

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2018.03.024

# 工业 4.0 与精益思想关系辨析及中国中小企业应对策略

赵福全, 刘宗巍, 史天泽

(清华大学汽车产业与技术战略研究院 //  
汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

**摘要:**新一轮科技革命正引发全球制造业转型升级浪潮, 各国提出了不同的应对战略, 其中以德国的工业 4.0 最引人瞩目。将工业 4.0 所追求的智能制造体系与精益思想进行了深入解读和对比, 指出精益思想体现制造业的核心诉求, 智能制造体系仍需落实精益思想, 新科技手段为实现更高层次的精益提供可能。未来智能制造体系将为中小企业带来巨大机遇, 但对于技术基础不足的中国中小企业也是巨大挑战。为此, 建议中国中小企业秉承精益思想, 踏踏实实“补课”, 认真练好基本功, 全方位提升竞争力, 以融入智能制造体系, 支撑中国制造业转型升级。

**关键词:** 工业 4.0; 中国制造 2025; 智能制造; 精益思想; 中小企业

**中图分类号:** T-12

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7695 (2018) 03-0156-05

## Analysis of Industry 4.0 and Lean Production and Corresponding Strategy for Small and Medium-sized Enterprises

Zhao Fuquan, Liu Zongwei, Shi Tianze

(Tsinghua Automotive Strategy Research Institute//  
State key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Transformation and upgrading of manufacturing industry is on the way globally. The Industry 4.0 strategy presented by German is the most impressive one. This paper conducts an analysis of Industry 4.0 and Lean Production. Lean Production is the key goal of modern manufacturing. With technology progressing, higher level of Lean Production could be applied. With the application of massive customized production in future manufacturing, there are more opportunities for small and medium-sized enterprises (SME). Owing to the lack of technical foundation, SMEs in China are facing great challenges. In order to merge into future manufacturing system, Chinese SMEs should carry out the Lean Production to improve quality and enterprise competitiveness, thus supporting the transformation and upgrading for Chinese manufacturing.

**Key words:** Industry 4.0; Made-in-China 2025; Intelligent Manufacturing; Lean Production; Small and Medium-sized Enterprises

### 1 研究背景

制造业是国家的根本, 在以互联网、大数据、云计算、3D 打印等为代表技术的新一轮科技革命引领下, 全球制造业格局正在发生巨大变化, 未来制造业将向基于充分互联、互动的智能制造转型<sup>[1]</sup>。在此背景下, 世界各传统工业强国无不高度重视智能制造体系的影响, 思考未来的应对策略, 加速自身制造业的转型升级<sup>[2]</sup>。如美国的“工业互联网”、日本的“机器人革命”等。这其中, 尤其以德国的“工业 4.0”计划最为令人瞩目, 其本质特征就是以智能

工厂为核心, 构建充分互联协作的智能制造体系<sup>[3]</sup>。在此背景下, 中国也提出“中国制造 2025”战略纲领<sup>[4]</sup>, 致力于通过两化深度融合, 加快实现制造业由大变强的转变<sup>[5]</sup>, 带动国民经济可持续增长, 其最终目标同样指向智能制造体系。

而智能制造的核心优势和基本特征在于, 通过网络连接分散的生产资源, 以规模化、定制化生产来满足消费者的个性化需求, 这既需要具有优势地位的大企业发挥主导作用, 也需要众多中小型供应商企业提供个性化模块, 因此中小企业在本轮制造

收稿日期: 2017-04-15, 修回日期: 2017-06-22

基金项目: 中国工程院“制造强国战略研究”第一期(2013-ZD-4); 中国工程院“制造强国战略研究”第二期(2015-ZD-07)

业转型升级中占有重要地位。德国的核心大企业和众多品质一流的中小企业恰是其提出“工业 4.0”的基础<sup>[6]</sup>。而中国中小企业存在自主研发能力薄弱、核心技术缺失、质量保障水平低等问题，长期以来大多依赖低成本优势竞争，进行粗放经营<sup>[7]</sup>。这些企业已经越来越不适应日趋激烈的市场竞争，更难以支撑未来制造业的转型升级。对此，中国必须做出应对。

