

学校编码: 10384

分类号____密级____

学号: 18220051301720

UDC____

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

**基于 ServoWorks 全软件数控系统及
其在雕铣机上的应用研究**

**ServoWorks-based Full Soft CNC System and It's
Application On Carving and Milling Machine**

指导教师姓名: 陈永明 副教授

专 业 名 称: 精密仪器及机械

论文提交日期: 2008 年 05 月

论文答辩时间: 2008 年 05 月

学位授予日期: 2008 年 07 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2008 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘要

随着制造技术正向高速度、高精度、柔性化、智能化和集成化方向发展，传统的数控系统已经很难满足终端用户进行二次开发的需求，因此开放式数控系统已成为当今数控技术研究的热点。

全软件数控系统是一种新型的开放式数控系统，它用一台 PC 机实现包括译码、插补、位置控制等功能在内的所有数控功能，使数控系统的结构大大简化，是开放式数控系统中的发展方向之一。

本课题的目的是开发一套基于 ServoWorks 的全软件雕铣数控系统。在对 ServoWorks CNC 数控系统软件结构和硬件结构进行深入研究后，确定了基于 ServoWorks 全软件雕铣机系统的总体结构方案。该方案分系统硬件结构和系统软件结构两部分进行实现。

在硬件结构上，系统以 VersioBus™ 光纤数字网络平台+PC 机作为硬件平台。这样构成的系统硬件体系结构具有开放性、模块化、传输快、抗干扰强和运行精度有保证。

在软件结构上，基于 Windows XP 操作系统和 ServoWorks CNC 内核，根据雕铣机的功能要求，采用 Visual Basic 6.0 以及 ServoWorks SDK 软件包进行二次开发，编写了数控雕铣机人机交互界面程序，实现了初始化通讯模块、运动操作模块、参数设置模块、状态显示模块等几个典型模块。

通过对雕铣机常见三种结构方案的对比，确定了立式雕铣机结构。对立式雕铣机整体机构进行设计，并提供总体结构图和设计说明。

关键词：全软件数控系统； ServoWorks； 雕铣机

ABSTRACT

The manufacturing technology is developing with high speed, high accuracy, flexibility and integration at present, but traditional numerical control system is already very difficult to meet the end user's need of secondary development. So Open architecture numerical control system is research hotspot of NC technology now.

Full software CNC is a new-style CNC, which can realize all functions of CNC including decoding, interpolation and position control. Then it makes the configuration predigested and is the most important part of research work of Open architecture numerical control system.

In this paper, Full software Carving and Milling CNC is designed, which is based in ServoWorks. After analysis the software and hardware architecture of ServoWorks CNC, ServoWorks-based system general schema is assumed. The schema has been divided into two sections to build the hardware architecture and the software architecture.

In system hardware architecture. Based on VersioBus™ fiber-optic digital servo network platform associated with General Motor's PC machine, which fully embodied the Open architecture, the characters of multi-module and anti-jamming.

In system software architecture. Which based on window XP and ServoWork CNC kernel. According to the requirement of Carving and Milling function adopt Visual Basic 6.0 and SDK (ServoWorks Development Kit) to secondary develop. we wrote the program of man-machine interaction interface which is consisted of initialization communication interface, movement operation interface, parameter communication interface, status messages interface and so on.

After comparing the normal three structure of carving and milling. Confirming the structure of the perpendicularity and the main body of machine concretely, and supplying the blueprint and the instruction.

Key word: full software CNC, ServoWorks, Carving and Milling machine.

