

基于 Python 的激光跟踪仪设站优化系统的开发

Development of Python Based Laser Tracker Location Optimizing System

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 陈智勇 吴建军

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司 石章虎 李凯宁 姚定

[摘要] 采用 Python 语言结合 DAKOTA 优化平台的方案,按照面向对象的编程思想,成功地开发了激光跟踪仪设站优化系统。实现了在使用激光跟踪仪对飞机装配型架测量安装前,预先对设站位置优化,找出最佳设站位置。从而避免因设站位置不佳而造成不必要的转站,提高了测量安装精度。

关键词: 激光跟踪仪 设站优化 装配型架

[ABSTRACT] By using Python and DAKOTA optimization tool, the laser tracker location optimizing system is built up successfully on the object-oriented technology. Based on this system, the laser tracker optimized location was obtained just before the assembly of aircraft jig, unnecessary transferring of laser tracker is avoided, and the precision of assembly and measurement is improved greatly.

Keywords: Laser tracker Location optimizing Assembly jig

近年来随着数字测量技术的发展,激光跟踪仪广泛应用于飞机大型零部件(如机身、机翼、垂尾、机头等)的工装制造、安装和检验,也用于飞机总装测量和机身整体尺寸测量。因此控制系统精度,确保激光跟踪仪现场使用中技术性能稳定可靠,与飞机整体质量及安全性能息息相关^[1-3]。

激光跟踪仪的设站是测量工作的一个关键步骤,站位选择得好,不仅可以避免许多重复性工作、提高工作效率,而且能够提高测量精度。在现场设置仪器时,应将激光跟踪仪放置于安装型架外的适当位置,以一次定位尽可能测量到型架上所有定位器测量点为基本原则^[4]。但在实际工作中,型架安装人员对激光跟踪仪位置的设置并不能很好地把握,仅凭着感觉和经验来放置跟踪仪,使得测量精度受到较大影响。因此,必须采用一个科学的方法对激光跟踪仪进行设站,以提高测量精度。

1 系统的需求及开发方案

虽然有很多文献对激光跟踪仪误差进行分析,并总

结出误差计算公式,但在实际误差测量、计算中并没有太大的实用价值,且存在很多困难^[5]:

(1) 误差计算公式中的参数在实际中难以测量;

(2) 各误差因素在总误差中所占有的比重难以确定;

(3) 有许多误差难以用计算公式表达出来。

激光跟踪仪是利用激光测距,因此测距精度要求很高,但是角度编码器随着距离的加大带来的位置误差亦加大,所以影响激光跟踪仪测量误差的主要因素是测量距离和角度。把跟踪仪头部和光学测量点之间的平均距离作为优化目标,并把跟踪仪头部和激光测量点连线与水平面所形成夹角约束到一定范围内^[6],这样就避免了使用误差计算公式计算测量误差时所存在的问题,同时也保证了测量精度,达到设站优化的目的。

为了对激光跟踪仪设站位置进行有效优化,找出最佳设站位置,要求系统实现以下3点功能:(1)由于不同的工装设计人员设定的光学测量点所在的坐标系是不同的,这样求出最优设站位置后,型架安装人员不能在安装现场快速测量出跟踪仪的最优放置位置,因此要求光学测量点所在坐标系(型架坐标系)能通过平移和旋转后与统一的测量坐标系重合;(2)用户可以添加光学测量点坐标值,并能修改、查看测量点坐标值;(3)导入测量点坐标值后,以测量距离为优化目标,在可能放置的区域中计算出最优设站位置,反馈给用户。

根据此需求,系统采用 Python 语言结合优化平台(Design Analysis Kit for Optimization and Terascale Applications, DAKOTA)的方案,系统选用此方案具有以下优点:

(1) Python 是一种功能强大而完善的通用型语言,成熟且稳定,具有非常简捷而清晰的语法特点^[7]。

(2) DAKOTA 优化平台是由美国能源部重要的核系统集成及军火工程研究机构 SANDIA 国家实验室开发^[8],该软件提供了灵活、可扩展的仿真和迭代方法接口,可以和各种运算求解器相结合,并可使用当前先进的优化算法(遗传算法)。

利用它开发该系统,实现了算法和优化模型的分离,缩短了设计周期。

2 系统的组成及功能

系统主要由 Python 窗体、DAKOTA 优化平台及运算求解器三大部分组成。Python 窗体由主窗体和若干个子窗体构成。其中主窗体是用户和系统交互的主界面,它提供了激光跟踪仪设站优化的绝大部分功能。把 DAKOTA 优化平台作为优化系统的优化器,优化算法采用遗传算法^[9]。把自编优化程序作为运算求解器,实现了 Python、DAKOTA 优化平台、遗传算法与运算求解器的无缝集成。由于模块间相互独立又互相联系,而且具有可扩充性,因此系统采用模块化设计,主要包括系统用户管理模块、坐标转换模块、测量点添加模块、优化模块和帮助模块^[10-11]。系统的结构流程见图 1。

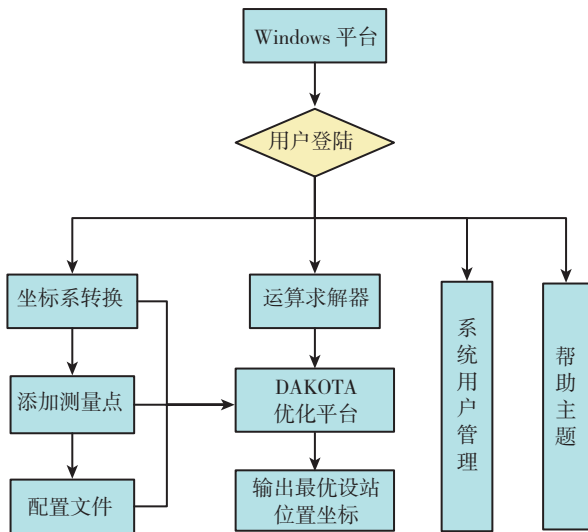


图1 系统结构流程

Fig.1 Flow chart of system

2.1 系统用户管理模块

本系统的用户分为 2 种类型:系统管理员和普通用户,系统管理员用户拥有所有的管理权限,普通用户在系统中只有查看的权限。在系统初始化时创建一个默认的系统管理员用户 Admin。Admin 可以创建和管理其他管理员用户和普通用户,其他管理员用户可以创建和管理普通用户,所有用户都可以管理自己的用户信息。系统用户管理模块流程见图 2。

2.2 坐标转换模块

通过平移和旋转使光学测量点所在坐标系(型架坐标系)与测量坐标系重合,并对跟踪仪的可能放置区域进行最小边界限定,便于工装安装人员在统一的坐标系下快速确定激光跟踪仪最优放置位置。

