

2001

中国交通研究与探索

下册

胡海岩 左洪福 严新平 主编

中国民航出版社

2001·北京

内 容 简 介

本书是“第四届全国交通运输领域青年学术会议”的论文集,共收录海峡两岸青年学者的论文370余篇。内容包括中国交通运输理论与技术的发展综述、交通基础设施建设、交通信息工程及控制、交通运输规划与管理、载运工具运用工程以及其他相关方面的综合评述和专题研究论文。分上、下两册出版。上册为综述、交通基础设施建设和载运工具运用工程部分,下册为交通信息工程及控制、交通运输规划和管理简报部分。全书题材广泛,内容丰富、新颖,紧密联系实际,既对上世纪的交通运输历程作了简要回顾和阐述,也对未来交通运输产业的发展作了有益的探索和展望,不仅对工作在海峡两岸交通运输领域第一线的广大科技工作者和管理人员具有较大的参考借鉴价值,而且也可供理工科高等院校交通运输专业师生作教学参考。

交通信息工程及控制

民航空中交通管理系统中智能化的研究

刘 星 韩松臣

(南京航空航天大学民航学院 南京,210016)

摘 要:阐述了智能交通系统产生的背景及其发展趋势,并对空中交通系统的概念及其特点作了简单介绍。在此基础上对目前国内空中交通管理系统的智能化及其软件研究现状进行了概述。最后介绍了对目前国外常用于空中交通智能化的计算方法——遗传算法的基本原理,并就该方法用于我国空中交通的可能性与实施步骤提出了自己的看法。

关键词:空中交通管理;智能交通;流量管理;遗传算法

1 智能交通和空中交通简介

智能交通系统(Intelligent transport system,简称ITS)最早是由美国在20世纪60年代提出的,最初只是进行道路和车辆智能化的研究。这是由于公路交通是一种最古老的交通方式,并且在机动车辆出现之前,对公路交通系统基本上没有严格的管理措施。近代随着工业化的发展出现了机动车辆,机动车辆的出现和数量的不断增加,一方面方便了人们的交通运输,另一方面却导致了交通拥塞、交通事故增多和环境污染等问题。而仅仅依靠扩大路网规模来解决日益增长的交通需求,由于受土地资源的限制,越来越跟不上时代的发展。于是人们开始寻求用高新技术来改造现有道路交通系统及其管理体系,从而达到大幅度提高交通运输网的通行能力和服务质量,减少环境污染的目的。智能交通系统的研究随之出现。另一方面,在上个世纪初由于飞机的出现,空中交通作为一种新的交通方式出现在人们面前,并且随着科技的发展,空中交通在整个交通体系中所占比例正在不断的提高。目前国外对智能交通系统的研究范围也已逐渐深入到铁路、水运及航空等各种交通方式。国内对智能交通系统的研究基本上集中在陆路交通方面,在空中交通方面的研究尚处于起步阶段,其研究工作开始时是处于分散的各自独立的状态,例如在智能化软件建模方面,一些高等院校对飞行计划、空中交通流量管理进行了一些研究,最近由民航总局负责的空中交通管理安全信息报告系统的建立,标志着我国的空中交通管理系统的智能化研究正在形成自上而下的宏观管理模式。

与公路交通不同,空中交通有其自身的特点,因此有必要先对空中交通作一些初步了解。飞机在空中的飞行有一系列严格的规章制度,并有一系列的管理部门相互协调指挥,以防止航空器相撞,防止机场及其附近空域内的航空器同障碍物相撞,维护空中交通秩序,保障空中交通畅通,保证飞行安全和提高飞行效率。目前国际上对民用航空器的飞行管理基本上有两种模式,一种是以美国为代表的整个空域对民航机开放的模式,另一种是前苏联的模式,即整个空域以军方控制为主,民用机只是在一些规定的航线上飞行。由于历史的原因我国沿用的是前苏联模式。改革开放后,国务院、中央军委拟改革全国空中交通管制体制。第一步已完成京穗深和京沪航路移交民航管制指挥的试点;第二步在总结京穗深等航路管制指挥移交试点的基础

