

从机械工业科学技术奖看轴承行业科技创新

中国轴承工业协会副秘书长杨金福

中国机械工业科学技术奖是根据《国家科学技术奖励条例》和《社会力量设立科学技术奖管理办法》的有关规定，由中国机械工业联合会和中国机械工程学会共同设立并经国家科学技术部批准，在国家科技奖励主管部门登记的面向全国机械行业的综合性科技奖项。作为机械工业申报国家科技进步奖的主要渠道，其奖励范围为机械工业领域的基础理论、发明创造和为提高生产力水平而进行的研究、开发、试验和推广应用所产生的具有实用价值的科技成果。

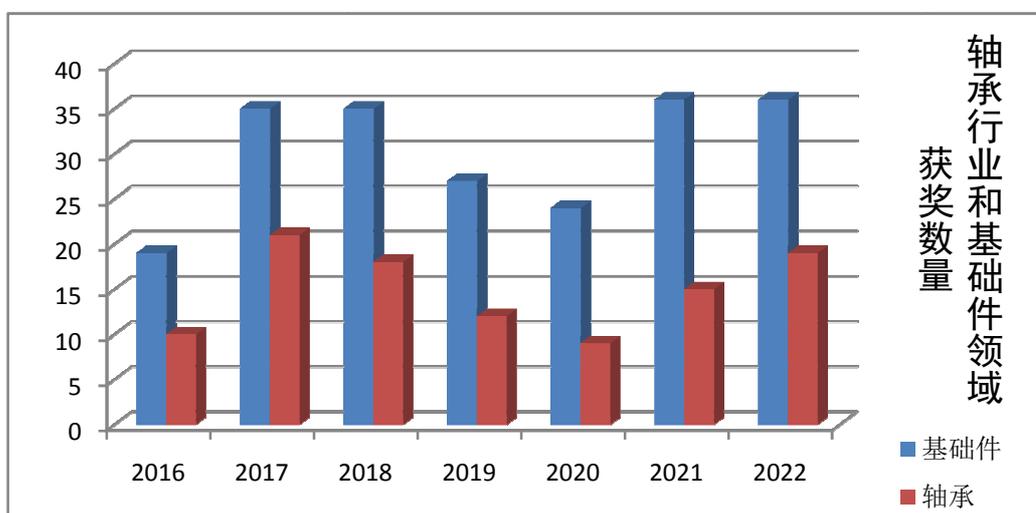
轴承作为国民经济的关键机械基础零部件，是机械工业大家庭的重要成员，与通用零部件、液压气动密封、模具行业同隶属于基础件领域。轴承行业每年大约有 20—30 个项目参加申报，10 多个项目获奖。获奖的范围涉及到产品设计、轴承制造、检测试验、工艺装备等相关领域。它从一个侧面反映了轴承行业的科技进步的最新成果，体现了企业科技投入的着力点和落脚点。本文通过不同的视角，分析轴承相关单位获奖项目的特点，揭示行业的科技发展的亮点和短板，探讨行业科技创新所面临的形势和发展方向。

一、站在基础件领域看轴承

随着现代科技的发展和国际形势的复杂多变，高端装备已经成为衡量一个国家实力的重要标志。与之配套的机械基础件受到更加广泛的关注。基础件作为机械科学技术奖评审的一个专业组，涵盖了与机械工业发展紧密相关的 4 个行业，分别是轴承、通用零部件、液气密和模具。轴承行业在其中占有举足轻重的位置。

