

可重构柔性型架的智能装调与监测系统开发及应用*

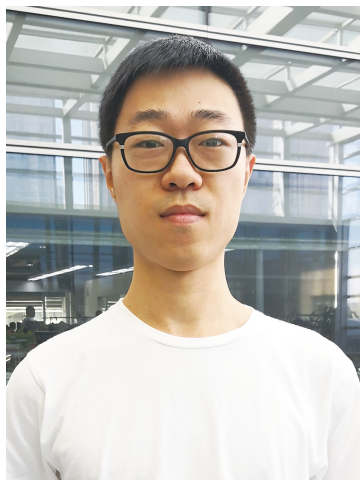
秦兆君,郑联语,张宏博,徐嘉兴

(北京航空航天大学机械工程及自动化学院,北京 100191)

[摘要] 针对可重构柔性型架在装调过程的复杂性和在使用过程中可能产生的不稳定性等问题,设计并开发了一套用于可重构型架的智能装调与监测系统软件,该系统服务于型架的安装和使用阶段。在装调方面,将智能眼镜应用于型架的装调流程中,建立基于智能眼镜的型架装调流程,设置多人协同型架装调模式,实现多位操作人员通过智能眼镜远程控制激光跟踪仪;在型架稳定性监测方面,保留了传统型架稳定型架监测方法与装调过程中使用的智能眼镜远程控制激光跟踪仪结合,此外将激光位移传感器安装在盒式连接的关键部位,实时监测盒式连接的偏移情况。该系统已在某型号飞机前机身和垂尾型架的装配现场进行了应用,结果表明该系统可以提升可重构型架的装调效率并降低装调难度,并且可以保证整个使用阶段内型架的稳定性。

关键词: 可重构柔性型架;智能眼镜;智能装调;型架监测;飞机装配

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2018.17.072



秦兆君

硕士研究生,研究方向为可穿戴设备在工业中的应用。

传统型架(工装)大多采用焊接方式,存在诸多缺点,如型架成本

*基金项目:国防基础科研项目(JCKY2016601C004)。

高、拆卸困难、元件组件多为定制、生产准备周期长等^[1]。为了克服以上缺点,瑞士林雪萍大学与萨博公司合作^[2],将盒式连接(Box-Joint)的低成本可重构工装(Affordable Reconfigurable Tooling)的概念引入飞机型架设计。北航郑联语等^[3-4]对盒式连接可重构柔性型架进行了研究,借鉴产品配置原理,提出一种同时利用工装检索、综合工装配置和模块化设计的工装快速设计方法,构建了详细的配置流程。虽然可重构柔性型架弥补了传统型架的诸多不足,但也存一些问题,包括对操作人员技术熟练度要求较高、装调过程费时费力、相比于焊接型架稳定性稍差等。

飞机型架装配中激光跟踪仪被广泛应用,目前大多激光跟踪仪是通过控制柜与工控机安装的测量软件

(如 Spatial Analyzer)共同使用完成测量任务。在装配现场,通常是一名操作人员操作服务器端的测量软件,另一名操作人员手持靶标球进行装调操作,操作人员需要不断进行语言交流,消息传递费时费力,并且准确性不高。可穿戴设备具有操作便捷、运算独立、形态自由的特点,搭载后便于交互操作系统,因此国内外研究人员开展了不少对可穿戴设备与工业现场应用的研究。Porter等^[5]总结了4种可穿戴设备在监控、控制、操作优化和自主决策方面在工厂中的应用情况。Murakami等^[6]开发了头戴式增强显示力反馈系统,该系统使用增强现实技术,通过力反馈模拟真实装配过程。Hao等^[7]提出使用智能眼镜增强人员与设备间的结合,将其运用于云制造中。北航郑联语等^[8]提出使用智能眼镜远程控制激

光跟踪仪,可以减少操作人员数量并提高装配智能化水平。但目前智能眼镜与型架装调的研究只是实现了智能眼镜远程控制激光跟踪仪,还没有将智能眼镜与型架装调流程结合起来。

盒式连接型架是一种代表性的具有应用前景的可重构柔性型架,但其采用螺栓摩擦连接,相比于传统焊接型架在飞机装配过程中的稳定性需要予以监测。对于型架整体稳定性的监测目前主要是通过激光跟踪仪测量实现的,但在飞机装配过程中使用激光跟踪仪监测型架稳定性有诸多不便,并且对于盒式连接可重构型架稳定性的监测重点是摩擦连接的局部。对局部偏移量的监测主要使用激光位移传感器,其在机加工、在线监测方面得到广泛应用。例如,

西安交大李兵等^[9]就以激光位移传感器为对象,研究其在自由曲面测量中的应用,并将测量误差控制到小于10 μm 。但使用激光位移传感器监测可重构型架稳定性的研究鲜有报道。

针对盒式连接可重构型架的装调复杂和稳定性不便监测的问题,结合智能眼镜的优势和激光位移传感器的测量精度,本文开发了一套应用于可重构柔性型架的智能装调与监测系统。该系统将飞机型架、激光跟踪仪、操作人员、智能眼镜和激光位移传感器组成消息闭环传递的整体,通过智能眼镜辅助型架装调提高作业效率,使用激光位移传感器保证型架的稳定性。

