

中国机械工程学科课程研究组

China Mechanical Engineering Curricula

中国机械工程学科教程

CIVIL

清华大学出版社



TH/59

2008

中国机械

China Mechanical Engineering Curricula

中国机械工程学学科教程

任 意 学 年	H.8	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	H.9	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	H.10	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	H.11	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
第 四 学 年	H.12	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	H.13	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	ME4-MAET	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元
	ME4-MAET	机械制图	机械工业出版社	ISBN 7-111-01000-0	2008.7	160页	16.00元

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本教程分析研究了我国机械工程学科的发展现状和机械工程教育的具体情况,提出一个适应我国机械工程学科本科教学要求的参考计划。本教程以机械工程知识体系为核心,将知识要素汇集为结构合理且易于实现的学习单元,便于教学方法和资源的共享,并为课程建设提供一个基本框架。

本教程共分8章,包括绪论、机械工程学科与机械工程专业、学生、专业教育条件、机械工程教育知识体系、课程体系与教学计划、专业实践、工程教育专业认证。附录中介绍了一些国外知名大学机械工程学科的相关情况。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

中国机械工程学科教程/中国机械工程学科教程研究组编写. —北京:清华大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-302-18089-0

I. 中… II. 中… III. 机械工程—中国—高等学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第100528号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:140×203 印 张:6.75

字 数:177千字

版 次:2008年7月第1版

印 次:2008年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:40.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:026904-01

中国机械工程学科教程研究组

主 任：李培根

执行主任：陈关龙 吴昌林

成 员（按姓氏首字母排列）：

郭钟宁 高 炉 李 旦 李郝林

李尚平 李先正 芮执元 盛颂恩

许明恒 许映秋 于晓红 张 慧

秘 书：庄红权

序 言

在工程教育改革的大背景下，机械工程高等教育面临着严峻的挑战。基于对一些问题的思考，我提出了高等工程教育边界再设计的想法，这个想法起源于社会的反映。一直以来，企业界人士常提出这样的话题：大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白，却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬：企业的某些工作很难有与之相适应的专业人才，或者说毕业生的知识结构还难以适应企业的工作。

为了适应业界的需求、人才市场的需求，也即是适应科技发展的需求，高等工程教育应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容在科技发展的驱使下，不断地伸展扩充是专业或课程边界变化的客观规律，我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的主观体现。当今世界，科技发展日新月异，业界需求千变万化。为适应这种发展与需求，高等教育必须不断地进化。高等教育的进化则需要教育工作者的再设计。从宏观而言，边界再设计应该是大学的常态工作。

技术的快速进步，使得企业的工作内容有了很大变化。如自从20世纪90年代以来，信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈。因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现，在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等，管理专业的学生不熟悉信息技术，工程专业的学生可能既不熟悉管理，也不熟悉信息技术。业界人士于是发问，为什么不能设置这样的专业。

另外一方面的的问题是，企业知道某些工作应该由哪些专业的人才来负责，但是那些专业的毕业生的知识结构却与企业的需求不匹配。如物流对于某些企业而言越来越重要，这方面的人才似乎应该

从管理专业中去找,但很多学校管理专业的学生并不具备这方面的专业知识,或者说这方面的知识太肤浅。对于这种现象,业界人士有理由问,相关专业为何不增加这方面的知识训练呢?

要不要设置一些新的专业?学校的专业边界在哪里?对于某个专业而言,其课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出、我们必须面对的问题。因此也可以说,业界或人才市场真正驱动大学工程教育的边界再设计,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

与专业相联系,课程内容的边界理所当然地也应该相应变化。目前不少课程的内容不仅未跟上研究的发展,也未跟上技术的实际应用。如不少学校的机械制造工艺这门课中,缺少当下很多先进的制造工艺方面的内容(如电子制造工艺、水加工工艺、激光辅助切削加工、摩擦焊接、快速成形等)。极端情况甚至存在个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后新技术实际应用好多年,则是高等工程教育落后的表现。此外,学科交叉的内容可以在课程中有所反映。如在机械设计类的专业基础课中,有关的章节或许可以提及材料科学、摩擦学、热力学及传热学等方面的相关内容,对学生应是有益的。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会与中国机械工程学会、清华大学出版社合作编写、出版这本《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。从适应科技发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的;不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》提供了一个平台,我希望有志于此的人们利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为企业所欢迎。

