



# 导弹天线罩 CNC 修磨机床用户界面设计与应用\*

季 田, 江连会, 盛贤君, 康仁科

(大连理工大学机械工程学院, 大连 116024)

**摘要:** 导弹天线罩 CNC 修磨机床属于大型薄壁复杂三维曲面硬脆材料磨床, 用于半精加工后的导弹天线罩内廓形修磨加工, 保证天线罩电厚度指标达到设计要求。根据修磨机床的使用要求, 遵循用户界面的设计原则和思想, 设计了导弹天线罩 CNC 修磨机床用户界面。按不同模块的需求用 Visual Basic 和 Visual C++ 混合编程, 组成人机界面窗口。在屏幕上显示出天线罩测量加工的状态信息、修磨机床的各轴坐标、运行中的数控 G 代码文件等, 并于内部封装了对其他系统模块的调用。在实际的天线罩修磨加工中通过了检验。

**关键词:** 导弹天线罩; CNC 修磨机床; 用户界面

中图分类号: TP311. 52 文献标识码: B 文章编号: 1001-3881(2004)1-008-4

## Design of the User Interface for a Radome CNC Grinding Machine Tool

JI Tian, JIANG Lian-hui, SHEN Xian-jun, KANG Ren-ke

(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract:** The radome CNC Grinding Machine is a special machine tool for grinding a large-scale thin-wall component with complicated 3-D surface of revolution, made of a hard and brittle material. It is used to finish machining of the inner surface of the semi-finished radome to ensure the precision of its electric thickness. According to the functional requirement of the CNC grinding machine and the design principle of the user interface, the design and application of a user interface for the special CNC grinding machine of the missile radome is presented in this paper. The MMI (man machine interface) is composed of two interfaces, one interface is programmed in Visual Basic and the other, in Visual C++. The measuring or machining status, the help information, the coordinates of each axis and the executed G code file are all displayed on the screen. and a lot of system modules are encapsulated in the software. The grinding test shows that the user interface is user-friendly, easy in operation and complete in function.

**Keywords:** Radome; CNC grinding machine tool; User interface

## 1 导弹天线罩 CNC 修磨机床简介

导弹天线罩既是弹体的重要部件, 又是雷达制导系统的组成部分, 在保证导弹气动外形、保护其内部的雷达部件免受损伤的同时, 还应具有良好的电磁波传输特性。电厚度是天线罩最重要的电性能指标, 必须严格控制天线罩各点的电厚度误差满足设计要求。天线罩在半精加工后, 气动外形虽已满足设计要求, 但由于材料的介电常数分散性和几何厚度偏差的存在, 其电厚度指标很难达到要求, 因此必须根据电厚度误差对天线罩进行修磨校正, 即根据天线罩内表面廓形实际值和对应点处理理论去除量对内表面进行精密修磨, 通过改变几何厚度来补偿天线罩材料介电常数的分散性, 保证罩壁的电厚度误差在允许的公差范围内<sup>[1]</sup>。

导弹天线罩专用 CNC 修磨机床是航天科工集团在研高空导弹主动导引头天线罩制造任务的一部分。属于大型薄壁复杂三维曲面硬脆材料磨床, 用于天线罩半成品的精加工, 可快速精确地对某指定型号天线罩的内廓面进行精密测量并按各点要求的去除量进行磨削加工。保证天线罩电厚度指标达到设计要求。

控制系统采用了以 PMAC (Programmable Multi-Axis Controller) 运动控制器为控制核心, 工业控制机 (IPC) 为系统支撑单元的开放式控制系统。具有两

个直线位移轴 (X 和 Z) 和一个旋转轴 ( $\theta$ )。IPC 用于实现后台管理调度和人机交互接口 (MMI) 等功能。PMAC 用于执行上位机 IPC 发布的运动程序、实现系统前台实时的坐标轴运动控制、控制面板管理、主轴控制等功能<sup>[2]</sup>。PMAC 本身有自己的 CPU 去处理实时任务, 以保证系统的稳定性和可靠性, 而用户则需要一个友好的人机界面去控制和监测整个系统的运行。

