

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2023.01.001

A320 系列飞机 TCAS 故障签派放行处置研究

黄 石 王航臣*

(中国南方航空股份有限公司北京分公司,北京 102600)

摘 要: 空中交通警报与防撞系统(traffic alert and collision avoidance system,简称 TCAS)是机载监视系统中的重要组成部分,对于避免航空器危险接近,保证航空器安全有着重要作用。针对签派工作中 TCAS 故障放行难点问题,分别从飞机以自身动力滑出前、以自身动力滑出后、起飞后三个阶段展开分析。首先,由于 TCAS 系统依托的设备多,关联系统复杂,先介绍了 TCAS 系统的组成以及依托设备的常见故障。其次,以 TCAS 的工作原理为基础,分析了各个关联设备如应答机、惯性导航和大气数据基准等故障导致 TCAS 故障的机理。再次,给出了关于 TCAS 失效能否继续实施缩小垂直间隔(reduced vertical separation minimum,简称 RVSM)的说明,指出 TCAS 不是运行 RVSM 空域的基本设备,需要区分造成 TCAS 失效的原因。最后,从三个阶段对 TCAS 故障及关联设备故障展开分析,分别给出了滑出前 AP/FD TCAS 方式丢失、导航 TCAS 失效,滑出后及起飞后 TCAS 故障和关联系统故障并给出签派解决方案。

关键词: A320;签派放行;TCAS(空中交通警报与防撞系统);RVSM(缩小垂直间隔)

中图分类号: V355

文献标识码: A

OSID:



0 引言

空中交通警报与防撞系统(traffic alert and collision avoidance system,简称 TCAS)是一种为了避免航空器的危险接近而设计的独立于空中交通管制监视设备的机载设备。美国民用航空局和欧洲航空安全组织对其命名略有差别,但本质上两者为同一系统。TCAS 对于保证飞机空中航行安全有着重要意义,如果该系统发生故障,根据故障类型、故障触发时间的不同,给出不同的签派放行建议,对于保障飞行安全,提升地空支持能力,增加运行效率有着重要的意义。

国内外对于 TCAS 故障下签派放行的研究相对较少,研究主要集中在 TCAS 故障的分析和 TCAS 的告警模型与应用上。2019 年,杨富国等^[1]对 TCAS 虚假告警的数据进行了相关性分析,并解析了虚假告警的原因。林强等^[2]建立了一种基于事故树的 TCAS 故障方法。杨浩森^[3]以波音 737NG

飞机为例,解析了常见的 TCAS 故障与处置方案,但其是从机务的角度进行的研究,缺少对于签派放行工作的指导。2020 年,李亚玲等^[4]对 TCAS 探测中飞机位置跳变这一故障展开解析。2021 年,XIE Xiaomin 等^[5]针对 TCAS 组件常见故障进行解析,并给出了故障的测试方法。HU 等^[6]提出了一种基于故障树方法的 TCAS 故障诊断方法。谷润平等^[7]为了减少多跑道独立进近中 TCAS 不必要的告警,建立了一种基于蒙特卡罗方法的告警模型。2022 年,潘卫军等^[8]在文献[7]的基础上通过蒙特卡罗方法仿真了进近过程中运输机和四转弯训练机 TCAS 的告警风险。

综上所述,现有文献主要研究缺乏对具体机型的分析和相应的签派放行中故障处置措施。以飞机飞行手册、机组操作手册(flight crew operation manual,简称 FCOM)和最低设备清单(minimum equipment list,简称 MEL)为基础,分析了 TCAS 依托的设备与常见故障,以 A320 机型为例,全面总结

* 通信作者. E-mail: wanghangchen@csair.com

引用格式: 黄石,王航臣. A320 系列飞机 TCAS 故障签派放行处置研究[J]. 民用飞机设计与研究,2023(1):1-7. HUANG S, WANG H C. Research on TCAS failure dispatch disposal of A320s aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research,2023(1):1-7(in Chinese).

