



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

建筑力学

主 编 肖 燕

副主编 王禾稼 王 静 麻 媛

黄 琳 陈春梅



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

建筑力学

主 编 肖 燕

副主编 王禾稼 王 静 麻 媛

黄 琳 陈春梅



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据高职高专教育土建类专业的教学培养目标和教学大纲要求编写,以够用为度,以适用、好用为目标,从应用的角度讲解理论,体现了高职高专注重学生应用能力的培养的教学特点。

全书分3篇,共14章,内容包括:绪论,静力学基本概念及受力分析,平面汇交力系和平面力偶系,平面一般力系,平面体系的几何组成分析,平面图形的几何性质,内力及内力图,应力和变形,强度计算和刚度计算,压杆稳定,静定结构的位移计算,力法,位移法,力矩分配法,影响线。各章还编入了思考题、习题及自我测试题。书末还附有2008年新规范修订后的型钢规格表,以及习题、自我测试题参考答案。

本教材深入浅出、详略得当,可作为高职高专院校土建类建筑工程、工程监理等专业的教材,也可供工程技术人员参考使用,还可作为成人、函授、网络教育和自学考试的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 肖燕主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.9

普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8708-3

I. ①建… II. ①肖… III. ①建筑力学—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第186957号

书 名	普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材 建筑力学
作 者	主 编 肖燕 副主编 王禾稼 王静 麻媛 黄琳 陈春梅
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.75印张 492千字
版 次	2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

普通高等教育高职高专土建类 “十二五”规划教材

参编院校及单位

安徽工业经济职业技术学院
滨州职业学院
重庆建筑工程职业学院
甘肃工业职业技术学院
甘肃林业职业技术学院
广东建设职业技术学院
广西经济干部管理学院
广西机电职业技术学院
广西建设职业技术学院
广西理工职业技术学院
广西交通职业技术学院
广西水利电力职业技术学院
河北交通职业技术学院
河北省交通厅公路管理局
河南财政税务高等专科学校
河南工业职业技术学院
黑龙江农垦科技职业学院
湖南城建集团
湖南交通职业技术学院
淮北职业技术学院
淮海工学院

金华职业技术学院
九江学院
九江职业大学
兰州工业高等专科学校
辽宁建筑职业技术学院
漯河职业技术学院
内蒙古河套大学
内蒙古建筑职业技术学院
南宁职业技术学院
宁夏建设职业技术学院
山西长治职业技术学院
山西水利职业技术学院
石家庄铁路职业技术学院
太原城市职业技术学院
太原大学
乌海职业技术学院
烟台职业学院
延安职业技术学院
义乌工商学院
邕江大学
浙江工商职业技术学院

本 册 编 委 会

本 册 主 编：肖 燕

本册副主编 王禾稼 王 静 麻 媛 黄 琳 陈春梅

本 册 参 编 李林峰 张伟喜

序



“十二五”时期，高等职业教育面临新的机遇和挑战，其教学改革必须动态跟进，才能体现职业教育“以服务为宗旨、以就业为导向”的本质特征，其教材建设也要顺应时代变化，根据市场对职业教育的要求，进一步贯彻“任务导向、项目教学”的教改精神，强化实践技能训练、突出现代高职特色。

鉴于此，从培养应用型技术人才的期许出发，中国水利水电出版社于2010年启动了土建类（包括建筑工程、市政工程、工程管理、建筑设备、房地产等专业）以及道路桥梁工程等相关专业高等职业教育的“十二五”规划教材，本套“普通高等教育高职高专土建类‘十二五’规划教材”编写上力求结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新规范、新案例，内容上力求精简理论、结合就业、突出实践。

随着教改的不断深入，高职院校结合本地实际所展现出的教改成果也各不相同，与之对应的教材也各有特色。本套教材的一个重要组织思想，就是希望突破长久以来习惯以“大一统”设计教材的思维模式。这套教材中，既有以章节为主体的传统教材体例模式，也有以“项目—任务”模式的“任务驱动型”教材，还有基于工作过程的“模块—课题”类教材。不管形式如何，编写目标均是结合课程特点、针对就业实际、突出职业技能，从而符合高职学生学习规律的精品教材。主要特点有以下几方面：

