

工业软件驱动的制造效率提升 与创新生态建设

戚锋 陈宏民 谢天^①

【摘要】在 2013 年的汉诺威工业博览会上，德国首次提出“工业 4.0”战略，即通过实现“物联网”系统完成大生产，最大限度地实现生产过程全自动化、个性化、弹性化、自我优化和提高生产资源效率、降低生产成本的全新生产方式。作为全球电子电气工程领域的领先企业，西门子始终致力于以技术变革驱动制造产业发展，并从 21 世纪 10 年代开始明确以工业物联网牵引自身和全产业链的数字化转型。

西门子工业软件高级副总裁戚锋博士与上海交通大学行业研究院副院长陈宏民教授展开对话，共同探讨西门子以工业软件赋能智能制造、以数字技术推动制造业变革的发展路径和经验总结，寻求获得中国制造行业开展数字化转型、培育建设智能制造行业生态、推进实现中国制造高质量发展的新启示。

关键词：工业软件；产业赋能；创新生态

一、从赋能自营业务到赋能外部客户

1. 工业软件的核心价值是降低沟通成本和决策成本

从 20 世纪 80 年代起，发达国家的大型企业因激烈的竞争环境，开始实行业务剥离和业务聚焦的组织重组活动。西门子在 2014 年提出“公司愿景 2020+”战略，逐步剥离家电、电信设备、移动电话、计算机、半导体、照明设备等传统业务，并将核心竞争力投放在数字化等具备长期潜力的业务领域，其中亦包括对工业物联网平台的战略布局。西门子数字化部门专家认为，被称为“第四次工业革命”的工业物联网是工业史上最大的变革，因而西门子内部面向“工业 4.0”和工业物联网的“数字工业部门”被视作最核心、最具未来意义的部

【作者简介】

戚锋 博士，现任西门子工业软件高级副总裁，负责西门子工业软件数字化产品和市场战略。

陈宏民 上海交通大学行业研究院副院长、上海交通大学安泰经济与管理学院教授、上海交通大学行业研究院数字化平台行研团队负责人、上海市人民政府参事。

谢天 上海交通大学行业研究院研究专员。

门。^②

尽管西门子正处于由制造密集型企业向工业软件服务商、综合解决方案提供商转型的过程，但始终没有完全放弃制造业务，而是坚持践行软件与硬件同步发展、相互赋能的战略路线。工业软件可帮助设备、产线、工厂、供应链等不同层级的单位或组织提高生产效率、规划生产方案、节约生产能耗，从而帮助制造企业在规模、成本、质量、效率等方面保持长期领先；与此同时，现实生产场景也为工业软件提供了充足的真实数据和多样化的应用测试环境，以数据帮助算法实现持续的校准、优化和迭代，确保软件能切实解决各种生产制造中存在的真实问题和关键需求。

西门子从 20 世纪 60 年代便已开始探索利用先进的自动化和信息化技术来提升生产力和生产效率，帮助企业实现降本增效。从 70 年代开始，工厂在原有的制造业务外，亦承担了作为自动化实验室基地的功能，工程师设计出传感器后，会先在自有产线进行测试，待技术验证成熟后再正式投入市场。发展至 90 年代，西门子工厂的自动化技术已经炉火纯青，实现了全生产流程的标准自动化。以位于德国安贝格的西门子电子制造工厂（EWA）为例，该工厂利用自主研发的自动化设备 Simatic 来对生产过程进行高度的自动化控制，目前 Simatic 系统可以自主处理 75% 的流程工作，能在 24 小时内将面向全球用户的产品做好交付准备，产品合格率达 99.998 8%。

西门子是当今全球工业软件领域的头部企业，数字化工业部门为全集团的业务增长持续作出贡献。但据威锋回忆，在工业软件发挥显著价值的初级阶段，西门子硬件工程师对于软硬件的协同发展关系也在持续探索中。西门子硬件工程师一直坚持从事基于自动化硬件的软件开发，但他们并未充分认识到更完整的全生命周期工业软件对制造行业的巨大赋能价值，以及工业软件作为独立产品的潜在经济价值，思想上始终认为硬件才是工业生产的核心能力，软件则仅是起到辅助生产、服务业务的作用。因此，最初西门子的工程师都是围绕硬件来研发衍生的功能性软件，并把软件作为硬件业务的增值服务来附送给客户，“就像旅行社赠送一份导游

攻略”。在 20 世纪 80 年代，由于存在“重硬件、轻软件”的认知导向，西门子在观念和战略上缺乏对软件业务的足够重视，故其业务发展速度缓慢，亦没有对市场开展广泛的产品推广。

随着数字技术、平台架构和人工智能迅速发展，西门子从提升自己的自动化工厂实践中

^② 乌力吉图，王佳晖．工业物联网发展路径：西门子的平台战略 [J]．南开管理评论，2021（5）：94—104.

