

# 亚音速进气管制造工艺

孟 军

(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 亚音速进气管是用于某课题仿真模拟试验设备的关键部件, 设计技术要求高, 制造难度大。主要技术难点为导管的加工、整流栅上整流孔的加工以及设备整体形位公差的保证。通过系统的工艺试验和技术分析, 确定了合理的工艺方法, 解决了设备制造中的技术难点, 使设备满足了设计要求。

**关键词:** 仿真模拟; 试验设备; 亚音速进气管; 制造工艺

**中图分类号:** V434

**文献标识码:** A

**文章编号:** (2008) 01-0036-03

## Manufacturing technic of subsonic intake pipe for simulation test

Meng Jun

(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** Subsonic intake pipe is the key test device for a pre-research project simulation test. Because of the large overall dimension and high process precision, it is difficult to manufacture. The main technical difficults are the process of guide-tube, rectifier holes, and the guarantee of overall shape-position tolerance. After intensive technologic tests and technical analysis, the problems were solved and the reasonable technologic method was defined. The design requirements were fulfilled.

**Key words:** simulation; test device; subsonic intake pipe; manufacturing technic

### 1 引言

在某产品预研中为模拟其工作状况, 按照其

工作原理, 设计了产品仿真模拟试验设备, 亚音速进气管是其关键部件。亚音速进气管技术要求高, 整体尺寸较大, 加工精度要求高, 制造加工难度较大。为此, 进行了技术攻关, 确定了合理

收稿日期: 2007-09-12; 修回日期: 2007-11-10。

作者简介: 孟军 (1962—), 男, 工程师, 研究领域为液体火箭发动机工艺装备研制。

有效的工艺方法,解决了设备研制中的技术难点,使设备满足了设计要求。在较短时间内按期完成了该试验设备的承制任务。

## 2 试验设备的结构特性和技术要求

仿真模拟试验设备由若干部分组成,承制的亚音速进气管是其关键部件,其结构简图见图1。其整体长度为2176mm;设备中除整流栅为高温合金材料GH202外,其余零件材料均为1Cr18Ni9Ti。设备的工作压力为1.2MPa,液压强度试验压力为3.0MPa(设计安全系数较高);设备工作温度为1100K;工作介质为高热空气。

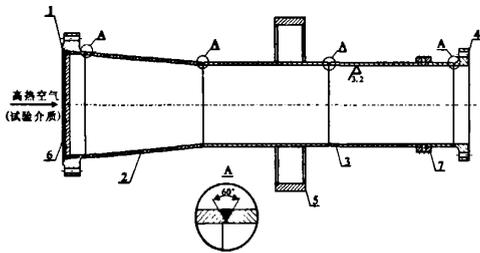


图1 亚音速进气管结构简图

Fig.1 Structural diagram of subsonic intake pipe

1-入口法兰;2-收敛段;3-导管;4-出口法兰;

5-卡环;6-整流栅;7-传感座

在设备技术要求中给出了非常严格的形位公差要求,要求设备出、入口法兰的密封面与设备中心线的垂直度为0.1mm,两端法兰密封槽与设备中心线的同轴度为0.1mm(即设备整体同轴度为0.1mm)。要求设备所有对接焊缝满足QJ1842-95中焊缝等级I级要求,由于设备整体尺寸较大,加工时不仅要保证导管内径的尺寸公差要求,还要保证设备整体严格的形位公差要求以及整流栅上整流孔严格的尺寸公差要求。因此,如何按以上设计保证设备整体的加工质量成为制造的关键所在。

卡环主要是将设备固定于基座支架,在设备整体组对时套在导管外圆上,安装设备时分别与导管和支座组焊。传感座用于安装试验传感器。

## 3 研制技术难点和解决方案

制造的主要技术难点为导管的加工、整流栅上整流孔的加工以及保证设备整体形位公差。

### 3.1 导管的加工

导管用于仿真模拟该产品身部喷管的试验工况,因此其内径尺寸公差要求较严。由于无此规格的成品管,导管需用板材卷焊成型,并且必须进行内径加工才能保证设计要求。设计要求导管长1600mm,内径 $\Phi 300$ ,内表面粗糙度 $Ra=3.2$ 。由于导管较长内径小及加工设备所限,导管内径尺寸很难保证,确定将导管分为两段加工,再组对为整管,每段长800mm。即使如此,保证加工导管内径和表面粗糙度也十分困难。

由于导管外表面卷制后存在圆度和棱角度偏差,不可直接以导管外径为基准加工导管内径,为此提出两种导管加工方案:其一是另制加工工装,即在导管外表面增加一个厚10mm的外环板,根据加工时的具体位置将环板固定在导管外表适当位置,以导管内径为基准车加工环板外表面见光,然后将中心架置于环板位置找正后加工内径,内径加工完后去掉外环板。另一方法是在卧式镗床上将导管固定,用加长镗刀杆找正后镗制内径。实践证明,后一种加工精度更高一些。

