

基于栅格服务的测试保障智能化研究

李 祺, 罗章雨, 余敦俊

(北京机电工程研究所, 北京 100074)

摘要: 从某类装备测试保障能力现状分析入手, 论证了测试保障及技术支持保障面向使用模式转型的智能化使用需求, 分析了当前测试设备通用化和标准化的快速推进与栅格化、智能化的技术推动基础, 然后以标准测试系统为背景介绍了基于栅格的智能化测试保障方案, 并深入介绍了云服务测试保障、网络仪器资源虚拟化等栅格应用的关键技术, 为形成智能化保障指挥、构建指挥保障一体化提供思路。

关键词: 测试保障; 技术支持保障; 栅格; 云服务

Research on Intelligentization of Test Assurance Based on Grid Service

Liqi, Luo Zhangyu, She Dunjun

(Beijing Institute of Mechanical and Electronic Engineering, Beijing 100074, China)

Abstract: From certain types of equipment testing support capability present situation analysis, demonstrates the test support and technical support guarantee for using the intelligent use of model transformation, the analysis of the current test equipment generalization and standardization of the rapid advance and rasterize, intelligent technology promote the foundation, and then introduces the background of standard test system based on intelligent grid of test security solution, and further introduces the cloud service test security, network equipment resources grid application of key technologies such as virtualization, to form the intelligent support command, build support integration.

Keywords: test guarantee; technical support guarantee; grid; cloud service

0 引言

测试保障是某类装备技术支持保障的重要技术环节, 测试设备是该测试保障的核心功能装备, 所以测试设备一般采用从属技术支持系统按比例配套的方式。技术支持保障单位作为使用方一般按照型号进行“多线作业”模式配置技术支持系统; 随着多型号装备快速服役和系列化发展, 保障单位一般会承担多型保障任务, 因此会同时拥有很多套测试设备^[1-3]。

近年来, 随着测试设备通用化和标准化设计要求越细化, 该类装备配套测试设备所采用的通用平台和专用组件集成模式快速推广, 通用平台及其集成的通用仪器资源技术能力也随着科技发展逐渐变强, 进而较大程度压缩了各型专用测试组件配置规模, 使得保障单位实际针对某型装备测试保障过程中, 可使用的测试保障资源尤其是通用部分, 远比能力建设时的标准配置要多, 尤其对于具备多型保障能力的客户而言, 如果测试仪器资源能够“根据测试保障需求”自主在线重组, 将极大提升资源利用率、测试保障效率和系统保障性, 还可由测试保障带动整个技术支持保障的智能化和自动化水平, 形成根据需求重组保障系统的能力, 进而全面提升保障力。

1 测试保障智能化需求分析

技术支持保障任务中最为核心的是技术准备保障工作,

一般技术准备保障流程分为十几个环节, 测试保障为其中一个环节。技术准备平均时间是技术准备保障指标体系的核心, 直接关系装备应用指挥筹划。由于技术准备流程其它环节用时短、共用资源充沛、使用简单且以人力驱动为主, 可以通过增加人力资源实现保障时间的压缩, 而测试保障环节受限于测试设备资源数量、测试流程固化以及领域通用化程度所带来的状态管控难度, 导致保障单位一般只能按系统固化配置开展工作, 形成了技术准备时间消耗的瓶颈。

1.1 栅格资源虚拟化封装技术

测试保障所使用的栅格资源主要是网络仪器资源, 其虚拟化管理以 APP 形式挂载在云平台上对外提供服务, 对测试仪器资源能力的虚拟化封装主要是对各层级仪器资源组合的虚拟化以及仪器资源基本能力的封装和描述管理, 提供数字化的描述设置, 便于需求与能力的对接, 如主控机柜、综合机柜、测试机柜、PIX 总线设备、电源机柜、专用机柜等资源集合及其内部信号源、板卡等设备数量、参数范围、通道等管理。仪器资源能力封装整体业务流程图如图 1 所示。

1.2 测试保障任务封装执行技术

传统的测试保障任务以测试软件为灵魂对测试仪器资源进行有序调度完成所有测试流程。测试软件本身即为测

收稿日期: 2020-08-05; 修回日期: 2020-09-15。

作者简介: 李 祺(1982-), 男, 北京人, 硕士学位, 高级工程师, 主要从事综合保障与测试技术方向的研究。

引用格式: 李 祺, 罗章雨, 余敦俊. 基于栅格服务的测试保障智能化研究[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(3): 59-62.