（1）专业针对性强。针对土建类各专业的培养目标、业务规格（包括知识结构和能力结构）和教学大纲的基本要求，充分展示创新思想，突出应用技术。

（2）以培养能力为主。根据高职学生所应具备的相关能力培养体系，构建职业能力训练模块，突出实训、实验内容，加强学生的实践能力与操作技能。

（3）引入校企结合的实践经验。由企业的工程技术人员参与教材的编写，将实际工作中所需的技能与知识引入教材，使最新的知识与最新的应用充实到教学过程中。

(4) 多渠道完善。充分利用多媒体介质,完善传统纸质介质中所欠缺的表达方式和内容,将课件的基本功能有效体现,提高教师的教学效果;将光盘的容量充分发挥,满足学生有效应用的愿望。

本套教材适用于高职高专院校土建类相关专业学生使用,亦可为工程技术人员参考借鉴,也可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书。本套丛书的出版对于“十二五”期间高职高专的教材建设是一次有益的探索,也是一次积累、沉淀、迸发的过程,其丛书的框架构建、编写模式还可进一步探讨,书中不妥之处,恳请广大读者和业内专家、教师批评指正,提出宝贵建议。

编委会

2011年1月

前言



本书根据高职高专教育土建类专业的教学基本要求编写，是中国水利水电出版社出版的《普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材》之一。

编写时结合了多年的教学经验，力求体现高职高专教学改革特点，注重基础性、实用性、科学性。在保证知识完整性和系统性的前提下，对教学内容进行有机整合、融会贯通，并适当降低难度，注重知识层次的递进性，尽量做到由浅入深，通俗易懂，利于教学，便于自学。各章后附思考题、习题和自我测试，训练全面，便于学生自主学习、自我评价和考核。

全书分3篇，共14章，内容包括：绪论，静力学基本概念及受力分析，平面汇交力系和平面力偶系，平面一般力系，平面体系的几何组成分析，平面图形的几何性质，内力及内力图，应力和变形，强度计算和刚度计算，压杆稳定，静定结构的位移计算，力法，位移法，力矩分配法，影响线。每章后有小结、思考题、习题、自我测试题，书末附部分习题、自我测试题参考答案及型钢规格表。建议安排138学时进行教学。

本书由九江职业大学的肖燕担任主编，山西长治职业技术学院的王禾稼、内蒙古河套大学的王静、山西水利职业技术学院的麻媛、九江职业大学的黄琳、广西建设职业技术学院陈春梅担任副主编，山西长治职业技术学院的李林峰、九江职业大学的张伟喜参与编写。编写工作分工为：肖燕编写绪论和第10、11、14章；麻媛编写第1、2、3章；黄琳编写第4、5章及附录、参考答案；王静编写第7、8、9章；王禾稼编写第6、12、13章。全书由肖燕统稿。在此向所有参与编写和提出宝贵建议的人员表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见和建议（联系方式：E-mail: xy_jjzd@126.com）。

编者

2011年5月

目 录

序

前言

绪论	1
0.1 建筑力学的研究对象和任务	1
0.2 变形固体及其基本假定	3
0.3 杆件变形的基本形式	4
0.4 结构的计算简图	5
0.5 平面杆件结构和荷载的分类	7
本章小结	9
思考题	10

第1篇 静力学基础

第1章 静力学基本概念及受力分析	11
1.1 静力学基本概念	11
1.2 力的投影	13
1.3 力矩	16
1.4 力偶及力偶矩	18
1.5 静力学公理	20
1.6 约束和约束反力	23
1.7 受力分析与受力图	26
本章小结	30
思考题	32
习题	32
自我测试	34
第2章 平面汇交力系和平面力偶系	36
2.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法	36
2.2 平面汇交力系合成的解析法	38
2.3 平面汇交力系平衡的解析条件	40
2.4 平面力偶系的合成与平衡	43
本章小结	44

思考题	45
习题	46
自我测试	47

第 3 章 平面一般力系	49
3.1 力的平移定理	50
3.2 平面一般力系向作用平面内任一点的简化	51
3.3 平面一般力系平衡条件及其应用	54
3.4 平面平行力系平衡条件及其应用	56
3.5 物体系统的平衡	58
本章小结	62
思考题	63
习题	64
自我测试	66

第 2 篇 基本变形杆件和静定结构静力分析与计算

第 4 章 平面体系的几何组成分析	67
4.1 几何组成分析的目的	67
4.2 自由度和约束	68
4.3 几何不变体系的组成规则	72
4.4 几何组成分析的应用	73
4.5 静定结构和超静定结构的概念	76
本章小结	77
思考题	77
习题	78
自我测试	78

