

机电系统维护信息传输架构及方法研究



杨涛^{1,2,*}, 王燕娜², 刘世前¹

1. 上海交通大学 航空航天学院, 上海 200240

2. 航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 本文针对机电系统维护信息传输管理的需求, 设计出机电系统维护信息传输架构及信息传输处理方法, 实现系统的维护信息有效传输管理。以某型飞机为技术研究平台, 建立机电系统维护信息传输架构, 利用该架构完成维护信息具体传输技术的设计验证, 建立适合新一代飞机机电系统维护信息管理体系构型, 最终形成一套机电系统维护信息传输架构方案。

关键词: 机电系统; 传输架构; 设计验证; 体系构型

中图分类号: V241.9

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.01.004

飞机机电系统包括飞机液压、舱门、起落架、环控、电源、燃油、防火和防除冰等子系统。在早期的飞机上, 各子系统都是各自独立运行, 完成各自的数据及信息处理, 并通过各自专有的数据传输路径与机组人员或地面维护人员进行信息交互, 造成机上系统的数据传输关系复杂, 维护效率低下。当前, 国内外先进飞机(如波音 787、A380、C919 等)机电系统采用综合化设计, 基于多路数据传输总线和分布式计算机架构实现对机电系统进行控制和信息的综合。与之适应, 机电系统维护也向数据分布式采集、综合诊断、总线传输、信息大容量存储、信息数据库等方向发展^[1-4]。

当前论述机电系统的数据采集、故障诊断逻辑算法等方面的文章较多, 故本文不作赘述。本文重点针对机电系统维护信息的传输架构和具体的维护信息传输实现方法进行研究。

1 需求分析

飞机机电系统涉及电、液、气、热、机械等多专业领域, 各子系统交联关系复杂, 同时与航电系统、飞控系统也有大量信息交联, 机载设备数量众多、故障模式繁杂, 维护人员的维护难度和工作量巨大。

随着机载设备可靠性的不断提高和机上测试诊断能力

的不断完善, 当前飞机的维修体制已由基层级、中继级和基地级维修的三级维修体系向基层级和基地级两级维修体系转变, 由定期维修向视情维修、自主保障转变, 这就要求飞机能够快速、准确、便捷地向地面维护人员提供维护信息以缩短维护时间、提高维护维修效率。因此针对机电系统维护信息传输架构和方法进行研究十分必要。

对操作人员的实际使用、系统的实际运行场景进行分析, 提出机电系统的维护信息传输管理设计有以下需求:

(1) 随着飞机的系列化发展、系统及机载设备的更改完善、各类加改装项目的实施, 机上的机载设备不可避免地会出现多状态、多版本同时存在的状态。这使得机载设备的技术状态管理会更加困难, 给维护人员进行飞机维护增加了难度, 维护人员在维护过程中一旦出现状态错用, 可能会造成极其严重的后果。因此需要研究一套能够有效进行机载设备技术状态管理的系统及架构, 使维护人员能够实时掌握机上设备的技术状态。

(2) 机电系统机载设备数量众多, 如何能够使维护人员快速进行机载设备的健康状态判断, 对于提高飞机的维护效率至关重要, 因此需要设计一套地面测试管理架构及流程, 维护人员可以在机上进行设备的健康状态检测操作, 快速定位故障并对设备进行替换。同时该架构及流程能够柔

收稿日期: 2019-09-16; 退修日期: 2019-10-02; 录用日期: 2019-10-23

*通信作者. Tel.: 029-86832240 E-mail: yangtao111223@163.com

引用格式: Yang Tao, Wang Yanna, Liu Shiqian. Research on maintenance information transmission architecture and method of mechatronics system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(01): 34-38. 杨涛, 王燕娜, 刘世前. 机电系统维护信息传输架构及方法研究[J]. 航空科学技术, 2020, 31(01): 34-38.

性适应系统的变化,避免随着系统机载设备数量的变换而出现颠覆性的反复。

(3)机电系统故障条目多、类型繁杂,但这些故障信息是系统进行持续优化设计的重要依据,同时大量的历史故障数据也是系统的重要技术数据资源,对系统进行故障趋势判断、健康管理设计及深度数据挖掘等意义重大。在飞机的实际外场使用过程中,由于数据记录的缺失,故障信息没有被妥善保存,致使具有重要利用价值的故障数据资源被丢弃。因此有效地进行机电系统的故障数据传输、管理、记录,对系统进行故障数据积累很有必要。

本文以某型机为例对机电系统的维护信息传输架构及具体方法进行论述。

2 系统维护信息传输架构

某型飞机由机电管理计算机、机电数据总线、通用接口数据采集装置和其他少数独立的控制装置共同构成机电综合控制与管理架构。通用接口数据采集装置和独立的控制装置完成传感器信息的分布式采集及预处理,并将信息通过机电总线上传至机电管理计算机,由机电管理计算机完成系统信息的综合处理,并通过航电总线与航电系统和飞控系统进行数据互联,通过航电系统实现系统的显示、告警等功能。

