

文章编号:1674-8190(2019)03-413-05

基于机场 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞的可行性研究

章园媛,白卫国

(中国商用飞机有限责任公司 民用飞机试飞中心,上海 201323)

摘要: 进行 CAT II ILS 试飞的前提是机场具备 Type II ILS 设备,国内符合条件的机场皆为大型枢纽机场,诸多运行限制将极大影响试飞效率。为了增加机场选择裕度,加快试飞进程,在国内首次提出采用具有 Type I ILS 进行 CAT II ILS 试飞的新方法,并从适航条款、技术要求等方面详细分析其可行性。结果表明:此方法满足适航审定要求,切实可行,是一种有效的能实际运用于国内大多数 I 类运行条件机场的试飞方法。

关键词: Type I ILS; Type II ILS; CAT II ILS 飞行试验;适航审定;可行性

中图分类号: V217+.1

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2019.03.017

The Feasibility Study for CAT II ILS Flight Test with Type I ILS

Zhang Yuanyuan, Bai Weiguo

(Civil Aircraft Flight Test Center, Commercial Aircraft Corporation of China Ltd., Shanghai 201323, China)

Abstract: Airports with Type II ILS is the precondition of CAT II ILS flight test. Since domestic airports with Category II operation condition are all large hub airports, many restrictions will greatly affect the efficiency of flight test. In order to increase the airports selection margin, and accelerate the test process, a new method of carrying out CAT II ILS flight test with Type I ILS in domestic is firstly proposed. The research results show this new method can meet the requirements of airworthiness certification, and is feasible. It is an effective flight test method that can be applied to most airports with Category I operation condition in domestic.

Key words: Type I ILS; Type II ILS; CAT II ILS flight test; airworthiness certification; feasibility

0 引言

适航性是按照公众批准的最低安全要求继续飞行的航空器固有品质,是民用航空器的一种属性。根据我国民用航空器的适航管理法规和规定,国产民用飞机必须按照适航要求向中国民航局航空器适航审定司表明其符合性。作为一种较常见的符合性验证方法,飞行试验是在真实的飞行环境

下进行的各类试验^[1]。对于民用飞机,飞行试验在飞机型号合格审定过程和飞机适航管理过程中占有极其重要地位。

II类仪表着陆系统飞行试验,简称 CAT II ILS 试飞,旨在向适航当局表明飞机的自动飞行控制系统具有 CAT II ILS 运营能力。通常适航要求在安装有 II 类设备性能的仪表着陆系统(简称 Type II ILS)的机场进行。目前我国具备 CAT II 类运行条件的机场皆为国际性枢纽机场如首都国

收稿日期:2018-06-27; 修回日期:2018-09-04

通信作者:章园媛,zuoshe@126.com

引用格式:章园媛,白卫国. 基于机场 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞的可行性研究[J]. 航空工程进展, 2019, 10(3): 413-417.

Zhang Yuanyuan, Bai Weiguo. The feasibility study for CAT II ILS flight test with type I ILS[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2019, 10(3): 413-417. (in Chinese)

际机场、上海浦东机场等,受航班量大、空域紧张、资源调配困难等因素影响,这类机场很难平衡各项要求来满足试验所需。而国外符合要求的机场也存在协调难、经费高、周期长等问题。因此,能否有效选择适合的机场在很大程度上影响试验的开展。

根据美国联邦航空管理局(FAA)颁布的咨询通告^[2],采用安装有 I 类设备性能的仪表着陆系统的机场开展试验,即采用 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞,在特定条件下同样能满足规范要求,获得适航当局认可。资料表明国外利用相关经验开始研究采用 CAT I 类地基增强系统(GBAS)开展 CAT II 类运行^[3],而国内因民用飞机试飞水平尚处在初步发展阶段,采用此类试飞方法进行飞行试验的研究尚未起步。

基于上述考虑,在国内本文首次提出采用 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞,并做深入研究,分析证明其可行性。

1 可行性研究思路

采用 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞的可行性研究,其重点在于分析验证使用性能类别相对较低的 Type I ILS 设备进行试验依然满足适航审定要求,这也是后续开展试验、结果验证的前题。因此本文根据相关适航条款、规定,按下述步骤验证分析采用 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞的可行性。

