

我国轴承行业科技创新现状及发展

中国轴承工业协会 刘桥方

今年是我国“十四五”规划实施的第四年，在这近四年的时间里，轴承行业在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下，贯彻党中央的战略部署，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，把握稳中求进的工作总基调。主动迎接机遇与挑战，积极应对需求收缩、供给冲击、预期转弱的三重压力，有效抵御了疫情带来的冲击，坚持科技创新筑牢产业基础，提升产业链水平，保证了行业的平稳运行，实现了行业的高质量发展。

2023 年统计，全行业规模以上企业 1300 多家，主营业务收入 2180 亿元，轴承产量 202 亿套，2023 年我国共累计出口创汇 65.81 亿美元。

我国已是世界轴承生产大国，但还不是世界轴承强国，产业结构、研发能力、技术水平、产品质量、效率效益都与国际先进水平有较大差距。

一、“十四五”规划实施以来我国轴承行业研发情况

（一）研发平台建设稳步推进

目前，国内轴承行业已建成的国家级创新平台有 17 个，2023 年新增 4 个国家企业技术中心。

已建成的国家级企业技术创新平台

序号	名称	建设单位	2023 年复评结果
1	航空精密轴承国家重点实验室	洛阳 LYC 轴承有限公司	
2	国家大型轴承工程技术研究中心	瓦房店轴承集团公司	
3	高性能特种轴承技术 GFKJ 创新中心	洛阳轴承研究所有限公司、中航发哈轴、龙溪	
4	国家企业技术中心	洛阳轴承研究所有限公司	良好
5	国家企业技术中心	万向集团	良好
6	国家企业技术中心	瓦房店轴承集团公司	良好

7	国家企业技术中心	洛阳 LYC 轴承有限公司	良好
8	国家企业技术中心	哈尔滨轴承集团公司	良好
9	国家企业技术中心	西北轴承有限公司	通过
10	国家企业技术中心	襄阳汽车轴承集团公司	良好
11	国家企业技术中心	上海人本集团公司	良好
12	国家企业技术中心	福建龙溪轴承（集团）股份公司	良好
13	国家企业技术中心	五洲新春集团控股有限公司	通过
14	国家企业技术中心	慈兴集团有限公司	良好
15	国家企业技术中心	中国航发哈尔滨轴承有限公司	新进
16	国家企业技术中心	江苏力星通用钢球股份有限公司	新进
17	国家企业技术中心	浙江天马轴承集团有限公司	新进
18	国家企业技术中心	山东金帝精密机械科技股份有限公司	新进

此外，已建成的省级企业技术创新平台近 70 家。

多所大学建设了与轴承相关的研发平台，如清华大学“摩擦学国家重点实验室”，重庆大学“机械传动国家重点实验室”、“机械工业智能轴承技术与系统重点实验室”，西安交通大学“现代设计及转子轴承系统重点实验室”，河南科技大学“高端轴承摩擦学技术与应用国家地方联合工程实验室”，哈尔滨工业大学“航空航天轴承技术与装备重点实验室”大连理工大学“高性能制造研究所”，河南科技大学“轴承设计与制造系”等。

2023 年度，行业各单位已有的各级创新平台运行良好，轴研所牵头与中航发哈轴、龙溪轴承共同申报获批了高性能特种轴承技术 GFKJ 创新中心；同时，轴研所获批了国家产业技术基础公共服务平台、国家技术创新示范企业；河南科技大学获批了高端轴承河南省协同创新中心、河南省智能轴承关键技术外籍科学家工作室，申报了国防重点学科研究中心；西北轴建设的国家地方联合共建大型特种轴承先进制造工艺工程实验室通过了宁夏自治区发改委评审验收。

（二）科技成果及获奖情况（2021-2024）

1、完成了一批国家相关部委组织的国家重点科技项目

轴承行业承担科技部国家重大专项 46 项，承担工信部工业强基工程“一揽子”突破重点项目 6 项，工业强基“一条龙”应用计划项目 1 项，工业强基平台建设项目 2 项；产业基础与高质量发展专项 5 项（2021-2023 年）。

2、取得了一批科技成果。

2020 年轴承行业“高性能滚动轴承加工关键技术与应用”科研项目，荣获国家科学技术进步奖二等奖。

四年来轴承行业共获机械工业科学技术奖 60 项(包括 5 项科技发明奖)；其中一等奖 4 项（科技发明奖 2 项）；二等奖 23 项（科技发明奖 2 项）；三等奖 33 项（科技发明奖 1 项）。