上,按照国际民航组织的标准,划分空域,分期分批将全国航路(线)交由民航管制指挥;第三步实现空中交通由国家统一管制的目标,同时建立较完善的空中交通管制系统。

飞机在空中的飞行过程简单地可分为起飞、爬升、巡航、下滑、进近和着陆等阶段。由于飞机是一种高速运动的交通工具,且除直升机和少数几种固定翼飞机外,飞机无法在空中进行悬停以避免飞机间的相撞,而只能通过改变运动轨迹来避免相撞,因此,飞机之间的间隔有严格的规定。在垂直的高度方向上,我国的空管规则规定,高度在6 000 m(包括6 000 m)以下每隔300 m为一个高度层,6 000 m至12 000 m(包括12 000 m)每隔600 m为一个高度层,12 000 m以上每隔1 000 m为一个高度层。另外,机型不同,其航行高度也不同。3000 m以下,一般是小型飞机的活动范围;3 000 m以上则是大中型飞机的活动范围。对飞机的纵向间隔和侧向间隔根据不同飞行阶段和机型的不同也有相应的规定。与公路交通系统中的公路类似,空中交通也有航路,它是为保障航空运输飞行而划设的具有一定宽度的空中通道。它以连接地面导航设施之间的连线为中间线,宽度一般为中间线两侧各10 km。另外在机场密集的城市地区空域还划设了宽度一般为8~10 km的空中通道,即空中走廊。航路之间的交叉点与公路上的交叉路口一样有时会有交通阻塞现象发生,应加强智能化管理。由于空中交通的特点,对空中交通安全影响较大的还有飞机的起飞与着陆段,根据空难历史的记录,飞机发生事故最多的就是这一段。因此对这一段的流量管理是空中交通智能化管理的一个极其重要的组成部分。

2 智能交通系统的基本目标和作用

尽管世界各国智能交通系统组成不同,但是它所包含的内容均与交通有关,由于事物运动的状态与方式,也即事物内部结构和外部联系的状态和方式称为广义信息,因此可以认为智能交通系统是以交通信息为研究对象、智能化的新型交通系统,其中交通信息是指有关交通四要素的空间与时间关系。交通四要素为人、交通工具、交通航路和环境,智能交通系统的研究对象为交通四要素的空间和时间关系,即:(1)同一时间段内,交通工具和人在交通航路上的分布,或交通工具、交通航路和人的状况;(2)在某一交通航路路段上不同时间交通工具和人的状况及分布;(3)交通工具、人、交通航路与环境如天气状况等的关系。智能交通系统的定义也由此可大体认为是将先进的计算机处理技术、信息技术、数据通信传输技术及电子自动控制技术等有效地综合运用于整个交通管理体系,将人、交通航路、交通工具有机结合起来,以达到最佳的和谐统一,从而建立起一种在大范围内、全方位发挥作用的实时、准确、高效的交通运输综合管理系统。上述这些内容对于空中交通系统与地面上的陆路交通系统是一样的。因此可以断定如果该系统可以正常运行,对于空中交通可起到如下作用:

首先,提高了整个空中交通系统的管理水平,即为民航各个飞行情报区、高空管制区、中低空管制区及进近管制区和机场飞行指挥区的管理人员和管制员提供及时、准确的空中交通信息,从而使空中交通管理控制系统有效地适应各种交通状况,在相对宏观的高度合理疏导或调配运力,从而最大效能地发挥现有空中交通网的空运潜力。

其次,智能交通系统可以降低飞机对环境的负面影响,如起飞时由于地面等待时间过长或在着陆时由于空中等待时间过长,从而导致的空气和噪声污染增大。智能交通系统通过飞行员与各导航台之间、各管制部门相互之间及时地交换信息,增强了管制员对进出场飞机的管制调配能力,使空域得到有效的利用,既节约了燃料,也降低了对环境的负面影响。另外智能交通系

统还可以向管制员提供模拟空中交通管制系统的训练,和机场地面调度的模拟训练。通过模拟机训练可以有效提高管制员应付各种紧急状况的能力。

3 我国空中交通管理系统智能化的现状

空中智能交通系统与公路智能交通系统相比,有其自身特点,空中智能交通系统的智能化主要体现在以下两个方面:

首先,由于空中交通管制是对飞行器的空中活动进行管理和控制的活动,这包括空中交通管制业务、飞行情报和告警业务。它的任务是:防止航空器相撞,防止机场及其附近空域内的航空器同障碍物相撞,维护空中交通秩序,保障空中交通畅通,保证飞行安全和提高飞行效率。由于管制方法包括雷达管制,因此空中交通系统在其开始运行的时刻起就具备一定程度的智能化,具体表现在其管理的相对严格,和飞行器在整个航路上始终处于有效的导航控制下,以保证不致迷失方向。并且飞机上安装有 TCAS 防撞系统,对有相撞危险的飞机及时提出告警。

其次,空中智能交通系统能依靠自身的智能将航班流量调整至最佳状态,防止和纠正正在航路、机场区域内出现航空器过度集中超过规定限额的现象出现,这主要是通过通过对航空器的运行采取适当控制措施来实现。包括三种控制方法:(1)先期流量控制,指在制定航班班期时刻表时和飞行前一日对非定期航班的飞行时刻安排时进行的限制和调整;(2)飞行前流量控制,是在航空器起飞前,采用临时调整航空器起飞时间的办法,使航空器与航空器之间的飞行间隔符合管制规定;(3)实时流量控制,是指航空器在飞行过程中,空中交通管制部门采取要求飞机在某地盘旋等待,改变飞行航线和飞行高度,调整飞行速度等措施,使航空器之间的横向、侧向和高度间隔符合规定标准,从而安全、有秩序地运行。

