HTM-F系列落地镗滑枕轴承孔镗孔工艺

宁波海天精工股份有限公司 （浙江 315800） 佟玉霞 包 坚 张吉士 汪斌辉

HTM－F系列落地镗滑枕的轴承安装孔，分别由前后两个不同孔径的长孔组成，最前端与最后端最大跨距超过1.55m，需保证1.6m左右的镗孔范围才能保证加工顺利实施。以落地镗HTM－F2－200机型为例：前端孔*A*直径380MF（配合间隙0.005～0.015mm）长686.5mm，后端孔*B*直径360MF（配合间隙0.005～0.015mm）长295mm，前后孔最大跨距1 566.5mm，前后孔同轴度ϕ0.02mm、圆度和圆柱度0.01mm、前后孔表面粗糙度值R_a=1.6μm以下（见图1）。

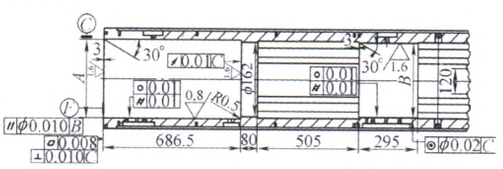


图1 HTM－F2－200滑枕轴承孔

1. 传统加工工艺分析

传统的镗孔工艺是：将滑枕横向放置，找正夹紧，先使用加长直角头镗前端孔（前端孔镗孔示意见图2，直角加长头实物见图3）。

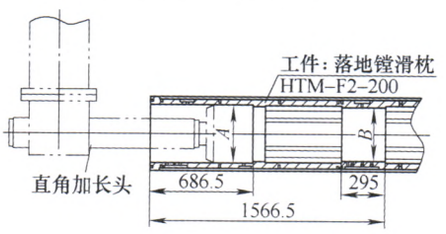


图2 前端孔镗孔示意

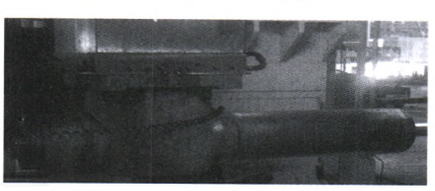


图3 直角加长头实物

然后，加装镗杆及相配套的工装，并在镗杆上装镗刀板，反镗后端孔（见图4）。

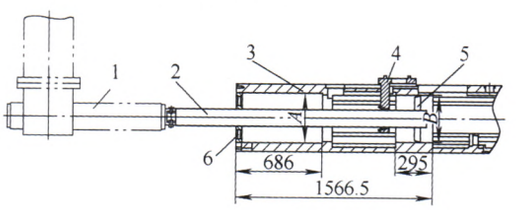


图4 反镗后端孔示意

1.直角加长头 2.镗杆ϕ130mm×2 000mm 3.工件 4.工装 5.镗刀板 6.前端架套

镗后端孔前，为了保证前后孔的同轴度，需要在滑枕前端孔安装架套，滑枕前后孔之间安装工装镗具，镗杆前端穿在架套内，后端穿在镗具中，对镗杆打表使得镗杆轴线与滑枕侧面平行，与滑枕上面夹角为0.1°/1 000（镗杆与镗具实物见图5）。

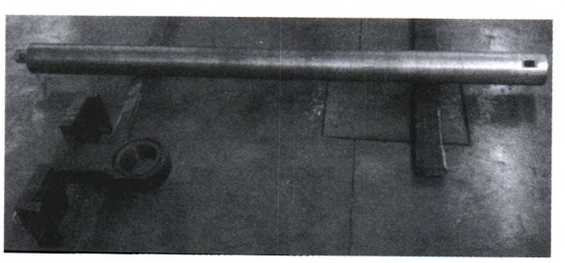


图5 镗杆与镗具

传统的加工工艺存在很多不足之处。首先，现有的加长直角头的精度不是很好，所镗前端孔均存在椭圆孔的现象。其次，前后孔使用不同的加工方式：前端孔用加长直角头镗孔，后端孔加装镗杆和镗刀板进行反镗孔，这也会造成同轴度较难保证。再次，工装镗具的装夹精度，前端架套与镗杆之间、前端架套与前端孔之间、工装镗具与镗杆之间存在的间隙误差，都是会导致镗孔精度超差的重要因素。还有，后端孔反镗所用镗杆直径仅有

