

基于 RFID 的民机数字化装配 管理系统研究*

王广侃, 李艳军, 曹愈远, 高志列

(南京航空航天大学民航学院, 南京 211100)

[摘要] 针对我国民机数字化装配生产现场管理的落后性和生产数据管理混乱等问题,介绍了数字化装配生产线概况,并运用 RFID 技术对民机生产现场信息管理,实现了管理数字化、智能化。利用 IDEF0 建立民机数字化装配现场管理模型,形成了各种详尽信息的业务信息流;然后运用面向对象的思想对系统进行了分析与设计,采用 B/S 结构,并结合 PDM 技术给出了系统总体架构;最后介绍了系统开发所需的平台、环境与数据库等技术,运用 ERP 思想构建系统模型,同时给出了系统实现的示例界面。

关键词: 数字化装配; RFID 技术; 信息管理; 系统模型; 模块设计

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2018.06.078



王广侃

硕士研究生,主要研究方向为航空器可靠性与维修性。

目前,我国的飞机装配正逐步迈向数字化装配阶段,在数字化技术的推动下,飞机装配技术快速发展,形成了现代飞机的数字化装配模式^[1]。装配活动是飞机生产制造流程中的主要环节,是在工艺设计的基础上,从零部件的设计、制造到部件级的组装,最后总装配成一架满足功能要求的飞机产品的全套流水作业过程,该过程十分复杂。

为了提高飞机装配效率,确保飞机装配质量,提高车间装配信息化水平,研究具有现代化的民机装配管理系统迫在眉睫。

提高数字化最重要的就是 RFID 技术的应用,其被誉为 21 世纪十大重要技术之一,具有独特的自动识别和优良的数据采集功能,与目前广泛应用的条码技术相比具有明显优势^[2]。总的说来,应用 RFID 采集飞机装配车间的各种装配信息有以下优势:(1) 读取方便快捷:电磁感应式读取,无

需光源,不要求标签外露;(2) 数据容量大:RFID 标签比数据容量最大的二维码的存储空间大的多,可根据用户需要扩充到 10K 以上;(3) 识别速度快:标签一进入有效识别区域,解读器就可以即时读取磁场覆盖范围内的所有电子标签的信息;(4) 应用范围广:其无线电通信方式,使其在各种复杂的环境中占据优势;(5) 使用寿命长:电子标签的包装较为封闭,并且材质特殊,较二维标签的寿命长;(6) 信息动态更改:可通过特殊的应用程序向标签写入数据,使得 RFID 电子标签具有重复使用的功能,比重新打印条码代价花费小;(7) 实时动态通信:标签与解读器通信的频率较高,可达到 50~100 次/s,每当电子标签出现在解读器的电磁信号覆盖范围内,便可对其位置、状态信息进行实时定位和监控,这是物联网应用的基础;(8) 安全性高:RFID 技术为数据安全作了许多努

* 基金项目:国家自然科学基金项目(50705097)。

力,可通过数据加密等方式严格保证数据的安全性。

民机数字化装配

通过企业实地调研,详细研究民机数字化装配的过程及其业务流程。并且梳理业务流程中的各类信息,确定信息采集的技术和方法。

1 民机数字化装配流程

在数字化技术的推动下,民机的数字化装配技术也取得飞速发展,在采用数字化装配设备,如数字化装配工装的同时,结合原装配要素和管理模式,形成了民机数字化装配,形成了民机数字化装配流程^[3]。飞机数字化装配基本流程如图1所示。

2 RFID 对装配生产现场信息的管理

生产现场的信息采集在很大程度上影响着生产装配的效率,本系统采用 RFID 技术替代传统条码技术。其通过无线电信号识别电子芯片而进行数据读写操作。通过电子标签主动发射信号或者由手持终端发出信号识别电子标签并读取信息,来追踪和识别贴有标签的物品^[4]。标签中储存着电子化的物品信息,通过电磁感应的形式在一定距离范围内进行识别,并且可以通过电子标签的唯一标识码关联并操作关联的服务器端数据库。

民机生产现场存在着几大要素:人员、工装、部件、库存(零部件、备件),现场管控主要也是围绕这几个对象而来的,包括对人工工时和派工的管理、对部件装配进度的管理、工装状态的管理和库存调配的管理等^[5]。同时还有许多交叉的部分,比如工装检验时不仅包含检验结果信息还应包含检验人员的信息,部件装配时不仅仅关注部件的装配进度还应关注每个阶段的班组和所使用的工装、库存等,以此对产品的全寿命周期进行追溯和记录。基于 RFID 的生产现场信息流程如图2所示。