在制造业转型趋势日益明显、智能制造被公认为升级方向的同时，也有观点认为：制造业将由精益生产时代进入智能制造时代，智能制造是精益生产的升级版或者替代版。实际上，这种观点似是而非，甚至很可能误导中国企业特别是中小企业。众所周知，精益生产模式脱胎于日本汽车制造产业，推动了日本汽车产业核心竞争能力的提升，支撑了自 20 世纪 80 年代以来日本汽车产业近 30 年的高速发展<sup>[9]</sup>。时至今日，精益所涉及的已经远远不限于生产环节，而是作为一种追求极致的思想在制造业的各个环节中得到体现，在全球范围内广泛应用和不断延展<sup>[10]</sup>。

本文认为，精益思想体现着制造业的本质追求，因此在产业转型、技术升级的大背景下，实践精益

思想的必要性和紧迫性不仅没有降低，甚至更胜从前。面对未来智能制造体系的机遇和挑战，中国中小企业必须秉承精益思想，建立并不断完善精益体系，通过精益管理和精益设计确保精益生产，提升产品质量、减少生产浪费，从而为融入智能制造体系打下良好基础。

## 2 工业 4.0 与精益思想的比较与辨析

### 2.1 工业 4.0 的内涵与制造业的核心诉求

新一轮科技革命将带来全球制造业格局的重塑，未来制造业将向充分互联、互动的智能制造体系转型，这正是德国“工业 4.0”所勾画的图景。在此背景下，制造业的内涵和特征都将发生显著变化，具体如图 1 所示。如果说传统制造业的本质是“以产品满足需求”，即在技术的支撑下通过优秀的制造体系产出优质的产品，之后在市场上销售出去，那么未来这种关系将发生改变——消费者将能够和制造体系直接互动，智能的制造业将演变为“以需求确定产品”，此时优质的产品、优秀的制造体系及相关技术要素都将成为智能制造体系的一部分，在与消费者的紧密互动之中，完成产品的生产。

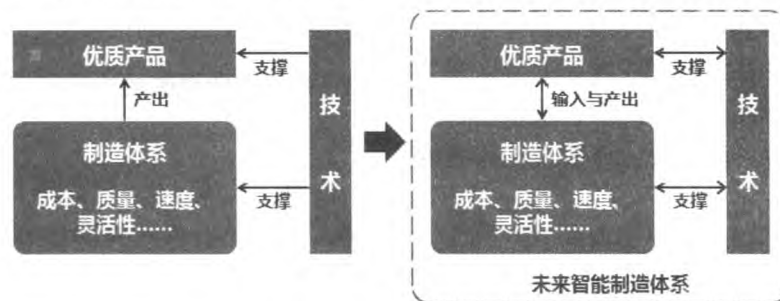


图 1 智能制造体系与现有制造体系比较

制造业的本质是提供优质的产品和配套服务，而服务也是一种产品。在实际生产中，优质的产品以优秀的制造体系为依托，并以尽可能“节约”地满足用户需求为目标。因此，制造业的核心诉求就在于最低的成本、最快的速度、最好的质量和最大的生产灵活性，前三者正是追求规模化生产的意义所在，而最后一点则是为了满足消费者的个性化需求。

在传统制造业里，大规模生产与个性化需求难以两全，为了追求成本、速度和质量，企业在很大程度上不得不放弃生产的灵活性。而智能制造体系结合了万物互联技术和智能生产技术，有望实现规模化与定制化的有机结合，通过智能工厂、智能生产、智能物流、智能设计、智能服务等互联与协作，

积少成多，连点成网，最终根据用户需求组织完成大规模定制化生产。也就是说，在“工业 4.0”的智能制造时代，智能工厂中的任何一个零件都带有用户信息和特定标记，是为满足消费者的个性化需求而定制生产出来的。因此，智能制造较之传统制造体系更符合制造业的本质诉求。

