

高职高专“十二五”规划教材

工程力学应用教程

李莉娅 主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

工程力学应用教程

李莉娅 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以培养高技能工程人员职业能力要求为原则,以对工程构件特别是机械构件的力学分析、承载能力校核、动力学分析能力为主线将传统的工程力学内容整合为三大能力模块:静力学平衡力系分析计算、构件承载能力校核与计算、刚质点的运动力学分析。每个模块下的项目以“工作案例任务”引领创建学习情境,以“必需、够用”为度精选教学内容,简化了设计公式的推导过程;每个项目都有明确的能力目标和学习任务,有生动的案例导入,大量地选用了机械工程实例进行力学应用分析,加强了与生产实践的联系,突出了应用性。在内容和形式上注重结合职业技术教育的特点,每个学习任务后安排了思考与训练供学生自学练习。

本书可作为高等职业技术学院高等专科学校、成人高校及本科院校的二级职业技术学院机械、机电及近机械类专业的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学应用教程/李莉娅主编. —北京:化学工业出版社, 2012. 1

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-12983-3

I. 工… II. 李… III. 工程力学-高等职业教育-教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 258369 号

责任编辑:袁俊红

文字编辑:李锦侠

责任校对:郑捷

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 346 千字 2012 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

本书是为了适应高等职业教育改革的需求,以职业能力培养为目标,参照教育部制定的高职高专专业培养要求编写而成的。在本书编写中,作者总结了多年从事工程力学及相关专业课程的教学实践经验,吸取了职业教育在探索高技能人才方面的教学改革中取得的成功经验和教学改革成果。本书内容以职业能力要求为基础对原有教学内容加以整合,使用模块化方式把本书覆盖的教学内容展开为三大能力模块;每个能力模块的训练以“工作任务”来引领,以“必需、够用”为度精选教学内容,简化了设计公式的推导过程;模块下的每个项目有明确的能力目标和任务,有生动的案例导入,大量地选用了工程实例进行力学应用分析,加强了与生产实践的联系,突出了实践应用性。

本书有以下特点。

① 本书以对工程构件的力学分析、承载能力校核、简单动力分析为主线,将传统的工程力学内容整合为三大能力模块:静力学平衡力系分析计算、构件承载能力校核与计算、刚质点的运动力学分析。

② 本书以“能力训练”为主线,“工作任务”为引领,“项目学习”为驱动,从“案例导入”分析入手,创建学习情境,明确学习目标。

③ 本书重视绪论的编写和学习,在绪论学习中,通过引入生动的工程案例,树立本门课程要达到的明确能力目标,形成“工程力学”课程学习的大体框架,使学生有更好的学习兴趣和动力。

④ 每个项目后的“项目能力知识结构总结”不是简单的知识重点总结,而是框架图化的能力架构和知识主线,便于“由厚到薄”的学习。

⑤ 本书注重与其他课程的融会贯通,其中涉及了工程材料及机械零件等专业课程内容,案例也采用常见的机械构件,为今后的专业课程学习打下基础。

⑥ 每个项目的“案例导入”实际上就是一个工作任务,可以在课后根据所学知识参考相应项目后的案例任务解决方案操作完成。

⑦ 书中带有*号的内容为选学内容,可根据专业要求和学时情况进行取舍,或供学生根据自己学习的情况进行不同程度的深入学习。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校的二级职业技术学院机械、机电及近机械类专业的教学用书,也可供相关工程技术人员在工作中借鉴参考。

本书相关电子教案可免费提供给采用本书作为教材的院校使用,如有需要可发送邮件 junhongyuan@163.com 索取。

参加本书编写的有贵州工业职业技术学院李莉娅(绪论、项目1、项目4、项目5、项目7)、黄立宏(项目8、项目9)、江苏淮安信息职业技术学院朱绍胜(项目2、项目3)、杨杰(项目11、项目12)、江苏财经职业技术学院边魏(项目6、项目10)。全书由李莉娅担任主编并统稿,黄立宏担任副主编,由朱绍胜主审。