系统总体结构

系统总体结构如图1所示,系统

由硬件部分和软件部分组成,可应用于可重构柔性型架的装配与监测。

硬件部分由搭载 Android 系统的 Vuzix M100 智能眼镜、Leica emScon 3.5 系列激光跟踪仪、欧姆龙激光 CMOS 型 ZX2 位移传感器组成,设备通过有线或者无线的形式与装配现场的服务器连接。激光跟踪仪用来测量型架上 TB 点(Tooling Points,基准工具球点)或 OTP 点(Optical Tooling Points,光学工具球点)信息,并将信息传输到服务器;位移传感器装置用于采集型架关键部位(即盒式连接构件)的微小漂移数据,实现对型架稳定性的监测。服务器负责处理来自激光跟踪仪和传感器装置的信息,并将需要显示的内容发送到智能眼镜端。智能眼镜主要具有两个功能,一是接收并显示来

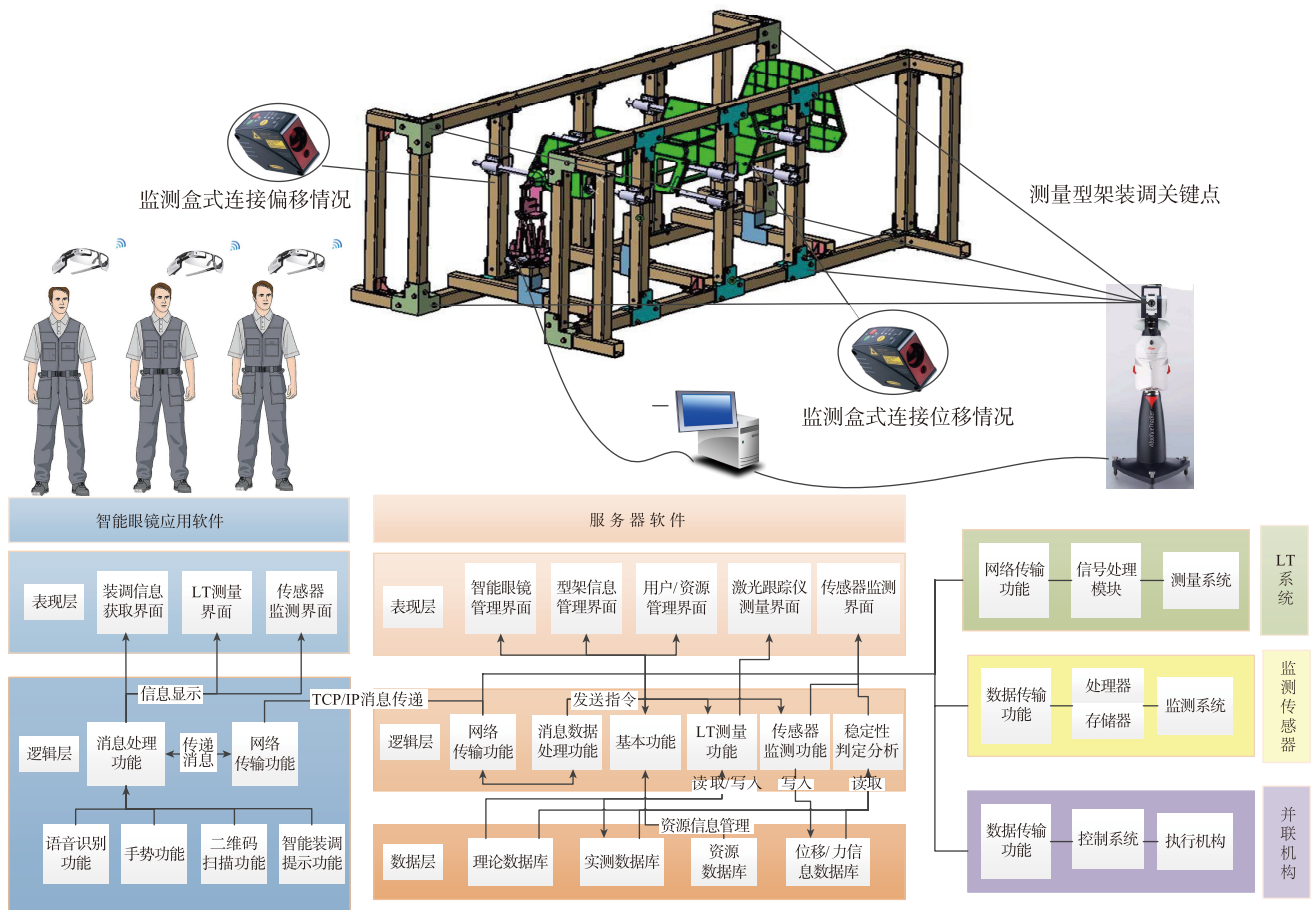


图1 系统总体结构图

Fig.1 Overall structure of the system

自服务器的信息,为操作人员提供装配信息或者装配指导;二是操作人员根据现场具体需求向服务器发送指令远程控制激光跟踪仪或者位移传感器设备等。除此之外,智能眼镜可以通过摄像头扫描装配现场信息,并在智能眼镜端显示。

