



制造生产模式的演变、敏捷制造和柔性制造

【摘 要】

在分析制造生产模式演变的基础上，讨论了生产模式演变的根据和趋势，认为敏捷制造是应关注和利用的生产模式，简要介绍敏捷制造内涵及现状等，并探索了利用敏捷制造思想提高我国制造业敏捷性和竞争力的实施方法。

【关键词】 生产模式；敏捷制造；敏捷性；动态联盟



Manufacture Production Pattern Evolution, Agile and Flexible Manufacture

Abstracts:

In the analysis manufacture production pattern evolves in the foundation, discussed the basis which the production pattern evolves with the tendency, thought that the agile manufacture is should pay attention to and the use production pattern, the brief introduction agile manufacture connotation and the present situation and so on, and explored the use agile manufacture thought to enhance our country manufacturing industry agility and the competitive power implementation method.

Keywords: Production pattern; Agile manufacture; Agility; Dynamic alliance

目 录



扉页	
答辩许可证	
毕业设计（论文）任务书	第 1 页～第 3 页
中文摘要	I
英文摘要	II
目录	III
文献综述	1
专题论文正文	
一、制造模式	11
二、敏捷制造	13
三、敏捷制造的内涵	13
四、研究状况	14
五、企业的敏捷化建设	16
六、联盟企业通过 Internet 网（或其它方式）与联盟中心取得联系	17
七、柔性制造	17
八、结束语	20
参考文献	22
外文文献	23
外文文献翻译	25
附论文缩写	27
致谢	33



文献综述正文

一 引言

以计算机和 Internet 网为代表的信息处理与传播技术对制造业的发展作用越来越大,产品已由“大量生产”过渡到“中小批量生产”,现在又过渡到满足用户需求且性能价格优良的单件小批生产,最终在形成全球化市场需求群的情况下发展为适应大规模定制模式的面向知识和信息网络的敏捷制造。20 世纪 80 年代后期以来,美、日及西欧各国都先后提出制造战略新模式。1988 年,美国 GM 公司和里海大学共同提出敏捷制造战略,于 1990 年向社会公开;1990 年,美、日及西欧各国联合进行 10 年期的智能制造系统(IMS)研究与开发;1994 年,德国人提出改变工业组织结构的分形公司(Fractal Company)。所有这些模式中最有代表性、社会反响最大的是“敏捷制造”。

1 制造技术的发展——敏捷制造

敏捷制造是指制造企业采用现代通信手段,通过快速配置各种资源(包括技术、管理和人),以有效和协调的方式响应用户需求,实现制造的敏捷性。敏捷性是核心,它是企业在不断变化、不可预测的经营环境中善于应变的能力,是企业市场中生存和领先能力的综合表现,具体表现在产品的需求、设计和制造上具有敏捷性。

1.1 产品的敏捷需求

制造业电子商务化的发展推动了用户需求的个性化,它要求制造系统能敏捷地适应这种变化,具体表现在企业实施敏捷制造需要具备 BtoB (Business to Business) 形式的网络信息结构。针对这一目标,Fellner KJ , Turowski K 提出一种构件框架方法,通过使用扩展标识语言 XML (Extensible Markup Language) 作为交互平台,结合商务通讯标准,对不同种类的分布式应用系统加以拓宽并应用。Tomita N 等提出一种面向信息流的制造系统设计方法,从个性化领域来实施制造系统的自适应过程,并开发了一种个性化信息选择工具,以对各种数据进行处理和选择。

1.2 产品的敏捷设计



产品的个性化需求促使敏捷制造的进一步发展。适应这一需求, Roy U 等开发了一种面向敏捷制造企业的开放式协同设计环境, 提出产品开发的一种框架模型。该模型把产品及其特征信息置于数据库内并允许通过浏览器来访问这些信息, 以满足用户在远程异地对产品的了解需求。

Candadi A 等提出敏捷制造环境下快速设计评估的一种变量方法, 它基于 STEP 模型产生产品设计方案的 GT(Group Technology) 编码和产品制造信息, 包括制造过程、生产时间、成本和质量等, 并以此为反馈信息在产品初期对设计结果进行评估和改善。

