

大型飞机研制中的若干 数字化智能装配技术*

董一巍^{1,2}, 李晓琳¹, 赵奇¹

(1. 厦门大学航空航天学院, 厦门 361005; 2. 厦门大学深圳研究院, 深圳 518057)

[摘要] 大型飞机的研制是国家提高自主创新能力的战略重点。为了提高大飞机装配质量与生产效率,采用数字化智能装配技术是必然的发展趋势。本文介绍了飞机智能化装配的系统框架与其技术体系架构,阐述了目前大型飞机装配所面临的难题,并指出虚拟现实仿真优化技术、专用智能装配工艺装备的开发,以及飞机总装智能装配生产线技术是智能装配技术的热点与发展方向,并分别进行了介绍,并阐述了国内外应用发展现状,最后指出了国内现有智能装配技术的不足与差距。

关键词: 大飞机; 智能装配; 虚拟仿真; 智能工装

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.1/2.058



董一巍

厦门大学航空航天学院助理教授, 美国麻省理工学院博士后, 中国机械工程学会高级会员, 中国航空学会会员。主要研究方向为航空工艺工装的设计与制造、成形加工过程多尺度建模及仿真优化。主持并参与了多项国家及省部级课题。

在我国,大型飞机一般指150座级以上的大型客机和起飞总重量超过100t的军民用大型运输机^[1]。2015年11月2日,中国商用飞机有限责任公司(中国商飞)在上海举行中国大飞机首次下线仪式,标志着我国已正式具备自主生产大型飞机的能力。大飞机整体结构尺寸大,装配零件数量及种类繁多,对装配精度要求高,协调关系复杂^[2]。为了在保证装配质量、提高机体疲劳寿命的同时,大幅提高大飞机的生产效率,降低生产成本,必须要求采用大飞机数字化智能装配技术,加大装配过程中的智能化程度,使大飞机装配过程更精确且更有效率。

与传统装配技术不同的是,飞机智能化装配是将装配过程中的各个单元,包括相关系统、零部件、机器设备、工装夹具、人以及物流等,根据不同需求进行智能化调整,构建出智能化装配系统,其模型框架如图1所

示。此模型中主要包括信息处理与决策单元、装配生产线或车间、知识累积与自适应控制单元、自动化装配单元、智能检测与监控系统以及信息获取与集成单元。因此,具有状态感知、实时分析、自主决策、高度集成和精准执行的特征^[3]。飞机智能化装配技术体系架构主要包括飞机智能装配支撑技术、飞机智能装配关键技术以及飞机智能装配应用系统3个层级,如图2所示。随着部件尺寸、巡航速度、航载重量、可靠性的一些指标的变化,大飞机装配面临的难题主要有^[4]:

(1)为了保证以临界音速飞行的大型飞机的安全可靠性和经济性,必须采用柔性设计原则,采用轻量化、整体化、模块化结构。对精度和可靠性的要求严苛,使得部件装配连接的难度较大。

