

## 轿车涂装输送线控制网络设计

聂宗瑶<sup>1,2</sup>, 陈 彬<sup>1</sup>, 朱正国<sup>1</sup>, 张 磊<sup>2</sup>

(1. 安徽城市管理职业学院 基础部, 合肥 230011; 2. 安徽大学 电气工程与自动化学院, 合肥 230601)

**摘 要:** 在分析轿车生产工艺的基础上,按照轿车生产的主流技术,采用地面式机械化输送模式对传统的轿车生产中涂装输送系统进行网络化控制设计。网络化控制系统采用分散控制、集中管理的主从网络控制模式,以西门子 S7-300PLC 作为主(操作)站和远程 ET200S 作为从(操作)站实现系统控制功能;并通过人机界面实现操作人员的在线状态查询和故障查询;涂装设备的控制都具备手动、自动模式切换和故障报警指示。该系统提高了轿车涂装工艺过程的自动化水平,提升了产品质量,降低了制造成本。

**关键词:** 轿车涂装工艺;输送线;网络控制;S7-300;人机界面

**中图分类号:** TP273.5;U466

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2015)01-0028-08

## Design of network-controlled system on car-painting conveyor line

NIE Zongyao<sup>1,2</sup>, CHEN Bin<sup>1</sup>, ZHU Zhengguo<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup>

(1. Department of Basic Education, Anhui City Management Vocational College, Hefei 230011, China;

2. School of Electronic Engineering and Automation, Anhui University, Hefei 230601, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the car production process, according to the mainstream of car production technology, we use ground mechanical transmission mode of traditional painting conveying system in the car production of the network-controlled design. Network-controlled system adopts the distributed control-centralized management mode of master-slave network control, which is based on Siemens S7-300 PLC as the main station (operations), remote ET200S as from (operation) stand to realize system control function. And through the man-machine interface (HMI), operators implement online status query and fault query. Car-painting equipment is controlled with both manual and automatic mode of switch and fault alarm instructions. The above method improves the automation level of the car coating process and the product quality and reduces the manufacturing cost.

**Key words:** car coating process; conveyor line; network control; S7-300; HMI

---

**收稿日期:** 2015-01-05

**基金项目:** 安徽省高校专业综合改革资助项目(2013zy145)

**作者简介:** 聂宗瑶(1972—),男,安徽省合肥人,高级工程师/副教授,硕士,主要从事检测技术与仪器仪表、嵌入式系统研究。

随着经济总量的高速增长,轿车生产和消费服务行业得到快速发展。目前,中国已经成为世界第三大汽车市场,汽车行业无疑已经成为制造行业的主力,同时也是制造行业发展的动力所在。如何降低汽车的制造成本、提高工艺水平、升级管控质量、提升竞争力,是每个汽车生产商都要考虑的问题。

为此,本研究选取安徽江淮汽车的制造工艺、质量管控为研究对象,重点研究与分析轿车加工涂装的工艺,从机电控制的角度优化设计轿车涂装中烘烤输送的自动化控制系统,以期既满足轿车生产工艺的需求,又有效控制生产成本。

## 1 轿车涂装生产工艺

汽车涂装工艺在经过了十几年的不断发展之后,现在技术已经逐渐成熟。虽然各大汽车制造商的生产工艺略有不同,但是整体的工艺基本相似。

汽车涂装工艺在经过了十几年的不断发展之后,现在技术已经逐渐成熟。常用的涂装工艺体系按涂层来分可以分为:二涂层(底漆+面漆)体系;三涂层(底漆+中涂+面漆)体系;四涂层体系(底漆+中涂+面漆+罩光清漆)。一般最为常见的是二层涂装体系。江淮轿车 Suv 线采用了二层涂装体系,是世界高水准的水性 B1B2 免中涂工艺,可免去中涂工艺带来的设备投入、人员及能耗成本,而且还可大幅度降低挥发性有机物的排放,从而开创了汽车绿色涂装工艺的新时代。

