



信息通告

中国民用航空局飞行标准司

编 号：IB-FS-OPS-022

下发日期：2026 年 5 月 12 日

运输类飞机 GNSS 干扰 处置指南

目 录

1 引言	- 1 -
1.1 目的	- 1 -
1.2 背景	- 1 -
1.3 典型干扰事件	- 3 -
2 GNSS 干扰技术机理	- 6 -
2.1 系统特性与干扰概述	- 6 -
2.2 GNSS 干扰工作原理	- 6 -
2.3 GNSS 接收机	- 8 -
2.4 接收机自主完好性监视	- 9 -
2.5 欺骗式干扰的持续效应	- 10 -
3 人的因素	- 12 -
4 飞机系统干扰影响	- 15 -
4.1 概述	- 15 -
4.2 GNSS 干扰效应	- 17 -
4.3 ADS-B 影响	- 19 -
4.4 飞机时钟的影响	- 20 -
4.5 自动调谐的影响	- 21 -
4.6 CPDLC 及 ADS-C 影响	- 21 -
4.7 EFB 的影响	- 23 -
4.8 ELT 影响	- 24 -

4.9 导航影响	- 25 -
4.10 HUD 和 SVS 影响	- 26 -
4.11 惯性导航系统影响	- 27 -
4.12 跑道安全告警系统影响	- 29 -
4.13 TAWS 影响	- 30 -
4.14 TCAS 的影响	- 31 -
4.15 气象雷达的影响	- 32 -
5 飞行员指南及建议程序	- 33 -
5.1 概述	- 33 -
5.2 干扰的早期识别	- 34 -
5.3 借助 EFB 缓解 GNSS 干扰	- 37 -
5.4 GNSS 干扰飞行员指南	- 37 -
5.5 航前准备	- 39 -
5.6 GNSS 干扰前	- 43 -
5.7 GNSS 干扰发生时	- 46 -
5.8 清除干扰影响	- 50 -
5.9 洋区运行注意事项	- 53 -
5.10 进近	- 54 -
5.11 航后	- 55 -
6 训练大纲	- 57 -
6.1 地面培训课程大纲	- 57 -

6.2 模拟机训练大纲	- 58 -
附录 A 当前及历史数据	- 60 -
1.1 压制和/或欺骗干扰事件国际高发区域	- 60 -
1.2 压制和/或欺骗干扰事件国内发生区域	- 67 -
附录 B 术语和缩略语	- 70 -
1.1 术语	- 70 -
1.2 关键词	- 74 -
1.3 缩略语列表	- 75 -

运输类飞机 GNSS 干扰处置指南

1 引言

1.1 目的

《运输类飞机 GNSS 干扰处置指南》提供了全球导航卫星系统（GNSS）压制式干扰和欺骗式干扰最新信息，旨在为运营人和飞行员提供应对 GNSS 干扰的实用建议和措施，以缓解 GNSS 干扰对飞行和运行安全带来的不利影响。本材料不替代局方政策或 OEM 指导材料，而是作为其补充，为特定飞机的 GNSS 干扰处置提供框架性指导。

GNSS 干扰的威胁正在全球范围内快速扩散，干扰技术持续演变，相关威胁也会长期存在。民航局将根据 GNSS 干扰的发展情况对本指南进行及时更新，并通过《运行安全通告》发布 GNSS 干扰环境下的飞行运行安全提示。

1.2 背景

自上世纪末，以美国全球定位系统（GPS）为代表的全球卫星导航系统建成并投入民航应用以来，民航运输类飞机上陆续加装了卫星导航接收机或具备卫星导航功能的多模式接收机（MMR）。目前，GPS 接收机/MMR 已成为运输飞机的标准配置，为飞行运行提供定位、导航、授时（PNT）服务。GNSS 提供的 PNT 服务与诸多机载飞机系统功能的实现和飞行运行安全密切相关。一旦遭遇 GNSS 干扰，可能导致相关飞机系统失效，增加飞行运行风险，甚至危及飞行安

全。

近年来，国际形势复杂多变，冲突热点增多，GNSS 干扰事件频发。GNSS 干扰不仅影响相关飞机系统的功能，还可能导致以下一系列严重后果：

- (1) 飞行员情景意识丧失情况增加；
- (2) 飞行员无法遵守空中交通管制指令；
- (3) 飞行员误判位置并向空中交通管制（ATC）报告虚假位置；
- (4) 飞机无意识偏离飞行计划航路/航线；
- (5) 失去与周边其他飞机的安全间隔；
- (6) GNSS 失效后不能正确切换导航方式等。

2025 年中国民航运输类飞机在国内外遭遇 GNSS 干扰的统计结果表明，巡航阶段受干扰约占 47.5%，6000 米以上受干扰约占 54.67%。受干扰飞行阶段比例和受干扰影响飞机系统比例分别如图 1-1 和图 1-2 所示。

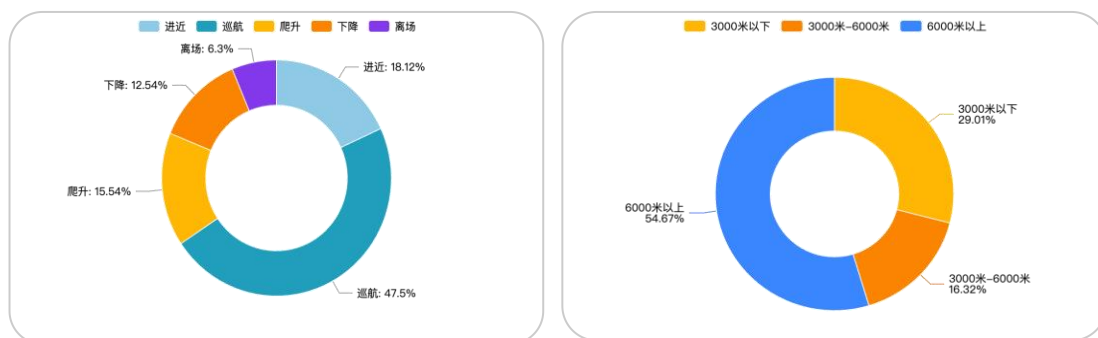


图 1-1 中国民航运输类飞机 2025 年各飞行阶段受干扰比例统计图

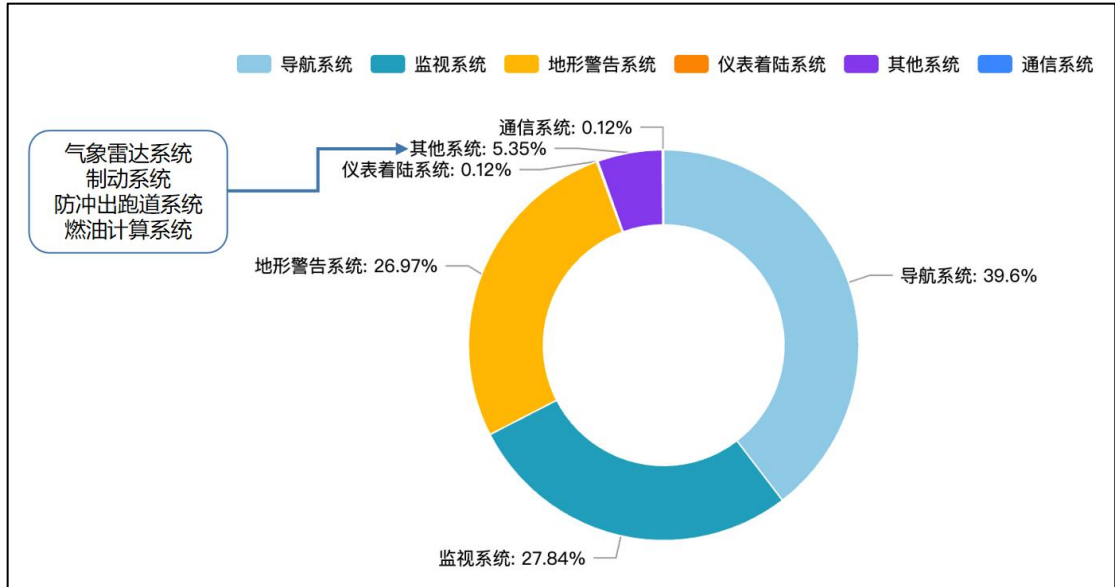


图 1-2 中国民航运输类飞机 2025 年各飞机系统干扰比例统计图

1.3 典型干扰事件

(1) 2025 年 11 月 19 日，某航司 A350 机型执行意大利米兰航班，在飞越新西伯利亚空域时，保持高度 FL360 巡航遭遇 GNSS 干扰，机组执行补充程序。离开干扰区域后，在波兰华沙空域保持高度 FL380 巡航时，按照补充程序恢复地形告警系统（TAWS）TERR SYS 功能后，短暂出现地形告警系统“TERRAIN PULL UP”语音警告，机组判断当前巡航高度高于最低安全高度，该告警为虚假警告，忽略该警告并立即关闭系统 TERR SYS 功能，后续飞行正常。航后快速存取记录仪（QAR）数据译码表明：“11:51:39（北京时），标准气压高度 37908 英尺，出现 GPWS TERRAIN 警告，持续 5 秒，自动驾驶仪（A/P）接通，自动推力（A/T）接通，

后续正常。”

(2) 2026年4月17日，某航司A321机型执行敦煌-北京首都航班，使用敦煌机场26号跑道起飞，16:17获得起飞许可后，机组将推力手柄设置目标推力后约3秒，表速接近30节时，出现主警告提示音，无ECAM警告，PF执行中断起飞，此时EWD显示红色ECAM: NAV ON TAXIWAY，机组向塔台申请脱离跑道并滑回检查，到位后机务对温度传感器办理保留，对ADIRS进行测试，完成中断起飞检查工作后再次放行飞机。18:10机组申请再次推出，18:21出现与第一次相同的情况，主警告灯亮且伴随音响警告，同时EWD出现红色的NAV ON TAXIWAY，PF再次执行中断起飞程序，向ATC报告脱离跑道，后续机务建议关闭顶板T.O SURV开关，完成检查后再次放行，20:53该机从敦煌机场起飞，后续正常。

(3) 2025年6月11日，某航司B737-800机型飞机执行北京首都-伊尔库茨克航班，使用30号跑道ILS进近过程中，在无线电高度约1200ft，触发“CAUTION OBSTACLE CAUTION OBSTACLE”响两声，随后出现“TERRAIN PULL UP”警告，机组执行地形改出后复飞。其间CDU出现GPS信号丢失信息，机组综合判断为假警告，按程序抑制GPWS前视地形警告。航班按照雷达引导再次实施进近，后续安全

落地。

(4) 2025 年 4 月 7 日，某航司 B737-8 机型飞机执行广州 - 太原航班，17:33 从广州机场起飞，在起飞离地后收起落架期间响起一声 TOO LOW TERRAIN (太低地形) 警告，随后系统信号牌点亮，GPS 告警灯亮，同时 CDU (控制显示组件) 显示 GPS L/R INVALID (左右 GPS 无效) 信息。事发时在白天 VMC 条件下，且没有地形障碍物影响，机组判断为 GPS 信号丢失引起假告警，决策正常离港。飞机状态稳定后，机组发现 GPS 告警灯灭，GPS 信号恢复正常。

(5) 2025 年，某航司多架 B777-300ER 飞机在莫斯科地面进行飞行前准备时，受 GPS 干扰影响，导致惯导组件 (ADRIU) 无法正常校准。地面准备阶段，机组在 SET INERTIAL POS 界面输入当前正确位置后，校准未通过；随后机组重置 ADRIU 电门并再次输入当前位置，校准仍未成功。经尝试发现，仅当 ADRIU 电门未被重置时，在 SET INERTIAL POS 界面连续两次输入相同的正确位置，LAST POS 才会同步更新至正确位置，ADRIU 校准得以通过，但此时系统显示飞机位于机场外较远的某一位置，这是由于 LAST POS 初始值不准确所致。该情况造成多架次航班延误。

2 GNSS 干扰技术机理

2.1 系统特性与干扰概述

以全球定位系统（GPS）为代表的 GNSS 民用空间信号（SIS），具有覆盖范围广、传播距离远等显著优势，但其信号功率微弱（接收信号强度仅约-160dBW）且未实施加密处理，这些特性使其极易遭受各类干扰。干扰源主要分为两类：一是电离层扰动、对流层效应、太阳活动等自然因素引发的干扰；二是人为实施的压制式或欺骗式射频干扰（RFI）。值得注意的是，当前民用航空器配备的各类 GNSS 接收机/多模式接收机（MMR），其原始设计并未考虑应对人为射频干扰的防护需求，亦不具备相应的抗干扰能力。

本指南所讨论的运输类飞机卫星导航干扰问题，特指针对 GNSS 信号实施的人为压制式或欺骗式射频干扰。当航空器遭遇 GNSS 干扰时，不同机型可能呈现多样化的异常现象，包括但不限于导航性能降级或功能失效提示、飞机位置数据漂移或突变、机载时钟显示异常，以及各类声光警示信号等。

