

关于电磁干扰对民航 GPS 系统的影响探析

毕丽波

(民航黑龙江空管分局, 黑龙江 哈尔滨 150036)

【摘要】随着现代信息技术的不断发展, GPS 技术越来越成熟, GPS 系统应用范围也越来越广, 尤其是在航空事业中, 航空器机载 GPS 系统不仅可以帮助飞行员准确计算航线, 同时还可以帮助飞行员实时掌握航行状况, 保证飞行安全。现代机载导航高度依赖卫星 GPS 信号, 但是 GPS 系统容易受到电磁干扰, 导致机载 GPS 信号丢失, 进而影响到航空器的安全飞行。本文就电磁干扰对民航 GPS 系统的影响作了相关探讨。

【关键词】电磁干扰; 民航; GPS 系统; 影响

引言

GPS 是一种以人造地球卫星为基础的高精度无线电导航的定位系统, 这种系统可以在全球任何地方提供准确的地理位置、时间信息、运行速度等。自 GPS 系统问世以来, 就以其高精度、全天候、方便灵活等优势广泛应用于各行各业, 尤其是航空领域, 在航空器导航、飞机地图、航空器顺利升降的监控等方面发挥着重要作用。但是 GPS 系统在运行过程中也容易受到电磁干扰, 以至于信号发送出现故障, 进而无法为航空器提供准确的信息参考, 影响到飞行安全。对此, 要想保证民航飞行安全, 我们就需要深入了解电磁干扰对民航 GPS 系统的影响, 然后采取有针对性的应对措施, 保证 GPS 系统稳定、安全、可靠。

一、GPS 系统的概述

GPS 系统即全球卫星导航系统^[1-2], 主要由空间部分、地面监控部分和用户设备部分组成, 其空间部分主要用来向用户播发用于进行导航定位的测距信号和导航电文; 地面监控系统主要负责跟踪 GPS 卫星, 并对其进行距离测量; 用户系统主要是通过信号接收机来测定从接收机至 GPS 卫星的距离, 实时反馈三维位置。GPS 系统是利用每一颗 GPS 卫星的准确位置和连续发送的星上原子钟生成的导航信息获得从卫星至接收机的到达时间差, 这种系统具有高定位精度、观测速度快、全球性、全天候等特征, 可以提供全球范围内的导航和定位服务。

(一) 全球定位。当前, GPS 卫星数目较多, 且散布均匀, 确保了地球上任何地方都有 GPS 卫星覆盖, 能够实现全球全天候连续的导航定位服务。

(二) 定位精准。GPS 系统可提供全球统一的三维地心坐标, 可以精准测定测站平面位置和大地高程。GPS 相对定位精度在 50km 以内可达 10^{-6} m, 100~500km 可达 10^{-7} m, 1000km 可达 10^{-9} m。根据相关研究表明, 在利用 GPS 进行定位时, 在 300~1500m

的精密定位中, 1h 以上观测时解其平面位置误差 < 1 mm。

(三) 仪器操作简单。随着 GPS 技术的不断发展, GPS 系统也得到了极大优化, 尤其是自动化系统的引入, 工作人员只需安置仪器, 连接电缆线, 量取天线高度等工作, 而其他卫星的捕扶、跟踪观测、信号记录等工作可以由相关仪器自动完成。

在民航事业中, GPS 系统的价值是显著的, 不仅可以帮助飞行员计算正确的航线, 而且还能帮助飞行员根据 GPS 系统提供的数据进行实时调整飞行, 进而保证飞行安全。

二、电磁干扰的种类

电磁干扰是指在电磁环境中, 设备遭受到外界电磁信号的非预期干扰现象, 这些信号可能来自天然的放射源、其他电子设备等^[3-4]。在民航 GPS 系统中, 一旦系统遭受电磁干扰, 就会导致 GPS 系统无法正常运行, 进而威胁到航空器飞行安全。因此, 深入了解电磁干扰意义重大。