在轿车涂装加工工艺中,主要是以前处理和电泳工艺流程的工序最为复杂,在图 1 中展示了汽车涂装车间的工艺流程<sup>[1]</sup>。

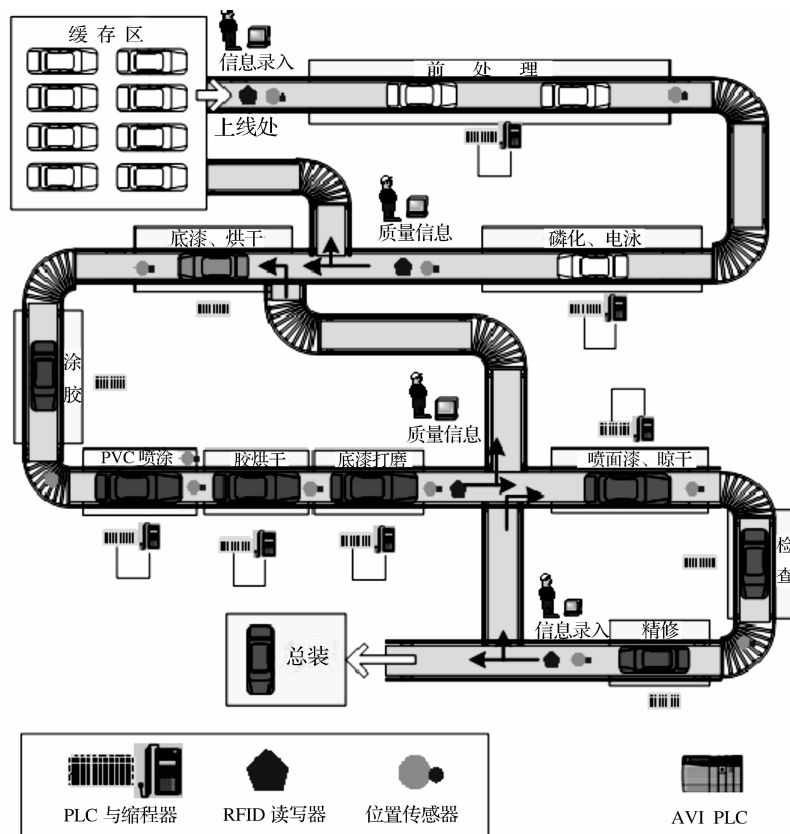


图 1 涂装车间生产工艺流程图

Fig. 1 Coating workshop production process flow diagram

汽车涂装线所涉及的设备品种较多,机械化输送设备有地面链、升降机、转运车等;前处理、电泳设备有大量化工泵、清水泵、立式泵、电动调节阀、电磁阀等;还有各种风机,以及纯水、超滤、反渗透、涂胶、喷漆、输调漆等成套设备。

## 2 机械输送系统组成及功能

汽车涂装车间机械传输系统是将半成品汽车绑定在滑橇上自动地运行起来并获得各工段对汽车的连续加工。该系统主要由电泳烘干设备、电泳后排空设备、电泳空撬返回输送设备组成,分布在 7.00 m 层和 11.8 m 层。

### 2.1 电泳烘干及排空的功能及工作过程

移行机 TC001\TC002 从电泳升降机接入撬体(绑定着半成品汽车)后,送入电泳烘房升降机 EO010。如果电泳烘干出现故障,则 TC001\TC002 通过滚床 RB005\EL115\TT111\TC107 进入存储区暂存;待烘房故障排除后,再通过以上设备进入电泳烘房升降机 EO010。

通过升降机 EO010,把撬体送入电泳烘房的入口滚床 RB011,通过输送链 OC013\OC015、链式移行机 CC019、烘干链 OC027\OC029,然后进入电泳烘房出口滚床 RB031,完成电泳烘干。再由出口高温升降机 EO032 放下,进入强冷室滚床 RB033、RB035、RB037、RB039。

在正常工况下,由强冷室出来的撬体由移行机 TC049 送到电泳存储区(包括 7.00 m 和 11.80 m 的积放链),再通过移行机 TC107 送入 TT111。在非正常工况下(存储区出现故障或某些紧急状况),从强冷室 RB045 出来的撬体不需要经过电泳储存区直接由 TC107 送入 TT111。旋转滚床 TT111 将撬体换向后(旋转 180°)送入下一道工序(总装)的机械输送系统的升降机 EL115 上。

