

FANUC数控系统伺服优化功能应用

■ 山东永华机械有限公司（兖州 272100） 孟宪哲 裴俊朋 刘卫国

摘要：为使数控机床综合性能达到最优，进行伺服优化：伺服速度增益调整、快速时间常数调整、电动机侧循圆调整、菱形转角测试以及菱形圆弧转角测试。本文对我公司YHMC-V11机床，使用Servo Guide软件如何进行优化的方法进行介绍。

1. 伺服速度增益调整

先对机床各个伺服轴做频率响应，降低电动机在高频段出现的振动并尽可能提高速度环增益，从而提高伺服系统的相应速度，保证伺服系统不出现振荡。

调整原则一般如下：①调整速度增益时，测得曲线图中最大值超8dB时，手动将增益略往下调整，以达到不超过最大允许值。②曲线图在高频段（500～1 000Hz区间内）的波形如上升时，用滤波器功能进行抑制和调整。③在使用HRV3控制时需设定相关参数匹配。

通过测得的曲线图形分析，速度环增益可进一步提高，需开启如下功能：①速度环比例高速处理功能（2017#7=1）。②电流环1/2 PI控制（2203#2=1）。③伺服HRV3控制（2013#0=1）。调整后，各个伺服轴的速度环路增益如表1所示。

通过多次参数调整和测试，

表1 速度环路增益

轴名称	速度增益	HRV中速度增益倍率
X轴	350	180
Y轴	350	180
Z轴	320	180

最终各个伺服轴的频响曲线如图1～图3所示，横轴为频率（Hz），纵轴上面图形为震级（dB），纵轴下面图形为相位（deg）。

由于速度环增益的调整是整个伺服系统优化的核心，将速度环增益提高至较高的合理值，即可保证伺服轴在高刚性下稳定运行，保证加工精度且表面没有振纹。

2. 快速时间常数调整

加减速需根据机械进行调整，保证最合理的加速度，实现伺服系统的高速、高精度运行。此时的调整原则一般如下：①在快速倍率100%情况下，测量全程加减速波形（速度与TCMD）。②设定快移FF有

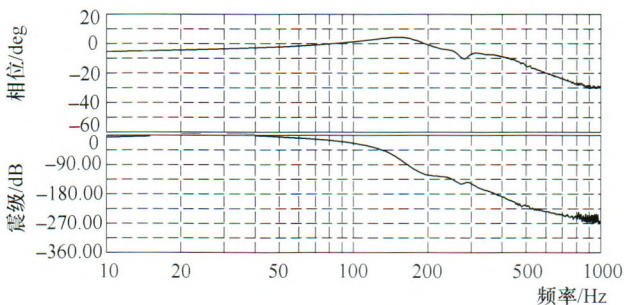


图1 X轴频率响应图

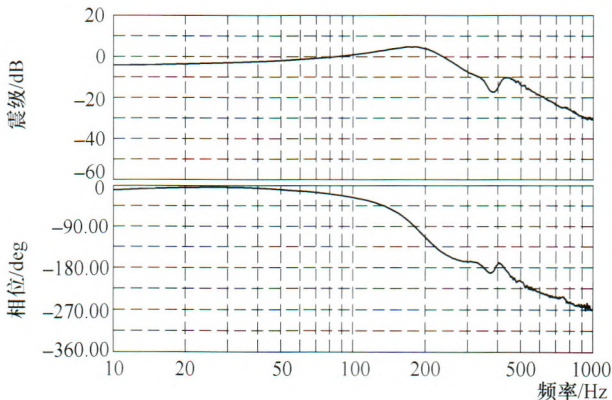


图2 Y轴频率响应图

效(1800#3=1),调整时间常数(1620,1621),使TCMD在70%~80%左右。为了使循环缩短,设定快速程序段重叠有效(1601#4=1,1772=30)。③在最大负载时将机床负载轴TCMD调整至80%以上,无负载调整为60%以上。④同样在最大载重的状态下,确认位置增益的极限值,设定在6500以下。⑤机床联动轴需设定相同的PG值。

测量各伺服轴的直线移动加减速波形,待测量选取为POSF与TCMD。通过测试不断调整参数1620与1621数值,尽量降低快速移动时间常数值,且保证伺服电动机的TCMD最大值在60%左右(空载状态)。

