

智能制造

赵亚波 中国直升机设计研究所(333001)

Abstract

This paper sets forth the concept of IMT first, and illuminates the backgrounds of how IMT formed. What is IMT and its characteristics and research goals and discusses current situation of IMT are introduced, and some questions exist in IMT are presented, some suggestion is given.

Keyword: Intelligent Manufacturing Technology(IMT), Intelligent Manufacturing System(IMS), virtual manufacturing, concurrent engineering, artificial intelligent, integration

摘要

本文首先引入了智能制造技术的概念,阐述了智能制造技术提出的背景,介绍了什么是智能制造技术及其特点和研究目标,论述了国内外智能制造技术的发展概况及现状,最后谈到了智能制造技术存在的一些问题,提出了几点建议。

关键词: 智能制造技术, 智能制造系统, 虚拟制造, 并行工程, 人工智能, 集成

智能制造技术(Intelligent Manufacturing Technology, IMT)是制造技术、自动化技术、系统工程与人工智能等学科互相渗透、互相交织而形成的一门综合技术。智能制造系统的目标就是要将人工智能融进制造过程的各个环节,通过模拟专家的智能活动,取代或延伸制造环境中的部分脑力劳动,从而在制造过程中,系统能自动监视其运行状态,在受到外界或内部激励时,能够自动调整参数,自组织达到最优状态。自20世纪80年代美国提出智能制造概念以来,智能制造系统一直受到众多国家的重视和关注,在智能制造领域中,最具有影响和代表性的当属日本的智能制造系统国际合作计划,它是迄今为止已启动的制造领域内最大的一项国际合作计划。

1 智能制造系统计划的提出背景

当今世界各国的制造业活动趋向于全球化,制造、经营活动、开发研究等都在向多国化发展,为了有效的进行国际间信息交换及世界先进制造技术共享,各国的企业都希望以统一的方式来交换信息和数据。因此,必须开发出一个快速有效的信息交换工具,创建并促进一个全球化的公共标准来实现这一目标。

先进的计算机技术和制造技术向产品、工艺和系统的设计和管理人员提出了新的挑战,传统的设计和管理方法不能有效地解决现代制造系统中所出现的问题,这就促使我们通过集成传统制造技术、计算机技术与以及人工智能等技术,发展一种新型的制造技

术与系统,这便是智能制造技术与智能制造系统(IMS)。智能制造正是在这一背景下产生的。

2 智能制造的定义及其特点

2.1 智能制造技术与智能制造系统的概念

智能制造技术是指利用计算机模拟制造业人类专家的分析、判断、推理、构思和决策等智能活动,并将这些智能活动与智能机器有机地融合起来,将其贯穿应用于整个制造企业的各个子系统(经营决策、采购、产品设计、生产计划、制造装配、质量保证和市场营销等),以实现整个制造企业经营运作的高度柔性化和高度集成化,从而取代或延伸制造环境中人类专家的部分脑力劳动,并对制造业人类专家的智能信息进行搜集、存储、完善、共享、继承与发展。

智能制造系统基于智能制造技术,综合应用人工智能技术、信息技术、自动化技术、制造技术、并行工程、生命科学、现代管理技术和系统工程理论与方法,在国际标准化和互换性的基础上,使得整个企业制造系统中的各个子系统分别智能化,并使制造系统成为网络集成的高度自动化的制造系统。

2.2 智能制造系统的特点

1) 自组织能力:IMS中的各种智能机器能够按照工作任务的要求,自行集结成一种最合适的结构,并按照最优的方式运行。自组织能力是IMS的一个重要标志。

2) 自律能力:IMS能根据周围环境和自身作业

状况的信息进行监测和处理,并根据处理结果自行调整控制策略,以采用最佳行动方案。这种自律能力使整个制造系统具备抗干扰、自适应和容错等能力。

3) 自学习和自维护能力:IMS能以原有的专家知识为基础,在实践中不断进行学习,完善系统知识库,并删除库中有误的知识,使知识库趋向最优。同时,还能对系统故障进行自我诊断、排除和修复。

4) 整个制造系统的智能集成:IMS在强调各个子系统智能化的同时,更注重整个制造系统的智能集成。IMS包括了经营决策、采购、产品设计、生产计划、制造装配、质量保证和市场销售等各个子系统,并把它们集成为一个整体,实现整体的智能化。

3 智能制造技术的主要研究目标

智能制造的主要研究目标有二:①整个制造过程的全面智能化,在实际制造系统中,以机器智能取代人的部分脑力劳动作为主要目标,强调整个企业生产经营过程大范围的自组织能力;②信息和制造智能的集成与共享,强调智能型的集成自动化。

