



21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械工程学科导论

宾鸿赞 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械工程学科导论

宾鸿赞 主编

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书为 21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材。

本书以八个专题内容编撰而成,结构新颖、内容前沿,反映了本专业的最新科技动态,多方位开拓了学术视野,明确了专业的工程应用前景。全书共分八讲:第 1 讲介绍机械工程学科的现状与发展趋势;第 2 讲为数字化设计导论;第 3 讲介绍数控技术及其应用;第 4 讲介绍现代(先进)制造技术;第 5 讲介绍机器人及其应用;第 6 讲介绍现代制造系统及其应用;第 7 讲介绍精密测量与精微机械;第 8 讲介绍学生的能力结构与机械工程教育知识体系。

本书可作为高等工科院校机械工程及自动化、机械设计制造及其自动化专业的“学科(专业)概论”课程的教材,也可作为普通高等院校其他相关专业的教材或参考书,亦可供从事机械制造的工程技术人员与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程学科导论/宾鸿赞 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2011.7
ISBN 978-7-5609-7185-8

I. 机… II. 宾… III. 机械制造-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129339 号

机械工程学科导论

宾鸿赞 主编

策划编辑:刘 锦 万亚军

责任编辑:姚同梅

封面设计:潘 群

责任校对:刘 竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉中远印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:13.25

字 数:287 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:24.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编审委员会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济 李培根
 (科学院院士) (工程院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
姜 楷	殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 刘 锦 徐正达 万亚军

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了机械设计制造及其自动化专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师和学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械控制基础》、《机电传动控制》、《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机

机械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用,现在看来,这一目标很好地达到了,让人倍感欣慰。

李白讲得十分正确:“人非尧舜,谁能尽善?”我始终认为,金无足赤,人无完人,文无完文,书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩,但毫无疑问,这套书中,某本书中,这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足,必然会存在。何况形势总在不断地发展,更需要进一步来完善,与时俱进,奋发前进。较之9年前,机械工程学科有了很大的变化和发展,为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,对这套系列教材进行了全面修订,并在原基础上进一步拓展,在全国范围内约请了一大批知名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要,十分及时,修订工作也极为认真。

“得时后代超前代,识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的成绩,是众多机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信,对于这次计划进行修订的教材,编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上,结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势,广泛听取使用者的意见与建议,将教材凝练为精品;对于这次新拓展的教材,编写者也一定能吸收和发展同类教材的优点,结合自身的特色,写成高质量的教材,以适应“提高教育质量”这一要求。是的,我一贯认为我们的事业是集体的,我们深信由前贤、后贤一定能一起将我们的事业推向新的高度!

尽管这套系列教材正开始全面的修订,但真理不会穷尽,认识决无终结,进步没有止境。“嚶其鸣矣,求其友声”,我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教,及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士



20世纪90年代,华中科技大学机械科学与工程学院组织部分博士生导师为“机械设计制造及其自动化”专业的本科生开出了“学科(专业)概论”课,16学时,1个学分,该课共分8讲,每讲由一位博士生导师讲授两学时。经过这些年来的实践、完善,有必要将讲授内容编印成册,作为本科生的学习用书,取名为《机械工程学科导论》。

课程开设之初,我国的机械制造业处于效益不佳的低潮状态,大学的相应本科专业也缺乏对学生的吸引力。为了改变这种较被动的局面,激发学生的学习积极性,我校机械科学与工程学院决定为学生开设介绍机械制造领域若干学科方向的系列讲座,以突出其对推动国民经济又好又快发展作出的贡献,阐述其发展动态,并将该领域在国内的发展状况与国际先进水平对比。为此,学院调动了相关专业的教师开设讲座。先后担任过讲授任务的有杨叔子、李柱、钟毅芳、师汉民、熊有伦、宾鸿赞、蔡力钢、李培根、吴昌林、邵新宇,目前正在讲授的教师依次为杨叔子、陈立平、唐小琦、宾鸿赞、熊蔡华、饶运清、康宜华、吴昌林。从每位学生撰写的听课总结报告(作为考核依据)的内容来看,该课程对开拓学生的视野、增强学生的专业情感、激励学生的创业热情起到了一定的作用。