目 录

第一章 绪论	1
§1.1 数控技术及其发展现状	1
§1.2 开放式数控系统.....	2
§1.2.1 开放式数控系统的概念及特点	2
§1.2.2 基于 PC 机的开放式数控系统分类	3
§1.2.3 国内外开放式数控系统的发展状况	5
§1.3 课题的背景及意义.....	6
§1.4 本论文研究的主要内容	6
第二章 ServoWorks 全软件数控系统	8
§2.1 ServoWorks 概述	8
§2.2 ServoWorks 数控系统的软件平台	9
§2.2.1 Windows 2000/XP/XPe 操作系统.....	10
§2.2.2 Ardence 实时扩展软件-RTX.....	10
§2.2.3 ServoWorks 编程语言	13
§2.3 ServoWorks CNC 软件结构研究.....	13
§2.3.1 ServoWorks CNC 软件总体结构	13
§2.3.2 ServoWorks CNC 引擎	14
§2.3.3 ServoWorks PLC 引擎	15
§2.3.4 ServoWorks G 代码引擎.....	16
§2.3.5 ServoWorks 实时动态链接 (RealTime DLL)	16
§2.3.6 ServoWorks API(SWAPI).....	16
§2.3.7 ServoWorks Develop Kit 二次开发包.....	16
§2.4 ServoWorks CNC 系统与传统 CNC 系统的比较	17
§2.4.1 高速高精控制	17
§2.4.2 同期控制	19
§2.5 ServoWorks CNC 硬件体系结构.....	23

§2.5.1 VersioBus™光纤数字网络	24
§2.5.2 FXI-40 排线通讯平台	25
§2.5.3 IEEE1394 数字伺服网络	25
§2.5.4 专用平台	25
§2.6 本章小节.....	26
第三章 基于 ServoWorks 全软件数控系统	27
§3.1 基于 ServoWorks 数控系统的结构模块	27
§3.2 基于 ServoWorks 数控系统的工作流程	28
§3.3 基于 ServoWorks 数控系统的实现机制	30
§3.4 基于 ServoWorks 数控系统的特点	31
§3.5 本章小结.....	32
第四章 基于 ServoWorks 全软件雕铣机系统设计	33
§4.1 基于 ServoWorks 全软件雕铣机系统硬件设计	33
§4.1.1 系统硬件方案拟定	33
§4.1.2 系统硬件选择	33
§4.2 电气系统设计.....	37
§4.2.1 系统整体连接	37
§4.2.2 控制柜电气连线图	38
§4.2.3 伺服驱动器的连接	39
§4.2.4 输入/输出的连接	40
§4.3 基于 ServoWorks 全软件雕铣机系统软件设计	41
§4.3.1 系统软件功能分析	41
§4.3.2 软件系统的设计方案	44
§4.3.2 系统的总体设计	44
§4.4 LadderWorks PLC.....	54
§4.4.1 软 PLC 简介	54
§4.4.2 LadderWorks PLC 概述	55
§4.4.3 LadderWorks 顺序程序	56
§4.4.4 LadderWorks 地址	57

§4.4.5 LadderWorks 指令	58
§4.5 本章小结.....	58
第五章 雕铣机机械本体设计.....	59
§5.1 雕铣机常用结构形式分析	59
§5.2 主运动与进给传动原理	60
§5.3 雕铣机结构元件选择	60
§5.3.1 滚珠丝杠参数计算	60
§5.3.2 滚珠丝杠直线导轨副选用	64
§5.3.3 伺服电机的选型与计算	66
§5.3.4 雕铣机主轴及变频器选用	67
§5.4 雕铣机总体结构.....	68
§5.4.1 主轴立柱总体结构	68
§5.4.2 机体部分	70
§5.4.3 雕铣机总体装配图	70
§5.5 本章小节.....	71
第六章 总结与展望.....	72
[参考文献]	73
攻读学位期间发表的论文目录.....	75
致 谢.....	76

CONTENT

Chapter 1 Preface.....	1
§ 1.1 Numerical Control Technology and Developing Situation	1
§ 1.2 Open Numerical Control System	2
§ 1.2.1 The Define And Character of Open Numerical Control System	2
§ 1.2.2 The Kindness of PC-based Open Numerical Control System	3
§ 1.2.3 The Reach of Open Numerical Control System At Home and Abroad	5
§ 1.4 The Background and Meaning in This Paper	6
§ 1.5 The Main Work in This Paper	6
Chapter 2 ServoWorks Full Soft CNC	8
§ 2.1 The Introduce of ServoWorks	8
§ 2.2 The Software of ServoWorks CNC	9
§ 2.2.1 The Operating System of Windows 2000/XP/XPe.....	10
§ 2.2.2 Ardence Real Time Extensive Module-RTX	10
§ 2.2.3 ServoWorks Programme	13
§ 2.3 The Reseach of ServoWorks CNC software.....	13
§ 2.3.1 The Overall Architecture of ServoWorks software	13
§ 2.3.2 ServoWorks CNC engine.....	14
§ 2.3.3 ServoWorks PLC engine	15
§ 2.3.4 ServoWorks G-coder Parser	16
§ 2.3.5 ServoWorks Real Time DLL	16
§ 2.3.6 ServoWorks API	16
§ 2.3.6 ServoWorks Develop Kit.....	16
§ 2.4 The Contrust of ServoWorks CNC and Traditional CNC.....	17
§ 2.4.1 High Speed and Efficient Control	17
§ 2.4.2 Synchronization Control.....	19
§ 2.5 The Hardware of ServoWorks CNC	23
§ 2.5.1 VersioBus™ Communications and hardware	24

