

实施智能制造 发展智能装备

新乡日升数控轴承装备股份有限公司董事长 王世保

2015年5月，国务院印发《中国制造2025》，部署全面推进实施制造强国战略。以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向，促进产业转型升级，实现制造业由大变强的历史跨越。

新乡日升公司通过承担工信部的智能制造新模式应用项目，实施数控轴承磨床智能制造新模式。公司以打通企业生产经营全部流程为着眼点，实现从产品设计到销售，从装备控制到企业资源管理所有环节的信息快速交换、传递、存储、处理和无缝智能化集成，完成了数控轴承磨床智能制造工厂的建设。

智能制造新模式项目的实施为公司带来了良好的社会效益和经济效益，也使公司进一步确定了发展方向：“制造过程智能化，研发产品智能化”，推进信息化与工业化深度融合，推进绿色制造，提升公司研发、生产、管理和服务水平。

十三五期间公司凝心聚力，砥砺前行，夯实基础，所做的具体工作有：

一、轴承装备制造过程智能化

新乡日升公司属于离散型制造企业，智能制造新模式主要是通过通信网络，实现企业资源计划（ERP）系统、产品全生命周期管理（PLM）、现场数据采集和分析系统物联系统（DNC）、车间制造执行系统（MES）高效协同与有效集成，使销售、设计、生产计划、装备、质检、仓储、装配、服务各环节的数据互联互通，消除了原先企业信息化中的“孤岛”现象，解决了公司信息交互不畅、重复劳动多、效率低下的局面。

新乡日升公司实施智能制造新模式从软硬件两个方面进行。

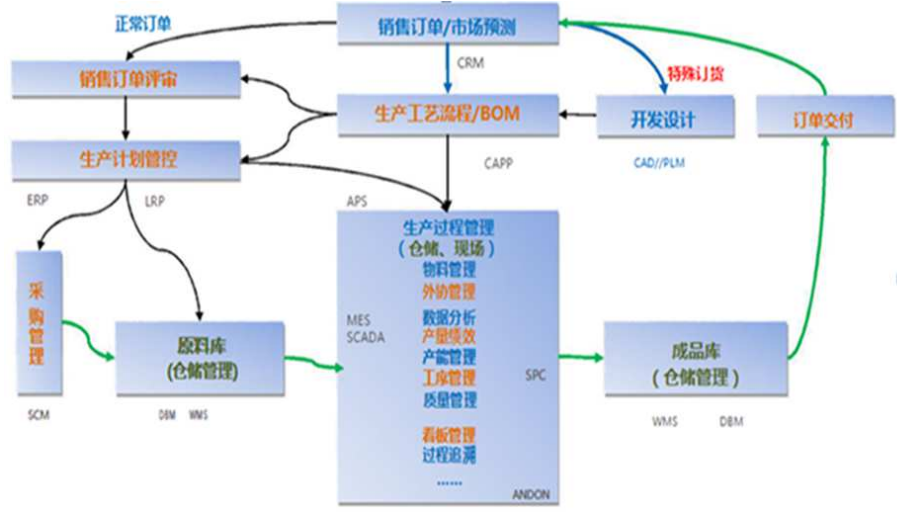
硬件方面公司投入企业级路由器、防火墙、千兆光纤网络、数字AP、WIFI

基站、服务器、无线 PDA、有线扫描枪、条码打印机、自主搬运机器人、数控机床、触控一体机等互联网装备实现厂区通信有线和无线网络全覆盖，构建网络联通基础环境。两个异地机房实现了数据一主、一备两地存储数据，在突发事件时可直接切换；采用硬件防火墙保证信息安全；架设的全方位监控系统也可以对制造过程进行查看。公司对原有数控装备进行改造并增加智能保护，制造桁架机器人，新增数控装备组建轴类和箱体类零件智能加工单元，实现柔性加工，使制造过程安全可控。

软件方面主要是采用 PLM、DNC、U8+MES 管理软件，通过对设计资料、装备管理、物料平衡、生产过程、品质管理等进行数据采集与管控，实现设计、生产、质检、服务各环节的互联和全生命周期中的信息与过程管理。PLM 管理软件对产品图纸文件进行全生命周期管理，提高了产品研发速度和敏捷性；ERP+MES 管理软件纵向贯穿销售、技术、生产、仓库，横向贯穿财务、人事、数据库，可以对任一销售订单物料及质量进行追溯，生产进展进行跟踪，为客户提供更好的服务。

