

MT 机械工程导报

Mechanical Engineering Trends

<https://www.cmes.org/>

2021年第2期 总第213期



4大场景 12个维度，理解未来制造的内涵 p01

对“工程师”的社会性矮化是现代文明之忧 p07

数字孪生的前世今生 p11

中国互联网平台经济：针对工业4.0的发展评估 p19

目录

CONTENTS

机械工程导报

MECHANICAL ENGINEERING TRENDS

1998 年创刊
2021 年第 2 期 (总第 213 期)
2021 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: <https://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

- | | |
|-------------------------|----|
| 4 大场景 12 个维度, 理解未来制造的内涵 | 1 |
| 对“工程师”的社会性矮化是现代文明之忧 | 7 |
| 数字孪生的前世今生 | 11 |



热点关注 CURRENT POINT

- | | |
|---------------------------|----|
| 中国互联网平台经济: 针对工业 4.0 的发展评估 | 19 |
|---------------------------|----|

4 大场景 12 个维度，理解未来制造的内涵

上海大学 李明

转型升级，高质量发展等等，当许多新名词出现频率很高时，不仅代表着重要性，从某种角度讲，更预示着 VUCA 的特性，即变化性 (Volatility)、不确定性 (Uncertainty)、复杂性 (Complexity) 和模糊性 (Ambiguity)。

往哪里转型，升级成什么样，高质量，仅仅是把产品质量做得更好吗？

讨论任何事，脱离了场景去讨论目标，就变得毫无意义。本文试图从 4 个场景的变迁入手，通过 12 个维度去穿透这些场景来讨论相关问题，以期更好地理解转型升级和高质量发展的需求和方向。

一、是什么在逼我们脱离原轨、另辟蹊径

纵观人类进化史，从听天由命的游牧文化，顺天而为的农耕

文明、到战天斗地的工业文明，科技都扮演着第一生产力的角色。特别最近数十年来，在计算机和信息化技术带动下的工业发展，科技再一次实质性改变了我们的社会形态。这也许是“我命由我”的数字文化时代的开启。这个发展过程造就的场景便是我们讨论未来场景的前提 (图 1)。

今天的科技和制造能力已能全面支撑了社会需求，一般产品已呈现产能饱和、功能趋同和性能扁平化现象。同时，网络又将全球关联在一起，探究这样的场景，我们可以看到一种前所未有的“七个一”现象，即：

的“七个一”现象，即：

1. 一人一媒体：自媒体让每个人都可以发声，并让全世界听到，这是社会颗粒度的极度细化的表现。它将引发全球从原有的精英主导体系向全民控制体系的转变，并催生社会形态的重组，

2. 一人一市场：当产品和资源充沛时，主动选择和主动组织的可能性将成为个体力量的展现，市场的颗粒度同样被极度细化，这种细化不仅会渗透到产品的功能和性能，更让个体关注产品以外的东西，即对产品的体验、感受，甚至期望。



图 1 如何理解工业转型升级的场景

3. 一人一价值：这里的价值应该包括两个部分，即个体对于社会的价值，以及个体的价值观对社会的影响。个体，包括供需双方的价值取向，将成为产品交易和使用的交汇点，并将形成一个动态的圈，其中有一部分应该就是我们经常讨论的生态圈，是基于价值而形成的。

4. 一人一资本：网络有能力将个体资本汇聚起来，这种力量已经体现，而在未来，个体资本的作用甚至可能超越市场资本。

5. 一人一资产：个体 IP，不仅是话语权，更是影响力，它是一种虚拟的资产，同时每个个体又可能成为别人资产的一部分。而企业 IP，某种角度讲，就是企业的品牌，一种无形的资产。

6. 一人一品牌：上述5个“一人一”，包括价值、媒体、资产、市场、资本，成就了个人的品牌。

7. 一人一创意：综合上述所有的“一人一”，会使每个个体将与生俱来的创新欲望彻底激发出来，传播出去，从而形成一种全新的创新环境。

上述这一切，无不突透出一个“可”，这也许形成了数字文明时代工业的四大特征：

- 粒度可细：可以实现面向全体、全方位、全场景、全样本、全过程的颗粒度极度细化；

- 资源可配：可以调用和配置全球最有效资源开展最有价值的活动；

- 生态可造：可以基于价值动态构建生态圈，让有关各方获取所需的价值；

- 价值可期：可以通过技术的有效应用，让期望的价值获得全面的满足。

个体的突起注定了数字文明将具有异构性(Isomerism)特点，于是，这世界将是VUCAI的，一切都将重新定义。

思考这些，笔者曾编了个故事，说远古时有一群猴子想走出迷雾的森林，于是有的猴子窜上树去高瞻远瞩，有的猴子却站了起来，并最终走了出去，开创了新的生活。

黑格尔曾讲过“人死于习惯”，当这样的百年未有之大变局来临之际，用过去的理念、思路和方法，那就是不仅是等死，更是找死。唯有站在战略高度解读，以变应变，主动进化。

二、转型升级和高质量发展的场景变迁和核心内涵

转型升级和高质量发展是我们以变应变的唯一手段。基于上述讨论的场景本文试图用一种全新的工程化、系统化视角，基于现实、基础、进阶和目标等阶段轴的4个场景变迁，通过市场、客户、产品、质量、设计、运维、控制、管理、模式、资金、人才、创新等12个维度去透视未来工

业，以期让我们更好地理解转型升级的目的、途径和阶段目标。

图2为采用12个维度和4个阶段场景轴组成的矩阵描述的转型升级和高质量发展的过程和核心内涵。

1. 市场维：今天的市场主要还是基于需求的采供销模式，而电子商务和网络平台的出现，将市场中各主体的颗粒度细化到了个体，并在现代工业支撑下提供了一种“一切都可选择”的场景，此时，个体的三观和文化特性会主导选择，于是基于文化和价值的生态圈会自然形成，并成为未来市场的特征。这种生态圈将涉及和涵盖客户、供应商、合作伙伴等，是全方位的。

2. 客户维：基于需求的采供销模式下的大多数客户往往是被动型的，作为个体的他们对市场的影响力远远不够。而网络平台的出现，所有的产品都被推到客户面前，它不仅实现了卖方市场到买方市场的彻底转变，更重要的是让客户从以前的被动型转化为主动型，即掌握有生杀属性的选择权，此时的客户才真的成了上帝。而未来，网络还让客户直接参与产品研发成为可能，将客户转化为融入型，客户最终将成为天使。

3. 产品维：产品短缺的年代，我们关心的是有和没有，当产品充沛时，我们开始关心产品的质量，今天，我们已开始关心产品

质量以外的东西，如品质。那就是产品使用的体验感、使用中展现的价值，以及产品中内涵的文化感应。这就是产品达到可选择时面临的场景。

4. 质量维：伴随着产品的进化，最早我们认为产品的质量取决于制造商的三观、认知和能力（ISO 9000:1994），后来我们认为质量需要市场的认可，并将其定义为“一组固有特性满足要求的程度”（ISO 9000:2000），我们称之为指标质量。而现在，我们已将对质量的理解提升到满足客户和有关相关方的需求和期望，并实现各方的价值（ISO 9000:2015）。从这里我们可以看到，高质量发展绝不仅是把产品性能指标做得更好，其核心是引领和创造价值。

5. 研发维：以前的研发主要基于知识，现有已全面融入了管

理，包括知识管理、过程管理（技术状态和项目）、供应链管理、客户管理、风险管理和创新管理等。未来的研发，必然是融合的，是基于价值的全面融合管理，即基于客户、企业、供应链和社会价值的融合管理。

6. 运维维：数字化、自动化是现代工业的一个特征，目前主要还处于基于假设的控制阶段。今天，数据透明、人机协同、智能操作和网络协同已成为我们升级换代的目标。而未来，以数据和智能为基础，一切资源都将是基于动态生态圈的动态配置和运维。

7. 控制维：我们很早就认识到过程控制是产品质量、产能和效率的保障，后来又提出了面向产品全生命周期的思维和控制逻辑，而未来，这种控制还将覆盖到对产品价值释放的控制。

8. 管理维：体系管理是现代管理的核心，目前已开始了各类体系的协同管理和认证操作，ISO 已在着手制订管理标准的标准，用全新的思维和高级结构形成更大的管理体系。而未来，还将覆盖到基于生态圈资源配置和运维控制的管理。

9. 模式维：随着网络和信息技术的发展，整个供需模式正从基于需求和供应链，转为基于网络协同，并最终走向基于价值共识的模式

10. 资金维：发展需要资金的投入，转型更需要大的资金。今天资金的来源已从原有的企业主体投入转化为资本市场的大规模介入，而随着“一人一资本”时代的来临，来自个体的“情怀投资”将重构资金投入的格局。这里对情怀投资的提法是作者对互联网个体资本汇集现象的思

维度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
阶段	市场	客户	产品	质量	研发 (P)	运维 (D)	控制 (C)	管理 (A)	模式	资金	人才	创新
目标	生态化	融入型	实现价值	体现价值	基于融合	智能化	价值释放	配置管理	基于价值	情怀型	技能人才	自主型
智能物联	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
进阶	网络化	主动型	质量品牌	市场认可	基于管理	协同化	生命周期	协同管理	基于协同	市场型	复合人才	管理型
数字网络	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
基础	采供销	被动型	满足市场	厂商能力	基于知识	自动化	过程控制	体系管理	基于需求	主体型	专业人才	倡导型
交通通信	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
法制化、标准化、规范化 + 文化环境												
现实	价格战	随机型	跟随主流	源于市场	基于经验	密集化	末端控制	内部管理	响应需求	受迫型	粗放人才	试错型

图2 用4场景、12个维度来理解转型升级各阶段场景的内涵

考。无论是在P2P、众筹、PPT造X、还是部分消费者对技术上还未成熟的电动汽车的激情购买，都或多或少体现了一种情怀。这种情怀投资值得关注。

11. 人才维：人才是发展的根本，今天社会对人才的需求已从专业技术人才转为复合型人才，这种复杂包括了技术和管理、多专业的复合等。当人才作为资料进入配置操作时，必然会对人才的属性提出全新的要求。这是一种全新的人才，这里称为“专业技能人才”，而绝非一般意义上的“工匠”。这是一种掌握了创新思维和创新技能、工程思维和专业技能、知识体系构建和应用技术、与智能机器协同工作技能的人才。关于这类技能人才的缺失，美德等权威机构曾有专门的联合调研和分析。

12. 创新维：创新是一个老生常谈的问题，我们一直在倡导创新。今天先进工业国家已开始通过管理来逼出创新，而随着“一人一创新”场景的出现，我们将进入自主创新时代。

从上面12个维度对不同转型升级场景变迁及其内涵的穿透分析来看，这是一种完全不同以往价值取向、思维模式和运维操作的一种场景。面对这样的全新场景，用原有的视角和方法已无法全面洞察，要在这种场景变迁中应对自如地开展转型升级和高质量发展，唯有坚持运用工程思

维、创新思维的基本原理，结合新技术的运用，形成更高阶的工程思维和创新思维。

三、以变应用，主动进化

面向转型升级和高质量，似是而非的讨论是没有意义的，听着都蛮有道理，做起来全是约束的讨论更是浪费时间，需要结合场景、在企业定位的前提下讨论，从而对症下药，重点关注转型方案的可操控、可度量、可交付。下面我们基于场景变迁，综合上述的各个维度来讨论转型升级和高质量发展的途径。

本文的图2采用了一个矩阵架构在描述转型升级的各阶段场景以及12个维度的纵向穿透讨论，其中横向看就是四个阶段场景：

1. 基础场景：这是现代工业的场景。注意“现代”的表述。今天的市场已高度一体化，在这个市场中，质量得到了有效的保障，其背后是基于全球协同架构的体系支撑下的创新型研发、高效率制造、全方位控制、以及社会责任的良好体现，更有资金、人才的全力支持。

2. 进阶场景：这应该是我们向未来制造转型过程中的升级场景。网络和信息化技术把客户、供应商和合作伙伴紧密地连接在一起，数字化技术和基于数字互

联的架构在研发、运维、控制和管理等各个环节得到充分且有效应用。这其中数字化工具和平台是核心支撑，典型的工具是各类工业软件和数字化装备，典型的平台是PLM、ERP、CRM、SCM、HRM、MES、MOM等等。更为重要的是，创新被纳入了整个管理体系，这一点可以从ISO 56000创新管理系列标准的制订中看到。

3. 目标场景：这是目前我们讨论的所谓工业4.0和智能制造场景，此时基于智能物联架构的市场、客户、制造商和合作伙伴已能够基于文化和价值动态组建相应的生态圈，并实现了产品研发的融合、制造运维的智能化控制和全球最合理资源的配置。这个全新的工业模式是基于进阶场景的，是数字化、信息化和智能化技术的高阶应用。同时，有关各方的融入带来了情怀型资本的投入，而且这类资本的占比应该不低。能与智能技术协同工作并掌握专业技能的人才作为有效资源被同步融合进生态圈，为创新提供了基于个体自主创新的源动力。

在图2中还给出了一个“现实场景”，这应该是今天国内企业的主体状况。当我们缺乏核心技术和人才、对创新的理解和管理还在试错阶段，制造过程控制水平和产品质量低下时，我们能做的只能是跟随市场，能用的手段工具仅有“对外血拼价格”

和“对内压榨时间”，并直接导致价值观的扭曲。我们必须客观地承认现状，这也是我们现在的水平和在全球工业中的地位。造成这个场景的原因有很多，有国情、有积累，等等。但如果站在转型升级和高质量发展的需求层面看，所有这一切现象背后的根源在于我们对现代工业的理解。所以说，不讲对现代工业的理解就谈转型升级，不讲现实场景就讨论质量、成本、效率和顾客满意，是毫无意义的，而在这种情况下谈进阶场景后的目标场景（智能制造），基本上就是妄谈了。

说到这里，有必要讨论一下“弯道超车”。只要真正开过车的，都知道超车的前提是车要好，再加上车技和对方的打盹。试想，如果是一辆上述 12 个维度全面落后的破车，就算万一超过了别人，又能保持多久呢？

在“弯道超车”的逻辑不通后，又有人开始妄谈“造道超车”。看了这些提法似乎让人有一种创新的冲动。不过，打这类人的脸太容易了，只要看国际乒乓球比赛成绩，日本为了成绩，不知造了多少条新赛道（规则），最后赢了吗？所以，把车做好，才是王道。

回到转型升级和高质量发展的话题，图 2 中还给出了一根红线，标出了现代工业的根基：工业行为的法制化、标准化和规范化，以及良好的消费文化氛围等。

这应该是国内绝大多数企业成为现代企业的努力方向，也是我们开始真正实现转型升级和高质量发展的起点，说到底，需要补上现代工业的课。

我们的转型升级和高质量发展能否在现实场景向基础场景和进阶场景的转化中并步走，取决于下面几个方面。

1. 空杯心态，在抛下既有后发奋学习：从而实现理念思路的快速转变，知识技术的快速更新。如果在这个层面不能与全球先进同步，创新只能成泡影，差距必将被拉大。

2. 系统思维，在全球视野下部署战略：通过国家质量基础（NQI）的建设和实施，培养和建设全民质量文化、构建质量评估的技术支撑、加快质量信任和效率的体系建设、推动资本市场的改革和重组、打造高质量发展的环境，为工业转型奠定起步的基础。

关于人才，更是一个值得关注的点，当个体价值得以充分体现，岗位又可主动且充分选择时，什么样的价值观是属于未来的、什么样的技能是符合未来的、什么样的专业技能人才是面向未来的、什么样的培养机制是支撑未来的，总之，这一切都需要我们用价值去重构人才培养和应用管理机制。

3. 责任上肩，在结合国情下勇于实践：融合中华民族的传统

智慧，让市场、企业和消费者主动接受文明更替的洗礼，大浪淘沙，不进则退，主动进化。

对于目前大多数国内企业而言，大多处于一种“四不”状态，即：

◆看不清：看看都是问题，但看不清来源

◆听不明：听听全是道理，愣听不明实质

◆说不准：说说尽是梦想，却说不出途径

◆想不了：想想终是无奈，总想不出对策

这看似无奈，实则是一个亚健康状态。有病得治，其实医院的做法大家都懂，无论是中医的望闻问切，还是西医的听诊化验，确定病因才能对症下药。而对于企业而言，治病前（转型）还有一个重要的事要做，那就是定位，“定位之父”杰克·特劳特对定位给出了三个愿景，通俗点讲就是争先、伴行和对抗。定完位以后，才开始漫长的治疗康复（转型升级）和超越（高质量发展）。

在转型升级中关键要关注异构性。如同每个人的体质不同一样，企业定位不同和个体差异，必然导致了转型升级的个性化和异构化，这一点是所有企业必须谨记的，换句话讲，企业自己的事必须企业自己来做。

尽管存在着绝对的异构性，但基本的理念、思路和方法还是具有共性的。转型升级的第一步，

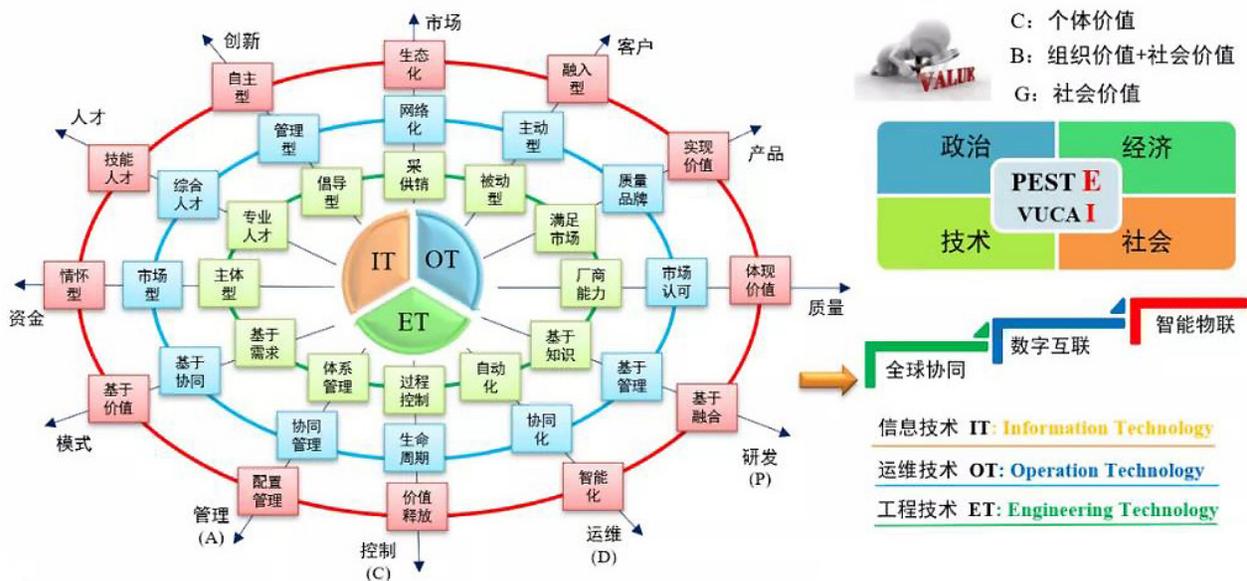


图3 技术架构和平台对转型升级各阶段场景的支撑

就是对企业实施全场景、全方位、全过程的数字化，它能让企业的亚健康状况真实且可视地展现，一旦转型方向（定位）和现状问题明确，转型升级就成了相对专业的技术和管理问题。