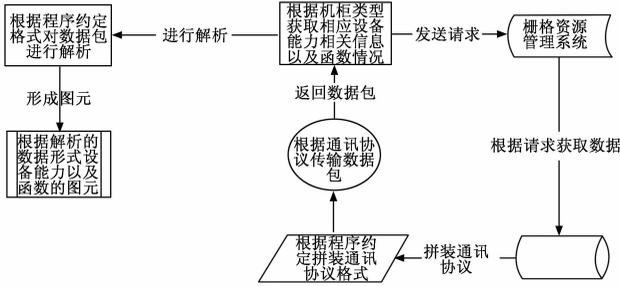


图 1 仪器资源能力封装流程图

试保障任务模型，只对测试项目和测试程序进行执行层面的管理，不进行测试需求和测试环境管理。

通过栅格资源虚拟化封装技术封装的测试仪器资源包括各种测试仪器及仪器组合，具备了在逻辑域灵活运用图形化仪器资源搭建虚拟系统，进而映射至物理域集成测试设备使用的能力。因此栅格保障技术调用的测试保障任务需要在传统的测试软件基础上升级为包含虚拟仪器资源信息的 TPS，作为测试保障任务模型进行管控，初始 TPS 任务模型封装在已有测试软件基础上，一般需要通过虚拟化栅格仪器集成调用完成，在传统测试软件基础上升级虚拟仪器资源信息的原理过程大致如下：①首先 TPS 系统向栅格管理软件请求仪器资源的相关信息及函数信息；②栅格系统根据 TPS 的请求从数据库中调取数据，根据程序约定好的通讯协议格式进行拼装，并将 TPS 请求的数据根据约定好的通讯协议传输给 TPS；③TPS 根据获取到的数据包以及程序约定好的协议进行解析，将解析出的信息形成相应的状态图元和函数信息。通过对每条测试流程升级虚拟仪器资源信息，完成栅格可以调用的测试保障任务模型封装。

形成的状态图元主要表征测试任务属性，专门用于智能化自主测试任务执行前任务状态与仪器资源集合匹配状态的确认，因此状态图元是网络仪器资源虚拟化管理和测试保障任务模型化封装执行的核心焦点。当利用状态图元搭建测试流程/集成测试设备时，需要设置状态图元的属性。流程如图 2 所示。

仪器资源虚拟化后的所有函数信息可供 TPS 等其他软件应用，TPS 可通过虚拟化的函数信息形成相应的图元信息，通过图元的拖拽组成相应的测试序列（即封装后的测试流程），通过执行测试序列，完成从逻辑域至物理域的映射，逐条执行测试流程完成测试保障任务。

在测试过程中，除了需要所有测试仪器资源虚拟化的测试图元外，也需要测试过程中相关动作的图元，即为“逻辑图元”，包括并、或、等待、循环等动作。测试资源虚拟化平台对此些图元也进行相应的虚拟化，并作为固定的图元库存放在云平台当中。

