

发动机连杆优化升级和工艺创新（四）

□ 上海市金属切削技术协会/张书桥 束长坤 张驰

本文对连杆线改造后存在的问题如平面磨床、加工中心、激光涨断设备、端面磨床以及精加工专机出现的设备问题和工艺问题进行分析，并针对存在的设备问题进行系统优化，详细地阐述了优化过程，多年的实践证明，设备优化后取得了惊喜的效果。

本文是一个汽车工艺专家多年的技术总结，是我国汽车发动机连杆制造技术不断升级的见证，对推动我国汽车制造技术的进步具有重大意义。

因文章较长，本刊采用连载的形式发表。



9. 针对OP250-3#工位大孔轴心错位的缺陷

分析缺陷现象是大孔在珩磨后出现有镗削的刀痕（见图42）。经过分析，在OP250-3#工位连杆需安装两次，用于分别加工小孔和大孔的两个侧面，而两次定位如果前后不一致就会出现该现象；并且进一

步分析发现同轴的偏差基本出现在垂直方向，而垂直方向的定位是小孔三个定位块中上面一个定位块，通过寻找发现在上定位块的位置有压痕，结合该工位切屑多的特点，判断因切屑粘在定位销的定位块上，导致前后两次定位垂直方向出现误差，在粗镗大孔时导致大孔两

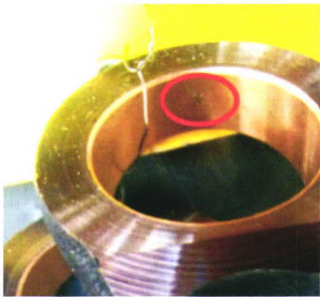


图 42

个孔径不同轴，当误差超过后道工序加工余量后就出现工废。

缺陷产生过程如图43所示。

找出问题的原因后，发现机床上有2种清除切屑的切削液喷嘴，每种各有3个负责3根工件的切屑清除。其中夹具上的帘布式喷嘴主要是对夹具上的切屑进行清除，而工件除屑喷嘴是对工件上的切屑进行清除。但经过检查发现帘布喷嘴出现异常堵塞，通过解体检修疏通恢复。除屑喷嘴同样疏通后恢复（见图44）。

另外，我们将该工序的两个大小孔半精加工和精加工的同轴度

进行检查并对误差大的心轴进行更换，确保夹具定位的精度。但实际使用后发现效果未达到预期的状态。在观察了除屑喷嘴的位置后发现，可以将喷嘴的位置往前移，尽可能接近小孔，并且喷嘴中心与小孔中心一致，提高清洁效果。经过改进调整，效果显著，该缺陷已基本从生产线的工废清单中消失，改进效果基本为100%。

10. OP250-5#工位中心距误差

OP250-5#工位中心距误差的缺陷是设备制造过程中产生的。

OP250-5#工位精镗大小孔时，对大小孔的中心距有 $\pm 0.025\text{mm}$ 工艺要求。在设备上，A、B轴的中心距可以由底部卸楔机构调整箱体而实现单独进行调整，而中间B轴就由箱体的加工精度保证而无法调整，其误差达 -0.02mm 。该缺陷从设备开始运行之处就存在，为供应商设备制造产生的缺陷。小孔3根主轴中心未在同一条直线上，B轴低 0.02mm ，主轴箱孔存在制造误差（见图45）。

通过分析，05工位加工精镗连杆大小孔，其中小孔呈椭圆，小孔主轴与Z轴导轨倾斜 $2^{\circ}30'$ （见图46）。A、B、C 3根主轴在同一箱体上同时加工。我们发现可以利用该机床的小孔在加工椭圆时小孔主轴倾斜的状态，通过刀尖轴向位置的移动达到中心距变化的原理，消除该缺陷。利用小孔主轴倾斜机构，调整刀具安装尺寸，中心距增大。但出现一个问题，三根工件在加工时需要对应安装，无法满足工艺要求（见图47）。

通过对主轴安装结构分析，发现可以利用 HSK的过渡夹头修磨，这样用标准的刀杆安装后中心距同样会变化，且由不会影响正常的换刀工艺规定。B轴HSK夹头主轴安装基准面修磨 0.459mm ，刀尖抬升 0.02mm （见图48）。

