



大会 — 第 42 届会议

技术委员会

议程项目 24：航空安全和空中航行的各项优先举措

全球导航卫星系统（GNSS）射频干扰（RFI）

（由国际民航组织理事会提交）

执行摘要

本工作文件阐述了 GNSS RFI 的相关风险及后果、本组织正在推进的行动和活动，并报告了 A41-8 号大会决议 — 国际民航组织关于全球空中交通管理（ATM）系统以及通信、导航和监视/空中交通管理（CNS/ATM）系统的持续政策和做法的综合声明，附录 C — 确保国际民航组织 CNS/ATM 系统和服务的抵御能力的执行情况以及相关的国际民航组织举措和活动的开展情况。

行动：请大会：

- 认可为减轻 GNSS RFI 负面影响所持续开展的技术工作；
- 敦促各国、国际组织、捐助方及相关利害攸关方支持国际民航组织为应对 GNSS RFI 所开展的工作，包括为验证和部署缓解 GNSS RFI 的实施套包（iPack）提供自愿捐助；
- 敦促各国在遵循国际电联《无线电规则》中所述程序的同时，将无法通过常规的国家或国际程序解决的 GNSS RFI 事件报告至其所属的国际民航组织地区办事处；和
- 通过附录 A 所载对 A41-8 号大会决议的拟议修订。

战略目标：	本工作文件涉及每次飞行都安全和安保。
财务影响：	本文件所述活动将在 2026-2027-2028 年经常预算和/或预算外捐助和/或自愿捐助的可用资源范围内开展。
参考文件：	Doc 10209 号文件：《第十四次空中航行会议报告》 Doc 10184 号文件：《大会有效决议（截至 2022 年 10 月 7 日）》 Doc 9849 号文件：《全球导航卫星系统（GNSS）手册》 国际民航组织/国际电联/国际海事组织关于保护 RNS 免受有害干扰的联合声明 2024/27 号电子公报

1. 引言

1.1 全球导航卫星系统（GNSS）是基于性能的导航（PBN）、广播式自动相关监视（ADS-B）以及具备前视地形回避功能的地形提示与警告系统（TAWS）等现代航空服务与技术的关键推动因素。GNSS 可提供高精度的定位、导航和授时（PNT）服务，实现精确的位置跟踪与飞行引导。此外，GNSS 还能为航空电子设备、通信网络和运行系统提供精确的时间同步，使驾驶员、管制员与地勤人员之间能够实现无缝通信与协调，从而显著提升飞行运行与空中交通管理的安全性和效率。

1.2 随着时间的推移，由于 GNSS 的显著优势，民用航空越来越依赖这一系统。现代航空高度依赖基于 GNSS 的各类系统能力。这些系统包括通信、导航、监视、空中交通管理自动化系统、机载地图与显示器，以及各类机载和地面自动化系统。然而，GNSS 信号容易受到射频干扰（RFI）的影响，可能导致飞行运行的精度、可靠性和安全性下降。GNSS RFI 主要表现为两种形式：压制式干扰和欺骗式干扰。压制式干扰涉及故意发射干扰信号以阻止 GNSS 信号的接收。这可能会使受影响地区内的用户无法使用导航功能。另一方面，欺骗式干扰涉及发射欺骗性的类 GNSS 信号，诱导航空电子设备得出错误的时间和/或计算出错误的位置。

2. GNSS RFI 的风险和潜在后果

2.1 近年来，GNSS RFI 已成为多个地区反复出现且持续存在的挑战，对民用航空构成重大且持续的风险。虽然部分 RFI 事件与冲突区有关，但许多其他事件并非如此。迄今为止，虽然冲突区或其附近发生的 GNSS RFI 事件似乎并非蓄意针对民用航空，但这些干扰加剧了本就复杂的运行环境，并可能导致严重的安全和安保影响。

2.2 GNSS RFI 可能引发一系列关键系统突发故障，造成广泛影响。例如，在欺骗式干扰事件中，飞行管理系统（FMS）定位功能可能会降级或完全失效；遵守所需导航性能（RNP）的能力可能会中断；地图可能会发生偏移现象（导航显示器所示位置与实际位置发生偏离，可能使驾驶员做出错误决策）；并且可能会触发错误的近地警告（在不存在实际危险时发出地形冲突预警，导致不必要的避让操作和机组困惑）。由于位置计算错误导致的导航误差，可能会导致航空器偏离预定航道，从而增加空中相撞及误入限制或禁飞空域的风险。

