

航空发动机轴承安装工艺研究

曹艳*, 张伟, 周平

中航工业沈阳发动机设计研究所, 辽宁 沈阳 110015

摘要: 轴承作为航空发动机主动力支撑传输部件, 处于高转速、高载荷的工作环境中, 受安装的稳定性影响很大, 探索研究行之有效的轴承安装工艺, 可以保证航空发动机的安全性、可靠性。本文以工程经验为依据, 并结合理论计算, 阐述了轴承压装和热装的工艺方法; 在轴承安装后, 通过对轴承的轴向定位以及轴承灵活性的检测判断轴承安装正确性的工艺手段; 对于热装轴承, 在轴承冷却过程中采用一种工艺预紧力对轴承施加持续轴向力, 保证轴承安装精度的工艺技术。

关键词: 航空发动机; 轴承; 安装工艺; 压装法; 热装法; 轴向定位; 装配游隙; 轴承预紧

中图分类号: V228.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2014) 04-0046-04

航空发动机早期强调以性能为主, 现在则是可靠性和性能并重。为提高航空发动机的可靠性, 必须要提高关键件的装机质量, 以减少故障的发生。

轴承作为航空发动机的关键件之一, 是在高速、高温和受力复杂的条件下工作运转, 它的质量直接影响发动机的可靠性。大量文献表明轴承是发动机中少数易发故障件, 国、内外军民机用发动机均有因轴承故障而引起的空中停车等严重事故。

轴承故障的发生与轴承加工、材料和安装精度均有密切关系。在相同条件下, 轴承安装精度则是影响轴承可靠性的关键。为此, 探索研究航空发动机轴承的安装工艺对提高轴承安装精度, 保证发动机可靠性具有重要意义。

本文从轴承的安装、预紧和安装正确性检测方面进行探索研究, 以寻求提高轴承安装精度的工艺手段。

1 轴承的安装

轴承安装有压装、热装、冷装、液压套合等组装工艺。航空发动机轴承的安装多数采用热装和压装工艺。

1.1 压装法

对配合紧度小于0.01mm轴承的安装可采用压装法, 借助专用压具或在过盈配合环上垫以棒或套将轴承安装到位, 如图1所示。用压入法安装轴承时, 应遵守的原则是不得损伤轴承, 不得通过滚动体和保持架传递压力或打击力, 压入过程平稳,

且压入件应准确到位。

现有安装工艺基本为采用专用压具结合压力机进行轴承的装配。此种工艺压力均匀, 导向性好, 且压合过程比较自动化。

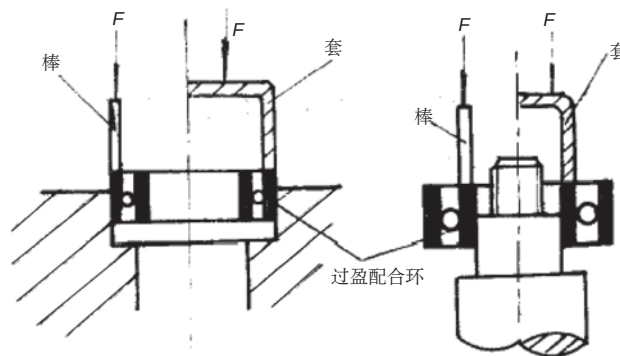


图1 压装轴承

Fig.1 Press-fit bearings

1.2 热装法

对配合紧度大于0.01mm轴承的安装必须采用热装法。热装的目的是使轴承与相配件在间隙状态下进行安装, 且轴承加热温度不可随意选择, 应结合轴承直径、过盈量和热装的最小间隙等确定。加热温度计算公式如下:

$$\Delta \leq \alpha \times d \times t \text{ 或 } t \geq \frac{\Delta}{d \times \alpha} \quad (1)$$

收稿日期: 2014-02-13; 退修日期: 2014-03-25; 录用日期: 2014-03-30

*通讯作者: Tel.: 024-24281687 E-mail: 107650401@qq.com

引用格式: Cao Yan, Zhang Wei, Zhou Ping. Research on bearing installation process for aero-engine[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(04): 46-49. 曹艳, 张伟, 周平. 航空发动机轴承安装工艺研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(04): 46-49.