此外,由于智能交通系统特别是空中智能交通系统在我国还刚刚起步,因此加强与国际的交流、合作有利于及时了解、掌握世界上在智能交通研制、开发、建设方面的成功经验和科技发展动态,利用后发优势,缩短我国在智能交通领域与国际先进水平的差距。同时我国的空中智能交通的研究也应当尽量吸取国内其它交通系统研究的长处,特别是公路智能交通方面成熟的技术和经验。在研究、开发、建设时要结合我国的国情和行业特点,有目的、有计划地发展具有中国特色的空中智能交通系统。

4 空中交通管理智能化的软件研究

对空中交通流量的管理应当分为战略管理和战术管理两个层次。由于全国民航航班计划的协调与制定是整个民航运输系统的一个重要环节,是航行安全的保证。为此民航管理部门结合实际的地面导航能力制定了一系列比较严格的条例与准则,这些条例与准则的实施,是安全航行的前提,但也使得航班计划过程变得日益复杂,完全由计划人员手工完成变得十分困难。因此首先应当建立战略流量管理的模型。通过战略流量管理模型的建立,用计算机来处理大量的航班信息和数据。这方面的工作在 90 年代初就开始了,该工作由南京航空航天大学的自动控制系与中国民航华东航务管理中心联合研制,完成了一套飞行计划与空中交通流量管理系统,经实际投入使用表明,系统可以极大地减轻航班计划人员的工作负担,协助他们合理地调配各类航班。

在战略流量管理模型的建立过程中,还要结合我国的空中交通管理的实际情况,我国虽然形成了以上海、北京、广州等大机场为中心的基本空中交通网络,但是其规模及复杂程度远远比不上国外的繁忙机场,由于空域结构的原因,实际运行的航班不仅受多个机场容量的限制,而且还受多个空域容量的限制,如进近区、扇区、航路交叉口等。所以,建立战略流量管理的模型需要在国外多机场受限的地面等待策略问题研究的基础上,结合我国国情引入空域容量的限制,建立模型研究新的多元受限地面等待策略。这方面的工作近年来有南京航空航天大学 and 天津民航的部分科研人员进行了研究,并通过仿真算例证明了结果的合理性。

同时,由于航班数量的加大和空域的相对拥挤,单靠上述计划协调还不能使空中交通运输的成本最低,因此还必须加强空中交通流量的实时管理,这时关注的主要是在机场、航路交叉口或走廊口发生航班拥挤时,如何对要求降落的航班进行重新排序,使得在等待队列中所有航班的地面等待和空中等待成本总和最小。为了得到最小等待成本,当交通发生拥挤时,要求管制员应该充分利用冲突机场在未来连续时间内的容量资源,让航班尽快降落,这一过程属于空中交通流量管理的战术管制,也是一个较为复杂的过程,应当在建立数学模型的基础上借助计算机进行辅助决策。这方面的工作近年来有南京航空航天大学的部分科研人员进行了研究,并通过仿真算例证明了结果的合理性。

5 遗传算法及其在空管中的应用

目前国外对智能交通系统在空中交通管制中的应用的最重要方向之一是在自由飞的空域环境下,使用遗传算法对可能发生危险接近的飞机提出告警,并提出可供选择的新航路。在多年以前,为了解决有限的航路容量不能满足日益增长的航班数量的矛盾,空管领域中就曾有人提出过“自由飞”的概念。但由于当时技术条件的限制未能实行。如今在一些发达的国家如美国,由于航空器数量的急速增加,空中交通管制理念、方式和设备不断更新进步,使他们能够逐步加快“自由飞”、随机航路、自动相关监视等新兴概念的发展步伐,他们的飞行员已经可以自己向管制部门申请飞行高度,以在不断交通水平和经济性考虑下飞行。而在我国,虽然目前还未达到“自由飞”的空中交通方式,但随着我国经济的发展,这种新型的飞行方式必将越来越快地向人们走来。“自由飞”可使飞机选取最快、最直接的路径,从而最大限度地节省燃料,如果飞行途中情况发生变化,飞行员能够立即改变飞行路线,或者选择更快的路线。此外由于没有航路限制,可以更充分地利用空间。但“自由飞”在方便了用户的同时,增加了管制监控的难度,在空域规划方面,不再是以前的航路,而是把航空器随意性的轨迹所导致的冲突作为基本研究对象。为了回答这个问题并且能够提供最佳的冲突解决方案,需要从理论的高度深入、彻底了解冲突的现状,遗传算法就是用于解决这一问题的方法之一。

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法,该算法起源于60年代,通过不断的归纳总结至80年代形成了算法的基本框架。遗传算法用于空管的基本步骤如下:

首先,将整个空域划分成许多小的离散空间,被研究的飞机在这些空间网格中飞行,由于飞机的飞行方向和速度都是随机的,因此在某一时刻起,经若干时间后就有可能发生危险接近。

第二,使用遗传算法确定最优解决方案。将要解决的问题抽象为一个由固定长度字符串组

成的初始种群。然后对字符串种群迭代执行下述步骤:

A. 计算种群中的每个个体字符串的适值。

B. 应用以下三种操作来产生新的种群。

* 复制。把现有的个体字符串复制到新的种群中。

* 杂交。通过遗传重组随机选择两个现有的子字符串,产生新的字符串。

* 变异。将现有字符串中某一位的字符随机变异。直到满足运行结束条件为止。

由于该算法较为复杂,此处仅对基本步骤作简单介绍,详细的工作将在以后进行完善。

我国目前的空中交通环境虽然还处于在固定的航线上飞行,但最终过渡到“自由飞”,并与国际接轨将是不可避免的。考虑到我国目前的实际情况,可以在部分军用飞行区域首先试行自由飞方式,并验证使用遗传算法进行冲突探测与解脱的实际效果,在充分积累了实际经验后,再向整个空域实行。

6 结 论

空中交通管理是伴随着空中交通的出现而出现的一种管理技术,与公路交通相比有其自身的特点,对其智能化的研究在国内目前还处于起步阶段,因为对于空中交通来说,其智能化的研究不应该按公路交通所定义的智能化方式来理解,而应当有全新的理解。其中与“自由飞”方式相适应的遗传算法的研究作为一种重要的数学工具,对未来我国空中交通管理工作将是一个重要的研究方向。

参 考 文 献

- 1 尹理丽,吴树范. 飞行计划与空中交通流量管理系统. 数据采集与处理,1996,11(4):271~275
- 2 杨东凯,吴今培,张其善. 智能交通系统的发展及其模型化研究. 北京航空航天大学学报,2000,26(1):22~25
- 3 胡明华,徐肖豪,陈爱民等. 多元受限的地面等待策略问题研究. 南京航空航天大学学报,1998,30(1):78~82
- 4 沈志云. 交通运输工程学. 北京:人民交通出版社,1999:195~243
- 5 Delahaye D, Alliot J M, Schoenauer M. Genetic algorithms for air traffic assignment. In: Proceedings of 11th European Conference on Artificial Intelligence, 1994
- 6 Alliot J M, Gruber H, Joly G. Genetic algorithms for solving air traffic control conflicts. In: Proceedings of 9th IEEE Conference on Artificial Intelligence for Applications, 1993
- 7 Ming Rao. Intelligent system for air traffic control. IEEE, 1043-0989/93, 1993

空管地空通信干扰分析

杨云辉 刘海涛 黄建宇 吴仁彪

潘幼玲

(中国民航学院通信与信息处理研究所 天津,300300) (华北空管局通信处 北京,100621)

摘要:随着我国民航事业的不断发展,无线电通信业务不断扩大。但是由于我国对无线电频率的管理达不到科学化和规范化,致使近几年,无线电干扰成为影响民航飞行安全的一大难题,甚至连找到一个无干扰的频率点都比较困难,为了避免通信频率干扰,北京、上海、广州等大型机场不得不采取改频的办法。但改频会对频率的规划、资源的合理利用造成不利。本文综合分析了近几年来困扰民航地空通信的干扰所产生的原因,对干扰源类别进行了总结,并对彻底解决这个问题进行了初步的探索。

关键词:民航;地空通信;无线电干扰;干扰类型;空域滤波器

引 言

民航空中交通管制中地面机场与空中飞机的通信主要通过甚高频(VHF)电台来完成。由于历史原因,目前民航 VHF 电台仍旧采用幅度调制(AM)方式。国家无线电委员会指定 118.00~136.975 MHz 为空管通信频段。

VHF 频段电波的地表面波衰减很快,天波一般都会穿透电离层而不能被反射回地面,所以 VHF 通信主要以直射波方式传输,即指在发射天线和接收天线之间相互能“看见”的距离内,电波从发射点传播到接收点的一种传播方式,如图 1 所示。

近年来,我国国民经济持续增长,促进了电信事业的飞速发展,电信业在为广大用户带来方便、快捷和高效的通信手段的同时,也使得无线电频率资源越来越紧张,加之通信设备种类繁多,难免混杂不合格的产品,有的甚至还私设电台,随之产生的干扰也持续增多,这些干扰严重污染了电磁环境,无线电干扰已经成为很普遍的问题。根据无线电管理部门掌握的情况,目前 VHF 频段所遭受的干扰最为严重,尤其是电磁环境中的各类干扰源经常侵入民航空管 VHF 地空通信系统,造成地空通信距离大大缩短,通信信号失真甚至中断,严重危及飞机的起降,存在着重大的安全隐患。

因此,正确了解干扰原因对降低直至彻底解决民航 VHF 频段受到的干扰问题具有重要意义。

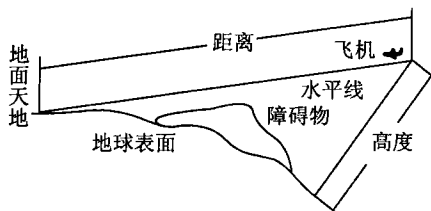


图 1 地空通信的直线波传输

1 干扰原因

根据民航法的规定,任何单位和个人不得以任何方式干扰民航通信频率。但近年来,民航通信频率被干扰的程度却越来越严重,其中寻呼机台和大功率无绳电话是最主要的干扰源。

经过调研分析,发现产生干扰的原因主要有以下几个方面:

(1)国内市场中劣质发射机很多,建台选址较乱,且经常私自改频,加大发射功率,使得各类干扰时有发生^[1];

(2)寻呼台发射机设置集中,建台选址较乱,天线过于密集(有些平行天线间距离甚至不到一米),且缺少单向器(又称隔离器)和滤波器等设备,因此很容易产生互调干扰信号;

(3)空管 VHF 电台所采用的调制方式——幅度调制抗干扰的性能差;

(4)在无线电管理方面,有关的法律法规得不到有效的落实^[1]。

2 干扰类别

现在,国内在处理干扰问题的方法主要是:改频,监测和查处。根据对这几年来干扰现象的分析,所发现的干扰情况比较复杂,种类也比较多。

从受干扰源方面可以分为:空中飞机上受到的干扰和地面机场受到的干扰。

从干扰源方面上区分,对民航地空通信影响较大的干扰有:同频干扰、杂散辐射^[2]和互调干扰^[1,2]。

2.1 同频干扰

同频干扰主要是由于大功率无绳电话的影响和劣质发射机产生的频率漂移或私自改频所造成的。

(1)大功率无绳电话的天线是无方向性的,一般的无线电接收机都能收到,造成对有用信号的干扰。近年来,大功率无绳电话干扰民航地空通信的事件时有发生,对航空飞行安全构成严重威胁。2000年,广西境内民航地空通信受到持续性噪声干扰,严重时无法进行正常通信,后查出干扰来自当地居民违章使用的大功率无绳电话,且查获的无绳电话机多是地下工厂非法生产的“三无产品”。国家规定的无绳电话机工作频率都在0~50 MHz之间,而查获的这批电话机工作频率在120~480 MHz之间,违反了国家规定。其中,有些工作频率就在地空通信常用的频率范围内。同时,这批无绳电话机为了获得超远的发射距离,均使用了8 W以上的发射功率,超出国家允许的最大功率(20 mW)几十倍。

(2)137~138 MHz这一频段内有不少寻呼频率紧靠航空导航频段,而发射机由于故障产生的频率漂移很容易落入民航地空通信频段内形成干扰源。

2.2 杂散辐射

杂散辐射俗称杂波分量,是指除发射机主波信号外的各种杂波,它包括谐波和各种寄生振荡。

目前使用的发射机,为了获得较高的频率稳定度,大多采用晶振或温补晶振,然后通过多

级倍频器倍频到所需载频,如图 2 所示^[3],除了所需信号的频率 $f_T=12f_r$ 之外,还有一系列寄生信号分量。

另外,为了提高发射效率,射频功率放大器一般采用了 C 类非线性放大器,它除了放大主波信号外,还产生了各种谐波分量。因为功率放大器的输出需经低通滤波器过滤后,才馈给天线,所以,杂波分量中频率高于二次谐波频率的一般被低通滤波器滤除,只有低于二次谐波频率的分量信号较强,容易形成干扰。

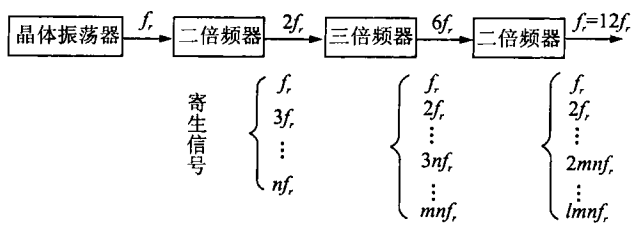


图 2 倍频器产生的寄生信号

谐波和杂波经过低通滤波器后本应受到很好的抑制,但因制作中低通滤波器输出输入阻抗偏离设计值,屏蔽接地不良等原因,低通滤波的效果不佳,造成了杂波射频分量过大而成为干扰。由于调频信号的频谱很宽,对于大功率发射机要完全抑制谐波和杂波也是做不到的,所以国家标准规定杂散射频分量中任何一个值都应该低于主波信号电平 70 dB,而许多性能差的发射机往往只低于主波信号电平 60 dB^[2]。

文[2]中对杂散辐射干扰的危害作了如下的分析:

某基站发射机发射功率为 100 W,其杂散辐射低于载波功率 70 dB,当该杂散辐射主频率与某 VHF 电台频率相同时,两电台应在至少相距多远才不会形成干扰?

