

高等学校理工科 理论与应用力学专业规范

教育部高等学校力学教学指导委员会
力学类专业教学指导分委员会



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校理工科 理论与应用力学专业规范

GAODENG XUEXIAO LIGONGKE

LILUN YU YINGYONG LIXUE ZHUANYE GUIFAN



教育部高等学校力学教学指导委员会
力学类专业教学指导分委员会



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是在教育部高等教育司的指导下,由教育部高等学校力学教学指导委员会、力学类专业教学指导分委员会为高等学校理工科理论与应用力学专业制定的专业规范,内容包括力学专业的教育历史、现状及发展方向,理论与应用力学专业的培养目标和规格、教育内容和知识体系、教学条件。本书可为高等学校理工科力学类专业教学体系建设提供参考依据,同时也为教学评估等教学质量管理活动提供依据。

本书可供从事力学类专业教学的教师参考,也可供相关教学管理部门进行课程体系建设、管理时参考。

图书在版编目(CIP)数据

高等学校理工科理论与应用力学专业规范/教育部高等学校力学教学指导委员会力学类专业教学指导分委员会编. -- 北京:高等教育出版社,2013. 4

ISBN 978-7-04-036795-9

I. ①高… II. ①教… III. ①理论力学 - 课程标准 - 高等学校 ②应用力学 - 课程标准 - 高等学校 IV. ①O31-41 ②O39-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 011825 号

策划编辑 黄 强 责任编辑 黄 强 封面设计 杨立新 版式设计 马敬茹
责任校对 刁丽丽 责任印制 田 甜

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司
开 本 880mm × 1230mm 1/32
印 张 1
字 数 22 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 4 月第 1 版
印 次 2013 年 4 月第 1 次印刷
定 价 5.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 36795-00

前 言

2003年12月,教育部高等教育司发布了《关于理工科各教学指导委员会研究课题立项的通知》(教高司函[2003]141号),根据这一文件精神,教育部高等学校力学类专业教学指导分委员会全面开始了力学类专业规范的研究制定工作。2005年初,在调研了当时全国设立力学专业的高等学校的办学基本情况的基础之上,对力学专业的培养目标和规格、教育内容和知识体系、教学条件等方面做了规定,形成了专业规范的初稿,并作为2001—2005年教育部力学类专业教学指导分委员会的报告提交到了高等教育司。

2006—2010年新一届教学指导委员会成立以后,高等教育司在2007年7月19日召开了高等学校理工科教学指导委员会专业规范研制工作会议,部署理工科专业规范及基础课程教学基本要求的研制工作。力学类专业教学指导分委员会根据会议精神,在前期研究成果的基础上,充分征求了不同层次、不同类型学校办学的意见,对上一届形成的专业规范的初稿做了多次修订,于2010年底形成了目前的规范文稿。

力学类专业目前主要有“理论与应用力学专业”(理学类)和“工程力学专业”(工学类),少数学校还设立了“工程结构分析专业”(工学类)^①。本规范包含了力学专业的教育历史、现状及发展方向,理论与应用力学专业的培养目标和规格、教育内容和知识体系、教学条件等内容。“工程力学专业规范”已先行出版。

指导性专业规范是国家教学质量标准的一种表现形式,是国家对本科教学质量的最低要求,主要规定本科学生应该学习的基本理论、基

^① 根据教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录(2012年)》,力学类(0801)包括理论与应用力学(080101)及工程力学(080102),理论与应用力学专业可授工学或理学学士学位。

本技能和基本应用。研制指导性专业规范是推动教学内容和课程体系改革的切入点。专业规范的研制充分考虑了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的要求,并吸收了各高校多年来的教学改革成果,考虑到了不同层次的高等学校在办学中所存在的共性的问题,不同层次的学校可以在最低要求的基础上增加本校的要求,制定本校的教学质量标准,以体现本校的办学定位和办学特色。同时,规范中也给不同类型的学校在办学过程中所需要体现的办学特色留有一定的空间,以鼓励不同类型的学校在开办力学类专业时充分体现自有的行业特点,形成专业建设和教学改革的新机制。