### 2.2 空撬储存及返回工作过程

积放带 BB173 接入总装机械输送系统送入的空撬(堆垛后),通过移行机 TC049 进入空撬存储线(BB175\BB177),再通过拆垛 CD179\TT189\RB195,把电泳空撬送到前处理输送系统。

## 3 网络化自动控制系统硬件设计

轿车涂装输送流水线主要包括电泳烘干的工艺链、高温升降机,以及普通升降机、旋转滚床、移行机、存储工艺链等设备。其对应的电气硬件配置系统包含 1 个电控主柜、12 套小(从)电控柜和 13 个操作站。每个电控柜对应 1 个操作站,现场可根据实际的需求在不同的位置设置不同的操作站来控制相应的设备,以实现系统设计的分散控制、集中管理的控制思想<sup>[2]</sup>。实现自动化控制的硬件系统整体设计架构如图 2 所示。

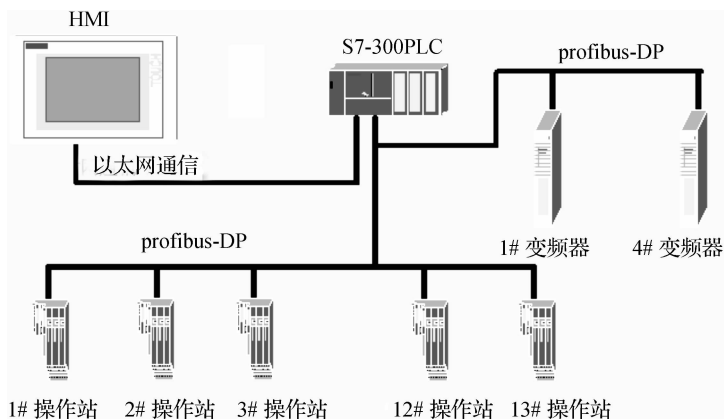


图 2 硬件控制系统整体架构图

Fig. 2 Overall architecture diagram of hardware control system

控制柜通过 profibus-DP 网络与现场操作柜(箱)组成一个有机的整体。现场控制柜为系统的底层核心部分,它安装着整个系统的主回路及底层小系统的控制中心(可编程序控制器),还有现场总线模块及现场设备的控制按钮,它主要负责设备的现场起停,以及接受主机的控制。

主控制柜装有整个系统的自动启动/停止、故障复位等控制柜操作按钮及系统的故障指示灯<sup>[3]</sup>。主控制柜上侧为触摸屏(HMI),显示整个系统的运行及故障信息、连锁信息、数值设置等内容。

设备之间的控制与逻辑关系是自控系统软硬件设计的核心。在涂装输送系统中,最主要的逻辑关系就是滚床与滚床之间的关系<sup>[4]</sup>,即是 4 个信号的使用。

双向运行的 4 个信号的使用过程如下,滚床设备逻辑关系见图 3。

滚床  $n+1$  发送到滚床  $n$ 〈允许正转进入〉信号;

滚床  $n$  发送〈要求正转送出〉信号到滚床  $n+1$ ;

当 2 个信号都存在后,滚床  $n$  运行,并发送〈正在正转送出〉信号到滚床  $n+1$ ,同时滚床  $n$  和滚床  $n+1$  开始运行;

如果以上动作没有故障,滚床  $n$  和滚床  $n+1$  运行;

如果滚床  $n$  出现故障,则〈正在正转送出〉信号关闭,同时滚床  $n+1$  也停止运行;

如果滚床  $n+1$  出现故障,则〈允许正转进入〉信号关闭,同时滚床  $n$  也停止运行;

当滚床  $n+1$  所有开关都感应到时,滚床  $n+1$  发送〈正转进入完成〉信号到滚床  $n$ ;

滚床  $n+1$ 〈允许正转进入〉信号清零;

滚床  $n$ 〈要求正转送出〉信号清零;

滚床  $n$ 〈正在正转送出〉信号清零;

滚床  $n$  占位信号清零,滚床  $n+1$  占位信号置位;

