



高职高专
机电类课程规划教材

工程力学

(第三版)

GAOZHI GAOZHUAN
JIDIANLEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主编 李春风 钟卫 周晓邑

大连理工大学出版社



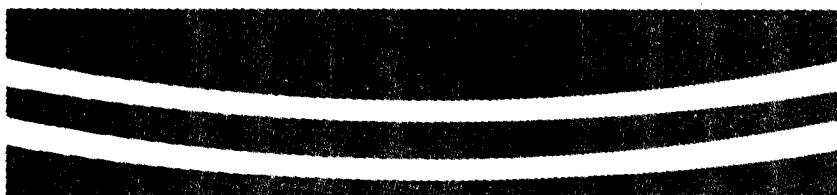
高职高专机电类课程规划教材

工 程 力 学

(第三版)

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 编 李春风 钟 卫 周晓邑 副主编 杨国军 蒙晓影



GONGCHENG LIXUE

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 李春风, 钟卫, 周晓邑主编. —3 版. —大连: 大连理工大学出版社,
2006.8

高职高专机电类课程规划教材

ISBN 7-5611-2601-8

I. 工… II. ①李… ②钟… ③周… III. 工程力学—高等学校: 技术学校—
教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 049853 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 19.75 字数: 442 千字

印数: 22 201 ~ 24 200

2004 年 9 月第 1 版

2006 年 8 月第 3 版

2006 年 8 月第 5 次印刷

责任编辑: 赵晓艳 白 璐

责任校对: 索 强

封面设计: 波 朗

定 价: 32.00 元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国 100 余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

第三版前言

《工程力学》(第三版)是新世纪高职高专教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

第一版《工程力学》在保证工程力学的完整性和严谨性的前提下,注意语言规范。在文字叙述和理论推导时,力求删繁就简、简明扼要,避免连篇累牍的术语而不是“白话力学”,理论上经得起推敲。在中专、本科教材的基础上进行知识的合理整合,针对以往工程力学条块分割比较严重,在学生中出现的较普遍的解题难的现象,在教材编写的过程中,把静力学以及材料力学中所隐含的纵向线体现出来,力争在学生的头脑中形成两条线,提高学生分析问题和解决问题的能力。本教材在理论的讲解上结合日常生活的实例,增加了教材的趣味性和可读性;其次,在例题和习题的选取上结合工程实例,突出实训环节,以培养学生解决实际问题的能力。

第三版《工程力学》在第一版教材特色的基础上进行修订。这次修订,注意保留了第一版的特色,又重点考虑了以下几点:

1. 本书重视基本概念、基本理论与基本方法的讲述,思路清晰,层次分明,既简明易懂,又论述严谨。
2. 强调理论的应用,在选择例题上尽量贴近工程实际,有利于学生应用理论解决实际问题能力的培养。
3. 在各章前安排了学习目标,有些章节后安排了“重点”与“分析方法”,这些提示对主要概念理论与方法进行高度概括,论述精要,对学生学习有很大帮助。

4. 为了方便教学,本教材另配有电子课件。

本教材共分13章,分别是绪论、静力学的基本概念和受力分析、简单力系、平面任意力系、空间力系与重心、拉伸与压缩、剪切和挤压、扭转、弯曲变形、强度理论与组合变形的强度计算、压杆稳定、质点和刚体运动学基础、动力学基础,以及附录部分。

本教材由渤海船舶职业学院李春风、新余高等专科学校



新世纪

4 / 工程力学 □

校钟卫、江西工业贸易职业技术学院周晓邑任主编；新余高等专科学校杨国军、渤海船舶职业学院蒙晓影任副主编。具体编写分工如下：李春风编写第1章、第5章；钟卫编写第2章、第3章、第4章、第6章；周晓邑编写第7章、第9章、第10章；杨国军编写第11章、第12章、第13章；蒙晓影编写第8章。另外，蒙晓影主要负责电子课件脚本的编写整理工作，并对该课件进行了认真的审阅，提出了许多宝贵的意见和建议。

