

专家论文 5:

以协同创新提升轴承企业核心竞争力

洛阳 LYC 轴承有限公司 庞碧涛

滚动轴承是机械传动的核心部件,号称是当代机械工业王冠上的明珠,广泛应用于工业、农业、交通运输、家用电器、办公机械等领域,也是国防、航空航天及其他高科技领域发展的关键支撑,可以这么说,只要有机械旋转地方,就有轴承。自欧洲工业革命以来,轴承工业不断自我完善和壮大,为世界工业、农业、国防和科学技术的发展以及为人类生活的改善和提高都做出了巨大的贡献,轴承技术已成为一个自主创新型国家基础工业和高新技术的核心技术领域。

1 国内外发展现状

我国轴承工业于 1950 年开始起步建设,经过半个世纪的发展,已经形成了以国营轴承生产企业和民营轴承生产企业相承辅的相对比较系统、完整的生产与技术体系,从而成为世界轴承第三大生产国,在取得了举世瞩目的成就的同时,与发达国家相比,我国轴承工业尚存在很大差距。

竞争实力不强 我国目前具备较大规模能力的轴承生产企业约有 2000 余家,轴承企业总数是全世界其他国家轴承企业总和的 5~6 倍。2010 年中国轴承产量 150 亿套,但产值仅 1260 亿元,而 SKF 等八家跨国公司产值占有份额达 80% 以上,我国 7 家大型企业仅占国内市场份额的 28%,中国最大轴承企业规模也仅为瑞典 SKF 公司 5% 以下。造成这一现状的原因在于我国轴承产品集中于低端,高端品种缺乏,目前世界轴承品种规格约有 20 万个,我国仅能生产其中的 6 万多个,且多为通用产品,国家重要装备所需轴承系统几乎全部依赖进口,仅 2008 年精密轴承进口额就达 28 亿美元。可以说我国作为一个轴承生产大国,在低端民用领域已经实现了自给自足,但是在全球轴承市场竞争中,我国轴承企

业的规模和产品依然处于弱势,尤其是在高端产品市场,我国几乎完全依赖进口,在市场竞争中处于绝对劣势地位。

原创技术及产品缺乏 中国工程院 2011 年组织的滚动轴承专题调研报告中指出,我国轴承产品主要集中于传统工业应用,而在高端应用领域或者空白,或者处于弱势地位:我国高速铁路轴承领域被国外知名品牌垄断,铁路线上奔驰的高速动车上没有装用一套国产轴承;风电领域技术含量较高的增速器和发电机轴承,仍依靠进口。2008 年关键风电轴承进口约 20 亿元,进口品牌为 SKF、FAG、NSK、Timken 等;国内轧机轴承需求产品规格约 3000 多种,其中进口轴承占 60%,约 9 亿人民币,主要国外品牌有 SKF、Timken 和日本 NSK;高档数控机床对 P4 及其以上级超精密角接触球轴承约 15 万套的需求量中,一半左右来自国外著名轴承公司,而超精密设备— IC 加工装备、精密光学镜头加工装备必需的超精密轴承,国内无法生产,国外向我国限制出口等等。高端滚动轴承能力的缺乏已成为我国轴承行业的软肋,同时也极大地制约了我国各类高端产业的技术进步。

适用性和可靠性等性能指标 目前高端滚动轴承已向高载荷、高可靠性、高精密、高转速、低噪声方向迅速发展,而我国轴承企业由于技术水平限制,在高端轴承领域差距更大。从表 1 给出的我国高端轴承产品与国外产品的性能比较可以看出:在国外早已开始研究和应用“不可重复跳动”这样精细的旋转精度指标时,我国由于此方面研究缺乏造成旋转精度指标比国外差距较大;在国外轴承可靠性达 99%、已追求与主机等寿命时,我国轴承行业还没能很好解决寿命的稳定性问题;在高速性能方面,国外名牌产品的 $d_m n$ 值已经接近 $4 \times 10^6 \text{ mm} \cdot \text{r} / \text{min}$,我国轴承仅为 $2 \times 10^6 \text{ mm} \cdot \text{r} / \text{min}$;在振动、噪声与异音方面,国外已推出静音及超静音轴承,而我国高端轴承的振动(加速度)极值水平与国外产品相比,一般则要相差 10dB 以上。

