

航天装备测试技术现状与发展

赵海清 王立勇 厉震儒

(首都航天机械有限公司)

摘要:航天装备测试技术是航天工程项目顺利实施的基础保证,其可靠性和高效性直接关系到任务的成功与否;针对航天任务高时效性、高可靠性、高环境适应性要求。文章系统分析航天装备测试技术在“快”、“全”、“稳”、“准”几个领域面临的挑战,然后从通用化、信息化、智能化方面对国内外航天装备测试技术发展现状进行梳理和分析。进行预测其发展趋势,即基于先进传感网络技术的高效全面检测、基于云技术和边缘计算的测试信息融合利用,以及融合大数据与人工智能的健康管理技术;最后,围绕测试体系标准化建设、数据智能应用、发展国产化航天装备测试系统等问题对我国航天装备测试领域发展提出几点建议。

关键词:航天装备测试;航天工程;健康管理;大数据;信息融合

前言

航天工程在政治、经济、社会方面影响巨大,是综合国力的重要体现。测试是航天工程项目实施的基础保证,它以航天产品为对象,开展状态、功能等测量与检查,并依据工程目标给出分析结果。

全球各航天强国和技术实体都高度关注航天装备测试技术的可靠性和高效性,积极开展测试新体系、新技术的探索应用。我国早已进入了高密度航天发射时期,多种新型号运载器和航天器的研制试验任务密集,测试工作量与日俱增、需求不断拓展。

1. 航天装备测试现状

1.1 国外航天装备测试现状

全世界范围来看,航天装备测试技术和测试系统最重要的进步可以概括为“三化”,即通用化、信息化和智能化。

(1) 通用化

国外航天装备测试主要思路是采用货架式商业产品进行组合与适应性开发,在统一标准、规范的指导下,尽可能使用通用硬件平台和可重用的软件模块。

肯尼迪航天中心的两个发射工位和火箭总装厂房,均采用通用信号调理放大器加 VME 总线设备的方式进行数据的采集;在各类运载器、航天器的测试中基于 VXI,PXI 等总线的通用设备均有使用,这些硬件多与 LabVIEW 软件相结合构建功能通用的数据采集系统。俄罗斯、欧空局、日本等主要航天国家或组织也大都采用类似测试架构。

(2) 信息化

在采用上述通用化测试架构的基础上,航天装备测试系统围绕测试信息处理构建测试体系,实现了将测试工作重心从以往的前端数据采集到后方信息综合分析利用的转移,充分利用新型现代信息技术完成了测试信息的判读、故障诊断等工作。

美国猎鹰 9 运载火箭的测试系统中,系统核心为测试与飞行数据评估中心。航天发射任务中,测试系统在 3 个不同地点的测试中,均要将数据汇集于数据评估中心完成处理,再将结果反馈于各系统,如图 1.1 所示。

(3) 智能化

运用深度学习和大数据分析等智能方法实现高效测试,也是当前航天装备测试领域取得的一个重要进展。日本 Epsilon

火箭建立了一套动态数据的趋势评估系统,将历次呈现良好状态的波形数据确定为正常数据,存储在数据库中,采用模式识别技术,将评估对象与正常数据进行核对,确定“正常”还是“异常”。如, NASA 运用 BIT 理念研制了一种将设备集成于被测对象的器件级电子装配维修系统,适合于航天器在轨故障的诊断和排除。

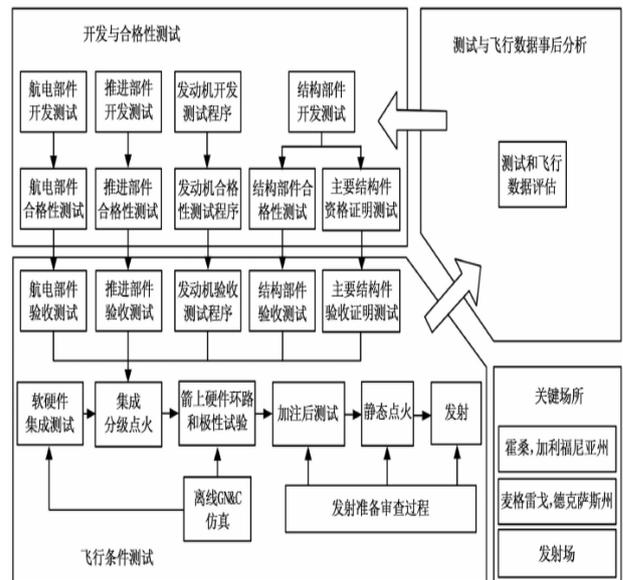


图 1.1 美国猎鹰 9 火箭测试系统与流程图

1.2 国内航天装备测试现状

经过多年的发展,我国成功研制了多代多类型航天装备自动化测试系统,形成了以计算机控制为中枢的自动化测试体系,逐步探索出以信息处理应用为主旨的智能化发展方向。主要表现在以下方面:

1)形成了航天装备测试体系的通用化发展共识,测试方法不断完善:

根据运载器和航天器测试的共性要求,优化了航天装备测试体制,在部分型号的分系统测试中实现了硬件灵活增减、软件按需调整的柔性配置;初步形成了基于总线技术的通用化测试体系。

2)开展测试一体化集成化设计,多功能多模式协同不断优化:

测试系统采用一体化设计,开展电测信号分类集成测试,从而具备了信号采集、发控配电、判读分析等功能,优化了测试系统整体效率。如,航天工程大学研发的远征上面级测发控系统,提出了基于协同控制的多卡多类信 n5 综合采集测试方法,集测试、发控功能于一体,测发效率显著提升。

总之,目前我国航天装备测试技术和系统基本能够满足特定型号任务需求,但也存在一定挑战和难题。首先是通用化测试标准尚未出台,专用航天装备测试系统类型繁多,测试系统设计协调面广,国产化软硬件应用不够广泛。其次,是测试有效性有待加强,存在“过测试”带来的测试效率低、保障需求高等问题,以及“欠测试”带来的测试覆盖性、可信性不足等问题。再次,是测试信息管理效率有待提升,海量异构数据共存,利用率不高,大数据、云计算平台应用不够深入。最后,是测试新技术应用偏于保守,测试信息分析、应用模式有待拓展,智能化技术应用不够广泛,故障溯源及决策支持水平有待提升。

2. 航天装备测试技术的发展趋势

未来航天装备测试技术的发展,一定是在以测试数据为中心的基础上,融人工智能技术、云计算、大数据等在新科技革命中闪耀着光辉的新技术,建成会学习、有经验、高效率的测试体系,研发可在复杂情况下自主应对突发、疑难故障的智慧型测试系统,实现对被测对象的快速、准确、全面、可靠测试。

2.1 基于先进传感网络技术的高效全面检测

对被测对象全方位的有效测试数据获取,是测试能力提升的基础,而先进传感网络、嵌入式传感器以及非接触测量技术的发展,可为测试数据的全面充分获取提供技术基础。

低耗能、小尺寸,并可以安装在表面或嵌入内部的分布式传感器网络,将会越来越多的把神经末梢深入到航天产品的结构细节中,和航天产品融为一体,更全面、更持久的从多个维度获取测试数据,实现测试覆盖的大幅度提升,也可以为未来航天产品的重复使用提供便利、可靠的检测手段。先进的传感网络,将成为未来智能化航天产品的主要技术途径。

2.2 基于云技术和边缘计算的测试信息融合利用

随着数据获取手段的提升,航天装备测试将会获得大量测试数据,仅单个测试系统的测试数据量将可达 1 Tbps 量级,这些数据具有异构、非标准、多来源、海量等特点。由于航天任务的特殊性,判断与处置的时机往往稍纵即逝,从而要求测试系统能够提供快速甚至实时准确的判读结果以辅助决策,并将数据进行统一可靠的存储以备不时之需。

2020 年,百度公司在北京试验的 Apoll. 无人汽车服务就是百技术和边缘计算结合的一个典型应用。

3. 相关建议和对策

通过对国内外现状以及发展趋势的分析梳理,我国在航天装备测试领域需要尽快开展以下几方面的工作。

1) 尽快统一航天装备测试体系和测试标准:

遵循测发控一体化设计规范,构建通用测试体系架构,加强前端边缘计算和后端云计算测试体系设计,制定航天装备测试的行业或国家军用标准,提升航天产品各阶段测试结果统一性和可信性。

2) 积极研究采用先进的无线测试技术:

万物互联是未来发展趋势,充分利用先进的无线传感器、物联网、无线远控技术等,借助无线广域网、高速 iG 等网络,简化测试接口,减少线缆布设,降低测试保障要求,提高测试效率。

3) 大力推进航天装备测试智能技术应用研究:

为提高航天装备测试的智能化,就必须加大前端测试信息的采集量,多方面发展基于数据驱动的测试技术。在 BIT 测试信息的基础上建立故障模型,是进行智能故障诊断、健康管理的基础;发展人工智能的多源信息融合技术,可以有效提取测试数据的特征信息。

4) 加快航天装备测试大数据中心和测试技术创新中心建设:

加快构建航天装备测试大数据中心建设,共享数据资源,开展数据挖掘研究,是提高航天装备测试效益的必经之路。同时,加快航天发射测试测控自动化技术创新中心建设,加强运载器测试发控自主管理与智能决策新技术研发平台、运载器和航天器集成健康管理系统等建设,也是提升航天装备测试技术水平进步的有力手段。

5) 坚定不移发展国产化航天装备测试系统:

当前,航天装备测试系统部分传感器、数据采集、核心控制器等器件国内没有替代品,国产操作系统配套的高吐能采集模块底层驱动缺乏,为确保在航天装备测试领域不被国外卡脖子,需要针对相关基础技术重点攻关,坚持走国产化、自主化发展之路。

参考文献

- [1] 北京航天计量测试技术研究所[J]. 红外与激光工程,2022,51(08):2.
- [2] 蒋婷,钟玉棠,于洪强,王春慧,陈晓萍,杨扬帆,周炳贤.面向航天应用的眼压连续监测技术研究[J]. 载人航天,2022,28(04):517-523.
- [3] 向超.通用测试技术助推测试系统快速设计[J]. 航天工业管理,2021(12):88-90.
- [4] 北京航天计量测试技术研究所简介[J]. 宇航计测技术,2021,41(06):2.
- [5] 任晖,李玉华,吴春婵,麦吉,李威.浅析航天计量器具的管理[J]. 宇航计测技术,2021,41(02):79-82.
- [6] 周学花.航天软件测试技术研究[J]. 北华航天工业学院学报,2020,30(06):17-19.