

飞机脉动总装智能生产线 构建技术*

宋利康¹, 郑堂介¹, 朱永国², 王 娜¹

(1. 航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司, 南昌 330024;

2. 南昌航空大学航空制造工程学院, 南昌 330063)

[摘要] 针对飞机总装配的特点和任务要求,明晰了飞机总装脉动智能生产线构建的关键技术,提出了飞机脉动总装智能生产线的架构与系统组成。阐明了飞机脉动总装智能生产线软硬件建设内涵,阐述了总装生产线智能感知等软件系统功能特征,描述了脉动式总装智能生产作业平台等硬件平台的原理和组成。通过应用示范证明了其有效性。

关键词: 飞机; 脉动; 装配; 生产线; 智能

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2018.01/02.028



宋利康

工学博士、研究员级高工,航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司副总工程师、中国航空工业集团有限公司特级专家,从事飞机研制数字化技术研究。

智能制造技术利用计算机模拟制造业领域专家的分析、判断、推理、构思和决策等智能活动,并将这些智能活动和智能机器融合起来,以实现整个制造企业经营运作的高度柔性化和高度集成化。智能制造具有状态感知、实时分析、自主决策、高度集成和精准执行等特征^[1]。随着国际上“德国工业 4.0”、“美国工业互联网”和“中国制造 2025”等工业战略规划的出台,飞机智能制造技术迎来了创新突破的历史机遇^[2-3],在零件制造、工装设计、故障诊断等多个智能领域取得了一定进展。高鑫等^[4]针对飞机大型复杂结构件的加工特点,提出面向复杂结构件的智能生产线架构,该生产线的资源层用于管控生产资源,运行层用于保证机床运行,管控层用于实现生产线的智能控制。于芳芳等^[5]针对飞机壁板加工零件数控编程的智能技术,开发了飞机整体壁板快速数控编程系统。韩锋等^[6]针对飞机大部件型面的三维数字化测量,研制出一套智能三坐标辅助测量系统。刘学明^[7]综合运

用工程经验、逻辑规则和模糊数学理论,建立了飞机发动机部件的智能故障诊断方法,研发了发动机智能故障诊断专家系统。潘志毅^[8]研究了装配工装各个阶段的智能设计方法,开发了面向飞机装配的工装智能设计系统。在飞机智能总装方面,苒书梅等^[9]结合航空工业智能制造总架构,给出了总装脉动生产线智能制造发展的总体思路。

总装是飞机装配工作的最后阶段,总装阶段完成的工作包括飞机大部件对接装配、机载设备安装调试、系统成附件安装调整等,因此,飞机总装具有装配精度要求高、专业性强、工作量大、任务复杂等特点,其装配质量与装配效率直接影响飞机的研制周期。随着精益制造思想逐步向飞机制造企业渗透,高效率、低成本的移动式装配生产线已成为波音、空客等国际先进航空制造公司的发展方向^[10-12]。为此,本文围绕飞机总装的业务特点和需求,将物联网、云计算以及大数据等先进技术引入到飞机总装生产过程中,

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51565042); 江西省重点研发计划(20161BBE53005, 20171BBE50007)。

开展数字化智能生产线相关技术的研究,提出飞机脉动总装智能生产线构建方法和具体实施内容,实现移动式装配和智能制造的有机结合。

飞机脉动总装智能生产线架构

图1所示为脉动总装智能生产线的架构。总装智能生产线融合智能装备、智能配送、物联网、人工智能、数据挖掘、信息系统集成、计算机仿真等先进技术。智能总装生产线由智能总装生产过程建模与仿真优化系统、智能生产管控系统、智能物流配送系统、基于物联网的制造信息智能感知系统和智能制造云服务平台等子系统组成。

飞机脉动总装工艺流程

将总装脉动生产线划分为5个装配站位,根据各站位作业需求进行适应性设计,各站位工艺见图2。

第1站位:导管电缆安装,完成导管、电缆安装和操纵系统支座、拉杆等基础安装。第2站位:成附件部件安装,完成液压、燃油、飞控、电气等系统成附件安装。第3站位:大部件对接装配,完成起落架、发动机、机翼等大部件安装,大部件对接完成后,飞机就可以落地牵引前进。第4站位:初步

