

插耳式门铰链孔精加工方法

Method of Ear Plug Hinge Hole Finishing Machining

中航沈飞民用飞机有限责任公司 高玉宝

[摘要] 针对 C 系列后桶段插耳式门铰链制孔进行分析 and 论述。门口框在飞机装配后发生变形,导致门铰链同轴度超差;孔径精度要求仅为 $20.32\ \mu\text{m}$,并且被加工材料是 15-5PH 耐腐蚀钢,属于难加工材料,且铰链结构复杂,所以需要设计特殊刀具。结合以上两点,从刀具设计和工装设计,以及工艺方法的改进来解决铰链孔同轴问题并且达到图纸所要求的精度。此问题的解决为其他机型铰链孔精加工提供了理论依据和实践经验。

关键词: 同轴度公差 耐腐蚀钢 铰链孔

[ABSTRACT] In this article, ear plug hinge hole in the C series barrels is analyzed and discussed. The door casing deformation occurs after the aircraft assembly, which causes the door hinge alignment error. Pore size accuracy is only $20.32\ \mu\text{m}$, and processed material is 15-5 PH corrosion resistant steel, which belongs to the difficult processing materials, and the hinge structure is complex, so need to design special tooling. Combining above two points, this article solves the problem of the hinge hole coaxial and meets the requirements of drawings requiring precision though the cutting tool design, tooling design and process improvements. This solution provides the theoretical basis and practical experience for other models hinge hole finishing.

Keywords: Coaxial tolerance Corrosion resistant steel Hinge hole

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.131

目前,插耳式门铰链接头在航空航天工业方面广泛应用。铰链接头是舱门与机身连接的关键点,并且承受整个舱门的重量,所以铰链接头一般采用高强度钢、不锈钢、钛合金等材料制造。以 15-5PH 不锈钢为例,其硬度比较高,并且粘度比较大,韧性比较好,是难加工材料之一^[1]。

一般情况下,插耳式门铰链接头孔要求同轴度比较高,主要是为了更好地与舱门上的铰链接头配合,使舱门在开门和关门的过程中更平滑,增加铰链接头的使用寿命。为了保证铰链接头孔的同轴度,在铰链装配完

后,对铰链孔进行精加工,消除装配误差。

以 C 系列后桶段门口框插耳式铰链接头装配工艺方法为例,本文对工具的设计、工装设计和工艺方法进行详细论述和剖析,分析试验过程中所产生的问题并提供解决方案。

1 问题论述及分析

1.1 材料加工难点

门口框铰链孔上的衬套材料是 15-5PH 钢,硬度比较高,对于切削加工而言,是比较困难的。主要体现在制孔时切削力大、切削温度高、容易粘刀、不好断屑、孔的热胀,会造成制孔效率低下、刀具的磨料磨损严重、无法保证孔质量等问题。

1.2 孔加工难点

门口框上有 2 个相同的铰链接头,每个接头上有 2 个衬套孔需要铰孔,且 2 个孔径大小不一样,衬套初孔孔径分别为 $15.469\sim 15.646\text{mm}$ 和 $21.819\sim 21.997\text{mm}$,具体结构如图 1 所示(R 为半径)。

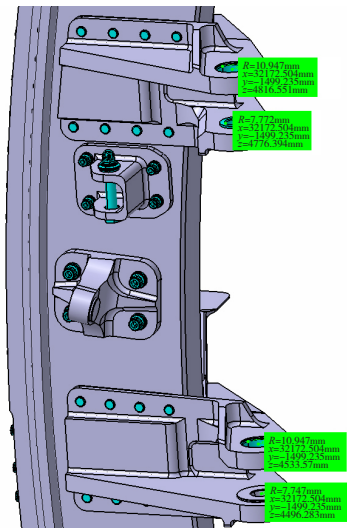
根据图纸要求,终孔孔径分别为 $15.875\sim 15.895\text{mm}$ 和 $22.225\sim 22.245\text{mm}$,并且 4 个孔的同轴度要求为 0.025mm ,2 个铰链距离要求 $306.86\sim 307.37\text{mm}$,具体要求如图 2 所示。

如图 1 和图 2 所示,在如此复杂的结构和小的空间下,既要保证孔的孔径公差,又要保证 4 个孔的同轴度公差。首先需要确定加工的工艺方法,再根据工艺方法确定适合的工装和工具^[2]。

