

数控弯管成形工艺管理系统设计与开发

吴成宝, 杨合, 薛艳丽

(西北工业大学材料学院, 西安 710072)

摘要: 在数控弯管工艺的理论研究、模拟研究和实验研究的基础上, 结合实际生产的经验和需求, 设计与开发了数控弯管成形工艺管理系统。该系统实现了数控弯管成形过程工艺数据的有效管理和共享, 为实现数控弯管精确成形过程的数字化、工艺自动化作了准备。

关键词: 数控弯管成形; 工艺管理系统; 工艺自动化

中图分类号: TG386; TP311.132.4 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2010)01-0046-06

Design and Development of a NC Tube Process Information Management System

WU Cheng-bao, YANG He, XUE Yan-li

(School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: The NC tube bending formation is a complicated process, needing kinds of moulds cooperation and unisonous action. The efficient management and share of its forming data forms an important foundation for achieving its precise formation digitization and process automation. Based on the results of the process' theoretical study, simulative study, experimental study and considering the experience and demand of practical production, a NC tube process information management system has been studied and developed. The system achieves efficient management and share of the NC tube bending process formation data, and prepares for its digitization and process automation.

Key words: NC tube bending; process management system; process automation

数控弯管精确成形技术不仅可以实现弯管的精确成形和生产过程的自动化, 而且满足了对管件弯曲高精度、高性能、高效率 and 数字化的加工要求, 因此在航空航天等高科技领域, 数控弯管弯曲技术已逐步代替了传统的弯管工艺, 占据了重要地位。目前, 计算机数值模拟结合理论、实验研究的方法在数控弯管弯曲精确成形的研究中得到了很大程度的发展^[1]。研究工作者在理论、实验和模拟研究过程中, 积累了丰富的科学数据和资料, 以及大量的经验知识。通过建立合理的数据模型, 应用工程数据库

存储这些数据知识, 再结合前台界面对其进行可视化的管理, 实现模型和信息的共享, 是实现数控弯管精确成形制造数字化的重要课题^[2]。国内外一些学者对此进行了一定程度的尝试。

美国学者 Huazhou Lou^[3-4] 等通过建立管成形过程回弹历史数据库的方式来优化工艺方案。但管件成形过程中产生的缺陷不只是回弹, 还会发生失稳起皱, 拉裂等缺陷, 这些都是要获得高质量弯管件所必须考虑的。

李振强^[5] 通过分析导管数控弯曲成形过程, 设

收稿日期: 2009-12-18

作者简介: 吴成宝(1985-), 男, 安徽巢湖人, 硕士研究生, 主要研究方向为先进塑性成形技术。

设计了数控弯管工艺数据库。在深入分析导管数控弯管中芯棒,防皱模选用规则及模具借用原则的基础上,设计、开发了导管数控弯管模具管理系统。该系统能快速实现模具的借用及查找、模具管理、审批管理和个人信息管理,提高了模具使用效率。该系统没有涉及到弯管过程中的调模知识、缺陷知识、成形规律和优化工艺参数内容,不能对弯管整个过程进行有效的指导。

文中采用基于 Oracle9i 数据库技术开发了数控弯管成形工艺管理系统,存储工艺、模具、机床、知识库模块等基本信息,利用开发的前台界面和数据库管理系统统一管理各模块的功能。

1 系统设计目标和性能需求

由于数控弯管精确成形技术具有高效、精确及可满足对产品轻量化、强韧化需求的优势,因而广泛应用于航空、航天和汽车等高科技领域,也是管弯曲技术向先进塑性加工技术发展的必然趋势。但是数控弯管成形是一种需要复杂专家知识和经验支持的精确塑性成形过程。实际生产中针对不同规格、材料的弯管件需要进行大量的前期试验和反复调模过程,耗时耗力。目前在该领域存在的问题是:专家知识缺乏系统的归纳和整理,知识和经验的重用和共享性差,产品设计时需花费较多的时间搜索和查阅书本知识。本系统的设计目标就是将数控弯管加工中的成熟的工艺参数、经归纳整理的专家知识和经验以及各种型号的导管、模具、机床的基本信息存入数据库进行有效的管理,实现知识和信息的共享,实现生产的自动化和智能化,缩短产品的研制和生产周期。

