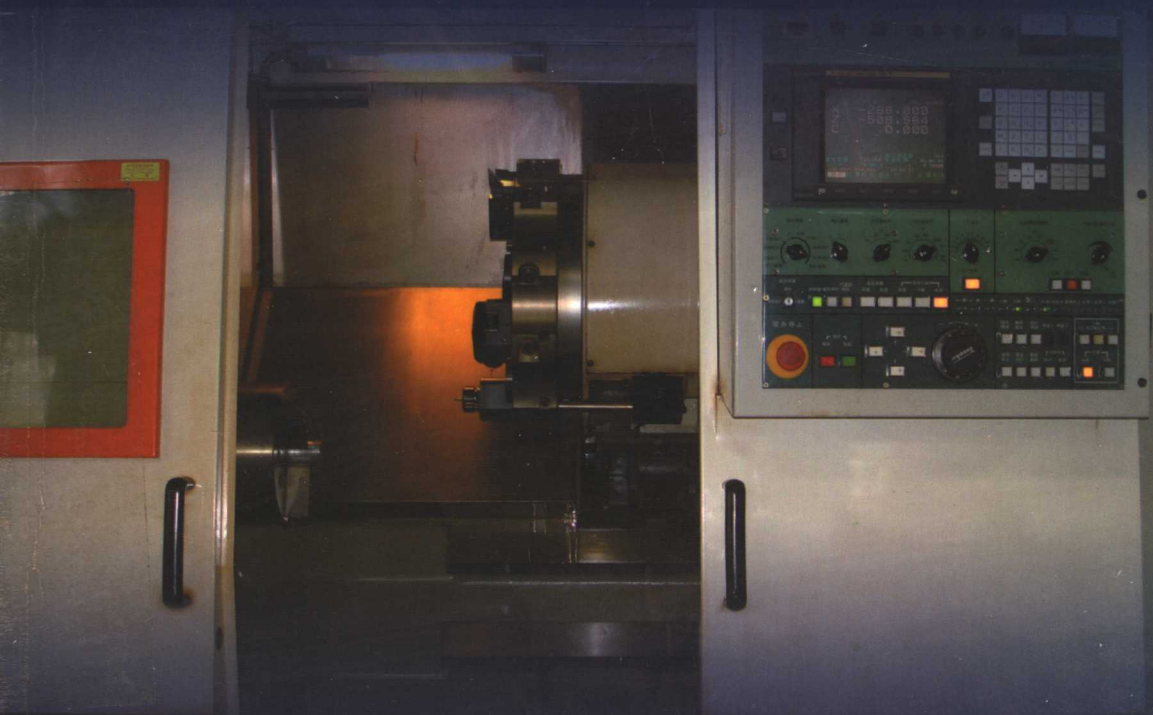


现代工程训练教材

JIXIE GONGCHENG XUNLIAN

机械工程训练

主 编 胡建德
副主编 游红武 贾激雷 周 清
主 审 谢伟东



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

现代工程训练教材

机械工程训练

主编 刘建忠
副主编 陈文斌 魏建明 周 强
主 审 李德福



TH16/188

2007

现代工程训练教材

机 械 工 程 训 练

主 编 胡建德
副主编 游红武 贾激雷 周 清
主 审 谢伟东

浙 江 大 学 出 版 社

内容简介

本书是根据教育部机械基础课程教学指导分委员会对高校工程训练教学基本要求编写的。内容包括机械工程及工程训练概述、安全教育、机械制造基础知识、铸造、焊接、车削、铣削、磨削、钳工与装配、数控加工基础知识、数控车削、数控铣削、加工中心、车削中心、数控特种加工、典型零件综合加工工艺分析等。内容力求精选,讲求实用,图文并茂,便于自学。

本书是高等工科院校普通本科及高职学生机械工程训练的通用指导教材,亦可供高等专科学校学生实训使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程训练 / 胡建德主编. — 杭州:浙江大学出版社, 2007.8

