

通信系统试飞中语音清晰度判定研究

Evaluation of Speech Intelligibility in Flight Test of Communication System

李 畅 凌 宁 武 光 / Li Chang Ling Ning Wu Guang
(中国商飞民用飞机试飞中心,上海 200232)
(Flight Test Center of COMAC, Shanghai 200232, China)

摘 要:

描述了飞机通信系统试飞中语音清晰度的概念以及“SINPO”等级划分。介绍了国内目前在试飞中语音清晰度判定的方法及其不足之处,通过对国外“同韵词表格法”的分析和研究,在此基础上提出了适合我国通信系统试飞的“近音词表格法”。该方法用定量计算的结果来判定语音清晰度的等级进而准确判定通信系统的功能符合性,可为从事飞机通信系统试飞领域的人员提供一种新的思路和方法。

关键词:通信;试飞;语音清晰度;符合性

中图分类号:V243.1

文献标识码:A

[Abstract] This paper described the concept of speech intelligibility in the flight test of communication system and “SINPO” rating. The common methods of evaluating the speech intelligibility in flight test and the disadvantages were introduced. Based on the research and analysis on the foreign “Rhyme List” method, the revised “Rhyme List” adopted to the flight test of our country’s communication system is established. This method defined the rank of speech intelligibility and judged the function compliance of the communication system accurately by quantitative calculation. It could provide a new kind of method for the people engaged in the field of communication system’s flight test.

[Key words] Communication; Flight Test; Speech Intelligibility; Compliance

0 引言

飞机通信系统飞行试验过程中最关键的判定数据为语音信号,试飞结果的可接受判据就依赖于对这些语音信号清晰度的评判。目前国内民航试飞过程中对语音清晰度的判断方法主要来源于军机试飞,是基于一种定性的评判,这对于试飞的规范化及试飞结果的准确性会有一定程度的影响。本文通过对国外一种比较通用的定量化的判定方法进行分析研究,总结出一套适合国内使用的分析方法来更规范、准确地用于飞机通信系统试飞结果的判定。

1 语音清晰度要素及等级划分

语音清晰度是人耳分辨语音的程度,其定义为:语音清晰度=听众正确听清的语言单位数/测量用全部语言单位数×100%。飞机通信系统语音信号传输过程中影响其清晰度的因素主要包括:信号

源(Signal)强度、其它塔台干扰(Interference)、大气环境干扰(Noise)、传播(Propagation)距离衰减,清晰度的总体性能用(Overall)代表,这就构成了用于语音清晰度等级判定的 SINPO(用各因素及总性能首字母构成)矩阵表,具体等级划分如表 1 所示。

表 1 SINPO 等级划分

| 等级 | S | I | N | P | O |
|----|-----|----|----|----|-----|
| 5 | 极好 | 无 | 无 | 无 | 极好 |
| 4 | 较好 | 轻微 | 轻微 | 轻微 | 较好 |
| 3 | 中等 | 中等 | 中等 | 中等 | 一般 |
| 2 | 较差 | 严重 | 严重 | 严重 | 较差 |
| 1 | 听不见 | 极度 | 极度 | 极度 | 不可用 |

2 国内试飞中语音清晰度判定

目前,在国内民用飞机通信系统试飞过程中主要按照以下做法进行语音清晰度判定:机上试飞人员通过通信系统与地面塔台建立语音通信,由机上

人员阅读一句文字,地面人员通过答复“听清”或“听不清”来验证该试验点语音通信清晰度。这种判定方法简单但不够规范,更存在一定程度的不准确性,因为地面人员无法确认自己所听到的内容就是机上人员所讲的完整的、准确的内容。如果地面人员对照一份机上人员讲述内容的稿件去判定接收到的语音信号,同样会因为人的潜意识匹配作用导致对聆听信号的人为修复完善,进而导致对语音清晰度的判断。总而言之,上述所用方法是一种纯粹的定性评判,无法按照语音清晰度定义来进行定量计算以及与 SINPO 等级对应。

