



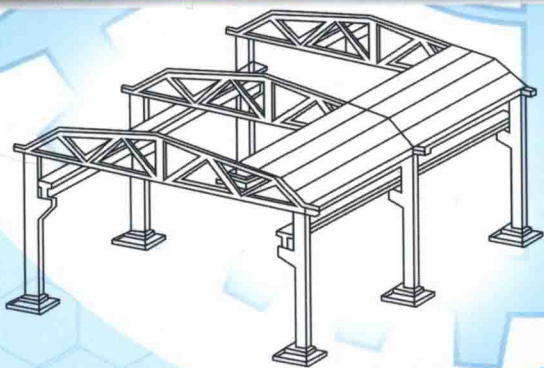
全国高等职业教育“十二五”精品教材

土建系列

TU JIAN XI LIE

工程力学

主编 王桂林 陈辉 主审 赵淑梅



航空工业出版社

全国高等职业教育“十二五”精品教材

工 程 力 学

主 编 王桂林 陈 辉

副主编 孙桂润

主 审 赵淑梅

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书是全国高职高专土木工程类专业规划教材,是根据全国土木工程高职教研会制定的工程力学课程教学大纲编写完成的。全书共分十二章,主要介绍工程力学的基础知识,包括力的基本知识和物体的受力分析、力系的合成与平衡;杆件的承载能力计算,包括杆件的内力分析、平面图形的几何性质、杆件的强度和刚度计算、压杆稳定;结构的内力计算,包括结构的几何组成分析、静定结构的内力分析、静定结构的位移计算、超静定结构的内力分析与位移计算、影响线等内容。

本书适用于全国高职高专土木工程、水利类专业以及工业与民用建筑、道桥等土建类专业工程力学课程教学,亦可作为建筑工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 王桂林, 陈辉主编. -- 北京 : 航空工业出版社, 2012.2

ISBN 978-7-80243-912-2

I. ①工… II. ①王… ②陈… III. ①工程力学
IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 013302 号

工程力学 Gongcheng Lixue

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2012 年 2 月第 1 版

2012 年 2 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 24.75

字数: 618 千字

印数: 1—3000

定价: 50.00 元



本书是根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,在中国土木工程教育协会指导下,由全国土木工程高职教研会拟定教材编写规划,并组织编写的土木工程类专业全国统编教材。本教材着重于培养学生能力,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

本书针对高等职业技术教育的特点,适应教学改革的要求,对工程力学的内容按其系统性进行了调整。本书具有以下几个鲜明的特点:

① 本书在内容的组织上遵循“实用为主,够用为度,以应用为目的”的原则,注重基本概念、基本理论,但不过分强调理论及公式推导,突出内容的实用性。

② 本书注重结合工程实际,根据知识点尽可能多地引用工程实例进行分析,指导学生应用基本计算方法解决工程实际中的计算问题,以加强学生对工程实际的理解。

③ 本书编写力求做到内容紧凑、叙述简明、由浅入深,计算方法演示简捷,示例经典,有利于学生理解和接受。

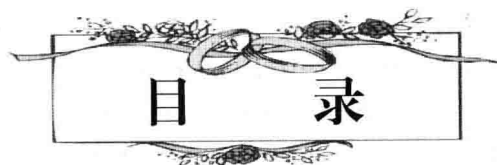
④ 本书各章开篇指明学习目标,章后附有内容小结,并配有大量思考题和习题,使学生在学习时能够循序渐进、重点把握。

本书编写人员及编写分工如下:黑龙江农垦科技职业技术学院何建丽(第1章和第5章)、王桂林(第2章、第3章和第4章),张明达(第7章和附录表),曹泽民(第9章),孙桂润(第10章和第11章),张靓(第12章);北京工业职业技术学院陈辉(第6章和第8章)。本书由王桂林和陈辉担任主编,并由王桂林负责全书统稿;孙桂润担任副主编;黑龙江农垦科技职业学院赵淑梅担任主审。

在编写本书的过程中,编者翻阅了大量有关工程力学的资料和教材,在此,对这些资料的作者和编者表示衷心的感谢。由于时间仓促,编写人员水平有限,书中不尽如人意之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年2月



