

现代民用飞机液压系统软件设计

周艳丽*

中国商飞上海飞机设计研究院, 上海 201203

摘要: 首先概述软件功能、安全性需求与系统需求的追溯性关系, 然后对先进民机液压系统中的软件功能进行了分类描述, 最后讨论了液压系统机电综合化发展的趋势。随着现代民机自动化程度的提高, 完善液压系统软件对提高飞机在民机市场的竞争力有重要意义。

关键词: 民用飞机; 液压系统; 软件设计; 监测控制; 机电综合; 健康管理

中图分类号: TP302.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5458 (2014) 02-39-3

液压系统是以油液为工作介质提供动力及使用液压力完成各种操纵的系统。随着机载计算机技术、控制技术的发展, 液压能源从传统的机械系统向机电综合化发展。实现监测、控制和管理等功能综合将对液压系统设计起着巨大的推动作用, 这些功能都是由软件来实现的。主机厂在选择系统供应商的时候, 供应商软件开发、验证的经验和能力也是一个重要的考量因素。

1 软件需求与系统需求关系

机载软件预期的功能是实现分配到软件的系统需求和为了实现上述系统需求而衍生出的软件需求。因此, 在设计软件之前要保证系统需求和软件需求相一致。

液压系统工程师根据客户需求、工业标准和开发经验确定系统需求, 对软件产品所在的机载设备进行系统分析, 以确定软件的需求。为了保证在整个软件生存周期中合理地实现与安全性有关的要求, 系统需求主要应包括软件等级及确定等级的资料、失效状态及其类别、分配给软件的有关功能。

利用软件生存周期过程提供的信息, 系统的初步安全性评估过程要确定软件设计和实施对系统安全性的影响, 软件的安全性等级是通过失效状态对故障树顶事件的危害度来确定的。另外软件开发阶段产生的衍生需求必须反馈到安全性评估过程进行评估。如果软件部分的异常状态引起多个失效

状态, 那么部件的最严重的失效状态类别决定了软件部件的软件等级。

2 液压系统的软件功能

2.1 系统分析

当前主流液压能源系统元件主要包括发动机泵、电动泵、油箱、能源转换装置、油滤、蓄压器、液压阀、热交换器、压力传感器、温度传感器、油量传感器等。

现代民机典型液压能源系统需要用软件来实现的功能可以分为下面四个模块, 软件框图如图1所示。

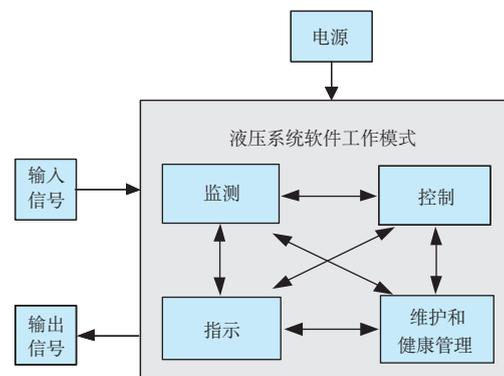


图1 液压系统软件框图

Fig.1 Software block diagram of hydraulic system

收稿日期: 2013-12-12; 录用日期: 2014-01-06

*通讯作者. Tel.: 18501676229 E-mail: zhuyanli@comac.cc

引用格式: ZHOU Yanli. Software design of civil aircraft hydraulic system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(02):39-41. 周艳丽. 现代民用飞机液压系统软件设计[J]. 航空科学技术, 2014, 25(02):39-41.

- 1) 监测模块:用来监测液压系统,提供状态数据;
- 2) 指示模块:用来处理液压系统的机组警告信息;
- 3) 控制模块:实现液压系统电控元件的自动控制功能;
- 4) 维护和健康管理模块:维护功能记录系统故障信息;健康管理模块能够对液压系统的健康状况做出预测。

上述液压系统软件四个功能模块中监测、指示、维护和健康管理模块处理结果都需要在驾驶舱作为机组警告、简图页、机载维护系统信息显示。

2.2 监测和指示模块

先进飞机要求对液压系统工作状态进行实时监控,一旦出现故障,应能够及时发现,并采取相应措施。国外许多先进的民航客机如波音757、波音767、波音747-400、A320、A310等通过EICAS(发动机指示和机组警告系统)向机组人员显示飞机发动机和其他系统运转情况。机组警告信息通常以文字列表的形式分级显示在EICAS显示屏的一侧,发动机与液压等系统关键数据页面显示在EICAS的另一侧。

监测模块数据以简图页形式显示,采用彩色显示提供鲜明的视觉警告^[1],液压简图页数据至少应包含液压系统的油温、压力、油量、防火切断阀状态信息,还可以包含各种泵和管路等的状态信息。

指示模块数据通过机组警告信息按不同的等级设计成不同的颜色显示,用来引起机组对液压系统异常的注意,并且需要机组采取适当措施。

液压系统过热信息应该设置成最高级别机组警告信息,并设置语音和灯光提示,需要机组立即做出修正或者调整。

系统压力低、某单个泵压力低、系统高温、泵不能卸荷、防火切断阀失效和软件控制通道故障等信息一般设置为警戒级别信息,需要机组立即意识到有问题并随之采取补偿措施。

某系统低油量、泵失效、传感器失效等一般设置为提示级别信息,需要机组意识到系统有问题,并不需要采取措施。

液压系统各软件模块之间的设计应该保持一致。如当某液压泵发生故障时,机组警告信息会显示某液压泵故障,简图页也应改变颜色表示泵的故障状态,机载维护系统应记录该故障信息。

