

舰载固定翼飞机着舰安全性影响因素分析

谭玉婷*, 郭润兆, 王斌

中航工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 通过对舰载固定翼飞机着舰过程、着舰模式及着舰关键要素进行分析, 总结了其着舰安全性影响因素, 并给出提高着舰安全性的措施, 为国内相关技术的发展提供参考。

关键词: 舰载固定翼机; 着舰过程; 着舰模式; 安全性; 影响因素

中图分类号: V271.4+92 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2016) 03-0001-04

舰载固定翼飞机通常装备在航空母舰上, 主要用于攻击空中、地面、水面和水下目标, 完成预警、侦察、巡逻、护航和反潜等任务, 是航母战斗群攻防作战的核心, 也是海洋战场上夺取和保持制空权、制海权的重要力量。然而, 航母是一个海上浮动平台, 本身进行着多自由度的运动(包括纵摇、垂荡、横摇等); 同时, 舰面设施较多, 甲板布列紧凑, 操作空间有限; 此外, 海上气象条件复杂, 能见度变化快。因此, 舰载机的着舰回收难度很大, 危险性极高, 能否安全可靠的实现着舰回收就成为评价舰载机性能的一项重要指标。

1 舰载机着舰过程

舰载机通常采用以航母为基准的履带形航线着舰飞行, 典型航母甲板布局状况如图1所示。根据离航母的距离, 着舰过程可分为4个阶段: 引导、待机、进场与着舰, 如图2所示^[1]。

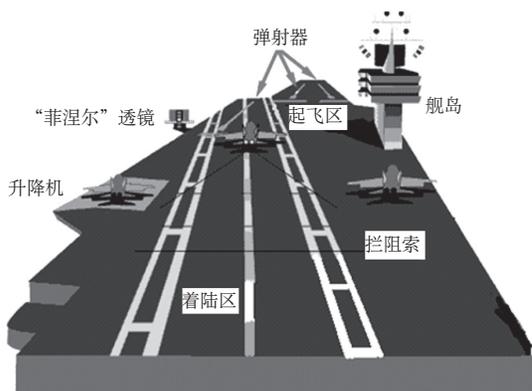


图1 典型航母甲板布局状况
Fig.1 Typical carrier deck

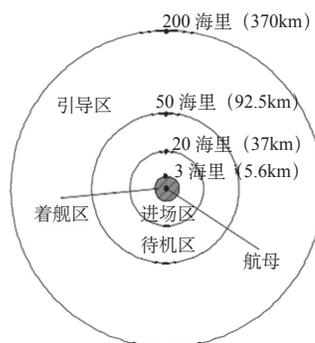


图2 舰载飞机返航进场着舰过程空域划分
Fig.2 Division of airspace during carrier landing process

(1) 引导

舰载机从作战空域返航时, 首先由预警机进行引导。例如, 美国舰载机着舰一般由E-2预警机进行引导, 飞机从预警机得到的信息主要是离航母的位置和周边空中交通状况。通过这些情报, 舰载机可确认自己的准确位置, 并利用导航计算机安全地接近航母, 进入待机区。

(2) 待机

航空飞行管制中心设有针对37~92.5km空域内舰载机的等待操纵台, 飞机通过航空飞行管制中心可获得离航母的距离、方位、高度、航母的航向和航母周围飞行的其他舰载机的位置以及着舰方式、拦阻方式和着舰开始的位置等信息。据此, 舰载机建立等待航线, 等待进场信息。

(3) 进场和着舰

舰载机进入5.6~37km的进场空域后, 由航空飞行管制中心内的舰载机进场操纵台负责提供着舰信息, 控制飞机进

收稿日期: 2015-12-07; 退修日期: 2015-12-28; 录用日期: 2016-01-18

*通讯作者. Tel.: 029-86832282 E-mail: tyt198492@126.com

引用格式: TAN Yuting, GUO Runzhao, WANG Bin. Analysis on the safety influence factors of carrier-based fixed wing aircraft during carrier landing process [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27(03): 01-04. 谭玉婷, 郭润兆, 王斌. 舰载固定翼飞机着舰安全性影响因素分析 [J]. 航空科学技术, 2016, 27(03): 01-04.