全球技术和管理人员的工程实验表明，标准化和规范化是现代工业的红线和基础，它能够帮助企业建立解决问题的使能机制。基于标准规范可以逼出创新，一切管理的依据源自标准规范，所有资源的融合可以依靠有效的管理，破解问题的OT、IT和ET技术的集成应用可以在标准规范的逻辑下得以有序实施。

关于标准规范，还有一些基本概念需要澄清：

1. 必须清醒地认识到标准的实质是底线，根本不存在所谓的

引领作用，如果一定要说它有引领作用，那么，标准化规范化思维是绝对具有引领作用的。只有不断提升底线，企业才能进步。如果有人认为标准是壁垒，那只能说明他没到别人的底线，或者根本就没有想过底线。

2. 必须充分地认识到标准是“做”出来的，不是“写”出来的，千万别忘了标准规范还有一个很不起眼的名字，叫做“良好实践”，它体现了工业之道。

3. 最最重要的是标准化规范化是转型升级和高质量发展的有形抓手和可操作、可度量、可交付的实施手段（图3）。

在达到基础场景后，先进工艺、数字化、网络和信息等高新技术才会有真正的用武之地，它们将助力和加速我们的转型升级

和高质量发展，这其中包括基于数字孪生（Digital Twin）的模型构建、基于大数据的智能算法、基于智能物联的有效运维等，所有这些操作的核心是智能机器的介入。

总之，思路决定出路，真正卡着我们脖子的是我们自己的理念和思路，最后用文中的几句话来结束此文：

- 空杯心态，在抛下既有后发奋学习，更新理念、思路、知识和方法

- 系统思维，在全球视野下部署战略，构建体系、机制、环境和基础

- 责任上肩，在结合国情下勇于实践，开拓转型升级和高质量发展之路。MT

对“工程师”的社会性矮化是现代文明之忧



中国航空工业集团公司 张聚恩

2019年11月，在法国巴黎举行的联合国教科文组织（UNESCO）第40届全体大会上，通过决议，将每年3月4日设立为“促进可持续发展世界工程日”，简称“世界工程日”。2020年3月4日，是首个世界工程日。今年3月4日，是第二个世界工程日。

在今年的全球在线纪念活动中，UNESCO发布了《工程——支持可持续发展》（Engineering for Sustainable Development）报告。这份报告是在“2030全球可持续发展议程”关键推进阶段发表的，是在气候变化挑战严峻、新冠病毒疫情席卷全球的形势下发布的。报告指出应提升工程能力，改进工程教育，加强工程创新，鼓励全球工程界携手应对各种挑战，加速实现可持续发展目标。

作为一名老航空工程师，面对当下形势，特别是全球性的鄙薄实业、轻视工程、矮化工程师

的倾向，心有所虑、所忧。我想，为什么要设立“世界工程日”呢？也许根本的缘由就是要扭转这种倾向，让全球全社会都来重视工程，回归工程师本应有的责任与形象吧。

一、从波音说起

为什么我会有如此的忧虑呢？这要从2018年10月和2019年3月波音公司737MAX飞机的那两起惨烈空难说起。在查找事故原因时，人们发现，直接造成空难的MCAS系统软件的权限设计存在严重问题，从根本上违背了波音民机赖以生存的安全准则；为了节省成本，一些重要软件（包括MCAS）外包给明显缺乏经验的分包商；而公司内部本应十分严格的技术责任制形同虚设。

问题的根源分析逐步转向了企业自身的文化。被免职的上一任CEO丹尼斯·穆伦伯格（Dennis

Muilenburg）因处理空难事件不力被诟病，进而被指控将利润放在首位，伤害了公司的竞争力。但是所有这些，可不是从穆伦伯格开始的，而是在持续十数年的歧路上，经过几任领导人，一步步越走越远的，终至酿下苦果。

从当年波音先生创建企业开始，波音公司就逐步兴起工程师文化。创业之始，中国的航空先驱王助出任波音第一任、也是当时唯一的工程师，领导C型飞机的设计与研制，一举成功，获得美国海军的信任，拿下57万美金的订单，为波音公司赢得第一桶金。王助的杰出贡献，也在感情上拉近了我们与波音文化的距离。

在此后的漫长岁月里，波音克服了许多困难，终于成长为军民航兼营、空天地一体的业界翘楚，在这个过程中，也形成了独有而浓厚的工程师文化。许多领导者本人就是优秀的航空工程师，一些高管本人甚至拥有技术

专利。正常和健康成长时期的公司以工程和安全为运营导向，而金融只是辅助性工具。

但在1997年波音收购麦道后，随着领导层的更迭，这个优秀的文化传统悄然发生了变化。削减成本、回报股东（包括这些高管们自身），逐渐成为公司运营的首要目标。股价的确在持续飙升，但内部的研发与技术管理却危机四伏。一些分析师质疑，这种财务繁荣是以牺牲未来利益为代价的。而穆伦伯格的前任CEO斯通西弗则表示：“当人们说我改变了波音的文化时，这就是我的初衷，所以它像一家企业、而不是一家伟大的工程公司一样运作。”

看，领导人就认为波音不应该是工程公司！就这样，波音这家百年老店辉煌的工程师文化，在十几年里被扭曲和销蚀，被金融文化、利润文化所取代。领导人甚至强行把总部搬到金融之城芝加哥，远离西雅图2700km之外，为的是远离管理实务，而更便捷地融入金融圈。以致在空难后，分析师理查德·阿波拉弗亚（Richard Aboulafia）评议“波音的奇怪组合”，“一个没有任何工程师背景的掌权者，领导几百号管理者，在千里之外的大楼里遥控指挥。如果商用飞机业务还留在精通STEM学科的工程师手中，或许还能凑合运营。”

现在，波音自己正在痛定思

痛，下决心重振工程师文化；而人们也正从波音的教训中，取得越来越强烈的共识：一个实体经济的企业必须高扬工程师文化的旗帜。工程师文化的核心就是重视科技创新，倡导务实精进，推崇和尊重工程师的创造性劳动；对于一个企业而言，即便如波音这样的霸主，也必须时刻抱持敬畏心，把技术和安全放在首要地位。为此，公司要确保工程师的地位、话语权和对策的影响力，公司的高管需要有良好的科技底蕴，要有悉心倾听工程师的声音、与他们密切互动的能力。

而我所以深以为虑是在于，波音之外的许多企业都染上了这种“病”，而全社会更在蔓延着忽视实体经济、夸大金融商业作用的不良倾向。在这种氛围里，工程师的价值被低估，这个曾经神圣无比的职业被空前看衰，许多有才华的年轻人，一窝蜂地去学贸易、学金融，以致于忘了工程能力才是改变世界、创造财富的根本力量。

二、再说工程

让我们简要重温一下关于“工程”的应知吧。什么是“工程”？“工程”指生产制造大而复杂的产品（如设备、建筑等）或为实现某一目标所进行的各项劳作。“工程”固有的含义是，人们为满足物质或精神需求，集

结在一起，使用科学原理与相关技术，通过有组织的活动，制造出预期人造系统，或达成预设目标的全部过程与手段的集合。

古代，世界各国、各民族的人民在不同时期，都曾创造过辉煌的工程成就。英国的史前巨石阵、埃及的金字塔、中国的万里长城、秦驿道、都江堰和大运河，古罗马的斗兽场、中世纪的欧洲教堂、美洲的玛雅神庙等，都是古代工程的奇迹。

14世纪末，西方对于工程概念的使用，较多地指向中世纪纷乱战争中被各方用于军事斗争的各种机械装置，与Machine一词相连。和今天一样，军事往往是人类最早、最为大胆开拓和实践先进科学技术的领域。后来，随着民用建筑的进步、新机械装置的发明等，“工程”这一概念才在17、18世纪正式出现，其含义也逐步宽泛。

自进入现代社会以来，“工程”有了更清晰的概念，大体有狭义和广义之分。狭义的“工程”是指，通过一群人的有组织活动，将某个（或某些）现有实体（自然的或人造的）转化为具有预期使用价值的人造产品的过程。广义的“工程”是指，由一群人为达到某种目的、在一段较长时间内进行协作活动的过程。

上述古代工程杰作，以及现代交通运输工具、现代兵器制作、“阿波罗”登月等，是狭义工程

的范例；而土木工程、机械工程、电机工程、化学工程等实物工程，以及延伸出的环境工程、遗传工程、市政工程等并非一定产出实物的工程，则被视为广义工程。

工程的两个主要特点是目标性和复杂性。没有确定的目标，谈不上工程；其产出为相对简单的单一产品，一般也不能称之为工程。由是，就能理解为什么前一段推荐“茅台院士”会引起轩然大波，包括已经评上的“烟草院士”，为什么不能服众。原因就在于其工程性特点不鲜明，目标不确定，其最终产品相对简单。由此我也想到，中国工程院似应明确界定“工程”的概念与范围，强调“工程”必应具有规模与难度，严防把“工程”简单化、泛化和滥化，这也将是维持工程院和院士声望的有效举措。

三、致敬工程师

那么，什么是工程师（Engineer）呢？工程师就是掌握、开发和应用工程技术的一群人，就是干工程、对工程成功负有技术责任的人。工程师主要从事工程设计、制作、操作、管理、评估等活动，具有特定能力、经验与资质的人员的称谓，通常特指拥有专业性学位或相当工作经验的人士。

工程师和科学家（Scientists）拥有不同的使命

任务。科学家的责任是探求社会与自然的规律，发现一般性法则；工程师则按科学原理和既定原则，去解决技术问题，制造出产品或达到预期目标。在某种意义上，科学家研究事物，工程师建立事物。没有薪火相传、接续奋斗的无数工程师，难以成就千姿百态的人类文明，各个时代的人们也便无从享受工程带来的巨大福祉。

不是随便什么人都可以自称是“工程师”的，恰相反，工程师有严格的资质要求。在欧洲一些国家，工程师称谓的使用被法律限制为持有学位的人士；没有学位的人士若使用，便属违法。在美国大部分州及加拿大一些省份亦有类似法律，通常只有在专业工程考试取得合格后，才可被称为工程师。

有意思的是，一些大学的学生在毕业时，可以直接获得工程师的头衔。例如，长期雄踞全球大学“机械、航空与制造工程”类排名第一名的美国麻省理工学院（MIT），其机械工程系内，就设有“机械工程师”和“造船工程师”学位，为期三年，授予那些修完硕士学位、偏重于工程技术而进行专修的学生。这也是当年王助获得 MIT 学位后直接就职波音，就能被称为工程师的缘由。

在我国，工程师具有双重含义，其一是对从事工程技术工作

的人员的称谓，是一个特定职业人群的总称；其二是作为一种职称，表明具体人的资历与业务相对水平。以一名本科毕业的大学生为例，参加工作后，如果从事工程技术工作，经历实习、技术员、助理工程师几个阶段后，大约 3 年到 5 年，可以晋升为工程师。拥有研究生学位的，这个过程会短很多。不管是在研究所还是在工厂，不管是干设计、干工艺，还是干技术管理，通称为“工程师”。获得工程师职称后，再经若干年奋斗，可以晋升为高级工程师；其中较小比例的人最终会获得教授级工程师的头衔。

回想 57 年前，我踏进北京航空学院（今北京航空航天大学）的大门，迎面而来的大字横幅：欢迎你，未来的红色航空工程师！半个多世纪过去了，那场景还在眼前晃动。那时，工程师是一个远比今天神圣的职业称谓；当年从五湖四海汇聚在一起的学子们，都以成为一名合格的航空工程师为奋斗目标；把当工程师视为勤奋学习的果、祖上修来的福。

现在，人们似乎不以当工程师为荣了，不少人还会认为当工程师很容易、很 low，我把这种现象称为对工程师的社会性矮化。而且，这种现象不止发生在我们国家、我们身边，在世界范围里都有，如上面举的波音的例子，长此以往，后果可怕。合格

和优秀工程师的匮乏将直接影响社会与经济的持续健康发展，现代文明将难以维继，这决不是危言耸听。

一代又一代的工程师们奋斗在改造自然、创造财富的第一线，用他们所掌握的科学知识、技术方法与技能，设计和制造出人们需要的适用产品（物质的或非物质的等不同样式，硬件或软件等不同形态），去改善与丰富人类的生活。工程师是最平凡、最普罗，也是最神圣的职业之一。鄙薄工程师，是荒唐而有害的；矮化工程师，是浅薄而短视的。在第二个世界工程日之际，让我们向对工程师的社会性矮化开炮，希望有更多有志青年献身工程，成为改造世界、为民谋福的工程师！

四、谈谈工科教育

工科是高等教育中的一种专业门类，范围很宽，泛指学习和研究工程技术的教育活动，涵盖一切应用工程技术的领域。工科的发展与工程的概念密不可分。工科存在的意义就在于培养工程技术人才，培养从事工程技术研究、应用和管理工作的工程师，培养具有科学素养与视野、同时具备实际工程技术研发与应用能力的工作人员。

我们的事业当然需要领军和领导（双领）人才，这是当下许多名校标榜的培养目标，但更需

要千千万万、从事工程技术工作的工程师。而且，领导者和领军者是在共同奋斗的事业中，经过实践的锻炼而成长和出现、并被同行和同事所承认的。所有担当大任的领军者和领导人，都是先当被领导者，通过长期的不懈努力和持续积累，才脱颖而出的。而且，问题还在于，我们永远不需要那么多“双领”，尤其是领导人；工程师才是科技大军的主体，绝大部分毕业生穷其一生的追求，就应该是当一个好工程师。

对于工科类教育的培养目标，还是应该回归到：培养合格的（或优秀的）工程师。这里的工程师是一个普遍性称谓，包括设计师、工艺师、冶金师、质量师、培训师、程序师等，是为实现共同目标而分工协作、并无高下之分，且具有一定资质的工程技术人员

的总称。不管中西有何差异，培养出合格工程师，正是工科大学最伟大、最基本的社会责任。MIT的实践颇值得借鉴，虽从20世纪30年代开始转成综合性大学，但仍以工科为主和见长。人们一提MIT，第一反应就是“工科殿堂”。有趣的是，学校吉祥物是动物界最擅长筑水坝的“工程师”——海狸，校训是“脑手并用（Mind and Hand）”，彰显对工程技术的重视，且其工科坚守培养工程师的目标。

以 航 空 航 天 工 程

（AeroAstro）为例，他们确立的培养目标是航空航天工程师、宇航员、飞行员、教授；制造工程的培养目标是机械工程师；计算机工程的培养目标是软件开发工程师、机器人工程师、技术员、教授、网络工程师、管理顾问、计算机系统分析师、航空电子技术员、航空航天工程师等；众多工科专业，尽皆如此。

这所世界最好的工科大学，将其育人目标与学生毕业后的职业，描述得如此接地气，可触摸，平实无华。但这丝毫不妨碍全球教育界对MIT至高地位的推崇，不妨碍全社会对MIT毕业生高水准的认可，更不妨碍在这支队伍里不断出现世界级领军者的现实。

在第二个世界工程日之际，面对一个动荡不安的世界，上述思考具有特别的现实性和紧迫性。联合国确定的17项2030年可持续发展目标，包括清洁水、清洁能源、韧性基础设施和应对气候变化等，都是造福人类的伟大工程，而宏大的工程师队伍正是将蓝图变为现实的使命担当者。中国的民族振兴、两个百年的伟大任务，更需要无数冲锋陷阵、埋头苦干的工程师。

加强工程能力建设，重视培养工程人才，激励更多才俊投身工程，致力于提升工程师水平，为促进我国、以至世界的可持续发展贡献智慧与力量，是我们责无旁贷的伟大使命。MIT

数字孪生的前世今生*



中国科学院沈阳自动化研究所 彭慧

一、数字孪生之火热

数字孪生 (Digital Twins) 之火热, 已经成为了一个不争的事实。数字孪生的概念, 起源于制造业, 现在已广泛应用到了智慧城市、智慧交通、智慧农业、智慧医疗、智能家居等行业。简而言之, 数字孪生无处不在。

本文首先简单回顾了国内外在数字孪生方面的研究与应用的典型工作, 将现有的数字孪生方面的工作依据其性质的不同分为两大类: 一类工作的重点在如何进行工程应用, 解决实际问题; 另一类工作的重点在于探讨数字孪生自身的运作机理、运行方法或运行模式。在此基础上, 给出了我们对德国工程师协会/德国电气工程师协会 (VDI/VDE) 技术委员会于 2020 年 2 月发布的报

告《设备生命周期中的仿真与数字孪生》的评论。

二、美国宇航局更具工程应用含义的数字孪生

在 20 世纪六十年代, 美国宇航局 (NASA) 实施了一系列载人登月飞行任务, 简称阿波罗计划 (Apollo program), 目的是实现载人登月飞行和人对月球的实地考察。在 Apollo program 工程中, NASA 建设了一套完整、高水准的地面半物理仿真系统, 用于培训宇航员和任务控制人员所用到的全部任务操作, 当然包括了多种故障场景的处理使命。

其中一些故障场景处理, 在 Apollo 11 与 Apollo 13 的任务完成过程中, 证明了其价值所在。这些功能各式各样的模拟器, 由

联网的多台计算机控制。其中十台模拟器被联网用以模拟一个单独的大问题。指令舱模拟器用了四台计算机, 登月舱模拟器用了三台计算机 (图 1)。在模拟培训中, 唯一真实的东西是乘员、座舱和任务控制台, 其他所有的一切, 都是由一堆计算机、许多的公式以及经验丰富的技术人员仿真而创造出来的。

NASA 在其特定的工程实践中, 首先认识到了建设物理孪生的重要性。随着计算机、网络技术的高速发展, 特别是软件技术与仿真技术的高度发展, 使得各种物理孪生对象, 从功能上、行为上完全可以用计算机系统进行仿真替代, 在此基础上, 提出数字孪生的理念, 就成为水到渠成的事了。

NASA 基于其成功的工程实践, 在之后 2010 年发布的 Area

注: 本文来源于《知识自动化》公众号, 本刊获得授权转载。

11 技术路线图的 Simulation-Based Systems Engineering 部分中，首次提出了数字孪生（Digital Twins）的概念。其定义为：“一个数字孪生，是一种集成化了的多种物理量、多种空间尺度的运载工具或系统的仿

真，该仿真使用了当前最为有效的物理模型、传感器数据的更新、飞行的历史等，来镜像出其对应的飞行当中孪生对象的生存状态。”

2010 年 NASA 提出数字孪生概念时，有明确的工程背景，即

服务于自身未来宇航任务的需要。NASA 认为基于 Apollo 时代积累起来的航天器设计、制造、飞行管理与支持等方式方法（相似性、统计模式的失效分析、原型验证等），无论在技术方面还是在成本等方面，均不能满足未来深空探索（更大的空间尺度、更极端的环境、更多未知因数）的需要，需要找到一种全新的工作模式，称之为数字孪生。

在其 Area 12 技术路线图中，列举出来材料、结构、机构等多方面的技术探索内容，其中的一个重要内容就是对应任务的各种各样的仿真（图 2），这些仿真要能够对运载工具全生命周期提供支持。而将这些仿真集成到一起，再加上实时状态数据，

