

空战模拟中飞行品质的引入

董彦非, 张恒喜

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:指出了空战模拟中一个重要但是经常被忽略的因素——飞行品质。在对现代空战分析的基础上首次阐述了飞行品质对空战模拟的影响。讨论了将飞行品质引入空战模拟的量化方法:引入飞行品质的影响系数 F 和将飞行品质作为辅助机动动作判据;并给出了引入影响系数 F 的具体步骤。

关键词:空战模拟;飞行品质;效能评估;空战

中图分类号:V212.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)01-0023-03

空战模拟在世界各国军事科学研究领域发展很快,成为全面、客观地评估飞行作战效能的有力工具。在国内外的空战模拟研究中,大家普遍关心飞机^[1~3]和雷达^[4~6]的性能以及武器系统的射击效率^[7~8]等,而空战中飞机的飞行品质却往往被忽视。这样就无法真实地反映作战飞机在空中的动态反应及其对空战模拟结果的影响,导致模拟结果的可信度降低。

1 飞行品质对空战的影响

飞机的飞行品质,是指那些对驾驶员驾驶飞机,安全、顺利而精确地完成预定任务有密切关系的飞机行为特性。

从上面的定义中我们不难看出飞行品质对飞行任务的完成有着重要的影响。飞行品质更确切地说,是指那些对飞行安全、对驾驶员关于飞机是否容易飞的意见和评价、对飞机能否满足使用要求的能力有实质性影响的飞机稳定性、操纵性及其它特性。

飞机的稳定性是驾驶员对于飞机是否好飞的评价,也就是对飞行品质有着重要的影响。飞机的稳定性主要取决于飞机的静稳定性和阻尼的大小。

飞机的操纵性,是指飞机以预定的飞行状态变化响应驾驶员操纵动作的特性。飞机的稳定性不好,飞起来很困难,但是飞机的操纵性过差是不能飞行的。

在实际空战中,驾驶员往往需要对飞机进行精确控制,此时飞机的动态反应和操纵特性等对于驾驶员能否完成飞行任务影响很大。此外,空战中驾驶员的操纵有时会使飞行状态接近飞机的各种限制,操纵动作有时较其它飞行阶段粗猛,飞机的飞行品质往往变得很差,此时在空战模拟中忽略飞行品质的影响可能会导致结果失真。例如在空战的攻击过程中,使用导弹攻击需要一定的截获和瞄准目标的时间,如果在这个过程中飞机的动态反应变坏,机体出现明显大幅度抖动或者操纵反应迟钝的情况下,将会延长截获和瞄准目标的时间,甚至贻误战机。利用航炮攻击则会降低杀伤概率。

通过以上分析可以看出,为了提高空战模拟的客观性和真实性以及模拟结果的可信程度,有必要在空战模拟中引入飞行品质的影响。飞行品质的引入不仅能够模拟中顾及飞机的稳定性和操纵性对模拟结果的影响,还可以间接地考虑驾驶员的承受能力。这样就可以使得空战模拟结果更加合理、真实可信。

2 空战模拟引入飞行品质的方法

收稿日期:2000-08-28

作者简介:董彦非(1970-),男,河南开封人,博士生,主要从事装备管理系统工程研究。

国外^[13~14]近些年在飞行品质方面的研究成果。

2.1 飞行品质规范的有关规定

文献[9]将飞行阶段分为三种,战斗阶段(A种)、航行阶段(B种)和起落阶段(C种)。A种是要求急剧的机动动作,精确跟踪或精确控制飞行轨迹的飞行阶段。主要包括是空战(CO)、对地攻击(GA)、武器投掷或发射(WD)、侦察(RC)、空中受油(RR)、地形跟踪(TF)、反潜搜索(AS)和密集编队(FF)等。空战中,对结果影响最大的是A种飞行阶段,B种和C种飞行阶段对空战结果影响可以忽略,在空战模拟中可以只考虑A种飞行阶段飞行品质对模拟结果的影响。

文献[9]将飞行品质定为三个标准:标准1要求飞行品质能确保顺利完成各项预定的飞行任务;标准2要求飞行品质适合于完成各项飞行任务,但驾驶员的工作负担有所增加,或完成任务的效果有所降低,或两者兼有;标准3要求飞行品质能满足安全地操纵飞机,但驾驶员的工作负担过重,或完成任务的效果不好,或两者兼有。A种飞行阶段能安全地结束,而B种和C种飞行阶段能够完成。

我国采用的驾驶员评定等级是柯珀—哈珀等级,柯珀—哈珀数字等级共十级,与文献[9]规定的飞行品质标准有一定的折算关系。

2.2 空战模拟中飞行品质的引入

现代空战可以分为近距离空战和远距离空战两种形式。

近距离空战开始的距离为2~4 km,在目视条件下进行。近距离空战使用近距离格斗导弹和航炮。由于敌对双方距离很小,从而决定了近距离格斗时间的短促性和进行强化机动的必要性。该机动分为以下几段:

- 1)为满足导弹或航炮射击条件而做的初步机动;
- 2)发射导弹或航炮攻击敌机;
- 3)规避机动和退出战斗。

根据模拟经验,近距离空战效能主要取决于飞机的机动性能,还与导弹的性能有关。近距离格斗能够反映战斗机独特的机动性、临界迎角和过载状态下的操纵性和稳定性,即与飞机的飞行品质有很大的关系,此时飞行品质对于空战结果的影响很大,是不容忽视的。

远距离空战一般从40~100 km开始。战斗机在远距离空战时不象近距离格斗那样猛烈机动,作战能力主要取决于雷达和导弹的效能。在远距离空战中飞行品质的影响一般在规避机动时表现较明显。

