

美国 HAAS 机床国产化数控系统的改造

刘天冬, 李 林, 白云鹏

(中航工业沈阳飞机工业(集团)有限责任公司, 沈阳 110034)

[摘要] 美国 HAAS 公司的 VF-7 数控铣床原配置 HAAS 数控系统, 改造为沈阳高精 GJ401 国产数控系统。文中介绍了电气系统改造方案、沈阳高精 GJS 系列伺服器的调整和伺服参数的优化方法。

关键词: 沈阳高精 GJ401 数控系统; GJS-015 系列伺服; GJM 系列伺服电机

Improvement of Chinese Localization Numerical Control System to the United States HAAS Machine Tool

LIU Tiandong, LI Lin, BAI Yunpeng

(AVIC Shenyang Aircraft Industry(Gtoup) Limited Company, Shenyang 110034, China)

[ABSTRACT] America HAAS CNC system for Shenyang high precision GJ401 domestic CNC system is discussed. To adjust and optimize the servo parameters of Shenyang high precision GJ401 system, Further optimize the performance of the machine tool, production efficiency has greatly improved.

Keywords: Shenyang high precision GJ401 CNC system; Servo GJS-015 series; GJM series servo motor

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.1/2.154

国内数控机床的数控系统大部分配置进口系统。随着中国经济的高速发展, 国内数控机床产业有了快速提升, 国产化数控系统逐渐形成规模。国产数控系统在功能性、稳定性等方面都有了大幅的提高, 与进口数控系统差距逐渐缩小, 基本可以满足国内用户的需求^[1]。

美国 HAAS 厂家的 VF-7 数控铣床原配置是美国 HAAS 系统。十多年的使用造成了系统严重老化、故障率高、机床备件已经停产、维修困难等问题。但是, 机床的机械部件和附属部件依然完好, 可以继续使用。为了满足生产需要, 对美国 VF-7 数控铣床进行数控系统国产化改造, 选择沈阳高精数控有限公司的 GJ401 数控系统为电气控制系统。

1 数控系统改造的方案

国产化数控系统选用沈阳高精自主研发的 GJ401 数控系统, GJS 系列 A 型 S3 总线伺服, GJM 系列伺服电机(X, Y, Z 轴的额定回转速度为 2000r/min, 为防止 Z 轴自重下滑, Z 轴电机具有制动器实现断电后的抱闸制动)。主轴驱动采用蒙德 IMS-MF 系列交流伺服主轴驱动器, 主轴最高转速为 4900r/min。机械启动拨叉换挡, 低档为 50~1000r/min, 高档为 1001~4500r/min^[1]。

沈阳高精 GJ401 国产数控系统采用先进的开放式体系结构, 是一款通用性强、配置灵活的中高档数控系统。可连接数字式、模拟量两种类型的伺服驱动器, 最多可支持 10 轴, 它内置嵌入式工业 CPU 板卡, 配置 12 吋彩色液晶显示屏和标准机床工程面板, 集成轴控制接口, MPG 手持操作单元 I/O 接口, 工业以太网 SSBIH 总线接口、网络接口和 USB 接口及总线功能扩展机箱单元, 具有模块化、开放、灵活的系统结构。沈阳高精 GJ401 数控系统的操作界面清晰明了, 操作简单易于上手。编程语言按照国际通用标准进行设计, 具有高性能、高可靠性及配置灵活、结构紧凑、易操作等特点。

美国 HAAS 数控系统的 VF-7 数控铣床改造, 选用沈阳高精 GJ-401 显示终端, 沈阳高精 CNC 机箱, 蒙德主轴变频器, LINCOLN 电机(额定输出 7.5kW, 额定电流 30A, 额定扭矩 10N·m, 额定功率 60Hz), GJS-015 系列伺服, 3 个 GJM 系列伺服电机, 3 个变压器, 6 个断路器, 10 个交流接触器等多个元器件。

改造时对原机床电气控制柜重新设计, 电源进线的尺寸选择 6~10mm², 控制电线选用 1.5~2.5mm², 将新的电气部件和电器元件进行安装连接, 根据电气设计的说明书指示, 在电气柜中留出充足的散热空间。电气控制

如图 1 所示。

2 沈阳高精 GJ401 系列数控系统伺服参数的调整与优化

伺服控制分为 3 个环节：电流环、速度环和位置环。最内环为电流环，直接控制电机的力矩输出和速度输出。其次为速度环，根据速度指令控制电机速度。最后为位置环，控制电机的实际位置^[2]。伺服响应的优先级：电流环>速度环>位置环^[3]。沈阳高精 GJ401 系列数控系统的伺服控制，如图 2 所示。

