

MT 机械工程导报

Mechanical Engineering Trends

<http://www.cmes.org>

2019 年第 2 期 总第 201 期

智能制造背景下 MES 发展新重点 p01

工业互联网，谁给谁织的网？ p09

论工业软件的十大趋势 p13

改造中国制造：互联网与大牌代工厂的化学反应 p24

自动化和人工智能对亚太地区的影响、机遇和挑战（上） p34

流程 4.0：下一代控制系统 p48



目录

CONTENTS

机械工程导报

MECHANICAL ENGINEERING TRENDS

1998 年创刊
2019 年第 2 期 (总第 201 期)
2019 年 4 月 28 日出版

主办: 中国机械工程学会工作总部
地址: 北京市海淀区首体南路9号
主语国际4号楼11层
邮编: 100048
电话: 010-68799036 (编辑部)
传真: 010-68799050
E-mail: zhongyg@cmes.org
网址: www.cmes.org
主编: 陈超志
责任编辑: 钟永刚
出版: 《机械工程导报》编辑部
发行: 中国机械工程学会工作总部



专家视点 EXPERT OPINION

智能制造背景下 MES 发展新重点	1
工业互联网, 谁给谁织的网?	9
论工业软件的十大趋势	13



热点关注 CURRENT POINT

改造中国制造: 互联网与大牌代工厂的化学反应	24
自动化和人工智能对亚太地区的影响、机遇和挑战 (上)	34
流程 4.0: 下一代控制系统	48

智能制造背景下 MES 发展新重点



北京理工大学机械与车辆学院 王爱民

0. 引言

智能制造作为中国制造业转型升级的重要战略抓手,已经得到了从国家到地方的全方面支持,整个制造业的产业生态正在发生急剧变化,这是一个良好的发展契机。但智能制造作为一个笼统的概念,如何落地并紧密结合制造业需求,推动制造业高质量发展,其技术内涵和发展认识也是处于持续变化之中。

核心工业软件是智能制造发展的重点,也是数字经济乃至智能经济的重要支撑手段。尤其是制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是直接对接数字化、自动化、网络化生产的生产管控系统,在整个智能制造核心工业软件体系中占据着重要的地位和作用。随着我国

智能制造的持续发展,尤其是工业界对 MES 自发提出了一些新发展要求,因此有必要进行分析和从中凝练 MES 发展的新重点。

本文将主要从两个方面展开论述:一是智能制造内涵的再思考,分析和总结推动 MES 发展的智能制造背景需求;二是 MES 发展新重点,重点分析和总结智能制造背景下 MES 发展的新趋势。

1. 智能制造内涵的再思考

《制造强国战略研究:智能制造专题卷》给出智能制造的定义是:制造技术与数字化技术、智能技术及新一代信息技术的融合,是面向产品全生命周期的具有信息感知、优化决策、执行控制功能的制造系统,旨在高效、

优质、柔性、清洁、安全、敏捷的制造产品^[1]。智能制造包括以下几个方面:制造装备的智能化、设计过程的智能化、加工工艺的优化、管理的信息化、服务的敏捷化/远程化。

目前制造业实际操作中,对智能制造的切实认识是:在制造过程中能进行智能活动,诸如分析、推理、判断、构思和决策等,通过人与智能机器的合作,去扩大、延伸和部分取代技术专家在制造过程中的脑力劳动。它把制造自动化扩展到柔性化、智能化和高度集成化。

1.1 智能制造新特点解读

智能制造在制造业实际发展的内涵,已经在制造业中得到了深入的体现,并呈现出了一些鲜

明的特点，主要体现为以下四个方面。

(1) 订单碎片化：订单作为制造运行的输入，呈现出面向大规模个性化定制的特点，比如作为智能制造示范的红领，通过采集每个客户身上 18 个部位 22 个数据，根据这些数据顾客就可以形成其独有的订单，这样的设计 7 天就可以交付，成本只比批量生产高 10%，通过这样的个性化定制，从而获得了销售收入和利润的极大增长^[2]。这个案例就是典型的类似“批量为 1”的订单碎片化的极端案例。

(2) 资控泛在化：随着物联网和工业互联网技术的深入发展，以及 CPS (Cyber Physical System, 赛博物理系统) 认知和实践的逐渐深入，制造生产中的各种要素资源的离散化、控制化也越发得以实现，从而为制造资源的优化配置和智能管控提供了更广泛的发展空间。

(3) 管理自动化：自动化的概念已经在装备和生产单元 / 产线得到了广泛关注和发展。智能制造在订单碎片化和资控泛在化的演变下，对智能制造管控软件的需求提出了快速响应传递和调整的需求。在这一方面，可以借鉴自动化的思路，实现软件系

统自动的规范化内容传递、规范化业务链条运转，使得业务的执行不再受制于信息传递流程及交互的制约。管理自动化是否到位是目前管理性工业软件实施困难甚至失败的重要原因。

(4) 决策智能化：随着人工智能、大数据和先进工艺技术的发展，制造生产中出现了自适应加工、机器视觉等广泛而深入的探索与应用，推动了业务决策向智能化演变。而这种业务决策过程分为两种形式：一是自动的推理分析；二是人机物有机融合下的推理分析。

1.2 人在决策回路的理念分析

智能制造所强调的智能，在

目前阶段更多的还是要依靠人来体现智能，所以在决策回路中如何更好实现人与机器和系统的融合就是当前发展的重点和值得探讨的问题。这与德国工业 4.0 所强调的以人为中心的智能制造理念也是相符的^[3]。德国工业 4.0 宣传资料中的一个图片深刻阐述了这个内涵，如图 1 所示。作者认为这张图宣传的核心理念是：技术是多种多样的，但是为中间的人来服务的，如果过分的纠结外圈的各种技术，在理解上就存在偏差了，因为不同的业务场景需求有不同的技术追求，不同的企业是不一样的。

人机物一体化融合是追求的目标，但在实现过程中却不是一蹴而就的事情，必须逐步进行。人机物融合的内涵和路线很多，



图 1 德国工业 4.0 以人为中心的智能制造理念图

而这些分阶段展开的路线对于企业的信息化、数字化或者智能制造的规划,起到了过程引领的作用,也就是如何分步规划和实施。主要体现为两个步骤:

(1) 基于管理自动化的数字化业务回路基础:人机物融合的基础是业务流程链条和信息的规划运行。包括制造生产的要素定义、环节操作、过程衔接的数字化,并且通过连续、规范、无中断的集成在一起,其本质是实现流程信息的集成,可称之为管理自动化。数字化业务回路建设主要体现在两个方面:一是流程链条、流程网络、正常过程、异常过程的业务流程的规范化;二是通过规范内容、规范格式、规范操作实现业务执行的规范化。

(2) 基于业务链条分解的智能决策提升:人机物融合环境下的智能决策的核心是人机物融合环境的形成,涉及到两个方面:一是精益的信息流转:涉及到正确的信息输入与输出、正确的环节、正确的操作与分析等,使得决策时所需获得的信息能够顺畅无歧义的得到;二是人机物一体化决策融合:可以通过对业务环节细分,寻求智能化提升点并进行发力。

1.3 智能制造新特征解析

通过上述的分析,结合目前制造业关于智能制造的需求和实践,本文提出智能制造三个方面的新特征,并给以必要的分析。

(1) 人机共同构成决策主体:智能制造中人与“机器”共同构成决策主体,在赛博物理系统中实施交互,信息量和种类以及交流的方法更加丰富,从而使、机器的交互与融合达到前所未有的深度。此处所指的机器不仅仅是物理上的设备、机器人等硬件装置,也包括智能制造工业软件系统等。在这种状态下,机器人不再被固定在安全工作地点而是与人一起协同工作,机器能够顺畅的捕捉人的意图并实现协同运行,将是未来一段时间智能制造的典型特征。

(2) 信息空间与物理系统高度融合:智能制造具有生产过程中制造信息感知、获取、分析等能力,对于物理系统中的各个实体,信息空间中均对应存在一个与其融合模型。信息空间与物理系统之间的深度交融可实现制造系统的自组织、自重构及资源的最优配置与利用,从而使自动化的程度与规模大幅提升。目前所开展的工业物联网、工业互

联网均是对此特征的有力支持。

(3) 系统工程属性强烈而鲜明:智能制造具有强烈而鲜明的系统工程属性,自组织、自循环的各技术环节与单元按照功能需求组成不同规模、不同层级的系统,系统内所有因素均是互相关联的。这种系统工程特点主要体现在智能管控方面,包括优化配置、自适应、自组织等特点。在这个方面的判断,与德国工业4.0的内涵是相一致的。图2是德国工业4.0的典型资料图片,其所表达的含义是生产线中所有的硬件单元都有对应的软件形式的服务,比如传感器服务、控制服务、通讯服务、校验服务、信息服务等,整个CPS网络系统就是一个服务连接网络,具有“服务联网”的概念,这些服务有层次并且能够动态组合配置。所谓的智能管控,体现为硬件资源的离散化,通过服务化封装,实现业务资源链条的重构与控制,并可以进一步的支持“软件定义制造”理念的落地。

2. MES 发展新重点

MES是智能制造核心工业软件。在智能制造背景下,MES的发展呈现出了一些特点,目前正

在从传统的单纯制造执行过程管理向制造指挥管控的方向发展。

本文从MES的多维度内涵分析为基础,提出智能制造背景下MES发展新趋势,并进而给出MES必须与工艺的融合以强调决策的判断。

2.1 MES 多维业务融合新判断

MES的运行必然涉及到信息流、实物流和控制流的协调。虽然就格式或形式来说,控制流也是以信息的形式展示的,但为了区别其不同的内涵,所以进行单列。MES当中信息流、实物流和

控制流都不是孤立的,是需要融合的,共同构成了MES有序、协调运行局面,进而从技术层面支撑业务层面的融合。

MES当中的信息流其实与MES运行的两条主线有关:一是订单角度,包括订单创建、工艺技术准备(工艺规程、工艺文件等)、生产技术准备(人机料法环等)、下发控制、排产调度、派工生产、执行监控、完工入库等,表达的是订单的整体执行状态;二是流程角度,即按照订单工艺流程进行开展,主要是工序级别的完整执行数据包的管理,包括进度上的开工完工、工时的统计与分配、自检互检专检及其

检验记录信息、工艺指导文件的现场展示等,有的企业称之为智能工位的概念。通过这两条主线,基本就实现了对MES订单—工艺—工序等相关执行信息的全面管理,偏重于质量的称之为质量数据包,其实是具有完整内容的制造数据包,质量信息只是其中的一部分而已^[4]。

MES当中的实物流其实与MES运行的两个闭环有关:一是订单生产准备与实物库存的关联协同闭环,即在生产技术准备中定义了所需的人机料法环,在相应的实物库存或管理模块应该实现对应的分配准备,相当于是按需准备的闭环控制;二是从实物

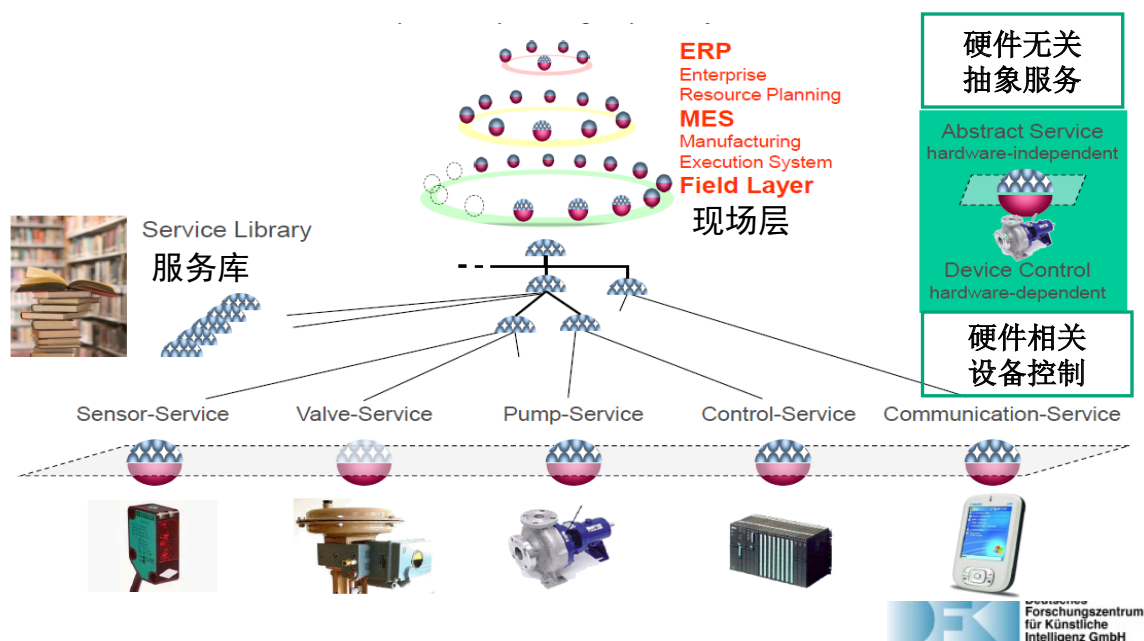


图2 德国工业4.0基于“服务网”智能管控理念示意图

库存到现场的闭环监控，也就是说从库存出来后到了现场，也应进行一下确认。通过这两个闭环控制，可以实现有效的实物状态闭环控制，避免因工人盲目领料和库存模糊发料导致的每个工人都有自己的小型刀具库现象。

MES 当中的控制流其实与 MES 软硬一体化发展有关：传统的 MES 是靠人来托底的，比如人来反馈执行状态信息、录入质检信息等，手工的味道比较浓。但随着物联网、CPS 等技术的发展，与硬件直接连接和通信获取状态信息并反馈指令就具有了基础。本文所说的控制流主要是与硬件打交道有关的信息。

MES 当中的信息流、实物流和控制流不是孤立存在的，而是彼此融合的。本文结合融合的需求和融合的纽带进行梳理。

(1) 信息流与实物流的融合。

信息流与实物流的融合是 MES 的核心重点，一般的 MES 基本都是在这个范畴内开展的。这里面涉及到以下三个方面。

一是以计划信息为纽带。计划是规定什么时间需要什么样的物料的根本信息，否则所有的物料准备将都是盲目的。只有有了计划牵引，才能为精益打下基础。

计划的制定和物料的管理应该是联动的，后续的发展方向将是向物料供应链方向发展。

二是以订单工艺为主导。订单工艺是 MES 执行的主线，不仅是支持质量数据包或制造数据包的节点，也是各种实物周转的需求发源地和到位目的地。所有实物都要明确服务对象，才能做到精细的控制。比如对于工人借用刀具，必须要求说明是为哪个订单、哪个工序、什么时间、在哪台资源进行使用，才能够真正实现闭环的精益控制。

三是以信息—实物关联为目标。“码物分离”是很多企业都要解决的问题，信息与实物必须建立关联，比如采用条码、RFID 等技术，实现基于数字化标识定义的周转过程的全程监控。

(2) 信息流与控制流的融合。

信息流所代表的订单与工艺是 MES 运行的源头，控制流也是以此为基准进行运行的，主要涉及到两个方面。

一是计划牵引的作业程序精准控制、机床刀具的精准推送等，避免程序的版本、刀具型号数量和状态的偏差等，涉及到与数控或自动化执行装置的通讯。

二是源于工艺决策的精准

控制。一般有两个思路，依靠机床自身的自适应调整进行改进，或者将分析推理决策部分上升到 MES 中进行控制，并将分析推理结果转变为指令进行下发控制。尤其随着工艺决策的复杂性日益提升，而机床装备自身的计算系统的计算能力存在严重不足的情况下，相应的决策分析纳入到 MES 中进行将是后续发展的一个普遍现象。

2.2 MES 发展新趋势

MES 是智能制造核心工业软件。但早于智能制造概念的提出，MES 概念已经有 20 余年历史了。在智能制造发酵、发展的环境下，MES 呈现出一系列新的发展趋势。作者结合自己的学习和经验，总结智能制造背景下 MES 发展的三个趋势。

(1) 业务流程管理自动化。

一般来说自动的概念都是用于自动化硬件装置的执行和控制中，但从广义的角度而言，不管对于知识和软件，其实都提出了自动化的内涵。

业务流程管理自动化的内涵：MES 系统业务的衔接具有顺畅、无歧义的流转，流程当中前后环节具有规范的预定义数据格

式和内容，流程当中每个环节具有规范的业务操作要求和信息内容与格式，不仅支持正向顺次递进的流程，也包括应付各种突发情况的流程预案。从上述论述可以明显看出其中的重点：规范，包括流程规范、信息规范、操作规范。业务流程管理自动化涉及到对现有流程的梳理，应秉持如下思路：

一是避免陷入“存在的就是合理的”的陷阱。应按照未来应用场景对目前的功能进行分析和判断，一切以按需为驱动，重构优化当前的流程。

二是避免简单的将现有流程转变为计算机流程。这方面应重点考虑基于系统的运行与基于手工的运行的差别，也就是如何发挥数字化技术的优势，尤其一些新技术的运用，对现有手工流程其实是有很大改变的。

（2）软硬一体化融合。

传统的MES是靠“人”作为底层支撑实现运行的，比如常见的派工下发后的执行反馈都是有人来完成的。但随着工业互联网技术和CPS技术的发展，MES呈现出软硬一体化集成运行的特点，典型的案例场景罗列如下：

MES直接向机床或设备等装置自动获取执行反馈状态；

MES直接向机床或机器人等装置下发执行程序或执行指令；

MES直接向AGV等物流设备或装置下发执行指令；

MES根据实物的数字标识自动反馈获取实物状态；

MES直接从硬件装置读取状态、工艺参数、工件精度等数据，为后续的决策推理提供支持。

（3）决策功能日益突出。

随着大数据等决策分析技术的发展，以及工业互联网状态反馈和精准执行控制技术的发展，对在线或离线的决策功能提出了更高的要求，也为决策的执行提供了可用的技术通道。MES不仅是执行过程管理，而是车间运行的指挥控制中枢，不仅是流程推进和数据周转，而是与业务工艺密不可分的决策中枢。典型的案例场景罗列如下：

APS基于当前任务承担情况，给出客户新订单的精准交货期评估；

APS面对众多的生产扰动，给出快速响应评估分析方案并实现调整执行；

根据订单工件加工过程中前序环节的精度数据，给出后序环节的工艺基准调整分析结果并实现控制执行；

根据订单工序加工精度反馈

分析，经过推理决策分析实现自适应的调整控制执行；

质量问题发生后的及时决策分析并制定改进措施，甚至直接对硬件装置进行调整；

电子产品“测”后问题的智能分析判断，辅助“调”人员快速解决。

2.3 MES与工艺融合新态势

对于企业而言，上线建设信息化或数字化系统的期望越来越普遍，也越来越高。尤其是很大比例的企业，当在自主决定实施系统建设的时候，一般都是问题比较严重或者已经累积到一定程度。因此，对于企业进行MES建设，一般不仅有管理提升上的期望，也有工艺改进上的期望。

但目前MES建设中关注的重点较多的是管理流程上的打通，包括执行进度管理、数据采集、精益物流等，解决的多是信息流与实物流的有序、协调方面的问题。当然这些问题对于一些企业来说也是非常重要的，但MES不能仅仅是做这些事。对于企业来说，最核心和根本其实还是制造技术本身的问题，即使所开展的流程管理也是为制造业务服务

的。虽然从管理角度为制造技术的发挥提供更大的支持，也应该是 MES 建设的初衷，但在智能制造背景下，MES 应该可以有更大的作为。MES 为数据采集、信息流动、流程协调提供了支持，但不能仅仅是采集的数据入库、信息流动顺畅、业务环节协调这些内容，还应该发挥更大的作用，为制造工艺技术的改进和提升提供支持，也即 MES 与工艺的融合，主要体现在三个方面。

(1) 质量数据与工艺的融合。

在产品质量数据采集以后，通过 SPC 可以及时发现异常点或者问题的趋势，这是 MES 可以实现的。但产品检测出的状态，对该件产品而言，已经是事后状态了。目前 MES 传统的做法是，发现问题之后仍然依靠人来解决，系统只是提供了快速的问题发现支持。但对于 MES 而言，获得了所有的制造执行数据，是具备进一步分析改进优化的能力的。

影响产品质量状态的因素有很多，包括设备自身的状态、加工操作的工艺参数、原材料毛坯或上道工序的加工状态等，都可能对本道工序的加工质量产生影响，因此 MES 不仅仅进行产品质量数据采集，应该同时采集获取设备状态信息、工艺参数信息、

毛坯或上道工序信息，通过建立集成的分析模型，对这些数据进行利用，才能在发现问题的基础上，找到问题的原因。这是 MES 与工艺融合的典型体现，如果分析模型能够将工人的经验融合进去，则该环节可以认为具有一定的智能化特点，从而为智能制造的贯彻落实提供了支持。典型的可开展的场景罗列如下，其核心是面向质量的基于采集数据的建模与分析，也应该是 MES 持续发力研究、实现和改进的地方，不仅能够有效推动质量数据与工艺的融合，也是落实智能制造的具体体现：

精细化分析：按照数控程序代码的执行顺序，分析每一条指令代码下的设备状态、工艺参数等的变化，实现目前所提出的程序示波器式分析，进一步的可以借助模型进行智能分析与判断；

智能工序决策：通过建立设备状态、刀具、产品精度的关联模型，实现基于磨损与断裂监测的智能换刀决策和智能加工补偿；

智能过程决策：建立面向工艺流程的工序精度状态链条，建立智能的误差分析模型，实现基于上一步状态的当前这一步加工工艺参数的自适应调整以保证加

工质量。

(2) 进度数据与工艺的融合。

制造执行进度的监控是 MES 的核心功能，随着 MES 的运行会产生大量的制造执行数据，其中进度数据是其中的基础数据。目前 MES 在车间运行的实际情况是，同样一个工作、同样的机床、不同的人来做，时间和精度可能都存在较大的不同。其实这里面反映了工人技能水平的差异。有些企业通过对有经验的工人操作经历进行分析，建立标准作业操作 (Standard Operation Process, SOP) 机制进行规范，取得了良好的效果。

MES 可以在这个过程中发挥更好的作用。通过进度数据的统计分析，从精细化分析的角度，找出彼此的差异并建立与加工工艺参数等数据的关联模型，基于分析挖掘将一些好的经验知识进行固化，并从而逐步改进操作工艺的以改善制造执行进度和工艺质量。

(3) 设备 / 单元级状态参数数据与工艺的融合。

现在很多 MES 都提供了产线级数字双胞胎的三维展示模块，通过结合“虚实同步映射”实现了三维产线运行状态的完整展示，但目前在实际应用中，更多的是

“实→虚”映射，其实“虚→实”的反馈控制尚比较欠缺。从CPS角度而言，可以认为只是实现了开环的CPS而没有实现闭环。

但从MES与工艺融合的角度，设备/单元级的CPS是能够实现从状态数据采集、分析推理决策、闭环控制执行的完整链条的，其中的分析推理决策环节，就是体现工艺功底和能力的抓手，这就需要基于状态参数建立加工工艺的物理仿真模型，进行闭环持续的工艺优化。这种方式下建立的物理仿真模型，也是当前数字孪生的核心。

通过上面的初步分析，可以得出三点基本结论：

(1) MES采集的大量数据，不仅是实现存档入库，必须结合工艺才能有效的挖掘出其内在的价值，数据如何为工艺提供决策支撑，是企业智能化提升可以参考的结合点、切入点和发力点。

(2) 现在MES厂商团队的人员大多偏重于计算机、管理等方面的人才，但随着智能制造的深入进行，工艺人才与知识的缺乏将成为其能否走的更快、走的更远的决定性制约因素。

(3) 企业在进行MES系统搞建设时，应该深入考虑如何与工艺的融合，通过在工艺上的重点分析与建设，从根本上提升制造企业的核心工艺业务能力。

3. 总结

智能制造是国家改变发展模式的重要抓手，是制造企业数字化转型的重要契机。智能制造工业软件是推动制造企业发展的关键支撑，是制造企业贯彻和落实智能制造的核心手段。本文结合智能制造发展的新特点、人在决策回路的新理念以及智能制造新特征，对MES发展内涵的信息流、实物流、信息流的融合，以及业务流程管理自动化、软硬一体化融合、决策功能日益突出的发展重点方向判断，初步探索了MES与工艺融合的必要性和发展路径。MT

参考文献

- 【1】制造强国战略研究项目组. 制造强国战略研究：智能制造专题卷[M]. 北京：电子工业出版社，2015.
- 【2】辛国斌. 智能制造探索与实践：46项试点示范项目汇编[M]. 北京：电子工业出版社，2016.
- 【3】国务院发展研究中心课题组. 借鉴德国工业4.0推动中国制造业转型升级[M]. 北京：机械工业出版社，2018.
- 【4】王爱民. 制造执行系统（MES）实现原理与技术[M]. 北京：北京理工大学出版社，2014.