2.3 GNSS 还为航空通信网络提供关键的时间同步服务，这对确保航空器、地面站与卫星之间的无缝数据交换至关重要。当 GNSS 授时服务遭到干扰或出现失步时，关键系统之间的数据流可能会受到严重影响，且影响范围可能会十分广泛。例如，这可能导致数据链通信中断，造成航空器与地面管制失去联系，从而削弱态势感知。时间失步还会导致 ADS-B 监视盲区和跟踪误差，从而使管制员无法正常监控航空器。

2.4 GNSS RFI 可能对运行安全造成严重影响，可能导致三类全球高风险事件（G-HRC）：空中相撞（MAC）、可控飞行撞地（CFIT）以及飞行中失控（LOC-I）。此外，此类干扰还可能导致重大的运行和财务影响，包括航班改航、延误、取消，以及增加管制员和驾驶员的工作负荷。

2.5 2024 年 12 月 18 日，国际民航组织通过电子公报（EB 2024/27）发布了 OPSGROUP GPS 欺骗式干扰工作组报告，向成员国及业界相关利害关系方提供了重要信息与风险提示。该报告包含实用技术资料，详细阐述了干扰对航空器操控与运行的影响，推介了飞行机组最佳做法，并着重提出了需要国际社会关注的安全问题与建议措施。

2.6 鉴于 GNSS RFI 对航空安全与安保的重大风险及潜在后果，国际民航组织已制定出一系列短期、中期和长期行动。

3. 短期行动

3.1 地区性活动

3.1.1 国际民航组织一直致力于提高认识并推介 GNSS RFI 应对战略，已经举办了多场讲习班和研讨会并将继续筹办这类活动。这些活动汇集了成员国及国际组织的代表，一起交流经验、分享最佳做法。

3.2 与 GNSS RFI 相关的航行通告

3.2.1 当前，与 GNSS RFI 相关的航行通告使用多种代码。根据国际航协的数据，全球范围内使用的航行通告代码多达 18 种，导致过滤机制效率低下。此外，航行通告的文本表述也存在差异，例如“GPS Unreliable（GPS 不可靠）”、“GPS Jamming（GPS 压制式干扰）”、“GPS signal interference（GPS 信号干扰）”、“GNSS interference（GNSS 干扰）”等。这种多样性给试图在航行通告中高效识别和搜索与 GNSS 干扰事件相关的信息的运营人带来了挑战。

3.2.2 第十四次空中航行会议（AN-Conf/14）注意到当前缺乏针对 GNSS RFI 事件的标准化航行通告代码，因此要求国际民航组织制定额外的航行通告代码以提高一致性和运行效率。目前已确定两种状态代码（干扰与欺骗）以及建议的航行通告文本，这些内容将被纳入相关的国际民航组织文件中。专家组正在就驾驶员如何解读航行通告制定指导。

3.3 国际民航组织、国际电联与国际海事组织联合声明及强化的报告机制

3.3.1 根据 A41-8 号大会决议“国际民航组织关于全球空中交通管理（ATM）系统以及通信、导航和监视/空中交通管理（CNS/ATM）系统的持续政策和做法的综合声明，附录 C — 确保国际民航组织 CNS/ATM 系统和服务的抵御能力”执行条款 5、6、7，国际民航组织、国际电信联盟（ITU）与国际海事组织（IMO）已联合发布声明，旨在保护 GNSS 免受有害干扰。该联合声明（见附录 B）着重强调必须保护 GNSS 信号免受可能导致其质量降级、服务中断或误导操作的有害发射的影响。这些组织共同呼吁依赖 GNSS 实现定位、导航和授时的各行业加强系统复原力。它们还强调有必要保留传统导航基础设施作为 GNSS 中断时的备用手段。

3.3.2 该声明强调，亟需制定有效的缓解策略，并加强监管、航空、海事、国防及执法当局之间的协调，以应对这一全球性问题。声明还鼓励及时向相关无线电监管当局、航空与海事当局以及国际电联无线电通信局报告影响 GNSS 的有害干扰事件，以确保实施有效的监控与响应措施。

3.3.3 国际民航组织和国际电联于 2012 年签署了一份合作备忘录（MoC），以加强双方合作，保护 GNSS 免受有害干扰，此类干扰可能会对航空安全产生影响。该备忘录旨在发挥双方在各自职责领域内的潜在协同效应，并最大限度地提高其联合行动的有效性。

