

# 集成技术的魅力

朱青松<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院深圳先进技术研究院生物医学与健康工程研究所 深圳 518055)

<sup>2</sup>(中国科学院健康信息学重点实验室 深圳 518055)

<sup>3</sup>(深圳市低成本健康重点实验室 深圳 518055)

**摘 要** 集成技术是一个多学科交叉的综合技术,也是由于计算机、通信、传感器以及装备技术发展一定程度而出现的新型前沿学科,且是科研单位和企业进行自主创新的一种新的模式,更是新产品在研发过程中应对技术变化的一种有效措施。解决现代装备制造业的紧迫任务就是研究和发​​展先进的集成技术,加速信息技术、传感器技术、控制技术在制造业中的集成和交叉。

**关键词** 集成技术; 前沿学科; 装备制造业

## The Charm of Integration Technology

ZHU Qing-song<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup>(*Institute of Biomedical and Health Engineering, Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055*)

<sup>2</sup>(*Key Laboratory of Health Informatics, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055*)

<sup>3</sup>(*Shenzhen Key Laboratory of Low Cost Health, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055*)

**Abstract** Integration Technology is both a comprehensive technology that utilizes the latest achievements in a number of different fields and a new frontier subject whose development goes together with the development of modern computer, communication, sensor, and equipment technologies. It is a new model of self-directed innovation for scientific research institutes and corporations, also an effective approach, due to the progress of new technologies, when new products are being developed. Therefore, a first priority task of manufacturing industry is to research and develop advanced integration technologies, and to promote the integration of interdisciplinary technologies, sensors and control solutions.

**Keywords** integration technology; frontier subjects; equipment manufacturing industry

## 1 集成技术的定义及其内涵

一位美国科学家曾经说过:“意义最重大的技术往往是那些看不见的技术,它们隐藏在日常生活的方方面面,以至于人们视而不见”。在科技发展如此迅猛的今天,集成技术倍受青睐和重视,当之无愧的成为意义最重大的技术之一。随着各种技术的发展和出现,集成技术无疑成为了关键性技术的载体<sup>[1]</sup>。中国

科学院院长路甬祥曾经在阐述技术创新战略思想时明确表示<sup>[2, 3]</sup>“技术创新不仅在于原始性的发明,更在于具有重大价值的集成创新”。因此,对于发展中国家来说,原始性创新固然很重要,但是集成技术创新更有可能成为技术跨越和升级的突破口和切入点。

谈到集成技术,其起源应该可以追溯到十九世纪上半叶英国著名的哲学家、思想家及经济学家约翰·斯图亚特·穆勒,他首次提出了集成技术的雏形,当时他并没有采用“集成技术”这一名词,而是使用了

基金项目:科技部国家基础研究计划(973计划)(2010CB732606)、国家自然科学基金(81171402、30928030)、广东省低成本健康技术创新团队(GIRTF-LCHT)、深圳市基础研究项目(JC201005270312A)等资助。朱青松,现就职于中国科学院深圳先进技术研究院生物医学与健康工程研究所,主要研究方向为计算机视觉基础研究,医疗机器人视觉关键技术研究等。E-mail: qs.zhu@siat.ac.cn。