（一）从成果数量看——轴承占基础件领域二分之一

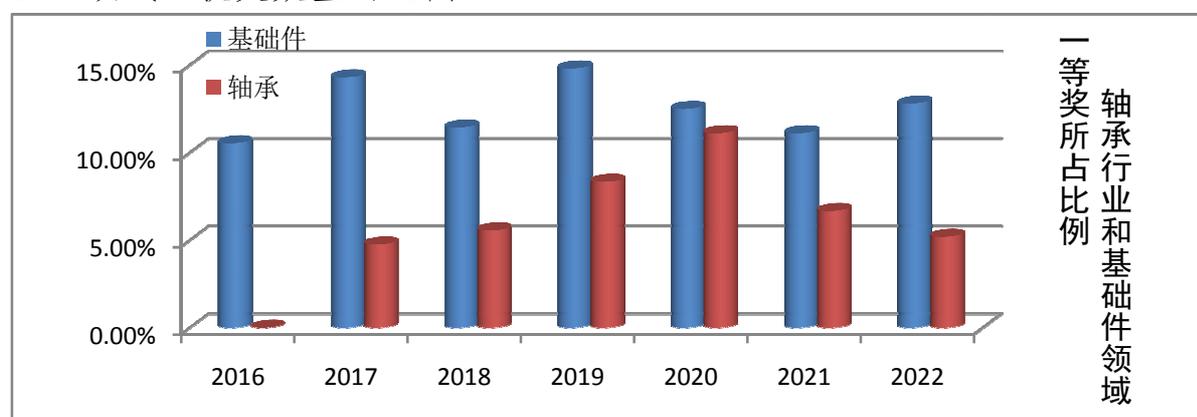
下图是 2016—2022 年轴承行业和基础件领域机械科技奖获奖数量的统计：



在 2016—2022 七年间里，基础件领域共获奖项目 202 项，轴承行业获奖 104 项，占基础件领域获奖数量的 51%。其中 2017 年占比最高，达到 60%；占比最低的是 2020 年，也达到了 37%。这是轴承企业科技创新的具体体现，从一个侧面展示了轴承行业科学技术的迅猛发展。企业是技术创新的主体，企业的广泛参与为轴承行业的技术创新提供了不竭的源泉。

（二）从成果质量看——具有较大提升空间

下图是 2016—2022 年轴承行业和基础件领域机械科技一等奖所占本行业（领域）获奖数量的比例：

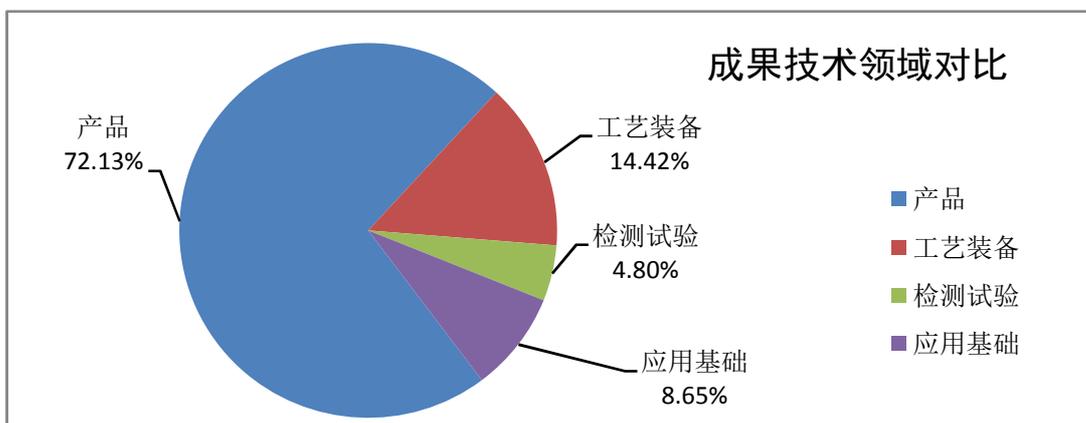


一般情况下，获奖的等级反映了申报项目的技术水平和质量。从上

表可以看出，与基础件领域相比，轴承行业获得一等奖的比例偏低。七年来，平均一等奖仅占全行业总获奖数量的 5.7%，而基础件领域占本领域中总获奖数量的 12.8%，是轴承行业的两倍以上。这说明，与同属基础件领域的兄弟行业相比，轴承行业的技术创新质量还有较大的提升空间。

仔细分析兄弟行业一等奖的获奖项目可以发现，大多数项目都有国家重点研发计划、国家高技术研究发展计划（“863”计划）、国家重点基础研究发展计划（“973”计划）、国家科技攻关计划等项目的支撑，科技投入较大，高校企业联合攻关，理论研究深入，应用效果显著。相比之下轴承行业在这方面较为欠缺，自筹项目较多，项目投入偏低，多数是就事论事，解决分散的具体的问题，科技成果的碎片化现象比较突出，势必导致成果的影响力不够。从这个意义上讲，轴承行业科技创新的增长空间应该重点体现在提升系统性解决方案项目的比重。

