



高等学校**土建类**专业规划教材

# Building

Engineering Mechanics

# 工程力学

• 主 编 马 林 张连英  
副主编 李天珍 张明月  
贾 亮 李 金

- 依据国家教指委**土建类**专业教学基本要求  
体现综合性、实践性、区域性、时效性
- 采用行动导向、任务驱动、项目载体，**教、学、做**  
一体化模式编写，实现教材与真实工程实际的零距离无缝对接
- 结合最新国家、行业、企业标准及规范
- 对接国家职（执）业资格考试和“**八大员**”岗位资格认证



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



高等学校土建类专业规划教材

# Building

Engineering Mechanics

# 工程力学

主 编 马 林 张连英  
副主编 李天珍 张明月  
贾 亮 李 金



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/马林,张连英主编. —长沙:中南大学出版社,2015.8  
ISBN 978-7-5487-1879-6

I. 工... II. ①马...②张... III. 工程力学-教材  
IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 183803 号

---

工程力学

主编 马 林 张连英

---

☐责任编辑 周兴武

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙印通印刷有限公司

---

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 17 ☐字数 421 千字

☐版 次 2015 年 8 月第 1 版 ☐印次 2015 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1879-6

☐定 价 38.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 内容提要

本书在确保土建类专业对工程力学知识的基本需要及教学内容的深度、广度的基础上,将理论力学、材料力学的主要内容融为一体,保留了两门力学课的理论严谨性、系统性,注意其连贯性,在保障学科体系完整的前提下,删繁就简,注重对学生能力方面的培养。

全书共 13 章,内容包括:绪论,静力学基本知识,平面汇交力系,平面力偶系,平面任意力系,空间力系,轴向拉伸与压缩,剪切和扭转,弯曲应力,弯曲变形,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定。各章均附有思考题和习题及部分答案。

本书可作为高等学校土建类专业的课程教材,也可供高职高专、成人高校相关专业师生及有关工程技术人员参考。

# 前言 PREFACE

工程力学是土木工程专业开设的一门重要的技术基础课程,是研究建筑结构的力学计算理论和方法的依据,也是从事建筑设计和施工的工程技术人员必不可少的理论基础。全书内容包括静力学基础,杆件基本变形的内力计算,应力计算,位移计算,杆件的强度、刚度、稳定性问题。它不仅为后续专业课程作准备,同时也为学生今后从事工程技术工作打下良好基础。

本书在编写过程中,根据教育部提出的专业基础课必须为专业课服务的基本要求,遵循高等教育人才培养目标的特点,对工程力学的内容进行了精简。强调基本概念,重视宏观分析,降低计算难度,突出工程应用。叙述深入浅出,通俗易懂,并配有相应的习题答案,便于教师授课和学生自学。

本书编写分工如下:徐州工程学院马林、张连英、李天珍负责编写第2~11章、附录;沈阳城市建设学院张明月负责编写第1章;兰州理工大学贾亮负责编写第13章;宿迁职业技术学院李金负责编写第12章。

本书插图力求清晰、规范、美观。所有插图均由中国矿业大学严圣平使用 AutoCAD 精心绘制,然后转成 1200 线的 TIF 图插入正文中。本书在编写过程中参考了国内外一些优秀教材,选用了其中的部分例题和习题,吸取了它们的许多长处,在此对相关作者致谢。