第 5 章 平面图形的几何性质	80
5.1 平面图形的形心位置和静矩	80
5.2 惯性矩、极惯性矩、惯性积	83
5.3 平行移轴公式	86
5.4 形心主惯性轴和形心主惯性矩	87
本章小结	87
思考题	88
习题	89
自我测试	90

第 6 章 内力及内力图	92
6.1 轴心拉（压）杆件的内力及内力图	92

6.2 受扭圆轴的内力及内力图	94
6.3 平面弯曲梁的内力及内力图	96
6.4 多跨静定梁、斜梁的内力及内力图	101
6.5 静定平面刚架的内力及内力图	104
6.6 静定平面桁架的内力及内力图	107
6.7 三铰拱的内力及内力图	115
6.8 静定组合结构的内力及内力图	121
本章小结	123
思考题	124
习题	124
自我测试	126
第7章 应力和变形	128
7.1 应力、应变及相互关系	128
7.2 轴向拉压杆的应力和变形	130
7.3 受扭圆轴的应力和变形	136
7.4 平面弯曲梁的应力	138
7.5 平面弯曲梁的变形	144
本章小结	148
思考题	149
习题	150
自我测试	152
第8章 强度计算和刚度计算	155
8.1 材料的力学性能	155
8.2 构件的强度条件和刚度条件	160
8.3 轴向拉压杆的强度计算	162
8.4 梁的强度计算和刚度计算	164
8.5 受扭圆轴的强度计算和刚度计算	171
8.6 组合变形	173
本章小结	180
思考题	181
习题	182
自我测试	184
第9章 压杆稳定	187
9.1 压杆稳定的概念	187
9.2 临界应力和临界应力总图	188
9.3 压杆的稳定性计算	192
9.4 提高压杆稳定性的措施	196

本章小结	197
思考题	197
习题	198
自我测试	199
第 10 章 静定结构的位移计算	202
10.1 概述	202
10.2 虚功原理	203
10.3 结构位移计算的一般公式	205
10.4 静定结构在荷载作用下的位移计算	207
10.5 图乘法	210
10.6 静定结构由于支座位移、温度改变所引起的位移	214
10.7 线弹性结构的互等定理	217
本章小结	220
思考题	221
习题	221
自我测试	224

第 3 篇 超静定结构静力分析与计算

第 11 章 力法	226
11.1 超静定结构和超静定次数	226
11.2 力法的基本原理	228
11.3 力法典型方程	230
11.4 力法的计算步骤和应用	232
11.5 超静定结构在荷载作用下的位移计算	238
11.6 超静定结构最后内力图的校核	239
11.7 温度改变及支座位移时超静定结构的计算	240
11.8 超静定结构的特性	244
本章小结	244
思考题	245
习题	245
自我测试	248
第 12 章 位移法	250
12.1 位移法的基本概念	250
12.2 位移法的基本未知量和基本结构	252
12.3 位移法典型方程	254
12.4 位移法的计算步骤和举例	258

本章小结	262
思考题	262
习题	263
自我测试	263
第 13 章 力矩分配法	266
13.1 力矩分配法的基本概念	266
13.2 单结点力矩分配法计算实例	269
13.3 力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	272
本章小结	274
思考题	274
习题	274
自我测试	275
第 14 章 影响线	278
14.1 影响线的概念	278
14.2 静力法绘制静定梁的影响线	279
14.3 机动法绘制静定梁的影响线	282
14.4 影响线的应用	283
本章小结	287
思考题	287
习题	288
自我测试	289
附录 1 型钢规格表	291
附表 1-1 热轧等边角钢 (GB/T 706—2008)	291
附表 1-2 热轧不等边角钢 (GB/T 706—2008)	297
附表 1-3 热轧槽钢 (GB/T 706—2008)	301
附表 1-4 热轧工字钢 (GB/T 706—2008)	303
附表 1-5 热轧 L 型钢 (GB/T 706—2008)	306
附录 2 习题、自我测试题参考答案	307
参考文献	317

绪 论

【本章要点】

了解建筑力学的研究对象、学习要求、建筑力学与其他课程的关系、地位和作用。熟悉建筑力学的任务、变形固体的基本假设、杆件的基本变形、荷载的分类。重点掌握承载力的概念、结构的计算简图、平面杆件结构的分类。