李培根

2008年7月

出版说明

机械工程学科是机械学科及其技术、工程的总称。与人类社会活动关系十分密切,应用非常广泛,是为国民经济建设和社会发展提供各类机械装备和生产制造技术,以创造物质财富和提高文明水准的重要学科。

进入 21 世纪以来,中国机械工程教育事业既面临着挑战,也面临着难得的发展机遇。机械制造业已经成为带动中国经济持续增长的最重要的产业之一。目前,我国面临着从制造业大国走向制造业强国的迫切需要,先进制造技术列为中国在今后 15 年建设创新型国家重点发展的技术领域,对机械工程人才的要求将越来越高,机械工程教育面临着大有作为的重要战略机遇期。

为此教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会会同中国机械工程学会、清华大学出版社启动了“中国机械工程学科教程研究”项目,以期确立机械工程学科教育知识体系的框架,确定课程体系的基础及核心内容。

在李培根主任委员的倡导和积极组织下,组建了研究组。该研究组以李培根院士为主任、陈关龙、吴昌林为执行主任,集合了华中科技大学、上海交通大学、西南交通大学、北京科技大学、哈尔滨工业大学、东南大学、山东大学、浙江工业大学、上海理工大学、广东工业大学、钦州学院、兰州理工大学等高校的一线机械工程教育专家作为成员,并特别邀请了中国机械工程学会的一些专家。研究组通过将近两年的努力,经过各种方式多方征集意见,研究探讨了我国机械工程学科的教育思想、课程体系以及教学计划等,并结合国内外部分著名高校机械工程专业教学成果,形成了《中国机械工程学科教程》。

本教程采用知识领域边界再设计的方法,以学术界的研究成果和机械工业界的良好建议为基础,基于中国机械工程教育的现状和发展,构造机械工程本科专业教育的知识体系和框架,建立良好的课程知识体系,使机械工程本科教学更系统、适应现代机械工程技术和经济的发展。

本书经过研究组的多次研讨,并通过教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会征求了很多高校的意见。在将近两年的时间里,除了研究组的人员外,吴宗泽(清华大学)、余梦生(北京科技大学)、郭可谦(北京航空航天大学)、庞思勤(北京理工大学)、张有忱(北京化工大学)、高铁红(河北工业大学)、谢黎明(兰州理工大学)、靳岚(兰州理工大学)、钱瑞明(东南大学)、张进生(山东大学)、李凯岭(山东大学)、王志(山东大学)、何汉武(广东工业大学)、毛宁(广东工业大学)、高健(广东工业大学)、苗剑(广西大学)、李健(广西工学院)、徐武彬(广西工学院)、潘晓弘(浙江大学)、潘柏松(浙江工业大学)、秦宝荣(浙江工业大学)、李理光(同济大学)、王振亚(同济大学)、卢枚(上海理工大学)、许敏(上海交通大学)、杨培中(上海交通大学)、苏永康(上海交通大学)、王殿龙(大连理工大学)、张庆春(哈尔滨工业大学)、邵东向(哈尔滨工业大学)、杜彦良(石家庄铁道学院)等高校教师参与了教程编写或提供了非常有益的意见和建议,为本书的出版作出了很大贡献,在此一并向他们表示感谢!