ISBN 978-7-308-05507-9

I. 机... II. 胡... III. 机械工程 - 高等学校 - 教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 134489 号

机械工程训练

胡建德 主编

责任编辑 王大根 张真

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州电子科技大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 19.75

字 数 345 千

版 印 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05507-9

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88072522

前 言

《机械工程训练》是一门实践性很强的技术基础课,是理工科学生学习机械制造工艺知识、增强动手实践能力、提高综合素质(包括工程素质)、培养创新意识和创新能力的重要必修课。

为适应现代工程训练的要求,本书精编常规机械制造技术内容,充分体现现代加工技术(数控技术),具有超前性和先进性。主要内容有:导论、机械制造基础知识、铸造、焊接、车削、铣削、磨削、钳工与装配、数控加工基础知识、数控车削、数控铣削、加工中心、车削中心、数控特种加工、机械制造工艺过程和典型零件综合加工工艺分析等。适宜于高等工科院校普通本科、高职高专理工类学生的工程训练指导,亦可供其他专业学生参考选择使用。

本书由胡建德任主编并统稿,游红武、贾激雷、周清任副主编。

参加本书编写的人员有:第1、2、7、8章,浙江工业大学胡建德,丽水学院朱银法,杭州职业技术学院喻光坚;第3、4、5、6章,浙江工业大学周清、张静郊、徐勇、丁杰、黄跃进;第9章,浙江工业大学游红武;第10章,浙江工业大学庞利华、朱春娟,浙江科技学院袁惠祥;第11章,浙江工业大学高翔;第12章,浙江科技学院贾激雷,浙江工业大学郑艳琴;第13章,浙江工业大学姚伟强、王慧强;第14章,浙江工业大学唐学哲,浙江科技学院周卫民;第15章,浙江工业大学胡建德、徐立民。

全书由浙江工业大学谢伟东教授主审。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

第 1 章 导 论	1
1.1 引 言	1
1.2 课程的内容、目的、意义和要求	2
1.3 机械工程发展简史与现状	6
1.4 国内外工程训练概况	8
1.5 安全教育与规章制度	11
第 2 章 机械制造基础知识	14
2.1 机械制造生产过程	14
2.2 机械工程材料与热处理	15
2.3 切削加工基础知识	20
2.4 常用量具的使用	28
第 3 章 铸 造	32
3.1 安全技术	32
3.2 概 述	33
3.3 型砂的制备	34
3.4 铸造工艺	36
3.5 造型方法	38
3.6 金属的溶炼、浇注与清理	44
3.7 铸件常见缺陷	46

第 4 章 焊 接	48
4.1 安全技术	48
4.2 概 述	49
4.3 焊接接头、焊缝型式与符号	49
4.4 手工电弧焊	51
4.5 气焊与气割	57
4.6 焊接缺陷与检验	62
第 5 章 钳工与装配	67
5.1 安全技术	67
5.2 概 述	67
5.3 划 线	68
5.4 锯 削	73
5.5 锉 削	76
5.6 钻孔、扩孔与铰孔	79
5.7 攻螺纹与套螺纹	84
5.8 装 配	86
第 6 章 车削加工	94
6.1 安全技术	94
6.2 概 述	95
6.3 车削用量的选择	96
6.4 车 床	96
6.5 工件的安装	100
6.6 车 刀	105
6.7 车削的基本操作	106
第 7 章 铣削加工	119
7.1 安全技术	119
7.2 概述	120
7.3 铣床	122
7.4 铣刀及其安装	124

