起落架结构件超长深孔内偏心*R*圆弧面的加工

刘华，刘新文，胡阿林

中航飞机股份有限公司长沙起落架分公司汉中精益制造中心　陕西汉中　723200

摘要：介绍了一种起落架结构件超长深孔内偏心*R*圆弧面加工技术，通过设计一套工艺装置，由镗床或卧式数控机床提供动力，通过插铣方式实现了某型号活塞杆孔内偏心*R*9mm圆弧面的加工，总结出一套易操作、工艺参数可控且产品质量稳定的加工及检测方法。

关键词：工艺装置；动力；插铣；超长深孔；偏心*R*圆弧面；起落架

1　序言

我公司生产的某型号起落架活塞杆材料为A100超高强度钢，硬度≥53HRC，在位于内孔938mm处的台阶面上有一个典型的偏心$R9^{+0.3}_{+0.1}$mm圆弧面（见图1）。此结构为国内起落架首次创新设计，该结构作用主要是通过限制油针位置来控制起落架内部油液流量，位置及精度极为重要，但国内目前无此类典型结构的成熟工艺可借鉴，需研究一种新的工艺方案来解决加工问题[1，2]。

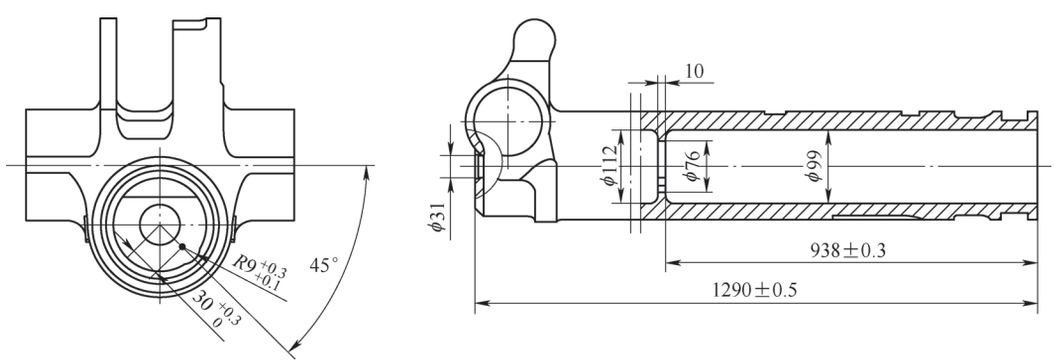


图1　*R*9mm圆弧面结构

2　产品分析

对产品结构进行分析，要加工位于产品深孔内，且为偏心的*R*9mm圆弧面，加工主要存在以下难点。

1）偏心*R*9mm圆弧面近端位于零件左侧，但因左侧孔成品尺寸仅为ϕ31mm，无法从左侧进刀来加工，所以只能考虑从右侧大孔进刀。而从右侧实施进刀加工，由于加工部位圆弧面偏心导致刀具长径比远大于10，属大长径比深孔加工，又因高强度钢材料因素使加工过程中极易产生让刀、振颤等问题，从而导致产品质量无法保证[3]。

2）偏心*R*9mm圆弧面由于处于深孔内，加工时无法目视到加工部位，对于零件加工时排屑情况、加工中的刀具状态都无法实时监控，从而大大增加了加工的风险。

3）产品加工过程中*R*9mm圆弧面尺寸无有效的检测方法，是否加工到尺寸需要研究一种可行的检测方法及工具。

3　工艺分析

针对内孔圆弧面结构，传统加工工艺一般采用

角度头铣削、深孔磨削和内孔插削等加工方法。本文*R*9mm圆弧面因偏心结构使得刀具长径比＞10，角度头铣削和深孔磨削无法实现，而内孔插削在无偏心时，可采用以产品内孔支承的方式支承插削刀具实施加工。但该产品加工部位为偏心圆弧面，考虑采用数控车床，在防振刀杆上安装非标刀具实施插削的加工方法，通过工艺试验对相同材料、相同加工工况的试验件进行加工验证（见图2）。基本验证试验过程为：钳工划线确定*R*9mm圆弧面的角向位置→将试验件安装在数控车床卡盘上→通过高度尺按划线调平试件，锁定卡盘位置（加工过程中不允许转动）→刀杆上安装非标刀具→对刀→采用数控程序实施加工。反复调整工艺参数及加工程序，此种“插削”方式采用循环加工程序，每次径向以0.05mm进刀，加工过程仍旧产生让刀，产品一次加工合格率几乎为0，程序必须运行两次以上，产品合格率才能达到40%。在试验过程中曾出现刀具断裂后将产品“轴向顶动”的现象，对防振刀杆及数控车床使用寿命的影响极大。因此该方案对产品加工不具备可操作性，需寻求新的加工思路。



a）采用数控车床　　b）在防振刀杆上安装非标刀具

图2　数控车床加工试验

4　夹具方案设计

为了解决上述加工难题，经过分析研究，针对产品结构及加工中存在的问题设计了一套专用加工工艺装置（见图3）。该装置由镗床或卧式数控机床提供动力，定位装置能实现产品加工部位的角向定位，专用支承（见图4）实现*R*9mm圆弧位置确定及刀具、检具导向，专用插铣刀（见图5）实现*R*9mm圆弧加工，专用检具（见图6）实现*R*9mm圆弧面检测，通过使用该装置来实现超长深孔内偏心*R*9mm圆弧面的插铣加工。

