

云计算及其在测试领域的应用探索

肖明清, 杨 召, 薛辉辉, 唐希浪, 邓 俊

(空军工程大学航空航天工程学院, 陕西西安, 710038)

摘要 云计算是传统计算机技术和网络技术发展融合的产物,其核心思想是将大量用网络连接的计算资源统一管理和调度,构成一个计算资源池向用户提供按需服务。云计算的出现和快速发展为测试领域带来了新的机遇。首先介绍了云计算的定义和基本特征、服务模型及部署模型,划分了体系结构;其次从软件测试、硬件测试和自动测试系统 3 个方面,论述云计算在测试领域的应用需求及优势特点,给出一种基于云计算的自动测试系统架构方案;最后展望云计算在测试领域的应用前景,并提出了所面临的安全性、服务模式及适用范围等需要解决的问题。

关键词 云计算;软件测试;硬件测试;自动测试系统;应用探索

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2015.01.012

中图分类号 TP3-05 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2015)01-0050-06

Cloud Computing and Exploration of Its Application to Test Realm

XIAO Ming-qing, YANG Zhao, XUE Hui-hui, TANG Xi-lang, DENG Jun

(Aeronautics and Astronautics Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: Cloud computing is a syncretic development result of traditional computer technology and network technology, whose core idea is to manage and attemper huge computing resources linked by network and then provide services for users from computing resources pool. The birth and speedy development of cloud computing bring new opportunities to test realm, which is closely related to computer technology. This paper discusses the requirement of applying cloud computing to test from three aspects such as hardware test, software test and automatic test system, then presents an automatic test system architecture based on cloud computing. At last, the paper presents the expectation and the obstacle of applying cloud computing to test.

Key words: cloud computing; software test; hardware test; automatic test system; application exploration

云计算(Cloud Computing)是 2007 年第 3 季度诞生的名词^[1],它起源于 Dell 的数据中心解决方案、亚马逊 EC2(Elastic Computing Cloud)产品和 Google-IBM 分布式计算项目,它一出现就得到了产业界和学术界持久而广泛的关注。随着近几年云计

算技术的迅速发展与推广,它开始在各行业各领域得到应用,从电子商务、电子政务、智能交通到科学计算,从医药医疗、教育科技到金融能源,甚至在我国西北山洞里的铁路工人,也利用阿里云计算平台自主搭建了一个高效易用的文件签收系统^[2]。

收稿日期: 2014-06-16

作者简介: 肖明清(1963—),男,湖南常德人,教授,博士生导师,主要从事航空武器综合保障研究。

* **通信作者:** 杨 召(1990—),男,博士生,主要从事故障预测与健康管理研究, E-mail: yz1695@126.com

引用格式: 肖明清,杨召,薛辉辉,等. 云计算及其在测试领域的应用探索[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(1):50-55. XIAO Mingqing, YANG Zhao, XUE Huihui, et al. Cloud Computing and Exploration of Its Application to Test Realm [J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(1): 50-55.

测试是与计算机技术发展息息相关的领域,云计算通过互联网的计算方式为用户提供多种层次的服务,将其应用在测试领域,具有成本低、性能好、计算力强、存储空间大、访问便捷和方便群组协作等诸多优点,它为测试领域的发展带来了新的机遇。目前关于云计算在测试领域的应用研究尚处于起步阶段,且较多地集中于软件云测试^[3],针对硬件云测试的研究较少,基于云计算的自动测试系统也开始受到学者的关注^[4, 5]。

1 云计算概述

1.1 云计算的定义

云计算是网格计算、分布式计算、并行计算、效用计算、网络存储、虚拟化、负载均衡等传统计算机技术和网络技术发展融合的产物,其核心思想是将大量用网络连接的计算资源统一管理和调度,构成一个计算资源池向用户提供按需服务^[6]。云计算的最终目标,是将计算、服务和应用作为一种公共设施提供给公众,使人们能够像使用水、电、煤气和电话那样使用计算资源。

关于云计算的定义有多种说法,目前业界认可度较高的是美国国家标准与技术研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)的定义^[7]:云计算是一个模型,它可以让用户方便地、通过网络按需访问公共可配置资源池(如网络、服务器、存储设备、应用程序以及服务等),这些资源可以被快速地提供并发布,同时最小化管理成本或与服务提供商的交涉。