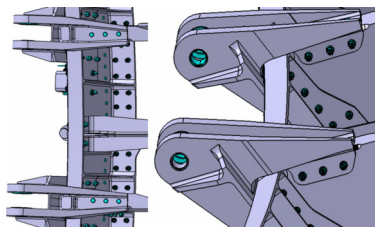
1.3 飞机结构难点

C 系列后桶段按工艺分离面划分,将后桶段分为 79 框组件、壁板组件、门口框组件、地板梁组件、上半壳组件和下半壳组件。门口框组件分布在上半壳组件和下半壳组件之间,其装配流程是:先将门口框组件安装至下半壳组件上,再安装上半壳形成桶段,流程如图 3 所示。

最初的方案是:门铰链在组装门口框组件的工装上定位,在形成桶段之后,进行铰孔。在门口框组件工装上,门口框组件定位方式是由 2 个框板上共 4 个工装孔定位到工装上。2 个门铰链定位分别是由 2 个阶梯销插入门铰链衬套孔定位,并且有 2 个控制块控制门铰链



(a) 主视图



(b) 侧视图

图1 门铰链结构

Fig.1 Structure of door hinge

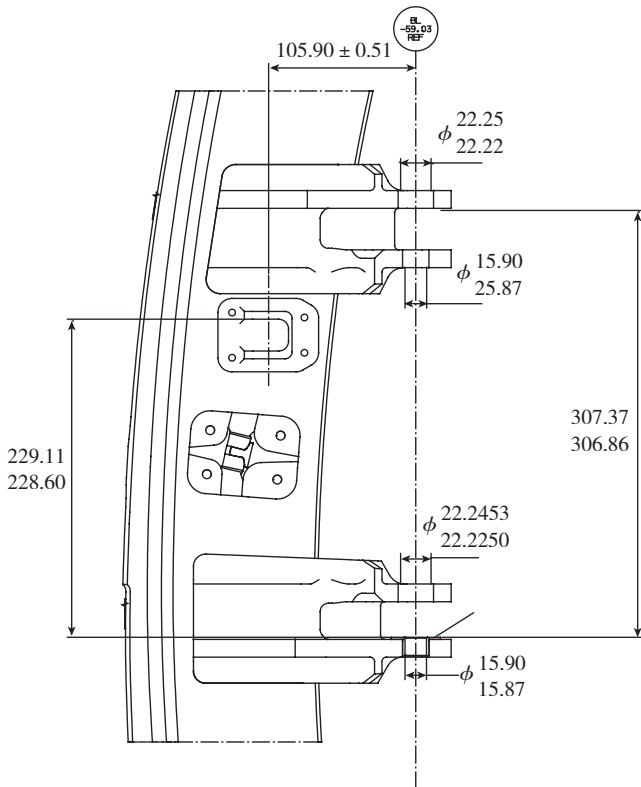


图2 终孔孔径和同轴度公差

Fig.2 Final pore size and coaxial tolerance



图3 门口框组件安装流程

Fig.3 Installation process of doorway frame component

在飞机上的Z轴方向。门铰链的定位方式见图4。

在定位门铰链时,根据图纸要求,利用实体垫片和叠层垫片调整门铰链与框板之间的间隙,并将门铰链与框板连接位置的孔钻制导孔,拆除门铰链,将门铰链和垫片移交至桶段补铆。根据图3所示的装配流程,在上半壳上架开成桶段之后,利用门口框检验夹具重新对门铰链进行定位并对门铰链位置进行检查,发现在定位门铰链时所钻制的导孔出现偏差,即门铰链上的导孔与之对应框板上的导孔完全对不上。原因在于上半壳上架形成桶段之后,上半壳的重量导致门口框组件有轻微变形。

