

轴承装备智能化发展探讨

王世保，曹保亮，潘继超

新乡日升数控轴承装备股份有限公司

当前，发达国家高端制造本土回流与中低端制造向中低收入国家转移同时发生，对我国制造业形成了“双向挤压”的严峻挑战。加之我国资源相对不足、环境承载能力较弱，已使制造业粗放式的发展道路越走越窄。在经济发展新常态下，制造业必须加快转型升级步伐。

轴承制造发展新的战略应是以体现信息技术与制造技术深度融合的数字化网络化智能化制造为主线，实现弯道超车，轴承制造商和装备制造商在工业 2.0、工业 3.0、工业 4.0 同时发力，加速轴承智能制造步伐。

1. 补足工业 2.0 的短板

发达国家从 1870 年到 1969 年完成第二次工业革命，之后进入第三次工业革命，经过 40 多年的发展，加之互联网技术取得飞跃发展，2013 年 4 月，德国政府在汉诺威工业博览会上提出了“工业 4.0”的国家发展战略。而我国真正进入第二次工业革命是在 1950 年之后，虽然经过 60 多年的发展，我们的基础工业相对发达国家还存在差距，针对我们工业实际情况，工信部在工信部规〔2013〕70 号文《关于开展工业强基专项行动的通知》中，提出加强“四基”建设。

目前，无论是轴承制造、加工工艺等方面还是轴承装备制造、检查手段、轴承专用钢材等方面，和国外同行相比，国内的企业硬件实力和软件实力均存在很大差距。针对自己企业不足，新乡日升公司承担了“工信部 2015 年智能制造新模式应用项目”——数控轴承磨床智能制造新模式，公司轴承磨床制造从基础抓起，补足工业 2.0 的短板。

1.1 采用先进设计手段提升产品稳定性和可靠性

公司购进美国 PTC 公司 Creo3.0 设计软件，用于基础结构件的量化优化，使设计工作不再简单凭借以往的经验。

公司借助三维设计软件的有限元分析、大型装配、动态分析等功能，不仅能够加快产品研制步伐，还能够保证设计质量。

1.2 传统工艺提升产品稳定性

公司采用传统的毛坯铸件的自然时效工艺提升轴承磨床的稳定性，公司磨床床身铸件大都存放两年以上。

采用粗加工后铸件的二次热时效工艺提升轴承磨床的稳定性。这些传统工艺看似古老落后，但它是保证磨床的稳定性有效手段之一，而且使用这些手段需要付出较大的制造成本。

1.3 提升加工制造保障能力

公司磨床产品磨床床身、拖板、箱体等关、主件采用数控设备加工，公司现有 60 多台龙门加工中心、卧式加工中心、数控立车和三坐标测量机等装备，保证关、主件加工精度，并采用关、主件可追溯管理系统，保证加工制造质量。

“工业 4.0”本质是通过以太网处理工业生产中大量数据和信息，“工业 4.0”是建立在“工业 2.0”、“工业 3.0”的基础之上的，没有稳定可靠的自动化和智能化控制的机床，加工出来的零件尺寸散差过大，生产线频繁出现故障停机，是无法实现“工业 4.0”的。

新乡日升公司通过提升软件和硬件建设，通过实施数控轴承磨床智能制造新模式项目，提升公司加工制造能力，为用户提供性能稳定、平均无故障时间（MTBF）长的轴承和滚动体磨床，协助轴承制造企业实现智能制造。

2. 加快工业 3.0 建设

第三次工业革命浪潮方兴未艾，从上世纪七十年代兴起已经历 40 多年，未来 20 年，可编程控制器 PLC 技术的应用仍会进一步发展，进一步提升生产自动化和智能化水平。

面对来自国际产业转移的“双向挤压”以及国内资源、能源、环境和劳动成本制约的压力，轴承工业必须加快自动化建设步伐。轴承制造商的应对手段：一是将以前的自动化单机设备进行自动连线改造；二是通过技改，采购稳定性高的自动化装备，迎接来自各方面的挑战。