教材建设是一项长期的工作,由于编者的水平和时间有限,书中难免存在不少缺点与不妥之处,衷心希望读者批评指正,以便使本书得到充实和完善。

编者  
2015 年 7 月

## 目 录 CONTENTS

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第1章 绪 论 .....            | (1)  |
| 1.1 工程力学的研究对象和内容 .....   | (1)  |
| 1.1.1 工程力学的研究对象 .....    | (1)  |
| 1.1.2 工程力学的研究内容 .....    | (1)  |
| 1.2 变形固体及其基本假设 .....     | (2)  |
| 1.2.1 刚体和变形固体 .....      | (2)  |
| 1.2.2 变形固体的基本假设 .....    | (2)  |
| 1.3 杆件的几何特性及基本变形形式 ..... | (3)  |
| 1.3.1 杆件的几何特性 .....      | (3)  |
| 1.3.2 杆件的基本变形形式 .....    | (3)  |
| 1.4 荷载的分类 .....          | (4)  |
| 1.4.1 按荷载作用的范围分类 .....   | (4)  |
| 1.4.2 按荷载作用的时间分类 .....   | (5)  |
| 1.4.3 按荷载作用的性质分类 .....   | (5)  |
| 思考与练习 .....              | (6)  |
| 第2章 静力学基本知识 .....        | (7)  |
| 2.1 静力学基本概念及基本公理 .....   | (7)  |
| 2.1.1 力和力系 .....         | (7)  |
| 2.1.2 静力学基本公理 .....      | (7)  |
| 2.2 约束与约束力 .....         | (9)  |
| 2.2.1 约束与约束力的概念 .....    | (9)  |
| 2.2.2 工程中常见的几种约束类型 ..... | (10) |
| 2.3 物体受力分析与受力图 .....     | (14) |
| 2.3.1 作受力图的步骤 .....      | (14) |
| 2.3.2 受力分析和受力图实例 .....   | (14) |
| 思考与练习 .....              | (18) |
| 第3章 平面汇交力系 .....         | (21) |
| 3.1 平面汇交力系的合成 .....      | (21) |
| 3.1.1 力的投影 .....         | (21) |
| 3.1.2 平面汇交力系的合力 .....    | (23) |
| 3.2 平面汇交力系的平衡条件 .....    | (24) |

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| 3.2.1 平面汇交力系的平衡方程 .....       | (24)        |
| 3.2.2 平衡条件的应用 .....           | (24)        |
| 思考与练习 .....                   | (26)        |
| <b>第4章 平面力偶系 .....</b>        | <b>(28)</b> |
| 4.1 力矩的概念与计算 .....            | (28)        |
| 4.1.1 力对点的矩 .....             | (28)        |
| 4.1.2 合力矩定理与力矩的解析表达式 .....    | (28)        |
| 4.2 力偶及其性质 .....              | (30)        |
| 4.2.1 力偶和力偶矩 .....            | (30)        |
| 4.2.2 力偶的性质 .....             | (30)        |
| 4.3 平面力偶系的合成与平衡 .....         | (31)        |
| 4.3.1 平面力偶系的合成 .....          | (31)        |
| 4.3.2 平面力偶系的平衡条件 .....        | (32)        |
| 思考与练习 .....                   | (33)        |
| <b>第5章 平面任意力系 .....</b>       | <b>(35)</b> |
| 5.1 平面任意力系向一点的简化 .....        | (35)        |
| 5.1.1 力的平移定理 .....            | (35)        |
| 5.1.2 平面任意力系向一点简化的主矢与主矩 ..... | (36)        |
| 5.1.3 平面任意力系简化结果的讨论 .....     | (36)        |
| 5.2 平面任意力系的平衡条件 .....         | (37)        |
| 5.2.1 平面任意力系的平衡方程 .....       | (37)        |
| 5.2.2 平衡方程的其他形式 .....         | (38)        |
| 5.3 平面平行力系的合成与平衡 .....        | (40)        |
| 5.3.1 平面平行力系的合成 .....         | (40)        |
| 5.3.2 平面平行力系的平衡 .....         | (41)        |
| 5.4 物体系的平衡问题 .....            | (42)        |
| 5.5 考虑摩擦的平衡问题 .....           | (43)        |
| 5.5.1 滑动摩擦 .....              | (44)        |
| 5.5.2 摩擦角和自锁现象 .....          | (45)        |
| 5.5.3 考虑摩擦的平衡问题 .....         | (46)        |
| 思考与练习 .....                   | (50)        |
| <b>第6章 空间力系 .....</b>         | <b>(54)</b> |
| 6.1 空间力系的简化 .....             | (54)        |
| 6.1.1 力在空间直角坐标轴上的投影 .....     | (54)        |
| 6.1.2 力对轴的矩 .....             | (55)        |
| 6.1.3 空间力偶 .....              | (57)        |