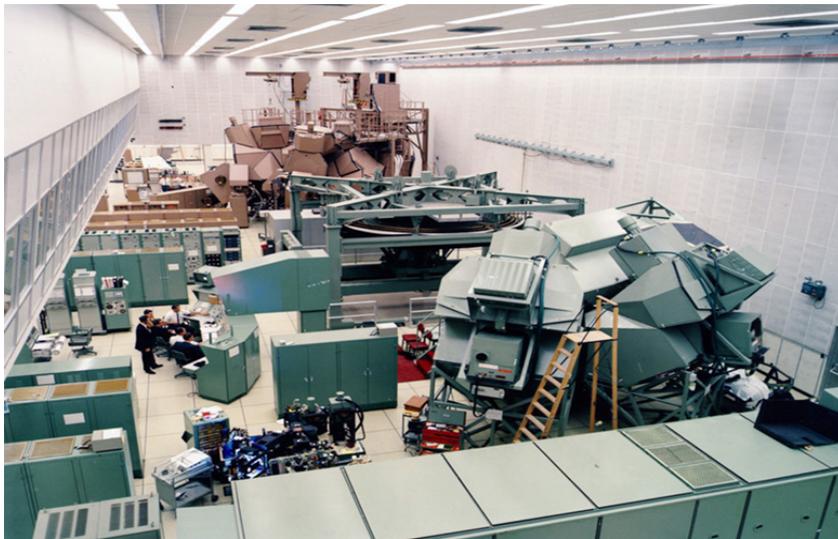


图 1 前部的是登月舱模拟器，后部的是指令舱模拟器（图片来自 NASA）

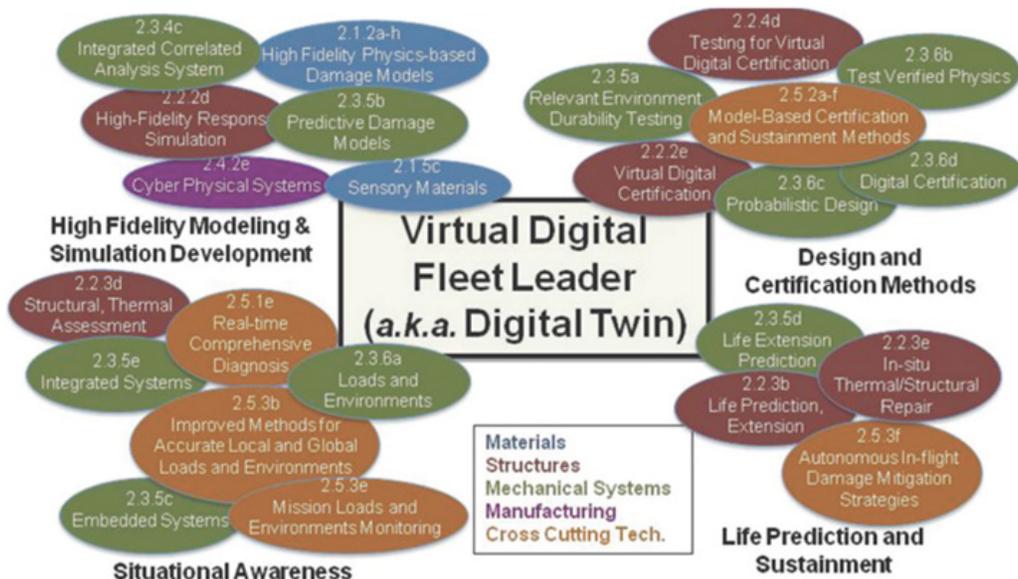


图 2 Area 12 技术路线图中的仿真任务

历史维护数据，以及机载健康管理 (IVHM) 等，就是其数字孪生含义，一种 NASA 追求的全新的工作模式。

NASA 数字孪生的用途如下：

第一，发射前的飞船未来任务清单的演练。可以用来研究各种任务参数下的结果，确定各种异常的后果，减轻故障、失效、损害的策略效果的验证。此外，还可以确定发射任务最大概率成功的任务参数。第二，镜像飞行孪生的实际飞行过程。在此基础上，监控并预测飞行孪生的状态。第三，完成可能的灾难性故障或损害事件的现场取证工作。第四，用作任务参数修改后，结果的研究平台。

NASA 的数字孪生，基于其之前的宇航任务实践经验，以及未来的宇航任务要求，极其重视仿真的作用。NASA 要完成的宇航任务，涉及天上、地下、材料、结构、机构、推进器、通讯、导航等众多专业，是一个极其复杂的系统工程，所以，NASA 更强调上述内容的集成化的仿真，从某种意义上，是其系统工程方法的落脚点。换个角度来看问题，NASA 的数字孪生，就等同于其基于仿真的系统工程。

三、美国空军研究实验室更具工程应用含义的数字孪生

2009 年，美国空军研究实验室 (AFRL) 发起了一个“机身数字孪生”项目，简称 ADT。该项目综合了每架飞机制造时的机身静态强度数据，每架飞机的飞行历史数据，以及日常运维数据，采用仿真的方法，来预测飞机机身的疲劳裂纹，实现了飞机结构的寿命管理，有效地提高了机身运维效率，以及机身的使用寿命。

该项工作发表在 2011 年 Tuegel EJ 等人撰写的文章《Reengineering aircraft structural life prediction using a digital twin》中。文献中指出，该 ADT 项目发起于 2009 年。所以有部分学者认为，是 AFRL 首先提出了数字孪生的

概念。我个人的意见是，考虑到文章公开发表的时间，以及之前的工程实践规模及带来的影响力，还是认为 NASA 首先提出了数字孪生的概念更为科学。

四、更具理论色彩的数字孪生

2002 年 Michael Grieves 在密歇根大学为 PLM (产品生命周期管理) 中心成立而向工业界发表演讲而制作的幻灯片中，首次提出了 PLM 概念模型，模型中出现了现实空间，虚拟空间，从现实空间到虚拟空间的数据流，从虚拟空间到现实空间的信息流，以及虚拟子空间的表述，见图 3。

按 Michael Grieves 自己后来的说法，这已经具备了数字孪生的所有要素。该模型在随后的 PLM 课程中，被称之为镜

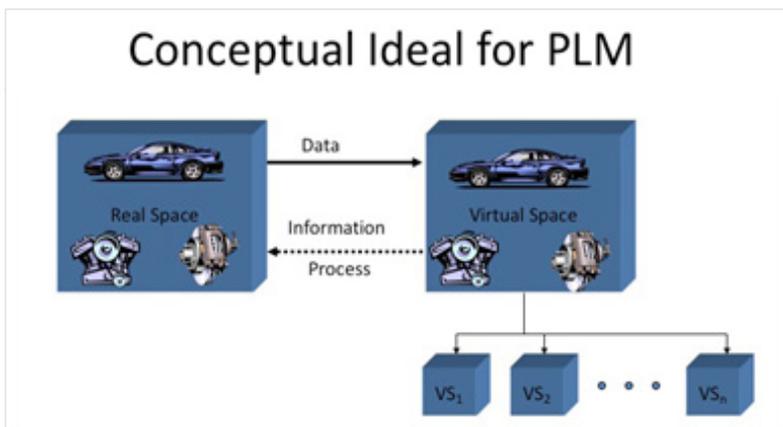


图 3 Michael Grieves 提出的产品生命周期管理概念

像空间模型 (Mirrored Spaces Model)，而在其 2006 年发表的著作——Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking 中，被称之为信息镜像模型。

2011 年，Michael Grieves 在其发表的著作——Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management 中，PLM 概念模型仍然被称之为信息镜像模型。

2014 年，Michael Grieves 写的一份白皮书——Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication 中提到，其在 2011 年的书中引入了术语“数字孪生”，归功于与他一起工作的 NASA 的 John Vickers。

而在 2016 年，Michael Grieves 与 John Vickers 合写的 Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems 文章中声称，2011 年的书中仍然使用了信息镜像模型这一表述，但也就是在这里，“数字孪生”这个术语，以引用描述信息镜像模型的合作者的方式，附属于该信息镜像模型。

尽管 Michael Grieves 在 2016 年文章中称其首先给出了数字孪生的概念，但行业内对谁先提出这个概念还是存在一些争议的。事实上，Michael Grieves 2014 年发表的白皮书，以及 2011 年出版书的时间落后于 NASA 的技术路线图的发表时间 (2010 年)。其中的缘由，恐怕只有当事的两人能说清楚。但这一切，抹杀不掉 Michael Grieves 在“数字孪生”抽象而清晰表述方面，所做出的贡献。

还是在 2016 年的这篇文章中，他与 John Vickers 提出了数字孪生的类型——Digital Twin Prototype (DTP)、数字孪生的实例——Digital Twin Instance (DTI)、数字孪生的集合——Digital Twin Aggregate (DTA)、数字孪生的环境——Digital Twin Environment (DTE) 等概念。同时将数字孪生可以解决的问题进行了分类：第一类是 predicted desirable (PD)，预计得到的期望的结果；第二类是 predicted undesirable (PU)，预计得到的非期望的结果；第三类是 unpredicted desirable (UD)，未预料到的期望的结果；第四类是 unpredicted undesirable (UU)，未预料到的

非期望的结果。

虽然将 Michael Grieves 作为首先提出数字孪生的研究者，从公开发表的资料方面看存在争议，但我们不可否认 Michael Grieves 在数字孪生的理论方法方面做出的突出贡献，尤其是其归纳总结出了的现实空间、虚拟空间、两个空间的数据或信息的交互，以及映像或镜像，构成了数字孪生方法论方面的基础。到目前为止，各种数字孪生方法论方面的工作，还没有超出 Michael Grieves 给出的框架。特别是他对数字孪生可以解决的现实问题的划分，非完美且优雅，基本上覆盖了数字孪生的作用范围。

Michael Grieves 在数字孪生方面的理论方面的工作，对数字孪生的普及应用，起到了至关重要的作用。

五、高德纳关于数字孪生的研究

高德纳 (Gartner) 在 2017 年、2018 年连续将数字孪生列为十大技术趋势之一，对数字孪生的火热起到了推波助澜的作用。其将数字孪生定义为对象的数字化表示。进而将数字孪生分为了三类：

☆离散数字孪生 (Discrete digital twins)：单个产品 / 设备，人或任务的虚拟复制品，用于监视和优化单个资产、人和其他物理资源。

☆复合数字孪生 (Composite digital twins)：用于监视和优化关联在一起的离散数字孪生的组合使用，如轿车和工业机器这样的多部件系统。

☆组织数据孪生 (Digital twins of organizations - DTOs)：DTOs 是复杂与大型实体的虚拟模型，由它们组成部分的

数字孪生构成。DTOs 用于监视与优化高级业务的性能。

高德纳在实践中更为重视 IOT 领域中数字孪生的应用。据其内部的一个调查统计，在所有实施 IOT 意愿的企业中，59% 已经实施了或正在实施的数字孪生。这个比例，与高德内在 2017 年、2018 年新兴技术成熟度曲线中将数字孪生的定位相比较而言，落地得实在是快了些，让人感到一些诧异。

高德纳收购的咨询公司 Software Advice 的 分 析 师

Gitanjali Maria 在一篇公开发表的博文中，给出了实现数字孪生的三种方式。

1. 采购数字孪生使能的应用

销售商：GE Digital, Oracle, IBM, SAP, and Bentley Systems

2. 客户自行开发

数字孪生使能的技术供应商：Accenture, Atos, IBM, Microsoft, and Mavim

3. 基于商业化的数字孪生模板

销售商：ANSYS, SAP, GE

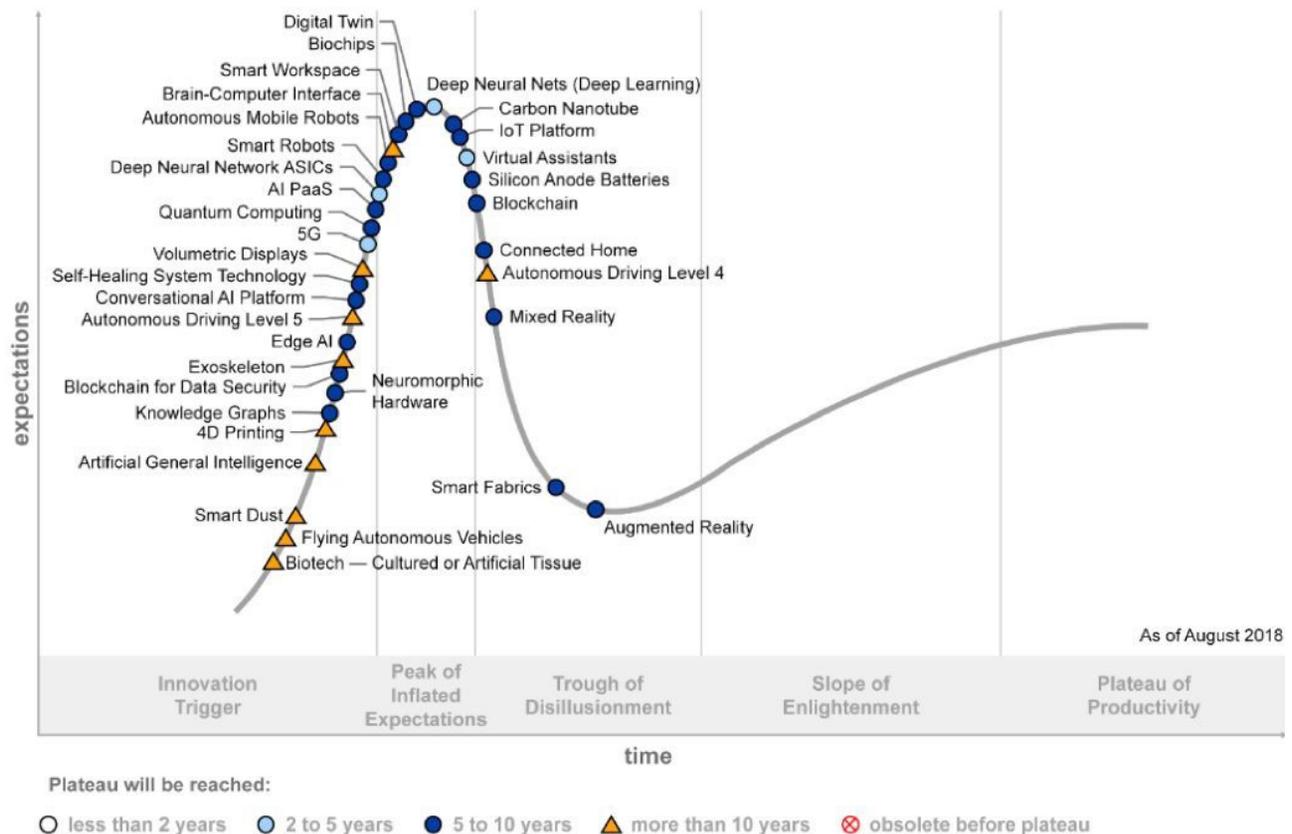


图 4 高德纳 2018 年发布的新兴技术成熟度曲线

Digital, Uptake, and Hitachi
我们不能确定的是，Gitanjali Maria 是否能够代表高德纳的意见。如果是，就可以解释，高德纳没有将数字孪生列入 2020 年的十大技术趋势的原因了。由此可见，高德纳不是神，也有走眼的时候。

六、国内数字孪生的理论研究工作

2004 年，中国科学院自动化研究所的王飞跃研究员发表了《平行系统方法与复杂系统的管理和控制》的文章。文章中首次提出了平行系统的概念。平行系统 (Parallel Systems)，是指由某一个自然的现实系统和对应的一个或多个虚拟或理想的人工系统所组成的共同系统。通过实际系统与人工系统的相互连接，对二者之间的行为进行实时的动态对比与分析，以虚实互动的方式，完成对各自未来的状况的“借鉴”和“预估”，人工引导实际，实际逼近人工，达到有效解决方案的以及学习和培训的目的。我们完全可以将平行系统中的人工系统，理解为物理系统的数字孪生这样的结论。需要强调的是，王飞跃是将平行系统（数字孪生）

作为解决复杂系统问题的方法论而提出来的。

走向智能研究院的赵敏与宁振波在《铸魂——软件定义制造》一书中，对数字孪生有着如下的认识和定位：“数字孪生是在‘数字化一切可以数字化的事物’的大背景下，通过软件定义，在数字虚体空间所创立的虚拟事物与物理实体空间的现实事物形成了在形、态、质地、行为和发展规律上都极为相似的虚实精确映射，让物理孪生体和数字孪生体之间具有了多元化的映射关系，具备了不同的保真度（逼真/抽象等）。个人认为，作者提出的“虚体测试，实体创新”，是对数字孪生的作用机理的最简洁概括。

南山工业书院的林雪萍在“知识自动化”微信公众号上发表

的《数字孪生：第四象限的崛起》一文中，使用二维象限工具，完美地诠释了一个产品，从设计到制造，再到使用与运营，全生命周期的数字孪生的动态演变过程，依据象限的不同，生动形象地指出了数字孪生的重要作用，如图 5 所示。其中的三条信息新通道，正是数字孪生的不断丰富、不断丰满的发展过程。我认为，还可以将林雪萍给出的二维象限结构，发展为三维螺旋式上升结构，表达出数字孪生在产品升级换代、不断提高方面的作用，就更加完美了。

北京航空航天大学的陶飞等在 CIMS 期刊上的《数字孪生五维模型及十大领域应用》，给出了数字孪生的五维模型， $MDT=(PE, VE, Ss, DD, CN)$ 。MDT

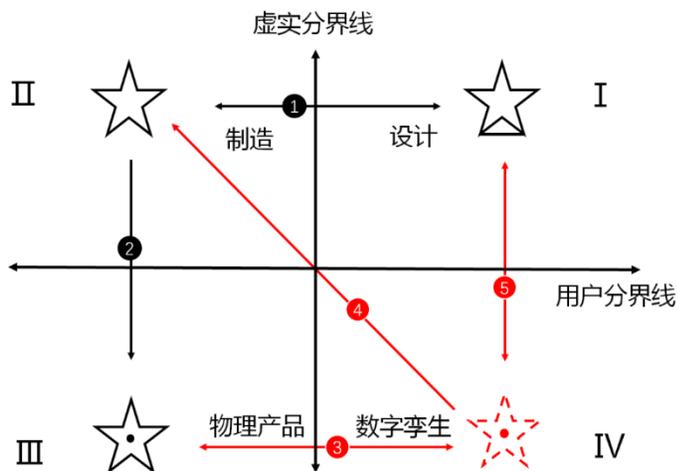


图 5 数字孪生在四个象限的信息通道

是一个通用的参考架构，孪生数据（DD）集成融合了信息数据与物理数据，服务（Ss）对数字孪生应用过程中面向不同领域、不同层次用户、不同业务所需的各类数据、模型、算法、仿真、结果等进行服务化封装，连接（CN）实现物理实体、虚拟实体、服务及数据之间的普适工业互联，虚拟实体（VE）从多维度、多空间尺度、及多时间尺度对物理实体进行刻画和描述。五维模型，对数字孪生的落地具有重要的指导意义，在工程应用中，可以直接将该模型映射或转换为面向服务的软件体系结构。

七、百花齐放的数字孪生

在 Michael Grieves 对数字孪生进行理论概括之后，数字孪生吸引了各方人士的关注，得到了各行各业各方人士的热情追捧。在制造业，做产品设计的在使用数字孪生，做产品生命周期的管理（PLM）的在使用数字孪生，做制造过程管理的在使用数字孪生，做产品售后服务的在使用数字孪生，做设备故障诊断的在使用数字孪生，甚至搞自动化、工业控制、机器人的也在使用数字孪生……更让人神奇的是，数字孪生这一概念，迅速走出制造业，应用到了智慧城市、智慧交通、智慧农业、智慧医疗、智能家居等行业。简而言之，数字孪生无处不在，数字孪生似乎成为各行各业实现数字化的灵丹妙药。

