

地空数据链通信协议的标准化及其在空中交通管理中的应用

翁玉兰

中国民用航空华东地区空中交通管理局 上海 200235

摘要: 现代航空业的快速发展,使得航班数量以及空中交通流量持续增加。为切实提升航空的安全性及运营效率,还需引入更为先进的通信技术。地空数据链通信作为一种基于数字信号的通信方式,能够在飞行员与地面控制中心之间进行快速、准确的信息交换,减少对语音通信的依赖,进一步降低通信错误的风险。基于此,本文首先阐述了地空数据链通信协议标准化的意义及体现,之后分析了地空数据链通信协议在空中交通管理中的具体应用,希望能够为相关人员提供参考,推动相关技术的创新发展。

关键词: 地空数据链通信协议; 标准化; 空中交通管理

前言

随着航空业的发展,空中交通管理所面临的挑战也越来越严峻。以往高频、甚高频的通信方式,已经不能再满足日益增长的通信容量需求,尤其是在信道容量、误码率及信道延时等方面出现了明显的不足,不能为飞行的准时性和安全性提供充分保障。在此背景下,地空数据链通信系统应运而生。地空数据链通信系统具有容量大、误码低、延迟小、可靠性高等优势,而地空数据链通信协议的标准化,对于促进技术兼容、提升通信效率、保障飞行安全具有重要意义^[1]。因此,探讨地空数据链通信协议的标准化及其在空中交通管理中的应用,能够为民航通信技术的未来发展打下良好基础。

1 地空数据链通信协议标准化的意义

地空数据链通信协议的标准化对空中交通管理系统的安全性、效率和全球互联互通都有着重要作用。首先,标准化能够确保不同航空公司、地面站点、空中设备和国家间的通信兼容性^[2]。由于各国航空系统的技术设备和操作流程可能存在差异,如果没有统一的标准,地空数据链通信在不同设备或区域之间可能出现不兼容的问题,从而导致信息传递的中断或错误。标准化协议的建立确保了全球航空系统能够无缝对接,实现飞行器与地面控制中心之间的高效数据传输。其次,地空数据链通信协议的标准化有助于提升空中交通的安全性。相比传统的语音通信,数据链通信具有较低的误码率和更高的精确度,能够避免语音传输中的误解和噪音干扰。例如,数据链通信的误码率通常在 10^{-6} 以下,而传统语音通信的误码率可能高达 10^{-3} 。也就是说,在每百万个数据包中,数据链通信能够仅发生一次错误,而语音通

信则可能在每千个包中就发生一次错误。同时,标准化的协议能够确保所有参与者都遵循统一的规则和操作流程,从而减少人为错误,降低空中交通事故的发生率。最后,标准化还有助于提升空中交通的运行效率。通过数据链通信,飞行员和地面控制人员可以快速交换飞行计划、天气预报、空域限制等信息,从而优化飞行路线、减少延误,提高航班准点率。这样,不仅可以节约航空资源,还能减少燃油消耗,符合全球环保要求。

2 地空数据链通信协议的标准化的体现

2.1 协议规范化

协议规范化是指将通信流程、数据格式、传输方式等方面进行统一规定,以确保不同系统和设备在全球范围内能够无缝对接和互操作^[3]。具体来说,在协议层面,地空数据链通信多采用《民用航空无线电通信协议》(RTCA DO-260)等标准,定义了数据包格式、传输方式和控制机制。具体来说,RTCA DO-260协议使用长度为56字节的数据包,包含源地址、目标地址、数据内容及校验位等字段,确保数据的完整性和准确性^[4]。与此同时,协议规范化还确保了数据传输的安全性和可靠性。通过标准化的加密技术和传输控制协议,通信双方可以有效抵御外部干扰和网络攻击,保证数据的完整性和安全性。

2.2 接口标准化

接口标准化指的是不同系统和设备之间的数据交换接口实现统一,从而确保航空系统中不同组件之间的互联互通和兼容性。例如,采用串行通信接口,如RS-232、RS-485或以太网、Wi-Fi等网络接口。以以太网接口为例,其支持数据传输速率高达1Gbps,在地面控制站与

空中平台之间的数据传输中得到了广泛应用。一方面,接口标准化使得不同的航空设备,如飞机上的通信终端和地面控制中心的管理系统,能够通过统一的接口协议进行数据交换。另一方面,接口标准化可以提高系统的扩展性和兼容性。在地空数据链通信中,随着技术的进步和新设备的引入,统一的接口标准使得新设备能够方便地接入现有系统,无需对整个通信网络进行大规模改造。此外,标准化接口还能确保航空通信系统的升级能够顺利进行,减少兼容性问题,提高维护效率。

