

数控系统伺服调试软件的研发

■ 武汉华中数控股份有限公司（湖北 430223） 孙楠 邵志谦 余楹飞 秦昌述

摘要：本文简述一种交流伺服系统PC机调试软件的设计原理及软件界面化设计特点，详细介绍了该软件应用于交流伺服系统调试过程中的各项功能，解决了数控系统软件对伺服系统通用性的关键问题。

伺服驱动装置是数控系统的重要组成部分，用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制，其作用是把来自数控装置的指令信息，经功率放大整形处理后，转换成机床执行部件的直线位移或角位移运动。由于伺服系统是数控机床的最后环节，其性能将直接影响数控机床的精度和速度等技术指标，因此要求伺服驱动装置具有良好的快速反应性能，准确而灵敏地跟踪数控装置发出的数字指令信号，并能准确地执行来自数控装置的指令，从而提高机床各运动轴的动态跟随

特性和静态跟踪精度。

本文研发的交流伺服系统PC机调试软件（Servo Self Test Tools），主要对配华中8型数控系统的机床进行在线运行调试、诊断运行，也可作为离线数据分析的工具。

1. 交流伺服调试软件设计

机床运行时产生了大量的数据，其中电流信号作为最主要的数据客观反映了机床加工状态和性能，伺服调试软件作为伺服控制运动轴的综合调试软件，主要采集电流信号、综合指令信息及G代码运行轨迹，可监控机床各运动轴的坐标实际位移值（见图1）。伺服调试软件可对采集的数据进行智能化分析，通过调试软件功能界面对话窗口给数控系统工程人员提供合理化参数值。与此同时伺服调试软件采集的数据也可自动上传到“云服务器”，所有的数据集中寄存在“云端数据中心”，研发工程师对采集数据可进行实时分析，便于快速解决用户现场问题。伺服调试软件工作原理如图2所示，首先由参数窗口设定有关参数，程序窗口送出执行调试程序，再通过CNC数据缓冲区取得反馈信息，在图形

所示。

6. 结语

进行数控加工优化后，加工出来的模具型腔表面光滑，符

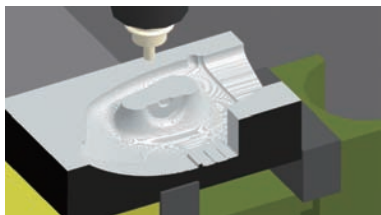


图11 精铣上平面后的型腔

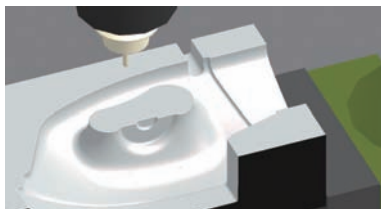


图12 清根后的型腔

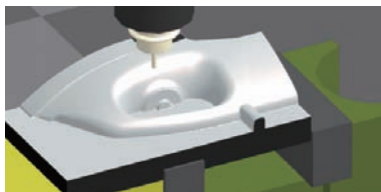


图13 清根后的型芯

合工程实践要求，而且模具放产后，模具工作稳定可靠，生产的产品表面质量也较高。

参考文献：

- [1] 胡邓平，莫夫，张维合，等. 基于Moldflow的电风扇旋钮成型工艺分析及模具设计[J]. 广西：模具工业，2016，42（10）：51-55.

MW（收稿日期：20171009）

窗口显示，最后按以上方法反复调试，直至将伺服、主轴参数调整到最佳。

2. 伺服调试软件界面设计特点

(1) 数据采样：提供给用户快捷的基本数据（位置、速度及电流）采样和用户自定义数据（任意数据）采样，调试软件会将这些数据以时域波形或者指令域波形方式展现给用户。

(2) 测定功能显示：包括圆度测试、刚性攻丝测试和轮廓测试。圆度测试模式下，能够输出任意两轴的圆误差波形以及相应的量化指标；刚性攻丝测试模式下，能够输出刚性攻丝同步误差的时域波形图及相应量化指标；轮廓测试模式下，能够输出二维平面内任意两轴的轮廓图形。

