

由数字制造引发对精益的再思考

Rethinking Lean With Digital Manufacturing

金航数码科技有限责任公司 陈绍文



陈绍文

金航数码科技有限责任公司高级顾问。长期致力于航空制造企业自主信息化软件系统的研究、开发和实施推广。对航空航天制造企业的生产改进和流程再造具有近 20 年的经验。研究范围包括精益制造、ERP、MES、数字化制造、航空企业信息化规划方法论等。

当前数字化应用快速发展,不断有新的“管理理念”出现。大家会问:重提“精益”这个“古老”的话题是不是有些不识时务?的确,我们的很多企业已经学过、尝试过太多,处于实施精益的“小动作不解渴、

大行动不敢尝”的尴尬境地。视精益为不适合自己的企业,乃至抵触的企业和人也不少。但是当我们看到,现今几乎所有的技术和管理的创新都在以精益原则、精益方法为引指,或者都被覆盖在“精益”这把大伞之下时,就会深刻体会到忽视精益的严重性。本文通过对精益的提纲式的回顾,说明精益在与时俱进地发展,说明精益不但没有过时,还正在走向更深化的应用。这里有必要向中国航空企业大声地呼吁:只有自觉主动地走上精益的旅程,技术进步和管理创新才能修成正果。

越的成效。在新技术,特别是数字制造技术突飞猛进的发展以来,让我们不得不注意到,新技术可以实现过去传统精益方法无法达到的效果。今天的世界要求我们重新审视技术对精益创新的作用。技术界的名家不约而同地把数字制造和产品生命周期管理等最新的技术进展与精益的管理思想联系起来。世界著名的阿伯丁(Aberdeen)咨询公司在 2007 年发布了一系列关于精益应用发展的报告。其中《用数字制造反思精益》^[1]直接点破了数字制造对精益的推进。PLM 领域的先驱、国际公认的 PLM 思想领袖迈克尔博士,分别于 2006 年和 2011 年编写、发表了《产品生命周期管理:驱动下一代的精益思想》^[2]和《近于完美:用产品生

精益遇到了数字制造

过去十几年来传统的精益实践在消除浪费、创造价值上取得过卓

命周期管理驱动产品创新和精益》^[3] 2本书,也在说明新技术对精益思想继续发展的作用。日本从事轻量化3D图形显示技术的 Toriya 博士也发表了《用3D数据改进精益》^[4]一书。这些都说明了精益不断地与先进技术进行着互动:技术进步为精益提供了更为有力的创造价值、消除浪费的能力;而精益的管理思想和组织方式也为新技术的发展创造良好的环境。没有精益的管理理念和生产组织方式,现实世界的生产系统将无法满足因采用数字技术引发的产品数量快速增长、品种不断翻新的新产品的生产和交付需求。精益已经成为促进技术和产品快速创新不可或缺的沃土。

精益发展的回顾

在20世纪80年代市场经济体制遭到危难的时候,1990年国际性汽车生产研究组织IMVP以《改变世界的机器》为题,公布了他们用时5年对日本汽车生产为什么能够取胜于西方的研究成果,将丰田生产方式冠以“Lean Production”的新名称推荐给全世界的制造业。从此“Lean”这个词被赋予了新的现代含义,成为描述新一代生产方式的术语。《改变世界的机器》中文版的译者们将“Lean”转译成了“精益”^[5],从此中文的“精益”两字在中国的学术界、企业界也被赋予了新的现代含义。

当时精益生产方式或Lean Production作为企业应对危机的策略或方法,得到了热烈的追捧。除了在发源地的汽车和其他大批量制造业中成功应用以外,值得称道的是精益在航空工业的成功实践。在美国空军的倡导和麻省理工MIT的参与下,美国的航空工业当时将精益作为走出行业困境的措施。航空工业实施精益的成就鼓舞了各种多品种、小批量、复杂产品和客户定制产品的制造业应用精益的信心,造船和军

工、电子行业也大量采用精益生产方式。90年代后期,精益思想作为一种普遍的管理哲理在各个行业传播,例如精益建筑(Lean Construction),精益医疗保健(Lean Healthcare)和军事领域中的精益后勤和补给(Lean Sustainment),都取得显著的应用效果。随着这种发展,很多文献中,已经形成了抽象于行业的精益的概念。

