

先进制造技术创新促进空客 “未来工厂”建设

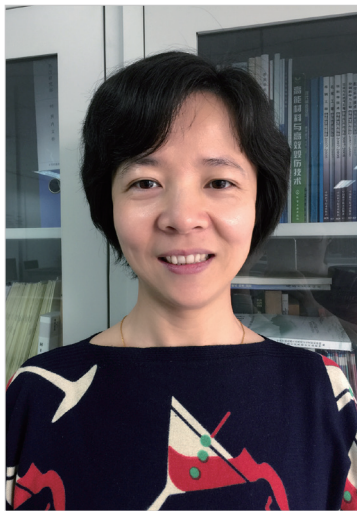
李晓红, 高彬彬

(北方科技信息研究所, 北京 100089)

[摘要] 近两年,空客集团致力于通过先进制造技术创新来赢得国际市场竞争力,针对新一轮工业革命发展潮流,提出了“未来工厂”建设构想。将对“未来工厂”建设中机器人技术、虚拟现实技术、3D 打印技术等最新的先进制造技术创新成果的研究应用情况进行系统分析。

关键词: 先进制造技术; 未来工厂; 机器人技术; 虚拟现实技术; 3D 打印技术

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2016.10.028



李晓红

研究员,主要从事先进制造技术领域战略研究、情报研究,主持完成多项国家级先进制造技术情报研究项目。

随着工业 4.0 时代的到来,智能制造成为制造业的发展重点。空客集团紧跟时代步伐,提出“未来工厂”建设构想^[1],目标是通过先进制造技术创新,实现工厂高度数字化、智能化,大幅提升其产品的制造效率和制

造质量,赢得国际市场竞争力。在“未来工厂”建设中,空客集团正在围绕机器人技术、虚拟现实技术、3D 打印技术等先进制造技术开展深入研究,部分技术创新成果已经开始在空客集团各子公司获得初步应用^[2]。

“即插即用”机器人——实现飞机装配线高度自动化

装配线自动化是未来工厂建设中要改变的主要领域之一。其趋势是不断引进智能机器人来执行重复作业,将劳动工人解放出来承担更重要的任务。随着空客公司和空客直升机公司的机器人使用量不断增加,机器人与工人的协同工作也将越来越多。

1 机器人将成为重要“工作伙伴”

空客公司已经确定在 2020 年前将优化 7 条装配生产线,主要优化手段之一就是增加自动化技术的应用。目前,通过识别、诊断在传统飞机装配线中存在错误、问题或缺陷,已经缩短了飞机装配时间。空客公司正

在开展更深入的工作,从 2015 年起,每年将持续增加机器人的应用,包括用于处理特殊工作任务的轻量化机器人、小型加工系统等。

目前,空客公司已经使用了轻量化的单臂机器人,能够自主沿着飞机机身内部移动,实现结构支架的流水线安装。空客公司计划安装具有多自由度的协作机器人,用于进行更复杂的工作。空客公司研发团队也指出:机器人将不会代替所有工人。机器人主要是从事那些工人无法带来更高附加值的高重复性工作。空客公司正在试验在 A380 方向舵装配线上使用双臂仿人机器人,如图 1 所示,致力于实现人机协同装配。

2 装配用外骨骼

作为未来愿景的一部分,空客公司还正在尝试通过开发可穿戴式外骨骼来增强工人的能力,帮助他们搬举重物或在复杂空间位置开展工作。正在开发的可穿戴式外骨骼采用轻量化、软质材料,并以摄像师使用的摄像机稳定器为基础,能够协助穿戴

者熟练操作特定零部件,提高人机功效。空客公司已经在马里尼亚纳工厂部署了第一代机械化外骨骼,如图2所示,正在研究应用更加复杂的电气化外骨骼。

3 机身质量检测与喷涂机器人

空客直升机公司正在积极研究用于飞机机身质量检测、喷涂的机器人。新的机器人将通过预设程序实现在车间独立移动,不会扰乱甚至伤害其他人类工作伙伴。

飞机机身、舱门、窗户的防水测试是一项非常细致的工作,对工人来说是一种重负荷重复劳动。空客直升机公司研究采用协同机器人对整个机身进行全面检测,通过测量、记录噪声来判断机身中存在的裂纹或孔洞。