作者简介：

王爱民，1971年生，副教授、博导，北京理工大学数字化制造研究所所长，承担国家自然科学基金、国防基础科研等课题20余项，长期从事MES、APS技术研究、系统开发与实施应用，拥有个人公众号“智能制造随笔”，出版《制造执行系统（MES）实现原理与技术》专著1本，获国防科技进步二等奖2项/三等奖2项。E-mail: wangam@bit.edu.cn.

工业互联网，谁给谁织的网？



武汉制信科技有限公司 胥军

工业互联网，气势很凶猛。工业互联网，模糊又懵懂。工业互联网，究竟是谁给谁织的网？

感觉一年多以来，工业互联网火热有增无减，风头已经盖过了智能制造。

一、工业互联网是个框，三教九流往里装

到底什么是工业互联网？

本来一开始还是相对清楚的，但现在已经被越炒越模糊、越来越泛化了，越来越没有边界了。2012年，那本堪称工业互联网开篇之作的白皮书预言，“工业互联网，突破机器和智慧边界”。但，现在感觉工业互联网的内涵却被夸大到越来越没有边

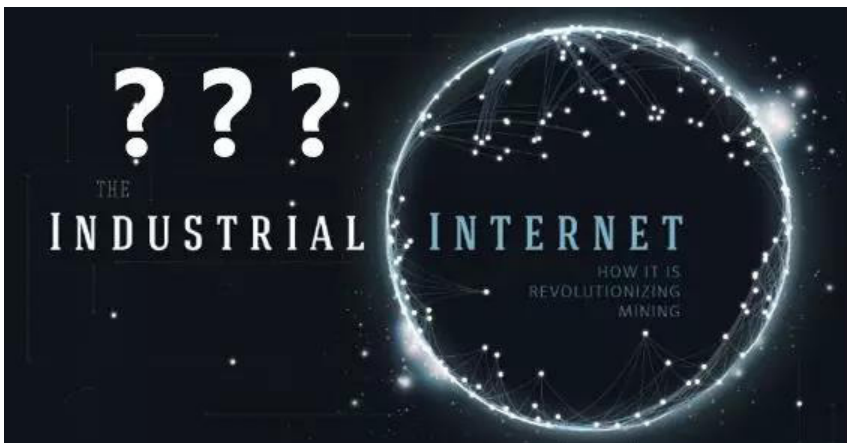
界了。

工业互联网到底是技术的概念、产业的概念、还是战略的概念？现在是三者兼有，根据应用场景，需要哪一个就用哪一个。

根据当初埃森哲等机构给出的定义，工业互联网就是物联网在工业领域的应用。因此，工业互联网本身就是以技术的角色进入的，从技术的角度还有一个大

致的范围。从产业和战略的角度，已经有点无边无界了。投资机构、各类专家、各路供应商为了不同的目的，把它无限扩大化、无限泛化、甚至于“神话”了。工业互联网成了灵丹妙药、包治百病。

工业互联网成了一个“框”，三教九流往里装，这个框里装满了各种商机、各种利益、各种诱惑。两化融合、智能制造、



CPS、Digital Twin、仿真、云计算、大数据、区块链、5G、机器人、人工智能、MES、PLM、MBD、甚至绿色制造、企业战略、精益生产、商业模式……通通都是工业互联网。不是说这些概念与工业互联网没有关系，但你会发现，几乎这个圈内能想到的所有概念一下子都与工业互联网有了关系，好像它们原本都是浩瀚星空里的流浪星球，突然被工业互联网的光芒所照耀，被工业互联网的光辉所吸引，大家齐刷刷地开始自动列队，围绕工业互联网这个“恒星”开始了公转。

物联网、工业互联网本来是实现智能制造的使能技术，是工具、是手段，其实智能制造本身也是实现制造业转型升级、提质增效，改善QCD（质量、成本、交期）、实现企业战略目标的手

段。但现在，似乎工业互联网成了企业的终极目标，只要搭上工业互联网的顺风车，商业模式、研发生产与经营管理、生存压力与发展焦虑、客户满意度等等问题就迎刃而解了，企业就可以顺利到达功成名就的彼岸。

二、到底什么是工业互联网？

工业互联网是网。但工业互联网不是工业的互联网，是工业要素互联的网。工业生产经营过程中的要素很多，人、机、物、业务、流程、数据，供应商、主机厂、分销商、代理商、客户……

不过，首先要弄清楚：

- 要不要联？
- 联上了要干什么？
- 能干什么？

• 然后才是如何联？

但工业互联网又不是纯粹的一张网。全球的工业设备不可能都接入到一个平台，再怎么统一标准、协议，也必然是有多种不同的平台、多种不同的需求场景下产生不同的应用功能。这些平台之间一定要互联吗，一定能互联吗？互联与否，并不完全取决于技术协议与标准有多统一，虽然现在协议与标准等技术问题本身就是难以短期突破的瓶颈。

工业互联网，不仅仅要讲互联，还要互通、互动、互助、互励，通过互励，从而赋能，工业互联网，最终体现在能力的提升。有关机构总结了工业互联网的四大模式，智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸，最近，又加了一项：数字化转型，这些其实都是最终要体现在制造企业





的核心竞争能力的提升上。

但反过来，制造企业核心竞争能力的提升，并不完全取决于工业互联网。

三、工业互联网，又一场饕餮盛宴？

饕餮盛宴一般是指代美食佳肴，但这其中的“饕餮”却是指贪婪的猛兽。

现在，推动工业互联网最积极的是三大类群体。

第一类是政府，政府的作用和意义自不待言，新技术、新思想的应用和推广，都离不开政府的引导。不仅中国，环视全球工业大国皆如此，不过是政府推动与介入方式的委婉程度不一样而已，有的是直截了当、开门见山，有的是“犹抱琵琶半遮面”。别的不说，单说1980年的《拜杜

法案》，特别规定允许企业把政府拥有产权的专利转化为商品，赚了钱之后再和政府分成。所以，其实，全球工业大国都有自己的制造强国战略，只不过表达的方式不一样而已。

第二类，最活跃、最积极的群体，就是各种背景的供应商，比如自动化厂商、软件厂商、ICT服务商，还有就是出身于大型制造企业的设备运营与服务部门，不过这些部门大多现在也成了正在进行技术输出的供应商。

第三类，就是各种投资商。现在拎着钱袋子找项目的“疯投”不少，曾经应邀参加过几次其他机构主办的会议，会议结束后留下来跟你交流的大多是“疯投”，但“疯投”不疯，动机单纯，目的明确，不少机构就是要利用工业互联网这一波风潮所带来的机遇，快进快出，赚了就跑。

另外，还有生态体系中的其他各类机构和群体。

所以，越是炒得火热，越才有可能催生市场需求。越是需要培育市场需求，就越是要炒得火热。供应商是销售驱动、结果导向，所以，自然不会放过任何一波机遇。以前ASP的时候，大家都是ASP，后来大家就都是SAAS、都是软件服务化、都是云，现在又都是工业互联网了。

在这个大群体中，供应商（乙方）事实上被分为好几类，拿到国家专项的自诩为“国家队”，志在建平台、要双跨（跨行业、跨领域），并在各地风风火火跟地方政府合作，发起“圈地运动”，攻城掠地。其他有技术实力、行业背景的，比如做设备自动化的、做工业软件的、做数据采集和数据分析的……算是实力派。第三类，是那些正在努力地四处张望、寻找各类商机的。从生态来讲，事实上还有更多类。

但作为用户的制造企业，需要清醒，需要知道自己的痛点是什么？痛点不是工业互联网，痛点是技术的难点、生产的盲点、经营的堵点、IT和OT以及IT与OT之间的断点、管理的灰点……要解决哪一类的痛点，需要找准相应的切入点和着力点，而不是

都去指望工业互联网。

四、工业互联网，是谁给谁织的网

国人向来喜欢以概念来解释概念、以文件来传达文件、以会议来落实会议，以资金来消耗资金。

在每一波技术浪潮起来的时候，传统的生态组织模式、商业运作模式都会被再复制一次。从信息化、云计算、两化融合、智能制造、物联网到工业互联网，无不如此。比如说会议，有世界大会、世界峰会、全球峰会、国际论坛、高标高端论坛……分不清楚究竟哪个比哪个更高端。比如说联盟，各级别、各区域、各行业的联盟如雨后春笋一般快速生长，技术联盟、行业联盟、企业联盟、应用联盟、国产化联盟……分不清楚究竟哪个比哪个更专业。

某传统食品行业，主要是以手工劳动、半自动化为主，很少一部分企业实现了自动化，最近受“高人”指点也在谋划要推动工业互联网，似乎踏上了工业互联网的快车，可以一下子从工业2.0提升到4.0。是不是应该先



把工业电商、产品营销的事情解决好？

某地，工业互联网产业联盟刚成立，工业互联网服务联盟又要诞生了。层出不穷的联盟，有的还扯着半官方的旗帜，对企业而言，加群与不加群也是左右为难。

有规划提出，2020年前要培育30万工业APP。据说，进入了双跨名单的平台都领了数量指标，但工业APP、机理模型、微服务的考评标准似乎都还没有明确。没有评价标准，任务如何考核？没有评价机制，企业如何选择？

某工业互联网平台，采用一开源的技术，但似乎并没有完全弄明白一些关键技术问题，就开始张罗产业生态的建设，要求合作伙伴去开发和发布工业APP，

但有伙伴表示APP发布上去的第二天居然彻底地失踪了。

- 工业APP只考核数量，不考核应用量或者下载量吗？

- 工业互联网平台，一定要让企业把生产、设备数据实时传上去吗？

- 工业互联网平台，一定能双跨吗？

- 工业互联网平台，有成熟的商业模式吗？

……

有报道称，中国的联网设备数量已经位居全球之首。但是，这些基本的问题仍然没有答案。

其实，所有的推手都在围绕工业互联网，织一张大网，只不过彼此的目的不一样。但夸大、泛化、模糊化，甚至于“神话”，可能会让企业不知道方向在哪？路径在哪？前景在哪？**MT**

论工业软件的十大趋势



北京联讯动力咨询有限公司、中国科协智能制造学会联合体 林雪萍

随着数字技术的发展，工业似乎正在进入一个平台青春期的朦胧前夜。而最开始作为工具的工业软件，则逐渐成为重要推手。它自身正在经历空前的变化。这个变化始自十多年前，但直到现在借助于工业互联网、5G 这样的东风，它的发展才开始变得有些轮廓。还需要十年到二十年的时间，工业界才能真正感觉它的颠覆性变化。

也许那个时候，工业软件的工具属性将不复存在。它以一种更加内生、更加隐蔽的平台方式，主宰着工业的走向。

一、设计与仿真的融合

CAD 与 CAE 曾经是两个泾渭

分明的阵营，只有少数工业软件才会横跨这两个领域。而现在，设计已经跟仿真紧密地结合在一起了。设计既出，仿真即行。同源数据，共生验证。业界比较热闹 CPS、数字孪生、数物融合等概念背后，都有映射着这样的事实。

看一看这几年西门子、达索系统和欧特克的动向就知道了。

在最近几年，达索系统重点就是深耕仿真领域，充实达索系统旗下的仿真品牌。在最近五年的并购中，有一半是在进行仿真软件的购买。

而西门子同样在接连不断地收购仿真公司，2016 年，西门子以近 10 亿美元的价格，收购了

全球工程多学科仿真软件供应商 CD-adapco，类似的举动还包括并购 LMS、自动驾驶仿真软件公司 TASS 等，都是一次一次地向行业拓展。

欧特克也通过并购，推出自己在仿真市场的产品。2016 年推出仿真分析 CFD 软件，这是欧特克仿真分析软件产品组合的最新成员，它依托欧特克于 2011 年 3 月的一次并购。而收购大型通用的有限元分析 ALGOR、模具分析软件 MoldFlow，都让它在 CAE 市场上占据一席之地。

这标志着一个显著的变化，CAD 与 CAE 正在紧密地连接在一起。设计即仿真，将成为工业领域的标配。这种融合的力度，正

在得到空前的加强。传统的 CAD 和 CAE 分而治之的局面，正在由 CAD 厂商率先打破。由于物理数值仿真将先于物理实现，使得几何引擎的重要性也将随之降低。

这将会对单纯只做 CAD 和 CAE 的厂家，形成一个巨大的压力。

这种局面，不仅让 PTC 的 CAD 事业部会有压力，仿真巨头 ANSYS 也同样受到冲击。最好的方法，那就是二者联盟。为了应对 CAD 与 CAE 日渐一体化的趋势，ANSYS 与 PTC 进行合作，联合开发“仿真驱动设计”的解决方案，为用户提供统一的建模和仿真环境，从而消除设计与仿真之间的界限。而仿真商用软件 MSC（已经被海克斯康并购），早在 2014 年推出的 Apex 平台，就是为了正面迎接二者融合的挑战。

CAD 与 CAE 的融合，意味着制造端的前置，它使得设计要更

多担负起传统上样机与测试的功能。“面向制造的设计”DFM、面向安全的设计 DFS 等 DFX 系列，变得更加可行，而且更具普遍性。

二、机器自我发挥：创成式设计

创成式设计，是软件自动根据零部件的承载的边界条件，进行应力分析和拓扑优化，从多种结构优化的方案中选择最适宜的方案。在当前人工智能如此热闹的时候，它也会被漫不经心的 CAD 厂商作为人工智能的新篇章。似乎创成式设计，是一场来自 AI 的拯救，经常会被看成是一场人工智能的胜利。其实并不如此。

通过增加约束条件，让计算机能够形成更多的拓扑结构，并不是什么新鲜的事情。新鲜的是，这种设计带来的结构和材质方面

的挑战，将如何实现？增材制造给出了一个答案，面对那些奇怪的结构形状（天知道计算机在想什么，给定约束条件下，可以给出让人们目瞪口呆的想法），3D 打印可以从容实现。

欧特克在此也是耕耘多年，它的 Within 软件是在 Autodesk 2014 年收购伦敦软件公司 Within Labs 的技术基础上开发出来的。与此同时，还在开发其它衍生式设计项目，其中包括 Project Dreamcatcher。

为空客设计的座椅也增添了美誉度。那些奇怪形状的结构，让人倍加赞叹。

在增材制造的世界里，多了 CAD 和 CAE 的足迹。与此同时，用于晶格优化和金属增材制造模拟的 Autodesk Netfabb。而在 PTC 的 Creo 4.0 中，也简化了 3D CAD 与 3D 打印之间的流程实现了均匀晶格的创建。

都需要补上这一课。2017 年 5 月，Solid Edge ST10 正式发布，提供创成式设计，为设计、仿真和协作提供的增强功能。

而在物联网世界自由遨游的 PTC 公司，也意识到这个新方向的价值。2018 年 11 月，购买了创立于 2012 年的新公司 Frustrum。这笔价值约 7000 万美元的收购交易，将使 PTC 在其核心 CAD 软件产品组合中添加

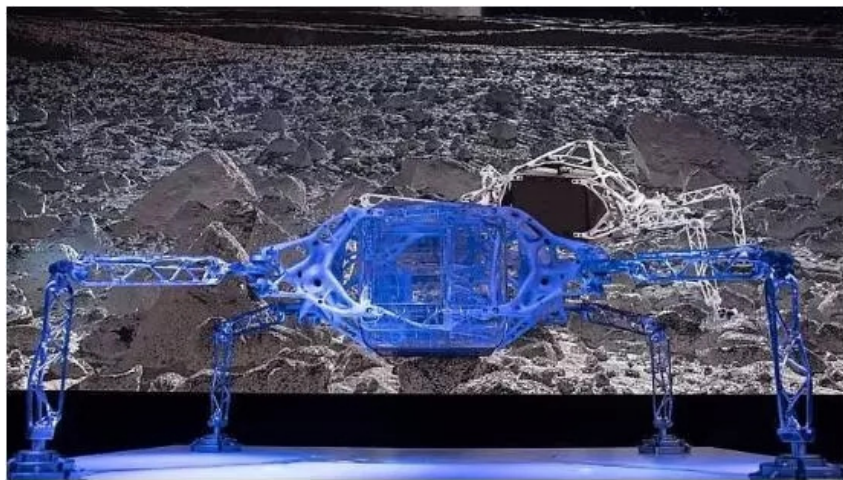


图 1 创成式设计出来的 NASA 土星登陆器

Frustum 的 AI 驱动的生成设计工具。

为了突出创成式设计的效果，欧特克也没少下功夫。“CAD 是一个谎言”，AutoDesk 高管曾经如此调侃到，“创成式设计正在让它变得真正名符其实”。

但这个方向，还需要有更多的例子，才能印证这是面向规模制造的一个大跨步式的发展。

三、数据传递“全屏化”

纸张是制造的圣杯。在相当长的工业发展时期，无论是设计，还是车间生产，发蓝的二维图纸，象征着总工的最高权威。指令，往往就是“纸之令”，这是一种传递决策的古老方式，就像古代的军队驿道。而且，越是复杂的制造，数据传递越是复杂，那么通过纸张、看板等载体实现信息传递出现差错的可能性就越高。

无纸化，是波音早在 20 世纪九十年代就提出来。作为一个简洁易懂的目标，背后含义重大。告别简单的蓝图纸，或许容易；但要在设计与制造之间以及整个工厂实现无纸化，则非常困难。1990 年开始研发的波音 777，是最早采用数字化技术设计的飞机，而一直到现在，波音仍然在致力解决这样的问题。

无纸化，是个解决孤岛的方向。在这种信念之下，所有的纸张和表格，都是孤岛数据的象征，这意味着工厂出现了“数据肠阻塞”。不过，这也是当下所有平庸工厂的普遍特点。

然而，要彻底解决这样的问题，看上去也是有希望了。增强现实 AR 作为一种全新的媒介，有可能重新定义数据传输方式。在设计研发工程师那里，像《钢铁侠》中的主角那样，在空中进行拖拽式的设计，已经有了萌芽——洛克希德马丁正在做这样的尝试。而在工厂现场，带有丰富软件支撑的增强现实设备 AR，已经来到了操作工人的身边。

PTC ThingWorx Operator Advisor 采用了全新的 3D 设计和工作指令的方式，可以通过 AR 传递到任何一线操作工的手中。全球最大的风机设备制造商丹麦 Vestas，已经率先进入这样的 3D 时代。它旨在通过简化关键操作数据的收集、合成和传递方式来解决“断点数据”的问题。

这意味着，车间里向员工传递信息的方式，将彻底改变，“文本”和“纸令”时代将有可能宣告结束。三维数据和指令，不完全是数据下发的问题，而是通过一种类似“知识感受”的方式进行传递。这种传递是体验，是感受，而不是文本说明。

这时候需要的指令，不是一张纸的说明，而是一张屏，是一种感受。

无纸化本身是一个灯塔，它正在有了更加具体的方式：“屏幕化”将成为新的载体。巴塞罗那 2019 世界移动通信大会上，PTC 的增强现实 Vuforia 解决方案已经开始在微软的 HoloLens 2 进行内置，通过新手势、语音增强和跟踪功能，可以无需繁复的编程工作。空气工程公司 Howden，已经开始采用这种技术，提高客户使用其设备的体验。

鼠标，让人手成为鼠标垫上的爬行动物；而 AR 则让人的手解放出来，成为在空中翻动的飞鸟。无论是在设计室，还是在工厂，许多人就像指挥家一样挥舞双手——那是他们驱动数据的全新方式。

然而它背后的潜台词，则要意味深长得多。全球最大的工程机械制造商 Caterpillar 已经不再为用户提供图纸了。想要维修油路，非授权的维修工程师只能去猜测了。用户可以拥有一切细节，但看不到它的数据。

那么，下一代工人是什么样子的呢？

他们都是装有“第二血管”的互联工人。在这条第二血管的通道上，穿梭着各种数据。而借助于 AR 技术，这些工人完全可

以看得见它们。

“撕掉每一张纸”、“全屏化”成为精益的标配？这将挑战一个工厂在几十年所形成的标杆实践和灯塔文化。

四、基于模型的系统工程

人类处理复杂问题的能力，是有限的。系统工程是一种顶层的全局思维；而模型则是在更高的抽象层次上表达复杂事物的一种手段。很显然，基于模型的系统工程 MBSE 和基于模型的定义 MBD，都是为了增强人类处理复杂性的能力。PTC 在 2014 年收购的模组化基础的系统与软体工程应用开发 Atego，正是为了突出“协同合作”来构建复杂系统，同时满足开发由复杂的机械、电子与软体元件组成的系统。

美国国防经费在全球遥遥领先，是其国家竞争力的重要保障。而美国国防部采办则涉及到从研发、制造到维护，有 15 万人，这其中将近 30% 的人员都是系统工程师。未来的设计，都以系统性思维考量。没有基于模型的系统工程，庞大的武器装备制造，是不可想象的。

然而，这是一个持续的挑战。它最早是来自航空航天号角，这个集结号一直在吹响，但看上

去，要完成队伍集结还需要很长时间。这是由产品的复杂性决定的。对产品设计采用全面的系统工程或基于模型的设计方法，涉及到在多个工程学科（机电磁热等）。而智能产品和联网产品的需求，不过是新增的一个复杂性要素之一，无论产品是汽车、家电、消费品还是移动设备，都是如此。

