

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



GONGCHENGLIXUE

工程力学

秦定龙 主 编

吴明军 吴世平 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

混凝土结构与砌体结构

钢结构

混凝土结构与砌体结构

建筑施工技术 (第二版)

土力学与地基基础

多高层建筑结构设计

混凝土结构与砌体结构

建筑力学与结构

建筑工程定额与计价 (第二版)

工程招投标与合同管理

建筑工程项目管理

建筑施工组织

建设监理概论

建设监理概论

建筑工程法规

建设工程监理概论

建设工程质量控制

建筑施工组织

工程力学

建筑材料

工程测量

建筑工程测量

建筑工程测量 (第二版)

房屋建筑学

建筑制图与阴影透视 (第二版)

建筑制图

建筑制图与识图

建筑识图与构造

建筑构造

建筑设计

建筑与装饰构造

建筑装饰设计

中国园林史

尹维新

陈东佐

段春花

张长友等

徐梓圻

黄林青

余克俭

张友全

王朝霞

田恒久

桑培东

郭庆阳

庄民泉

薛雷

张培新

张献奇

苑敏

周建国

秦定龙

黄伟典

赵雪云

许光

谢炳科

姬慧

魏艳萍

焦鹏寿

马光红

魏艳萍

魏艳萍

张建华

冯美宇

张国崴等

孔德建

ISBN 978-7-5083-6498-8



9 787508 364988 >

定价: 45.00元

Engineering Mechanics

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



· 主编
· 副主编
· 参编

好

号 33035

中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

北京 中国电力出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材(高职高专教育)。

全书共分三篇十八章,主要内容为静力学基础、材料力学、运动学和动力学。在编写过程中,力求阐明理论,介绍经典成果,加强例题阐述,突出工程实际应用,图样丰富,配有大量的复习思考题和习题,便于各类人员使用和自学。

本书可作为高职高专工科相关专业的教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/秦定龙主编. —北京:中国电力出版社,
2008

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5083-6498-8

I. 工… II. 秦… 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(2008)第 002032 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 2 月第一版 2008 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 30.5 印张 742 千字

定价 45.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序

近几年来,在人才培养模式结构改革过程中,职业技术教育中专体系和技校体系已不能满足现代企业对高等技术人才的需要。为了适应现代企业对高技术应用型人才的需要,一大批高等职业技术学院应运而生。在四川,几十所专门为国民经济各项事业培养高技术应用性人才的学校相继组建。这些高职院校组建后,进行了专业设置、教学计划、课程体系等一系列教学改革。教材作为教与学双边活动过程中不可缺少的信息载体,其改革和建设必然是教学改革的重要部分。为了巩固教育、教学改革已经取得的成果,推动改革持续深入发展,满足国民经济各项事业特别是职业技术学院内的机、电和建筑类专业对力学教学工作的急需,并促进教学质量不断提高,从2003年初开始,四川的高职高专力学学会根据高职教育的需要就着手编写具有高职院校特色的力学教材,有意识地着手组织力量进行教材改革的研究、探索和教材建设的安排部署,并决定编写一本适合各类职业技术学院内工科机、电和建筑类各专业实用的《工程力学》教材,并把编写《工程力学》教材的工作作为“教学研究重点课题”进行研究,中国电力出版社给了四川的力学教学工作者一个极好的机会,抓住机遇,共谋发展。在中国电力出版的大力支持下,我们自行成立了《工程力学》教材编写协作组。

《工程力学》教材全体编写人员力争编写的教材以明确的岗位和职业需要为依托,以能力培养为主线,以开发学生能力为目标,不片面追求学科体系的完整性,而强调贴近生产实际和工作实际,使理论同实践结合,传授知识同培训技能紧密结合;精选教材内容,删繁就简,返璞归真,充实技术性、工艺性、实用性的内容,而且体现先进性和科学性的原则,注重定性分析,阐明物理意义和应用方法,简化某些内容理论、公式的推证,增强教材使用的灵活性,便于不同教学阶段,不同专业采用。二是使理论阐述同实践指导有机结合,便于在教学过程中贯穿能力培养这一主线,采用以实际训练为轴心,把讲授、实验、实习融为一体的教学方式;适应各校功能延伸的新要求,兼顾各种职业培训对教材的需要。