2.3 性能标准化

性能标准化规定了通信系统在数据传输过程中的关键性能指标,如延迟、带宽、数据吞吐量和误码率等。国际民航组织等机构通过制定这些统一的性能标准,确保全球不同航空公司、机场和航空控制中心之间的地空数据链通信能够达到相同的服务质量要求。一般情况下,数据传输延迟应控制在毫秒级,即 $\leq 10\text{ms}$,而数据包的丢包率应低于1%。例如,某型号地空数据链系统在实际应用中,延迟保持在7ms,丢包率为0.5%,确保了实时性与稳定性。此外,性能标准化还涵盖了系统的稳定性和故障恢复能力。通过统一的标准,地空数据链通信系统能够在面对突发故障或恶劣天气等情况下,迅速切换到备份系统或采取其他容错机制,确保通信不中断。

2.4 认证标准化

认证标准化能够确保通信双方的身份验证和数据传输的安全性,提升航空系统的整体可靠性和防护能力。在全球范围内,飞行器和地面控制中心之间的通信需要通过统一的认证机制,确保只有经过授权的设备 and 系统才能参与数据交换。这种标准化的认证协议,包括身份验证、加密密钥的使用和证书管理,能够有效防止未经授权的设备或人员获取敏感信息,减少潜在的安全威胁^[5]。一般地空数据链通信协议会采用基于密钥的认证机制,例如AES,即高级加密标准,进行数据加密与解密。具体参数上,AES支持128、192和256位的密钥长度,为数据传输提供了多层次的安全保障。此外,认证过程中使用的SHA-256哈希算法,也能有效防止数据篡改,提高信息的可信度和完整性。

3 地空数据链通信协议在空空中交通管理中的应用

3.1 航班跟踪与监控

随着全球航空运输量的不断增加,确保航班的实时跟踪和精准监控对空空中交通安全至关重要。传统的航班监控主要依赖地面雷达和语音通信,这种方式受限于雷达覆盖范围、通信效率和人为误差,无法完全满足现代空空中交通管理的需求。而地空数据链通信协议的引入,

大大提升了航班跟踪与监控的精确性、效率和安全性。数据链通信协议通过自动相关监视—广播,即ADS-B等技术,实现了飞行器的自动定位和信息传递。ADS-B系统利用地空数据链,将飞机的实时位置、速度、高度等飞行数据自动传输给地面控制中心和其他飞机,从而实现高精度的航班跟踪。与传统雷达不同,ADS-B不依赖于地面站点的覆盖范围,能够提供更广泛、更精确的全球飞行器监控,特别是在海洋和偏远地区的空域监控中,可提供高达99%的实时位置信息^[6]。与此同时,通过协议标准化的通信链路,地面控制中心不仅能够实时获取航班的飞行状态,还能快速传达指令,调整飞行路线、规避气象干扰或空中冲突,确保航班运行的安全性和顺畅性。

3.2 飞行数据交换

飞行数据交换是指飞行器与地面控制中心之间交换各种飞行相关数据的过程,包括飞行计划、气象信息、航路变更指令等。通过标准化的地空数据链通信协议,飞行数据能够更加高效、准确地传递,极大提升了空中交通管理的运行效率和安全性。传统上,飞行计划变更通常通过语音通信进行,而这种方式可能因为通信延迟、误解或噪声干扰而导致信息传递不准确。地空数据链协议允许地面控制中心将飞行计划和航路变更指令以数字化的方式发送到飞机上,确保信息能够迅速、无误地传递给飞行员,从而及时调整飞行路线,避免潜在的空中交通冲突。并且,通过地空数据链,飞行员能够接收到最新的气象数据,包括风速、温度、气压以及即将到来的气象变化。这有助于飞行员及时调整飞行高度或路线,避免飞行过程中遇到不利天气情况,保障飞行的安全和舒适。同时,地面控制人员也能根据这些气象信息,优化空域分配,避免航班延误或空域拥堵。此外,地空数据链通信协议还支持飞行状态信息的实时监控。飞行器的速度、高度、位置等重要参数通过数据链协议与地面控制中心实时同步,使得地面人员能够全面掌握每一架飞行器的动态,及时应对突发状况或空中安全威胁。

3.3 空中交通管理

航空业的快速发展使得空中交通流量日益增加,传统的语音通信方式已难以应对复杂的飞行任务调度。数据链通信协议通过自动化、标准化的方式,实时传输飞行数据和航班状态,地面控制中心可以快速做出决策,如空中交通指令、航线规划调整、飞行高度变更等。这种精确的信息传递能够提高空中交通的可控性,避免航班冲突和空域资源的浪费。与此同时,数据链通信的标准化也使全球航空系统实现了互操作性,国际民航组织