(3) 图形操作：用户能够对波形曲线进行缩放、局部框选放大和回放操作，以便对采样特征点进行全局和局部分析。

(4) 数据分析：调试软件会绘制相应的波形曲线，并根据波形数据智能分析出一系列量化指标，如在基本采样下会输出跟踪误差、速度波动、加速度和快移加减速度的最大、最小值等指标；在圆度测试下会输出伺服不匹配度、轴加减速时间等指标；在刚性攻丝下会输出Z轴跟C轴的同步误差最大、最小值。用户可以通过波形曲线和指标数据修改数控系统以及伺服驱动的参数。多次进行采样调整，不断优化机床各运动轴的参数，以使机床达到更好的运行状态，加工出更优质的零件模型。

(5) 参数调整：支持在线读

取数控系统参数，并能够进行参数数据调整。

(6) 文件导入和导出：用户能够将采样数据进行保存，并在离线模式下导入采样数据文件，用于观察波形，对波形进行任意放大缩小操作，以此来进行数据分析。

(7) 图形对比：支持两个示波器文件的图形数据对比，也支持在线采集的数据波形文件跟离线保存的数据波形文件对比。

伺服调试软件初始化界面和辅助界面如图3、图4所示。

3. 伺服调试软件功能

伺服调试软件可采集伺服驱动装置多方面信息：速度环、位置环、圆度调试、刚性攻丝、陷波器、龙门同步、主轴升降速、变频器刚性攻丝、换刀时间、自定义图形采样、全闭环诊断、诊断记录以及调机报表



图1 伺服调试软件应用场景

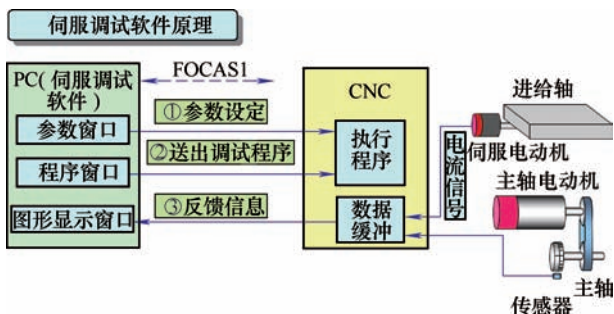


图2 伺服调试软件工作原理



图3 伺服调试软件初始化界面

等功能的数据信息。

伺服控制系统的“三环”控制从内到外依次是电流控制、速度控制和位置控制（见图5）。因而伺服调试软件最先采集的是电流环、速度环及位置环的数据信息。工程人员依据数据信息，调试数控系统及驱动器参数，即：合理的提高伺服增益，保证伺服系统不出现振荡，使伺服系统与数控装置在高响应、高刚性下相互和谐工作；其次伺服调试软件采集伺服控制运行轴的加减速时间常数，工程人员依据数据调试数控系统及驱动器参数，实现机床加工零件时的高速、高精。

在伺服“三环”的高刚性下稳定运行后，相关事件常数设定正确，需要继续运行伺服调试软件对典型零件的加工误差信息进行采集，以此保证伺服和机械配合时的加工精度，重点验证的加工形状有圆形、方形以及90°折线接1/4的圆弧。

（1）利用伺服调试软件进行圆度调试，涵盖圆度、大小以及象限的调整。

圆度的调整：加工圆弧形时，圆的轮廓成椭圆，其主要原因为插补的两运动轴存在动态不匹配的问题。在参数上引起该问题的原因包括以下几方面。①参与插补的两轴加减速时间常数的类型、大小不一致（包括一般模式下，高速高精模式时插补前/插补后）。②前馈功能使用与否，前馈补偿系数是否一致。③位置比例增益设定是否一致。工程人员应用伺服调试软件对上述几条影响圆度的因素进行数据采集，同时用伺服调试软件对数据进行