(2)大型飞机部件尺寸大,装配精度要求高。为了提高生产效率,需

* 福建省高校产学研重大项目(2015H6023)、广东省自然科学基金(2014A030310004)。

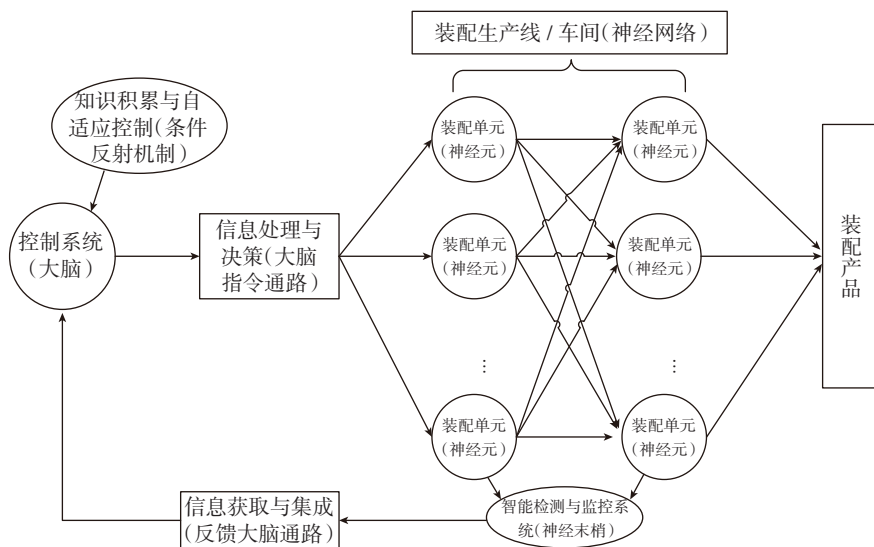


图1 飞机智能装配系统模型示意

Fig.1 Model of aircraft intelligent assembly system

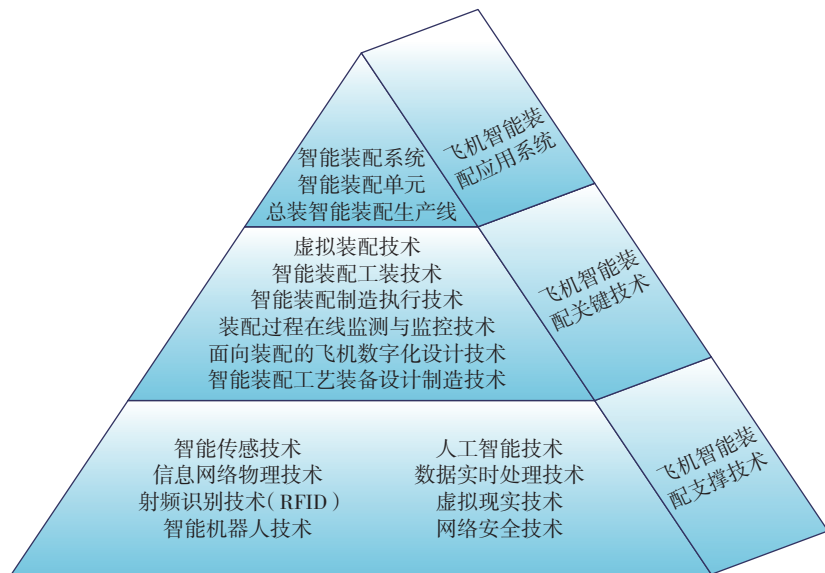


图2 飞机智能装配技术体系示意

Fig.2 Aircraft intelligent assembly technology system

要随时协调各部件尺寸,并根据大飞机产业化发展构造装配生产线,达到批量生产。

(3)大型飞机产品配套关系复杂,复杂零件数量巨大。数字化技术的应用是有效的解决方法。实现信息共享与流程控制,通过虚拟装配模拟,制定装配流程,有助于实现大飞机高效率、高质量的装配。

(4)随着大飞机的不断研制与发展,对材料性能的要求越来越高,大型飞机上复合材料的占比越来越多。

为了满足复合材料与其混合结构装配的需求,复合材料结构制孔和精确装配对飞机性能影响重大。

由于飞机装配工作的高复杂性和高精度要求,智能装配技术已经成为飞机装配技术发展的新方向。飞机智能装配技术是机械、电子、控制、计算机、人工智能等多学科交叉融合的高新技术。其中,虚拟现实仿真优化技术、专用智能装配工艺装备的开发以及飞机总装智能装配生产线技术作为智能装配技术的热点与发展

方向,能够有效解决大飞机装配过程中的难题,也是提高飞机装配水平及智能制造水平的关键所在。

虚拟现实仿真优化技术

虚拟现实仿真优化技术是飞机智能化装配的关键技术。其技术内涵为:为保证数字化装配全过程顺利实施,结合飞机装配路径规划、装配物料以及实际装配布局,建立装配过程中的生产模型和工艺模型,提前在虚拟现实环境中进行全装配过程的仿真,通过人机工效分析对装配全过程进行过程优化,直到装配方案满足要求,从而正确指导装配过程的技术体系^[5]。

建立飞机虚拟装配系统的主要意义在于:(1)通过三维可视化手段,工艺设计人员可进行工艺规划和仿真验证,可以提高工艺规划效率,减少装配过程中的不合理设计。(2)通过查看三维可视化的装配仿真文件,装配人员可根据仿真场景简单有效地进行零部件装配,减少使用二维图纸时的理解误差和时间成本,降低了对装配人员的技术要求。

