

民航通信工程中无线电干扰分析

吴迪

南通兴东国际机场 江苏 南通 226000

摘要：民航通信工程中无线电的应用至关重要，本文先概述了民航通信工程无线电的应用，接着分析了无线电干扰及其潜在危害。基于这些问题提出了技术及工程建设方面的优化方案，包括设计正交性好的多址码、实现上下行链路同步、采用纠错编码、功率控制、分集接收/发送和联合检测、增加频率保护带、优化天线安装、限制设备参数等措施，强调了无线电管理协调统一和定期监督检查。这些措施的实施有望降低无线电干扰，提高民航通信的可靠性和稳定性。

关键词：民航；通信工程；无线电；干扰分析

引言

随着民航事业的快速发展，无线电通信技术作为民航通信的核心，其重要性日益凸显。无线电通信不仅为飞机与地面之间的信息传递提供了可靠手段，也确保了飞行的安全与高效。然而，在实际应用中，无线电干扰问题时有发生，给民航通信带来了不小挑战。以下通过深入分析民航通信工程中的无线电干扰问题，并提出相应的优化方案，以期为民航无线电提供支持。

1 民航通信工程无线电的应用

民航通信工程中，无线电的应用发挥着至关重要的作用。地面卫星通信和甚高频地空通信共同构建了一个覆盖广泛的民航专用通信网络。通过C波段和Ku频段卫星系统，确保了飞行的安全与高效，提供了语音通讯、雷达信号指引和信息传播等多重服务。此外，无线电导航技术也是民航不可或缺的一部分。它利用全向信标台、测距仪、仪表着陆系统和无方向信标等设备，为飞机提供准确的定位、方向、时间和速度信息，帮助飞行员遵循既定航线航行。这些技术还能确保飞机在飞行过程中接收实时高度信号，实现安全着陆，从而保障了每一位乘客的安全。飞机无线电监控系统主要是利用航路上的空管近程一次监视雷达、空管远程一次监控雷达、二次雷达，以及精密进近雷达等进行对飞机的无线电监控，并利用无线电电子计量学雷达信息，收集飞机数据，以保证每一个航行过程都是沿着正确路线航行^[1]。

2 民航通信工程无线电的干扰及危害性

现阶段我国经济持续稳定发展中，大量无线电设备被广泛使用，为了降低无线电广泛应用带来的干扰和危害，我国在无线电管理方面不断加强，各项法律法规以及制度体系的优化都得到完善，且在无线电管理条例中明确说明：无线电频率资源专属国有的，其他地方、单

位、个人均不能进行擅自利用无线电频率资源共享。但是由于未正确使用无线电的黑无线电信息的出现，民航无线电通信信号被严重扰乱，这在高空飞行中将对空中交通运行构成重大安全隐患。无线电影响的具体定义是指无线电系统在通讯过程中，所有造成的有用信息接收能力，降低、损害或被阻止中断的干扰性影响根据民航影响情况，可分类为同频干扰、相互协调干扰、邻道干扰等。同频干扰，是民航通信中一个棘手的问题。当有用信号与无用信号共用相同的载频时，无用信号便可能对有用信号产生干扰，尤其是在民航通信业务迅速发展的背景下，若区域间的通信机制未能同步完善，同频干扰问题便愈发凸显。互调干扰则是由传输信道中的非线性电路所引发。当多个不同频率的信号进入这些电路时，由于非线性器件的作用，会产生各种谐波和组合频率分量。其中，那些与所需信号频率相近或相同的分量，有可能被接收机接收，从而对通信系统造成干扰。这种相互协调问题，时常发生，已成为影响通信系统稳定性和可靠性的重要因素。邻道干扰则源于无用信道的频谱宽度超出正常范围，对相邻信道产生干扰。这种干扰不仅影响通信质量，严重时甚至可能导致通信中断，对民航飞行安全构成威胁。无线电通信中的干扰信号，多源于无线电信道中的无用信号。这些无用信号可能通过直接或间接耦合方式，对所接收的信道和设备产生电磁能量干扰，导致通信错误、信号丢失、性能下降等问题。这些问题不仅影响通信效率，更对民航飞行安全构成严重威胁，可能导致严重的后果^[2]。因此，对无线电通信中的干扰问题进行有效管理和控制，是确保民航飞行安全的重要一环。

