

航天型号控制系统集成测试智能生产线建设方法研究

Research on Construction Method of Intelligent Production Line for Integrated Test of Aerospace Type Control System

方焕辉

Huanhui Fang

北京航天自动控制研究所 中国·北京 100854

Beijing Institute of Aerospace Automatic Control, Beijing, 100854, China

摘要: 为应对中国和其他国家强烈的竞争环境,解决原有科研生产模式面对日益增长的大规模批产交付任务的不适应性,亟需根据航天型号试验测试过程特点,借鉴智慧工厂的设计理念,形成一套具有航天特色的智能生产线建设方法。论文主要研究了由系统集成立体测试系统、测试数据管理系统、智能化监控与自主操作系统以及智能仓储系统组成的航天型号集成测试智能生产线建设方法,完成航天型号控制系统集成测试过程中的测试模式转型,实现集成测试现场的优化布局、试验产品的定置定位管理和柔性动态测试,利用机器视觉和机械臂实现关键工序的状态监控和自动化过程操作,形成各类测试数据的集中管理、整合、分析的体系,探索大批量交付产品的智能仓储模式。从而提升航天产品集成测试过程质量控制能力,提高系统集成测试产品交付的生产效率,为从根本上解决当前系统集成测试的管理运行模式与大规模批产任务不相适应的问题提供方法指导。

Abstract: In order to cope with the intense competition environment at home and abroad and solve the inadaptability of the original scientific research and production mode in the face of the increasing large-scale batch production delivery task, it is urgent to form a set of intelligent production line construction method with aerospace characteristics according to the characteristics of the space model test process and the design concept of smart factory. This paper mainly studies the construction method of intelligent production line for aerospace type integration test, which is composed of system integration three-dimensional test system, test data management system, intelligent monitoring and autonomous operating system and intelligent storage system, and completes the test mode transformation in the process of aerospace type control system integration test. To realize the optimal layout of integrated test site, the positioning management of test products and flexible dynamic testing, the use of machine vision and robot arm to achieve the status monitoring of key processes and automatic process operation, to form a centralized management, integration and analysis of various test data system, explore the intelligent storage mode of mass delivery products. In this way, the quality control ability of aerospace product integration test process can be improved, and the production efficiency of system integration test product delivery can be improved, and the method guidance can be provided to fundamentally solve the problem that the current management and operation mode of system integration test is not suitable for large-scale batch production tasks.

关键词: 航天产品; 集成测试; 智能生产线

Keywords: aerospace products; integration test; intelligent production line

DOI: 10.12346/etr.v4i10.7193

1 概述

世界上主要工业发达国家正大力推广和应用智能产业发展,

当前,智能制造技术已成为世界制造业发展的客观趋势,智能制造不仅仅是单一的先进技术和设备的应用,而是新的

【作者简介】方焕辉(1981-),男,中国黑龙江北安人,硕士,高级工程师,从事控制系统研究。

管理方法、科研生产模式的转变。在激烈的中国和其他国家竞争环境下,航天工业应抓住这一历史机遇,大力推进科研生产的自动化、数字化和智能化建设,尝试智能技术的突破,实现跨越式发展。

就控制系统集成测试业务而言,需展开以数据驱动、智能立体测试平台和测试状态智能化监控与自主操作技术为主体的控制系统集成测试智能生产线研制及建设工作,开展更加规范化、条理化、自动化、智能化的科研生产方法,提高集成测试产品交付的生产效率,提升过程质量控制能力,为占领航天领域智能技术发展的制高点提供有益支撑。

1.1 国际上现状及发展趋势

随着新一轮科技和产业革命的到来,物联网、云计算、大数据、人工智能、3D打印等新兴技术大量涌现,新产业、新业态层出不穷,尤其制造业的数字化、网络化和智能化趋势愈发明显,世界主要发达国家将智能制造作为重振制造业战略的重要抓手。美国先后制定了“先进制造伙伴计划”和“先进制造业国家战略计划”,德国实施了以智能制造为主体的“工业4.0”战略,日本提出了先进制造国际合作研究项目,加快发展协同式机器人、无人化工厂。目前,美国、德国、日本等发达国家在智能制造领域实力雄厚,位居世界前列^[1]。

