

专机精镗孔振纹的解决措施

■ 厦门厦工机械股份有限公司 (福建 361023) 梁日荣

摘要:装载机前车架专机精镗孔时出现振纹,通过鱼骨图分析法,结合试切加工排除干扰因素,确定产生振纹的主要因素,并提出解决措施,即重新设计刀块,将主偏角 83° 改成 90° 。

1. 问题描述

五轴镗组合专用机床(以下简称专机)如图1所示,用于50型装载机前车架的镗孔刮面加工。前车架本道工序加工两个 $\phi 86$ mm孔、

四个 $\phi 90$ mm孔及四个 $\phi 70$ mm孔。专机采用双面卧式布置,工件以铰接孔插心轴V形块定位,安装于中间底座上,中间底座一侧布置两只数控机械滑台,台面上安装两

只镗削头分别用于 $\phi 90$ mm及 $\phi 70$ mm孔加工;中间底座另一侧布置两只数控机械滑台,其中一只安装双轴镗削头用于 $\phi 90$ mm孔及 $\phi 86$ mm孔加工;另一只用于 $\phi 70$ mm孔加工。工件采用手动调整、液压夹紧。

$\phi 70$ mm孔精镗采用单刃机夹刀,刀杆如图2所示,精镗孔时,镗孔有异响,且加工孔表面有明显的振纹,如图3所示。精镗刀加工孔长度为320 mm、孔径为 $\phi 70$ mm,按刀具设计取0.9倍,则刀杆最大直径为 $\phi 63$ mm,长径比 $320/63$,大于4,刀杆是细长杆,属于刚性较差且容易发生振动的情况。 $\phi 70$ mm孔粗镗采用两把刀加工,同时将刮面刀设计装在粗镗刀杆上,如图4所示,在粗镗孔时,虽然表面比较粗糙,但是没有明显的振纹。

2. 原因分析与相应措施

该专用机床为新机床,调试人员为专机厂家人员和本公司操作工。考虑到专机本身就是定做的,类似新产品,因此,在对跳刀问题进行分析时,为了避免分析不全面,采用鱼骨图分析法,从人机料法环五个方面进行系统分析,并使