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| 6.1.4 空间任意力系的简化 .....          | (57)        |
| 6.1.5 空间任意力系的简化结果分析 .....      | (59)        |
| 6.2 空间力系的平衡 .....              | (60)        |
| 6.2.1 空间任意力系的平衡条件和平衡方程 .....   | (60)        |
| 6.2.2 空间约束 .....               | (60)        |
| 6.2.3 空间力系的特殊情况 .....          | (62)        |
| 6.3 重心与形心 .....                | (64)        |
| 6.3.1 重心的概念及其坐标公式 .....        | (64)        |
| 6.3.2 确定物体重心的方法 .....          | (66)        |
| 思考与练习 .....                    | (70)        |
| <b>第7章 轴向拉伸与压缩</b> .....       | <b>(74)</b> |
| 7.1 轴向拉伸与压缩的概念及实例 .....        | (74)        |
| 7.2 轴向拉伸与压缩的内力及计算 .....        | (75)        |
| 7.2.1 轴向拉(压)杆的内力 .....         | (75)        |
| 7.2.2 截面法计算轴向拉(压)杆的内力 .....    | (75)        |
| 7.3 内力方程与内力图 .....             | (76)        |
| 7.4 直杆轴向拉伸(压缩)时截面上的应力 .....    | (77)        |
| 7.4.1 直杆轴向拉伸(压缩)时横截面上的应力 ..... | (77)        |
| 7.4.2 直杆轴向拉伸(压缩)时斜截面上的应力 ..... | (79)        |
| 7.4.3 圣维南原理与应力集中的概念 .....      | (80)        |
| 7.5 材料拉伸和压缩时的力学性能 .....        | (81)        |
| 7.5.1 材料的拉伸和压缩试验与应力-应变图 .....  | (81)        |
| 7.5.2 低碳钢的拉伸力学性能 .....         | (82)        |
| 7.5.3 其他材料的拉伸力学性能 .....        | (84)        |
| 7.5.4 材料压缩时的力学性能 .....         | (85)        |
| 7.6 许用应力与强度条件 .....            | (86)        |
| 7.6.1 失效与许用应力 .....            | (86)        |
| 7.6.2 强度条件 .....               | (87)        |
| 7.7 轴向拉伸或压缩时的变形 .....          | (90)        |
| 7.7.1 轴向变形与线应变 .....           | (90)        |
| 7.7.2 胡克定律 .....               | (91)        |
| 7.7.3 横向变形与泊松比 .....           | (91)        |
| 思考与练习 .....                    | (94)        |
| <b>第8章 剪切和扭转</b> .....         | <b>(97)</b> |
| 8.1 剪切和挤压的概念及实例 .....          | (97)        |
| 8.2 连接部分的强度计算 .....            | (97)        |
| 8.2.1 剪切的实用计算 .....            | (98)        |