根据企业的实际情况,系统应该具备以下性能。

- 1) 并行性。系统需支持大量的并行操作。
- 2) 安全性。企业内部资料需要得到安全保护,数据传输要保证安全性。
- 3) 实时性。系统要求数据的输入、修改、删除能立即反映到数据库中。
- 4) Intranet 访问性。系统需要提供 Intranet 访问,以便实现知识和信息的共享。
- 5) 权限管理。实现了不同权限用户对数据库进行操作的权限控制和管理。

2 系统的总体框架

在进行系统的总体框架结构设计过程中,首先必须考虑的两个方面:第一,确定软件系统的主体功能,包括对存在记录弯管的优化成形参数实现有效管理,对不存在记录的弯管,则应用预成形功能获取优化的成形参数,并通过创建知识库存储缺陷规则、成形规律、成形结果、调模步骤等经验参数和知识,完成数控弯管成形过程的调模指导、缺陷分析等功能;第二,考虑系统本身的软件结构,即设计系统内部各模块之间的数据流。基于这两个方面的总体考虑,设计系统的整体结构如图1所示。

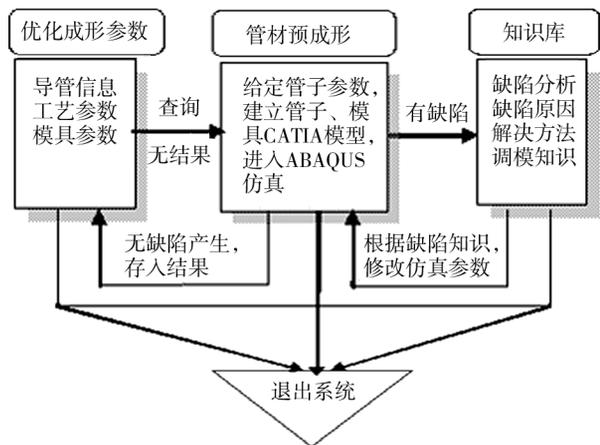


图1 系统的总体结构

Fig. 1 Structure of the system

3 系统功能的开发

3.1 关键技术

3.1.1 数据库的动态连接

系统是基于 Oracle 数据库的应用软件,为实现客户端对服务器数据库数据的访问就需要实现客户端与服务器的连接,Oracle 数据库的连接需要 4 个参数项:数据库服务器的 IP 地址、数据库名称、登录数据库用户名和密码。有些应用软件把这些参数以固定的形式写在数据库连接字符串中,一旦用户的使用环境发生了变化(如服务器的 IP 地址发生改变),应用软件就会因无法与数据库连接而无法正常运行。为使应用程序具有灵活的配置方法,可以

把数据库连接字符串中的参数放在一个配置文件中。数据库动态连接配置文件是一种特殊的 ASCII 文件,以 ".INI" 作为文件扩展名,也被称做配置文件或概要文件。配置文件的格式如下所示:

```
server = 192.168.0.78;
Data Source = oramylink;
user ID = user;
Password = qwweqe;
```

当软件首次启动或配置文件损坏时,由于无法进行正常的数据库连接注册,系统弹出数据库服务器注册窗体,如图 2 所示。

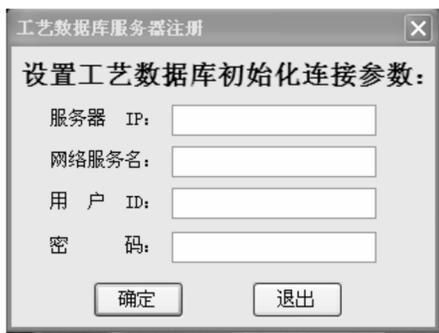


图 2 数据库注册界面

Fig. 2 Database login interface

此时,根据窗体中输入的参数创建包含数据库连接参数的配置文件。接着通过读取配置文件中的数据库连接参数创建连接字符串,调用 OracleConnection 对象实现数据库的连接。在 C# 中,对配置文件的读写是通过 API 函数完成的。

3.1.2 BLOB 文件处理技术

BLOB 全称为 Binary Large Objects,即大型的二进制对象。将 BLOB 数据直接存入数据库表中的某一个字段中,这种方式适用于 BLOB 数据不是非常巨大,而且对 BLOB 数据的安全性要求比较高的情况。存储 BLOB 数据到数据库的基本原理,如图 3 所示。

