

本文引用格式：陈祎杭,杜玉晓,吴卓承,等.电视机背板涂胶系统软件的设计与应用[J].自动化与信息工程,2022,43(2):8-14.

CHEN Yihang, DU Yuxiao, WU Zhuocheng, et al. Design and application of gluing system software for TV backplane[J]. Automation & Information Engineering, 2022,43(2):8-14.

电视机背板涂胶系统软件的设计与应用

陈祎杭¹ 杜玉晓¹ 吴卓承¹ 王小桥² 王公东² 钟楠²

(1.广东工业大学自动化学院, 广东 广州 510006

2.广东海信电子有限公司, 广东 江门 529000)

摘要: 为改善电视机背板涂胶工作效率低、精确度低且无生产记录的现状,在搭建系统硬件架构的基础上,以机械臂涂胶为研究对象,设计电视机背板涂胶系统软件。在微软基础类库(microsoft foundation classes, MFC)框架下开发图形用户界面(graphical user interface, GUI)应用程序;结合 LIB-reDWG 开源库编写 CAD 图纸解析程序;采用图像处理技术获取电视机背板定位信息;利用 MySQL 数据库保存并管理背板生产信息。经实验验证表明:该电视机背板涂胶系统软件可有效进行背板喷涂生产工作,提高了生产效率及涂胶精确度,且软件运行稳定可靠。

关键词: 电视机背板;涂胶系统;Modbus 通信协议;MFC;图纸解析

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-2605(2022)02-0002-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2022.02.002

0 引言

随着《中国制造 2025》的提出,提高装备制造智能化水平已成为制造业发展的趋势^[1]。电视机制造作为我国轻工业的重要产业之一,与汽车、工程装备等大型高端设备相比,生产效率低,自动化水平不高^[2]。背板涂胶是电视机生产的主要环节,多数工位仍处于手工操作阶段,工作效率及精确度较低。而智能化可提高其生产效率,是背板涂胶系统发展的重要方向。

系统智能化的一个重要特点是具备良好的人机交互界面,用户可实时修改参数、监视系统的运行状态^[3]。文献[4]在 Matlab 平台下结合 Modbus 协议开发信息管理系统,该系统虽然易于实现,但通用性不高,应用范围小;文献[5]将 MFC 结合多线程技术应用于数据采集系统,但无法对系统进行实时监控。

本文根据电视机背板涂胶工艺和生产流程,在搭建电视机背板涂胶系统硬件架构的基础上,设计一款基于 Modbus-RTU 协议的电视机背板涂胶系统软件,

并利用 LIB-reDWG 开源图纸解析库提取图纸数据;结合多线程、机器视觉、数据库等技术实现生产过程的实时监控和数据采集;通过产线试生产对该软件进行实验验证。

1 系统硬件架构

电视机背板涂胶系统硬件主要由工业相机 ME2P-1840-6GM、上位工控机 IPC610、MELSEC-Q 系列 PLC、M-20iA 六轴工业机械臂和 AltaBlue 热熔胶机组成。其中,由 IPC610 工控机、ME2P-1840-6GM 相机组成上层计算系统,负责处理电视机背板图纸数据、位置信息采集及发送等功能;由 MELSEC-Q 系列可编程控制器、光电传感器等组成底层控制系统,负责与产线协调工作状态信息以及电视机背板到位信息;由 M-20iA 六轴工业机械臂、AltaBlue 热熔胶机组成喷胶执行机构,负责按照胶条位置数据对电视机背板进行涂胶。电视机背板涂胶系统硬件架构如图 1 所示。

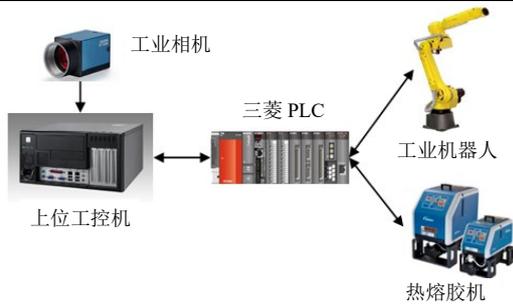


图1 电视机背板涂胶系统硬件架构

2 系统软件功能需求

电视机背板涂胶系统软件功能需求包括：

- 1) 通过串口实现数据的接收、发送；
- 2) 解析给定 CAD 图纸并提取涂胶点数据；
- 3) 电视机背板边缘图像定位；
- 4) 存储图像处理结果及运行状态数据；
- 5) 图像处理参数及通信参数设定。

