

# 大型民用客机管制与监视系统验证 及测试平台的构建

## A Verification and Test Platform of Air Traffic Control and Surveillance System for the Large Civil Aircraft

丁汀 / Ding Ting

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

### 摘要:

研发大型民用客机航路管制与监视系统验证及测试平台,从而实现机地数据通信系统环境下的航路管制与监视信息的数据地面接收和处理;同时,依照现有的空管航路管制与监视功能的国际标准和相关区域的运行要求,实现地面管制系统向机载系统的数据发布。该项研究成果能对口飞机机载数据链相关的 ATC (Air Traffic Control, 空中交通管制) 功能和部分监视功能 ADS-C (Automatic Dependent Surveillance - Contract, 合同式自动相关监视)、ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast, 广播式自动相关监视), 提供对应的地面收发端, 监控机载系统数据状态。

**关键词:**管制与监视;机地数据通信;验证及测试平台;地面收发端;数据接收和处理

**中图分类号:**V243.1

**文献标识码:**A

[Abstract] The purpose of this research is to develop a verification and test platform of air traffic control and surveillance system for the large civil aircraft, to complete the ground traffic control and surveillance data reception and manage under the air-ground data communication environment; meanwhile, according with the current international standards and regional operation regulations on the ATC (Air Traffic Control) and surveillance functions, the platform is capable to accomplish the data transmission from the ground ATC system to the onboard systems. The platform works with the onboard datalink-related ATC function and part of the surveillance functions, offers the ground transeiving terminal, and monitors the onboard system data status.

[Key words] Control and Surveillance; Air-ground Data Communication; Verification and Test Platform; Ground Transeiving Terminal; Data Reception and Manage

## 0 引言

新航行系统 (The Future Air Navigation System, 简称 FANS), 现在也称为通信、导航、监视/空中交通管理 (Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management, 简称 CNS/ATM) 系统, 这是国际民用航空组织 (International Civil Aviation Organization, 简称 ICAO) 为适应国际民航业的飞速发展而提出的、面向未来的、使用各种高科技手段为空中

交通管制提供服务的一种综合系统。该系统通常装备基于飞机通信寻址与报告系统 (Aircraft Communications Addressing and Reporting System, 简称 ACARS) 的 FANS 1/A+ 或基于航空电信网 (Aeronautical Telecommunication Network, 简称 ATN) 的 LINK2000+ 的飞机, 可实现通过 ACARS 数据链或 ATN 网络的飞机与地面空中交通管制系统实时的双向数据通信, 即空中交通服务设 CPDLC 备通告/文本管理 (ATS Facilities Notification/ Context Man-

agement,简称 AFN/CM),管制员飞行员数据链通信(Controller Pilot Data Link Communications,简称),或者对飞机进行实时动态监控,即 ADS-C。

目前中国、美国、澳大利亚等国在无法或不便于建设雷达监视系统的空域安装 CNS/ATM 系统,主要用于区域内航路的高空空域交通管制工作。另外,欧洲强制要求:2011 年 1 月 1 日后出厂的飞机,飞行于 28 500ft(约 8 700m)以上高度时,必须安装 FANS-B(Link 2000+)机载设备。FANS 系统已逐渐成为长距离飞行时,或在繁忙空域飞行时取代传统的话音管制的安全、准确、有效的 ATC 手段。大型民用客机安装 FANS 设备,并具备 CNS/ATM 系统(AFN/CM、CPDLC 及 ADS-C)的能力,是国际民航发展的必然要求,也是航空公司用户增加飞机飞行区域、减少使用限制的要求,有助于客机在更大的区域运行,满足航空公司等航空运营人对运输飞机的设计和使用需求。

Link 2000+概念中的 CM/CPDLC 完全基于 ATN 网络实现 FANS 功能,而当前的 AFN/CPDLC 是在 ACARS 系统的基础上实现的 FANS 功能,除空地间传输的信息格式不同外,CM/CPDLC 和 AFN/CPDLC 的工作流程基本一致。