为满足人们工作和生活的需要而建造的各种各样的建筑物或构筑物，既要满足使用功能的要求，同时也必须满足安全与经济的需要。因此，对建筑物和构筑物进行结构设计时，力学的分析与计算非常重要。建筑力学是将理论力学、材料力学、结构力学的内容有机整合形成的一门力学课程，研究的是建筑物和构筑物设计中有关力学分析与计算问题。

0.1 建筑力学的研究对象和任务

0.1.1 建筑力学的研究对象

建筑物或构筑物中能够承受并传递各种外部作用的骨架称为**结构**。结构是由单个的部件按照一定的规则组合而成，组成结构的部件称为**构件**。如图 0-1-1 所示，单层工业厂房的基础、柱、屋架、屋面板通过相互连接而构成厂房的骨架，基础、柱、屋架、屋面板是构件。

构件根据几何特征可以分为杆件、板和壳、块体三种类型。

1. 杆件

指长度远大于其他两个方向尺寸（宽度和厚度）的构件，如梁、柱等。杆件有两个主要的几何因素：轴线和横截面。**轴线**是杆件各横截面形心的连线。垂直于杆件轴线的截面称为**横截面**。轴线为直线的杆称为**直杆**，见图 0-1-2（a），轴线为曲线的杆称为**曲杆**，见图 0-1-2（b）。各横截面相同的杆称为**等截面杆**。

2. 板和壳

指厚度远小于其他两个方向尺寸（长度和宽度）的构件，如楼、屋面板。具有平面外

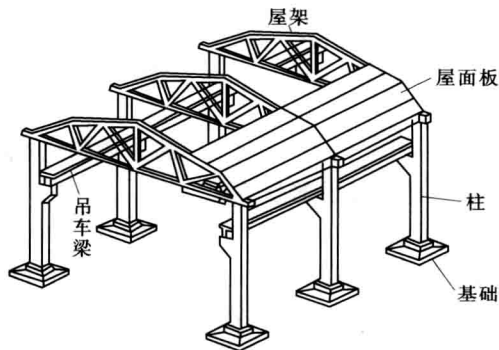


图 0-1-1



形的称为平板, 见图 0-1-3 (a), 具有曲面外形的称为壳, 见图 0-1-3 (b)。

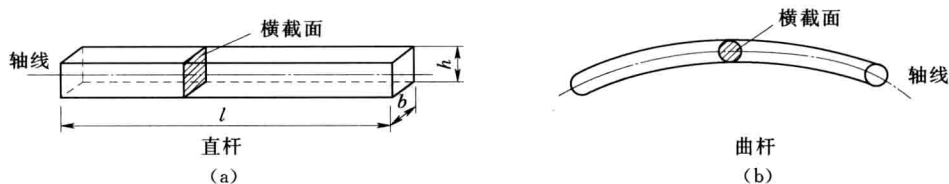


图 0-1-2

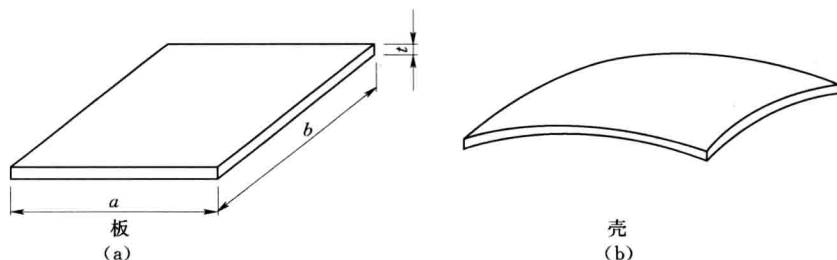


图 0-1-3

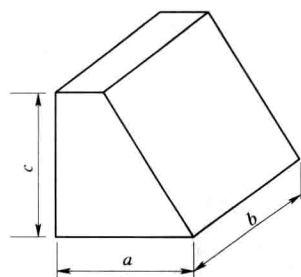


图 0-1-4

3. 块体

指长、宽、高三个方向的尺度大体接近的构件, 如挡土墙等 (图 0-1-4)。

按照几何观点, 结构可以分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。由杆件组成的结构称为杆件结构 (图 0-1-1); 若干板 (壳) 按照一定的规则组合可形成板壳结构 (薄壁结构); 由块体形成的结构即为实体结构。