130mm，小于后端孔360mm的直径，这就需要所用的镗刀板伸出很长，较长的镗刀板伸出量在反镗孔时会产生较大的振动，镗孔精度降低。为解决镗刀板刚性问题，在镗杆上对称安装两个刀夹板为镗刀板做辅助支撑，结果是孔的各项精度略有改善，但还是达不到图样要求。当然，机床的精度，镗杆的强度，刀板的强度，滑枕的装夹方式等也都会影响到加工的质量。

针对这些不同的问题，我们在现有的设备基础上，进行了各种方式的试验。由于现有的加长直角头精度不是很好，决定弃用加长直角头，重新设计新的加工工艺方案。

2. 垂直装夹

转变垂直装夹的方式，主要是考虑到，加长直角头和镗杆在加工过程中会出现下垂的情况。龙门滑枕（注：与落地镗滑枕比相对较小）的加工，曾也是横躺着加工，亦存在此类问题。为解决镗头下垂的现象，专门设计了一套滑枕加工工装，并已在堰山HTM－50GME机床上试加工完成，达到了较高的精度。

经比较核实，只需要对此滑枕加工工装进行微调，落地镗滑枕也可以在此工装上装夹。故此，我们决定先使用滑枕加工工装（工装编号ZQ032291，见图6），进行落地镗滑枕垂直装夹镗孔试验。此试验主在消除原加工方式可能存在的加长头和镗杆下垂的问题，并对前后孔采用相同的加工方式进行加工，消除因加工方式不同而产生的误差。

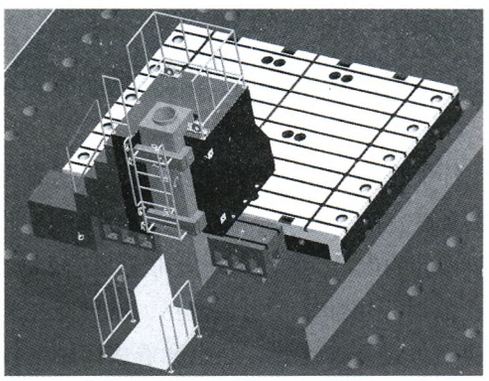


图6 滑枕加工工装（ZQ032291）

最终，落地镗滑枕垂直装夹加工的试验宣告失败，分析失败的主要原因：①滑枕前后孔直径较大，用普通精镗刀容易发颤，刀片崩碎，无法完成加工任务。②滑枕前后两孔跨度太大，加工机床的加长头长度加上最大刀具的长度，仍然不能满足1.6m左右的加工跨度要求。③落地镗滑枕相对于龙门的滑枕来说，体积大，重量重，在此工装上进行装夹非常不方便，而且，我们对此工装在加工的过程中，是否能够对滑枕工件提供足够的夹紧力，保证滑枕处于夹紧状态，也有质疑。

虽然此次试验失败，但也为以后的试验留了一条设计思路。此工装对原设计意图针对的龙门滑枕进行垂直装夹加工时，取得了不错的成果，基本消除了因为镗杆和刀具等因重力下垂的影响。如若条件允许，也可仿照龙门滑枕加工工装，专门针对落地镗滑枕设计一套，使用垂直装夹方式的加工方法。当然也需要专门定制一个加长头，来满足最大跨度的加工需要。