二、站在轴承行业看创新



（一）从成果技术领域看—— 一多三少现象突出

技术领域是我们对数据分析的第一个视角。从图中可以清楚地看出其中的明显差异：

1、产品研发成果稳居榜首

从获奖数量看，轴承新产品类的成果占据绝对优势，占比达到 72.13%。产品的活跃程度是行业生命力的体现，产品的更新迭代速度是行业可持续发展的重要标志，没有庞大的产品作为支撑，行业的发展就是一句空话。

仔细分析这些项目可以发现，基本都是国家战略发展急需的关键产品，很多都是体现提升国家综合实力的标志性配套产品，这些产品分三类：

国家重大项目支持的成果，如机床轴承 机器人轴承；

体现行业综合实力的重大突破，如盾构机轴承 大功率风电轴承；

(3) 关键装备零部件的进口替代。

这也从一个侧面说明了我国高端装备配套需求的旺盛，体现了轴承产品在不同的应用领域实现进口替代的成果，表明了我国轴承行业产品结构由中低端迈向中高端的发展趋势。这与当前轴承产业高质量发展的现实是相吻合的。

2、工艺装备成果数量有限

工艺装备领域的成果的数量虽然位居第二，但是它与第一差距较大，占比仅为 14.42%。并呈现两个特点：工艺类项目多于设备类项目，热加工项目多于冷加工项目。另外粗加工项目与精加工项目的数量也不平衡。

工艺项目与设备项目失衡的原因是多方面的。通常工艺与产品的制造是不可分割的，产品开发和工艺创新往往采用一揽子解决方案。在企业的产品投入过程中，加工工艺是理所当然的受益单元。而设备则不然，设备投资大，工期长，见效慢，并且需求数量少，并非一个轴承企业所能企及。并且轴承装备是一个相对比较窄的专业领域，在机床行业由于体量小而不受重视，在轴承行业由于投资大而顾及不到。所以轴承专用装备的发展已处于比较尴尬的境地。目前在轴承装备领域深耕多年的五大龙头企业有的正在萎缩，有的正在向量大面广的汽车行业延伸。然而工艺和装备是相互促进的关系，装备

因工艺而生，工艺因装备而强，装备因工艺而优，工艺因装备而新。二者之间的失衡，将会影响行业的可持续发展。正如芯片卡脖子的原因之一是受到光刻机的制约一样，轴承也有同样的因素。轴承装备作为行业发展的三大短板之一，在这里也再一次得到了印证。

3、检测试验成果占比偏低

检测和试验有一个共同的特点，他们都是轴承数据的源头。在信息革命蓬勃兴起，大数据广泛应用的年代，数据就是生产力。某个领域获取数据的手段和能力及其创新程度，对这一领域的发展潜力有重要影响。谁掌握了数据，谁就掌握了发展的主动权。谁拥有获取数据的先进手段，谁就能在市场竞争中先人一步，就能在产品迭代中脱颖而出。我们的高端轴承产品问世之后，有些主机企业在使用时有顾虑，这里面的因素是多种多样的，但是其中的试验数据支撑不够也是一个重要原因。

