

新型专用机床 用于发动机缸体精镗三轴孔

□ 大连东方专用机床有限公司/李凡
□ 哈尔滨第一机械集团有限公司/魏传利

目前，我国汽车行业处于高速发展阶段，汽车发动机技术也日新月异，缸体结构形式也在不断地创新和优化。随之而来，缸体加工的关键工序：精镗三轴孔（精镗曲轴轴承孔、精镗凸轮轴孔、精镗惰轮轴孔）的精度要求也越来越严格，而国产设备很难达到其精度要求，长期依赖进口，使得机械制造厂的设备购置及运行成本较高。

缸体是发动机的重要部件，它的加工精度直接影响发动机的整体性能。缸体三轴孔加工的传统工艺是：在夹具模板上，曲轴孔与凸轮轴孔的滚动导套相对位置不可调整，只能靠加工保证，由于累积误差导致两轴的位置度较低；曲轴孔止推面加工时无轴向定位装置，无法消除主轴进给滑台与夹具定位销之间的累计误差，致使止推面与定位销孔位置精度较差。

本文介绍的是发动机缸体精镗三轴孔机床的三种新型结构，其中：可调整的镗模板结构保证了曲轴孔与凸轮轴孔的位置度要求；

主轴轴向定位检测结构保证了曲轴孔止推面与夹具定位销孔的位置度要求；小车送进结构既保证了发动机缸体的可靠让刀，又避免了划伤工件顶面，提高了机床加工的可靠性。这三种新型结构是发动机缸体精镗三轴孔机床的重要突破，为我国高精度三轴镗孔技术的发展奠定了坚实的基础。

精镗三轴孔机床简介

本文介绍的三种新型结构是应用在为某柴油发动机公司设计制造的发动机缸体精镗三轴孔机床上，下面简单介绍一下精镗三轴孔机床。

1. 零件加工要素

零件需加工的孔系主要有7- $\phi 118\text{mm}$ 孔、7- $\phi 65\text{mm}$ 孔等，被加工零件的位置精度要求比较高，如凸轮轴孔与曲轴孔的位置公差为 $\pm 0.02\text{mm}$ ，惰轮轴孔与曲轴孔的位置公差为 $\pm 0.02\text{mm}$ ，止推面与定位销孔的位置公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 等，用传统工艺要达到这样的公差

要求比较困难。

2. 零件加工工艺

本机床加工三轴孔采用拉镗方式，凸轮轴孔镗杆两端设滚动导向套支撑，中间两点支撑套为固定式（在镗杆上此处为内滚结构，镗杆与支撑套还相当于滚动摩擦），曲轴孔镗杆四点均为滚动导向套结构，这些支撑有效地保证了镗杆的加工刚性和稳定性。但镗杆的四点支撑之间的同轴度以及凸轮轴四个导套与曲轴孔四个导套的相对位置度很难保证。

3. 机床的整体布局

本机床为双面卧式结构，左侧为铰削头，配进给滑台；右侧为三轴镗头，配进给滑台；中间由夹具、镗模架及检测装置组成。机床的动作为：被加工零件（缸体）在上料位置，经输送装置拉入机床夹具，小车送进装置将工件可靠抬起让刀，镗杆送进镗模架，检测装置检测镗杆到位位置，然后工件抬起并插销，夹具将工件夹紧，机床进入镗削状态，拉镗完毕后再横车止

推面，加工结束。

新型专用机床结构分析

1. 可调整镗模板结构

由工件的加工内容和机床的整体布局可以看出，工件的加工形式为多轴同时加工，一次加工完成所有孔的精度要求，包括孔的形状精度要求和孔的位置精度要求。孔的形状精度要求包括孔径和圆柱度是比较高的，但可以通过刀具调整来实现，而孔的位置精度，如凸轮轴孔与曲轴孔的位置公差为 $\pm 0.02\text{mm}$ 、凸轮轴孔的圆跳动为 $\phi 0.02\text{mm}$ 等，很难得到保证，要求镗杆的各支撑导套要有很高的同轴度和不同镗杆导套的位置度。对于机床来说，不但要保证精度，还要保证机床重要部件的寿命，如高精度镗杆，这就要求镗杆的支撑导套要有很高的同轴度以及导套本身的径向圆跳动。主轴与镗杆也要有很高的同轴度，否则镗杆在各个支撑和主轴之间将出现别劲现象，致使镗杆承受弯曲力矩，降低镗杆寿命，影响加工精度。