民机数字化装配系统模型

1 系统功能模型

IDEFO 是 IDEF (ICAM DEfinition) 中一种自上而下的应用结构化分析和设计技术的图形化建模技术,用于描述系统各层级功能活动和它们之间的联系。集成计算机辅助制造 (ICAM) 是在结构化分析和设计方法基础上发展起来的系统分析和设计方法。

利用 IDEF0 建模技术对基于数字化装配的民机生产现场建立功能模型,如图3所示。

1.1 组织管理

组织管理是对参与民机装配现场业务活动的企业人员的管理,包括装配人员、检修人员、现场管理人员等。该功能模块有普通用户和管理员用户两个输入类型,对该部分的控制有权限、组和角色的控制以及对人员变动、人员信息变更等的操作和控

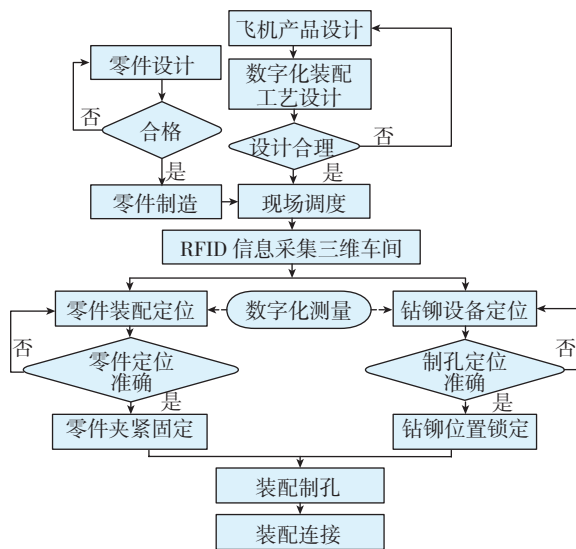


图1 飞机数字化装配基本流程图

Fig.1 Basic process of aircraft digital assembly

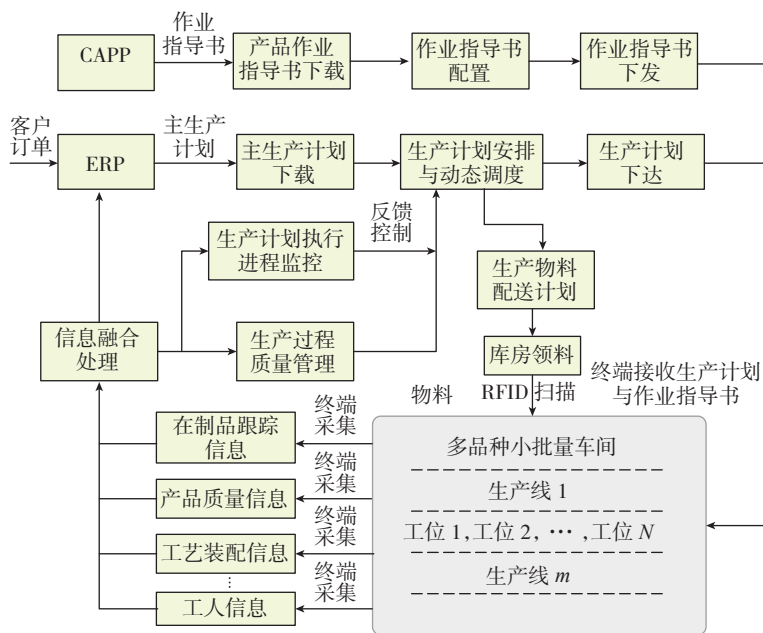


图2 基于RFID的生产现场信息流程图

Fig.2 Production process information flow based on RFID

制,还有数据作为机制参与该功能模块的活动。实现对人员管理的数字化、合理化,提高效率的同时也完善了对人员的监督机制。

1.2 业务管理

业务管理是对民机数字化装配生产现场活动的管理,包括人员、产品、工装、物料、库存等的管控业务,以及对这些业务的管理和控制,同时对所管理业务对象贴附 RFID 标签,以便于进行信息采集并且在这些管理中需要基础数据和组织结构作为机制参与进来。

