

凸轮轴磨削棱面数字化测量方法的研究与探索实践（下）

神龙汽车有限公司 （湖北襄樊 441003） 叶宗茂

2. 振纹分析软件检测凸轮轴棱面高度的应用实践

我们在2008年11月验收德国Junker两台凸轮轴磨床时，供应商以磨削棱面无量化标准问题与我们检查人员产生了分歧，拒绝调整设备。我们就利用ADCOLE测量机上的振纹分析软件，在该品种凸轮轴磨削工序OP50的凸轮升程误差测量程序中加入了几行颤动分析指令，输出颤动分析报告，但就谐波范围的如何划分、颤动分析方法的选择、颤动分析报告的选择等几个方面遇到了问题，其中最关键、最有可能产生争议的几个问题是：对不同的谐波区域如何设置有意义的公差、哪些谐波范围的振幅是棱面，哪些谐波范围的振幅是颤痕，哪些范围振幅又有可能是测量机的噪声不应当分析，以及如何与目视测量相对应等等，由于ADCOLE凸轮轴振纹分析软件是近年来才开发的，再加上振纹分析没有标准或规范，国内汽车行业应用的很少，国际上也不多，因此，无法借鉴同行业的经验数据。于是我们通过大量检测零件，同时查阅了大量资料和国际上少数几家的应用案例，最终解决了这几个关键问题。

谐波范围的划分主要是确定我们进行颤动分析时选取多大的频率范围，将频率范围划分为几个区域比较合适，以及每个区域的开始频率与结束频率如何选择。我们当时解决这三个问题主要依据是圆度测量时滤波器选择方法的国际推荐标准，美国三大汽车公司的一些凸轮轴产品的技术要求，日本几个主要汽车零部件制造商的凸轮轴产品的技术要求，ADCOLE测量公司的一些经验数据及汽车行业圆度测量普遍采用的一些经验数据，结合我们自身产品的技术要求与实际测量试验的结果，确定了我们进行该产品颤动分析时的频率范围为45~350UPR，划分为7个区域：45~75UPR、76~89UPR、90~119UPR、120~169UPR、170~230UPR、231~305UPR、306~350UPR，每个频率范围首先预置一个较大的振幅作为最小初始公差值，分别为0.000 50、0.000 45、0.000 04、0.000 035、0.000 030、0.000 025、0.000 020，单位mm，最终的公差需要根据收集的大量零件测量结果的颤动分析报告结合零件功能试验结果再最终确定，以便确定最佳的质量控制精度。

我们选用的数据分析范围为0°~359°，即凸轮轴一周360°范围内数据，主要考虑凸轮轴一周内均有可能产生振纹。选用的颤动分析方法为标准方法加上去除在区域1开始的80%UPR数据的方法，即第三种分析方法，目的就是去除轮廓误差、形位误差对棱面或振纹分析的影响。选用的颤动分析报告形式为条形图和线性图二者均有的图形报告，目的是可以清晰观察最大振幅所处的频率范围和振纹在整个频率范围的波动趋势。

于是我们开始了建立“基本”频谱的测量试验和收集工作，我们根据棱面目视检查的结果选择了

4. 结语

在该模具的加工过程中，由于事先对模具结构特点进行了分析，依据其特点来进行合理的工艺规划和加工程序编制，使整个加工过程非常顺利，不仅没有断刀现象的发生，而且缩短了加工中心上机加工的时间，减少了由于断刀引起的换刀、对刀时间，提高了模具企业的经济效益。MW

（收稿日期：20120228）

三种类型的零件进行测量，第一种情况的零件是工艺人员、检查员、操作工及测量人员都认为目视无棱面的零件；第二种情况的零件是都认为目视有棱面的零件；第三种情况的零件是部分人认为目视有棱面，部分人认为无棱面，也就是目视棱面不明显的零件。两个月内我们测量了近200根凸轮轴，建立了初始“基本”频谱。然后根据颤动分析报告从这200根零件中选择了8根零件做2h的发动机台架试验，主要观察这些零件在发动机不同速度的运转过程中是否会产生附加噪声，依据台架试验报告，我们得出了一些有实际意义的重要结论，如可能产生发动机噪声的谐波区域与最大振幅，可以通过目视发现的谐波范围及振幅的最大值，通过目视不能发现的谐波范围及振幅的最大值，哪些谐波范围的振幅是颤痕，哪些谐波范围振幅是棱面，哪些谐波范围振幅是由测量机的噪声造成的不会产生发动机噪声也不应当分析的，以及如何与目视测量相对应等重要结论。