咨询公告 AC20-140A 为机载的数据链系统提供了指导性方针,并提出概述性方法,用于表明飞机数据链系统对于适航需求的符合性,同时公告定义了飞机配置的数据链系统应该满足的互操作性、安全性和性能规范。民航飞机数据链的相关功能需要根据规范推荐的各项指标,严格统计、验证 AFN/CM、CPDLC 和 ADS-C 的性能参数(如:连续性、可用性、故障率等)。

本文中设想的管制与监视系统验证及测试平台,可以为大型民用客机机载数据链功能系统提供对应的地面收发端,监控数据状态,可用于配合机载系统的试验。

构建该管制与监视系统验证及测试平台,为机载通信管理功能系统设计过程中存在的问题实现快速的模拟验证,可节约设计时间及成本;在大型民用客机进行地面试验和飞行试验的过程中,作为地面平台对机载系统进行快速模拟测试,对于完成数据收发和分析工作有着重要意义。

本文中设想的管制与监视系统验证及测试平台,有助于飞机主制造商具备完备有效的高空航路管制与监视系统验证与测试能力,以确保民航客机

出厂后,其 CNS/ATM 系统的能力满足民航、ICAO 的运行要求,以及航空公司的客户需求;另外,本平台采用模块化的结构设计,不仅支持基于现有的 ACARS 通信模式实现 CNS/ATM 系统各项功能,还有能力通过替换相应的通信接口管理设备,可改造为支持 ATN 通信模式的测试环境,适应国际管制与监视系统的应用需求。

## 1 平台功能概述以及主要工作原理

广义而言,大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台的联试功能需要由机载设备与地面设备两大部分共同实现,机载部分包括飞行管理系统(Flight Management System,简称 FMS)或者飞行管理计算机(Flight Management Computer,简称 FMC)、通信管理组件(Communication Management Unit,简称 CMU)、多功能控制与显示组件(Multiple Control and Display Unit,简称 MCDU)、通信总线等设备。地面设备的建设,主要工作内容为建立地面航路管制与监视平台-CNS/ATM 管制工作站系统,与 CMU 实现双向数据通信。

本文设想的地面系统能够与机载设备测试平台中的输入输出设备(MCDU 或相关设备)、FMS 或 FMC 等机载设备建立数据通信,并在系统架构上支持 ATN 通信系统的数据传输与处理,实现机载下传数据的译码;同时对地面需要上传至飞机的各类指令信息进行编码,通过相应的通信接口和设备与飞机进行通信。另外,该地面平台具备数据存储单元,存储进行系统验证与测试时的测试数据样本,以利于进行数据的后期分析等相关工作。

在进行大型民用客机管制与监视系统验证与测试时,应对获取的航空器主动下传的位置报文,以及地面航空器监视设备采集的航空器位置报文进行特征识别和处理,获取基本特征信息;根据获取的特征信息,可确定与所述位置报文相对应的报文解码算法;根据所述解码算法对航空器主动下传的位置报文,以及地面航空器监视设备采集的航空器位置报文进行解码处理;从解码后的位置信息中,可以取可用于进行航空器飞行位置监视的四维位置信息;根据航空器的飞行特征进行航空器位置信息的融合与特征标记。

根据上述工作原理,大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台包括:

(1) 获取模块,用于对航空器主动下传或地面

航空器监视设备采集的航空器位置报文进行特征拆分处理,获取基本特征信息;

(2)选择模块,用于根据所述获取模块获取的所述基本特征信息,选择与所述航空器主动下传或地面航空器监视设备采集的航空器位置报文相对应的解码算法;

(3)提取模块,用于采用所述解码算法,将所述航空器主动下传或地面航空器监视设备采集的航空器位置报文进行报了解码,从解码后的信息中提取航空器四维位置信息;

(4)融合模块,用于将所述航空器主动下传或地面航空器监视设备采集的航空器位置报文中提取的报文四维位置信息按照航空器机尾号,报文发送时间等关键要素进行融合,并进行报文特征标记,生成内部统一通信协议格式的位置报文。