1.3 流程管理

流程管理是对每个业务审批流程的管控,主要包含一些内部审核或者跨部门审核等规定的业务流程,如工艺装配申请、维修、检验、封存、报废等流程,还包括对这些流程的类别、属性、操作等的控制,同时需要人员组织、业务模块、基础数据的参与。

1.4 数据管理

PDM 技术是从产品数据管理的角度对整个民机生产现场的数据进行管理,是整个系统正常运转的信息来源。既包含系统本身的一些应用信息,也包含通过接口从其他系统获得的交互数据信息;对数据的控制有多方面的内容,既有数据本身的类别、属性和操作控制,也有数据版本、存储模式控制;同时需要人员参与其中。其中前端装配车间数据采集在每个工位都配备电子看板和工位 PDA,核心部件粘贴 RFID 标签,保证数据实时准确流通,同时可以提高工作效率。

2 系统业务信息流程模型

通过对装配流程及模型分析,总结出民机数字化装配总体业务流程和信息流程图 4 所示。

基于 RFID 的民机数字化装配管理系统

1 系统总体架构

采用 B/S 结构,以物联网技术

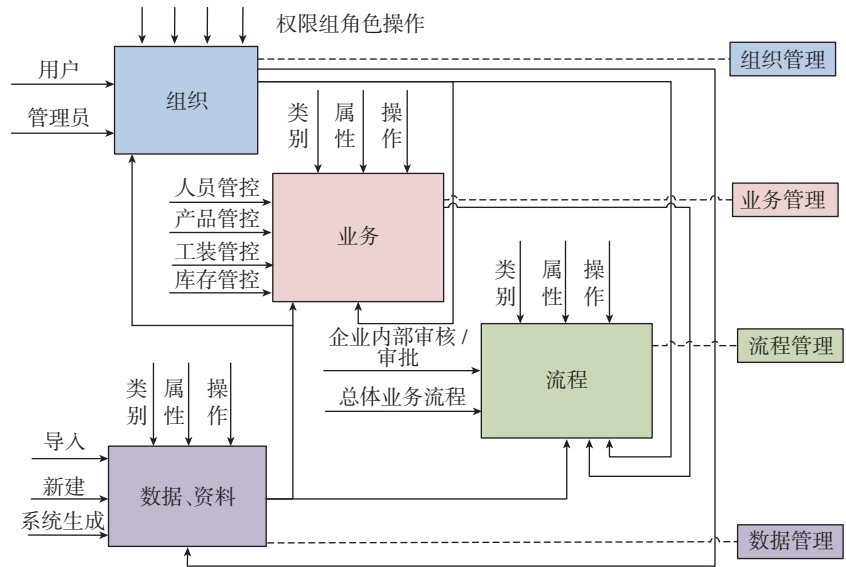


图3 基于数字化装配的功能模型

Fig.3 Functional model based on digital assembly

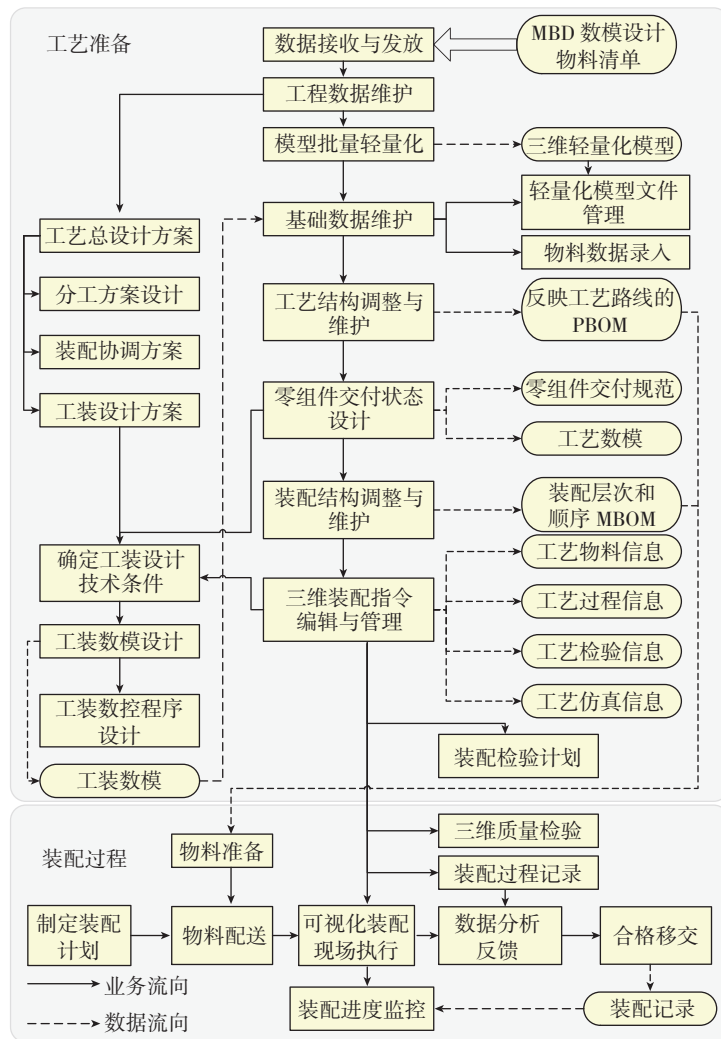


图4 民机数字化装配业务信息流程图

Fig.4 Business information process of civil aircraft digital assembly

(RFID 信息采集技术)作为数据采集方法,结合 PDM 的产品数据管理技术,运用扎根于适航管理的质量保证体系,实现装配现场人员、产品零部件、物料配送、工装工具、库房、现场的管控,建立以飞机数字化装配线动态实时数据模型为核心的集成管理平台,通过各种软件接口和企业无线网实现与其他企业级应用系统和现场数据的信息交互与共享,从而实现整个民机数字化装配生产现场的全过程和资源的可视化管控^[6]。总体架构如图 5 所示。

系统由基于物联网技术的现场数据采集与信息交互层、民机数字化装配现场监控层和计划管理层组成。