《工程力学》教材的编写和投入应用只是整个教材改革和建设的阶段性成果,仍需再接再厉,继续深化教材改革,推进教材建设。预期经过几年的使用和努力完善,会形成一本具有高职高专职业技术教育特色的工程力学教材,以职业能力培养为主线,突出应用,强调解决工程中的实际力学问题,并能与其他教育相衔接,兼顾职工培训和工程技术人员需要的好教材。

《工程力学》教材编写协作组

2007年7月

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书根据工科类高等职业技术学院各专业对《工程力学》的要求,即知识必须、够用和保证掌握最基本的工程力学知识,并在对专业进行调查、了解的基础上编写的一本适合电力类、能源类、机械类、土木工程、铁路运输类和工程管理类工科各专业学生实际情况的教材。本教材内容符合现行的工科各类职业院校实施的《工程力学》的教学大纲,适合电力工业类职业技术学院机、电类高职高专专业学生的教学要求和教学需要,同样适用于其他相同专业的学生用书,也可作为机、电类中专和技工类学生的参考教材和工程技术人员的参考用书。

本教材的基本思路为:从电力类、能源类、机械类、土木工程、铁路运输类和工程管理类工科类专业的实际需求出发,调整现行力学教学大纲,突出专业特色,淡化理论推导,强化能力的培养。将力学理论与专业实践相结合,让力学理论更好地为主体专业服务,真正做到力学教学有的放矢,学以致用,解决工程中的力学问题,注重力学的应用能力的培养。新教材注重力学知识在工程中的应用,并结合高职高专学生的实际情况,精讲多练,强化力学的实际过程分析,提供丰富的例题和练习题,便于学生自学,提高学生的力学应用能力,真正做到用学到的力学知识解决工程中的力学问题,为解决专业问题奠定扎实的力学基础。

本书按照工科职业技术教育课程改革的原则和思路,力求贯彻能力为本的思想。突出学生对基本知识掌握的要求,理论推导从简,注重针对性和实用性。充分吸取了各校力学课程教学改革的经验,以适应力学课程教学时数减少的现实。

本书由四川电力职业技术学院秦定龙副教授任主编,四川建筑职业技术学院吴明军、四川电力职业技术学院吴世平任副主编,四川省范围内主要工科类高职院校的力学教师参编,在较短的时间内完成了该书的编写。全体参编教师集思广益,通力合作,力求创新。具体完成的编写章节如下:四川电力职业技术学院秦定龙编写序,前言,第七章,第十章,第十二章及附录等;成都农业职业技术学院杨静深编写绪论、第九章;成都铁路工程学校李开果编写第一章,第二章;四川建筑职业技术学院吴明军编写第三章,第十三章;四川电力职业技术学院吴世平编写第四章,第五章,第六章;四川水利职业技术学院贺萍编写第八章,第十一章;四川职业技术学院祝林编写第十四章,第十五章,第十六章;四川机电职业技术学院蒋祖信编写第十七章,第十八章。由北京工业大学邱棣华主审。

参加该书编写工作的秦定龙、吴世平、李开果等,参加了《工程力学》精品课程的建设,该《工程力学》精品课程被四川省教育厅评选为四川省2006年度精品课程,并获得2006年度参加国家级精品课程评选的资格。为此,几位老师把多年教学的宝贵资料和参加

精品课程制作的教学经验，融会于《工程力学》教材中，为此书增添了不少色彩，使得本书的实用性进一步得到了提升。

欢迎大家光顾四川省 2006 年度省级精品课程《工程力学》网站。网址是 <http://211.147.243.122/XS03/GL/wlkc.htm>，或先进入四川电力职业技术学院网站 (<http://www.scdyabc.com/>)，然后再单击“精品课程”进入省级精品课程《工程力学》网站。

