

复合材料典型构件加工工艺数据库的构建^{*}

Construction of Process Database for Typical Composite Component

大连理工大学 高航

大连海事大学 孙长乐

沈阳飞机工业(集团)有限公司 杜宝瑞 欧阳

[摘要] 在归纳总结了航空航天领域复合材料构件典型加工特征的基础上,针对航空航天企业工艺使用特点,以 Oracle 为数据库管理系统,采用 B/S 结构体系和 Struts 框架构建了复合材料典型构件加工工艺数据库原型系统。所开发的数据库包含了常用复合材料典型特征结构加工参数数据库、数控加工程序库、常用刀具库、若干典型构件的加工工艺等,并具有良好的可扩展性及可维护性,能够为相关企业的复合材料数字化加工提供相应的技术支持。

关键词: 复合材料 工艺数据库 Struts 框架 加工参数

[ABSTRACT] Based on summarizing typical processing feature of composite components in aerospace field, a process database prototype system for typical components is constructed by using Oracle database management system, B/S architectural structures and Struts framework. The database developed includes machining parameters database for typical feature structure of common composite, program library for digital-controlled processing, common tool library, machining process of some typical components, etc.. It possesses good expansibility and maintainability, and can provide corresponding technical support for digital processing of composites of related enterprises.

Keywords: Composite Process database Struts framework Machining parameter

复合材料由于具有比重轻、比热大、可吸收热量^[1-2]等优越的性能特点,近年来已在航天领域得到了广泛的使用,如在火箭系统中利用玻璃纤维缠绕固体火箭发动机壳体可以大大减轻火箭重量^[3];在潜地导弹中使用复合材料结构使其质量比原先金属结构质量减轻 50%~60%;通用动力公司的“阿特拉斯”导弹连接器,通过采用碳纤维增强环氧树脂复合材料,比同样设计

的铝结构材料少 42.6kg,减重约 44%^[4];我国卫星中复合材料构件占总质量的 80%~90%,最大运载火箭的碳/环氧发动机壳体质量近 1000kg,比铝合金壳体减轻质量 30%^[5]。目前,复合材料向着高性能化、低成本化和多功能化方向发展,针对复合材料制品也提出了耐磨损、耐腐蚀、耐高温等技术要求^[6]。

但是,复合材料加工存在尺寸控制难、切削阻力大、加工区切削热大、极易产生边缘撕裂分层毛刺缺陷、刀具迅速破损、加工效率极为低下等加工难题,缺乏能够指导生产实践、可靠的工艺数据库来支持企业更好地进行复合材料加工。因此研究、建立面向航天领域的加工工艺数据库管理系统,将科学研究与试验中的信息进行归纳总结,为复合材料的高质量加工提供各种工艺参数参考是一个重大而现实的课题,对全面提高我国制造业加工技术也有着非常重要的意义。为了充分发挥设备的效用,尽可能延长刀具寿命,提高加工质量及降低成本,迫切需要研究开发适合我国国情的复合材料工艺数据库,尽快为航空航天企业提供实用的复合材料加工参考工具。本课题重点针对航空航天复合材料构件的钻孔、开口和切边等典型结构加工,构建包含复合材料加工专用刀具、复合材料典型结构、加工工艺参数、复合材料典型零件加工工艺方法以及复合材料加工损伤与质量评价等在内的可集成的、网络化的、易于扩充的复合材料典型结构加工工艺数据库。

1 复合材料构件典型加工特征分析

航空航天大型复合材料的典型结构件如蒙皮类的机翼构件、筒类的舱段构件等,常见的加工特征有修边加工、孔加工、端面磨削、槽加工、外圆磨削、开窗口、成形切割等,所用的典型刀具有金刚石涂层刀具、PCD 刀具、金刚石磨料刀具。

本课题围绕航空航天等领域复合材料关键零件制造需求对各种加工特征进行详细分类,如孔特征可以进一步分为通孔、镗窝、偏心孔、盲孔等,加工方式有钻、扩、铰等。某个分类特征应用于不同的加工材料,使用不同的刀具有特定的工艺参数,因此在数据库中要对复合材料、刀具等进行归类,在此基础上引入机床、夹具等