在系统架构方面,机电管理计算机采用时空分区的操作系统,在正常控制、指示与告警功能外,单独设置维护管理分区^[5]。由维护管理分区完成与维护信息相关的功能处理,并将维护信息通过航电总线上传至中央维护系统,向维护人员进行信息提示。该架构考虑了维护管理功能与系统控制、显示等主功能的资源及信息共享,提高资源利用率。同时与主功能进行了隔离,不影响主功能的正常执行。机电系统维护信息传输架构如图1所示。基于本文第一节的需求分析,进行了机电系统的软硬件版本管理、地面测试管理和故障信息传输处理功能设计。

3 详细实现原理

3.1 机载设备的技术状态管理

机电系统各设备的技术状态管理包含设备的软硬件版本管理,处理流程如图2所示,具体过程如下:(1)机电管理计算机实时将下游设备的最新通信在线状态发送给中央维护系统^[6];(2)中央维护系统根据设备通信在线状态,向机电管理计算机发送该设备的软硬件配置信息请求命令,由机电管理计算机下发至下游对应设备;(3)下游设备接收到

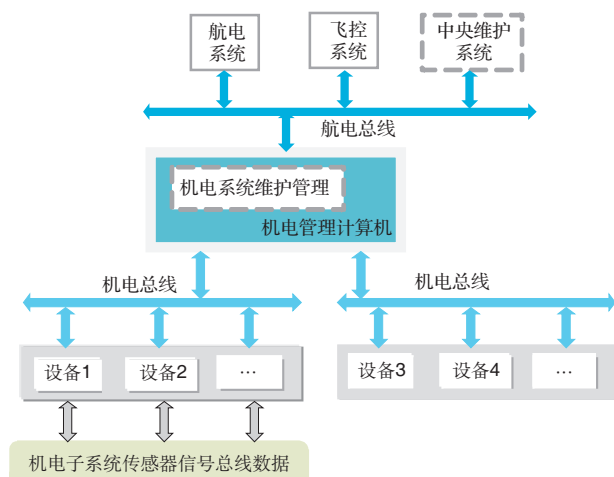


图1 系统维护信息传输架构图

Fig.1 System maintenance information transmission architecture

配置请求命令后,将自身的软硬件信息通过总线上报至机电管理计算机,机电管理计算机负责完成对所有机电系统下游设备的综合软硬件版本管理,并与上游的中央维护系统进行指令和信息交互。

在飞机上电过程中,由于各设备的上电时机、工作模式并不完全相同,因此统一在同一时刻去获取所有设备的软硬件信息十分困难,机电管理计算机作为信息传输的中枢环节,不能简单地直接转发中央维护系统的命令,需要根据下游所有设备的工作特性建立机电系统软硬件版本管理时序流程。当机电管理计算机收到上游中央维护系统下发的软硬件信息发送命令后,根据内部加载的软硬件版本管理时序流程分时控制下游设备上报软硬件信息,从而实现所有机电系统的综合软硬件版本信息管理。

3.2 测试管理

地面测试功能由操作人员人工启动,机载设备在进行地面测试功能时,对自身设备的运行状态进行自激励检测,并向操作人员报告自身的测试状态信息,从而指导操作人员进行维护维修。机电管理计算机执行机电系统地面测试功能,设计地面测试流程如下:

(1) 操作人员在地面根据中央维护系统提供的界面,根据需要对机电系统中某一子系统下发地面测试命令,由中央维护系统通过航电总线下发至机电管理计算机。机电管理计算机转发至下游设备。

(2) 下游设备接收到机电管理计算机的命令后,根据自身的实时工作状态进行响应,并向机电管理计算机进行

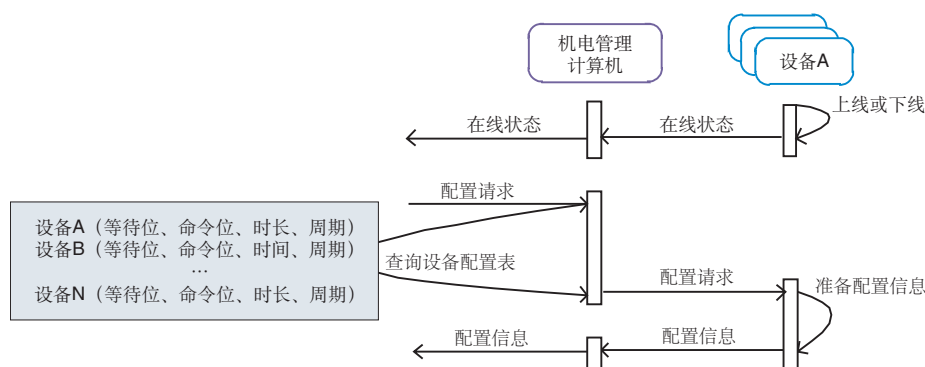


图2 软硬件版本管理流程

Fig.2 Software and hardware version management process

状态回复。如果下游设备自身状态不满足进行地面测试条件,回复禁止,如果可以进行地面测试则回复进行中,机电管理计算机将接收到的下游设备的反馈信息实时上报给中央维护系统和操作人员。