感谢四川电力职业技术学院的刘玲老师，为绘制该书的部分图表所作的工作。

限于编者水平有限，加之时间较紧，难免有缺点和不妥之处，恳请读者批评指正，在再版时力争使该书更加完美。

编 者

2007 年 7 月

工程力学主要符号表

符号	量的名称	符号	量的名称
A	面积	k	弹簧刚度系数
a	加速度	K	应力集中系数
a_a	绝对加速度	l, L	长度、跨度
a_e	牵连加速度	L_O	质点系对点 O 的动量矩
a_r	相对加速度	L_x, L_y, L_z	质点系对 x, y, z 轴的动量矩
a_τ	切向加速度	m	质量
a_n	法向加速度	M_O	力系对点 O 的主矩
a_{BA}^τ	点 B 相对于基点 A 的切向加速度	$M_O(F)$	力 F 对点 O 之矩
a_{BA}^n	点 B 相对于基点 A 的法向加速度	M_e	外力偶矩
b	宽度	M_T	转矩
c	质心, 重心	M	弯矩
D	直径	M_x, M_y, M_z	力系对 x, y, z 轴的主矩
d	力偶臂, 直径, 距离	M_x, M_y, M_z	弯矩
E	机械能, 弹性模量	n	转速
e	偏心距	$[n_{st}]$	稳定安全因素
f	频率, 动摩擦因数	p	动量
f_s	静摩擦因素	P	功率
F	力	q	均布荷载集度
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处的约束力分力	R, r	半径
F_I	惯性力	t	摄氏温度, 时间
F_N	法向约束力, 轴力	S	路径, 弧长
F_P	荷载	T	周期, 动能, 扭矩
F_{cr}	临界荷载	v	速度
F_s	切力	v_a, v_e, v_r	绝对速度, 牵连速度, 相对速度
F_R	主矢, 合力	v_{BA}	平面图形上点 B 相对基点 A 的速度
F_T	拉力	V	势能, 体积
F_x, F_y, F_z	力在 x, y, z 轴的分量	W	重量, 功, 弯曲截面系数
g	重力加速度	W_P	扭转截面系数
G	切变模量	α	角加速度、线膨胀系数
h	高度	β	角
I	冲量	θ	梁横截面的转角, 单位长度相对扭转角
I	惯性矩	φ	相对扭转角
I_P	极惯性矩	φ_n	摩擦角
I_{xy}	惯性积	γ	切应变
J	转动惯量	Δ	变形、位移

符号	量的名称	符号	量的名称
δ	厚度、伸长率	σ_c	压应力、挤压应力
ε	线应变	σ_b	抗拉强度
ε_e	弹性应变	$[\sigma]$	许用应力
ε_p	塑性应变	σ_{cr}	临界应力
λ	柔度、长细比，频率比	σ_e	弹性极限
ω	角速度，角频率，挠度	σ_p	比例极限
μ	长度系数	$\sigma_{0.2}$	条件屈服应力
ν	泊松比	σ_s	屈服极限
ρ	密度、曲率半径	σ_r	相当应力
σ	正应力	τ	切应力
σ_t	拉应力	$[\tau]$	许用切应力

目 录

序	
前言	
工程力学主要符号表	
绪论	1
第一节 工程力学概述	1
第二节 工程力学在现代工程技术中的应用	2
第三节 工程力学的主要内容及其研究方法	3
第四节 工程力学的性质与作用	4
 第一篇 静力学基础	
引言	5
第一章 静力学的基本概念	6
第一节 力与刚体的概念	6
第二节 静力学基本公理	7
第三节 力在直角坐标轴上的投影	10
第四节 力对点之矩	13
第五节 力偶及其性质	15
第六节 力的平移定理	17
第七节 约束与约束反力	18
第八节 物体的受力分析与受力图	23
小结	30
复习思考题	30
习题	32
第二章 平面力系	38
第一节 平面汇交力系的合成与平衡	38
第二节 平面力偶系的合成与平衡	43
第三节 平面任意力系的简化及简化结果讨论	44
第四节 平面任意力系的平衡方程及其应用	48
第五节 物体系统的平衡	56
第六节 静定问题与超静定问题的概念	61
第七节 考虑摩擦时的平衡问题	62
小结	72
复习思考题	73
习题	76
第三章 空间力系	80
第一节 空间力系的概念与实例	80