了签派放行时常见的故障及影响。创新点如下:

1) 介绍了 TCAS 组件的常见故障,并从 TCAS 工作原理的角度总结并解析了其关联系统的作用及其故障带来的影响及飞行签派员的应对措施;

2) 论证了 TCAS 失效能运行 RVSM 空域,消除航空公司运行控制中的相关误区;

3) 从航班以自身动力推出前、以自身动力推出后和其他关联系统失效三个角度结合手册给出了飞行签派员的故障处置方案,对航班签派放行的全流程给出了处置策略。

1 TCAS 的依托设备与常见故障

1.1 TCAS 的组成

TCAS 的组成:1 个单通道的系统计算机负责处理传感器传回的数据,2 组天线用于收发数据,2 个 S 模式应答机(一个为主用一个为备用)用以与其他飞机建立联系和一个控制面板^[9]便于驾驶员调整 TCAS 运行模式。

单通道系统计算机是整个 TCAS 的核心,负责处理和计算空域中交通态势的数据,并根据计算的结果自动产生交通咨询信息(traffic advisory,简称 TA)和决断咨询信息(resolution advisory,简称 RA)等,从而及时提示驾驶员做出正确的决策。综上,系统计算机需要处理大量的空域交通数据并进行输出,所以它的运算负荷高,易出现故障,如果 TCAS 计算机故障,将导致整个 TCAS 不可用。

TCAS 通过 S 模式 ATC 应答机建立与每架飞机的单独联系,这样保证了在密集交通区域的工作,可以避免因全部侵入飞机的应答响应造成的无线电信号传送超载。TCAS 通过 ATC 应答机发射 1 030 MHz 询问信号,通过空域中其他飞机的应答机发射的 1 090 MHz 的应答信号,根据应答信号的数据计算其他飞机的方位、范围、接近率和相对高度。具体原理如图 1 所示。TCAS 定期询问目标飞机的应答机,并计算飞机的位置高度,实时判断潜在在威胁,为驾驶员提供信息和警告。因此应答机与 TCAS 系统数据连接紧密,在 2 部应答机全部失效后,TCAS 将不可用,因此需要考虑应答机故障所带来的影响。

一般 A320 系列飞机上会装有 2 个 TCAS 天线,分别位于飞机的顶部和底部,如图 2 所示。顶部天

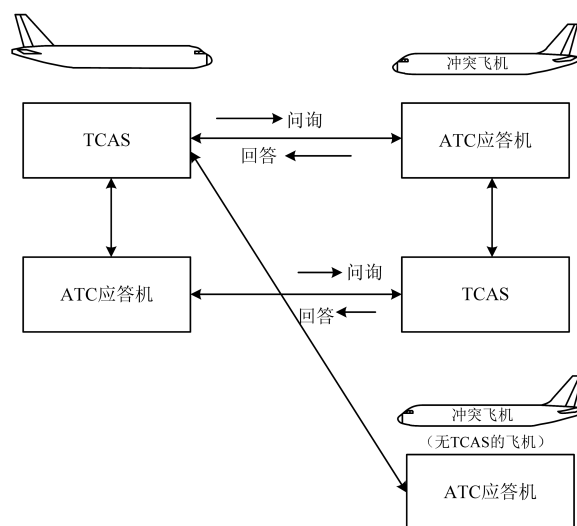


图 1 TCAS 的工作原理

线为以工作在 L 波段的频率向飞机四个方向以 1 030 MHz 发射询问信号,并以 1 090 MHz 接收应答信号,底部可安装全向或定向的天线。TCAS 系统可通过天线向周围空域询问并获得其他航空器的信息。天线故障时会出现 TCAS 故障的提示,但此时 ATC 应答机可能完好,所以在空中出现 TCAS 故障时,可与机组确定与地面管制的联系是否正常,从而来判断是 ATC 应答机的天线故障还是 TCAS 的天线故障,如果是空中交通管制(air traffic controller,简称 ATC)应答机,飞机失去缩小垂直间隔(reduced vertical separation minimum,简称 RVSM)能力,需脱离 RVSM 空域,如果是 TCAS 天线故障不影响飞机的 RVSM 能力,此时可与 ATC 确认航路要求后再做决策。

