

轴承行业智能制造和转型升级

1. 河南科技大学, 2. 国创(洛阳)轴承产业技术研究院有限公司

叶军^{1,2}

随着科技进步, 智能制造已成为推进世界工业发展的重要推动力, 并越来越引起人们的关注。毫无疑问, 智能制造也必将加快轴承工业的变革和发展进程。

1. 智能制造的本质

智能制造 (Smart Manufacturing / Intelligent Manufacturing) 是国际公认的实现工业体系转型升级的新一代工业技术, 能够从根本上提升企业的创新能力和研制水平。因此, 正确理解, 全面认识智能制造对我国轴承工业乃至制造业的发展具有极其重大的意义。

1.1 智能制造定义

关于智能制造的定义, 目前不同国家在表述上有一些差异。

中国工业和信息化部对智能制造的定义: “智能制造是基于新一代信息技术与先进制造技术深度融合, 贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节, 具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。”

1.2 国外对智能制造的认识

日本工业界在 1989 年提出智能制造系统时, 首次提出了“智能制造”的概念。

美国 1992 年实施旨在促进传统工业升级和培育新兴产业的新技术政策 (Critical Technology), 其中涉及信息技术和新制造工艺、智能制造技术

等。

2013年，德国在汉诺威工业博览会上正式推出旨在提高德国工业竞争力的“工业4.0”。

智能制造作为国家战略已经开始受到全球各国的关注。

从德国工业4.0的相关文献看，其战略的核心是智能制造技术和智能生产模式，旨在通过“物联网”和“务（服务）联网”两类网络，把产品、机器、资源、人有机联系在一起，构建信息物理融合系统（CPS），实现产品全生命周期和全制造流程的数字化以及基于信息通信技术的端对端集成，从而形成一个高度灵活（柔性、可重构），个性化、数字化、网络化的产品与服务的生产模式。

1.3 国内对智能制造的认识

2015年中国发布了《中国制造2025》，借鉴了德国工业4.0的体系。

2016年12月8日，工业和信息化部、财政部联合制定的《智能制造发展规划（2016-2020年）》（以下简称《规划》）颁布。根据《规划》，我国推进智能制造发展实施“两步走”战略。第一步，到2020年，智能制造发展基础和支撑能力明显增强，传统制造业重点领域基本实现数字化制造，有条件、有基础的重点产业智能转型取得明显进展；第二步，到2025年，智能制造支撑体系基本建立，重点产业初步实现智能转型。

以上可看出我国智能制造发展战略非常清晰。

在过去很长一段时间里，许多人错误地认为智能制造就是自动化的生产方式。认为机器换人、无人工厂、黑灯工厂就是智能制造。实际上，这是对智能制造非常片面的认知，这些都是在工作现场实现了无人化，并不是真正地实现了智能制造。

根据《三体智能革命》和《机智》两本书作者的观点，智能制造就是为

传统的制造赋予智能。这里的智能就是指人工智能，也就是说，人工智能是把人的知识转化为计算机的知识，计算机支持软件运行，完成工业产品的研制，生产，运行，综合管理等复杂过程。

《三体智能革命》中提出智能制造的 16 字箴言：状态感知，实时分析，自主决策，精准执行。

“中国制造 2025”是中国工业转型升级的纲领性文件。两化融合是主线，智能制造是主攻方向。这是中国制造 2025、两化融合、智能制造三者之间的递进关系。

2. 智能制造的体系和关键技术清单

中国工程院研究团队在“制造强国战略研究”中，持续推动智能制造理论体系的构建，提出了中国智能制造发展战略并于 2019 年启动“面向 2035 的智能制造技术预见和路线图”研究工作。根据该研究团队前期研究成果，智能制造系统是由智能产品、智能生产及智能服务三大功能系统以及工业物联网和智能制造云两大支撑系统集成而成，其中，智能产品是主体，智能生产是主线，以智能服务为中心的产业模式变革是主题，智能制造云和工业物联网是支撑，如图 1 所示。