滚床  $n$  和滚床  $n+1$  停止运行。

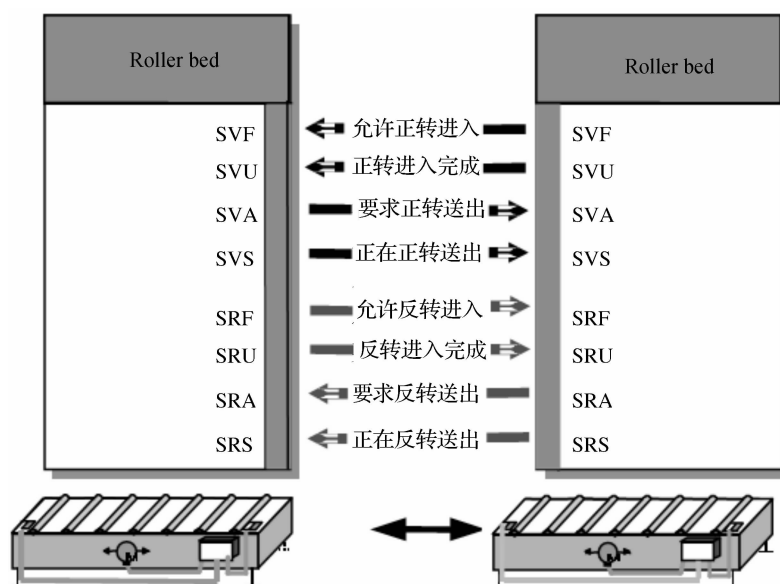


图 3 滚床设备逻辑关系图

Fig. 3 Equipment Logic relationship diagram between rolling beds

在涂装输送系统中,除滚床基本单元的运行逻辑外,还有高温烘干工艺链及高温升降机、移行机等设备的安全连锁信号逻辑。

#### 4 网络化自动控制系统通信设计

通过 DP 通信实现整个系统联网,并且对于需要调整频率的变频器实现网络通信模式控制。在不同设备的程序设计中,笔者采用模块化的思想,对于功能相同的设备单元进行功能块设计。这样,如果再有同样的设备只需要调用功能块就可以了,不同背景参数放置在不同的背景数据块中即可。这种设计思路明确,便于使用和日后的维护。



### 4.3 远程 ET200S 的通信设置

ET200S 分布式 I/O 系统是 OP 从站,用于连接中央控制器或现场总线上的过程信号<sup>[6]</sup>,其链接架构如图 6 所示。ET300S 可以将远程采集的信号送至中央控制器也可以将中央控制器的输出信号传至远方。

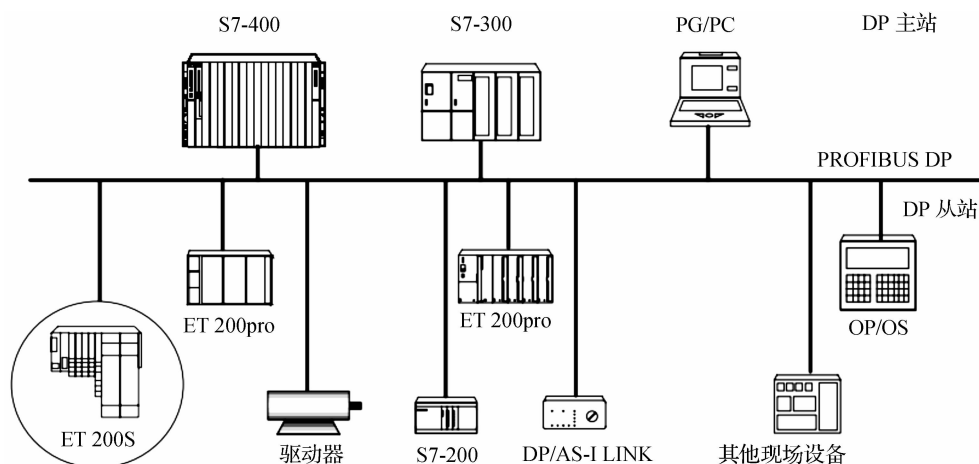


图 6 ET200S 典型 DP 网络

Fig. 6 ET200S typical DP network

在使用 ET200S 过程中,需要在编程软件 Step7 中进行相应的硬件组态和地址分配<sup>[7]</sup>。在启动编程软件后,在 SIMATIC 管理器中创建一个新的项目,然后在 HW Config 中打开“Properties”(属性)创建网络,从硬件目录中选择 ET200S,然后设置相应的属性。

