

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2019.02.011

# Y12F 飞机噪声局方并行试飞 适航审定技术

## Airworthiness Certification Technology for the Takeoff Noise Concurrent Flight Testing of the Y12F Aircraft

高郭池<sup>1</sup> 全敬泽<sup>1</sup> 丁 丽<sup>1</sup> 闫 明<sup>2</sup> 宋静宇<sup>2</sup>

GAO Guochi<sup>1</sup> QUAN Jingze<sup>1</sup> DING Li<sup>1</sup> YAN Ming<sup>2</sup> SONG Jingyu<sup>2</sup>

(1. 中国民用航空沈阳航空器适航审定中心, 沈阳 110043;

2. 哈尔滨飞机工业集团飞机设计研究所, 哈尔滨 150066)

(1. Shenyang Aircraft Airworthiness Certification Center of CAAC, Shenyang 110043, China;

2. Aircraft Design and Research Institute, Harbin Aircraft Industry Group, Harbin 150066, China)

### 摘 要:

民用飞机为获得型号合格证, 应按照国家有关噪声适航规章条款进行噪声适航合格审定, 噪声测试飞行试验是表明符合性的最佳途径。以 CAAC 和 FAA 发布的相关噪声适航文件为基础, 研究了 Y12F 飞机噪声测试并行飞行试验所涉及的测试设备、试验场地、气象条件、飞行试验程序、数据测量和处理等方面的适航审定技术。所构建的噪声测试飞行试验适航审定方法, 有效地指导完成了 Y12F 飞机噪声测试的适航验证工作, 并完成 CAAC 和 FAA 同步审查, 为获得 CAAC 型号合格证和 FAA 型号合格证奠定了基础。该研究成果可为螺旋桨小飞机和螺旋桨通勤类飞机等新机型的噪声适航合格审定提供借鉴和指导, 同时也可为意愿获取 FAA 型号合格证的申请人提供参考。

**关键词:** 噪声; 飞行试验; 基准航迹; 航迹切入法; 适航审定

**中图分类号:** U491.9<sup>+</sup>1

**文献标识码:** A

**OSID:**



**[Abstract]** Civil aircraft should conduct noise airworthiness certification according to the relevant noise airworthiness regulations and provisions in order to obtain the type certificate, and noise flight test is the best way to show compliance with noise airworthiness regulations. We researched the airworthiness certification technologies for the takeoff noise concurrent flight testing of the Y12F aircraft with relevant noise airworthiness documents published by CAAC and FAA. These studies include measurement equipment, test site, meteorological conditions, flight test procedures, data measurement and processing, etc. The airworthiness certification methods formed in this paper have conducted the takeoff noise flight testing of the Y12F aircraft effectively, and is accepted by CAAC and FAA synchronously which laid a foundation for obtaining the type certificate of CAAC and FAA. The research results can provide reference and guidance for the noise airworthiness certification of new propeller-driven small airplanes and commuter category airplanes, as well as references for the applicants who are willing to obtain the type certificate of FAA.

**[Keywords]** noise; flight test; reference profile; flight path of flight intercept method; airworthiness certification

## 0 引言

Y12F 飞机是目前世界上最大的 23 部通勤类飞机,从 2005 年 7 月 25 日向中国民用航空局(CAAC)提交型号合格证申请书,2006 年 8 月 30 日通过 CAAC 向美国联邦航空局(FAA)提交同步认可审定的申请,历经十年的研制和适航审定,于 2015 年 12 月 10 日获得 CAAC 的型号合格证(TC),2016 年 2 月 22 日获得 FAA 的型号合格证(TC)。

Y12F 飞机同时取得 CAAC 和 FAA 的型号合格证,是中国第一个接受 FAA 同步认可审查并获得批准的型号,是继 1995 年为签署 23 部适航双边而进行的 Y12IV 飞机“影子审查”后,中美两国适航部门在小飞机适航审定领域的又一次重要的成功合作。为了提高适航审定能力、推动适航审定体系的发展、加速与国际适航审定接轨、树立自信尽快补齐适航短板,理应对 Y12F 型飞机的型号合格审定过程进行系统地回顾和总结,尤其是 Y12F 飞机在复合材料结构适航验证、损伤容限设计与验证、综合航电适航验证、噪声试飞、负加速度试飞等方面所取得的技术突破。

