

等效飞行航迹在民用飞机噪声适航审定中的运用

闫国华, 李捷

(中国民航大学航空工程学院, 天津 300300)

摘要: 民用飞机的噪声适航审定需要多次重复的飞行试验, 飞机每次的起降都会消耗大量的燃油、产生巨大的噪声。为了降低适航审定成本, 减少噪声对机场周围环境的影响, 基于中国民航局航空器型号和适航合格审定噪声规定, 对某型飞机的起飞和进近噪声数据和起飞降落程序进行分析, 得到适航规定接受的等效飞行程序和等效飞行航迹。等效飞行航迹的得出和使用, 既降低了国产大飞机在适航审定过程中的适航成本和噪声污染, 又为工程技术人员在新型飞机的噪声适航审定过程中提供了一种可参考的办法。

关键词: 机场噪声; 环境污染; 适航审定; 飞行程序

中图分类号: X593

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2018)-02-0163-04

DOI 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2018.02.012

Application of the equivalent flight paths in airworthiness certification of civil aircraft noise

YAN Guo-hua, LI Jie

(College of Aeronautical Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: It is known that repeated flight tests are needful for Airworthiness Certification of civil aircraft noise. However, each time of takeoff and landing of the aircraft consumes large amount of fuel and produces loud noise. In order to reduce the cost of airworthiness certification and the noise impacting on airport environment, based on the CAAC aircraft types and the regulations of airworthiness certification of aircraft noise, a certain aircraft's takeoff and approaching noise data and the corresponding takeoff and landing procedures are analyzed to get the equivalent flight procedures and paths, which can be accepted by the airworthiness certification. The use of the obtained *equivalent flight paths* is of great significance for reducing the cost of the airworthiness certification for domestic aircraft and the noise pollution of airport environment.

Key words: airport noise; environmental pollution; airworthiness certification; flight procedure

0 引言

随着民航业近年来的迅速发展, 如何降低民用飞机产生的噪声这是各国民航局以及国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)关心的问题。在新型民用飞机适航审定中, 对于噪声的评定有一套严格的标准。适航审定过程中, 需要对边线、飞跃和进近三个点进行噪声值测量和审定, 每一个点都需要进行六次以上的有效噪声数据采集^[1]。考虑到在噪声合格审定试验过程中对试验机场、试验大气环境以及试验设备的严格要求, 为了降低适航成本和噪声对机场环境的影响。需要在较短的时间内进行尽可能多的飞行试验。飞机可以

采用适航规章所允许的等效切入、离开航段的方法^[2]。这样既节省了试验成本, 又达到了减少机场噪声的目的。

1 等效飞行航段算法

在新型飞机噪声适航审定过程中, 用于计算有效感觉噪声级(Effective Perceived Noise Level, EPNL)的区间被称为 10 dB 降区间, 该区间是与最大纯音修正感觉噪声级(Maximum Tone Corrected Perceived Noise Level, PNLTM)相差在 10 dB 以内的飞行区域。每次试验的有效数据必须包括 10 dB 降区间的噪声数据。根据中国民航规章 36 部(China Civil Aviation Regulations-36, CCAR36)^[1], 可以采用规定所接受的等效飞行程序来采集噪声数据。等效飞行程序只需要飞行试验航段包括 10 dB 降区间即可。

要得到等效飞行区域, 首先要得出整个飞行试

收稿日期: 2017-05-24; 修回日期: 2017-07-25

作者简介: 闫国华(1964—), 男, 陕西韩城人, 教授, 研究方向为飞机噪声适航与排放。

通讯作者: 李捷, E-mail: makejief@126.com

验阶段的噪声数据, 然后找到该飞行试验的航迹, 再找到噪声 10 dB 降区间所对应的飞行区域, 该区域就是噪声测量的有效区域, 这个飞行区域是进行等效程序的等效飞行航段必须包括的部分。

