

第一章 制造业的过去、现在与将来

第一节 从作坊到大量生产

一、19世纪的机械作坊

劳动创造了世界，人类的文明和进步是与制造技术的发展分不开的。两百多年前，由于蒸汽机的出现而导致的工业革命，揭开了工业化的序幕。回顾历史，制造技术大致经历了三个主要发展阶段：

- 1) 用机器代替手工，从作坊形成工厂；
- 2) 从单件生产方式发展到大量生产方式；
- 3) 制造的柔性化、系统化和智能化。

蒸汽机可以提供比人力、畜力和自然能更强大的动力，推动了制造工业的发展。到本世纪初，各种金属切削加工的工艺方法陆续形成，近代的制造技术已成体系。但是，机器（包括汽车在内）生产的方式是作坊式的单件生产方式，按照用户的要求进行制造，使用手动操作的机床，生产效率不高，成本却很昂贵。然而从业者在产品设计、机械加工和装配方面都有高度的技艺。大多数是从学徒开始，最后成为制作整台机器的技师或作坊业主。工厂的组织结构松散，管理层次简单，由业主自己和所有顾客、雇员和协作者联系。这种机械作坊的单件生产方式在18世纪末从英国先后传到法国、德国和美国，在美国这个新兴资本主义的土壤上，率先形成了小型的机械工厂。

二、福特创造了大量生产方式

推动这种单件生产方式发生根本变革的主要是两位美国人。泰勒（F. W. Taylor）首先研究了刀具寿命和切削速度的关系，在工

厂进行时间研究，制定工序标准，提出了以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理方法，从而成为制造工程科学的奠基人。继而福特（H. Ford）运用泰勒等人提出的理论，找到了克服单件生产方式弱点的方法。他首先在福特汽车公司推行所有零件都按照一定的公差要求来加工，使汽车装配时不用人工修配。然后把汽车的装配分解成简单的操作：主要是拧紧螺丝、焊接、涂漆三种。每个工人只承担每种操作的一小部分，不必关心整台汽车是怎样构成的，也不必去领取零件，更不必去知道别人在做什么。移动的流水装配线把待装配的汽车传送到工人面前，拧紧螺丝就可以。经过简单的培训，工人就可以在流水装配线上工作。

福特在1913年建成的汽车装配流水线具有划时代的意义，它缩短了生产周期，提高了生产效率，降低了成本，保证了质量。流水线使工业生产面貌发生了根本的变化，福特原理的大量推广应用，出现了代表本世纪工业文明的、以高效自动化专用设备和流水线生产为特征的大量生产方式。

大量生产方式对社会结构、劳动分工、教育制度和经济发展都产生了不可估量的作用。首先，大量的农村劳动力进入工厂，简单劳动使工人成为机器的附属物，工人被强制按照一定的节拍重复进行简单的操作。分工和专业化，不仅造成蓝领与白领的分界，在蓝领中也分为不同工种的熟练工人、半熟练工人和非熟练工人。作为白领阶层的代表——工程师，也分为设计、工艺、生产、设备工程师。随着科学技术的发展，学校教育也开设了越来越多的不同专业，以适应社会分工的需要。

为了不断地提高生产效率和产品质量，各种专用的、多刀和多过程的、同时加工多个工件的、具有自动循环的机床设备日益增多。由于大量生产方式可大幅度提高效率，在许多工业领域中都相继加以采用，生产力发生了飞跃，社会物质财富迅速增长，到战后的50年代，大量生产方式发展到了顶峰。

