

大推力氢氧发动机翻转工艺研究

段京燕 王志东 刘 亮 陈春红 艾立宏 王锦林

(首都航天机械公司, 北京 100076)



摘要: 通过对大推力氢氧发动机翻转过程进行分析,介绍了传统翻转方案存在的问题。对比几种不同的工艺改进方案,从中选择出最佳方案,有效地解决了大推力氢氧发动机的翻转技术难题,成功应用于生产中。

关键词: 大推力; 氢氧发动机; 翻转

Technological Research on Turnover of High Thrust LOX/LH Engine

Duan Jingyan Wang Zhidong Liu Liang Chen Chunhong Ai Lihong Wang Jinlin

(Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076)

Abstract: This paper analyzed the turnover process of high thrust LOX/LH engine and introduced the problems of traditional scheme. It contrasted several different process programs, and selected the best program, which effectively resolved the problem of turnover on high thrust LOX/LH engine, and has been successfully applied in manufacture.

Key words: high thrust; LOX/LH engine; turnover

1 引言

大推力氢氧发动机是大运载火箭的芯级发动机,是我国目前推力最大的氢氧发动机。与以往型号发动机相比,发动机的推力大幅度提高,结构尺寸和重量也有较大增加,由此带来了发动机装配、检测、转运等方面的变化。特别是在发动机转运环节,采用传统的转运模式存在着较大的产品和人身安全隐患,为此,分析研究了发动机的转运(翻转、吊装)过程,对几种改进方案进行了对比,中选出了最佳方案,并在生产中进行了实施,取得了良好的效果。

2 产品特点及要求

氢氧发动机的装配是在装配型架上垂直状态下进行的,装配完成后,需转运至试车台进行热试车,对产品的性能考核合格后,才能用于后续试验或参加飞行箭的配套。由于发动机的装配状态为垂直状态,

而运输采用的是水平状态运输,因此转运过程中,需将发动机由垂直状态翻转至水平状态,并安装在运输箱内。发动机翻转的一般要求是:

- 翻转过程要求平稳,在垂直起吊状态下不能倾斜侧翻;
- 垂直到水平状态的翻转力矩应尽量小,便于操作;
- 翻转至水平状态后,发动机应保持相对稳定,实现与运输箱内对接环的对接;
- 无产品和人身安全隐患。

3 传统翻转方案及存在的问题

传统的发动机翻转方案为:在机架上安装翻转吊具,起吊较小距离后,轻微摆动发动机,检查旋转轴的位置是否合适,旋转轴的位置需满足:

- 旋转轴应位于发动机质心之上,这样可以确保产品垂直起吊后不会自动倾斜侧翻;

作者简介:段京燕(1960-),工程师,机械制造工艺专业;研究方向:发动机总装工艺。

收稿日期:2011-01-27

b. 旋转轴与发动机质心的距离较小，产生的翻转力矩较小，便于手工操作。

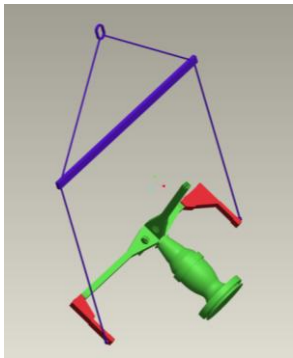


图1 传统发动机翻转模式示意图

翻转过程如图1所示，通过调整吊绳末端的吊点在吊具上的位置，来调整旋转轴的位置，满足上述要求。调整合适后，由操作者手工翻转发动机至水平状

态。在操作者手工扶持条件下，将发动机运至包装箱位置，与运输箱内对接环对接。

在产品状态稳定时，旋转轴的位置也相对固定，因此可以不必每次使用时都对旋转轴位置进行调整。

现役发动机的重量较轻，而且发动机结构基本对称，发动机的质心与几何中心偏离较少，翻转所需的力矩较小，可以实现上述要求。这种传统的翻转模式已在生产实践中应用多年，翻转过程仅需2~3人就可以轻松实现。

大推力发动机与现役发动机相比，结构尺寸和重量均较大，如表1所示。同时，由于产品结构不对称，质心与几何中心偏离较多，翻转吊具的旋转轴位置很难调整。这些因素导致发动机翻转所需力矩很大，翻转时需8~10人抬、拉相结合协同进行，产品和人员技安风险极大。

表1 两种发动机规格对比

	外廓尺寸/mm	单机重量/kg
现役发动机	$\phi 1500 \times 1700$	≈ 300
大推力发动机	$\phi 2700 \times 2100$	> 1200

4 翻转方案的改进

针对上述两个造成翻转难度较大的因素（结构尺寸和重量大、质心偏离）进行改进，由于发动机的结构尺寸和重量是由设计结构决定的，不易改变，所以对第二个因素（质心偏离）进行改进，对质心偏离问题的改进主要是对翻转模式进行了改进。我们对三种改进方案进行了比较，找出了最佳的改进方案。

4.1 改进方案一

采用质心测量装置测量出发动机的质心，精确调整和确定翻转吊具的旋转轴位置。

本方案通过缩短旋转轴与发动机质心的距离，减小旋转力臂，来减小翻转力矩，降低发动机翻转的难度。但是需配备质心测量装置，目前还没有成熟的质心测量设备可选，硬件条件不具备。而且，大推力发动机质心的偏离，在垂直和水平方向上均存在，目前的翻转吊具仅能在垂直方向上调整，在水平方向上无法调整。因此，此方案目前无硬件条件，不能完全解决问题。