3、开展了与轴承产业发展密切相关的基础性研究。

（1）河南科技大学的中国工程院重大咨询项目“高速铁路轴承自主化途径研究”为高速铁路轴承实现自主化提出咨询建议。

（2）洛阳轴承集团股份有限公司的“TRB 主轴轴承套圈对数曲线滚道控形控性技术”在热处理加工采用等温淬火后在磨削加工中通过对工艺流程优化和工艺参数的精准调控，减少机械加工应力，提高了套圈的精度稳定性。

（3）瓦轴集团与铁路货车运用单位合作进行了“铁路货车轴承高可靠性技术与全寿命周期管理研究”，实现了轴承运用信息数据化管理，降低轴承维修和维护成本。

（4）河科大主持的国家重点研发计划课题“非定常工况下高速精密轴承早期失效机理及服役寿命预测方法”顺利通过工信部验收。

（5）慈兴集团有限公司“乘用车高密封性球轴承研发及产业化”项目，针对轴承密封结构、精密加工、密封性能测试等开展技术攻关，建立了密封槽结构数字化设计方法、提出了高精度硬态车削密封槽加工方法、研制了专用检测装置和性能测试设备。

（三）重大技术装备配套轴承取得突破。

“十四五”规划实行几年来，全行业上下共同努力，完成了一些重大技术装备配套轴承的研发、工程化，实现了产业化应用。产品关键技术指标达到国际先进水平。

1、自主研发的航天、航空轴承助力中国飞天梦想

从神舟系列载人飞船到嫦娥探月工程，从天宫实验室到天舟，从火星探测到北斗导航，轴承研发突破了特殊环境下的高精度指标、长期在轨使用寿命等重大难题，满足了航天工业发展的需求。其中主要代表产品有：

（1）“祝融号”火星探测车用超薄壁轴承，应用于火星车上的有效载荷。

（2）“天和核心舱”环控生保系统用特种轴承。

（3）长征二号 F 火箭“动力和心脏”助推器、芯一级火箭、芯二级火箭发动机专用重载高速轴承，保障了长征二号 F 火箭的发射成功。

（4）用于国家重点工程运载火箭发射器固定装备的两款精密角接触球轴承等等。

2、城市轨道交通轴承在中国标准地铁列车成功应用

中国标准地铁列车以中国标准为主导，采用标准化、模块化、系列化的设计理念，拥有完全自主知识产权。轴承行业六家企业参与其中。它们作为系列化中国标准地铁列车高端轴承的研制单位，全面开关键技术攻关，完成了轴箱轴承、齿轮箱轴承、牵引电机轴承、冷却风机轴承等系列轴承的研制和试验。

（1）洛轴的中国标准地铁列车轴承——地铁轴承，2021 年 6 月在郑州中车四方轨道车辆有限公司车间试车成功！此次研发是与主机厂同步开展，采用正向自主化设计理念，配套产品包括地铁轴箱轴承 2 个型号、齿轮箱轴承 4 个型号。实现了标准地铁 A 型、B 型车辆轴箱与齿轮箱轴承全覆盖。

（2）瓦轴集团公司 2021 年初完成了中国标准地铁转向架轴承 8 个规格

地铁产品的研制，其中地铁 A 型车轴箱轴承实现小批量装车，地铁 B 型车轴箱轴承与某机车车辆公司达成 5 列车的装车意向，实现国产化替代。

(3) 人本轴承集团，2021 年 6 月，开发的轨道交通轴承系列轴承，包括轴箱轴承、牵引电机轴承、齿轮箱轴承、冷却风机轴承，以及塞拉门直线轴承、空调压缩机轴承等，相关产品已经通过试验并得到客户的认可。

(4) 上海联合滚动轴承有限公司。2022 年 12 月研制的轨交轴箱轴承顺利通过深圳地铁 12 号线装车前评审。

(5) 大连凯特乐研制的 NJ2226X3-Z/DF 轴承，精度 UP 级，产品达到国际同类水平。该产品已在中车集团大连机车有限公司批量安装使用。

(6) 重庆大学的“国产地铁轴箱轴承”健康状态监测系统，配套成都天马铁路轴承有限公司地铁轴箱轴承成功应用于杭州地铁 3 号线、4 号线二期共 100 余列车，实现了对国产轴承全生命周期的状态跟踪。