进入 21 世纪我国轴承磨加工自动线快速发展，国产磨超短线普及（5、6 千条），磨超复线有所应用，磨装长线开始进入推广期。但是，磨超自动线普遍存在散差大，稳定性较差。之所以存在这样问题，是和我们设计理念和用户对国产磨床价格认识有关，当然，也存在轴承磨床设计对轴承工艺了解深度不够，很少重视工艺试验。

现在的国产磨超短线大多是在单机自动磨床通过连线完成的，在这种情况下自然会出现稳定性较差和平均无故障时间（MTBF）短的情况。举例来说，假设一台单机自动磨床平均无故障时间（MTBF）为 500 小时，5 台这样的平均无故障时间的磨床加上连线装

置组成磨超短线，整条磨超短线平均无故障时间（MTBF）将会小于 100 小时。

假如要求由 5 台轴承磨床组成的磨超短线，平均无故障时间（MTBF）要求达到 500 小时，简单定性计算，要求每台磨床平均无故障时间（MTBF）要提到 2500 小时以上。这就要求我们设计理念和用户对国产磨床价格有个重新认识，磨超短线的价格不能再是简单 5 台磨床价格加上连线的价格。要实现平均无故障时间（MTBF）2500 小时，设计机床时就要要求零部件可靠性要高，稳定性要好。以进给机构为例来说，要达到这一要求，丝杆、导轨、驱动伺服电机都要求相应加大富裕量，并通过动态分析，均衡各个环节的设计富裕量，作为增长平均无故障时间的手段之一。

新乡日升公司通过实施“工信部 2015 年智能制造新模式应用项目”，提升了设计理念，设计磨加工自动线时，在零部件的可靠性、机床刚性稳定性上进行了大量的量化优化。对产品进行了大量改进设计，提升设备的自动加工能力。

2.1 应用金刚滚轮修正器

推进金刚滚轮修整器的应用，大幅度减少换修整笔的频次，减少调整时间。

2.2 应用 CBN 砂轮

公司进行 CBN 砂轮磨削试验，为普及 CBN 砂轮应用做技术准备。CBN 砂轮可大幅度提升砂轮使用寿命，减少修整砂轮频次和换砂轮频次。公司与轴承制造企业合作，进行多种 CBN 规格型号工业试验，取得一手加工数据，为云计算、云分析提供数据，为客户提供轴承套圈磨削参数。

2.3 磨超自动线机外预调支撑

磨超自动线推广机外预调支撑，通过机外预调，使支撑圆弧与工件外圆精确吻合，减少接触损伤，减少磨超自动线调试时间。

2.4 磨超自动线安全运行监测控制

磨加工自动线中的单机磨床和单机使用的自动磨床对机床平均无故障时间（MTBF）要求不同，因此，设计、制造理念也不同。作为磨床制造商和用户理念要统一，装备厂制造高稳定自动化生产线，用户使用高稳定自动化生产线。

为保障磨超自动线安全运行，要增加多种机床运行监测控制。如增加对砂轮主轴增加运转温升监控和运转震动监控，增加 PLC 控制系统对主轴运转时间的累计和润滑油脂的添注警示，通过运转温升监控和运转震动监控以 PLC 对运行时间监控控制，保障磨超自动线安全运行。

2.5 适应自动化的滚动体加工装备

钢球光、研、磨磨床采用电动加压取代液压加压，消除漏油、内泄失压等不可靠因素，部分高档精密加工机床采用伺服电机加压，实现精密压力控制。通过压力传感器进行加压压力采集，实现自动压力控制，机床纳入局域网、以太网后可以实现远程机床状态监控，以及机床工作数据的采集并纳入数据库，随着数据的积累，将来钢球加工进入大数据、云计算、云分析的智能制造时代。

2.6 钢球加工自动线

根据钢球生产工艺的特点，公司开发了钢球磨、研、超声清洗自动线，自动线配有在线自动检测装置，在线测量钢球研磨尺寸，根据尺寸变化，自动进行研磨压力控制、实现自动停机等。

钢球磨、研、超声清洗自动线采用新的生产工艺，钢球从磨球机转到研球机加工时，不再采用把钢球从磨球机卸到转运桶后转运到研球机重新装球的方式，而是采用钢球随料盘一起整体转运方式，提高生产效率。