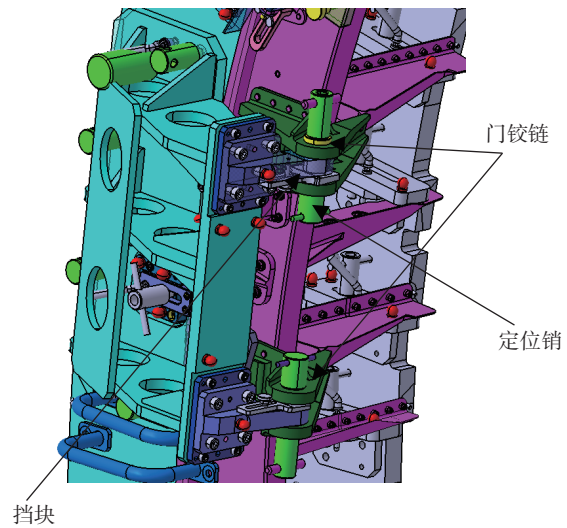


图4 门铰链在门口框组件工装上定位方式

Fig.4 Positioning way of door hinge on the doorway frame component

2 解决方案

2.1 刀具设计及风动工具的选择

被加工材料是 15-5PH 不锈钢,刀具材料选用的是 M42(含钴高速钢)。目前,含钴高速钢的刀具广泛用于加工钢材料,由于含钴高速钢的刀具材料价格远低于硬质合金材料,且加工性能在多次试验之后得到肯定,所以加工门铰链孔的刀具材料选用的是含钴高速钢。

门铰链结构比较特殊,且同轴度和孔径要求比较高,所以在刀具设计上,刀具尺寸的设计和铰孔的工艺方法相对比较复杂。由于终孔尺寸与初孔尺寸相差在

0.4mm 以内,因此铰孔工艺方法设计成直接铰一次至终孔的方案。刀具设计具体尺寸如图 5 所示。

从图 5 中可以看出,切削刀具包括:前导向、小孔切削刃、大孔切削刃、后导向。小孔的切削刃直径为: $\phi 15.880_{-0}^{+0.005}$ mm,大孔的切削刃直径为: $\phi 22.230_{-0}^{+0.005}$ mm,前导向的导杆直径为: $\phi 12.695_{-0.008}^{+0}$ mm,后导向的导杆直径为 $\phi 22.240_{-0.005}^{+0}$ mm;刀具的设计与工装设计相配合,才能满足最终铰孔的尺寸。

在风动工具的选择上,考虑到铰孔空间比较小,加工钢材材料且终孔孔径比较大,所以应该选择占用空间比较小、功率大、转速低的风动工具。风动工具最初的选择方案有两种:(1)自动进给钻,其优点是进给量恒定,能保证孔表面质量及孔径要求,缺点是价格昂贵,大概在 20 万元人民币左右;(2)普通的大马力手动风钻,优点是价格低廉,大概 2 万元人民币左右,体积比自动进给钻小,缺点是没有恒定的进给量,只能靠人工保证进给量,对于操作者来说比较费时和费力。为此,在实际铰孔之前,使用手动风钻进行试验,操作者具有 10 年以上工作经验,使用的手动工具是阿特拉斯 LBB36 H005,转速是 500r/min,功率是 700W。在操作过程中,操作者须保证适当的进给量,并使用毛刷向刀具上刷润滑油,并将排出来的屑刷掉。通过试验并测量结果,得出结论是:孔内表面没有划伤,使用内径千分尺测量孔径达到

图纸要求。由于铰链孔有 4 个,手动铰孔总共需要大约 30min,故此,风动工具选择的是手动风钻。

2.2 工装设计方案

为了防止门口框在上半壳上架之后变形,设计工装将服务门和登机门支撑到正确位置上,保证在上半壳上架之后,减小对门口框组件的影响。支撑门口框工装如图 6 所示。

图 6 中门口框支撑工装以每个门口框的 I 孔定位,通过横梁,将门口框支撑至正确位置上。上半壳上架、钻孔并铆接之后,再将门口框支撑工装从飞机上移除。此工装不但保证了门口框在飞机上的位置,也保证了接下来铰接头的位置,从而满足门铰接头的位置度要求。

门铰链定位工装以门口框上的 I 孔进行定位,具体如图 7 所示。

图 7 中灰度较浅部分是门铰链定位工装,工装设计与刀具配合的前导向和后导向控制块,定位门铰链孔的定位销和控制门铰链距离的控制块(如图 4 所示)。定位销控制了门铰接头在飞机坐标系中的 X 轴和 Y 轴方向,且保证两个门铰链的同轴度。门铰链距离控制块能控制接头在飞机坐标系中的 Z 轴方向,由此,可以保证门铰接头的位置度和同轴度要求。前导向和后导向控制块能保证孔径要求。这样,从工装设计上来说,