^{*} 高技术研究发展计划(863 计划,2009AA044304)、辽宁“百千万人才工程”培养经费(辽人社 2009-240)资助。

加工要素,对于数据库用户也要进行分类管理和权限设定以保障数据库的安全性和有效性,加工特征相关要素关系如图 1 所示。

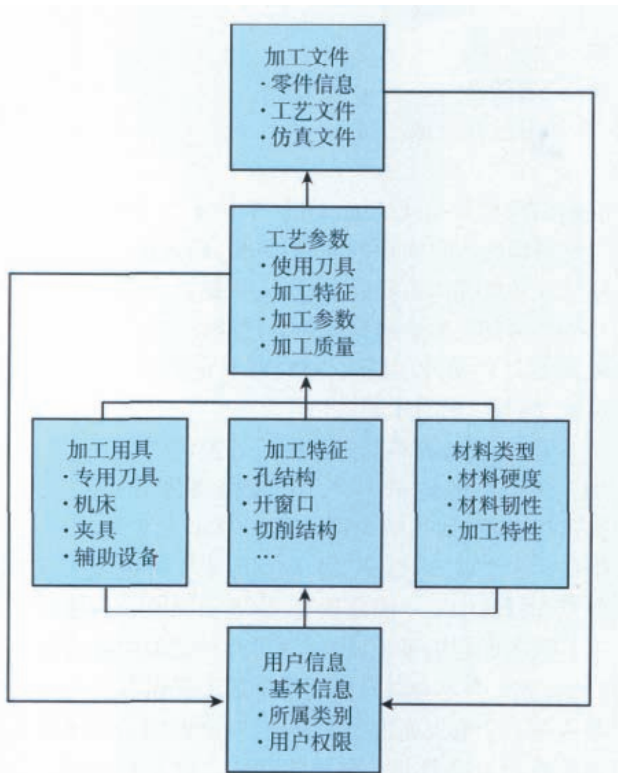


图1 加工特征相关要素关系
Fig.1 Relationship of processing feature elements

2 工艺数据库总体设计

为了支持图 1 所描述的复合材料典型构件加工,合理地组织航空航天构件典型加工特征、加工刀具、材料信息、加工参数以及加工设备等信息,设计的复合材料典型构件加工工艺数据库所包含的各个功能模块如图 2 所示。

为适应复合材料加工工艺不断丰富和发展的需要,系统实现应该具有足够的开放性和可扩展性;系统用户在地域上存在分散性,要求系统支持网络化访问和友好的界面。基于以上功能分析,本系统拟采用 Struts+Oracle 作为系统实现支持技术。

Struts 是 Apache 软件组织提供的一项开放源代码的项目,为 Java Web 应用提供了模型 - 视图 - 控制器 (Model-View-Controller, MVC) 框架,尤其适合于开发大型可扩展的 Web 应用。Oracle 数据库是由 Oracle 公司于 1979 年推出的基于 SQL 的关系数据库管理系统,一直处于数据库技术的领先地位。结合本系统的总体要求及开发特点,采用 java 语言和 Struts 框架及 Oracle