如图6所示，只要频率在45~75UPR范围内谐波的振幅超过了0.000 3mm的零件在台架试验时就会发出噪声，振幅越大，噪声也越大，而且这种零件目视棱面明显，不同岗位的人都可以识别。

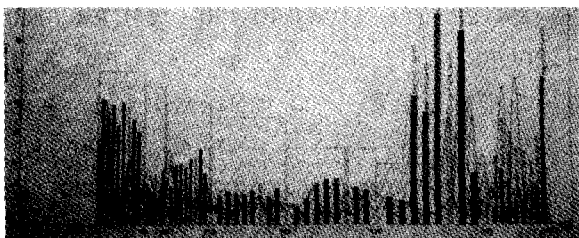


图6 有棱面有噪声的零件颤动分析报告

如图7所示，频率在45~75UPR范围内谐波的振幅低于0.000 3mm，这种零件目视棱面不明显，4个人有两个人看不出棱面，但在台架试验低速运转时也会发出噪声，可能的原因就是频率在169~

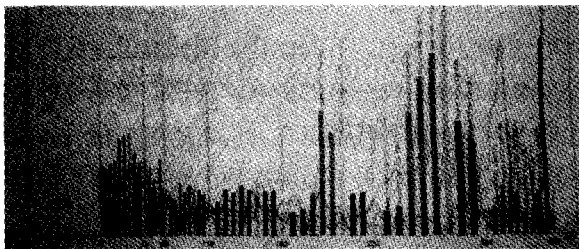


图7 无棱面有噪声的零件颤动分析报告

230UPR范围内谐波的振幅高于0.000 3mm产生的颤动引起的噪声。

如图8所示频率在45~75UPR范围内谐波的振幅低于0.000 3mm，频率在75~230UPR范围内谐波的振幅低于0.000 2mm，这种零件目视棱面不明显，在台架试验时也未发现有附加的噪声，但从报告上看 230UPR范围以外谐波的振幅高于0.000 15mm，后来发现近200个颤动分析报告都有频率230UPR范围以外谐波的振幅高于0.000 15mm的现象，这可能是测量机的噪声产生的，不应该把这些谐波当做零件的振纹来分析。

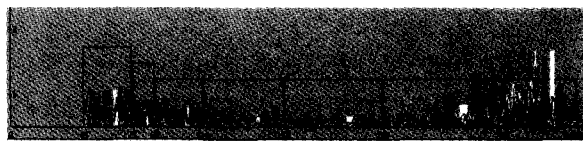


图8 测量机的噪声产生的谐波振幅

通过对200张颤动分析报告的分析，我们最终确定了验收该产品凸轮表面是否存在影响零件功能的振纹的频率范围为45~230UPR，划分为5个区域：45~75UPR、76~89UPR、90~119UPR、120~169UPR、170~230UPR，每个频率范围振幅公差值分别为0.000 25、0.000 20、0.000 15、0.000 15、0.000 15，单位为mm，只要被验收的磨床连续加工的35件零件振纹分析报告都在该公差范围内，我们就认为该设备加工零件棱面问题可以通过，并且将这个棱面检查标准列入到质检工艺卡和技术要求中，不仅用于产品的验收，而且用于现场的质量监控，且规定了每班一次的检查频次；随后我们将这个棱面量化标准发给了Junker供应商，供应商在按约在2009年2月底来到生产现场，通过一周的调试，最终两台磨床连续磨削的6个品种零件各35件零件表面棱面都达到了这个标准。

目前我们对襄阳机加工厂所有凸轮轴产品的磨削加工都采用了这种预防性凸轮表面棱面监控措施，当每班通过振纹分析获得的图谱中发现有超过设定的监控振幅值时，就认为此时磨削后的凸轮存在隐患，必须调整相关加工参数改善表面微观结构后，设备才可以继续生产。通过近3年的凸轮表面振纹分析方法的实践应用，我们全系列的凸轮轴产品未发生一次售后退返的质量事故。

四、凸轮磨削振纹产生原因及解决措施

1. 低频率振纹(小棱面)产生原因及解决措施

如图1所示的凸轮轴表面多边形棱面振纹, 振痕深而宽, 手感最明显, 这多来自工件系统的振动, 振幅较大, 频率较低, 一般在75UPR以下, 其产生的主要原因如下:

