

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.12.044

# 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台研究\*

邓效忠<sup>1</sup> 李聚波<sup>2</sup> 李天兴<sup>1</sup> 高振山<sup>1</sup> 张华<sup>1</sup>

(1. 河南科技大学机电工程学院, 洛阳 471003; 2. 江苏大学机械工程学院, 镇江 212013)

**【摘要】** 为提高螺旋锥齿轮的加工精度与效率,实现螺旋锥齿轮制造信息化,深入分析了螺旋锥齿轮网络化制造的信息流程,提出了一种螺旋锥齿轮网络化制造集成平台的功能体系结构,并通过 Web 服务技术实现了集成平台的应用集成与软件架构。通过搭建集成平台的原型系统和螺旋锥齿轮的联网加工试验,对该集成平台的可行性和实用性进行了验证。

**关键词:** 螺旋锥齿轮 网络化制造 信息流程 集成平台 Web 服务

**中图分类号:** TH166; TH132.421 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)12-0215-08

## Integrated Platform Oriented to Spiral Bevel Gear Networked Manufacturing

Deng Xiaozhong<sup>1</sup> Li Jubo<sup>2</sup> Li Tianxing<sup>1</sup> Gao Zhenshan<sup>1</sup> Zhang Hua<sup>1</sup>

(1. School of Mechatronics Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

2. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

### Abstract

In order to improve the machining accuracy and efficiency of spiral bevel gear and implement the informatization of spiral bevel gear manufacturing, the information flow of spiral bevel gear networked manufacturing was deeply analyzed. A functional architecture of spiral bevel gear networked manufacturing integrated platform was proposed, and the application integration and software architecture of the integrated platform were implemented based on Web services. Finally, the prototyped system of the integrated platform was designed and constructed, and the feasibility and practicality of the integrated platform were proved through a networked manufacturing experiment of a pair of spiral bevel gears. The experimental results showed that the integrated platform proposed in the paper could commendably enhance the production efficiency and meet the networked manufacturing requirements of spiral bevel gear.

**Key words** Spiral bevel gear, Networked manufacturing, Information flow, Integrated platform, Web services

### 引言

螺旋锥齿轮的加工过程复杂,为提高其制造精度和加工效率,许多学者提出了基于准双曲面齿轮的 CAD 辅助加工<sup>[1]</sup>、弧齿锥齿轮的数字化设计和集成制造<sup>[2]</sup>、齿面加工集成系统<sup>[3]</sup>与制造专家系统<sup>[4]</sup>

等螺旋锥齿轮的集成制造系统。但以上研究都侧重于螺旋锥齿轮的设计、加工的集成,对企业内各应用系统的信息集成与资源共享研究较少。在信息集成方面,虽然 CORBA、DCOM 等分布式技术被许多学者用来实现企业的集成制造<sup>[5~8]</sup>,但由于其接口紧密耦合、协议专用、穿越防火墙困难等,难以适应企

收稿日期:2009-12-16 修回日期:2010-03-10

\* 国家自然科学基金资助项目(50675061)

作者简介:邓效忠,教授,博士生导师,主要从事机械传动理论及先进制造技术研究, E-mail: DXZ01@163.com

业集成的技术需求。而 Web 服务<sup>[9]</sup> 技术具有松耦合、跨平台等优点,能够很好地满足螺旋锥齿轮网络化制造集成平台的构建需求。因此,本文结合螺旋锥齿轮网络化制造信息流程,通过 Web 服务技术构建一种螺旋锥齿轮网络化制造集成平台,并通过其原型系统和联网加工试验,验证其实用性和可行性。