在精益的应用实践中,精益自身的理论、方法也有了巨大的发展。精益理论除了丰田生产方式的传统以外,沃麦克等人的《改变世界的机器》和《精益思想》成为精益的奠基之作。此外精益又大量地吸收了来自西方的、同一个思想体系的其它成熟理论和应用方法,如全面质量管理TQC、业务流程再造理论BPR、价值流图VSM、6 Sigma、世界级制造、ABC作业成本方法等,为丰富精益的哲理、方法、工具拓展了巨大的空间,使精益思想和方法又在新的高度上继续完善和发展。但是与大量生产方式的漫长发展过程相比,精益这个划世纪的新生产方式只能看作是刚刚起步,精益的发展成熟可能还需要几十年或上百年的过程。

精益的生命力之所在

在市场经济范畴内,降低成本和增加效益是永恒的追求。精益用“浪费”将传统现代企业不适应新竞争环境的弊病表面化,更易于企业理解和接受。从而,“消除浪费”和“持续改进”也就成为动员工人和管理人员参与的通俗的号召。但是精益之得以发展成为一棵根深叶茂的大树,当然不仅仅限于在车间里“消除浪费”和“持续改进”的活动,也不是Kanban、JIT或TQC等作业方法。

精益之所以有强大的生命力是在消除浪费和简化管理背后的思想方法:为客户创造价值—识别价值流—让价值流流动—由客户拉动—最终达到尽善尽美的精益思想^[6],其

核心是用“综合的作业+简单的过程”的新企业流程观,替代大量生产模式的“(由于分工形成的)简单的作业+复杂的过程(综合被肢解了的工作)”的旧企业职能观。随着精益的普及,过程观才成为先进企业的主流思维。从丰田生产方式到精益是西方人用管理科学提升丰田的经验的过程。和当年福特发明大量生产、斯隆(Alfred P. Sloan)发明层级管理那样,精益的生产方式、精益的企业组织方式、精益的人力资源管理模式和精益的企业文化深刻地再造着制造业的所有活动。消除浪费或者消除非增值作业不再仅仅关注采摘车间里一星半点儿“低枝果子”,而成为一个宏大而持续发展的概念。

超越《改变世界的机器》

《改变世界的机器》发布以后IMVP的领导人和他在MIT的班底并没有停歇下来。他们开始了与美国空军合作的精益在航空制造中应用的研究,由此诞生了著名的“美国航空精益进取计划Lean Aerospace Initiative, LAI”^[7]。囊括了美国航空工业所有企业和政府部门的LAI对精益进行着持续至今的研究和应用推广。LAI的成果和经验为精益理论和方法的深化做出突出的贡献, LAI提出“以创造价值为目标的消除浪费”,将精益的作用范围从向客户交付价值的制造现场向前端推进到定义价值的产品设计和工程领域。

设计、工艺和计划等过程被认为是“做正确的事”和“正确地做事”的根本,不良设计、不合理工艺和传统或经验主义的生产计划恰恰是产生浪费的根源。因此,产品生命周期的工程阶段成为精益应用的重要对象,也是精益更有潜力、会得到更大成效的领域。LAI制订了“产品研制过程价值流图和分析手册PDVSM”和“产品开发向精益过渡路线图PDTTL”^[8]。从此,制造业的精益

推进从车间现场走进了设计室和办公室。

LAI的又一大贡献是提出“精益企业价值”的理论,由MIT发表的LAI的成果《精益企业价值》^[9]成为超越《改变世界的机器》的又一大作。尽管“精益企业”概念早就有人提出,但是当时的精益应用仍旧停留在局部的车间作业级上,所得到的成果也都被认为是“孤岛式的成功”。特别是在航空制造等复杂企业中,局限于作业级的精益活动,关注的是“低枝上的”果子,即便是有些成就往往不足以将整个价值流转换向精益。并且这种孤岛式的成功是脆弱的和容易回潮的。精益企业价值理论提出,必须在整个企业层面上造就精益。LAI也研究和发布了一整套指导在企业层面上向精益过渡的理论和工具,如精益企业模型、精益企业流程构架、企业价值流程图和分析、企业和车间向精益过渡的路线图、以及精益企业自评价标准、供应网络向精益转换工具包等等。《精益企业价值》将精益特别是航空工业中的精益应用引向企业和供应链的高度。