因为发射机功率为 50 dBm,所以杂散辐射分量低于载波 70 dB,即为 -20 dBm。

如果 VHF 电台接受机灵敏度为 -107 dBm,若要干扰信号不影响 VHF 电台有用信号的正常接收,其场强应至少低于接收机有用信号 8 dB 即 -115 dBm,因此,该杂散辐射分量只有衰减 95 dB,达到 -115 dBm 后,才不会影响 VHF 电台在相同频点的正常接收。

根据天线电波在自由空间的传播损耗公式: $L(\text{dB})=32.45+20\lg d(\text{km})+20\lg f(\text{MHz})$ 可以计算出当干扰信号频率为 131.25 MHz 时,两电台应在至少相距 10.22 km 为半径的区域内,否则 VHF 电台将会受到杂散辐射的干扰。假设杂散辐射只低于载波功率 60 dB,则可以计算出该杂散辐射的干扰区域半径将扩大到 32.32 km。

2.3 互调干扰

互调干扰是由于传输信道中的非线性电路产生的。互调干扰主要分为:接收机互调和发射机互调。

2.3.1 接收机互调干扰

因为民航 VHF 接收机是很灵敏的装置,它对非线性作用也比大多数基带放大器表现得敏感^[4]。当两个或多个强干扰信号同时馈入接收机,经过具有宽频带特性接收机的高放电路和混频器的非线性作用将产生信号的组合频率即:互调干扰。互调干扰的大小取决于干扰信号强弱和数量、接收机前端电路的选择性、非线性指标和增益等因素。为了减少 VHF 电台接收机互调干扰,可以采取以下措施:增加输入级线性度、提高输入回路前端的选择性等^[2]。

2.3.2 发射机互调干扰

发射机互调是由于在同一个地点设置了许多部的发射机,无论它们是分别使用各自的天线还是共用一副天线,它们的信号都有可能通过电磁耦合或其它途径窜入其它的发射机中,并

与该发射机的输出信号发生互调,产生的新的组合频率信号与有用信号被发射机一起辐射出去,从而对邻近的接收机形成干扰。如图3所示,这是发射机互调的原理框图^[5]。

在民航甚高频电台通信中,发射机互调干扰危害最为严重。寻呼系统和民航地空通信一样都采用VHF通信,因此寻呼台发射的电波也是直线波传输,这决定了寻呼机基站具有“三高”特点(高楼、高塔和高山)。因此,在一些地理位置重要的“三高”地点,狭窄的空间里排列着七八根甚至十几根天线,这些集中设置的发射机功率大,24小时不间断发射,可能产生复杂且强烈的互调干扰,几乎能够污染整个VHF频段。所产生的互调干扰具有信号密集、频谱占有宽、干扰时间长和信号强度大等特点。

必须强调的是,发射机互调可以产生多种互调分量,但通常所称的发射机互调干扰主要是指二阶互调和三阶互调干扰。虽然更高次的谐波同样能够产生,但由于它们的电平通常很低,故可忽略其影响。

互调干扰的几种主要类型如下^[2]:

二信号二阶互调: $f_a - f_b = f_s$

二信号三阶互调: $2f_a - f_b = f_s$

三信号三阶互调: $f_a + f_b - f_c = f_s$

例如,民航广汉机场调度室VHF电台125.000 MHz频点受到严重干扰,使得地空通信几乎中断,经过大范围监测和艰难的查处,发现是寻呼频率138.175 MHz和151.350 MHz的两个发射机信号形成的二信号三阶互调所致^[2]:

$$2 \times 138.175 - 151.350 = 125.000(\text{MHz})$$

而在150 MHz寻呼频段和1995年以后增加的280 MHz寻呼频段之间,则很容易产生落入民航地空通信频段的二信号的二阶互调干扰信号。

3 解决途径

在国外,干净的民用航空电磁环境主要是依靠严厉的执法而非技术手段来实现的。

在国内,通过制定有关制度并加大查处力度可以在一定程度上缓解干扰问题,但有关法律法规执行不力的状态难以很快改变,加之,我国民航现有的进口设备在设计时并未考虑干扰抑制的问题,因此,要想彻底地从治本的角度来解决民航干扰问题,必须依靠自己,通过技术创新,利用信号处理的手段来自适应地抑制干扰。

在军事电子对抗领域,干扰源一般都是人为造成的,而民航地空通信系统所受的干扰是无意识产生的。消除干扰信号的影响,必须要找出干扰信号与有用信号之间的区别。由于每个信号都具有空间、时间和频率三维特性,在空管通信中,虽然干扰源在频谱上和VHF通信信号有混叠,但是,一般情况下,其空间来向和有用信号是不一致的,也就是说,有用信号和干扰信号在空域上是可以区分开的,于是,可以考虑利用军事电子对抗中常用的自适应空域滤波技术来解决这个问题。目前作者正在对此技术作进一步评估。

