

面向大批量定制的 NC 加工智能化设计^{*}

崔 剑¹, 缪金迪², 郑克勤³

(1. 杭州电子科技大学 管理学院, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江金之路信息科技有限公司, 浙江 杭州 310007;
3. 杭州汽轮机股份有限公司, 浙江 杭州 310022)

摘要:为了更好的支持面向大批量定制技术的 NC 程序设计,在专家工艺知识和前期零件加工工艺路线的基础上,使用 Visual Lisp 语言编制了 NC 智能化设计系统。采用事物特性表技术,从产品数据管理(PDM)系统的主图中派生出 CAD 工程图,并通过调用接口进入系统界面。重点分析了 NC 智能设计的模块化思想,以及运用数据数组使系统智能识别加工零件的基本特征,并通过切削运行轨迹的动态仿真过程得到了 NC 程序代码,以支持产品大批量定制的 NC 加工智能化设计。最后,应用 T6436 汽轮机转子通流段实例进行了原理验证。研究结果表明:NC 加工智能化设计为大批量定制技术奠定了基础。

关键词:大批量定制;产品数据管理;事物特性表;数控

中图分类号:TH166

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)05-0111-04

Intelligentized design of NC process for mass customization

CUI Jian¹, MIU Jin-di², ZHENG Ke-qin³

(1. School of Management, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310027, China;
2. Zhejiang JIN zhi-lu Information Science Co. Ltd., Hangzhou 310007, China;
3. Hangzhou Steam Turbine & Power Group Co. Ltd., Hangzhou 310022, China)

Abstract: In order to better support design for mass customization, on the basis of the summarizing the expert-craft knowledge and the former craft line of processed part, the intelligentized design system of numerical control (NC) was programmed through Visual Lisp language. On the basis of the layouts of article characteristics, the CAD engineering draft was derived from the main draft in product data management (PDM) system. Then, it was put the system interface through transferring interface. Especially, the module idea of the NC intelligentized design was analyzed. And the basis characteristics of the processed part were distinguished by the system through applying the data group, the NC code was obtained through the dynamic emulation of the operating cutting track. The T6436 rotor circulating part was exemplified to validate the principle. The results indicate that the intelligentized design of NC process lays the foundation for the MC technology.

Key words: mass customization; product data management (PDM); layouts of article characteristics; numerical control (NC) program

0 引 言

随着市场竞争的加剧和计算机技术在现代工业中的广泛应用,传统的制造业正面临着一场极其深刻的变革。为了改变大批量生产方式对市场变化的不适应性,解决传统定制生产中高成本、长交货期等问题,一种全新的生产模式—大批量定制应运而生。大批量定制是一种集企业、客户、供应商、环境等于一体,在系统思想指导下,用整体优化的观点,充分利用企业已有的

各种资源,根据客户的个性化需求,以大批量生产的低成本、高质量和高效率提供定制产品和服务的生产方式^[1]。

面向大批量定制的数控加工技术是实现大批量定制生产的关键要素。数控加工是按照程序自动加工零部件,具有较高的柔性和灵活性。然而手工编程或用商品化 NC 软件的图形交互式编程方法已很难适应这种生产节奏。本研究在 CAD 和 PDM 系统集成基础上,使用 Visual Lisp 语言开发产品的 NC 加工智能编

收稿日期:2009-08-28

基金项目:浙江省哲学社会科学基金重点课题资助项目(08CGGL003Z)

作者简介:崔 剑(1979-),女,辽宁锦州人,博士,主要从事企业信息化、信息化建模、客户需求等方面的研究。E-mail: cui_jian11223@126.com