首先,适航条款允许使用其他类型的导航设备进行 II 类 ILS 运行,这里其他类型的导航设备包括采用 Type I ILS 设备。这类设备因性能不满足 II 类 ILS 运行的标准设备需求,须获得适航当局特别审批^[2,4]。其次,技术要求规定这类设备在校验后性能不应低于 II/D/2 级别,且具有可维护性,同时为防止对 ILS 空间信号造成不可接受的干扰,应对 ILS 临界区进行有效保护^[5-6]。因此,采用机场 Type I ILS 设备有效进行 CAT II ILS 试飞应满足如下要求:

- (1) 地面 ILS 设备具有 II 类设备性能;
- (2) 其航向信标的航道结构满足 III 类设备规范(飞到 ILS 基准数据点“D”点);
- (3) 符合 2 级完整性和连续性要求;

(4) 系统运行过程中,车辆、航空器等不得进入该区域。

一般采用飞行校验的方式来检测机场地面导航设备的性能,经过飞行校验后的设备能够达到最佳状态。因此,在设备定期校验时,针对航向信标航道结构这一参数,按照 III 类设备规范校准可满足要求(2)。要求(3)中,ILS 设备信号的完整性和连续性级别定义分别体现了不发射错误引导信号的概率及不丢失引导信号的概率,通常已达到了机场 I 类 ILS 运行设备 2 级完整性和连续性的要求^[7]。而要求(4)只需在试飞验证时保证 ILS 运行过程中车辆、航空器不得进入 ILS 临界区即可。综上所述,当机场地面 ILS 设备满足 II 类设备性能要求,即可表明采用机场 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞具有可行性。

本文通过对照 I 类和 II 类设备性能的 ILS 技术规范,找出与标准值及容限要求存在差异的各项技术要求,并将差异项与真实机场 ILS 校验报告进行比对,分析 Type I ILS 设备在一定条件下满足 II 类设备性能的要求,完成可行性研究。

2 ILS 设备性能分析

采用飞行校验的手段检测 ILS 设备性能,主要体现为两个检查校准过程:一是信号的正常性检查,即对正常发射的 ILS 信号进行标称量值的检查及调整,判断信号是否符合要求,如航道、校直、宽度、覆盖等参数;二是根据信号完整性告警门限,验证并校准地面 ILS 设备的告警门限值,使其与空中信号的告警门限保持一致,告警数值设置表示所允许的信号变化范围^[8]。

I 类和 II 类设备性能的 ILS 各项校验项目技术要求不同,通过判断校验结果是否满足相关类别的标准值及容限要求,可准确区分 ILS 设备性能类别。

2.1 性能类别标准

ILS 设备性能校验包括航向信标和下滑信标的校验^[9]。根据 ILS 飞行校验调试技术规范^[10],Type I ILS 设备和 Type II ILS 设备的校验项目及技术要求如表 1~表 2 所示。