(一) 天气电磁干扰

民航航空器飞行过程中需要考虑到天气因素, 如雷雨电气, 大气中的闪电、放电、雷电等都会产生较强的电磁辐射, 进而对民航 GPS 系统造成干扰, 影响到 GPS 系统正常通信和导航。

(二) 电子设备干扰

在这个信息化普及的时代, 各种电子设备开始进入人们的生活, 如手机、笔记本、平板等, 这些电子设备会给民航 GPS 系统造成一定的干扰。目前来看, 乘客乘机前, 机组乘务人员会叮嘱乘客关掉电子设备, 但是有的乘客在航空器上觉得非常无聊, 会打开这些电子设备, 而这些电子设备会产生一定的电磁干扰, 进而影响到民航 GPS 系统功能发挥。

(三) 环境电磁干扰

在民航 GPS 系统中, 如果信号接收机所处的环境

中存在电磁, 必然会给 GPS 系统造成不同程度的干扰, 如无线电发射台、移动通信基站、雷达系统等, 如果航空器信号接收机周围环境存在这些设备、设施, 其所产生的辐射电磁能量就会影响到信号接收机的运作, 导致重要信号的丢失。此外, 车载电台、无人机设备、考试防作弊屏蔽器、建筑工地塔吊等等, 都会造成机载 GPS 信号丢失, 近两年来, 车载电台、无人机反制设备的干扰情况逐渐增多, 影响较大。

三、电磁干扰对民航 GPS 系统的影响

通过 GPS 天线接收卫星导航数据, 然后由系统将导航数据通过同轴电缆发送给接收机进行接收和处理, 再将处理后的数据发送给大气数据惯性基准系统进行合成, 最终通过专门网络发送到控制和现实系统, 供用户使用。在民航航空器飞行过程中, 如果 GPS 信号遭受干扰, 就容易导致 GPS 系统定位不准确, 无法及时传输有效的信息, 进而影响到航空器安全飞行^[5-6]。一般来讲, 航空器都是按照 GPS 系统提供的位置信息进行航行, 如果 GPS 系统信号丢失, 航空器中的大气数据惯性基准组件就会出现故障, 导致部分导航和监视功能或运行功能丢失, 从而触发相应的驾驶舱效应。受电磁干扰的影响, 民航 GPS 系统功能的影响主要有以下几点:

(一) 导航功能受到影响。在电磁干扰的影响下, 民航 GPS 系统的导航功能受影响非常大, 会给航空器的安全飞行造成威胁。航空器作为高空飞行器, 它对定位的精准性要求非常高, 如果 GPS 系统不能提供准确的定位, 航空器就容易偏航。以 PBN 运行为例, 当航空器在海洋或偏远陆地航路飞行时, GPS 系统所提供的时间信息和定位信息必须在一定误差范围内, 如果 GPS 系统相关信号丢失, 就无法完成 PBN 运行。GPS 系统信号丢失并影响 PBN 运行时的驾驶舱效应如表 1 所示。

(二) 对监视功能的影响。要想保证航空器安全、稳定运行, 就需要对航空器运行状态进行有效的监控。在航空器运行过程中, 如果 GPS 系统受到电磁干扰, GPS 系统信号就容易失效, 进而影响到进地警告系统, 进而无法为飞行员以提醒和警戒信息。

在航空器系统中, GPS 信号失效时, 虽然 GPWS 可以短时间使用 ADIRU 位置作为 GPS 系统的位置源, 但是 GPS 信号无法在规定时间内恢复, 航空器系统的相关功能就会失效, 尤其是 TERR 功能的影响 (如表 2), 使得系统无法对地形进行准确判定, 进而影响到航空器的安全、准确降落。

(三) 对航空器安全的影响。航空器失事的重要原因之一就是航空器系统中的 GPS 导航出现问题, 无法为飞行员提供准确的飞行路线。电子干扰的破坏力是巨大的, 尤其是对航空器无线信号的干扰, 主要表现在以下几个方面: 无线电无法使用、雷达失真、导航信号失真等。作为航空器的导向标, GPS 系统受到干扰后, 就无法为航空器的安全飞行提供可靠的数据参考, 从而容易导致航空器飞行方向和高度的失控, 严重时还会导致机毁人亡。