3 基于 Modbus 通信协议的实现

3.1 Modbus 通信协议概述

Modbus 通信协议是应用较广泛的工业通信协议之一^[6]，采用一主多从的通信方式，由主设备发起通信，在同一主设备下最多可控制 255 个从设备，且从设备间无法相互通信。Modbus RTU 基本报文格式如表 1 所示，各帧信息之间均以 ≥ 3.5 个字符的时间间隔为消息帧的起始和结束标志；1 个字节的从机地址范围为 00H~FFH，其中 00H 作为广播地址使用；1 个字节的从机地址范围为 1~255，指定帧含义；数据域主要用于传送数据；报文使用 CRC 校验^[7]。

表 1 Modbus RTU 报文格式

起始	地址	功能码	数据	CRC	结束
≥ 3.5 字符	8 bit	8 bit	$N \times 8$ bit	16 bit	≥ 3.5 字符

3.2 Modbus 协议的实现

根据电视机背板涂胶系统的功能，规定以下通信格式：

- 1) 上位工控机 IPC610 主站通过广播方式与从站 PLC 设备进行通信，信息帧格式为： $[\geq 3.5$ 字符][00H][功能码][数据地址][数据内容][CRC][≥ 3.5

字符]；

- 2) 上位工控机 IPC610 对指定从站 PLC 设备发送状态查询指令时，使用功能码 03 读取保持寄存器，信息帧格式为： $[\geq 3.5$ 字符][从设备地址][03][数据地址][数据长度][CRC][≥ 3.5 字符]；

- 3) 从站 PLC 设备接收到上位工控机 IPC610 主站信息后，会回复上位机主站查询的数据信息，主站收到该消息即该次通信成功，消息帧格式为： $[\geq 3.5$ 字符][主设备地址][03][数据内容][CRC][≥ 3.5 字符]；

- 4) 上位工控机 IPC610 主站对从站 PLC 设备进行写信息操作时，使用功能码 06 将数据预置到一个保持寄存器中，消息帧格式为： $[\geq 3.5$ 字符][从设备地址][06][数据地址][数据内容][CRC][≥ 3.5 字符]；

- 5) 从站 PLC 设备收到上位工控机 IPC610 主站传递的信息时，会给主站一个响应，确认信息接收成功，消息帧格式为： $[\geq 3.5$ 字符][主设备地址][06][数据地址][数据内容][CRC][≥ 3.5 字符]。

3.3 Modbus 通信协议应用

根据电视机背板涂胶系统功能，Modbus 通信协议结合实际生产需要进行适当调整。产线生产运行时的通信周期设置为 100 ms，即每 100 ms 由上位工控机 IPC610 主站向从站发送状态查询指令，并根据查询到的从站状态进行响应操作，单周期状态查询通信流程如图 2 所示。

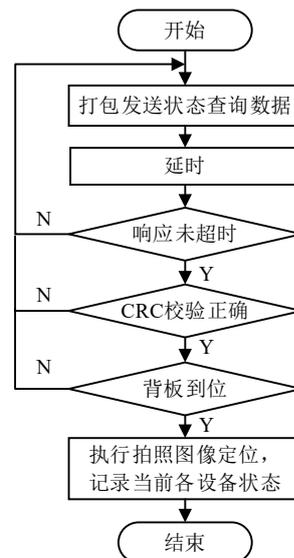


图2 单周期状态查询通信流程图

状态查询的关键程序如下：

```

SendOnce_Vision = true;
ReadStatus = true;
SendData(0, 74, 1);
//判断上一次发送的是否为 0，为 0 没有触发 receive
则断线
if(m_Status_T2 == 0)
{
    //断线标志位
    DisconnectFlag = true;
    DisconnectNum += 1;
    //断线超过 60 s，即 DisconnectNum=50 则提示断
    线。
    if (DisconnectNum >= 300)
    {
        KillTimer(1);
        AfxMessageBox(_T("请检查连接！"));
    }
}
//通信没断线执行如下程序
else
{
    DisconnectFlag = false;
    DisconnectNum = 0;
    m_Status_T2 = 0;
    if (ArriveFlag == true)
    {
        if (SendDone == false)
        {
            KillTimer(1); //先终止该定时器，进行视觉
            处理
        }
    }
}