在此，特别感谢贵州大学邱望标教授的支持，以及湖南中联重科集团为本书编写工作提供的工程案例和宝贵建议。

由于编者水平有限，编写时间紧迫，书中难免有疏漏欠妥之处，敬请广大读者，特别是任课教师 and 同学们提出宝贵的批评意见和建议（联系邮箱：lly1107180@sohu.com），在此我们表示真诚的谢意！

编者

2012 年 3 月

Preface

目录

绪论

1

任务 0.1 工程力学的任务和研究对象	1
任务 0.2 工程力学应用解决问题的方法	3
任务 0.3 本门课程的能力目标及学习方法建议	5
思考与训练	6

能力模块 1

静力学平衡力系分析计算

7

项目 1 平衡力系基本概念及物体受力和受力图	8
任务 1.1 力的基本概念和静力学公理	8
任务 1.2 约束与约束反力的种类和受力分析	11
任务 1.3 物体的受力和受力图绘制	13
项目能力知识结构总结	15
思考与训练	16
项目 2 平面力系分析及平衡问题	18
任务 2.1 平面力系概述及分类	18
任务 2.2 平面汇交力系分析及平衡计算	19
任务 2.3 平面力矩和力偶的平衡计算	21
任务 2.4 平面任意力系分析及平衡计算	24
任务 2.5 考虑摩擦的平面力系分析	29
任务 2.6 静定与静不定问题	35
项目能力知识结构总结	39
思考与训练	39
项目 3 空间力系分析及平衡问题	43
任务 3.1 空间汇交力系分析及平衡计算	43
任务 3.2 空间力偶系分析及平衡计算	45
任务 3.3 空间任意力系分析及平衡计算	48
任务 3.4 物体的重心	52
项目能力知识结构总结	57
思考与训练	57

能力模块 2

构件承载能力校核与计算

60

项目 4 拉压杆件承载能力计算	62
任务 4.1 拉伸压缩的概念及内力分析	62
任务 4.2 拉压杆的应力计算及变形问题	66
任务 4.3 材料在轴向拉伸与压缩时的力学性能	70

任务 4.4 杆件在轴向拉伸和压缩时的强度计算	74
项目能力知识结构总结	77
思考与训练	77
项目 5 受剪切连接件的承载能力计算	81
任务 5.1 连接件的受力和失效形式	81
任务 5.2 受剪切连接件的强度计算	84
项目能力知识结构总结	88
思考与训练	88
项目 6 传动轴的承载能力计算	90
任务 6.1 传动轴的受力分析及内力计算	90
任务 6.2 传动轴的强度校核计算	95
任务 6.3 传动轴的刚度校核计算	97
项目能力知识结构总结	100
思考与训练	101
项目 7 工程梁的承载能力计算	103
任务 7.1 弯曲变形的工程实例和平面弯曲概念	103
任务 7.2 平面弯曲类梁的内力分析和计算	105
任务 7.3 弯曲梁的应力及强度计算	114
任务 7.4 平面弯曲类梁的变形分析及刚度计算	128
项目能力知识结构总结	133
思考与训练	134
项目 8 组合变形	138
任务 8.1 斜弯曲构件的承载能力计算	138
任务 8.2 弯拉(压)组合构件的承载能力计算	141
任务 8.3 弯扭组合构件的承载能力计算	143
任务 8.4 四种强度理论	145
项目能力知识结构总结	148
思考与训练	149
项目 9 压杆稳定性计算	151
任务 9.1 压杆的临界载荷及临界应力	151
任务 9.2 压杆的稳定性校核	156
项目能力知识结构总结	160
思考与训练	160
项目 10 工程构件的几个力学问题简介	163
任务 10.1 应力集中问题	163
任务 10.2 动载荷和冲击载荷	164
任务 10.3 交变应力和构架的疲劳强度分析	165
项目能力知识结构总结	170
思考与训练	170

项目 11 质点的运动与动力学基础	173
任务 11.1 点的运动及表示方法	173

任务 11.2 点的合成运动及参数计算	175
任务 11.3 质点动力学基本定律和理论简介	179
项目能力知识结构总结	181
思考与训练	181
项目 12 刚体的运动力学分析	183
任务 12.1 刚体的基本运动分析	183
任务 12.2 刚体的平面运动分析	187
任务 12.3 刚体动力学简介	191
项目能力知识结构总结	193
思考与训练	193