3.3.4 该合作备忘录中所述的报告程序近期已得到完善，国际民航组织现可接入国际电联的卫星干扰报告与处理系统（SIRRS）。这一改进有助于及时报告和跟踪经分析认定对国际空中航行产生重大影响的事件。对于国际民航组织确定的 GNSS 有害干扰事件，SIRRS 还将向国际民航组织通报应用《无线电规则》第 15 条第 VI 节所述程序的进展情况。干扰事件一经确认解决，系统也将立即通知国际民航组织。

3.3.5 应按照国家无线电监管机构规定的程序向国家无线电监管机构报告 GNSS RFI 事件。对于无法通过此类程序解决的跨境影响事件，国际民航组织正在制定通过 SIRRS 系统进行区域性报告的指导，以确保问题得到妥善升级处理。这份指导安排在 2025 年第四季度前定稿和传发。

3.4 缓解 GNSS RFI 影响的实施套包（iPack）

3.4.1 根据 AN-Conf/14 的建议 2.2/2，国际民航组织已着手开发一个标准化的实施套包，以缓解 GNSS RFI 的影响。该实施套包将帮助各国有效管理 GNSS RFI 事件，同时确保不间断地提供安全、高效的空中航行服务。基于国际民航组织及其他组织的现有指导材料，以及各地区的最佳做法，该实施套包将提供定制化的解决方案，以应对各国独特的挑战和需求。通过预防性措施与应对性措施相结合的方式，该实施套包旨在最大限度地降低 GNSS RFI 的可能性和影响，最终增强空中航行服务的复原力。

3.4.2 该实施套包将通过提供风险缓解框架，包括威胁监测、风险评估和缓解措施的实施，提高人们对 GNSS RFI 对 CNS/ATM 系统、航空运行和基于 GNSS 的服务所产生影响的认知。专家们将与各国密切合作，为制定基本政策、程序和培训要求提供实践支持和指导。实施套包将协助各国评估其传统导航基础设施，从而确保采取合理且高效的方法来调整基础设施的规模。实施套包在成功验证后，将于 2025 年第四季度启动实施阶段。

3.5 国际民航组织的其他相关活动

3.5.1 应第十四次空中航行会议在建议 2.2/2 中提出的要求，国际民航组织相关专家组将持续评估 GNSS 干扰的影响。这项持续性工作的重点包括确定有效的缓解措施、制定相关指导材料以及交换 GNSS 干扰信息。此外，工作内容还将包括加强军民协调，特别是在军事当局引发或侦测到的 GNSS 有害干扰的情况下。

4. 中长期行动

4.1 定位、导航和授时（PNT）解决方案

4.1.1 A41-8 号大会决议附录 C（执行条款 1、2、3、4 和 9）强调，有必要以互补和合作的方式最大限度地整合所有适当的地面基础设施、空间基础设施和机载组件，以增强抗干扰能力，从而尽可能提升系统在卫星服务中断情况下或存在虚假或欺骗性信号的环境中的稳健性。

4.1.2 为向基础设施提供者提供指导原则，并确保天基、地基和机载能力的高效协同，国际民航组织正在制定互补性 PNT (C-PNT) 概念，旨在改善多传感器集成。该概念将确保各机载系统互不干扰；在地面、航空器自主能力（惯性导航系统 (INS) 和其他传感器）和天基能力（传统和双频多星座 (DFMC) GNSS）之间实现适当的平衡；并促进多传感器集成和互补性能监测，以最大限度地利用所有可用传感器。

4.1.3 此外，C-PNT 引入了高精度且独立于 GNSS 的授时源，通过在 GNSS 信号受损时保护空中和地面系统免受损坏的授时信息的影响来增强这些系统的完好性。为实现无缝实施，航空器和航空电子设备制造商必须完成必要的升级改造，防止 GNSS RFI 引起的航空电子设备传感器交叉污染。与 C-PNT 相关的这些持续行动预计将于 2030 年前完成。

4.1.4 C-PNT 的成功研发与实施需要业界的承诺与支持：各利害关系方必须通力协作以确保资源保障。业界必须通过协调战略、分享专业知识以及投资于互补性解决方案，与国际民航组织在制定 C-PNT 解决方案方面的举措保持同步。

4.1.5 从长远来看，国际民航组织将继续研究完全独立于 GNSS 的替代性 PNT (A-PNT) 解决方案。国际民航组织相关专家组目前正在审查这一 A-PNT 概念，该概念可能采用的技术路径包括：先进惯性导航、地形轮廓匹配、星体跟踪及先进的磁导航。