4.2 改进方案二

采用配备双悬挂小车（吊钩）的吊车，一个用于

发动机的起吊，一个用于发动机的翻转。

本方案中发动机的起吊和翻转由两个吊钩实现，可以较好地实现降低劳动强度、减小技安隐患的目标。但是需配备双悬挂小车的吊车，现有的装配厂房尚无此条件。而且这种模式也需要两名吊车操作者协同起吊，虽然杜绝了人身安全问题，但还存在由于协调不好造成产品损伤的隐患。

4.3 改进方案三

通过对翻转吊具进行改进，新的翻转工装模式为：翻转吊具加发动机旋转支架。在翻转时，由翻转吊具的三个起吊点形成一个范围相对较大的三角形，发动机的质心只要在三角形内即可实现平稳翻转，比较容易实现；发动机是在旋转支架上翻转，翻转过程由吊车完成。翻转过程如下：在机架180°对称位置安装转轴；垂直起吊发动机并吊运至旋转支架上；卸下吊具更换为翻转吊具；起吊产品，实现发动机自动翻转成水平状态。

翻转吊具的使用如下图2、3所示，图2为开始起吊状态，此时只有第三个吊点受力，将发动机由垂直起吊转为水平状态后，三个吊点同时受力，如图3。

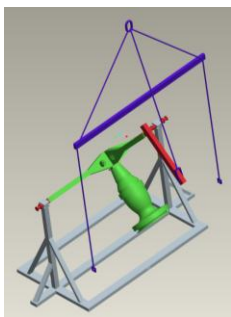


图 2 改进后的发动机翻转模式

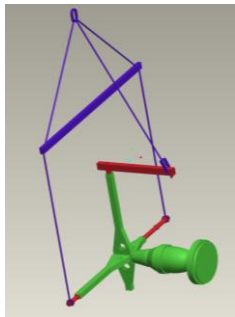


图 3 改进后的发动机翻转模式

改进的翻转吊具工作原理为：吊具有三个起吊点，分别安装在发动机架上，前两个吊点借用两个180°对称转轴，第三个吊点安装在与对称转轴垂直的机架工字梁上。起吊时，第三个吊点钢丝绳短先受力，吊起发动机沿对称转轴转至水平状态。先通过试吊来调整钢丝绳长度，保证吊至水平状态时三个吊点都受力，此时，水平吊起发动机吊离旋转支架，完成发动机由垂直至水平的翻转。

改进后的翻转吊具相比于原吊具的优点如下:

[illegible]

(上接第 54 页)

6.2 细长轴为竹节状

产生原因：由于切削热的作用，工件在尾座顶尖过紧的情况下变形较大。

应对措施：调整尾座顶尖的松紧程度。

6.3 细长轴柱面带锥度

产生原因：跟刀架支撑爪材料不合适、磨损过快以及刀具角度不合理。

应对措施：更换跟刀架支撑爪材料，选用使刀具较锋利的刀具角度。

6.4 细长轴柱面有波纹状花纹

产生原因：刀具角度不合理，刀刃过钝。

应对措施：选用使刀具较锋利的刀具角度，必要时应更换刀片的材质。

a. 发动机固定状态下翻转：在通过第三个吊点旋转发动机时，发动机通过两个旋转轴固定在旋转支架上，发动机自重由旋转支架承担，翻转过程安全可靠。

b. 三点起吊：第三个吊点通过 L 型转接件，使发动机转至水平状态吊起时，形成三点构成三角形且包络区域较大，发动机的质心落在三角形内，吊运时稳定性较好。

c. 自动翻转：翻转过程中，操作人员仅需安装、更换吊具，劳动强度低，操作安全可靠。

方案一和方案二都有较大的硬件条件要求,在现有条件下无法实施,而且也不能彻底解决问题;方案三通过改进翻转吊具,实现了自动翻转。经多台大推力发动机应用,效果良好。翻转过程由原来的 8~10 人减少为 3~4 人,劳动强度大大降低。

5 结束语

随着型号研制的进展,产品性能指标也相应提高,传统的工艺已突显出对新型号需求的不适应,必须经过工艺改进来满足型号需求。通过对大推力发动机翻转工装和工艺进行改进,首次在氢氧发动机上实现了自动翻转。这种翻转吊具的改进方案,有效地降低了劳动强度,提高了生产效率,杜绝了技安隐患。同时,也可以适用于其它型号发动机的翻转,特别是对未来更大推力、更大规格发动机的翻转提供了可借鉴的模式。

6.5 细长轴在加工过程中弯曲

产生原因：车削过程中工件发热严重，造成热变形大。

应对措施：每次粗加工后都采用专用工装对细长轴进行适当的校形，并在加工过程中采用冷却效果好的切削液。

7 结束语

在细长轴加工中,通过采用硬质合金刀具实现高速车削加工,并对跟刀架、切削液、走刀方式等多方面进行改进,较以往采用高速钢刀具加工效率提高了4~5倍,产品质量完全符合图纸、工艺要求。