20世纪90年代中期,随着产品越来越复杂,传统的装配技术不再满足需要,虚拟装配技术得到迅猛发展。将虚拟现实技术与复杂产品装配工艺设计相结合开发了第一个虚拟装配规划系统的是德国的Fraunhofer工业工程研究所(Fraunhofer IAO),它可以实现在虚拟场景中进行如装卸零部件等各种装配操作的仿真^[6]。经过近20年的发展,波音公司目前已经彻底实现了飞机零部件的三维数字化装配工艺设计及仿真验证,在波音787客机的研制过程中,成功缩短了工艺规划及设计修改变更的时间,降低了生产成本。法国的Ma等^[7]集成开发了一个新的疲劳模型虚拟环境平台,用来完成虚拟环境中的人体工效评估任务,特别是身体疲劳评估,

它使用虚拟人体从物理视角来评估人工操作的困难度,以完成一个操作前后所降低的操作能力值作为评判标准,而体力下降的仿真实论则是基于一种疲劳模型,这种模型中不同肌肉群的疲劳抗力的降低根据24个现有的最大续航时间模型而确定,并建立了一种基于数字人体建模技术的框架来实现身体状态的比较。最后在VRHIT试验平台下进行了飞机装配实例的仿真模拟并进行分析,在实验室条件下证实了这种理论方法的可行性。

国内的虚拟仿真技术也在快速发展,清华大学的张林鎰等^[8]结合“并行工程”(Concurrent Engineering, CE),研发了一种CE环境下的虚拟装配仿真系统ASMLS(Assembly SiMuLation System),能在产品设计阶段进行基于CE的装配仿真,必要时还可以自主完善装配工艺。上海大学的韩虎^[9]在虚拟装配、计算机辅助工艺设计等领域研究的基础上,围绕飞机虚拟装配场景工艺,研究并实现了基于三维CAD的可视化虚拟装配场景工艺设计——飞机虚拟装配场景工艺系统,可用来指导飞机的装配,为飞机总装技术能力的提高提供技术支撑。但由于国内针对虚拟仿真技术的研究起步较晚,要将其良好地应用到飞机装配工艺上还需要一个逐渐成熟的过程,目前仍尚未形成一个完整通用的、可视化的、具有自主知识产权的虚拟装配场景工艺系统。

虚拟装配技术仿真内容主要包括以下3点^[10-12]:

(1)装配路径和装配顺序仿真。装配路径是零部件在装配中的运动轨迹,装配顺序用于描述产品装配过程,它是由产品中零件的功能和结构特征及其它们之间的几何关系决定的。在虚拟装配仿真环境中动态直观地对其装配路径和装配顺序进行仿真,可通过直接观看,实时发现装

配过程中明显的空间干涉和碰撞情况,及时调整路径和顺序,达到保护零部件和提高装配效率的目的。

(2)人机工程仿真。应用达索系统数字制造解决方案DELMIA系统中的“人机工程”子系统可对装配过程进行可达性检测、可见性检测、作业空间和合理舒适性检测。主要考察零部件是否处于可装配操作的范围之内,且装配作业是否符合人体的需要。

(3)碰撞、干涉检查和分析。干涉检测方式包括动态干涉检测和静态干涉检测。除了装配路径干涉检验,碰撞、干涉检查还包括零部件间干涉和间隙体积计算等,通过对装配仿真过程的视觉观察,可以发现零部件明显的工艺结构问题,而通过对DELMIA系统所提供的分析工具的应用,则可对间隙不合乎工艺等问题进行进一步的量化计算和详细分析。

专用智能装配工艺装备的开发

飞机装配智能工艺装备是一种可以自主获取装配工艺知识,自主感知装配环境并进行分析,以信息物理融合技术,合理地产生控制策略,并驱动执行器完成装配目标的智能装备。专用智能装配工艺装备的设计制造技术在实现飞机智能装配上是至关重要的一环,是实现大飞机智能

