



2016西门子工业专家会议 论文集(上册)

SIEMENS INDUSTRY EXPERT MEETING THESIS COLLECTION



Expert
Serves the
Expert
专家服务专家

2016 西门子工业专家会议论文集（上册）

西 门 子（中 国）有 限 公 司
数字化工厂集团及过程业务与驱动集团 编



机械工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

2016 西门子工业专家会议论文集: 全 2 册/西门子 (中国) 有限公司数字化工厂集团及过程业务与驱动集团编. —北京: 机械工业出版社, 2016. 7

ISBN 978 - 7 - 111 - 54273 - 5

I. ①2… II. ①西… III. ①自动化技术 - 文集
IV. ①TP2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 154883 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 林春泉 责任编辑: 林春泉

封面设计: 路恩中 责任校对: 李锦莉 程俊巧

责任印制: 常天培

北京京丰印刷厂印刷

2016 年 7 月第 1 版 · 第 1 次印刷

210mm × 285mm · 71.25 印张 · 9 插页 · 1649 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 54273 - 5

定价: 290.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

目录（上册）

S7-1500 PLC 在喷涂机器人及悬挂行走机构总控系统中的应用	1
基于西门子高端自动化产品的滤棒成型机控制系统改进设计	13
西门子自动化产品在城际铁路 BAS 系统中的应用	24
西门子自动化产品在液压成型机中的应用	33
西门子 S7-1500 PLC 在全断面隧道掘进机中的应用	38
PORTAL 在隔膜泵控制系统上的应用	50
西门子故障安全型 PLC 在汽车厂电气控制系统中的应用	60
SIEMENS S7-300F 安全 PLC 模块在背绒背胶贴合砂纸生产线的安全控制系统中的应用	75
西门子安全型自动化产品在北京奔驰总装车间的应用及其安全评估	87
S7-400FH 系统在节能环保领域中的应用	97
西门子基于 PC 的控制器和 ET200 在风电行业中的应用	110
S7-1500 PID_3Step 在拉幅定型机烘箱温度控制中的应用	118
西门子 S7-1518 控制器在风电变频器中的应用	127
PROFINET 控制系统在烧结烟气净化装置中的应用	132
西门子 S7-1500 Software Controller 在机器人控制中的应用	143
西门子自动化在行李处理系统大摆臂分流器改造中的应用	155
S7-1500 及 SIMOTION 在精密复合涂布机组中的应用	168
T-CPU 和 S120 在液压压力机上的应用	179
FM458 在液压伺服控制中的应用	189
支持向量机在燃烧优化控制中的应用	196
双螺杆挤出机温度控制模型建立与实现	230
S7-1200 在崩落体形成过程实验系统中的应用	241
西门子 S7-1200 PLC 在 LNG 容器静态蒸发率远程测量中的应用	248
西门子自动化与驱动产品在 LNG 加气站中的应用	259
西门子 S7-1200 自定义 Web 页面在船舶锚绞车的应用	266
西门子 S7-1200 PLC 在包衣机中的应用	275

SM1281 在风电机组状态监测系统上的应用	290
西门子 S7-1200 PLC 在蒸馏水机自动控制系统上的应用	298
西门子 S7-1200 PLC 与 Allen-Bradley CompactLogix PLC 基于通用 Modbus TCP/IP 的通信	308
S7-200 SMART 在冷轧薄板压下系统中的应用	317
西门子 Process Historian 和 Information Serve 在三峡船闸集控系统中的应用	325
WinCC 使用 linked server 查询压缩归档数据实现日报表	333
基于 WinCC 的冰箱门体配送线上位机开发	340
智能仪表与 WinCC 的另类通信方式	352
用 WinCC 实现生产过程数据记录	356
WinCC_ OA 在风力发电行业的应用	364
基于 PVSS 的能源监控与管理软件开发	372
SIMOTION C 在液压铸管机项目中的应用	385
Shared Device 安全功能在纸尿裤生产线中的应用	396
印前套色及压纹打孔多色印刷机控制系统	406
西门子运动控制 SIMOTION 在卫星式柔版印刷机上的应用	414
SIMOTION D 在汽车柔性焊装线中的应用	422
SIMOTION D 在钢材生产线改造上的应用	432
SIMOTION D 在金属复合 3D 打印装备中的应用	439
SINAMICS V20 在电梯门机上的应用	451
SINAMICS G120 变频器 EPOS 功能在优化堆垛机调速上的应用	457
G120 变频器在双梁门式起重机上的应用	466
SINAMICS S120 在芯棒限动装置上的应用	480
模块化多电平变流器的仿真	495
S120 在自动化立体仓库堆垛机中的应用	504
西门子自动化及驱动产品在复卷机改造中的应用	513
西门子自动化与驱动产品在纸机传动上的应用	525
西门子自动化与驱动产品在自升式钻井平台升降系统中的应用	536

S7-1500 PLC 在喷涂机器人及悬挂行走 机构总控系统中的应用

The application of S7-1500 PLC in spraying robot and suspension walking agencies mastercontrol system

郑朝印

(航星国际自动控制工程有限公司 北京)

[摘 要] 本文介绍了西门子 S7-1500 PLC 在喷涂机器人及悬挂行走机构总控系统中的应用, 从软硬件设计方面, 并结合现场调试实例, 叙述了对关键功能的成功实现。

[关 键 词] S7-1500、TIA 博途、喷涂机器人

[Abstract] The paper introduces the application of SIEMENS S7-1500 PLC in spraying robot and suspension walking agencies mastercontrol system. And from the software and hardware design, combined with on-site commissioning instance, the paper describes the successful implementation of the key functions.

