

通用指挥控制系统自动测试平台建设方法研究

孔贵琴

江南机电设计研究所 贵州 贵阳 550009

【摘要】：当前军事行动频发，武器装备快速制造的需求日趋凸显，目前指挥控制产品大量依靠专用的测试设备，产品测试质量主要依赖测试人员的技术水平，且不同产品的生产线之间无法共用和继承；针对上述问题，分析总结了指挥控制系统的自动化测试需求，通过提出组合级产品以及整车级产品自动测试系统构建方法，用户可以通过该系统快速完成武器装备的批量生产检测，高效率的提升指挥控制系统产品的研制进度，降低了测试人员以及测试设备的投入成本。

【关键词】：指挥控制；自动化；测试

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.054

引言

面临当前国际安全形势严峻的情况下，军用武器装备快速生产的需求越来越迫切。在生产制造中占据重要地位的必然是产品的质量，产品质量是军事行动中制胜的关键，加工工艺和材料的选择作为保障产品质量的基础，其次如果能在产品调试、试验等环节中对产品进行充分的测试并提高测试效率，缩短测试周期，不仅可以提高产品的质量，同时还能很大程度上节约人力成本和时间成本。

目前，在型号研制中多数采用专用测试设备，或者极大程度依赖人工操作的测试系统^[1]，此类测试系统无法满足当前多型号同时研制需求，也不具备跨型号测试能力，且自动化水平较低，导致设备生产成本低、资源严重浪费等。国外在军用电子自动测试技术方面已形成：海军的综合自动支持系统（CASS），陆军的集成测试设备系列（IFTE），空军的电子战综合测试系统（JSEC ST），海军陆战队的第三梯队测试系统（TETS）^[2]，但该类测试系统存在费用较高、通用性较低等不足，而国内在自动化测试系统方面的研究主要集中于单个设备的专用测试^[3-6]或者仅进行硬件性能测试研究^[7-8]，因此，亟需开展通用指挥控制系统自动测试平台的建设研究，对后续加快落实军用系统级产品快速制造提供发展思路。

本文提出的一种通用指挥控制系统自动测试平台不仅能够完成组合级和整车级产品的硬件接口测试，还能够实现系统级功能交互验证，极大缩短外场试验的调试时间和降低试验风险。

1 指挥控制系统概述

指挥控制系统作为一个作战单元的指挥控制中心，通常由供电配电系统、计算处理系统、综合显示系统、网络交换中心、音视频系统和通信系统等组成。

供电配电系统主要完成对整个指挥控制系统所有设备的供电以及配电控制。

计算处理系统是系统对内对外数据信息交互和数据处理的大脑。

综合显示系统是实现人机交互的桥梁。

网络交换中心主要完成以太网数据转发和交换。

音视频系统主要完成系统对外音频和视频信号传输。

通信系统负责实现指挥控制系统对外的有线和无线信息传输。

指挥控制系统组成以及信息交互关系如下图所示。

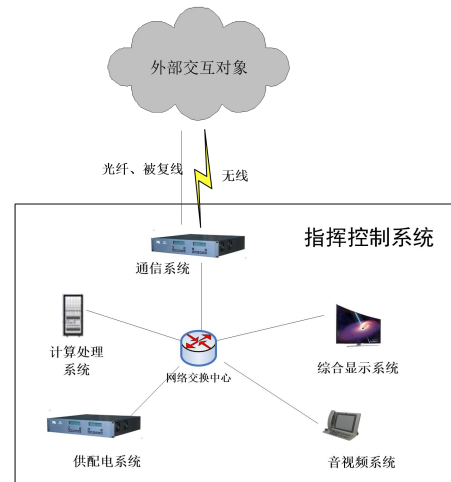


图1 指挥控制系统组成及对外信息交互关系

指挥控制系统通过通信系统接收外部情报信息，对情报信息收集处理后输出至综合显示系统进行显示，提供作战人员指挥控制的操作界面，并由音视频系统向外进行语音通话和视频通信，同时通过通信系统将处理的信息和命令以无线或有线的形式向其他作战资源传输，最终实现武器装备的作战效能。

2 通用测试平台方案设计

2.1 平台组成设计

指挥控制系统主要由硬件和软件构成，针对硬件和软件的测试可同步进行，指挥控制系统测试平台可由以下三个系统构成。

(1) 组合级产品自动测试系统

组合级产品自动测试系统通过搭建组合功能软件、组合结

构、组合电气接口，实现对组合级产品的机械电气接口以及软件功能的自动测试。

(2) 整车级机械电气测试系统

整车级机械电气测试系统通过搭建产品重量、产品结构、产品电负载、产品电气特性等自动测试系统，实现对整车级产品的重量、尺寸、电气接口、功耗等指标的测试。

(3) 功能性能测试系统

功能性能测试系统主要通过构建上级、情报网、同型或异型作战资源等模拟器、无线测试设备、网络自动规划系统、数据记录分析系统，搭建指挥控制系统对外信息交互测试平台，实现对指挥控制系统主要功能性能的测试验证。