本书为“学科(专业)概论课”的配套教材,不涉及工程力学、流体力学、材料及其成形技术、能源动力等方面知识,主要内容分为8讲。

第1讲为机械工程学科的现状与发展趋势(杨叔子、吴波撰写),从制造技术的发展历史、现状与趋势,归纳出“精”、“极”、“文”、“绿”、“快”、“省”、“效”、“数”、“自”、“集”、“网”、“智”十二个字,并阐述了其所代表的内涵。

第2讲为数字化设计技术导论(陈立平撰写),指出设计是创新的灵魂,论述了数字化设计技术的综合性、多样性、协同性和集成性,阐述了人工智能、IT技术对数字化设计的影响,介绍了几何建模、功能建模、多领域物理统一建模的技术及发展状况。

第3讲为数控技术及其应用(唐小琦、李斌撰写),介绍了数控技术的战略意义、数控系统的组成、数控技术的发展趋势,以及我国数控技术的现状。

第4讲为现代(先进)制造技术(宾鸿赞撰写),介绍了现代制造技术的内涵,对分层制造、精密和超精密加工、高速切削加工、可持续制造、虚拟制造和制造业的信息化等方面进行了讨论。

第5讲为机器人及其应用(熊蔡华撰写),介绍了机器人的构成、发展历程和发展

趋势,阐述了机器人的类型及其应用。

第6讲为现代制造系统及其应用(饶运清、邵新宇撰写),介绍了现代制造系统的构成、发展简史和发展趋势,并通过现代制造系统的实例介绍了现代制造系统技术的应用状况。

第7讲为精密测量与精微机械(康宜华、李柱撰写),介绍了测量的作用及当代的测量新技术、计量新标准,并介绍了精微机械与纳米计量学等方面的相关知识。

第8讲为学生的能力结构与机械工程教育知识体系(吴昌林撰写),着重介绍机械设计制造及其自动化专业学生的能力结构,以及如何通过教学计划所列的课程构建学生的知识体系,培养其工程能力。

各讲的撰写风格不求统一。

为开设本课程,宾鸿赞、吴昌林、吴波做了大量的组织、安排、协调工作。我校机械科学与工程学院的李爱文、李汉英、邹瑞梅、谭琼等做了精心周到的教务工作,对促成本书的面世起到了重要作用。本书成书过程中,谭琼在处理本书内容安排、加快成书进度等方面付出了辛勤的劳动,作出了贡献。在此,特向他们致以诚挚的谢意。

此外,还要感谢华中科技大学出版社的大力支持,感谢各位编辑的无私奉献。

书中不当之处,敬请读者赐言。

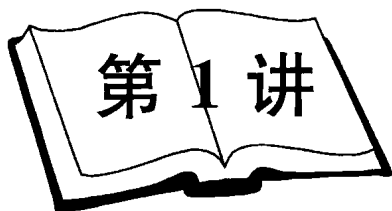
编者

2010年5月于华中科技大学



第 1 讲	机械工程学科的现状与发展趋势	(1)
1.1	制造的战略地位	(1)
1.2	制造的发展简史	(3)
1.3	制造的发展现状	(5)
1.4	制造的发展趋势	(6)
1.5	制造的发展战略	(14)
1.6	以人为本——树立制造业发展的新观念	(16)
	参考文献	(19)
第 2 讲	数字化设计技术导论	(20)
2.1	数字化设计技术解构	(21)
2.2	几何建模技术的现状与发展	(29)
2.3	功能建模与分析技术	(31)
	参考文献	(41)
第 3 讲	数控技术及其应用	(43)
3.1	数控技术是国家安全的保障	(43)
3.2	数控技术的发展历史	(44)
3.3	数控技术的基本概念	(45)
3.4	数控技术的发展趋势	(59)
3.5	我国数控技术的发展及产业化进程	(63)
	参考文献	(74)
第 4 讲	现代(先进)制造技术	(75)
4.1	引言	(75)
4.2	先进(现代)制造技术	(81)
4.3	分层制造	(84)
4.4	精密和超精密加工技术	(91)
4.5	高速切削加工技术	(98)
4.6	可持续制造技术	(102)

