



两化深度融合 需要从多方面综合推进

记者：都说信息物理系统是支撑两化深度融合的综合技术体系，您怎么看这个问题？

宁振波：两化深度融合是中国特色，但是要真正实现融合非常困难，问题就是从事工业的技术人员和从事信息技术的人员各说各话、互不理解。工业的人关心的是产品、工艺、生产、设备、管理、物料、协作等，而信息化的人关心的是计算机、控制、软件、数据库、电子、网络等等，经常不在一个频道上对话。

两化深度融合要做什么？应该在数字模型、过程仿真、工业互联网、业务流程管理、业务智能、电子商务、虚拟现实、直接制造、流程电子化、面向服务架构、企业架构、社会协同这12个方面共同推进，12个方面就是一个综合体系，CPS贯穿于其中。没有CPS中的赛博，没有赛博和物理的融合，这12个方面都做不好。因此中国的两化融合和CPS异曲同工，是支撑两化深度融合的综合技术体系。

记者：为什么说“一硬、一软、一网、一平台”是信息物理系统的四大核心技术要素？

宁振波：我们把CPS这种闭环系统提

炼为：“一硬”（感知和自动控制），“一软”（工业软件），“一网”（工业网络），“一平台”（工业云和智能服务平台），实际上体现了一个智能体的运行过程：状态感知、实时分析、自主决策、精准执行、学习提升且循环上升。状态感知靠传感器，精准执行靠自动控制，这就是“一硬”。实时分析靠软件，这就是“一软”。当然传感器的数据和发给控制器的数据没有工业数据总线的传递肯定不行，这就是“一网”。后台没有强大的计算机集群和大量工业软件分析决策也没有智能，这就是工业云，就是“一平台”。因此说“一硬、一软、一网、一平台”是信息物理系统的四大核心技术要素。

新一代智能制造 以人为主体实现CPS

记者：中国工程院今年2月9日发布的《走向新一代智能制造》里面提出的HCPS是什么含义？

宁振波：中国工程院院长周济在这个报告中讲的HPS系统（Human Physical Systems）是一个二元系统，所提的HCPS（Human Cyber-Physical Systems）是一个三元系统，其核心是人类创造的Cyber，新一代的智能制造是以人为主体的CPS系统，即HCPS系统。2016年9月份，我和几位专家共同撰写出版的《三体智能革命》一书，描绘了三体的理论。三

体的第一体就是物理实体，物理实体是客观存在。按照达尔文的进化论，物理实体进化出了植物和动物，动物的最高形态就是有智能的意识人体。有了智能的意识人体，世界就发生了巨大变化，因为人创造了数学、物理、化学等多类学科和算法。人创造了电脑，可以把我们常年积累的知识、经验甚至是高水平工人的操作技能变为软件。有智能的人类用了算法、软件、电脑，就可以把物理实体建模建成数字虚体，也就是虚拟模型，或者说是Cyber体。这也从另一个角度阐述了人类分工，有研究方法的、有开发软件的，也有专注应用的。

数字虚体两个作用，第一就是嵌入式系统，既可以研制新设备时全面应用它使得设备智能化，也可以改造传统设备，使老设备变得“智能”。这里就引出智能制造一个重要概念：传统的生产型企业转型升级为生产服务型企业，核心就是产品的智能化。第二个作用就是我们所熟悉的虚拟产品模型、工艺模型、生产模型、试验仿真模型、维护维修保障模型及各类管理模型等，这些模型构建了人和电脑之间的金桥，使得人和电脑之间有了一个共同的工程语言，换句话说，就是我们人类的大脑所做的事情可以变成软件、变成模型，而且被电脑所认识并理解执行。在人类持续把成熟的算法、知识、经验逐步地变成软件和模型的过程中，不断地把原先由人脑来干的事情交给电脑来做，我们不就是逐步走向智能了吗？

智能制造的基础是完全理解CPS，

CPS的基础是软件和模型。因此，我们说智能制造难点是建模，焦点在仿真，大规模工业软件的应用必不可少。

CPS提高产品质量 缩短研发周期

记者：为什么德国的“工业4.0”提出1-2-3-8新型工业体系，把CPS系统建立放在第一位？

宁振波：第一，传统的工业体系，就是人、机、料、法、环、测，也就是爱迪生的试错法，然而法、环、测三条都是人建立起来的，因此中国工程院院长周济讲传统制造是HPS系统（Human Physical Systems）。