3. 新型加工工装的设计

（1）采用落地镗镗轴代替镗杆　由于原加工方式中镗后端孔需要用镗杆反镗，但车间现有的最大镗杆直径也只有130mm，相对于所镗孔360mm的直径，显得过于细小。因此选用一根大小长度合适的镗杆成了首要解决的问题。因为当时车间正好有一根落地镗镗轴可以作为镗杆使用（见图7）。我们进行了可行性分析，认为使用落地镗镗轴代替镗杆具有以下几个优缺点：镗轴自重较重（约673kg）；镗轴长度较长，镗轴主体有一段长约3m的圆柱；镗轴直径较大，镗轴主体直径200mm，远大于镗杆130mm的直径。

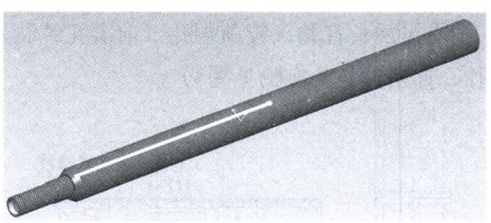


图7 镗轴

镗轴自重大，长度长，必须重新设计一套前后支撑架，独立于滑枕工件外，对镗杆前后端进行支撑，如若仍使用原镗杆前端架套和工装镗具的方式来固定镗轴，工装承载能力不足，会严重影响加工效果。鉴于镗轴的多个优点可以提高镗孔的质量，而存在的缺点也可以用工装来弥补，最后决定采用落地镗镗轴代替镗杆进行加工。

（2）独立镗轴架套的工装设计　工装、工件及

镗轴的安装示意如图8所示。支撑工装分为前后两个部件：镗轴前架套、镗轴后架套。镗轴前架套置于滑枕前端，对镗轴进行前端支撑。

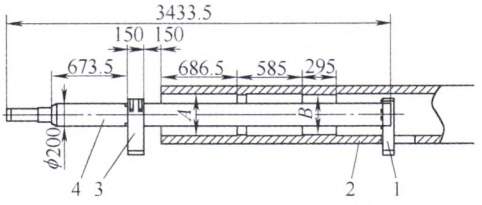


图8 镗轴支撑工装位置示意

1.镗轴后架套 2.滑枕工件 3.镗轴前架套 4.工装镗轴

区别于原支撑镗杆的前端架套，镗轴前架套不与滑枕工件直接接触，消减了镗轴与滑枕工件轴线的同轴误差。而镗轴后架套置于滑枕的中段，后端孔的后部，用于支撑镗轴尾部。镗轴后架套取代原镗具，不仅使支撑工装与工件分离，消除了加工过程中工装受力对工件的影响，而且改变了支撑位置与方式，使得镗轴在加工过程中更稳定。

首先，为了减小镗轴与架套间的磨损，我们采用嵌套式工装（见图9），选用了一种特种高强度高耐磨铝基合金材料制作了一个套筒，精加工外尺寸后，把套筒固定在工装的支承孔里，与镗轴配镗套筒的内孔。这样，加工过程中若出现套筒磨损，只需替换套筒即可。

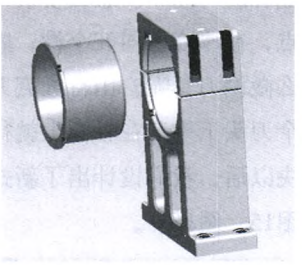


图9 镗轴架套与嵌套分离示意

其次，为了方便装夹，我们特意将前后架套都设计成上下分离式，嵌套也分割成上下两部分（见图10）。在前后架套调试完成后，移除架套的上半部分，穿入镗轴后再将上半部分与主体合拢定位，大大减少了镗轴的装夹难度。

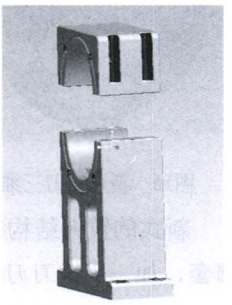


图10 镗轴架套上下体分离示意

最后，为了增加嵌套的使用周期，还在上下体之间加入了垫片。当嵌套磨损后，可以将垫片稍微去一层，重新组装后的工装，只需与镗轴重新配磨一次，便可以继续使用，大大增加了嵌套的使用寿命，节省了成本。另外，为了尽量减少磨损，还在嵌套的内壁，设计了蓄油槽，减少磨损和摩擦产生的热量（见图11）。