近年来,各国积极开展智能制造的研究开发工作,并把研究重点放在以下方面:

(1) 智能制造理论与系统设计技术

智能制造概念的正式提出至今时间还不长,其理论基础与技术体系尚处于形成过程中,其精确内涵和关键设计技术仍需进一步研究。在这方面,研究的主要内容包括:智能制造的概念体系、智能制造系统的体系结构、开发环境、设计方法以及各种评价技术等。

(2) 智能制造技术与系统

智能制造技术包括智能设计、生产经营的智能决策、生产过程的智能规划、调度与控制、智能质量控制、底层智能制造执行单元以及实现“智能化孤岛”集成等技术。与这些技术相对应的是一些面向特定应用的智能制造系统,如生产经营决策支持系统、智能控制系统、智能机器人、智能数控机床、自动导引车等。

4 智能制造技术的支撑技术

智能制造技术是以知识信息处理技术为核心的,面向21世纪的制造技术。其主要支撑技术如下:

1) 人工智能技术:智能制造技术是利用计算机模拟制造业人类专家的智能活动,旨在取代或延伸人的部分脑力劳动,而这些正是人工智能(Artificial Intelligent)技术的研究内容。人工智能研究的是利用机器来模拟人类的某些智能活动的有关理论和技术,由此可见,智能制造技术离不开人工智能技术。

2) 并行工程:并行工程是集成地、并行地设计产品及相关过程的系统化方法,通过组织多学科产品开发小组、改进产品开发流程和利用各种计算机辅助工具等手段,使多学科小组在产品开发初始阶段就能及早考虑下游的可制造性、可装配性、质量保证等因素,从而达到缩短产品开发周期、提高产品质量、降低产品成本,增强企业竞争力的目标。

3) 虚拟制造技术:虚拟制造亦称虚拟产品开发,它是建立在利用计算机完成产品整个开发过程这一构想基础之上的产品开发技术,它综合应用建模、仿真和虚拟现实等技术,提供三维可视交互环境,对从产品概念到制造全过程进行统一建模,并实时、并行地模拟出产品未来制造的全过程,以期在真实执行制造之前,预测产品的性能、可制造性等。

4) 计算机网络与数据库技术:计算机网络与数据库的主要任务是采集IMS中的各种数据,以合理的结构存储它们,并以最佳的方式、最少的冗余、最快的存取响应为多种应用服务,与此同时为这些应用共享数据创造良好的条件,从而使整个制造系统中的各个子系统实现智能集成。

5 智能制造技术的国际研究发展概况

由于当今世界制造业活动全球化的趋势,各国企业都希望以统一方式来交换信息。同时,各国企业为了提高自身竞争力,都在致力于开发先进制造技术,但实践证明,单个企业独立开发这样的大型项目往往感到力不从心,而多个企业重复开发这样的大型项目又会导致先进制造技术不能得到有效的集成与共享,造成资源的巨大浪费。IMS计划是由日本于1990年1月首先提出的一项国际合作研究计划,该计划鼓励工业界、学术机构和政府在先进制造技术领域里进行广泛的研究与合作。该计划的目标是全面展望21世纪先进制造技术的发展趋势,先行开发下一代的制造技术以解决全球制造业面临的共同问题。

目前智能制造的应用水平距人们的期望还比较远,主要是以下几个瓶颈问题的存在:

1) 创新能力在制造过程中的实现。人们对智能系统的需求包括辅助用户进行创新的能力、代替人类进行决策的能力,以及超越人的知识范围进行创新的能力。传统智能技术缺乏本质上的创新能力。而以进化方法为主要代表的新一代智能技术具有试错型的探索式的学习与创新能力。它将为产品设计、工艺决策等各方面的创新带来新的机遇。

2) 软件适应性的缺乏。缺乏适应性的专家系统

在工厂实际应用中困难重重,其主要原因是无法适应各个工厂多样化的应用环境以及应用场合的灵活多变。而具有学习与进化能力的智能系统将能在用户使用过程中自动总结归纳用户问题的特点,从而自动适应应用环境的变化。

3) 计算实时性的要求,计算实时性的要求是许多智能系统应用的基本要求,但目前的智能算法都存在搜索收敛速度慢的缺点。较好的解决方法是使智能系统具有增量式的学习能力,它使得系统在求解过程能有效地利用已积累的知识,这种基于知识的搜索能力将随着系统的运行不断增强,从而不必每求解一个问题都从零开始。