意识到工业软件可以对全生产流程、对工业物联网发挥更大的赋能作用，继而才真正将工业软件作为未来的发展重点，并持续增加投入来提升软件研发和业务开发能力。同时，西门子亦积极开展战略收购，强化可编程逻辑控制器和工业控制领域的核心能力，尤其是在 2007 年收购美国 UGS 公司后，成为全球首家能提供完整且面向整个产品生命周期的软硬件一体化解决方案的提供商，标志其业务重心由传统制造业向软件服务转型，而工业软件作为西门子数字化转型的核心，为集团的数字化业务增长作出惊人的贡献。

戚锋介绍，制造业的整体价值链包含前端设计与后端制造，原有的自动化硬件主要集中于制造领域，而在设计环节则缺乏先进性，因此工业软件的价值最早体现在对设计能力的赋能上，可通过先导式的软件设计来引领后续的硬件制造，从而形成“设计先行”的发展路径。同时，西门子打造了一体化的工作平台，对软件进行兼并治理，从而实现设计与制造的无缝连接。

陈宏民总结，从经济学角度来看，数字化转型最重要的价值在于降低沟通成本和决策成本，成本降低后自然会出现新市场。西门子既是甲方也是乙方，既有硬件也有软件，一方面软件可在生产过程中对硬件赋能，令硬件更有价值，另一方面硬件场景推动软件开发能始终紧跟市场变化，令软件更具市场竞争力，最终软件与硬件形成了相互赋能、持续迭代的良性循环。

2. 发挥知识的价值：实现制造场景与工业软件的双向赋能

麦肯锡认为，知识自动化是知识使能和生成领域的重要革命，智能系统可更好地实现工业技术、经验的传承和更新，将人从重复性生产劳动中解放出来，更多地从事创新性活动，从而极大提升生产力发展水平。在传统工业生产模式中，工程技术人员需要面对多种工具和系统，工作结果和质量严重依赖人的能力和经验；知识自动化则要求建立统一的软件平台，通过数据和知识的反馈和迭代，推动工业装备智能化水平不断提升。^③

在快速发展的制造环境中，新智能化产品的出现将帮助工厂持续提升自动化水平，同时新产品、新工艺、新设备也会催生新的自动化需求，譬如将传统手工生产中的非标准自动化转化为标准自动化，以及将多种自动化元素组合形成一条可代替传统手工劳动的自动化产线。例如，在传统工作方式下，通常需要先后经历 4 次纠错流程，时间较长，循环较慢；如今，西门子可以为软件与硬件建立数字化孪生，即在软件环境中清晰描述自动化需求，在产线的孪生仿真模型中快速进行仿真验证，并通过控制元素组成来不

^③ 李义章.知识自动化是新工业革命的核心并成为工业软件发展的突破口 [J].人工智能, 2021 (2): 5—11.

断探索最优解决方案，从而设计出最契合产线、最佳性能、最高性价比的自动化硬件。

威锋总结，制造是验证所有新技术可行性和有效性的最重要载体。首先，当企业试图建设内部数字化价值链，打通从接受订单到最终交付的全流程时，生产制造就是最重要的交互点，所有其他环节都必须与其建立链接；其次，企业开展创新活动时，必须依据自身的制造实践工作来确定最终可实现的质量和所需的成本，再以此为参照，帮助产品持续实现优化设计。西门子的工业软件能对硬件设计形成有效赋能的核心要素，是其作为具有 170 余年历史、全球共有几十万名员工的头部制造企业，通过长久从事工业制造所积累下来的知识、经验与数据，以及从行业实践中建立起的市场深度认知和客户需求洞察，从而帮助西门子作出对现在及未来的良好评估，指导内外部团队开展设计、进行试用、快速交付，最终实现规模化和市场化。

在明确以工业软件为发展道路后，西门子发现从三维设计开始，再组织团队开展研发的全工业设计流程具有非常长的时间周期，因此，选择采取兼并策略来推动数字化道路。西门子充分相信自身积累的工业知识的价值，认为即便外部采购的软件产品并非最好，也有足够信心将其提升至最高水平。与其收购已经实现高估值，乃至有所溢价的公司，西门子更倾向于投资那些具有潜力的科技人才团队，并通过以下形式来提供赋能：①利用西门子的市场资源来扩大软件的使用规模，在验证软件效

果的同时，亦实现利润倍增。②将西门子的研发创新体系融入软件产品的研发过程中，尤其是要提升市场化以后的质量管控和成果转化效率。③将软件产品与西门子现有软硬件技术完美组合，提供一站式解决方案，可带给客户更精简的商务流程、更低的采购成本、更高的系统兼容性等多元价值。

陈宏民认为，西门子通过兼并收购来寻求实现端到端的功能集成，有潜质发展为工业软件零售平台或社区式创新平台等模式，可以更好地发挥平台模式的外部性，扩大网络效应，吸引多方共建生态。

