基于西门子博途平台的空调控制系统不仅能够满足涂装车间对于自动化的要求，而且能够节省工程时间，降低项目成本。

西门子博途平台在汽车涂装线空调系统中的应用

□ 中国汽车工业工程有限公司/魏玉龙 韩俊 刘皓

在汽车制造生产过程中，涂装生产线是一个重要的组成部分，它使各个制造环节能够成为有机整体。近年来，汽车涂装生产线一直向着自动化、智能化、数字化和环保化的方向发展，使其能够实现效益、环保的最大化。因此，提高生产线的自动化，引进先进的自动化系统，一直是提高涂装生产线整体水平的一种手段。

西门子TIA博途平台是西门子公司推出的全集成的工程组态平台，代表着所有自动化组件高效协作。

其中开放式系统构架下的所有组件都具有如下特点：统一的数据管理、全球统一标准以及统一的“硬件－软件”接口。博途平台的这些特性，可以极大缩短工程组态时间，大幅提高系统灵活性并可以显著降低成本。

因此，将“TIA博途”引入汽车涂装生产线中，可以对汽车生产线的调试周期、成本控制及自动化有很大帮助。

Simatic S7-1500系列控制器是西门子全新推出的一款高性价比控制器，具有标准型和故障安全型两种不同类型的CPU模块。凭借快速的响应时间、集成的CPU显示面板以及相应的调试和诊断机制，它可以极大地提升生产效率，降低生产成本。

涂装生产线空调系统

涂装生产线空调系统具体组成如图1所示，大体包括空调系统、喷漆室及循环水系统。

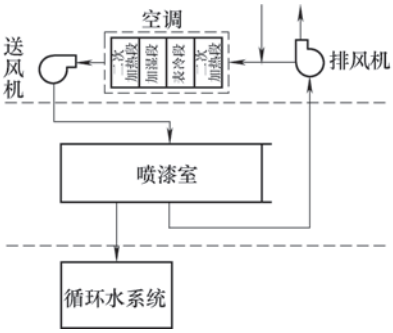

图1 空调系统结构图

涂装生产线空调系统采用组合式空调结构，单个空调由一次加热段、表冷段、加湿段及二次加热段组成，通过工艺段的组合控制来实现达到设定温湿度的目标。喷漆室体内的风量平衡则通过控制送风机和排风机的设定频率来实现。

本系统中，喷漆室内的温湿度要常年维持在温度25℃、湿度65%，由于不同季节外界环境的改变，因此要到达此种控制，必须进行全自动控制。

硬件组成结构

控制系统硬件组成结构如图2所示。选择S7-1500作为控制，S7-1516F-3PN为故障安全型控制器，它具有一个带有两个端口的PROFINET接口；集成了运动控制、PID控制等工艺控制；支持参数追踪功能；具有强大的系统诊断功能。

采用ET200SP组成分布式I/O系统，包含了安全输入模块、安全输出模块、普通模拟量输入输出模块及数字量输入输出模块。

HMI采用TP1500精智面板触摸屏，用TIA博途软件对触摸屏进行组态设计，通过触摸屏的参数设定界面可以对PID控制器的比例、积分、微分等参数进行调节和实现手自动之间的切换。

控制系统设计

控制系统功能通过S7-1516F实现，利用博途软件对硬件、网络和程序进行组态及编写。博途系统对于硬件的组态及网络的连接进行了相关的优化。硬件组态中，对于组态界面进行了优化，组态与实物关联度较高，且支持符号表关联及修改，使工作量简化；网络连接中，支持网络自动连接，对于网络的组

