

现代民用飞机通信/导航/监视系统的市场需求和发展趋势分析

The Market Requirement and Development Trend Analysis of Modern Airplanes Communication /Navigation/Surveillance System

李浩敏 / Li Haomin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

首先从经济社会发展的角度分析了市场对民机通信/导航/监视系统的应用需求,然后从通信、导航和监视三个方面,介绍了通信/导航/监视系统的集成化趋势和最新技术发展。同时从飞行管理系统、ADS-B、数据链系统、气象信息服务支持系统和 GNSS 五个方面指出通信/导航/监视系统的关键突破点。

关键词:通信;导航;监视;市场需求;发展趋势

[Abstract] First analyse the main requirements of transport category airplanes communication/navigation/surveillance system from the angle of the economic social development, second analyses the development trend of the CNS from communication, navigation, surveillance three technical aspects. And then introduces integration trend and new technical development of the CNS. At the same time introduces the development way and key attack point of the CNS from flight management system, ADS-B, DATALINK, weather information service support system and GNSS.

[Key words] Communication; Navigation; Surveillance; Strategic Requirement; Development Trend

0 引言

在我国经济强劲快速发展的持续推动下,中国的民航运输业近年来始终以两位数的速度迅速增长,运输总周转量的世界排名也迅速提升,投入运营的新机场不断增多,在册运输飞机数量超过 1 100 架,除了京、沪、惠以外更多的热点城市机场,由于航班密集而不得不采取管制措施,航班延误增多,整个航空运输的安保、环境和旅客服务等压力与日俱增。

同时,我国作为一个地域辽阔的大国,地区发展也极不平衡,国家已采取各种措施推进中西部较落后地区的快速发展。而中西部的地理特征是多山脉、丘陵、高原、戈壁和沙漠,在这些地区修建铁路和公路的代价极高,且其通行状况经常受到滑坡、塌方和暴风雪等地理天气条件的影响。因此,

在中西部地区广泛的修建支线机场来解决人流和物流问题已经在国内形成共识。但是,在如此广阔的地区如何以最小的成本保证飞机安全、准时和高效的飞行是必须深入思考的问题。

所以,我国民用飞机通信/导航/监视系统的发展,一是要解决东部沿海发达地区的航空交通拥挤问题,以提高飞行效率、保证飞行安全、降低飞行成本;二是要解决中西部广大地区飞行航线的导航和通信问题,以保证飞行的安全和效率。

1 民机通信/导航/监视系统的主要技术问题

1.1 通信

航空通信的核心问题是数据链系统(DATALINK)的建设和使用。DATALINK 是飞机与地面站点之间特定的双向(上行/下行)数据交换,通过由

VHF/HF 无线电装置、卫星通讯系统和中央处理器组成的 ACARS 网络来执行。当一些适当的设备被安放在飞机上,空地信息能够自动地分发到不同的用户终端(如飞行操纵系统、维护系统、营销系统、给养系统等)上做进一步处理。空中 DATALINK 系统的核心被称作 ACARS 路由器。ACARS 路由器能够通过机载设备或者飞行员操作自动生成航行报告传输给地面系统(包括航空公司、发动机制造商等),同时也能通过机载设备接受来自地面的信息。通过图 1 我们可以更加直观的了解 DATALINK 的运作过程。



图 1 DATALINK 示意图

DATALINK 的优点有以下几个方面:

(1)能够及时、精确地传输飞行动态报告。飞行人员和航空公司之间更容易进行声音和数据通讯,能更加优化配备飞机和机组人员,减轻飞行员的工作量。

(2)更方便地从运行控制中心接收到飞行相关资料。在发动机启动前得到传送的载重平衡数据,在地面和飞行中均能够很容易得到更新的天气情况,在地面和飞行中均能够更新飞行计划。

(3)改进了飞行跟踪系统。航空公司能够更加及时、精确地知道飞机的具体位置。

(4)数据管理的改进。在发动机和性能数据方面,能在飞机到达前预计发动机需要修理或者更换,同时完成发动机制造商对发动机的监控。在飞机维护数据方面,能够最优化成本管理。

