



认清全球 智能制造大趋势

□ 黄阳华

制造业智能化是全球工业化的大势所趋，也是重塑国家间产业竞争力的关键因素。纵观工业发展历程，不断提升生产的智能化水平是人类不懈的追求。近年来，主要工业化国家将智能制造视为未来制造业的主导范式，表明制造业在先后经历了机械化、自动化和信息化三次革命后，智能制造在技术上与经济上逐渐具备了可行性，制造范式转向智能化，势在必行。

与历次工业革命类似，智能制造的成熟与拓展是一个系统过程，即在核心投入、基础设施、主导产业和组织变革等方面均出现重大变革，且各方面层层递进并最终形成协同效应。纵览全球智能制造发展的前沿动向，智能制造在技术经济范式上将呈现出如下特征。首先，新一代互联网技术向生产和消费领域全面渗透，将大幅提升数据对企业边际利润的贡献。因此，不同于以往技术经济范式的转换高度依赖于物理要素的升级，驱动智能制造发展的核心要素将是虚拟的数据，即数据要素将成为新型核心投入。其次，核心投入与基础设施的动态匹配是促进先导产业快速发展的必要条件。不同于历次工业革命依赖于交通基础设施的升级，以大数据、物联网和云计算为代表的新一代互联网基础设施将为数据要素的积累和配置提供有力支撑。再次，在数据要素与新一代互联网基础设施的支持下，制造业产品、生产流程管理、研发设计、企业管理乃至用户关系将出现智能化趋势，高度智能化的制造部门将重新定义其在经济社会中的功能定位。最后，主流的大规模生产方式也将受到严峻挑战，大规模定制化和社会化制造等新的生产组织方式将兴起。

虽然在全球范围内智能制造的发展导向是相似的，但是主要工业化国家发展智能制造的实现路径却各有各的不同。从战略演进和政策实践看，主要工业化国家发展智能制造的基本思路是立足本国的产业基础与传统优势，以解决本国产业升级中面临的突出问题为导向，着力寻找制造业与新一代互联网技术的结合点。一些国家在发展本国智能制造的同时，还积极将本国的智能制造解决方案向其他国家输出，力图在全球制造业智能化大潮中谋求一席之地。其中，最具代表性的是美国和德国的智能制造发展战略。

其一，由“软”至“硬”的美国模式。美国发展智能制造的基本思路是要利用美国在新一代信息技术和智能软件等基础产业的全球领先优势“反哺”制造业，显著提升制造企业智能化、数字化水平，从而在灵活性、质量、效率和可持续性等方面重塑美国制造的长期竞争力。在发展重点上，美国优先发展三项制造技术：尖端传感、控制与制造平台；可视化、信息学和数字制造技术；先进材料制造。其中，前两项技术重在提升企业对信息作出快速和高效响应的能力。标准对信息有效流动和系统的快速响应应具有至关重要的作用，所以美国发展智能制造的战略思路可以归纳为“信息先行、标准支撑”。

其二，由“硬”求“软”的德国模式。德国“工业4.0”计划是其发展智能制造的总体战略。该计划立足于德国强大的复杂产品制造能力，这促成德国发展智能制造的基本思路是在制造业领域引入“物理—信息系统”——从建设“智能工厂”着手，出产可实时生成数据的“智能产品”，形成制造与产品的大数据系统。大数据经实时分析和数据归并后形成“智能数据”，再将“智能数据”进行可视化和交互式处理，实时向智能工厂反馈产品和工艺优化的方案，从而形成“智能工厂—智能产品—智能数据”的闭环，驱动生产系统智能化。德国还希望在智能工厂的基础上，借助物联网和服务网，将智能交通、智能物流、智能建筑、智能产品和智能电网等相互连接，引领国民经济体系的智能化发展。

面对当前全球智能制造发展趋势，作为一个工业大国和经济大国，我国发展智能制造应该立足于本国优势与问题，可以参考但不能盲目照搬别国的智能制造发展模式。我国发展智能制造最大的潜能，是产业转型升级过程中对智能解决方案的本土化需求。因此，应按照“适用的便是最好的”原则，勇于探索符合我国国情的智能制造发展之路，坚持需求牵引、问题导向，坚持企业主体、协同创新，坚持远近结合、重点突破，采取有力有效措施推进智能制造深入发展，真正构建信息化条件下的产业生态体系和新型制造模式。

（作者单位：中国企业管理研究会）

本版编辑 欧阳俊

以智能制造作为新经济主攻方向

□ 黄群慧

当前，我国面临经济结构转型升级的艰巨任务，同时也赶上了新一轮科技和产业革命驱动的新经济蓬勃发展的历史机遇。如果说发达国家发展新经济的本质是信息化与“再工业化”的深度融合，那么对于中国而言，发展新经济则意味着工业化和信息化的深度融合，是工业化进程的进一步推进、经济结构转型升级的内在要求。智能制造作为信息化和工业化深度融合的集中体现，对于传统工业化动能减弱、新旧经济增长动能亟待转换的现阶段中国，具有十分重要的意义。