调试,完成搭接电阻测量,通电、通压等功能测试。第5站位:总调测试检查,完成飞控等系统的复杂调试、全机水平测量、大检查等工作,该站位结束后飞机下线交付试飞站。

在站位划分和工艺内容明晰的基础上,利用 DELMIA 软件对总装生产过程进行整体建模,进行车间布局、业务流程定义、生产线平衡等,构建脉动总装生产线整体布局(图3)。

总装智能生产线构建

针对航空制造过程支持基于模型的工程方法,智能生产线构建主要包括软件研发和硬件平台研制两方面。通过信息系统和硬件平台的融合,实现装配物料供应链协同、总装智能化、敏捷运行支持。

1 管理信息系统研发

1.1 企业资源计划系统

企业资源计划系统包括科研生产管控系统、库存管理、物资采购管理、物资仓储管理等子系统。科研生产管控系统包括生产计划管理、生产过程管理、现场问题管理及与其他业务集成。物资采购管理主要实现采购计划管理、采购订单管理、采购价格管理、采购到货管理、供应商管理以及应付款管理。库存管理主要实现出入库管

理、台账管理等。物流配送中心主要包括配送计划管理、配送单生成、预配送处理、配送单下达、发料处理、缺料处理等。企业资源计划系统总体架构见图4。

1.2 生产智能管控系统

智能生产管控系统基于年度科研生产任务,以总装交付为牵引,分解部装和零件、组合件制造计划;同时部装、零件生产单位通过其制造执行系统继续分解作业计划至工序。在分解作业计划过程中按照“设备-班组-工段-车间-公司”的顺序分析和统筹生产资源,并通过各MES交付管理、智能感知系统实时采集的生产状态数据信息,在整体生产过程对车间/分厂的产品制造过程进行智能调度,实现对生产进度、产品技术状态的监控以及对生产计划及资源的智能管控。

1.3 物流智能管控系统

物流管控系统是数字化物流运输系统的中枢,通过作业业务、搬运业务、盘点等功能综合运用的管理系统完成物流自动化管理,实施过程中能根据生产时间要求进行适当的调整,实现完善的企业物流信息管理。系统

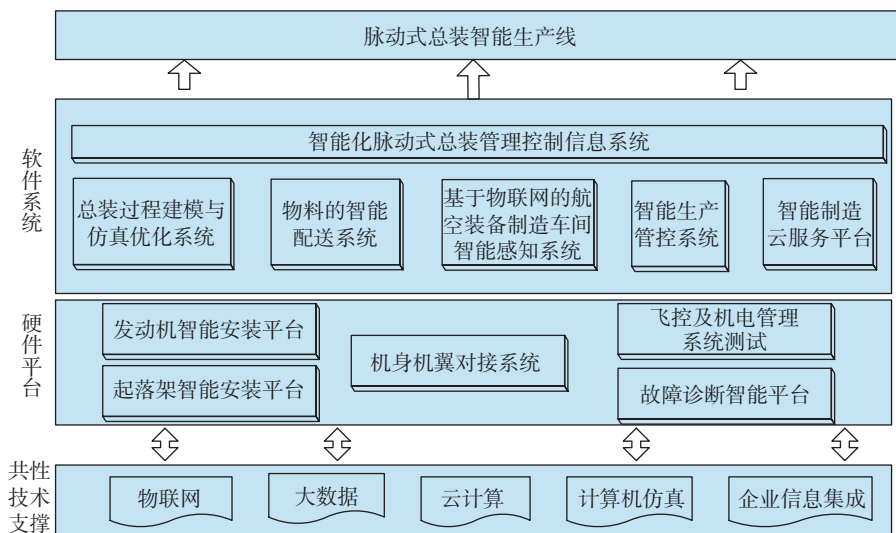


图1 飞机脉动总装智能生产线架构

Fig.1 Architecture of intelligent pulse production line for aircraft final assembly

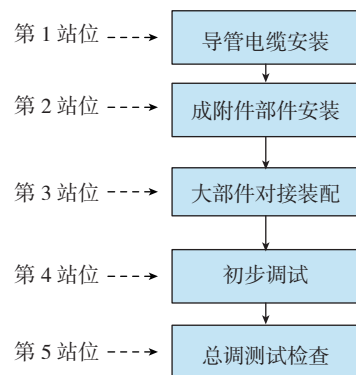


图2 脉动总装工艺流程

Fig.2 Process of aircraft pulse final assembly



图3 总装脉动生产线平面布局

Fig.3 Final assembly layout of aircraft pulse production line

既可以独立执行多种作业,也可以与企业资源计划系统等多种软件系统对接。物流管控系统接受来自上级系统的任务,并通过管理和调度所有物流设备,完成物流系统中的各种特定的任务。基于物流量、方向、工位的模拟设计合理的物流路线,通过AGV自动导引车进行物资的配送,