7.5 铣削的基本操作	127
第 8 章 磨削加工	131
8.1 安全技术	131
8.2 概 述	132
8.3 磨 床	133
8.4 砂轮	136
8.5 磨削的基本操作	139
第 9 章 数控加工基础知识	143
9.1 概 述	143
9.2 数控机床	145
9.3 数控加工	148
第 10 章 数控车削	155
10.1 安全技术	155
10.2 概 述	156
10.3 CJK616 数控车床	159
10.4 CJK616 机床程序指令	166
10.5 车削加工程序编制	173
10.6 数控车床操作加工	179
10.7 编制刀具刀尖形状误差消除	186
10.8 CK6136i 型数控车床	189
第 11 章 车削中心	197
11.1 安全技术	197
11.2 概 述	198
11.3 Vturn-26CV 型车削中心	200
11.4 Vturn-26CV 指令与程序编制	201
11.5 Vturn-26CV 操作加工	205
第 12 章 数控铣削	210
12.1 安全技术	210

12.2	概 述	211
12.3	数控铣床及其操作	213
12.4	刀具及切削参数	223
12.5	数控铣床的编程及加工实例	229
第 13 章	加工中心	241
13.1	安全技术	241
13.2	概 述	242
13.3	加工中心的辅具和辅助设备	245
13.4	加工中心的编程与实例	249
13.5	数控仿真 VNUC 介绍	256
13.6	数控自动编程 CAXA 介绍	257
第 14 章	数控特种加工	259
14.1	安全技术	259
14.2	概 述	259
14.3	电火花线切割机床加工	262
14.4	电火花成形机床加工	275
第 15 章	机械制造工艺过程	278
15.1	概 述	278
15.2	毛坯的选择	280
15.3	加工余量和定位基准	288
15.4	加工方案的选择	288
15.5	典型零件的加工工艺	290
参考文献		307

第 1 章 导 论

1.1 引 言

在人类历史上,机械工程技术水平成为衡量人类文明的标志:青铜与铁器的生产,使社会生产力大大提高;蒸汽机的发明,人类进入第一次工业革命;电器、电机等的出现,人类迈入第二次工业革命;汽轮机与核电站的建立,使我们跨入现代化的工业时代;半导体、芯片和计算机的诞生,产生了第三次工业革命和信息革命,制造业为人类创造着辉煌的物质文明。在科学技术高速发展的今天,任何技术革命都离不开材料和装备方面的新突破,比如信息产业,其基础是集成电路,而集成电路的发展在很大程度上取决于精密制造和表面技术。单晶硅的切片、抛光、掺杂、外延、光刻、自动化组装等,都离不开制造业,可以说没有精密制造业,就没有信息产业。同样,没有纳米加工技术,就没有计算机器件的高度集成和高度发展;没有数控加工中心,就没有航天飞机和核动力潜艇。材料制备和装备方面的突破,本身就是以机械制造业为基础的技术革命。制造业是一个国家的立国之本,发达国家,都是世界一流的制造业强国。

当今的制造业,已远远不是原来意义上的“纯机械”了,体现出高度的综合性、高科技性和多学科交叉性,是集机、电、光、声、磁、气、液、传感、计算机、系统和网络于一体化的综合性产业。制造业与国防密切相关,有了先进的制造业,才能制造出先进的武器:卫星、火箭、导弹、雷达、坦克、军用飞机、潜水艇以及防化、防生物和后勤保障等一系列的军用装备。强国必须要有一个强大而先进的制造业,在国际上,许多涉及经济安全和国家安全的关键装备和关键技术,发达国家至今对我们采取封锁、限制和歧视的政策。到目前为止,五轴连

动的数控机床,西方国家仍将我国列入禁运之列。

20世纪80年代,出现所谓的“东芝事件”:日本向当时的苏联出口2台高性能的数控铣床,美国对此提出抗议,因为这种先进的数控设备能加工出精度非常高的产品,在运行中几乎无噪声,如果这些产品应用到潜艇上,对美国的安全将造成潜在的威胁。

1999年出现的“考克斯报告”:由于中国核武器研制的突飞猛进,美国武断地判定中国如果单凭自己核科学家的力量是完不成三级跳的,肯定有美国技术的助威。而出生于台湾、后加入美国国籍的核科学家李文和,曾专门到过中国,与中国核科学家进行过研讨与交流,他还在美国充当东道主,招待过中国来的科学家。美国为此怀疑是李文和将美国最尖端的核武器技术资料透露给中国,从而受到美国联邦调查局的审查,并被判9个月的监禁。出狱后,李文和打了近7年官司,至2006年6月达成和解,获得164.5万美元的赔偿。