该公司还计划使用机器人进行复杂装饰、零部件表面喷涂等多项工作。采用机器人后,可以对零部件表面从喷漆前处理到面漆固化的整个喷涂工艺流程进行优化,将能实现最小的能源消耗,还能缩短喷涂时间。

另外,可以通过机器人实现自动化领域直升机旋翼蒙皮的制造。蒙皮需要非常高的精度,空客直升机公司研究人员正在测试一台机器人样机来执行此项任务。

虚拟现实技术——促进飞机生产车间数字化、智能化

当前,数字样机、激光投射、复杂3D环境等数字化技术已经在航空航天领域得以全面应用。空客集团已经将虚拟现实技术应用于产品设计开发过程,正在验证虚拟现实技术在生产过程的应用效益。

1 全新的A350 XWB设计研发环境

目前飞机已经完全实现了数字化设计,并且通过3D几何数据模型构建的数字样机逐渐成为飞机生产过程的主数据。

空客公司针对A350 XWB全生命周期管理,构建了虚拟现实环境,

其大小与复杂性在业界都是前所未有的。其注册用户达3万人,空客公司内部及其供应链上的工程师约1万人每天通过该虚拟环境获取详细的、最新的项目信息。作为A350 XWB设计研发的一部分,空客公司开发出逼真人机工程分析(Realistic Human Ergonomic Analysis, RHEA)工具^[3],如图3所示,操作人员能够借助特制眼镜、头戴式显示器等装置能够进入虚拟环境,与A350XWB全尺寸3D模型进行交互。空客直升机公司也在尝试使用RHEA软件工具进行飞机性能维护及测试工作。

2 混合现实应用工具

混合现实应用(Mixed Reality Application, MiRA)工具是空客公司下一步要主推的一种智能化、便捷使用工具,致力于将数字化样机集成到生产环境中,向生产工程师提供零件3D模型。

MiRA工具由一台平板电脑、一种定制传感器组件以及相应软件构成,能够检测到操作人员的运动情况并能拍摄真实环境的视频。通过MiRA工具,操作人员可以从

任何视角获取飞机的3D模型,进而通过采用与飞机连接的定位装置按照自己选定的角度操纵飞机,还能获取额外的系统信息用以促进生产工作。另外,操作人员的反馈信息也能通过MiRA工具集成到飞机数字样机中,方便设计工程师获取。

MiRA工具已经开始用于A380、A350 XWB生产线中,用来检测可以



图1 双臂仿人机器人
Fig.1 2-Arm humanoid robot



图2 机械化外骨骼
Fig.2 Mechanical exoskeleton

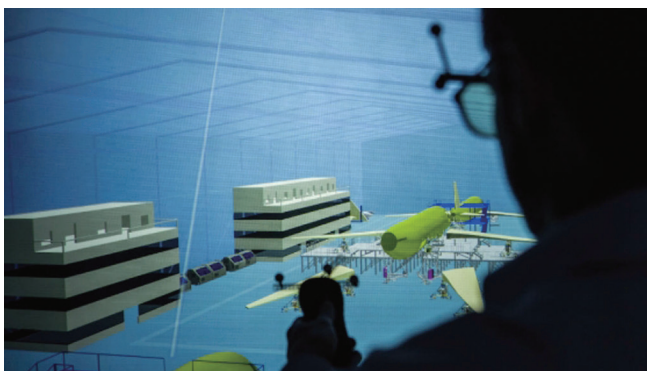


图3 逼真人机工程分析软件工具
Fig.3 Realistic human ergonomic analysis tool

固定液压系统、管路的结构支架,能够减少后续发现受损、错误定位或者支架缺少等问题的概率,如图4所示。采用 MiRA,检测 A380 机身上 6~8 万个支架所需的时间从 3 个星期缩短到仅 3 天时间就能完成。

同时,空客直升机公司也在试制集成 MiRA 工具的智能设备,将一种类似于工业用途的 Google 眼镜与 MiRA 工具集成,以便向工人提供更多信息和更好的指导。