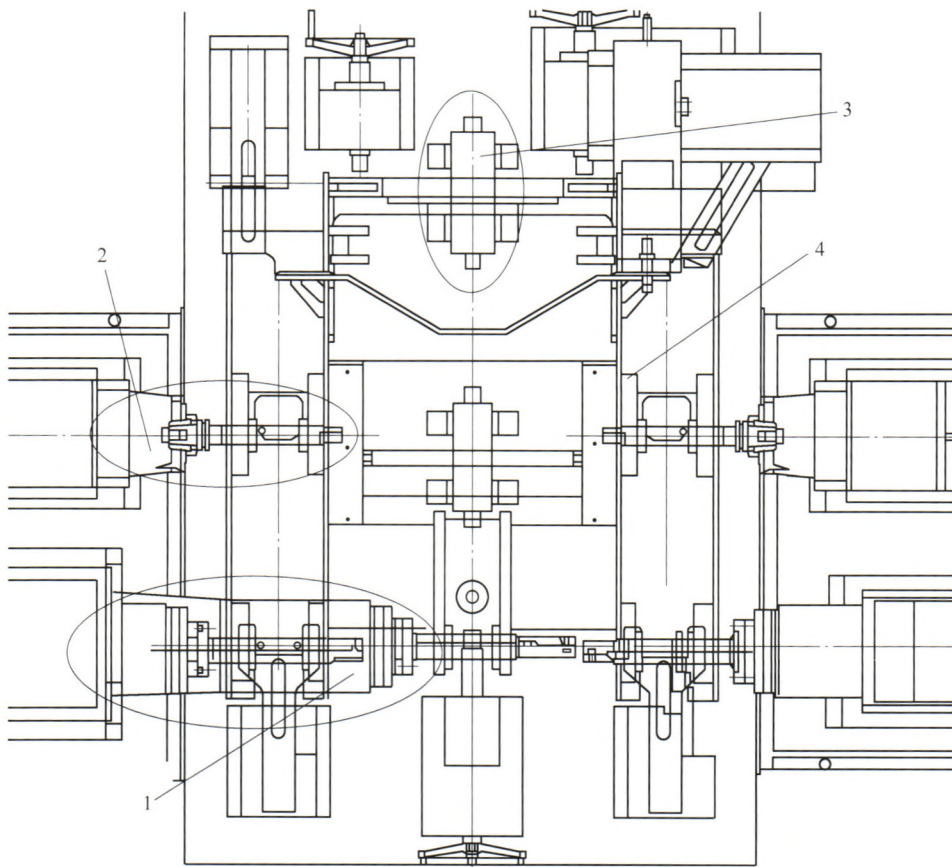


图1 专机示意图

1.双轴镗头 2. $\phi 70$ mm孔镗头 3.心轴 4.前车架

用单因素试验法制定排除措施。鱼骨图如图5所示，具体分析如下：

考虑到同一个工件其他孔未出现跳刀现象，虽然工件的材质、工件结构和焊接应力对加工有影响，但是影响不大。因此，主要从人机法环进行分析与解决，同时考虑采用方便实施的解决措施先进行解决，然后进行加工试切。

(1) 人：人为的因素主要有刀具装夹不紧、操作机床不规范及工件装夹不规范。刀具装夹，主要有拉钉是否锁紧，刀片是否锁紧在刀块上，刀块是否锁紧在刀杆上。机床开机后没有进行热机操作，导致机床无法正常工作。装刀操作不规范导致主轴拉刀不紧。针对以上的可能原因，我们采取规范操作，检查锁紧与否，然后进行镗孔，问题仍未解决。

(2) 法：加工余量是否合理，切削速度、进给速度是否合理。考虑到这是一个综合问题，只能通过机床手动试切去确认。从《金属切削手册》中，关于改善加工振纹可知，切削速度要避开径向

力较大的中速区（切碳素钢时，中速区为30~50 m/min），现在专机精镗切削速度为74.7 m/min是合理的。专机的转速只有高低速和手动刮面低速，只有在确定转速不合理时，才可以通过更换齿轮改变转速。专机采用的是数控滑台，工进可以实现1~2 000 mm/min无级调速。于是主要调整不同的精镗余量0.1~0.5 mm范围进行试切加工，同时用高低速分别进行，一次试切只改变余量和速度中的一个因素。结合刀片使用参数范围，进行试切，问题未解决。

(3) 环：精镗时受到周围振动的的影响，粉尘粘到刀柄上影响拉紧力。

切削振动只有在刀具进行切削时才产生，如果振动来自非切削因素，如不稳定的机床地基、机床丝杠的间隙、主轴轴承的损坏甚至几百米以外火车的经过而产生的振动。我们叫做强迫振动。

为了避免强迫振动的影响，精镗时，周围机床都没开机。同时，同一专机的其他镗头不工作，只开

$\phi 70$ mm孔镗头进行镗孔。装刀到主轴前，采用专用的清洁工具清理锥孔，同时用干净的布清理刀柄锥面部分，进行加工试切，问题未解决。

(4) 机：机床精度误差、夹具设计不合理以及刀具设计不合理。机床精度误差，主要主轴轴承精度的影响，尤其是径向间隙，拉刀机构的拉紧力不够，滑台与导轨之间的配合间隙没调整好。主轴锥孔与刀柄的配合不好。

主轴刀具锁紧机构采用气压松开，靠碟形弹簧回复力拉紧刀具，碟形弹簧调整不到位，导致对刀具的拉紧力不够。对于新的主轴，通过核实厂家有否进行拉力试验，拉紧力在使用范围内。

夹具设计，现在由于操作空间限制，改进的空间不大，且精镗孔时，工件没有振动的现象。类似的夹具设计在另一台专机上有采用，只是专机镗70 mm孔采用的是莫氏锥结构的装刀方式，且精镗孔没有振纹问题。如果没有使用过类似的工装，为了排除干扰，可以采用增加临时压紧点的方式减少压紧力的影响。

