

中央维护系统概念及其应用

赵瑞云

(中国航空无线电电子研究所, 上海 200233)

[摘要] 二十世纪八十年代以来, 国外航空界研制开发了民用直升机的健康与使用状况监控系统 (HUMS), 并将这一概念引入军机, 先后建立了用于军用直升机的联合先进飞机健康与使用状况监控系统 (JAHUMS) 项目和用于歼击机的故障预测与健康管理系统 (PHM) 项目, 本文基于当前国外 HUMS 的发展状况, 借鉴 JAHUMS 和 PHM 的构想, 将 HUMS 概念引入到民用固定翼飞机中央维护系统 (CMS) 中, 对 CMS 概念、应用和其关键技术进行了初步探讨。

[关键词] CMS; 飞机健康; HUMS; JAHUMS; PHM

[中图分类号] TP277 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-141X(2005)02-0014-05

Concept and Application of Central Maintenance System

ZHAO Rui-yun

(China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200233, China)

Abstract: Since 20th Century, Health and Usage Monitoring System (HUMS) on civil helicopter has been developed by foreign aviation world and introduced into military aircraft. Then Joint Advanced Health and Usage Monitoring System (JAHUMS) project on military helicopter and Prognostic and Health Management (PHM) project on fighter plane were proposed. In this paper Central Maintenance System (CMS) and its application and key technology are described, JAHUMS and PHM were used for reference based on the status of development of HUMS.

Key words: CMS; Aircraft Health; HUMS; JAHUMS; PHM

1 引言

航空技术的飞速发展使飞机的性能得到不断提高, 飞机速度越来越快、运载能力越来越强、功能越来越复杂, 一旦造成空难, 生命与财产的损失将十分惨重。为了保证飞行安全, 减少重大事故与损失, 自二十世纪八十年代, 国外航空界开始为民用直升机研制开发了 HUMS, 并将该技术应用于军用直升机的 JAHUMS 项目概念技术论证预研和新一代战斗机 F22、JSF 的 PHM 项目, 这是值得我

国航空界注意与研究的发展动向。

在民用固定翼飞机中, 通常采用 CMS 系统记录分析故障数据, 以向维护人员提供整理过的故障报告, 帮助其定位到 LRU。该系统对飞机故障维修方面的贡献仅在于记录各分系统的故障数据, 用于飞行后分析, 不能实时分析和预测故障, 完成飞机健康与使用状况的监控。

本文基于当前国外 HUMS 的发展状况, 借鉴 JAHUMS 和 PHM 的构想, 将 HUMS 概念引入到民用固定翼飞机的 CMS 中, 对新的 CMS 概念和

应用进行初步的探讨,并对CMS的关键技术和实施途径进行初步分析。

2 HUMS 发展及应用状况

80年代早期,英国在北海油井工作的直升机频频发生飞行事故,究其原因是在直升机动力部件的故障不受正常寿命技术控制,受正常寿命控制的部件由于未计及飞行状态和载荷对寿命消耗的影响,因而获得的寿命数据不可靠。为此,1984年英国民航管理局(CAA)制订了直升机安全性的许多规定和建议,建议直升机装备HUMS。

英国GEC-Plessey公司和Briston直升机公司根据CAA的要求,合作开发了第一代HUMS系统,并成功地用于北海油田的直升机。

90年代中期,美国SI公司为双旋翼直升机“支努干”(Chinook)CH-47研制了通用HUMS系统(Gen HUMS: General Health and Usage Monitoring System)。同时配置了扩展模块,以适应不同使用要求。从适用性意义上说,Gen HUMS具有通用性。

1996年美国BFGoodrich公司为CH-53E直升机安装了综合机械诊断系统(IMDS: Integrated Mechanical Diagnostics System),在此基础上为美国海军SH-60B直升机研制开发了综合机械诊断的HUMS系统(IMD HUMS: Integrated Mechanical Diagnostics Health and Usage Monitoring System),并致力于HUMS开放系统的构架及军民两用产品,在UH-60A、HH-60L、AH-1Z和S-92中应用。

随着HUMS的不断应用和发展,美国SI公司提出了从“监视”到“管理”的HUMS,即健康与使用管理系统(Health and Usage Management System)。其不仅对飞机的健康与使用状况进行监视、诊断(Diagnostics),更强调预测(Prognostics),即在健康方面集中于潜在故障的早期预报,在使用上达到对寿命部件的更换管理。同时把HUMS作为飞机维护管理和后勤支援系统的组成部分。这一功能概念在原HUMS基础上上了一个不小的台阶。

