

基于 MBD 模型的检验数据 管理与应用方案研究^{*}

Research on Solution of Inspection Data Management and Application Based on MBD Model

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 刘泓汛 杨建军



刘泓汛

硕士,毕业于北京航空航天大学工业与制造系统工程系,现就职于北京特种机械研究所,研究方向为面向离散生产的工程信息化应用、MES 制造执行系统的设计开发等。

随着以 CAD 为代表的数字化设计与制造技术的发展,基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)技术因提供了产品设计制造全生命周期完备的数据表达,便于直观高效实现信息的提取与应用,而愈发受到国内外航空制造企业的重视与推广。

^{*} 数字化设计与制造北京市重点实验室基金项目资助。

针对当前形势下航空制造业检验业务面临的实际问题,结合 MBD 思想提出了基于 MBD 模型的检验数据管理与应用总体方案,并从检验信息表示模型的建立、三维模型信息的提取组织、检验信息的管理应用等方面对该方案进行研究,在 CATIA 二次开发平台 CAA 和 Java J2EE 平台上开发 MBD 检验信息管理应用系统并进行案例验证。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.23/24.044

国际上已经制订 MBD 技术的相关标准体系,美国波音公司研制 787 飞机的经验已证明 MBD 模式是数字化设计制造的成功途径。MBD 技术有利于实现飞机设计制造等过程的数字化、协同化、精确化,大大缩短飞机的研制周期。

在新形势下,国内许多航空制造企业也在积极转变,大力推广 MBD 技术,在基于 MBD 的产品设计、制造等领域中取得了一定进展。但总体而言,国内基于 MBD 的数字化设计和制造模式还处于探索阶段,管理规范与应用模式等都有待完善。在产品检验环节,一些航空制造企业仍然存在传统的基于二维工程图或“三维模型”加“二维工程图”的检验模式,存在检验信息丢失、二义性,数据

获取、利用困难等问题^[1]。本文针对国内航空制造企业检验业务的特点和实际需求,融合 MBD 思想,研究 MBD 模式下检验信息的管理与应用方案,推进 MBD 技术在检验中的应用。

基于 MBD 模型的检验数据 管理与应用总体方案

1 当前检验业务需求及面临的问题

在航空制造业中真正应用 MBD 思想,需要设计、工艺、制造、检验等多方协同合作。根据相关规范,在三维模型上定义完备的产品几何及非几何信息,并以定义完全的 MBD 模型作为产品全生命周期内唯一的数据来源。在检验中应用 MBD 思想保证了与设计、工艺数据的一致性,

减少了信息传递过程中的工作量和可能出现的误差,确保检验工作的高效准确进行,但在实际检验业务中,存在检验计划编制、三坐标测量机编程、实测数据采集管理、不合格品审理、报表展示等多种业务需求,并存在针对以上业务的诸多商用系统,每个系统都有一套自己的数据表达方式,彼此之间信息交流不畅,数据传递困难。因此,在检验业务中推进MBD思想,需要建立一套基于MBD模型并能够覆盖检验业务中多种应用模式和数据要求的检验信息管理系统,统一定义、组织、管理、应用检验信息,打通各个系统之间交流壁垒,满足检验业务的多维需求。

2 基于MBD模型的检验信息管理与应用总体解决方案

针对航空制造业检验业务中推进MBD技术需求及过程中面临的问题,提出了基于MBD模型的检验信息管理应用总体解决方案,如图1所示。

该方案由数据规范模型层、定义提取层、管理控制层和传递应用层4部分组成。其中,数据规范模型层为检验数据的定义与提取提供了相应规范,为数据表达与传递提供了统一数据和关系模型。数据定义提取层对三维模型检验相关的几何非几何信息进行提取,并通过与工艺、公差管理、量具等数据库交互,完成几何、未注公差、量具等信息的定义,形成数据完备的MBD模型作为检验业务中唯一的数据源。数据管理控制层通过管理应用MBD模型,完成信息持久化、模型轻量化、数据再组织等操作,为数据传递应用层提供一致性且多种表达形式的检验数据,满足应用层的多维应用需求。