第二节 力在空间直角坐标轴上的投影 80

第三节 力对轴之矩 82

第四节 空间力系的平衡方程及其应用 84

第五节 物体的重心与形心 88

小结 94

复习思考题 95

习题 96

第二篇 材 料 力 学

引言 105

第四章 材料力学基本知识 106

第一节 材料力学的研究对象 106

第二节 作用在杆件上的外力与分类 106

第三节 材料力学的任务（构件的承载能力） 107

第四节 变形固体的基本假设 107

第五节 内力、截面法及应力的概念 108

第六节 杆件变形的基本形式 110

小结 111

复习思考题 111

习题 111

第五章 轴向拉伸与压缩 113

第一节 轴向拉伸与压缩的概念与实例 113

第二节 轴力与轴力图 113

第三节 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力 115

第四节 轴向拉压杆斜截面上的应力 117

第五节 轴向拉压杆的变形——胡克定律 118

第六节 材料在拉伸和压缩时的力学性能 120

第七节 许用应力和安全因数 124

第八节 拉压杆的强度计算 125

第九节 拉压超静定问题简介 128

小结 129

复习思考题 130

习题 130

第六章 剪切与挤压的实用计算 134

第一节 剪切与挤压的概念与实例 134

第二节 剪切与挤压的实用计算 135

第三节 切应变与剪切胡克定律 138

小结 139

复习思考题 139

习题 140

第七章 平面图形的几何性质 142

第一节 研究截面几何性质的意义 142

第二节 静矩与形心	143
第三节 惯性矩及惯性半径	147
第四节 惯性积和极惯性矩	151
第五节 惯性矩及惯性积的平行移动轴公式及其应用	153
第六节 形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	157
第七节 截面的几何性质表	158
小结	161
复习思考题	163
习题	164
第八章 圆轴扭转	168
第一节 圆轴扭转的概念与实例	168
第二节 外力偶矩与扭矩的计算、扭矩图	169
第三节 薄壁圆筒的扭转及纯剪切	171
第四节 圆轴扭转时的应力与强度计算	173
第五节 圆轴扭转时的变形与刚度计算	180
第六节 矩形截面杆的扭转结果介绍	184
小结	186
复习思考题	188
习题	189
第九章 平面弯曲内力	193
第一节 平面弯曲的概念与实例	193
第二节 平面弯曲内力——剪力与弯矩	195
第三节 剪力方程与弯矩方程及剪力图与弯矩图	198
第四节 弯矩、剪力和均布荷载集度间的微分关系及其应用	206
第五节 用叠加法作梁的剪力图和弯矩图	208
小结	209
复习思考题	210
习题	211
第十章 平面弯曲梁的强度与刚度计算	213
第一节 纯弯曲时梁的正应力计算	213
第二节 梁弯曲时正应力强度条件及其应用	221
第三节 梁弯曲时切应力计算公式、切应力强度条件及其应用	228
第四节 梁的弯曲变形及实用计算	239
第五节 梁的刚度条件及其应用	248
第六节 提高梁弯曲强度的措施	254
小结	259
复习思考题	259
习题	262
第十一章 压杆稳定	266
第一节 压杆稳定的概念	266
第二节 压杆的临界压力	268
第三节 压杆的临界应力	273