## 1 螺旋锥齿轮网络化制造信息流程

在螺旋锥齿轮网络化制造过程中,齿轮相关信息的集成与传递,是通过齿轮生产企业内的 ERP、MES、DNC 等应用系统的集成与协作来共同完成的,如图 1 所示。

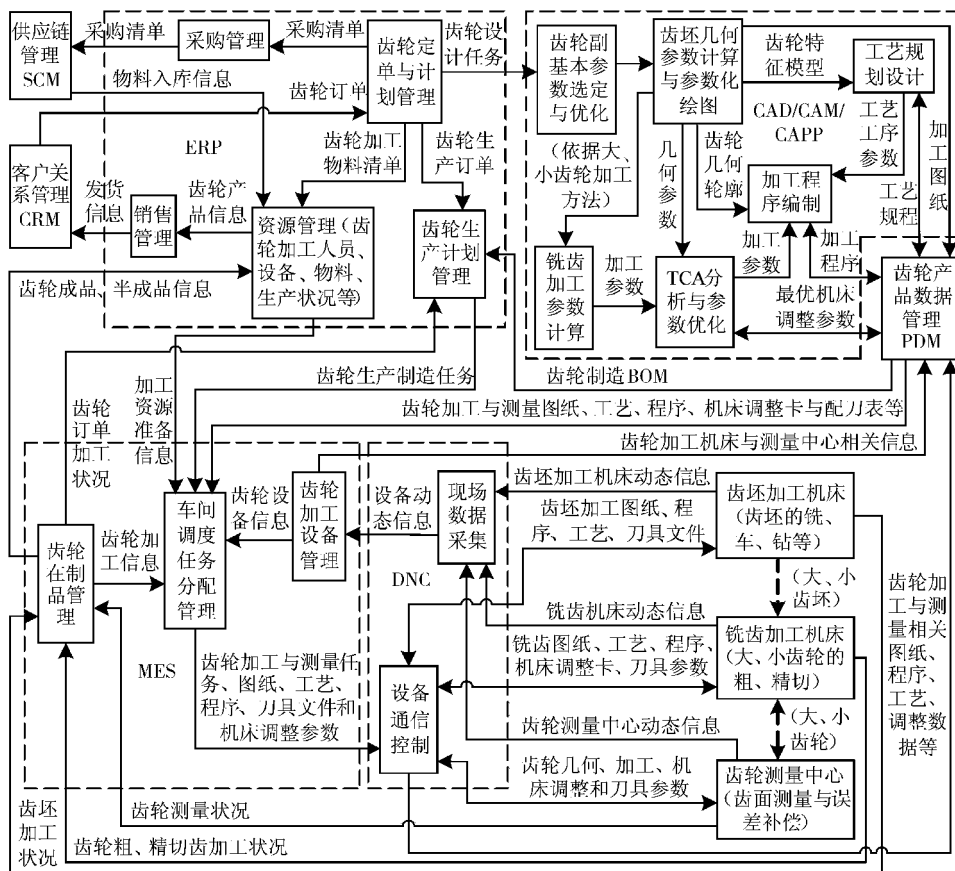


图 1 螺旋锥齿轮网络化制造的信息流程图

Fig. 1 Information flow of spiral bevel gear networked manufacturing

其中,ERP 系统通过 SCM 系统和 CRM 系统实现齿轮的供求管理,同时根据市场预测和客户订单、企业物料库存等制定采购和生产计划。CAD/CAM/CAPP/PDM 根据螺旋锥齿轮的设计任务,进行产品设计和工艺规划,实现其加工图纸、工艺、程序、机床调整卡等的设计与计算;其中,CAD (computer aided design) 系统主要根据螺旋锥齿轮的设计要求,完成齿坯基本参数的确定与优化选择、几何尺寸计算与参数化绘图、TCA 分析与铣齿机床调整卡编制等;而 CAPP (computer aided process planning) 系统根据螺旋锥齿轮的设计信息和特征模型,结合齿轮加工设备与工装等信息进行工艺规程的编制,制定其加工工艺和工序;CAM (computer aided manufacture) 系统则从 CAD 系统中获取需要加工的齿坯实体的几何轮廓数据,结合机床调整参数与 CAPP 系统的符合技术要求的工艺、工序参数,来实现齿坯与齿轮加工程序的编制;PDM (product data management) 系统

则主要管理与螺旋锥齿轮设计、工艺、制造等过程所产生的各种相关信息,可以从 CAD 系统获取产品设计 BOM (EBOM)、从 CAPP 系统获取产品工艺 BOM (PBOM),通过结合螺旋锥齿轮加工的工艺路线等信息,来构建螺旋锥齿轮的产品制造 BOM (MBOM),并将其传送给 ERP 系统;ERP 系统根据 MBOM 和生产计划来制定螺旋锥齿轮的生产制造任务,并将其和加工资源准备等信息传送给 MES 系统;同时 PDM 系统也将齿轮加工的图纸、工艺、程序、刀具及机床调整卡与测量所需的齿轮几何、加工参数等信息传递给 MES 系统;MES 系统根据生产订单信息、设备状态信息、任务分配情况进行生产任务的车间调度与任务规划,将包含螺旋锥齿轮加工与测量任务的分配信息、NC 程序、工艺文件、机床调整参数、刀具参数文件等信息的派工单通过 DNC 系统,发放给底层的齿轮加工机床和齿轮测量中心等设备;根据接收到的相关制造信息,由齿坯加工机床

来进行齿坯的车、钻削等加工,而齿轮的铣齿则由铣齿加工机床的大、小齿轮的粗、精切齿加工与齿轮测量中心的齿面误差检测与反修正协同完成。同时, MES 系统可以通过 DNC 系统从加工机床和测量中心获取设备的实时状态、齿轮的生产进度等信息,并将当前设备生产能力、在制订单完成情况等信息反馈给 ERP 系统;而 PDM 系统则可以从 MES 系统和 DNC 系统获取齿轮加工与测量的设备动态信息,加工图纸、程序、工艺信息,机床调整参数(修正量)与刀具参数等相关信息;ERP 系统和 PDM 系统通过返回的齿轮加工信息来实现有效的订单下达、物料计算、生产计划安排、工艺调整等来动态指导螺旋锥齿轮的生产制造,从而实现螺旋锥齿轮企业的管理信息化与制造网络化。

