

推动轴承行业产业基础高级化、产业链现代化的路径

中国轴承工业协会高级顾问 卢刚

1 背景

1.1 中央决策

2019年7月30日，中共中央政治局会议首次提出：提升产业基础能力和产业链水平。8月26日，中央财经委员会第五次会议要求：打好产业基础高级化、产业链现代化攻坚战。要实施产业基础再造工程，做好顶层设计，明确工程重点，分类组织实施，增强自主能力。要打造具有战略性和全局性的产业链，围绕“巩固、增强、提升、畅通”八字方针，支持上下游企业加强产业协同和技术合作攻关，增强产业链韧性，提升产业链水平，在开放合作中形成更强创新力、更高附加值的产业链。要建立共性技术平台，解决跨行业、跨领域的关键共性技术问题。要发挥企业家精神和工匠精神，培育一批“专精特新”中小企业。

1.2 经验与教训

中国工业白手起家 and 长期的高速发展不可避免基础不牢；毕竟要快速稳固社会，满足民生的基本需求是任何国家和领导者必须优先考虑的问题。当然也存在一些产业界、政府领导为追求业绩、政绩导致急于求成、急功近利产生的后遗症。不管是那种原因出现的基础不牢，都会影响到后续的发展。尤其是我们这样一个人口众多的大国，要有尊严地自立于世界民族之林，要在国际上有相应的话语权，必须要有

强大的综合国力。而支撑国力的最重要力量就是经济、科技与文化底蕴，就是强大的产业基础和产业化经济体系。这是我国 70 年的发展历程的经验，也是世界强国 200 年发展过程的启示。

1.3 发展需要

当前正是中国面向高端市场发展的起步阶段，那些重点工业领域的行业和产业遇到的最大瓶颈就是基础和产业链的问题。“**基础不牢、地动山摇**”，产业链不顺畅，将严重影响发展的效率和效益。为了早日彻底实现我国的工业化进程，就更应该把产业基础能力和产业链体系建设好，把基础能力做大做深做优，把产业链做活做顺做好。经验告诉我们，基础有多大多深多扎实，决定了产业后续发展的高度、市场的持久影响力和核心竞争力！这其中也包含产业链发展的水平与协调性。

1.4 外部环境

1.4.1 美国对我国科技产业的全面封杀

美国商务部以中兴公司涉嫌违反对伊朗的出口管制政策为由，于 2016 年 3 月，对中兴通讯施行出口限制，禁止美国元器件供应商向中兴通讯出口元器件、软件、设备等技术产品。2018 年 4 月 16 日，美国商务部又宣布，**未来 7 年将禁止美国公司向中兴通讯销售零部件、商品、软件和技术**。禁售理由是中兴违反了美国限制向伊朗出售美国技术的制裁条款。

2018 年 5 月 17 日，美国商务部工业和安全局(BIS)正式把华为列入“实体名单”。所谓的“实体名单”，是指美国以国家安全因素为由，禁止美国企业对美国政府认定的可能影响国家安全的企业提

供技术和购买其产品。其真实目的是打着国家安全的幌子对中国高科技企业进行打压企图从产业链上下游一起发力，将其根基斩断。

随着中美贸易战持续升级，中兴、华为事件就正好成了美国政府针对中国企业、打击中国芯片产业的切入口。

1.4.2 美国出口管制扩大到“新兴和基础技术”领域

2020年1月5日，BIS宣布，将出口管制的管控范围扩大至“新兴技术和基础技术的出口、再出口（转出口）或转让”；并针对具体技术领域发起专项管制。这一行为不仅代表了美国将管控政策从管控“产品”扩展至管控“技术”的重大转变和具体实践，更预示了针对新兴和基础技术更大范围的管制（尤其是针对中国）正式拉开帷幕，值得我们高度关注。管理和执行机构包括商务部、国务院、国防部、国土安全部、司法部、能源部、财政部、联邦调查局等。其中，美国商务部工业与安全局是针对“军民两用”物项出口管制的主要机构，此前针对中兴、华为等一大批科技公司发起的出口管制均由该部门执行。

2 关于产业基础能力与产业链

产业基础能力强，产业链水平高，经济的韧性和活力就会更足。提升产业基础能力和产业链水平，是中央基于当前我国经济发展形势和产业发展阶段性特征作出的重要部署。

2.1 产业基础能力，是促进产业提质增效升级的关键

产业基础能力包括技术创新、公共服务、支持持续发展三个方面。

2.1.1 技术创新能力。技术创新能力是衡量产业发展质量水平的重要标志，对产业发展具有基础性和长期性影响。应目标经济高质量发展要求，适应国内外创新体系和创新模式变革趋势，加大对产业技术创新能力的投入；既要重视近期创新成果的应用和对产业经济发展的贡献，也要重视基础研究能力的提升。基础研究是科技创新的源头，基础研究的累积进步往往会催生出重大科学发现和重大技术创新。要建立健全政产学研用相结合的产业技术创新体系，构建“基础研究+技术攻关+成果产业化+科技金融”的全过程科技创新生态链，加强材料、工艺、零部件和工程应用等多领域创新主体协同研发，探索科技与产业协调、成果和应用互动的新模式，提高关键环节和重点应用领域的创新能力。