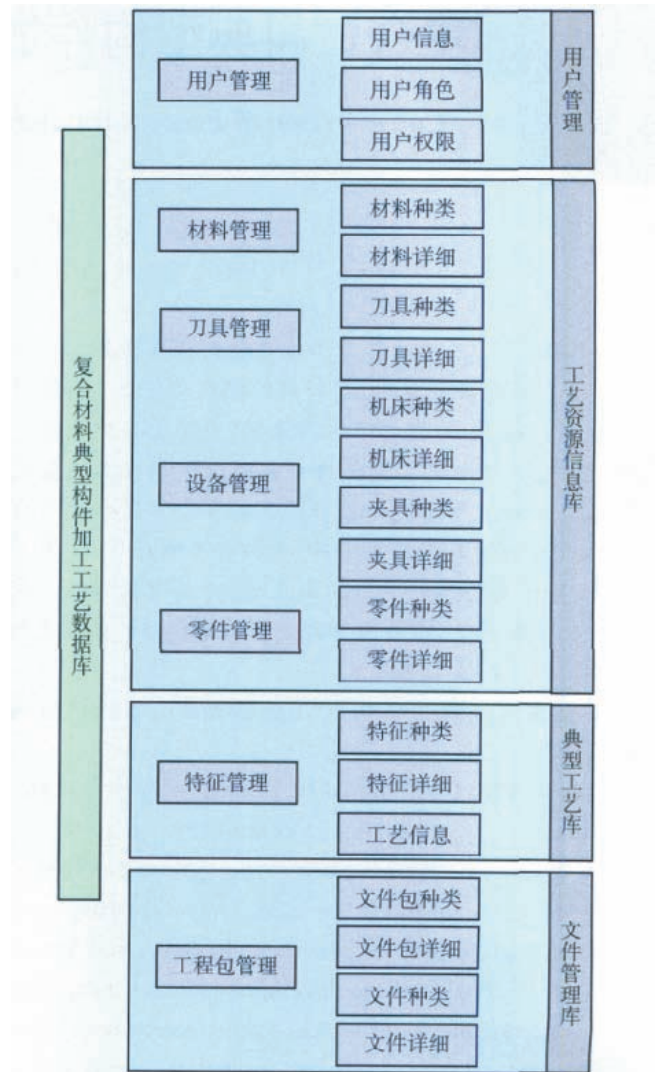


图2 工艺数据库功能体系结构
Fig.2 Function architecture of process database

数据库作为软件开发的基础。

Struts 实质上就是 MVC 框架的一个具体实现,在 Struts 框架中,模型由实现业务逻辑的 JavaBean 或 EJB 组件构成,控制器由 ActionServlet 和 Action 类实现,视图由

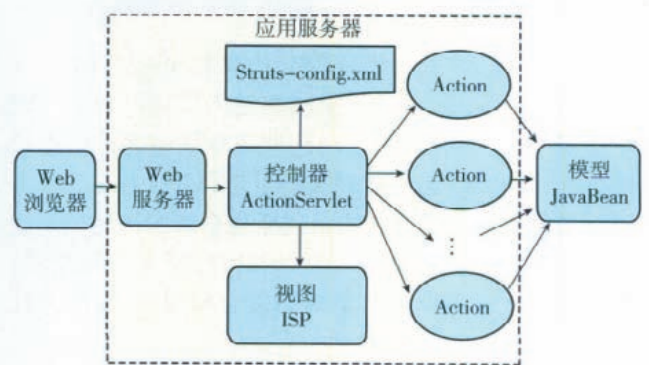


图3 Struts工作原理
Fig.3 Work principle of Struts

一组 JSP 文件组成,图 3 显示了 Struts 实现的 MVC 框架。Oracle 数据库与 Struts 的相结合的方式如图 4 所示。

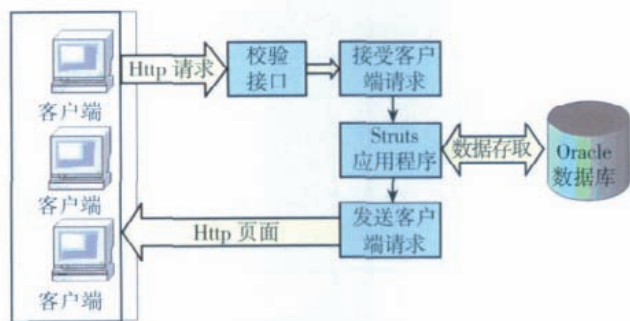


图4 数据库系统网络结构

Fig.4 Network architecture of database system

Oracle 数据库利用 JDBC 技术与 Struts 通信,在使用过程中需要有 JDBC 和 1 个与已安装的 JDBC 相容的数据库系统,当在数据库中查询数据时,Java 应用程序先调用 JDBC API,然后 JDBC API 把查询语句提交给 JDBC 驱动器。JDBC 驱动器把查询语句转化为特定数据库能够理解的形式。

3 工艺数据库具体实现

3.1 工艺数据库实体关系

工艺数据库中的工艺数据采取针对零件特定加工特征进行存储和查询,通过自定义加工特征方式来完成。加工特征的表达主要有两方面的内容:一是表达几何形状的信息,二是表达加工属性的非几何信息。工艺数据中各实体之间的数据比较复杂,其主要实体对象的关系如图 5 所示。

航空航天零件的加工特征种类繁多而且加工方式多种多样,将特征管理模块分为特征信息和加工信息两部分。特征信息的管理方式分为特征类别信息和特征信息,特征信息将给出特征编号、特征要求精度、特征的几何参数名称及相应的数据类型和加工参数名称及相应的数据类型;在加工信息中根据相应的参数名称填入数据。使用人员可以从加工信息中查询加工参数,使用人员可以通过加工信息查询所使用的刀具、想要加工的材料、加工特征等工艺资料信息。

