

检测技术

检测作为汽车生产制造的重要工序，是成品出厂前品质保证的关键环节。没有准确的检测，就没有可靠的数据，就无法正常控制工艺过程，也就不可能生产出高质量的产品。在产品质量不断升级的形势下，检测技术在整个生产过程中面临更大的挑战，只有更高效、更精准、更可靠，才能进一步提升产品品质。本期聚焦质检和测量技术，重点关注汽车零部件复杂结构、特殊位置的测量方案，整车柔性检测工装，以及测量软件的应用等，为大家分享如何解决实际生产中的检测难题。

策划人：邵蕊



发动机轴类零件振纹分析与测量

□ 神龙汽车有限公司/叶宗茂 赵艳辉

以发动机回转轴类零件工作表面的振纹分析与测量为例，介绍发动机轴类零件振纹测量分析方法的起源及发展历史，简述振纹分析工具——傅里叶变换的用法，以具体实例讲解了振纹分析范围、测量方法、公差限的设置方法及测量注意事项，最后阐述了测量振纹对产品、工艺及生产的指导意义。



随着我国汽车产业的高速发展，汽车市场的竞争越来越激烈，各大汽车企业为了满足不同用户的需求，都在努力提高自己的产品质量，如近年来越来越多的用户开始关注发动机的噪声，除了在整车上对发动机采取隔振降噪的措施外，逐渐重视降低发动机关键零部件在发动机工作时可能产生的噪声。如改善这些关键零部件的设计、提高零件的表面状态、增加振纹分析要求等措施，来减少发动机工作时的振动，降低发动机运转过程中的噪声，满足用户要求。

振纹分析问题的提出

发动机的回转轴类零件——凸轮轴和曲轴工作表面的周期性波动形状，是发动机噪声的主要来源之一，目前学术上把这种一定频率范围的周期性波动形状，称之为振纹（Chatter）。为了顺应汽车产业发展的需要，世界著名的检测设备供应商纷纷开始研究凸轮轴、曲轴工作表面上这些周期性波动形状的测

量与评价方法，并推出了振纹分析软件，为分析和评价振纹提供了量化的指标和直观的频谱图，使用户可以一目了然地看到振纹的大小和发生的频率，据此控制凸轮轴和曲轴工作表面质量，并找出加工过程中造成振纹的原因。

由于振纹分析软件推出时间不长,多数用户对此经验不多,还广泛存在着对于振纹分析软件的困惑以及对振纹频谱图的疑惑。

振纹发展历史

对于振纹的研究,基本起源于发动机的噪声,人们认为发动机的运动部件尤其是回转轴类零件——凸轮轴和曲轴的表面形状是噪声的主要来源。最初发动机制造厂家在产生噪声的凸轮轴和曲轴表面看到了棱面痕迹,称之为振纹,那时还只停留在目测阶段。20世纪90年代,一些国际著名的凸轮轴检测设备供应商提出了“潜在噪声——APN(单只凸轮的潜在噪声)和TAPN(整个凸轮轴的潜在噪声)”这两个参数,来评价凸轮(轴)的噪声水平。

众所周知,噪声来源于振动,或者说噪声本身就是振动,而描述振动最主要的两个参数就是振幅和频率(当然还有各种频率的振动叠加时的时间关系——相位)。潜在噪声确实可以反映凸轮(轴)的噪声水平,但缺点是,不能明确指出其具体的振幅和频率,因而对分析乃至消除噪声帮助不大。

随后一些凸轮轴曲轴检测仪器公司如ADCOLE等,推出了振纹分析软件,使得用户可以清楚直观地看到各个频率振动的幅度,用以判别工件是否超出振纹公差,并能找出幅度大的或异常的振动,分析其产生的原因从而减小乃至消除之。而在发动机行业,“振纹”一词也被专门用来定义或描述引起振动/噪声的周期性波动的表面形状。通过与一些汽车制造企业合作,取得

了大量的试验数据,证明了振纹分析软件的可靠性和稳定性,同时也为如何确定公差提供了指导性经验。

振纹分析工具——傅立叶变换

振纹分析软件所使用的数学工具,是在信号分析中被广泛应用的傅立叶变换。傅里叶变换简单通俗理解,就是把看似杂乱无章的信号,考虑成由一定振幅、频率、相位的基本正弦(余弦)信号组合而成,傅里叶变换的目的,就是找出这些基本正弦(余弦)信号中振幅较大(能量较高)信号对应的频率,从而找出杂乱无章的信号中的主要振动频率特点。由于凸轮轴、曲轴为回转工件,其径向(周向)形状如凸轮的型线和曲轴的圆度,就成为振纹分析的信号来源,对其进行傅立叶变换,即可得到组合信号/波动的谱线图。

不同颜色的光是因为各自不同的频率造成的,因此,光谱也是频谱。在振纹分析中使用傅立叶变换,则是综合了三棱镜和光强计的功能,经过变换后,形状曲线中各组成成份的频率和幅度如光谱图,一般直观地显示出来,非常便于处理和应用。

振纹分析范围与测量

在凸轮轴曲轴综合测量仪器上测量振纹,不需要增加太多的调整,只需要在现有的程序中加入几个与振纹相关(设置算法、公差,计算及输出数据报告和频谱图)的指令或模块即可,对原测量过程几乎毫无影响。目前几款著名的振纹分析软件,既可以用标准方法(傅立叶变换)评定,也可以去除轮廓部分后评定,从而更加突出振纹部分,既可以全周计算振纹,也可以指定区域(如凸轮的桃尖段、过渡段和基圆段等)计算振纹。数据报告部分可以输出不同频率段的最大振幅值,如图1所示柱状图,也可以输出连续曲线图。图1所示的柱状图是一个典型的波纹度区间,频率从40~300UPR,分为4段。灰色方框是公差带,使用不同颜色来表示8个凸轮,在柱状图中看到有两处超差(分别在35~65UPR段和65~84UPR段)。