存在于服务器集群上的可通过网络访问的公共资源池,就是通常所说的“云”,它包括硬件资源(如服务器、存储器、CPU等)和软件资源(如应用软件、集成开发环境等)^[8]。当用户需要使用云上的资源或服务时,只需在本地客户端(台式计算机、笔记本电脑、掌上电脑和移动电话等)通过互联网发送请求信息,远程云服务器就会按需提供资源、服务并将结果返回到本地客户端。本地客户端只需要具备具有网络访问能力的用户交互界面,就可以方便、高效地获取云上近乎“无限”的数据存储、处理和计算能力。

1.2 云计算模型的组成

云计算模型由 5 个基本特征、3 个服务模型和 4 个部署模型组成^[7]。

1.2.1 云计算模型的基本特征

1) 按需自助服务:用户可以根据需求,在无需同服务提供商人工交涉的情况下,自动地、单方面地获取计算能力。

2) 广泛的网络访问:具有通过网络和标准机制访问的能力,可以使用各种各样的客户端平台促进对云的使用(如移动电话、便携式电脑和 workstation)。

3) 资源共享:提供商提供的计算资源被集中起来,通过一个多用户共享模型来为多个用户提供服务,并根据用户的需求动态地分配或再分配不同的物理和虚拟资源,而用户通常不需要控制或知道所提供资源的确切位置。

4) 快速的伸缩性:具有快速地、可伸缩地提供和发布服务的能力。在某种情况下,所提供的服务可以自动地、快速地收缩或扩展。对用户来讲,这种能力使提供的服务看起来是无限的,可以随时、不限量地拨付。

5) 可度量的服务:云计算通过在某些抽象层上改变可度量的能力,自动地控制、优化某种类型的服务所使用的资源(如存储、处理、带宽以及活动用户账号)。资源的使用情况可以被监视、控制和报告,为供应商和用户提供服务透明化。

1.2.2 云计算的服务模型

1) 软件即服务(Software as a Service, SaaS):用户可以使用运行在云基础设施上的应用程序功能。这些程序可以从各种各样的客户端设备访问,如通过简单的用户界面(Web 浏览器)或程序接口。

2) 平台即服务(Platform as a Service, PaaS):用户可以使用云供应商支持的开发语言、程序库、服务和工具开发出应用程序,发布到云基础架构上。

3) 基础架构即服务(Infrastructure as a Service, IaaS):向用户提供处理器、存储、网络以及其他基础计算资源,用户可以在上面运行任意软件,包括操作系统和应用程序。

从 SaaS、PaaS 到 IaaS 模型,用户在云上获得的控制权越来越多,而云供应商保留的控制权则越来越少。

1.2.3 云计算的部署模型

私有云(Private cloud):云基础架构被一个多用户的组织专用。

社区云(Community cloud):云基础架构被来自某几个组织的用户组成的特定社区所专用,这些组织有共同的关注点(如任务、安全需求、政策和一致的诉求)。

公有云:云基础架构开放地被一般公众使用,它被某个组织所拥有,并出售云服务。

混合云(Hybrid cloud):云基础架构是由 2 个或者 2 个以上不同的(私有云、社区云或公有云)组成,它们通过标准的或者特有的技术结合在一起。

1.3 云计算技术体系结构

图1,云计算技术体系结构分为4层:物理资源层、资源池层、管理中间件层和SOA(Service-Oriented Architecture,面向服务体系架构)构建层^[1]。

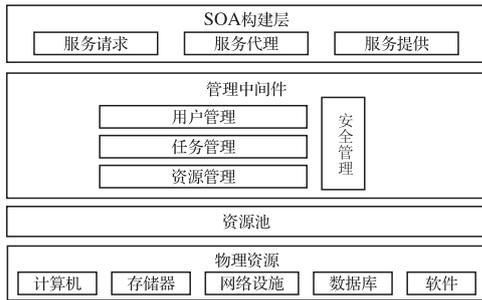


图1 云计算技术体系结构

Fig.1 Cloud computing technology architecture

物理资源层包括计算机、存储器、网络设施、数据库和软件等。资源池层是将大量相同类型的资源构成同构或接近同构的资源池,如计算资源池、数据资源池等。管理中间件层负责对云计算的资源进行管理,并对众多应用任务进行调度,使资源能够高效、安全地为应用提供服务。SOA构建层将云计算能力封装成标准的Web服务,并纳入到SOA体系进行管理和使用。云计算体系结构涉及了许多技术,其中以编程模型、数据管理技术、数据存储技术、虚拟化技术和云计算平台管理技术最为关键。

