

Discussion on the Application of Flexible Integrated Testing and Control Technology for Multi Variety and Variable Batch Products

Hongyuan Liu

Guizhou Aerospace Control Technology Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550009, China

Abstract

Currently, product production process control technology based on information technology and automation has been widely applied in manufacturing enterprises. The servo mechanism product system is complex, the production cycle is long, and the testing process is mainly controlled manually. The flexible integrated control and operation capabilities are insufficient, resulting in problems such as opaque process control, frequent turnover, and low execution efficiency in the product testing process. This paper focuses on the research and application of flexible integration technologies for product testing process management, line edge caching, process information management, and testing operations based on the requirements of servo mechanism testing control. The aim is to achieve flexible integrated testing management and operations for servo mechanism testing processes, and improve their process control and manufacturing capabilities.

Keywords

flexibility; integration test; multi-varieties; variable batch

基于多品种变批量产品柔性化集成测试管控技术应用探讨

刘洪元

贵州航天控制技术有限公司, 中国·贵州 贵阳 550009

摘要

当前,基于信息化、自动化的产品生产过程管控技术已广泛在生产制造企业开展应用,伺服机构产品系统复杂,生产周期长,测试过程主要由人工进行管控,柔性化集成管控与操作能力不足,导致产品测试过程存在流程管控不透明,周转频繁,执行效率低等问题。论文根据伺服机构测试管控需求,进行产品测试流程管理、线边缓存、过程信息管理、测试操作等过程柔性化集成技术研究与应用,实现伺服机构测试过程柔性化集成测试管理和操作,提高其过程管控和制造能力。

关键词

柔性化;集成测试;多品种;变批量

1 引言

随着客户需求的不断变化,单品种、大批量生产方式逐渐变为多品种、小批量、客户定制的弹性制造^[1],特别是在飞行器系统应用的伺服机构产品生产过程,其多品种变批量的生产特点更为突出。基于多品种变批量系统产品由于其生产工艺复杂,产品生产工艺差异大等,导致其生产过程

【基金项目】国家重点研发计划后补助项目(项目编号:黔科合平台人才-GHB〔2023〕001);航天科工工艺振兴项目(项目编号:GYZX2023D009)。

【作者简介】刘洪元(1980-),男,中国贵州黔南州人,本科,高级工程师,从事复杂产品智能产线、系统集成管控与应用研究。

目前还主要采用人工操作和管控方式为主。特别是飞行器用伺服机构类系统产品,由于其结构复杂,结构间差异大,再加上其多品种小批量生产特点,对其实现全流程生产自动化管控成本高,投产比低。因此,在进行伺服机构测试流程设计时,基于产品测试流程业务处理柔性化管控和关键操作环节柔性化接口设计^[2],是提升产品测试过程柔性化操作水平的重要措施和方向。论文从伺服机构测试流程着手,分析其测试流程涉及主要要素,论述了多品种变批量伺服机构测试流程柔性化集成设计思路和操作办法。

2 产品测试现状及需求分析

电液伺服机构是典型的机、电、液一体化产品,其系统复杂,广泛用于飞行器等系统,其工作稳定性、可靠性直接影响飞行器系统飞行稳定性、可靠性。因此,在产品测试过程中,需多次反复进行其性能测试验证,产品测试周期长。

再加上由于产品配套的特殊性，其生产过程品种多、批量少，原有测试过程管控方法主要采用人工进行组织管控方式，产品随机存放在料箱或货架上，存在过程管控不透明，操作效率低等问题。在产品测试过程中，涉及流程主要为产品调试、测试，转运、缓存等流程。目前，在产品测试过程中，各流程采用主要方法如下所示：

①测试过程前产品安装在测试台上时主要采用全人工安装方式，存在装拆效率低，装拆过程参数无法管控等问题，导致产品存在损坏报废风险。

②产品测试过程中周转主要采用人工搬运产品的料箱至平板推车上进行周转方式，重复性工作频繁，劳动强度大，安全风险高，效率低。

③测试过程产品缓存主要采用将产品放置在周转料箱中平铺在地面缓存或放置在货架上临时缓存方式，过程物料状态难以管控，透明化管控水平低。

④产品测试过程设备、缓存、周转未实现集成管控应用，整个生产流程规范化、标准化水平低，不利于产品精益化管控能力提升。

⑤产品测试过程主要采用团队化协作工作模式，基于流程化、自动化、流水化管控方法难以适应产品测试过程产品人员、状态等信息动态变化管控需求。

因此，针对伺服机构产品测试过程流程管控需求及生产过程人员、信息管控特点，要提升产品测试过程管控效率，需要重点解决产品测试过程物流、信息管控、测试操作、缓存等效率低问题。

