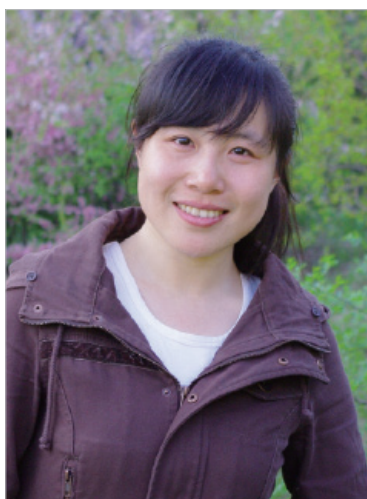


基于 CNC 齿轮测量中心的 齿条滚刀测量

Measurement of Rack Hob Based on CNC Gear Measuring Center

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司 张 蕾



张 蕾

硕士,毕业于哈尔滨工业大学仪器科学与技术专业,现任哈尔滨量具刀具集团有限责任公司助理工程师,主要负责 CNC 齿轮测量中心对齿轮及齿轮刀具测量的软件研发工作。

对复杂的齿轮刀具进行精密的测量及误差计算,一直是几何计量领域中的一个重要课题。随着坐标测量技术的广泛应用,正确地快速测量和计算误差对提高生产率和产品质量起着十分重要的作用。本文针对齿条滚刀的几何特性、在 CNC 齿轮测量中心上测量的实现原理、整体运

基于坐标测量原理的 CNC 齿轮测量中心能快速、准确、自动地测量齿条滚刀的螺旋线误差、齿形误差、刀齿前面径向性、容屑槽周节误差、容屑槽导程误差、外圆径向跳动误差等项目,具有测量误差项丰富、操作简单、测量效率高等显著优点。

动控制流程、各误差测量项的运动轨迹控制及测量结果进行阐述。

齿条滚刀的基本几何特性

齿条滚刀又称为环形扣滚刀或环形齿条滚刀,是螺旋升角为 0 的特殊齿轮滚刀。齿条滚刀的头数为被加工齿条的齿数 $z+1$,周节 p 等于被加工齿条的周节,为 π 乘以滚刀模数 m ,在分度圆处齿条滚刀的齿厚和齿间距相等,都为 $p/2$,其齿形与被加工齿条的齿形相同。由于齿条滚刀连续切削和高加工效率的特点,其在齿条的加工中被广泛使用^[1]。

CNC 齿轮测量中心测量齿条滚刀的实现原理

CNC 齿轮测量中心采用坐标测

量原理,是由计算机控制的极坐标测量机,它的机械运动包括轴向(Z 轴)、径向(X 轴)、切向(Y 轴)3个方向的直线运动和一个主轴(A 轴)的旋转运动以及微位移传感器测头的小范围移动^[2]。CNC 齿轮测量中心的系统结构如图 1 所示。

CNC 齿轮测量中心的工作原理是:计算机根据输入的被测工件参数控制各坐标轴的测量运动,在测量过程中,计算机不断采集并存储同一时刻各轴的坐标值及微位移传感器测头的显示值,采集到的数据中就记录了被测工件型面的实际形状,经过一定的数据处理,可得到被测工件相应测量项目的偏差值,为齿条滚刀的螺旋线误差、齿形误差、刀齿前面径向性、容屑槽周节误差、容屑槽导程