```

生产过程中需要由上位工控机 IPC610 处理并发送喷涂电视机背板所需的 CAD 图纸、背板位置等数据，CAD 图纸写入流程图如图 3 所示。

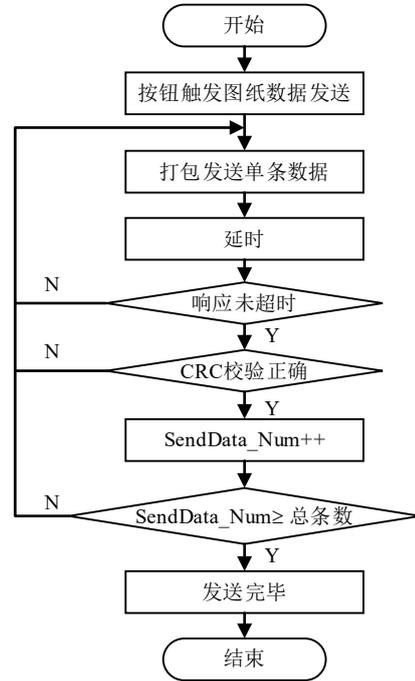


图 3 CAD 图纸数据写入流程图

CAD 图纸数据写入部分关键程序如下：

```

if (m_CadT2 != 0 && OverTime == false &&
RecMsgFlag == true)
{
    m_CadT2 = 0; //判断是否断线
    BadCadNum = 0; //错误计数
    if (locGlueNum < vecGlueNum)
    {
        SendData(1,locGlueNum+100,GlueTemp[locGlue
        Num]);
        locGlueNum++; //胶条计数
    }
}
else
{
    Sleep(50);
    KillTimer(2);
    SendOnce = true;
    SendData(1, 99, locGlueNum/3); //发送胶条总数
    Sleep(150);
    SendData(1, 78, 21573);
}

```

```

m_CadT2 = GetTickCount64());
locGlueNum = 0; //查询下位机是否收到完整数据
Sleep(100);
SetTimer(3, 50, NULL);
}
}
    
```

4 CAD 图纸解析功能

4.1 CAD 图纸解析技术

CAD 图纸是以二进制结构存储的数据，且具体数据结构闭源，无法以文本文件的方式打开解析，通常利用 AutoCAD 软件查看。在二次开发的基础上，可通过编写外部程序对 CAD 图纸进行直接硬解析。常见的 AutoCAD 开发方式包括 AutoLISP/VisualLISP、ADS、ObjectARX、LIB-reDWG 等^[8]，以上 4 种开发方式的综合对比如表 2 所示。

表 2 4 种 AutoCAD 开发方式综合对比

开发方式	AutoLISP/ VisualLISP	ADS	ObjectARX	LIB-reDWG
运行速度	低	中	高	高
稳定性	低	中	高	高
运行效率	中	中	高	高
开发难度	低	中	高	高
是否需要 AutoCAD	是	是	是	否

由表 2 可知，LIB-reDWG 开发方式完全脱离了 AutoCAD 的限制，具有稳定性高、速度快等特点。

4.2 基于 LIB-reDWG 的开发实现

LIB-reDWG 采用 C 语言开发的图纸解析库为完整独立的程序，可嵌入目标开发软件中。LIB-reDWG 通过 CAD 图纸中各图元的 ID 找到对应的图元指针，对图纸的图层、线型等图元信息进行查看和修改。LIB-reDWG 需要先编译为动态链接库，再通过 Visual Studio 挂载到实际项目中。