## 2 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台体系结构

本文根据螺旋锥齿轮网络化制造的过程与各应用系统间的信息流程,构建螺旋锥齿轮网络化制造集成平台的功能体系结构,如图 2 所示。

用户访问层:为螺旋锥齿轮网络化制造集成平台不同身份的用户提供各种服务。该层主要包括螺

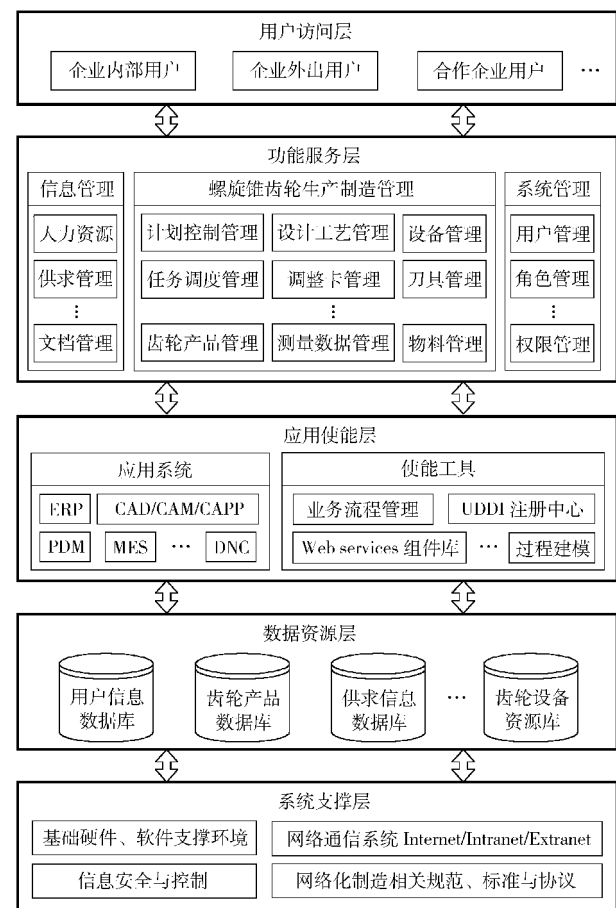


图 2 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台功能体系结构图

Fig. 2 Functional architecture of spiral bevel gear networked manufacturing integrated platform

旋锥齿轮制造企业内部用户、企业外出用户与合作企业用户等。这些分布在螺旋锥齿轮加工业务过程各环节的用户,可以请求平台提供服务,通过平台实现业务数据的存储、调用和管理等。

功能服务层:主要为螺旋锥齿轮制造企业内外部提供各种网络化制造应用服务。在功能服务层的支持下,企业内外的各用户可以实现螺旋锥齿轮制造信息与服务的共享,从而完成螺旋锥齿轮的网络化协同设计与加工过程。该层主要包括螺旋锥齿轮生产制造管理、系统管理和信息管理等服务模块。其中,生产制造管理模块主要实现从螺旋锥齿轮订单接收到生产计划制定、几何设计与调整卡计算、工艺与程序编制、生产调度与加工、齿面误差检验与反修正,再到产品入库与订单完成等全部生产制造过程的信息共享与服务应用;系统管理模块主要实现系统的基本管理功能,包括用户管理、角色管理、权限管理等;信息管理模块主要实现螺旋锥齿轮加工流程的各辅助功能,包括人力资源管理、供求信息管理、文档管理等功能服务模块。

应用使能层:为螺旋锥齿轮网络化制造平台的开发、运行以及各种服务提供支持,主要包括应用系统和使能工具。其中,应用系统为实现螺旋锥齿轮的网络化制造提供应用软件系统,并可通过 Web 服务的封装与发布,经集成接口实现企业内外部的数据传递和信息共享。例如,通过 ERP 系统可提供螺旋锥齿轮的供求信息与加工生产计划等信息;而 MES 系统可提供螺旋锥齿轮的生产任务、生产进度、物料使用状况等。使能工具为集成平台的构建和运行提供方法和工具上的支持,包括过程建模、UDDI 注册中心、Web services 组件库等。

数据资源层:主要管理螺旋锥齿轮加工制造业务的相关制造资源,负责平台业务数据的存储和共享,并可在网络化制造过程中不断充实和完善。

系统支撑层:主要负责系统平台的信息传输与信息安全,包括基础支撑环境和通信协议、网络化制造相关规范与标准、信息安全管理与控制等。

## 3 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台实现

### 3.1 集成平台的应用系统集成

基于螺旋锥齿轮制造企业内的 ERP、MES、PDM 等各信息系统的多样性与异构性,本文运用 Web 服务技术来构建螺旋锥齿轮网络化集成平台的应用集成框架,如图 3 所示。

在该集成框架中,服务提供者、服务请求者和 UDDI 注册中心之间交互遵循简单对象访问协议 SOAP,以超文本传输协议 HTTP 承载消息,可扩展

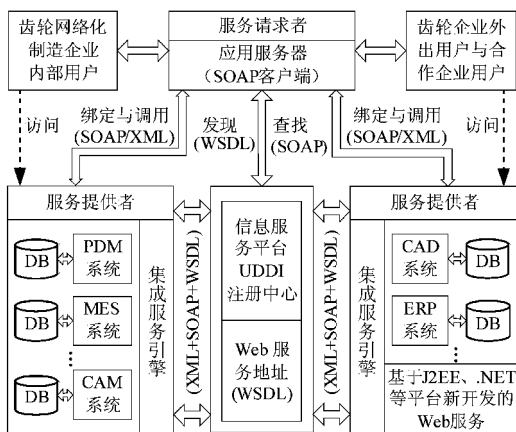


图3 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台应用集成框架

Fig.3 Integrated architecture of spiral bevel gear networked manufacturing integrated platform