程软件,以实现大批量定制产品的 NC 程序设计。

1 基于事物特性表的 CAD/PDM 系统集成

在异构环境下,由于各企业、部门、个人所使用的计算机软件平台不同,则产生的信息格式及其存放介质也不一样,从而给设计工作的信息交流带来了许多的不利。因此,通过事物特性表(SML)从 PDM 系统的主图中派生出 CAD 工程图的接口功能,实现 PDM 系统与 CAD 系统的紧密集成,使用户在异构环境下、在正确的时间、正确的地点找到正确的数据和信息,为大批量定制 NC 程序设计提供信息集成平台^[2-3]。

PDM 是对产品全生命周期数据和过程进行有效管理的方法和技术,解决了企业信息化孤岛问题^[4]。在面向大批量定制 NC 程序设计过程中,通过事物特性表,PDM 系统从主图中派生出 CAD 工程图,如图 1 所示。

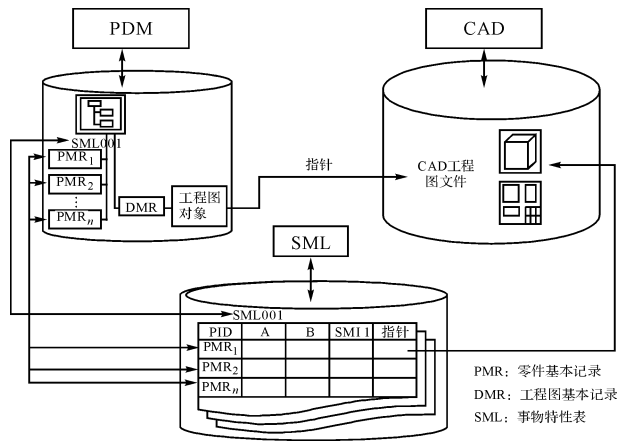


图 1 CAD/SML/PDM 系统集成数据结构

事物特性表定义了从对象组中表征和区分某个对象的决定性特性,表征产品(部件,零件)的功能、几何、制造等的信息集合,使产品的特性数据都能方便的在不同的系统之间进行交换。在产品的不同层次上,事物特性表描述不同的内容。如在零件层次上,它描述了零件的几何特性、工艺特性、材料特性和工程图明细标注。在装配层次上,它描述了哪些对象参与装配以及各对象的基准定位点。

在 PDM 系统中,建立零件基本记录(Part Master Record,PMR)对象和工程图基本记录(Draft Master Record,DMR)对象。PMR 对象是一种描述产品开发过程中零部件基本管理特性的数据记录。DMR 对象则描述了与工程图有关的信息^[5]。PMR 与 DMR 的数据记录充分体现在事物特性表中。PDM 系统中 PMR

和 DMR 对象的 ID 号与事物特性表中对应的 ID 号保持一致,同时,事物特性表与 CAD 系统之间也存在着一致性的数据集成。在事物特性表中存储了 CAD 系统中相应零件的工程图指针地址,通过指针驱动可以方便、快捷地找到 CAD 系统中的模型文档和工程图文档。在智能化系统中进行 NC 程序设计后,再利用该零件的识别号将 NC 程序注册到 PDM 系统中,实现系统间的相互调用。这种设计数据在过程管理中的一致性充分体现了两种系统之间的紧密集成。

2 NC 智能化加工的系统结构

本研究提出的 NC 智能化编程技术采用 Visual Lisp 语言。Visual Lisp 语言是适合于编写图形应用程序的强大高级语言,并能开发各种软件包。作为 NC 开发工具,Visual Lisp 提供了一个完整的集成开发环境,包括文件编译器、调试器、屏幕参数化的演变与仿真等。整个智能化 NC 加工程序是以汽轮机转子为研究对象,将设计思想与编程语言结合起来,使计算机智能化地完成加工转子的形体分析、刀具选择、加工工艺路线的设置、切削用量分配、切削运行轨迹的动态仿真过程、后置转换、刀调卡生成等。这种可视性强、智能化高、实用、高效的编程设计更适合于大批量定制零件的 NC 程序加工,给用户提供了极大地方便,同时也提高了自定义的效率。

