

基于 RFID 的航空发动机交互式装配操作引导方法研究*

Research on Interactive Assembly Guiding Method of Aeroengine Based on RFID

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 曹 率 孙惠斌 杨海成

[摘要] 针对航空发动机装配操作时难于引导的问题,提出一种基于 RFID 的交互式装配操作引导方法,通过对金属 RFID 标签标识关键零部件,在轻量化三维动画场景下展现装配操作过程,建立了二者之间的关联和触发机制,通过虚拟模型与实物之间的互动,引导装配操作,开发了原型系统,验证了所研究方法的可行性,有效地提高了装配操作效率和规范程度,避免错、漏装的发生。

关键词: 交互式 RFID 装配

[ABSTRACT] Aiming at the difficult problem in assembly guiding operation of aeroengine, an interactive assembly guiding method based on RFID is given. Key parts are identified with RFID tags. The assembly guiding process is shown in the lightweight 3D scene. The relevancy and trigger mechanism is established. The interaction between virtual model and material object can guide the assembly process. Prototype system is developed, and the feasibility of all methods is proofed. The efficiency of the assembly process and standard level are effectively raised. Mispositioning and misloading are avoided.

Keywords: Interactive RFID Assembly

装配是制造过程的最后环节,也是最为重要的制造环节之一,装配质量直接关系到产品最终的使用性能。以航空发动机为代表的装配,零部件型号相似,规格繁多,装配工艺复杂。装配操作主要以手工为主,装配精度高低和质量好坏大都依赖于工人的熟练程度和装配技巧,错装、漏装现象时有发生,装配效率低下,严重影响发动机的装配质量和生产进度^[1-2]。

RFID 技术的出现为解决航空发动机在装配过程中存在的上述问题提供了全新的视角和技术支持。射频识别技术是一种非接触的自动识别技术,通过射频信号自动识别目标对象并获取相关的数据,在此过程中无需人工干涉。国内外学者将此技术积极运用到文件认证、门禁控制、动物识别和航空运输等领域^[3-4]。

本文提出了一种基于 RFID 技术的航空发动机交互式装配的方法。该方法的主要思想是:利用射频识别技术的自动识别性和非接触性,以及三维模型直观表述等优点,将传统意义上航空发动机二维图纸装配引导过程用三维模型重新表述,使得装配工人在工作过程中可以进行人机对话、与技术人员及时沟通等,大幅度提升装配效率及装配精度水平。

1 基于 RFID 的航空发动机交互式装配操作引导框架

1.1 交互式装配操作引导系统实现机理

为描述交互式装配引导系统的实现机理,可以根据系统所要解决的问题将系统分为两部分:工艺员所使用的控制端和装配工使用的演示端。其中控制端主要进行装配引导信息的描述,对于同一型号的特定部件,有唯一的控制端进行控制,与演示端的关系是“一对多”;演示端是交互式装配过程引导系统的形象化展示,是装配工人进行交互式装配接触的最直观部分,与控制端的关系是“一对一”,制造资源与 RFID 设备的这种关系如图 1 所示。演示端之间的通信通过控制端作为桥梁中转完成,交互式装配产生的新数据从演示端反馈至控制端,由控制端统一向下游的演示端发布指令。这种映射关系可以避免演示端之间数据的交叉引用,提高系统控制的精确度及装配质量。

1.2 交互式装配操作引导系统的逻辑关系

交互式装配操作引导系统的逻辑关系可以通过分层的方法进行描述,分别为:数据层、功能层、应用层、硬件层,如图 1 所示。

数据层: 数据层由数据库组成,为功能层提供数据存储服务,存储装配工作的所有信息,包括零部件装配工艺信息和零部件三维装配模型动画等。这些信息提供了装配引导过程的所有最原始的数据。

功能层: 功能层描述了航空发动机交互式装配全程引导中的所有功能模块,负责处理应用层传来的客户请求并对其进行处理,同时将处理后的结果返回给应用层进行显示,如果需要的话还要将处理结果传递给数据层进行存储。包括标签操作、工艺信息、零件信