附录 型钢表

195

参考文献

206

绪 论

◆ [能力目标]

会分析工程实例中的力学应用现象

会区别工程中不同的构件

会分析各种载荷的种类

会建立初步的力学模型

◆ [工作任务]

了解工程力学的内容及任务

了解工程力学中的研究对象

了解学习该门课程的方法

明确学习该门课程要达到的能力目标

了解应用工程力学解决问题的基本方法

案例导入

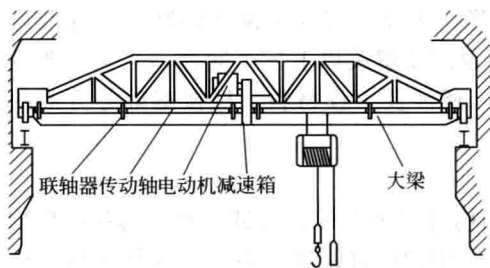


图 0-1 生产车间的吊车系统

案例任务描述

如图 0-1 所示生产车间的吊车系统中, 构件由大梁、减速箱、传动轴、联轴器、钢丝绳等组成。设计要保证吊车系统能安全运行需要确定哪些问题?

解决任务思路

首先要确定在已知起吊重物下各构件受到哪些力的作用, 它们的大小、方向如何? 其次要确定不同构件在不同力系作用下的内力和变形情况, 这些内力和变形对吊车的正常工作会产生怎样的影响? 此外, 在突然起吊重物或重物起吊过程中刹车, 重物将怎样运动, 这些运动对构件又会产生什么影响? 根据以上三个因素来设计梁的结构尺寸、钢丝绳和传动轴的直径、选择减速箱和联轴器型号等。

任务 0.1 工程力学的任务和研究对象

0.1.1 力学的应用

力学是一门基础学科, 它同数、理、化、天、地、生并列为七大基础学科。力学的发展源远流长。20 世纪前, 机械工业、水利工程、桥梁铁路、船舶、兵器等近代工业, 无一不

是在力学知识积累和完善的基础上产生与发展起来的。

力学的应用范围十分广泛,它又属于技术科学,它根植于国民经济的各个产业门类。哪里技术难题,几乎哪里就有力学难题。20 世纪,产生的许多高新技术,航天、航空、高层建筑、大型空间结构、巨型轮船、大跨度与新型桥梁(如吊桥、斜拉桥)、海洋平台、精密机械、机器人、高速列车、海底隧道等都是在力学指导下实现的。

0.1.2 工程力学的内容及任务

工程力学是研究工程构件(机械的零件或结构的元件),在力的作用下平衡、运动和变形规律的一门科学。学习工程力学,为后续专业课程的学习和解决工程实际问题,提供了必要的力学基本理论和计算方法。它的学习内容主要包括:

- ① 静力分析基础(静力学);
- ② 平衡构件承载安全设计基础(材料力学);
- ③ 动力构件设计基础(动力学)。

其中,静力分析基础主要研究工程构件的受力分析与力系平衡的规律,主要根据研究构件与周围物体之间的联系,解决构件受到哪些力的作用,大小和方向如何的工程问题;平衡构件承载安全设计基础主要是研究构件在力的作用下的变形规律,解决构件变形时内部将产生哪些力(内力),这些力的影响如何,构件发生危险的地方会在哪里,当这些力达到何种限度的时候,构件将会失去正常的工作能力(承载能力)的工程问题;动力构件设计基础主要研究构件运动的规律,分析构件运动改变的原因,建立构件的运动与作用力之间的关系。

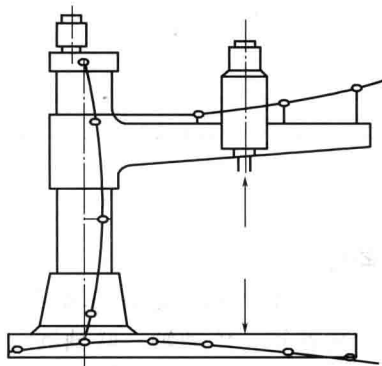


图 0-2 摇臂钻床

如图 0-2 所示,摇臂钻床钻孔时,摇臂、立柱及底座均产生不同程度的变形,为保证孔的加工精度,应尽量减小这些变形。为此,需合理设计摇臂、立柱及底座的截面尺寸及其所用的材料。案例导入图 0-1 中,也需要解决以上三个问题,当然,要设计合理的吊车系统这不仅仅是力学知识可以解决的,还涉及工程材料、机械基础等方面的知识,但是力学知识应用是解决问题的根本。