在实际空战中,随着高度、速度、操纵以及空战环境等因素的变化,飞行品质的各项指标值也在不断变化。飞行品质对空战的影响表现为系统完成任务目标的概率减少或者无法完成(这里的任务可能是指某一机动动作或部分任务,不一定是全部任务),在飞行品质恶劣时甚至危及飞机和驾驶员的安全。

2.2.1 引入飞行品质影响系数 F

在飞行品质对空战的影响表现为“使得系统完成任务目标的概率减少或者无法完成”的情况下,可以引入一个量化指标 F ($F \leq 1$)。 F 称为影响系数,表示飞行品质的优劣对系统完成任务目标概率的影响。对于影响系数 F 的取值,可以根据文献[9]规定的飞行品质标准或者柯珀—哈珀驾驶员评定等级对飞行品质指标进行评估,从而决定 F 的值。引入影响系数 F 的具体步骤如下:

- 1)在模拟中首先根据机动判据选定下一时刻的机动动作;
- 2)计算与该机动动作相应的飞行品质指标;
- 3)评估飞行品质指标,确定影响系数 F 的值;
- 4)将影响系数 F 代入杀伤率、生存概率等的计算中。

其中第2)步有一定难度。因为飞行品质指标很多,具体选择哪个指标要根据具体的机动动作以及各指标对完成动作的影响程度决定。例如在纵向模态品质中包含短周期模态和长周期模态;这两个模态又各自有不同的品质指标。此时飞行品质的指标就应该选取短周期模态的阻尼比和频率。这是因为短周期模态振荡周期短、变化快,驾驶员往往来不及反应,对飞机安全和射击的准确性影响很大。

在空战模拟中,一般都建有机动动作库^[4~5]。模拟中根据机动动作判据从机动动作库中选定下一时刻的机动动作。因此可以考虑根据机动动作库中的每一个典型机动动作选定相应的飞行品质指标,建立机动动作库的附属飞行品质指标库。这样第2)步的工作量就可以减轻许多。

对于影响系数 F 值的具体选取,应根据不同的飞机、不同的任务和机动状态决定 F 值。有条件的还可以由我国采用的柯珀—哈珀驾驶员评定等级予以细化。同时还需要不断根据积累训练和空战的统计数据对 F 值进行修正,以期得到更合理和接近实际的模拟结果。

2.2.2 作为辅助机动动作判据

在飞行品质恶劣的情况下对空战的影响已经不只是“使得系统完成任务目标的概率减少或者无法完成”,结果可能危及飞机和驾驶员的安全。也就是说,这一机动动作是不能执行,必须禁止的。因此,可以考虑此时可以将飞行品质的影响作为机动判据的一个辅助动作判据。在飞行品质恶劣(如仅能满足飞行品质规范标准 3 以下的要求时),取消该动作的执行,返回寻求其它机动动作。

此外,还可以通过采用六自由度飞机模型引入稳定性和操纵性的影响。

3 结束语

空战过程是一个极为复杂的过程,要使空战模拟结果与实战情况相吻合,需要考虑许多影响因素。本文提出的在空战模拟中引入飞行品质的思想具有一定的实际意义,在模拟过程中是不应该忽略的。飞行品质的引入不但考虑了飞行的动态响应特性和操纵性,还间接地考虑了驾驶员的承受能力。

本文在空战模拟中引入飞行品质的问题上作了概念性的探讨。在空战模拟中引入飞行品质比较繁杂,在具体引入方法上还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 朱宝鏊,朱荣昌,熊笑飞. 作战飞机效能分析[M]. 北京:航空工业出版社,1993.
- [2] 于 昕,龚 诚,王丕宏,等. 大机动格斗及近距空战的若干问题[J]. 火力与指挥控制,2000,25(2):28-32.
- [3] James M S. Dynamic derivative data for high angle of attack simulation[R]. AIAA-92-4355-CP.
- [4] 王宏伦. 多机空战仿真系统研究[D]. 西安:西北工业大学,1995.
- [5] 王 纲. 自动空战模拟系统研究[D]. 西安:空军工程大学工程学院,1996.
- [6] 杨新军. 空战仿真数学模型的建立及其分析研究[J]. 航空系统工程,1994,(3):41-44.
- [7] Cline R B, Vincent T L. Air-combat analysis using projections of the playable set[R]. 88-4159-CP.
- [8] 汤淑春. 武器系统群作战仿真模型研究[D]. 北京:北京航空航天大学,1997.
- [9] 李成忠,肖亚伦. 军用规范——有人驾驶飞机飞行品质(MIL-F-8785C)的背景材料和使用指南[M]. 西安:飞行力学杂志社,1985
- [10] 董庚寿,韦克家. 飞机飞行品质规范的新进展[J]. 飞行力学,2000,18(2):10-14.
- [11] 董彦非. 某型飞机模态飞行品质计算与分析[D]. 西安:空军工程大学工程学院,1999.
- [12] 刘 昶. 敏捷性、过失速机动、飞行品质和推力矢量控制新进展[J]. 南京航空航天大学学报,1998,30(1):72-80.
- [13] MIL-STD-1797A, Military standard-flying qualities of piloted airplanes[S].
- [14] Kerkeler G, Wilson D, Riley D. High angle of attack flying qualities criteria[R]. AIAA 90-0219, 1-11.

Introduce flying quality to air combat simulation

DONG Yan-fei, ZHANG Heng-xi

(The Engineering Institute, AFEU., Xi'an 710038, China)

Abstract: In this paper, the flying quality was introduced to air combat simulation for the first time, and the effect of flying quality of air combat was expounded based on the analysis of modern air combat process. Finally, the two methods to introduce flying quality to air combat are given: introduce flying quality influencing coefficient and treat flying quality as a assistant maneuver criterion.

Key words: air combat simulation; flying quality; effectiveness evaluation; air combat