考虑噪声测试试飞本身特征的不可重复性,为了减轻申请人的负担,加快型号合格审定进程,局方同意将 Y12F 飞机噪声测试试飞科目作为并行飞行试验。CAAC 的 Y12F 飞机噪声并行飞行试验于 2014 年 6 月 11 日和 6 月 12 日在吉林市二台子机场进行,FAA 的 Y12F 飞机噪声并行飞行试验于 2014 年 9 月 24 日在黑河市黑河机场进行。本文对 Y12F 飞机噪声并行飞行试验进行了总结回顾,研究与归纳了噪声测试过程中的关键适航审定技术,以期为后续螺旋桨小飞机和螺旋桨通勤类飞机新机型的型号合格审定噪声测试提供借鉴和指导,同时也为意愿获取 FAA 型号合格证的申请人提供参考。

## 1 适航要求

### 1.1 噪声测试适航要求

“螺旋桨小飞机及螺旋桨通勤类飞机”是指最大起飞重量为 8 618 kg (19 000 lb) 及其以下的螺旋桨驱动飞机,按照 § 21.17 条款要求,作为型号合格审定要求的一部分(农用和灭火类飞机除外),申请人应通过噪声测量、飞行试验、分析或评定的途径来表明飞机符合 36 部噪声合格审定的噪声限制要求<sup>[1]</sup>。Y12F 飞机即属此类,其适用条款为 § 36.1

(a)(b)、36.3、36.6、36.501、36.1501、36.1581(a)、G36.1、G36.101、G36.103、G36.105、G36.107、G36.109、G36.111、G36.201、G36.203、G36.301。

噪声测试飞行试验所涉及的程序、重量、形态、构型以及其它资料或数据,包括飞行试验和分析所用的等效程序,应符合适用的适航规章并且经局方批准;在进行飞行试验前,申请人应按要求向局方提交试飞大纲,并在获得批准后方可进行试验;测试所得的审定噪声级应编入批准的飞机飞行手册,可在除限制章节外的其它章节,譬如性能章节,对应于最大起飞重量和起飞构型的噪声声级值应是一个值,并且精确到 0.1 dB<sup>[2-6]</sup>。

### 1.2 制造符合性检查要求

噪声测试飞行试验的制造符合性检查应由制造检查代表或经授权的生产检验委任代表完成,检查内容包括验证机的重量、形态、构型状态、试验场地、气象条件的符合性检查和测试设施/设备的有效性检查。制造检查代表在确认申请人已经完成了对噪声测试的符合性检查,记录了检查结果并递交了制造符合性声明之后方可进行符合性检查。制造检查代表应依据工程审查代表发出的制造符合性检查请求单并结合噪声测试试飞大纲进行检查<sup>[7-8]</sup>。

## 2 Y12F 飞机噪声测试的审定历程

2007 年 2 月,在美国堪萨斯城 FAA 小飞机审定中心召开的 CAAC、FAA 及申请人三方会议上,按照中美双边适航实施程序细则<sup>[9]</sup>,明确 CAAC 是审查方,FAA 为认可方,CAAC 负责申请人与 FAA 之间的联系;FAA 不对 Y12F 飞机进行重复审定,FAA 与 CAAC 共同确保符合性方法的一致性;FAA 采用问题纪要(IP)的方式明确和解决 FAA 所关注的问题,包括设计方面或预期的符合性方法等,而 CAAC 则采用 IP 和 CP(Certification Plan,审定计划)相结合的方式。

### 2.1 Y12F 飞机 CAAC 噪声合格审定历程

噪声审定基础的确定是型号噪声审定过程中至关重要的一步,是确定后续符合性验证工作是否满足噪声环保要求的前提。CAAC 在 IP G-1 审定基础中给出噪声审定基础定义是《航空器型号和适航合格审定噪声规定》。

Y12F 飞机噪声符合性审查 CAAC 采用 CP 的方式,《Y12F 型飞机噪声专项合格审定计划》是 Y12F 飞机的 42 份 CP 之一。噪声专项合格审定计