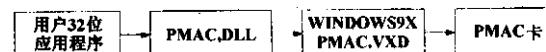


图 1 PCOM32 与 PMAC 间数据交换原理

PMAC 为用户提供了 PCOM32 动态链接库来完成同上位机之间的数据交换。PCOM32 与 PMAC 间数据交换的原理如图 1 所示。PCOM32 在用户程序和 PMAC 卡之间起到一个桥梁作用, 由动态链接库提供的函数同底层的虚拟设备驱动程序进行数据交换, 然后由虚拟设备驱动程序直接和硬件交换数据。PCOM32 动态库里包含有 200 多个库函数, 可以通过对它们的调用方便地实现 PMAC 同上位机 IPC 的数据交换<sup>[3]</sup>。

机床上电后, 按图 2 所示进行操作。天线罩在修磨加工以前先进行内廓测量。这部分功能是通过让 PMAC 执行一段数控 G 代码的同时运行数据采集程序

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (59975016); 国家“863”计划资助项目 (2001AA421170)。

来采集内廓数据的。修磨加工时通过选择并执行数据处理后生成的加工数控 G 代码来完成。

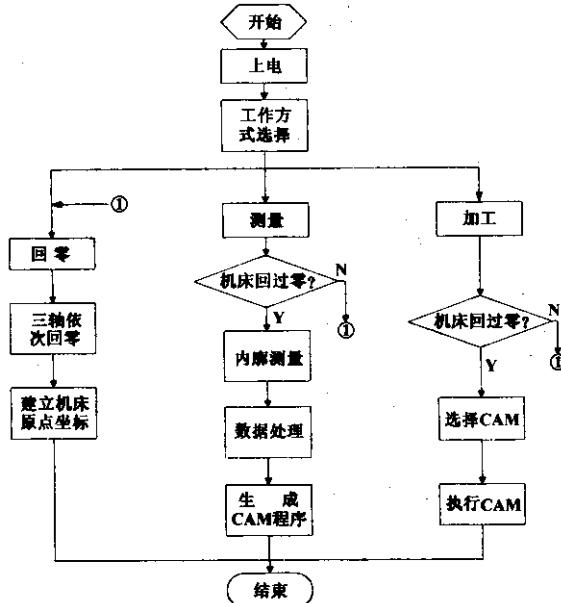


图 2 CNC 修磨机床工作流程图

整个软件系统包括机床控制面板管理软件、坐标轴运动控制软件、内廓形测量与数据采集软件、数据处理软件、数控程序管理软件等。如何对这些模块进行统一的调度管理，协调各自的功能与需求是用户界面程序需要解决的问题。

修磨机床工作时的运动控制本质上是通过向 PMAC 发相关的指令实现的。而 PMAC 本身的硬件结构和指令系统极为复杂。一般用户不可能也没有必要了解 PMAC 的指令以及有关操作系统的执行过程。机床的操作者应只按照屏幕的提示和几种简单的操作通过控制柜上的控制面板按钮就可以完成想要完成的工作任务。这些都必须靠用户界面程序来得以实现。

## 2 用户界面需求分析

### (1) 用户界面的设计原则

用户界面又称人机界面，是指计算机系统向用户提供的综合操作环境，其设计原则是能向用户提供方便、友好的人机交互环境，实现人机对话及管理等功能，使用户容易地对系统进行操作和控制。一个优秀的系统离不开友好的人机界面，它体现了机电一体化系统的功能特性。目前，用户界面技术的发展越来越受到开发者和应用者的高度重视。计算机应用程序与用户之间的良好界面对于用户方便地使用程序，最大程度地发挥程序的功效是非常重要的。对用户而言，界面就是系统，用户界面的好坏决定了用户使用系统的效率。在实现了软件功能的情况下，如何才能给用户一个更加漂亮、友好、“傻瓜”式的界面，是一项重要工作。一个系统应界面友好、方便灵活、易于操

作，掩藏内部细节，使用户集中精力于所完成的任务。设计人机界面时应当遵循以下几个基本原则<sup>[4]</sup>：

**可靠性**：可靠性是友好用户界面的最基本的要求。为了提高用户的工作效率，用户界面所提供的环境，首先应是可靠、少出错和兼容性好。

**一致性**：系统中各个部分的用户界面应以相同的风格与用户通信。

**可知性**：一个友好的用户界面能使用户全面的了解系统所具有的各种功能及其实现的方法，并且对于用户的输入信息能立即作出反馈，避免用户由于对当前输入状态不了解而导致操作失误。尤其是当系统需要较长时间进行信息处理时，界面应向用户提供所需等待的时间以及系统运行状态和执行情况。

