

高校工程管理专业指导委员会规划推荐教材

JIAN ZHU LI XUE

建筑力学

华南理工大学 魏德敏 主编

中国建筑工业出版社

高校工程管理专业指导委员会规划推荐教材

建 筑 力 学

华南理工大学 魏德敏 主编
魏德敏 吴庆华 王 勇 陈宽德 编著

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学/魏德敏主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

高校工程管理专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-11571-6

I. 建… II. 魏… III. 建筑力学-高等学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 209548 号

本书在确保相关专业对建筑力学知识的教学基本要求基础上, 将三门力学 (理论力学、材料力学、结构力学) 的主要内容融为一体, 保留了三门力学课程的理论系统性和相互独立性, 考虑了教学内容的精简和知识面的覆盖, 注重对学生分析和解决实际问题的能力培养。内容精炼, 信息量大, 通俗易懂, 便于自学。

全书内容包括静力学基础, 单个杆件的强度、刚度、稳定性问题, 静定结构的内力计算和位移计算, 超静定结构的内力计算, 影响线的概念等。

本书可作为高等学校工程管理、建筑学、城市规划、市政工程等本科专业的课程教材, 也可供本科其他专业、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

* * *

责任编辑: 王 跃 牛 松

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 袁艳玲 兰曼利

高校工程管理专业指导委员会规划推荐教材

建 筑 力 学

华南理工大学 魏德敏 主编

魏德敏 吴庆华 王 勇 陈宽德 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{1}{4}$ 字数: 322 千字

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-11571-6

(18837)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出 版 说 明

随着我国经济的快速发展及城市化进程的不断加快, 社会对工程管理专业人才需求日益强烈, 对工程管理专业高层次人才的培养也提出了更高的要求。

高校工程管理专业自 1998 年设立以来, 得到了迅猛的发展, 目前全国已有近 300 所高校开设工程管理专业, 在校生规模不断扩大。为对全国高校工程管理专业的建设和发展进行有效的指导, 建设部于 1998 年 10 月成立了高等学校工程管理专业指导委员会, 专指委成立以来做了大量扎实有效的工作, 制定完成了《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》, 并组织编写了一套专业方向课程规划推荐教材, 由中国建筑工业出版社出版, 有力地推动了我国高等学校工程管理专业教育事业的健康发展。

然而, 直至目前, 我国工程管理专业教学仍存在较大的改善空间, 其中矛盾尤为突出的是技术平台课程教学。技术课程教学时间短、内容多, 而且大都借用其他相关专业教材, 对工程管理专业学生来讲, 是任务最重, 难度最大的课程。学生在技术课程上花费了大量时间, 但却无法达到学以致用。为此, 我们认为有必要对技术课程的教学内容进行筛选、取精, 用简单、形象和生动的语言表达复杂的技术问题, 进行技术课程的“白话”革命, 以便让学生能够掌握这些技术课程的精华和有效内容, 同时在内容上考虑与经济、管理、法律等相关学科内容的渗透, 为后续知识的融合打下坚实基础。为配合这一教学改革, 我们组织编写了本套供工程管理专业学生使用的技术平台课程教材。

本套教材的编写工作由中国建筑工业出版社在专指委的指导下负责具体实施, 同时得到了住房和城乡建设部人事司和各主编单位的大力支持。首批 5 本教材为《建筑力学》、《建筑结构》、《建筑材料》、《建筑施工》和《建筑设备》, 分别由华南理工大学、重庆大学、天津大学、同济大学和清华大学主编。

在编写过程中, 虽然我们努力做到内容精练, 语言浅显, 但限于技术类课程自身的特点, 目前的成果与“白话”的要求尚有距离, 但毕竟是第一次尝试。热忱希望使用本系列教材的广大读者提出意见和建议, 以便再版时改进、完善。