2.2 GNSS 干扰工作原理

GNSS 干扰现象具有时空分布的广泛性特征，其应用场景已延伸至多个领域：在 2024 年欧洲奥运会等大型活动期间，相关技术被用于无人机防控；在边境管控或军事敏感区域，成为重要的安全防护手段；在商用物流领域，则被应用

于货车或出租车的定位信息保护与欺骗。此外，多国执法机构通过部署反无人机系统，利用 GNSS 信号压制或欺骗技术，迫使非法无人机强制降落。

当前，GNSS 干扰活动在全球冲突地区及其周边区域呈现持续活跃态势，其影响范围常突破核心冲突区边界，向外延伸上千公里。实施 GNSS 干扰的专用设备通常搭载于军用平台，部署方式包括陆基固定式和海基移动式两种。根据干扰目的、实施方式及技术原理的差异，GNSS 射频干扰主要分为压制式干扰和欺骗式干扰两大类型：

（1）GNSS 压制式干扰技术

压制式干扰（Jamming）通过发射大功率噪声信号或扫频信号，形成对 GNSS 卫星信号的强力压制。这种干扰方式通过阻断接收机对 GNSS 信号的捕获与跟踪过程，导致接收机的定位、导航、授时（PNT）功能完全失效。其直接后果包括飞行管理计算机（FMC）位置解算中断或产生错误数据、广播式自动相关监视（ADS-B）系统的位置信息丢失，以及所有依赖 GNSS 信号的机载系统功能异常。压制式干扰既可独立实施，也常作为欺骗式干扰的前置干扰手段。

（2）GNSS 欺骗式干扰

欺骗式（Spoofing）干扰，作为一种极具威胁性的干扰手段，是指通过播发虚假 GNSS 信号来模仿真实 GNSS 信号，

从而达到干扰目的的一种方式。具体而言，GNSS 欺骗式干扰通过发射与真实 GNSS 信号在载波频率、伪随机码结构以及导航电文格式等方面高度一致的虚假信号，诱使民用接收机捕获并跟踪这一虚假欺骗信号，进而进行定位、导航、授时（PNT）解算，最终导致 PNT 解算结果出现错误或功能完全失效。

欺骗式干扰具有诸多显著特点，其隐蔽性极强，难以被轻易察觉；一旦干扰成功，后果往往十分严重，可能引发一系列连锁反应；而且，这种干扰还具有持续效应，能够在较长时间内对目标系统造成影响。此外，当前欺骗式干扰还呈现出“先压制后欺骗”的组合干扰趋势，这无疑对运输飞机的飞行安全构成了极为严重的威胁。

2.3 GNSS 接收机

全球导航卫星系统（GNSS）是一个广义的统称，它涵盖了所有能够提供全球定位、导航、授时（PNT）服务的卫星星座及其增强系统。在 GNSS 卫星星座方面，主要包括美国全球定位系统（GPS）、俄罗斯格洛纳斯（GLONASS）、欧洲伽利略（Galileo）以及中国北斗（BeiDou）这四大具有代表性的导航卫星星座。而 GNSS 增强系统则包括星基增强系统（SBAS）、地基增强系统（GBAS）和机载增强系统（ABAS）。

目前，现役民航运输类飞机上加装的机载卫星导航接收机/多模式接收机（MMR），主要包含以下四种基本类型：

第一类为基本型接收机，它符合 FAA TSO - C129 标准，仅能接收并处理 GPS 卫星信号，同时具备接收机自主完好性监视（RAIM）功能。

第二类为 SBAS 接收机，符合 FAA TSO - C145/146 标准，能够接收并处理 GPS/SBAS 信号，并具备星基增强功能。

第三类为 GBAS 接收机，符合 FAA TSO - C161 标准，可接收并处理 GPS/GBAS 信号，具备地基增强功能。

第四类为 ABAS 接收机，符合 FAA TSO - C196 标准，能够接收并处理 GPS 卫星信号，并具备机载增强功能。

在本指南中，以上四种类型的卫星导航接收机/MMR 统一被称为“GNSS 接收机”。当前，国际民航运输飞机上加装的 GNSS 接收机主要以 GPS 接收机为主。值得注意的是，特定型号的接收机可能同时符合一个或多个 FAA TSO 适航技术标准，而且不同类型接收机对 GNSS 干扰的响应情况可能存在差异。

2.4 接收机自主完好性监视

接收机自主完好性监视（RAIM）是 GNSS 传感器中一种至关重要的软件算法，其主要作用是对 GNSS 传感器的导

航定位完好性进行准确判断。RAIM 算法可分为故障检测（FD）算法和故障检测及排除（FDE）算法，不同类型的 GNSS 接收机可能会根据自身需求采用 FD 算法或者 FDE 算法。

FD 算法完全依赖于 GNSS 空间信号来实现对导航完好性的监视。当完好性出现不足时，该算法会及时发出提醒或告警信息，它是航空型 GNSS 接收机必须具备的完好性监视基本算法。FDE 算法则具有更强的灵活性和适应性，它既可以仅使用 GNSS 空间信号，也可以借助外部辅助传感器信号（如惯性导航系统、大气数据系统等）来对 GNSS 导航完好性进行全面监控。在位置、速度、时间（PVT）解算过程中，FDE 算法能够精准剔除单颗故障卫星信号，从而有效防范单颗卫星故障对解算结果产生的不良影响。

接收机自主完好性监视（RAIM）在应对 GNSS（全球导航卫星系统）欺骗式干扰方面存在显著局限性。其算法设计初衷并未涵盖防范 GNSS 欺骗式干扰的功能，因此在实际应用中，RAIM 算法无法有效区分真实的 GNSS 信号与虚假的、具有欺骗性的 GNSS 信号，这为飞行安全埋下了潜在隐患。

2.5 欺骗式干扰的持续效应

欺骗式干扰通过模仿并广播一颗或多颗 GNSS 卫星的错

误数据，对 GNSS 接收机产生深远影响。即便飞机已飞离干扰区域，且接收机开始接收真实的 GNSS 卫星信号，仍可能因之前的欺骗干扰而持续进行错误的定位、导航、授时(PNT)解算。这种持续效应使得受干扰的 GNSS 传感器难以察觉 PNT 解算的错误，导致在受干扰后的数小时内，尽管解算结果错误，但 PNT 功能表面上看似正常。

要使受干扰的 GNSS 接收机恢复正常功能，往往需要在地面对其进行复位操作。在某些极端情况下，甚至需要进行完全的“出厂复位”，以消除欺骗式干扰带来的长期影响。GNSS 干扰不仅影响接收机本身，还可能对多个飞机系统产生持续滞后效应，具体表现如下：

(1) 惯性导航系统(INS)：受欺骗的 GNSS 数据会“污染”惯性导航系统，导致其在飞离欺骗干扰区域后，仍持续基于错误数据进行位置计算，进而影响飞机位置的准确性。

(2) 飞行管理系统(FMS)：FMS 可能会持续依赖受欺骗的不准确数据，导致系统计算的位置、航迹、时间、油量指示等出现偏差，影响飞行安全。

(3) 地形提醒与警告系统(TAWS)：包括巡航和进近在内的飞行阶段，GNSS 欺骗干扰可能触发虚假地形警告，易触发飞行员应激反应，干扰正常判断，增加飞行风险。

(4) 广播式自动相关监视 (ADS-B)：错误、受欺骗的位置报告将误导空中交通管制和其他飞机，破坏空中交通秩序，增加碰撞风险。

(5) 飞机主时钟：受干扰的飞机主时钟会影响时间敏感系统和通信，如管制员与飞行员数据链通信 (CPDLC) 链路，导致信息传递受阻或错误。

3 人的因素

在航空领域，飞行安全高度依赖于飞行员和空中交通管制 (ATC) 人员有效地管理风险、适应运行变化并将错误降至最低。当 GNSS 干扰破坏 PNT 信息仪表指示的准确性时，会对人的因素产生重大影响。人的因素作为一个致力于理解人类能力并优化与技术互动的领域，对于更早地发现、识别和应对 GNSS 干扰所带来的安全问题具有重要意义。

与 GNSS 干扰相关的一些关键人的因素主要包括：

(1) 工作负荷增加：处置 GNSS 干扰会显著增加飞行员和 ATC 的工作负荷。他们需要执行额外任务，如诊断和解决问题、管理其他受干扰影响的飞机系统、切换到低效备用导航系统或进行改航等。高工作负荷可能导致更多差错的出现，降低飞行运行的安全裕度，显著增加安全风险。

(2) 疲劳加剧：管理 GNSS 干扰所增加的工作负荷，

最终可能诱发任务型疲劳。这类疲劳的主要症状包括疲倦（与困倦不同）、头痛、身体酸痛及视力模糊等。疲劳会对记忆力、问题解决能力、决策能力、手部灵活性以及对关键安全事件的反应时间等产生负面影响。处于疲劳状态的飞行员或 ATC 可能会过度专注于单一问题，导致其他问题连锁出现。此外，飞行员若高度依赖自动化系统，当这些系统受 GNSS 干扰影响时，也可能引发新的问题，进一步加剧飞行安全风险。

（3）压力增加：应对 GNSS 干扰，无疑会为飞行员与空中交通管制（ATC）人员增添即时的运行负担。特别是在高度依赖 GNSS 信息的情境下，解决 GNSS 干扰所带来的压力尤为显著。压力累积之下，人们往往会感到紧张不安、心跳加速，甚至体内与压力相关的激素分泌也会发生微妙变化。职业压力已被研究证实，会延长问题反应时间，削弱对驾驶舱显示器上关键信息的辨识能力，并降低感知运动协调的精准度。

（4）情境意识下降：GNSS 干扰可能引发对飞机位置与状态的误解，进而影响飞行员与 ATC 对导航及运行环境的全面感知。例如，GNSS 信号的异常可能导致飞机位置数据突然跳变，从而动摇飞行员对飞机导航能力的信心。不准确的 GNSS 数据更会使安全决策过程变得复杂。

(5) 驾驶舱系统信任危机: 当 GNSS 技术的有效性、可靠性或稳定性受到质疑时, 飞行员对驾驶舱系统的信任便可能岌岌可危, 且这种信任一旦丧失, 便极难重建。信任的崩塌不仅可能影响飞行员对信息的有效利用, 还可能引发对 GNSS 干扰的错误应对, 诸如不向 ATC 报告干扰情况, 即使 GNSS 干扰消失仍然抑制地形警告等。一个典型案例发生在飞机最后进近阶段: 若此时飞行员已目视跑道, 且察觉到飞机实际位置与导航显示器 (ND) 显示位置存在显著偏差, 他们往往会依赖窗外目视参考确认飞机真实位置, 而忽略 ND 显示信息, 或申请雷达引导, 最终导致飞行偏差并触发告警。此外, 部分飞行员在 GNSS 干扰影响消失后仍持续抑制地形警告, 导致本应在进近过程中提供关键保护的 EGPWS 系统无法正常发出地形告警。这种情境无疑是对飞行员“信赖仪表”“相信系统”这一常规思维模式的严峻挑战。

(6) 响应延迟或误操作: 当飞行员与 ATC 因应对 GNSS 干扰而承受过重的认知负荷, 或频繁遭遇错误警告导致适应性下降时, 便可能出现响应迟缓或误操作的情况。例如, GNSS 干扰可能触发大量发动机指示和机组告警系统 (EICAS) 警告, 使飞行员产生懈怠情绪, 甚至忽略与 GNSS 干扰无关的重要警告。

(7) 风险认知钝化: 风险认知钝化, 即随着时间的推

移,人们逐渐将危险现象或有风险行为视为常态。随着 GNSS 干扰的日益普遍,运营人与飞行员可能对安全风险的容忍度逐渐提高。从最初接受对标准程序的微小偏离,到最终接受更大程度的偏离,这种心态的转变可能通过一种冒险的思维模式得到强化,即“既往皆可行,或许我们可再进一步突破限制”。因此,风险认知钝化无疑会增加飞行安全的整体风险。

(8) 机组资源管理效能下降:若未经过充分培训就制定明确的 GNSS 干扰处置程序,多机组飞机飞行员在采取何种处置措施上便可能产生分歧。这种分歧可能在整个飞行过程中破坏机组资源管理(CRM)机制的有效运行。

(9) 通信受阻:GNSS 干扰可能破坏依赖 GNSS 授时的空地数据链通信。一旦发生此类情况,飞行员便不得不将与空中交通管制部门之间的数据链通信切换至语音通信,包括在强制报告点进行位置报告等。这种转变无疑会增加飞行员与 ATC 的工作负荷,并提高误解与沟通不畅的风险,尤其是在繁忙空域所有飞机均使用语音通信时。

4 飞机系统干扰影响

4.1 概述

不同机型、飞机系统及航电构型在面对 GNSS 干扰时,

所受影响亦各不相同。对于一般飞机系统而言，GNSS 的压制式和/或欺骗式干扰可能导致以下一系列异常状况：

（1）飞机位置与导航：在地面对系统进行校准时，飞机可能遭遇困难，无法顺利完成校准流程。当飞机偏离预设航迹飞行时，导航显示器（ND）却显示飞机仍沿航线飞行，给飞行员带来误导。