表 1 ILS 航向信标校验技术要求

Table 1 Technology requirements of ILS LOC calibration

校验项目	标准值及容限要求(I类)	标准值及容限要求(II类)	是否一致
识别	清晰、正确,对航道无影响	清晰、正确,对航道无影响	是
调制度	(20±1.5)%	(20±1.5)%	是
航道宽度	标准值 $W=2\arctg(105/L)$ $W \leq 6^\circ$	标准值 $W=2\arctg(105/L)$ $W \leq 6^\circ$	是
宽度告警	位移灵敏度变化 $\leq 17\%$	位移灵敏度变化 $\leq 17\%$	是
余隙	航道中心线两侧航向偏移信号的数值线性增加到 175 μA ,并保持 175 μA 直到航道线两侧夹角达到 10° ,从 $10^\circ \sim 35^\circ$ 区间内航向偏移信号的数值 $\geq 150 \mu A$	航道中心线两侧航向偏移信号的数值线性增加到 175 μA ,并保持 175 μA 直到航道线两侧夹角达到 10° ,从 $10^\circ \sim 35^\circ$ 区间内航向偏移信号的数值 $\geq 150 \mu A$	是
覆盖	距航向信标发射天线 17 nm,航道线两侧各 35° 和 25 nm 航道线两侧各 10° 下滑道扇区内,识别信号清晰,航道信号指示稳定,信号强度 $\geq 5 \mu V(-93 \text{ dBm})$	距航向信标发射天线 17 nm,航道线两侧各 35° 和 25 nm 航道线两侧各 10° 下滑道扇区内,识别信号清晰,航道信号指示稳定,信号强度 $\geq 5 \mu V(-93 \text{ dBm})$	是
航道结构(1区)	A 点以外:30 μA (1区)	A 点以外:30 μA (1区)	是
航道结构(2、3区)	A 点到 B 点:由 30 μA 线性下降到 15 μA (2区),B 点到 C 点:15 μA (3区)	A 点到 B 点:由 30 μA 线性下降到 5 μA (2区),B 点到 T 点:5 μA (3区),B 点到 D 点:5 μA	否
宽度对称性	42%~58%	45%~55%	否
航道校直	$\leq 15 \mu A$	$\leq 6 \mu A$	否
校直告警	$\pm 15 \mu A$	$\pm 10 \mu A$	否
极化	小于 15 μA	小于 8 μA	否

注 1:W 为航道宽度;L 为航向天线到跑道入口的距离,单位 m;

注 2:A 点为在进场方向沿跑道中线延长线距跑道入口 7 200 m/4 nm 处测得的 ILS 下滑道上的点;B 点为在进场方向沿跑道中线延长线距跑道入口 1 050 m 处测得的 ILS 下滑道上的点;C 点为标称 ILS 下滑道向下延伸的直线部分在包含跑道入口的水平面上方 30 m 高度处所通过的点;T 点为 ILS 基准数据点,位于跑道中线与跑道入口交叉处垂直上方规定高度上的点;D 点为在跑道中线上方 4 m,距跑道入口向着航向信标的方向 900 m 的点。

表 2 ILS 下滑信标校验技术要求

Table 2 Technology requirements of ILS GS calibration

校验项目	标准值及容限要求(I类)	标准值及容限要求(II类)	是否一致
调制度	(40±1.5)%	(40±1.5)%	是
下滑半宽度	标准值 $W=2 \times 0.12\theta$	标准值 $W=2 \times 0.12\theta$	是
下滑角	设计角度:一般为 $3^\circ, \theta \pm 0.075\theta$	设计角度:一般为 $3^\circ, \theta \pm 0.075\theta$	是
入口高度	15 m+3 m	15 m+3 m	是
下限告警	角度变化 $\leq 7.5\%$	角度变化 $\leq 7.5\%$	是
余隙	0.3 θ 与 0.45 θ 之间所能获得的偏移大于或等于 190 μA	0.3 θ 与 0.45 θ 之间所能获得的偏移大于或等于 190 μA	是
覆盖	距下滑台 18 km,仰角 0.45 $\theta \sim 1.75\theta$ 之间,航道中心线两侧各 8° 范围内,信号指示稳定正常,信号强度 $\geq 15 \mu V(-83 \text{ dBm})$	距下滑台 18 km,仰角 0.45 $\theta \sim 1.75\theta$ 之间,航道中心线两侧各 8° 范围内,信号指示稳定正常,信号强度 $\geq 15 \mu V(-83 \text{ dBm})$	是
下滑道结构(1区)	A 点以外:30 μA (1区)	A 点以外:30 μA (1区)	是
下滑道结构(2、3区)	A 点到 B 点:30 μA (2区) B 点到 C 点:30 μA (3区)	A 点到 B 点:由 30 μA 线性下降到 20 μA (2区) B 点到 T 点:20 μA (3区)	否
宽度对称性	37%~63%	42%~58%	否
宽度告警	宽度变化 $\leq 0.0375\theta$ (当设计下滑角为 3° 时,计算后的告警门限为 0.945°)	不大于正常宽度的 25%(当设计下滑角为 3° 时,标称宽度为 0.72°,计算后的告警门限为 0.90°)	否

注 1:W 为下滑宽度; θ 为下滑角;