2 云计算与测试

2.1 云计算与软件测试

软件测试是保证软件产品质量的重要手段之一,它是指在规定条件下对程序进行操作,以发现程序错误,衡量软件质量,并对其是否能满足设计要求进行评估的过程。在软件测试的准备阶段,所需的资源并不都是现有的,每次需花大量的资金去搭建和拆除测试环境,如安装和配置服务器数据库、客户端及被测软件等^[9],这不但增加软件测试的时间、资金和人力成本,而且存在资源利用率低和管理复杂度高问题。对于中小型企业而言,如果没有足够的资金购买、搭建相应的软硬件环境,将会使有效的软件测试变得困难重重。

在云计算中,云供应商以按需租用的方式向用户提供SaaS、PaaS和IaaS3种层次的服务,这为搭建软件测试环境提供了极大的便利,使软件开发者无需以高成本购买、安装和配置本地测试环境。凡是软件测试中需要的软、硬件环境,都可以在云上搭建。利用云计算技术实现软件测试,不仅可以降低成本,提高测试效率,而且使性能测试更接近实际。

2.2 云计算与硬件测试

硬件测试是电子产品从研发走向生产的必经过程,也是决定产品质量的重要环节。硬件测试按照系统的复杂程度,一般可分为单元测试、集成测试和系统测试3个级别,包括信号质量测试、时序测试、功能测试、性能测试、容错测试、长时间验证测试和一致性测试等多个种类^[10]。硬件测试的目的,就是提前体验用户感受以改进产品,提高产品的市场竞争力。随着对电子产品质量要求的不断提高,在产品研发阶段的投入比例逐渐向测试倾斜,许多国际知名企业硬件测试人员的数量要远大于开发人员^[10]。但对于产品研发企业来说,搭建模拟真实的测试环境通常比较复杂且很耗时,部署测试环境的时间最终会影响产品投放市场的时间,云计算“平台即服务”的模式则可以为硬件测试提供高效的解决方案。

以Intel公司为例,其产品部门在测试诸如Intel博锐这样的产品时,每一个测试环境的搭建至少需要2周时间,Intel至少要在全球搭建超过150个这样的测试环境,因此iLab作为解决Intel硬件测试的云平台应运而生。iLab是一个私有云平台,它通过虚拟化、链式克隆、安全通道、先进的整合手段与管理技术,以自助式服务站点管理测试实验室,可以在2min之内部署一个测试环境,将物理系统加入到虚拟测试环境中。iLab目前已在全球部署了超过150个^[2],大大节省了相关成本。

2.3 基于云计算的自动测试系统

从信息科学的角度看,自动测试系统(Automatic Test System,ATS)主要是通过信息采集(采集被测对象的信号)、信息传输和信息处理这3个过程,判定被测对象的各项功能、指标是否满足给定要求。信号的采集依赖于测试资源硬件(如ADC,数字万用表和示波器等)才能实现,信息的传输通过测试总线(如GPIB、PXI、VXI及LXI总线)和网络完成,信息的处理和结果显示主要借助于计算机软硬件系统。ATS主要提供如下几种服务^[4]:①检测被测对象的指标或参数,判定是否满足给定要求并给出测试结果;②提供发现和隔离故障的信息数据库;③利用收集的故障信息优化、减少故障诊断时间,并为测试软件提供测试进入点;④为维护人员提供维修决策信息。

云计算技术的不断进步,为ATS的发展带来了新的机遇。采用云计算技术,ATS的功能、结构、使用方式和操作环境都将发生变化^[4,6]。图2是一种基于云计算技术的自动测试系统架构方案。该方案中,测试基础资源由测试资源和云计算基础设施构成,是可通过网络访问的、可配置的共享测试资源