轴承检测、试验成果数量占比偏低的现实在提示我们：目前高端轴承检测仪器依赖进口、专业轴承试验手段相对缺乏的现象还没有得到根本转变。

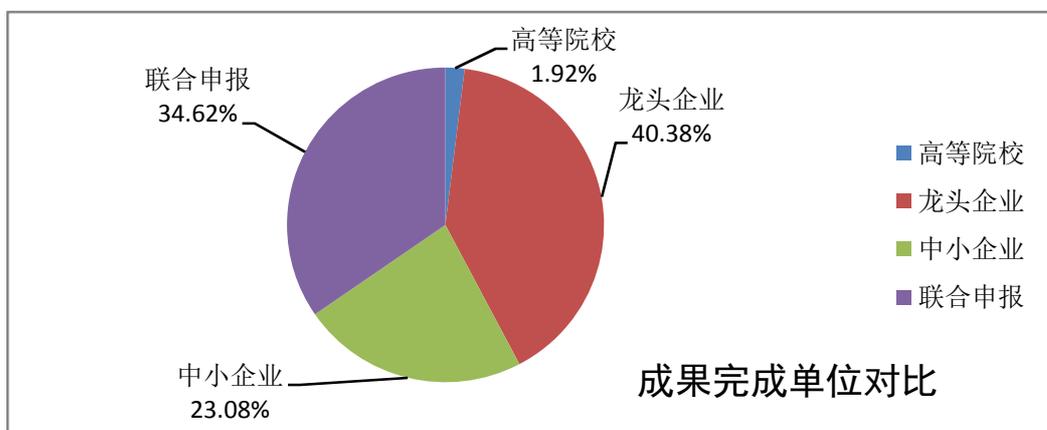
4、应用基础研究成果偏少

在现有的成果中，应用基础研究的占比是较低的，仅有 8.65%。这一现实需要引起高度的重视。它说明两个问题：其一，轴承行业应用基础理论研究对我国科研机构大专院校的吸引力不够，导致对其研究缺乏投入的意愿；其二，轴承行业自身基础及基础研究的能力有待加强。

中美贸易战以来，基础研究和应用基础研究受到各界越来越多的关注。特别是应用基础研究与轴承行业的进步和发展的关系越来越密切。轴承产业链现代化的前提是产业基础高级化，轴承产业基础高级化需要基础研究和应用基础研究创新成果的支撑。没有基础的支撑，发展就会成为空中楼阁。加强基础和应用基础的研究是当前轴承行业需要面对的重要课题。

（二）从成果完成单位看——多元化趋势明显

下图是 2016 年—2022 年机械科技奖轴承行业各类申报单位所占比重。其中虽有差异，但参与度在增加，总体仍呈现多元化趋势。



1、高等院校是行业科技创新的优质资源

七年来，高等院校单独申报的成果数量有限，仅有 2 项，但在行业科技创新中发挥了重要的作用。联合申报的 36 个成果中，高等院校参加的项目共有 25 个，占 69.4%，七年之中轴承行业获得的一等奖共 6 项，其中有 5 项都由高等院校主持或重点参与，占所有一等奖的 80 %。这也从一个侧面告诉我们，高等院校是科技创新优势资源，轴承行业要充分发挥高等院校的作用，开展产学研合作，使其成为轴承行业基础理论和应用基础理论的研究策源地、科技创新的制高点，为轴承行业的发展提供不竭的创新动力。另一方面也说明大专院校更擅长理论的深入研究，擅长挖掘研究实践背后的理论依据，擅长把研究成果用文献的形式表达出来。高等院校与企业相结合是科技创新的有效途径。

2、龙头企业主力军优势凸显

轴承行业的骨干龙头企业始终是申报机械科技奖的主要群体。占比达 40.4%。六年之中获奖成果超过 10 项的单位有 4 家，分别是瓦房店轴承集团

有限责任公司、洛阳轴承研究所、洛阳 LYC 轴承有限公司、河南科技大学。
其中企业的最主要特点是：

(1) 处于行业龙头地位，具有特色产品，市场前景和经济效益较好，具有行业影响力；

(2) 拥有国家级的企业技术研发中心，重视科技投入，关注行业发展动向；

(3) 技术人才相对稳定，有一定的技术积淀，具有可持续发展的能力。

正是因为以上优势的存在，使科技创新和企业经营形成了良性循环，通过科技赋能，使企业的实力不断增强。雄厚的实力又为企业的科技投入提供了坚实的保障。

3、中小企业参与度进一步增强

使得注意的是，在七年数据的统计中，可以明显地看到，随着时间的推移，中小企业的参与度在明显增强，占比接近总数的四分之一。他们申报的成果多数是直接面向市场，面向用户，解决用户急需的关键问题。体现了较强的针对性和快速反应能力。尤其是这几年涌现出的专精特新企业，在企业的转型升级中坚持走自主创新的道路，不断实现产品迭代，成为科技创新的新生力量。