1.3 产品的敏捷制造

敏捷制造的实施在很大程度上取决于企业联盟所获得信息的可靠性、企业联盟本身及再利用这些信息的能力。因此, 敏捷制造企业的运作过程需要具有众多信息集成技术的支撑。Reich Y, Konda S 提出一种 n-dim 方法, 通过对需求信息的迅速反应来改善制造系统的敏捷性。

为动态响应市场并满足用户需求, 缩短产品上市时间, Dolinska M 开发了一种集成化的信息系统 IIS(Integrated Information Systems), 基于知识和信息网络在制造企业之间实施敏捷制造。IIS 系统由符合商业过程的信息流和数据库组成, 包括商业活动建模、活动连接规则以及活动信息的构成、转化、储存和流动。它是根据 CIMOSA(Computer Integrated Manufacturing Open Systems Architecture)和 SADT(Structured Analysis and Design Technique)原理开发的, 目前这一系统已应用于制造企业的市场管理之中。

Shaw M J 探讨了知识和信息网络驱动的先进制造技术, 提出制造信息用于确定制造什么、制造时间、制造质量的信息驱动概念。当产品制造同时涉及许多产品类型、设备、市场和企业时, 制造系统将变得非常复杂, 有效运作这种复杂制造系统的措施之一是采用基于知识和信息网络的制造技术。Shaw M J 还研究了在制造过程中应用 Web 技术来帮助协调供应链活动、制造系统结构、产品类型、信息共享之间的关系。

2 敏捷制造可视化技术

敏捷制造的基本特征是智能化和敏捷性。智能化是指在组织和实施制造活动的过程中, 利用人的智能、知识、经验和包括技艺在内的能力, 同时也利用人工智能。敏捷性是指对市场需求的响应灵活而快捷。制造业的敏捷性趋势将会使不同的企业为了相同的目的进行联系, 以组成基于网络的



动态联盟。制造业的智能化将促使企业更好地利用人类的知识资源,基于知识对市场作出有效响应。对市场的敏捷和有效响应要求企业实施基于知识和信息网络的敏捷制造,特别是应用可视化技术的敏捷制造,它将分散的资源快速联结起来,使企业不计地域和时差的限制,在可视化技术支撑下运作产品的设计、制造和营销业务。

2.1 可视化设计

为迎合市场需求,产品生产已从大批量生产的效率向客户快速提供定制产品的大规模定制 MC(Mass Customization) 方式转变。对客户而言,所得到的产品是定制的、个性化的;对生产厂家而言,该产品是采用大批量生产方式制造的。目前,这种既能满足客户个性化需求而又不牺牲企业效益的新的生产方式在国外得到了较快的发展,并作为敏捷制造的一种有益补充逐渐被企业所采纳。针对这一发展趋势,Tseng M M 等提出一种尽快产生产品模型的虚拟设计方法。利用这种虚拟模型可使用户方便地选择产品,同时面向知识和信息网络完成基于可视化仿真的产品设计。

Tseng M M , Xuehong D 提出一种“用户设计(Design by Customers) ”的产品开发模式,针对用户需求确定企业的产品开发战略,应用适应性连接分析方法(Adaptive Conjoint Analysis) 来帮助用户分析其需求,定义产品方案,做可视化选择并评估产品方案。Cheng K 等提出基于 Web 的设计和制造辅助系统来迅速实施用户定制要求下的产品设计和制造过程,系统由 JAVA 编程、C/ S (Client/ Server)技术和开放式计算环境所组成。Yen B , Ng K 也应用 Web 技术和虚拟现实技术设计开发了一个原型系统,使得用户可参与产品的尺寸、款式、颜色和其他属性需求的定义。

