

大型飞机全机线缆自动化检测技术研究

党晓娟*

中航飞机股份有限公司 西安飞机分公司, 陕西 西安 710089

摘要: 介绍了目前国内外各机型采用的整机线缆检测的现状、工作方法及存在的问题, 结合大型飞机全机线缆点数多、检测周期长、检测难度大等特点, 研究了系统组成、工艺插头转接器应用、线缆故障自动检测等技术, 分析了其工艺性和工作效率, 提出了适用于大型飞机的全机线缆自动化检测技术, 为加快我国大型飞机生产效率、提高检测质量提供参考。

关键词: 大型飞机; 线缆检测; 自动化; LRU; 工艺插头转接器

中图分类号: TM93 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2016) 07-0044-04

飞机制造是一项复杂的系统工程, 在制造过程不同阶段中逐步装配结构、电气、机电、液压等系统, 并需要对这些系统进行调试检查。而对于电气部分(线缆、线束等)的检测是飞机各部件、总装整机阶段必不可少的一项重要工作。电气部分检测主要是针对导通性能和绝缘性能的检查^[1]。

在国外, 随着计算机控制技术和集成检测技术的飞速发展, 将飞机制造数字化装配、自动化检测推向了一个新的发展阶段。空中客车集团、波音公司、洛克希德·马丁公司等领先的航空制造企业, 在全机线缆检测方面已经不再采用人工方式完成, 高效、快捷、更为可靠的全机线缆自动化检测技术被广泛采用。如 A400M、F-22、F-35 等军用飞机和波音 787、空客 A-350、A-380 等民用飞机在总装配检测站位都采用自动化手段完成全机线缆的导通、绝缘检查。采用自动化检测可以对全机线缆的导通、断路、短路、串接进行集成检测, 判断线缆网络连接的正确性和全机线缆故障, 如短路、断路、错接、漏接、多接、不正确等信息, 可以加快检测速度, 提高检测可靠性, 避免人为差错。

在国内, 线缆集成检测技术在 ARJ21 等型号上也陆续开始使用, 因这些机型都属于中小型飞机, 测试点数相对较少, 采用的整机线缆检测是基于使用工艺转接电缆的方法, 工作量和工作效率相对能够接受。

国内正在开展的大型飞机研制(大型飞机指的是起飞重量超过 100t 的运输类飞机和载客数超过 100 人以上的客机, 包括军民用大型运输机和民用大型客机)因检测点数多、分散等特点, 如果采用传统基于转接电缆的线缆集成检

测方法, 工作效率极其低下。通过对大型飞机全机线缆自动化检测技术的研究, 在总装配检测环节上实现适用于大型飞机特点的数字化、自动化检测技术, 能够极大地缩短大型飞机的总装配周期, 并显著提升产品质量。

1 目前国内各机型线缆集成检测的方法及问题

目前, 国内飞机线缆导通/绝缘检查主要以人工测试为主, 其缺点主要有:

- (1) 低测试效率以及低速率, 一架飞机的测试要花费很长时间。
- (2) 人工测试方法面对巨大的工作量, 容易导致疲劳、错误或故障, 不能形成一个完整的体系, 且无法追溯质量测试报告, 质量控制手段落后。
- (3) 人工测试仅能检测开关/短路情况, 不能在完整线缆网络中检测出回路损坏、短路、错误连接以及其他故障。
- (4) 不能快速、准确判断单线对其他线或者接地的绝缘(线间绝缘)。

近年, 全机线缆自动化检测手段也在逐步推广应用。对于点数相对较少(2 万点以内)的中小型飞机, 采用全机线缆集成检测是基于全部使用工艺转接电缆的方法, 工作量和工作效率相对能够接受。

我国正在研制的大型飞机(如 C919 飞机等)线缆检测工作的特点:

- (1) 全机检测点数多, 检测周期长
- 欧洲台风战斗机的全机线缆集成检测现场布置大量的

收稿日期: 2016-06-08; 退修日期: 2016-06-10; 录用日期: 2016-06-20

* 通讯作者: Tel.: 029-86844292 E-mail: dangxiaojuan0902@163.com

引用格式: DANG Xiaojuan. Research on automatic cable test technologies on large aircraft [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27 (07): 44-47. 党晓娟. 大型飞机全机线缆自动化检测技术研究 [J]. 航空科学技术, 2016, 27 (07): 44-47.