并通过条码技术实现工序交接过程中物流流转时的信息流转。对物流系统运行状况进行评估,力求设备最大利用率和合理的物流。为各管理部门提供有价值的决策信息。同时对物流和信息流进行动态管理和控制,集物流与信息流于一体。

1.4 总装生产线智能感知系统

总装生产线智能感知系统将无线传感技术、二维码、图像识别等物联网技术融入生产线。为企业提供基于物联网的现场制造信息采集、建模、存储、查询、交换、分析和使用的系统解决途径和工具,有效实现现场制造要素的实时监控、航空产品制造

全过程的跟踪与追溯以及完整和准确的现场制造信息提供。图5所示为基于物联网的航空装备制造车间智能感知系统构架,感知系统主要由制造要素物联网层、数据通信层、数据处理层、制造服务层和数据服务中心构成。

2 硬件平台研制

2.1 脉动式总装智能生产作业平台

智能生产作业平台用于总装厂房飞机总装生产过程中,为操作人员提供高空作业的平台,同时智能生产作业平台可根据现场作业需要自行展开和合并,方便飞机入站、出站。根据生产作业安排及实时采集的现场作业进展数据,通过控制系统智能部署作业平台的开、合及移动调整,与智能物料配送系统集成将作业所需物料、工具、设备等部署在作业者适当的位置,实现基于业务需求驱动的作业平台智能部署。