标记语言 XML 表达语义。企业内用户可以直接通过 Intranet 对系统进行访问,远程用户(企业外出用户和合作企业用户等)可以通过 Internet 对系统实现跨越防火墙的远程访问。集成服务引擎通过各类接口将基于 J2EE、.NET 和 CORBA 等不同开发平台的各应用系统封装成 Web 服务组件后,提供统一的 Web 服务接口,发布到 UDDI 注册中心,并通过接口调用相应的应用服务,提供给用户调用。应用系统既可以是已有的应用系统,也可以是新开发的 Web 服务应用系统。对已有的 ERP、MES、PDM 等应用系统,需要首先通过生成描述该系统功能和调用方法的 WSDL 文件,将它封装成 Web Services 组件;然后生成服务器端基于 SOAP 的服务框架,并在此基础上开发适用于已有系统的适配器;最后将服务描述文件通过 UDDI API 发布到 UDDI 注册服务器中(分为私有注册中心和公有注册中心)。SOAP 客户端接收到用户的 SOAP 应用请求后,通过 SOAP 在 UDDI 注册中心查到相关的 Web 服务,获取内部发布的 Web 服务位置并绑定相应的 WSDL 描述文档,得到相应的 Web 服务中提供的接口和数据结构;SOAP 客户端通过得到的信息,向 SOAP 服务器发出一个用 SOAP 代理封装的 XML 格式 SOAP 服务请求,SOAP 服务器端通过接收和解读接收的请求信息,从绑定文件中找到相应的信息,通过 SOAP 代理将响应的 SOAP 信息(以 XML 格式)返回 SOAP 客户端,完成服务的绑定和调用;最后 SOAP 客户端通过 Web 服务调用,实现用户的请求并将处理结果返回客户端。

同时,在该集成框架中,由于各系统、应用程序间的协作和调用都是通过 Web 服务的 SOAP 消息机制远程调用来实现的,因此,无需更改螺旋锥齿轮企业原有的系统框架和业务逻辑,就能实现其内外

部的相互通信与信息集成。

### 3.2 集成平台的软件实现

根据螺旋锥齿轮网络化集成平台的集成框架,本文在 .NET 环境下,采用 B/S 模式来实现该集成平台的软件开发,其软件架构如图 4 所示。

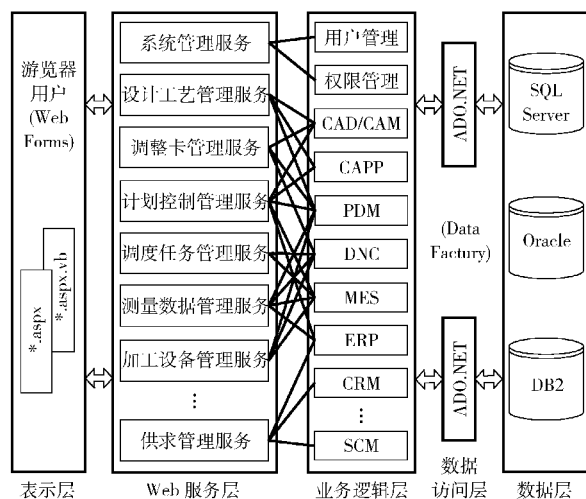


图4 螺旋锥齿轮数字化制造集成平台软件架构

Fig.4 Software architecture of spiral bevel gear networked manufacturing integrated platform

表示层:主要和最终用户交互,接受用户输入数据和指令,显示返回结果等,根据不同用户需求和权限提供不同的客户端界面(浏览器用户或桌面应用程序)。本软件系统中,用户使用浏览器与系统交互,表示层是基于 ASP.NET 的,分为页面层(\*.aspx)和表示逻辑层(\*.aspx.vb)。其中,页面层主要负责处理用户的输入和面向用户的输出,可以直接使用 ASP.NET 控件和 HTML 来实现。表示层处理与页面有关的所有表示逻辑,负责页面控制和实例化 Web 服务的代理类、传递参数等。本文通过 .NET 自带的 WSDL.exe 工具加载 Web 服务的 WSDL 文件来创建代理类,然后添加到工程中实现 Web 服务代理类的生成,从而实现对指定 Web 服务的调用。需要说明的是,这里的客户指的不是操作的用户,而是调用的界面、其他程序等。

Web 服务层:主要根据螺旋锥齿轮网络化集成平台的功能需求,按照通用标准来包装业务逻辑层的应用逻辑处理类和方法,将其封装成相应不同的 Web 服务,并根据 Web 服务的分类和粒度的大小,在 Web 服务中分别编写访问服务的接口规范<sup>[10]</sup>,定义服务的名称、描述、方法、输入输出参数及类型等内容。最后,经过封装后的 Web 服务,通过服务的描述、发布与发现的调用机制,来实现服务间的调用与组合。

业务逻辑层:用来实现集成平台中的各种业务

规则和逻辑,通过调用数据访问层的数据库执行逻辑来访问数据库,完成所需的业务规则。该层包括螺旋锥齿轮网络化制造集成平台应用中的用户管理、ERP、PDM、MES 等全部业务处理程序,是整个软件架构的核心。本文采用整合业务数据和业务操作的方法,将业务数据和相关的操作封装成业务实体类,并通过编译成 .NET 组件(DLL)来完成各业务实体的封装,封装后的业务实体集合提供给 Web 服务器层调用,实现为表示层服务。

