

# MT 机械工程导报

Mechanical Engineering Trends

<http://www.cmes.org>

2018 年第 6 期 总第 199 期

## 智能制造的概念与推进策略 p01

中国仿真软件坎坷路 p08

物流装备企业进入制造业物流的路径建议 p17

全球制造业评分表：美国与其他 18 个国家的对比分析 p22

工业互联网平台之江湖 p35



# 目 录

## CONTENTS

### 机械工程导报

### MECHANICAL ENGINEERING TRENDS

1998 年创刊  
2018 年第 6 期 (总第 199 期)  
2018 年 12 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

- |                    |    |
|--------------------|----|
| 智能制造的概念与推进策略       | 1  |
| 中国仿真软件坎坷路          | 8  |
| 物流装备企业进入制造业物流的路径建议 | 17 |



#### 热点关注 CURRENT POINT

- |                             |    |
|-----------------------------|----|
| 全球制造业评分表: 美国与其他 18 个国家的对比分析 | 22 |
| 工业互联网平台之江湖                  | 35 |



#### 学会资讯 CMES INFORMATION

- |                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 2018 年中国机械工程学会年会在成都召开                                | 40 |
| 中国机械工程学会第十一届理事会第三次会议在成都召开                            | 44 |
| 《机械工程学报》第十一届编委会、《中国机械工程学报》第二届编委会成立大会暨编委会、董事会工作会议在京召开 | 46 |

# 智能制造的概念与推进策略\*



上海优也信息科技有限公司 郭朝晖；中国科学院自动化研究所 刘胜

最近几年，智能制造成为学术界和企业界共同关注的热点问题。尽管如此，人们对智能制造概念本身的认识却未达成共识，并存在诸多模糊的认识。企业界的推进过程更是遇到多方面的困惑。本文针对这些问题，进行分析和讨论。

## 一、智能制造的概念

汉语中的“智能制造”对应两种英文表述，分别是 smart manufacture 和 intelligent manufacture。其中，intelligent manufacture 的提法出现更早，但多数场合指的却是 smart manufacture。在中国工程院《中国智能制造发展战略

研究报告》中，把智能制造分成 3 种递进发展的范式：数字化制造、数字化网络化制造和新一代智能制造。smart manufacture 主要对应数字化网络化制造，而 intelligent manufacture 则对应新一代智能制造。

在党的十九大报告中明确指出，要促进工业互联网的应用。重点是推进数字化网络化制造。因此，有必要对 smart manufacture 进行进一步解释。其字面含义是赋予企业快速响应内部和外部变化的能力。快速响应之所以重要，是因为市场竞争日趋激烈，使得响应速度越来越重要。

从目标上看，smart manufacture 与 flexible

manufacturing（柔性制造）相似。但从手段上看，前者侧重用 ICT（信息通信技术）的应用。与传统信息化相比往往需要对设备、组织、流程、工作方式、商业模式等方面的改造，而不是单纯的 ICT 技术应用。因此，smart manufacture 往往被理解为 ICT 技术与制造业的“深度融合”。一般来说，智能制造不仅涉及制造相关的过程，智能服务和智能产品也常常被纳入智能制造的范畴。

可以用 4 个基本要点理解上述智能制造的内在逻辑：ICT 技术的深入应用是智能制造的出发点；价值创造是智能制造的目的和归宿；快速响应变化是智能制造的外部特征；协同、共享和重

注：本文原载于《科技导报》2018 年第 21 期，已获授权。

用是智能制造进行价值创造的内在机制。

1. 强调“ICT技术的深入应用是智能制造的出发点”，是因为智能制造的历史机遇是ICT技术的发展带来的，要避免把智能化与传统的自动化、信息化混淆起来，从而忽视真正的智能化工作、丧失历史的机遇。智能化相关思想并不是现在才有的，但只有在ICT技术高度发达的条件下，过去的设想才能具备技术和经济可行性。

2. 提出“价值创造是智能制造的目的和归宿”的背景，是反对为技术而技术、盲目采用先进而无用的东西。这种担忧不是“杞人忧天”，而是已经有了蔓延的可能。为此，智能制造必须以服务于企业真实的业务需求。很多企业智能化的需求是隐含的。推进智能制造往往需要企业进行转型升级，改变生产经营方式，才能找到合适的场景，以便于创造价值。这就是ICT技术与工业“深度融合”的含义。

3. “快速响应变化是智能制造的外部特征”。随着的竞争不断加强，快速响应的重要性越来越大。例如，在手机、汽车等行业，快速响应的价值体现在新产品上市的速度上。推出新一代产品的快慢，很大程度上决定了企业的盈利情况。在另外一些对原料价

格敏感的行业，快速响应供应链变化的能力决定企业的盈亏。所以，智能制造最重要的作用之一就是加快响应速度。

4. “协同、共享和重用是智能制造进行价值创造的内在机制”。ICT技术能够显著促进人与人、机器与机器、人与机器、企业与企业、部门与部门之间的协同。减少时间上的耽搁、减少界面上的失误。还可以通过对物质、人、知识或信息的共享来降低成本、提高效率和质量。在智能制造时代，知识的重用变得越来越重要。例如，通过模块的重用，可以减少研发过程不必要的时间和资金投入，并有利于提高质量、降低成本，提高经济性，并支撑快速响应。

智能制造有很多典型的模式或体系，其中最著名的是德国工业4.0和美国工业互联网。

## 二、智能制造与人工智能、自动化

随着人工智能技术的迅速发展，图像、语音识别等技术开始广泛用于生产制造的过程，帮助人类从枯燥、恶劣的工作环境中解放出来，意义重大。故而，有人认为“智能制造就是人工智能在制造业的应用”。但这个观点并不准确、且非常容易对公众产

生误导。

人工智能传统上有3个学派。符号主义又称计算机学派，侧重模拟大脑的逻辑推理功能；联接主义又称人工神经元学派，侧重模拟脑的结构，擅长知识的学习；行为主义又称控制论学派，侧重模拟脑体的协同、追求知行合一。在很多学术场合下，人工智能专指前面两个学派。以深度学习为代表的所谓“新一代人工智能”就是联接学派发展而来。

然而，与智能制造联系最紧密的应是控制论学派。控制论的主要思想可追溯到20世纪40年代维纳的《控制论》。维纳研究了动物和机器的差别，认为动物区别于机器的一个显著特征是对信息的感知和处理；动物能随时感知外部环境的各种变化而调整自己的行为，而不像多数机器那样只按既定的逻辑顺序执行。这一理论的实质就是主张将感知、决策和执行3个要素统一起来。

维纳的思想随着工具手段的发展促进着理论和实践的进步。

“感知”和“决策”本质上是针对信息的，而“执行”最终是针对物质实体的。所以，两者的统一需要将信息和物理联系起来。这种思想在瓦特蒸汽机中就有体现。但是，蒸汽机的感知和计算，是用机械装置这种物理实体实现的。这种实现方法非常巧妙，却

不具一般性、难以推广。这种约束直到弱电的出现,信息的感知和计算可以用弱电来实现,并转化成强电来驱动物理实体。于是,依靠“电”这种手段,把信息领域和物理领域联系了起来。控制论就是在这种背景下产生的。控制理论中,经典的模型是用传递函数、状态方程描述的。某种意义上说,这种模型的广泛使用与最初的技术手段有关,控制器往往是用电感、电容等电子元件搭建的。这种模型虽然简单,但应用上还是有局限性的。到了计算机时代,能描述的数学模型大大拓展、具有了一般性。后来,互联网的应用又使得人们对资源的可观、可控能力大大提升,进而把人类带入了智能制造的时代。因此,智能化和自动化的理论一脉相承,但实现手段有极大的改善。

从经济学上看,可观、可控能力的提升,导致资源配置能力的加强、进而导致经济性的改善。具体表现为,传统自动化往往局限于较小空间范围内,而智能制造能够实现跨区域、跨部门乃至跨企业的大尺度控制和优化。例如,上海优也信息科技有限公司在山东某钢厂的工作,实现了煤气产生方、使用方和缓冲方的实时优化调控。技术原理虽然容易理解,但相关设备分布在几平方

千米的范围内,离开互联网的支撑,是不具备技术可行性的。所以,ICT 基础技术条件的改变是推进自动化走向智能化的关键因素。

相比而言,自动化偏重代替人的体力劳动,而智能化则偏重代替人的脑力劳动,也就是决策。这也是两者的一个重要区别。因此,知识的数字化、模型化、软件化,促进机器的认知和决策能力,是智能制造的关键技术。

### 三、智能制造的典型流派:工业 4.0

工业 4.0 的概念是德国工程院 2013 年提出的。其标志性特征可以归纳为“具备个性化定制生产能力的自动化流水线”。这个特征是理解工业 4.0 的一把钥匙,能把技术的经济性和对技术需求联系起来,从而帮助人们理解工业 4.0 是如何把技术可行性和经济可行性统一起来的。从技术上看,工业 4.0 的生产模式继承了流水线低成本、高效率的优点,又克服了流水线在产品变化时灵活性差的缺点。从经济上看,满足个性化需求可以获得更好的经济价值。可以设想,如果用传统生产方式进行定制化生产,产品的设计、工艺设计、生产组织的时间和经济效益都难以保证、甚

至不具备经济性。

工业 4.0 的生产方式对生产组织、销售采购、设计服务等业务造成极大的挑战。而智能化的特长,恰恰适合应对这些挑战。例如,通过对模块、工艺知识的重用,可以显著减少研发和试生产的时间;通过信息的横向集成应对销售采购和供应链方面的挑战;通过纵向集成应对生产组织管理的挑战;通过端到端集成应对设计服务业务上的挑战。再如,个性化生产导致生产组织和调度非常复杂,需要采用赛博物理系统(CPS)技术才能解决。

推进工业 4.0 是个长期的过程,企业要根据自身的需求推动,不必被概念所束缚。工厂的自动化、定制化的程度可高可低,关键是有利于促进企业的竞争力。事实上,由于行业 and 地区的发展不均衡,自动化、定制化程度和难度都有显著差别。例如,在钢铁行业,由于自动化程度高、产品切换简单、物料跟踪相对容易,先进企业在几十年前就具备了定制化生产的能力。但是,在某些离散制造业,产品切换非常复杂,甚至要进行流水线的改造。在这些行业,推动自动化的难度都很大,智能化就更难了。事实上,德国提出工业 4.0 的背景主要针对这些相对困难的离散制造业。在离散制造业,数字化相关技术

的发展，能将过去困难的问题变得容易。

有观点认为，工业 4.0 是工业 3.0 发展成熟之后的结果。现在看来，这种观点是片面的，可能会阻碍人们有益的探索。事实上，红领制衣是在人工操作的流水线上从事个性化定制，从工业 2.0 向 4.0 进军。西门子成都工厂号称“工业 3.8”工厂，能够在流水线上切换产品类型，但工厂的人工操作同样也很多。应该注意到，虽然两个企业都有大量的人工操作，但车间内的物流配送都是自动化的。由于定制化生产的物流很复杂，没有自动化、智能化的支撑，管理上就很难搞好。这种模式有一定的代表性，值得很多企业学习和关注。

有人认为，工业 4.0 发展到一定程度，必然取代工业 1.0～3.0。但工业 4.0 只是工业技术发展到一定程度的标志性成果，并不意味着所有企业都采用工业 4.0 的生产方式。其实，发达国家的高端制造业，现在也并非完全处于工业 3.0 阶段，很多高端设备、奢侈品要靠手工制作。而且工业 1.0～4.0 各有优势、会长期共存。所以，企业是否推进工业 4.0 的生产模式，关键要看经济上是否合算。

#### 四、智能制造的典型流派：工业互联网

工业互联网是美国 GE 公司在 2012 年提出的概念，后来影响了美国乃至世界范围内的企业。相比之下，工业 4.0 体系以车间的生产过程为核心，而工业互联网侧重更大范围的协同。

工业互联网思想在实践过程中产生。维修人员很早就发现，通过互联网远程诊断医疗设备的状态，可以显著提高工作效率、降低维修成本。后来有人把这样的想法用于飞机发动机状态的诊断和维护。类似案例促成了工业互联网思想的产生。故而，有人把设备的“预测式维护”当成工业互联网技术应用的标志性场景之一。工业互联网强调实时连接“智能机器”“高级分析”和“工作人员”3 种要素。其中，智能机器是安装各种传感器、控制器和软件的机器；高级分析是包含各种专业领域知识的数据分析算法；工作人员是指通过互联网参与设计、操作、维护等工作的各类工作人员。

美国 GE 公司意识到，工业互联网可以帮助制造企业向服务业延伸和转型。故而，GE 公司试图借助这种潮流，通过帮助其他制造企业转型，实现 GE 公司自身从“制造企业”到“软件企业”

的转型。GE 公司著名的工业互联网平台 Predix 就是在这种思想下产生的。但 GE 在推动 Predix 时有些操之过急，导致技术的投入产出比不合适，遇到了不少的麻烦。

#### 五、智能制造的中国观点

“流水线上的个性化定制”和“设备预测式维护”常被看作工业 4.0、工业互联网的“标签式特征”。然而，多数企业未必需要个性化定制、多数设备也未必能做到预测式维护。这些问题给很多企业带来了困惑。面对这些困惑，需要更加深入的思考。

人类努力工作的目的，是为了人类自身更幸福。而当经济发展到一定的程度，人类开始追求更好的工作环境。这时，更人性化的工作环境意味着对优秀人才的吸引力更大，故而能为企业带来经济价值，因此可以从人类如何工作的角度，分析未来工业的明天。

事实上，国内有多家科技团队，不约而同地从“人”的角度，分析了智能制造未来的发展思路。

平行系统的概念来源于 2004 年王飞跃发表的《平行系统方法与复杂系统的管理和控制》文章

中。平行系统采用复杂系统研究中的“多重世界”观点,对复杂系统进行建模时,不再以与实际复杂系统的逼近程度作为唯一标准,并将平行系统看作是实际复杂系统的一种可能的替代形式和实现方式,实际复杂系统的行为与平行系统的行为“不同”但却“等价”。对于复杂的制造系统,如石化生产、机床制造等,通过建立与实际系统平行运行的人工制造系统,并在人工系统上虚拟运行和优化生产方案、利用虚拟系统培训员工、预测实际系统维修维护节点,形成平行制造系统,可以为企业节省成本、提高效率。在平行工业时代,一方面,企业可以借助虚实系统的平行演化及闭环反馈,协同优化管理系统内部流程执行、生产制造以及资源调度。另一方面,基于知识自动化技术,社会情报服务系统实时将数据转化为客户需求,快速响应市场变化,同时通过任务分解、快速重组、众包等方式集合小微创新和群体智慧来创造产品,从而减少投放时间、增加市场份额。同时,网民借助物联网、互联网、移动互联网的无缝连接,表达自身个性化需求及创意,可全面参与产品创新的整个生产制造流程,实现实时化、个性化、大规模的“灵敏”移动“智造”。这种平行工业时代的制造模式称之为平行制造。

为平行制造。

2016年胡虎、赵敏等提出“三体智能”的思想,从物理实体、意识人体、数字虚体之间联接融合的角度,观察智能的发展路径。2017年,周济等提出HCPS(human-cyber-physical systems,人-信息-物理系统)的思想,提出人借助赛博(Cyber)空间改变人与物理世界的关系。

与国外相关理论对比,这些思想的相似度很高,都着眼于人在智能制造发展过程中的作用和角色。这些思想虽然抽象,却是有操作性的。其发展的逻辑,可以从互联网的应用谈起。

随着自动化的发展和广泛应用,人类逐渐摆脱繁重的体力劳动。在此基础上,又可以通过互联网让人体逐渐远离危险、恶劣的工作现场。换句话说,工作人员可以通过赛博空间来管控物理世界。

人类通过这种方式工作时,本质上起到了决策算法的作用。于是,计算机代替人类决策的可能性进一步提升。决策的基础是知识和信息,拥有更多知识和信息的主体,有条件做出更优的决策。在传统工业阶段,人类的很多信息是通过感觉器官获得的,而机器获得的信息有限。这时,人类具有信息优势,故而有条件做出更优的决策。但是,在新的

工作模式下,人类从现场获得的所有信息都是从计算机获得的,人类的信息优势不再了。这时,只要计算机补上“知识”的短板,并具有处理信息能力更强、更快的优势,就可能获得更加显著的“决策优势”。所以,在进一步的发展过程中,人类会把越来越多的知识赋予计算机。另外,随着数据的不断积累,将逐步进入工业大数据时代,计算机主动获得知识的能力也会越来越强。这样发展下去,机器代替人类决策的能力将会越来越强,在某些场景下甚至超越人类本身。这样,人类将进入“新一代智能制造”阶段,或真正的 intelligent manufacture 时代。

在这个时代,人类将会脱离对 Cyber 空间的实时控制,有利于摆脱紧张、枯燥的脑力劳动,进而从事具有创造性的、对 Cyber 空间的完善性工作,为 Cyber 空间注入新的知识。

一定程度上,新一轮工业革命中的智能制造就是综合利用搜索技术、先进的生产制造技术、社会服务应用(社会媒体)及泛在的移动终端设备,通过众包等方式让社会民众充分参与产品的全生命周期生产制造过程,实现实时化、个性化、大规模创新和“敏捷移动智造”,或称社会智造。不久的将来,一

个企业的竞争力和实力，很大程度上可能并不取决于其外在规模与资产的大小，而取决于其掌控动态网群组织（cyber movement organization, CMO）的手段和能力，取决于其对虚实互动的认识、实践和效率，取决于与其伴生的人工企业之规模和深度。工业化和信息化的深度融合必将是平行工厂、平行企业、平行制造的应用和普及。

## 六、智能制造推进路径的策划

“ICT 技术与制造业的深度融合”是认识智能制造的一个角度。然而，很多企业发现，采用了机器人设备，成本增加了，效益却没有增加；收集了大量的数据，却难以发现有价值的知识；降低了劳动者的工作强度，却没有产出更多的价值。这让很多企业陷入困惑。

