

空中交通防撞系统(TCAS II) 的排故与维护

Troubleshooting and Maintenance of Air Traffic Collision Avoidance System (TCAS II)

张秋令 / Zhang Qiuling

(中国东方航空公司,上海 200000)

(Eastern Airline of China, Shanghai 200000, China)

摘要:

主要以空客 A320 飞机为例,介绍了 TCAS II(空中交通防撞系统)系统原理、组成、功能及常见的故障、排故方法等,希望能增进对 TCAS II 系统的了解,有助于 TCAS II 系统的设计和维护。

关键词:防撞系统;故障;排故

中图分类号:V244.1

文献标识码:A

[Abstract] This paper introduces the system principle, the composing, the function, occurring faults and elimination methods of TCAS II (traffic collision avoidance system) as an example of A320 aircraft. We hope that it can enhance the understanding of the TCAS II system and contributes design and maintenance of the TCAS II system.

[Key words] traffic collision avoidance system(TCAS); fault; trouble-shooting

0 引言

民用航空安全第一。在空中交通日益繁忙的今天,为避免空中飞机发生危险接近甚至碰撞,保障飞行安全,安装 TCAS 系统是各种型号民航客机放飞必备的条件之一,同时,必须保证其工作正常。欧洲自 2000 年以来,强制要求民航客机安装 TCAS II 系统,我国各航空公司均已普遍安装了 TCAS II 系统。因此,保证 TCAS II 系统正常工作成为营运飞机日常维护的重要项目。

TCAS II 是一套能独立于地面塔台工作的机载交通警戒及防撞系统。它不断地探测本机周围的空域,借助于 ATC 应答机,搜寻来自附近空域其他飞机的信息。如果有其他飞机进入本机的监视区内,则根据对本机询问做出的回答,获得其它飞机的相对距离、方位和高度信息,将本机周围一定立体空域中的交通状况显示出来,使飞行员能一目了然地掌握本机邻近空域的交通状况。在必要的时候向飞行员发出交通咨询通报(TA),提醒飞行员注

意存在的潜在危险情况,改变航路的垂直高度,避免飞机相撞的风险。

TCAS II 系统也能与 ATCRBS(空中交通管制雷达信标系统)的地面航站配合,由地面航站管理员向飞行员提供垂直机动的飞行方案。这样的设计为空中交通控制系统提供了一个额外的解决方案。

1 空客 A320 系列飞机 TCAS II 系统

空客 A320 系列飞机选装的是 TCAS II 系统,该系统主要包括一台 TCAS II 计算机,TCAS II 天线分别安装在机身上、下部,一块控制面板安装在驾驶舱的中央操纵台。如图 1 所示。

此外,与 TCAS II 系统密切关联的其他设备还包括:2 台 ATC 计算机,4 个 ATC 天线分别安装在机身上下部。2 部 FWC(飞行警告计算机)将 TCAS II 输出的警告转换成相应的文字或音响输出。3 部 DMC(显示管理计算机说明)将 TCAS II 产生的咨询报告输出生成图像信息显示在驾驶舱的 PFD/ND 上。