§ 2.5.2 FXI-40 Paralled Communication interface	25
§ 2.5.3 IEEE1394 Digital Servo Communication Technology.....	25
§ 2.5.4 The Proprietary Interface System	25
§ 2.6 Brief Summary.....	26
Chapter 3 ServoWorks-based Full Soft CNC	27
§ 3.1 The Architecture Module of ServoWorks-based Full Soft CNC	27
§ 3.2 The work flowing of ServoWorks-based Full Soft CNC	28
§ 3.3 The Realization of ServoWorks-based Full Soft CNC	30
§ 3.4 The Characters of ServoWorks-based Full Soft CNC	31
§ 3.5 Brief Summary.....	32
Chapter 4 The Design of ServWorks Full Soft CNC	33
§ 4.1 The Hardware Design of ServoWorks-based Full Soft CNC	33
§ 4.1.1 System Hardware Schema	33
§ 4.1.2 The Choice of System Hardware.....	33
§ 4.2 System Circuit Design	37
§ 4.2.1 The Overall Connection of System	37
§ 4.2.2 System Control Circuit Connection.....	38
§ 4.2.3 The Connection of Servo	39
§ 4.2.4 The Connection of Input/Output Singnal	40
§ 4.3 The Software Design of ServoWorks-based Full Soft CNC.....	41
§ 4.3.1 The Analysis of System Software Function	41
§ 4.3.2 The Desing Schema of System Sofeware.....	44
§ 4.3.3 The Total Desing of System	44
§ 4.4 Ladder Works PLC	54
§ 4.4.1 The Introduce of Soft PLC	54
§ 4.4.2 The Introduce of LadderWorks.....	55
§ 4.4.3 The Sequence Programme of LadderWorks	56
§ 4.4.4 The Address of LadderWorks	57
§ 4.4.5 The Code of LadderWorks.....	58

§ 4.5 Brief summary	58
Chapter 5 The Design of Caving and milling Machine Structure ..	59
§ 5.1 The Structure Analysis of Caving and Milling Machine Structure	59
§ 5.2 The Principle of Spindle and Servo Drive	60
§ 5.2 The Choice of Caving and Milling Machine Structure Element	60
§ 5.3.1 The Calculation of Ball Screw	60
§ 5.3.2 The Choice of Line Lead Rail	64
§ 5.3.3 The Choice and Calculation of Servo Drive.....	66
§ 5.3.4 The Calculation of Machine Spindle and Trasducer	67
§ 5.2 The Total Structure Design of Caving and Milling Machine	68
§ 5.4.1 The Structure Drawing of Spindle Upright Column	68
§ 5.4.2 The Basement Structure Desing of Machine	70
§ 5.4.3 The Total Assemblage of Machine	70
§ 5.5 Brief Summary.....	71
Chapter 6 Conclusions and Prospect.....	72
References	73
Publications.....	75
ACKNOWLEDGEMENTS	76

