

电机工程师在教育 and 科研方面面临的良机和挑战

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN RESEARCH AND EDUCATION FOR ELECTRICAL ENGINEERS

葛守仁

本文是作者在美国加利福尼亚中国工程师学院的一次讲话。作者推荐在本刊发表。

这里我仅就电机工程师面临的研究和教育问题谈谈我的看法。此外,既然是向中国组同事讲话,我想最后专门对中国工程师谈谈我对他们的看法。

展 望

如果展望本世纪末的10年或15年,在重点院校里工程学的研究和教学中最激动人心的领域是什么,我认为,广义上讲应是信息技术。也许再加上制造技术。其实,这两者在一定程度上是互相交叉的,例如,计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM),机器人学和传感器。但是,在美国各大学里,目前在这两方面进行的工作的质量和成熟程度都还差得很远。在信息技术领域,美国仍领先于其他工业国,其中包括日本;而在制造技术领域,美国却相当落后。不论目前的状况如何,我认为:毫无疑问,为了培训必需的人才和开发新的知识领域,全国的工科学院在信息技术和制造技术两方面都要做出优异成绩。在未来几十年内,信息技术和制造技术对于整个社会都是至关重要的。

即使在当今世界里,信息也是以技术为基础的社会成功的关键。信息的交流、处理和运用的速度和效率同样是任何工业国、企业成败的主要因素。对信息的需求是如此之普遍,以致在世界进入“信息时代”时工程学这一领域内的成果可作

为所有其他各领域的基础。因为信息技术又是经济发展和国防的关键,它的健康发展具有极其重要的意义。在信息技术方面,以前美国在世界上处于领先地位,但是目前却面临着外国竞争者的严重挑战。

在经济竞争和产品更新方面,制造技术即使不比设计更重要,也是同等重要的。这种观点与仅仅几年前广为流传的把制造置于设计之下的观点形成了鲜明的对照。最近在美国人们开始认识到需要振兴制造业,以克服日益恶化的贸易平衡。近来,类似“寻找最佳方法(In Search of Excellence)”和“不用生产就能获取利润(Profits Without Production)”的书刊十分畅销。十年前,我任加州伯克利大学工程系系主任时,我们全力以赴,开设机械工程方面的制造工程教学计划,并使其现代化。但是,在一段非常困难的时间里,苦于师资来源不足,所有的优秀毕业生都来自国外——英国、联邦德国、日本和加拿大。即使在今天,在美国仍然没有足够的人去从事“未来工厂”的研究和教学工作。在与微电子科学有关的领域里,情况就更为严重。

一些历史的观点值得我们借鉴。在本世纪上半叶,美国各大学都有关于制造工程的全面教学计划和研究。这些计划促进了大批量生产,使生产率连续增长,并使美国在制造业方面处于领先地位。但是战后在美国,与制造有关的工程学的

葛守仁 (Ernest S. Kuh) 美国加利福尼亚伯克利大学工学院电机工程和计算机科学系教授。

威望显著下降。美国的大学几乎把所有与制造有关的工程教育和研究都摒弃了。幸运的是,这种形势已开始发生变化。但由于师资和设备的匮乏,仍然困难重重。

由于国外在高技术方面的挑战对整个工业和国民经济的影响,近年来政府和工业部门和各大学一起着手进行许多新的教学计划和研究。总统工业竞争委员会的报告称,在充满生机、迅速发展的技术市场中,美国丧失其领先地位的根本原因就是没有把它自己的技术应用到生产上去。报告还指出了基础研究所起的重要作用。

此外,美国科学院对制造和信息技术的研究需要进行了各种各样的研究。我也曾参与其中某些工作。下面我首先着重谈谈制造技术,然后再讲信息技术。

制造技术

在制造技术方面,所要求的是“未来的工厂”。亟待解决的几个关键问题是:灵活性、效率、复杂性和质量。当然唯一的解决办法是采用计算机一体化制造技术。

原始的制造很灵活,完全依靠工匠的手工操作。虽然工具简陋,但是能进行许多种类的操作。所有的生产技术知识都在工匠脑海里。当这种知识不断丰富时,工匠就能够生产出许多不同的产品,有时还可能生产出高质量的产品。但是,这种生产方式的效率低,产品质量不稳定,而且价格昂贵。随着制造技术的改进,灵活性丧失了。加工机器和装配线普遍地提高了生产速度和产品质量,但这是以牺牲灵活性为代价的。因此,当前面临的挑战是在保持大批量生产的高效率和高质量的同时恢复工匠的灵活性,并能生产更为复杂的产品。解决这一问题的关键就是计算机一体化制造技术。