虽然数字孪生这一概念，得到了业界近乎疯狂的追捧，但令人惊讶的是，数字孪生这一概念在其诞生后的近 20 年的时间里，在概念的内涵上，却远远没有达成一致。反而，随着数字化浪潮的不断推进，人们赋予数字孪生的内涵，差异却不断扩大，无论是在国内还是在海外。究其原因在于 Michael Grieves 对数字孪生定义，抛开了具体的工程应用背景约束，同时其给出的定义覆盖内容过于宽泛，留给了人们广阔想象空间。特别需要指出的是，数字孪生已经成为国内外各大软件厂商推广其产品的强大思想利器。

虽然各方人士，站在各自的立场，出于不同的目的，给出的数字孪生定义差异较大，但这些定义的共同之处，是将数字孪生，简洁地定义为物理对象的数字表示。而这种定义，接近回归到了数字世界或计算机运行的基本原理，详见本人发表在“数字化企业网”微信公众号上的《数字孪生——一半是火焰，一半是海水》一文。而数字孪生的各种应用，详见 e-works 的黄培发表在“数字化企业网”微信公众号上的《数字孪生应用的十大关键问题》一文。

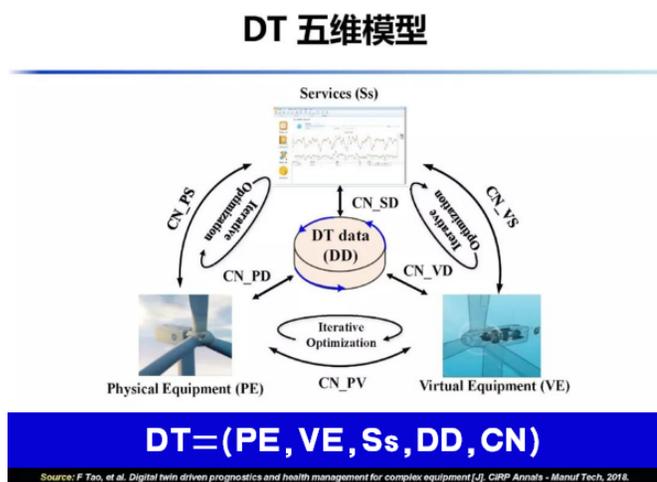


图 6 数字孪生的五维模型

八、德国人务实的工作方式

德国人非常清醒地认识到数字孪生并没有一个完全达成共识的定义，但又看到了数字孪生理论体系带给实际工程应用的价值。所以德国人并没有把主要精力放在提出并解释其自身的数字孪生概念，而是直接面向实际的工程应用。比如有报告的题目为《设备生命周期中的仿真与数字孪生》，而没有采用像“XX”数字孪生，或基于数字孪生的“XX”，等国内外相似工作的常用形态，反应了德国人的务实、谨慎的心态。

德国工程师协会和电气工程协会 VDI/VDE 测量和自动化技术协会（GMA）要解决的问题，是在其工程实践的遇到的一个具有普遍性的问题：即如何更高效地研发自动化的工厂与自动化的机器，以及如何高效地运营这些自动化的工厂与自动化的机器。

同 NASA 一样，VDI/VDE 测量和自动化技术协会（GMA）非常看重建模和仿真所起的重要作用。在《工厂生命周期中的模拟和数字孪生技术》白皮书中，技术委员会 6.11 虚拟调试的成员，以一个机械装配单元和一个泵试

验台的需求为例，描述了未来建模和仿真作为工厂或系统生命周期研发的组成部分的技术愿景，展示了实现数字孪生所需的仿真方法的进一步发展，以及发展建模仿真工具的实际动力。其核心是数字孪生，在自动化工厂系统或产品研发以及运营和服务阶段的研发和应用。

针对基于仿真的虚拟调试当前存在的如下问题：

☆ 组件层面的详细分析选项，但系统层面的能力有限。

☆ 模型和模拟的有限再利用。

☆ 无递归，即工程中后来的变化不在早期模型中保留。

☆ 只在工程过程中部分地、孤立地融入仿真技术。

☆ 模型 / 模拟与运行中的物理系统之间没有直接的联系，特别没有整合。

☆ 迄今为止，没有或很少使用操作上的并行模拟。

将 NASA 的基于仿真的系统工程，上升到了基于数字孪生的系统工程，具有一定的新意。

给出了数字孪生的开发步骤：

☆ 定义一种语言或协调的建模标准，以便能够对机器或系统的跨学科模型，以及数字孪生进行建模或组合。

☆ 从数字孪生自动导出可执

行的仿真，用于开发阶段的虚拟验证，其中包括模型在环（MiL）、软件在环（SiL）和硬件在环（HiL）的测试场景被使用。

☆ 数字孪生的自动特征——在所有可用信息子集的意义上一一对应于生命周期中的一项或多项任务和相应的阶段，以及学科、模型的广度、知识的深度。

☆ 将“真实的孪生”与其跨学科的“虚拟的孪生”耦合在一起，也就是说，在运行和服务阶段的一种特殊的数字孪生形式。

提出数字孪生，作为一个明确的产品和系统组成部分。

总结出了数字孪生环境下的仿真技术需求：

☆ 模块化仿真模型

☆ 保护分发仿真模型的专门知识

☆ 描述和界定仿真模型的详细程度

☆ 协同仿真

☆ 在多功能平台上使用数字孪生进行虚拟调试

☆ 仿真模型质量的定义和评价

☆ 使用三维规划数据

☆ “真孪生”和数字孪生之间的联系

☆ 详细设备模型的统一和可交换性。MT

中国互联网平台经济：针对工业 4.0 的发展评估

编者按：墨卡托中国研究所（MERICS）是德国研究中国事务的一家机构，其在 2020 年发表了对我国工业互联网的研究报告，并在其报告结尾处对德国企业参与中国工业互联网建设方面提出了建议。本刊翻译刊登，为国内相关人员提供另一个视角来思考工业互联网的发展。

一、概要

1. 中国互联网平台经济将塑造中国的工业未来

中国领导集体胸怀大志，决心于 2049 年中华人民共和国成立 100 周年之际，使中国成长为科技创新领域的超级大国。工业生产数字化是实现这一远大目标的核心。在制造业领域，构建互联网平台是产业升级、提高生产率、优化资源配置和创造就业的重要前提。

其他国家可从中国的活力中受益，特别是具有雄厚工业基础和丰富“工业 4.0”领域经验的

德国。西门子（Siemens）、思爱普（SAP）、博世（Bosch）等德国公司已经开始参与中国新兴的工业互联网平台经济。然而，欧洲参与者必须做好准备，迎接挑战。竞争开始了——中国将成为“工业数据战”的主要竞争者。欧盟内部市场专员蒂埃里·布雷顿（Thierry Breton）提出“数字化新阶段”一词，在数字化领域，欧洲一直落后于美国和中国，在这一阶段，欧洲将尝试建立更强大的立足点。

2. 中国推进互联网平台经济

将成为第四次工业革命引领

者，中国正在大举投资。据高德纳咨询公司（Gartner）估计，2018 年，中国在 IT 技术方面支出达 2.6 万亿元人民币（约合 3370 亿欧元），软件和数据中心系统占 2500 亿元人民币（约合 320 亿欧元）。政府的政策压力将促使更多公司投资物联网。据市场观察人士估计，2025 年，全球的工业物联网（IIoT）中，中国地区的连接数约为 41 亿，约占全球市场的三分之一。

中国工业互联网平台开始在全球层面展开竞争。其中，最重要的是由中央直接管理的国有制造商中国航天科工集团公司（CASIC）打造的工业互联网平台 INDICS。另有两家企业巨

头也建立了影响力逐步攀升的平台——家电和电子产品制造商海尔及互联网零售巨头阿里巴巴。

3. 战略背景：互联网平台是实现工业现代化的重要前提

中国推动互联网平台经济的发展离不开一系列重大的政策举措，如互联网+、《中国制造2025》和《中国标准2035》，旨在推动人工智能、云计算、物联网和大数据等前沿技术的标准化。在互联网平台的驱动下，中国互联网巨头的企业倡议与利用先进信息通信技术（ICT）整合传统行业的国家推动力完美结合。

繁荣发展的消费者服务平台（如视频分享软件抖音，电子商务门户网站淘宝，腾讯微信互联网平台生态系统等）与工业数字化之间存在着鸿沟，其关键原因在于中国在先进制造业方面的欠缺：根据中国的一项调查，2018年，中国企业上云率仅为30.8%，而美德两国企业的上云率分别为50%和73%。

为弥补这些缺陷，中国政府提出新增上云企业100万家的要求，这是利用互联网平台的先决条件。建设工业互联网平台的行动目标包括，到2020年，建成一个全球领先的工业互联网平台、培育10个跨行业平台和30

万个工业APP。决策者自上而下逐级将目标分解，对宏大的目标进行定期调整，并将其与选定的试点项目相结合，着力推动工业和信息通信技术领域发展，以实现政策目标。

4. 参与者：顶层设计推动高协调性的工业互联网发展行动计划

工业和信息化部（MIIT）是发展工业互联网平台的主要参与者。2018年，工信部公示了工业互联网创新发展工程拟支持项目，旨在全面推进中国工业互联网平台的建设、规模升级、监管和标准化。财政部投入49亿元人民币（约合6.79亿欧元）资助了第一批项目。

工信部组建了工业互联网产业联盟（AII），将其打造为政府和企业的沟通平台。AII成立于2016年，拥有1300多名成员，其中包括思爱普、西门子、施耐德电气（Schneider Electric）和通用电气（GE）等几家境外企业。该联盟决定了中国工业互联网平台的技术标准。

国有企业（SOE）的任务是针对特定工业领域，建立特定的工业平台，例如：石油巨头中国石化（Sinopec）的子公司已为石油化学工业打造了工业互联网平台。

5. 结果：由国家主导的工业互联网平台格局正在迅速崛起

有三大因素正在推动中国工业互联网平台格局的构建：政府战略助推国有企业在关键工业领域进行平台开发、私营企业的加入、ICT巨头冒险涉足B2B领域以抵消B2C领域的用户增长停滞。

2019年6月，“中央企业工业互联网融通平台”正式启动。参与者包括289家国有企业，中国船舶集团有限公司、宝钢股份（自2015年来一直与西门子合作）和石油巨头石化盈科（属于中国石化集团）等大型企业也位列其中。其中，多家企业已经建立云平台，以优化协作研发与制造。

海尔集团是成功的中国私营企业之一，其工业互联网平台COSMOPlat整合了从纺织到电子、陶瓷等12个行业，据称服务全球3.5万家企业和3.2亿终端用户。阿里巴巴、腾讯、华为和百度等ICT公司希望利用庞大的互联网用户数据——利用消费者行为数据优化工业设计和生产是工业4.0的核心特征。

一些中国ICT公司将从他们在尖端应用领域的优势中受益。以百度的Apollo为例，它是全球首个开源自动驾驶汽车技术平台，拥有超过130家企业合作伙伴，其中包括大型德国汽车制造商。

6. 警告：中国缺乏平台开发的核心能力

尽管如此，中国的分析师们公开讨论了这种大规模平台开发活动中的弱点。他们的观点与墨卡托的研究结果一致。中国的弱点也很明显，在结构上仍然依赖国外生产的核心组件，例如工业软件。这为外国企业创造了机会。

在工业互联网平台架构的关键层面，中国缺乏本地的解决方案，例如：

■ 传感器：中国必须进口近 80% 的先进传感器和多达 90% 的芯片，才能满足国内需求。

■ 设备连接：2019 年，95% 的高质量可编程逻辑控制器（PLC）和通用通信协议（CIP）都是进口的。不同的外国企业产品不兼容也是问题。

■ 软件即服务（SaaS）：中国使用的高端领域工业软件 90% 以上来自国外。思爱普、微软、赛富时（Salesforce）等公司主导着市场。

7. 中国的解决方案：制定标准和策略，解决国内弱点

中国政府已开始通过中央制定的实施蓝图来解决这些弱点。主要的实现机制包括：

■ 在地方政府、国有企业和私营企业的参与下，开发针

对特定地区的试点项目（如浙江阿里巴巴的 SupET、贵州的 CASICloud 或一带一路沿线国家/地区的徐工集团 XREA）；

■ 尝试更多市场驱动的融资机制，包括私募股权投资，以减少占主导地位政府补贴；

■ 开发综合系统，在 2020 年前实现工业互联网标准化。

由于缺乏兼容性、数据所有权及安全性规范，中国公司难以在工业物联网领域开展工作。因此，中国的监管机构希望在 2020 年前能看到更加完善的技术标准，并为工业互联网建立基本的标准化体系。

现有 324 种中国工业互联网标准，正在等待正式制定。中国工业互联网产业联盟 AII 也将中国的平台标准化归为早期阶段。这意味着，在标准化领域，外国企业可以与中国合作，并且应当与中国合作。

8. 有条件的合作伙伴：中国技术需求决定外国参与

中国官方推行的开放互联网平台经济是跨境的、“双赢”的。当前，中国并没有推行完全自给自足的发展模式，也并未选择与其他国家发展脱节、排斥外国参与者的模式。

本研究中分析的许多互联网平台，都是与西门子、博世、思爱普、通用电气等外国企业的战略合作伙伴关系之上创建的，

并得益于国外研究。但中国一贯的主题是发展强大的国内能力，让中国公司在外国竞争对手面前处于优势地位。

我们的观察结果表明，外国参与者只能在有限程度上影响工业互联网平台领域的监管发展。监管环境有利于互联网平台经济中的国内解决方案。对于希望在中国互联网平台经济中取得成功的外国企业而言，网络安全和数据监管是最大的挑战。

9. 于德国的意义：探索机遇，降低风险

德国是中国发展工业 4.0 的重要合作伙伴。德国的企业和机构在中国创建工业互联网的工作中起着重要的促进作用，联合研发项目是合作的主要形式。例如：

■ 海尔 COSMOplat 背后的研发机构与德国多家研究机构建立了牢固的联系。

■ 西门子从一开始就支持 CASICloud 的 INDICS 云平台的开发。

德国平台提供商向中国客户提供服务的机会更加有限。可能出现在传感器的使用和集成、设备连接和“软件即服务”解决方案领域。

中国工业互联网平台领域的飞速发展离不开德国各级的政府、企业参与者的关注，德国应当及时降低潜在风险。

对德国企业的建议围绕三个方面

1. 学习中国的优势。德国企业需对中国的整体创新能力具备深入的了解，仅仅展示项目是不够的。要对中国互联网平台经济整体影响做出现实意义的评估，需对区域规范和发展阶段进行更多研究。

2. 利用德国优势，同中国开展有条件的合作。中国高度依赖国外工业物联网堆栈组件和服务。德国企业可以借此要求网络安全法规的应用提高透明度，让外国企业平等进入市场。同时，在工业 4.0 方面保持高水平的合作是符合德国利益的。

3. 减轻中国特有政策环境带来的风险。中国在工业互联网的各个层面实现自力更生的驱动力为德国合作伙伴带来了挑战。联合研究需要具备一定的条件，知识产权保护则是建立合作框架的重中之重。

本研究是基于对重点中文资料来源（信息截至 2019 年 12 月）的深入搜索与分析进行的。我们系统地分析了 2015 年以来的官方政策文件、中国专家的研究论文以及政界、企业界和各研究机构的 25 位专家的访谈和反馈。

二、简介：中国推进互联网平台经济建设

建设互联网平台是中国实现

2025 年前成为工业超级大国这一目标的关键手段。共产党领导下的中国选择了 2049 年，即新中国成立 100 周年之际，为其在全球制造业、网络和科技创新领域取得超级大国地位的截止日期。自 2017 年起，中国政府开始利用部分的中国 B2C 互联网平台优势，让互联网平台经济引领制造业数字化转型。美国市场情报公司国际数据公司（IDC）数据显示，2017 年，中国在全球物联网支出中占 28%，在机器人方面的总投资中占 29%。到 2025 年，全球的工业物联网中，中国地区的连接数约为 41 亿，约占全球市场的三分之一。

国有高科技企业中国航天科工集团有限公司（CASIC）运营的工业互联网平台，是对中国成为第四次工业革命领导者这一宏伟目标的体现。

被中国政府称为“国家旗舰企业”的中国航天科工集团公司，是一家位列《财富》世界 500 强的国有高科技企业，也是中国航天工程的重要承包商，主要生产导弹和航天设备，有望引领中国走进工业互联网平台经济。中国航天科工集团公司打造了一个 B2B 工业互联网平台——INDICS。它整合了硬件设备、基础设施即服务（IaaS）、软件即服务（SaaS）、平台即服务（PaaS）以及广泛的工业应用。

INDICS 的案例说明，在大

量中国工业平台的发展和国际化进程中，德国发挥了关键作用。自 2016 年起，中国航天科工集团公司就与德国公司开展了密切的合作，如西门子（双方于 2016 年签署了“战略合作伙伴关系”）和思爱普（在软件采购方面）。INDICS 平台以云制造模式为传统行业的中小企业提供对接和资源共享服务。中国航天科工集团公司表示，2018 年，INDICS 平台的注册用户已达 160 万，总交易额超过 4000 亿元。2019 年 6 月，INDICS 平台发布了国际版本，名为 CASICloud INDICS (<http://intl.indics.com>)。一中德联合研究项目正对 INDICS 平台的服务和功能进行调查，项目旨在提升对云技术等新技术流程和能力的理解，为企业提供使用导向的应用程序和帮助。该项目得到了德国联邦教育与研究部与中国科学技术部的联合支持。

此等项目是中德两国为加强研究人员与企业合作、熟悉彼此工业领域政策而付出的努力，能为双方带来巨大利益。

合作基础：2015 年 7 月德国联邦经济事务和能源部（BMW）和中国工业和信息化部签署的关于加强“德中工业 4.0 领域合作”的《谅解备忘录》，以及 2016 年 1 月 19 日德国联邦教育与研究部和中国科学技术部签署的《“智能制造（工业 4.0）与智

慧服务”谅解备忘录》。

■ 围绕智能制造与互联生产流程，召开三届国务级、副部长级会议及研讨会

■ 成立中德智能制造 / 工业 4.0 标准化工作组

■ 产业合作、标准化、人才培养、产业园区等方面合作项目 44 个（截至 2018 年）

德国在高端制造方面的实力强劲，可为中国所用，比如高水平的制造业数字化和领先的工业互联网产品与服务。反之，中国市场的规模之大也吸引着德国企业：2018 年，中国在 IT 技术方面的投资达到 2.6 万亿元人民币（约合 3370 亿欧元），用于软件和数据中心系统的份额为 2500 亿元人民币（约合 320 亿欧元）。中国政府引导企业使用云软件、物联网软件，并为此提供资金补贴，这意味着中国企业很可能在这些领域加大投资，刺激生成大量的工业数据。此外，数据保护的监管环境相对松弛，有利于在中国开展联合项目的实地试验。

中国正在借助德国经济的传统根据地——工业基地，奋力开发具备全球竞争力的工业互联网平台。因此，我们亟待对中国工业互联网平台经济进行更为透彻、系统的了解，包括访问、可持续性等方面内容。只有如此，德国才能在对华关系中更好地保护自身利益（见框 1）。

以德中两国为背景理解工业互联网

本研究现使用如下定义

互联网平台 (DIGITAL PLATFORM) 是指一个通过两个或两个以上集团公司的在线交互促进价值生成的互联网空间。

互联网平台生态系统 (ECOSYSTEM) 描述的是指定行业的平台环境，其组成包括平台参与者及平台参与者在创建基础设施、设置平台交互所必须的监管框架时输出的成果。