尽管我们在教材修订的过程中做出了许多的努力，由于编者的水平有限，教材中难免存在一些疏漏和不妥，恳请各教学单位和读者使用本教材时多提一些宝贵的意见和建议，以便下次修订时改进。

所有的意见和建议请发往：gzjckfb@163.com

联系电话：0411 - 84707492 84706104

编 者

2006年8月

第一版前言

《工程力学》是新世纪高职高专教材编委会组编的机电类课程规划教材之一。

本教材以培养学生的技术应用能力为主线设计培养方案,以“应用”为主旨构建课程体系和教学内容,旨在为国家培养更多高等技术应用型人才。因此,本教材力求以应用为导向,在基础理论的学习上坚持必需、够用原则,讲清概念。在介绍与机械有关的力学知识时避免了复杂的数学推导计算,文字简明、内容精炼,突出了高等职业教育的特色。另外,本教材为使学生会具备一定的可持续发展能力,增加了一些选学内容,学生可根据自己的特点及爱好,选学其中的部分内容。与同类教材相比,本教材具有如下特点:

1. 语言简练、通俗易懂。为符合高职教学的特点,本教材在保证工程力学的完整性和严谨性的前提下,注意语言规范。在文字叙述和理论推导时,力求删繁就简、简明扼要,避免连篇累牍的术语而不是“白话力学”,理论上经得起推敲。

2. 在高职的层面上力求推陈出新。在以往中专、本科教材的基础上进行基础知识的合理整和,针对以往工程力学条块分割比较严重,在学生中出现的较普遍的解题难的现象,在教材编写的过程中,把静力学以及材料力学中所隐含的纵向线也能体现出来,力争在学生的头脑中形成两条线,提高学生分析问题和解决问题的能力。

3. 理论联系实际,增强应用性。首先,本教材在理论的讲解上结合日常生活的实例,增加了教材的趣味性和可读性;其次,在例题和习题的选取上结合工程实例,突出实训环节,以培养学生解决实际问题的能力。

本书推荐教学时数为72~90学时,对于选学内容本书在标题前加了*号,可在学时充裕的情况下使用。

本教材由渤海船舶职业学院李春风、辽宁工程技术大学职业技术学院潘庆丰任主编;燕山大学东北分院刘金环、辽宁机电职业技术学院王文华任副主编。辽宁工程技术大



学职业技术学院杨琳、渤海船舶职业学院孙方道、燕山大学东北分院赵铁、龚重、李红梅参加了部分章节的编写。具体编写分工如下:李春风编写第1章、第12章、第13章;潘庆丰编写第10章、第11章;刘金环编写第2章、第3章;王文华编写第6章、第7章、第8章;刘金环、龚重共同编写第4章;赵铁、李红梅共同编写第5章;杨琳编写第9章;孙方道编写第14章。

尽管我们在教材建设的特色方面做出了许多的努力,由于编者的水平有限,教材中难免存在一些疏漏和不妥之处,恳请各教学单位和读者使用本教材时多提一些宝贵的意见和建议,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707604