“生成”或者“涌现”的概念。穆勒区分了“由原因的组合物所生成的混合物”并指出其理论的三大判据，它们分别为：

(1) 一个整体的涌现特征不是其部分的特征之和；

(2) 涌现特征的种类与组成部分特征的种类完全不同；

(3) 涌现特征不能由独自考察组成部分的行为中推导或者预测出来。

真正明确提出“集成技术”概念的是美国哈佛商学院的Marco Iansiti教授。

二十世纪60-70年代是美国半导体行业的黄金发展期，持续不断的新科技革命及伴随而来的科学技术的重大发现和广泛应用，对世界范围内生产力、生产方式、生活方式产生了推动并促进社会发生深刻变革。但是到了80年代末期，美国的半导体工业已危在旦夕，英特尔、摩托罗拉等先后撤出了标准记忆芯片(DRAM)生产领域，以日立、东芝等为首的日本公司异军突起，成为半导体产品的主导研发商，其市场份额也呈现快速增长的趋势。在经历了20世纪80年代的重创之后，一些美国企业如梦初醒，再次将实施“基于集成技术的制造流程问题”提到了企业核心管理层的议事日程。在这种大规模产业转型升级的环境下，Iansiti教授通过对美、日等计算机行业和半导体行业主要产品兴起的实证研究和调查，把许多成功企业的产品研发模式统一概括为“集成技术”。1995年，Iansiti教授提出集成技术的初步定义：“集成技术”就是一种更有效的创新管理方法和规程，它把新旧知识从基础科学到企业的每一个技术细节都联系起来。集成技术就是通过组织过程把好的资源、工具和解决问题的方法进行应用，它为提高研发部门的绩效、性能提供了巨大的推动力，而且也使企业更加有能力应付不连续的技术变化<sup>[4]</sup>。Iansiti教授于1999年又对这一概念做了更加明确的解释，他认为集成技术是对那些在研究阶段被开发出的、并将在开发阶段中被采用的一系列技术的研究、评价和精炼过程。由此不难看出，Iansiti教授提出的“集成技术”概念仅仅集中于单个组织的产品研发过程，侧重于创新的技术端。

那么集成技术在科技日新月异的今天又是指的什么呢？首先，集成技术不能理解为一些特定技术的相加、叠加或者组合，而应该理解为将若干个子系统、部件、元件，以新的形式有机组合起来形成全新的单元。集成后的系统，它不但在功能上是全新的、而且在性能上也

达到全新，所获得的价值也应该是全新的<sup>[1]</sup>。这个定义完全可以上升到马克思哲学中所讲的整体与部分的辩证统一关系上来，引起人类对整个客观世界的认识观念上产生深刻变化，给予社会实践以巨大的影响。按照马克思辩证法理论，作为零部件的个体和集成后的整体通常存在着以下三种情形：

(1) 整体具有部分根本没有的功能；

(2) 当集成到整体的各个元器件以有序、合理、优化的结构形成整体的时候，整体就具有全新的功能，此时整体的功能就会大于各个元器件的功能之和；

(3) 当集成到整体的各个元器件以无序、欠佳的结构形成整体的时候就会损害整体功能的发挥。

另外，古希腊伟大哲学家柏拉图(Plato)也曾从哲学的高度阐述了整体的划分种类<sup>[5]</sup>：一种是“部分的总和”的整体，另一种是“与部分总和不同”的整体。这进一步说明了单一元器件或者子系统(部分)与集成后的新系统(整体)之间的辩证统一关系。

集成技术虽然含有“集成”的操作，但是绝不是将几个子系统简单地组合在一起，而是形成一个全新的系统，采用全新的功能、全新的性能指标和评估标准。集成技术融合每个子系统的特点，构建成一个包含了每个子系统全部功能的新型的综合系统。这一全新的系统无法在原有的子系统或元件上进行度量，而又与原有的子系统或元件以及它们之间的关系密切相关，这就构成了集成技术的基本内涵，其主要体现在三个方面：

(1) 集成系统的功能最优化

每个子系统与元件都不同，性能指标也不同，如果进行集成，需要考虑匹配以及如何产生匹配后的最佳效果，将每个子系统的性能调整到最好，使系统的配合达到最佳状态，也就是功能最优化问题。

(2) 集成系统的智能化

集成后的系统都希望具有智能化。在人工智能技术、人机接口技术及可视化技术快速发展的大背景下，系统朝着高速、高精度、高效化的方向发展，使集成系统智能化的目标成为可能。

(3) 人与机器的交互集成

大多数机器集成设备往往忽略了一个关键的因素，即人的因素。只考虑机器本身的性能，包括速度、精度、稳定性、可靠性等。但毕竟大多数机器包括无人机等等都是由人直接或者间接操纵的设备，如何在新系统的集成设计与评估过程中把人的因素考虑进来，并在设计的过程中最大限度地实现