1.2 导航

航空导航技术发展的核心问题是从以陆基导航为主发展到以星基导航为主,以单一信息源导航为主发展到以多信息源多模式组合导航为主,实现基于 RNP 技术的导航。同时飞行管理系统(FMS)已经成为导航系统的核心。

卫星技术可用性的提高是使陆基航行系统向星基航行系统转变的关键。与现行陆基导航系统相比,全球导航卫星系统具有高精度、多功能、全球性等优点,当基本卫星导航系统与可靠的增强系统结合后,可将其用于全部飞行阶段。解决了航路设计受限于地面设施的问题,为远距或跨洋飞行提供了实时定位的手段,也为区域导航(RNAV)赋予了新的含义。

卫星导航系统的应用,从根本上解决了由于地面建台困难导致空域不能充分利用的问题。卫星导航系统以其实时、高精度等特性使飞机在飞行过程中能够连续、准确地定位。在空域利用允许的情况下,依靠卫星导航系统的多功能性,或者与飞行管理计算机的配合,飞机容易实现任意两点间的直线飞行,或者最大限度地选择一条短捷航路。从一般意义上讲,利用卫星导航,飞行航路不再受地面建台与否的限制,实现了真正意义上的航路设计的任意性。因而可以认为,卫星导航技术的应用使 RNAV 充分体现了随机导航(Random Navigation)的思想,进而发展到 RNP 技术。陆基导航系统的 RNP 航路可以缩短航线距离,但飞行航路依旧受到地面导航台的限制。星基导航系统的 RNP 航路则可以实现既短捷又灵活的设计。

1.3 监视

目前航空飞行所采用的监视手段主要有 S 模式和自动相关检测(ADS)技术。因为 S 模式的数据链仍沿用了 SSR 的工作方式,势必受到天线扫描间歇的限制,使依赖于 S 模式的通信次数、速率和实时性差于 VHF 数据链。

ADS 信息通过数据链(VHF、HF、S 模式或卫星)发送给 ATM。ATM 借助自动的冲突检测和解算工具处理 ADS 信息,并将数据结果显示在管制员的荧屏上。由于机上信息处理需要时间(FANS-1 至少 64s);通信滞后(飞机到地面需用时 45s~60s)以及要求使用相同的基准(基于 GNSS 的时间,WGS-84 坐标系统),否则精度会变差,所以 ADS 只能在洋区或航班密度较低的区域。

未来,综合利用 S 模式、ADS、TACS 和 ADS-B(广播式自动相关监测)将会极大地提高空管自动化水平和航班密度、降低航空管制员和飞行员的劳动强度和责任心。所以,ADS-B 技术是监视技术发展的核心。ADS-B 技术相对其他监视手段还有极大的成本优势。如图 2、图 3 所示。