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

§ 1.1 数控技术及其发展现状

数控技术，即数字控制（Numerical Control），是一种使用数字信号对机床的运动及加工过程进行控制的技术，是近代发展起来的一种自动控制技术^[1]。它的诞生和使用给机械制造的生产方式、产品结构、产业结构带来了深刻的变革。数控技术是数控机床的关键技术，数控机床是一种装有程序控制系统的机床，该控制系统能够逻辑地处理具有使用代码或其他符号编码指令规定的程序。数控系统（Numerical Control System）是一种自动阅读输入载体上事先给定的数字量，并将其译码，从而使机床动作并加工零件的控制系统。数控系统是数控机床的核心，是数控机床发展的关键，其性能的好坏、功能的强弱直接关系到数控机床的加工效率和加工质量，对整个制造系统的集成控制、高效运行起到重要的作用。数控系统一般包括数控装置、可编程逻辑控制器（Programmable Logic Control, PLC）、主轴驱动及进给装置等部分。

自从1952年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统以来，数控系统大致经历了以下几个阶段：电子管式—分立晶体管式—中、小规模集成电路式—小型计算机数控系统—超大规模集成电路—微机式的数控系统。在这一过程中，数控装置完成了由NC向CNC的过渡。它最突出的特点是利用存贮在存贮器里的软件控制系统工作。因此也称软件数控系统。这种系统容易扩展性强，柔性好，可靠性高。

20世纪90年代以来，计算机技术的飞速发展，推动数控技术更快地更新换代。世界上许多数控系统生产厂家利用PC机丰富的软硬件资源，开发了开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构数控系统有更好的通用性、柔性、适应性和可扩展性，易于实现智能化和网络化。近几年来许多国家纷纷研究开发这种系统，如美国科学制造中心（NCMS）与空军共同领导的“下一代工作站/机床控制器体系结构”NGC；欧共体的“自动化系统中开放式体系结构”OSACA；日本的OSEC计划等。开放式数控系统已成为CNC发展的潮流^[2]。

我国数控技术起步于1958年，近50年的发展历程大致可分为3个阶段^[3]：

第一阶段从1958年到1979年，即封闭式发展阶段。在此阶段，由于国外的技术封锁和我国基础条件的限制，数控技术的发展较为缓慢。

第二阶段是在国家的“六五”、“七五”期间以及“八五”的前期，即引进技术，消化吸收，初步建立起国产化系阶段。在此阶段，由于改革开放和国家的重视，以及研究开发环境和国际环境的改善，我国数控技术的研究、开发以及在产品的国产化方面都取得了长足的进步。

第三阶段是在国家的“八五”后期和“九五”期间，即实施产业化的研究，进入市场竞争阶段。在此阶段，我国国产数控装备的产业化取得了实质性进步。在“九五”末期，国产数控机床的国内市场占有率达50%，配国产数控系统(普及型)也达到了10%。近年来我国数控技术与装备的发展得到了高度重视，取得了相当大的进步，特别是在通用微机数控领域，以PC平台为基础的国产数控系统，已经取得了长足的发展。

§ 1.2 开放式数控系统

§ 1.2.1 开放式数控系统的概念及特点

1987年美国空军发表了著名的“NGC(下一代控制器)”计划，首先提出了开放体系结构控制器的概念，并把开放式的体系结构定义为^[4]：在竞争的环境中允许多个制造商销售可相互交换和相互操作的模块，机床制造商可以在开放系统的平台上增加一定的硬件和软件构成自己的系统。IEEE也给出开放系统的定义^[5]：开放系统能使应用程序有效地运行于不同的平台之上，能支持与其它应用程序的交互操作。根据此定义，开放式数控系统应具有以下的特点：

1) 开放性：提供标准化的基础平台和接口，允许集成不同功能和不同开发商的软硬件模块。

2) 可移植性：不同应用程序模块可在不同供应商提供的系统平台上运行；系统平台也可在不同类型、不同性能的硬件平台上运行。

3) 扩展性：系统功能的扩充仅仅表现为特定功能模块的装载与卸载

4) 相互操作性：提供标准化的接口、通讯和交互模型。不同应用程序模块通过标准化的应用程序接口进行交互，保持平等的相互操作能力，能协调地工作。

§ 1.2.2 基于 PC 机的开放式数控系统分类

PC 以其良好的开放性成为开放式数控系统的基础，基于 PC 的开放式数控系统主要有以下 2 种分类。

1、按开放式数控系统的实现途径分类

数控系统从产生到现在经历了很长的发展历程，有着复杂的体系结构，各数控生产厂商在不断的市场竞争过程中形成了各自的专有技术。随着市场对数控系统开放化的要求日益增加，数控厂商也意识到开放化是数控系统发展的方向，但由于各生产厂商受技术基础、研究水平等条件的制约，其开放化层次不同，开放效果也不相同。按系统的实现途径分，可分为以下三种不同类型^[6]。

