

# Research on failure Analysis and Flight Test Technology of helicopter tail Propeller

Chunming Yang

## Abstract

Based on the types of helicopter tail oar failure, this paper expounds the response characteristics of helicopter under different types of failure conditions, probes into the measures to ensure the safe flight of helicopter, and puts forward an effective verification. The oar can restore the leveling flight test method when the helicopter tail oar fails.

## Keywords

Helicopter; failure; tail oar failure; flight test

## 直升机尾桨失效分析及试飞技术研究

杨春明

哈尔滨飞机工业集团有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150066

**[摘要]** 从直升机尾桨失效的种类出发, 阐述了在不同类型失效状态下直升机的响应特征, 并对确保直升机安全飞行的措施进行了探讨, 提出了一种通过有效验证, 桨能够让直升机尾桨失效时恢复配平的试飞方法。

**[关键词]** 直升机; 故障; 尾桨失效; 试飞

**[DOI]** 10.18686/gcjsfz.v1i3.512

单旋翼直升机依靠尾桨来实现航向控制、扭矩平衡。但直升机尾桨并不在飞行员的视线内, 尾桨的操纵系长度较大, 传动系长度较大, 在飞行的过程中, 尾桨撞击、操纵系卡滞、传统系中断等问题存在发生的可能性。直升机尾桨失效可分为机械性失效、气动失效两种, 而相对来说, 机械性失效对直升机安全飞行的影响更为严重, 下文就着重对机械性失效进行分析、论述。

### 一、单旋翼直升机尾桨机械性失效的种类以及特征

下文以单旋翼(左旋), 具有低速翼垂尾, 具有推力式尾桨, 具有起落架的直升机为例, 对单旋翼直升机尾桨机械性失效的种类以及特征进行论述。在大气条件稳定的情况下, 影响直升机航向力矩的因素比较多, 如飞行时速、高度、发动机功率、侧滑角、尾桨推力等等, 这些参数通过定量组合, 会直接影响直升机的操作灵活度以及航向平衡度。从这个角度分析, 飞行时速、高度、发动机功率、侧滑角、尾桨推力等, 就是应对直升机尾桨推力失控最为主要的调整参数, 基于直升机尾桨机械性故障状态、故障成因, 可将单旋翼直升机常见的尾桨机械性失效总结为以下几种类型:

①传动系中断。在传动系中断的状态下, 单旋翼直升机的尾桨会因失去驱动力停转, 不能够有效的产生侧向推力。在其他部位操作处于固持状态下, 单旋翼直升机头在旋翼扭

矩的作用下, 会逐渐加速偏转(左向), 而这个时候旋翼周边相对的气流速度却在不断降低, 旋翼所产生的升力因此降低, 单旋翼直升机的高度在这种情况下会逐步损失, 并且在水平安定面风标作用下, 直升机还会出现较为明显的“低头”现象。另外, 若是单旋翼直升机传动系中断, 并处于低速度、大功率的状态, 直升机还会出现明显的“横滚现象”<sup>[1]</sup>。②脚踏卡滞。脚踏卡滞故障一般由尾桨操作机构卡滞或者由尾桨助力器故障所导致。在脚踏卡滞状态下, 尾桨的拉力不能有效改变, 根据其具体卡滞位置, 故障现象可分为以下几种: 第一, 右脚踏卡滞在中立位置处, 这个时候尾桨的尾桨距对应于爬升、低速飞行等大功率飞行配平状态, 若是此时旋翼的需用功率减小, 单旋翼直升机的重心就会逐步向右向偏转, 而此时旋翼轴的相对流速就会逐步升高, 有可能回出现横滚、抬头等现象; 第二, 脚踏卡滞在中立位置, 这个时候功率的变化会直接导致尾桨偏航力发生偏差, 旋翼传递到机身的扭矩也会出现波动, 具体体现为“减小功率→机身向右偏转、增大功率→机身向左偏转”; 第三, 左脚踏卡滞在中立位置处, 这个时候, 尾桨距对应经济速度、下滑等小功率飞行配平状态, 如果此时功率逐步增大, 机身的重心就会向左偏移, 并伴随有低头等现象。③尾桨撞击。因尾桨撞击导致尾桨的推力逐步消失或者瞬间消失, 因碰撞会产生瞬时应力, 所以尾桨还伴随有高频率的震动, 直升机出现和传动系

中断类似的故障现象,如左向加速偏转等,若尾部受损严重,致使尾部重量损失,直升机的中心还会逐步前移,从而导致横滚、低头等问题更加严重<sup>[2]</sup>。④尾桨操作机构终端。此时脚踏失效,无法有效控制尾桨距,飞行员也无法有效的通过分析脚踏位置来判断尾桨距,而功率的变化、速度的变化、侧滑角的变化,都会导致机身出现不同方向的偏移。

单旋翼直升机尾桨机械性失效,传统系中断往往伴随有瞬时性、突发性的侧力变化,并存在极为强烈的耦合效应,如低头、横滚等,这对飞行员的心理素质、技术水平是一个极为严峻的挑战,若是飞行员在此时不能合理处理,将会出现极为严重的飞行事故。所以,单旋翼直升机尾桨机械性失效是一种较为严重、危险的故障。

