提高后挡块小孔加工精度的新方法

■ 中航工业空空导弹研究院 （河南洛阳 471009） 王槐德

摘要：因钻模装夹钻套导引的加工方式不可用，斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm与断续销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm两处小孔的加工成为影响X型后挡块加工质量及效率的技术瓶颈。结合后挡块结构特点，分析该两处小孔的加工难点，并从装夹方式、切削方式等方面着手分析，得到了较为有效的解决措施，提高了后挡块两处小孔的加工精度及加工效率。

1. 后挡块结构

我单位X型导弹某批预投零件投产，其中后挡块零件（见图1）与L型后挡块零件结构相同，除去外圆尺寸的精度要求稍有不同之外（X型为$D^{-0.20}_{-0.35}$mm，L型为$D^{-0.08}_{-0.20}$mm），其他加工要素的尺寸精度、形状精度及表面质量的要求都相同。因此，X型后挡块可借鉴L型后挡块的加工技术。

2. 问题的提出

如图1所示，斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm与销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm的孔径小，位置精度高，加工难度大。L型后挡块加工所采用的钻模装夹钻套导引的加工方式，不仅可以保证小孔的加工精度，而且加工效率高。采用钻模（1J304/XX029）加工斜孔时，工件的定位基准为铁心轴孔$D_2^{+0.046}_{+0.020}$mm及长度L的侧面（图1中的D面），分析得知边距尺寸$2^{+0.12}_{0}$mm与外圆尺寸D的大小密切相关。而两型后挡块外圆尺寸D的公差带不重合，因此，X型后挡块无法借用钻模对斜孔进行加工。另外，L型后挡块加工销孔用的钻模（1J304/XX027）因使用年限长，磨损严重，其定位精度已无法满足销孔位置度$\phi 0.08$mm的要求，因此X型后挡块无法借用。由于钻模结构复杂、尺寸精度高，钻模修理、制造周期长，无法满足现场生产的需要。因此，对于斜孔与销孔的加工，X型后挡块需更换加工方法。采用何种有效的工艺方法，

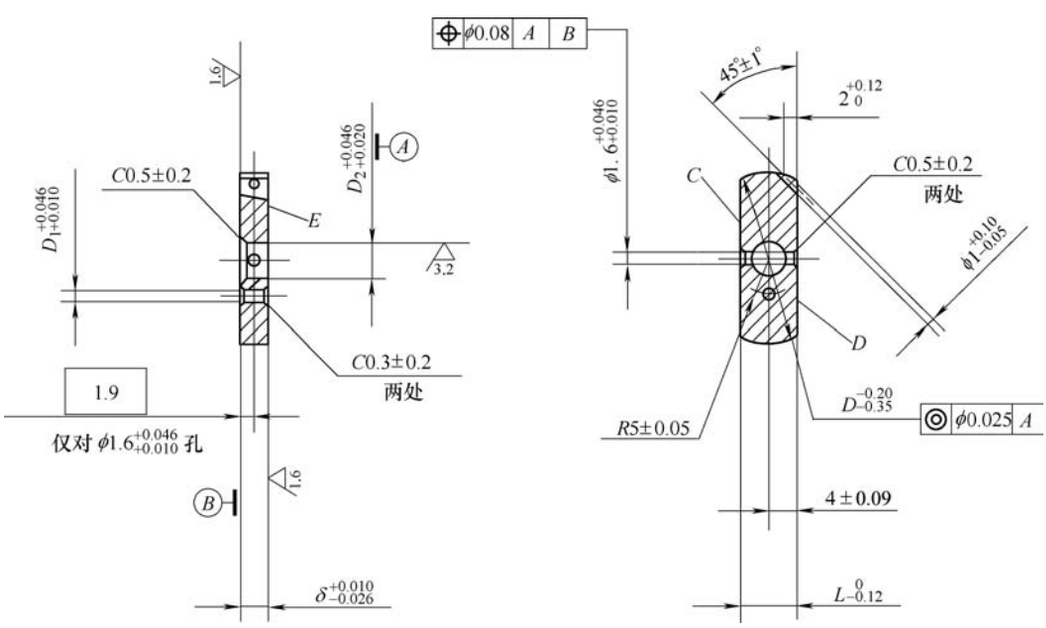


图1 X型后挡块结构图

提高斜孔与销孔的加工精度，对于X型后挡块的顺利批产至关重要。

3. 小孔加工技术难点分析

由于钻模装夹钻套导引的加工方式不可借鉴，X型后挡块对于斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm与销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm的加工需采用新的工艺方法，而结合零件的结构特点及材料特性，分析该两项小孔的加工技术难点，对于寻求新解决措施有重要意义。

