

RIFA 在轴承专用装备上的突破和突破规划

浙江日发精密机械股份有限公司磨削事业部总经理 梁海青

近年来，中国和世界经济正面临深度调整，全球制造业格局发生着深刻变化。发达国家纷纷实施“再工业化”和“制造业回归”战略，发展中国家则以更低的劳动力成本承接劳动密集型产业，加速崛起，我国制造业面临着双重挤压。而正在孕育兴起的新一轮科技革命和产业变革将是重大机遇，特别是信息技术和制造技术的融合，将对制造业生产方式、发展模式带来颠覆性、革命性的影响，并将重塑制造业发展格局。

为此，按照为我国轴承产业转型升级、科学发展、由大到强提供强有力的技术支撑这一总的要求，“十三五”对轴承专用装备提出了以下发展要求：

- (1) 精度和精度保持性、性能和性能稳定性、使用寿命和可靠性、加工效率、自动化智能化程度达到国际先进水平。
- (2) 主要技术指标满足加工高端轴承、重大装备轴承和高精度高性能轴承的要求。
- (3) 立足自主创新，关键轴承装备国产化率达 80%以上。
- (4) 节能减排降耗，绿色低碳制造。

浙江日发精密机械股份有限公司（简称日发精机/RIFA）是浙江省机械行业的骨干企业和原国家机械部数控机床重要制造基地、国家级 CIMS 工程示范企业、国家级高新技术企业、全国普及型数控机床前五强，被中国机床工业协会评为“中国机床行业数控机床产值十佳企业、综合经济效益十佳企业”。公司认真实施“您只要提出需求，其余让我们来”之经营理念，全面推行交钥匙工程，实施完善的售前、售中、售后服务工作，已建立起全球性的营销服务网络。

日发精机一直专注机械产业线的研究与开发，并为各细分市场提供针对性的解决方案。公司现有产品覆盖汽车零部件、航空、军工、轨道交通、船舶、风电、矿山机械、电机等行业。

公司主要的产品和轴承磨超加工相关设备有：单/双列球轴承磨超自动线、圆锥/柱滚子轴承磨超自动线、汽车轮毂轴承磨超自动线、高精度角接触轴承磨超自动线、铁路轴承磨超自动线、数控囚笼内外球面磨床自动线、轴承装配自动线、球面滚子单机磨加工设备、水泵轴承磨加工设备、无心磨等等。通用数控机床相关设备有：卧式数控车床、

立式数控车床、卧式加工中心、立式加工中心、数控龙门铣床和落地镗铣床、航空零部件加工设备、飞机自动装配线等。

上市之后 RIFA 公司不断引进和应用现代化技术和设备，不断强化科技意识，实现高科技管理，充分发挥科技人员的作用，依靠科技进步推动产业结构调整和优化升级。基于对设备新结构/原理、新材料、受力的研究，以及新技术的应用、零件加工质量的提高，装配工艺的完善，专业人员的培养，RIFA 拥有完整的产品设计、工艺、制造、检测等技术手段，以及从新产品开发到成品生产的一条龙生产条件。

设计：充分了解国外著名企业相似设备的原理、结构；进行优、缺点的分析、对比，关键技术的破解，然后吸收整合，在这基础上结合企业自身的特点，实现自主创新。与天津大学、浙江大学等名校合作，对重要的零部件进行静态力学分析，模拟动态的变形分析，保证机床在静态、运动过程中的刚性。根据分析的结果以及所需要达到的性能要求，在设计阶段调整零件的材料、结构。

制造：为了进一步提升铸件质量，日发精机收购了原山西忻州重型机械有限公司，能年产 8 万吨铸件，拥有进行一次性 50 吨铸件退火的回火炉。铸件都经过二次回火，并且自然时效时间基本在 1~2 年左右。在加工设备上，拥有意大利法利图导轨磨、斯图特主轴磨、OKMA 的五面体龙门加工中心、瑞士的 DIX 镗床、意大利 MCM 卧式加工中心等，能确保关键件的精度要求，标准化要求。为此主要关键件从铸造到加工，都由本司自己完成，保证了关键件的加工质量。