装配的重要研究方向。

应用智能装配装备取代人的重复性操作,是为了完全实现装配过程中的机械化和自动化,要达到这个目标,必须大量采用智能机器人或设备,以实现系统与设备、人与设备、设备与设备之间的互联互通,努力达到智能化装配。比如基于机器人的飞机柔性装配技术是实现自动化钻铆技术的最具发展前景的前沿技术之一,它突破了自动钻铆机等设备对加工位置和加工灵活性的局限,将自动钻铆技术推向一个更高的高度。2014年7月波音公司宣布,用于机身自动化装配的“机身自动站立装配”(Fuselage Automated Upright Build, FAUB)系统已通过技术验证,进入最后的测试和生产准备阶段,按照预期将用于777机身装配生产线,并于2020年用于双通道客机777X的机身装配中,如图3所示。应用该系统后,机身部分将使用由KUKA公司制造的自动导向机器人在该脉动生产线中用来紧固机身壁板,该机器人备有智能点胶枪自动为铆接点提供润滑,每天可以精确钻孔并铆接至60000个紧固件,取代了以前的手工操作,有助于改善工作场所的安全性并提高产品质量,如图4所示。

德国弗劳恩霍夫研究院推出的新型蛇形臂装配机器人能够进入机翼的狭窄区域完成许多人工不易操



图3 FAUB系统下钻铆机器人工作场景

Fig.3 Riveting robot working scene with FAUB system



图4 备有智能点胶枪的KUKA钻铆机器人

Fig.4 KUKA systems riveting robot with the smart dispense gun

作的组装工作,提高复杂空间装配的自动化程度。该机器人总重 60kg,其中机械臂重 15kg,长 2.5m,每个关节分别装配有一个小电机,能够为关节提供 $500\text{N}\cdot\text{m}$ 的扭矩,关节可独立转动到 90° ,可在非常狭小的作业空间内完成装配任务^[13]。

国内对于大飞机智能装配工具的研究与开发进展迅速,中航工业北京制造工程研究所、西北工业大学、北京航空航天大学、浙江大学等高校与科研单位均开展了卓有成效的研究工作。浙江大学的 Cheng 等^[14]提出了一种大型飞机机身调姿与对接试验系统,通过激光跟踪仪测量试验机身上的检测点,集成管理系统计算试验机身的位姿,控制系统驱动多个三坐标数控定位器协同运动,实现试验机身的调姿与对接,建立了位姿调整机构的运动学模型。针对构建的硬件平台完成了包括集成管理系统、测量系统和控制系统在内的软件开发与集成,并对系统的性能进行了测试。试验系统涉及的若干关键技术已成功应用于多项国家重点型号工程,大幅提高了飞机装配的质量和效率。

但在大型飞机的装配过程中,除少部分装配阶段可直接利用产品三维设计信息实现自动装配(如采用数控代码驱动自动钻铆设备完成飞机机翼、机身部件的装配),大部

分装配工作的实施依然是现场装配人员根据纸质的二维装配工艺信息文件手工完成^[15-17]。为了将三维装配工艺信息传递到装配现场的第一线,以直观指导现场装配工作,现有研究尝试通过构建车间级的三维装配工艺可视化系统,利用云计算终端(如便捷式电脑、平板电脑),以轻量化格式展示、播放复杂产品的三维装配工艺流程。如西北工业大学的肖鸿^[18]致力于使装配现场对装配工艺信息的需求从 E 化(Electronize,电子化、无纸化)发展到 M 化(Mobilize,移动化)^[19-21],即三维装配工艺信息传递到装配现场第一线,伴随现场装配人员以直观地指导现场装配工作,取得了良好的效果。此项技术若与谷歌眼镜等虚拟穿戴设备相结合,现场装配人员的双手可以被解放出来专注于装配操作,将有效地减轻现场装配人员的体力负担和智力负担,减少完成装配任务的时间,提高装配的准确性。

飞机智能总装生产线

国际与国内市场对于大型飞机的需求量不断增加,传统的固定站式生产方式易导致生产面积大、装配人员活动距离大、产品周转慢以及总装周期长等问题。为适应现代飞机的制造要求,提高飞机的生产率和质

