

SINUMERIK 802D 数控系统在 SKIQ16 CNC B 数控立式车削中心数控化改造中的应用

王勇

西安飞机国际航空制造股份有限公司

SKIQ16 CNC B 数控立式车削中心是捷克 HULIN 公司于上世纪 90 年代制造，采用 FANUC-BASK 6T 数控系统。由于该机床已经使用十余年，加之数控系统更新换代，FANUC-BASK 6T 数控系统早已停产，系统板件老化，备件昂贵。采用新型数控系统对该机床进行改造势在必行，这样可使该机床重新焕发活力，更好地发挥机床的潜力。

1 改造方案的制定

该机床原有功能齐全，包括主轴(工作台)和铣磨轴的旋转运动、X、Z 轴坐标运动、15 个刀位的刀库系统，还有诸如冷却系统、液压系统、润滑系统、排屑系统等机床功能。主轴和铣磨轴采用直流电机及直流调速器。X、Z 轴坐标也采用直流伺服电机及直流伺服调速器。刀库采用普通三相异步交流电机，由 5 位二进制凸轮定位。该机床的机械部分各方面机械性能良好稳定、精度尚可、液压系统工作正常，因此上述部分基本保持不变。

数控改造更换数控系统和电气控制部分，采用 SIEMENS SINUMERIK 802D 数控系统。X、Z 轴和刀库坐标伺服驱动系统采用 SIIMODRIVE 611UE 变频驱动系统和 1FK7 伺服电机，选用脉冲编码器作为位置检测元件，达到数字伺服驱动系统闭环控制。主轴和铣磨轴驱动系统采用英国 Eurotherm 公司的 590+ 系列直流电机调速装置。改造机床其它电气控制线路，更换电气控制元件，保证机床各种控制功能和操作的实现，保证机床电气控制部分长期可靠工作。

除增加 MCP 机床控制面板外，还要重新设计机床操作面板，具有各种机床功能按钮和指示灯。

2 改造方案的实施

2.1 数控系统和坐标伺服驱动系统

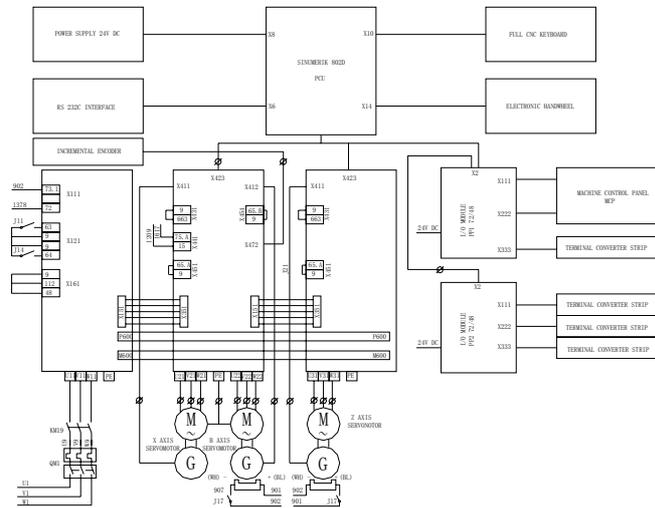


图 2-1 数控系统硬件连线图

SIEMENS SINUMERIK 802D 数控系统是将所有 CNC、PLC、HMI 和通讯任务集成，是基于 PROFIBUS 总线的数控系统。免维护硬件集成 PROFIBUS 接口用于驱动和 I/O 模块并具有速装结构的操作面板。SINUMERIK 802D 数控系统控制 X、Z 轴和刀库三个数字进给轴和一个主轴。该机床采用二块 I/O 模块 PP72/48 和机床操作面板 MCP。利用 TOOLBOX 802D 中 PROGRAMMING TOOL PLC 802 软件编写 PLC 控制程序，调用 PLC 子程序库中的 SBR32 PLC-INI PLC 初始化、SBR33 EMG-STOP 急停处理、SBR34 MCP-802D 传送机床控制面板对应 I/O 状态、SBR38 MCP-NCK 机床控制面板 MCP 信号、操作面板 HMI 信号送至 NCK 接口、SBR39 HANDWHL 由操作面板 HMI 在机床坐标系或工件坐标系选择手轮、SBR40 AXIS-CTL 进给轴和主轴使能控制。由于子程序是标准的车床控制程序，这样与该机床实际情况不同，刀库采用数字轴控制，增加了数字轴的数量。在机床控制面板和进给轴和主轴使能控制等子程序中都要做一定的修改。立式车削中心有别于一般的卧式车床，所以坐标方向也有所不同，还需要子程序做对应的修改。