(1)基于物联网技术的现场数据采集与信息交互层。

作为物联网中的感知层,现场数据采集与信息交互层主要是通过物料网的各种信息采集技术,包括条码技术、RFID 技术、视频监控等手段,将采集到的信息及时、准确地反馈到装配现场监控层和计划管理层。该层是民机数字化装配生产现场管控系统数据的来源和实时监控的基础。

(2)民机数字化装配现场监控层。

基于厂区全覆盖的无线网络,在生产线的各个环节布置读写器,在厂区主要地方建立信息采集点,监控装配进程。在产品零部件进入生产线之前,通过基于数字化装配的物料配送算法进行物料的配送、追踪和监控工作,并通过电子标签对各种资源(如物料、零部件、工装、数字化测量和检验设备等)进行在线监测和实时监控;当零部件进入加工点时,读写器就可读取到零部件标签内的信息,并通过扫描装配人员胸牌、操作的工装工具电子标签,记录产品装配过程;与此同时,通过严格遵循适航质量保证体系,装配现场管理者或是企业领导可以动态监控零部件的装配过程和装配质量,避免产品质量事故的发生,并可以追踪产品质量事故的根源,从而循序渐进地改进生产工艺,以提高生产效率和产品质量。

(3)计划管理层。

系统与计划管理层(ERP)共享数据,一方面本系统获取计划管理层的生产计划信息,指导飞机装配现场

活动的开展;另一方面,利用物联网信息采集技术将现场装配活动的相关数据实时反馈至 ERP,包括装配现场当前生产任务、工位工作状态、人员工作状态、产品生产进度、工装技术状态、物料配送状态、库存信息等。

本系统支持同一网段覆盖范围内通过 Web 发布,应用到各个机构/部门的作业和管理,实现多用户、远距离、快速度访问。

2 系统开发环境

2.1 开发平台

目前 Web 项目的开发平台众多,其中, Eclipse 是一个开放源代码并且可扩展性很强的基于 JAVA 语言的集成开发平台,并且可允许用户使用各种插件,所以,选用 Eclipse 作为 Web 应用程序——基于数字化装配的民机生产现场管控系统的集成开发平台。

2.2 Web 服务器

Web 服务器是在网络中为实现信息的发布、资料查询、数据处理等诸多应用而搭建基本平台的服务器,只有将开发的 Web 应用程序放置其中,才能使网络中的用户通过浏览器访问^[7]。常用的服务器中 Tomcat