（2）通信系统：空地数据链和机载卫星通信系统可能无法使用。在此情况下，飞行员需使用甚高频（VHF）语音或其他通信方式，以确保与地面的有效联系。

（3）监视系统：自动相关监视（ADS-B Out/In 和 ADS-C）功能完全丧失，影响飞机在空中的监视与识别能力。

（4）安全系统：飞机时钟显示不准确，可能导致时间相关系统出现偏差。跑道感知系统（RAAS）及地形提醒与告警系统（TAWS）前视功能丧失，降低飞机在起飞和降落阶段的安全性。

（5）驾驶舱显示系统：合成/组合视景系统（SVS/CVS）和导航显示器（ND）的电子移动地图无法使用，电子飞行包（EFB）和平视显示器（HUD）的可靠性降低，这对飞行员的决策和操作造成不利影响。

对于特定机型的飞机系统信息，建议参阅该机型的《飞

机飞行手册》（AFM）或《飞行手册补充规定》（AFM Supplement）。本指导材料所提供的系统信息为一般性概述，可能并不完全适用于所有特定飞机。

4.2 GNSS 干扰效应

表 4-1 总结了已知受到 GNSS 压制式干扰和/或欺骗式干扰影响的飞机系统，并详细列举了各系统所产生的主要影响。需注意的是，表 4-1 并未全面涵盖 GNSS 干扰对所有飞机及其系统的所有潜在影响。因此，航空运营人应从飞机制造商和航空电子设备制造商处获取关于特定飞机系统受 GNSS 干扰影响的详细指导信息。

表 4-1 GNSS 干扰对飞机系统的主要影响参照表

系统	可能的系统影响
ADS-B Out	功能丧失或 ADS-B 发射错误。
ADS-B In	交通信息丢失。 虚假的交通位置。 错误的交通告警。
飞机 GNSS 时钟	时钟显示错误时间。 向其他系统馈送错误时间。

无线电导航台 (NAVAID) 自动调谐	降级或不可用。
ADS-C 和 CPDLC 数据链	CPDLC 不可用。 ADS-C 不可用。 时间戳不匹配。
电子飞行包 (EFB)	依赖 GNSS 的应用程序可能不工作。
紧急定位发射机 (ELT)	紧急情况下广播错误的飞机位置。
导航系统	基于 GNSS 的导航失效。 基于 GNSS 的导航航道指引错误, 且飞行员可能无法立即察觉。 GNSS 位置更新被欺骗导致混合惯性导航系统错误。
平视显示器 (HUD) & 合成视景系统 (SVS)	HUD 不工作。 SVS 不可用。
互联网/Wi-Fi	Wi-Fi 可能无法正常工作。
导航显示器/移动地图	误选跑道。
跑道安全系统 (RAAS)	不可用, 或可能发出虚假警告。

卫星通信 (SATCOM)	依赖 GNSS 时 SATCOM 功能丧失。
地形提醒与告警系统(TAWS)	错误的 TAWS 告警可能抑制真实的 TCAS 告警。
空中交通防撞系统 (TCAS)	由于持续的 TAWS 告警可能被抑制。
RNAV/RNP 系统	仅限于陆基导航设施。 需要 GNSS 定位的 RNAV 和 RNP 运行所有 PBN 飞机资格丧失。
气象雷达	所有依赖 GNSS 的气象雷达功能丧失。

4.3 ADS-B 影响

在压制干扰期间, ADS-B 应答机功能无法再从卫星接收精确位置数据, 二次监视雷达 (SSR) 应答机故障灯亮。由于 ADS-B 依赖 GNSS 获取位置数据, 压制干扰会阻止飞机广播其位置。如果受到欺骗干扰, ADS-B 功能会同样受到影响, 因为 ADS-B 可能会发送不准确的位置数据。基本情况如下:

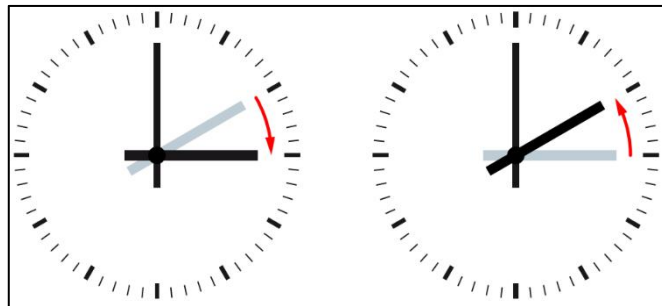
(1) ADS-B Out: ADS-B 系统依赖 GNSS 提供的位置信息来广播飞机的位置, 且没有来自其他替代导航系统的位

置输入作为补充。在欺骗式干扰的作用下，ADS-B 还可能会广播出虚假的位置信息。

(2) ADS-B In: 在欺骗干扰的影响下，ADS-B 系统可能会在导航显示器上错误地显示周边飞机的位置。这一现象的根源在于周边飞机广播的 ADS-B Out 数据存在错误或丢失。对于某些具备告警功能的 ADS-B 系统（例如 ADS-B 交通咨询系统（ATAS）），它们可能会发出错误的告警信号，或者遗漏应有的告警。

特别提示：部分飞机装备了混合 ADS-B 系统，这类系统不受 GNSS 干扰的影响。

4.4 飞机时钟的影响



飞机时钟通常借助 GNSS 提供的精确授时信号来工作，持续更新时间与日期信息，并作为导航和飞行管理的基准时间。然而，在压制干扰期间，GNSS 时钟无法持续更新，此时飞机时钟需切换至内部（INT）模式以维持运行。若遭遇欺骗干扰，基于 GNSS 信号的飞机时钟可能会显示错误的时

间和/或日期，进而对其他依赖 GNSS 时间的飞机系统造成连锁影响。因此，飞行员须备有独立于 GNSS 时钟的备用时间源，如备用飞机时钟或手表，以确保时间的准确性。

4.5 自动调谐的影响

在飞行过程中，飞行管理系统（FMS）能够根据当前飞机的位置，自动调谐机载导航数据库中列出的附近导航台。然而，在 GNSS 干扰期间，FMS 的这一功能可能会降级或完全不可用。若 FMS 因遭遇欺骗式干扰而无法自动调谐至附近的甚高频全向信标（VOR）或测距仪（DME）导航台，那么整体的导航解决方案将变得更为复杂和棘手。

4.6 CPDLC 及 ADS-C 影响

4.6.1 CPDLC 的影响



飞机的 GNSS 时钟为管制员飞行员数据链通信（CPDLC）下行链路提供时间戳。当飞机 GNSS 时钟的时间或日期受到

欺骗而发生更改后，CPDLC 将受到以下两种不同影响：

(1) 当系统检测到受干扰的飞机 GNSS 时间或日期与地面系统的正确时间和日期存在差异时，可能会发送“ATC COMM TERMINATED”（管制通信终止）报文，从而终止 CPDLC 连接。一旦收到此报文，下行通信将无法进行。系统会继续尝试登录，最初登录会被接受，但一旦通过下行链路收到另一个损坏的时间戳，登录将立即被终止。

(2) 部分损坏的时间戳会导致 CPDLC 上行链路延迟监视器显示“UPLINK DELAY EXCEEDED”（上行链路延迟超限）报文头。尽管如此，飞行员仍可回复该报文，并继续正常发送和接收 CPDLC 报文。

特别提示：飞行员应报告任何失去 CPDLC 通信功能的情况。如在洋区飞行时，则应切换至甚高频（VHF）、高频（HF）或卫星电话进行语音通信。

4.6.2 ADS-C 的影响

合约式自动相关监视(ADS-C)报告中的品质因数(FOM)是一个重要数据。FOM 是基于统计学计算得到的表征飞机导航数据可靠性和准确性的一个数值，该数值由正在使用的空中交通管制系统解读并使用。

飞机在遭遇 GNSS 欺骗干扰后，ADS-C 报告中通常持续

出现低 FOM 值或低位置置信度值。这等同于该飞机所需导航性能 (RNP) 状态降级, 并被取消减小间隔标准的资格。取消减小间隔标准资格, 不仅意味着前序受欺骗干扰的飞机受到直接影响, 也意味着周边飞机因受干扰需要增加纵向和横向间隔而被禁止使用最佳巡航高度。在某些飞行情报区 (FIR), 这可能迫使 ATC 要求导航性能降级的飞机下降高度, 飞离拥挤或最佳巡航高度。

与 CPDLC 一样, 飞机 GNSS 时钟为 ADS-C 报告提供时间戳。ADS-C 报告中错误的时间戳也会导致报告被空中交通系统丢弃, 进而取消飞机使用缩小间隔标准的资格。如果 ADS-C 在偏远空域不可用, 飞行员应恢复语音通信并申请新的 ATC 指令。

4.7 EFB 的影响

在遭遇 GNSS 欺骗干扰期间, 基于 GNSS 定位结果的本机位置可能无法在电子飞行包 (EFB) 上准确标记, 这会降低飞行员情境意识并增加工作负荷。如果本机位置不可用或不足以支持 EFB 应用, 飞行员应移除 EFB 本机位置显示。

对于在可预见干扰区域或干扰周边区域飞行的计划航班, 运营人和飞行员应制定程序, 在计划航路受干扰位置前移除 EFB 中本机标识, 以避免可能出现的显示中断。EFB

虽然不是获批的导航方式，但作为提供情境意识的备用方法，在遭遇 GNSS 干扰后可能比飞机导航系统更快恢复定位功能。

4.8 ELT 影响



紧急定位发射机（ELT）在 406MHz 频率上使用 GNSS 位置向 COSPAS-SARSAT 系统（全球卫星搜索和救援系统）发送遇险信号。遇险飞机发送的位置来自 ELT 内部 GNSS 接收机，而不是飞机 GNSS 接收机。国际 COSPAS-SARSAT 系统监测到遇险发射信号后，可以通过以下方式确定飞机位置：

（1）紧急遇险信号（即 ELT 内部 GNSS 接收机）发送的 GNSS 位置；

（2）用飞机信标和 COSPAS-SARSAT 卫星到达时间和频率来确定飞机位置，该位置独立于发送的 GNSS 位置。

通常，以上两种方式所确定的飞机位置是匹配的，但也

曾发生过 ELT 发送的 GNSS 位置是一个被欺骗位置的案例。即使受到 GNSS 干扰，由于有除被欺骗位置之外的其他方法确定飞机的位置，所以飞机的真实位置依然可通过飞机信标和 COSPAS-SARSAT 卫星到达时间和频率来确定。

4.9 导航影响

GNSS 干扰会严重影响主用导航方式，并可能要求飞行员使用其他导航设施，不同厂家、型号、系列飞机受 GNSS 干扰后所采取的措施可能不同。

在压制干扰期间，GNSS 传感器失效，可能会触发多个飞机系统告警（音响和显示）和多条中央告警系统（CAS）消息，导致需要 GNSS 导航运行的飞机丧失 PBN 运行资格。飞行员需要实施不依赖 GNSS 导航的 PBN 运行，或转换到只依赖陆基导航设施的传统运行，例如使用 VOR/DME 导航或 NDB 导航。失去 GNSS 导航也可能导致空中风、地速等计算和显示错误，并影响导航系统中其他信息（例如剩余燃油等）的计算和显示。

在欺骗干扰期间，多传感器系统可能错误地将受欺骗的 GNSS 作为 PBN 运行首选导航源，忽略其位置是错误的。受欺骗 GNSS 位置可能导致 ND 上出现“地图漂移 (Map Shift)”，显示错误飞机位置，使飞行员丢失正确的情境意识。如果受

欺骗后飞机只是轻微偏航或偏离预选航道，飞行员可能不会立即觉察到正在遭受欺骗干扰。一旦发现受到欺骗，并且飞机无法立即切换至可靠的导航源，飞行员应申请 ATC 协助。此时，飞机可能需要雷达引导和/或航线调整。如果飞机处于基于 GNSS 导航的仪表进近阶段，飞行员必须立即转换到目视进近或陆基导航仪表进近。如需要，飞行员必须立即执行复飞并申请陆基导航进近。

4.10 HUD 和 SVS 影响



在 GNSS 干扰期间，平视显示器（HUD）飞行航径引导（FPV）功能将会受到影响。FPV 显示飞机的实际轨迹，由于 GNSS 信号的丢失或位置信息的错误，FPV 可能会出现横向偏移或错位现象，进而致使 HUD 系统失去可信度，甚至无法提供任何飞行指引。

合成视景系统（SVS）作为一种显示设备，能够为飞行员提供外部场景的合成图像。SVS 的正常运作，依赖于准确

的地形和障碍物数据库、精确的航空器位置信息以及清晰地显示。SVS 显示器可呈现于主飞行显示器（PFD）、HUD 或辅助显示器之上。SVS 不仅是合成视景引导系统（SVGS）的基础构建模块，也是组合视景系统（CVS）合成图像的重要组成部分。鉴于压制式 GNSS 干扰会导致 GNSS 位置信息丢失，而欺骗式 GNSS 干扰则会导致飞机位置信息错误以及 SVS 显示偏移，因此，一旦 GNSS 受到干扰，SVS 可能会遭受严重影响，致使飞行员在飞机接近地形和障碍物时丧失情境意识。

