

变速箱中间轴齿轮单键对称度的测量研究

王睿超

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西 宝鸡 722409

摘要: 本文阐述了单键槽对称度的定义, 对于本公司三种不同结构的中间轴齿轮单键对称度(单基准键槽、双基准直齿键槽、双基准斜齿键槽)分别分析了影像法、三坐标测量机和专用检具打表法三种不同测量方法的测量原理, 明确了本公司不同加工场合选择不同的测量方法。

关键词: 影像法; 三坐标; 打表法

引言

我公司是汽车变速箱的专业生产公司, 变速箱内的中间轴总成由中间轴齿轮和各档位中间轴齿轮压装而成。中间轴齿轮和中间轴之间通过单键连接, 键的作用是为了防止在变速箱高速传动的时候产生滑动等现象, 确保扭矩和功率的传递, 可以确保齿轮在传动过程中的稳定性。齿轮的单键在加工的时候均有对称度要求, 齿轮单键对称度的重要作用即是为了保证齿轮和相关零件的准确性和稳定性, 如果键槽对称度不佳, 可能会导致键槽安装不牢固, 进而影响整个传动系统的安全性和可靠性, 对于汽车变速箱而言可能会导致中间轴抱死, 某档位脱档等失效风险。

1 齿轮单键对称度的定义及三种不同结构形式

对称度是用于控制被测要素与基准要素之间对称于中心平面的共面性要求(或对称于中心线、轴心线的共线性要求)。对称度公差带是指相对于基准中心平面(或中心线、轴心线)对称配置的两个平行平面之间的区域, 两平行平面间的距离即为公差值, 公差带是距离为公差值 t 且相对基准的中心平面对称配置两平行平面之间的区域。^[1]

对称度误差是定位误差中的一类, 而定位误差是指关联被测提取要素对一具有确定位置的拟合要素变动量, 拟合要素的位置由基准和理论正确尺寸确定。对于对称度误差, 其理论正确尺寸为零。根据形位公差原理, 键槽对称度由不同分量按下述关系组成: 键槽对称度误差包含形状误差和方向误差。形状误差即键槽面的平面度误差即 f_0 , 方向误差包含径向向心误差 $f_{\text{截}}$ 和轴向平行误差 $f_{\text{长}}$ 。在一般加工方法中平面度误差影响较小, 本公司主要考虑检测其方向误差。

目前本公司中间轴齿轮单键对称度主要有三种加工方式: a单基准, 键槽仅与内孔对称, 拉单键和齿部加工没有关系; b双基准, 键槽与内孔和对应的齿(或齿槽)

对称, 直齿结构; c双基准, 键槽与内孔和对应的齿(或齿槽)在齿部的某一固定高度对称, 斜齿结构。

2 影像测量法

本公司使用万能工具显微镜来测量齿轮单键对称度。对于单基准对称键槽对称度测量, 将齿轮的一个端面向上放置在万能工具显微镜工作台上, 调焦, 使其轮廓成像清晰。测量过程如下:

1) 将键槽左侧边E调整至与仪器Y坐标平行, 测量圆的最高点C到E边的距离 x_1 (参见图1a)。

2) 将键槽右侧边F调整至与仪器Y坐标平行, 测量圆的最高点D到F边的距离 x_2 。

3) 计算: $\Delta 1 = (x_1 - x_2) / 2$

4) 将齿轮绕X轴翻转, 使刚才测过的端面朝下, 按次序1)、2)对另一个端面上的 x_3 和 x_4 进行测量(参见图1b)。

5) 计算: $\Delta 2 = (x_3 - x_4) / 2$ 。

如果 $\Delta 2$ 的绝对值大于 $\Delta 1$ 的绝对值, 则二者的值交换。

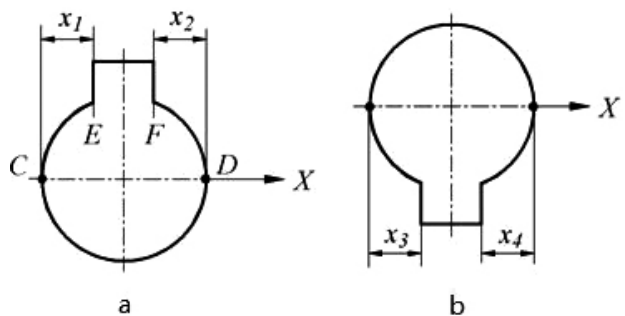


图1 计算示意图

6) 按下式计算对称度 f 的测量结果。

$$f_1 = \frac{2\Delta_2 h + d(\Delta_1 - \Delta_2)}{d + h}$$

式中: f —对称度测量结果; d —孔直径; h —键槽深度。^[2]

对于双基准直齿对称度检测, 如图2放置, 需在基准

对应的两个齿槽放置量棒或量球，将键槽侧边调整至与仪器Y坐标平行，先测量齿轮内孔圆心A，再分别测量齿槽夹的两量棒的圆心，两圆心构造对称点B，使用A-B拟合直线作为对称基准作为0坐标，最后再分别测量键槽的两侧面直线，两直接构造对称线，对称线相对于A-B基准轴线偏心量e的2倍即为键槽对称度。^[3]

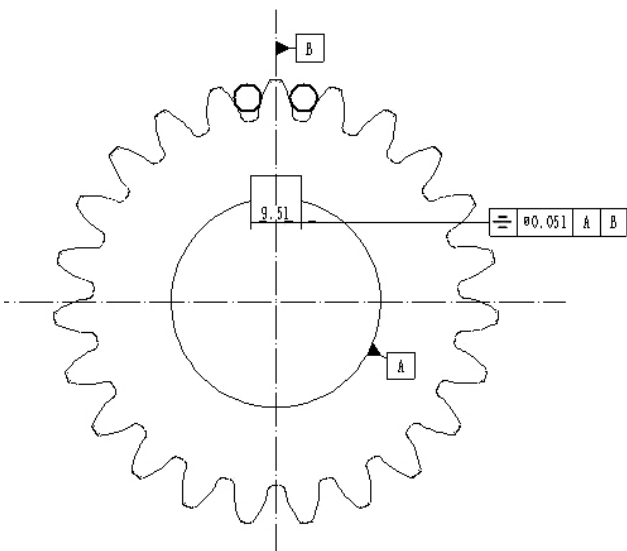


图2 万工显双基准直齿对称度检测

因斜齿固定高度无法投影，影像法无法测量双基准斜齿对称度。

3 三坐标测量法

本公司使用海克斯康三坐标PC-DMIS软件测量。对于单基准键槽对称度，测量时先测量齿轮内孔圆柱，并把圆柱的轴线设置为Z轴；在键槽的两侧面分别测量两个点，构造两点的对称中点；把上面的对称中点垂射到圆柱轴线上。两点连线设置为X轴，并把投影点设为坐标系零点。把坐标系的Y+平面（即XZ平面）构造为一个面元素。在键槽的两个被测侧面，各至少测量四个矢量点，然后按交替顺序选择构成特征组。以构成的特征组为被测元素，构造的平面作为基准元素评价对称度。^[4]

对于直齿双基准齿轮，测量方法类似影像测量法，也需在两齿槽之间夹量棒构造对称点连线测量，测量原理与影像法一致，此处不再赘述。

对于斜齿双基准齿轮，因对称关系与固定的基准面及固定高度相关，测量时将齿轮平置于三坐标工作平台，基准面必须朝上，初建坐标系在基准面置零位，测针沿基准面移动固定高度，测针在齿槽的两侧采点，使用迭代法反复迭代测量三次，最终建立基本坐标系。使用内孔和斜齿齿槽中心对称点构造公共轴线作为基准A-B。最后在键槽的两个被测侧面测量矢量点，按交替顺