4、联合申报已成主流

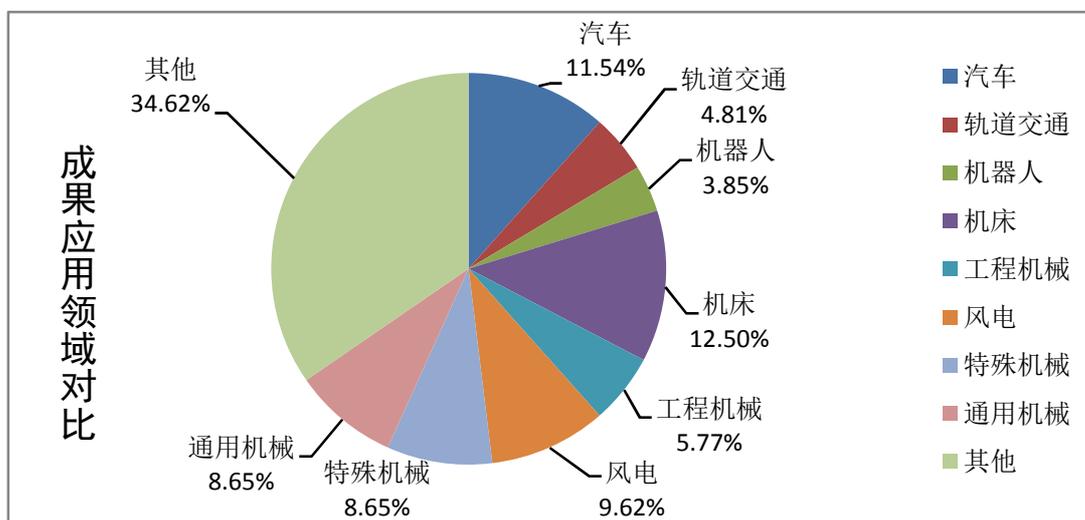
数据统计发现，合作与联合已成为轴承行业高水平创新的主流模式。其主要表现形式有以下两种：

(1) **产学研联合创新**。这种方式可以使有效资源的利用最大化。将补短板和锻长板有机的结合，把各自的优势充分发挥出来。根据参与单位的性质不同，研究的内容各有侧重，最终形成从理论到实践完整的成果表达方式。一方面提升了成果的影响力和辐射力，另一方面也增加了行业内外的认可度。

(2) 产业链上下游联合创新。这是被市场广泛认可的产业链与创新链相融合的科技创新方式。采用系统思维，注重问题导向，攻关有明确的针对性，验证有充分应用场景，成果有广阔的市场空间。实践证明，这是解决高端装备卡脖子问题的有效方法，

在技术创新活动中日益广泛的联合与合作，表明各种社会主体正积极参与轴承行业自主创新活动，也充分反映出在我国的国家创新体系中，人才、技术、信息、资金、实验条件，以及创新服务等创新资源的充分流动。

(三) 从成果应用领域看——配套高端装备是主线



对全部 104 项成果进行了统计，获得了如图所示的占比分布，可以看出：**配套高端装备是轴承产品的主要应用方向。**

1. 机床领域的轴承应用成果占比名列前茅

国家 04 专项等课题的投入，吸引了高等院校等专业机构的研发方向，促进了机床轴承的研究和发展。以机床主轴轴承、丝杠轴承、转台轴承为主导产品的轴承企业也得到了快速的发展。机床轴承产品的进口替代的数量和质量得到有效提升。产学研合作完成的《高速精密数控机床轴承系列产品升级及产业化关键技术研发》项目曾获得 2019 年机械工业科技进步一等奖。机床轴承产品正朝着高速度、高刚度、高精度、长寿命的方向发展。产品的稳定

性、可靠性和精度保持性也更加受到各界的关注。

2. 汽车领域仍然是轴承科技创新的主战场

汽车行业一直是轴承产业主要的应用领域。新能源汽车驱动电机的应用对轴承提出了新的挑战。高转速特性、高低温性能，长寿命要求的系统化解决方案，使轴承的科技创新迈上了新的台阶。国内龙头企业科研团队瞄准市场需求，通过持续攻关取得了突破性的进展，并已持续向用户提供产品，也得到了机械科技奖的充分认可。在这一领域的深耕细作，既是市场发展的需求，也是轴承行业科技创新的重要发力点，更是双碳背景下轴承行业的战略选择。