2.1.2 提供公共服务能力。公共服务供给能力与产业发展水平具有明显关联性。优质高效的公共服务供给，有利于降低企业创新创业创造成本，提升社会协作水平和市场效率。应围绕智能制造、高端应用、国家重大需求等重点领域和行业发展需求，加快建设一批专业水平高、服务能力强、产业支撑力大的公共服务平台，提升可靠性试验验证、计量检测、标准制修订、认证认可等服务能力。鼓励企业等市场化主体参与平台建设，构建基于云计算、大数据、移动互联网等新兴技术平台和架构的产业公共服务平台，促进生产要素跨界和跨时空聚合共享。

2.1.3 支撑持续发展能力。现代产业集群的发展壮大，离不开基础设施的改进和完善。当前，数字经济浪潮正在蓬勃兴起，新产业新业态的发展，既需要传统基础设施支撑，更需要有相应的数字化基础设施作为基础和保障。应积极创新新型基础研究的投融资模式，构建多元

化投融资体系，加大传统基础领域“补短板、扩瓶颈”力度，加快推进传统基础领域的广度深度开发和智能化改造；也要有序推进工业软件、工程应用、智能制造、工业互联网（物联网）等新型基础领域建设。

2.2 产业链——产业的上下游所涉及的全部：包含供方、需方、协作方、外部环境、内部组织等。

产业链是产业运行环节的系统，在产业发展的全生命周期中，所有环节应是一个**紧密联系、相互作用、有机统一的整体**。产业链水平高就是说产业链具有良好的生态环境、产业链的所有环节构成了一个完整的生态系统。

2.2.1 生产要素供给效率高。

生产要素包括劳动、资本、土地和企业家才能四大类。生产要素供给就是要四大类要素合理搭配，全面协调以保障产业发展的需要；同时保证四大类要素的合理回馈、持续供给。其中特别要强调人和资本两种要素的作用和回报。要素供给环节是现代产业体系的基本单元，现代要素以及组合方式决定着产业发展的质量和效益。提升产业链水平，需要尽快打破阻碍要素流动的壁垒和障碍，促进新的生产要素向生产效率较高的领域和环节流动，强化现代要素支撑，提高要素配置效率。在人力资本积累方面，要全面提升创新人才培养质量，加强科技人才储备；在技术创新方面，要进一步优化科技资源配置，加大技术创新普惠性政策支持，加强重点领域共性关键技术突破；在数据治理方面，要推进数据要素改革，强化数据确权、数据流动交易和数据隐私保护，提升数据治理能力。

2.2.2 打造高效制度环境，更好优化制度供给。在这一过程中，既要清理废除妨碍统一市场和公平竞争的各种规定和做法，以要素市场化改革为重点，降低企业制度性交易成本，进一步优化营商环境，推动资源向优质企业和产品集中；还要建立产业政策和竞争政策协调机制，加快确立竞争政策的基础性地位，强化市场化、法治化手段运用，积极支持企业开展科技创新、公共服务平台等建设。

2.2.3 优化产业组织结构，激活产业微观基础。产业组织是现代产业体系的重要组成部分，其变化所产生的资源使用效率与创新效率改进对产业发展至关重要。提升产业链水平，要构建适应新的技术经济范式的产业组织体系。重点要培育“三类”企业群体，即一批供应链服务、智能制造云服务、跨境电子商务等大型平台企业，一批自主创新能力、品牌知名度、资源整合能力达到或接近世界级水平的领军型企业，以及一批细分行业的“隐形冠军”企业，打造现代企业集群。要创新产业集群建设模式，加强基于网络的虚拟产业集群建设和培育，通过产业链、价值链和供应链的互联互通激发关联企业创新行为。

2.2.4 立足强大国内市场，以消费促产业升级。市场需求是技术创新的主要动力，是激发产业变革的重要变量。宏大的内需市场是我国经济发展的巨大优势。应加快补齐消费领域基础设施短板，推进重点领域产品和服务标准建设，促进强大国内市场与壮大市场主体、提升供给质量的有效协同。同时采取相关政策措施，创建应用示范推广机制，加强新技术、新产品推广应用，不断发展新的市场需求。