(3) 在下游设备执行地面测试过程中,如果接收到停止命令或由于设备自身状态需要停止测试,则直接停止测试并向机电管理计算机上报测试停止。如果测试完成,向机电管理计算机发送测试结果。机电管理计算机将接收到的信息上报给中央维护系统和操作人员^[7,8]。地面测试管理流程如图3所示。

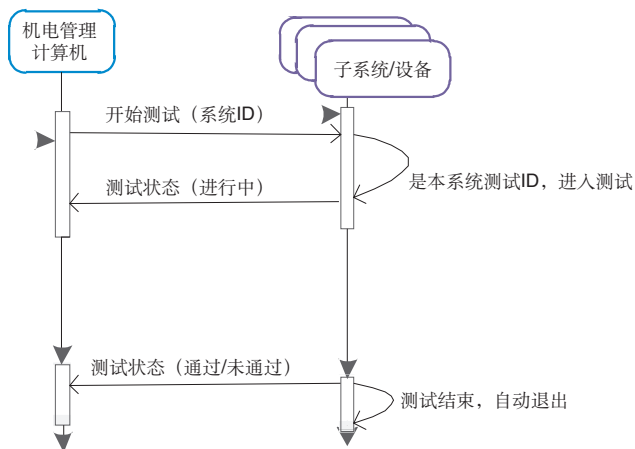


图3 地面测试管理流程

Fig.3 Ground test management process

机电系统下游子系统多,可对每个子系统设备固定ID编号,机电管理计算机在向下游设备发送指令时,附加地将对对应子系统的ID号同步发送给下游设备,下游设备对收到的指令进行判断,只有满足协议要求时才对指令进行响应,提高系统的容错能力,该方法为各机电子系统综合测试提

供了统一的管理方案。

3.3 故障信息传输处理

机电系统全机分布,涉及的子系统、机载设备、传感器、作动器、元器件、零部件等非常多。对应的故障信息也就非常多。据统计,飞机机电系统故障信息可以占全机故障总数的2/3以上。需要制定一套标准规则将机电系统的所有故障信息高效地上报至中央维护系统。首先按照燃油、供电、液压、环控等子系统,分类建立各子系统故障信息库,每条故障设有唯一的故障标识ID,每条故障ID与中央维护系统数据库中的故障码对应;为节省总线资源,当故障信息变化时,机电管理计算机同时将故障ID、对应的发生次数和当前的故障状态上报给中央维护系统,由中央维护系统作为终端记录。故障传输处理流程如图4所示。

4 验证

在工程上,对本文所述的机电系统维护信息管理系统进行了实验室验证试验和机上使用验证试验。在实验室试验中,采用航电系统仿真设备模拟航电系统人机交互,对系统的软硬件版本管理、地面测试管理和故障传输处理功能进行了验证。在机上使用验证过程中,操作人员在驾驶舱按照飞机实际使用过程进行了软硬件版本管理和测试管理过程使用操作。验证结果表明,系统试验效果良好,可有效指导维护人员的使用。

