

法国通用自动测试平台 ATE 发展综述

Development of French Universal Automatic Test Equipment (ATE)

北京长城航空测控技术研究所(100022) 蔡小斌 王红
中国航空工业第一集团公司科技发展部(100712) 王宏伟

【摘要】论述了法宇航 Aerospatiale Matra 从“协和”飞机着手开展自动测试技术研究以来的发展状况,介绍了军民通用的 ATEC 6 系列和军用的 SESAR 3000 系列自动测试平台的体系结构及应用。在当前发展测试技术大好环境下,对如何借鉴国外成功经验,提高我国通用测试技术水平和能力提出几点建议。

关键词: 可测试性, 测试标准, 自动测试平台, 测试程序集, 测试体系结构

Abstract: The development of Aerospatiale Matra from setting about studying the automatic test technique for “Concord” airplane to now is expatiated, the architectures and applications of ATEC series⁶ used for civil and military and SESAR 3000 used for military are introduced. Several proposals which are about how to use the successful experiences of other countries and improve level and ability of our country’s universal test technique are provided.

Key words: testability, test standard, automatic test equipment, test program set, test architecture

通用自动测试技术由于快速可靠、机动灵活、高效低费,已成为国际航空和武器装备测试的主流技术途径。法宇航作为目前世界上著名的民用 ATE 供应商和欧洲最大的军用 ATE 供应商,30 年来研制生产了一系列通用测试平台,在自动测试领域走出了一条自主研制开发同时又与国际标准、规范接轨的成功之路。1993 年法宇航推出 ATEC 6 系列通用自动测试平台^[1],该测试平台目前已在空中客车飞机、波音飞机、法国战斗机、欧洲战斗机等 30 多种飞机的 LRU 测试中得到应用。所研制的 SESAR 3000 系列通用自动测试平台除用于战斗机检测外,还可对武装直升机、坦克和导弹等武器系统进行检测。法宇航用两种平台解决了军机、民机和多种武器系统的通用测试问题,其组织、先进的管理经验和务实的技术途径受到国际社会的广泛关注。本文结合对法国的技术交流、培训和技

术合作,全面介绍了法宇航通用测试技术的发展现状。

1 法宇航通用测试技术发展概况

1.1 发展历史

法国宇航公司本身是飞机、导弹和航空电子设备生产商,几十年来该公司与其商业伙伴共同设计、开发并生产了协和飞机、空中客车飞机以及多种军用飞机,并为这些飞机提供主要的电子设备。70 年代,由于研制超音速“协和”客机的测试需要,法宇航开始为飞机和航空电子设备产品研制生产测试和维护测试的通用自动测试平台。

经过 10 年的探索,80 年代初,法宇航推出了第一代通用自动测试平台 ATEC 1000,此后又连续研制开发了 ATEC 2000、ATEC 3000 以及 SCAMP I。80 年代末至 90 年代初,法宇航采用 VME 总线、ATLAS 语言和模块化体系结构继续改进原有的通用测试平台,推出了 ATEC 4000、ATEC 5000、SCAMP III、SCAMP IV,开发了 SESAME 系列产品 SESAME 1600、SESAME 1700、SESAME 2600 和用于法国国内军用测试的 SESAR 400、SESAR 200,以及一些专用测试平台,如 DIADEME、THERAPIE、TSN1、TSN2 等。在 ATEC 家族中,在国际上得到推广应用的是 ATEC5000,它具有资源完备、通用、模块化、符合航空联合会标准等高性能。

根据军用和民用领域用户对测试平台标准化、模块化和经济可承受性的要求,在总结经验和教训的基础上,法宇航自 1991 年开始研制出新一代自动测试平台——ATEC 6 和 SESAR 3000 系列,它与以前的通用自动测试平台的最大不同之处在于采用了国际测控领域流行的 VXI 总线硬件结构和 SMART 标准体系。SMART(standard modular avionics repair and test system)的内容涉及 ATLAS 测试程序的开发、ATE 配置定义、人机界面、软件工具等,符合 ARINC 608A 硬件标准、ATLAS 626(民用)或 ATLAS 716(军用)语言及 ARINC 627 程序结构等标准。由于采用模块化设计思想,ATEC 6 和 SESAR 3000 系列构成了一个可根据用户要