住房和城乡建设部高校工程管理专业指导委员会
中国建筑工业出版社

2009. 12

前 言

按建设部高等学校工程管理专业指导委员会制定的工程管理专业技术平台课程教学基本要求,以及教育部高等学校非力学专业力学基础课程教学指导分委员会制定的理论力学、材料力学和结构力学课程教学基本要求(B类),在全国高校工程管理专业指导委员会的组织和指导下,我们为工程管理专业编写了这本建筑力学教材。本教材分为上下两篇,上篇(第二章至第七章)主要为理论力学和材料力学的相关内容,下篇(第八至第十四章)主要为结构力学的相关内容。上下两篇内容不重复,有相互联系。

全部讲授完本书约需80~90学时。本教材同时可供工程造价、建筑学、城市规划、给水排水科学与工程等专业使用,采用本教材时,可根据各专业的不同要求和学时数对内容酌情取舍,部分内容可留作自学,或根据实际情况作为专题讲授,或融合到其他专业课程中讲授。在主要章节后附有一定数量的思考题和习题,可根据需要选做。

本书由华南理工大学魏德敏(第一章、第四章、第十四章)、陈宽德(第八至第十章)王勇(第十一至第十三章)、广州大学吴庆华(第二章、第三章、第五至第七章)编著,魏德敏主编。

由于编者水平和时间所限,本书不足之处在所难免,衷心希望使用本书的广大读者和教师提出宝贵意见,使本书得到完善和充实。

编 者

2009年11月于广州

目 录

上 篇

第一章 绪论	2
第一节 建筑力学的研究对象	2
第二节 建筑力学的任务	5
第三节 刚体、变形体及其基本假设	6
第四节 杆件变形的基本形式	7
第五节 荷载的分类	8
第二章 静力学基础	10
第一节 力、力矩及其性质	10
第二节 约束与约束反力	14
第三节 受力分析与受力图	16
习题	19
第三章 平面力系	21
第一节 平面任意力系的简化	21
第二节 平面任意力系的平衡条件	24
习题	29
第四章 平面体系的几何组成分析	31
第一节 几何组成分析的目的	31
第二节 平面体系的自由度	32
第三节 几何不变体系的组成规律	35
第四节 静定结构与超静定结构	42
习题	43
第五章 轴向拉压杆件	45
第一节 基本概念	45
第二节 拉压杆的内力与应力	46
第三节 许用应力与强度条件	50
第四节 应变和变形	51
第五节 轴压杆的稳定性	53
习题	59

第六章 剪切和扭转杆件	61
第一节 剪切和挤压的实用计算	61
第二节 扭转的概念与工程应用	63
第三节 圆轴扭转的应力和强度	64
第四节 圆轴扭转的变形和刚度	68
习题	70
第七章 平面弯曲杆件	72
第一节 截面的几何性质	72
第二节 平面弯曲杆件的内力	77
第三节 弯曲应力和强度	85
第四节 拉压与弯曲组合变形杆件的应力和强度	92
习题	94

下 篇

第八章 静定结构内力计算	100
第一节 多跨静定梁	100
第二节 静定平面刚架	105
第三节 三铰拱	113
第四节 静定桁架	120
第五节 静定组合结构	129
第六节 静定结构的特性	131
思考题	134
习题	134
第九章 静定结构的位移计算	138
第一节 概述	138
第二节 变形体的虚功原理	139
第三节 支座移动引起的位移	144
第四节 荷载作用引起的位移	145
第五节 图乘法	149
思考题	155
习题	155
第十章 静定结构的影响线	158
第一节 影响线的概念	158
第二节 静力法	159
第三节 机动法	166
第四节 影响线的应用	170

第五节 简支梁的内力包络图	175
思考题	177
习题	177
第十一章 力法	179
第一节 超静定结构的概念	179
第二节 力法的基本概念	181
第三节 力法计算超静定结构	186
第四节 对称性的利用	193
习题	198
第十二章 位移法	200
第一节 位移法的基本概念	200
第二节 等截面单跨超静定梁的杆端弯矩	202
第三节 位移法的基本结构和基本未知量	204
第四节 位移法的基本方程	207
第五节 无侧移刚架的计算	207
第六节 有侧移刚架的计算	210
习题	214
第十三章 力矩分配法	216
第一节 基本概念	216
第二节 多跨连续梁的计算	222
习题	228
第十四章 工程结构的简化分析	230
第一节 杆件结构的简化	230
第二节 空间结构体系的简化分析	233
第三节 板壳结构的简化分析	235
第四节 结构的分解简化分析	238
第五节 忽略次要变形的简化分析	240
部分习题答案	242
主要参考文献	249