波音所推动的 MBD（基于模型的定义）概念，正在得到广泛的认同。许多 CAD 公司，都开始支持与 MBD 直接相关的产品制造信息 PMI 的相关标准。这个看上去打破 CAD 各家的格式枷锁的 MBD 标准，各家 CAD 软件目前都表示支持。早在 2013 年，Solidworks 就开始推出了 MBD 模块。

然而，这只是一个意愿的开始而已。目前企业用户采用不同的三维设计软件，仍然会碰到多个 MBD 标准而无法统一，受三维软件限制太大。

要支持全生命周期，必须要有端到端的 MBSE 的技术基础。波音采用了全新的“菱形”描述，以优化传统系统工程中大名鼎鼎的“V”字型路线。从这个菱形描述中，可以看出虚拟模型和物理世界中，二者需要随时交互，形成一个“互联环境”。这意味着，必须摆脱文档驱动的局面。

数字孪生提供了令人激动的想象力。然而它的实现，必须依靠基于模型定义的产品。因此，它还是一个浮在上面的荷花，丝连不断的莲藕才是它的根基。

对中国制造用户而言，也形成了新的担心：一味推动 MBD，将会扼杀中国 CAD、CAE 软件商的努力。因为这些模型的标准，将使得用户未来的数据迁移，将变得更加艰难。国外软件在用户端，建立的壁垒将更高。三维模型与数据分开存储，将是一种可行的方式。然而中国企业没有形成共同标准和体系的意愿，难以形成合力，用户更是无法摆脱既有的数据结构和使用习惯，前景完全不容乐观。更重要的是，国内的很多工业软件都被吸引到了工业互联网的沟渠里面去了，国际上 10303 标准体系中有将近 200 个标准，构成了深深的 MBD 的壁垒鸿沟，然而国内企业却鲜见研究，鲜有进展。

一些大型企业（如航空航天）的复杂性增强，对于大型主流软件的依赖越来越大，导致后者越来越封闭，越来越垄断，其它上下游软件基本没有进入机会和发展空间。许多企业的技术交流，张口闭口都是基于系统工程 MBSE 的等大型整体解决方案，根本都不提任何产品的名字和品牌。可以想象，一旦企业采用了

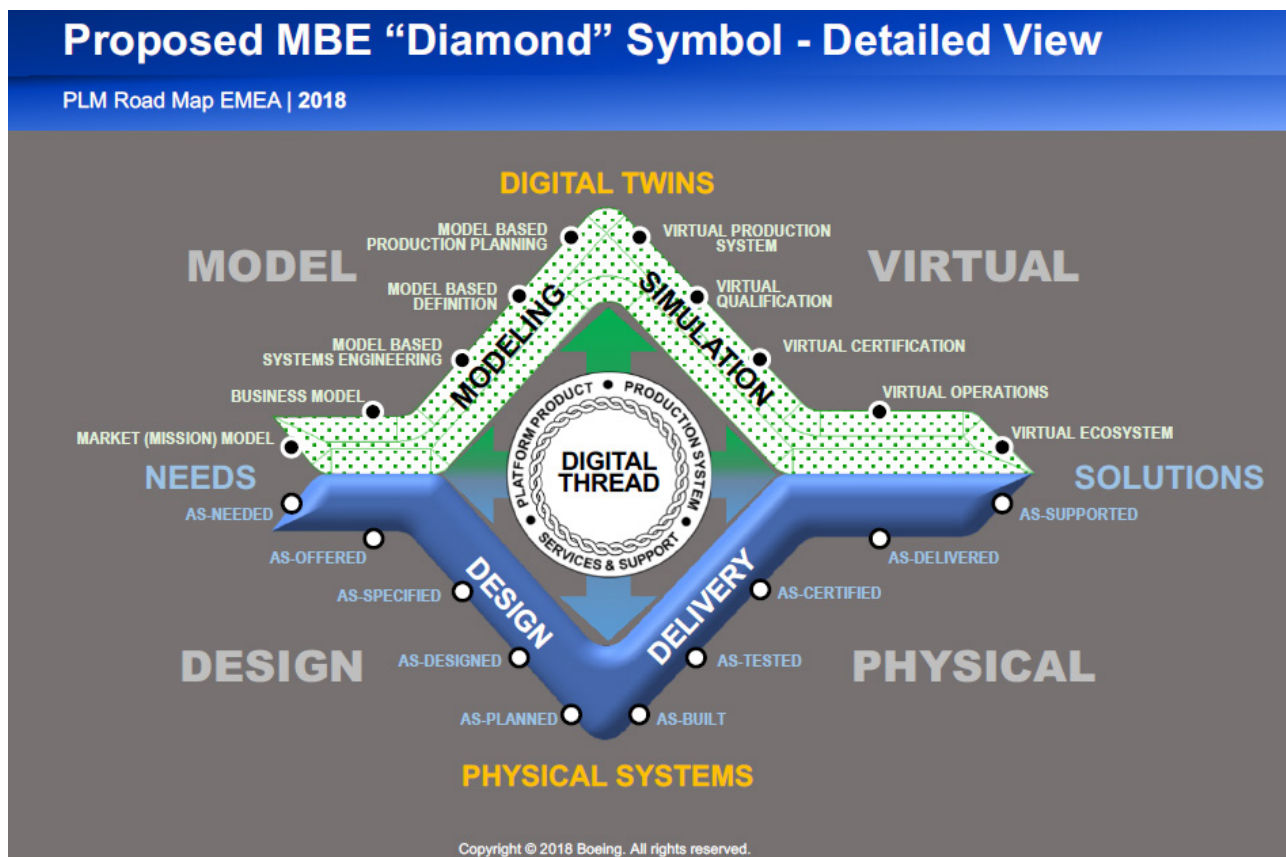


图2 波音研发技术部高级技术 Don Farr 2018 年

一个整体解决方案，其它产品是很难有机会进入的。

五、从一次买断到持续订阅

工具类软件的销售方式，正在从一次性许可（License）转向订阅模式（Subscription）。订阅模式的软件并不一定都是基于云部署，可以仍然是在企业内部安装，但是通过订阅定期获得授权密码。

订阅模式是一种对于用户企业和软件公司双赢的模式，用户企业可以根据应用需求，灵活增减用户数，还可以即时获得最新的软件版本。

而对于软件公司而言，则可以确保用户产生持续的现金流，虽然当期某个用户企业带来的收入减少，但是几年下来，订阅服务的收入就会超过销售固定使用权的营收。同时，对于用户企业而言，应用软件产生的大量数据，是很容易绑定在软件工具上。

从软件发展的动力来看，显然软件供应商更喜欢订阅模式，它会使得收入变得非常稳定。在订阅的模式下，长期的更新显得更合理。在国际市场已经呈现出绝对性的胜利：达索在很多欧美国家每年的营收，70%~80%是年租收入，只有20%~30%是一次性买断PLC（perpetual license cost）。因此，软件公司在欧美看上去也很舒服，因为每年都会提前锁定大部分收入，工程师可以轻轻松松搞研发。

当然，Autodesk 在订阅制走的并不顺利，自 2015 年开始，便希望能将商业模式从传统的软件买断过渡到订阅制。2017 年的大裁员风波与这个模式的推动也有关系，那就是继续组织重整，坚决聚焦订阅服务模式。

在互联网普及度不高的上个时代，厂商或作者利用网络进行持续地维护与升级比较困难，很多软件基本就是“一锤子买卖”；而现在，随时更新版本的条件，基本完善，为产品提供完善的客户支持和迭代升级通过在线实施，没有任何障碍。而云计算则加速了它的普及。

工业软件的订阅制，已经势不可挡了。中国市场还在凭着它特有的市场特色，在进行勉强的抵御。一次性购买，这也是中国最喜欢的方式，也是由于中国项目经费的构成具有特殊性：软件升级是有预算的，而购买软件服务则很难形成项目预算。

同时，这也是中国的一个奇怪现象：软件服务在中国的价值，远远没被认可。但服务恰恰才是软件的核心价值。无法提前锁定软件的长期服务价值，是国内许多自主软件企业生存困难的重要原因之一。

订阅制，对中国用户的数据垄断，或许是一个巨大的威胁；但对于国内软件商，却是一个巨

大的机会。这会让工业软件商，可以更好地做好研发。

六、工具向平台进化

把工业软件看成工具的时代，或许已经过去。2019 年 2 月达索系统宣布，经历了 21 年的 SolidWorksWorld 大会名称将不再保留，而是成为 3D Experience World。大会名称要改，这可能会哭死众多的 SolidWorks 粉丝。

这发出了一个重要的信号，任何单一软件工具的品牌，都不再重要，平台的存在将笼罩一切。达索系统正在主推它的 3D EXPERIENCE 平台，这是一个顶层战略。

工业软件作为一种强烈存在的工具属性，正在被降低它独立存在的意义。

当你想要一把斧头，对方会问你，难道你要的不是一根木头吗？

也许是真的，你的确想要一块篝火用的木头。

这也意味着商业模式的更新。工业软件供应商，正在试图从设计—制造的全过程中，进一步挖掘价值。制造即服务，是这一理念的核心。这就是为什么达索系统致力于将前端的设计、后期的制造直接打通。而它在 2014 年收购面向营销和展示的高端 3D

可视化软件 RTT 公司，正是秉承了这样一种理念。

从这个大趋势来看，就能理解近几年计算机辅助制造 CAM 风雨飘摇的市场。曾经独立的 CAM 软件，纷纷落下。英国 CAM 公司达尔康在 2013 年出乎意料地被欧特克吞并，本来是独立的 CAM 软件市场，被迅速洗牌。海克斯康 2014 年并购了英国 CAM 软件公司 Vero——后者此前已经进行过系列并购，而同年年底增材制造巨头 3D System 则以一亿美元的代价收购了以色列优秀的 CAM 厂商 Cimatron。这个故事最新上演的剧情是，2017 年 Solidworks 推出了面向 CAM 的版本，而海克斯康在 2018 年吃掉了法国 CAM 公司 SPRING。

独立的 CAM 软件商，都在成为软件平台服务的一部分。

支撑平台最大的秘密，在于社区，在于协同。其实社区的概念早已有之，20 世纪 90 年代末的 Autodesk 公司，最早也扶持做合作伙伴生态，出现了一大批二次开发的工业软件企业。但随着 Autodesk 并购德美科这样的二次开发企业之后，国内的二次开发者一时也毫无还手之力，纷纷转型，四下散去。

随着工具向平台的转移，国内的各种小伙伴，将越来越成为巨舰之上的一小块海藻。所谓的

合作伙伴，铁与草的关系，如此而已。

这种平台的存在，对中小企业将有着巨大的诱惑力。这也意味着平台型企业，必须做好“全能选手”的准备。工业软件企业，也在做好迁移平台、服务中小企业的准备。

最近的例子是达索进入了 ERP 系统。2018 年底达索系统以 4.25 亿美元完成收购制造业 ERP 软件公司 IQMS，随之将 IQMS 更名为 DELMIAWORKS。将设计端的数据，与经营数据相结合，这是 PLM 软件商拓展疆土的记录中，所能跨出的最大一步。而在今年年初达索系统 SOLIDWORKS 推出的 3DEXPERIENCE.WORKS，正是中小型企业用户提供一个统一的数字环境，将社交协作与设计、仿真、制造甚至 ERP 功能相结合。

工具，再见！

这对于中国苦苦挣扎的 PLM 厂商，绝不是一个好消息。它的意思是，当青铜侠还在立志成铁的时候，钢铁侠已经披挂上了战车。整整两代的差距：不是两代人，而是两个时代。

七、天生云端

在工业领域，软件即服务 (SaaS) 的概念不断发展。基于云的工业软件订阅模式越来越多，

成为企业在本地软件安装环境之外的一种选择。云与在线的工业软件可以直接在本地浏览器中运行，或通过 Web 及移动应用程序运行。与安装在本地计算机上的传统软件不同，它通过远程服务器进行更新，并通过订阅获得服务，通常是每年甚至每月一次。

十年前，云 CAD 就被广泛谈论，但大家都会觉得困难重重。最知名的 CAD 架构师之一，Autodesk 的创始人之一的 Michael Riddle 当时指出，云 CAD 的复杂性，是桌面 CAD 的十倍以上。这并不完全是因为这类程序动辄数千万行的代码，而是指建模的难度，以及像国际象棋一样复杂的可能性。当然，重建架构体系是必须的，而这简直是成熟软件厂商的梦魇。1994 年，AutoCAD 第 13 版隆重发布，然而市场反馈是恶评如潮。要知道，这是一个重建架构、代码几乎完全重写的全新软件，而 Autodesk 为此迎接来的，却是一场代价高昂的灾难。

从 Solidworks 出走的元老，在 2012 年创立了 Onshape 公司，完全提供在线 CAD 服务。借助于创始人的大牌效应，一时间引起了强烈的反响。而 Autodesk 的 Fusion360 迅速进行了跟进。

在这样一个领域，中国的软件也在迅速做出反应。像浩辰、

利驰等都加强了线上 CAD 的应用；而在 CAE 领域，这更像是新型小企业的选择。很多国内的 CAE 软件，例如北京云道、上海数巧、蓝威等正走在这条道路上。这是一个避开强敌锋芒，在市场缝隙中寻找利基市场的一个良机。

经历了四轮融资之后，Onshape 在 2016 年 4 月一共获得了 1.7 亿美元的投资，然而再无下文。看上去，Onshape 起了大早，但赶的还是晚集。它的冲击力并没有原来想象的那么美。看起来，云 CAD 产品，有云模式带来的技术优势，有商业模式创新，但是说到底，还是要把基本建模做好，否则并不能被用户广泛接受。

但 Onshape 的举动，还是震醒了诸多传统 CAD 的强势厂商。

2018 年，CATIA 推出了 xDesign，界面颜色与 CATIA 比较一致。主要是为了应对未来的 OnShape 等在线设计软件带来的冲击。更重要的是，它带来的巨大的协同效应，使得“众包众创集体协同”成为一种可能。这也是在线设计的真正魅力。

随着工业云的进一步普及，就会有大量的中间软件商，提供各种软件之间的数据转换服务。例如像 CIDEON 这样的公司，就会把云 CAD 等工程数据，与 SAP 这样的云平台进行无缝、简洁的连接。

为了云平台这样一个战略方向，达索甚至考虑到了云计算设施的硬件资源。2011年，成立不到一年的云计算公司 Outscale 获得了达索系统的战略投资；到了2017年6月，达索系统追加投资获得其多数股权。通过 Outscale 全球十多个数据中心提供的云计算服务，达索系统的 3D 体验平台，可以充分发挥硬件、软件的集成优势，并可以向各种规模的企业进行部署。

这种基于独立于基础设施的云平台，可以从云端交付 Windows 应用程序和工作流。Frame 就是这样一种独立服务商，打破传统的虚拟化桌面解决方案（如 Citrix 或 VMware），后者是为非弹性的、单租户的数据中

心基础设施设计的。对比一下，英特尔的 X86 架构在 PC 机上，和 ARM 架构在移动端，呈现的特征会有多么的不同。

天生云端，架构轻盈，符合用户对于工业云的弹性访问，正是工业软件在云端被看好的地方。

工业软件向云平台的迁移，看上去是为了争夺更加广阔的中小企业市场。“云 PLM”为中小型 PLM 用户提供了更多的选择，以根据他们的具体业务和工程需求定制解决方案。这意味着 PLM 业务和部署模式正在发生变化。而工业互联网的快速发展，则为这种“云生”软件，提供了优良的沃土。

八、拥抱 IoT，重续 PLM 使命

PLM 产品全生命周期管理，这个概念本身就有着“一语定终身”的霸气。它从“产品数据管理”PDM 演化而来，代表了 CAD 软件公司的深度厚望。然而，它却从未真正实现过。

大概在 2005 年左右，PLM 不再是 CAD 工具公司的特权，许多新手——不乏有着炫目资历的，进入了这个领域。2007 年 Oracle 收购了 PLM 软件公司 Agile，SAP 在 2009 年面向亚太地区推出了自己的 PLM。

IoT=PLM？还是 IoT+PLM？

对 PTC 来讲，答案再明确不过。早在 2 年前，PTC 的 CEO

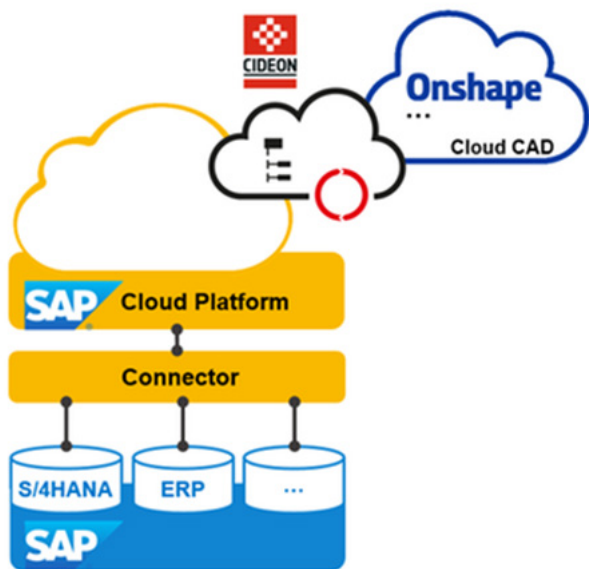


图 3 异构数据的连接

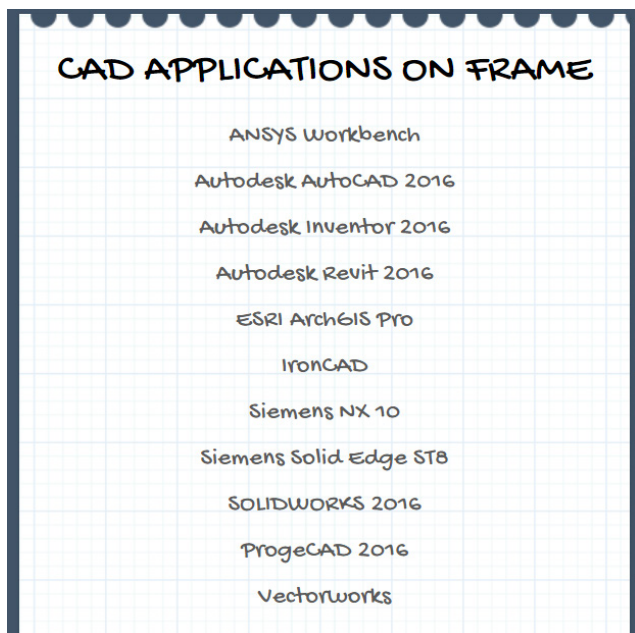


图 4 云设施为工业云软件而来

就直截了当地说,“IoT 就是 PLM”。尽管 PLM 中,最为重要的是 LifeCycle(生命周期),然而许多产品从来没有被实现过全生命周期管理。一台冰箱、一辆汽车,离开了工厂往往就杳无音讯,成为制造厂清单上“产品孤儿”。这也意味着,许多 PLM 软件系统被简化为 PDM 和工程变更管理。在物联网时代,这或将发展成为一种近视症。

网联产品,正在为企业提供了前所未有的可见性和洞察力。从这个角度而言,PLM 更像是一个企业的理念,而非产品本身。从这个意义而言,IoT 成为激活这种理念的新招牌。

西门子转向物联网的冲力,并不是来自 PLM 的冥想,而是来自现场机器的轰鸣。作为天生驻场的自动化公司而言,IoT 战略是必然选项,因此它走向与 PLM 的连接,并不意外;而达索的步伐则要慢的多,在它的制造运营

方案中,原来收购的生产排产管理软件 Apriso,正在增加机器的连接,试图将业务流程与机器集成在一起。但对于达索而言,这更像是一个战术补丁,而非战略布局。

那么,IoT 到底是 PLM 的平行双子座,还是 PLM 的新长子?

要回答这样的关系,需要明确两个边界:一个是工厂之内,对待设备的态度。这一点,所有软件公司的回答都是一致的;另外一个边界是,PLM 是否要真正跨到工厂的大门之外,连接“人”与产品的关系?这是对工业软件公司进行战略分区的最重要分界线。PTC 最为激进,义无反顾做出抉择,并且与 SAP、Oracle 这样的 IT 公司走到一个阵营中去,西门子在重要设备上做出了选择,而达索、欧特克则还找到足够的勇气来回答这个问题。对于仿真领域,自动驾驶则是一个最可能的突破口。

那么,PLM 在物联网时代,这个概念的边界到底如何认识。是让它继续变大,把所有过去未曾实现的想法,重新装入它的篮子里?还是让它随风飘散,而赋予 IoT 更大的雄心,重新放大数据驱动的价值,以便进一步强化数据驱动的本质?