第 1 章 绪 论	1
1.1 工程力学的研究对象	1
1.2 工程力学的任务和内容	2
1.3 刚体、变形固体及其基本假定	3
1.3.1 刚体和变形固体的概念	3
1.3.2 变形固体的基本假设	4
第 2 章 力的基本知识和物体的受力分析	5
2.1 力的定义、三要素及图示法	5
2.1.1 力的定义	5
2.1.2 力的三要素	5
2.1.3 力的图示法	6
2.2 荷载的分类	6
2.2.1 根据荷载作用时间的长短进行分类	6
2.2.2 根据荷载分布情况进行分类	6
2.2.3 根据作用性质进行分类	7
2.3 静力学公理	7
2.4 力的投影	11
2.4.1 力在平面坐标轴上的投影	11
2.4.2 力在空间坐标轴上的投影	12
2.5 力 矩	15
2.5.1 力对点之矩	15
2.5.2 合力矩定理	16
2.5.3 力对轴之矩	16
2.6 力偶	18
2.6.1 力偶和力偶矩	18
2.6.2 力偶的基本性质	19
2.7 约束与约束反力	20
2.7.1 柔性约束	21
2.7.2 光滑接触面约束	21
2.7.3 圆柱铰链约束	21
2.7.4 链杆约束	22
2.7.5 固定铰支座	22
2.7.6 可动铰支座	23
2.7.7 固定端支座	23



2.8 物体的受力和受力图	24
2.8.1 受力图的概念与作用	24
2.8.2 画受力图的步骤	24
2.8.3 画受力图示例	24
2.8.4 画受力图注意事项	28
2.9 结构计算简图	28
2.9.1 支座的简化	28
2.9.2 结点的简化	30
2.9.3 荷载的简化	31
2.9.4 计算跨度的确定	31
本章内容小结	32
思考题	33
习 题	34
第3章 力系的合成与平衡	37
3.1 平面汇交力系的合成与平衡	37
3.1.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法	37
3.1.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法	40
3.2 平面力偶系的合成与平衡	45
3.2.1 平面力偶系的合成	46
3.2.2 平面力偶系的平衡条件	47
3.3 平面一般力系的合成与平衡	48
3.3.1 力的平移定理	49
3.3.2 平面一般力系的合成	50
3.3.3 平面一般力系的平衡	54
3.3.4 平面平行力系的平衡方程	55
3.3.5 平衡方程的应用示例	56
3.4 物体系统的平衡	59
3.5 考虑摩擦时物体的平衡问题	61
3.5.1 滑动摩擦力	62
3.5.2 摩擦角和自锁现象	63
3.5.3 考虑摩擦时物体的平衡问题	65
3.6* 空间力系的合成与平衡简介	66
3.6.1 空间任意力系的合成	66
3.6.2 空间一般力系的平衡	68
3.6.3 其他空间力系的平衡方程	68
3.6.4 平衡方程的应用示例	69
本章内容小结	72
思考题	73
习 题	75



第 4 章 杆件的内力分析	81
4.1 杆件受力与变形特点	81
4.1.1 轴向拉(压)变形	81
4.1.2 剪切变形	81
4.1.3 扭转变形	82
4.1.4 平面弯曲变形	82
4.2 内力的概念和计算方法	83
4.2.1 内力的概念	83
4.2.2 计算内力的基本方法—截面法	83
4.3 轴向拉(压)杆的内力分析和轴力图	84
4.3.1 轴向拉(压)杆的内力计算	84
4.3.2 轴力图	86
4.4 扭转杆的内力分析	87
4.4.1 外力偶矩的计算	87
4.4.2 扭转杆的内力——扭矩	88
4.4.3 扭矩图	89
4.5 梁弯曲时的内力分析	91
4.5.1 梁的基本类型	91
4.5.2 梁弯曲时横截面上的内力	91
4.5.3 计算指定截面的内力值	93
4.5.4 用“函数法”绘制梁的内力图	96
4.5.5 剪力、弯矩和荷载集度之间的关系	100
4.5.6 用“简易法”绘制梁的内力图	106
4.5.7 用“叠加法”绘制梁的弯矩图	108
本章内容小结	113
思考题	114
习 题	114
第 5 章 平面图形的几何性质	119
5.1 物体的重心与形心的坐标公式	119
5.1.1 重心的概念	119
5.1.2 物体重心的坐标公式	119
5.1.3 物体重心(形心)的计算	121
5.2 面积矩	125
5.2.1 面积矩的概念	125
5.2.2 面积矩与形心的关系	125
5.2.3 组合图形的面积矩计算	126
5.3 极惯性矩、惯性矩、惯性积	127
5.3.1 极惯性矩、惯性矩和惯性积的概念	127
5.3.2 简单图形的极惯性矩、惯性矩的计算	128