四、应对电磁干扰对民航 GPS 系统影响的对策

GPS 的通信、定位、导航、监控等功能是民航所必要的技术支持。在民航事业中, GPS 系统可以提高航空器飞行的安全性, 满足航空器的许多需求。但是 GPS 系统在接收、传输信号的过程中, 容易受到电磁干扰, 导致信号失真、失准, 进而影响到 GPS 系统功能的发挥, 威胁到航空器的安全飞行。对此, 针对电磁干扰对民航 GPS 系统的影响, 有关部门应当采取有效应对措施, 不仅要做好电磁干扰排查与监管工作, 还需要提高抗电磁干扰能力, 从而最大程度降低电磁干扰的影响。

(一) 优化信号接收机位置

GPS 系统之所以无法接收到可靠的信号, 重要原因就是 GPS 接收机周围环境的限制, 对此, 有关部门需要对 GPS 接收机的位置进行有效的人为干预, 减少环境因素对 GPS 信号接收机的干扰。首先, 航空器信号接收机的安装位置要远离电磁干扰源, 如变压器、高压线等, 以避免这些电磁干扰源对 GPS 系统产生干扰^[7-8]; 其次, 信号接收机应当安装在视野开阔、周围无明显遮挡物的位置, 以便接收机可以高效接收卫星信号; 再者, 在按照要求安装好信号接收机后,

表 1 电磁干扰对 PBN 功能的影响

	A320/A330/A340/A380	A350
ND/PED 指示	GPS PRIMAR LOST	NAV PRIMARY LOST
ECAM 警告或状态指示	NAV GPS x FAULT	NAV GNSS x FAULT
ECAM 不工作系统指示	GPS x	GNSS x

表 2 电磁干扰对 TERR 功能的影响

	A320/A330/A340	A380	A350
ND/PED 指示		WX GND CLU (抗杂波干扰功能不可用) T	
ECAM 警告或状态指示	NAV GPWS TERR DET FAULT	SURV TERR SYS x FAULT	NAV GNSS x FAULT
ECAM 不工作系统指示	GPWS TERR	TERR SYS x	

需要对信号接收机周围环境进行干预,防止外力破坏信号接收机,杜绝信号接收机周围存在电磁干扰源。

(二) 做好电磁干扰源的排查

为了杜绝电磁干扰对民航 GPS 系统的影响,有关部门需要做好电磁干扰源的排查工作。首先,空管部门需要提前做好电磁干扰排查工作,详细记录相关信息,排除电磁干扰源;其次,检测中心需要引进先进的干扰排查设备,切实做好 GPS 系统信号干扰排查工作;再者,民航部门、无线电管理部门以及公安部门等需要密切协作,形成联动、快速的有效机制,联合做好信号干扰排查工作,从而为航空器的安全飞行提供保障。

(三) 做好宣传与执法工作

目前来看,一些乘客由于缺少相关安全知识,携带了一些存在电磁干扰源的设备、设施,为了杜绝这些电磁干扰源的存在,民航部门应当做好宣传和执法工作。在乘客乘机前,需要对乘客进行必要的安全知识教育,叮嘱乘客在航空器飞行过程中不要随意使用电子设备、设施,以免对航空器信号系统产生干扰;其次,加大执法力度,对于故意在航空器飞行过程中使用存在电磁干扰的设备、设施,应当给予相应的处罚和一定的法律制裁,防止这些行为干扰 GPS 系统。