实际效果如下：

- (1) B轴小孔尺寸、椭圆度和巴厘线符合加工要求。
- (2) A、B、C 3轴的中心距误差控制在 0.005mm 内，易于整体调整。
- (3) 操作工可正常换刀，避

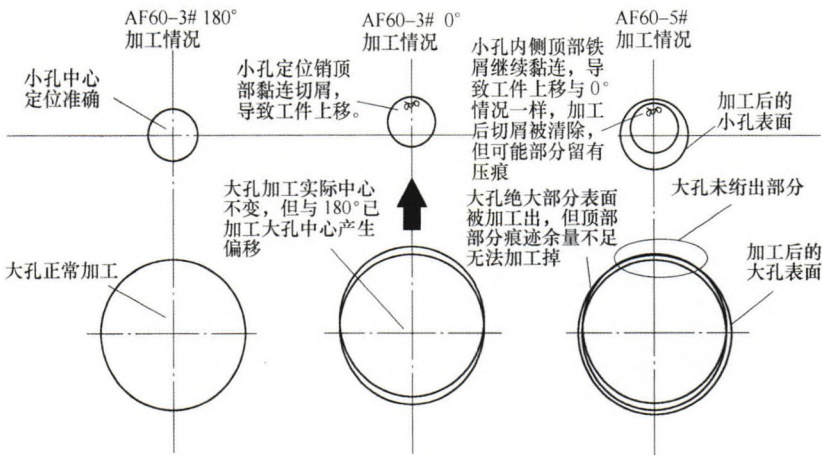


图 43

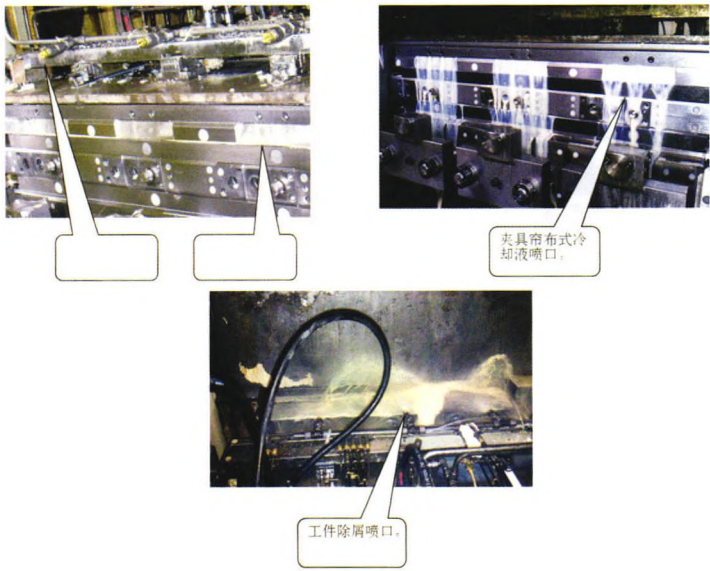


图 44

免操作失误引起的质量风险。

(4) 节省投资改造的费用及时间，为公司降本增效。

预防措施：TPM时定期检查Z轴零位及实际加工始末位置。

11.小孔椭圆问题的解决

OP250-5#工位在精镗小孔加工中，不仅要控制孔径尺寸

($\phi 23.010 \pm 0.003$) mm，并且有椭圆要求 $E+ (0.015 \pm 0.004)$ mm，即椭圆的长轴比短轴要长 ($+0.015 \pm 0.004$) mm。在实际加工中，机床小孔主轴采用倾斜 $2^{\circ}30'$ ，而进给采用水平进给的方式，实现小孔在水平直径尺寸未变化而垂直直径尺寸变小的加工方式。在实际生产中，小孔

椭圆度的工废较多（见图49）。

椭圆的形成原理图如图50所示。实际加工中采用主轴倾斜，平行进给加工椭圆。

为了改善OP250-5#工位小孔椭圆度，通过分析椭圆尺寸的调整需通过箱体上的旋转轨道对A、B、C三根主轴箱体同步调整，无法对单根主轴的椭圆度调整，导致椭圆度质量较难控制。根据设备加工能力报告，A、B、C三轴椭圆度误差稳定，以A轴工件椭圆度最大，B轴工件椭圆度最小，最大差值0.004mm，占公差50%。

