



本文分析了取力器壳体加工中现场存在的两侧凸台面相对于轴承孔公共轴线的垂直度超差问题，找到影响垂直度的主要原因是机床重复定位精度差。通过采用加长精镗刀，对两个轴承孔进行一次性精加工，最终解决了两侧面相对于公共轴线的垂直度超差问题。

□ 陕西法士特齿轮有限责任公司 刘莹 张瑞强

面相对于孔公共轴线垂直度超差问题研究



AI 汽车网—制造工艺

目前在取力器壳体的加工中，经常出现两侧凸台面相对于两个轴承孔公共轴线的垂直度超差的问题。该问题难以解决，给取力器的使用性能和装配质量带来了不良影响。

现场存在的问题

取力器壳体（图1）的加工精度对发动机功率的输出起着至关重要的作用，而取力器壳体侧面相对于孔公共轴线的垂直度将直接影响取力器的使用性能，以及齿轮轴的使用寿命。在取力器壳体的加工过程中，经常存在两侧面相对于孔公共轴线的垂直度（图2）超差的现象。

工艺方案

根据取力器壳体的特征，采取了一面两销的定位方案来加工两侧凸台面和两侧轴承孔，具体加工顺序如图3所示。

两侧凸台面H面、N面和C、D轴承孔在10工序加工：D63面铣刀粗、精铣两侧凸台面H面和N面 → 粗镗刀镗C孔 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm

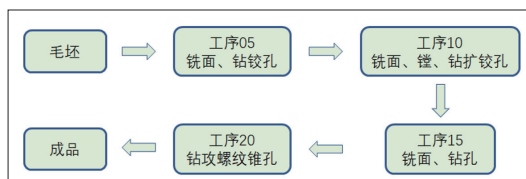


图3 加工顺序

孔至 $\phi 71.7$ mm，切削参数： $S=1\ 000$ r/min， $F=100$ mm/min → 机床工作台旋转 180° ，粗镗D孔至 $\phi 71.7$ mm → 精镗C孔至 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm，切削参数： $S=1\ 000$ r/min， $F=100$ mm/min → 机床工作台旋转 180° ，精镗D孔至 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm。

数据统计

选取目前产量最大的壳体类产品作为统计对象，取力器车间有一整条生产线加工该型号产品，该生产线共4组加工单元，每组加工单元包含1台立式加工中心和两台卧式加工中心，05、15和20工序在立式加工中心上加工，10工序在卧式加工中心上加工。选取第三机组作为试验机组进行调查统计，经过对50份三坐标测量报告的分析得出：该处垂直度公差图样要求0.05 mm，现场最大加工至0.12 mm，超差率约为40%。

解决思路

1. 垂直度超差现状分析

有一部分该零件在壳体车间协助加工，两车间的工艺方案相同，而壳体车间不存在垂直度超差的现

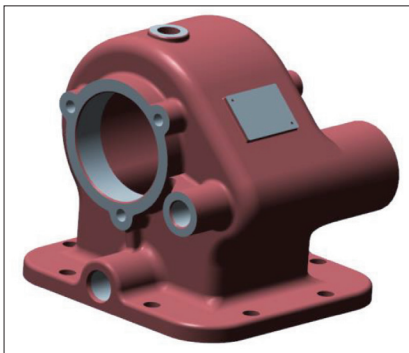


图1 取力器壳体类零件

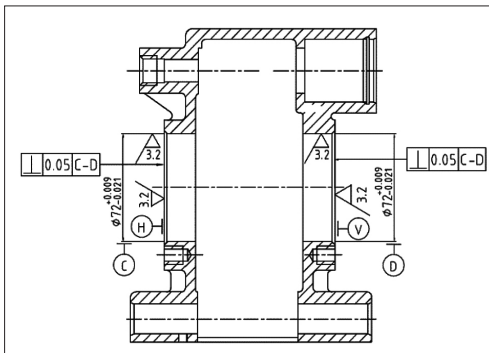


图2 垂直度要求

象。将两车间加工该取力器壳体零件的三坐标测量报告做对比，发现两车间加工出的 C 和 D 轴承孔相对于公共轴线的同轴度公差基本都在图纸要求的 0.03 mm 范围内，但是壳体车间加工出的同轴度公差普遍优于取力器车间。

2. 垂直度超差原因分析

取力器车间设备已使用了数年，各方面性能均有损耗，造成同轴度公差较差的原因，有可能是由于机床旋转后，回转中心未能完全回到回转零点，导致 C 孔和 D 孔的轴线不在同一水平线上，进而造成两孔相对于公共轴线的同轴度公差较大，也就是说两孔的公共轴线偏于理想水平线过大（图 4），从而导致两侧面相对于孔公共轴线的垂直度超差。