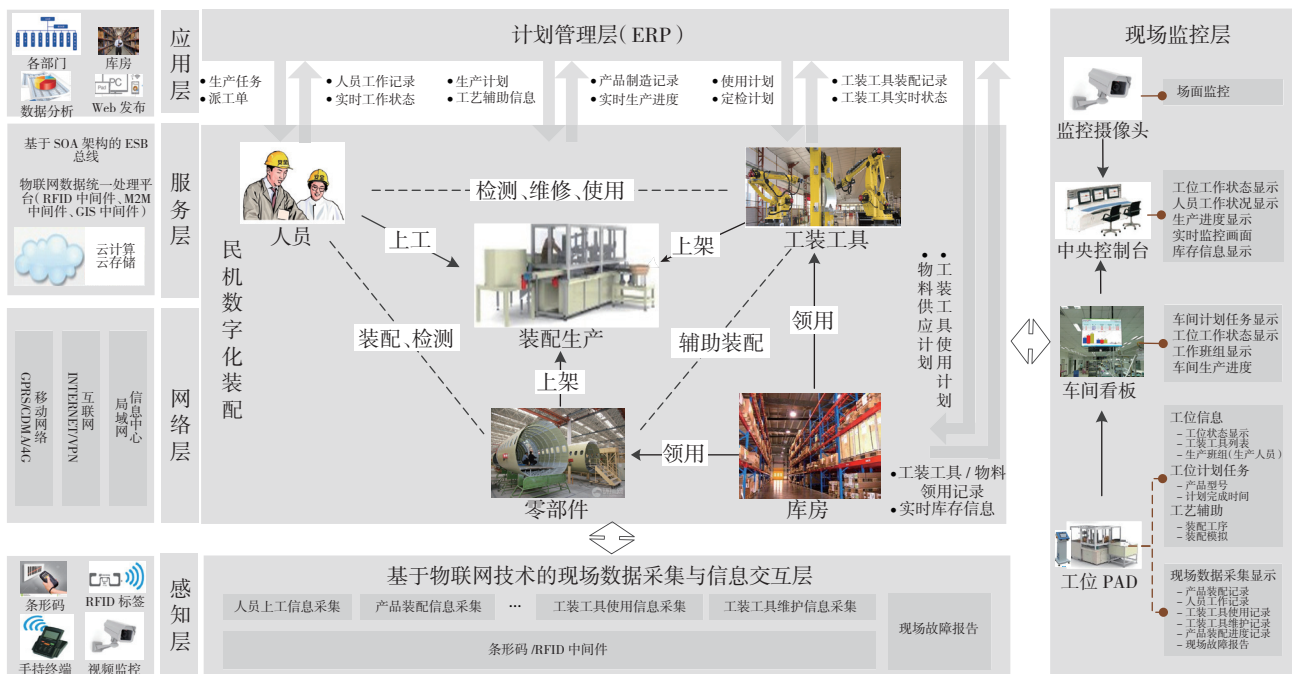


图5 基于数字化装配的系统架构图

Fig.5 System architecture diagram based on digital assembly

服务器最为流行,它是一个小型、轻量级并支持 JSP 和 Servlet 技术的 Web 服务器,是 JAVA Web 开发的首选。因此,本系统的 Web 服务器选择 Tomcat 服务器。

2.3 数据库及数据库服务器

(1) Oracle 数据库。

在综合考虑企业的数据结构、数据量、数据库的运行速度及维护工作量等因素,系统选用甲骨文公司的关系型数据库管理系统 Oracle,它可跨越大型多处理器的服务器等多种平台使用。

(2) Web 服务器与数据库的连接。

当应用程序需要通过服务器对数据库进行访问时,由于数据库本身的安全保护机制,不能直接与服务器进行连接,需要通过一系列的接口, JDBC API 是 Java 程序数据库连接应

用 API,为数据库连接提供了统一的编程接口,是一组 Java 类和接口的集合。方便开发人员连接数据库并运用 SQL 语句进行数据操纵。

3 模块设计

基于 RFID 的民机数字化装配管理系统总共包含以下几大模块,分别为:人员生产监控、工装工具管理、物料管理、库存管理、产品装配监控、场面监控、数据分析、综合查询、个人中心、通知与交流、系统管理(图 6)^[8]。

当生产计划下达后,从 ERP 中共享到生产现场装配系统,现场相关人员获得生产计划后,将其进行分解,获得阶段性任务,同时从 ERP 获取相关班组人员的配置信息,并从工装管理系统获得工装的预先匹配信息,如若人员工装等相关配置到位,则进行产品的生产;否则,就视情况考虑进

行库存调用、借用或者工装申请等流程^[9]。工装到位后,用 RFID 手持端扫码进行工装和部件的上架装配工作,同时此部件班组人员进行扫描胸牌上工操作,装配工作正常进行。