互联网平台经济 (DIGITAL PLATFORM ECONOMY) 是指互联网平台生态系统的总和（包括他们的平台和其中的参与者）及各系统的相互关系。

工业互联网平台 (DIGITAL INDUSTRIAL PLATFORM) 通常也称工业物联网平台 (IIoT platform)，是连接智能互联工厂中的机器设备与应用程序（通常为云端应用程序）的重要桥梁。工业互联网平台能够收集、存储、处理和交付数据，是监控制造过程、预测性及自动化维护、价值链数字化集成、定制化设计与生产的重要基础。

中国的工业互联网平台领域正在飞速发展，跨行业工业平台等旗舰项目不断涌现。中国已经成为工业物联网国际标准的制定者。INDICS、海尔 COSMOPlat、

阿里巴巴 SupET 等一些走在前列的工业互联网平台，已经开始在全球范围内与业内领先的欧美供应商展开竞争，如微软 Azure 平台、美国参数技术公司 (PTC) Thingworx 平台、西门子 Mindsphere 平台、思爱普 HANA 云平台等。

低监管要求和创新的服务整合方式助推了中国互联网平台经济的飞速发展。比起美国竞争对手，阿里巴巴、腾讯、京东等中国 B2C 领域的互联网平台企业往往智高一筹，可以在受保护的、防止外国商品竞争的国内市场测试并调整自己的产品。在公开招标、目标落实等方面，这些企业也时常受到国家的补贴和支持（见第七条）。然而，它们的服务未能满足国际上对数据隐私和网络安全的要求。

本研究以工业互联网平台为重点，评估了中国互联网平台经济的现状及关键趋势。

第三部分：介绍战略背景。研究中国政府支持互联网平台经济发展的动力和方法，从而尝试了解中国工业数字化战略与德国在工业 4.0 战略的不同。

第四部分：阐述工业互联网的总体制度框架，探讨哪些政府方面的参与者塑造了中国互联网平台经济。

第五部分：展望工业互联网的企业格局，分析制造业、信息通信技术领域的不同公司以及各

种融资机制是如何塑造工业互联网平台发展的。

第六部分：通过审视供给侧、需求侧因素，详细分析影响中国工业平台发展的核心弱点。

第七部分：评估北京当前针对以上弱点的应对政策，讨论国家及地方层面的一系列政策试验，对支持工业互联网平台发展的现有融资机制进行分析。

第八部分：外国企业参与的范围，一探中德“工业 4.0”合作之外的机遇，解决来自中国监管环境带来的挑战。

作者对重要的中文政策文件和研究报告进行了广泛的盘点和分析，并对 10 个中国工业平台进行了深入分析。通过综合考虑和排名，我们从中文文献中挑选出了本研究中的案例。我们力求覆盖所有的平台供应商，包括制造企业、信息通信技术企业、大型国有企业、中小民营企业、跨行业平台、特定工业领域平台以及本地试点项目。

三、战略背景：互联网平台是中国工业现代化发展计划中的重要内容

中国政府认为，推动“互联网平台经济”已经成为经济发展新引擎，是中国转变为具备全球竞争力的工业超级大国的重要基础。

中国政府认为，通过构建工业互联网平台，可以实现

- 产业升级
- 资源配置优化
- 就业质量提升

中国决策者已经明确，工业互联网平台能够提高创新驱动的“内涵型增长”以及创新突破的效率。为培育竞争力强大的工业互联网平台，政府将此类平台视为战略重要内容和中国成长为工业超级大国的重要抓手。北京方面希望在 B2B 工业领域再现中国 B2C 领域平台的成功。中国领导集体将“平台化”（构建工业互联网平台）作为工业互联网挑战的关键应对方案。

1. 中国政府就推进工业互联网平台发展制定宏伟目标

中国建设工业互联网平台的宏伟目标与大环境息息相关。要推进“互联网平台经济”建设，离不开包括“互联网+”在内的重大倡议。这些倡议大力倡导相似的主题，旨在促进中国的网络空间、科学技术和制造能力（见图 1）。

到目前为止，中国互联网巨头的企业倡议和国家对新一代信息通信技术与传统行业深度融合的推动，促动了许多不同工业领域互联网平台的发展。然而，平台的发展扩大并没有平等地渗透

到中国经济的所有领域。B2B 领域，尤其是制造业，明显落后于进步较大的 B2C 领域。

为弥补这些缺陷，中国政府强调，需将基于互联网的解决方案与制造业融合发展。2017 年 11 月，国务院正式提出了宏伟的工业互联网平台发展目标。

《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》提出，2020 年前完成以下目标：

- 全球领先的工业互联网平台 1 个，
- 跨行业平台 10 个，
- 推动企业数字化、网络化、“智能化”的首批公司级平台。

努力落实企业云平台领域的基础性工作，实现更多技术性的（如与标准相关的）、全面的、展现国际视野的目标（见图 2）。2020 年前培育 10 个跨行业平台的目标已于 2019 年 8 月实现。

2. 中国制造业工业平台发展仍处于起步阶段

中国面向消费者的服务平台正在蓬勃发展，并在国际上扩张。成功的案例包括字节跳动的抖音（视频分享）、阿里巴巴的淘宝（电子商务）、网易的有道（电子教育）、春雨医生（电子医疗）、滴滴出行（叫车服务）、腾讯的微信支付（金融科技）等等。这些平台的崛起得益于有着旺盛的



资料来源：墨卡托中国研究所
图 1 为中国成为工业超级大国推动互联网平台经济



信息来源：2017年国务院；2018年工信部
图 2 中国政府设立的工业互联网发展行动计划的重点政策目标

需求、互联网时代消费者以及自由放任的早期监管环境的大规模国内市场。

相比之下，中国工业领域的数字化程度普遍更低。涵盖中美两国的行业调查结果汇总如下：

■ 例如，全球管理咨询公司麦肯锡（McKinsey）报告显示，2018年中国企业上云率仅为40%，而美国企业上云率高达85%，欧盟企业的上云率也达到了70%。

■ 2016年，受访的中国制造企业中只有46%制定了比较清晰的工业物联网战略。面临的主要障碍包括缺乏互通互联的标准、数据所有权和安全问题以及运营商资质不足。

■ 2017年，超过50%的受访中国制造企业尚未部署工业云。

此后，情况开始转变。艾瑞咨询（iResearch）数据显示，截至到2018年3月，中国市场上工业互联网平台类产品数量已高达269个，而2014年仅有50个。其中65%由制造企业或工业设备提供商构建，35%由ICT企业构建。平台应用主要集中在高数字化水平领域，机械与能源行业的工业互联网平台应用程度最高，占比高达58%。

目前为止，中国能在全球范围内竞争的国家级工业冠军企业数量较少。弗雷斯特研究公司（Forrester Research）数据显

示，海尔COSMOPlat平台和中国航天科工集团（CASICloud旗下的INDICS平台）位于领导者行列。弗雷斯特研究公司将3家美国供应商和1家德国供应商（西门子Mindsphere平台）归为同一类别。

海尔COSMOPlat以“大规模定制”模式获取了大量用户信息。从想法、设计到最终的产品和交付，用户能够参与到整个生产过程中去。因此，COSMOPlat吸引了设计师、模块、设备、物流供应商等多方资源，建立了强大的用户基础和资源基础。截至2019年，COSMOPlat拥有陶瓷、农业、休闲汽车、电子技术、纺织、设备、建筑、交通、化工等12个工业集群。COSMOPlat为35000家公司和3.2亿终端用户提供服务。

中国工业互联网平台的另一早期成功故事，让我们得以一窥中国产业平台蓬勃发展的生态系统。据中国官方媒体报道，徐州工程机械集团部署的XREA平台是中国服务平台中唯一一个盈利的工业平台，2019年前10个月，XREA的收入增长了150%。XREA在上海取得成功的原因之一是其背后有一家成熟且强大的制造公司。

同海尔一样，XREA也建立在先发优势之上。XREA于2016年推出，当时工业平台尚处于早期发展阶段。XREA拥有强大的合作伙伴关系：第一，与中国领先的云服务提供商阿里云（AliCloud）合作；第二，通过其制造平台供

应商徐工集团（XCMG）与德国跨国企业思爱普进行战略合作。徐工集团利用XREA的企业资源计划（ERP）系统等大数据技术和应用，将基础物联网智能云计算服务拓展至智能制造、徐工集团产品管理、智能物流提供、风险预测和风险预警等领域。

3. 中国自上而下推进的工业领域数字化体现了其独特的发展条件现状

尽管取得了一些成功，当前中国工业互联网平台的发展格局反映了中国先进制造技术的稀缺。中国互联网平台的应用水平与德国等工业化程度更高的国家存在着巨大差距。德国和中国工业领域数字化战略的不同体现了两国工业基础的结构差异。

对于中国政府而言，互联网平台是弥补第三次工业革命（数字化）损失、走在第四次工业革命（实体、数字、生物世界网络化）前沿的重要创新工具。

从《中国制造2025》中可以看出，中国奉行国家驱动、自上而下的方针，固定目标，有选择地在各个领域进行试点。中国政府意图对当前的生产能力进行数字化，以提高效率，加速制造业和ICT行业整合，为互联网平台生态系统的参与者创造新价值。

鉴于此，中国政府（到目前）对工业数据处理采取的都是

自由放任的政策（见第八部分第二节），鼓励制造企业建立并参与工业互联网平台，使他们不受阻碍。然而，随着2017年网络安全法案的出台和一系列实施条例的通过，中国收紧了对工业数据采集共享的控制。最近公布的法规草案强调了工业数据安全性的重要性。这可能对工业互联网平台产生深远的影响。

中国官方认同：开放的互联网平台经济本质上是跨境的、“双赢”的。它既不推动完全自给自足的模式，也不推动与外国发展脱钩、排斥外国参与者的模式。比如，外国政府和企业可以借此与中国官员进行沟通，以解决开放性和互操作性问题。然而，大力发展中国自身技能与实力，使中国企业独立于外国竞争对手，仍然是中国互联网平台经济战略目标的一个重要方面（见第五部分）。

中国已经意识到以国家驱动的方法建立领先国家平台以及集中式数据流的重要性。例如，“互联网+监管”系统与各企业平台相连，利用从企业平台获得的数据，优化社会信用体系，相应地规范平台经济参与者的行为。已经审定的政策文件中表明，中央政府主要负责建立一个生态系统，帮助企业稳步发展，推进企业工业物联网平台建设，总体由北京方面负责。

国务院重要文件《关于深化

“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》要求中央政府加强统筹引导，深化简政放权、放管结合、优化服务改革。文件还要求：“深入实施创新驱动发展战略，构建网络、平台、安全三大功能体系，增强工业互联网产业供给能力。”

四、参与者：中国顶层设计助力工业互联网高度协调发展

中国的党和国家重要机构在推动制造业互联网平台经济发展方面发挥了主导作用。中共中央和国务院高度积极地发布了促进工业平台发展的指导方针。

工业互联网平台发展的关键参与者是——工信部（MIIT），特别是其下属的信息化和软件服务业司。首先，工信部负责管理专项工作组和研究机构，发布具体的条例、目标、拟试点项目。其次，工信部组建的工业互联网产业联盟（AII）是政府和企业之间最重要的沟通平台。

1. 工业和信息化部牵头中国互联网平台发展

在促进与引导中国平台发展方面，工信部起到了主导作用，成立了以工业互联网为重点的国家级和省级产业协会，并由多个关键参与者主持。这些智库

机构包括中国信息通信研究院（CAICT）、中国工业互联网研究院（CAII）、中国电子信息产业发展研究院（CCID）、中国电子技术标准化研究院（CESI）、国家工业信息安全发展研究中心（CIC）等。

工信部下属的、由国务院国家制造强国建设领导小组建立的工业互联网专项工作组负责监督协调中国工业互联网平台发展的落实工作。《工业互联网专项工作组2019年工作计划》明确了截至2019年12月工业互联网平台建设的主要任务，包括建设和测试平台、提高互联网平台公共服务能力以及（通过鼓励金融机构和平台供应商对接等方法）促进行业应用普及。

该工作计划设定了三个大体目标：加快平台上线；提升运营能力；扩大现有平台。强调最多的是“公共服务平台”的建设，目的可能是要求具备吸收不同领域参与者的能力（见图3）。

除履行监管和协调职能外，工信部还负责筛选将作为全国乃至全球领头羊的平台项目和重点示范企业。2018年，工信部公布了首批93家工业互联网项目名单，称之为“工业互联网创新发展工程”，以（跨领域、特定领域及地区性）工业平台作为一项特殊子范畴。

从该项目名单可以看出，中国将全面建设、扩展、监管并规

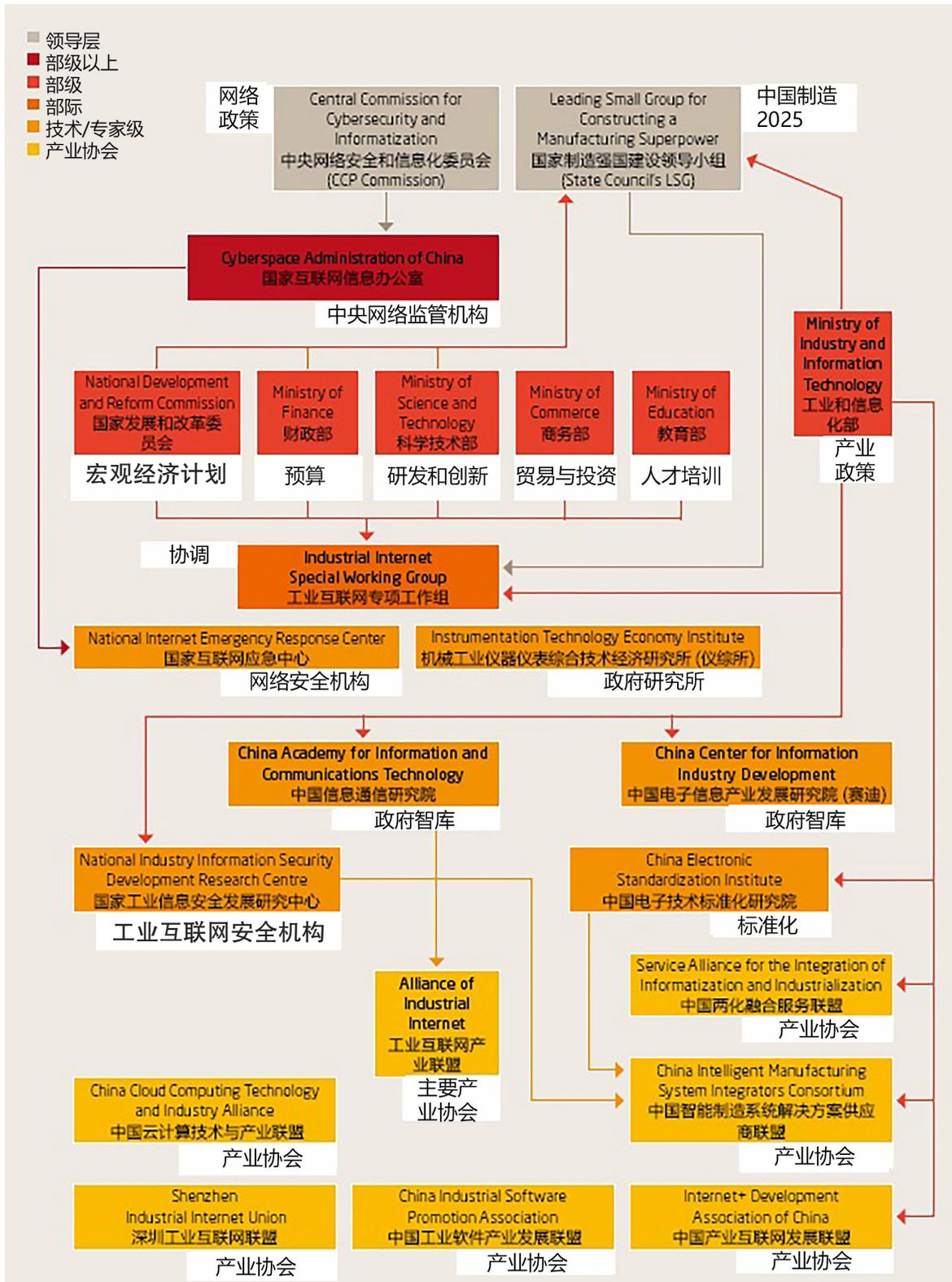


图 3 政治角色和行业协会影响着中国数字平台经济的发展

范中国各个平台，共从 11 类项目入手，涵盖从基础研究到标识解析（将标识符与工业设备相结合的过程），再到平台测试床、质量控制与监督等各个方面。该文件重点强调工业互联网和控制系统的安全问题，同时强调了（石油化工、钢铁、能源等）重点流程制造业和（汽车、建筑机械、电力等）离散制造业的平台建设。

工信部要求国有企业主力承担针对特定领域的试验测试平台建设工作，受益企业包括：中国石油化工集团公司/中国石化（石油化工产业平台），国家电网有限公司（新能源产业平台），及北京东方国信科技股份有限公司（钢铁产业平台）。同时，该项目名单也包含民营制造企业（如：海尔、徐工集团、长虹电器）和浪潮、用友、阿里巴巴等信息通讯技术企业。这一企业构成恰好反映了中央政府提出的打造利于平台发展的混合型企业生态体系的目标。财政部为首批工业互联网项目拨款 49 亿人民币。

2019 年 9 月，工信部公布了第二批项目名单，说明平台发展面临重要关口。除新增约 100 个项目外，工信部还提出了新的工作目标：改善连接性技术条件——尤其通过标识解析技术的进步。另一项新目标是重点解决网络安全问题，包括全面安全防护机制的需求、数据安全与监控、甚至北斗卫星导航系统的安全支

持平台需求。

2. 产业协会加速工业互联网发展

工业互联网产业联盟（AII）成立于 2016 年，旨在促进政府部门、顶尖工业平台企业和研究机构间的合作。该联盟模式与美国工业互联网联盟（IIC）相仿，但保留了较大的政府职能。联盟在工信部的支持和各产业领袖的密切配合下，由工信部直属单位中国信息通信研究院（中国信通院/CAICT）建立——该智库在中国信息通讯技术领域拥有重要的监管职能。

联盟共有 1300 多家成员，包括部分外国企业，是工业互联网领域政策与产业联动协作的重要平台。

联盟称其希望通过促进交流、合作与知识共享，推动中国工业互联网产业生态的发展。联盟科研项目涵盖平台构造、信息安全与产业发展等方面，通过测试床、验证、评估和试点项目等工作作为技术创新提供支持。

如第五部分所述，工业互联网产业联盟也在积极制定中国工业互联网平台未来的技术标准，包括规划中国的工业互联网架构。2019 年 8 月，该联盟发布“工业互联网体系架构 2.0 版本”，以替代此前较简单的架构版本。根据中国媒体的报道，该架构将

作为中国工业互联网所有参与者的指导框架。

从联盟的工作组结构来看，大部分权力掌握在少数几家企业手中。仅华为一家公司就在 20 个专题/特设工作组中的 6 个组担任主席或联席主席（见图 4）。工业互联网平台组主席由中国信通院代表出任，其他成员分别为航天云网、华为、根云、中国电信、海尔、富士康、索为、东方国信、徐工集团等企业。其他工作组负责的是与工业互联网相关的各类技术、工艺和监管事项，涵盖范围极为广泛，从虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、区块链等技术的应用，到知识产权、频率分配、网络安全、人才培养、资金筹集等具体问题。

联盟的技术与标准组也值得注意。该工作组由大型国防航天集团企业中国航天科工集团领衔，海尔、中兴、华为、中国电信、中国移动、中国联通、潍柴集团和中国科学院沈阳自动化研究所等代表参与，为国家标准体系起草方案。