分析，调整影响圆度的参数，保证加工圆度零件尺寸合格（见图6）。

圆度大小调整：圆度大小，相对圆度问题，一般情况下对加工精度影响较小，起因主要是伺服滞后所带来的加工形状误差，伺服调试软件中可通过前馈补偿功能，适当设定较小插补时间常数等，改善伺服滞后所引起的加工形状误差。

圆象限的调整：圆象限的调整是伺服调整中较为困难的地方，实际加工中，对于加工过象限的位置出现象限条纹原因很多。过象限产生原因有在机床进给轴的传动过程中，由于反向间隙、摩擦等因素，造成电动机在反向运动时产生滞后现象，导致加工延时，此时加工圆弧的象限过渡处留下凸起的条纹。工程人员使用伺服调整软件反向间隙加速的调整功能第一步，将机床进给轴的位置环和速度环增益调整到合理值；第二步，设定反向间隙加减补偿量到速度环中，用以改善电动机由于传动

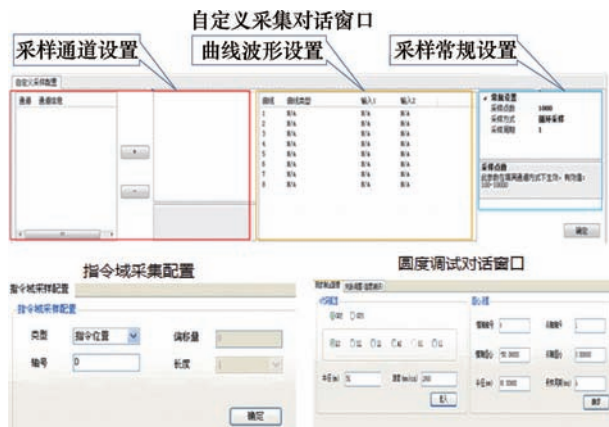


图4 伺服调试软件辅助界面

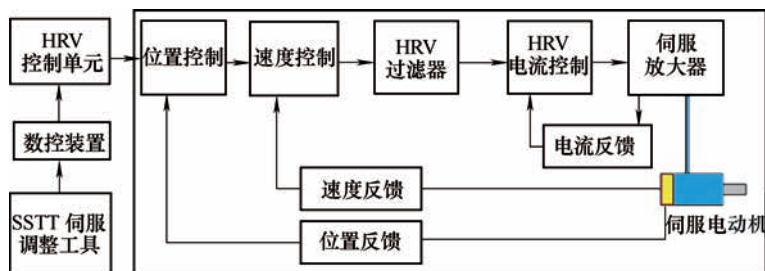


图5 伺服调试软件采集伺服“三环”信息

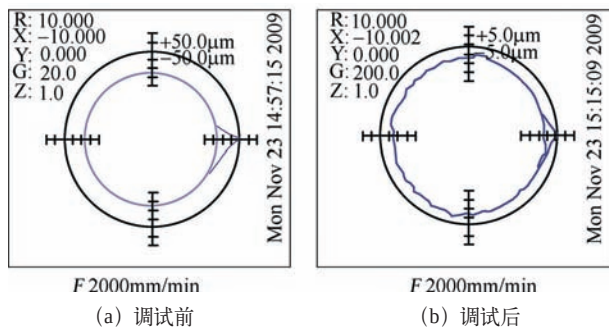


图6 伺服调试软件采样圆弧调试前后轮廓图

环节的影响造成的滞后，降低在反向位置的偏差量（见图7）。

（2）利用伺服调试软件进行方形加工精度调试。

方形加工时出现拐角的地方，既要有较快的加工速度，又要有较好的加工质量，二者需要找到平衡点。此时通过伺服调整软件进行数据的采集，工程人员选择合理的参数进行设定，保证高速高精度的零件加工（见图8）。