基于以上分析，主轴与镗杆之间采用了浮动连接，即主轴与镗杆之间可以消除由于装配等引起的不同轴而导致的别劲问题，这是一种经典的解决办法。传统镗模架的凸轮轴导套是固定在镗模架上，曲轴孔导套与凸轮轴孔导套位置通过加工保证，由于曲轴孔镗杆与凸轮轴孔镗杆均为多点支撑，所以传统模式已经很难保证曲轴孔与凸轮轴孔的位置精度要求。

在镗模架上有两个铰孔导套和一个曲轴孔导套，一个凸轮轴导套

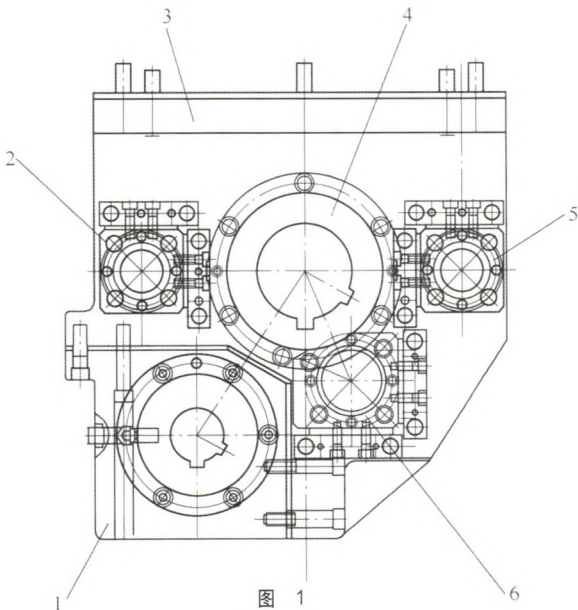
和一个惰轮轴导套，曲轴孔导套固定在镗模架上，作为导套的基准，铰孔导套与惰轮轴导套的调整办法为经典解决办法，凸轮轴导套为分体式可调整结构，这是镗模架的重大改进。凸轮轴导套通过调整垫很方便地调整与曲轴孔导套的位置，既有良好的加工工艺性，又可靠地保证了两导套之间的位置精度要求，还能通过更方便地调整来解决镗杆各支撑之间的同轴问题。如图1所示。

本结构已在实践中验证了其结构的稳定性及保证精度的可靠性，并获批了国家实用新型专利。

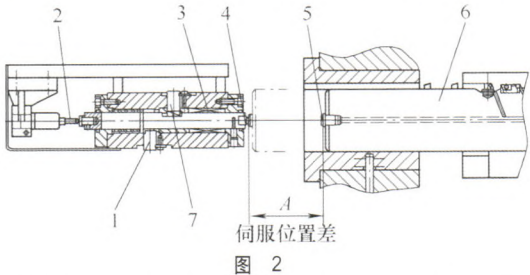
2. 轴向定位检测结构的分析

本机床要保证的另一项重要精度为：止推面与定位销孔的位置公差 $\pm 0.05\text{mm}$ ，由于定位销孔与曲轴孔镗杆的横车止推面刀具之间的中间环节较多，如夹具销孔与底座销孔之间的位置误差，底座销孔与进给滑台之间的位置误差，滑台与主轴前端面的位置误差以及横车刀与主轴前端面的位置误差等等，各环节的累积误差相加就很难保证止推面与定位销孔的位置公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

本机床的解决办法是，在镗杆前端增加了一个轴向定位检测装置，如图2所示。轴向定位检测装置由顶杆、直线轴承、防转销、限位销以及精密



1.凸轮轴导套 2、5.铰孔导套 3镗模架 4.曲轴孔导套 6.惰轮轴导套



1.限位销 2.精密测头 3.直线轴承 4.顶杆 5.镗杆前端 6.曲轴孔镗杆 7.防转销

测头等组成。其原理是：当伺服滑台将镗杆送到位，这时顶杆压缩弹簧，然后顶杆与精密测头接触，精密测头发出信号给伺服系统，伺服系统记住当前位置，镗杆向右拉镗加工曲轴孔。曲轴孔加工完毕后，当伺服滑台拖动镗杆移动到设定的伺服位置差时，即为止推面的加工位置，这时开始横车止推面，完成加工。整个过程的关键是设定伺服位置差，它需要事先测出定位销孔与精密测头的位置差，在经过各环节计算得到。总之，本结构相当于把半闭环的伺服系统变成了全闭环系统，从运动部件的末端验证其实际所在位置，有效解决了多个环节之间的累计误差，可靠地保证了止推面与定位销孔的位置公差。