该联盟还有海外成员的参与，其决策理事会共有 4 家海外跨国企业。最值得一提的是，22 位副理事长中有 1 位为思爱普代表；西门子、施耐德电气和通用电气各派驻一名理事单位代表。这四家企业的代表也参与了国际合作、区块链、产业发展等多个工作组。

工业互联网产业联盟决策权的分布情况（见图4）。

五、迅速演进的中国工业平台格局

大型制造企业和信息通信技术企业日渐成为驱动中国互联网平台经济的引擎，中国政府称此为“双轮驱动”。

中央政府以国家激励措施配合较低的监管要求（如：在平台经济的市场准入方面（见第八部分第2小节）），以此为产业内的互联网经营模式试验与拓展创造有利环境。各个领域的企业已经开始运营工业互联网平台，尝试以新的方式推动制造变革和现代化发展。

未来，这些互联网平台将共同组成一个迅速成熟的生态体系，大型制造企业、设备供应商、工业技术和软件公司、信息通讯

设备制造商、大型互联网企业等各类参与者将在该体系内扮演平台牵头单位或补充服务提供者等不同角色，合作共赢，竞争发展。民营和国有领域的国家级龙头企业将带头建设各类平台，融合高端机器、联网型传感器、大数据分析和云计算技术，为中国的智能制造转向赋能。

1. 国家级龙头企业领衔中国工业互联网平台发展

根据中国专家的分析，中国仍然没有能够整合各类控制资源的产业巨头。专家所说的控制资源包括控制系统、通信协议、生产设备、执行系统、管理工具、专业软件和平台建设。中国企业打造工业PaaS平台、拓展开发者社区、创新经营模式的能力有限。这些不足也是中国企业与西门子、博世、思爱普、通用电

气等著名工业企业合作的原因之一。同时，他们也乐于开展开源协作，因为任何平台都无法单独提供集云基础设施、互联网连接、数据分析和应用服务为一体的解决方案。

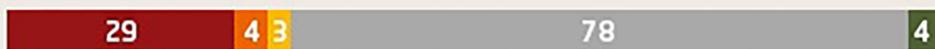
工业互联网产业联盟的《工业互联网平台白皮书》列举了50多家具有“地区和产业影响力”的平台。经过对白皮书、产业协会和企业网站的研究，我们一共找到201家不同规模、成熟度和产业关注点的工业互联网平台。

从平台提供商的总部位置来看，这些平台都集中于中国的重要经济区：珠江三角洲、以江苏省、上海市为核心的长江三角洲和京津冀走廊。

2018年，工信部根据国务院上年发布的指导意见，宣布将在2020年之前遴选10个跨行业领域平台。初步清单已于2017和2018年分批发布，包含25至30

1. 指导委员会、理事会、专家委员会、秘书处 (118席)

■ 工信部 ■ 中国信通院 ■ 海尔 ■ 其他 ■ 思爱普、西门子、通用电气、施耐德电气



2. 工作组、成员和子工作组 (151席)

■ 中国信通院 ■ 华为 ■ 航天云网 ■ 中国移动 ■ 中国电信 ■ 其他 ■ 思爱普、西门子、通用电气、施耐德电气



资料来源：工业互联网产业联盟（AII）

图4 仅少数外国企业在中国工业互联网产业联盟中享有话语权

家企业；最终的10个平台清单发布于2019年8月。除国家级龙头企业拥有的权益外，清单平台享受的有利条件尚不清楚。

无论政府给予何种支持，这份清单上的互联网平台显然是行业先驱（见案例分析）。消费电子产品和家用电器巨头海尔正利用其大众化定制平台COSMOPlat，占领全球互联网平台经济的高地，已然树立了这一领域的国际标杆。

建筑机械制造企业徐工集团开发了专注于设备管理和优化的XREA平台，已与20个国家和63个产业建立联系，包括建筑机械、可再生能源、军事、光纤电缆和零部件生产。

除上述制造巨头外，中国的信息通讯技术企业则是驱动跨领域平台建设的另一重要引擎。云计算、人工智能和物联网技术为电信设备制造商带来了新的机遇。例如，华为开发的FusionPlant平台，为国内传统产业提供全面的平台服务。同时，华为的窄带物联网平台Ocean Connect则面向国际，为智能家居、汽车、城市和工厂提供设备互联管理和开发者应用支持。

专注于工业软件解决方案和信息技术服务的各家企业也已做好互联网平台的建设准备，用友、树根互联、东方国信和浪潮集团都已进入工信部平台清单。树根互联的根云物联网平台（作

为建筑机械巨头三一集团旗下平台，于2016年成立）已经联网了五万余台工业设备，正着眼于欧洲市场。8月，该平台刚刚完成5亿人民币的B轮融资（见案例分析）。

整个生态体系涵盖的远远不止工信部指定企业。一大批创新企业（如：优也、天泽智云、寄云科技和北京昆仑万维）正为各个产业领域提供针对性的平台解决方案，华龙讯达、浙江中控、明匠智能等自动化企业已积累大量工业4.0方案服务的专有技术。

工信部2019年11月公布的《工业互联网平台创新应用案例》也体现了中小企业的参与。其中第一组包含了上文提到的跨领域平台，新增的两组则分析了14家大企业的应用案例和11家中小企业案例，涵盖风电设备健康状态多维度监测管理、新能源电站的储能决策优化、基于人工智能的旋转类设备预测性维护等话题。

2. 民营互联网巨头将重心由消费者转向工业平台

中国互联网巨头在B2B领域的大胆尝试是推动工业互联网平台建设的主要因素。在消费互联网产业，百度、阿里巴巴、腾讯等企业已经在B2C、C2C模式下的互联网平台经济中取得竞争优势。在在线用户缓慢增长、政府

号召发展数字化、智能化制造业的背景之下，这些企业正努力把握工业物联网所带来的新机遇。

凭借工业互联网平台，互联网企业可以利用海量互联网用户所带来的数据。工业4.0时代的一项核心特征便是利用消费者行为数据优化设计和生产。腾讯CEO马化腾在2018年世界人工智能大会上表示，腾讯有意将公司在消费互联网领域的优势（腾讯旗下社交媒体微信的月活跃用户超过10亿人）转化至智能零售和智能制造领域。

腾讯通过组织结构改革创立了一个新的云技术和智能产业集团。同样，阿里巴巴旗下的B2C网上商城天猫也建立了创新中心，帮助卖家利用阿里巴巴的技术和6亿在线用户数据库进行产品定制。

中国互联网巨头在自动驾驶、工业AI等领域的顶尖技术应用实力可能在互联网平台经济的新阶段为其带来优势：

■ 百度Apollo，全球首个自动驾驶技术开放平台，拥有超过39万行代码、12000名Github开发者和130家合作企业，包括德国大型汽车制造企业。

■ 开放AI平台百度大脑将顶尖AI技术应用于多个产业：其图像识别技术已被用于制造业的材料瑕疵检测。

而在需求侧，中国高度碎片化的制造领域内的大量中小企业

构成了拉动互联网企业走向工业互联网的重要力量。这些中小企业要想迈向数字化，常常需要依赖第三方提供的资源对接或综合性赋能平台。

■ 阿里云，阿里巴巴集团的云计算工具，开发了“ET工业大脑”，该工业PaaS平台采用人工智能算法、机器学习、数据分析等技术，为可再生能源、重工业等多种产业提供智能制造支持，涵盖从智能供应链管理和研发到智能生产与营销等各个流程。

■ 阿里巴巴又以ET工业大脑作为技术基础、采用“1+N”概念，开发了跨领域平台SupET，帮助几乎所有产业内的企业（“N”）参与其生态体系并发布工业应用程序。SupET是阿里巴巴、浙大中控（顶尖自动化和信息化技术提供商）和浙江省级科研中心之江实验室的合作项目。

投资和国际合作伙伴是中国互联网三巨头（即，百度、阿里巴巴和腾讯）征服工业互联网战略的重要部分。2019年，富士康工业互联网股份有限公司在上海证券交易所进行首次公开募股，这三家企业都以战略投资人的身份帮助富士康创下破纪录的佳绩。富士康共筹集27亿元人民币，成为最有价值的中国上市科技企业。阿里云则与西门子达成了里程碑式的合作，由后者向中国提供“工

业4.0”解决方案、助力推广物联网，西门子的Mindsphere平台也藉此登陆中国大陆。

互联网企业可以利用其掌握的平台经营模式和海量消费者数据，建设为上游产业环节带来自动化与变革的互联网平台。然而，成功的价值创造还有赖于中国迈向数字化、智能化制造的总体进程，尤其要考虑传统产业脚步。

3. 政府激励国有企业建设互联网平台，促进经济效益

中国政府意识到，工业互联网平台在刺激国有部门创新和生产方面有着巨大的潜力，对于实现优质增长至关重要。国有企业在经济中占据核心地位，但其债务率却比民营企业更高，经营效率更低。对于工业领域的国有企业而言，工业互联网和平台经营模式能够成为创新升级的催化剂。2016年的一份调查表明，只有44%的中国国企认为自身已经为工业4.0做好了准备，而在美国和德国，同项数据分别为71%和68%。

2019年6月，国务院国有资产监督管理委员会（国资委，SA-SAC）启动中央企业工业互联网融通平台，用于促进资源共享和产业整体升级。该平台始建于2018年，由中国航天科工集团有限公司（航天科工，CASIC）领

衔开发，共有289家国企参与。

一小部分中国最大的产业集团已经在互联网平台经济中站稳脚跟。航天科工便是一个很好的例子，这家高科技国有企业位列财富五百强名单，是中国太空项目的主要承包方，从事导弹和航天设备开发与制造。航天科工下属的云计算企业航天云网（CASICloud）早在2016年便已开始打造中国首个工业互联网平台，以传统产业的中小企业为服务对象，重点通过云制造实现对接与资源共享。根据该公司提供的数据，截至2018年，该平台共有160万注册用户，总交易额超4000亿人民币（见案例分析）。

其他大型国有企业纷纷效仿，成立了专门的信息技术子公司，负责工业互联网平台的建设。

■ 中国船舶工业集团有限公司（中船集团，CSSC）采用云平台优化供应链、合作研发和制造流程，确保设备交付更及时、生产效率更高。

■ 钢铁制造巨头宝钢（从2015年开始参与“宝钢与西门子联合探索工业4.0项目”）将基于平台的解决方案（如，按需生产远程控制系统）用于通过数据可视化实现产出监控，并利用数据建模改善决策。

■ 在华为的努力下，工信部、多家科研机构携手石化盈科（中国石化旗下企业）推出了ProMace工业云平台，为中国石油化工产

业的数字化变革提供支持。

■ 电力（华能、国家电网）和汽车（中国一汽、北汽集团）领域正在开展多项有意义的平台实验。

中央通过财政拨款和赞助试点项目，大力支持这类由企业主导的实验。例如，2018年，工信部选出部分示范企业——包括上文提到的两家企业，藉此刺激制造业工业互联网平台的发展，力图打造五大国家级平台。中央政府也认同，平台经济是促进商品市场增长的潜在引擎。

尽管有了这些实践，实现国有领域的生产智能化仍然需要较长时间。一些技术先进的国企已经走在工业互联网平台经济的前列，但从基础自动化、计算机数控和软件化生产到物联网的跨越绝非易事。许多国企面临着产能过剩、债务过多、效率低下的压力，因而难以采用最先进的技术。同时，如果没有民营企业的技术和专业支持，现有的许多平台实验也难以为继。

全球平台经济领域的竞争日趋激烈，到目前为止，中国仅有少数工业平台具备海外影响力（如，海尔的COSMOPlat）。不过，中国政府已经表态，要将工业互联网作为一带一路倡议的内容加以推广。工作重点似乎是通过互联网平台，实现中国企业在一带一路沿线国家与地区运营的运输、能源和物流项目的数字化、

智能化控制。同时，政府还强调应重点推动法规和标准制定方面的对接和国际合作。

六、中国缺乏独立开发工业互联网平台的核心能力

尽管政府给予了顶层战略支持，不少国家级龙头企业正在崛起，仍然有国内分析师公开表示目前的开发水平存在劣势。部分中文报告中谈及的缺点也与墨卡托中国研究所的研究发现一致。

其中，三大关键劣势在根本上相互关联：

1) 制造业的数字化总体水平低。中国共产党希望以制造业数字化驱动中国的平台化发展，从而利用数字技术推动制造业发展，超越先进工业国家水平。

2) 平台过度依赖产业软件等关键外来元件——这是整个中国面临的结构性问题，也是外国企业的重要机遇。

3) 互联网产业平台提供的精细化解决方案的需求和实用性低。由于机械设备质量不够高，连接传感器、将数据融入整体碎片化的半数字化车间所带来的附加值并不高。因此，许多企业并不急于此。

1. 中国制造业的数字化总体水平仍然较低

制造业内部的数字化、网络

化程度决定了工业互联网平台的综合性和实用性。中国在电子商务、金融科技等领域已领先全球，但相较于其它领域，其制造业的数字化总体水平最低。

全球领先的市场情报公司国际数据公司（IDC）分析了数字化的七大维度，发现制造领域存在严重问题，导致企业内部和产业链上下游之间均存在“数据孤岛”。IDC分析的七个维度如下：

- 1) 数字技术的应用；
- 2) 整合企业内部决策；
- 3) 整合服务流程；
- 4) 产品服务；
- 5) 客户体验；
- 6) 经营模式；
- 7) 人力资源管理。

中国在发展规模经济和整合多个厂房与企业的互联网产业平台方面拥有巨大的增长潜力。但是，在优化企业供应链的生产流程方面，各产业生产设备的数字连接性能参差不齐，阻碍了大规模平台（尤其是跨领域平台）的部署。

原材料和信息通讯技术领域的生产设施连接性相对较高（分别为46.8%和44.2%），但机械（31.3%）和交通运输（39.1%）的连接性较低。消费品行业的连接性百分比也低于40.3%的平均值，轻工业百分比最低（34.1%）。

同时，缺乏帮助有效建设和使用平台（即使平台规模仅局限于一家工厂或企业）的有利条件，

如数据集中管理。例如，根据国家工业信息安全发展研究中心的估算，2018年，仅有14.6%的制造企业对自身所有的经营信息进行了集中收集和管理，13.7%的企业通过外部业务部门对信息流进行集中管理。

2. 中国缺乏开发互联网平台的核心元件和人力资源

深入研究建设行业平台所需的具体元件，会发现中国几乎在工业互联网平台架构的每个层面——边缘层、IaaS层、PaaS层和SaaS层——都缺乏本土供应商。中国的多份研究报告都反复提及，这种国内供应能力的缺失是一个关键问题。

■ 数据收集是工业互联网平台边缘层（即，底层）的核心功能，中国仍然缺乏有能力的国产设备和解决方案提供商。

■ 2018年，中国在全球传感器市场的份额约为10%，为满足国内需求，近80%的高端传感器和高达90%的芯片都依赖进口。

■ 中国企业在设备连接方面也面临重重困难。根据CCID的一份工业互联网平台前景评估报告，2019年，95%的高端可编程逻辑控制器（PLC）和普通工业协议为进口。不同外企生产的设备通常无法协同操作，为数据收集和设备上云带来问题。

■ 在软件即服务（SaaS）

层，90%以上的高端工业软件为外国软件。根据《2019年中国工业软件发展白皮书》，尽管一些中国企业已经取代其国外竞争对手，开发了相应的信息管理软件（用友取代思爱普）和嵌入软件（华为取代西门子），但外国企业仍在软件研发和设计生产中占据领先地位。中国的SaaS市场仍被德国思爱普和美国微软、赛富时等外国企业主导。

根据官方媒体和研究报告的描述，中国还缺乏为互联网产业平台打造赋能条件的人才库。数字技术驱动的产业变革将对劳动力版图带来深远影响，对新技术能力的需求必然增长，数据分析将成为最不可或缺的技能。据估计，中国在未来3-5年间将需要180万名数据分析师，但目前仅有30万左右。

工信部下属的国家工业信息安全发展研究中心指出，缺乏跨学科高技能人才已成为导致工业互联网发展面临瓶颈的一项重要因素。

3. 中国的工业平台并未用于创造高价值

中国工业互联网平台的大部分应用仍然以帮助企业实现数字化、将各种设备和数据连接至云端为主。

多份产业报告表明，中国企业（尤其是中小企业）还很难意

识到，可以将定制化产品设计、预见性维护等基于数据的附加解决方案所带来的附加值作为新的潜在收入来源。中国媒体在报道中用“不敢用、不会用、用不起”来形容中小企业的普遍态度。

工业互联网产业联盟提出，中国供应商所提供的解决方案更多关注生产监控和优化，而国外平台则更强调预见性维护和售后服务，利用平台挖掘新的收入来源。

根据该联盟提交给全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会的最新报告，与现有生产流程相似的解决方案中，大数据的使用率在35%以下。该联盟的研究表明，大数据分析使用率最低的解决方案是针对制造企业现有经营模式的方案，即，环境风险评估和事故分析与预防方案。

七、针对本国劣势的中国政策变革

中国政府已经意识到本国在当前工业平台发展中的劣势，集中制定并推行包含具体落实机制的蓝图，力求推动制造领域互联网平台经济的深入发展。

关键的落实机制如下：

■ 特定区域、地方性试点项目，通常强调当地政府、国有企业和民营企业间的公私合作，

■ 引入并试验以市场为导向的融资机制（包括私募股权投资

资)，降低国家补助的主导地位，

■ 在 2020 年之前，建立全面的工业互联网标准体系。

1. 以特定区域平台实验和政企合作推动蓝图落实

2019 年，各省、市、自治区政府已经开始公布各自的工业平台实施方案。而在此前一年发布的 2018 版《工业互联网平台建设及推广指南》已对示范工作和财政激励措施做出规定，相应政策也正在推广实施，从而为平台发展创造有利环境。各地政府正以建立国有和民营企业的战略伙伴关系为常用手段，加快推进中央政府的平台化进程。

同样，国务院 2019 年 8 月发布的《国务院办公厅关于促进平台经济规范健康发展的指导意见》也号召各方完善平台与政府间的数据共享机制，“互联网+监管”系统、国家企业信用信息公示系统等平台将作为此项工作的依托。这表明，互联网平台经济将与国家控制的社会信用评级制度挂钩。

地方政府已经确定了上云企业的目标数量，最具野心的并非沿海发达地区，而是更为内陆的省份（如，河南、湖北、重庆和贵州）。这些地区激励企业上云的做法似乎与贵州省和四川部分地区目前建设大型数据中心的政策有关。相反，作为推动互联网