序选择构成特征组，以构成的特征组为被测元素，构造的平面作为基准元素评价对称度。

4 检具打表测量法

单基准对称键槽对称度测量如图3所示，将齿轮放入齿轮孔中，先使用代表卡尺在左侧键槽测得一值为x1；然后在右侧键槽测得一值为x2。然后将a=x1-x2的绝对值代入GB/T1958—2004中所提供的公式求得对称度，公式可以简化为 $\Delta = \frac{ah}{d+h}$ ，其中h为键槽深度，d为齿轮内孔直径。

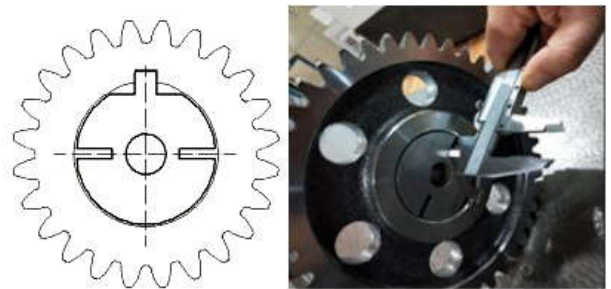


图3 检具测量单基准键槽对称度

双基准直齿对称度检测，如图4所示将工件装在检验夹具上、调整百分表接触所对齿面使其读数为“0”，翻转工件后将工件装在检验夹具上、记录百分表接触所对齿面的读数T1，根据工艺齿轮的分度圆直径为D，键槽深度为H，对称度为T1*H/D。

双基准斜齿对称度检测，将工件装在检验夹具上、调整百分表接触所对齿面使其读数为“0”。根据工艺要求将所需要的垫片（垫片的作用是为了调整基准面高度）装在检验夹具的芯轴上，翻转工件后将工件装在检验夹具上、记录百分表接触所对齿面的读数T1，根据工艺齿轮的分度圆直径为D，键槽深度为H，对称度为T1*H/D。

双基准直齿对称度和双基准斜齿对称度使用同样的打表检具，唯一区别在于斜齿需要固定高度的垫片来保证到基准面的距离。

结语

通过以上分析对比发现，使用影像法来测量齿轮单键对称度局限性较大，齿轮内孔与端面的垂直度会影响单键对称度的轴向性测量，而且对于斜齿双基准对称度无法测量。三坐标测量单键对称度受人为因素影响小、测量结果直观重复性好，但是测量成本高，送检需排队，等待时间较长，很难保证测量效率，不适合现场测量。检具打表法测量方法简易，在现场使用方便，但是对操作工的操作打表方法有一定要求。因此不同的场合应选择不同的测量方法，一般加工过程中控制计划要求首件使用三坐标测量为依据，中间自检过程可使用检具打表法；常规测量使用检具打表法，质量仲裁使用三

坐标测量等。^[5]

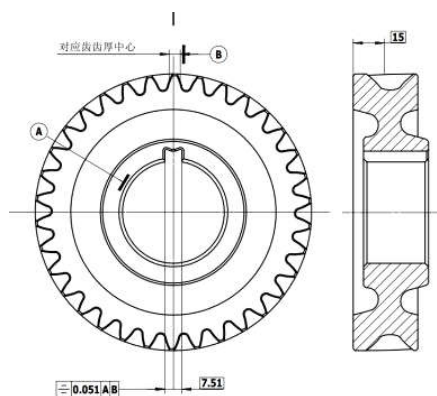


图4 检具测量双基准键槽对称度

参考文献

[1]甘永立.几何量公差与检测.上海:上海科学技术出版社,2005;
 [2]GB / T1958—2004产品几何量技术规范[S].北京.机械工业出版社.2004

[3]傅成昌.形位公差应用技术问答.北京:机械工业出版社,2011;
 [4]海克斯康PC-DMIS培训手册 高级编程
 [5]梁子午.检验工简明实用手册.南京:江苏科学技术出版社,2009.