

滚动功能部件测试试验技术的发展现状分析

■ 机械工业数控机床功能部件性能检测与可靠性技术重点实验室副主任 欧屹



数控机床发展水平的高低，功能部件起到了极其重要的作用。滚珠丝杠副、滚动直线导轨副作为数控机床的传动部件，其性能优劣很大程度上决定了机床的精度和精度保持性。据统计，国产高档数控机床中的丝杠、导轨国产化率不足5%，大部分滚动功能部件产品依赖进口，多数用户点名要求采用进口功能部件。中档数控机床使用的50%功能部件来自台湾地区，国产（不含台湾，下同）仅占30%。在数控机床专项的支持下，我国滚动功能部件行业开发了一批高速、

精密、重载滚珠丝杠和滚动导轨产品，目前，部件产品主要技术指标已接近或达到国际先进水平，但围绕市场需求，滚动功能部件行业不只是一要做出“高水平样品”，还必须实现稳定的批量化、产业化生产。但是受材料和热处理、关键设备、关键技术和关键工艺的限制，中高档滚动功能部件的规模化生产与国外相比还有很大差距，还处在争取国内高端用户逐步认可的阶段。

随着产品水平的提升，在赶超国外同行的过程中，国内滚动功能部件行业除了产品、市场及材料等之外还面临着新的问题：试验与检测能力的不足、基础试验研究积累欠缺。

滚动功能部件试验检测技术的发展是解决市场占有率问题的重要技术支持

(1) 滚动功能部件行业中高档产品迈向规模化、自动化生产过程中，必须有专业自动化的检测设备。产业规模化程度不足是国产功能部件产品与中国台湾

地区产品竞争处于劣势的最主要原因之一。“十三五”规划中核心零部件的产业升级，落在功能部件行业，最直接的就是自动规模化的生产，相关重大专项课题已经启动，各主干厂家也十分注重规模化、自动化生产线的建设。扩大规模化生产对应的各生产设备，包括各类专用磨床、专机设备等前期具备一定基础，可以通过采购、自行改造生产等手段扩大规模。但是中高档滚动功能部件规模化生产必不可少的条件之一是生产过程中的零件精度、性能检测，这是高精度产品质量稳定的重要监控手段。日本及中国台湾相关企业的生产线中配置了大量的专用精度检测仪器和摩擦力、摩擦力矩检测仪器，而国内企业大多数检测仪器配置在装配、计量或质检部门。除了生产体制的差别之外，很重要的技术原因是国内高效、自动化的专用检测设备欠缺。究其原因，笔者分析主要有两部分：第一是缺乏实用的、适合生产线上使用的检测专机，例如滚道内外齿形检测仪器，行业目前检测方法多

使用光学比对的方法，效率低，有时还会对零件进行破坏，没有专用设备，在规模化生产中只能通过工艺方法进行开环控制。第二是检测设备普及率低，近些年针对产品最终性能的检测仪器例如行程误差测量仪、摩擦力矩测量仪等设备各主要厂家都已经大量装备了，但生产过程中的类似设备由于技术、资金等投入不足，缺乏普及。例如：导轨、滑块滚动平行度自动检测设备，国内A厂家自行研制了相关设备，并且在生产线上大量使用，直接提升了其高档产品的稳定性、中档产品的互换性。B厂家前期高价进口了同类高档仪器，但是限于成本过高，当面临规模化生产时，其检测能力不能满足实际使用。但是，行业内更多的企业还没有装备类似仪器设备。

(2) 产品研发过程中需要大量的试验条件。日本滚动功能部件厂家生产面积与试验检测面积比例约在1:1。同为基础零部件的轴承行业，其研发、试验和检测投入的人力、财力也远高于目前国内功能部件企业。目前国内大多数功能部件企业没有试验条件，甚至部分企业检测条件也不完善，这是国产功能部件企业处于产业低端的一个重要体现。其原因源于内外两个方面：内因是企业自身缺乏专业科研人员、缺乏试验投入、缺乏持之以恒的坚持；外因是缺乏相应的试验设备、试验技术。当然，近年来通过重大专项的支持，部分企业也建立了相关实验室，基础条件取得了长足进步。

(3) 产品推广过程中试验

验证是最为直观的证明。依照客户使用条件进行的试验验证结果是最具有说服力的材料，以国内外厂家样本为例：德国、日本产品样本中针对每一类型产品大多具有试验曲线，国内企业大多只有一个参数；如果针对某进口产品需要特殊的验证试验，国外企业再收取相应费用后可以提供完善的试验结果和数据，目前国内企业大多做不到。再以航空、航天、兵器及高铁等特殊行业为例，其采购产品必须通过试验验证，这些必然要求生产企业有相关的试验验证能力。

综上三点，国产滚动功能部件在中高档市场的进一步发展离不开在试验、检测方面的投入。

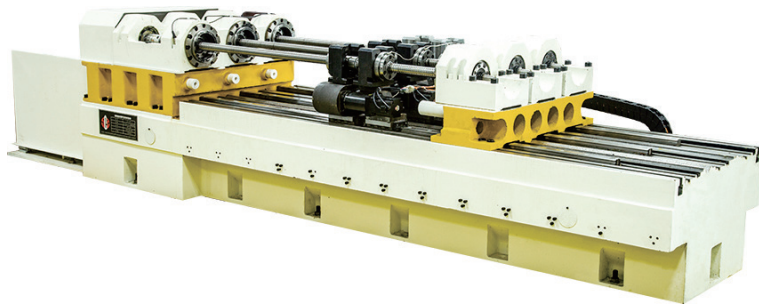
功能部件行业测试试验技术发展状况

接下来，从试验检测技术、测试试验装备、第三方测试能力三方面简要介绍目前功能部件行业发展状况。

首先，“十二五”期间，在试验检测技术方面，滚动功能部件行业取得了长足的进步，在“04专项”的支持下，全面完善了刚性、精度、综合性能、可靠性、精度保持性及寿命试验等试验的体系和方法，建立相关的技