通过分析，椭圆是主轴倾斜加工得到的，而主轴本身加工的圆度情况没有检测过。我们将主轴恢复至水平状态加工小孔成为正常圆的情况下进行检测，发现三根主轴加工的圆度均为0.002mm，而圆度的方向不一样，A、C轴圆度的长轴在水平方向，B轴的长轴在垂直方向，这样将三根轴同步倾斜得到的椭圆度必然存在系统误差。主轴倾斜加工椭圆孔时，椭圆度计算为X方向尺寸减去Y方向尺寸，产生系统误差0.004mm，占公差值一半，导致三轴椭圆度难以控制。

在分析了主轴因素后，为了避免问题原因的遗漏，采用头脑风暴进行分析，确认该原因为根本原因。

缺陷问题明确后，通过对主轴的静压轴承进行更换（见图51），并试验不同的安装方向，调整小孔加工的理论圆与其他两根主轴圆度的方向一致。

对A、B、C三根主轴静压轴承径向和轴向间隙进行测量比较，确保其精度保证。B轴更换静压轴承

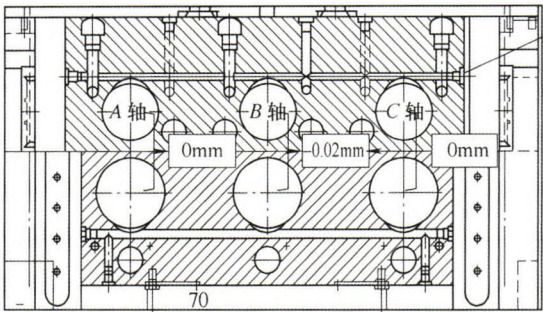
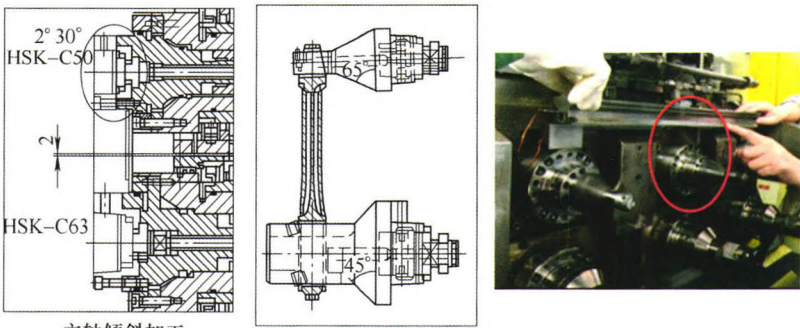