这个就要看人们的习惯,来回答了。

九、软件变得昂贵无边:EDA 从设计,到设计服务

毫无疑问,芯片是一个昂贵的产业。而面向芯片设计的电子设计自动化 EDA 则是这场昂贵游戏的幕后大腕儿。电子设计软件 EDA 与机械软件 MCAD 在 20 世纪七八十年代的差距并不大,许多 CAD 厂商兼而有之,而且机械 CAD 的软件,明显超过 EDA 的风头。但后来随着芯片产业的发展,EDA 走上了越来越专业化的路线,与机械电气 CAD 完全迥异的路:EDA 开始跟知识产权紧密挂钩。当今这个领域,霸主 Synopsys、CADENCE、西门子 Mentor 几乎主宰了芯片设计的市场。

巨大的市场,机械电气 CAD/CAE 厂商也在伺机打破二者界限分明的局面。2008 年,全球仿真软件巨头 ANSYS 进入一个全新领

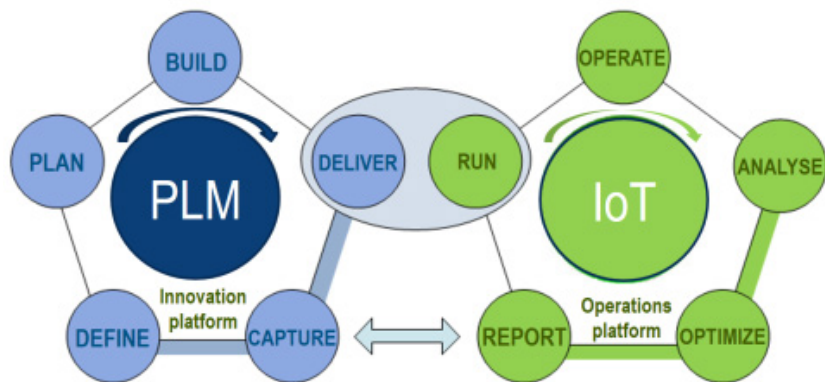


图 5: PLM 与 IoT 的关系

域电子设计软件 EDA 领域，收购了 Ansoft 公司。此次收购总价约 8 亿多美元。后者随后再次以 3.1 亿美元现金收购模拟软件提供商 Apache Design Solutions，填补了它在集成电路仿真的布局。而 2016 年 11 月西门子，则以 45 亿美元收购了全球三大电子设计自动化软件 EDA 之一的 MentorGraphics。

这背后，则是芯片的设计，进入了惊人的烧钱阶段。先进设计的费用，从 65 纳米的 2800 万

美元，上升到当下 5 纳米的 5.4 亿美元，整整二十倍的增长！

从 65nm，到 40nm，到 28nm，每一代技术，软件都会有 50% 的代码需要重新编写。而到了纳米级的时候，许多物理现象，以前没有见过。运算的复杂度，大幅度提高。许多物理突破，软件瓶颈才是关键限制因素。

这个时候，工业对软件的依赖，是一种无法想象的程度。

从这个意义上讲，EDA 软件商可以像护士的抽血管一样，想

抽多少抽多少，完全取决于她所需要的结果。就某种角度而言，它必须学会克制，防止过度撇脂的欲望。在中国的 CAD 市场，其实都是一样。

这些平台兼工具的工业软件商，只需要在中国市场上控制好自己“发飙”的情绪。一家大型 CAD 厂商在 2018 年，想要提高营业收入的时候，张口就是 10% ~ 15% 的涨幅，几乎不需要通知代理商。想收就收，想割都割，多大的代理商和多牛的用户，

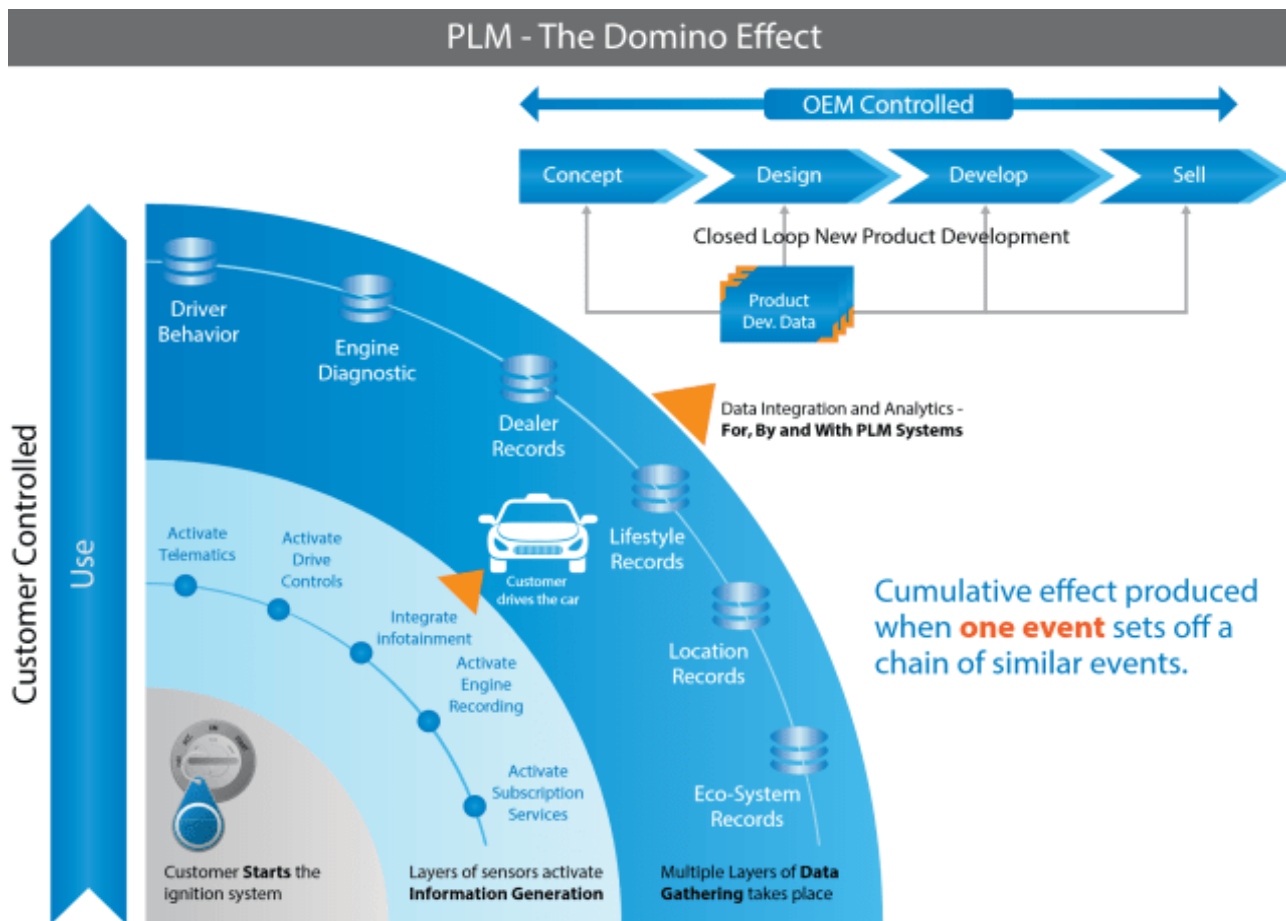


图 6 物联网激活汽车 PLM 的多米诺效应（来源：Infosys）

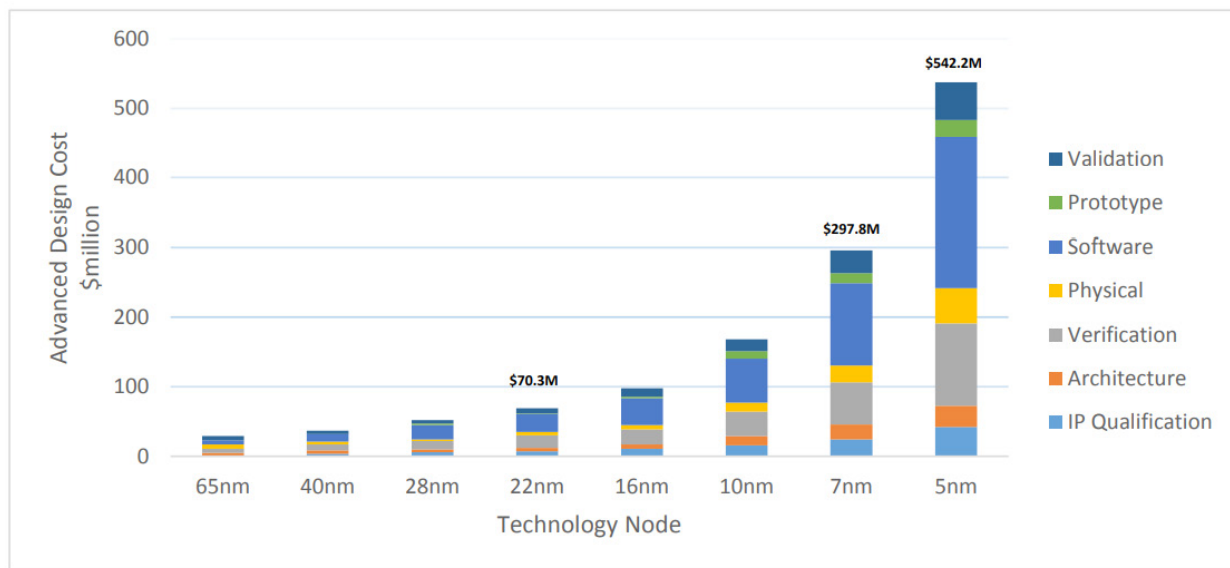


图 7 先进设计的费用演化 (来源: IBS 数据)

在这把锋利的剪刀之下，其实都是小绵羊。

十、最大的猜测：工业软件走向无形

工业软件的最高境界，或许就是消灭自己。既然用户要的是一个洞，那么所有的工具，诸如凿子、钻头就都不必出现了。

最直观的一种现象是，软硬结合，正在成为工业界的一种时尚。工业软件与自动化硬件，正在紧密走在一起。西门子自动化与 PLM 的紧密结合，构建了一个数字企业的世界；施耐德在 2017 年以将近 50 亿人民币收购了 AVIVA 的 60% 的股权，这已经成为“工程拥抱工业软件”的老套故事；罗克韦尔投资 10 亿美元，

占股 PTC 8.4% 的股权，开启了硬战略合作的典范；而更早的时候，最早的仿真软件 MSC，则投入到瑞典计量设备海克斯康的怀抱。

软件定义利润，硬件盈利时代早已结束。随着软件的注入，传统硬件像刀片一样薄的利润，正在变得像服务器一样的厚实。

系统之间的传统界限正在消失，这使得传统机械设计与仿真的 CAD/CAM/CAE 软件，电子设计自动化软件 EDA，以及与其他软件如制造执行系统 MES、人机界面 HMI 等，都在融合。

软件泛在，是这个答案的本质。在工业互联网的背后，软件才是明星。只有软件，才能搞得定机器，才能理清楚数据的价值。不再是简单的套装工具，它以另外的形式重塑工业的价值。

泛在而无形，这或许是工业软件努力的方向。但在这无形根基之上，才能建立起高耸入云的智能制造和工业互联网的殿堂。

什么是无形的？空气是无形的。它主宰着生命的存在。

小结

工业软件作为工具的记忆，正在逐步散去。CAD、CAE 之类的标签，已经很难裹住一个 PLM 厂商的身板。这是一个很小的市场，却是一个阿基米德的杠杆支点。小的几乎不见，却在撬动着未来工业的方向，正是这微不足道的工业软件，才是新工业之所以为“新”的根本力量。MT

改造中国制造： 互联网与大牌代工厂的化学反应*

编者按：“立国之本、兴国之器、强国之基”，这是中国国务院对制造业的定位。2010年，中国制造业总产值超过美国成为世界第一。近年来，集成电路、数控机床、航空航天、生物医药等高端制造获得空前重视。相形之下，中国制造的基座、曾为中国赢得“世界工厂”称号的那些产业——服装、鞋帽、箱包、玩具、日化用品等，处境却日益艰难。

耐克阿迪的影响力并不亚于波音空客，中国的所谓“中低端制造业”有着广阔升级空间，也应是“立国之本”的一部分。它们崛起于20世纪90年代，中国加入WTO后爆发式增长，2008年金融危机之前，这些产业的过半订单来自加工贸易，企业只要埋头制造即可，本质上只是国外大牌公司的生产车间。时移世易，2017年，加工贸易占进出口总额的比重，已由峰值期的接近六成，下降为不足三成。对代工企业而言，这意味着一半订单消失

了。

当代工企业不得不自己面对市场时，它们发现眼前有三座大山：没有品牌、没有渠道、不知该如何与消费者沟通。这些事情过去都是它们代工的客户来做。但代工企业也有优势，就是制造能力，那些光鲜亮丽价格昂贵的大牌商品，原本出自它们之手。作为世界工厂，中国的优质制造工厂数量众多。

淘宝、天猫、京东等第一代电商相当程度上解决了代工企业的渠道需求，但当这些大平台变

成坐拥百万卖家的巨无霸时，后来者要想获得一片立锥之地，就需要付出销售额的四成左右做营销，这是一个无法承受的代价。

市场环境也在巨变。无论国内国外，消费者需求都更碎片化，变化也更迅速，百万十万的大订单不复存在，几千件的订单就是大订单。同时交货周期在缩短，过去几个月，现在几天就得交付，否则就会错过市场窗口。

就国内市场而言，经济总量剧增的同时基尼系数也在扩大，这让消费升级和消费降级两种现

注：本文原载于《财经》2019年第7期，作者为《财经》记者马霖、吴琼，编辑余乐。

象并存，对商家而言，没有贵贱，都是商机。拼多多就抓住后者一跃而成为中国第三大电商。

2018年，中国人均GDP接近1万美元，已属中上等收入国家。其中京沪穗深4个一线城市、杭州南京武汉长沙天津青岛等13个二线城市，人均GDP超过或接近2万美元，这意味着中国有2亿左右的人口，已经越过或接近发达国家门槛。他们买东西不再只图便宜，但也不是土豪式消费，而是更高性价比的、有品质的消费。

这样的趋势，让品质电商应运而生。必要商城、网易严选、小米有品……它们都致力于将优质制造能力对接给消费升级群体，但做法各有不同。

对那些不满足于换一个代工

对象的制造企业而言，必要商城的C2M平台模式吸引力更大。C指消费者，M指制造。必要提供渠道给制造商，不仅是销售渠道，还是自主品牌渠道，必要同步C端数据给M端，解决了它们长期以来无法直面消费者的痛点。更重要的是，C端的数据倒逼M端对生产线做柔性化改造，这是国际大牌也梦寐以求的能力，因为这正是市场的需求所在。

听上去很美，事实是否如此？2019年3月，《财经》记者对必要商城的供应链做了深度调研。

一、从幕后到台前

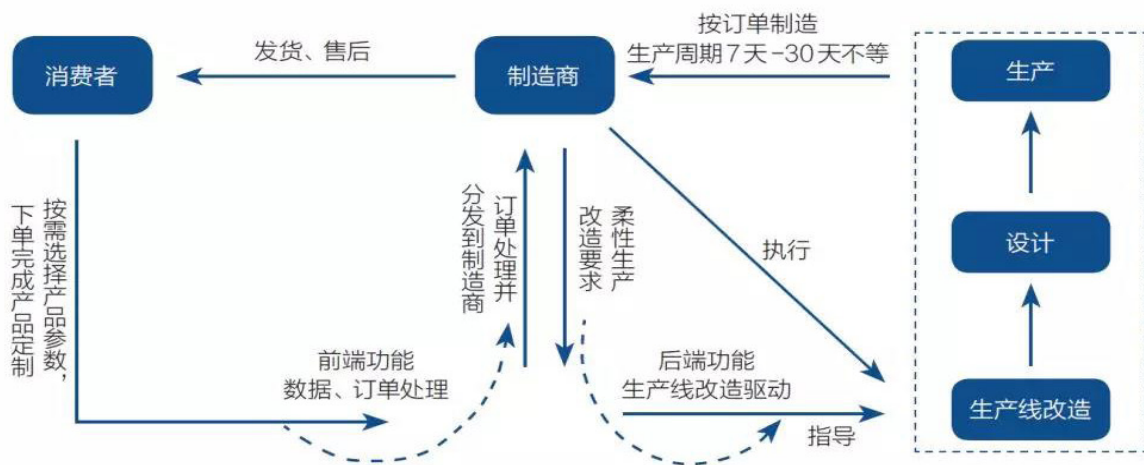
“做制造业的，总有一颗做自己品牌的心。”在放满牛仔褲

的工厂开间办公室里，钟永强对《财经》记者说。

钟永强是亚洲知名牛仔褲制造商宝发纺织服饰的董事长。他1992年起经营牛仔褲工厂，最初厂子建在老家澳门，2005年迁至一水之隔的广东江门。这个占地150亩的园区支撑着Calvin Klein、Diesel、Levi's等知名品牌的牛仔褲生产需求。

从宝发的园区向东驱车一小时，就是格力电器在珠海香洲区的总部。比宝发早一年成立的格力做代工起家，如今已经是中国家喻户晓的电器品牌。宝发产品总监罗洪伟会不无骄傲地告诉来访客人，“我们隔壁就是格力电器。”羡慕之中，宝发从格力身上看到了品牌的力量。

钟永强不是没有尝试过自



资料来源：易观 制图：颜斌

图1 必要商城的C2M模式

己做品牌。早在2008年，钟永强就在电商平台上卖过自己品牌的牛仔裤。但因为不擅长买流量等互联网玩法，他没能成功。

2011年—2013年，他再次挑战终端零售。在那个O2O（online to offline）概念火热的年代，钟永强却跑到北京开了五家线下店，结果又以失败告终。

2015年，钟永强面前又出现了一个新的机会：新兴电商必要商城的创始人毕胜邀请他在必要商城上卖牛仔裤，钟永强很快就答应了，他在这个新的平台上推出了Timeable品牌，成为最早入驻必要商城的四家工厂之一。

毕胜的必要商城当时也才创立不到一年。“大牌品质、工厂价格”是必要的招牌语。意思是消费者能用低得多的价格买到出自大品牌背后优质代工厂的同样品质的东西。毕胜称之为“C2M”——customer to manufacturer。

钟永强很快就体会到了不同。以往为大品牌代工时，他们只管生产，并不直接面对消费者。现在宝发的工作人员要时时关注细节：中国消费者和西方消费者的身材有别，许多服装品牌往往一批牛仔裤既在国外卖，又在中

国卖，在必要商城上，宝发会根据消费者的身形，制造更符合中国消费者身材的牛仔裤。

随着必要订单的增多，宝发发现自己越来越了解消费者了。他们不断尝试打造爆款，及时下架不受欢迎的款式，响应市场的速度越来越快。“我们从未像现在这样真切地感受到消费者的气息。”罗洪伟说。

2018年，宝发在必要商城上的销售额是3000多万元。虽然这只占工厂6亿元总营收的很少一部分，但从2015年至今每年增长逾20%。

化妆品公司广州栋方股份有限公司董事长唐新明也有一颗做自主品牌的心。化学专业出身的唐新明1992年来到广东打拼，数度创业，一直在洗护与化妆品行业奋斗，在原料、供应链、技术上积累了丰富经验。栋方也成为欧莱雅、联合利华等多家国际大牌的供应商。

和钟永强一样，唐新明也曾试图打造自己的品牌，但没能成功，零售渠道是他无法解决的问题。“我们的积累一直没有渠道去跟消费者对接，价值无法充分实现。”

2016年9月14日晚，必要商城分管供应链的合伙人成建勇

正要从深圳登机返京时，被唐新明电话“截机”，当晚11点，成建勇赶到广州，与唐新明一直聊到次日凌晨4点，让栋方成了第一个入驻必要商城的化妆品企业。

2016年底，栋方推出Fewruer品牌在必要商城销售，到2018年销售额已接近1亿元，占栋方集团全部营收的十分之一左右。比例虽然不高，但唐新明认为“这代表未来，是方向”。

包括服装和化妆品在内，必要商城的商品涉及25个行业，它们中的大多数有一个共同点，就是生产端与消费端之间环节多，利润大头被中间环节拿走，生产商所得有限，消费者也难得实惠。成建勇的团队有一套选择行业和合作工厂的标准，其中很重要的一条就是消除中间环节的空间大不大，这决定了制造商和消费者的获益空间大不大。

眼镜行业就是这样一个典型。“在眼镜店里，一副近视眼镜要上千块钱，每次买完眼镜走出店门都有挨宰想骂人的感觉。”消费者刘志刚告诉《财经》记者。经朋友推荐，刘志刚2016年在必要商城上购买了第一副近视眼镜，2018年买了三副，今年3月又下一副，他已经成为必要

商城的重度眼镜用户。

中国眼镜行业最大的痛点是零售价格高，好点的近视眼镜价格动辄几千元。因为价格高，配镜不方便，很多人都不会定期验光，配镜频率低，许多消费者也不去购买价格更高的抗疲劳、抗紫外线、带度数墨镜等功能性眼镜。

正是看到了眼镜行业的这一痛点。2015年初，毕胜找到视悦光学，希望其入驻必要商城。

视悦光学是全球最大眼镜公司法国依视路的镜片提供商，所在地江苏丹阳是中国镜片之都，全球50%、中国80%的镜片都出自这里。

起初，做惯了代工的视悦对毕胜的邀请并不感冒，和充分竞争的服装行业不同，中高端光学镜片是个寡头垄断市场，依视路是其中最大的寡头，为其代工的视悦日子也挺舒服。但是，毕胜和成建勇一遍遍地来访之后，视悦留学英国回来的80后“少东家”王翔宇动心了。并与毕胜成立了一家合资公司必看科技，推出“必然”这一眼镜品牌，专门负责必要商城的订单。为显示诚意，合资公司最初的运营资金由小股东毕胜提供。

王翔宇也非常清楚中国眼镜

行业有巨大的效率改善空间，他对《财经》记者分析，一家线下眼镜店平均每天的配镜数只有两三副，而店面租金、导购和验光师等费用都很高，导致线下眼镜店加价率很高。近视眼镜虽是刚需，但价格这么贵，消费频次就低，明明该换镜了，许多消费者也还凑合着用。

必要商城上价格169元的“必然”近视眼镜，如果在眼镜店里按照非品牌产品销售，价格在600元以上，如果贴牌销售，价格高达2000多元，但它们都是视悦生产的，质量其实一样。同样，配置最高的“必然”眼镜一副400元，眼镜店里按照非品牌售卖价格1200元，贴牌售价



视悦光学生产线。摄影/《财经》记者 马霖

高达 4000 元~6000 元。

“必然”眼镜在必要商城的平均售价是 330 元。王翔宇的堂妹，必看 CEO 王盼盼说，必要商城上必看页面的转化率已经从 2015 年的 1% 提高到了 2018 年的 10%，即每 100 个浏览页面的人中，有 10 个人下单。复购率也不断上升，2018 年达到 48%，近半消费者在当年购买了两副或更多眼镜。

2016 年，“必然”销售额 1000 多万元，2018 年突破 4000 万元，占视悦总营收的 8%，今年预计能达到 8000 万元。

王盼盼说，就销售数量而言，

成立不到四年的必看已经和西南地区最大的连锁眼镜店“千叶眼镜”相当，后者成立于 1992 年，拥有 300 多家实体店。

从卖镜片到卖眼镜，视悦看到了不一样的风景，回忆四年前的决定，王翔宇说，“那是一次有战略意义的布局。”

二、柔性制造有多难

在接触必要商城之前，视悦光学的生产线已经实现高度自动化，镜片镜架也都是高度标准化的商品，视悦要做的基本上就是另辟一个分装车间满足必要商城

的订单。但对于服装行业的宝发和汉帛而言，情况完全不同，如果不对生产线做柔性化改造，就无法对接来自必要的订单。

柔性生产并不是新概念，20 世纪末就由美国咨询公司提出。当时大规模流水线生产仍是主流，这种生产方式由福特汽车公司发明于 20 年代，特征是通过精细分解流程来提高生产效率和质量，通过大规模和少品种来实现成本最优。自动化和信息化技术普及后，该模式把人异化为机器的弊端被克服，但生产线变得更加刚性，难以满足个性化小批量的市场需求。

柔性生产概念刚提出来的时候，个性化还是零星需求，同时柔性生产又被技术供应商出于销售目的描绘得高不可攀，因此制造业普遍认为改造生产线得不偿失。直到近年来个性化小批量需求席卷世界，制造业方才意识到，柔性化是一件必须要做的事情。

和众多依靠外贸订单发展起来的中国工厂一样，2015 年，钟永强发现，虽然订单总量没有减少，但大牌给宝发的订单变得越来越小——10 万件的大订单没有了，3000 件的订单已经算大订单，几百件的订单成为常态。

同一时间点，中国最大女



光学企业里工人对镜片进行精密检测。图 / 视觉中国

装生产商汉帛集团总裁高敏也感受到市场“变了天”，大订单正从中国转移到成本更低的东南亚，那里的工资成本仅为中国的三分之一，电力成本是中国的一半。2015年前后，每年中国有10%~15%的纺织服装订单流到东南亚。

