

基于关节臂扫描的计算机辅助检测实验

成思源, 彭慧娟, 郭钟宁, 于兆勤, 张湘伟
(广东工业大学机电工程学院, 广东广州 510006)



摘要:提出了基于关节臂扫描的计算机辅助检测实验课程,给出了实施方案。通过关节臂扫描仪来实现模型表面的数字化,并在此基础上运用 Geomagic Qualify 软件完成模型的检测要求。实践证明,基于关节臂扫描的计算机辅助检测实验有利于学习者巩固测量技术的理论知识,掌握最先进的检测技术,有效地提高学习者的工程实践能力。

关键词:计算机辅助检测; 关节臂; 数据采集; Geomagic Qualify

中图分类号: TP 391 **文献标志码:** A

文章编号: 1006-7167(2013)02-0070-04

Experimental Teaching of Computer-aided Inspection Based on Articulated Arm Scanner

CHENG Si-yuan, PENG Hui-juan, GUO Zhong-ning, YU Zhao-qin, ZHANG Xiang-wei

(Faculty of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: With the development of inspection technique in modern design and manufacture field, computer-aided inspection has been applied extensively in industry. An experimental course of computer-aided inspection based on articulated arm scanning was presented in this paper. The digitalization of the model was realized by using the articulated arm scanner system, and the software Geomagic Qualify was used to realize the inspection task. Practice proved that the experimental teaching of computer-aided inspection based on articulated scanner can not only help students to apprehend the theoretical knowledge of measurement, but also help them master the most advanced inspection techniques, which can enhance their engineering practice ability.

Key words: computer-aided inspection; articulated arm; data collection; Geomagic Qualify

0 引言

计算机辅助检测技术(Computer Aided Inspection, CAI)是涉及到检测理论、测量设备、计算机、控制及软件技术等综合应用而发展起来的一项新兴技术。它是通过光学三维扫描设备获取已加工零件的点云数据,并将其与零件的设计 CAD 模型进行比较,得到已加工

零件和设计模型之间的偏差,从而实现零件全面整体检测的一项技术^[1-2]。随着我国航空、汽车、机械等行业的迅速发展和市场竞争的日益激烈,企业对产品质量提出了更高的要求,检测技术作为保障产品质量的基本手段,起着举足轻重的作用^[3-5],计算机辅助检测技术也得到了越来越广泛的应用。基于此,计算机辅助检测技术实验教学已成为培养学生适应现代设计制造技术领域实践能力要求的重要手段。

计算机辅助检测技术的操作步骤一般可归纳为三步:①实物模型的数字化;②模型对齐;③比较分析^[6-7]。其特点是测量精度高、柔性好、效率高,可有效地减轻操作者的劳动强度,提高生产效率,为企业带来经济利益。尤其是对于复杂零件的检测,更是具有传统测量方法所无法比拟的优势。因此,它对检测手段

收稿日期:2012-02-09

基金项目:国家级教学团队建设项目(教高函[2008]19号);广东省高等教育教学改革项目(BKZZ2011022,粤财教[2012]361号);广东工业大学教育教学改革项目(2010Z008,2012Z009)

作者简介:成思源(1975-),男,重庆人,博士,教授,副院长,主要从事机械 CAD、机械设计技术与实验教学研究。

Tel: 020-39322217; E-mail: imdesign@gdut.edu.cn

的柔性化、自动化意义重大,具有广泛的应用前景。

随着计算机技术与光电技术的发展,计算机辅助检测的数据采集通常采用三维光学扫描设备,其优点是采集数据速度快、操作简便、能够达到较高的精度^[7-8]。考虑到实验教学的便利性,提出了通过关节臂扫描仪进行实物模型的数字化,并利用 Geomagic Qualify 软件来实现检测的实验流程。

1 Geomagic Qualify 检测流程

Geomagic Qualify 是一款在计算机辅助检测技术中广泛应用的软件。通过该软件可快速、全面地检测到产品的三维 CAD 模型与实物模型被扫描后的点云模型间的尺寸偏差,并自动将这种比较结果以直观、易懂的色谱图形式显示出来,并形成检测报告^[6-7]。到目前为止,该软件已发行到 12.0 版本。本次实验教学将主要结合 Geomagic Qualify 的操作步骤来进行,其具体的检测流程如图 1 所示。