5.3.3 组合图形的惯性矩计算	130
5.3.4 惯性半径	135
本章内容小结	135
思考题	136
习 题	137
第 6 章 杆件的强度和刚度计算	139
6.1 应力的概念	139
6.2 轴向拉(压)杆的强度计算	140
6.2.1 横截面上的正应力	140
6.2.2 斜截面上的应力	141
6.2.3 轴向拉(压)杆的强度条件	143
6.2.4 强度计算示例	144
6.3 轴向拉(压)杆件的变形·胡克定律	146
6.3.1 轴向拉(压)杆的变形和应变	146
6.3.2 胡克定律	147
6.4 材料在拉伸和压缩时的力学性能	149
6.4.1 材料在拉伸时的力学性能	149
6.4.2 材料在压缩时的力学性能	152
6.4.3 工程材料的选用原则	153
6.5 连接件的强度计算	154
6.5.1 剪切与挤压的概念	154
6.5.2 剪切与挤压的实用强度条件	155
6.5.3 连接件的实用强度计算示例	156
6.6 圆轴扭转时的强度和刚度计算	160
6.6.1 圆轴扭转时横截面上的应力	160
6.6.2 极惯性矩和抗扭截面模量	162
6.6.3 圆轴扭转时的强度计算	162
6.6.4 矩形截面杆扭转时的应力计算简介	164
6.6.5 圆轴扭转时的刚度计算	165
6.7 梁弯曲时的强度计算	167
6.7.1 横截面上的正应力和强度计算	167
6.7.2 横截面上的剪应力和强度计算	174
6.7.3 提高弯曲强度的措施	178
6.8 梁弯曲时的变形和刚度计算	180
6.8.1 梁弯曲时的挠度和转角	180
6.8.2 梁的挠曲线近似微分方程	181
6.8.3 用积分法求梁的挠度和转角	181
6.8.4 用叠加法求梁的挠度和转角	183
6.8.5 梁的刚度条件和刚度计算	185

6.8.6 提高弯曲刚度的措施	186
6.9 组合变形杆件的强度计算	187
6.9.1 组合变形的概念和分析方法	187
6.9.2 梁斜弯曲时的应力和强度计算	188
6.9.3 偏心压(拉)杆的应力和强度计算	190
6.9.4 弯曲与扭转组合时的应力和强度计算	193
6.9.5* 截面核心的概念	195
本章内容小结	196
思考题	199
习 题	201
第 7 章 压杆稳定	210
7.1 压杆稳定的概念	210
7.2 压杆的临界力	211
7.2.1 两端铰支压杆的临界力·欧拉公式	211
7.2.2 其他约束压杆的临界力	212
7.3 压杆的临界应力	212
7.3.1 临界应力与柔度	212
7.3.2 大柔度杆的临界应力·欧拉公式	213
7.3.3 中柔度杆的临界应力·经验公式	213
7.3.4 临界应力总图	214
7.4 压杆的稳定计算	215
7.4.1 压杆的稳定条件(折减系数法)	215
7.4.2 压杆的稳定计算	217
7.4.3 提高压杆稳定性的措施	219
本章内容小结	220
思考题	220
习 题	221
第 8 章 结构的几何组成分析	223
8.1 概述	223
8.1.1 几何不变体系、几何可变体系的概念	223
8.1.2 几何组成分析的目的	223
8.1.3 刚片、自由度和约束的概念	224
8.2 几何不变体系的简单组成规则	226
8.2.1 二元体规则	227
8.2.2 两刚片组成规则	227
8.2.3 三刚片组成规则	227
8.3 结构的几何组成分析示例	228
8.4 结构的几何特征	231
本章内容小结	231