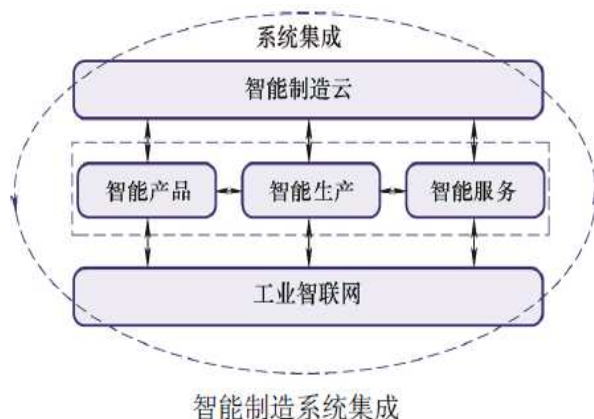


图 1 智能制造系统集成

（图片和论点来自“面向 2035 的智能制造技术预见和路线图”作者臧冀原等）

研究形成的智能产品、离散型制造、流程型制造、新模式新业态、工业互联网、智能制造云等 6 个方向的智能制造关键技术清单如表 1 所示。表中可以看出，除了流程智能工厂，其余都与轴承企业智能制造建设有关。

表 1 “面向 2035 的智能制造技术预见和路线图”——智能制造关键技术清单

序号	关键技术名称	序号	关键技术名称
1	面向产品设计和工艺的知识库	15	设备健康评估和故障预示技术
2	数据采集、处理和分析技术	16	共享制造（协同与共享）
3	分布式智能控制技术	17	个性化规模定制
4	人机共融机器人	18	知识工程和工业知识软件化
5	智能传感器技术	19	智能工业网络
6	企业智能决策系统	20	新一代移动和数据通信技术
7	智能数控加工技术与装备	21	边缘智能技术
8	增材制造技术与装备	22	标识解析与管理技术
9	离散智能工厂	23	网络安全技术
10	智能建模与仿真技术	24	基于语义的智能识别技术
11	智能制造标准体系	25	混合增强技术
12	智能优化决策技术与系统	26	人-信息-物理系统（HCPS）
13	流程智能工厂	27	工业电子商务
14	数字孪生技术	28	个性化规模定制

（图片和论点来自“面向 2035 的智能制造技术预见和路线图”作者臧冀原等）

3. 国外轴承企业智能制造发展

3.1 舍弗勒智能制造发展

（1）在 2015 年的欧洲国际机床展上，舍弗勒提出了“机床 4.0”概念，并将该概念应用于赫希施泰特工厂的精密轴承生产线。与德马吉森精机 (DMG MORI) 合作研发的铣床配有数十个新型附加传感器，可收集大量数据，这些数据可以在云中进行评估分析。作为一家将数字化纳入发展议程的技术型企业，舍弗勒积极主动地发现和应对工业 4.0、物联网、大数据、云、分析和全新

业务模式等诸多未来议题。

(2) 2015 年 8 月，舍弗勒参与德国“智能服务工厂”项目。如何以简便安全的方式实现生产企业、机器制造商或物流公司之间的数据交换，便是问题所在。“智能服务工厂”不仅是为了解决这一问题，同时还要确保收集的所有信息均可在“数据云”中以安全的方式让客户各取所需。“智能服务工厂”的目的在于打造创新成果、产品理念，以及尤其是与生产密切相关的服务，并以高效专业的方式对这些元素进行组织协调。这意味着，例如一家维修公司可以从舍弗勒获取机器部件的加密信息，将这些信息与从其它部件制造商处获得的信息相结合，可对整台机器进行预防性维护。

(3) 2017 年 11 月，舍弗勒全球首个“未来工厂”——舍弗勒湘潭制造基地正式奠基。融入了德国“工业 4.0”要素，具备如下特征：1) 是“智能工厂”，采用标准模块化功能设计，能够极快地适应市场变化。2) 是“数字工厂”，实现产品、设备、工艺流程、产品分析改进、客户体验的数字化。3) 是“高效工厂”，实现业界孜孜以求的精益生产、自动化生产、柔性生产。4) 是具有“自学习能力”的工厂，确立 160 余个生产指标要素，为基地引入全球工厂的优秀经验。

