

缩短数控机床加工周期时间方法的研究与探索（下）

北京发格自动化设备有限公司 (100015) 张 彬

2. PLC 和宏程序的优化

(1) 对 PLC 的优化：①缩短 PLC 的扫描间隔可以提高 PLC 的响应速度，从而缩短机床辅助动作时间。本次研发机床的 PLC 程序长达 330 kb，借助于 CNC8065 Power 系统强大的 PLC 处理能力，PLC 的扫描时间仅为 0.4 ms。设置通用机床参数 LOOPTIME = 3 ms，PRGFREQ = 1，即每 3 ms 扫描一次 PLC，保证了对机床辅助动作的快速处理。②缩短 M 代码的执行时间，设置通用机床参数 MINAENDW = 3 ms，即等待确认 M 功能结束的时间由 10 ms 缩短为 3 ms，由于加工过程中执行了大量的 M 功能，经实际测试，此措施缩短 CT 时间的效果十分显著。③改进机床辅助动作的 PLC 编程，缩短辅助动作时间。例如对刀库实行就近找刀，缩短了寻找目标刀具的时间。就近找刀的流程图如图 2 所示。

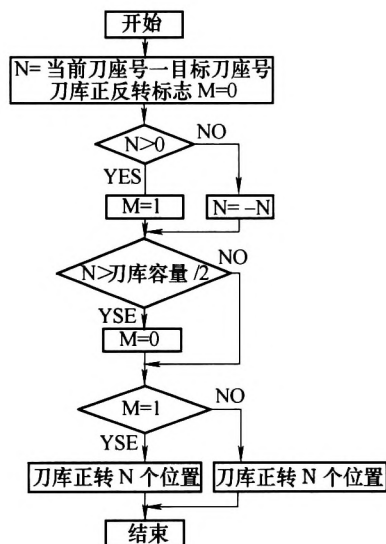


图2 就近换刀的流程图

(2) 辅助动作相关宏程序的优化：①规划机床在执行辅助动作时轴的运行轨迹，减少轴的空行程移动距离。②优化辅助动作的时序，使轴快速定位到加工起点位置与换刀、转台转动、主轴加减速等辅助动作同时进行，当轴到达加工起点位置后，确认辅助动作已经结束，然后立即开始加工，从而缩短等待时间。

3. 进给轴的特性调整

(1) 轴动态特性的精确调整。为了满足高速加工对进给轴动态特性的要求，有必要对轴的特性进行精确调整，一般步骤如下：①电动机编码器信号波形的校正，使 A/B 信号逼近正弦波和余弦波，从而使电动机的反馈更加精确。②轴的负载惯量比的测量，它是加速度前馈控制的前提条件；动静态摩擦力矩的测量和补偿，它可改善轴换向时的响应。③精确调整驱动器速度环 PI 参数，使电动机速度正确精确跟踪速度指令的变化。④精确调整位置环 PI 控制和前馈控制参数，使动态跟随误差接近于 0，从而保证高速切削时的轮廓精度。

得益于 CNC8065 系统内部集成的 Finetune 自动调试软件，以上调整均能自动完成。图 3 为 Finetune 软件的界面。

该自动调试软件能向机床发出特定的激励信号，并根据机床的实际响应情况自动调整相关参数，以达到电气参数与机械特性的最佳匹配。

(2) 抑制机床振动。在高速加工过程中进给轴频繁地加减速会引起机床振动，影响工件表面质量，因此抑制振动对于高速加工是一个重要课题，为此我们采取了如下措施：①对加速度的变化率进行限