[Key Words] S7-1500、TIA Portal、Spraying robot

一、项目简介

近年来, 机器人自动化喷涂系统因其具有重复精度高、涂装质量好、可靠性好、适用性强、效率高等众多优点, 已广泛应用于汽车等工业领域。目前, 航空产品制造过程仍旧是劳动密集、工序繁复、工况恶劣、辅以大量工装夹具并以手工制造为主, 自动化生产能力不足。在国家提出十三五规划, 大力发展中国制造 2025 的时代大背景下, 中航工业复合材料制造所高瞻远瞩, 率先在喷涂领域采用机器人进行自动化生产, 加快了企业生产模式转型升级, 提高了装备先进制造能力。

本项目采用的是一台可移动的悬挂式喷涂 6 轴机器人, 它安装在 3 自由度直角坐标变位天车上, 可以在喷房范围内 (喷漆房内尺寸: L30m × W9m × H6.5m) 进行前后、左右、上下及旋转等多个自由度的运动, 机器人的手臂上带有一支喷枪, 能实现对大型复合材料工件外表面涂装涂层的喷涂作业。

二、悬挂式机器人喷涂系统组成

悬挂式机器人喷涂系统由总控系统、天车系统 (悬挂行走机构)、机器人系统、智能供漆系统以及视频监控系统组成, 系统网络如图 1 所示。

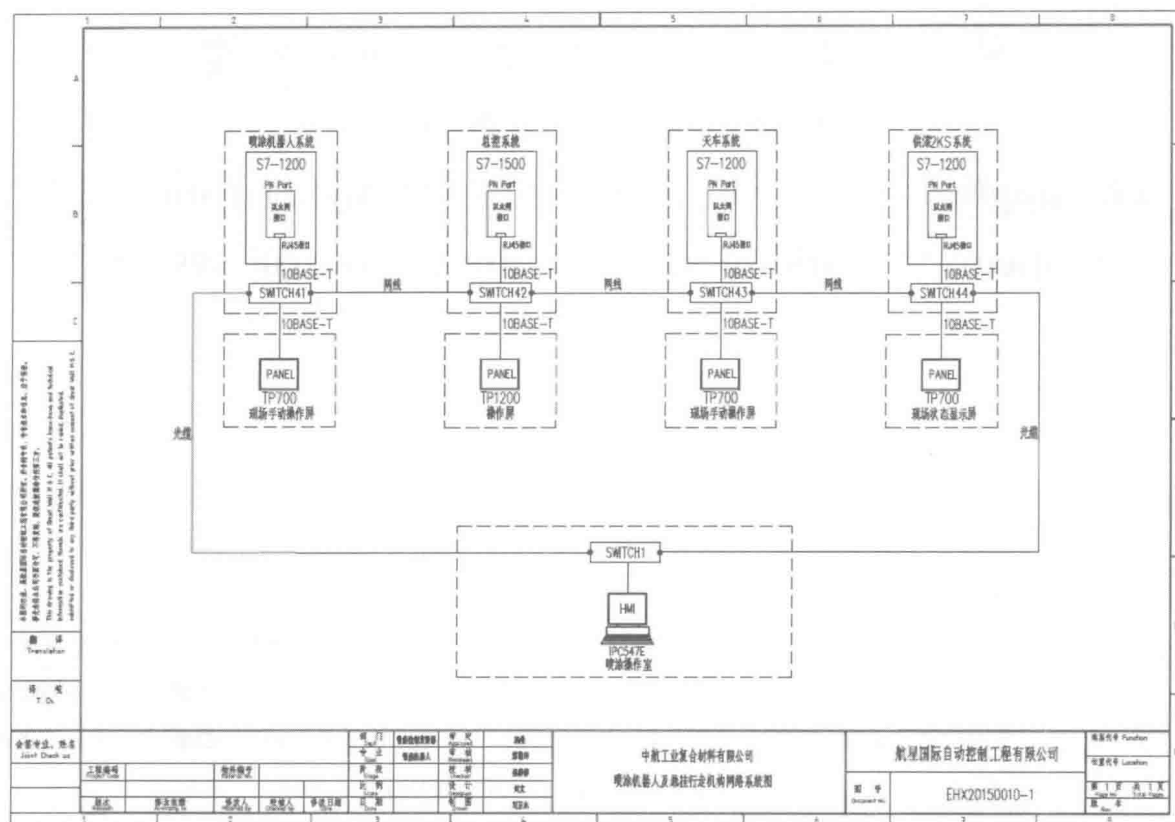


图1 机器人喷涂系统网络图

天车系统包括：1套纵走机构（X轴）、1套横走机构（Y轴）、1套升降机构（Z轴）和电气伺服驱动系统，还有用于维修和检测的走台等附属设施。

智能供漆系统由虹吸管、隔膜泵、物料罐、过滤器、2KS 精确配比、调压器、空打保护器等组成，是喷涂系统的重要组成部分，承担着从原料供应到原料调节预混配比等重要的作用，是执行机构的必要前提。通过流量计，2KS 精确配比系统精确控制每种流体的输入量，同时配有在线检测等装置，更好地保证流量的精确性。2KS 精确配比，即混即喷，为各种溶剂型、水性和固化材料提供精确和可靠的电子配比，可保证固化品质、涂装质量，节约手混浪费的多余油漆。物料包含油漆、固化剂和清洗剂。