(1) 电流环的优化：电流环是比例积分调节器组成的，VF-7 数控铣床改造使用沈阳高精数控配套的伺服和电机，因而系统在组态电动机时给出比较好的优化参数，一般不需要进行手动优化^[4]。

(2) 速度环的优化：沈阳高精数控 GJS-015 系列伺服的速度控制模式是通过模拟量的输入频率作为指令速度的控制。速度环的参数调节在 GJS-015 伺服上实行，速度环控制器采用比例积分 (PI) 控制，主要就是速度控制器的比例增益 (Pn5) 和积分时间常数 (Pn6) 进行调整。在满足性能要求的前提下，希望比例增益

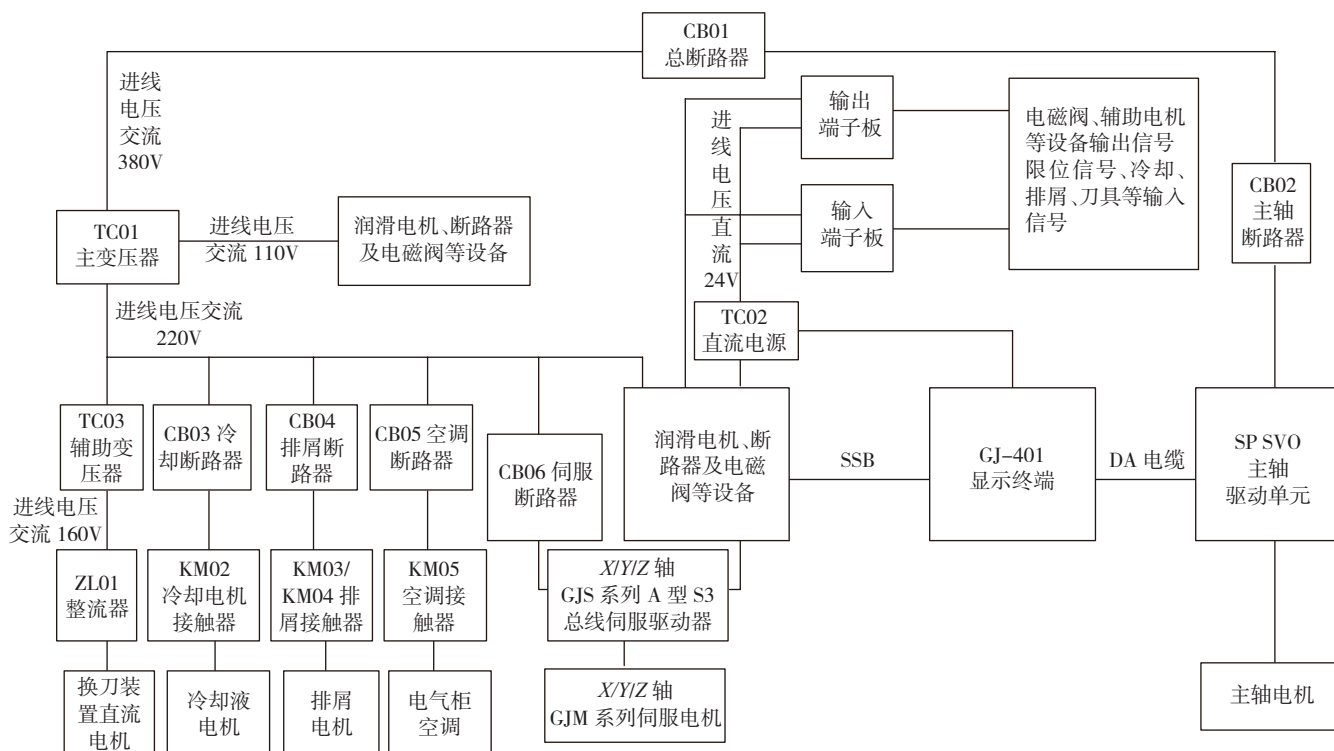


图1 电气控制框图

Fig.1 Block diagram of electrical control

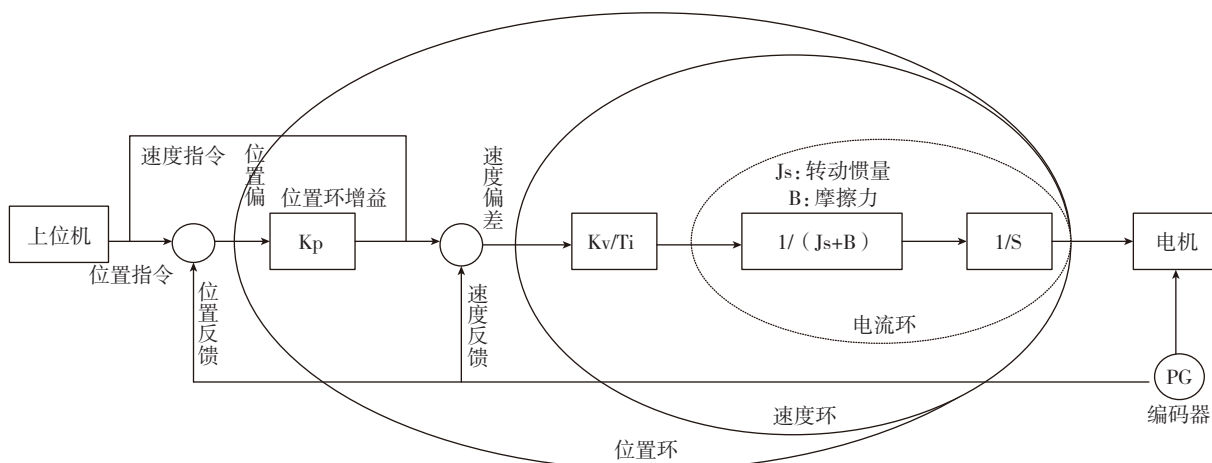


图2 伺服控制框图

Fig.2 Block diagram of servo control

表1 沈阳高精GJ401数控系统部分参数的调整与电机参数配置表

参数名称	参数内容	X轴设定数值	Y轴设定数值	Z轴设定数值
Pn5	速度环比例增益	出厂 300 改为 323	出厂 300 改为 315	出厂 300 改为 330
Pn6	速度环积分增益	出厂 200 改为 215	出厂 200 改为 190	出厂 200 改为 205
Pn15	位置环增益	出厂 750 改为 742	出厂 750 改为 758	出厂 750 改为 740
Pn47	电机额定转数 /r	1500	1500	1500
Pn48	电机极对数	2	2	2