### 2.2 精益思想的内涵

精益思想最初源于丰田的 TPS (Toyota Production System) 精益生产模式，随后这种思想及实践不仅在生产制造系统，也在产品开发、协作配套、营销网络以及经营管理等各个方面得到应用<sup>[11]</sup>。精益生产的核心在于杜绝一切浪费，使所有的生产要素都能够 just in time (JIT 理论)，实现无库存运作。因为库存

本身就有成本支出，如库房的准备、库存的产品和库房的维护等，存在极大的浪费。更重要的是，库存掩盖了企业的问题。由于有库存作为缓冲，生产设备运行的不稳定、生产工序安排的不合理、物流供给的不到位等问题可能会被忽视。而精益生产模式，以最大限度地实现按需生产、减少浪费为目标，致力于把生产过程做到极致，每个工序都合理衔接，每笔物流都适时输送，甚至精益到每个工人在流水线旁走几步、要不要弯腰等细节。正是由于对于精益生产的有效实践，日本企业的成本控制能力长期傲视欧美，奠定了形成强大产业竞争力的基础。

然而精益生产不是孤立存在的。首先精益生产的前提是精益设计，只有在设计过程中实践精益思想，才能在工厂里最大限度地实现精益生产<sup>[12]</sup>。如果产品设计完成得不够精细，对后续生产环节考虑得不充分，那么产品在生产过程中就不可能实现最大程度的杜绝浪费，卓越的品质也很难充分保障。而精益设计和精益生产的保障，又必须依靠精益管理。而本文认为，最终确保精益管理<sup>[13-14]</sup>能够长期稳定发挥作用、持续不断完善提升的是精益体系。精益体系也可视为是涵盖精益生产、精益设计与精益管理的总体架构，而其核心和本质就是精益思想。从这个意义上讲，精益思想在深层意义上可以视为不断进取、实现制造业核心诉求的精益求精精神，即追求尽善尽美，杜绝一切浪费，打造最佳品质的精神。

### 2.3 精益思想与“工业 4.0”的关系辨析

当前，“工业 4.0”、智能制造成为备受业界关注的关键词，中国紧密跟踪、分析研究未来制造业转型升级趋势无疑是正确和必要的，但是在研究工业 4.0 的热潮中也产生了一些似是而非的观点，并且有广为传播的趋势。例如，将智能制造视为精益生产的升级版或替代版，认为通过引入互联和智能技术手段，就能实现超越精益生产的效率和产出，企业不必再考虑提升精益水平，直接向智能制造进军即可。这种思想在本质上是寄希望于通过智能升级，实现所谓跨越式赶超发展。实际上该观点大谬不然，对于指导产业实践具有很大的误导性。

首先，如前文所述，制造业的永恒追求是不变的，即最快速度、最低成本、最高质量和最大的生产灵活性，而精益正是实践这种追求的思想，踏踏实实地把事情做好做精的精益思想与实践，永远都不过时。

其次，新的技术条件将使精益得到更大程度和

更广范围的实现，智能制造带来的生产灵活性恰恰为精益更进一步发挥作用创造了空间：从深度上讲，高度的信息化手段将有助于实现更极致的 JIT；从广度上讲，互联和智能使精益有条件从一个企业扩展到跨企业、甚至跨产业的全面精益<sup>[15-16]</sup>。也就是说，智能制造也可以视为提升产业精益水平的重要工具和手段，为实现更高水准的精益提供了全新可能，也赋予了全新内涵。从这个意义上，在即将到来的智能制造时代，精益不但不会失去重要性，反而会更加重要。

最后，精益思想与智能制造体系的本质是一致的，都指向高效率、低成本、高品质的制造业输出，因此面向未来的制造业转型升级，两者不存在替代关系，而是缺一不可。一方面如果现阶段做不好精益，那么未来很难顺利升级到有效的智能制造。另一方面，也只有充分利用未来智能制造体系的优势，才能实现更高水准的精益，获得更大的竞争力。实际上高度智能的“按需生产”既是制造业的理想境界，也是精益的最佳诠释。因此国内企业不能只重智能、忽视精益，恰恰相反，必须踏踏实实做好精益，同时按照精益的思想去思考如何利用智能化信息化的手段来提升企业的竞争力。