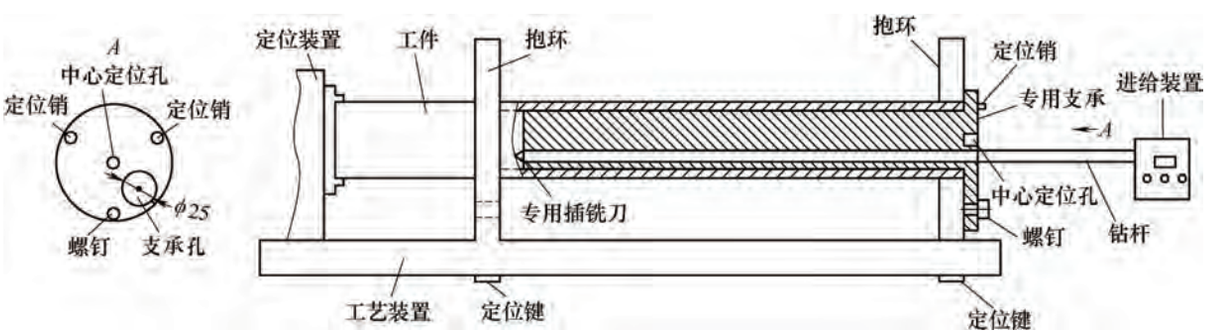


图3　专用加工工艺装置

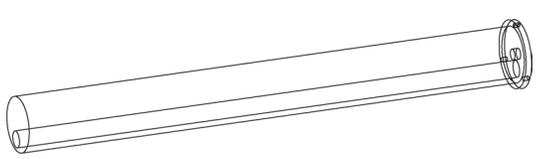


图4　专用支承
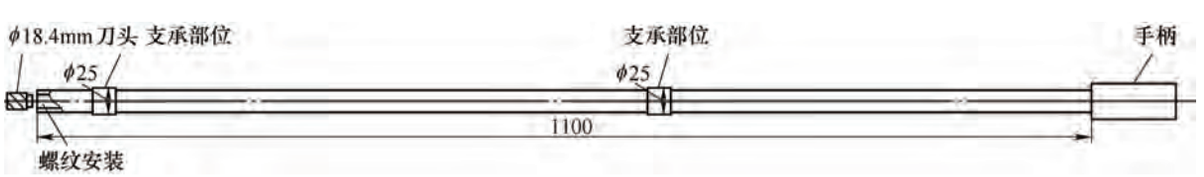


图5　专用插铣刀
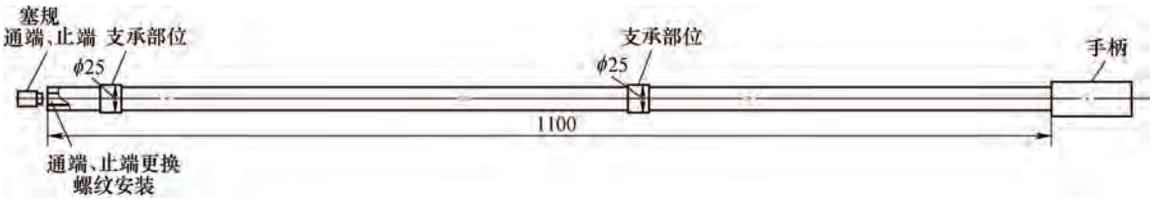


图6　专用检具

5　方案实施

从加工工艺方法上创新，设计、制造新型工艺装备，采用专用刀具及检具完成产品的加工及检测，具体工艺方案如下所述。

（1）通过夹具装置对活塞杆实施装夹定位　产品在工艺装置上安装如图7所示，具体实施方案如下。

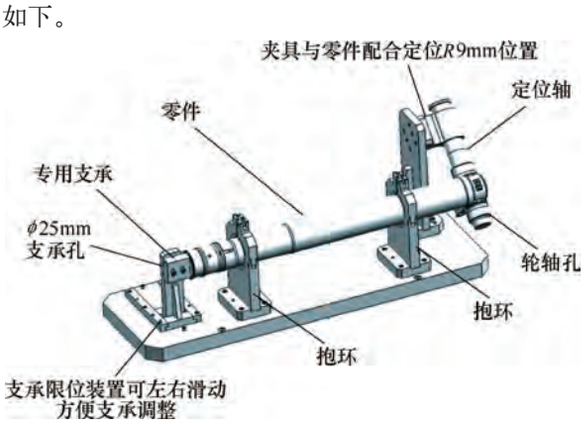


图7　产品在工艺装置上安装

1）将夹具装置通过定位键安装至镗床或卧式数控机床上找正夹紧，完成夹具定位。

2）将活塞杆安装至工艺装置上，调整定位装置对活塞杆进行方向定位后，通过抱环夹紧活塞杆，完成产品在夹具上的定位。

3）将专用支承（实物见图8）安装至活塞杆ϕ99mm内孔中，通过螺钉与夹具装置拧紧，此时活塞杆加工部位在夹具装置上完成了定位，即要加工的*R*9mm圆弧面与专用支承上的ϕ25mm孔实现了同心。