(4) 2021 年 7 月，舍弗勒（宁夏）工厂工业 4.0 推动项目签约落户银川。其中舍弗勒全球最先进的工业 4.0 数字化锻造线作为标杆项目助力舍弗勒（宁夏）工厂成为舍弗勒全球的智能锻造中心。通过工厂内部机器人自动化、人工智能检测、AGV 运输等新兴技术的应用，实现工厂数字化系统的集中管理和监控，提升企业数字化、智能化生产水平，促进舍弗勒（宁夏）工厂从传统制造工厂向智造工厂的转变。

3.2 SKF 智能制造发展

斯凯孚积极投身技术创新，在工业 4.0、大数据、智能机器人等行业新

兴方向和领域加大投入和研发，立足百年来的知识和经验，始终站在了科技创新的前沿。

(1) 智能制造离不开设备实现智能化。斯凯弗在 2013 年正式发布斯凯孚洞悉 (SKF Insight™) 技术，这是一款集成于斯凯孚轴承产品中的突破性智能无线技术，用于监测轴承的运行状态，进而实现设备预测性维护。斯凯孚通过直接在 SKF 轴承上安装传感器，监测因早期的蠕动效应而产生的损伤，客户根据这一信息，能够采取补救措施来减少引起轴承损坏的因素，例如添加润滑剂、减轻瞬时过载等。此外，斯凯孚洞悉技术直接在轴承上监测载荷，从而可对实际产生的轴承载荷进行测量，而非设计载荷。这一有价值的信息可被反馈至设计阶段，以改善轴承设计。

(2) 2017 年，SKF 全新的、自动化和数字化生产流程在哥德堡球面滚子轴承工厂正式启动。在数字技术的帮助下，生产过程中的整个价值链都被互联起来，从产线上的零部件输入直至产品交付到最终用户手中。此外，为了提高效率，新一代移动设施与制造过程相结合，帮助 SKF 缩短交货时间，提高生产效率以及灵活性。

(3) 斯凯孚开发数字化业务，为客户创造了附加价值，使客户能够体验到更好的运营和服务。即将资产联网，再结合云计算和强大的分析能力来了解市场并把握市场机遇。帮助斯凯孚在与新业务密切相关的制造、应用工程、产品开发和跨部门运营中获得成本效益，有助于提高资产效率。

(4) 斯凯孚率先在各个业务部门采用智能设备，以确保从销售部门到工厂车间的所有员工都能从智能化科技中获益。例如，通过绑在前臂上的智能设备，生产线操作员能够控制生产线速度等参数，并能立即查看警报、做出反应。不管位于何处，工厂人员都能通过安全的在线交流，分享信息并对问题立即做出反应，包括工厂机器的每周维护。

(5) 云技术连接并整合了斯凯孚远程诊断服务，客户可全天候访问运行维护信息。这项经济高效的服务已经覆盖了全球 50 万台机器。任何接入网络的公司都能访问和分析自己的机器状态和运行数据。可在任何地方查看工厂或全公司的数据。斯凯孚全球云中心也能让客户快速访问状态监测软件，而无需中断现有 IT 系统。

4. 国内轴承企业智能制造发展

4.1 人本集团智能制造发展

人本集团先后投入 6000 多万元建立产品信息和管理信息统一平台，实现 MES 和 ERP 的高效协同与集成。基于自动化程度的提升和系统数据协同的改善，车间人员数量减少 50%，生产效率提升近一倍，设备运行率由 74.47% 提高到 95.31%，产品质量显著提高。人本集团在工厂智能化、装备智能化、产品智能化、服务智能化和管理智能化等“智造”上的高投入，也带来了巨大的回报。近五年来，新产品销售收入高速增长，人本集团正着力实施基于“IEM 系统”终端的数字化工厂，重磅打造工业 4.0 时代中国的智能制造企业，引领中国轴承企业转型升级。

4.2 瓦轴集团智能制造发展

瓦轴集团“新一代先进轨道交通轴承智能制造新模式”项目重点通过“1 条主线-3 条辅助线-3 个智能化管控平台”内容的研究，实现贯穿设备层、单元层、车间层、工厂层的纵向集成，以及跨资源要素、互联互通、融合共享等横向集成，推动高端装备基础零部件离散制造领域的技术进步。项目已实现在线加工、检测、装备的全过程自动化，并与西门子签署战略合作协议，以“轨道交通轴承数字化产线项目”为起点，共同推进瓦轴智能化、数字化建设的实施和落地。