在行业层面，中国工厂感受到的变化是，订单在变小的同时也来得更快了，“小单快返”成为趋势，品牌商希望通过将订单变小，有需求了再快速追加订单，以降低损耗。

出现这一情况是因为市场需求的多变加剧了品牌商的库存负担，H&M这些全球大品牌烧掉库存的新闻不时见诸媒体。压力传递到生产端，就是钟永强和高敏看到的变化。

2008年就开始做电商、天天盯着消费端数据的毕胜比做惯了代工的制造企业更早发现趋势的转变。他绞尽脑汁琢磨的是：如何才能终极性地消灭库存？自己干过的、主流的B2C电商模式肯定不行。减少库存就得精准预测市场需求，但在这个需求碎片化的个性化时代，消费需求极难预测，预测需求与赌博无异。

苦思之后，毕胜得出结论：只要是“先生产、后销售”的模式，

库存就无法避免，如果将这个顺序反过来，先有订单再生产，就可以实现成品的零库存。想清楚之后，毕胜卖掉了手里的B2C电商公司，2014年开张了C2M新概念电商平台必要商城。

毕胜的盘算是，用新平台的订单给制造端以销定产消灭库存，用优质大牌代工厂的制造能力对接有消费升级需求的新一代消费者，两面受益，自己则抽取比大电商平台低得多的交易佣金，以此吸引制造端入驻。

想法落地的第一步就很艰难，花了17个月时间、飞行数十万公里、喝掉几百斤白酒之后，毕胜和成建勇才招揽了四家制造商入驻必要商城。但接下来的挑战更大——如何让习惯了一次接一两万件订单、再用一两个月做完这些订单的宝发和汉帛去适应必要商城上一次五十件一百件、几天内就得做完的订单？

宝发的信息化基础不错，2005年就上了ERP系统，稍作调整就可以与必要商城的后台数据打通，据此实时调整生产任务。挑战在于，当订单规模不断降低时，如何消除规模效应下降所带来的成本增加？

钟永强认为，柔性化和标准化的平衡是关键。柔性化意味着

变化，变化增加意味着成本增加，对冲策略是把需求端的变化转化成生产端的标准化。令人意外的是，实现这一点，宝发并未花大钱做所谓的智能制造升级，而主要是靠对现有生产线做不同的排列组合。

例如，把原来80人一组、100米长的一字形生产线，变成20人一组、15米周长的U字形生产线。牛仔裤的总工序并无变化，产线变化意味着过去一个人做一道工序，现在一个人得做四道工序。这在中国的工厂能做到，在柬埔寨的工厂就做不到。相应的，达到最低生产成本，柬埔寨工厂对应的规模是6000件，江门工厂从3000件降到了1200件，今年还将降到800件。

“所谓柔性化产线，就是对产线不同的排列组合以使成本最优。”钟永强如此总结，简单的背后，体现的是工人和管理团队的综合素养。

汉帛的柔性化则是另外一个故事。

“你得对生产线做柔性化改造，具备了柔性能力后，你就能拥有新天地。”2015年夏天，成建勇在北京四季酒店对高敏说。虽然那时候他还不能把这事说得很顺溜，但高敏仍然深受触

动。这个 80 后姑娘留学美国六年，在香港工作两年，2011 年父亲去世后回杭州接手家族生意。2015 年，汉帛的服装代工订单大批流失到东南亚成本更低的国家，高敏去多元化聚焦服装主业的想法却并未动摇。必要商城的出现对她是一个挑战，也是一个机会。

2016 年春，高敏决定与必要商城合作，同时开始改造产线，此后经历了两年磨合期，从设备改造到调整生产流程、更新管理理念，每一个环节都有讲不完的故事。

以往和 H&M、Zara、Max Mara 等大品牌合作，汉帛一个订单的交货周期是一个半月到三个月，工厂收到订单，在这个时间期限内按部就班去生产就行。必要商城上的订单，从消费者点击购买到工厂发货，周期是 7~10 天。此外，因为每天都有新订单，工厂每天都需要收集订单来定当天的生产。做大品牌订单时，工人两三个月才更新一次业务，做必要的订单则需要快速响应，每天都有变化，工作内容变复杂了。

“以前工人就喜欢缝大单，效率高，天天就一个动作，熟悉一个手势，必要的订单今天 100 件、明天 500 件，工人一开始都无法

应对。”高敏说。

女装生产是服装品类里最复杂的，汉帛的产品不是工序较简单的体恤、卫衣、衬衫，而是变化比较大的连衣裙、外套、夹克，这些品类仅仅版型就有 H 型、X 型、A 型等十几种，要将多变的女装接入柔性生产线，产业链上首先就要做出很多调整。

传统流水线里，一个款式会停留一到两个礼拜，班组长完全有时间去做准备工作熟悉产线，而必要商城上一天在线的款式有四五十个，对接必要订单的柔性产线上，生产的款式、件数每天都在变化，面料、工序、设备参

数也在变。

“那个时候因为没人愿意做厂长，我自己做厂长。”在汉帛集团负责智能制造业务的吴桥辉回忆，“当时产线上的班组长每个月都有人提离职报告，因为新工作方式实在让人崩溃。”

但熬过瓶颈期之后，工人们发现，柔性产线实际上是将自己从固定工位、固定工序上解放了出来，能发挥更多能动性，于是逐渐开始接受新的工作方式。

“柔性能力关键是人的意识要变，否则上再高大上的设备也没用。”高敏说。她认为智能制造首先是流程改造，人、机（器）、



协调工人柔性工作的是一台连接在缝纫机上的智能设备。设备显示屏呈现所有服装款式的生产指令、工序步骤。摄影/《财经》记者 马霖

物（料）重新组合。过去机器和人都不动，现在机器不动，人动。

协调工人柔性工作的是一台连接在缝纫机上的平板电脑（PAD）。PAD上呈现所有服装款式的生产指令、工序步骤。在传统产线上，机器和工人的位置固定，每个人负责一个固定工序。在柔性产线上，机器不动，工人可以根据PAD上的指令和流程走动，照顾多个工序，可发挥空间大。

服装厂的主要设备是缝纫机，传统缝纫机1000多元一台，欧洲最新款的数控缝纫机1万多元一台，汉帛有1万台缝纫机，都鸟枪换炮的话光硬件投资就得1亿多元。

“不能一句智能制造，就从欧洲买几千万几亿元的设备，买回来大部分功能又用不上。”高敏说。她举了个安徽同行的例子，花了一个多亿改造工厂，实际用到的东西只有40%。

汉帛的做法是不买新机、改造老机。铺设网关网线，把缝纫机接入网络，再在缝纫机下安装传感器采集数据，缝纫机上安装PAD显示数据。改造费一台1000元，运维费一台一年600元，可达到数控缝纫机同样的效果。汉帛一共有1万台缝纫机，目前已

改造完毕300台，今年将全部改造完毕。

“生产效率提高3%，改造费就赚回来了，这太容易做到了！”吴桥辉说。

磨合两年后，2018年起，汉帛的工人已经适应C2M生产模式，可以快速完成少至50件的订单。高敏还惊喜地发现，一些流向东南亚的订单开始回流到汉帛。因为包括运动品牌在内的许多大品牌都在找柔性供应链，他们看到汉帛的产线后“都惊呆了”。

因为这个变化，2018年高敏受邀进入由全球6个核心供应商组成的H&M战略顾问团，此前汉帛与H&M合作27年，汉帛的管理层还从未进过这个顾问团。

“一年之内趋势就全变了。”高敏说。

柔性制造能力帮助汉帛拿回了国际订单，也为汉帛接到了更多国内订单。2018年，汉帛6亿元的营收中，必要商城订单带来的数字是3000多万元，这个数字虽然不大，但柔性需求的增长很快，高敏预计2019年汉帛在必要上的营收会增长30%。包括必要在内的电商订单量将占到汉帛订单总量的20%。但营收并不是高敏最关心的，“跟必要合

作，最重要的是它和你一起探索C2M2C的flow该怎么创造。”

高敏和吴桥辉还意识到，汉帛的柔性能力不仅能帮自己，还能帮同行。许多服装企业都看到了柔性生产是未来方向，但它们不知如何才能具备相应能力。

“怎样把柔性化需求标准化、模块化，怎样打通人机物的数据流，这两三年我们摸索出很多经验，我们想把它沉淀下来，服务行业。”吴桥辉说。

汉帛为此成立了哈勃智慧云公司，吴桥辉出任常务副总裁。他并不担心形形色色的“数字化赋能者”会让新公司没饭吃，因为“行业Knowhow，外人不可能懂，不懂你就没法解决行业痛点”。

过去三年，汉帛换了三拨外部供应商开发柔性制造系统，但都不好用，最终在供应商的协助下自己做了一套系统。目前，汉帛在上海有一个30多人的工业互联网技术开发团队。

三、人与制造的融合

江门宝发、广州栋方、杭州汉帛、丹阳视悦，这些拥有优质制造能力的大型中国制造企业，都曾长期隐藏在国际大牌身后从

事代工业务，改变它们航道的都是来自北京的C2M电商必要商城。必要的模式，不仅为制造企业提供了新的可能性，也为巨头林立的电商行业给出新的发展思路。

毕胜的创业之路始于百度。2005年，百度在纳斯达克上市，毕胜实现了财富自由，从百度市场总监的位置上功成身退。当时跟他一起为百度工作的那批中国第一代互联网人很多都进入了“退休”模式，但毕胜“玩三天就开始发慌，玩到第三个月开始生病，紧张、焦虑，感觉时代把我抛弃了”。

不想退休、不想再给人打工、也不想去做投资，毕胜只有创业一条路。2008年，他看好电子商务方向，创办了乐淘网。

中国的电子商务发端于20世纪末。彼时信息化技术水平低、C端网民基数少，电子商务的主要模式是协助中小企业进行B2B外贸交易，帮企业减少交易采购的成本，节省中间费用。

1999年，阿里巴巴、8848、易趣网、当当网相继成立，第二年，慧聪网、卓越网成立，第一批从C端吃螃蟹的人如雨后春笋般冒了出来。2003年，阿里巴巴旗下C2C网站淘宝网上线。在接下来的几年中，eBay易趣合并，京东、腾讯拍拍相继上线，中国电子商务开始稳步成

长。由这批企业奠定的B2C和C2C模式压缩了原有产业链中复杂多层的经销环节，使企业和个人自营商家得以直面消费者，在降低企业成本的同时给消费者提供了更为低价而多元的选择。

2009年，3G正式商用，网购用户破亿，苏宁等传统企业也纷纷入局，与此同时，唯品会、聚美优品等垂直电商开始探索新模式。毕胜的乐淘网也在这个阶段入局，选择的领域是鞋类垂直电商。

2011年，电商领域风生水起，一派繁荣景象。毕胜却陷入了迷茫。乐淘网营收日益增长，利润却持续为负，无论怎样努力都无法盈利。那年年底，他抛出“垂直电商就是个骗局”的言论，一石激起千层浪。

由于物流、仓储、流量获取等成本的存在，垂直电商的成本甚至高于线下。但是，“流量为王”的说法大行其道，各大平台跑马圈地抢夺流量入口，价格战不断爆发，线上必须比线下便宜。结果就是流量越大，亏损越大。

只有把“先产再销”的B2C模式，变为“先销再产”的C2M模式，才能消除库存，实现盈利。2013年中，毕胜想通了整个逻辑，果断卖掉乐淘，2014年创办了必要。

毕胜不喜欢被人称为电商，

新型电商也不喜欢。他认为必要商城是“人驱动生产的平台”，为便于消费者理解，用户端不得不用电商的形态表现。人就是消费者，消费者的需求通过必要平台传递给优质制造商，驱动他们的生产。

“我们五年就做了一件事：把大牌品质用工厂价格对接给消费者。”毕胜说。

必要商城上的商品采用成本定价法，商品价格=BOM价格（原料、人工、工艺）+物流费+工厂毛利+平台扣点，其中，平台扣点为售价的2%~15%不等，商城页面上的商品按照用户评价排序，工厂不需要买流量打广告来竞价排名，入驻成本不到大电商平台的40%。

此外，必要将每个品类下的供应商数量控制在2家到3家。与天猫、京东等拥有上百万卖家的平台相比，供应商面临的竞争压力小了很多，也不必费心参与名目繁多的促销活动，只要专心做好产品即可。

同样的逻辑也被运用在品控方面。和别的精品电商自建庞大的品控团队商品质量却屡屡失控不同，必要作为平台，采取的是“管住两头，放开中间”的品控策略。

一头是入口。入驻必要商城需要满足56条标准，包括“必

须服务过国际一线品牌”、“必须具有独立产品开发设计能力”等，任何一条不满足，就无法入驻必要商城。

另一头是出口，即消费者。最后一道品控关掌握在消费者手里。在必要商城上，凡是差评率超过0.75%的商品，都会强制下架。据成建勇介绍，必要会对每一条差评复盘，先排除针对物流等非质量问题的差评，再通过用户的购买记录和日常评价排除恶意差评，剩下的差评都会被计入差评率中，一旦触及0.75%的红线，系统立即自动下架。曾经有一家生产服装的工厂，几次将质检用的针检测仪落在了衣服里，用户的差评率超过了0.8%，这家工厂的产品全部下架，工厂老板急了，跑到毕胜北京的办公室理论，最终还是无奈地接受了这个处理。

中间生产环节，必要放给制造企业去做。“我不可能比老钟（永强）更懂怎么做牛仔裤，正如他不可能比我更懂写代码。”毕胜说。

必要重构了工厂和渠道的利益关系。在传统的商业环境下，从工厂出来的产品经过一级经销商、二级经销商、零售店和用户，中间经过了太多环节，信息传输过程中的误差和每个环节之间的利益冲突产生的额外成本，最终

都需要消费者来买单。中国有好喝的咖啡、优秀的梭织工厂、符合全球环保标准的牛仔裤工厂，问题是如何让这些工厂直接为消费者服务。

传统的模式是“谈生意”，要么是品牌方批量采购、贴牌销售，要么是天猫、京东等电商平台提供入驻经营的机会，前者无法满足优秀的工厂走到台前的愿望，后者平台上有数百万的卖家，对于已经错过红利期的工厂而言，只有花费巨额的营销费用才有机会脱颖而出。而一些品质电商，与找工厂代工的大品牌没有本质区别，工厂依旧是做贴牌，无法获取来自消费者的信息，平台自身也为库存所拖累。

必要的方式则是跟工厂一起探索生产流程的优化。服装、化妆品、眼镜生产……原先工厂只管前段的生产加工，不管库存，管理方式粗放。“我们希望反着来玩，必要团队会给工厂提出目标，工厂根据目标，将线性管理逐步精进为模块化管理，实现生产步骤的灵活跳跃。同时我们自己研发的智能云制造系统，以及人体体征捕获技术所产生的数据，也会让工厂在生产准确度上大幅度提高。”成建勇说。

高敏、钟永强、唐新明……制造业企业家其实已经看到了柔性生产是大势所趋，只需有人过

来帮他们迈出第一步，他们就会不用扬鞭自奋蹄。“正好在他想睡觉的时候，我抱着枕头过来了。”毕胜这样形容他为什么能和制造企业之间达成合作。

互联网公司爱用“赋能”一词，但毕胜特别讨厌这个词。“你是谁啊就要给人家赋能？居高临下的样子。你知道制造业有多复杂吗？”毕胜说，必要和制造业的关系是互相仰视互相赋能。

今年1月30日，中国证监会发布了《关于在上海证券交易所设立科创板并试点注册制的实施意见》，其中指出，重点支持新一代信息技术、高端装备、新材料、新能源、节能环保以及生物医药等高新技术产业和战略性新兴产业，推动互联网、大数据、云计算、人工智能和制造业深度融合，引领中高端消费，推动质量变革、效率变革、动力变革。

3月15日，国务院总理李克强在十三届全国人大二次会议记者会上提到：“互联网经济、共享经济、平台经济还有很大发展空间。电商、快递对工业品下乡、农产品进城，可以进一步起到搞活流通的作用。在工业领域，推动工业互联网，可以把那些闲置的资源带动起来，而且促进技术创新。”

“但行正道，必有善报。”毕胜说。MT

自动化和人工智能 对亚太地区的影响、机遇和挑战 (上)

编者按：本文为联合国开发计划署（UNDP）提供资金，由经济学人智库（EIU）开展研究提交的报告。报告审视技术革命对亚太地区在实现可持续发展目标（SDG）进程中可能造成的影响。由此分析确定了该地区的风险导火索、风险可能限制 SDG 进程的渠道，以及至关重要的一点：可能利用新技术推进而不是阻碍可持续发展的方式。本刊刊登此报告，为国内相关政府部门、专家学者提供参考。

前言

技术的迅猛发展将对亚太地区的社会产生深远影响。第四次工业革命——以人工智能（AI）、自动化、生物技术等方面的创新为标志——很可能会改变现有的生产、管理和治理体系。各国对即将到来的技术变革的迎接和适应方式将决定其能否实现《2030年可持续发展议程》承诺和可持续发展目标（SDG）。

第四次工业革命也和其他大趋势融合，包括人口快速转型及气候变化带来的日益增多的后果。这一趋同作用促使各国从根本上重新考虑和调整政府和公民间的

现有格局。除其他方面外，这包括评估当前方法是否适用于民主治理，以及对工作、隐私、基本公民权利以及国家对人民义务等方面的定义。

政府有机会积极迎接当前的时代以及对变革的呼吁。被动的政策和制度将越来越不适合管控技术创新的影响，也无法抓住有助于加强可持续发展的潜力。在即将到来的时代，更有可能加速 SDG 进程的政府将是那些积极制定更加具有预测性、适应性，更加响应公民需求的政策和制度的政府。

制定新的社会和经济发展的方式是艰巨的过程，不会一蹴而

就。本报告指出了若干关键政策领域，政府可从这几个领域着手，为即将到来的时代评估和调整当前的方式、制度和政策。基于本报告的分析，UNDP 具体确定了以下五个关键主题以帮助形成转型基础：1）接受具有预测性和适应性的决策；2）抓住新兴的增长和就业来源；3）重新定义公民参与及个性化服务交付；4）加强对所有人的保护；以及 5）调动和分配资金，创造更美好的未来。

以上为政府——以及民间团体、私营部门和发展合作伙伴——评估当前方式、考虑未来预案、创建和测试新体系和模式的重要领域。但这并不是一套涵盖技术

可能对社会产生影响的所有方式的全面建议。区域概述也无法为任何特定国家制定政策路线图。亚太地区多种多样，第四次工业革命对各国的影响也不尽相同。但本报告和 UNDP 的政策建议强调了一些关键领域，现在对这些领域采取行动可提高国家从必然发生的技术变革中抓住机遇的能力。每个政府可制定适合自身经济和社会背景的解决方案。本报告和建议旨在支持这一进程，主要通过确定需进一步分析的主题以及指导政策和制度的制定，帮助社会迎接技术变革带来的机遇，并管控其可能带来的负面影响。

一、行动纲要

亚太地区正处于数字转型的阵痛期，而智能机器人、无人机、传感器和 3D 打印等技术变革加速了这一转型过程。如果各国想实现可持续发展目标，就必须适应这一过程，否则将被时代抛弃。

● 在印度尼西亚、菲律宾、泰国和越南有 60% 工薪阶层从事的是受自动化影响风险较高的工作。

● 第四次工业革命将至少影响九项可持续发展目标的实现进程，亚洲数百万新兴中产阶级会重新陷入贫穷。

● 有以下几种可能使用的应对方式：加强社会保护政策，利用人工智能和自动化优化公共服

务，促进利用技术应对生态挑战，以及支持新的增长行业。

自动化、人工智能(AI)和“第四次工业革命”的创新正在渗入各行各业：从汽车、服装和电子制造到企业流程、物流和医疗保健。这在效率、生产力、速度和敏捷化方面无疑是有帮助的。

这些创新可以使产品更加安全，提高工业生产力，缩短全球供应链，使公共服务更加个性化、更加具有预判性、参与性更强，公民可以提供越来越多的公共服务数据流，也可从中获益。然而和所有技术变革一样，选择及使用目的决定了这些变革的影响。正如核裂变可以制造民用能源也能制造军用武器，这些创新的应用及影响范围也相当广泛——正面和负面兼而有之。

失业是最常讨论的一项威胁。劳工组织、政府和经济学家关心的是工人会以史无前例的规模和速度被取代，这将破坏社会凝聚力，加剧不平等和贫困。实体机器人和数字机器人通过机器学习(ML)和自动化，获得了过去只有人类才具备的能力——如战略思维、自我纠正式学习和环境响应能力——这可以替代许多低等和中等工作，而在过去正是这些工作促使社会人口流动。这不仅对工作造成了威胁，在制造业和商业服务外包等高危行业的正规就业受到威胁的国家中，这对其税基也造成了影响。

迄今为止，有关自动化和 AI 对社会造成的影响的争论主要集中在发达国家和中国，所提到的创新主要集中在这些地区。但是开发社区越来越关注创新带来的机遇和威胁。这些工具可以为可持续发展目标(SDG)做出怎样的贡献，又会对这一进程造成怎样的威胁？如何影响、何时影响、以及由谁觉察到这些影响？我们怎样做才能避免出现负面结果，保证自动化、AI 以及新兴的数字经济只对 SDG 做出积极贡献？

本报告以发展中的亚洲为关注点，对这些问题进行结构化评估。首先概述了 AI 和自动化影响实现 SDG 成果的正面和负面渠道，继而列出了政府可将结果控制在发展建设方向的政策工具。本报告评估了经济、社会和环境这三个领域的政策工具，以确保这些技术能帮助实现 2030 年目标，而不是阻碍目标的实现。

1. 实现可持续发展目标进程的负面情形及影响

本报告首先展示了有关自动化及 AI 对社会经济的潜在弊端方面的文献，研究了当前和近期亚洲面临的风险，评估了这些风险在制造业和服务业中的意义。

之后本报告确认了这些风险对确保实现 SDG 进程可能造成的影响。尽管这是一种泛亚洲现象，但本报告还是确认了特定国家的

风险因素和导火索，并且将现有行业面临威胁的国家和那些自身弱点是未来可能无法进入一些本来有望进入的行业的国家区分开来。

本报告发现，失业率上升直接或间接造成至少有九项 SDG 明显受到负面影响，其他诸如“零工”经济及“按需”经济等新兴产业面临的危险和威胁也导致了这一负面影响。整个报告特别关注技术变革对性别的影响，特别是在赋予妇女经济权利这一方面。这些新技术的发展态势可以促进性别平等，也能加剧不平等。

