

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。

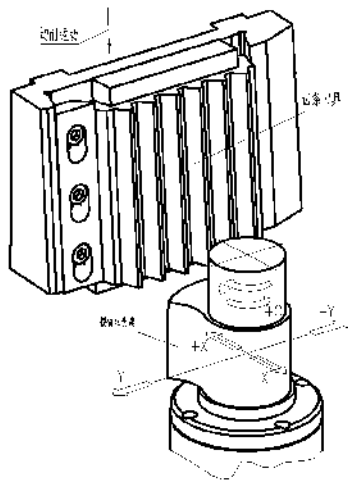


图1 齿扇插齿加工模型

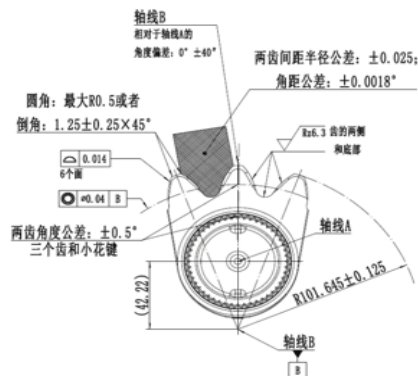


图2 偏心齿扇齿形图 (偏心量42.22mm)

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。

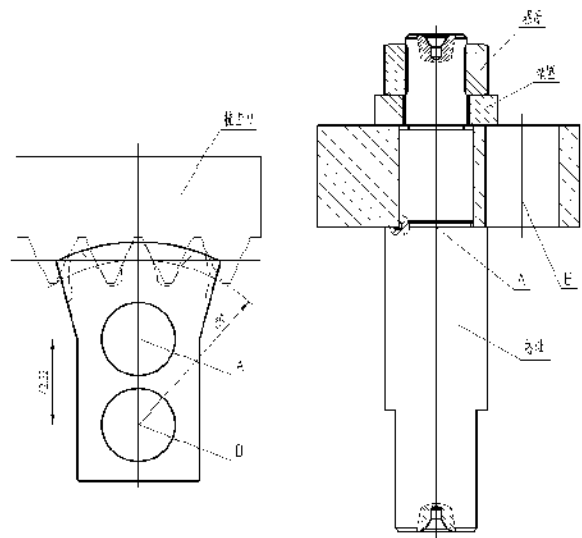


图3 自制试切件图纸 (A孔用于加工, B孔用于检测)

2. 偏心齿扇加工程序设计

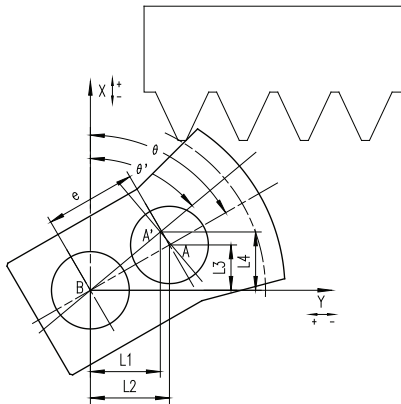


图4 齿扇加工坐标转换



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° ,将齿扇加工范围 130° 分成特定数量的 0.5° 小份,每 0.5° 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° 齿宽=50mm

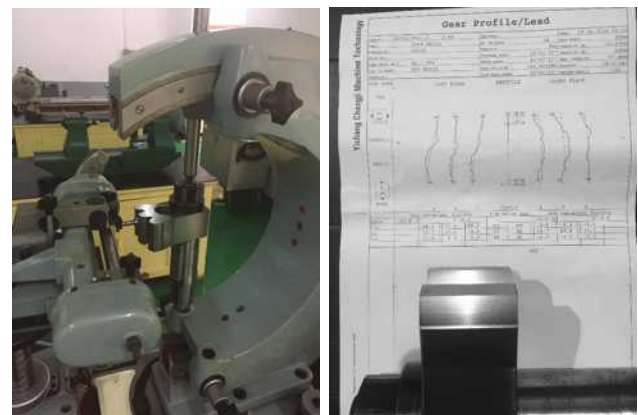
分3次循环:

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_α 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。