大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台通过从解码后的航空器主动下传或地面航空器监视设备采集的航空器位置报文中提取报文基本特征信息,选择相应的位置报了解码算法,对所述位置报文进行解码,从解码后的位置报文中获取航空器运行的四维位置信息,可实现从航空器或地面设备发布的报文中提取四维位置数据,从而为民用客机管制与监视系统的测试和验证提供一种可靠的手段。

## 2 平台构建系统以及数字仿真

大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台的构建如图 1 所示,其组成与主要功能如下。

(1)建立地面管制与监视平台-CNS/ATM 管制工作站系统

①通过与 CMU/MU 实现双向数据通信,能够与机载设备测试平台中的输入输出设备(MCDU 或相关设备)、FMS 或 FMC 等机载设备建立数据通信,实现机载下传数据的接收、译码和处理。

②实现对机载 ADS-B 信息的接收、译码和处理、存储。

③对地面需要上传至飞机的各类指令信息进行编码,通过相应的通信接口和设备与飞机进行通信。

④本平台同时建立数据存储单元,存储进行系统验证与测试时的测试数据样本。数据库可以开放管理员权限,并提供数据库中存储数据的表结构说明,同时可通过数据库视图的方式开放支持数据

的实时访问、历史数据访问与查询,以利于后期的数据分析等相关工作。

⑤另外,该系统验证及测试平台采用模块化的结构设计,不仅支持基于现有的 ACARS(FANS 1/A+:FANS 1/A+ CPDLC、FANS 1/A+ ADS-C、FANS 1/A+ AFN)通信模式实现 CNS/ATM 系统功能,还有能力通过替换相应的通信接口设备,可改造为支持 ATN(LINK 2000+:PM-CPDLC、ATN CM)通信模式的测试环境,适应国际管制与监视系统的未来发展趋势。

(2)模拟机载设备平台(如有必要)

建立模拟机载系统,包括机载 CPDLC/ADS-C 模拟器(含飞机飞行状态信息显示/CPDLC 管制指令操作与机组请求响应终端)、机载 VHF 电台仿真设备、地面 VHF 电台仿真设备,能与 CNS/ATM 管制工作站系统共同构建形成闭环测试环境。

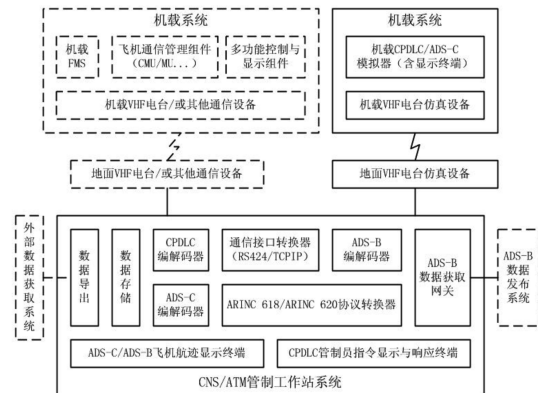


图 1 大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台构建图

对于图 1 中的各个组件,进行以下具体说明。

(1)CNS/ATM 管制工作站系统。作为空中交通管制地面应用系统对飞机机载 CNS/ATM 系统的功能等进行测试和验证:

①建立基于 RTCA DO-258、RTCA DO-212、RTCA DO-219 管制工作流程和管制指令规则的 CPDLC 管制指令发布与应答系统,为操作者提供 CPDLC 管制员指令显示与响应。

②建立基于 ARINC 620、ARINC 622、ARINC 745 格式的 ADS-C 位置数据和基于 10901ES 的 ADS-B 位置数据的飞机动态监视系统;包括基于周期、事件、合同模式下的 ADS-C 数据申请等。

(2)CPDLC 编解码器。建立通信管理组件(CMU/MU)收发飞行管理计算机(FMS)发布的 CPDLC 管制指令(支持现有的 ACARS 网络和 ATN 网络)的编解码器,主要实现。

①通过通信管理组件(CMU/MU)或电台,获取通过 MCDU 或相关设备发出的飞机下传 CPDLC 请求和应答信息,进行 CPDLC 信息解码;