* 国家自然科学基金项目(50805122)资助。

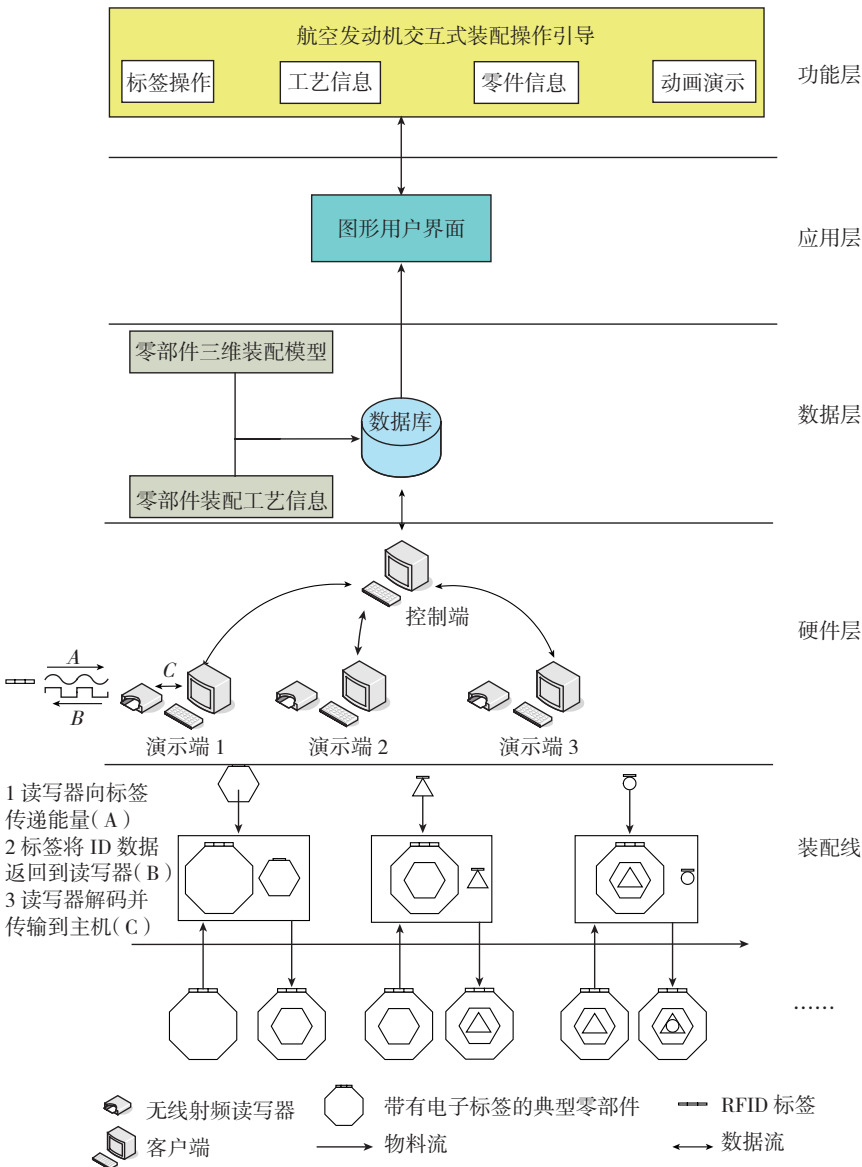


图1 交互式装配操作引导系统框架
Fig.1 Framework of interactive assembly operation

息和动画演示。

应用层：应用层是功能层中各个功能模块的图形显示，是交互式装配的最直观的表达。

硬件层：硬件层包括计算机、读写器以及 RFID 标签。主要提供标签数据读取、解码以及与计算机之间进行通信服务等功能。

2 关键技术

2.1 模拟模型与实物之间的互动机制

零部件实物与三维模型之间需要建立有效的驱动机制，以保证二者相互之间能够及时、准确、唯一对应。实物驱动模型的机制可以这样叙述：每到达一个实物，通过射频识别技术的中间传递作用，直接找到其所对

应的三维模型并加以显示，是一种间接驱动的机制。

在三维模型建立的过程中会自动生成模型的 BOM 并配有唯一的编号；RFID 技术具有“一物一码”的特点。本文利用 RFID 技术的“一物一码”的特点和三维模型的 BOM 树知识，提出一种建立有效的模型与实物间的驱动关系的方法。该方法为每个零部件编写 ID，以作为特征识别的基准。该零部件 ID 可以作为三维模型与实物之间的连接媒介，将电子标签信息、零部件 ID 和模型的 BOM 编号写入数据库中。

RFID 读写器读取到电子标签中的数据后与数据库中的零部件 ID 进行对比，查找到相应的模型 BOM 编号。该 BOM 编号是模型唯一的身份信息，对应着零部件的三维模型。通过中间件提供的 API 函数使得该零部件做出响应，完成实物驱动模型的过程，如图 2 所示。