工程实际中, 杆件结构应用最为广泛, 因此, 建筑力学的主要研究对象是杆件和杆件结构。

0.1.2 建筑力学的任务

在荷载等外因作用下, 构件和结构的形状或尺寸将发生改变, 构件内部将产生一定的内力。随着荷载的增大, 构件和结构的变形与内力也逐渐增大, 最后将导致构件和结构失效。为保证结构安全正常的工作, 要求构件必须有足够的承受荷载的能力, 简称为承载能力。构件的承载能力主要包括强度、刚度、稳定性三个方面的要求。

1. 强度

指构件抵抗破坏的能力。如房屋中的楼板, 强度不足时, 在楼面荷载作用下可能折断, 这在工程上是不允许的。因此, 设计任何构件时首先要保证它安全承受荷载不发生破坏, 即要求具有足够的强度。

2. 刚度

指构件抵抗变形的能力。在荷载作用下, 构件虽然有足够的强度不致发生破坏, 但如果产生的变形过大, 会影响构件的正常使用。如吊车梁的变形如果超过一定的限度, 吊车就不能在其上正常行驶。因此, 设计时要限制构件的变形不超过正常工作容许的范围, 即



要求具有足够的刚度。

3. 稳定性

指构件保持其原有平衡状态的能力。如房屋中承重的柱子,如果过细、过高,当压力超过某一数值时,就可能由于柱子的失稳而导致整个房屋的倒塌。因此,对于细长压杆,必须保证其具有足够的稳定性。

构件的承载能力的大小不仅与其受力有关,还与其截面几何形状和尺寸、材料的力学性能、工作条件及构造情况等有关。结构设计时,如果截面尺寸过小,则构件不能满足强度、刚度或稳定性的要求;如果截面尺寸过大,虽然满足了上述要求,但构件承载能力难以充分发挥,既浪费了材料,又增加了成本。

建筑力学是研究各种类型构件和构件系统的强度、刚度、稳定性问题的科学。**建筑力学的任务是:**研究结构或构件的强度、刚度、稳定性,材料的力学性能及结构的组成规则,为构件选择合适的材料,确定合理的截面形状和尺寸,为保证结构既安全可靠又经济合理提供必要的理论基础和计算方法。

建筑力学的学习要求:建筑力学作为土建类专业的技术基础课程,将为学习后续结构类专业课奠定基础。在学习过程中,一方面要注意理论知识与实际工程结构知识的结合;另一方面要重视基本理论学习与基本技能(如解题运算能力)训练的结合。独立完成一定数量的思考题和习题,通过做习题理解和掌握基本概念、基本原理和计算方法,提高分析和解决工程实际问题的能力。

0.2 变形固体及其基本假定

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,有些变形可通过仪器测出。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:一种是当外力消除时,变形也随着消失,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**。

变形固体多种多样,其组成和性质十分复杂。对于用变形固体材料制成的构件进行强度、刚度和稳定性计算时,为使问题得到简化,常略去一些次要的因素,而保留其主要的性质。根据主要性质对变形固体作如下基本假设。

1. 均匀连续性假设

假设变形固体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质,各处的力学性能连续且均匀一致。

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,因此,这些空隙的存在以及由此引起的性质上的差异,在研究构件受力和变形时可以忽略不计。

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,组成固体的各微粒或晶体在不同方向上性质是不同的。但由于构件所包含的微粒或晶体数量极多,且排列也完全没有规则,因此它们的统计平均性质在各个方向就趋于一致。在以构件为研究对象时,就可以认为是各向同性的。

根据上述假设,可以认为在物体内的各处,沿各方向的变形和位移等是连续的。进行分析时,可以从物体中任取一微小部分来研究物体的性质,也可将那些大尺寸的构件的试验结果应用于物体任一微小部分上。

3. 小变形假设

实际工程中,构件在荷载作用下,其变形与构件的原始尺寸相比通常很微小。在研究构件的平衡和运动时,可忽略其变形,按构件变形前的尺寸和形状进行计算。这样,可使计算工作大为简化,而又不影响计算结果的精度。