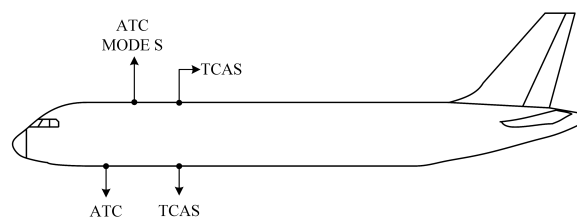


图 2 TCAS 天线的位置

1.2 TCAS 的基本原理

1.2.1 与 TCAS 关联的系统分析

与 TACS 关联的系统较多,除了 1.1 节中的直接组成设备出现故障,还有一些关联系统可能导致 TCAS 系统故障,需要通过 TCAS 的工作原理来进一

步分析故障关联系统。TCAS通过询问得到的应答信号数据需要与本机数据融合计算,所以本机数据源的失效也可能导致TCAS不可用。

A320飞机安装有3部相同且独立的大气数据基准组件(air data inertial reference unit,简称ADRIU)提供航向、俯仰角、横滚角和气压高度等数据用来确定本机位置、高度和飞行路径,ADRIU1的惯性导航(inertial reference,简称IR)为TCAS计算机提供本机的位置信息,如果IR1失效,则TCAS也视为失效。每部ADIRU的大气数据基准(air data reference,简称ADR)用于提供气压高度、空速、马赫数、迎角、温度以及超速警告,如果3部ADR均失效,将导致基础数据不足,从而TCAS失效。

TCAS计算机主要接收来自无线电高度表RA的无线电高度信息,用于设定产生TA或RA的灵敏度等级,如果无线电高度表失效,会导致TCAS不可用。

应答机提供本机24位识别码,用来给本机的TCAS系统进行避让程序的计算,从而与入侵飞机之间建立防撞避让程序。A320系列飞机一般装有2部应答机(一部主用一部备用),单个应答机故障对TCAS影响较小,但如果应答机1+2故障,将会导致TCAS失效。除此之外,由于某些原因应答机设置在备用位或高度报告电门置于关位,都会导致TCAS不工作。需注意的是,TCAS故障不代表应答机也故障,应答机故障会有单独的告警信息:ATC控制面板上“ATC FAIL”灯亮并伴有系统指示。

其他设备如控制面板提供设定的TCAS计算机工作方式,天线信号用于确定周围装有应答机飞机的方位信息,故障均会导致TCAS不可用。

1.2.2 TCAS的监视与告警

应答机是TCAS的重要组成部分,TCAS通过应答机提供冲突飞机的数据,TCAS通过询问周围飞机的应答机,去探测和追踪周围的飞机,询问的原理和二次雷达类似,询问使用1030 MHz,回答使用1090 MHz。首先,飞机上的TCAS会自动监听周围装有S模式应答机飞机的发射信号,无论是否收到询问信号,应答机都会每隔1s向外发射S模式编码信号。当TCAS收到其他飞机S模式编码信号后,就将其加入到询问列表中来,稍后TCAS会逐个询问列表中的飞机。另外,TCAS也会主动询问空域中装有A模式和C模式应答机的飞机,

因为这种模式的应答机必须收到了询问信号后才会进行应答,接下来,TCAS将收到的信息进行译码,获得这些飞机的高度、高度变化率等信息。通过计算询问接收信号的时间间隔,计算入侵飞机的距离。通过TCAS天线,获得入侵飞机的方位信息,通过这些数据计算冲突飞机的航迹和本机的保护区^[10]。TCAS通过应答机数据,将飞机周围空间分成以下四个区,以评估和分类可能的相撞威胁,分别为:决断咨询、交通咨询、接近的冲突飞机和其他冲突飞机。