工艺转接电缆(该型机的测试点数不超过2万点)。但对于大型飞机来说,测试点数是台风战斗机的2倍,测试方案如果仍然采用传统的测试方案则是不可取的,转接电缆的存取管理和设计制造成本以及测试准备阶段的工作量都非常巨大。据统计,4万点的转接电缆(拣选、上机、连接)至少需要3天时间,工作量和工作效率均无法接受,欧洲台风战斗机全机线缆集成检测现场如图1所示。

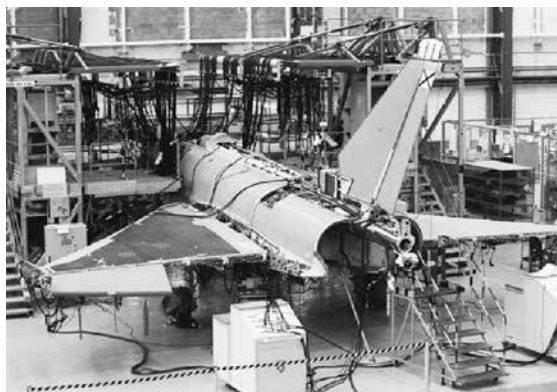


图1 欧洲台风战斗机全机线缆集成检测现场图

Fig.1 The eurofighter typhoon whole machine cable integration testing scene graph

(2) 整机检测点分布范围广且分散,检测难度大

全机检测点数分布范围遍布整个机身段和机翼,尾翼部位、发动机短舱也有覆盖。检测过程中距离较远,易造成检测错位,如果全部采用转接电缆连接测试点的方法费时费力。

(3) 电子设备集中放置

大型飞机因安装空间相对充裕,可以集中设置电子设备柜/设备架用以集中安装、放置计算机类的电子设备。在狭小空间内电子设备的集中放置对该区域的线缆检测带来困难。如果全部采用转接电缆的测试方案,会造成局部检测电缆数量多,极易造成电缆连接错误和电缆的损坏,同时给工艺转接电缆安装、分解造成困难。

上述关于大型飞机线缆检测工作的特点决定了其线缆集成检测的手段和方法必须进行创新研究,设计更适用于大型飞机的检测方案。

2 大型飞机全机线缆自动化检测技术的思路 and 核心技术

为了解决大型飞机点数多、分布广、工作量大、检测难度大的问题,与国内普遍采用的全部基于工艺转接电缆的线缆集成检测方法不同,大型飞机全机线缆自动化检测技术的设计思路是:通过工艺航线现场可更换单元(LRU)转接,实现LRU线缆集成检测,最大程度地实现工艺转接电缆的通用性,

大大减少工艺转接电缆的数量和体积。另外,通过电缆插头转接器的大量使用,大大减少工艺转接电缆的数量,提高工作效率和质量。其检测工作过程为:从接线图、电缆制造图中梳理出线缆检测的针脚关系(导通表)并输入系统检测数据库。使用工艺检测设施(工艺LRU、工艺转接电缆、电缆插头转接器)将全机线缆与检测设备连接起来,通过程序自动控制实现线缆导通、绝缘检查、耐压检查、总线检查并对故障智能定位。

2.1 系统组成

大型飞机全机线缆自动化检测系统的组成包括:主控单元、分布式测试箱、转接电缆、工艺LRU、工艺插头转接器、测试工装。

主控单元是全机线缆自动化检测系统的控制核心,它主要包括工控计算机、各种输入输出的板卡、显示器、操作设备、各种测试仪器、电源组件、数据库、测试应用软件等。主要完成功能:接受操作人员的指令,调用测试数据库,执行测试程序,完成测试结果输出及上传,提供错误告警信息,根据故障库对比给出故障分析结论^[2-4]。另外,数据库的维护等基础准备工作也由主控单元中完成。

分布式测试箱是由继电器板卡组成,其主要完成功能:接受主控系统的指令,根据指令接通相应的测试点与系统中任意指定的测试点。将线缆的2个端点接入主控系统测试仪中进行测量,可实现一点对多点的同时操作,可以提高测试效率。

转接电缆的数量由测试点数的多少决定,一般数量非常大。转接电缆操作、保存、拣选是否便捷,是自动测试系统成败的关键。对于点数巨大(一般超过4万点)的大型飞机整机线缆来说,转接电缆的数量最小化和轻量化设计是要解决的首要难题^[5]。

2.2 在设备集中放置的区域采用工艺LRU进行转接测试

飞机上计算机类设备传输信号和设备连接器针数较多,机箱一般为ATR或MCU标准的机箱,其中,ATR和MCU是国际上常用的机载设备标准,连接器为美国航空无线电公司(ARINC)标准的矩形连接器,通过托架安装在设备柜/设备架等部位,安装时将设备推进托架锁紧就安装完成,安装方便,可靠性高。