二十世纪末,美国海军提出了使用模块化开放式系统结构的联合先进HUMS系统,即JAHUMS,

并建立了军用直升机的JAHUMS概念技术论证预研JAHUMS ACTD(Advanced Concept Technology Demonstration)项目。该项目旨在利用现有的民用HUMS,从技术吸纳的角度建立非专有的开放系统规范,并对开放式系统方法加以确认。JAHUMS的模块化开放式结构,辅之以适当的商务机制,将为军用和民用HUMS吸纳新技术提供极好的机会,同时可降低成本。JAHUMS对于民用和军用飞机都是很有吸引力的。

美国空军建立了新一代歼击机F22、JSF的PHM项目。PHM系统通过数据收集与信息管理,充分将传统的故障征兆检测技术和先进的软件建模技术相结合,完成故障的检测和隔离,同时预测关键部件的剩余有效生命周期。机上PHM信息的处理与管理可提高飞行员故障发生时的应变及处理能力,并以无线方式向地面传输健康/故障信息,帮助机上正确判定和处置异常情况,使地面在飞机着陆前做好相应维护保障的准备。

与国外HUMS研究现状相比,在民用固定翼飞机中,目前一般采用中央维护系统CMS记录分析故障数据,为维护人员提供整理过的故障报告,帮助其定位到LRU。该系统对飞机故障维修方面的贡献仅在于记录各分系统的故障数据,用于飞行后分析,不能实时分析和预测故障,完成飞机健康与使用状况的监控。

3 CMS 概念

JAHUMS和PHM构想的引入将使CMS概念得到发展更新。CMS概念主要具有以下特点:

(1) 健康监控

早期CMS在健康监控方面仅检测飞机部件和航空电子系统的故障,提供故障检测和诊断数据,提供维修指南,以提高飞行安全性;后期CMS则需监测部件和航空电子系统的健康/故障状况,对潜在问题/故障进行早期预测。

(2) 使用状况监控

早期CMS在使用状况监控方面功能相对简单,仅局限于飞机飞行日志;后期CMS则需监测管理部件的使用状况,根据其计算部件的剩余寿命

及其使用性, 将使用状况方面的监控进行到寿命部件的更换管理。

(3) 监测数据

早期 CMS 得到的监测数据大部分仅以数据的形式表示; 而后期 CMS 得到的监测数据是以信息的形式表示, 更有利于维护。

4 CMS 的主要目的及功能

使用 CMS 的主要目的可归纳为下列三个方面:

- (1) 提高飞机安全性;
- (2) 降低维修成本;
- (3) 提高使用率。

CMS 的应用可使飞行员/维护人员快速获取飞机健康/故障状态, 为飞行员/维护人员提供行动指南, 减少维护人员维修时间, 减少故障发生率。

在飞机发生灾难性故障前进行早期预报, 据此制定或修改维护计划, 减少计划外维护工作和维修开销, 减少飞机故障发生率。

CMS 的主要功能可概括为:

- (1) 监测;
- (2) 故障诊断;
- (3) 趋势分析;
- (4) 故障预测;
- (5) 显示/记录;
- (6) 维修指南。

5 CMS 组成

5.1 CMS 基本结构

CMS 基本结构如图 1 所示。

CMS 由三部分组成:

- (1) 机上 CMS 系统 OCS (Onboard CMS);
- (2) 地面站 CGS (CMS Ground Station);
- (3) 便携式维护检索终端 PMAT (Portable Maintenance Access Terminal)。

便携式维护检索终端 PMAT (Portable Maintenance Access Terminal)。

CMS 软件驻留在相应部分实现相应功能。

5.2 OCS

OCS 位于模块化综合航空电子系统 IMA (Integrated Modular Avionics) 中, 采用模块化开

放式系统结构, 按功能模块可划分为 CMM、控制显示单元 (CDU) 和数据传输单元 (DTU) 等部分。OCS 中的各个功能模块, 共享一个公用的处理器进行运算, 一个共用的数据存储器存储数据, 并且通过一个共用的数据下载中介向地面站传送数据。