3. 风电轴承应用正在向大功率配套方向发展

在双碳战略大背景下，清洁能源的开发受到关注，风电装机量迎来快速增长，国内风电轴承企业借助产业政策的支持快速崛起。风电主轴轴承作为关键零部件，正在朝着大功率配套的方向发展。海上风电主轴轴承作为风力发电机的核心零部件，载荷复杂多变，轴承可靠性及精度要求高，使用寿命长，技术难度大，长期被国外轴承企业垄断。国内科研团队通过多次试验，不断攻关，相继攻克轴承材料优选、热处理工艺改善、保持架优化设计与加工等方面技术难题，大功率风电主轴轴承配套纪录多次刷新，在国产风电主轴轴承配套大功率风电设备领域不断迈出新的步伐。

4. 工程机械领域的应用不断取得突破

我国工业基础设施的迅猛发展，一带一路战略的实施，为工程机械及其核心零部件的发展提供了新的空间。工程机械轴承的典型代表是盾构机轴承，包括盾构机主轴承、盾构机刀盘轴承。2015年工信部组织实施了“盾构机主轴承工业性实验平台”工业强基工程项目，采用产业链上下游联合攻关，使盾构机轴承的国产化替代取得突破性进展。国产盾构机轴承已成功应用于隧

道掘进施工中。机械科技奖的获奖成果从一个侧面反映了轴承行业配套工程机械领域的有效进展。

5. 轨道交通领域的应用成果备受瞩目

长期以来，地铁轨道交通轴承的国产替代一直备受关注。为突破关键核心技术，中国中车启动了系列化中国标准地铁列车研制及试验项目，自主化轴承研发包含其中，轴承行业五家企业参与研制。国产轴承研发与系列化中国标准地铁列车试验项目同步展开，采用正向自主化设计，充分融入绿色环保设计理念，满足主机设计要求，具有完全自主知识产权。研发的产品经过严格的防尘、防水、热性能、耐久性能等台架试验测试，试验结果完全满足设计及列车运行要求，具备批量化配套能力。2021年我国首列中国标准地铁列车在郑州下线，国产地铁轴承得到充分认可。

（四）从成果完成地域看——呈现中东部聚集趋势

1. 从全国的分布看：东多西少：

七年来的获奖成果主要集中在6个省市自治区。总体呈现东多西少的局面，这与我国轴承产业的分布与发展过程有关。轴承产业主要分布在以中东部为主的9个省市自治区，因此科技成果也主要呈现出以中东部为中心的发展态势。

2. 产业集聚区看：各有侧重：

五个产业集聚区的获奖成果数量上有一定的差异，内容上各有所长，呈现明显的地域特色：

河南、辽宁轴承产业集聚区的成果主要集中在配套高端装备领域，如机器人轴承，盾构机轴承等等；

山东产业集聚区的成果主要集中在企业转型升级过程中的产品开发，如加工能力的提升，工艺技术的进步等等；

苏锡常产业集聚区的成果主要集中在面对市场需求的专精特新产品的开发，如高精度滚子等；

浙江产业集聚区的成果主要集中在敏锐捕捉市场的新机遇，瞄准市场的新动态等方面，如电动汽车驱动电机轴承试验方法等等。

河南产业集聚区具有明显的产学研协同创新的优势，山东产业集聚区具有较大的提升空间。

（五）从行业发展看——科技创新任重道远

1、创新平台与共性技术

如何发挥好创新平台的作用，这是轴承行业所面临的一个重要问题。如今的创新平台基本是依托于企业，在市场经济的条件下，每个企业都存在着自身发展的问题。因此依托企业的创新平台基本上就扮演了企业技术中心的角色，服务的对象是本企业。因此行业共性技术的重视程度受到一定的影响。。