思考题	232
习 题	232
第 9 章 静定结构的内力分析	234
9.1 多跨静定梁的内力分析·内力图	234
9.1.1 多跨静定梁的组成和基本型式	234
9.1.2 多跨静定梁的内力计算和内力图绘制	234
9.2 静定平面刚架的内力分析·内力图	236
9.2.1 刚架结构的特征和基本类型	236
9.2.2 静定平面刚架的内力计算及内力图绘制	237
9.3 静定拱的内力分析	241
9.3.1 拱的结构形式和特点	241
9.3.2 三铰拱的支座反力和内力	242
9.3.3 三铰合拱的理拱轴线	246
9.4 静定平面桁架的内力分析	248
9.4.1 概述	248
9.4.2 静定平面桁架的内力计算方法	249
9.5 静定组合结构的内力计算	255
本章内容小结	256
思考题	257
习 题	257
第 10 章 静定结构的位移计算	261
10.1 概述	261
10.1.1 结构位移的概念和影响因素	261
10.1.2 计算结构位移的目的	261
10.1.3 计算结构位移的假定	262
10.2 变形体的虚功原理	262
10.2.1 功的概念	262
10.2.2 实功与虚功	264
10.2.3 外力虚功与内力虚功	265
10.2.4 变形体的虚功原理	266
10.2.5 虚功原理的两种应用	267
10.3 结构位移计算的一般公式	267
10.4 结构在荷载作用下的位移计算公式	268
10.4.1 结构在荷载作用下位移计算的一般公式	268
10.4.2 各类结构的位移计算公式	269
10.4.3 用积分法计算结构位移示例	270
10.5 用图乘法计算结构位移	272
10.5.1 图乘法的适用条件及公式推导	272
10.5.2 图乘法的注意事项	273

10.5.3 内力图形面积及形心位置	273
10.5.4 图乘法的技巧	274
10.5.5 用图乘法计算结构位移示例	275
10.6 线性变形体系的几个互等定理	277
10.6.1 虚功互等定理	277
10.6.2 位移互等定理	278
10.6.3 反力互等定理	279
10.7 静定结构因支座移动时的位移计算	279
本章内容小结	280
思考题	282
习 题	282
第 11 章 超静定结构的内力分析与位移计算	285
11.1 超静定结构的概述	285
11.1.1 超静定结构的概念	285
11.1.2 超静定次数的确定	287
11.2 用力法计算超静定结构	290
11.2.1 力法的基本原理	290
11.2.2 力法的典型方程	293
11.2.3 用力法解算超静定结构的步骤和示例	295
11.2.4 力法的简化计算	305
11.2.5 超静定结构的位移计算	313
11.2.6 超静定结构内力图的校核	314
11.2.7 支座移动时超静定结构的计算	316
11.2.8 等截面单跨超静定梁的计算成果	317
11.3 用位移法计算超静定结构	321
11.3.1 位移法的基本原理	322
11.3.2 位移法的基本未知量和基本结构	323
11.3.3 位移法的典型方程	326
11.3.4 位移法解算超静定结构示例	329
11.4 用力矩分配法计算超静定梁和无侧移刚架	334
11.4.1 力矩分配法的基本原理	334
11.4.2 多结点的力矩分配法	339
本章内容小结	346
思考题	347
习 题	348
第 12 章 影响线	353
12.1 影响线的概念	353
12.2 静定梁的影响线	354
12.2.1 用静力法作静定梁的影响线	354



12.2.2 用机动法作静定梁的影响线	360
12.3 影响线的应用	362
12.3.1 应用影响线求量值	362
12.3.2 确定最不利荷载位置	364
12.4 简支梁的内力包络图	365
12.4.1 简支梁的内力包络图	365
12.4.2 简支梁的绝对最大弯矩	366
12.5 连续梁的内力包络图简介	367
本章内容小结	368
思考题	368
习 题	368
附 录	371
参考文献	383

第1章 绪论

【学习目标】

- ◇ 了解建筑物、结构、构件的含义以及三者之间的相互关系
- ◇ 了解工程结构的分类,明确工程力学的研究对象
- ◇ 初步掌握强度、刚度和稳定性的概念,了解工程力学的任务和内容
- ◇ 熟悉刚体、变形固体的概念,掌握变形固体的基本假定

1.1 工程力学的研究对象

工程力学是工程技术人员从事结构设计和施工所必须具备的理论基础,工程力学问题在水利、土建等各种工程的设计和施工中都会涉及到。这门学科为工程结构受力和计算理论提供了依据,它将为读者打开进入结构设计和解决施工现场中许多受力问题的大门。