上述现象的本质，是技术的经济性差、没有取得经济上的成功。事实上，技术先进与经济性好并不是一回事。经济学家熊彼特很早就意识到这个问题，他指出：发明并不等于创新，只有将发明用于经济活动并且取得成功才是为创新。

推动智能制造健康发展，关键是要让技术具备良好的经济

性。为了提高经济性，新技术的采用“要雪中送炭，不要锦上添花”。企业对技术有强烈需求时，技术才具备经济性。这个原则，在智能制造时代仍然成立。

企业需求不是抽象的，而是来源于具体业务场景。业务场景不同，需求的强度就不同、带来的价值就不一样。例如，GE 公司的技术用在飞机发动机上具备经济性，但用在廉价玩具飞机上可能就不具备经济性。从趋势上看，先进技术用在高端产业的价值大、用在低端产业的价值就小。中国的低端产业多、比例大，这是中国企业推进智能制造时困惑更多的原因。

具体地看，鉴于中国低端制造业相对较多、劳动力成本相对较低的国情，智能制造不能只是着眼于让机器代替人的工作，更要着眼于帮助人更高效地工作、让机器做得比人更好。在适合智能制造的场景中，人类的工作效果往往受制于生理约束、尤其是脑力约束。这时，智能制造的技术优势就容易转化成经济优势。智能制造的相关理论，都会针对一个复杂的 Cyber 空间、涉及极其复杂的协同工作和大量资源的实时调动。这时，决策过程的复杂性就会冲击人的脑力极限。所以，用智能化的手段，就能把相关问题管理的更好，进而可以创

造更多的价值。

中国企业的困惑往往是因为难以找到适合智能制造技术的场景。对此，企业家应该主动改变企业本身来创造新的业务场景。这种工作实际上是为智能技术的应用创造了合适的需求。这样才是 ICT 技术与制造业的“深度融合”。而“创造场景”的活动本质上就是所谓的“转型升级”。转型升级是工作流程、组织结构、业务模式、商业模式的改变，是资源的重新配置，也是质量效率的提高、研发服务等业务的增强。

智能制造能够推进企业转型升级。这种现象可以换个角度表述，转型升级为智能制造技术创造需求和合适的应用场景。从这个角度认识的意义在于，推进智能制造首先应该是企业家考虑的战略问题，而不是技术人员负责的技术问题。技术人员往往只能从固有的业务场景考虑问题，自然会遇到很多困惑。企业家考虑清楚了，才能建立适合智能制造的业务场景，为技术创造需求。当然，企业转型升级并非为了应用智能制造技术，而是为了适应社会发展和市场的需要、提高企业的经济性。

## 七、企业推进智能制造的外部环境

很多人意识到，智能制造的很多理念、理论和技术其实“并不先进”，几十年前就有人提出过、研究过、实践过。事实正是这样，从根本上说，变化的不是人的思想，而是社会需求和技术条件。这些变化使得相关技术的经济性发生了本质性的变化。

从技术可行性方面看，随着 ICT 技术的发展，计算机和互联网的性能越来越好。过去很多无法实时感知、实时处理的信息已有实现的条件。同时，相关技术成本的降低、互联网可配置资源的增加，也使得很多场景的技术经济性发生逆转。

从需求角度看，国家的经济转型、老龄化等挑战，为推进智能制造带来了巨大的需求和动力。改革开放 40 年来，中低端制造业几乎全面过剩、市场竞争越来越激烈。在此背景下，企业必须提高质量、加强创新和服务能力、提高快速响应能力。同时，劳动力市场也由“无限供给”变成了“供不应求”，企业的劳动力成本不断上升。在可以预见的未来，两种趋势将越来越严重，并影响经济的发展速度。如果不能提高劳动生产率和产品附加值，中国的经济发展就会停滞、乃至衰退。这是中国必须推进智能制造、加快企业转型升级的根本原因。

企业转型升级的方向，要遵从社会和市场发展的规律、避免方向的偏离。就此而言，无论是社会需求还是技术能力，都需要企业更加重视产品质量。企业必须抛弃过去重成本、轻质量的观念和传统，也不能抛开基本的质量要求满足个性化需求。事实上，个性化定制往往针对质量要求较高的人群。所以，用低质量的产品去满足个性化需求，往往与经济性背道而驰。

企业的转型升级还要把握好节奏、要结合具体的国情，不能盲目地减人、提高自动化智能化程度。劳动者素质相对较差、管理水平相对较低是中国企业普遍存在的问题。部分企业因人为因素导致的失误远远多于企业的利润。所以，用智能化的技术兼顾代替人、帮助人、管理人，就会得到很好的经济效果。

然而，人们往往倾向于掩盖与自己相关的“跑冒滴漏”。所以，对管理者来说，价值损失往往是隐藏的。要改变这些现象，企业通常需要首先进行组织流程和制度的变革、改变利益关系。这在本质上也是一种转型升级。

## 结论

从某种意义上说，转型升级和 ICT 相关技术的应用是一体

两面。但在实际运作过程中，却是由不同层级的人员来实施的。如果两者的协同互动处理不好，就很难推动。显然，企业转型升级的目的不是为了应用智能制造的相关技术，而是为了适应市场和环境的变化。因此，转型升级的方向，首先应该由企业家来把握。从技术经济性的角度看智能制造，绝不是单纯的科技问题，而是要看到企业管理、社会发展等方面的问题。只有在这样的视野下，才能避免片面地认识问题。

智能制造的目的是创造价值，对智能制造的研究应该围绕着技术如何创造价值展开、而不是沉溺于学术概念。这就要理解智能制造创造价值的逻辑。从手段上看，智能制造可以看作 ICT 技术与制造业的深度融合，也就是用 ICT 技术提升企业相关业务的经济性。提升经济性的方式一般是促进企业相关业务活动中的多方协同、资源共享、知识重用。

智能制造的推进往往是一个困难的过程，这个过程通常与企业转型升级过程相伴。技术应用都是需要付出成本的，只有将技术用于合适的场景，创造的价值才能超过成本的支出。对中国很多企业来说，这样的场景并不是天生存在的，需要通过转型升级才能创造出来。MT

# 中国仿真软件坎坷路



中国机械工程学会知识中心 林雪萍

智能制造吸引了所有通向数字殿堂的好奇，而在大堂之内，计算机仿真 CAE 是最为重要的基石。所有关于数字制造的设想，都在以隐蔽的姿势，指向这个基石。高端装备制造更是如此。美国仿真软件 NASTRAN 作为 CAE 软件的代表，已经成为飞机设计仿真分析的标准软件。设计方案如果不用 NASTRAN 分析计算过的，是根本无法通过美国 FAA 的适航取证。然而在高端仿真 CAE 领域，中国几乎全军覆没。这个行业也成为几乎不可见的“微生物产业”。

10 月 29 日，美国商务部对国产新兴存储器企业福建晋华集成电路有限公司（以下简称“晋华”）突下禁运令。

10 月 30 日，光刻机巨头美

国应用材料股份有限公司、泛林集团等公司马上实施对晋华断供，驻厂人员瞬即撤走。美国的工业软件也应声停止供应。投资 370 亿的晋华立刻陷入瘫痪。

## 一、中国好像睡着了

从美国仿真软件 CAE 的发展历史来看，CAE 无疑是一种美国国家战略意志的结晶。美国宇航局（NASA）、西屋核电和美国国防部的代码转移和扶持，使得美国早期 CAE 软件公司，成功地从科研机构，进入了市场之中。随后，这些 CAE 企业进行了波澜壮阔的并购。

在翻看国外工业仿真软件 CAE 巨头的鲨鱼进化史中，我们发现这些行业先锋能活到今天，

充满了疯狂并购的味道。在过去十年中，仅仅行业的 Top5 的仿真软件公司，并购次数高达 65 次。每一次整合，都会酝酿出一个更大的知识火山。人类工业知识迅速聚集，使得这些工业软件企业成为工业界最聪明的工业公司。

这个市场，是人类工程师智慧的整体拼盘，也是一个带有强烈的国际化知识流动与融合的结果。这个市场，是一个大鱼自由吃鱼的海洋。

而这一切，都跟中国 CAE 的市场无关。

中国 CAE 本身发展动静不大，池子里鱼也并不多，屈指可数，而且都很小，只是一些礁石缝隙里面才能找到。一边是天天喷火的国际火山口，一边是波澜不惊的中国宁静之湖。这是工业

不妨更加直接地说，中外 CAE 的差距，就是中国与发达国家工业化水平的最直接的标尺。三十年，不过是它的一个基本量度。全世界最优秀的工程师的经

然而，这种说法对于那些曾经奋斗青春的 CAE 斗士们，其实也不公平。20 世纪 80 年代后期，中国 CAE 领域也出现了一个百花齐放的小阳春。以中科院、北大、大连理工、清华等为代表的一批高校和科研人员开始做相关的软件开发。一时间中科院梁国平教授独树一帜的有限元语言 FEPG 和火箭、大连理工的顾元宪和张洪武教授的 JIFEX、29 基地的风雷软件、中航工业强度所的

然而，到了今天，这些仿真软件固然仍旧在发挥一些作用，但用户量都极小，基本都不成气候，深处闺中。令人倍感唏嘘的是，三十年前的一些版本，至今仍然有人在运行，飞箭、紫瑞至今仍有数百余套 CAE 软件在被使用。它们就像一辆几十年前的凤凰自行车，嘎吱嘎吱地还可以转动几下。

2014年9月，一群国内外



赶来的源软件开发人员和家属，在北大燕园举行了一次很小的聚会，庆祝通用结构力学分析程序 SAP84 应用三十年。只是，这是一次亲情的聚会，与软件无关、与行业无关。

SAP84 曾经是一个响当当的名字，这是由北大力学系袁明武教授主持开发。回国后，他以美国加州伯克利大学 SAP80 软件（非现在的德国 ERP 软件，而是 80 年代国内最早广泛应用的一款结构分析 FEA 软件，早期以主机系统为主，输入端为穿孔纸带）为基础，没有经费支持的情况下，毅然走上了在个人计算机上开发计算力学软件之路。经历了学习消化和自主创新阶段，到 1984 年的时候，新版本功能大大超过了当初的 SAP80，这也是名字中含有“84”的由来。袁明武教授彼时已经坚定地认为，开发工业软件，是力学与工程实践相结合的必由之路。

后来这个软件的各个版本，被国内一千多家用户，应用于在工程设计和研究场合。在长江三峡大坝的初步设计、黄河小浪底枢纽工程抗震分析、北京西客站屋顶结构等都有用过，此外也用于客车车身强度验算等机械产品。然而，这个面向通用仿真



图 2 SAP84 的源程序和计算机  
(2018 年 11 月摄于北大)

的软件，最终还是在商业应用上折戟。

后来，袁明武教授得出一个结论：CAE 在中国没有前途。这是一个伤透了心的结论。

另外则是一个还在苦守初心的例子。

中科院研究员梁国平在 1989

开发出来通用性仿真软件 FEPPG，其最大的原创性是有限元语言，执行效率很高。这个创举，连当时世界排名第二的仿真软件公司 MSC 都注意到了。从报纸上看到这条消息之后，MSC 甚至跑过来跟梁先生谈收购。不用说，MSC 这种过于市场化的想法，在当时

的业界简直是天方夜谭。

梁国平的成果得到了广泛的肯定，一时间赞誉无数。

1993年7月26日的《人民日报》曾经如此报道，“梁国平首创有限元程序自动生成系统，数天内可完成数月才能完成的编程工作”。

严谨的中科院鉴定委员会1993年8月也给出了这样的评价，“该系统不同于通常的有限元程序，而是有限元程序的生成系统，使用者只要提供相应信息，就能自动生成所需的有限元 FORTRAN 源程序……该系统已达到国际领先水平。”

1996年，科技部的前身，科技委在研究成果公报 960960 中，也正式公布了对这项成果的认可。

此一刻，中科院数学所领导表现出非常开明的一面，鼓励梁国平去做市场，并在中科院图书馆后面一个小楼提供场所。此时梁国平四处筹款之后，正式成立飞箭公司，打算大干一场，而他的人才标准也很简单，“北大、清华、中科院”，别的学校学生都不要。梁国平并没有细想过，高材生意味着什么样的成本支出。

随后梁国平一直紧跟科技最

前沿的发展，2000年开发了全球首套互联网有限元软件，这是紧随1999年互联网泡沫危机而产生。不用说，这种理念在当时，实在是太过于领先了。

到了2006年，高性能计算 HPC 开始兴起。不同于串行计算，并行计算可以在数千个 CPU 分配和调度任务。就在这一年，梁国平推出了 FEPG 的升级版本，也就是并行计算 pFEPG。2009年借助天津市的一点有利的政策支持，以梁的并行仿真技术为基础的元计算公司成立。

这一年，也是美国确立计算仿真战略高地的一年。美国总统信息技术委员会《计算机科学：确保美国竞争力》以及美国国家科学基金委的《基于仿真的工程科学 SBES》的报告，先后被提交给了美国总统。几乎同时，中科院也在2007年向国务院提出发展建模仿真的战略，可惜这个极具战略远见的提议，后来不知卡在何处，石沉大海。

即使有着如此领先的意识和技术，然而资本的投入，却是极为有限的。梁坚持认为，一心只做基础研究就足够。然而作为公司总要有个公司的盈利原则。实际上，元计算公司，做了大量的工程研究的基础工作，像是在

做国家院所要做的事情。这种坚持做通用型仿真的努力，对比国外仿真公司每年动辄数亿美元的研发投入，几乎不值一提。对于梁国平而言，除了资金之外，更重要的是后继无人，当年非“三大院校”莫属的招生规则已经成为历史，没有年轻人会有时间来苦守如此寒窗。

这是中国 CAE 搞正向研发的一个标准缩影。这个缩影，正在逐渐减小，也许很快就不再可见。

### 三、大学院所的创新困境

中国 CAE 发展之路，与国外相比，走过一条完全不同的发展路线。

国外 CAE 厂商的发展，源头往往都是来自工业制造本身，很多都脱胎于工业工程技术的需要，然后借助于资本和并购的驱动，实现接连撑杆跳的跳龙门。美国早期 CAE 都是通过国家资助得以发展。像早期的商业化仿真软件 MSC、UG、SDRC 都有美国宇航局的影子，当前最大的仿真软件 ANSYS 背后有西屋核电的支撑。国家资助的项目，在经历过基础研究之后，后期都会转为公司做商业化扩散。

而中国 CAE，则基本上都是走了一条从高校科研出发、止步于院所的路线。尽管起步很早，早在 1960s 就提出有限元方法，完全与国际同步。但随后的产业化，却差强人意。三十年过去了，浪费了大量的人力、少量的金钱（对工业软件一向缺乏认识的中国科技界，还真没投什么钱），硕果无存。最重要的是，错过了最佳发展的时间窗口。

在中国，研究院所还可以得到一些有限的资助，做软件的开发和尝试。

然而课题一旦结束，软件基本就会被封存。至于后期再进行转化，完全没有经费支持。然而软件工程的经验，一个有效的软件要走向市场，需要经历过三个阶段：基础研发、工程应用到最后的商业转化，这三个阶段的投入为 1:5:25。中国基础研发过后，就再无下文。因为从基础研究，到真正的商业化，还有 90% 以上的投入未能到位。这是中国工业软件未能从院所实验室成功转化为社会化商品的重大遗憾。换言之，投入不足，产业转化不畅通。在科研院所，只能靠一波一波流水的学生“兵”，做零星的缝补工作，很少得到工业应用的实际反馈和迭代提升。而对于所有在

研究生而言，写论文自然又是最为重要的事情。

中国发展 CAE 的失败历史表明，单独从高校院所发展工业软件并不可行。一个最为重要的问题是，大学院所往往都是引文数据指标的 SCI 为导向，而评审专家在科研项目的结题验收时主要就是考察 SCI 统计结果。因为评审专家往往不能在一两天内全部了解掌握技术。事实上，通过国外 CAE 软件进行验证计算，所产生的 SCI 论文，会比自行研发 CAE 技术产生论文成果，要容易得多。许多行业的复杂分析，有时圈内形成了一个事实上的行业标准，需要使用某些权威软件进行结果标定才能认定，这样，大大限制了一些小众的自研 CAE 软件的市场应用积极性。

可以毫不夸张地说，对于试图走向工程化应用、走向科技转化的科研项目而言，SCI 就是科技转化的毒瘤。

在航天院所，同样存在转化不通的问题。航空 CAE 资深专家岳中第，在回忆几十年前参与开发航空结构分析软件 HAJIF 的历史，感觉当时都是国家行政命令。

HAJIF 经过航空研发几代人打拼，从 20 世纪 70 年代由强度专家冯钟越开始立项，中间不断

扩展，到 1985 年的时候，已经发展到 III 型。一时间，HAJIF 应用到在研的多种新飞机型号，其基本功能已经覆盖当时国外主流系统。然而，由于缺乏持续的开发和运营，缺乏市场化的动力、资金和支撑机制，直到今天，HAJIF 一直处于苦苦支撑的局面。机制不明，未见源头活水，依然是掣心之痛。

中国 CAE 软件发展的失败，与国外软件在中国的长驱直入也有着直接关系。彼时，国人尚不清楚如何保持稚嫩的工业产业，尤其是工业软件这种几乎看不见的领域。1996 年前后，国外仿真软件陆续进入中国。美国商业化成熟度很高的 ANSYS、MSC 先后进入中国市场，友好亲和的用户界面，奇快的计算速度，很快将刚刚起步的国产仿真软件打下马来。而四处蔓延的盗版软件，则进一步挤压了市场空间。没有大资金接应，又没有用户的反馈，这些院所出身的 CAE 软件很快陷入困境。