编 者

2004年9月



第1章 绪论	1	第5章 空间力系与重心	66
第2章 静力学的基本概念和受力分析	5	5.1 力在空间直角坐标系的投影	66
2.1 静力学的基本概念	5	5.2 力对轴的矩	69
2.2 静力学公理	7	5.3 空间力系的平衡方程及应用	70
2.3 约束与约束力	10	5.4 空间平行力系的中心和物体的重心	74
2.4 物体的受力分析	13	小结	78
小结	18	思考题	79
思考题	18	习题	80
习题	19	第6章 拉伸与压缩	83
第3章 简单力系	23	6.1 拉伸与压缩的概念及外力分析	85
3.1 平面汇交力系简化与平衡的几何法	25	6.2 轴力 轴力图	86
3.2 平面汇交力系简化与平衡的解析法	28	6.3 拉伸与压缩横截面上的应力	88
3.3 力对点的矩	34	6.4 拉伸与压缩的变形、虎克定律	91
3.4 平面力偶理论	36	6.5 材料拉伸与压缩的力学性能	94
3.5 力线平移定理	39	6.6 拉压杆的强度设计	98
小结	40	6.7 拉压杆的超静定问题	104
思考题	41	小结	108
习题	42	思考题	109
第4章 平面任意力系	45	习题	110
4.1 平面任意力系的简化	45	第7章 剪切和挤压	113
4.2 合力矩定理	48	7.1 剪切和挤压的概念	113
4.3 平面任意力系的平衡方程及应用	49	7.2 剪切和挤压的实用强度计算	115
4.4 物体系统的平衡	53		
小结	58		
思考题	59		
习题	60		

7.3 剪应变 剪切虎克定律	122	10.3 轴向拉(压)与弯曲组合变形的强度计算	203
小结	123	小结	212
思考题	123	思考题	213
习题	124	习题	214
第 8 章 扭转	127	第 11 章 压杆稳定	217
8.1 扭转的概念及外力偶矩计算	127	11.1 压杆稳定的概念	217
8.2 扭转 扭矩图	129	11.2 压杆的临界力和临界应力	219
8.3 扭转时横截面上的应力	131	11.3 压杆的稳定性计算	222
8.4 传动轴的强度设计	136	11.4 提高压杆稳定的措施	225
8.5 传动轴的刚度设计	141	小结	226
小结	144	思考题	227
思考题	145	习题	228
习题	145	第 12 章 质点和刚体运动学基础	230
第 9 章 弯曲变形	149	12.1 点的运动	230
9.1 平面弯曲的概念及梁的计算简图	149	12.2 刚体的基本运动	239
9.2 梁的内力——剪力和弯矩	152	12.3 点的合成运动	245
9.3 剪力图和弯矩图	155	12.4 刚体的平面运动	249
9.4 载荷集度、剪力和弯矩的关系	160	小结	256
9.5 平面弯曲时横截面上的正应力	166	思考题	258
9.6 弯曲正应力强度条件	171	习题	258
9.7 弯曲切应力简介	176	第 13 章 动力学基础	262
9.8 梁的变形	178	13.1 质点动力学基本方程	263
9.9 提高梁承载能力的一些措施	185	13.2 刚体绕定轴转动动力学基本方程	267
小结	188	13.3 动量定理	271
思考题	190	13.4 动量矩定理	274
习题	191	13.5 动能定理	277
第 10 章 强度理论与组合变形的强度计算	196	13.6 动力学普遍定理的综合应用	282
10.1 应力状态分析	196	小结	285
10.2 强度理论简介	201	思考题	286
		习题	287
		附录	290
		参考答案	301

第 1 章

绪 论

工程力学的内容极其广泛,本书所述的是工程力学的最基础的内容,它包含静力分析、构件承载能力及运动力学三部分。

1. 机械工程中的力学问题

在工农业生产、建筑、交通运输、宇航等工程中,广泛地运用各种机械设备和工程结构,各种机械设备和工程结构都是由若干个基本的零、部件按照一定的规律组成的,组成机械的基本零、部件称为构件。当机械工作时,组成机械的各构件都要受到来自相邻构件和其他物体的力的作用,这些力在工程上称为载荷。

在载荷的作用下,构件可能处于平衡状态,也可能发生运动状态的改变,与此同时构件也会发生变形。每个构件都是由一定的材料制成的,若构件所承受的载荷超过材料的承载能力,构件就会产生过大的变形或断裂而不能继续正常工作,即失效。例如,起重机的横梁(图 1-1),若载荷过大而断裂,起重机就无法工作;机床的主轴(图 1-2)若变形过大,将造成齿轮间不能正常啮合,引起轴承间的不均匀磨损,从而影响加工精度并产生噪音;又比如千斤顶的螺杆,当承受的轴向压力超过一定的限度时就会发