因导管是用板材卷焊成型,要设法控制卷制后的圆度和棱角度偏差不大于2mm,内径单边至少要留出4mm的车制加工余量才能加工出内径尺寸,因此导管板材选用厚14mm的不锈钢板卷焊成型。同时选用足够长且刚性好的刀杆。为减少长刀杆的震颤和让刀现象,提高加工的表面粗糙度要求,每次加工的切削量必须控制的非常小,并合理控制进给量。

### 3.2 整流栅的加工

整流栅结构简图见图2。整流栅采用高温合金材料GH202。为达到较好的整流效果,整流栅上在直径为 $\Phi 384$ mm的范围内均布了421个 $\Phi 15$ 的整流孔,各孔之间的孔距尺寸精度要求非常严,且孔间的孔桥尺寸仅为2.4mm,因此整流栅加工的关键在于整流孔的加工。

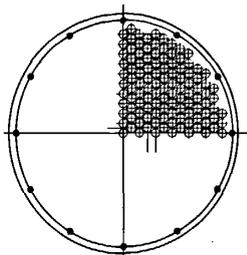


图2 整流栅结构简图

Fig.2 Structural diagram of rectifying screen

由于整流孔之间孔桥很小，加工时整体刚性较差，容易引起孔桥之间的变形和孔桥的整体塌陷变形，且GH202材料材质较硬不易加工，稍有不慎就会将孔桥制穿，因此加工难度大。为此，采取了分两次加工的方法，先将整流孔预制为 $\Phi 13$ 的孔，然后在坐标镗床上找正精镗各孔到最终尺寸，这样既可减少因切削力产生的变形，又保证了制孔精度。同时，制孔时加上20mm厚的工艺垫板可有效避免加工中孔桥整体塌陷变形，在各孔预制过程中避免孔桥之间的变形；另外，专门设计了制孔工装来保证孔距尺寸，结构简图见图3。

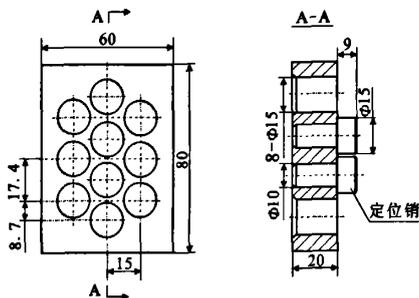


图3 预制孔用钻模结构简图

Fig.3 Structural diagram of drill jig used for prefabrication hole

采用硬质合金刀具进行加工，在整流栅的中心部位先预制2个 $\Phi 13$ 的孔用于钻模定位销定位，然后预制周边8个 $\Phi 13$ 的孔，之后每移动一次可预制周边的6个 $\Phi 13$ 的孔，定位销保证了在其周边预制孔时孔桥之间不会变形。各孔预制后再由坐标镗床精镗，较小的加工余量有效避免加工变形，保证尺寸精度。

### 3.3 试验设备整体形位公差的保证

设备整体的同轴度要求为0.1mm，出、入口法兰密封面与设备中心线的垂直度为0.1mm。为此，设备的出、入口法兰、收敛段以及导管的连接（包括导管分段后的对接）都采用了镶嵌插入式锁底焊对接（见图1中局部图A所示）。这种对接方式比采用直接对焊连接方式更能保证设备整体的同轴度和直线度。组焊各零件时严格控制焊接变形，焊后加工时找正中心后加工出、入口法兰外径、端面以及密封槽结构尺寸。因此出、入口法兰在零件加工时预留了整体车加工余量，整体车加工时以出、入口法兰内径为基准，找正后分别加工出、入口法兰外径、法兰端面、密封槽等结构尺寸，然后在卧式镗床上加工两端法兰上的螺栓孔，即可满足设计要求。

## 4 结论

通过采取各种行之有效的工艺加工方法，试验设备承制中的技术难点得到了有效解决。避免了整流栅加工中的孔桥变形和整流栅中部的塌陷变形问题，确保了试验设备满足设计要求。

### 参考文献：

- [1] 邹增大. 焊接材料工艺及设备手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 张耀宸. 机械加工工艺设计手册[M]. 北京: 航空工业出版社, 1987.
- [3] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] 压力容器用材料及热处理[M]. 兰州石油机械研究所. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [5] 徐源. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [6] 郭镇帮. 机械工业最新基础标准应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [7] 赵如福. 金属机械加工工艺人员手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [8] 陈建宁, 马丽珍. 断流阀加工工艺研究 [J]. 火箭推进, 2005, 31(5): 47-50.

(编辑: 侯 早)