根据高等教育司2007年7月19日工作会议的部署,现将《高等学校理工科力学类专业规范》由高等教育出版社出版,请各高校结合本校实际协助组织试用,并将试用中发现的问题和建议反馈给力学类专业教学指导分委员会。

本规范是近两届力学类专业教学指导分委员会的集体成果,研制过程中,各高校对我们的工作给予了鼎力支持和帮助,在此一并致谢!我们愿与大家一起,为我国高等学校力学人才培养、教学改革与课程建设共同努力。

教育部高等学校力学类专业教学指导分委员会

2012年8月16日

目 录

一、力学专业的教育历史、现状及发展方向	1
二、理论与应用力学专业的培养目标和规格	5
三、理论与应用力学专业的教育内容和知识体系	7
1. 理论与应用力学专业人才培养的教育内容及知识结构的 总体框架	7
2. 理论与应用力学专业的知识体系	8
3. 理论与应用力学专业的课程体系	18
4. 理论与应用力学专业的实践教学内容及体系	20
四、理论与应用力学专业的教学条件	21

一、力学专业的教育历史、 现状及发展方向

新中国成立前,我国高等院校没有力学专业。1952 年高校院系调整时,著名力学家周培源教授在北京大学创建了我国第一个力学专业。1956 年 5 月,为推动我国 12 年科学技术远景规划的实施,摆脱人才短缺的困境,以钱学森先生为首的“力学远景规划组”提出了两条建议:①在若干所大学筹备成立力学专业;②从重点工科院校的毕业生中挑选优秀者办力学研究班。经国务院批准,由教育部和中国科学院在清华大学开设工程力学研究班。从 1957 年 2 月至 1962 年 2 月,办了三届力学研究班,学制两年,每届约 100 人,共招收学生 309 人。历史证明,当时开办力学研究班是具有预见性和战略性的,为我国工程力学事业的发展奠定了坚实的基础,对力学学科的发展产生了深远的影响。

1957—1958 年,清华大学、大连理工大学、西安交通大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、同济大学、复旦大学、中山大学、吉林大学、兰州大学、中国科学技术大学、天津大学等先后开办了力学专业。1978 年改革开放以后,重庆大学、华中科技大学、天津大学等高校又相继重建或开办了力学专业。1995 年统计,我国有 39 所高校开办了力学专业。1999 年以后,许多高校又相继开办了力学专业。据 2003 年统计,我国高校现有 83 个力学专业,其中理论与应用力学专业 17 个、工程力学专业 64 个、工程结构分析专业 2 个。

力学是各类工程技术的发展支柱,力学专业的建设和发展,充分体现了国民经济和科技发展的需求。新中国成立以来,经过几代力学工作者的艰苦努力,力学学科的面貌发生了巨大变化,教学与科研工作不断地向前迈进,先后为国家培养出了一大批优秀的力学人才。力学专业的本科、硕士和博士毕业生分布在国内外著名大学或研究机构、工业部门与高新技术领域,从事与力学、工程科学和计算机应用有关的工

作,为国家的经济建设与国防建设做出了巨大的贡献,得到社会各界的高度评价。

主干学科概况

“力”是无处不在的!人类对自然的省悟,是从对力的认识开始的。人类科学史上最伟大的科学家之一牛顿就是一位力学家,他所创立的物质运动三定律和万有引力定律,构成了经典力学的基础。从17世纪到19世纪,物理学的主体是经典力学。

20世纪初,随着工业化的进程,以应用力学为主体的现代力学迅速发展起来,极大地促进了大型建筑、桥梁、道路、水利工程、机械、船舶、飞机、火箭等的技术进步。在航空航天工业的发展中,力学在空气动力、结构设计、飞行控制等关键领域都扮演了主角。在力学理论支撑下,我国在20世纪取得的工程技术成就不胜枚举,从两弹一星到深潜弹道导弹核潜艇的研制,从长江大桥到长江三峡的建设,无不凝聚着力学工作者的贡献。力学对中国现代科学发展所负有的特殊使命,造就了以钱学森、周培源、钱伟长为代表的一批杰出的力学家。

