

基于现场总线的柔性制造系统信息实时控制^{*}

夏 链, 马 超, 韩 江, 白永帅, 田晓青

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要:为实现对 STAR-FMS 柔性制造系统现场设备的实时控制, 设计了基于 PROFIBUS-DP 的控制系统, 解决了控制中心与现场设备的通信问题。阐述了系统构成、PROFIBUS-DP 总线的控制方案、通信原理以及信息的实时控制。系统采用 S7-300 和 WINCC 作为主站, S7-200、ET200 和变频器作为从站。以 PROFIBUS-DP 总线作为通信基础, 既实现了对整个系统的集中控制, 又能够分散控制各底层设备, 同时使监控画面根据现场实际情况动态显示。应用结果表明, 该控制系统设计可行, 整个系统运行稳定、可靠, 能够实现多级实时控制。

关键词: 柔性制造系统; 现场总线; 人机界面; PLC; 实时控制

中图分类号: TH165; TP271.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)07-0005-04

Real-time control for flexible manufacturing systems based on PROFIBUS-DP

XIA Lian, MA Chao, HAN Jiang, BAI Yong-shuai, TIAN Xiao-qing

(School of Machinery and Automobile Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: To realize real-time control of field devices on flexible manufacturing system(FMS), the control system based on PROFIBUS-DP was developed, and communication problems between control center and production site were solved. System configuration, the control scheme of PROFIBUS-DP, communication theory and information real-time control were focused on. S7-300 PLC and WINCC were used as the master stations. S7-200 PLC, ET200 and converter were adopted as the slave stations. The whole system as well as the field devices can be well controlled via PROFIBUS-DP, implementing the centralized and distributed control, and at the same time the monitor screen dynamically displays the actual situation. It is proved by the practical results that the design of control system is feasible, the entire system runs stably and reliably, and it realizes multi-level real-time control.

Key words: flexible manufacturing system(FMS); field bus; human machine interface(HMI); PLC; real-time control

0 引 言

随着科学技术的迅速发展, 国内外市场竞争的加剧, 产品更新换代速度的加快以及人们对产品多样化需求的增加, 使得机械制造业向多品种、小批量生产方式发展。为适应这种需求的变化, 必须大幅度提高产品制造的柔性和生产效率, 缩短生产周期, 保证产品质量, 降低能耗和生产成本, 以获得更好的经济效益。柔性制造系统正是在这种形势下应运而生的^[1]。

柔性制造系统(FMS)是由统一的信息控制系统、

物料储运系统和一组数字控制加工设备组成, 适应加工对象变换的自动化机械制造系统^[2]。柔性制造系统要实现物料流、能量流和信息流的控制功能, 必须建立现场设备层到车间级监控的分散式数字控制和现场通信网络。

PROFIBUS 是一种国际性的、不依赖于厂家设备的开放式现场总线之一, 符合 EN50170 欧洲标准, 已被广泛地用于离散型、流程型自动化系统^[3]。根据其特点, PROFIBUS 被分为报文规范 PROFIBUS-FMS、分布设备 PROFIBUS-DP、过程自动化 PROFIBUS-PA 三

收稿日期: 2010-03-12

基金项目: 国家重大科技专项资助项目(2010KJZZ0177)

作者简介: 夏 链(1962-), 女, 四川乐山人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事 CAD/CAM、数字化与网络化制造技术方面的研究. E-mail: xia_nian@126.com

个相互兼容的版本^[4]。其中 PROFIBUS-DP 是目前国际上通用的现场总线之一,它使用了 OSI 参考模型的第 1 层和第 2 层,这种结构保证了数据的高速传递,特别是 PLC 和分布式 I/O 之间的数据传输^[5]。PROFIBUS-DP 主站和从站之间采用轮循的通信方式,数据传输速度快,应用于自动化系统中单元级和现场级通信,可实现现场设备级到车间级监控的分散式数字控制和现场通信网络,从而为实现工厂综合自动化和现场设备智能化提供了可行的解决方案。

合肥工业大学 CIMS(现在集成制造与数控装备)研究所研发了基于现场总线的柔性制造系统 STAR-FMS,用于科学研究和教学。本研究主要探讨基于现场总线的柔性制造系统信息实时控制。

1 STAR-FMS 柔性制造系统

1.1 系统构成

STAR-FMS 柔性制造系统采用先进的制造系统、PLC 控制技术和 PROFIBUS-DP 现场总线技术为一体的自动化系统。采用 PROFIBUS-DP 现场总线,使整个系统的布线变得简单、开发周期大大缩短,在复杂工作现场满足实时响应速度,也使整个系统的各个单元之间的工序变得有序并易于控制^[6]。系统由物料输送线、两台上下料机机械手、数控车床、数控铣床、尺寸检测单元、仓储系统和一台计算机组成,它包含了 FMS 的 3 个主要组成要素,如图 1 所示。