SIIMODRIVE 611UE 变频驱动系统是一种功能可配置的驱动系统，与 SINUMERIK 802D 数控系统构成理想的组合。SIIMODRIVE 611UE 变频驱动系统满

足机床在动态响应、速度调整范围和旋转精度特征等方面的要求，采用模块化设计可独立优化至最佳状态。驱动调试可在 PC 机上利用 SimoCom U 进行或利用驱动模块前端的显示器和键盘进行。利用 SimoCom U 可设定驱动器与电机和功率模块匹配的基本参数；可根据伺服电机实际拖动的机械部件，对 SIIMODRIVE 611UE 速度控制器的参数进行自动优化；可监控驱动器的运行状态包括电机实际电流和实际扭矩。

2.2 主轴和铣磨轴驱动系统

主轴和铣磨轴驱动系统采用英国 Eurotherm 公司的 590+系列直流电机调速装置。590+系列直流电机调速装置是作为与配套控制设备安装在标准箱内的部件而设计的。控制装置使用 AC 380V 的三相标准电压，提供直流输出电压和电流，用于电枢和励磁，适用于直流他激电机和永磁电机控制。590+系列直流电机调速装置是采用 32 位微处理器实现，具有许多先进的性能：复杂的控制算法；标准软件模块与可组态的软件控制电路相结合；通过串行线路，可与其它传动装置或数控系统通讯，能构成先进的过程系统。

主轴和铣磨轴电机没有更换，采用原来的模拟量控制。主轴电机与主轴之间非 1: 1 直连，主轴上安装 SIEMENS 5000 线的 TTL 脉冲增量编码器。将 SIIMODRIVE 611UE 的总线地址为 12 的双轴模块 A 进给通道携带主轴，设定一个叠加轴。通过对 SINUMERIK 802D 数控系统参数设定，使用 SimoCom U 驱动调试工具软件调整 SIIMODRIVE 611UE 参数并配置总线模拟量输出，模拟量输出接口用于输出主轴速度给定 ($\pm 10V$)，数字量输出用于模拟主轴使能控制，WSG 接口用于连接主轴编码器作为速度反馈，完成主轴控制配置。

2.3 刀库系统

由于刀库系统原来采用普通电机，机械传动比 1: 360。刀库机械结构特殊，圆盘刀库竖直位于 Z 轴滑枕后，其旋转方向与 B 轴方向相同。改造后采用 SIIMODRIVE 611UE 变频驱动系统和 1FK7 伺服电机，将刀库改为数控坐标轴，增加脉冲编码器作为位置检测元件，达到数字伺服驱动系统闭环控制。拆除原有的 5 位二进制凸轮定位

机构。由于刀库装满刀具后的重力作用，刀库圆盘无法达到重力平衡。虽然刀库运动可以精确定位，但是上述原因导致其实际定位出现偏差，所以仍然采用坐标运动定位后定位销插入的准确定位方法。

该机床换刀过程特殊，不同与一般立式车床。PLC 控制程序完成以下换刀过程：装刀时 X、Z 轴运动安全位置，Z 轴上无刀，机床处于刀具放松状态。PLC 控制机械手伸出，推动立车刀架到 Z 轴上完成后刀具夹紧，即装刀过程完毕。卸刀时 X、Z 轴运动安全位置，Z 轴上有刀，机床处于刀具夹紧状态。PLC 控制机械手伸出，此时刀具放松，机械手缩回带动立车刀架回到刀盘上后，刀具夹紧，即卸刀过程完毕。

SINUMERIK 802D 数控系统支持利用 M 代码或 T 代码调用用户循环，可用于机床刀具交换。通过设置参数激活 M 代码，利用程序段中的 M06 调用固定循环程序执行刀具交换。编写用户循环程序，通过算法确定每个刀位刀库轴（B 轴）的旋转角度，利用自定义 M 代码启动 PLC 换刀逻辑。PLC 将数控系统“读入禁止”信号置位，使该固定循环停止。将换刀机械动作自定义 M 代码分解执行，例如：M12 卸刀、M13 装刀等。换刀完成后，PLC 将“读入禁止”信号复位，使该固定循环继续执行。在固定循环中编写信息显示在数控系统屏幕上提示操作者换刀所进行的步骤。