场着舰。正常的着舰过程一般为:舰载机离开等待航线下降高度进入着舰航线,按进场队形依此沿航母航向水平通过航母上方,过航母时放下襟翼和尾钩,前飞至着舰航线规定距离后进行一转弯,然后放起落架,二转弯后直线平飞,通过航母正侧方时检查飞机着舰重量、飞行速度,并开始侧方计时。三转弯开始保持稳定的下降率,四转弯后切入下滑道,飞行员控制飞机按照着舰指挥官(LSO)的指挥以及菲涅尔光学引导设备的引导,沿规定的下滑线无平飘进场着舰。飞机起落架触舰后,飞行员瞬时将发动机油门推至起飞功率,如果飞机未挂住拦阻索,将进行再次复飞,进入复飞航线,准备下一次着舰;如果飞机拦阻钩挂住拦阻索,则拦阻装置吸收舰载机的动能,舰载机被拦阻住,飞行员收油门,继续操作飞机滑行至停机位。

2 舰载机进场着舰模式

舰载机安全着舰必须选择正确可靠的进场着舰模式。舰载机进场着舰模式^[2]主要有:目视进场与菲涅尔透镜光学着舰(模式I)、仪表着舰系统进场与目视着舰(模式II)、仪表着舰系统进场及全天候着舰引导系统着舰(模式III)等。模式I和模式II被称为人工着舰模式。模式III又称全天候自动着舰模式,是美军舰载机常用的着舰模式。这3种着舰模式的选择主要根据天气状况,航母控制区域内云层高度及能见度来确定,其对天气状况的要求依次降低。此外,当飞机出现故障、燃料不足等意外情况下采用紧急着舰模式(模式IV)。

3 舰载机安全着舰关键要素

在舰载机着舰过程中解决好下滑角(进场起始高度)、对中和速度/迎角3个进舰要素是安全着舰的关键。

(1) 下滑角

舰载机着舰在等角下滑飞行中,对进场起始高度的控制极为重要,由于整个下滑段的时间极为有限,过高、过低进场都会使飞行员在纠正不利下滑轨迹时措手不及。过高会造成飞机的尾钩钩不上拦阻索,只能逃逸复飞;过低则可能使拦阻钩甚至飞机本身撞到甲板的尾端上。

(2) 对中

在控制飞行姿态、速度和下滑角时,还要保持航向对准斜角甲板中线,即对中。因为航母时刻在向前运动,所以着舰点也是动的,这点与陆上机场降落不同。当着舰偏心太大时,可能会超出舰面阻拦装置以及飞机拦阻钩的承受能力,且飞机可能会撞上停靠在着舰跑道两侧的其他舰载机。

(3) 速度/迎角

过小的速度影响飞行安全,而速度过大可能会使着舰载荷超出限制。同时,保持迎角,即保持飞机的钩眼距,可以保证飞机沿下滑角下滑,拦阻钩最终触舰时会处在理想着舰点附近,保证着舰的成功率。

4 着舰安全性影响因素

据美国海军统计,舰载机在航母上的着舰事故率为陆上的1.5倍。海上恶劣的气象环境、航母甲板的多自由度运动、着舰控制系统精度、拦阻系统稳定性,以及舰载机的逃逸复飞能力等,都会对着舰安全性产生重要影响。其中航母甲板运动及着舰控制系统精度直接制约舰载机安全着舰的三要素(下滑角、对中、速度/迎角),是决定舰载机着舰成败的关键。