表 1 国内外高端轴承产品的高性能指标对比

| 高性能指标 | 差距 |
|-----------|-------------------|
| 尺寸精度与旋转精度 | 尺寸公差保证，但是旋转精度离散度大 |
| 寿命、可靠性 | 与国外同类产品差距较大 |
| 高速性能 | 与国外同类产品差距大 |
| 振动，噪声性能 | 相差较大 |
| 能耗 | 能耗意识尚待加强 |

2 核心技术缺乏造成了我国轴承行业核心竞争力低下

造成我国轴承行业诸多问题、诸多差距的原因虽有很多，但核心技术的缺乏无疑是造成此种差距最关键的原因之一。滚动轴承的核心技术大致可分为理论设计与分析技术、加工制造技术、检验检测技术、试验验证技术、应用技术和延寿技术等几个方面，在这些方面我国企业的核心技术掌握程度均存在明显不足。

仿真分析水平落后、自主设计能力缺乏 目前我国滚动轴承的设计仍主要停留于仿制加几何静力学、至多是简单拟动力学设计加简单 CAD 绘图的水平。基于静力学模型的滚动轴承几何静力学设计技术已日趋成熟，能有效地计算轴承的真实载荷分布、疲劳寿命及刚度，已被广泛地被用于滚动轴承的设计之中。然而几何静力学设计的不足之处也是十分明显的，分析滚动体运动采用了运动约束假设不能真实反应各个组件间的动力关系；不能有效处理与滚动体有关的动态效应等等，而国外各大轴承企业自上世纪九十年代以来已纷纷进入到滚动轴承完全动力学仿真分析和 3D 数字化设计阶段，这就如我国企业拿着冷兵器和手持洋枪大炮的对手竞争，其结果可想而知。应该指出，处于技术保密的考虑，目前国外的所有这些滚动轴承动力学分析设计工具专有性极强，基本不具备二次开发价值，因此要想使我国轴承企业具备和国外企业一样的轴承设计能力必须立足于打造

我国自主知识产权的滚动轴承完全动力学分析仿真及设计平台。

| 名称 | BRAIN | BEAST | ADORE | ADAMS | SIMPACK | IBDAS |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 建模方法 | 轴承完全动力学 | 轴承完全动力学 | 轴承完全动力学 | 第一拉氏法 | 达朗伯原理 | 模态综合法 |
| 界面 |  |  |  |  |  |  |

制造环节质量控制不足、产品质量低下 造成国内外高端轴承产品性能质量差距巨大的另一个重要原因是制造加过工艺落后、质量控制手段不足。目前国外企业已广泛采用 6 σ 精细化制造工艺优化、质量控制及成本核算方法，其核心在于将每个加工参量均作变量化处理，且每个变量对于成本、性能等参数的关系均采用概率函数描述，而后基于整个产品的性能分析程序算出各个加工变量对最终产品性能影响的规律及敏感度，从而方便地进行制造工艺优化和质量控制。而国内轴承企业的产品质量控制仍依赖主要由经验得出的国标厂标。显然，引入并研发适合国内企业的制造工艺优化、质量控制方法和平台无疑将大大提升我国滚动轴承的产品质量水平。