池;测试管理平台是为测试开发者、使用者和管理者提供的统一的服务平台;测试服务应用则是将测试提供给用户的最终环节。

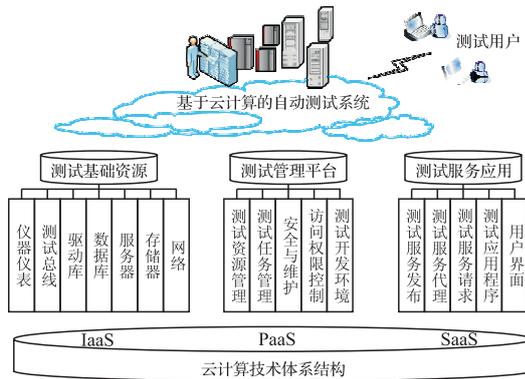


图 2 基于云计算的自动测试系统架构方案

Fig.2 An ATS architecture based on cloud computing

在传统的测试中,测试系统通常受制于测试资源和地理位置的约束,对测试人员的专业性要求也比较高。在自动测试系统中采用云计算技术,信息的采集、传输和处理都在网络环境下进行,测试以标准 Web 服务的形式发布,具有以下优势和特点:

- 1) 全球分布的测试资源可以完备地覆盖各种信号的测试需求,有助于建立真正通用的测试系统;
- 2) 测试人员只需将自动化测试脚本提交到云测试平台,平台将根据测试需求调用各种分布式测试资源进行自动化测试,然后将测试结果返回给测试人员;
- 3) 测试专家可以远程地观察测试结果和故障现象,甚至直接参与测试过程进行故障诊断;
- 4) 全生命周期的测试信息可以直接保存至云数据库,为故障诊断和寿命预测提供数据源;
- 5) 通过提高资源、平台和应用软件的通用化、标准化,促进测试信息在各环节、各部门间的共享,降低测试系统从设计、生产、使用到维护的全生命周期成本。

总之,采用云计算技术的自动测试系统,将比传统的测试系统具备更强大的功能、更优良的性能、更开放的结构、更灵活的使用方式以及更自由的操作环境。

3 云计算在测试领域的应用展望

3.1 建立一个真正通用的分布式测试系统

利用云计算建立统一的平台,将大量分布式的测试资源有效管理和调用,这些测试资源的测试能力可以涵盖已知的所有信号类型,并通过虚拟化技术形成完备的、可配置的测试资源池。在开发测试系统时,将不再受限于测试资源的有限性和地理位

置的约束,理论上可以建立一个能对任何设备测试的分布式的完备通用测试系统。

3.2 在尽可能短的时间内满足紧急测试需求

以云计算为基础架构,结合分布式测试和并行测试等技术,可以在紧急的情况下集中管理、调用强大的云计算资源和一切可用的测试资源,极大地提高测试吞吐量,在尽可能短的时间内满足紧急的测试需求。

3.3 及时提供测试咨询服务

云计算是 SOA(面向服务架构)理念的生动实践,它不仅能以服务的形式将测试提供给用户,还允许测试专家利用网络交互平台,方便、及时地向全球的测试用户提供远程咨询服务,使测试过程更高效。

3.4 软件测试的变革

由于云计算技术的推动,软件自动化测试获得了巨大的发展,目前可以在云上进行的软件测试项目包括硬件环境测试、软件环境测试、功能自动化测试、性能测试和适应性测试等^[11],并且已经出现了许多典型的软件云测试平台。如 Keynote 公司发布的 Kite 工具,SOASAT 公司开发的 Cloud Test 工具^[12]和国内班墨公司的 Allday Test V3.0 软件。随着软件云测试探索和实践的不断丰富、深化和拓展,必将引发软件测试的变革。

3.5 世界范围内的天气预报会更加准确

随着天气预报技术的不断发展,数值天气预报越来越需要大量高性能计算资源的支持^[13]。在现有的天气预报模式中,因为气象观测站分布不均匀,采集的天气信息就不完备。借助先进的传感器技术,可以建立最优化的传感器网络以采集完备的天气信息,经云计算平台处理后实现更加准确、更加精细化和更具时效性的天气预报。未来每个人都可以根据需要,采用手机软件、上网查询等方式,从云计算平台获取每个镇甚至每条街的天气预报服务。

3.6 以海量数据处理能力支撑 PHM 实现

PHM 是提高武器装备战备完好性和经济可承受性的重要技术,其实现途径主要包括基于模型的方法和数据驱动的方法。当系统的模型不易建立而状态监控数据相对较易获取时,可以通过数据驱动方法对系统的健康状态、退化程度和失效时间等进行估计和预测。但数据驱动方法通常需要对大量数据样本进行训练,以航空装备为例,每个飞行架次记录的数据量都比较庞大,地面站也存储有大量的历史数据。因此,如何从海量数据中挖掘诊断知识和退化模式,进行诊断推理和趋势分析,是 PHM 地面站建设需要解决的重要问题^[14]。云计算具有强大的存储能力和计算资源,可以支撑 PHM 海量数据