如图 0-2 所示,摇臂钻床钻孔时,摇臂、立柱及底座均产生不同程度的变形,为保证孔的加工精度,应尽量减小这些变形。为此,需合理设计摇臂、立柱及底座的截面尺寸及其所用的材料。

案例导入图 0-1 中,也需要解决以上三个问题,当然,要设计合理的吊车系统这不仅仅是力学知识可以解决的,还涉及工程材料、机械基础等方面的知识,但是力学知识应用是解决问题的根本。

0.1.3 工程力学的研究对象

工程力学的研究对象是工程构件,工程实际的构件多种多样,机械或机器由各种机构组成,机构由各个运动单元(构件)所组成。如图 0-2 中的摇臂钻床,由平面连杆机构、齿轮机构及各种连接机构等组成,平面连杆机构又由杆件、连接件等构件所组成。在建筑结构中,建筑物中承受荷载而起骨架作用的部分称为结构。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。组成结构的各单独部分称为构件。如图 0-3(a)所示,支承渡槽槽身的排架是由立柱和横梁组成的刚架结构,如图 0-3(b)所示,单层厂房结构由屋架、层面板和吊车梁、柱等构件组成。

可以看出,工程构件形态各异,根据它们的主要几何特征,大致可分为杆、板、壳、块体四种,如图 0-4 所示。

(1) 杆系结构是由杆件组成的结构。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度。如图 0-4(a)所示。轴线为直线的杆称为直杆;轴线为曲线的杆称为曲杆。横截面尺寸相同的直杆称为等直杆,横截面尺寸不相同的杆称为阶梯杆。