人与机器的友好无缝交互将成为未来的一个极富挑战性的研究课题。

如今,随着科学技术的不断发展,产品的科技含量也不断提高。日益增长的科技产品仅靠单一的技术已经难以完成了,产品出现的问题仅靠单一的技术也无法从根本上解决问题。产品的单一性逐渐消失,正日益呈现出一种复杂性的趋势。

集成技术的采用犹如现代化战争,要求军队实现从单兵种作战到多兵种协同作战的转变。采用集成技术理念,不仅可以设计出许多新颖性的创新产品,还可以极大地提高劳动生产率,缩短设计生产周期,降低生产成本,保证产品的品质,并完成靠单一技术无法完成的复杂工程等。国内也有一些采用集成技术的生产方式,但并没有形成规模,即使使用了也并没有采用集成技术的这个概念。需要在国内企事业单位广泛的推广集成技术的概念。在集成技术的实际应用方面,美国取得了领先位置。一个典型的例子是,美国波音公司应用现代集成技术后生产周期缩短了一半以上,经济效益大幅提高<sup>[6]</sup>。

## 2 集成技术的研究及其应用

### 2.1 集成技术在国防等工业的应用

集成技术同样在国防等工业的应用中得到了各国的广泛关注。国防技术的优劣直接关系国防建设的发展。为了提高我国的综合国力和国际竞争力,同时满足国防现代化装备的研究发展,目前迫切需要最先进最前沿的现代集成技术的支持。

当代最受世界各国瞩目的军工工程当选宇宙飞船,人造卫星,宇宙空间站,航空母舰等等一系列高科技大科学工程。在这些令人瞩目的大工程中,我国航空科技事业取得了巨大的突破。2011年11月3日1时44分,中国天宫一号和神舟八号这两个高速飞行的航天器在茫茫的太空中成功交会对接,这标志着我国在突破和掌握空间交会对接技术上迈出了重要一步。18个电机和电磁拖动机构,118个传感器,数千个齿轮和轴承,数以万计的零件和紧固件,按照设计方案和集成技术组成了它们庞大的身躯(图1,图2)。

这个庞大的系统工程和交会对接任务,除了数以十万计的零部件之外,还需要三千多个协调配套的单位、数以十万计协作配套的支撑人员,以及好几万直接参加研制任务的科研人员来共同参与。

