

基于VC++的弧焊机器人离线编程系统设计

陈焕明,熊震宇

(南昌航空大学 焊接工程系,江西 南昌 330063)

摘要:针对 MOTOMAN-UP 系列机器人,在 PC 机的 Windows 平台上利用 VC++ 开发了弧焊机器人离线编程系统。介绍了该系统的组成、功能及其设计方法。该系统能对任意马鞍形工件规划出焊枪的运动路径与姿态,且按比例同步显示工件;集成了机器人通信模块和运动学仿真模块,并自动导入工件,不仅能单步生成作业指令,而且可自动生成作业文件;采用 OpenGL 技术建立三维工件模型,实现工件的显示、旋转、缩放等功能。通过以太网,对 PC 机中的作业程序和机器人控制器中的作业程序进行相互传输,实现了弧焊机器人的离线编程及远程控制。

关键词:弧焊机器人;离线编程;运动学仿真;远程控制

中图分类号:TG409 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2303(2009)01-0020-04

Design of the offline programming system of arc welding robot based on VC++

CHEN Huan-ming, XIONG Zhen-yu

(Department of Welding Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: The offline programming system for MOTOAMN-UP series robots was developed by using Visual C++ on the Microsoft Windows platform of PC. The configuration and functions of the system and its design method were described. It can plan the motion path and posture of welding gun for any saddle-shape workpiece which was displayed on the interface synchronically in proportion. The kinematics simulation module and the communication module were integrated together, and the workpiece was imported automatically into the simulation module. The job instructions can be made step by step, and the job files can be made automatically. The 3D models of workpieces were established by OpenGL to realize the functions of display, rotation, enlargement and so on. The job files can be exchanged between the PC and the robot controller through Ethernet. The offline programming and remote control of robot was achieved.

Key words: arc welding robot; offline programming; kinematics simulation; remote control

0 前言

离线编程技术是联系机器人几何建模、焊缝信息获取、焊接轨迹规划、碰撞检验和三维图形仿真的桥梁,是提高编程效率和实现系统集成的重要保证。随着机器人技术的运用与发展,焊接机器人的离线编程技术已经成为机器人焊接智能化的重要研究方向之一^[1]。目前生产线上多数仍采用在线示教编程,这种编程方法简单方便,但占用了机器人大量的有效工作时间,尤其是弧焊的编程更为困难,无法体现机器人的优越性。解决此问题的有效途径之一就是采用离线编程技术^[2-3]。目前流行的离线编程

技术是基于三维图形化的屏幕示教编程^[4-5]。随着研究的深入,离线编程技术将向基于知识的面向任务的智能化编程方向发展^[6]。本研究针对 MOTO MAN-UP 系列机器人,在 PC 机的 Windows 平台上,利用 VC++ 开发了弧焊机器人离线编程系统。

1 离线编程系统组成及功能

MOTOMAN-UP 系列弧焊机器人离线编程系统主要包括机器人及其控制器、工作环境建模、运动学计算、轨迹规划及焊接参数规划、运动学仿真、机器人通信、焊接作业文件自动生成等部分,其相互关系如图 1 所示。

采用 VC++ 开发系统用户界面,如图 2 所示。实现人机交互式操作,用户只需点击按钮即可调用相应功能模块,实现按钮标签所表示的功能,如点击

收稿日期:2008-11-26

基金项目:航空科学基金资助项目(02H56007)

作者简介:陈焕明(1958—),男,福建龙岩人,教授,主要从事焊接自动化方面的研究工作。



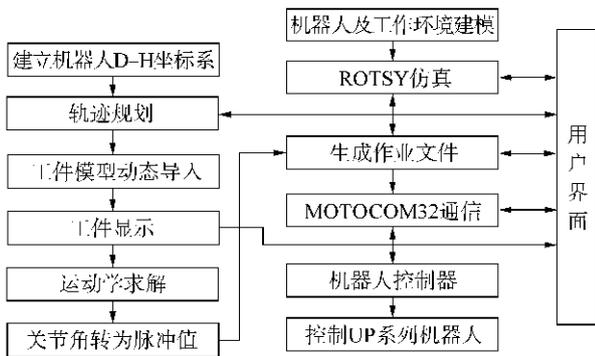


图 1 离线编程系统的组成

按钮[自动生成作业],可实现自动生成该状态下几何工件的焊接作业文件,一步到位。整个系统简明清晰,操作方便,交互性强,自动化程度高,大部分工作由计算机自动完成。



图 2 离线编程系统用户界面

基本操作步骤及功能简介如下:

(1)机器人型号选择。如 UP6、UP20 等。

(2)焊缝几何参数规划。选择被焊工件的焊缝几何形状(如圆形、马鞍形等),并输入几何参数(空间位置、尺寸大小、倾斜角度等),工件可以在界面上同步显示,并且工件模型及其几何参数可同步导入仿真软件 ROTSYS 中^[7]。

(3)插补点个数计算。根据上一步输入的尺寸、倾斜角度等参数,确定满足焊接质量要求的插补点个数,并显示在用户界面上。

(4)通过微调按钮确定插补点序号。

(5)插补点对应机器人末端位姿。系统读取插补点序号,并调用焊接工件姿态规划函数,求出理想状态下机器人末端位姿,并显示在界面上。

(6)运动学逆解^[8]。系统读取机器人末端位姿并调用运动学逆解模块,将结果显示在界面标签[关节角]及[脉冲值]下面。

(7)单步生成指令。利用生成的六个关节脉冲值编写三条作业指令,并添加到作业文件的相应位置,该程序符合日本安川机器人作业程序的语言格式。重复步骤(4)~(7),直至完成所有插补点。

(8)自动生成作业。考虑到简单实用,界面上[自动生成作业]按钮可以实现一键生成作业文件,由计算机自动完成步骤(4)~(7),并显示在界面的右上角,该方式可以节省大量时间。

(9)保存作业。将生成的作业文件保存。

(10)离线仿真。调用 ROTSYS 进行运动学仿真。

(11)机器人通信。调用通信模块 MOTOCOM32 将作业文件传至机器人控制器,远程控制机器人施焊。

2 设计与实现

2.1 采用 Edit 控件显示作业文件

采用 Edit 控件在用户界面右上角显示作业文件,Edit 控件 Control 型变量为 m_CJobEdit。单步生成指令,需要手动微调按钮,实现插补点 $i++$ 循环,编程相对简单,是自动生成作业的一个子程序(见图 3),适用于检验机器人末端执行器在每个插补点的位姿。实际应用时,通常点击按钮[自动生成作业]快速生成作业文件。

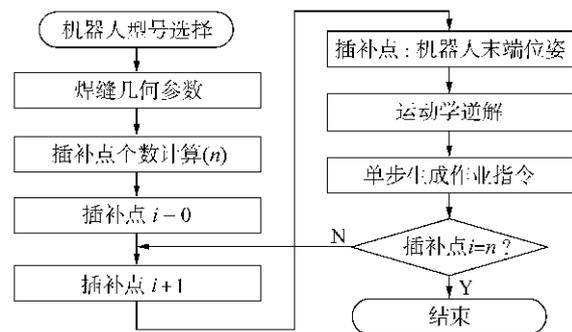


图 3 自动生成作业程序流程

实现自动生成作业的关键:向 Edit 控件中指定位置添加文本;用 `m_CJobEdit.SetSel(start, end)` 设置要插入文本的位置,用 `m_CJobEdit.ReplaceSel(string)` 向设置的位置插入字符串 `string`;每循环一次需要在 Edit 控件不同位置添加 3 行作业代码,且要求格式符合机器人作业文件(*.jbi)格式,3 行作业代码分别表示该插补点的机器人六关节脉冲值、导轨位置、插补方式及速度(单位:cm/s),如第 17 个插补点,需要插入代码如下:

```
C000017=642, 836, 724, 181, -764, -130; //六关节脉冲值
```

专题讨论——名家新作 爱心奉献

```
BC000017=435; //导轨位置脉冲值
MOVS C017 BC017 V=9.2; //插补方式及速度 9.2 cm/s
```