由于种种原因,此次研究尚存在一些不足。诚挚希望在机械工程教学一线的专家同仁根据自身的教学特点提出宝贵意见(zhuanghq@tup.tsinghua.edu.cn),积极参与到项目研究之中,并结合教学实践来充实、完善我们自己的课程体系研究成果。

中国机械工程学科教程研究组

2008年7月

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 导言	1
0.2 本教程编写原则	2
0.3 本教程的结构	3
第 1 章 机械工程学科与机械工程专业	4
1.1 机械工程发展简史	4
1.2 中国的机械制造业	6
1.3 机械工程学科简介	8
1.4 机械工程人才培养	9
1.4.1 中国机械工程专业历史沿革	9
1.4.2 国外大学机械类专业培养方案的特点	11
1.5 高等工程教育专业认证	14
第 2 章 学生	15
2.1 基本要求	15
2.1.1 知识结构与能力	15
2.1.2 科学方法	20
2.2 知识、能力、素质	22
2.2.1 认知能力	22
2.2.2 主动实践能力	22
2.2.3 创新意识	23
2.3 研究型教学	24

第3章 专业教育条件	25
3.1 师资	25
3.1.1 专业课程教师	25
3.1.2 相关课程教师	27
3.2 专业教育设备及资料	28
3.3 专业教育的支持	28
第4章 机械工程教育知识体系	30
4.1 知识体系的结构	30
4.2 专业教育组成	31
4.3 机械工程教育知识领域	33
4.3.1 机械设计原理与方法	34
4.3.2 机械制造工程原理与技术	55
4.3.3 机械系统中的传动和控制	69
4.3.4 计算机应用技术	84
4.3.5 热流体	91
第5章 课程体系与教学计划	98
5.1 课程建设的指导原则	98
5.2 课程体系结构	98
5.3 推荐课程描述	100
5.3.1 机械设计原理与方法知识领域中的相关课程	100
5.3.2 机械制造工程原理与技术知识领域中的 相关课程	117
5.3.3 机械系统中的传动与控制知识领域中的 相关课程	126
5.3.4 计算机应用技术知识领域中的相关课程	138
5.3.5 热流体知识领域中的相关课程	150
5.3.6 改革及集成课程举例	155

第 6 章 专业实践	162
6.1 概述	162
6.2 本专业实践性教学环节的规范性要求	163
6.2.1 工程训练	163
6.2.2 实验教学	164
6.2.3 课程设计	165
6.2.4 生产实习	165
6.2.5 毕业设计 (论文)	166
6.3 实践性教学环节的发展趋势与改革	168
第 7 章 工程教育专业认证	170
7.1 国际工程教育互认协议简介	170
7.2 国际主要工程教育认证组织及专业认证标准简介	172
7.2.1 美国	172
7.2.2 英国	174
7.2.3 日本	176
7.2.4 欧洲	178
7.3 中国工程教育专业认证	180
7.3.1 概述	180
附录 A 美国麻省理工学院机械工程科学学士学位要求	183
附录 B 美国密歇根大学机械工程系培养计划分析	187
附录 C 日本广岛大学工学部第一类 (机械系统工学系) 学习·教育目标	196
附录 D 英国帝国理工学院机械工程专业课程大纲	198

第0章 绪 论

0.1 导言

机械工程学科具有悠久的历史，也是工程学科门类中的重要学科之一。20 世纪以来，电子技术、计算机技术、信息技术等高新技术的出现和发展，促进了机械工程学科快速发展。

进入 21 世纪，在机械工程学科引领下的我国制造业得到了飞速发展。制造业已成为关系国计民生和国防安全的支柱产业，也是国家经济发展的财富来源行业之一。我国已成为制造业大国，正面临从制造业大国向制造业强国转型的关键时期。尽快实现和完成这一重大转变，人才是关键。培养大批适应中国机械工业，特别是制造业发展所需的技术人才，对中国机械工程教育事业既是严峻的挑战，又是难得的机遇。