图1-1形象地描绘了从手工作坊的生产方式发展到机器生产和大量生产方式的过程

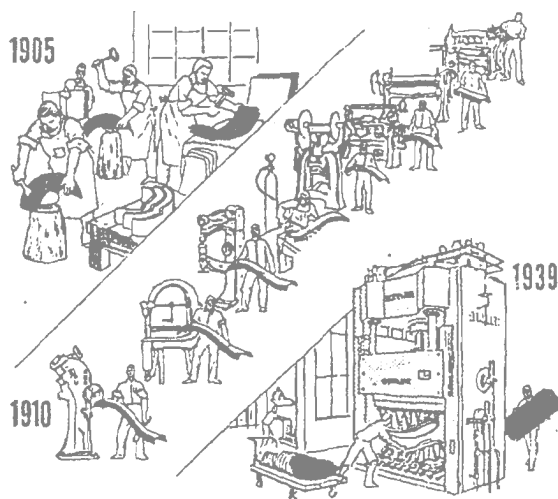


图1-1 从作坊到大量生产

第二节 柔性自动化的兴起

一、柔性自动化的出现

随着科学技术的迅速发展,新产品不断涌现,产品的复杂程度也随之增高,而产品的市场寿命日益缩短,更新换代加速,大量生产方式遇到了挑战。因为在大量生产方式中,柔性和生产率是互相矛盾的。因为,只有产品品种单一、生产批量大、设备专用、效率高,才能构成规模经济效益。现在,面临市场多变这一新问题,必须寻求新的制造模式,同时提高制造工业的柔性和生产率,缩短生产周期,保证产品的质量和降低生产成本。最终使中小批量生产能够与大量生产抗衡,甚至逐步加以取代。

1954年,美国麻省理工学院研制出第一台数字控制铣床,揭开了柔性自动化的序幕。从70年代初,柔性自动化开始进入生产实用阶段,20多年来,从单台数控车床和铣床的应用,逐渐发展到自动换刀的加工中心、自动更换工件的柔性制造单元和柔性制造系

统，直至全面自动化的计算机集成制造系统。

什么是柔性？概括地说，柔性是制造系统能够适应产品变化的能力，可分为瞬时、短期和长期柔性三种：

- 1) 瞬时柔性，设备出现故障后，自动排除故障或将零件转移到另一台设备上继续进行加工的能力；
- 2) 短期柔性，系统在短时期（如间隔几小时或几天）内，适应加工对象变化的能力，包括在任意时刻混合地进行加工两种以上零件的能力；
- 3) 长期柔性，系统在长期使用（几周或一个月）中，能进行加工各种不同零件的能力。

迄今为止，柔性还只能定性地加以分析，还没有科学的量化指标。因此，凡具备上述三种柔性特征之一的、具有物料流或信息流自动化的制造系统都可以称为柔性自动化。

按照制造系统的规模、柔性和其他特征，柔性自动化具有多种形式：如独立制造岛 (AMI)、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS)、柔性生产线 (FTL) 和自动化工厂 (FA) 等。与刚性自动化的工序分散、固定节拍和流水生产的特征相反，柔性自动化的共同特征是：工序相对集中，没有固定的生产节拍，以及物料的非顺序输送。柔性自动化的目标是：在中小批量生产条件下，接近大量生产方式由于刚性自动化所达到的高效率和低成本，并同时具有刚性自动化所没有的灵活性。

二、柔性制造系统

柔性制造系统是一个技术复杂的高度自动化系统。为了保证它的工作可靠性和经济性，可将其主要组成部分标准化、模块化和系列化。例如，工件的输送方式可以是感应线导小车输送或有轨小车输送，刀具的输送和交换方式可以通过刀具交换机器人或与工件共用输送小车的刀盒等，系统控制软件则更加容易标准化和模拟化。利用技术相对成熟的标准化模块去构造不同用途的系统是柔性制造系统当前的主要发展趋势。

典型的柔性制造系统由以下四类模块组成：

- 1) 与系统兼容的加工中心和数控机床，即工件、刀具和控制都具有可与系统相连接的标准接口；
- 2) 完成工件输送、搬运以及存储功能的工件供给系统；
- 3) 刀具供给系统，包括刀具的输送、交换和存储装置以及刀具的预调和管理；
- 4) 制造系统的控制和管理，以及加工过程的监控。

