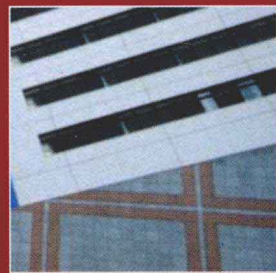




全国高等院校工程管理专业  
应·用·型·系·列·规·划·教·材

# 工程力学

高 潮 张系斌 王尢平 主 编  
牛海英 张雪珊 副主编



科学出版社

全国高等院校工程管理专业应用型系列规划教材

---



# 工 程 力 学

高 潮 张系斌 王丕平 主编  
牛海英 张雪珊 副主编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书根据国家教学指导委员会的《工程力学》教材大纲编写,全书共十五章,包括静力学、材料力学和结构力学基础部分。在内容上涵盖了构件与简单结构的平衡分析、杆件的基本变形和组合变形、应力状态与强度理论、杆件及其结构的静定、超静定问题以及受压杆件的稳定性分析。本书在内容选取和编排上力求由浅入深、知识点前后呼应,注重静力学、材料力学和结构力学部分的侧重点及其相互联系。

为适应专业培养的需要,本教材将传统内容进行整合,在系统阐述基础知识的同时,又着重强调理论知识的应用和计算技能的培养。

本书可作为高等院校工程力学专业或相关专业的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程力学/高潮,张系斌,王尔平主编. —北京:科学出版社,2011  
(全国高等院校工程管理专业应用型系列规划教材)  
ISBN 978-7-03-031350-8

I. ①工… II. ①高… ②牛… III. ①工程力学-高等学校-教材  
IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 104834 号

责任编辑:童安齐 田新峰/责任校对:马英菊  
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号  
~ 邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年7月第一次印刷 印张:28 3/4

印数:1~3 000 字数:664 000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62132124 (HA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 前 言

为了更好地适应高等学校教育教学改革的需求,按照国家教育教学指导委员会的大纲要求,本书编者在综合各院校工程管理等专业的教学特点,并结合多年教学经验的基础上编写了本书。

本书共十五章,基本内容包括静力学的基本公理、构件与简单结构的受力分析与平衡分析、考虑摩擦的平衡问题、杆件的基本变形和组合变形、应力状态与强度理论、杆件系统静定结构的内力分析和位移分析、杆件系统超静定结构的内力分析、受压杆件的稳定性分析。本书在内容选取和编排上遵循以下基本原则:①基本理论的阐述简洁并具有连贯性;②例题新颖具有代表性,并给出答案;③习题的选择以巩固学生的基本计算技能为主旨,又能兼顾工程实际。

在编写本书过程中汲取现有经典教材的精华之处,同时考虑到各专业对力学基础的不同要求以及学生的数理基础和对力学知识的认知特点,结合编者多年的教育教学经验,本书在基本概念的叙述和基本理论的推导中尽量做到语言简明易懂,论述深入浅出,内容前后连贯,实例直观新颖,可读性强。

本书由大连海洋大学、长江大学、大连交通大学、大连大学、大连民族学院和沈阳航空工业学院联合编写。

本书由高潮、张系斌、王尢平担任主编,牛海英、张雪珊担任副主编,李荣涛、高凌霞、任晓辉、张露参编。其中高潮负责编写第一章、第九章;李荣涛负责编写第二章、第五章和附录 I;张系斌、张露负责编写第十一至第十四章;王尢平负责编写第七章;牛海英负责编写第三章、第四章、第十章和附录 II、III、IV;张雪珊负责编写第八章;高凌霞负责编写第六章;任晓辉负责编写第十五章。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,希望读者批评指正。