公司新模式业务流程：①销售订单录入 ERP 销售模块后，正常订单由生产模块依据销售订单生成生产订单；特殊订单由设计、工艺人员应用三维软件进行仿真设计，提前下发生产进行长序件毛坯的准备，然后逐步完成所有设计；②设计图纸完成后由 PLM 软件自动生成物料清单 EBOM，并按设定的规则自动生成符合 ERP 软件要求的物料编码和 MBOM，对接到 ERP 系统；③采购外协按照技术提供的 MBOM 分配加工路线和业务人员，按照销售订单交货时间设定物品到货日期并进行 LRP 需求运算，自动生成生产、采购、委外订单下发任务需求，在系统内可执行订单统计运算检查任务执行情况；④机加工按 DNC 软件统计的机床状况对接收的任务进行人机的合理分配和程序的指定下派，加工完成后报检；⑤质量应用 MES 系统对报检的物品进行检验，合格后生成二维码标签打印粘贴，

扫码入库；⑥装配生产任务下达后，仓储分解物料到各仓库，齐套后领用，较小物料由视觉搬运机器人配送到需求班组；⑦关键部位装配参考二维码标签上的数据进行选配安装，按工步进行报检，质量部门检验确认后数据录入系统，工步完成，装配进度占比由看板展示；⑧整机校验后入库，销售接单发货结束。



产品交付全流程

二、 轴承装备的可靠性提升

我国目前虽然是轴承生产大国，但仍然不是制造强国。虽然轴承工艺装备近年来取得的长足的进步，精度和性能已经达到或接近国际先进水平，但精度保持性和性能稳定性与国际先进水平有较大差距，轴承工艺装备需要在稳定质量的前提下追求更高的效率以及制造系统的自动化和智能化。公司提升设计理念，在零部件的结构、可靠性、机床刚性稳定性上进行了大量的优化设计，提高机器无故障运行时间。

轴承套圈生产线装备基础部件改进：①通过对机床刚度、床身动态性能及模态分析，对机床主轴刚度和动态性能及精度分析设计合理的机床结构布局，保证机床刚性相对最高；②砂轮轴增加动平衡装置，实现在线动平衡，提高机床加工精度；③同步工件轴、同步砂轮轴的应用，使结构简化，机床振动减少，提高表面加工精度；④采用机外预调装置，实现快速更换工装，消除支承痕迹，降

低更换型号人为调整偏心造成的偏差；⑤ CBN 砂轮、SG 砂轮的锋利性及耐磨性，可减少修整次数，长时间无需换磨具，保证加工精度及尺寸的稳定性；。⑥采用同步轴驱动的滚轮碟片圆弧修整器进行 CBN 砂轮修整，可修出满意的砂轮表面质量，保证粗糙度加工需求 ⑦无心夹具采用 PCD 支承和硬质合金磁极，耐磨性好，长时间无需调整；⑧不锈钢整体护罩及局部小护罩使工作空间完全受到屏封保护，避免磨液喷溅造成元器件损坏及护罩被腐蚀漏液。



同步轴



机外预调装置



PCD 磁极



CBN 砂轮



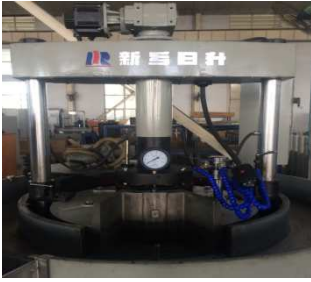
SG 砂轮



碟片圆弧修整器

轴承滚动体装备研球机改进：①主轴传动采用锥齿轮减速电机使输出扭矩增大，可靠性更高；②立式主传动减速电机输出轴由向下改为朝上，避免减速机漏油造成皮带打滑；③立式主轴端面轴承规格加大，采用隔油套型式的机械密封，解决主轴漏油风险，卧式主轴端面轴承采用调心球面滚子轴承，高精度主轴结构使转动盘的径向跳动、端面跳动提高到 $10\ \mu\text{m}$ 以内甚至可达 $5\ \mu\text{m}$ ；④立式床身采用新的加工工艺实现料盘升降长轴、短轴的孔的一次性定位加工，横梁两个立柱孔+料盘 3 支杆孔的一次性定位加工，使得加工质量得到充分保证，装配更加方

便；⑤采用伺服液压站或伺服电机驱动丝杆穿过空心主轴实现中心加压、等距弹簧压缩结构、蝶形弹簧保压的加压进给机构，可以保持压力恒定，且可以微量进给、随时停止，更适合于研磨加工时的对刀调整；⑥定压螺母电动控制旋紧和放松动作，实现分阶段压力的自动转换，匹配主轴转速自动转换，自动卸球装置，使单机自动化、智能化控制成为可能。