1.2.3 关于TCAS失效能否继续实施RVSM的说明

在实际运行中,常常存在TCAS失效是否影响RVSM运行的讨论。一般情况下,TCAS失效不影响RVSM运行,原因在于根据中国民航局发布的咨询通告《在缩小垂直间隔标准空域内的运行》中RVSM空域要求:“2套主高度测量系统、1套高度警告系统、1套高度自动控制系统”。对于SSR和TCAS的选择,视具体空域要求。即如果空域不强制要求飞机具备TCAS,在TCAS失效的情况下,可以运行RVSM。但需注意上述咨询通告中规定应答机是RVSM空域的强制要求设备不可失效,如果应答机1+2失效,将会使得飞机不能在RVSM空域运行。综上,要区分TCAS失效的原因,如果是应答机导致的TCAS失效,飞机将不能在RVSM运行。需注意的是:虽然两部应答机故障会导致TCAS故障,但TCAS故障不代表ATC应答机也故障,ATC应答机故障会单独提示告警信息。

2 常见故障分析与签派放行处置方案

由于TCAS是保障飞行安全的关键系统之一,每个阶段的运行要求存在差别,通过以自身动力滑出前、自身动力滑出后和进入RVSM空域前这三个阶段进行分析。

2.1 自身动力滑出前

飞机依据自身动力滑出前出现TCAS故障的提示,需要参考MEL手册进行判断。

2.1.1 AP/FD TCAS方式丢失

空客公司统计,在TCAS的RA出现时,带来的飞行压力可能导致飞行人员表现不佳,容易造成垂直速度偏差过大导致人员受伤,影响飞行安全。针对这一问题,空客公司设计了AP/FD TCAS方式,这种模式在自动驾驶接通时,由自动飞行计算机来

控制飞机的垂直速度,并建议将这一功能视为附加功能,在其失效后可由飞行员手工完成 RA。

这一功能仅存在于 2017 年 2 月以后生产的 A320 系列飞机。如果存在此项功能,依据 MEL 手册,这一功能允许失效,可正常放行。由于这仅是 TCAS 的一个附加功能,所以这一功能失效不会影响 RVSM 运行,签派员可录入 MEL 后正常放行航班。

2.1.2 导航 TCAS 失效

如果导航功能失效,视为 TCAS 失效。根据运行条件的不同,航空公司的 MEL 要求存在差异,以某航为例,依据最新 MEL 手册规定,某航仅允许 TCAS 在外站失效放行:

(1) 在基地站不允许 TCAS 失效;

(2) 在外站允许失效,不执行 RVSM 运行,领航计划报需删除第 10 项中的“W”,确认航班运行是否涉及强制 TCAS 的区域,如存在,则联系空管,证实无 TCAS 功能航班能否运行,如不能则无法放行。

由 1.2.3 节中的分析,TCAS 不是 RVSM 运行的必须设备,失效后能否运行 RVSM 需要根据空域的要求决定,在地面失效一般不影响 RVSM 运行,但某航的要求相对严格,在推出前失效需要考虑其起飞后不能运行 RVSM 的可能性,所以做了上述规定。

2.2 自身动力滑出后

飞机以自身动力滑出后,起飞前如 TCAS 失效,需确定各机型 RVSM 关键设备,证实 TCAS 是否为该机型关键设备。对于 A320 系列飞机来说,TCAS 一般非 RVSM 关键设备,不影响正常放行。但如果 RVSM 需要的其他关键设备损坏,可能导致飞机不能在 RVSM 运行,与计划油量不符,必须滑回予以解决。如起飞机场无维修能力,确认航班运行是否涉及强制 TCAS 的区域,如存在,则联系空管,证实无 TCAS 功能航班能否运行,如不能则无法放行,如能则可正常放行。

飞机起飞后,在进入 RVSM 空域之前,TCAS 允许失效,但必须保障 1.2.3 节中强制要求的系统正常,另外需确认航班运行是否涉及强制 TCAS 的区域,如存在,则联系空管部门,证实无 TCAS 功能航班能否运行,如无法协调,建议备降。若无强制要求,可正常进入 RVSM 空域。但需关注目的机场是

