

集成于 CATIA 的大尺寸测量软件系统*

Large-Scale Measurement Software Integrated in CATIA

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 郑联语 邵 健 朱绪胜



郑联语

北京航空航天大学机械工程及自动化学院教授、博士生导师、工学博士。先后在香港城市大学、英国巴斯大学和克兰菲尔德大学留学研修。研究方向为数字化设计与制造、先进测量与质量控制、可重构柔性工装。先后主持和承担自然科学基金、国防基金、总装预研和 863 等国家级项目 10 余项。发表论文 60 余篇，获软件著作权 5 项，受理发明专利 3 项。曾获国防和中航工业集团科技进步二等奖、原航空工业总公司科技进步三等奖。

利用 CAA 对 CATIA 软件进行二次开发,设计开发了集成大尺寸测量软件系统。作为 CATIA 的增值应用系统,与 CATIA 环境完全融为一体,实现了设计信息与测量信息的统一管理和互操作性,为工程设计、工艺和质量等部门协同工作提供了技术支持。

集成、协同的一体化数字化设计和制造已成为现代制造技术的核心理念,如何在产品数字化设计的同时规划产品的测量信息,实现三维 CAD 环境下的测量信息和设计制造信息的交互,是数字化测量技术应用中的一项关键创新性研究工作,也是针对大型产品实现先进数字化制造和装配技术的核心研究内容之一。

本文在 CATIA 环境下开发了集成大尺寸测量软件系统,直接利用产品 CAD 模型,测量信息与产品 CAD 模型直接相关联,实现了产品测量信息与设计信息的自由流动。

根据产品设计要求制定具体的尺寸形位公差等测量要求;其次测量工程师在系统测量仪器能力知识库支撑下确定测量仪器的配备方案,并按照测量方案进行测量系统的配置和测量过程的规划;然后由测量人员按照前面制定的测量计划并结合现场环境操作测量仪器实施数据采集;最后将检测结果信息向质量和产品设计等部门反馈,并用于对产品质量合格性进行分析,对工艺能力监测,改进产品设计和制造工艺流程,从而实现产品的设计、加工和检测信息传递闭环。