工业软件最大的特点就是，它是从用户的使用中成长出来的。

只有与用户市场紧密地捆绑在一起，才是工业软件发展的正确之道。而在中国，科技部和自

然基金委往往只抓基础研究，工信部会认为工业软件的研发是企业自己的事情（当然，即使有资金也是有限得很），国资委和发改委所持有的装备制造用户大本营又很难对国产工业软件开放。这三大各自为阵的拧巴体系，使得工业软件这一投资巨大，需要多层转化才能成熟的技术类型，毫不意外地走向穷途。

除了国外软件的大举进入，盗版江湖的挤压，高层人士对软件这种特殊商品的认知也存在偏颇。在科工局系统的生产/研发条件的保障中，一直对“软件”采取“硬件设备”方式进行参数描述和项目上报，而对每年的维保续费，没有单独开列。殊不知，国外的软件公司正是依靠稳定的每年维保续费，保持了高昂软件开发和性能升级迭代的良性循环。

工业软件的困境，其实也是中国多年倡导产学研但却成果寥寥的一个微不足道的案例而已。

#### 四、工业软件沦为“微生物产业”

这个行业自己正在失去辨识度。随着各家学院派软件的凋落，行业越来越成为寂静之地。2006

年，曾经是 CAE 行业声音最为洪亮的一个年份。当年中科院举办的《CAE 自主创新发展战略》论坛，高校院所、各大用户如汽轮机厂、船舶工业等，纷纷端出自己的几近工程化的软件成果，吉林大学胡平教授的汽车车身结构制造分析 KMAS 软件、中科院力学所傅德薰的多尺度高精度计算 HOAM 软件等，都是大家非常关注的对象。那真的是一个美好的时代，许多种子都在萌芽之中。而在更早的 70 年代，大连理工就有“上海小分队”的故事——钱令希院士派遣，钟万勰院士带头，到上海研发软件。当时上海既有计算机等硬件条件，又有具体的工程任务。大连技术与上海硬件、上海需求的三体结合，造就了一段辉煌升腾的故事。

就在这次会议上，北大袁明武教授再次提出一个严肃的问题，自主 CAE 有了一些有限用户，但想要继续扩大战果，在资金上已经完全难以为继，进一步研发已经是“奄奄一息”。

2008 年“发展 CAE 软件产业的战略对策”的香山会议，应该是最后一次像样的产业呐喊了。

当时钟万勰院士非常清晰地指出，“CAE 已经成为数字设计与制造的核心”，这是对传统的

实验室反复试制模式的一次巨大的颠覆。而这，离 2014 年德国工业 4.0 开始广泛引发人们对数字化制造思考，整整提前了 6 年。而在当时，自然并没有引起多少人注意。香山会议，也是学者们为中国 CAE 发展而歃血而盟最后一次的集体担当了：所有的问题，都已经指出来了。但没有部门牵头推进。

行业内有一本非常专业的杂志——《计算机辅助工程 CAE》，到了 2012 年开始改刊，从季刊变成双月刊。此前大连理工的钟万勰院士，还一直在杂志上呼吁国产 CAE 软件。在 2012 年最后一次刊有自主可控 CAE 软件一直奔波的陆仲绩先生的文章之后，再无行业发展的消息。这个刊物就变成了国外仿真软件交流的学习平台。同样，这样的冲击也发生在大学校园。许多大学放弃自主研发的方向，将课堂变成传授如何使用进口软件系统的阵地。难怪行业里会问，“难道中国大学的计算力学教育，就是教授如何使用进口软件？”

这是一个曾经大师闪耀，但现在却寂静无声的舞台。

在这个舞台上，现在只能看见国外 CAE 软件的纵横驰骋。从 20 世纪开始的数学家冯康、大连

理工的钱令希教授、中航工业的岳中第、北京航空制造所的王普总工程师等，都曾经创造了一代人的辉煌。然而，由于行业发展式微，许多原来在这个行业有所建树的院士纷纷远离这个行业。只有大连理工两位院士、清华大学的柳百成院士等少数派，仍然在不知疲倦地在为行业而孤独地战斗。按照钟万勰院士自己的说法是，“我从1970年开始自主开发结构有限元软件，大连理工大学在此方向坚持了6代人40余年，可谓屡败屡战。”

2018年10月份，发改委面向社会，征集《战略性新兴产业指导目录（2016）》修改建议，旨在推动国内工业软件发展的“工业软件论坛”，发起了建议提升“工业软件的目录等级”的建议，钟万勰、程耿东院士迅速亲自签名，为CAE的发展而助威。彼时钟院士还在医院治疗。他们太希望这个行业能够得到它应该得到的重视。

然而在有些部委的项目中，居然要为这类软件是否立项，进行争论。数字化设计和仿真软件，不可一日停止攻坚，因为这是中国制造走向未来的根基，没有这些软件的支撑，谈什么智能制造、先进制造，几乎都是空谈。重要

的是，有了这类软件国产阵地的坚守，不管做的有多艰苦，就会留有一批人才和一手备用棋。在特殊时期，就是最温暖的火种。而机制得当，这些火种还是会扶摇而起。

美国商务部的出口管制清单中，对中国高科技屡屡设限。

然而中国每前进一步，管制清单就会退一步。当我们需要开发某项技术或者高科技产品的时候，国外就会通过“瓦格纳协议”、“管制清单”进行横压；然而中国一旦有突破，国外立刻就会放松限制，在市场用成熟产品碾压中国刚起步的弱小幼苗。在今天，像欧拉型大范围爆炸、水下爆破、高端气动弹性和高超声速等仿真软件，仍然实施禁运，许多CAE软件都会禁卖给军工企业。像在碰撞、爆炸行业领头羊LS-DYNA软件的很多模型根本不对中国销售，全球非线性有限元软件行业的标杆MARC也曾经禁运过，而工程模拟的有限元软件Abaqus，则通过限32核从而对计算能力进行限制。

在20世纪80年代刚刚起步的中国CAE、CAD软件，最终没能发展起来，与90年代大量国外软件迅速进入中国市场，从用户体验和高校教育两个维度的反

复碾压，而中国又未能提前规划有效保护国产工业软件，有着最为直接的关系。

中国工业软件的三大代表软件：CAD、CAE、EDA，已经成为弱小“微生物产业”。作用巨大，但不可见，更谈不上重视。然而，工业软件就是这样天生“娇贵”的工业战略品，初期的发展就是吸金巨兽（企业是万万承担不起的），随后是需要用户百般呵护的“刁主”，最后百炼成钢，才能成为一代工业天骄。

国之重器，缘何成为产业缝隙中无人关注的“微生物”？哀莫大于心死。一方面中国惊呼卡脖子之痛，一方面卡脖子行业自身被打入冷宫。作为工业明珠的行业江湖，居然门庭冷落。这是一个标准的“公地悲剧”。

## 五、中国CAE产业的四大流派

没有国家的支持，这个行业只能以一种“饿着肚子闹革命”的姿态，继续前行。中国CAE市场现在活跃着四大流派，分别是学院派、传统派、代理派和在线派。

学院派是指从院所高校发展而来。这里面包括以中科院为

源头的元计算公司的 IFEPG、空气动力研究所的围绕计算流体力学的风雷软件、航空工业强度所 623 的航空结构分析 HAJIF（这是 1975 年就开始研发的老宝贝）、大连理工的 SiPESC 仿真（前身 JIFEX）、华中科技大学冲压成型分析的华铸 CAE、西安电子科技大学的大规模并行电磁计算软件 Laspcem 和华中教授所创办的苏州同元 MWorks。这类学院派的特点是依靠院所资源，理论功底比较强，基本功很扎实。这其中，最为传奇的是大连理工，在钱令希校长、钟万勰院士、程耿东院士等人的悉心耕耘下，从一开始的有限元软件 DDJ（多载荷多工况结构分析）开始，到顾元宪和张洪武教授主要完善了 JIFEX。一直到现在，几乎是三代人的传承，中间也有很多产品在市面上服务。尽管在 90 年代，当时都没有完整的说明书，以至于很难说是一个完全商业化的商品。但是这么多年，却是前赴后继，培养了很多。

火种四处存放，或许只是在等待合适燃烧的时机。

仿真软件最大的亮点，来自建筑领域。土木工程的结构分析软件 PKPM，是由中国建筑科学研究院研制开发，由于加入了建筑

结构设计规范，结合本土应用，一举成为我国用户最多的自主开发的有限元分析软件。

与高端设计软件 CAD 高度垄断市场有所不同，在通用仿真分析领域，尽管国外的仿真软件如 ANSYS、澳汰尔 ALTAIR、MSC 等占据了几乎全部份额和用户，但是由于仿真往往有许多非常强的专业性，很多场合只能通过专业仿真软件来实现。再加上 CAE 软件一套价格不菲。因此，国产 CAE 软件仍然有一定的市场缝隙，不至于被饿死。

这一点，尤其体现在传统派。他们的创始人往往是技术骨干，却走着垂直路线。包括大连英特、西安前沿、以透平为主攻方向的合肥太泽透平、以军工行业为方向的上海索辰、国内唯一商业化走电磁仿真专业路线的上海东峻、以多场耦合见长的北京超算科技。

如果仔细观察，石头缝里还是有很多国产的惊喜和盎然的生命力。

北京希格玛仿真，压力容器行业做国产 CAE 工具，体量比较小。但在石化压力容器行业也是跟老外抗衡的唯一国产货。而济南圣泉则以行业里少有的战略并购眼光，从韩国收购了铸造软件

AnyCasting，深耕铸造行业。而专注 PCBA 工艺设计仿真的上海望友，则致力于对标被西门子刚刚收购的 EDA 软件 Mentor 旗下 Valor 产品线。

第三类是代理商自研的力量，这可以算是老兵的新战场吧。例如专注于高空高速流动的专业 CFD 软件的北京海基、ANSYS 的代理商安世亚太的协同仿真平台等。在中国，做代理的，没有不希望可以研发出自己的软件。代理商为不同 CAD、CAE 软件二次开发，实现软件之间的数据传递，基本上属于客户定制化的开发，并没有触及核心算法问题。因此，基于自主研发，恐怕是迟早要赶的路。替别人抱养孩子的时代，已经翻篇了。

值得眼前一亮的是代表新锐实力的在线派，包括上海数巧的 SimRight、北京蓝威的 EasyCAE、北京云道智造、杭州远算科技的云格物，以及围绕压铸的北京适创科技。还有在美国创业做结构和热分析的 Welsim 等，都在在线领域试图撕开传统仿真巨头的一个口子。在线仿真作为一个面向未来的新兴市场，一方面可以较好地避开盗版问题，为新兴企业留有一点点利润可以糊口喘息；另一方面则是其

全新的架构设计，和快速的服务响应，更好地适应中小企业的需要。由于这些公司创始人都非常年轻，而且往往都在国外大型仿真软件公司有过长时间开发的经验。当下正是生命力蓬勃发展的最好时机。这或许是未来中国仿真的中坚力量。

## 六、硬骨头必须啃下去

随着数字制造的发展，计算机仿真越来越成为一种真正的核心底层技术。作为一个软件企业，必须注重市场规则，避重就轻，不去啃这块硬骨头。然而要真正做到自主可控，国家必须吃硬干粮。因为 CAE 的安全，就是工业的安全。

然而这背后首先需要回答的一个问题是：仿真软件，是不是国家战略工业品？出乎很多人意料，仿真软件 CAE 要完成成熟的商业化产品，投资规模虽然会小于大飞机，但技术密集度并不低于歼-20 的实现。

没有技术固然可怕，更可怕的是对技术缺失的忽视。西方国家对中国直接禁运的产品，中国还有意识去正面追赶；而很多可以拿钱买来的工业品，则往往不

被重视。西方许多通用的工业商用软件，似乎从来未让中国产生担心。然而美国工业软件四月份对中兴的禁售，却是一次最为警醒的闷雷。一旦工业软件断供，所有的国防武器装备的设计制造，都存在巨大的风险。

中国自主的仿真 CAE 技术，在 20 世纪 80 年代，曾经是离国外技术最为接近的一刻。可惜那个时候并不知道工业软件的价值。“拿来就用，大干快跑”的实用工具主义主宰了当时的市场。中国的 CAE，没有输在起跑线，却在接力赛中败在交接棒上。起跑线上本是一步之遥；几圈下来，我们几乎已经不在赛道上。

然而，此知不归，吾亦往矣，中国自主仿真 CAE 到了绕不开而必须正面突破的时候了。两代人的热望，既有“白头搔更短，浑欲不胜簪”之老夫守更，也有“小荷才露尖尖角，早有蜻蜓立上头”的新秀登场，都是中国自主 CAE 行业坚守的地方。中国工业软件的发展并不是技术落后问题，而是如何工程化和商业化的问题。这是禁锢国产 CAE 发展的最大瓶颈。当前中国制造正在面临全新的攻坚战，各个战场都走向了正面突破之路。而在仿真 CAE 领域，民营企业还在缝隙中坚持着野百

合式的春天，这是中国 CAE 市场仅存的一点希望了。

## 结束语

现在中国正在大力推动军民融合，其实美国的 CAE 发展历史，就是在 60、70 年代，军方大力支持 CAE 的初期发展，然后再普及到民品。这需要国家战略层面的重视，单纯民间资本推动，断无可能。像前面提到的对中国禁运的爆炸仿真软件 LSTC 公司，目前有 100 多位博士，全职开发 LS-DYNA。而更需要提及的是，之前军方的项目长期支撑，才能保持这样的工业软件继续发展。

2018 年，对于中国制造最大的一个警世恒言是：工业软件的断供，其实是很容易操作的。这是一颗现实、随时可引爆的遥控炸弹。

回顾中国仿真软件发展的这一段历史，让我们重新端详那些燃烧过的初心之火：它还在闪烁之中。肃然起敬的回顾，也是找回工业思维的修复之旅。对工业软件的重视程度，是一个国家工业文明的最好度量。MT

（鸣谢北京大学工学院陈璞教授，达索系统赵文功先生，及周少林先生提供的帮助）

# 物流装备企业进入制造业物流的路径建议



上海天睿物流咨询有限公司 邱伏生

近年来，中国物流装备行业快速发展，技术创新突飞猛进。而随着《中国制造 2025》向纵深推动，越来越多的制造企业需要推动物流智能化，这为物流装备企业提供了新的机遇。本文主要对物流装备企业进入制造业物流的路径进行了分析，并建议物流装备企业要深入了解智能制造物流的逻辑和作业场景需求，从解决功能性要求转为解决系统性要求。

## 1. 智能制造需要合理的智能物流体系

众所周知，制造的对象是物

料或者产品，而物料在供应链体系中是动态的，受到多要素控制和影响，智能制造（智能物流）最大的特点是“物料会说话”。

什么是合理的智能物流体系？真正能够契合企业智能化战略发展路径和要求的智能物流体系，并且能够有效达成、产生期望的效益，就可以认为是合理的。于是，在物料流动中，物料“是否说话”，是否“说得上话”，“说的话”是否有效，智能物流设施对于其“语言”是否有效响应；当产生了过程差异的时候，关联物流设备是否能够自组织、自我管理、自反馈，这些就成为物流系统是否智能化的重要标志。

随着各个行业智能制造的试点与推动，智能工厂建设呈现出如火如荼的景象，尤其是汽车及其零部件行业、乳品行业、家电行业、电子行业、家居行业、服装行业、机械行业等领域，典型案例层出不穷；如一汽大众、伊利、海尔、美的、三一重工、富士康、索菲亚、海康威视、红领西服等等，均有很好的探索。且不说这些企业发展智能制造的有效性怎么样，关于物流设备如何进场、应用，是供应商和客户都非常关注的。

笔者听到不少客户都抱怨过：“物流仓储设施供应商不专业，不了解我们的需求，只想卖

产品!”、“设备调试花了5个月的时间，还连不起来”、“立体库运行速度无法满足生产流量的要求”、“售后维护服务反应太慢，害得我们经常停产”……

而另一方面，物流设备供应商也有自己的苦衷：“这家客户只想降价，通过招投标挑动价格战”、“这家客户很不专业，不相信我们的方案可以搞定”、“这家客户尾款收不回来”、“这家客户连简单的设备运营维护都不行，大小事件都要我们赶过去，累死了”……

以上问题的存在，无法简单判断是哪一方的过错，但显示出当前制造业物流体系的合理性存在严重缺陷。

当物流设备提供方不了解客户要求时，可能提供的产品和服务就是“不合理的”；当物流设备调试时间太长，立体库处理能力无法满足要求，客户无法理解和掌握智能物流设施的运作模式，智能物流系统BUG很多，也就是“不合理的”。

智能物流是智能制造的重要组成部分。只有智能物流体系才能够将供应链上所有的制造元素

动态地联系起来，为数字化、网络化、智能化制造提供物料基础。智能仓储设施之于物流，犹如智能制造设施之于生产，不可或缺。

## 2. 仓储设施配置需要回归制造业物流的本质

制造业物流的本质在于“流动”。

如何流动？当然是“能说话的”物料标签（条码或者RFID标签），通过智能化的信息系统（平台），在预定的时间通过合理的方式（物流设施）将适当数量和包装的物料送到合适的作业

点，以满足智能制造的要求。

为此，在配置物流设施时，需要做好以下工作：

首先，针对所有的物料需要进行流动性分析，并且进行库存周转率的详细分类，所设计和配置的物流设施需要保证相应物料的可流动性。

其次，物流动线分析，制造业内的物料流动应符合其工艺要求 and 生产计划要求，外购物料如何进场，自制件如何存储与配送上线，成品物流如何打包和下线输送到成品立体库存储，这些都需要精准核算时间和节拍，并需要有信息系统来支撑。



图1 工位物料的包装设计模式决定了机器人的动作和抓取方式

最后，智能仓储物流设施必须保证物料流动性，并且对于上下游的衔接是合理有效的。

关于物料如何流动，不同的行业、不同的产品需要不同的流动方式，这需要遵守物料的流动规律，而不是我们的“预设”。

比如，该叉车搬运就用叉车，该牵引车搬运就用牵引车，该连续输送就用输送机。当然搬运的前提，必须要确定所有不同物料的包装模式，才能够保证确认物料流动的时间、频率、数量、标签方式、存储、搬运、运输、配送方式（专业人士称之为 PFEP）。