上 篇



第一章 绪 论

建筑力学是将理论力学中的静力学、材料力学、结构力学等课程中的主要内容，依据知识和内容的连续性和相关性，重新组织形成的建筑结构力学知识体系。该知识体系适合工程管理、工程造价、建筑学、城市规划、房地产经营与管理、给水排水等专业培养目标的需要，满足相关专业对力学知识的基本要求，为这些专业了解建筑结构和构件设计与计算提供基础知识。

第一节 建筑力学的研究对象

在土木工程中，由建筑材料按照一定的方式组成，能承受荷载并起骨架作用的部分称为结构。组成结构的各单独部分称为构件。例如图 1-1 (a) 所示单层工业厂房结构中的屋面板、柱、吊车梁、基础等均为构件。

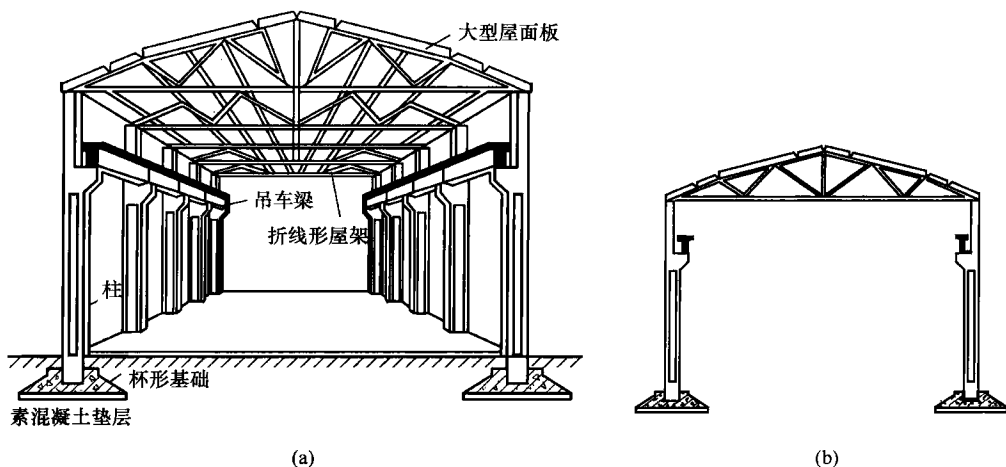


图 1-1 单层工业厂房结构体系

(a) 单层工业厂房结构构件组成；(b) 横向承重排架

一、结构的类型

按几何特征，结构一般可分为三种类型：

1. 杆系结构 它是由若干根长度远大于其他两个方向尺度（截面的宽度和高度）的杆件所组成的结构。例如图 1-1 (b) 为图 1-1 (a) 厂房结构一个横向承重排架，它即为杆系结构。

如果组成杆系结构的所有杆件的轴线位于同一平面内,且荷载也作用在此平面内,则该结构为平面杆系结构,否则,便是空间杆系结构。

2. 薄壁结构 它是厚度远小于其他两个方向尺度的结构。当它为一平面板状物体时,称为薄板,见图 1-2 (a);当它具有曲面外形时,称为薄壳,见图 1-2 (b)。由若干块薄板或薄壳可组成薄壳结构(见图 1-3)。