Pn49	电机额定扭矩 / (N·m)	9.55	9.55	9.55
Pn51	电机额定电流 /A	9.5	9.5	9.5

(Pn5)尽可能的大,这样可以提高机床的响应速度和跟踪精度,希望积分时间常数(Pn6)尽可能的小,这样可以提高机床抗扰能力^[5]。

速度环的参数调整需要在GJS-015系列伺服的数字操作器完成。数字操作器位于伺服主机,可显示状态、输入数据。在数字操作器上有MODE、INC、DEC、SET 4个键。在按下MODE键后,可选择状态显示模式、监视模式、参数设定模式。选择SET键可以显示伺服的参数设定值,通过选择INC(+)键和DEC(-)键对伺服参数进行调整。

速度环比例增益数值越大,增益和响应速度大。速度环积分增益值大,速度误差积分和速度刚度大^[6]。要根据电机的特性及机械系统的刚性要求按比例成对适当调整,否则电机会有噪音、震动等问题^[7]。以X轴为例,参数使用出厂值300时,X轴电机在运行时出现抖动现象。当把Pn5改为350,Pn6改为190时,X轴电机出现很大噪音,发生震动现象。经过多次尝试较为理想的状态参数是Pn5为323,Pn6为215如表1所示。

(3)位置环的优化:速度环优化后进行位置环的参数优化。位置环增益参数是PN15。PN15参数的出厂设定值是750,该值越小,伺服响应越慢,跟随效果越差。该值越大,伺服响应越快,跟随效果越好,但数值太大会引起机床震动和位置超调。

所以,根据数控铣床的机械特性合理调节。以X轴为例,X轴伺服器的Pn15设为720时,机床的跟随效果很差。当Pn15设为760时,机床Er12号报警,X轴位置超差。通过多此尝试将Pn15值设置为742时,X轴工作状态较为理想^[8]。