3、盾构机轴承成功实现国产替代

盾构机轴承的成功应用结束了我国盾构机主轴承长期依赖进口的被动局面。经过多年攻关，轴承行业突破了盾构主轴承关键设计、盾构主轴承材料与热处理、盾构主轴承精密加工及检测等技术，研发了首批国产化 6 米级常规盾构 3 米直径主轴承，实现了进口替代。

“中铁 872 号”是我国首台采用国家强基工程试验的 3 米级国产主轴承盾构装备，设备开挖直径 6.83 米，主轴承直径 3.06 米，整机长度约 85 米，总重约 550 吨。以此为标志，结束了我国盾构机主轴承长期受制于人，依赖进口的被动局面。

2023 年 6 月 9 日，我国自主研发制造的直径 $\Phi 8.01$ 米盾构机主轴承，经“国家轴承质量检验检测中心”检测，各项技术指标达到世界先进水平，通过专家评审，成功下线。

洛轴集团、瓦轴集团、人本集团、洛阳新强联、大连冶金、轴研科技等

企业在盾构机主轴承等也不断开发出系列新产品，实现了盾构机核心部件国产化。

4、大功率风电机组主轴轴承关键核心技术不断取得突破，

近年全球风电产业进入快速发展阶段，我国风电装机规模稳居全球第一，领跑世界。风电机组配套轴承作为核心关键零部件，自主创新，进口替代发挥了重要的作用。近年来，在国内风电轴承龙头企业的努力下，大功率风电主轴轴承关键核心技术不断取得突破。大功率风电主轴轴承配套的记录多次刷新。

2022 年 9 月，海上抗台风型 12 兆瓦风力发电机组主轴轴承成功下线。

2022 年 9 月 15 日，国内首套 16 MW 平台风电主轴轴承顺利下线交付，标志着风机行业关键部件国产化替代工作又向前迈出了一大步。解决了制约行业发展的“卡脖子”难题。成为这一领域由跟跑到并跑的转折点。

2023 年 8 月国产首台 18MW 海上风电主轴轴承顺利下线，刷新了我国国产风电主轴轴承最大单机容量的纪录；

2024 年 3 月，世界首台 25MW 级风电主轴轴承及齿轮箱轴承成功下线，本次下线的 25MW 级风电主轴轴承包括 2 套圆锥滚子轴承，外径尺寸最大达 3680mm，是目前全球风电行业最大尺寸的单列圆锥滚子主轴轴承。

5、新能源汽车轴承开发：

随着我国“双碳”目标的实施，可再生能源的发展受到各界的重视，新能源汽车产业进入成长期，我国新能源汽车产业正在爆发式增长，为轴承行业迎来发展机遇，新能源汽车轴承的需求量呈现不断上升的趋势。

瓦轴集团充分利用为高端乘用车多年配套轴承的技术积累和产品经验，实现汽车轴承板块从燃油车向新能源车换道超越目标。截至目前，公司已有 10 余种规格新能源汽车轴承实现批量投产。

人本通过多年的技术积累，在汽车轴承的开发设计上，独具匠心，自主

研发，拥有系统化的工况谱系，齐全的监测和试验方法，专业的设计及仿真分析系统。开发生产的新能源汽车驱动电机轴承、轮毂电机轴承、轮毂轴承等质量性能指标达到国际先进水平，并已经和众多国际知名汽车主机品牌批量配套。

浙江日发精机股份有限公司联合人本集团、五洲新春股份有限公司等企业共同承担了工信部-产业基础和制造业高质量发展专项产业链协同攻关专项“新能源汽车轮毂轴承单元生产线”。项目的实施将为轴承行业新能源汽车轴承的发展提供重要技术支撑和的装备保障，并为新能源汽车轴承产品质量的进一步提高打下坚实的基础。

7、机床主轴轴承及机器人轴承的开发

(1) 常熟长城轴承有限公司：

① 高端机床用高速高精度低噪音电主轴轴承的在轴承结构参数设计、热处理组织调控、预紧精确控制等方面取得了关键技术突破，经专家评审组鉴定主要技术指标达到国际先进水平。