2.2 使用 CFileDialog 操作文件

使用 CFileDialog 进行文件操作,编写按钮[打开作业]和[保存作业]代码时,基类已经提供了常用的功能,因此不需要派生新的类。在创建并等待对话框结束后,可以通过成员函数得到用户在对话框中的选择。CFileDialog 文件选择对话框的使用:首先构造一个对象并提供相应的参数,按钮[保存作业]代码如下(按钮[打开作业]的代码可参考编写)。

```
CMotomanDlg::OnSaveJobFileBUTTON( )
{CString sFileFilter="作业文件(*.jbi)*.JBI";
  CString sFileName,pathname;
  unsigned long *nFileLength;
  UpdateData(true);
  unsigned long a;
  nFileLength=&a;
  *nFileLength=m_JobEdit.GetLength( );
  CFileDialog fileSaveDlg
(false, NULL, NULL, OFN_HIDEREADONLY OFN_
-OVERWRITEPROMPT, sFileFilter, NULL);
  char *buffer;
  HGLOBAL hgl=::GlobalAlloc
(GMEM_MOVEABLE, *nFileLength+1); //句柄类、
变量、申请内存块
  buffer=(char *)::GlobalLock(hgl); //锁定该内存
句柄为显示缓冲内存区
  this->GetDlgItemText(IDC_JobEdit, buffer, *nFileL
-ength); //将 edit 内容给 buffer 缓冲区
  fileSaveDlg.m_ofn.lpstrTitle=_T ("保存机器人作
业文件"); //添加文件对话框标题
  if(IDOK==fileSaveDlg.DoModal( )); //显示文件
保存对话框
  {pathname.Format("%s", fileSaveDlg.GetPathName
( )); //得到路径名
  sFileName.Format("%s", fileSaveDlg.GetFileName
( )); //得用户输入文件名
  }
  if(sFileName!="") //如果文件名不为空
  {CFile file (pathname, CFile::modeCreate|CFile::
modeWrite); //创建文件
  file.Write(buffer, *nFileLength); //写文件
```

```
}
::GlobalUnlock(hgl); //解锁内存句柄
::GlobalFree(hgl); //释放内存}
```

2.3 采用 OpenGL 建立三维工件模型

以马鞍形工件为例,如图 4 所示,实现基于 MFC 对话框的 OpenGL 建模。



图 4 工件参数输入及动态显示

先创建基于 MFC 对话框的 OpenGL 类:COpenGL,可在对话框程序中使用 OpenGL,且提供全屏与非全屏转换的函数,使用方便快捷。在对话框上加一个 Static 控件,在 OnInitDialog()中加入以下代码(控件 ID 为 ID_OPGL,m_openGL 是类 COpenGL 的对象),创建图形区:

```
CRect rect; //定义矩形
GetDlgItem (ID_OPGL)->GetWindowRect(rect);
//得到 ID_OPGL 的坐标和尺寸
ScreenToClient(rect); //得到控件相对于对话框
左上角坐标
m_openGL.Create(rect, ID_OPGL); //在控件中
显示图像
```

在 OPENGL.CPP 中编写以下文件,在焊接几何参数对话框相应按钮下调用这些函数,即可实现缩放和旋转功能:

```
void COpenGL::MaZoomOut( ); //图像放大
void COpenGL::MaZoomIn( ); //图像缩小
void COpenGL::MaRotate( ); //图像旋转
```

其中, MaZoomOut 和 MaZoomIn 函数中主要用到 glTranslatef(0.0f,0.0f,tranlateZ)函数,实现缩放功能;COpenGL::MaRotate()中主要用到 glRotatef 函数实现旋转功能。通过该模块,用户选择焊接工件的几何形状并输入几何参数。系统根据用户输入的几何形状和几何参数自动计算出符合焊接质量要求的插补点个数及选择采用何种插补方式,并对插补点编号,计算每个点对应的姿态,即焊缝特征坐标系。如选择马鞍形工件,弹出的工件参数输入及其动态显示对话框如图 4 所示,可以适用于正交或斜交马鞍形

专题讨论——名家新作 爱心奉献

工件,而且相交的两圆柱直径和倾斜角度可以改变。

2.4 仿真与远程通信

本系统将运动学仿真模块 ROTSY 及通信模块 MOTOCOM32 集成到一个界面上,用户不需另外启动这两个模块,而只需点击界面上的按钮即可。以马鞍形工件为例,ROTSY 仿真界面如图 5 所示,其中系统自动导入马鞍形工件,且作业文件已保存到仿真软件的默认文件夹下,图 5 中右侧的对话框显示系统自动生成并导入的作业文件。点击工具栏[运行]按钮,可观察到机器人焊枪沿着焊缝轨迹的运动情况。