②通过通信管理组件(CMU/MU)或电台向 FMS/MCDU 发布地面上传的 CPDLC 指令,进行 CPDLC 信息译码;

③将解码后的 CPDLC 指令进行即时存储。

(3) ADS-C 编解码器。建立通信管理组件(CMU/MU)收发飞行管理计算机(FMS)发布的位置(ADS-C)信息(支持现有的 ACARS 网络和 ATN 网络)的编解码器,主要实现:

①通过通信管理组件(CMU/MU)或电台,获取 FMS 或相关设备发出的飞机下传 ADS-C 报告信息,进行 ADS-C 信息译码;

②通过通信管理组件(CMU/MU)或电台向 FMS 发布地面上传索取 ADS-C 信息的指令,进行 ADS-C 信息编码;

③将解码后的 ADS-C 信息进行即时存储。

(4) ADS-B 解码器。建立基于 1090ES 的 ADS-B 信息解码器,支持原始 ADS-B 信息的数据解码。

①通过地面 ADS-B 数据获取网关取得原始 ADS-B 报文,并进行即时解码;

②将解码后的 ADS-B 报文中包含的位置信息进行格式转换,转换为与 ADS-C 所包含的位置信息相同的内容和格式进行存储。

(5) ADS-B 数据获取网关。实时接收通过 FTP 或 ActiveX MQ 方式发布的原始 ADS-B 报文,并将其转换为 ADS-B 解码器可接收的数据格式。外部系统向报文网关系统发布原始 ADS-B 报文的方式和格式可根据外部系统的实际情况,选择 FTP 或 ActiveX MQ,单份报文或多份报文的打包传输。

(6) 通信接口转换器。实现地面系统与机载系统间的双向数据通信,包括:

①通过 RS424 或电台具备的其他通信端口与地面 VHF 电台实现通信;

②通过 RS424 或电台具备的其他通信端口接收地面电台接收的飞机下传信息,并将其进行解码;

③接收地面需上传至飞机的各类信息,并将这些信息通过 RS424 或电台具备的其他通信端口发送至电台设备;

④根据系统验证测试的需要,可将该通信转换器与电台通信的部分进行替换,实现与机载 ARINC

429 总线的双向数据通信。

(7) ARINC 618/ARINC 620 协议转换器。实现空地数据传输与地-地数据传输不同的数据传输协议间的协议转换,包括:

①实现 ARINC 618 格式数据向 ARINC 620 格式数据的转换与数据译码,同时兼容 ARINC 622 协议;

②实现 ARINC 620 格式数据向 ARINC 618 格式数据的转换与编码。

(8) 数据存储。完成系统运行数据,配置信息等数据的存储,包括:

①实现飞机下传原始信息的存储;

②实现地面工作站系统上传原始信息的存储;

③实现 CPDLC 解码数据的存储;

④实现 ADS-C 解码数据的存储;

⑤实现 ADS-B 解码数据的存储;

⑥系统运行基本配置信息的存储;

⑦实现平台系统运行日志的存储;

⑧实现其他必要的系统运行信息的存储;

⑨支持视图或其他方式实现外部系统访问本数据库。

(9) 机载模拟平台。实现无 FMS 等机载设备情况下的实验室环境下 CPDLC 与 ADS-C 功能测试。

①包含各项 CPDLC 上行管制指令和应答指令;

②包含各项 CPDLC 下行请求信息和管制员 CPDLC 指令应答信息;

③包含机载 ADS-C 响应地面 ADS-C 请求的响应信息;

④包含机载 VHF 电台仿真设备,以及与之配套的地面 VHF 动态仿真设备。

### 3 系统接口

本平台的系统接口设计如下。

系统接口分为对外数据接口和内部数据接口,对外数据接口通过通信转换器实现,其他系统单元模块均使用内部数据接口实现数据的交互。

(1) 通信转换器

①RS 424 接口;

②ARINC 618 接口;

③TCP/IP 接口;

④ADS-B 数据获取网关,支持 FTP 数据交互方式,或 Active MQ 数据交互方式;