■ 开放人机控制接口

这种开放方式，开发者可以在系统已定义的人机接口基础上构造自己的控制界面，从而能够灵活实现特定要求的控制流程和操作规范。这一手段提供给用户灵活定制适合于自己特殊要求的操作界面和操作步骤的途径，一般使用在基于PC的作为图形化人机控制界面的系统中。

■ 开放有限系统内核

在这种方式中，数控核心部分对外开放，开发者可以通过对内核功能的调用来实现所需的特定功能，并将该功能作为模块加入到系统的接口中，供后续开发调用。这种开放形式的系统内核结构固定，给用户留有插入专用软件模块接口。

■ 开放体系结构

开放体系结构OSA(Open System Architecture)方式是通过遵循一定的规范，系统体系结构可由开发者定义，从界面到内核功能均可由开发者实现，这是一种比较彻底的开放形式，它的系统结构是由过程互换性、升级性、移植性、互操作性等因素决定，最终要求实现在标准平台上能够任意组合所有模块的功能。

2、按开放式数控系统结构分类

随着计算机技术、信息技术、网络技术的迅速发展，目前开放式数控系统基本上有 3 种结构形式^{[7][8]}。

■ PC嵌入NC型的开放式数控结构

这种结构的数控系统将PC作为NC的部件嵌入在数控系统中，用内部总线相连，PC加NC连接在一起构成前、后台结构，可形成多微处理器数控系统。它的NC部分

仍然是传统的数控系统，用户无法介入数控系统的核心，但可利用PC丰富的软件资源，满足开放性要求。这类数控系统的优点是原来的CNC不必改动，即保持了原来CNC系统强大的功能，又具有数据传送速度快、系统响应时间短的特点。如FANUC公司的150/160/180/210系统Siemens840D系统Num1060系统AB9/360等数控系统。

■ NC嵌入PC型结构（基于运动控制器的开放式数控系统）

这种结构的数控系统是在通用PC的扩展槽中插入运动控制卡或整个CNC单元（包括内嵌式PLC）。PC将实现用户接口、文件管理以及通信等非实时部分的功能，而将数控系统的实时控制功能（机床的运动控制和开关量控制等）由插入PC扩展槽中的CNC单元或运动控制卡来实现，运动控制卡可以通过标准的ISA接口或PCI接口插入到PC机的主板上。

运动控制卡通常选用高速DSP作为CPU，具有很强的运动控制和PLC控制能力，它本身就是一个数控系统，可以单独使用，用以完成机床的运动控制和时序逻辑控制。运动控制卡开放的函数库供用户在Windows平台下自行开发构造所需的控制系统。目前这种结构的开放式数控系统已经成为开放式数控系统的主流结构，应用十分广泛，如美国Delta Tau公司用PMAC多轴运动控制卡构造的PMAC-NC数控系统，日本MAZAK公司用三菱电机的MELDASMAGIC 64构造的MAZATROL 640数控系统等。

■ 全软件型结构

全软件型开放式数控系统又称纯PC型开放式数控系统是一种最新的开放式体系结构的数控系统。它提供给用户最大的选择和灵活性。它的CNC全部功能或者大部分功能均由PC进行，并通过装在PC机扩展槽中的接口板卡等进行控制。在这种数控系统中，PC机不仅能够完成文件管理、人机接口、网络通信等非实时任务，同时在实时操作系统的管理下，还可以以软件控制的方式完成插补运算、伺服进给控制以及PLC控制等实时性任务。用户可以在Windows平台上，利用开放的CNC内核，开发所需的各种功能，构成各种类型的高性能数控系统。这种结构的优点是编辑处理灵活、软件通用性强、数控系统容易升级。与前几种数控系统相比，全软件型开放式数控系统具有最高的性能价格比，因而最有生命力。其典型产品有美国MDSI公司的Open CNC、德国Power Automation公司的PA 800NT等。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库