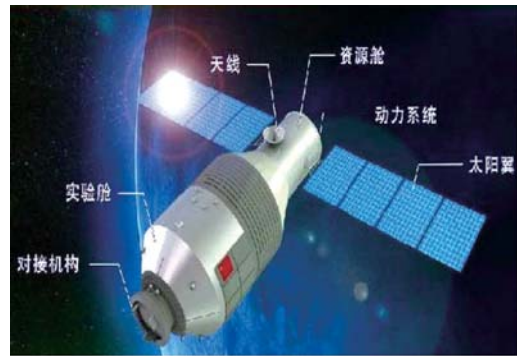


图1 天宫一号飞行器集成结构示意图

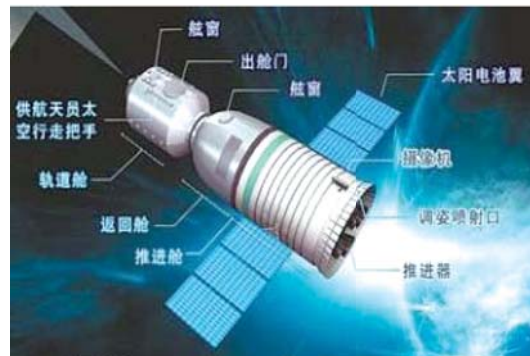


图2 神舟八号飞行器集成结构示意图

试想一下,这样一个集成度很高的代表了国际先进水平的新型飞行器,如果仅仅从组成飞行器的各种元器件本身来看,可以说几乎没有任何的发明创新性可言。但是从集成后的系统来看,它确实是一个非常伟大的发明创新,是集成创新的典范。这个庞大的集成系统标志着我国已经成功突破了空间交会对接及组合体运行等一系列关键技术,成为了我国集成技术应用的经典范例,取得了举世瞩目的成就。借用上面的例子,我们再来想想,这里航天飞行器的发动机又能否用于航空母舰呢?显然不能直接用。要求不一样、功能不一样,所装配的子系统也不一样,显然发动机也就不一样。这就说明了集成一个系统不能简单相加或叠加,要考虑到子系统之间的内在区别和联系,使其匹配达到最优化、无缝化。因此,新系统的设计需要按照新的要求和功能,选用合适的子系统构建实现。

### 2.2 集成技术在机器人等工业的应用

集成技术既是一个多学科交叉技术,也是计算机、通讯、电子、传感器及装备技术发展一定程度后出现的新兴学科。说它是多学科交叉技术,那是因为它产生了各种现有技术的综合应用;说它是新兴学科,那是因为它至今还不是任何一门学科的研究对象。



随着工业生产中自动化程度越来越高，机器人被广泛的应用到生产中的各个领域。机器人的设计由于采用了新型的集成技术，使得机器人技术在出现后短时间内得以迅速发展和壮大，这正是集成技术发展到现在一定阶段的结果。

机器人是自动执行工作的机器装置，它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，还可以根据人工智能技术制定的原则纲领进行自主行动。从本质上讲，机器人是高级整合控制论、机械电子、计算机、材料和仿生学技术的产物，用来协助或代替人类工作。图3为中国科学院深圳先进技术研究院生物医学与健康工程研究所医疗机器人中心研制的医疗机器人，图片中工作人员正在使用机器人对模型进行检测和其他实验操作。



图3 中国科学院深圳先进技术研究院研制的医疗机器人进行试验

图4显示了一款会烙煎饼的日本新型智能机器人，它集成了多种用于信号采集的传感器，如六维力传感器，触觉阵列传感器等，机器人同时还包括多关节运动控制器，视觉导航器，手部感知系统，语音识别器，中央控制系统等各种子系统，机器人的大脑通过组织各个系统进行协调，同步、相互协作来完成煎饼操作。

机器人技术广泛的融合了各个学科的知识，最前沿、最先进的技术在它的身上得到了实现。技术上，



图4 日本研制的会烙煎饼的新型智能机器人示意图

国内与国际有明显差距，国际多采用先进的集成技术制造，在核心领域有专利技术保护短期内很难能打破技术优势和垄断。国内在很多技术上都需要走自主研发的道路并努力在整体系统的精度和可靠性上取得进一步的提升。

### 2.3 集成技术在电动汽车等工业的应用

集成技术的发展也是当今世界发展的趋势所向。比较合理的预测是，未来会把这些技术有机地集成起来。集成任何一些单项的技术，都可能是新的技术新的产品，甚至是新的产业。

随着节能环保成为当今世界发展的主题之一，作为低碳领域的标志性发展行业，新能源汽车一直受到多方面的关注。新能源汽车的研发成为汽车工业推广可持续发展战略的重要措施之一。处于能源节约的考虑，我国研究发展电动汽车具有长远的战略意义。许多政府部门，如科技部、财政部、工业和信息化部、发改委等部门都相继出台了新能源汽车产业扶持和推广政策。各项政策推动了集成技术在新能源汽车的研究设计上的稳步发展。

将新能源汽车的各个部分整合起来需要利用到集成技术，采用集成技术将汽车的各个零部件及各种先进的技术应用组成在一起，可以构成一个完整、高效、安全的系统。我国政府一贯高度重视能源安全和环境保护，始终鼓励和支持新能源汽车的研究与技术创新，并把节能与新能源汽车作为新时期的重点发展方向。

以目前新兴的电动汽车为例，当人们希望低碳、环保、绿色的消费理念时，研究人员就想到能否将充电系统、储能系统、电池管理系统与汽车中的发动机、电机控制器、车辆管理系统进行集成，通过汽车级CAN总线进行通信并协调工作，再通过无线网络的形式与GPS连接，达到新能源汽车的智能化低碳化(图5)。