综上所述，指挥控制系统测试平台主要由功能性能测试系统、整车级机械电气自动测试系统和组合级产品自动测试系统组成。

2.2 平台工作原理

指挥控制系统测试平台工作原理框图如下图所示。

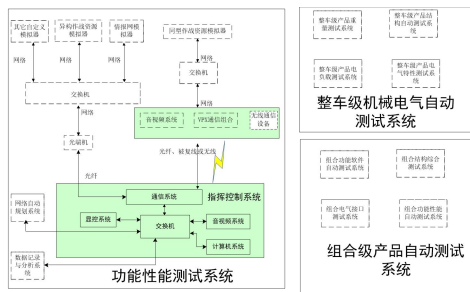


图2 指挥控制系统测试平台组成原理框图

测试平台首先通过组合级产品测试系统完成对组合或设备的电气接口、外形尺寸、重量以及软件自动测试^[9]，待所有组合产品测试合格后，进行组装集成，形成指挥控制系统；接着开展系统级测试，首先通过整车级机械电气测试系统完成对大型装备的重量、外形尺寸以及对外接口的通断性等测试，测试合格后，进行通电检查，为整车开展对外信息交互奠定基础；整车完成基本的机械电气接口测试后，按照图2与测试设备进行连接，依据测试文件开展整车的功能性能测试。

2.3 组合级产品自动测试系统

组合级产品自动测试系统包含四个部分：监控管理运维系统、软件自动测试系统、组合结构自动测试系统、组合电气接口自动测试系统。

a) 监控管理运维系统主要实现对测试环境控制、维护以及状态监控，实现集成测试数据的实时上传和管理；

b) 组合结构自动测试系统主要用于产品外形尺寸和产品重量的自动化测试；

c) 组合电气接口自动测试系统主要用于产品电气接口特性的自动化测试；

d) 软件自动测试系统主要用于按照设计好的测试用例自动执行软件测试程序。

组合级产品自动测试系统工作过程：进入测试线后，放入在线工装板中，自动识别组合位置，同步外形尺寸和重量信息并上传，自动精确识别各插头的位置和姿态，自动插接电源和各数据插头。组合通过接口测试后，加电启动，根据自动测试程序完成软件的自动测试。

2.4 整车级机械电气自动测试系统

2.4.1 重量及结构自动测试系统

车辆驶入系统，进入地磅，自动判断车辆停靠位置并锁紧车辆前轮，通过前后两套检测机构，对车辆外形尺寸进行测量，检测机构为非接触测量，通过工业视觉和激光传感器对车辆进行扫描，数据上传系统进行计算，给出车辆的空间尺寸等。通过地磅系统，对车辆重量进行检测并上传系统，全程自动作业。

2.4.2 电气特性及负载自动测试系统

电气特性及负载自动测试系统包括电源系统，通用测试仪器以及专用测试仪器，所有设备用标准机柜装载，放在测试工位。各测试外接端口采用标准航空插头，装载于快接机构上，方便与车辆进行自动对接和拔取，后端通过专用线缆连接机柜内的测试仪器。连接好车辆与电气测试系统后，该系统自动完成各接口的电气通断测试以及整车工作功率的测试。

2.5 整车级功能性能测试系统

待整车完成重量、结构、电气特性等测试后，按照试验连接图将车辆与外界测试设备进行连接，并安装好各测试软件，按照试验方案进行整车级的功能性能测试。其中涉及的测试设备主要分为以下几类：

a) 模拟器

1) 测试系统至少有一个情报信息的模拟器，能够模拟生成典型的目标特征信息，发送给被测试装备；

2) 测试系统需配置一些与被测试装备同类型的其他作战资源的模拟器，模拟形成一个功能完整的作战单元；

3) 测试系统还应配置一些与被测试装备不同类型的作战资源的模拟器，作为检验被测试装备接入异构武器实施协同作战的功能；

4) 作为备份使用，测试系统需配置一个自定义模拟器，可临时加载专用模拟软件。

b) 通信设备

通信设备需包含内部通信设备和外部通信设备。

内部通信一般需与被测试设备所在系统的通信体制匹配，如被测试设备的光通信体制为SDH光，那么测试系统中的光通信体制也必须为SDH。每型武器装备的通信体制可能存在不

同，为适应不同型号武器装备的测试需求，通信设备需能够兼容多种体制。目前应用较多的有线通信设备主要为以下 3 类：

- 1) 光纤：SDH、以太网转光；
- 2) 被复线：战术互联网；
- 3) 以太网：千兆以太网。

无线通信设备由于各厂家研制形成的体制各不相同，将所有的无线通信体制叠加形成测试装备，将极大提高研制成本和降低使用的便捷性。因此提出采用软件无线电的思想，形成一款通用的硬件平台，然后根据互联对象的不同加载对应的无线波形，实现兼容多型被测试设备的互联互通。