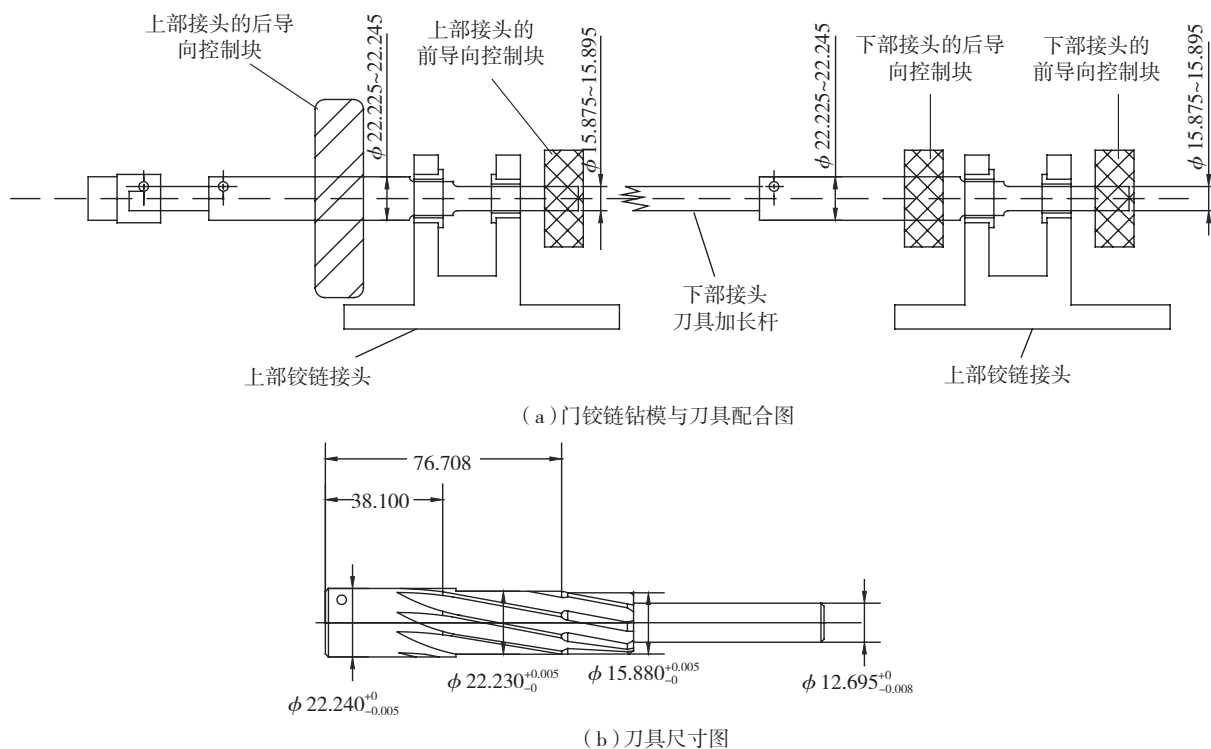


图5 刀具尺寸图

Fig.5 Tool size drawing

能够满足工程图纸的要求。

2.3 铰孔的工艺方法

由于每个门口框上有两个门铰链接头,且两个接头上的孔大小排列顺序(由上到下)是:大孔-小孔-大孔-小孔,所以铰门铰链接头孔只能分两步,先铰上部

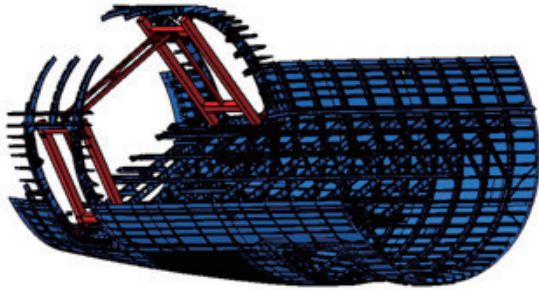
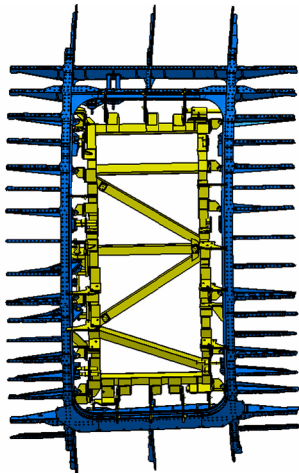
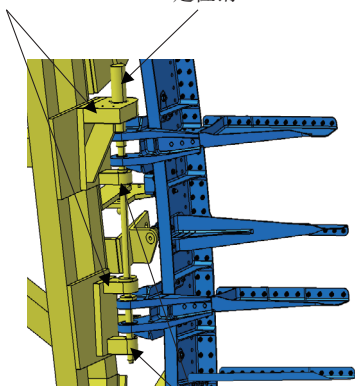