1.1 噪声数据处理

试验传声器所检测到的是 24 个 50~10 000 Hz 范围内 1/3 倍频程^[3]声压级数据。依据国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)附件 16^[4]中提供的声压级和感觉噪声度换算表, 就可以得到总感觉噪声度 $N(k)$ (k 表示噪声测量时段), 再根据中国民航规章 36 部(China Civil Aviation Regulations-36, CCAR36)部提供的计算公式^[1], 就能得到瞬时感觉声压级(Perceived Noise Level, PNL), 即

$$L_{PN}(k) = 40.0 + \frac{10}{\lg 2} \lg N(k) \quad (1)$$

式(1)中, $N(k)$ 代表测量的第 k 时段的总感觉噪声度。

得到瞬时感觉声压级之后, 具有频谱不规则形状的噪声必须确定修正因子 $C(k)$, 然后得到纯音修正感觉噪声级(Tone Corrected Perceived Noise Level, PNL_T), 即

$$L_{PNLT}(k) = L_{PN}(k) + C(k) \quad (2)$$

得到每 0.5 s 的纯音感觉噪声级之后, 找到其 PNL_TM。相对于最大纯音感觉噪声级的 10 dB 降区间就是适航审定所需要的有效数据采集区间, 如图 1 所示。图 1 中, k_F 表示 10 dB 降区间的起始点, k_M 表示最大纯音修正感觉噪声级点, k_L 表示 10 dB 降区间的结束点。

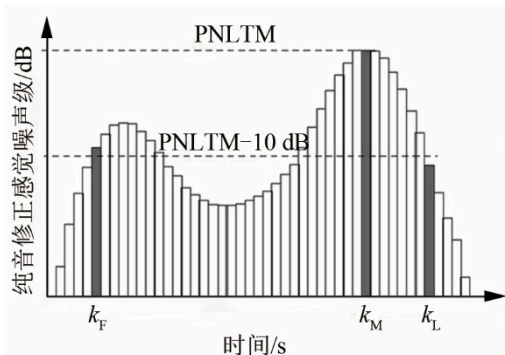


图 1 10 dB 降区间示例
Fig.1 Example of 10dB drop interval

1.2 航迹计算

在得到飞机起飞和进近噪声数据之后, 可以根据 ICAO 在飞机适航审定中的推荐航迹算法^[6], 算出飞机标准航迹。以 DC-9 飞机为例, 飞机飞行航迹需要知道的飞行参数可以从飞机噪声与性能数据库(Aircraft Noise and Performance, ANP)中查询, 所以根据航迹推荐算法和 ANP 数据库就可以得到

飞机默认起飞和进近的航迹图^[7]。

1.3 起飞和进近剖面 10 dB 降区间

要进行航空器适航审定等效程序, 关键在于找出空间上的切入点和离开点。切入点早于 10 dB 降区间起始点, 离开点晚于 10 dB 降区间结束点。所以只要找出 10 dB 降区间对应到航迹上的位置, 就可以得到切入点和离开点的位置, 也就可以得到等效飞行航段。飞行员可以根据等效飞行航段在适航审定的时候进行试验飞行。DC-9 为 100 座左右单通道干线飞机, 这类飞机与现在国内外广泛使用的空客 A320 和波音 737 型号类似, 同时也和正在进行适航审定的国产大飞机 C919 相似。所以根据分析该飞机起飞噪声数据和飞行程序得到的等效程序, 可以广泛应用。

2 应用实例

2.1 边线噪声 10 dB 降区间

在该机型某次标准起飞实验过程中^[7], 结合边线上某一个测量点测量得到的一次典型的起飞的边线 1/3 倍频程声压级噪声数据^[8], 对应起飞剖面进行分析。

通过对比测量时间和起飞滑跑时间, 可以得到飞机边线噪声 10 dB 降区间在起飞航迹上的起始点和结束点。图 2 给出了纯音修正感觉噪声级的 10 dB 降区间, 绿色点是区间起始点, 红色点是区间结束点。图 3 中黄色点表示是传声器的位置, 绿色点表示 10 dB 降区间初始点, 红色点表示 10 dB 降区间结束点。