未来的制造技术在进行单件或极小批量生产时,必须与当今的批生产系统具有同样的高效率。大批量生产效率高是因为它以很少的操作使部件和材料通过工厂的所有制造工序,但是这种高效率只局限于生产单一产品的专业化工厂。由于针对每种新产品需对装配线和专用设备进行改装,这需较长的调整时间。只有当生产运行时间长到足以补偿这段调试时间时,这种生产系统才能发挥其高效率。真正的计算机一体化制造系统能将这段时间缩短到可以忽略不计,因为这些变动主要依靠重新编排控制这种系统的计算机程序来完成。这种系统中包含了从产品设计到工艺设计的各种计算机辅助设计软件。

未来的制造技术必须能应付产品和制造过程

更为复杂的局面。传统制造技术的加工工艺主要是机械加工、成形、连接,以及已知特性材料的装配。目前,这些机械加工过程正在被化学和新的成形技术代替和补充:代替模型制造的离子和电子加工,代替切削加工的激光技术和代替抛光的等离子体腐蚀技术。同时不断出现新的和外来的新材料:塑料、陶瓷及复合材料。这些材料以许多意想不到的新方式与加工过程交错,制造技术必须能充分考虑这一切,并有效地加以处理。

装配线和数控机床使产品质量显著提高,但这种提高只有在产品实行标准化时才能实现。制造技术方面的挑战是要在不考虑标准化或长熟练曲线带来效益的条件下,加工尺寸小、精度高的产品时,仍能达到较高的质量。

显然,我们距理想境界还有一段漫长的道路。根本问题是如何开发“未来工厂”必需的科学和工程基础。这个问题并不是象某些人建议的那样,简单地以系统的方法运用已有的技术就可解决,而是要发展真正的制造科学。人们对于这一要求认识不足,这也许是由于以下的普遍误解引起的:认为事物的自然进步是从科学,到工程学,到应用;或者是从基础科学,到应用科学,到发展。事实上,许多历史实例是,技术和工程学走在科学之先,随后才建立科学的基础,最后再在技术上细化。蒸汽机和热力学的诞生就是一个实例。

在制造技术方面也有类似于瓦特蒸汽机的例子。我们完全知道应该把事情做好,但是能做到什么程度要受实际条件的限制。我们也完全知道,在建立一门科学时,首先要弄清关于原理的问题。因此,我们必须象对待其他任何科学一样,以数学模型和物理定律为基础,从头开始发展设计和制造技术。我们还必须总结我们的经验,才能产生概括的见解和方法。这些见解和方法许多都是以人工智能技术为基础的。

信息技术

关于信息技术,对我们(作为电气工程师)中多数人都是熟悉的,无论对问题的性质,还是对问题的分类,因此只简单扼要地谈谈其中一些重要的、疑难的、在今后的几十年中尚需进一步广泛研究的问题。

我把问题分成两部分:一是硬件,一是系统结构和软件。总的说来,在速度加快和功率加强的同时,信息处理硬件在尺寸、重量、价格诸方面都有减小或降低的趋势。软件则越来越趋向复杂。尽管过去的20年中,硬件的复杂性和性能呈几何级数增长,但是我们设计软件的能力并没有迅速提高。我们国家研究的重点应放在软件发展的生

产能力上。

1、硬件

集成电路的发展,要求继续提高超大规模集成电路的存贮密度和逻辑电路的性能。然而,未来大规模通用和科学计算机的成功,还要求在双向设备和处理方法上作出努力。

半导体装置两方面的进展是关键:一是亚微型装置的结构制作方法;二是三维装置和电路。

在信号延迟、功率消耗、寄生耦合诸方面的改进,都需要有比现有技术更为高级的技术。陶瓷和聚合物技术、薄膜冶金学、复合材料结构的机械性能和光学互接,都是亟待研究的课题。