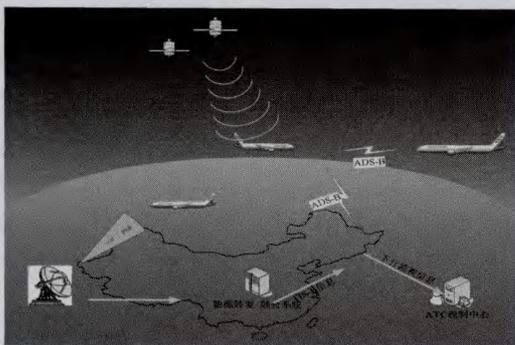


图2 ADS-B系统

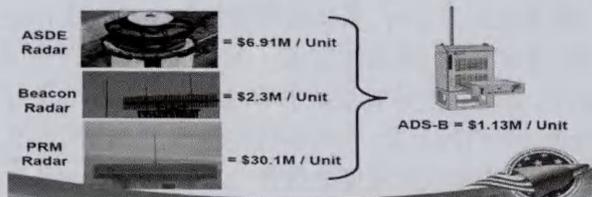


图3 ADS-B的成本比较优势图

2 民机通信/导航/监视系统的技术发展趋势

国外在CNS系统发展过程中逐步认识到CNS各个系统之间的联系越来越密切,导航、监视系统功能的实现越来越依赖通信系统功能,而通信系统的应用尤其是数据链的应用以及监视系统必须的位置等信息来源于导航系统,监视系统为导航提供重要参考依据的同时也是通信系统的重要数据来源,通信、导航、监视系统功能相辅相成、互为补充,综合化的系统设计和应用成为通信、导航、监视系统发展的趋势和方向^[1]。无论是CNS系统地面基础设施,还是机载CNS系统的设计和应用,通信、导航、监视系统在信息共享、频谱资源效率综合考虑、系统间的协调与综合控制等方面显得越来越重要。

与飞机系统综合发展趋势相适应,机载CNS系统设备功能和体系架构也逐步走向综合化、模块化。现有CNS系统由20多种航空电子设备构成,随着技术的发展以及飞机性能的不不断提升,未来CNS系统及其功能将会越来越完善,从而要求更多的设备来实现,但设备的配备需求增加了飞机重量和空间负担,减少设备配备的最有效的方法是利用多任务航空电子系统技术把多种功能和多种业务集为一体,实现CNS系统的综合化和模块化^[2]。随着机载航空电子系统综合模块化航空电子(IMA)架构技术的发展,未来机载CNS系统发展方向是在高度综合化的IMA架构体系结构下,采用标准化模块

及接口,实现通信、导航和监视功能综合化集成和处理。

随着未来电子信息技术、新航行系统技术和网络技术的迅速发展,CNS系统的发展趋势是:

- 1) 朝着综合化、数字化、模块化方向发展;
- 2) 采用开放式体系结构;
- 3) 满足未来新航行系统要求;
- 4) 高可靠性、高安全性设计;
- 5) 系统及其设备升级更加容易等。

同时,新航行系统技术发展对机载CNS系统提出了新的要求。自从国际民航组织1983年提出未来航行系统(FANS)以来,随着各种可用CNS技术的日益成熟,人们逐步认识到在完成安全有效航空运输目标上,通信、导航、监视系统互相关联、综合利用的重要性,于1993年提出新航行系统(CNS/ATM),利用空中交通管理(ATM)实现通信、导航、监视系统互相关联、综合利用,从而实现全球化的空中交通管理,提高通信、导航和监视系统的整体性能。

根据美国的最新规划,到2018年CNS/ATM将具备基本运行能力。欧洲也将在2014年~2020年部署新航行系统。

3 民机通信/导航/监视系统未来的重点突破方向

我国民机通信/导航/监视系统未来的发展主线为攻克技术难关,掌握具有自主知识产权的核心技术,同时注重适航管理体系和适航取证能力建设。重点突破方向是对飞行管理系统、ADS-B、数据链系统、气象信息支持、GNSS(GPS/GLONASS/GALILEO/北斗二代)的研究。

3.1 飞行管理系统

飞行管理系统是现代先进民机航电系统的核心,在未来的CNS/ATM系统中它的地位更为重要,负责调度管理本机的导航、通信和监视资源,根据飞行环境状况、管理指令自动修改飞行计划和调度飞机资源,成为飞机的任务中心。

飞行管理系统的功能和性能有:

- (1) 横向导航和垂直导航;
- (2) 导航无线电频率的自动/手动调谐;
- (3) 支持RNP和RNAV;
- (4) 基于4D策略导航,要求到达时间误差为5s;

- (5) 飞行计划管理;
- (6) 飞机性能管理;
- (7) 支持全球或地区导航地图;
- (8) 支持多传感器输入;
- (9) 支持 ADS-B (IN/OUT);
- (10) 支持 DATALINK。

3.2 ADS-B

ADS-B 支持的应用有:

- (1) 空-空监视:改善飞机避撞能力,提供驾驶舱交通信息显示(CDTI);
- (2) 地-空监视:航路、终端区、精密跑道监控(PRM);
- (3) 地-地监视:即场面监视,包括跑道、滑行道防止地面相撞^[3]。