2 基于栅格的智能化测试保障设计

某通用型测试设备由通用测试系统平台加装各型号专用测试组件组成，系统全面采用网络化技术架构、由网络仪器集成，已经具备了应用栅格化技术实施智能化测试保

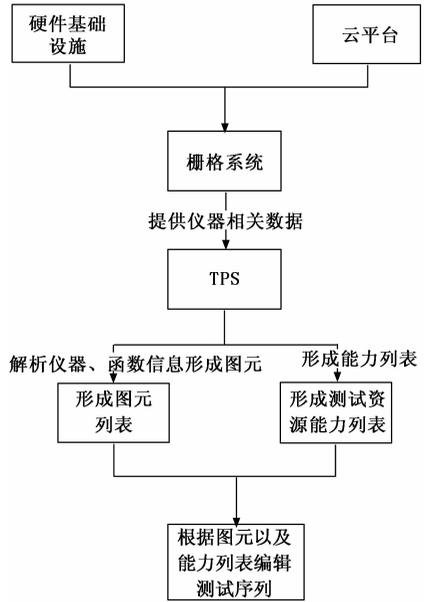


图 2 仪器资源使用流程图

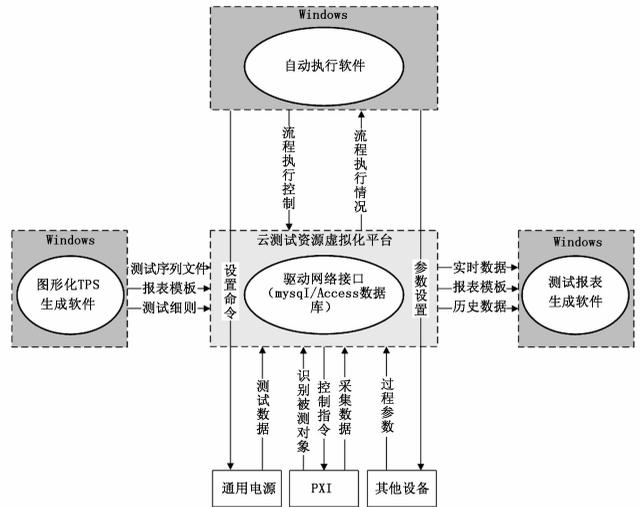


图 3 基于云服务的测试保障体系运转示意图

障的能力，下面将以该型测试系统为背景论述测试保障智能化技术研究。

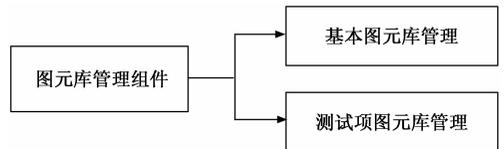


图 5 图元库管理示意图

2.1 栅格资源划分

由于测试系统型号专用测试组件的强专用性和面向专用功能目标的设计，一般不作为可拆分的独立功能包划分节点；因此通用测试系统平台实际上是客户需要充分利用的协同作业独立功能节点，同时通用测试系统平台由大量智能仪器集成，全面采用网络互联，已经具备了分布式测

试技术实施的基础, 还可继续拆分其独立功能, 因此多个通用测试系统平台已经具备构建测试保障体系、推进互操作能力建设、形成测试保障栅格的条件。以通用测试系统平台为背景, 从构建栅格的角度重新划分资源及其能力, 以栅格应用的角度重新构建测试系统资源动态调度体系, 形成面向栅格应用的测试保障能力, 推动测试保障智能化。

根据栅格技术应用需求, 组成栅格应用节点的智能仪器需要具有如下两个独立特征:

1) 通信控制能力: 用于与栅格体系进行互操作的通信控制, 为了实现栅格所追求的信息快速共享和使用;

2) 独立应用界定: 栅格体系应用节点对于整个栅格体系而言提供对应其模型描述的独立功能, 如传感、响应、激励等。如果其功能缺失独立性, 如 A 设备必须与 B 设备配对使用, 虽然 A 和 B 都有独立的通信能力, 但仍需将 A 和 B 组合作为一个独立节点对待。

通用测试系统平台采用网络化技术架构, 但鉴于该装备测试时对时序要求的严格性, 低频测量系统采用 PXI 总线技术架构, 且直接通过机内电缆连接到标准接口上, 然后再与各型专用接口适配器及测试电缆连接, 如图 5 所示。