2.3 控制模块

实际的飞机构型之间可能存在轻微偏差,最常见液压控制面板位于飞机顶部板,控制面板上设置自动控制和手动控制切换开关。手动控制功能可以在试验、维护或者自动控制功能失效的时候备用,这能够降低控制模块软件的级别,从而降低软件开发的成本。

控制模块主要对液压电控元件进行操纵,模块内设置了每个被操纵元件的控制逻辑,输入信号为液压能源系统和元件参数及飞机状态参数,经逻辑判断,若某液压电控元件的输入信号符合预定逻辑,则控制模块输出操纵信号,对该元件实施操纵。

液压系统控制逻辑功能相对简单,主要可以设置对液压系统备用泵启停(电动泵或者能源转换装置)、泵的卸荷、防火切断阀、油箱放气等的自动控制。

2.4 维护和健康管理模块

先进飞机中多采用功能强大完善、先进的工作状态显示和故障监控技术,可以快速确定故障位置,将故障定位到具体的液压附件、电线或者软件通道等,大大缩短维修工作量^[2]。

目前因为可靠性、重量、成本、技术成熟度等因素,故障诊断和健康管理技术并没有在民机设计中广泛使用。故障诊断与健康管理能够实现从基于传感器的反应式事后维修到基于智能系统的先导式视情维修的转变,使飞机能诊断自身健康状况,在事故发生前预测故障。

波音公司开发了飞机健康管理系统,该系统可以实现将收集数据、通信链路、数据存储以及高级诊断和预测演算法组合在一起的三步飞机健康管理战略。空中客车公司也开发了相应的系统实现对空客A380关键结构健康状态的在线实时监测。

液压系统是飞机的能源系统,在飞机设计时对液压系统的可靠性、维修性及环境条件等有严格的要求,因此其故障预测与健康管理具有很重要的理论与工程应用价值^[3]。

3 机电系统综合

传统的机电系统是通过各自独立的控制器和I/O来实现对系统的控制以及与其他系统的信号互联。譬如国产ARJ21-700飞机液压系统自动控制功能采用了独立控制器。

液压能源系统在波音787和A350等飞机上均按照IMA(Integrated Modular Avionics)架构进行了综合,在E170/190和C系列飞机上也有综合在综合管理系统的经验^[4]。机电综合控制系统是在机电一体化的基础上,通过对综合处理机及数据总线等先进技术的应用,对飞机上各机电子系统进行综合控制和统一管理,大量减少系统线性可更换单元的数量,有效减轻飞机重量,降低飞机布线复杂性,提高系统可靠性和飞机维护性,降低维护成本^[5]。

液压系统作为典型的机电系统,其系统功能需求均可在机电综合平台下实现。液压系统软件功能相对简单,对于机电综合技术实现风险较小,系统安全性要求不高,可以带来较大

的系统减重和安全性的提高,因此,对液压能源进行综合是十分有必要且切实可行的。

4 结束语

现代民用飞机典型的液压系统软件包括检测、指示、控制、维护和健康管理模块,可实现多种功能的综合。完善液压系统软件功能,提高软件设计安全性,加强液压系统的机电综合,可以减轻系统重量,简化飞行员操作程序,提高飞机在民机市场中的竞争力。

AST

参考文献

- [1] 桂建勋. 发动机指示和机组警告原理及应用[M].北京:中国民航出版社,1994.
GUI Jianxun. The Principle and Application of Engine Indication and Crew Alerting System[M]. Beijing: Civil Aviation Administration Press of China,1994. (in Chinese)
- [2] 飞机设计手册总编委会. 飞机设计手册(第12册)[M].北京:航空工业出版社,2000.
Aircraft Design Manual Committee. Aircraft Design Manual (12th volume). Beijing: Aviation Industry Press, 2000. (in Chinese)

- [3] 赵四军, 王少萍, 尚耀星. 飞机液压泵源预测与健康管理系统[J].北京航空航天大学学报,2010,36(1):14-17.
ZHAO Sijun, WANG Shaoping, SHANG Yaoxing. Prognostics and health management system of hydraulic power supply [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 36 (1): 14-17.(in Chinese)
- [4] 王晓梅. 民用飞机系统机电综合的发展[J].科技创新导报, 2011,(32):93.
WANG Xiaomei. Development of civil aircraft integrated mechanical and electrical system[J]. Science and Technology Innovation Herald,2011,(32):93.(in Chinese)
- [5] 伊恩·莫伊尔,阿伦·西布里奇. 民用航空电子系统[M]. 北京: 航空工业出版社, 2009.
Ian Moir, Allan Seabridge. Civil Avionics System[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2009. (in Chinese)

作者简介

周艳丽(1983—)女,硕士,工程师。主要研究方向:民机液压系统设计。
Tel:18501676229
E-mail: zhouyanli@comac.cc

Software Design of Civil Aircraft Hydraulic System

ZHOU Yanli*

Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201203, China

Abstract: This article summarized the traceability relationship between software requirements and system requirements, and then described functions of the advanced civil aircraft hydraulic system software which trends the subsystem of integrated electrical mechanical system. Along with the increasing demands in the civil aircraft automatic level, improving the hydraulic system software functions can advance the aircraft's competition ability in civil aircraft market.

Key Words: *civil aircraft; hydraulic system; software design; monitoring and control; integrated electrical mechanical; health management*

Received: 2013-12-12; Accepted: 2014-01-06

*Corresponding author. Tel. : 18501676229 E-mail: zhouyanli@comac.cc