3. 电动机侧循圆调整

如机床不经过伺服优化,在加工圆弧形工件时,极易出现如下现象:①在加工中出现半径偏差问题,主要是伺服滞后所带来的加工形状误差,可以使用前馈功能、适当设定较小插补后时间常数等方法,改善伺服滞后所引起的加工形状误差。②在加工中圆轮廓成椭圆形状,主要为插补的两轴存在动态不匹配问题。③在加工中圆换向四个象限点凸起,主要是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转时产生滞后,故在加工圆弧象限过渡处将会留下象限凸起的条纹。

上述情况发生时的基本调整原则如下:①先以R30/F2000进行圆弧测试,调整位置环增益和前馈参数,减少圆弧形状误差。②继续在同条件进行反向间隙加速调试,用2段反向加速Type2(2015#6=1,2271#5=1,2048=-100,2273#4=1,调整2039、2089。初始值是2039=100,2089=20),要求过冲在5 μ m以内。③在R30/F4000条件下,调整P2114,读取此时的加速度BLAC1后设定2338。④需要测试XY、XZ轴。⑤联动轴需设相同的插补后加减速时间常数(1622,1769)。

下面将对本机在XY轴进行插补圆弧的调试过程说明,在以下测试的图形中,图形横轴为X向(mm),纵轴为Y向(mm),测试及调整步骤如下:

(1) XY圆弧, R=30mm, f=2000mm/min。在切削进给速度为

2000mm/min下,执行半径为30mm圆弧程序,测量结果如图4所示。

通过分析可以看出,圆弧的实际大小与指令有较大差距,需要开通系统中的前馈功能(2005#1=1),设定前馈系数(2092)为9900,速度前馈系数(2069)为99。参数设置完成后,再次测量此圆弧,此时如图5所示,测得的圆弧大小已符合要求。

(2) XY圆弧, R=30mm, f=4000mm/min。按照上述调试方法调整圆弧效果,记录调整的相关参数。此时会发现,此时参数有所不同,需要计算Override参数,保证机床在任意速度下都有较好的加工效果(见图6、图7)。

(3) YZ圆弧, R=30mm, f=2000mm/min。按前面测量XY

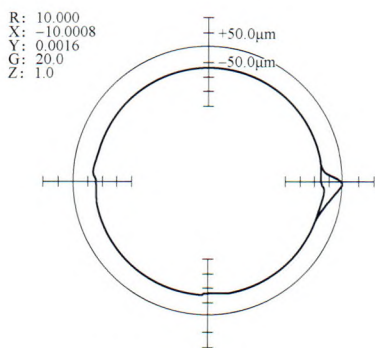


图4 圆度测试图

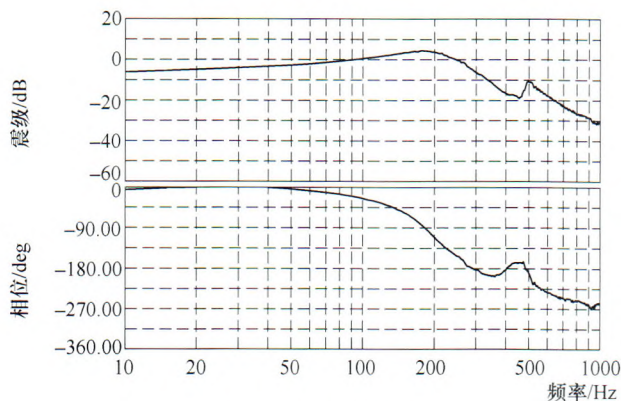


图3 Z轴频率响应图

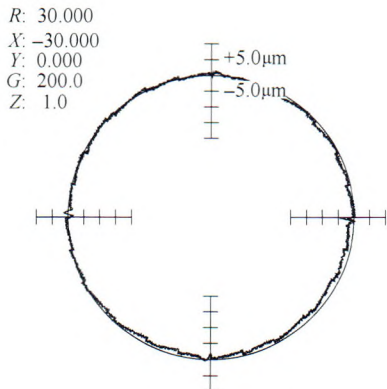


图5 XY循圆图

轴方法，进行相同的测试和调整圆弧。测得图形如图8所示。

在调整Z方向凸起时，发现当1段加速量持续增大时，Z轴由正到负的换向处已没有凸起，但是由负到正的换向处还存在凸起，如图9所示。如果继续增加加速量后会出现过切现象。

结合Z轴机械特性，造成此现象原因是Z轴为重力轴。可以调整扭矩补偿（2087），设置参数为420后，两方向凸起基本一致，继续增大1段加速量后，经过测试后象限点的凸起限制减小到5μm以内。最后的调整图形如图10所示。

