

# 浅析智能制造的数字化工厂

## Analysis of the Digital Factory of Intelligent Manufacturing

邓新波

Xinbo Deng

四川省宜宾普拉斯包装材料有限公司 中国 · 四川 宜宾 644000

Sichuan Yibin Plastic Packaging Materials Co., Ltd., Yibin, Sichuan, 644000, China

**摘要:** 市场需求、政府引导和技术驱动是发展智能制造的内生动力。广大中国企业已普遍认识到用数字化、网络化、智能化对企业进行改造是提高企业竞争力的主要手段和迫切需要。企业既是数字化技术需求的主体，也是创新投入和实施的主体。中国智能制造已经由培育期走向成长期，中国产业界紧抓数字化浪潮的机遇期，大量企业走上智能转型的赛道。许多建成了数字化工厂、车间、生产线的企业，在市场竞争中处于十分有利的地位，这种转变也会激活它们的同行或者上下游企业，智能转型的理念逐渐在产业链上传导和扩散。

**Abstract:** Market demand, government guidance and technology driving are the endogenous driving force for the development of intelligent manufacturing. The majority of Chinese enterprises have generally realized that the transformation of enterprises with digitalization, networking and intelligence is the main means and urgent need to improve the competitiveness of enterprises. Enterprises are not only the main body of digital technology demand, but also the main body of innovation investment and implementation. China's intelligent manufacturing has moved from the incubation period to the growth period, and China's industrial circles have seized the opportunity period of the digital wave, and a large number of enterprises have embarked on the track of intelligent transformation. Many enterprises that have built digital factories, workshops and production lines are in a very favorable position in the market competition, and this transformation will also activate their peers or upstream and downstream enterprises, and the concept of intelligent transformation is gradually transmitted and diffused in the industrial chain.

**关键词:** 智能制造; 数字化工厂; IT; 数字化; 架构

**Keywords:** intelligent manufacturing; digital factory; IT; digitization; architecture

**DOI:** 10.12346/csai.v1i4.8172

智能制造，如今已成为当下工业领域中最为炙手可热的话题。它不仅可以优化生产自动化，提升产能和质量，而且更可以为企业节省成本，提高效益。在现代工业中，已经有越来越多的企业开始采用智能制造技术，而未来，智能制造必然会在我们的生产和生活中发挥越来越重要的作用。

智能制造是关键的一环，设备自动化是为数字化工厂、车间、生产线的必要基础。智能制造是当前生产制造业发展的趋势，以数字化、智能化、网络化为主要特征，通过信息技术与制造工艺深度融合，实现生产过程的智能化高效化和精益化。

基于自动化的运营质量和效率提升是工厂建成运营后所处的第一个梯，虽然部分工厂的建设已经是一座高度自动化的工厂，在基于流水线的生产模式下进行了大量的自动化探索，为数字化工厂奠定了良好的基础，但自动化技术的发展日新月异，多产品、多型号的柔性生产以及新产品、新生产线的本地化对工厂提出了更高的要求。自动化是对工厂业务中的工作流程和信息处理进行自动化改进，提高业务运行、数据处理的效率<sup>[1]</sup>。在自动化这层阶梯上，分散于每个业务单元、每台设备、每名员工的经验性业务流程和信息，都可以称为“信息”，这些“信息”在背后支撑着业务逻辑。如

【作者简介】邓新波（1988-），男，中国重庆人，本科，工程师，副主任工程师，从事食品包装类生产、设备技术、智慧工厂建设研究。

即使引入了工业机器人、AGV，确实提高了生产效率，但AGV的数量和路径是否与生产计划、节拍最优匹配？新机器人是否达到最佳工作状态？这些问题是单纯的自动化回答不了的，当然也谈不上持续优化和改进，必须迈上另一个阶梯才能解决问题。