## 5 触摸屏设计

人机界面(HMI)在工业生产领域应用越来越多,目前国内市场也出现了例如组态王、力控、昆仑通态等国产组态软件。本系统中选用的硬件是德国进口的 MP277 十英寸触摸屏<sup>[8]</sup>。配套的触摸屏组态软件是 WinCC flexible。人机界面能够提供很好的透明性,在工艺设备不断复杂、相关设备的功能也不断增加的大环境下,对于现场的操作人员,获得最大的透明性是十分重要的。

### 5.1 整体界面设计

在触摸屏设计中,考虑到现场操作者的具体操作需求<sup>[9]</sup>,总共设置了 8 个子菜单:主画面、系统画面、参数设置、连锁信号、密码管理、报警画面、系统介绍和退出。在不同的子画面中具有不同的功能,还有一些特殊功能的设置。

#### 5.1.1 主要画面

也是起始画面,下面会有相应的菜单选择,作为这个触摸屏的封面,如图 7 所示。

#### 5.1.2 系统画面

分别为从主站到从站及各个操作站下属的单元设备的手/自动状态、开关量信号、报警故障、运行状态等显示<sup>[10]</sup>,参见图 8。

#### 5.1.3 参数设置

在空槽存储及相应的电泳下线至存储或电泳下线至烘房等设置,方便生产的实际情况使用。

#### 5.1.4 连锁信号

因为本系统设计主要是电泳下线车辆的电泳烘房的输送及烘干后排空和空槽返回。在信号上会与烘干设备及前处理设备都有相应的连锁信号,比如只有在烘房的温度到达工艺要求后才可以将电泳下线

的车辆送至烘房进行烘干。在排空区的空橇达到一定数量需要将空橇返回,这些都要与相关联的设备有相应的连锁。考虑到连锁信号的显示及使用与否,所以在触摸屏上会作相应的提示和功能设置。

#### 5.1.5 密码管理

也是用户管理,只有是负责该区域的操作人员才可以进行现场设备的参数设置与系统运行控制。比如是否进行空橇排空、电泳下线,车辆如果有需要转至存储区域的都需要进行相应的设置<sup>[11]</sup>。而该设置只有负责该现场操作的操作人员才可以进行,其他人员只能查看触摸屏,无设置权限。



图 7 触摸屏主画面图

Fig. 7 Main frame HMI diagram

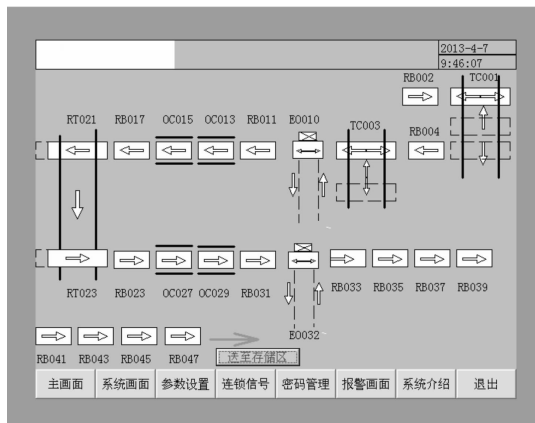


图 8 触摸屏系统介绍画面图

Fig. 8 System-introduced frame HMI diagram

#### 5.1.6 报警画面

报警画面将现场所有设备的故障信号都集中显示。如果现场出现异常状况,可以通过查看报警画面了解故障状态。

#### 5.1.7 系统介绍

该菜单主要将本区域负责的所有设备及设备流程显示出来,方便操作人员或其他人员熟悉现场的工艺流程<sup>[12]</sup>。

#### 5.1.8 系统退出

在修改触摸屏程序或是不需要显示触摸屏时可以点击此键,将运行的触摸屏程序退出。

### 5.2 特殊功能设计

在程序的功能设计上,结合控制器 PLC 将电泳下线进入烘房的车辆与出烘房的数量在触摸屏上进行显示,并且记录值可以自动和手动清零,其画面如图 9 所示。这样,方便操作者在交接班或是节假日时期的操作。为了实现此功能,通过 PLC 的程序处理在程序中读取 CPU 的时间并且设定零点的自动清零功能<sup>[13]</sup>。该功能的使用与否在触摸屏上可以进行选择,以更加方便操作者的使用。