图6 门口框支撑工装示意图
Fig.6 Doorway frame support tooling sketch



(a) 门铰链工装定位示意图

与刀具后导向配合的控制器



与刀具前导向配合的控制
器
(b) 门铰链铰孔详图

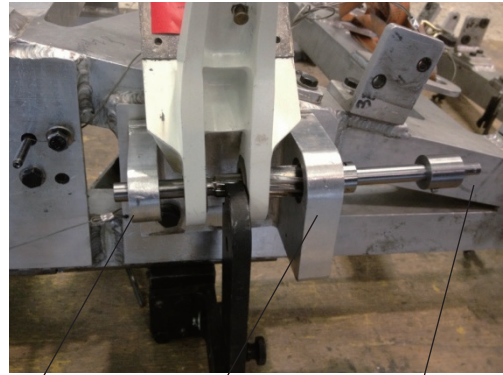
图7 门铰链定位工装示意图
Fig.7 Positioning tooling sketch of door hinge

门铰链接,再铰下部门铰链接头,如图5(a)所示。

铰上部门铰链接头孔时,将刀具的前导向杆插入至工装的上部接头的后导向控制块中,开始铰孔后,按照2.1节中的试验过程来铰孔,铰上部铰链孔方式如图8所示。

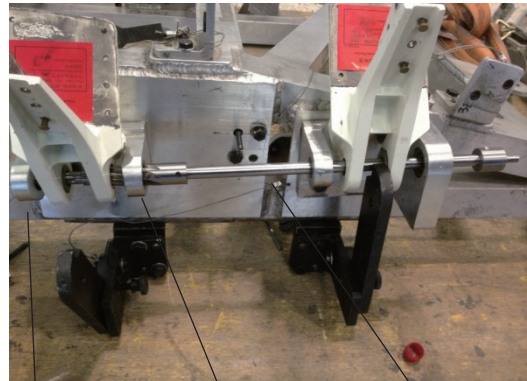
铰完上部门铰链接头后,将刀具从风钻和工装上移除,并将铰下部接头的刀具加长杆安装至刀具上。刀具的加长杆直径与刀具前导向的直径相同,也就是刀具的加长杆既能延伸刀具,又能增加刀具的后导向功能。也就是上部铰链的前导向是下部铰链刀具加长杆的后导向,同时下部铰链还有一个刀具的后导向定位块和前导向定位块,其主要功能是提高上、下两个接头孔的同轴度。将刀具顺着上部门铰链接头孔,插入至下部门铰链接头的前导向控制块中,进行铰孔,如图9所示。

在铰孔过程中,操作者须保证适当的进给量,并使用毛刷,向刀具上刷润滑油,并将排出来的屑刷掉,以保



上部铰链前导向控制块 上部铰链后导向控制块 风钻夹持部分

图8 铰上部门铰链孔示意图
Fig.8 Reaming upper door hinge hole sketch



下部铰链前导向控制块 下部铰链后导向控制块 刀具加长杆

图9 铰下部门铰链孔示意图
Fig.9 Reaming lower door hinge hole sketch

(下转第137页)

