

固体火箭发动机用卡环装配工艺研究

张 鹏 张 文 胡 强 刘 涛
(西安长峰机电研究所, 西安 710065)



摘要: 简要介绍了固体火箭发动机用卡环的结构形式、连接结构及密封结构形式。针对生产中卡环不易装配的问题, 提出了竖直装配卡环的工艺方法, 详细介绍了所用工装的结构设计方案及装配工艺过程。实践表明, 这一工艺方法既节省工时, 又能保证卡环的装配质量。

关键词: 卡环装配; 工装; 工艺

Study on Clasp Assembly Technology of Solid Rocket Motor

Zhang Peng Zhang Wen Hu Qiang Liu Tao
(Xi'an Changfeng Research Institute of Mechanism and Electricity, Xi'an 710065)

Abstract: Clasp structure and joint and sealant forms of solid rocket motor are briefly introduced. Technological method of clasp erect assembly is presented to solve the clasp assembly difficulty, which structure design scheme of the used equipment and assembly technology processing is introduced in details. Tests show that the clasp assembly processing method is of both saving time and ensuring high assembly quality.

Key words: clasp assembly; equipment; technology

1 引言

目前, 固体火箭发动机常采用螺纹结构、法兰结构及卡环结构连接。我所某型号发动机外形尺寸较大, 但对质量指标要求苛刻, 法兰连接结构、螺纹连接结构均不能满足设计指标要求, 故选用卡环连接结构。卡环连接结构系我所首次使用, 其装配过程不同于法兰连接结构、螺纹连接结构。若装配不好, 会造成卡环自身磨损、燃烧室壳体与喷管(封头)连接处损伤, 严重者会使密封圈密封失效, 影响发动机安全可靠。为解决此问题, 需要对卡环的装配工艺进行深入的分析研究。

2 卡环结构形式及连接结构

2.1 卡环的结构形式

卡环有螺旋型面卡环、矩形卡环等结构形式。我

所使用的是螺旋型面卡环, 螺旋型面卡环由上卡环、下卡环组成, 装配时上卡环、下卡环首尾相接, 成组使用, 图 1 所示为卡环组件示意图。

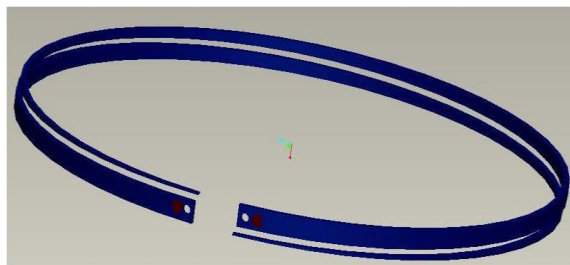


图 1 螺旋型面卡环组件示意图

2.2 卡环的连接结构

卡环的连接结构包括上卡环、补偿块、螺钉、盖板、下卡环。发动机燃烧室壳体与喷管、封头等部件均可采用卡环连接成一体, 图 2 所示为卡环连接结构示意图。

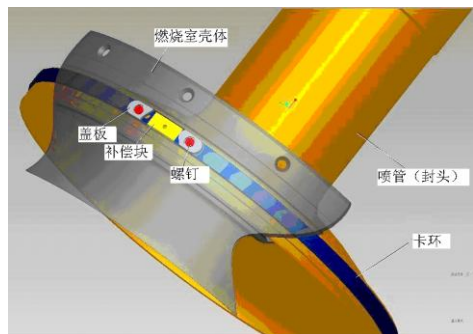


图2 燃烧室壳体与喷管连接结构示意图

3 卡环连接密封结构形式

以卡环连接的燃烧室壳体、喷管（封头），其密封形式一般采用侧面密封或端面密封+侧面密封双密封结构，也可采用两道侧面密封结构形式。密封圈通常使用硅橡胶模压成型。采用卡环结构连接形式，为保证燃烧室壳体、喷管（封头）连接后其轴向定位的可靠性，卡环与卡环槽的配合精度较高。一般选取：卡环组宽度 $t_{-0.05}^0$ ，卡环槽宽度 $t_{+0.10}^{+0.15}$ ，卡环装配后可保证轴向定位连接，卡环与卡环槽依靠螺钉连接可保证其周向定位连接。卡环与卡环槽轴向及周向定位连接，加之端面密封或侧面密封，保证了燃烧室壳体与喷管（封头）的可靠连接。