4.2 具有复原力的导航运行网络

4.2.1 鉴于 GNSS RFI 事件的发生率越来越高，且预期空中交通量与运行复杂度将持续提升，有必要对航空系统组块升级导航系统 (ASBU NAVS) 中的导航最低运行网络 (NAV MON) 要素进行升级，以更好地支持各国从提供最低导航服务水平向更具复原力的导航服务过渡，确保在 GNSS RFI 引起的服务中断期间运行的安全性与连续性。

4.2.2 为此，国际民航组织正在制定具有复原力的导航运行网络 (RON) 概念，以便为各国提供指导，使其可以通过基于交通密度、运行要求及航空器能力优化部署地面导航设备，实现可持续、经济高效且规模适度的导航能力网络。RON 概念旨在更好地利用现有的传统地面导航设备 (VOR、DME、ILS、NDB) 的组合，以在 GNSS RFI 和其他中断事件期间支持 GNSS 切换至这些设备。

4.3 双频多星座 (DFMC) GNSS

4.3.1 DFMC GNSS 通过利用 GPS、伽利略、GLONASS 和北斗等多个卫星星座的信号提升了全球导航性能。与单频系统相比，这种做法提高了精度、可靠性和抗干扰能力。这还将有助于减轻单频或单星座受 RFI 影响、电离层干扰以及单个星座卫星数量不足的风险等造成的脆弱性。

4.3.2 尽管附件 10 第 I 卷第 93 次修订纳入了支持 DFMC GNSS 实施的规定，但根据航空业发展进程预测，DFMC GNSS 的初始运营部署预计将在 2032 至 2035 年间逐步展开。长期来看，预计将具备相关的航空电子设备能力，以支持所有 DFMC GNSS 组件及信号的应用。

4.4 伽利略公开服务导航电文认证（Galileo OSNMA）

4.4.1 欧洲伽利略卫星导航系统正在推进公开服务导航电文认证（OSNMA）初始服务的正式启用。OSNMA 将作为附加安全层，增强伽利略服务的复原力和稳健性，确保接收到的导航电文真实源自伽利略卫星。

4.4.2 预计伽利略 OSNMA 导航数据认证功能的标准和建议措施（SARP）将于 2029 年开始适用。此外，预计新一代 GNSS 接收机将具备支持伽利略认证功能的能力，并且可同步支持星基增强系统（SBAS）的认证服务。

4.5 GNSS 干扰监测

4.5.1 许多利害关系方表示需要提高对 GNSS RFI 影响区域的态势感知，包括驾驶舱和空中交通控制室。目前，国际民航组织专家小组正在制定一个运行概念，以概述 RFI 的短期和长期监测能力如何能够更好地支持驾驶员和管制员的运行决策。目标是帮助在不断演变的 GNSS RFI 环境中保持安全高效的空中交通管理。此外，还在考虑相关数据交换格式的标准化。

4.6 SBAS 认证

4.6.1 SBAS 通过提供 GNSS 差分修正和完好性监测来提升导航精度。然而，当前 SBAS 信号未经加密，存在被篡改的风险。为解决 SBAS 信号伪造的安全风险，国际民航组织于 2017 年启动了 SBAS 认证相关标准和建议措施的制定工作。预计与这项可选的新认证功能相关的标准和建议措施的验证工作将于 2027 年 11 月完成。

5. 结论

5.1 近期 GNSS 压制式干扰与欺骗式干扰事件的迅速增加对空中航行系统的安全、效率和安保构成了挑战，因为 GNSS 是现代航空服务和技术的关键推动因素。为此，国际民航组织开展了一系列工作和举措，为各国提供进一步指导，并引入新的概念以增强空中航行系统面对 GNSS 中断的复原力。因此，各国和业界应通过确保资源配置和全力推进全球共识性举措，与国际民航组织的各项举措保持一致。国际民航组织、国际电联及其他相关组织应继续加强协作，优先为这一重大关切制定及时的解决方案。

—————

附录 A

供大会第 42 届会议通过的决议草案

A42-X: 国际民航组织关于全球空中交通管理（ATM）系统以及通信、导航和监视/空中交通管理（CNS/ATM）系统的持续政策和做法的综合声明

鉴于认为整合本组织关于 CNS/ATM 的政策和做法的大会决议是适宜的，以便通过使其文本更易于获取和编排上更合乎逻辑而促进其执行和实际适用；

大会：

1. 决定附于本决议的附录构成国际民航组织关于 CNS/ATM 的持续政策和做法的综合声明，这些政策是大会第四十一—42 届会议闭幕时所存在的政策；

2. 决定大会每届常会继续通过一份国际民航组织关于 CNS/ATM 的持续政策和做法的综合声明，并为此设立一个技术委员会；和

3. 宣布本决议取代 ~~A35-15~~ A41-8 号决议。

.....

