

先进制造技术文集

《先进制造技术文集》编辑组

中国国防科技信息中心

TH16-53

~~1146~~ 1003

TH16-53
1003-1

先进制造技术文集

《先进制造技术文集》编辑组



200310259

中国国防科技信息中心

200310259

前 言

先进制造技术突破了传统制造技术的概念,使制造技术发生质的飞跃。先进制造技术是制造技术的最新发展,是面向 21 世纪的技术。

先进制造技术贯穿整个制造业,涉及机械、航空、航天、汽车、船舶、轻工等行业,成为 确保高技术产业发展和军工企业战争动员能力的重要支柱。

自 80 年代以来,美国为了增强制造业的竞争力和促进国家经济的增长,首先提出了先进制造技术的概念。此后,欧洲各国、日本以及亚洲新兴工业化国家也相继作出响应,在全球掀起了一股发展先进制造技术的高潮。本文集介绍了军民两用前景好的精良制造、敏捷制造、微加工和微组装技术,供有关人员参阅。

《先进制造技术文集》编辑组

一九九七年二月

目 录

研 究 篇

先进制造技术

——面向 21 世纪的军民两用技术	(1)
一、精良制造	(4)
1. 精良生产的主要支柱	(6)
2. 精良生产对传统生产方式的影响	(8)
3. 精良生产的应用	(11)
二、敏捷制造	(13)
1. 提出背景	(13)
2. 敏捷制造的基本原理	(14)
3. 敏捷制造的关键技术	(15)
4. 敏捷制造技术的应用	(19)
三、微加工技术	(20)
1. 有关的制造工艺	(22)
2. 应用前景	(25)
四、微组装技术	(26)
1. 多芯片组件的关键工艺技术进展	(27)
2. 需要解决的技术难点	(29)

译 文 篇

先进制造技术在军事和商业上的应用

一、国防制造企业战略	(34)
1. 引言	(34)
2. 国防部面临的危机	(36)
3. 精良国防制造企业	(39)
4. 对未来的设想	(55)
5. 改革计划	(56)
二、精良制造能改变国防航空航天工业吗? ...	(71)
1. 精良制造与国防航空航天工业	(71)
2. 精良飞机倡议	(77)
3. F-22 计划中的精良制造	(79)
4. 欧洲国防工业中的精良制造	(89)
三、敏捷制造, 精良制造的堂兄弟	(98)
四、微机械技术研究动向	(101)
1. 引言	(101)
2. 对微机械的误解和疑问	(102)
3. 微机械的材料	(103)
4. 三维微结构制造	(105)
5. 并列协调型微细运动系统	(106)
6. 微机械的应用	(108)
五、使用激元激光器的超微细孔加工	(111)
六、多芯片组件评述	(118)
1. 多芯片组件技术	(118)

IV

2. 历史的回顾	(119)
3. 可生产性	(120)
4. 未来展望	(120)
七、多芯片组件的多种用途	(123)
八、微波组装技术的专用技术领域评论	(132)
九、军民两用的先进制造与组装技术	(136)
十、下一代 MCM 封装研究项目完成热性能研究	(149)

研 究 篇

先进制造技术

——面向 21 世纪的军民两用技术

韩金滕 孟晓雄

制造业是国民经济的基础。制造技术是将原材料有效地变成产品的技术的总称,是制造业赖以生存的技术基础。而先进制造技术则是人们在传统制造技术发展的基础上,不断吸收机械、电子、信息、材料、能源以及现代管理等高新技术成果,将其优化集成应用于制造全过程,使制造技术发生质的飞跃,从而实现优质、高效、低耗、清洁、精益、敏捷地生产产品,取得理想经济效益和社会效益。先进制造技术是制造技术的最新发展阶段,是面向 21 世纪的技术。

先进制造技术是一个国家、一个民族赖以繁荣昌盛的最根本的基础,是衡量一个国家经济实力和军事实力的重要标志之一。因此,很多国家都十分重视先进制造技术的发展。80 年代以来,美国根据本国制造业面临的挑战和机遇,为增强制造业的竞争力和促进国家经济增