2006 年 4 月 1 日，国家教育部部长周济教授在“2006 国际机械工程教育大会”上指出：今后若干年内，中国机械工程教育要完成三大任务：“第一，要培养一大批创新型的机械工程师，机械工程教育将为社会经济发展发挥更大的作用，在全球化进程中增强自身能力；第二，在回归工程的方向上，大力推进机械工程的教育改革，回归工程就是要面向工程实际解决人才问题，推进企业参与人才培养的过程，大力加强实践教学、加强实习，切实提高教学质量，培养企业急需的技术和管理人才；第三，大力推进产学研结合，鼓励高校、企业、科研院所更加紧密的合作关系，高校要更加主动地面向高新技术、面向企业发展、面向国家战略，大力开展科技创新，并积极地将科技成果转化为现实生产力，转化为规模生产所需要的

工程上的共性、关键技术或者具有市场竞争力的技术产品，为社会提供服务”。

2006年，由教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会、清华大学出版社联合组成了中国机械工程学科教程研究组，通过近两年的努力，完成了本教程的编写工作。

本教程旨在建立适应现代机械工程技术人才培养目标的课程体系，使机械工程本科教学更规范，更能适应现代机械工程技术 and 国民经济发展对人才培养的要求。本教程倡导重理论、强实践、求创新的机械工程人才培养思路，通过数学类、自然科学类、人文社会科学和机械工程相关的基本理论、基础知识的教学和基本技能的训练，使学生的知识、能力和素质得以协调发展，达到专业培养目标的基本要求。

0.2 本教程编写原则

教程的编写借鉴了国内外大学先进的办学理念和人才培养的经验，遵循了开放性、多样化的原则。参考本教程制定人才培养计划时需注意以下问题：

(1) 本教程为开放系统，要充分考虑社会需求和机械工程学科的发展，及时将现代设计理论和方法以及先进制造技术等引进课程体系中。

(2) 我国高等工科学校门类繁多，各校定位和服务面向不尽相同，本教程只给出了专业建设的基本标准。在制定教学计划时，应充分考虑学校的自身条件和特点，构建因材施教的教学计划和培养体系，应有一定的弹性，给学生自主学习和个性发展留有充分的余地。

(3) 机械工程专业人才培养是以工程为背景的专业教育，而工程教育的核心是实践能力的培养，教程强调了实践教学环节。在制

定教学计划时,应特别注重以学生为主体的实践教学体系的构建,把引导学生主动实践、培养学生的综合能力和创新意识落到实处。

0.3 本教程的结构

本教程共分8章:第0章介绍本教程的一些基本情况;第1章介绍机械工程学科的定义、发展历史、人才培养以及影响学科教育的其他因素;第2章介绍本科生的培养目标,包括基本要求、能力与技能;第3章介绍机械工程专业教育的基本要求;第4章介绍机械工程教育知识体系以及知识领域、子知识领域、知识单元和知识点的划分;第5章介绍机械工程学科教育的课程体系和教学计划,并介绍各主要知识领域的相关主干课程;第6章介绍机械工程教育中应该注意的一些实践问题;第7章介绍国内外机械工程教育专业认证的最新情况和相关文件。附录中介绍了一些国外知名大学机械工程学科的相关情况。

第1章 机械工程学科与 机械工程专业

1.1 机械工程发展简史

人类文明的历史与机械工程学科的发展密切相关，机械工程学科的形成得益于机械制造技术的诞生和进步，机械制造技术的进步促进了制造业的兴起和发展。

制造是人类科学理念物化的过程。工具是机械的前身，人类最早制造和使用的工具是石器。在距今 20~30 万年前的旧石器时代，中华祖先们就能制作粗糙的石器工具。

在金属加工方面，商周时期的冶铸技术在世界文明史上独树一帜，冷锻工艺作为我国锻造技术的杰出成就，在商代就已经使用，如河南安阳殷墟出土的金箔就是经过冷锻并经退火处理而成的。

