




北京市高等教育精品教材立项项目

# 现代机械工程 综合实践教程

房海蓉 李建勇 主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS





北京市高等教育精品教材立项项目

# 现代机械工程综合实践教程

主 编 房海蓉 李建勇  
参 编 鄂明成 孙卫青 邹 骅  
主 审 杜永平

机械工业出版社

本教材是以现代制造技术为主线,从培养学生工程实践综合能力的全局出发,参考机电产品实际的开发过程,将机械原理、机械设计、机械制造技术基础、CAD/CAM、数控技术、机电一体化技术等课程的综合实践教学内容整合成既有相互联系、又相对独立的三个综合实践教学环节,从而不仅能够提高相关知识学习的连续性和系统性,而且更加有利于学生工程能力和全面素质的培养。

全书共分六章。第1章为绪论,主要介绍现代机械工程综合实践教学的主要内容;第2章为机械系统创新设计综合实践;第3章为现代制造技术综合实践;第4章、第5章、第6章分别为机电一体化系统综合实践、计算机辅助技术应用基础以及综合实践设计课题选编。

本教材适用于高等学校机械类和近机类专业进行课程设计、综合实践教学使用,还可作为毕业设计和有关工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代机械工程综合实践教程/房海蓉,李建勇主编.—北京:机械工业出版社,2005

ISBN 7-111-17750-9

I. 现... II. ①房...②李... III. 机械工程—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第126102号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘小慧 邓海平 责任编辑:刘小慧 版式设计:冉晓华  
责任校对:李秋荣 封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·21.75印张·430千字

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

---

实践性教学环节在高等教育工作中占有举足轻重的地位，特别在当前需要加强学生素质教育、培养学生创新能力的过程中更是有着其他教学环节不可替代的作用。而综合类实践又是最重要的实践教学形式，在这些环节中不仅能够培养学生综合运用所学知识、独立分析和解决工程实际问题的能力，培养和激发学生的创新思维和创新精神，而且还可以将多领域知识在一个教学活动中进行学习和实践，从而提高知识学习的连续性和系统性，使学生更容易理解各领域知识及其相互之间的有机联系。

机械工程所覆盖的领域宽阔，涉及的知识体系庞大，尤其是随着计算机等技术的迅猛发展，使得传统的机械工程学科正在迅速发展成为一个新型交叉学科，使得其教学内容中的工程性、实践性和综合性特征更加明显。除毕业设计以外，在我国高等工程教育中，设计训练主要是通过课程设计教学环节来进行。机械类专业相关课程的课程设计，长期以来其内容各自独立，忽视了课程之间的内在联系和机械产品设计、制造的系统性和整体性，且设计题目和形式比较单一，教学内容相对陈旧，已经不能满足当前社会发展的需要。

北京交通大学在这方面进行了长期的研究、探索和尝试，以现代制造技术为主线设计了现代机械工程实践教学体系。其中三个重要的综合实践环节“机械系统创新设计”、“现代制造技术”、“机电系统综合技术”打破课程界限，参考实际产品开发过程，系统地规划了实践教学内容，并注意融入先进技术和方法的训练内容，从而较好地解决了设计与制造、机与电、经典理论与新技术、专业技能与创新素质相结合的问题。

本教材是在总结作者多年来的教学研究成果与教学实践经验，参考了大量的现有文献、教材和著作的基础上写作而成。其主要特色如下：

(1) 实践教学内容的规划和组织强调了综合性和集成性，将多门课程的实践教学内容进行了整合，从培养学生工程实践综合能力的全局出发来设计综合实践的实践教学内容。

(2) 注意了实践教学内容的先进性和自主性。本教材的编写在实践教学的指导思想、实践内容、实践装备、实践手段和实践方法等方面体现现代机械工程的先进性，介绍了机械工程领域先进的设计手段和先进的制造技术，并在选题内容和形式上突出

学生的创造性和实践性，给学生留有自主的空间，以有利于激发学生自主创新和工程实践的积极性。

(3) 在考虑到与其他相关课程进行合理衔接的基础上，补充了一些相关的理论、技术和软件工具的知识，供参与实践教学的教师和学生参考，对生产实际工作也具有一定的指导意义。

(4) 对现代机械工程综合实践各个环节的目的、内容和方式等进行了详细的介绍，从而对教学起到良好的指导作用。

全书共分六章：第1章绪论，主要介绍实践教学在高等教育中的地位、现代机械工程实践教学体系建立的指导思想和基本框架、现代机械工程综合实践教学的主要内容；第2章机械系统创新设计综合实践，主要介绍机械系统创新设计综合实践的内容和目的、机械系统设计的一般过程、机械系统运动方案设计及评价、机械结构设计的实例；第3章现代制造技术综合实践，主要介绍现代制造技术综合实践的内容和目的、计算机辅助设计实践、计算机辅助工程分析实践和数控加工实践的主要内容，并以实例详细说明各实践的一般流程；第4章机电一体化系统综合实践，主要介绍机电一体化系统设计、开发的过程和机电融合等方面的关键技术，以及实践教学的要求和方法；第5章计算机辅助技术应用基础，主要介绍主流中端 CAD/CAE/CAM 软件 SolidEdge、DDM、DesignStar 和 EdgeCAM 的一般使用技巧和方法，并辅以实例说明；第6章综合实践设计课题选编，提供了一些典型机电系统设计、开发的题目及其要求。