② 高端数控机床用高精度低噪音角接触滚珠丝杠轴承产品在轴承结构参数设计、高刚性设计、低摩擦密封结构设计等方面取得了关键技术突破，受到用户的好评。

(2) 人本集团：机器人全系列轴承

2022 年 9 月，人本集团研制的机器人全系列轴承亮相 2022 中国机器人产业发展大会暨苏州市机器人与智能制造产业创新集群推进大会，通过现场的展示和与来访企业代表交流得到了行业和专家的认可。

(3) 大连凯特乐机械有限公司：

该公司研制的大型机器人用交叉圆柱滚子轴承，旋转精度高，回转平顺。可适用于不同工况，相比同尺寸系列产品，载荷大，使机器人用交叉圆柱滚子轴承在轻量化、减摩化、刚性化方向上前进了一大步。

(4) 此外，长期生产机床主轴轴承的无锡二轴、浙江优特、哈尔滨新哈精密等企业为机床主轴轴承及机器人轴承的开发做出了贡献。

6、还有其他领域新产品也取得了突破

(1) 海洋工程用超大型整体式转盘轴承研制成功

2021 年 10 月，洛轴自主研发的国内最大直径 $\phi 11.5136$ 米的超大型整体式转盘轴承顺利下线交付。近年来，洛轴在超大型转盘轴承极限设计与极限制造技术及应用取得了新突破，形成了一批具有自主知识产权的新技术。开发出直径达 $\phi 11.5136$ 米、重 48.437 吨、端面跳动仅为 0.15 毫米的新产品，刷新了我国整体式转盘轴承的记录。

(2) 森吉米尔轧机轴承成功替代进口。

瓦轴集团攻克硅钢森吉米尔轧机支承辊轴承上机“抱死”技术难关。由于转速高、轧制力大，要求轴承高精度、高负荷、高转速和高可靠性，轴承内部采用油雾润滑。打破国外轴承企业垄断，提高国产硅钢森吉米尔轧机支承辊轴承的性能水平，成功实现了国产化。

(3) 造纸行业压榨辊轴承国产化。

2021 年大连光扬轴承制造有限公司针对造纸行业压榨辊轴承进行研制。为国内多个造纸厂家的压榨辊进行进口替代，达到了国外知名品牌的产品使用寿命与可靠性。

(4) 国内最大记录外径 18 米回转支承（转盘轴承）顺利下线。

2024 年 7 月 3 日，3500 吨起重机用直径 18 米级剖分式三排圆柱滚子回转支承在洛阳新强联回转支承股份有限公司顺利下线。该回转支承无论是尺寸，还是设计制造都是国内轴承行业的极限突破。这台轴承的下线，标志着中国企业在海洋工程装备用转盘轴承领域实现了新突破，整体技术达到了国际先进水平。

(5) 成功研发国际先进航空拉杆解决国产飞机“卡脖子”问题

2021 年福建龙溪轴承（集团）股份有限公司成功研发一体式和装配式四大类航空拉杆，全面掌握拉杆产品设计、制造、检测等关键技术并实现产业化，该系列产品 2021 年 8 月通过 MA700、AG600 等民用飞机适航制造符合性检查及适航挂签，解决了“卡脖子”问题。

（6）超高速微型轴承研制成功

宁波银球科技股份有限公司与南京航空航天大学共同研制的“超高速永磁电机”成功实现了 55 万转/分钟超高速稳定运行，取得轴承领域的新突破，也是目前世界上最高转速。

（7）高性能行星轮滚针轴承研制。

苏州轴承厂股份有限公司 2022 年攻克了滚针与保持架冲击动载荷分析及抑制、行星轮滚针轴承保持架疲劳寿命测试、薄壁强冲击保持架的加工等多项关键技术，形成了自主知识产权。实现了国内 J 用装甲车辆行星传动系统的 ZZKK 和该类轴承的系列化开发，进一步推动 J 用装甲车辆暨 BQ 工业的发展、国防配套水平的提高及相关行业的进步。