比如，大约在 5 年前，有些企业使用 AGV 作为向工位配送物料的方式，但是在设备运行一年后又拆除了，原因是：AGV 无法匹配装配工位员工的生产节拍（员工需要物料了，AGV 还没有送到；或者 AGV 物料来了，员工还没有做完上个动作，AGV 不会等待，“扔”下物料就跑了）。这个问题实际上就是 AGV 的应用是反智能化的，其根本原因在于忽略了物料流动的本质——物料有其自有的流动规律和节拍，物流设备必须遵守该要求，否则再好的 AGV 也只是摆设。

再如电子产品（手机、电视、

遥控器、芯片等）制造工厂，物料体积相对小、重量相对轻，物流量也大，那么可能适合采用连续输送方式；如果有存储要求，尤其是当其存储时间相对短暂，可能适合使用箱式立体库（至于采用堆垛机式还是多穿模式，要根据相关参数甚至投资成本来决定），一般情况下不适宜使用托盘式立体库，以避免折腾（托盘拆码垛作业）。

综上所述，如果物流装备企业忽略了制造企业物料流动的本质要求，智能仓储系统建成的那天就是失败的开始，既害了客户，更把自己拖入到一个“坑”里。

### 3. 从解决功能性要求 转为解决系统性要求

如果把世界上所有的汽车放到一间屋子里，从最好的汽车里挑选最好的零件，最后将这些来自不同车型和品牌的零部件组装成一部车，能因此而组装出世界上最好的车吗？答案是否定的。因为结果往往不取决于任何单一零件独立工作的优劣，而是它们组合在一起形成完整系统的表



图 2 配送节拍和物料上线模式决定了 AGV 配送的有效性

现。

今天的智能物流体系中的各类物流设备同样有类似的匹配要求（互联互通以及协同提升），其实就是组成物流设备“生存与运作”的生态圈。那么如何匹配这些要求，用什么纽带来维系呢？这的确值得物流设备企业深入思考。

在做智能工厂项目的过程中，我们接触了很多物流设备供应商，发现他们很少关注客户流程，只了解客户需要什么设备。而不同的物流设备供应商有不同的核心能力与产品，如果一家企业只想卖设备，就容易遭受价格战——因为你强调的是满足客户的功能性要求，而不是解决系统性问题，你无法帮助客户优化整个流程。对于物流设备供应商来说，要进入制造业物流领域，关键在于分析客户的价值链需求——到底其要解决什么问题，并提供符合客户需求的解决方案。

笔者看来，一个智能工厂的规划和建设应遵循以下四个步骤：

第一，考虑的不应该是采用

多好、多现代化的设备，而是确定该工厂的战略定位，涉及到行业发展态势、产品流转要求、生产制造的智能化程度、关键工序的智能化要求、关键物料/产品的智能化物流运作要求等。

第二是概念设计，涉及到物流部分有物料的包装方式、流量、使用节拍、配送速率、配送频率、存储要求、工位配送模式、工位取拿和使用模式（机器人还是人工）、工位器具、空容器管理等，从而梳理出物流技术原理和相关特征参数，初步定义物流技术与物流设备应用。这部分工作一般都是由咨询公司来定义（绝对不是建筑设计院），仓储物流设备供应商难以介入。

第三是初步布局，形成智能物流系统构建（可能涉及到建筑功能区域定义、产品产线的P-Q分析、智能制造的产线布局和设施需求分析、物流流线和关联设施、生产和物流运作、信息机制和触控模式等多个方面）。系统解决方案出来后，一般会由甲方或者咨询公司召集物流设备供应商来了解该方案，并结合各自的主打设备和

核心竞争力提供个性化的对应方案，然后才是供应商参加技术投标和商务投标。

第四是确定物流管理和运作流程，以及物流信息系统选择。由于智能物流需要各类参数，比如物料BOM、供应商参数、到货提前期、包装参数、运输效率和频率、检验和放行时间、库存比例、工位配送节拍和方式、人机使用界面、物料总装模式、成品打包模式等，这些参数将决定流程的有效性和物流设施的有效性与兼容性，同时物流数字化也将成为可能。

但现实中，不少制造企业发现花巨资购买的物流系统没有真正发挥其价值。笔者经历的一个家电行业案例就很能说明该问题：G企业建设好了智能工厂，使用的是全球顶尖的制造设备、检验设备、立体库、输送机、AGV、装配机器人等，但是等到生产的时候，发现物流设备彼此不连贯，调试了3个多月才勉强能够运作。看似G企业实现了物流自动化，真相却是：所有物料在上输送线、立体库之前，都是以各类包装保存、随便存放，连

条码也没有，物料现场“乱得像菜市场”！显然，这种智能物流系统难以发挥真实的生产协同效应，形同虚设。

#### 4. 要深入了解智能制造物流的逻辑和作业场景需求

不容置疑的是，制造业物流难做，不仅因为涉及到供应商、生产计划、工位物流配送等多个方面，具有严格严密的逻辑关系（既有横向的关系，也有纵向的关系），需要整个流程实现互联互通，更需要实现从产品标准设计，到生产计划——物流计划排布，以及执行过程中的差异管理，还有过程中变数的预警和应急物流。而且制造企业的物料配送与搬运都有明确的节拍，这个节拍是由作业计划和物流计划共同协同而来的，即使是制造业的一些人也未必能够说清楚（实际上很多企业并没有详细的物流计划），更不用说能够单纯地依靠同质化的物流设备解决问题了。但是，物流设备供应商往往不了解制造工艺与流程，容易误以为制造

业物流系统项目“与其他物流项目一样提供设备即可”，实际上很可能一不小心就成了“专业的外行”！

近年来，中国物流装备行业快速发展，技术创新突飞猛进。然而大部分制造业客户并不认为仅仅在 AGV 功能、立体库的技术实现、输送模式的技术实现等方面有了改进提升，就代表了物流装备的技术创新。在他们眼中，物流系统方案应真实地解决客户的痛点问题，只有合理有效的物流方案应用才是最好的技术创新方向。

但现实情况并不尽如人意。例如，H 家居企业一直想找到一家智能产线和智能物流设备商，并且寻找了十几家拥有汽车、家电等行业成功案例的供应商，没想到等他们来了进行一通调研后，不是没有下文，就是说自己做不了。原因是客户需求的物流设备不是标准化产品，而是个性化产品。该企业最近想上 AGV 解决成品沙发的搬运问题。结果来了各类型 AGV 的供应商，却没有一家为客户思考过如何优化该物流作业场景，

最终导致客户无所适从，并感叹“没有适合家居行业的物流设备”。

以上现象说明，如果物流设备供应商想要涉足制造业物流领域，却没有意愿深入了解智能制造物流的逻辑和作业场景，难以针对制造企业物流症结把脉开方，那么其技术创新如何能够获得客户认可与买单将成为新的挑战呢。

#### 5. 结语

随着《中国制造 2025》向纵深推动，越来越多的制造企业需要推动物流智能化，这对于广大仓储物流设备企业应该是又一个“风口”。当物流设备企业碰到智能制造中的智能物流需求时，建议多思考客户的作业场景，以及物流设备在该作业系统中的协同功能，从解决客户的现实问题出发，必要的时候还要教育和引导客户往物流合理化的方向推动。因为卖了物流设施给客户，才是智能化物流设备接受有效性挑战的开始，更是智能化服务落地的开始。MT

# 全球制造业评分表： 美国与其他 18 个国家的对比分析



Darrell M. West, Christian Lansang

## 执行摘要

美国的制造业正在复苏。美国的制造业产值、就业人口比例在经历多年的下降后，近几年开始恢复增长。根据普华永道会计师事务所的资料，复苏的刺激因素包括经济增长、劳动力素质、税收政策、监管环境以及运输和能源成本等。

为了推动发展，有必要了解美国与其他国家的制造业对比情况。本报告建立了一个全球制造业评分表，从 5 个维度来考察制造业环境：①总体政策和法规；②税收政策；③能源、运输和医疗保健成本；④劳动力素质；⑤基础设施和创新能力。

为便于分析，我们采用 20

个指标来编制数据，并以 100 分为满分对 19 个主要国家进行评分。所分析的国家包括巴西、加拿大、中国、法国、德国、印度、印度尼西亚、意大利、日本、墨西哥、荷兰、波兰、俄罗斯、韩国、西班牙、瑞士、土耳其、英国和美国。

制造业整体环境得分最高的国家是英国和瑞士（满分 100 分，都得了 78 分），其次是美国（77 分）、日本（74 分）和加拿大（74 分）。这些国家在政策、费用因素、劳动力投资和基础设施方面表现良好。

排名靠后的国家有巴西（51 分）、印度尼西亚（53 分）、墨西哥（56 分）、俄罗斯（56 分）和印度（57 分）。这些国家的税

收政策没有优势，对教育和基础设施的投资也不足。

此外，我们还编制了制造业产值、制造业就业方面的数据，以及它们随时间的变化情况。中国是制造业产值最大的国家，也是制造业产值占国内总产出比例最高的国家。波兰的制造业就业人口比例最高，其次是德国、意大利、土耳其和韩国。

在过去几十年中，各国的制造业产值排名发生了重大变化。多数国家在过去 40 年中表现稳定，少数国家有所提高。印度就是其中之一，其制造业产值从 1990 年的排名第 14 位提高到 2015 年的第 6 位。相比之下，西班牙从 2005 年的第 9 位下降到 2015 年的第 14 位。俄罗斯也是

如此，前苏联 1980 年的制造产值还排名世界第 2，但现在俄罗斯的排名已经下降到世界第 15 位。

根据分析结果，我们提出了一些改善制造业环境的建议，包括：

推行强调政治和经济可预测性以及开放贸易政策的治理战略。所制订的政策要有助于企业进入全球市场和促进技术扩散，从而推动制造业发展。

通过适当的财政刺激措施，来促进创新、教育和劳动力发展，包括施行研发方面和设备投资方面的税收抵免，以帮助企业降低生产和配送的固定成本。此外，还可以向国内制造企业提供补贴和贷款，帮助企业发展，增强技术创新能力。

发展 21 世纪的工具，如大数据、自动化和人工智能等技术。这些技术能够从最初的商品设计到最终产品成功交付彻底改变制造业的模式。

通过技术研究和劳动力发展来帮助小企业。技术研发以及技术向制造业的扩散能够创造高收入工作，提高工人的技能。

制订规则来提高商业操作的透明度，减少腐败现象及其导致的破坏性连锁反应。保护举报人，增强腐败监测能力，从根源上防治腐败。

资助必要的实体基础设施和

数字基础设施建设，以支持企业发展。要想保障供应链畅通，就必须建设道路、桥梁、大坝和港口等实体基础设施，部署高速宽带和移动技术等数字基础设施也是这个道理。完善的基础设施有助于企业高效运营并快速成长。

一、制造业产值较高的国家

中国是全世界制造业产值最高的国家，制造业总产值超过

2.01 万亿美元（见表 1）。其次是美国（1.867 万亿美元）、日本（1.063 万亿美元）、德国（7000 亿美元）和韩国（3720 亿美元）。

中国的制造业产值占国内总产出的 27%，占全球制造业总产值的 20%。美国的制造业产值占国内总产出的 12%，占全球制造业总产值的 18%。日本的制造业产值占国内总产出的 19%，占全球制造业总产值的 10%。总体而言，中国、美国和日本占全球制造业总产值的 48%。

表 1：2015 年制造业产值较高的国家和地区

| 国家和地区                 | 制造业产值<br>(10 亿美元) | 占国内总产出的比例 (%) | 占全球制造业总产值<br>的比例 (%) |
|-----------------------|-------------------|---------------|----------------------|
| 中国                    | 2010              | 27            | 20                   |
| 美国                    | 1867              | 12            | 18                   |
| 日本                    | 1063              | 19            | 10                   |
| 德国                    | 700               | 23            | 7                    |
| 韩国                    | 372               | 29            | 4                    |
| 印度                    | 298               | 16            | 3                    |
| 法国                    | 274               | 11            | 3                    |
| 意大利                   | 264               | 16            | 3                    |
| 英国                    | 244               | 10            | 2                    |
| 中国台湾                  | 185               | 31            | 2                    |
| 墨西哥                   | 175               | 19            | 2                    |
| 西班牙                   | 153               | 14            | 2                    |
| 加拿大                   | 148               | 11            | 1                    |
| 巴西                    | 146               | 11            | 1                    |
| 俄罗斯                   | 139               | 11            | 1                    |
| 土耳其                   | 125               | 18            | 1                    |
| 印度尼西亚                 | 115               | 22            | 1                    |
| 波兰                    | 100               | 20            | 1                    |
| 瑞士                    | 93                | 18            | 1                    |
| 荷兰                    | 88                | 12            | 1                    |
| 数据来源：2015 年联合国贸易和发展会议 |                   |               |                      |

## 二、制造业就业人口比例

波兰是制造业就业人口比例最高的国家（见表2）。波兰的

制造业就业人口占总就业人口的20.2%，其次是德国（19%）、意大利（18.5%）、土耳其（18.1%）、韩国（16.9%）、中国（16.9%）和日本（16.9%）。美国大约有

10.5%的就业人口从事制造业。

## 三、1970年—2011年各地区制造业就业变化情况

1970年—2011年间，制造业就业情况发生了重大变化（见表3）。1970年，发达国家制造业就业人口占总就业人口的比例是26.8%，到2011年这个比例仅为12.8%。相比之下，有些地区更加注重制造业的发展。例如，东亚（包括中国和韩国）的制造业就业人口占总就业人口的比例在1970年为13.9%，而2011年为21.5%。东南亚从1970年的11.4%上升到2011年的14%。印度从1970年的9.4%增至2011年的11.6%。

## 四、1970年—2015年各国制造业产值变化情况

过去几十年里大多数国家的制造业产值相当稳定，但自1970年以来也出现了一些变化。例如，1970年，排名前几位的国家是美国、前苏联、日本、德国、中国、英国、法国、意大利和加拿大（见表4）。到2015年，这个排名顺序变成了中国、美国、日本、德国、韩国、印度、意大利、英国和法国。

表2：制造业就业人口占总就业人口的比例

| 国家    | 制造业总从业人数（万人） | 制造业就业人口比例（%） |
|-------|--------------|--------------|
| 波兰    | 354          | 20.2         |
| 德国    | 791.1        | 19           |
| 意大利   | 409          | 18.5         |
| 土耳其   | 501.2        | 18.1         |
| 韩国    | 449.9        | 16.9         |
| 中国    | 12886.9      | 16.9         |
| 日本    | 1095.8       | 16.9         |
| 墨西哥   | 915.4        | 16.3         |
| 俄罗斯   | 1026         | 14.4         |
| 印度尼西亚 | 1636.3       | 13.5         |
| 瑞士    | 61.2         | 13           |
| 法国    | 339.6        | 12.4         |
| 西班牙   | 233.2        | 12.3         |
| 巴西    | 1038.8       | 11.4         |
| 印度    | 5724.4       | 11.4         |
| 美国    | 1638.1       | 10.5         |
| 荷兰    | 89.8         | 10.4         |
| 英国    | 306.9        | 9.5          |

数据来源：国际劳工组织，2017年

表3：1970年—2011年制造业就业人口比例（%）

| 地域                     | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2007 | 2011 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 发达国家和地区（美国、欧洲、日本）      | 26.8 | 23.9 | 20.7 | 16.9 | 14.3 | 12.8 |
| 东亚（中国和韩国）              | 13.9 | 22.5 | 24.3 | 20.9 | 21.2 | 21.5 |
| 东南亚（印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国） | 11.4 | 14.4 | 15.6 | 16.3 | 15.4 | 14.0 |
| 印度                     | 9.4  | 9.1  | 10.5 | 11.4 | 11.9 | 11.6 |
| 拉丁美洲                   | 15.5 | 15.4 | 15.3 | 13.2 | 12.4 | 11.5 |
| 北非                     | 12.6 | 13.8 | 14.4 | 14.0 | 12.9 | 11.9 |
| 撒哈拉以南的非洲               | 5.8  | 7.2  | 8.3  | 8.3  | 8.6  | 8.4  |

数据来源：2016年联合国贸易与发展会议

在此期间,印度的排名显著提高。其制造业产值排名从1990年的第14位提高到2015年的第6位。相比之下,西班牙从2005年的第9位下降到2015年的第

14位。俄罗斯也是如此,前苏联1980年的制造业产值在全球排名第2,但现在俄罗斯已跌至世界第15位。

表4: 1970年—2015年各国家和地区的制造业产值排名变化情况

| 年份   | 美国 | 俄罗斯 | 日本 | 德国 | 中国 | 英国 | 法国 | 意大利 | 加拿大 | 西班牙 |
|------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1970 | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  |
| 1980 | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 8  | 6  | 7   | 11  | 10  |
| 1990 | 1  | 7   | 2  | 3  | 8  | 6  | 5  | 6   | 11  | 10  |
| 2000 | 1  | 16  | 2  | 3  | 4  | 5  | 7  | 7   | 9   | 11  |
| 2005 | 1  | 14  | 2  | 4  | 3  | 7  | 6  | 5   | 10  | 9   |
| 2006 | 1  | 14  | 2  | 4  | 3  | 7  | 6  | 5   | 10  | 9   |
| 2007 | 1  | 12  | 3  | 4  | 2  | 8  | 6  | 5   | 13  | 10  |
| 2008 | 1  | 9   | 3  | 4  | 2  | 7  | 6  | 5   | 14  | 11  |
| 2009 | 1  | 17  | 3  | 4  | 2  | 10 | 6  | 5   | 14  | 11  |
| 2010 | 2  | 11  | 3  | 4  | 1  | 10 | 8  | 6   | 14  | 12  |
| 2011 | 2  | 11  | 3  | 4  | 1  | 10 | 9  | 6   | 14  | 15  |
| 2012 | 2  | 10  | 3  | 4  | 1  | 11 | 8  | 7   | 14  | 15  |
| 2013 | 2  | 9   | 3  | 4  | 1  | 11 | 8  | 6   | 14  | 15  |
| 2014 | 2  | 11  | 3  | 4  | 1  | 9  | 8  | 7   | 14  | 15  |
| 2015 | 2  | 15  | 3  | 4  | 1  | 8  | 9  | 7   | 13  | 14  |