一、对智能制造的基本认识

智能制造到包括大数据、物联网、云计算等在内的新一代信息技术；从制造过程看，已经从单纯的生产加工环节扩展到产品的全生命周期；从制造系统的层次看，已从制造装备单元扩展到包括车间、企业、供应链在内的整个制造生态系统；从优化目标看，从最初实现在没有人工干预情况下实现小批生产，发展到满足消费者个性化需求，实现优化决策、提高生产灵活性、提高生产效率和资源利用率、提高产品质量、缩短制造周期、体现环境友好等一系列目标。因此，现在的智能制造，已经被广义地理解为基于大数据、物联网等新一代信息技术与制造技术的集成，能自主性地动态适应制造环境变化，实现从产品设计制造到回收再利用的全生命周期的高效化、优质化、绿色化、网络化、个性化等优化目标的制造系统或者模式，具体包括智能产品、智能生产、智能服务和智

能回收等广泛内容。

智能制造的实现，关键是依靠新一代信息技术系统的技术支持。现在比较公认的智能制造技术基础是信息—物理系统(CPS)，或称为虚拟—实体系统。通俗地说，这是一个可以将工业实体世界中的机器、物料、工艺、人等通过互联网与虚拟世界中的各类信息系统有效连接的网络空间系统，该系统通过对实体世界工业数据的全面深度感知、实时动态传输与高级建模分析，实现网络信息系统和实体空间的深度融合、实时交互、互相耦合、互相更新，从而形成智能决策与控制，最终驱动整个制造业的智能化发展。这个系统在德国工业4.0中被称为CPS，而在美国的产业界则被称为工业互联网。在美国产业界看来，工业互联网是互联网在工业所有领域、工业整个价值链中的融合集成应用，是支撑智能制造的关键综合信息基础设

二、智能制造与新经济的关系

与制造业逐步融合并广泛地应用改变着社会经济生活，现在提“新经济”则是水到渠成。

现在的新经济，其本质是由于新一轮科技和产业革命带动新的生产、交换、消费、分配活动，这些活动表现为人类生产方式进步和经济结构变迁、新经济模式对旧经济模式的替代。新经济对经济增长的促进作用至少表现在三个方面，一是由于信息(数据)独立流动性日益增强而逐步成为社会生产活动的独立、核心的投入产出要素，进而增加了信息边际效率贡献；二是以“云网端”为代表的新的信息基础设施投资对经济增长的拉动；三是生产组织和社会分工

方式更倾向于社会化、网络化、平台化、扁平化、小微化，从而适应消费者个性化需求，进一步拓展了范围经济作用。在当前我国经济下行压力较大、产业结构分化、经济增长动能亟待转换的背景下，大力发展新经济既是积极应对新产业革命挑战的战略选择，也是我国通过供给侧结构性改革优化资源配置的战略要求。

智能制造，作为信息化和制造业深度融合的集中体现，无论是智能产品、智能工厂、智能制造企业还是智能制造的生态链，都构成了新经济的重要组成部分，智能制造产业作为新一轮科技和产业革命的先导正在迅速发展，成为现代产业体系

三、抓好智能制造发展的关键

网+”行动的指导意见》是把互联网的创新成果与多个经济社会领域深度融合，以形成更广泛的以互联网为基础设施和创新要素的经济社会发展新形态。两大战略的共同重点就是推进制造业与互联网的深度融合，推进智能制造。未来如何以科学的实施机制和战略步骤落实这两大国家战略，是智能制造引领新经济发展的关键任务。

二是强化创新驱动。智能制造水平是一国制造能力的核心体现，是衡量制造强国建设进展的一个重要的指标。而决定智能制造水平的关键是制造业的创新能力。在智能制造领域，当前我国制造业创新能力与世界工业强国差距还很大，一些工业

互联网领域的核心技术，包括工业无线技术、标准及其产业化，关键数据技术和安全技术等，都还有待突破，工业互联网核心软硬件支持能力都还不够。我国总体制造业技术水平还处于由电气化向数字化迈进的阶段，而智能制造引领的是由数字化向智能化发展。按照德国工业4.0的划分，如果说发达工业国家智能制造推进的是由工业3.0向工业4.0的发展，而我国智能制造需要的是工业2.0、3.0和4.0的同步推进。这一方面要求结合我国国情推进智能制造，另一方面也要求我们更加强化创新驱动，实现创新能力的赶超。

三是完善制度环境。推进以智能制造

发展智能制造 产业政策亟需跟进

□ 江鸿 贺俊

能制造技术和智能制造系统技术成熟度与应用效果的关键因素。从发达国家的各种举措来看，工业信息的计算和处理能力已经成为影响制造业竞争力的关键。比如，美国竞争力委员会将高效能运算定义为“改变全球制造业游戏规则”的机器，建议通过积极的政企合作来整合美国的“计算资源”，将前沿计算能力转化为制造业竞争力。而我国在这一方面尚有很大发展空间。对此，应建设国家高效能运算研发中心和国家高效能运算服务中心，将既有的高效能运算技术储备转化为商业应用和公共服务，促进高效能运算前沿技术突破。同时，建设国家级工程数据库，可考虑以会员机构自愿提供、共同分享、收益均沾的工作方法保证数据收集与应用的可持续性。