图 45



主轴倾斜加工

图 46

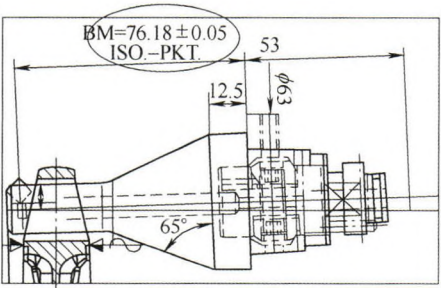


图 47

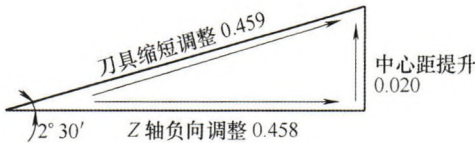


图 48

后，对A、B、C三根静压轴承与主轴进行检测，径向与轴向间隙误差较小，均在精度要求范围内。

更换B轴后：

(1) 小孔主轴在水平加工状态下，三轴绝对误差小于0.002mm。

(2) A、B、C三轴加工圆孔圆度方向一致，不会产生叠加误差。

(3) 主轴倾斜后，椭圆度系统误差小于0.002mm，与实际加工结果验证相符。

改进效果如下：

(1) 有效提升三根主轴加工

精度。提升OP250三根主轴椭圆度精度，将原先系统误差0.004mm降低至0.001mm，大大提升设备加工稳定性和节约调整时间。

(2) 显著降低小孔椭圆度工废率，降本增效。连杆小孔椭圆度超差工废从1.64%降低至0.35%，提升产品质量。

巩固措施：每半年TPM或年度保养中，将小孔主轴放置在水平状态后测量圆度，对三根主轴静压轴承的径向和轴向间隙进行检测。

12.磨瓶颈工序的打破

连杆线原来的珩磨设备采用单轴珩磨，节拍慢，成为生产线的产能瓶颈。为了打破生产线的瓶颈，专业部门更新了该工序的设备，新设备一个工位用2根珩磨主轴进行加工，单根珩磨轴的加工节拍仅为原来的15%，大幅度提升了该工序的产能，打破了生产线的瓶颈，因此20多年的老生产线实现了产能的大突破。

设备优化后取得的效果

(1) 通过对一条运行20多年生产线老设备的系统优化，满足了新产品的需求，避免了因老生产线无法满足要求而更新一条新线近1500万欧元的投资。

(2) 换型时间降低70%。

(3) 刀具成本降低25%。

(4) 员工参与对生产线设备问题的优化和改进，提升了员工系统维修保养和改进的能力。

(5) 汇编了各类设备保养的材料，如岗位操作手册、保养记录等，即可以作为维修参考，且为人员的培训和提高提供基础。（全文完）

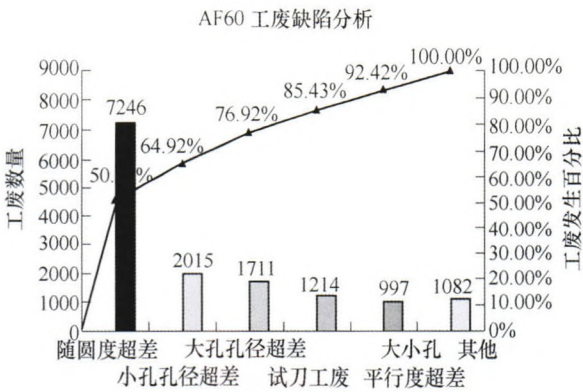


图 49

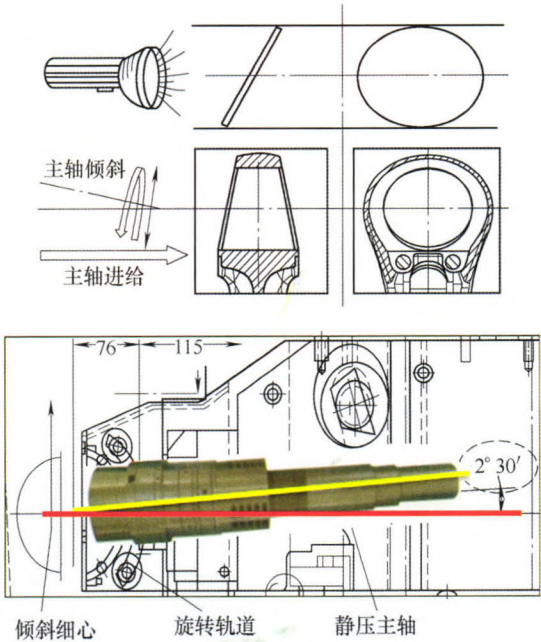


图 50

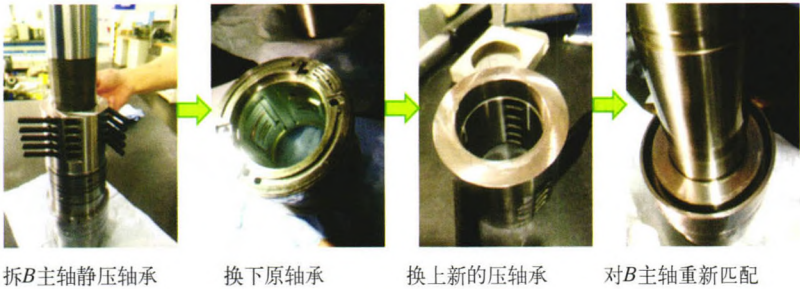


图 51