装配工艺：充分吸收 MCM、NOVA、东洋精机、斯图特等国外先进设备制造厂家的装配工艺，结合 FAG、NSK、SKF、TIMKEN 等著名国外企业在采购过程中对设备的具体要求，融合日发精机自身的特点，对装配工艺不断进行完善、提高；使其能指导装配，制造出高端的产品。另外改善、提高测量手段，利用激光干涉仪、振动仪、电感测微仪和微晶尺等先进的仪器对每个环节按照装配工艺进行严格控制。

人员培养：参与国外重大项目的交流；外派到海外厂家学习国外先进的制造装配技术；内部专业化培训等手段提高人员的素质。

一、RIFA 轴承套圈磨超加工设备的突破

（一）深沟球轴承磨加工设备

国内设备：目前已有微小型、小型、中小型、中型、中大型、大型六种规格的磨超设备，涵盖内径范围 5~400mm 的深沟球轴承内外套圈；并可组成自动生产线，实现在线自动检测、反馈、补偿、统计、纠错、防漏等修正措施，设备相对比较成熟。生产精度上基本都能满足 P4/P5 级轴承的要求；生产效率上，小型全线节拍 10~15 秒/件。

RIFA 设备目前从精度，稳定性，效率方面跟国外先进厂家的设备比，已经没有什么大的差别。但是在机外检测装置以及机外预调装置的使用上，跟国外设备比还稍逊一筹。

（二）中小型圆锥轴承套圈磨加工设备

国内设备：已可磨出滚道凸度曲线，但对数曲线不稳定；生产精度上不能稳定地生产出 P5 级轴承，P4 级更不能满足要求，设备的加工精度仍然存在技术问题；设备的精度保持性也不理想，往往使用到 1~2 年后精度下降比较多。

国外设备：优势在于滚道、挡边外表面母线的“对数曲线”完美加工，可稳定生产 P4/P5 级精度的轴承，精度稳定性高，可保持 5~10 年的精度寿命；加上高性能电主轴，成型金刚滚轮的应用，生产效率也超出国内一大截，小型号的生产线节拍可达 10~15 秒/套。

RIFA 设备已能生产 P4/P5 级及以上精度要求的小、中小型圆锥/柱滚子轴承内外套圈，全线节拍已经达到 14~18 秒/件，设备稳定性已经跟国外设备接近；另外在对数曲线的程序加工上有了重大的突破，由原先的分段采用函数公式来实现，加上设备功能部件精度的提高，对数曲线对称性、光滑度非常好且稳定；超精机中借鉴 SUPFINA 结构的部分设备今年 9 月份可以推出面向市场。

（三）角接触轴承套圈磨加工设备

国内设备：基本上是在深沟球轴承套圈磨加工设备的基础上，调整局部加工功能，改制而成，没有对设备做整体的规划。结构受限制于原先的机床主体，主轴精度、定位精度、进给精度以及修整器的回转精度都低于精密角接触球轴承零件的精度要求；机床刚度不足，稳定性不够。高的指标无法达到，且一致性差；电机精度、功率不够，受力时有掉速现象。以上问题的存在导致需要频繁调整，零件精度散差大，一次性合格率低，生产周期长，生产效率低。

国外设备：机床配置高、精度高、刚性好且稳定，但高精度角接触轴承的某些指标一样难达到。

RIFA 设备通过动静压技术在砂轮主轴、工件主轴上的应用，设备刚性、振动精度的分析研究，使加工的角接触轴承的圆度、侧摆、沟形指标达到一定高度，跟世界顶尖设备厂（利雪平）的加工精度相当，甚至个别指标还更胜一筹。目前成型产品主要有 RF-50QJ 和 RF-100QJ 两个系列，主要是为中小型及中型角接触球轴承的高性能、高经济效益零件加工而设计的产品，多项工作精度指标达到国内最高、国际先进水平。

（四）三代轮毂单元磨加工设备

国内设备：主要是针对外法兰和内法兰套圈的磨加工（小内圈的加工设备同中小型角接触轴承的内套磨超加工），关键技术在于轮毂单元的上下料卡料、磕碰伤问题，以及装夹定位问题。目前国内机床厂家基本上都是无心夹具结构支撑，上下料结构则有普通机械结构、桁架机械手。