基于 RFID 的民机数字化装配管理系统数据库涵盖了人员生产信息、工装活动信息、部件装配信息、物料配送信息、库存信息以及各自相应的状态信息等,支持对人员生产活动信息(包括装配上下班记录和对各类操作记录)、工装各类活动信息(包括新增、维修、检测、封存等历史活动记录和上下架等装配记录)、部件装配活动信息(包括部件上下架的记录和历史装配人员、工装的记录)等的详细操作监控管理^[10]。同时,RFID 手持端支持现场数据的采集;每个工位配备有工位 PAD,支持对工位信

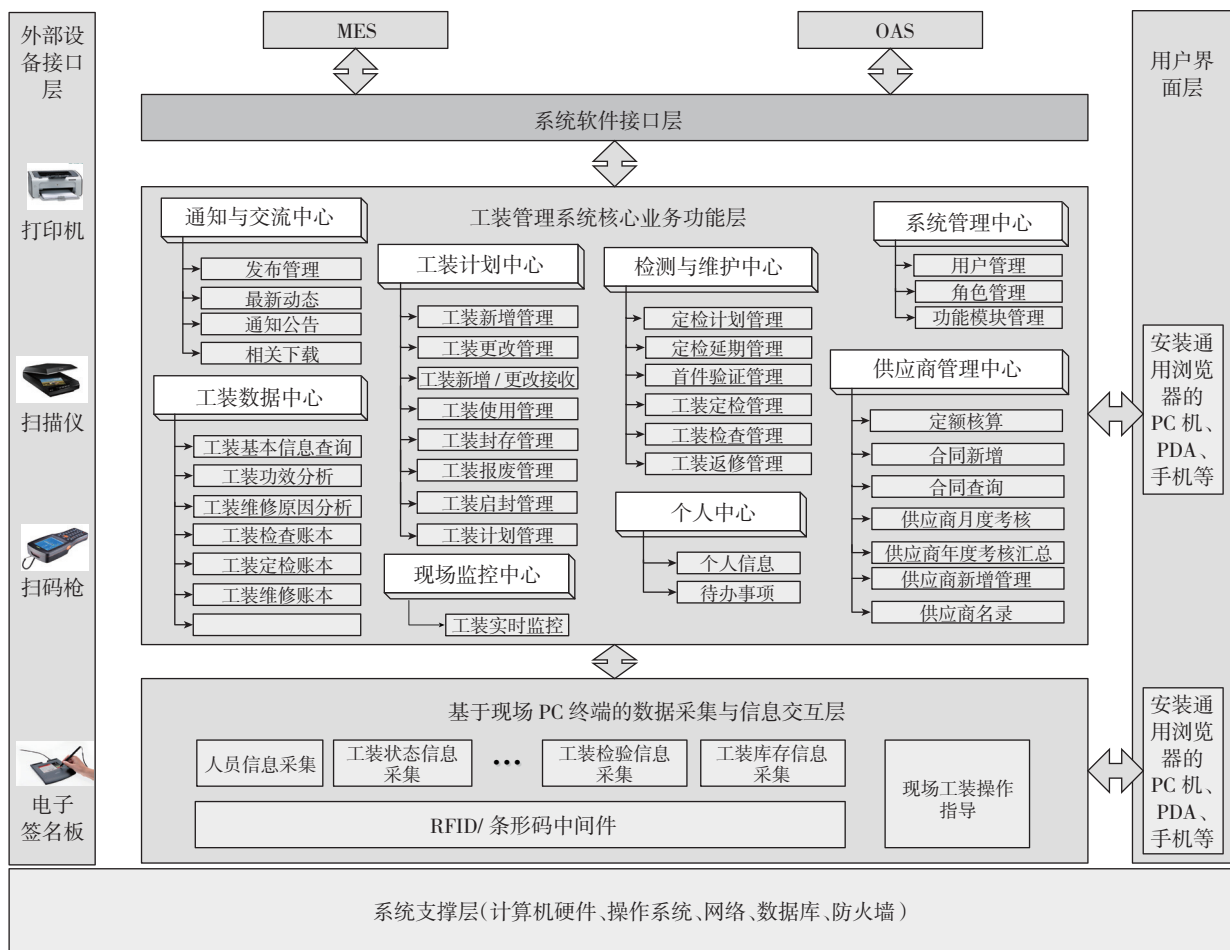


图6 基于RFID的民机数字化装配管理系统的模块流程图

Fig.6 Flow chart of civil aircraft digital assembly management system based on RFID