二、从赋能头部企业到赋能中小型企业

1. 从软件平台到行业平台

威锋与陈宏民在交流中，各自都提及了“平台”对于先进制造的价值。威锋所说的“平台”是指集成多个软件工具的平台式软件，可帮助业务链上所有参与者实现即时的信息可见和数据共享，以及在虚拟世界中开展交互式的协同创新。陈宏民则更多关注以平台模式来整合市场资源和社会资源，优化资源配置效率，充分发挥规模价值，让所有平台参与者皆能从

中受益，其中既包括平台模式的消费互联网或工业互联网，也包括由政府或行业协会搭建的公共服务平台。

虽然这两类平台在形式上大相径庭，但其核心价值都是关于优质资源的有效集中和优化分配。平台式软件侧重于微观层面的企业工作效率提升，平台型企业或公共平台则在中观的行业层面、宏观的社会层面来发挥价值。参与者的数量和质量将直接决定平台能否充分发挥价值，随着制造生态逐步拓展、产业链逐渐延长，更多的中小型企业参与到制造生态和创新生态之中，一方面能通过平台模式获得收益，另一方面也能令平台生态更丰富、更完善。

1) 微观：由西门子开发运营的云端软件平台

西门子的工业软件可分为两种：一类是工具性软件（如排产软件、设计软件等），旨在赋能员工的个人劳动，以期提升工作效率、优化工作质量、提高个人生产力；另一类是平台式软件（如 ERP、MES 等），其核心任务是通过合作来提升组织内外部的管理水平和流通效率。平台软件可以有机地组合、联动、协同各种原有的软硬件工具，从而达到更高的整体工作能力，例如生产管理平台通过将排产工具（APS）的计划输出与产线上的实际产能进行对照，并进行快速的协同与平衡，从而实现生产效率的最优化配置。

威锋认为，在手工生产的时代，工作内容相对简单，生产工具不够优秀，个人生产力有限，因此这种协同合作对组织性生产而言，相对没有那么重要。但进入数字化时代后，数字技术可以对每位员工都定向实现强力赋能，令其生产能力实现成倍上升，可以说智能制造企业的每位员工都是“数字化员工”，如果他们没有实现有效的交流合作，整体生产力便会显著下降，且组织将严重缺乏应变能力。从管理角度分析，必须借助软件平台来实现对

多个单一数据元的协同式管理，有效连接所有经过数字化武装的员工技能，从而强化合作及沟通效率，提升基于数据的群体决策能力。

尤其在当前全球化布局、专业化分工、协同化办公的产业发展趋势下，平台式软件的作用将日趋显著，不仅能作用于实体产线上、工厂内、公司内的生产协作，更能有效联结来自不同企业、不同行业、不同区域的工作者。例如，西门子自动化硬件产品工程师利用西门子 PLM 工业软件平台可有效连接分布于全球二十几个国家的数千多名设计师，每个人都能在该平台上对产品持续进行设计优化，并依托多元化和本地化的优势，来确保这种协作式设计过程的顺利推进。

随着互联网和云计算的发展，软件能够被上传至云端，远程开展工作，从而借助云端资源为不同规模及类型的客户提供服务。云端布置的最大优势是用户能始终与设计研发团队保持同步的使用体验，结合西门子在云端布置的辅助功能工具模块（如基于 OpenAI 技术的新

产品功能)，可将设计时间缩短至传统模式的一半以上。而从使用成本角度分析，云端布置的模式能帮助企业节省大量的硬件投入费用，甚至可以采用订阅式的支付模式来将软件维保和修补工作交给原厂商，从而在一定程度上消弭不同规模、不同资源、不同需求的企业在财务采购能力上的禀赋差距。

威锋认为，尽管目前仍有不少企业对于远程使用、远程存储的云端工业软件存有各方面的疑虑，但其实云端布置必然是未来的大势所趋。西门子可根据客户的实际设备条件和对数据安全的不同要求，提供纯云端软件，或是提供本地布置和云端布置组合的混合式云，对云服务存有顾虑的客户可以先采用混合布置模式，初步体验云端的先进算力，再伴随基础设施和公用服务日渐成熟而逐步迁移至纯云端布置。

2) 中观：满足多元化诉求的行业服务平台

制造业的数字化转型通常依循自动化、信息化、数字化、智能化的发展次序，即先通过机器换人来提高产能能效，逐步将生产活动转化为数字形式，进而寻求端到端的数据连通和协同办公，最终依托数据和算法来辅助决策。但对于个体企业来说，由于所处发展阶段、主要发展任务、现有数字化条件各不相同，因此其开展数字化转型的主观意愿和客观需求相应地存在差异，愿意为数字化转型投放的资源 and 可承担的试错成本也不尽相同。陈宏民认为，即使是像西门子这样先进的头部工业软件企业，也会出于资源投放和机会成本的考量，更倾向于服务较大的、主流的、共性的业务诉求，而无法完全满足来自各行各业的中小型企业所提出的多样化诉求。这类长尾需求通常开发成本不高、用户数量不多、交易价格低廉，更适合由具有灵活性的小型软件公司来实现。