软件部分由安装在服务器端的型架装调与监测系统(服务端软件)和安装在智能眼镜端的型架装调系统(移动端软件)组成。服务器端的型架装调与监测系统软件主要功能模块为设备管理模块、测量辅助模块、装调指导模块和型架监测模块。设备管理模块主要功能包括智能眼镜的注册与管理、激光跟踪仪的添加、连接与参数设置等;测量辅助模块主要功能包括测点数据管理、测量任务的创建与执行、测量结果管理等;装调指导模块主要功能包括元组件信息管理与二维码生成、型架装调流程的创建与管理等;型架监测模块主要功能包括型架监测任务的创建、实时监测数据的显示、历史监测数据的查询等。移动端的型架装调系统软件主要功能模块为信息扫描模块、测量辅助模块和装调指导模块。信息扫描模块主要功能是开启智能眼镜端的摄像头,扫描操作现场的二维码获取元组件信息;测量辅助模块主要功能是通过语音或者按键的方式远程控制激光跟踪仪完成对型架上TB点或OTP点的测量,并在装调型架过程中给出相应的装调提示;装调指导模块主要功能是查看型架的具体装调流程,为操作人员提供装调指导。

1 基于智能眼镜的型架装调流程

传统的型架装调流程如图2所示,主要分为5个步骤。(1)工装坐标系建立,使用激光跟踪仪测量型架的TB点,根据理论TB点与实测TB点的空间相对关系将激光跟踪仪坐标系拟合到型架坐标系下;(2)定位器初装,将定位器从无到有快速安

装到型架上,并调整定位器使所有OTP点理论值与实测值的偏差小于 $\pm 0.1\text{mm}$;(3)定位器精调,调整定位器使所有OTP点理论值与实测值的偏差小于 $\pm 0.05\text{mm}$,特殊情况可采用垫片或者修配定位器的方式以满足装配精度要求;(4)定位器紧固,当所有定位器调整到目标位置,扭紧定位器上的螺栓;(5)装配数据检验,定位器紧固后由质检部门测量所有OTP点,将测量结果生成装配数据检验报告。

型架装调至少需要两名操作人员相互配合才能完成,在型架装调过程中定位器初装与定位器精调是最为繁琐并且耗时最长的过程,整个过程非常依赖操作工人的熟练程度。为了提高装调效率、减少操作人员数量和对操作人员技术熟练程度的依赖,因此使用智能眼镜辅助型架装调。在使用

智能眼镜前,需要建立基于智能眼镜的型架装调流程,如图3所示。

基于智能眼镜的型架装调流程主要应用于型架装调的3个步骤,分别是工装坐标系建立、定位器初装和定位器精调。在工装坐标系建立任务中(如图3上部所示),具体操作流程为:(1)操作人员在服务器端软件中将所有TB点添加到工装坐标系建立任务中;(2)任务创建后在智能眼镜端进入任务列表,开启坐标系转换任务;(3)操作人员使用语音、按键或者手势等交互方式通过智能眼镜向服务器软件发送具体指令,进而实现对激光跟踪仪的远程控制,同时在智能眼镜端可以实时显示激光跟踪仪返回的测量数据;(4)所有TB点完成测量后,智能眼镜发送拟合转换指令将激光跟踪仪坐标系转换到型架坐标系下。相比于传统型架装调方式,只需要一名操作人员佩戴智能眼镜通过语音等交互方式完成坐标系建立任务,减少了操作人员数量,缩短了测量时间。

完成坐标系转换后,第二步是对定位器进行初调。在定位器初装任务中(如图3中部所示),具体流程为:(1)操作人员在服务端软件中将需要装调定位器的OTP点添加到任务中,同时也可以按照组别(将同一定位器上所有OTP点归为一个组别)将OTP点添加到任务中;(2)在智能眼镜端开启定位器初装任务;(3)通过智能眼镜控制激光跟踪仪;(4)当测量完一组定位器上全部OTP点时,根据绝对装调原则计算优先装调的点信息,在智能眼镜端提示操作人员优先调节该点;(5)所有OTP点的理论数据与实测数据的差值小于 $\pm 0.1\text{mm}$,定位器初装任务完成。绝对装调原则如图4所示,用 OTP_i 和 OTP'_i 分别表示OTP点的理论位置和实测位置,计算一组定位器上所有OTP点的理论坐标与实测坐标之间的距离 $|\overrightarrow{OTP_i OTP'_i}|$,优先调节距离最大

