

数控系统和功能部件的发展及多元化开发

■ 大连高金数控集团有限公司 (辽宁 116620) 吕 祎 许宏萍

摘要: 介绍数控系统技术发展动态, 详细阐述了滚动直线导轨副、滚珠丝杠副、主轴、刀塔和刀库的发展与多元化开发现状。



高级工程师 吕 祎

数控系统、精密滚动直线导轨、精密滚珠丝杠、精密主轴、刀塔及刀库是基础装备制造业的工作母机——高档数控机床的核心部件。自2000年以来, 国家通过科技重大专项项目, 大力扶持高档数控机床与基础制造装备的发展, 使其性能得到极大的改善, 逐步迈向高端。助推金属加工技术升级、创新和飞速发展, 为制造出市场急需和拥有大量客户的高端产品奠定坚实的基础。数控系统与功能部件发展、市场多元化开发成为重中之重。

1. 数控系统的发展

(1) 微机资源的广泛应用。

最初是TP801单板机控制的简易系统、MCS-51单片机控制的经济型系统, 采用步进电机构成的开环、低精度来控制机床单轴或双轴运动。随着大规模集成电路制造技术的高速发展, PC微型计算机发展很快, 其硬件结构做得非常小, 主CPU运行速度越来越高, IPC286、386、486计算机的存储器容量越来越大, 体积小, 可靠性提高, 大批量生产, 成本下降。由此PC微型计算机替代TP801单板机、MCS-51单片机。特别是Windows的应用, 助推操作系统的发展, 使得PC操作简便直观。紧接着CAD/CAM软件大量地由小型机、工作站向PC移植, 三维图显示及工艺数据库在PC上建立。PC的开放性吸引大量技术人员投入软件开发, 大幅扩充PC的软件资源。充分利用PC的软、硬件资源, 为CNC系统的开发、发展铺平了道路。随着计算机技术、大数据技术、软件编程技术、金属加工技术及传感器控制元件的快速发展, 由DNC升级为CNC数控系统控制, 产生控制机床三轴、五轴、九轴多联动的高精度全闭环中、高档数控系

统。国内大连数控系统、华中数控系统和广州数控系统诞生, 德国西门子、日本发那科数控系统进入中国市场 (见图1~图4)。为高速度、高精度、高效率高档数控机床的发展奠定了坚实基础, 更为市场急需的机械产品品种、精度和质量大幅提升提供了强有力保证。

(2) 机电一体化要求小型化。快速发展的微电子技术、集



图1 HNC-19xp/TD数控系统



图2 大连数控系统



图3 西门子系统



图4 发那科系统

成度越来越高的大规模集成电路、越来越小的体积，市场急需数控设备公司采用超大规模集成电路、表面安装工艺，实现三维立体装配，做得很小的CNC系统适应机械制造工业机电一体化要求。

(3) 采用人机对话、方便用户使用。数控系统生产公司极大地改善人机接口，优化且简化编程，尽最大量采用对话方式，以便操作者能够非常容易地掌握数控机床操作，便于用户使用。

(4) 数控系统产品成套性急需提高。数控系统性能好坏与由CNC装置、主轴及进给伺服驱动装置，以及主轴电动机、进给电动机和与其相关的检测反馈元件组成的数控系统各个环节性能紧密相关。数控系统制造公司应做到系统各环节十分匹配，非常重视数控产品的成套性，以满足数控机床用户要求，使用户获得最

佳使用效果。

(5) 市场急需研究开发智能、新型数控系统产品。智能系统利用所谓的推理软件，根据存储在系统知识库的经验，分析及查找故障原因。智能闭环加工技术是利用传感器获得适时信息，使制造者获得最佳产品能力，制造过程更快、更容易，以适应生产需要，满足工业技术的飞速发展。

2. 滚动直线导轨副的发展与多元化开发

高精度、高刚性、高速度、高可靠性、大载荷以及摩擦系数小的高档滚动直线导轨副作导向元件，配备到高档数控机床与基础制造装备上，为机械制造业的快速发展奠定了基础。

(1) 产业化发展。高档滚动直线导轨副在结构、材料、外购件和外协件上优化、创新设计。优化工艺流程及加工工艺，设计、制造导轨、滑块及装配专用自动生产线；配备高精度自动检测仪，严格控制零件加工过程，确保加工质量；通过试验，验证产品性能；缩短制造周期，降低成本，提高效率，提高设计、制造水平、产能、产业化能力。最终形成大批量生产，取得规模效益，为企业赢得最大利润。同时