第二，CPS中的赛博Cyber来源于1947年诺博特维纳的控制论，演化出来了CPS。CPS是一种控制机制，赛博是控制、赛博是通信、赛博是虚拟、赛博是创新、赛博是协同，当然这之后隐藏着大量的计算。CPS简单说就是虚实精确映射，赛博控制物理。因此一个赛博就创造了一个虚拟空间，也就是我们所说的数字虚体。

第三，这个数字虚体可以是一个嵌入式系统，也可以是虚拟模型（如产品CAD模型、CAE模型、CAPP模型以及各类工程应用和管理模型）。有了这种虚拟产品模型和管理模型，我们就可以在电脑上做大量的设计、分析、仿真、计算，从而来评估产品的功能和性能，而不必再造出产

品做试验来评价产品功能和性能。这样的做法既提高了产品质量，也会大大缩短产品研发周期，进而增加效益。实际上，这就是第四次工业革命的要点。

记者：现在世界上有基于CPS的智能工厂吗？

宁振波：回答这个问题之前，我先描述一下智能制造的含义。世间万物，只有人有智能，人的智能体现在大脑，那么来类比企业，一个企业或者一个工厂的智能体现在什么地方？一个车间或一条生产线、一台智能设备的智能又体现在哪里？这些都是需要思考的问题。我个人认为，按照管理学理论知识，企业分为决策层、管理层和执行层。一个企业的智能体现在正确的决策管理之下建立的自主研发体系，执行层再强大，不是智能，因此自动化设备、机器人、自动的物料配送、数控机床等再多都是执行层，是自动化的概念，不是智能工厂。

因此，世界上最好的工厂仅仅是数字化工厂，尚没有智能工厂，智能工厂是目标，不是现在。另外从人类四次工业革命的发展来看，每次工业革命都是几十年甚至上百年的历史。如果从2013年4月德国汉诺威博览会发布“工业4.0”算作第四次工业革命的开始的话，就像一位业内专家所说，智能制造是一次马拉松比赛，中国作为一名运动员，正在热身，尚未上场。也就是说，现在世界上还没有基于CPS的智能工厂。

两化融合： 加速制造业高质量发展

——访北京航空航天大学教授闪四清

本报记者 顾建萍

信息化和工业化融合（简称两化融合）发展已步入攻坚期，近日，就两化融合发展一些热点问题，《中国电子报》记者对北京航空航天大学闪四清教授进行了专访。



两化融合是 加速制造业提质升级根本路径

记者：我国要实现从中国制造向中国创造转变、从中国速度向中国质量转变、从制造大国向制造强国转变，现在面临的形势有哪些变化？在这种变化下，推进两化融合的重要意义是什么？

闪四清：我认为，两化融合是加速制造业提质升级的根本路径。在新时代的历史方位下，加快建设制造强国既是全面建设社会主义现代化国家的重要支撑，也是高质量发展阶段增强我国经济质量优势的关键。两化融合以智能制造为主攻方向，推动互联网、移动网络、人工智能、大数据等新一代信息技术与制造业融合发展，为制造业注入信息化的基因，插上互联网的翅膀，推动工业互联网的快速发展。

同时，两化融合也是实现中国制造向中国创造转变的重要抓手。加快实现从中国制造到中国创造的转变，要求以创新驱动为引擎，集中力量提升价值创造能力、核心技术掌控能力和大中小企业融通发展能力。推进两化融合发展，带来了一系列技术革新和模式创新，智能产品、智能装备等新产品不断涌现，催生出实时响应、远程运维、产品全生命周期管理、分享制造等新型服务模式，推动产品价值由传统的物理价值向服务价值转变。在创造价值新空间的同时，促进产业链各层紧密衔接，构建实时、开放、高效、协同的社会

协作体系，实现跨专业、跨领域、跨环节的多维度、深层次合作与联合攻关，推动形成大中小微企业融通发展的新格局。

这些年，经过行业主管部门、地方、企业等多方面的共同努力，全国已形成了多方协同、多层次联动推动融合发展的局面。据了解，截至2018年9月中旬，我国数字化生产设备联网率近40%，工业企业数字化研发设计工具普及率和关键工序数控化率分别超过67.4%和48.4%。2017年还成立了全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会。应该说，这些成绩可喜可贺，对建设制造强国和网络强国起到了重要的支撑作用。

记者：当前，数字经济正成为全球产业变革和经济增长的重要驱动力，而数字经济之中，传统产业转型、数字化、网络化发展等都与两化融合密切相关，两化融合对于推动数字经济发展会起到什么样的作用？