第四节 压杆的稳定条件和稳定计算	277
第五节 提高压杆稳定性的措施	282
小结	284
复习思考题	284
习题	285
第十二章 应力状态与强度理论	289
第一节 应力状态的基本概念	289
第二节 平面应力状态分析的解析法	292
第三节 强度理论的概念	301
第四节 常用强度理论介绍及其应用实例	302
小结	312
复习思考题	314
习题	316
第十三章 组合变形时杆件的强度计算	321
第一节 组合变形的概念及工程实例	321
第二节 斜弯曲变形的应力和强度计算	321
第三节 弯曲与拉伸(压缩)组合变形的强度计算	324
第四节 偏心压缩(拉伸)杆件应力和强度计算	327
第五节 截面核心	332
第六节 弯曲与扭转组合变形的强度计算	334
小结	338
复习思考题	339
习题	340

第三篇 运动学和动力学

引言	343
第十四章 点的运动	344
第一节 用矢量法表示点的位置、速度和加速度	344
第二节 用直角坐标法表示点的速度和加速度	346
第三节 用自然坐标法表示点的速度和加速度	351
小结	356
复习思考题	357
习题	357
第十五章 刚体的基本运动	361
第一节 刚体的平行移动	361
第二节 刚体的定轴转动	362
第三节 定轴转动刚体上各点的速度和加速度	364
第四节 定轴轮系的传动比	366
小结	369
复习思考题	369
习题	370
第十六章 点的合成运动	375

第一节 相对运动、绝对运动和牵连运动的概念	375
第二节 点的速度合成定理	376
第三节 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	379
小结	382
复习思考题	383
习题	383
第十七章 刚体的平面运动	387
第一节 刚体平面运动的基本概念	387
第二节 平面运动刚体内各点的速度分析	388
第三节 平面图形内各点的加速度分析	392
小结	393
复习思考题	394
习题	394
第十八章 工程动力学基础	398
第一节 动力学基本方程	398
第二节 动量定理	401
第三节 动量矩定理	405
第四节 动能定理	411
第五节 机械能守恒定律	417
第六节 惯性力与动静法	419
第七节 动力学在工程中的应用实例	422
小结	424
复习思考题	427
习题	427
附录 I 习题答案	434
附录 II 型钢表	453
附表 II-1 热轧等边角钢 (GB/T 9787—1988)	453
附表 II-2 热轧不等边角钢 (GB/T 9788—1988)	457
附表 II-3 热轧工字钢 (GB/T 706—1988)	461
附表 II-4 热轧槽钢 (GB/T 707—1988)	463
附表 II-5 热轧宽翼缘 H 型钢 (GB/T 11263—2005)	465
附表 II-6 热轧窄翼缘 H 型钢 (GB/T 11263—2005)	470
参考文献	471

绪 论

第一节 工程力学概述

一、什么是力学

力学又称经典力学,是研究通常尺寸的物体在受力下的形变,以及速度远低于光速的运动过程的一门自然科学。

机械运动是物质运动的最基本的形式。机械运动亦即力学运动,是物质在时间、空间中的位置变化,包括移动、转动、流动、变形、振动、波动、扩散等。而平衡或静止,则是其中的特殊情况。物质运动的其他形式还有热运动、电磁运动、原子及其内部的运动和化学运动等。

力是物质间的一种相互作用,机械运动状态的变化是由这种相互作用引起的。静止和运动状态不变,则意味着各作用力在某种意义上的平衡。力学是研究物质机械运动规律的科学。力学所阐述的物质机械运动的规律,与数学、物理等学科一样,是自然科学中的普遍规律。因此,力学是一门基础科学。同时,力学研究所揭示出物质机械运动的规律,在许多工程技术领域中可以直接应用,它面向工程,服务于工程。所以,力学又是一门技术科学。

工程力学是将力学原理应用于有实际意义的工程系统的科学。其目的是:了解工程系统的性态并为其设计提供合理的规则。机械、机构、结构如何受力,如何运动,如何变形,如何破坏,都是工程师们需要了解的工程系统的性态;只有认识了这些性态,才能够合理的设计规则、规范、手册,使机械、机构、结构等按设计要求实现运动、承受载荷,控制它们不发生影响使用功能的变形,更不能发生破坏。

力学和工程学的结合,促进了工程力学各个分支的形成和发展。现在,无论是历史较久的土木工程、水利工程、机械工程、船舶工程等,还是后起的航空工程、航天工程、核技术工程、生物医学工程等,都或多或少有工程力学的应用。