求灵活配置软硬件结构的通用自动测试平台。ATEC 6 和 SESAR 3000 系列允许新的测试程序添加到测试程序集(TPS)软件包中,拥有综合 TPS 库。

ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的外观分别见图 1、图 2。



图 1 ATEC 6 系列



图 2 SESAR 3000 系列

SESAR 3000 系列除可对电子设备进行测试外,还可满足复杂武器系统中光电、红外、激光等特种军用设备的测试。它的主要用户是法国军方,它基本上覆盖了法国所有军用战斗机、坦克、导弹、武装直升机的测试,至今法国政府还不允许法宇航出口该类测试平台,但 SESAR 3000 系列的基本配置和工作原理与 ATEC 6 系列相同。

经过 30 年的发展,法宇航目前形成了两个通用自动测试平台:ATEC 6 和 SESAR 3000 系列,它们的测试范围非常广泛,覆盖了空中客车、波音、麦道、福克等多种民用客机、阵风、EF2000、超军旗、CH47、TIGER 等战斗机以及舰载机、武装直升机、坦克、导弹等。法宇航的通用测试技术已发展到多种型号在一个平台上的横向集成测试,实现了军民两用和三军通用的发展目标。

1.2 测试管理体制和技术体制

法宇航对测试采取集中管理体制,下设有系统服

务和通信部进行集中管理,负责顶层决策、发展规划、计划管理、制定相关的技术政策和利益分配原则等。具体技术研发、生产、销售和售后服务则集中在系统服务和通信部下属的测试服务部(test & services)统筹实施。该体制在推行之初各方面的阻力都比较大,法宇航为解决“谁生产谁测试、谁使用谁测试”而造成的用户部门、设计部门、OEM 厂商和测试设备开发商都开发测试系统,导致 80 年代测试设备型号五花八门、品种繁多、测试费用庞大等问题,在制定利益分配原则上充分考虑到用户经济的可承受性,将总体设计部门对可测试性及测试大纲的制定、OEM 厂商对产品 CMM (component maintenance manual) 文件的提供、测试程序集开发、测试平台集成和 LRU/SRU 测试服务等各方面的利益加以权衡,使用户部门、设计部门、OEM 厂商和测试平台开发商都可从通用自动测试平台的开发和使用中受益,推动了集中管理体制的向前发展,从而使通用自动测试平台在国际民用航空测试领域占有 80% 的份额。

法宇航测试技术体制可用标准化、模块化、通用性和开放性来概括。

① 标准化。ATEC 6 和 SESAR 3000 系列通用自动测试平台完全参照国际四大标准体系进行研发和验证。涉及的四大标准体系有 MIL 标准体系,如 MIL-STD-2165A、MIL-STD-2077B 等;ARINC 标准体系,如 ARINC 608A、ARINC 625、ARINC 627 等;IEEE 标准体系,如 IEEE 1155、IEEE 488、IEEE 1149.5 等;IEC 标准体系,如 IEC 706、IEC 605 等。

② 模块化。模块化不仅是硬件模块结构,更体现在模块化的测试程序集 TPS 的软件结构上。以 ATEC 6 系列为例,其硬件模块类型最多也只有几十种,而 TPS 多达 4000 余种。

③ 通用性。ATEC 6 和 SESAR 3000 系列都是真正的通用自动测试平台,它们的可测信号包括模拟信号、数字信号、无线电信号、高频信号、光电信号、红外信号、视频信号、气压信号等,几乎涵盖了所有的电子设备,因此它们的测试对象非常广泛,可以对相应的 UUT 进行综合测试和最终的产品检测。ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的通用性表现在纵向和横向两个方面。