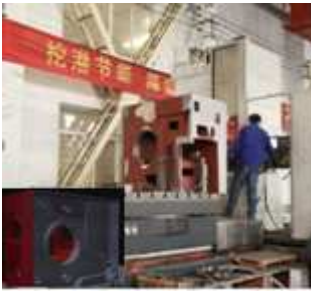
立式伺服加压



卧式伺服加压



高精度主轴



加工中心加工床身



定压螺母电动控制



自动卸球

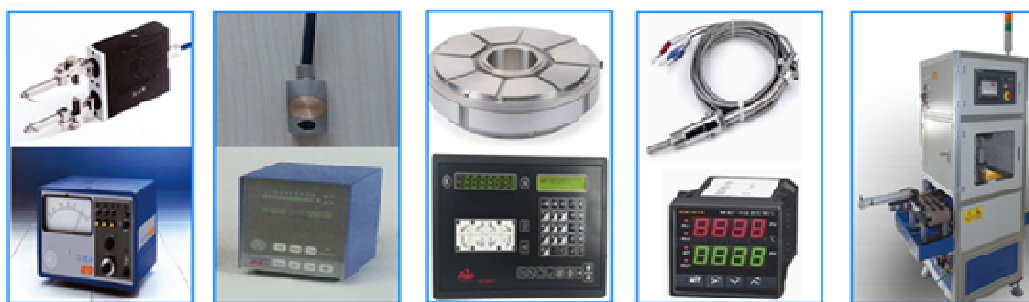
机械基础结构的升级换代是实现智能化的基础，其可靠性是实现产品可靠性提升的基础。公司实施智能制造新模式，为设计过程、制造过程、装配过程、配套件和外购件的采购以及早期故障消除等过程的可靠性提供保证措施，全面的质量管理使机床的可靠性得到了极大提升。

三、 轴承装备的智能化实施

机床作为制造业的工业母机，其智能化程度对智能制造的实施具有重要影响，新一代智能机床必将为制造业带来新的变革，从而在新一轮工业革命中成为引领未来制造的重要因素，为此我公司尽力提高新研发产品的自动化和智能化程

度，为轴承行业实施智能制造提供基础智能装备。

数控轴承套圈磨超复式生产线配置在线检测装置，消空程磨削控制，可有效提高加工效率。公司新一代的生产线大量应用检测技术，除常规的流量、压力、位置检测保护外，另有智能传感技术应用。如下图依次为：①主动量仪--在线检测套圈毛坯尺寸，根据检测结果，自动识别加工余量，根据余量大小，选择正常磨削或返修磨削；②消空程、防碰撞装置--通过超声波或功率检测，工件即将接触砂轮时，进给系统立即转换进给速度，快速撞击时，进给立即停止；③自动调整锥度装置--检测机检测工件锥度，通过插补修整砂轮方式或通过伺服电机驱动+角度光栅自动调整锥度；自动调整沟位--采用双伺服或三伺服电机驱动沟位调整传动机构，根据检测结果，自动调整沟位；④主轴温升检测--工件轴及砂轮轴增加温度传感器，在线检测主轴温度，温升超过允许值，报警提示；⑤机外检测机--通过检测机检测尺寸，结果反馈到机床，自动调整加工参数，调整尺寸。



同时加大控制系统功能的使用力度，可以对加工工艺参数进行存储，更换型号时直接调用；数据修改时自动记录并支持查询；对系统输入输出点进行监控，图片提示故障点并记录，三色警灯直接显示运行状态等等。对设备预留上位信号采集口，通过网络接入 SCADA 软件，可电脑操控，也可手机 APP 操控，随时可对装备进行远程追踪，掌握装备的运行状态、生产数据、工艺参数、系统参数及维修保养信息，并可对装备进行故障远程诊断及程序修改，对提取的数据进行分析利用，为客户提供更好的服务。同样的技术也应用在数控轴承滚动体装备上。