参加本书编写的有李建勇（第1章）、房海蓉（第2章、第6章）、鄂明成（第3章）、孙卫青（第4章）、邹骅（第5章）。本书由房海蓉、李建勇担任主编，负责起草编写大纲并进行全书统稿。杜永平教授审阅了全稿。

本教材是北京市高等教育精品教材立项项目。本教材编写过程中得到北京市教委、北京交通大学教务处、机械工业出版社有关领导和工作人员的关心和帮助，并参考和引用了一些作者的有关资料和文献，在此一并表示衷心的感谢。

由于现代机械工程综合实践教学的复杂性，这方面的工作仍属于探索阶段。编写者水平和经验有限，书中不足之处，敬请读者和专家批评指正。

编 者  
于北京

# 目 录

## 前言

### 第1章 绪论 ..... 1

#### 1.1 实践教学环节在高等教育中的地位 ..... 1

#### 1.2 机械工程实践教学体系建立的指导思想 ..... 3

##### 1.2.1 追求具有较强工程意识的全面素质教育 ..... 3

##### 1.2.2 加强综合性、集成性实践教学内容 ..... 5

##### 1.2.3 以现代制造技术为主线开展教学活动 ..... 6

#### 1.3 现代机械工程实践教学体系的基本框架 ..... 7

#### 1.4 现代机械工程综合实践教学的主要内容 ..... 9

#### 思考题与习题 ..... 10

### 第2章 机械系统创新设计综合实践 ..... 11

#### 2.1 概述 ..... 11

##### 2.1.1 机械系统创新设计综合实践的目的 ..... 11

##### 2.1.2 机械系统创新设计综合实践的内容 ..... 12

##### 2.1.3 机械系统创新设计综合实践的方式 ..... 13

#### 2.2 机械系统设计的一般过程 ..... 13

##### 2.2.1 机械系统的组成 ..... 13

##### 2.2.2 机械系统创新设计的基本任务 ..... 14

##### 2.2.3 机械系统设计的基本过程和内 容 ..... 15

#### 2.3 机械执行系统方案设计 ..... 17

##### 2.3.1 机械执行系统方案设计的基本内容 ..... 17

##### 2.3.2 机械执行系统的功能原理设计 ..... 20

##### 2.3.3 工艺动作分解和运动规律选择 ..... 24

##### 2.3.4 执行机构的型式设计 ..... 27

##### 2.3.5 执行系统的协调设计 ..... 53

#### 2.4 原动机的种类及选择 ..... 58

##### 2.4.1 原动机的类型和特点 ..... 58

##### 2.4.2 原动机的选择 ..... 60

#### 2.5 机械传动系统方案设计 ..... 62

##### 2.5.1 机械传动系统的作用及其设计内容 ..... 62

##### 2.5.2 机械传动系统的分类和选择 ..... 63

##### 2.5.3 传动系统方案设计 ..... 65

#### 2.6 机械系统运动方案评价 ..... 72

#### 2.7 机械结构设计实例——减速器的设计 ..... 76

##### 2.7.1 机械结构设计概述 ..... 76

##### 2.7.2 减速器结构及润滑方式 ..... 77

##### 2.7.3 传动件及轴径的设计计算 ..... 80

##### 2.7.4 装配图的设计 ..... 83

##### 2.7.5 零件工作图的设计 ..... 107

2.8 设计说明书及答辩 .....	112	思考题与习题 .....	185
2.8.1 设计说明书的内容 .....	112	<b>第4章 机电一体化系统综合</b>	
2.8.2 编写设计说明书的注意事项 .....	113	<b>实践</b> .....	187
2.8.3 答辩准备 .....	114	4.1 概述 .....	187
思考题与习题 .....	114	4.1.1 机电一体化系统综合实践目	
<b>第3章 现代制造技术综合实践</b> .....	116	的和内容 .....	187
3.1 概述 .....	116	4.1.2 机电一体化系统综合实践基	
3.1.1 现代制造技术概述 .....	116	本要求 .....	188
3.1.2 现代制造技术综合实践的目		4.2 机电一体化系统设计流程 .....	188
的 .....	116	4.3 机电一体化系统综合设计 .....	190
3.1.3 现代制造技术综合实践的內		4.3.1 机电结合的分析与设计 .....	190
容 .....	117	4.3.2 机电一体化系统的控制系统	
3.2 计算机辅助设计实践 .....	119	设计 .....	200
3.2.1 基于 CAD 的机械产品设计的		4.4 机电综合实践实例 .....	210
基本过程 .....	119	4.4.1 经济型数控机床改造实例 .....	210
3.2.2 零件设计 .....	120	4.4.2 自动旋转门设计实例 .....	228
3.2.3 装配设计 .....	124	4.5 综合实践报告及答辩 .....	239
3.2.4 工程图生成 .....	125	思考题与习题 .....	240