2. 可持续发展的正面情形和影响

负面预计或预测是根据已经存在的或可感知到的趋势得出的，但仅做负面分析是片面的。人类的选择、政策及制度演化也会影响技术变革的社会后果。此前技术的快速变革阶段使得新兴产业和就业机会增多，提升了公共服务效率。自动化和 AI 也能帮助实现 SDG，各利益相关者共同合作寻找对社会有利的应用。例如，无人机和卫星在农村地区提供卫生保健和人道主义物资，数据分析可以对灾难援助进行指导。精准农业使得作物产量增加，减少有害投入的使用。而 AI 则帮助科学家追踪和预测气候变化的影响。简而言之，相似的工具可以通过

完全不同的方式使用。算法可帮助预测疾病爆发，但也能散布仇恨言论。自动化能为学生的论文打分，便于老师专注课程设计和指导，但同时自动化也能取代客服人员。报告的第二个方面就是承认这些创新的双重用途，清楚地阐述了自动化和 AI 帮助实现 SDG 进程的方式以及这些关系发展演变的途径。

3. 应对政策

本报告显示，技术不会对社会产生预先决定性的后果。重要的是政府、发展行动者、劳工组织和其他利益相关者（包括技术公司本身）在多大程度上参与、塑造、培养和指导创新过程，以实现对社会和环境有益的目标。

本报告的结论部分明确了自动化及 AI 对 SDG 的正面和负面影响方式，确定了干预措施，如果成功实施，则一定会对经济、社会和环境这三个广泛领域产生正面影响。这些干预措施包括加强社会保护政策，更最大限度地利用 AI 和自动化来优化公共服务，促进利用技术应对自然资源和生态挑战，使技术对绿色和循环经济、数字技术、打车和共享经济 APP 等“网络平台”以及其他新型增长产业的支持效益最大化，这些产业在亚洲乃至全球呈快速增长态势。

这种对维度的视角让人们意

识到了技术的正面和负面路径，以及技术对实现 SDG 的影响方式。这类视角能帮助开发社区和政府注意风险，更重要的是积极迎接机遇，加速技术变革。反过来，这也可以帮助发展行动者专注于所需的制度和治理改革，以确保新技术对经济、社会和环境领域均为积极影响。

介绍、定义及政策背景

过去五年里 AI 和自动化在速度、表现和范围方面取得了前所未有的进步。我们处在更广泛的“新数字经济”中，这一经济涵盖了包括物联网（IoT）、无所不在的智能手机、先进的数据分析以及云计算在内的新兴趋势，我们也生活在“第二机器时代”，这一时代旨在让人类生产力、工作和福利在“痛苦变革”的动荡过程中发生巨大变革。

然而越来越多的人出现“技术焦虑”，评论员、政策制定者、智囊团和经济学家都在担心如今的革新是否会在越来越多的体力劳动和认知任务中取代人力，强大的 AI 是否会被恶意利用。自动化、AI 和数字创新集聚在西方国家和中国，许多文献都研究了这些国家的这类问题，这对发展中的经济体——尤其是亚洲——有着至关重要的影响。发展社区对技术加速发展的担心应为何种程度？风险因素与优势是什么？

本报告提供了结构化分析，帮助政府和发展行动者确保当今

的技术在应对地区面临的社会、经济和环境挑战时发挥建设性的作用。通过对各方面SDG进行检验,本报告确定了亚洲面临的风险、创新可能带来的负面影响以及政府如何应对管理不利因素,并利用新技术带来的诸多好处来支持《2030年可持续发展议程》这一远大目标。

定义:

物联网:指互联网的连通性与日常物品相融合,实现双向数据流和“智能”产品。其下属领域,即工业物联网(IIoT),是指在工业生产中的机器对机器通信,其中包括设计单元、测试和模拟生产的“数字双胞胎”,通过更多的迭代和实验,帮助将产品更快地推向市场。

大数据:指对非常大的数据集(包括结构化和非结构化数据集)的生成和计算。虽然与传统数据相比,没有针对“大”这一概念进行简单的标记划分,但广为接受的定义是指“3V”——高容量、高速率和多样性——也有其他评论者加上了“多变性”和“复杂性”。

机器人与自动化:虽然机器人在电子和制造业中存在已久,但由于更强的3D态势感知、更高的灵活性和更广的移动范围,他们的角色正在扩展,能够执行更多样化的任务,例如堆放货物、为老年人提供护理服务等。

人工智能:指基于计算机的

应用程序,通常执行与人类相关的功能,例如视觉感知、决策制定和语音识别。AI的最新进展包括机器学习(ML),其中由算法驱动的工具可以随着时间的推移进行自我纠正和学习。

机器人流程自动化(RPA)是指在越来越多的白领工作过程中应用机器人。吴恩达(Andrew Ng)对AI非常看好,用他的话说,“如果人进行一项任务所需的思考时间少于1秒,那么机器就可以做到。”

二、自动化及工作的未来:仍具争议

技术带来了颠覆性的历史变革,创造了更安全、更富有成效的就业机会。最新一轮的技术变革尚未取得与上一阶段同等的发展效益。

● 研究人员已确认了易受当前及未来自动化影响的大批任务和工作。

● 批评人士警示“过早的去工业化”,这一词汇是指工业作为发展中国家经济输出的一部分,过早萎靡。

● 从裁减政府官僚机构到优化服务设计及交付,AI和自动化对公共部门影响重大。

第一次工业革命(1760-1840),在英国纺织业开始,利用水和蒸汽动力来实现机械化生产。在19世纪末20世纪初,第

二次工业革命利用电力实现大规模生产,包括内燃机和现代通讯在内的现代工具得以应用。20世纪七十年代的第三次工业革命将电子产品和信息技术(IT)投入生产,而今天的第四次工业革命融合了物理、数字和生物领域,机器人、IoT、AI、增材(3D)打印及机器人软件自动化证明了这一点。

这“四轮”变革某种程度上构成了一个简化的线性顺序,而实际上这是一个迟疑不定的崎岖过程,一些创新出现了几十年后才得到大规模应用,生产力的增加、或者更重要人类福祉的增进长期滞后于新技术。第四次工业革命是最具争议性的一个,因为其尚未取得与上一阶段同等的发展效益。

将当今时代与过去区分开来的一项有意义的突破是机器日益增长的物理和信息能力——通过“机器学习”进行自我学习和自我纠正。机器学习在某种程度上是通过“神经网络”模仿人脑,极大扩展了自动化的活动类型,包括法律研究、健康诊断、治安维护决策以及客户服务。技术总是带来颠覆性变革,虽然会淘汰人们赖以谋生的岗位,但往往也会创造新的就业机会。新的就业岗位取代了像制造业中“肮脏、危险且要求苛刻”的这类岗位,相比之下通常更安全,也更高效。但是今天,自我学习的未来和“会

思考的”机器却让人们担心当前这场创新革命可能与之前的情况大不一样。

到目前为止，有关自动化和AI的文献主要关注其对就业的潜在影响，但也有其他更广泛的担忧，诸如：在发展中经济体内，“过早的去工业化”的前景如何；失去共有的经济增长模式（出口为主的劳动密集型制造业）；甚至滥用人AI这类强大的新技术，通过间谍、监视或利用算法驱动的社交媒体平台去传播错误信息和煽动紧张局势。甚至包括特斯拉创始人埃隆·马斯克、脸书创始人马克·扎克伯格以及克里斯·休斯在内的企业家都表达了对新技术力量的担忧。

目前的论述和文献分为三个方面：就业、过早的去工业化和公共服务。

1. 就业

研究人员确定了易受当前及未来技术自动化影响的很多种职位以及工作。一项研究表明，47%的美国工作岗位处境危险，在英国，这一数字为36%，而其他数据则从乌兹别克斯坦的55%到埃塞俄比亚的86%不等。因自动化而损失的工作并非总是均匀分布——有证据表明，对于男性来说，由于技术进步每失去三份工作，会获得一份工作，而对于女性来说，每失去五份工作才会得

到一份工作。这种影响本身就让人担心，但也凸显了性别层面的问题，因为服装制造和业务流程外包（BPO）等一些处境危险的行业中女性占大多数，而接受STEM（科学、技术、工程和数学）教育而产生的越来越多的经济回报绝大多数都流向男性。女性不太能在当今的数字化时代抓住新机遇带来的优势，因为在大多数发展中经济体内，她们接触互联网的机会通常小于男性。

有关就业的文献在预测未来趋势时观点也并不一致。经济合作与发展组织（OECD）的一项研究中评论工作危机分析，称其未能区分岗位自动化和工作自动化，高估了失业率。因为一些所谓的自动化“高危”工作其实包含了许多岗位，而这些岗位中只有一部分是容易实现自动化的。技术带来的“体系效应”或有益的“社会一般费用”可抵消就业影响，这使得就业预测更加复杂。

罗伯特戈登在回顾“特殊世纪”（1870-1970）的美国经济增长历史时，表明创新和机械化有助于消除童工、让妇女从家庭中解放出来、延长寿命，以及通过诸如电灯照明灯等方式改善健康状况和提高安全性（更多信息详见后文缓解因素一节）。

2. 过早的去工业化

包括张夏准和罗德里克在内

的新自由主义的评论家已经警告过“过早的去工业化”，是指工业作为经济产出的一部分，在发展中国家过早萎缩，且速度远快于发达经济体经历过的这一过程。他们认为，这是由于自由贸易框架拒绝政府为发展国内产业而使用的振兴产业的政策工具，如本地内容规则、补贴和边境保护等。罗德里克认为这对民主本身有着更广泛的政治含义，因为工人运动一直是至关重要的社会行动者，它能与精英阶层商讨折中方案和讨价还价（包括社会保险和工人保护），这能使工人阶级变为中产阶级。在自动化不断深化的背景下，他们的评论尤为重要。随着劳动力分化成临时工、小型企业以及“小规模服务”，工人失去了凝聚力和在社会层面规划及追求自身利益的能力。

3. 公共服务

从减少政府官僚机构到优化服务设计和交付等方面，AI和自动化对公共部门的影响很大，这些影响将在本报告的社会领域章节进行探讨。但其中也有风险，包括在基于算法的公共服务（如治安维护和司法）决策中嵌入种族、民族和性别偏见。研究表明，由于数据反馈回路预测在有大量少数种族居住的特定小区内犯罪量会更大，所以治安维护会更加带有偏见。不论是有关做家务的

女性和看比赛的男性的图像数据库，还是在少数民族地区增加警卫巡逻的种族偏见，人工智能和机器学习可以让这类始终普遍存在的偏见继续“发酵”。通过将某些职业和特定性别联系起来，就会把性别、种族和其他刻板观念在算法里进行编码：接待员和保姆是女性，建筑师和哲学家是男性。如果发展 AI 工具时忽略了这些缺陷，那么实现 SDG 的第五个目标——性别平等和为所有女性赋权——将受到阻碍。AI 在公共服务领域的第二个威胁和隐私保护有关。深度思考（DeepMind）公司是谷歌收购的一家人工智能公司，该公司研发了一款基于英国国民医疗服务体系（NHS）的应用软件，据报道这款软件违反了病人隐私条例，并且人们越来越担心在健康监测过程中使用预测分析和大数据是否会破坏隐私并导致诸如保险政策不公这类情况的发生。在中国，很多群体对面部识别和 AI 嵌入式街景相机的兴起表示担忧。

三、自动化及人工智能（AI）在亚洲的影响

技术很难预测，而每个新技术和经济时代的崛起都伴随着反乌托邦预言。然而数据表明，在过去三个动荡的世纪里，人类福祉——无论是从收入、平均寿命还是健康状况来讲——都有所提

高。

● 从日本到“东亚四小龙”（香港、新加坡、韩国和台湾）和中国，再到今天的马来西亚、越南、孟加拉国和泰国，东亚的发展“奇迹”是建立在制造业基础上的，如今正面临自动化的威胁。

● 在服务业，具有成功业务流程外包（BPO）行业的亚洲经济体的比较优势——诸如普遍具备的英语技能和较低的劳动成本——将在自动化趋势下消失殆尽。

● AI 和新型数字经济对实现 SDG 既会造成威胁也会带来机遇。在自动化及 AI 最坏的负面影响下，至少九个 SDG 实现进程会遭到破坏。

目前，有关自动化和 AI 对社会造成影响的讨论主要集中在发达经济体和中国（在这两个领域中处于领先地位）身上。但自动化和 AI 对发展中经济体同样会造成影响。最让人担忧的是那些“奋起直追”的国家正是依赖这些易受自动化影响的行业来驱动其经济转型。

从日本到“东亚四小龙”（香港、新加坡、韩国和台湾）和中国，再到今天的马来西亚、越南、孟加拉国和泰国，东亚的发展“奇迹”是建立在正面临自动化威胁的制造业基础上的，包括电子、汽车和服装业，而在印度和菲律宾，机器人流程自动化（RPA）对

拉动其 GDP 和就业岗位增长的服务业造成了威胁。

从消极方面看，自动化会让这些行业陷入困境，并从当今新兴经济体中抢夺这些行业，而区域内其他成员已经充分利用了这些行业。在过去半个世纪中，东亚对降低全球贫困率做出了最大的贡献，这反过来可能会影响 SDG 的实现。技术很难预测，而每个新的技术和经济时代的崛起都伴随着反乌托邦预言。然而数据表明在过去三个动荡的世纪里，人类福祉——无论是从收入、平均寿命还是健康状况衡量——都有所提高。这些预测是不必要的危言耸听吗？或者忽略警告其实是最糟糕的狂妄自大？

虽然很难精确预测自动化和 AI 渗透情况，但可以做到的是在全局水平上观测其目前的发展方式，或者说是技术发展方式。本节将讨论在可能发生的负面情形下，自动化和 AI 对制造业、服务业的潜在影响，以及这将如何影响亚洲实现 SDG 的进程。

1. 对制造业的影响

亚洲制造业在很大程度上推动了该地区半个世纪以来的 GDP 显著增长，特别是在东亚地区，而最近正向东南亚地区扩展，包括汽车、电子产品和服装产业。东亚地区的制造业增加值占国内生产总值的比重最高，此比重在

东南亚地区也不断攀升。东南亚地区部分供应链已经迁移。

最近有关制造业市场增加值的数据显示，泰国（27%）、缅甸（22%）、马来西亚（22%）、印度尼西亚（21.2%）和菲律宾（19.6%）风险较高，柬埔寨（17%）和越南（15.8%）紧随其后。在印度尼西亚、菲律宾、泰国和越南，六成

以上工薪阶层的工作岗位受自动化威胁较大。南亚的制造业增加值占 GDP 的 16%，孟加拉国占比为 17.9%，而印度占比为 16%。该地区受影响最小的国家是老挝，占 8%，见图 1。

仅仅凭某地区的制造业增加值所占比重，并不能判断其受自动化威胁的风险大小，因为生产的技

术性质是一个至关重要的考虑因素。例如，越南是一个受自动化影响风险较高的经济体，因为其电子工业发达，而电子工业正是一个受自动化影响较大的领域，因为机器人在处理预先确定好尺寸的结构化硬质材料方面做得很好。另外，电子工业受自动化影响较大的原因还在于其商业利润较高，

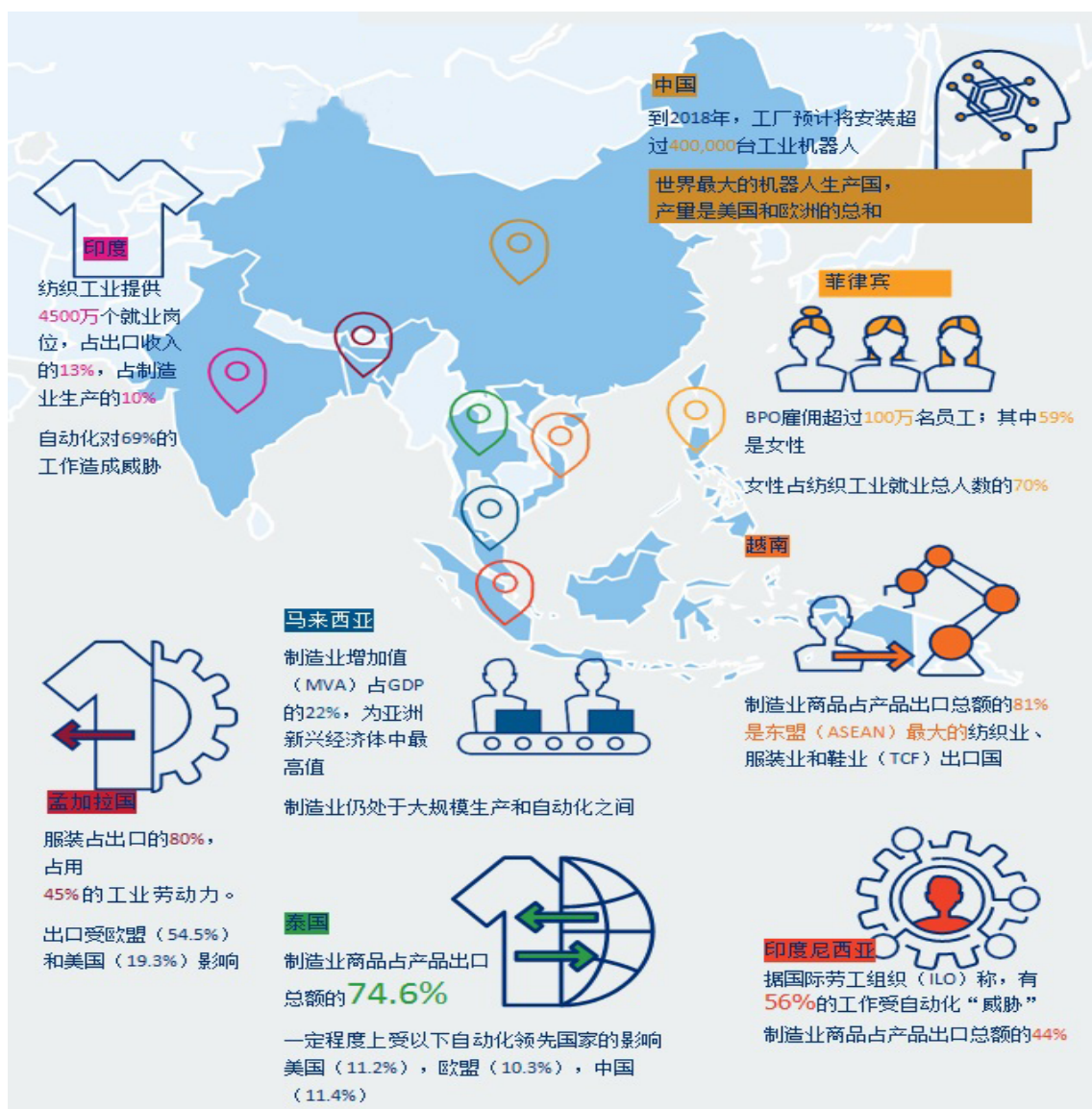


图1 自动化和AI：亚洲地区风险图

激烈的全球竞争压力迫使企业不断进步，以跟上西方竞争对手的步伐；亚洲制造商三星、富士康和华为都在推进自动化计划。因此，自动化在由出口带动的电子设备制造业方面相对先进，随着各国把目光放在其他更先进的生产领域，人工被自动化取代的风险也逐步增加。这种动态产生的影响不仅在于已经参与全球产品市场的国家，也在于那些希望进入该市场的低收入经济体。

在受自动化威胁的风险方面，服装和鞋类生产领域情况更加复杂。该领域提供了大量的工作机会；在孟加拉国，该产业出口量占总出口量的80%，雇用了约45%的劳工，而印度服装业产值则高达4500万。纺织业劳工也以女性为主。在柬埔寨、老挝、菲律宾、泰国和越南，该产业劳动力中的女性比例超过七成，为劳动力转移增加了一个重要的性别维度。然而，由于技术原因，服装生产受自动化威胁的风险较低，因为机器人难以处理软材料。自动化市场的龙头企业SoftWear Automation推出了一种缝纫机器人。据报道，它能够在8小时内取代10名工人生产1,142件T恤，而相同时间内人工生产线的产量则为669件。然而，迄今为止，纺织业是否能实现大规模自动化有待证实，数据表明，服装制造业并不是机器人生产应用的主要领域。最新一年的现有数据显示，

在2015年投入使用的160万台工业机器人中，只有1580台用于纺织品制造业。机器人仪器的改进或许能够改变这一现状。哈佛大学研究人员最近成功开发出能够感知触觉、压力、运动和温度的“软机器人”。另外，关于可以在医疗保健领域发挥更大作用的“护理机器人”的研究也正在进行中，这无疑加速了对机器人触觉灵敏度的提升。

作为服装行业的一个子领域，休闲鞋和运动鞋制造业更直接地体现了向自动化的转变。Flex公司是同美国科技公司Fitbit合作的制造商，国际巨头耐克(Nike)公司现与该公司合作，以实现制鞋自动化；因此，耐克公司在越南、印度尼西亚和中国的亚洲生产基地都可能受到影响。耐克公司的竞争对手阿迪达斯(Adidas)公司也将生产基地转移回德国和美国，生产中采用电脑化编织、机器人剪裁和增材制造技术。对于西方公司而言，回迁鞋类和服装等制造行业的生产基地不仅仅能够降低劳动力成本，还可以加快产品上市速度并且提高产品开发的灵活性，如产品定制等。产品定制服务这可能会成为西方高端消费市场的发展趋势，它可以通过增材制造技术实现。

光是休闲鞋和运动鞋制造业，自动化和生产基地回迁给全球产业带来的影响金额高达每年800亿美元。如果高收入国家的公司

比亚洲低收入和中等收入国家的公司更快地推进其自动化进程，亚洲出口商将面临所占市场份额下降的风险。拥有大量“消费者阶层”的人口大国（如印度尼西亚和印度）可能会通过扩大内需来应对这个问题，但这个方法充满挑战，并不一定奏效。

除了国家的产业结构外，其他因素也有很大影响。经济学人智库(EIU)在“自动化准备就绪指数”的报告中，把创新环境、教育政策和劳动力市场政策列为评价各国有效应对此类技术创新能力的关键决定因素。

2. 对服务业的影响

由于机器学习(ML)和算法驱动的决策框架的出现，还有语音及面部识别准确性的迅速提高，服务行业已经或很快将会受到自动化的影响。机器人流程自动化(RPA)正取代人工，进行律师助理服务、合规、管理、IT支持和客户服务等方面的工作。

印度和菲律宾这两个亚洲经济体受到的影响很大。相比其他国家，这两个国家中多数人口掌握英语语言技巧，劳动力成本也比较低，但这些优势都不值一提。菲律宾贸易部认为，在业务流程外包(BPO)行业，AI最多可以取代120万菲律宾员工中的一半。该领域的萎缩也可能影响菲律宾的计税基数，因为该行业带来的

财政收入约为 250 亿美元，占国内生产总值（GDP）的 7.3%。同样，印度也受到了 BPO 行业自动化的影响。印度的主要 IT 公司宣布了他们的自动化计划，包括知特公司（Cognizant）、印孚瑟斯技术有限公司（Infosys）和威普罗公司（Wipro），尽管他们对于员工的态度是为他们重新分配高技术工作而不是裁员。这些大公司很在意公众舆论和政府的看法，因此，与国外投资者相比，国家品牌裁员的可能性较小（参见下文关于缓解因素的一节）。AI 可能会大大削弱印度和菲律宾一直以来在服务业拥有的英语竞争优势，同时也可能使具有其他优势但在英语方面落后的经济体进入该行业。

