

基于飞行品质要求的最小重量 适航验证技术研究

Research of Minimum Weight Airworthiness Certification Technology Based on Flight Quality Requirments

邹灿东 王育平 / Zou Candong Wang Yuping

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

民用飞机需要在各种包线中运行,比如高度速度包线、温度包线、重量重心包线、过载包线等,目的是保证飞机合理、经济地安全运营。主要对重量包线中的最小重量进行分析研究,从对飞行品质的影响方面来研究最小重量的适航符合性。给出了最小重量分析取证的流程和思路,以及最小重量的适航验证方案。

关键词:最小重量;飞行品质;符合性

中图分类号:V217

文献标识码:A

[Abstract] The civil aircraft must fly safely and economically in the different envelope, such as altitude and speed envelope, temperature envelope, weight and center of gravity envelope. This paper gives some analysis and study of minimum weight for aircraft, and provides some procedures and ideas for compliance of minimum weight affected flight qualities.

[Key words] Minimum Weight; Flight Quality; Compliance

0 引言

民用飞机需要在各种包线中运行,比如高度速度包线、温度包线、重量重心包线、过载包线等,目的是保证飞机合理、经济地安全运营。本文主要对重量包线中的最小重量进行分析研究,从对飞行品质的影响方面来研究最小重量的适航符合性。

1 适航规章对最小重量的要求

民航适航规章 25 部第 25.25(b) 要求:必须制定最小重量(表明符合本部每项适用的要求的最轻重量),使之不低于:

申请人针对该特定条件选定的最轻的重量;

设计最小重量(表明符合本部每项结构载荷情况的最轻重量);

表明符合每项适用的飞行要求的最轻的重量。

但是该适航条款要求的最小重量受以上三个条

件限制,无法在真实的试飞中配重,因此需要通过模拟器试验以及分析来表明最小重量的符合性。

2 最小重量对飞行品质影响的研究

小重量情况下,飞机的惯量等均比较小,飞机的操纵性稳定性相对比较临界。因此,从飞行品质的角度对最小重量的研究主要考虑的内容包括:地面航向操纵性;单发正常和失效情况下起飞时的抗侧风能力;最小速度时的机动能力;进场能力;侧风着陆能力;在大迎角时的纵向操纵;动力改变时的横航向能力;速度恢复和过推机动能力。

以上内容均需要适航验证,验证工具可以使用工程模拟器,但是模拟器必须基于飞行试验数据才能给出可信的操纵品质。特别需要的是前起轮载的数据,对检查地面航向操纵尤为重要。

下面给出在模拟器试验时,各项飞行品质试验的方法与要求。

最小重量下单发起飞:要求起飞滑跑至速度 V_{EF} (V_{EF} 是假定临界发动机失效时的校正空速, V_{EF} 是由申请人选定的)时,临界发动机停车,飞行员操纵飞机继续起飞,直至起飞爬升到 1 500ft,整个起飞过程中飞机应该有足够的操纵能力,飞机偏离跑道中心线不大于 30ft。飞行员评价试验过程中飞机的飞行品质。

最小重量下双发侧风起飞:双发最大起飞推力,设定机场正侧风,侧风值按照飞机的侧风能力给出,飞行员操纵飞机起飞滑跑,并修正侧风对飞机的影响,直至起飞爬升至 1 500ft,整个过程中,飞机应具有足够的操纵能力,并由飞行员给出定性的评价。

最小重量下双发侧风着陆:设定机场正侧风,侧风值按照飞机的侧风能力给出,飞行员按照正常进场着陆程序操纵飞机,着陆过程修正侧风对飞机的影响,按需使用反推力与刹车,完成着陆,直至飞机完全停止。飞行员评价整个试验过程飞机的飞行品质。

最小重量下复飞:按照正常进场着陆程序操纵飞机进场着陆,高度下降至场高 600ft 左右,飞行员按照程序执行复飞,并评价整个过程的飞行品质。

最小重量下低速度的纵向操纵:配平飞机保持机翼水平稳定飞行,飞行员操纵升降舵使飞机按照 1 节/秒的速率减速,直至出现失速告警,然后飞行员推杆改出,使得飞机恢复到初始配平速度。飞行员评价整个试验过程飞机的飞行品质。

最小重量下低速度的横向操纵:配平飞机保持机翼水平稳定飞行,阶跃操纵副翼完成 30°坡度滚转,操纵副翼恢复机翼水平。飞行员评价整个试验过程飞机的飞行品质。

最小重量下机动特性:配平飞机到稳定水平飞行,进行收敛转弯机动,直至拉杆后限或者受其他条件限制。在整个机动过程中达到限制强度时杆力不小于 50lbs,杆力随着过载增加而增加,过载杆力梯度的变化不会太强烈而导致显著削弱飞行员控制飞机的能力。

通过以上最小重量下各项科目的试验验证,来表明该型飞机在临界重量情况下,飞机的操纵性和稳定性满足适航要求,飞机是安全的。

3 前起轮载对地面航向操纵的影响研究

地面航向操纵性除了与飞机本身飞行特性相关外,与起落架的特性也是息息相关的。

因此起落架数据特别是前起轮载对工程模拟器模型的建立,验证最小重量适航符合性尤为重要,需

要通过轻重量试飞项目(可以试飞的小重量,该重量比最小重量要稍大)来辨识。

小重量试飞中需特别注意着陆时操纵和地面横向操纵(接地瞬间,地面扰流板还未触发时)。如果地面扰流板没有触发打开时(表明起落架没有完全落地)能安全着陆,那么可以通过修改工程模拟器中地面扰流板逻辑和横向控制律模块,模拟小重量的飞机特性,使得在非常轻的重量下飞行也是安全的。

起飞时前起轮载关系到侧风起飞能力,前起轮载应该是重量和重心的函数。一般来说,设计目标是在松开刹车,最大起飞推力情况下,前起轮载应该至少有 6t 的轮载,目的是保证在起飞滑跑时有足够的偏航能力。

实际上,在松开刹车时,飞机速度为 0,推力也不可能达到最大起飞推力(最大起飞推力取决于飞机速度),随着速度的增加,前起轮载减小,因此小速度时并不是严重情况,而随着速度的增加,方向舵效率也在增加,方向舵能提供足够的偏航能力。于是通过前起轮载与动压的乘积就可以判断出最临界速度,该乘积经常是随着速度增加而增加。而前起偏航机动能力减小缓慢相对于速度增加引起的方向舵效率增加,临界速度为 0。因此,在起飞阶段,只要飞机停机时前起轮载满足不小于 6t 的要求,那么在起飞过程中也会满足设计要求。

另外,模拟器仿真验证时,还需要检查最小速度时的滚转速率、低速保护、速度恢复能力和过推机动能力。根据飞行员的评述来判断是否满足适航要求。

4 结论

具有安全性的最小重量必须要经过验证来表明符合适航条款要求。但是在真实试飞中无法达到最小重量,因此可以通过分析或者工程模拟器仿真验证。但是工程模拟器模型的数据源必须是试飞数据,特别是前起轮载数据。

通过工程模拟器仿真,对最小重量是否满足飞行品质要求进行验证,表明最小重量的适航符合性。

参考文献:

- [1] AC25-7A. Flight Test Guide for Certification of Transport Category Airplanes[S]. 1998.
- [2] CCRAR25-R3. Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes[S]. 1985.