## 3 中小企业面临的机遇和挑战

### 3.1 机遇

在“工业 4.0”的浪潮下，中小企业一方面面临着严峻挑战，另一方面也有机会在未来的智能制造体系中发挥更大作用。

首先，未来智能制造体系的核心优势在于以定制化产品满足消费者个性需求，而众多中小企业所提供的差异性模块或零件，将成为产品定制化的关键。中小规模供应商是未来个性化需求的落脚点，从这个意义上讲，智能制造体系中，决定个性化设计的 Knowhow 也将更多地掌握在供应商手中，这些供应商可能规模不大，却可以同时为众多整车厂进行必不可少的配套供货，进而将引发生产模式、整零关系发生巨大变化：生产方式将由集中、计划、强中心的固定配置式，向分散、需求、去中心的动态配置式转变；既生产产品，更产生数据，并通过数据来产生和驱动价值；不仅靠品质竞争，同时也有赖于定制化产品和个性化服务带来的优势，如图 2 所示。显然，这种需求导向、无中心、分散化的动态生产模式，将为中小企业提供更大的发展空间。

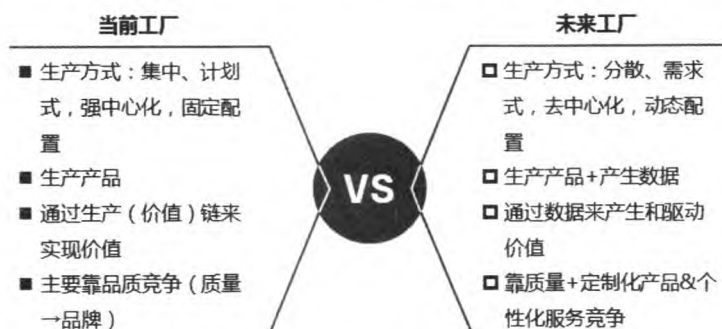


图2 未来生产模式的变革

其次，中小企业生产的产品通常相对简单、技术难度也相对较小，因此更容易适应制造业转型升级的变化。以汽车产业为例，整车整体制造水平与核心技术的提升非常困难，远非一朝一夕之功<sup>[17]</sup>；相比之下，不少零部件所涉及到的技术和其他影响要素，都要简单很多。对于作为后发者的中国而言，零部件的突破可能更易于实现。

最后，智能制造时代使“小企业、大供货”成为可能。基于全面互联、充分协作的工业网络，中小企业完全可以开源供货。仍以汽车产业为例，届时分散在各中小企业的生产资源将与整车厂一起，通过物联网、业联网连接而成为一个工业网络整体。在这个网络平台上，各家整车厂采购最合适的定制化模块，组装满足个性化需求的定制产品；而中小供应商同样通过这个网络平台提供自己的产品，其供给方极有可能是多家整车厂。由此整零关系也将被重塑，从现阶段整车厂掌握话语权的“主从模式”，逐步转向相对平等的“协作模式”，形成“你中有我、我中有你”的交融局面。有实力融入智能制造体系的零部件供应商，即使规模不大，也不再处于受支配地位，而是将与整车厂结成真正的战略协作关系。

### 3.2 挑战

然而，对于中国的中小企业来说，要想融入智能制造体系并不容易。面向未来的制造业转型升级，机遇虽大，挑战更大。当前中国制造业整体水平偏低，平均水平在工业 2.0 与 3.0 之间，而中小型企业往往实力更弱，不少企业甚至尚未达到工业 2.0 的水准<sup>[18-19]</sup>。中国中小企业普遍存在质量保障能力低、专业化程度不高、缺乏核心技术、没有足够的经验积累等问题，而高质量、高技术、有自身特色恰是中小企业能够融入智能制造体系的前提和基础。显然，对于无法提供可靠优质产品的企业来说，互联的工业网络是不会对其开放的，因为平台上的其他企业不会愿意与之合作。而未来无法融入智能制造体系，对企业而言就意味着淘汰。