2.2 可视化制造

市场的动态变化和个性化需求,促使基于 Internet 的敏捷制造的进一步发展并大大提高了企业的敏捷性。Internet 技术使企业间和企业内共享信息成为可能,使企业的各种活动和过程变得敏捷化以有效参与竞争。Stanley J H , Yancey R N 应用虚拟现实技术研究了 CT (Computed Tomography)辅助下敏捷制造产品的质量检测过程,在计算机内对零件及其加工过程进行可视化设计,利用快速成型设备进行制造,应用 CT 技术对制造零件结构进行非破坏性检测。Song L , Nagi R 对敏捷制造信息系统的设计 and 开发进行了研究,并基于网络对分布在不同地点的制造数据库加以集成而组成一个原型系统。该系统使用面向对象技术以层次的方式对信息建模,利用 C/ S 结构的 WWW 技术完成。系统支持敏捷制造单元间的信息交换并保持信息一致性。



3 敏捷制造多模态人机交互技术

敏捷制造多模态人机交互,是指为了信息处理的方便,在产品实体方案确定前对有关信息进行模型化处理,以帮助分析者、设计者及用户清楚地表示产品概念,便于互相通讯和交流,提高产品的创新性和缩短交货日期。通过多模态人机交互,可以在实施产品方案制造前获得该产品的相关知识和信息,有利于用户、设计者和制造者对产品创新要求及各种资源进行评估和分析,减少设计和制造费用。敏捷制造多模态人机交互技术包括三种:面向功能、面向控制以及面向知识和信息网络。

3.1 面向功能的多模态人机交互

该模型用于描述敏捷制造过程中各种交互功能及人机之间的联系,如虚拟现实技术中各种交互手段、数据头盔、数据手套、立体眼睛等。Agah A , Tanie K 提出一种通过智能图形用户界面改善人机交互有效性和效率的新方法,系统通过智能控制模块来监督用户并把监督状况转换为系统行为。智能模块由一组软件智能体组成,用它们之间的协同和竞争来控制系统。Chi-Cheng PC hu 等开发了一种 VR-CAD 系统的多传感用户界面,通过使用多模态传感器,设计者能通过 VR(Virtual Reality) 技术来检测设计概念。其中系统的人机多传感界面使用了不同输入输出的视觉、听觉和触觉交互机制,如声音命令和手运动的输入、三维可视化输出和听觉输出等。

3.2 面向控制的多模态人机交互

该模型描述与时间和操作次序有关的敏捷制造属性,如制造过程中的任务描述、工艺规划、资源配置、动态模拟等。

在这一方面,基于 Agent 多模态人机交互系统具有很大潜力,它使得集中顺序式制造模式由分布式智能制造模式所代替。针对大规模定制的特点和在控制与规划上的不同要求,Tseng M M 等研究了准市场环境下利用智能 Agent 来实施面向大规模定制的敏捷制造协同控制与交互机制。他们设计了两种智能 Agent,一种是任务 Agent ,另一种是资源 Agent ,前者用于完成产品的设计和制造任务,后者是保证完成产品任务所需的资源。

3.3 面向知识和信息网络的多模态人机交互



该模型主要描述有关产品敏捷制造的各种信息流、知识流的数据结构及其属性,并基于网络实施多模态人机交互,如基于知识和信息的 Internet、Intranet 网及各种浏览器的应用等,使得用户、设计者和制造者之间能在远程异地模式下实时交互。

从制造商告诉消费者买什么产品的大规模生产到消费者告诉制造商制造什么产品的大规模定制,知识和信息网络技术有力地支持了消费者与制造商之间的这种转变。Baker A D 等研究了通过 Internet 来管理分布式制造的交互过程,他们应用 Agent 来有效配置可用制造资源以实施大规模定制。Simon S 等研究了一种工程设计建模语言,它具有基于 Web 的智能界面,可使远程用户能够创建、编辑、浏览设计知识库,使得设计知识的表示、获取、共享和再应用更加方便灵活。

