



本文结合某机加工厂的众多发动机 / 变速器铝件在加工中心加工后偶尔孔径大问题，以及压装报警拦截可靠性改进工作，研究出一套完整的降低偶尔孔径大缺陷比例和压装设备有效监控孔大缺陷的方法，改善效果明显，能确保铝件不因孔径大而造成质量问题。

□ 神龙汽车有限公司 汪亮洲

动力总成铝件加工孔径超差及压装报警拦截的改善研究

发动机及变速器铝件在卧式加工中心刀库里面换刀过程中，因刀柄粘铝屑造成的偶尔孔径大一直是行业性难题。笔者曾统计某工厂缸体、缸盖的15个重点孔，2017年孔径大不合格率0.16%，废品率高，同时全厂20台阀座、钢球等压装设备的压力和位移监控参数没有全部合理设置，这种孔径大的个别零部件流出工厂，造成发动机失火报警的质量问题。例如，缸盖气门阀座脱落、油道钢球脱落等。这种因刀柄粘铝屑造成孔径大问题的典型特征是偶尔出现。孔径超出公差上限0.03 ~ 0.16 mm。如果增加换刀后刀柄跳动自动检查功能，价格昂贵。同时每把刀需要增加2 s的检测时间，整个设备节拍下降严重。

减少刀库里面的铝屑飞溅和电主轴抓刀过程中对刀柄的冲洗以及合理设置这些孔的压装报警是解决该类零部件质量问题的三大关键因素。

铝件加工中心加工产生偶尔孔径大的原因及主要措施

工厂大量采用柯玛集中刀库卧式加工中心，每把刀加工完后，刀库门打开，主轴进入刀库自动换

刀，刀库四周飞溅的铝屑有可能早已粘到待换刀柄上，此时随刀柄进入主轴（图1a、b），这把刀的跳动就会大，零部件孔径就会超出上限。我们测量了大量这种不合格件，最大的孔径超出公差上限0.03 ~ 0.16 mm。另外，发现这种因刀柄粘铝屑的孔大典型特征是偶尔出现。这种零部件缺陷如果不是100%检测，极其容易流入后面的工位甚至用户处，这种缺陷比例不高但危害性大：整个铝件都加工完了，因个别孔径大而报废，质量成本也很高，因此迫切需要技术攻关，改变现状。经过技术攻关团队大量的摸索和分析，发现并采取了以下措施。

1. 核心措施

主轴每次抓刀时，主轴上六个孔（图1c）需要对刀柄冲屑至少2 s左右才有效果，调查发现为了满足节拍，好多加工中心在进厂时刀柄冲屑时间被设置为零或过短，基本没有冲屑效果。

电主轴端面上设计有专门用于冲刀柄的6个切削液孔，用于抓刀时对刀柄冲屑。由于加工中心加工内容多，节拍都很紧凑，为了达成节拍，或者对该冲屑时间功能不够了解，厂家一般设定在0.03 s或0，造成冲屑功能基本丧失。经过摸索，发现该时间设定在2 s比较合适，个别零部件或设备需要设定在3 s才能发挥最大效果。冲屑时间更改后某缸盖阀座底孔孔径大不合格率情况见表所示。

表 冲屑时间更改后某缸盖阀座底孔孔径大不合格率情况

阀座孔	孔大数量	生产数量	废品率
改善前	5	626	0.799%
改善后	3	4314	0.070%

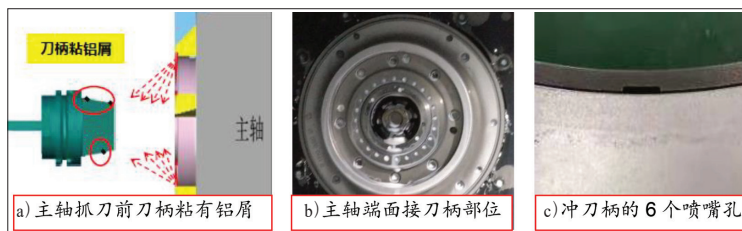


图1 刀柄粘铝屑及抓刀过程冲屑

2. 增加高压泵

在大量应用更改冲屑时间措施之前，发动机部分加工中心采取了增加高压泵的形式来加大设备里面主轴对零部件，刀库里面喷嘴对刀仓等冲洗压力，其效果如图 2 所示。

加高压泵后虽有效果，但前期投入费用大周期长，后期电能和备件消耗大，而只优化程序更改冲屑时间的效果也很明显且零费用，只是刀柄冲屑需要占用约 2 s 加工时间。因此某缸盖线剩余 10 台加工中心均采取优化程序方式（增加冲刀柄时间）解决问题（图 3）。