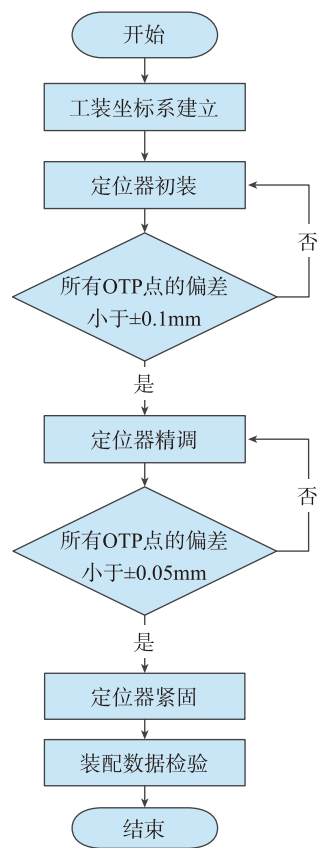


图2 传统型架装调流程图
Fig.2 Flow chart of traditional tooling assembly

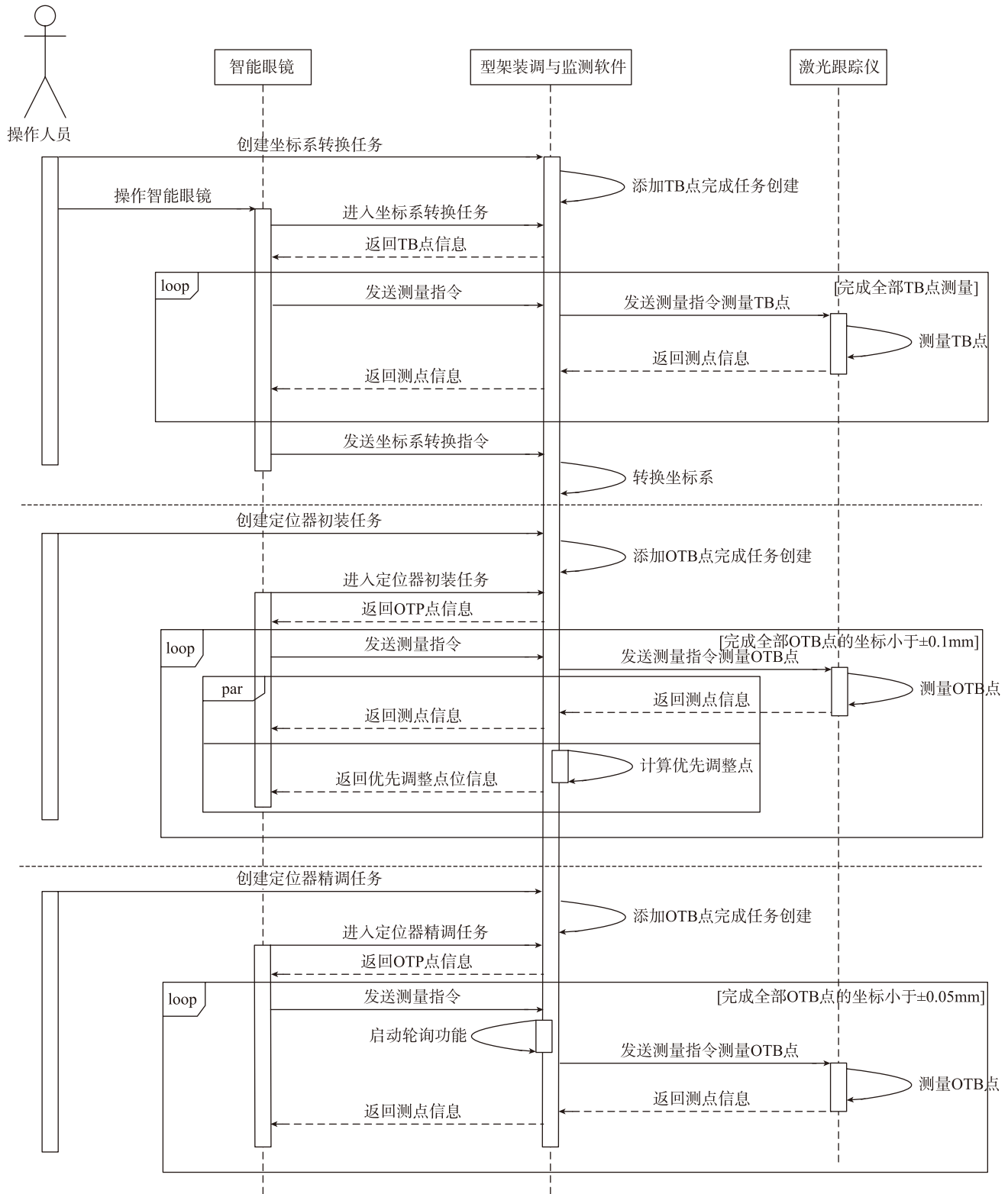


图3 基于智能眼镜的型架装调流程

Fig.3 Tooling assembly process based on smart glasses

的点。相比于传统装调方式除了减少了人员和测量时间,同时为操作人员提供智能装调提示,降低装调难度。

完成定位器初装后,第三步是对定位器进行精调。定位器精调任务创建流程与定位器初装的流程相似,

在智能眼镜端进入定位器精调任务,其具体过程如图3下部所示。调节定位器时,将定位器视为一个刚体,调

节一个 OTP 点时其他 OTP 点的位置也会随之变化,这就是影响装调效率的主要因素之一。因此在定位器精调时开启对同一定位器上的 OTP 点轮询测量,在智能眼镜端显示一组定位器上全部 OTP 点理论坐标与实际坐标的差值,通过轮询测量的方式可以反映定位器整体装调情况。定位器的轮询测量如图 5 所示,在一组定位器所有 OTP 点上安放靶标球,任务启动后按 OTP 点添加顺序,以相同时间间隔依次测量每个 OTP 点,所有 OTP 点测量完成后重新开始测量直至该组定位器装调完成,以图 5 所示按照 OTP₁、OTP₂、OTP₃、OTP₁……的顺序一直测量。当所有 OTP 点的理论数据与实际数据的差值小于 ±0.05mm,定位器精调任务完成。结合智能眼镜启动的轮询测量功能,可以使操作人员更好地掌控定位器整体空间位置,提高装调效率。