1.2 中国现状及行业现状

中国提出了“中国制造2025”,其总体思路是坚持走中国特色新型工业化道路,以促进制造业创新发展为主题,以提质增效为中心,以加快新一代信息技术与制造业融合为主线,以推进智能制造为主攻方向,以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备需求为目标,强化工业基础能力,提高综合集成水平,完善多层次人才体系,促进产业转型升级,实现制造业由大变强的历史跨越。随着这一纲领的提出,中国的许多企业都在进行转型以及智能制造、智能工厂的尝试;通过智能工厂建设,许多中国企业实现了设备的自动化控制,设备各参数的自动化采集与控制、质量、环保、安全要素的在线检测等;利用智能设备,提升质量和效率,减少人工干预;大力推进“机器换人”计划,引进自动化程度高的机械设备,既缓解了用工压力,更可降低用工及管理成本,保障安全环保生产。

与其他行业大批量产品的生产方式不同,航天产品具有多品种、小批量、状态变化快等特点,需要面向航天运载器装备控制系统集成测试过程,开展更适用于航天控制系统的智能生产线建设,主要包括以下内容:构建适应多型号、多任务的产品生产测试流程与场地布局;实现对集成测试过程中产生的试验数据进行采集、处理、分析;通过“机器换人”,提升集成测试过程中的自动化水平;完成智能仓储的建设,提升设备管理的效率和水平。

2 集成测试智能生产线建设综述

开展智能生产线建设工作,通过对集成测试流程的分析,

确定出最优路径,规划科学的测试现场布局,并逐步开展集成测试现场的建设,其中针对当前测试现场设备布局混杂、电缆网展开不太规范、试验人员紧缺、测试场地紧张、系统测试可靠性难以提升等常见问题,设计集成测试立体测试系统,完成测试现场测试设备、被测单机、相关电缆网的定置定位工作,规范集成测试操作、改善测试环境;对于关键、易错难操作工序,完成测试状态智能化监控与自主操作系统的建设,通过采用“机器换人”的方法,利用摄像设备和机械臂代替人眼、手部动作操作。避免因测试人员自身素质对测试质量造成影响,实现关键工序的自动化操作,减少人因差错等低层次质量问题的发生;对于集成测试中产生的系统测试数据、视频监控多媒体数据、测试过程数据、试验用品数据,建设测试数据管理系统,实现对多元数据的统一管理,实现对数据的采集、分析、应用;对于产品、设备流转,完成智能仓储建设,自动规划设备存放的最优位置和方法,实现设备流转无人化管理。

2.1 基于集成测试流程优化的集成测试现场建设

基于精益理念、六西格玛质量改进、系统工程学和统计质量控制等理念方法对航天运载器控制系统集成测试过程进行分析,实现过程中“人、机、料、法、环”等多方面要素的科学优化和统筹管理。

主要包含以下三个方面的研究内容。

2.1.1 集成测试过程分析

通过对现有集成交付过程存在的问题分析识别,以及现场布局、设备展开和关键工序质量控制过程中的可改进点的分析确认,为集成测试流程优化提供基础。

2.1.2 集成测试流程优化

利用工艺价值流程分析实际集成交付过程,通过工序分解、交叉、并行、改进、分类等方法优化集成交付过程,利用网络规划图,完成了最优路径设计,为下一步测试现场建设提供基础。

2.1.3 控制系统集成测试现场建设

基于分析得到的集成测试最优路径,设定 workflow,根据 workflow 路线,结合航天6S现场管理和目视化、定置定位等精益思想,对集成交付现场进行科学布局,最终设计符合 workflow 的现场布局,根据科学的现场布局完成集成交付建设。

2.2 集成交付立体测试系统

为改善目前集成测试过程中散态式的测试模式,将参试单机、电缆有效地进行管理与应用,实现定置定位的效果,研发集成交付立体测试系统,改善试验环境、缩短试验准备时间,提升集成测试效率。系统分成两个子系统:集成交付立体测试平台和地面测发控系统测试平台。

集成交付立体测试平台主要完成以下建设内容:

①集成交付立体测试平台研制;②电缆网及配套单机行迹规划研制;③专用、通用测试设备布局设计;④弹地连接电缆规范化走线研制;⑤静电释放系统研制;⑥惯组、速率

陀螺安装平台,与集成测试平台物理隔离负载台研制;⑦语音调度系统研制。

地面测发控系统测试平台主要完成以下建设内容:

- ①测发控设备舱测试台研制;②机械臂控制台研制;
③数据判读台研制。

2.3 测试状态智能化监控与自主操作系统

为解决集成测试特别是长时间加电试验中,人员利用率低,长期疲劳操作易造成失误的问题,解放劳动力、提升对集成测试过程中关键工序的质量控制能力,为此实现关键工序的自动化操作,建设测试状态智能化监控与自主操作系统。