否具备维修能力,若无维修能力同时存在 2.1 节中类似于某航的限制时,应控制航班放行,避免在外站保障困难,无法放行造成延误等情况。

2.3 其他关联系统失效

由 1.2 可知,TCAS 较为复杂,依托的系统较多,如应答机、无线电高度表、ADR 和惯导故障都可能导致 TCAS 失效。

应答机故障。TCAS 需通过应答机与空域中的飞机建立联系,所以应答机故障可导致 TCAS 故障,且一部具有高度报告能力的二次监视雷达应答机是进入 RVSM 空域的最低设备要求,所以在应答机故障后,推荐的签派操作是:

1) 根据 FCOM,ATC 应答机 1+2 故障将导致 TCAS、ADS-B 不可用,且不能运行 RVSM、ADS-B。

2) 与机组取得联系时,确认当前航路高度、位置、机上剩油、是否将故障通报 ATC 和 ATC 的反馈,并与机组确认是否需在非 RVSM 空域运行,协助机组评估油量。评估方法如下所示。

设应答机失效点机上燃油为 F_{FOB}^A ,失效点的计划油量为 F_{FOB}^P 。酌情携带燃油为 F_{DISC} ,上升 n 个高度层额外消耗燃油 nF_{level} ,计划落地油量为 F_L 。最后储备燃油为 F_{min} 。失效时若满足下式(1),表明酌情携带油即可补充因高度层降低带来的额外消耗则影响较小,保持持续监控即可,若航路存在天气或其他用户活动需要绕飞时,尽量协调直飞节省油量。也可通过改近备降场或在天气条件满足时取消备降场以满足油量政策。

$$F_{\text{DISC}} \geq nF_{\text{level}} \quad (1)$$

若失效时满足下式(2),则酌情携带燃油因降低高度层耗尽,需进一步评估,此时检查燃油偏差对落地剩油的影响,即下式(3)。 $F_{\text{FOB}}^P - F_{\text{FOB}}^A$ 表示应答机失效前的燃油偏差情况。最低油量各航司都会在局方规定的最后储备燃油之上取一定裕度, m 根据裕度取值。以某航为例, m 常取 1.5~2, $m=1.5$ 时命名为“一级低燃油阈值”, $m=2$ 时命名为“二级低燃油阈值”。各航司 m 的取值不尽相同。

$$F_{\text{DISC}} < nF_{\text{level}} \quad (2)$$

$$F_L - (F_{\text{FOB}}^P - F_{\text{FOB}}^A) - nF_{\text{level}} \geq mF_{\text{min}} \quad (3)$$

若评估 $m=2$ 时不能满足式(3),则不应继续飞往目的机场,应在附近合适机场备降。满足式(3)后,还需要确认是否满足备降油量政策,若不满足也应通过改近备降场或取消备降场尽可能满足油

量政策。

3) 启动技术会商,决策达成一致,监控跟踪系统,此时仅可通过 ACARS 数据实施航班监控,部分告警无法及时提醒,需对航班轨迹持续监控。

4) 如果航班未推出,根据 MEL 手册,2部 ATC 应答机故障后续无法放行,需要评估目的地机场的维修保障能力,综合决策是否继续飞行。

无线电高度表故障。无线电高度表对 TCAS 的影响体现在 FD 上,根据 AFM,如果无线电高度表失效,两部 PFD 出现红色“RA”故障旗,AP/FD 在 AP-PR 方式不可用。而 FD 不可用会导致 TCAS 方式被抑制。处置方法可以参照 2.2 中的方法。

IR 故障。飞机装有 3 部 IR,用于提供姿态、飞机航迹矢量、航迹、航向、加速度、角速率、地速及飞机位置,为 TCAS 计算机传输基本数据(需具体看 TCAS 的生产商),如果 IR1 故障,TCAS 视为不可用,处置方法可以参照 2.2 中的方法。