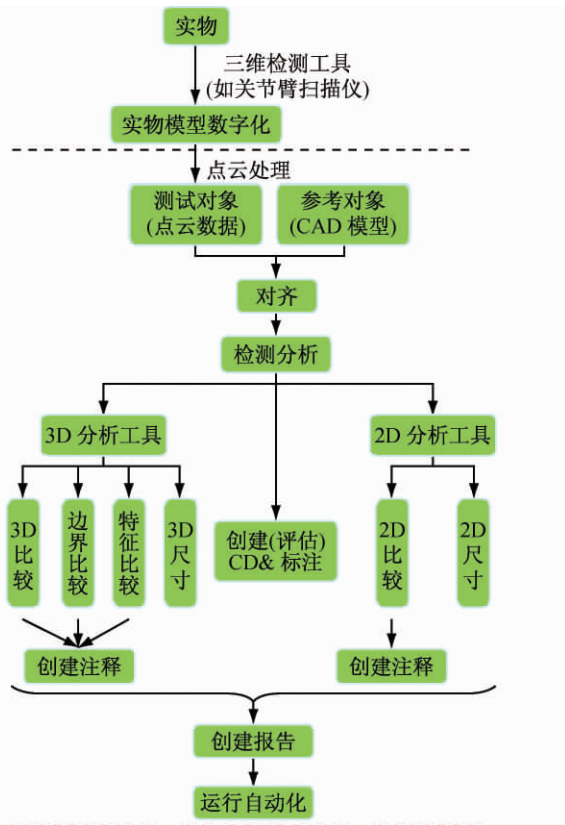


图 1 Geomagic Qualify 检测流程

2 实验步骤

结合某空调中隔板零件,介绍本实验的步骤。首先对模型进行数据采集来获取点云数据,对采集到的数据进行处理后,再借用 Geomagic Qualify 软件来实现零件的检测,包括对齐、3D 比较、2D 比较、形位公差分析等。学生可根据不同零件的具体要求自行规划检测方案。最后将检测的结果以报告形式进行输出。

2.1 数据采集

所谓的数据采集也即实物模型的数字化,是指通过三维扫描设备,将物体表面的轮廓信息离散为大量的三维坐标点云数据^[9]。它是计算机辅助检测中的关键步骤,点云数据能否快速精确地表示实物原型,将直接影响后面的检测结果及效率。

在数据采集阶段,本实验采用由 Cimcore 公司提供的 Infinite 1.8m 型七自由度柔性关节臂测量机系统(见图 2)。其配套的扫描头为 ScanWork V4i 线结构光扫描头,配套软件为 ScanWorks。

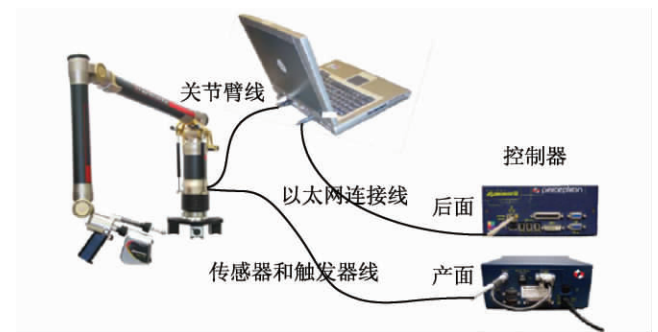


图 2 七自由度关节臂测量机

Infinite 扫描系统基于常见的激光三角法原理,采用线结构光扫描方式,通过激光光源发射光线,以一定角度照射到被测物体上,然后通过高精度的 CCD 镜头与光源之间的位置及投影和反射光线之间的夹角,换算出被测点所在的空间位置。依据该原理,关节臂测量系统可快速高密度地对各种特殊形状的物件进行表面数据采集,对柔软物体(如纸和橡胶制品)也可方便采集,死角少,柔性好,轻巧便捷^[10-12]。数据采集的具体操作流程如下:

- (1) 实物表面处理。将模型需扫描部分的表面清理干净,并喷上显像剂,以便于数据采集。
- (2) 组配测量系统。根据系统安装规范,将测量机主体安装好,用各种数据线将系统各部件连接起来。
- (3) 初始化操作。在启动扫描程序进行数据采集前,对关节臂进行初始化操作,转动各个关节直到所有的关节都有正常的响应。初始化完成后,启动扫描程序 ScanWorks,准备采集数据。
- (4) 扫描数据。把模型放置在可扫描范围内,按下臂上开关开始扫描。从曲率变化较小的面开始,顺着模型表面的特征走势,沿曲面的法向进行数据采集,扫描完一个面再转至相邻面。整个扫描过程的数据结果在软件界面上直接观察到,如需追加数据可借用灵活的七自由度关节臂从各个角度进行多次扫描。最后扫描数据可在后续检测软件中进行拼接等处理。
- (5) 数据保存。将最终扫描得到的有效数据以 .bin 等通用数据格式保存起来并输出。

2.2 数据处理

一般通过光学扫描采集到的原始点云数据非常庞大且包含大量的冗余点和噪音点等,为提高检测的准确度和效率,因此,作为比较的点云数据一般都需要经过数据处理。处理操作主要包括杂点去除、统一采样、减少噪音点等^[13],以获得质量较高的点云数据。

2.3 对齐

该步骤是为比较分析做准备的。进行比较分析时需要实物点云数据模型与 CAD 模型处于同一坐标系,才可以进行。而在大多数情况,这两个模型不具备该条件,因此有必要通过模型对齐来将两模型统一到同一坐标系。

图 3(a) 为加载到 Geomagic Qualify 中的两模型对齐前的图示。根据该模型特性,选择执行“基于特征对齐”命令进行对齐。执行该命令前首先需要判断在两对象上创建出几个相对应的特征,如圆柱体、圆、矩形槽等,并将其作为对齐特征。再通过将选定特征对进行重合以实现两模型的对齐,如图 3(b) 为两模型对齐后图示。

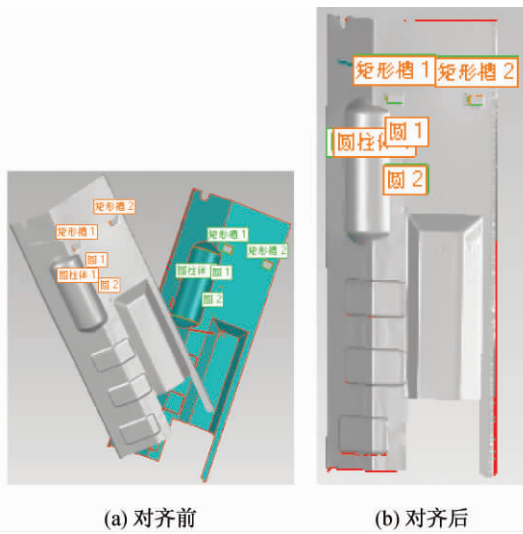


图 3 对齐模型

2.4 比较分析

模型对齐后,便可根据检测的要求,选择相应的检测功能,进行模型间的比较分析。

(1) 3D 比较。通过 3D 比较,可得到一张显示实物模型整体偏差的彩色结果图。为了进一步显示出某一具体位置的偏差,还可通过“创建注释”命令来对模型上任一指定位置进行偏差注释,如图 4 为其 3D 比较注释结果。

(2) 2D 比较。3D 比较可从整体上来把握模型的偏差,2D 比较则可缩小范围,针对截取的特定二维截面来显示其偏差情况。如通过系统 XZ 平面平移 -70 mm 截取一个截面后进行 2D 比较及注释,图 5 为该截面的 2D 比较偏差注释结果。