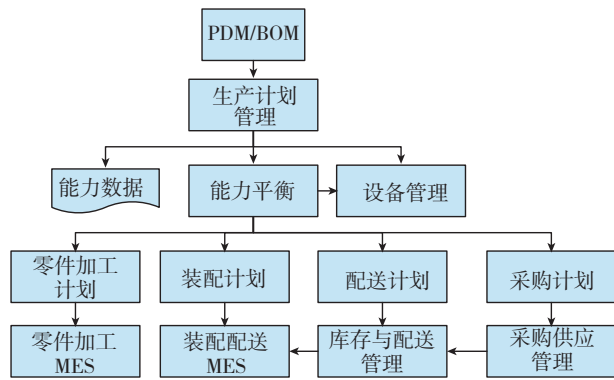


图4 企业资源计划系统总体架构

Fig.4 Overall architecture of enterprise resource planning system

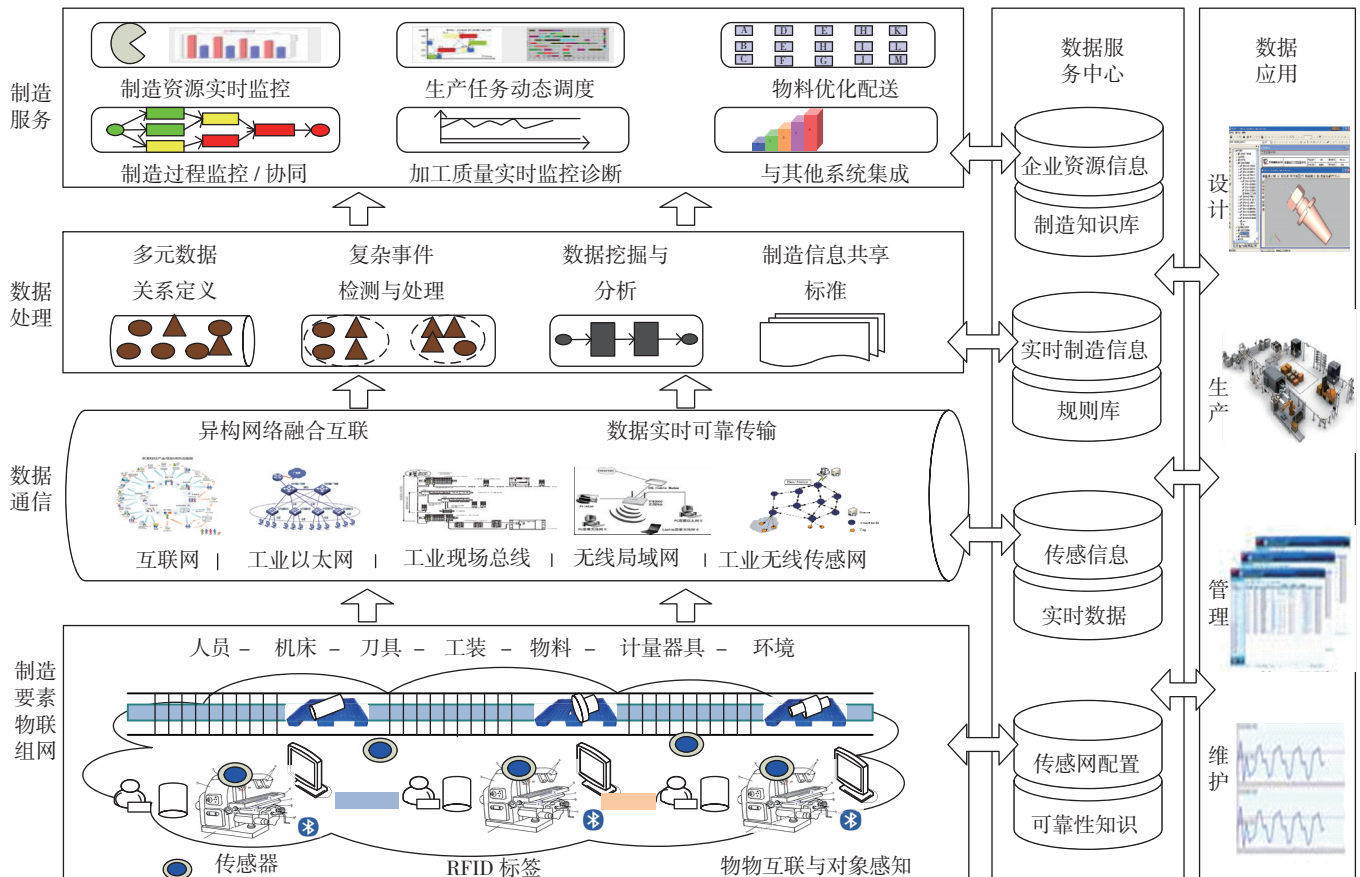


图5 基于物联网的航空装备制造车间智能感知系统结构

Fig.5 Intelligent system of aviation equipment manufacturing workshop based on internet of things

2.2 发动机智能安装平台

发动机安装平台由全向移动平台、剪刀叉升降系统、精密调姿系统、控制系统组成(图6、图7)。全向移动平台可实现横向、纵向和斜向行驶,移动灵活,便于在狭小空间内自由移动,用于实现发动机安装平台的移动和转向。全向移动平台将发动机转运就位后,剪刀叉升降系统将发动机顶升至适当高度,完成发动机安装前的初步定位。初步定位结束之后,控制精密调姿系统完成发动机的顶升、调姿、平移和旋转等,最终完成发动机的精密定位、对接、安装。

2.3 起落架智能安装平台

起落架安装平台主要用于主/前起落架安装,通过人工遥控、目测方式,实现主/前起落架的任意路径全向运输以及六自由度调姿,完成起落架与机身的快速对接。起落架安装平台由起落架安装车、专用托架和控制系统组成,如图8所示。