天车和机器人装置,如图2所示。

项目选用的是6轴机器人,整个机器人系统由三个部件组成,包括控制器、机械手臂以及手动示教盒,如图3所示。

三、控制系统架构

此套系统的总控系统控制器采用西门子 S7-1500 PLC 作为主控制器, WinCC Professional V13

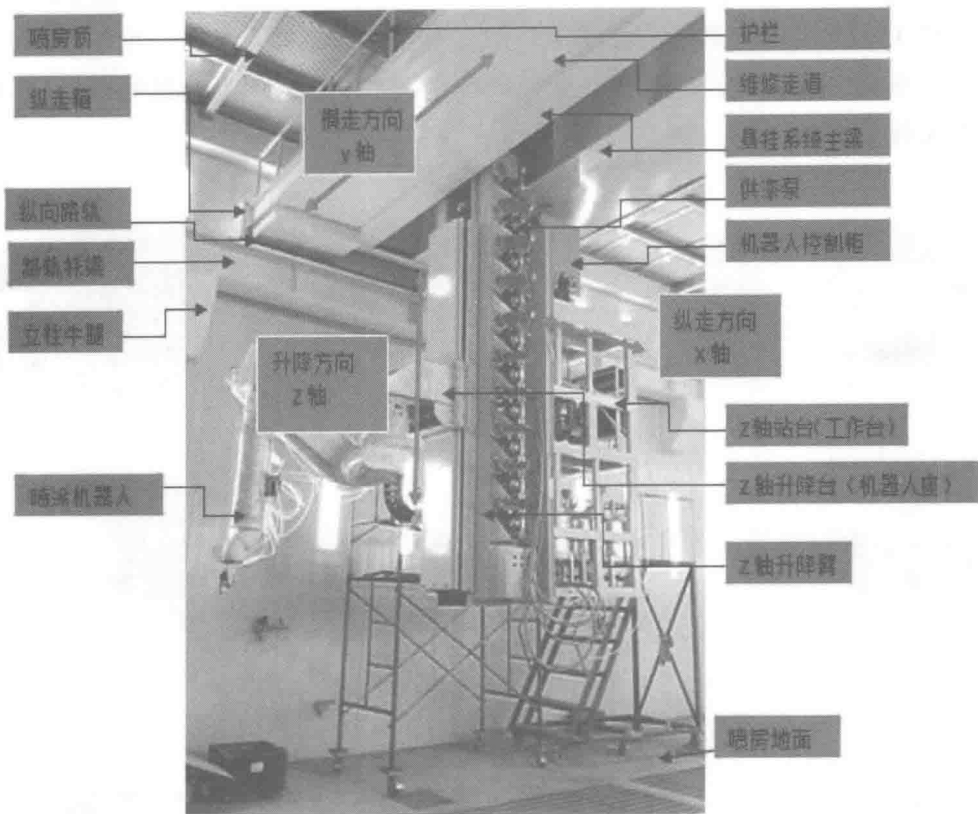


图2 天车和机器人装置图

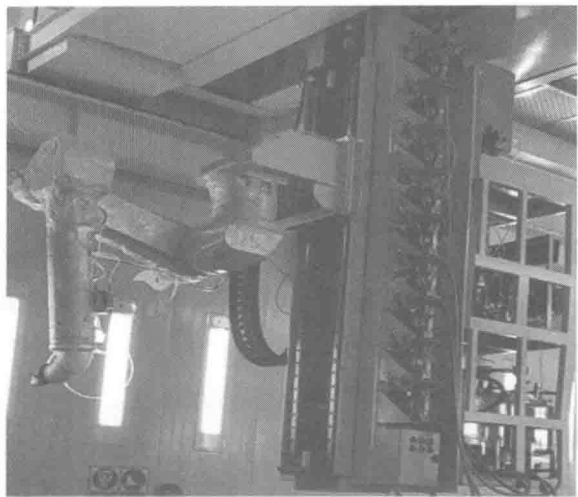


图3 机器人全貌

SP1 作为上位机操作界面，TP1200 作为操作面板，天车、机器人和供漆系统分别采用 S7-1200 PLC 作为控制器。S7-1500 PLC 总控系统通过 PROFINET 总线与喷涂机器人系统、供漆系统和悬挂行走系统通信，完成系统整体控制，实现对系统运行状态的实时监控及操作，保证对整个工件的连续喷涂，控制系统架构如图 4 所示。