4 卡环装配工艺方案分析

法兰连接结构的燃烧室壳体与喷管（封头），其密封形式一般为端面密封结构，通常采用水平装配方式。通过装配车将喷管（封头）推入燃烧室壳体安装位置，上紧连接螺钉，压紧端面密封圈，实现密封连接；螺纹连接结构的燃烧室壳体与喷管（封头），连接部位尺寸一般较小，其密封形式一般为侧面密封结构，通常采用水平装配方式。通过装配车或人工手持将喷管（封头）装入燃烧室壳体对接处，上紧对接螺纹，压紧侧面密封圈，实现密封连接；而卡环连接的燃烧室壳体与喷管（封头），其密封采用侧面密封或端面密封+侧面密封双密封结构，采用水平装配方式时，必须将燃烧室壳体固定，压紧喷管（封头），以克服侧面密封或端面密封+侧面密封的双重阻力，将喷管（封头）安装到位，在加压情况下，将卡环装配入卡环槽中，加压时，必须保证水平施力，还必须克服因重力作用而造成的喷管（封头）倾斜，使密封圈受力不均，造成密封圈局部过压情况，带来发动机密封隐患。

封隐患。

经过分析研究，决定采用竖直装配方式，可有效避免水平装配的不利因素，提高卡环装配质量，确保发动机的密封可靠性。

5 装配工装设计

5.1 装配架组成结构分析

装配架主要由架体、定位盘、压紧装置、辅助抱紧装置等部分构成，见图3。

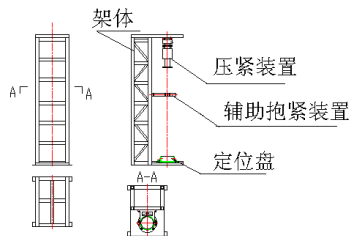


图3 装配架结构示意图

架体作为主要的承载部件，其设计重点在于安全可靠。架体是由方钢管焊接而成的长方体框架结构，中间用方钢管交叉焊接作加强筋，以保证其具有足够的强度和刚度。架体设有底座和顶盖，底座和顶盖采用厚度12~16mm的钢板，与长方体框架焊接成一体，构成一完整架体。

定位盘固定在架体底座上，结构如图4所示，定位盘安装时应考虑与压紧装置的位置关系，保证定位盘定位外圆中心与压紧装置轴心重合，在安装时可与压紧装置安装位置配合。定位盘与架体底座依靠定位销定位，用4~6个内六角圆柱头螺钉紧固。

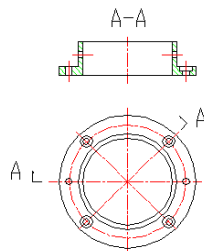


图4 定位盘结构示意图

压紧装置提供所需压紧力，压紧力的大小根据密封圈所需的压缩力计算选取。压紧装置在保证足够的安全系数、可靠性、使用寿命和完成卡环装配所需行程的前提下设计加工。

辅助抱紧装置在工作时提供辅助支撑，避免因燃

烧室壳体过长而在受压状态时变形失稳,造成药柱损伤。辅助抱紧装置由抱环、橡胶垫组成,结构如图5所示,一般固定在架体的中部,安装数量根据实际情况灵活选取。

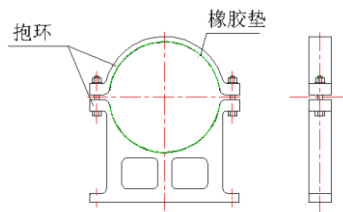


图5 辅助抱紧装置结构示意图

5.2 装配平台组成结构分析

为满足性能要求,现有发动机外形尺寸一般较大。为了配合装配需求,为装配架配套装配平台,装配平台高度根据发动机外形尺寸确定,以便利装配操作为佳。装配平台主要由支架体、脚轮和扶手三大部分组成,结构如图6所示,其特点和功能如下:

支架体的设计以操作人员的数量为依据,以满足使用安全性为前提,由方钢管焊接而成,在支架体上方铺设花纹钢板,防止发生打滑现象。

脚轮作为装配平台的行走部件,选用四个为一组,采用双刹掣万向轮,方便移动过程中的灵活转向,兼顾固定时的安全性。

扶手安装在支架体外侧上方,起安全防护作用。若支架体过高,可设计扶梯,与扶手一并使用,扶梯入口处应设计活动扶手,方便人员上下。

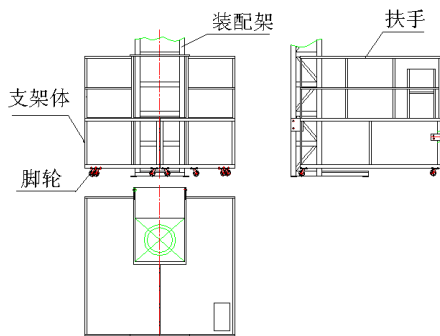


图6 装配平台结构示意图

5.3 装配扳手结构分析

装配扳手的设计主要考虑以下四个方面:

a. 必要的强度。装配扳手承受压力,并将压力均匀分配给喷管(封头);

b. 可靠的定位。装配扳手应具有高效的装配性,满足快速定位要求;

c. 可旋转性。卡环以旋转方式完成转配作业,应考虑其旋转性;

d. 快捷的测量性。为了保证卡环装配的精确性,装配扳手应设有测量空间,满足快速测量要求。

装配扳手主要由本体和把手两部分组成,结构如图7所示。其特点和功能如下:

本体作为主要的施力部件,其设计重点在于安全性及操作便利性。本体材料一般选用30CrMnSiA钢,经调制处理,硬度为HRC32~36。本体外径以燃烧室壳体内孔为设计依据,高度满足压紧装置加压即可,保证加压时喷管(封头)仅扳手槽处受力;型面及非金属内衬不直接接触,避免型面变形、非金属内衬受力产生裂纹或崩块;本体设有扳手凸块,与扳手槽配合,用于卡环的旋转安装。

把手便利本体加力旋转,材料与本体相同,均与本体外侧,一般设置4处,可根据实际情况进行增减。

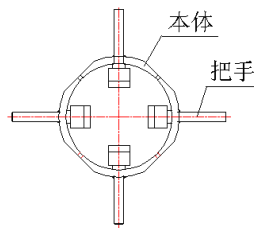


图7 装配扳手结构示意图

6 装配工艺过程

在卡环装配作业中,如何安排作业的工艺过程是非常重要的环节。合理的工序安排,不仅能使作业流程程序化,还可提高工效,消除安全隐患,降低生产成本。具体装配过程如下:

a. 将已装药的燃烧室用天车吊放到装配架定位盘上,用销子将燃烧室与定位盘相连,安装抱环,将燃烧室紧固在装配架上,燃烧室安装地线,卸掉吊具,移走天车;

b. 移动装配平台到合适位置,锁定,并与装配架用螺钉连接成一体;

c. 将端密封圈涂少量滑石粉装入燃烧室的密封槽内,将侧密封圈涂少量滑石粉套入喷管(封头)密封圈安装槽内,在燃烧室与喷管(封头)的对接面处分别涂抹密封腻子,在卡环和卡环槽内涂润滑脂;