上述四类不同模块的组合，就可以构成各种不同形式的、具有不同程度的自动化物料流和信息流的柔性制造系统。三种典型的模块化柔性制造系统及其特征如图 1-2 所示。

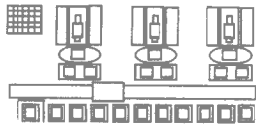
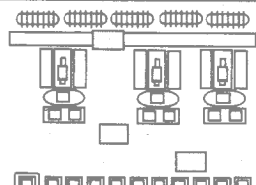
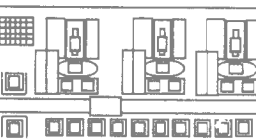
系统方案和布局	工件流	刀具流	系统的技术特征
	有轨输送系统 工件缓冲存储 人工装卸工件	人工	☞ 没有自动刀具输送系统 ☞ 适用于零件品种少、加工时间较长或批量较大的情况 ☞ 更换加工任务，通常需要停机调整
	无轨输送系统 工件缓冲存储 人工装卸工件	具有单独的刀具输送系统 用机器人搬运和交换刀具	☞ 由机器人实现中央刀库和机床刀库之间的刀具交换 ☞ 由与同的运输系统输送工件和刀具，投资较大 ☞ 适用于零件品种多、刀具数量多、零件加工时间短、零件程序频繁更换的情况
	工件和刀具共用一个运输系统 人工分别在两个工位装卸工件和刀具		☞ 用刀盒将刀具送到机床，借助机械手在刀库和刀盒之间交换 ☞ 工件与刀具共用一个运输系统 ☞ 适用于零件和刀具品种数量中等、零件加工时间较长的情况

图 1-2 典型模块化柔性制造系统的特征

第一种方案比较简单，其特点是借助有轨输送车将几台加工中心连接起来，系统的规模不能很大，通常是由 3~5 台加工中心组成，早期应用较为广泛。由于没有刀具的自动交换，生产效率受到一定的影响。

第二种方案的特点是具有中央刀库，采用有轨自行机器人实现中央刀库和机床刀库之间的刀具输送和交换，并采用无轨输送

小车来运送工件。这种方案，自动化程度很高，可以用于构造大型系统，但往往过于复杂。

第三种方案是吸取上述两种方案的优点，采用一台有轨输送车或无轨输送车，既运送工件，也输送刀具，充分利用了系统资源，发展前景较好。

由此可见，影响柔性制造系统配置复杂程度的最大因素是刀具的供应方式，其次是工件的输送存储和交换方式。

由四条柔性制造系统（图 1-2 中的第二方案）、立体仓库、清洗站和检验站组成的柔性自动化车间如图 1-3 所示。

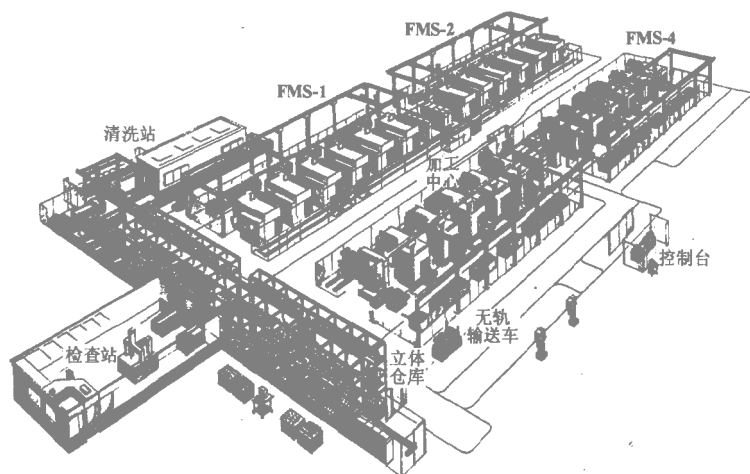


图 1-3 柔性自动化车间

三、计算机集成制造

据统计分析，从 1870 年到 1970 年的一百年里，加工过程的效率提高了 2000%，生产管理的效率提高了 80%~120%，而产品设计的效率仅提高了 20% 左右，后两者的效率已成为生产进一步发展的主要制约因素。所以制造技术的发展就不能局限在车间制造过程的自动化，而要全面实现从生产决策、产品设计直到销售的整个生产过程的自动化，特别是技术科室和管理科室工作的自动化，并把它们集成为一个完整的生产系统——计算机集成制造系统。