3. 增加反冲洗装置

在上述两个措施更早之前，工厂另外一条变速器铝壳体线尝试了在切削液集中过滤中心投资 60 多万元增加反冲洗装置，减小切削液带毛刺的概率。

4. 其他有效措施

除了上述投资或更改程序外，这条变速器壳体线同时尝试以下序列措施：①调整了对孔径大敏感的刀具在刀库的位置，即离容易飞铝屑的位置远点；②调整刀库里面喷嘴位置，之前主要冲洗刀刃变为主要冲洗刀柄；③减小刀库门间隙，防止因间隙大造成加工区铝屑容易飞溅进刀库；④增加刀库门缝处的冲屑管，防止铝屑进刀库；⑤更改程序，让刀库门完全关闭之后再启动主轴旋转，防止门没关闭时主轴旋转引起铝屑飞溅进刀库；⑥启用电

主轴对刀库所有刀柄的冲屑清洁程序，每 50 个循环启动一次；⑦刀库里面专门设计一把冲屑用的假刀具弯管，每 25 件清理一下电主轴附近铝屑；⑧把个别刀柄由全圆夹紧更改为 6 个凸台夹紧，减小粘铝屑概率等。在效果跟踪方面，编号为 X1254 的这台设备，在产量变化不大的情况下，孔径大废品数量由上一年的 90 件优化到 2 件，效果显著。

孔径大零部件压装报警拦截的改善

尽管采取以上各项有效措施，偶尔孔径大缺陷得到了极大比例降低，但无法保证长期绝对为零，因此后续压装监控的有效性就必须得到保证。为了评估工厂不同时期缸体、缸盖压装设备压力监控的情况，我们调查了所

有压装设备的监控方式如下：总体上早期设备监控手段简单，有一定防零部件配合间隙大、压力小的功能，越到后期，监控方式越先进，但投资也更贵，监控精度更好。早期 PLC 控制的监控功能也是有效的，重要的是保证设定合理的参数并按规则运行和管理，即使有后面先进的监控设备，如果参数设置不合格或报警时的处理规则执行不到位也是无效的。

1. 保证监控功能有效的案例

案例 1：某高精度压装力监控设备的窗口设置不合理的改善：存在只有一个监控窗口（图 4），并且一个零部件两孔的压装条件一样，但监控参数差异大的问题。

我们优化了监控方式，设置了过程压装力和最终压装力两个监控窗口（图 5），统一了这个零部件上两个同样孔的压装监控参数。当两个同样孔的压装结果不一样时，需要去分析零部件尺寸或设备的问题，而不是更改监控参数来适应零部件尺寸和设备偏离。

案例 2：一般监控精度的典型问题改善

压装缸盖堵盖的 XM0965 设备没有配置 Kistler 压力一位移监控及显示软件的功能，压力监控是采用接近开关检测到压头到位后，延迟 0.5 s PLC 取压力传感器测量值，测得的压力已经进入了衰减阶段，同样的理论压装力条件下，缸盖两个压头（图 6）因每个压头压力衰减程度不一样，2 号压头测得的压力小且散差大。为避免反复报警，被动地造成 2 号压头的监控值设置不合理，监控范围放宽，造成不能拦

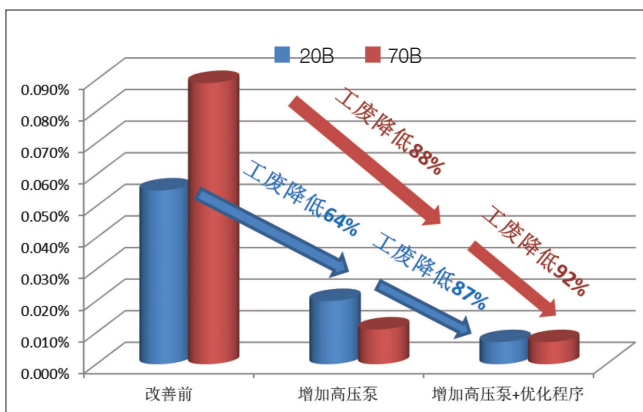


图 2 某缸盖 20B 和 70B 两孔的增加高压泵结果

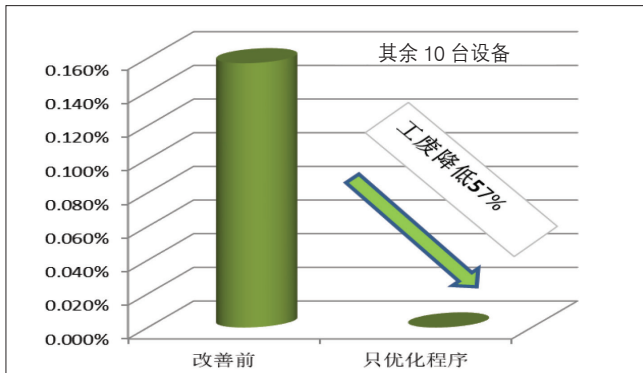


图 3 某缸盖剩余 10 台设备只优化冲屑程序结果

截孔大的不合格缸盖。

整改措施一是更改 PLC 取值方法，取压头动作开始后直到压装到位的全过程的最大压力值作为压装力值进行监控。另外发现该堵盖压头设计也存在 2 个缺陷：连接座与连接法兰之间的间隙过小以及连接法兰螺纹孔制造误差大分布不均，螺纹和连接法兰螺纹孔之间干涉，间隙过小吸收了部分压装力，造成 2 号压头一部分压力被机构吸收，部分压力没