3 智能生产

目前在空客装配生产线中使用智能终端还不常见,但是在未来的数字化工厂中将随处可见。空客集团提出的“智能车间”概念致力于采用智能生产工具,快速获取并记录数据,消除生产过程的潜在错误。空客集团制造研究团队正在研究异构数据格式转换、通信交换等技术,并研究构建一个“数码商店”(一种软硬件数据库),以便将智能生产工具配置到整个“智能车间”。“数码商店”概念的灵感来源于智能手机应用程序商店,智能手机能够通过定制来使用特定软件程序和硬件,制造研究团队也可开发与车间应用直接兼容的硬件和软件应用程序,构建自己的“数码商店”。

制造研究团队正在考虑如何简化“智能车间”的工作流程,如采用手眼跟踪、声音控制以及规划 3D 工作指令图像等,实现工人无障碍的高效操作。

4 数字化工厂

空客直升机公司在新的中型直升机 X4 项目中引入了“数字化工厂”概念。通过仿真某个特定零件在装配过程中的流向,优化零件装配顺序,并且实现了完全与设计部门同步:设计部门将数字样机传送到车间,车间随后就可采用“数字化工厂”技术确定其装配工序。

空客直升机公司目前正在进行的另外一项开发项目是数字化电缆

布线,如图 5 所示。之前,在样机上进行电缆布线时,操作人员需要从数字样机中提取数据,打印纸质电缆线路布局图,然后由电气工人根据纸质文档在样机上进行人工电缆布线。现在,采用新软件,无需打印纸质电缆线路布局图,实现了电缆布线的数字化,iPad 屏幕上会突出显示出电缆的复杂路径,可以通过 iPad 触摸屏来完成电缆布线。

3D 打印技术——实现飞机装配过程中急需零件的快速制造

在整个空客集团,大多数项目都在加速研究采用 3D 打印技术来制造成本更低、质量更轻的飞机零部件。此外,3D 打印技术在飞机装配线上也起着重要作用,可以实现飞机装配过程中所需零件的及时制造,避免许多其他的额外工作,实现更高的生产效率。

空客集团已经开始将 3D 打印技术用于制造模具、样件、飞行测试的零部件,以及商用飞机零部件。采用 3D 打印技术制造的零部件在空客飞机中的应用范围也正在扩大,如正在服役的喷气客机(A300/A310 系列)、下一代 A350XWB 飞机等。由空客防务与空间公司生产的首件经过飞行测试的 3D 打印钛合金支架,已经搭



图4 MiRA正在用于检测可以固定液压系统、管路的结构支架
Fig.4 MiRA is being applied to check the structural brackets that hold systems such as hydraulics and pipes in place

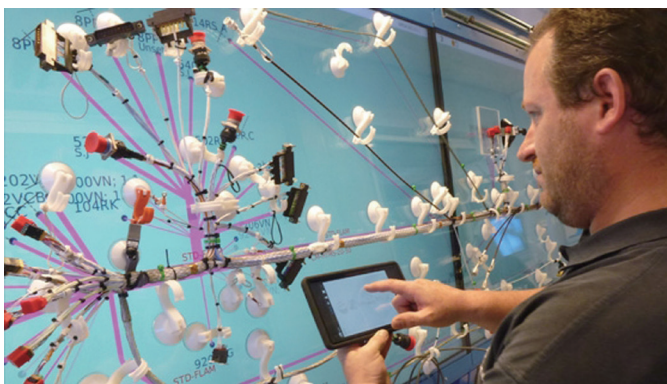


图5 数字化电缆布线

Fig.5 Digital electronic jig board

载 AtlanticBird7 通信卫星进入太空。

空客集团除采用 3D 打印技术制造零部件外,正在寻求将 3D 打印技术用于生产过程中,用以解决零件备件短缺的问题。在装配过程中每缺失 1 个零件,都会导致装配过程受到很大干扰,浪费成本。3D 打印技术可以用于制造一些装配过程中急需的短缺零件和长期处于小批量的非标零件。空客集团相关团队正在建造一个 3D 打印车间,能够在 24h 内制造出定制零件。目前该团队已经能够生产大量塑料零部件,到 2015 年底将可以生产合格的钛合金零件,团队还期望未来能生产铝合金、高温合金零部件。

集成化生产——统筹兼顾整个生产系统

要实现飞机制造首件合格的目标,意味着从开始交付的零件就要无

缺陷,且整个生产系统也要更加精益。对民用飞机来说,批量相对较大,在生产线上考虑新技术的制造成熟度很重要,而对于批量较小的军用飞机和直升机而言,除制造成熟度外,还要在生产线上考虑柔性和模块化。