所以说,“靠买是买不来一个现代化”的,要赢得真正的民族尊严,必须经过全民族的顽强努力,建立强大而先进的设计和制造业。特别是在关系国民经济命脉和国家安全的关键领域,真正的核心技术、关键技术是买不来的,必须依靠自主创新(原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新)。如果只引进而不注重对技术的消化吸收和再创新,势必削弱自主研发的能力,拉大与世界先进水平的差距。

国际竞争中一个十分重要和关键的领域,就是制造业的竞争。美国、日本和德国等国家之所以发达,主要在于他们有强大而先进的制造业,在关键装备的设计和制造能力方面保持先进的水平。

制造业是中国经济的脊梁,我国从1994年开始,把先进制造技术列入“九五”、“十五”国家科技发展规划中,并和信息、生物、新材料、新能源并列为国家发展的关键技术领域。“十一五”规划中,更是把装备制造业和信息产业核心技术列为努力实现的第一目标,以使我国的制造业和信息产业技术水平进入世界先进行列。

目前,我国制造业位居美国、日本和德国之后,居世界第四位。中国制造的出口产品早已不再局限于第三世界,而是遍布五湖四海,开始真正走向全世界。

1.2 课程的内容、目的、意义和要求

工科学生在校接受工程教育的基本任务:一是系统地学习理工学科的原理

论知识;二是进行基本技能的学习和训练,使之初步具备成为工程师的基本素质和条件。

学生的实践活动主要包括如下五部分:

(1) 基本劳动实践。包括扫地、洗衣、下厨、种地等一些力所能及的基本劳动。诺贝尔奖获得者朱棣文曾在演讲中谈到,下厨对他日后解决科研中瓶颈问题,提供了思想方法:一是东西怎样摆放合理、整齐,这与做实验有共同之处;二是在有限的资源(指烹调资源)中找出最好的解决问题的方法。

(2) 实验教学实践。利用仪器设备测试性能、分析影响规律、验证理论知识,有利于培养观察能力、动手能力,分析和解决问题的能力。

(3) 工程训练实践。学习工艺知识、操作机床设备、制造产品、建立感性知识,培养严谨的科学作风,增强综合素质,特别是工程素质。工程训练以其“亲身经历与感受”为特征,是沟通学生与工程、产业的桥梁。

(4) 研究项目实践。通过参与教师的课题或自主进行项目研究,发现自身的优点和弱点,使理论与实践相结合。

(5) 社会体验实践。包括担任班干部、学生会干部、科协成员,军训,参加社团活动,参观工厂企业,社会调查等。使学生进一步了解国情和民情,强化个人与群体、个人与社会的关系,从而有助于增强个人对国家、社会、集体、家庭,甚至对自己个体的责任感。这是面对竞争社会和复合人才所不可缺少的。

1.2.1 课程的内容

《机械工程训练》是一门实践性很强的技术基础课,是建立机械制造生产过程的概念、获得机械制造基础知识的奠基课程。具体的教学内容如下:

- (1) 机械工程材料(包括热处理);
- (2) 铸造、锻压、焊接、钳工;
- (3) 机械加工:切削、磨削、数控加工等;
- (4) 特种加工;
- (5) 零件的表面处理。

1.2.2 课程的目的

1. 学习工艺知识

理工科学生不但要有比较扎实的基础理论知识、专业技术知识,还必须具备一定的机械制造的基本工艺知识,包括熟悉机械零件的常用加工方法、主要加工设备和工具,了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用等。

这些知识主要是同学们通过自己的亲自实践得来的,它是非常具体的、生动的、实际的,是工科学生学习后续课程、进行毕业设计及至以后工作,都是必要的基础。

2. 增强实践能力

在工程训练中,同学们通过亲自动手操作各种机器设备,使用各种工具、量具、刀具、夹具,来提高动手能力,培养独立分析和解决工艺技术问题的能力,在主要工种方面能独立完成简单零件的加工制造。