4.7	虚拟制造	(106)
4.8	制造业的信息化	(109)
4.9	小结	(113)
	参考文献	(114)
第 5 讲	机器人及其应用	(115)
5.1	机器人的发展历程	(115)
5.2	机器人的应用	(116)
5.3	机器人的主要类型	(134)
5.4	机器人的发展趋势	(137)
	参考文献	(137)
第 6 讲	现代制造系统及其应用	(140)
6.1	制造系统的基本概念	(140)
6.2	制造系统的发展历程与趋势	(146)
6.3	现代制造系统实例	(157)
	参考文献	(164)
第 7 讲	精密测量与精微机械	(166)
7.1	测量的意义	(166)
7.2	精密测量	(167)
7.3	大尺度与视觉测量	(171)
7.4	计量标准	(174)
7.5	钟表与精密机械	(175)
7.6	精微机械	(177)
7.7	纳米计量学	(179)
7.8	集成电路装备中的精微机械系统	(182)
	参考文献	(187)
第 8 讲	学生的能力结构与机械工程教育知识体系	(188)
8.1	科学、技术、工程与能力培养	(188)
8.2	学生能力结构	(190)
8.3	机械工程教育知识体系	(193)



机械工程学科的现状与发展趋势

杨叔子 吴波

1.1 制造的战略地位

一般认为,人类文明有三大物质支柱:材料、能源与信息。其实,应是四而非三,制造也应是一大支柱。可以说,没有制造,就没有人类。恩格斯在《自然辩证法》中讲到:“直立和劳动创造了人类,而劳动是从制造工具开始的。”的确,可形象地讲,人是从制造第一把石刀开始的。毛泽东在《贺新郎·咏史》一词中,一开始就讲:“人猿相揖别,只几个石头磨过,小儿时节。”

应该说,制造业是“永远不落的太阳”,是现代文明的支柱之一。它既占有基础地位,又处于前沿关键地位,既古老,又年轻;它是工业的主体,是国民经济持续发展的基础;它是生产工具、生活资料、科技手段、国防装备等及其进步的依托,是社会现代化的动力源之一。

物质财富是人类社会生存和发展的基础,制造是人类创造物质财富最基本、最重要的手段。制造业是全面建设小康社会、加速实现现代化的第一大支柱产业。在美国,制造业为国民收入贡献了60%以上的财富。宋健同志指出,不管一个国家如何发达,其国内生产总值中80%以上都直接或间接与物质生产和消费密切相关,即同制造业有关。中国工程院提供的《新世纪的中国制造业》中指出,2000年,我国的制造业直接创造产值占国民生产总值的1/3,增加值约占全国工业的4/5,上缴税金占国家财政收入的1/3以上,出口额占全国贸易总额的90%,提供了8043万个就业岗位,制造业从业人员约占全国工业从业人员总数的90.13%。以上数据显示,要进入小康社会,要建设强大国家,必须发展制造业。我国要实现新型工业化,核心是要实现在制造业中广泛采用先进制造技术。

在制造业中,机械制造业尤其是装备制造业担负着为各行业、各部门提供装备的重要任务,它是国民经济发展的基础,而机床制造业又是装备制造业的心脏。马克思在《资本论》中有一段名言,至今仍熠熠生辉:“大工业必须掌握这特有的生产资料,即机器本身,必须用机器生产机器。这样,大工业才建立起与自己相适应的技术基础,

才得以自立。”生产机器的机器,我国称为机床或工作母机;英文叫 machine tool,机器工具,有道理;德文叫 werkzeugmaschine,工具机器,更有道理。可以说,没有制造业,就没有工业;而没有机械制造业,就没有独立的工业,即使制造业再大再多再好,也受制于人。也可以说,我国作为一个大国,如果没有强大的装备制造业,特别是同高科技相应的机床制造业,就不可能有独立自主的制造业与工业。

制造业是高技术产业的基础,制造产品是高技术的载体。没有制造业,就没有高技术。信息技术、微电子技术、光电子技术、纳米技术、核技术、空间技术、生命技术等莫不与制造业有关。譬如,电子制造中所要求的高精度(控制精度趋于纳米级,加工精度趋于亚纳米级)、超微细(芯片线宽向 100 nm、运动副间隙向 12 nm 以下发展)、高加速度(芯片封装运动系统的加速度向 12g 以上发展)和高可靠性(芯片千小时失效率要求小于 $1/10^9$),如果没有尖端的制造装备及相应的技术,就无法达到如此高的技术水平。我国光电子制造的关键装备几乎全靠进口,尖端制造装备及技术正是西方对我国实行技术封锁的重点所在。例如,在信息化日益发展的今天,计算机、微电子产品在信息化中起着特别重大的作用,芯片的重要性不言而喻。而我国可以说是一个无“芯”国家,自给率小于 20%,自主开发率约 5%,目前这种状况虽有所改善,但是基本态势没有改变。其关键就是我国目前制造不出生产芯片的装备。形势是严峻的,制造业、特别是装备制造业如此重要,所以在党的十六大、十七大报告中,都强调了制造业的发展,特别是装备制造业的发展。