(1)起落架安装车基于全向移动方式,通过加装柔性调姿定位系统,并与专用托架自动对接,用于起落架的转运、升降、调姿和对接。

(2)专用托架分为主起落架专用

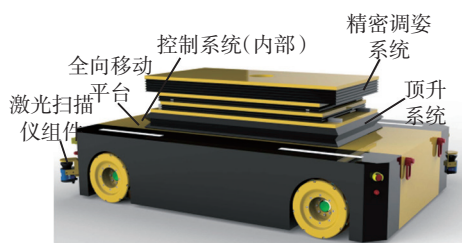


图6 发动机安装平台设备组成

Fig.6 Equipments of engine installation platform

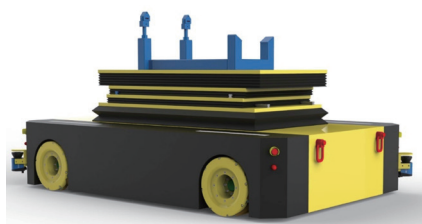


图7 发动机安装平台安装非加力发动机托架

Fig.7 Engine installation platform using non-force engine bracket

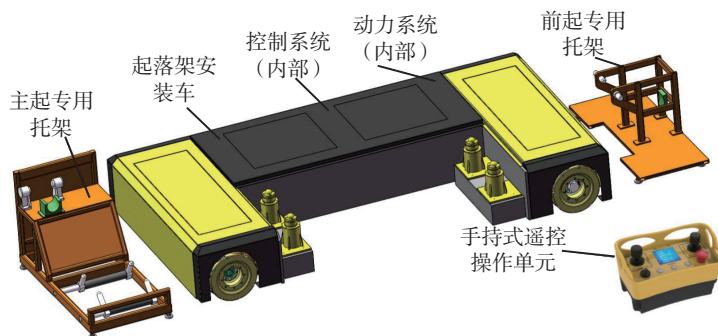


图8 起落架安装平台原理图

Fig.8 Schematic diagram of landing gear installation platform

托架和前起落架专用托架两部分,用于主/前起落架的固定,并留有相应的安装接口,与安装车实现自动对接,并能有效地避免起落架在运输和安装过程中,缓冲器和主支柱等活动装配件与机体或人员磕碰。

(3)控制系统作为起落架安装平台的核心部分,控制着设备全向移动、升降、调姿等所有动作。手持式遥控操作单元作为控制系统的输入端,设有摇杆、按钮等,并具有连续和点动两种操作模式可供使用。

2.4 机身机翼对接系统

翼身对接平台采用基于全向轮技术的全向移动平台作为底盘,在上面安装有3台调姿定位器(图9)。翼身对接平台移动过程中通过手持遥控器可实现连续移动和点动两种移动方式。连续移动可完成系统的粗定位,粗定位之后可通过点动方式完成系统的精确定位。调姿定位器采用手持控制器进行控制,控制调姿定位器完成机翼升降、俯仰和翻滚等动作,完成机翼与机身对接的精确定位。

2.5 飞控及机电管理系统测试及故障诊断智能平台

飞控及机电管理系统测试及故障诊断智能平台针对飞行控制系统、机电管理系统等测试参数繁多,测试工序长,需要频繁读取测试设备参数并参照设计规范及指令判断,在工艺指令中记录合格测试参数的业务过程,集成飞控系统测试设备、机电管理系统测试设备,将参数测试过程与合格

研判过程进行集成,实现智能研判,并记录合格参数,通过测试设备与MES系统连接和数据接口,实现合格测试数据实时上传记录,从而实现飞控、机电管理等系统测试过程的智能化。

初步工程实施

某航空制造公司在其总装车间进行脉动总装智能生产线应用示范。将物联网、人工智能、计算机仿真以及网络安全等先进技术与总装测试业务过程相结合,开发智能生产管控、智能物料配送和基于物联网的制造信息智能感知等系统,研制基于业务驱动飞机脉动式总装智能作业平台。通过智能总装设备的智能感知、实时分析和精准执行,实现了设备和人员的智能调度,缩短总装生产周期30%,提高生总装产效率25%,总装交付批产能力增加2倍。

结论

(1)脉动总装智能生产线应以飞机总装的信息物理融合系统为支撑。构建的重点是完成飞机系统的数字化

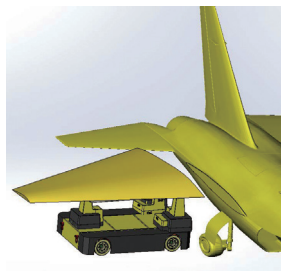


图9 机翼位姿定位

Fig.9 Wing pose adjustment

装配和调试、生产过程建模与仿真优化、物料的智能配送、基于物联网的航空装备制造车间智能感知以及车间信息系统的无缝集成等内容的建设。构建的关键是自主研制智能作业平台等航空产品智能总装设备,通过智能总装设备的智能感知、实时分析、自主决策和精准执行,实现设备、人员智能调度及在线培训。

(2) 智能制造技术在总装车间进行应用示范,可以显著提升航空制造企业的制造技术水平和管理水平、降低生产成本、缩短产品研制周期、提高生产效率,从而为企业带来可观的经济效益,具有较好的市场前景。

参考文献

- [1] 宋利康,郑堂介,黄少华,等. 飞机装配智能制造体系构建及关键技术[J]. 航空制造技术, 2015, 58(13): 40-45.
- SONG Likang, ZHENG Tangjie, HUANG Shaohua, et al. Aircraft intelligent assembly manufacture system construction and its key technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(13): 40-45.
- [2] 姚艳彬,邹方,刘华东. 飞机智能装配技术[J]. 航空制造技术, 2014, 57(23/24): 57-59.
- YAO Yanbin, ZOU Fang, LIU Huadong. Intelligent assembly technology of aircraft[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014, 57(23/24): 57-59.
- [3] 姚锡凡,于森,陈勇,等. 制造物联

的内涵、体系结构和关键技术[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(1): 1-10.

