

# 偏心摇臂轴齿扇的数控化插齿加工

韩 华 邓应诚 樊 旋

宜昌长机科技有限责任公司 湖北宜昌 443005

**摘要:** 阐述了偏心摇臂轴齿扇加工的难点以及国内生产现状,介绍了一种通过轴坐标轴系转换进行数控插齿加工的新方法。同时通过实验验证了加工程序的正确性。

**关键词:** 齿扇插齿机; 摇臂轴; 偏心; 齿扇

摇臂轴齿扇是汽车循环球转向器的核心零件,其上的特殊齿形是转向器转向特性形成的关键。偏心齿形是摇臂轴齿扇常见的一种齿部齿形,用于调节转向器齿轮齿条副中间齿的齿隙,补偿中间齿的磨损。

偏心齿轮顾名思义其理论分度圆中心和实际的旋转轴心不重合,由于齿轮加工常采用展成法插齿或滚齿加工,加工是模拟一对齿轮进行无间隙的啮合运动进行加工的。理论分度圆中心和实际的旋转轴心不重合,会造成齿轮加工时,装夹找正困难,而且精度难以提高。偏心齿扇由于齿轮偏心方向要求与齿扇中间齿对称线一致,这样加工起来会更加困难。现有技术大多采用偏心夹具修正齿扇后进行插齿加工,但这种加工方法,因夹具结构复杂、安装找正费时费力、偏心量无法进行调整等多种困难的影响,无法广泛使用。

本文以齿扇齿条副啮合理论为基础,建立偏心齿扇数控加工模型,通过旋转轴坐标转换,得出各数控轴速度和时间关系式,并针对于偏心齿扇的加工设计了一套加工程序,通过特定工件进行试切实验,验证加工程序的正确性。

## 1. 加工方法介绍以及实验模型建立

齿扇插齿机加工偏心摇臂轴齿扇,如图1所示,刀具为齿条刀具沿切削角上下切削运动,摇臂轴齿扇装夹在旋转工作台(C轴)上,刀具进刀运动为X轴,工件沿C轴旋转同时沿Y轴做切向运动,C轴与Y轴按滚切比联动,模拟齿轮齿条啮合进行切削。

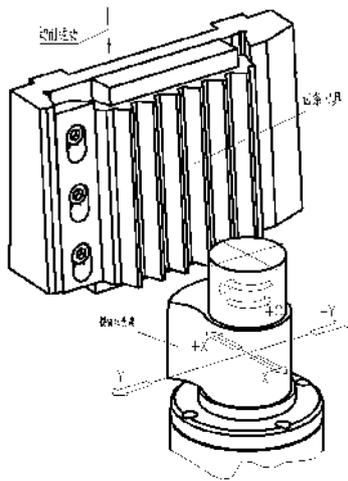


图1 齿扇插齿加工模型

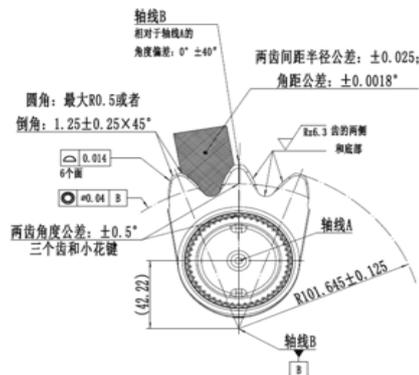


图2 偏心齿扇齿形图(偏心量42.22mm)

如图2所示为国内某汽车转向器厂家的偏心摇臂轴齿扇的齿形图,偏心量为42.22mm,偏心量较大,无法用偏心夹具进行加工,下面以该零件为例设计实验模型。由于摇臂轴轴心与齿扇齿部中心偏移,无法在齿轮检测仪器上进行检验,为方便进行加工和检测,我们将实验模型进行了优化,将齿扇工件沿对称线旋转轴心位置加工出孔A,理论轴心位置处加工出孔B,并制作一套芯轴、螺母、垫圈。当芯轴装在A孔时,用于插齿加工,装在B孔时,用于检查齿部精度。

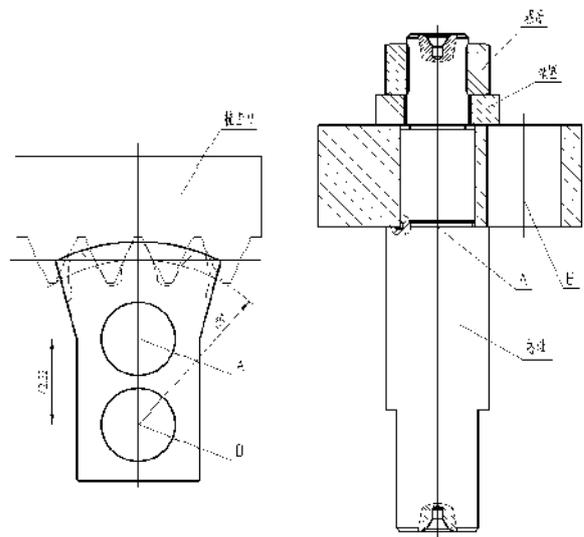


图3 自制试切件图纸(A孔用于加工,B孔用于检测)