2.3 测量点添加模块

用户可通过手工输入和测量点数据文件(*.xls)自

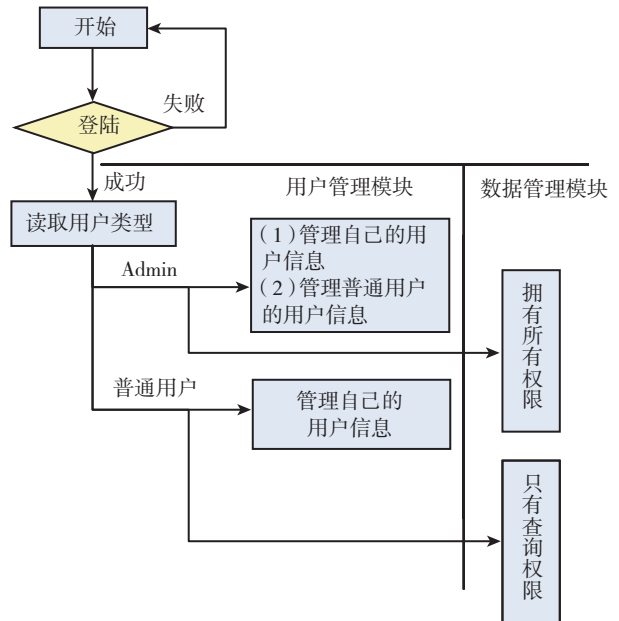


图2 系统用户管理模块结构流程

Fig.2 Flow chart of user managing module

动导入 2 种方式导入测量点坐标值,并对测量点进行修改和查看等。

2.4 优化模块

优化模块是整个系统的核心,该模块的基本功能为:通过激光跟踪仪头部和光学测量点之间的距离和夹角的计算,在激光跟踪仪可能放置的限定区域里找出理论最优放置位置,为工装安装人员对激光跟踪仪设站提供依据。

2.5 帮助模块

该模块为系统提供详细的主题,可以在帮助中找到系统各个模块的使用说明,使系统应用变得容易。

3 系统主要功能模块的实现

3.1 测量点数据文件自动导入功能的实现

测量点数据保存为*.xls 文件,由于 Excel 具有自己的对象库,在 Python 工程中可加以引用。通过对 Excel 使用 OLE 自动化技术可以将数据文件*.xls 中单元格的数据导入数据库的对应表中。Python 通过 OLE 自动化调用 Excel 的方法是:(1)向应用程序添加 Microsoft Excel Object Library 以确定调用对象;(2)创建 Application、Workbook、Worksheet 等对象,编写程序启动和初始化代码;(3)编入适当的代码实现对 Excel 对象的控制。

3.2 优化功能的实现

把 DAKOTA 优化平台作为优化系统的优化器,优化算法采用遗传算法。把自编优化程序作为运算求解

器,通过生成包含设计变量和模型参数的临时文件并用仿真代码进行分析获得结果,然后返回给 DAKOTA 来不断迭代计算,直到符合配置文件的相关要求。最终获得的数据可以通过配置文件里的相应部分获得,然后将输出的文件进行分析,获得需要的结果^[12-13]。

运算求解器包括 1 个分析程序和 2 个配置文件。分析程序用来计算激光跟踪仪头部和光学测量点之间平均距离和夹角,以平均距离优化目标,并约束俯仰角均小于 45°; 2 个配置文件分别用来限定测量的区域和提供测量点坐标。

DAKOTA 本身已经包含了遗传算法,要做的就是配置好 DAKOTA 的配置文件,通过配置文件驱动 DAKOTA 对这个问题进行优化。优化策略选用单目标优化,遗传算法选择轮盘赌算法。

4 应用实例

如图 3 所示,通过双击界面使型架坐标系统 Z 轴旋转 90°,得到型架坐标系和测量坐标系的角度关系,如图 4 所示,输入型架坐标系原点相对于测量坐标系原点位置坐标,并对跟踪仪放置区域进行最小边界限定。添加测量点界面见图 5,从图中可以看出,在右侧栏可通过手工输入和测量点数据文件自动导入 2 种方式测量点坐标值,左侧栏中显示出所添加的测量点坐标值,添加 80 个测量点坐标。在如图 6 所示的界面中,单击“进行优化”按钮,经过 1min 左右的计

算,就可以看到计算得到的激光跟踪仪最优设站位置的坐标值。

5 结束语

采用 Python 语言结合 DAKOTA 优化平台的方案,按照面向对象的编程思想,将激光跟踪仪设站优化系统设计成人机交互模式。程序运行仅需输入(或导入)测量点文件、跟踪仪放置区域最小边界限定等参数,再进行坐标转换,随之便可输出跟踪仪最优设站位置。提高了跟踪仪设站的可靠性和工作效率,且具有工作量大、结构紧凑、便于上手等优点,满足了工程应用的需要。本系统在某飞机制造厂工艺部门进行了初步使用,结果表明本系统有效地提高了激光跟踪仪测量精度,达到了激光跟踪仪设站优化的目的。

