

专家论文 1:

高端滚动轴承发展战略初探

王玉明 索双富 卢刚 李永健 郭丹 黄伟峰

摘要

本文首先分析了我国滚动轴承工业的发展过程以及目前达到的水平。从产量看，我国已经是轴承生产大国，从质量看，我们国家的轴承工业的增值能力还需要提高。结合轴承工业的市场需求推动与经济发展需求，从基础研究、工艺与测量设备开发、可靠性体系完善、管理方式提高、整体布局方面，对未来提出了初步建议，供行业相关人员参考。

关键词

滚动轴承 战略 现状分析 历史回顾 基础研究 应用研究

1 引言

轴承是现代工业的基础零部件，是工业的基础行业，其生产能力与研发能力，直接影响到国力的体现。轴伴随着近代工业的发展，我国的轴承工业从开始的维修、仿制到自主研发。从主要依靠进口，到基本满足国内经济发展需要，并出口到国际市场。轴承工业走过了艰难而曲折的道路。

从整个世界看，轴承是标准零部件，从其发明到今天，其结构形式变化不是很大，可是其性能在不断的提高。其种类也和各个行业的特色紧密联系，发展成了多种类型，多种形式，多种特色。由于轴承适合大批量的工业生产，目前，轴承的生产主要集中在 SKF、NTN、FAG、TIMKEN、NSK 几个跨国企业。我国目前的生产企业还没有形成国际品牌。国内某些极端条件下的轴承，比如陀螺

轴承、高铁轴承、高精密的机床轴承、高端汽车轴承等，还是依靠进口，某些军工产品，比如航空发动机轴承，虽然能够生产，但是，其可靠性还和国际知名品牌有差距。

从目前整体情况看，我国是轴承工业的生产大国，但不是轴承工业强国。我们国家整个轴承工业的产值与国外的知名跨国企业的产值相比还有很大的差距。我们对轴承工业的基础研究、应用基础研究、测试设备、工艺设备、可靠性体系方面，还有很大的差距。为了让我国尽快从轴承大国转变为轴承强国，从自身的特点出发，从实际能力出发，探寻发展战略，是轴承行业以及国家的一个重要需求。

2 滚动轴承的发展回顾

从黄帝时代发明车以来，中国古代就孕育了轴承的发明，轩辕和车是联系在一起词汇。秦始皇统一中国，修建直道也为轴承的发明奠定了基础，从山西省永济县薛家崖的出土文物看，秦朝就有滚动轴承使用的可能。但是，现代轴承工业是随着珍妮纺纱机和瓦特蒸汽机的发明而发展起来的。中国近代的轴承工业，在 1949 年之前，中国的轴承制造业还十分落后，几乎是空白状态。仅仅在上海有几个轴承作坊，房店有日资控制的一个小厂，零部件并不完全自己生产，保持架和钢球还是从由日本本土企业提供。1949 年全国的轴承总产量才 13.8 万套。

1949 年到 1957 年，是中国轴承的奠基阶段，国家首先在瓦房店恢复了轴承生产，然后北迁，在哈尔滨建立了轴承分厂，上海的轴承生产力量也进行了组合和调整，1954 年开始在洛阳建立了洛阳轴承厂，1958 年 7 月洛阳轴承厂正式开工生产。

1958 年到 1977 年是国家轴承体系形成阶段。建设了一批大中型轴承企业。哈、瓦、洛、上海形成了轴承骨干企业。科研院所和教育体系也得到建立。为了

配合三线建设，在贵州建立了贵州虹山轴承总厂、银川建立了西北轴承厂、甘肃天水建立了海林轴承厂、湖北襄阳建立的襄阳轴承厂、陕西建立了海红轴承厂，此外还建立了一批轴承小厂。从解放初期的轴承生产主要为农业、矿业服务，逐步建立了军工轴承生产基地。并形成了专用轴承的研发力量。

轴承专用设备和测试仪器也得到了发展。其中石家庄轴承专用设备厂、烟台轴承仪器厂、兴中轴承仪器厂（甘肃天水）都发挥了作用。在此期间，我国还援建朝鲜、越南建立了轴承厂。

1978-2000年，是轴承行业的快速发展时期，在此期间，重点发展了“三车”、“三机”、“三高”轴承产品。形成了哈、瓦、洛、西北、上海的大型骨干企业，以及许多的中小型企业。民营资本的轴承企业也初见端倪。浙江的民营资本异常活跃，为轴承工业的出口创汇做出了贡献。外国的大型轴承生产企业也开始与国内厂家合资、独资建厂。2000年全国轴承产量22.3亿套，工业总产值240亿，仅次于日本、瑞典、美国、德国。中国步入了轴承生产大国。

2001年-今，中国在向轴承工业强国迈进阶段。但是，这个过程并不顺利，民用大型飞机的生产才刚刚起步，其轴承生产也在酝酿之中。高速铁路虽然为我们的出行带来了方便，但是，轴承还是NTN、SKF、FAG、NSK的产品。形势仍然很严峻。轴承出口还是以中小型普通精度轴承为主，轴承生产的增值不高。