量,国外飞机制造商对飞机装配生产线作了重大研究,脉动生产线或移动生产线等智能总装技术应运而生,已经在国外飞机的总装生产中得到应用,成为提高大飞机生产效率的重要发展趋势^[22-23]。

脉动装配线是建立在如精益思想和方法、柔性制造理论、大规模定制生产理论、数字制造、自动化和智能制造等现代先进制造理论和管理思想基础上的新型装配技术。具体有以下几个特点:(1)飞机在装配过程中不是固定在一个地方,而是移动的。(2)飞机按照次序分别经过各个装配小组。(3)在规定的时间内,装配小组完成规定的装配任务。(4)必要的装配工艺装备也与飞机同步移动。(5)根据客户的需求,飞机的移动速度可以进行调整。(6)根据飞机的移动速度可以计算得出飞机完成装配的时间节点。(7)发生问题后,飞机停止移动装配。(8)整个装配过程有技术小组提供技术支持。

如波音为 787 建立了最先进的脉动式总装线,为此发展了新的工艺装备和系统,如图 5 所示。装配线共分为 5 个工作区,编号从零号到四号,分别进行安装机翼及各类系统、三段机身及机翼和尾部的总对接、主起落架、发动机的安装及系统安装的收尾和机翼的清洁、飞机内部装饰、飞机系统及各部件测试等工作^[24]。根据这种模式,整个装配生产线占地面积更小,装配人员重复劳动少,工作时间长,大大提高了工作效率,避免了生产系统中的浪费。

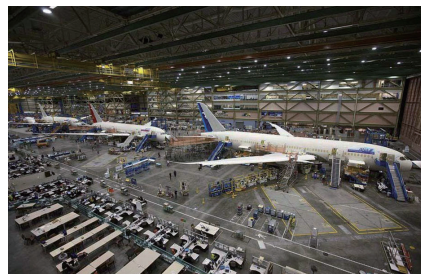


图5 波音787装配生产线

Fig.5 Boeing 787 final assembly line

根据飞机总装移动生产线的特点,飞机移动装配生产线的管理系统需要基于制造执行系统(MES)实时监测控制装配过程,下达工装、物料配送等指令。而物联网技术(Internet of Things, IoT)通过信息传感设备将所有物品通过互联网连接起来,可以通信和交换信息,基于物联网的飞机装配车间智能感知技术,能够为生产线管理提供快捷可靠的实时数据信息,以实现智能化识别装配部件和工艺装备、对装配部件进行定位、跟踪装配流程、对装配现场的监控和管理^[25]。

由于大飞机的装配工作管理极度复杂,零部件众多,机身尺寸大,占地空间大,生产现场各种资源状态难以准确把握,装配过程中数据信息采集难度大,因此将物联网技术应用于大飞机的智能总装是必然的发展方向。Wang和Bi等^[26]讨论了为复杂产品生成装配计划这个难题,其中物联网和云计算可帮助将常规装配模型系统升级为有能力处理复杂且自动变化的装配计划的先进系统,这要求该装配建模系统是自动的,并且具有以下特点:(1)具有模块化的体系结构使得系统稳健,可靠,灵活且可扩展。(2)集成的面向对象的模板以方便系统组件之间联系以及重复利用。(3)具备自动算法来获取装配计划相关的装配矩阵。最后以飞机发动机建模为例证实了系统的有效性。

我国大型飞机装配智能化水平在不断提高,北京航空航天大学Liu等^[27]研究了大飞机装配过程,提出基于物联网的装配信息分类与获取方法框架,实现了装配信息集成与管理。上海大学的Yu等^[28]提出了一种基于七步(seven steps)的本体论的飞机装配知识框架构建模式,基于网络本体语言构建了飞机装配过程的知识体系,提高了知识的复用效率。但总体而言,目前国内大飞机装