精益的信息化

在电脑普及的时代,精益执行却仍然沿用着丰田从30年代就开始采用的方法,就显得格格不入。于是“电子看板”等无纸化电子化的信息传递手段打破了传统精益方法的统治地位,信息化成为新一代精益执行的标志之一。20世纪的最后几年,所谓“精益二代”的年轻精益专家们成长起来,当然他们既坚持着精益的基本原则,同时更倾向于将精益执行与技术手段结合起来^[10]。随之又出现了“精益日程表 Lean Scheduling”^[11]的精益执行方法。精益日程表以精益的计划方法(连续流、及时生产 JIT、看板 Kanban、均衡生产 Heijunka、定拍 Pacemaker 生产、拉式生产 Pull System、客户同步节拍 Take Time、恒

定在制品 conWIP)为核心、与“高级计划与排程 APS”的算法相结合,解决精益环境下的均衡生产和计划问题。现在精益日程表已经成为 ERP 和 MES 的新的镶件,给传统 ERP 和 MES 赋予新的生产计划模式,又将精益的应用带入到信息化的环境之中。据美国阿伯丁咨询的调查,在业绩一流的企业中,几乎是 100% 采用了精益日程表作为精益执行的手段^[1]。

数字制造和产品生命周期管理将精益引向深水区

人类几百年的工业革命历史说明,技术和生产方式总是在互动发展的。大规模生产的技术支撑是劳动分工、互换性和流水线。而精益生产方式的技术支撑绝不可能停留在纸质看板和安灯之类 30 年代的手段上。最近几年,与时代以及精益管理理念相匹配的技术显现出来,这就是以基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)为核心的数字制造技术群和产品生命周期管理。这是支持精益的历史性进步。首先,数字制造的发展对起码在 4 个方面支持着精益制造。

(1) 用产品的 3 维计算机模型替代 2 维投影视图表现现实产品。在画 2D 图纸和在向制造下游的层层数据传递过程中,存在人的 3 维思维和 2 维图之间的相互转换,因而造成人们大量脑力的浪费和出现不可避免的理解错误,并且会形成二次或多重浪费。这可能是我们看不见的制造业中最大的浪费。3D 设计消除了这类浪费。

(2) MBD 彻底改变了制造业产品数据源的形态以及产品模型数据的机器的可读性和重用性^[12],基于模型企业(Model Based Enterprise, MBE)的实现,大大简化了产品数据在整个产品生命周期过程传递的重复、手工作业,成为制造业信息化和自动化的新起点。

(3) 应用产品在工程设计阶段的模拟和使用维修阶段中的模拟,将原本需要用实物验证的过程放在计算机虚拟环境中进行,将浪费消灭在虚拟工程阶段,为消除产品生命周期各领域的实体浪费提供了新基础。

(4) 在数字制造环境中的设计工艺的协同和并行,将消除因串行过程和反复修改造成的浪费。在 MBD/MBE 中,所有的工程活动是同步或并行的过程。创建 3D 动态作业指导书、制造与质量代码 CNC/CMM 程序、离散事件模拟等活动都是与创建设计模型并行开展的,这些工作都能够在设计过程完成之前开始并完成到一定程度。而“产品生命周期管理 PLM”则将精益扩展到从产品的原理设计、工程设计到工艺设计、到制造过程的各个阶段,再到产品的维护和支持的全生命周期。以至于有人直称“产品生命周期管理为下一代精益思想的推动力”。这里所谓“下一代精益”是跨出制造车间,不仅仅关注车间作业,而是以消除产品整个生命周期过程的浪费为目标的精益。

基于模型的数字制造、产品生命周期管理与精益看起来是各自独立发展的,但是,它们通过节约和消除产品生命周期过程各个阶段的浪费,将精益带到深水区,让精益的“创造价值、消除浪费”的理念在更为广阔的领域应用。

实现精益的难点 又回到生产现场

至此,精益的发展并没有结束。产品生命周期的各个阶段的技术能力和精益进程是相互促进和循环增长的。当设计和工艺阶段消除浪费的瓶颈被数字制造打开以后,产品研制速度将空前加快,产品品种会迅速增多,矛盾又会转回到物理产品制造过程。制造过程是在“制造系统”环境中完成的。