虚线框内是产品制造过程的信息流。生产活动的信息源来自生产对象——产品的订货。根据用户对产品设计的要求，CAD系统将提供有关产品的全部信息和数据，产品原始数据是企业生产活动初始的信息源，所以智能化的CAD系统是CIMS的基础。

为了进行产品的加工制造，工艺过程设计是关键环节，它将决定用什么方法和手段制造产品，也是对生产进行技术组织和管理的依据。CAPP系统不仅要编制工艺规程、设计工夹量具、确定工时和工序费用，还与CAM系统连接，给出数控机床的工艺数据。此外，它将为生产计划、作业调度、质量管理和成本核算提供必要数据；还为CAD系统提供诸如可制造性和制造成本的反馈信息。

生产计划与控制系统是全厂的生产指挥枢纽。为了使生产过程有条不紊地进行，必须相应建立一个生产数据采集系统，及时从车间获得有关生产任务完成情况的数据以及产品质量、设备和人员的信息，构成一个能够反映生产过程真实情况的信息反馈系统，从而提高了生产过程的透明度，进行动态的作业调度。为了进行成本核算，生产数据采集系统还需与劳动工资、供销以及财会部门发生联系，将生产情况及时报告有关管理部门。

在过去的 10 多年中，国内外关于CIMS讨论得很多，但实践得出的经验表明，并非事事如愿、一帆风顺，主要原因是：

- 1) 企业经常面临技术、投资和人员素质问题，很难承受跃进式的大变革；
- 2) 在规划工作中，缺少对企业的结构、功能和车间组织深入的研究，主要从技术着眼，没有把改造和改组、改制有机地全面结合起来；
- 3) 片面强调和追求高技术，偏离企业的市场经营目标，在生产实践中并没有获得所期望的柔性和经济效益；
- 4) 在建立CIMS的过程中，实现全面集成在技术上还有很大的困难，而且花费代价太大。

以上几点是值得推广CIMS时认真考虑的。对企业来说，关键不完全在于拥有什么高新技术，而是采用什么新技术才能去占有

市场。国内外都有这样的实例，采用了 CIMS，投入了大量资金，产品在市场上仍然节节败退，实际上没有经济效益，结果主要只能供人参观，那么这就决非企业所需要的和应该追求的。

以上海某机床厂为例，耗资几千万，集中了学校、科研机构 and 工厂的骨干力量，历时 10 年，建造了一条由四台加工中心、一台清洗机和有轨输送车组成的柔性制造系统，但直到今日，仍不能完全正常联机运行。

再如，德国著名的 Maho 机床公司，关闭了原来在佛隆登的工厂，在开普敦重新建了一个高度自动化的工厂，1993 年新厂开工之时，正好遇上世界机床市场低落，由于这一投资失误，导致董事会改组，控股权易人。

如果能把 CIMS 的注意力放在信息流的自动化和集成，理解为计算机集成管理系统 (Computer Integrated Management System) 或者通过信息管理系统所形成的市场竞争力 (Competitiveness through Information Management System) 也许更切合我国的目前实际需要。

第三节 精益生产体系

一、丰田选择了自己的道路

1950 年，日本的丰田英二考察了美国底特律的福特公司的轿车厂，当时这个厂每天能生产 7000 辆轿车，比日本丰田公司一年的产量还要多。但丰田在他的考察报告中却写道：“那里的生产体制还有些改进的可能”。