参考文献

[1] 范玉青. 飞机数字化装配综述. 航空制造技术, 2006(10): 44-48.
 [2] 王巍, 黄宇, 庄建平. 激光跟踪仪在飞机装配工装制造中的应用. 航空制造技术, 2004(12): 81-84.
 [3] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
 [4] 林振明. 型架数字化安装工艺技术研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2005.
 [5] 刘君, 穆海华, 孙业业, 等. 激光干涉测量中的误差分析与补偿. 机床与液压, 2006, 9: 181-184.
 [6] Mcgahe Y J, Schaut J A, Chalupa J E, et al. An investigation

into the use of small, flexible, machine tools to support the lean manufacturing environment. Warrendale, Pa., USA: Society of Automotive Engineers, 2001.

[7] 马特利. Python 技术手册(第二版). 南京: 东南大学出版社, 2006.

[8] Design Analysis Kit for Optimization and Terascale Applications (DAKOTA) 使用说明书. 美国: SANDIA 国家实验室.

[9] 王小平, 曹立明. 遗传算法—理论、应用与软件实现. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.

[10] 蔡闻峰, 周惠群, 何颖. 基于 VB 的无人机水平测量数据处理系统的研究. 机械工程与自动化, 2006(4): 116-118.

[11] 董一巍, 卜昆, 陈允全, 等. 基于 VC 的自动钻铆机铆接数据库系统的开发. 科学技术与工程, 2007(8): 4088-4093.

[12] Rehmet M A, Wol F J. Challenges in international co-design and development of a new family of airliners. Hamburg, Germany: ICAS, 2002.

[13] Williams G, Chalupae, Rahhal S. Automated positioning and alignment systems. Plano, Tex, USA: Advanced Integration Technology, Inc., 2001.

(责编 侧卫)

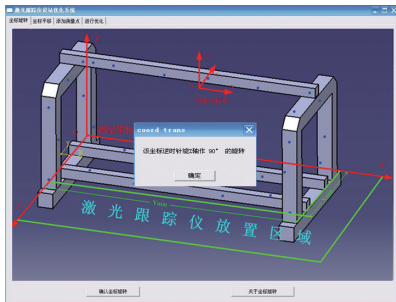


图3 坐标系旋转
Fig.3 Coordinate system transferring

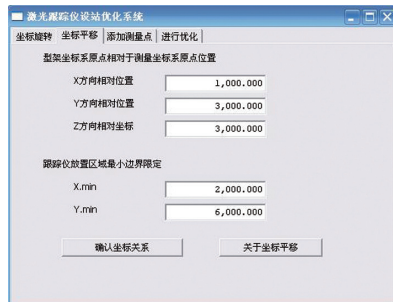


图4 坐标系平移、放置区域限制
Fig.4 Coordinate system remove and placement area limit

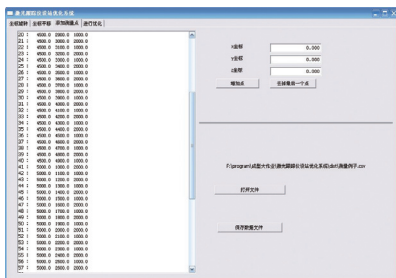


图5 添加测量点
Fig.5 Adding measure points

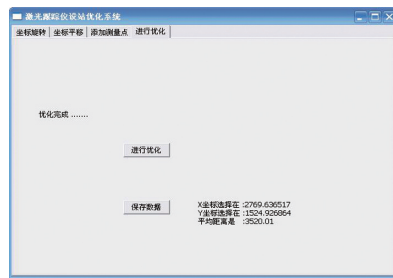


图6 优化及结果显示
Fig.6 Optimizing and result display