图5 温家宝视察中国科学院上海电动汽车研发中心的汽车关键零部件研发情况

当人们需要更安全的信息咨询和道路信息时,研究人员想到能否将信息技术与实时控制技术集成,组成新一代的车载信息系统;当人们希望有更省油、更节能的运输时,研究人员已考虑将智能控制技术与传统电机、发动机控制相结合,集成为先进的控制形式,用于混合电控汽车。这些都是典型的集成技术的魅力所在。

#### 2.4 集成技术在低成本健康等工业的应用

集成技术的发展在促进医疗健康领域朝着缩减成本,增大效益,实现社会稳定和谐的方面发展起到了不可估量的作用。

随着国民健康意识提高,人口老龄化加剧,人民生活水平的上升,集多种功能一体的家庭医疗电子近年来发展迅速,呈一定的增长趋势。通过集成技术将网络通讯技术、计算机软件技术同医疗技术相结合,医疗电子也将向集成化、网络化、数字化、智能化的方向发展,以提高诊断与医疗水平、降低医疗开支、满足广大人民的医疗需求。为了降低功耗,减少成本,未来医疗电子的集成度将更高。

中国有许多人因为高额的医疗费用而看不起病,解决人们“看病贵,看病难”的问题始终是党中央构建和谐社会的重要任务。

作为全民低成本健康的倡导者,中国科学院深圳先进技术研究院已经起到了先锋模范作用。当老百姓希望低廉、高效、全面、快捷的健康服务时,研究人员就想到能否将低成本“医疗芯片”与血细胞分析仪、心电诊断仪、血压血氧测量仪、电子健康档案管理系统等集成在一起构建一个多功能的健康检查平台。可喜的是,这一愿望圆满实现了,并受到国家领导人胡锦涛主席的高度赞誉(图6)。这一事例充分说明了集成技术的思维对技术创新所发挥的巨大作用,这种作用给中国以及全世界欠发达地区人民带来了人人



图6 胡锦涛视察中国科学院深圳先进技术研究院低成本健康检查床功能及产业化情况

均能享受到健康保障的贴身服务。这也反衬出集成技术理念在医疗健康领域所产生的独特魅力。

### 3 集成技术的现状及其发展

近年来,我国对集成技术给予了充分重视并进行了大量的研究开发与应用工作。然而当前我国大多数的高校及研究机构对各种核心技术的界限都划分过于明显,这在一定程度上限制了核心技术应用的领域,同时也忽略了学科交叉综合应用,而这些被忽略的综合交叉应用研究往往最有可能产生重大的科学突破,使科学发生革命性的变化。如果不能转变研究思维,研究主旨仅仅局限在很窄的空间里而没有考虑到各种技术及理论的集成和交叉,就会错过很多研究上的新发现,就会对国家和社会的系统集成能力构成制约,从而阻碍生产力的跨越式发展。

近年来中央提出了“提高自主创新能力,推动产业结构升级,加快转变经济发展方式”的重大举措。从这一点看,加强集成技术的探讨和研究已经成了一个亟待解决的研究课题。虽然一些科研机构有一定的系统集成能力,但强调以工程能力、承担国家及部委的大型紧迫项目为主,没有精力进行与系统集成有关的基础性、前瞻性、战略性研究。因此,应在国内有针对性地多设置一些从事学科交叉的、技术集成的前沿研究机构,以促进集成技术的发展。

在面向国家及区域性的经济发展时,应该以应用为牵引,选择性地研究开发具有巨大经济价值的集成产品。这些机构将会为国家高科技的战略发展和经济建设作出应有的贡献。集成技术是综合性、跨学科的产物,有利于解决人类面临的重大复杂科学问题、社会问题和全球性问题。因此,有关集成技术的研究亦具有较大的理论价值和现实意义。