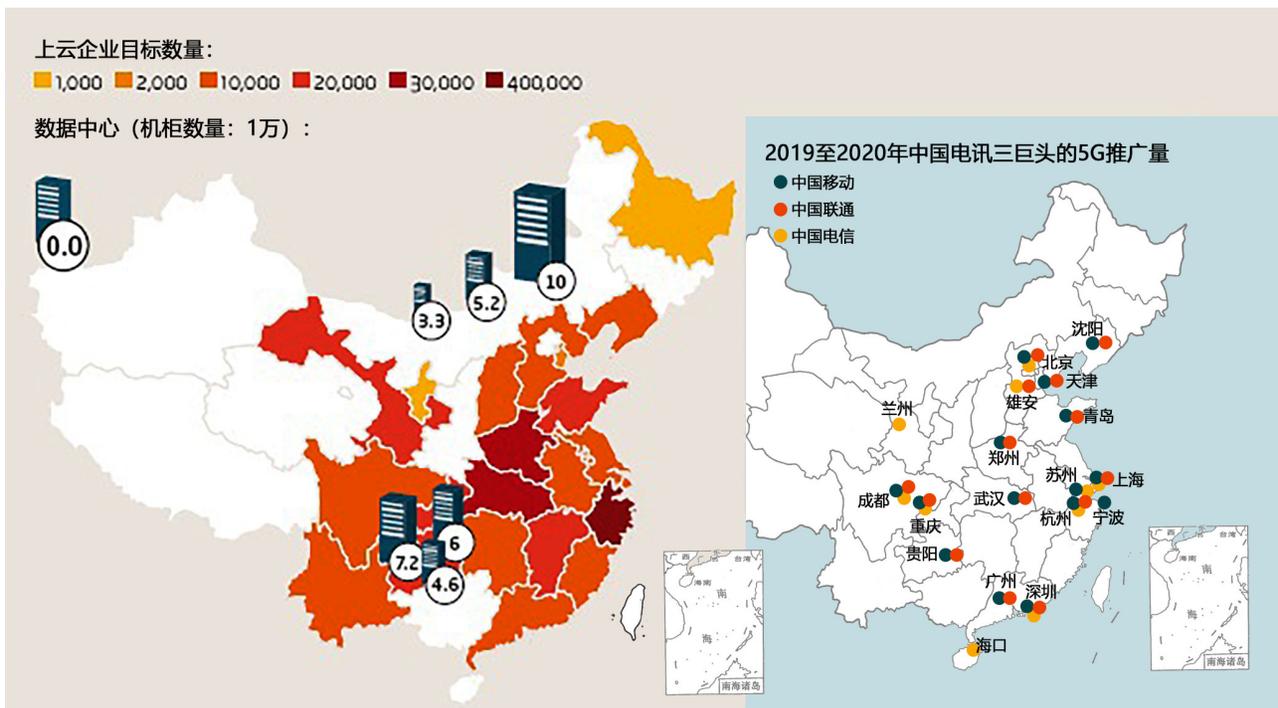
产业平台的关键要素，中国的 5G 发展则集中于沿海地区（见图 5）。

建设特定区域平台是本地化落实的一大趋势。河南、广东和重庆都在效仿全国模式，力图打造一到两个具有全球竞争力的平台、两到三个跨领域平台和多达 20 个针对具体领域的平台。

政府下达的平台发展重要任务之一是要建设特定区域平台，工信部从此类项目中选择了四项作为国家级重点项目，进一步提供资金和支持：

■ 贵州工业云平台（贵州省贵阳市，项目单位：航天云网），

■ 紫光特定区域工业互联网平台（上海市，项目单位：紫光云引擎），



资料来源：墨卡托中国研究所

图 5 用于推动工业互联网平台发展的基础设施建设各省、市、自治区上云目标和中国最大的数据中心

■ 北京汽车产业聚集区工业互联网平台（北京，项目单位：北汽集团），

■ 四川电子信息产业集聚区工业互联网平台（成都市，项目单位：四川长虹电器）。

目前，各省、市、自治区政府正在制定支持平台发展、平台应用示范和工业企业“上云”的实施方案。

中央和地方政府计划按照“区域平台+示范基地”的模式，针对各地区和城市制定个性化的平台发展战略，推动互联网平台建设。多家企业对此积极响应。

■ 海尔 COSMOplat 积极执行全国性战略，目前已进驻 20 个国家。

■ 徐工集团 Xrea 服务于 330 个中国城市和地区，以及一带一路沿线的 10 个市场。

■ 阿里云通过建设特殊子平台（广东省的飞龙平台和重庆市的飞象平台），建立跨领域

SupET 平台与各地区产业的联系。

■ SupET 同时也是浙江省“1+N”工业互联网平台体系战略的核心基础，该战略的目标是培育一个跨领域工业平台和一批不同种类的针对性平台。

■ 航天云网是贵州工业云的支撑，后者是旨在促进当地政府工业管理和监控职能的综合性服务平台。

政企合作推动了多项试验的开展。在长江三角洲地区，当地政府部门、中国信通院与多家顶尖的工业互联网平台企业（徐工集团、智能云科、阿里云、宝信软件、和利时）合作，共同培育区域性平台集群。最终目标是在 2020 年以前，建成 4-5 个跨产业、跨领域平台，促进本地区的“企业网络化、智能化变革”。

中国也在利用公私合作促进工业物联网应用，推广规模化意义重大的创新测试床。华为、海尔、中国信通院和中国电信合作

的制造质量管理（MQM）测试床便是一个很好的例子，该项目希望依据工业互联网联盟（IIC）的工业互联网参考架构（IIRA），完善产品质量标准，降低瑕疵率。

另一批试点示范项目则特别关注制造业和互联网的融合发展，其中两个子项目的重点是特定领域平台试点。这些项目涉及的地区较广，从东部沿海的山东省到西部地区的甘肃省和西南的云南省。除联想、海尔等知名企业外，参与项目的大部分平台提供商并不广为人知，也没有特别关注的具体领域。（137 个有关信息物理系统（CPS）总体功能性或数据收集等具体任务的项目中，）36 个平台试点项目的名单涵盖了食品、原材料、纺织、钢铁等各行各业。

2. 中央政府试图将财政支持从政府补贴转为市场化模式

表 1 中国工业互联网平台目前的资金来源

国家 ↑ 市场	筹资类型	示例
	区域性兑现补贴券	约为每家上云企业 2 万元
由工信部进行国家政府采购	拨款 30 亿元以上用于工业互联网各层及元件（如，标识解析）、云和边缘、平台标准化、安全功能等的战略发展	
省级政府提供的公开招标补贴	高达申请资金的 20%-30%，最高总额达 200 万元 -500 万元	
国有企业与地方政府资金项目合作	中国电子信息产业集团公司与长沙市共同投资 20 亿元，成立中电工业互联网有限公司	
企业提供资金：大型企业自掏腰包（一般通过成立自己的平台企业）开发并运行平台	中国船舶工业集团有限公司投资 5000 万元成立中船工业互联网有限公司	
吸引风险投资	根云在 B 轮融资中筹得 5 亿元的投资	
上市：工业领域尚未出现首次公开募股的中国平台，但已有 B2C 平台成功上市的案例	富士康工业互联网股份有限公司于 2018 年 5 月在上海首次公开募股	

资料来源：墨卡托中国研究所

中国所有工业互联网平台的发展都主要依赖政府补贴以及企业内部资源。中央政府正在寻求更多市场化的融资手段，以鼓励公私混合型项目和股权融资。

中国目前处于从完全由国家支持向有力结合市场化机制的过程中，现有筹资机制如下(见表1)。

3. 中国推动工业互联网技术标准的制定

标准可以规范一切，从机器对话的方式和平台生态系统内的安全数据共享，到互联网平台的架构和对最终制作工业应用程序的第三方开发者的技术要求。

2016年，德勤对中国制造商开展了一项调查，发现国内企业在工业物联网(IIoT)方面面临三大挑战。其中两项挑战源自规范框架的不足，即，缺乏可互操

作的标准，数据所有权和数据安全规则不清。

中国监管部门清楚地意识到，如今这些挑战仍然存在。首先，随着越来越多的企业开始部署平台，中国政府也在努力推动建立更加有力的技术标准，涵盖从平台参考架构到平台间互操作性等方方面面。然而，根据工业互联网产业联盟的评估，中国的平台标准化工作仍处于起步阶段，尤其是在平台与设备和智能产品的互联方面。有关数据共享和互认的标准以及平台运行、资源和服务的监管仍然从缺。

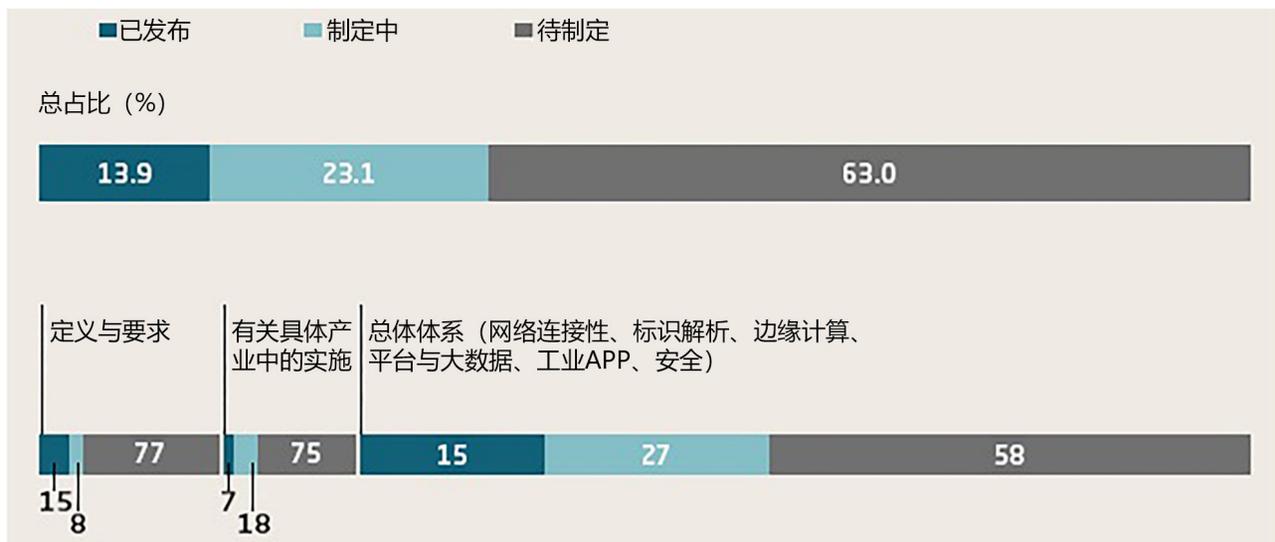
中国计划到2020年初步建立涵盖互联网平台的工业互联网标准体系；到2025年，制定100项以上标准，基本建成“统一、综合、开放的工业互联网标准体系”。2019年3月，工信部和国标委联合发布《工业互联网综合

标准化体系建设指南》。值得注意的是，监管部门似乎听取了工业互联网产业联盟在该指南征求意见稿发布期间提出的建议。该文提出，工业互联网包含三个主要方面：

- 网络(网络与连接、标识解析、边缘计算)，
- 平台(平台与数据、工业APP、边缘)，
- 安全。

工业互联网标准体系建设进程(见图6)。

在这三大部分的构建基础之上，即可打造人、机、物全面互联的新型网络基础设施。中央政府至少在书面文件中强调，要就工业互联网标准化展开互利互惠的国际合作。但由于中国制定标准框架的设想过于宏大，该项工作仍处于起步阶段，目前仅发布了少数几项标准。



资料来源：《工业互联网综合标准化体系建设指南》，工信部、国标委，2019年1月
图6 中国的324项工业互联网标准中，大部分仍待制定

第二大挑战是制定清晰的数据所有权和安全标准。中国监管部门正在努力消除“数据孤岛”，解决工业大数据获取、聚合、分类和大规模共享基础设施不足的问题。数据在信息通讯技术和数据分析领域工业企业间的平稳流动是互联网平台规模化应用的前提，没有这一条件，信息技术与制造业的融合就无法实现。中国的云和工业物联网平台提供商常常提出数据稀缺的问题，而许多企业（尤其是中小企业）的问题通常是信息体系不完整或仅仅依靠旧有体系。

最新发布的《工业大数据发展指导意见（征求意见稿）》表示要解决这些问题，号召到2025年建成“工业大数据资源体系、融合体系、产业体系和治理体系”。具体目标包括成立作为全国性资源平台的国家工业互联网大数据中心，以及培育3-5个达到国际先进水平的工业大数据解决方案供应商。

平台生态体系的参与者越多，网络活动就越加活跃。因此，开放与合作对规模化平台经营模式的设计而言极为重要。消除（大）数据交易和共享的瓶颈能够较大幅度地提升中国在B2B平台经济中的实力。

同时，随着互联网平台在制造领域的应用推广，安全成为中国日益关注的问题。数百万台机器设备的互联放大了潜在弱点，

亟需建设强有力的监管框架，保障信息安全。根据国家工业信息安全发展研究中心的数据，已连接至互联网的3000多个工业控制系统中，有90%以上的系统存在安全漏洞。从工信部指定的2018年试点示范项目可以看出，安全已经成为重点关注的话题——获得支持的93个项目中，有29项以网络和数据安全（包括平台安全）为工作重点。

2019年8月，工信部联合另外九家政府部门发布《加强工业互联网安全工作的指导意见》，呼吁到2020年初步建立工业互联网安全保障体系，到2025年建立“较为完备可靠的工业互联网安全保障体系”。文件提出的主要任务之一是由政府建立企业分类分级管理机制，到2020年制定至少20项网络安全标准，加强（汽车、电子信息、航空航天、能源等）重点领域的试点示范工作，培育若干具有核心竞争力的工业互联网安全企业。

除了应对内部结构性挑战，中国政府也在努力加强中国企业在国际标准化组织中的话语权，积极参与制定物联网等工业平台基础性数字技术的国际标准，将全面先进、多管齐下的战略与投资、训练有素的人才和目标明确的国际合作（以德国工业4.0为首要代表）相结合。笔者采访的德国专家认为，中国一定已将德国视作工业互联网和智能制造标

准化方面（包括在IEC、ISO等组织中）的重要伙伴。

“标准制定专项行动计划”等多项物联网专项计划突出强调了中国在国际机构（如，ISO、IEC和ITU）中争取领导地位的目标。这一战略已经取得不少成果。2018年7月，中国起草的《物联网参考体系结构》（ISO/IEC 30141）通过了ISO/IEC联合机构的最终国际标准草案投票程序。中国一方面在各标准化机构中努力发声，一方面通过中国企业在国内外市场的互联网基础设施研发、测试和商业转化推广中国标准。代表性的例子包括5G网络解决而方案和窄带（NB）物联网。

中国企业在工业4.0专利方面也取得了较好的成绩。根据弗劳恩霍夫协会的一项研究，早在2015年，中国的工业4.0基础技术专利数量就已赶超美国和德国，成为无线传感器网络、嵌入系统、低成本机器人和大数据领域最具创新性的国家。工业信息安全、智能传感器、智能机器人和工业4.0应用方面的版图则较不明了。

目前，只有少数中国企业在国际标准化领域表现突出。海尔COSMOPlat已具备制定全球性大众化定制标准的资格，其提交的草案已获电气与电子工程师协会（IEEE）通过，该公司同时主导着ISO首个大众化定制标准项目。海尔在国际机构中的地位离不开政府的大力支持：国标委（与

国际标准化组织（ISO）合作）在海尔总部青岛成立了培训基地，加强企业在智能制造标准化进程中的作业。海尔还在国标委制造业新模式标准工作组（SAC/TC573/WG10）中担任组长单位，作为政府“中国标准 2035”项目的一部分，从事人工智能、云计算、物联网和大数据标准化科研工作，推动中国标准走向世界。

八、中国的技术需求决定了外国企业参与的范围

本研究中分析的许多互联网平台都依托于外国企业和研究机构在不同发展阶段的战略合作伙伴关系。德国是中国实现工业 4.0 的重要合作伙伴。

对中国互联网平台经济和当前企业参与机制的分析表明，中国开展国际合作的目的在于获取在追赶智能制造领域所需的能力和技术。在掌握物联网技术核心组件（如 SaaS 和工业应用）方面，中国相对薄弱，这为德企和其他外国企业创造了机会。许多国际合作已经建立：例如，西门子获得了在华使用阿里巴巴云端基础设施运营 MindSphere 平台的许可证；博世与华为签署了一项协议，将在华为云上运行其物联网套件。

然而据我们观察，外国参与者影响监管发展的能力似乎颇为有限。在互联网平台经济中，监

管环境在很大程度上是有益于本土解决方案的。未来几年，与中国有贸易往来的外国平台公司面临的主要挑战很可能将会是网络安全和数据监管。

1. 外国企业的参与及其对监管的影响有限

在互联网平台经济方面，中国在开展国际合作时将国内产业升级置于首要地位。政府主要将国外合作视为获取工业 4.0 技术、分享最佳实践案例以及在试验台及标准化领域共事的一种手段。这一点，在与工业互联网联盟“平台工业 4.0”、国际电信联盟（ITU）等国际组织的合作关系上有所体现。

《工业互联网专项工作组 2019 年工作计划》中完全没有提到与其他国家合作。然而其他国家确实提出了两项自私的举措：一是派遣中国专家出国培训，二是“在维护国家信息数据安全的前提下，（……）积极为符合条件的工业互联网企业提供服务，以在海外资本市场直接融资”。

德国企业和机构是中国企业平台化的重要推动者。中德合作的主要形式是联合研发项目。

海尔 COSMOPlat 的研发机构从一开始便与多家德国研究机构建立了坚实的联系。德国总理安格拉·默克尔（Angela Merkel）2017 年访华期间签署协议后，德国西门子在早期阶段就

与 CASICloud 建立起了强有力的伙伴关系，从而支持 CASICloud INDICS 云平台的开发。

在研究项目 CaMPuS 中，CASICloud 还与达姆施塔特工业大学和 Festo Didactic SE 公司（费斯托培训部）开展合作。该项目调查了德中各层次员工所需的能力，旨在分析并优化工业 4.0 技术的生产流程。中方的机械工业仪器仪表综合技术经济研究所（ITEI）也参与到了项目中。

值得一提的是，中国航天科工集团有限公司（CASIC）在工业互联网和云制造方面的进展或将间接增强中国开发先进武器系统的能力。CASIC 公司自己也将该平台用于外包国防和商业合同、管理供应链。显然，中国国防工业已将平台商业模式视为工业现代化的重要驱动力。

谈及与德方的合作，中国企业往往更加注重德方企业能够带来的帮助：例如，高度重视与思爱普合作的、位居世界工程机械行业第五位的国有重型机械制造企业徐工集团表示：“借助思爱普工业 4.0 高科技战略项目的成功经验，我们希望在《中国制造 2025》倡议下，推动‘徐工集团国际化’，不断加强我们在全球市场中的可持续竞争力。”

徐工集团的总部位于苏州，在其开始开发工业物联网平台 XREA 后不久，思爱普与徐工集团于 2015 年签署合作协议，以

支持徐工集团在全球市场的产品智能制造和管理。而后，徐工集团在德国克雷菲尔德建立了全资子公司——徐工集团欧洲有限公司，深入工业基地，也就是工业互联网平台的奠定基础。徐工集团的研发中心希望优化和开发新的机械传动系统。徐工集团官方网站的招聘启事表明，为达成这一目标，集团进行了系统性的大规模招聘。

中国平台供应商还吸引到了德国制造商客户（供给侧终端用户），首先就是汽车制造商，因为汽车制造行业对中国市场最为依赖。百度 Apollo、华为 OceanConnect 车联网解决方案，启明星云 Venus Cloud 等自动驾驶互联网平台吸引了从大众、宝马、戴姆勒等德国大型汽车制造商。

于德国平台供应商而言，服务中国客户的机会似乎更为有限。为开展在华业务，西门子、博世和思爱普均与中国云供应商签署了协议。这些协议的签署（尤其是 SaaS 和 PaaS 领域的），似乎是由中国自身技术需求推动的，而与中国互联网平台生态系统的日益开放无关。在其中，德国和其他的外国企业承担的可能更多是物联网组件供应商、配套服务供应商的角色。