战后的日本经济萧条，缺少资金和外汇。怎样建立日本的汽车工业？照搬美国的大量生产方式，还是按照日本的国情另谋出路，丰田选择了后者。日本的社会及文化背景和美国是大不相同的。日本的家族观念、服从纪律和团队精神是移民特征的美国人所没有的。日本也没有美国那么多的外籍工人和美国生活方式的自由散漫，以及个人主义的泛滥。日本的经济和技术基础也与美国相距甚远。日本当时没有可能全面引进美国的成套设备来生产

汽车，而且当时所期望的生产量仅为美国的几分之一。“规模经济”或“经济批量”法则在这里面临着考验。

丰田英二和他的伙伴大野耐一进行了一系列的探索 and 实验，根据日本的国情，提出解决问题的方法。经过30多年的努力，终于形成了完整的生产体系，使日本的汽车工业终于超过了美国，产量达到了1300万辆，占世界汽车生产总量30%以上。日本汽车工业的高速发展，带动了日本其他工业，创造了日本战后经济繁荣的奇迹。

1989年，美国麻省理工学院发表了“改变世界的机器”的著名报告，总结了丰田的生产方式，指出它的重大历史意义，认为这是制造工业的又一次革命。报告认为日本最有益的企业是采用了适度的自动化技术，并对企业的整体进行全面的科学管理。日本企业的成功主要是充分发挥了人的潜力、智慧和积极性。但是，大多数美国企业过于臃肿，因此提出了“精简、消肿”的对策，并把丰田的生产方式称为精益生产(Lean Production)，以表述精益求精，以简代繁的特点。

精益生产体系的各项活动如图1-5所示。

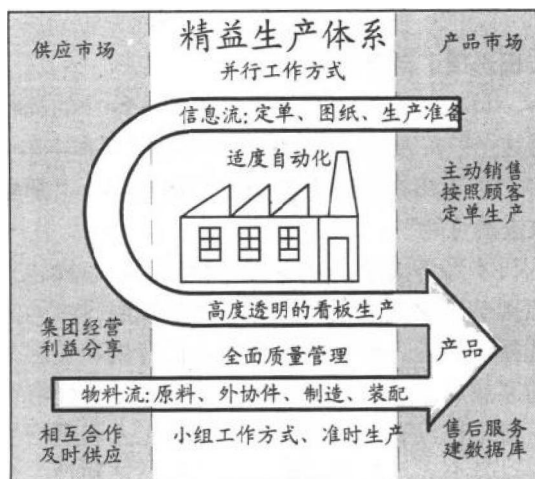


图1-5 精益生产体系的概念

精益生产的基本目的是要在一个企业里同时获得极高的生产率、极佳的产品质量和很大的生产柔性。在生产组织上，它与泰勒方式相反，不是强调过细的分工，而是强调企业各部门相互密切合作的综合集成。这不仅限于生产过程本身，尤其重视产品开发、生产准备和生产之间的合作和集成。

精益生产不仅是要求在技术上实现制造过程和信息流的自动化及其集成，更重要的是从系统工程的角度对企业的活动及其社会影响进行全面的、整体的优化。换句话说，精益生产体系不仅着眼于技术，还充分考虑到组织和人的因素。

为了便于对精益生产体系的要点更好理解，现将精益生产方式与传统的大量生产方式在不同方面的比较列于表1-1。

表 1-1 精益生产与传统大量生产方式的比较

	精 益 生 产 方 式	大 量 生 产 方 式
生产目标	●追求尽善尽美	●尽可能的好
分工方式	●集成，综合工作组	●分工，专门化
产品特征	●面向用户和生产周期较短的产品	●数量很大的标准产品
生产后勤	●准时生产方式（JIT）的后勤支援	●在所有工序均有在制品缓冲存储
产品质量	●在生产过程的各个环节始终由工人进行质量保证	●由检查部门事后进行质量检验
自 动 化	●柔性自动化，但尽量精简化	●倾向于刚性和复杂的自动化
生产组织	●加快进度的“同步工程”模式	●依次实施顺序工程模式
工作关系	●强调工作友谊，团结互助	●感情疏远，工作单调，缺乏动力