因此，要以国务院 11 部委联合发出的“关于开展‘携手行动’ 促进大中小企业融通创新（2022-2025 年） 的通知”精神为指引，强化国家级技术平台的社会责任，鼓励国家级行业技术平台提高站位，面向国家发展战略输出共性技术，推动协同创新。需优化考核方法，应提高对行业贡献率的考核权重，避免把国家级技术平台混同于企业技术中心。着力推动大企业、中小企业联合科研院所、高校等组建大中小企业融通、产学研用协同的创新联合体，鼓励联合承接科技重大项目，加强共性技术研发。推动各地依托大企业技术专家、高校院所教授学者等建立融通创新技术专家咨询委员会，面向轴承行业开展技术咨询、指导等活动，提升科技创新的质量和水平。

2、系统思维与问题导向

系统思维和问题导向是科技创新的两个重要方面。没有系统思维的创新，只见树木不见森林，不可能产生技术的整体突破；忽视问题导向的创新，很

可能是无的放矢，缺乏活力，使创新变成空中楼阁。目前轴承行业技术创新的碎片化趋势比较明显，同质化模仿盛行。追逐热点有余，系统思维不足。破解这一问题需要有为的政府与有效的市场相结合。一是，建立和完善行业科技创新的协调机制，通过重大科技专项、科技创新指导目录、重点工程需求指引等方式，引导企业科技创新发展方向，实现有序创新，有效突破。二是，鼓励轴承企业要建立适合本单位特点的创新发展战略，根据自身定位，深耕某一领域，形成核心技术，打造单项冠军，为客户提供系统化解决方案。把“专”的事情做“精”，在“特”的领域里创“新”。避免追热点，抢噱头形式主义现象。

3、产业基础与产业链

产业基础高级化、产业链现代化，是加快产业转型升级的核心内容。产业基础能力在一定程度上决定着产业链及产业体系的安全性和稳定性。而产业链水平则直接影响着产业抗风险能力和健康稳定发展。因此夯实产业基础，提升产业链水平也是轴承行业科技创新的出发点和落脚点。

要重视产业技术基础能力提升，不断加大研发投入，实现创新资源的有效聚集，鼓励科研院所建设成行业科技创新的领军企业、支持大专院校打造成产业基础科技创新的策源地。对能够快速突破、及时解决问题的技术，要抓紧推进；对属于战略性、需要久久为功的技术，要提前规划，逐步实施。着力促进应用基础研究和产品实现有效衔接，强化检测、试验手段的创新，增加对工艺装备领域的投入，加速工艺装备水平的提升，用创新的成果为产业基础高级化提供支撑，为产业链现代化提供保障。围绕着产业链布局创新链，围绕着创新链发展产业链，形成产业链与创新链的深度融合。推动轴承行业经济发展由要素驱动型转向创新驱动型，实现高质量发展。

4、人才培养与团队建设

创新是第一动力，人才是第一资源。科技的发展靠创新，创新的核心是人才。轴承行业创新人才缺乏是一个不争的事实。轴承行业科技创新的现实告诉我们：轴承行业的发展既需要具有科学家精神和企业家精神相融合的战略领军人物，也需要具有深厚的轴承功底，又熟悉主机行业的两栖人才；既需要理论功底扎实，实践经验丰富的卓越工程师，也需要扎根行业，千锤百炼的大国工匠。人才的培养需要环境，环境的塑造需要机制。要通过高校加强创新人才的教育培养，通过实践打造创新人才成长的空间。激发创新创造活力，给广大创新人才搭建施展才华的舞台，让科技创新成果源源不断涌现出来。

创新需要人才，更需要团队。各单位要注重创新团队建设，形成人才的合理梯队。用团队的力量凝聚创新智慧，通过不断规范和优化人才流动机制，畅通人才交流渠道，使轴承创新人才充满激情，充满活力。

总之通过对轴承行业机械工业科学技术奖获奖成果的分析可以看出：行业科技创新工作在全行业的努力下，取得了重要的进展。科技实力正在从量的积累迈向质的提升，从点的突破迈向整体推进。更应该看到，我们的科技创新还存在短板，尤其是在基础应用研究方面差距很大，原创技术很少，检测试验手段缺乏。这些都不同程度制约了行业的发展。从这一点讲轴承行业的科技创新工作任重道远。但是我们也相信，我们的国家有创新的雨露，我们行业有创新的土壤，我们的前方有创新的目标，经过持续不懈的努力，一定能在轴承行业科技创新的道路上不断取得新的突破。