(4) YZ圆弧， $R=30\text{mm}$ ， $f=2\,000\text{mm/min}$ 。此时的调整方法与前面类似，经过调整结果如图11所示。

(5) 发现对于 $f=2\,000\text{mm/min}$ 适合的参数对于 $4\,000\text{mm/min}$ 并不

适合，需设定反向间隙加速的Override。经过上述四次调整后的参数记录如表2所示。

表2 调整后参数表

进给速度 f (mm·min ⁻¹)	轴名称	参数2048	参数2082	参数2089	参数2039
2 000	X轴	30	0	100	45
	Y轴	10	0	100	30
	Z轴	30	0	100	40
4 000	X轴	30	0	100	70
	Y轴	10	0	100	60
	Z轴	20	0	100	30

使用反向间隙加速Override计算后得到的值如表3所示，参数按此设置。

表3 倍率参数表

轴名称	参数2114	参数2338	参数2039
X轴	12	84	37
Y轴	27	72	20
Z轴	-4	36	48

4. 菱形转角测试

前面圆弧轨迹测试已调整各轴的前馈系数（2090）和速度前馈系数（2069），因此形状误差已在允许范围内，不再进行调整。在方形调整中，主要针对转角处的伺服轴出现的过冲现象，为了避免伺服轴在转角处出现过冲，需要调整基于拐角减速的速度差的允差（1783），还要调整每个轴的切削进给加/减速时间常数（1620）和插补前加/减速的每个

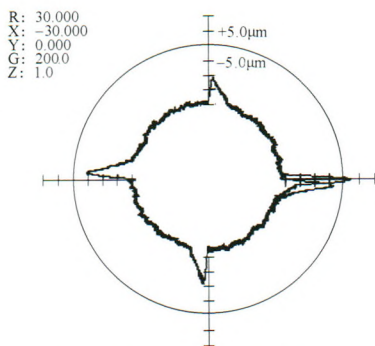


图6 $f=4\,000\text{mm/min}$ 时圆弧插补图
(Override无效)

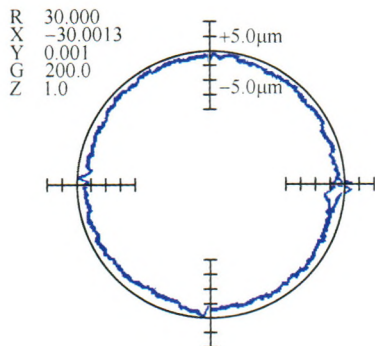


图7 $f=4\,000\text{mm/min}$ 时圆弧插补图
(Override生效)

