

# 基于 PLC 的组合式空调机组控制系统设计

丛 华<sup>1</sup>, 谢金良<sup>1</sup>, 江鹏程<sup>1</sup>, 张红星<sup>2</sup>

(1. 装甲兵工程学院 机械工程系, 北京 100072; 2. 太原卫星发射基地, 山西 036304)

**摘要:** 为了解决组合式空调机组手动控制存在的控制精度低、调节时间长及工作人员劳动强度大等问题, 将西门子 PLC 应用到组合式空调机组运行控制中, 设计与编写自动化控制程序, 成功实现了组合式空调机组运行自动化控制, 操作人员面板的使用方便了技术人员对机组重要参数的设定及监控重要部位状态信息; 西门子 PLC 在组合式空调机组运行中的应用, 实现了机组的自动化控制, 提高了被控参数的精度, 缩减了调节时间和提高了工作效率; 经数据验证, 系统控制效果符合设计要求。

**关键词:** PLC; 空调机组; 自动控制系统

## Design of a Combinational Air—Handling—Unit Control System Based on PLC

Cong Hua<sup>1</sup>, Xie Jinliang<sup>1</sup>, Jiang Pengcheng<sup>1</sup>, Zhang Hongxing<sup>2</sup>

(1. Department of Mechanical Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;  
2. Taiyuan Launching Base of Satellites, Shanxi 036304, China)

**Abstract:** In order to solve the control accuracy, long regulating time and staff labor-intensive and other issues of the manual control of the air handling units, Siemens PLC is applied to control the operation of the air handling units. Automation control program is designed and written. It is successful to realize air handling units running automatically. Operator panel enables technicians to set important parameters and monitor important state information conveniently. The application of Siemens PLC in the air handling units enables the system to be automatic, improves the control precision, stability and working efficiency, and saves work force. Data validation reveals that the system control results meet the design requirements.

**Key words:** PLC; air handling units; auto-control system

### 0 引言

组合式空调机组可以对空气进行过滤, 加热, 冷却, 加湿, 减湿等工艺处理, 以达到人们想要的空气温湿度和洁净度。组合式空调机组常用的处理设备有新风机, 新风电加热器, 初效过滤器, 表冷器, 蒸汽加热器, 蒸汽加湿器, 电加湿器, 除湿机, 中效过滤器, 微调电加热器, 送风机等<sup>[1]</sup>。在空气处理过程中, 根据目标温湿度及洁净度的不同要求, 需要投入不同的处理设备对空气进行处理, 在保证节能经济及系统运行效率高的前提下完成对空气的处理<sup>[2]</sup>。西门子 PLC 在组合式空调机组中的应用, 使得机组各设备之间的投入切换和各控制量得到有效的控制成为可能, 同时也实现了空调机组的自动化运行。

### 1 西门子 PLC 简介

本控制系统采用西门子公司生产的 300 系列及 200 系列 PLC 各一个, CPU315-2DP 和 CPU226CN。

CPU315-2DP 属于标准型 CPU, 即 CPU 无集成 I/O 点, 同时它也属于故障安全型 PLC, 即其内部安装有经德国技术监督委员会认可的基本功能块与安全型 I/O 模块参数化工具<sup>[3]</sup>, 可以用于锅炉、索道以及对安全性要求极高的特殊控制场合, 它可以在系统出现故障时立即进入安全状态或安全模

式, 以确保人身与设备的安全。S7-300 PLC 的性能特点为:

(1) 运算速度快、PLC 循环周期短; (2) 编程功能强; (3) 通信功能强; (4) 扩展性能好。

S7-200 PLC 属于 S7-200/300/400 家族中功能最精简、I/O 点数最少、扩展性能最低的 PLC 产品, 产品可以用于 I/O 点数较少的小型机械与设备的单机控制<sup>[4]</sup>。由于其通信与网络功能较强, 因此可作为复杂系统的“子站”使用, 构成 PLC 网络<sup>[5]</sup>。S7-200 PLC 的主要特点为: (1) 采用整体式固定 I/O 型与基本单元加扩展的结构, CPU、电源、I/O 安装于一体, 结构紧凑、安装简单; (2) 运算速度快, 可实现高速控制; (3) 编程指令、编程元件较丰富, 性价比高; (4) 带有高速计数输入与高速脉冲输出; (5) 带有 RS-485 串行通信接口, 支持自由通信与 PPI、PROFIBUS 现场总线通信。