(四) 注重系统的持续监测

在民航 GPS 系统运行过程中,有的电磁干扰源可以提前排除,但是有的电磁干扰源会突然出现,对此,航空部门需要加强 ADS-B 监测系统的应用,对 GPS 信号进行持续和实时的监测,密切关注 GPS 系统受电磁干扰情况。一方面,需要对信号接收机进行持续、动态化的监测,可利用无人机监控设备来监测信号接收机周围环境,确认信号接收机是否存在电磁干扰问题,如果没有无人机监控设备,可在干扰源附近安装固定监控设备进行持续监控;另一方面,需要对 GPS 系统运行过程进行监控,利用信号预警系统对电磁干扰进行监测,当系统存在电磁干扰时,预警系统则及时发出警报,以便工作人员及时排查电磁干扰源,并及时切断电磁干扰的影响。另外,工作人员需要注重 GPS 信号质量参数的监控,以此判断 GPS 信号受干扰情况。如,针对 GPS 系统接收到的 HFOM、VFOM 等信号参数,通过分析这些信号质量,可以判定定位精度,从而锁定故障源。

(五) 提高抗电磁干扰的技术水平

要想保证 GPS 系统安全、稳定运行,提高抗电磁干扰的技术水平尤为重要。电磁干扰是看不见、摸不着的,有赖于科学技术,只有不断提高抗电磁干扰技术水平,才能提高堆积对外部干扰的抵抗力,进而确保系统的安全可靠运行。首先,有关部门需要结合当前 GPS 系统存在的电磁干扰类比,开展相关技术研究,

提高抗电磁干扰技术水平;其次,结合民航 GPS 系统未来可能会出现电磁干扰源,应当进一步优化专用网络干扰监测设备,依托科学的技术和设备来提高抗电磁干扰能力,进而保证航空器安全、稳定飞行。

(六) 持续完善内部处置程序

近年来,针对 GPS 干扰的新趋势、新特点,空管部门要不断完善、修订无线电干扰处置程序,细化信息通报流程、明确各岗位职责、分级响应时间、人员车辆安排等方面事宜,从组织管理、运行实施两个层面优化 GPS 干扰排查流程,确保所辖各单位间信息通报准确,应急处置及时、有效。

五、结语

综上, GPS 系统在民航事业中有着广泛的应用,可以为民航航空器提供定位、导航、监测等服务,进而保障航空器飞行安全。但是民航 GPS 系统容易受到电磁干扰,使得系统功能降低或者丢失。为了避免电磁干扰对民航 GPS 系统的影响,为民航航空安全提供保障,有关部门需要重视起电磁干扰对民航所带来的影响,不仅要做好电磁干扰排查工作,控制好电磁干扰源,还需要不断优化 GPS 系统运行环境,提高 GPS 系统抗电磁干扰能力,从而有效降低民航 GPS 系统受电磁干扰的事件发生。

参考文献:

- [1] 陈奕梁. 基于 ADS-B 与信号强度的 GPS 干扰源定位关键技术研究 [D]. 北京邮电大学, 2023.
- [2] 王倩莹, 周媛媛. 电磁干扰对民航 GPS 系统的影响研究 [J]. 民航学报, 2023, 7 (03): 94-98.
- [3] 李俊辉. 无人机通信与导航协同电磁干扰方法研究 [D]. 电子科技大学, 2023.
- [4] 张琦, 白欣鹏, 李凌. 航空器的电磁干扰与抑制策略分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (01): 234-235.
- [5] 李硕磊. 复杂电磁环境下导航信号抗干扰性能分析与评估 [D]. 沈阳航空航天大学, 2022.
- [6] 肖庆超. 民用反无人机电磁干扰关键技术研究 [D]. 福建工程学院, 2022.
- [7] 鲁合德, 张强. 高铁弓网电弧对航空器进近着陆的电磁干扰影响 [J]. 航空学报, 2020, 41 (10): 339-347.
- [8] 宋吉. 航空器机电系统电磁干扰机理分析及抑制措施 [J]. 山东工业技术, 2018, (17): 137.

作者简介:

毕丽波 (1971 —), 女, 汉族, 黑龙江省哈尔滨市人, 学历本科, 工作单位: 民航黑龙江空管分局, 职称: 高级工程师, 研究方向: 安全管理、通信导航监视设备。