威锋介绍，尽管有些第三方产品经验证后可与西门子的系统兼容，但西门子提供的都是自主开发运营的软件产品，而非致力于打造类似苹果 App Store 的“工业软件商店”概念。工业是高端、复杂的价值链生态，加之中国制造业已覆盖了联合国所有的工业定义体系，因此市场上会存在五花八门的诉求，亦出现了大量从事软件设计的公司，他由衷希望有朝一日可以出现“工业软件商店”式的平台来满足各种长尾需求。

但他也坦率地承认，现阶段 B 端软件平台的推进速度会显著地慢于面向 C 端市场的应用平台，这是因为很多正处于数字化转型中的制造企业难以精准、全面地描述自身的真实需求，故而更希望与有经验的工程师展开对话，在交流中逐步丰富需求、改进方案，因此很难直接开发出一款成熟、标准、普适的软件工具来售卖。即便存在相对标准化的工具软件，西门子仍需要根据客户的组织结构和生产过程特点，由专业的咨询团队开展深入沟通，才能充分了解客户的现状及需求，帮助其作出正确决策，为合作双方建立信任基础。严格来说，西

西门子出售的并不是工业软件，而是完整的帮助客户提升竞争力系统的解决方案，软件只是帮助客户实现功能的应用工具之一。

3) 宏观：由政府推动建立的行业生态平台

中国的外部生态给不同类型、不同规模、不同数字化基础的制造企业提供了完善的发展环境。一是来自政府的制度性支持，中国政府对数字化转型和智能制造的支持力度是全球领先的，不仅在金融方面提供最大优惠，也在技术传帮带方面给予鼓励，并依托智能制造协会来对中小型企业提供诊断和建议。二是来自市场的多元化供给，除了以西门子为代表的工业软件巨头外，也有各式各样的小型软件公司来满足中小型企业对数字化工具的各种长尾需求，企业可根据自身需求来选择满足特定功能或提供成本优惠的软件工具。

威锋介绍，他从 2023 年开始推动西门子以数字技术赋能中国“专精特新”企业的高质量发展。“专精特新”企业具有非常优秀的创新思想，甚至具备在某些细分领域、特定场景、具体功能上超越大公司的潜力；但由于缺乏大公司的先进工具和发展环境，也欠缺足够的行业应用知识，可能会陷入发展困境。近期西门子组建了一支团队为万余家“专精特新”企业提供全方位、全过程的工业软件专业设计和仿真测试服务，从而有效帮助其克服成本高、测试难的痛点问题。在中国重点发展的低空经济赛道中，西门子为无人飞机和电动飞机提供各种天气条件下的气候测试仿真和振动测试仿真，并通过太阳仿真数据来提升可靠性和可驾驶性，这帮助低空飞机飞行的验证周期缩短到一年以内。此外，西门子亦积极与地方政府建立合作，通过自媒体、公益讲座、公益宣贯等传播形式，来进行数字化的“传帮带”，帮助中小型企业加强数字化意识和相关知识，从而能够更好地使用西门子的软件工具来开展创新工作。

陈宏民认为，诸如“灯塔工厂”“智造标杆”等智能制造评价体系主要聚焦于具有较高的智能制造水平、成功实现数字化转型并从中获益的企业，但也不能忽视中国仍有大量制造型企业尚处在方兴未艾的初级发展阶段，当前欠缺开展数字化转型的技术、设备、人员、资金储备，亦没有明确的战略规划和发展路径。指导部门设计评价体系时，应更注重阶段化、模块化、梯队化，可对标教育体系的年级和学科分级，帮助更多相对低数字化水平的制造企业在能力范围内开展适度的、局部的、可短期获益的转型升级，逐步实现自动化、信息化、数字化、智能化。

为了更有效地对多元化、阶段性的发展需求形成支撑，政府应主要做好系统设计、规则监督、平台搭建、资源对接工作，积极培育多类型的智能制造能力供给市场，其中既需要西门子这一类的提供综合性解决方案和高门槛技术工具的头部服务商，也需要能以高性价比满

足基础需求、简单需求、碎片需求的长尾服务商，以及有效连接整合不同资源规模、不同技术水平、不同能力禀赋的供应商的交互式协作创新网络。

2. 发挥平台的价值：帮助中小企业从数字化转型中获益

陈宏民提出，西门子开展工业自动化的软件和理念都很先进，主要服务于数字化程度较高的大企业，从技术、设备到人员、组织都具备相对较好的工业自动化基础。但是当西门子服务于中小企业时，将会面临更严重的复杂性问题，例如行业领域截然不同、数字化水平参差不齐，必须通过技术升级或咨询服务来弥合差异，从而造成高企的改造成本或沟通成本。这种标准化供给和多样化需求的冲突，普遍存在于服务中小型企业的双跨互联网平台中，也将对工业软件的服务效果及效率造成影响。