3.3 计算机辅助工程分析实践 .....	132	<b>第5章 计算机辅助技术应用</b>	
3.3.1 运动学及动力学分析 .....	132	<b>基础</b> .....	241
3.3.2 有限元分析 .....	133	5.1 概述 .....	241
3.4 数控技术应用实践 .....	134	5.2 计算机辅助设计软件及应	
3.4.1 数控机床编程的内容与方法 .....	134	用 .....	245
3.4.2 数控加工工艺基础 .....	135	5.2.1 SolidEdge 简介 .....	245
3.4.3 数控加工操作主要步骤 .....	148	5.2.2 操作界面 .....	246
3.4.4 数控车床加工实例分析 .....	156	5.2.3 零件建模 .....	248
3.4.5 数控铣床加工实例分析 .....	171	5.2.4 装配建模 .....	253
3.5 计算机辅助制造实践 .....	179	5.2.5 工程图生成 .....	259
3.5.1 数控自动编程一般步骤 .....	179	5.3 计算机辅助工程分析软件及	
3.5.2 数控自动编程实例 .....	180	应用 .....	265
3.6 综合实践报告及答辩 .....	183	5.3.1 运动学及动力学分析软件 .....	265
3.6.1 综合实践报告的内容 .....	183	5.3.2 有限元分析软件 .....	279
3.6.2 编写综合实践报告的注意事		5.4 计算机辅助制造软件及应	
项 .....	183	用 .....	292
3.6.3 答辩准备 .....	184		

5.4.1 EdgeCAM 简介 .....	292	6.2.3 精压机冲压及送料系统设计 ...	322
5.4.2 界面介绍 .....	293	6.2.4 平台印刷机主传动系统设	
5.4.3 功能介绍 .....	295	计 .....	324
5.4.4 实例操作 .....	310	6.2.5 半自动钻床设计 .....	326
思考题与习题 .....	317	6.2.6 15 吨压片机设计 .....	327
<b>第 6 章 综合实践设计课题选编</b> .....	<b>318</b>	6.2.7 书本打包机设计 .....	329
6.1 概述 .....	318	6.2.8 三面切书自动机设计 .....	331
6.2 典型综合实践课题介绍 .....	318	6.2.9 糕点切片机 .....	333
6.2.1 四工位专用加工机床的刀具		6.2.10 游梁式抽油机 .....	333
进给系统和工作台转位系统		6.3 其他综合实践课题汇编 .....	335
设计 .....	319	<b>参考文献</b> .....	336
6.2.2 半自动平压模切机设计 .....	320	<b>信息反馈表</b> .....	339



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 实践教学环节在高等教育中的地位

21 世纪的竞争,最根本的是人才的竞争,是人才素质的竞争。在这个科学技术日新月异、突飞猛进的时代,对于高素质人才的要求将更加严格。中共中央、国务院在关于深化教育改革,全面实施素质教育的决定中明确指出:“高等学校要重视培养大学生的创新能力、实践能力和创业精神,普遍提高大学生的人文素质和科学素养。”《中华人民共和国高等教育法》第一章第五条规定“高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才,发展科学技术文化,促进社会主义现代化建设。”

教育是一种有目的、有计划地培养人才的实践活动。为生产劳动服务、为社会生活服务是教育的两大社会职能。因此,只有通过不断地革新自身来满足社会需求的变化。面对知识经济时代的挑战,未来高等教育将更加基础化、综合化、社会化、网络化和国际化。高等院校各种工程专业作为未来工程人才的培养基地,其最终目的是为社会输送综合素质高、实践能力和创新能力强的专业人才。一般认为,大学工程教育的目标是:1)通过对专业课程的学习,为将来的工程实践夯实理论基础;2)为研究生在工程方面的学习做好准备;3)提供终生学习和专业发展的基础,以有助于实现其所从事的职业目标。面对 21 世纪社会对人才的需求,社会经济的发展需要大量的高素质的、应用型工程技术人才。因此必须切实按照学校特色与高等教育规律有机结合的原则,把培养复合型高级工程技术人才作为高等工程素质教育的整体目标。概括起来,可从五个方面来理解这个整体目标,即思想政治素质、工程素质、科学素质、文化素质和心理素质。其中工程素质(现代化工程意识、基础工程意识、实践能力、创新能力、经营管理能力)的培养目标是:树立现代工程观念,全面掌握相关的工程基础知识,具备较强的工程实践能力、创新能力和工程管理能力。要做到强化素质培养和激发智力潜能,实践性教学是最有效的途径。从社会 and 行业需求来说,我们培养的工程技术人才能否适应本行业的需要,只有通过实践环节来检验;对学生来说,要能充分发挥自己的特长或个性,也离不开实践的培养和锻炼。因此,在教学计划中要充分体现知识传授和能力培养相结合,基础理论教学与实践教学相结合的原则。