2.2 实现流程

基于上述硬件环境，为使交互式装配能够顺利进行，需要为引导系统设计相应的工作流程。将此系统的使用对象划分为工艺员与装配工两个角色，为引导系统的顺利运行建立相应的使能环境，引导系统的运行需要使用对象的活动

来触发产生，其关键流程如图 3 所示。

工艺员与交互式装配引导系统协同工作流程：

(1) 工艺员到达自己的工作位置，输入用户名和密码

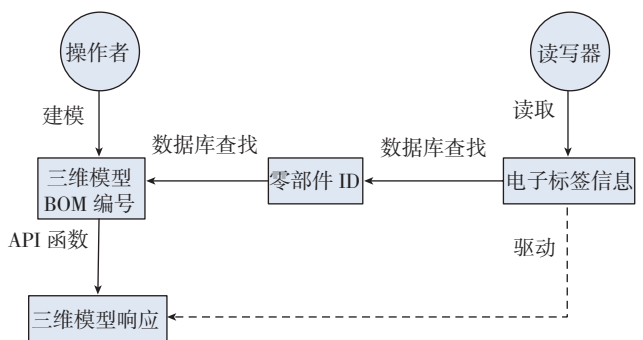


图2 实物驱动模型机制
Fig.2 Mechanism of physical driving models

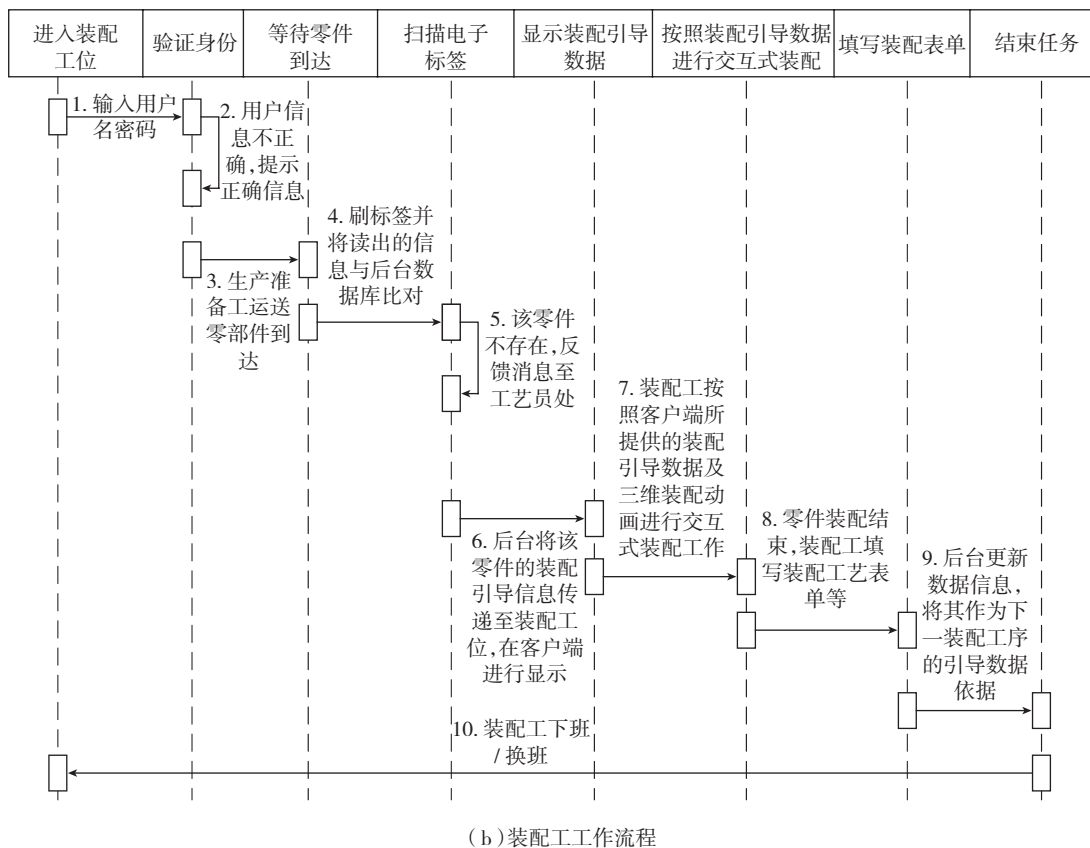
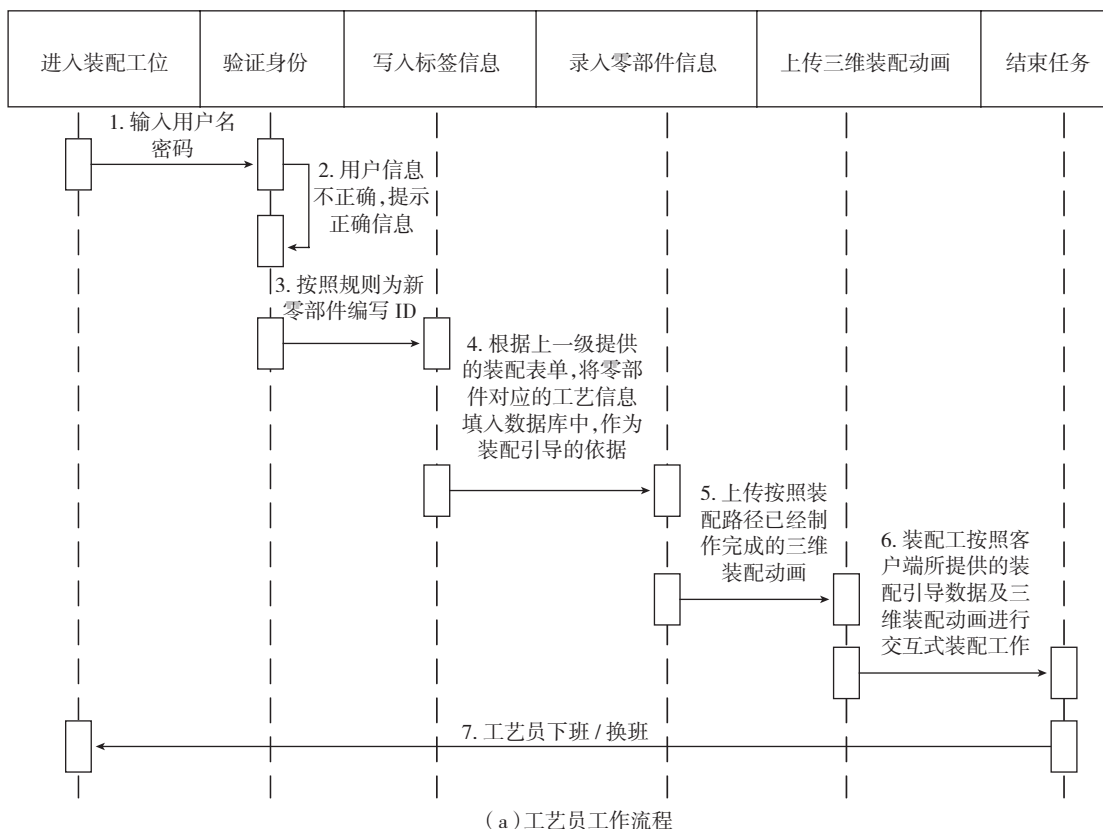