### 2 系统硬件配置

#### 2.1 控制系统部分

本控制系统所用的硬件包括: 1 台 PC 机, 1 个操作员面板, 1 台 CPU315-2DP, 1 台 CPU226CN, 1 块 5611 2A 通信卡, 硬件之间通过 PROFIBUS DP 总线连接。其中配合 CPU315-2DP 使用的模块有: 2 块 PS307 2A 电源模块, 2 块配对使用的接口模块 (IM360、IM361), 2 块数字输入模块 SM321, 2 块数字输出模块 SM322, 5 块模拟输入模块 SM331, 1 块模拟输出模块 SM332。

#### 2.2 数据采集部分

本空调机组系统中, 为了实现自动控制, 需要 10 将多种

收稿日期:2012-07-11; 修回日期:2012-09-12。

基金项目:国防科研计划项目(20100306)。

作者简介:丛 华(1966-),男,山东烟台人,教授,博士。

传感器的数据接入 PLC 进行数据处理，如温度传感器 T1~T9，湿度传感器 H1~H2，温湿度传感器 HT1~HT6，风量传感器 Q1~Q3，压差传感器△P1~△P2 等。

### 3 控制系统总体方案

#### 3.1 系统结构

在本系统中，PC 机作为上位机，是网络主站之一，其内装有 5611 2A 通信卡，通过该卡与 CPU315-2DP 和 CPU226CN 通信，其网络地址设为 0，通过该 PC 机，技术员可监控系统运行数据、状态、查询历史信息、组态硬件和进行 PLC 编程控制。操作面板用来监控特定部位信息，操作员可通过该面板向下位机发送指令，对系统进行实时操作，其网络地址设为 1。CPU315-2DP 作为网络主站之一，其网络地址设为 3，负责主机架与扩展机架上的输入输出模块数据的处理，主机架与扩展机架通过接口模块 IM360 和 IM361 进行连接。CPU226CN 是网络的从站，通过通讯模块 EM277 接入 DP 网络，实现与 CPU315-2DP、上位机之间数据的交互，其主要用来控制冷水机组的运行，EM277 的网络地址设为 99。系统的总体方案图如图 1 所示。

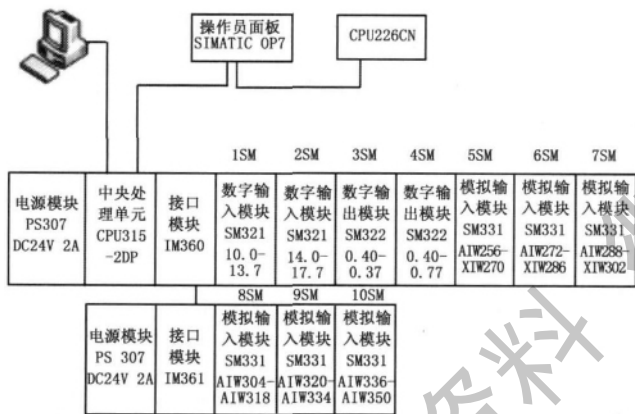


图 1 系统总体方案图

#### 3.2 系统资源分配

在控制系统建立之前，首先必须了解系统的 I/O 点个数，DI、AI、DO 和 AO 的个数，掌握了系统 I/O 个数之后，然后才能对控制系统的资源进行合理配置，避免所用 PLC 输入输出点数不足或富余等问题的出现。

经统计，该系统总共有 39 个数字量输入点，32 个数字量输出点，22 个模拟输入通道，5 个模拟量输出。按照开关量测点接入数字输入模块，开关量控点由 DO 模块输出；模拟量测点接入 AI 模块，模拟量控点由 AO 模块输出的原则，给系统各测点和控点分配 PLC I/O 端子。

#### 3.3 控制策略

##### 3.3.1 设备投入控制

控制系统有手动和自动两种操作功能，其中手动是为设备单机运行、调试、维护和保养而设计的，而自动是由 PLC 控制程序对整个机组运行进行自动控制。在手动和自动运行时，冷却塔、冷却泵、冷冻泵、制冷机组严格按照顺逆顺序启停，