二是加快构建以母工厂为核心的系统层面智能制造技术的应用载体。从智能制造自身的系统集成特性来看，依托于具备总体平台架构能力的制造企业的大量迭代试验和现场应用，是智能制造系统持续改进的关键。

这是德国得以快速推进“工业4.0”的主要原因，也是现阶段中国发展智能制造的一大短板。绝大多数中国制造业龙头企业虽然具有产品开发和硬件创新能力，但缺乏软件平台开发和架构设计能力，难以承担智能制造技术开发、试制、应用、支援的“母工厂”功能。对此，应加快建设能够支撑智能制造系统应用与优化的载体，特别是能够提出智能制造系统技术条件和工艺需求、具备与智能制造技术相适应的现代生产管理方法和劳动技能的母工厂，以点带面地提升中国智能制造水平。

三是推动形成包括多元化主体和多元化路线的产业创新和技术扩散体系。对于智能制造这项新兴技术革命，多方参与、多线并进的开放性创新机制是提高试错与迭代速度、探索适用性智能制造体系的最有效手段。虽然有的发达国家将率先推出数字物理系统的技术标准作为智能制造竞争的最终目标，但政府并不是指定特定组织开展预先研究、待

施。有了这个系统就可以实现制造过程自组织、自协调、自决策的自主适应环境变化的智慧特性，进而满足高复杂性、高质量、低成本、低消耗、低污染、多品种等以前传统制造模式认为相互矛盾、不可能同时实现的一系列优化目标。

经济学研究表明，一国经济的国际竞争力和长期稳定增长的关键是制造复杂产品的能力，而智能制造是制造业的转型升级制高点，代表着未来制造业发展的方向和经济结构高级化的趋势，决定着一个国家制造复杂产品的能力大小。因此，智能制造已成为当今世界各国技术创新和经济发展竞争的焦点，发达国家以智能制造引领“再工业化”战略，我国则将智能制造作为《中国制造2025》的主攻方向。当然，我国智能制造的总体水平与世界制造强国相比还相差比较大，但智能制造是一个应用广泛的体系，包括从工艺、产品、企业、产业链到整个社会的各个层面，我国通过科学规划、努力创新，可以逐步实现从点到线、从线到面、从面到体的突破，最终建设成为制造强国。

发展潜力巨大的行业。更为重要的是，新经济的发展主要依赖智能制造提供技术源泉和装备基础，新经济的成长源泉，无论是作为新生产要素的数据的投入，还是新的信息基础设施的投资拉动，以及新的经济分工协作模式的产生发展，都离不开智能制造的支撑。没有智能制造的发展支撑，新业态、新商业模式也都将成为空中楼阁。智能制造的发展，一方面会拉动新材料、信息通讯等各个领域的技术创新和产业发展；另一方面又进一步驱动各个新兴产业成长和传统产业变革，满足生产和消费者的智能化、个性化需求，推动智慧农业、智慧城市、智能交通、智能电网、智能物流和智能家居等各个社会经济领域的智能化发展。当然，新经济的快速发展，也会给智能制造提供更大的需求空间和更广阔的应用前景。

引领新经济的成长，一方面要推动互联网企业逐步向制造业的渗透，另一方面是要推动制造企业的互联网化。而当前我国制造业创新发展的整体制度环境还有待完善，经济“脱实向虚”问题还比较突出，没有形成人力、资金等要素资源进入制造业的有效激励机制。麦肯锡最近一份针对中国3500家上市公司和美国7000家上市公司的比较研究表明，中国的经济利润80%由金融企业拿走，而美国的经济利润只有20%归金融企业。这意味着，作为创新源泉的制造业的付出与其回报很不相称。因此要通过供给侧结构性改革，建立和完善有利于制造业创新发展、推进智能制造的制度环境，保证企业有愿意也有能力投入到以智能制造引领新经济发展的战场中。（作者系中国社会科学院工业经济研究所所长）

学者观点

智能制造是全球制造业的发展趋势和中国制造业转型升级的核心方向。眼下，我国的智能制造体系既缺乏能够架构整体数字物理系统和全流程数字化解决方案的综合集成企业，又面临着配套工艺创新不足、工业3.0基础落后的现实问题。针对这种状况，推进智能制造发展的政策保障体系应充分尊重智能制造复杂产品(系统)集成能力需要长期积累和探索的事实，将有效结合智能制造与本土资源禀赋作为推进我国智能制造创新发展的重要方向。相应地，产业政策思路和工具选择也应根据智能制造的技术经济范式要求和我国的产业能力基础及时作出调整。

一是加强建设国家信息基础设施和国家工程数据库。信息技术是智能制造体系的底层技术，信息存储、传输和处理能力是决定智