在实际生产中，电视机背板图纸由大量直线图元构成，分别为蓝色直线外框、黄色直线内框、红色喷胶路径，可借助线条颜色判断直线类型并存入对应的

直线组。图纸解析程序读取流程图如图 4 所示。

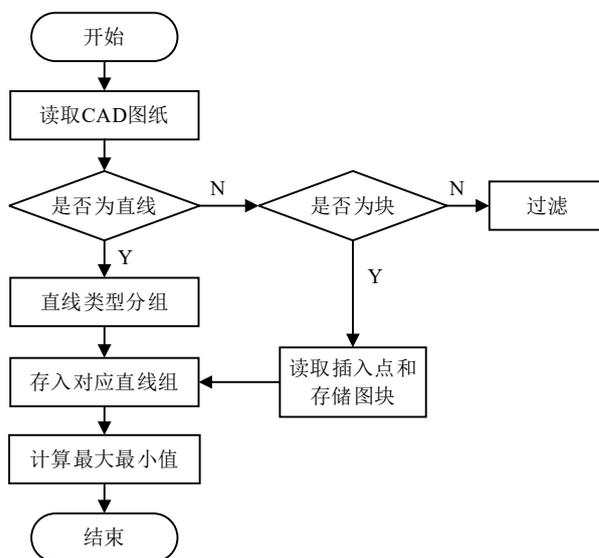


图 4 图纸解析程序读取流程图

经图纸解析程序获得电视机背板图纸的直线后，根据工艺要求喷胶路径宽度不超过 13 mm 的特性，提取红色喷涂路径。喷涂路径获取后，根据路径的 x 、 y 坐标进行分类和升序排序，获得 x 轴坐标相等的直线，对纵坐标排序，并将排序好的路径输出。图纸解析算法流程图如图 5 所示。

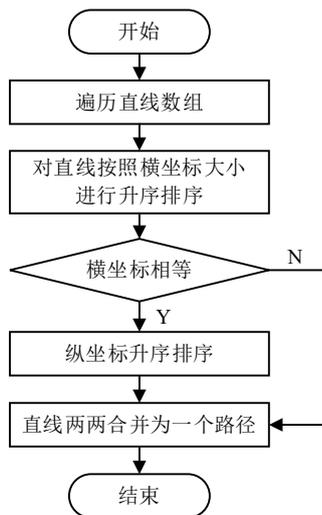


图 5 图纸解析算法流程图

5 系统软件开发

5.1 软件开发流程

本文采用 MFC 结合多线程技术开发上位机软件，

实现数据实时收发和图像数据采集功能。首先，利用 Visual Studio 2017 的数据库和支持更多新技术架构的特点，创建 MFC 应用程序项目，并在共享 DLL 中使用 MFC^[9]；然后，确定生成的类后开发设计软件；最后，利用 Windows 编译器编译源代码，并通过 Visual Studio 中自带的安装包生成程序将生成的文件导入，实现电视机背板涂胶系统软件完整开发过程。

电视机背板涂胶系统软件包括状态监测、视觉定位、CAD 文件读取、数据库和系统设置等 5 个界面。其中，状态监测界面需调用通信过程中所获数据以确保实时状态的变化；视觉定位界面需要调用相机库以及第三方动态链接库 halcon.dll^[10]；CAD 文件读取界面需由 LIB-reDWG 库进行图纸解析；数据库界面需要添加 MySql 驱动配置，实现数据库表的增、删、改、查等操作；系统设置界面可配置通信所需的参数文件，在软件的项目设置中需导入 CSerialPort.dll 对系统串口进行调用^[11]。

5.2 功能模块

采用模块化设计思想，根据以上 5 个界面进行功能模块划分，分别为登录模块、图像处理模块、图纸解析模块、数据库模块、通信及参数设置模块，软件结构如图 6 所示。各功能模块独立进行开发设计，可减少系统软件出错的概率。