图 1-2 薄壁结构

(a) 薄板; (b) 薄壳

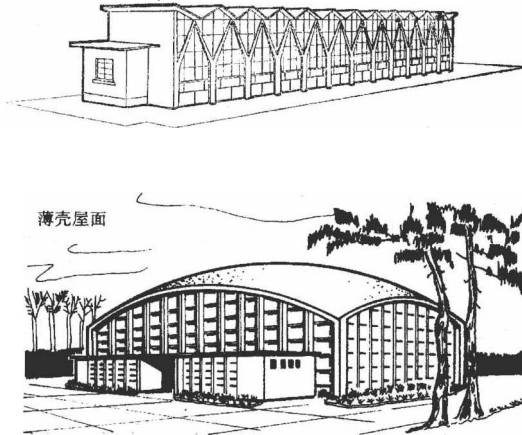


图 1-3 薄壳结构屋面

3. 实体结构 它是三个方向的尺度大约为相同量级的结构。例如堤坝、挡土墙 [图 1-4 (a)]、块式基础 [图 1-4 (b)] 等均属实体结构。

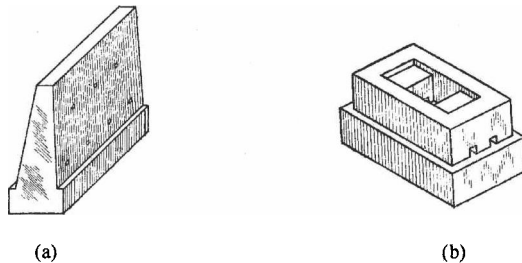


图 1-4 实体结构形式

(a) 挡土墙; (b) 块式基础

二、平面杆系结构的类型

建筑力学以杆系结构为研究对象，重点研究平面杆系结构。常见的平面杆系结构主要有以下几种类型。

1. 梁

梁是一种以弯曲变形为主的构件。图 1-5 是四种类型的梁：简支梁 [图 1-5 (a)]、多跨静定梁 [图 1-5 (b)]、单跨超静定梁 [图 1-5 (c)] 和多跨超静定梁 [图 1-5 (d)]。