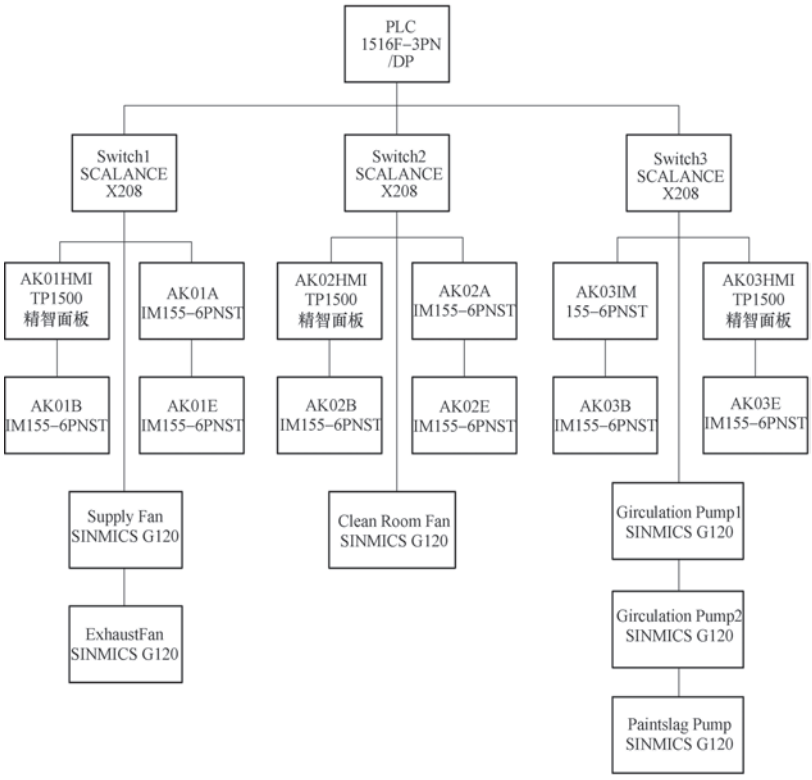

图2 硬件系统构成图

态智能提示，界面十分友好；而程序编写中，博途软件将常用指令进行了分类规划，并继续支持自定义收藏指令，对于编程的效率有了极大的提高。

温湿度控制以工艺要求温度、湿度为目标，对于各功能段执行器的控制调节采用PID调节来进行，具体控制流程如图3所示。

S7-1500 PLC集成了强大的带自整定功能的PID控制器，通过使用PID_Compact工艺对象，可以实现各功能段的闭环控制。控制程序如图4所示，其定义管脚如表1所示。

附表中Setpoint为设定值，根据焓湿图自动计算出相关数据；Input为传感器实测的参数过程值；ManualEnable为手自动模式切换的功能；ManualValue为手动模式下的PID输出值；Output为PID运算后得出的输出值。

S7-1500 PLC提供的PID_Compact是一种具有抗积分饱和功

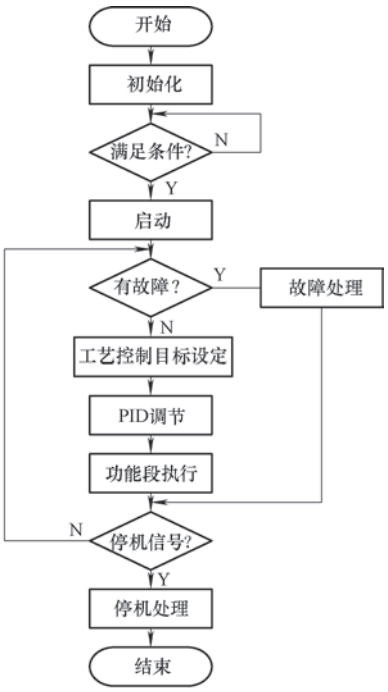

图3 控制流程图

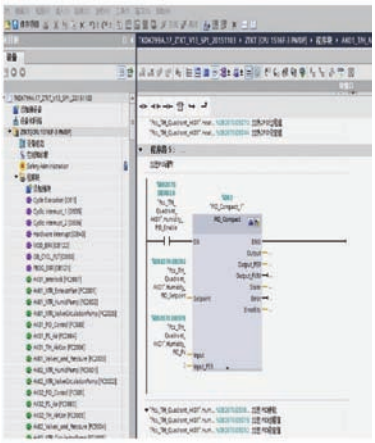

图4 PID程序控制

输入输出管脚说明表

输入/输出	类型	功能描述
Setpoint	REAL	自动模式设定值
Input	REAL	过程值
Input_PER	INT	模拟量输入
ManualEnable	BOOL	手自动使能
ManualValue	REAL	手动状态输出值
Output	REAL	输出值

能并且能够对比例作用和微分作用进行加权的PID控制器。其PID算法，如下列公式所示：

$$y = K_p[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_I \cdot s}(w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1}(c \cdot w - x)]$$