|       |                             |       |
|-------|-----------------------------|-------|
| 8.2.2 | 挤压的实用计算                     | (99)  |
| 8.2.3 | 连接板的强度计算                    | (100) |
| 8.3   | 扭转和扭矩                       | (102) |
| 8.3.1 | 扭转概述                        | (102) |
| 8.3.2 | 功率、转速与扭力偶矩之间的关系             | (103) |
| 8.3.3 | 扭矩和扭矩图                      | (103) |
| 8.4   | 薄壁圆筒的扭转                     | (105) |
| 8.4.1 | 薄壁圆筒扭转时横截面上的应力              | (105) |
| 8.4.2 | 切应力互等定理                     | (106) |
| 8.4.3 | 剪切胡克定律                      | (107) |
| 8.4.4 | 材料的三个弹性常数 $E, G, \nu$ 之间的关系 | (107) |
| 8.5   | 圆轴扭转时横截面上的应力与强度条件           | (107) |
| 8.5.1 | 圆轴扭转时横截面上的应力                | (107) |
| 8.5.2 | 圆轴扭转时的强度条件                  | (110) |
| 8.6   | 圆轴扭转时的变形与刚度条件               | (110) |
| 8.6.1 | 圆轴扭转变形                      | (110) |
| 8.6.2 | 圆轴扭转时的刚度条件                  | (112) |
|       | 思考与练习                       | (113) |
| 第9章   | 弯曲应力                        | (116) |
| 9.1   | 平面弯曲                        | (116) |
| 9.2   | 梁的内力及内力图                    | (117) |
| 9.2.1 | 梁的内力                        | (117) |
| 9.2.2 | 梁的内力方程和内力图                  | (118) |
| 9.2.3 | 内力及内力图的规律                   | (120) |
| 9.3   | 用叠加法作剪力图和弯矩图                | (122) |
| 9.4   | 弯曲正应力                       | (124) |
| 9.4.1 | 基本假设                        | (124) |
| 9.4.2 | 正应力公式推导                     | (125) |
| 9.4.3 | 最大弯曲正应力                     | (128) |
| 9.5   | 弯曲切应力                       | (128) |
| 9.5.1 | 矩形截面梁                       | (128) |
| 9.5.2 | 工字形截面梁                      | (130) |
| 9.6   | 梁的强度条件                      | (131) |
| 9.6.1 | 正应力强度条件                     | (131) |
| 9.6.2 | 切应力强度条件                     | (131) |
| 9.7   | 提高梁弯曲强度的措施                  | (135) |
| 9.7.1 | 选择合理的截面形状                   | (135) |
| 9.7.2 | 变截面梁与等强度梁                   | (136) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 9.7.3 梁的合理受力 .....          | (137) |
| 思考与练习 .....                 | (138) |
| 第10章 弯曲变形 .....             | (143) |
| 10.1 弯曲变形的基本概念 .....        | (143) |
| 10.2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分 .....  | (144) |
| 10.2.1 梁的挠曲线近似微分方程 .....    | (144) |
| 10.2.2 梁的挠曲线近似微分方程的积分 ..... | (145) |
| 10.3 叠加法 .....              | (149) |
| 10.4 梁的刚度条件及提高刚度的措施 .....   | (152) |
| 10.4.1 梁的刚度条件 .....         | (152) |
| 10.4.2 提高弯曲刚度的措施 .....      | (153) |
| 思考与练习 .....                 | (155) |
| 第11章 应力状态和强度理论 .....        | (157) |
| 11.1 概 述 .....              | (157) |
| 11.2 一点处的应力状态 .....         | (158) |
| 11.2.1 一点处的应力状态的概念 .....    | (158) |
| 11.2.2 单元体上的应力 .....        | (158) |
| 11.3 平面应力状态分析 .....         | (159) |
| 11.3.1 平面应力状态分析的解析法 .....   | (159) |
| 11.3.2 平面应力状态分析的图解法 .....   | (160) |
| 11.4 最大应力 .....             | (164) |
| 11.4.1 最大正应力 .....          | (164) |
| 11.4.2 最大切应力 .....          | (164) |
| 11.5 三向应力状态的最大应力 .....      | (165) |
| 11.6 广义胡克定律 .....           | (166) |
| 11.7 强度理论 .....             | (168) |
| 11.7.1 强度理论的概念 .....        | (168) |
| 11.7.2 四种强度理论 .....         | (169) |
| 11.7.3 强度理论的应用 .....        | (170) |
| 思考与练习 .....                 | (172) |
| 第12章 组合变形 .....             | (175) |
| 12.1 组合变形和叠加原理 .....        | (175) |
| 12.2 斜弯曲 .....              | (176) |
| 12.2.1 斜弯曲的概念 .....         | (176) |
| 12.2.2 斜弯曲时的应力计算及强度条件 ..... | (176) |
| 12.3 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形 .....   | (181) |