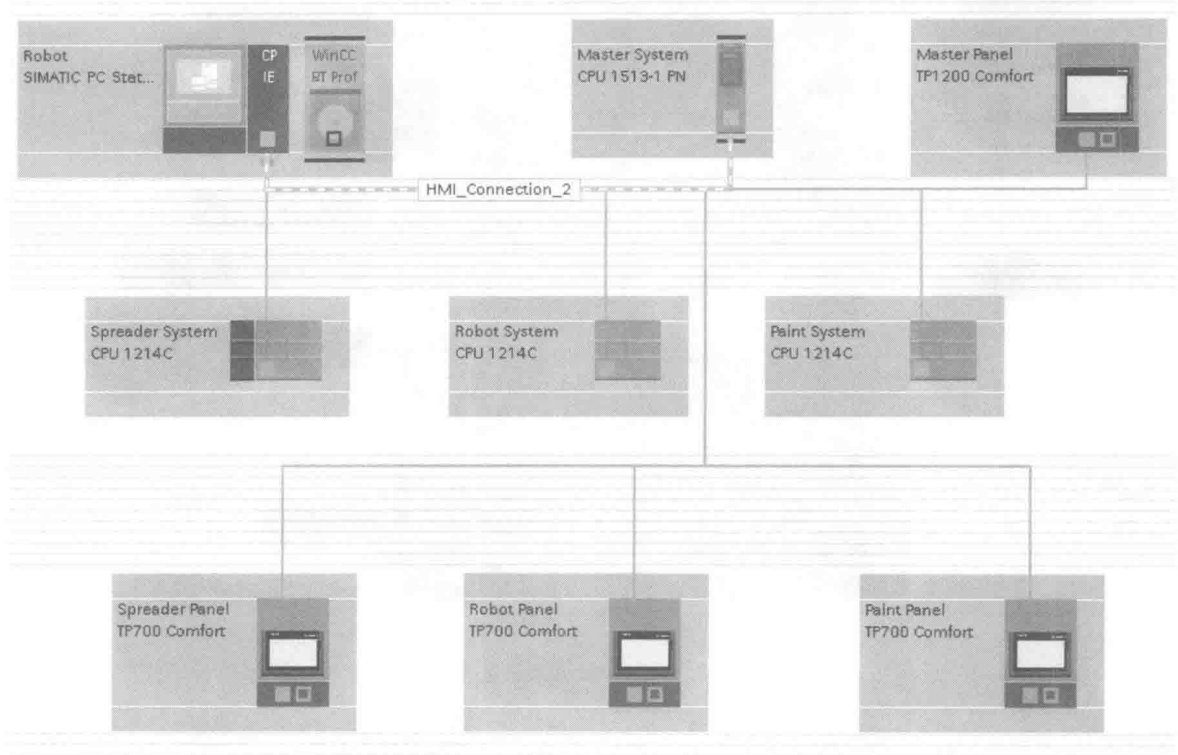


图 4 系统硬件配置图

四、控制系统实现的功能

悬挂式机器人喷涂系统可以实现对天车系统和机器人喷涂系统的单独进行操作。

在现场，天车可以通过操作屏 TP700 进行操作，分别对 X、Y 和 Z 轴伺服电动机进行上电、零点校准、绝对定位等。

供漆系统的现场屏 TP700 可以显示油漆液位、清洗剂液位、固化剂液位、管路压力、电磁阀状态、流体调压器状态、2KS 系统各种油漆的自动配比情况、气动泵以及防空打保护器等。

机器人系统的现场屏 TP700 显示 X、Y、Z、RX、RY、RZ 六轴移动情况。现场示教盒可对机器人进行离线轨迹规划等。

总控制系统由现场控制系统和远程控制系统两套组成。现场控制系统通过总线与机器人系统、

悬挂行走系统和供漆系统通信，完成系统整体控制，对整个工件的连续喷涂；远程控制系统主要实现对系统运行状态的实时监控及操作，如图 5 所示。

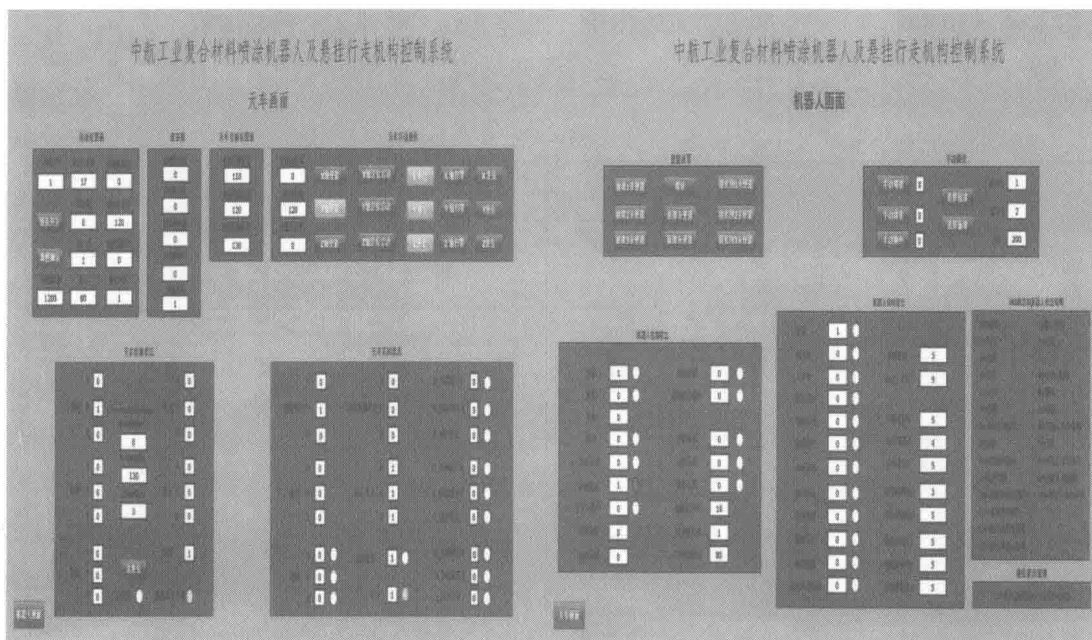


图 5 天车和机器人系统操作界面

总控制系统能够对分系统进行控制及状态显示，可对供漆系统自动进行换色、加料、清洗等操作，可对悬挂行走机构运动过程中产生的误差进行修正。

五、喷涂工艺流程及控制的技术要点

悬挂式机器人喷涂系统喷涂工艺流程如下：

首先，天车系统、供漆系统和喷涂系统准备就绪，工件进入指定位置，并定位→系统检测工件实际位置→坐标拟合→示教（手动调试程序）→启动运行，总控读取喷漆“工件数据”，发喷涂“轨迹号”和喷涂“配方确认”信号给机器人喷涂系统→机器人喷涂系统读取喷涂“轨迹号”和颜色“配方号”→机器人喷涂系统确定是当前喷涂配方，则给总控发出位置 1 的“喷涂申请”信号→悬挂系统三轴分别到达指定位置 1 后，发“天车已到喷涂位置”信号给总控→2KS 混合，机器人开始自动喷涂（调用喷涂程序 1）→喷涂工件 1 号区域，喷涂完成，机器人回到 HOME 位后停止，并给总控发“喷涂完成”信号→总控读取“喷涂完成”信号，变换工件指针，指向 2 号区域工件数据，发喷涂“轨迹号”和喷涂“配方确认”信号给机器人喷涂系统→机器人喷涂系统读取喷涂“轨迹号”和颜色“配方号”→机器人喷涂系统确定是当前喷涂配方，则给总控发出位置 2 的“喷涂申请”信号→悬挂系统三轴分别到达指定位置 2 后，发“天车已到喷涂位置”信号给总