4.1 环境因素

(1) 大气运动

几乎所有舰载机都采用逆风起飞和着舰,即借助有利的甲板风,在降低地速的同时维持安全飞行所需的空速,从而减小飞机着舰时的啮合速度。

大气运动通常被分为相对于时间的恒流(称为定常风),以及随机风(例如紊流和阵风)。一般情况下,定常风越大,紊流和阵风就会越大。紊流和阵风是着舰过程中最不利的影响因素之一,主要影响舰载机的飞行航迹。在较大的紊流下着舰不仅会增加着舰时刻舰载机位置的限制范围,还会增加舰载机迎角超过允许范围的几率,因而需要舰载机有更高的迎角安全范围。

(2) 舰尾流

舰尾流场主要是由于甲板外形、舰面建筑物对气流的干扰而形成的,具有低速特性。此外,航母随机运动和大气紊流及海浪的影响使得舰尾流具有很大的随机性,流场结构非常复杂。舰尾流中的下洗气流、涡流区也对着舰过程飞机中的操稳性能影响很大,如果不能达到舰尾流抑制效果,会显著影响着舰成功率。

(3) 甲板运动

甲板运动是舰载机安全着舰回收的最大障碍之一。舰载机成功着舰,就必须在预定的理想着舰点与航母的拦阻装置啮合。而航母的运动是造成舰载机着舰偏差的重要因素。舰船的沉浮运动以1:1比例改变飞机与跑道的高度,却可能以14:1比例改变触舰点(视具体舰船而定);同样舰船的俯仰运动也会导致跑道和触舰点位置的移动,并且对触舰点位置的影响更大;升沉和俯仰运动同样会引起很大的甲板垂直速度,大大降低了下沉速度的裕度;甲板运动越大,舰尾流干扰

就越大。因此,在进舰的最后阶段,需要采取有效措施准确预测甲板运动,并对其进行补偿,确保飞机在理想着舰点安全着舰。

4.2 飞机的因素

(1) 逃逸/复飞能力

复飞是舰载飞机在未接触甲板的情况下,不能着舰而放弃着舰的飞行。舰载机在着舰过程中,由于受到各种干扰影响及出现不可预估的故障,经常会偏离理想下滑轨迹,复飞的现象经常发生,目前舰载机每着舰20次,就有一次需要进行复飞,即复飞概率为1/20,能否及时准确地执行复飞,对保证飞机安全至关重要。复飞时,为了尽快拉起飞机,需要尽可能大的剩余推力,飞行员收到复飞信号后应立即将油门推至最大位置,这需要发动机具有良好的加速性能。

舰载飞机在接触甲板瞬间由于拦阻钩反跳高于拦阻索或在拦阻区外等原因,使得拦阻钩没有钩住拦阻索,这时飞机只能在着舰区加速滑跑,拉起起飞,这一过程称为逃逸。逃逸性能直接关系到舰载飞机着舰脱钩时的安全性。逃逸性能主要包括从着舰速度开始加速到离舰速度的距离,以及该距离与航母跑道长度的适配性。逃逸时,飞机要在航母甲板上加速滑跑并拉起复飞,这需要飞机具有良好的短距起降性能,尤其是发动机加速性和飞机的纵向操纵特性。

(2) 机体结构强度

航母长度和宽度有限,当今世界上最大吨位的航母,美国海军尼米兹级航母总长度约330m,宽约77m,供着舰的斜角甲板长度只有240m,供舰载机拦阻滑跑的距离只有100m。而现代喷气式战斗机着陆滑跑距离大多超过500m(美国F/A-18飞机着陆滑跑距离为600~800m)。因此,现代舰载机要在航母狭小的甲板上安全拦阻着舰,尾钩将承受非常大的载荷。舰载机着舰下沉速度比陆基飞机大得多(如F/A-18飞机着舰设计下沉速度为7.3m/s),并且采用无平飘的撞击着舰方式,舰载机起落架所受法向载荷可能比起落架静载荷大6倍以上,在恶劣条件下,舰载机还可能单起落架撞击着舰,容易造成载荷达到极限,破坏起落架。因此,在舰载机着舰拦阻过程中,尾钩、起落架和机身强度和载荷大小直接影响着舰载机能否安全着舰。