根据以上分析，通用指挥控制系统自动测试平台中的通信设备基本组成如下：

表 1 通信设备组成

序号	名称	体制	数量
1	光通信模块 1	SDH	不少于 1 个
2	光通信模块 2	以太网光	不少于 1 个
3	被复线模块	战术互联网	不少于 2 个
4	交换模块	三层	不少于 2 个
5	加密模块	—	1 个
6	无线基带模块	UHF/VHF/L	不少于 3 个
7	射频单元	—	不少于 3 个
8	天线	—	1 套

以上通信设备可集成于一个标准化机箱，射频单元采用组合形式，体积、功耗等成本显著降低，同时极大的降低测试系统的使用空间，并提高测试系统的集成度和便携性。

c) 音视频系统

每一个作战单元必不可少的是语音通讯设备，可采用多种形式，如手持、车载、嵌入式的语音对讲设备，也可以是数据和语音同传的语音电台，还可以是音频、视频和数据三种类型均具备传输能力的调度系统。

参考文献：

- [1] 赵亮亮,肖明清,程进军,陈利安,朱令龙.COBRA/T——美军通用自动测试系统的新进展 [J].计算机测量与控制.2013(06).
- [2] 朱旆,杜建军.国外军用电子自动测试系统发展综述[J].电子测量技术. 2008(08).
- [3] 宋文臣,徐伟,高明生,吴鹏.无线电台设备自动测试系统[J].青岛化工学院学报(自然科学版). 2002(02).
- [4] 王文智.面向机载电子设备的自动化测试系统设计[J].电子测试.2022(03).
- [5] 赵子龙,于吉刚,贾铎.基于 FC-AE-1553 芯片的航空电子装备测试系统设计[J].电子测试. 2024(03).
- [6] 侯隆斌,李青峰.线缆导通绝缘集成测试技术研究[J].电子测试.2024(02).
- [7] 张利彬,张熙,张明,张齐.指挥控制系统测试流程设计与功能实现研究[J].计算机测量与控制.2022(06).
- [8] 代绪强,董杰,朱骏.指挥控制硬件平台综合测试系统及实现技术 [J]. 指挥信息系统与技术. 2013 (06).
- [9] 干晓鸣.软件自动化测试的合理应用 [J]. 计算机应用与软件. 2010 (08).

为实现通用化的测试平台，通过对当前军用语音系统的体制进行分析，可采用常用的 IP 语音通讯体制作为该测试平台的语音传输体制，但预留加载其它专用的语音通信体制，满足多型号装备的通用测试需求。

d) 交换机、光端机

网络交换机主要用于实现各网络设备间的信息转发与路由控制。

光端机主要用于以太网电信号转化为光信号，经过光纤进行远距离传输，实现测试设备与被测试设备之间的信息交互。

e) 网络自动规划系统

为提升网络规划设计质量、降低外场网络调试风险、缩短网络调试周期，通过配置网络自动规划系统，可提前完成网络拓扑设计、协议配置、路由策略、带宽规划、业务仿真及故障预演，提前验证方案可行性与稳定性，有效减少外场调试次数和问题隐患，提升网络规划的规范性、可靠性和一次成功率。

支持多型号网络规划仿真配置导出、编辑、归档、对比，可直接输出接近外场可执行的配置文件，实现外场网络规划调试无缝衔接，减少外场重复工作量。

f) 数据记录分析系统

数据记录与分析系统主要用于完成数据监视、记录、处理、存储等功能，在指挥控制车研制过程的开发、调试、对接、试验和运行过程中以及使用过程中具有重要的作用。

3 结论

通过对指挥控制系统测试系统的初步构建原理分析，提出组合级产品自动测试系统、整车级机械电气自动测试系统以及整车级功能性能测试系统的构建方法，并对测试系统的功能和测试方法进行了设计，本文的研究对指挥控制系统测试平台构建具有理论指导意义，可为指挥控制产品集成测试提供参考。同时如何将本文提出的通用指挥控制系统自动测试系统应用于实践，相应的技术问题还需要进一步研究，具体问题也有待在实践中逐步丰富和完善。