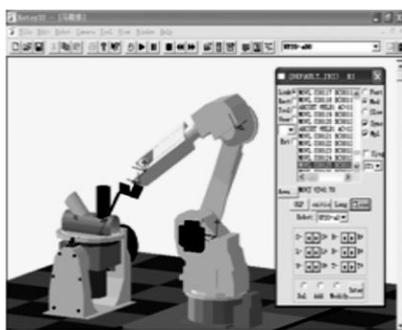


图 5 正、斜交马鞍形焊缝运动学仿真

通信模块 MOTOCOM32 模块由高速作业交换、自动作业更换和主机控制三部分构成,通过以太网,可对 PC 机中的程序和机器人控制器中的程序进行各种传输工作。以高速作业交换为例,其界面如图 6 所示,在这一模块中,可对 PC 机中的程序复制到机器人控制器 XRC 中。反之,也可以将机器人控制器 XRC 中的程序复制到 PC 机中。

此外,保存在 PC 机中的程序可随时打开,在 PC 机上进行编辑修改。这样就可以把离线编程生成的作业,从计算机传输到机器人控制器的内存中,然后调用主机控制模块进行实际焊接,所有操作均在 PC 机上完成,操作十分方便,且集成度高,真正实现离线编程和远程操作。

3 结论

采用 VC++编程工具开发了 MOTOMAN-UP 系列弧焊机器人离线编程系统,该系统解决了运动学

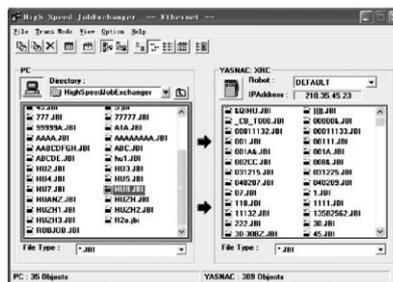


图 6 高速作业交换模块

逆解的多解优化及仿真软件 ROTSY 和通信软件 MOTOCOM32 的集成度低等问题,实现了焊接作业文件的单步生成及自动生成,结合先进的图形工具 OpenGL 技术实现工件的显示、旋转、缩放等功能,使用户对工件一目了然。另外,还实现了焊接作业文件的自动读取及工件模型文件的自动导入功能,使得运动学仿真的自动化程度进一步提高。综上所述,针对 MOTOMAN-UP 系列弧焊机器人,设计的离线编程系统具有功能全、集成度高、交互性好等特点,提高了编程效率。通过以太网,可对 PC 机中的作业程序和机器人控制器中的作业程序进行相互传输,实现了弧焊机器人的离线编程和远程控制。

参考文献:

- [1] 陈善本,林 涛.智能化焊接机器人技术[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 陈志翔,黄 勇,殷树言,等.弧焊机器人离线编程系统分析与设计[J].机械工程学报,2001,37(10): 104-106.
- [3] 何广忠,高洪明,张广军,等.机器人弧焊离线编程系统协调运动的实现[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(6):813-815.
- [4] 唐新华,Paul Drews.机器人三维可视化离线编程和仿真系统[J].焊接学报,2005,26(2): 64-68.
- [5] 唐新华.焊接机器人的现状及发展趋势(一)[J].电焊机,2006,36(3):1-5.
- [6] 田劲松,吴 林,戴 明.弧焊机器人任务级离线编程系统的设计[J].焊接学报,2000,21(2): 22-25.
- [7] 陈焕明,熊震宇,刘 频.弧焊机器人虚拟示教编程系统[J].电焊机,2008(6):31-33.
- [8] 胡中华,陈焕明,熊震宇,等.Motoman-up20 机器人运动学分析及求解[J].机械研究与应用,2006,19(5):24-26.

陈焕明,南昌航空大学教授,江西省高校中青年学科带头人。1982年毕业于上海交通大学,主要从事焊接过程自动化与智能化方面的研究,获省部级科技进步奖 1 项、省级教学成果一等奖 1 项,编著教材 2 部,曾获航空航天部优秀青年教师、江西省“优秀研究生指导教师”荣誉称号。



陈焕明 教授

专题讨论——名家新作 爱心奉献