

变速器换挡助力器活塞杆的磨削加工

■ 中国第一汽车股份有限公司技术中心（吉林长春 130022） 翟来涛 尹崇敬 赵三虎

摘要：本文主要介绍了一种变速器换挡助力器活塞杆的磨削加工方案，简要说明了助力器活塞杆的技术指标要求，并从装夹调整、砂轮选择、磨削用量等方面详细论述了加工方案的实施过程。



总成试制室主任工程师 翟来涛

变速器换挡助力器（见图1）以发动机带动气泵产生的汽源作为动力，通过活塞杆传递机械力矩，可以提高多挡位变速操纵系统的灵活性，用较小的力克服较大的机械阻力，提升变速操纵力，降低驾驶员的疲劳强度，很好地改善了驾驶员的操作舒适性。

换挡助力器是动力总成的重

要部件之一，结构也较为复杂，由26个零件组成。助力器活塞杆是换挡助力器中的重要总成零件，主要起支撑泵体、传递力矩的作用。

1. 助力器活塞杆主要技术要求

助力器活塞杆的材料为45优质结构钢，表面局部感应淬火，表面硬度58~63HRC，硬化层深度为1.5~3.0mm。如图2所示，零件全长为237mm，两端内孔直径长度分别为 $24^{+0.021}_{-0.028}$ mm和 $27^{+0.021}_{-0.025}$ mm，外圆直径为 $34^{+0.025}_{-0.025}$ mm，外圆有三处等直径环槽尺寸为 $32.3^{+0.04}_{-0.04}$ mm，试制生产时同轴度要求 $\phi 0.02$ mm，现生产时同轴度要求 $\phi 0.05$ mm。

内圆表面有环槽三处尺寸为 $\phi 29$ mm，在零件外圆表面上分布不等直径通孔两个，分别为

$\phi 8$ mm、 $\phi 10$ mm；盲孔两个，尺寸均为 $\phi 2.5$ mm。零件大端内孔还有长度18mm的M30×1.5mm螺纹一处，使零件薄厚不均匀。

2. 工艺分析

助力器活塞杆内控的长度是直径的5倍，直径是壁厚的10倍，属阶梯深孔薄壁轴。由于薄壁轴类工件刚性较差（最薄壁厚为1.5mm），内孔外圆还分布有环槽、通孔、盲孔、螺纹等结构，给加工带来了许多困难。

经工艺分析，优选确定工艺方案为：①粗磨外圆→粗磨内孔。②热处理。③热后精磨（修磨中心孔→半精磨外圆→精磨内孔→精磨外圆）。

3. 工艺方案的实施

（1）粗磨削 $\phi 34$ mm外圆，留半精磨量0.4mm。首先采用基准统一原则，以活塞杆内孔两端



图 1

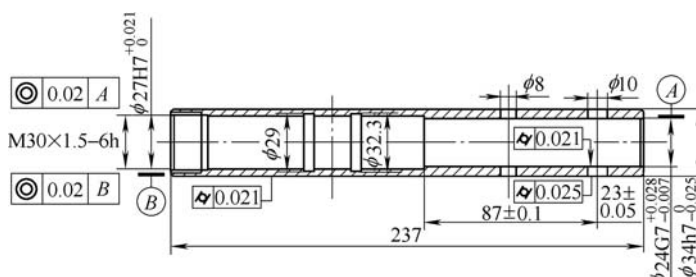


图 2

倒角为工艺定位基准修整中心孔。如图3所示,利用研孔锥,将中心孔修整角度为 59.6° ,修整后的中心孔表面粗糙度值为 $R_a=0.4\mu\text{m}$,圆柱度可以达到 0.005mm ,它能减少工件与顶尖之间的摩擦,能减少圆柱度误差,明显提高工件的圆度。

对于薄壁件,装夹方式和夹紧力的大小直接影响工件的圆柱度和尺寸精度。传统的鸡心夹头(见图4)由于是三点夹紧,与零件的接触面积小、单位压力大,零件因受力易产生三棱圆变形。故选择采用环带装夹(见图5),增大接触面积,而且整圆接触,保证各部位径向受力均匀,避免了传统装夹方式带来的变形。