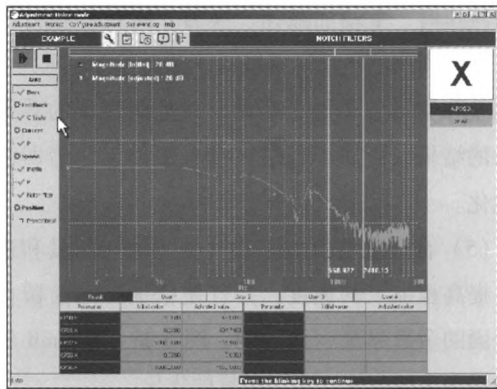


图3 Finetune 软件的界面

制，即采用正弦－梯形加减速。是否采用加速度变化率限制对速度的影响如图4所示。从图4可以看出采用加速度变化率限制后轴加减速时速度更平滑，从而降低了振动。②对机床共振频率使用带阻滤波器（陷波器），消除机床共振。③对于在执行某些程序段时发生机床振动，而又不能通过修改加工程序来解决时，可以使用系统提供的加速度控制（G130/G131）指令和加速度变化率控制（G132/G133）指令来人为地修改加速度和加速度变化率，达到抑制振动的目的。

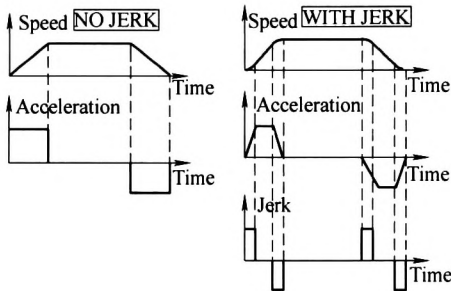


图4 加速度变化率限制对速度的影响

4. 电主轴的特性调整

本次研发的机床在加工过程中会使用15把不同刀具，每次换刀之前会进行一次主轴降速，每次换完刀要把主轴升速至加工转速，即加工循环中主轴要进行30次加减速，如主轴电动机每次加减速时间能缩短1s，则CT时间就能缩短30s，所以尽量降低主轴加减速时间是降低CT时间的重要手段。我们在调试过程中采取了如下2条措施：

（1）调高RPS电源模块的直流母线输出电压，当母线电压为575Vdc时，电主轴的加减速时间（0~36000r/min）为5s，调高母线电压至625Vdc时，加减速时间缩短至2.5s。

（2）优化主轴驱动器的参数，主要是磁通组、电动机组、速度组的参数。此措施使主轴加减速时间由2.5s降至1.5s。

5. 刀具寿命管理

在高速加工中随着切削量的增大，刀具寿命下降，因此为了保证在大批量生产中加工的连续性，刀具的寿命管理变得十分重要。数控系统要能够记忆每把刀具已经使用的次数或时间，并在刀具寿命到达前提示操作者更换新刀具，还要方便操作者设定每把刀具的预期寿命。另外在高速加工过程中刀具过度磨损或折断时，必须立即停止加工并提示操作者更换刀具。对于本次研发的机床，我们采取了如下2条措施确保刀具的安全高效的使用：

（1）开发刀具寿命管理专用界面，如图5所示。



图5 刀具管理界面

用户可以在上述界面中设定每把刀具的预期使用次数，并且可以监视刀具已经使用的次数。在PLC程序中对刀具使用次数进行计数，当到达预设寿命次数时会提示更换新刀。

（2）在加工过程中，当交换到下一把刀具，并且在这把刀具投入加工前，会自动进行刀具磨损值的测量，如果磨损值大于预先设定的数值则认为刀具过度磨损或已折断，系统给出报警并提示更换新刀具。

三、加工程序的优化

1. 采用高速高精加工指令#HSC

FAGOR的#HSC指令采用独特的高速高精控制算法，当加工程序是CAM生成的由微小线段组成的程序时，能够在保证轮廓精度的前提下自适应地调节加工进给率和加速度，使机床运动更加平滑，有

效抑制了机床振动，保证了加工质量，缩短了加工时间。

指令的格式为#HSC ON [FAST, E 数值]，其中“FAST”表示工作在高速模式下，“数值”用于指定轮廓误差，正确设定该值即可在保证轮廓精度的前提下进行高速平滑的加工。要使该指令能够取得最佳效果，还要设定高速加工相关的机床参数。