数据来源: <http://www.madeherenow.com/news/post/2017/01/27/britain-moves-up-the-world-manufacturing-league-table>

(续表4)

| 年份   | 中国台湾 | 印度 | 巴西 | 墨西哥 | 瑞士 | 土耳其 | 韩国 | 泰国 | 印度尼西亚 |
|------|------|----|----|-----|----|-----|----|----|-------|
| 1970 | 11   | 12 | 13 | 14  | 15 | 16  | 17 | 18 | 19    |
| 1980 | 14   | 13 | 9  | 12  | 15 | 16  | 17 | 19 | 18    |
| 1990 | 17   | 14 | 9  | 13  | 16 | 15  | 12 | 19 | 18    |
| 2000 | 14   | 13 | 12 | 10  | 17 | 15  | 8  | 19 | 18    |
| 2005 | 15   | 12 | 10 | 11  | 17 | 16  | 8  | 19 | 18    |
| 2006 | 16   | 12 | 10 | 11  | 18 | 17  | 8  | 19 | 15    |
| 2007 | 17   | 9  | 11 | 14  | 18 | 16  | 7  | 19 | 15    |
| 2008 | 17   | 12 | 10 | 13  | 18 | 16  | 8  | 19 | 15    |
| 2009 | 16   | 9  | 8  | 13  | 18 | 18  | 7  | 19 | 15    |
| 2010 | 16   | 9  | 7  | 13  | 18 | 17  | 5  | 19 | 15    |
| 2011 | 17   | 8  | 7  | 13  | 16 | 18  | 5  | 19 | 12    |
| 2012 | 16   | 6  | 9  | 12  | 18 | 17  | 5  | 19 | 13    |
| 2013 | 16   | 7  | 10 | 12  | 18 | 17  | 5  | 19 | 13    |
| 2014 | 16   | 6  | 10 | 12  | 17 | 18  | 5  | 19 | 13    |
| 2015 | 16   | 6  | 12 | 10  | 17 | 18  | 5  | 19 | 11    |

数据来源: <http://www.madeherenow.com/news/post/2017/01/27/britain-moves-up-the-world-manufacturing-league-table>

## 五、各国的制造业环境排名

各国的制造业整体环境是影响其制造业国际排名的重要决定性因素之一。为了评估各国的制造业整体环境,我们从以下5个维度进行考察:政策法规,税收政策,能源、运输和医疗卫生成本,劳动力素质,以及基础设施与创新能力(具体的措施和信息源请参阅附录)。

整体政策方面有4个指标:亲商环境、风险指数、腐败情况和开放的贸易政策。税收政策方面有3个指标:公司税率,研发税收抵免和支出选项使用情况,以及政府资助制造业发展的补贴或贷款。成本方面有3个指标:

电力、石油/液化天然气和医疗保健成本。劳动力素质方面有5个指标:基础教育领域政府支出、高等教育支出、家庭收入、劳动生产率和劳动保障。基础设施和创新能力方面有5个指标:基础设施投资占GDP的比重、互联网接入率、专利申请量、研发投入占GDP的比重以及灾害风险指数。

利用这20个指标,我们建立了一个百分制体系对各国的制造业环境进行排名。表5显示,排名靠前的国家有英国(78分)、瑞士(78)、美国(77)、日本(74)、加拿大(74)和荷兰(74)。

在这个体系下,排名靠后的

表 5：2018 年各国的制造业环境排名

| 国家      | 分数（百分制） |
|---------|---------|
| 英国      | 78      |
| 瑞士      | 78      |
| 美国      | 77      |
| 日本      | 74      |
| 加拿大     | 74      |
| 荷兰      | 74      |
| 韩国      | 73      |
| 德国      | 72      |
| 西班牙     | 72      |
| 法国      | 70      |
| 波兰      | 69      |
| 意大利     | 62      |
| 中国      | 61      |
| 土耳其     | 58      |
| 印度      | 57      |
| 俄罗斯     | 56      |
| 墨西哥     | 56      |
| 印度尼西亚   | 53      |
| 巴西      | 51      |
| 来源：作者计算 |         |

国家有巴西（51 分）、印度尼西亚（53）、墨西哥（56）、俄罗斯（56）和印度（57）。这些国家的某些指标落后于其他国家。

## 六、制造业环境分项的得分情况

表 6 列出了各个国家这 20 个指标的分项得分。该表从 5 个维度上说明了各个国家在以上 20 个方面的表现。例如，英国在亲商环境、风险指数、消除腐败和公司税政策方面得分最高，但在基础设施、专利申请量和高等教育支出等方面的分数较低。

巴西与其相反，在商业环境、税收政策、高等教育支出、基础设施和专利申请量等方面表现不

佳。这些问题制约了该国的制造业产出和生产力发展，阻碍了经济繁荣。

## 七、表现优异的国家都做了什么

如果审视那些在这个制造业各项指标评分较高的国家，我们会发现，这些国家都重视制造业，并制订了一系列有利于发展制造业的政策。接下来具体考察英国、瑞士和美国 3 个国家，看看他们为发展制造业做了些什么。

### 1. 英国

最近几年，英镑兑美元和欧元持续贬值，促进了海外对英国商品的需求增长，英国制造业因此而受益走强。然而，排除货币因素，制造业在英国经济中也具有重要影响，这是因为其在英国出口额中占有较大比重。尽管制造业产值仅占英国 GDP 的 10%，却贡献了英国出口额的 44%。超过 70% 的英国制造商认为，各方面条件有助于促进出口增长，76% 的英国制造商都制订了拓展其海外业务的战略。

从中长期来看，英国制造业的目标是在海外市场争取更大的市场份额。这是有望实现的，因为有 89% 的英国制造商表示他

们计划在海外培养长期的忠诚客户。当然，弱势英镑也有负面作用，它会增加某些生产物资的进口成本。国家领导人需要关注这个问题，以便将生产成本控制在合理范围内。

英国提供税收优惠，鼓励企业开展优秀的制造业研发活动。英国在税收政策的各个方面的得分都很高，其制造业研发能力举世闻名。特别是英国的汽车产业和航空航天产业，都是世界一流水平。与欧洲的总体趋势相反，英国的汽车产业实现了创纪录的增长，其目标是到 2021 年年产汽车 200 万辆。英国生产的汽车有 50% 用于出口，全国有 2000 家公司从事与汽车产业相关的生产活动，销量最大的 20 家汽车供应商中有 18 家在英国国内投资设厂。

英国生产的航空航天产品中有 90% 用于出口，预计未来几年英国的航空航天产业将以每年 6.8% 的速度增长。该行业在英国处于优势地位，一些最复杂的航空航天零部件，如机翼、发动机、航空电子设备和民用飞机系统等，都是英国制造的。虽然英国制造业的成功大部分归功于航空航天产业和汽车产业，但开放的贸易政策对于英国制造业而言也是至关重要的。随着英国脱欧谈判的展开，如果自由贸易因贸易

表 6：2018 年各国制造业环境分项得分

|                 | 英国 | 瑞士 | 美国 | 日本 | 加拿大 | 荷兰 | 韩国 | 德国 | 西班牙 |
|-----------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| 整体政策            |    |    |    |    |     |    |    |    |     |
| 亲商环境            | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5   |
| 风险指数            | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5   |
| 腐败情况            | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 4  | 5  | 4   |
| 开放贸易            | 5  | 5  | 5  | 4  | 5   | 5  | 4  | 5  | 5   |
| 税收政策            |    |    |    |    |     |    |    |    |     |
| 公司税率            | 5  | 5  | 1  | 3  | 3   | 4  | 4  | 3  | 4   |
| 研发税收抵免和支出       | 4  | 3  | 4  | 3  | 4   | 4  | 3  | 2  | 4   |
| 政府补贴 / 贷款       | 4  | 4  | 2  | 4  | 4   | 4  | 2  | 4  | 4   |
| 成本              |    |    |    |    |     |    |    |    |     |
| 电力              | 2  | 1  | 2  | 2  | 2   | 1  | 3  | 1  | 1   |
| 石油 / 液化天然气      | 4  | 5  | 5  | 4  | 1   | 5  | 3  | 4  | 4   |
| 医疗保健            | 4  | 1  | 1  | 4  | 3   | 3  | 4  | 3  | 4   |
| 劳动力素质           |    |    |    |    |     |    |    |    |     |
| 基础教育领域支出        | 5  | 4  | 4  | 3  | 4   | 4  | 4  | 3  | 3   |
| 高等教育支出          | 3  | 3  | 5  | 3  | 5   | 3  | 4  | 3  | 3   |
| 家庭收入            | 3  | 5  | 4  | 3  | 4   | 4  | 4  | 4  | 3   |
| 劳动生产率           | 4  | 5  | 4  | 3  | 4   | 4  | 3  | 4  | 4   |
| 劳动保障            | 4  | 4  | 5  | 4  | 4   | 3  | 3  | 2  | 3   |
| 基础设施和创新         |    |    |    |    |     |    |    |    |     |
| 基础设施投资占 GDP 的比重 | 2  | 2  | 2  | 3  | 2   | 1  | 3  | 2  | 3   |
| 互联网接入率          | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5   |
| 专利申请量           | 2  | 2  | 4  | 4  | 2   | 2  | 3  | 3  | 1   |
| 研发投入占 GDP 的比重   | 2  | 4  | 4  | 4  | 2   | 3  | 5  | 4  | 2   |
| 灾害风险            | 5  | 5  | 5  | 3  | 5   | 5  | 2  | 5  | 5   |

来源：作者计算

(续表 6)

|                 | 法国 | 波兰 | 意大利 | 中国 | 土耳其 | 印度 | 俄罗斯 | 墨西哥 | 印度尼西亚 | 巴西 |
|-----------------|----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-------|----|
| 整体政策            |    |    |     |    |     |    |     |     |       |    |
| 亲商环境            | 4  | 4  | 4   | 1  | 2   | 2  | 2   | 3   | 3     | 2  |
| 风险指数            | 5  | 4  | 5   | 2  | 1   | 3  | 1   | 3   | 2     | 2  |
| 腐败情况            | 4  | 5  | 4   | 3  | 3   | 3  | 2   | 2   | 3     | 3  |
| 开放贸易            | 4  | 5  | 3   | 3  | 4   | 3  | 3   | 4   | 4     | 2  |
| 税收政策            |    |    |     |    |     |    |     |     |       |    |
| 公司税率            | 2  | 5  | 4   | 4  | 5   | 3  | 5   | 3   | 4     | 2  |
| 研发税收抵免和支出       | 4  | 2  | 3   | 2  | 2   | 4  | 4   | 3   | 3     | 3  |
| 政府补贴 / 贷款       | 4  | 4  | 2   | 2  | 4   | 4  | 2   | 4   | 2     | 2  |
| 成本              |    |    |     |    |     |    |     |     |       |    |
| 电力              | 1  | 3  | 1   | 4  | 4   | 3  | 5   | 4   | 5     | 3  |
| 石油 / 液化天然气      | 4  | 5  | 4   | 5  | 5   | 4  | 1   | 2   | 4     | 2  |
| 医疗保健            | 3  | 5  | 4   | 5  | 5   | 5  | 5   | 5   | 5     | 5  |
| 劳动力素质           |    |    |     |    |     |    |     |     |       |    |
| 基础教育领域支出        | 4  | 3  | 3   | 4  | 3   | 3  | 2   | 4   | 3     | 5  |
| 高等教育支出          | 3  | 3  | 2   | 2  | 3   | 2  | 3   | 3   | 2     | 2  |
| 家庭收入            | 4  | 2  | 3   | 1  | 1   | 3  | 2   | 1   | 1     | 1  |
| 劳动生产率           | 4  | 1  | 4   | 2  | 3   | 1  | 3   | 2   | 1     | 2  |
| 劳动保障            | 2  | 3  | 2   | 3  | 2   | 2  | 2   | 3   | 2     | 2  |
| 基础设施和创新         |    |    |     |    |     |    |     |     |       |    |
| 基础设施投资占 GDP 的比重 | 3  | 3  | 2   | 5  | 2   | 4  | 2   | 2   | 4     | 2  |
| 互联网接入率          | 5  | 4  | 4   | 3  | 3   | 2  | 4   | 3   | 2     | 4  |
| 专利申请量           | 2  | 1  | 2   | 5  | 1   | 2  | 2   | 1   | 1     | 1  |
| 研发投入占 GDP 的比重   | 3  | 2  | 2   | 3  | 1   | 1  | 2   | 1   | 1     | 2  |
| 灾害风险            | 5  | 5  | 4   | 2  | 4   | 3  | 4   | 3   | 1     | 4  |

来源：作者计算

规则或关税等原因而受到遏制，英国的制造业可能将会经历巨大动荡。

## 2. 瑞士

瑞士强大的制造业得益于其有效的治理政策。瑞士长期保持国际中立，具有透明和公平的办事程序，强有力的司法系统，以及极其稳定的经济和政治。虽然瑞士法郎目前是一种极强势的货币，但几乎不存在货币兑换方面的风险，投资者不必担心引发限制性的汇兑政策，可以自由地兑换货币并将资金转入转出瑞士。此外，瑞士是一个贸易立国的国家，其进出口总额相当于国内生产总值的 114%，其适用关税税率平均为 0%。瑞士的公司税率也很低，这些政策为其制造业的成功奠定了坚实的基础，投资者对其商业环境充满信心。

瑞士的劳动力素质和制造质量在全球是第一流的。该国拥有大量的熟练工人，其制造业创造的经济价值增值在全世界名列前茅。由于经济发达且稳定，一些全球最大的制药巨头和计算机产品巨头都将总部放在瑞士，例如诺华制药公司和霍夫曼-罗氏制药公司。根据彭博创新指数，瑞士的制药业和计算机及电子业创造的收入总额分别为 270.2 亿美

元和 269.6 亿美元。虽然瑞士高昂的生产成本和坚挺的瑞士法郎确实带来了一些风险，但凭借着劳动力优势和稳定的政治环境，瑞士制造业仍属世界一流。

## 3. 美国

美国制造业受益于优秀的劳动力、先进的技术和亲商政策。制造业带动了美国 35% 的生产率增长、60% 的出口和 70% 的私营部门研发。此外，制造商为美国经济贡献了 2.17 万亿美元产值，约占美国 GDP 的 12.1%。尽管美国的劳动力成本明显高于其他国家，但美国的生产力水平弥补了这一差异，并使美国成为一个有吸引力的制造业投资地。而且，与其他国家相比，美国的劳动力成本差距开始缩小，随着工业机器人成本的降低，这种差距可能会继续缩小。增材制造、3D 打印、先进机器人以及物联网和大数据等颠覆性技术正在彻底改变美国制造业。这不仅提高了生产力水平，而且也使美国成为对高科技制造企业最具吸引力的国家之一。例如，美国迪尔公司在其部分机械上添加了一些传感器，并将这些传感器采集的数据出售给农场主，为其提供新见解，改进农业生产。

美国制造业创新网络 (NNMI)

等计划的发展代表了推动先进技术发展的一些重要力量。NNMI 将制造企业、大学工程学院、联邦机构、非营利组织和地区组织汇聚在一起，共同对新兴制造技术进行投资。由国防部或能源部资助的 9 个制造创新机构也参与了 NNMI 计划，其研发领域涵盖从 3D 打印到轻质金属制造的技术。此外，还有其他一些激励计划，如美国商务部国家标准与技术研究院 (NIST) 的拨款，也在推动美国先进制造业的发展。

美国各地都在发展先进制造技术。例如，在印第安纳州，制造喷气发动机的罗尔斯·罗伊斯公司雇佣了数千名工程师。捷迈邦美公司在印第安纳州华沙市生产外科产品，该市已成为美国整形外科产品的中心。美国还一直受益于开放的贸易政策，为了保持制造业增长，美国不应挑起关税战，并避免采取严重限制性的贸易政策。2016 年，美国制成品的 1/5 销往加拿大和墨西哥，近一半出口到与美国签有自由贸易协定的国家。展望未来，美国领导人应该继续推行那些促进制造业近期复苏的政策。

## 八、制约其他国家制造业发展的阻碍因素

本节考察几个得分不高的国

家,研究他们遇到了什么问题,为什么他们的政策制约了制造业发展。以下讨论的国家有巴西、印度尼西亚和墨西哥,看一看有哪些因素阻碍了制造业发展。

## 1. 巴西

巴西的制造业表现不佳,这至少要部分归因于困扰该国的腐败问题。一般而言,腐败会带来长期不确定性,导致投资者不敢将资金投入该国的商业运营,这反过来又削弱了长期投资和商业增长的发展前景。

在巴西,因腐败问题而导致的资金损失不断增加,因此人们的这种担忧是有道理的。巴西国家石油公司是一家国有的石油公司,据估计,仅仅只是这家公司付各种好处费就花掉了巴西 50 多亿美元。而且,巴西制造业深陷遍布全国的腐败事件中。制造业占巴西出口额的 60%。从 1999 年至 2014 年,巴西境内的外国贿赂案件中,有 57% 发现于制造业、采掘业、建筑业和运输业。

巴西的“洗车行动”揭露了该国发生的一些非法交易,但仍有一些漏洞需要弥补,否则这种腐败状况可能永远都不会彻底清除。一些公司在过去两年建立了合规团队,巴西制订了《诚信公司法》,朝着正确的方向迈进,