就高等教育来说,实践性教学环节是指学生在教师组织和指导下参与的各项实践活动,归纳起来通常包括三种类型:1)以提高学生的思想政治觉悟,坚持正确的政治

方向,培养严谨的学习和工作作风为目的而开展的军事训练、公益劳动、社会实践等;2)以培养各种能力为主要目的而开展的实验、实习、课程设计、毕业设计、学科竞赛等;3)以提高全面素质为主要目的而开展的各种文体活动等。这些实践教学环节是高等学校整个教学过程的重要组成部分,是培养高素质人才全过程的重要环节,是培养学生实验技能、开发智力资源、孕育发明创造、丰富人类科技知识的重要手段,是科学认识论的必然过程,在保证学生德、智、体全面发展方面起着重要作用,是理论教学无法替代的。

一个正确的认识,往往需要经过由实践到认识,再由认识到实践的多次反复才能完成。教育过程是一种特殊的认识过程。这种认识呈现出三个特点:即受教育者所学知识间接性;受教育者所学知识的选择性、有序性;受教育者认识的全面性。教育过程的这种特殊性使受教育者所学到的仅是书本知识,不是或很少是他们亲身实践得来的,因此,还需要经历实践检验的过程。由此就会产生两个问题:一是教育者容易出现重理论、轻实践和脱离实际的情况;二是受教育者所接受的是间接知识,认识不易深入,并因很少实践而综合处理实际问题的能力不强。弥补的办法就是理论与实践紧密结合起来,加强实践环节的管理,确立实践环节在教育、教学中的地位。

具体来说,实践性教学环节在实现学生培养目标方面起着以下几方面的作用:一是促进知识的转化和知识的拓展。大学生的知识来源主要是课堂教学,这是必要的。但也必须看到,这些知识虽然是系统的,但也是间接的,或者说不完善的。学生在接受理论知识的时候,往往不知道它是如何从实际知识转化为理论的,因为其中有许多丰富而细微的内容被删简了。可以说学生此时的知识还是死板的,还没有真正消化成为自己的东西。实践性教学环节,促使学生接触社会、接触实际,不仅能获得大量的丰富的感性知识,接触许多新知识、新科技,而且使他们能够把自己学到的理论知识与接触到的实际现象进行对照、印证、比较,把理论知识与实际知识结合起来,形成比较完善的知识,进而能运用这些知识去分析问题和解决问题,并提高到一个新的水平。二是有利于学生动手能力和从事实际工作能力的培养。如果说理论知识必须通过个体的学习才能获得,那么动手能力和从事实际工作能力更是如此,只有通过学习者本身亲自动手或参与才能有所体会、才能逐步掌握。三是有利于学生创新意识和能力的培养。一个学生如果不接触实际,那么他就被局限在原有知识圈里。只有接触实际,当实践给他提出新问题时,他才能去思考、探索,也才有可能去创新。可以说离开了实践,创新就是一句空话,离开了实践教学,创新意识和能力的培养当然也是空话。四是有利于学生素质的培养和个性品质的完善。只有通过实际工作的锻炼,才能知道如何与他人合作,才能进一步养成勤奋、严谨、艰苦奋斗、实事求是的良好作风。

近几年来,教育理论的探讨逐渐深入并取得了重大的突破,教育改革硕果累累,

素质教育已成为共识。人才培养的模式已开始从“知识型”向“知识能力型”、从“应试型”向“素质型”转变。有学者指出, 21 世纪的人才培养模式是一个知识 (Knowledge)、能力 (Ability)、素质 (Quality) 并进的培养模式, 即 KAQ 模式。教育的宗旨原本就应是培养具备综合素质的知识—能力型人才, 只是由于历史的局限性而经历了曲折的过程后才能返璞归真认识到这一点。而且三者的关系是不能换位的, 原因在于知识需要通过学习去积累, 能力需要通过磨练去增强, 素质需要通过熏陶而升华。综合素质的形成与升华是一个点点滴滴积累的过程, 不能指望开一门理论课就能解决问题, 因此强化实践教学环节和管理是一个重要过程, 只有靠学生自己通过实践才能从潜移默化的被动形式变为自我培养的主动升华。