划阐述了系统的功能、安全性分析结论,并给出了用于表明条款符合性的相关验证方法、验证报告和试验项目以及任务完成时间和责任人等内容,是噪声专题合格审定活动的依据,其管理方式是动态管理。

Y12F 飞机 CAAC 噪声并行飞行试验于 2014 年 6 月 11 日和 6 月 12 日在吉林市二台子机场 002 架验证机上进行,采用常规地面起飞法,飞机重量 8 400 kg,螺旋桨转速 1 700 rpm,分别在起飞襟翼  $0^\circ$  和  $10^\circ$  状态下进行了试飞,共进行 2 架次 2 小时,CAAC 审查组派员进行了现场监控和目击,试飞员为委任工程代表。

## 2.2 Y12F 飞机 FAA 噪声合格审定历程

2008 年 3 月,FAA 噪声审定基础在问题纪要 IP G-3 环境条件(Environent Conditions)中给出,作为认可项目 Y12F 飞机需满足 CFR14 Part36 Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification,修正案为 Amendment. 36-1 至 36-28;2014 年 12 月 31 日 FAA 受理延期申请后,对环境要求的审定基础进行了修订,CFR14 Part36 噪声要求修正案更新至 Amendment. 36-29。

FAA 在问题纪要 IP G-3 中提出:(1)噪声测试大纲需 FAA 批准;(2)FAA 需现场目击噪声测试;(3)噪声测试结果需 FAA 批准;(4)完成上述三项工作后,由 FAA 呈报美国环保署关于 1972 噪声控制行动(Noise Control Act of 1972)的最终符合性。

2014 年 9 月,申请人经 CAAC 向 FAA 提交 Y12F 飞机噪声测试试飞大纲,经过 FAA、CAAC 及申请人就噪声测试是采用 DGPS 法还是光学照相法测量起飞航迹、是使用常规地面起飞法还是等效航迹切入法等细节进行了多轮沟通协调,最终试飞大纲获得 FAA 批准。

Y12F 飞机 FAA 噪声并行飞行试验于 2014 年 9 月 24 日在黑河市黑河机场 001 架验证机上进行,采用“等效航迹切入法”,飞机重量 8 400 kg,螺旋桨转速 1 700 rpm,在起飞襟翼  $0^\circ$  状态下进行了试飞,共进行 1 架次 1 小时,FAA 审查组项目经理及试飞工程师进行了现场监控和目击。

## 3 Y12F 飞机噪声测试适航审定

### 3.1 测试设备的选择、校准和安装

噪声测试飞行试验主要测试设备包括:地面噪声测量系统、航迹测量系统、地面气象测量系统、飞

行参数测量系统。

#### 3.1.1 噪声测量系统

噪声测试必须选择符合 IEC 出版物第 651 号规定的 I 级声级计来进行,并能对数据进行存档和回放,而且能够采用快慢档数据显示方式,在现场得到 A 计权噪声级<sup>[2]</sup>。根据上述要求,Y12F 飞机测试设备采用丹麦 B&K2250 声级计,配用 B&K4189 型传声器,使用延伸电缆连接,测量信号存储在声级计中。

传声器的安装方式是倒置安装,其薄膜平行于一个涂白漆金属圆盘,在其上方 7 mm。圆盘直径 40 cm,厚度至少 2.5 mm,圆盘必须涂成白色以反射太阳光,降低传声器敏感元件的热效应。圆盘水平放置,并与周边地面齐平,圆盘下方不得有空隙。传声器位于垂直于验证机飞行方向的圆盘半径上,距圆盘中心  $3/4$  半径处,如图 1 所示。传声器的支撑应设计成将影响声场的反射降至最小<sup>[10-11]</sup>。