YAO Xifan, YU Miao, CHEN Yong, et al. The connotation, architecture and key technologies of internet of manufacturing things[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(1): 1-10.

[4] 高鑫,龚清洪,孙超. 飞机结构件智能制造关键技术研究[J]. 制造技术与机床, 2017(8): 45-47.

GAO Xin, GONG Qinghong, SUN Chao. Key technologies research of intelligent manufacturing for aircraft structural parts[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2017(8): 45-47.

[5] 于芳芳,郑国磊,陈树林. 飞机整体壁板智能数控编程系统[J]. 航空制造技术, 2008, 51(23/24): 83-88.

YU Fangfang, ZHENG Guolei, CHEN Shulin. Intelligent NC programming system of aircraft integral panel[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2008, 51(23/24): 83-88.

[6] 韩锋,田威,袁正茂,等. 面向飞机大部件的智能三坐标辅助测量技术研究[J]. 中国机械工程, 2015, 35(6): 223-249.

HAN Feng, TIAN Wei, YUAN Zhengmao, et al. Research on intelligent three-dimensional auxiliary measuring technique for large aircraft component[J]. China Mechanical Engineering, 2015, 35(6): 223-249.

[7] 刘学明. 飞机机械设备智能故障诊断专家系统研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2008.

LIU Xueming. Study on the intelligence fault diagnosis expert system for aircraft equipment[D]. Xi'an: Xidian University, 2008.

[8] 潘志毅. 飞机装配工装智能设计关键技术研究及系统开发[D]. 南京:南京航空

航天大学, 2008.

PAN Zhiyi. Research on intelligent design key technologies and packages development for aircraft assembly tooling[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2008.

[9] 袁书梅,杨根军,陈军. 飞机总装脉动生产线智能制造技术研究与应用[J]. 航空制造技术, 2016, 59(16): 41-47.

CHANG Shumei, YANG Genjun, CHEN Jun. Research and application of intelligent manufacturing technology for aircraft final assembly pulsation production line[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016, 59(16): 41-47.

[10] 许国康. 飞机总装移动生产线技术[J]. 航空制造技术, 2008, 51(20): 40-43.

XU Guokang. Moveable production line technology for aircraft final assembly[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2008, 51(20): 40-43.

[11] 郭佳,吴永林. 通用飞机总装脉动式生产线构建[J]. 航空制造技术, 2015, 58(5): 58-61.

GUO Jia, WU Yonglin. Construction of pulsating production line of general aircraft for final assembly[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(5): 58-61.

[12] 张超,李慧. 物联网技术在国内航空制造业的应用[J]. 航空制造技术, 2012, 55(S1): 93-96.

ZHANG Chao, LI Hui. Application of internet of things in domestic aviation manufacturing industry[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012, 55(S1): 93-96.

通讯作者: 宋利康, E-mail: slk@hongdu.com.cn.

Construction Technologies of Intelligent Pulse Production Line for Aircraft Final Assembly

SONG Likang¹, ZHENG Tangjie¹, ZHU Yongguo², WANG Na¹

(1. AVIC Jiangxi Hongdu Aviation Industry Group Coporation Limited, Nanchang 330024, China;

2. Hangkong Zhizao Gongcheng Xueyuan, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

[ABSTRACT] Aiming at the assembly characteristics and task requirements of the aircraft final assembly, the key technologies of the intelligent pulse production line construction are clarified, and the architecture and components of the production line are put forward. The information systems and hard wares connotations of the production line are expounded. The functional characteristics of the information systems such as assembly production line intelligent perception system are discussed, moreover the composition principles of the hard wares are described. Finally, the effectiveness of intelligent pulse production line for aircraft final assembly has been demonstrated by application.

Keywords: Aircraft; Pulse; Assembly; Production line; Intelligence

(责编 李丹)