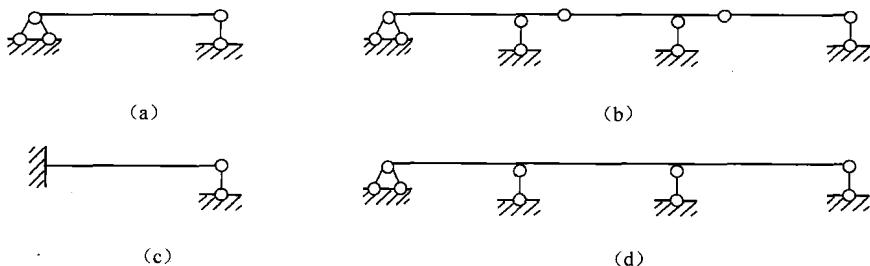


图 1-5 梁

(a) 简支梁；(b) 多跨静定梁；(c) 单跨超静定梁；(d) 多跨超静定梁

2. 拱

拱是由曲杆组成，且在竖向荷载作用下能产生水平支座反力的结构。图 1-6 (a) 是静定的三铰拱，图 1-6 (b) 为超静定的无铰拱。

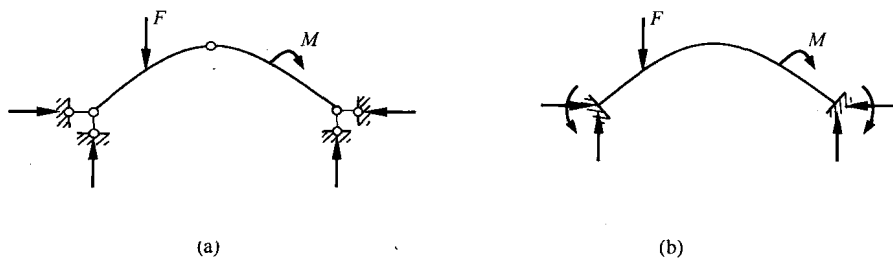


图 1-6 拱

(a) 静定三铰拱；(b) 超静定无铰拱

3. 桁架

桁架是由直杆组成，各杆端以理想铰连接而成。在节点荷载作用下，各杆只有轴力。图 1-7 (a) 为静定桁架，图 1-7 (b) 为超静定桁架。

4. 刚架

刚架是由梁和柱组成，以弯曲变形为主的结构。图 1-8 (a) 为静定刚架，图 1-8 (b) 和图 1-8 (c) 分别为单层单跨和多跨超静定刚架。

5. 组合结构

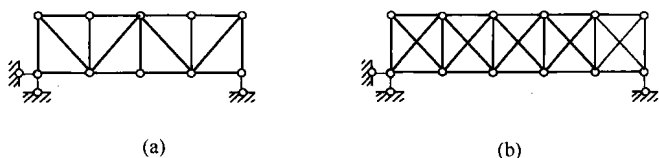


图 1-7 桁架

(a) 静定桁架；(b) 超静定桁架

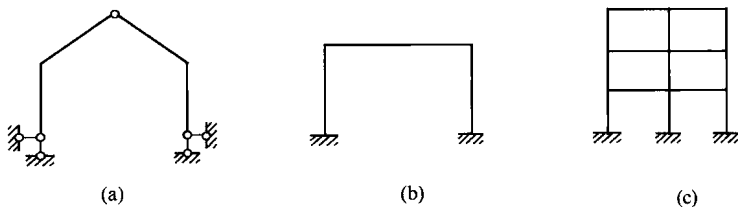


图 1-8 刚架

(a) 静定刚架；(b) 单层单跨超静定刚架；(c) 多层多跨超静定刚架

组合结构的特点是，结构中有些杆件只承受轴力，有些杆件以弯曲变形为主。图 1-9 (a) 为静定组合结构，图 1-9 (b) 为超静定组合结构。

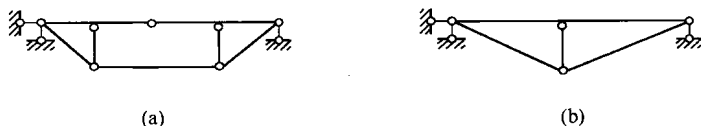


图 1-9 组合结构

(a) 静定组合结构；(b) 超静定组合结构

第二节 建筑力学的任务

建筑结构在承受荷载的同时还会受到支撑它的周围物体的反作用力，这些荷载和周围物体的反作用力都是建筑结构受到的外部作用。一般，结构在外部作用下，组成结构的各个构件都将受到力的作用，并且产生相应的位移和变形。一个合理的建筑结构必须是既能安全地承担荷载，又能最经济地使用材料。

建筑力学的任务是研究能使建筑结构安全、正常地工作且符合经济要求的理论和计算方法。具体任务是：

(1) 研究物体的受力分析、力系简化与平衡的理论。

这是建筑力学的静力学基础。

(2) 研究结构和构件在荷载作用下内力的计算方法，以保证结构有足够的强度。

所谓强度,是指材料抵抗破坏的能力。

人们都知道结构在过大的荷载作用下可能破坏,例如厂房中的吊车梁,在吊车起吊重物时可能因为强度不足发生弯曲断裂,这是绝对不允许的。因此,进行强度计算的目的在于保证结构在正常工作情况时不会发生破坏,同时也符合经济的要求。

(3) 研究结构和构件在荷载作用下变形的计算方法,以保证结构有足够的刚度。

所谓刚度,是指结构抵抗单位变形的能力。

一个结构在荷载作用下,虽然有了足够的强度,但变形过大,会影响正常使用或人们的安全感和舒适感。例如在吊车梁起吊重物时,吊车梁产生的弯曲变形过大时,就会影响吊车的正常行驶。进行刚度计算的目的在于保证结构不发生使用上不允许的过大变形。

(4) 研究结构的稳定性,以保证结构不会发生失稳破坏。

所谓稳定性,是指结构保持原有平衡状态的能力。

如果结构中的受压构件(例如柱子)比较细长,当压力超过一定限度时,构件不能维持原来直线形式的平衡状态,发生突然弯曲,从而导致结构的破坏,这种现象称为“失稳”。稳定计算的目的就是保证结构不发生失稳现象。

