

# 探析航空发动机低压涡轮转子平衡工艺论证

李伟杰

(河北省邯郸市永年区海翔机械厂 河北 邯郸 057150)

**[摘要]**随着社会的发展,我国的机械工程建设也有了相应的进步。转子平衡是指通过低速平衡机对转子的不平衡量进行测量及修正。平衡过程中通常在转子修正面上增加或减小质量,使转子的重心与其几何中心及其中心主惯性轴尽量和旋转轴线靠近,以减小转子工作时的不平衡力、力偶,控制其在临界转速附近的径向振动量在允许范围内,从而降低转子系统及整机的振动应力。航空发动机旋转部件的平衡,是发动机装配过程中的重要环节之一,转子平衡的质量会直接影响到发动机试车的振动表现,进而影响发动机可靠性。

**[关键词]**航空发动机; 低压涡轮转子平衡; 工艺论证

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.04.1013

## 引言

航空发动机为飞机提供动力,是一种高度复杂的热力机械,其工作可靠性直接关系到飞行安全,体现了国家的科技、工业和国防实力。低压涡轮转子是航空发动机中的四大核心转子之一,经过3000h使用后各零件存在不同程度的磨损、变形,需要进行大修。低压涡轮转子典型故障有蜂窝组件中蜂窝环磨损超差、封严环配合止口尺寸磨损超差、密封跑道腐蚀等,笔者分析低压涡轮转子典型故障产生的机理和原因,提出故障排除措施,进而提高低压涡轮转子的工作可靠性。

## 1 概述

航空发动机转子装配工艺中,转子动平衡技术是较为关键的技术,转子动平衡状态会影响发动机的工作状态,甚至影响航空发动机工作时的振动状态,所以航空发动机装配工艺过程中的平衡工艺是控制发动机振动故障的关键工艺技术。航空发动机转子结构较为复杂且多种多样,平衡工艺过程的实现除依靠相应规格的平衡设备外,需要完整可靠的平衡工艺方法和适用的平衡工艺装备。所以在实现转子平衡过程中,其设计结构决定平衡工艺方法,平衡工艺方法决定平衡过程的工装和设备,而工艺方法合理、平衡工装设备的可靠是决定平衡结果的关键因素。一般的转子重心位于平衡支撑之间,平衡时采用常规的鞍型架或滚轮进行支撑,采用常规的驱动方式即可实现转子平衡,同时采用合理的工艺轴承或者工艺轴套同样可使平衡工艺工程更为可靠准确。

## 2 低压涡轮转子装配质量评估及问题原因分析

### 2.1 低压涡轮转子装配质量评估

目前,低压涡轮转子装配在木制底座上进行,逐层装配二级涡轮盘、涡轮轴、一级涡轮盘与封严环组件,最后通过“工”字型扳手拧紧连接螺栓、螺母。但是,低压涡轮转子装配后,在进行组件不平衡量检查时,常出现低压涡轮转子形位公差超差的情况,装配质量无法保证,需要分解低压涡轮转子重新装配,直至装配合格,费时费力;并且,低压涡轮转子装配质量评估及问题原因分析。

### 2.2 低压涡轮转子装配质量评估

目前,低压涡轮转子装配在木制底座上进行,逐层装配二级涡轮盘、涡轮轴、一级涡轮盘与封严环组件,最后通过“工”字型扳手拧紧连接螺栓、螺母。但是,低压涡轮转子装配后,在进行组件不平衡量检查时,常出现低压涡轮转子形位公差超差的情况,装配质量无法保证,需要分解低压涡轮转子重新装配,直至装配合格,费时费力。

## 3 航空发动机低压涡轮转子平衡工艺

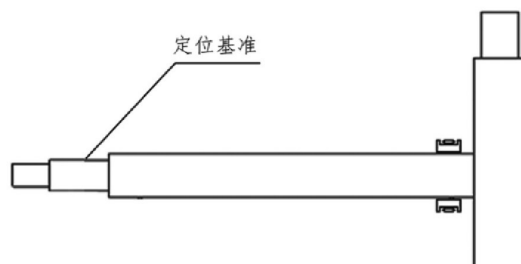
### 3.1 不带轴承平衡工艺方案

不带支点轴承平衡工艺方案,即平衡时转子通过前、后平衡轴套支撑在平衡机滚轮上,此时转子平衡组件不具备带静子的条件,所以又称该平衡方案为转子单独平衡。由于低压涡轮转子组件的轴端与风扇转子有轴向传动的套齿,前平衡工艺轴套利用套齿结构连接平衡机传动装置进行传扭。转子单独平

衡方案的突出优点是在平衡过程中仅需要用到前、后平衡转接轴,转子平衡前工装准备时间短,操作简单。需要重点说明的是,由于转子重心十分靠近后支撑位置,转子不平衡量测量对后支点工艺轴套的形位公差比较敏感,需要严格控制轴套内外基准面的同轴度要求。即转子组件就会产生约为600gmm的附加不平衡量,所以在设计及加工条件允许的情况下,应尽可能提高轴套类工装的形位公差要求,如工装与机件配合面及滚轮支撑面之间的同轴度要求;另外轴套与机件间应采用过盈配合,以保证定位精度。平衡操作过程中,对参与转动的平衡工装进行180°转位,可以实现进一步降低工装对不平衡量测量的影响。该平衡方案与转子工作状态存在一定差异,方案实施过程中需要在转子平衡前后分别对低压涡轮转子叶片、导向器及支点轴承进行分解及装配。

### 3.2 密封跑道腐蚀故障

密封跑道是低压涡轮转子的组成部分,密封跑道表面一部分为镀铬层,为石墨密封环提供支撑座,表面其余部分为镀镍层,防止基体腐蚀。航空发动机大修时,镀镍层表层腐蚀是密封跑道产生的主要故障,故障率约为20%。可见,密封跑道腐蚀密封跑道的基体采用40CrNiMo材质制造而成,受材质自身特性影响,密封跑道较容易腐蚀,于是采用镀镍层防止基体腐蚀。在航空发动机工作过程中,有较多油气通过密封跑道,特别是在海洋环境中工作的航空发动机,密封跑道更容易发生镀镍表层腐蚀故障。采用对表层腐蚀的密封跑道修理镀镍层的方法,排除密封跑道腐蚀故障,具体故障排除步骤为,首先对表层腐蚀的密封跑道通过化学方法去除镀镍层,腐蚀点较深处通过手工搓磨的方法对腐蚀点进行修理,直至排除腐蚀痕迹;然后进行表面吹砂处理,再重新镀镍。



## 结语

综上所述,在对平衡工艺方案进行设计过程中,应根据实际情况进行选择,若需要将低压涡轮静子分下,则可以采用转子单独平衡的方式,操作简单;若不需要分解,选择带静子平衡方式即提高效率同时也能够达到平衡效果。

## 参考文献

- [1] 孟祥海, 单福平. 航空发动机转子件装配质量预测[J]. 制造业自动化, 2016, 38(5): 61-65.
- [2] 曹茂国. 多级盘结构转子的工艺装配优化设计方法[J]. 航空发动机, 1994(3): 48-52.