图3 工艺员装配工工作流程
Fig.3 Workflow of craft and fitter

码;

(2) 管理系统根据其输入信息判定是否正确,并给出信息提示;

(3) 管理系统如果判定正确,工艺员开始工作。根据制定好的规则为新的零部件写入 ID 标识;

(4) 根据从上一级装配得到的反馈表单,填写该零部件的工艺信息,作为交互式装配引导的依据;

(5) 制定装配路径,并且通过形象化的方法表达,上传入系统的数据库中,以供装配工交互式装配使用;

(6) 重复步骤(3)、(4)、(5),直至完成所有任务。

装配工与交互式装配引导系统协同工作流程:

(1) 装配工到达自己的工作位置,输入用户名和密码;

(2) 管理系统根据其输入信息判定是否正确,并给出信息提示;

(3) 管理系统如果判定正确,装配工开始准备工作,等待生产准备工运送零部件到达;

(4) 零部件到位,安置在装配工位的 RFID 读写器读出该零部件的标签信息,并与工艺员已经在后台数据库中录入的信息进行比对;

(5) 如果该零部件的 ID 信息不存在,则会反馈消息至工艺员处,等待着工艺员录入该零部件的工艺信息;

(6) 若该零部件的 ID 信息存在,后台将该零部件的装配引导数据信息展示在演示客户端,供装配工选择使用,进行交互式装配;

(7) 装配工按照演示客户端所提供的装配引导数据及模拟演示的装配过程,开始进行人机交互式装配工作;

(8) 零部件装配完成,装配工通过演示客户端填写装配表单,向工艺员提供该次装配产生的新数据;