2.1 NC 智能化编程关键技术

2.1.1 NC 智能化编程逻辑设计

NC 程序智能化编制思想是在前期加工零件工艺路线、识别零件加工基本特征、总结专家工艺知识的基础上建立起来的。在 CAD 系统中调出工程图,经过刀具走刀后确定每条线两个节点数据组,以此智能地判断加工零件各部位的几何形状关系。在工艺路线基准原则下,结合专家经验,按照最佳的工艺路线分析零件图纸,确定零件的安装方法和夹具选择,保证加工程序必须满足最短路径原则。零件 NC 智能化加工工艺路线参照表如表 1 所示。用 Visual Lisp 编程时,根据优先原则,运用条件语句编制工艺路线程序。

2.1.2 NC 智能编程模块化思想

在 NC 智能化编程实施过程中,本研究采用模块化工作思想。系统具有很高的灵活性与适应性,一旦开启即立即进入自动编程模块^[6]。在整个编程系统中,包括以下几大模块:数据文件设计和数据调用接口模块、加工模块、刀具轨迹动态演示、检测与验证模块、系统维护与修改模块。

表 1 NC 智能加工工艺路线参照表

组织	加工线分类	路线设计与实施
外形加工	凹槽加工线	按回转体外形轮廓母线生成数据数组
	左右轮廓加工线	按单向台阶走势识别最高轴段划分左右轮廓线
	左右端面加工线	自外向内端切,记录并生成端面数据数组
	加工切削线	首尾处做切入、切出线,按偏余量、圆弧移量生成数组
	刀具轨迹线	按专家工艺顺序,选择刀具。优化空走刀轨迹
内槽加工	无结构尺寸影响	尖头刀粗车两肩高沉槽,左右内倒角加工
	有结构尺寸影响	先加工与刀宽相同槽,后按最短路径加工
	常规加工	采用不同型槽数组顺序加工,按槽宽选刀
	变异加工	先选择较小槽型加工,换刀后组织加工槽序

(1) 数据文件设计和数据调用接口模块。

该系统以 PDM/SML/CAD 系统集成平台,通过建立文件或数据调用接口,将 CAD 系统中的零件工程图输入到程序编制窗口,以进行定制零件的 NC 设计。

(2) 加工模块。

该模块功能强,包括所有与加工零件工艺过程有关的组织生成:外形加工数据生成,内形加工数据生成,后置程序设计,以及刀调卡的生成。

(3) 刀具轨迹动态演示模块。

刀具轨迹动态演示模块使刀具轨迹的生成和运动过程清晰、可视,而且解决了刀具切削的干涉检查等问题,同时还提供了模块化的编程手段,可以按照所需要的程序段号进行跟踪。

(4) 检测与验证模块。

检测与验证零件节点数据文件中数据输入的正确性;验证所获取的轮廓分段数据并修整一些切削参数;检测加工槽型号;采用图形仿真的方法来检查加工过程。

(5) 系统维护与修改模块。

直接对系统参数进行修改的功能模块,为产品大批量定制的配置设计和变型设计提供了模板,很大程度上提高了产品的设计质量和效率。当零件结构有特别变化或机床安排有所改动时,这些变化不是通过在程序内部设置参数修改来实现的,而是通过修改外接系统文件中的有关参数来响应的。为了使参数文件中参数修改操作更方便、灵活、准确,本研究分类设计了参数修改对话界面并配有合适的图形提示,使参数修改操作顺利实现。轮廓加工各工序转速与走刀参数修

改对话框如图 2 所示。

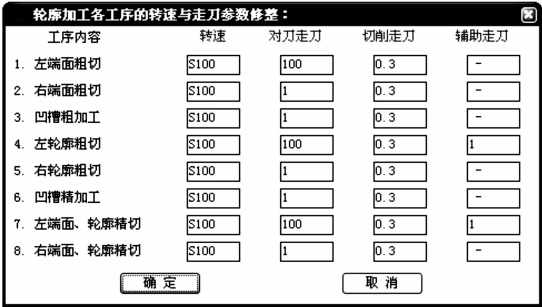


图 2 轮廓加工各工序转速与走刀参数修改对话框

2.2 零件 NC 编制程序实施设计

NC 智能化具体编程设计过程如下:

(1) 在 PDM 数据文档管理中,调出事物特性表,通过零件几何关系确认找到该零件所处的表行。在 PDM 与 CAD 系统集成基础上,通过事物特性表中的零件工程图选项指针,调用 CAD 系统中的零件工程图。

(2) 进入 NC 智能化编程系统,开启工程图调用接口,插入所要设计的零件工程图,拾取点坐标,得到每一段曲线的数据数组,以智能识别几何形状。

(3) 选择适宜的刀具及加工参数(如:进给量、主轴转速、冷却液的开关、刀具的自动转换及电加工机床的放电参数等)和相应的几何元素(点、线、槽等),对加工零件进行动态轨迹跟踪,得到 NC 程序。

(4) 检测并验证 NC 程序。检查工件轮廓、加工方向及刀具偏移量等要素是否正确,对误差进行及时修改。

(5) 输出定制的 NC 程序,选择相应的后置处理器对加工程序进行后置处理,形成机床可以识别的 NC 代码,对零件进行加工。

需要特别指出的是在 PDM 数据管理平台支持下,通过改变事物特性表中主要零部件的几何特性参数和功能特性参数,与 CAD 系统的零件的工程图建立联系,通过 NC 智能化编程系统自动生成零件数据代码,对面向大批量定制的变型设计提供很好的技术支持^[7-8]。同时,也可以通过修改外接系统文件中的有关参数(如图 3 所示图框中数字)得到相应零件族的变型设计。

3 NC 智能化编程具体实施过程

转子是汽轮机的核心部件,是设计的重心。它由 5 部分组成:前轴段、前汽封段轴段、通流部分轴段、后汽封段、后轴段。其中,前轴段、前汽封段轴段、后汽封段、后轴段被设计成标准的模块。通流部分轴段的数

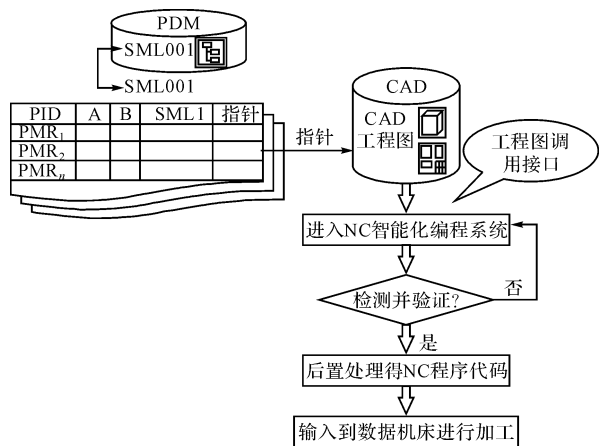


图 3 NC 智能化设计流程图

据则需要根据客户规定的进汽、排汽或抽汽参数进行一系列计算后得出。因此,通流段的转子 NC 设计适合于大批量定制的设计思想。本研究以 T6436 型号的汽轮机转子通流段为实例,对系统化的 NC 智能编程设计进行原理验证。

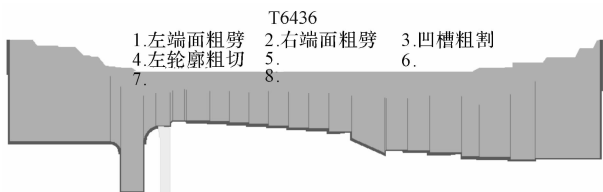


图 4 T6436 通流段转子轮廓切削轨迹动态仿真

(T6436 转子通流段外型 NC 加工)
9-8765-4341-01

```

N1 T11 D01      M43 M15
N2 G90 G94      M21
N3 G00 X462.000 Z6.000
N4              X355.000
N5 G01          Z4.000 F100
N6              G00 X305.000
N7              M00
( Note: Z-value = 2.0MM )
N8 G95          S100 M03 M23
N9              G04 X0.5
N10 G01         Z5.000
N11             G00 X462.000