（3）利用伺服调试软件进行90°折线接1/4的圆弧轨迹采集。

90°折线接1/4的圆弧程序主要是用来确认直线至圆弧或圆弧至直线相切时过渡处的加工精度，系统主要使用依据圆弧半径减速功能确认速度和精度关系。

4. 交流伺服调试软件应用

伺服调试软件目前已经应用于用户现场加工机床的调试、自动生产线中的调试以及智能制造车间，同时伺服调试软件在长时间连续运行的可靠性实验环境中也得了应用。伺服调试软件用于用户现场调试时，主要满足用户零件切削高速、高精的需求，同时可以收集用户加工时出现的问题，利用智能传感技术、云计算技术采集信息，通过网络直接上传到“云数据平台”，作为大数据基础信息。当其他用户出现类似问题时，客服可依据大数据平台信息，第一时间合理、快速的解决用户问题。

伺服调试软件在可靠性试验中，采集伺服控制的电动机实际运行位置，也可以采集伺服驱动的电流感信号，测试工程师定期查看可靠性试验中的机床或电柜数

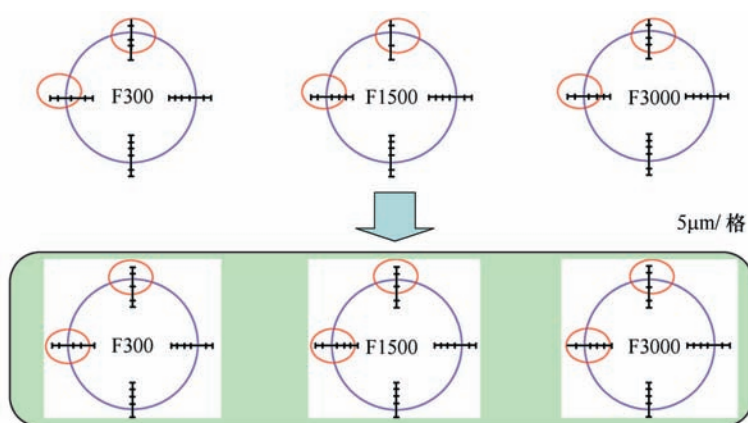


图7 伺服调试软件采集圆弧过象限调试前后图

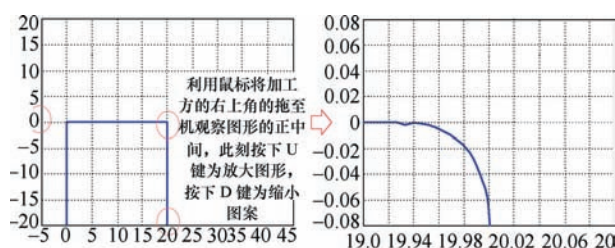


图8 伺服调试软件采集方形切削轨迹

据信息，便于监测数控系统整机的运行状态。

自动化测试系统未来将在智能制造示范工厂中应用，伺服调试软件将通过移动端APP或网络主页监测G代码模块在实际生产加工中验证正确性及功能模块被连续使用时的稳定性，也可监测到每台数控机床运行状态，保证智能工厂零件加工的安全性与可靠性。

5. 结语

伺服调试软件连接方便，采集数据信息丰富，能够满足伺服系统各项运行状态监控，如实际位置、速度和电流信号的显示，并提供方便、快捷的调试手段，即通过软件界面实时提供数据信息变化，工程人员依靠伺服调试软件可快速解决用户现场出现的问题，同时可确保数控机床在实际生产环境中零件加工性能稳定、机床运行安全可靠。伺服调试软件的采集数据会直接上传“云服务中的大数据中心”，通过单机历史数据纵向比较和机床集群数据的横向比较，掌控机床健康状态，实现机床健康保障。伺服调试软件可广泛的应用在智能制造多个行业领域。

参考文献：

- [1] 范钦武. 模具数控加工技术及应用[M]. 北京：化学工业出版社，2004.
- [2] 谢伊. 数据通信与网络教程[M]. 北京：机械工业出版社，2000.
- [3] 宋彦. 伺服系统提高速度平稳度的关键技术研究[实现[D]. 北京：中国科学院研究生院（长春光学精密机械与物理研究所），2010.
- [4] 李宁，陈桂. 运动控制系统[M]. 北京：高等教育出版社，2004.

MW（收稿日期：20170925）