4.11 惯性导航系统影响

GNSS 干扰对惯性导航系统（INS）的影响，取决于 INS 是独立系统还是混合系统。惯性导航系统是一个统称，运输飞机机载惯性导航系统，主要包括平台式惯性导航系统、捷联式惯性基准系统（IRS）以及惯性基准组件（IRU）等不同类型。目前主流的运输类飞机，主要加装包含激光陀螺仪的捷联式惯性基准系统（IRS）。

4.11.1 独立型 INS 系统

独立型（Self-Contained）惯性导航系统，使用系统内部传感器（加速度计和/或陀螺仪）而不依赖外部信号来跟踪运动并计算飞机位置和姿态。由于系统主要功能不直接依赖

GNSS 信号，因此不受 GNSS 干扰的影响。

4.11.2 混合型 INS 系统

混合型（Hybrid）惯性导航系统，通过将系统内部惯性传感器的数据与外部 GNSS 信号进行有机集成，从而实现了更高的测量精度与长期稳定性。然而，这类系统也面临着 GNSS 压制式和欺骗式干扰的潜在威胁，具体影响如下：

（1）压制式干扰影响。由于 INS 系统失去了帮助其修正惯性漂移的外部 GNSS 位置更新，因此随着时间的积累，GNSS 压制干扰会显著降低混合型 INS 的性能。

（2）欺骗式干扰影响。GNSS 欺骗干扰会误导混合型 INS 的位置更新，可能导致飞机偏离预定航线。当混合型 INS 与 GNSS 松耦合时，干扰会“污染”INS 当前位置信息并将其输送给其他飞机系统。当混合型 INS 与 GNSS 紧耦合时，GNSS 与 INS 信号组合滤波可以消除部分（但非全部）GNSS 干扰。因此，混合型 INS 存在受“污染”的当前位置输送给其他飞机系统的潜在风险。

4.12 跑道安全告警系统影响



部分飞机配备了跑道告警系统——跑道意识和咨询系统（RAAS），该系统能够在滑行期间为飞行员提供有效的情境意识。RAAS 系统会在关键节点向机组发出视觉显示或音响提醒，以有效减少跑道混淆和跑道侵入事件的发生。例如，它会发出“Approaching Runway 31 Left(31 左跑道进近)”的提醒，并在飞机起飞前对正跑道进行确认。TAWS 数据库结合 GNSS 和其他机载传感器，对飞机在机场周围的运动进行实时监控，因此 RAAS 系统可能会受到 GNSS 干扰的影响。在 GNSS 受到压制干扰时，EICAS 会显示“RUNWAY SYS（跑道系统）”消息；而在 GNSS 受到欺骗干扰时，EICAS 则会显示“RUNWAY POS（跑道位置）”消息。

另一种跑道安全告警系统——冲出跑道保护系统（ROPS），则能够为飞行员提供飞机能否在剩余可用跑道内安全停止的重要信息。该系统会向飞行员发出关于可用减速手段（如反推、刹车）的告警。然而，由于 ROPS 系统依赖于准确或正确的 GNSS 位置输入，因此它也容易受到

GNSS 压制式和/或欺骗式干扰的影响。

4.13 TAWS 影响

在欺骗干扰期间，一个不容忽视的安全问题是地形提醒与警告系统（TAWS）前视（Look Ahead）功能的降级。该功能利用 GNSS 位置来计算飞机相对于已知跑道、地形和障碍物的相对高度，并生成相应的警戒和警告包线。如果 TAWS 系统受到 GNSS 干扰的影响，可能会导致虚警告警的出现。即便飞行员知晓欺骗干扰会导致虚警告警，这仍会给他们带来额外的压力和注意力分散。

事实表明，在离开干扰区域后，即使其他飞机系统在使用 GNSS 信号后看似功能正常，在遭遇 GNSS 欺骗式干扰后 TAWS 功能未必能够恢复正常。这将导致飞机在后续飞行中（包括“进近”阶段）出现虚假 TAWS 告警。“基本型”TAWS 因使用无线电高度表测量飞机离地高度，则不受 GNSS 欺骗式干扰的影响。

飞行员报告真实案例：某航班从阿里亚皇后机场（Queen Alia）起飞时，遭遇了严重的 GNSS 干扰。飞机在目的地机场进近期间，通过某一航路点后，触发地形警告。机组判断这很可能是由先前干扰引起的一个虚警告警，机组人员主动联系 ATC 实施雷达引导，确认飞机位置，机组决定不执行

地形机动改出，而是继续截获预计着陆跑道的 ILS。在建立 ILS 进近后，在约 500 英尺高度时，RAAS 触发了“CAUTION TAXIWAY（警戒滑行道）”警告，该警告同样被忽略，因为机组观察到由于先前的 GNSS 欺骗干扰，飞机即使离开干扰区域 RAAS 警告系统仍未正常工作。

4.14 TCAS 的影响

空中交通防撞系统（TCAS）独立运作，仅通过直接询问飞机机载应答机来获取信息，不依赖于 GNSS 或 ATC 的监视数据。无论是 GNSS 还是广播式自动相关监视(ADS-B)，均不参与 TCAS 生成决断咨询（RA）告警的过程。然而，对于那些仅利用 GNSS 位置和 ADS-B In 功能来实现类似 TCAS 功能的飞机，或是将 ADS-B In 与 TCAS 集成以提升交通态势感知能力的飞机，在遭遇 GNSS 干扰后，可能存在以下问题：

（1）GPS 欺骗干扰对 ADS-B In 的影响，可能导致显示虚假的 ADS-B 目标。这些虚假 ADS-B 目标不会触发 TCAS RA 告警（例如“CLIMB，CLIMB”），因为这些位置实际上并无真实飞机存在。

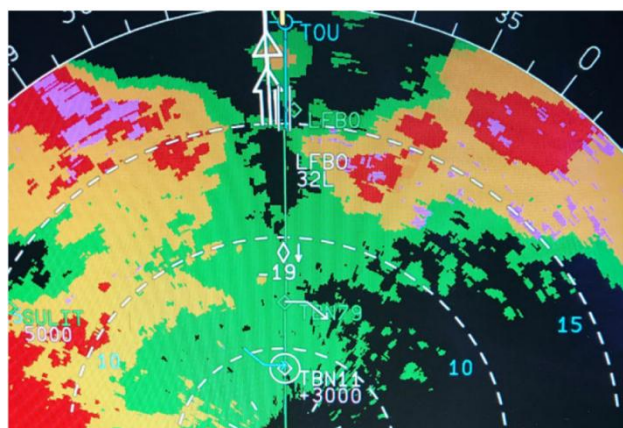
（2）在受欺骗干扰期间或之后，由于告警优先级问题，由先前欺骗干扰引发的虚假 TAWS 告警可能会抑制正常的

TCAS 交通咨询 (TA) 和决断咨询 (RA) 告警。

(3) 部分与 ADS-B 深度集成的 TCAS 系统, 可能因 ADS-B 失效而导致应答机功能丧失, 进而引发 TCAS 系统整体失效。

仅依赖 GNSS 和 ADS-B 工作, 虽然可以生成交通咨询 (例如 “Traffic”), 但不能生成 RA 告警。

4.15 气象雷达的影响



飞机气象雷达依赖精确的 GNSS 地理位置来标记雷达回波的位置和高度, 并将此信息与飞行路径、地形和天气叠加对齐。当遭遇 GNSS 干扰时, 错误的飞机位置将导致天气单元格显示发生位移, 增加飞行员误操作飞机进入天气单元格的风险。GNSS 干扰也会导致定时误差, 降低多普勒测速精度, 从而降低天气边界分辨率。气象雷达数据与 ADS-B、TAWS 及其他情境意识系统信息融合后, 任何 GNSS 精度的降低都会影响依赖连续和精确位置信息的多个飞机系统。

5 飞行员指南及建议程序

本章旨在为航空运营人和飞行员提供一系列建议，以减轻 GNSS 压制式干扰和欺骗式干扰的影响，特别是在已知存在 GNSS 干扰的区域运行时。如需获取特定机型的详细信息，请查阅《飞机飞行手册》或相关补充手册，以及最新的航空通告。

5.1 概述

运营人和飞行员必须意识到 GNSS 干扰可能发生在任何地点、时间和高度，飞行员必须对以下异常情况保持警惕：

(1) 实际导航性能 (ANP) /估计位置误差 (EPU) 改变。

(2) 飞机时钟改变 (如时间错误)。

(3) 导航位置错误。

(4) 主飞行显示器 (PFD) /导航显示器 (ND) 上任何 GNSS 位置大幅漂移。

当观察到以上异常情况后，飞行员应立即向 ATC 通报，包括 GNSS 设备或相关飞机系统任何中断、性能降级或异常情况，并在遭遇 GNSS 干扰期间做好记录以备后续上报。

5.2 干扰的早期识别

飞行员能否在早期识别出 GNSS 压制式干扰和/或欺骗式干扰，对于保障飞行安全至关重要。早期识别可使飞行员尽早启用不依赖 GNSS 的替代导航源，如雷达引导、陆基导航设施或非混合型惯性导航系统等，从而修正错误的导航输入。在飞机安全返回维修基地（如有必要）之前，遵循正确的机组操作程序并实施有效的机组资源管理（CRM），是缓解异常情况的关键举措。

5.2.1 GNSS 压制式干扰的识别

GNSS 压制式干扰相对容易被察觉。当飞机中央电子监控（ECAM）系统或发动机指示和机组告警系统（EICAS）出现 GNSS 导航系统故障提示时，即可判断可能遭遇此类干扰。这些提示信息包括：

（1）失去 GNSS 导航功能，包括点对点区域导航功能。

（2）依赖 GNSS 的系统故障指示（如 ADS-B，TAWS 等）。

5.2.2 GNSS 欺骗式干扰的识别

GNSS 欺骗式干扰更为隐蔽而不易被发现，遭遇 GNSS 欺骗式干扰后，提示可能包括：

- (1) 导航位置不一致，例如 GNSS/FMS 位置告警。
- (2) 地速（GS）与真空速（TAS）显示异常。
- (3) 时间和日期发生偏移。
- (4) 虚假 TAWS 告警。
- (5) GNSS 导航位置偏差等。

5.2.3 GNSS 干扰的复杂性及应对措施

不同飞机系统和软件包存在差异，这无疑增加了飞行中 GNSS 干扰的复杂性。运营人应与原始设备制造商（OEM）紧密合作，共同确定 GNSS 干扰对特定飞机系统的影响。运营人和 ATC 均需熟悉 GNSS 干扰的一般指示和影响，具体如下：

- (1) 无法使用 GNSS 进行导航。
- (2) 驾驶舱出现位置误差告警，如实际导航性能（ANP）/估计位置误差（EPU）数值增大。
- (3) 无法将 GNSS 作为惯性导航系统的位置更新源。
- (4) 区域导航（RNAV，包括所需导航性能（RNP））功能丧失或降级。
- (5) 导航显示器（ND）上飞机位置丢失、出现差异或显示错误（例如在移动地图和电子飞行包（EFB）应用软件

上)。

(6) 导航系统切换至备用导航源 (例如惯性参考系统 (IRS) 位置更新使用陆基导航设施)。

(7) 陆基导航设施自动调谐功能降级 (例如 GNSS 欺骗式干扰会导致一些导航系统的自动调谐功能错误选择导航台)。

(8) ADS-B Out/In 数据丢失或出现错误。

(9) 产生错误或误导性的 TAWS 告警。

(10) 错误 TAWS 告警抑制合法的交通防撞系统 (TCAS) 告警。

(11) 座舱交通显示器 (CDTI) 上交通显示错误, 包括出现错误交通咨询。

(12) 合成视景系统 (SVS) 上信息丢失或出现误导性信息。

(13) 与位置和地速相关的飞行管理系统 (FMS) 受到影响 (例如预计到达时间 (ETA) 错误、航路点剩余油量显示错误等)。

(14) 依靠 GNSS 更新的飞机时钟失效或时间显示错误。

(15) 无法登录或继续使用管制员飞行员数据链通信

(CPDLC)。

(16) 气象雷达自动天线校准功能失效。

(17) 空中风和地速丢失或显示错误。

(18) 姿态航向参考系统 (AHRS) 出现错误。

(19) 平视显示器 (HUD) 失效或指示错误。

(20) 依赖 ADS - B 数据的空中交通服务组件 (ATSU) 失效或数据错误。

5.3 借助 EFB 缓解 GNSS 干扰

电子飞行包 (EFB) 或平板电脑可辅助检测 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰。带有独立 GPS 输入和独立移动地图的 EFB 或平板电脑, 由于其位于飞机机身内, 机身可能屏蔽 GNSS 干扰, 可能不易受到压制式和/或欺骗式干扰的影响。虽然 EFB 不是获批的导航源, 但飞行员可用其觉察飞机导航显示与 EFB 地图显示之间的突然差异, 从而及时发现问题。