**简单性**：为了确保用户的操作质量和提高用户的工作效率，系统设计应尽量简单。

**兼容性**：指用户的期望和界面设计的实现之间要兼容。

**适应性**：对于不同层次的计算机用户，应提供与之相适应的用户界面。

**封装性**：界面要尽量掩藏复杂的内部细节，使用户集中精力于任务，而不是计算机命令、语法等。

### (2) 功能需求

由于机床在测量和修磨天线罩时，测量头或砂轮会深入到天线罩内部，操作人员看不到它们相对于天线罩的位置。所以必需在屏幕上设置一个加工状态显示窗口，实时地在屏幕上以动画的方式显示出天线罩的轮廓曲线，以及在测量和加工时砂轮和测量头相对于天线罩的位置。此外，在测量和修磨加工时还要显示出有关的状态信息。对于一个数控机床来说，必需要有选择 CAM 文件及有关的运行状态显示功能，如机床坐标显示，正在运行的数控 G 代码显示等。

综上所述，根据用户界面的设计原则，考虑到机床操作者的实际情况，设计完成后的用户界面应包括以下几方面的功能：

- ①计算机开机后能自动启动系统，并通过用户界面向用户提供下一步的运行选择；
- ②用户的功能选择命令应尽可能的简单，提示信息要明确，要尽量减少控制层次；
- ③在屏幕上显示出天线罩测量加工的状态信息；
- ④显示测量过程的状态信息；
- ⑤有关的帮助信息；
- ⑥显示当前磨床的各轴坐标；
- ⑦显示运行的数控 G 代码文件；
- ⑧内部封装对其他运行模块的调用；用户使用方便、容易。

### (3) 交互方式

目前，用户界面主要有五种基本的人机交互方

式：命令输入、表格填充、菜单选择、直接操纵、自然语言理解。其中菜单选择指用户用键盘或者鼠标器从菜单中选择要执行的操作。菜单方式简单易学，不要求太多训练，但缺少灵活性。而直接操纵方式不同于前几种，直接操纵是一种面向对象的方法，通过鼠标等设备在屏幕上直接选取目标，对其进行操作。直接操纵基于直觉和识别记忆使得它易学而勿需太多训练，而且速度快，灵活方便，在 Windows 等软件中应用很普遍<sup>[5]</sup>。

当前，大型程序的编写普遍采用面向对象技术。面向对象是一种解决问题的方法。用面向对象方法分析问题的出发点与人们对客观事物的认识一致，使得软件开发工作变得更容易、更方便。对一个大型任务来说，面向对象程序设计方法能大大降低程序设计人员的工作难度，减少出错机会。Windows 操作平台诞生以来，各种软件纷纷支持 Windows 操作平台，而在该平台上运行的面向对象的 VisualC++ 和 VisualBasic 语言，为这种编程思想的具体实现提供了强有力的支持。相比较而言，VisualBasic（简称 VB）在编制用户人机界面时，通过 VB 提供的 VBX 控制项可以很方便地实现可视化编程，就是所谓的“所见即所得”，并且可以在程序调试阶段以解释方式逐句执行代码，不需编译，可以边调试边修改源代码，大大缩短了程序的开发周期，但是其程序的执行效率低，运行速度慢，且对很多底层操作无能为力；而在这一方面，Visual C++（简称 VC）具有优势：利用 VC 开发工具可以完成各种应用程序的开发，从底层软件直到上层直接面向用户的软件都可以用 VC 来开发完成。采用 VB 和 VC 有效结合的编程方法是开发效率与运行效率的折衷，两种开发工具各自扬长避短，既满足了系统运行的实时性要求，又缩短了开发周期，可收到事半功倍的效果。

根据以上分析，采用直接操纵的方式，在 Windows 操作系统下用 Visual Basic 与 Visual C++ 混合编程。通过调用 DLL 和 VXD 程序实现对端口和其他程序模块的操作。