### 4 集成技术的未来及其展望

经过近几十年的发展,集成技术已成为一种新兴的信息处理技术,并受到各学科领域越来越多研究者的关注。集成技术的发展在促进技术的交叉和学科沟通,进而使技术高度综合化和集成化方面起到了至关重要的作用。集成技术的应用大大扩展了科学研究对象,开创了新的实验技术,形成了新的理论思想。尽管目前国内外已经开展了有关集成理论的研究和应用并取得一些进展,但是要把集成技术的理论研



究好、发展好，真正实现其广泛的工业应用还有很多问题亟待解决。

首先，需要大力开展集成技术的应用研究，综合运用多种学科的理论方法和先进技术研究分析，以进一步提高其集成的可靠性、耦合性、无缝移植性、并在此基础上大力拓展其应用领域。

其次，需要在软件、硬件等工程技术领域展开合作和研究，以实现各种理论技术之间便捷有效地转换、融合和交叉，因为各种不同的技术，各有其特长和局限，如果我们把相关的技术按照一定的设计思路集成起来，构成一个优势互补、复合协同的综合集成系统，那么集成后的新系统将会对某些棘手的问题具有更强大的解决能力。

最后，需要加强基础研究和技术创新，正如一位德国经济学家所说“集成技术的发明、应用及其产业化需要系统性的解决方案和集成性的技术创新”。因此，打破学科界限，通过系统集成和技术融合，我们一定能够克服各种困难，迎来集成技术造福人类的灿烂明天。

集成技术作为各种先进理论或核心技术的一个集成平台，总是很难以考虑到集成中的每一个方面，比如科学技术的发展、人的原因、政策的导向等等，需要整合多方面资源，综合考虑到各个方面的因素，然后合理的分配利用。

结合目前国内外的研究现状，我们可以认为集成技术未来的发展方向主要有以下几个方面：

(1) 构建友好的集成系统人机交互界面。主要研究人与计算机之间最大程度上的相互理解、交流与通信。未来的人机交互技术研究方向主要包括这几个方面，具有多种感知功能的交互，虚拟环境中的人机交互，具有知识主动处理能力的人机交互。人机交互也将朝着人性化、智能化的方向发展。

(2) 高精度较复杂情况下的集成技术理论攻关和技术突破。高精度方向研究集中在精密测量仪器、医疗设备、机械电子等应用前景十分广泛的领域，也包括国防科技等领域。同时复杂系统将逐步完善复杂性科学理论研究，并在应用向着自主学习，自主提高，自主协调的方向发展。

(3) 降低集成系统的时空复杂度。集成系统运行中的算法复杂度的降低一直是学者关注的一个问题，其中如何降低时间和空间复杂度也是热点问题之一，也必将成为集成系统关注的问题。

(4) 集成技术基础学科的大力发展。加大力度

进行基础科学的研究和集成技术的创新，因为基础研究若没有走在世界前列，那么其它的创新活动、集成科技等也就失去了源泉和动力<sup>[7]</sup>。加强基础研究是提高我国综合创新能力、积累智力资本的重要方法，也是我国跻身世界科技强国的必要途径之一。

(5) 着力打造并实现集成系统的分布性、并行性、仿生性、自学习性、自组织性以及自适应性等。将分离的设备、功能和信息等集成到相互关联的、统一和协调的系统之中，达到资源充分共享，实现集中、高效、便利的管理。未来将进一步研究稳定的、低成本的、可维护和可扩充的系统，并进一步使其达到真正的低功耗、高效率、智能化。

(6) 国家战略需要及市场需求的拉动是促进集成技术发展的源泉所在，而集成技术的发展也将会为社会创造更大价值和节约更多资源，还可以为经济社会发展提供持久的动力，并在国际经济及科技竞争中争得主动权。

(7) 集成技术的创新，把各种不同的创新要素有机集成，将各种要素优化、整合，重新排列组合，形成具有新功能且适应变化的有机整体，成为具有一定功能的新系统。应努力将集成技术的创新打造成为一种新的创新战略，推动我国自主创新的进一步发展。