3 蒙德主轴变频器调节和主轴参数设定

根据主轴电机的功率、相关的技术数据、外形尺寸、提供的各项辅助功能及后续备件通用性和经济性等

多方面因素,选定使用蒙德IMS-MF系列交流伺服主轴驱动器。该变频器适用VF-7机床的7.5kW的林肯(LINCOLN)牌主轴电机,额定输出功率10kVA,额定输出电流30A,变频范围:0.01~400Hz,输入电压380V,具有自学习模式、转矩补偿、节能控制、过热保护、失速保护、过载保护等多项功能,该变频器能够提高主轴电机的运转精度和所需的各种功能。蒙德主轴变频器电气接线图,如图3所示。

蒙德主轴变频器上有数字操作器位于小型操作面板上,可以显示状态、输入数据。在数字操作器上有按键和指示灯。L1、L2和L3 3个灯为监视灯,FWD灯亮显示主轴正转,REV灯亮显示主轴反转。通过按MENU键就可以进入菜单选择,有显示模式,监视模式,参数设定模式。选择伺服的参数设定值,可以通过选择(▲)键和DEC(▼)键对伺服参数进行调整,如表2所示。

经过调整主轴变频器参数后,主轴没有噪音和震动,可以正常平稳的旋转。

VF-7铣床数控系统改造后,使用激光干涉仪进行测量和补偿后,定位精度和重复定位精度误差不超过±0.01mm;通过标准NAS件试切,平行度、垂直度和圆度的精度在±0.02mm以内;各位置值的总偏差不超过±0.03mm;主轴径向跳动不超过±0.02mm,完全符合三坐标机床验收的试切标准。

4 结论

美国HAAS厂家VF-7数控铣床控制系统改造为沈阳高精GJ401数控系统,经过伺服参数调整后,数控铣床运行稳定可靠,有效提高了加工效率。数控机床的质量和生产效率与电气控制能力及控制系统的形式密切相关。通过此次改造和研究,熟悉了沈阳高精GJ401数控系统伺服参数的调整,对国产化数控系统的改造具有一定的实践指导意义。