试验检测手段不完备、产品可靠性差 国外开发一个新型号轴承，已形成完整的试验方法。包括摩擦磨损试验、试验机台架试验、试验室(试验场)模拟试验、实际工况运行试验，而我国轴承行业已开展摩擦磨损试验的，只有洛阳轴承研究所一家；可以展开模拟试验的也仅有洛阳轴承研究所、杭州轴承试验中心以及襄轴若干家，对试验环节的重视程度和国外存在显著差距；在轴承检测技术方面，国外知名的滚动轴承企业除了常规的材料、几何精度等检测设备外，均拥有自己开发的先进检测手段。而我国企业在通用检测设备方面基本依靠进口，此类设备中国产比例只占 50%，这些检测手段仅能基本满足通用或者一般精密轴承的要求，但对于更高精度的轴承检测则是远远不足的。这一差距亦是造成我国出厂轴承产品可靠性远远低于国外的重要原因之一。

新材料新技术应用滞后、创新能力不足 相比于国外企业，我国轴承行业企业在新材料新技术应用方面反应迟缓，如众所周知在理想的内部构造和正确的安装下，轴承的额定寿命长短最终取决于制造过程中使用的轴承钢的质量，瑞士知名轴承制造商研究发现轴承钢的清洁度和充足的热量、热化学处理之间有着复杂的关联，保持轴承钢的清洁对轴承的长久使用具有重要的作用，这项技术在其产品中的应用已产生显著的效果，而我国轴承行业企业对类似问题的认识无论从广度还是深度都远远不足，更谈不上实际应用。

延寿技术落后、性能浪费严重 延寿技术主要面向航天航空、风电、高铁等重大关键装备领域，目标是将轴承的服役性能及寿命提高到服役要求或者与主机同寿命要求。国外轴承企业通过改进工艺，采用特殊表面处理技术，研发新材料等一系列手段来对轴承进行延寿，提高可靠性，并且取得了一定成功，深沟球轴承的台架试验寿命一般为计算寿命的8倍甚至十几倍以上，可靠度高达98%以上，甚至达99.9%；圆锥滚子轴承一般为计算寿命的4~6倍，甚至8倍以上，可靠度达98%以上。我国轴承企业由于基础理论的缺乏，在延寿技术方面研究不足，轴承寿命离散度也较国外差距大。通过调研发现，随着国内轴承设计及工艺基础方面的提高，当前存在大量使用到预定寿命但仍保持着良好的性能状态的轴承，还有很长的寿命裕度，但是，由于定寿时间早，定寿寿命短，过早淘汰，造成极大的浪费，应该发展延寿技术，提高轴承的可靠性与稳定性，避免此类现象。

3 通过协同创新掌握核心技术、提高企业核心竞争力

实际上轴承的核心技术不仅包含上述专有技术，还需要通过系统集成技术创新才能真正形成自主的核心技术体系。而就目前我国企业及相关研究单位的现状来看，期望在短时间内通过各自企业技术积累的方式迅速掌握核心技术、形成企业核心竞争力仍存在很大的难度。

对国内工业现状和行业特点的认识，企业要形成具有创新型的核心技术体

系，存在明显障碍。首先，轴承制造企业技术体系所形成的核心技术，由于水平有限，难以与国际大公司相抗衡。其次，客户对国内轴承企业的牵动力，远弱于对国际知名公司，也就是说，在原创产品阶段，为规避风险，客户往往选取实力较强的国际大公司。这个问题，可通过协同创新的方式予以解决。首先为充实企业技术实力，将高校和科研院所中有价值的技术向企业聚集，同时拉近与原创技术的距离，通过企业和相关科研院所协同创新，共同建立一个集产、学、研、用为一体的核心技术创新体系，使技术创新有广度、有深度，有动力、有活力，从而提升企业的核心竞争力。

企业是协同创新的主体 企业核心竞争力的培育和发展是一个漫长的过程，在这个过程中必须有企业机制和模式的保证，推动核心技术的快速形成和企业的快速发展，而作为企业经营决策制定和执行者的企业管理者，直接掌握企业发展方向，是决定组织目标能否达成的关键因素，在核心竞争力形成过程中扮演着重要角色，这一过程中不仅需要国家的支持，更需要企业管理者充分认识、提供条件，只有企业能够完成将基础技术向专有技术、专有技术向核心技术、核心技术向产品转移，从而完成向核心竞争力的转变。