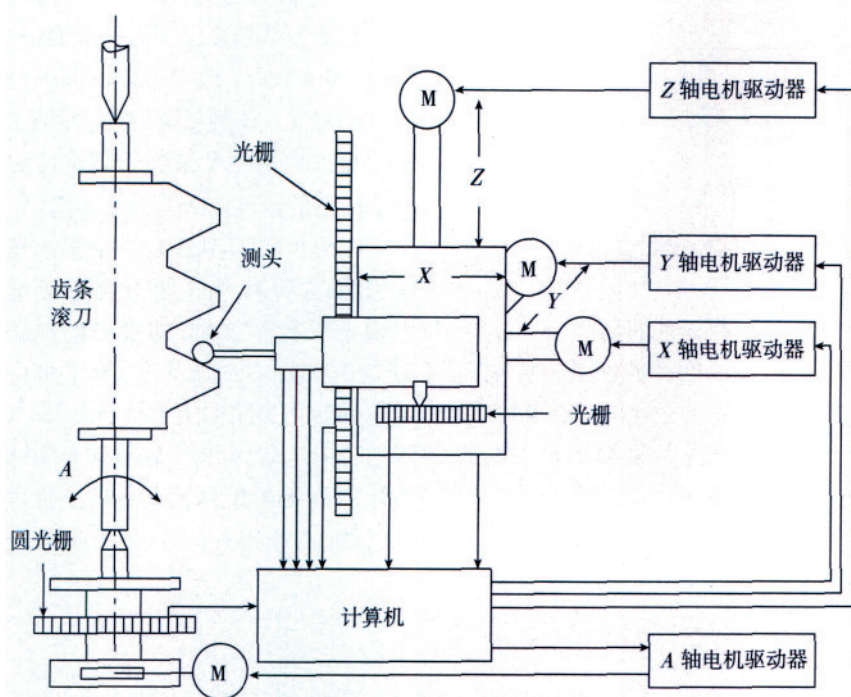


图1 CNC齿轮测量中心的系统结构

误差等误差项的精密测量提供了很好的实现条件。

整体运动控制流程

通过齿条滚刀的头数、模数、压力角、容屑槽数、铲背量以及偏位值等基本参数推导出其他用于测量运动的各参数,用户可根据需要选择待测量误差项,计算机根据已选择测量项的几何模型生成连续测量的运动轨迹。其测量运动控制流程如图2所示。

首先,将测头放在齿条滚刀的某个完整齿的齿槽内,通过慢速搜索的方式确定滚刀位置的刃口,将当前刃口位置保存下来,并根据滚刀的基本参数计算出所有待测误差项的测量起点和测量终点,测头由当前位置运动到首个待测项的测量起点,进入首个待测误差项的测量过程,在首个待测项测量结束后记录下当前的测头位置,根据已计算好的下一待测误差项的测量起点,计算出由测头当前位置到下一误差项的测量起点所走的运动轨迹,进入下一个待测误差项的

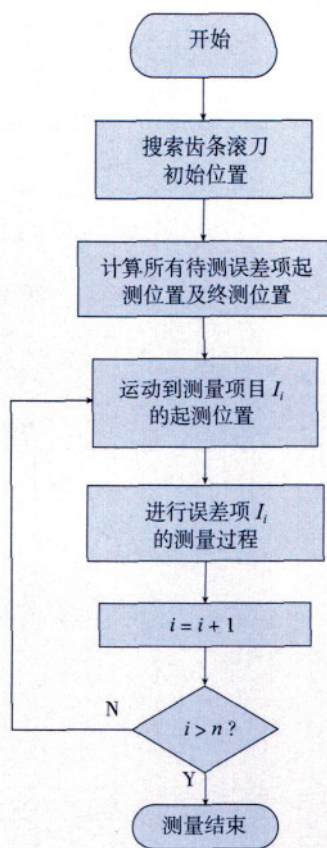


图2 运动控制流程

测量过程,依此类推直至所有待测误差项测量结束。

测量的运动轨迹及实例

基于坐标测量原理的CNC齿轮测量中心能快速、准确、自动地测量齿条滚刀的螺旋线误差、齿形误差、刀齿前面径向性、容屑槽周节误差、容屑槽导程误差以及外圆径向跳动误差等各项目,下面以基本参数为 $m_n=2$, $a_n=20^\circ$, $z=27$, $z_k=16$, $k=9$, $e=4.5$, $D_{a0}=150$ 的齿条滚刀为例,介绍各误差项的运动轨迹及实测结果^[3-5]。

1 螺旋线误差的测量

齿条滚刀装卡时,规定滚刀前刀面要朝向操作者的右侧,则在上侧的齿面为右齿面,在下侧的齿面为左齿面。由于实际齿条滚刀的侧后刀面需要铲齿以形成侧后角和顶后角,导致滚刀左右齿面的导程与其基本蜗杆螺旋面的导程不同,除两侧刀刃处于基本蜗杆螺旋面上外,其他点并不在基本蜗杆螺旋面上。

根据国家标准GB/T 6084—2001关于滚刀螺旋线误差的规定:相邻切削刃的螺旋线误差是相邻切削刃与内孔同心圆柱表面的交点对滚刀理论螺旋线的最大轴向误差。在进行滚刀螺旋线误差测量时,测量得到分度圆螺旋线上的一系列刃口点,计算出被测齿条滚刀的螺旋线误差值,并可根据相邻切削刃螺旋线误差计算出一转内切削刃螺旋线误差和三转内切削刃螺旋线误差。