1 根据不同的生产批量,确定不同的生产线方案

为不断提高飞机制造速度,以应对不断增长的生产需求(例如,2014年空客公司共交付629架飞机,创历史新高),空客集团采用了一种集成的、统筹兼顾整个生产系统的方法。对于生产批量较高的生产系统,制造成熟度非常关键,采用成熟度高的技术可以避免后续可能存在的制造干扰,为此,要对新技术的制造成熟度进行验证。例如,在A320neo项目中,建立了一条预生产线,主要目的是先将新技术集成到预生产线中进行评估,对其可靠性进行测试,测试合格后才能进入批生产线,进而保证批生产的顺利进行。

与空客集团民用飞机的批量化生产相反,对于空客防务与空间公司生产军用飞机来说,军机生产属于小批量制造。生产线通常要生产同一飞机系列的不同型号,需要生产线能够实现更大的定制化,生产线的柔性自动化要达到一个最佳平衡。对于要达到每月生产20架中小型运输

机(C295、C235)的生产速率,生产团队正在开展一些新的研究,主要包括以下几个方面:

(1)实现工程师与工业化数字样机的协作;

(2)飞机装配采用新技术;

(3)开发适于车间操作人员使用的3D激光投射指令;

(4)开发地面测试系统,用于对未来产品和突破性技术进行验证。

2 建立模块化、柔性化的飞机主旋翼生产车间

空客直升机公司拉库尔讷沃工厂主要制造空客大部分直升机的主旋翼,其产品制造复杂性各异,对于生产历史较长的Ecureuil AStar飞机主旋翼,生产相对容易,而对于EC225、NH90等现代化的大型飞机,生产相对复杂,需要更长的生产周期。空客直升机公司已经开始对生产系统进行优化,首先是生产车间布局优化,到2015年底,生产线将更加精益。

目前,在空客直升机公司拉库尔讷沃工厂每年能生产约2000个主旋翼,主旋翼的大部分制造工序在不同车间完成,零件在运输过程中发生损伤的风险很高,也会导致大量时间浪费。而正在建设的勒布尔歇工厂将设计成一个大车间,充分吸收拉库尔讷沃工厂的先进制造技术成果,工厂采用柔性化车间布局,实现最大可能

的模块化,可以根据需要对车间布局进行相应调整,这样更容易适应未来产品的变化。

结束语

空客集团“未来工厂”建设构想代表了未来飞机制造业的发展趋势。而机器人技术、虚拟现实技术、3D打印技术等最新先进制造技术创新成果的研究应用是促进“未来工厂”建设的关键。随着先进制造技术的不断创新发展,将带动“未来工厂”建设构想一步步走向现实。空客集团“未来工厂”建设理念和具体做法值得我国航空制造业学习与借鉴。统筹考虑当前发展急需和未来发展需求,关注制造技术前沿,大力推动制造技术创新研究,对我国航空制造业发展具有重要意义。

参考文献

- [1] STUART N. In touch with reality: the digital future of the factory[EB/OL]. [2015-02-25].<http://www.theengineer.co.uk/in-touch-with-reality-the-digital-future-of-the-factory/>.
- [2] ÁLVARO F, FAVILA R, HUGO A. Factory of the future—new ways of manufacturing[EB/OL]. [2015-08-20].<http://www.airbusgroup.com/int/en/story-overview/factory-of-the-future.html>.
- [3] AIRBUS. Airbus' factory of the future[EB/OL]. [2015-08-20].<http://trends.directindustry.com/project-15958.html>.

Advanced Manufacturing Technology Innovation Promoting the Construction of “Future Factory” of Airbus Group

LI Xiaohong, GAO Binbin

(Northern Science and Technology Information Institute, Beijing 100089, China)

[ABSTRACT] In the last two years, Airbus group has been devoted to winning international market competitiveness through advanced manufacturing technology innovation. Research and application status of robotics technology, virtual reality technology, digitalization technology, 3D printing technology and other advanced manufacturing technologies in Airbus group “factory of the future” are analyzed.

Keywords: Advanced manufacturing technology ; Factory of the future ; Robotics technology ; Virtual reality technology ; 3D printing

(责编 玲犀)