协同创新可以迅速加强和推进轴承基础理论和共性技术的研究 单靠企业自己发展轴承基础技术，一是没有足够的研究人员，二是前期投入较大，生效时间较长，轴承行业的现状也没有给单独企业提供足够的发展空间。轴承行业需要一个共性基础研究平台，为企业的发展提供动力。如果能通过协同创新模式建立国家轴承基础研究战略基地，并通过国家引导、多方投入将大大加快我国轴承行业在基础理论和共性技术的掌握水平。

协同创新可以加快核心技术向产品的转移 仅仅有了若干技术、而没有转化应用于产品，仍然是不能形成企业核心竞争力的，可以说核心技术向产品的转移是形成企业核心竞争力的关键。每一个企业无论大小，技术水平高低，都有若干

核心技术，而相关科研院所亦存在一些很好的技术，但目前的现状是企业 and 科研院所间、甚至是企业内部间技术协同创新机制未充分建立，因而核心技术向产品的转化也就不充分了，此方面的潜力应该说是很大的。针对高端滚动轴承产品的高技术密集、多学科交叉融合的特点，利用高校学科门类齐全、人力资源丰富的优势，联合行业研究所和骨干企业协同创新，建设我国滚动轴承协同创新研发中心及协同创新研发平台，掌握滚动轴承关键技术，促进核心技术向产品的快速转化，无疑将大大提高企业核心竞争力和推动轴承行业整体技术进步。

协同创新可以强化轴承行业高端人才培养 应该看到我国轴承行业和国外发达国家技术差距巨大的原因还在于人才特别是高端人才的差距。长期以来轴承企业中人才仍主要依赖于企业自己培养，这样其对新技术的掌握明显不足，而高校中培养的学生又由于和企业结合程度不足，其掌握的知识和企业现实和要求存在一定差距。为此亦亟待通过协同创新，建立以高校、相关科研单位及大型轴承企业深度融合、具备研究、设计、工程背景的高端人才培养基地，以切实提高我国高端轴承设计人员的设计能力及管理水平。

中国轴承工业经过 50 余年的发展，尤其近 20 余年的飞速发展，已经为技术创新奠定了良好的物质基础。民族企业只有充分重视和使用由核心技术为主要要素构成的核心竞争力，通过协同创新的模式建立我国滚动轴承协同创新研发体系，促进核心技术研发和向企业核心竞争力的转化，才能实现由大向强的转变，中国也才能实现从世界轴承大国走向世界轴承强国的目标。

参考文献：

[1] 杨晓蔚. 技术创新是中国轴承工业的核心竞争力[J]. 中国轴承论坛第三届研讨会论文

[2] 李兴林,刘新春等. 轴承企业技术创新之我见[J]. 中国轴承论坛第四届研讨会

论文集

[3] 储少敏. 提高企业核心竞争力迎接国际市场新挑战[J]. 中国轴承论坛第四届研讨会论文集

[4] 梁志强. 现代企业的战略管理与核心竞争力[J]. 哈尔滨轴承, 2004,25(1)

[5] 林明杰. 企业专有技术对企业核心竞争力培育的影响[D]. 贵州大学硕士论文

[6] 范国华. 西北轴承集团有限责任公司核心竞争力的综合评价及培育[D]. 西北工业大学硕士论文

[7] 卢恩华. 企业管理者对中小企业核心能力的影响研究[D]. 华东交通大学硕士论文

[8] 刘耀中,栗洪照. 从材料及热处理浅谈轴承延寿[J]. 轴承, 2002(10)

[9] 汪久根,王庆九,章维明. 滚动轴承动力学的研究[J]. 轴承, 2007(3)

作者简介：庞碧涛，硕士，教授级高工，洛阳 LYC 轴承有限公司总工程师