



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政策

实时监测与分析全球卫星导航系统干扰以提升航空安全

（由中华人民共和国提交）

执行摘要

全球卫星导航系统（GNSS）为现代航空提供了灵活且精确的定位架构，支持精确的航空导航、实时位置报告与态势感知，从而保障安全高效的运行。

随着全球航空对 GNSS 信号依赖性的增加，同时也加深对 GNSS 射频干扰问题的关注，尤其是由干扰和欺骗造成的安全风险。除现有和正在发展的干扰缓解措施外，实施实时 GNSS 监测与分析系统可以带来及时的帮助，有助于提升态势感知，促进航空安全保障和运行效率优化。

行动：请大会：

- a) 注意到本文件提供的信息；
- b) 认识到发展实时 GNSS 监测与分析系统的益处；和
- c) 邀请各国分享在 GNSS 干扰检测与监测方面的经验和挑战。

战略目标：	本工作文件涉及保证每次飞行的安全和安保战略目标。
财务影响：	本文件所述活动预计将利用 2026-2028 年正常预算中的可用资源和/或根据国际民航组织 2026-2028 年业务计划的指导，从预算外捐款中开展。
参考文件：	附件 10 — 《航空通信，第 I 卷 — 无线电导航辅助工具》 Doc 9849 号文件：《全球导航卫星系统（GNSS）手册》

¹ 英文和中文版本由中国提供。

1. 引言

1.1 全球卫星导航系统（GNSS）已发展成为稳健且高度灵活的定位架构，提供了灵活和精确的航空导航。

1.2 在航空导航中，多项系统依赖 GNSS 进行导航与着陆，例如机载增强系统（ABAS）、地基增强系统（GBAS）和星基增强系统（SBAS）。此外，区域导航（RNAV）与所需性能导航（RNP）借助 GNSS 提升航路效率。在监视方面，广播式自动相关监视系统（ADS-B）依赖 GNSS 实现对飞机位置的实时跟踪。这些系统在保障航空导航安全高效中发挥着重要作用。

1.3 在飞行运行方面，多种机载系统如地形感知与警告系统（TAWS）和增强型近地警告系统（EGPWS）依赖有效的 GNSS 定位数据。如果 GNSS 信号受损或不准确，可能导致驾驶舱出现虚假警告/告警，或因飞机位置不准确而无法发出真实警报，进而影响飞行安全。

1.4 多年来，随着航空导航对 GNSS 依赖的不断增加，GNSS 信号的可用性与完整性已成为提升航空安全与效率的关键因素。

2. 现有与发展中应对 GNSS 无线电干扰的缓解措施

2.1 当前，GNSS 无线电干扰的问题日益严峻，尤其是压制式干扰（jamming）和欺骗式干扰（spoofing）事件频发，已成为全球航空安全的关注焦点。欺骗式干扰的风险尤为显著，因为它可能向飞行员和空管人员提供错误的飞机位置信息，危及飞行安全和运行效率。相关的缓解措施正在制定中，以保障航空导航安全。

2.2 现有缓解措施

2.2.1 维持稳健的导航能力，包括提供传统的地面导航设备，如甚高频全向信标 / 测距设备（VOR/DME）及仪表着陆系统（ILS），为飞机在 GNSS 信号丢失时提供替代导航指引。

2.2.2 在准备飞行计划时，通过航行通告（NOTAM）发布任何已知或疑似 GNSS 干扰信息。飞行中遇到的 GNSS 干扰需及时报告，确保空域其他用户能够即时获知此类安全关键信息。

2.2.3 通过民航管理部门、空中导航服务提供商、航空公司、航空电子系统制造商等相关方的合作，持续推进 GNSS 干扰管理策略，以维护当前运营环境的导航系统可信性和安全性。

2.3 远期缓解措施

2.3.1 通过采用双频/多星座（DFMC）及多频多星座（MFMC）接收机提升 GNSS 性能和可靠性的工作已在推进。同时，制定和不断完善 GNSS 最低运行性能标准（MOPS），以确保这些接收机在航空运行中满足严格的性能、互操作性和安全要求。