综上所述,敏捷制造正基于知识和信息网络向可视化及多模态人机交互方向发展。

4 敏捷制造生产保证手段柔性制造技术的现状及发展趋势

随着社会的进步和生活水平的提高,社会对产品多样化,低制造成本及短制造周期等需求日趋迫切,传统的制造技术已不能满足市场对多品种小批量,更具特色符合顾客个人要求样式和功能的产品需求。90 年代后,由于微电子技术、计算机技术、通信技术、机械与控制设备的发展,制造业自动化进入一个崭新的时代,技术日臻成熟。柔性制造技术已成为各工业化国家机械制造自动化的研制发展重点。

二 基本概念

1. 柔性

柔性可以表述为两个方面。第一方面是系统适应外部环境变化的能力,可用系统满足新产品要求的程度来衡量;第二方面是系统适应内部变化的能力,可用在有干扰(如机器出现故障)情况下,系统的生产率与无干扰情况下的生产率期望值之比来衡量。“柔性”是相对于“刚性”而言的,传统的“刚性”自动化生产线主要实现单一品种的大批量生产。其优点是生产率很高,由于设备是固定的,所以设备利用率也很高,单件产品的成本低。但价格相当昂贵,且只能加工一个或几个相类似的零件,难以应付多品种中小批量的生产。随着批量生产时代正逐渐被适应市场动态变化的生产所替换,一个制造自动化系统的生存能力和竞争能力在很大程度上取决于它是否能在很短的开发周期内,生产出较低成本、较高质量的不同品种产品的能力。柔性已占有相当重要的位置。柔性主要包括:



- 1) 机器柔性 当要求生产一系列不同类型的产品时, 机器随产品变化而加工不同零件的难易程度。
- 2) 工艺柔性 一是工艺流程不变时自身适应产品或原材料变化的能力; 二是制造系统内为适应产品或原材料变化而改变相应工艺的难易程度。
- 3) 产品柔性 一是产品更新或完全转向后, 系统能够非常经济和迅速地生产出新产品的能力; 二是产品更新后, 对老产品有用特性的继承能力和兼容能力。
- 4) 维护柔性 采用多种方式查询、处理故障, 保障生产正常进行的能力。
- 5) 生产能力柔性 当生产量改变、系统也能经济地运行的能力。对于根据订货而组织生产的制造系统, 这一点尤为重要。
- 6) 扩展柔性 当生产需要的时候, 可以很容易地扩展系统结构, 增加模块, 构成一个更大系统的能力。
- 7) 运行柔性 利用不同的机器、材料、工艺流程来生产一系列产品的能力和同样的产品, 换用不同工序加工的能力。

2. 柔性制造技术

柔性制造技术是对各种不同形状加工对象实现程序化柔性制造加工的各种技术的总和。柔性制造技术是技术密集型的技术群, 我们认为凡是侧重于柔性, 适应于多品种、中小批量(包括单件产品)的加工技术都属于柔性制造技术。目前按规模大小划分为:

1) 柔性制造系统(FMS)

关于柔性制造系统的定义很多, 权威性的定义有:

美国国家标准局把FMS定义为: “由一个传输系统联系起来的一些设备, 传输装置把工件放在其他联结装置上送到各加工设备, 使工件加工准确、迅速和自动化。中央计算机控制机床和传输系统, 柔性制造系统有时可同时加工几种不同的零件。” 国际生产工程研究协会指出“柔性制造系统是一个自动化的生产制造系统, 在最少人的干预下, 能够生产任何范围的产品族, 系统的柔性通常受到系统设计时所考虑的产品族的限制。” 而我国国家军用标准则定义为“柔性制造系统是由数控加工设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的自动化制造系统, 它包括多个柔性制造单元, 能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整, 适用于多品种、中小批量生产。” 简单地说, FMS是由若干数控设备、物料运贮装置和计算机控制系统组成的并能根据制造任务和生产品种变化而迅速进行调整的自动化制造系统。 目前常见的组成通常包括4台或更多台全自动数控机床(加工中心与车削中心等), 由集中的控制系统及物料搬运系统连接起来, 可在不停机的情况下实现



多品种、中小批量的加工及管理。目前反映工厂整体水平的FMS是第一代FMS,日本从1991年开始实施的“智能制造系统”(IMS)国际性开发项目,属于第二代FMS;而真正完善的第二代FMS预计本世纪十年代后才会实现。