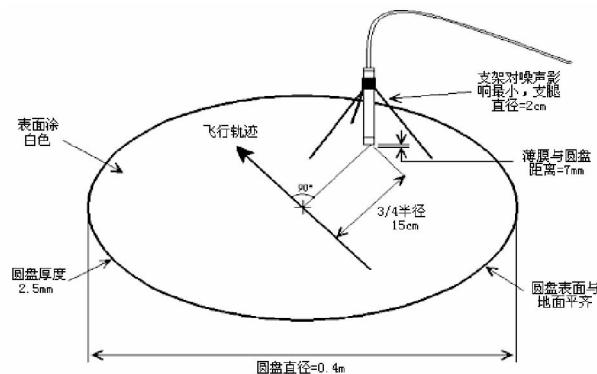


图 1 1/2 in 传声器倒置于圆盘之上的布置

#### 3.1.2 航迹测量系统

Y12F 飞机噪声并行飞行试验采用光学照相法测量起飞噪声的航迹<sup>[12]</sup>。航迹测量装置如图 2 所示。

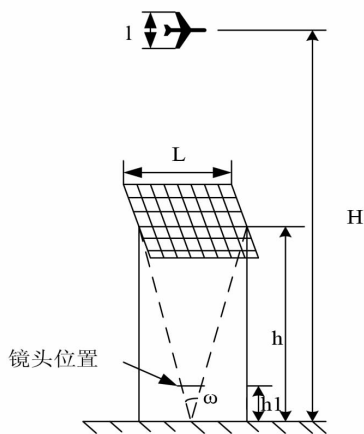


图 2 航迹测量装置示意图

图 2 中:  $h_1$  为镜头高度, 0.8 m;  $h$  为网格高度;  $H$  为飞行高度;  $L$  为网格宽度, 1 m;  $l$  为翼展长度;  $l_1$  为照片上翼展长度;  $l_2$  为照片上网格宽度;  $\omega$  为偏航角度,  $20^\circ$ ;  $H_R$  为基准高度。

通过计算可得网格高度:

$$h = \frac{(H_R - h_1) \times L}{2 \times \tan(\frac{\omega}{2}) \times H_R} + h_1 \quad (1)$$

对于同一张照片,  $f$  为相机焦距, 通过相似三角形原理, 可得:

$$\frac{l_1}{l} = \frac{f}{H - h_1} \quad (2)$$

$$\frac{l_2}{L} = \frac{f}{h - h_1} \quad (3)$$

将(2)、(3)式合并可得飞行高度:

$$H = \frac{(h - h_1) \times l \times l_2}{L \times l_1} + h_1 \quad (4)$$

### 3.1.3 地面气象测量系统

气象测量参数包括风速、风向、大气温度、湿度和气压等, Y12F 飞机的气象测量是利用距离测量点 2 000 m 范围内的机场气象测试设备进行测试, 其测试设备应证实: (1) 所测数据代表传声器附近的条件; (2) 设备可提供可靠信息; (3) 设备近期经过校准; (4) 设备经局方批准。

### 3.1.4 飞行参数测量系统

Y12F 飞机飞行参数测量系统使用的是为验证飞机性能符合性而安装的爱尔兰 ACRA 公司生产的 KAM500 机载测试系统, 测试参数包括飞行速度、飞行高度、大气温度、攻角、襟翼位置、螺旋桨转速、发动机扭矩和油箱油量等。

## 3.2 试飞条件适航要求和审定

### 3.2.1 试验场地

适航要求试验场的地形必须较为平坦, 没有吸声特性较强的茂密、高大的杂草、灌木或者树木。在测量点位置上方, 轴线垂直于地面, 半角为  $75^\circ$  的锥形空域内, 不得有严重影响飞机声场的障碍物<sup>[2]</sup>。

因此, 在选择试验场时, 为了避免影响传声器周围声压级一致性的情况, 必须要考虑地形、地表条件、附近的障碍物、周边环境和空域调配等问题。

### 3.2.2 气象条件

为了使噪声测量数据具有良好的可重复性, 以及对噪声测量和修正影响最小, 应确定噪声测量的气象条件, 并且风速、风向、侧风分量及周围大气的

温度和相对湿度的确定方法必须经局方批准<sup>[10-11]</sup>。其审查要点如下:

1) 降雨或其他降水条件(包括雾、霜、雪)在噪声测量过程中可能导致传声器和防风罩灵敏度或者频率响应的改变、敏感元件产生电弧、电气电路短路设备失效等, 从而影响测量系统和声音产生及传播, 使测量数据不可靠, 因此, 应禁止在降雨或其他降水条件下进行噪声试验。如果试验由于降水或接近冰冻的气象条件而终止, 则应特别注意保护传声器, 并且在试验恢复前, 测量系统组件应完全干燥。