3 柔性化集成测试实现思路及途径

3.1 柔性化集成测试实现总体思路

根据产品测试过程涉及主要流程及生产过程管控要素，在技术实现过程中，主要针对产品测试过程物流、缓存、测试、转运等柔性化管控需求，通过对各环节进行数字化、集成化、柔性化设计，并在硬件设备柔性集成布局的基础上，通过对产品测试业务流程柔性化设计，转运过程和测试过程柔性化操作实现等集成应用，最终实现伺服机构柔性集成技术应用目标，以适应其人工广泛参与下的多品种批量测试过程管控需求。

3.2 具体实现途径

3.2.1 测试环境整体柔性布局的设计

通过梳理产品测试流程及测试环境等，结合测试流程需求，对产品测试过程涉及环境、资源等进行整体布局设计，为实现产品在测试过程柔性化管控和操作提供硬件支撑环境，整体布局如图1所示。

如图1所示，柔性集成测试整体布局方案为在传统立体库独立运行的基础上，柔性布局主要由产品线边缓存库、出入库口、线内取料口及测试区域等组成。在进行产品测试时，通过出入库口对产品进行正常出入库操作，完成相关产品信息的录入和绑定、解绑等操作；通过缓存库对待测试产

品进行临时缓存；通过线内取料口对待测试产品进行临时取料和存料，取料后物料与料箱信息不解绑，测试后人工将产品放回原料箱进行存储；通过测试区域测试台等设备，实现待测产品的柔性化安装测试，在产品测试完成后，就近将产品放置在料箱中进行存储。综上所述，通过系统柔性布局，实现产品存储、转运、测试、安装整个流程柔性化对接，减少产品测试周转频次和距离，为提高产品测试效率和过程管控能力提供基础硬件保障。

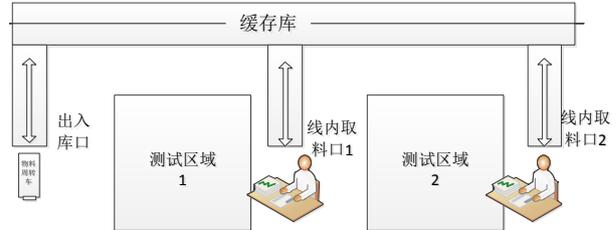


图1 柔性集成测试布局图

3.2.2 业务管控流程柔性的设计

多品种变批量产品在测试过程存在产品数量少、型号多，测试周期长等特点，在产品测试过程中，涉及多要素管控需求。因此，在业务流程设计过程中，主要针对产品测试过程涉及管控要素和流程进行统计，并进行流程柔性设计，最终实现业务流程的柔性化应用。

根据产品测试业务流程，其测试过程主要会涉及缓存、出入库、转运、测试、取料等操作。在此过程中，主要涉及信息有料箱、产品信息（包括产品型号、批次、编号、数量、状态等）、操作人员、操作时间、测试工位等信息。因此，产品业务管控流程柔性化设计主要针对上述流程和管控要素进行策划。在测试过程中，主要包括线外业务和线内业务，其系统业务流程总体规划如图2所示。

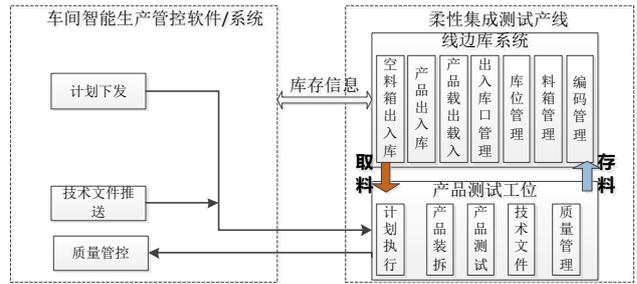


图2 柔性集成测试业务流程设计框图

如图2所示，柔性集成测试产线执行过程业务流程主要涉及车间智能生产管控软件和集成测试产线，其中各部分业务功能规划如下所示：

①车间智能生产管控软件/系统。

车间智能生产管控软件/系统主要进行产品测试订单的管理，并将订单分解后下发至各测试工位，测试工位通过配置的测试工位终端进行测试订单计划的接收，并根据订单查阅技术文件要求，执行测试操作。在完成产品测试后，根据

产品测试结果,进行测试结果数据的采集,并将采集数据上传至车间智能生产管控软件/系统进行统一管理,从而实现产品订单计划闭环管理。

②柔性集成测试产线。

通过在测试工位配置测试线边库及相关的出入库口,其中出入库口分为线外操作位和线内操作位。在产品测试前,通过线边库系统在线外操作位进行产品出入库操作,并将产品型号、批次、编号、阶段与料箱进行绑定后自动存储至线边库中。如产品需要转移至其他区域,则通过该操作位进行产品出库操作,在产品出库后,产品在线边库中的所有存储信息及与料箱绑定信息自动清除。