在有操作错误时均为无效，以保证设备的安全运行。水冷机组运行后，打开新风阀和送风阀，然后沿着送风方向分别启动新风机和送风机，根据目标温湿度要求控制各设备的投入和调节量，使送风温湿度符合要求。

##### 3.3.2 空气处理过程控制

由于空气露点和含湿量具有一一对应的关系，且含湿量与温度无关，所以通常采用露点控制方法对空气进行处理<sup>[6]</sup>。具体控制方法如下：先控制表冷器、除湿机或电加湿器，使处理后的空气露点满足要求，然后控制表冷器或者加热器，使处理后的空气满足要求。

##### 3.3.3 控制算法

由于空调机组系统复杂，难以建立其精确数学模型，而 PID 控制技术可以解决无法建立精确数学模型的问题，因此本

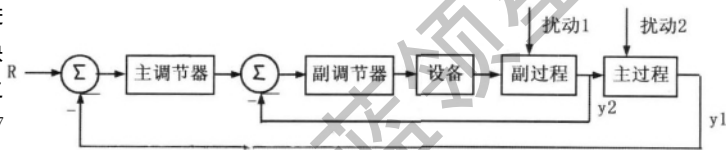


图 2 串级 PID 控制技术原理图

控制系统采用 PID 控制算法控制设备的运行。而对于温度控制这类大滞后的控制系统，只用一级 PID 控制很难达到满意的效果，因此一般要采用串级 PID 进行控制<sup>[7]</sup>。串级 PID 控制原理如图 2 所示。

### 4 控制程序设计

为方便程序可靠性，程序采用模块化设计思路<sup>[8]</sup>。将控制程序划分为以下 4 个模块：手动控制模块、报警模块、自动控制模块、停机模块，程序采用西门子 PLC 管理软件 STEP7 5.4 开发。主程序流程图如图 3 所示。

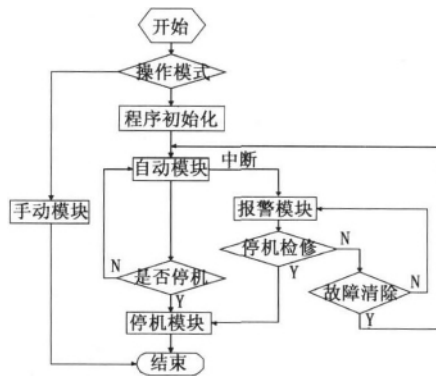


图 3 主程序流程图

#### 4.1 手动控制模块

手动模块主要是为方便机组运行调试、维护和保养而设计的，按照水冷式冷水机组的开、停机顺序要求，设备的启动按照先后次序进行，按步骤首先启动冷却塔风扇电机，再启动冷却泵，最后才能起冷冻泵，若违反顺序操作，设备将不能启动。在以上条件都满足的条件下，冷水机组将被启动。若停止运行，只需按“关机”按钮即可按停机顺序关停设备。

#### 4.2 故障报警模块

故障模块的设计目的是为了技术能够在系统出现故障

时及时发现并排除, 保障系统的安全运行。在本系统中, 主要设置了以下故障点: (1) 初效过滤器前后压差超过限定值时报警; (2) 中效过滤器前后压差超过限定值时报警; (3) 新风电加热器过热报警; (4) 微调电加热器过热报警; (5) 送风管道失火报警。

### 4.3 自动控制模块

自动控制程序是机组自动化运行的核心组成部分, 其设计的目的是为了提提高机组运行效率、提高控制精度和节省人力资源。自动控制程序中有 3 个程序流, 分别对应夏季工况、冬季工况和过渡工况, 每个工况的控制方案相异, 其中冬季工况与夏季、过渡工况控制方法差别较大, 而夏季工况与过渡工况控制方法有重合的地方。具体控制流程图如图 4 所示。