2) 柔性制造单元(FMC)

FMC的问世并在生产中使用约比FMS晚6~8年,FMC可视为一个规模最小的FMS,是FMS向廉价化及小型化方向发展的一种产物,它是由1~2台加工中心、工业机器人、数控机床及物料运送存贮设备构成,其特点是实现单机柔性化及自动化,具有适应加工多品种产品的灵活性。迄今已进入普及应用阶段。

3) 柔性制造线(FML)

它是处于单一或少品种大批量非柔性自动线与中小批量多品种FMS之间的生产线。其加工设备可以是通用的加工中心、CNC机床;亦可采用专用机床或NC专用机床,对物料搬运系统柔性的要求低于FMS,但生产率更高。它是以离散型生产中的柔性制造系统和连续生过程中的分散型控制系统(DCS)为代表,其特点是实现生产线柔性化及自动化,其技术已日臻成熟,迄今已进入实用化阶段。

4) 柔性制造工厂(FMF)

FMF是将多条FMS连接起来,配以自动化立体仓库,用计算机系统进行联系,采用从订货、设计、加工、装配、检验、运送至发货的完整FMS。它包括了CAD/CAM,并使计算机集成制造系统(CIMS)投入实际,实现生产系统柔性化及自动化,进而实现全厂范围的生产管理、产品加工及物料贮运进程的全盘化。FMF是自动化生产的最高水平,反映出世界上最先进的自动化应用技术。它是将制造、产品开发及经营管理的自动化连成一个整体,以信息流控制物质流的智能制造系统(IMS)为代表,其特点是实现工厂柔性化及自动化。

3. 柔性制造所采用的关键技术

3.1 计算机辅助设计

未来CAD技术发展将会引入专家系统,使之具有智能化,可处理各种复杂的问题。当前设计技术最新的一个突破是光敏立体成形技术,该项新技术是直接利用CAD数据,通过计算机控制的激光扫描系统,将三维数字模型分成若干层二维片状图形,并按二维片状图形对池内的光敏树脂液面进行光学扫描,被扫描到的液面则变成固化塑料,如此循环操作,逐层扫描成形,并自动地将分层成形的各片状固化塑料粘合在一起,仅需确定数据,数小时内便可制出精确的原型。它有助于加快开发新产品和研制新结构的速度。



3.2 模糊控制技术

模糊数学的实际应用是模糊控制器。最近开发出的高性能模糊控制器具有自学习功能,可在控制过程中不断获取新的信息并自动地对控制量作调整,使系统性能大为改善,其中尤其以基于人工神经网络的自学方法更引起人们极大的关注。

3.3 人工智能、专家系统及智能传感器技术

迄今,柔性制造技术中所采用的人工智能大多指基于规则的专家系统。专家系统利用专家知识和推理规则进行推理,求解各类问题(如解释、预测、诊断、查找故障、设计、计划、监视、修复、命令及控制等)。由于专家系统能简便地将各种事实及经验证过的理论与通过经验获得的知识相结合,因而专家系统为柔性制造的诸方面工作增强了柔性。展望未来,以知识密集为特征,以知识处理为手段的人工智能(包括专家系统)技术必将在柔性制造业(尤其智能型)中起着日趋重要的关键性的作用。目前用于柔性制造中的各种技术,预计最有发展前途的仍是人工智能。预计到21世纪初,人工智能在柔性制造技术中的应用规模将在比目前大4倍。智能制造技术(IMT)旨在将人工智能融入制造过程的各个环节,借助模拟专家的智能活动,取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动。在制造过程,系统能自动监测其运行状态,在受到外界或内部激励时能自动调节其参数,以达到最佳工作状态,具备自组织能力。故IMT被称为未来21世纪的制造技术。对未来智能化柔性制造技术具有重要意义的一个正在急速发展的领域是智能传感器技术。该项技术是伴随计算机应用技术和人工智能而产生的,它使传感器具有内在的“决策”功能。