为了进一步确认机床和夹具设计没有问题，我们从加工中心上找了一把加工效果比较好的精镗刀，如图6所示，用于专机上试切

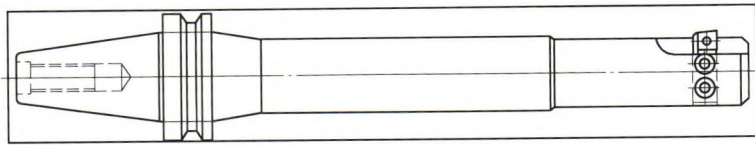


图2 精镗刀杆

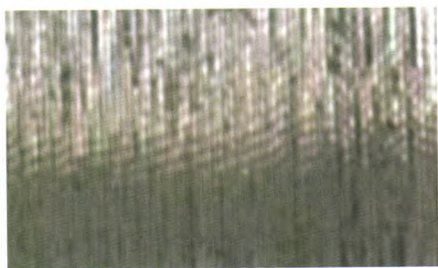


图3 振纹

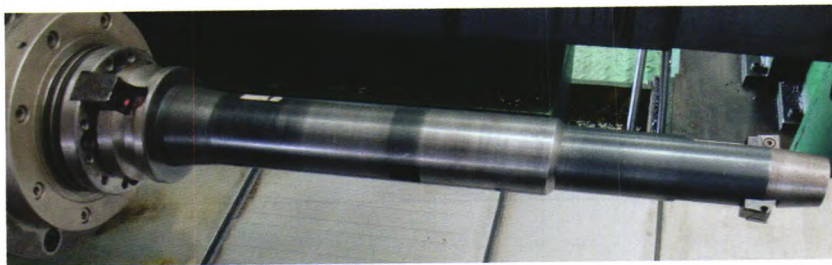


图4 粗镗刀杆

加工。试切过程声音比较平稳，加工没有出现振纹。该精镗刀杆直径比较专机的要大，且刀具结构不一样，主偏角为 90° ，刀尖圆弧半径为 0.4 mm ，刀片材质为KC5010加工钢材用。

因此问题出在刀具上的概率比较高。刀具方面，刀杆的刚性、刀柄锥度的精度、刀块的制作精度、刀杆上刀块安装孔的加工精度以及刀具角度是否合理等几个方面进行分析。

为了进一步确认专机刀具的问题，选择了在动柱式镗床上试切加工，加工时只走立柱，切削参数选择与专机时一样，同时用一个刚性比较好的工件进行试切。还是出现振纹，确认是刀具的问题。但是刀具的问题是多方面的，需要细分。

为了检查主轴的锥度配合问题，采用了刀柄锥面涂红丹的方法检查接触面及接触位置，涂红丹只涂了很薄的一层，可以识别接触点就可。经检查，接触面积超过90%以上，且没有出现锥柄小端接触到而大端没有很好接触的现象。

刀块的制作精度以及刀杆上的刀块安装孔加工精度不好检查，但是从装配间隙来看，可以满足要求。

对于刀片的选择，如果要换其他角度则需要重新做刀块，因此，考虑先改变刀片的 r 的大小，问题未解决。

细长刀杆的镗刀镗孔，总是 90° 主偏角的刀具产生的径向切削力最小，同时刀片刃口产生的轴向力最大； 45° 主偏角的车镗刀易发生切削振动，因为产生振动的径向切削力与轴向力相等，而使用圆刀片时径向切削力大于轴向力，最

易发生振动。对于工艺系统刚性差的，刀具角度一般为 $70^\circ \sim 92^\circ$ ，且主偏角越大，发生振动的概率越低。

进给量相同时，主偏角大，刀片与切屑接触的长度增加，切削厚度变薄，使切削力分散作用在长的刀刃上，刀具寿命得以提高。如图7所示，主偏角小，分力 a' 也随之增加，加工细长轴时，易发生挠曲。主偏角小，切屑处力性能变差。主偏角小，切削厚度变薄，切削宽度增加，将使切屑难以碎断。

因此，车间 83° 主偏角的刀具应用也是比较多的。

结合受力和试切效果，决定再进行一次验证工作，因此，采用焊接合金刀，手工磨成 90° 主偏角，进行加工，没有出现振纹现象。同时，在车间其他机床恰好有使用 90° 主偏角的刀具，如图8所示。试切后，没有振纹，小批量加工也没有再出现振纹。