在数字制造中,制造系统是产品生命周期过程中虚拟世界与现实物理世界信息交互的窗口。虚拟的产品设计和工艺设计将透过制造系统的信息接口在制造系统的物理结构中变成实体的物流、直至最终产品。同时,物理制造的结果信息反馈到工程阶段。按照精益的原则,工艺设计所规划的工艺流转与制造系统的物理结构(或者通常所说的工艺布置)应该是一致的,这样才能得到与它们相符的最简洁的物流,这样才能到达精益思想追求的尽善尽美的流动。制造系统物理结构与工艺流程的不协调几乎是车间现场浪费的万恶之源。这些浪费不仅仅是我们看得到的运输路径的增长和搬运工作量的增大,更为严重的后果是造成交接和派工次数增多、设备安排混乱和利用率低等,现场管理的工作量和难度都大大增加。过去管理人员和学者们总是企图在 ERP/MES 中用算法(如 APS)解决这类难题,但是这种治标不治本的方法收效总是有限的。产品生命周期前端精益化以后,过去存在的设计图纸和工艺迟到、更改频繁等问题将大大减少,而车间自身的问题将更加突出。大量的“机群布置”和“数控机床景观大道”遗留至今。这些与精益的流程观背道而驰的生产组织模式已经成为制约数字制造时代生产能力大幅度增长的障碍。美国 LAI 研究表明^[13]:企业运行的效能绝大部分是在制造系统设计时赋予的,而制造系统设计的成败是由产品整个价值流的设计或重构决定的。实际上企业的效率、先进性在它的制造系统设计时就已经固定了,后续的改进将是高成本的亡羊补牢。

制造系统的设计必须与经过优化的虚拟产品设计和工艺相适应。精益的设计、特别是精益的工艺设计,必须在精益的制造系统中才能达到整体的精益效果。无论是为新

机种建立新生产线还是面对古老的工厂布置,航空工业制造系统的精益再造问题是目前可以预测到的最严重的问题。所谓“严重”不是没有道路和方法,制造系统精益再造的方法几乎是成熟的,良好的再造时机也是经常出现的,问题严重在传统观念的阻力。这里,必须转变或建立的观念

业也不能例外。

最近几年,精益在世界航空和军工制造业中,在更高水平的数字制造技术的支撑下,在更高层次上又出现了新的应用高涨。与数字化工程相适应的基于精益原则的制造系统,即各种自动化和非自动化的制造单元、柔性制造系统、移动和脉动装配线、



图1 产品生命周期管理/基于模型的数字制造和精益在互相渗透和支持中发展

有三点：一是面对建立技术基础的大量工作,现任领导干部和技术人员要有栽树为后人乘凉的心胸。先进国家这类基础的工作是从20世纪60~70年代开始的。二是改变对航空工业生产模式的认识。1992年美国空军和麻省理工 MIT 对当时美国军用飞机工业的生产模式评价是“有大量生产心态(mentality)的手工艺制造模式”^[14],并将这个观念作为美国将精益用在航空工业的基本出发点。三是对精益本质的认识。消除浪费和持续改进都不足以将精益抬高至“新的生产方式”的地位。言简意赅地说,精益生产方式是手工业生产和大规模生产的优势结合。《改变世界的机器》全书的最后一段精彩地写到:“精益生产方式综合了单件生产方式与大量生产方式的最佳特征。即:能降低单件成本、明显地改进质量、提供了范围更广的产品与更有挑战性的工作岗位。……我们确信,精益生产方式必将在工业的各个领域里取代大量生产方式和残存的手工艺生产方式,成为20世纪的标准的全局生产体系。”当然,航空工

集成装配系统 IAL 将成为制造现场的主流。这些新型的制造系统“流水线大量生产”的特征十分明显,它们除了强调拉式生产外,还强调了标准化工作、节拍生产、自动化生产这些具有鲜明的大量生产特点的方法。

结束语

我们通过对精益发展的简单回顾和再思考,可以看到在人类生产方式的发展中,技术和管理总是在互动的,当前和未来制造都将笼罩在我们在这篇短文讨论到的精益 Lean、产品生命周期管理 PLM、基于模型的企业 MBE,这3个穹顶之下。图1说明这3种穹顶技术在相互支持和相互渗透中发展。本文所要强调的是:我们的企业不仅要在技术上向 PLM 和 MBE 进发,还必须自觉主动地踏上精益的旅程,技术进步和管理创新才能修成正果。

本文共有参考文献14篇,因篇幅所限,未能一一列出,如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 亿霖)