(2) 薄壁结构 由薄板或薄壳构成。板或壳的几何特征是其厚度远远小于另两个方向的

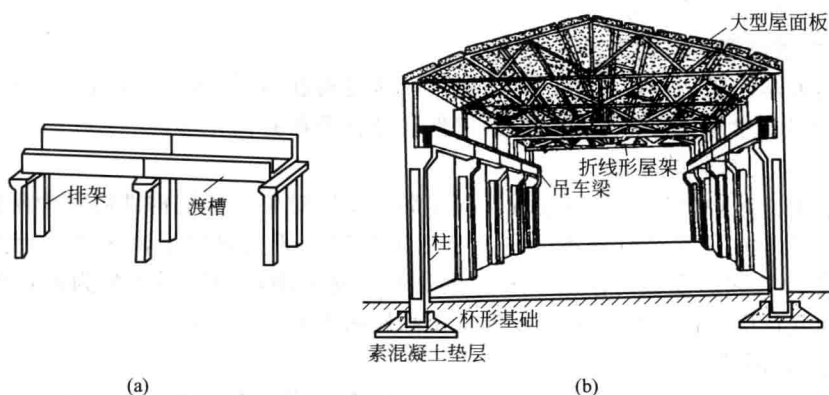


图 0-3 支承槽和单层厂房结构

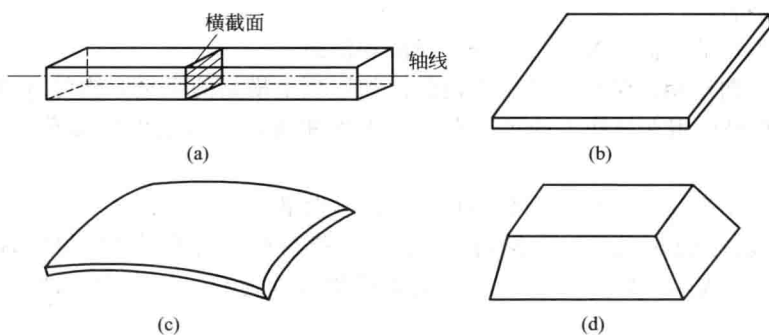


图 0-4 各种构件图

尺寸。如图 0-4(b) 所示为板，图 0-4(c) 所示为壳。

(3) 实体结构 由块体构成。块体的几何特征三个方向的尺寸相近，基本为同一数量级。如图 0-4(d) 所示。

任务 0.2 工程力学应用解决问题的方法

机械设备或工程结构都是由若干构件组成的。当它们传递运动或承受载荷时，各个构件都要受到力的作用。首先，必须确定作用在各个构件上有哪些力以及它们的大小和方向；其次，在确定了作用在构件上的外力后，还必须为构件选用合适的材料，确定合理的截面形状和尺寸，以保证构件既能安全可靠地工作又符合经济要求。这些都是工程力学所要解决的问题。

0.2.1 工程力学的研究方法

由观察和实验可知，在外力作用下，任何物体均会变形。工程力学的研究方法是实验观察—建立模型—理论分析—实验（实践）验证。这是自然科学研究问题的一般方法。本课程研究的物体，大多是各种工程结构物及其构件。这些结构物和构件，形状大小各异，组成也很复杂。因此，在研究它们的运动和变形时，首先必须根据问题的性质，抓住主要因素，略去次要因素，合理简化，使其抽象为力学模型，这是重要的一步。建立模型之后，可运用数学方法进行分析计算。这种解决力学问题的方法称为理论方法。然而，许多工程实际问题，仅靠理论方法不能有效地解决，还要通过实验的方法才能得到满意的结果。另外，在解决构件的承载能力问题时，需要通过实验来测定材料的力学性质。可见，实验方法也是解决工程

力学问题的一个必不可少的方法。

0.2.2 力学模型建立的方法

对构件的力学问题，在解决中，关键的第一步是对在承受载荷下的构件进行力学模型的建立。力学模型的建立关键在于简化抽象构件，分析载荷并简化等。

0.2.2.1 研究对象的假设

在静力学中，对构件进行受力分析，为了简化研究对象，常把构件简化为**刚体**（能力模块 1）；在材料力学中研究构件强度、刚度和稳定性时，研究对象不再是刚体而是**可变形固体**（能力模块 2），它们在载荷作用下要产生变形。变形固体的变形可分为弹性变形和塑性变形。刚体和变形固体的概念将分别在模块 1 和模块 2 知识中阐述。

0.2.2.2 载荷及分类

（1）荷载的概念 使物体运动或有运动趋势的力，称为**主动力**，又称**荷载**。阻碍物体运动的力，称为**被动力**，又称**约束反力**。

（2）荷载的分类

① 按荷载作用的时间久暂分，可分为恒载和活载。

- 恒载：长期作用在结构上的不变荷载。如屋顶上横梁的重量，构件自身的重量等。
- 活载：暂时作用在结构上的可变荷载。如作用在塔设备上的风载荷，在桥上行驶的车载重量等。

② 按荷载作用性质分，可分为静力荷载和动力荷载。

- 静力荷载：指缓慢地施加在结构上的荷载。静荷载作用下不产生明显的加速度。
- 动力荷载：大小方向随时间而改变的荷载称为动荷载。地震力、冲击力、惯性力等都为动荷载。

③ 按荷载作用的形式分，可分为体积力和表面力。

- 体积力：指的是物体自身的重量，惯性力等。
- 表面力：指的是作用在构件表面的载荷，又分为集中载荷和均布载荷。如作用在吊车所起吊的重物重量对于吊车拉杆来说就是集中载荷，而吊车横梁的自重分布在整个杆件长度内，又可简化为均布载荷。