因此，制造业需要培育更丰富的行业生态和服务形态，既能通过高度智能化的先进工业软件来提升头部企业的尖端制造能力，也能帮助基础相对薄弱的中小企业先开展浅层的数字化转型，逐步提升数字化水平。类似于教育体系既要有高等教育也要有中小学教育，且不同层级的教育能力能够承接，这种阶梯式的服务体系将帮助更多不同类型、不同基础的企业具备开展数字化的条件，并在现有能力基础上寻求实现进阶，从而成为西门子等先进工业软件服务商的目标客户。

威锋认为，大型企业和中小企业开展数字化转型分别具有不同的优势和路径：大企业具有更完整的数字化基础，可通过整体解决方案来取得显著的转型效果，小企业或许不会尝试综合性的数字化转型，而是基于某个局部生产环节或具体业务需求进行针对性优化，但胜在纠错能力较快，可以更敏捷地实现迭代。针对不同的数字化需求，西门子积极推进工业软件的云端化、模块化，将原本服务于大型企业的综合性软件拆分成单一功能的简单软件，从而让中小企业有机会以相对较低的获取成本和技术门槛来使用原本只有大企业才可拥有的先进技术。推动智能制造成长不只是大企业的责任，整个工业体系中的中小企业同样能够发挥重要作用，且能从中获益。

三、从赋能制造企业到赋能制造行业

1. 西门子的未来战略方向

通过为制造企业提供软件与硬件的组合产品及综合解决方案，西门子有效帮助中国制造业实现降本增效、节能降耗、业务咨询等多元价值。此外，西门子也通过收购兼并或创新平台等形式，帮助更多中国软件企业或技术人员参与到创新生态中来，实现应用场景和业务规模的可观扩张。

与此同时，随着逐渐完善平台服务和生态体系建设，西门子也帮助制造企业将数字化转型从内部的端到端信息打通延伸至外部行业层面，令供应链上的供应商和经销商得以有效连接。西门子的供应链管理平台是行业上下互联的重要工具，确保数以千计的国际零部件供应商能够及时地对中国的十几个西门子工厂提供支持，西门子也能通过同样的供应链体系来将产品分销给经销商。

在全球化的趋势下，西门子对客户的帮助已从软件和硬件延伸到为跨国公司成功“出海”提供支持。例如，支持中国企业设计并生产出更符合国际设计理念的工业产品，帮助以国产原材料制造的产品能实现境外合规，依托全球网络来提供销售或售后服务等。

威锋介绍，西门子在未来将主要侧重于以下三大战略方向：

1) 低碳绿色可持续制造

达沃斯世界经济论坛与麦肯锡联合认证的“灯塔工厂”鼓励以降本增效为诉求的端到端工厂，亦关注以绿色低碳为经营方针的可持续工厂，这概括了智能制造的两大发展导向。西门子持续在自动化领域投入以低碳可持续发展为标准、支持绿色制造成长的核心制造技术，包括更节能的设备和更先进的控制系统，希望推动制造行业在消耗更少资源和能源的同时，生产出更多数量、更好质量的产品。

威锋认为，一个可持续发展的企业，一定能让自身产品符合低碳、绿色、环保的国际环境要求，并将其销售到全世界。例如，如果电池企业能获得“可持续灯塔”的标签，那么它的碳指标一定能够符合欧盟的标准要求，从而能以更低的优化成本进入欧盟市场。未来无论是电池、汽车还是家电，所有产品都需要具有碳的“身份证”，因此西门子研发了基于区块链的产品碳足迹可信精算与追溯解决方案 SiGreen，以 ISO 14067 等产品碳足迹国际标准为基准，通过工业边缘计算，精确追踪控制器产品生产过程的碳足迹。例如，电池企业在设计电池时，该软件可根据原材料组成成分，自动计算出全生产过程中的碳足迹，并依据相关的产品国际标准，测算可否达到国际标准。

同时，西门子也积极服务于比亚迪、宁德时代、国轩高科等中国新能源领域的头部企业，助力中国制造业的绿色化转型。在世界范围内，中国的电池行业拥有最优秀的创新能力、最快的制造速度、最好的制造成本、最好的制造效率，西门子则可通过有效组合软件与硬件技术来为电池行业的客户赋能，提供全价值链的服务输出和解决方案，帮助其建立整体、持续的市场应对能力，从而始终保持市场领先地位。

2) 工业人工智能

西门子是第一批融入深层次人工智能的工业软件企业，目前已在全球各个业务部门形成

先导团队，力求借助人工智能技术，将 PLC 工控硬件和工业软件提升到新层次，帮助客户提升生产设计的效率与能力。例如，西门子为 NX CAD 软件配备了先进的人工智能助手，帮助设计师提升设计效率、减少重复设计时间；在仿真阶段引入工业人工智能，将传统仿真经验与数学模型相结合，从而更快了解新产品、新设计的性能和可持续性能否达到要求。