基于MBD模型的检验信息管理应用方案研究

1 MBD检验信息表示模型

满足MBD应用需求的检验信息

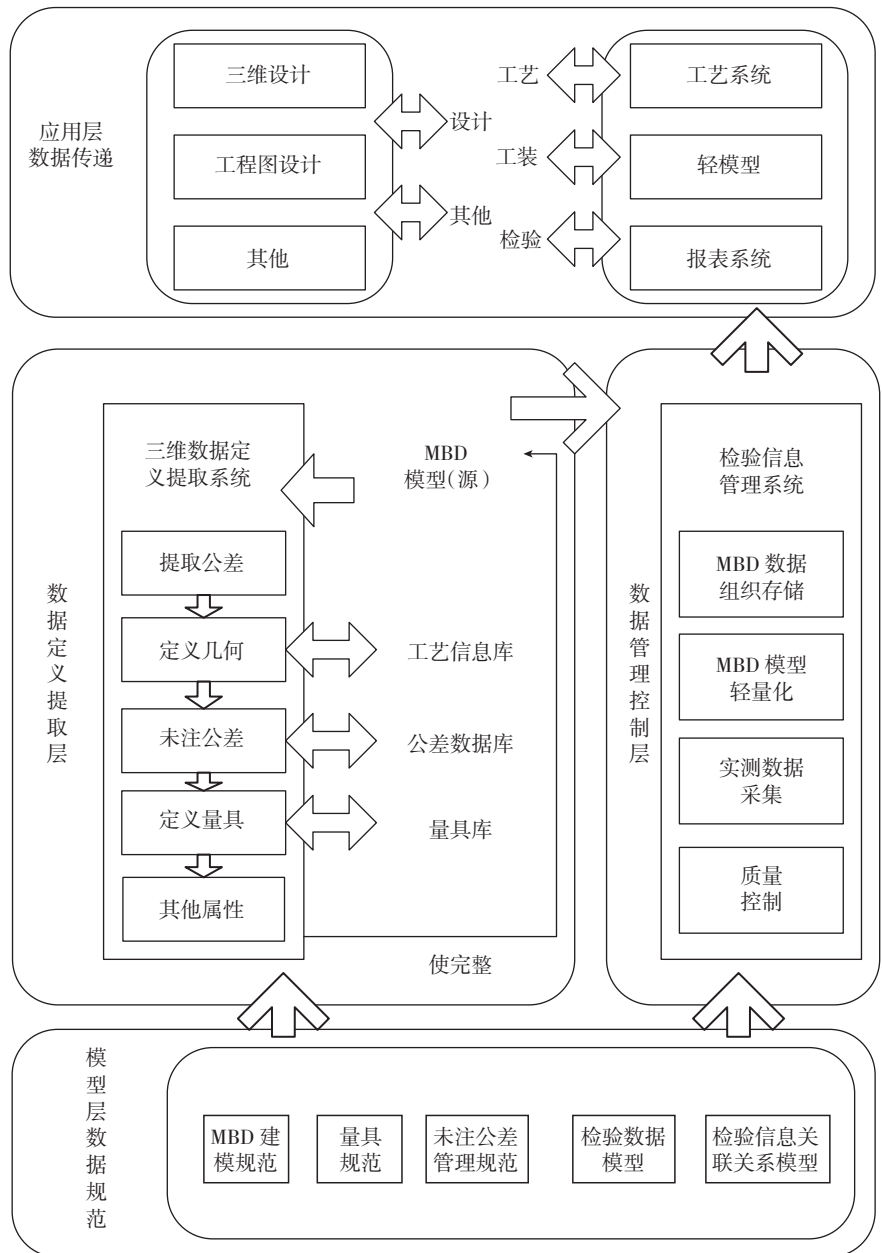


图1 MBD检验信息管理应用总体解决方案

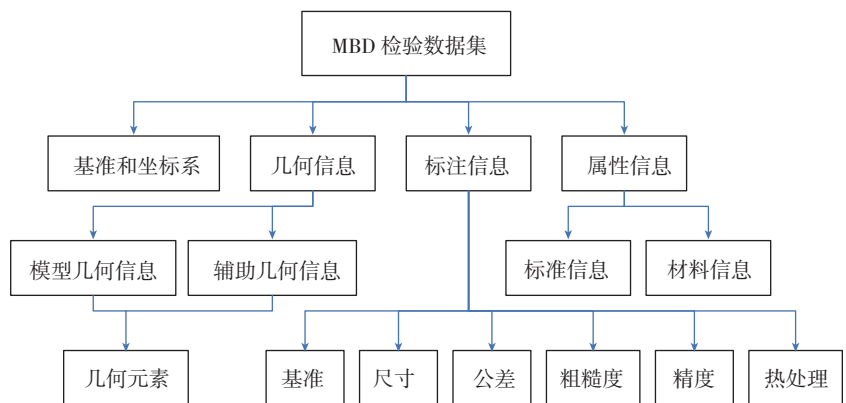


图2 MBD三维检验数据集构成

模型是检验信息表达与应用的载体。MBD 的检验数据集由基准、几何、标注、属性 4 部分信息构成^[2],如图 2 所示。

检验信息主要包括了零件的公差信息、公差所依附的几何特征信息及该公差需要的量具信息。零件 MBD 检验信息中,公差信息定义于其所依附的几何特征之上,参考方忆湘等^[3]提出的 MBD 模型中公差与几何之间的关联关系表示模型,同时结合量具关联在公差信息及其所依附的几何特征信息上的关系,故可建立公差、特征、量具 3 者之间的关系表示。

MBD 模型检验信息主要包括公差项目集合 ToS、几何特征集合 FeS 及量具集合 MeS,可将 MBD 检验相关信息表示为 $E = \{ToS, FeS, MeS\}$ 。公差项目集合 ToS 由尺寸公差集合 ToS_D 、形状公差 ToS_F 和位置公差 ToS_L 构成,即 $ToS = \{ToS_D, ToS_F, ToS_L\}$ 。检验量具的集合 MeS 由自动量具 MeS_A 和手动量具 MeS_M 组成,即 $MeS = \{MeS_A, MeS_M\}$,自动、手动测量工具由其各子类型量具组成。基于以上 MBD 检验信息各组成部分定义,可将与公差信息关联的几何特征表示为分别与尺寸、形状、位置 3 种公差关联的几何特征的合集^[3],即 $FeS^{ToS} = FeS^{ToS_D} \cup FeS^{ToS_F} \cup FeS^{ToS_L}$,检验量具的选择受公差信息及其所依附的几何特征影响,公差及其所依附的特征可表示为 $T = ToS \cup FeS^{ToS}$,因此可将与公差-特征关系相关联的测量工具表示为 $MeS^T = MeS^{(ToS \cup FeS^{ToS})}$ 。综上所述,MBD 检验信息由公差信息、所依附几何特征信息及关联的测量工具信息构成,故可表示 MBD 检验信息 $E = ToS \cup FeS^{ToS} \cup MeS^{(ToS \cup FeS^{ToS})}$ 。MBD 检验信息中公差、几何及量具之间关联关系的表示模型如图 3 所示。