由图 5 所示, 从集成仪器资源面向使用的角度出发, 标准接口设备作为众多测试资源使用的统一接口, 是各型装备测试适配器的唯一匹配对象, 且从技术规范的设计角度而言, 标准接口设备与适配器的配合用于提供通用接口向专用接口的技术转换, 所以整个标准接口设备及其后端涉及及功能使用接口硬件需要作为一个整体看待, 即整个电源机柜+测试机柜设备; 综合机柜承载了测试系统所有射频仪器, 每个射频仪器有独立使用功能及硬件接口, 所以综合机柜需要按照承载仪器独立划分栅格应用节点, 如微波信号源、数传信号源等均为独立栅格节点, 由于通用测试系统平台仅包含微波信号源, 故后续论述仅以微波信号源作为有关典型应用开展, 机柜内网络供电接口转接设备的功能就是网络通信转接, 须作为栅格基础通信设施, 不

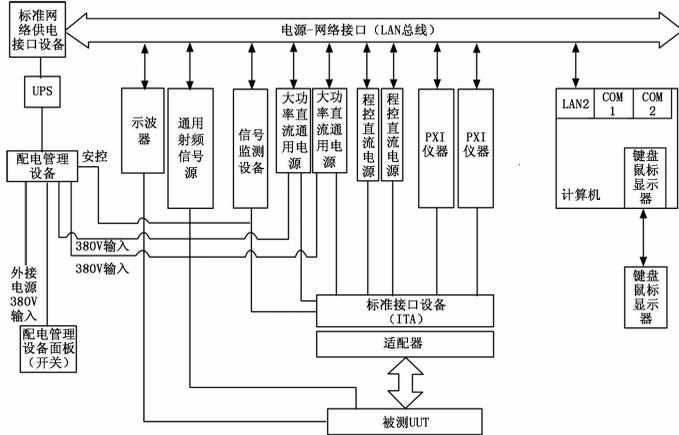


图 5 通用测试系统硬件平台设备连接图

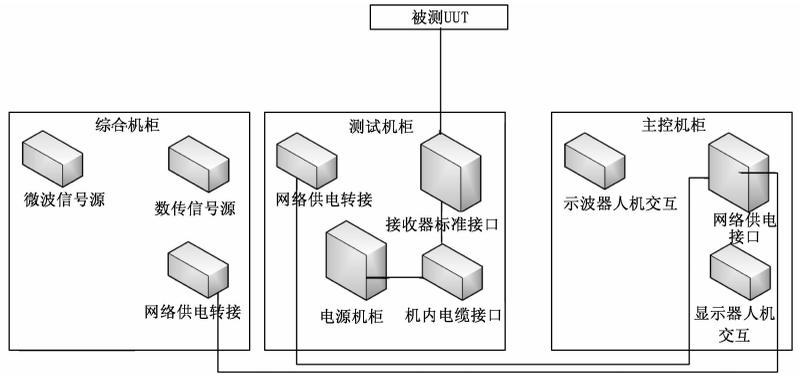


图 6 通用测试系统平台栅格节点构建示意图

做独立功能节点考虑; 主控机柜中主控计算机和显示器功能耦合连接, 计算机和电子证书读写器功能硬件接口耦合, 所以此三者合并作为一个独立栅格节点; ups 不做网络控制, 作为整个系统的辅助设施, 无须考虑其体系内应用定位; 示波器已经采用了智能化产品, 本就是美国栅格技术的样本产品, 是栅格节点之一; 网络供电接口设备作为主干线网络通信控制设施, 需要将其控制部分剥离出来封装作为栅格应用节点考虑, 网络通信可直接作为通信基础设施看待。

因此对于通用测试系统平台而言, 整个产品可按照上文面向使用划分为整个电源机柜+测试机柜设备、微波信号源、计算机+电子证书读写器+显示器、示波器、网络供电接口设备共 5 个应用节点, 可定义为: 标准接口、微波信号源、显控终端、示波器和供电控制。