3 民航通信工程无线电的优化方案

3.1 技术方面措施

3.1.1 设计正交性好的多址码

在民航通信中，多址码用于区分不同的用户或信道。当多个用户或信道使用相同的频率资源时，如果多址码设计不当，就可能导致相互干扰。因此，设计正交性好的多址码是减少干扰的有效手段。正交性好的多址码可以确保不同用户或信道之间的信号在接收端能够相互独立，互不干扰。在民航通信中，常用的多址码包括扩频码、跳频码等。扩频码通过将信号扩展到更宽的频带内，降低了单位频带内的功率密度，从而减少了与其他信号的干扰。跳频码则通过不断地改变信号的频率，使得干扰信号难以跟踪和干扰^[3]。

3.1.2 上下行链路同步

在无线通信中上行链路（从用户到基站）和下行链路（从基站到用户）之间的同步对于减少干扰也很重要。如果上下行链路之间存在同步误差，就可能导致接收端无法正确解调出有用信号，甚至将干扰信号误认为是有用信号。在民航通信中，上下行链路的同步尤为重要。由于民航通信对实时性和可靠性要求较高，任何微小的同步误差都可能对通信质量产生严重影响。所以民航通信系统通常采用高精度的同步技术，如GPS同步、卫星同步等，以确保上下行链路的精确同步。

3.1.3 纠错编码

纠错编码技术是一项利用增加冗余内容，以增强数据准确性的新技术。在民航通信中，因为无线电信息在传送过程中可能遭遇各种扰动和衰减，从而造成接收端无法准确接受和解码信息。因此通过采用纠错解码技术，能够在一定程度上修正数据传输过程中发生的问题，增强数据传输的准确性。常见的纠错编码技术还有卷积码、Turbo码、LDPC编码等。这些编码技术通过在原始数据中添加冗余信息，使得接收端在接收到部分错误数据时仍能够恢复出原始数据。在民航通信中纠错编码技术被广泛应用于数据传输和语音通信等领域。

3.1.4 功率控制

功率控制是一种通过调整发射功率来减少干扰的技术。在无线通信中，如果某个用户的发射功率过大，就可能对其他用户产生干扰。通过采用功率控制技术，可以根据信道条件和用户需求动态调整发射功率，使得每个用户都能够以最小的发射功率满足通信需求，从而减少对其他用户的干扰。功率控制技术被广泛应用于民航通信中地面与空中之间的通信。通过动态调整地面基站的发射功率和空中设备的接收灵敏度，可以确保通信链路在保持一定质量的同时，尽可能减少对其他通信链路的干扰。

3.1.5 分集接收/发送

分集接收/发送是一种通过利用多个天线或信道来接收/发送信号的技术。在无线通信中，由于信号在传输过程中可能受到多径效应、阴影效应等因素的影响，导致接收端接收到的信号质量较差。通过采用分集接收/发送技术，可以利用多个天线或信道接收/发送信号，以此改善信号质量，提高通信可靠性。分集接收/发送技术被广泛应用于地面与空中之间的通信。通过在地面基站和空中设备上安装多个天线或利用多个信道进行通信，可以显著改善通信质量，提高数据传输的可靠性和实时性。

3.1.6 联合检测

联合检测是一种通过同时检测多个用户或信道的信号来减少干扰的技术。在无线通信中，由于多个用户或信道可能使用相同的频率资源，导致相互干扰。通过采用联合检测技术，可以同时检测多个用户或信道的信号，并利用信号之间的相关性来消除相互干扰。联合检测技术可以用于民航通信中提高频谱利用率和通信质量。通过同时检测多个信道或用户的信号，并利用信号之间的相关性来消除干扰，可以使得更多的用户或信道能够共享有限的频谱资源，提高频谱利用率的同时，还可以提高通信质量，使得接收端能够更准确地解调出有用信号。

3.2 工程建设方面的措施

3.2.1 增加频率保护带

频率保护带是在无线电通信频段之间设置的一段隔离区域，用于减少不同频段之间的干扰。在民航中由于通信频段较为拥挤，频段之间的间隔可能相对较小，容易产生邻频干扰。通过增加频率保护带，可以扩大不同频段之间的间隔，降低邻频干扰的风险。在工程建设中通过合理规划频段分配、调整频段间隔等方式来增加频率保护带。并且还可以采用滤波器、频率选择表面等技术手段来进一步提高频段的隔离性能。这些措施可以在一定程度上减少邻频干扰，提高民航通信的可靠性和稳定性。

3.2.2 优化天线安装

天线是无线通信系统中的重要组成部分，其安装位置和方式直接影响到通信质量。在民航通信中，由于天线通常安装在机场、塔台等高处，容易受到外部环境的影响，如建筑物、山脉、树木等障碍物的遮挡和反射。这些障碍物可能导致信号衰减、多径效应等问题，进而产生干扰。为了优化天线安装，可以采取以下措施：首先，根据通信需求和地理环境选择合适的天线类型和安装位置。例如，对于需要覆盖较大区域的通信需求，可