关于磁存储器,则有垂向记录和信号编码技术。在光存储器方面,消除或恢复已存储的信息仍是棘手的难题。

光通讯设备的研究是一个极其重要的领域。能有效地把电信号转变为光信号的特别有发展前途的材料是III-V和II-VI类化合物半导体材料。

为了建立未来的全光通讯系统,需要有光电子设备,包括放大器、滤波器、隔离器、多路传输器和开关。下一个研究阶段是把光器件集成到微型芯片上。

在传感器研究中,迫切需要改善其灵敏度、线性度、波长响应和传感器微型化及集成度。

2、系统结构和软件

由于现在长距离通讯效率日益提高,许多研究已把注意力转向本地的配线涌塞和集中等问题。在本地网络里,计算机算法和软件起着关键性作用。

大型软件系统,例如大型多机操作系统,是迄今由人类设计的产品中一些最复杂的系统。人们设计、编码、测试和改进大型软件系统的能力有所提高,但对这种系统的需求仍然超越了现有的能力。所以急需制定一项旨在有效地发展大型软件系统方法学的持续的基础研究计划,亟待解决的问题是可靠性、测试和检验。对这个问题必须继续予以关注,以适应更庞大、更复杂的系统提出的测试要求。另外还必须发展诸如数据库、信号处理算法一类的技术,以确保大量数据的实时处理。

目前注意力正开始集中到数字计算的非常量定位并行结构上。

人机接口是最明显的模拟量和数字量之间的界面,这方面还需进行基于规则的专家系统、基于学科的系统与自然语言理解方面的研究。

目前机器人学和自动化为信息技术和制造技术提供了良机和挑战。在计算机视觉、人工智能、

决策和控制理论、分散计算的算法以及数据通讯方面的综合研究会导致重大进展。

控制系统研究最关键的要求之一是研究分散控制策略(即在本地传感器信号的基础上确定本地决策变量)。多模式、多准则最优化、稳定和协调是分散控制中的一些基本问题。还需要用于大规模系统的理论。

面对制造技术和信息技术的挑战,政府部门,工业界和大学究竟做了哪些事情呢?

政 府

一年前,全国科学基金会在国家工程科学院的协助下,确定了工程研究中心(Engineering Research Center)革新计划,在工业界参与和支持下,准备在各重点大学里建立25个研究中心,进行工程学领域里正在形成的跨学科的研究。第一年内选择了6个研究中心,其中4个直接进行我所提及的信息技术和制造技术两个领域的研究。

在加利福尼亚大学圣·巴巴雷(UC Santa Barbara)的电子学中的机器人系统研究中心将研究制作半导体装置的自动化新技术。

哥伦比亚大学的电讯工程研究中心将集中进行综合各种通讯传输系统的通讯网络的研究。

马里兰大学的系统研究中心将与哈佛大学合作,研究人工智能和超大规模集成电路在自动控制和通讯系统中的应用。

普杜大学的研究中心将研究智能和一体化制造系统。

本年度将选择5~6个新的研究中心。国防部1987财年预算包含一个资助高风险基础研究、多学科中心、研究设备和研究人员的1亿美元的计划。最近国防部建立了软件工程研究所,在今后五年中将有1亿多美元的预算。由该所进行的研究可望公开,不保密。

工 业 界

总的说来,美国工业界在信息技术和制造技术的应用研究和发展方面已经做了非常出色的工作。但是,在基础研究方面,工业界所做工作仅局限于如贝尔(Bell)实验室和国际商用机器公司(IBM)所作的大量工作中的很小一部分,基础研究中工业界所占比重仅15~20%。半导体和计算机工业界认识到,在信息技术和制造技术的关键领域里,他们需要进行更多的基础研究。两年半以前,成立了一个代表了12个公司的联合体——微电子和计算机技术公司,在从软件和人工智能到包装和连接的七个领域进行长期的研究,目前该公司拥有20多个成员。在那之前不久,已成立了