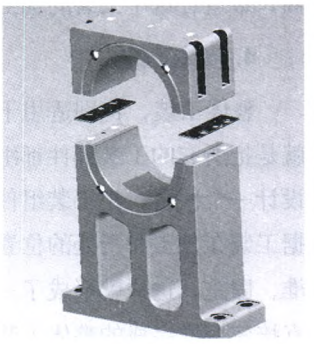


图11 上下体间垫片及嵌套内部蓄油槽设计

相对于镗轴前架套的设计，后架套的情况更加复杂。前架套安装于工件前端，处于外部，只需要考虑工装的支撑强度问题，不需要考虑空间问题。但是后架套的安装位置在滑枕中段，需要工装从滑枕工件中段下方的一个窗口伸入到滑枕内部，支撑镗轴。镗轴直径为200mm，前端架套的横向宽度就达到了300mm，原滑枕工件下方的窗口宽度尺寸不能满足要求。经计算，后端架套加上嵌套和镗轴架套的壁厚，至少需要一个横向宽度260mm的窗口。于是，我们先与设计协商，能否将滑枕下方窗口扩大。设计研究后同意我们的要求，将窗口宽度尺寸扩大为260mm，这让我们后架套的设计成为可能。由于要在260mm极狭小的空间内设计架套，壁厚已经比较单薄了，若还需要设计成上下分离的架套形式，单薄的壁厚上下分开，还需要打安装螺纹孔及定位销孔，这无疑会给工装强度带来很大的影响。最后，我们想到了一个创造性的方式，对后架套专门设计了斜面上下分离法（见图12、图13），即架套的上下分离，不再采用前架套的水平切割上下分离，而采用斜面切割。

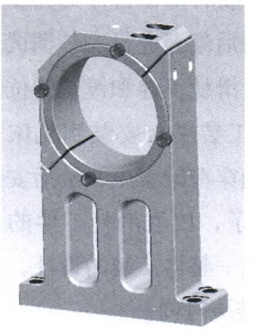


图12 后架套

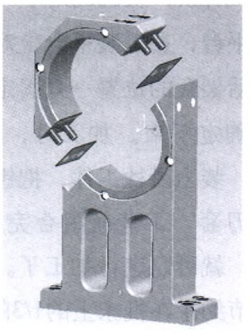


图13 后架套上下分离模型

斜面切割的方式，具有很多的好处，首先在斜切面上，可以留出较大的空间来打安装定位孔。

其次切割面避开工装最薄弱位置，较好地保证了工装的强度。最后，这样的设计能最大程度地节约空间，最适合这个工装的加工环境。

4. 整体工装

整体工装，特别适用于工装部件较多的工装，就是把所有的工装部件都组合成一个整体。譬如，设计一个平台，把工装组件都放到平台上，然后根据工装在加工时所处的位置，在工装平台上进行校准、固定，这样就形成了一个整体。加工时，可以直接将校准完成的整体工装安装到机床工作台上，无须对所有工装零件都进行调试，只须校准了工装平台的位置，整体工装的所有工装都校准了。如果条件允许，甚至可以把需要加工的工件，在机床外直接在整体工装上安装校准。

加工完成后，只需要在机床外，对整体工装定时检查和维护，就能继续使用。由于整体工装的大部分校准工作都可以在机床外完成，而且只需要一次校准，就可以使用好多次，极大地节省了工装的安装调试时间，加工效率也有很大的提高。

落地镗滑枕轴承孔加工工装也采用了这种整体工装的方式（整体工装模型见图14）。工装的主要组成部分有：镗轴前端架套，镗轴后端架套，镗轴主体及镗轴刀套。其中，工装的调试对前后架套位置的固定最为繁琐。