制造业还是国家安全的重要保障,现代尖端军事装备及国防安全技术都要靠先进制造技术来提供。从根本上来讲,这必须依靠自己,绝对不能寄希望于国外。现代战争已进入“高技术战争”的时代,武器装备的较量在相当意义上就是制造技术和高技术水平的较量。一个国家若没有精良的装备,没有强大的装备制造业,就没有军事和政治上的安全,经济和文化上的安全更受到巨大威胁。

由上可知,制造业是国家的基础性、支柱性、前沿性与战略性产业。高度发达的制造业,对内是实现新型工业化、加速实现现代化的必备条件,对外是衡量国家竞争力的重要标志,是决定一个国家在经济全球化进程中国际分工地位的关键因素。可以说,没有制造,就没有一切。

制造业绝不是“夕阳产业”,但在制造技术中确有“夕阳技术”,它是同信息化大潮格格不入的技术、同高科技发展不相应的技术、缺乏市场竞争力的技术,甚至还可能是危害可持续发展的技术。十七大报告中提出“发展现代产业体系,大力推进信息化与工业化融合,促进工业由大变强,振兴装备制造业,淘汰落后生产力”。中国要实现小康,必须有一个现代化的产业体系。在现代化产业体系里需要促进信息化和工业化的融合。没有工业化就没有信息化,没有信息化则工业化就无法继续发展,就无法实现现代化。

1.2 制造的发展简史

人类文明是从制造第一把石刀开始的。与此同时,也就开始了制造工艺过程。对劳动中的原始人而言,手是执行装置,用以操作生产工具——石刀;感觉器官是检测装置,感受着制造过程中的各种信息;人脑是中枢控制装置,对所获得的信息进行分析、比较,作出判断、决策,如图 1.1 所示。由此可见,即使在极为原始的制造工艺过程中,也已经有执行、检测、控制诸环节,它们构成一个制造工艺过程的控制系统。

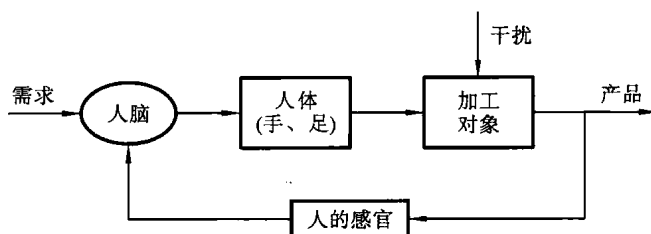


图 1.1 原始制造工艺系统

在制造工艺不断发展的过程中,一个明显的特点是,人逐步从对制造过程诸环节的直接参与中解脱出来。即首先是从加工(执行)中,其次从检测中,最后是从直接的控制中解脱出来。伴随这一解脱过程的是,制造赖以进行的基础由本能与经验逐步转移到理性与科学上来,可以说,制造过程发展的历史也是人们对制造过程规律性的认识逐步深化的历史。促进这一解脱过程的,首先是材料科技、能源动力科技和信息科技的发展、进步与革命。这一历史发展的主要线路是:从对制造过程片面的局部的认识,发展到系统的认识;从对制造过程的每一环节只作为一个孤立的环节来认识,发展到作为一个大系统中的子系统来认识;从对制造过程的每一环节静态的定性认识,发展到动态的定量认识。而在这一发展过程中,材料科学、能源动力科技和信息科技的每一次革新,都或多或少地并且不可忽视地促使制造过程、制造工艺、制造技术尤其是制造思维朝着系统化、自动化、集成化、信息化乃至智能化方向迈进,促进制造的发展与变革,并逐步减轻人的体力、脑力劳动和挖掘人的聪明才智,使人有更多的机会与精力来驾驭制造。当然,没有制造技术的发展,也就没有材料科技、能源动力科技和信息科技等一切科技的发展。