ADS-B 可传输的信息类型有:

- (1) 状态和意图信息,主要用于支持 ATS 和空-空应用;
- (2) 分类号,用于标识参与者支持特定服务类别的能力,如基于 CDTI 的交通显示能力、冲突避免、精密进近等;
- (3) 其它种类信息:ADS-B 技术能够传送实施监视一方所需要的任何信息,随着技术的发展和各种新应用的引入,将需要更多种类的监视信息,ADS-B 技术将通过相应软硬件配置实现对任何所需信息的广播。

传统空管体制的集中式管理,空域机场的使用率低,容量有限。随着民航运输业的快速发展、飞机数量及航班架次的迅猛增加,管理效率的低下与管理需求的提升之间的矛盾越来越突出。ADS-B 技术能够对外界广播多种类型的、内容丰富的、满足精度和准确性要求的监视信息,基于全面、及时、丰富的监视信息而实现的冲突预测,将能够更及时、更准确地预测冲突的发生,确保自由飞行的安全。ADS-B 提供航路改变意图信息,提供在未来某时刻将发生航路改变的相关信息,包括当前航路意图改变点(TCP)和未来航路意图改变点(TCP+1)。通过此类意图信息,不仅可以获得航路预期发生改变的航路点,而且可以获得航路改变的偏转角,进而通过相应的数学变换和运算,即可推导出适用于航路改变的概率预测算法。

完备的监视系统是保证飞行安全和增加航班密度的必备基础条件。在终端区域,ADS-B 与 S 模式和 TACS 相配合,可以进一步提高航班密度,降低

管制员和飞行员的劳动强度,保证飞行安全;在偏远地区和洋区,ADS-B 与 TACS 配合,并充分利用 RNP,可以减小飞行间距,提高飞行效率,降低成本。

3.3 数据链系统

在空地通信网络系统应用数据链,能够实现人-人(管制员和飞行员)、机-机(ADS 和 ATM,无人工干涉)和人-机(机上信息注入数据库)间的数据传递。数据链是数据通信的应用,数据通信有许多模拟通信不可比拟的优点(自适应选频技术、跳频、自动纠错等)。在空地通信系统中,占主要服务内容的空中交通服务(ATS)和航务管理通信(AOC)将以数据通信为主,逐渐减少话音通信,最终达到只在必要时或紧急情况下使用话音通信。数据链类型包括 HF、VHF、S 模式和 AMSS(航空移动卫星系统)。我国应考虑技术投资的可行性和运行保证能力,采用以 VHF 数据链为主,在建设 VHF 数据链有困难的地方选用 AMSS 或 HF 数据链。

3.4 气象信息服务支持系统

气象服务信息系统其自身是完善的和自成体系的,但是要将其引入飞行中的飞机,为其提供实时更新的气象服务还需要气象部门、通讯部门、航空公司和航空工业界一起研究。

将气象服务信息通过数据链系统传输到飞机上会带来如下利益:

- (1) 降低飞机成本。由于气象信息与机载气象雷达互为备份,可以降低气象雷达的安全性等级,从而降低飞机的研制和生产成本。
- (2) 降低飞机的使用成本。FMS 根据气象预报信息可以改变飞行计划,避开雷暴和强风区域,确保到达时间,减少燃油消耗。
- (3) 提高飞机的舒适性和安全性。由于减少或避免了飞机在恶劣环境中的飞行时间,提高了乘客的舒适度,降低了飞行危险度。

3.5 GNSS(GPS/GLONASS/GALILEO/北斗二代)

目前,GPS 是 GNSS 的主要实现技术手段,但是由于 GPS 的完整性不能满足民用飞机在任意时刻的导航要求,虽然 GPS 具有诸多的优点,但仍然不能作为民用飞机导航的主要设备,而只能作为主要辅助导航设备,不能单独承担导航任务。

面对全球卫星导航系统在军民各应用系统中巨大的潜力和 market 价值,世界各主要大国都在积极推动和发展各自的全球卫星导航系统。美国的 GPS

(下转第 184 页)