数据访问层:主要根据业务逻辑层的要求从数据库中提取数据或者修改数据。该层封装了所有的数据连接与访问技术细节,通过 ADO.NET 来实现对数据库访问。另外,数据访问层对 SQL Server、Oracle、DB2 等不同类型数据库的访问,都是要对数据库中的数据实现查询、新增、修改和删除等操作,对此,把数据库访问操作以接口方法的形式定义在 DataAccess 接口中,通过数据工厂(data factory)动态创建系统所需的数据访问逻辑对象,最后由继承该接口类的各数据库操作类实现对各自数据库的访问,数据访问层逻辑类图如图 5 所示。

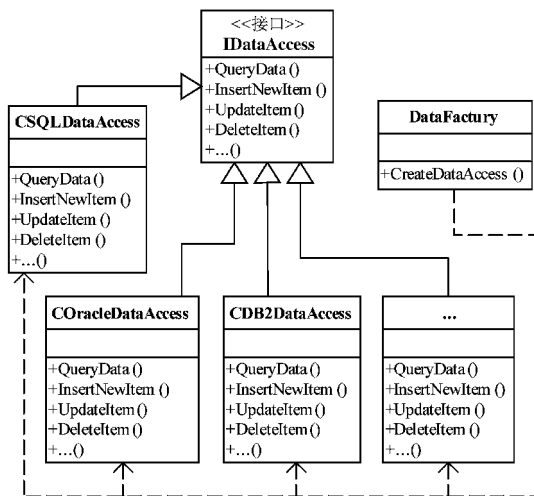


图 5 数据访问层逻辑类图

Fig. 5 Logical classes of data access layer

其中,数据访问逻辑接口 IDataAccess 定义了数据库访问的查询、新增、修改和删除等实现方法,CSQLDataAccess、COracleDataAccess 和 CDB2DataAccess 等数据访问类分别编写有 SQL Server、Oracle、DB2 等数据库的访问逻辑,实现各自的 IDataAccess 接口。数据工厂根据外部方法的配置文件 Web.config 中的数据库连接字符串,来获取需要访问的数据库类型,然后动态创建该数据库类型的数据访问逻辑对象实例,并返回该实例的接口 IDataAccess,外部方法通过调用该接口,来最终完成对数据库的访问。

数据层;包括 SQL Server、Oracle 和 DB2 等各种异构数据库,主要是存放与应用程序相关的业务数据和控制数据。

## 4 集成平台原型系统与网络化加工试验

### 4.1 原型系统构建

在提出的螺旋锥齿轮网络化制造集成平台基础上,本课题组基于河南省机械设计及传动系统重点实验室及工业工程实验室的现有资源,构建了螺旋锥齿轮网络化制造集成平台的原型系统,如图 6 所示。整个系统采用高速以太网,通信协议采用 TCP/IP 协议,而底层齿轮加工机床和齿轮测量中心等设备,则通过协议转换器实现 RS232 到 TCP/IP 的转换,集成到网络化制造体系中。系统中主要有 Web 服务器, CAD 和 CAM 工作站, 串口服务器 NPort5110, 数控车床 CKJ6142、数控铣齿机 YK2260F 和齿轮测量中心 JD45S 等,各功能系统的功能及业务逻辑基于 Web 服务技术进行封装与组合,通过实验室 Intranet 网进行互联及协调来实现信息数据的交互,同时对内、对外提供 UDDI 注册管理服务;系统平台通过路由器与外界网络进行互联,同时路由器配置了包过滤功能,为系统内的信息安全提供了一定的保障。

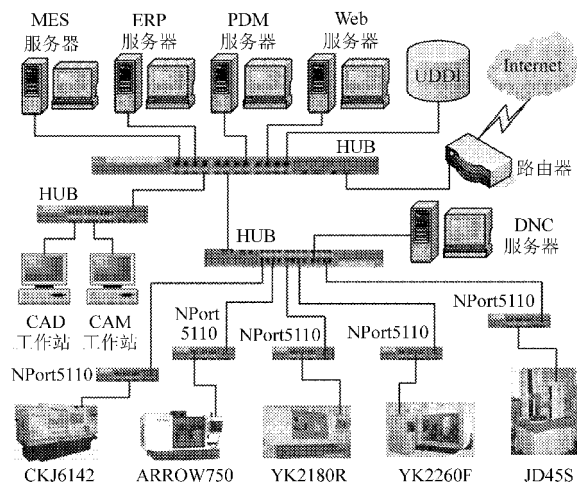


图 6 螺旋锥齿轮网络化制造集成平台原型系统

Fig. 6 Laboratorial prototype of spiral bevel gear networked manufacturing integrated platform

系统中,PDM 服务器是系统内齿轮设计信息、工艺规划信息、加工与测量信息等数据的全局数据库;Web 服务器和 UDDI 注册服务器主要实现系统的信息发布与制造资源共享;ERP 服务器主要负责螺旋锥齿轮的供求信息管理、设计和生产计划的制定以及资源配备等;MES 服务器负责螺旋锥齿轮车间的生产调度与齿坯加工、齿轮铣齿和测量的任务分配,以及查询齿轮加工现场的状况等;DNC 服务