下面以切削加工的制造过程为例来回顾制造技术的发展史。

首先,材料的发展、冶铜炼铁的发明,促使金属工具出现,从而使得工具与加工对象之间的相互作用强度剧增,人手直接作为执行装置已难以使金属工具充分发挥作用,也难以承受如此高强度的作用,因而产生了机构、机器。这样,人脑所作的判断与决策才得以很好地实现,但机构、机器的操作仍然有赖于人的体力,如图 1.2 所示。

能源与动力科技的发展,直接解放了人的体力,加快了机器的工作速度与强度,

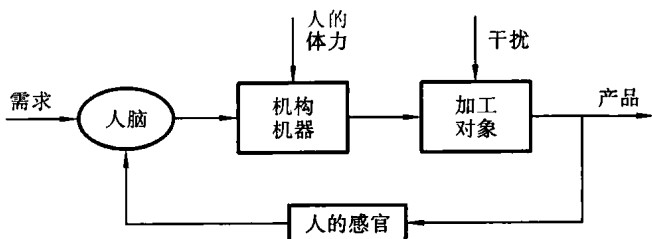


图 1.2 材料的发展、金属工具的出现所引起的制造的变革

使其达到了以人的体力作为动力时不可比拟的程度。尤其是蒸汽机的发明、电力的应用、能源的革命，带来了加工设备包括机床的飞速发展，制造能力、制造质量和制造效率得到极大提高。与此同时，出现了取代人的直接感觉器官的各种检测工具，如图 1.3 所示。

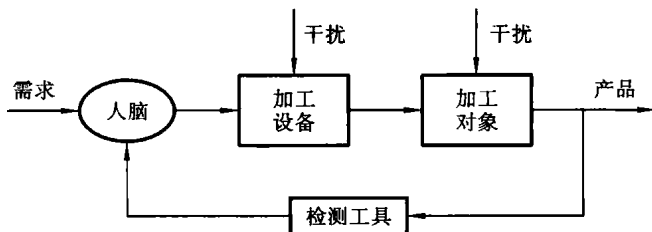


图 1.3 动力机械、加工设备的出现所引起的制造的变革

进入 20 世纪，电气技术、电子技术、自动检测装置以及液压、电气随动技术与其他先进技术相继采用，部分地取代了人的控制作用，如图 1.4 所示。典型的是由单机自动化发展到自动化生产线，形成了大批量生产模式，制造效率得到空前提高，也因此带来了生产管理上的一场革命。

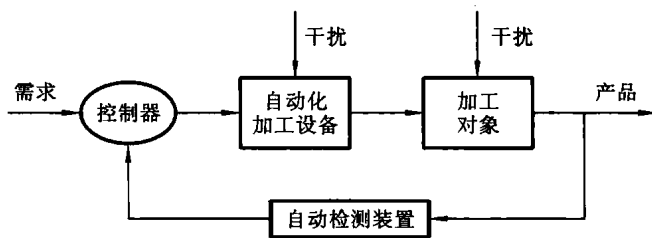


图 1.4 自动化装置的出现所引起的制造的变革

20 世纪中后期，微电子技术，特别是计算机的出现与发展，给人们提供了强大的技术手段。计算机开始取代人参与对加工过程的控制，如图 1.5 所示。计算机技术同制造技术相结合，还赋予有关设备以不同程度的“人工智能”，譬如：数控机床不仅可以按程序加工，而且还可根据加工情况自行调整结构与参数，进行适应控制；生产线不仅可以完全自动，而且还可以根据供销情况自行调整产品，进行“柔性生产”，对制造过程或制造系统的“全信息”（包括设备状态信息、制造过程信息、制造环境信息