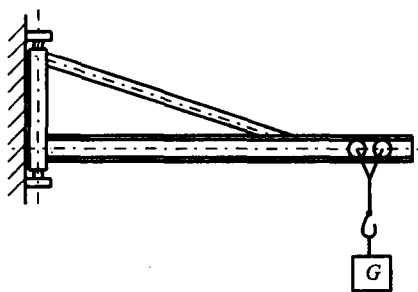


图 1-1

生弯曲而不能正常工作。以上这些分别是构件的强度、刚度和稳定性问题。因此为保证机械安全正常的工作,要求任何一个构件都要具有足够的承受载荷的能力,即承载能力。构件的承载能力是机械工程中经常遇到的力学问题。此外,在机械中也经常需要分析物体运动状态的改变与作用在物体上的力的关系。本书将为分析和解决这些问题提供必要的基础理论和方法。

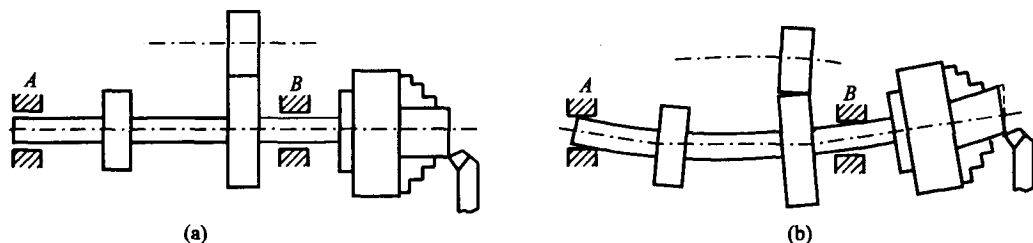


图 1-2

2. 工程力学的主要内容和任务

工程力学是研究构件在载荷的作用下的运动规律和平衡规律及构件承载能力的一门学科,本课程的主要内容包括以下三个部分:

(1) 静力分析

平衡是指物体处于静止或匀速直线运动状态,是机械运动的特殊形式,在工程力学中首先要研究物体受力后的平衡条件以及平衡条件在工程中的应用。

(2) 构件的承载能力分析

主要研究构件在外力作用下的变形、受力和破坏规律,为合理设计构件提供有关强度、刚度和稳定性分析的基本理论和方法。

(3) 运动力学分析

主要研究质点的运动和刚体的基本运动,以及在这些运动中,受力物体的运动与作用力之间的关系。

3. 工程力学的研究对象及模型

实际构件的形状是多种多样的,工程力学主要研究杆类零件,即杆件。所谓杆件就是其长度方向的尺寸远远大于其横向尺寸,如连杆、梁、键、轴等机械零件。轴线为曲线的杆件称为曲杆,轴线为直线的杆件称为直杆。本课程主要研究直杆的力学问题。

任何物体在外力的作用下都要发生变形,但工程问题中的变形通常是很小的,称为小变形。所谓小变形是指变形量远远小于构件原始尺寸的变形。所以在静力分析和研究物体的运动时变形可以忽略不计,这时可以将物体抽象为刚体。所谓刚体,是指在力的作用下,大小和形状不变的物体。

在研究构件的强度、刚度、稳定性等问题时,由于这些问题与构件的变形密切相关,因而即使变形很小也必须加以考虑,这时将构件抽象为在外力作用下会产生变形的物体,称为变形固体,并对变形固体作如下假设:

(1) 连续性假设:变形固体在其体积内连续不断地充满着物质,毫无空隙。

(2) 均匀性假设:物体内各处的力学性质相同。

(3) 各向同性假设:变形固体在各个方向上具有相同的力学性质。

变形固体在外力的作用下会产生两种变形:弹性变形和塑性变形。弹性变形是指当外力卸除时变形也随着消失的变形。塑性变形是指外力卸除后,变形不能全部消失的变形。一般情况下物体受力后既有弹性变形又有塑性变形。一般工程材料,当外力不超过一定范围时,仅仅产生弹性变形,称为理想弹性体。由于工程力学研究的物体的变形是小变形,所以在考虑构件的平衡和运动时,可以忽略其变形。而且在研究构件的承载能力时,计算构件的尺寸可以忽略其变形,按照构件变形前的尺寸和形状来计算,其受力也按照静力分析的结果计算。

构件所受的外力不同,变形也不同,本课程研究的杆件变形的基本形式有以下四种:

(1) 轴向拉伸与压缩(图 1-3);(2) 剪切(图 1-4);(3) 扭转(图 1-5);(4) 弯曲(图 1-6)。



图 1-3

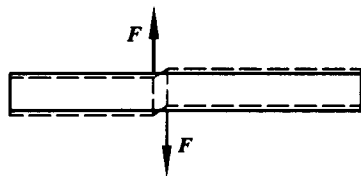


图 1-4

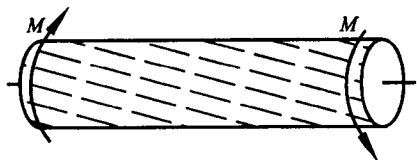


图 1-5

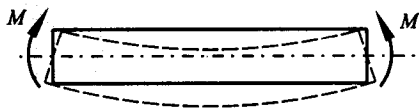


图 1-6

4. 工程力学的研究方法

工程力学和其他任何一门学科一样,就其研究方法而言,都不可能离开认识过程的客观规律。工程力学的研究方法是:从实践出发或通过实验观察,经过抽象、综合、归纳,建立公理或提出基本假设,再用数学演绎和逻辑推理得到定理和结论,然后再通过实践来验证理论的正确性。

(1) 观察和实验是理论发展的基础

首先,人们通过观察生活和生产实践中的各种现象,经过分析、综合和归纳,总结出力学的基本规律。在远古时代,人们为了生活和灌溉的需要,制造了辘轳;为了建筑上搬运重物的需要,使用了杠杆、斜面和滑轮;为了长途运输的需要,制造了车子等等。制造和使用这些生活和生产工具,使人类对于机械运动有了初步认识,并逐步形成了一些有关力学的基本概念和力学基本规律,例如力、力矩、杠杆原理、二力平衡公理等等。

人们除了在生活和生产实践中进行观察和分析,进行实验也是必不可少的。实验是形成理论的重要基础。例如伽利略对自由落体和物体在斜面上的运动作了多次实验,提出了“加速度”的概念;又如摩擦定律的提出也是以实验为基础的。特别是从近代力学的研究和发展来看,实验更是重要的研究方法之一。

(2) 在观察和实验的基础上,用抽象的方法建立力学模型

抽象化的方法就是在客观事物的复杂现象中,抓住起决定性作用的主要因素,忽略次要的、局部的和偶然性的因素,深入现象的本质,明确事物的内在联系。例如在静力分析中忽略物体受力产生的变形,得到刚体的模型;在运动力学中忽略物体的几何尺寸,得到质点的模型。但是,抽象化的方法是有条件的、相对的,当研究问题的条件改变了,原来的模型就不一定适用了。例如在构件的承载能力分析中,研究物体内部的受力情况和变形,刚体的模型不再适用。总之,抽象化的方法既使研究的问题大为简化又更深刻地反映了事物的本质。

(3) 在建立力学模型的基础上,根据公理、定律和基本假设,借助数学工具,通过演绎、推理的方法,考虑到问题的具体条件,得到各种形式的具有物理意义和实用价值的定理和结论。

工程力学是前人经过无数次“实践—理论—实践”的循环反复过程,使认识不断提高和深化的成果。因此,我们在学习工程力学的知识后,还必须在生产实践中去应用、验证和发展它。