的存储和处理需求。

4 云计算应用在测试领域面临的问题

尽管云计算技术应用在测试领域具有诸多的优点和广阔的前景,但也面临着以下问题:

4.1 安全性问题

云计算的安全性问题涉及到公信力、技术、监管、制度和法律等多个层面,也是用户关注的焦点问题。安全性问题主要包括访问控制安全性和数据安全性^[15]。如果安全性问题得不到有效的解决,云计算很难在测试领域得到广泛的认可和全面的应用。

1)访问控制安全性:云服务提供商应建立相应的机制,使用户对自己的云数据或云应用具备全面的、可靠的访问控制能力。当遭到非法入侵或非法利用时,用户具备随时拒绝或停止非法访问的能力。

2)数据安全性:涉及到数据传输、数据存储、数据处理和数据清除等多个环节^[16],一些测试数据属于商业机密甚至军事机密,其安全性对特殊用户的生存和发展至关重要。

4.2 服务模式问题

基于云计算的测试如何向用户提供服务,是按时收费、按次收费还是合同租用,是提供测试基础资源、测试平台还是具体的测试服务,这是一个需要测试开发群体和测试用户群体共同探讨解决的问题。可行的思路是:①采用虚拟化技术将测试资源进行划分,对应云计算中的“计算时”建立“测试时”衡量指标,作为基本单位衡量测试服务的价值。②对应云计算中3个层次的服务,向用户提供从测试基础资源、测试平台到全套测试服务等多个层次的可选测试方案。

4.3 适用范围问题

云计算的存在与实现是依赖于网络的,所以将云计算应用在测试领域的一个固有制约条件是:没有网络,就无法利用云计算进行测试^[4]。当网络速度低或不稳定时,也会影响测试服务的可用性和使用效率。对于需要大量存储、计算资源的测试案例,利用云计算可以有效地提高测试效率和任务质量,降低成本。但对于简单的、数据存储和处理要求不高的测试案例,应用云计算反而会增加系统复杂性和任务成本。因此,云计算适用于哪些测试案例或测试系统,需要综合考虑测试需求、任务成本和系统复杂度等多方面的因素。

5 结语

总的来看,云计算在测试领域的应用研究目前

还处于探索阶段,尚未形成完善的理论体系。本文认为,有必要在现有研究的基础上,更加深入地发掘云计算在测试领域的应用需求和应用前景,系统地研究测试资源虚拟化、测试资源管理、测试平台构造、分布式测试协同等技术,着力解决好云计算架构下测试数据安全、测试服务模式和适用性评估等问题,抓住云计算为测试领域带来的新机遇,努力实现更通用、更智能、更高效、更经济的测试!

参考文献(References):

- [1] 刘鹏.云计算[M].2版.北京:电子工业出版社,2011:1-6.
LIU Peng. Cloud Computing [M]. 2nd Edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011:1-6.(in Chinese)
- [2] IT168.IDF2011:英特尔硬件平台测试云—iLab [EB/OL].(2011-04-13)[2014-05-27].<http://cloud.it168.com/a2011/0412/1176/000001176764.shtml>.
IT168. IDF2011: Intel Hardware Platform Test Cloud—iLab[EB/OL].(2011-04-13)[2014-05-27].
<http://cloud.it168.com/a2011/0412/1176/000001176764.shtml>.(in Chinese)
- [3] 李乔,柯栋梁,王小林.云测试研究现状综述[J].计算机应用研究,2012,29(12):4401-4406.
LI Qiao,KE Dongliang,WANG Xiaolin. Brief Survey on Cloud Testing [J]. Application Research of Computers, 2012, 29(12):4401-4406.(in Chinese)
- [4] HU Leigang, XIAO Mingqing. The Future of Automatic Test System (ATS) Brought by Cloud Computing [C]// IEEE Autotestcon.California:IEEE press, 2009: 412-414.
- [5] Reitze Dale D. Using Cloud Computing to Enhance Automatic Test Equipment Testing and Maintenance Capabilities [C]//IEEE Autotestcon .Illinois: IEEE ptrdd,2013:80-85.
- [6] 夏骆辉,谭丽.云测试技术备受关注或将引发测试领域革命[J].世界电信,2011(05):69-71
XIA Luoxui, TAN Li. CloudTest is Paid Much Attention: A Revolution in Test [J]. World Telecommunications, 2011 (5):69-71.(in Chinese)
- [7] Peter Mell, Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing[R]. USA: NIST Special Publication 800-145, 2011:1-3..
- [8] IT168.云计算技术的产生、概念、原理、应用和前景 [EB/OL].(2012-01-16)[2014-05-27].<http://cloud.it168.com/a2012/0106/1299/000001299031.shtml>
IT168. The Birth, Concept, Principle, Application and Foreground of Cloud Computing [EB/OL].(2012-01-16)[2014-05-27].<http://cloud.it168.com/a2012/>