从表1-1中可见，精益生产方式首先在产品 quality 上追求尽善尽美，保证用户在产品整个生命周期内都感到满意。在企业内的生产组织上，充分考虑人的因素，采用灵活的小组工作方式和强调相互合作的并行工作方式。在物料管理方面，准时的物料后勤供应和零库存目标使在制品大大减少，节约了流动资金。在生产技术上，采用适度的自动化技术又明显提高了生产效率，所有这一切，都使企业的资源能够得到合理的配置和充分的利用。

精益生产体系的特征可以总结为：以用户为“上帝”，以

“人”为中心，以“精简”生产过程为手段，以产品的“零缺陷”为最终目标。

1. 以用户为“上帝”

企业要面向用户，保持与用户的密切联系，真正体现用户是“上帝”。不仅要向用户提供服务，而且要洞悉用户的思想和要求，以最快的速度 and 适宜的价格，提供高质量的适销新产品去抢先占领市场。

2. 以“人”为中心

现代制造企业一方面要不断依靠技术进步求得发展，但更要以人为本，推行小组工作方式。它是指由企业各部门专业人员组成的面向项目的综合工作组。一个综合工作组全面负责一个产品型号的开发和生产，包括设计、编制预算、材料购置、生产准备及投产等工作，并及时根据实际情况调整原有的设计和计划。

综合工作组是企业集成各方面人才的一种组织形式。企业一方面为职工创造工作条件和晋升途径，另一方面又给予一定的工作压力和自主权，以同时满足人们学习新知识和实现自我价值的愿望，从而形成独特的、有竞争意识的企业文化。

3. 以“精简”为手段

精益生产去除生产过程中的一切多余的环节，实行精简化。在组织结构上，纵向减少层次，横向打破部门壁垒，将多层次细分工的管理模式转化为分布式平行网络的管理结构。在生产过程中，采用先进的设备（例如采用加工中心，实行工序集中，尽可能在一个工作地完整地加工一个零件），使每个工人的工作都真正在产品制造过程中实现增值作用。

4. 以“零缺陷”为目标

精益生产所追求的目标不是尽可能好一些而是零缺陷：最低的成本，最好的质量，无废品，零库存与产品的多样化。当然不可能有一个企业完全达到这样的境地。但永无止境去追求这一目标，将会使企业发生惊人的变化。

为了更好地描绘精益生产体系各组成部分的相互关系， 1-6

把精益生产体系看作一幢大厦，它的基础就是计算机网络支持下的小组工作方式和并行工作方式，在此基础上的三根支柱就是：

- 1) 全面质量管理，它是保证产品质量、树立企业形象和达到零缺陷目标的主要措施；
- 2) 准时生产和零库存，它是缩短生产周期、加快资金周转和降低生产成本的主要方法；
- 3) 成组技术，这是实现多品种、小批量、低成本、高柔性、按顾客定单组织生产的技术基础。



图1-6 精益生产体系的构成

精益生产体系取得了明显的效果，丰田的汽车质量达到世界领先水平，目前同时可以生产 5000 个品种，而它的价格在国际市场上具有很大的竞争优势。

第四节 敏捷制造

一、敏捷制造的产生背景

21 世纪正在向我们走来。一场先进制造技术的“战争”正在世界范围内兴起。美国为了夺回制造业优势，着重研究制造工

业的发展战略。美国里海大学在 1991 年末发表了“ 21 世纪制造企业战略 ” 的报告。在这份报告中，总结了美国工业界的经验和利用信息技术的优势，提出了一种崭新的制造模式—— 敏捷制造（ Agile Manufacturing ）。

敏捷制造是将柔性的先进制造技术，熟练掌握生产技能、有知识的劳动力，以及促进企业内部和企业之间的灵活管理三者集成在一起，对千变万化的市场时机作出快速响应。它包含了许多新的思想 其活动空间已经从一个企业扩展到社会 例如：