|               |                         |              |
|---------------|-------------------------|--------------|
| 12.3.1        | 拉伸(压缩)与弯曲的正应力计算 .....   | (181)        |
| 12.3.2        | 拉伸(压缩)与弯曲的正应力强度条件 ..... | (182)        |
| 12.4          | 偏心拉伸(压缩) .....          | (184)        |
| 12.4.1        | 单向偏心拉伸(压缩)时的正应力计算 ..... | (185)        |
| 12.4.2        | 双向偏心拉伸(压缩)时的正应力计算 ..... | (186)        |
|               | 思考与练习 .....             | (191)        |
| <b>第13章</b>   | <b>压杆稳定 .....</b>       | <b>(195)</b> |
| 13.1          | 压杆稳定的概念 .....           | (195)        |
| 13.2          | 细长压杆的临界压力 .....         | (198)        |
| 13.2.1        | 两端铰支压杆的临界压力 .....       | (198)        |
| 13.2.2        | 其他支承形式压杆的临界压力 .....     | (199)        |
| 13.3          | 压杆的临界应力 .....           | (202)        |
| 13.3.1        | 临界应力与柔度 .....           | (202)        |
| 13.3.2        | 欧拉公式的适用范围 .....         | (202)        |
| 13.3.3        | 临界应力的经验公式 .....         | (203)        |
| 13.4          | 压杆的稳定计算 .....           | (206)        |
| 13.4.1        | 压杆稳定条件 .....            | (206)        |
| 13.4.2        | 折减系数法 .....             | (206)        |
| 13.4.3        | 压杆的稳定性计算 .....          | (209)        |
| 13.5          | 提高压杆稳定性的措施 .....        | (213)        |
| 13.5.1        | 尽量减小压杆杆长 .....          | (213)        |
| 13.5.2        | 增强支承的刚性 .....           | (214)        |
| 13.5.3        | 合理选择截面形状 .....          | (214)        |
| 13.5.4        | 合理选用材料 .....            | (215)        |
|               | 思考与练习 .....             | (215)        |
| <b>附录 I</b>   | <b>截面图形的几何性质 .....</b>  | <b>(220)</b> |
| <b>附录 II</b>  | <b>热轧型钢常用参数表 .....</b>  | <b>(239)</b> |
| <b>附录 III</b> | <b>部分习题参考答案 .....</b>   | <b>(254)</b> |
|               | <b>参考文献 .....</b>       | <b>(260)</b> |

# 第1章 绪论

## 【本章要点】

- 工程力学的研究对象及主要内容;
- 变形固体的基本假设;
- 杆件的几何特征与基本变形形式;
- 荷载的分类。

## 1.1 工程力学的研究对象和内容

### 1.1.1 工程力学的研究对象

建筑物中承受荷载而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,如桥梁、水坝、电视塔、隧道和房屋等建筑物就是结构。组成结构的梁和柱等就是构件。工程力学是结构构件的设计理论基础,在解决许多工程技术问题中也有着广泛应用。图1-1所示的大跨度桥梁和图1-2所示的高层建筑等结构都与工程力学有密切关系。



图1-1 大跨度桥梁



图1-2 高层建筑

工程力学研究的主要对象是杆件构件。杆件的几何特征三个方向尺寸中的长度比截面的宽度和高度大得多,如图1-3所示。

### 1.1.2 工程力学的研究内容

在荷载的作用下,构件的几何形状和尺寸都会产生一定程度的改变。这种构件几何形

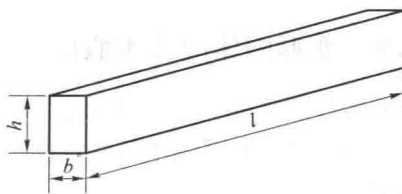


图1-3 杆件构件

状和尺寸的改变,称为变形。随着荷载的增大,这种变形也逐渐增加,当荷载大到一定程度时,大多数构件可能会产生过大的变形或被破坏,使构件不能正常工作。为了保证构件能正常工作,它应有足够的承载能力,因此,工程力学的主要内容可归纳为如下几个方面。