6 我国智能制造技术的发展状况

我国制造业产值占国民生产总值的40%,预计未来15年内制造业的年平均增长率将高于国民生产总值的年平均增长率。制造业的振兴对于振兴国家的经济、提高综合国力至关重要。我国制造业的紧迫任务是要提高企业产品市场竞争力,研究和开发具有中国特色的智能制造技术。IMT与IMS的研究与开发对于提高产品质量、生产效率和降低成本,提高国家制造业响应市场变化的能力和速度,以及提高国家的经济实力和国民的生活水准,均具有重大的意义。

中国在智能制造技术与系统方面的绝大多数研究工作,目前还处在探讨人工智能在制造领域中应用的阶段,而对制造环境的全面“智能化”研究工作还处于起步阶段。1991年国家自然科学基金委员会组织了南京航空航天大学、华中理工大学、清华大学、天津大学、西安交通大学,与新加坡、美国、韩国等国家及中国香港地区和台湾地区就智能制造的国际合作进行了研讨,签订了合作意向书。1992年又组织了南京航空航天大学、华中理工大学、清华大学、西安交通大学访问了新加坡,在智能制造方面与新加坡南洋理工大学及国立新加坡大学签订了正式协议,在智能系统与建模、智能调度、智能机器人、智能控制、智能故障诊断5个领域,进行为期5年的合作研究。1989年在华中理工大学召开的“机械制造走向2000年——回顾、展望与对策”大会,与会专家学者就人工智能在制造领域中应用进行了探讨,而且提到制造系统的集成化与智能化(IMS)。1991年杨叔子教授首次在华中理工大学组建了IM学科组,与此同时,南京航空航天大学、西安交通大学、清华大学等高校也积极开展IMT与IMS的基础研究工作,研究领域涉及智能监测与诊断系统、制造过程的智能控制、智能管理信息

和生产规划系统、制造质量信息的智能处理技术、FMS作业的智能调度与控制、智能预测技术、智能机器人及机器智能等。国家自然科学基金委员会从1993年起每年适度资助智能制造方面的有关研究项目。国家制定的“九五”计划也将先进制造技术(包括IMT和IMS)作为重点发展领域之一,表明国家政府有关部门已重视这项技术的研究与开发。

7 问题与展望

随着研究与应用工作的深入,人们逐渐认识到自动化程度的进一步提高依赖于制造系统的自组织能力,研究工作还面临着一系列理论问题、技术问题和社会问题,问题的核心是“智能化”。现代工业生产系统作为一个有机的整体要受技术、人和经济三方面因素的制约。从技术的角度来看,市场预测、生产决策、产品设计、原料订购与处理、制造加工、生产管理、原料产品的储运、产品销售、研究与发展等环节彼此相互影响,构成生产的全过程。该过程的自动化程度取决于各环节的集成自动化水平,而生产系统的自组织能力取决于各环节的集成智能水平。目前,尚缺乏这种“集成”制造智能的技术。

目前在工业发达国家普遍存在劳动力匮乏、昂贵,所占生产成本的比例越来越高的问题。从当前的经济利益出发,大量的制造企业被转移至发展中国家,致使生产技术和劳动者因素等方面受到牵制,存在丧失他们产品市场竞争力的危险。在我国,企业与技术转移的情况目前尚不严重,但存在一个逆问题,那就是如果发达国家一旦拥有了IMT与IMS,而我们在这方面与他们相差甚远的话,那时,我们将面临失去更多的与他们竞争的机会的危险。因为IMS是21世纪的制造技术,这些发达国家将不再“依赖”发展中国家的“廉价”劳动力;另一方面,专业人员与技术力量缺乏十分严重,企业生产中的各个环节相脱节的现象也很突出;再者重复投资增大、企业生产的不规范化及自动化程度低下等也是十分严重的问题。因此我国只能开发出具有自身特色的IMS,提高企业的经济效益,方能在21世纪制造业中争得更多的竞争机会。

将来,IMS必然是以高度的集成化和智能化为特征的自动化制造系统,并以取代制造中人的部分脑力劳动为研究目标,亦即在整个制造过程中通过计算机将人的智能活动与智能机器有机融合,从而实现制造过程的最优化、智能化和自动化。对于它的研究不仅是为了提高产品质量和生产效率、降低成本,而且也

是为了提高国家制造业响应市场变化的能力和速度,以期在未来国际竞争中求得生存和发展。

总之,智能制造是 21 世纪的制造技术,作为其特征的 I2(Integration and Intelligence) 将是 21 世纪制造业赖以行进的基本轨道。从更深层的意义上讲,智能制造是以信息时代走向智能时代面临的第一个严峻任务。