3 国外试飞中语音清晰度判定

国外试飞过程中,通信清晰度的判定主要有两种方式,第一种为“同韵词表格法”,第二种是利用语音信号专用“错误率检测器”和相应的应用软件来进行清晰度判定,国外通用称法为“语音传递指数(STI)法”。本文主要针对第一种方法进行介绍说明。

“同韵词表格法”由 50 组、每组 6 个同韵词表组成,该表由美国标准协会(American Standard Association)指定并通过 FAA 认证^[1],如表 2 所示。

表 2 同韵词表

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 1 | sun | num | gun | run | bun | fun |
| 2 | kit | kick | kin | kid | kill | king |
| 3 | bust | just | rust | dust | gust | must |
| 4 | pill | pick | pip | pit | pin | pig |
| 5 | ban | back | bat | bad | bass | bath |
| 6 | rent | went | tent | bent | dent | sent |
| 7 | pad | pass | path | pack | pan | pat |
| 8 | bill | fill | till | will | hill | kill |
| 9 | gang | hang | fang | bang | rang | sang |
| 10 | sun | sud | sup | sub | sung | sum |

试飞过程中,机上试飞人员有一份测试用的单词表,地面人员则有一份对应的检查表格,并根据自己所听到的语音信号在 6 个词组中进行选择。最后,统计所选结果的准确率进行量化判断,国外通用判定依据为准确率在 75% 以上认为通信系统的音量和清晰度为可接受。

4 改良型语音清晰度判定试飞方法

通过对比国内外两种做法,可以清楚发现,国

外的量化评定方法更准确。但是如果照搬国外的这套办法,由于这份“同韵词表格”全是英文,在实际操作中存在一定的不适用性。因此,在分析总结基础上初步拟定了一份 10 组、每组 6 字的中文版“近音词表格”,如表 3 所示。并结合通信系统试飞过程详细制定了一份语音清晰度试飞方法的总结。当然,由于专业的语言学知识限制,这份“近音词表格”内容还需要充实完善以获得局方认可并应用于实际试飞过程中,现仅将这条思路做一简单陈述,供试飞领域专业人员参考。

表 3 近音词表

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 本 | 八 | 被 | 比 | 布 | 博 |
| 2 | 汤 | 邦 | 刚 | 康 | 当 | 仓 |
| 3 | 飞 | 发 | 反 | 风 | 房 | 浮 |
| 4 | 松 | 永 | 东 | 同 | 龙 | 红 |
| 5 | 哈 | 寒 | 恒 | 胡 | 黑 | 盒 |
| 6 | 大 | 卡 | 下 | 塔 | 洒 | 亚 |
| 7 | 开 | 苦 | 看 | 抗 | 孔 | 口 |
| 8 | 古 | 苦 | 土 | 属 | 苏 | 组 |
| 9 | 马 | 母 | 忙 | 梅 | 门 | 猛 |
| 10 | 层 | 等 | 冯 | 冷 | 疼 | 赢 |

此近音词表格借鉴英文版“同韵词表格”的模式,“同声母异韵母”近音词穿插搭配“同韵母异声母”近音词^[2],以此来对通信质量进行清晰、连续的全面考量。

在此近音词表的基础上设计形成一份可应用于试飞实施过程中的表格。此表格地面人员与机上人员各自有一套相匹配表格(此处略去匹配表格,基本内容类似,匹配表格检查表与此表测试表词组对应,测试表与该表检查表对应)。当飞机到达预定试验点时,机上人员与地面人员建立语音通信。试验开始时,首先互通试验点编号,由机上人员按照“数字+测试字”格式阅读测试表格中的测试词,每读完一个词停顿 4s 左右,与此同时地面人员在匹配表内的检查表圈选听到的词。6 组词测试完成后互换测试。如表 4 所示。