大幅提高滚动直线导轨副产品的承载、刚性、摩擦力、预紧力、温升、振动、速度、噪声和精度等方面的综合性能及可靠性、精度保持性、寿命等服役性能。

(2) 多元化开发。拓宽市场占有率及产品应用领域。加速开发低组装型、宽幅型、高密封型、自润滑型、圆弧型、钢珠保持型、交叉型及不锈钢材料的滚动直线导轨产品（见图5～图8），满足高档数控机床、立卧式加工中心、高速钻削中心、高精度仪器仪表、工业机器人、木工机械、纺织机械、自动化机械及高铁行业等领域的需求。

3. 滚珠丝杠副的发展与多元化开发

高端高速精密滚珠丝杠副是高档数控机床与基础制造装备的关键驱动元件，其精度、移动速度、载荷及刚度等指标对数控机床的性能有着重要影响。

(1) 产业化发展。①滚珠丝杠的加工中采用滚珠螺纹软、硬车削工艺，取代传统螺纹磨床粗磨工序，其优点是避免磨过程中产生局部退火现象，提高产品的疲劳寿命。滚珠螺纹车效率比传统螺纹磨床粗磨的磨效率提高了50%～80%，大大降低了制造成本，缩短了制造周期，提升了

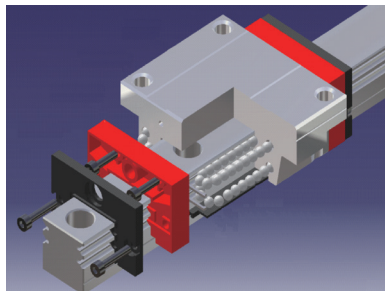


图5 滚珠直线导轨副

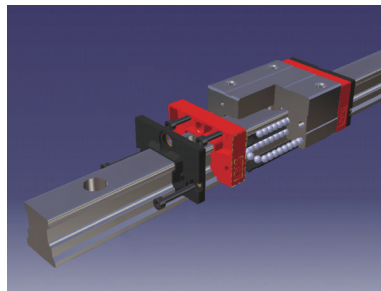


图6 高密封滚珠直线导轨副

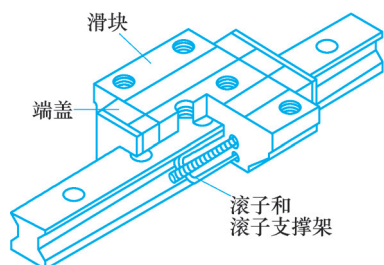


图7 精密封滚柱直线导轨副

滚珠丝杠副的使用寿命。②开发滚珠螺纹螺距测量的螺纹数显测量仪，保证滚珠螺纹热处理淬火前、后的螺距精度，同时大幅提高滚珠丝杠副的刚性、摩擦力、预紧力、温升、振动、速度、噪声、精度等方面的综合性能及可靠性、精度保持性、寿命等服役性能，提高其设计、制造水平及产能。同时实现滚珠丝杠副多元化开发，提高市场占有率，拓宽市场应用领域。形成大批量规模生产，缩短制造周期，降低成本，提高效率，提升产业化能力。

(2) 多元化开发。在外循环系列、内循环系列滚珠丝杠副基础上，基于市场需求，开发真空系列、三维导珠管系列、端面循环结构系列、电动助力转向器、电动转辙用及大导程螺母等滚珠丝杠副产品（见图9~图14）。譬如，三维外循环高速精密滚珠丝杠副，打破多年二维导管的循环模式，使滚珠沿着螺旋线切线方向反向循环，避免二维导珠管滚珠循环出入端的主碰撞，极大地减小钢球与螺母、钢球与三维导珠管碰撞噪声，减少主碰撞引起的碰撞热源，大大降低滚珠丝杠副的温升。提高产品的高速性能，降低噪声。犹如端侧循环高速精密滚珠丝杠副，开创介于



图8 单根滚动直线导轨副

内循环与外循环结构间的一种新型循环结构，循环钢球沿滚珠螺纹滚道切向方向循环。选不同曲率、非对称的返向沟道型式，以减小钢球高速旋转时的离心力，大幅降低钢球碰撞噪声，实现产品的高速和低噪声性能。该端侧循环滚珠丝杠副具有较为紧凑的安装结构，具有优于现有各种循环结构的工艺性能，其加工、制造和装配更便利可靠。