8 对智能制造技术发展的几点建议

改革开放 20 年,通过技术改造和引进国外先进的制造技术,使我国的制造工业有了长足的进步,但和先进国家相比还存在很大差距,表现在技改投入相对不足,原有技术基础和研究开发能力薄弱,制造业产品落后,技术水平低,信息含量少,更新换代慢,以及市场营销、经营管理、人才素质相对落后,缺乏国际竞争能力。面对这样形势,为了使我国的制造业站在世界先进行列,必须采取相适应的措施和策略。

1) 开拓智能制造研究领域,加强综合、集成。重点开展以机器人、全能体和多智能体为核心的智能制造系统(如快速重构制造系统、全能制造系统等)研究,为 21 世纪我国机械、汽车两大支柱产业的振兴和制造技术创新做出突出的贡献。

2) 解决智能制造技术和重大问题需要的不再只是个人或一个单位的贡献,而是需要团队的整体性贡献。

3) 目前国内 IMT 研究单位较多,并在先进制造理论、技术等方面已经取得多项研究成果,但由于一个单位经费和力量有限,许多成果难于实际应用,没有成气候,建议联合具有优势和特色的产、学、研单位,共同投资、共享成果、共担风险,进行智能制造系统集成和应用工程研究。创建具有我国特色的智能制造示范单元或示范工程。

4) IMT 研究开发的全球化趋势日益明显,为了提高 IMT 研究的起点,与国际接轨,在 IMT 领域做出有影响的重大贡献,建议加强 IMT 的国际合作研究,密切与国外知名机构的联系与合作。提高我们研究起点和工作水平。

5) 人才是关键。发展和推广先进的制造技术、实施先进的制造模式人才是关键。要大力培养优秀的人材,人才的培养要注意市场导向。要有产业观念、企业观念、信息观念、竞争观念和效益观念。要拓宽学科领域,更新教育内容与方法,培养一支了解和掌握机械工程科学的前沿技术人才,加速智能制造技术的推广和实施,为市场经济服务。

6) 加强政策与法规建设,建立强有力的宏观调控机制。在市场经济环境下,国家仍应制订科学的制造产业规划和制造技术进步的总体规划,以及相应的法规政策。避免重复建设、重复生产和重复引进的事情发生,要尽可能减少和避免市场盲目竞争造成的损失。

7) 提高制造业现代化管理水平。现代管理核心是信息管理、物质管理、质量管理、生产过程管理和市场信息管理,要与国际接轨,开展 ISO9000 系列管理体系认证,加快现代企业制度改革,为制造技术的发展奠定良好的基础。

参考文献

- 1 王成恩,程凯.智能制造系统及其在中国的发展战略.摘自信息与控制,1999,28(3)
- 2 赵东标,朱剑英.智能制造技术与系统的发展与研究.摘自 CHINA MECHANICAL ENGINEERING,1999,10(8)
- 3 胡建军,汪叔淳.现代智能制造中的关键智能技术研究综述.摘自中国机械工程,2000(7)
- 4 路甬祥,等.人机一体化系统与技术—21 世纪机械科学的重要发展方向.摘自机械工程学报,1994,30(5):1~3
- 5 唐立新,等.智能制造—21 世纪的制造技术.摘自机械与电子,1996(2):33~36
- 6 李伯虎.现代集成制造系统—制造业赢得竞争的新切入点.摘自计算机世界,1999(1)
- 7 李旭荣.智能制造系统适应 21 世纪敏捷制造生产模式.摘自机械研究与应用,1999.9,12(3)
- 8 The Challenge of Intelligent Manufacturing Systems (IMS):The European IMS InformationEvent.From Journal of Intelligent Manufacturing,1996(6),67~77
- 9 Tomiyama T.A Manufacturing Paradigm Toward the 21st Century.Integrated Computer Aided Engineering,1997,4(3):159~1781.
- 10 Valckenarers P. Holonic Manufacturing Systems. In Integrated Computer-Aided Engineering,1997,4(5):191~201
- 11 Paul G.Huray.Global R&D through the Intelligent Manufacturing System(IMS)Program.SPIE.1997,Vol. 2910,93~102
- 12 Hopf M. Holonic Manufacturing Systems (HMS)—The basic Concept and a Report of IMS Test Case5. Sharing CIM Solutions J.K.H Knudsen et al.(Eds.) IOS Press, 1994

[收稿日期:2001.11.15]