(9) 重复步骤(4)、(5)、(6)、(7)、(8),直至完成所有的任务。

3 原型系统的实现及应用实例

通过以上分析及研究,本文在 Windows XP 系统环境下,以 VisualC# 集成开发环境为工具,利用数据库技术及 C/S 结构,设计开发了一套基于 RFID 的航空发动机装配过程引导系统。该系统的构成为基于 RFID 硬件,使用超高频固定式读写器及配备的天线,在局域网内将固定式读写器、天线、客户端连接起来,验证前文所述功能,如图 4 所示。

图 5 中 a 与 b 为控制客户端,供工艺员操作使用,包括上传工艺信息和装配动画、装配信息反馈以及标签操作等模块。图 5 中 a 为标签操作模块,可以对已

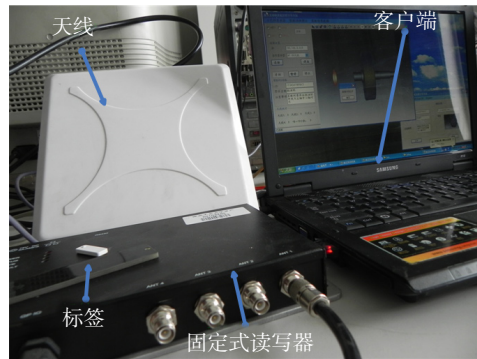


图4 系统实物构架

Fig.4 System physical architecture

完成装配零部件的标签重新写入 ID,供其他待装配零部件使用,以达到循环利用,为企业节省成本的效果;图 5 中 b 是上传工艺信息部分,工艺员可以通过此模块将待装配零部件的 ID、零件名称以及注意事项和装配动画等上传到服务器中,供装配工在装配过程中参考。

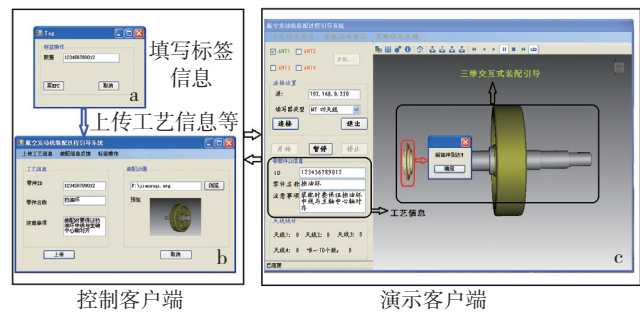


图5 原型系统客户端运行实例

Fig.5 Prototype system running in client

图 5 中 c 为演示客户端,供装配工操作使用,涵盖有读写器天线的选取、零部件的 ID 信息及注意事项、三维装配演示动画以及新部件到达提示和装配信息反馈等部分。

4 结束语

本文将 RFID 技术引用到航空发动机装配过程中,结合三维可视化技术设计和开发了基于 RFID 的航空发动机装配过程引导的原型系统,充分展示了 RFID 技术为装配过程引导提供的巨大便利,如装配工在此系统下可以方便、直观地观察到装配的全过程,工艺员与装配工之间的协同配合能够极大地减少生产准备时间,缩短航空发动机的生产周期等,为无线技术在先进制造领域的应用以及国防工业数字化水平的发展起到了促进作用。

(下转第 94 页)

热器可能会因滑油不能得到充分冷却,导致减速器过热,并引发故障。因此对直升机而言,润滑系统的高空性能研究还应包括研究随直升机飞行高度的变化,滑油冷却风机的风量和风压的变化规律。

随着飞行高度的增加,空气密度降低,风机静压性能曲线也随之降低。但由于空气密度降低使得空气质量流量减小,空气滤网、风道及散热器空气侧阻力都相应减小。考虑其综合影响因素,系统空气侧耦合体积流量随高度变化不明显,如图8所示。