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 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 工程力学的研究任务和内容     | 1  |
| 1.2 可变形固体的基本假设         | 2  |
| 1.3 工程力学的专业地位和学习目的     | 4  |
| 第二章 静力学基本概念和物体的受力分析    | 5  |
| 2.1 静力学基本概念            | 5  |
| 2.1.1 刚体的概念            | 5  |
| 2.1.2 力的概念             | 5  |
| 2.1.3 平衡的概念            | 6  |
| 2.1.4 力系的概念            | 6  |
| 2.2 静力学基本公理            | 7  |
| 2.3 约束和约束力             | 10 |
| 2.3.1 基本概念             | 10 |
| 2.3.2 常见约束及其约束力        | 11 |
| 2.4 物体的受力分析和受力图        | 16 |
| 思考题                    | 21 |
| 习题                     | 21 |
| 第三章 平面汇交力系与平面力偶系       | 24 |
| 3.1 平面汇交力系             | 24 |
| 3.1.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法  | 24 |
| 3.1.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法  | 25 |
| 3.2 平面力对点的矩            | 31 |
| 3.3 平面力偶系              | 33 |
| 3.3.1 平面力偶的性质和平面力偶等效定理 | 33 |
| 3.3.2 平面力偶系的合成与平衡      | 35 |
| 本章小结                   | 38 |
| 思考题                    | 40 |
| 习题                     | 40 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>第四章 平面任意力系的简化和平衡</b>      | 46 |
| 4.1 力的平移定理                   | 46 |
| 4.2 平面任意力系向作用面内任一点简化         | 47 |
| 4.2.1 平面任意力系向作用面内任一点简化：主矢与主矩 | 47 |
| 4.2.2 固定端约束                  | 48 |
| 4.2.3 平面任意力系简化结果的讨论          | 49 |
| 4.3 平面任意力系的平衡条件和平衡方程         | 51 |
| 4.4 平面平行力系的平衡                | 54 |
| 4.5 平面物体系统的平衡问题·静定与超静定       | 56 |
| 4.6 平面静定桁架的内力计算              | 59 |
| 4.6.1 节点法                    | 60 |
| 4.6.2 截面法                    | 61 |
| 4.6.3 零内力杆                   | 62 |
| 4.7 滑动摩擦                     | 63 |
| 4.7.1 摩擦角和自锁现象               | 64 |
| 4.7.2 考虑滑动摩擦时的平衡问题           | 66 |
| 本章小结                         | 69 |
| 思考题                          | 71 |
| 习题                           | 71 |
| <b>* 第五章 空间力系</b>            | 80 |
| * 5.1 空间汇交力系                 | 80 |
| 5.1.1 空间力在直角坐标轴上的投影          | 80 |
| 5.1.2 空间力沿直角坐标轴的分解           | 81 |
| 5.1.3 空间汇交力系的合成与平衡           | 82 |
| * 5.2 空间力对点之矩和力对轴之矩          | 84 |
| 5.2.1 空间力对点之矩                | 84 |
| 5.2.2 力对轴之矩                  | 85 |
| 5.2.3 力对点之矩与力对通过该点的轴之矩的关系    | 87 |
| * 5.3 空间力偶系                  | 87 |
| 5.3.1 力偶矩矢                   | 87 |
| 5.3.2 空间力偶的等效定理              | 88 |
| 5.3.3 空间力偶系的合成与平衡            | 88 |
| * 5.4 空间任意力系                 | 89 |
| 5.4.1 空间任意力系向一点的简化           | 89 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 5.4.2 空间任意力系的简化结果分析 .....  | 90  |
| 5.4.3 空间任意力系的平衡方程 .....    | 91  |
| 5.4.4 空间约束的类型 .....        | 92  |
| * 5.5 重心 .....             | 94  |
| 5.5.1 重心的坐标公式 .....        | 95  |
| 5.5.2 确定物体重心的方法 .....      | 96  |
| 思考题 .....                  | 101 |
| 习题 .....                   | 101 |
| <b>第六章 轴向拉伸与压缩</b> .....   | 104 |
| 6.1 轴向拉伸与压缩的概念 .....       | 104 |
| 6.2 轴向拉伸与压缩时的内力 .....      | 105 |
| 6.2.1 内力·截面法·轴力 .....      | 105 |
| 6.2.2 轴力图 .....            | 106 |
| 6.3 轴向拉伸与压缩时的应力 .....      | 108 |
| 6.3.1 轴向拉压杆横截面的应力 .....    | 108 |
| 6.3.2 斜截面的应力 .....         | 110 |
| 6.3.3 圣维南原理与应力集中的概念 .....  | 112 |
| 6.4 轴向拉伸与压缩时的变形·胡克定律 ..... | 114 |
| 6.5 材料在拉伸与压缩时的力学性能 .....   | 116 |
| 6.5.1 低碳钢在拉伸时的力学性能 .....   | 117 |
| 6.5.2 其他材料拉伸时的力学性能 .....   | 119 |
| 6.5.3 材料在压缩时的力学性能 .....    | 120 |