作为另一个服务子行业，物流行业的就业很可能会受到自动化和人工智能的负面影响。评论员认为，电子商务行业通过在物流、送货和仓储等领域提供新的、更好的工作机会来帮助抵消制造行业中工作岗位减少带来的影响。然而，目前在亚洲，电商龙头阿里巴巴正在摸索实现自动化（即使用机器人管理仓储和部分包裹调度工作流程）。与印度 IT 巨头一样，这样的公司担心因失业导致的社会动荡，所以不太可能忽视公众和政府的意见。

积极地来看，某些服务子行业，如在亚洲大陆雇用数亿工人的零售业和旅游业，受自动化影响较小。本报告会在第二部分详

细探讨这个方面。

3. 对个人的影响：从可持续发展目标（SDG）的视角

以往的发展政策普遍强调经济自由化，而在二十一世纪，发展政策的重点开始转向关注人类发展成果。

《2030 年可持续发展议程》进一步强调，我们需要从可持续发展的角度考虑经济、社会和环境的关系，因为其中一个领域的决策同时影响着其他领域的结果。因此，本报告以《2030 年可持续发展议程》和 SDG 作为主要组织框架。图 2 概述了自动化、AI 和新型数字经济在实现一系列 SDG 的同时会带来威胁和机遇的双重方式。后续文本更详细地解释其所带来的威胁，而后面的章节将阐述其带来的机遇。

如果自动化技术和 AI 确实会降低服务业和各行业的就业率，则它们可能会对 SDG 的实现进程产生负面影响。具有中等技术水平的工薪劳动者的失业或非正规就业将使得亚洲大量人口重新陷入贫困。而技术水平最低的工人以及尚未进入制造业和服务业价值链的最贫穷的国家将无缘那种至今仍大幅推动亚洲减贫的发展模式。如果外国投资者从其亚洲生产基地撤资，依赖于扶贫财政干预的 SDG，例如投资清洁水和卫生设施，也将受到政府税收减少

的影响。

这源自于发展中国家税收部门面临的长期挑战，例如一些跨国公司采用转移定价的措施，使得高税收管辖区的利润通过内部金融工程减少，而流向低税收管辖区。虽然国际透明度工作以及税务司法机构等非政府组织（NGO）致力于揭发跨国公司的避税行为，但存在的问题仍然很严重。此外，制造业供应链重整导致的税收减少对政策进展造成不利影响。

总的来说，正如前几页的图表所示，本次分析指出，在最坏的情况下，自动化和 AI 可能使得至少 9 个 SDG 的进展受到影响。这样的影响大多源于极易受自动化影响的行业就业率降低，如电子行业、汽车零件制造业、BPO 行业，还有一些受影响相对较小的服装等行业，让那些社会经济地位正在上升的工人们再度陷入贫困。另外，可预测的工薪劳动者就业率降低也会影响家庭预算决策，并导致一些家庭对子女的教育投资不足。工薪劳动者就业转化为提高儿童教育的投资，这对东亚地区实现代际转型至关重要。

自动化带来的失业本来就具有性别特征，因为女性在 BPO 和服装等易受自动化影响的行业就业中占主要地位。在菲律宾的 BPO 行业中，女性提供了后台办公支持、软件开发和数据转录等服务，为经济进步做出了巨大贡献。在菲律宾 BPO 部门雇用的 100 多万

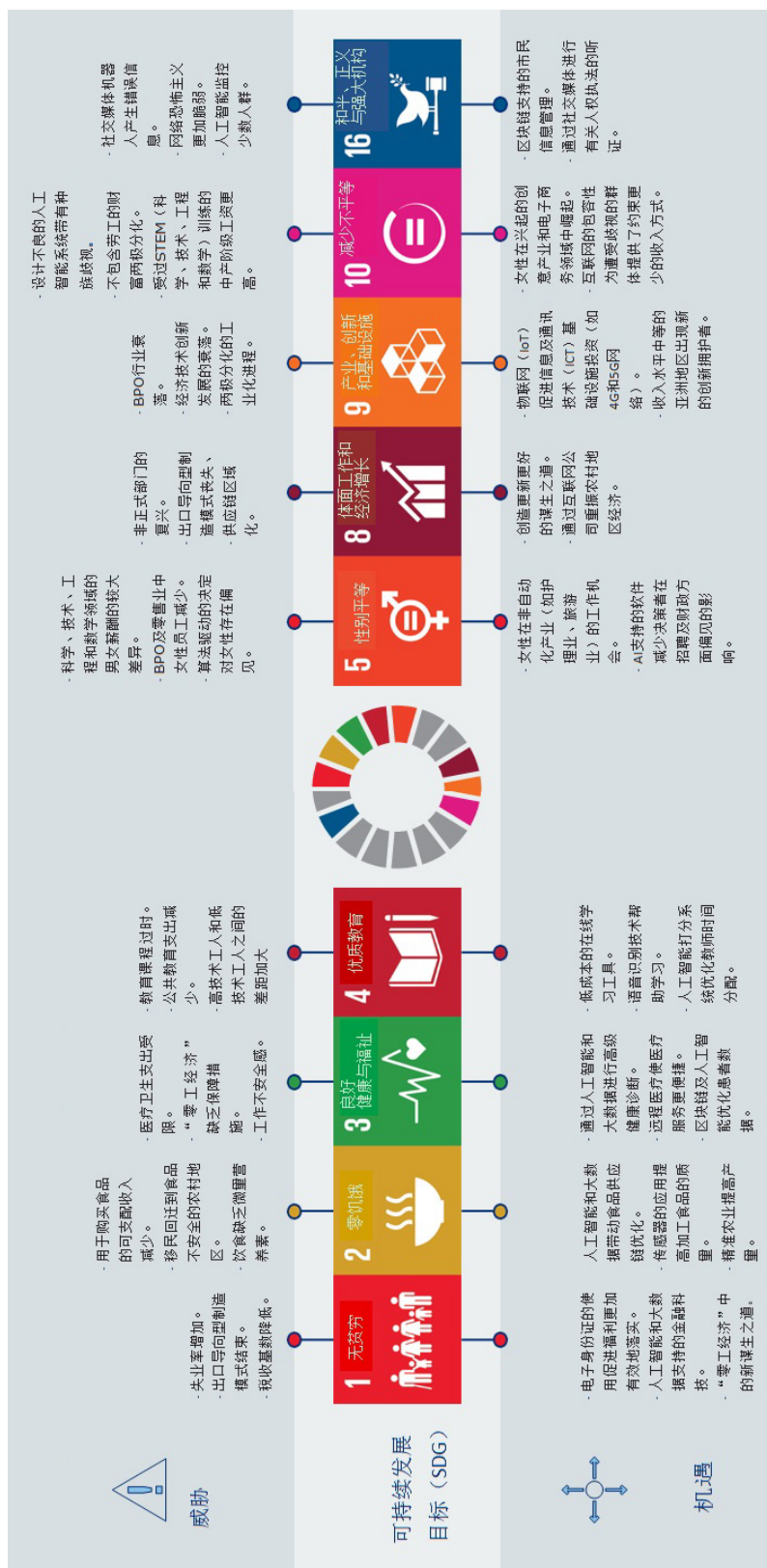


图2 自动化及人工智能在新兴的亚洲为可持续发展目标带来的威胁和机遇

人中，女性占 59%，呼叫中心的受薪员工中女性占 89%。

技术发展产生的新机遇对男性和女性的影响大不相同。在高科技背景下，STEM 技能的经济回报上升，在这些领域普遍占大多数的男性因此受益。联合国教科文组织（UNESCO）的一份报告指出，在十八个亚洲国家中，只有三个国家在 STEM 领域中的女性研究人员所占比例高于男性或与之相等。因为女性存在安全问题，且文化相关原因造成她们独立工作的能力受限，所以即便是因数字技术的出现产生的新工作岗位，如物流、送货和打车服务，也仅仅有利于男性就业。

然而，并非所有自动化和技术革新都对女性造成更负面的影响。一些制造装配行业以男性员工为主导，而女性则更加受益于接待类的新经济机会。美国短租平台“爱彼迎”（Airbnb）上的数据显示，在全球范围内，女性群体通过该平台已经赚取了 100 亿美元。她们通常会将收入用于租房等重要支出，并作为自己企业的资金来源。教育、社会工作、医疗保健和护理经济等行业女性员工多，受自动化风险影响较小，且提供多种类型的工作，这有助于解决劳动力市场存在的问题。相比其他经济行业，目前暂时不受自动化影响的旅游业也为女性参加工作、创业和领导提供了更好的机会；全球数据显示，女性

更多地在旅游业中担任管理职务。在印度尼西亚、马来西亚、菲律宾和泰国，超过一半的旅游业务由女性经营。

一些电子商务和零工经济活动也为女性提供比传统全职工作模式更灵活的工作安排，这给女性带来积极影响。数字创业可能会对女性更有利，因为低成本软件和不断普及的互联网可以降低启动成本，这或许能解决限制女性创业的主要问题，即获取资本的能力有限。

SDG 的进程也可能受到由数字创新带来的新工作风险的负面影响。随着工人逐渐步入零工经济，良好健康与福祉（SDG 3）会受到影响，因为在没有工会或贸易协会保护的情况下，条件往往不受监管，风险很大。压力、过劳和孤立都对世界各地从事零工经济的工人造成影响。工人权利保护组织称所谓的零工经济平台本身不提供工作保障或保护，反而对工人施加压力，以达到最低工时。虽然在亚洲制造业中工会参与度不高，但组建工会或劳工利益保护组织的能力，包括同 NGO 和人权组织合作，都受到廉价的零工经济中劳动力分散的影响。交通污染加重是运输和配送这类发展中的行业面临的又一个影响 SDG 3 的风险，特别是在亚洲大片城市地区。

当然，制造业的工作条件并非没有对员工身体健康造成影响，

例如孟加拉国拉纳广场坍塌事故，以及富士康电子工厂的员工自杀事件。关键是新兴领域可能会给自己带来威胁。

除了就业动态之外，AI 和相关数码领域，包括大数据和预测分析，还会构成其他威胁，这可能会给实现 SDG 的进程带去负面影响，特别是 SDG 16：和平、正义与强大机构。仇恨言论和误导性信息通过社交媒体机器人和基于算法的平台传播，导致了社会分裂。现在，此情况在美国已被充分证实，但亚洲也正在遭受它的影响。例如罗兴亚族危机期间，缅甸国内外的社交媒体平台上散播着误导性信息，并传播种族和民族仇恨情绪，导致网上仇恨言论更加突出。在印度，WhatsApp 等平台使得信息得以快速传播，这增加了暴力事件的发生。最近发生的谋杀案已证明这一点，其起因是 7 名帮派男子被误以为参与了绑架儿童事件。虽然错误信息并不是机器人的产物，但它的传播依赖于基于算法传播机制的社交媒体平台。AI 对实现 SDG 的另一个影响与不平等有关，包括性别不平等（SDG 5）和总体不平等（SDG 10）。例如，有证据表明，基于算法的司法和治安维护决策存在偏见，这可能导致需要公开派遣警力到少数民族聚居地。

最后，独裁政府对人工智能和大数据的应用会给 SDG 16，特别是其中的“强大机构”目标，

造成负面影响，因为政府可以使用强大的监控工具来监控、暗中监视和跟踪某类人群。另外，政府也可以参与国与国之间的网络攻击。其中的相关问题包括：在没有联合国适当道德监督的情况下研发致命性自主武器、恐怖分子等流氓行为者不道德地使用无人机或将无人机不道德地用于军事目的、利用加密货币促进非法贸易和犯罪团伙活动、公司和团体之间在富含当今科技发展所需的原材料（包括锂和稀土金属）区域引发的社会和环境冲突。

4. 缓解因素

以上这些对 SDG 的影响并不只是预测，在未来如果不主动采取措施，这些则可能会对实现 SDG 造成负面影响。然而，对于技术变革，所需要思考的不只这一点。

证据清楚地表明，AI 和自动化这类多功能技术有很多好处，不仅仅是可以给其设计者带来好处。在数字时代，福利性支出和公共服务可以更有效率。政府的机械性工作由 AI 负责完成，公务员则能够专注于其他更复杂的政策领域，而且一些资金不足的国家能够在不减少服务的基础上缩减公共事业部门的规模。通过农场级的精准农业，以及将餐馆和酒店等多余食物来源与可以将食物分发给食物匮乏地区的 NGO 联系起来的创新方式，AI、数据分

析和应用程序已经为减少饥饿做出了贡献。开放的低成本电子学习工具有自动打分功能,可以让老师有时间进行课程规划,处理与学生之间的人际关系,同时,此类创新也给打车服务和快递服务提供了新的增长来源。

在承认技术带来机遇的同时(下一节会更深入地探讨这方面),我们不能忽视技术焦虑所带来的问题。自动化、AI 和 SDG 之间的相互作用受到众多因素的影响。虽然下一节将更深入地讨论与政策相关的因素(包括对 AI 的进一步讨论),但接下来讨论的重点将放在决定自动化影响的广度和深度的其他关键经济变量。

(1) 自动化带来的风险程度因行业而异

虽然风险评估体系评估了制造业和服务业的风险总量,但事实上自动化所带来的风险因子行业而异,而非国内生产总值的整体类别。电子和汽车行业受自动化影响更大,因为其中涉及生产线流程和结构化的实质材料,也因为它们的产品市场具有全球竞争力并且由世界上最先进的技术公司主导。然而,服装业的完全自动化相对来说难以实现,因为机器人在处理不可控的、容易起皱的软材料时表现不尽如人意,但这恰恰是服装业工作流程的重要部分。当然,如果接下来通过继续创新能够克服这些困难,服装业受自动化影响的风险可能会

增加,但技术上的细微差别也很重要。同样,BPO 行业也是一个受自动化影响风险较高的服务行业,而旅游业和零售业的风险较低,下一节将对此进行更深入的阐述。

(2) 国内生产总值(GDP)和贸易结构

GDP、就业分布和贸易结构都会决定自动化带来的真正影响。菲律宾的 BPO 行业受自动化影响的风险大,但其雇用的劳动力仅占总劳动人口的 2%-3%。印度有 4500 万纺织工人,但其纺织业生产由非正规部门主导,这种非正规企业通常无法通过自动化对就业造成直接威胁。但不能因此就忽视自动化带来的威胁,因为它们为整体影响的评估提供了背景条件。其他结构性因素包括国内外需求。如果低收入国家的公司不采用自动化技术,那么高科技市场中的小型经济体将比那些拥有庞大国内市场的经济体面临的风险更大。另外,风险水平还取决于劳动力在自动化敏感和非敏感行业中的分布;由于同客户的交流中往往存在很多不定因素,因此零售业受自动化的影响较小。零售业的就业人数仅在东盟(ASEAN)国家就超过 4000 万,而相比之下,汽车业和电子产业的就业人数则分别为 80 万和 250 万。同样,旅游业似乎自动化程度也比较低,为整个亚洲大陆提供了主要的就业机会,所提供的岗位数也在快速增长。亚洲拥有

丰富的文化、生态和地理资源,吸引了全世界数百万游客。

(3) 政治经济因素

我们不应该认为只要公司可以实现自动化,他们就会尽可能地裁员。有证据表明公司会重新分配员工。在印度的印孚瑟斯技术有限公司(Infosys),9000 名工人从低技术工作岗位进入更先进的项目组,如机器学习和 AI。而威普罗公司(Wipro)在 2016 年重新为 3200 名员工调整工作岗位,并预计在 2017 年将再调整 4500 名员工的岗位。政治因素和政治压力对保持就业水平起到重要作用。无论是国内的或是想留在该国的企业,都会在某些情况下受到政治压力和社会压力的影响。

(4) 社会间接资本和“系统效应”

在讨论创新技术造成的失业现象时,人们往往会忽视这些技术给公众带去的好处。正如本研究其他部分所述,美国 1870 年至 1970 年居民生活水平的提高主要得益于自动化等创新技术。自动化技术解放了工人,让他们有机会从事收入更高的工作,让本在农场或家中工作的儿童能有机会去上学,让妇女从繁重的家务劳动中解放出来,降低了为消费者提供便利的成本,且帮助延长了人类寿命。系统效应可以很好地解释这种相互之间的影响。这种效应指的是 a)“由于一些因素之间相互联系紧密,某些元素或之

间的关系会对系统中的其他部分造成影响，使之发生变化，以及 b) 整个系统表现出的属性和行为与其中的各部分表现出的不尽相同。”技术风险预测必须考虑到系统效应，以及新技术取代相关机构和谋生手段对社会经济产出所造成的影响。与 AI 和自动化相关的系统效应具体体现在，资金充裕的数码平台公司将利润投资到曾一度被视为该由公共部门负责的领域，如城市规划和疾病监测。其他例子包括关键服务效率的提高，这能够帮助资金相对不足的创业者度过融资瓶颈，如正在探索中的利用社交网络和活动等非传统数据增加获得资金和信贷的渠道。

同样，区块链在财产登记领域的应用可以给数百万人颁发财产所有权凭证，帮助他们在商业活动和家庭信贷方面筹集资金。以这种方式使更多人融入创新生态系统可能会产生意料之外的深远影响。建立更加开放的、由精英管理的经济体可以促进个体经济和公司的形成，从而减少政府和大公司提供就业的职能。最后，在 AI 技术的支持下，人们可以通过医学研究找到治疗常见和罕见疾病的办法，这些疾病对于贫困家庭来说往往是毁灭性的，它们让家庭里原本的经济支柱无法工作，最终导致“贫困恶性循环”。这些并不能说是灵丹妙药或精准预测，而是作为可能引发系统效

应的示例。

(5) 案例研究：自动化和人工智能 (AI) 对越南的影响

越南人口超过 9000 万，自 1990 年以来一直保持着世界第二高的人均增长率，仅次于中国。

越南拥有年轻的人口、廉价劳动力、稳定的政府、充足的外商直接投资、不断发展的贸易自由化以及正在开发的自然资源，其经济发展势头一直很强劲。然而，该国仍需要持续进行结构转型，这需要通过改变其增长模式来提高生产力，避免中等收入陷阱。工业 4.0 时代的工具可以提供多方面支持，但同时也通过自动化技术，在现有部门发展到更高增值期之前对其造成破坏。

该国的服务业、工业（包括建筑业）和农业部门分别占国内生产总值的 44%、39% 和 17%，其主导行业包括制造业、采矿业、建筑业、房地产业和金融业。相比之下，农业部门所雇用的工人占比最高，接近 50%，其特点是生产规模小、基础设施不完善、生产效率低且机械化程度低。其余的工人在服务业和工业分别占比 31% 和 21%。

非正规部门规模依然庞大。据研究人员估计，非正规部门的产值可占国内生产总值的 25%–30%，雇佣总劳动力的近 60%，约 1800 万人。亚洲开发银行估计约有 100 万农业工人需要每年更新技能，以进入工业和服务业工作。

国际劳工组织 (ILO) 估计，在越南，70% 的工作岗位很可能被机器取代。相比之下，该国所在地区平均有 56% 的工作岗位受此威胁，其中农业等行业中的一些工作岗位也同时受到机械化以外的其他结构性挑战的影响。在未来，被完全取代风险最高的职业包括商店销售助理 (210 万人)、园林工人 (100 万人) 和服装制造业中的缝纫机操作员 (77 万人)。另外，劳工、残疾人和社会事务部已经决定，每年要在越南增加约 65 万个工作岗位，以适应劳动力增长和市场预期的结构变化。

教育业是越南社会经济规划中的基本支柱之一。其中的改革包括建立新的认证和质量保障机制和新的国家职业资格框架，以及将高等教育入学率提高 125%，即从 2010 年的每 10,000 人中有 200 名大学生提高到 2020 年的每 10,000 人中有 450 名大学生。国家课程改革强调要培养学生的 21 世纪新技能，例如求知欲、公民能力、外语以及信息和通信技术 (ICT) 技能。政府致力于实现教育现代化，目前教育支出占总支出的 15% 左右。

促进 ICT 和高科技产业的发展是政府工作的另一个重中之重。例如，国家宽带计划要求到 2020 年将 3G 和 4G 网络覆盖 95% 的住宅区。互联互通性的增强为数字经济的使用提供便利，并可促进贸易、信息共享和教育的发展。

另外，越南还在发展区域高科技集群，这得到了中央和地方政府以及其他相关国家机构的支持。位于河内市、胡志明市和岘港市的三个高科技园区不断吸引外国投资者。例如，三星公司（Samsung）在该国累计投资约 170 亿美元，该公司在当地的子公司取代越南国有石油公司 PetroVietnam，成为 2017 年越南最大的公司。

虽然越南的经济发展态势良好，但其对 SDG 的实现依然毫无把握。约有七成人口的收入水平接近国家贫困线，所以即使现在经济状况良好，该国也需要创造更多收入可观的工作岗位，更何况自动化会造成工作岗位大规模减少。该国受自动化影响较大的领域规模不小，这使 SDG1（无贫穷）的实现受到威胁，这也进一步影响到其他 SDG 的实现。

性别平等（SDG 5）是越南可持续发展目标中非常重要的一项。在越南，女性的劳动力参与率是世界上最高的，约为 72%。然而，男女劳动力参与率的差距有 10 个百分点，尽管这相比前几年已经有所改善。最新的劳动力调查数据显示，在低报酬岗位工作的人中女性占了绝大多数，她们在有偿就业部门的收入比男性低 10.5%，且受不充分就业、失业和工作条件不稳定的影响最大。目前尚不清楚第四次工业革命将会对弱势劳工产生什么影响，但政策制定者必须对他们的情况进行

跟踪，并在必要时提供足够的支持。性别不平等也可以通过解决男女在科学和技术领域参与度的不平衡情况从而得到改善。科学研究人员中的女性比例约为 40%，但只有 19% 的国家重点科学技术项目由女性领导，或有大部分女性研究人员参与。政府鼓励女性从事科学工作的举措或许有助于在科技领域促进性别平等。

对越南而言，另一个重要的可持续发展目标是促进创新、产业和基础设施建设（SDG9），因为这是国家避免中等收入陷阱，并在工资水平上涨的同时找到新的增长点的方法。2016 年，政府启动了一项计划，即为创新和创业项目提供国家资金支持，该计划将一直持续到 2025 年。该计划旨在帮助两千多个创新项目和初创企业发展，其总投资额约为 2 万亿越南盾（约 8930 万美元）。私营合伙人也可以提供资金支持。该国制定战略性产业政策，旨在为培养创新提供所需的重要基础设施，这将不仅帮助越南抵御技术变革带来的威胁，而且能使越南积极地参与其中。

鉴于其目前的工业和服务业结构，越南是需要密切关注自动化威胁的亚洲经济体之一。因此该国需要制定宏观和微观政策，以提高供应方竞争力，并将竞争力和生产力与国家整体发展战略联系起来。