4. 线弹性假设

假设外力大小不超过一定范围时(在线弹性范围内),构件只产生弹性变形且外力与变形之间呈线性关系,即服从胡克定律。

工程中常用的材料,当外力不超过一定范围时,塑性变形很小,可忽略不计,认为只有弹性变形。

0.3 杆件变形的基本形式

杆件在不同外力作用下,将产生不同形式的变形,根据外力形式及作用位置的不同,杆件的变形分为基本变形和组合变形。

杆件变形的**基本形式**有四种:轴向拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲。

1. 轴向拉伸或压缩

在一对大小相等、方向相反、作用线与杆轴线重合的外力作用下,杆件发生沿轴线方向的伸长或缩短,这种变形形式称为轴向拉伸或压缩,见图 0-3-1。如结点荷载作用下的桁架中的杆件通常发生轴向拉伸或压缩变形。

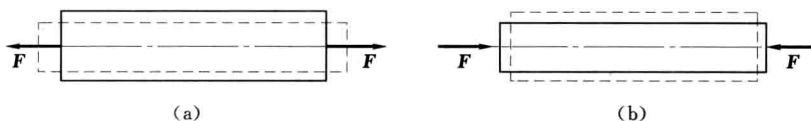


图 0-3-1

2. 剪切

在一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向外力作用下,杆件相邻横截面沿外力作用方向发生相对错动,这种变形形式称为剪切,见图 0-3-2 (a)。机械中常用的连接件,如螺栓、销钉等产生的是剪切变形。

3. 扭转

在一对大小相等、方向相反、作用面垂直于杆轴线的外力偶作用下,杆件各横截面将绕轴线发生相对转动,而轴线仍保持直线,这种变形形式称为扭转,见图 0-3-2



(b)。如汽车的传动轴、电动机的主轴等的主要变形都包含了扭转变形。

4. 弯曲

在一对大小相等、方向相反、作用于杆件的纵向平面内的外力偶作用下，杆轴线由直线弯成曲线，这种变形形式称为弯曲，见图 0-3-2 (c)。如框架梁、吊车梁、阳台挑梁等的变形都属于弯曲变形。

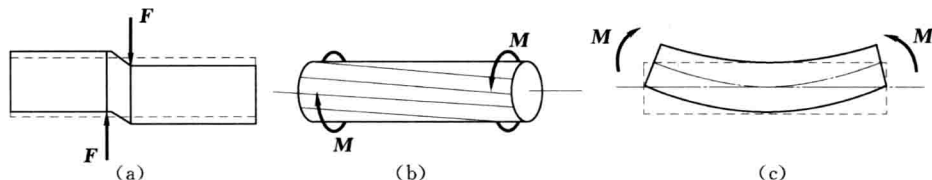


图 0-3-2

工程实际中，杆件往往同时承受不同形式的荷载而发生复杂变形，但都可以看作是上述基本变形的组合。由两种及两种以上基本变形组成的复杂变形称为**组合变形**，如拉弯变形、压弯变形、弯剪扭变形等。组合变形将在后面章节中进一步讨论。

0.4 结构的计算简图

工程结构的构造和受力情况往往复杂多样，完全按照其实际情况进行力学分析是不现实的，也是不必要的。因此，对实际结构进行力学计算之前，有必要通过某些简化和假定，略去次要因素，反映其主要特征，用一个简化的图形代替实际结构，这种图形称为**结构的计算简图**。对实际结构的力学计算是在计算简图的基础上进行的。

0.4.1 计算简图的简化原则

计算简图的选择，将直接影响计算的工作量和计算结果的可靠性。确定计算简图应遵循以下原则：

- (1) 正确反映实际结构的主要受力特征，使计算结果尽可能精确。
- (2) 分清主次因素，略去次要因素的影响，使计算简化。

0.4.2 平面杆件结构的简化方法

一般的实际结构均为空间结构，各杆件相互联结形成一个空间整体，以承受荷载作用。但大多数的空间结构，在一定条件下，根据受力状态和约束特点，常常可以简化为平面杆件结构进行计算。各杆的轴线与作用荷载均在同一平面内的结构称为平面杆件结构。

平面杆件结构的简化主要包括杆件、结点、支座和荷载的简化。

1. 杆件的简化

计算简图中，结构的杆件可用其杆轴线表示，杆件的长度则按轴线交点间的距离计取。轴线为直线的梁、柱等构件可用直线表示，而轴线为曲线的曲杆、拱等构件则可用相应的曲线表示。