| 6.6 许用应力·安全因数·强度条件 .....   | 122 |
| 6.7 连接部分的强度计算 .....        | 124 |
| 6.7.1 剪切的概念和实例 .....       | 124 |
| 6.7.2 剪切与挤压的实用计算 .....     | 125 |
| 本章小结 .....                 | 128 |
| 思考题 .....                  | 129 |
| 习题 .....                   | 129 |
| <b>第七章 圆轴扭转</b> .....      | 135 |
| 7.1 圆轴扭转的概念 .....          | 135 |
| 7.2 圆轴扭转的内力 .....          | 136 |
| 7.2.1 传动轴的外力偶矩 .....       | 136 |
| 7.2.2 扭矩和扭矩图 .....         | 136 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 7.3 圆轴扭转的应力及强度计算 .....      | 138        |
| 7.3.1 薄壁圆筒的扭转 .....         | 138        |
| 7.3.2 实心圆轴扭转时横截面上的应力 .....  | 141        |
| 7.3.3 极惯性矩和抗扭截面系数 .....     | 143        |
| 7.4 等直圆轴扭转时的强度计算 .....      | 144        |
| 7.5 等直圆轴扭转时的变形及刚度条件 .....   | 145        |
| 7.5.1 圆轴扭转时的变形 .....        | 145        |
| 7.5.2 圆轴扭转刚度条件 .....        | 146        |
| 本章小结.....                   | 147        |
| 思考题 .....                   | 147        |
| 习题 .....                    | 148        |
| <b>第八章 弯曲变形</b> .....       | <b>151</b> |
| 8.1 概述 .....                | 151        |
| 8.1.1 对称弯曲的概念 .....         | 152        |
| 8.1.2 梁的计算简图 .....          | 153        |
| 8.2 平面弯曲的内力 .....           | 154        |
| 8.2.1 剪力和弯矩 .....           | 154        |
| 8.2.2 剪力方程和弯矩方程 .....       | 159        |
| 8.2.3 剪力图与弯矩图 .....         | 159        |
| 8.2.4 剪力、弯矩和载荷集度的关系 .....   | 163        |
| * 8.2.5 叠加法画弯矩图 .....       | 167        |
| 8.3 梁横截面上的应力 .....          | 169        |
| 8.3.1 梁横截面上的正应力 .....       | 171        |
| 8.3.2 梁横截面上的切应力 .....       | 176        |
| 8.4 梁的强度计算 .....            | 180        |
| 8.4.1 梁的正应力强度条件 .....       | 180        |
| 8.4.2 梁的切应力强度条件 .....       | 185        |
| 8.5 提高梁弯曲强度的措施 .....        | 186        |
| 8.6 梁的弯曲变形 .....            | 189        |
| 8.6.1 梁的挠曲线近似微分方程及其积分 ..... | 189        |
| 8.6.2 叠加法求弯曲变形 .....        | 194        |
| 8.6.3 梁的刚度计算 .....          | 195        |
| 习题 .....                    | 196        |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第九章 应力状态与强度理论</b>     | 203 |
| 9.1 概述                   | 203 |
| 9.2 平面应力状态分析             | 205 |
| 9.2.1 解析法                | 205 |
| 9.2.2 图解法                | 213 |
| 9.2.3 广义胡克定律             | 217 |
| 9.3 强度理论及其应用             | 219 |
| 9.3.1 强度理论               | 219 |
| 9.3.2 相当应力               | 222 |
| 9.3.3 强度理论的选择和应用         | 223 |
| 本章小结                     | 228 |
| 思考题                      | 229 |
| 习题                       | 231 |
| <b>第十章 组合变形</b>          | 235 |
| 10.1 组合变形的概念             | 235 |
| 10.2 斜弯曲                 | 236 |
| 10.3 杆件偏心压缩(拉伸)的强度计算     | 239 |
| 10.3.1 单向偏心压缩(拉伸)        | 239 |
| 10.3.2 双向偏心压缩(拉伸)        | 244 |
| 10.3.3 截面核心              | 246 |
| 10.4 弯扭组合变形的强度计算         | 250 |
| 本章小结                     | 254 |
| 思考题                      | 255 |
| 习题                       | 255 |
| <b>第十一章 静定结构的内力计算</b>    | 259 |
| 11.1 多跨静定梁               | 259 |
| 11.1.1 内力与荷载的关系          | 259 |
| 11.1.2 分段叠加法作弯矩图         | 260 |
| 11.1.3 多跨静定梁计算的构造特点与计算方法 | 261 |
| 11.2 静定平面刚架              | 264 |
| 11.2.1 支座反力的计算           | 265 |
| 11.2.2 内力计算              | 266 |
| 11.2.3 内力图的绘制            | 272 |
| 11.3 三铰拱                 | 273 |