2.2 智能测试保障方案

测试保障除去测试准备和测后行动外, 一般包括若干被测对象的功能单元测试和综合测试, 每种测试面向被测对象的不同功能单元, 因此使用测试设备的功能仪器协同不尽相同。栅格化技术应用于测试保障提高效率便是着眼于此处, 如果能将每种功能仪器在具体测试任务层面上进行智能筹划以提升应用效率, 回避传统测试设备集中式应用测试资源的粗放式管控, 形成以仪器资源为单位的“物尽其用”效果, 将对测试保障平均用时压缩形成新的研究方向。

在传统技术支援保障管理模式下, 测试设备作为一个整体参与技术支援保障过程。在技术准备流程中, 装备各项测试保障均需占用一套测试设备, 因此可同时作业的装备数目等同于系统内测试设备的数目。采用基于时间 Petri 网 (Timed petri net, TdPN) 理论建立该保障模式下的保障过程模型如图 7 所示。

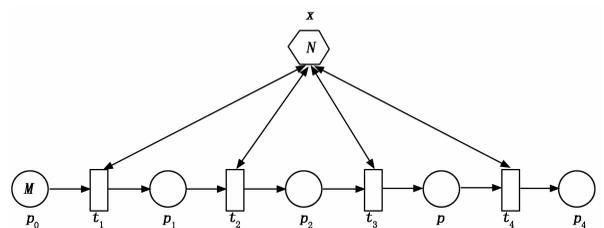


图 7 原始保障过程模型

图中各元素符号含义如表 1 所示。

表 1 原始保障过程模型元素说明

元素	含义	元素	含义
p_0	任务下达	t_1	单元 I 测试
p_1	单元 I 测试完成	t_2	单元 II 测试
p_2	单元 II 测试完成	t_3	单元 III 测试
p_3	单元 III 测试完成	t_4	综合测试
p_4	综合测试完成, 测试保障完成	x	测试资源

任务数目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
四个节点各一个	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	840	910	980	1050	1120	1190	1260	1330	1400
节点1和节点4各两个, 节点2节点3各一个	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	560	595	630	665	700	735
节点1, 2, 3, 4各两个	70	70	140	140	210	210	280	280	350	350	420	420	490	490	560	560	630	630	700	700
传统模式下两条测试设备	70	70	140	140	210	210	280	280	350	350	420	420	490	490	560	560	630	630	700	700

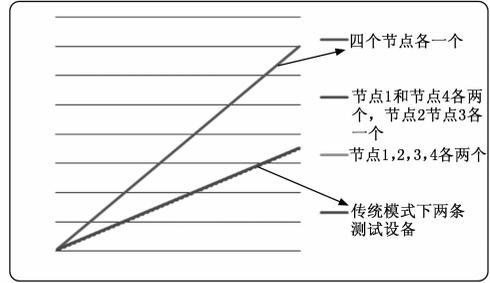


图 9 准备 N 个该装备所需时间与栅格节点配置仿真效果图

假设单元 I 测试需要 10 分钟, 单元 II 测试需要 25 分钟, 单元 III 测试需要 20 分钟, 综合测试需要 15 分钟, 则在技术支援系统内有 N 套测试设备的条件下, 可得出准备 N 个该装备所需时间为:

$$T = \begin{cases} 70 * M/N & \text{if } (M/N) \text{ 为整数} \\ 70 * \lceil \text{Floor}(M/N) + 1 \rceil & \text{f}(M/N) \text{ 不为整数,} \\ & \text{Floor 表示向下取整} \end{cases} \quad (1)$$

在栅格化保障模式中, 测试设备不再作为一个设备整体参与到技术支援保障过程, 而是将其分化为由多个测试资源栅格节点组成的组合, 在技术准备流程各步骤中依据测试需求, 对栅格节点进行适用性组合应用, 实现各测试资源的灵活组合, 参与到技术支援保障流程; 而此时不需要参与使用的测试资源栅格节点可以从当前任务中释放, 并在其它任务中使用组合, 从而面向测试资源应用提升其复用效率。