2.2 飞跃噪声 10 dB 降区间

起飞噪声还存在一个飞跃测量点, 对飞跃测量点的噪声数据进行处理之后得到随时间变化的纯音修正感觉噪声级。对比起飞剖面 and 起飞时间, 当

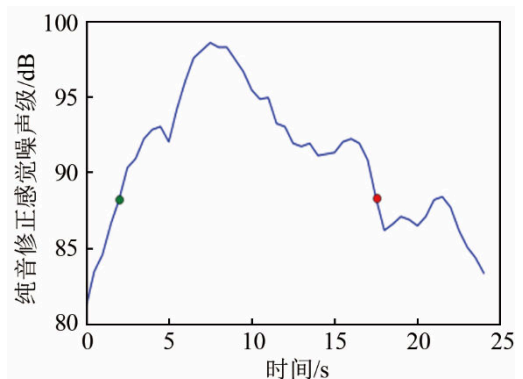


图 2 飞机起飞噪声 10 dB 降区间
Fig.2 The 10 dB drop interval of aircraft takeoff noise

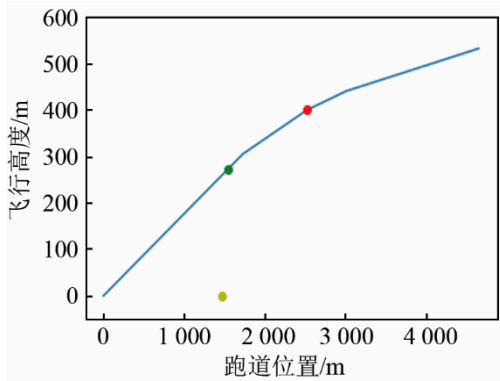


图 3 起飞剖面上边线噪声 10 dB 降区间

Fig.3 The 10 dB drop interval of aircraft sideline noise in takeoff path

地时间 10 时 42 分 46 秒到 10 时 43 分 5.5 秒为 10 dB 降区间, 得到飞机飞跃噪声 10 dB 降区间在起飞航迹上的起始点和结束点, 如图 4 和图 5 所示。

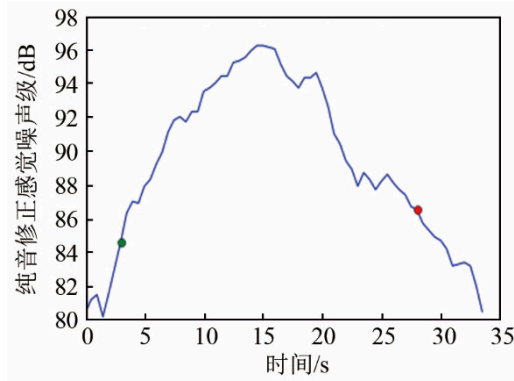


图 4 飞机飞跃噪声 10 dB 降区间

Fig.4 The 10 dB drop interval of aircraft flyover noise

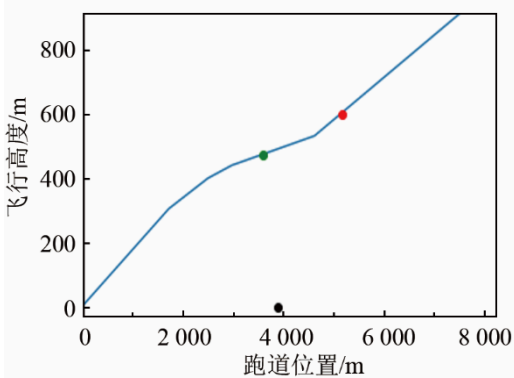


图 5 起飞剖面上飞跃噪声 10 dB 降区间

Fig.5 The 10 dB drop interval of aircraft flyover noise in takeoff path

2.3 进近噪声 10 dB 降区间

一次完整的噪声测试还包括飞机进场着陆时的进近噪声测量点所测到的噪声数据, 通过计算一次飞机进近 1/3 倍频程声压级噪声数据, 可以得到飞机进近 10 dB 降区间起始点和结束点, 如图 6 所示。对照飞机飞行程序, 找出飞机进场着陆时间,