式中： d 为轴承内或外套圈直径；

α 为线膨胀系数(一般选 11×10^{-6})；

t 为加温温度($^{\circ}\text{C}$)；

Δ 为配合过盈值。

轴承加温温度通常控制在 $t \pm 10^{\circ}\text{C}$ 范围内,且在此加热温度下,持续保温15~20min后再进行轴承的安装。必要时,可以适当根据环境温度选择实际加温温度;但加温温度最高不得超过 180°C ,否则易造成轴承过热变色,严重将引起轴承材料内部机理的变化。

现有安装工艺方法基本采用介质加热法和电阻加热法。介质加热法是使用热滑油槽对轴承进行加热;电阻加热法是使用电阻炉对轴承进行加热。此两种工艺可使轴承热胀均匀,除油干净,且加热温度易于控制。

2 轴承的安装

轴承的预紧是指轴承安装时,采取一定措施,使滚动体和内、外套圈之间产生一定量的预变形,以保持内外圈处于压紧状态,由此产生的轴承内部之力称为预紧力。施加预紧力可增强轴承的刚性,也可避免轴承套圈和滚动体分离,从而减小轴承的变形。此文所论述的轴承预紧力与航空发动机轴承结构设计预紧力有所不同,特指在轴承装配过程中的一种工艺预紧力。

对于热装轴承,由于受加热温度的影响,轴承的安装有一个热胀冷缩的阶段,为防止冷却过程中轴承套圈和滚动体以及配合轴孔发生分离等情况,设计在冷却过程中对轴承施加持续轴向预紧操作。

一般情况下,采用徒手安装发动机轴承压紧螺母进行预紧,此种工艺虽可以满足轴承的预紧,但螺母易因热导效应发生螺纹胶合,从而损伤螺纹,影响发动机机件寿命,并且预紧力大小无法确定。

新工艺方法是借助专用装置对轴承实施冷却过程中的预紧,如图2所示,采用双推力球轴承结构的专用装置实现轴承持续加载预紧,并且通过标准力矩扳手精确控制轴向预紧力大小,能够实现轴承的正确装配,确保发动机轴承的安装精度。

3 轴承安装检测

对于轴承,应保证轴承安装的正确性,包括对轴承轴向定位尺寸和轴承装配游隙的检查。

3.1 轴承的轴向定位

轴承在工作时必须保证有确定的位置,以保证不发生轴向窜动;同时为了补偿轴承的热伸长,又应允许在适当的范围

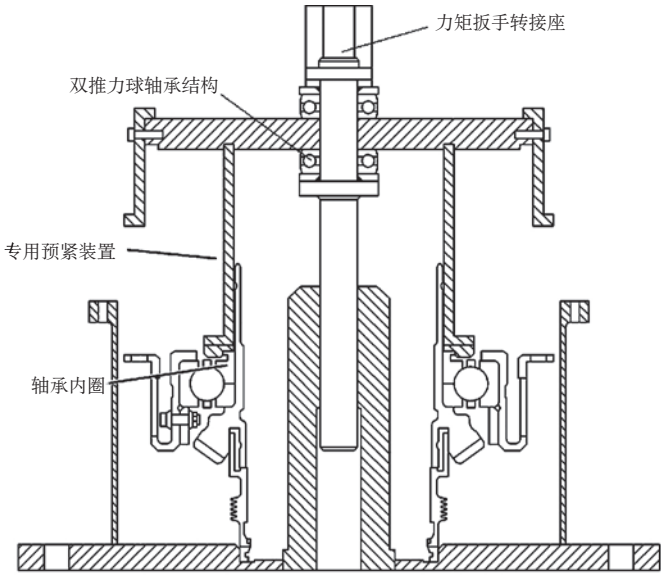


图2 轴承预紧新工艺

Fig.2 New method for bearing pre-load process

内可有微小的自由伸缩。

对于轴承的轴向定位检测,分析国、内外工艺水平,主要采用如下两种检测手段:

(1) 通过预先测量相配件的轴向尺寸,比较通过尺寸链计算得出的轴承安装尺寸值和实测值之间的差值,一般要求该差值不大于 0.025mm 。如图3所示,轴承的轴向定位尺寸检查方法为:首先测量与轴承相配机件的轴向尺寸 E 、 F 、 G ,由尺寸链封闭原则可知 $H_{\text{计算}}=E-F-G$;待轴承安装后,实测轴承轴向距离 $H_{\text{实际}}$;比较 $H_{\text{计算}}$ 与 $H_{\text{实际}}$ 数值大小,要求二者相差不大于 0.025mm 。若差值大于 0.025mm ,则拆卸并重新安装轴承。