## 2. 偏心齿扇加工程序设计

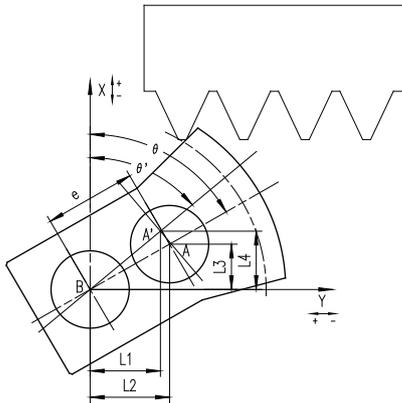


图4 齿扇加工坐标转换



图5 齿扇在机床上加工

根据齿轮齿条啮合原理可知,以理论轴心B为坐标原点,则当C轴旋转 $\Delta\theta$ 角度时,X轴理论位移量为 $X_0=0\text{mm}$ ,Y轴理论位移量 $Y_0=-\Delta\theta * R$ ,实际旋转轴心A,偏移到处。但机床夹持轴心为A,为模拟出工件绕理论轴心B旋转的状态,机床需要进行坐标轴补偿转换。由于两轴心A、B在齿扇的对称线上,以两轴心旋转,工件角度状态不变,既C轴不需要补偿,如图4所示:

$$X\text{轴补偿量}\Delta X=L_4-L_3=(\cos\theta'-\cos\theta)*e$$

$$Y\text{轴补偿量}\Delta Y=L_2-L_1=(\sin\theta-\sin\theta')*e$$

注: $\Delta\theta=\theta-\theta'$ ,e为偏心距

结合齿轮齿条啮合运动需移动量,则当C轴旋转 $\Delta\theta$ 角度时,

$$X\text{轴实际移动量为}X=X_0+\Delta X=(\cos\theta'-\cos\theta)*e$$

$$Y\text{轴实际移动量为}Y=Y_0+\Delta Y=-\Delta\theta * R+(\sin\theta-\sin\theta')*e$$

由于机床采用的是西门子828D系统,不带积分计算模块,所有在设计加工程序时,只能采用近似计算,对于一般的加工要求已经足够。

假设C轴的旋转速度一定为 $V_c$ ,则C轴旋转角度 $\Delta\theta$ 需要需要的时间为t,有 $t=\Delta\theta/V_c$ ,

$$\text{同时}X\text{轴需要移动}X=X_0+\Delta X=(\cos\theta'-\cos\theta)$$

$*e$ ,当 $\Delta\theta$ 最够小,忽略X轴加速减速过程,则X轴匀速为 $V_x=\frac{X}{t}=\frac{(\cos\theta'-\cos\theta)*e}{t}$ ,同理可以得到Y轴的速度 $V_y=\frac{Y}{t}=\frac{-\Delta\theta * R+(\sin\theta-\sin\theta')*e}{t}$ ,最后假设 $\Delta\theta$ 为 $0.5^\circ$ ,将齿扇加工范围 $130^\circ$ 分成特定数量的 $0.5^\circ$ 小份,每 $0.5^\circ$ 进行一次计算,得出各轴的速度和时间,采用G64指令进行加速度均衡,即可得到齿扇的偏心加工程序。

## 3. 实验参数设计及检验结果

用宜昌长机科技的齿扇插齿机YK5612D进行加工,夹具为标准夹套式夹具,定位轴径 $\phi 50.3$ ,刀具为马格式梳齿刀,刀具模数为9。将芯轴装入A孔,进行插齿加工(图5)。

加工参数:完整齿数=18 实际齿数=3 模数=9  
初角= $65^\circ$  齿宽=50mm

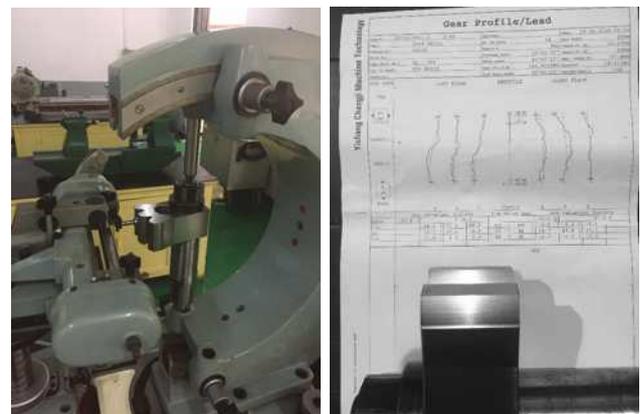
分3次循环:

第一次循环,进刀量8mm,冲程长度60mm,冲程速度240str/min,圆周进给量0.3mm/str

第二次循环,进刀量7mm,冲程长度60mm,冲程速度240str/min,圆周进给量0.3mm/str

第三次循环,进刀量1mm,冲程长度60mm,冲程速度250str/min,圆周进给量0.2mm/str

加工完成后,将芯轴装入B孔,由径跳检测仪(图4)测量齿部径跳0.02mm,用克林贝格齿轮检查中心P65检测齿扇的齿廓总偏差 $F_\alpha$ 为0.022mm,达到齿轮7级精度。



## 4. 结论

通过上述试切实验结果,验证偏心摇臂轴齿扇加工程序的正确性,现已经将该加工程序应用到宜昌长机科技有限责任公司YK5612系列机床上,用户使用效果较好,不仅缩短了工人加工调整机床的时间,还能直接通过程序界面,设置不同的偏心量,使机床智能化程度更高。