大气数据基准(air data reference,简称 ADR)故障。A320 系列飞机装有 3 部 ADR,用于提供气压高度、空速、马赫数、迎角、温度以及超速警告。与惯导类似,ADR 为 TCAS 计算机提供基础数据,如果 3 部 ADR 失效,也会导致 TCAS 失效,处置方法可以参照 2.2 中的方法。

3 实例分析

3.1 以自身动力滑出前

A321 飞机机组航前准备阶段报告飞机出现 TCAS 故障。以自身动力滑出前出现 TCAS 故障,如果 TCAS 不是强制要求设备且目的机场有维修能力,可以正常放行航班。但由于某航出于更安全的考虑,基地站不允许失效,一般都会暂缓放行航班或者更换飞机执行。非基地站可以正常放行航班,但在发送领航计划报时需删除第 10 项中的“W”,以及 RMK 项中的 ACAS II。

3.2 以自身动力滑出后

A321NEO 执行的三亚—虹桥航班,滑出后出现 TCAS 故障,飞机在滑行道等待签派决策。由于飞机已经滑出,不能再使用 MEL 评估飞机故障,由于三亚—虹桥航线 TCAS 不是强制要求设备,所以可以运行 RVSM 空域,且考虑虹桥机场有 TCAS 的维修能力,所以签派建议正常放行航班。

3.3 其他关联系统失效

A320-200 飞机执行飞往长春航班。飞机起飞

后,于 LEBUN 点出现 NAV TCAS Fault(导航 TCAS 故障),航班表现为 TCAS 间歇性可用,但机组为了保证安全申请从高度 10 700 m 下降至高度 8 100 m 保持,联系签派评估油量并决策,航班基本数据如表 1 所示。由于 TCAS 间歇性可用的特征,签派员初步判断为天线故障,应答机无失效信息提示,不影响 RVSM 空域飞行。同时当日航班数据如表 1 所示。A320-200 型飞机在该航线每下降一个高度层,多消耗 267 kg 油量。

表 1 航班基本数据

油量类型	油量/kg
航程油	13 581
酌情携带油	1 000
计划落地油	4 187
LEBUN 点计划油量	7 300
机上油量	7 251
备降油量 (备降场沈阳机场)	1 482

由表 1 可知, $F_{DISC} = 1\ 000\ \text{kg}$ 。由 10 700 m 降至 8 100 m 下降了 4 个高度层,所以:

$$nF_{level} = 4 \times 267 = 1\ 068\ \text{kg}$$

因此不满足式(2)而满足式(3),需要做进一步的评估。通过式(4)验证。

$$\begin{aligned} F_L - (F_{FOB}^P - F_{FOB}^A) - nF_{level} \\ = 4\ 187 - (7\ 300 - 7\ 251) - 1\ 068 \quad (4) \\ = 3\ 070\ \text{kg} \end{aligned}$$

A320-200 的最后储备燃油为 1 200 kg,若 m 取 2,则二级低燃油阈值为:

$$mF_{min} = 2 \times 1\ 200 = 2\ 400\ \text{kg}$$

虽然满足式(4),但此时油量已不满足备降油量要求(改航至备降场后会触发一级低油量)。此时可以考虑改近备降场或取消备降场节省油量,长春天气满足取消备降场的要求(能见度),取消备降场后根据油量政策备降油量改为 15 min 的等待油量共计 620 kg,此时满足油量政策(改航至备降场高于二级低燃油阈值)。所以签派建议返回 RVSM 空域,并取消备降场,尽量协调直飞节省油量。

航后机务排故,判断为 TCAS 上天线间歇性故障,更换 TCAS 上天线,测试正常。

4 结论

通过对 TCAS 的组成、基本原理、依托数据链和和常见故障进行解析,得出以下结论:

1) TCAS 失效不一定导致 A320 系列飞机无法在 RVSM 空域运行,要区分具体的故障信息,只有 RVSM 关键设备或空域强制要求 TCAS 才会导致飞机无法在其中运行;