3 轴承制造的产业基础能力

3.1 轴承技术创新

3.1.1 设计技术的创新

设计目标参数由结构参数向“性能参数+结构参数”转变；

轴承的高性能是设计出来的已经成为业界的共识。但如何去设计“高性能”？却很少有人去实践。目前轴承设计的主要工作仅仅是：

- 1) 确定结构尺寸
- 2) 确定尺寸公差、形状偏差、位置偏差
- 3) 标注加工过程的技术要求

虽然这些结构参数也涉及轴承性能指标（摩擦、振动、噪声），应用的工况条件（载荷、速度、密封、润滑等），但加工过程的关联性并不十分明确；尤其是对寿命与可靠度的影响很模糊。

实现设计目标参数转变为包括性能参数需要创造的前提条件是：

对加工过程——结构参数——性能参数进行系统性研究：必须通过大量实验与理论分析、探讨，对应用技术的深刻、全面认知，找到结构几何参数与性能参数之间的演变规律及规范；

结构参数与性能参数的相关性必须有相应的定量分析；

实现过程参数的可控与可测；

优化结果并规范化；

轴承产品性能参数与主机性能参数的一致性，主机服役过程的适应性、适用性；需要轴承企业与主机企业的合作与交流；

轴承技术人员应具有丰富的应用知识，尤其是对主机应用环境、工况条件的全面了解与深刻理解；

做好用户服务（前期与后期、质量与技术、问题及改进）。

3.1.2 抗疲劳制造技术应用

轴承主要失效模式是接触疲劳，接触疲劳失效分为三个阶段：表面

擦伤——裂纹扩展——疲劳剥落。轴承失效过程的起源：

- 1) 次表面起源型：次表面材料缺陷——最大剪切应力(交变载荷+高速旋转)同时出现在某处，该处成为裂纹源；由于交变载荷的循环作用，裂纹扩展逐步发展形成疲劳失效。
- 2) 表面起源型；表面擦伤在交变应力下产生应力集中，沿伤口延伸为裂纹源；交变应力持续循环发展为疲劳失效。
- 3) 疲劳断裂型：材料内部缺陷，在交变应力下成为裂纹源；根据断裂力学模型裂纹扩展导致结构性断裂失效。
- 4) 表面起源+次表面微裂纹扩展：由 1) 和 2) 同时发生。

由于疲劳失效型式主要表现在接触面的表面层(深度可通过剪应力计算评估)因而抗疲劳制造技术重点在改善表面层的工作性能。一方面是材料与热处理质量，其次是通过表面处理提高承受交变接触应力能力，再次是应用设计手段减少或避免应力集中发生。还有一个常被我们忽视的重要因素是产品加工表面的完整性——表面质量和表面变质层。

3.1.3 表面完整性规范

加工过程中的表面完整性看起来是一个新词，实质上只是一些常见质量的综合概念，如变质层、残余应力、切削烧伤等。作为专有名词 1964 年首次出现在美国金属切削研究会的会议资料中，1970 年以美国军用标准《机械加工构件表面完整性指南》的形式提出而成为规范技术术语。随着应用研究的深入，又附加了很多新的内容，成为“材料+设计+制造”的系统性概念，成为“表面层”及其存在的一种状态，是“通过控制加工工艺形成的、无损伤或被强化的‘表面层’的预期状态”。也有将近年逐步推广应用的表面微纳成形加工纳入到“表面

完整性”范畴。在这一领域，研究得最多、最深、最为系统的是日本和美国学者，并取得了若干重要成果。加工表面的完整性与零件的失效，尤其是疲劳失效密切相关，这也被理论、实验及无数重大失效事故所证实。

“表面完整性”具有 8 个方面的主要内容：表面粗糙度、残余应力、加工硬化、表面形貌、表面缺陷、金相组织、边棱质量、特殊专业附加指标；8 个方面的质量问题可分解为数十项指标按最少数据组、标准数据组、广义数据组 3 个级别组进行评价。

3.1.4 加强检测与试验是当务之急

首先必须承认一个事实：轴承制造中的许多细节、微观问题还没有被我们完全认识，以至于行业总认为我们的检测和试验没有什么重大缺陷。下面我们谈几点看法。

(1) 对精度的认识

- 1) 反映几何精度的项目尚不完全，数值精准需要提升；
- 2) 反映性能优劣的物理精度差距更大：项目模糊、实验缺失、仪器空白；
- 3) 化学精度的控制尚不被认识；
- 4) 盲目提高“几何精度”以弥补“性能差距”。

(2) 关于检测与试验

检测与试验是质量保障与技术创新的重要基础。检测与试验技术的趋势：

- 1) 表示尺寸误差的几何量尚且不足，反映性能指标的物理量尚不被认识；
- 2) 习惯于接触式检测，对非接触式检测才刚刚被认识；

- 3) 数字化检测在多数轴承企业还处在尝试中；
- 4) 智能化+人机协同的检测自动化刚刚起步；
- 5) 仪器与规范、规程的建立，实验室建设需要有漫长的路要走；
- 6) 长寿命与高可靠性——评估与管理至今还没有得到应有的重视。