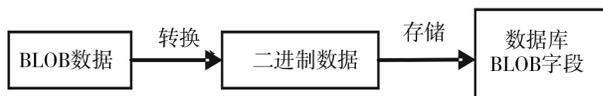


图 3 BLOB 类型数据的存储原理

Fig. 3 The BLOB type data storage principle

只要将 BLOB 数据转换为二进制数据即可存储到数据库的 BLOB 字段中,而文件在计算机的内部就是以二进制表示的,因此,任何类型的文件都可以转换为二进制数据存储在数据库中。读取数据库中 BLOB 数据的过程为存储过程的逆过程,将二进制数据还原为原来的文件类型即可。

系统的知识库中包含许多图片,图片使得知识库中知识的表现形式更加丰富,能够更清楚、更直观地说明问题。例如成形规律中的各种规律均以曲线图的形式表示,缺陷规则中各种弯管缺陷均附有相应的图片加以说明。除了图片,知识库中还要存储 Word 形式的有限元仿真报告。另外,CATIA 模型文件是系统中另一种 BLOB 数据。导管和模具的 CATIA 模型文件可以直观、准确地反映导管和模具的几何信息,也可以作为 Abaqus 有限元仿真软件的输入文件。因此研究和实现图片、Word 文件、CATIA 模型文件等 BLOB 类文件的存取是系统开发的一个关键技术。

1) BLOB 类文件的存储。首先选定要存储的 BLOB 类文件,将该文件以二进制流的形式打开并读出,读出的文件内容保存到一个字节类型的数组中;然后连接数据库,执行 SQL 命令把字节数组的值即该 BLOB 类文件的内容保存到 Oracle 数据库中。如图 4 所示。

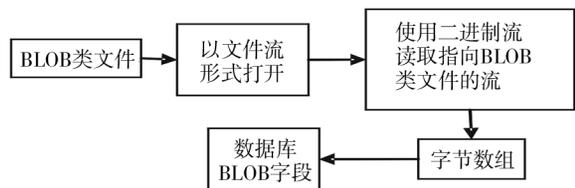


图 4 BLOB 类型数据的存储过程

Fig. 4 Storage of the BLOB type data

2) BLOB 类文件的读取。首先连接数据库,执行 SQL 命令,从 Oracle 数据库中读出 BLOB 字段的值,定义一个字节数组用来存放从数据库 BLOB 字段读出的值;再定义一个内存流变量,把字节数组的值写入到内存流变量中;最后把内存流变量的值以指定的文件格式写入本地磁盘中,通过相应的应用程序打开此文件。如图 5 所示。

3.2 系统的功能模块

系统功能模块的设计划分,既要符合软件工程

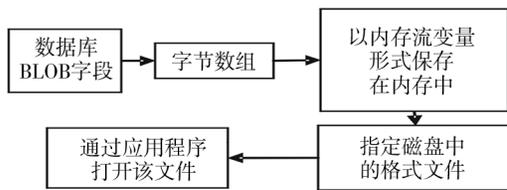


图5 BLOB 类型数据的读取过程
Fig.5 Reading of the BLOB type data

学方法,又要和数控弯管的专业知识相结合,达到系统的最终目标。模块划分时应尽量降低模块之间的耦合度,增加每个模块的内集性。因此,根据系统的功能需求、总体结构框架,把数控弯管成形工艺管理系统主要划分为工艺、模具、机床、知识库、系统管理、帮助模块,如图6所示。

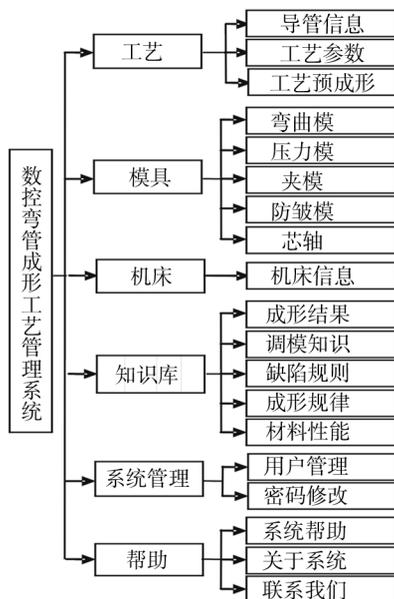


图6 系统的功能模块
Fig.6 Function modules of the system

文中在系统的功能模块结构划分基础上开发设计了系统的主界面,如图7所示。系统的主界面主要由菜单栏、导航栏和状态栏等3部分构成,导航栏部分反映了系统的模块结构。

3.2.1 工艺模块

工艺模块设计目标:为工艺人员提供一个方便快捷的导管信息和对应的优化工艺成形参数的查询模块,从而快速高效的设计该型号的导管的弯曲成形的工艺方案;对系统中不存在型号的导管和工艺参数,调用工艺预成形模块的有限元仿真功能,应用