器主要实现螺旋锥齿轮数控设备的信息通信、数控加工与测量反馈等;CAD/CAM 工作站则通过 XML 进行分布式协同作业,来完成螺旋锥齿轮的几何参

数计算与参数化绘图、TCA 分析、最优调整参数确定,加工程序与机床调整卡编制等。螺旋锥齿轮的加工信息流程如图 7 所示。

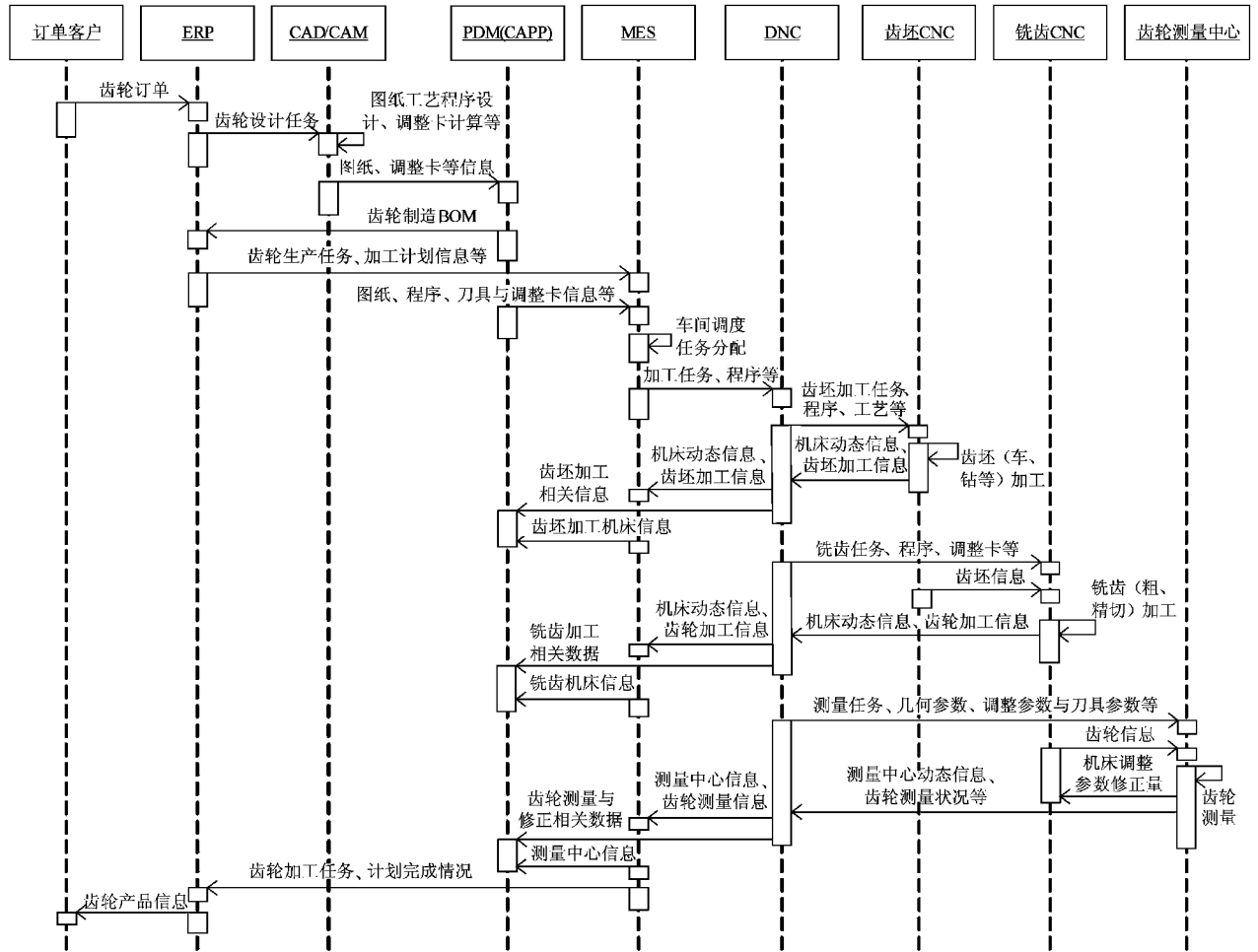


图 7 螺旋锥齿轮加工信息流程图

Fig. 7 Machine information flow of spiral bevel gear

4.2 网络化加工试验

在该原型系统上对一种准双曲面齿轮副(轮坯参数见表 1),按照图 7 所示的生产过程信息流程,用 HFM 法<sup>[11]</sup>进行加工与齿面检测。

表 1 准双曲面齿轮副的轮坯参数

Tab.1 Blank parameters of hypoid gear pair

| 项目          | 小轮    | 大轮     |
|-------------|-------|--------|
| 齿数          | 11    | 41     |
| 节圆直径/mm     |       | 374.62 |
| 小轮偏置/mm     | 44.45 |        |
| 小轮中点螺旋角/(°) | 50    |        |
| 齿宽/mm       |       | 52     |
| 轴交角/(°)     | 90    | 90     |
| 平均压力角/(°)   | 22.50 | 22.50  |
| 轮齿收缩方式      | 齿根倾斜  | 齿根倾斜   |
| 旋向          | 左旋    | 右旋     |