(3) 应用基础研究与实验验证

- 1) 精细与准确：克服片面、盲目追求高精度和检测不到位的虚精度；避免参数缺失与失控；
- 2) 探索性能参数与结构参数的关联性与独立性，需要揭示内部演化的规律与相互作用的定量描述；
- 3) 数据采集、分析与处理技术。

3.2 公共服务：社会化服务平台

轴承行业的公共服务总体上是不足的。企业化改制使行业归口所——洛阳轴承研究所改变了主导业务的发展方向，使原本专注并不很强的行业公共服务逐渐流失。尽管近年来新建了一些“联盟”“协同创新中心”“检测中心”之类的服务平台，但能够正常开展业务的并不多；不少是徒有虚名，甚至只为享受国家政策优惠。建设好轴承产业的社会服务平台任重道远！

3.2.1 随着制造业市场竞争的加剧且日趋国际化，简单生产制造的利润空间日渐受到挤压，专业化、高效率、高效益显得空前重要；增值服务在轴承制造过程中所占的比重也越来越大；用户对制造业的需求也已经从单一的实物，扩展到为用户提供全面解决方案的水平。这为轴承制造服务业的发展提供了广阔的空间。十年前，国家就出台了《装备制造业调整和振兴规划》，明确发展现代制造服务业是七项重点工作之一：“发展现代制造服务业。围绕产业转型升级，支持装备制造

骨干企业在工程承包、系统集成、设备租赁、提供解决方案、再制造等方面开展增值服务，逐步实现由生产型制造向服务型制造转变。鼓励有条件的企业，延伸扩展研发、设计、信息化服务等业务，为其他企业提供社会化服务”。

现代制造服务业的服务内容广泛，主要包括：产品设计、技术研发，设备成套、工程承包和交钥匙工程，节约客户资源的备品备件供应，系统设备现代化改造，系统设备远程监测、维护与故障诊断，产品报废回收及再制造，设备租赁服务，为用户提供人员培训，咨询与信息服务，现场测试、维修及其他服务等。

根据中国机械工业联合会的报告，现代制造服务业的业务活动，主要可划分为 10 类：专业的研发、设计、试验；第三方物流、供应链管理优化；系统集成、工程总承包、整体解决方案；检测维修、零部件定制服务；融资租赁、设备租赁；呼叫中心、远程监控；企业诊断、管理咨询；云计算服务；专业的应用服务；产品回收处理、再制造。

3.2.2 发展轴承制造服务业

(1) 轴承行业需要重点发展的业务是：专业的研发、设计、试验；第三方物流、供应链管理优化；检测维修、零部件定制服务；企业诊断、管理咨询；专业化的应用服务。

(2) 发展现代服务很时髦，切忌盲目跟风。考虑到我国工业化程度与发达工业国家差距的国情实况，现阶段实体制造业依然是重点；服务业所占比重要根据实体制造业的需求来权衡。

(3) 以大型企业为核心力量的“区域集群”为现代服务平台建设提供了广阔的市场空间。但一些特大型企业由于历史原因，自恃技术底

蕴深厚、实力与经验充分；固守“大而全”的模式。总担心集群发展瓜分了自己的蛋糕，挖了自己的墙角，对集群发展抱着不温不火、甚至“横眉冷对”的态度。其结果自己发展不好，也影响了区域共同发展。

3.2.3 发展轴承制造服务业的措施建议

1) 针对区域特色产业集群，建立健全区域产业链体系。

产业集群是我国工业现代化进程中的一种有效的生产组织方式。我国轴承行业就有 5 个相对集中的产业集群，分别是浙江东部地区、瓦房店地区、长江下游区域、洛阳地区、鲁东南地区。这些地区以社会化分工和专业化协作为基础，形成了以套圈磨削与成品装配、毛坯件、滚动体、零部件、工艺器具、辅助材料等为主导产品的多个中小企业集群，相关的金融、保险、物流、教育培训等生产性服务业与制造业紧密结合，构成了产业集群的服务支撑体系，从而有效降低了生产链上的协作成本。

2) 加快关键性信息技术及高新技术的自主创新，从源头上掌握产业发展主动权。

微笑曲线告诉我们，制造、加工、装配环节始终是利润率最低的环节，而产品研发、售后服务则处于价值链曲线的高端。作为轴承制造大国，我们在先进产品制造、检测、实验及数字化、信息化关键技术方面还有很大差距。必须要加快包括高端轴承产品设计技术与方法、高精度设备、检测系统、实验数据库、中间件、嵌入式软件、网络应用技术等关键性技术的自主研发，实现国产化、产品化、产业化。只有加快发展这些关键性技术，才能从全球化的动力源头掌握主动权，在价值曲线的高端占据一席之地。