2 基于智能眼镜的多人协同型架装调模式

智能眼镜远程控制激光跟踪仪

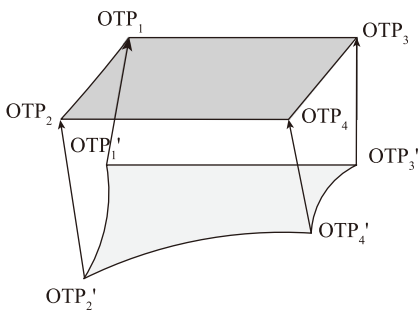


图4 绝对装调原则示意图

Fig.4 Schematic diagram for principle of absolute assembly

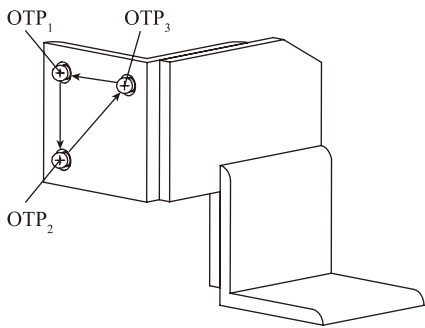


图5 轮询测量示意图

Fig.5 Schematic diagram for polling measurement

辅助型架可以节省人力,提高效率。Siewiorek 等^[10]提出可穿戴设备可以为现场操作人员提供团队成员之间持续的服务,进而实现专家-学徒帮助平台(master-apprentice help desk)、团队维修和协助服务(team maintenance and collaboration)等典型的应用服务。结合实际装调现场,大型或复杂型架的装调通常需要多个操作人员协同工作,本文实现了基于智能眼镜的多人协同型架装调模式。

创建定位器初装和定位器精调任务时,对所选智能眼镜进行角色设置,以满足不同装调需求。智能眼镜角色可以设置为主眼镜、辅眼镜和学徒眼镜。在装调任务中不同角色的智能眼镜功能如表 1 所示,在一个装调任务中有且仅有一副智能眼镜设置为主眼镜,具有向激光跟踪仪发送消息的权限(如果多副智能眼镜同时向一台激光跟踪仪发送指令,激光跟踪仪提示任务繁忙);辅眼镜具有除向激光跟踪仪发送指令外的全部权限,显示的内容可以与主眼镜不同步,主要应用于多人装调复杂定位器的场景;学徒眼镜不具备任何操作权限,显示的内容与主眼镜的内容完全同步,主要应用于现场师徒教学场景。

对于简单型架的装调只需要一名操作人员佩戴主眼镜即可完成装调任务,如果有学徒跟随的情况,让学徒佩戴学徒眼镜,因学徒眼镜显示的内容与主眼镜完全同步,师傅可结合装调经验告知学徒该如何调节定位器。对于复杂型架的装调需要多名操作人员协同工作,但现场通常只

配备一台激光跟踪仪,因此让一名操作人员佩戴主眼镜,其余人员佩戴辅眼镜,主眼镜具有控制激光跟踪仪的权限,辅眼镜的功能相对灵活;在调节较大定位器时,辅眼镜可以显示与主眼镜相同的内容,使多名操作人员协同调节定位器;在调节繁多的定位器时,佩戴主眼镜操作人员将需要调节的 OTP 点全部测量一遍,此时在主眼镜和辅眼镜中都记录下所有测点的实测数据,然后佩戴主眼镜的操作人员为其余人员指派任务,佩戴辅眼镜的操作人员根据分配的任务显示需要调节定位器的测量数据,根据测量数据粗调定位器,调整到合适位置之后佩戴主眼镜的操作人员控制激光跟踪仪完成进一步的调节。此外,辅眼镜还可以在装调过程中返回主界面选择其他辅助性操作(如查看型架装调流程、扫描现场二维码获取装调信息等)。

可重构型架的稳定性监测

装配产品过程中,不可避免地会有外力作用于型架上,增加型架发生基础变形的可能性,为了保证型架的稳定性需要对型架实时监测或者周期性定检。传统方法是借助激光跟踪仪实现的,本文系统保留了传统方法,通过创建任务类型为“型架装调检验”的任务,完成对于型架的实时监测和定检。但使用激光跟踪仪有诸多不变,因此结合可重构型架的特点和相关文献介绍,将激光位移传感器应用于型架稳定性的监测。