十三五期间，公司除了常规轴承装备外，还大力研发了一些特殊功能机床。如：①双面研磨机 2M8480G，采用新的机床架构和新的磨研复合加工工艺技术，实现多种形状、多种材质的双面零件的粗磨、精研复合工序加工；②立式车磨复合加工中心 VLG20，一次装夹可完成对外圆、端面、内孔及内孔直线沟道的高效、高精度连续车削、磨削，可用于汽车轮毂零件加工；③高精度立车应用硬车技术对高硬材质环状零件的内外表面及端面进行高精度、高效率车削加工，主要用于飞机发动机的零件加工；数控立式磨床可以对回转直径为 600mm 的轴承套圈进行加工，尺寸精度达到 IT5；④组合机床采用多主轴、多刀架将多工序加以集成，进行多面、多工位同时加工，使机床功能和效率得到大幅提高。如 FKTZ10 转台式轴承座加工组合机对轴承座一次装夹后进行底面铣削、镗底孔、油杯孔钻孔和攻丝、车油槽、粗镗和精镗球面孔的并行加工。MS2103 组合机用于小型阀座零件加工，10 工位 5 工序双工件同时加工，生产节拍提升至秒级。组合机床使某些行业或某些产品的加工方式发生的革命性的变化。⑤数控中心孔磨床 2MK9408 利用四轴联动数控技术实现中心孔磨削的特殊曲线轨迹运动，可对主轴进行精密加工。



双面研磨机 2M8480G



立式车磨复合加工中心 VLG20



数控立式磨床 2MK9560



FKZ10 转台式组合机床



多轴组合机床 MSC2013



数控中心孔磨床 2MK9408

十四五国家发布的主要工业经济发展目标是创新能力显著提升，产业基础高级化、产业链现代化水平明显提高。当前的中国面临着新一轮产业结构升级转型，并且迫在眉睫。从长期经济发展来看，国内正在从“量”的粗放式发展迈向“质”的高质量发展：廉价人口红利转向高质量的工程师红利；多方面成本提升+美国关税，劳动密集型产业加速从中国转出；国民环保意识、健康意识增强；短期来看，中美之间的博弈加剧，疫情的全球性冲击正在进一步提升国内产业升级转型的紧迫性。5G 物联网时代同时正在开启全球新一轮技术创新。产业升级需求+科技创新周期驱动+行业需求旺盛，要求我公司必须研制新一代的智能精密高速轴承磨床并使之尽快产业化，满足行业提高机床精度和精度保持性、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的发展需求，适应时代的要求。为此，公司十四五初步规划如下：

轴承套圈磨超加工装备主要工作：①研发推广应用直线电机、静压导轨、大理石床身的磨床，使拖板直线度达到 $0.5\mu\text{m}/30\text{mm}$ ，且导轨无磨损免维护，机床变

形减少；②研发推广应用高精度、高刚度、大功率的电主轴，采用 CBN 砂轮进行内圆磨 60m/s 以上、外圆磨 80m/s 以上的高速磨削，减少换砂轮频率，提高加工精度及效率；③研发推广采用自适应磨削技术、在线精度检测、在线反馈技术，实现磨超装备精密、高效率磨削，实现 $CPk \geq 1.67$ ；④研发采用复合技术的立式数控轴承套圈超精机，实现对中型、大型、特大型球轴承、滚子轴承、复合轴承的超精研磨；⑤研发推广磨超自动线采用程序通用、界面标准的协同系统，统一事件序列和报警处理技术，进行自动线装备一体化管理；⑥研发双立柱龙门式结构的双面研磨机，实现大规格零件的双面研磨加工。

轴承球体加工装备主要工作：①研发推广加工特种规格、特种材质的球体专用高精度光、磨、研装备，实现 ($\phi 0.8 \sim \phi 100\text{mm}$) 范围内的球体光、磨、研的大循环加工，实现陶瓷球、大型风电回转支承钢球及新能源车、通信、医疗器械、家用电器等行业静音马达所需的 G3 级高精度微小球体的批量稳定加工；②研发推广伺服电机驱动丝杆机械加压以及伺服液压站或电液比例阀液压站控制加压的装备，采用智能传感器，在线尺寸测量、自动卸球等装置，实现生产过程的全数字化控制及远程操控、提高机床的智能化程度；③轴承滚子加工装备主要是研发数控滚子车床，采用中心孔定位方式，以车代磨高精度柔性加工轴承滚子，实现全自动、多品种滚子的批量加工。

公司规划所设计的新产品的制造系统注重由能量驱动型转变为信息驱动型，积极利用现代传感技术、网络技术、自动化技术、拟人化智能技术等先进技术，实现设备智能感知、人机交互、自主决策和精准执行，推进数控磨床智能升级走向智造时代。我们将为客户提供整体系统解决方案，可对设备进行实时的生产物料、设备利用率以及产品质量的监控与数据统计、分析等，提高设备的产能管理能力。

当今市场机遇与挑战并存，我们将集众智，尽全力，不忘初心，砥砺前行，

与轴承行业共创辉煌明天!