- 0106/1299/000001299031.shtml.(in Chinese)
- [9] 生桂勇.基于云计算的软件测试系统设计[J].福建电脑,2012(9):95-97
SHENG Guiyong. Software Test System Design Based on Cloud Computing [J]. Fujian Computer, 2012(9):95-97.(in Chinese)
- [10] 黄艳敏.浅谈电子产品的硬件测试技术[J].单片机与嵌入式系统应用,2010(2):16-17.
HUANG Yanmin. On Hardware Test Technologies for Electronic Products[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2010(2):16-17.(in Chinese)
- [11] 唐滔,邱旭东.初探云计算在测试领域中的应用[J].科技资讯,2011(15):18.
TANG Tao, QIU Xudong. Exploration of the Cloud Computing Application to Test Field [J]. Science & Technology Information, 2011, (15):18.(in Chinese)
- [12] SOASTA. Cloud Test Script Guide [M]. USA: SOASTA Inc, 2013:3-4.
- [13] 贾雄.数值天气预报云计算环境关键技术研究是实现[D].长沙:国防科学技术大学,2011:34-45.
JIA Xiong. The Key Technology Research And Implementation of Numerical Weather Prediction in Cloud Computing Environment [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2011:34-45.(in Chinese)
- [14] 文莹,肖明清,王邑,等.基于信息熵属性约简的航空发动机故障诊断[J].仪器仪表学报,2012,33(8):1773-1778.
WEN Ying, XIAO Mingqing, WANG Yi, et al. Aero-engine fault diagnosis based on information entropy attribute reduction [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2012, 33(8):1773-1778.(in Chinese)
- [15] Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing [R]. Berkeley: Electrical Engineering and Computer Sciences University of California, UCB/EECS-2009-28:1-6.
- [16] Mather Tim, Kumaraswamy Subra, Latif Shahed. Cloud Security and Privacy [M]. USA: O'Reilly Media Inc, 2009:109-141.

本刊相关链接文献:

- [1] 葛亚维,肖明清,程进军,喻芳,任婷婷.基于 ATML 的一体化保障技术测试信息标准化问题研究[J].空军工程大学学报:自然科学版,2014,15(4):92-95.
- [2] 薛玉军,肖明清,杨召,喻芳.基于 ATML 的自动测试系统软件体系结构[J].空军工程大学学报:自然科学版,2014,15(5):21-24.
- [3] 肖明清,盛晟,刘沁.机载导弹不开箱测试关键技术分析[J].空军工程大学学报:自然科学版,2011,12(6):54-59.
- [4] 李斌,胡雷刚,肖明清.航空电子设备故障预测框架与方法[J].空军工程大学学报:自然科学版,2011,12(2):6-11.
- [5] 方甲永,肖明清,黄宏伟,付新华.电子装备故障预测参数选取与设置[J].空军工程大学学报:自然科学版,2010,11(4):11-15.
- [6] 肖明清,方甲永,王邑,等.军用飞机二线测试设备现状及发展趋势[J].空军工程大学学报:自然科学版,2010,11(1):11-14.
- [7] 王银坤,肖明清,王学奇.构件模型的测试系统演化开发波及效应分析[J].空军工程大学学报:自然科学版,2008,9(2):60-63.
- [8] 程进军,肖明清,夏锐.并行测试系统资源配置模型研究[J].空军工程大学学报:自然科学版,2007,8(6):48-51.

(编辑:徐敏)