注 2:A 点为在进场方向沿跑道中线延长线距跑道入口 7 200 m/4 nm 处测得的 ILS 下滑道上的点;B 点为在进场方向沿跑道中线延长线距跑道入口 1 050 m 处测得的 ILS 下滑道上的点;C 点为标称 ILS 下滑道向下延伸的直线部分在包含跑道入口的水平面上方 30 m 高度处所通过的点;T 点为 ILS 基准数据点,位于跑道中线与跑道入口交叉处垂直上方规定高度上的点。

从表 1~表 2 可以看出:ILS 设备航向信标的 12 项定期校验性能指标中只有 5 项针对 I 类和 II 类的标准值及容限要求存在差异;而 ILS 下滑信标的 11 项定期校验的性能指标中只有 3 项针对 I 类和 II 类的标准值及容限要求存在差异。

由此可见,Type I ILS 设备和 Type II ILS 设备性能要求多数是一致的,如果 Type I ILS 设备实际校验数据中体现两者差异部分的数值能满足 Type II ILS 设备的性能要求,可说明 Type I ILS 设备达到 II 类设备性能的要求。

2.2 校验结果分析

根据国内某 A 机场 18 号、36 号跑道和某 B 机场 22 号跑道 I 类仪表着陆系统定期校验报告的数据,ILS 设备的校验参数有:

(1) 航向信标校准参数:调制度,航道校直,航道校直告警(90 Hz、150 Hz),航道结构(1、2、3

区),航道宽度,宽度对称性,航道宽度告警(宽、窄告警),覆盖;

(2) 航向信标检测参数:识别,余隙/角度(90 Hz、150 Hz),极化;

(3) 下滑信标校准参数:调制度,下滑角/入口高度,下滑角下限告警,下滑道结构(1、2、3 区),下滑道宽度,宽度对称性,下滑宽度告警(宽、窄告警),覆盖;

(4) 下滑信标检测参数:150 Hz 余隙/角度。

上述参数与 II 类 ILS 设备定期校验的飞行校验项目一致。

依据 2.1 节分析,将报告中航向信标的航道校直、校直告警、航道结构(2、3 区)、宽度对称性、极化 5 项校验数据,及下滑信标的宽度对称性、下滑道结构(2、3 区)、宽度告警 3 项校验数据与 II 类设备性能技术要求进行比对分析,结果如表 3~表 4 所示。

表 3 ILS 航向信标校验结果分析

Table 3 Results analysis of ILS LOC calibration

是否满足要求	航向信标校验结果		
	A 机场 18 号跑道	A 机场 36 号跑道	B 机场 22 号跑道
满足 II 类精度要求	航道校直: $\leq 6 \mu\text{A}$	航道校直: $\leq 6 \mu\text{A}$	航道校直: $\leq 6 \mu\text{A}$
	航道结构 2 区	航道结构 2 区	航道结构 2 区
	航道结构 3 区	航道结构 3 区	航道结构 3 区
	宽度对称:48.8%	宽度对称:49.9%	宽度对称性:52.00%
	极化: $-1.85 \mu\text{A}$	极化: $-3.06 \mu\text{A}$	极化: $4.8 \mu\text{A}$
仅满足 I 类精度要求	90 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$	90 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$	90 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$
	150 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$	150 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$	150 Hz 校直告警: $\pm 15 \mu\text{A}$

表 4 ILS 下滑信标校验结果分析

Table 4 Results analysis of ILS GS calibration

是否满足要求	下滑信标校验结果		
	A 机场 18 号跑道	A 机场 36 号跑道	B 机场 22 号跑道
满足 II 类精度要求	下滑道结构 2 区	下滑道结构 2 区	下滑道结构 2 区
	下滑道结构 3 区	下滑道结构 3 区	下滑道结构 3 区
	宽度对称性:48.84%	宽度对称性:48.49%	宽度对称性:48.96%
仅满足 I 类精度要求	宽告警: 0.93°	宽告警: 0.94°	宽告警: 0.92°

从表 3 可以看出:不同机场不同跑道,相同机场不同跑道的 I 类 ILS 航向信标的航道校直、航道结构、宽度对称性、极化均满足 II 类精度要求;只有校直告警仅满足 I 类 $\pm 15 \mu\text{A}$ 的精度要求,未达