5.4 GNSS 干扰飞行员指南

图 5-1 展示了进入和脱离 GNSS 干扰区域各飞行阶段, 并为各飞行阶段提供了处置 GNSS 干扰的飞行员指南。鉴于 GNSS 干扰已成为民航领域近期面临且亟待解决的紧急威胁, 目前对其了解尚不全面, 该指南将根据需要及时更新。

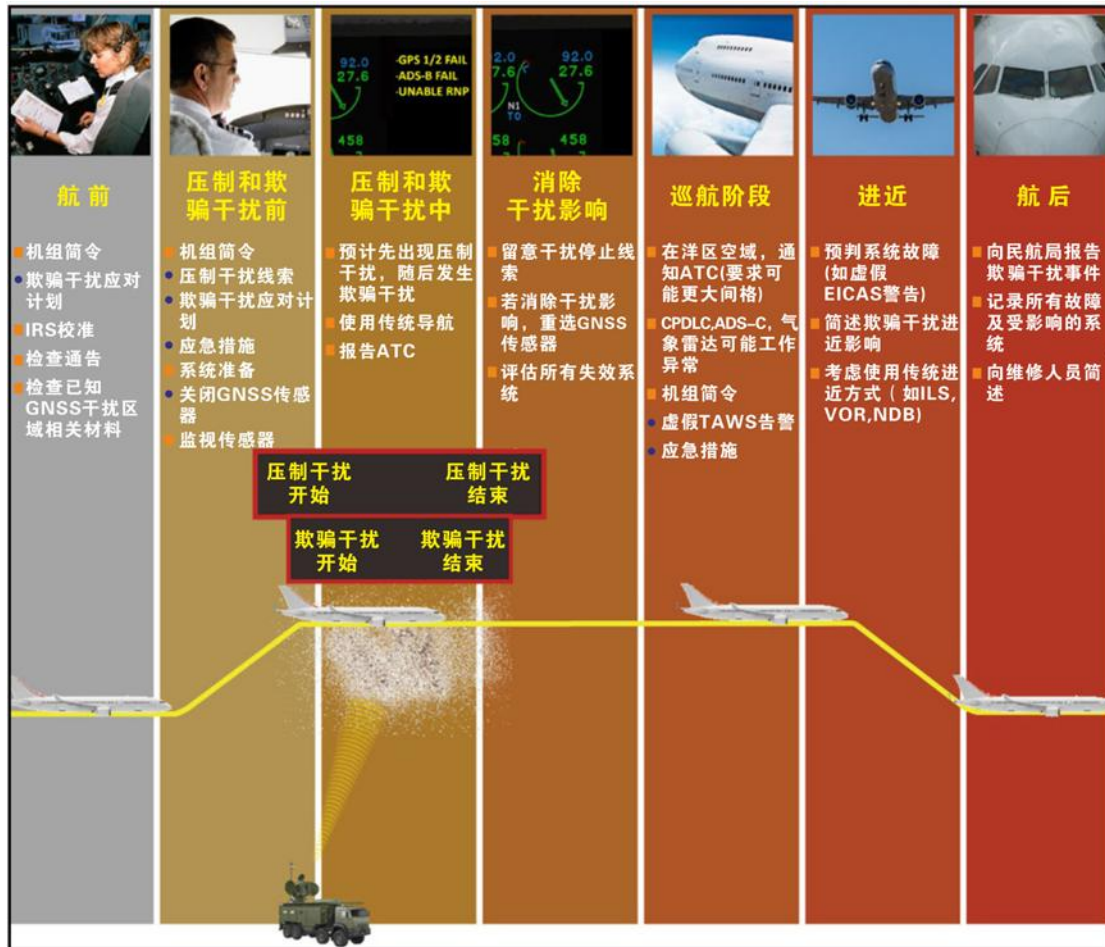


图 5-1 干扰发生前、中、后阶段程序简图

5.5 航前准备

5.5.1 飞行计划



附录 A 提供了最新已知主要 GNSS 欺骗干扰区域分布。在飞行前制订飞行计划过程中，除需查阅气象报和 NOTAM 外，还应确定计划航路是否靠近或穿越任何已知 GNSS 干扰热点区域。如果计划航路将穿越已知干扰区域，应考虑备选陆基导航航路。

(1) 在已知干扰区域，应尽可能申请陆基导航设施覆盖的公布航路；在邻近干扰区域，应考虑仅使用陆基导航设施或最小运行网络 (MON) 机场的飞行计划。当计划航路靠近 GNSS 压制和/或欺骗干扰区域时，还应考虑气象雷达失效时的天气避让预案。

(2) 为“无 GPS”情况制定应急计划，该计划应包括利用陆基导航来保障航路飞行，并确定有标准仪表离场 (SID)、标准仪表进场 (STAR)、传统仪表进近 (例如：

ILS、VOR、NDB 等) 程序的最小运行网络 (MON) 机场的可用性。

(3) 为应对可能出现的虚假 TAWS 告警, 应预先核实沿计划航路的安全高度, 包括最低 IFR 航路高度 (MEA)、最低偏航高度 (MORA) 和最低终端安全高度 (MSA) 等。

(4) 应急飞行计划还应包括携带足够燃油, 以便能够飞抵合适的备降场, 从而确保能够在一个无干扰且无天气影响的机场进行备降。

5.5.2 飞行前附加准备

除了正常飞行前准备外, 飞行员还应考虑其他细节并做好附加准备, 以便应对 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰:

(1) 飞行员应将个人手表或其他计时器校准至当前时间, 并确保计时器不会受到 GNSS 欺骗干扰 (例如: 关闭 GPS 自动时间更新, 如适用)。

(2) 在检查最低设备清单 (MEL) 和维修日志时, 应额外关注易受 GNSS 压制/欺骗干扰影响的设备失效时要求采取的措施。

(3) 大多数飞机惯性导航系统 (例如 IRS) 是整体导航解决方案的一部分, 不独立于整体导航解决方案。但是, 如果计划飞越一个已知 GNSS 压制/欺骗干扰区域, 则在飞行前

应完全校准惯性导航系统，并抑制其 GNSS 位置更新。抑制 GNSS 位置更新会影响飞机导航能力，飞行员必须按照飞机飞行手册（AFM）、飞机飞行手册补充（AFMS）或 OEM 指令执行抑制程序。

5.5.3 飞行前简令

如果预计航班将飞越已知 GNSS 压制/欺骗干扰区域，飞行员务必做以下完整简述：

（1）预计进、出 GNSS 干扰区域的位置点。

（2）飞越 GNSS 干扰区域前、中、后处置措施。

（3）飞离 GNSS 欺骗干扰区域前后，由 GNSS 切换到所有可用陆基导航设施的方式。

（4）在 GNSS 干扰期间及之后，预计与 GNSS 相关的飞机系统可能出现的异常情况。特别是对 TAWS 虚假告警的安全考虑，应制定在起飞、巡航或进近阶段受干扰后 TAWS 异常告警的应对措施，并在简令中明确。在应对 TAWS 告警而采取规避机动时，需密切关注航路/航线附近的地形和障碍物。

（5）在干扰区域内可能出现的特情（例如：发动机失效、释压等）制定处置程序，包括所有计划的安全逃逸路线。

(6) 飞行员应了解沿计划航路飞行 RNP 性能要求, 以及欺骗式干扰对 RNP 运行的影响。

5.5.4 飞行前处置程序样例

飞行前

飞行员应:

- 检查航行通告 (NOTAM), 确认本地及航路 GNSS 干扰情况;
- 识别进、出干扰区域位置点;
- 明确避开干扰区域的备用航路, 与飞行签派员协调, 如适用;
- 明确一旦遭遇压制或欺骗干扰, 巡航和进近备份导航方式 (如 ILS、VOR/DME、NDB 等);
- 调定手表或独立计时器至当前时间;
- 如果气象雷达失效, 需考虑航路规划和天气, 尤其雷暴活动;
- 简述 GNSS 干扰可能影响, 包括:

GNSS 压制式干扰现象

- GNSS 失效消息;
- ADS-B 失效/警告;
- 数据链失效 (CPDLC 和 ADS-C);
- SATCOM 中断;
- SVS 失效。

GNSS 欺骗式干扰现象

- 在不同飞行阶段, TAWS 影响及计划措施;
- GNSS 位置消息;
- ANP/EPU 快速增大;
- 飞机时钟时间跳变;
- ADS-B 错误位置数据;
- 意外偏出航线;
- 导航显示器上飞机位置漂移 (GNSS 位置与 FMS 位置差异);
- 显示地速与空中风异常。

5.6 GNSS 干扰前

5.6.1 预先简令

飞行员在达到已知 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰区域前，应预留足够时间做预先简令，为可能遭遇 GNSS 干扰做好准备。在邻近已知 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰区域时，因 GNSS 信号可能丢失，建议避免规划区域导航直飞航路，最好选择可用陆基导航设施替代 GNSS 的现有航路。如适用，飞行员作如下简令：

(1) 飞行员应查阅 GNSS 压制和/或欺骗干扰典型现象，包括虚假 TAWS 和 TCAS/ACAS 告警合理超控和处置程序、中断或虚假 ADS-B 目标、CPDLC 通信失效等；

(2) 当 GNSS 不可用或不可靠时，查阅 GNSS 压制式/欺骗式干扰处置程序和检查单；

(3) 查阅所有航路客舱释压紧急下降或航路上发动机失效飘降情况下所需的逃逸路线和可用备选机场。

5.6.2 驾驶舱准备（起飞前或巡航阶段）

按照 OEM 和运营人程序做驾驶舱准备。如适用，可考虑以下建议：

(1) 拒选 GNSS 输入导航系统。此举仅能防止导航位

置受欺骗信号影响，不能防止其他系统受到影响（例如：TAWS、ADS-B 等）；

（2）抑制 GNSS 对惯性导航系统的更新；

注：部分飞机系统如果将时钟设置为“内部（INT）”模式，会导致 ADS-C 的品质因素（FOM）值降级，并导致飞机不再满足基于性能的通信和监视（PBCS）运行间隔标准。在部分地面系统中，这将触发数据通信服务（ADS-C 和 CPDLC）中断。

（3）飞机时钟切换至“内部（INT）”/手动模式；

（4）抑制 TAWS 前视（Look Ahead）功能；

（5）收起 HUD。

5.6.3 GNSS 压制和/或欺骗干扰预先处置程序样例

驾驶舱准备（起飞前或巡航）

驾驶舱准备包括：

- 查阅维修日志及所有 MEL 要求。查阅 GNSS 干扰期间可能失效设备 MEL 要求；
- 若从已知 GNSS 干扰机场起飞，执行 IRS 人工校准，拒选“混合模式”或 GNSS 更新，如适用；
- 计划并简述陆基导航仪表离场程序，或申请雷达引导确保越障；

如果在地面发生欺骗干扰并出现位置偏移，

在问题解决前禁止起飞。

抑制 GNSS 更新 FMC。当飞机不再受 GPS 干扰影响起飞后，可重选 GNSS 更新 FMC。

- 在已知 GNSS 干扰区域起飞，应抑制 TAWS 增强模式，如适用。必要时，可在起飞后立即执行该步骤。此操作将关闭本指南第 2.3 节中所述的前视功能。在大多数情况下，此操作不会影响 TAWS“基本”功能。

注：飞机离开 GNSS 干扰区域后，应考虑重新激活 TAWS 的全部功能。如果巡航中 TAWS 持续告警，应按照 OEM 建议程序，抑制 TAWS 增强模式。

压制式和/或欺骗式干扰前

- 飞入已知 GNSS 干扰区域前，应作如下简述：
 - 遭遇 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰处置程序；
 - 遭遇 GNSS 干扰后的应急/紧急程序；
 - 准备使用陆基导航设施和雷达引导。
- 监控.....ANP/EPU 数值增大
- 时钟.....INT(内部)
- GNSS.....从导航系统中拒选
- 惯导系统.....拒选“混合模式”/抑制 GNSS 更新
- TAWS.....抑制增强模式
- 导航.....(绿色指针)使用陆基导航设施
- 自动调谐.....手动
- 一部通信电台.....调谐至 121.5 MHz 语音监听

5.6.4 加强驾驶舱监视

当监视到以下情况时应保持警觉：

(1) 实际导航性能 (ANP) /估计位置误差 (EPU) 数值突变；

(2) 陆基导航位置较大差异；

(3) 飞机时钟时间错误 (与独立的计时器对比)；

(4) GNSS 日期 (传感器页面) 任何变化；

(5) 手持 GNSS 设备、蜂窝手机 APP 或 EFB 上所指示位置信息与 FMS 位置有较大差异；

(6) 邻近飞行员向 ATC 通报遭遇 GNSS 压制/欺骗干扰。

5.7 GNSS 干扰发生时

5.7.1 压制式干扰

当遭遇 GNSS 压制式干扰时，多个依赖 GNSS 的飞机系统可能会发出失效警告。这些因 GNSS 压制式干扰导致的飞机系统失效可能包括：

(1) GNSS 系统失效；

(2) 广播式自动相关监视 (ADS-B) 系统失效；

(3) 近地警告系统 TAWS (如 Look Ahead 类型) 失效；

(4) 合成视景系统 SVS 失效；

(5) 卫星通信 SATCOM 失效等。

5.7.2 欺骗式干扰发生

在遭遇 GNSS 压制式干扰后，可能紧接着出现欺骗式干扰，即“先压制后欺骗”的干扰模式。GNSS 欺骗式干扰信号会取代真实的 GNSS 信号，并被接收机处理。由于 GNSS 接收机无法区分“真实”信号与导致错误位置、时间和日期的“虚假”信号，因此，即便 GNSS 接收机接收到了虚假 GNSS 信号，飞机飞行员也可能不会立即意识到已遭遇 GNSS 欺骗式干扰。然而，在遭遇 GNSS 欺骗式干扰后，驾驶舱内会出现一些迹象，这些迹象有助于飞行员觉察可能已遭遇 GNSS 欺骗式干扰，从而保持情景意识并执行备用导航程序。这些迹象包括：