配环节仍尚未建立完整的智能装配体系,较多环节依然基本依靠人工,智能化程度不高,不能进一步提高装配质量和装配效率^[29]。

结束语

智能装配是实现大飞机装配多品种、低成本、高质量和快速研制的必然选择,增强虚拟仿真优化技术,继续开发专用智能装配工艺设备,建立大飞机总装智能装配生产线,有助于加深飞机装配的智能化程度,降低生产成本,提高装配质量。经过不断努力,国内对于大飞机智能装配相关高新技术的研究有了一定的成果,但在信息技术、网络通信技术以及人工智能技术等智能制造的基础共性技术方面的基础薄弱,与国际先进水平仍有一定差距,还不能实现由仿真系统自行优化装配方案,尚不能开发出高度自动化的完备的控制管理系统,装配过程中信息化程度偏低等。因此,我们要积极开展智能装配相关技术的研究,努力追赶国外先进水平并发挥创新精神研制我们自己的核心高新技术,真正意义上彻底的大飞机智能装配,并延伸向其他制造领域,提高我国的整体制造水平。

参考文献

[1] 许国康. 大型飞机自动化装配技术[J]. 航空学报, 2008(3):734-740.
 XU Guokang. Automatic assembly technology for large aircraft[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2008(3):734-740.
 [2] 季青松, 陈军, 范斌, 等. 大型飞机自动化装配技术的应用与发展[J]. 航空制造技术, 2014(Z1):75-78.
 JI Qingsong, CHEN Jun, FAN Bin, et al. Application and development of automatic assembly technology for large aircraft [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014(Z1):75-78.
 [3] 郭洪杰, 杜宝瑞, 赵建国, 等. 飞机智能化装配关键技术[J]. 航空制造技术, 2014(21):44-46.
 GUO Hongjie, DU Baorui, ZHAO Jianguo, et al. Key technology on intelligent aircraft

assembly[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014, 21:44-46.

[4] 姜澄宇, 王俊彪. 我国大型飞机研制中的关键制造技术[J]. 航空制造技术, 2009(1):28-31.

JIANG Chengyu, WANG Junbiao. Key manufacturing technologies of large aircraft development in China [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(1):28-31.

[5] 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(13):40-45,50.

SONG Likang, ZHENG Tangjie, HUANG Shaohua, et al. Aircraft intelligent assembly manufacture system construction and its key technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015(13):40-45,50.

[6] BULLINGER H J, RICHTER M, SEIDEL K A. Virtual Assembly Planning[J]. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 2000,10(3):331-341

[7] MA Liang, CHABLAT Damien, BENNIS Fouad, et al. Fatigue evaluation in maintenance and assembly operations by digital human simulation in virtual environment[J]. Virtual Reality, 2011,15(1):55-68.

[8] 张林鎰, 童秉枢, 肖田元, 等. CE环境下装配仿真系统的实现及应用[J]. 计算机应用, 2000(S1):195-197.

ZHANG Linxuan, TONG Bingshu, XIAO Tianyuan, et al. Realization and application of assembly simulation system in CE environment[J]. Computer Applications, 2000(S1): 195-197.

[9] 韩虎. 飞机虚拟装配场景工艺及关键技术研究[D]. 上海: 上海大学, 2013.

HAN Hu. Research on virtual assembly scene process of aircraft and its key technology [D]. Shanghai: Shanghai University, 2013.

[10] 吴维江. 虚拟装配中DELMIA/Ergonomics的应用研究[J]. 科技资讯, 2008(19):14-15.

WU Weijiang. Study on the application of DELMIA/Ergonomics in virtual assembly [J]. Science & Technology Information, 2008(19):14-15.

[11] 林美安. 飞机机身装配工艺及仿真技术研究[J]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.

LIN Meian. Research on the assembly process and simulation of aircraft fuselage [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010.

[12] 徐靓. 飞机大部件数字化对接虚拟装配技术研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2014.

XU Liang. Research on virtual assembly technology of the large-size aircraft parts digital docking [D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2014.

[13] 国防制造技术编辑部. 2014 年度外国国防制造技术十大动向 [C]. 国防制造技术, 2015(1):5-19.

Defense manufacturing technology editorial office. Ten major trends in foreign national defense manufacturing technology in 2014[J]. Defense Manufacturing Technology, 2015(1):5-19.

[14] CHENG L. A posture evaluation method for a large component with thermal deformation and its application in aircraft assembly[J]. Assembly Automation, 2014, 34(3):275-284.

[15] GONZALEZ S J, CONLEY Q, Chavez-Echeagaray M E, et al. Supporting the assembly process by leveraging augmented reality, cloud computing, and mobile devices[J]. International Journal of Cyber Behavior, Psychology and Learning (IJCBPL), 2012, 2(3):86-102.