因此, 应按照传授知识、培养能力、提高素质的总体要求来构建教育体系, 其中实践性教学环节在高等教育工作中举足轻重, 特别在当前需要加强学生素质教育、培养学生创新能力和个性的过程中有着其他任何教学环节不可替代的作用。

## 1.2 机械工程实践教学体系建立的指导思想

为了提高实践教学质量, 加强工程素质教育, 应从本专业的教学目标、教学环节的安排、教学过程的实施、实践基地建设以及教学人员的素质培养等方面进行统筹规划, 建立以学生全面素质训练与培养为目标的实践教学体系。其关键是要打破传统实践教学环节各自为阵的局面, 从新时期人才的合理知识结构入手, 系统设计实践教学环节, 建立训练的整体观念, 贯穿于人才培养的全过程, 以完成对学生素质训练和能力培养。它的主要内容是优化实践环节的各个方面, 改革教学方法, 合理安排时间, 在诸多实践教学环节中安排工程意识和能力训练的内容, 把课内和跨课程的能力训练有机地结合起来。

### 1.2.1 追求具有较强工程意识的全面素质教育

工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的实践活动。现代工程的科学性、社会性、实践性、创造性、复杂性特点日益突出, 工作内容也在不断扩展, 形成一个由研究—开发—设计—制造—运行—营销—管理等环节组成的工程链。其中每一个环节都存在大量的技术和经济问题, 表明现代工程需要一大批能够综合地应用现代科学理论和技术手段, 懂经济、会管理的高素质工程技术人才。

如今, “工程”的概念已经泛化, 被扩展应用到许多领域, 但其特有的应用性、实践性、综合性和创新性仍是它的本质所在。美国的麻省理工学院 (MIT) 在 20 世纪 90 年代初提出的“工程是关于科学知识的开发应用和关于技术的开发应用的, 在物质、

经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的，一种有创造力的专业”，就是一个最好的说明。作为实施高等工程教育的高等工科院校，要完成好培养工程师这一教育任务，首先要对学生进行工程意识教育，并且使这项教育工作贯穿于整个高等工程教育的始终，渗透到高等工程教育的各个主要环节。

正因如此，“回归工程”的思想才越来越引起我国高等工程教育界的重视。

“回归工程”观是美国高等工程教育界（包括美国国家科学基金会、美国工程教育学会、MIT等）于20世纪80年代提出的美国高等工程教育的建议，即“重构工程教育”，要求“回归工程”。

“回归工程”的内涵，大致概括为四个方面：从过分重视工程科学转变到更多重视工程系统及其背景；注重工程实践能力的培养；强调应用“整合”或“集成”的思想，重建课程内容和结构；学会学习和终身教育。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析，工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。“回归工程”观十分突出地强调必须重视工程系统及其背景，原因在于随着科学与技术的发展，系统与背景的作用日益突出。如众所周知，科学的目的在于认识自然，解决“是什么”和“为什么”的问题，侧重于分析方法和逻辑推理；工程的目的，则在于改造世界，解决“做什么”和“怎么做”的问题，侧重于综合方法。长期以来，人们一直认为：科学的进步促进了技术的发展和工程创造的实现，这就使得高等工程教育十分重视科学教育，十分强调自然科学原理的教育，事实上，这种理解和认识并不全面。许多新技术的创造，并不单纯是在科学理论的指导下产生的，它既依靠科学，也依靠大量的试验和工程实践。科学与技术的相互关系，不仅是科学对技术的单向指导，而是相互促进的，这是一方面。另一方面，工程创造越来越多地受制于工程系统及其背景的约束，比如工程师在开发与创造某种新物质的过程中，必然依靠其对原物质的物理特性与化学属性的科学把握，这里，科学的作用是显而易见的，但在激烈竞争的经济大背景下，决定这种新物质是否受市场欢迎的因素，其固有的物理与化学属性就不再是唯一的因素，而更多地受制于该新物质的成本及其可调控的程度，受制于该新物质对环境的作用及其可能导致的影响。这就要求在工程创造的过程中，加进系统及其背景的影响，并体现在工程结束的计算和设计中，这种系统及背景，既包括企业的、组织的背景，也包括顾客的愿望，包括社会的、政治的、经济的、环境的和文化的因素。高等工程教育培养的工程师如果不研究系统与背景的作用，就只能在今后的工程创造中永远处于从属的地位。MIT学院院长深刻感悟到问题的实质，即“在20世纪40年代，MIT引导美国的高等工程教育从经验向科学的转变；现在，MIT又要引导美国的高等工程教育从科学向工程的回归”。从这个意义上理解，“回归工程”也就是回归高等工程教育的教育目标。不能仅仅让学生学习有关工程科学的