### 3 设计与应用

现在流行的思想是把界面和应用程序分离。这里，分离的含义既可以是逻辑上的分离，即用户界面和应用程序并不共享数据，相互间的通讯能力非常有限，也可以是物理意义上的分离，即用户界面和应用程序放在不同的文件中。这两种形式的分离相互独立。理想的组合方式是物理上分离，逻辑上不分离。这种组合方式允许分别使用最适当的语言来开发用户界面和应用程序，而且交互式系统中各种不同成分相互之间可以进行必要的通讯<sup>[2]</sup>。

为此，设计用户界面时除主控程序界面外，将数

控代码运行管理模块单独设计成一个界面窗口。数控代码的运行与管理涉及大量对 PMAC 硬件的操控及数控代码的解释等，且相对于其他模块之间的关联性不大。因此这部分功能以 VC++ 来实现。其他模块由一个统一的主控用户界面程序进行管理，为了便于界面的编写，采用了 Visual Basic 进行开发。这样，在启动后屏幕上显示为并列的两个窗口。另外，导线天线罩的造价很高，测量和修磨加工时测、磨头又是深入到天线罩内部的。如果系统不稳定导致程序出错或死机引起的后果是严重的，将导致天线罩作废或机床磨、测头的损坏。因此，保证系统稳定运行是非常关键的，将之设计成两个独立窗口可充分利用 Windows 的多任务特性，增强了系统的稳定性和适应能力，使得各自部分的执行不受其他模块影响。

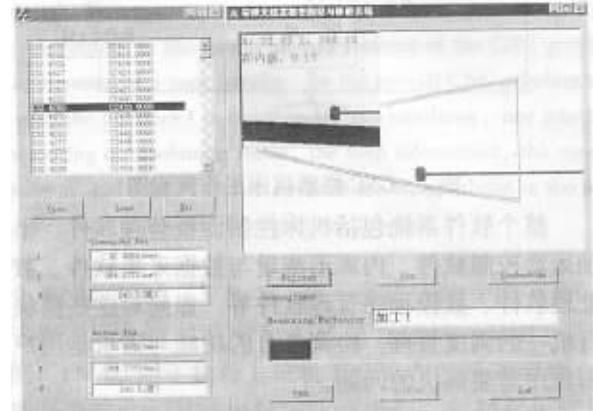


图 3 修磨机床人机界面

如上所述，用户界面设计成启动后在屏幕上并列打开的两个窗口，如图 3 所示。左边的窗口是数控代码运行窗口，是实现测量加工的数控程序的运行界面。测量或加工时在此窗口内选择相应的数控代码程序并运行，即可完成对天线罩的测量加工任务。这部分因为涉及到大量与 PMAC 硬件有关的操作，选用了 Visual C++ 6.0 作为开发工具。程序设计时利用到了 VC++ 提供的 RichTextBox 控件、Windows 操作系统中的 SendMessage API 函数、Delta-tau 公司开发的用于 PMAC 和上位机通讯的 PCOM32 动态链接库等。在运行加工程序时，窗口中的文本框中显示 G 代码加工程序清单，并使当前前台正在执行的 G 代码语句在文本框中高亮、醒目显示，即追踪程序的执行过程，使加工过程具有“透明化”的效果，充分体现出“可视化”的优点。三个按钮分别是“Open”、“Load”和“Exit”。操作时首先按“Open”按钮，打开所要执行的 G 代码程序，相应的 G 代码程序在文本框中显示。然后按“Load”按钮，G 代码程序就下载到 PMAC 的循环程序缓冲区，此时再通过按动机床控制面板上的开关按钮即可开始执行。Exit 按钮用

来删除循环程序缓冲区，关闭和 PMAC 的通讯，关闭程序界面。程序运行完成后按“Exit”按钮退出程序。按钮下方的两个框架中，分别显示机床三个轴的命令位置（Commanded Pos）和实际位置（Actual Pos）。

右边的窗口在程序内部封装了对控制系统其他模块的调用，当运行测量的数控 G 代码程序时调用数据采集模块进行数据采集；测量结束后又需调用数据处理程序对所采集数据进行处理。同时在窗口的图像框中以动画的方式显示出天线罩的轮廓曲线，以及在测量和加工时磨头和测头相对于天线罩的相对位置。这部分程序由 Visual Basic6.0 实现。窗口打开后，图像框中显示的是磨头和测头相对于天线罩的相对位置，在这个图像框内还有一个小窗口，以放大的方式来专门显示磨削时磨头与天线罩间的距离以及当时的 X、Z 坐标值，使操作人员可以清楚地了解磨削的执行情况。图像框下部的框架内显示出测量和加工的有关信息及进度条状态。主要的功能按钮有“Refresh”、“Display/Hide”、“Help”、“Restart”、“Exit”等。