目前力学的主干学科包括一般力学、固体力学、流体力学及工程力学。一般力学主要研究物体的静止、运动及其动力学规律。固体力学主要研究物体的受力与变形规律。流体力学主要研究流体的静止、运动、受力及其动力学规律。工程力学主要研究与工程密切相关的力学问题。力学学科既是基础学科之一,又是应用科学和工程技术的基础。

进入21世纪后,纳米科技、生命科学与生物技术、信息技术,成为科技界最具吸引力与影响力的三大领域。在这种大的背景下,许多传统科学都面临巨大的挑战,力学由于其内在的特质及其普遍性,仍然展示出旺盛的生命力并将继续发挥巨大的作用。在研究这些高新技术问题的过程中,诞生了许多新的力学分支。

在现实社会生活中,如:自然环境与灾害预报、材料损伤、疲劳破坏等对国民经济有重大影响的问题,依然有待于进一步研究;在空间科学、空间安全及空间利用方面,力学仍然是国家需求迫切的重要学科;

在各种复杂、创新、重大的工程问题中,不断对力学提出了新的挑战,同时也为力学注入了长盛不衰的生命力。信息技术、生物工程及航天工程等,必将催生新世纪的力学家和一大批适应现代工程发展需要的力学问题的研究工程师。

主干学科的方法论介绍

力学是自然科学中最早建立完备科学体系的一门学科,也是自然科学中运用定量分析工具——数学最多的一门学科。随着力学学科的发展,力学工作者逐步发展和完善了定量的建模方法,将复杂工程中的力学问题转化为可以定量计算和分析的力学模型。这种定量建模方法还被广泛地应用到经济、金融和管理等其他领域中。

所有科学都是用直接实验和观察获得的知识建立起来的,力学作为一门探索大自然物质运动规律的科学,自然离不开实验。但是任何一个没有理论的实验知识都只能是经验,而经验往往是不完善的。没有理论,就没有严格的数学计算与缜密的逻辑推理,就不能将某些局部的实验结果与经验进行推广,更不利于知识的传播。因此,实验是基础,理论是根本。力学通过实验观察现象,总结成理论,并将理论应用到实际工程中,解决了大量的具体问题。

随着计算机科学和技术的发展,数值计算方法也得到了高速发展。如可以对整架大型喷气客机进行数值计算及分析。因此,数值计算已成为力学研究或解决大型工程力学问题的一个强大的工具。

总之,力学研究的主要方法是实验、理论、数值计算及其结合。

力学专业的相关学科及影响本专业教育的因素

力学是基础科学,又是技术科学,其发展横跨理工,与各行业的结合是非常密切的。与力学相关的基础学科有数学、物理、化学、天文、地球科学及生命科学等,与力学相关的工程学科有机械、土木、航空航天、交通、能源、化工、材料、环境、船舶与海洋等。

由于相关行业的发展与国民经济和科学技术的发展同步,使得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。力学专业的毕业生既可以从事力学教育与研究工作,又可以从事与力学相关的

技术学科的设计和基础学科的研究工作。因此,力学专业培养人才的口径宽,社会需求广。

随着力学学科的发展,21 世纪将产生一些新的结合点,如生物医学工程、环境与资源、数字化信息等。力学与纳米科技一起孕育了微纳米力学;将力学应用于生物领域产生了生物力学和仿生力学;这些都是近年来力学学科发展的新方向。可以预料,随着社会的发展,力学学科与环境 and 人居工程等专业的学科交叉也将会进一步加强。

二、理论与应用力学专业的培养目标和规格

培养目标

培养德、智、体全面发展,具有较为扎实的数理分析、力学建模和数值计算能力,具有初步分析自然界和工程中力学现象的能力的专门人才。能够在力学及相关学科或工程领域从事科学研究、技术开发及技术管理工作,也可以继续攻读硕士、博士学位成为力学及相关学科的高层次研究人才或高校教师。