一般来说，创新型政府政策

的信息基础较低，且系统往往会产生多个重叠、甚至有时相互矛盾的方案。世界银行和国家规划与投资部门 2016 年的一份报告指出，政府研究与开发（R&D）资金用于 600 多个小型政府研究机构，但这些研究机构几乎没有做出任何有价值的研究成果。在政府长期规划文件中，这方面的分配占比少、分散且理论上与高层次社会经济目标相关联。对研究与发展政策的集中调控能够对高层次目标的实现进行更好地管理和评估。在高级别声明中，政府领导人明确表明了其政治意愿，特别是在 2017 年 5 月，首相命令中央机构和地方政府抓住第四次工业革命的机会，促进数字化基础设施建设和人力资源的发展。

长期的投资需要关注教育改革动向，因为这是第四次工业革命战略的一个关键组成部分。另外，长期投资可以通过明确的重要目标进行更明确的定义，以评估其进展情况。教育系统，甚至从学前教育开始，应该受到重点关注。政策制定者需要考虑的另一个长期人口因素是该国人口老龄化。人口老龄化给经济增长、福利保障、减少贫困和收入分配等方面带来的风险越来越大，这可能需要政府更积极地制定劳动力市场相关政策，以确保有足够的技术劳动力来承担人口老龄化带来的后果。MT

（未完待续）

流程 4.0: 下一代控制系统



上海工业自动化仪表研究院有限公司, PLCopen 中国组织 彭瑜

引言

随着数字化浪潮的崛起,未来自动化技术走向哪里?美国著名自动化咨询 ARC 公司给出了五大发展趋势:边缘设备的智能、工业信息安全管理的发展、开放流程自动化 OPA 稳步推进、虚拟领域和物理领域的深度融合,以及分布式数据分析处理等。其中开放流程自动化 OPA,无疑将对下一代分布式控制系统 DCS 和可编程控制器 PLC 的发展方向影响巨大。

一、告别封闭和专用,走向彻底开放

自 1970 年 DCS 和 PLC 相继进入自动化领域之后,处于 ISA 95 模型 L1 和 L2 层的自动化硬件和软件结构一直没有变动,二者一直牢牢地绑定在一起。迄今

为止,自动化市场也一直围绕着“硬件+软件”的捆绑模式在演进。每一个自动化供应商都开发自己的软件环境,并将这种软件环境交付给最终用户。一般来讲,用户并不能真正深入这一软件环境,只能通过供应商提供的组态工具与控制器进行有限的交互。

就这样的受限状态而言,可以毫不隐晦地说,现今流程工业自动化控制系统 DCS 最大的问题在于其封闭和专用的特性。在 IT 技术飞跃发展的年代,这种封闭性和专用性,极大地阻碍了 DCS 的升级迁移,以及 OT 与 IT 深入高效的融合。而且,DCS 一般不能提供内在的保护运营、资产设备和其它投资所需要的信息安全特性。

可编程控制器 PLC 也存在着类似的情况。只不过由于 PLC 在大多数场景中应用于离散制造业,问题相对没有那么突出。因

为 DCS 系统服务于流程工业的过程控制,需要依靠联网将分散的控制站依据工艺的要求连接成一个密切相关的整体,以寻求整体的优化和预测性维护。

时代正在变化。当前工业制造商面对市场竞争的巨大压力,力求降低对控制系统的投资和降低自动化资产生命周期的成本,改善其运营操作的盈利能力。许多在役的控制系统其构成的硬件和软件由于专用、封闭,维护和升级的成本昂贵,一旦需要与一流的第三方部件集成,耗资不菲。尤其在目前 IT 技术快速深入地渗透和融合到企业运营管理方方面面的形势下,这些控制系统通常不具备本征的信息安全特质,造成了巨大的风险和隐患。很显然,从长远发展来看,现有的控制器不能有效而恰当地保护设备资产和其它资本投资。

美国埃克森美孚石油公司

一直在大量使用 Honeywell 的 DCS 系统 TDC 3000, 这些服役二三十年的系统其备品备件最多可用到 2025 年。届时将不得不面临升级改造的严重问题。未雨绸缪, Honeywell 用了七年时间开发了 Experion LCN R501.1, 就是为了让这些老系统能够利用 Honeywell 的云基开放虚拟工程平台, 使 TDC 的运行环境虚拟化, 还能够支持与 WirelessHART 等无线变送器、仪表的联接, 利用低成本、小资源的仿真系统等。新系统可以仿真 TDC 老系统的系统软件, 实现 100% 的二进制兼容和互操作。整整七年, 用于系统的软件技术升级, 其成本可想而知。

二、开放自动化的发展节奏加快

鉴于上述存在的问题, 多年前埃克森美孚的研究和工程部门公开倡议开发一个全新的、基于标准的过程控制架构。这得到了 ARC 咨询集团大力支持, 并由非盈利的第三方机构——美国开放集团 (The Open Group) 一起, 组织了一个新的面向流程工业控制技术的标准化活动, 即开放流程自动化论坛 (OPAF)。在选择现有的、卓有成效的适用工业标准的基础上, 综合开发新的系列标准。经过两三年的努力, 目前论坛已经有超过 130 多个团体成

员, 形成了一个以大型最终用户为主、包括流程自动化供应商组成的共同体。该组织致力于如何运用最新的分布式云计算技术和虚拟化技术, 重新定义已经日趋陈旧、20 多年没有变动的架构, 重新定义 DCS 和 PLC, 以及与优化运营密切相关的先进控制和 MES (见图 1)。

循着这一方向的进展, 相当迅速。继 2018 年完成了概念验证的原型系统之后, 在 2019 年 2 月该组织正式推出了新标准的第一版 O-PASVersion1.0, 给出了一个与供应商无关的参考架构; 而且还计划 2020 年在埃克森美孚和其它至少两个现场进行试验。

OPAF 概念验证系统 (见图 2) 由埃克森美孚和系统集成商洛克

希德马丁 (Lockheed Martin) 和 Wood 合作实施, 包括一个实时先进计算平台 (Dell EMC) 支持 IEC 1499 运行时控制器、HMI、历史数据存储和许多其它服务, 用 OPC UA 实时以太网 (由加拿大 Matrikon 公司提供), 连接分布控制节点 (DCN)、智能 I/O、操作控制台、安全保护系统和企业信息系统等。该系统基本实现了可互操作性、可交换或可替代性、组态和应用的移植性, 以及应用开发的灵活性。由十几家供应商提供的硬件、软件产品构成的系统, 产品之间的互操作性都按照标准实现, 无需通过网关或通过软件转换; 参与构成系统的同类型部件都可以个别地和自由地在供应商间替代, 而无需修改底层的逻辑程序。据

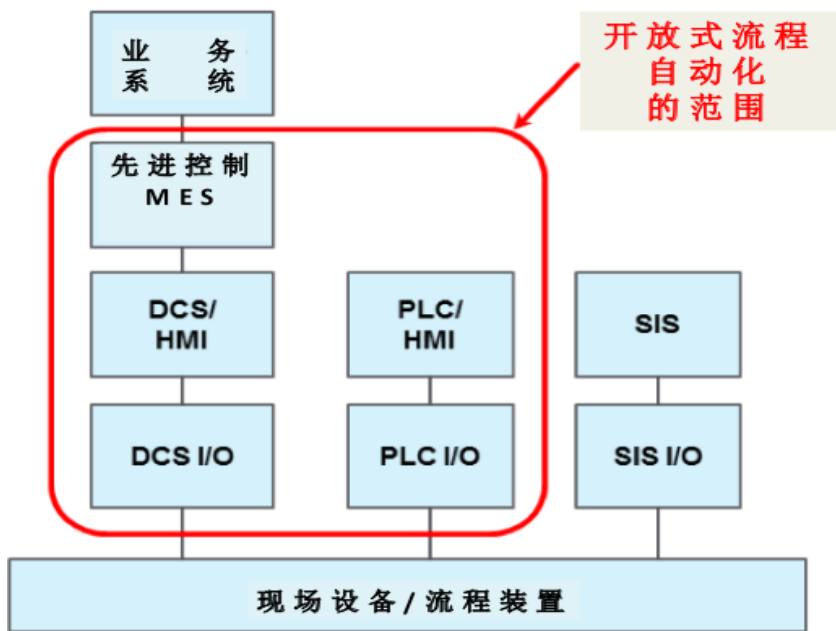


图 1 开放流程自动化论坛 (OPAF) 的范围

称该系统将在今年在埃克森美孚的一个碳氢试验装置投入运行控制，比原定计划大大提前。

OPAF 的目标是对 ISA 95 的 L1 和 L2 的功能标准化，包括现场设备和仪表的基本输入和输出，以及执行调节控制的功能块。目前这些功能都是由专用的 DCS 和 PLC 来完成的，规模约为 100 ~ 1000 个 PID 回路的功能块。

而 OPAF 则认为，可以用更多、但更小的边缘设备作为过程控制器，这些小的硬件设备每台可以控制少到一两个回路，实际上执行的是过程自动化的微服务。当今工厂中所用的任意 DCS 和 PLC 系统的 HMI 功能、先进控制算法的运算功能以及 MES 的功能，都可以运用由服务器构成的虚拟系统，在一种开放型的软件环境下实现。

也就是说，下一代控制系统将被这些由虚拟服务器和许许多多计算资源和存贮资源要求足够小的自动化边缘设备组成的新系统所替代。图 3 给出了从现有已在役的 DCS/PLC 系统逐步地升级迁移到这些小的边缘设备，以及预置的高可用性服务器的发展趋势。

此外，在美国，还启动了一个定义下一代自动化系统的项目，其名称是《开放网络系统上的联合自动化逻辑控制》（Federated Automation Logic Control on Open Network Systems, FALCONS）。这一系统将实现从任意资源、任意设备和任意地点获得任意信息（包括历史信息），以优化情景感知和环境感知。系统的结构建立在分布式控制节点（DCN）和单通道 I/O 模块的基础上，支持实时的应用处理和与其它网络协议的实时接口；系统由许多个有 I/O 的 DCN 和无 I/O 的 DCN，以及一个与云端连接、执行集中应用的 DCN 构成，DCN 的数量可达数千个。这或许就是下一代 PLC 的一种愿景。

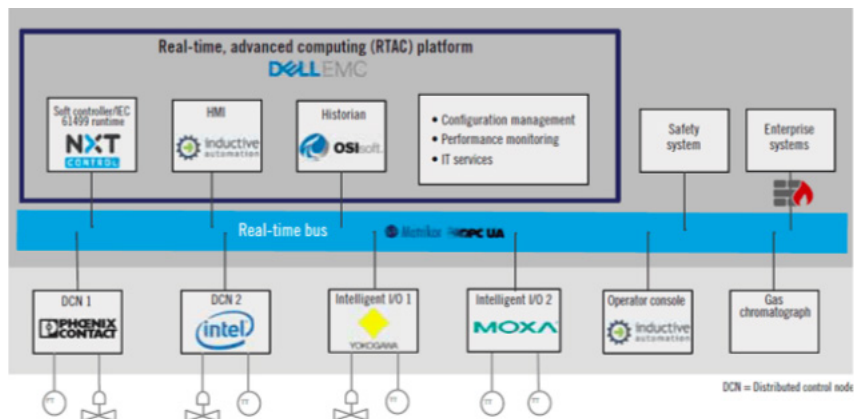


图 2 OPAF 原型系统参与试验的公司

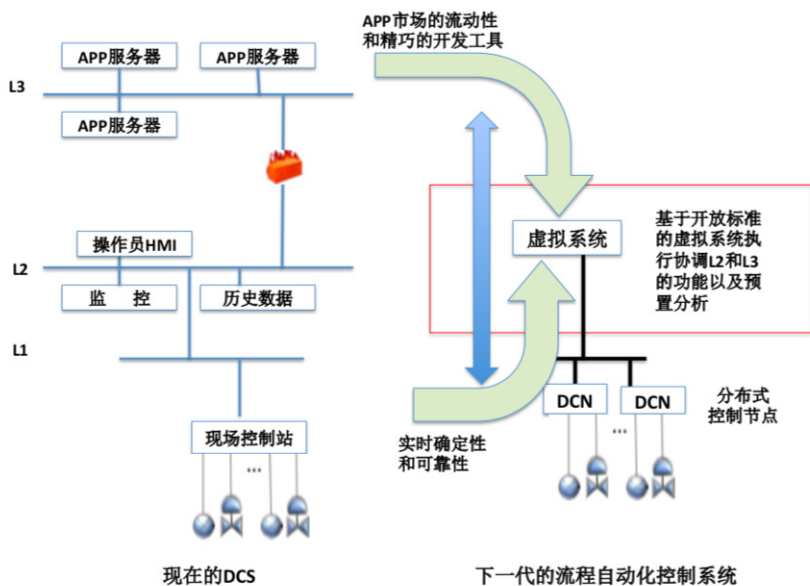


图 3 DCS/PLC 系统演变为新一代的分布式控制系统

三、开放自动化的发展路径

软件容器化技术发源于几十年前的 UNIX 操作系统，经过 LINUX 开源软件生态系统以及大量云计算服务供应商的大力推动，业已大大降低了门槛，成为

人们可以普遍掌握和运用的技术。

对于软件开发者和最终用户,软件容器技术提供两个巨大的价值:一是可为任意数量的机器、物理或虚拟对象,提供自动配置、部署和管理分布式应用的方法和手段;二是容器软件开发过程中创建了一个“容器图像”的存贮库,在软件交付时,这一容器图像形式可在不同于原来开发的软硬件环境的另一种环境中协调地创建,同时还自动建立了包括运行应用软件所要求的所有的软工作环境。

在开发容器图像的过程中完成了一种高度的抽象,使它独立于异构的多 CPU、操作系统、软件版本,以及在开发期间运行的环境。由于容器图像划定的范围仅容纳在一个应用软件内,所以容器会将开发者的注意力从管理计算机转移到去管理应用。这极大地改善了应用的部署能力和可见性。

显而易见,传统的嵌入式系统软件技术在交付和管理分布式和高可用性的应用软件的能力方面,根本无法与软件容器技术相抗衡。

图 4 是容器化软件的原理框图,其中 Docker 将应用软件分隔为若干个可管理的 APP 功能模块,并将它们打包在一个容器中。Docker 公司集成源于 Linux 的容器化技术的目的,一方面是为了让

应用软件的开发能适应每一种开发环境,另一方面是为了解决代码依赖性跟踪、应用软件可伸缩,以及仅仅修改升级个别 APP 而不会影响整个应用软件等等问题。

图 5 则表示如何将容器技术运用于 OPAF 的架构,构成一个分布式控制节点 DCN。根据实际需要,可在一个 DCN 容器中容纳所需要的各种 APP,如监控和管

理 DCN 的 APP、现场总线和工业以太网的 APP、现有的过程控制算法 APP、新开发的过程控制算法 APP 等等。

从技术成熟度来讲,基于容器的软件部署已经高度标准化了,用于容器开发、部署和业务流程管理的软件工具在前 5 ~ 10 年中已经臻于成熟,并以开源的形式提供使用。它运用广泛,为

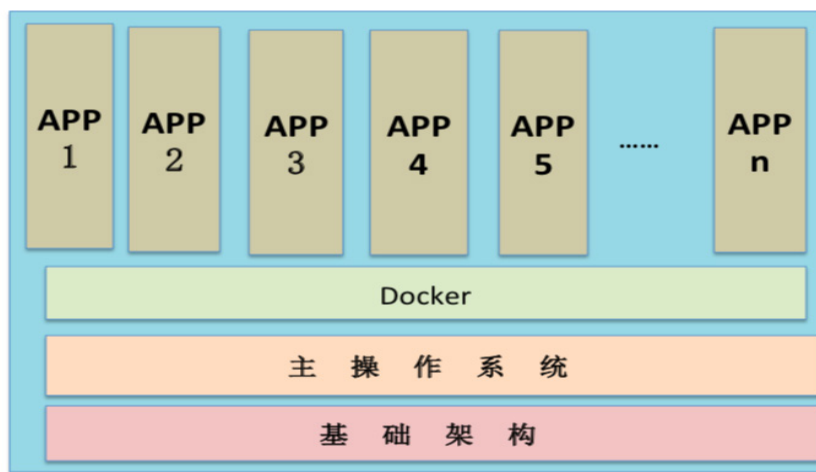


图 4 Docker 公司开发的容器软件技术框图

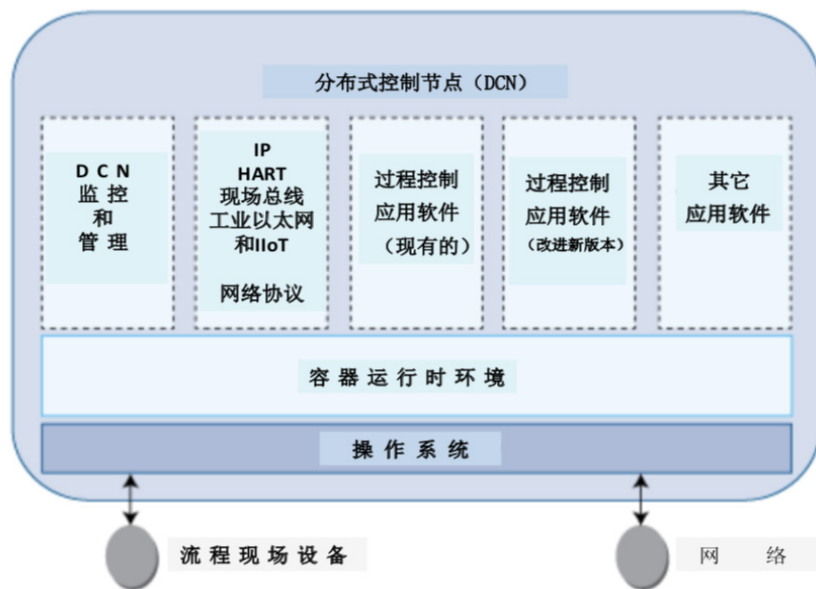


图 5 运用容器技术构成分布式控制节点 DCN

许多不同类型的平台所成功运用，包括非常大的系统（例如 Google）到最小的计算机系统（如树莓派，Raspberry Pi）等。

四、嵌入式软件难逃冲击

传统的嵌入式系统及其软件开发的市场，也在受到冲击。目前许多嵌入式软件包含了许多专用元素，即使是基于开源软件开发的，也同样如此。

传统的嵌入式系统及其软件应用缺乏灵活性，操作系统和软件工具链呈现碎片化，开发速度很慢；硬件 / 软件的集成存在不少不确定性的问题；难以解决日趋重要的信息安全问题。这是因为当嵌入式系统软件的市场受到 Linux 冲击的时候，传统嵌入式市场的其它方面（如开发的工具链）仍然在原地踏步不前，不曾与时俱进。

这一市场需要改变过去运用的技术，才能适应向工业物联网 IIoT、工业 4.0、智能制造和其它类似领域的转移，其转型的路径必然是进入网络式（即分布式）的嵌入式系统。未来的嵌入式系统肯定会要求整个软件栈（从居于顶层的应用软件一直到其使用的操作系统和管理程序）具有自动升级的能力，特别是工业嵌入式系统急需在其整个生命周期过程中进行开发、实施、部署和管理。

如果工业自动化当前的技术栈不再能很好地提供服务的话，替代的显然是云计算的软件技术。大约五年时间内所有软件的开发将会使用云软件开发的方法，这一趋势已不是初露端倪，而是如日中天。如果说“软件正在吞噬世界”，那么吞噬软件开发的软件则是云软件开发及其工具。即使在嵌入式软件的特殊领域，软件开发几乎会被当前和未来的云软件技术所左右。

五、云计算技术将左右自动化的软件开发

这当然不是说所有的应用软件都在云端运行，而是说云软件所用的软件开发和部署技术，将要以压倒的优势超越其它软件开发的形式，占据主要地位。原因是云计算市场虽然已经规模很大，但仍是相当兴旺、且一直在发展的行业，当下火热的云计算软件技术就和云计算本身一样，其发展势头方兴未艾，诸如 OpenStack、Cloud Foundry、Docker 和 Kubernetes（简称 K8）等软件已经在过去的 5 ~ 10 年内相继宣布为开源。

云计算方面的专家认为云计算模型包含了显著的冗余性，而且还有很大的改善余地；因而人们应该期望，此领域的技术发展一定是迅速和持续的。工业自动化市场要关注和运用它，是因为

云软件技术可以将软件规模缩小至相当小的系统内，这类系统正是工业自动化和 OPAF 所需要的。

在过去的两年期间，已经在许多工业产品中导入了容器开发技术。这在刚结束的 2019 年汉诺威工业博览会上已有很好的体现。除此而外，还有一种云技术也值得注意，这就是在云执行平台上出现、所谓的“单核与只要求很小的计算和存储资源的嵌入式软件开发组合”。单核技术目前在许多研究领域中十分活跃，随着风险投资的大量涌入，肯定会很快投入实际应用。

结束语

工控编程语言国际标准 IEC 61131-3 及其相伴的分布式国际标准 IEC 61499，还有 PLCopen 开发的 XML 规范等，都是 OPAF 所选定的基础依据标准。由此可见，经过多年来实际运用的验证，这些行之有效的基础底层标准，将在未来的分布式开放 DCS 和 PLC 系统中继续发挥重要的作用。

而下一代 DCS 和 PLC 的架构肯定都会向开放、分布式、具有充分的可互操作性和内在信息安全的方向发展；为有效地实现这样的架构，其软件环境一定要大量地吸取和采用开源云计算软件技术，并结合工业自动化的要求和特点，从而走出一条具有持久生命力的开发之路。MT



CeMAT
ASIA

2019亚洲国际物流技术与运输系统展览会

物料搬运、自动化技术、运输系统和物流的国际盛会

2019年10月23-26日 上海新国际博览中心

www.cemat-asia.com



详情请联系：

中国物流与采购联合会
联系人：马增荣 先生
电话：010-83775772
网址：www.chinawuliu.com.cn
邮箱：hzb@cflp.orz.cn
地址：北京市丰台区双营路9号
亿达丽泽商务中心3层

汉诺威米兰展览(上海)有限公司
联系人：汪萍 女士/于雪婷 小姐/
陈飞 先生/王宸 先生/朱海昆 先生
电话：021-5045 6700转227/331/313/283/236
传真：021-5045 9355/6886 2355
邮箱：ceamat-asia@hmf-china.com
网址：www.cemat-asia.com

中国机械工程学会
联系人：张伟光 先生
电话：010-6879 9042
传真：010-6879 9026
邮箱：zhangwg@cmes.org
网址：www.cmes.org.cn



BEW2019

第24届北京·埃森焊接与切割展览会

THE 24th BEIJING ESSEN WELDING & CUTTING FAIR



2019年6月25-28日
上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo Center

June 25-28, 2019

微信二维码



www.beijing-essen-welding.com

www.埃森焊接展.com