

# 变速箱轴类零件同轴度测量方法研究

王睿超

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西 宝鸡 722409

**摘要:** 本文通过研究汽车变速箱轴类零件同轴度与圆跳动测量国家标准, 分析对比了三坐标测量和同轴度测量仪两种测量方法的区别, 经过数据分析对两种形位公差的含义进行了深化拓展, 明确了适合本公司产品特性的图纸标注方法与测量方法。

**关键词:** 跳动度测量; 同轴度测量; 三坐标检测

我公司是专业生产商用车变速箱的企业, 变速箱内有一轴、二轴、中间轴、副箱轴等轴类零件。同轴度是轴类零件需控制的重要因素, 主要是用于限制零件被测要素偏离基准轴线的误差, 用于控制轴类零件回转时的偏心, 提高安装精度及运动稳定性, 随着商用车市场发展, 发动机及新能源电机转速越来越高, 对变速箱轴类零件各外圆同轴要求也越来越高, 我公司生产的一轴各关键位置均增加同轴要求。在形位公差标注中, 跳动度和同轴度都需要关联基准, 都是用来控制同轴要素, 那么它们之间有什么区别? 我们的产品图哪种标注方式更为准确? 本文通过不同的测量方法比对分析, 明确两种不同形位公差的标注应用。

## 1 同轴度定义及测量方法

同轴度定义是指被测轴线应与基准轴线(或公共基准轴线)重合的精度要求。轴与轴的同轴度是指实际被

测轴线对基准轴线(被测轴线的理想位置)的允许变动量。由于被测轴线对基准轴线的不同点可能在空间各个方向出现, 故其公差带为一以基准轴线为轴线的圆柱体, 公差值为该圆柱体的直径, 因此在公差值前总加注符号“ $\phi$ ”。

根据机械行业标准, 轴与轴之间同轴度测量方法有以下几类: a.回转轴线法; b.准直法, c.坐标法, d.顶尖法, e.V形架法, f.模拟法, g.量规检验法。<sup>[1]</sup>

## 2 坐标法测量

目前我公司齿轮加工车间主要采用的是坐标测量法, 即通过三坐标测量机测量基准要素和被测要素, 计算基准轴线的位置及被测要素各正截面轮廓中心点的坐标, 再通过软件数据处理确定被测工件的同轴度误差。我公司使用三坐标测量轴类零件同轴度过程如下:



图1

如图1所示, 受限于零件结构及三坐标测针装置, 目前测量只能将零件水平放置在工作台上, 使用星型结构测针在零件外圆各位置 $360^\circ$ 均布采点形成测量元素, 在基准圆柱和被测圆柱两端各测量两层截面圆, 将四层截面圆的圆心连线作为基准轴线, 然后分别评价基准圆柱与

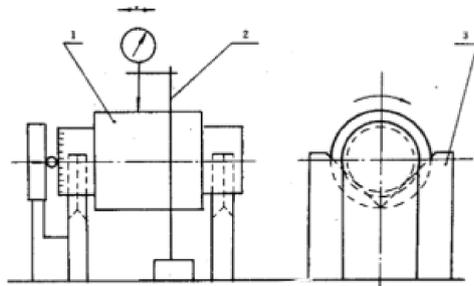
被测圆柱相对于公共轴线的同轴度, 取其中最大值作为该零件的同轴度误差。

## 3 V形架法测量

V形架法是指将被测工件放在V形架上, 按选定的基准轴线体现方法确定基准轴线的位置, 再测量实际被测

要素各正截面轮廓的半径差值，计算轮廓中心点坐标，并计算被测要素；同时，当选择以V形架支撑回转轴线模拟基准轴线，无需再对基准要素进行测量，此时，仅需测量实际被测要素各正截面轮廓的半径差值，即可计算

被测零件的同轴度误差，原理如图2。此方法的优点是操作简单，测量成本低，测量效率较高，适用于现场批量加工。<sup>[2]</sup>



1-被测工件；2-指示器；3-V形架

图2



图3

图3即为我公司委托量检具厂家制作的同轴度测量仪，此仪器操作简单，可同时放置多个千分表座，一次完成多处外圆测量，测量效率高，并且无需送测，满足现场直接测量，可覆盖本公司加工的多种一轴的同轴度测量。

#### 4 两种测量方法对比

以本公司生产的某型超级一轴为例，对连续加工零件，分别用三坐标和同轴度量仪测量同轴度，测量结果如下：

表1

序号	1#		2#		3#	
	三坐标	同轴度量仪	三坐标	同轴度量仪	三坐标	同轴度量仪
φ24	0.014	0.023	0.008	0.012	0.006	0.010
φ43	0.012	0.022	0.006	0.011	0.007	0.015
φ65 (基准A)	0.002	0.006	0.003	0.005	0.002	0.007
φ54	0.004	0.009	0.004	0.010	0.006	0.011
φ25(基准B)	0.002	0.008	0.004	0.009	0.003	0.008

为什么两种测量设备的测量结果有明显差异呢？主要原因并非两种测量设备的精度不同导致，而是我们忽略了轴类加工中有个关键误差，那就是我们外圆磨床加工的外圆是存在圆柱度误差的，三坐标的同轴度测量仪仅评价了两个被测基准外圆之间的偏心误差，没有考虑两测量外圆的形状误差。而同轴度测量仪因为指示表在轴身数个截面回转打一圈表，测量的结果是包含被测元素的形状误差的，这种方法给出的测量结果实际是跳动度（圆跳动），更加完善体现轴类加工外圆磨的形状误差和位置误差。