表1 不同角色智能眼镜功能差异

角色	向 LT 发送指令	显示内容	装调任务中可添加数量
主眼镜	有权限	自由控制	有且仅有 1 副
辅眼镜	无权限	自由控制,当主眼镜进行操作时,辅眼镜端有相应提示	0~5 副
学徒眼镜	无权限	与主眼镜同步	0~5 副

注:当智能眼镜过多时,系统响应速度降低,因此将上限设为 5 副。

可重构型架采用盒式连接的方式可减少装调难度和工作量,缩短装配时间,实现快速转产和缩短新产品研发周期。但由于盒式连接采用螺栓摩擦连接,易受外界不稳定因素干扰发生定位器空间位置变化,从而影响产品装配质量,因此在易发生位置偏移的盒式连接处安装激光位移传感器,用于实时监测盒式连接的稳定性,进而保证整个型架的稳定性。

采用欧姆龙激光 CMOS 型 ZX2 位移传感器监测盒式连接的偏移情况,该型号传感器可达到 $10\mu\text{m}$ 量级尺寸高精度检测,并且恶劣环境下应对不同颜色及材质的材料能够稳定测量,因此满足误差精度为 0.05mm 的型架安装要求以及高低温长时间(经历夏天和冬天)使用要求。传感器的安装方式如图 6 所示,传感器安放于 L 型定位块上,用于监测盒式连接水平方向的偏移情况(通常认为盒式连接的偏移不会发生于垂直方向上),L 型块为可拆卸结构用于监测不同位置盒式连接偏移情况,L 型定位块与基座通过三角形楔块连接,其重复定位精度为 0.02mm ,满足使用要求。

安装飞机产品前,在服务器端软件选择型架监测模块,创建稳定

性监测任务,选择传感器安放位置,设置监测方向、最高误差上/下限等参数。装配飞机时,传感器按 300ms 的频率采集数据,通过放大器、运算单元将数据传输到服务器软件中,在软件中以折线图的形式实时显示不同方向上盒式连接的偏移情况,当偏移量超过预先设置的误差上/下限时,会有报警机制,提示操作人员需要调整盒式连接的位置。型架闲置时,定期启动传感器监测盒式连接的偏移情况以确保型架的稳定性,同时可以获得更为丰富的设计资料。所有传感器采集的数据,全部保存在本地数据中,在软件中可以筛选查找并直观地显示出来。这些数据的主要作用是型架设计人员提供第一手现场装配数据,通过监测数据可以分析哪些安放位置或者哪种形式的定位器易于发生偏移;同时也可以为型架有限元分析提供数据真实数据支撑。

实例验证

本文解决了可重构柔性型架的装调和监测方面的技术问题,并运用 Java 开发了一套 C/S 架构的可重构柔性型架的智能装调与监测系统。该系统已在某型号飞机前机身和垂尾型架的装配现场进行了应用。

本软件系统将服务器、激光跟踪仪、智能眼镜和激光位移传感器组成消息闭环传递的整体。软件功能主要分为型架装调和稳定性监测两个部分。对于型架装调,需要在服务器上创建装调任务,然后通过智能眼镜启动任务通过对激光跟踪仪的远程控制实现对型架的装调,主要应用于装调盒式连接板、定位器等有 OTP 点的零件。装调任务创建流程如图 7 所示。首先,在“测量任务基本信息设置”中选择型架工装和对应的任务类型,任务类型决定了软件底层的决策指令。其次,在“测量设备设置”中选择激光跟踪仪和智能眼镜,根据建立的基于智能眼镜的多人协同装调模式,一个测量任务可以使用多副智能眼镜协同工作,但只能将 1 副眼镜设置为主眼镜,避免激光跟踪仪接收的指令发生混乱。最后,在“测量点设置”中选择与任务类型对应的测点类型,测点可以单点添加也可以成组添加。当测点以成组的方式添加时,在定位器初装任务中可以根据绝对装调原则提示优先装调的点信息,在定位器精调任务中可以启动轮询测量功能用以反映定位器的整体装调情况。