4）通过设备主轴来找正ϕ25mm孔中心位置来定位主轴，此时主轴轴线与*R*9mm弧心线重合，完成主轴加工位置定位。



图8　专用支承实物

（2）实施*R*9mm圆弧面加工　具体实施方案如下[4]。

1）安装专用刀具于主轴上，起动机床对刀来确定刀具要加工的深度位置。

2）通过专用支承ϕ25mm孔壁支承专用插铣刀，旋转主轴、控制进给参数，实施*R*9mm圆弧面加工。

3）加工完成后将刀具退出专用支承，清理加工区域切屑。

（3）采用专用检具检测*R*9mm圆弧面加工尺寸　具体实施方案如下。

1）手动使用专用检具，以ϕ25mm孔壁为导向检测*R*9mm圆弧面尺寸，通过塞规“通端（ϕ18.2mm）、止端（ϕ18.6mm）”来确定产品加工后尺寸区间*R*9.1～*R*9.3mm，当通端过而止端不过时，说明产品加工尺寸合格。

2）当塞规通端不过时，继续实施*R*9mm圆弧面加工的步骤，直至通端过，止端不过。

6　实施效果

1）使用镗床提供动力，采用专用夹具装置装夹、定位产品，通过专用支承定位及导向，利用专用插铣刀实现偏心*R*9mm圆弧面的加工，过程操作简便。产品加工现场如图9所示。



图9　产品加工现场

2）加工后的*R*9mm圆弧面如图10所示。该工艺方法实现了偏心圆弧面转换为非偏心圆弧面，刀具旋转加工也实现了插铣，解决了刀具无法旋转时插

削的让刀问题，保证了刀具进刀过程中的位置精度及直线度，获得了较好的加工质量。

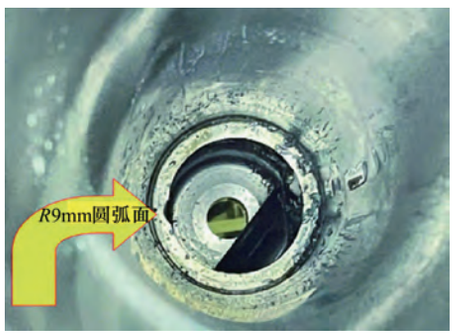


图10　加工后的*R*9mm圆弧面

3）传统工艺与创新工艺合格率对比如图11所示，创新工艺一次加工合格率＞97%，采用插铣解决了材料等因素在加工过程中产生让刀、振颤等现象而导致产品质量无法保证的问题。

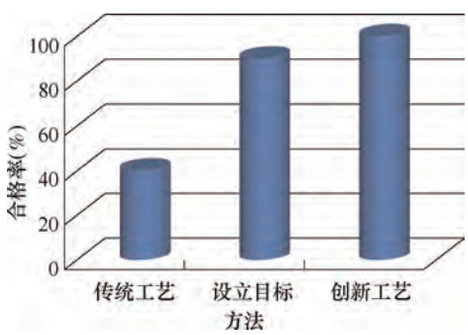


图11　合格率对比

7　结束语

本文所述工艺方案弥补了高强度钢超长深孔偏心*R*圆弧面在飞机起落架方面的加工空白，解决了采用角度头铣削、深孔磨削和内孔插削等加工方法无法实现偏心圆弧面加工的难题；提高了产品的加工效率及加工精度，达到了对产品加工质量的有效控制，为后续此类典型结构产品的加工提供了理论依据和技术支持。设计院所在起落架设计方面已倾向于采用此类结构，该工艺方案有很大的应用前景及推广价值。

参考文献：

[1] 刘战锋，韩晓兰. 典型难加工材料深孔加工技术[M]. 北京：科学出版社，2020.

[2] 史中方. 机械加工中深孔加工技术的研究[J]. 当代农机，2022（9）：38，40.

[3] 张博林，姜忠平，李毅，等. 高强度合金钢深孔薄壁件加工工艺方法[J]. 工具技术，2022，56（5）：90-93.

[4] 艾敏，王威，张卫新，等. 薄环壁轴向台阶深孔系的加工[J]. 金属加工（冷加工），2021（1）：78-80.

MW 20221207

《金属加工（冷加工）》“机床/附件/工装”栏目征稿

《金属加工（冷加工）》杂志设有多个常规栏目，现“机床/附件/工装”栏目面向广大制造业的业内人士征集稿件，欢迎各位踊跃投稿。

征稿内容：机床/加工中心的整体设计及制造；关键附件的设计制造，如电主轴、大型轴承、大重型滚动功能部件；冷加工中使用的工装/夹具的设计制造。

要求：技术实用、先进，能推动加工制造自动化、高效化、精密化等。

具体投稿规范请扫码查看。

投稿规范