科研联合体,是一些大的电子和计算机公司的联合体,目前成员已达60个。其宗旨是支持大学从事微结构和计算机辅助设计、计算机辅助制造系统方面的研究。目前科研联合体已经与32所大学签订了研究合同,资助300多名大学生和教师的研究工作。该公司还以每年每个研究中心100多万美元的预算,资助三个最佳的研究中心。一年前科研联合体的董事长拉里·萨姆内(Larry Sumney)就需要长期进行研究的问题提出了以下几个观点:

1、信息技术领域里以前所未有的速度发生着巨大的变化;

2、材料、零部件、设备和系统多层次结构正在合并成两层次或一层次的连续统一体;

3、到1990年定作的设计可望占集成电路业务的60%以上;

4、如果美国要保持它的竞争地位,要求所有各个活动领域竭诚合作并共同负责;

5、随着下一次经济衰退,现存工业结构可能发生根本变化;

6、全新的研究成果需要10年或20年才能进入市场。

大 学

为了体现政府——工业——大学“三驾马车”的精神,目前全国各大学的电机工程、计算机科学和电机工程计算机科学系正在召集大批优秀学生,包括刚入学大学生水平的和大学毕业水平的。目前在电机工程计算机科学方面的教师中流行一个笑话,我们中的大多数人都具有被当前标准认可所必须的等级。教师的研究经费急剧增加。除了前面提到的联邦政府和工业部门的新计划以外,州政府也热衷于支持高等教育,特别是高技术计划。北卡罗来纳(North Carolina),得克萨斯(Texas),明尼苏达(Minnesota)和亚利桑那(Arizona)等州都有相应的计划。加利福尼亚州的MICRO计划已进入第5个年头,这是一项十分有益的计划。国家给UC系统的投资每年达400万美元,与工业界用来支持电子学和计算机科学和应用研究的经费相当。

1、缺乏师资

现在虽然学生、政府,及至全国公众都支持工程学校,但据国家研究委员会最近的研究表明,确实还存在许多问题。最根本的问题是缺乏师资。据估计,大致缺少1 500~6 700名教师。据1983

年工程系系主任们调查,急需补充的师资人数是1 500人。为恢复70年代中期常认为是最佳的师生比例(即17.5)所需要的师资人数是6 700人。从1975年到1981年,大学招生人数增加了65%,而教师人数仅增加10%。以上数字还不包括为替补即将退休的教师所需的人数。工程学校教学和研究的机会有前所未有的,对电机工程和计算机科学来说,这种机会在所有的工程学领域中是得天独厚的。

2、妇女和少数民族

对于妇女和少数民族来说,这种机遇更是难得,但在许多学院里可供选择的学科仍十分缺乏。虽然在大多数工程学校里似乎有相当数量的中国教授,但还不能说过多。如果从全国范围观察,除斯坦福大学外几乎所有重点的电机系都有中国教师。我已要求斯坦福大学电机系主任注意这个问题,我希望这种现象不久将得以纠正。

中国工程师

在我30余年的工作期间,我遇到过数千名中国工程师。从他们的学习过程,或通过他们的工作,对于他们中一些人,我十分了解。他们当中少数人已成为他们所选择的教学和科研专业的领导,或工业部门的经理和企业家。他们做出了不可磨灭的贡献,因此得到了社会公众的承认。只要到硅谷任何一个公司转,你就会看到他们总是在埋头苦干。毫不夸张地说,没有中国工程师的努力,许多公司就不可能搞得那么出色。正如你们大家所知,中国工程师的优点在于勤奋,训练有素,富于创造性,还善于学习。他们不畏繁琐的理论分析,他们是值得信赖的,他们总是把事情办得很好。

但是另一方面,他们也有短处。总的说来,他们不是那种非常自信的人。他们当中的一些人口语和文字表达能力差。他们当中许多人对本专业以外的知识不太感兴趣。他们缺乏冒险和开拓精神。这就是中国工程师在他们作出贡献的大多数组织里的地位并没有显著提高的主要原因。的确,也许仍然存在着歧视现象,但是,如果中国工程师增强自信心,即使确实存在这种歧视,也可能被消除。在今后的10年或20年里,不仅在美国,而且在中国,电机工程师都面临着巨大的挑战和良机。我们可以期待中国人作出更大、更引人注目的贡献。

(肖庆山译,王燕萍、刘先曙校)