5. 工程力学的发展简介

静力学是从公元前 3 世纪开始发展,到公元 17 世纪伽利略奠定了动力学基础。因农

业、建筑业的要求,以及同贸易发展有关的精密测量的需要,推动了力学的发展。人们在使用简单的工具和机械的基础上,逐渐总结出力学的概念和公理。例如,从滑轮和杠杆得出力矩的概念,从斜面得出力的平行四边形法则等等。

阿基米德是使静力学成为一门真正科学的奠基者。他创立了杠杆理论,也创立了静力学的一些主要原理,他第一个使用严密的推理求出了平行四边形、三角形和梯形的重心位置,还近似求出了封闭抛物线的重心。

在古代,虽然还没有严格的科学理论,但人们在长期的生产实践中得到的一些粗浅的认识已经体现在一些古代建筑中,也大体上符合现代材料力学的基本原理。随着工业的发展,在车辆、船舶、机械和大型建筑工程的建造中所碰到的问题日益复杂,单凭经验已无法解决。这样,在对构件强度和刚度长期定量研究的基础上,逐渐形成了材料力学。

意大利科学家伽利略通过一系列实验,于1638年首次提出梁的强度计算公式,但由于当时对材料受力后会发生变形这一规律缺乏认识,他采用了刚体力学的方法进行计算,以致所得到的结论不完全正确。后来,英国科学家虎克在1678年发表了根据弹簧实验所得到的虎克定律即“力与变形成正比”,奠定了材料力学的基础。直到17世纪,牛顿创立了古典力学,才实现了人类对自然界认识的巨大飞跃。

以牛顿三大运动定律为基础的古典力学体系,决定了300多年的力学发展方向与范畴。毫无疑问,今后它还将继续指导力学这门学科的发展。但应该指出的是,牛顿在叙述这些运动定律时,曾引入了所谓“绝对空间”和“绝对时间”观念,他将时间、空间理解为与物质和物质运动都无关的绝对标准,这显然是错误的。牛顿另一个成就是,他发现了表达因果性物理定律的必要工具,即数学方法。关于这一点,爱因斯坦曾作过如下的论述:“为了给予他的体系以数学的形式,牛顿首先提出微积分的概念,并用微分方程的形式来表达他的运动定律,这或许是有史以来一个人所能迈出的一个最大的理智步伐。”

从18世纪到19世纪末,力学的发展主要在于把牛顿的古典力学体系向深度和广度两方面推进。在向深度推进方面,一是哈密顿原理的出现,把力学的基础建立在能量组合(拉格朗日函数)的积分极值原理上。它对从牛顿力学通向广义相对论和量子力学起到了桥梁的作用。二是统计力学的出现,把牛顿力学推进到了微观世界。在向广度推进方面,则表现为牛顿基本运动规律和具体物性的结合,即把不同介质作为具有不同特性的质点组处理,从而出现了刚体力学、弹性力学、流体力学和气动力学等。

本课程所研究的运动是速度远小于光速的宏观物体的机械运动,属于经典力学的范畴。经典力学以牛顿定理为基础,对于接近光速的物体和基本粒子的运动,经典力学有一定的局限性,必须用相对论和量子力学加以研究,但长期的实践证明,现代一般工程中所遇到的大量力学问题,用经典力学来解决,不仅方便简捷,而且具有足够的精度,所以经典力学至今仍有很大实用意义,并且还在不断地发展。值得一提的是,随着冶金工业的发展,新的高强度金属逐渐成为主要的工程材料,从而使薄型和细长型构件大量被采用,这类构件的失效破坏屡有发生,从而引起工程界的广泛注意。另外,由于超高强度材料和焊接结构的广泛应用,低应力脆断和疲劳事故又成为新的课题,也促使这方面的研究迅速发展。