2) 温度和相对湿度限制: 只有大气温度在  $2^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$  ( $36^\circ\text{F}$  和  $95^\circ\text{F}$ ) 之间, 相对湿度在 20% ~ 95% (含) 之间时, 噪声数据才可接受。温度和相对湿度可用干湿球温度计来测量, 应进行足够的测量来确定规章所要求的所有修正, 至少在一系列试验中的第一次飞行前和最后一次飞行后要立即进行测量。由于验证机飞行 1 h 后必须加油, 通常情况下, 间隔不会超过 1 h。在勉强符合要求或条件变化较大时, 间隔越短越好。

3) 当风速超过 9 km/h (5 kn) 时, 应给传声器加上防风罩, 将风对声学信号的干扰降至最小。

4) 异常气象条件: 逆温和反常风难以量化。当存在逆温时, 飞行条件可能不稳定, 从而妨碍保持稳定爬升。如果风的变化剧烈(风切变), 或者存在上升和下降气流时, 空速就会产生很大的变化, 难以控制。在飞越测量点期间允许相对于基准速度  $\pm 5$  kn 的变化, 该标准可用于评定是否有反常风的出现。

5) 较高能见度要求的目的是, 为了驾驶员更好地操纵飞机到达有效区域, 使得地面人员更好地对飞机飞行进行监测和引导, 以更准确地测量航迹和获取有效数据。

### 3.2.3 其它条件

1) 飞行试验程序、测量设备和噪声测量程序应被局方接受。

2) 试验场附近不能有其它强干扰噪声源。

3) 噪声测试前应完成飞机性能飞行试验, 以确定相关的数据及限制, 包括: 最大起飞重量、最大起飞功率、最大连续功率、起飞滑跑距离、起飞距离、螺旋桨转速、最佳爬升率和最佳爬升率速度 ( $V_Y$ ) 等<sup>[13-16]</sup>。

## 3.3 飞行试验方法

Y12F 飞机噪声并行试飞 CAAC 使用的常规地

面起飞法,而 FAA 则采用了等效航迹切入法。

两种方法的噪声测量点应位于跑道中心线的延长线上,距起飞滑跑起点 2 500 m (8 202 ft, 1 m  $\approx$  3.28 ft) 处。飞机应在相对于测量点处垂直方向  $\pm 10^\circ$  和基准高度  $\pm 20\%$  的范围之内飞越测量点。飞行试验程序应以批准的最大起飞重量开始,并且要在每飞行一小时之后调整回这个最大重量。每次飞行试验应以最佳爬升率指示空速速度 ( $V_Y$ )  $\pm 9$  km/h ( $\pm 5$  kn) 进行<sup>[2-5]</sup>。

#### 1) 常规地面起飞法

常规地面起飞法应按起飞基准航迹进行,Y12F 飞机起飞基准航迹如图 3 所示。

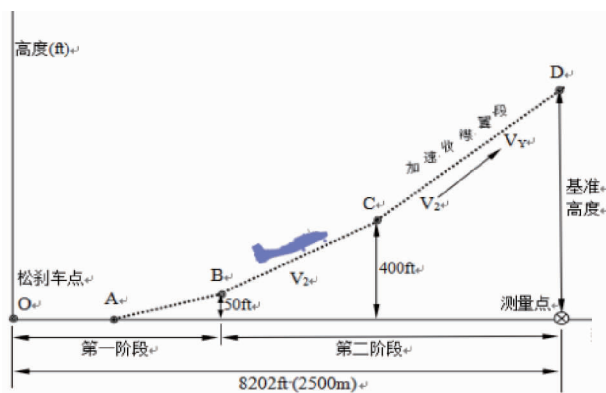


图 3 常规地面起飞和基准航迹

其中:OA 段为起飞滑跑段,起飞襟翼  $0^\circ$  或  $10^\circ$ ; AB 段为起飞至 50 ft 高,起飞襟翼同 OA 段;BC 段为以  $V_2$  爬升到 400 ft 高度,襟翼同 OA 段;CD 段为收襟翼为  $0^\circ$ ,爬升速度由  $V_2$  加速到最佳爬升率速度  $V_Y$ 。发动机状态:OA 为 AB 段为最大起飞功率;BC 至 CD 段为最大连续功率。

