扭转时的应力和变形	(136)
(040) 第五节 圆轴扭转时的强度和刚度计算	(143)
(045) 第六节 矩形截面杆的扭转	(148)
(050) 本章小结	(150)
(055) 思考题	(151)
(060) 习题	(153)
(061) 第九章 截面图形的几何性质	(156)
(062) 第一节 概述	(156)
(067) 第二节 截面图形的静矩和形心位置	(156)
(072) 第三节 惯性矩和惯性积	(159)
(077) 第四节 平行移轴定理	(162)
(082) 第五节 组合图形的惯性矩的计算	(163)
(087) 第六节 转轴公式 主惯性轴	(165)
(092) 本章小结	(168)
(097) 思考题	(169)
(102) 习题	(169)
(103) 第十章 弯曲内力	(171)
(104) 第一节 平面弯曲的概念	(171)
(109) 第二节 梁弯曲时横截面上的内力	(172)
(114) 第三节 剪力图和弯矩图	(177)
(119) 第四节 弯矩、剪力和分布荷载集度间的微分关系	(184)
(124) 第五节 叠加法绘制弯矩图	(188)
(129) 本章小结	(190)
(134) 思考题	(191)
(139) 习题	(192)
(140) 第十一章 弯曲应力	(195)
(141) 第一节 纯弯曲梁横截面上的正应力	(195)
(146) 第二节 梁的正应力强度计算	(200)
(151) 第三节 剪切弯曲梁横截面上的切应力	(204)
(156) 第四节 梁的切应力强度计算	(208)
(161) 第五节 提高梁抗弯强度的措施	(210)
(166) 本章小结	(213)
(171) 思考题	(214)
(176) 习题	(215)

(125) 第十二章 弯曲变形	(219)
(125) 第一节 弯曲变形的概念	(219)
(129) 第二节 积分法计算梁的变形	(220)
(130) 第三节 叠加法计算梁的变形	(229)
(134) 第四节 梁的刚度校核	(232)
(136) 第五节 提高梁抗弯刚度的措施	(233)
(141) 本章小结	(234)
(148) 思考题	(235)
(150) 习题	(236)
(171) 第十三章 应力状态和强度理论	(239)
(171) 第一节 应力状态的概念	(239)
(176) 第二节 平面应力状态分析	(241)
(176) 第三节 剪切弯曲梁的主应力	(247)
(176) 第四节 强度理论	(249)
(178) 第五节 梁的主应力强度计算	(252)
(181) 本章小结	(254)
(183) 思考题	(255)
(183) 习题	(255)
(188) 第十四章 组合变形的强度计算	(258)
(188) 第一节 组合变形的概念	(258)
(189) 第二节 斜弯曲梁的强度计算	(259)
(191) 第三节 偏心压缩杆的强度计算	(263)
(191) 本章小结	(269)
(193) 思考题	(270)
(193) 习题	(270)
(184) 第十五章 压杆稳定	(272)
(188) 第一节 压杆稳定的概念	(272)
(190) 第二节 细长压杆临界力的欧拉公式	(274)
(191) 第三节 临界应力总图	(277)
(193) 第四节 压杆的稳定计算	(280)
(193) 第五节 提高压杆稳定性的措施	(284)
(193) 本章小结	(285)
(195) 思考题	(285)
(195) 习题	(286)
(180) 第十六章 动荷应力	(288)
(191) 第一节 动荷载的概念	(288)
(193) 第二节 等加速运动构件的应力计算	(288)
(194) 第三节 冲击应力的概念及其计算	(292)
(193) 本章小结	(296)

思考题	(296)
习题	(297)
附录 I 型钢表	(299)
附录 II 习题参考答案	(308)
参考文献	(315)

绪论

在土木工程中,用建筑材料建造房屋、桥梁、水坝、隧道和岩土工程等,其承受和传递荷载,并起骨架作用的部分称为结构,如图 0—1 所示。组成结构的基本部件称为构件,图 0—1 中的基础、柱子、吊车梁、屋架和屋面板等均称为构件。

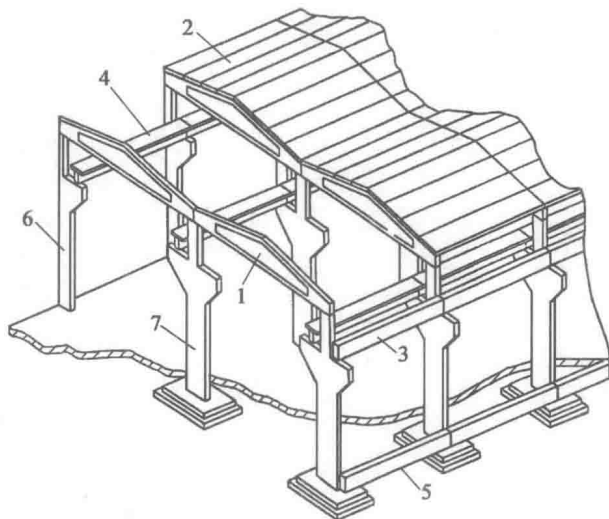


图 0—1

1—屋面大梁;2—吊车梁;3—连系梁;4—屋面板;
5—基础梁;6—边列柱;7—中列柱

建筑物在使用中,会受到各种力的作用,如外墙上的风力,楼面上的人群、设备及本身自重等,这些作用在建筑物上的力,在工程上称为荷载。当我们对建筑物进行结构设计时,一般包括整体方案的确定、结构与构件计算和构造处理等几部分,结构与构件计算又包括荷载计算、内力与变形计算、截面计算等几项工作。