在产品测试过程中,通过各测试工位旁侧的线内操作位,结合要测试的产品型号、批次、编号及状态等,通过该操作位终端登录管理系统并使用载具载出载入功能,选取要测试的产品编号、状态等即可将存放该产品的料箱自动配送至该操作位,此时产品与料箱绑定关系、产品存储信息均不清楚,料箱在操作位出库位置不移动,人工直接从料箱中取出产品进行测试。在产品测试完成后,就近将产品放置回料箱原位置,直至该料箱所有产品测试完成后,通过工位终端将产品测试状态更改为新状态后,带产品的料箱自动存放至线边库中。通过该业务功能,实现产品测试工位与线边库缓存、取料、测试、存料整个业务流程柔性化操作,减少产品重新入库时产品与料箱绑定,产品编号、型号、批次、数量等信息重复录入等烦琐操作流程,有效提高产品测试过程管控和操作效率。

3.2.3 柔性化测试操作的设计

目前,在产品测试前,需将产品安装在产品测试台上再进行测试,在产品测试完成后,需人工将产品从测试台上进行拆卸,在产品装拆过程中,原有操作方法为人工进行操作,重复性操作工作量大,效率低。通过对集成测试产线测试工位测试台进行柔性化、自动化改造,将产品螺栓固定、拆卸重复性工作量进行自动化、柔性化解决。在产品装拆过程中,人工只需负责将产品在测试台上放置和取下,测试台自动完成产品紧固装拆,从而有效解决人工重复性工作量大、效率低问题,并结合集成测试产线的应用,提高了产品测试操作业务流程的柔性化管控能力。

3.2.4 柔性化操作界面设计

在产品存取过程中,对线边库管理系统操作界面只保留空料箱出入库、产品出入库、载具载出载入、库存统计功能模块。其中空料箱出入库功能主要满足料箱日常管理需求;产品出入库功能满足产品日常存取使用需求;载具载出

载入满足线内产品存取需求;库存统计对产品型号、批次、数量、状态等重要信息进行分类汇总统计,满足使用过程操作者直观了解库存信息需求。通过简化功能模块配置,满足产品测试过程柔性化操作使用需求,操作者根据产品应用情况只需简单点击对应功能模块即可完成相关操作。

3.2.5 物流柔性对接设计

在产品测试过程中,需在产品测试区域和试验区域等其他区域频繁往返周转。因此,对产品物流进行柔性化对接操作设计可以有效简化产品周转对接方法,提高周转效率。在物流柔性化设计过程中,主要从两个方面进行实现:一是通过设计配置可升降周转小车,并与缓存库出入口进行定位对接设计,在进行产品出入库操作时,人工操作小车与缓存库出入口定位装置快速对接,并使用小车举升功能将出入口带产品的料箱顶升,人工拉动小车脱离出入口操作位置,从而实现了料箱的柔性快速抓取和搬运,放置料箱按照上述方法反向操作即可。二是将线内出入口设计布局至测试台旁侧,产品测试时直接在线边进行产品的取放,从而减少多件产品一起搬运等待时间长,重量大等问题。

4 应用效果

通过柔性集成测试技术研究与应用,对伺服机构产品测试过程缓存、转运、测试等过程进行柔性集成管理和应用,实现了测试、转运、存储、取料等过程在线柔性化操作,极大减少了产品管理时间和转运时间等,提高了多品种变批量产品柔性化管控能力,优化了产品测试流程和管控方法,提升了产品测试过程管控能力。

5 结论

通过上述对伺服机构测试过程进行柔性化集成技术实现与应用,在实现产品测试过程产品数量、状态等透明化管控的同时,通过测试产线整体柔性化布局、业务流程柔性化管理、测试过程柔性化操作、物流过程柔性化快速对接等技术实现与应用,验证了基于多品种变批量复杂系统产品柔性化集成测试技术可行性。通过技术的应用,有效解决了多品种变批量产品人工广泛参与地下管理、转运等难题,提升了产品测试过程管控效率和测试效率。

参考文献

- [1] 过晓颖.如何理解物流系统柔性化[J].物流技术与应用,2014(10).
- [2] 吴宏杰,赵雷,杨季文.一个柔性化物料管理系统的设计与实现[J].计算机应用与软件,2009,26(10).
- [3] 李学兵.小批量多品种装配生产管理系统的开发与应用[J].现代制造工程,2011(3).