实际上，智能制造体系将放大企业原有的弱点，

加大竞争的激烈程度。在互联的工业网络中，企业产品的各方面数据都有据可查，一次质量事故就可能影响“口碑”，并使所有的关联合作伙伴受到影响<sup>[20]</sup>。因此，智能制造将对融入其中的企业提出更高的要求。中国中小企业唯有加紧苦练基本功，全面提升技术、质量、管理等各方面的综合实力，才有可能把握稍纵即逝的历史机遇。

## 4 中国中小企业的应对策略

在“工业 4.0”引发主要向智能制造升级的重大变革前景下，中国企业尤其是中小企业，必须提前明确应对策略，并以踏实努力不断践行，以迎接挑战，把握机遇<sup>[21]</sup>。

第一，企业需要正确认识“工业 4.0”的历史机遇，做到“有所为”。“工业 4.0”所描绘的智能制造体系，是未来制造业转型升级的发展方向，对此企业不应有所质疑，而是应该认真思考如何随之转型。既要针对自身在运营管理、质量保障能力、基础研发和创新能力等方面的薄弱环节，边补课、边追赶；也要有意识地为升级到智能制造体系进行前瞻准备，对于中国中小企业来说，就是要努力提升自动化、数字化水平，把现有的信息技术手段用到极致，为融入智能制造体系做好技术和管理储备。

第二，企业更必须有清晰的自我定位，面对“工业 4.0”也要“有所不为”。企业切不可盲目跟风，寄希望于通过购买智能化设备而一次性地实现转型升级。实际上，企业综合实力的提升，不是仅仅购买先进设备就能达成的；相反，与现有管理水平、人员素质不相匹配的设备，反而可能导致成本增加，却不能收到预期效果。也就是说，“工业 4.0”之前不能解决的问题，“工业 4.0”之后还是不能解决。例如产品质量保障体系如果存在问题，只是引进了一些机器人，是不可能显著提升产品质量的。企业必须认识到，“工业 4.0”不是包治百病的万能药方，如果不结合自身实际需求和现有基础而盲目“升级”，只能事倍功半，甚至给企业带来更大的困难。因此，

企业转型策略必须系统思考、谨慎制定, 谋定而后动。

第三, 在具体实践中, 强烈建议企业应当注意精益思想与智能制造体系的相互结合, 向管理要效益, 向精益要产出。如前所述, 精益思想与智能制造的核心诉求并无二致, 都是为了实现更优质的制造, 两者完全可以互为促进。一方面, 精益求精的思想和精神永远具有重要意义, 企业始终需要高度重视; 另一方面, 随着技术手段和管理工具的提升, 精益的内涵和极限也在不断重新定义和升级, 其追求永无止境。同时, 为了能在未来融入智能生产体系, 企业必须全面提升技术开发、质量保障、成本控制等各方面的核心竞争力, 而这些也有赖于精益体系和精益管理的支撑。从这个意义上讲, 在“工业 4.0”时代, 精益的价值和作用将更加重要。可以说, 未来企业的竞争力就取决于能否把精益做到极致。

## 5 结论

本文对“工业 4.0”和精益思想进行了深入解读和对比, 指出无论智能制造还是精益, 都与制造业的核心诉求一致, 即追求最低的成本、最快的速度、最好的质量和最大的生产灵活性。在未来制造业转型升级的浪潮中, 并不存在精益过时、将被智能制造取代的问题, 相反两者缺一不可、互为促进。伴随着智能化技术条件带来的生产灵活性提升和分散资源协同, 精益完全可以得到更广范围和更高程度的实现, 可以说智能制造将为提升产业精益水平提供重要工具和手段。

同时在“工业 4.0”的影响下, 制造业的基本模式和整零关系将发生重大变化。对于中小企业来说, 一方面将会迎来空前机遇, 即有可能在未来的智能制造体系中扮演更重要的角色; 另一方面也将面临严峻挑战, 如不能加快提升自身基础能力、掌握核心诀窍, 将很难融入智能制造体系而被淘汰。针对中国中小企业的现状, 本文提出了具体的应对策略建议: 一是面向“工业 4.0”的智能制造转型升级方向, 企业应全力弥补管理、技术、质量等方面的短板, 并积极提高自动化、数字化水平, 边补课, 边追赶; 二是对“工业 4.0”切不可盲目跟风, 购置智能化设备并不能解决一切问题, 企业应基于清晰的自我定位, 进行系统思考, 谨慎前行; 三是必须注意精益思想与“工业 4.0”的相互结合, 向管理要效益, 向精益要产出。

## 参考文献:

[1] 缪学勤. 智能工厂与装备制造业转型升级[J]. 自动化仪表,

2014, 35(3): 1-6.