### 1. 静力学基础

研究物体的受力分析、力系简化与平衡的理论。

### 2. 强度问题

强度是指构件在外力作用下应有足够的抵抗破坏的能力。例如,桥式起重机的大梁起吊重物时,吊车梁可能被压弯断裂,在设计时就要保证它在荷载作用下,正常工作时不会发生破坏。

### 3. 刚度问题

刚度是指构件在外力作用下应有足够的抵抗变形的能力。因在荷载作用下,构件都会产生变形,但这种变形不能超过正常工作允许的范围。

### 4. 稳定性问题

稳定性是指构件在外力作用下应有足够的保持原有平衡状态的能力。例如房屋结构中的承重柱,若过长、过细,就可能由于柱子的失稳而导致整个房屋的突然倒塌。

在设计一个构件时,要使构件具有足够的强度、刚度和稳定性,这是保证构件能安全正常工作的基本要求。除了以上基本要求外,同时还应考虑合理地使用和节约材料,即考虑经济方面的要求。一般来说,前者要求用较多的材料以增大截面的几何尺寸,或要求用较好的材料,后者则要求少用材料或用价格较低的材料,二者常常是矛盾的。所以,工程力学的主要任务就是要为设计受力构件提供强度、刚度和稳定性计算的理论基础和计算方法,以选用适当的材料,确定合理的截面形状和尺寸,达到既经济又安全的目的。

## 1.2 变形固体及其基本假设

### 1.2.1 刚体和变形固体

在进行物体的受力分析、力系简化与平衡的研究时,我们往往将所研究的对象视为刚体。刚体是指在任何外力作用下不变形的物体。事实上刚体是不存在的,任何物体在受到力的作用时,都将发生不同程度的变形,这种可以发生变形的物体称为变形固体,如房屋结构中的梁和柱,在竖向荷载作用下,梁将产生弯曲变形,柱将发生压缩变形。但在很多情况下物体的变形对研究平衡问题的影响甚微,故将变形略去不计。这样会大大简化对力系平衡问题的研究。

### 1.2.2 变形固体的基本假设

在研究构件的强度、刚度和稳定性时,物体变形这一因素是不可忽略的主要因素,为了简化计算,可以对变形固体作某些假设,把它抽象成理想模型。工程力学中对变形固体所作的基本假设有:

#### 1. 连续性假设

连续性假设认为组成固体的物质毫无空隙地充满了固体的整个几何空间。实际上,物质

内部存在着不同程度的空隙,但空隙与构件的尺寸相比,极其微小,可以忽略不计,于是就认为固体在其整个体积内是连续的。

### 2. 均匀性假设

均匀性假设认为组成固体的物质在其内部是均匀分布的,任何部分的性质都是完全相同的。

### 3. 各向同性假设

各向同性假设认为固体在各个方向上的力学性能完全相同。具备这种属性的材料称为各向同性材料。钢、铜和玻璃等都可认为是各向同性材料。

但也有一些材料是不服从各向同性假设的,如木材、竹子等,这种材料沿不同方向力学性能不同,称为各向异性材料。像木材,顺着木纹非常容易劈开,垂直于木纹劈则相对困难,所以说木材是各向异性材料。

### 4. 小变形假设

工程力学研究的变形相对于构件的原始尺寸要小得多。这样,在研究构件的平衡时,就可以忽略构件的变形,而按变形前的原始尺寸进行分析计算。

## 1.3 杆件的几何特性及基本变形形式

工程力学在研究杆件的强度、刚度和稳定性问题时,首先要了解杆件的几何特征和基本变形形式。

### 1.3.1 杆件的几何特性

杆件的长度方向称为纵向,垂直于长度的方向称为横向。垂直于杆件长度方向的截面称为横截面,各横截面形心的连线称为轴线,如图 1-4 所示。如果杆件的轴线为直线称为直杆,轴线为曲线的杆称为曲杆,如果直杆的横截面大小和形状不变称为等直杆。