(1) 工件不平衡或转速太高, 磨削时产生颤抖。改进措施: 改善工件旋转时的平衡条件, 如在夹具上加配重; 适当降低工件转速。

(2) 工件细长、刚性不足, 磨削时产生颤抖。改进措施: 提高支承刚性; 降低进给速度、磨削深度及工件转速; 把砂轮修粗一点。

(3) 工件中心架支撑块与工件未经磨合, 接触不良, 产生振颤。改进措施: 用工件与支撑块对研; 注意给支撑块加润滑油。

(4) 工件顶尖孔有多棱形, 或顶尖与顶尖孔接触不良, 产生振颤。改进措施: 提高顶尖孔质量, 如增加研磨工序; 在顶尖孔内加润滑油。

(5) 工件顶的过紧或过松, 过紧产生弯曲, 过松出现晃动。改进措施: 顶紧工件, 以手转动工件不感吃力为宜, 轴向左右推动工件不应有窜动; 调整后顶尖弹簧压力。

(6) 头架主轴承磨损、松动, 拨盘、拨杆松动或刚性不足。改进措施: 调整和更换磨损的轴承; 紧固拨盘和拨杆, 采用刚性好的拨杆。

(7) 砂轮主轴间隙过大, 又加上砂轮严重不平衡, 产生了振幅较大的振动。改进措施: 调整轴承, 平衡砂轮。

2. 高频率振纹(颤痕)产生原因及解决措施

如图2所示的白线条高频振纹, 振痕浅而窄, 这一般来自砂轮系统的振动, 振幅较小, 频率较高, 一般在75~230UPR之间, 其产生的主要原因是磨削系统的各种振动, 具体如下:

(1) 砂轮不平衡, 转动时引起主轴振动。改进措施: 提高砂轮平衡技术, 如经过两次平衡、采用动平衡等。

(2) 砂轮主轴与轴承配合间隙大, 旋转时产生径向跳动。改进措施: 检查配合间隙是否在0.02mm范围内。

(3) 砂轮硬度过高或硬度不均匀, 缺乏自锐

性, 磨削时产生自激振动。改进措施: 检查砂轮硬度是否符合工艺要求, 适当提高工件速度或降低砂轮速度。

(4) 砂轮已磨钝或未修整及修整量不够。修整砂轮, 检查修整工具是否磨损, 适当增加修整量。

(5) 砂轮修整太光, 或金刚石顶角已磨损。改进措施: 正确选择修整速度与进给量; 更换新的修整工具; 使用充足的磨削液。

(6) 砂轮粒度过细或直径已小, 磨削性能降低。改进措施: 依据工件质量要求, 正确选择砂轮粒度; 减小磨削余量, 适当降低进给量; 提高砂轮修整工具的速度或增加进给量, 把砂轮修粗一些。

(7) 电动机振动引起砂轮架振动。改进措施: 更换电动机; 采取隔振措施, 座底垫橡皮。

(8) 砂轮主轴磨损不圆, 使主轴产生跳动。改进措施: 修复主轴精度, 保证主轴径向跳动不超过0.005mm。

(9) 砂轮主轴传动带未拉紧或过紧都可能使主轴产生跳动。改进措施: 调整传动带松紧度。

(10) 工作台运动不平或床身导轨磨损变形使磨削不均。改进措施: 修理导轨, 达到慢速无爬行。

以上仅列举了凸轮轴磨削过程中产生振纹的部分原因, 有经验维修工程师可以直接根据振纹分析报告中的超差振幅的频率范围, 快速查找到产生振纹原因, 及时恢复设备精度, 保证产品质量。

五、结语

随着汽车市场竞争的加剧, 各大汽车公司都在努力提高自己的产品质量, 降低经营成本, 提高劳动生产力, 过去靠目视、靠感观检查的微观质量项目, 现在越来越多的需要用仪器检查, 需要量化标准, 只有依靠数据说话, 才能减少争议, 规避质量风险; 同时数据检查有利于实施质量预防, 对质量改善起着积极推动作用。凸轮轴棱面高度的数字化测量方法的研究与应用就是很好的一个例子, 汽车零部件中还有许多类似的定性质量检查项目需要转化为定量检测, 所有这些定性项目的量化还需要检测仪器制造商、汽车主机厂及零部件制造商等共同努力来解决。MW (全文完)

(收稿日期: 20120112)