图7 系统的主界面

Fig.7 The system main interface

导管信息模块中的导管 CATIA 模型和模具模块中对应模具的 CATIA 模型来进行有限元仿真获取优化工艺参数,结合实验验证,将最终的优化参数存入工艺参数模块。根据上述设计目的设计工艺模块的结构关系如图8所示。

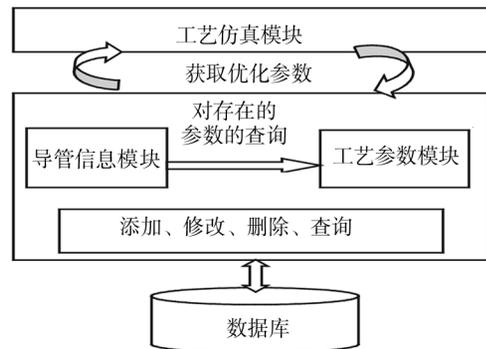


图8 工艺模块的结构

Fig.8 Structure of the process module

1) 导管信息模块。主要实现对样管信息的添加、修改、删除和搜索查询功能。导管信息中含有导管编号、导管名称、产品图号、所属机型、批架次、外径、壁厚、有限元仿真结果(Word 文件)、CATIA 模型(CATIA 文件)、录入者、录入时间信息(其中有限元仿真结果和 CATIA 模型分别以 BLOB 格式存储在数据库中)。界面具体设计如图9所示。

2) 工艺参数模块。该模块主要实现对优化的导管成形工艺参数的添加、修改、删除和查询等功能。其中工艺参数包含产品图号、所属机型、批架次(与导管信息中的产品图号、所属机型、批架次对



图9 导管信息界面

Fig.9 Tube message interface

应) 模具号、弯曲角度、弯曲模转速、助推速度、顶推速度、夹紧力压、压块力、芯轴伸出量、球头个数、是否分段抽芯、录入者和录入时间等基本信息。

3) 工艺预成形。针对系统中查询不到的管件及工艺参数记录,利用有限元仿真软件进行弯管的模拟仿真,获取优化的工艺参数,通过实验验证后存入系统,用于指导实际生产。

3.2.2 模具模块和机床模块

该模块主要用来存储和管理弯管成形过程中需要的各种模具和机床的基本参数,以备有限元模拟仿真和实验室试验以及实际生产查询使用。

3.2.3 知识库模块

知识库模块的主要设计思想和目标:为工艺设计人员提供一个高度集成化的、易于掌握和使用的软件系统,使其可以在计算机辅助技术的帮助下,对工艺知识进行有效管理;从而尽可能地减少工艺设计时间,减轻工艺人员的工作量,提高工艺设计效率。根据上述知识库设计思想和目标,设计知识库结构框架如图10所示。

1) 成形结果。成形结果属于事实性知识。把以往导管加工的结果以及一些实验数据存放到成形结果中,便于以后查询参考。成形结果的内容包括:壁厚减薄率、截面畸变率、回弹角、有限元仿真结果等。其中有限元仿真结果 Abaqus 后处理程序生成的 Word 文档。

2) 调模知识。弯管成形受到弯曲模、夹块、压块、防皱块、芯模等模具的共同协调作用,因此,各模

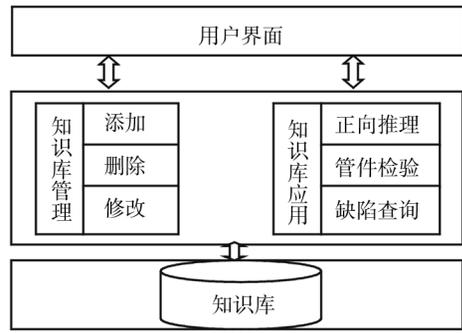


图10 知识库的结构

Fig.10 Structure of knowledge base

具安装调试正确与否直接影响到管件弯曲的成形质量。笔者在大量实践基础上总结了一套简单而有效的调模方案。调模知识部分就是以该调模方案为基础,分固定弯曲模、初步安装夹紧块与压块、安装芯棒、安装防皱块、调整压块的高低位置、调整夹紧块的高低位置、调整芯棒伸出量、调整夹紧力与压紧力等8个步骤指导生产过程中的模具安装,提高模具安装的效率。模具安装完成之后进行试弯,并可对管件的试弯结果进行检验,界面设计如图11所示。