就可以找到对应航迹上的 10 dB 降区间, 如图 7 所示。传声器离着陆点相距 1 280 m, 图 7 中黑点就是传声器所在位置。根据传声器检测到的噪声数据, 10 dB 降区间一共持续 5 s。从本次测试时间对照可知, 10 dB 降区间开始 1 s 飞机位置正好在传声器位置正上方。所以得到如图 7 所示的飞机剖面线上 10 dB 降区间的开始点和结束点。

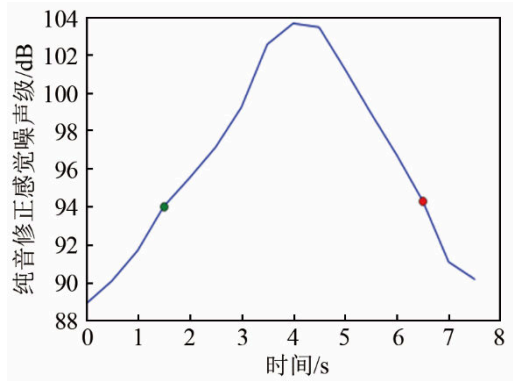


图 6 飞机进近噪声 10 dB 降区间

Fig.6 The 10 dB drop interval of aircraft approaching noise

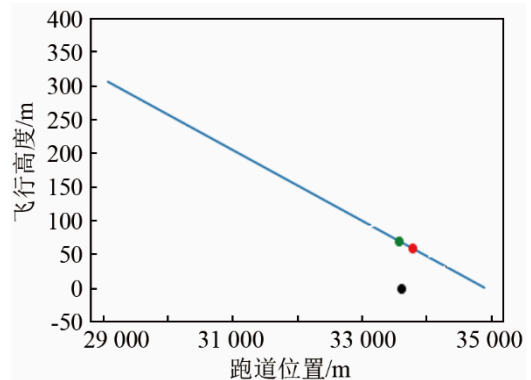


图 7 进近剖面上进近噪声 10 dB 降区间

Fig.7 The 10 dB drop interval of aircraft approaching noise in approaching path

2.4 等效飞行航迹图

找到飞机剖面图上三个测量点的 10 dB 降区间的位置之后^[10], 为了达到节约适航成本和节能减排的目的, 按照 CCAR36 部^[7]的要求, 可以进行等效飞行, 只需在每一个 10 dB 降区间切入点之前切入标准航迹, 结束点之后飞离标准航迹。如图 8(a)所示, 起飞等效区间应该包括边线 10 dB 降区间和飞跃 10 dB 降区间, 如图 8(b)所示, 进近等效航迹只需要将进近 10 dB 降区间包括在航迹之内, 因为整个包含有效噪声数据的飞行航段都包含在了等效飞行过程中, 所以该测试程序得到的噪声数据是有效的。