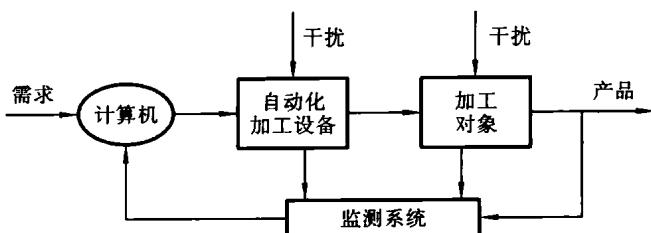


图 1.5 计算机的应用所引起的制造的变革

乃至订单信息和客户要求与市场反馈信息等),监测系统也因此得以发展。

应当指出,前面所讲的只是加工过程。其实,对制造而言,制造过程不只是加工过程,还包括“加工前”(包括构思、决策、规划、设计等)、“加工中”(包括加工、装配、包装等)、“加工后”(包括营销、服务、咨询、维修、使用等)这三部分。“加工前”是先天,先天失误,一切皆空;“加工中”是后天,后天失误,先天作废;“加工后”是根本,根本失误,前功尽弃。此外,制造过程必须包括整个生产的组织与管理。因为整个生产组织与管理同生产过程一起,组成了一个不可分割的制造系统,现代制造工艺的概念正是建立在研究这样一个系统的基础之上的。计算机集成生产系统(CIMS)的研究,正是现代制造工艺概念的集中反映。尽管制造过程从原始制造工艺发展到今天甚至包括跨地区的若干企业的动态联盟,但“前”、“中”、“后”的本质未变,只是其内涵变得极为丰富、深刻与系统了。

1.3 制造的发展现状

当今的制造早已不是单纯指传统的制造技艺,也不仅代表制造技术,而是正在发展成为制造科学。制造科学已成为多学科交叉的学科,制造活动的社会性、制造系统的开放性,决定了制造科学的综合性。制造科学不可能在孤立、封闭的状态下发展,必然走兼采百家之长、交叉融合的道路。现代物理、数学、化学、生命、信息、材料、管理和系统等科学的发展,为制造科学不断提供着新的推动力,也不断丰富着现代制造科学的内涵和外延。所谓的先进制造技术,其实就是制造技术加信息技术和管理科学,再加上有关的科学技术而交融形成的,体现着制造科学的先进制造技术。先进制造技术就是这么一个交融的技术,它生气勃勃地适应并占领了现代制造业市场。

先进制造技术是工业发达国家的国家级关键技术和优先发展领域。有些国家从 20 世纪 90 年代开始,就已陆续开展相关重大科技计划,如美国的先进制造技术计划、关键技术(制造)计划、敏捷制造使能技术计划,日本的智能制造技术国际合作计划,欧盟的尤里卡计划、信息技术研究发展战略计划,德国的制造 2000 年计划,韩国的高级先进技术国家计划(G-7)等。

我国是制造大国,但不是制造强国。我国的发电设备、机床、汽车、电子制造等产品产量均居世界前列,却没有一家装备制造企业在技术上能跻身世界 500 强之列。

许多高新技术我国尚未掌握,许多重大装备我国不能自主制造,缺乏自主创新能力,关键装备大多依赖进口。例如,光电子制造设备的 100%、IC 制造装备的 85%、高档数控机床的 70% 需靠进口,原创性的技术和成果缺乏,企业的核心竞争力不足,制造科学基础研究相对薄弱。

国家中长期科学和技术发展规划纲要中,第四部分是“重点领域与优先主题”(共 12 个领域 62 项以上主题),在这部分的 12 个领域中,制造业为第 5 个领域,共有 8 项主题:①基础件和通用部件;②数字化和智能化设计制造;③流程工业的绿色化、自动化及装备;④可循环钢铁流程工艺与装备;⑤大型海洋工程技术与装备;⑥基础原材料;⑦新一代信息功能材料及器件;⑧军工配套关键材料及工程化。先进制造技术也是纲要第五部分“前沿技术”的八大技术之一。而作为纲要第六部分的“面向国家重大战略需求基础研究”中也列入了“极端环境条件下制造的科学基础”。可以说绝大多数项目都同制造、特别是机械制造密切相关。

1.4 制造的发展趋势

由于科学技术的突飞猛进、日新月异,现代的制造业市场大致表现出五大特征。第一是买方市场。这是科学技术与生产力发展的必然结果,卖方市场已成为过去。第二是多变性市场。由于科技发展快,技术更新快,产品换代快,如微电子产品半年到两年就得更新,从而产品非大量化、分散化、个性化的生产越来越强,市场越来越大,竞争日趋激烈,不确定因素猛增,市场变化很快。第三是国际化市场。市场打破国界,走向区域化,走向国际化,WTO 与各种区域经济组织应运而生、应运而兴。第四是新兴产品市场。这不仅涉及对传统产品用高新技术加以改造与发展而成的产品,而且涉及前所未有的新类型的产品,从而导致如技术、软件、环保等产业的出现,在第三产业中更是如此。第五是虚拟市场。信息化的进一步发展是网络化,网上的产品广告、商品展示、商品交易、客户关系、代理制等均属于虚拟市场。