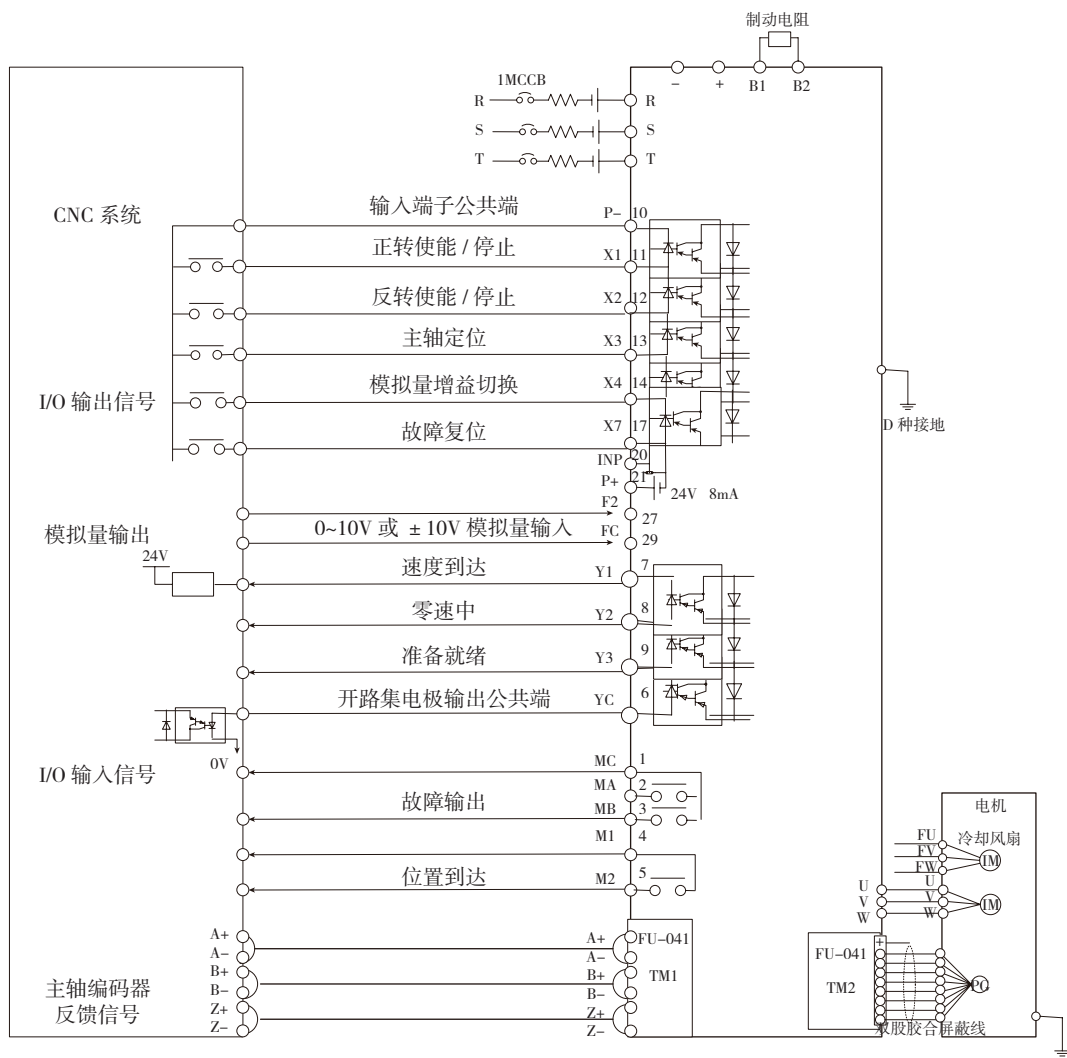


图3 蒙德主轴变频器电气接线图

Fig.3 Electrical wiring diagram of the MengDe spindle inverter

表2 蒙德主轴变频器部分参数的调整

参数号	定义	数值	参数号	定义	数值
P1.01	额定功率	7.5	P1.11	最高转数	4900
P1.02	电机极数	4	P1.20	电机控制模式	2
P1.03	额定电流	30	P3.01	高速比例增益	10
P1.04	额定电压	200	P3.02	低速比例增益	20
P1.07	电机空载电流	10	P3.03	起动比例增益	20
			P3.04	高速积分增益	80

参考文献

[1] 周凯. 发展国产数控系统的技术途径 [J]. 制造技术与机床, 2000(3):5-7.
 ZHOU Kai. The technology way of development of domestic nc system [J]. Manufacturing Technology and Machine Tools, 2000(3):5-7.

[2] 王晓珺, 祁平, 石满船. 华中 HNC-21MD 数控系统的应用 [J]. 机床电器, 2006(4):8-10.
 WANG Xiaojun, QI Ping, SHI Manchuan. Application of Huazhong numerical control system HNC-21MD[J]. Machine Tool Electrical Appliances, 2006, 8-10:4.
 [3] 李强, 闫洪波, 张玉宝. 并联机床发展的历史、研究现状与展望 [J]. 机床与液压, 2007,3:206-209.
 LI Qiang, YAN Hongbo, ZHANG Yubao. Development history, research status and prospect of parallel machine tool [J]. Journal of Machine Tools and Hydraulic, 2007,3:206-209.
 [4] 段兆刚. 浅析美国哈斯 (HAAS) 数控机床随机精度超差故障处理 [J]. 中国电子商务, 2013(16):246.
 DUAN Zhaogang. Analyses the HAAS (HAAS) ultra precision CNC machine random fault handling [J]. China's e-Commerce, 2013(16):246.

[5] 孙名佳, 曹文智, 马晓波. 西门子 840D 伺服优化技术研究 [J]. 制造技术与机床, 2011(11):164-168.
 SUN Mingjia, CAO Wenzhi, MA Xiaobo. Siemens 840 d servo optimization technology research[J]. Manufacturing Technology and Machine Tools, 2011(11):164-168.
 [6] 贺毅. 840D 伺服参数优化及评估 [J]. 制造技术与机床, 2012(2):7-9.
 HE Yi. 840D servo parameters optimization and evaluation [J]. Manufacturing Technology and Machine Tools, 2012(2):7-9.
 [7] 张云. 基于 SIEMENS 840D 系统对于虚拟轴挠度补偿的实现 [J]. 制造技术与机床, 2011(12):181-184.
 ZHANG Yun. Based on SIEMENS 840 d system for the realization of the virtual axis deflection compensation [J]. Manufacturing Technology and Machine Tools, 2011.
 [8] 段兆刚. 美国哈斯 (HAAS) 加工中心主轴故障诊断分析与排除 [J]. 消费电子, 2012(08X):196.
 DUAN Zhaogang. The united states HAAS (HAAS) machining center spindle fault diagnosis analysis and ruled out [J]. Consumer Electronics, 2012(08X):196.
 (责编 宁宁)