

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.02.003

预警机飞行器管理系统的功能结构研究

贾临生¹, 吴文海¹, 陈晔¹, 姜鹏²

(1. 海军航空工程学院 青岛分院, 山东 青岛 266041; 2. 辽宁海军飞行学院 教研部, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 介绍飞行器管理系统的发展背景, 阐释机载系统综合发展的必然趋势。未来预警机作为探测、指挥、引导、控制、通信的综合载体, 根据其任务特点, 讨论预警机飞行器管理系统应该具备的基本功能, 运用综合系统控制结构原理将整个系统的功能结构划分为感知层、辅助决策层、执行层 3 部分。该研究可为设计预警机的飞行器管理系统提供参考。

关键词: 飞行器管理系统; 公用系统; 航电系统; 战术任务飞行管理系统; 预警机

中图分类号: V241.01; TP202 **文献标志码:** A

Research on Function Structure of Vehicle Management System for AEW

Jia Linsheng¹, Wu Wenhai¹, Chen Ye¹, Jiang Peng²

(1. Qingdao Branch, Naval Aeronautical Engineering Institute, Qingdao 266041, China;

2. Teaching & Research Department, Liaoning Naval Flying Academy, Huludao 125001, China)

Abstract: The article introduces the development background of VMS, and then explains inevitable trends that utility systems and avionics systems will be well integrated. Unborn AEW will be a integrate platform equipped with detectors, command and control facilities, communications, navigational instruments etc. According to the future requirements, basic functions of VMS used for AEW is discussed. Application of integrated system control structure principle, the functional structure related to the VMS of AEW is divided into three levels: sense, auxiliary decision-making and execution. All of this can provide references for the designation for VMS of AEW.

Keywords: vehicle management systems; utility systems; avionics systems; tactical mission flight management systems; airborne warning aircraft

0 引言

世界新军事变革带来了陆、海、空、天、电(磁)融合的作战体系, 军用飞机成为网络战争中的一个节点, 不仅需要保证各系统的正常运行, 而且必须进行广泛的信息交互, 获得导航定位、数据通信、空中加油等外界资源的支持, 有效完成(作战)任务。面对繁多的信息数据和复杂的设备操控, 飞行员难以承担如此繁重的管理任务, 迫切需要飞机具备综合管理和控制机载系统的能力。

随着电子技术、计算机及网络技术、综合控制技术的高度发展, 先后出现了(战术任务)飞行管理系统和飞行器管理系统, 作为(部分)机载系统的顶层管理系统, 通过功能集成的机载设备实现机载系统的资源共享、协调工作、统一控制, 优化飞机的部分或整体性能进行综合和管理, 达到减轻飞行员操控负担, 有效完成(作战)任务的目的^[1]。

关于战术(任务)飞行管理系统和飞行器管理系统, 文献[1-4]侧重介绍功用及适用的技术; 文献[5]已经意识到源于公用管理系统的飞行器管理系统可以与航电系统集成, 却没有进一步探讨; 文献

[5-6]说明人工智能技术已经运用于任务(包括航迹)规划, 促进了飞行管理系统与任务规划系统的综合。这些研究只局限于部分机载系统讨论飞行器某些性能的优化。故根据未来预警机的需求, 对预警机的飞行器管理系统的功能结构特点进行探讨。

1 飞行器管理系统

初期的飞行器管理系统(Vehicle Management System, VMS)源于公用管理系统, 可以实现对公用系统的综合控制和能量管理。从体系结构和技术设备上来看, 本质上类似于航电系统—具有适当的输入输出和数据总线接口的开放式系统^[5]。而现代飞机的公用系统应该与航电系统一起进行综合管理: 公用系统保证载机的正常飞行, 为航电系统及机组成员提供能源和工作环境; 为了完成一定任务, 航电系统需要协调公用系统的相关设备; 公用系统的工作状态需要监控和记录; 特别是系统之间产生的数据需要交换(比如飞行数据、武器配置、燃料消耗及其重心、导航指令等)。20世纪90年代研制的联合攻击战斗机F-35采用了先进综合结构的“宝石台”航电系统^[8]就体现了航电系统与公用系统全

收稿日期: 2010-09-06; 修回日期: 2010-11-01

作者简介: 贾临生(1978—), 男, 山西人, 硕士研究生, 工程师, 从事先进飞行控制技术研究。

面综合的趋势：提供了射频集成传感器系统（共享孔径和天线，综合射频处理），降低传感器的成本、重量、体积和功率，提高集成度和可靠性；整个飞行器系统的网络以光开关阵列模块为传输枢纽，通过光模板和光纤不仅将同一单元内的各模块，而且将传感器、座舱、及公用系统交联起来，不同安装位置的设备传输信息的时间统一到一个数量级，有利于促进航电系统与公用系统的综合集成。