测量齿条滚刀的螺旋线误差时,需要将测头手动调整到待测螺旋线的完整齿上方的齿槽内,则该齿即为滚刀螺旋线的1号齿,也是螺旋线误差计算的基准齿,把X轴的坐标值控制在齿条滚刀的分度圆半径处,Y轴坐标为0,由于齿条滚刀螺旋升角 γ 为0的特殊性,只需控制主轴旋转即可,测头从起测齿开始共扫描测量 Z_k 个切削刃。图3为齿条滚刀的实测螺旋线误差曲线。

2 齿形误差的测量

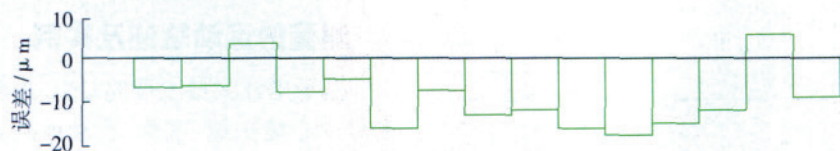


图3 齿条滚刀螺旋线误差曲线

国家标准 GB/T 6084—2001 关于滚刀齿形误差的规定为在检查截面中的测量范围内,容纳实际齿形的两条理论直线齿形间法向距离。在测量齿条滚刀时,不论其容屑槽是直槽的还是螺旋槽的,若存在偏距或径向前角不为零时,其刃口齿形都是曲线,但切削刃口上的各点还是在基本蜗杆的螺旋面上,因而可逐点测出切削刃口的齿形误差。

齿条滚刀的齿形有“刃口齿形”和“铲背齿形”之分,但两者测量的理论基准都是滚刀的设计齿形。测量刃口齿形时,控制测头的 Y 轴坐标不变,旋转主轴至测头脱离齿面,则完成对侧铲面的一次扫描,获取该处的刃口坐标,以此可以获得齿条滚刀不同半径的各点刃口坐标,实测误差曲线如图 4 所示。测量铲背齿形时,滚刀处于静止状态,控制测头的 Y 轴坐标位于齿条滚刀的偏位值处不变, X 和 Z 轴联动从侧铲面齿根向

齿顶进行扫描,实测误差曲线如图 5 所示。

3 刀齿前面径向性的测量

刀齿前面的径向性是检验滚刀前刀面重磨后是否合格的重要标准。滚刀刚生产出来时需要测量刀齿前面的径向性,使用一段时间以后由于刃口磨损变形,需要通过重磨前刀

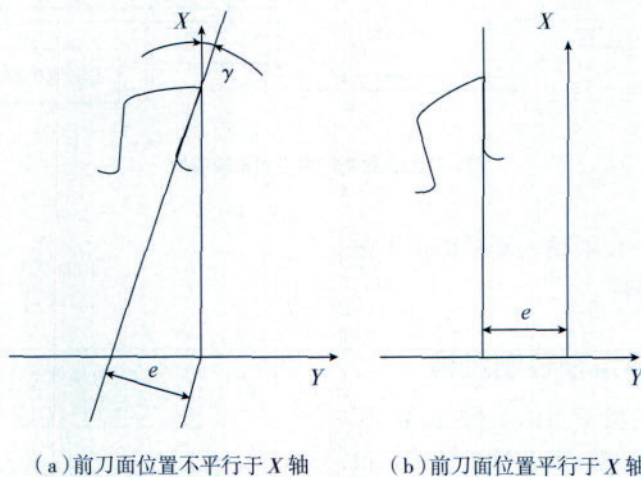


图6 齿条滚刀的前角 γ

面来获得新的刃口,重磨前刀面后也需要测量其精度。国家标准 GB/T 6084—2001 关于滚刀刀齿前面的径向性的规定:在测量范围内,容纳实际刀齿前面的 2 个平行于理论前面的平面间的距离。

如果齿条滚刀具有一个正前角 γ ,如图 6 所示,为了便于测量,若前刀面不平行于 X 轴,即滚刀的前角不为 0,如图 6 (a) 所示,为了将测量运动转化为简单的单轴运动,即 X 轴的径向运动,可将主轴旋转至实际刀齿前面与 X 坐标轴平行的位置再进行测量,如图 6 (b) 所示,这就使