|        |                                |     |
|--------|--------------------------------|-----|
| 11.3.1 | 基本概念和类型 .....                  | 273 |
| 11.3.2 | 在竖向荷载作用下的支座反力计算 .....          | 274 |
| 11.3.3 | 在竖向荷载作用下的内力计算 .....            | 275 |
| 11.3.4 | 合理拱轴线 .....                    | 278 |
| 11.4   | 组合结构 .....                     | 279 |
| 11.5   | 平面几何不变体系的基本组成规则和静定结构受力特性 ..... | 281 |
| 11.5.1 | 基本组成规则 .....                   | 281 |
| 11.5.2 | 瞬变体系的几种情况 .....                | 282 |
| 11.5.3 | 平面体系几何组成分析示例 .....             | 285 |
| 11.5.4 | 体系的几何组成与静定结构特性 .....           | 286 |
| 习题     | .....                          | 288 |
| 第十二章   | 结构的位移计算 .....                  | 292 |
| 12.1   | 基本概念 .....                     | 292 |
| 12.2   | 虚功原理 .....                     | 293 |
| 12.2.1 | 实功与虚功 .....                    | 293 |
| 12.2.2 | 广义位移与广义力 .....                 | 293 |
| 12.2.3 | 变形体的虚功原理 .....                 | 294 |
| 12.3   | 荷载下位移计算公式 .....                | 294 |
| 12.3.1 | 单位荷载法推导公式 .....                | 294 |
| 12.3.2 | 积分法求位移 .....                   | 297 |
| 12.3.3 | 荷载下位移计算举例 .....                | 297 |
| 12.4   | 图乘法 .....                      | 301 |
| 12.5   | 温度变化和支座下沉情况下的位移计算 .....        | 308 |
| 12.6   | 互等定理 .....                     | 311 |
| 习题     | .....                          | 314 |
| 第十三章   | 力法 .....                       | 320 |
| 13.1   | 结构的超静定次数 .....                 | 320 |
| 13.1.1 | 超静定结构的概念 .....                 | 320 |
| 13.1.2 | 超静定次数 .....                    | 321 |
| 13.2   | 力法的基本原理 .....                  | 322 |
| 13.2.1 | 力法的基本方程 .....                  | 322 |
| 13.2.2 | 典型方程 .....                     | 324 |
| 13.3   | 荷载作用下超静定结构的力法计算 .....          | 327 |
| 13.3.1 | 超静定梁 .....                     | 327 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 13.3.2 超静定刚架 .....             | 328 |
| 13.3.3 超静定桁架 .....             | 330 |
| 13.3.4 超静定组合结构 .....           | 331 |
| 13.4 对称性的利用 .....              | 333 |
| 13.5 广义荷载作用下的力法计算 .....        | 335 |
| 13.5.1 支座移动时的超静定结构的力法计算 .....  | 335 |
| 13.5.2 温度改变时的超静定结构的力法计算 .....  | 337 |
| 13.6 超静定结构的位移计算 .....          | 338 |
| 13.7 超静定结构最后内力图的校核 .....       | 339 |
| 13.7.1 平衡条件的校核 .....           | 340 |
| 13.7.2 变形条件的校核 .....           | 340 |
| 习题 .....                       | 340 |
| <b>第十四章 位移法及渐近法</b> .....      | 343 |
| 14.1 位移法的基本概念 .....            | 343 |
| 14.2 等截面直杆的转角位移方程 .....        | 345 |
| 14.2.1 杆端力及杆端位移的正、负号规定 .....   | 345 |
| 14.2.2 各种情况下产生的杆端力 .....       | 347 |
| 14.2.3 等截面直杆的转角位移方程 .....      | 353 |
| 14.3 位移法的基本结构和基本方程 .....       | 353 |
| 14.3.1 无侧移结构 .....             | 354 |
| 14.3.2 有侧移结构 .....             | 355 |
| 14.4 位移法计算示例 .....             | 356 |
| 14.4.1 位移法典型方程 .....           | 356 |
| 14.4.2 无侧移刚架的计算 .....          | 362 |
| 14.4.3 有侧移刚架的计算 .....          | 366 |
| 14.5 直接按平衡条件建立位移法基本方程的解法 ..... | 369 |
| 14.6 力矩分配法的原理 .....            | 375 |
| 14.6.1 力矩分配法的基本概念 .....        | 375 |
| 14.6.2 单结点力矩分配法 .....          | 376 |
| 14.7 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架 .....   | 382 |
| 习题 .....                       | 390 |
| <b>第十五章 压杆稳定</b> .....         | 394 |
| 15.1 压杆稳定的概念 .....             | 394 |
| 15.2 细长压杆临界载荷的欧拉公式 .....       | 395 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 15.2.1 两端铰支细长压杆的临界压力的计算 .....     | 395 |
| 15.2.2 其他约束条件下细长压杆的临界力·欧拉公式 ..... | 396 |
| 15.3 欧拉公式的适用范围·临界应力总图 .....       | 398 |
| 15.3.1 临界应力与柔度 .....              | 398 |
| 15.3.2 欧拉公式的适用范围 .....            | 398 |
| 15.3.3 临界应力的经验公式与临界应力总图 .....     | 399 |
| 15.4 压杆稳定性的校核 .....               | 401 |
| 15.5 提高压杆稳定性的措施 .....             | 403 |
| 15.5.1 减小压杆长度 .....               | 403 |
| 15.5.2 选择合理的约束条件 .....            | 404 |
| 15.5.3 选择合理的截面形状 .....            | 404 |
| 15.5.4 选择合理的材料 .....              | 404 |
| 本章小结 .....                        | 405 |
| 思考题 .....                         | 406 |
| 习题 .....                          | 406 |
| <b>附录 I 截面图形的几何性质</b> .....       | 409 |
| I.1 静矩和形心 .....                   | 409 |
| I.1.1 静矩 .....                    | 409 |
| I.1.2 形心 .....                    | 409 |
| I.1.3 组合截面图形的静矩和形心 .....          | 410 |
| I.2 惯性矩和惯性积 .....                 | 411 |
| I.2.1 惯性矩 .....                   | 411 |
| I.2.2 惯性半径 .....                  | 412 |
| I.2.3 惯性积 .....                   | 412 |
| I.3 极惯性矩 .....                    | 413 |
| I.4 平行移轴公式 .....                  | 414 |
| I.4.1 平行移轴公式 .....                | 414 |
| I.4.2 组合截面惯性矩和惯性积 .....           | 415 |
| 思考题 .....                         | 416 |
| 习题 .....                          | 418 |
| <b>附录 II 常用截面的几何性质</b> .....      | 419 |
| <b>附录 III 型钢表</b> .....           | 421 |
| <b>附录 IV 简单荷载作用下梁的挠度和转角</b> ..... | 433 |
| <b>部分思考题及习题答案</b> .....           | 436 |
| <b>主要参考文献</b> .....               | 448 |