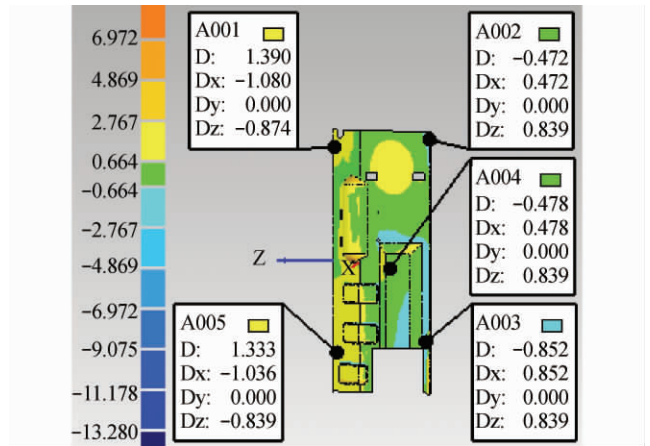


图 4 3D 比较注释

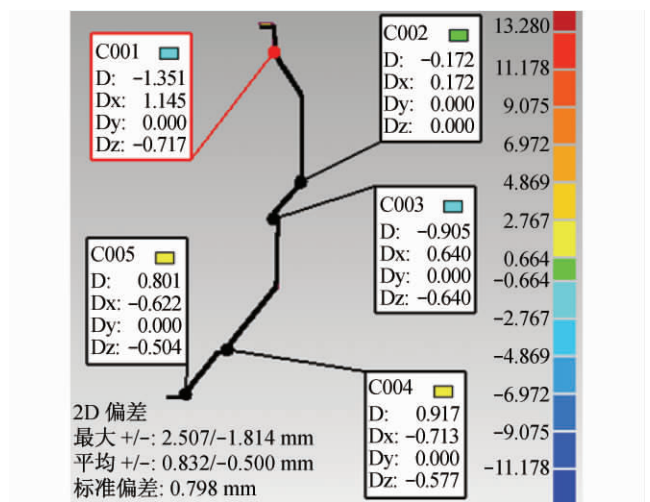


图 5 2D 比较注释

(3) 形位公差分析。形位公差(GD&T)分析主要是针对有特殊形位公差需求的模型而设定的操作。比如对于中隔板模型,有必要对其特定部位的平面度和圆柱度进行检测评估分析,图 6 为该模型指定部位的形位公差评估结果。

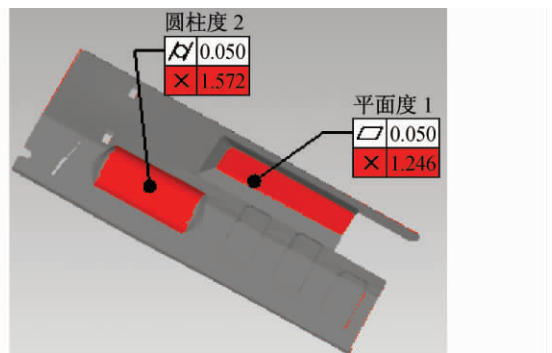


图 6 形位公差评估

2.5 输出检测报告

当模型的比较分析完成后,软件系统可根据检测结果自动生成检测报告。学生可选择将检测结果以 PDF、HTML、DOC 等多种形式进行报告输出,从而实现检测结果的共享。

3 结 语

对基于关节臂扫描仪的计算机辅助检测实验教学进行了研究,以某空调中隔板零件为例,探索了从数据采集到形成检测报告的实验流程,建立了计算机检测技术实验教学的思路。从教学手段上,给出检测流程,可由学生自选实物模型,针对特定模型规划检测方案,自主完成数据采集、软件检测等内容,注重理论与实践相结合的原则^[14-16]。通过在实验教学中引入关节臂扫描仪、Geomagic Qualify 等机械工程领域的最新软硬件设备,不仅开拓了学生的视野,适应了企业对现代设计制造领域实践能力的需求,而且有利于学生进一步巩固测量理论知识,掌握最先进的检测技术。对于拓展学生的知识结构,提高学生的工程实践能力,培养学生对现代设计制造技术的应用能力起到积极作用。

参考文献(References):

- [1] 王万龙,王勇勤. 计算机辅助三维检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [2] 邹付群,成思源,李苏洋,等. 基于 Geomagic Qualify 软件的冲压件回弹检测[J]. 机械设计与研究, 2010, 26(2): 79-81.
- [3] 杨雪荣,成思源,马登富,等. 基于三坐标测量机实验教学的探