本结构已在实践中验证了其结构的稳定性及保证精度的可靠性，并获批了国家实用新型专利。

3. 小车送进结构

本机床加工曲轴孔和凸轮轴孔采用的加工方法为拉镗加工，即镗杆要先向前穿过工件，然后向后拉镗两孔，这涉及到工件让刀的问题。

本机床的工件定位面在夹具的上盖上，利用抬起机构将工件抬至定位面，与定位面之间留0.1mm的间隙，然后通过液压插销机构将工件定位，最后通过夹紧压板将工件夹紧。本机床的工件让刀是在液压插销定位后，将工件落下2mm，这时镗杆穿过工件，实现让刀，然后再抬起工件，将工件夹紧。

在插销过程中，工件抬起装置的限位销将工件定位的位置与夹具上盖定位销将工件定位的位置有偏差，所以在插销过程中工件会与抬

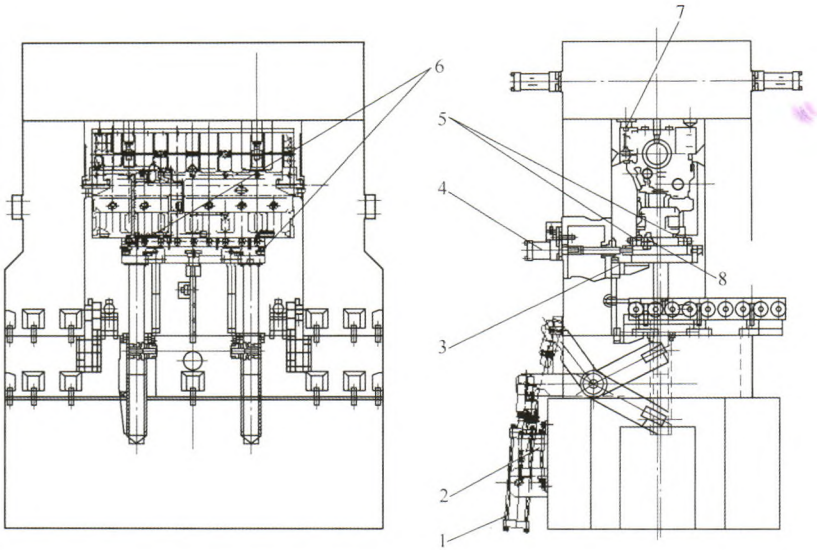


图 3

1.抬起液压缸 2.让刀液压缸 3.直线导轨 4.拉料液压缸 5.X向浮动滚
6.Y向浮动滚 7.液压插销机构 8.限位销

起装置有相对移动，这时工件将摩擦抬起装置定位面，为此工件底面有被划伤的可能。

为了解决上述的划伤问题，抬起机构采用了小车送进的形式（见图3），即在工件抬起装置上安装了X向浮动滚和Y向浮动滚，使工件在插销过程中的移动由滑动变为了滚动，有效减少了工件底面的磨损，同时减少了工件在插销过程中定位销的径向力，减少了定位销的磨损，增大了定位销的精度保持性。

夹具左侧有一个拉料液压缸，它的拉力作用在小车送进机构的Y向浮动上，这时工件在抬起后要横向移动让过凸轮轴支撑导套，在工件落下时它还可以脱离抬起装置，这种结构的好处是使拉料液压缸不随抬起装置移动，结构简单、紧凑、可靠。

本结构已在实践中验证了其结构的稳定性和让刀的可靠性，并获批了国家实用新型专利。

结语

本文介绍的用于三轴镗孔机床的三种新型结构，大大提高了机床的加工精度和机床的可靠性：可调整镗模板结构有效地保证了曲轴孔与凸轮轴孔的位置精度，提高了镗杆的寿命；轴向定位检测装置，使伺服系统形成了全闭环系统，可靠地保证了横车止推面的位置精度；小车送进机构在保证了工件的可靠让刀的前提下，减少了工件底面的磨损，减少了定位销的径向力，大大提高了机床的稳定性。AME

公 示

根据国家新闻出版广电总局《关于2014年换发新闻记者证的通知》（新广出发[2014]59号）要求，我单位《汽车工艺师》杂志已对换发记者证人员的资格进行严格审核，现将我单位拟换发新闻记者证人员名单：栗延文、魏莹进行公示，举报电话：010-88379978。