(1) GNSS 位置在几秒钟内偏移数海里；

(2) 惯性基准系统 (IRS) 位置与 GNSS 位置出现明显差异；

(3) ANP 或 EPU 值迅速增大；

(4) 自动驾驶 (A/P) 发出航向改变指令 (偏离航线或突然转弯)；

(5) 机长/副驾驶 (PF/PM) 时钟时间显示存在差异；

(6) 发动机指示和机组警告系统 (EICAS) 或飞机电子中央监控系统 (ECAM) 出现以下警戒和警告:



(a) CHECK GNSS;

(b) FMS-GPS DISAGREE;

(c) ATC FAIL。

(7) ADS-B 失效或警戒消息。

(8) 数据链通信失效 (CPDLC 和 ADS-C 失效提示)。

(9) SVS 恢复至标准高度显示 (由棕色变为蓝色)。

(10) 导航显示器 (ND) 上:

(a) 风向剧烈变化;

(b) 地速指示异常;

(c) GNSS 符号分离并远离 IRS 符号。

(11) TAWS 虚假地形警告。

5.7.3 欺骗式干扰飞行员程序

通过上述一个或多个迹象确认已遭遇 GNSS 欺骗式干扰后，飞行员必须立即执行处置程序，并区分依然可靠的飞机系统与已遭受破坏的飞机系统（后者不再被采信）。飞行员需使用独立时间源（如手表）记录下遭遇干扰的时刻，同时遵循航空基本优先法则，即“驾驶飞机、导航和通信”法则，以便在执行运营人或航空设备制造商（OEM）程序的同时保持情景意识。

5.7.4 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰处置程序样例

压制式和/或欺骗式干扰（飞入干扰区域）

- 监控 EPU/ANP 数值任意增大
- 利用手表/独立计时器交叉检查飞机时钟
- 监控导航显示器上任何位置漂移
- 关注任何地速或风速异常变化

非计划飞入干扰区域

- 自动飞行系统
(AFS)航向模式
(飞磁航向, 直到建立非 GNSS 导航或雷达引导)
- 时钟INT (内部)
(用手表/备用计时器记录时间)
- 时钟手动设置
- GPS从导航系统中拒选
- 惯性导航系统拒选“混合模式”/抑制 GNSS 更新
- TAWS抑制增强模式
- 申请雷达引导, 或陆基导航飞行
- 通报 ATC 压制/欺骗干扰并作报告:
 - 时间 (来自手表或独立计时器);
 - 通报 ATC 所有 ADS - B Out 功能失效;
 - 已知位置 (由陆基导航设施方位线和距离确定);
 - 速度;
 - 磁航向;
 - 高度;
 - 异常持续时间。

5.8 清除干扰影响

当飞离 GNSS 干扰区域后, 务必留意压制式干扰和/或欺骗式干扰是否已终止的任何迹象。飞行员可以提前准备一份标注有存在压制式干扰和/或欺骗式干扰大致区域的航图备用。同时, 飞行员必须意识到压制式干扰和/或欺骗式干扰可

能会在其他区域再次出现。在恢复 GNSS 区域导航功能之前，飞机应与 GNSS 干扰区域保持足够的距离。

注：在尝试将飞机系统恢复至正常工作状态之前，应使用 OEM 手册明确与 GNSS 干扰区域之间的距离或时间是否充足。

以下迹象表明飞机已脱离 GNSS 干扰区域：

- (1) 对比独立时间源（如手表）后，GNSS 世界协调时（UTC）时间准确无误；
- (2) GNSS 日期显示正确；
- (3) 空中风和地速显示恢复正常；
- (4) 飞机位置正确，且已使用陆基导设施完成交叉检查。

压制式干扰和/或欺骗式干扰影响清除后，飞行员应对部分飞机系统进行评估，包括：

- (1) CPDLC 通信无中断或无消息延迟；
- (2) 与 ATC 协调对 ADS-C 进行评估；
- (3) 气象雷达正确标识可见天气（如：积雨云等）。
- (4) 按照 OEM/运营人程序，在飞行中复位多模式接收机（MMR）；

(5) 按照 OEM/运营人程序，在飞行中复位 TAWS 计算机。

对能在飞行中进行核查的飞机系统完成评估后，应重新恢复下列飞机系统，以便在压制和/或欺骗干扰区域外正常飞行：

(1) 重新选择 GNSS 传感器输入至导航系统；

(2) 重新选择惯性导航系统的混合模式；

(3) 向 ATC 通报所有仍受 GNSS 干扰影响且在飞行中无法恢复的飞机系统。

5.8.1 GNSS 干扰后处置程序样例

清除干扰

- 留意压制式和/或欺骗式干扰持续或再发的任何线索
- 自动飞行系统 (AFS)正常导航模式
- 时钟.....GPS 更新

(在使用飞行计划磁航向和陆基导航设施交叉检查位置确认 GNSS 接收机已恢复之前, 时钟应保持在 INT 位)

- IRS.....选择“混合模式”/启用 GPS 更新
- TAWS.....重置增强模式

如再无 GNSS 干扰迹象, 则按正常程序继续飞行。如因欺骗干扰导致 GNSS 系统持续异常, 则使用陆基导航设施飞往目的机场, 并计划作陆基导航进近, 在进近和复飞任何阶段不能使用 GNSS 导航。通报 ATC 保留故障及飞行意图。作陆基导航进近和终端区飞行简述, 并作进近和着陆意外 TAWS 告警处置程序简述。

5.9 洋区运行注意事项

GNSS 压制式干扰和/或欺骗式干扰多发生于陆地区域, 但其对飞机系统的影响可能持续存在, 甚至延伸至海洋区域。GNSS 干扰的持续影响将增加飞行员与 ATC 的工作负荷。在任何洋区, 无论何时遭遇 GNSS 干扰, 均需立即向 ATC 报告。尽早通报导航能力下降, 有助于航班的协调与安排。

部分洋区空域或航线飞行, 对飞机系统和资质有特定要求。例如, 进入北大西洋高空空域 (NAT HLA) 需满足以下条件:

- (1) RNAV 10 (RNP 10) 或更高等级导航性能;
- (2) CPDLC;

(3) ADS-C;

(4) ADS-B。

北大西洋 (NAT) 空管部门将确认北大西洋高空空域 (NAT HLA) 运行飞机状态和资格, 对申请《NAT OPS Bulletin 2025-001》规定的基于性能的最低间隔飞行的航班进行协调。

在北太平洋 (NOPAC) 空域内, 采用 25 海里间隔、基于性能的通信和监视 (PBCS) 平行航路飞行, 飞机系统必须满足 RNP4、RCP240 和 RSP180 最低运行性能要求。一旦飞机失去相关资格, 将导致飞行高度较大变更、航班延误或改航。

5.10 进近

在受到 GNSS 压制和/或欺骗干扰后, 即使与 GNSS 相关的飞机系统看似运行正常, 其实际功能可能已受损。因此在遭遇 GNSS 干扰后, 建议实施陆基导航进近, 避免实施 GNSS 相关进近。

遭遇干扰后, 飞行员应向 ATC 通报飞机系统故障, 申请陆基导航进近 (如 ILS、VOR、NDB)。在目视气象条件 (VMC) 下, 可考虑申请雷达引导目视进近着陆。如果在仪表气象条件 (IMC) 下无法实施非 GNSS 进近, 应考虑申请

备降有陆基导航进近程序或具备目视进近条件的机场。

飞行员应严格遵循所有航空设备制造商（OEM）提供的指导材料及飞行员简令，妥善应对可能出现的虚假地形感知与警告系统（TAWS）警告。机组简令应涵盖区分虚假 TAWS 警告与真实地形警告的各类方法。此外，机组人员还需进一步查阅终端区净空的最低高度标准，包括但不限于最低扇区安全高度（MSA）、最低雷达引导高度（MVA）、最低下降高度/高（MDA/H）等关键参数。

在仪表天气条件下触发 TAWS 告警时，机组应准备执行高高度复飞程序，不得穿越未经批准的飞行高度。同时，在目视天气条件下或飞行员能够确认飞机所处位置和高度无地形风险情况下，触发 TAWS 告警时，机组可以按照预先简令忽略无安全影响的警告。然而，对于所有交通警报与防撞系统（TCAS）的决策咨询警告（RA），除非执行该指令将直接危及飞行安全，否则机组必须无条件执行 RA 指令。

5.11 航后

如果在飞行中遭遇 GNSS 压制式/欺骗式干扰，航后飞行员应执行以下操作：

（1）在维修日志中记录 GNSS 干扰情况，确保维护时清除所有系统故障。维修人员可能需要对 GNSS/MMR 系统

进行“硬复位”，必要时恢复出厂设置或更换受损系统。当飞机在已知干扰区域飞行后，参照 GNSS 干扰机组报告，建议做以下标准维护。

(a) 如果前序航段遭遇 GNSS 干扰导致 GPS 故障保留，或显示日期/时间错误，则在地面复位 MMR 电源跳开关即可解决问题。

(b) 在复位电源跳开关后，进行 GPS 功能测试确保其正常工作。为验证 GPS 信号可用性，前往飞行管理系统 (FMS) /飞行管理引导系统 (FMGS) 相应页面，核对显示的 GPS 位置是否准确。为验证日期/时间正确性，前往 FMS/FMGS 状态页面 (STATUS)，核对显示的日期是否正确。

注 1: 复位跳开关必须遵循 OEM 操作指导材料。

注 2: 反复复位跳开关可能导致其过早损坏。

(2) 在飞越 GPS 干扰地区后，即使 GPS 恢复且日期/时间未受影响，也建议在下一次飞行前，在地面对 GPS 位置/时间/日期进行维护检查，以确认 GPS 状态良好。

6 训练大纲

本章提供飞机飞行员 GNSS 压制式和/或欺骗式干扰地面培训大纲和飞机模拟机训练大纲建议。

6.1 地面培训课程大纲

供飞机飞行员学习和理解的 GNSS 干扰地面培训课程大纲，建议包括以下内容：

- (1) 了解替代导航方式/无 GNSS 导航的相关知识；
- (2) 压制式干扰和欺骗式干扰的定义与特征；
- (3) 压制式干扰驾驶舱内的识别方法；
- (4) 欺骗式干扰驾驶舱内的识别方法；
- (5) 欺骗式干扰的长期影响；
- (6) 压制式干扰和欺骗式干扰工作原理；
- (7) 易发生 GNSS 干扰的区域分布及特点；
- (8) 《航空运营人 GNSS 干扰处置指南》相关安全通告；
- (9) GNSS 干扰影响人的因素分析；
- (10) 虚假地形告警的危害及应对措施；
- (11) 受 GNSS 干扰影响的飞机系统概述；

(12) 飞行前、中、后各阶段 GNSS 干扰缓解及应对措施;

(13) GNSS 干扰后飞机系统恢复方法;

(14) GNSS 干扰报告的必要性及流程。

6.2 模拟机训练大纲

航空承运人可利用模拟机使用推荐处置程序和检查单对飞行员开展飞行训练,以应对可能发生的 GNSS 压制式干扰和/或欺骗式干扰。GNSS 干扰飞机模拟机训练可结合初始、转机型、升级、复训等训练大纲中相关科目实施。由于 GNSS 欺骗和干扰的驾驶舱现象不同,机组处置类似故障应该掌握基本原则和方法,提高实际问题处置能力,避免训练单一场景而产生负迁移。建议模拟机训练包括以下内容:

(1) 意料之外的 TAWS 告警,以及典型短五边复飞以外的高高度复飞;

(2) 进近阶段 TAWS 告警,以及其他各飞行阶段的虚假警告;

(3) 模拟 FMS 位置数据异常导致飞机偏离计划航路的情景;

(4) 模拟各飞行阶段在导航显示器上的位置漂移;

(5) 模拟飞机时钟由正确的协调世界时 (UTC) 跳变的情景;

(6) 练习飞入可能存在压制式和/或欺骗式干扰区域的简令;

(7) 模拟 GNSS 组件受欺骗的飞机系统多重故障;

(8) 地面滑行遭遇欺骗模拟, 以及合理觉察系统异常模拟;