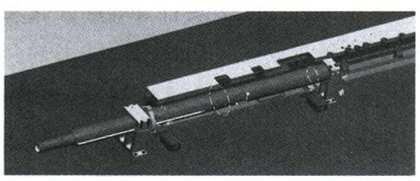


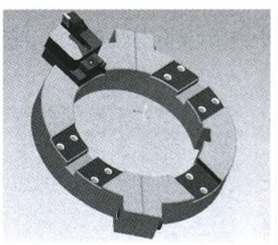
图14　落地镗滑枕轴承孔加工工装整体三维模型

所以，我们调用了一个废料工作台作为整体工装平台，在工装平台上对前后架套进行安装调试。前后架套的位置一旦固定，滑枕工件和镗轴的位置就确定下来。加工时，把工装平台安装到机床上后，装上滑枕工件，把镗轴穿在架套上，最后安装好刀套，工装就组合完成了，校准滑枕工件的位置，就可以进行加工了。这一整体工装的设计，至少节约了在机床上的1/3的装夹时间。

5. 镗刀的创新设计

镗轴的替换，镗轴架套的重新设计与改进，使得原有的镗刀板也已不适用。于是，我们决定重新设计一款配套的镗刀，这是一次完全的创新设计。新的镗刀需要满足以下几个要求：①保证镗刀强度，这是保证加工精度的重要因素，当然是必须的。②可以调节尺寸：前后孔直径相差20mm，前后孔都用同一镗刀来加工的话，就要求镗刀的加工尺寸范围至少要在10mm范围内可以调节。③方便安装与拆卸：镗刀的安装，需要等前后架套工装、滑枕工件、镗轴均安装校准完毕后，再把镗刀安装到镗轴上去。前端安装较容易，但镗后端孔的镗刀安装，则需要从滑枕工件上方的窗口伸到滑枕工件内部安装和拆卸，这就要求镗刀的安装方式越简单越好。④可以现场对镗刀尺寸进行微调：现场安装镗刀，镗刀的精度肯定与刀具室校验的有误差，需要进行试镗后根据实际试镗尺寸进行微调，以保证镗刀的尺寸达到要求。

局部怎么增大镗轴尺寸呢？很简单，做个轴套套在镗轴上就行了。怎么装夹方便呢？切割成两半，拿到镗轴上，上下一组合就行了，很方便。怎么保证夹紧呢？轴套内孔与镗轴配镗，与镗轴过盈配合就可以了。怎么安装刀具呢？轴套厚度加厚一点，在厚度方向开个槽，嵌入刀具固定就好了。怎么微调刀具呢？山特维克刀具有刀头可以微调，拆个刀头下来装在轴套上就行了。所有问题都得到解决以后，我们设计出了新式镗刀（镗刀三维模型见图15、图16）。



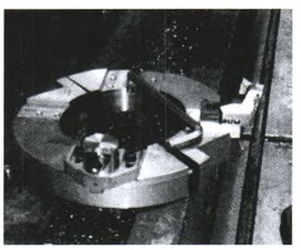


图15　新式镗刀三维模型　　图16　镗刀现场实物照

新式的镗刀结构很简单，只有两个相配合的半圆套，加一个镗刀刀头。轴套的侧面开了不同规格的槽，还可以安装不同规格的刀头，很方便。滑枕工件进行粗镗时，可以在轴套上对称安装两个刀头，提高加工效率，刀具加工半径只需在刀具室校好刀，可以直接安装在镗轴上进行粗镗，不需现场调节了；精镗时，安装一把刀头，加工时刀具的振动很小，镗轴的自重完全可以抵消振动对加工产生的影响（镗刀在镗轴上的安装照见图17）。