建设内容主要包括以下三个方面。

2.3.1 基于机器视觉的状态监测与评估技术研究

基于视觉的机械臂控制涉及的研究内容比较广泛,主要包括摄像机标定、图像处理、特征提取、视觉测量、控制算法等。其中,图像处理和特征提取的研究内容与图像处理技术密切相关,可借鉴图像处理领域的研究成果,但更侧重于研究实时性较高的处理算法;而摄像机标定、视觉测量和控制结构与算法则是基于机器视觉的机械臂控制的研究重点。采用视觉监测反馈的进行智能状态监控,通过视觉辨识对象的当前状态和故障模式,具有良好的状态感知能力。

2.3.2 机械臂操作与路径规划技术研究

采用机械臂进行状态检测后的执行操作,机械臂通过模拟人的手臂、手腕及其他手部功能的机械电子装置,可按空间位置和姿态的时变要求进行移动执行操作,通常有几个自由度,是可自动控制、可重复编程、多用途的,从而完成工业生产的作业要求等。通过机器视觉识别出状态变化,生成控制指令,利用机械臂操作键盘来进行系统状态的控制,完成状态监测后的机器操作及状态干预。

2.3.3 智能化状态监控与自主操作原理系统研制

将机器视觉、机器执行技术与具体的机械臂、图像采集、信号处理等相结合,构建智能化状态监控与自主操作原理系统。

2.4 集成测试数据综合管理系统

集成测试数据综合管理系统由试验数据采集系统、视频监控管理系统、电子工艺规程管理系统、测试数据中心、大数据分析平台和数据展示平台组成。

其中,试验数据采集系统进行试验过程数据、视频监控数据、产品检验数据、试验用品数据等多源试验数据的采集,视频监控管理系统实现视频图像信息的高清采集、高清编码、高清传输、高清存储、高清显示,电子工艺规程管理系统实现

工艺规程电子化管理和试验过程数据的采集与汇总,测试数据中心负责试验数据的存储、管理等工作;大数据分析平台对试验数据进行抽取转换,通过分析计算等对数据的价值进行挖掘;试验数据展示平台以多种方式、面向不同角色的用户,对试验数据进行可视化展示。

2.5 智能仓储系统

智能仓储可分为货柜和立体库房两部分。货柜是充分利用空间,实现设备、产品的最大存储量、存储的高度自动化、存储的高速化和信息的一体化,实现完全由计算机设计、规划、操控的无人工参与的自动化物流存储系统;自动化立体仓库(AS/RS系统)通常是由立体货架、有轨巷道堆垛机器人、出入库输送系统、穿梭车、机器人、尺寸检测条码阅读系统、通讯系统、自动控制系统、计算机监控系统(WCS)、计算机管理系统(WMS)以及其他如电线电缆桥架配电柜、托盘、调节平台、钢结构平台等辅助设备组成的复杂的自动化物流系统,运用一流的集成化物流理念,采用先进的控制、总线、通讯(无线、红外等)和信息技术(RFID等),通过以上设备的协调联动,由计算机控制而进行自动出入库作业,可自动实现收货、组盘、入库、出库、拣选、盘点养护、发货、库存统计和报警、报表生成等功能。

3 结语

近年来,随着企业市场化转型及外部竞争日趋激烈,企业原有科研生产模式的不适应性已逐渐凸显,现行科研与管理模式逐渐乏力应对日益增长的产品任务量需求,难以提升生产效率、人员利用率和场地使用率。需要全面深化改革、实现科研生产模式转型,将智能制造技术与试验方法相结合,打造智能化测试生产流程,既是落实企业后续战略目标的重要举措,也是企业发展的基石。后续将持续保持高强度研制、超高密度批产和发射的任务态势,促进智能控制技术和工程应用的深度结合,在批产测试领域开展控制系统集成测试智能生产线建设,既是针对试验和生产方面存在的问题、短线和瓶颈的应对措施。在这个智能技术蓬勃发展的阶段,各行各业都紧随智能化的步伐,想要从中有所突破。能够在智能技术方面有所突破,最终实现“高质量地保证成功、高效率地完成、高效益的国防建设和航天强国建设”的目标。

参考文献

- [1] 梁福军,宁汝新.可重构制造系统理论研究[J].机械工程学报,2003,39(6):36-43.