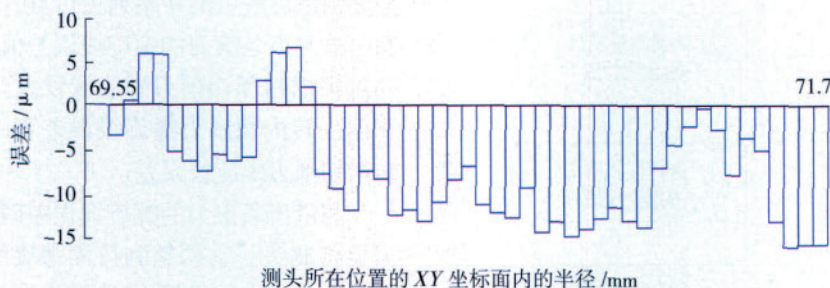


图4 齿条滚刀刃口齿形误差曲线

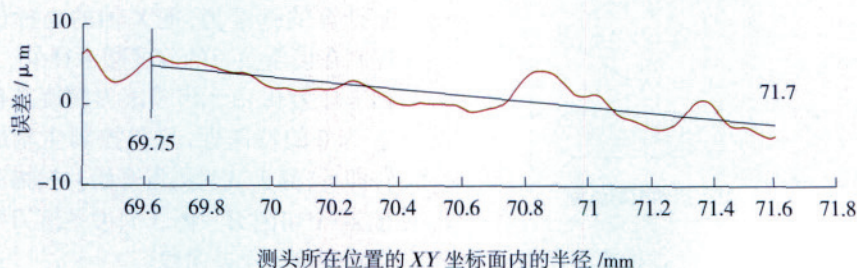


图5 齿条滚刀铲背齿形误差曲线

得理论齿面即为垂直于 Y 轴的平面。其实测刀齿前面径向性的误差曲线如图 7 所示。

4 容屑槽周节误差的测量

容屑槽的周节误差是以容屑槽来标注同一头上的各齿来进行误差计算的。国家标准 GB/T 6084—2001 关于滚刀容屑槽周节误差的规定:容屑槽相邻周节差是在滚刀分度圆附近的同一圆周上,两相邻周节的最大差值。测量滚刀容屑槽周节误差时,需要将测头手动调整到 1 号齿的刀齿前方的齿槽内,该齿即为容屑槽周节误差计算的基准齿,将 X 轴的坐标值控制在滚刀分度圆半径处, Y 轴的坐标值控制为 0, Z 轴坐标值保持不变,主轴旋转连续扫描 Z_k

个容屑槽周节,其实测误差曲线如图8所示。

5 容屑槽导程误差的测量

容屑槽的导程误差可分为滚刀

容屑槽为直槽的刀齿前面与内孔轴线的平行度和螺旋槽的导程误差,国家标准 GB/T 6084—2001 关于滚刀直槽的刀齿前面与内孔轴线的平行

度的规定:直槽的刀齿前面与内孔轴线的平行度是在靠近分度圆处的测量范围内,容纳实际前面的2个平行于理论前面的平面间的距离;螺旋槽的导程误差是在靠近分度圆处的测量范围内,容屑槽前面与理论螺旋面的偏差。齿条滚刀由于其螺旋升角为0,测量容屑槽的导程误差时,将X轴的坐标值控制在滚刀的分度圆半径处,Y轴坐标值控制为0,若容屑槽为直槽则其主轴保持静止不动,只需控制Z轴的上升运动即可,如容屑槽为螺旋槽则需控制主轴的旋转和Z轴的上升运动。其实测误差曲线如图9所示。

6 外圆的径向圆跳动误差的测量

外圆的径向圆跳动误差反映的是滚刀径向的综合偏差,国家标准 GB/T 6084—2001 关于滚刀外圆的径向圆跳动误差的规定:滚刀全长上,齿廓到内孔中心线距离的最大差值。测量齿条滚刀外圆的径向圆跳动时,自动将X轴坐标运动到0,Y轴坐标运动到齿顶外侧附近进行顶刃的搜索,搜索到的顶刃所在齿为起测齿,控制测头能够有效压到顶刃刃口上,X轴和Y轴的坐标值保持不变,由于齿条滚刀的螺旋升角为0,则其Z轴坐标保持不变,只需控制主轴旋转扫描即可。其实测误差曲线如图10所示。

结束语

基于坐标测量原理的CNC齿轮测量中心能快速、准确、自动地测量齿条滚刀的螺旋线误差、齿形误差、刀齿前面径向性、容屑槽周节误差、容屑槽导程误差、外圆径向跳动误差等项目,具有测量误差项丰富、操作简单、测量效率高等显著优点。