A320 飞机的 TCAS II 系统可探测飞机前方 60 n mile,其他方向 40 n mile 范围,上下 2 700ft 的空域,如图 2 所示。

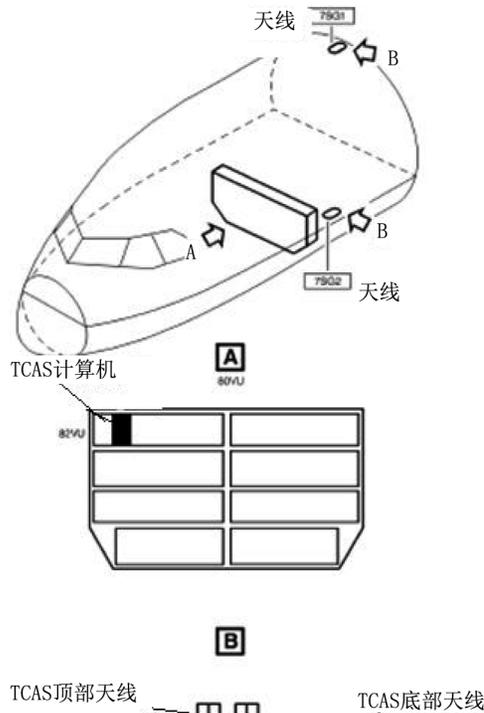


图1 A320 TCAS II 系统部件

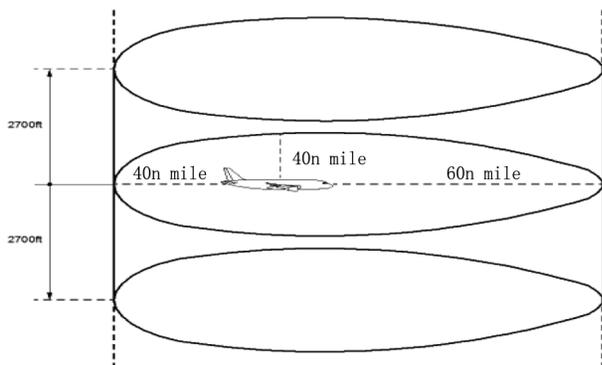


图2 A320TCAS 系统探测的空域

2 A320 飞机 TCAS II 系统工作原理

TCASII 计算机具有与地面站 ATC/S 方式相似的收/发特性,通过向空中发射 1 030MHz 的询问信号,并接收周围飞机 1 090MHz 的 ATC 应答信号。如果 TCASII 计算机能从上、下天线收到应答信号,那么在本机的 TCAS II 探测区域内就有别的飞机。就是说,TCAS II 通过判别有无针对本机询问的应答信号来完成对临近飞机的探测。当监测到临近

飞机后(装备 ATC/C 或 ATC/S 的应答机)TCAS II 进入跟踪状态。跟踪是通过 TCASII 与 ATC/C 或 ATC/S 方式重复“询问-回答”来完成的。临近飞机相对本机威胁性大小是由 TCASII 计算得出的结论,将收到的临近飞机应答信号计算后与程序内设定好的参数进行比较,并在 EFIS 上显示出来,给出 TA/RA 信息。该信息包括临近飞机相对本机的距离、方位、高度、航迹、上升/下降状态,以及区域内临近飞机的数量。显示信息符号的形状和颜色与威胁性级别相对应。

TCAS II 系统在飞行过程中实时向机组提供空域中临近飞机的位置显示,帮助机组及时改变飞行轨迹以避免可能出现的危险接近。

3 TCAS II 故障率分析

本文选取了 2007-2013 年空客 320、330、340 机队,与波音 737、757、767 机队的的维修数据进行分析。TCAS II 系统故障约发生 2 498 起,其中引起航班不正常的有 227 起,约占故障总数的 9.08% 左右的故障。

某机队空客、波音系列飞机 TCAS 系统故障的维修记录分别汇总于表 1、表 2 中。

分析表 1、表 2 中的故障数据可得到某机队 TCAS II 系统故障中,各部件故障的比例如下。

空客机队:TCAS II 收发机故障占 38.00%; TCAS II 天线故障占 5.26%;控制板故障占 8.94%;

表 1 某机队空客飞机 TCAS 故障统计

机型	故障数量	收发组	天线	控制盒	ATC收发组	重置	显示器+惯导	继电器+电缆
319-112	99	29	8	15	1	46	0	0
319-115	35	22	0	6	1	6	0	0
319-133	2	0	0	0	0	2	0	0
320-214	1 134	418	40	85	17	571	0	3
320-232	158	74	7	10	1	66	0	0
321-211	137	57	8	14	3	54	0	1
321-231	29	13	3	4	0	9	0	0
330-243	44	20	6	3	1	14	0	0
330-343	55	10	16	14	0	15	0	0
340-642	18	7	2	2	0	7	0	0
合计	1 711	650	90	153	24	790	0	4

表2 某机队波音飞机 TCAS 故障统计

机型	故障数量	收发组	天线	控制盒	ATC收发组	重置	显示器+惯导	继电器+电缆
737-300	170	85	17	19	6	37	5	0
737-700	212	55	31	44	10	71	1	0
737-800	274	79	47	44	21	78	0	0
757-200	37	14	3	5	1	13	1	0
767-300	65	25	8	13	2	15	1	1
747	29	9	0	0	0	20	0	0
合计	781	267	106	125	40	234	8	1