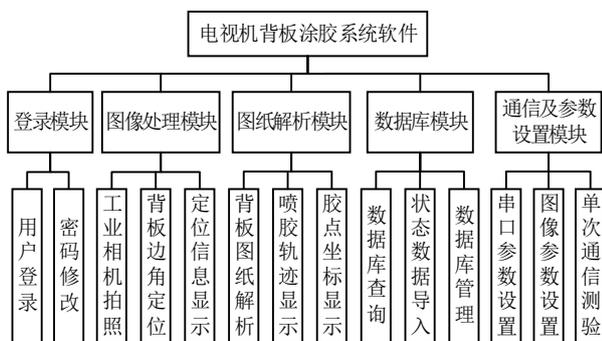


图 6 电视机背板涂胶系统软件结构

登录模块赋予技术人员更高的权限，使其在加工过程中可以修改参数设置；而一般的操作人员只允许浏览主监测界面。

图像处理模块主要用于相机所拍照片的显示、图

像识别、定位状态与定位数据的显示，如图 7 所示。



图 7 视觉定位界面

CAD 图纸解析模块主要用于选择待加工电视机背板的图纸，如图 8 所示。利用 LIB-reDWG 库进行 CAD 图纸解析，将图纸中各个喷胶点保存在 List 控件中；通过 Picture 控件显示并规划喷胶路径。成功选择图纸后，可点击发送图纸数据按钮，将图纸数据发送到从站 PLC 设备。

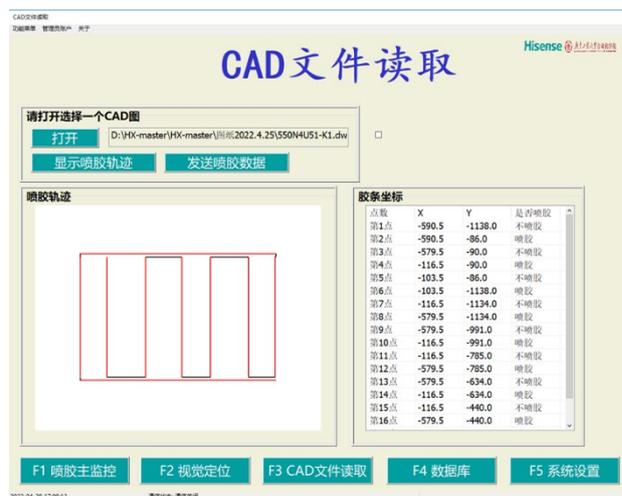


图 8 CAD 文件读取界面

数据库模块主要使用 List、Edit 和 Button 控件，包含 2 个子模块（功能区和数据库内容区），如图 9 所示。功能区用来筛选、查阅、删除数据库；数据库内容区包含背板的喷涂日期、背板型号、喷涂批次、该背板的左右 X、Y 坐标和偏转角坐标，当前背板是

否良品、当前时刻的胶机、PLC 状态以及是否急停等。在加工过程中数据库信息被实时记录, 并保存到 MySQL 对应的表格中。



图9 数据库界面

通信及参数设置模块由视觉参数设置和通信参数设置 2 个子模块构成, 如图 10 所示。视觉参数设置模块通过改变全局变量来更改设置参数, 从而调整相机拍照时的阈值以及曝光参数。通信参数设置模块通过调用 CSerialPort.dll 中的串口设置函数 CSerialPortInfo 更改当前通信的串口、波特率、校验方式、数据位以及停止位, 并提供单次发送测试通信的功能。



图 10 系统设置界面

5.3 试验验证

为验证电视机背板涂胶系统软件的稳定性, 搭建

的验证平台如图 11 所示。



图 11 电视机背板涂胶系统软件验证平台

上位机软件连续 5 次进行视觉定位并执行背板涂胶任务, 定位结果如表 3 所示。

表 3 背板定位数据

定位数据	X/mm	Y/mm	θ /rad
第 1 次	680.948	-560.850	-0.009 79
第 2 次	681.024	-560.635	-0.009 72
第 3 次	680.845	-560.647	-0.009 70
第 4 次	680.756	-560.956	-0.009 66
第 5 次	680.859	-560.868	-0.009 87

由表 3 可知, 电视机背板 X、Y 坐标以及偏转角 θ 都无较大偏差, 说明该电视机背板涂胶系统软件稳定可靠。实际生产过程中的运行情况如图 12 所示。

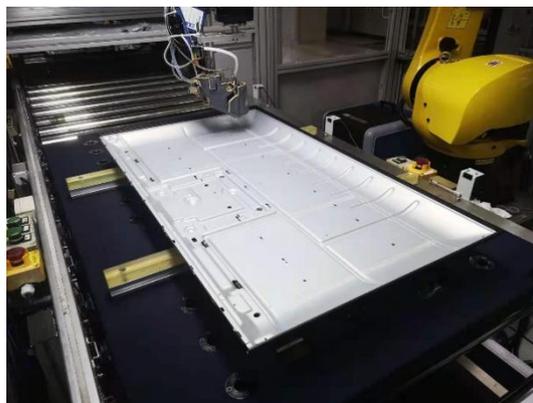


图 12 实际涂胶生产过程

6 结论

本文在搭建电视机背板涂胶系统硬件架构的基

基础上, 利用 MFC 应用程序框架与 C++ 编程语言设计电视机背板涂胶系统软件, 实现了背板加工生产的智能化、自动化。通过在试生产阶段进行连续喷胶结果表明, 该软件可进行稳定且高效的喷涂加工工作, 具有实际应用价值。