理论知识,还应让学生接触大规模的复杂系统的分析和管理工作,这不仅指对有关技术学科知识的整合,而且包括更大范围内经济、社会、政治和技术系统日益增进的了解。

高等工程教育的出现与发展,不仅是高等教育现代化的一个重要特征,而且随着社会的发展,在整个高等教育体系中所占的比重也将越来越大。我国的工程教育及其所培养出来的工程师,在我国的社会主义经济建设中发挥了重要作用,但与社会快速发展的需求相比,工程教育中的很多观念与做法还不能很好适应。差距主要在于对非技术性素质的重视还很不够,远没有达到它所应具有的高度。纵观世界工程科学与技术的发展潮流,工程师的非技术性素质中的工程师意识,将成为21世纪工程科学与技术的宏观社会影响的最重要因素;职业的迁移能力、工程实践能力以及与他人的沟通合作能力等将成为21世纪工程师能否充分实现个人价值的最主要因素。

因此,随着高等教育研究与改革的不断深入,“宽口径、厚基础、重个性、强能力、高素质”的复合型人才已经被高等教育界认可为当前学生培养所追求的理想模式。

实际上,学生的各种能力和素质是一个有机的整体,不能割裂开来。认识来源于实践,认识正确与否有赖于实践的检验,创新能力也需要在实践中培养和形成。因此从本质上讲,创新之根在于实践,创新过程就是实践过程,而有价值的工程实践过程也是创新过程。没有实践,没有实践能力,就没有创新能力,也就没有创新。因而教学过程中要尽量营造工程环境,通过各个实践环节的训练,逐步使学生建立起市场、信息、质量、成本、效益、安全、环保等大工程意识,从而把创新意识、创新能力的培养,贯穿于问题的观测和判断、创造和评价、建模和设计、仿真和制造的整个过程中,促使学生从科目分科学习向工程实际综合,从知识积累向创新能力生成的转化。

### 1.2.2 加强综合性、集成性实践教学内容

强调要用“综合”或“集成”的思想重建教学内容,原因之一就在于任何一项工程都是多学科的综合。工程师的作用,就是进行多学科的集成;工程师的任务,就是构建整体。因此,解决工程问题,不仅需要应用科学的原理和方法,还需要借助创造性的想象和实践经验。工程教育也不能仅仅局限于科学教育或技术教育,还应包括工程技能和其他学科门类的相关内容,况且,工程师所要解决的工程问题,涉及与日俱增的复杂的社会问题,要求应用更为广泛的综合方法。反映在高等工程教育的教学过程中,不应只是过分注重学科系统性,还应注意以工程为对象的各门学科知识的整合与集成。对于机械工程类专业,则应特别注意解决好设计与制造、机与电、经典理论与高新技术、单元技术与系统思想、工程技术与科学、专业技能与创新素质相结合的问题。

随着社会的发展、科技的进步,新知识、新技术将不断涌现。相比之下,人的寿

命和学制则会保持相对的稳定,这一矛盾给教学活动造成了越来越大的压力。而开展综合性、集成性的实践教学活动中一方面可以使得教学贴近工程实际,提高学生接受教育的直接性,另一方面将多领域知识在一个教学活动中进行学习和实践,提高了知识学习的连续性和系统性,不仅使学生更容易理解各领域知识及其之间的有机联系,同时也可大大提高教学效率。

### 1.2.3 以现代制造技术为主线开展教学活动

机械工业和机械工程分别是一个国家经济建设、社会发展的支柱产业和基础学科之一,机械类专业即是历史较长的传统专业,也是最具活力的专业之一。机械工程所覆盖的领域宽阔,涉及的知识体系庞大,尤其是随着微电子技术、计算机技术和信息技术的迅猛发展,使得传统的机械工程学科正在迅速发展成为一个集机械、电子、信息、材料和管理等为一体的新型交叉学科,从而涌现出了许多新的领域,有些已经成为非常重要的领域。例如,机械制造技术与信息技术、自动化技术、管理技术紧密结合而形成的先进制造技术已作为各国面向 21 世纪优先发展的领域之一。在目前的高等工程教育学制只有短短四、五年的情况下,如何选择教学内容而培养出符合上述要求的机械工程领域的人才便显得尤为重要。

现代制造技术包含着现代设计、加工技术等丰富的内容,因而是现代机械工程蕴涵内容最丰富、最重要、最能反映现代机械工程内涵的领域,也是最能够满足前述几节要求的教学载体。

设计是产品开发的第一个阶段,也是最具创新性的工作。设计工作的质量和水平直接关系到产品的质量、性能、研制周期和经济效益。随着科学技术的发展和对产品要求的不断提高,使得设计的新理论、新方法、新技术不断涌现。现代设计方法与用经验公式、图表和手册为设计依据的传统设计方法不同,它是以计算机为辅助手段,面向市场、面向用户,并着眼于产品全寿命周期的设计。将产品的开发、设计训练纳入实践教学环节不仅可以强化专业知识,而且会极大地激发学生的创新热情,有利于创新素质的培养。