人才培养规格

本专业学制为四年,可授予理、工学士学位。本专业的毕业生应该能在力学及与力学相关的各工程学科,如机械、土木、水利、航天、航空、材料、环境等,从事基础研究和应用基础研究工作。

本专业采用多元化的培养模式。例如:

(1) 力学研究型人才培养模式

该培养模式按照力学的自身学科特点进行专业教育,培养的学生具有较扎实的数理基础及力学专门知识,可以进一步深造,成为力学学科的高级专门研究人才或师资,也可在工程领域中从事与力学问题相关的工程设计、技术开发及技术管理工作,属于基础研究型或应用基础研究型培养模式。

(2) 工程应用型人才培养模式

该培养模式依托某一工程领域,培养的学生除了掌握较扎实的数理基础及力学专门知识以外,还要熟悉该工程领域的有关专业知识,能够在该工程领域中从事与力学问题相关的工程设计、技术开发及技术管理工作,也可以进一步深造,成为该工程领域的高级专门研究人才或师资,属于应用研究型培养模式。

(3) 工程计算与软件开发型人才培养模式

该培养模式培养的学生除了较扎实的数理基础及力学专门知识以外,还要掌握工程分析技术与大型工程软件的应用和开发技术,能够应

用和开发大型工程软件,从事与力学相关的工程分析与科学计算等工作,也可以进一步深造,成为该领域的高级专门研究人才或师资,属于应用型培养模式。

鉴于培养模式的多元化特点,为保证本专业的培养质量,应该开设的力学主干课程包括:理论力学、材料力学、弹性力学、流体力学、振动理论、计算力学和实验力学,并保证基本的教学学时要求。课程设置可采用模块化。

本专业的毕业生应具备下列基本素养和能力

(1) 综合素质基本要求

① 热爱社会主义祖国,具有良好的思想道德素质、强烈的民族自豪感和责任感,成为守法的合格公民。

② 崇尚科学,热爱科学;具有较强的自我获取知识的能力;具有一定的创新意识、开拓精神;具有团队意识、合作精神和可持续发展能力;专业基础扎实,知识面广,知识结构合理。

③ 受到必要的军事训练,具有良好的体魄;拥有良好的身体素质和健全的人格,培养勇于进取、不屈不挠的品质。

(2) 专业素质基本要求

① 具有科学的世界观,具有较为扎实的数学、物理等自然科学基础,具有较好的人文、艺术和社会科学基础及较强的文字表达能力。

② 系统掌握本专业领域一般力学(动力学)、固体力学、流体力学、计算力学和实验力学等基础知识。

③ 具有较强的解决与力学有关的工程技术问题的能力,特别是力学建模的能力,了解学科前沿发展趋势。

④ 具有较强的工程计算分析与大型工程软件的应用和开发的能力。

⑤ 较熟练地掌握文献查阅的方法,具备应用现代技术手段获取本专业或相关专业前沿发展动态的信息和专业文献的基本能力。

⑥ 具有较高的外语水平,能够熟练地掌握一门外国语。

⑦ 具有较强的应用计算机能力,能熟练地掌握一门计算机编程语言。

⑧ 达到本专业规范规定的总学分要求和各类学分要求。

三、理论与应用力学专业的教育内容和知识体系

1. 理论与应用力学专业人才培养的教育内容及知识结构的总体框架

1) 人才培养的教育内容及知识结构设计的理论依据

根据对全国理论与应用力学专业教学情况的调研,以及力学学科专业发展的战略研究制定本专业人才培养的教育内容及知识结构。

本专业属于基础学科与技术学科交叉的学科,是科学技术的基础。培养适应社会主义现代化建设需要、德智体全面发展的高素质“复合型”人才,培养人才的原则是知识、能力、素质协调发展。要求毕业生具有系统、扎实的数学基础知识和力学知识,较强的数学建模、工程计算及力学实验的能力,并具有必要的工程知识与基本工程训练。