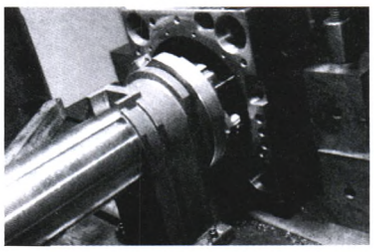


图17　镗刀安装在镗轴上的现场实物照

工装组装完毕后，进行了一次加工试验，测量数据表明新设计的落地镗滑枕轴承孔加工工装，完全满足了加工需要，而且加工效果非常好。检测：精镗后镗孔表面粗糙度值可达到R_a=1.6μm，前后孔同轴度达到0.02mm以内，达到设计装配要求（现场工装安装照片见图18）。

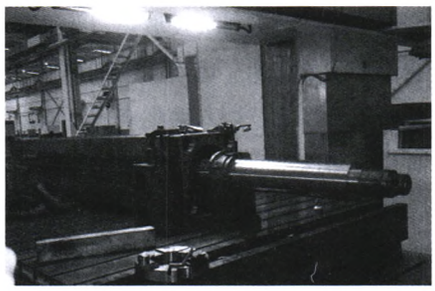


图18　落地镗滑枕轴承孔工装安装加工现场

6. 工件的检测手段

由于深孔的检测难度较大，现有的检测手段无法得出准确的检测数据，也为了满足加工现场检测的需要，我们特别设计了专用检测工装。

（1）直径检测工装及其优点　直径检测工装简单易用，使用前只需在标准环规工装上调整标准数值，即可在加工现场使用。半环的开口，则是针对镗轴的大小设计，使这一测量工装可以在镗轴不拆卸的情况下随时进行测量，提升了实用性（直径检测工装原理简图见图19）。

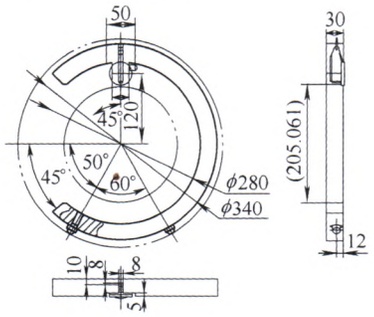


图19　直径检测工装

（2）同轴度检测工装　专为前后孔同轴度检测设计，由可调前导套、内导套和后导套组成。在工件上安装完成后，转动检棒，并微调内导套。当检棒可以顺畅地转动时，默认为内导套与后导套同轴。抽出检棒，检测可调前导套与内导套的同轴度，即可测得前后孔的同轴度误差值（同轴度检测工装原理见图20）。

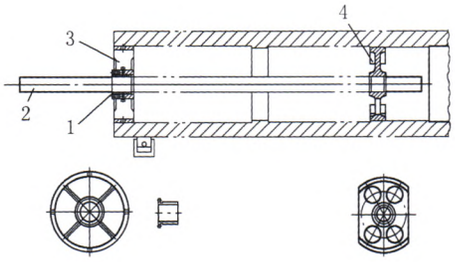


图20　同轴度检测工装原理

1.内导套　2.检棒　3.可调前导套　4.后导套

7. 结语

在工装的设计过程中，需要活学活用，最大可能地利用公司现有的设备及工件。这些现有的设备和工件可能会大大节省工装制作成本和成品时间。在本文工装设计过程中，对落地镗镗轴的采用，以及将报废的工作台加入到整体工装的设计中来，都是很好的应用方式。工装的设计，不可拘泥于已有的工装套路，大胆创新的工装设计可以在很大程度上提高工装的性能，提高加工效率。正如本工装中刀套组件的设计，根据实际镗轴的性能以及加工的环境，创新地使用了以前没有的刀套结构，不但解决了以前存在的弊病，还提高了加工工件的质量，具有很高的实用性。**MW**

（收稿日期：20121016）

2012年我国模具进出口数据

中国模具工业协会发布统计数据，2012年中国模具进出口总额为38.07亿美元，比2011年下降3.03%。其中进口总额为19.64亿美元，同比减少2%；出口总额为18.43亿美元，同比减少4.11%。

按模具种类分，进出口最高的仍是塑料橡胶模具，分别占了进出口额的50.12%和70.26%；其次是冲压模具，分别占了进出口额的42.42%和22.07%。