保形成合理的过渡区。

对于带“键槽”的筒状零件,结合喷涂面的结构特点设计“凸台挡圈”屏蔽工装,如图5所示。

此类工装对尺寸公差的要求极其严格,屏蔽工装与喷涂面应紧密配合,防止喷涂层喷入键槽内;其屏蔽工装及工装边缘上积聚的喷涂层应及时去除,它将改变涂层的过渡。

3.3 喷涂过程

由于喷枪长期使用,其内部的喷嘴及燃烧室会产生积瘤,影响喷涂层质量:即过短的时间清理,会引起成本

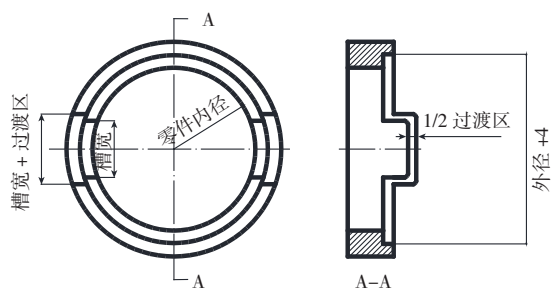


图5 带“键槽”筒状零件的屏蔽工装
Fig.5 Shielding tooling of cylinder parts with keyway

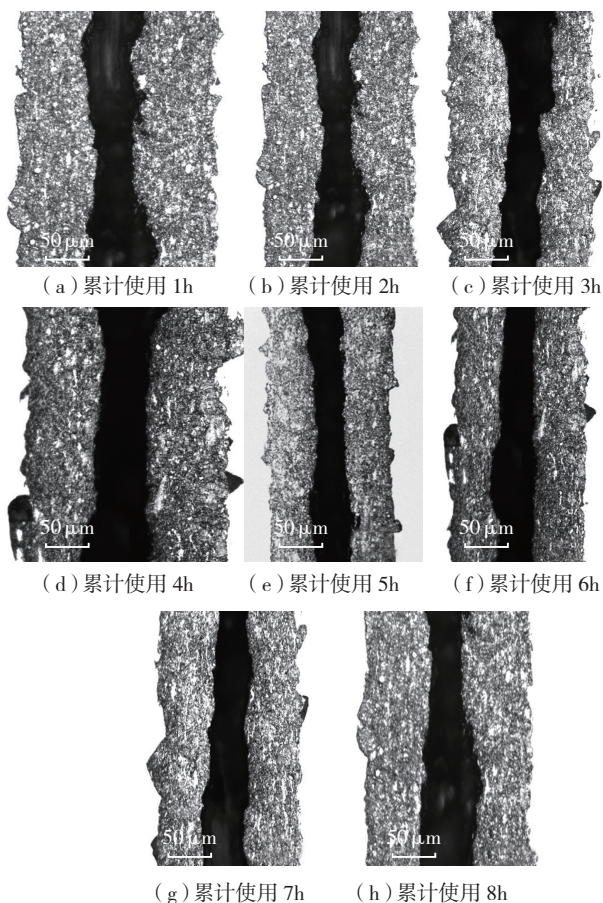


图6 不同累计工作时间内涂层的金相图
Fig.6 Metallurgical diagram of coating under different accumulated using time

的增加;而过长的时间清理会影响喷涂层质量。为了保证工艺和生产的质量,本文针对喷枪清理时间对涂层结合性能影响进行了研究。

在累积工作 1h、2h、3h、4h、5h、6h、7h、8h 等不同情况进行工艺试验,采用 OLYMPUS BX41M 金相显微镜观察分析涂层形貌,如图6所示。

累积使用时间达到 8h 后,其结合强度达到工艺要求的下限,应对喷嘴及燃烧室进行清理。在生产中应控制喷枪累积使用时间为 7~9h 之间,有利于提高 HVOF 喷涂层质量。

另外,喷涂参数对质量有着重要的影响,如氧气流量、送粉气流量和喷涂距离等。通过工艺试验,优化工艺参数,可大幅度提高 HVOF 喷涂层质量。

4 结论

- (1) 在 300M 钢表面进行了超音速火焰喷涂 WC 工艺研究,获得了良好的组织、弯曲及结合强度。
- (2) 提高 HVOF 喷涂层质量的方法有很多,一是通过保证前处理质量,确保待喷零件表面质量;二是通过优化非喷涂面的屏蔽工装,实现屏蔽区的有效屏蔽和过渡区的合理过渡;三是有效控制 HVOF 过程,设备进行及时清理,固化喷涂参数,保证 HVOF 喷涂层质量。

参考文献

[1] 袁培柏. 300M 钢制飞机起落架零件的真空淬火. 金属热处理, 1991(10):29-33.
[2] 张慧萍,王崇勋,杜煦. 飞机起落架用 300M 超高强度钢发展及研究现状. 哈尔滨理工大学学报, 2011,16(6):73-76.

(责编 李丹)

(上接第 134 页)

证孔的精度。

3 结束语

通过以上实例,不但解决了结构复杂的插耳式门铰链孔的孔径、同轴度以及位置度的技术难点,也节约了成本,从风动工具的选择上节省了近 18 万元人民币。在保证质量的情况下,节省成本,提高效率。根据以上工艺方案,不但成功解决了此类问题的技术难点,也为其他项目相似问题的解决提供经验和借鉴。

参考文献

[1] 常兴,庞学慧,胡满红. 航空工程材料加工技术. 太原: 中北大学出版社, 2000, 10-11.
[2] 冯之敬. 机械制造工程原理. 北京: 清华大学出版社, 1999, 25-26.

(责编 李丹)