3.4 人工神经网络技术

人工神经网络(ANN)是模拟智能生物的神经网络对信息进行并处理的一种方法。故人工神经网络也就是一种人工智能工具。在自动控制领域,神经网络不久将并列于专家系统和模糊控制系统,成为现代自动化系统中的一个组成部分。

4. 柔性制造技术的发展趋势

4.1 FMC将成为发展和应用的热门技术

这是因为FMC的投资比FMS少得多而经济效益相接近,更适用于财力有限的中小型企业。目前国外众多厂家将FMC列为发展之重。

4.2 发展效率更高的FML

多品种大批量的生产企业如汽车及拖拉机等工厂对FML的需求引起了FMS制造厂的极大关注。采用价格低廉的专用数控机床替代通用的加工中心将是FML的发展趋势。

4.3 朝多功能方向发展



由单纯加工型 F M S 进一步开发以焊接、装配、检验及钣金加工乃至铸、锻等制造工序兼具的多种功能 F M S。

5. 结束语

柔性制造技术是实现未来工厂的新颖概念模式和新的发展趋势,是决定制造企业未来发展前途的具有战略意义的举措。届时,智能化机械与人之间将相互融合,柔性地全面协调从接受订货单至生产、销售这一企业生产经营的全部活动。

近年来,柔性制造作为一种现代化工业生产的科学“哲理”和工厂自动化的先进模式已为国际上所公认,可以这样认为:柔性制造技术是在自动化技术、信息技术及制造技术的基础上,将以往企业中相互独立的工程设计、生产制造及经营管理等过程,在计算机及其软件的支撑下,构成一个覆盖整个企业的完整而有机的系统,以实现全局动态最优化,总体高效益、高柔性,并进而赢得竞争全胜的智能制造技术。它作为当今世界制造自动化技术发展的前沿科技,为未来机构制造工厂提供了一幅宏伟的蓝图,将成为 21 世纪机构制造业的主要生产模式。实现了按端口、M A C 地址、应用等来划分虚拟网络,有效地控制了企业内部网络的广播流量和提高了企业内部网络的安全性。

6. 应用前景

基于知识和信息网络的敏捷制造涉及多种技术和应用领域,具有广泛的应用前景,具体体现在以下几个方面:

(1) 面向知识和信息网络,建立一套支持敏捷制造数字化、并行化、智能化、集成化的多模态人机交互信息处理与应用理论及方法,根据用户的个性化需求和市场的竞争趋势,以有效地组织敏捷制造动态联盟,充分利用各种资源进行多模态人机协同的敏捷制造,尽快响应市场需求。

(2) 基于知识和信息网络,对定制产品的外观形态、方案布局和多模态环境下人机交互等环节的支持加强,以提高敏捷制造系统的可塑性及定制产品在美观性、宜人性等方面运作过程的可视化。

(3) 实施敏捷制造,可促使企业的工作流程重组、信息资源重组和制造结构重组,促使企业更快地捕捉市场需求信息。

(4) 利用多模态人机交互技术来改变企业以试制、试验和改进为主的传统制造开发过程,使之转变为市场需求下以设计、分析和评估为主并基于知识和信息网络迅速组成动态联盟的可视化敏捷制造,从而缩短产品开发时间,提高市场竞争能力。



参考文献

1. 蒋新松. 21 世纪企业的主要模式-¥ 敏捷制造企业. 计算机集成制造系统-¥ CIMS, 1996. 2 (4): 3~8
2. 罗振壁, 周兆英, 汪劲松等. 制造的革新. 机械工程学报, 1995, 31 (4): 31~37
3. 张申生. 我国研究先进制造技术应重视的几个问题. 中国机械工程, 1995. 6 (4): 4~6
4. 李永戎, 田雨华, 高原等. 敏捷制造的实施与应用. 中国兵器工业第二一〇研究所报告, 1997, 6: 1~2
5. 赵伟, 刘晓冰. 建立面向区域资源共享企业动态联盟体系的研究. 组合机床与加工自动化, 1998, 11: 43~46