3. 提高综合素质

工程训练是同学们在生产实践的特殊环境中进行的,对绝大多数学生来说,是第一次接触生产和工程,第一次把理论与生产实际相结合,同时接受社会化的熏陶和组织性、纪律性、安全性的教育,感受工作的艰辛,体验劳动成果的来之不易,增强对劳动人民的思想感情,加强对工程素质的认识,从而提高同学们的综合素质。

4. 培养创新意识和创新能力

在工程训练中,同学们要接触十几种结构不同、功能各异的机器设备,并了解、熟悉和掌握其中的原理、结构和使用方法。所有这些设备,无论是常规的还是先进的,无不体现出前人与当代人的创造发明,体现出人类为提高生产力所进行的精思巧干与艰苦卓绝的努力。通过教师现场的讲解、示范和指导,希望能打开同学们的创新思路,激发创新欲望,培养创新意识和创新能力。

要让同学们在工程训练中体验、感受和理解十大意识。

(1) 安全意识:安全第一,没有安全作保障,就会破坏系统的正常运行,甚至导致彻底失败。要有安全意识,并不断提高安全技能。

(2) 质量意识:质量第一,好的质量体现社会责任感。

(3) 群体意识:集体观念和团队精神,协作与服务。

(4) 环保意识:节约消耗,防止污染,保护环境,既增进企业效益,又对社会和子孙后代尽责。

(5) 市场意识:市场是企业的龙头,有需求才有市场。

(6) 经济意识:利润是企业追求的目标,开源节流,增收节支,提高效益,按经济规律办事。

(7) 管理意识:管理要规范,管理出效益。

(8) 法律意识:初知公司法、企业法、合同法、税法、劳动法、专利法,注意依法行事。

(9) 健康意识:身体、心理健康,人际关系正常。

(10)创新意识:创新是一种有目的、有意识的活动,不想创新的人,永远不可能有创新成果出现。需要培养这些创新精神:锲而不舍、不懈追求、不甘现状、不断追求完美品质。需要增强这些创新能力:观察能力、思维能力、想像能力、实际操作能力。把工程意识、工程理念贯穿于整个工程训练中,达到潜移默化的目的,以期在需要的时候,宏观考虑。

1.2.3 工程训练的意义

在工程训练中心,所有设备和器材都是现代企业中正在使用的,包括传统工艺装备和现代工艺装备。所以,工程训练是沟通学生与工程、学生与企业的一座桥梁,是理论走向工业和工程的一个结合点,是提供给同学们接触工程实践的一个平台。学生通过对传统和现代工艺装备的实践或演示,获取知识和能力,树立工程意识、大工程观念,使理论不再空洞,它是同学们走向社会前的一次很重要的实践活动。

机械工程训练是真正动手的教学与生产实践活动:① 同学们通过操作设备、制造产品,能克服对机器的畏惧心理,增强自信心和成就感。② 能克服对工业生产恶劣条件的厌恶情绪,缩短与企业的距离,也使同学们在跨入社会前有“一定的工作能力”。在工程训练中,同学们能感受、体验到:成功与失败,迷茫与领悟。③ 能真正了解劳动的艰苦,了解体力劳动与脑力劳动的差别与联系,了解创造财富必须付出艰苦的劳动,使同学们从内心深处尊重劳动人民。

工科学生的根本能力是善于解决实际问题,要说得清,更要做得到。归根到底,工科学生最后必须走向工程、走向产业、走向动手能力,去发现问题、提出问题、分析问题、解决问题。