数字化于业务透明和持续改进的端到端信息化和数字化是第二个阶梯。工厂在流程精益的基础上，逐渐推进各业务单元的信息系统集成，实时采集生产线自动化设备的运行数据，实现 workflow、信息流、数据流的统一和贯穿，数据在制造全流程中变得越来越透明，藏在业务单元以及业务单元之间的细节问题被不断发现和解决，基于经验的大量“信息”就慢慢地变成了基于数据的“知识”，并沉淀为工厂宝贵的数字资产<sup>[1]</sup>。例如，当PLM、MES、APS、QMS等系统集成后，产品设计引发的生产工艺、质量问题就会被发现，问题一旦被发现和解决，就沉淀为产品设计的缺陷。当自动化设备、检测设备的数据不断被采集进入OEE、QMS、SCOUT等信息系统中，各类生产线设备和工艺的管理与持续优化就有了数据依据。针对生产线突发的故障、质量问题，可以预测生产线设备的寿命周期和故障，综合分析人员、设备、物料、工艺、检验检测等环节的质量波动数据，从而降低生产故障发生率，持续改善质量表现，实现工厂的预防式运维。通过端到端的信息化和数字化，基于经验的生产“信息”升华为生产“知识”。工厂全流程的数据越来越透明，积累了丰富、全面的“知识”，人、机、料、法、环、测等生产要素得以持续优化，企业的决策管理机制就慢慢发生了转变，向着第三个阶梯“智能化”进发。

智能化基于数据决策的智能制造是第三个台阶。实际上，智能化这层阶梯几乎与数字化、信息化在工厂并行推进，这是数字化工厂走向深度智能制造的关键一步。如工厂生产系统的自感知、自学习、自决策、自执行和自适应等功能，立足于信息系统的集成、数据的精准透明，也需要人工智能、BI、边缘计算、云计算等新一代信息技术的支撑。利用机器视觉、人工智能、边缘计算和云计算改进生产线末端的固废分拣工作，使得制机器人替代人工，自主识别、自主决策完成危险废弃物、可回收物、普通废弃物的分类处理。利用PLM系统中的仿真分析技术，基于产品的虚拟模型开展功能验证、性能分析、可制造性规划，减少迭代次数、缩短设计周期，提高设计质量，进而实现协同产品创新，走向产品的数字孪生和制造的数字孪生。从自动化到数字化、信息化、智能化，这几层阶梯并非在时间线上严格地梯次推进，而是围绕研发设计、生产制造、供应链管理、物流运维等业务的持续优化，通过不断导入自动化、数字化和智能化技术和设备，进行单元式、交替式的推进和跃升，最终实现全局性的“会师”，从数字化工厂跃升为智能工厂<sup>[3]</sup>。

生产执行管理，对于国内的传统生产企业中的生产执行管理，其实目前较多企业内部车间管理效率较低，在生产执

行方面，生产状态、设备状态、生产进度等过程信息普遍缺乏有效的控制和记录，而在工厂的生产计划排产在生产过程中发挥承上启下的作用，是非常重要的环节。所以在车间计划排产中生产计划的科学性、合理性、准确性是能够直接影响到车间的产品产量及质量<sup>[2]</sup>。需要通过系统通过多方面信息的集成，生产计划快速、及时、准确，进而实现生产计划排产的科学性，车间的生产计划排产更加精细化、自动化。

计划派工和执行的优化、计划周期管理优化、生产库存管理持续优化、生产全过程管理优化等持续性提升。关乎企业架构、流程，甚至底层价值观和管理模式，最终呈现的巨变其实是企业持续革新的结果。数字化加速这一进程，导致企业所处的整个价值链被重塑。APS、WMS、ERP、PLM、MES等各系统的集成和贯通。

数字化工厂，其中涵盖了涉及的主要产品、分期建设目标、土地需求、人力资源、工厂定位、建设时间计划等详细信息文件，指向需要非常清晰，包含着工厂建设完整的DNA，涵盖设备管理人员、研发人员、IT人员、车间工作人员（生产、物流、质量）、生产和维护团队、工程相关人员、商业人员、团队领导人员（质量、IT、精益、研发等）、部门主管等。

以计划确定基调，按照核心的规划目标以路线图为基础的整体规划，数字化工厂有如神经网络般的数字化架构，找出驱动工厂高效运转的流程及核心动能<sup>[3]</sup>。明确运行机理的基础上，再启动工厂建设的整体规划。数字化发展过程是一种渐进式实施，项目团队需先在系统层面进行整体性架构分析，将先进的数字化理念作为设计原则，然后开始设计架构，其中业务架构分为能力、流程、布局、策略、选项等，完成业务架构设计后再做技术架构。完成业务架构设计后再做技术架构。在搭建好整个框架以后每个板块该使用的数字化系统类型也就变得一目了然，整体的规划方案最终跃然纸上。为了保证规划的可落地性，项目团队重点考量了规划对于实施的引导性，对整体架构下的不同板块都制定了分步、分段实施的路线图。