2 MBD 检验数据提取与组织

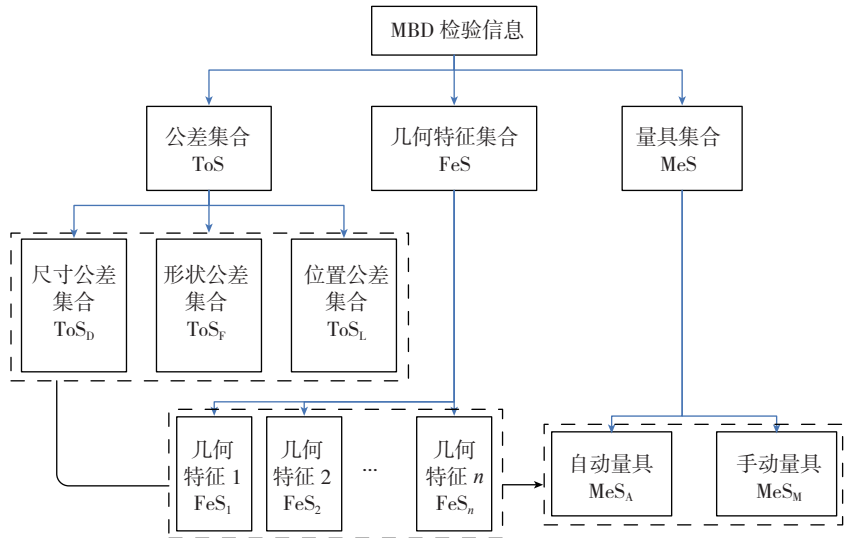


图3 MBD公差、几何特征和量具之间关联关系表示模型

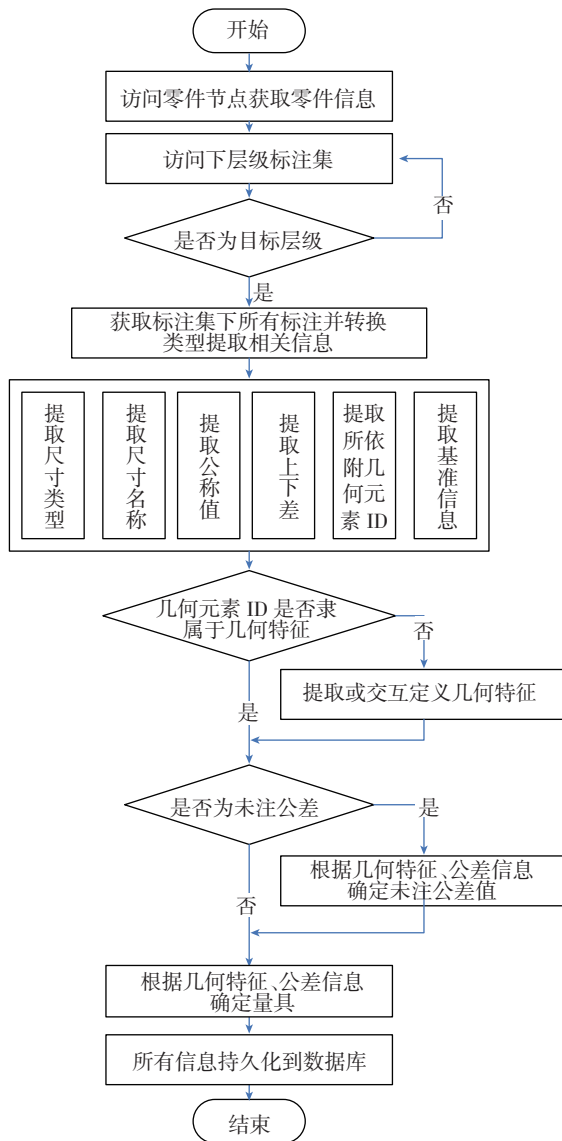


图4 MBD模型检验信息提取组织流程

MBD 检验信息模型为检验信息的表达和应用提供了载体, MBD 检验信息中公差、几何、量具之间的关系模型明确了三者之间的关联关系, 为检验信息添加几何、量具等信息, 为下游检验数据的多维应用提供统一数据来源。