未来的飞行器管理系统应在物理结构和功能上实现公用系统和航电系统的综合与管理，完成信息融合、任务（在线）规划、自动控制、综合管理^[9]，保证功能集成的机载设备之间能够共享资源、协调工作，提高飞行器的整体性能^[3]。

未来战争环境复杂，任务艰巨。而军用飞机整体作战效能的提高则依赖于信息和控制的有机结合：将信息转化为情报优势，准确掌握战场态势，迅速作出有利决策，精确控制执行机构，有效完成作战任务。所以，飞行器管理系统应能实现全系统的物理综合和功能综合，以提高军用飞机综合化、自动化和智能化的水平；同时，应广泛采用通用化、标准化的功能集成设备，以降低成本、易于维护；并利用综合控制技术实现信息交互/融合、资源共享，保证飞行器性能达到最优。

不同军机的作用不一样，强调的功能不同^[10]，所以，不同军机的飞行器管理系统在功能结构上也不尽相同。下面，将对预警机的飞行器管理系统进行研究。

2 预警机的飞行器管理系统

2.1 基本功能

自二战末期间问世以来，预警机在战火的洗礼中不断地改进与发展，由单纯的预警功能扩展到预警侦察、信息融合、指挥引导和战区监管等复合职能，在越来越强调整体作战效能的现代战争中发挥着日益重要的作用^[11]。未来预警机的飞行器管理系统应该具有以下功能^[12]。

1) 态势感知

预警机的飞行器管理系统通过综合传感器分系统实时感知飞机及其机载系统、周边环境的状况，全面掌握战场态势的变化。

2) 辅助决策

① 装订计划的执行和状态管理

执行任务前，指挥机构预先向数据库装订包括作战目标、地形气候、威胁区域等在内的具体计划。

执行任务时，如果没有出现新情况，飞行器管理系统的基本功能就是执行装订计划和监管运行状态。

② 态势评估

综合传感器分系统获得的信息繁多复杂，需要融合处理，得到系统共享的飞行态势和战术态势，给出相应的结论。

③ 辅助计算

系统具备辅助决策必需的数据处理能力，例如：根据态势评估，计算兵力配置，提供拦截作战方案；根据空中机群的机型、数量、起飞机场和时刻等条件，估算剩余油量，安排空中加油或者提醒机群返场着陆；自然环境对于不同机型可能造成的影响，系统可以进行修正解算或者提供预报信息等等。

④ 在线任务规划

根据态势评估的最新结果或者指挥机构、飞行员的指令，依据相应的规则实现任务（航路）在线规划。

⑤ 任务调度分配

根据实时规划的任务进行分类，进而分解为具体的数据信号，驱动相应的功能模块进行解算分析，将生成操作指令提供给执行机构的控制装置。

3) 综合管控

① 显示与监控

人机交互的接口，完成信息的综合显示、系统状态和模式的转换与控制、设备运行状况的监控。

② 综合射频处理

雷达、通信、导航、识别、电子战等子系统共享天线和孔径，集成信号和数据处理单元已经成为发展趋势，综合射频管理可以实现雷达探测、电子战、通信、导航的功能组合及优化，提高任务电子设备的作战效能。

③ 飞行管理

根据战场态势或任务要求，依据载机的气动结构和推进性能，在规划的航路中实现飞行综合控制。

④ 公用系统管理

综合管理飞行器的机体及机械、液压、电气系统，保证飞行器在空中正常飞行：通过可控的推进系统提供动力、（二次）能源和冷气，为机组成员及机载系统提供适当的工作环境，传动控制飞机的各种操纵机构，通过统一的数字网络可以与航电系统集成，提高整体效能。

⑤ 武器管理

目前，预警机的武器主要是一些欺骗或干扰性的被动式防御武器，比如红外/金属箔条干扰弹，专

用于反潜的直升机上携有反潜鱼/水雷或者反潜导弹, 数量也不多。未来的预警机可以挂载更为先进和多样的攻击性武器。

2.2 功能结构

预警机飞行器管理系统就其本质来说属于大系统优化与控制范畴^[13], 大系统控制的基本结构分为集中式、分散式和递阶式 3 类。Mesarovic^[14-15]提出了 3 种递阶控制结构: 多级递阶、多层递阶和多重递阶控制结构。其中, 多层递阶控制结构按照决策的复杂性对系统划分层次, 即从控制、管理的角度划分。