完成相应功能模块的定义以及功能映射的描述，不仅需要工厂IT团队指明了路径，而且为后续设计、导入适用于工厂的IT系统提供了有力支撑。组建数字化工厂的团队，在确定工厂的系统功能模块后，数字化团队的核心任务是通过工厂复杂的数字化生态系统，制订一套适用性强、操作性好、可落地工厂的数字化定制方案。工厂IT团队的组建，才能够高效地完成任务且成型的IT架构，清晰架构，IT架构示意图一般分为规划层、管理层、操作层、控制层、现场层。数字化团队需要对IT架构图进行多次讨论后才能定下来，ERP、MES、CONTROL、PLM、MOM等应用系统和功能模块组成。

数字化层面所提供的平台和系统的成熟度不断增强，各种系统间逐渐接近完美对接，尤其是PLM系统的不断完善，

及其ERP、MES等系统的集成,让数据贯穿的程度不断提高。数字化升级从定制走向自主,在数据贯穿的基础上,引入数字孪生、机器人等先进技术,让生产业务进一步透明,各项指标持续完善。新技术对数字化工厂创新能力带来极大的挑战,考验数字化工厂需更多解决方案。数字化工厂的稳定、高效运行,高度依赖数据。数据库系统相当于数字化工厂的“神经系统”,牵一发而动全身。工厂的数据底座系统采用了各种关系型数据库系统,是工厂各单元业务系统的数据存储和管理基础,这套数据库系统具有完备的数据结构和规划,需严格遵循标准化的数据存储和管理流程,始终进行着精心的维护,数据库管理系统和服务器均来自供应商,需长期支撑业务发展,保持稳定运行。

庞大而系统的数字化协同网络,从整体看,工厂的协同网络的颗粒度非常细致,各类部门、各层级的组织都参与其中,形成一个多层次、广连接的数字化技术协同创新网络,且流程制度保障完善、平台支撑有效,由此才能使已有的资源成果得到充分应用,也能激励新的创新火花的产生。可将数字化协同网络系统性地分类为工厂层的横向协同、研发层的纵向协同以及组织层的协同保障。数据协同平台<sup>[4]</sup>作为企业的数据管理系统,集多功能为一体,为跨专业、跨项目阶段的集成化、数字化的生命周期管理提供解决方案,其功能模块不同部门的研发人员进行协同创新提供服务,即通过平台提供知识和技术共享服务。

一个数字工厂的重要作用是承载智能制造生产系统,其中智能制造装备是工厂数字化技术的物质载体,也是开展智能制造的核心关键。一条生产工业自动化产品的智能制造生产线不仅是要把各条生产线的生产单元、控制系统等从地理位置上固定下来,还需要把生产线所蕴含的工艺知识、操作知识和维护体系全盘吸收。简而言之,就是要把看得见的和

看不见的统统控制。管理团队要和设备车向里的工人一起去实际操作和调试生产线,从而能实实在在感受到生产线上每台设备的构成,以及相应设备的生产方式和操作方法,并系统地提炼出设备和生产线的工艺知识和操作经验。这不仅知识的启蒙,更是一个构成知识闭环的重要过程。要代表的现场员工操作就需要深入了解其使用的生产线,仅仅依靠设备供应商提供的信息是不够的,因为设备制造工厂更多是从供给方的思路去聚合信息,来自用户需求方面的信息可能会被忽视或遮蔽,真正的工艺知识还是在现场个人手中,生产线操作和维护方面存在大量的大量隐藏信息,大量的隐性知识附着在工厂的老师傅身上,很难显性化,所以装备供应商需要同一线的操作员和维护工程师去沟通,重视提取凝练来自现场员工的隐性知识,并把这些知识进一步融合在自己的设计系统和制造过程中,以提供适用性更强的装备。

智能制造的本质是一项复杂而系统的创新工程。创新需要一群有智慧的人攻坚克难,需要高水平协同。大量的智能制造装备、更多的软件和算法提取更多的数据集成应用汇聚成为数字化工厂,加强数字化制造,开展数字化单元,建设数字化工厂,是企业转型升级和高质量发展的重要发展方向。

#### 参考文献

- [1] 林大明,卢政毅,黄圣龙.浅谈构建工厂级MES系统四大框架[J].装备制造技术,2018(2).
- [2] 彭启.制造执行系统MES企业实施与应用浅析[J].计算机产品与流通,2020(6).
- [3] 孙威,张浩.数字化工厂技术在生产线规划中的应用[J].计算机辅助工程,2005(7).
- [4] 张浩,樊留群,马下敏,等.数字化工厂技术与应川[M].北京:机械工业出版社,2006.