2.4 机床调试

数控系统的各个部件安装连接完成后，开始调试 PLC 控制程序。由于该设备是立式车床，不同于 PLC 子程序库中的车床应用程序，所以必须针对该机床的具体情况修改 PLC 子程序。

将刀库设为 B 轴，而原标准程序只有 X、Z 轴，需要增加 B 轴和在 MCP 上添加 B 轴正负方向点动键，需要对 SBR34、SBR38、SBR40 等子程序。由于是立式车床，X、Z 轴正负方向点动键与 MCP 标准设置不同也需要修改。根据机床需要设计 MCP 上用户自定义键，如液压启动、液压停止、横梁放松、横梁锁紧及指示灯，设计 MCP 和机床操作面板的 PLC 控制程序并且调试功能实现。全面测试所使用的子程序库的子程序，确保子程序的功能在与 PLC 控制程序联结在一起时正确无误。编辑设计 PLC 用户报警，通过设定机床参数规定每个报警的属性。设定机床基本参数包括：PROFIBUS 总线配置、伺服驱动器模块定位、主轴和坐标轴位置控制使能以及传动系

统参数配比。

在对机床进行了一系列调整后，数控机床已基本可以正常运行。但要使整个系统进入最佳运行状态，还应进行系统参数优化等工作。

1. 系统参数的优化：当整个系统运行正常后，还应对相应的坐标轴等参数优化调整，如：速度、增益、加速度及各项监控参数等，以使系统进入最佳工作状态。
2. 机床机械部分调整：在机床正常运行后，还应对机床机械部分，如各轴垂直度、反向间隙、传动系统精度等进行测量调整，使机械系统达到最佳。当然，机械调整后，还应对系统参数进行微调，以使机床运行在最佳状态。
3. 机床机械精度补偿：当各部分的调整结束后，通过对机床机械精度的测量，还需对数控机床的位控系统进行精度补偿。一般有以下两种：
4. 反向间隙补偿由于位置反馈编码器装在传动丝杠的端头，虽然消除了减速箱等机械传动部分的反向间隙，但丝杠本身的反向间隙仍然存在，可将该值输入系统相应参数，每次反向运行时，系统自动补偿。
5. 丝杠螺距补偿。由于丝杠长期使用中的磨损，丝杠各位置的螺距与标称值会有一定误差，为提高定位精度，通过系统参数进行补偿。

3 结论

根据用户生产的需求，结合机床改造过程，对由 SINUMERIK 802D 数控系统进行了分析、设计及实施。目前，针对该机床的机械、电气、系统各个方面的改造、安装、调试工作已经完成，样件加工完全达到预期效果。改造后机床已投入正常使用，陆续完成了多项零件加工任务。从整个机床的使用、运行状态来看，改造后机床与原机床相比，具有很多的优势：

1. 功能的极大增强、自动化程度很高。强大的数控功能极大地拓宽了机床加工零件的范围。更好地保证了零件加工的一致性和产品质量。同时高度的自动化也大大降低了操作工人的劳动强度，但对操作工人的综合素质又提出了更高的要求。
2. 从机床的可操作性来看，结构紧凑合理，显示器、各种开关和指示灯布局更适

合操作人员的使用。同时增加了一个小型的手持操作单元，以便于操作人员在不同的状态下选择更合适的操作位置。整个悬挂操作系统采用 TFT 液晶显示器，窗口菜单式操作方式，不但减少了操作按钮，而且操作更为简单容易。

3. 可维修性增强。设计考虑维修保养问题。数控系统可监控各控制部件的工作状态及故障，并及时在显示器上显示，同时 PLC 控制的应用，使整个机床控制系统线路大为简化。所有这些都使机床故障检测和维修更为方便、迅速。其次，需经常进行检测、注液、加油的部件均布置于操作或维修人员容易接近的地方，利于日常的保养维护。
4. 可靠性大为提高。数控系统、伺服系统等控制系统的各个组成部分均是高度集成的微机控制系统，这使得整个机床控制系统本身就具有较高的可靠性。PLC 的设计应用，成功地使各个控制部分达到了协调统一，极大地简化了机床控制线路及所需元器件，更有利于提高整个系统的可靠性。

该机床改造的完成，不但为用户扩大了该机床的加工范围，也节约了大笔资金。本次改造的成功也为今后的机床改造工作积累了大量的经验。