国外设备：轮毂内外法兰单元设备（主要代表厂家：利雪平、东阳、和泉）的装夹定位主要采用液压夹具结构，上下料采用单个机内关机机器人或者是旋转式机械手，辅助时间段，另外配上高性能的电主轴，在效率上优势比较明显。

RIFA 通过成功将关节机器人、直角坐标机器人在二、三代轮毂轴承上应用，为行业解决了二、三代轮毂单元的卡料、磕碰伤问题。无心夹具结构的设备已经非常成熟，大批量的使用。目前日发精机对采用液压夹具结构的外法兰磨床和内法兰磨床也在开发中。

二、轴承装配自动线的研发规划

目前国内深沟球的轴承装配自动线已经非常成熟，再开发也就没有多大意义。

中小型圆锥轴承装配自动线：国内有几个厂家在做，但并未形成规模成熟化，测量精度和装配节拍未尽人意。RIFA 于 2016 年成功研发的 60Z 圆锥轴承装配自动线，可完整的将圆锥轴承内/外圈自动端面输送、退磁清洗、内/外径及高度精度检测排 NG、内组件装配铆压、内外圈合套/成品高度扭矩检测、振动噪音检测、清洗、双面激光打标、喷淋防锈组成闭合连线；完整的装配节拍达到 8~12 秒，自动检测内/外圈直径的重复测量误差 $\pm 0.6\mu\text{m}$ ，高度的重复测量误差 $\pm 1.5\mu\text{m}$ ，合套后成品的重复测量误差 $\pm 1.5\mu\text{m}$ 。清洗过滤精度小于 $1\mu\text{m}$ 。

角接触轴承装配自动线：RIFA 正在研发内孔“ $\Phi 15\sim\Phi 60\text{mm}$ ”、外径“ $\Phi 40\sim\Phi 120\text{mm}$ ”的精密角接触轴承检测装配自动线，预计装配轴承精度达到 P4 级以上，装配节拍 16 秒以内。

轮毂轴承装配自动线：在韩国青松和 NSK 的基础上研发二、三代轮毂单元装配自动线，预计 2017 年 6 月研发完成。

三、精密轴承滚子生产线研发前景

中国轴承工业协会领导“轴承行业短板设备开发——精密轴承滚子自动生产线”的报告中提到：精密滚子轴承生产线目前国内轴承产业只能批量生产 II 级圆柱滚子、III 级圆锥滚子，而高档数控机床和机器人、航天航空装备、海洋工程装备、先进轨道交通装备、电力装备配套的高端轴承，需要装用 0 级圆柱滚子、I 级圆锥滚子方能达到主机要求的精度、性能、寿命和可靠性。显然这已成为制约轴承产业高端突破的瓶颈，主要制约因素是制造轴承滚子的专用装备技术质量水平低，为此开发精密轴承滚子生产线迫在

眉睫。

针对这一需求，在中国轴协的牵头下，推动以引进的滚子多工位冷镦机、滚子外圆磨加工设备、滚子外圆超精研加工设备和滚子球基面磨加工设备为参考对象，进行消化吸收再创新，研制技术质量水平达到引进的国外先进设备、售价为优势企业可以承受、能够系统集成、组建封环的精密轴承滚子自动生产线，批量生产 0/I 级圆柱滚子、I/II 级圆锥滚子，为我国轴承产业实现高端突破、成功为高端装备配套创造条件。

生产线的开发方案为：多工位冷镦机 1 台；磨加工设备 8 台（外圆磨床 4 台、双端面磨床 2 台、球基面磨床 2 台）；超精设备 2 台。预计总需求 200 条生产线，国产化替代进口。

日发精机凭借精益求精的态度，凭借多年的设备制造经验，凭借企业雄厚的资金实力、精良的配套加工设备、高效的研发制造能力，有信心参与生产线中的磨超加工设备的开发，把行业的短板设备“精密轴承滚子生产线”开发成功；而且产品精度，批量生产稳定性能达到行业的要求，从而替代进口设备！当然滚子在材料，热处理方面还需要由滚子厂家来研究。