图 1-4 杆件

### 1.3.2 杆件的基本变形形式

外力对杆的作用方式是多种多样的,在各种外力的作用下,杆将产生不同形式的变形。归结起来有下列四种基本变形形式,或者是这几种基本变形的组合。

#### 1. 拉伸或压缩

杆件所受的外力方向与杆轴线重合,杆件的变形主要表现为长度发生伸长或缩短的改

变,如图1-5(a)所示。像千斤顶的螺杆、气缸的活塞杆等都是拉伸或压缩变形的杆件。

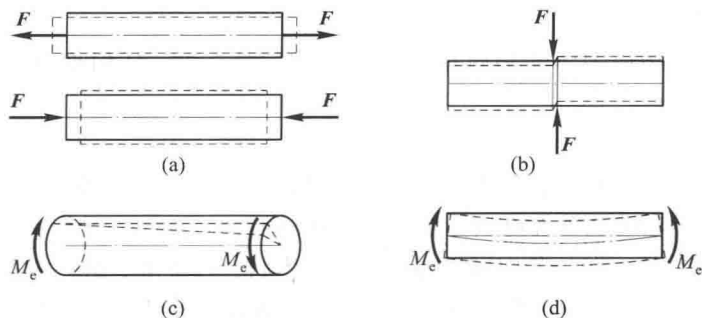


图1-5 杆件的基本变形形式

## 2. 剪切

用剪刀剪钢筋,钢筋则受到一对大小相等、方向相反且作用线相距很近的一对力作用,使钢筋的两部分沿外力方向发生相对错动,即钢筋受到剪切,这种变形称为剪切变形,杆件的变形主要表现为横截面沿力作用方向发生错动,如图1-5(b)所示。铆钉、螺栓、销钉等连接件承受剪切变形为主。

## 3. 扭转

汽车方向盘下的转向轴,在工作时就发生扭转变形。这类变形形式是在垂直于杆件轴线的两个平面内受大小相等、转向相反的两个力偶矩的作用,杆件的变形表现为杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动,如图1-5(c)所示。像各类机械的转动轴就是受扭杆件。

## 4. 弯曲

直杆在外力的作用下杆轴线变为曲线,这种变形即为弯曲变形,引起这类变形的作用力是垂直于杆件轴线的横向力或与杆轴线在同一平面内的两个大小相等、转向相反的外力偶矩,如图1-5(d)所示。在工程中,受弯杆件是最常遇到的情况之一。像建筑物中的各类梁就是弯曲变形的杆件。

有些杆件,同时受拉伸和弯曲作用,称为拉弯组合;同时受压缩和弯曲作用,称为压弯组合;同时受扭转和弯曲作用,称为弯扭组合,等等。这种构件同时受几种基本变形作用的情形称为组合变形。如建筑物中的立柱,如果考虑风力的作用,就同时产生弯曲和压缩两种基本变形;齿轮传动轴在齿轮啮合力的作用下,同时产生扭转与弯曲变形。

# 1.4 荷载的分类

在工程实际中,构件受到的荷载是多种多样的。为了便于分析,我们从不同的角度,对荷载进行如下分类:

## 1.4.1 按荷载作用的范围分类

荷载按作用的范围可分为分布荷载和集中荷载。

### 1. 分布荷载

分布荷载是指分布作用在结构体积、面积和线段上的荷载,又可分为均布荷载和非均布荷载。如图1-6(a)所示为梁的自重,荷载连续作用,大小相同,这种荷载称为均布荷载。梁的自重以每1 m长度重量来表示,单位是  $\text{N/m}$  或  $\text{kN/m}$ ,又称为线均布荷载。图1-6(b)所示为板的自重也是均布荷载,它是以每  $1 \text{ m}^2$  面积重量来表示的,单位是  $\text{N/m}^2$  或  $\text{kN/m}^2$ ,故又称为面均布荷载。图1-6(c)所示为一水池,池壁受到水压力作用,水压力的大小与水深成正比,这种荷载形成一个三角形的分布规律,即荷载连续作用,但各处大小不同,称为非均布荷载。