3) 积极发挥中介服务机构的技术支撑作用，盘活各地的现代制造服务业市场。

现代制造服务业的中介机构，提供包括规划设计、技术推广、咨询培训、项目监理等服务，是现代制造服务业得以发展、繁荣的重要主力军。我国轴承行业虽有一定基础，但作为科技中介体系的发展仍显缓慢。由于轴承技术中介机构是由事业单位改制演变而来，传统习惯的惯性思维和运行机制难以改变。加上政策束缚，体制突变，市场适应能力跟不上，影响了行业现代服务业的发展。

4) 抓示范、树典型，抓大不放小，形成一批制造服务业的品牌企业。

在国内已有汽车、钢铁等行业的成功经验：依托大企业集团，在服务母体企业的过程中，形成了自己的核心竞争力，从而实现了独立发展。这个发展路径值得我们借鉴。当然抓示范、树典型也不能只盯着大企业。其实，对服务企业而言，要义不在于企业规模大小，而在于服务是不是有市场，是不是有特色，是不是有质量，能否形成自己的品牌。

轴承行业现有的服务型资源呈碎片化分散状态，现有十多家国家级技术中心，数十家省级技术中心，还有各种工作站（博士后、院士等），战略联盟、协同创新中心等虽然都具备一定实力，但“实力”都还不够“实”。当务之急是要通过企业实践、横向联合和现场提炼的课题、项目、成果把这些资源做实。形成较强的服务能力，服务好自身所依托的企业，进而服务于社会，最终建成为开放的公共服务平台。

5) 依托高等院校、科研院所建设有特色的行业产业链公共平台，推动制造企业服务化和服务企业信息化。

针对区域特色产业链、轴承产业集群的集聚优势和规模优势，建设公共服务平台，为服务的主体、客体双方之间提供一个在线协作的渠道和机制，从而推动轴承制造的服务化和服务企业的信息化。瓦房店地区与大连、沈阳的高校及科研院所；浙江地区与杭州的高校与院所；洛阳与西安、郑州、及本地的高校院所；江苏与南京、苏州的高校院所；山东聊城与济南、青岛的院校。做好校企协同合作，实现双赢。甚至可以跨区域、跨行业形成服务网络。通过政府指导，市场引导，依托具有较强研究开发、技术辐射、市场推广能力的中介服务机构、行业龙头企业，集成高等院校、科研院所、生产力促进中心等相关力量，整合资源，加快公共科技服务平台、行业和专业性共性技术平台和区域产业技术研究开发平台的建设。

6) 有针对性地发展服务外包业务

积极、主动参与发达国家制造业的服务化分工。主动就是不能让发达国家牵着鼻子走，要根据自身的发展需要，兼顾双赢结果来决定服务业全球化发展策略。在经济全球化和竞争国际化的今天，现代企业的发展越来越注重“归核化战略”，“归核”就是回归企业的核心业务，把非核心的业务外包出去，从而专注核心业务，增强企业核心竞争力和快速响应能力。尽管当前逆全球化已经抬头且有蔓延趋势，但服务外包将依然坚守全球化发展的主流。

7) 把关注点放在为中小型轴承企业提供服务

目前，围绕轴承产业的专业型服务企业还不多，大都是小企业，本身经济实力也不雄厚。多数企业希望寻求市场支持快速摆脱这种局面。轴承行业服务需求最紧迫的莫过于中小企业。因此建议把关注点放在为中小型制造企业提供服务。可能面临的市场需求不是很大，但

出发点肯定是务实的。比起着眼于大型企业更容易操作到位。通过推进现代服务，实现从小到大、共同转型与升级，从价值链的低端走向高端。

3.3 强化基础支撑：材料与设备

轴承是一种高性能、高精度的基础元器件，高端轴承更需要长寿命与高可靠度要求。因此轴承制造本身需要更基础的高级优质材料和高精度高稳定性的轴承专用设备。十二五期间，轴承协会根据市场实际需要，明确提出行业发展急需突破的三个短板：轴承钢材、专用装备和高精度滚子。其实高精度滚子也有钢材和装备的问题。

3.3.1 关于轴承材料，影响最大、最突出的是高级优质钢材。一是品种太少，不能满足高端应用的个性化需求。其次是品质，与长寿命高可靠性要求不匹配。三是服务缺失：比如轴承钢材的质量性能检测与分析，钢材热处理工艺优化、表面处理强化等都迫切需要更专业的指导与服务。四是特殊环境应用的特种材料，如耐热钢、耐腐蚀钢、工业陶瓷、特殊润滑材料、密封材料等。

3.3.2 关于专用装备，最急迫的需求莫过于高精度加工设备，高精度、数字化检测设备、高效率的轴承寿命试验设备。国产轴承专用设备存在的主要差距是精度寿命偏低，平均无故障工作时间短（可靠性低）。检测设备除了精度还不能满足高端需求外，还有缺项的问题：比如轴承设计中很多性能指标还不能实施过程控制：残余奥氏体、残余应力、波纹度、表面层深度扫描探伤、数据分析、处理、反馈等。寿命试验方面既有设备性能、效率问题，还有数据实时采集与寿命可靠性分析。