但为了建立腐败防治体系,仍须改进举报人保护制度,增强监测和惩治腐败的能力。制造业要想健康发展,取决于金融交易的透明度、国家未来政治环境的相对确定性,以及每个人都要对其非法行为负责。每个想要发展制造业的国家都应该尽力减少腐败现象,巴西已经证明了腐败连锁效应对制造业增长所带来的巨大破坏作用。

## 2. 印度尼西亚

10 年前,印度尼西亚的制造业产值占其 GDP 的 27.4%。2017 年第 3 季度,这一数据跌至 21%,创 2000 年以来的最低点。评分表中印度尼西亚制造业环境的分项得分显示,劳动力素质是其短板。低下的劳动生产率阻碍了印度尼西亚的发展。其制造业被形象地称为“中间缺失”,也就是说,该国企业大部分是一些效益低下的小型企业,它们正在拖累整个行业的发展。

为了提高全球竞争力,印度尼西亚需要提高其劳动力素质,推动制造业发展。印度尼西亚的领导者应该激励国内生产率低下的制造企业利用高素质劳动力通过技术革新提高其生产率,否则就退出该行业。印度尼西亚的工资较低,这可能是该国存在

大量效益低下的制造企业的原因之一。印尼有大量廉价工人,各公司满足于这种低工资状况,没有动力去提升工人技能或革新技术。这阻碍了整个行业的发展。

除了提高工资水平外,印度尼西亚还必须加强劳动力培训。印度尼西亚工业部部长 Airlangga Hartarto 已经建立了加强劳动力培训的政策框架。他表示,计划为各类职业提供税收优惠,以改善印尼的劳动力培训,鼓励制造商生产创新性产品,并将重点放在出口上。该国的“工业 4.0”计划旨在利用自动化、机器人和人工智能等技术提高其全球竞争力。

最后,印度尼西亚需要改善其基础设施和交通条件。对小型制造企业的调查结果表明,拥堵问题和物流效率问题的根源是基础设施薄弱,这严重阻碍了制造厂商发展。通过建设更多的基础设施,印度尼西亚有望获得大量熟练工人,而且由于国际大公司在印度尼西亚设立分支机构,还可获得其技术。

## 3. 墨西哥

墨西哥的制造业在很多方面都超过了加入北美自由贸易协定前的预期数据,但是该国的劳动生产率仍然处于停滞不前的状

态，是得分最低的国家之一。在 20 世纪 60 年代和 70 年代，墨西哥的生产率年增长率为 4%，但在过去 10 年中，这一数据已降至 0.8% 左右。低下的劳动生产率是阻碍经济增长和社会繁荣的主要因素。尽管如此，墨西哥的出口却很强势，商品出口占其 GDP 的 36%。这么高的出口占比在拉丁美洲是首屈一指的。

Abhilasha Singh 和 Jesse Rogers 在最近的穆迪分析研究中指出，墨西哥的正式工作岗位短缺，导致在墨西哥全国存在很多的非正式就业。虽然墨西哥大型制造企业的生产率因技术创新、参与全球市场竞争等原因而有所改善，但这些企业雇用的人员仅占全国总就业人数的 1/3。从 2004 年到 2014 年，经常雇用非正式员工的小企业的生产率下降了 2%。

造成生产力水平低的另一个原因是墨西哥教育水平低下。虽然这个研究报告表明墨西哥的基础教育和高等教育支出并不低，与其他国家相比大约是平均水平，但这笔支出的使用效率并不高。墨西哥人均接受正规教育时间只有 10 年，低于经济合作与发展组织国家的平均水平，甚至低于其他拉丁美洲国家。由于平均受教育水平较低，墨西哥人往往无法胜任大型制造企业中那些

要求技术专长的职位，只好从事一些低技能工作。因此，制订职业培训政策，并通过政策引导来鼓励孩子完成中学学业、接受高等教育，对于墨西哥的未来而言至关重要。

墨西哥应努力将小型制造企业及其非正式劳工整合到正规经济中。为国内技术研发提供更多的资助可以帮助中小型企业增加利润，提高生产力。此外，改善基础设施可以提高小型制造厂商的生产率。墨西哥各城市之间的交通不畅，运输成本高昂，难以从邻近地区获取生产原料，阻碍了生产链的扩张。基础设施建设对于大型制造企业也是至关重要的，据估计，到 2020 年，因为韦拉克鲁斯港和拉扎罗卡德纳斯港的吞吐能力不足，从墨西哥到美国的船运有 25% 将延期。

最后，墨西哥还应优先考虑反腐败工作并降低犯罪率。据估计，墨西哥的犯罪活动使企业经营成本增加了 2%-3%。小企业发现更难以雇佣安保人员并避免敲诈勒索，这些企业承受着腐败对其造成的冲击。

## 九、对促进制造业发展的几点建议

根据分析结果，我们提出了一些发展制造业的建议。下面将

讨论这些建议。

将治理战略的重点放在政治经济稳定性上，保持开放的贸易政策。

对于投资者和行业领导人来说，稳定的经济和政治环境以及开放的贸易政策是必需的。良好的商业环境有利于制造业和整体经济的增长。所制订的贸易政策要有助于企业进入全球市场，并鼓励商品生产中的技术扩散。一个经济、政治方面稳定的国家，会吸引更多具有高固定成本的先进制造工厂在此设厂，即使在该国的设厂成本高于其他国家。

创造有利于稳定的环境需要尊重法治，保护财产权，执行合同，并降低腐败风险。这样可以鼓励外商直接投资，吸引那些拥有先进技术的公司在国内开展业务。

### 1. 提供适当的财政激励措施，以提高劳动力素质、提升总体生产率

低企业税率、研发税收抵免、政府补贴和政府贷款等财政激励措施有助于各国发展制造业。技术研发可以提升生产率，但通常需要投入很高的初始固定成本，对于颠覆性、革新性技术的研发而言，这是巨大的财务难题。利用财政激励措施，国内制造商可

以发展其技术，实现企业增长。一般而言，新公司的进入可以提升竞争性，并刺激创新。

## 2. 发展大数据、自动化与人工智能等 21 世纪的技术

对于经济发达国家而言，在生产成本方面进行竞争是非常困难的。这些国家为了维持制造业繁荣，必须借助机器人、人工智能和大数据等技术来创造价值。目前，机器人研发成本不断降低，而大数据、人工智能技术所带来的效率则日益显著，发达国家可以利用这些技术来维持其制造强国地位。公私合作和政府资助可以推动 21 世纪创新活动的持续发展。

## 3. 借助技术和教育帮助小企业发展

我们的案例研究表明，制造业作为一个整体在很多地方受困于低效的小公司。规模的扩张要求小公司改良其工艺，提高生产率。而更先进的技术要求工人具备更高的技能才能在新兴的高生产率行业从事工作。许多大中型企业都有职位空缺，但由于正规教育的缺乏，却很难找到所需的熟练技术工人。必须开展职业培训计划和教育，大力促进个人学

习科学、技术、工程和数学。

此外，政府官员应该帮助小企业学会利用全球供应链及出口规则。Jared Bernstein 和 Somin Park 指出，“为中小型制造企业提供定制服务可以帮助它们克服融资和信息壁垒，改进其技术和产品设计，使其融入全球供应链”。为小企业设立一些一站式场所，帮助它们获取专业技术知识，了解如何开展贸易，这是促进制造业发展的一个极佳办法。

## 4. 建立消除腐败的机制

腐败在某些国家阻碍了制造业投资。在这些国家，东道国政府可能会截留资金，这种风险造成的损失远远大于廉价劳动力所带来的成本降低。而且，由于腐败的连锁效应，供应链的各个环节可能会瞬间崩溃，让公司付出天文数字般的代价。通过立法规定商业操作的透明度有助于缓解腐败现象。建立更好的举报人保护制度，增强发现腐败的能力，可以减少腐败现象。培养更多的合规人员和审计人员有助于建立责任文化和绩效文化。

## 5. 资助企业建设必要的实体基础设施和数字基础设施

为企业建设实体基础设施和

数字基础设施几乎是所有国家发展制造业都要做的事情。道路、桥梁、港口等实体基础设施是保证供应链畅通和出口产品的必备设施。高速宽带和移动技术也是如此。

小型制造企业常常将拥堵、物流或连通问题作为需要解决的主要问题。发展中的经济体希望扩大出口量，为了进入全球市场，它们必须增加交通基础设施方面的投资。而那些已经拥有完备的交通基础设施的国家，则需要建设高效的供应链。一个国家如果没有完善的基础设施，就不可能产生高效的制造公司。

## 附录：数据与方法

我们从 5 个维度来考察制造业环境：1) 总体政策和法规；2) 税收政策；3) 能源、运输和医疗保健成本；4) 劳动力素质；5) 基础设施和创新能力。在这些维度上，我们采用 20 个指标来编制数据，并按五分制对各个指标评分。因此，满分为 100 分。

### 1. 总体政策

亲商环境：利用“政府自由度”和“经商便利度”等级进行编制。各指标平均值排名前 15% 的国家得 5 分，接下来的 15% 国

家得4分（排名16%~30%），排名31%~45%的国家得3分，排名46%~60%的国家得2分，排名61%~80%的国家得1分。数据来源：自由之家，《2018年世界自由报告》，<https://freedomhouse.org/report/freedom-world/freedom-world-2018>；世界银行，《2017年营商环境报告》，<http://www.doingbusiness.org/rankings>。

风险指数：该指标反映的是无足额补偿情况下的征用风险，以及货币汇兑限制方面的风险。这两部分根据比利时Credendo集团的报告进行评分并相加，每部分的评分范围从1~7。这两部分总得分为1~2的国家，风险指数项得5分（风险最低），3~4的国家得4分，5~6的国家得3分，7~8的国家得2分，9以上的国家得1分。数据来源：《2018年Credendo国家风险与观点报告》，<https://www.credendo.com/country-risk>。

腐败程度：腐败程度最低的前20%国家得5分，前21%~40%得4分，前41%~60%得3分，前61%~80%得2分，最后20%得1分。数据来源：透明国际，《2016年国际清廉指数排名》，[https://www.transparency.org/news/feature/corruption\\_](https://www.transparency.org/news/feature/corruption_)

[perceptions\\_index\\_2016](https://www.transparency.org/news/feature/corruption_)。

开放的贸易政策：开放度在61%~66%的国家得1分，在67%~72%的国家得2分，在73%~78%的国家得3分，在79%~84%的国家得4分，大于84%的国家得5分（没有国家达到90%）。数据来源：美国传统基金会，《2018年经济自由度指数》<https://www.heritage.org/index/visualize>。

## 2. 税收政策

公司税率低：公司税率在17%~21%的国家得5分，在22%~26%的国家得4分，在27%~31%的国家得3分，在32%~36%的国家得2分，在37%以上的国家得1分。数据来源：毕马威会计师事务所，《2018年公司税率表》<https://home.kpmg.com/xx/en/home/services/tax/tax-tools-and-resources/tax-rates-online/corporate-tax-rates-table.html>。

研发税收抵免和设备支出税收抵免：这两个指标，如果结果为“否”，则得分为2；如果结果为“是”，则得分为4；此项的实得分是这两个指标的平均值。数据来源：安永会计师事务所，《2014~2015年全球

研发激励措施参考指南》，第2~3页 [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide/\\$FILE/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide/$FILE/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide.pdf)；《国际税收评论》，《墨西哥：墨西哥研发税收抵免的一般规则》<http://www.internationaltaxreview.com/Article/3672056/Mexico-General-rules-governing-Mexicos-R-D-tax-credit.html>。

政府对国内制造厂商的补贴或贷款：如果结果为“否”，则得分为2；如果结果为“是”，则得分为4。数据来源：安永会计师事务所，《2014-2015年全球研发激励措施参考指南》，第2-3页 [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide/\\$FILE/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide/$FILE/EY-worldwide-randd-incentives-reference-guide.pdf)。

## 3. 能源、运输和医疗保健成本

电力和制造成本：该指标源自《世界制造业排名》报告，根据各国的电力和制造成本，取排名1~30的国家（1是指成本最低的国家，30是指成本最高的国

家)。排名第1~6的国家得5分,排名第7~12的国家得4分,排名第13~18的国家得3分,排名第19~24的国家得2分,排名第25名以后的国家得1分。数据来源:戴德梁行,《世界排名:2015年制造业指数》,第7页。

**石油与液化天然气成本:**石油与天然气成本占GDP的0.01%~0.4%的国家得5分,占0.41%~0.80%的国家得4分,占0.81%~1.20%的国家得3分,占1.21%~1.60%得2分,占1.61%~2%的国家得1分。我们采用TradeMap提供的2015年各国石油与天然气进口额来测算其成本。在国内生产成本方面,根据Knoema的信息计算各国开采一桶油的平均成本,乘以一天的产量,再乘以365,最终得出该国一年的石油生产成本。国内生产的这些石油并非全部在国内消费,因此还要减去各国2015年的石油出口量。这个数字除以各国的GDP就得出了石油与天然气成本占GDP的比重。数据来源:国际贸易中心,TradeMap,石油气和其他碳氢化合物指标2711,2016年进口额(千美元) [https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct.aspx?nvpm=1](https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=1)。

统计时报,2016年名义GDP排名 <http://statisticstimes.com/economy/projected-world-gdp-ranking.php>;

Knoema,《国家生产一桶原油的成本》,2014年。<https://knoema.com/rqaebad/cost-of-producing-a-barrel-of-crude-oil-by-country>。

**医疗保健成本:**人均医疗保健支出在0~2000美元的国家得5分,2001~4000美元的国家得4分,4001~6000美元的国家得3分,6001~8000美元的国家得2分,8001美元以上的国家得1分。数据来源:世界银行,《人均医疗保健支出(现价美元)》, <https://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.PCAP>。

#### 4. 劳动力素质

**基础教育支出:**中小学教育支出占GDP的比重不到1.49%的国家得1分,比重为1.50%~2.49%的国家得2分,比重为2.50%~3.49%的国家得3分,比重为3.50%~4.49%的国家得4分,比重为4.5%~5.5%的国家得5分。数据来源:经济合作与发展组织报告,《2015年教育概览》,第324页;中国日报,《2016年中国增加教育支出》, [http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-05/04/content\\_29203196.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-05/04/content_29203196.htm);全球经

济学杂志,《中国教育公共支出的趋势、增长和变化模式》,2016年。

**高等教育支出:**高等教育支出占GDP比重不足0.6%的国家得1分,比重为0.61%~1.20%的国家得2分,比重为1.21%~1.80%的国家得3分,比重为1.81%~2.4%的国家得4分,比重为2.41%~3%的国家得5分。数据来源:全球经济学杂志,《中国教育公共支出的趋势、增长和变化模式》,2016年;经济合作与发展组织报告,《2015年教育概览》,第324页;中国日报,《2016年中国增加教育支出》 [http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-05/04/content\\_29203196.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-05/04/content_29203196.htm)。

**家庭收入:**家庭收入在0~5000美元的国家得1分,5001~10,000美元的国家得2分,10,001~15,000美元的国家得3分,15,001~20,000美元的国家得4分,20,000~25,000美元的国家得5分。数据来源:“尽我所能”组织,《人均GDP中位数:各个国家的人通常都能挣多少?全球不平等情况概览》,2016年5月25日 <https://www.givingwhatwecan.org/post/2016/05/giving-and-global-inequality/>。

**劳动生产率:**就业者人均

GDP 在 0 ~ 25,000 的国家得 1 分, 25,001 ~ 50,000 美元的国家得 2 分, 50,001 ~ 75,000 美元的国家得 3 分, 75,001 ~ 100,000 美元的国家得 4 分, 100,001 ~ 125,000 美元的国家得 5 分。数据来源: 世界银行,《就业者人均 GDP》<https://data.worldbank.org/indicator/SL.GDP.PCAP.EM.KD>。

劳动保障: 此项针对各国的劳工环境进行评分, 涉及到最低工资水平、裁员方面的法律、雇佣多余员工的难度、遣散费用和劳动力参与率。各国的得分从 1 到 100, 100 分表示劳工自由度最高, 1 分表示劳工自由度最低。得分低于 40 的国家此项打 1 分, 得分 41 ~ 54 的国家此项打 2 分, 得分 55 ~ 69 的国家此项打 3 分, 得分 70 ~ 85 的国家此项打 4 分, 得分 86 ~ 99 的国家此项打 5 分。数据来源: <https://www.heritage.org/index/explore>。

## 5. 基础设施与创新能力

基础设施支出占 GDP 的比重: 基础设施支出占 GDP 的比重为 0 ~ 1.3% 的国家得 1 分, 1.31% ~ 2.6% 的国家得 2 分, 2.61% ~ 3.9% 的国家得 3 分, 3.91% ~ 5.2% 的国家得 4 分, 5.2% ~ 7% 的国家得 5 分。数

据来源: G20 倡议全球基础设施展望,《基础设施投资需求和差距预测》, 2017 年, <https://outlook.gihub.org>; 赞比亚财政部,《2015 年世界 GDP 排名》, <http://zambiamf.opendataforafrica.org/oyhqaqc/world-gdp-ranking-2015-data-and-charts>。

互联网接入率: 互联网普及率为 0~20% 的国家得 1 分, 21% ~ 40% 的国家得 2 分, 41% ~ 60% 的国家得 3 分, 61% ~ 80% 的国家得 4 分, 81% ~ 100% 的国家得 5 分。数据来源: 互联网实时数据统计网,《各国互联网用户调查 (2016)》<http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country/>。

专利申请量: 根据居民知识产权申请活动的数量对各个国家排名。专利申请量不到 20,000 份的国家得 1 分, 20,000 ~ 125,000 份的国家得 2 分, 125,000 ~ 400,000 份的国家得 3 分, 400,000 ~ 1,000,000 份的国家得 4 分, 超过 1,000,000 份的国家得 5 分。数据来源: 世界知识产权组织,《2017 年世界知识产权指标报告》, 第 85 ~ 87 页 [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_941\\_2017.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2017.pdf)。