⑤预留 ARINC 429 接口能力。

(2) 机载和地面部分的接口

① 机载 VHF 电台仿真设备提供 RS 232 或其他通信接口实现与机载系统模拟器的连接;

② 地面 VHF 电台仿真设备提供 RS 232 或其他通信接口实现与 CNS/ATM 管制工作站系统的连接。

(3) CNS/ATM 管制工作站系统接口

① Active MQ 接口;

② Socket 接口。

(4) 数据库

① 导出解码后的 ADS-C 数据;

② 导出解码后的 ADS-B 数据;

③ 导出解码后的 CPDLC 数据。

## 4 技术效果和研究意义

本文所设想的大型民用客机管制与监视系统验证及测试平台,可对民用客机机载管制与监视功能的研制产生巨大的支持作用:

(1) 通过在测试平台上的功能测试,能够细节确定 AFN/CM、CPDLC 与 ADS-C 应用的功能;

(2) 通过在测试平台上的功能测试,能够直观地了解合理的数据信息显示情况,支持机载 AFN/

CM、CPDLC 与 ADS-C 应用的控制显示界面中人机工效设计;

(3) 测试平台能够配合机载通信管理功能系统,实时完成 ARINC 618/620 格式数据解析,是完成 AFN/CM、CPDLC 和 ADS-C 应用试验的必要条件;

(4) 测试平台能够配合机载系统,测试各种管制条件下地面系统对 ADS-C 信息的控制能力。

### 参考文献:

[1] AC-121-FS-2008-16R1. 航空运营人使用地空数据通信系统的标准与指南[S]. 2008.

[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): 84-88.

[3] 周其焕. 自动相关监视及其数据链的标准[J]. 中国民航学院学报, 1995, 13(3): 70-85.

[4] 罗银辉, 张娅岚. 新型数字航空通信系统概述[J]. 数字技术与应用, 2011, (3).

[5] 李建军, 张军, 罗喜伶, 刘锋. 空地数据链机载仿真系统设计研究[J]. 航空电子技术, 2003, 34(3): 24-28.

[6] 杨小强, 黄智刚, 张军, 祝贺. 基于空地数据链的飞机状态监控系统的实现[J]. 电讯技术, 2003, 1: 68-72.

(上接第 34 页)



图 25 1 型试验件失效位置示意图

由图 22 和图 23 可知, 1 型试验件的破坏载荷最大, 螺栓的承载最平均; 由图 24 和图 25 可知, 2 型和 3 型试验件失效位置在长桁截面收窄变化处, 是应力集中造成的; 1 型试验件的失效位置在缘条侧边第一排夹持的螺栓处, 由于螺栓孔边应力集中造成破坏。由此判断, 1 型的结构承载能力最好, 其结构设计较 2 型和 3 型更合理, 即缘条的开槽深度要较深, 宜达到两排钉以上。

## 6 结论

影响下壁板失效的主要原因不在于螺栓, 而在于对接结构能否有效避免应力集中。长桁根部的

设计, 以及长桁与接头等的过渡方式都应特别注意。通过对图 1 中外翼、中央翼下壁板对接结构的分析和试验验证, 得到该对接结构形式的合理参数:

(1) 对接肋的下缘条宜开槽, 并有一定的深度; 深度至少在两排钉以上, 并最好能包含整个长桁垂直缘板端头斜削部分。

(2) 长桁垂直缘板端头斜削角度宜小于  $21^\circ$ ,  $17^\circ \sim 21^\circ$  都在合理的范围内; 靠近  $17^\circ$  受力特性更好。

本文是对现有机型上一种较成熟的对接结构的深入分析, 以用于某民机的结构设计, 且也可用于以后的外翼中央翼下壁板对接结构设计。

### 参考文献:

[1] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册第 10 册: 结构设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2000.

[2] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册第 9 册: 载荷, 强度和刚度[M]. 北京: 航空工业出版社, 2000.

[3] 张讯. 国外民用客机外翼、中央翼对接结构综述与分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2009, 3: 1-3.