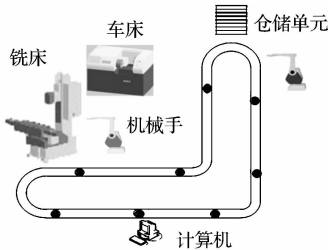


图 1 柔性制造系统构成

1.2 系统控制结构

考虑到该柔性制造系统现场设备的分散性和集中控制的特点,系统采用了分层控制,如图 2 所示。系统主要分为管理层、单元层和现场设备层,使分散的设备能够通过管理层集中控制。管理层采用西门子 S7-300 PLC 为一类主站,安装了 WINCC 和配有 CP5611 卡的 PC 机为二类主站。WINCC 做为人机界面,用于和用户及设备层的系统运行控制以及实时数据采集,并通过动态图形和文字信息显示系统运行的状态,同时完成变量记录、报警、数据归档和打印消息等处理。

单元层采用 EM277 和 ET-200 连接设备层,根据管理层指令驱动设备层 I/O 设备或者电机模块,同时将设备运行状态信息反馈到管理层。

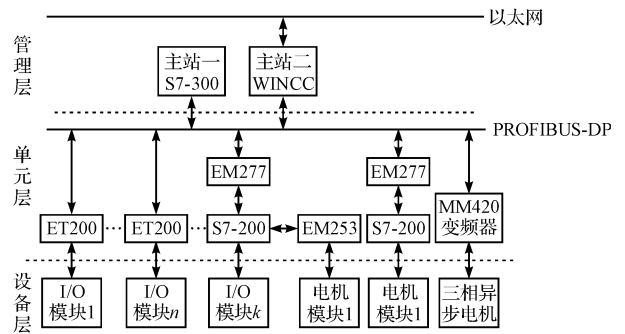


图 2 柔性制造系统的控制结构

2 系统通信

2.1 WINCC 与 S7-300 的实时通信

WINCC 通过调用变量实现 WINCC 与 S7-300 的通信。从 WINCC 里调用变量的前提条件是,WINCC 的项目文件必须添加适当的通道驱动程序。主要步骤如下:①创建 WINCC 站与 S7-300 系统间的物理连接;②在 WINCC 项目中添加适当的通道驱动程序“SIMATIC S7 Protocol Suite. CHN”,WINCC 中的通信通过使用各种通信驱动程序来完成,对于不同总线系统上不同 PLC 的连接,有许多通信驱动程序可用;③在通道驱动程序适当的通道单元下建立与 S7-300 的连接;④在连接下建立过程变量,过程变量在各单元之间起桥梁作用,实现数据的交换,且每个过程变量都属于特定的过程变量驱动程序和通信单元。

2.2 系统主站与从站的通信

在本系统中,主站与从站之间的通信主要涉及 WINCC、S7-300 与 S7-200 PLC 以及 ET200M 通信。主站 S7-300 与 S7-200 不同,采用的是模块化方法。使用前,在 STEP7 中创建一个新项目,插入一个 SIMATIC 300 Station,根据硬件安装次序和订货号依次插入机架、电源、CPU、信号模块,进行基本的硬件组态,设置地址为 2。由于所使用的 CPU315-2DP 是集成了 DP 接口的 CPU,因此选择 PROFIBUS 网络,选择“Network Settings”选项,根据本系统的需要在此设置传输速率为“1.5Mbit/s”,行规为“DP”。

从本系统特点出发,该控制系统未采取点数更大且带有 PROFIBUS 接口的 PLC,而是用了西门子公司 S7-200 系列 PLC。S7-200 系列 PLC 不具有 PROFIBUS 通信功能,其通过 EM277 扩展从站模块将 S7-200 连

接到总线网络。出于成本考虑,系统的部分 I/O 设备采用的是 ET200M 控制。ET200 本身不具备程序存储和程序执行功能,但它具有总线接入功能,且通过主站的统一编址可作为主站的分布式 I/O,按主站的指令驱动常用的 I/O,和主站编程时使用的 I/O 没有区别。

变频器 MM420 带有 DP 接口,做为第三方设备需要将 STEP7 软件中相应的 GSD 文件导入到 PROFIBUS-DP 网络。其通信区包括 PZD 数据区和 PKW 数据区,在本系统中,主站 OB1 中通过直接写入控制字实现对从站变频器 MM420 的操作。

2.3 数控系统的 I/O 通信

由于该机床数控系统是一种封闭式系统,仅提供 RS232 串口用于 NC 程序的传输,无法接收外部的控制指令,也难将机床工作状态和加工信息反馈给上层控制器,因而,无法实现 PLC 与加工机床之间的通信。在本系统中采用 S7-200 和 PMC 通过 I/O 端口完成这两者间的通信,具体实现方法如下:

(1) PLC 输出端口与 PMC 输入端口相连,通过修改机床 PMC 程序,从而在不更动机床原有控制系统硬件结构条件下,能够接收管理层指令。

(2) PMC 输出端口与 PLC 输入端口相连,这样可使上层控制器直接检测数控系统状态信息。

(3) 通过机床现有的 DNC 接口完成从 PLC 到各加工机床的 NC 程序传输。

在此基础上,利用编码的方法可实现 PMC 和 PLC 通信信息的扩展。S7-200 和 PMC 本身具有填表和查表指令,采用 8 个 I/O 端口,可实现 256 种编码。其中,信息交换包括两个方面:CNC 给 PLC 的信息,CNC 发出一些操作指令,如主轴控制、刀具管理等,同时 PLC 将读取机床的各种状态信息,遇到紧急情况 PLC 处理后,反馈给 CNC。

3 基于 WINCC 的实时监控系統

WINCC (Windows Control Center: 视窗控制中心) 是德国西门子公司生产的监控组态软件,是一个将过程可视化的应用程序,能够使用户方便地观察自动控制过程的全部特征,具有丰富的设置项目,使用方式灵活,功能强大,接口开放,运行可靠^[7-11]。

系统通过动态图形和文字表现系统的运行状态。图形元件通过 WINCC 的图形编辑器设计,动态显示通过脚本编辑器实时修改图形参数实现。WINCC 的图形编辑器是由图形程序和各种各样的工具组成。本系统中启动监控画面分辨率设置为 1024 × 768,画面

简洁,除了各模块的按钮控件以外,其余图形要素基本是由对象选项板中的点、线、面基本元素组成,这样做是为了给后续动态化提供便利,如图 3 所示。

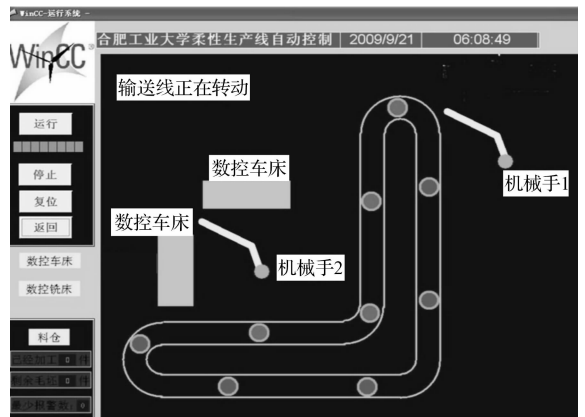


图3 物料输送系统监控界面

全局脚本编辑器是 WINCC 向用户提供的的一个扩展系统功能接口。用户可以在这里用 C 语言编写函数,这些函数可在整个工程组态中被调用。全局脚本函数是实现系统功能的核心内容,函数以固定的采样周期执行,本系统设定的周期为 250 ms。则每隔 250 ms,WINCC 读入 PLC 中设备的参数信息,完成了对设备层信息的实时读取,通过编定好的程序算法对参数进行判断,输出控制变量。

除此之外,该系统还通过 C 脚本程序扩展 WINCC 的功能,例如完成动画提示、数据显示格式的转换,报警的声音等功能。对于动画提示,本系统中输送线物料运动采用的是图像迭加的方法,不同的时间显示不同的图片,连贯起来便成了动画。机械手的运动采用参数控制,通过设置变量关联其位姿参数,并在每个扫描周期读取变量信息,以机械手末端夹持器上物料跟随运动的模拟程序为例:

物料坐标和机械手的末端坐标相同,但其末端参数不易获取。本研究利用机械手基坐标不变,图形宽度和高度可以获取,通过计算得到了物料坐标。

(1) 定义内部变量:

```
double x, y, i, j, deg1, deg2, deg3; //定义变量
```

(2) 获取图形参数:

```
i = GetWidth("flash_line. PDL", "折线 2"); //
```

获取机械手 1 图形宽度

```
j = GetHeight("flash_line. PDL", "折线 2"); //获
```

取机械手 1 图形高度

```
deg2 = GetTagDouble("deg1"); //获取机械手 1
```

的图形夹角参数,该参数为机械手模拟运动中的图形的转动角度。

(3) 通过计算,得到物料坐标:

$deg1 = \text{atan}(j/i)$; //计算机手 1 图形对角线绝对角度

$deg2 = deg2/180 \times 3.1415926$; //计算弧度值

$deg3 = deg2 + deg1$; //实际夹角

$x = (\text{sqrt}(i \times i + j \times j)) \times \cos(deg3)$; //得到物料 X 坐标

$y = (\text{sqrt}(i \times i + j \times j)) \times \sin(deg3)$; //得到物料 Y 坐标

(4) 将实时坐标传递给物料的坐标关联变量:

SetTagDouble("cir1_x", 507 - x); //将实际 x 坐标传递给变量 cir1_x

SetTagDouble("cir1_y", 142 - y); //将实际 Y 坐标传递给变量 cir1_y

这样该项目运行后,每隔 250 ms 执行一次程序刷新,即可看到预期的效果。

4 结束语

通过硬件的合理配置及 WINCC、PLC 等软件的合理编程组态,基于 PROFIBUS-DP 总线^[12-14]的 STAR-FMS 系统成功实现了对设备物料流、能量流及信息流的准确控制;通过 WINCC 对系统进行监控和管理,同时监控画面根据现场实际情况动态显示,增强了系统的可靠性和可维护性;模块化和标准化的设计,增加了控制系统本身的柔性,降低了设计难度。目前该系统功能已成功实现且运行良好,为机电一体化专业的教学、研究、实验及实习活动提供了良好的条件,具有较高的推广价值。

参考文献(References):

- [1] 安宪军,张常全,董克俭. 基于 PROFIBUS-DP 的柔性制造监控系统[J]. 微计算机信息,2007(16):45-47.
- [2] 陆春元,陆欢林. 基于现场总线技术的柔性制造系统的组态监控[J]. 机床与液压,2009(9):259-262.
- [3] 杨庆生,邹仁杰,李其昌. 基于 PROFIBUS 现场总线的分布式泵站监控系统[J]. 机电工程技术,2008,37(4):26-27.
- [4] 李崇博,李鹏飞,胡涛. 基于 PROFIBUS-DP 的石油钻机电控实时监测系统[J]. 石油机械,2009(9):140-143.
- [5] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [6] 孙树文,杨建斌. PROFIBUS-DP 总线在气动物流生产线中的应用[J]. 制造业自动化,2008(3):38-40.
- [7] 魏立秋,付延婷. 基于 WINCC 的嵌入模糊 PID 控制在无水酒精工业过程控制中的应用[J]. 化工自动化及仪表,2006(2):42-44.
- [8] 西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团. 西门子 WINCC 组态手册[M]. 西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团,1991.
- [9] 冯地斌,吴波. PROFIBUS 现场总线技术[J]. 自动化与仪器仪表,2002,16(2):46-48.
- [10] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002:47-67.
- [11] SIEMENS. PROFIBUS-DP Device Description Data Files GSD[M]. SIEMENS AG,1998.
- [12] 郭艳萍,陈冰. 基于 Profibus-DP 总线的复卷机通信系统[J]. 轻工机械,2010(1):45-47.
- [13] 王坚锋,张任,严海. 基于 CAN 总线的温室环境控制系统[J]. 轻工机械,2009(1):69-72.
- [14] 陈晓波,陈小兰. 基于 CAN 总线的集群式多媒体教学系统的研究[J]. 机电技术,2008(3):19-21.

[编辑:张翔]

(上接第 4 页)

参考文献(References):

- [1] 李艳,王勇,陈正洪. 平面二自由度冗余驱动并联机器人控制实验研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程,2009,33(4):623-626.
- [2] 张跃敏,谢刚. 并联机器人机构研究概述[J]. 机械工程师,2008(7):8-9.
- [3] 尚伟伟,丛爽,张耀欣. 平面 2 自由度冗余驱动并联机构最优控制[J]. 机械设计,2006,23(8):16-19.
- [4] LIU B, REN L H, DING Y S. A novel intelligent controller based on modulation of neuroendocrine system[J]. **Lecture Notes in Computer Science**,2005(3):119-124.
- [5] LIU Bao, DING Yong-sheng. A Decoupling Control based on the Bi-regulation Principle of Growth Hormone [C]. Computational Intelligence: Methods & Application 2005.

Istanbul, Turkey,2005.

- [6] 黄桓,丁永生,郝矿荣,等. 一种并联机器人的神经内分泌智能控制器[J]. 机械设计与研究,2008,24(6):35-38.
- [7] LEE H J, PARK J B, CHEN G. Robust fuzzy control of nonlinear systems with parametric uncertainties[J]. **IEEE Trans. on Fuzzy Systems**,2001,9(2):369-379.
- [8] 曹双贵,田锦明. 基于 BP 神经网络的 Fuzzy-PID 恒温控制器[J]. 机电工程,2009,26(12):82-84.
- [9] 谢启文. 现代神经内分泌学[M]. 上海:上海医科大学出版社,1999.
- [10] FARHY L S. Modeling of oscillations in endocrine networks with feedback[J]. **Methods in Enzymology**,2004,384:54-81.

[编辑:张翔]