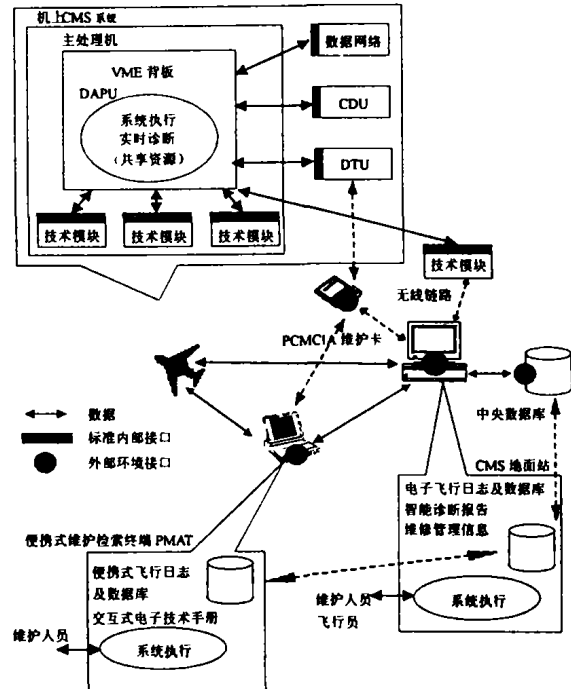


图 1 CMS 基本结构

(1) CMM

CMM 负责完成信息的采集与监控处理。

CMM 的信息采集功能通过传感器和机内自检两个途径获取飞机健康信息 (包括故障信息和故障预测有关的信息)。传感器多用于监测机械部件 (如发动机系统等), 它产生的模拟信号一般需要经过预处理 (调理、放大、模数转换) 转变成为数字信号; 机内自检用于航空电子设备的监测, 其结果通常为代码或数据。

CMM 的信息监控处理功能负责对飞机在整个飞行过程中各部件的运行情况进行实时监测, 对获取的飞机健康信息采用飞机健康模型技术、故障诊断技术和人工智能技术等进行分析处理, 分类分级后提供给不同的对象, 并对运行情况进行实时控制。当飞机发生需要做出紧急处理的故障或问题时, 调用适当的处理预案, 进行应急处理 (如向飞行员告警, 由飞行员进行人工干预和紧急处理; 向

地面站告警,接受地面支持等)。DAPU 的功能实现离不开数据共享,IMA 中应有数据共享区(如含有可加载诊断信息数据库)。

(2) CDU

CDU 负责提供机上健康信息的显示,提供告警、注意、提示和建议等信息。

(3) DTU

DTU 负责完成数据加载与飞机健康信息的传输。

数据加载功能包括软件版本的升级与重新安装、用户可更改表/文件的加载和数据的传输。

DTU 可用于将飞机有关健康信息保存到 PCMCIA 维护卡中。该 PCMCIA 维护卡为大容量数据存储单元,具有 PCMCIA 接口,用于保存飞机健康信息,飞行后提供给 CMS 地面站进行飞行后分析,包括检查飞机部件运行趋势或超标警戒情况,确定飞机部件健康状况,使维护人员在硬件故障导致飞机功能失效前对特定的部件制订维修服务计划,减少计划外维护工作和维修开销。

DTU 也可将飞机健康信息发送到 PMAT,供维修人员的外场维修。

5.3 便携式维护检索终端

便携式维护检索终端(PMAT)是飞机维修人员配备的便携式维修助手。飞机着陆后,维修人员可将该次飞行的飞机健康信息下载到 PMAT 中进行检查。PMAT 中的软件具有对健康信息的辅助分析处理能力,为外场维修提供指南。

5.4 CMS 地面站

CMS 地面站(CGS)是飞机地面管理中心的一部分,负责对飞机健康信息进行综合管理,包括对飞机进行故障诊断、分析和预测,根据诊断和预测的信息制定下一步的维修方案和维修计划。另外,还可根据维修中反馈的信息,修改诊断结果和补充维修要求,以保证飞机维修的质量。

CMS 地面站必备要素应包括基于计算机工作站的专家系统和完善的中央数据库。

专家系统是计算机辅助诊断技术、人工智能技术等的结合,该系统不仅要能对飞机飞行时监测的健康/故障数据进行诊断和分析,还要对飞机的健康

状态进行预测,确定健康状态,制定维修计划。

中央数据库包括数据库和知识库两大类。数据库存储飞机维修工程所需的飞机部件设计数据、飞行日志、部件维修履历与健康信息、飞机维修技术资料以及维修计划等;知识库提供专家系统需要的关于飞机的健康模型、故障辞典、诊断知识与经验、维修方法/方案等方面的知识。