控→2KS 混合, 机器人开始自动喷涂 (调用喷涂程序 2)→喷涂工件 2 号区域, 喷涂完成后, 机器人回到 HOME 位后停止……

按上述程序分别喷涂工件 3 号区域, 4 号区域…… n 号区域, 直至完成工件的全部喷涂任务→机器人回零位 (HOME 点), 天车回到原始位置, 工件下线。喷涂工艺流程如图 6 所示。

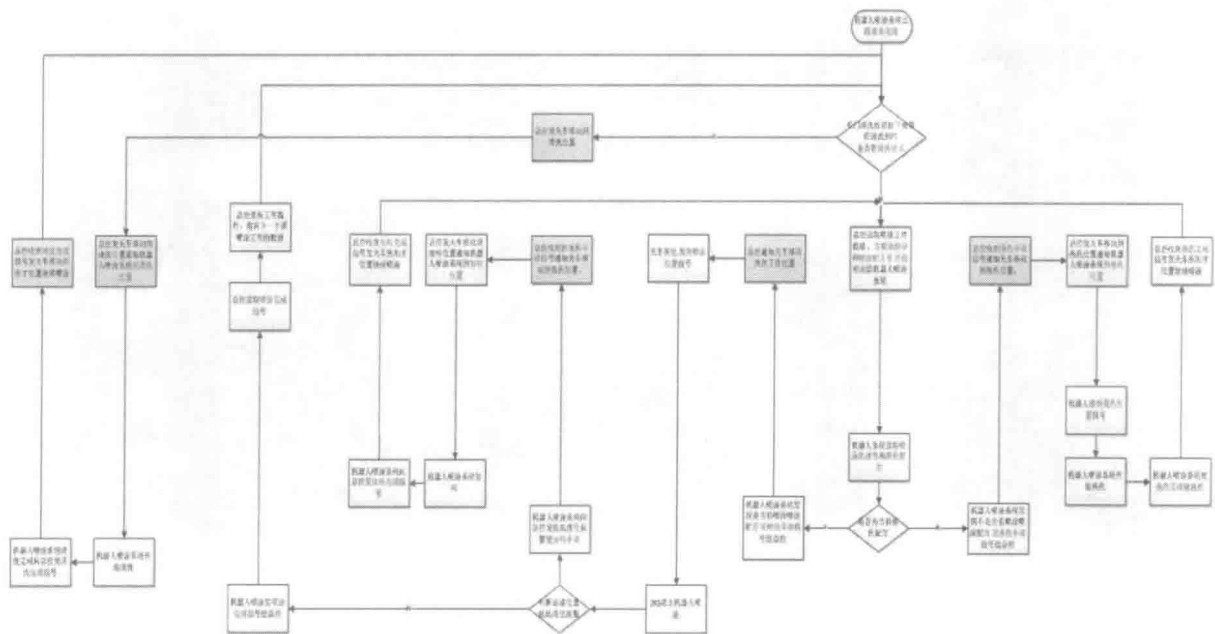


图 6 喷涂工艺流程图

为了完成对整个工件的连续喷涂, 天车回到原始位置, 总控的 S7-1500 PLC 控制器作为整个系统最为关键的核心部件, 协调控制天车和机器人系统的工作。手动示教调试机器人程序时, 要把工件在每个区域的天车 X、Y、Z 坐标值、机器人的轨迹号要手动记录下来, 通过在总控的操作屏 TP1200 或者在中控的工控机上输入, 存入总控 S7-1500 PLC 的数据块里, 系统自动运行时, 再自动一步一步地按照工艺顺序调用已经存入的数据。

由于工件种类多, 不同工件划分的区域大小是不一样的, 而且每个区域是多个数值, 存储数据的 DB 块是数据的嵌套, 即为多重数组, 所以 DB 块的大小要足够大, 才能满足生产要求。总控若选择普通的 S7-300/400PLC, 用 STEP 7 编程方式实现数据的存储和读取有一定的困难, 故选择 S7-1500 PLC, 采用 TIA 博途的 SCL 编程方式实现此功能, 更加方便和容易。下面介绍实现过程。

1. 工件工艺数据表的建立过程

(1) 创建 PLC 数据类型

由于工件每个区域需要 6 组数据 (天车 X、Y、Z 坐标, 机器人轨迹号、油漆配方号和流量),

且数据类型不同，在程序编制工程中或者方便以后对工件快速增加配方条目，利用 TIA 博途“PLC 数据类型”，用户自定义数据类型模板的功能，把这 6 组数据作为一个整体的变量，便于用户多次使用。故在 TIA 博途“PLC 数据类型”，文件夹中，单击“添加新数据类型”，此时会创建和打开 1 个 PLC 数据类型的声明表，并在快捷菜单中选择“重命名”命令，命名为“工件配方”。然后，再声明这 6 个变量及数据类型，完成 PLC 数据类型的创建，如图 7 所示。