4 轴承产业链全景图解

滚动轴承（基本构造）产业链全景图



5 推动产业基础能力高级化、产业链现代化的路径

基础能力决定了一个国家和地区产业的整体素质、综合实力和核心竞争力。没有强大的产业基础能力支撑，就不可能有强大的现代产业。产业基础能力高级化和产业链现代化被提到中央的议事日程上来。重要的是，这件事不能仅仅停留在中央的决策和少数企业的行动上，需要绝大多数的企业引起重视才是。我们不能总是墨守陈规、一成不变、一以贯之。

5.1 关于产业基础再造

在提升产业基础能力的讨论中，有一个“产业基础再造”的观点。笔者认为，再造绝不是全盘否定过往的产业基础能力，而是要从零起步，高标准对产业基础进行重新设计、规划和建设；这种“归零”意识表明提升产业能力，不是简单的修修补补、填平补齐；是旨在打破传统的束缚，塑造出适应进步与发展的高标准目标的新基础。

- (1) 对现有基础能力，要按“再造”的要求总结评估，加固充实；
- (2) 对缺失的基础能力，要按“再造”和强基要求设计、规划，补课到位；
- (3) 新兴产业领域，实施高标准“再造”。

5.2 关于产业链现代化

产业链现代化就是要建设好产业链发展的生态系统。既要遵从产业链环节各自的发展规律，维持好自身健康发展；也要兼顾各环节彼此的协同、健康发展；尤其要避免彼此之间的以邻为壑、利益倾轧。基础环节、中间环节、主机环节、应用环节应该是相互关联的利益共同体，一荣共荣、一损俱损。

没有合理利润的产业不可能实现高质量发展；没有合理的产业链利益分配，就不可能有健康、高质量的产业链环节；也就不可能有共荣的现代化产业链！

当前我们面临的现实是产业链生态极不正常，存在太多的不协调、不平衡。导致基础件行业跟不上主机的发展，如主轴轴承与高档数控机床、航空发动机、燃汽轮机、大型盾构刀盘主轴、CT 机，轮毂轴承与高档汽车，轴箱轴承与高铁列车，等。这既有轴承行业自身发展的问题，也有产业链环节之间相互不协调、互不支持的问题。

6 轴承制造与现代服务的融合发展

随着工业化推进，制造业和服务业融合发展势在必行，且日益深化。先进制造业和现代服务业融合发展，是制造业和服务业发展的具体化和深入化体现，必将推动制造业服务化发展进入更高阶段，对现阶段我国制造业高质量发展具有重要现实意义。在制造基础上叠加服务，形成“制造+服务”的优势业态。

6.1 有效改善供给质量

供需融合更有利于实现差异化竞争并增强企业盈利能力。长期以来，我国制造业企业产品同质化现象严重，供给质量不高。先进制造业和现代服务业融合发展，在制造基础上叠加服务，形成“制造+服务”，不仅可以改善供给质量，还可实现差异化竞争，避免同质产品之间“血拼式”价格竞争，有效提高企业盈利能力。从发展趋势看，服务差异化是制造业差异化竞争的重要手段，服务创新已成为制造业创新的一种重要形式，提升制造业企业竞争力的一个重要来源。

6.2 提升生产效率和经济效益

供需融合发展能加速提高生产效率和经济效益。经济学界将服务

业比重上升，表面上经济结构得以优化，但实际上全要素生产率反而下降的现象称为“鲍莫尔病”，这主要是由于服务业生产率难以提高造成的。产业界也如此。由于服务业发展“自我循环”和“脱实向虚”，离开实体经济支撑，全要素生产率和劳动生产率自然就难以提升，而产业融合可以有效避免这种状况出现。优先发展制造业，使制造业和服务业协同发展，推进“制造+服务”融合发展，以制造业高效率带动服务业生产效率的提升，反过来服务业又利用专业化优势促进制造业生产效率提升，可促进整个产业生产效率的提高，有效克服“鲍莫尔（成本）病”。

6.3 有利于轴承企业沿产业链升级，提升企业在价值链中的位置

产业链分工的高价值环节已从制造环节向服务环节转变。在产业链分工非常明确的轴承制造行业，轴承制造过程的增加值不到产品价格的30%，70%以上的增值发生在产业链的其余环节（包括服务领域）。轴承行业“制造+服务”主要有四条路径：一是下游产业（用户）服务化，即增加其在用户环节的服务，增加营销、品牌管理以及产品的延伸服务。二是上游产业链（原材料为主的供应环节）服务化，即通过研发、设计与规划等加强供应环节的服务。三是上下游产业链同时服务化，即以战略合作构造完整价值链。四是部分去制造化，即将低附加值的轴承制造业务退出企业经营。中高端轴承制造，更需要专业化、高级化的生产要素的投入，而现代生产服务中的业务，多数属于知识密集型，具有较强的产业创新能力。推进“轴承制造+现代服务”融合发展，促进轴承企业沿着“研发设计、维护运行、营销、售后服务、品牌管理及提供一体化解决方案”等价值链增值环节的道路发展，有助于提高我国轴承行业在国际产业链中的价值体现和地位。