2024 年汉诺威工业博览会期间，西门子展示了首款工业生成式人工智能产品——西门子 Industrial Copilot。该产品能帮助工程团队为可编程逻辑控制器生成基础的虚拟化任务和代码，并自动处理重复性任务，在大幅减少工程团队工作量的同时，保证复杂任务的工程设计不易出错，从而缩短开发时间、提高质量和生产率。在未来，Industrial Copilot 将赋能不同规模的工业客户，利用工业生成式人工智能的强大功能，实现企业运营的转型。

3) 工业元宇宙

2023 年，西门子在德国安贝格工厂投资近 10 亿欧元，与英伟达、亚马逊、微软、思爱普等合作伙伴共同建成了全球首个工业元宇宙园区。通过将工厂现实与虚拟模型进行交错展示，开展实时的数字化分析，赋能工作人员开展工作，例如，工程师可通过穿戴式眼镜来查看设备的故障、维修、配件更换情况，并结合仿真预测模型，实现预测性维护，防患于未然；设计师可在逼真的虚拟环境中，借助多学科集成的知识体系和算法模型进行仿真设备制造，从而颠覆原本顺序式的工作流程，实现快速的迭代、优化、提升，从而大幅提升设计效率、降低试错成本。

威锋认为，元宇宙技术的工业场景主要来自以下方面：①设备管理：提供数字化、信息化的增强互补，来帮助决策者获取更丰富广泛的参照信息。例如，通过提供设备的过往信息和未来预测，来更高效地开展质量管理和维保管控。②生产优化：在三维虚拟环境中开展生产、培训等工作，快速提升产出效率。例如，工人佩戴可穿戴眼镜后，可以清楚地设计并分解工作路径，从而更精准地完成生产操作。③协同办公：通过虚拟环境进行全球化、协同式的工厂运营和产品设计。例如，西门子希望在手工产线上添加一个机械手，就可以由工厂的工程师连同设备供应商的设计师来开展远程协同工作，设计师在自有软件上快速设计机械手后，能够将其直接安装到孪生的虚拟产线上进行测试仿真。

2. 发挥连接的价值：实现数字化生产的最优先任务

威锋认为，在当今的互联网时代，无论什么规模的制造企业，都应将工业互联网和工业物联网视为最基本的基础设施。实现联网后，就能增加制造过程的透明度，打破过去只有本地功能可见的信息孤岛，即便身在远程也能及时了解情况并纠正错误。通过将传感器与工业互联网基础设施相结合，可推动互联网具备数据采集能力，借助合作软件和工业信息化系统

与期望值进行对标，就能了解自己当前所处的水平，并形成下一步改进方案和行动计划。随着企业在良性循环中不断提升技术标准和规格要求，就会更加认识到数字化意识的重要性。

“连接”是制造企业实现数字化生产的必然基础，企业应将建设工业互联网的基础设施、加强工厂设备的可连接性列为优先任务，其优先级甚至更高于购买先进工业软件或学习先进管理方法。

基于云的开放式工业物联网操作系统 Insight Hub，是西门子工业物联网强大生态系统的核心。该系统拥有数据连接和分析的功能，

拥有可供开发人员使用的工具，能够快速高效地收集和分析工业现场的海量数据，从而为企业提供突破性的业务洞察和决策支持，提高设备、工厂和生产线的性能并进行优化；亦支持企业开发、部署和运营数字化服务，创建自己的应用程序，甚至是全新的业务模式。以工业物联网平台为载体，西门子的组织形式从原本的垂直一体化组织向垂直网络组织演变，从而围绕平台形成了“平台+互补企业”的生态系统。通过工业物联网平台，西门子能作为系统集成商，有效整合碎片化资源，从而为客户提供整体解决方案。^④

陈宏民认为，建立连接是数字化转型的基础，随着不断提升信息利用率、不断挖掘数据价值，工业互联网所需要的连接密度和幅度也会越来越大。这种信息连接不仅仅存在于组织内部，也将因社会化生产和专业化分工而延伸至外部供应链，实现企业与上游供应商、下游经销商、终端消费者、政府监管部门等相关方面的信息实时连通和及时响应，从而提高生产效率、物流效率、决策效率、协作办公能力、敏捷响应能力。然而在实际场景中，由于数据流的标准和规格、信息传输的接口和速度、所采用的软件平台等方面都可能存在软件或硬件不兼容的问题，从而出现信息孤岛、数据孤岛。政府主管部门应与头部企业共同制定一致的数据格式标准和管理体系，并推动更多不同类型、不同规模的服务商参与到生态中，促进信息流在中国制造行业的顺畅流通，从而扩大数据资产的使用价值。