3.2 工艺资源实现

工艺数据库数据量繁多、结构庞大,建造数据库必然会遇到数据的合理组织问题。工艺数据库的结构要考虑方便用户对数据库进行检索、修改和增删,同时还要考虑工件、刀具、材料以及加工设备变化时数据库的扩充和完替功能,根据上述分析,本课题开发的工艺资料管理模块应该实现如图 6 所示的功能。

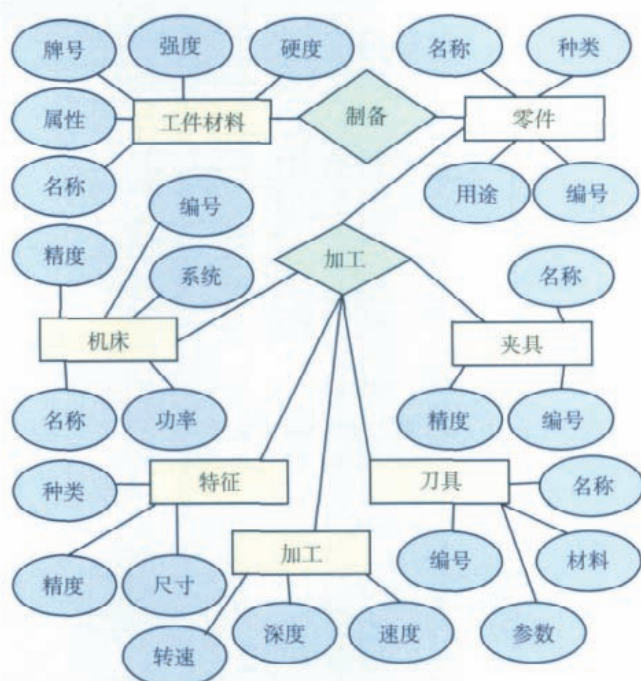


图5 工艺数据中实体的关系

Fig.5 Relationship of entities in process data

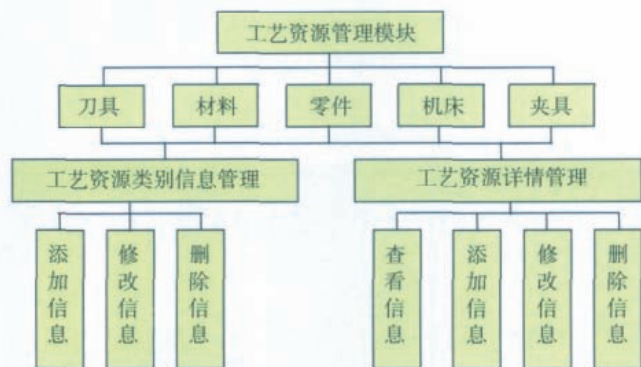


图6 工艺资源模块的功能

Fig.6 Function of process resource module

3.3 用户管理实现

用户管理模块应由两部分组成,即用户信息管理模块和用户角色管理模块。用户分类管理用于将个体用户进行分类管理,便于实现用户的添加和检索等管理功能,同时设置了用户组的权限,如将用户分为管理员和普通用户两大类。用户信息记录用户的姓名、密码和职务等重要身份信息,包括新建用户、更改用户信息和删除用户信息等功能;用户角色管理与数据管理模块相对应,完成对用户工艺数据管理中的角色管理,通过控制用户角色的权限实现用指定的用户来管理指定的数据信息。普通管理员用户只具有工艺查询、工艺文件下载、工艺资料查看的权限;系统管理员除了具有普通管理员的权限外,还具有系统管理、系统操作信息查询、文