本文共有参考文献5篇,因篇幅所限,未能一一列出,读者如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 泰山)

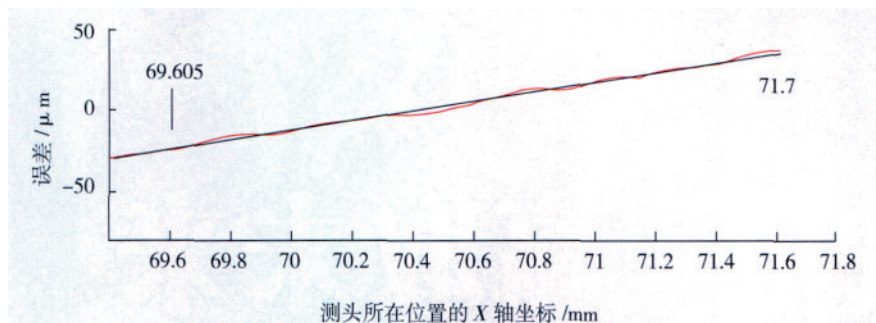


图7 刀齿前面径向性曲线

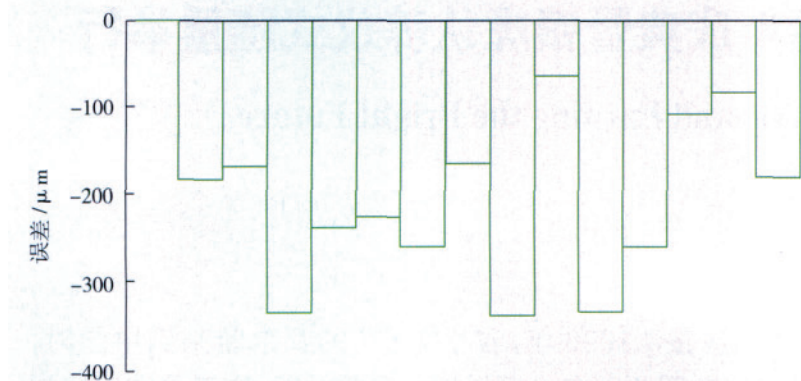


图8 容屑槽周节误差曲线

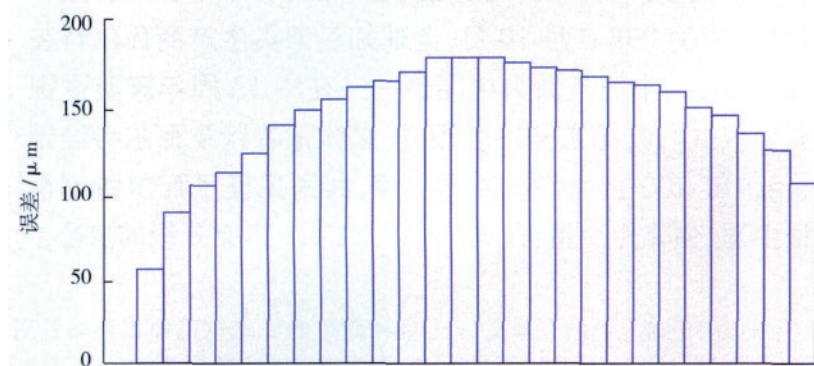


图9 容屑槽导程误差曲线

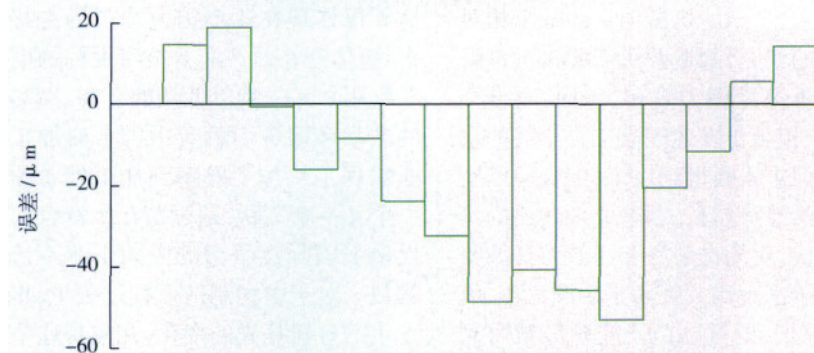


图10 外圆径向圆跳动误差曲线