ATC收发组故障占1.4%；经过重置后正常的占46.17%；电缆、继电器故障占0.23%。

波音机队：TCAS II收发机故障占34.19%；TCAS II天线故障占13.57%；控制板故障占16.01%；ATC收发组故障占5.12%；经过重置后正常的占29.96%；而显示器、惯导发生故障占1.02%，电缆、继电器故障占0.13%。

各部件的平均故障率及其表征为：

(1) TCAS II收发组的故障发生率约占36.8%，是各种部件故障发生率最高的，反映的故障现象集中表现为“TCAS II fail故障信息显示”；“TCAS II无法显示对方飞机”；“错误的TA/RA警告”。

(2) TCAS II天线的故障发生率约为7.87%，其中波音机队为13.57%，空客机队为5.26%略低。反映的故障大多表现为“有天线故障信息”；“TCAS II故障信息”；“出现假的目标飞机警告”。绝大多数天线是由于受潮导致功能下降，在探测过程中发生误报，虚假目标等。

(3) TCAS II/ATC控制盒的故障发生率也较多，约占11.16%。反映的故障大多表现为“旋钮松动”；“控制盒显示故障”；“开关接触不良”；表明该部件是属于机械类故障多发部件。在日常维护中，可以通过操作检查来提高部件的可靠性。

(4) ATC收发机的故障率约为2.57%。反映的故障表现为“TCAS II显示STBY”；“TCAS II无法识别”。

(5) 还有大约41.09%的属于计算机在运行中产生的瞬时故障或逻辑错误。通过断电重置来消除计算机内部的错误逻辑，恢复系统正常工作。

4 A320飞机 TCAS II 常见故障分析与排故

A320 TCAS II系统常见故障为计算机故障、天线故障、同轴电缆故障和外部信号故障。

故障分析与排故首先要求确认故障，第一步是对TCAS II系统进行功能测试。此步骤是排故的关键，在测试过程中可以重现故障现象，同时，可以观察故障的特性，以便结合经验迅速查找故障源。

如果测试给出的结果表明目标飞机的位置不准确，要求检查天线的电缆接头，针对发现有潮湿的现象，要求清洁电缆接头且保持干燥。如果没有发现受潮的情况，要求检查天线和电缆的连接是否正确，以及天线是否正确安装。并且按需修复；同时，要求检查同轴电缆是否完好，并视情修复。如果故障还是存在，则更换相应的TCAS II天线。完成后，再次通过测试检测系统。

4.1 TCAS II 计算机故障

TCAS II计算机是TCAS II系统的核心部件，其担任着大量的计算任务，同时具备发射和接收的功能，并且精度要求非常高。在飞行过程中容易受到气流、颠簸、高空辐射、电磁干扰等客观因素的影响，使得TCAS II计算机的故障率相对较高。TCAS II计算机故障通常有真故障或假故障。其中真故障也有可能是硬件故障或者软件故障，硬件故障的判断比较容易，在空中和地面都会发生，通过计算机自测试可以测试出来。而软件故障则具有一定的隐蔽性，表现为使用过程中时好时坏，并且在地面测试时多数可能正常通过。这是因为一条软件指令在它不执行时，是不会造成系统故障的，只有当执行该指令时，才会表现出故障现象来，而计算机内部的自检程序是不能完全检测内存中的所有程序的。所以，此类故障要通过对故障件进行隔离才能判断出来，一般采用对调TCAS II计算机的方法可以有效隔离此类故障。其次是假故障，由于飞行需要，TCAS II计算机是一个精度要求非常高的设备，任何频率的偏差、数据的错误都可能使其发生故障，计算机的电源品质下降或出现相位偏差，也都会对TCAS II计算机产生影响。所谓的假故障，就是指由电源或其他无线电设备干扰而产生的故障。

(下转第86页)

- [2]中国民航总局. CCAR 25-R4 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.
- [3]江国华. 浅谈运输类飞机座椅的适航性要求[J]. 民用飞机设计与研究,1996,4: 28-31.
- [4]李达,姜勇,徐淑芳. 人机工程学[M]. 北京:电子工业出版社,2014.
- [5]吴青. 人机环境工程[M]. 北京:国防工业出版社,2009.