在三维建模软件 CATIA 环境下, 利用其二次开发工具 CAA 完成检验信息的提取和组织。CATIA 中所有的尺寸公差、形位公差及粗糙度等三维标注在三维模型的生命周期中被用来表示每个面的技术要求, 对应 CAA 中的开发接口为 CATITPSInterface, 在 CAA 接口中,

这些标注被统一命名为 TPS。TPS 隶属于标注的集合 CATTPSSet, 一个 CATTPSSet 可包含另外一个或多个 CATTPSSet。通过类型转换并调用特定类型的函数, 完成公差名称、标准值、上下差、所依附面 ID 等信息的提取, 通过访问工艺定义数据库或人工交互识别的方式, 完成依附面 ID 与几何特征的关联。对于模型中的未注公差, 访问符合企业标准的未注公差数据库^[4], 确定未注公差值。根据已获取的公称值、上下差和几何特征等属性, 访问量具库确定该公差所用量具, 形成完整的检验信息。MBD 模型的检验信息提取组织流程如图

4 所示。

3 MBD 检验数据管理与应用

MBD 三维模型针对实际检验业务的特点和待解决的问题, 以检验的信息模型、关系模型为基础, 通过提取与再组织, 形成完备的、满足检验需求的 MBD 模型。通过企业内部的信息系统, 如 ERP、MES 等系统, 对该 MBD 模型进行系统管理应用, 以其作为检验业务中唯一的数据源面向实测数据管理、三坐标测量机编程、人工检验实施以及其他多种应用重新组织数据。