(9) GNSS 干扰情况下使用陆基导航设施备用导航, 以及陆基导航进近 (例如, LOC、ILS、VOR、NDB 等)。

附录 A 当前及历史数据

本附录重点列出了自 2023 年 9 月以来 GNSS 压制和/或欺骗干扰事件全球高发区域。在东欧、黑海以及地中海东部区域，飞行员需要保持高度警惕。如需了解 GNSS 压制和/或欺骗干扰事件数量最多的飞行情报区（FIR），请参见表 A-1 及本附录后续页 FIR 中详细威胁说明。

1.1 压制和/或欺骗干扰事件国际高发区域

表 A-1 展示了受干扰影响最显著区域的历史反映数据。GNSS 干扰具有高度流动态势，可能迅速蔓延至表中未列出的其他区域。

表 A-1 2024 年 7—8 月受 GNSS 欺骗干扰影响主要 FIR 分布表

FIR	Country	Spoofing Incidents
Nicosia	Cyprus	5655
Tel-Aviv	Israel	3228
Cairo	Egypt	2375
Ankara	Turkey	1195
Samara	Russia	1186
Moscow	Russia	988
Lahore	Pakistan	492
Minsk	Belarus	372
Beirut	Lebanon	371
Delhi	India	316
Sofia	Bulgaria	235
Bucharest	Romania	231
Athens	Greece	193
Amman	Jordan	169
Riga	Latvia	169
Jeddah	Saudi Arabia	115
St. Petersburg	Russia	77
Istanbul	Turkey	67
Tallinn	Estonia	57
Vilnius	Lithuania	51





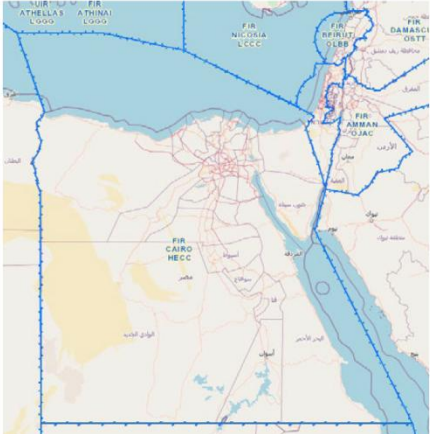


表 A-2 欺骗式干扰主要影响区域：东地中海

FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Nicosia FIR - Cyprus		<ul style="list-style-type: none"> → Highest spoofed FIR to date → Entire FIR impacted, including approaches
Beirut FIR – Lebanon		<ul style="list-style-type: none"> → Entire FIR impacted → Beirut Airport, including on the ground

FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Tel Aviv FIR – Israel		<ul style="list-style-type: none"> → Entire FIR impacted
Cairo FIR – Egypt		<ul style="list-style-type: none"> → Sinai Peninsula, NE portion → Cairo Airport → Airways L550, L560 & A16, → Within 200nm of CVO (Cairo) VOR


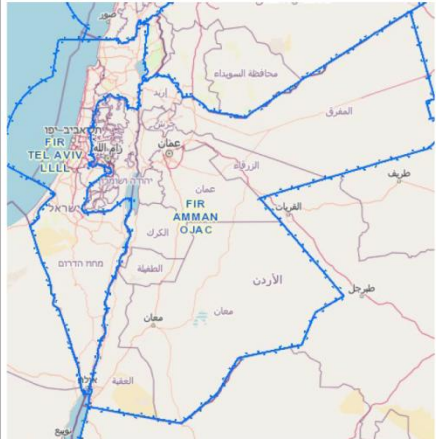
FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Jeddah FIR – Saudi Arabia		<ul style="list-style-type: none"> → Routing to and from Egypt near Cairo FIR → Airways L550, L560, UB411
Amman FIR – Jordan		<ul style="list-style-type: none"> → Entire FIR impacted → OJAM/Amman Marka, OJAI/Queen Alia, OJAC/Aqaba

表 A-3 欺骗式干扰主要影响区域：黑海

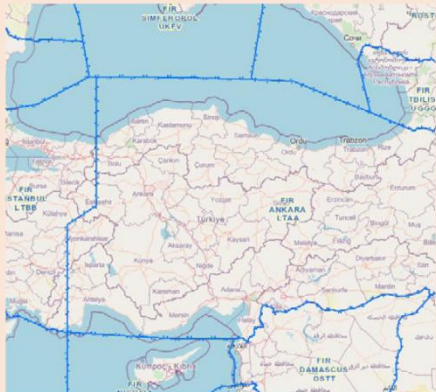
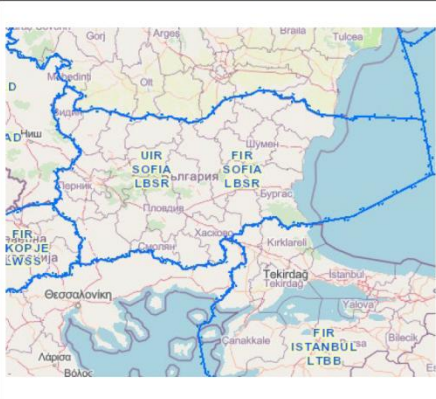
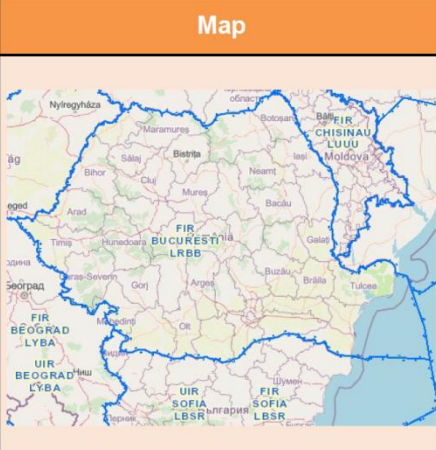

FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Ankara/Istanbul FIRs - Turkey		<ul style="list-style-type: none"> → Northern Turkish coastline → Western Black Sea area, near Istanbul → Airways UM859, UN743, UL746 → Simferopol Airport (Crimea) → Krasnodar
Sofia FIR - Bulgaria		<ul style="list-style-type: none"> → Over water areas in the east of the Sofia FIR → Over land close to the Black Sea coastline in the area of Burgas and Varna → Simferopol
Bucharest FIR – Romania		<ul style="list-style-type: none"> → Southeast quadrant → Area between Brasov, Bucharest and Constanta → Simferopol

表 A-4 欺骗式干扰主要影响区域：俄罗斯及波罗的海地区

FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
<p>Samara & Moscow FIRs - Russia</p>		<ul style="list-style-type: none"> → Nizhny Novgorod and Samara → Moscow and Yaroslavl


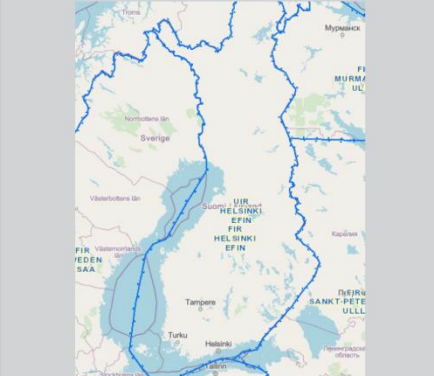
FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
<p>Tallinn, Riga and Vilnius FIRs – Estonia, Latvia, Lithuania</p>		<ul style="list-style-type: none"> → Eastern parts of Riga FIR (Latvia) and Vilnius FIR (Lithuania) → Airway M864 → Smolensk
<p>Helsinki FIR – Finland</p>		<ul style="list-style-type: none"> → Helsinki/Tallinn FIR boundary → EFLA/Lahti and EFHK/Helsinki → Smolensk

表 A-5 欺骗式干扰主要影响区域：印度/巴基斯坦边境


FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Lahore & Delhi FIRs – Pakistan & India		<ul style="list-style-type: none"> → Areas northwest of New Delhi → Area of Lahore → Along border

表 A-6 欺骗式干扰主要影响区域：伊拉克、伊朗



FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
Iraq, Iran (Baghdad and Tehran FIRs)		<ul style="list-style-type: none"> → Sporadic/occasional spoofing → Between ORBI/Baghdad Airport and the northern ORBB/Baghdad FIR boundary → Iranian border (OIIX/Tehran FIR)

表 A-7 欺骗式干扰主要影响区域：朝鲜及韩国

FIR, Country	Map	Areas of Spoofing
North/South Korea (Pyongyang and Incheon FIRs)		<ul style="list-style-type: none"> → Few Incidents → North/south Korean border → Oceanic portion of the FIR

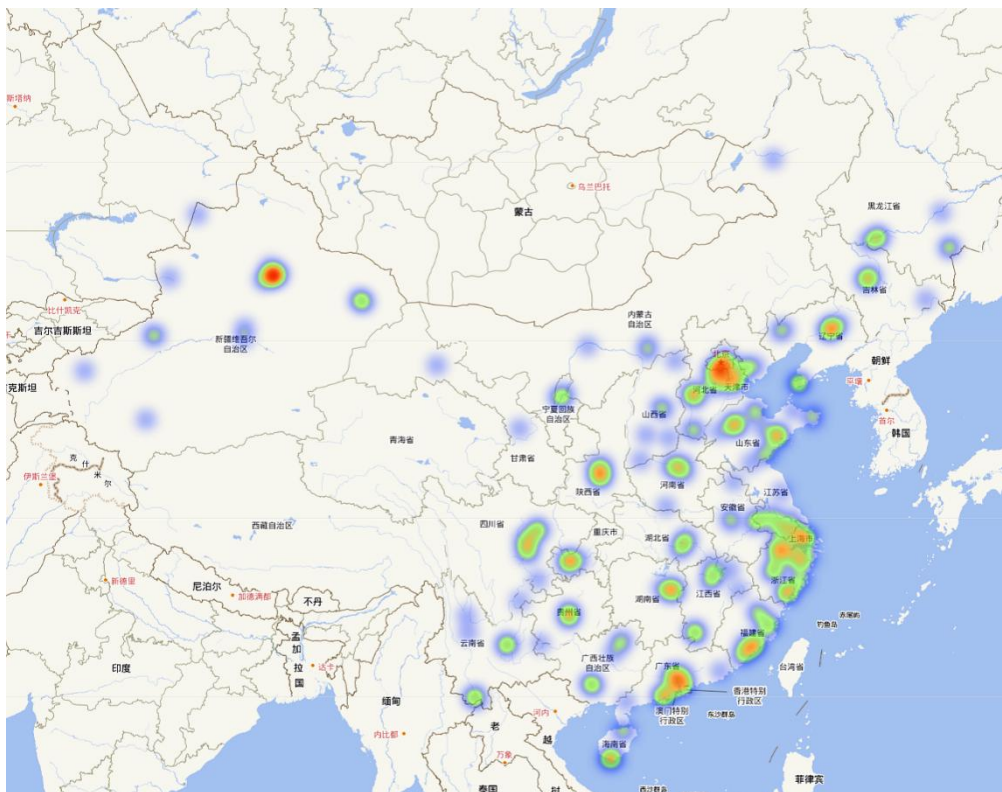
1.2 压制和/或欺骗干扰事件国内发生区域

根据中国民航飞行品质监控基地的 QAR 数据统计，2025 年 GPS 干扰事件网格图如下：

网格颜色按干扰小时总数划分为三个等级：

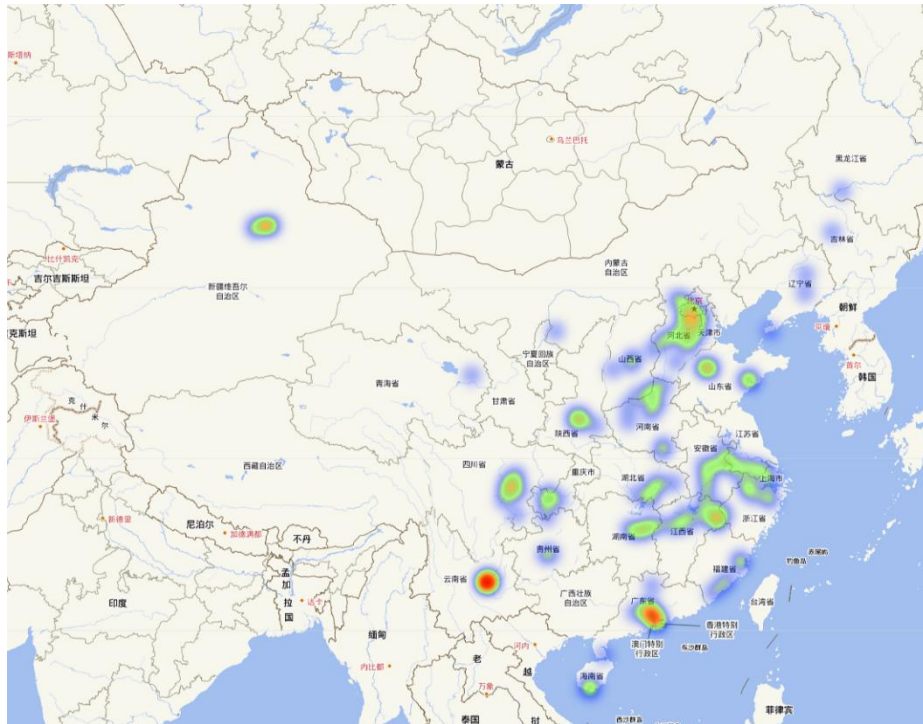
- 绿色：干扰小时数 < 10；
- 黄色： $10 \leq$ 干扰小时数 < 50；
- 红色：干扰小时数 ≥ 50 。