现代制造技术已经远非传统意义上的纯机械制造与加工,如数控加工、电火花加工、线切割加工、超声波加工、快速原形制造技术等,是机械学、电子学、光学、声学、计算机、自动控制、新材料科学,乃至生命科学、人机环境科学相结合和相互交叉的现代工业制造意义上的先进技术。因此,学生一旦接触现代制造技术,就进入了现代科学各个学科的交叉与综合的界面。学生在具备这些高新技术装备的工业制造环境中进行方法训练和操作技能培养,对于认知现代工业文明和体验科学技术赋予现代人们的生活和工作的内涵,建立现代工业制造的思维模式和正确的思想方法,

以及获得知识和能力,是在相同时间内坐在教室里学习根本无法相比的。

同时,在相关教学装备条件所造就的现代工业生产工程背景下进行实践教学内容,使学生不仅获得知识的积累、方法的熟悉和技能的提高,而且在心理承受能力、身体体能和人际关系协调能力等诸方面得到锻炼、提高,从整个教学过程中亲身体现代工业产品制造的生产技术、劳动安全、产品质量、经济效益、企业管理,从而建立起现代工业生产的群体意识、纪律与法律意识、市场意识、经济效益意识、管理与责任意识、安全与环保意识。这些意识的培养和亲身体现代工业将对学从课堂走向工厂,从书本走向实践,乃至全面素质的提高产生潜移默化的效果,这对于他们未来的成长和发展必将终生受益。

因此,对于机械工程专业来说,可以以现代制造技术来设计教学主线,如图1-1所示。除主线直接相关的教学内容外,还应注意有机地融入制造系统、材料工程、机电一体化、管理工程等领域的知识,精选相关领域的知识点,以线串点,以点带面,使实践教学内容朝着体现机械、电子、信息、工程和管理实践的实践教学模式发展。同时,在教学实践中要强调系统性、综合性以及针对工程溯源问题的开发性训练,提高学生从大系统的角度综合运用所学知识来解决设计、制造过程中各阶段、各层次的问题,强调运用先进技术和实用技术解决工程问题的创新素质训练和培养。

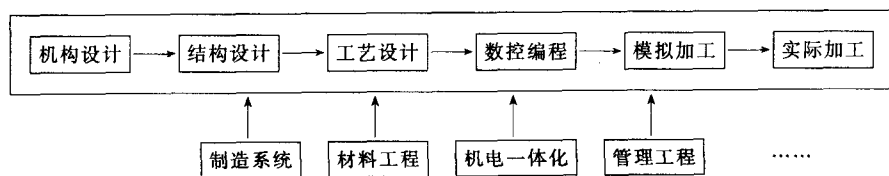


图 1-1 以现代制造技术设计教学主线

### 1.3 现代机械工程实践教学体系的基本框架

根据上述指导思想,图1-2给出了机械工程实践教学体系的基本框架。由于社会对人才需求的多样化和各院校所处环境和自身条件的不同,所以各院校应根据各自的生源质量、师资水平、办学历史与条件、所在地区的经济发展水平与远景规划和毕业生服务定位等实际情况,科学地确定各自的实践教学体系。

(1) 基本工程素质和工程能力的训练 包括科学试验、观察能力、获取新知识以及信息、外语和计算机基础的训练,主要通过实验、认识实习、有关课程设计和上机等教学实践活动来实现。第一层次的实践教学基本要求是:掌握有关实验装置、仪器仪