## 二、单旋翼直升机尾桨机械性失效试飞设计思路

从上述内容可看出,几乎所有单旋翼尾桨机械性失效,都由尾桨推力过大、尾桨推力不足两种基本情况所影响。其中尾桨受损、尾桨传动系中断,从尾桨距、航向力的角度分析,可将具体故障分为脚踏卡滞以及最大位置偏移。笔者在查阅文献的过程中了解到,60%的尾桨机械性失效都由操纵系卡滞所导致。所以,在尾桨操纵系卡滞状态下进行试飞,是判断尾桨机械性失效成因、特征,判断解决方案的重要方向<sup>[3]</sup>。

在试飞过程中,可在不同的固定尾桨距状态下,模拟不同操纵系卡滞状态所导致的故障。通过判断直升机在不同飞行速度、侧滑角时的配平,分析、证实直升机恢复稳定的方法以及安全着陆的方法,并在此基础上给出相应的操作建议。为获取所需要的初始尾桨距数据,可通过判断不同配平直线飞行以及不同速度的脚踏位置,通过合理的调整飞行速度来获取初始脚踏位置,然后再将脚踏固定,模拟在卡滞状态下的尾桨机械性失控情况。在固定范围内进行速度的增减,并检查在固定尾桨距的状态下,测试直升机稳定航向的返场飞行能力,针对这种情况给出相关操纵建议。

## 三、单旋翼直升机尾桨失效试飞

### (一) 返场能力试飞

在单旋翼直升机中等承载状态下,通过悬停大速度状态的平飞测验,获取速度配平和脚踏位置之间的关系,并结合单旋翼直升机的特点,将 85-125km/h 和 155km/h-205km/h 作为返场飞行试验段,这两个区间涵盖了单旋翼直升机的经济速度、有力速度以及滑跑着陆速度。

在试验过程中,初始速度配平后将脚踏位置固定,利用横向操纵改变侧滑角,改变目标速度下的航向,并重新检查

在不同尾桨距状态下,不同卡滞位置状态下,直升机配平能力。试验结果表明,在速度 165km/h-205km/h 区间,若在初始状态下,尾桨距卡滞,为重新稳定航向,可调整左侧滑角,参考数值为“”,增速应该采用右侧滑,侧滑角参考数值为“”。在试验中,机身配平的过程中,直升机的实际航向均有明显改变,且改变时间均在 23s 内。

随后的试验证明,如果在 165km/h-205km/h 区间,在加速、减速并重新建立配平的过程中,干预其功率,能够在短时间内重新稳定航向,比如在减速的过程中爬升(左侧滑)、在提速的过程中下降(右侧滑)。

### (二) 着陆能力试飞

在额定负载情况下,直升机水平速度越小其着陆下降率也就越小,而旋翼需用的功率越大,需要使用的尾桨推力也会逐步提高。因此,不可采用最小的尾桨推力进行着陆,在试验的过程中,模拟脚踏卡滞在中立位置,然后对着陆能力进行试验、检查。

在尾桨机械性失效的试验中,为保证直升机的稳定航向,综合考虑飞行速度以及旋翼需求功率选择侧滑方向。通过稳定的飞行方向以及精确的控制,在直升机接地瞬间,以最安全的接地速度、下降率完成着陆。首先,直升机以表速 130km/h 状态飞行,并固定脚踏位置,然后逐步降低速度,直至表速降低至 80km/h,然后逐步降低下降率,调整侧滑角,从而获得飞行速度、侧滑角、下降率之间的关系。试验表明,直升机在中等载荷状态下,在尾桨距出现卡滞时,直升机可通过右侧滑来实现稳定的动力下调,在接地前需提高滑跑速度(100km/h),达到消除侧滑的目的。

### 结束语:

综上所述,单旋翼直升机的尾桨距被影响后,主要通过调整速度、功率、侧滑角来实现重新构建航向平衡,飞行员需熟悉直升机在不同状态下的故障特征,根据实际情况采取合理的处理方法,才能有效解决各种突发情况,提高航行安全性。

### 参考文献:

- [1]宋日晓,王泽峰.直升机尾桨气动分析与试飞验证[J].航空科学技术,2017(5).
- [2]严旭飞,陈仁良.直升机尾桨完全失效后自转着陆轨迹优化[J].北京航空航天大学学报,2018(6):1203-1212.
- [3]黄雪妮,刘海涛,万振源.直升机机载分布式大气数据系统试飞技术研究[J].科学技术创新,2018(14):65-66.

## 稿件信息:

收稿日期:2019年5月22日;录用日期:2019年6月8日;发布日期:2019年6月20日

文章引文:杨春明.直升机尾桨失效分析及试飞技术研究[J].工程技术与发展.2019,1(3).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i3>.

### 知网检索的两种方式

3. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择:[ISSN],输入期刊 例如:ISSN:2661-3506/2661-3492,即可查询

4. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入,输入文章标题,即可查询 投稿请点击:

<http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: [xueshu@usp-pl.com](mailto:xueshu@usp-pl.com)