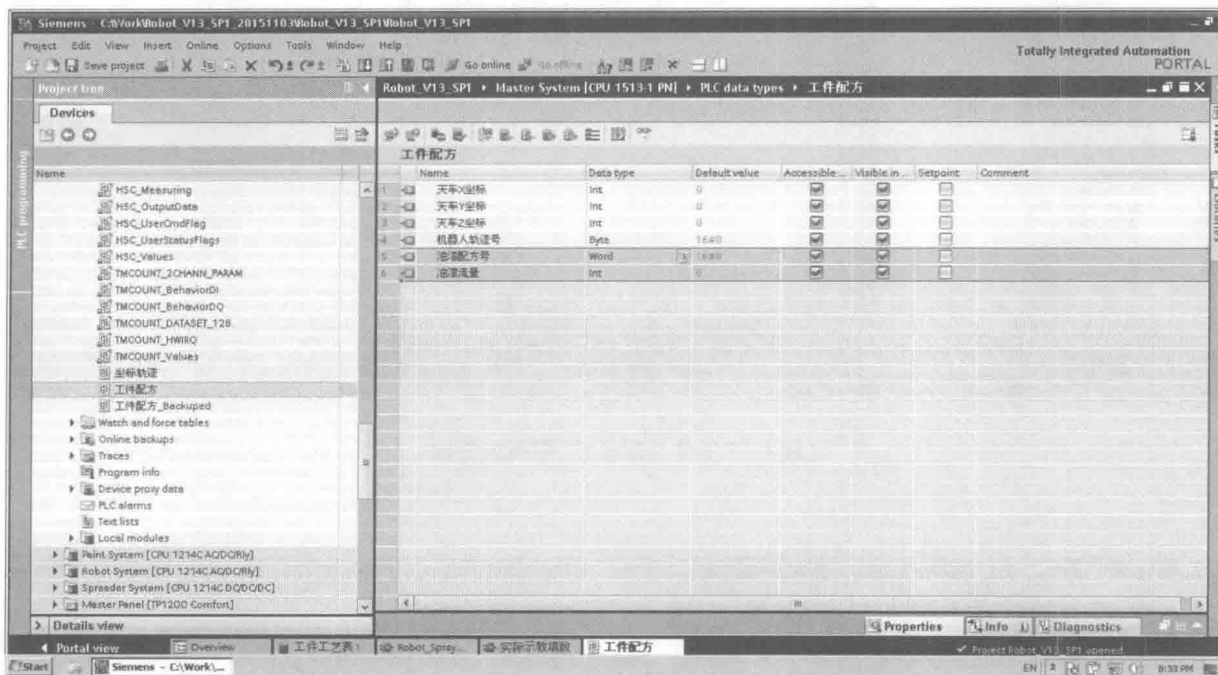


图 7 “工件配方” PLC 数据类型

(2) 创建“工件工艺表 1”全局数据组 DB 块

在 TIA 博途的“程序块”文件下，单击“添加新块”命令，选择数据块，并在类型的下拉列表中，选择“全局 DB”，创建全局 DB 块，数据号为 8，名称为“工件工艺表 1”，打开该数据块，在里面添加名称为“工件数据”，数据类型是“Array [1...200] of 工件配方”（即以上面建立的数组“工件配方”为类型，数组范围是 1 到 200 的多重数组），如图 8 所示，数据组展开后如图 9 所示。并且把“Retain”掉电保持的选项勾选上。

(3) 实际示教填表 SCL 程序的编写

在 TIA 博途的程序文件下，添加函数功能块 FB63，定义输入输出接口，X 轴位置、Y 轴位置、Z 轴位置、机器人路径号、油漆编号、最大工件号及 HMI 存数确认、计数指针等参数。接口参数如图 10 所示。