- 1) 可重构的和不断改变的生产系统，如虚拟公司；
- 2) 以信息为主和与批量无关的制造系统；
- 3) 充分调动人的积极因素和发挥人的创造性；
- 4) 向基层下放权力，简化领导层次和组织结构；
- 5) 利用信息高速公路，建立全国工厂网络；
- 6) 独立自主的、模块化的、分布式的制造单元；

这些新思想、新概念，将会使传统的制造业发生一系列根本性的变化。事实上，我们所能预见到敏捷制造的每一种特性，在今天的制造企业中已经都可以找到。所不同的是，今天的特例将成为明天的常规，今天看来不寻常的事，明天将极为普遍。以信息高速公路为代表的高新科技的广泛应用，将给我们的生活和工作、思想观念以及社会活动带来质的变化，从而导致制造业管理方式和和生产方式的根本性变革。

二、敏捷制造的实例

美国汽车公司（ United States Motor Co. ）是以美国国防部为主要用户的汽车公司。它向用户承诺：

- 1) 每辆 USM 汽车都按用户要求制造；
- 2) 每辆 USM 汽车从订货起三天内交货；
- 3) 在整个寿命周期内，有责任使用户满意。

在以前，任何一个公司不管花多大的代价，都不可能做到这三点。如果 USM 公司按照传统的多层管理结构和自动流水生产方式，即使采用新技术，这些承诺也是无法兑现的。 USM 公司成功

的例子说明大量生产方式正在处于革命性的转变时期，USM公司成功之处还在于它的以用户为中心的营销思想。USM公司最辉煌的营销成就是在接到用户订单后的3个工作日内就能交货，并允许用户根据自己需要进行设计、改装自己的汽车，因而取得决定性的竞争优势。

例如，潜在的用户可以通过家里或销售商店的计算机，利用USM软件“设计”自己的汽车。这种软件能够生成用户自己构思的汽车图像和售价，并能估算在预定使用条件下的运行费用。如果用户需要定货，可将所设计的车型传送到销售点，在那里用户可以借助多媒体模拟装置，对它进行非常接近实际的、不同使用条件下的试验。试验时，“驾驶人员”坐在可编程的椅子上，戴上虚拟实境眼镜或头盔，在他们的视野内可以看到他们选择的操纵板和坐椅的结构和颜色，控制装置的位置，通过窗口能够看到前后盖板和挡泥板的形状、外面的景物。还可以听到在各种行驶速度下发出的响声和风声，以及音响设备的效果。通过可编程坐椅、方向盘、模拟控制装置，可以感觉到悬挂装置对不同路面和拐弯速度的反应。用户可以调整汽车的各种功能、美观和舒适程度，直到满意为止。

这种模块化程度很高的汽车，可使每个用户得到一辆价格合理的、专门定制的车，而且这种车不会轻易报废，很容易进行改造。如果需要，用户自己可以更换某些模块，加以更新换代，花的钱比重新买一辆新车合算得多。对于公司来说，也可以把市场积压的过时汽车，返回工厂重新改造后再销售。这种产品迅速重构能力对美国国防部很有吸引力，因为它能在迅速变化的军事需要保持快速响应能力的前提下减少库存。

创建美国汽车公司的目的，是探索一种可以替代大量生产方式的生产模式，开发“最完美的”先进制造技术。尽管USM公司每年的产量不超过18万辆，它还是成功的。USM公司成功的关键因素是设计与制造能力相匹配。在该公司产品设计和工艺设计是并行进行的，借助计算机对全车的设计和制造过程进行仿真。

三、敏捷制造的重要性

今后10年，将越来越多地通过用户参与产品设计、共同把产品迅速推向市场、产品的迅速重构和更新换代的方式，建立起一个把开发新产品集成到社会系统中的新局面，形成生产消费联合体。今天，虽然有能力和迅速寻求产品的技术方案，并把它交给用户，但是目前还不能有效地运用这能力。今后，这种能力将会越来越普及，各个行业都会学会如何更好地实现产品迅速问世、推向市场，并将其集成到社会系统中。