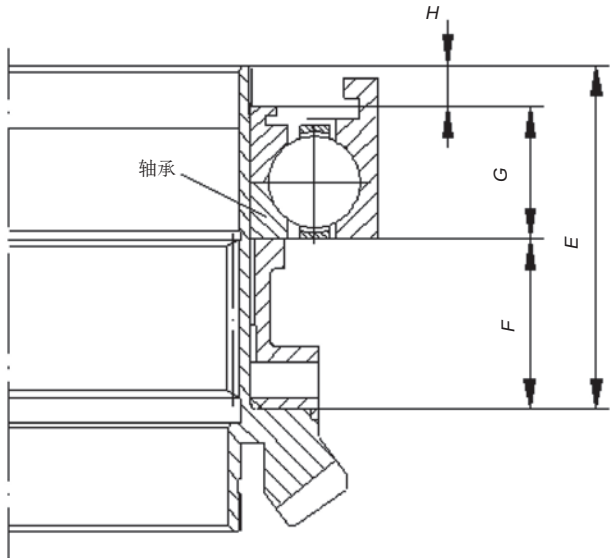


图3 轴承轴向定位检测(尺寸链计算法)

Fig.3 Bearing axial positioning detection

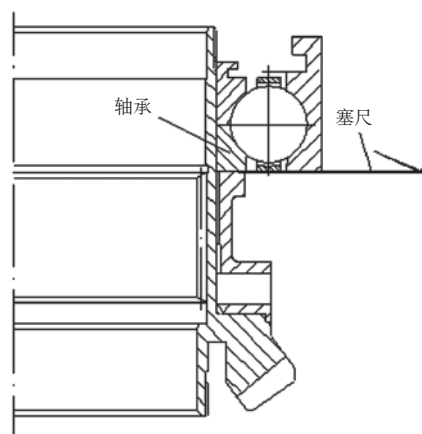


图4 轴承轴向定位检测(塞尺检测法)

Fig.4 Bearing axial positioning detection

(2) 待轴承安装后,直接用塞尺检查轴承与轴肩结合部位的间隙,要求0.03mm厚度的塞尺不应通过。检查时,塞尺不得塞入轴承内、外环宽度的三分之一。如图4所示,采用塞尺对轴承的轴向定位尺寸进行检测。CFM56发动机多用此种工艺检测轴承的轴向定位情况。

3.2 轴承的灵活性

轴承装配后,保证轴承应能灵活且平稳的转动,无卡滞现象和异常杂音。若轴承存在异常,将会引起严重事故。如太行发动机曾发生多起中央从动锥齿轮轴承损坏故障,分析故障原因,其中装配带来的附加载荷为故障底事件之一。

3.2.1 定性检查

轴承装配后,徒手或借助辅助夹具旋转轴承组件或发动机转子,应能灵活、平稳的转动,噪声应均匀等。

3.2.2 定量检查

轴承灵活性的定量检查可通过检测轴承的游隙进行判定,检查其是否满足设计要求。

所谓轴承游隙是指轴承内、外滚道间所能移动的最大距离。作径向移动的称为径向游隙,作轴向移动的称为轴向游隙。轴承的游隙又有原始游隙、安装游隙和工作游隙之分。此文论述的主要是球轴承的轴向安装游隙。

一般,对于球轴承的轴向安装游隙的检测,是通过专用夹具施加一定的载荷将轴承组件从一个极限轴向移动到另一个极限,检测其所运动的轴向距离即可。如图5、图6所示,采用辅助夹具(图5中的助吊器、固定夹具等,图6中的调整螺钉、托架和心轴等)对轴承组件施加轴向载荷,使轴承组件进行轴向极限距离移动,同时通过放置在轴承组件端面的百分表测量轴承的轴向移动距离,此值便是轴承的轴向安装游隙。