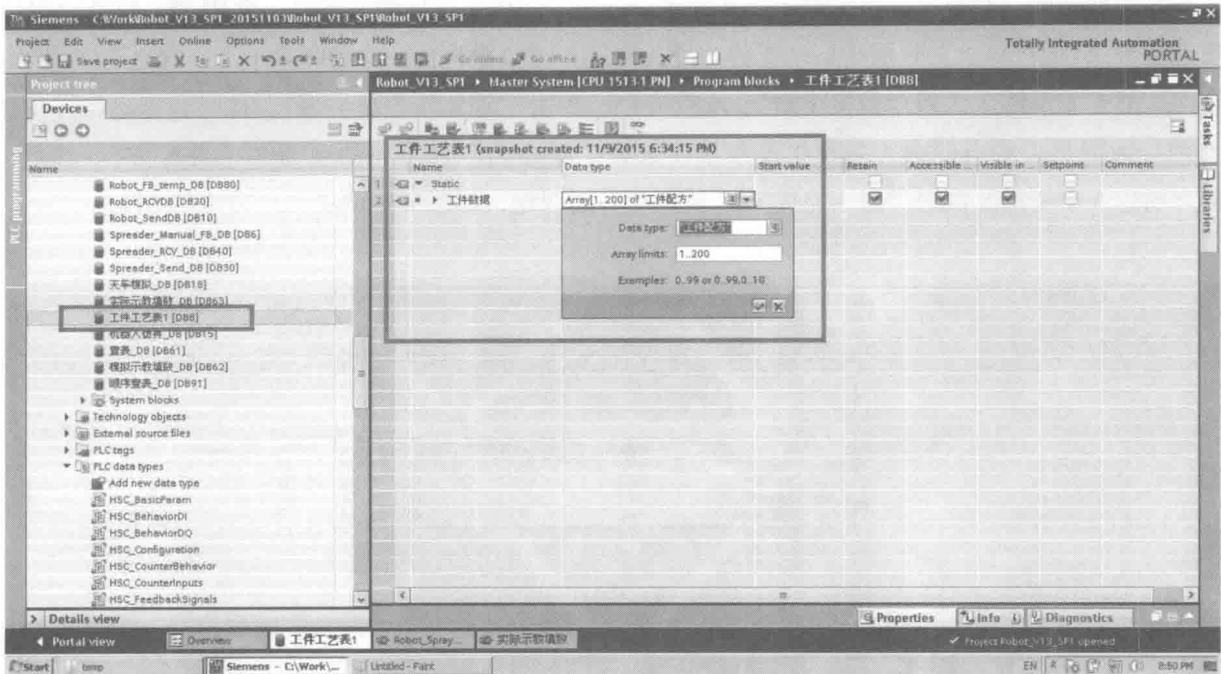


图8 “工件工艺表1”数据组建立



图9 “工件工艺表1”数据组展开

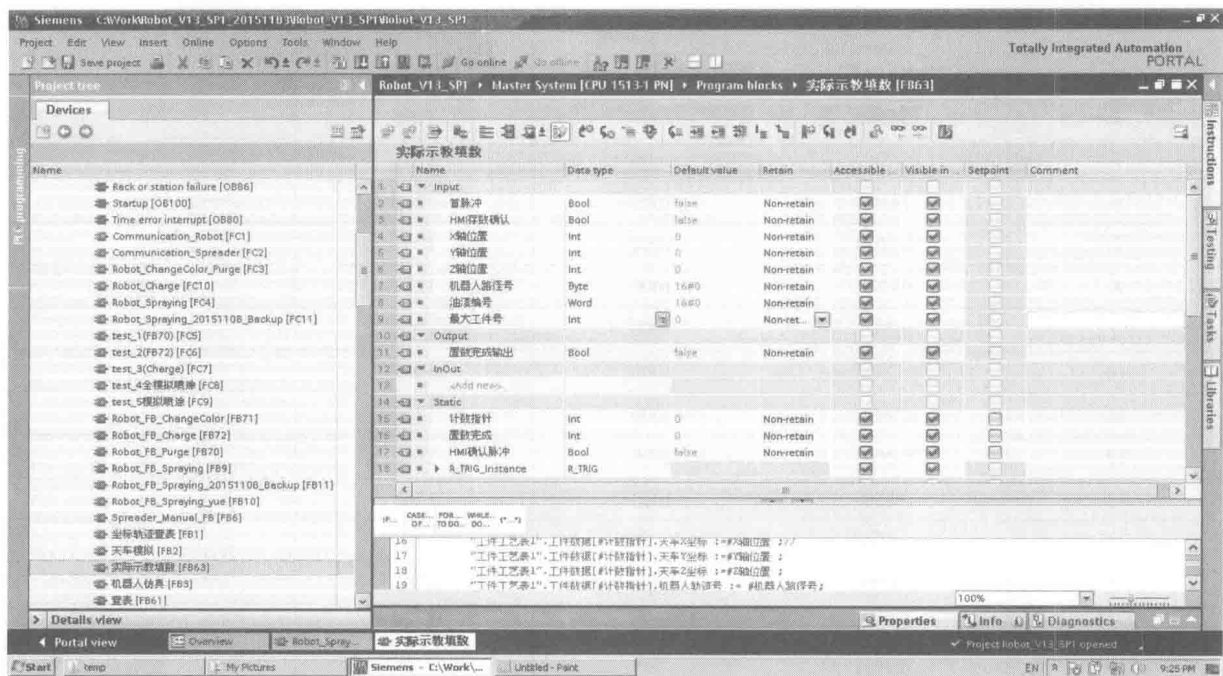


图 10 实际示教数据接口参数

FB63 主要程序编写如下：

```

IF #HMI 确认脉冲 = 1 AND #计数指针 <= #最大工件号 THEN
    //从触摸屏即子程序的 IN 口输入数值放到 DB 工艺工件表中
    “工件工艺表 1”. 工件数据 [ #计数指针 ]. 天车 X 坐标 := #X 轴位置 ;
    “工件工艺表 1”. 工件数据 [ #计数指针 ]. 天车 Y 坐标 := #Y 轴位置 ;
    “工件工艺表 1”. 工件数据 [ #计数指针 ]. 天车 Z 坐标 := #Z 轴位置 ;
    “工件工艺表 1”. 工件数据 [ #计数指针 ]. 机器人轨迹号 := #机器人路径号 ;
    “工件工艺表 1”. 工件数据 [ #计数指针 ]. 油漆配方号 := #油漆编号 ;
    #计数指针 := 计数指针 + 1 ;
    //每次输入完一个数组后, 指针加 1, 指向下一个位置
END_IF;
    
```

表 1 是其中一个大机翼示教的数据表, 17 个定点喷涂, 才能完成整个零件的喷涂。

表 1 大机翼示教数据表

序号	X 轴坐标值	Y 轴坐标值	Z 轴坐标值	机器人轨迹号
1	3050	1400	1265	11
2	3570	1000	1265	12

(续)

序号	X 轴坐标值	Y 轴坐标值	Z 轴坐标值	机器人轨迹号
3	4530	1000	1265	13
4	5490	1000	1265	14
5	6450	1000	1265	15
6	7410	1000	1265	16
7	8370	1000	1265	17
8	9350	1000	1265	18
9	10300	1000	1265	19
10	11280	1000	1265	20
11	12230	1000	1265	21
12	13200	1000	1265	22
13	14150	1000	1265	23
14	11500	700	1265	24
15	10600	700	1265	25
16	8750	700	1265	26
17	6600	700	1265	27

注：X/Y/Z 的单位是 mm。

2. 自动时多重数组的读取过程

这个过程比较复杂，涉及把存储在“工件工艺表 1”数组 DB8 里的每一组数据读出来，然后，通过 PROFINET 通信，把 X 轴位置、Y 轴位置和 Z 轴位置传给天车系统的 S7-1200 PLC，把机器人轨迹号传给机器人系统的 S7-1200 PLC。根据悬挂式机器人喷涂系统喷涂工艺流程顺序执行。

自动读取工件工艺表 SCL 程序的编写：在 TIA 博途的程序文件下，添函数功能块 FB91，定义输入输出接口。接口参数如图 11 所示。

FB91 部分程序编写如下：

```

IF #启动信号脉冲 = 1 AND 首步骤 = 0 THEN
#o 天车 X 坐标 := “工件工艺表 1”. 工件数据[#i 指定开始步骤]. 天车 X 坐标;
#o 天车 Y 坐标 := “工件工艺表 1”. 工件数据[#i 指定开始步骤]. 天车 Y 坐标;
#o 天车 Z 坐标 := “工件工艺表 1”. 工件数据[#i 指定开始步骤]. 天车 Z 坐标;
#o 机器人轨迹号 := “工件工艺表 1”. 工件数据[#i 指定开始步骤]. 机器人轨迹号;
#o 油漆配方号 := “工件工艺表 1”. 工件数据[#i 指定开始步骤]. 油漆配方号;
#i 指定开始步骤 := 1;
#计数指针 := #i 指定开始步骤;
#o 查表完成天车回原点 := 0;
END_IF;