长,首先提出了先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology)的概念。此后,欧洲各国、日本以及亚洲新兴工业化国家(如韩国)也相继作出响应,陆续提出了国家一级的先进制造技术发展计划,在全球掀起了一股发展先进制造技术的高潮。美国认为,要在下个世纪继续保持美国在全球经济中的霸主地位,必须大力重振制造业。美国 1992 年提出了名为《21 世纪制造战略》的研究报告,从信息时代全球市场发展和竞争出发,提出大力发展先进制造技术,加速新产品的构思,并以最短时间开发出高质量和低成本的新产品满足用户的愿望和要求。美国国防部强调发展先进制造技术,以达到用最少的国防费用实现在平时能保持高新武器的研制能力,在战时能迅速转入批量生产的动员能力。1994 年 3 月,美国国防科学委员会提出《国防企业制造战略》研究报告,建议采用精良制造技术。英国在展望 21 世纪技术发展前景时,将发展制造技术列为英国科技发展战略之一,要加强商业流程的研究,推广最佳的生产和销售模式,加强生产和流通中的技术改造和新技术的应用,使制造业具有美好的前景。

先进制造技术的特征是:

- 先进制造技术贯穿于产品设计、加工制造、销售和维修的全过程,而传统制造技术一般指加工制造过程的工艺方法。

- 先进制造技术注重技术与管理的结合,注重制造过程的组合和管理机制的合理化。

- 先进制造技术注重产生最好的实践效果,提高企业

的竞争力和国家的综合实力。

先进制造技术起始于计算机辅助设计/计算机辅助制造。计算机辅助设计的数据自动转化成计算机数控机器作业能识别的机器码,直接指令该机器完成规定的加工,中间无需再出示书面视读文件及人工作业,这样,既消除了人工差错,又极大地减少工时。在计算机辅助设计/计算机辅助制造的基础上,又发展了计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助测试,计算机辅助设计/计算机辅助工艺规程设计/计算机辅助制造,以及计算机辅助设计/计算机辅助工艺规程设计/计算机辅助制造/计算机辅助测试。在上述的基础上,加上立体仓库、自动搬运小车、机械手、自动装卡台等组成的物料运输自动化系统,便成了柔性制造单元。在柔性制造单元的平台,加进不同深度的计算机辅助工程,便上升到柔性制造系统和柔性生产线。如果把这种系统扩大到覆盖一个利润单元(如工厂、独立核算分厂),并进一步加进高层经营管理功能,即发展成当代位居前沿水平的计算机集成制造(CIM)/计算机集成制造系统(CIMS)、准时生产(JIT)、并行工程(CE)、精良生产(LP)、敏捷制造(AM)等新的制造模式;与此同时,制造工艺向极限条件发展,出现了高速压力加工、高真空电子束焊、超精密加工、微组装等技术。下面介绍的先进制造技术都有较好的军民两用的前景^[1,2]。

一、精良生产

精良生产是一种以最快的响应速度、最低的成本,来设计和生产在品种上和质量上满足用户需求的产品,从而在竞争中具有明显优势的全面灵活的生产系统。它有三个特点:(1)以“人”为中心,强调人的作用,强调人是企业的主人;(2)以“简化”为手段,排除生产中的一切不产生价值的环节;(3)不断改进,把“尽善尽美”作为不懈的追求目标,持续不断地改进生产、降低成本,力争无废品、零库存和品种多样化。

早在 50 年代,日本所需汽车种类繁多,批量不大,又没有足够的资金和外汇购买西方最先进的技术。丰田公司的工程师丰田英二和大野耐一针对这一实际情况提出如下思路:即综合单件生产与大批量生产的优点,使工厂的工人、设备、厂房及新产品开发等一切投入都大大减少,而生产的产品却品种更多,质量更好。丰田公司创造的这种生产方式在 60 年代和 70 年代得到了发展,日本凭借这种灵活的生产系统,取得了制造业的领先地位,令世人瞩目。

进入 80 年代以后,日本汽车行业在世界市场所占的份额愈来愈大,而美欧各国无论怎样高筑贸易壁垒、设置竞争障碍,都无法阻止日本经济地位的快速上升。这种威胁使欧美各国对自己所依赖的生产技术产生了怀疑。美国开始研究汽车制造业衰退原因并寻找振兴制造业的对策。1985 年,美国麻省理工学院的技术、政策与工业