7、我国中小型深沟球轴承其技术质量水平已达到国际先进水平。

（三）工艺装备研发取得新进展

1、轴承专用装备企业不断推出新型自动化设备

（1）浙江日发精密机床有限公司

螺纹磨床：为适应新能源汽车的发展，2021 年 9 月公司启动研发螺纹磨项目，2022 年 12 完成样机调试。目前有多家知名轴承企业已有采购意向。

（2）新乡日升数控轴承装备股份有限公司

① 推出了 MG7780 卧式高精度钢球研球机、 3MK7766 卧式数控钢球研球机等系列高精度钢球研磨设备，满足市场需求，解决高端轴承发展急需。

② 球轴承智能化磨超生产线

中小型球轴承磨超复式线由 14 台磨超设备、物料连线等组成，采用 CBN

砂轮和 SG 砂轮进行恒速磨削，最大磨削线速度达到 60m/s，可进行联网操控及信息交互。

③ 中型转台轴承精密车削加工生产线

中型转台轴承精密车削生产线，加工尺寸段为 300-1200mm，采用硬车技术，配备电磁吸盘、自动换刀刀塔，工件一次装夹，可实现内孔、端面、外圆的以车代磨加工。精度、效率均满足要求。

（3）无锡机床股份有限公司

该公司与德国 WMT Leipzig GmbH 联合研发制造了高端无心磨床 MerakCL400K，专用于圆锥滚子贯穿磨削，稳定加工 I 级滚子。

（4）无锡双益精密机械有限公司、昆山奥德鲁自动化技术有限公司、江苏康斯特智能装备有限公司及洛阳开远智能精机有限公司

近几年为轴承行业生产了 200 多条轴承自动装配检测生产线，和汽车轮毂轴承试验机及其他轴承试验机，大大提高了我国中小轴承生产自动化生产水平和试验水平，向轴承智能化制造迈进了一大步。

（5）杭州深度视觉科技有限公司、杭州乔戈里科技有限公司

在轴承套圈、滚动体加工工序间自动化检测装备中引用 AI 视觉系统，解决了轴承零件外观表面缺陷检测问题，实现了轴承零件（包括成品）高效准确检测。

2、轴承生产企业加快了技术装备改造步伐。

（1）洛阳 LYC 轴承有限公司

洛轴研制的 11 米级大直径盾构/TBM 主轴承强化试验技术研究及试验装备开发项目。通过了专家组鉴定，技术水平达到国内领先水平。

（2）瓦房店轴承集团有限责任公司

2023 年 9 月瓦轴集团投资在大连建设的风电主轴轴承公司，将传统的生产流程和管理模式智能化、数字化，实现企业的可视化和数据化管理，实现

我国风电新能源等高精特新装备国产化替代。

（3）人本集团有限公司

① 公司近几年通过对汽车轮毂轴承单元的持续攻关和投入，产能提升到了约 2000 万套/年，在产品轻量化、低扭矩、抗冲击压痕等方面的技术取得了突破，降低了汽车的转动力矩，增强了续航能力。

② 投资 3 亿多元新建磨加工设备、自动装配生产线、超精设备、表面处理设备等，建成了完整的轨道交通轴承生产线，形成了轴箱轴承、牵引电机轴承、齿轮箱轴承等年产 50 多万套的生产能力。

（3）浙江天马轴承集团有限公司

超大型精密立式复合数控机床研制成功

该成果突破了超大型精密加工装备的“卡脖子”技术，填补了我国首台套超大型高精密立式复合数控加工装备的空白，将对推进我国新能源产业（风电、水电、核电等）、轨道交通、工程机械、海洋工程等重点领域发展起到重大影响。

（4）江苏力星通用钢球股份有限公司

公司通过引进德国、意大利等流水生产线、日本端面加工设备，融合国内外先进装备技术，引进吸收、消化再创新，进行高精度轴承滚子热处理零脱碳控制关键技术研发、摸索出一套力星特色的生产工艺和制造模式，自主完成高铁轴承专用圆锥滚子球基面磨削工艺及装备研发等，目前已实现批量稳定生产精密 I 级圆锥滚子（GB/T25767-2010）和 GI 级圆柱滚子（GB/T4661-2015）能力。

（五）轴承材料研发受到高度重视

1、兴澄特钢

兴澄特钢等我国轴承钢生产骨干企业通过引进消化吸收再创新，轴承钢冶炼和轧制的工艺装备水平已达到国际先进水平，已发展成为轴承钢产销量

世界第一的特钢厂。其生产的高档轴承钢大批量向 SKF、SCHAFFLER、NTN 等跨国轴承公司供货。氧含量、接触疲劳寿命、单颗粒球状（点状不变形）夹杂物 DS 等技术水平达国际先进水平，有的指标已达到国际领先水平。