2. 运用 CAM 软件优化加工程序

CAM 软件对于高速数控加工的影响是显而易见的，正确灵活地运用 CAM 软件生成准确高效的 NC 加工程序可以显著缩短数控加工的 CT 时间。主要方法如下：

(1) 刀具轨迹应尽量简单，有利于加工时能够达到最大进给速度。例如轮廓中的圆弧应尽量使用圆弧插补代替用很多微小直线段来逼近圆弧，因为后者在 CNC 执行时会在线段拐角处减速从而使加工时间变长。

(2) 分析工件轮廓特点，优化刀具轨迹尽量减少空走刀。

(3) 充分利用 CAM 软件的刀具专家系统和刀具载荷分析功能，选择合适的刀具并优化刀具转速和进给率。

(4) 现在很多 CAM 软件针对缩短 CT 时间开发了新功能，例如 CAPSmill 软件是一款专门用于优化加工过程缩短 CT 的 CAM 软件，有 CT 时间预估和分析功能，它不但考虑每个加工步骤的时间，还考虑

轴加减速时、主轴加减速、换刀、M 代码执行等时间。充分利用这些功能可以线下估计 CT 时间、合理地调整和安排各个加工步骤，并且能直观的看到调整后的结果，使加工程序在投入试加工之前即已得到优化。

(5) 合理规划粗加工和精加工的切削量和进给率，提高粗加工的速度，并且使精加工之前留在工件表面的余量尽量少而均匀。图 6 是 CAPSmill 软件的粗精加工切削速度和切削量的优化。

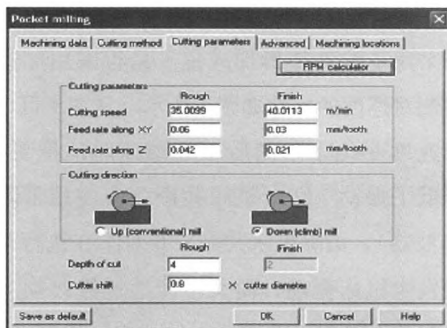


图 6 粗精加工的优化

四、结语

如何缩短加工周期时间是进行大批量产品加工的数控机床面临的一个重要课题，要从机床、工件、刀具、加工工艺等多方面综合考虑。本文提出的从电气控制系统的硬件选型、数控系统的调试、加工程序的优化三方面缩短数控机床 CT 时间的方法，在实际应用中得到了验证。**MW**（全文完）

（收稿日期：20131225）

《金属加工（热加工）》2014 年第 10 期要目

150 t 转炉支撑板的焊接
防爆开关壳体密封盖的焊接质量分析与对策
各种型号液压支架数控切割编程软件的转换应用
关于推头液压缸底板与缸筒环缝纵向开裂的分析
宽体矿用货车货厢数控切割下料
矿用自卸车用 Hardox400 的焊接工艺实践
立车横梁焊接变形控制
双金属堆焊工艺在锻造模具修复中的应用
水泥搅拌车副梁焊接变形的控制及矫正方法
铣刨机转子安装架的拼焊及机加工工艺分析
从埃森焊接展看焊工防护的现状
熔化极气保焊在变压器油箱及零部件焊接中的应用
水套式机座的焊接工艺的改进

CRH6 动车车顶自动焊接技术研究
igmm 焊接机器人焊枪碰撞安全保护故障诊断
后桥壳体大环面装焊不平的原因分析及解决方法
轨道车辆 50 mm 厚钢板火焰切割排料工艺优化
焊接机器人在半挂车支架上的应用
基于 Robcad 软件的点焊离线编程系统研究
汽车用钢加工过程中激光拼焊工艺的现状与发展
相贯线焊缝焊接工艺分析
套料软件在机车钢结构下料中的应用
高铁线路钢结构件焊接裂纹的预防
摩洛哥布里格里河谷斜拉桥钢横梁变形控制研究
赞比亚齐阿瓦大桥钢主梁焊接技术