4.3 着舰引导系统的控制精度及抗干扰能力

根据美国海军着舰引导规范^[3],舰载机着舰点的纵向高度误差应小于0.3m,对应的纵向水平误差小于12.2 m,侧向着舰偏差绝对值应小于10m。着舰的下滑段,以 $3.5^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 的下滑角作等速直线下滑时,飞机下滑轨迹较小的偏离就可能引起较大的着舰误差,造成着舰失败甚至撞毁等着舰事

故。因此,为确保着舰安全性,必须提高着舰引导系统的控制精度。

当天气状况恶劣,不适宜采用人工着舰模式时,舰载机需采用模式Ⅲ,依靠自动着舰引导系统进行着舰引导。然而,一旦处于射频和GPS信号拥挤或中断区域内或者受到电磁干扰,自动着舰引导系统无法正常工作,舰载机将丧失自动着舰能力。着舰引导系统应具备一定的抗电磁干扰能力,恶劣条件下可低截获概率隐身运行,以适应不断变化的环境。

4.4 人的因素

舰载机进场着舰过程的前段(开始进入下滑道到着舰前3s),LSO负责观察并辅助飞行员修正飞机航迹;在进舰过程后段(最后3s),判断飞机是否能够正常着舰或者复飞,向飞行员发出补偿甲板运动或复飞的指令。因此,舰载机进场着舰过程需要飞行员和LSO密切配合,LSO发出正确的指令,飞行员准确执行。飞行员总飞行时数以及日夜着舰次数的差异、飞行员的熟练程度的不同、监控飞机最后进场的LSO的经验的不同等都会对舰载机安全着舰产生影响。

5 结束语

要确保舰载机的作战使用,保障出动频率和出动架次,发挥航母战斗群的作战效能,必须采取有效措施解决影响舰载机着舰安全性的各种因素,确保舰载机安全着舰三要素。利用航母的历史观测数据及舰首一定距离测定的波的信息进行数值建模,预报航母的运动;从设计阶段入手,改善舰载机性能和控制系统,减小紊流对着舰影响;飞行员根据经验预判舰尾流出现的位置与强度,进行补偿,对舰尾流进行抑制;发展精度较高的全自动着舰系统,以取代人工着舰,削弱人的因素对着舰影响等措施都可以提高舰载机的着舰安全性。

AST

参考文献

- [1] 杨一栋,江驹. 着舰安全与复飞技术[M]. 北京:国防工业出版社,2013.
YANG Yidong, JIANG Ju. Safty and waveoff technologies in carrier landing[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2013. (in Chinese)
- [2] 杨一栋,余俊雅. 舰载飞机着舰引导与控制[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
YANG Yidong, YU Junya. Carrier landing guidance and control[M].

Beijing: National Defense Industry Press, 2007. (in Chinese)

- [3] Automatic carrier landing system airborne subsystem , general requirements for, naval air system command[S]. NAVAIR AR-10A, Washington, 1975.

作者简介

谭玉婷(1984—) 女,硕士,工程师。主要研究方向:飞机设计。

Tel: 029-86832282 E-mail: tyt198492@126.com

Analysis on the Safety Influence Factors of Carrier-based Fixed Wing Aircraft During Carrier Landing Process

TAN Yuting*, GUO Runzhao, WANG Bin

AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: Through analysis of carrier landing process, mode and key elements of carrier landing for carrier-based fixed wing aircraft, the safety influence factors during carrier landing process were analyzed. Some measures for improving carrier landing safety were proposed for a reference.

Key Words: carrier-based fixed wing aircraft; carrier landing process; mode of carrier landing; safety; influence factors

Received: 2015-12-07; **Revised:** 2015-12-28; **Accepted:** 2016-01-18

*Corresponding author. Tel. : 029-86832282 E-mail: tyt198492@126.com