（1）小斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm加工刀具易断裂，易飘移。$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm孔属于小孔，且为圆弧面上的斜孔，其边距尺寸为$2^{+0.12}_{0}$ mm，角度尺寸为45°±1°，位置尺寸精度较高。该孔加工时，受其自身孔径小（ϕ1mm）的限制，加工所用的刀具直径小，刚度弱，在切削过程易出现刀具断裂现象。另外，受其结构限制，加工该小斜孔时，斜孔进出口处切削材料余量不均匀，造成刀具受力不均匀，容易出现飘移现象（采用钻模加工时，刀具用钻套导引，受力相对均匀，不易出现飘移现象），导致孔的边距及角度尺寸无法保证。小孔加工刀具飘移现象，对于DT3电工纯铁软性材质的加工表现尤为突出。

（2）断续销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm位置精度高，加工难度大。图1所示销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm的深度为零件宽度$L$，长径比大于5，属于细深孔，且该孔中间存在铁心轴孔$D_2^{+0.046}_{+0.020}$mm阻隔，为断续孔，另外该孔对于基准A（$D_2^{+0.046}_{+0.020}$mm中心轴线）、B的位置度为ϕ0.08mm，位置精度高。原工艺采用钻模加工，钻模设置了两端钻套，采用两端钻套导引的加工方式，避免了细深孔、断续孔难加工的特性，且通过高的装夹精度和钻套导引精度，能够同时保证孔的尺寸精度与位置度要求。现因钻模磨损，精度不足，修理难度大，且周期不足，需更改加工方法。另择加工方法，若仍采用从两端加工的方式，由于缺少钻套导引，受孔位置精度ϕ0.08mm的限制，对于零件的装夹精度要求极高；若采用从一端加工的方式，则该孔同时具备了细深孔与断续孔的难加工特性，钻削时钻头极易出现飘移现象，孔的尺寸精度及位置度精度将难于保证。

在X型后挡块的加工过程，斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm与销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm的加工已成为影响其加工质量及加工效率的两大技术瓶颈。结合该两处小孔加工的技术难点，探索合理的加工技术措施，对于提高斜孔与销孔的加工精度及效率极为重要。

4. 提高斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm加工精度的新方法

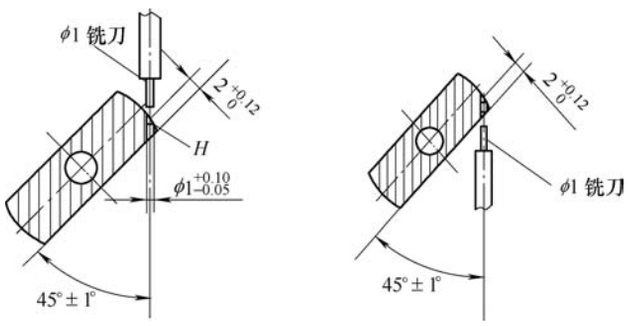
在斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm的加工过程，如何解决好刀具断裂及刀具飘移问题，是提高其加工精度的关键。

（1）机床与刀具的选择。对于斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm的加工，新方法采用了数控铣削的加工方式。结合分厂设备资源的情况及斜孔加工的方式，机床选用了精度高、稳定性好、刀具夹头刚度强，且其工作转台能实现360°旋转的卧式加工中心BLUESTAR5；刀具选择抗冲击韧性较高的YG类硬质合金铣刀，规格为ϕ1mm。

（2）工件的装夹方法。夹具选用了简易拼装组合夹具。如图1所示，装夹时E面支靠夹具基准定位面作为主定位，宽度L侧面（D面）及外圆$D^{-0.20}_{-0.35}$mm采用固定板支靠作为辅助定位，$\delta^{+0.010}_{-0.026}$mm厚度B面采用压板压紧。在加工过程，斜孔的角度尺寸45°±1°可通过机床工作台旋转角度的设置来保证。因DT3材质性软，压紧时在压板下加垫厚度为0.8mm的软铜皮，可防止压伤零件。