6.4 有利于推动轴承行业转型升级和构筑服务平台

“制造+服务”相向发展，使得产业价值链重构为一条既包含价值链增值环节，又包含服务业价值链增值环节的融合型产业价值链，与原有单纯的服务业价值链和制造业价值链相比，具有更广阔的利润空间和增长潜力，在产业层次上表现出明显的结构升级效应。信息技术是服务业与制造业融合的“黏合剂”。在新一轮信息技术革命推动下，将诞生一批“制造-服务平台”或“服务-制造平台”，新产业、新业态和新模式将向平台经济方向发展。如工业互联网是一个突出代表，它成为深化先进制造业和现代服务业融合的重要工具和平台。工业互联网逐步实现信息技术的应用从单项业务向多业务综合集成转变，从单一企业应用向产业链协同应用转变，从局部流程优化向全业务流程再造转变，从传统生产方式向柔性智能生产方式转变。

6.5 目前我国“轴承制造+现代服务”融合发展仍面临许多困境

6.5.1 融合程度偏低，融合效益不明显

在制造业投入服务化水平上，与发达国家相比，我国明显偏低。在制造业产出服务化水平上，与发达国家相比，我国差距明显。从融合产生的效益来看，我国与世界先进水平相比，也有待提高。对于我国实施服务创新的装备制造企业而言，服务创新首先对企业竞争力和客户关系的提升作用最为明显，其次是扩大了市场，而服务创新对企业财务收益的提升作用并不明显，尚无任何一家企业通过服务创新改变盈利模式，即从主要依靠制造产品带来新增价值的盈利模式转变到以服务产品为核心的盈利模式。

6.5.2 “大而不强”的问题十分突出

自我发展，尤其是沿价值链攀升和融合发展能力不足。规模上我

国已经是世界轴承制造第三大国，但“大而不强”，突出表现在：国家有重大需求的高端轴承基本不能自给；中高端轴承产品的国际竞争力主要靠“低价血拼”；由于自主创新能力不足和知识资产相对匮乏，产品增加值率低、企业盈利能力差。这些既制约轴承产业向高端发展，也影响全行业现代服务的发展。尽管原因复杂，涉及产业基础能力和全产业链水平，但行业整体上难以吸引优质资源流向，优秀人才流失，优质和高级优质材料使用不起；优质用户不愿意国产化替代。粗放经营、急功近利、不关注数据收集与积累，尤其是漠视技术、质量和知识资产的数据收集与积累。企业沿价值链攀升支持乏力，这种情况严重影响到企业转型升级。我国多数轴承企业处于产业分工价值链中低端，以模仿、测绘畅销产品的制造加工为主，相当一批企业因长期代工，甚至被锁定在国际产业链单一制造环节，加上企业长期以来粗放式增长，更多关注有形资产的扩张和生产规模的扩张，而对技术专利、人才、品牌、渠道、客户和方案等各种无形资产和知识资产的储备明显不足，影响行业发展现代服务业，也制约了主业的深层次发展。

6.5.3 平台企业缺乏核心技术

我国高端轴承和关键核心技术依赖国外是制造业普遍存在的发展瓶颈。和国外相比，我国服务制造平台和制造服务平台企业的优势主要是应用创新和模式创新，技术基础较为薄弱，尤其体现在缺乏核心技术、关键零部件依赖国外等方面。如在轴承设计优化分析软件，轴承加工过程的数字化技术应用，轴承成品性能检测、实验技术领域。在工业互联网领域，数据采集、PaaS（平台即服务）和工业 App 三方面技术能力不足，制约着我国工业互联网平台的持续发展和轴承制造的智能化水平。构成工业互联网和智能制造装备的重要基础技术和关

键零部件主要依赖进口，如新型传感器等感知和在线分析技术、典型控制系统与工业网络技术、特殊高性能专用轴承及制造技术等大多依赖国外。

6.5.4 政府是促进“制造+服务”融合发展的强力推手

加快推进先进制造业与现代服务业融合发展，是实现实体经济高质量发展、促进新旧动能转换的重要环节。产业领域对政府的支持、乃至务实工作寄予厚望。

(1) 树立制造业和服务业融合发展新理念。曾经一段时期，包括经济学家在内的很多人将服务业占有更高比重作为产业结构优化升级的一个重要判断依据。但是，发达国家工业化演进历史表明，传统的制造业和服务业“两分法”在判断产业结构优化方面过于武断而不再适用。事实上，在现代经济体系中，仅依靠制造或服务，经济发展质量无法改善，消费者需求无法满足。因此，从发展理念上，既要优先重视制造业发展，也要重视服务业发展，通过发展一体化解决方案，针对不同阶段、不同水平灵活调整支持力度，有效推动制造业和服务业融合发展。