2、高淬透性轴承钢 LYC5 的开发与应用

洛轴开发了一种高碳超淬透性钢种 LYC5，并对其组织转变机理进行研究，实现了马氏体、马贝复合、贝氏体三种组织可控的技术目标，以适应不同的轴承安装使用工况，解决了大壁厚（60mm 以上）轴承硬度、淬硬层深度无法满足使用要求的行业重大技术难题。

3、高氮不锈钢轴承钢研制成功

2021 年 11 月，浙江天马轴承集团有限公司自主立项研制的耐腐蚀、耐高温、耐磨损“高氮不锈钢轴承钢”经专家鉴定，技术性能及指标达到并部分超越国外主要生产厂家的同类产品。该成果填补了为我国航空发动机等重大领域配套高端轴承的材料空白，对推进我国国防装备以及轴承行业的发展具有重大意义，抚顺特钢在此方面也有突破。

4、大冶特钢研发风电轴承钢填补国内空白

中信泰富特钢集团旗下的大冶特殊钢有限公司大功率风电关键部件用高端轴承钢荣获“2020 年度中国钢铁工业产品开发市场开拓奖”。该产品用于海洋离岸 6 兆瓦以上的大功率风机上，填补了国内空白。

5、氮化硅陶瓷球 G3 级批量化高精密制备技术

2021 年中材高新氮化物陶瓷有限公司依托国家重点研发计划支撑，突破了氮化硅陶瓷球 G3 级批量化高精密稳定制备技术，G3 级轴承球已在航天、航空工程上应用，解决了该类产品长期以来依赖进口的卡脖子技术难题，实现了国防军工、高端装备高精密陶瓷轴承球的自主可控。

二、短板和存在问题

1、研发能力偏弱，轴承共性技术研究平台建设步履艰难

行业基础研究和关键共性技术研究平台由于受市场化和区域经济的发展不协调，建设步履艰难，依托企业建设的国家重点实验室、国家工程技术研究中心、国家地方联合工程实验室和国家认定的企业技术中心等“国”字头的企业技术创新平台，其研究成果主要是以满足本企业的技术需求为主，各自为政，难以形成合力。

高等院校的研发机构，与企业对接不够紧密，受各方面的限制，对成果的转化鞭长莫及，导致成果碎片化严重，系统性不强，研发成果流于形式的现象普遍存在。

(1) 基础理论与设计技术的差距

缺乏系统的理论分析和试验，缺乏具有自主知识产权的设计分析软件，如行业内普遍关心的产品正向设计等共性问题，虽然已经在重点高校开展研究与尝试，但进展缓慢，尚未形成可指导产品设计的系统性方法。致使产品的产业化基础比较薄弱，一些高端产品，如大飞机发动机轴承、高速动车组轴承、高速度高精度数控机床轴承、风电增速器轴承等的国产化未取得突破性进展。

(2) 轴承检测试验技术较弱

近几年随着主机厂家的要求，各企业都建立了一些试验装置，但进展缓慢，特别是轴承性能试验（摩擦磨损试验、台架试验、模拟试验等）的试验设备和试验规程还不完善，试验数据不多且不能有效集成和共享。

2、工艺装备和滚子制造水平有差距

轴承专用设备、仪器的精度在精度保持性和性能稳定性与国际先进水平有一定差距。虽已有数千条磨超、装配和车加工自动生产线，但联线技术、数字化智能化水平还不高。为精密高端轴承配套 0 级圆柱滚子、I 级圆锥滚子还不能稳定批量生产。我国在高端加工装备、精密加工工艺、工装、模具、刀具磨料和冷却润滑介质等方面与国际先进水平仍有较大差距。

3、高端轴承产品明显不足

低端产品大量过剩，高端产品明显不足”。低端轴承产能过剩 30%以上，高端产品每年需要进口 40 多亿美元。其中，高端轴承的标志性产品民用航空轴承、高速动车组轴承、新型城市轨道交通轴承、风电机组增速器轴承、盾构机轴承、高档数控机床轴承等全部或部分依赖进口。

4、特种轴承钢品种、规格还不能完全满足高端轴承发展需求

我国生产的轴承钢经近几年的攻关产品质量已有较大的提高，兴澄特钢生产的高碳铬轴承钢在氧含量、接触疲劳寿命、单颗粒球状（点状不变形）夹杂物 DS 等技术水平达国际先进水平，除高碳铬轴承钢外，其他特种轴承钢，国产钢材的技术质量水平与国际先进水平有一定差距。差距突出表现在质量的一致性、性能的稳定性和特种轴承个性化需求满足度。