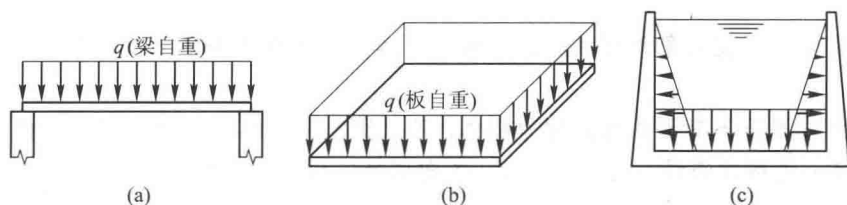


图 1-6 分布荷载

### 2. 集中荷载

作用在结构上的荷载一般总是分布在一定的面积上,当分布面积远小于结构的尺寸时,则可认为此荷载作用在结构的一点上,称为集中荷载。如吊车的轮子对吊车梁的压力、屋架传给砖墙或柱子的压力等,都可认为是集中荷载。其单位一般用  $\text{N}$  或  $\text{kN}$  来表示。

#### 1.4.2 按荷载作用的时间分类

荷载按其作用在结构上的时间之持续与否分为恒荷载和活荷载。

##### 1. 恒荷载

恒荷载是指作用在结构上的不变荷载,即在结构建成以后,其大小和位置都不再发生变化的荷载,例如结构的自重。

##### 2. 活荷载

活荷载是指在施工和建成后使用期间可能作用在结构上的可变荷载。所谓可变荷载,就是这种荷载有时存在,有时不存在,其作用位置和范围可能是固定的(如风荷载、雪荷载、教室的人群重量等),也可能是移动的(如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆等)。不同类型的房屋建筑,因其使用情况不同,活荷载的大小就不同。各种常用的活荷载,在《工业与民用建筑结构荷载规范》中都有详细的规定。

#### 1.4.3 按荷载作用的性质分类

荷载按其作用在结构上的性质分为静力荷载和动力荷载。

##### 1. 静力荷载

荷载从零慢慢增加至最后的确定数值后,其大小、位置和方向就不再随时间而变化,这

种荷载称为静力荷载。如结构的自重荷载。

## 2. 动力荷载

大小、位置、方向随时间而迅速变化的荷载，称为动力荷载。在这种荷载作用下，结构上各点产生显著的加速度，因此，必须考虑惯性的影响。如动力机械产生的荷载、地震荷载等。

以上从三种不同角度将荷载分为三类，但它们不是孤立无关的，例如结构的自重，它既是恒载，又是分布荷载，也是静力荷载。

## 本章小结

1. 工程力学的研究对象为杆件。主要研究内容为静力学基础、强度问题、刚度问题、稳定性问题。

2. 在外力作用下不变形的物体称为刚体，可以发生变形的物体称为变形固体。变形固体的基本假设：连续性假设、均匀性假设、各向同性假设、小变形假设。

3. 杆件的基本变形形式：拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲。

4. 荷载按作用的范围可分为分布荷载和集中荷载，按作用在结构上的时间久暂分为恒荷载和活荷载，按荷载作用的性质分为静力荷载和动力荷载。

## 思考与练习

1-1 工程力学的研究对象是什么？试举例说明。

1-2 建筑物因在荷载的作用下断裂，这是强度问题还是刚度问题？如何处理？

1-3 变形固体有哪几种基本假设？

1-4 分别举例说明，杆件的四种基本变形形式。

1-5 杆件的自重是集中荷载还是分布荷载？是恒载还是活载？是静力荷载还是动力荷载？