- [2] 刘宗巍, 陈铭, 赵福全. 基于网联化的全天候汽车共享模式效益分析及实施路径[J]. 企业经济, 2015(7): 44-48.
- [3] 张曙. 工业 4.0 和智能制造[J]. 机械设计与制造工程, 2014(8):1-5.
- [4] 黄群慧, 贺俊. 中国制造业的核心能力、功能定位于发展战略[J]. 中国工业经济, 2015(6): 5-17.
- [5] 阳立高, 谢锐, 贺正楚, 等. 劳动力成本上升对制造业结构升级的影响研究: 基于中国制造业细分行业数据的实证分析[J]. 中国软科学, 2014:136-147.
- [6] 延建林, 孔德婧. 解析“工业互联网”与“工业 4.0”及其对中国制造业发展的启示[J]. 中国工程科学, 2015, 17(7): 141-144.
- [7] 赵福全, 刘宗巍. 汽车强国战略视角下的本土企业定位分析[J]. 汽车科技, 2014:1-5.
- [8] RACHNA S, WARD P T. Defining and developing measures of lean production [J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(4):785-805.
- [9] HOLWEG M. The genealogy of lean production [J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(2):420-437.
- [10] 彭长清. 劳动密集型企业推行精益管理模式可行性探讨[J]. 现代财经: 天津财经大学学报, 2010(1):59-64.
- [11] 张根保, 付兴林, 瑜庆, 等. 汽车制造企业精益生产系统模型[J]. 机械工程学报, 2010, 46(2):93-98.
- [12] 张洪亮, 牛占文. 精益生产的延伸: 精益设计[J]. 科技管理研究, 2010, 30(2):113-115.
- [13] CHEN H, TAYLOR R. Exploring the impact of lean management on innovation capability [C] // Portland International Conference on Management of Engineering & Technology. Piscataway: IEEE, 2009:826-834.
- [14] BRUUN P, MEFFORD R N. Lean production and the internet [J]. International Journal of Production Economics, 2004, 89(3):247-260.
- [15] 张洪亮, 邵振华, 潘瑞林. 基于区间数优势关系的精益实施效果评价[J]. 科技管理研究, 2015, 35(2):40-43.
- [16] LEVY D L. Lean production in an international supply chain [J]. Sloan Management Review, 2014, 38(2):94-102.
- [17] 刘建丽. 工业 4.0 与中国汽车产业转型升级[J]. 经济体制改革, 2015(6): 95-101.
- [18] 易开刚, 孙漪. 民营制造企业“低端锁定”突破机理与路径: 基于智能制造视角[J]. 科技进步与对策, 2014(6):73-78.
- [19] 潘健生, 王婧, 顾剑锋. 我国高性能化智能制造发展战略研究[J]. 金属热处理, 2015, 40(1):1-6.
- [20] 王发明, 毛荐其. 基于技术进步的产业技术协同演化机制研究[J]. 科研管理, 2010, 31(6):41-48.
- [21] 赵福全. 捷径就是别走捷径[J]. 经营者: 汽车商业评论. 2014(12):170-175.

作者简介: 赵福全(1963—), 男, 辽宁铁岭人, 教授, 博士, 主要研究方向为汽车产业、企业运营管理、研发体系建设及技术路线的战略; 刘宗巍(1978—), 通信作者, 男, 辽宁辽阳人, 副研究员, 博士, 主要从事研究方向为汽车企业管理研究、产品开发流程与项目管理、以及技术路线评估; 史天泽(1989—), 男, 河北石家庄人, 助理研究员, 博士, 主要研究方向为汽车企业技术战略研究。