在实测数据管理中, 以 Q-DAS 质量管理体系为例, 将持久化到信息

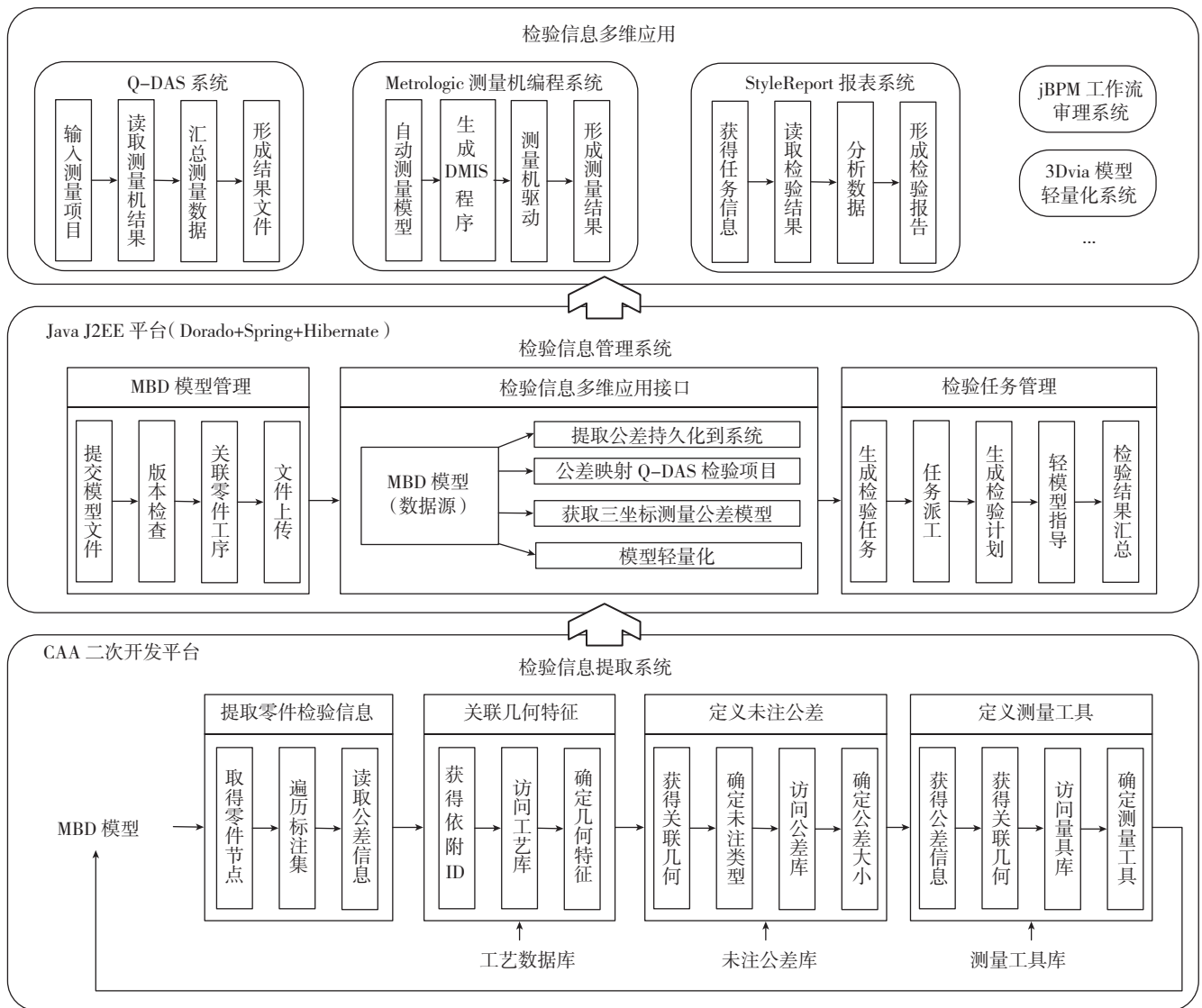


图5 系统整体实现方案

系统数据库的检验信息参照 Q-DAS 标准规定格式,以公差的 ID 为唯一标识保存到 Q-DAS 文件 K2511-2519 的“Reference”字段中^[5],建立检验信息与 Q-DAS 测量项目的映射关系,由 MBD 模型输出零件的 Q-DAS 检验项目文件。

在三坐标测量机编程中,基于 CATIA V5 嵌入式测量机编程模块需要输入仅包含自动测量项目的三维模型,通过 CAA 二次开发技术,对 MBD 模型中公差项目进行遍历,将量具定义为三坐标测量机的公差项目予以保留,隐藏其余手动检验项目,将 MBD 模型输出为三坐标自动编程软件可用的编程模型,同时使用公差的 ID 建立起三坐标测量程序与 Q-DAS 测量项目关联的关系,三坐标测量机测量作业完成后,结果自动对应读入 Q-DAS 质量管理系统。

在人工检验业务实施中,企业的信息管理系统会将检验任务分配给各个检验室,检验信息即所有非自动测量项目为检验员的目标项目,通过三维轻量化引擎如 Dassault 公司的

3Dvia、Actify 公司的 SpinFire 等,将轻量化后的三维模型作为人工检验指导模型,辅助检验业务的进行。人工检验操作后,结果也将根据公差 ID 对应读入 Q-DAS 系统。

所有测量工作完成后,将 Q-DAS 测量结果文件持久化到企业信息管理系统作为质量管理的基础数据,对不合格的零件通过 workflow 系统发起不合格品审理流程,及时更新检验任务状态。经过一段时间的检验数据积累,可通过报表展示系统以型号首件检验报告、汇总报告、质量月报等多种形式进行信息展示,为质量控制人员的决策提供一定参考。

借由统一的检验信息模型和系统的管理方式,通过将完整定义的 MBD 模型作为单一数据源面向检验业务的多维应用模式重新组织数据,打通各个系统间交流的壁垒,确保检验信息在整个检验过程中的一致性和准确性。

方案系统实现与实例验证

前文主要从检验信息模型的建

立、检验信息的提取组织和管理应用等方面对基于 MBD 模型的检验数据管理应用方案进行研究,本文基于 Dassault 公司的三维设计软件 CATIA V5R18,在集成开发环境 Microsoft Visual Studio.NET 2005 中利用 CAA 工具进行二次开发完成 MBD 模型检验信息定义提取系统,同时在 Java J2EE (Dorado+Spring+Hibernate) 平台下开发检验数据管理应用信息系统,系统的整体实现方案如图 5 所示。