(5) 研究建筑结构的组成规律和合理形式

建筑结构一般都是由许多构件组成的几何不变体系,无论荷载大小,各个构件之间以及结构整体与支承结构之间不会发生相对运动。建筑结构不能采用可变体系,因此,研究组成规律的目的是保证结构各部分之间不致发生相对运动,以承受预定的荷载。而研究结构合理形式的目的则是为了充分发挥结构的性能,更有效地利用材料,以达到安全、经济的目的。

建筑力学的主要任务是研究力系的简化和平衡问题,研究几何不变体系的几何组成规则,研究结构及其构件的强度、刚度、稳定性,在安全和经济原则下为结构和构件的设计提供必要的理论基础和计算方法。

第三节 刚体、变形体及其基本假设

结构和构件可统称为物体。在建筑力学中将物体抽象化为两种理想计算模型:刚体、变形体。

所谓刚体是指无论受到什么样的力作用,其形状和大小都不会改变的物体。换言之,刚体是在任何情况下,物体内任意两点间的距离都不会改变的物体。

实际上,刚体是不存在的。任何物体受力作用都会发生不同程度的变形,均为变形体。但在一些力学问题中,物体变形大小与所研究的问题无关,或对所研究的问题影响很小,这时可以不考虑物体的变形,将物体视为刚体,从而使研究的问

题得到一定的简化。譬如：微小变形情况下，变形对平衡问题和内力的求解影响甚微，因此，在建立平衡方程和求解内力时，可将物体假设为刚体。然而在研究构件的强度、刚度和稳定性时，就需要与这些构件在荷载作用下的变形联系起来，构件的变形虽然非常小仍不能忽略，必须把它们看作变形体。

另外，在一些力学问题中，如果不考虑物体的变形就得不到问题的正确解。这时，需将物体视为理想变形体。理想变形体的材料性质满足以下假设：

(1) 连续性假设：认为物体的材料是密实的，物体内部材料是无空隙地连续分布的。

(2) 均匀性假设：认为材料的力学性质是均匀的，从物体上任取一部分，材料的力学性质完全相同。

(3) 各向同性假设：认为材料沿不同方向的力学性质是相同的。

按照连续、均匀、各向同性假设而理想化的一般变形固体被称为理想变形体。采用理想变形体模型可以使理论分析和计算得到简化，所得结果在大多数情况下能满足工程要求。

第四节 杆件变形的形式

杆系结构中杆件的轴线多为直线，也有轴线为曲线和折线的杆件。它们分别被称为直杆 [图 1-10 (a)]、曲杆 [图 1-10 (b)] 和折杆 [图 1-10 (c)]。

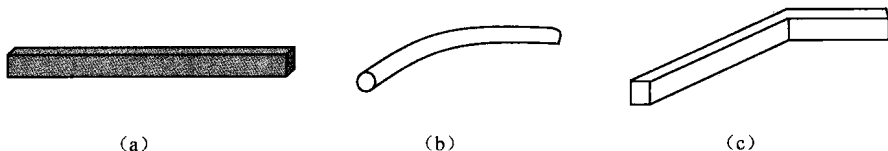


图 1-10 杆件的形式 (一)

(a) 直杆；(b) 曲杆；(c) 折杆

横截面尺寸保持相同的杆件称为等截面杆件 [图 1-11 (a)]；横截面尺寸变化的杆件称为变截面杆件 [图 1-11 (b)]。

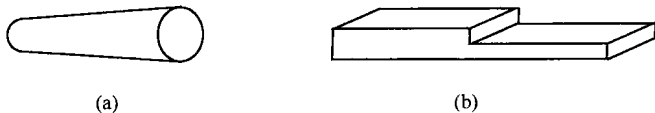


图 1-11 杆件的形式 (二)

(a) 等截面杆件；(b) 变截面杆件

杆件受外力作用将产生变形。变形形式是复杂多样的，与外力施加的方式有关，但都可以归结为以下四种基本变形形式之一，或者是这些基本变形形式的组合。以下给出直杆的四种基本变形形式。