2) 人才培养的教育内容及知识结构的总体框架

理论与应用力学专业的教育内容由通识教育(普通教育)内容、专业教育内容和综合教育内容三大部分共 15 个知识体系构成。

(1) 通识教育内容包括:

- ① 人文社会科学;
- ② 自然科学;
- ③ 经济管理;
- ④ 外语;
- ⑤ 计算机信息技术;
- ⑥ 体育;
- ⑦ 实践训练等知识体系。

(2) 专业教育内容包括:

- ① 相关学科基础;
- ② 本学科专业;
- ③ 专业实践训练等知识体系。

(3) 综合教育内容包括:

- ① 思想教育;
- ② 学术与科技活动;
- ③ 文艺活动;
- ④ 体育活动;
- ⑤ 自选活动等知识体系。

2. 理论与应用力学专业的知识体系

理论与应用力学专业的知识结构可划分为数学、物理、计算机应用和力学四大类 29 个知识领域。每一个不同的知识领域所包含的知识单元和知识点如下 (其中选修知识单元各学校可根据自己的特色开设不同的学科课程):

1) 数学基础知识, 包含下列 9 个知识领域

(1) 核心知识领域

① 微积分基础与应用知识领域, 应包含知识单元:

极限论, 一元函数微分学, 一元函数积分学, 多元函数微分学, 多元函数积分学, 级数及其应用, 场论初步。

② 代数基础知识领域, 应包含知识单元:

矩阵, 行列式, 线性变换, 线性空间, 二次型, 矩阵的标准形, 欧氏空间, 酉空间。

③ 几何基础知识领域, 应包含知识单元:

向量及其运算, 坐标变换, 二次曲面及其标准型。

④ 微分方程知识领域, 应包含知识单元:

可积常微分方程, 线性常微分方程(组), 朗斯基行列式, 二阶常微分方程的基本理论, 解的存在唯一性, 一阶偏微分方程, 二阶偏微分方程的分类, 分离变量法, 格林函数法, 特征线法。

⑤ 计算方法知识领域, 应包含知识单元:

误差, 插值法与数值微分, 数据拟合, 数值积分, 解线性方程组的直接法, 解线性方程组的迭代法, 矩阵特征值和特征向量的计算, 非线性方程及非线性方程组解法, 常微分方程初值问题的数值解法。

(2) 选修知识领域

- ① 复变函数知识领域;
- ② 微分几何与张量分析知识领域;
- ③ 概率与统计知识领域;
- ④ 最优化理论与线性规划知识领域。

2) 物理基础知识, 包含下列 2 个知识领域

(1) 核心知识领域

大学基础物理知识。

(2) 选修知识领域

近代物理知识。

3) 计算机应用基础知识, 包含下列 4 个知识领域

(1) 核心知识领域

- ① 计算机基础知识领域;
- ② 计算机数据结构与算法知识领域。

(2) 选修知识领域

- ① 计算机硬件知识领域;
- ② 计算机网络与通信原理知识领域。

4) 力学基础知识, 包含下列 14 个知识领域

(1) 核心知识领域 (7 个)

- ① 质点与刚体力学知识领域, 应包含知识单元:

静力学:静力学基本概念, 汇交力系的简化与平衡, 力偶系的简化与平衡, 平面一般力系的简化与平衡, 空间力系的简化与平衡, 重心, 摩擦。

运动学:运动学基本概念, 平移参考系下点的运动合成, 定轴转动参考系下点的运动合成, 科氏加速度, 刚体的平面运动, 平面运动参考系下点的运动合成, 刚体的定点运动, 分析运动学。

动力学:动力学基本概念, 刚体转动惯量特性, 刚体定轴转动动力学方程, 动量定理, 动量矩定理, 刚体平面运动动力学方程, 动能, 势能, 动能定理, 刚体简单运动的动静法, 刚体平面运动的动静法。