从纵向来看,以航空系统为例,ATEC 6 和 SESAR 3000 系列可以检测雷达、飞控、电子战、导航、显示、武器、任务管理计算机、电源、塔康和发动机等。

从横向来看,ATEC 6 和 SESAR 3000 系列不仅能够测试商用飞机和军用飞机的电子设备,而且可以测试安装在直升机、坦克、舰船、导弹、移动掩蔽所、导弹系统、武器系统等多种平台上的电子设备。ATEC 6 系列已广泛应用于空客系列飞机 A310~A340、ATR72、

Fokker100、MD11、MD90 和波音系列飞机 B727~B777 的综合测试。

④ 开放性。自动测试平台技术标准和规范都是透明的。硬件大部分选用 COTS (commercial off-the-shelf) 货架产品, 测试程序集可以由用户、OEM 厂商或系统集成商与测试平台开发商合作开发, 应用软件开发环境对设计部门、OEM 厂商及系统集成商开放, 确保了系统的开放性。

2 体系结构

2.1 测试过程

ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的测试与维护对象主要是现场可更换部件 LRU 或 SRU, 测试过程如图 3 所示。首先, ATE 对 LRU 进行过滤, 测试 LRU 的所有外部功能, 确定该 LRU 是否有问题, 如果无故障则直接返回现场备用, 如果有故障则进行下一步测试; 其次, 通过加入不同的输入信号和采集其相应的输出信号, 由 ATE 判断出导致 LRU 出故障的具体模块。ATEC 6 和 SESAR 3000 系列将故障定位到板级, 正确率可高达 95%, 有故障的 SRU 被好的 SRU 换下。这种检测过程不仅可保证滤出好的 LRU, 而且可以极大地缩短 LRU 维护时间, 减少备件的库存量, 节约维修费用。

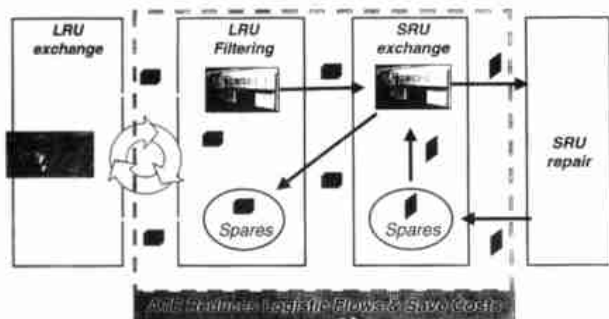


图 3 测试过程

2.2 体系结构

ATEC 6 和 SESAR 3000 系列测试平台都基于同一种体系结构, 见图 4。

测试控制计算机是一台 SUN 工作站, 运行 SMART 环境下编制的 ATLAS 测试程序。资源包括 VXI 资源和非 VXI 资源两大类。所有的 VXI 资源都插在 VXI 机箱中, 由零槽控制器通过 VXI 总线加以管理, 不同的 VXI 机箱之间则通过 MXI 总线相连接, VXI 机箱与测试控制计算机 TCC 之间通过 MXI 总线连接。各非 VXI 资源通过 GPIB(IEEE 488)总线与 TCC 相连。