1、3000 米以下空域 GPS 失效事件分布情况



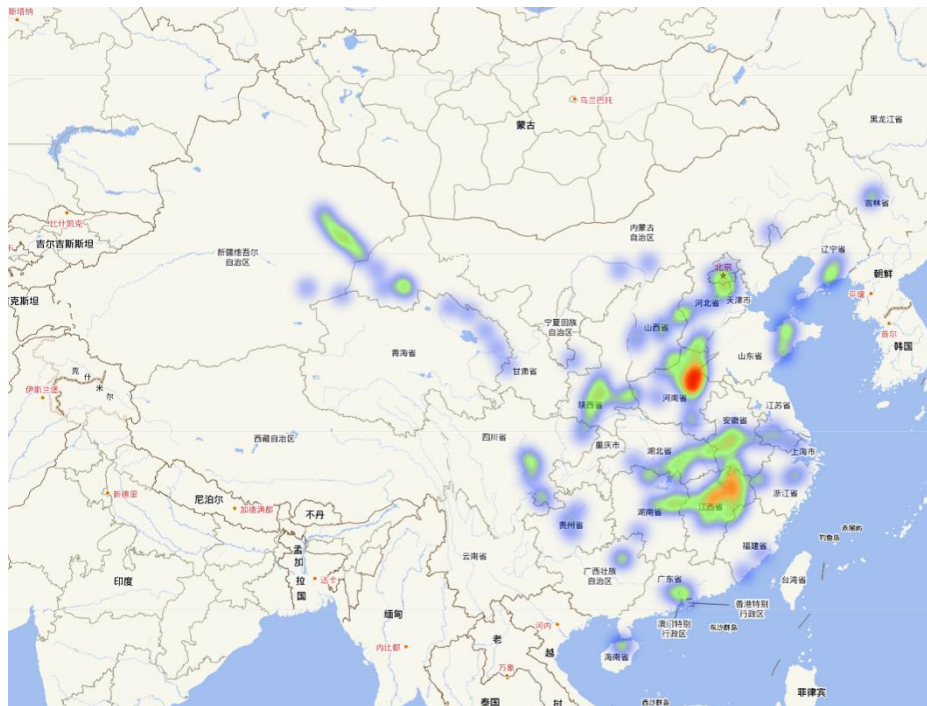
注：3000 米以下空域某小时内受影响航班 ≥ 2 架次，视该小时存在干扰；

2、3000-6000 米空域 GPS 失效事件分布情况



注：3000 - 6000 米空域某小时受影响航班 ≥ 4 架次，视该小时存在干扰。

3、6000 米以上空域 GPS 失效事件分布情况



注：6000 米以上空域某小时受影响航班 ≥ 6 架次，视该小时存在干扰。

附录 B 术语和缩略语

1.1 术语

A

Area Navigation (RNAV) (区域导航)。一种导航方法，其允许飞机在陆基或空间基导航设备的覆盖范围内，或在自主导航设备能力范围内，或相互组合，沿任意期望路径飞行。

C

COSPAS-SARSAT。由俄罗斯、加拿大、美国、丹麦和法国建立的国际卫星搜索和救援 (SAR) 系统，用于定位 406MHz 频率发射的紧急无线电信标。

D

DME (测距仪)。以海里为单位，用于测量飞机与 DME 台之间斜距的设备 (包括机载和地面设备)。

DME/DME (D/D) RNAV (测距仪/测距仪区域导航)。指利用至少两个 DME 台的测距信息来确定位置的区域导航方式。

DME/DME/Inertial (D/D/I) RNAV (测距仪/测距仪/惯性导航区域导航)。指利用至少两个 DME 台的测距信息来确定位置，在存在 DME 覆盖盲区期间结合飞机惯性导航系统 (INS) (例如，惯性基准系统 (IRS)、惯性基准组件单元 (IRU))

提供有效位置信息的区域导航方式。

F

FMS（飞行管理系统）。是一种集成的 **RNAV** 系统，或满足适当适航要求后的 **RNP** 系统。**FMS** 通常由机载传感器输入，以及用于导航引导和飞机性能的计算机组成。**FMS** 支持 **PBN** 运行所需的显示和通告输出，并且通常直接与飞机的飞行指引系统耦合。

G

GNSS（全球导航卫星系统）。**GNSS** 是一个通用术语，表示一个全球卫星定位和时间测量系统，包括一个或多个卫星星座、机载接收机和系统完整性监视功能。

GPS（全球定位系统）。**GPS** 是一个美国星基无线电导航系统，可在全球任何地方提供定位服务。在《**GPS** 标准定位系统信号规范》中定义了 **GPS** 所提供的民用服务。**GPS** 是提供空间基定位、速度和时间服务的美国核心 **GNSS** 卫星星座。**GPS** 由空间部分、控制部分和用户部分组成。

I

IRU（惯性参考组件）。**IRU** 是一种由陀螺仪和加速度计组成的自主式系统，系统组件通过响应惯性效应所产生的信号，提供飞机姿态（俯仰角、坡度和航向）、位置和速度信息。

使用已知位置校准后，IRU 能连续计算位置和速度。IRU 位置精度会随时间积累而下降，这种精度下降常称为“漂移”。

J

Jamming（压制式干扰）：一种发射信号不模拟 GNSS 信号（例如 GPS 和 WAAS），但干扰接收机捕获和跟踪 GNSS 信号能力的无线电干扰方式。压制式干扰可导致 GNSS 导航、定位、授时，以及飞机相关功能失效。

M

Minimum Operational Network (MON)（最小运行网络）。MON 是指在 GNSS 中断服务时，能够为中断区域内按照仪表飞行规则（IFR）飞行的航空器提供连续导航服务的最小陆基导航设施（如 VOR、DME）网络，以保障巡航、进离场、进近着陆、绕飞、备降等飞行安全，并最大程度减轻飞行员和管制员的工作负担。MON 是国家空域系统的组成部分，在 GNSS 中断时能够为仪表飞行航空器提供应急备份导航服务。

O

Oceanic Airspace（洋区）：指公海上空的空域。通常，“海洋”一词包含在空域名称中（例如，海洋管制区(OCA)），并且不能直接管制员 - 飞行员 VHF 话音通信。根据 ICAO 规定，

ATC 须采用部分程序管制措施来提供管制服务。

R

RAIM（接收机自主完好性监视）。一种 GPS 传感器中的软件算法，其利用 GPS 测量信息或 GPS 测量与气压辅助信息，来验证输出的传感器位置的完好性。

RNP System（RNP 系统）。一种安装在飞机上的导航系统，结合 RTCA DO-236、DO-283 或 DO-229 中其他公开标准要求，支持 RNP 运行机载性能监控和告警（OPMA）功能。如果加装的飞机设备满足每个导航规范的所有要求，那么该 RNP 系统可支持多种 RNAV 和 RNP 导航规范。

S

Spoofing（欺骗式干扰）。欺骗式干扰所发射的类 GNSS 信号，与预期 GNSS 信号组合后，或替代预期 GNSS 信号后，可能被接收机捕获和跟踪。欺骗效应可能瞬间显现或延迟出现，在欺骗干扰停止后其影响仍可能持续。GNSS 欺骗干扰可能会引起差错和令人困惑，或产生严重误导性位置、导航和/或日期/时间信息，并导致 GNSS 不能使用。

T

TAWS（地形感知和警告系统）。该电子安全系统通过向飞行员发出音响和目视告警，警告地面、山脉或其他障碍物的

潜在危险接近，以防止可控飞行撞地（CFIT）事故。TAWS整合来自 GPS、地形数据库、无线电高度表和飞机性能数据，提供比近地警告系统（GPWS）等老旧系统更早的、更全面的警告。

1.2 关键词

Alter: 告警

Annunciation: 信号牌

Caution: 警戒

False: 失效；虚假的

Fault: 故障

Warning: 警告

1.3 缩略语列表

缩写	英文含义	中文含义
ACAS	Airborne Collision Avoidance System	机载防撞避让系统
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast	广播式自动相关监视
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance Contract	合约式自动相关监视
AHRS	Attitude and Heading Reference System	姿态航向参考系统
ATC	Air Traffic Controller	空中交通管制员
AFM	Airplane Flight Manual	飞机飞行手册
AFMS	Airplane Flight Manual Supplement	飞机飞行手册补充
ANP	Actual Navigation Performance	实际导航性能
ANSP	Air Navigation Service Provider	空中航行服务提供者
ATN	Aeronautical Telecommunication Network	航空电信网
CFIT	Controlled Flight Into Terrain	可控撞地飞行
CFR	Code of Federal Regulations	联邦航空法规
CPDLC	Controller-Pilot Data Link Communications	管制员 - 飞行员数据链通信
COSPAS-SARSAT	Not a single acronym but a combined international system where COSPAS is a Russian acronym for "Space System for the Search of Vessels in Distress" and SARSAT is an English acronym for "Search and Rescue Satellite Aided Tracking"	这不是一个单独的缩写，而是一个综合性的国际系统。其中，COSPAS 是俄语缩写，意为“遇险船舶搜救空间系统”；SARSAT 是英语缩写，意为“辅助跟踪搜索和救援卫星”。
CVS	Combined Vision System	组合视景系统
DOD	Department of Defense	国防部
DME	Distance Measuring Equipment	测距仪
ECAM	Electronic Centralized Aircraft Monitor	飞机中央电子监控
EFB	Electronic Flight Bag	电子飞行包
EICAS	Engine Indicating and Crew Alerting System	发动机指示和机组告警系统
ELT	Emergency Locator Transmitter	紧急定位发射机
EPU	Estimated Position Uncertainty	估计位置误差

EU	European Union	欧盟
FAA	Federal Aviation Administration	联邦航空局
FANS	Future Air Navigation System	新航行系统
FCOM	Flight Crew Operating Manual	飞行机组操作手册
FIR	Flight Information Region	飞行情报区
FMS	Flight Management System	飞行管理系统
FPV	Flight Path Vector	飞行航径引导
FOM	Flight Operations Manual	飞行操作手册
FOM	Figure of Merit	品质因素
GLONASS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统（俄罗斯系统缩写）
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
GPWS	Ground Proximity Warning System	近地警告系统
HIL	Horizontal Integrity Limit	水平完好性门限
HUD	Head Up Display	平视显示器
IATA	International Air Transport Association	国际航空运输协会
ILS	Instrument Landing System	仪表着陆系统
IMU	Inertial Measurement Unit	惯性测量组件
INS	Inertial Navigation Systems	惯性导航系统
INT	Internal (Manual)	内部（手动）
IRS	Inertial Reference System	惯性基准系统
MDA	Minimum Descent Altitude	最低下降高度
MDH	Minimum Descent Height	最低下降高
MEA	Minimum En Route Altitude	最低航路高度
MMR	Multi Mode Receiver	多模式接收机
MON	Minimum Operational Network	最小运行网络
MORA	Minimum Off-Route Altitude	最低偏航高度
MSA	Minimum Safe Altitude	最低安全高度
MVA	Minimum Vectoring Altitude	最低引导高度
NAVAID	Navigational Aid	导航台
NAS	National Airspace System	国家空域系统
NDB	Non-Directional Beacon	无方向性信标台
NOTAM	Notice to Airmen	通告
OEI	One Engine Inoperative	一发失效
OEM	Original Equipment Manufacturer	原始设备制造商（飞机整机制造商）
PBCS	Performance Based Communication and Surveillance	基于性能的通信和监视
PFD	Primary Flight Display	主飞行显示器
PNT	Positioning, Navigation, Timing	定位、导航、授时

PVT	Position, Velocity, Time	位置、速度、时间
QAR	Quick Access Recorder	快速存取记录器
RAAS	Runway Awareness and Advisory System	跑道意识和咨询系统
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring	接收机自主完好性监视
RFI	Radio Frequency Interference	射频干扰
RNAV	Area Navigation	区域导航
ROP	Runway Overrun Protection	冲出跑道保护
ROPS	Runway Overrun Prevention System	冲出跑道保护系统
ROW	Runway Overrun Warning	冲出跑道警告
SAFO	Safety Alert for Operators	运营人安全告警
SATCOM	Satellite Communications	卫星通信
SIS	Signal in Space	空间信号
SVGS	Synthetic Vision Guidance System	合成视景引导系统
SVS	Synthetic Vision System	合成视景系统
TAWS	Terrain Awareness and Warning System	地形提醒与警告系统
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	空中交通防撞系统
TOC	Table of Contents	目录
UTC	Universal Time Coordinated	世界协调时
VMC	Visual Meteorological Conditions	目视气象条件
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Range	甚高频全向信标台
WAAS	Wide Area Augmentation System	广域增强系统
Wi-Fi	Wireless Fidelity	无线保真(一种无线网络技术)