3. 结语

选用 90° 主偏角刀具来解决该

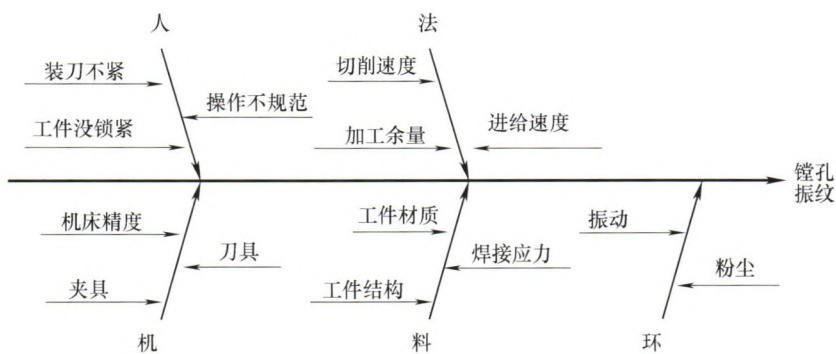


图5 鱼骨图



图6 微调精镗刀

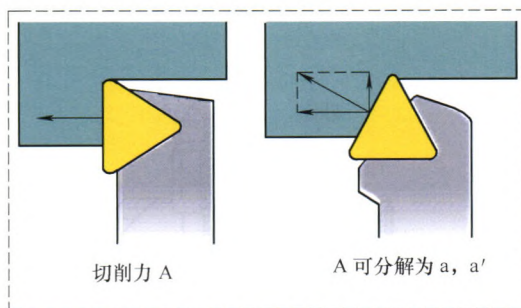


图7 受力分析图

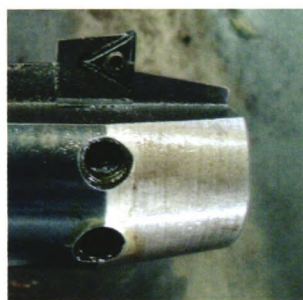


图8 刀块图

(下转第55页)

的距离，目标值为0，在【设计变量】中添加平衡块的相关尺寸，给出合适的最大值和最小值，如图6所示，之后点击【计算】进行优化设计；如果能够优化成功，最后得到的收敛图如图7所示。平衡块的最最终尺寸按自动优化的尺寸进行修改即可。

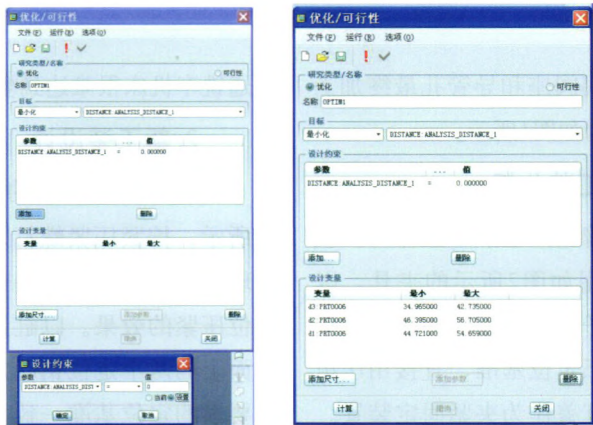


图6 优化/可行性分析操作界面

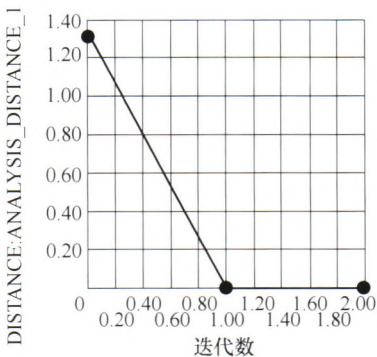


图7 收敛图

3. 结语

经过批量生产后证实，采用该夹具生产的产品合格率满足设计要求，夹具的平衡较好，车床转速达到1 000 r/min以上，加工出来的产品外观良好，能很好满足产品气孔要求，表面粗糙度也达到了图样规定的要求；通过此次试验，为今后

类似车床夹具设计提供了有益的经验。

参考文献：

[1] 柳迎春. Pro/Engineer 2001中文版自由曲面与行为建模[M].北京:清华大学出版社, 2002.
[2] 李庆寿. 机床夹具设计[M].北京:国防工业出版社, 1985.

MW (收稿日期：20140715)

(上接第45页)

专机精镗孔振纹问题。问题解决过程中，我们通过采用鱼骨图分析法和单因素试验法，减少了多种因素交叉影响，简化分析难度。镗孔振纹问题，可以是单个原因，还可能是几种因素共同影响所致。在条件允许的情况下，我们可以考虑提高机床精度和刚性、工件装夹的刚性以及刀具系统的刚性，并尽可能采用 $\geq 90^\circ$ 主偏角的刀具，减少振动的产生。虽然镗孔振纹产生的原因可以是多样化的，但是，我们只要掌握正确的分析方法，理论结合实际，并通过科学的试验，问题终究可以解决。MW

(收稿日期：20140519)

专家点评

专用机床效率高、质量稳定。工件的加工精度在很大程度上取决于对机床的调整精度。本文作者对于50型装载机前车架的镗孔专用机床，在机床调试之处，工件出现镗孔振纹现象时，运用全面质量管理鱼骨图分析法，从人、机、法、料、环五方面查原因、定措施。加大刀具主偏角，相对切削轻快，解决了工件镗孔振纹问题。

全面质量管理鱼骨图分析法源于美国、兴于日本，实践证明是一种科学质量管理方法。本文作者分析质量问题的方法是值得学习和发扬的，也是当今提高国产装配质量的一种好办法。