3. 发挥数据的价值：测定数据安全与数据集中的边界

陈宏民将面向 B 端的工业互联网和面向 C 端的消费互联网进行比较，提出两者发展速率存在显著差异，这主要来自对隐私保护具有不同的重视程度。中国消费者相对不那么关注隐私保护，愿意以牺牲部分个人隐私为代价来换取便利服务，再加上海量的数据规模和便捷的数据流通，从而推动中国 C 端互联网得到迅猛发展；但对于面向 B 端的互联网平台而言，企业会更加关注自身的隐私权利和商业机密，对数据泄露、信息泄露所造成的安全问题存在

^④乌力吉图，王佳晖.工业互联网发展路径：西门子的平台战略[J].南开管理评论，2021（5）：94—104.

担忧，这限制了数据的使用效率。企业数据最初以自用为主，但随着跨部门、跨组织、跨区域业务逐渐展开，更多主体将参与到数据的共享使用中，数据流通更趋频繁。其中不仅有公司内部部门或子公司之间通过共享数据来实现“研发—制造—销售—售后”的端到端数据打通，也有企业与企业间的数据流转和协同办公。西门子在赋能中小型企业时，采用更灵活的云平台模式，企业可通过远程接入来使用多种软件工具和平台服务，因此必须为使用者创造绝对安全的技术环境。

戚锋认为，客户数据或产品数据都是企业最重要的生命资产，随着数据化的业务交流成为产业持续合作的必然组成部分，企业在开展数据的内部共享或外部共享时，必须借助独特的技能、产品、门道来加强对数据资产的保护力度。西门子在开展业务中不仅要严密保护自有数据，也要根据全球各国法律来保护客户授权数据的安全。

基于工业环境的复杂性，特别是数字化工厂、工业互联网平台等新一代工业互联网的发展要求，亟待构建多层次、立体化的信息安全防御方案。西门子提出“纵深防御”的安全理念，由沉入检测系统（IDS）、防火墙、防病毒等多道防线实现协同工作，守护工厂安全、网络安全、信息系统安全。西门子的工控态势感知系统（OSA）利用人工智能、风险情报分析等技术，采集工控设备中与信息安全相关的数据，进行全面、深入的安全智能分析，最终以多视图、多角度、多尺度的方式展现工控网络的安全态势，目前已应用于国内外多家大型工厂。西门子（中国）有限公司副总裁兼首席网络与信息安全官胡建钧认为：“虽然工业环境的确性高，构建安全模型和分析相对比较简单，但最核心的底层数据获取环节才是行业知识壁垒，如果信息安全厂商不了解工业的底层逻辑，就无法针对不同的原生问题给出相应的解决方案和策略。”

但从另外一面来说，要充分发挥数据的规模价值，就必须有效开展数据的共享与流通，持续提升数据的集中化程度。以基于核磁共振、CT、B超等影像资料的医学诊断为例，过去主要依靠医生的个人经验来进行诊断，未来则可能通过对海量的历史影像资料和相应的后期治疗方案进行大数据分析来实现智能化诊断，从而提高诊断的效率、准确率、可复制性，令更多人群得以享受高质量的医疗服务。该医学诊断技术进步的本质是将先验概率转化成后验概率，前提则是各家医院的病历和影像资料能够有效集中，并且具备较高的标准化程度。尽管这种数据集中可能涉及商业机密和患者隐私，但从长远来看无疑对医院、患者、设备制造商等多方都有好处。

陈宏民认为，数据安全应该得到保护，但过度保护，或过度脱敏后则可能伤害数据的实际使用价值。未来从数据自用到数据共享的转型一定是由平台引领的，而西门子作为充分了

解用户需求与供给的工业软件服务商，应当有能力找到数据安全和数据集中的边界，在不伤害企业的基础上给其他企业创造价值，从而引领制造业更好地发挥数据价值。

戚锋则认为，工业企业留下或可使用的数据往往都是最有价值的资产，且已为之付出了大量的时间和成本。这些新技术、新工艺、新设计将是帮助企业在竞争中取得优势的核心资产，企业不仅没有与他人分享数据的充足动机，甚至希望自有数据能够极度保密。西门子作为工具提供商必须尊重客户的需求，致力于提供最好的硬件和软件工具，而并非通过这个过程保留客户使用的数据，并将数据作为商业模式进行分享。不过随着国家日益提升对数字资产的重视程度，强调对企业数据的尊重和保护，加强对交易数据和使用权的管控，相信当技术环境和规则环境更加完善后，企业将有能力在正常安全条件下，更好地开展数据的交换和交流。