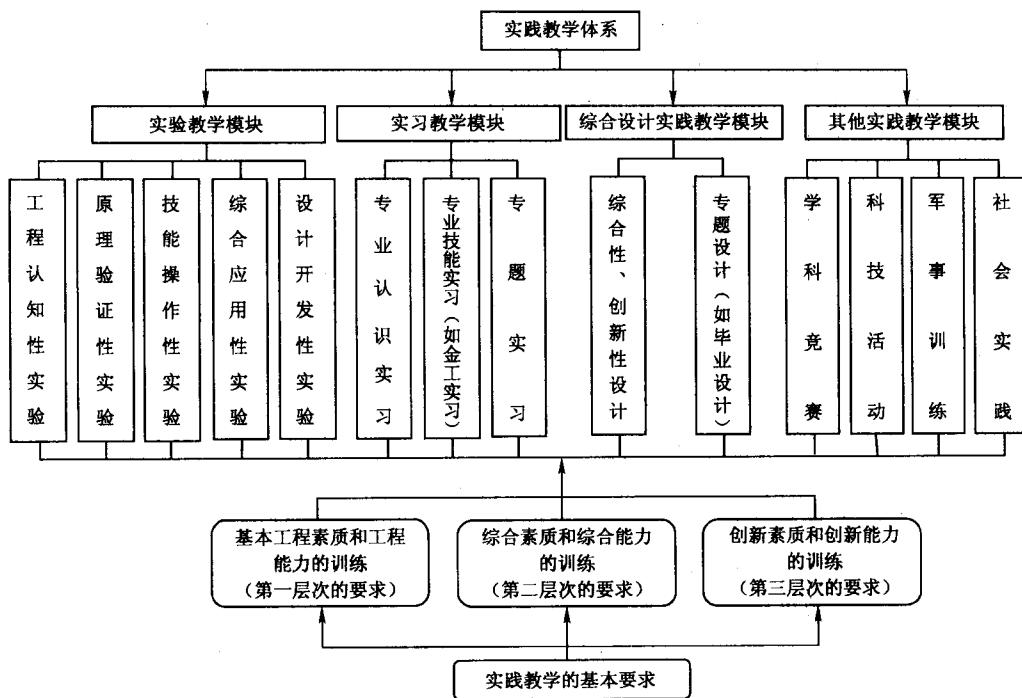


图 1-2 实践教学体系基本框架

表的操作规程并学会操作；掌握实验、测试、数据分析等研究技能；掌握有关工程设计程序、方法和技术规范以及图表绘制；建立工程概念，提高工程实践能力；能通过调查研究、参观访谈、文献检索等获取可利用的资料信息；熟练掌握一门外语和计算机语言。

(2) 综合素质和综合能力的训练 这方面的训练主要通过生产实习、社会实践、有关课程设计和毕业设计来实现。第二层次的实践教学基本要求是：培养学生严谨、求实、刻苦和敬业的精神；能综合应用所学基础理论知识和专业知识，解决一般工程技术问题；通过工程实践，完成工程师的基本训练，熟悉有关规程、手册和工具书，为今后独立工作打下基础；具有撰写调查报告、文件、技术总结、论文的能力，进行设计、施工组织管理和方案的技术经济论证、分析、比较，初步具有独立的综合决策力；能运用一门外语阅读、翻译本专业外文资料；能独立使用常用计算机软件，具备一定的开发能力。

(3) 创新素质和创新能力的训练 这方面的训练主要通过综合性设计训练、设计性和综合性实验、学科竞赛和科技活动来实现。第三层次的实践教学基本要求是：根据



学生的能力、个性和爱好,安排、设计和提供富有创造性、综合性的实践活动,使学生熟悉和了解创造性活动的一般方法和程序,培养和激发学生的创新思维和创新精神,创造性地掌握和运用所学的专业知识来解决新问题或提出新设想。

第一层和第二层要求是基础,是实践教学必须确保的,第三层的实现具有一定的难度,应根据各院校的实际情况逐步摸索出适宜的模式。根据这三个层次的要求,需要对各个模块的设置及内容做精心的设计和安排,建立一个优化整合的实践教学体系,明确各环节在这个体系中处于什么位置,每一环节均要从不同角度、不同方面体现这三个层次的教学要求,据此来安排实践教学内容。

## 1.4 现代机械工程综合实践教学的主要内容

综合实践是教学过程中最重要的实践教学环节,主要培养学生综合运用所学知识独立分析和解决工程实际问题的能力,培养和激发学生的创新思维和创新精神。同时,通过综合实践,使学生树立现场生产的安全意识、质量意识、管理意识、经济意识和环保意识,培养良好的敬业精神与职业道德,增强克服困难的毅力和迎接挑战、努力进取的勇气。

一般来说,在实践教学体系中的不同课程模块中均可设置相关的综合实践教学内容,如实验教学课程模块中的一些综合应用性实验和设计开发性实验,实习教学课程模块中的综合工程训练,综合设计实践教学模块中的课程设计、毕业设计,其他实践教学模块中的学科竞赛等等。其中,综合性、创新性设计教学环节是最典型,也是实施起来难度最大的工程训练和实践教学环节。而且其他教学环节大多已有教材或指导书,相对比较成熟。因此,本教材后续内容主要针对综合性、创新性设计教学环节进行讨论。当然,教材中所介绍的指导思想、基本原则、相关理论和知识也可供其他实践环节参考。

除毕业设计以外,在我国的高等工程教育中,设计训练主要是通过课程设计教学环节来进行。其中机械类专业相关课程的课程设计,长期以来其内容各自独立,忽视课程之间的内在联系,忽视了机械产品设计的系统性、整体性,且设计题目和形式有时也比较单一,设计思想缺乏一定的创新性,所有这些已经远远不能满足当前机械行业发展的需要。为此,应按照新的教学理念重新设计这一重要的教学环节。

本书将从现代机械工程设计加工的整体内容出发,来确定现代机械工程综合实践的内容,如表1-1所示。表1-1包含了以“培养学生进行机械产品系统方案创新设计和机械结构设计”为主要训练目的的“机械系统创新设计”综合实践环节、以“掌握现代设计、加工技术”为主要训练目的的“现代制造技术”综合实践环节和以“培养