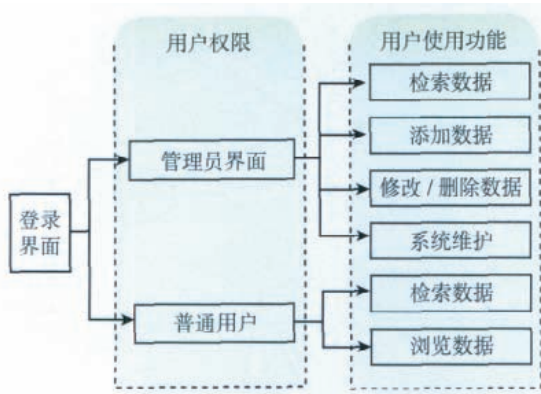


图7 用户权限管理
Fig.7 Management of user authority

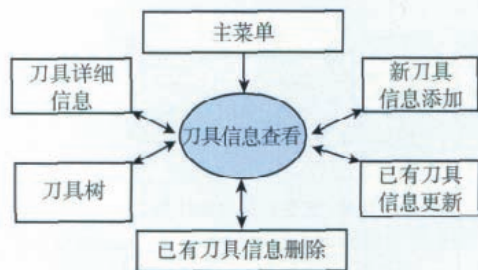


图8 刀具信息管理的页面迁移
Fig.8 Page migration of tool information management

表1 Struts中刀具信息管理相关文件

文件名	文件属性	注释
CutForm	Form	刀具信息Form
CutListAct.java	Action	刀具信息查看Action
CutAddAct.java	Action	刀具信息添加Action
CutDeiAct.java	Action	详细信息查看Action
CutDelAct.java	Action	刀具信息删除Action
CutTreeAct.java	Action	刀具树状显示Action
CutUpdAct.java	Action	刀具信息更新Action
CutListAct.jsp	JSP	刀具信息查看页面
CutAddAct.jsp	JSP	刀具信息添加页面
CutDeiAct.jsp	JSP	详细信息查看页面
CutTreeAct.jsp	JSP	刀具树显示页面
CutUpdAct.jsp	JSP	刀具信息更新页面

件包信息管理及文件上传、系统数据库维护管理及操作人员信息的添加等权限。用户权限与用户使用功能对应关系如图7所示。

3.4 刀具管理功能实现

根据实体关系(图5),在数据库中生成对应的刀具表,再通过 Struts 框架来设计实现刀具信息管理具体功

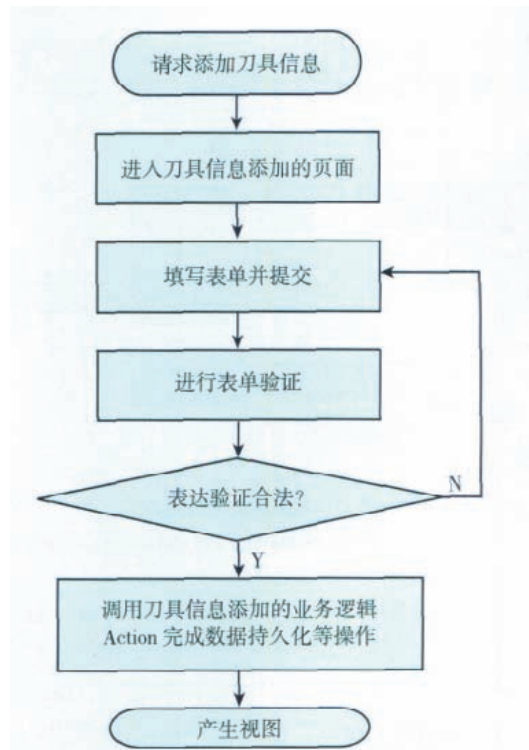


图9 刀具信息添加流程
Fig.9 Flow chart of tool information adding

能,建立相应的 Action、FormBean 和 JSP 文件,关于刀具的各种操作共用相同的 FormBean ;刀具管理的具体操作都由业务处理的 Action 来完成跳转;而在管理过程中删除操作不需要单独的展示页面。各个相关页面的流程关系如图8所示。

刀具管理功能相关的各个 FormBean、Action 和 JSP 如表1所示。

添加刀具的流程如图9所示:刀具管理功能各个 FormBean、Action、JSP 的对应关系在 struts-config.xml 配置文件中描述,此文件是整个 Struts 的核心组件。<form-bean> 标签用于 FormBean 名称与相关类的对应关系的描述; <data-sources> 标签用于描述应用程序同数据库之间的连接; <action> 标签用于描述 URL、Action、FormBean 和 JSP 间的相互关系。

4 实例功能验证

在以上研究的基础上可以构建复合材料典型构件加工工艺数据库系统,如图10~12所示。

5 结束语

本课题归纳总结了复合材料典型构件加工特征,在此基础上构建了复合材料典型特征加工工艺数据库,介绍了数据库的构建方法。利用本数据库可以将复合材料的相关加工工艺信息进行合理分类存储,便