二、力学的发展简史

力学知识最早起源于对自然现象的观察和在生产劳动中的经验。人们在建筑、灌溉等劳动中使用杠杆、斜面、汲水等器具,逐渐积累起对平衡物体受力情况的认识。古代人还从对日、月运行的观察和弓箭、车轮等的使用中,了解了一些简单的运动规律,如匀速的移动和转动。

中国春秋时期(公元前4—公元前3世纪),墨翟及其弟子的著作《墨经》中,就有关于力的概念,杠杆平衡、重心、浮力、强度和刚度的叙述。古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle,公元前384年—前322年)的著作也有关于杠杆和运动的见解。古希腊科学家阿基米德(Archimedes,公元前287年—公元前212年)对杠杆平衡、物体重心位置、物体在水中受到的浮力等做了系统研究,确定它们的基本规律,初步奠定了静力学即平衡理论的基础。意大利物理学家和天文学家伽利略(Galileo Galilei, 1564年—1642年)在实验研究和理论分析的基础上,最早阐明自由落体运动的规律,提出加速度的概念。牛顿继承和发展前人的研究成

果(特别是开普勒的行星运动三定律),提出物体运动三定律。伽利略、牛顿奠定了动力学的基础。牛顿运动定律的建立标志着力学开始成为一门科学。

力学不仅有着悠久而辉煌的历史,而且随着工程技术的进步,近几十年来也迅速发展。它研究的对象、涉及的领域、研究的手段都发生了深刻的变化,用来解决工程实际问题的能力得到了极大的提高。例如,由传统的金属材料、土木石等材料力学行为的研究,扩大到新型复合材料、高分子材料、结构陶瓷、功能材料等力学行为的研究;由传统的连续体宏观力学行为的研究,发展到含缺陷体力学,细观、微观(甚至纳观)力学行为的研究;由传统的电、光测实验技术研究,发展到全息、云纹、散斑、超声、光纤测量等力学实验技术;由传统的静强度、刚度设计,发展到断裂控制设计、抗疲劳设计、损伤容限设计、结构优化设计、动力响应计算、监测与控制、计算机数值仿真、耐久性设计和可靠性设计等。

机械和结构的小型、轻量化设计及电子工业产品的小型、超大规模集成化趋势,使力学应用的领域从传统的机械、土木、航空航天等扩大到包括控制、微电子和生物医学工程等几乎所有工程技术领域。计算机技术和计算力学的发展,给力学(尤其是工程力学)带来了更加蓬勃的生机,力学与工程结合,为工程服务的能力得到了极大的增强。计算机不仅成为辅助工程设计的有力工具,同时也是力学分析、数值计算、动态过程仿真的有力工具。力学在工程中应用的目的,除传统的保证结构与构件的安全和功能外,已经或正在向设计—制造—使用—维护的综合性分析与控制,功能—安全—经济的综合性评价,以及自感知、自激励、自适应(甚至自诊断、自修复)的智能结构设计与分析的方向延伸。

第二节 工程力学在现代工程技术中的应用

20 世纪中由于力学的发展得以实现的工程技术中,有标志性成就的有:可将人类送入太空的航天技术、时速达 300km 的高速磁悬浮列车、单跨近 2000m 的大桥、有抗震性能的超高层建筑、巨型水利枢纽(长江三峡工程)等。

2000 年下半年,美国的三十几个专业工程协会评出了 20 世纪对人类影响最大的 20 项技术,力学在其中多项技术的发展中起着重要的、甚至是关键的作用。

排在第一位的是电力系统技术,目前几乎所有输入电网的电力都是通过叶轮机带动发电机产生的。而叶轮机、发电机及输电线路的设计都离不开力学。现在全世界电网装机容量约为 40 亿千瓦,每年发电约 28 万亿千瓦时,总值约 10000 亿美元。20 世纪的后 50 年,由于力学的发展,叶轮机设计得以改进,效率提高约 1/3,这相当于每年节省电费达 3000 亿美元。这里尚未计入力学对锅炉燃烧过程效率提高的贡献。