研发投入占 GDP 的比重: 占比 0 ~ 0.9% 的国家得 1 分, 0.91% ~ 1.8% 的国家得 2 分, 1.81% ~ 2.7% 的国家得 3 分, 2.71% ~ 3.6% 的国家得 4 分, 3.61% ~ 4.5% 的国家得 5 分。数据来源: 经济合作与发展组织,《国内研发总支出》, 2015 年 <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>。

灾害风险指数: 该项由自然灾害发生量、自然灾害风险量、火灾风险量和固有网络风险组成。根据各国在 130 个国家中的排名情况, 对其赋一个百分比值。排名前 20% 的国家得 5 分, 排名 21% ~ 40% 的国家得 4 分, 排名 41% ~ 60% 的国家得 3 分, 排名 61% ~ 80% 的国家得 2 分, 排名倒数 20% 的国家得 1 分。数据来源: 彭特兰分析 (Pentland Analytics),《2017 年复原指数年度报告》, 第 13 ~ 16 页。

布鲁金斯学会是一家非营利组织, 致力于进行独立研究和提供政策解决方案。其宗旨是开展高质量的独立研究, 并据此为决策者及公众提出具有创新精神和实用性的建议。任何布鲁金斯出版物的结论和建议仅仅是作者 (们) 自己的结论和建议, 并不代表学会、学会管理层或学会其他学者的观点。MT

# 工业互联网平台之江湖\*



走向智能研究院 赵敏

十月底金庸大侠去世，让“江湖”与“侠侣”等武侠冷词重出江湖，一下子变为热词。由凉变热的，还有那首曾经脍炙人口、谁都能哼唱两句的“沧海一声笑”，在金大侠去世的当天，此曲就一再在大街小巷、楼堂馆所中的各个收音机、耳机中响起：

沧海笑，滔滔两岸潮，浮沉随浪记今朝。

苍天笑，纷纷世上潮，谁负谁胜出天知晓。

江山笑，烟雨遥，涛浪淘尽红尘俗事知多少？

清风笑，竟惹寂寥，豪情还剩下一襟晚照。

苍生笑，不再寂寥，豪情仍在痴痴笑笑。啦啦啦……

看到这首歌词，笔者心里先是感受到了一丝暖意，毕竟听到这首歌就想起了金庸的很多的影视作品。但是听着听着，忽然

又感受到了一丝凉意，联想到今天火热的工业互联网“江湖”，不也是“滔滔两岸潮、纷纷世上潮”么？！难道这首歌已经唱出了荣盛至极、大潮退后的“一襟晚照”？于是，笔者整理思绪，梳理素材，尝试按照“江湖”的感觉，写一下最近的几点思考。

## 一、沧海笑 滔滔两岸潮

工业互联网及工业互联网平台，大概是目前中国最热的名词之一。国家文件屡屡提及，地方政府群起而攻之，各类企业改旗易帜换标签，几乎每天都有相关的论坛，几乎每天都有媒体的报道，几乎每天都有大咖的高论。

火热的背后，是截止去年底申报上来的统计数字，根据中国工业互联网产业联盟（AII）发

布的统计结果：“初步统计，我国当前有 269 个平台类产品，装备、消费品、原材料、电子信息是主要应用方向”。工信部有关负责人在讲话中指出：“平台培育方面，工业互联网平台数量快速增长。目前，有一定行业区域影响力的区域平台超过 50 家”。

不管是总数 269 家还是有区域影响力的 50 家，这些数字都足以亮人眼球，震人耳道，动人心魄——因为全球诞生于完成了工业化的发达国家的工业互联网平台总量也就 150 多个，而在中国，雨后春笋般涌现的工业互联网平台数量已经近乎两倍于这个数字。工业互联网俨然成为高速崛起的“江湖”，成为了拍打江湖两岸的“滔滔两岸潮、纷纷世上潮”。

在深不可测的江湖底部、纷纷扰扰大潮背后，是一系列让

注：本文原载于 12 月 5 日经济网，已获作者授权。

人颇感不解的数字，AII 对全国 168 家企业平台的企业评估之后，看到了这样的数据：80% 平台连接的设备协议种类不足 20 个，83% 平台提供的分析工具不足 20 个，68% 平台提供的工业机理模型不足 20 个，54% 平台提供的微服务不足 20 个。尽管平台开发者数量已经达到 5 万，但是 52% 的我国平台第三方开发者数量在 100 人以下。

这就是华服覆盖下的褴褛，孔雀开屏背后的景象，汹涌大潮浪底的泥沙。笔者在多个场合都讲过：现在似乎人人都怕错过这一波大潮，人人都在争做弄潮儿。与数年前开始的智能制造很不一样，这次的“工业互联网大潮”，好像潮头的走向还没有探明，浪涌的结果谁也不知晓，但是很多人都在争做参与者，所有的参与者都在快跑，究竟哪里是目的地，似乎谁也不是很清楚，尤其是曾经领跑的 GE 忽然跌出了赛道之后，疾驰的这大群参与者似乎都没有停下来的意思。于是，类似于复杂系统（SoS）中经常提到的“涌现”现象就出现了——一条沙丁鱼领头狂游，千万条沙丁鱼紧紧跟上，领头的沙丁鱼跑累了或者被大鱼吃掉了，那么另一条沙丁鱼就担负起了领头鱼的职责，但是已经不是原来那个方向了——游向不定，规则简单，前仆后继，不断接力，不断涌现。到底游向何方，谁也说不清楚。

这就是今日之中国的工业互联网江湖的真实写照。

## 二、苍天笑 谁负谁 胜出天知晓

现有的工业互联网平台，尽管水平参差不齐，各有千秋，但是至少初心都是好的，都是想为中国工业的转型升级贡献一份力量，当然也要顺便从政府争取一点研发经费，以度过中国工业与信息化融合发展上不顺利的时艰。

但是，当一个工业企业或信息化厂商给自己的公司贴上一个“工业互联网/工业互联网平台”的标签之后，你知道意味着什么吗？这个标签，意味着在今日之中国的工业互联网江湖中，你加入了一场目前红火、日后艰难、比拼耐力、不见终点的“铁人五项”式马拉松长跑。因为，在工业互联网/工业互联网平台发展的道路上，至少有“五座”珠穆朗玛峰等着你去攀登。

### 1. 第一座珠峰：网络协议

真正做企业设备物联网的专家都知道，不同工业设备之间的连接，是一个极其复杂的问题，各种不同时期，不同品牌，不同协议的工业设备，如机床、热处理设备、自动生产线、柔性生产线、专机设备、AGV、3D 打印设备、

注塑机、测量仪、反应釜、传感器、仪表、机器人乃至可穿戴设备等，都有不同格式的数据通信协议。

每家生产设备的企业，都是按照自己设备的功能需求第一优先来开发设备接口协议的，是否需要与其他企业的设备兼容，并不在首先考虑之列。根据从事设备联网二十多年的亚控公司资深专家郑炳权介绍，若要上述设备彼此之间无障碍的通信对话，至少需要 5000 种以上的各种通信协议。而且这是一个漫长的沉淀与积累过程。

《机·智》一书第一作者、兰光创新董事长朱铎先认为，尽管现在设备通信协议的走向是趋于标准化，但是在利益格局的羁绊下，各大巨头之间尚未达成一致。总体上，德国的工业设备集成偏向采用 OPC UA 协议，而北美和日本则更偏爱 MTConnect 协议。无论如何，不弄懂弄通这 5000 多种设备通信协议，那么首先在设备互联方面就会受到极大的限制。

### 2. 第二座珠峰：知识壁垒

俗话说隔行如隔山。工业革命的最大成果之一是行业/专业细分。不同行业/专业有不同的细分技术和独门专业知识。在制造业“连接技术”中最常见的焊接，就可以有七八百种不同的工艺流程；一根输电高压线，也可

以有上百个不同的模型来描述；更不用说复杂产品中的民用飞机、航空发动机、核潜艇、航母、舰载机等难以分解的超级综合复杂度；还有在高新技术中，我们尚不掌握的精密机器人减速器、高端芯片以及制作芯片用的 EUV 光刻机等。

莫说现在中国的各行各业还没有支持细分专业并全行业覆盖的工业互联网平台，即使已经有了这些工业互联网平台，也仍然会产生各种“壁垒”与“鸿沟”问题：即一个再成熟的电子产品工业互联网平台，也不太可能被航空企业采用；一个再好的医疗设备工业互联网平台，也不太可能被工程机械企业采用，因为在“别人家”的平台上，没有本行业 / 专业的应用场景和支持这些场景的工业 APP。例如 GE Digital 的“三步走”发展策略“GE For GE、GE For Customers、GE For World”，其实是很务实的。但是在逻辑上，前两步都正确，唯独这第三步踩了“知识壁垒”的红线，“For World”哪里是那么好跨出去的？这中间恐怕省略了“For Other Industries”、“For USA”等重要步骤，以及为了验证和优化这些重要步骤所必须的长期沉淀与反复打磨。GE Digital 多跨出去的那一步，就是导致其业务停摆的短板——知识壁垒。

### 3. 第三座珠峰：企业禁忌

迄今为止，笔者还没有听到任何一个企业愿意把自己的研发知识、经验技巧以及产品的数字化模型，放在“别人家”的工业互联网平台上。小企业因为担心技术诀窍泄露而不敢做，大企业因为担心知识产权不保而干脆自己开发平台。

如果是同行开发的工业互联网平台，上面有专业对口的工业 APP 应用，按理说技术完全可用的工业互联网平台应该是可选的吧？但是，从企业老总的心态来说，越是同行，越是忌惮，越是敬而远之，心里那道屏障，可能高度上要赛过珠峰。试想 A 汽车企业怎么可能把自己的汽车研发模型数据放在 B 汽车企业开发出来的工业互联网平台上呢？想都不用想！因为同业竞争，因为商业机密，因为数据产权的归属与数据安全的保障（不被非法阅览、修改、复制和使用等等），原因太多了，总之，企业有禁忌。企业对于研发、生产和经营数据在工业互联网平台上的共享持相当保守的态度——老板们经常问的是：这对我的企业有什么好处吗？——没有答案。

### 4. 第四座珠峰：保密条例

对于国防军工企业来说，保

密问题是首要问题。对于承担了与国防军工研制任务的其它企业来说，同样如此。保密无小事。

与研制任务有关的任何图文、数据、技术档案等文件，必须做到网络的物理隔离。因此，凡是涉及国防军工型号研制任务的企业，绝不可能上消费互联网，预计也不太可能上工业互联网（本企业对外隔绝的内网除外）。同时，按照政府有关部门的规定，涉密企业不能开展与云有关的业务活动，即使是企业私有云也不行。

保密是法律规定的涉密企业义务，是必须遵守的、优先于其它一切事物的首要事物，是不可触碰的高压线。这几乎是涉密企业无法攀登和逾越的一座珠峰之上的珠峰。

### 5. 第五座珠峰：平台互联

笔者有时候经常问自己这样一个问题（也问过若干工业互联网企业）：国内的工业互联网平台有这么多，这些平台之间能不能相互联接？笔者得到的回答一概是“无法联接”。如此，问题就来了，数百个（以后或许会数千个）工业互联网平台各自集成了一堆客户，但是彼此之间却“老死不相往来”，一个曾经熟识的景象浮现于笔者眼前：早期制造业信息化在中国推广普及的结果是造成了无数的“千岛湖”和“烟囱式”的企业信息化集成项目，结果是不同品牌与

功能的信息化软件之间难以集成，信息化软件与物理系统难以集成，不同企业之间的信息化系统就更难以集成了！

今天的工业互联网平台似乎仍然难逃此窠臼。照此下去，工业互联网平台的诸侯割据是必然的结果，工业互联网平台的战国时代还不知道什么时候才能够结束。

江湖路远。彼此珍重。

### 三、江山笑 涛浪淘 尽红尘俗事知多少

因特网江湖二十年，造就了一代消费互联网枭雄。眼球经济、乌镇饭局、去中心化、风口入口、流量为王、爆款、杀手级等各种关键词，尽管还在流行，但是预感将很快过气。因为，谁都知道工业互联网已经来了！当然，因为消费互联网其实与工业互联网的差异太大，互联网公司们自知是一下子接不上“话茬”的，于是，一个似是而非的“产业互联网”的名称就被用来替代“工业互联网”了，一个逻辑不通的“从2C转向2B”的解读就出台了。

当然，具体的玩法还是在英文词上下足功夫，给听众留足想象空间，给自己留下退路：

英文词解读1——选择产业一词，用英文的“Industrial”的多义性做解释似乎很完美，同时兼具产业和工业的意思，而且更偏向于产业。于是，

“Industrial”到底是产业还是工业就成了一笔糊涂账。既然产业在互联网公司的解读上可以泛泛地包括交通、医疗、建筑、服务、农业等各种领域，那么，从消费互联网转向“产业互联网”，就成了语焉不详的“通解”，成了进可攻、退可守的万全之策，怎么转都行，转哪一行都行，是不是转向工业互联网，全凭发言人或代言人的一张嘴了。

英文词解读2——选择“2B”一词，用英文的“Business”的多义性来做解释也很完美，该词兼有“商业、业务、生意、行业”等意思，于是“2B”也变成了可以有多种解释的“通解”，你以为是“从2C到2B”是消费互联网转向工业互联网，其实，人家也许是转向了任一个非消费领域的其它行业，都算数，仍然是进可攻、退可守的。

很多人都以为互联网公司可以从消费互联网转到工业互联网（或曰之“产业互联网”）了，还弄出来一个“上半场、下半场”的说法，其实真的是有点想多了。互联网公司何尝不知道从消费互联网转到工业互联网之间，还真的有五座珠峰等着它呢！他们的心态是很矛盾的：不转吧，消费互联网已经找不到类似于过去十多年那样太多的增长点；转吧，其实也真的没有太大的本钱和先天的基因往工业互联网转，只能先打技术外围战，先打词汇变通

战，先打造势舆论战。

当然，用过去在消费互联网的巨成功后攒下来的本钱，大批量地从央企、国企挖人补“工业基因”，从工软企业挖人补“工软基因”，从院所和组织挖人补“研究基因”，倒是一直在如火如荼地进行。但是工资待遇加数倍的结果是，人才好挖，知识难得，有一座“知识壁垒”珠峰横亘在那里，搬不走，挪不动，也唱不了现代版的“愚公移山”，只能花费时间、资金和毅力去慢慢爬，去细细沉淀，但是这需要时间，时间，时间！笔者曾在很多讲课中一再强调，人类社会发展的阶段可以跨越，但是技术积累的阶段是不可跨越的。

仅仅一两年，中国的互联网江湖就已经大变样了。角色在变，主次在变，风向在变，阵地在变。如果说，GE Digital的“三步走”发展策略“GE For GE, GE For Customers, GE For World”在最后一步没有走通，马失前蹄，那么，很多人假设的“互联网+信息”、“互联网+消费”、“互联网+工业”的三部曲，也会是一样的道理——前两步没有问题，第三步逻辑难通。如果打算从“互联网+产业”来过渡一下的话，估计还有很长的路要走。不过，只要耐心发展，杜绝浮躁，甘当配角，服务工业，还是有很大机会的，还是有很大作用的。

知名主持人王利芬评论到：

“主角变为配角、主人变助手并不是说不重要了，下一轮工业互联网发展中他们依然处于极其重要的位置，而且，因他们二十年的发展，才会有工业互联网的春天，这就像电力公司、自来水公司、煤气公司都很重要，但它们只能是社会的基础设施一样。”

消费互联网，工业互联网，两个江湖，两种力量，两种玩法。交集不多，相守相望，消费互联网江湖的人要杀入工业互联网，几座珠峰在挡路；工业互联网江湖的人要借力消费互联网，可惜对该江湖的行规、行话、玩法和风情都不太了解，直接跨界彼此都有风险。把今天的互联网公司，定位成未来的基础设施，其实是最恰当的，做“云”，做“管”，都很好，就是不要去做工业的“端”，因为，那里不是你的江湖。

#### 四、清风笑 豪情还剩了一襟晚照

无论是消费互联网的江湖，还是工业互联网的江湖，一个火了20年，刚刚感受到寒意，有待转型；一个出生方几年，刚刚蜂拥而上，热火朝天。两个江湖风景虽然有所差异，但是“To Be Or Not To Be”，却是两个江湖的共同点。

知道自己是谁，也知道别人是谁，知道自己能干什么，也知道别人能干什么，是最重要的。

还有一句话，出来混，总是要还的。这句话什么时候说都不晚。

269家（或许明年会更多）工业互联网平台企业到底有多少能够生存到五年以后还很难说，十年之后也许就彻底洗牌了。最后能剩下的，不过是5~8家工业互联网平台企业。大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米啃青泥。身在其中的参与者们，或退出，或改行，或兼并，或被吞。最后一切回归于“一襟晚照”。

即使到那时又该如何呢？剩下的这几家龙头平台企业就能够好好地活下去了吗？似乎这个问题又回到了起点：谁会用这些企业的工业互联网平台解决方案？这些平台之间能互联互通吗？这些平台能够爬过五座珠峰吗？

真的是：同行难免是冤家，异行知识差异大。春秋战国穿越来，工业互联在争霸。

在中国，几乎所有的工业互联网平台业务都还没有完全进入到良好的盈利阶段，都还需要依靠本公司其它业务的补贴，大家都在艰难度日，争取活久，因为唯有活下去才能有一丝希望。大家都在抢客户，都在花钱、烧钱、亏钱过日子，盈利就暂时不要去想了。于是，中央政府的项目，地方政府的投资，都成为了工业互联网企业期待可以抓住的灵丹妙药、专程或顺路搭乘的诺亚方舟。于是，很多企业的官宣写成如下就不觉得奇怪了：