任何建筑物在施工和使用的过程中都要受到各种各样的力的作用,如设备和人的重力、建筑物各部分的自重等,在工程中习惯将这些作用在建筑物上的力称为荷载。为了承受一定荷载以满足各种使用要求,需要建造不同的建筑物。如水利工程中的水闸、水坝、水电站、渡槽、隧道等;土木建筑工程中的屋架梁、板、柱和塔架等。

在建筑物中承受和传递荷载并起到骨架作用的部分称为结构。组成结构的每一个部件称为构件。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。结构受荷载作用时,若不考虑建筑材料的变形,其几何形状和位置不会发生改变。

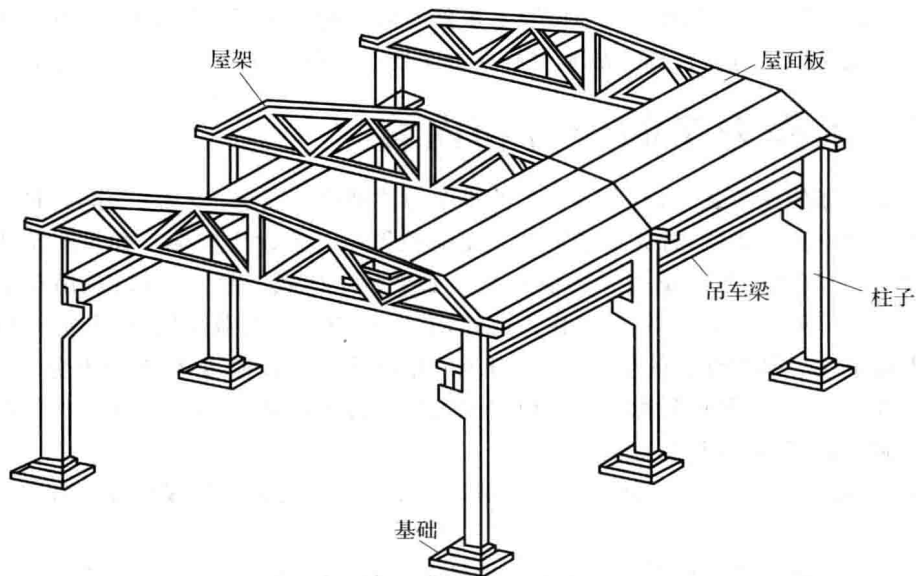


图 1-1

如图 1-1 是一个单层厂房承重骨架的示意图,它由屋面板、屋架、吊车梁、柱子及基础等构件组成,其荷载的传递过程如下:屋面板将屋面上的荷载通过屋架传给柱子,吊车荷载通过吊车梁传给柱子,柱子又将其受到的各种荷载传给基础;而基础上的荷载最后传给了地基。

工程中常见的结构按照结构构件的几何特征可分为三种类型:

① 杆件结构。由若干杆件组成的结构,称为杆件结构。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的尺寸,如图 1-2a、b、c 所示。