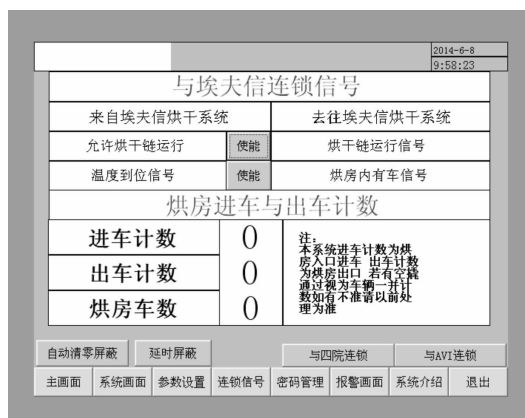


图 9 触摸屏特殊功能画面图

Fig. 9 Special-function frame HMI diagram

## 6 结 语

在分析轿车生产工艺的基础上,通过对传统的汽车生产中涂装输送系统升级和改造,按照现有轿车生产的最新技术,开发满足用户需求并能够稳定运行的机械化输送电气控制信息系统。

在系统设计中,结合触摸屏对系统的相关程序进行了优化,比如存储区域的道次选择及相应的情况处理都有对应的设置,电泳下线进入烘房的车辆与出烘房的数量的集中计数显示等,并可在现场根据操作者的实际需求设计满足要求的功能程序。

系统通过上述一系列软硬件的设计、修改后,投入到生产系统中,使整体的输送设备电控成本相对下降,达到了预计的目标,实现了轿车涂装工艺的提升和成本的控制。

#### 参考文献:

- [1] 尤文强. 滑橇式自动输送系统在汽车生产线中设计与应用[J]. 华北科技学院学报, 2009, 6(1): 41-43.
- [2] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 187-202.
- [3] 尤文强, 王洋. 基于汽车车身自动转接的 PLC 自动控制系统[J]. 工程设计学报, 2007, 14(1): 39-43.
- [4] 张霖. 数控微细铣削机床系统构建及性能研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.
- [5] Nie Z Y, Ma X S, Jiang J. Optimized design of PSA nitrogen-manufacturing system based on PLC[C]. Fourth International Seminar on Modern Cutting and Measurement Engineering. Beijing: SPIE, 2011: 186-188.
- [6] 刘建昌. S7-300/400 PLC 工业网络通信技术指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 79-112.
- [7] Zhu L M, Zheng G, Ding H, et al. Global optimization of tool path for five-axis flank milling with a conical cutter [J]. Computer-Aided Design, 2010, 42(10): 903-910.
- [8] 李方圆. 变频器行业应用实践[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 39-45.
- [9] 王树. 变频器调速系统设计与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 93-95.
- [10] 殷建国. 工厂电气控制技术[M]. 北京: 经济管理出版社, 2006: 41-47.
- [11] 陈叶荣, 刘祺. 节拍式流水线电机出厂试验系统设计[J]. 电机与控制应用, 2012, 39(8): 33-35.
- [12] 张宏建, 蒙建波. 自动检测技术与装置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 86-90.
- [13] 康辉民, 陈小安, 陈文曲, 等. 耦合电压对高速电主轴动态性能的影响[J]. 机械工程学报, 2011, 47(7): 148-156.

## 启 事

为适应我国信息化建设的需要,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》《中国期刊网》全文数据库和《万方数据——数字化期刊群》《中文科技期刊数据库》《中国科技论文在线》《台湾华艺 CEPS 中文电子期刊》等,并被俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、美国《乌利希国际期刊指南》和中国《电子科技文摘》收录,作者著作权使用费随本刊稿酬一次性给付。如果作者不同意将文章编入有关数据库,请在来稿时声明,本刊将作适当处理。