（3）加工方式的选择。加工方式的合理选择，对于有效避免斜孔加工中的刀具断裂及飘移问题至关重要。对斜孔$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm进行数控加工时，在试加工阶段，加工方案选用了“先铣后钻”的加工方式，即先采用刃长较短（约2mm）、刚性较强的ϕ1mm铣刀铣削外圆弧孔口（见图2a），去除孔口不均匀余量（铣孔），然后在H平面上加工A0.5mm中心孔，最后采用ϕ1mm钻头将孔钻通。此加工方案加工效果不理想，原因是未避免斜孔出口处不均匀余量对钻头的影响，斜孔钻通时出口处钻头受力不均匀，钻头飘移现象严重，导致边距尺寸$2^{+0.12}_{0}$ mm与角度尺寸45°±1°不易保证，合格率低。

为了避免刀具断裂及刀具飘移问题，提高斜孔的加工精度，加工方案最终选用了“两端去余量，一端铣通孔”的加工方式。即先采用刃长较短（约2mm）、刚性较强的ϕ1mm铣刀铣削斜孔的进出口，去除不均匀余量，铣削深度约0.6mm；然后使用刃长较长（5mm）的ϕ1mm铣刀以插铣方式分多次进刀将孔铣削



（a）45°入口处铣削　　（b）225°出口处铣削

图2　$\phi 1^{+0.10}_{-0.05}$mm斜孔加工示意图

到位（见图2）。采用此加工方案时，可以很好地避免刀具飘移现象，但切削参数选择不合理时，刀具断裂问题严重。经过分析及加工实践，选定切削参数为：铣刀转速n=2 000r/min，进给速度为v_f=6mm/min，进刀量α_p=0.2mm；且要求加工过程连续浇注切削液，使切削加工工艺系统冷却充分、散热迅速，及时冲刷清除切屑，降低刀具崩刃的风险。

5. 提高销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm加工精度的新方法

销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm为断续孔，且其尺寸精度与位置度$\phi$0.08mm的要求高，加工难度大。在销孔的数控加工过程，如何提高工件的装夹精度，采用何种有效的加工方法，对于提高其尺寸与位置精度至关重要。

（1）机床的选择。对于销孔的加工，新方法同样采用了数控铣削的加工方式。为避免细深孔、断续孔难加工的特性，加工方案选择为从两端加工的方式。结合分厂设备资源的情况及销孔两端加工的方式，机床选用精度高、稳定性好的立式加工中心VTC－160AN。

（2）工件的装夹方法。装夹夹具选用了拼装组合夹具，并设计了定位心轴，如图3所示，ϕ18mm外圆为心轴与组合夹具装配接口，D_2外圆为心轴安装工件的接口；ϕ3.5mm×1.8mm的外圆槽为让刀槽，避免铣削时铣伤定位心轴，影响夹具的装夹精度；另外，为便于工件的装卸，在D_2外圆上设置了让屑面（图3中H面）。

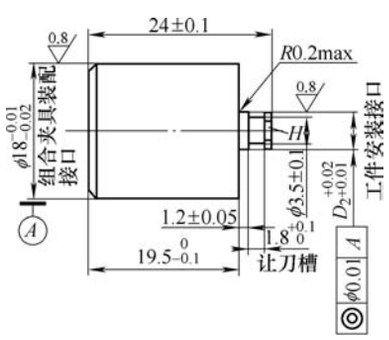


图3　定位心轴

工件的装夹方法为：如图4所示，通过D_2孔将工件安装至定位心轴上，B面支靠组合夹具基准定位面作为主定位，E面或F面采用滑动导板支靠作为辅助定位，$\delta^{+0.010}_{-0.026}$mm厚度面采用压板压紧。为了提高工件的装夹精度，实现销孔位置度ϕ0.08mm的要求，一方面采用磨削的方式加工工件的定位基准面（图4中的δ两面及L两面），保证E、F两面之间0.01mm的平行度，以及E、F两面对于B面0.01mm的垂直度；另一方面在工件安装前找正定位心轴对称中心误差≤0.01mm，以实现工件高的定位精度；且工件安装完毕后，采用杠杆表拖平找正E面（或F面）的跳动≤0.01mm，验证工件装夹可靠，然后使用压板压紧；为防止压伤零件，在压板下加垫0.8mm厚的软铜皮。