术标准。相关的研究工作已经得到行业的关注，但限于专业研究人员的不足，欠缺进一步在行业内进行推广，仅限于几大龙头企业。近年来精度保持性及可靠性成为高档数控机床发展的重点，也是国产功能部件行业研究的重中之重，是国产高档数控机床功能部件国产化的关键。同时，滚动功能部件测试试验在几何量精度动态检测基础上向滚动型面误差测量拓展，从而保证为高档数控机床主机提供高精度、高寿命的滚动功能部件产品；从单一性能检测发展为综合性能全方位检测，可为高档数控机床主机提供高性能、高可靠性的功能部件产品。

其次，随着相关技术在“十二五”期间的突破，行业内测试试验装备的研发填补了行业部分空白，研制了丝杠/导轨额定静载荷及刚性试验台、丝杠/导轨功能可靠性试验、丝杠/导轨精度保持性试验台、丝杠/导轨额定动载荷及寿命试验设备等大量试验、测试设备。龙头企业都建立了一定规模的专业试验室，随着企业重视程度的提升，在试验检测硬件条件上正在迎头赶上。在可预计的后续发展过程中相关的检测试验设备会不断完善，更多



“04专项”研发的滚珠丝杠副可靠性综合试验台

的行业专用检测设备也将陆续研发，例如，丝杠内外滚道的自动化检测设备、导轨滑块内外滚道自动检测设备、面向特殊行业的高过载小型丝杠可靠性试验设备及滚动进给系统振动诊断仪器等一大批设备也将在“十三五”期间出现在国内滚动功能部件企业生产线上。

最后，第三方测试试验服务能力主要包括测试试验相关技术研究、设备研发的第三方团队，以及提供第三方测试试验服务的机构两方面。在发展国内功能部件测试、试验体系和技术的过程中，不能基于现有各专业厂技术低水平分散式发展的旧有格局，避免投入资源的浪费，而需要联合龙头企业，打破企业间壁垒，基于专业院所创新团队多年研发成果及技术积累，利用现有建成的共性技术平台，产、学、研、用组成大团队攻克关键技术，并将直接将相关技术辐射至行业。这也是“十二五”期间滚动功能部件行业在测试试验方面取得较大进步的重要因素之一。目前功能部件行业无论面向用户的验证、面向行业的测评、评估都需要专业科学公正的第三方平台。通过

各方共同努力现在已经建立起来相关的平台，具有了完善的试验检测能力，具有技术辐射的能力。但是限于设备台（套）数、人员数量等因素，尚不能满足功能部件行业的巨大需求，面向行业提供服务的能力不足。

建立数控机床重点实验室，推动行业进步

南京理工大学于2014年5月建成并获批省部级“机械工业功能部件性能测试评价与可靠性技术重点实验室”，该实验室是上述平台的重要依托。实验室现有面积3 000m²，其中，试验面积2 500m²，办公面积500m²。现有专门针对功能部件精度、性能、可靠性、寿命、精度保持性试验和检测装备28台（套）。实验室致力于高端装备功能部件试验技术及装备研究，建立高精度非接触式滚道型面误差测量技术体系，构建滚珠丝杠副行程误差、性能与摩擦力矩动态高精度测量技术体系与系列装置。建立滚动功能部件行业可靠性、精度保持性、寿命评价体系并研发系列装置。

针对刀库、滚动功能部件等关键部件，结合材料、设计、工艺及力学等知识体系，从材料、材料表面微观结构、产品结构及应用环境条件等多角度进行磨损、疲劳等失效机理研究。针

对功能部件建立相关体系，起草相关行业规范，研制相关试验设备，系统深入进行可靠性、精度保持性、疲劳寿命研究。实验室的愿景是成为推动行业进步的重要力量。

近3年，实验室将从3个方面为滚动功能部件行业提供服务：

（1）直接为企业提供测试试验设备或相关技术。在实验室内研发成熟的测试试验技术和相关设备已经辐射至多家企业，包括：南京工艺装备制造有限公司、汉江机床厂、国检中心及沈阳机床研究所等，根据需求向企业提供测试设备、技术支持或测试试验软件等。

（2）为行业提供测试服务，并开展行业测评工作。目前已经有超过15家滚动功能部件企业，超过200种不同型号滚动功能部件产品在实验室进行检测、试验。行业内对提供的试验检测服务反响热烈，不断有企业前来参观并提供样件进行测试试验。在工信部与机床总会的推动下，实验室于2015年，启动了针对滚动功能部件行业的测试评价工作，将逐步对行业产品的刚性、精度与综合性能、精度保持性进行测评。

（3）为航空、兵器等行业提供试验验证服务。实验室帮助很多试验能力不完善的功能部件企业开展了试验验证服务，功能部件企业将他们的用户带到实验室内，共同开展验证试验，专业的设备、科学公正的试验条件，有力地证明了产品的性能，支持了企业的市场拓展。MW

（收稿日期：20160225）



重点实验室一角