建筑力学是一门很重要的技术基础课,广泛应用于工业与民用建筑、道路与桥梁、水利工程等专业。它在基础课与专业课之间起着桥梁的作用。不仅提供了设计结构和构件所必需的基本理论和计算方法,而且为学习专业课打下了良好的基础。它的研究方法对今后的学习和工作都具有重要的现实意义。

今天,人们已经认识到,要使建筑工程技术不断地发展,就必须对建筑力学进行研究;要使建筑工程设计既保障工程安全可靠,又经济实用,建筑工程技术人员就必须熟练准确地掌握建筑力学。只有这样,才能快捷地解决建筑工程设计、施工中遇到的实际问题,才能更好地为祖国的建设服务。

建筑力学是由静力学、材料力学和结构力学三部分内容组成的。

第一篇 静力学

第一章 静力学基础

本章将着重介绍静力学的研究对象,力与平衡的概念,约束与约束反力,受力分析与受力图。

第一节 静力学概述

一、力的概念

1. 力

在生产与生活中,人们总能感觉到力的存在。如人用手拉静止弹簧时,会感觉肌肉紧张,同时弹簧被拉长,这就是力作用的结果。那么什么是力呢?力是物体间的相互机械作用,这种作用的结果将使物体的运动状态发生改变,或者使物体产生变形。前者称为力的外效应或运动效应,后者称为力的内效应或变形效应。在静力学中主要研究力的外效应。需要指出的是,物体间可以有物理性质完全不同的各种作用,如热作用、磁作用等,而这里所说的力只是物体间相互的机械作用。

力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN), $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$ 。

2. 力的三要素

既然力是物体间的相互作用,则力不会脱离物体而独立存在。有受力体时,必定有施力体。它对物体的作用效应取决于三个方面因素。

(1) 力的大小 物体间相互作用的强度;

(2) 力的方向 力的方位与指向;

(3) 力的作用点 力的作用位置。

这三个要素通常称为力的三要素。当任一要素改变时,力的作用效果均会发生变化。

3. 力的表示

在力学研究中存在两种量,第一种是标量,只考虑大小而不考虑方向的量,如质量 m 等。第二种是矢量,既考虑大小,又考虑方向的量。力是矢量,由于力的作用点是力对物体作用的三要素之一,所以表示力的矢量只能将其始(或终)端放置在作用点 A 上,这种矢量称为定位矢量。因此,力是定位矢量。

力可以用一段带箭头的线段来表示,如图 1—1 所示。线段的长度按设定的比例表示力的大小;线段的方位及箭头指向表示力的方向;线段的起点(或终点)表示力的作用点,与线段重合的直线称为力的作用线。本书中矢量用黑体字母表示,如 \mathbf{F} 、 \mathbf{G} ;字母 F 、

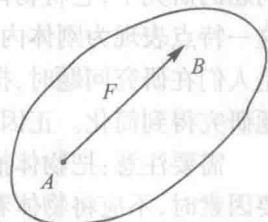


图 1—1

G 仅表示矢量的模(即大小)。图中矢量不用黑体字母表示。

4. 力的分类

作用在物体上的力按分类方法不同可分为:

1) 按作用范围分

(1) 集中力 作用在物体较小范围(能简化成一点)上的力。如绳索的拉力就属于集中力。

(2) 分布力 连续作用于物体较大范围上的力。如楼板对墙体(梁)的压力就属于分布力。

2) 按力的作用性质分

(1) 外力 物体受到其他物体对该物体的作用力。其中,主动作用在物体上,能够使物体产生运动或运动趋势的外力称为主动力,工程上称为荷载。可分为:

恒荷载 长期作用在结构上的不变荷载。

活荷载 施工或使用期间作用在结构上的可变荷载。

静荷载 缓慢加到结构上的荷载。

动荷载 凡能引起结构显著振动或冲击的荷载。

(2) 内力 物体内部各部分之间的相互作用力。

5. 力系的概念

建筑物总要受到力的作用,把同时作用在物体上的一群力称为力系。若各力的作用线都在同一平面内,这样的力系称为平面力系,否则称为空间力系。在平面力系中,若各力作用线都交于一点的平面力系称为平面汇交力系;若各力的作用线都相互平行的平面力系称为平面平行力系;若各力作用线既不全相交于一点,也不相互平行的平面力系称为平面一般力系。如果一个力系用另一个力系来代替而不改变它对物体的作用效果,则这两个力系称为等效力系。不能使物体运动状态发生改变的力系称为平衡力系。

二、平衡的概念

平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。一切物体都在不停地运动之中,因此,平衡是相对的、暂时的、有条件的。在建筑工程中,平衡是指建筑物或构筑物相对于地球静止的状态。

既然平衡是有条件的,故把力系使物体保持平衡应具备的条件称为力系的平衡条件。研究平衡应首先研究平衡条件,并用以解决工程实际问题。

三、静力学研究对象

静力学研究的是物体机械运动的特殊情况,即研究物体在力系作用下的平衡规律。在问题的研究中,它将物体视为刚体。所谓刚体,是指在任何外力作用下永远不变形的物体。这一特点表现为刚体内任意两点的距离始终保持不变。但是宇宙中并无刚体存在,它不过是人们在研究问题时,把实际物体,经过抽象化所得到的理想模型,这种抽象化使静力学问题研究得到简化。正因为静力学以刚体为研究对象,所以有时也将静力学称为刚体静力学。

需要注意:把物体抽象为刚体时,应注意研究其内容及条件。当变形在研究问题中为主要因素时,不应将物体看作刚体,而应视为变形体。

在静力学中主要研究两个基本问题:

(1) 力系的简化 即把复杂力系用作用效果相同的简单力系来代替。