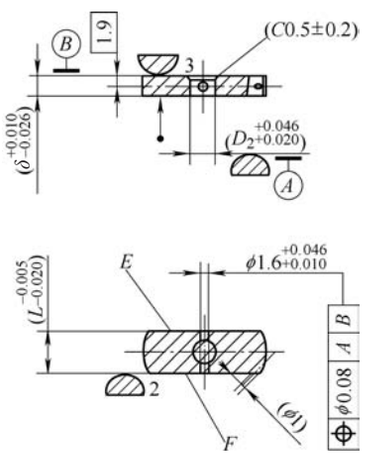


图4　$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm销孔加工示意图

（3）加工方式的选择。销孔$\phi 1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm为断续孔，具有高的尺寸、位置精度要求，在加工过程，除了选择可靠的装夹方式外，选择合理加工方式对于保证其加工精度同样重要。销孔的加工选用了从两端加工的方案，即先从一端加工半截孔，然后旋转工件重新装夹找正，再从另一端加工另一半截孔；其加工方法选择为“钻→铣→铰”。结合工件高的尺寸精度及位置度要求，细化其加工步骤为：①按上述装夹方法安装零件，以F面定位（滑动定位板支靠），找正E面跳动≤0.01mm，压紧压板，如图4所示。②从E面加工ϕ1.6mm孔（半截），在图示正确位置加工中心孔ϕ1mm，并采用ϕ1.5mm钻头

汽车起重机车架在机检测技术

■ 徐州重型机械有限公司　（江苏　221004）　李　云　滕　峰

摘要：本文介绍了在龙门钻铣加工中心上使用三维测头EP40测量车架座圈圆心的方法，通过实例阐述了SIEMENS数控系统宏程序编程的技巧，实践证明该方法合理、有效。

汽车起重机的车架结构属于大型工件，小吨位汽车起重机车架座圈为环锻件，直径大都在1 000mm以上，一般情况下数控加工都以座圈中心为程序原点，这样才能保证圆周分布的孔在车架座圈上位置分布均匀。加工车架座圈前，操作工人对刀时，手工使用盒尺测量座圈圆心的方法效率低下、准确度不高，我们尝试使用三维光电探头结合SIEMENS数控系统高级编程语言，快速测量车架座圈圆心位置，并且自动将结果录入机床工件坐标系中，解决了目前车架座圈对刀效率低下、准确度不高的问题。

1. 设备情况

设备名称：龙门钻铣镗铣加工中心；数控系统：SIEMENS 840D；三维探头规格：EP40；探头厂家：哈尔滨先锋机电设备公司。

2. 工件情况

图1所示为某型汽车起重机车架结构，主要加工部位为座圈面，座圈为环锻件，材质为Q460，加工工序依次为：铣面→钻孔→攻螺纹。图2所示为车架座圈面上螺纹孔的分布情况。



车架座圈面

图　1



图　2

钻通孔（避免钻伤定位心轴），然后采用铣刀扩孔至ϕ1.55mm，最后采用铰刀（1J120/XC015）铰孔至$\phi1.6^{+0.046}_{+0.010}$mm。③去除*E*面$\phi$1.6mm孔口毛刺（避免旋转定位时，因毛刺的存在影响定位精度）。④松卸压板，旋转工件以*E*面定位（滑动定位板支靠），找正*F*面跳动≤0.01mm，压紧压板。⑤从*F*面加工ϕ1.6mm孔（半截），加工方法与步骤②相同。⑥去除*F*面ϕ1.6mm孔口毛刺。

6. 结语

某批预投X型后挡块两处小孔的加工采用了新的数控加工方法，整批零件两处小孔的尺寸精度、位置精度及表面质量均满足设计图样的要求，两处小孔加工的合格率达100%，直接验证了该新加工方法的可行性，同时说明了该新加工方法对于解决DT3小孔件的加工技术难题是有效的。通过对后挡块两处小孔的加工及现场情况分析处理，对小孔件的斜孔、断续孔的加工有了较为深入的了解，积累了一定的技术经验，可以为类似小孔件的加工提供借鉴。

参考文献：

[1] 黄鹤汀，吴善元. 机械制造技术[M]. 北京：机械工业出版社，1997.

MW（收稿日期：20150506）