```

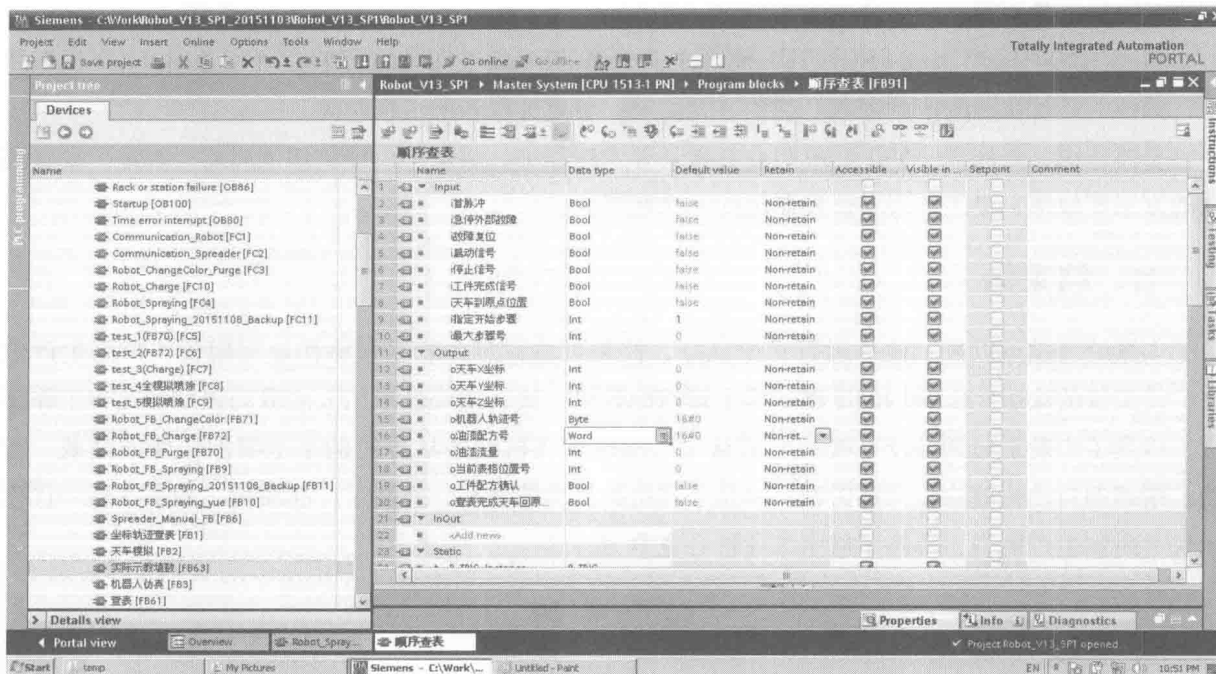


图 11 自动读取工件工艺表接口参数

六、使用西门子 S7-1500 PLC CPU 控制器的体会

本次项目使用西门子 S7-1500 PLC CPU 有如下体会：

- 1) CPU 循环时间短，信号处理速度更快，极大缩短系统的响应时间。
- 2) 信号模块支持通道级诊断，可以快速定位故障点。
- 3) 故障、诊断信息可以在集成的 CPU 显示面板、Web 服务器以及 HMI 中显示，便于设备的调试以及后期的维护和诊断，通过 WiFi 链接 Pad，可以直接链接 CPU 集成的 Web 服务器，非常方便现场的维护。
- 4) 采用统一的前连接器，订货方便，不易出错。新型的安装方式，便于拆卸以及后期的接线再改动。
- 5) 统一的工程组态软件平台 TIA 博途，可以对 S7-1500/1200 PLC、面板和 SCADA 系统以及 SINAMICS 驱动系统进行编程、组态和调试，具有相同的数据库，实现了数据的统一存储，变量共享。
- 6) 变量可导入/导出到 Excel 中，方便修改。全符号式编程（中文），降低了编程和数据管理的复杂程度。
- 7) TIA 博途软件的 S7-SCL 语言在编程过程中得到大量的应用，相对于西门子 PLC 的其他类型编程语言而言，SCL 在多重数组数据处理中优势明显，要求循环使用的控制任务更方便，不仅程序

量小，而且不易出错，调试周期大大缩短。

8) S7-1500/1200 集成 PROFINET 接口，S7-1500 PLC 通过实时的 PROFINET 与 S7-1200 PLC 通信，保证了系统快速响应的需求。通信方式简单，节省编程者的工程时间。

总体来说，采用 S7-1500 系列 PLC 在项目开发进程中，缩短了设计和调试周期，改进了设备调试的方法和效率，是工业装备研发制造的一大利器。

七、结束语

本系统自投运以来，设备运行状况良好，控制可靠稳定，缩短喷涂作业周期长，提高生产效率，使工件的涂层厚度和均匀度都达到了理想的效果，极大地降低了工人的劳动强度和改善工作环境，得到了中航复材领导及一线员工的认可。实现了飞机制造从传统的手工喷涂作业向高效、智能、精确的自动化喷涂作业的跨越，满足了飞机整机性能指标，提高了产品质量，增强了新一代飞机快速研制生产能力，提高了航空工业核心竞争力。

参考文献

- [1] TIA 博途软件 - STEP 7 V11 编程指南.
- [2] 飞机整机自动喷涂系统初探.
- [3] 飞机表面自动喷涂机器人系统与喷涂作业规划.
- [4] 飞机尾翼自动喷涂系统.
- [5] 智能化喷涂机器人的研究现状及进展.
- [6] 航空航天制造领域工业机器人发展趋势.