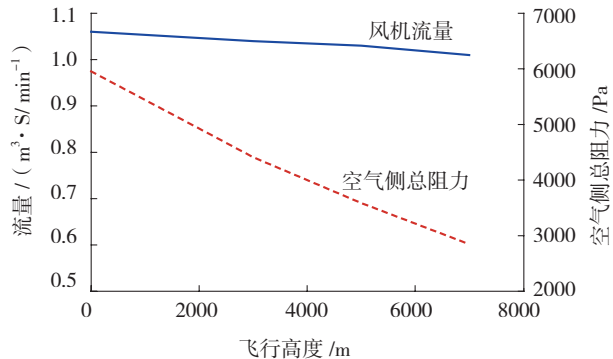


图8 不同高度下系统空气流量

Fig.8 Performance of air flow rate under different altitudes

4 结论

本文以某型直升机主减速器滑油系统为研究对象,利用系统温度-压力-流量耦合原理构建了多因素耦合稳态仿真模型,并利用VC++6.0编制了直升机滑油系统流动阻力仿真计算软件,该软件适用于不同工况下滑油系统的性能预测。研究表明,影响系统阻力特性的主要部件为滑油泵、过滤器、散热器、喷嘴;主要因素为滑油温度和飞行高度。随着滑油温度的升高,系统总阻力减小,系统滑油流量增大;但温度的升高对于滑油泵的工作是不利的。尤其当直升机功率增大或系统发生故障时,滑油温度急剧升高,使得油泵供油量迅速减小;并且滑油泵出口压力越高,滑油流量受温度的影响越大。因此,为了保持系统滑油流量的稳定性,应在满足润滑喷嘴压力要求的基础上,尽可能的减小滑油泵出口压力。

参考文献

[1] 《航空发动机设计手册》总编委会. 航空发动机设计手册第12册, 传动与润滑系统. 北京: 航空工业出版社, 2002.
 [2] 李林蔚, 高红霞. 直升机减速器滑油冷却系统的改进设计方法. 航空动力学报, 2009, 24(4):777-782.
 [3] 周懿, 高红霞. 直升机滑油散热器的动态性能分析. 北京航空航天大学学报, 2010, 36(8):922-926.
 [4] 李明, 高红霞. 一种直升机用斜流风机的设计方法. 航空动

力学报, 2009, 24(11):2577-2583.

[5] 裴二荣, 柴金城. 喷嘴水利性能分析及设计. 排灌机械, 2004, 22(5):29-31.

(责编 小城)

(上接第 80 页)

形式等都有很大不同。当然合作模式的选择也并不是一成不变的,随着产业政策、外界环境以及项目进度的变化也需要适时调整合作模式,才能更好的服务于大飞机项目的开展。

参考文献

[1] 史东辉. 大型民用飞机产业的全球市场结构与竞争. 湖北: 湖北教育出版社, 2008.
 [2] 张吉昌, 姜春海. 中国大飞机产业组织策略分析. 中国工业经济, 2008, 1(1): 59-67.
 [3] 吴思静, 赵顺龙. 知识逻辑下的产学研合作模式分析. 情报杂志, 2010, 29(9): 204-207.
 [4] 崔旭, 邢莉. 我国产学研合作模式与制约因素研究——基于政府、企业、高校三方视角. 科技管理研究, 2010 (6): 45-47.
 [5] 樊霞, 胡军燕, 赵丹萍. 中小企业渐进性创新技术属性及其产学研合作模式选择. 中国科技论坛, 2010 (8): 20-25.
 [6] 朱桂龙, 彭有福. 产学研合作创新网络组织模式及其运作机制研究. 软科学, 2003, 17(4):49-52.
 [7] 曹文杰, 苏玉婷, 陈耸. 产学研联盟的隐性知识转移阻碍及互惠性协调研究. 企业活力, 2010, 21(12): 88-92.
 [8] Peters T, Waterman R. University industry research relationships. National Science Foundation, 1982 (73): 51-54.
 [9] Bolton R. A broader view of university-industry relationships. SRA Journal, 1995 (26): 45-48.
 [10] OECD. Trends in university-industry research partnerships. STI Review, 1998 (23):39-65.
 [11] 王英俊. “官产学研”型虚拟研发组织的结构模式及管理对策. 科学学科学技术管理, 2004, 25(4):40-43.
 [12] 王文岩, 孙福全, 申强. 产学研合作模式的分类、特征及选择. 中国科技论坛, 2008 (5):37-40.

(责编 小城)

(上接第 88 页)

参考文献

[1] 曾亮. 航空发动机装配数字化系统研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
 [2] 朱涛, 莫蓉, 常智勇, 等. 航空发动机装配工艺执行系统关键技术研究. 制造业自动化, 2009, 31(3):24-28.
 [3] 张映锋, 黄国全, 江平宇. 基于 RFID 技术的无线制造车间智能看板管理系统研究. 制造业自动化, 2007, 29(4):16-19.
 [4] Huang G Q, Zhang Y F, Jiang P Y. RFID-Based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 7-8(36), 752-764.

(责编 小城)