第2章

静力学的基本概念和受力分析

学习目标

- * 掌握静力学的基本概念,基本公理推论的内容及适用范围。
- * 学习工程中常见的几种约束类型及其受力特点。
- * 学会分析物系内每个物体的受力,注意作用力与反作用力定律的应用。
- * 会找出物系中的二力构件并判断其拉压特点。

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学,重点解决刚体在满足平衡条件的基础上如何求解未知力的问题。静力学理论是从生产实践中发展起来的,是机械零件或机构承载计算的基础,在工程技术中有着广泛的应用。

本章重点研究物体的受力分析,即分析某个物体共受几个力,以及每个力的大小、方向和作用线位置。为了正确分析物体的受力情况,本章先介绍静力学的一些基本概念和公理,然后介绍工程中常见的几种典型约束及其约束力,最后重点讲解物体受力分析和画受力图的方法。

2.1 静力学的基本概念

2.1.1 刚体的概念

所谓刚体是指在力的作用下不发生变形的物体,也就是刚体受力作用时,其内部任意两点间的距离永远保持不变。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。但在一般情况下,工程上的结构构件和机械零件的变形都是微小的,这种微小的变形对构件的受力平衡影响甚微,可以略去不计,所以可以将结构构件和机械零件抽象为刚体。这种抽象会使我们所研究的问题大大简化,但是不应该把刚体的概念绝对化。通常在静力学中我们研究的是平衡问题,将受力的物体假想为刚体,但在研究力所产生的变形效果时,不得不将物体视为刚体。例如,在研究一根横梁的平衡问

题时,我们可以把横梁看做刚体,可是在研究横梁的变形情况时,必须把它看做变形体。

在静力学中所研究的物体只限于刚体,故又称刚体静力学。由若干个刚体组成的系统称为物体系统,简称物系。

2.1.2 质点的概念

在静力学中随着问题的不同,除了将实际物体抽象为刚体外,还可以将物体抽象为另外一种理想模型,即质点。所谓质点,是指具有一定质量而形状与大小可以忽略不计的物体。当我们研究物体整体运动时,它的大小和形状不影响我们所研究问题的性质,可将该物体简化为质点。

2.1.3 力的概念

力是物体间的相互作用。它具有两种效应:一是使物体的运动状态发生改变,例如地球对月球的引力不断地改变月球的运动方向而使之绕地球转动;二是使物体产生变形,例如作用在弹簧上的拉力使弹簧伸长。前者称为力的外效应,后者称为力的内效应。一般来说,这两种效应是同时存在的。但是,为了使问题的研究简化,通常将外效应和内效应分开来研究。静力学部分主要研究物体的外效应。

力的作用效果取决于力的三要素:

(1)力的大小;(2)力的方向;(3)力的作用点。

需要指出的是,力的作用点是力的作用位置的抽象,实际上力的作用位置一般来说并不是一个点,而是作用于物体的一定面积上。当作用面积很小时,可将其抽象为一个点,将作用于物体上某个点上的力称为集中力,通过力的作用点代表力的方位的直线称为力的作用线。如果力的作用面积较大,不能抽象为点时,则将作用于这个面积上的力称为分布力。分布力的作用强度用单位面积上力的大小 $q(\text{N}/\text{cm}^2)$ 来度量,称为载荷集度。

在国际单位制(SI)中,力的单位是牛顿或千牛,其代号为 N 或 kN。

力是矢量,所以可以用一个定位的有向线段来表示力。如图 2-1 所示,线段的长度按一定的比例尺表示力的大小,箭头的指向表示力的方向,线段的起点(或终点)表示力的作用点。与线段重合的直线称为力的作用线。我们通常用黑体字母 F 来表示力。

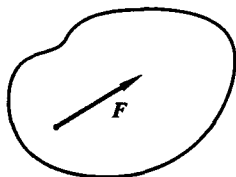


图 2-1

2.1.4 力系的概念

力系是指作用于物体上的一群力。力系中力的作用形式是千变万化的,可能是一个