图10 系统索引界面

Fig.10 Index interface of system

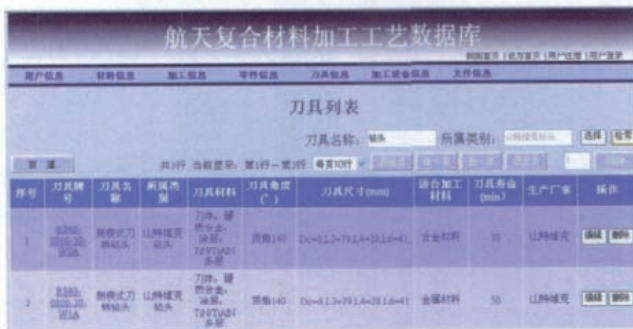


图11 刀具检索

Fig.11 Page of cutter retrieval



图12 工艺信息查看页面

Fig.12 Page of process information view

于用户进行检索。本系统的构建方法具有以下 2 方面的优点:

(1) 各具工艺相关实体都是支持用户自定义,适用性强;

(2) 本系统基于 B/S 架构进行构建,环境适应性强,便于维护与扩充。

参考文献

- [1] 胡宝刚, 杨志翔, 杨哲. 复合材料后加工技术的研究现状及发展趋势. 宇航材料工艺, 2000, 30(5): 24-35
- [2] 苏小萍. 碳纤维增强复合材料的应用现状. 高科技纤维与应用, 2004, 29(05): 34-36.
- [3] 汤佩钊. 复合材料及其应用技术. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.
- [4] 张晓虎, 孟宇, 张炜. 碳纤维增强复合材料技术发展现状及

趋势. 纤维复合材料, 2004, (1): 53-58

[5] 顾思之. 纤维增强复合材料. 北京: 机械工业出版社, 1988.

[6] 杜善义, 沃丁柱, 章怡宁, 等. 复合材料及其结构的力学、设计、应用和评价. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000.

(责编 良辰)

(上接第 62 页)

该系统可以绕着被测物进行 360° 空间测量无需转站, 从而降低或消除了转站带来的误差, 具有激光跟踪仪系统无法比拟的优势。wMPS 作为全局控制网, 测量空间不受限制, 适用性强, 可保证整体测量精度。

终端测量直接面对测量对象和测量特征, 能够高效灵活地实现被测特征的测量, 如微位移传感器、CCD 测量系统等在局部空间的高精度测量上具有很好的表现, 但是测量空间有限, 无法完成大尺度空间的精密测量。通过全局控制网, 即可将局部高精度测量的数据融合到全局坐标系下。

在飞机制造装配过程中, wMPS 作为全局控制网能够对大范围内的全局坐标系进行监测, 实时跟踪工件在全局坐标系下的精确坐标, 终端设备测量数据在 wMPS 系统的监测下融合到同一坐标系下, 用于控制局部装配误差。采用全局控制网和终端精测的组合式测量, 能够充分发挥各测量系统的优势, 实现高精度、高效率、低成本数字化精确装配。

4 结束语

在飞机制造技术迅猛发展的今天, 数字化测量辅助装配技术在飞机装配中的作用越来越显著, wMPS 作为一种新型的测量系统, 测量范围广、精度高、多任务并行, 可实现大尺度空间多目标的静态测量和动态跟踪。在飞机制造装配中, wMPS 克服了激光跟踪仪需要转站及不允许断光的局限性, 可用于型架工装的快速精确检定, 部件对接过程的姿态实时测量及调整, 作为全局控制网配合多种终端测量技术进行高精度装配等, 可大幅度提高现代飞机装配的质量和效率。

参考文献

- [1] 于勇, 陶剑, 范玉青. 大型飞机数字化设计制造技术应用综述. 航空制造技术, 2009(11): 56-60.
- [2] 孟俊涛, 王仲奇, 殷俊清. 飞机部件精准对接技术研究. 机械制造, 2008, 46(528): 42-44.
- [3] 劳达宝, 杨学友, 郑继贵, 等. 扫描平面激光空间定位系统测量网络的构建. 光电子·激光, 2011, 22(2): 261-265.
- [4] 黄宇. 激光跟踪仪在飞机数字化制造过程中的应用. 航空制造技术, 2011(6): 32-37.
- [5] 邹冀华, 周万勇, 邹方. 数字化测量系统在大部段对接装配中的应用. 航空制造技术, 2010(23): 52-55. (责编 良辰)