

提高数控仿形加工稳定性和精度的实用方法

刘智奇 侯伯杰

周万春

(郑州工业大学机械与电子工程学院) (中州大学, 郑州, 450052)

摘 要 分析了数控仿形运动的基本特征,指出了影响仿形加工稳定性和精度的主要因素,提出了两种实用的控制方法。实验证明,这两种控制方法有效地提高了数控仿形加工的稳定性和精度,同时也提高了数控仿形加工的效率。

关键词 数控;仿形加工;稳定性

中图分类号 TH 161.12

0 前言

仿形速度对于仿形加工的精度有很大影响^[1],对于曲面过渡变化较大的型面,速度太快,仿形运动稳定性较差,仿形精度就会很低。而对于仿形运动来讲,未来路径上的模型表面是未知的,因此仿形加工也就不可能有“Look-ahead”的功能^[2]。如果仿形加工始终采用一种速度,要想得到理想的精度,就不得不降低仿形速度,这样就严重影响了加工效率。因此,在仿形过程中,针对不同的模型表面情况,采用特殊的控制方法,实时地调整仿形速度,进而得到较高的仿形加工稳定性和精度,是一项极有意义的工作。

1 仿形运动分析

对于仿形加工来说,仿形仪压偏量的大小影响加工的稳定性和精度。在仿形加工中总要设定一个预期的压偏量,仿形过程中实际压偏量越接近预期压偏量,仿形稳定性和精度就越高;反之,仿形稳定性和精度就越低。

图 1 和图 2 是仿形过程中模型型面、仿形速度及压偏量的关系曲线图。图 1(a)、图 2(a)为沿仿形方向截得的模型表面轮廓曲线图,两轮廓基本相同。图 1(b)、图 2(b)为与之对应的仿形仪压偏量变化图,但速度不同。仿形过程中预期压偏量为 400 μm 。

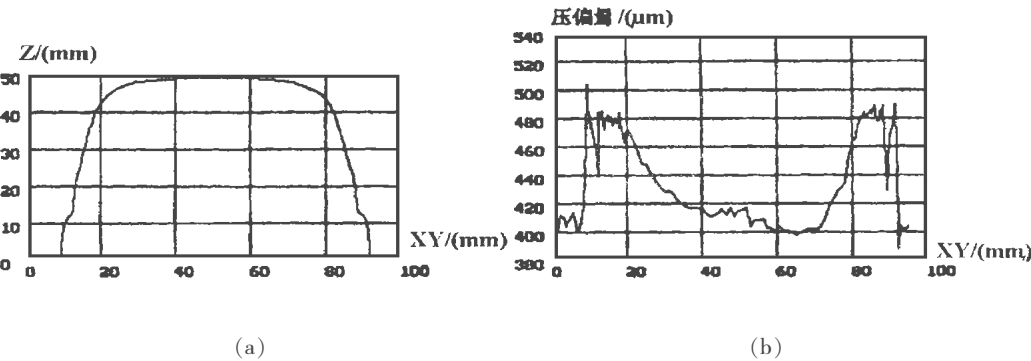


图 1 仿形压偏量曲线 ($V=10000 \text{ mm/min}$)

收稿日期:1998-04-25

第一作者 男 1972 年 3 月生 博士研究生

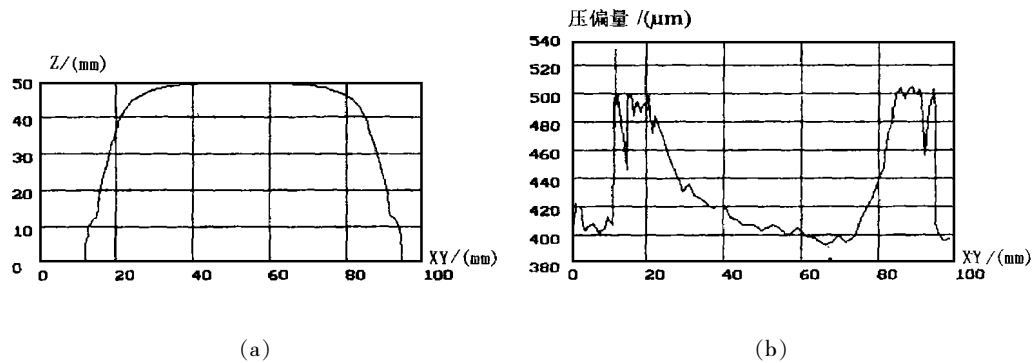


图 2 仿形压偏量曲线($V=20000\text{ mm/min}$)

分析图 1 和图 2 的实验结果,可以得到如下结论:

- (1) 平面仿形精度高于曲面仿形,且仿形精度受仿形速度影响极小;
- (2) 曲面过渡越平缓,实际的压偏量越接近预期压偏量,仿形精度越高;曲面过渡越剧烈,实际压偏量偏离预期压偏量的值越大,精度就越低;
- (3) 仿形速度对精度的影响较大,在同样的曲面上,仿形速度越大,仿形精度越低;
- (4) 模型表面上的形状剧变处,如棱角、直壁、边缘等处,仿形仪压偏量变化很大,严重时会造成不正常的离模现象。