5 结束语

本文围绕机电系统的维护信息传输与管理,论述了机电系统综合维护管理信息传输架构,并进行了系统的软硬件版本管理、测试管理及故障传输处理等功能设计。通过

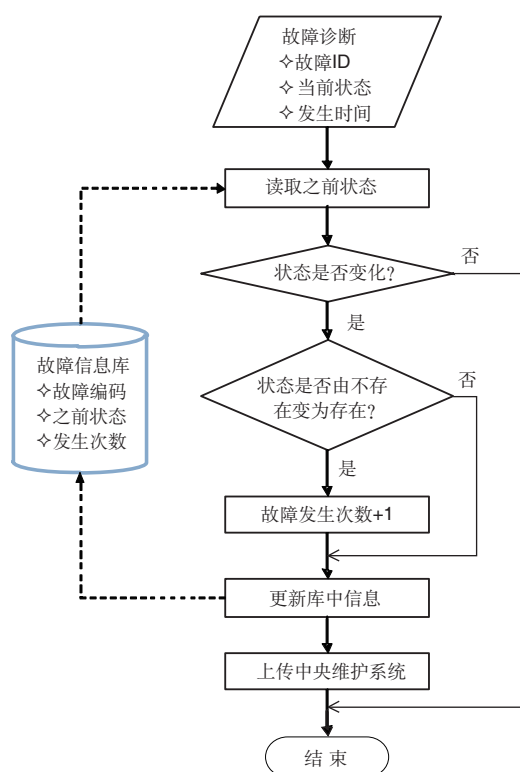


图4 故障处理流程

Fig.4 Fault handling process

工程验证,满足了用户对飞机机电系统维护管理的需求,提高了维护效率,降低了维护成本,同时具有良好的扩展性。对国内飞机机电系统的综合维护管理设计有一定的借鉴意义。

AST

参考文献

- [1] 李春雷. 一种分布式机电综合管理系统架构研究[J]. 数字技术与应用, 2017(4):1.
Li Chunlei. Research on a distributed mechatronic integrated management system architecture[J]. Digital Technology & Application, 2017(4):1.(in Chinese)
- [2] 郭生荣. 航空机电系统综合技术发展分析[J]. 航空科学技术, 2013(5):8-13.
Guo Shengrong. Analysis of the development of the integrated technology of avionics system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2013(5):8-13.(in Chinese)
- [3] 聂同攀, 梁伟. 基于模型的飞机机电综合管理系统设计应用研究[J]. 航空科学技术, 2017(6):78-82.
Nie Tongpan, Liang Wei. Research on the design and application

of aircraft electromechanical integrated management system based on model[J]. Aeronautical Science & Technology, 2017 (6):78-82.(in Chinese)

- [4] 王景霖, 林泽力, 郑国, 等. 飞机机电系统PHM技术方案研究[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(5):1-2.
Wang Jinglin, Lin Zeli, Zheng Guo, et al. Research on PHM technology scheme of aircraft electromechanical system[J]. Computer Measurement & Control, 2016, 24(5):1-2.(in Chinese)
- [5] 陈雯. 飞机机载维护系统的设计考虑[J]. 民用飞机设计与研究, 2015(1):91-92.
Chen Wen. Design consideration of aircraft on-board maintenance system[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2015 (1):91-92.(in Chinese)
- [6] 陈宁, 李向东, 赵根学. 机载嵌入式设备中故障管理机制的研究与实现[J]. 微电子学与计算机, 2018, 35(1):1-2.
Chen Ning, Li Xiangdong, Zhao Genxue. Research and implementation of fault management mechanism in airborne embedded equipment[J]. Microelectronics & Computer, 2018, 35(1):1-2.(in Chinese)
- [7] 刘志越, 宋东, 屈娟. 基于逻辑方程的飞机中央维护系统实时故障诊断方法[J]. 测控技术, 2017, 36(8):1.
Liu Zhiyue, Song Dong, Qu Juan. Real time fault diagnosis method of aircraft central maintenance system based on logic equation[J]. Measurement & Control Technology, 2017, 36(8):1. (in Chinese)
- [8] 王娟. 机载中央维护系统通信建模与实现[J]. 测控技术, 2015(5):137-138.
Wang Juan. Communication modeling and implementation of airborne central maintenance system[J]. Measurement & Control Technology, 2015(5):137-138.(in Chinese)

(责任编辑 陈东晓)

作者简介

杨涛(1987—)男, 学士。主要研究方向: 飞机电气系统设计。

Tel: 029-86832240

E-mail: yangtao111223@163.com

王燕娜(1985—)女, 硕士。主要研究方向: 飞机电气系统设计。

Tel: 029-86832648

E-mail: viena_1016@163.com

刘世前(1971—)男,副教授。主要研究方向:飞行动力学与控制,故障诊断与容错。

Tel: 021-34207967

E-mail: liushiqian@sjtu.edu.cn

Research on Maintenance Information Transmission Architecture and Method of Mechatronics System

Yang Tao^{1,2,*}, Wang Yanna², Liu Shiqian¹

1. School of Aeronautics and Astronautics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

2. AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: Aiming at the requirement of maintenance information transmission management of mechanical and electrical systems, this paper designs the maintenance information transmission framework and information transmission processing method of mechanical and electrical systems, and realizes the effective transmission management of maintenance information of the system. Taking a certain type of aircraft as the technology research platform, the maintenance information transmission architecture of electromechanical system is established, and the design verification of the specific transmission technology of maintenance information is completed by using this architecture. Establish a new generation of aircraft mechanical and electrical system maintenance information management system configuration, and eventually form a set of mechanical and electrical system maintenance information transmission architecture scheme.

Key Words: electromechanical system; transmission architecture; design and verification; architecture

Received: 2019-09-16; Revised: 2019-10-02; Accepted: 2019-10-23

*Corresponding author. Tel. : 029-86832240 E-mail: yangtao111223@163.com