到 II 类 $\pm 10 \mu\text{A}$ 的精度要求。校直告警是航道监视器在检测到航道的偏移超过门限值时产生的信号完整性告警,只是监控器允许偏差的一个范围,不影响信号本身的精度。实际验证时通过地面导

航设备运行的监控器数据判断其未超过 II 类 $\pm 10 \mu\text{A}$ 的精度要求即可。

从表 4 可以看出:不同机场不同跑道,相同机场不同跑道的 I 类 ILS 下滑信标的下滑道结构、宽度对称性均满足 II 类精度要求;只有宽度告警仅满足 I 类 0.945° 的精度要求,未达到 II 类 0.90° 的精度要求。宽度告警是地面设备监视器检测到下滑宽度角度达到预期告警门限值时产生的告警,是监控器允许偏差的一个范围,不影响信号本身的精度。实际验证时通过地面导航设备运行的监控器数据判断其未超过 II 类 0.90° 的精度要求即可。

综上所述,Type I ILS 设备在实际性能校验数据中两者差异部分的数值均能满足 Type II ILS 设备的性能要求。因此,Type I ILS 设备性能满足 II 类设备性能要求。

3 结 论

(1) 本文依据适航条款,在不影响审定结果的前提下,采用设备性能类别相对较低的 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞,有效解决了试验机场选择难、试飞效率低的问题。

(2) 通过将 Type I ILS 设备和 Type II ILS 设备性能技术标准对比分析,验证了 Type I ILS 设备满足 II 类设备性能要求。

(3) 根据本文分析,当机场地面 ILS 设备满足 II 类设备性能要求,采用机场 Type I ILS 设备进行 CAT II ILS 试飞具有可行性,满足适航审定要求。

参考文献

- [1] 周自全. 飞行试验工程[M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.
Zhou Ziquan. Flight test engineering[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2010. (in Chinese)
- [2] FAA. AC120-29A Criteria for approval of category I and category II weather minima for approach[S]. US: Federal Aviation Administration, 2002.
- [3] Behrend F, Lehmann O, Smedt D D, et al. CAT II/OTS CAT II operations using existing CAT I ground based augmentation system[C]//IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference. Seattle, Washington, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011: 1-6.
- [4] EASA. ED decision 2003/6/RM certification specification for all weather operations(CS-AWO)[S]. Brussels: European Aviation Safety Agency, 2003.
- [5] FAA. Order 8400.13E Procedures for the evaluation and approval of facilities for special authorization category I operations and all category II and III operations[S]. US: Federal Aviation Administration, 2018.
- [6] EASA. Acceptable means of compliance(AMC) and guidance material(GM) to part-SPA[S]. Brussels: European Aviation Safety Agency, 2012.
- [7] ICAO. Annex 10 to the convention on international civil aviation aeronautical telecommunications Volume 1 radio navigation aids[S]. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2006.
- [8] 中国民用航空局空中交通管理局. AC-86-TM-2015-01 仪表着陆系统飞行校验调试技术规范[S]. 北京: 中国民用航空局空中交通管理局, 2015.
Air Traffic Management Bureau, CAAC. Instrument landing system flight inspection technical specification[S]. Beijing: Air Traffic Management Bureau, CAAC, 2015. (in Chinese)
- [9] 中国民用航空总局. MH/T4006.1-1998 航空无线电导航设备第 1 部分: 仪表着陆系统(ILS)技术要求[S]. 北京: 中国民用航空总局, 1998.
CAAC. MH/T4006.1-1998 Aeronautical Radio Navigation Aids Part1: Technical requirements for instrument landing system(ILS)[S]. Beijing: CAAC, 1998. (in Chinese)
- [10] 中国民用航空总局. MH2003-2000 飞行校验规则[S]. 北京: 中国民用航空总局, 2000.
CAAC. MH2003-2000 flight inspection rule[S]. Beijing: CAAC, 2000. (in Chinese)

作者简介:

章园媛(1984—),女,硕士,工程师。主要研究方向:民用飞机自动飞行控制系统飞行试验。

白卫国(1983—),男,学士,工程师。主要研究方向:民用飞机飞行试验和适航审定。

(编辑:丛艳娟)