3 滚动轴承的状况分析

从日常生活中的自行车、空调、冰箱、微波炉到汽车、飞机、火车、机床，轴承品种已经达到上万种，其中SKF、NSK、NTN、FAG、TIMKEN公司的品种都达到万种以上，规格10万个以上。我国轴承规格仅仅有70000多种，只有少数军工和专用轴承产品拥有自主知识产权，行业的研发能力不强。

3.1 运输设备轴承

自行车、电动自行车、摩托车、乘用车、载重车、轮船、飞机、火车是轴

承的使用大行业，目前我国汽车行业的年轴承需求量已经达到了 20 多亿套以上，但是高档汽车的轴承还没有采用国产轴承，这虽然有国外汽车厂商的阻挡，也有我们自身质量不足的问题。SKF 不仅为上海大众、一汽大众、东风神龙、上海通用、长安福特等合资企业配套轴承，还为华晨、奇瑞等配套。外资也在国内建立了很多生产企业。技术直接转移到概率很小。高铁轴承已经成为人们日常议论的一个战略问题，如果出现国际形势不稳定，中国高速铁路的运行速度目前就有可能降低，因为轴承目前都是外资企业供应。高可靠性的民用飞机轴承，也是今后遇到的难题之一。

3.2 矿山与冶金设备

中国的煤炭产量目前已经达到 30 亿吨，水泥、钢铁、玻璃的产量也是远远领先于世界各国。巨大的生产市场，为设备生产提供了良好的空间。设备中的轴承，也是重要的基本部件。虽然矿山冶金行业由于成本原因，采用了大量的国产设备，但是，某些高效企业，比如神华集团的煤矿企业，还是大量的采用进口设备，因为其设备的可靠性高，持续生产能力强。提高了生产效率。在国家“十二五”的计划中，对设备可靠性提出了详细的考核指标，轴承，作为其基础部件，轴承的可靠性指标是设备提高可靠性的基础。

3.3 能源与动力设备

大型成套发电设备、大型水利发电设备、大型舰船动力设备、大型风电设备、核能发电装备，国家已经能够进行生产或者部分生产，其中的轴承也逐步的采用国产产品，但是，某些关键轴承，由于主机厂家的全球采购策略，导致国产产品处在竞争的劣势状态。国产高端轴承一是在名气上和国际一流的企业还有差距，在机理研究上也确实存在不足。

3.4 机床设备

机床是工业母机，是生产其他设备的基础。国际知名的大公司，都是从是

从事装备制造的企业，西门子、西屋、通用、波音、空客这些公司生产的设备遍及全球。装备制造能力的体现就是各类机床。高精度机床主轴轴承的制造，一直是轴承行业的一个高附加值产品。高速电主轴是磨床中的一个关键部件，其轴承已经开始采用陶瓷球轴承，润滑也采用气雾润滑。高性能的滚动体，一方面要解决材料的稳定性问题，还要解决磨削的质量和高精度滚动体的测量。

3.5 航空航天

航空航天工业是在国防工业的推动下发展起来的，国防工业虽然解决了人有我有的基本问题，但是，我们的设备的可靠性还需提高，在国产飞机、卫星、火箭的装备中，我们的轴承还需要不断的提高，特别是极端条件下，滚动与微摩擦共存、润滑不充分的条件下的失效机理。民用飞机的制造目前还没有形成市场，未来也是一个重要的应用市场。

3.6 军工产品

我国的机械工业和军事工业是密切相关的，从汉阳兵工厂开始，工业逐步发展起来，从解放初期的火炮轴承开始，已经为坦克、装甲车、越野车等各种兵器提供轴承，但是，我们的轴承性能还需要进一步提高，特别是国土面积广大，从热带到寒带、从陆地到海洋、从地面到高空直至太空、从平原低海拔到高山高海拔，从西双版纳的热带丛林到新疆的戈壁沙漠，广阔的国土面积，加上军事装备信息化的发展，需要我们的兵器能够适应广泛的环境。

3.7 仪器仪表

测量设备一直是我们的短板行业，从研究院所的测量设备，到工业企业的测试分析中心，高端的仪器仪表均是从欧美日进口，国家在十二五规划中，已经提供了专项资金。自然科学基金委也设置了仪器仪表专项。在我们轴承行业，从事测量设备研制的院所不多。还没有形成追赶国际一流轴承企业的分析测试设备的能力，既影响轴承制造过程的检测与质量保证，也影响轴承产品的创新与改进，影

响轴承的研发与创新能力。

目前，我国还缺少像 SKF、FAG、NTN、NSK、TIMKEN 这样的大型轴承企业集团，在科技创新能力方面还比较低，产品的质量不稳定、寿命短、可靠性差，产品的工艺装备还比较落后，制造水平低。从事基础研究的人员少，从事产品设计的人员素质需要提高，虽然目前我国的博士毕业生数量很大，可是具体从事轴承应用基础、以及基础研究的人员还是不足。