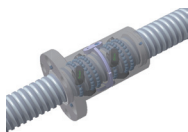


图9 内循环系列滚珠丝杠副



图10 外循环系列滚珠丝杠副

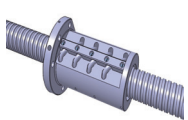


图11 三维导珠管系列滚珠丝杠副



图12 端面循环结构系列滚珠丝杠副



图13 电动助力转向器滚珠丝杠副

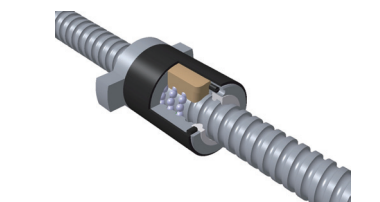


图14 电动转辙用滚珠丝杠副

4. 主轴的发展与多元化开发

主轴是高档数控机床与基础制造装备传递动力、实现切削的核心部件，是实现高速化的重要保障。

(1) 产业化发展。重点研究电主轴的锥孔、电气安全、最大输出扭矩、温升、拉刀力、振动、噪声、静刚度、几何精度、动态回转精度及动态热效应等标准规定的检测方法，以及可靠性、精度保持性、功率与扭矩试验与评定。完善包括锥孔检查、扭矩测试、拉刀力测试及几何精度所需的工装。大幅提高电主轴的静态、动态精度综合性能及可靠性、精度保持性、寿命等服役性能。

(2) 多元化开发。在机械主轴系列基础上，开发、研制高速数控机床、高速加工中心机床的关键功能部件——高端高速电主轴系列，以及车铣复合主轴、立卧复合头、立卧转换头、直曲双摆头和机械双摆头产品（见图15~图20），实现多元化开发，可大大提高机床的复合性、柔性和加工性能。

5. 刀塔和刀库的发展与多元化开发

刀塔是实现数控车床刀具储备、夹持切削及自动换位的功能部件，其储刀参数、换位性能、精度、刀具功能是主机水平的重要标志。刀库是实现加工中心机床刀具储备及主轴刀具自动交换的重要功能部件，其承载能力及换刀速度、可靠性是主机水平的重要标志。提升刀塔自动换位准确性、缩短刀库与主轴刀具自动

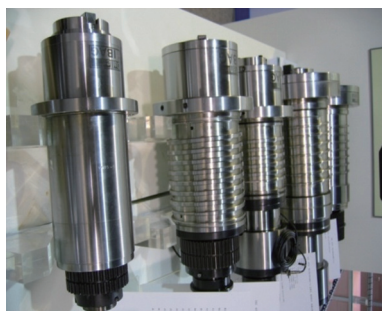


图15 机械主轴系列



图16 电主轴系列

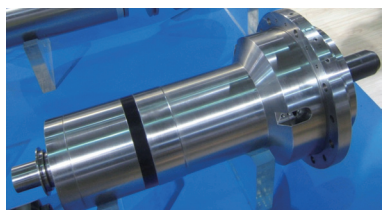


图17 车铣复合主轴



图18 立卧复合头



图19 立卧转换头



图20 直曲双摆头

交换时间至关重要。

(1) 产业化发展。重点研究数控刀塔在典型工况下载荷变化对可靠性影响、综合设计方法、综合性能测试设备研发及测试方法、加速可靠性试验系统及试验方法。大幅提高数控刀塔单元定位精度、重复定位精度、齿盘变形、振动、噪声等综合性能和刀架单元稳定性、可靠性、精度保持性及快速性等服役性能。

研究刀库机械手在不同工况下载荷变化对可靠性的影响、可靠性综合设计方法及台架加速试验系统和试验方法、综合性能测试系统及测试方法，提高刀库机械手的综合性能、快速性和可靠性。

(2) 多元化开发。在液压动力刀塔、斗笠刀库基础上，开发出伺服动力刀塔、TE系列电动刀塔、分度马达动力刀塔、盘形斗笠刀库、伞式刀库、圆盘刀库、链式刀库、数控伺服刀库、大型链式刀库自动换刀装置及刀库刀盘组（见图21~图30）。