与此市场相应,制造业企业大致有六大特征。第一是满足“客户化”要求,这是最根本的,是买方市场必然导致的结果,“顾客就是上帝”,企业一切为了客户。第二是对市场的快速响应,对生产的快速重组,从而要求生产模式必须有高度柔性,有足够的敏捷性,这是客户化必然导致的结果,而信息技术与管理科学为此提供了主要的保证。第三是既竞争、又合作地参与市场活动,走向“双赢”、“多赢”。著名的“纳什方程”(纳什均衡理论)给出的结论是,市场竞争的结果不一定是或“鱼死”,或“网破”,或“两败俱伤”,而可以“双赢”,其基础是诚信。网络化为这样的竞争提供了更有利的条件。第四是本土化与国际化交互,走向全球化,既竞争、又合作,自然促进朝这一方向的发展。第五是应用虚拟技术,以加快企业有关活动的节奏,提高产品质量,节约成本,及时适应客观变化,这是实现以上各点之所需。第六是以人为本,加强企业人文文化建设。应该说,这一点正是现代企业成败要害之所在。在科技高度发达与快速

发展的今天,如果只见物、不见人,只见技术、不见文化、不见精神,必将导致企业走入误区,招致严重挫折乃至失败。

对于机械制造业,特别是对于装备制造业而言,除了上述六大特征外,还有四大变化。第一是产品本身的变化,质与量均如此。机械产品在性质上不仅能取代、加强或延伸人的体力劳动,而且涉及脑力劳动。首先是由于信息化,产品有了一定智能,即有了信息感知功能、信息处理功能、信息存储与显示功能以及经整合的整体功能。机械产品的数量上、种类与品种日益繁多,可以说是“无所不包,无孔不入”。第二是增产方式的变化。过去以加大资金投入、加大资源消费、加大人力使用的“粗放”方式来达到增产的目的,现在主要以开发知识资源这种“集约”方式来达到增产的目的。第三是对产品要求的变化。开始是物美、价廉,后来加上了交货期短、服务好,现在还要加上文化含量高。产品不仅是一个工业产品,还应是一个艺术产品,经得起“看”与“想”。第四是学科基础的变化。过去的基础,在理论上是靠力学,在实践上是凭经验,而现在是以多学科、新成就作为基础,而且正努力将制造技术发展、上升为制造科学,以利于制造技术进一步高质、高速、高效地发展。

与科学技术、市场经济的发展相应,先进制造技术,特别是先进机械制造技术有如下十二个方面的发展趋势与特色:“精”是关键、“极”是焦点、“文”是新义、“绿”是必然、“快”是动力、“省”是原则、“效”是追求、“数”是核心、“自”是条件、“集”是方法、“网”是道路、“智”是前景。这十二个方面实质上是指的三个不同方面:“精”的精密化,“极”的极端条件,“文”的人文化,是就产品本身而言的;“数”的数字化,“自”的自动化,“集”的集成化,“网”的网络化,“智”的智能化,是就所采用的制造方法而言的;而“绿”的绿色化,“快”的快速化、“省”的节省化、“效”的高效化,是就制造过程而言的。这三个方面彼此根本不同,但又不可分割,彼此渗透、相互影响,形成整体,并且扎根在“机械”与“制造”的基础上,服务于制造业的发展。朱熹有一名句:“问渠哪得清如许?为有源头活水来!”如果将产品比作渠,制造过程比作水,制造方法比作源,那么,好的产品就是清渠,好的制造过程就是活水,好的制造方法就是高品位的富源。高品位的富源涌出活水,活水流成清渠。正因为如此,我们所要求的是适应时代需要的好的产品,这一好的产品须由适应时代要求的好的制造过程产出,而这一好的制造过程又须靠适应时代发展的好的制造方法实现。但是,与源、水、渠这三者的关系有所不同:第一,它们之间还存在着互动的关系,任何一方面的重大变化或发展,都可能导致其他两方面的重大变化或发展;第二,还有其他因素特别是管理因素同这三者存在互动关系,尤其是管理因素同制造过程的关系很大。然而,从整体上看,对产品本身的要求毕竟处于主导地位。

对产品本身的要求包括“精”、“极”、“文”三点。

(1)“精”——精密化 它一方面是指对产品、零件的精度要求越来越高,另一方面是指对产品、零件的加工精度要求越来越高。有了前者,才要求有后者;有了后者,才促使前者得以发展。制造就是为了生产出产品,产品必须满足要求。对产品的要