1.2.4 工程训练的要求

工程训练是同学们第一次接触工程,是培养学生工程实践能力的“初级阶段”,所以要求学生以劳动者的身份去经历、去感受工程,把自己置身于真正的企业之中,学习基本操作技能,提高动手能力,培养劳动观念和吃苦耐劳的精神。要注意对实习教材的预习与复习,按时完成实习报告;必须遵守学生守则和安全操作规程,建立安全意识、提高安全防范技能,确保人身和设备的安全;在企业的设备、管理、运行、工艺等方面积累感性认识,培养理论联系实际的能力。

1.3 机械工程发展简史与现状

机械始于工具,工具是简单的机械。人类最初制造的工具是石刀、石斧和石锤。现代各种复杂精密的机械,都是从古代简单的工具逐步发展而来的。古代由于交通不便,文化交流很少,世界上几个基本独立的文化区域,如东亚、南亚、西亚和欧洲的机械发展情况各不相同。

中国是世界上机械发展最早的国家之一。中国古代在机械方面有许多发明创造,在动力利用和机械结构设计上都有自己的特色。许多专用机械的设计和应用,如指南车、地动仪等,均有独到之处。

中国古代机械起源早,发展较快。公元前 221—220 年,就已基本形成了中国古代的机械工程技术体系。

我国古代出现了许多杰出的机械制造家,如马钧、祖冲之等,其设计和制造的机械种类多、水平高、创造性强。在机械加工、农业机械、纺织机械、印刷机械、交通机械、军事机械、造船和仪器制造等多方面都走在了世界的前列,对人类文明做出了极有价值的贡献。不少机械传到了国外,对世界科学技术的发展产生了一定的影响。至 13—15 世纪,中国的传统机械进入全面发展并达到鼎盛时期,这也是中国机械史上的繁荣时期。

16 世纪,西方进入文艺复兴时期,西方各国先后发生了资产阶级文化运动,同时西方出现一批成就卓越的科学家,如意大利的达·芬奇、英国的牛顿等,西方的机械科技水平得到了很大的提高。16 世纪后半叶,中国机械工程技术的发展速度慢了下来,但仍保持着较高的水平。西方在机械原理、制造工艺等方面已经赶上并开始超过中国。16 世纪末至 18 世纪初,西方科技开始传入中国,遗憾的是,中国当时搞机械设计和制造的大多是没有文化的工匠,他们难以掌握西方的新技术,没能及时跟上。

从 18 世纪起,中国进入清朝时代,采取的是闭关自守的政策,从而中断了与西方科技的交流。同时,由于封建专制的加强,中国资本主义萌芽的发展受到了极大的限制。中国机械工程的发展停滞不前,在这 100 多年内中国没有出现多少价值重大的发明。而这时正是西方资产阶级政治革命和产业革命时期,西方的机械科学技术飞速发展,远远超过了中国。这样,中国机械的发展水平与西方的差距急剧拉大,到 19 世纪中叶已经落后西方 100 多年。

1840 年的鸦片战争打开了中国闭关自守的大门,西方近代机械科学技术

开始传入中国,在中国投资建厂,同时,我国兴起了工程教育,包括翻译机械科技书籍、编写机械工程著作、进行机械工程研究、建立机械工厂,并派出专攻机械工程的留学生。

1949年新中国建立后,中国机械工业的发展进入了新的时期。新的社会制度推动了机械科学技术的发展。我国很快能够自行设计和制造汽车、飞机、轮船等现代机械,改变了旧中国以修配为主的状态,并陆续建立了机床、工具、通用机械、仪表,电气传动,汽车、内燃机等600多个专业研究设计机构和科研院所,解决了不少机械工业中的重大科技问题。我们还取得了以“两弹一星”、载人航天、杂交水稻、陆相成油理论和应用、高性能计算机、人工合成牛胰岛素、基因组研究等为标志的重大科技成就,显著增强了我国的综合国力和国际竞争力,逐步缩小了与发达国家的差距。