分析力学基础:虚位移原理, 动力学普遍方程, 拉格朗日方程, 初

积分。

动力学专题(选修):碰撞问题,单自由度系统线性振动,刚体的惯性矩、惯性积及惯性主轴,刚体的动量矩和动能,欧拉动力学方程和轴对称刚体的定点转动微分方程,绕定轴和绕动轴转动刚体的动约束力,陀螺近似原理、轴对称刚体的自由规则进动和强迫规则进动。

要求及说明

理论力学是理论与应用力学专业的基础知识,既是其他后续知识的理论基础,又是一门具有完整体系的独立学科。

培养对工程对象的抽象、简化、分析、判断等物理建模能力,为学习有关后续课程打好必要的基础,并初步学会应用理论力学的理论和方法分析解决一些简单的工程实际问题。

要求学生掌握相关的基本概念、基本理论和基本方法及其应用,能较熟练和较灵活地应用矢量方法和分析方法求解各类典型问题,并在学习中培养逻辑思维能力、表达能力、计算能力及解决实际问题的能力。

② 工程材料与结构的力学性能知识领域,应包含知识单元:

基本概念及方法:变形固体的基本概念、基本假定,截面法,内力、应力、变形和应变的概念。

杆的轴向拉、压:杆件轴向拉、压时的内力、应力和变形,胡克定律,材料的拉、压力学性能,材料轴向拉、压时的强度与刚度计算,应力集中的概念。

剪切:剪切和挤压的实用计算。

扭转:剪切胡克定律,切应力互等定理,圆轴扭转时的内力、应力和变形,圆轴扭转时的强度与刚度计算,非圆截面杆扭转简介。

梁的弯曲:截面图形几何性质,弯曲时的内力,对称与非对称截面梁的弯曲正应力,弯曲切应力,弯曲中心的概念,梁的弯曲变形,用积分法与叠加法分析梁的位移。

应力状态分析:平面应力状态下的应力和应变分析,三向应力状态下的最大应力,广义胡克定律,常用的强度理论。

组合变形下杆件的强度计算:两向弯曲,斜弯曲,偏心拉压与拉弯

组合,截面核心,扭弯组合。

能量法:应变能与外力功,用能量方法计算位移,简单超静定问题。

动载荷:冲击时的应力和变形计算,动荷系数,匀加速运动或匀速转动时的动应力计算。

压杆稳定:稳定性的概念,轴向受压杆的临界载荷与临界应力,临界应力总图,提高压杆稳定性的措施。

要求及说明

材料力学是理论与应用力学专业的基础知识。

通过杆件的内力、应力、应变分析,材料的力学行为,强度、刚度、稳定性等知识的学习,使学生对杆件的强度、刚度和稳定性问题具有明确的基本概念并掌握其基本分析方法,具有必要的材料力学性能知识,初步的实验技能和比较熟练的计算能力;掌握常用材料的基本力学性质;掌握构件在各种基本变形和组合变形下的强度条件和强度计算;掌握构件在各种基本变形和组合变形的刚度条件和变形位移计算;掌握几种典型压杆的临界力计算和稳定安全校核;了解冲击荷载下的强度近似计算和材料性质;了解疲劳破坏的本质和特征及影响疲劳持久极限的主要因素。

实验不少于 10 学时,应注重培养学生分析与解决变形体力学问题的初步能力,注意处理好本课程与后续的弹性力学、结构力学和实验力学等内容之间的衔接。

③ 变形弹性体力学知识领域,应包含知识单元:

弹性力学的基本假设。

应力状态理论:应力和一点的应力状态,与坐标倾斜的微分面上的应力,平衡微分方程,静力边界条件,转轴时应力分量的变换,主应力、应力张量不变量,最大切应力。

应变状态理论:位移分量和应变分量及两者的关系,物体内无限邻近两点位置的变化,转动分量,转轴时应变分量的变换,应变张量,主应变、应变张量不变量,体积应变,应变协调方程。

应力和应变的关系:应力和应变最一般的关系,广义胡克定律,弹性体变形过程中的功和能,各向异性弹性体,各向同性弹性体,弹性常