从结构设计的角度, 系统的综合设计分为“自底向上”和“自顶向下”2 种方式。“自顶向下”的

方法从任务需求出发, 系统设计之初就进行一体化设计, 尽可能采用新技术获得更高的效益。多层递阶控制结构正是这种设计思路的实现方式。

作为 C⁴ISR 系统的综合载体, 未来的预警机需要对机载设备进行综合控制与管理, 实现信息融合、资源共享、智能规划与决策, 其飞行器管理系统处于机载系统管理的顶层, 实现态势感知、评估决策和控制执行不同功能层次的综合管理, 每个层次可以采用各种先进技术来实现, 故可依据多层递阶结构来考虑未来军机飞行器管理系统的功能结构, 以发挥标准化、模块化、一体化设计的优势, 达到信息综合、管理综合、功能综合、运行可靠、维护方便、成本降低的目的。具体的功能结构如图 1。

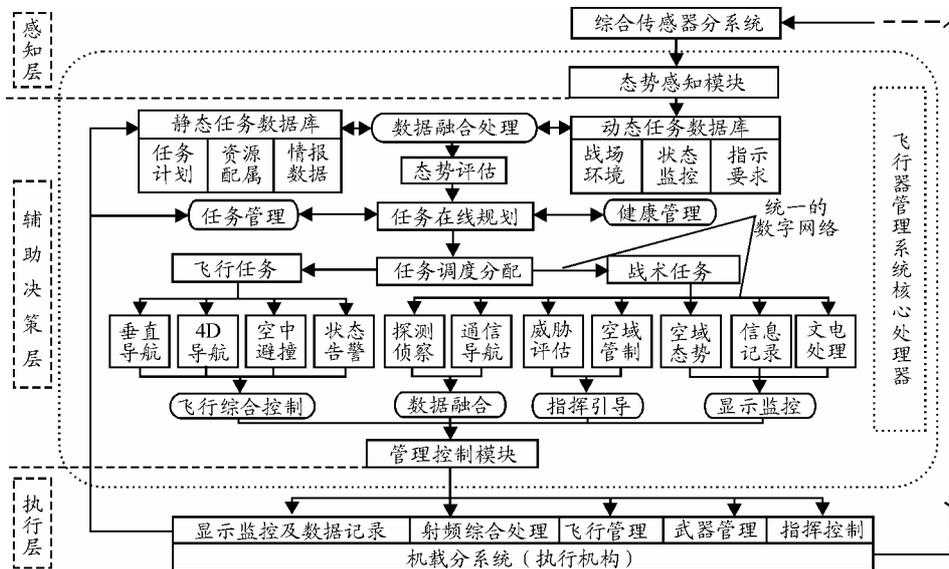


图 1 预警机飞行器管理系统的功能结构

整个系统可以划分为 3 层: 1) 感知层。在综合传感器分系统的支持下与外界(卫星、指挥机构、友军等)进行信息交互, 通过显示与监控分系统可以装订作战计划、原始数据和性能参数等; 2) 辅助决策层。作为系统的核心, 根据综合传感器获得的信息和指挥机构的命令指示, 完成信息融合、数据处理; 监控载机及其设备的运行状况和当前任务的执行情况; 进行态势评估, 依据任务要求、飞行状态和战场态势的变化完成任务在线规划, 形成新的决策; 针对当前任务, 调度资源, 实时生成指挥控制指令, 进而通过管理控制模块转换为驱动相应机载分系统的控制信号; 3) 执行层。在管理控制模块的驱动下, 相关分系统的执行机构协调运行, 完成探测预警、战区监管、航路规划、指挥引导等功能。依照“自顶向下”的设计思路, 整个结构分为任务部分和公共部分 2 部分。任务部分主要是辅助决策

层, 是飞行器管理系统的核心, 包括一系列的功能计算机/芯片和高速数据总线。公共部分主要是感知层和执行层, 涉及飞行器的传感器和执行机构。辅助决策层的态势感知模块和管理控制模块就是任务和公共部分的数据和控制接口。其中, 综合传感器分系统包含综合光电传感器、综合射频传感器、大气数据传感器、惯性传感器、机/液/电传感器等感知部件。公用分系统是保障载机完成基本安全飞行的机械、液压、电气系统, 通常包括动力子系统、机械子系统、环控救生子系统、燃料子系统、电气子系统等, 这是一个不断发展和综合的系统, 通过基于微处理器的远距输入输出装置(Remote Input Output, RIO)实现信号转换和控制, 飞行器管理系统利用统一的数字网络实现对其的综合管理。

(下转第 25 页)

4 结论

外推—滤波法、滤波—更新法和建模补偿法是3种典型的传递对准延时误差补偿方法。笔者以速度加姿态匹配传递对准模型为例,对这3种处理方法进行了分析和介绍,并在S形机动飞行条件下进行了仿真。由理论分析及仿真结果可知,3种传递对准延时误差补偿方法具有如下特点:1)当载体导航参数变化较快时,主系统数据延迟会引起较大的传递对准误差。文中的3种补偿方法能有效地减小这种因素对传递对准的不利影响;2)3种方法中,滤波—更新法对延时误差的补偿最为彻底,而外推—滤波法和建模补偿法中由于包含了主系统数据的外推过程,外推误差在一定程度上影响了补偿效果。滤波—更新法的缺点是需预先存储子系统的一些数据,需占用较多的存储空间;3)同外推—滤波法和滤波—更新法相比,建模补偿法不需要提供延迟时间信息,具有更广的适用范围,但由于模型维数有所增加,其计算量也会相应增加。