目前,机械制造业的主流装备——数控机床成为市场的热门商品,部分高档数控机床(如五轴连动的数控机床)仍被当作战略物资,在国际市场上受到禁运。数控机床反映了一个国家的技术、经济和综合实力,是各种武器装备最重要的制造手段和国防军工装备现代化的重要保证。我国数控机床的发展经过30余年的艰苦努力,从成长期进入了成熟期,目前可供市场的数控机床有1700余种,在范围上,我们可以与日、美、德、意并驾齐驱;在质量上,也有较大的提高,受国际禁运的数控五轴联动机床,我们不但能自己生产,还推向国外市场;六轴五联动、七轴五联动、七轴六联动、九轴五联动的数控机床也进入批量生产,数控机床平均年增长34.8%,部分高档产品达到世界先进水平。中国在这一时期的机械科学技术的成就是巨大的,发展速度之快、水平之高也是前所未有的,但与国际顶尖水平相比还是有较大的差距。可以比较一下:美国,1958年生产出世界上第一台加工中心,随后是德国、日本。中国在1974年才有了自己的加工中心。

当前,我国科技的总体水平同世界先进水平相比仍有较大差距,主要表现为:关键技术自给率低,发明专利数量少,自主创新能力不强,特别是企业核心竞争力不强;在一些地区特别是中西部农村,技术水平仍比较落后;高新技术产业在整个经济中所占的比例还不高,产业技术的一些关键领域存在着较大的对外技术依赖,不少高技术含量和高附加值产品主要依赖进口;科学研究实力不强,质量不够高;科技投入不足,体制机制还存在不少弊端。

同样,我国的机械工程技术水平与世界先进国家相比还有不小的差距。中国已进入世界制造业大国(非强国),出口为世界第四,但仔细分析一下,它是以轻工为主,其中玩具约占75%、空调约占30%、洗衣机约占25%、冰箱约

占 20%，而重工业，如汽车生产行业，中外合资和利用国外核心技术的约占 90%，75% 关键部件依靠进口。全球 500 强中，美国约占 31%，日本约占 29%；中国只有 20 余家企业进入世界 500 强。

回顾机械工程发展的情况，有两点需要说明：

(1) 中国的机械行业在世界上取得过辉煌的成就，从公元 5 世纪到 15 世纪，这相当长的时间里，是西方所望尘莫及的。16 世纪西方文艺复兴后，在世界科学技术加速发展时，由于我们故步自封而落后于世界，并被远远地甩在了后面。所以，当代的大学生要有社会责任感，勤奋学习、发愤图强、为国家的强盛而努力。

(2) 人文、艺术修养有利于业务能力的发挥，如达·芬奇，他既是画家，又是科学家和发明家。所以，我们的工科大学生应加强自身的人文、艺术方面的修养，比如在选修课程时，应有意识地选修本专业以外的课程，同时注意参加学校各个方面的讲座

当然，我们中华民族拥有 5000 年的文明史，中华文化博大精深、兼容并蓄，更有利于形成独特的创新文化。只要我们增强民族自信心，坚持科学发展观，实施科教兴国战略和人才强国战略，奋起直追、迎头赶上，经过 15 年乃至更长时间坚韧不拔的艰苦奋斗，就一定能够创造出无愧于时代的辉煌科技成就。

1.4 国内外工程训练概况

1.4.1 法 国

法国特别重视对学生进行综合性的工程素质的培养，学生除了在校完成一批高质量的实验外，还有长达半年的时间到企业进行工程教育。这类高校在企业中的工程训练落实得非常好，而且带有职业性的专业方向。学生在企业的工程训练时间一般情况是大一 1 个月，大二 2 个月，大三 3 个月；有的训练带有毕业设计或研究生课题的性质。有的还专门有一个月的时间让学生作为普通工人参加生产活动，例如汽车流水线上的生产。而且学生不仅可以到国内的大、中、小型企业实习，还可以到跨国公司，甚至到国外的企业进行数月甚至长达一年的实习。学生在企业实习时，企业管吃管住，并从第二年开始，当学生能为企业做些工作时，企业发给学生半薪。因为企业需要一批年轻的助理工程师，同时，企业可以从税收上得到国家的优惠政策。学生返校后，学