# 第一章 绪 论

## 1.1 工程力学的研究对象和内容

工程力学是将理论力学的静力学、材料力学、结构力学的主要内容，依据知识的逻辑关联，重新组织形成的知识体系。这一知识体系和工程管理、建筑学等专业的培养目标相适应，满足相关专业对力学基础的要求。

### 1.1.1 工程力学的研究对象

工程力学的研究对象是结构或者组成结构的构件。建筑中起承载作用的部分称为结构。组成结构的基本单元一般称为工程构件。工程力学就是研究结构或构件的强度、刚度、稳定性的分析原理及计算方法的科学。

结构一般可按其几何特征分为以下三种类型。

#### 1) 杆系结构

组成杆系结构的构件是杆件。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度。

#### 2) 薄壁结构

组成薄壁结构主要构件是板和壳。板壳的几何特征是其长度和宽度远远大于厚度。

#### 3) 块体结构

块体结构的长、宽、高三个方向的尺寸为同一数量级。

本书着重讨论杆系结构。

### 1.1.2 工程力学的研究任务和内容

工程力学的研究任务是：在符合经济要求的前提下，找出使建筑结构安全、正常工作的计算理论和方法。

建筑力学的内容包括：

(1) 静力学部分。研究物体平衡状态下受力情况的科学，包括杆系结构的合理组成规律。此时忽略结构或构件的变形情况，把研究对象假设为刚体，即受力不变形的物体。

(2) 材料力学部分。研究杆件在外力作用下的强度、刚度和稳定性问题。此时主要研究构件的变形情况，因此研究对象也称为变形体，但在平衡和小变形的前提下，刚体静力学的基本理论都适用。