如图6所示,选用M1432A外圆机床,在工作之前将机床热平衡,保证润滑正常,工作台低速无爬行等现象,稳定机床的加工精度。

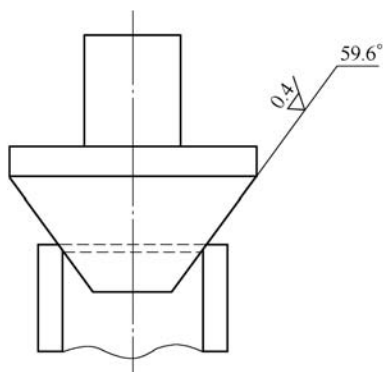


图3

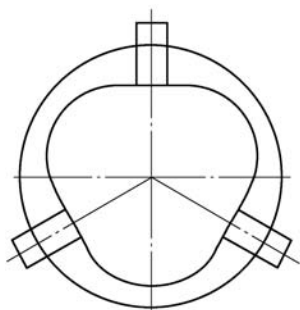


图4 鸡心夹头

选用 $46\#400\text{mm}\times 203\text{mm}\times 40\text{mm}$ 的白刚玉中软2砂轮,砂轮装上法兰盘后,经两次静平衡以保证砂轮的旋转精度,提高几何加工精度,降低磨削表面粗糙度值。

将砂轮中间修成凹形,宽度为砂轮的 $1/3$ 左右,径向深度 $0.05\sim 0.07\text{mm}$,以减少砂轮与工件的接触面积;同时砂轮整体宽度不变,有利于减少磨削力、改善散热,并可以减少细长轴在旋转中产生的自激振动。

零件的加工余量约为 0.4mm ,将它分为以下工步:粗磨 $\rightarrow$ 半精磨 $\rightarrow$ 精磨。横向进给量相应为 0.02mm 、 0.01mm 和 0.005mm ;纵向进给速度 $V=1\ 000\text{mm/min}$,工件转速 $n=80\text{r/min}$,砂轮线速度 $v=35\text{m/s}$ 。在加工空心薄壁零件过程中,两顶尖之间的弹力与工件的磨削方法选择,直接影响零件的加工精度。

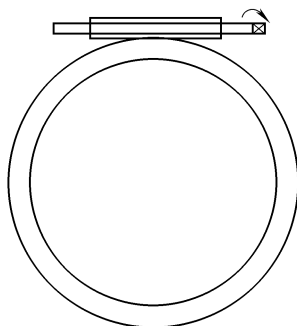


图5 环带装夹

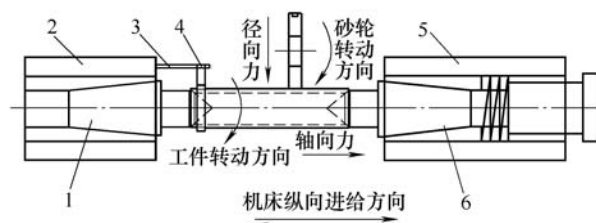


图6 外圆磨削工作示意图

1、6.莫氏4号 2.头架 3.拨杆 4.环形夹头 5.尾座

加工中采用纵向调头接刀,以两中心孔定位,采用材质为高速钢的莫氏4号 $\phi 32\text{mm}$ 的顶尖,并润滑中心孔表面,合理调整尾座顶尖的弹力,磨削时砂轮向弹性顶尖方向进给,以减少零件因受到轴向磨削力的挤压而产生的弯曲变形。往复多次,保证零件的直线度和圆柱度在 0.01mm 以内。

在磨削过程中,由于砂轮转速很快,与工件之间接触压力很大而产生大量的磨削热,使工件温度升高而产生热变形,表面层的金相组织发生变化,引起烧伤。所以必须保证冷却液的充足,降低工件表面温度,清洁工件表面和润滑砂轮表面,提高砂轮的使用寿命和工件表面的加工质量,以保证达到工艺技术要求。

(2) 如图7所示,粗磨 $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 27\text{mm}$ 内孔,留精磨量 0.25mm ;采用互为基准原则和深孔调头磨削加工工艺方法,由于零件两端分别为 $\phi 27\text{mm}$ 、长度 127mm 的阶梯孔和 $\phi 24\text{mm}$ 、长度 100mm 的通孔(见图8),所以对机床行程的调整、工件的定位都有较高要求。

采用参照定位调整夹紧法——在机床主轴上安装轴向定位套,确定零件轴向位置,利用

特制宽三爪自定心卡盘，有效夹紧面积是1/3工件表面。夹爪长度、宽度增加，零件受夹紧力所产生的压应力越小，有效减少夹紧力，防止零件因受外力产生二次变形而引起加工误差的复映。

合理选择磨杆的长度和直径，能提高磨具的强度，减少因磨杆在高速旋转中产生离心力而引起振动，影响被加工零件的表面粗糙度、几何精度和尺寸精度。

材料选择40Cr磨杆，加长过渡接长轴采用铝合金材料。铝合金的材质较轻，能够减少加长磨杆在高速旋转过程中产生的离心力，增加稳定性。同样，选用白刚玉砂轮，中软2粒度；46#有利磨削、排屑、散热。选