春秋战国时期，青铜铸造、纹饰技术继续提高，并出现了金属范和失蜡铸造、叠铸等新技术。

秦汉时期的机械已趋成熟，其工艺技术领先于当时的世界各国。这一时期以动力（弹力、畜力、风力、水力等）利用和机械结构方面的成就最为突出。

宋元时期中国的机械技术仍走在当时世界的前列。

古代机械工程技术的发展也推动了学术研究，明代相继出现了不少工程技术方面的巨著。明代伟大的科学家宋应星所著的《天工开物》被誉为“17 世纪的工艺百科全书”，在中国乃至世界科技史上都占有重要位置。

但中国古代机械及其工程技术的发展,与当时世界其他地区的联系和往来非常少,处于本土生长、时起时落的封闭状态,采用的也是师徒制的技艺传授方式。并且中国古代人大都不能把理论和实践结合起来,一般所谓士大夫都把实际工作看作是卑贱的事。由于中国古代机械科学家、发明家只注重研究结果,加之受“士大夫不屑与手艺人伍”和视机械为“奇技淫巧”之物或雕虫小技等传统思想的束缚,使得中国古代的许多机械创造发明只有实物而无文字记述或理论解释,造成了后来许多发明的失传和再发明的走弯路现象,也形成了中国古代机械工程技术虽然成就辉煌却无系统的机械科学与工程理论体系产生的独特现象。尽管如此,中国古代机械工程技术的发展对近现代机械科技体系的形成还是产生了广泛而深远的影响。

15~16世纪以前,世界机械工程发展缓慢。但在长期的实践中,积累了相当多的经验和技術,成为后来机械工程发展的重要基础。

17世纪以后,在欧洲,许多高才艺的机械匠师和有生产理念的知识人才致力于改进各产业所需的工作机械和研制新的动力机械——蒸汽机。18世纪以前的机械匠师全凭经验、直觉和手工艺进行机械制作,与科学几乎不发生联系。

18世纪后期,瓦特改进蒸汽机引发了第一次工业革命,产生了近代工业化生产方式,蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、冶金等行业,制作机械的材料由木材转为金属,逐步形成了制造企业的雏形——工场式生产,逐步以机器生产取代手工劳作。在新兴的资本主义经济的促进下,机械制造业开始形成,开创了以机器为主导地位的制造业的新纪元。

19世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气技术飞速发展的时代。以电力作为动力源,使机械结构发生了重大变革,互换性原理和公差配合制度应运而生。

20世纪初,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命,由福特、斯隆开创了流水线大批量生产模式。泰勒科学管理理论的产生,导

致了制造技术的过细分工和制造系统的功能分解以及制造成本的大幅降低。

第二次世界大战以后,微电子技术、电子计算机和集成电路的出现,以及运筹学、现代控制论、系统工程等基础理论和软科学的产生和发展,推动机械工程制造技术产生了一次飞跃。受市场多样化、个性化的牵引和商业竞争加剧的影响,传统的大批量生产难以满足市场多变的需要,多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流。机械工程制造技术向高质量生产和柔性生产的方向发展,引发了生产模式和管理技术的革命。

20 世纪 80 年代以来,信息产业的崛起和通信技术的发展加速了全球化进程。为了适应新的形势,在机械工程领域提出了许多新的制造理念和生产模式,如计算机集成制造、丰田生产模式(精益生产)、智能制造、快速原型制造、并行工程、协同设计和协同制造等。

进入 21 世纪,机械工程科学技术正向数字化、微型化、综合化、智能化、网络化、绿色化、精密化、仿生化、极端化等方向发展。我国机械工程产业规模持续扩大,总规模和出口额已居世界第 4 位,许多重要产品的产量已居世界前列,装备的生产制造体系逐步完善,在先进制造技术的支持下,许多重大装备的研发制造实现了许多新的突破。

1.2 中国的机械制造业

制造业是国民经济和国家安全物质来源的主体产业,制造技术是支持制造业健康发展的关键。先进制造技术是使一个国家的制造业具有竞争力和可持续发展的源泉。装备制造业是指为国民经济各部门进行简单再生产和扩大再生产提供技术装备的各类制造业的总称。

机械制造业是装备制造业的核心,涉及的范围广、门类多、品