排在第二位的是汽车制造技术。它同样离不开力学的支持。半个世纪以来,力学的发展使汽车发动机的效率提高了约 1/3。仅以小轿车为例,全世界每年节省燃料费约 2000 亿美元,而排气的污染却减少了 90% 以上。这里并没有计及汽车结构轻量化所带来的效益。

排在第三位的航空技术和第十一位的航天技术,它们与力学的关系就更密切了。1903 年莱特兄弟飞行成功,飞机很快成为重要的战争和交通工具。1957 年,人造地球卫星发射成功,标志着航天事业的开端。力学解决了各种飞行器的空气动力学性能问题、推进器动力学问题、飞行稳定性和操纵性问题及结构和材料的强度等问题。超声速飞行、航天器返回地面等关键问题,都是基于力学研究才得以解决的。

21 世纪, 纳米科技已成为科技界最具活力与前景的重大研究领域之一。由于力学内在的特质及其所研究问题的普遍性, 加上力学工作者的敏感, 现代力学的最新分支——纳米力学迅速形成, 成为与物理、化学、生物、材料科学等进行交叉研究的新学科而得到蓬勃发展。

可以预言, 在未来的科技发展中, 工程力学仍将展示出永恒与旺盛的生命力并发挥出巨大的影响。

第三节 工程力学的主要内容及其研究方法

一、工程力学的主要内容

工程力学是研究物体机械运动一般规律以及构件承受载荷能力的一门学科。它包括静力学、材料力学、运动学和动力学的有关内容。

所谓机械运动是指物体在空间的位置随时间而发生的改变。它是一切物质运动最简单、最基本的形式。平衡则是机械运动的一种特殊形式。

土木、建筑等工程中的梁、板、柱等, 水利、机械、船舶等工程中的结构元件、机器零部件等都可称为构件。构件在承受载荷或传递运动时, 能够正常工作而不破坏, 也不发生过大的变形, 并能保持原有的平衡形态而不丧失稳定, 这就要求构件具有足够的强度、刚度和稳定性。

静力学、运动学和动力学是将物体抽象化为刚体, 研究力作用于物体时的外部效应, 即研究物体机械运动的一般规律。材料力学则是将物体抽象化为变形固体, 研究力作用时的内部效应, 即研究构件的强度、刚度和稳定性。

二、工程力学的研究方法

工程力学研究解决问题的一般方法, 可归纳为以下几种:

- (1) 选择有关的研究系统。
- (2) 对系统进行抽象简化, 抓住主要因素, 忽略次要因素, 将研究对象转化为力学模型。其中包括几何形状、材料性能、载荷及约束等真实情况的理想化和简化。
- (3) 将力学原理应用于理想模型, 进行分析、推理, 得出结论。
- (4) 进行尽可能真实的实验验证, 或将问题退化至简单情况与已知结论相比较。
- (5) 验证比较后, 若得出的结论不满意, 则需要重新考虑关于系统特性的假设, 建立不同的模型, 进行分析, 以期取得进展。

如一个工程师, 首先要按照设计要求提出一个设计, 然后需要假定其性态, 建立模型, 进行分析。如果分析的结果不能满足预期的功能, 则必须修改设计, 再次分析, 直到获得可用的结果。可用性不仅包括有满意的功能, 而且也包括如经济、轻量化、易于制造等因素的考虑。还可能要考虑环境等因素。

上述方法中, 力学模型的建立是最关键的。一个好的力学模型, 既能使问题求解简化, 又能使结果基本符合实际情况, 满足所要求的精度。力学模型的建立, 不仅需要对实际情况的充分了解及分析问题的能力, 还与知识面和经验有关。对由模型推出的结果进行实验验证或比较, 有利于不断积累建立模型的经验。

例如, 在处理普通工程构件(如杆、梁、轴等)时, 可以先将其理想化为刚体, 研究作用