数控卧式镗床加工直齿锥齿轮的工艺与编程

青海华鼎重型机床股份有限公司研究所 （西宁 810100） 赵建英 吴海青

锥齿轮是用于传递相交轴间的运动和动力的零件，在一般机械中多采用的是两轴相交成90°的锥齿轮传动。由于直齿锥齿轮的设计制造和安装均简便，故应用较为广泛。在生产中有的锥齿轮虽精度要求不高但直径太大，大部分企业没有大型齿轮加工机床，无法实现大直径齿轮的加工。所以，下面举一例说明如何用数控卧式镗床对大型直齿锥齿轮进行加工。

1. 构建模型

$m=2.5$，$z=272$，$\delta_f=4.7°$，$\alpha=20°$，弦齿厚为$3.717^{\ 0}_{-0.15}$mm，弦齿高为2.5mm，精度等级为988—9C，轴交角为90°，材料为45钢。

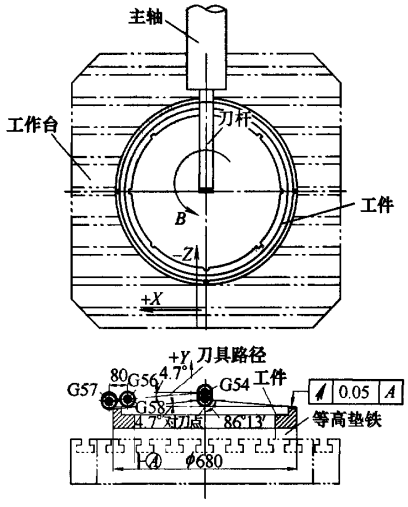
2. 工艺分析

根据$d=mz$，得出分度圆直径为680mm，$h_f=(h_a^*+c^*)m$（c^*取0.2），得出齿根高为3mm。用α代表卧式镗床回转工作台每加工一齿需转过的角度，$\alpha=360°/272\approx1.323\ 529\ 4°$，但一般数控机床只能精确到小数点后三位。如果我们直接把α这个值输入进行加工，加工完后实际转过的度数$\beta=272\alpha=272\times1.324°=360.128°$，或者按$\beta=272\alpha=272\times1.323°=359.856°$。根据以上两种算法可知误差都很大，不能够满足设计要求。在这种情况下，我们通过补偿来减小由于机床自身无法达到而造成的累积误差。

如果选择$\alpha=1.324°$的话，$\beta=360.128°$，这将意味着回转工作台需要逆转来进行补偿。由于机床存在背隙，逆转会使回转角度与实际转过的角度不符，这样就会使误差更大。而我们选择$\alpha=1.323°$来编程，$\beta=359.856°$，补偿过程中工作台始终朝一个方向旋转，这样就不会因为背隙而使齿的误差更大。选择多少齿进行补偿呢？我们知道齿越少进行补偿误差的分布将更均匀，如选择一个或两个齿进行补偿机床又达不到，三齿将会出现小数齿，所以在这里我选用四齿补一齿来实现齿轮的加工。补偿角度用ε来表示，$\varepsilon=(360°-359.856°)/68\approx0.002°$，$\sum_\varepsilon=0.002°\times68=0.136°$，$\beta=359.856°+0.136°=359.992°$，接近360°，满足技术要求。

3. 加工前工艺及工装准备

齿轮铣刀一把，刀杆规格：ϕ50mm×350mm。机床系统为FANUC 16i，机床转速200r/min。加工要求分三次完成齿形的加工，等高垫铁3块（主轴不与工作台干涉即可），或磁力吸盘1个，百分表1块，公法线千分尺1把，找正要求齿轮中心与工作台回转轴同心，参考附图。



加工示意图

4. 加工程序

加工程序如下：

O0001（主程序）

G90 G00 G54 X0 Y0 B0；

W0；

M76；

Z0 M03 S200；（刀具移动至 G54 工件坐标系下，主轴正转并轴向锁紧）

G16 G00 X300 Y355.3；（刀具移动至极径为 300mm，极角为 355.3°位置处）

M98 P00680011；（调用 0011 子程序 68 次）

M05；（主轴停转）

M77；

M30；（程序结束）

O0011（子程序）

M98 P00030012；（调用 0012 子程序）

M98 P0018；

M99；（返回 O0001 主程序）

O0012

G56 G90 G16 G01 X80 Y355.3 F100；（在 G56 工件坐标系下刀具移动至极径 80mm，极角 355.3°位置处）

M98 P0013；

G90 G57 G16 G01 X80 Y175.3 F100；

G15；（取消极坐标）

G91 G01 Y-2 F100；（在增量状态下 Y 轴移动 -2mm）

G90 G58 G16 G01 X80 Y355.3 F100；

M98 P0014；

M98 P0015；

M99；

O0013

G91 G56 G15 G01 Y-2 F100；（取消极坐标并在增量状态下 Y 轴移动 -2mm）

M99；

O0014

G91 G58 G15 B1.323 Y3；（在增量状态下工作台旋转 1.323° Y 轴移动 3mm）

M99；

O0015

G90 G56 G16 G01 X0 Y175.3 F100；（刀具移动至极径为 80mm，极角为 175.3°位置处）

M98 P0013；

G57 G90 G16 G01 X0 Y355.3 F100；（刀具移动至极径为 80mm，极角为 355.3°位置处）

G57 G91 G15 Y-1；

G58 G90 G16 G01 X0 Y175.3 F100；（刀具移动至极径为 80mm，极角为 175.3°位置处）

M98 P0014；

M99；（返回 O0014 子程序）

O0017

G15 G91 G58 B0.002 Y3；（取消极坐标，工作台旋转 0.002°，同时 Y 轴移动 3mm）

M99；

O0018

M98 P0017；

G90 G56 G16 G01 X80 Y355.3 F100；

M98 P0013；

G90 G57 G16 G01 X80 Y175.3 F100；

G91 G57 G15 Y-1；（在当在增量状态下 Y 轴移动 1mm）

G58 G90 G16 G01 X80 Y355.3 F100；

M98 P0014；

M99；（返回 O0001 主程序）

5. 结语

在程序的编制过程中主要运用了极坐标及子程序的调用。体现了主程序与子程序、子程序与子程序之间的互相调用，在极坐标中运用了改变 X 值不改变 Y 值和不改变 X 值而变 Y 值的两种方式来实现走同一条循环路轨迹的编程方式。在程序中运用了多个工件坐标系，这样可以更易编写与修改，G90 与 G91 之间的相互改变也使得程序更加易于编写，省去了繁琐的计算，解决了大型锥齿轮的加工问题。**MW**　（收稿日期：20101014）

《金属加工（热加工）》2011 年第 5 期要目

从动锥齿轮一次淬火平面变形的控制

重型汽车变速箱轴类产品有效硬化层深的探讨

Y10T 输出齿轮轴的感应淬火

汽车铝合金控制臂的模锻成形

汽车前轴锻造模具快速设计方法

轻量化——汽车铸件发展不变的趋势

铸态耐热球墨铸铁排气歧管的研发

5CrMnMo 钢热锻模热处理工艺

碳硼钢 SWRCHB323 的开发与应用

连续炉风扇漏水的判断及处理方法

细长轴零件渗碳淬火工艺的改进

管材绕弯装置的开发与应用

大型钢箱梁桥梁双曲线腹板的放样

基于 FEM 的车桥本体内高压成形工艺研究