目前,航空机载电子成品大多采用标准机箱,使用与机载成品外形及接口相同的检测LRU,并安装在原有成品的位置,一端与机上真实电缆完成对接,一端与工艺转接电缆对接,完成线缆的导通和绝缘检查,从而实现工艺转接电缆的标准化和盲插功能,并增加了检测设备的使用寿命。工艺LRU的外形尺寸及机械接口均与机载LRU一致,内部为开关矩阵,代替测试箱和工艺转接电缆与被测电缆直接相连,

减少工艺转接电缆的数量和尺寸;工艺 LRU 之间直接采用控制总线连接,工艺 LRU 与主控单元之间直接用控制总线连接,通过主控单元控制工艺 LRU 内部的矩阵开关,实现每根导线与系统的连接。图 2 为工艺 LRU 示意图。



图 2 工艺 LRU 示意图
Fig.2 Process LRU schematic

2.3 在末端成品插头处采用工艺插头转接器

工艺插头转接器采用二极管、电阻为核心原件将相邻、相近的线束连通,在进行电缆自动化测试时,通过正反 2 次导通即可验证连通的 2 段线路的通断性能。将同一个被测电缆端头中 2 根原本没有导通关系的导线通过电阻和二极管相连,使其正向导通,反向不通,从而实现 2 根线路的同时导通。图 3 为工艺插头转接器示意图。

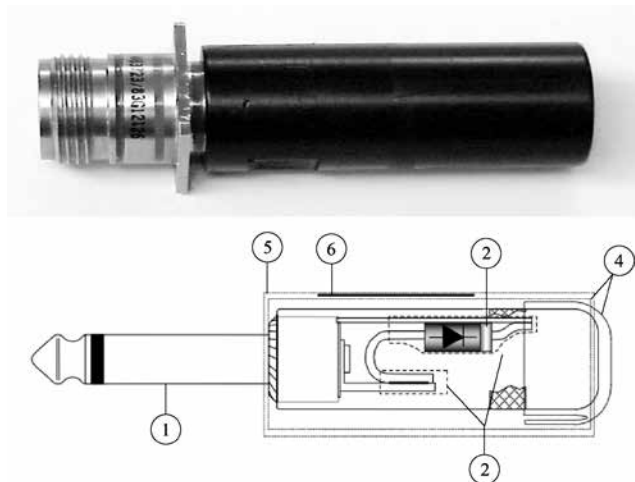


图 3 工艺插头转接器示意图
Fig.3 Technology of electrical connector schematic

工艺插头转接器一般应用于飞机上空间开阔、连接器点数较少情况,如果使用转接电缆会因为长度太长造成极其不便的情况。主要用于传感器、阀和作动器等测试,达到大量节省工艺转接电缆、减轻工作强度、加快检测效率的目的。

2.4 采用分布式测试架构

对于大型飞机全机线缆测试点数多、分散的情况,将全机按部件、段位划分为 8 组测试单元,采用分布式测试架构。

分别在驾驶舱左、驾驶舱右、客舱前、客舱后、左机翼下、右机翼下、左右主起落架、尾翼下共 8 个区域布置测试终端,就近与机上电缆对接。图 4 为飞机客舱分布式测试资源布置示意图。每组分布式测试箱通过总线串接,最后整体接入主控单元。这种根据飞机测试特点采用分布式测试结构的方法,通过合理的区域划分和布置,可以有效缩短工艺转接电缆的长度,连接也更加简单便捷。

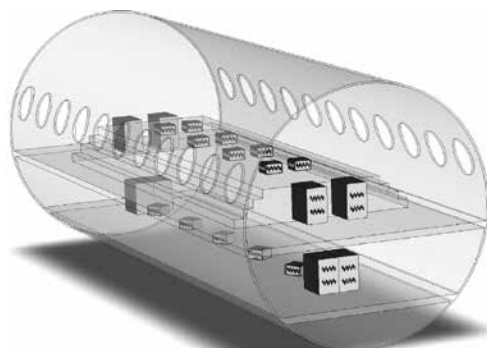


图 4 飞机客舱分布式测试资源布置示意图
Fig.4 Aircraft cabin distributed test resources arrangement diagram

2.5 工艺转接电缆的智能管理

对于工艺转接电缆的存放、拣选均采用智能化管理的方法。每一束工艺转接电缆均有唯一的身份识别芯片(电缆 ID),通过射频识别(RFID)技术的应用识别电缆 ID,并控制智能存取柜上的 LED 灯指示目标电缆存储位置。使用智能存取柜,上传存储信息至主控单元中,核查、分析存储情况并控制系统的其他操作;按存储区域识别,对存放不合格、未存放、存放位置错误等情况进行报警提示。在与飞机上的工艺 LRU 对接时,同等规格的电缆可以实现盲插拔,通过电缆 ID 自动识别并与相连接的工艺 LRU 建立测试对应关系,大大提高检测准备阶段的效率和工作质量。