2 仿形控制的改进方法

仿形加工过程中,在模型曲面过渡平缓的位置时,可以采用较高的仿形速度,而当仿形头在接近模型曲面变化剧烈的位置时,通过特殊控制方法使之减速,这时仿形头的速度较低,惯性较小,这样就可以使超调和欠调减小到最低限度,进而提高仿形加工的稳定性和精度,同时也可提高仿形加工的效率。

2.1 软减速电位线法

在仿形过程中,在模型棱角部分、曲面急剧变化等特殊位置附近设置软减速电位线,如图 3。当仿形头在软减速线控制范围中时,以较低的速度进行仿形加工,其余均采用较高的理想仿形速度。以 $X-O-Z$ 平面扫描, Y 方向周期进给仿形方式为例进行讨论。

软减速电位线的节点用 Point 来表示:

```
struct Point {  
    float X;      // 节点的 X 方向坐标  
    float Y;      // 节点的 Y 方向坐标  
}P(n);           // N 个节点
```

根据模型的特点,输入 $num \leq n$ 个节点坐标,就可以确定软减速电位线的位置。考虑到模型型面的复杂程度,可以最多设置 m 条软减速电位线。软减速电位线个数取为 m 。软减速电位线用 Line 表示:

```
struct Line {  
    struct P(n);  // 软减速电位线的节点  
    float rg;     // 软减速电位线的控制范围
```

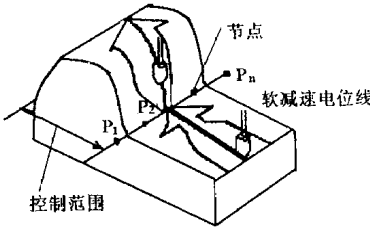


图 3 软减速电位线法

} L(m); // m 条软减速电位线

该控制方法的程序实现见图 4 的程序流程图。其中, $Flg=1$ 为减速标志, X_{act}, Y_{act} 为仿形头所处的实时位置, $I(i)$ 用于记录仿形头在第 i 条电位线控制范围是所在的节点位置。该模块包含在仿形伺服控制模块中。

2.2 自记录控制法

在仿形加工过程中, 利用自记录控制法, 记录第一次扫描路径中模型表面的形状剧变处, 如直壁、边缘、折角等的位置。在以后的扫描路径中, 遇到这些位置, 仿形速度提前降低, 进而避免仿形仪压偏量的大幅度波动, 提高仿形加工稳定性和精度。该控制方法针对的模型有一定的局限性, 比较适合图 3 中的在某方向截面有类似性的模型, 但其程序实现较为简单。

当然, 也可以边仿形边记录模型表面的特殊位置, 即把新的特殊位置按一定格式(该格式应与仿形方式相对应, 以便于查找)插入到记录点的序列中去, 并且始终检查本采样周期记录点处压偏量的变化情况, 当其实时值与预定压偏量的差值小于某设定值时, 便认为该记录点处的模型表面情况已平缓, 进而把该记录点剔除。该过程要占用相当的 CPU 时间, 由于该控制模块嵌在伺服控制模块中, 为中断执行方式, 所以会对控制过程产生一定影响, 比如数据采集的速度。程序实现也较为复杂一些。

在此, 仍以 $X-O-Z$ 平面扫描、 Y 方向周期进给仿形方式为例。记录采用偏差控制, 仅记录第一次仿形路径上的特殊位置。在仿形过程中, 当实际仿形压偏量 D_{act} 与预期压偏量 D_{des} 的偏差 $|D_{act}-D_{des}| \geq D_{lim}$ (其中 D_{lim} 是预定的偏差量), 则记录该位置点。为了避免记录点记录得过密, 而占用过多内存, 且在实际应用上不具意义, 通过实验人为设定一个最小记录距离, 当本采样点与前一记录点的距离小于该最小距离, 该点不作为被记录点。利用链表结构有利于节省内存, 且便于记录和查找, 可节省时间。记录点用以下 Learn 表示:

```
struct Learn{
    float X;           // 记录点的位置
    int Dir;           // 减速的方向
    struct Learn * next;
};
```

该控制方法的程序实现见图 5、图 6。其中 $Fdir$ 为仿形方向, Flg 为减速标志, X_{act} 为实时的仿形头位置。

3 结束语

(1) 利用“软减速电位线法”和“自记录控制法”可以较好地解决由于模型表面形状带来

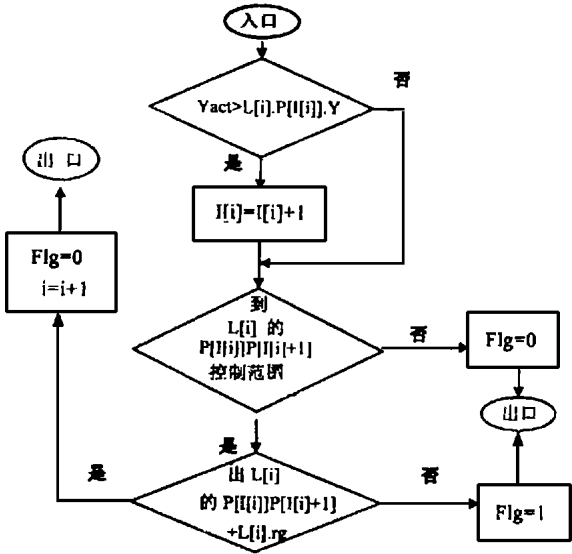


图 4 软减速电位线控制模块程序框图