[16] SERVÁN J, MAS F, MENENDEZ J L, et al. Using augmented reality in AIRBUS A400M shop floor assembly work instructions[C]. The 4th Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC 2011). AIP Publishing, 2012: 633-640.

[17] HOU L, WANG X. Using augmented reality to cognitively facilitate product assembly process[M]. Maad S. Augmented Reality. Croatia: InTech, 2010: 99-112.

[18] 肖鸿. 面向复杂产品装配现场的移

动三维模型型关键技术研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2014.

XIAO Hong. Research on the key technologies of mobile three-dimensional model for assembly site of complex product [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2014.

[19] KIM C, LIM H, KIM H. Mobile computing platform for construction site management[C]. Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. IIT Madras, 2011: 1164-1169.

[20] SILVA W B, RODRIGUES M A F. A lightweight 3D visualization and navigation system on handheld devices[C]. Proceedings of the ACM symposium on Applied Computing. ACM, 2009:162-166.

[21] CHEN Y, KAMARA J M. A framework for using mobile computing for information management on construction sites[J]. Automation in Construction, 2011, 20(7): 776-788.

[22] 梅中义, 黄超, 范玉青. 飞机数字化装配技术发展展望 [J]. 航空制造技术, 2015(18):32-37.

MEI Zhongyi, HUANG Chao, FAN Yuqing. Development and prospect of the aircraft digital assembly technology [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015(18): 32-37.

[23] 姚艳彬, 邹方, 刘华东. 飞机智能装配技术 [J]. 航空制造技术, 2014(Z2):57-59.

YAO Yanbin, ZOU Fang, LIU Huadong. Intelligent assembly technology of aircraft[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014(Z2):57-59.

[24] 范玉青. 波音 787 飞机总装配线及其特点 [J]. 航空制造技术, 2011(Z2):38-42.

FAN Yuqing. Boeing 787 final assembly line and its characteristics [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2011(Z2): 38-42.

[25] 张超, 孙元亮. 飞机移动装配线生产管理系统研究 [J]. 航空制造技术, 2014(17):80-84.

ZHANG Chao, SUN Yuanliang. Research on aircraft production management system of moving assembly line [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014(17): 80-84.

[26] WANG C G, BI Z M, XU L D. IoT and cloud computing in automation of assembly modeling systems. IEEE Transactions On Industrial Informatics, 2014, 10(2): 1426-1434.

[27] LIU J, YU J. Research on the framework of internet of things in manufacturing for aircraft large components assembly site[C]. Green Computing and Communications (GreenCom), IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 2013:1192-1196.

[28] YU T T, CAI H X. Process knowledge representation of aircraft assembly based on ontology[J]. Advanced Materials Research, 2014, 1039:456-461.

[29] 李洋, 桑龙. 浅谈飞机总装自动化装配生产线 [J]. 装备制造技术, 2011, 10:132-134.

LI Yang, SANG Long. Discussion on automatic assembly line of aircraft assembly [J]. Equipment Manufacturing Technology, 2011, 10: 132-134.

Approach to the Intelligent Digital Assembly Process for Large Aircraft and Its related Key Technologies

DONG Yiwei^{1,2}, LI Xiaolin¹, ZHAO Qi¹

(1. School of Aerospace Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;
2. Shenzhen Research Institute, Xiamen University, Shenzhen 518057, China)

[ABSTRACT] The development of large aircraft is a national strategic for improving the ability of independent innovation. Application of digital intelligent assembly technology is the inexorable trend to improve the assembly quality and production efficiency of large aircraft. This paper introduces the system of aircraft intelligent assembly and its technical architecture, and the difficulties in large aircraft assembly and research hot spots of intelligent assembly technology and their application status domestic and abroad are discussed, including virtual reality simulation optimization technology and development of special intelligent assembly process equipment and intelligent line technology for aircraft assembly. Then, the shortcomings and gaps of our existing intelligent assembly technologies is presented.

Keywords: Large aircraft; Intelligent assembly; Virtual simulation; Intelligent tooling

(责任编辑 宁宁)