(2) 建立促进一体化融合发展的产业政策体系。推进产融结合，解决金融业务独立于实体经济并主要服务自身的问题，实现金融等要素配置“脱虚向实”。加强金融业务监管，使更多金融资源配置到实体经济，全面提升金融服务实体经济效率和水平。开展投贷联动、股债结合等金融服务，拓宽金融进入实体经济的渠道，满足企业多元化融资服务需求。支持符合条件的制造业企业发挥自身优势，在依法合规、风险可控的前提下，发起设立或参股财务公司、金融租赁公司及融资租赁公司，延伸和提升价值链，降低企业融资成本。逐步消除服

务业和制造业在税收、金融、科技及要素价格方面的政策差异，降低交易成本。对于产品与服务混合经营、提供一体化解决方案的企业，要根据其业务范围，在适用税率方面，实行“就低不就高”政策，适用最低税率。鼓励制造业和服务业融合发展型企业申请高新技术产业资质。在加大对技术支持力度的基础上，加大对制造、服务企业流程创新、商业模式创新等软性创新的支持力度，推动制造和服务融合发展。

营造产业融合创新发展的生态环境。首先，完善现代化网络基础设施建设。适应产业融合发展的新趋势和新产业、新业态、新模式发展的实际，加大网络基础设施建设力度，强化基础设施的互联互通，提升基础设施网络化、智慧化水平，优化基础设施系统功能。在此基础上，积极发展新一代信息技术服务业、智能物流系统和第三方物流等，促使制造业企业整合、分离、外包物流业务，降低制造业运行的流通成本，提高流通效率。在当前 5G 应用与普及过程中，部署推进低时延、高可靠、广覆盖、更安全的工业互联网基础设施体系建设。在新产业、新业态和新模式竞相涌现时，强化对“+互联网”的政策引导，充分利用众创、众包、众扶和众筹等服务平台，促进创客、公共服务、消费者与企业之间互动融合。在工业发展的外部环境方面，期望加大改革力度，破除垄断壁垒，优化服务业发展环境。鼓励行业组织、研究机构和企业务实合作，开展产业融合发展所需的研发、人才培训和资质认证等服务。加强知识产权保护和运用。完善专利权、商标权、著作权及商业秘密保护等法律法规，研究完善商业模式知识产权保护制度，完善互联网、大数据与电子商务等领域知识产权保护规则，促进企业知识资产的积累，提高企业开展服务化水平和能力。

(3) 推进“政产学研用”相结合的协同创新。服务化是企业创新的重要源泉。从创新来源的角度看，用户、供应商，甚至是服务商、分销商都有可能是制造企业重要的创新源泉和创新伙伴。一方面，推动产业融合发展需要大力开展以企业为主体、“产学研用”相结合的协同创新，将外部资源纳入制造业服务创新中。另一方面，要发挥以企业为主体“产学研用”相结合的开放式协同创新优势，以关键核心技术为主攻方向，加强 5G 工业应用、边缘计算、人工智能及区块链等前沿技术协同攻关，尽早改变平台企业缺乏核心技术、关键零部件和核心技术依赖国外的状况。

7 结束语

(1) 我们正面临两个融合：工业化与信息化融合、先进制造业与现代服务业融合。这是高质量发展的必由路径，当然也是轴承工业持续发展的必由之路。

(2) 产业基础能力高级化是两个融合发展的根本

针对轴承行业的现状，或者说轴承行业产业基础能力高级化的主要内容是：

- 1) 强化企业基础能力建设：实验室、技术团队、研发课题与成果；
- 2) 数据采集与积累：产品设计数据、质量数据、产品制造数据、工艺数据、过程数据、产品服务数据，满足主机性能的应用数据、产品失效及分析数据；
- 3) 重点放在产品改进与技术的升级换代能力；
- 4) 做实对高端客户的服务能力培养与数据支撑。

(3) 产业链现代化的基础是产业链环节的战略定位与协同合作

- 1) 产业链各环节自身的现代化与健康发展；

- 2) 产业链各环节之间的缜密服务、无缝对接;
- 3) 产业链生态环境和谐、协调, 具持久性, 可持续发展。

【主要参考文献】

- [1]郭朝先. 《产业融合创新与制造业高质量发展》
- [2]涂圣伟. 《产业基础能力和产业链水平如何提升》
- [3]中国社会科学院工业经济研究所课题组. 《‘十四五’时期中国工业发展战略研究》,《中国工业经济》,2020年02期
- [4]卢刚. 《践行可靠性系统工程促进轴承行业高质量发展》,《轴承》,2019年1、2期