发展中心邀请 15 个国家的研究人员参加,耗资 500 万美元,进行国际汽车计划(IMVP)项目的研究。该课题对 17 个国家的 90 多家汽车总装厂(约占世界汽车总装能力的一半)进行了深入的研究。研究结果表明,当今世界上汽车制造业的生产水平相差极为悬殊。美国麻省理工学院发现,造成上述现象的根本原因并不在于企业自动化水平的高低、生产批量的大小、产品品种的多少,而是它们采用的生产方式不同。由于日本的汽车公司和制造企业引用了丰田的生产方式,日本的经济增长很快。日本汽车工业的这一研究成果已经导致美国的汽车制造商改变它们的生产方式,大大地降低了生产成本,提高了产品质量,使用户更加满意。国际汽车计划中肯定了日本丰田汽车公司创立的生产方式,并被正式命名为“精良生产”。

冷战结束后,西方主要国家,特别是美国,面临军费锐减和激烈竞争环境的严峻挑战。在军品订货数量剧减的情况下,如何实现经济生产,既使用户购买得起而又使企业有利可图,已成为国外军方和航空工业部门十分关心的问题。美国汽车企业成功地运用精良制造的事实,引起了当时的美国空军航空系统中心司令弗格森中将的重视。1992 年 5 月,他要求麻省理工学院对精良制造原理能否适用于军用飞机进行评估。在麻省理工学院评估结果的基础上,弗格森提议搞一项工业界和政府联合的研究计划,以便确定什么途径能大大提高军用飞机的生产率和改善经济承受能力。美国空军和一个航空航天集团公司发起了精良飞机倡议。该倡议的目的是将生产成

本至少降低 50%,生产周期优于现有的研制和生产标准。与此同时,美国国防科学委员会提交了一份“国防制造企业战略”研究报告,该委员会主席卡明斯基建议国防部采用报告中提出的易于实现的精良制造方式,这样会使国防部和工业界的企业产生革命性的变化。

1.精良生产的主要支柱

精良生产是一种全新的生产方式。精良生产的革命性就在于它把近 20 年来出现的先进思想、概念、方法和技术集成化、系统化和理论化,创立出区别于传统生产方式的新生产体系。归纳起来,这个新体系主要由以下几个方面构成。

(1)全面质量管理

全面质量管理是精良生产的重要保证。现代的全面质量管理是一种有机综合企业各个小组在质量发展、质量维护和质量改进诸方面活动的有效系统,确保企业以最经济的成本从事生产和服务而使顾客得到完全满意。它的真谛在于调动企业各个部门的全体成员的积极参与和关心质量工作。

精良生产采用一体化的质量保证系统,以流水线旁工作的生产小组为质量保证基础。小组成员对故障进行快速和直接处理,因而从组织上保证一旦发现故障、问题,即能迅速查找到起因。同时,由于每一个小组自己检验产品,取消了昂贵的检验场所和修补加工区。这不仅简化了产品的检验,保证了产品的高质量,而且节省了费用。

(2)适时制造

适时制造是一种科学制造管理方法,它以最少的设施、设备、物质和人力资源,根据用户要求,保证用最少的时,高效益地生产和交付质量合格的零件和产品。它大体涉及三类技术:制造技术(如单元制造、成组技术、U型设备布局等);生产和物质控制技术(如物质需求计划、优化生产技术等);采购技术(如单供货源、标准容器、供应商合格证、采购卡、信息系统等)。

采用适时制造,可以减少库存和废品,提高生产率,缩短周期,还可以提高职工的积极性和责任感。

(3)并行工程

并行工程是精良制造的基础。精良生产在产品开发中,采用了并行开发方法。在产品开发一开始就由设计、工艺和工程等方面的人员组成项目组,并由一个有职有权的领导负责从产品开发到生产的全过程。在产品开发过程中,由于集中了各方面的人员,可在组内处理大量的信息,因而使信息的传递得到简化,系统反应十分灵活。即使遇到问题也可以在开始阶段得到解决,使设计的产品能符合用户的要求。

精良生产总装厂与协作厂之间不再是以价格谈判为基础的委托和被委托关系,而是相互依赖,息息相通。在产品开发阶段,总装厂根据以往的合作关系选定协作厂,并让协作厂参加产品开发过程。总装厂和协作厂采用一个确定成本、价格和利润的合理框架,通过共同的成本分析,研究如何共同获益。在产品制造阶段,总装厂充分放权,它仅把要生产的产品的性能规格提供给协作厂,协作厂则负责具体的设计和制造,并把产品零件的具体加工