试验结束后,对每个试验点进行打分并计算准确率。具体准确率与 SINPO 等级及其符合性对应关系如表 5 所示,通常取 75% 以上为符合性判据。

5 结论

本文通过对国内外通信系统试飞中语言清晰度

表4 试验用表

| 试验点() | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| 得分: | | 准确率: | | 符合性: | |
| 测试表 | | | | | |
| 1. 汤 | 2. 永 | 3. 卡 | 4. 门 | 5. 等 | 6. 寒 |
| 备注:每读完一个词后间隔4s左右。 | | | | | |
| 检查表 | | | | | |
| 1. 飞 | 发 | 反 | 风 | 房 | 浮 |
| 2. 层 | 等 | 冯 | 冷 | 疼 | 赢 |
| 3. 汤 | 邦 | 刚 | 康 | 当 | 仓 |
| 4. 开 | 卡 | 看 | 抗 | 孔 | 口 |
| 5. 松 | 永 | 东 | 同 | 龙 | 红 |
| 6. 马 | 母 | 忙 | 梅 | 门 | 猛 |
| 备注:圈选所听到的对应词。 | | | | | |

判断方法比对和分析,提出了国内通信系统试飞方法中存在的完善点,并在国外方法的基础上总结

(上接第47页)

从图中可以看出结冰条件模拟系统所产生的水雾 LWC 分布均匀、均匀性指标最大值不超过 20%。

4.3 试验过程

当结冰条件模拟系统完成足够的试验标定和参数测量之后,系统即具备条件支持飞机完成适航审定试验,推荐的试验程序如下:

打开左右短舱防冰系统,开启结冰条件模拟系统,进入试验状态,保持喷雾状态 36min,考虑到试验过程中发动机上的结冰可能导致发动机产生振动,试验过程中可以根据现场的判断间歇地将发动机的 N1 增加至不低于 54%,并保持 30s 或者振动值恢复正常,然后收油门至慢车位。关闭喷雾架的供水,保持供气打开状态,停止供水。

按照适航条款的规定,如果试验时间没有达到 30min,而是过程中发生发动机振动值异常,飞行机组可以采用增加发动机推力的操作甩落叶片上的积冰,但试验过程中的甩冰操作需要作为运行限制写入飞行手册。比如在试验进行到 20min 时,如果机组发现发动机振动值异常,可以将推力增加到中等或者起飞状态,但这样的操作将写入飞行手册,

表5 准确率对应等级表

| 准确率 | 0-50% | 50% - 70% | 70% - 75% | 75% - 90% | 90% - 100% |
|----------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|
| SINPO 等级 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 符合性 | 不可接受 | | | 可接受 | |

出一套判定清晰度的“近音词表格”,并完整地提出试飞过程中的操作方法及数据收集处理判定表格及依据,为我国通信系统试飞语音清晰度判定提供了可供参考的优化方案。

参考文献:

- [1] Robert E. Mcshea. Test and Evaluation of Aircraft Avionics and Weapon Systems[M]. US: American Institute of Aeronautics & Astronautics, 2010.
- [2] 张家禄. 汉语语言识别的声学模型和语言模型[C]. 第一届全国语言识别学术报告与展示会论文集, 1990.

今后在航线运营期间,飞机在冻雾环境下运行 20min 后,飞行机组就需要执行相应的甩冰操作。

5 结论

短舱防冰系统地面冻雾天试验是表明民用飞机短舱防冰系统性能满足使用要求的唯一手段。地面结冰气象条件模拟系统可以产生符合适航要求的结冰条件。本文给出的试验方法成功支持国内某民用飞机完成民航 25 部 1093(b)(2)条款的适航符合性验证。

参考文献:

- [1] 中国民用航空总局. 中国民用航空规章第 25 部运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [2] Federal Aviation Administration. Advisory Circular 20-147 [S]. 2004 .
- [3] McKinley Climatic Laboratory. 46TH TEST WING FACT SHEET [EB/OL]. [2008 - 03]. <http://www.eglin.af.mil/46tw>.
- [4] 李志茂,等. 地面结冰条件模拟系统:中国,102582843 [P]. 2012-07-08.