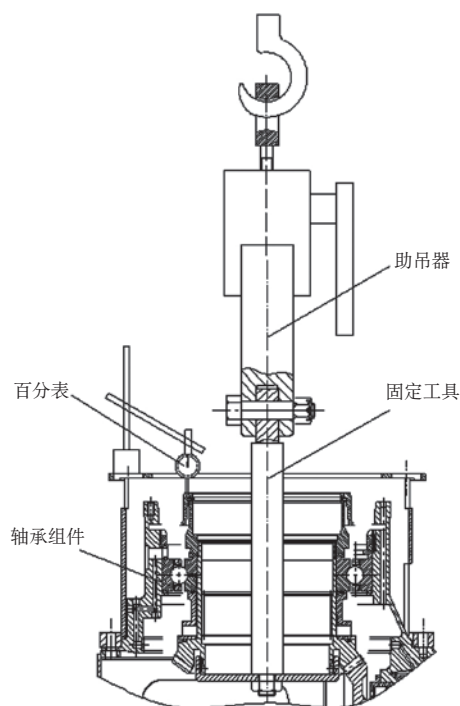


图5 轴承的轴向安装游隙检查

Fig.5 Axial bearing installation clearance check

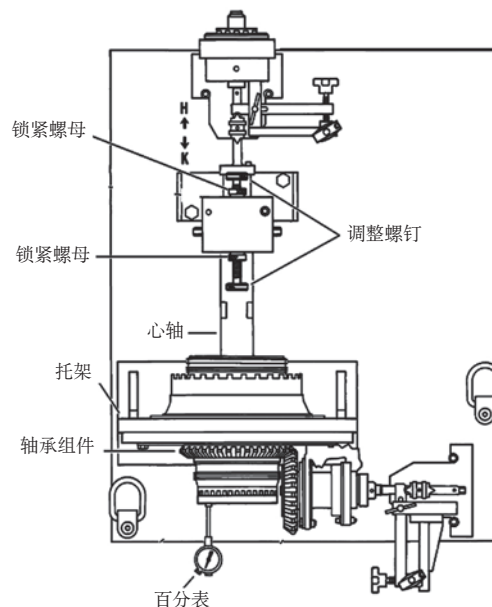


图6 轴承的轴向安装游隙检查

Fig.6 Axial bearing installation clearance check

4 总结

综上所述,现代航空发动机基本采用压装、热装法安装轴承;并且在轴承安装后,通过对轴承的轴向定位以及轴承灵活性的检测以判断轴承安装的正确性。而对于热装轴承,论文提供了一种在冷却过程中对轴承施加持续轴向力的预紧工艺方法。

对于航空发动机而言,基于相同质量的零件,尚且不一定

能够组装、调试出同样精度的产品;同时为了避免因随意操作导致故障的发生,探索研究安装工艺是必走之路。而轴承作为航空发动机动力传输系统的主支撑部件,寻求行之有效的安装工艺对提高轴承的安装精度,确保发动机的可靠性和性能是非常必要的。

AST

参考文献

- [1] 陆朝. 轴承的预紧浅探[J]. 石河子科技, 2009(1):29-30.
LU Chao. Probe bearing preload [J]. Shihezi Science & Technology, 2009 (1) :29-30. (in Chinese)
- [2] 张秀艳, 张秀梅, 周俊杰. 浅谈滚动轴承的装配[J]. 科技资讯, 2009, (24):91.
ZHANG Xiuyan, ZHANG Xiumei, ZHOU Junjie. Study of the rolling bearing assembly [J]. Science & Technology Information, 2009 (24): 91. (in Chinese)
- [3] 史研研, 杨宇, 孔祥峰. 滚动轴承拧紧力矩研究[J]. 航空科学技术, 2011(4): 52-54.
SHI Yanan, YANG Yu, KONG Xiangfeng. Study of tightening torques on rolling bearing [J]. Aeronautical Science & Technology, 2011 (4): 52-54. (in Chinese)
- [4] 王文斌. 机械设计手册(第3卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

- WANG Wenbin. Machine Design Handbook (Volume 3) [M]. Beijing: China Machine Press, 2009. (in Chinese)
- [5] 刘泽九. 滚动轴承应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007:611-656.
LIU Zejiu. Rolling Bearing Application Manual [M]. Beijing: China Machine Press, 2007:611-656. (in Chinese)
- [6] 苗明, 蔡盛保, 张东海. 深沟球轴承自动装配条件下的结构工艺性 [J]. 现代制造工程, 2005(4):88-89.
MIAO Ming, CAI Shenbao, ZHANG Donghai. The manufacturability for structure of deep groove ball bearings under the condition of automated assembling [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2005 (4) :88-89. (in Chinese)
- [7] 徐秉铨. 航空制造工程手册(发动机装配与试车)[M]. 北京: 航空工业出版社, 1996:126-133.
XU Bingquan. Aeronautical Manufacturing Engineering Handbook (engine assembly & test) [M]. Beijing: Industry Press, 1996:126-133. (in Chinese)

作者简介

曹艳(1980—)女, 学士, 工程师。主要研究方向: 航空发动机装配技术设计。

Tel: 024-24281687 E-mail: 107650401@qq.com

Research on Bearing Installation Process for Aero-engine

CAO Yan*, ZHANG Wei, ZHOU Ping

AVIC Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China

Abstract: Bearing as the active transmission support of aviation engines always works in high speed and high loads. The quality of bearing is directly affected by the stability of installation. Exploring the installation process of bearing ensures the safety and reliability of aero-engine. Based on engineering experience, this paper studied the installation process. Combining with theoretical calculations, it elaborated the installation process of press-fit and heat-fit bearing. Through measuring axis-distance and testing agility of bearing, the correctness of bearing fitting was estimated. It put forward the pre-loaded bearing installation technology in cooling process during heat-fit bearing. The bearing installation process could improve the precision of bearing's installation.

Key Words: aero-engine; bearing; installation process; press-fit method; hot charging method; axial positioning; installation clearance; bearing pre-load

Received: 2014-02-13; Revised: 2014-03-25; Accepted: 2014-03-30

* Corresponding author. Tel.: 024-24281687 E-mail: 107650401@qq.com