四、对中国工业软件及智能制造发展的启示

郭刚等人的研究提出，我国工业软件总体表现为产品类别较全，但软件企业整体实力不强，软件产品主要集中在例如 OA（办公自动化软件）及 CRM（客户关系管理）等多种低门槛的软件类型上，国外软件产品仍是主流。在研发设计类软件中，国产软件占比最低，只占到市场 5% 的比重，且多数研发设计类工业软件仅应用于系统功能单一、工业机理简单、产业复杂度较低的领域。目前，中国工业软件行业普遍存在技术受到限制、研发投入不足、专业人才稀缺、知识产权保护滞后等显著问题。^⑤

作为全球工业软件领域的引领者，西门子积极促进硬件与软件的协同发展、构建开放式的创新生态、关注前沿技术领域的探索和应用，这些努力都值得中国的制造企业和工业软件企业学习借鉴，也对相关政府部门推动国家智能制造发展和生态建设有显著的参考价值。

1. 以制造场景为抓手，发挥技术与知识的价值

西门子从全球领先的制造企业转型为工业软件服务商，核心竞争力在于有效融合了硬件领域的技术知识基础和软件工具的创新研发能力。从长期来看，技术工具的价值必然是解决具体问题、实现改善目标；但从短期来看，很多前沿技术（例如数字孪生、工业元宇宙等）暂时缺乏明确的价值转化效果，或是需要伴随技术能力持续提升，才能淋漓尽致地展现真正价值。

“数据”和“场景”是促进数字技术发挥价值的关键资源。西门子持续推进业务转型，

^⑤ 郭刚，鲁金屏，窦俊豪，等.我国工业软件产业发展现状与机遇[J].软件导刊，2022（10）：26—30.

坚持以自动化硬件来集成先进工业软件，服务于客户企业开展全面数字化转型；依托实体制造单元，为多种先导技术提供充足的测试场景、关键数据、经验认知，这种沉淀知识也将为西门子带来可持续的竞争优势。随着生产活动趋于专业化和社会化，产业链结构由链状向网状演进，未来将有大量的碎片式知识因受限于组织壁垒而无法充分发挥价值。如何跨组织、跨行业、跨区域地整合这些“知识碎片”，可能成为未来工业互联网平台取得突破的关键点。

2. 以数据资源为牵引，建设功能服务平台

借鉴中国消费互联网平台的发展历程，互联网经济之所以能在中国得到迅捷发展，主要得益于由巨大人口规模所带来的规模经济，以及由海量的使用者和交易频次所带来的海量数据，能更快速地进行算法迭代，从而实现精准的用户画像和服务推送，帮助零售企业开展市场分析、优化产品结构，也帮助物流企业规划物流系统、分配物流能力。

以此为鉴，中国工业互联网的转型升级也应充分发挥制造业的市场规模和数据规模优势，由政府联合行业协会、头部企业建设多类型、多模式的功能平台，寻求逐步实现服务共享、技术共享、信息共享、数据共享、产能共享，优化全行业资源的使用效率。在加速培育技术要素和数据要素的同时，也要同步加强相关的权益保护制度建设和安全技术能力建设。

3. 以长尾业务为聚焦，构建开放式的创新网络

工业软件的未来增长方向，一是朝着“更强”，即借助数据与算法来持续提高对制造业业务的赋能能力；二是朝着“更广”，即不断扩大在全产业的应用范围，尤其是帮助数字化基础各异的中小型企业实现数字化转型。头部企业势必难以满足全部的长尾需求，因此需要引入更丰富的合作伙伴或服务商，来面向日渐多元化、细分化、个性化、灵活化的开发需求。

应探索建立协同式的创新网络，以头部企业（或联盟）作为业务核心和标准制定者，并发挥平台模式和连接技术的优势，提升链主企业与生态合作者的协同效率。中小型的软件企业，或独立开发者在协助头部企业满足长尾需求的同时，也能不断强化业务能力、迭代技术工具、拓展行业认知。对于业态模式多元、数字化程度各异、持续发生变化的中国制造业而言，建设开放式的创新生态具有重要意义。

【嘉宾介绍】

戚锋，博士，现任西门子工业软件高级副总裁，负责西门子工业软件数字化产品和市场战略。戚锋早年留学英国，供职于麦肯锡英国，曾长期在英国、德国从事制造业的信息化和MES系统的规划与实施事业。在英国的航空业、制药业及德国的汽车、机械装配业领域具

有资深的实践经验。

戚锋于 1986 年毕业于西安交通大学，1992 年获得英国格拉斯哥大学博士学位，有着深厚的学术底蕴，是英国皇家工程师协会高级会员。1996 年获得伦敦威斯敏斯特大学 MBA 学位。2011—2016 年，戚锋担任西门子 MES 中国区总经理，在中国推动西门子的“两化深度融合”战略及工业自动化和数字化技术，帮助中国企业在规划实现“MES 信息化系统”方面作出杰出贡献。戚锋分别参与西门子成都、南京数字化工厂的设计和 implementation 过程，目前也负责西门子工业软件产品集成、工业人工智能技术及工业元宇宙技术的应用和推广。

行研院内部资料，严禁复制