TCC 采用最新的 SUN SPARC 工作站, 它使用 SOLARIS 操作系统, 提供高级图形功能, 如由 MOTIF 驱动的 X-Window 界面。

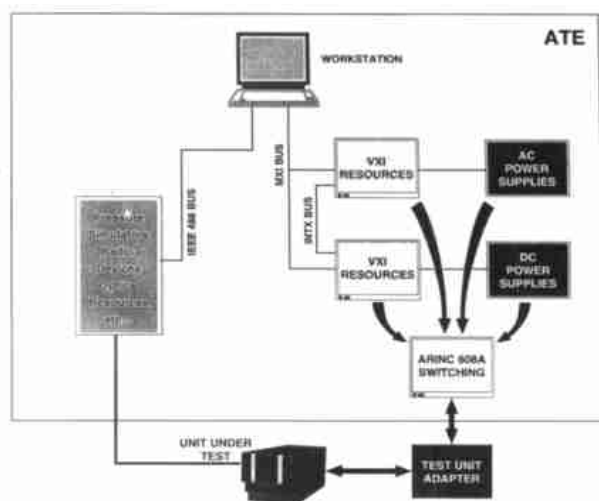


图 4 体系结构

源、多功能信号发生器/仿真器、测量设备、开关单元、数字设备和压力设备。其中最重要的设备是开关单元。

开关单元是一个继电器集合, 它在测试平台资源和测试单元适配器之间提供连接, 同时提供开关使用户可以通过软件对信号进行切换, 从而可满足一台 ATEC 可测试多种 UUT 以及一个 TUA(test unit adapter)可适用于任何其他 ATEC 的要求。开关单元完全遵从 ARINC 608A 标准, 它是使 ATEC 成为通用测试平台的核心组件之一。标准的开关单元机箱最多可容纳 21 个 C 尺寸开关模块, 这 21 个模块按功能可分成 7 类: 总线矩阵模块、资源分配器模块、资源接口模块、源开关模块、电源开关模块、同轴开关模块和离散逻辑模块。

3 系统软件

ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的系统软件是根据模块化的原理而设计的, 它主要由两部分组成: 基于 SOLARIS 操作系统的标准 SUN 环境, SMART 系统软件及其相关软件工具, 见图 5。

测试控制计算机采用 SOLARIS 操作系统, 它提供包括设备驱动程序和 OpenWindows 工具的完整的 UNIX 系统。在操作系统之上, 法宇航开发了 SMART 操作系统接口 SOSI(SMART operating system interface), 它在合适的 SMART 处理器和 TCC 操作系统之间提供连接。SOSI 是使 ATEC 的系统软件及其测试程序可移植的软件核心之一。

SMART 系统软件提供了含语法分析器的 ATLAS 编辑器、ATLAS 编译器、可将 ATLAS 模块与非 ATLAS 模块加以连接的 ATLAS 连接器, 以及其他先进的软件工具。法宇航专门开发了新一代系统的图形界面 WINGS (windowing interface for the new generation systems), 所有 SMART 的操作函数都可通过 WINGS 得到,

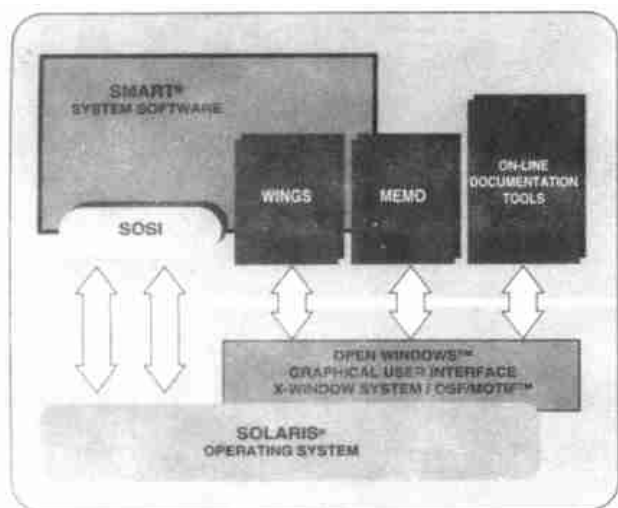


图5 系统软件

应用软件开发者在 WINGS 平台上用 ATLAS 语言开发相应的测试程序 TPS。

为了简化 LRU 的测试管理, ATEC 提供了设备维护组织记录 MEMO (memento for equipment maintenance organization)。MEMO 为所测试的 LRU 提供故障报告、测量偏差、故障分析、测试延续时间、测试人、以及数据处理等相关记录。

ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的软、硬件关系见图 6。

4 建议

发展通用自动测试平台是降低军工产品全寿命周期测试成本、提高测试性能、测试效率和测试质量的有效途径。

由于国内基础技术储备不足, 如可测试性设计技术研究、测试标准建立与宣传贯彻、测试软件开发和系统集成技术研究等诸多方面与国外的差距较大, “十·五”期间首先要加强顶层设计、统筹规划、合理部署和

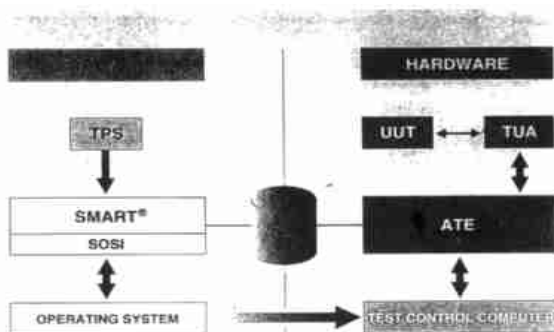


图6 ATEC 6 和 SESAR 3000 系列的软、硬件关系

协调工作。同时, 在技术上要加强预先研究和国际合作, 有效组织起国家队或行业队, 对通用自动测试平台关键技术进行重点研究, 以武器装备维护测试、研制试验测试、生产线产品测试为目标, 提高军工产品研制、生产和维护全寿命活动过程的整体综合测试能力。

参考文献

- 1 Mike Linton, Paul Charbonnier, Honeywell STS2000 and Aerospatiale ATEC Series 6 New Generation of Avionics Test Systems, AUTOTESTCONS '93, 595~600
- 2 Smith R S, Vahey W, Value Engineering Charge Proposals for the CASS, Issues and Solutions in Reengineering, AUTOTESTCONS '95, 1~13
- 3 Moore F, Dickson R and Kobata R, C-17 TPS Development Strategy, AUTOTESTCONS '95, 410~419
- 4 Michel Courtois, Jean Pouilly, Integrated Diagnostic for New French Fighter, AUTOTESTCONS '92, 425~433

作者简介: 蔡小斌, 男, 1957 年生, 教授, 中国航空工业第一集团公司试验技术专家组组长, 北京长城航空测控技术研究所总工程师。

王红, 女, 1969 年生, 博士, 高级工程师, 主要从事自动测试技术研究。

王宏伟, 男, 1964 年生, 高级工程师, 主要从事试验测试和技术管理。

(收稿日期: 2000—06) □

稀土永磁无刷直流无齿电梯曳引机技术通过鉴定

为适应商品楼宇对高、中档电梯日益增长的需求, 我国自行设计和制造的新型电梯拖动系统——稀土永磁无刷直流无齿电梯曳引机及拖动控制系统(技术), 近日通过由国防科工委主持, 由行业主管部门、高校和科研院所专家组成的技术鉴定委员会的技术鉴定。

目前电梯产品由于新技术的不断采用和发展, 更加安全可靠、快捷舒适、节能降耗。其中稀土永磁无齿直拖系统是当今世界各著名电梯公司竞相开发的技术, 成为电梯拖动系统的主要发展方向。

中国远望(集团)总公司宁波东方通用电气公司和北京

市电机总厂合作研制开发的稀土永磁无刷直流无齿电梯曳引机及拖动控制系统, 除计算机技术和电力电子技术融为一体外, 还将我国富有的稀土永磁材料制成新型电梯直拖电机和新型传感器、制动器等一系列新技术、新设计应用于 1.75m/s 的电梯的无刷直流无齿电梯曳引机及拖动系统上。该系统结构简单、安全可靠、动态性能优越、运行平稳舒适, 并且比传统拖动方式节能 20% 以上。

鉴定认为, 该系统达到和超过国家规定的有关标准, 在技术上处于国际先进水平, 并希望尽快商品化并投入市场, 以创造较大的经济效益。 □