任务交给有不同专长的第二、第三层次的协作厂。

(4) 全员设备维护

全员设备维护是精良生产运行的基础。它的核心是充分利用制造资源,包括设备和人员。这里所说的“人”包括整个精良生产系统所涉及的人,如本企业各层次的工作人员以及协作单位、销售商和用户等,因为在精良生产系统中,销售商和用户都是系统的有机组成部分。

企业把雇员看作是比设备更为重要的固定资产,创造条件,使雇员不断学习,扩大知识面,承担尽可能多的责任,成为多面手。在工作中让雇员及所在小组有很大的独立自主权,装配线上的每位工人若发现质量问题,都有权拉动工位上的开关使全线停止工作,并和小组人员一起快速追查问题的原因。决策和解决问题放在小组进行,在很大程度上不需要中层或高层经理逐级下达命令并将信息反馈上来。

精良生产的可贵之处就是从一开始,人就是这个体系的中心,充分发挥人所具有的最大柔性、最大活力和最大潜力的因素。

2. 精良生产对传统生产方式的影响

为了保证产品多样化,精良生产不仅要求雇员具有多面手的能力,还要以柔性生产技术和易于重构的组织管理方式为基础。与传统的批量生产方式相比,精良生产无论从考虑问题的层次、范围、角度和具体的作法等方面都有很大的区别。表 1 对两种生产方式作了简单比较。

表 1 精良生产与传统生产方式的比较

比较内容		传统生产方式	精良生产方式
企业目标		足够好的原则: 容忍一定的废品率, 最低限度的库存, 向顾客提供范围很窄的产品	尽善尽美的原则: 不断降低成本, 追求无废品、零库存、产品多样化
工作强度		体力和精神的紧张	创造性的紧张
工人、设备	单件生产	高度熟练的工人使用简单但通用的设备	多面手使用通用性好、自动化程度高的设备
	大量生产	半熟练的工人使用高度自动化的设备, 最大限度分工	多面手使用通用性好、自动化程度高的设备
人事管理 组织机构		职务晋升靠机遇	透明的职务晋升途径
		以个人为单位进行工作实际考察	以集体为单位进行工作实际考察
		组织机构以集中式或多级递阶控制为主	组织机构以分布式或适度递阶控制为主
		面向功能, 按功能划分部门	面向过程, 按过程划分项目组
		被动管理	主动管理, 以人为中心
		用传统方式进行职工培训	在工作中培训职工

比较内容	传统生产方式	精良生产方式
产品开发	顺序开发	并行开发
销售	只销售企业生产的产品,与销售商是简单的买卖关系	销售顾客需要的产品,长期与销售商保持平等互利的伙伴关系
生产计划管理	面向设备负荷编制生产计划,使设备尽可能满负荷运行	面向实际需要编制生产计划
	尽可能早开工	尽可能晚开工
	大批量优先	最小批量
	按事先制定的生产计划控制生产过程 - “推”的管理方式	按合同组织生产过程 - “拉”的管理方式
	自顶向下,分层生产控制	分布式自适应控制
采购管理	零件成本最低的采购原则	产品总成本最低的采购原则
	单件采购	以子系统为单位进行采购
财务管理	被动管理,注重成本核算	主动管理,注重面向整个生产过程的成本核算
	以降低成本为目标	以提高生产率、改善产品增值过程为目标

比较内容	传统生产方式	精良生产方式
质量管理	专职的质量管理人员	质量自检
	提高产品质量必然会增加产品成本	提高产品质量并非一定会增加产品成本
信息处理	集中处理	分布处理,使信息作为生产要素得到更好的应用

由此可见,精良生产的核心思想是对已有的生产方法、质量控制、设计原理、管理技术、降低成本等进行逐步地、不停顿的改进,更好地做好小事和日常事物,力争“尽善尽美”,力争无废品、零库存、产品品种多样化。当然,这样的理想境界是可望而不可及的,但对目标永无止境的追求和不断改进的结果却会使企业发生惊人的变化。如采用精良生产方式的汽车厂家设计一种新型车,其费用只有采用大规模生产方式厂家的一半,能用同样的开发费用多提供一倍的产品。

3. 精良生产的应用

精良生产方式已经引起美国和欧洲的一些大汽车公司的关注,如美国通用汽车公司、福特汽车公司、德国大众汽车公司等率先转向精良生产方式,根据自己的实际情况采用了丰田、马自达等以精良生产方式为主的公司的组织结构。有些公司已取得较好成绩。如福特公司通过采用精良生产方式和其它一些管理措施,又重新恢复