4 高端滚动轴承的发展战略初探

高端轴承，从生产企业讲是具有高附加增值的产品。从用户角度看，是具有高性能、高可靠性的产品。从国家的整个层面看，高端轴承是具有高性能、能够适应极端应用条件的产品。由于思考者的角度不同，对高端轴承产品的理解不同。在完全市场的条件下，少量的极端条件下的产品，比如卫星轴承，企业就不是太积极生产。而从整个国家层面看，各种军事用途的轴承，都要求能够长期稳定的提供高可靠性的产品。因此，发展战略就分为了国家发展战略、行业发展战略、企业发展战略、区域经济发展战略等多种形式。

4.1 加强基础研究，提高自主开发能力

滚动轴承虽然是将滑动摩擦抓换为滚动摩擦的部件，但是，在考虑材料弹性，以及其中的几何形状，许多轴承中都存在几何滑动与弹性变形引起的微滑动，对这些问题的深入研究，有利于理解轴承的损伤失效过程。目前国内的两个摩擦学重点实验室，具体从事滚动轴承摩擦学的学者还难以计量，国内专门进行滚动轴承接触应力疲劳的软件平台也没有形成。虽然利用 ANSYS 等一些计算软件，开展了接触应力场的计算，但是，计算的条件有些简化，导致计算结果的参考意义很大，定性的指导意义不强。同样，国内专门模拟轴承的摩擦学测试设备也不多，仅仅测量滚动轴承的摩擦力矩，只是一个综合数值，不能够体现出某些个体因素的影响。轴承在工作的过程中，会发生温度的变化，温度导致外圈、内圈、

滚动体、保持架间的间隙、油膜等都发生变化，充分认识、理解这些过程，对提高设计水平有一定的指导意义。转变我们设计轴承从单纯的仿制到自主主动设计开发，这还需要逐步的培养人才、提供环境、逐步实现目标。

4.2 加强工艺测量设备，提高质量稳定性

轴承的生产材料的稳定性对产品的质量影响很大，从简单的电炉镇静钢，到电渣重熔去杂质，到真空熔炼去杂质，以及某些极端条件下的晶体定向生长。这些都是为了保证材料的均匀性与稳定性。材料毛坯的金相分析，生产过程的在线金相**测量**，都为提高轴承质量的稳定性有帮助。在线测量设备，也是提高质量稳定性的重要手段，特别是通过在线测量设备，可以形成闭环实现机床的调整，从而令加工产品的误差更小。

4.3 加强可靠性测试与分析

国产轴承可靠性差，是用户的普遍印象，这有非科学的主观成份，也有实际原因。国内目前轴承行业的企业很多，质量参差不齐。少数不负责任的企业，导致了用户的差印象。改变这种现象，一是通过产业的不断升级，通过严格的市场准入制度以及检测体系来保证。更重要的是，我们要完善我们的可靠性测试设备，完善我们的产品可靠性测试过程。虽然国内骨干企业的质量稳定性较高，在国内客户中也有很好的声誉，但是，相对国际知名企业，我们的可靠性系统还需要提高。

4.4 提升管理水平

管理是调节人与人合作关系的重要手段，满足人性的管理体系具有良好的生命力，也能够激发人的创造力。在市场销售、生产、研发、管理的人员关系上，合理的价值鼓励，能够推动企业进步，不断加强人力资源开发是激发企业活力的重要因素。任何企业的文化都是永恒的课题。整个企业内部的人员和谐发展，才是共赢的根本。消费者和企业的和谐才是长久发展的根本。

4.5 合理布局

全球化的理念和发展，确实推动了我们的技术进步，但是，国家不消亡，局部的冲突必然存在。我们是一个大国。全面的、科学合理的工业体系是我们的国家需求。从整体战略出发，合理布局各种产业结构、规划好重大产品的结构布局、协调好各种类型企业的发展，特别是大型骨干企业的发展，显得具有重要的战略意义。同时要对高端轴承的创新发展分层次、分阶段、分区域给与支持和协调。军工轴承、航空航天轴承、高铁轴承都是有代表意义的国家重要产品，需要有合理的布局 and 保证体系。特别是轴承的基础研究与轴承的应用基础研究，在大型中心城市，形成 1-2 个研究中心，对集聚人才，突破重点，带动产业发展具有重要的意义。

5 参考文件

- 1 中国轴承工业发展史，中国轴承工业协会，2005
- 2 杨晓蔚 周宇，滚动轴承重要性与技术含量纵论，轴承，2003 年 1 期
- 3 王全清 何加群，风力发电机组配套轴承市场预测，现代零部件，2008 年 6 期
- 4 李荐名，轴承企业的规模经济与成本管理的对策，轴承，2003 年 1 期
- 5 国内汽车轴承市场竞争加剧，机械工程师，2006 年 11 期，
- 6 高铁轴承市场分析，行业透视，21 实际经济报道
- 7 张俊江，高端轴承装备制造业的发展机遇，轴承，2011 年 12 期
- 8 杨贵杰 秦冬冬，高速电主轴的关键技术及发展趋势，伺服控制，2010 年 6 期

第一作者简介：王玉明，中国工程院院士，清华大学教授