(3) 结构力学部分。对杆系结构进行受力和变形分析。

所谓强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。

所谓刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。

所谓稳定性是指结构或杆件在压力作用下,保持原有平衡状态的能力。本书只介绍受压杆件的稳定性问题。

机械结构与建筑结构在工作中通常承受各种外力的作用。例如,车床主轴承受齿轮啮合力和切削力的作用;吊车梁承受吊车和起吊重物的重力;挡土墙、水坝承受土压力、水压力;建筑结构的梁、板承受自重和结构其他部分传给它的作用力等。机械与结构所承受的这些外力称为荷载。为保证机械或结构能够正常工作,要求每一构件要具有足够的承担荷载的能力,即构件要满足以下三个方面的要求:

(1) 在规定荷载的作用下,构件不能破坏(断裂),应具有足够的强度。

(2) 在规定荷载的作用下,构件不能产生太大的变形,应具有足够的刚度。

(3) 当承受规定荷载作用时,构件应保持原有状态下的稳定平衡状态,即能够满足稳定性的要求。

## 1.2 可变形固体的基本假设

为了对实际结构或者构件进行强度、刚度及稳定性的计算,通常需要略去一些次要因素,将其理想化,以简化分析与计算。对可变形固体所作的基本假设如下:

(1) 连续性假设。认为组成物体的物质密实地充满物体所在空间,毫无空隙。实际上,材料的物质结构均具有不同程度的孔隙,并非理想连续体,但当孔隙的大小与物体几何尺寸相比极其微小时,其孔隙可以忽略不计,认为物体在整个体积内是连续的。于是,可以建立连续的数学模型并进行极限分析。

(2) 均匀性假设。认为物体内部各处的力学性能完全相同。实际工程材料的基本组成部分,如混凝土中的石子、沙、水泥或金属的晶体等,其彼此之间、基本组成部分与构件之间的力学性能存在一定的差别,但由于基本组成部分的尺寸与构件几何尺寸相比极其微小,且材料排列方向的无规则性,故可以按照统计学的观点,假设物体内部各部分的力学性能是均匀的,即物体的力学性能可以用其上任一部位微小单元体的力学性能来体现,同理,通过试样测得的材料性能也适用于构件任何部位。

(3) 各向同性假设。认为组成物体的材料沿各方向的力学性质完全相同。满足此假设的材料称为各向同性材料,否则称为各向异性材料。严格地讲,实际工程中使用的材料均是各向异性材料,如金属材料的晶粒性质是有方向性的,但考虑到构件尺寸比起材料基本组成部分的尺寸大得多,且材料排列方向是随机和无序的,因此,宏观上可以认为是各向同性的。