系统总体方案

集成大尺寸测量软件系统基于 CATIA 二次开发实现,系统总体方案如图 1 所示。首先由产品工程师

系统各功能模块实现

集成大尺寸测量软件系统主要包括测量对象定义、测量仪器选择、测量系统配置、测量操作规划、测量数据采

* 国家自然科学基金(51175026)、“985”工程(二期)学科建设(222203)和北京市数字化设计与制造重点实验室项目资助。

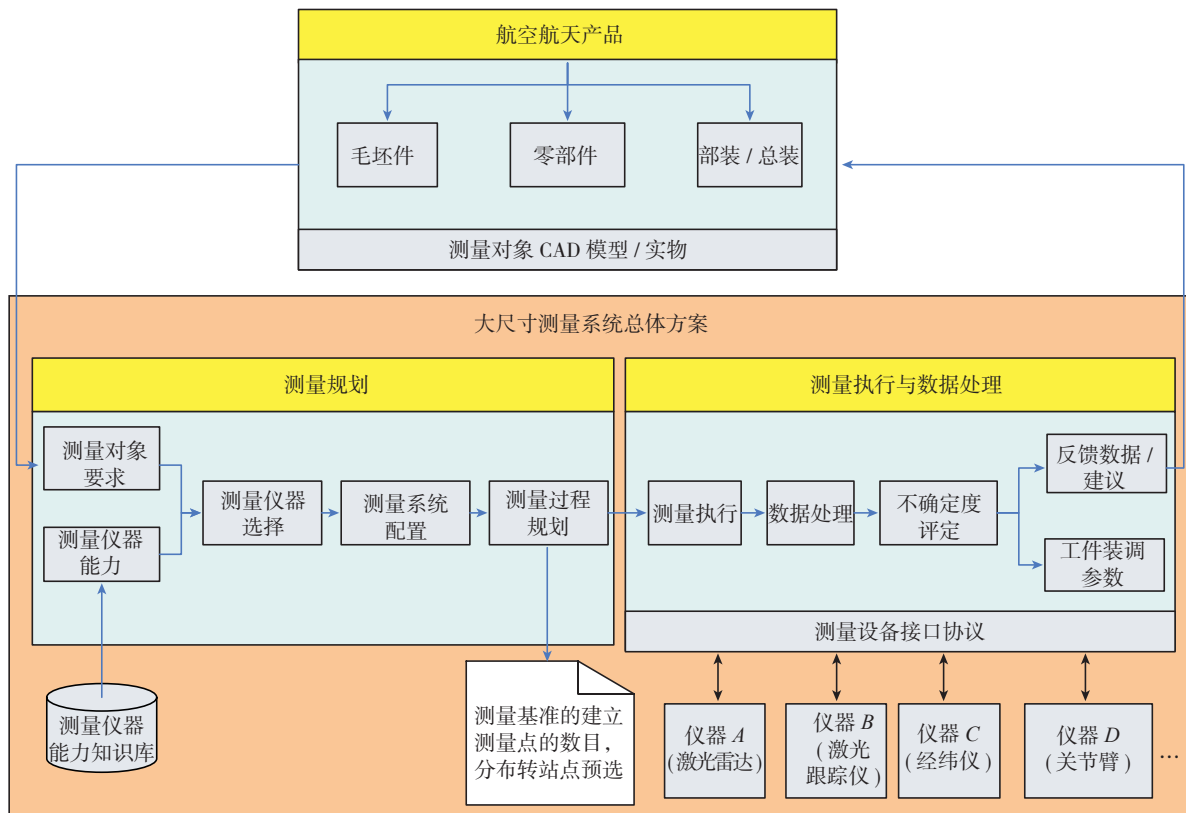


图1 集成大尺寸测量系统总体方案

集和测量结果分析等功能模块。

1 测量对象定义

测量对象定义的主要功能是定义与 CAD 模型关联的检测对象的相关信息,主要包括定义检测项、定义测量基准要素和确定测点的分布等内容。

2 测量仪器选择

测量仪器选择是测量工艺规划的重要步骤之一,也是测量工艺资源配备的主要内容。测量仪器的选择配套方案直接影响到后续测量方案的制定。合理的测量仪器对测量精

度、测量效率有重要的影响。仪器的选取目标是选择测量能力满足要求且整体性能最佳的仪器或仪器组合。测量约束条件与仪器性能指标匹配所包含的主要因素如图 2 所示。

通过在测量仪器库的支持下,调用可测量性分析算法,通过测量对象、测量要求和测量环境三方面的约束条件与测量仪器库中仪器各项性能参数的匹配,计算待选仪器各项属性匹配相似度值的加权总和,然后依据该值选择测量能力满足要求且整

体性能最佳的仪器,实现测量仪器选择功能。

3 测量系统配置

在大型零部件的测量中,经常组合不同类型测量仪器以满足复杂环境下特殊任务的测量需求,常见的组合测量方式有激光跟踪仪+关节臂、激光跟踪仪+激光扫描仪、室内 GPS+关节臂等。

为完成具体测量任务对多台相同或不同测量仪器进行组合的技术,称为测量系统配置,它是大尺寸测量中的核心和关键问题^[1-2]。易用、精确和快速的测量系统配置是大型零部件测量中的一个紧迫技术需求,已经成为一种必然的发展趋势^[3]。测量系统配置的流程如图 3 所示,首先构建测量网络,然后通过测量系统初步配置以保证产品的可测量性,最后以测量不确定度为指标进行测量系统的详细配置^[4]。