当飞机进入噪声测量点上空前 15 s 时,开始记录噪声信号,飞机飞越测量点上空 10 s 后,结束记录。测量过程中,试验人员同时记录 B&K2250 型声级计上显示的最大 A 计权噪声值。起飞噪声测量的有效飞行次数要求最少为 6 次。每次噪声测量后,应对测试现场进行背景噪声测试记录。等效航迹切入法噪声测量程序与此相同。

#### 2) 等效航迹切入法

等效程序是指在噪声测量过程中使用航迹切入法进行飞行试验。该方法要求飞机保持飞行,中途尽可能近地切入基准爬升航迹,保持最大螺旋桨转速和最大起飞功率,以最佳爬升速度  $V_Y$  沿基准航迹飞越测量点。只要在传声器上方飞越高度与标准高

度的偏差不超过  $\pm 20\%$ ,切入高度和位置可以变化。这是因为仅在噪声最大时刻测量噪声级,所以只要运行参数稳定,此前或此后的任何机动飞行都不会影响测试结果。Y12F 飞机航迹切入点的确定,如图 4 所示。Y12F 飞机噪声并行飞行试验为了对“等效航迹切入法”进行验证,起飞时(也是首次测试)采用了常规地面起飞法。

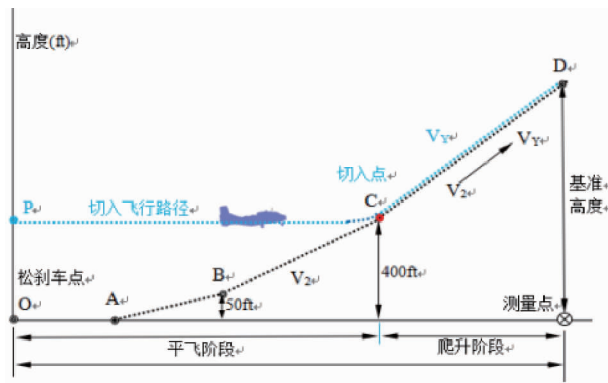


图 4 航迹切入和基准航迹

其中:PC 段为航迹切入平飞阶段(准备阶段),高度 400 ft,襟翼  $0^\circ$ ;CD 段为航迹切入爬升阶段,切入点 C,襟翼  $0^\circ$ ,最佳爬升率速度  $V_Y$ 。发动机状态:PC 至 CD 段均为最大起飞功率。

### 3.4 数据处理

首先,按照适航要求对测试数据进行有效性判断,包括是否有不符合气象条件要求的异常情况(譬如阵风、风切变、阵雨等)、横向偏离和高度偏离是否在  $\pm 10^\circ$  和  $\pm 20\%$  的范围之内、发动机功率和螺旋桨转速是否不小于规定的 95%、速度变化是否满足不超出  $\pm 5$  kn 的要求等;其次,按照适航要求对有效测试数据进行修正,包括大气吸声修正、桨尖马赫数修正、高度修正、发动机功率修正等;最后,由有效修正后的噪声级,求出其算术平均值,即为此次起飞噪声的总声级,再检查其 90% 置信度的置信区间小于  $\pm 1.5$  dB(A) 即可。

Y12F 飞机 CAAC 噪声并行飞行试验采用常规地面起飞法,在襟翼  $0^\circ$  状态下进行了 8 次起飞,均获得有效数据,修正后得到的起飞噪声声级值为 82.1 dB(A),90% 置信度的置信区间为  $\pm 0.46$  dB(A)。在襟翼  $10^\circ$  状态下进行了 9 次起飞,获得 7 次有效数据,修正后得到的起飞噪声声级值为 79.9 dB(A),90% 置信度的置信区间为  $\pm 1.24$  dB(A)。

Y12F 飞机 FAA 噪声并行飞行试验采用“等效

航迹切入法”,在起飞襟翼 0°状态下进行 15 次试验,获得 8 次有效数据,修正后得到起飞噪声声级值为 80.5 dB(A),90% 置信度的置信区间为  $\pm 0.62$  dB(A)。