(4) 小变形假设。认为构件在荷载作用下的变形与构件原始尺寸相比非常小。故对构件进行受力分析时可忽略其变形,采用构件原始尺寸,以使问题得以简化。

实际构件具有各种不同的几何形状。当构件的长度尺寸远大于其横截面尺寸时,称为杆(杆件)。杆各横截面形心的连线称为轴线。材料力学的主要研究对象为杆件,

其基本变形形式主要为以下四种。

1) 轴向拉伸或压缩

杆件受作用线与杆轴线重合的外力作用, 变形为杆件长度的伸长或缩短。

2) 剪切

杆件受一对大小相等、方向相反、作用线相距很近的横向外力(力作用线垂直于杆轴线)作用, 变形为杆件在力作用线间的横截面沿外力方向发生相对错动。

3) 扭转

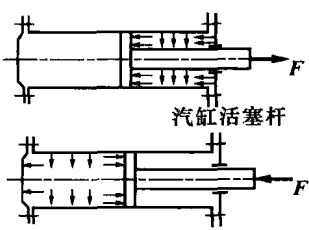
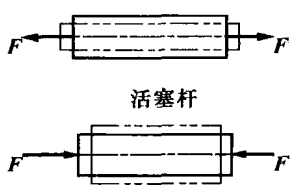
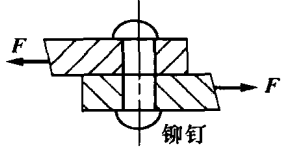
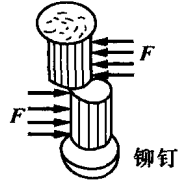
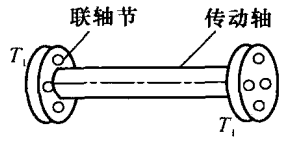
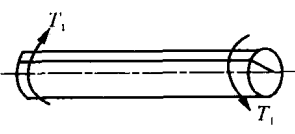
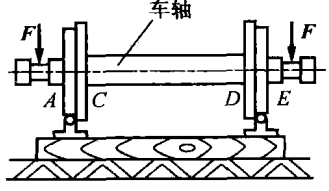
杆件在垂直于杆轴线的平面内受一对大小相等、转向相反的外力偶作用, 变形为杆件任意两横截面发生相对转动。

4) 弯曲

杆件受横向外力或位于杆轴线平面内的外力偶作用, 变形为杆件的轴线由直线变为曲线。

杆件基本变形的实例、受力和变形形式见表 1.1。

表 1.1 杆件的基本变形的实例、受力和变形形式

| 基本变形          | 工 程 实 例                                                                                            | 受力和变形简图                                                                                         |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 轴向拉伸和<br>轴向压缩 |  <p>汽缸活塞杆</p>    |  <p>活塞杆</p>  |
| 剪切            |  <p>铆钉</p>      |  <p>铆钉</p>  |
| 扭转            |  <p>联轴节 传动轴</p> |             |
| 弯曲            |  <p>车轴</p>      |  <p>CD段</p> |

### 1.3 工程力学的专业地位和学习目的

工程力学既是一门阐述普遍规律的技术基础课，又是与工程实际问题紧密相连的技术科学，是现代工程技术的重要理论基础。它在基础课与专业课之间起着桥梁作用。它是工程技术人员应掌握的有关受力分析、强度、刚度、稳定性计算及结构分析方面的基本理论与技能。

## 第二章 静力学基本概念和物体的受力分析

提示:

静力学的基本概念、公理及物体的受力分析是研究静力学的基础。本章将介绍刚体、力及平衡的概念及静力学公理,并阐述工程中常见的约束和约束力的分析。最后介绍物体的受力分析及受力图,它是解决力学问题的重要环节。

### 2.1 静力学基本概念

#### 2.1.1 刚体的概念

静力学的研究对象是刚体。所谓**刚体**是指在力的作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变,即受力后不变形的物体。显然,这是一个理想化的力学模型。实际物体在力的作用下,都会产生不同程度的变形。但是,这些微小的变形只是次要因素,对研究物体的平衡问题不起主要作用,可以略去不计,这样可使问题的研究大为简化。这种略去次要矛盾、抓住主要矛盾的做法是科学的抽象。在静力学中,把物体抽象为刚体是必要的,也是实际允许的。但是不应该把刚体的概念绝对化。例如,在研究飞机的平衡问题或飞行规律时,可以把飞机看成刚体;可是在研究飞机的颤振问题时,机翼等的变形虽然非常微小,但必须把飞机看成弹性体。还有,在材料力学中,变形这一因素已在所研究的问题中上升为主要因素,这时如果不考虑它们的变形,而仍使用刚体的概念,将会使问题不可解。

静力学研究的物体只限于刚体,故又称**刚体静力学**,它是研究变形体力学的基础。

#### 2.1.2 力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中从感性到理性逐步形成的。人们在生活中,由于肌肉紧张收缩的感觉,逐渐产生了对力的感性认识;随着生产的发展,又逐渐认识到:物体机械运动状态的改变(包括变形)都是由于其他物体对该物体施加力的结果。这样,逐步由感性到理性,建立了抽象的力的概念。

**力是物体之间相互的机械作用。**这种作用使物体的机械运动状态发生变化,或者使物体产生变形。前者称为力的运动效应,或外效应;后者称为力的变形效应,或内效应。对于不变形的刚体而言,力只改变其机械运动状态,因此静力学中主要讨论力的外效应。

实践表明,力对物体的作用效应取决于三个方面,即通常称为力的三要素。

(1) **力的大小**。在国际单位制(SI)中,以“N”作为力的单位符号,称为牛