对于型架稳定性监测,需要在服务器软件上创建监测任务,然后开启

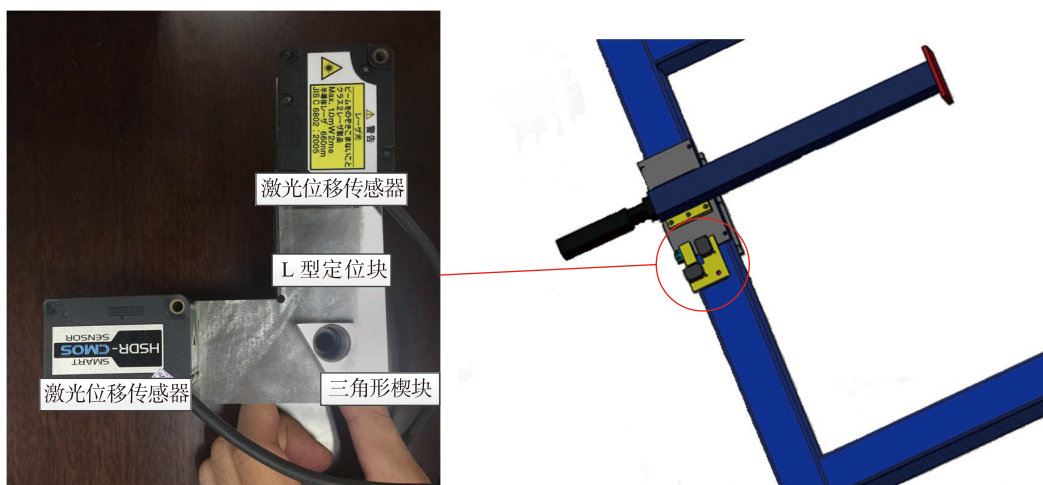


图6 传感器安装示意

Fig.6 Schematic diagram for sensors installment

传感器采集并实时显示盒式连接的漂移量数据。监测任务创建流程如图 8 所示。首先,确定需要监测盒式连接的位置。其次,设置传感器相关监测参数,根据现场实际情况对一组盒式连接只需要监测两个方向的偏移即可,因此监测方向需要根据实际情况选择 XYZ 方向(型架坐标系下)中的两个方向,并设置监测上/下限报警参数。任务创建完成后,启动传感器即可在软件中显示监测数据,由于在 X 和 Z 方向安放了传感器,所以折线图只有 X 和 Z 方向数据处于变化状态, Y 方向折线图处于默认初始状态,在型架使用过程中当敲击、钻铆或踩踏型架时的监测数据有轻微波动,远小于型架要求装配精度(0.05mm)。

本系统软件控制激光跟踪仪的测量精度和传感器的采集精度满足实际装配的需求,目前该系统已在装配现场进行安装试用,并小范围使用辅助完成型架装调。图 9 为现场照片,两名操作人员佩戴智能眼镜协同安装双向定位夹紧销(PC 销)调整骨架安装位置,右侧操作人员佩戴的为主眼镜(为了便于区分不同角色,主眼镜的任务信息为红字,辅眼镜为黄字,学徒眼镜为白字),该智能眼镜具有向激光跟踪仪发送指令的权限,因此整个装调进度由该工人掌控,根据激光跟踪仪获得的测量值移动竖梁,待到合适的位置安装 PC 销完成对竖梁的初步定位,继续调整竖梁位置直到符合装配要求,然后扭紧 PC 销完成对该竖梁的装调。左侧操作人员佩戴的为辅眼镜,在调节竖梁位置时,由于型架竖梁较重需要两名工人共同调节,此时辅眼镜中显示的内容与主眼镜一致,可以获取当前 OTP 点的准确位置,避免信息不一致而降低装调效率;在拿去 PC 销时可扫描现场二维码获取 PC 销的基本信息,减少错拿的可能性。