以小轮的加工为例,首先,根据齿轮订单制定

齿轮的生产和设计计划,并在 CAD/CAM 工作站上,依据设计任务和齿轮副基本参数,计算齿轮几何参数和机床加工参数,推导齿面方程和进行 TCA 分析,生成机床调整卡,绘制齿轮加工图纸,编制齿轮加工程序等;然后,通过集成平台提供的齿轮加工任务信息和设计信息,在 CKJ6142 数控车床上加工齿坯,在 YK2260F 数控铣齿机上对小轮用变学法<sup>[12]</sup>进行铣齿,并在 JD45S 齿轮测量中心上,根据齿轮的几何、加工调整参数、刀具参数结合测量中心的测量设置参数(侧头参数和网格规划参数),经齿轮测量区域与测量网格规划<sup>[13]</sup>后,进行齿面误差的网格化检测,依据实际齿面误差检测信息,基于网格节点来重构误差齿面,并以需要调整的参数(如机床调整参数和刀具参数)为设计变量生成的齿面去拟合误差曲面,建立齿面误差修正模型,通过线性超越方程的最小二乘

法<sup>[14]</sup>, 求出机床调整参数修正量, 同时利用齿轮检测中心与数控机床的网络通信与信息集成, 自动反馈修正铣齿机床的加工调整参数, 进行切齿修正和齿面偏差控制, 使理论齿面与实际齿面的偏差达到规定的要求, 同时, DNC、MES 和 PDM 等服

务器也可实时地获取齿轮制造现场的相关信息, 最终实现齿轮的网络化加工与信息集成。对于齿轮的网络化加工, 由于篇幅原因, 在此仅给出小轮网络化加工的齿轮副 TCA 分析、小轮的变性法铣齿以及初始与最终齿面测量误差, 如图 8 所示。