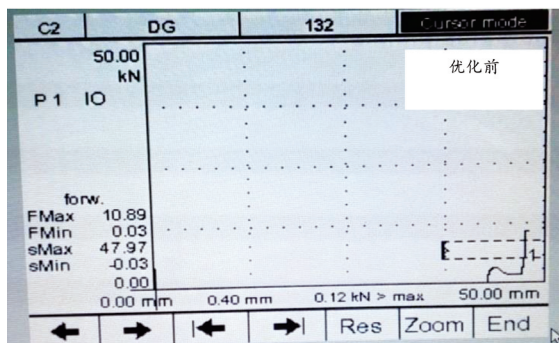


图 4 某高精度监控窗口优化前

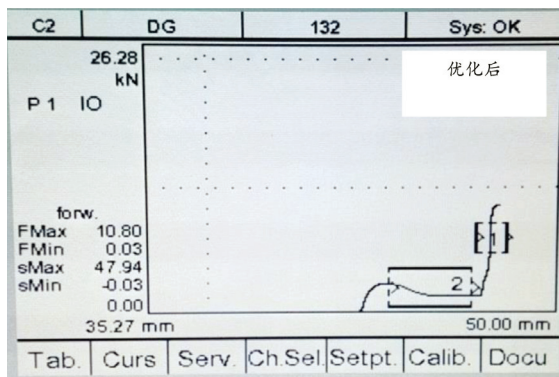


图 5 某高精度监控窗口优化后



图 6 某缸盖 1 号和 2 号压头

有作用在压力传感器上。

整改措施二是重新制作新的垫块和螺钉，加大垫块、调整垫块的厚度和螺钉的台阶高度，保证压装时连接座与连接法兰之间有间隙，保证压力完全传递给压力传感器。

2. 合理压装报警值的设定方法

先通过统计分析正常压装曲线，预设监控窗口位置，然后通过极限样件压装，获得过盈量和压装力的关系基础数据，来验证监控预设值的合理性，必要时调整。达到目标：保证过盈量小于 0.02 mm 必须报警；0.02 ~ 0.035 mm 有可能报警；大于 0.035 mm 不报警。减少误报警，每天误报警零部件少于 5 件。

以某发动机缸盖阀座压装曲线为例，通过统计分析正常压装曲线，预设监控窗口；通过极限样件压装，获得过盈量和压装力的基础数据，验证监控预设值的合理性。根据大量压装曲线统计方法确定的监控包络线以及两个窗口的方法与用极限样件压装出来的监控结果不会有很大区别，直接用统计数据设定监控值也是基本可靠的，有条件的可以作极限样件检验，没有条件的也不必强求。

最后监控有效性结果如下：对于理论最小过盈量 0.031 ~ 0.033 mm 的阀座压装，过盈量小于 0.02 都会报警；0.02 ~ 0.035 mm 有可能报警，也可能不报警；大于 0.035 mm 不报警。在最小过盈量临界附近，存在一定的误报警，每天误报警零部件少于 5 件。

需要说明的是，过盈量不

是影响压装力的唯一因素，压装力还受到零部件表面形状和尺寸误差、润滑及压装动作速度等因素影响，因此临界附近存在误报警是不可避免的。但这并不会带来用户质量问题，我们测量过某型号排气阀座底孔孔径大的零部件，其直径大于上限 0.44 ~ 0.64 mm，只要按我们上述方法设定监控参数，这种缺陷显然会在压装工序 100% 报警。

3. 日常压装报警的处理规则
要想监控拦截灵敏，则一定比例的误报警不可避免，因此需要制定并用好报警处理规则：报警停机后，压装过的零部件无法检测其符合性，因此测量后面未压铝件的孔和阀座等外径尺寸分布情况可用来参考，如果后续零部件尺寸合格且当前报警压装力超下限幅度小于 1/4 下限值，可以判断为误报警，零部件可放行；如果零部件不合格或压装力低于下限值超过 1/4，已压零部件需要报废并深入分析原因；如果零部件尺寸超下极限较多，需要立即停产挑选零部件，压装工位可配置底孔通止规，便于有报警时快速检测零部件符合性。

结论

通过合理设置铝件加工中心主轴冲刀柄粘屑时间以及对刀库的日常维护保养，减小刀柄粘铝屑的概率，能够把偶尔孔径大的缺陷极大比例降低；不论压装监控装置是否先进，通过合理设置监控参数并执行好报警零部件处理规则，能够有效解决动力总成铝件加工孔径大的缺陷问题。AI