- [6]石林,郁波. 工业设计人机工程学教程[M]. 广西:广西美术出版社,2009.
- [7]毕红哲,庄达. 航空人机工程计算机仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [8]袁修干,庄达民,张兴娟. 人机工程计算机仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

(上接第 22 页)

TCAS II 出现故障后,显示的信息为:ECAM 上出现红色的 TCAS II 字符。排故时可以在计算机的前部面板上按压测试按钮,如图 3 所示。对应的 LED 灯会点亮,如 TTR 红灯亮(或者 R/A;T/A 红灯亮),表明计算机内部电路出现故障,导致无法发送/接受无线电信号,需要更换计算机。

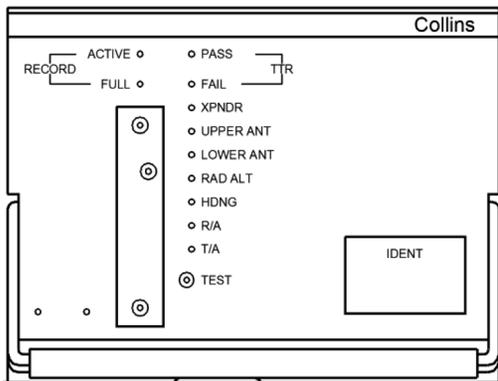


图 3 TCAS II 计算机前面板指示灯

4.2 天线故障

TCAS II 天线及其馈线故障在 TCAS II 系统的故障中也是比较多见的,TCAS II 天线工作在 L 波段。在电子设备中,频率越高,对天线及馈线的要求越高,天线的特性阻抗、馈线的输入电阻以及屏蔽性能都有很高的要求。因此对馈线长度、天线安装工艺都有严格的要求。但在实际安装过程中,有可能会因为安装的困难,对天线及馈线的部分造成损伤,随着使用时间的延长,损伤恶化,或者馈线与天线之间的接头老化松动等,就会造成系统出现故障。另一方面,天线也有可能遭到雷击或外来物损伤,以及天线四周密封胶老化,飞机蒙皮的轻微变形,水气渗透进天线内部,产生腐蚀,影响馈线的特性阻抗或绝缘电阻,造成故障现象。

对水气渗透进天线内部或底座的的天线,将其拆卸后去除水汽或更换新的天线,严格按工序重安装。

因此 TCAS II 系统故障时,对天线系统的细致

检查也显得非常重要。同时为了减少这类故障的发生一定要按维护工艺严格要求、把关。

4.3 电缆故障

目前,将电缆的损伤等级划分为 3 个类型。

(1)减少电缆长度对系统的操作没有影响,此类同轴电缆可以多次截短进行修理。

(2)电缆长度的减少将会影响系统的操作。所以,对于 2 型电缆的修理将限制截短的次数。

(3)电缆长度不能减短的,更换新电缆。

4.4 外部输入信号故障

当外围设施的输入参数出现故障后,TCAS II 也会报告出现故障。具体有以下几种情况:

(1)无线电高度表信号丢失;

(2)ADC 数据丢失;

(3)程序输入故障;

(4)IR 数据丢失。

总之,应根据故障情况对相应设备、分系统逐一排除故障。在排故中,要注意观察系统的工作情况,仔细排查存在的故障源。必要时采用测试仪,对 TCAS II 系统进行功能测试,确保 TCAS II 系统工作正常。

参考文献:

- [1] Airbus. Airplane Maintenance Manual[Z]. Airbus Industrie,2000.
- [2] Airbus. Trouble Shooting Manual[Z]. Airbus Industrie,2000.
- [3]何晓薇. 空中交通管制与防撞系统的主要技术特点[J]. 中国民航飞行学院学报,2001(9):40-42.
- [4]廉佳. TCAS 防撞系统空中故障分析[J]. 西安航空学院学报,2013,31(5):31-33.
- [5]马晓东. A320 交通管制及防撞系统(TCAS II)简介与故障简述[J]. 江苏航空,2009,4:20-22.
- [6]James K. Kuchar. Ann C. Drumm. The Traffic Alert and Collision Avoidance System[J]. Lincoln Laboratory Journal, 2007.