### 3.5 试飞结果

Y12F 飞机噪声并行飞行试验严格按照局方批准的飞行试验大纲进行,其测试设备、试验场地、气象条件、重量、形态、构型、飞行试验程序、测量程序以及数据处理程序均经过局方批准,CAAC 并行飞行试验结果襟翼 0°起飞噪声声级值 82.1 dB(A)、襟翼 10°起飞噪声声级值 79.9 dB(A)、以及 FAA 并行飞行试验结果襟翼 0°起飞噪声声级值 80.5 dB(A),均低于 36 部附录 G 限制的 88 dB(A),符合规章要求。CAAC、FAA 及申请人三方经过协调,确定襟翼 0°起飞噪声声级值 82.1 dB(A)和 80.5 dB(A)为 Y12F 飞机的起飞噪声声级值,并分别在 CAAC 和 FAA 各自批准的 Y12F 飞行手册中给出。

## 4 结论

小型螺旋桨飞机起飞噪声测试适航审定技术包含噪声测量、航迹测量、地面气象测量、试验场地选取、飞行试验方法、数据采集、测量结果的修正、有效性分析、以及制造符合性检查等。只有充分利用上述关键技术才能保证起飞噪声测试飞行试验符合性验证及其适航审定的顺利完成,从而实现预期的试验目的。等效航迹切入法在 Y12F 飞机噪声测试并行飞行试验中成功应用,表明其实用性和可靠性,此方法简便易行,省时高效,可作为小型螺旋桨飞机的适航验证噪声测试方法加以推广。

### 参考文献:

- [1] 中国民用航空局. 民用航空产品和零部件合格审定规定:CCAR-21-R3 [S]. 北京:中国民用航空局,2007.
- [2] 中国民用航空局. 航空器型号与适航合格审定噪声规定:CCAR-36-R1 [S]. 北京:中国民用航空局,2007.
- [3] Federal Aviation Administration. CFR 14 Part 36 Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2013.
- [4] Federal Aviation Administration. Part 36, appendix G handbook [R]. FAA report FAA-AEE-95, dated June 20, 1995.
- [5] European Aviation Safety Agency. Joint aviation requirements, JAR36, aircraft noise [S]. EASA 1997.
- [6] International civil aviation organization. Environmental protection, annex 16, volume 1, aircraft noise [S]. ICAO 1993.
- [7] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号合格审定程序:AP-21-AA-2011-03-R4 [S]. 北京:中国民用航空局航空器适航审定司,2011.
- [8] Federal Aviation Administration. Order 8110.4C Type Certification [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2011.
- [9] 中国民用航空总局/美国联邦航空局. 中华人民共和国/美利坚合众国双边适航协议实施程序细则 [Z]. 北京:中国民用航空总局/美国联邦航空局,1995.
- [10] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号与适航合格审定噪声规定:AC-36-AA-2008-04 [S]. 北京:中国民用航空局航空器适航审定司,2008.
- [11] Federal Aviation Administration. AC 36-4C Noise Standards: aircraft type and airworthiness certification [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2003.
- [12] 曹伟. 小型螺旋桨飞机噪声适航验证测试方法[J]. 民用飞机设计与研究,2007(40): 41-44.
- [13] Federal Aviation Administration. AC 23-8B Flight Test Guide for Certification of Part 23 Airplanes [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2003.
- [14] Federal Aviation Administration. AC 23-8C Flight Test Guide for Certification of Part 23 Airplanes [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2011.
- [15] 中国民用航空局. 正常类、实用类、特技类和通勤类飞机适航标准:CCAR-23-R3 [S]. 北京:中国民用航空局,2004.
- [16] Federal Aviation Administration. CFR 14 Part 23 Airworthiness Standards: Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes [S]. USA: Federal Aviation Administration, 2008.

### 作者简介:

**高郭池** 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行适航审定技术、噪声适航审定技术和除防冰适航审定技术。E-mail:gaoge@syacc.org

**全敬泽** 男,本科,高级工程师。主要研究方向:飞行适航审定技术。E-mail:quanjz@syacc.org

**丁丽** 女,本科,高级工程师。主要研究方向:制造符合性检查。E-mail:dingli@syacc.org

**闫明** 男,本科,高级工程师。主要研究方向:噪声测试技术和振动测试技术。E-mail:22010273@qq.com

**宋静宇** 男,大专,高级工程师。主要研究方向:飞行试验技术。E-mail:18686785418@163.com