整个飞行剖面图如图 8 所示, 在进行适航审定

飞行测试的时候,飞行员可以按照如图 8 中黑线所示的飞行航迹进行飞行,在不需要进行着陆和进行完完整的起飞和进近程序的情况下也能得到适航审定所需要的噪声数据。

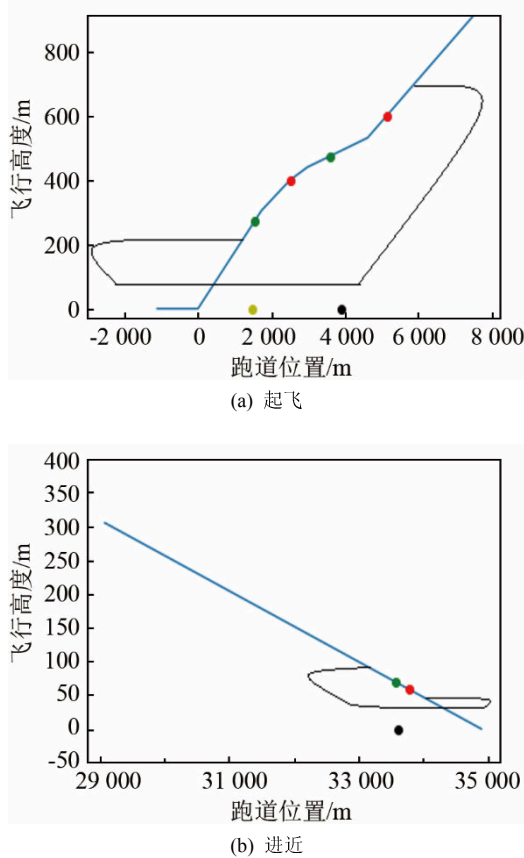


图 8 等效航迹图
Fig.8 Equivalent flight paths

3 结 论

(1) 根据噪声监测三个测量点噪声数据和 ANP 数据库数据计算得到起飞和进近剖面图上三个 10 dB 降区间;

(2) 根据三个 10 dB 降区间规划出适航等效飞

行航迹,既保证了数据的有效性,又达到了降低机场噪声的目的;

(3) 以此试验和计算程序为依照,为工程技术人员在国内大飞机项目 C919 以及未来宽体客机的噪声适航审定过程中提供可以参考的试验方法。

参 考 文 献

- [1] 中国民用航空局. 航空器型号和适航合格审定噪声规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2007: 10-40.
CAAC. Aircraft types and airworthiness approval of qualified noise regulations[S]. Beijing: CAAC, 2007: 10-40.
- [2] 闫国华, 周利敏. 噪声合格审定在降低飞机噪声污染中的应用[J]. 环境工程学报, 2014, 8(12): 5551-5556.
YAN Guohua, ZHOU Limin. Application of noise certification in reducing aircraft noise pollution[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 8(12): 5551-5556.
- [3] 乔渭阳. 航空发动机气动声学[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010: 1-8.
QIAO Weiyang. Aero-engine aeroacoustics[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2010: 1-8.
- [4] International Civil Aviation Organization. Annex 16 Volume 16th edition-2011, International standards and recommended practices of aircraft noise[S]. Montreal: ICAO, 2011.
- [5] International Civil Aviation Organization. Annex 16-Environmental Protection, Volume I, Maximum noise level[S]. Montreal: ICAO, 2008.
- [6] SAE ARP 876C. Gas Turbine Jet Exhaust Noise Prediction. Aerospace Recommended Practice[S]. Society of Automotive Engineers, 1985.
- [7] 中国民用航空局. 航空器型号和适航合格审定噪声规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2007: 41-44.
CAAC. Aircraft types and airworthiness approval of qualified noise regulations[S]. Beijing: CAAC, 2007: 41-44.
- [8] 闫国华, 刘青杰. 新舟-700 螺旋桨飞机起飞航迹的计算研究[J]. 机械研究与应用, 2015, 28(5): 7-10.
YAN Guohua, LIU Qingjie. Calculating study of departure flight path for ma700 propeller aircraft[J]. Mechanical Research & Application, 2015, 28(5): 7-10.
- [9] Tabaste O. A route toward virtual certification of aircraft [C]//Proceedings of 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. Stockholm, Sweden: ICAS Secretariat, 2010: 3924-3930.
- [10] International Civil Aviation Organization. ICAO doc 9501-2010.Environmental technical manual, Volume I, Procedures for the noise, certification of aircraft[S]. Montreal: ICAO, 2010.