以选择高增益、宽波束的天线；对于需要克服障碍物遮挡的通信需求，可以选择具有较好绕射性能的天线。其次，在安装天线时，应注意避免与其他无线电设备的干扰。例如，可以通过调整天线的方向、高度和倾斜角度等方式来减少与其他设备的相互干扰。最后，定期对天线进行维护和检查，确保其处于良好的工作状态。

3.2.3 限制设备参数

在民航通信中，设备参数的合理配置对于减少干扰具有重要意义。通过限制设备的发射功率、频率偏差、调制方式等参数，可以降低设备对其他用户或信道的干扰。（1）限制设备的发射功率。过高的发射功率不仅会增加能耗和成本，还可能对其他用户或信道产生干扰。因此，在工程建设中应根据实际需求合理设置设备的发射功率，并对其进行严格监控和管理。（2）限制设备的频率偏差。在无线通信中，由于设备老化、温度变化等因素可能导致频率偏差的产生。过大的频率偏差不仅会影响通信质量，还可能对其他用户或信道产生干扰。所以在工程建设中应加强对设备频率偏差的监测和控制，确保其处于允许的范围。（3）限制设备的调制方式。不同的调制方式具有不同的抗干扰性能和频谱效率，应根据实际需求选择合适的调制方式，并对其进行合理配置和优化^[4]。通过限制设备的调制方式，可以降低其产生的干扰水平，提高通信系统的整体性能。

3.2.4 加强无线电管理协调统一

对无线电管理工作实行统一的统筹监督管理，并规定民航单位应当与周围电信运营商、民航保护区内的重点建场机构等单位保持通讯联系，进行信息协调一致，定期公开相关的电子信息资料，并做好对重点单位中涉及航空、电力业务等相关的电子数据整理、不断更新活动。民航内部各科室也要强化内部数据联系，实现协同共赢，定期检查内部网络，加大内部网络抗干扰，定期检查无线电通信网络是否安全，加强周围磁场和防扰动管理，尽量降低这些影响因素。

3.2.5 定期监督检查无线电通信安全

科学划分频率问题，加强对机场附近电磁环境的检查管理工作，做到及时发现问题，快速解决，实时录入电磁环境信息，建立健全电测试验信息库，实现有效控制数据，及时掌握关键资料信息，管理人员做到对信

息心中有数，及时让无线电管理部门、航空运输企业了解周围的电磁条件，同时无线电管理部门应完善大功率设备的监测体系，确保对发射机频段、信号宽带、耦合系数、天线隔离等关键参数进行严密监控。一旦发现异常，需迅速制定和调整应对方案。还应增强对机场周边无线电台站的监管，实施统一信号管理，并严格控制无用信号，以防其与专用信号产生冲突，确保民航通信的顺畅与安全。

3.2.6 增加民航小型无线站建设

民航无线电小型站管理系统，具有全方位、实时、精细化、高自动化的监控功能，可以进行自动采集各种信号数据，并加以贮存、管理、提取、分类、进行自动识别干扰源、快速定位及预警等功能。增加民用无线电在小型台站使用，可以更迅速、合理的处理民用无线电抗干扰问题，从而提高了电磁环境安全性，互相隔绝，避免产生抗干扰问题，并实现频谱资源的重复使用，提高通信区内信号强度，增加无线电防护。通过增加天线的高度来增加信道的耦合损耗，做到正确进行频谱的选择，可以减少由发射机所产生的相邻频段干扰功率，从而提高由接收器的邻频段选择的干扰指数，并通过以上积极措施来降低干扰程度。

结语

综上，民航通信工程中无线电干扰问题的解决需要综合考虑技术和工程建设两方面的因素。通过采用先进的技术手段和合理的工程建设措施，可以有效降低无线电干扰的影响，提高民航通信的稳定性和安全性。同时，加强无线电管理和监督检查也是确保民航通信安全的关键环节。未来随着技术的不断进步和管理的不断完善，相信民航通信将更加可靠、高效地为人们的出行服务。

参考文献

- [1] 帅建利. 民航无线电干扰特点及应对方法探讨[J]. 中国无线电, 2020(6): 55-56.
- [2] 郭忠禄. 民航VHF无线电干扰的特点及应对方法[J]. 军民两用技术与产品, 2019(20): 52-52, 144.
- [3] 杨建丽. 民航无线电干扰分析和防范[J]. 电子测试, 2020(13): 134-135, 89.
- [4] 赵玉. 浅析民航无线电干扰[J]. 数字技术与应用, 2019, 36(5): 204-205.