#### 5 分析与拓展

我们通过图例来分析两种测量方法之间的理论误差：

如图4所示，假如被测截面圆度为0，只有同轴度（偏心）偏差，则径向跳动度测量值 = 被测轴偏心值的2

倍 = 同轴度测量值，这种情况下跳动度 = 同轴度；

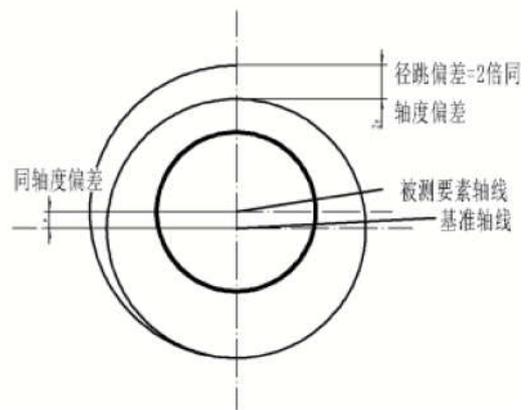


图4

如图5所示，假如被测截面的轴心与基准轴没有偏心

完全重合，只有圆度误差，则径向跳动度是由圆度误差引起的；这种情况下同轴度为0，而跳动度等于被测轴的圆度误差。

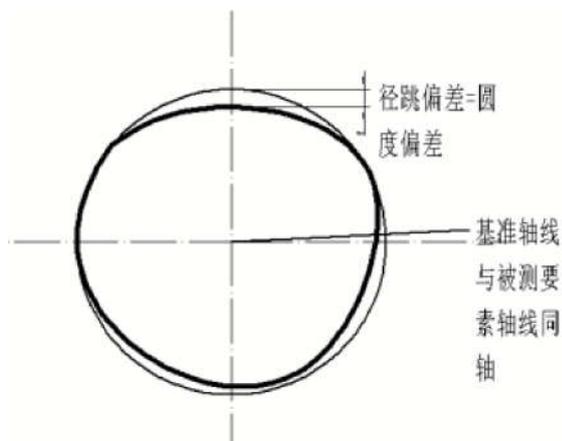


图5

如图6所示，假如被测截面的轴心既有偏心误差又有圆度误差，则径向跳动是由圆度误差与同轴度偏差综合作用引起的；

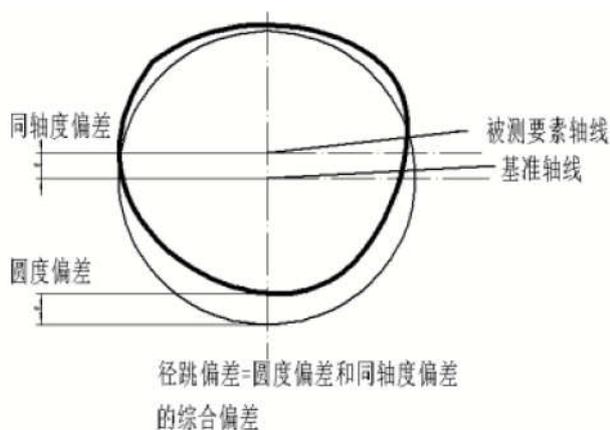


图6

所以从以上分析示例可以看出：以一个径向截面为例，实际上跳动度综合了圆度和同轴度偏差；同轴度简

单的理解就是：零件上本要求两根轴线在同一条直线上，但实际却发生了一定程度的偏移，这个偏移包括被测轴线弯曲、被测轴线倾斜和被测轴线偏移。按照定义同轴度的测量方法是非常简单的，即被测轴线到基准轴线的最大距离的两倍。<sup>[1]</sup>

而径向圆跳动是加强版的圆度，即有基准圆心的圆度。它的公差带就是圆心在基准轴线上且垂直于基准轴线，半径差为公差值的两个同心圆之间区域。可以理解为径向圆跳动是圆度与同轴度的综合反映，既反映出某一截面的被测圆轴线对基准轴线的偏移，而且也包括该截面上圆本身的误差。

因此，当被测表面形状误差很小(可以忽略)被测圆柱面轴线的同轴度与被测圆柱面的径向圆跳动，两者在数值上相等。但是实际中不可能加工出理想圆，所以对于同一段被测圆柱面相对于同一基准圆柱面轴线其径向跳动在数值上必定大于其同轴度数值。

#### 结语

对于本公司轴类零件加工来说，我们不但要考虑偏心还要考虑磨外圆的圆度，因此我们的产品图应该摒弃同轴度的标注，应该选择标注跳动度更为准确。国际上美标ASME Y4.5-2018中已经取消了同轴度和对称度符号，将14个形位公差变更为12个形位公差，假以时日我国国标也会与国际标准接轨，图纸设计人员在设定同轴度之前，应考虑采用位置度（只关注偏心）或跳动度（关注偏心 and 形状偏差）来提出加工要求。

#### 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]傅成昌.形位公差应用技术问答.北京：机械工业出版社，2011；
- [3]梁子午.检验工简明实用手册.南京：江苏科学技术出版社，2009.