(1) 轴向拉伸或压缩。一对方向相反的外力沿轴线作用于杆件，杆件的变形主要表现为长度的伸长或缩短。这种变形形式称为轴向拉伸或轴向压缩，见图 1-12 (a)。

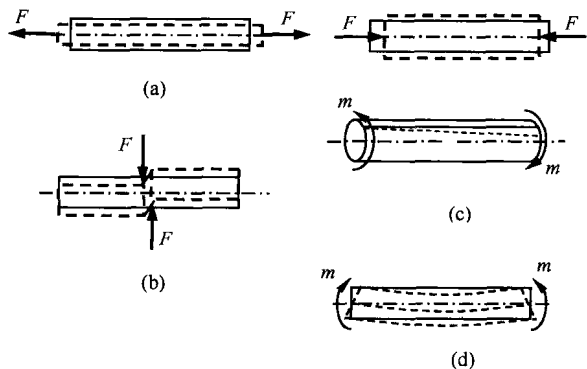


图 1-12 杆件变形形式

(a) 轴向拉伸或压缩；(b) 剪切；(c) 扭转；(d) 弯曲

(2) 剪切。一对相距很近、方向相反的平行力垂直于轴线作用于杆件，杆件的变形主要表现为两个横截面沿力作用方向发生错动。这种变形形式称为剪切，见图 1-12 (b)。

(3) 扭转。一对方向相反的力偶作用于杆件的两个横截面，杆件的相邻横截面绕轴线发生相对转动。这种变形形式称为扭转，见图 1-12 (c)。

(4) 弯曲。一对方向相反的力偶作用于杆件轴线所在的平面内，杆件的轴线由直线变为曲线。这种变形形式称为弯曲，见图 1-12 (d)。

以上四种基本变形形式都是在特定的受力情况下发生的。杆件的实际受力状态往往是复杂的，因此，杆件的变形多为各种基本变形形式的组合，一般应当按照组合变形问题处理。当某一种基本变形形式起主要作用时，可按这种基本变形形式计算。

第五节 荷载的分类

作用于杆系结构上的荷载可以分为以下不同的类型：

1. 按荷载作用范围可分为分布荷载和集中荷载

分布作用在结构杆件轴线上的荷载称为分布荷载。当分布荷载在结构上均匀分布时，称为均布荷载，如杆件的自重；当荷载不均匀分布时，称为非均布荷载，如水对水池侧壁的压力是随深度线性增加的。

如果荷载作用的范围远小于杆件的几何尺寸，可以认为荷载集中作用于一点，并称为集中荷载。如吊车梁上的轮压。

当研究对象是刚体时，作用在杆件上的分布荷载可用其合力（集中荷载）来代替。例如，分布的重力荷载可以用作用于重心的集中合力来代替。当研究对象是变形固体时，作用于杆件上的分布荷载一般不能随意用集中合力来代替。

2. 按荷载作用的时间可分为恒荷载和活荷载

恒荷载是指永久作用在结构上的荷载。如结构的自重以及固定在结构上的永久附属物的重量。

活荷载是指暂时作用于结构的荷载。如车辆、吊车、风、雪等。

活荷载还可划分为可动荷载和移动荷载两类。可动荷载是指在结构上能占有任意位置的活荷载，如风载、雪载；而移动荷载则为一组互相平行、间距不变且能在结构上移动的活荷载，如车辆、吊车。

3. 按荷载作用的性质可分为静力荷载和动力荷载

静力荷载是指缓慢增加到一定值，不会使结构产生明显冲击和振动，因而可以忽略惯性力影响的荷载。如结构的自重及人群等活荷载。

动力荷载是指大小和方向随时间明显变化的荷载，它使结构的内力和变形随时间变化。如爆炸冲击波的压力，地震时由于地面运动在结构上产生的惯性荷载等。

另外，结构除了承受荷载外，还会受到其他外在因素的作用，如温度的改变、支座的移动、制造误差等。