5、专业人才短缺

轴承技术是涉及诸多学科的综合技术，需要培养具有多学科综合技术驾驭能力的复合型人才。我国现行的教育体系和科研体系内，缺少培养跨学科复合型人才的环境和机制。

企业内成长环境也是影响人才培养的关键因素。与国外知名企业相比，我国轴承企业管理水平相对较低，缺少系统科学的管理方法，

与国外知名企业相比，我国研究所和企业内的人才培养条件相对不足，造成我国高端轴承研究人才短缺，且人员稳定性不高。

行业普遍缺乏熟练操作高精度数控机床的技术工匠。

三、发展重点及措施：

（一）重点发展产品

1、航空发动机主轴轴承

航空发动机主轴轴承是制约航空发动机寿命和可靠性的主要瓶颈。航空发动机主轴轴承需要满足大推力、高速度、持续高温的工况条件，需要适应

载荷、速度、温度的突变以及高可靠性的要求，需要攻克特殊材料、创新设计、精准制造、检测试验、全寿命周期管理等一系列技术

2、高档数控机床主轴轴承与机器人轴承

(1) 高档数控机床主轴轴承

高档数控机床轴承包括高速主轴轴承系统（含电主轴、动压、静压和动静压轴承

需要在高速性能、精度寿命、动态性能、温升与热传导、预紧力（刚度）润滑技术等方面进行深入研究。

(2) 工业机器人轴承

工业机器人轴承主要有等截面薄壁类轴承（包括四点接触球轴承、角接触球轴承、深沟球轴承）、薄壁交叉圆柱滚子类轴承、RV减速机用轴承和谐波减速器用轴承等。

3、高速动车组轴承

主要类型是免维护性双列圆柱滚子轴承单元和双列圆锥滚子轴承单元。高铁动车轴承对产品的一致性、寿命与可靠性要求极高，需要大量的实验和使用数据来验证。

国内一些骨干轴承企业在高速动车组研制方面进行了十余年的努力，已完成多种型号高速动车组轴箱轴承的设计、制造和台架试验，现已装车试运行。

4、新能源汽车轴承

电动汽车驱动电机、变速器轴承；电动汽车轮毂驱动电机（轴承）单元

5、盾构机主轴承

刀盘主驱动轴承是盾构机最关键的部件之一，其性能、质量、可靠性及使用寿命直接影响盾构机的施工进度、掘进里程和安全。主驱动轴承主要采用三排三列滚柱式、三排四列滚柱式和双列圆锥滚子结构。

6、风力发电机组系列轴承

为风电装备配套的偏航、变桨轴承已能自主生产，主轴轴承国产已占国内市场50%，但技术含量高的增速器轴承、发电机轴承依赖进口，主轴轴承的结构主要是高性能的三排圆柱滚子轴承、双列圆锥滚子轴承或调心滚子轴承。随着风电装备向大型化发展，风电场逐步从陆上向近海转移，功率也从 5MW 扩大到10MW以上。风电轴承需要满足载荷的随机性、服役安全性与稳定性、长寿命与高可靠性、表面防护及终身免维护等苛刻要求。为了保证风电机组安全、高效工作，对轴承的工作温度、运转状态等提出了远程实时智能监控的要求。

7、高性能医疗器械轴承

医用 CT 机是大型医疗器械中广泛使用的高端装备，目前市场上具有代表性的是第 3 代 CT 机主轴承，转速通常为 120 ~ 180r/min，主要结构为钢丝滚道球轴承和等截面薄壁角接触球轴承，以及同步齿形带传动的单排四点接触或双排角接触球轴承。

（二）完成项国家有关部委组织的国家重点科技项目

继续完成“高速精密滑动轴承状态参数检测技术和标准研究、大功率风电主轴承、齿轮箱轴承及风电轮毂开发与应用”等 21 项国家有关部委组织的国家重点科技项目。

（三）发展措施

瞄准国家重大战略需求，聚焦产业发展中的难点问题，从国家重大产业布局中，找准行业定位，发现需求。坚持自主创新，实现高水平自立自强，解决重大技术装备卡脖子问题，不断提高行业的创新能力和核心竞争力，充分利用国家对“产业基础高级化、产业链现代化”、中小企业产业转型升级及“重大专项”等产业政策。