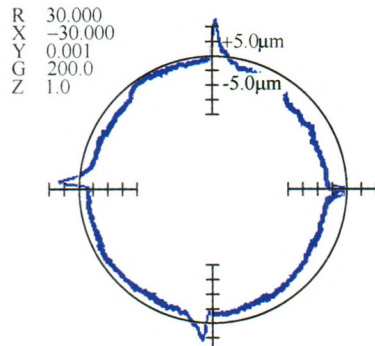


图8 YZ圆弧插补图

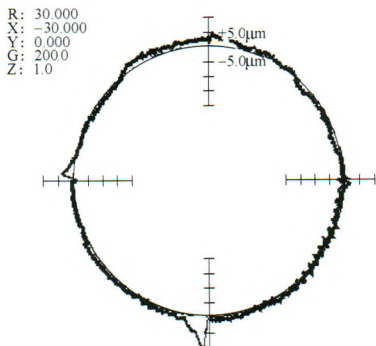


图9 YZ圆弧插补图

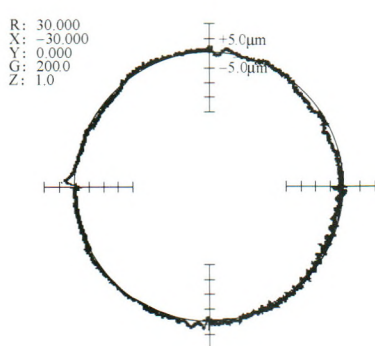


图10 YZ圆弧插补图（最终调整后）

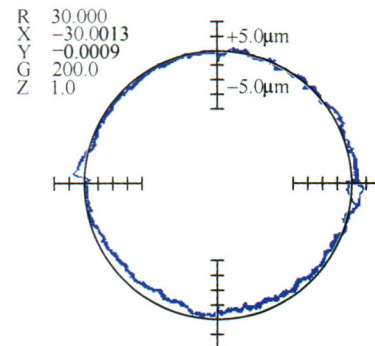


图11 YZ圆弧插补图

轴的允许最大速度(1660)。

在圆度测试、调整完成后,为了进一步验证调试后参数是否完全符合应用,需要进一步进行菱形转角测试,测试目的是用来确认加工程序中存在直线至圆弧或圆弧至直线切换时,过渡处的加工精度。此时进行测试的原则一般为:①在L50/F2000条件时,确认并调整G1定位的过冲。②测试XY、XZ轴。③顺时针与逆时针同时测量,确认路径误差与Cycle Time。如果路径误差太大时,再调整拐角速度误差与插补后时间常数。

此时主要使用依据圆弧半径减速功能确认速度和精度的关系。按圆弧半径钳制进给速度,分析测得的图形误差后,发现误差范围符合要求。

5. 菱形圆弧转角测试

此步调整主要体现在圆弧的加速度急剧变化时,残留有位置

偏差,偏差是因圆弧开始时或结束时的速度环路延迟而发生的。此时进行测试的原则一般为:①在R5、L20/F2 000条件下,确认G01移动时Overshoot的状况后调整。②需要测试XY、XZ轴。③顺时针与逆时针同时测量,确认路径误差与Cycle Time。如果路径误差太大时,再调整容许速度误差与插补间后时间常数。执行编写的程序,测试XY平面内经过调整后拐角处误差为12 μ m,XZ平面内经过调整后拐角处误差为4 μ m。

在以往进行走方或方带1/4圆弧测试时,利用软件生成程序去测试,本文测试的结果能反应出两轴插补过程中存在的伺服误差,两轴插补的结果比单轴运行不插补的测试结果更能反映机床在实际加工过程中运行的误差,使用本文的测试方法能更进一步提升伺服调整的效果。

通过上述调整即完成机床伺服轴的伺服优化调试,并进行机床模具零件加工测试后,完全达到加工表面粗糙度、精度及效率等方面的要求。

6. 结语

FANUC数控系统伺服控制功能能够实现伺服系统的高性能化,改善伺服系统响应性能,改善对指令的响应性能和伺服刚性,降低加工外形误差,缩短定位时间。通过Servo Guide软件应用简化伺服调整进程,使调整更直观、快捷。

参考文献:

- [1] 张柱银,熊显文. 数控原理与数控机床[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 封峰. 数控机床精度指标的改善方法[J]. 山东:成功:教育版,2013 (23): 111.

MW (收稿日期:20161129)

北京市电加工研究所再获两项殊荣

2016年11月25日,中国机床工具工业协会特种加工机床分会年会在安徽歙县召开,大会颁发了2016年度中国机床工具工业协会特种加工机床分会审批的“达标认定产品”和“达标认定优等产品”证书。北京市电加工研究所携手所属北京迪蒙数控技术有限责任公司继A30、B30E、A50、AA50和N850五款机床被评为“达标认定优等产品”之后,B45型精密数控电火花成形机床再获此殊荣。

评选“达标认定产品”,是特种加工机床分会根据工业

和信息化部“规模以上企业重点产品质量水平达到国家、行业标准”的工作目标而组织开展的行业产品认定活动,是国内最严格的行业检查,旨在推进国家、行业标准的贯彻执行,提升产品质量和创建品牌。本次认定工作由机械工业电加工机床产品质量监督检测中心全程负责,B45机床经过为期三天的严格检测,对照GB13567-1998、GB/T5291.1-2001两项国家标准,被检A类41项全部符合国家标准,且所有精度项目的储备量为40%~98%,超过了30%储备量的要求,荣获“电

加工机床达标认证优等产品”。

电加工所及所属迪蒙数控公司的产品一直赢得市场与行业的多方认可并不是偶然的,正是由于对产品的极致打磨、对用户需求的不懈追求,制造的产品才赢得用户与行业的肯定。在“中国制造2025”行动计划的推动下,电加工所及所属迪蒙数控公司将继续保持电火花成形机床产品的高品质、高稳定性,为航空航天、汽车、能源动力装备、微机电系统、生物医疗和精密模具等高端制造领域提供更优质的服务。(伏金娟)