轴承磨床自动生产线和钢球磨床自动生产线自动化水平提升还有很大空间，需要装备制造商和轴承制造商、钢球制造商携手同力改进。新乡日升公司愿同我们的用户一起合作制造出更先进的智能化轴承磨床和钢球磨床自动生产线。

3 弯道超车，迎头建设工业 4.0

随着互联网的兴起，信息物理系统 CPS 的建设催生了第四次工业革命，2013 年德国政府提出了“工业 4.0”的国家发展战略，中国政府提出了《中国制造 2025》，立足国情，立足现实，力争通过“三步走”实现制造强国的战略目标。

轴承制造企业在本次工业 4.0 的浪潮中，要把握住智能制造的这个大势，充分发挥轴承磨床数字化设备的优势，通过实施 DNC（机床联网）、MDC（制造数据采集）、ERP（管理信息系统）、MES（制造执行系统）等系统，小步快跑，实现弯道超车，快速进入世界一流轴承制造行列。

新乡日升公司通过工信部实施数控轴承磨床智能制造新模式项目，并与西门子、施耐德等公司进行 OEM 合作，为轴承制造企业提供 DNC（机床联网）、MDC（制造数据采集）服务。

新乡日升公司为轴承制造企业提供 DNC、MDC 服务主要功能：

1. 机床 24 小时实时状态图；
2. 操作工的效率、机床利用率（OEE）；
3. 机床磨削参数、加工的工件数量统计；

4. 机床开机时间、机床停机时间、机床故障时间、机床运行时间统计；
5. 机床利用率、开机率等，以及每天/每周/每月走势图；
6. 报警状态统计图；
7. 各种形式的日报、周报、月报、季报；
8. 统计到每台单机、每条生产线、每个分厂的报表；
9. 以饼图、柱图、折线图、统计表格等多种方式统计、分析数据，并可以输出为 EXCEL 文档。

轴承磨床效能图三种输出形式，如饼状、柱状形式，折线和 EXCEL 文档。

轴承磨床效能图通过饼状图反映某台机器运行状态，机床运行（绿色），机床空闲（黄色）、机床报警（红色）和机床离线（灰色），机床工作状态一目了然。

机床状态还可以 EXCEL 文档形式导出，为 MES 管理、ERP 管理软件提供数据。

通过 DNC（机床联网）和 MDC（制造数据采集），可以排除人为因素，保证数据真实有效，通过数据分析，找出影响效能因素，提升生产效率。

轴承制造商在 DNC（机床联网）和 MDC（制造数据采集）基础上，实施与本企业管理适应的车间制造执行系统 MES，产生各种有效的生产数据报表。

工厂智能制造体系订单任务通过 ERP 企业资源计划系统下达生产计划，经工厂局域网传到生产车间；车间制造执行（MES）系统将生产任务通过局域网传到生产线和机台；通过 DNC（机床联网）和 MDC（制造数据采集）将生产数据回馈公司 ERP 系统，完成产品订单智能制造。

4 结束语

未来的轴承制造必须走智能制造之路，然而，轴承制造行业实现智能制造也绝非是一朝一夕。要在自动化和智能化基础之上，完成 DNC（机床联网）实现 MDC（制造数据采集）自动采集，取得第一手非人为干涉的原始生产数据，经过 3~5 年数据收集，建立公司自己的大数据库，同时，逐步实施以数据为基础的适应本公司的车间制造执行系统（MES）。

建设企业信息物理系统（CPS），拥有适合本公司的企业资源计划管理系统（ERP），建立数字化 CAD 设计和 PDM 图文档管理以及供应链管理（SCM）、生产订单管理及仓储管理等，最终，使公司的 ERP、MES、SCM、CAD、PDM 等应用软件系统有机联合应用，进行大数据、云计算和云分析，为管理者提供分析数据供决策者使用，实现产品生命周期（PLM）

管理，完成轴承智能制造。

*王世保:新乡日升数控轴承装备股份有限公司董事长