1、实现产业基础高级化

激发企业创新活力，通过创新体制机制，营造良好的宏观政策环境。加强顶层设计、分类施策，形成可持续推进机制。完善企业为主体的技术创新机制，激发企业自主创新活力，鼓励企业加强基础和应用基础研究有效投入，加大对中小企业发展支持力度。

（1）加强轴承企业试验检测能力建设，对重点企业技术中心、试验室建设争取国家政策上的支持。

（2）对高端重点轴承产品采取一条龙支持的形式，即：从研发到加工的关键工序设备技改至产品产出，积极争取组合政策的支持。

（3）发挥集聚区发展效应，建设空间布局合理、产业特色鲜明、产品竞争力强、大中小企业融通发展的轴承产业集群，对集聚区轴承共性技术平台的争取一定的政策支持。

（4）推动企业加强基础研究。鼓励企业面向长远发展和竞争力提升，前瞻部署基础研究。鼓励企业与高等院校、科研机构等基础研究机构合作，提高企业研发能力。重视企业内部创新环境建设。

（5）引导企业加大投入。切实落实企业研发费用按一定的比例税前加计扣除等财税优惠政策。在具备条件的企业建设国家重点实验室，衔接基础研究和应用需求。做强国家自然科学基金企业创新发展联合基金，推动科研院所与高等院校围绕企业技术创新需求，解决企业发展中面临的重大科学问题和技术难题。

2、打好产业链现代化攻坚战，打造具有战略性和全局性的产业链。

（1）围绕轴承产业链、布局创新链，鼓励龙头企业成为产业链链长，组建创新联合体，形成上中下游、大中小企业融通创新的良好生态。加强对中小企业原始创新、研发成果转化等方面的支持。发挥龙头企业作用，带动产业链上下游中小企业加强协作配套；，向中小企业开放创新资源，构建以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的协同创新体系。健全由创新型中小

企业、“专精特新”中小企业、专精特新“小巨人”企业、制造业单项冠军企业构成的优质企业梯度培育体系。打通政策链、技术链、产业链、创新链协同通道，实现全行业跨地区的融通发展。

(2) 按照轴承行业“十四五”规划，要努力实现轴承制造工艺装备发展的目标

- ①生产过程数字化
- ②自动生产线联线
- ③在线自动检测修正
- ④高速化加工
- ⑤复合加工
- ⑥多工位加工
- ⑦控性加工

(3) 加大特种轴承钢的研发力度

1) 着力轴承钢基础研究和应用基础研究

- ① 特种性能轴承钢研发与应用。
- ② 长寿命热处理工艺技术的研究。

2) 推动新型轴承钢产业化应用攻关

- ① 研发应用高氮马氏体不锈钢，用于制造航空发动机轴承。
- ② 研发应用战略性新兴产业和制造强国战略重点领域需求的其他新型高端特种轴承用钢。

3、加快人才队伍建设。

市场的竞争归根结底是人才的竞争，人才的竞争的核心是教育。要通过各种形式加强对轴承专业人才的培养和培训，采用请进来，走出去的方法，让企业与高等院校专家进行交流，通过建立院士工作站、博士后工作站的方式，加强一线技术人员与专家学者的交流与互动，让专家在一线发现课题，

为一线解决难题。

鼓励企业引进高层次人才，与高等院校和科研院所共同培养基础研究人才。发挥国家科技计划的导向作用，在重大专项、重点研发计划论证和实施过程中，组织企业家、产业专家和科技专家共同凝练来自生产一线、关系经济社会发展的关键重大科学问题，企业积极承担国家科研项目。

通过中国轴承工业协会人力资源委员会依托 2023 年 10 月成立的“全国轴承行业产教融合共同体”在高职院校开设“轴承制造技术与应用专班”，及地方办的各种职业学校、培训班的方式，为轴承技术人才的培养进行探索，形成理论联系实际的轴承行业人才梯队。

总之，随着轴承行业的高质量发展，将对轴承新产品、新技术研发工作提出了更高的要求。我们要按照习近平总书记“及时将科技创新成果应用到具体产业和产业链上，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业，布局建设未来产业，完善现代化产业体系。要围绕发展新质生产力布局产业链，提升产业链供应链韧性和安全水平，保证产业体系自主可控、安全可靠。”的要求，希望通过轴承行业“十四五”的共同努力，使轴承行业在技术创新方面跃上一个新的台阶，为我国轴承行业高质量发展做出贡献。