```

(粗磨左端面各面)

```

N12 G00        Z2.800
N13            X350.600
N14 G01        Z0.300 F0.3
N15            X314.600
N16            Z3.300
N17            G00 X370.400
N18            Z          -625.900
N19            X255.600
N20 G01        Z          -628.400 F0.3

```

图 5 T6436 通流段转子轮廓 NC 代码

首先根据零件的分类号在 PDM 文档管理模块中找到相应零件的 RMR 和主图,根据 ID 号一致的特点,对事物特性表进行查询,调出该零件的事物特性表,引用事物特性表该行中的指针,并通过数据交换文件传输到 CAD 系统中,利用 CAD/PDM/SML 集成平台,快速预览

并调出 CAD 系统中的工程图(如图 3 所示)。在 NC 智能化编程系统中,本研究通过刀具轨迹得到数据组来判断零件的几何结构,经由切削运行轨迹的动态仿真过程(如图 4 所示),得到 T6436 转子通流段的 NC 加工代码(如图 5 所示)。NC 程序设计界面如图 6 所示。

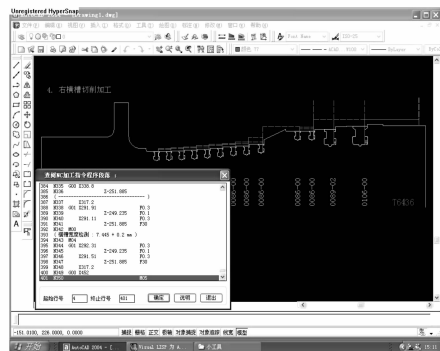


图 6 NC 程序设计运行界面

4 结束语

大批量定制技术离不开信息化技术的支持。在 CAD 系统与 PDM 系统集成基础上,本研究采用 NC 智能化编制技术设计出适合于批量定制的零件程序。鉴于 NC 智能化技术的参数化模块功能,将事物特性表参数表与智能化参数表模块相对应,对大批量定制的变型产品 NC 程序做了进一步的研究。研究表明,在大批量定制技术上,应用 NC 智能化技术提高了产品定制设计的灵活性和有效性,突出了定制的智能化设计思想。接下来的研究工作是将 NC 设计程序应用到大批量定制的数据管理中,通过大批量生产系统中不同应用软件的接口,将 NC 设计后的数据传输到大批量定制生产系统各阶段,拓展 NC 流程的生产领域,提高大批量定制的生产效率。

参考文献(References):

- [1] 祁国宁,顾新建,谭建荣,等. 大批量定制技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [2] 祁国宁,顾新建,韩永生,等. 图解产品数据管理[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 郑克勤. 转子 NC 加工智能编程设计说明书[M]. 杭州汽轮机厂,1998.
- [4] 苏少辉,祁国宁,顾巧祥,等. 面向大批量定制设计的 CAD 系统与 PDM 系统的集成研究[J]. 计算机集成制造系统,2008,11(6):799-804.
- [5] 毕承恩,丁乃建. 现代数控机床[M]. 北京:机械工业出版社,1991.
- [6] 刘战强,钱峰. 基于成组技术的 CNC 参数化编程技术[J]. 山东大学学报,2002,10(2):132-139.
- [7] 蒋平. 面向大规模定制的产品设计方法和实现技术研究[R]. 中国科学院软件研究所,1999.
- [8] TOMOMITSU N. Numerical control unit[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 10(2):1124-1139.

[编辑:柴福莉]