闪四清：发展数字经济已成为全球共识，很多国家都在加紧布局。党中央国务院高度重视数字经济发展，先后出台一系列政策措施，大力推动信息基础设施、传统数字化转型、新技术新业态、信息服务等方面建设。在这之中，两化融合为发展壮大的数字经济提供了不竭动力。经过长期积累，我国科技整体能力持续提升，一些重要领域方向跻身世界前列，某些前沿方向开始进入并跑、领跑阶段，正处于从量的积累向质的飞跃、点的突破向系统能力提升的重要时期。特别是，信息通信技术迅

猛发展，我国数字经济加速成长，融合领域不断拓展，成为经济高质量发展的新变量。通过两化融合，能够促进以信息流带动技术流、资金流、人才流、物资流，提高全要素生产率，持续推动数字经济网络化、智能化、服务化、协同化发展，不断拓展经济发展新空间。两化融合也是打造高水平开放型经济体系的有力保障，会不断促进企业由规模速度型向质量效益型转变，由成本、价格优势为主向以技术、标准、品牌、质量、服务为核心的综合竞争优势转变，推动我国技术、品牌、市场更深更广融入全球供给体系，推动中国产品、中国企业、中国制造更多地在价值链高端深度参与国际竞争与合作，从技术、标准、规则的模仿者、跟踪者、遵守者逐步转变为赶超者、创制者、引领者。

抓住工业互联网发展机遇

推动两化深度融合

记者：工业互联网是目前全球争相发展的重点领域，它不仅为制造业乃至整个实体经济数字化、网络化、智能化升级提供新型网络基础设施支撑，而且催生众多新模式新业态。我国应该怎样抓住机遇走出创新发展道路？

闪四清：两化融合发展已步入攻坚期，抢抓工业互联网发展历史机遇是推动两化深度融合创新发展的必然要求。当前，全球经济形势复杂严峻，传统增长引擎对经济拉动作用减弱，网络信息技术产业在快速发展、融合渗透，驱动新一轮的

产业革命，数字经济蓬勃兴起，这些都为经济的转型升级带来了新机遇。工业互联网作为新一代信息技术与先进制造业深度融合的新的基础设施、新的应用模式与新兴业态，迅速成为主要工业化国家抢占国际制造业竞争制高点、寻求经济新增长点的共同选择。

从当前的情况来看，我国工业互联网的发展开了一个好头。在各方努力下，我国工业互联网发展已进入快车道，企业积极性和活跃度都在显著的提升，在新型网络的部署、工业互联网平台、工业大数据分析以及安全保障等关键领域涌现出一批

综合集成解决方案，形成了一批验证示范平台和优秀应用案例。我了解到，工信部提出今年工业互联网扶持政策将陆续落地，也正在大力实施工业互联网平台培育工程，制订出台工业互联网平台建设评估、应用推广、测试验证等系列指南，遴选若干跨行业、跨领域工业互联网平台，制订百万工业企业上云行动计划等等，这些措施将会进一步推动我国工业互联网平台创新发展。

记者：当前要深刻把握两化深度融合的新定位新要求新使命，哪些问题需要关注？

闪四清：面对新形势，要牢牢抓住融合发展这条主线，加强高质量标准的有效供给，加速中国方案的国际化推广，继续做好信息化和工业化深度融合这篇大文章。过去五年来，两化融合取得一定进展，但仍面临一系列突出问题，如互联

网、大数据、人工智能等新一代信息技术对传统产业的改造尚在萌芽期，尚未达到全面推广应用、产生实际效果的阶段；我国制造企业达到两化融合集成提升阶段的比例不足20%，大多数企业处于发展阶段，基础和能力还难以适应新技术、新应用引发的新变革要求；高端装备、核心工业软件、关键基础技术仍受制于国外厂商，数据的安全可控仍然任重道远。

记者：新时代下我国两化融合应该如何发展？有什么好的思路建议？

闪四清：推动新时期两化融合发展，要围绕新时期两化融合工作的新内容、新特征、新要求，充分发挥两化融合在促进制造业转型升级和带动信息技术进步、信息产业发展两方面的重要作用。进一步践行开放共享，面向全球完善互联网服务生态体系，促进国内国际两个市场、两种资源的有序流动、深度融合。持续引导企业打造顺应新时代发展的核心竞争能力，着力推动业务流程再造和组织方式变革，充分激活组织中的个体活力，构建以激发人的创造性为导向的自组织和价值网络，加快形成产业发展新模式。持续对新时期产业创新发展的理念、要素、规律、方法和路径进行系统总结，并将其固化为两化融合标准体系，还要高度重视标准的国际化工作，推动两化融合标准走出去。工信部是国家行业主管部门，希望能保持战略定力，加强引导，进一步完善推进两化融合创新发展的政策体系，积极调动各方力量，形成合力，加快制造业高质量发展。