4 测量操作规划

测量操作规划是测量操作活动

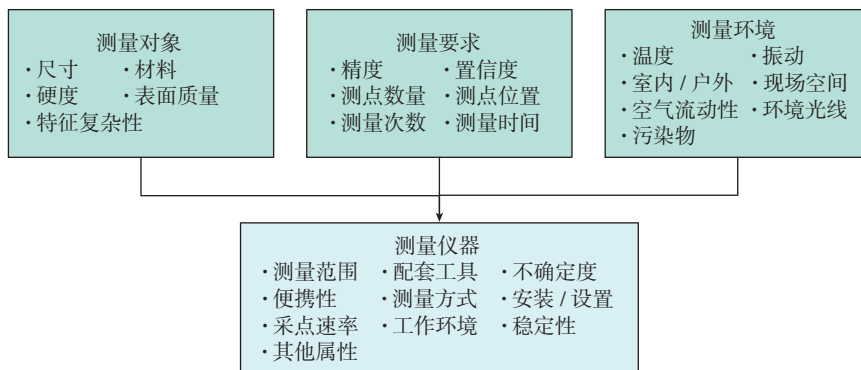


图2 测量仪器选择的属性匹配项

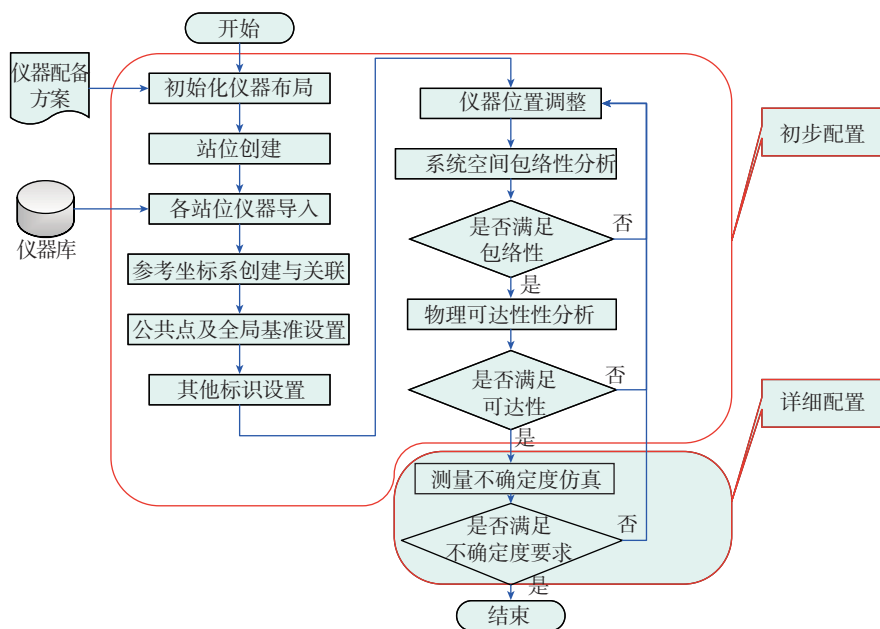


图3 测量系统配置流程

的规划环节,是形成指导测量人员实施测量活动的规范操作流程的过程。测量操作过程是与具体测量任务密切相关的,本文为测量操作规划模块提供一个通用性的规划操作工艺步骤的平台,在工艺知识库的支持下,通过人工决策和交互选取来完成测量操作详细流程的制定。

5 测量结果分析

按照测量操作规划的结果,使用

测量仪器进行测量数据采集,然后根据所采集的测量数据进行测量结果分析,即计算测量结果(包括形位误差等)并利用蒙特卡洛仿真方法评估其测量不确定度^[5]。

实例验证

以某型号卫星中心承力筒组装测量为实例,系统地验证了本文成果在大型零部件测量中的可用性和实

用性。根据检测要求,按照测量对象定义、测量仪器选择、测量系统配置和测量操作规划等步骤进行测量规划,测量对象、测量仪器和站位、测量工艺过程等信息挂在测量模型特征树上,以便统一管理(图4)。

在本实例中,选择激光跟踪仪作为测量仪器,并布置了3个测量站位。测量操作规划完成后,按照测量操作规划的结果,操纵激光跟踪仪对布置在零部件上的测点进行测量数据采集,得到测点的坐标数据。最后进行测量结果分析,计算测量点不确定度、形位误差及其不确定度。

结束语

本文利用CAA对CATIA软件进行二次开发,设计开发了集成大尺寸测量软件系统。作为CATIA的增值应用系统,与CATIA环境完全融为一体,实现了设计信息与测量信息的统一管理和互操作性,可为飞机、航天器产品数字化测量验证工作提供有效的实施工具。

参考文献

[1] Maropoulos P G, Guo Y, Jamshidi J, et al. Large volume metrology process model: a framework for integrating measurement with assembly planning. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2008, 57(1):477-480.

[2] Zheng L Y, Yang F L, Ni A J. A general framework of measurement system configuration for large and complex components. Hong Kong: Proceedings of the 6th CIRP-Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology, 2009.

[3] Calkins, Joseph Matthew. Quantifying coordinate uncertainty fields in coupled spatial measurement systems[D]. USA: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

[4] 倪爱晶. 不确定度估算方法及其在测量系统配置中的应用研究[D]. 北京: 北京航空航天大学机械工程及自动化学院, 2010.

[5] 张福民, 曲兴华, 叶声华. 基于蒙特卡罗仿真方法的大尺寸测量不确定度分析. 计算机集成制造, 2009, 15(1):180-186.

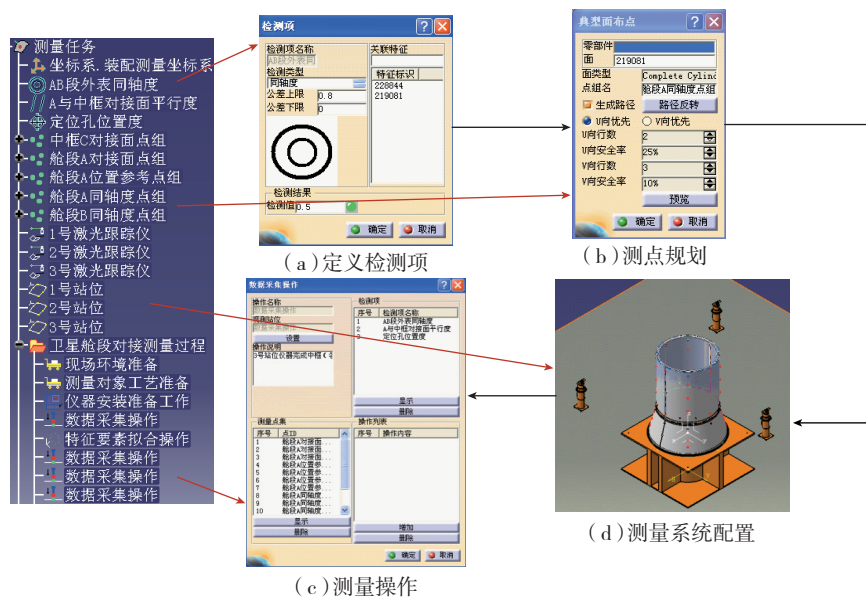


图4 某卫星中心承力筒测量规划结果

(责编 三丰)