其中，y为PID算法输出值；K_p为比例增益；T_I为积分作用时间；T_D为微分作用时间；s为拉普拉斯运算符；a为微分延迟系数；b为比例作用权重；c为微分作用权重；w为设定值；x为过程值。

温湿度传感器信号将采集到的4~20mA信号转化后，传送给PLC，PLC根据工艺设定需求对过程值和设定值进行相应的对比，根据PID算法，通过模拟量输出来将具体调节量赋给相应的执行机构，以达到稳定控制温湿度的目标。

S7-1500 PLC提供的PID_

Compact最大的优点是能够通过其自调节运算，计算出适合被控对象的控制参数，大大节省调试时间，提高控制精度。自调节算法可以分为“预调节”和“精细调节”两部分。预调节功能可以确定对输出值跳变的过程响应，并根据受控系统的最大上升速率与不响应时间计算出PID参数；精确调节将使过程值出现恒定但受限的振荡，根据此振荡的幅度和频率调节此工作点的PID控制参数。通过预调节及精细调节结合后，可以计算出一个能够相对较为理想合适的PID控制参数。

HMI设计

HMI设计是基于TIA博途平台进行的，TP1500 精智面板界面如图5所示。

图5 HMI控制画面

结果分析

将博途平台及相应的设计描述应用到某试验线涂装生产线空调系统中，将博途平台编译好的程序及触摸屏画面分别下载到相应设备中，通过触摸屏来对相关参数进行相应的操作。系统通过PROFINET协议通讯。

系统运行时，通过触摸屏将温度设定为25℃，湿度设定为65%，采样时间设定为1s，并选择自动控制模式。一般工厂生产工艺要求为温度为设定值的±1℃、湿度为设定值的±5%的范围。对于博途系统采用的控制算法进行研究，可以得到其控制系统的历史曲线，如图6所示。通过对比可以发现，可以迅速达到设定目标，且误差偏差较小，为±0.3℃，对于设定值的跟踪效果较好，稳态误差较小。图7为湿度的历史曲线，由图中可以看到，其到达稳态时间为35min左右，误差为±3%。满足工艺要求所需要的条件，由此可以看到基于西门子博途平台的空调控制，可以达到所需目标。

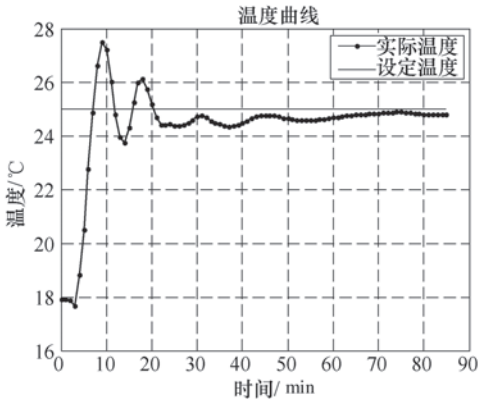

图6 喷漆室温度曲线

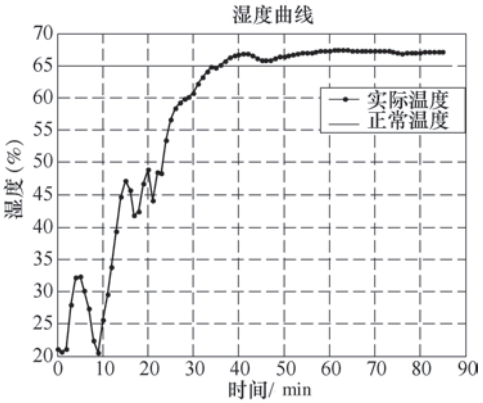

图7 喷漆室湿度曲线

结语

基于西门子博途平台设计的控制系统，具有更快的处理速度、更强的可靠性及更强的通信性能，完全可以满足涂装车间对于自动化的应用需要。博途平台集成化程度较高，将PLC组态及HMI组态合为一体，大大简化了组态步骤，节省编程时间；软件集成度较高，编写界面友好、操作方法灵活，且集成了系统诊断，对于调试过程中出现的故障及相关信息可以迅速定位，节省调试时间；相关的工艺模块，智能寻找合理参数设定，较大节省调试时间，提高控制精准度。

综上所述，基于西门子博途平台的空调控制系统不仅能满足现有涂装车间的自动化系统需求，还可以大幅提高工程师工作效率，缩短调试时间，降低项目成本。AUTO1950