此外,飞行重建模块技术的应用可将存储下载的飞行数据进行 2D 和 3D 的图形化飞行重放,从而提高了维护人员的飞行故障诊断能力。

6 数据网络

CMM 与机载航空电子系统的通讯通过飞机数据网络 AND (Aircraft Data Network) 完成;与不在 AND 网络上的子系统 (ARINC 429 接口、离散量接口、串行数据接口) 通讯由 IMA 模块完成。

7 技术模块

技术模块的应用可充分体现 CMS 模块化开放式系统结构的优越性。CMS 系统采用模块化标准开放式接口,技术模块供应商负责技术开发,与 CMS 集成商只交换非专有数据,这种方式旨在允许第三方供应商将各自的技术融入改进的 CMS 系统中,有利于技术吸纳和系统升级。

当一个新的技术需要采纳或系统升级时,可采用技术模块的方式进行论证、试验、使用及验证。以下试举例加以说明。

(1) 发动机自动诊断维修数据处理技术模块

可建立基于知识的发动机诊断模型,通过利用已有的 CMS 传感器数据和专家系统知识库,对发动机故障做出诊断,以此来优化发动机故障寻踪与修理工作。

(2) 智能监控传输技术模块

用于 CMS 得到的飞机健康/故障数据直接从飞机传送到地面站,而无需飞行员将 PC 卡步行送往维修检查。该技术模块也可提供飞行中检测出问题自动呼叫地面提前准备维修设备的方法。

8 关键技术

(1) 监测技术

监测技术用于对部件的工作状况进行监控,如振动监测技术、使用寿命监测技术、传感器信号调理技术、实时信号和数据处理技术、数据分析与融合技术、自检测技术等。

(2) 故障诊断技术

故障诊断技术用于对故障的诊断、隔离,包括故障模式及识别技术、故障分析与定位技术、动部件损伤趋势分析技术等。

(3) 故障记录与告警技术

故障记录与告警技术用于对故障的处理、记录及告警。

(4) 故障预测技术

故障预测技术用于对部件的故障预测,包括人工智能技术、神经网络技术等。

(5) 地面站专家系统技术

包括计算机辅助诊断技术、人工智能技术、神经网络技术、数据库管理技术、数据通讯技术、飞行重建模块技术等。

9 建议

(1) 消化吸收国外有关 CMS 和 HUMS 的发展状况、系统设计思想等资料;

(2) 积极借鉴国外 JAMUS、PHM 的构想探索适合我国的 CMS 体系结构;

(3) 充分利用已有成熟技术和在研技术,积极开展 CMS 技术论证;

(4) 进行模块化设计及通用接口设计方法研究;

(5) 充分利用新技术,积极采用商用货架产品(COTS)技术。

10 结束语

国外航空HUMS 产品的开发与应用表明,飞机健康与使用状况管理对保障飞机飞行安全和改进航空维修起着重要作用。

由于科学技术的飞速发展,使得我国具备了更好的条件和基础去研究开发适合于我国军用和民用飞机的 CMS 系统。因此,在未来机型模块化综合航空电子系统中支持飞机健康与使用状况监控是完全必要和可行的。

参 考 文 献

- [1] Barry L. Ferrell. Air Vehicle Prognostics & Health Management[C]. IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2000.
- [2] Amit Mathur, Sudipto Ghoshal, Deepak Haste. An Integrated Support System for Rotorcraft Health Management and Maintenance[C]. IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2000.
- [3] Brian Larder, Hesham Azzam, Charles Trammel, Gerald Vossler. Smith Industries HUMS: Changing the M from Monitoring to Management[C]. IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2000.
- [4] A.M. Vollebregt, R.C. Ost, J.C. Donker. Enhancing Diagnostics Through the Visualization of Air Vehicle Data[C]. IEEE AUTOTESTCON, 2003:708-712.
- [5] Robert Hess, Alan Due, David Kogut. The IMD HUMS as a Tool for Rotorcraft Health Management and Diagnostics[C]. IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2001.

[收稿日期] 2005-03-07

[作者简介] 赵瑞云(1969—),女,硕士,高级工程师,毕业于上海交通大学仪器工程系。现从事航空电子综合信息管理与处理研究工作。