图11 调模知识界面

Fig.11 Invoking die interface

3) 缺陷规则。管材数控弯曲成形过程中经常会出现内侧壁失稳起皱、外侧壁厚过度减薄或拉裂、横截面严重畸变、夹痕、划伤等质量缺陷。缺陷规则部分存储的是这些缺陷的表现形式(图片)、理论解释、产生的原因以及解决办法,知识表示采用产生式规则,即 if(…)then(…)条件-结果的形式。

4) 成形规律。成形规律部分存储的是通过有限元模拟和实验获得的各种成形参数对弯管成形质量的影响规律。这些规律以曲线图的形式表示,并

配以详细的解释和说明。曲线图以图片格式,文字以文本数据形式统一存储于知识库中。

5) 材料性能。准确的材料性能参数是数控弯管工艺的基础数据,也是成形过程仿真模拟的输入参数之一,因此在材料性能部分将会存储常用材料的各项性能参数,如密度、屈服强度、延伸率、泊松比等,提供查询、修改、添加等数据维护功能,为工艺过程的设计以及仿真提供数据基础和支持。

3.2.4 系统管理模块和帮助模块

系统管理包括用户管理和密码修改,其中用户管理是对系统登陆用户的信息和权限的管理;密码修改用于系统登陆用户修改登陆密码;帮助模块提供了系统的相关帮助信息。

4 结语

在分析数控弯管成形工艺管理系统的设计目标和性能需求基础上,合理设计了系统的总体结构,并结合系统的功能实现设计了数据库表结构和表间关系,并对系统的功能模块进行了科学合理划分。基于 Visual Studio. NET 平台,开发了友好的用户界面,基于 ADO. NET 技术平台,应用动态配置文件,解决了用户界面与后台 Oracle 数据库的动态连接技术,并实现了数据库的添加、修改、删除和模糊查询等功能。研究了数据库 Blob 类型文件(图片、CATIA 模型文件、Word 文档文件)的读写技术,解决和实现了系统的工艺模块、模具模块和知识库模块中的导管和模具的 CATIA 模型文件,Word 仿真报

告文件以及图片存储和读取功能。

数控弯管过程是一个复杂的工艺过程,受到诸多因素的影响。运用文中开发的软件系统可以对数控弯管过程中的各项数据进行有效的管理,初步实现数控弯管工艺设计,实际生产的自动化和智能化。

参考文献:

- [1] 杨合,林艳,孙志超. 面向 21 世纪的先进塑性加工技术与管成形研究发展[J]. 塑性工程学报, 2001, 8(2):86-88.
- [2] 柳百成,沈厚发. 21 世纪的材料成形加工技术与科学[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [3] LOU Hua-zhou, KIM A Stelson. Three-dimensional Tube Geometry Control for Rotary Draw Tube Bending, Part 1: Bend Angle and Overall Tube Geometry Control [J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2001, 123: 258-265.
- [4] LOU Hua-zhou, KIM A Stelson. Three-dimensional Tube Geometry Control for Rotary Draw Tube Bending, Part 2: Statistical Tube Tolerance Analysis and Adaptive Bend Correction[J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2001, 123:266-271.
- [5] 李振强,王永军,王俊彪,等. 数控弯管工艺知识库研究[J]. 机械设计与制造, 2007(8):85-87.

(上接第 37 页)

- [23] 华林,刘艳雄,兰箭,等. 燃料电池金属双极板成形模具及成形方法:中国, 200910061252. 4[P]. 2009-08-12.
- [24] YOKOYAMA M, YAMAURA S, KIMURA H, et al. Production of Metallic Glassy Bipolar Plates for PEM Fuel Cells by Hot Pressing in the Supercooled Liquid State [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2008, 33

(20):5678-5685.

- [25] LEE S J, LEE C Y, YANG K T, et al. Simulation and Fabrication of Micro-scaled Flow Channels for Metallic Bipolar Plates by the Electrochemical Micro-machining Process[J]. Journal of Power Sources, 2008, 185(2): 1115-1121.