依照栅格保障技术方案, 传统保障模式中的一套测试设备, 可拆分为保障栅格中的 4 个保障设备节点: 键盘显示组合节点 (x_1), 示波器节点 (x_2), 信号源节点 (x_3) 和测试接口节点 (x_4)。则依据保障过程, 基于 TdPN 理论建立栅格保障模式保障模型如图 8 所示。

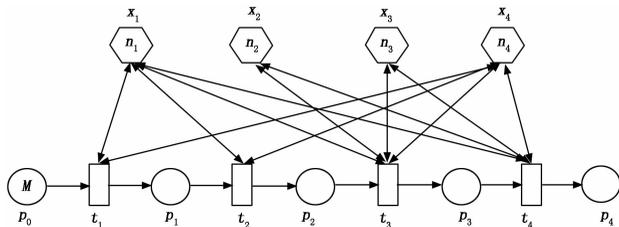


图 8 栅格模式保障过程模型

假设单元 I 测试需要 10 分钟, 单元 II 测试需要 25 分钟, 单元 III 测试需要 20 分钟, 综合测试需要 15 分钟, 则在系统内有 n_1 个键盘显示组合节点 (x_1), n_2 个示波器节点 (x_2), n_3 个微波信号测试节点 (x_3) 和电源及测试接口节点 (x_4), n_4 个测试设备的条件下, 准备 N 个该装备所需时间可由仿真计算得到。

由此可见, 测试保障任务分解越细致、数量越多, 测试保障应用栅格化技术优势越明显; 如果栅格节点区分能够更为细致、精准, 可供灵活调度、分时复用仪器资源更多, 测试保障智能应用效果更为突出; 不但如此, 在多

型、多量装备协同测试保障过程中, 应用此模式将更能充分发挥仪器资源的使用效率, 能够满足未来新型模式下技术支援保障协同指挥筹划、提升保障力需求。

3 结束语

栅格技术可以充分发挥通用化和标准化测试设备成果, 充分提升资源使用效率, 使客户对于装备技术能力及状态的管理直接深入到可供调度的资源级别, 对上可以利用栅格技术集成传统应用的功能系统, 对下利用互操作技术直接调度栅格节点资源, 融合逻辑域与物理域, 构建智能化指挥平台, 为指挥保障一体化奠定基础。

测试保障的智能化成果可直接引入技术支援保障领域, 推动技术支援系统装备及其资源栅格化, 构建技术阵地装备资源调度能力, 可带来装备技术阵地保障力升级, 包括推动技术支援系统通用化/标准化发展、牵引机电一体化技术推动 AGV 的广泛应用等, 进而推动模型化保障指挥能力的快速发展, 构建技术准备保障自主调度、流转能力, 减少人的参与、提升保障工作准确度、减少技术准备平均时间, 全面提升效率。

参考文献:

- [1] 崔积义, 陈玉东. 野战条件下地空导弹测试保障策略与评估 [J]. 军民两用技术与产品, 2015, 9 (2): 106;
- [2] 吕克洪, 邱静, 刘冠军, 等. 智能装备新型测试保障模式——无人化测试 [J]. 测控技术, 2020, 39 (3): 1-8.
- [3] 乔立岩. 某末制导雷达地面测试设备的研制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- [4] 周玉清, 薛小乐, 母勇民, 等. 小型战术导弹智能测试诊断技术研究 [J]. 弹箭与制导学报, 2017, 36 (6): 9-12.
- [5] Powrie H, Novis A. Gas path debris monitoring for F-35 Joint Strike Fighter propulsion system PHM [A]. 2006 IEEE Aerospace Conference [C]. 2006.
- [6] Department of Defense. Sustaining U. S. Global Leadership: Priorities For 21st Century Defense [Z]. January 2012.
- [7] 康江. 栅格通信网资源调度技术研究 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2014.
- [8] 胡鹏辉. 面向栅格化分布式水文模拟的并行调度方法研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2017.