- 索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(11): 112-115.
- [4] 张国雄. 三坐标测量机[M]. 天津: 天津大学出版社, 1999.
- [5] 高大军,余晓芬. 三坐标测量机交互式虚拟实验室的设计[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(9): 58-60.
- [6] Geomagic公司. Geomagic Qualify 12.0 基础培训手册[R]. 2010.
- [7] 成思源. 逆向工程技术综合实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [8] 海克斯康测量技术(青岛)有限公司. 实用坐标测量技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [9] 胡义刚. CAD/CAM 综合性训练的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(6): 131-134.
- [10] 冯文杰,崔秀梅,杨涛. 基于 FARO 测量系统的逆向工程实验研究[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(7): 49-51.
- [11] 付泽民,李延平. 基于 ATOS 测量系统快速原型制造技术的实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(12): 1520-1522.
- [12] 张学昌. 逆向建模技术与产品创新设计[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.
- [13] 蒋文科,钟高建,刘占兵. 基于光学扫描的数据处理系统研究[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(11): 42-44.
- [14] 黄道凤,李怀健,朱玉华. 提高实验教学质量的措施[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(2): 120-122.
- [15] 赵天婵,冯俊,胡堵. 充分利用三坐标测量机培养学生工程实践能力[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(6): 151-155.
- [16] 成思源,张湘伟,何汉武. 机械设计实验教学示范中心建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(6): 107-109.

(上接第 59 页)

以能否将其看成导体切割磁感线或者视为楞次定律的作用效果有待航空专家的评判^[13-14]。

而我们在此只是寻求了一个更优化的方案来解决本问题。通过分析,发现当用已经通电的线圈通过控制器迅速减小电流来阻碍舰载机拖动的导体在其中运动以达到阻拦舰载机的方案是可行并有效的。其最优解与选择的线圈特性以及运动在其中的导体决定,这个需要就实际物理特性再做详细研究。此外,舰载机的阻拦系统有多种方式;我们正在尝试研究利用空气动力学原理的舰载机弹射助飞与降落阻拦综合系统^[15]。

航母的建设,激起我们的爱国心。这个课题的研究只是学术上的探索,希望达到抛砖引玉的效果,让我们集思广益,参加讨论,支持我们国家的国防建设。

参考文献(References):

- [1] 徐彦军,沈文厚,孙岩. 舰载机阻拦着舰纵向载荷的简化算法[J]. 飞机设计, 2009, 29(3): 31-32, 51.
- [2] 徐胜,徐元铭,王永庆. 舰载机着舰阻拦建模仿真研究[J]. 飞机设计, 2009, 29(5): 5-8, 12.
- [3] 陶杨,贾忠湖,侯志强. 舰载机阻拦着舰动力学研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2010, 25(2): 133-136.

- [4] 田瑾,赵廷弟. 舰载机着舰安全的多维状态空间分析[J]. 北京航空航天大学学报, 2011, 37(2): 155-160.
- [5] 刘廷柱. 从绊马索到航母的阻拦索[J]. 力学与实践, 2011, 33(6): 103-104.
- [6] 李梅武,崔英,薛飞. 航母飞机起飞的最佳选择—电磁弹射系统[J]. 舰船科学技术, 2008, 30(2): 34-37.
- [7] 苏子舟,张博,国伟等. 无人机电磁弹射应用综述[J]. 火炮发射与控制学报, 2011(1): 1: 93-96.
- [8] 王福金,姚智慧. 舰载机的电磁弹射器研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2009, 14(6): 106-110, 116.
- [9] 董健年,桂应春,李军,等. 电磁弹射系统的脉冲功率源设计[J]. 高电压技术, 2007, 33(12): 105-107.
- [10] 王笑非,赵玺,古刚. 交交式的电磁弹射方案[J]. 电气技术, 2010(增刊): 64-65.
- [11] 周建斌,金栋平,张漱森. 舰载机阻拦系统动力学建模与控制[J]. 动力学与控制学报, 2009, 7(4): 352-357.
- [12] 程刚,倪何,孙丰瑞. 舰载蒸汽弹射系统建模与仿真研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2010, 34(2): 301-305.
- [13] 王海东,毕玉泉,杨炳恒等. MK7-3 阻拦装置拦阻特点分析[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(9): 2038-2042.
- [14] 彭秀艳,王志文,吴鑫. 舰载机纵向自动着舰控制[J]. 智能系统学报, 2011, 6(2): 172-177.
- [15] 杨生民,刘超,刘智汉. 运输类飞机弹射起飞动力学特性分析[J]. 飞行力学, 2011, 29(6): 9-12.