3. 垂直度超差原因验证

将零件的 05 序加工完成，10 序加工至粗镗 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm 孔之前，进入验证状态，用粗镗刀镗完 C 孔后，用寻边器找到该孔中心位置并记录该坐标，然后工作台旋转 180° ，继续粗镗 D 孔，再次记录 D 孔中心坐标，经过对比得出：前后两组坐标，X 坐标相差 0.112 mm，Y 坐标相差 0.109 mm，从而验证了机床重复定位精度差的推测。

4. 解决方案

为解决机床重复定位精度差而造成生产过程中的垂直度超差的问题，采用一体式加长精镗刀（图 5）对 C 孔和 D 孔进行一刀精镗，同时改变切削深度，调整切削参数，工艺方案调整如下：

D63 面铣刀粗、精铣两侧凸台面 H 面和 N 面 → 粗镗刀镗 C 孔至 $\phi 71.5$ mm，切削参数：

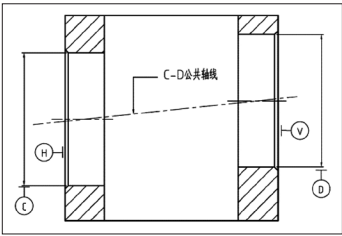


图 4 C 孔和 D 孔的轴线不在同一水平线上

$S=1\,000\text{ r/min}$ ， $F=100\text{ mm/min}$ → 机床工作台旋转 180° ，粗镗 D 孔至 $\phi 71.5$ mm，切削参数： $S=1\,000\text{ r/min}$ ， $F=100\text{ mm/min}$ → 精镗 C、D 两孔至 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm，切削参数： $S=800\text{ r/min}$ ， $F=80\text{ mm/min}$ 。

测得：C、D 两孔均为椭圆孔，同一孔的圆直径最大相差 0.13 mm。对该结果进行进一步分析，先假设机床旋转后未能完全回到回转零点的观点成立，加长镗刀从一面进行加工，即存在镗刀与 D 孔的轴线几乎重合，而与 C 孔的轴线有偏差，偏差值的大小主要取决于机床旋转后回转中心与回转零点的偏差值，会产生精镗刀与粗镗后的孔部分接触上，部分没有接触上的结果，即出现孔被加工成椭圆孔的现象（图 6），进一步证实了机床的重复定位精度不好的推测。

做出进一步调整，若粗镗的加工余量大于粗镗后和精镗后两个孔的中心轴线的偏差值，那么精镗刀将能修正两孔的位置偏差，故现增加粗镗的切削余量，切削参数不变：D63 面铣刀粗、精铣两侧凸台面 H 面和 N 面 → 粗镗刀镗 C 孔至 $\phi 71$ mm → 机床工作台旋转 180° ，粗镗 D 孔至 $\phi 71$ mm → 精镗 C、D 两孔至 $\phi 72 (+0.009, -0.021)$ mm。

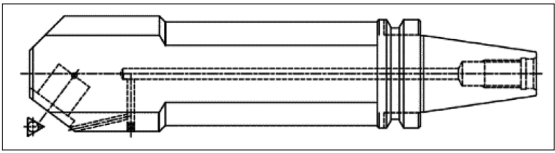


图 5 加长精镗刀

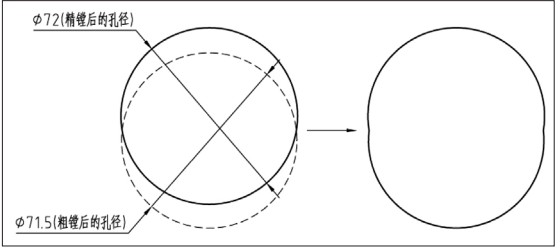


图 6 形成椭圆孔的过程

测量项目	正公差	负公差	偏差
圆度S - 特征T至直线S-T	0.008	0.000	0.008
测定	0.036	0.000	0.036

测量项目	正公差	负公差	偏差
圆度1 - 平面H至直线C-D	0.037	0.0500	0
测定	0.032	0.0500	0.032

测量项目	正公差	负公差	偏差
圆度3 - 平面1至直线A-B	0.000	0	0.011
测定	0.000	0	0.011

图 7 改进后的精测报告

解决了垂直度超差的问题，且 C、D 轴承孔相对于公共轴线的同轴度公差得到提升。

验证效果

改进前两侧凸台面相对于两轴承孔公共轴线的垂直度最大可达 0.12 mm，改进后垂直度稳定在 0.03 ~ 0.04 mm 之间（图 7）。

结束语

此项改进最大的效益是可以解决取力器壳体加工中难以解决的垂直度超差问题，提高了取力器总成的装配质量和性能，降低了废品率，提高了经济效益，同时提供了一种在机床重复定位精度差的情况下，出现几何公差超差的情况时，如何发现问题并解决问题的思路和方法。 AI