② 板壳结构。由薄板或薄壳构成的结构,称为板壳结构,又称薄壁结构。板或壳的几何特征是其厚度远远小于另两个方向的尺寸,如图 1-2d、e 所示。

③ 块体结构。由一些块体构成的结构,称为块体结构,又称实体结构。块体的几何特征是三个方向的尺寸基本为同一数量级,如图 1-2f 所示。

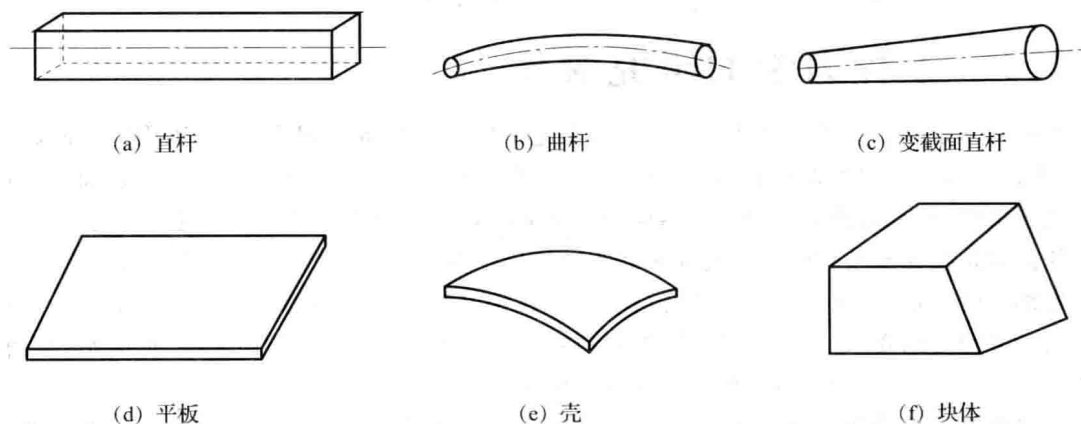


图 1-2

工程力学的研究对象主要是杆件结构,而对块体结构和板壳结构则由弹性力学来研究。杆件结构是工程建筑中应用最广的一种结构,虽然实际结构多属于空间结构,但在分析时常常可以简化为平面结构来进行计算。故本书研究的主要对象就是杆件与平面杆件结构。

1.2 工程力学的任务和内容

当结构承受和传递荷载时,要求结构中的每个构件都能够安全正常地工作,这样才能保证整个结构的正常使用。为此,首先要求构件在受荷载作用时不发生破坏。如吊车工作时起吊荷载不能过大,否则会使吊车梁发生弯曲断裂。如果吊车荷载未超过允许值,吊车梁也会变形,但这种变形并不会影响吊车正常工作。此外,有一些构件在荷载作用下,其原来形状的平衡可能丧失稳定性。例如细长的受压柱子,当压力超过某一定值时,会突然地改变原来的直线平衡状态而发生弯曲,这种现象称为丧失稳定或失稳。由此可见,要保证结构或构件的安全正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求。

强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。满足强度要求即要使结构或构件正常工作时不发生破坏。

刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。满足刚度要求即要使结构或构件正常工作时产生的变形不超过允许范围。



稳定性是指结构或构件保持原有平衡状态的能力。满足稳定性要求就是要使结构或构件在正常工作时不突然改变原有平衡状态,以至因变形过大而破坏。

构件的强度、刚度和稳定性统称为构件的承载能力,其高低与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中,如果把构件截面尺寸设计得过小,构件的承载能力就会不足;但如果把构件截面设计得过大,又会造成浪费而不经济。因此,结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。

工程力学的任务就在于力求合理地解决这一矛盾,即在结构或构件满足强度、刚度和稳定性要求的前提下,选择适宜的材料,确定合理的截面形状和尺寸,为保证结构或构件安全可靠又经济合理提供计算理论依据。

工程力学教材包含以下几个部分的内容:

① 静力学知识。这是工程力学中重要的基础理论,其中包括静力学公理等基本知识、物体的受力分析、力系的简化与平衡等基础理论。

② 杆件的承载能力计算。杆件的承载能力计算是结构承载能力计算的实质,其中包括基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算,压杆稳定和组合变形杆件的强度计算。

③ 几何组成分析。研究平面体系的几何组成规律,以确定它是否能作为结构来使用,以及区分出静定结构和超静定结构,为结构的内力分析打下必要的基础。

④ 结构的内力分析。这部分内容包括静定结构的内力分析和位移计算、超静定结构内力分析的基本方法介绍(力法、位移法、力矩分配法)以及影响线等。其中静定结构的分析计算还为超静定结构分析提供基础知识,在确定了超静定结构的内力后就可对各构件按杆件承载力计算方法进行强度和刚度的计算了。

⑤ 平面结构计算机分析软件的应用。本书中的平面结构计算机分析软件是采用清华大学袁驷教授研制的结构力学求解器。该软件求解内容包括了二维平面结构(体系)的几何组成、静定、超静定、位移、内力、影响线、极限荷载等工程力学课程中所涉及的一系列问题,并采用精确算法给出精确解答。

1.3 刚体、变形固体及其基本假定

自然界中的物体,其性质是复杂多样的。各学科从不同角度来研究物体的性质,为使所研究的问题简化,通常略去对所研究问题影响不大的次要因素,而只考虑相关的主要因素,也将复杂问题抽象化为只具有某些主要性质的理想模型。在工程力学中将物体抽象化为两种计算模型:刚体和变形固体。