择 $\phi 16\text{mm} \times 95\text{mm}$ 磨杆，磨削 $\phi 24\text{mm}$ 内孔； $\phi 18\text{mm} \times 110\text{mm}$ 磨杆，磨削 $\phi 27\text{mm}$ 内孔。

横向进给量相应为0.02mm、0.01mm和0.005mm，机床主轴转速 $N=160\text{r/min}$ （工件旋转），纵向进给的速度 $V=800\text{mm/min}$ ，磨具的转速 $n=11\,000\text{r/min}$ 。完成外圆、内孔粗磨后，按照零件技术要求进行相应的热处理。

零件经局部感应淬火后，引起零件大端 $M30 \times 1.5\text{mm}$ 螺纹孔椭圆变形并缩孔，中间部位凹陷变形，最大变形量约为0.25mm。根据实际变形情况，确定热后精磨的实施方案。

（3）精磨实施方案。修整中心孔（见图9）及表面粗糙度：采用轴向定位、横向进刀磨削方

法，保证工艺基准的修整精度。

由于研磨法不能修整中心孔热处理产生的变形，故采用磨削法。利用宽爪三爪自定心卡盘定位、夹紧，其夹紧力的大小、方向、位置保持一致，采用自为基准的原则，找正零件，使加工余量均匀。修整过的中心孔圆柱度在0.003mm以内，表面粗糙度值达到 $R_a=0.4\mu\text{m}$ ，韧带宽度控制在1.5~2.5mm，能减少与顶尖之间的摩擦，减少振动的产生。

以二中心孔定位调头接刀半精磨外圆。采用深孔调头接刀磨削加工工艺，精磨内孔至尺寸。用微锥阶梯心轴定位，贯通内孔，精磨至尺寸。采用液动修整砂轮，保持砂轮的锋刃、等高性。工艺参数选择如附表所示。

通过采取上述加工措施，减小了工件的变形和加工误差的产生，提高了工件的加工精度，生产效率提升了2倍以上。经试制加工验证，产品质量100%达到设计的工艺要求，可满足通过各种装配试验论证的需求。

参考文献：

- [1] 于骏一. 机械制造技术基础[M]. 北京：机械工业出版社，2011.
- [2] 孙凤池. 机械加工工艺手册[M]. 2卷. 北京：机械工业出版社，2006.

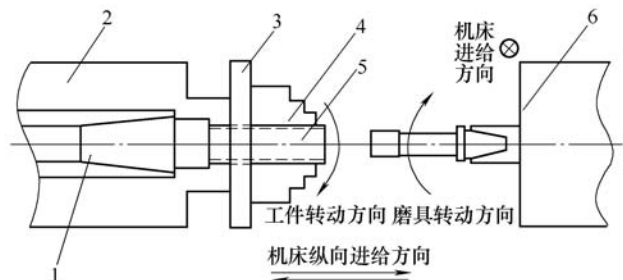


图7 内孔磨削工作示意图

1.莫氏4号 2.主轴箱 3.工作花盘 4.宽爪夹盘 5.工件 6.磨头箱

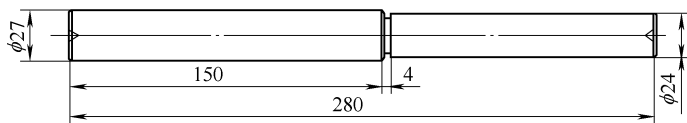


图 8

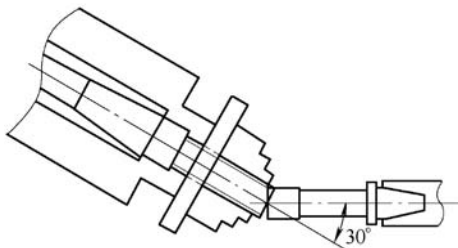


图9 修整中心孔

工艺参数表

	主轴转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	磨具转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	纵向进给速度/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	机床横向进给量/ mm
修整中心孔	180	11 000	0	0.01、0.005、0.002
半精磨外圆	80	1 670	1 000	0.02、0.01、0.005、0.002
精磨内孔	140	11 000	600	0.02、0.01、0.005、0.002
精磨外圆	50	1 670	800	0.02、0.01、0.005、0.002光整加工
修整砂轮	0	1 670	600	0.01、0.005光整加工

MW (收稿日期：20161109)