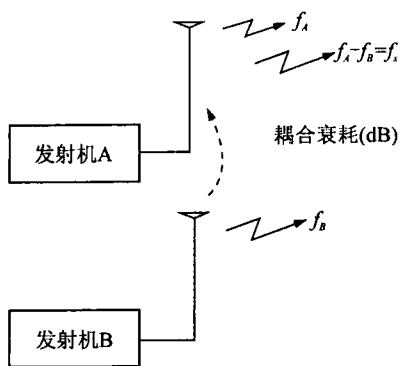


图3 发射机互调的原理框图

4 结束语

本文分析了民航系统干扰产生的原因,并对主要的几种干扰进行了详细的总结。然后从技术的角度,提出了一种解决民航干扰问题的方案。

然而单纯的通过信号处理的技术手段抑制干扰并不是最终的目的,同时还必须通过加强对寻呼资源和台站的监督管理等非技术手段来改善机场的电磁环境,保障各类无线电业务的健康发展。

参 考 文 献

- 1 黄永钧. 如何消除空管无线电干扰. 中国民航飞行学院学报, 2000, 42(3): 28~29
- 2 钟 锋. 无线寻呼对民航甚高频电台干扰的分析. 中国民航飞行学院学报, 2000, 42(3): 22~25
- 3 郭梯云, 邬国扬, 李建东. 移动通信. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000
- 4 王天顺. 互调干扰研究. 航空电子技术, 1989, (4): 14~17
- 5 邬国扬, 张厥盛. 移动通信原理·系统·应用. 北京: 电子工业出版社, 1995

空域碰撞危险模型研究

应爱玲 徐肖豪

(中国民航学院空管学院 天津,300300)

摘要:当对现行空域进行任何特性量的修改时,需要进行安全性评估。本文讨论了对现行空域采用缩小的间隔标准进行的安全评估问题,并应用如下评判准则:对需修改的空域进行碰撞危险的建模,将计算结果(每飞行小时碰撞次数)与一个可接受的安全目标等级进行比较,以确定系统的安全性。

关键词:空域规划;安全评估;碰撞危险;间隔标准

随着时代的发展,对航空交通运输业的需求也在急剧上升。为了提高空域容量,在保证安全的前提下,通过在导航、通讯方面引进了一些先进的技术如卫星监视系统,使得在提高安全精度的同时,也使缩小间隔标准成为可能。目前我国正准备在 FL 290 以上将间隔标准从 2000 英尺缩小到 1000 英尺,这就需要对飞机的飞行安全进行评估。为此本文在考虑飞机飞行过程中纵向、侧向、垂直三个方向上都存在飞行误差的情况下,着重讨论对所选定的“安全间隔标准”的相撞危险进行评估,以使其既能足够保证安全,又不能太大而导致不必要的交通延迟、绕飞及经济损失。

1 基本概念

碰撞危险评估是一个非常复杂的过程,本文首先推导出空中碰撞危险模型,为此首先需要了解以下四个关键概念:航路系统、临近层、间隔向量、碰撞模板。

1.1 航路系统

空中交通管制航路结构包括平行航路和交叉航路。在平行航路中又包括传统型(长方形)和复合型两种,如图 1 所示,其中 S_x, S_y, S_z 分别表示纵向、侧向、垂直方向上的间隔标准。

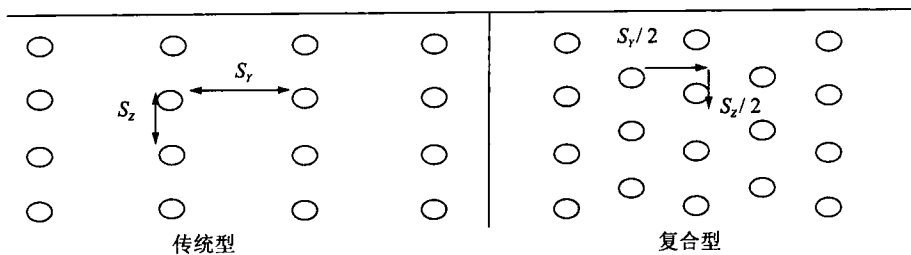


图 1 平行航路系统

飞行在不同航路类型上的航空器必须遵循不同的安全准则,如果航路系统包含交叉航线,则必须考虑由于在交叉点丧失垂直间隔而造成的飞机对碰撞危险。本文假设:

- (1)研究对象为平行航路系统;
- (2)不存在管制部门的疏忽误差。

那么空中碰撞只会由某一架或同时两架飞机的飞行误差所引起。

1.2 临近层

要计算给定时间内预计会发生事故次数,需要将所有由于飞行误差而导致的单个碰撞危险累积起来考虑。图2描述了飞机A和B产生碰撞危险的可能性。

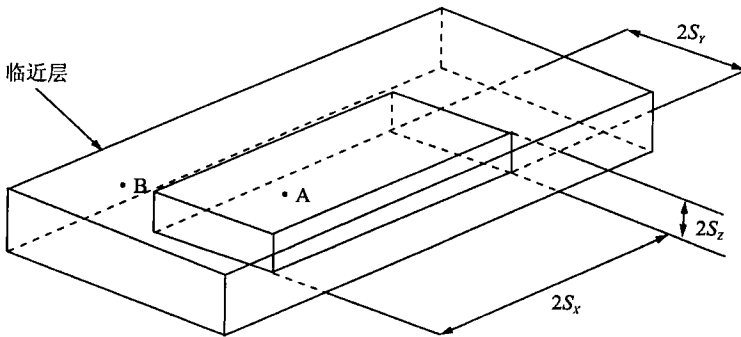


图2 危险示意图

按ATC间隔标准(S_x, S_y, S_z)在飞机A周围模拟出一个立体长方形区域。当按飞行计划飞行的飞机B十分靠近该层时,碰撞危险就会上升。图示外层即为临近层。当飞机B在临近层外时,两架飞机之间被视为无碰撞危险。当飞机B在临近层内时,两架飞机被认为接近并且有碰撞危险。在以下的建模过程中考虑了:

- (1)每架飞机有另一架飞机进入其临近层的次数;
- (2)每次进入的时间;
- (3)飞机B在临近层内飞行的路径。

1.3 间隔向量

图3表示了飞机A与B由飞行误差而导致的实际位置与理论位置的区别。

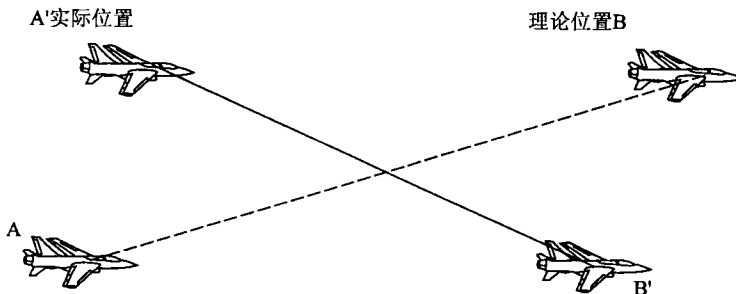


图3 间隔向量

随着时间的变化,间隔向量 $A'B'$ (飞机 A 与 B 的实际距离间隔) 缩到足够小时,则会发生“飞机对”的碰撞危险,这取决于规定的间隔标准 AB 和两架飞机的飞行误差。间隔标准 AB 也是随时间变化的,当飞机飞越不同的地段、不同的高度层都会有不同的向量 AB 。

1.4 碰撞模板

假设:(1)航路系统中每架飞机的尺寸是相同的;(2)飞机的长度、翼展、高度分别用 $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ 表示。

当飞机 B 碰撞飞机 A 时,飞机 B 的重心正好在飞机 A 碰撞模板的边缘上,所以可将飞机 B 视为一个微粒,则碰撞过程可被认为是微粒 B“轰炸”飞机 A 的模板。

在图 4 中,当微粒 B 在模板边缘时,就相当于飞机 B 与飞机 A 进行绝对碰撞。因此碰撞率 CR (Collision risk) 就等于所预计的微粒 B 进入飞机 A 模板的次数。

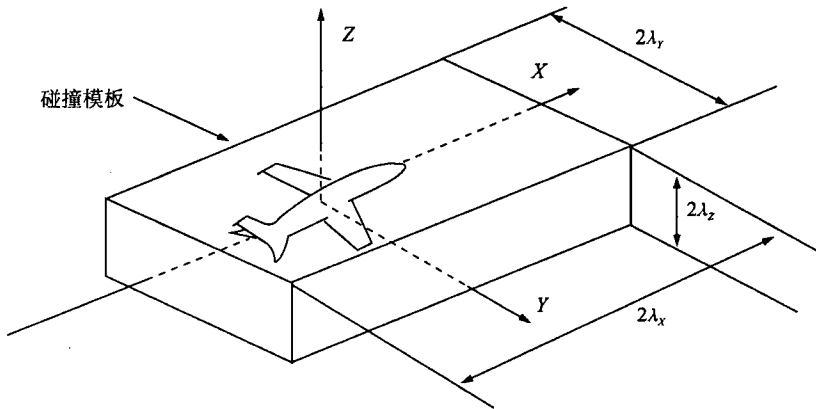


图 4 碰撞模板

2 碰撞危险建模

在间隔标准 AB 不变的情况下,各方向上的碰撞危险计算可分为以下三步:

(1)在总飞行小时 H 中,计算出两架飞机临近的时间 T ,也就是任一架飞机进入另一架飞机临近层的时间总和。

(2)碰撞率 CR : 每单位临近时间发生危险碰撞的次数。

$$\text{碰撞次数} = CR \times T$$

(3)计算所感兴趣的时间内(一般为 10^7 飞行小时),预计的碰撞次数 N_A 。

因为每次碰撞应记为 2 次事故,所以 $2 \times CR \times T / H$ 为每飞行小时发生的碰撞次数。

$$N_A = 2 \times 10^7 \times CR \times T / H \quad \text{为每飞行小时发生的碰撞次数。}$$

2.1 CR 的确定

设:

N_x : 飞机 B 纵向进入飞机 A 碰撞模板的频率,也就是两架飞机纵向间隔小于 λ_x 的频率。

N_y : 飞机 B 侧向进入飞机 A 碰撞模板的频率。