2) 在 MEL 中,TCAS 的相关故障分为 AP/FD TCAS 方式丢失和导航 TCAS 失效,前者不影响 A320 系列飞机的 TCAS 功能,后者会导致 TCAS 失效,在实际运行中要注意区分;

3) 与 TCAS 关联的系统很多,在 A320 系列飞机所有无线电高度表或 IR 或 ADR 失效时也会导致 TCAS 不可用,在签派放行与地面监控支持时需注意关联故障。

参考文献:

- [1] 杨富国,谈适,姚舜. TCAS 防撞逻辑固有虚警分析研究[C]//第八届民用飞机航电国际论坛论文集. 北京:航空工业出版社,2019:522-526.
- [2] 林强,李洪伟,章学锋. 基于故障树分析的机载防撞系统故障的排除[J]. 航空维修与工程,2019(2):67-69.
- [3] 杨浩森. 737NG TCAS 系统介绍及常见故障分析[J]. 内燃机与配件,2019(20):119-120.
- [4] 李亚玲,王韶濛,杨玉卫. 机载防撞系统应用中目标跳变现象分析[J]. 机电信息,2020(15):161-162.
- [5] XIE X M, DOU R, HU K, et al. Research on component-level fault of TCAS processor[C]// The 4th International Conference on Information Technologies and Electrical Engineering. ACM International Conference Proceeding Series 2021. [S.l. :s. n.],2021:1-4.
- [6] HU K, ZENG Y, XIE X, et al. Qualitative analysis of fault tree diagnosis for TCAS data processor[C]// 2021 3rd International Conference on Applied Machine Learning (ICAML). Beijing: IEEE, 2021:128-131.
- [7] 谷润平,吕智鸿,魏志强. 多跑道独立进近中的 TCAS 告警风险仿真与分析[J]. 飞行力学,2021,39(3):48-53.
- [8] 潘卫军,许亚星,王靖开,等. 运输机与四转弯训练机相关进近的 TCAS 告警研究[J]. 航空计算技术,2022,52(3):1-4;9.
- [9] 张秋令. 空中防撞系统(TCAS II)的排故与维护[J]. 民用飞机设计与研究,2015(3):20-22;86.
- [10] 张爱华. TCAS II 防撞模型仿真技术研究[D]. 广汉:中国民用航空飞行学院,2018.

作者简介

黄石 男,本科,工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: huangshi@csair.com

王航臣 男,硕士,工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: wanghangchen@csair.com

Research on TCAS failure dispatch disposal of A320s aircraft

HUANG Shi WANG Hangchen *

(Beijing Branch, China Southern, Beijing 102600, China)

Abstract: The traffic alert and collision avoidance system(TCAS) is an important part of the surveillance system and plays an important role in avoiding dangerous approach and ensuring safety. In view of the difficulties of TCAS failure in dispatch, the analysis was carried out from three stages: before taxi out with its own power, after taxi out with its own power, and after takeoff. First of all, due to the numerous devices on which the TCAS system relies and the complex correlation system, the composition of the TCAS system and the common failures of the supporting equipment were introduced. Secondly, based on the principle of TCAS, the mechanism of TCAS failure caused by transponders, inertial navigation and atmospheric data datums was analyzed. Thirdly, an explanation was given on whether the failure of TCAS can continue to implement RVSM, pointing out that TCAS is not a basic device in reduced vertical separation minimum(RVSM) airspace, and it is necessary to distinguish the causes of TCAS failure. Finally, the TCAS failure and the associated equipment failure were analyzed from three stages, and the signage solutions of AP/FD TCAS mode loss, navigation TCAS failure, TCAS failure after taxi out and after take-off and associated system failure were analyzed.

Keywords: A320; dispatch; TCAS(traffic alert and collision avoidance system); RVSM(reduced vertical separation minimum)

* Corresponding author. E-mail: wanghangchen@csair.com