附录 C

确保国际民航组织 CNS/ATM 系统和服务的抵御能力

鉴于 CNS/ATM 系统在演进，CNS 面临的相关威胁和脆弱性也在演进；

鉴于针对基于卫星的 CNS 系统、尤其是针对全球导航卫星系统（GNSS）的干扰发生次数显著增加；

鉴于 CNS 对干扰的抵御能力问题需要在全球一级以一种整体做法加以解决，应确保在基础设施架构、技术能力改进、民事和军事作业程序、无线电监管当局和军民协调等方面实现高效协调的演进；

认识到需要以一种互补和合作的方式最大限度地纳入所有合适的地面基础设施、空间基础设施和机载部件，以尽可能稳健地应对基于卫星的服务出现中断的情况或存在虚假或欺骗性信号的环境，从而提高对干扰的抵御能力；

认识到对基于卫星的 CNS 系统进行补充的航空器机载和地面基础设施都需要进行调整，以酌情包括干扰检测、减轻和报告功能，支持解决运行中遇到的性能异常；

相信如果结合使用适当的法律框架，此类能力和措施将使有关当局能够对发射机的非法运行造成的有害干扰采取行动，并避免此类非法发射机的扩散和使用以及测试和维修设备的滥用；

相信如果进行适当协调和适用最佳做法，军事和国家当局可以在必要时在不给民用航空造成不当影响的情况下，使用无线电设备进行与全球导航卫星系统有关的测试和其他干预；

相信军民协调应可推动与空域用户共享相关信息，特别是在冲突区附近飞行时；和

承认由于恶意原因导致机组人员丧失态势感知可被归类为网络安全威胁，在民航中是不可容忍的；故意发送误导性信号来代替准确信号对飞行安全的威胁远比失去此种信号严重得多。

大会：

1. 鼓励各国补充纳入合适且独立的航空器能力、基于卫星和地面的基础设施，最大限度地提高对任何类型干扰的抵御能力和抵抗力，以便向经过优化且采取了安保措施的 CNS 系统过渡；

2. 鼓励标准化机构和行业为航空器机载、基于卫星和地面的 CNS 系统组件开发适当的干扰检测、减轻和报告能力，以确保更高的 CNS 抵御能力、运行的连续性，并防止因使用受损的位置、速度或时间数据而产生任何级联效应；

3. 鼓励各国确保可提供足够的具有抵御能力的地面 CNS 能力，以确保安全运行，并使用独立监视信息补充在航空器一级纳入的位置、速度导航和时间（PNT）信息，为具有抵御能力和安全的运行提供支撑；

4. 请国际民航组织制定高级别原则，涉及到如何纳入地面、空间和机载 CNS 系统和能力以及对 PNT 解决方案进行升级，使所获取的定位和定时授时服务更具抵御能力；

5. 鼓励各标准制定机构及业界与国际民航组织协作，共同推进符合国际民航组织举措的 PNT 解决方案的制定工作。

6. 敦促各国采取必要措施，避免干扰机等非法发射机的商业化/扩散和使用，并避免滥用可能影响到 CNS 系统的测试和维护设备；

7. 敦促各国确保航空当局、军事当局、服务提供者、无线电监管和频谱执行当局之间密切协作，采取任何必要的特别措施，确保所有 CNS 系统，特别是全球导航卫星系统所使用的频谱不受有害干扰；

8. 敦促各国避免进行影响民用航空的任何形式的干扰或欺骗；

9. 敦促各国在开展军事或其他经国家授权的安保或国防相关行动或训练时，尽可能提前与负责受影响空域的空中航行服务提供者（ANSP）进行协调并发出通知，以防止有可能造成影响民用航空的任何形式的干扰或欺骗；和

10. 敦促各国和运营人在评估冲突地区的干扰风险时，考虑到在这些地区外基于卫星的 CNS 系统的使用也可能受到影响。

—————

APPENDIX B

JOINT ICAO/ITU STATEMENT ON PROTECTING GNSS FROM HARMFUL INTERFERENCE

Please refer to the *Joint ICAO, ITU and IMO Statement on Protecting GNSS from Harmful Interference* document on the [Reference Documents](#) page of the ICAO A42 public website.

— 完 —