另外，温度变化、支座移动、材料收缩也可能使结构产生内力和变形，从广义上说，都可称为荷载。

0.2.2.3 建立力学模型的方法

在根据构件的假设和分析载荷情况的基础上，进行力学模型的建立。当然建立模型

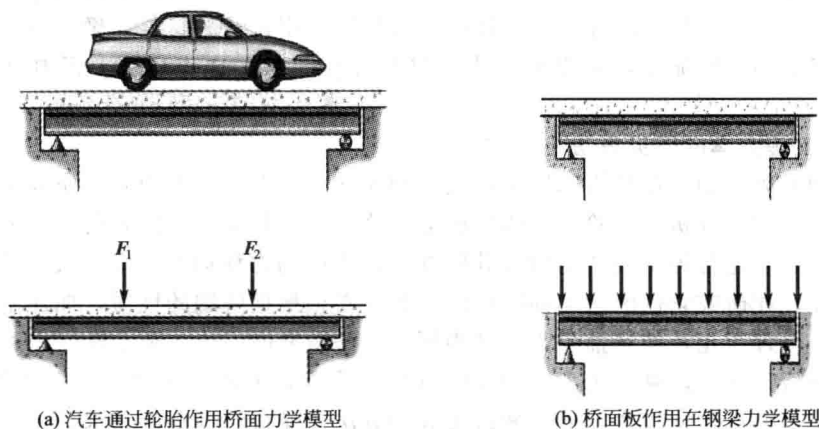


图 0-5 汽车过桥的力学模型

还需要对工程构件的受力变形和约束类型等进行分析,在以后各个能力模块的学习中,不管是静力分析还是构件变形分析,首先都要进行力学模型的建立,建立的具体方法我们将学习和掌握。如图 0-5(a) 是汽车行驶在桥面上,以桥为研究对象。汽车对桥的作用可简化为通过两个轮胎作用在桥上的集中力 F_1 和 F_2 ,图 0-5(b) 是桥作用在钢梁上,桥面重量可简化为均布载荷,钢梁的两端支承可简化为活动铰链支座和固定铰链支座(见能力模块一介绍)。

任务 0.3 本门课程的能力目标及学习方法建议

0.3.1 本门课程的知识能力目标

俗话说:“有目标才有动力!”,知识的学习不只是为了积累,更主要的是培养应用的能力。所以在学习课程之前,确定本门课程的知识能力目标具有重要意义。根据工程力学的任务和现代工业行业发展的职业能力需要,通过本课程的学习,学生应达到的知识能力目标如下。

① 掌握静力学的力学公理及受力分析方法,会对平面各种力系进行受力分析及建立平衡方程来求解未知力,会利用力学知识和公理来解决常见工程及机械机构中的力学问题。

② 掌握典型构件和零件强度校核计算方法,会对工程构件进行危险截面的确定,会进行强度安全计算,会选择合适的材料和截面设计,会根据工艺条件确定构件的许可载荷。

③ 掌握典型构件的刚度计算及校核方法,某些构件对变形有明确要求,会对变形量进行计算并进行刚度校核;会解决常见压杆稳定问题。

④ 会分析构件的简单运动规律和构件运动改变的原因,能建立构件的运动与作用力之间的关系。

通过以上目标的学习训练,能使具备对常见工程构件的受力分析,强度、刚度、稳定性校核计算的基本职业能力,应用力学知识解决基本工程实践的岗位通用能力,为后续的专业课程学习打下一定的基础,为今后职业能力培养打下较为宽泛的工程岗位基础职业能力。

0.3.2 学习本课程方法的建议

工程力学这门课程是机电、材料、建工类专业必修的专业基础课程,在学习过程中,同学们学习起来往往感觉理论抽象,公式繁多,推导及方法难以理解,学了很多公式却不知道如何应用。所以本教材强调的是工程力学方法和理论的应用,建议同学们学习的过程中先了解工程力学的任务,根据能力训练目标分为三大模块,对每个模块的能力训练和学习任务进行熟悉,每个模块下的学习任务都有案例引入,认真了解案例所需要解决的问题,为了解决这些工程实际问题我们需要采用什么方法、运用哪些理论和公式进行分析计算。有了明确的应用目标,我们学习力学理论才能有的放矢,对于公式的学习主要在于怎么应用。对工程力学中比较抽象的理论知识要结合实例进行学习,根据自己掌握的程度和老师的教学循序渐进。