参考文献

- [1] 赵雪.我国工业机器人技术现状与产业化发展战略分析[J]. 科学技术创新,2019(36):72-73.
- [2] 孙思蒙.板料冲压自动生产线设计方法研究[D].扬州:扬州大学,2017.
- [3] 田阳杰,易亚军,秦龙.基于 Modbus 协议的伺服驱动系统上位机软件设计[J].机电工程技术,2020,49(6):116-117,173.
- [4] 王庆涛,马崇启,周宝明,等.基于 Modbus/TCP 的小样织机管理信息系统开发[J].棉纺织技术,2016,44(4):15-18.
- [5] 王晓丹,姚舜才,杜飞.超声电机数据采集系统软件设计与实现[J].现代电子技术,2019,42(6):105-108,113.
- [6] Claudio Urrea, Claudio Morales, John Kern. Implementation of error detection and correction in the Modbus-RTU serial protocol[J]. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 2016,15:27-37.
- [7] PANDEY B, FARULLA G A, INDACO M, et al. Design and review of water management system using Ethernet, Wi-Fi 802.11n, Modbus, and other communication standards[J]. Wireless Personal Communications, 2019,106(4):1677-1699.
- [8] 高策,韩广晖,李淼,等.基于 ObjectARX 的 AutoCAD 二次开发技术在铁路桥梁工程中的应用[J].铁道标准设计,2021, 65(11):150-155.
- [9] 官文娟,张静.基于 AutoCAD 软件的智能建筑环境空间结构设计[J].现代电子技术,2019,42(20):173-176.
- [10] 杨桂华,刘志毅,王晓文.基于机器视觉多目标工件分类识别和定位研究[J].机床与液压,2021,49(11):82-86,126.
- [11] 贾小文,贺秀良.CSerialPort 类分析及漏洞的修正[J].军事交通学院学报,2014,16(11):81-85.

Design and Application of Gluing System Software for TV Backplane

CHEN Yihang¹ DU Yuxiao¹ WU Zhuocheng¹ WANG Xiaoqiao²
WANG Gongdong² ZHONG Nan²

(1. Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

2. Hisense Electronics Co., Ltd. Jiangmen 529000, China)

Abstract: In order to improve the current situation of low efficiency, low accuracy and no production record of TV backplane gluing, the software of TV backplane gluing system is designed on the basis of building the system hardware architecture and taking the mechanical arm gluing as the research object. Develop graphical user interface (GUI) applications under the framework of Microsoft Foundation classes (MFC); Compile CAD drawing analysis program combined with LIB-reDWG open source library; Using image processing technology to obtain the positioning information of TV backplane; Use MySQL database to save and manage backplane production information. The experimental verification shows that the software of the TV backplane gluing system can effectively spray the backplane, improve the production efficiency and gluing accuracy, and the software runs stably and reliably.

Keywords: TV backplane; gluing system; Modbus communication protocol; MFC; drawing analysis

作者简介:

陈伟杭, 男, 1997 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 工业机器人、智能制造。

杜玉晓 (通信作者), 男, 1973 年生, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 智能制造装备、医疗器械设备及脑机接口 (BCI) 技术、数字图像处理。E-mail: yuxiaodu@126.com

吴卓承, 男, 1997 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 机器视觉、图像处理算法及应用。

王小桥, 男, 1979 年生, 大专, 主要研究方向: 工业机器人与视觉测量技术。

王公东, 男, 1979 年生, 大专, 主要研究方向: 工业机器人与视觉测量技术。

钟楠, 男, 1998 年生, 工学学士, 主要研究方向: 工业机器人与视觉测量技术。