此外，在影响着中国互联网平台生态系统的监管发展方面，外国企业几乎毫无发言权。例如，尽管在 2016 年，有外国企业正

式加入了全国信息安全标准化技术委员会（TC260），但其影响力仍然有限。全国信息安全标准化技术委员会负责组织开展国内信息安全、数据保护有关的标准化技术工作。外国企业的相关代表曾表示，只有在对整个议程不构成切实障碍的情况下，外国成员才被允许加入 TC260。

为减少外国企业意见引发的冲突，TC260 将标准化问题转移至到了没有外国企业参与的一个工作组。与中国企业就协会和企业标准（中国的标准化体系中，企业标准与政府发布的标准不同）进行互动，在工业互联网产业联盟（AII）内部是可实现的，虽然仅有少数极具影响力的外国平台所有者位列于这一工作组中。

2. 网络安全与数据法规不利于外国参与者

中国的各大官方声明中不曾直接提及打造中国平台经济的目标。然而，监管环境显然是有利于本土解决方案的。北京方面在信息安全与国家安全、产业政策目标稍显凌乱，最为明显的是《中国制造 2025》及相关政策规划中所强调的目标。工业互联网可助中国实现其占据全球科技与制造业领先地位、减少对外资投入依赖的远大目标。

中国 B2C、C2C 领域互联网

平台得以强势崛起，在很大程度上要感谢创新企业家和政府的数字保护。对互联网的审查和控制恰到好处地保护了阿里巴巴这类平台供应商，使其在国内市场免受外国竞争。这些市场准入限制不单单影响了电子商务领域。

云计算就是一个恰当的例子。欧洲企业长期以来一直对他们进入中国 IaaS、PaaS 领域云计算市场的限制感到担忧。中国政府在鼓励中国企业走出国门的同时，还出台规定要求外国云供应商组建合资企业，为当地合作伙伴提供技术许可，以便他们进入市场。这导致外国云供应商处于不利地位。于是，中国供应商在这一领域占据了主导地位。2018 年上半年，阿里巴巴云在中国公有云 IaaS 市场的份额已达到 43%，而外国供应商占比最高的亚马逊云科技 AWS 仅为 6.9%。

种种迹象表明，伴随着互联网平台经济向工业领域的扩张，新兴监管环境将对外国企业甚为严格。信息与网络安全、数据隐私和跨境数据流动监管均已齐备，即将助力中国工业互联网平台在国内市场的发展。

2018 年 6 月，中华人民共和国公安部（MPS）起草了《网络安全等级保护条例（征求意见稿）》，向社会公开征求意见。它是网络安全等级保护制度 2.0 标准（以

下简称“等保 2.0”)的第一层级。全新等保 2.0 体系着重强调对关键信息基础设施(CII)的保护,2017 年《网络安全法》也对 CII 保护进行了明确的规定,并扩大原等级保护制度的范围,覆盖了大数据、云计算和物联网等新兴技术(第 34 条)。除 2018 年至 2019 年发布的标准外,2019 年 5 月公安部又发布了三个新标准草案,均定于 12 月 1 日生效,同时全面实施等保 2.0。等保 2.0 还涉及了工业控制系统。

网络安全等级保护制度(MLPS)是于 2007 年首次推出信息安全保护框架。MLPS 可根据信息系统损坏的潜在后果,对 ICT 产品及服务进行排名。工业平台安全等级若降至三级或以下级别,将威胁国家安全,因此工业平台要求各企业完成复杂的监管监督、测试及认证。

中国的监管机构似乎已经取消了此前对在三级核心 IT 系统和关键硬件组件中使用中国知识产权的要求。网络安全审查的实施过程中,存在着相当大的监管不确定性,同时缺乏透明度。网络安全审查流程愈发苛刻,可能要求外国企业披露 IP 地址和源代码这类敏感信息。

多份中国政府官方文件中对“安全可控”技术(解读为有利的本土 ICT 技术)的强调,将对工业互联网市场中的外国供应商带来重大影响。这是一个被中国

工控系统安保与安全方面专家频繁讨论的话题。许多专家认为只有开发“自主可控”的核心技术才能解决这些相关问题。

中国的数据保护制度不断成形,给外资在互联网平台经济这一产生领域的参与造成了进一步的潜在障碍。《网络安全法》(第 37 条)对关键信息基础设施运营者向境外提供定义模糊的“重要数据”的行为进行了限制,特殊情况下也需获监管部门批准后进行。美国向世贸组织提交申诉后,该草案暂停实施,但我们尚不清楚 2019 年 5 月发布的《数据安全管理办法(征求意见稿)》与 2017 年发布的不具约束力的《网络安全法》草案之间的关联将有何等变化。

新出台的措施未将网络运营商的经营和生产数据归类为“重要数据”。但 2017 年发布的《数据出境安全评估指南》就工业相关的重要数据给出一份了极其全面的附录。指南中的重要数据是指不涉及国家秘密,但与国家安全、经济发展以及公共利益密切相关的数据。

中国政府若将这些指南制成切实的法规,外国参与者在对中国平台系统上对工业数据的访问可能会受限。同样,中国如果在物联网核心组件领域成功做到自力更生,中国政府可能会以国家安全的名义,收紧外国企业的准入限制。

九、中国在工业互联网平台领域的进步:对德国的影响

中国在工业互联网平台领域的快速发展亟待德国政企界的关注。德国等欧洲国家及其它国家,应当深入了解中国在这一重要经济领域的政策以及中国企业发展的关键特征。此外,如若德国仍希望在瞬息万变的全球经济技术环境中,探索新生的机会,就应当立刻着手减轻潜在威胁:

1. 借鉴中国互联网平台经济的优势

要想真正了解中国创新能力的整体水平,只关注“灯塔”工程是远远不够的。加大对区域特征和发展阶段的研究,才能切实地评估出中国互联网平台经济的总体影响。

德国参与者需要加强对中国独特的互联网平台经济成型因素的理解,并深入了解跨行业的区域重点工业平台独有的演进方式以及智能工厂以外的网络效应。

德国参与者应当明白,中国对工业 4.0 关键基础设施的投资对该领域的快速发展起着决定性的作用。中国的经验说明,数据中心容量普及和 5G 互联互通是互联网平台经济成功发展的两大关键。

2. 调整与中国的合作方式

中国仍对其它国家的工业物联网堆栈组件及服务有着高度依赖。德国企业可以利用这一点，提出提高透明度、放宽准入限制等要求，还可以标高该等组件的交付价格。

持续开展高水平的工业 4.0 领域合作是符合德方利益的。在就新的合作框架谈判时，德国需确保优先考虑德国工业自身。为此，德国政府应加紧协调研究活动，为与中国的合作制订统一规则。

应优先在德国而非中国建立更多互联网工业平台联合研究项目。我们应当利用中国欲将平台扩展到其他市场的雄心，来实现这一目标。

为维持 IT 标准制定领域的有利地位，德国需要加倍努力来开展标准化研究和产业驱动标准化工作，还需要投资人力资源，以便在国际标准化机构中做出更佳决策。

3. 降低与中国建设互联网工业平台相关的风险

尽管中国对合作保持开放态度，但其在工业互联网各层面为实现自力更生所做出的努力，仍然给德国合作伙伴带来了挑战。需将联合研究条件化，并将知识产权保护视作合作框架中的关键

优先考虑项。

由于监管环境模糊、数据共享要求不断新增，网络安全法规给外国合作伙伴带来了前所未有的巨大风险。在进行风险评估时，需要考虑到中国当局对规章制度更严格的应用。

十、案例分析

案例分析 1:

海尔 COSMOplat 平台

专注于大规模定制简介

■ 属海尔集团（全球最大的电子消费品和家电制造商）

■ 由天津高端装备研究院与德国弗劳恩霍夫物流研究院合作设计（德国联邦教育与研究部项目 InFa-CTS）

■ 2015 年开始运营

■ 母公司营收：202 亿元人民币（2019 年度）

■ www.cosmoplat.com

主要特征

COSMOplat 是一个面向各种工业领域的平台，专注于家电制造。COSMOplat 在中国提供 7 大区域子平台，覆盖上海、天津、西安、山东、江苏等省。其旗舰产品侧重于大规模定制（能适应每位用户需求的预定制技术），并利用消费者数据优化生产流程。COSMOplat 不是开源代码平台，而是遵循协作模式——邀请

第三方开发人员为服务内容进行进一步的开发。

用户和参与模式

截至 2019 年，该平台已覆盖陶瓷、农业、休闲汽车、电子技术、纺织、设备、建筑、交通、化工等 12 个工业集群。COSMOplat 面向生产密集型行业，以践行大规模定制模式的生态系统，联结起 35000 家公司和 3.2 亿终端用户 / 消费者。

服务和价值创造模式

COSMOplat 为 SaaS、PaaS、IaaS 和边缘层（即预定义的业务相关 KPI、云服务和 AI 大数据分析以及智能设备）提供高效、定制的工业应用和解决方案。为 COSMOplat 平台贡献技术的合作伙伴包括思爱普、博世服务、Ehlebracht AG 以及阿里巴巴、华为、中国电信和宝钢等国内外企业。

国际推广

COSMOplat 的主要产品目前仍重点面向中国市场，但已经获得了世界各地专家的广泛认可。2019 年，COSMOplat 被世界经济论坛 / 麦肯锡报告评为“制造业灯塔”之一。COSMOplat 接连收购斐雪派克（Fisher&Pakel），通用电气家电业务部、Candy 集团以及印尼和菲律宾的多家工厂，全球影响力不断提升。COSMOplat 背后的研发机构与亚琛工业大学的工业 4.0 培训基地等德国研究机构建立了联系。平台公司开始在大规模定制及智能

制造模式的制作和标准定制方面发挥起关键作用，参与制定了 29 项国家和国际标准，并与电气与电子工程师协会（IEEE）、国际电工委员会（IEC）、国际标准化组织（ISO）等国际组织合作。

案例分析 2： 华为云 FusionPlant 平台

专注于云体验和开源

简介

- 属电信运营商华为
- 结合了华为云和工业互联网平台
- 2015 年成立
- 母公司营收：7150 亿元人民币
- www.huaweicloud.com/solution/fusionplant/

主要特征

当前，已有大量的交通、建筑和公共事业领域客户正在使用华为的通用物联网服务。FusionPlant 是一个工业互联网平台，面向中国以制造业为主导的行业打造。同时，华为与政府方面（如广东省）合作，建设区域工业互联网平台。

用户和参与模式

FusionPlant 为制造业、石化、化工产品等垂直行业提供服务。在电子行业，华为 FusionPlant 支撑电子消费品供应商长虹战略转型变革，与长虹在 IaaS、工业 PaaS、物联网等

领域深入合作。在电力领域，华为 FusionPlant 为国家电网客户引入了物联网的架构。华为建立了一个开源操作系统，提供工具，帮助软件工程师开发与华为鲲鹏芯片驱动的服务器相兼容的应用程序。根据最近的一项研究，FusionPlant 的预构建应用和与第三方应用的集成与竞争对手相比仍然有限。

服务和价值创造模式

FusionPlant 提供基于云的服务（如 IaaS 和 SaaS），并充分利用华为云的企业情报能力（如大数据管理和 AI 开发平台 PaaS）。FusionPlant 将华为的技术和服务与华为云市场提供的第三方插件和产品相结合，提供可配置的解决方案。华为表示，未来五年将向基于 Arm 的服务器芯片开发投入 4.36 亿美元，围绕芯片建设计算生态系统，从而稳固其服务器系统在国内行业领域中的地位。

国际推广

与其他全球平台合作是华为的一项关键发展战略。FusionPlant 的合作伙伴有 ABB 集团、思爱普、博世等外国企业。例如，博世物联网套件软件平台（Bosch IoT Suite）与华为云合作，提供连接设备、用户和企业所需的功能。其他合作伙伴还包括法国软件公司达索系统（Dassault Systèmes）和总部位于美国的 ANSYS。华为在

工业互联网联盟（IIC）、Edge Consortium、欧洲电信标准协会（ETSI）和 5G 产业自动化联盟（5G-ACIA）等标准化机构中非常活跃。

案例分析 3： 树根互联

专注于合作构建生态系统简介

- 由三一重工孵化
- 专注于机器关系管理和机器互联网
- 2016 年开始运营
- <http://en.rootcloud.com/>

主要特征

树根互联是中国首批提供工业物联网平台的供应商之一，旗下拥有两种平台，一是机器关系管理平台（MRM），将机器与云数据存储分析相连接，二是机器互联网平台（IOM），为设备提供 360 度生命周期管理。

用户和参与模式

树根互联公司的开放平台拥有约 200 家客户和合作伙伴，连接了 61 个垂直领域（包括铸造、注塑、机床制造、纺织和柴油发动机制造等）的 56 万台工业设备。树根互联成功助力打造了 14 个垂直行业云平台。树根互联在苏州、西安、广州、北京、上海、长沙均设有分公司。

服务和价值创造模式

树根互联与硬软件 API 供应商和系统集成商开展合作。其 IaaS 基于腾讯云构建。树根互联希望为设备制造、能源、纺织和建筑设备等工业领域提供广泛的 PaaS 功能。该平台可以与多种设备和系统集成，以可视化的方式映射数据。

国际推广

树根互联建立了一个全球工业物联网生态系统，并与国际合作伙伴开展合作，其中包括亚马逊云科技 AWS、挪威电信公司 Telenor、英国 ARM 公司和霍尼韦尔 (Honeywell) 等。2018 年，树根互联公司推出了一个海外工业物联网平台。华资机械制造商普茨迈斯特 (Putzmeister) 是其在德国的主要客户之一。据公司官网表示，树根互联已经为印度、肯尼亚、南非、印度尼西亚、墨西哥的外国企业提供过服务。

案例分析 4： 航天云网云制造平台 CASICloud INDICS

专注于传统产业升级

简介

■ 由国有企业中国航天科工集团有限公司设立 (CASIC)

■ 具有制造运营管理能力
的工业物联网平台

■ 2015 年开始运营

■ 母公司营收：2500 亿元人民币

■ <http://www.indics.com/>

主要特征

在国防巨头中国航天科工集团公司的装备及制造经验的支持下，航天云网 (CASICloud) 及其 INDICS 工业平台得以建立。INDICS 提供了一个工业物联网平台，然而其服务远不止如此，还包括制造运营、产品数据管理和资源规划。

用户和参与模式

INDICS 为各级政府及航空航天、ICT、工业机械、汽车、风力发电、石化、轻工和水力发电等行业提供智能制造和服务解决方案。INDICS 旨在促进中国传统产业升级，力求通过整合线上和线下运营来达成这一目标。据 INDICS 网站统计，来自全球 212 个国家和地区的 2 万余家企业已经注册，交易额达 11 亿美元。

服务和价值创造模式

INDICS 云制造平台提供 IaaS、PaaS、SaaS 和边缘设备，预定义设备模型以及基于虚拟现实的生产线优化。INDICS 为工业应用程序的开发提供了全面的软件开发工具包和模板。通用 PaaS 的一部分是通过美国供应商 CloudFoundry 实现的。目前，

INDICS 暂不支持 Profibus、HART、Canbus 等一部分工业协议。

国际推广

2019 年，航天云网建立了多语言环境 (英语、德语、俄语、西班牙语和法语)，推出了国际版本的 INDICS。公司在德国设有办事处，并与西门子、思爱普、博世、达姆施塔特工业大学、亚琛工业大学等国际知名企业和机构建立了合作关系。自 2019 年夏，航天云网已经将部分功能安装在了达姆施塔特工业大学提供的服务器上，为德国和欧洲的中小企业提供了一个受保护的测试平台。

案例分析 5：

XREA 工业互联网平台

专注于高度兼容性与强大的国际推广能力

简介

■ 由国有企业徐州工程机械集团下属徐工信息提供

■ XREA 声称可兼容 98% 的工业协议

■ 徐工信息成立于 2014 年

■ 徐州工程机械集团公司营收 (2018 年度)：560 亿元。

主要特征

作为中国工业互联网的早期参与者，XREA 工业互联网平台声称其是首个全国性的工业互联网平台。XREA 的母公司徐工集团，

是建筑、采矿和能源行业重型机械方面的重要制造商。依托母公司行业经验，XREA 旨在将中小企业纳入物联网平台生态系统。

用户和参与模式

XREA 官网显示，XREA 的服务已遍及包括建筑机械、可再生能源、军事、风力发电和核心组件制造在内的 60 余个行业，覆盖 20 个国家的 1000 余家企业和 64 万用户。该平台拥有 68 万余台连接设备，其所管理的昂贵设备资产超过 5500 亿元人民币。

服务和价值创造模式

XREA 提供公有云和私有云，私有云针对的是需要数据保护的企业。该平台提供了全面完整的工业物联网堆栈。据技术分析师介绍，在设备连接、边缘接入、基于云服务的数据分析、为指定工业领域提供量身定制的解决方案等方面，该平台具有强大的能力。徐工信息在中国有七个研发中心，分别位于徐州、北京、南京、上海、无锡、苏州和佛山。徐工信息与阿里云等创新互联网公司展开合作。该公司积累了多项专利和著作权，制定了 10 项工业互联网国家标准，提交了 27 项专利。

国际推广

作为全球第五大工程机械集团，徐工集团的业务范围遍及 180 余个国家。其旗下的徐工信

息依托在这一庞大的业务网络之上：据报道，XREA 平台已在中国一带一路沿线的 20 个市场中得到使用。在德国，XREA 与 ERP 供应商思爱普密切合作，并收购了总部位于克雷菲尔特的机械制造商施维英 (Schwing)。徐工集团其他的海外合作伙伴有工业集团 ABB 和台湾工业物联网专家企业研华科技 (Advantech)。

案例分析 6:

启明星云 Venus Cloud

专注于汽车行业

简介

■ 主要由国有企业启明信息技术股份有限公司 (Qiming Information Technology) 提供

■ 声称为首个汽车工业互联网平台

■ 2018 年开始运营

■ 营收: 15 亿元 (2018 年度)

■ <http://www.qm.cn/>

主要特征

启明星云为汽车制造商 (多为国有企业) 提供工业软件，开发车对车通信系统及智慧城市解决方案。启明信息由中国工信部直接指导成立，旨在向汽车行业加大引入数字化基础设施解决方案。数据采集和数字化基础设施开发解决方案主要基于美国供应商甲骨文的软件。

用户和参与模式

启明星云已服务 3000 多家上游零部件及原材料供应商，1 万多家下游经销商和服务商，200 万入网车辆及 700 万车主。大型汽车制造商一汽集团等国有企业已实施启明星云的平台解决方案。启明信息也为国有的银行、烟草企业提供服务。与其他工业平台不同的是，启明星云不为第三方提供市场。网站上的产品都由启明信息设计和提供，不过很多产品是在现有国际产品基础上打造的。

服务和价值创造模式

启明星云的服务旨在实现智能制造、智慧汽车和智慧城市，同时专注新产品设计的软件研发。其他服务包括咨询、客户关系管理和行业数据分析。启明信息技术股份有限公司总裁吴建会表示，公司希望将启明星云扩展应用至其他制造行业，打造一个开放、共享的集成式生态系统。

国际推广

启明信息与多家国际公司 (尤其是在德国) 保持着长期合作关系，为大众、博世提供电动汽车制造相关服务 (环境适应性、电气性能、产品平台测试、性能失效分析)，并与一汽大众一同开展自动驾驶算法测试。启明信息领导层表示，公司将致力于实现为汽车行业征服全球 IT 服务市场的战略目标。MT

BEW2021



第25届北京·埃森焊接与切割展览会

THE 25th BEIJING ESSEN WELDING & CUTTING FAIR



2021年6月16-19日
上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo Center
June 16-19, 2021



微信二维码



www.beijing-essen-welding.com

www.埃森焊接展.com