和其他航空监管机构通过制定统一的地空通信协议，确保全球范围内的空中交通管理系统可以无缝衔接。例如，无论飞行器处于哪个国家或空域，其与地面控制中心的信息传递都遵循相同的通信协议。这种标准化不仅提高了跨境航班的管理效率，还减少了因系统不兼容导致的通信障碍，提升了空中交通的全球协作能力。此外，数据链通信协议优化了飞行员与空中交通管制员的沟通流程。传统的语音通信方式存在着信息量有限、传递效率低等问题，容易导致误解或延迟。

3.4 紧急情况响应

地空数据链通信协议允许飞行员在遇到紧急情况时，能够迅速、准确地将信息传递给地面控制中心。传统的语音通信在紧急情况下可能因通信延迟或误解而影响信息的传递，而数据链通信通过数字化的方式，能够实时、清晰地传输紧急信息，包括飞机的当前位置、故障类型、当前状态等，使得地面控制中心能够立即了解情况并做出响应。并且，数据链通信协议还支持实时数据共享，这对于紧急情况的处理至关重要。例如，若飞行器在飞行中遭遇系统故障或气象突发事件，数据链通信系统能够迅速将飞机的状态、故障报告以及其他相关数据传输给地面控制中心。地面控制人员可以根据实时数据，制定最佳的应对措施，如调整飞行路线、安排紧急降落等，并通过数据链迅速传达给飞行员，提高处理紧急情况的效率，降低安全风险。紧急情况下，飞行员不仅需要与地面控制中心进行沟通，还可能需要同与其他飞机的避让或与紧急救援服务的联系。数据链通信系统通过统一的标准和协议，确保了不同系统之间的兼容性和信息共享，使得各方能够协同合作，快速处理紧急事件。此外，数据链通信协议在紧急情况响应中的应用也有助于后续事件的分析和改进。所有通过数据链传输的信息都可以被记录和存档，便于事后对紧急情况的调查和分析，从而提高航空安全管理水平。

3.5 维护与服务支持

高效的维护和服务支持对于保障航空系统的长期稳定和可靠运行至关重要，而数据链通信协议提供了一系列技术支持，优化了这一过程。首先，地空数据链通信协议支持实时监控和诊断，航空公司和维护人员能够

实时获取飞行器的性能数据和系统状态，通过数据链技术，将飞行器的各种参数信息自动传输到地面控制中心。这样，维护人员能够迅速发现和诊断飞机上的潜在问题，提前采取预防措施，减少因设备故障导致的飞行延误或取消。其次，通过标准化的数据传输格式和接口，地面维护人员可以快速获取飞行器的历史数据和维护记录，确保对每架飞机的维护状况有全面的了解，制定更为精准的维护计划。此外，数据链通信协议还支持远程服务和技术支持。在飞行过程中，如果飞行员遇到技术问题，数据链通信允许其向地面控制中心或制造商的技术支持团队发送详细的故障报告和数据。技术支持团队可以根据实时数据提供远程诊断建议或操作指导，帮助飞行员处理问题，提高问题解决的时效性。最后，数据链通信协议在维护和服务支持中的应用还包括对系统升级和故障排除的支持。通过标准化的数据链，系统升级和补丁可以远程推送到飞行器和地面设备，确保所有系统及时更新，避免因软件版本不一致导致的问题。

结束语：综上所述，地空数据链通信协议的标准化对于航空系统的整体安全性和运作效率都有着重要作用。将其应用于空中管理工作，不仅能够确保全球范围内航空系统的互操作性，还能有效提升航班跟踪、飞行数据交换和紧急情况响应的精度与效率。而随着航空技术的进步以及空中交通量的增加，还应持续进行技术创新与标准化改进，进而全球航空系统提供更高水平的安全保障和运营支持。

参考文献

- [1] 孙莉.关于ADS-B技术在空中交通管制中的应用研究[J].山东工业技术, 2018(4):1.
- [2] 刘天华.民用飞机数据链通信管理技术[J].电讯技术, 2010, 50(5):5.
- [3] 董亚伟,王杰.地空数据链在民航的应用与发展[J].大众科技, 2012(1):3.
- [4] 刘天华.民用飞机数据链通信管理技术[J].电讯技术, 2010, 50(5):84-88.
- [5] 袁懿.地空数据链在民航的应用与发展探讨[J].微计算机信息, 2018(010):000.