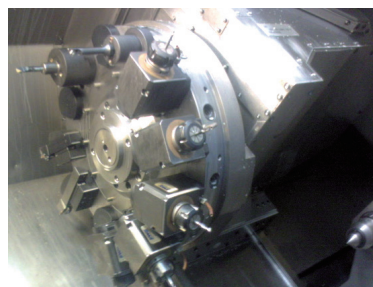


图21 液压动力刀塔

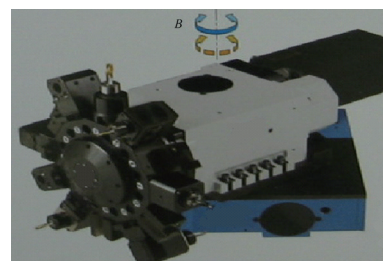


图22 伺服动力刀塔



图23 TE系列电动刀塔

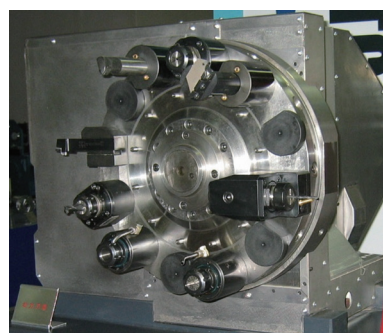


图24 分度马达动力刀塔



图25 斗笠刀库

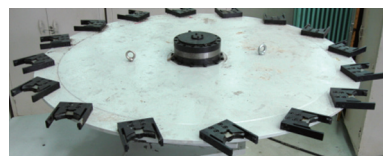


图26 伞式刀库



图27 圆盘刀库



图28 链式刀库

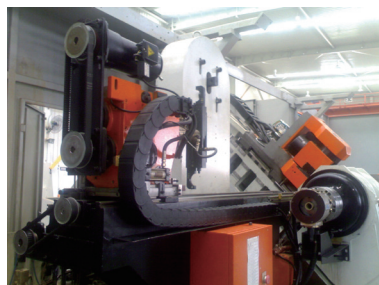


图29 数控伺服刀库

此外，数控刀具、数控转台等功能部件急需加大开发力度，

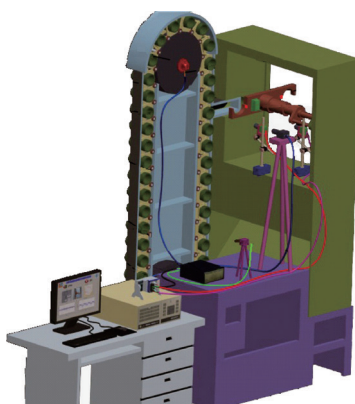


图30 大型链式刀库自动换刀装置

尽快做到系列化、标准化、产业化和商品化。

6. 结语

围绕《中国制造2025》规

划，高精尖只能靠自己。作为重中之重的数控系统和功能部件的发展及多元化开发，急需加大开发力度及产业化水平，补短板，向高端快速迈进，保证高档大型数控机床充当国家装备制造业发展的基石。

参考文献：

[1] 付承云. 数控功能部件选用指导手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2010.

[2] 王喜文. 中国制造2025解读：从工业大国到工业强国 [M]. 北京：机械工业出版社，2015.

MW (收稿日期：20171204)

祝邦® 北京祝邦新技术研究所 (高新技术企业)

替代汽油、柴油高效清洗机械零件

金属材料零件用水基清洗剂试验方法依据权威部门HB-5227-82部颁标准检测分为4级(0、1、2、3)，0级最优。本所清洗剂被评为0级。

特征：

- 弱碱性、不伤皮肤，不加热清洗机械零件重油污。
- 除污能力强：本品1公斤加40-200倍清水搅匀，相当40公升汽油的除污能力。
- 无污染，连续使用无需排放，不足可补充

实例：

- 清洗机床、汽车、拖拉机零件油污。
- 清洗采油钻井平台以及沙滩原油。
- 清洗航空发动机涡轮叶片燃烧残存油污。
- 清洗运输原油油罐车阀门。
- 清洗石油天然气设备及家用抽油烟机黏油，洁净不粘手。

金属填补胶

早在上世纪70年代中期国家有关部门为降低我国铸件废品率确定金属填补胶研制项目，由本所所长刘俊邦高工（国家有突出贡献专家、北京市劳动模范、市科技先进工作者）课题组承担，1981年曾参加联合国在波兰召开的金属填补胶技术交流会，经多年的研制与应用实践，于1983年获得成功，并获部级科研成果奖。这一实用技术经多年广泛应用，形成ZB200金属填补胶系列产品。主要用于修补金属铸件的砂眼、气孔铸造缺陷；修复机床导轨划伤及汽车缸盖缺陷和缸体裂纹；修复水泵壳体、气轮机密封环的穴蚀；修补金属容器、管道、水暖器材的跑冒滴漏。该胶室温操作无需加热，固化后粘接牢固，可高温125℃~200℃使用，修补处软硬适度，耐磨、减摩性好，并可进行车、铣、刨、磨、锉、钻孔套扣等切削加工。

化锈防锈液

本品系酸性溶液，是去除金属锈斑专用清洗剂。其突出特点：

- 去除金属锈斑彻底，除锈能力强。除锈后的金属表面形成磷化钝化保护膜，不易生锈。
- 对钢材不产生氢脆，无过腐蚀现象。
- 可用浸泡、涂刷、喷等方式除锈，操作简便。
- 废液易处理，可连续使用，无毒不燃，不污染环境，接触皮肤无伤害，使用安全。



地址：北京市西城区育新街清芷园10A-301 (100054)
电话：010-83502255、83502521

http://www.bjzhubang.com E-mail: zb-llc@sohu.com
联系人：刘立晨 手机：13801024443

◆广告 查询编号：1948