d. 将装配扳手清理干净,安装在喷管(封头)扳手槽中,将装好工装的喷管(封头)装到燃烧室后部

开口处，分四点测量燃烧室端面与喷管外端面距离，要求四点测量值相差不大于 0.10mm；

e. 压紧装置加压装配扳手，将喷管（封头）压装到位，即燃烧室卡环槽口与喷管（封头）卡环槽对正，分四点测量燃烧室端面与喷管外端面距离，要求四点测量值相差不大于 0.10mm，确保密封圈压缩量在控制范围内；

f. 将下卡环大端用螺钉紧固于喷管（封头）卡环槽螺纹孔中，顺时针转动装配扳手，将下卡环带入卡环槽中：

g. 将上卡环大端用螺钉紧固于喷管（封头）卡环槽螺纹孔中，逆时针转动装配扳手，将上卡环带入卡环槽中：

h. 装配上卡环时，用力应平稳、水平、对称，临床观察卡环是否有研磨，如有研磨应反时针转出卡环，打磨修挫后再重新装配；

i. 装配卡环时采用进退法进行操作,即先按工步进行旋转装配,每装配约 30~50mm 长,反时针旋转退出约 20~30mm 长,依次完成装配作业:

- j. 清理干净补偿块，装入上、下卡环首尾对接处；
- k. 清理干净盖板，压上盖板，用螺钉紧固；
- l. 压紧装置泄压、复位，去除装配扳手，完成卡环装配工作。

7 结束语

通过实践应用证明,此装配工艺方法合理、可行;装配工装设计简单、实用;采用竖直装配方式进行固体火箭发动机卡环的装配,可大大提高生产效率,降低生产成本,实现很好的经济效益和社会效益。

参考文献

- 1 孟宪源. 现代机构手册. 北京: 机械工业出版社出版, 1994
- 2 吴宗泽. 机械设计实用手册. 北京: 化学工业出版社出版, 1999
- 3 张鹏, 等. 固体火箭发动机用大直径卡环结构及加工方法. 航天制造技术, 2011(3): 15~18
- 4 张耀寰, 等. 机械加工工艺设计使用手册. 北京: 航空工业出版社, 1993
- 5 王光林. 固体火箭发动机设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1994

[illegible]

(上接第8页)

4 结束语

采用以上工艺质量控制措施后,内型腔螺纹加工精度均符合设计技术指标要求,措施有效,所加工产品的内型腔螺纹尺寸实测值见表3。

表 3 螺纹实测值

	大螺纹中径 $G_{+0.35}^{+0.30}$ mm	牙形半角 $H \pm 10'$	螺距累计误差 0.006mm	结论
1#零件	0.320	左-5.8 右-7.5'	0.006	合格
2#零件	0.312	左-4.2 右-8.2'	0.005	
3#零件	0.342	左-6.6 右+3.5'	0.004	
4#零件	0.338	左-9.9 右+3.2'	0.005	
5#零件	0.326	左-8.1 右-5.8'	0.005	

通过实际加工,选用刚性好的主轴和刀具,选择高强度刀尖角小的刀具型槽以及韧性好且抗塑变能力强的刀片,采用大切深、大进给配合低切速,并加强工艺控制,很好地解决了难加工材料高精度螺纹的车加工问题,加工效率显著提升,保证了产品质量,为型号批生产交付提供了技术支撑。

参考文献

- 1 杨卫亮, 李淑娟. 难加工材料的切削加工研究. 机械工程与自动化, 2010(2): 214~216
- 2 贺书乾. 深孔镗削加工振动稳定性及防振技术研究. 中北大学学报(自然科学版), 2008(4): 312~315
- 3 王再尧, 赵永红, 张宁键. 钛合金盒体的数控加工工艺研究. 制造技术与机床, 2011(2): 94~96
- 4 徐华, 张宝磊, 龙卫仁. 小直径铣刀高速铣削淬硬模具钢不同走刀方式下切削力和加工效率的研究. 制造业自动化, 2011(14): 80~82