“Refresh”按钮点击时会对显示的图形进行刷新。因为采用的是异或的动画绘图方式，当有其他窗口打开时会引起动画本身图形显示的紊乱，此时点一下“Refresh”按钮就可恢复正常。采用异或绘图方式主要是考虑到 IPC 的配置较低，且系统本身进程较多的缘故。异或绘图方式是计算机动画中常用的几种方法之一，其优点是可将画面中没有发生变化的部分当作背景处理，且只要将需重绘的图形在原来的位置重画一遍即可恢复原来的背景图形，不用将整个图形都重画，所以采用异或方式绘图可以加快动画的显示速度，减轻计算机处理器的负担，节省计算机的资源。

“Display/Hide”按钮可以在需要时打开或隐藏小

（上接 158 页）

切削加工前对工件进行适当的热处理，使工件具有适宜的金相组织，低碳钢、低合金钢中应有铁素体加低碳马氏体、索氏体或片状珠光体。

### （3）磨损亮斑

工件表面产生亮斑或亮点，切削时又有噪音，说明刀具严重磨损，磨钝的切削刃将工件表面挤压出发亮的痕迹，使表面粗糙度变大，这时应及时进行刃磨或换刀。

### （4）切屑拉毛（如图 5（c））

被切屑拉毛的工件表面一般是无规则的很浅的划痕。这时应选用正的刃倾角车刀，使切屑流向工件待加工表面，并采用卷屑或断屑措施。

窗口的显示，比如在测量时小窗口可以隐藏起来，这样可以更清楚地看见测头与天线罩之间的位置关系。“Help”按钮点击后显示与本修磨机床有关的帮助项目。“Restart”按钮用于整个测量加工过程的重新开始。当测量加工过程当中发生故障时点此按钮重新开始整个过程。“Exit”按钮用于关闭窗口，退出整个程序。

## 4 结论

根据导弹天线罩 CNC 修磨机床的使用要求，遵循用户界面设计的原则和思想，设计了导弹天线罩 CNC 修磨机床用户界面。按各模块具体需求用 Visual Basic 和 Visual C++ 混合编程，由两个界面窗口组成人机用户界面。在屏幕上显示出天线罩测量加工的状态信息以及有关的帮助信息、当前磨床的各轴坐标、运行的数控 G 代码文件等，并在内部封装了对其他运行模块的调用。在实际的天线罩修磨加工中通过了检验，受到了使用者的好评。该用户界面增强了系统的实用性，提高了使用效率。

## 参考文献

- 彭望泽. 防空导弹天线罩 [M]. 北京：宇航工业出版社，1993
- 郭东明，盛贤君，徐志祥等. 导弹天线罩专用修磨机床控制系统研究 [J]. 大连理工大学学报，2002，42(5): 560~563
- 刘晋，任思. 完善机电一体化系统—上位机人机界面的编制 [J]. 制造技术与机床，2002(11): 58~60
- 董士海，王坚，戴国忠. 人机交互和多通道用户界面 [M]. 科学出版社，1999
- 黄永红，杨东，唐荣锡. Windows 环境下 CAD 用户界面的设计与实现 [J]. 计算机辅助工程，1997(1): 6~14

收稿时间：2002-02-14

### （5）振纹（如图 5（d））

①机床方面：调整主轴间隙，提高轴承精度；调整滑板塞铁，使间隙小于 0.04mm 并使移动平稳轻便。②刀具方面：合理选择刀具几何参数，经常保持切削刃光洁和锋利。增加刀具装夹刚性。③工件方面：增加工件的装夹刚性，避免悬伸太长。④切削用量方面：选用较小的切削深度和进给量，改变或降低切削速度。

## 参考文献

- 周泽华主编. 金属切削原理. 上海科学技术出版社
- 王生力主编. 重型机器制造工艺学. 冶金出版社
- 陈宏钧主编. 实用机械工艺手册. 机械工业出版社

收稿时间：2002-11-25

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>