以上这些问题都广泛存在于现有的集成系统之中——从航天器、汽车电子到半导体制造装备，从医疗器械到工业机器人等。解决这些共性问题，对促进集成技术本身的发展、指导有关产业技术革命、提高产品的质量以及更新换代都有着根本性的作用。同时在发展集成技术的过程中，可以从国家的角度优化产业结构，发展新产业，提高产品在国际市场上的竞争力。

我国目前处于工业化进程高速发展的历史时期，而且处于新的信息技术革命的进程中，是大力发展集成制造技术的最好时期。要把提高自主创新能力摆在全部科技工作的首位，在集成技术领域迅速的掌握一批核心技术，拥有一批自主知识产权。不断提高企业的自主研发能力，不断提高国家的竞争力，这样才能紧追和赶超先进国家的技术优势。

国内外的一些实践和经验证明，应用集成技术无疑是促进生产发展、提高经济效益的高招。发达国家已经彻底打破了传统的制造业概念，普遍采用集成制造技术。这说明集成技术研究的重大突破不仅有助于人类发现知识的宝库，而且有助于推进经

济社会发展、提高国家创新能力和国家核心竞争力, 集成技术研究服务于国家发展战略目标的社会经济功能日益突出。

尽管集成技术发展前景很好, 但是集成化制造的道路还很漫长。集成技术的发展要依托于国家对科学技术的大力支持。在当代一个国家现代化的衡量主要是依靠科学技术的现代化的水平。面对世界科技的高速发展, 面对日趋激烈的国际竞争, 投入更多的资源大力发展科技, 大力推行自主创新, 才能在未来的发展道路上把握先机, 在国际上占有一席之地。

令人遗憾的是, 时至今日, 我们国家很多研究机构和企业还没有认识到集成技术在现代生产中的重要地位和巨大作用。这种认识的落后和意识的淡薄必然会制约国家经济的发展, 危及企业的生存, 甚至会导致经济发展出现瓶颈现象。

## 5 本文小结

本文就近年来集成技术的发展做了简要的论述, 探讨了集成技术的概念定义, 基本内涵, 应用领域以及研究现状等内容, 最后对集成技术的未来发展方向做了一些分析及展望。要实现集成技术的研究突破以及在中国各个行业的全方位推广, 还有一段很漫长的路要走, 只有从依靠单一技术搞生产的传统模式中走出来, 重视集成技术的研究、开发与应用, 脱胎换骨, 紧扣时代的脉搏, 合上时代的节拍, 融入到国际现代化生产的发展潮流, 才能提高一个国家的综合实力; 才能缩小数字和知识的鸿沟; 才能提高企业技术创新绩效、使企业有实力去参与到国际竞争, 提高其市场竞争力和国际地位; 才能使集成技术为人类社会的繁荣与可持续发展造福。因此, 加强对集成技术的研究和推广, 对提高我国的技术创新能力与国际竞争力, 促进我国经济平稳、高速及可持续发展都将具有十分重要的战略意义。

### 参 考 文 献

- [1] 徐扬生. 徐扬生谈集成技术: 从一桌子零件到一辆汽车 [J]. 科学时报, 2007.
- [2] 路甬祥. 20世纪技术创新的探讨 [J]. 安徽科技院士论坛, 2004,9: 10-12.
- [3] 路甬祥. 百年技术创新的回顾与展望 [J]. 科学新闻周刊, 2002,1.
- [4] Marco Iansiti. Technology Integration: Management Technological evolution in a complex environment [J]. Research Policy, 1995, 24: 521-542.
- [5] Nilsson N J. Artificial Intelligence: A new synthesis [J]. 机械工业出版社, 2000.
- [6] 李旭. 重视集成技术的应用 [J]. 中国高新技术产业导报, 2000.
- [7] 徐扬生. 创新的基础是什么 [J]. 中国科学院先进技术研究通报, 2009,3(5): 2-3.
- [8] 李斌, 李亚彪. 集成技术前景广阔 [J]. 中国乡镇企业报, 2001.