工程力学的知识内容:静力学、材料力学和动力学的知识较为独立,但在学习工程力学应用时要以工程构件为对象,学习时要贯穿“工程构件的力学模型建立和受力分析—构件的平衡方程建立—求出未知力的大小和方向(静力学知识)—构件的变形类型和规律(材料力学知识)—构件的内力分析和计算—危险截面的确定—最大应力点的确定和计算—构件的材料力学性能确定—承载能力的计算(主要是强度安全计算或设计,对于有刚度要求的需进行刚度校核,对细长压杆需要进行稳定性计算)”的思路。

工程力学是门实践性较强的学科，我们在学习时要善于理论联系实际，要注意和其他课程如《工程材料》、《机械设计基础》等紧密课程的知识贯通。每个学习任务结束后，要多进行思考和练习的训练，注意方法的创新与知识的拓展。力学理论是通过严谨的科学实验和长期实践而来的，在教学中建议开设的以下几个实验项目（也可配合工程材料课程一起开设）：

- ① 低碳钢和铸铁的拉伸和压缩试验；
- ② 金属材料的扭转试验；
- ③ 金属材料的冲击试验；
- ④ 金属材料的弯曲试验；
- ⑤ 金属材料的弹性模量测定试验。

思考与训练

- 0-1 列举身边 2~3 个力学的生活实例，并试着进行受力分析。
- 0-2 工程力学的任务是什么？研究对象是什么？
- 0-3 工程构件按形态来分，可分为哪几类？举出例子。
- 0-4 我们通常所说的地震的影响在进行大型设备设计或建筑物构建时需要考虑吗？如果需要考虑，地震载荷属于什么类型的载荷？

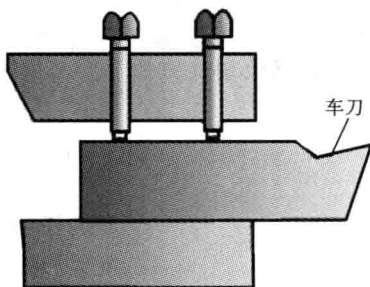
能力模块 1

静力学平衡力系分析计算



[工程应用解决的问题]

在工程技术中，物体在力系作用下，如何解决刚体在平衡条件下求解未知力？



- ① 对物体进行受力分析。
- ② 对力系进行等效替换和简化。
- ③ 运用力系的平衡条件来进行计算。

解决步骤：受力分析，取分离体、画主动力、画约束力-力系的等效变换，建立平衡方程式——利用平衡方程，求解未知力。

知识引入 静力学的任务及刚体的假设

静力学理论是从生产实践中发展起来的，是对处于平衡状态下的构件进行受力分析和计算的基础，是工程构件或机械机构计算的基础，在工程技术中有着广泛的应用。静力学的任务主要研究三方面的问题：物体的受力分析；力系的简化；力系的平衡条件。在静力学对物体的受力研究中，为了简化研究对象，常把研究对象假设为刚体。

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的物体。这是一个理想化的力学模型。事实上，任何物体受力后都会或多或少地发生变形，因此，实际上宇宙中并不存在绝对意义上的刚体。但是，对那些在运动中变形极小，或虽有变形但不影响其整体运动的物体，忽略其变形，对所研究的结果不仅没有显著影响，而且可以使问题更加简化。这时，该物体可抽象为刚体。

本模块主要介绍平面力系和空间力系的相关内容，使学生通过任务训练会对物体构件进行受力分析，绘制受力图，会解决平面力系和空间力系的简化问题，会建立平衡方程式求取未知力，会解决一般静定的力学问题。

项目 1 平衡力系基本概念及物体受力和受力图

◆ [能力目标]

- 会应用力的基本原理来分析物体
- 会应用常见约束反力的种类来求解未知力
- 会对物体进行受力分析
- 会绘制物体的受力图

◆ [工作任务]

- 理解力、平衡、力系、刚体的概念
- 了解常见约束反力的种类
- 掌握约束反力的受力分析
- 理解力的公理，掌握其应用
- 掌握物体的受力分析方法，正确绘制受力图