息、工位计划任务、现场数据采集信息等的操作和显示。装配现场配置一块车间看板,支持对车间计划任务、工位工作状态、工作班组、车间生产进度、各类通知公告信息等的显示。在实时监控中心,即中央控制台,对人员状态、产品进度、工装状态进行全面的监控,实现对生产现场的总体掌控;通过 Web 软件控制程序、RFID 数据采集器、各类显示监控设备等的相互配合,生产现场装配系统会对生产现场进行全面的管理和控制,各组织模块流程如图 6 所示。

4 系统实现

在系统需求分析、概要设计和详细设计的基础上,开发出基于 RFID 的民机数字化装配管理系统。

结论

本文研究分析 RFID 技术在民机数字化装配过程应用中的优势、飞机数字化装配生产线、管理业务流程的基础上,建立起民机数字化装配系统模型并开发出基于 B/S 的民机数字化装配生产管理系统,将原本繁杂的工艺装配工作变得简单化、数字化。

参考文献

[1] 盖宇春. 飞机数字化装配调姿工装

系统设计[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.

GAI Yuchun. Design of digital assembly and attitude adjustment system for aircraft[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.

[2] 赵苏阳, 李艳军, 钱小燕. 基于 RFID 的民用飞机装配生产管理信息系统模型研究[J]. 航空制造技术, 2016, 59(11): 83-87.

ZHAO Suyang, LI Yanjun, QIAN Xiaoyan. Research on information management model of civil aircraft assembly based on RFID[J]. Automobile Manufacturing Technology, 2016, 59(11): 83-87.

[3] 朱海平, 苟坤, 何非. 飞机装配制造执行系统关键技术研究及系统实现[J]. 航空制造技术, 2012, 55(15): 18-21.

ZHU Haiping, GOU Kun, HE Fei. Key technology research and system realization of aircraft assembly manufacturing execution system[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012, 55(15): 18-21.

[4] 汪雷. 基 PDM 的飞机生产许可取证信息管理系统研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.

WANG Lei. Research on aircraft manufacturing license forensic information management system based on PDM[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2014.

[5] 丁士锋. Oracle 数据库管理从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.

DING Shifeng. Oracle database management from getting started to mastering[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.

[6] 叶少波. J2EE Web 核心技术—Web

组件与框架开发技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.

YE Shaobo. J2EE Web core technology—Web components and framework development technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.

[7] 赵俊峰. Java Web 应用开发案例教程—基于 MVC 模式的 JSP+Servlet+JDBC 和 AJAX[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.

ZHAO Junfeng. Java Web application development case tutorial—MVC pattern based on JSP+Servlet+JDBC and AJAX[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012.

[8] FAN S S, SHI W X, WANG N, et al. MODM-based evaluation model of service quality in the internet of things[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 11(A): 63-69.

[9] 魏平. 基于 C/S 和 B/S 混合结构的工具管理系统的研究与开发[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.

WEI Ping. Based on C/S and B/S hybrid structure of the tool management system research and development[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2004.

[10] 赵勇胜. 汽车部件装配生产管理系统中 RFID 技术的应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.

ZHAO Yongsheng. Application research of RFID technology in auto parts assembly production management system[D]. Chongqing: Chongqing University, 2010.

通讯作者: 李艳军, 博士、教授, 研究方向为可靠性与维修性, E-mail: lyj@nuaa.edu.cn.

Research of Civil Aircraft Digital Assembly Management System Based on RFID

WANG Guangkan, LI Yanjun, CAO Yuyuan, GAO Zhilie

(College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 211100, China)

[ABSTRACT] To solve the problems arising in the onsite management for digital assembly of civil aircraft in our country, such as the conservative onsite management measures and messy production data management, the technologies of digital assembly line are reviewed, leading to the application of RFID in this field, which fulfills the digitalization and intellectualization of the onsite management. Using IDEFO to establish civil aircraft digital assembly scene management model and have a variety of detailed information which the flow of business information; and then use the idea of object-oriented analysis and design of production management system, using B/S structure and combined with PDM technology and the system architecture is given; finally, introduces the system platform which is development required, the technology of environment and database, using ERP thought to build system model, and showed the example interface of system.

Keywords: Digital assembly; RFID technology; Information management; System model; Module design

(责编 大漠)