参考文献:

[1] Lim Y C, Lyou J. An error compensation method for transfer alignment[C]// Proceedings of IEEE Region 10

(上接第9页)

综合射频集成分系统包括了雷达和电子战装备、敌友识别子系统、电磁告警子系统、通信子系统、导航子系统,这些子系统都拥有自己的天线、射频单元、信号和数据处理单元等,随着电子技术的进步,共享天线和孔径,集成信号和数据处理单元已经成为发展趋势,成为提高电子设备作战效能的积极举措。

3 结束语

介绍了飞行器管理系统的发展背景及机载系统综合发展的必然趋势。在总结未来预警机功能特点的基础上讨论了预警机飞行器管理系统的功能构架,可为预警机的总体设计提供参考。

参考文献:

- [1] 申功璋,高金源,张津.飞机综合控制与飞行管理[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:8-13.
[2] 郭锁凤,申功璋,吴成富,等.先进飞行控制系统[M].北京:国防工业出版社,2003:131-135.
[3] 吴文海.飞行综合控制系统[M].北京:航空工业出版社,2007:195-198.
[4] Advisory Group for Aerospace Research & Development. Integrated Vehicle Management Systems [R]. France:North Atlantic Treaty Organization, AGARD

- International Conference on Electrical and Electronic Technology, 2001: 850-855.
[2] 扈光峰,王艳东,范跃祖.传递对准中测量延迟的补偿方法[J].中国惯性技术学报,2005,3(1):10-15.
[3] 杨尧,王氏钢,崔伟成,等.传递对准中时间延迟的补偿方法[J].计算机仿真,2008,25(2):26-28.
[4] 夏家和,秦永元,赵长山.传递对准中主惯导参考信息滞后处理方法研究[J].兵工学报,2009,30(3):342-345.
[5] 程向红,黄华.捷联惯性系统初始对准中IMU安装误差及陀螺漂移的估计与补偿[J].中国惯性技术学报,2004,12(5):13-15.
[6] 陈凯,鲁浩,闫杰.传递对准姿态匹配优化算法[J].航空学报,2008,29(4):981-987.
[7] Titterton D H, Weston J L. Strapdown inertial navigation technology (second edition)[M]. USA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. and the Institution of Electrical Engineers, 2004.
[8] Jones D, Roberts C, Tarrant D, et al. Transfer alignment design and evaluation environment[C]// Proceedings of the First IEEE Regional Conference on Aerospace Control Systems, 1993: 753-757.
[9] 屈新芬,李世玲,谭惠民,等.捷联惯性测高误差分析[J].信息与电子工程,2006,4(3):181-186.
[10] 周峰,孟秀云.机载武器捷联惯导系统传递对准仿真环境研究[J].弹箭与制导学报,2009,29(1):35-42.
[11] 许章凯,石磊,董承博,等.基于虚拟目标点的闭路制导方法误差分析[J].四川兵工学报,2009(9):60-62.

Advisory Report 343, 1996.
[5] Ian moir, Allan Seabridge. Military Avionics Systems[M]. USA: John Wiley, 2003: 498-500.
[6] Churchman A D. Strategic Flight Management Demonstration/Evaluation Program[C]. NEACON Proceeding, 1992: 528-537.
[7] Edward Grantonic. Airborne Tactical Information Management System In-cockpit Mission Replanning and Rehearsal[C]. NEACON Proceeding, 1994: 998-1005.
[8] 周志刚.机载火力控制系统分析[M].北京:国防工业出版社,2008:35-37.
[9] 霍曼.飞速发展的航空电子[M].北京:航空工业出版社,2007:265-268.
[10] R.P.G Collinson. Introduction to Avionics Systems 2nd edition [M]. Springer, 2006: 1-5.
[11] 曹晨.预警机—信息化战争的空中帅府[M].北京:电子工业出版社,2009.
[12] 邓中卫.预警机的现状和发展趋势[J].国防,2005(3):69-71.
[13] 李人厚,邵福庆.大系统的分散与递阶控制[M].西安:西安交通大学出版社,1989.
[14] Mesarovic M D, Macko D, Takahara Y. Theory of Hierarchical Multilevel Systems[M]. New York: Academic Press, 1970.
[15] Mesarovic M D. Multilevel Systems and Concepts in Process Control[J]. Proceedings of the IEEE, 1970: 112-125.
[16] 刘开封,刘新学,许章凯,等.飞行器被雷达发现的概率计算[J].四川兵工学报,2009(11):35-38.