案例导入

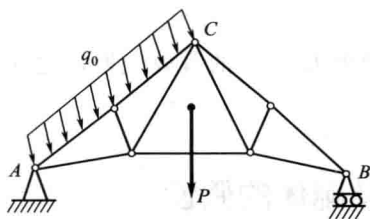


图 1-1 屋架的受力分析

案例任务描述

屋架如图 1-1 所示。A 处为固定铰链支座，B 处为滚动支座。屋架自重 P ，均匀分布的风力垂直作用在 AC 边上，载荷强度为 q_0 。屋架的受力情况如何？能否承受如此的载荷？

解决任务思路

判断屋架能否承受如此的载荷，需进行受力情况分析。受力分析时，首先要明确研究对象、取分离体；再画出作用在物体上的主动力和约束反力。当分析多个物体组成的系统受力时，要注意分清内力与外力，内力成对可不画；还要注意作用力与反作用力之间的相互关系。

任务 1.1 力的基本概念和静力学公理

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学，它是工程力学的一个重要组成部分，重点解决刚体在平衡条件下如何求解未知力的问题。

1.1.1 力的概念

力是物体间相互的机械作用。这种作用使物体的机械运动状态发生变化或形状发生改变。前者称为力的运动效应（又称外效应），后者称为形变效应（又称内效应）。力对物体的

效应取决于力的大小、方向、作用点三个要素，这三个要素中只要其中一个发生变化，力的作用效应就发生变化。所以力是矢量，可以用黑体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示力矢量（或者用 $\vec{F}$ 表示），如图 1-2 所示，而用普通字母 F 表示力的大小。在工程力学中采用国际单位制（SI），力的单位是牛顿，用 N 表示，或千牛顿，用 kN 表示，简称千牛。

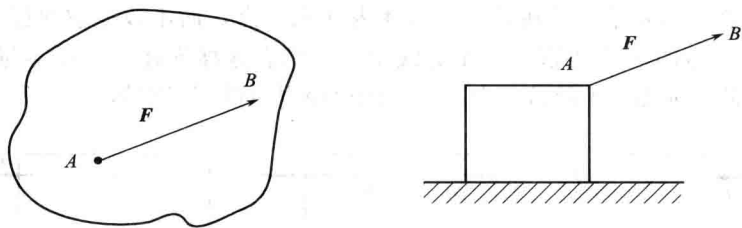


图 1-2 力的概念

1.1.2 力系的概念

力系是指作用在物体上的一群力。作用线都在同一平面内的力系叫做平面力系；作用线不完全在同一平面内的力系叫做空间力系；作用线都汇交于一点的力系叫做汇交力系；作用线都相互平行的力系叫做平行力系；作用线既不汇交于一点，又不相互平行的力系叫做一般力系。

1.1.3 平衡的概念

平衡是指物体相对于惯性参考系处于静止或作匀速直线运动的状态。物体相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动的状态称为平衡状态。若物体处于平衡状态，则作用于物体上的力系必须满足一定的条件，这些条件称为力系的平衡条件。它是机械运动的特殊形式。在工程中，通常把固连于地球的参考系作为惯性参考系，用此参考系在研究物体相对于地球的平衡问题，所得结果能很好地与实际情况相符合。

力系的平衡条件在工程中有着十分重要的意义，它是设计工程机构、构件和机械零件静力计算的基础。

1.1.4 静力学基本公理

人类经过长期经验积累和反复实践验证总结出来的静力学最基本的力学规律，我们称为静力学的基本公理。所谓公理，就是符合客观现实的真理。静力学公理是进行构件受力分析、研究力系简化和力系平衡的理论依据。

公理一 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要和充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上（即两力等值、反向、共线），如图 1-3 所示。

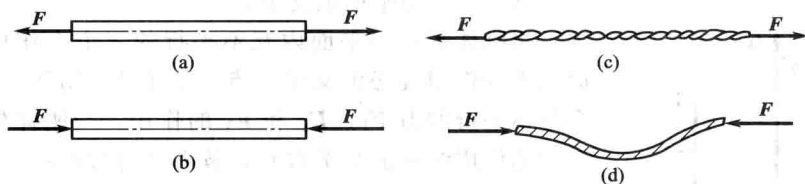


图 1-3 二力平衡条件

该公理指出了刚体平衡时最简单的性质，是推证各种力系平衡条件的依据。

只受两个力的作用而平衡的构件，称为二力构件，简称二力杆。