本文利用上述系统,以某型号接头零件为实例,对基于 MBD 模型检验数据管理系统主要功能进行验证。系统功能验证效果如图 6 所示。

结论

本文针对当前航空制造企业检验业务在新形势下的需求和在推进 MBD 技术过程中遇到的问题,提出基于 MBD 模型的检验信息管理总体方案,并在检验信息模型的建立、检验数据的提取与组织、MBD 检验信息的管理应用等方面对方案进行研究,最后提出方案的系统实现并以某型号接头零件为例对系统进行验证,将对 MBD 技术在飞机制造业检验业务中的应用提供一定参考。

参考文献

[1] 张荣霞,张树生,周竞涛,等.基于 MBD 的零件制造模型管理.制造业自动化,2011,33(16):6-9.

[2] 杜福洲,梁海澄.三维数字化集成检测系统实现关键技术研究.制造业自动化,2011,33(5):1-5.

[3] 方忆湘,刘恩福,高婷,等.基于模型定义的零件数据集三坐标测量信息获取.计算机集成制造系统,2013,19(7):1532-1540.

[4] 中国航空工业总公司第三〇一研究所.一般公差 HB5800-1999.北京:三〇一研究所出版社,1999:1-4.

[5] 王健美,王君英.面向三坐标测量机应用的检测特征自动提取和识别.中国机械工程,2006,16(23):2098-2100.

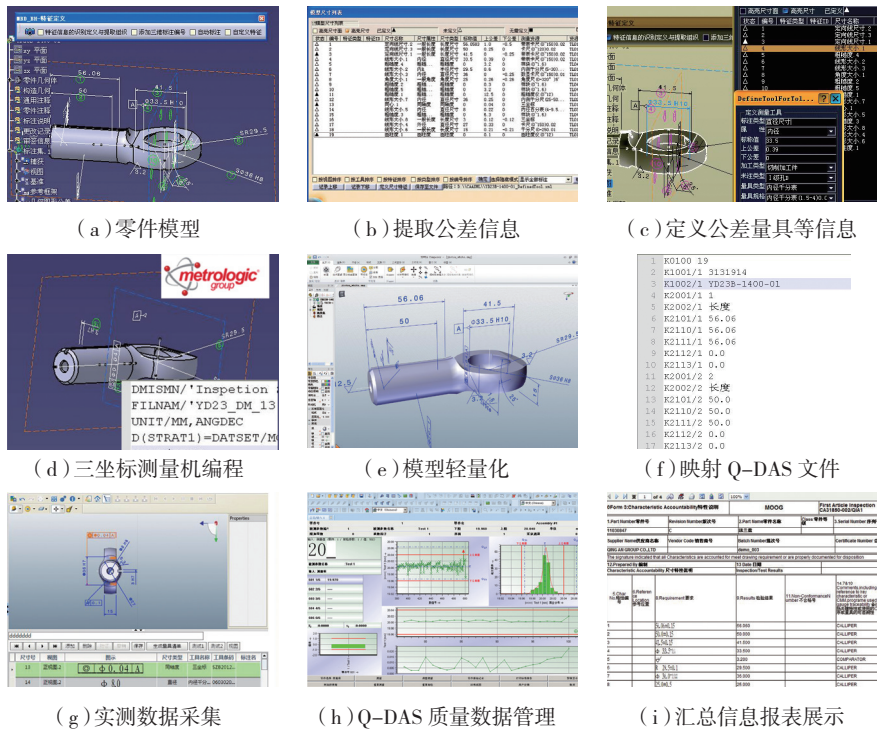


图6 系统功能验证效果

(责编 古京)