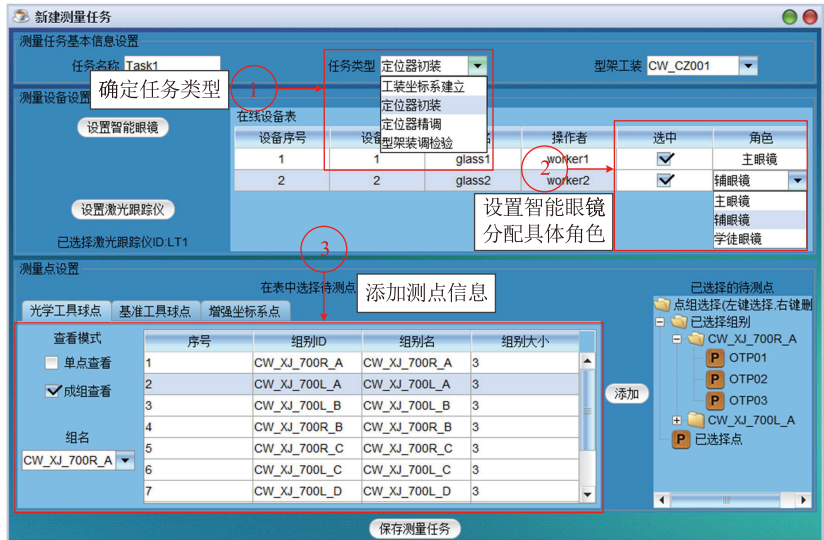


图7 装调任务创建
Fig.7 Defining a assembly task

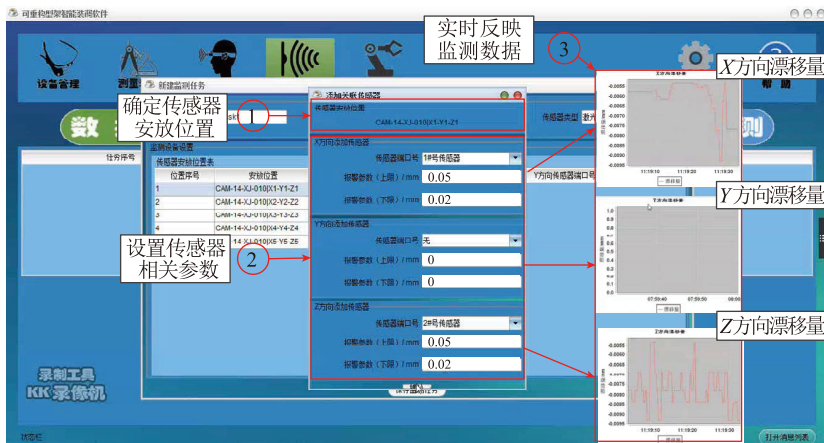


图8 监测任务创建
Fig.8 Defining a monitoring task



图9 操作人员佩戴智能眼镜装调型架
Fig.9 Operators assemble tooling with smart glasses

结论

为解决可重构柔性型架的便捷装调与监测问题,本文设计并开发了一套应用于可重构柔性型架的智能装调与监测系统。在型架装调过程中,操作人员佩戴智能眼镜远程操作激光跟踪仪,同时根据不同的装调阶段为操作人员提供对应的装调指导,提高装调效率和减少人力成本同时,降低对操作人员技术的依赖;对于复杂型架的装调,开发了多人协同型架装调模式。在型架稳定性监测方面,在关键盒式连接处安装激光位移传感器,实时监测型架的稳定性,同时采集的监测数据为型架的设计提供一手现场资料。经验证和试用,本系统有良好的应用前景,下一步将继续完善系统的功能,并开展进一步的应用研究。

参考文献

- [1] HOSKA D R. Fixtureless assembly manufacturing[J]. *Manufacturing Engineering*, 1998, 100: 49-54.
- [2] KIHLMAN H. Affordable automation for airframe assembly: development of key

enabling technologies[M]//Linköping Studies in Science and Technology. Linköping: Linköping University Electronic Press, 2005: 183.

[3] 郑联语, 王建华. 盒式连接可重构柔性工装技术及应用展望[J]. *航空制造技术*, 2013, 56(18): 26-31.

ZHENG Lianyu, WANG Jianhua. Development and application prospect of box-joint based reconfigurable and flexible tooling technology[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2013, 56(18): 26-31.

[4] 郑联语, 刘清军, 张宏博, 等. 基于综合工装的盒式连接装配型架快速配置方法[J]. *计算机集成制造系统*, 2014, 20(10): 2426-2639.

ZHENG Lianyu, LIU Qingjun, ZHANG Hongbo, et al. Rapid configuration for box-joint assembly jigs based on composite tooling[J]. *Computer Integrated Manufacturing System*, 2014, 20(10): 2426-2639.

[5] PORTER M, HEPPELMANN J. How smart, connected products are transforming competition[J]. *Harvard Business Review*, 2014, 92(1/2): 64-88.

[6] MURAKAMI K, KIYAMA R, NARUMI T, et al. Poster: a wearable augmented reality system with haptic feedback and its performance in virtual assembly tasks[C]//2013 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) (2013). Now York: IEEE, 2013: 161-162.

[7] HAO Y, HELO P. The role of wearable devices in meeting the needs of cloud manufacturing: a case study[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2015, 45: 168-179.

[8] 曹逸凡, 郑联语, 张宏博, 等. 智能眼镜辅助的激光跟踪仪移动测量系统[J]. *航空制造技术*, 2017, 60(20): 60-66.

CAO Yifan, ZHENG Lianyu, ZHANG Hongbo, et al. A laser tracker mobile measurement system aided by smart glasses[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2017, 60(20): 60-66.

[9] 李兵, 孙彬, 陈磊, 等. 激光位移传感器在自由曲面测量中的应用[J]. *光学精密工程*, 2015, 23(7): 1939-1947.

LI Bing, SUN Bin, CHEN Lei, et al. Application of laser displacement sensor to free-form surface measurement[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2015, 23(7): 1939-1947.

[10] SIEWIOREK D, SMAILAGIC A, STARNER T. Application design for wearable computing[M]. Williston: Morgan & Claypool Publishers, 2008.

通讯作者: 郑联语, 博士、教授, 研究方向为数字化智能化制造技术、数字化测量与质量控制技术、可重构柔性制造技术、制造系统建模与仿真, E-mail: lyzheng@buaa.edu.cn。

Development of Smart Assembly and Monitoring System for Reconfigurable Flexible Tooling

QIN Zhaojun, ZHENG Lianyu, ZHANG Hongbo, XU Jiaying

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing 100191, China)

[ABSTRACT] To solve the problems of reconfigurable flexible tooling in the complexity of the assembly process and the volatility in the using process, a smart assembly and monitoring system which services in the phase of installation and using was developed. In aspect of assembly, building the assembly process based on smart glasses combined with multi-operator cooperation mode achieved the mobile controlling of the laser tracker. In aspect of tooling monitoring, retaining the traditional monitoring method combined with smart glasses, in addition installing laser displacement sensors on the critical location guaranteed the stability of the tooling. Besides that, the system has been conducted in the assembly plant, which demonstrates that this system can improve reconfigurable flexible tooling assembly efficiency and reduce the difficulty, and can guarantee the stability of the tooling in the using stage.

Keywords: Reconfigurable flexible tooling; Smart glasses; Smart assembly; Tooling monitoring; Aircraft assembly

(责编 逸飞)