2.6 线缆故障自动检测

线缆故障自动检测的原理是:主控单元根据检测要求,通过接口和信号源,对被测组件 X(被测组件导通状态矩阵)施加激励 U(被测组件导通激励矩阵)。组件 X 在激励 U 作用下产生相应 Y(被测组件导通相应矩阵),通过相应输入电路和接口输入主控单元。主动单元中的故障分析软件对 U、X 和 Y 进行分析,即可判断故障的性质和部位。基于此原理,使用 PC 机、故障检测仪、转接电缆和测试软件即可搭建起线缆故障自动检测的软硬件。可以对线缆导通状态进行检测,发现短路、断路、错线、搭地等故障,并确定其部位。通过主控单元的软件控制,实现检测故障模式下的故障定位^[6]。

3 结束语

本文介绍了目前国内外各机型线缆检测的现状和所采用的整机线缆检测工作方法及存在的问题,重点针对之前全部采用工艺转接电缆进行全机线缆检测的方法进行分析,提出了基于工艺LRU、工艺插头转接器应用的思路,以简化、减少工艺转接电缆。并对测试系统布置、转接电缆管理、测试故障定位等方面进行研究,总结出适用于大型飞机的全机线缆自动化检测技术,对于加快我国大型飞机生产效率、提高检测质量有深远的意义。后续对大型飞机全机线缆自动化检测的详细实施方案,还需结合各机型特点进行详细制定。

AST

参考文献

- [1] 李苹慧,林辉. 航空整机线缆自动测试系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (4): 789-791.
LI Pinghui, LIN Hui. Design of automatic testing system for whole plane aviation cable [J]. Computer Measurement & Control, 2010, 18 (4): 789-791. (in Chinese)
- [2] 罗孝兵,赵转萍. 航空电缆故障自动检测集成系统[J]. 工业控制计算机, 2003, 16 (3): 5-7.
LUO Xiaobing, ZHAO Zhuanping, Integrated system of automatic fault diagnosis for aerial cables [J]. Industrial Control Computer, 2003, 16 (3): 5-7. (in Chinese)
- [3] 郑叔芳. 计算机辅助测试[M]. 北京: 航空工业出版社, 1992.
ZHENG Shufang. Computer aided test [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 1992. (in Chinese)
- [4] 苏建军,郑永丰,于功敬,等. 便携式电缆测试仪的设计[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (11): 1585-1588.
SU Jianjun, ZHENG Yongfeng, YU Gongjing, et al. Design of portable cable tester[J]. Computer Measurement & Control, 2006, 14 (11): 1585-1588. (in Chinese)
- [5] 蔡军,张婵. 基于工控机的航空电缆通用测试系统[J]. 工业控制计算机, 2007, 20 (5): 46-47.
CAI Jun, ZHANG Chan. The aviation cable universal test system based on industrial PC [J]. Industrial Control Computer, 2007, 20 (5): 46-47. (in Chinese)
- [6] 杨盈. 智能型电线电缆的绝缘电阻与通断关系测试仪的研制[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
YANG Ying. Intelligent electric wire electric cable insulation resistance tester is the development of the relationship with on and off [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2007. (in Chinese)

作者简介

党晓娟(1982—)女,学士,工程师。主要研究方向:飞机总装配与测试。

Tel: 029-86844292

E-mail: dangxiaojuan0902@163.com

Research on Automatic Cable Test Technologies on Large Aircraft

DANG Xiaojuan*

AVIC Aircraft CO., Ltd. Xi'an Branch, Xi'an 710089, China

Abstract: Introduced the present situation of cables test technologies used on multiple models of aircraft worldwide, including test methods and problems. Combined with cables test characteristics in the final assembly line of large aircraft including vast test points, time consuming, difficult to test. Researched the composition of test system, selection of electrical interface connectors, technologies for automatic fault locating. Analyzed and evaluated the usability and efficiency and come up with the cables test solution for large aircraft final assembly section, contributed to the acceleration of production and quality of inspection in our country's large aircraft manufacturing industry.

Key Words: large aircraft; cables testing; automation; LRU; technology of electrical connector

Received: 2016-06-08; Revised: 2016-06-10; Accepted: 2016-06-20

*Corresponding author. Tel.: 029-86844292 E-mail: dangxiaojuan0902@163.com