4.3 洛阳轴承研究所有限公司智能制造发展

洛轴所和北京自动化所、河南科技大学等合作完成“精密轴承数字化车间标准研究与试验验证”项目，该项目面向精密（高端）轴承智能制造领域，开展精密（高端）轴承设计、加工制造软硬件系统数据信息采集、集成及分析等技术研究，建立数字化智能制造车间软硬件装备、制造系统数据信息数字模型；研究精密（高端）轴承数字化车间生产管理数据系统采集、监控、控制以及构建及与软硬件装备系统间信息集成的要求，完成轴承数字化设计、加工制造系统数据信息集成通用技术要求标准的制定，搭建试验验证生产线，并以典型产品制造过程为对象验证本项目形成的标准草案。在数字化车间建设阶段就统筹考虑智能装备以及制造系统间数据自动流动，建立各类制造系统的数字化信息模型，为制造系统间信息集成及应用奠定基础。

4.4 万向钱潮智能制造发展

万向钱潮智能制造系统建设项目获杭州市工厂物联网和工业互联网试点项目认可，成为实施生产过程智能化企业的标杆和代表。万向钱潮近年来积极实施一个流生产、精益化生产、OA（办公自动化）、ERP（企业资源计划）系统、BPM（业务流程管理）、CS（企业通讯系统）、PLM（产品生命周期管理）、MES（制造执行系统）等系统，逐步建立了万向钱潮数字化管理运行平台，实现管理标准化、信息电子化、办公自动化、流程化。万向钱潮智能制造系统通过在线质量信息的采集和反馈，分析和统计，实时生成相关报表，实现生产过程数字化、数据采集精准化、质检流程便捷化。

4.5 慈兴集团智能制造发展

慈兴集团从 2013 年起便开始实施 MES 和 ERP 两大信息化平台的建设，其“轴承制造车间数字化改造提升试点项目”与中科院合作，在装备自动化和信息化平台的基础上，研制智能化设备和软件体系，建立云平台，以数据规划、数据分析驱动车间数字化改造。目前试点车间共有 3 条智能化装配线，

热处理车间已实现智能化无人操作，整体完成后人员可减少 30%左右。

4.6 “新昌模式”

轴承行业的中小企业对智能化的转型升级也有着迫切需求，但面临更大的试错成本和风险，稍有不慎就会落入到“转型就死”的境地。

新昌以中小企业集中的轴承行业为切入口，开展智能制造“百企提升行动”，最终实现地方 300 家以上轴承企业覆盖。“新昌模式”直击企业痛点，运用互联网思维，灵活运用物联网和云平台等工业互联网新技术，采用低成本、模块化的设备完成了中小企业的智能化基础改造；通过政府、企业、平台服务供应商、智库、金融等各主体紧密合作，成功开启了在中小企业成批推广智能制造方式的新局面。这种模式不仅在新昌轴承行业取得了成功，也必将带动全国轴承行业加快智能化改造的步伐，为全国轴承行业智能制造提供可借鉴的样板。

除此之外，像洛阳 LYC、哈轴、海林中科、新火炬、襄轴、大冶轴、西北轴等一些轴承企业也都基本完成了自动化产线、MES 和 ERP 等信息化系统建设，个别企业已经打通了从生产计划到执行的数据流，向着数字化工厂和智能工厂稳步推进。

目前我国轴承行业积极推进智能制造，许多轴承企业都在积极尝试数字化转型和智能制造提升，发展智能制造已成为所有轴承企业的共识。但全行业总体上，还处在智能制造起步阶段，大多数企业正在进行单项数字化技术的应用，少数优势企业进入了单项数字化技术的综合集成。

智能工厂不是一蹴而就的，不是一朝一夕实现的，抓住轴承行业企业的核心痛点，做好对企业提质增效有帮助的业务才是正道，高效、绿色、智能始终是企业的最终追求，发展智能制造是中国轴承行业发展的必由之路，任重道远。