1.3.1 刚体和变形固体的概念

所谓刚体是指在外力作用下大小和形状都不改变的物体。实际上,理想的刚体是不存在的,任何物体受力后都会发生一定程度的变形,但在进行结构和构件的受力分析及体系几何组成分析时,这种变形对所研究的问题没有影响或者影响极小,便可将物体视为刚体了。

变形固体是指在外力作用下大小和形状会发生变化的物体。在工程力学中,在进行结构的内力分析和杆件的承载能力计算时,物体的变形是不可忽略的主要因素,这时必须将其视为变形固体。工程力学对实际变形固体材料作了一些假设,从而将其理想化。

1.3.2 变形固体的基本假设

① 连续均匀假设。该假设认为物体的材料无空隙的连续分布,且构件内各点处的力学性质完全相同。根据这个假设,在进行分析时,与构件性质相关的物理量就可以用连续函数来表示,且可以从构件内任何位置取出一小部分来研究材料的力学性质。

② 各向同性假设。该假设认为材料沿不同方向的力学性质均相同。具有这种性质的材料称为各向同性材料,如金属材料、塑料等。而各方向力学性质不同的材料称为各向异性材料,如木材、竹材和纤维增强材料等。

③ 小变形假设。工程力学所研究的构件在荷载作用下的变形与原始尺寸相比很小,故对构件进行受力分析时可忽略其变形,这样可使计算得到很大的简化。

变形固体在力的作用下产生的变形有两种:一种是撤去荷载可完全消失的变形,称为弹性变形;而另一种是撤去荷载后不能恢复的变形,称为塑性变形或残余变形。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形。对小变形构件的计算,可采取变形前的原始尺寸并略去某些高阶微量,以达到简化计算的目的。

符合上述假设的变形固体称作理想变形固体。工程力学在研究构件承载能力时把所研究的构件视为理想变形固体,并在弹性范围内和小变形情况下进行分析。由于采用以上力学模型,大大便利了理论研究和计算公式的推导。尽管所得结果只具有近似的准确性,但其精确度可满足一般的工程要求。当然,任何假设都不是主观臆断的,在假设基础上得出的理论结果,还必须经得起实践的检验。因而,工程力学的研究,除了理论分析方法外,试验也是一种很重要的方法。

第2章 力的基本知识和物体的受力分析

【学习目标】

- ◆ 掌握静力学的基本概念,力、平衡、刚体和约束的概念
- ◆ 掌握静力学几个公理及其推论
- ◆ 了解荷载的分类
- ◆ 掌握力的投影、力矩和力偶矩的计算方法,掌握力偶的性质
- ◆ 掌握七种平面约束的特点和反力特点
- ◆ 掌握画单一物体和物体系统受力图的方法
- ◆ 了解选取结构计算简图的原则和方法

2.1 力的定义、三要素及图示法

2.1.1 力的定义

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐步建立起来的。人们从推车、提重物、抛掷物体、打铁等活动时感到肌肉紧张,对力产生了感性认识。随着生产的发展,又进一步认识到:物体运动状态的改变和物体形状大小的改变,都是由于其他物体对该物体施加力的结果。例如,水流冲击水轮机叶片带动发电机转子转动,起重机起吊构件,弹簧受力后伸长或缩短。

牛顿定律给出了力的科学定义:力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变(外效应),或者使物体的形状发生改变(内效应)。

力是物体与物体之间的相互作用,有受力的物体则必有施力的物体。在工程力学中,力的作用方式一般有两种情况,一种是两物体相互接触时,它们之间相互产生的拉力或压力;一种是物体与地球之间相互产生的吸引力,对物体来说,这吸引力就是重力。

2.1.2 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效果,取决于三个要素:力的大小、力的方向和力的作用点。

力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。为了度量力的大小,必须规定力的单位,在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。1 kN=1000 N,在工程单位制中,力的单位是公斤(kg)或吨(t)。两种单位制的换算关系为 $1 \text{ kg}=9.8 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$ 。

力的方向包含方位和指向两个含义。例如,重力的方向是铅垂向下的,“铅垂”指其方位,即重力的作用线,“向下”为其箭头指向。

力的作用点就是力作用在物体上的位置。实际上,物体在相互作用时,力总是分布在一定