公司业绩是获得国家和地方政府支持项目X亿。

熙熙攘攘中，笔者看到了两个江湖都在风起云涌，有人在高唱，今日“涛浪淘尽红尘俗事知多少”；隐隐约约中，笔者已经感受到了两个江湖都在升温降温，有人在感叹，未来“豪情还剩了一襟晚照”。

#### 结束语：

金大侠高寿圆满含笑驾鹤西去，空留下江湖侠侣武林诗意惆怅。

江湖几人能写尽？唯有金庸笔如刀。武侠小说中的江湖，自此无人能比肩，无人能扛鼎。

但是，消费互联网的江湖方寸未乱，工业互联网的江湖刚刚开始。两个江湖，都在发愿惠及苍生，都在力图强化国基。工业互联网仍然会是今后几年的“官产学研商协”策马扬鞭、叱咤风云的超级江湖。无论如何，在全民心中，在工业互联网江湖中，工业不再被“夕阳化”和边缘化，终于有了应有的基础地位。

只是说，五座珠峰横面前，回头超越都是岸。最后几人能登顶，唯有苍天可研判。

但愿十年、二十年后，豪情仍在，平台仍在，工业强大，中华强盛。苍生笑，不再寂寥，豪情仍在痴痴笑笑。

有痴就好，痴心不改。有笑就好，笑比哭好。MT

# 科技创新 质量强国

## ——2018 年中国机械工程学会年会在四川成都召开

2018 年 11 月 9 日至 11 日，2018 年中国机械工程学会年会在四川成都成功举办。本届年会的主题是“科技创新 质量强国”，设有主旨报告会和 7 个专题分论坛。年会各项活动吸引了 1100 余名全国各地的机械科技工作者参加。

11 月 10 日上午，年会开幕式和主旨报告会在成都新华宾馆会议中心举行。中国机械工程学会理事长李培根院士，四川省经济和信息化厅党组书记、厅长陈新有出席开幕式并致辞。出席会议的还有中国机械工程学会常务副理事长张彦敏，副理事长兼秘

书长陆大明，副理事长、国家市场监督管理总局党组成员陈钢研究员，副理事长、合肥通用机械研究院院长陈学东院士，副理事长、上海交通大学校长林忠钦院士，副理事长、大连理工大学校长郭东明院士，副理事长、西安交通大学教授蒋庄德院士，副监事长包起帆、监事王玉明院士，四川省教育厅厅长朱世宏，四川省科协党组成员、副主席黄竞跃，西南石油大学校长、四川省机械工程学会理事长赵金洲，四川省机械设计研究院党委书记、院长、四川省机械工程学会副理事长兼秘书长赵其春，中国机械工程学会荣誉会员、上银科技股份有限公司董事长卓永财，中国机械工程学会荣誉会员、香港安乐工程集团主席潘乐陶以及来自全国各地的学会会员、科技工作者及获奖者代表。



年会现场



中国机械工程学会常务副理事长张彦敏主持开幕式



中国机械工程学会理事长李培根院士致开幕辞



四川省经济和信息化厅党组书记、厅长陈新有致辞

李培根理事长在致辞中号召学会广大会员和机械科技工作者，紧紧团结在以习近平同志为核心的党中央周围，围绕建设世界科技强国、制造强国、质量强

国的宏伟目标，遵守科学道德和学术规范，在所在专业领域和工作岗位中深耕、发力，共同谱写新时代科技创新的新篇章。

开幕式由中国机械工程学会

常务副理事长张彦敏主持。

开幕式上举行了中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地揭牌仪式，第八届上银优秀机械博士论文奖、第八届绿色制造科学技术进步奖、2018 年中国大学生机械工程创新创意大赛最佳创新创意奖、《机械工程学报》第二届高影响力论文的颁奖仪式，中国机械工程学会首批会士证书颁发仪式。

开幕式后举行了主旨报告会。主旨报告会由陈学东院士主持。

蒋庄德院士作了题为“高端智能传感技术及应用”的主旨报告。报告介绍了其所带领的研究团队在高端智能传感器方面的研究进展，尤其压力传感器、加速



李培根、林忠钦为中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地揭牌



金奖



银奖



铜奖

李培根、卓永财共同颁发第八届上银优秀机械博士论文奖



李培根、潘乐陶共同颁发第八届绿色制造科学技术进步奖



李培根颁发 2018 年中国大学生机械工程创新创业大赛最佳  
 创新创意奖



陈钢颁发《机械工程学报》第二届高影响力论文证书



李培根向首批会士代表颁发证书



陈学东院士主持主旨报告会



蒋庄德院士作报告

度传感器、集成传感器、超高温传感器、超声传感器、黏密度传感器等方面的最新成果，并探讨了智能传感技术在航空航天、国防军工、智能制造等领域的应用。

林忠钦院士作了题为“制造质量发展战略与智能制造工程”的主旨报告。报告分析了我国制造质量的总体形势、取得显著成效和面临的新问题，介绍了制造质量控制方法的演变和大数据助力制造质量提升在汽车工程中的实践与案例，阐述了智能制造的时代背景，智能制造对工业带来的变化，以及航天智能制造的一些工程实践。

陈钢研究员作了题为“适应新时代、把握新要求，探索以

质量提升促进制造业优化升级”的主旨报告。报告以质量提升促进制造业优化升级为主题，阐述了新时代加强质量工作的重大意义；在简要回顾改革开放 40 年尤其是近年来质量发展历程、成效、经验的基础上，探讨了宏观质量与微观质量、科技创新与质量提升、顶层设计与举措落地、质量技术基础的统筹建设与综合应用、战略思维与系统方法等促进质量发展的重要关系和内在逻辑；并针对当下制约我国行业发展的瓶颈和薄弱环节，提出了推动制造业质量提升的建议。

中国科学院院士、西南交通大学首席教授翟婉明作了题为“中国高速铁路发展与展望”的



陈钢研究员作报告



林忠钦院士作报告



翟婉明院士作报告



2018 年制造业绿色发展论坛暨绿色制造科技成果交流会



中国机械工程学会年会青年论坛——绿色制造创新助推高质量发展



中国机械工程学会青年论坛——上银优博论文交流会



上银优秀机械博士奖颁奖典礼

主旨报告。报告概要回顾了中国铁路高速化发展历程，重点介绍了中国铁路六次大提速进程和高速铁路发展现状，展望了未来中国高速铁路的发展走向及需要重点研究的问题。

年会的专题论坛包括：2018 年制造业绿色发展论坛暨绿色制

造科技成果交流会、中国机械工程学会年会青年论坛——绿色制造创新助推高质量发展、中国机械工程学会青年论坛——上银优博论文交流会、上银优秀机械博士奖颁奖典礼、大师讲堂暨《机械工程学报》第二届高影响力论文及 2019 年重点刊登方向发布

活动、机械制造装备能力提升核心关键技术高端论坛、增材制造技术前沿学术报告会。各分会场活动内容丰富，交流形式多样，充分展示了我国机械工程战线广大科技工作者爱国奋进、热爱学术，努力在新时代建功立业的精神风貌。MT

## 中国机械工程学会第十一届三次理事（扩大）会议暨五次常务理事（扩大）会议在四川成都召开

2018年11月10日，中国机械工程学会第十一届三次理事（扩大）会议暨十一届五次常务理事（扩大）会议在四川省成都市新华宾馆举行。会议由理事长李培根主持。常务副理事长张彦敏、副理事长王德成、陈钢、陈学东、林忠钦、郭东明，副理事长兼秘书长陆大明等128名理事（代表）出席会议。宋天虎监事长、包起帆副监事长、王玉明监事，

本会副秘书长和部分专业分会总干事、省区市机械工程学会秘书长及工作总部各部门负责人列席会议。

会议分为学习和传达党建精神、2018年度工作汇报和审议议案等三个部分。

中国机械工程学会党委书记李培根以“严守党规党纪 弘扬爱国奋斗精神 建功立业新时代”为题，传达了中国科协警示教育大会

精神并对学会贯彻落实中国科协关于在广大科技工作者中深入开展“弘扬爱国奋斗精神、建功立业新时代”活动的有关要求进行了动员，要求学会各级党组织和广大党员干部深刻认识加强警示教育的意义，提高政治站位，把集中整治工作贯穿学会事业改革发展全过程，把党的政治建设摆在首位，坚决做到“两个维护”。在开展“弘扬爱国奋斗精神、建功立业新时代”活动时，要把传承弘扬中国科学家精神和会员发展与服务工作结合，要把爱国奋斗精神学习研讨活动与学术交流活动相结合，要把弘扬爱国奋斗精神与服务行业和区域发展相结合。

张彦敏常务副理事长以《突出重点 强化优势 补齐短板 全面提升 建设中国特色世界一流学会》为题，深入分析了学会与国际同类科技社团的差距，向各位理事通报了学会建设世界一流学会的总体目标、工作思路和建设重点。



会议现场



李培根理事长主持会议并传达党建工作有关精神



张彦敏常务副理事长做工作汇报



陆大明副理事长兼秘书长做工作汇报



左晓卫副秘书长通报学会分会换届和委员会调整变动情况

副理事长兼秘书长陆大明以《深入贯彻十九大精神 积极推动学会改革为建设世界一流学会努力奋斗》为题做学会 2018 年工作报告。报告围绕党的建设、学术交流、智库研究、科普建设、会员服务、承接政府转移职能、加强内部治理等几个方面汇报了学会 2018 年工作情况，分析了学会面临的形势和任务，提出了 2019 年工作的 5 个方向和 10 项重点内容。

左晓卫副秘书长通报了关于中国机械工程学会专业分会换

届及专业分会委员会调整变动情况。

在审议会议议案和工作研讨环节，到会各位理事对理事增补和辞任、常务理事增补、分支机构筹组等相关审议事项进行了讨论和投票表决。会议现场气氛十分热烈，各位理事结合学会党建工作要求、中国科协关于学会改革的重要精神，特别是学会事业长远发展的需要，充分发表意见，交流民主深入，对完善学会工作提出了很多有建设性的意见。

会议最后经讨论形成了决议。决议指出中国科协建设世界一流学会项目是学会未来三年的重要工作，学会要按照“突出重点、强化优势、补齐短板、全面提升”的建设思路，研究制定务实、有效的行动计划，大力发展和服务会员，不断提高学术活动的国际影响力，做大做强科普品牌，努力实现智库的专业化和国际化。通过项目建设，全面提升学会各项能力，为建成有中国特色的世界一流学会奠定基础。MT

# 《机械工程学报》第十一届编委会、《中国机械工程学报》第二届编委会成立大会暨编委会、董事会工作会议在京召开

《机械工程学报》第十一届编委会、《中国机械工程学报》第二届编委会成立大会暨编委会、董事会工作会议于2018年12月1日在北京友谊宾馆召开。本次会议由《机械工程学报》编辑部主办、北京理工大学承办。中国机械工程学会监事长、《机械工程学报》两刊主编宋天虎，中国机械工程学会副理事长兼秘书长、《机械工程学报》董事会董事长陆大明出席了本次会议。

出席本次会议的领导和嘉宾还包括：北京理工大学党委副书记、副校长项昌乐，机械工业信息研究院院长、机械工业出版社社长李奇，北京航空航天大学钟群鹏院士，天津大学叶声华院士，清华大学王玉明院士，南京航空航天大学朱荻院士，清华大学

建斌院士，合肥通用机械研究院陈学东院士，哈尔滨工业大学邓宗全院士，太原理工大学黄庆学院士，北京理工大学孙逢春院士，以及来自全国机械工程领域的

120余位专家。

陆大明代表中国机械工程学会致辞。他指出，中国机械工程学会是我国成立较早、规模最大的工科学会之一。建会80余



中国机械工程学会副理事长兼秘书长、《机械工程学报》董事会董事长陆大明致辞



(从左到右：陆大明秘书长，陈学东院士，雒建斌院士，宋天虎主编)

年来，始终坚持“联络机械工程同志，研究机械工程学术，发展机械工程事业”的创会宗旨，服务于广大机械工程行业的科技工作者。编辑出版科技期刊是学会工作的重要组成部分，是学会活力的表征，形象的外化。中国科协正在积极开展世界一流学会建设，其中一流期刊建设是其中重要内容。一流的学会应有一流的期刊，一流期刊应支撑一流学会的发展。中国机械工程学会的期刊已经组建了期刊联盟，将进一步向着集团化、品牌化、数字化、国际化方向发展。办好《机械工程学报》是学会由大到强的必然选择，是学会发挥学术引领作用的必然要求。

陆大明宣读了两刊新一届编

委会名单。聘请陈学东院士为《机械工程学报》第十一届编委会主任，王国彪教授、邓宗全院士、李奇编审、陈超志高工（教授级）、邵新宇教授、黄田教授和黄庆学院士（以姓氏笔划为序）为副主任。聘请雒建斌院士为《中国机械工程学报》第二届编委会主任，李迎光教授、武传松教授、钱林茂教授、徐兵教授、徐西鹏教授、高峰教授和韩志武教授（以姓氏笔划为序）为副主任。

随后，宋天虎和陆大明为两刊新一届编委会主任陈学东院士、雒建斌院士颁发了聘书。

钟群鹏院士自1997年开始担任两刊编委，2003年开始担任两刊编委会主任，20多年来为两刊的发展做出了突出贡献。为

感谢钟院士对刊物的无私奉献和带领学报取得的辉煌成绩，中国机械工程学会授予他“特别贡献奖”。宋天虎向钟院士颁发了奖杯和证书。钟院士发表获奖感言，他表示这个奖不是发给我个人的，是颁给第八、第九、第十届编委会的，这是集体努力的结果，是对编委会的高度肯定，也是对董事会的高度认可。他指出，我们的目标是做世界一流期刊，其路线图是：稳中求进，进中求特，特中求优，优中求强，强变一流。以质量为中心，建立事业共同体，要奋斗、坚持、努力。行业专家要与刊物共谋、共事、共建、共发、共赢、共荣，以担任编委、董事为荣，形成事业共同体。

宋天虎做了题为《传承·创新·发展》的报告。宋主编在报告中回顾了《机械工程学报》的发展历程。1953年，为适应我国科学技术的进步，尤其是机械工业技术的迅速发展，刊登创造性的理论学术论文，推广科学研究与生产实践中的发明创造，服务于祖国的经济建设，由老一辈机械工程专家、学者发起，中国机械工程学会组织创办了《机械工程学报》。65年来《机械工程学报》自始至终保持、传承与发展着高质量、高水准的办刊理念和指导思想，尤其是体现了学者们的智慧，发表的论文代表了我国

机械工程发展各时期的最高学术水平。例如，1986 年刊登了廖启征的《空间 7R 机构位移分析的新研究》论文，获得张启先院士的高度评价，被喻为登上了该领域的珠穆朗玛峰。1994~1995 年，刊登了路甬祥、陈鹰合写的三篇文章，得到了钱学森、戴汝为两位科学家的高度关注，两位科学家还给作者写信讨论相关问题。在这封 20 多年前的信中，这两位睿智的科学家就提到了人工智能和思维科学的重要性。65 年来，《机械工程学报》从无到有，从小到大，从弱到强，发展过程并非一帆风顺。但几十年的历练，让我们每个人懂得了传承与珍惜的意义，懂得了精益求精的重要，懂得了创新与发展的价值，更让我们明白，今天是崭新的开始，愿景又是一个出发！更让我们认清了不登高何以望远，非乘风不能破浪。我们有勇攀高峰的毅力，我们有直挂云帆的勇气。为此我们衷心希望，新一届编委会能不忘初心，虔诚地传承老一辈求真务实的精神，心怀天下，默默奉献；继续秉承严谨、严肃、求真、唯实的办刊宗旨，保持精益求精的工作作风，把握期刊的发展趋势，不断追求新的卓越！

叶声华院士、孙逢春院士、邓宗全院士、黄庆学院士、赵继教授、徐西鹏教授、刘宏民教授、



宋天虎主编为钟群鹏院士颁发特别贡献奖奖杯和证书



中国机械工程学会监事长、《机械工程学报》两刊主编宋天虎做报告

李大勇教授、韩旭教授、杨绍普教授、赖一楠教授、王国彪教授等与会专家在随后的讨论中也纷纷发表了办刊建议和意见。最后，钟群鹏院士进行了热情洋溢的总结发言。

当天下午，《机械工程学报》

第十一届编委会、董事会和《中国机械工程学报》第二届编委会分别召开了工作会议。《机械工程学报》第十一届编委会、董事会工作会议由陈学东院士主持，与会的各位编委和董事们围绕着如何进一步提升刊物的影响力；



《机械工程学报》第十一届编委会、董事会工作会议



《中国机械工程学报》第二届编委会工作会议



与会院士合影（从左至右：黄庆学孙逢春陈学东叶声华钟群鹏 王玉明 朱荻 雒建斌 邓宗全）

如何开拓思路，吸引优秀稿件发表在国内期刊；如何适应新的出版、阅读模式，满足读者需求；以及如何建立有利于刊物持续、稳定、健康发展的长效机制等几个主要议题展开了热烈的讨论，大家踊跃发言，纷纷献计献策。

《中国机械工程学报》第二届编委会工作会议由雒建斌院士主持，与会的新一届编委们围绕着如何进一步提升刊物的国际影响力；如何吸引高影响力论文作者投稿；以及如何实现编委会工作会议的制度化等主要议题进行了深入探讨，提出了很多宝贵的意见和建议。

《机械工程学报》和《中国机械工程学报》将在中国机械工程学会和新一届编委会及董事会的领导下，在机械工业信息研究院的鼎力支持下，朝着办成世界一流学术期刊的目标砥砺前行！ MT

《机械工程学报》第十一届编委会  
《中国机械工程学报》第二届编委会 成立大会暨编委会、董事会工作会议



嘉宾合影

BEW2019

# 第24届北京·埃森焊接与切割展览会

## THE 24<sup>th</sup> 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](http://www.beijing-essen-welding.com)

[www.埃森焊接展.com](http://www.埃森焊接展.com)