2.3.2 实施加密认证协议，如导航消息认证（NMA），确保接收机能够验证所接收信号的真实性。

2.4 发现与监测 GNSS 无线电干扰的挑战

2.4.1 在发展远期缓解措施的同时，确保飞行员和空管人员在 GNSS 无线电干扰发生时能够立即掌握态势，是首要的缓解策略。然而，获取相关信息并高效传递存在重大挑战，让飞行员和空管人员难以进行及时评估和应对。

2.4.2 传统地面无线电监测站的局限性

2.4.2.1 地面与机载监测站所处环境差异显著。地面站难以了解高空环境状况，难以准确评估影响机载系统运行的 GNSS 干扰。此外，地形和地面监测站点密度有限，可能造成盲区，降低整体监测能力，影响对不断变化的机载环境的有效监测。

2.4.3 人工报告 GNSS 干扰的局限性

2.4.4 依赖人工报告可能导致信息传递延迟。GNSS 干扰发生时，飞行员首要任务是保障飞行安全，这可能会导致干扰发生与向相关人员通报之间存在时差。

2.4.5 目前，机载系统的设计无法提供 GNSS 干扰信息。即使有提供相关信息，沟通和协调上也有挑战，阻碍有效的信息共享。同样，现有空管程序也需完善，以为空管人员在报告和应对干扰事件时提供系统性指引。

3. 提升发现与监测 GNSS 无线电干扰能力

3.1 报告时延和有限信息使发现 GNSS 干扰面临困难，亟需能够实时监测和发现 GNSS 干扰的自动化系统和技术。实施实时 GNSS 监测与分析系统有助于减少对人工报告的依赖，及时为飞行员和空管人员提供关键安全信息，提升整体航空运行的安全与效率。

3.2 ADS-B 是一种依靠 GNSS 信号和机载系统确定飞机位置的监视技术。它通过地面接收机接收飞机广播的位置及其 GNSS 信号完整性级别信息。因此，借助 ADS-B 技术，可建立实时 GNSS 监测与分析系统，实现对 GNSS 信号完整性的持续监测，无需依赖人工报告。

3.3 此外，将 ADS-B 与雷达数据融合，可实现对飞机动态的实时监控，快速识别异常飞行状态，检测可能存在的欺骗式干扰。

3.4 实时 GNSS 监测与分析系统应能够生成并展示干扰热力图，直观反映受干扰影响区域。通过实时监测，可向相关空域用户及时发出警报和通知，促使采取主动措施缓解干扰问题。同时，该系统可辅助识别干扰源可能分布区域，支持有效定位和消除干扰源，提升空域安全与可靠性。

3.5 2024 年，中国已开发并试用基于 ADS-B 技术的实时 GNSS 监测与分析系统（见下图）。该系统与传统地面无线电监测站相比，表现出色，能够自主实时监测和发现潜在 GNSS 无线电干扰，为无线电管理部门及时定位和消除干扰源提供有效信息支持。

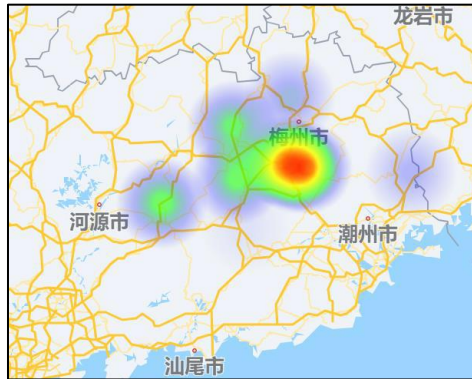


图 GNSS 无线电干扰热力图

4. 结论

4.1 在应对 GNSS 无线电干扰的远期解决方案和航空系统完善工作仍在进行中时，实施基于 ADS-B 技术的实时 GNSS 监测与分析系统有助于保障航空安全、提升运行效率。持续的实时监测可确保能够快速发现异常，支持及时决策和采取纠正措施以减轻干扰的影响，从而有助于构建安全可靠的航空电磁环境。