公差限可以是区域型的,也可以是曲线型的,图2为区域型的公差限图,图3为曲线型的公差限图。一般凸轮振纹公差采用区域型的公差限图,轴颈振纹公差采用曲线型的公差限图。

在图2所示的公差限图是一

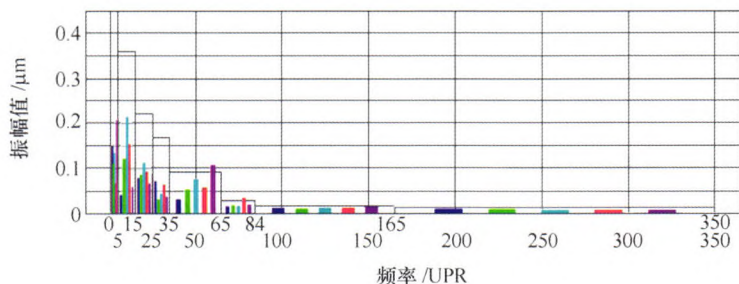


图1 轴颈振纹柱状图

个典型的波纹度区间。频率40~50UPR内，各个凸轮最大振幅值不能超过公差限1 μ m；频率50~100UPR内，各个凸轮最大振幅值不能超过公差限0.25 μ m；频率100~350UPR内，各个凸轮最大振幅值不能超过公差限0.15 μ m。

区域型公差限，一般由测量工程师通过大量的振纹分析频谱图，结合台架试验结果得到，使用不同颜色来表示8个凸轮，各个凸轮的振纹幅值在黑色粗线以内，则表明该凸轮表面振纹合格，不会产生噪声。

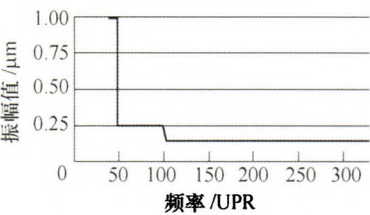


图2 区域型的公差限图

在图3所示的公差限图中，此公差限由一个振幅值为频率的指数函数定义，用指数公式表示，一般由产品设计人员在产品图中给出，测量工程师需要在检测设备上设置定义该曲线型的公差限，所有轴颈的振纹幅值在黑色粗线以内，则表明该曲轴表面振纹合格，不会产生噪声。

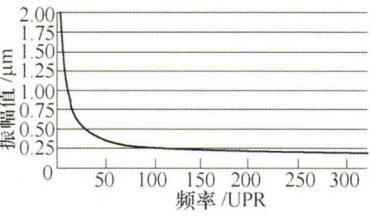


图3 曲线型的公差限图

振纹分析与测量注意事项

(1) 振纹公差的确立。由于

每款发动机的结构不同，各自凸轮轴、曲轴的加工工艺不同，引发噪声的情况也不同，因此振纹公差的设定也不能一概而论。目前的建议是，通过试验获得公差，即通过检测仪器测量，选出一批或若干批振纹较大和较小的凸轮轴、曲轴做台架试验，通过试验判定哪个级别的振纹产生噪声，而哪个级别的振纹不产生噪声，在两者之间划一条控制线，即为公差。

(2) 测量结果的一致性。由于不同检测仪器的结构有所区别，如型号不同、夹具和测头种类不同，从而导致仪器（尤其是测头部分）和工件的共振点不同，以及测头对于工件的摩擦引起的振动噪声不同，再加上环境噪声和电器噪声，不同仪器测得的振纹结果在个别频率上可能略有差别。

测量振纹的意义

测量振纹，首先可以判定工件是否超差，从而控制加工质量。其实，测量振纹更大的意义在于指导生产，找出振纹产生的根源并加以解决。通过振纹频谱图找出振幅较大或异常振动所发生的频率点（UPR为单位），再根据加工机床各运动部件和工件之间的速比，可以很容易地找到产生振动的部位和原因，如夹具、支撑架、传动轴、轴承和砂轮等，然后加以解决。如在2009年凸轮轴L3线JUNKER凸轮轴磨床验收过程中，通过振纹分析发现了该磨床所使用砂轮的问题，从而及时处理，保证了设备验收进度、预批量生产进度及产品质量。

振纹测量分析方法目前已广泛应用于神龙公司的TU/EC/EW/EP/

EB等全系列凸轮轴和曲轴产品的生产过程控制、产品审核和验收中，对提高神龙公司凸轮轴、曲轴产品的符合性质量、整车用户质量，有很强的现实意义和指导作用。

结语

发动机轴类零件振纹分析与测量方法，越来越引起汽车行业的重视，振纹分析不仅研究被测零件本身的谐波特性及其产生机理，而且也可分析其谐波特性对其它零件的影响。所以，开展发动机轴类零件振纹分析方法与检测技术的研究，不仅可以降低发动机噪声而且对于发动机的制造、装配、技术保障等都有重要的意义。 **AUTO1950**



叶宗茂

神龙汽车有限公司计量检测专业高级专家、研究员级高级工程师，东风公司技术专家、神龙公司功勋员工，武汉市技术能手，主要科技成果有《印模法间接测量的应用》、《螺纹孔位置度三坐标测量方法的探索》等80余项，其工作重点及研究方向为动力总成机加件缓慢偏差质量检测技术。