3)整合所有试飞计划执行相关的资源,做到资源集中管理,优化配置,最大程度地实现所有资源的有效利用,将国内外可利用的相关试飞资源纳入项目资源统一调配,为资源不足提供有益补充。

2.3 科学管理,并行实施

针对试飞任务与试飞周期之间的矛盾,根据已经制定的计划和各架机的任务分工,对计划进行详细分解,对计划安排和科目的承担进行“矩阵式”管理,尤其是针对特殊的风险科目进行里程碑式的管理,并引入计划执行预警机制,详细分析科目之间的相互制约关系,避免因科目之间的制约导致计划执行困难,合理规划可以并行安排的飞行任务。对那些特殊气象条件和特殊场地需转场飞行的试飞任务,应细化需求分析,提前调研,避免因条件错过或条件不足导致试飞结果无效,继而引发计划控制困难的连锁反应。

针对每个架次合理编排任务单,最大限度地实现科目的结合,提高每个架次的试飞效率。及时进行试飞数据的分析和判读,最大限度地减少测试系统故障导致的无效架次。充分利用地面试验设施和设备(如工程模拟器、铁鸟试验台、飞行模拟器)对疑难和风险科目进行提前演练和熟悉,提高试飞的成功率。

2.4 采用合作法则,化简协调关系

组建跨集团、跨单位的由项目管理人员和技术人员共同参加的联合工作团队,可以采取以飞机为

原则和以科目为原则(尤其是重要的和疑难高风险的科目和需转场的科目)来组建。所有与计划执行和控制相关的日常问题均在联合工作团队内解决,联合团队无法解决的问题上报总师系统和指挥系统决策。通过组建联合工作团队可以最大限度的克服不同单位之间的管理体系和文化差异,减少协调层面和协调环节,最大限度地提高对试飞计划管理和控制的响应速度和缩短预警时间,使验证试飞计划执行中出现的问题可以及时反馈到项目的最高决策层。

3 结论

国内民机验证试飞工作存在着诸多困难和不利因素,实现计划目标对每一个参与项目计划管理的人员来说都面临着巨大的挑战。根据民用飞机的研制经验,验证试飞阶段是项目研制的收官阶段,验证试飞阶段目标能否实现,将关系到整个项目的商业成功和项目的成败。

针对试飞工作的组织关系复杂、风险高、涉及环节多的普遍规律和国内民用飞机验证试飞的具体情况,计划一旦制订,必须在项目计划管理和控制上有所创新,建立健全科学管理体系,制订出一整套科学、合理和有效的控制方法,各方通力合作,实现资源的有效整合才能做到项目计划的有效推进和项目目标的最终实现。

(上接第 181 页)

已经非常成熟,俄罗斯也在极力维持 GLONASS 系统的功能和作用,欧盟正在全力推动 GALILEO 系统,目前已经发射了两颗试验星。我的北斗二代预计于 2011 年开始布网,2017 年布网完毕。所以业界预计,到 2018 年地球上空的导航卫星数量将超过 120 颗,从而完全解决 GNSS 系统的完整性问题,达到民用航空的完整性要求,成为飞机主要的导航设备,使民用飞机星基导航系统基本成熟。

基于此,能够同时接收并处理 GPS、GLONASS、GALILEO、北斗二代信号和增强系统的修正信息,并对其进行融合、修正和相互监测的技术是我们的重点发展方向^[4]。GNSS、ADS-B 和 FMS 结合在一起,

将会解决从自动滑跑到自动着陆大部分管理、引导问题,实现真正的“自主飞行”。

参考文献:

- [1]蒋晞. 迅速发展中的新 CNS/ATM 系统[J]. 信息与电子工程,2003,(1).
- [2]周其焕. 机载电子设备面向 CNS/ATM 系统的进展[J]. 中国民航学院学报,2001,19(3).
- [3]方惰. S 模式 ADS-B 系统[J]. 航空电子技术,1999(4).
- [4]张军,薛瑞,杜冰. 与新一代空管协同发展的航电系统[J]. 国际航空杂志,2009(5).