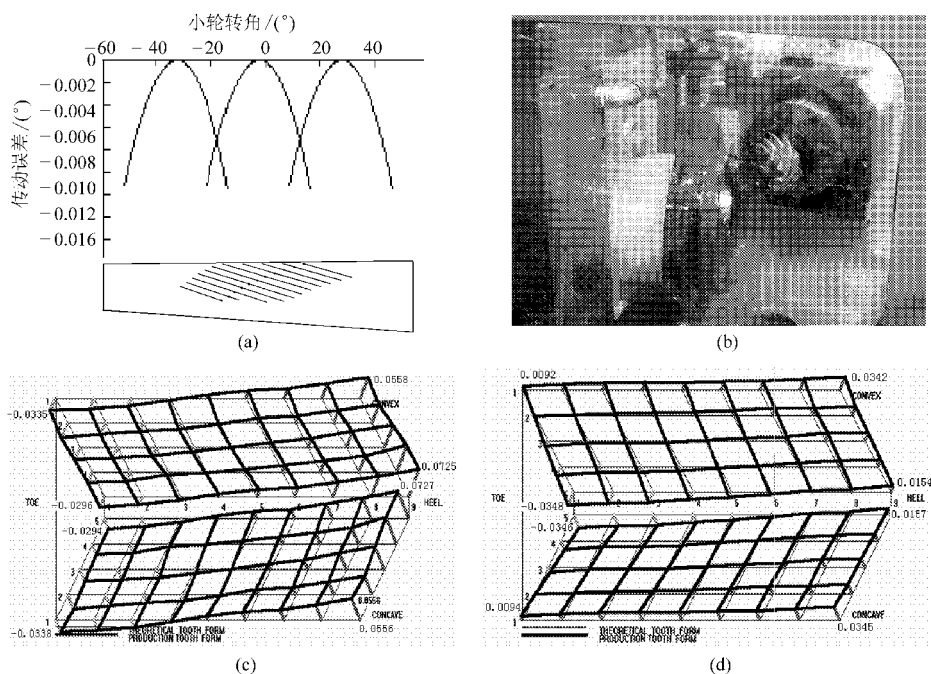


图 8 小轮的网络化设计、加工与测量

Fig. 8 Networked design & manufacturing & measurement of pinion

(a) 小轮凹面的传动误差与接触路径 (b) 小轮变性法铣齿 (c) 小轮齿面初始测量误差 (d) 小轮齿面最终测量误差

## 5 结束语

螺旋锥齿轮网络化加工试验证明了所构建的网络化制造集成平台的实用性和可行性。同时, 该集

成平台在提高螺旋锥齿轮制造的生产效率、改进螺旋锥齿轮的加工质量、实现螺旋锥齿轮网络化制造的信息化与无纸化等方面将起到积极的辅助作用。

## 参 考 文 献

- 王沉培, 周云飞, 李左章, 等. 计算机辅助设计在准双曲面齿轮数控化加工中的应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(4): 320 ~ 323.  
Wang Chenpei, Zhou Yunfei, Li Zuozhang, et al. Computer aided design applied in hypoid gear numericalized manufacturing [J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2002, 14(4): 320 ~ 323. (in Chinese)
- 魏冰阳, 邓效忠, 王明琦. 弧齿锥齿轮数字化设计和集成制造[J]. 机械传动, 2003, 27(4): 32 ~ 33.  
Wei Bingyang, Deng Xiaozhong, Wang Mingqi. Digital design and integrated manufacturing of spiral bevel gear[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2003, 27(4): 32 ~ 33. (in Chinese)
- 许浩, 曾韬. 网络化螺旋锥齿轮齿面加工集成制造系统[J]. 工程图学学报, 2006, 27(2): 43 ~ 50.  
Xu Hao, Zeng Tao. Integrated manufacturing system for spiral bevel gear flank fabrication based on network technique [J]. Journal of Engineering Graphics, 2006, 27(2): 43 ~ 50. (in Chinese)
- 樊奇, 让·德福. 格里森专家制造系统(GEMS)开创弧齿锥齿轮及双曲面齿轮数字化制造新纪元[J]. 世界制造技术与装备市场, 2005(4): 87 ~ 93.  
Fan Qi, Ron D F. Gleason expert manufacturing system (GEMS) opens a new era for digitized manufacturing of spiral bevel and hypoid gears[J]. World Manufacturing Engineering & Market, 2005(4): 87 ~ 93. (in Chinese)
- Shin J H, Park S S, Ju C J, et al. CORBA-based integration framework for distributed shop floor control[J]. Computers and Industrial Engineering, 2003, 45(3): 457 ~ 474.
- Guo Yinzhang, Wang Yan, Zeng Janchao. Application integration platform for an agile manufacturing environment based on

- CORBA/agent[C]//Proceedings of the 2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Dalian, China, 2006: 169 ~ 175.
- 7 王荣桥,黎波,樊江. 面向组件的分布式零件优化设计和数据管理系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(4):789~794.  
Wang Rongqiao, Li Bo, Fan Jiang. Component-oriented distributed part optimization design and data management system[J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(4): 789 ~ 794. (in Chinese)
- 8 Zhou Binghai, Xi Lifeng, Yu Chuanmeng. DCOM and MMS-based control software architecture for automated manufacturing system [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 27(9~10): 951 ~ 959.
- 9 柴晓路,梁宇奇. Web Services 技术、架构和应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- 10 宋庭新,黄必清,邵贝恩. 集团型企业业务集成服务平台的研究与应用[J]. 计算机集成制造系统,2008,14(4): 696 ~ 703.  
Song Tingxin, Huang Biqing, Shao Beien. Integrated service platform for group enterprises [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(4): 696 ~ 703. (in Chinese)
- 11 曾韬. 螺旋锥齿轮设计与加工[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1989:90~139.
- 12 张华,邓效忠. 四轴数控螺旋锥齿轮铣齿机变学法铣齿研究[J]. 中国机械工程,2007,18(14):1652~1655.  
Zhang Hua, Deng Xiaozhong. Modified-roll method study on 4-axis CNC spiral bevel gear machine[J]. China Mechanical Engineering, 2007, 18(14): 1652 ~ 1655. (in Chinese)
- 13 李天兴,邓效忠,魏冰阳. 基于一维测头准双曲面齿轮齿面偏差的测量[J]. 中国机械工程,2007,18(8):958~961.  
Li Tianxing, Deng Xiaozhong, Wei Bingyang. Tooth surface deviation measurement of hypoid gears based on one-dimensional probe [J]. China Mechanical Engineering, 2007, 18(8): 958 ~ 961. (in Chinese)
- 14 李敬财,王太勇,范胜波,等. 基于数字化制造的螺旋锥齿轮齿面误差修正[J]. 农业机械学报,2008,39(5):174~177.  
Li Jingcai, Wang Taiyong, Fan Shengbo, et al. Error corrections of spiral bevel gear tooth surface based on digitized manufacturing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 174 ~ 177. (in Chinese)

## 中国农业机械学会会员日活动

### ——参观天津现代物理农业工程技术和设备示范基地

2010年11月17日,中国农业机械学会组织有关会员30余人赴天津西青区,参观现代物理农业工程技术和设备示范基地——杨柳青园艺科技博览园,了解现代物理农业工程技术及设备在设施农业生产中的实际应用情况。

现代物理农业工程技术是近年来我国农业科技领域引人关注的新兴发展学科,它集成了物理、机械、电子和农艺等相关学科知识,应用特定的物理方法处理农作物。实践表明,它在缩短蔬菜、水果等农作物成长时间,提高产量和质量,有效地减少农药用量,大幅度减少农药残留,有效杀灭土壤微生物和病虫害等方面,都有比较明显的效果。它是我国农业现有的完全依赖化肥、农药保障生产的化学农业向节本增效、环保绿色的“低碳”农业转变的一种有效途径。目前,天津、大连等地的农机研发和推广部门作了较多有益的尝试,取得了不少经验。

在天津市农机推广站工程技术人员的介绍下,会员们实地了解了植物声频助长仪、等离子体种子处理机、电子杀虫灯、二氧化碳增施设备和空间电场防病促生设备,以及磁化水、功能水、土壤连作障碍电处理等技术的实际应用情况,对现代物理农业工程技术和设备有了感性认识,探讨了该项技术的应用前景。

此次参观活动是中国农业机械学会在2010年组织开展的系列会员日活动,旨在促进科学技术的普及和推广,加强学术技术交流、促进科技人才的快速成长。