到下世纪初，这种产品迅速问世，以及将特殊配置的产品迅速交付用户的能力要比现在强得多。当然，这并不意味着每件产品都必须迅速地生产和交货。这种能力将用于应变，并使企业管理在制造过程安排、库存量控制及市场决策等方面有更大的自由度，也使制造过程能按计划的时间表进行管理。这种迅速响应能力使企业管理者可以依据市场需求，对制造速度进行动态决策。市场决定了不同产品的价格和交货时间，对于相同的产品，也可以存在迅速响应和缓慢响应的价格区别。这也就是说，将根据市场的需要，以不同速度生产相同的或不同的产品。

因此，敏捷是指允许管理者根据市场的要求对产品的生产速度进行调整。由于敏捷首先是以产品模块化的形式引入，随着成组技术的普及程度逐步增长，成为整个分布式、网络化制造企业的一种特征，因此它不会导致很大的额外投资。最重要的问题是急需开发具有迅速响应能力的管理系统，从而将企业经营管理从那种缓慢而古老的批量生产的思想桎梏中解放出来，实现经营管理的重组。那时制造工业的面貌就会发生根本性的变化。

这种新的生产模式将改变许多观念，包括生产机器的认识。在未来的世界里，每一个制造过程都要接收并发送大量的数据。无论从整个系统范围还是从某个局部来看，信息对工艺发展的影响将会与物理、化学同样重要。过去，在设计一台机器时，主要考虑的是机器本身，其次才考虑与控制部分怎样连接。而今天与控制部分的连接是机器设计过程中的首要因素。

在制造工业的新世纪，只有把企业作为一个整体来变革才能获得成功。企业必须学会对各种机遇做出快速反应。领先的企业将会积极地寻求各种产品 and 市场，这种能够提供优质产品的敏捷能力将给企业带来巨人的效益。这种敏捷响应市场的能力只有通过权力下放、建立综合工作小组、打破等级制度、添置所需的制造设备和软件、对整个公司进行重组和再造才能达到。换言之，制造业必须进行全面的整体改革才能获得敏捷响应市场的能力，只有那些改革成功的企业才能在全球竞争中获胜。

四、理想的敏捷制造企业

为了克服大量生产方式的缺点，按照现有的技术水平和生产实践我们可以来设想一下 21 世纪敏捷制造企业的远景。

1. 敏捷制造企业的基本特点

敏捷制造企业是种高度集成的组织。信息在产品设计、工艺、制造、市场、采购、财务、仓储、销售、研究等部门之间连续地流动。各项工作是同时进行的，而不是按顺序进行的。开发新产品，编制生产工艺规程，进行产品销售是同时进行的。设计工作不仅属于技术部门，也不只是工程与制造的结合。从用原材料制造产品到最终报废的整个产品生命周期内，每个阶段的代表都要参与产品设计，信息不仅要在敏捷制造企业与其用户之间连续地流动，而且也要在敏捷制造企业与供应厂家之间连续地流动。在敏捷制造中，用户和配件供应厂家在产品设计和开发中都应起积极作用。每一个产品的生产都可能要使用具有高度交互性的计算机网络，同在技术上分散、在组织上分离的企业内部成员彼此合作，并且也可以与其他企业的成员合作。

企业内部和各个合作企业之间相互负责的态度，使敏捷企业的集成为可能。敏捷制造的职业道德是以真诚合作为基础的相互信赖。把合作视为解决问题、与项目所有合作者共享信息的首选途径。要实现相互信赖和相互负责，基层就需要具有局部决策能力，这种决策能力是敏捷响应市场能力的个主要决定因素。敏捷制造企业各部门依靠信息可以作出并实行许多决策，在行动之