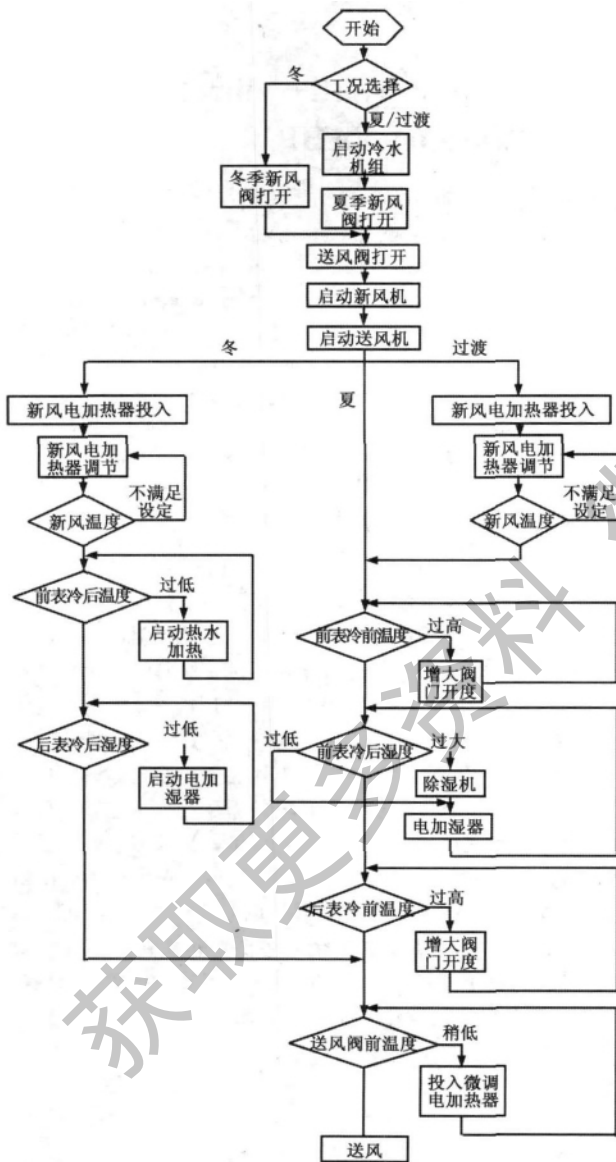


图 4 自动控制程序流程图

### 4.4 停机模块

停机模块是为了控制设备按约定顺序关停而设计的, 在机组停机时, 由于新风电加热器、除湿机、电加湿器、微调电加热器等发热设备, 需要先关停, 待延时一定时间后, 方可关停

新风机和送风机, 最后关闭新风阀和送风阀, 而冷水机组的关停可在风机关停后执行。

### 5 应用效果

组合式空调机组控制系统在没有改造之前主要采用手动控制, 虽然能够达到控制要求, 但控制精度有限, 系统运行效率低, 而且需要较多的操作人员。

经过改造后系统的控制较方便, 通过操作员面板直接可以选择运行工况和对目标参数进行设定, 并可以对关键设备状态进行监测。

为了分析系统运行效果, 于 2011 年 4 月 22 日对目标房间的温度和湿度进行全天候监测, 应用 Matlab 对这 2 组数据进行处理, 处理结果如图 5 所示。从图中可看出, 目标房间内的湿度基本可以控制在 40% 左右, 温度刚开始波动较大, 但是随着时间的推移慢慢趋于稳定, 最终稳定在 20℃ 左右。

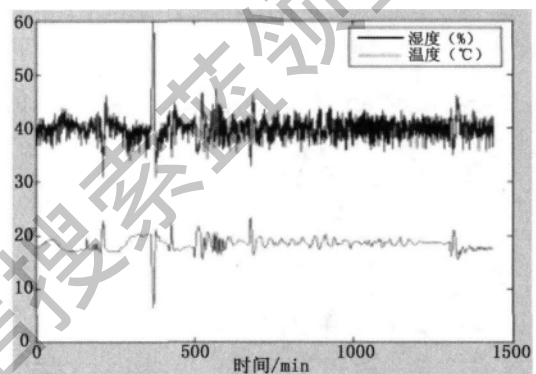


图 5 温湿度全天数据曲线

通过使用西门子 PLC 对系统运行进行自动控制, 系统目前运行稳定, 控制效果符合设计要求, 并节约了人力资源。

#### 参考文献:

- [1] 朱 勇, 刘 华, 李 宾, 等. 中央空调 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [2] Lu Lu, Cai Wenjian. Global optimization for overall HVAC systems — part I problem formulation and analysis [J]. Energy Conversion and Management, 2005, 46 (7/8): 999—1014.
- [3] 龚仲华. S7—200/300/400 PLC 应用技术—通用篇 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [4] 石 磊. 西门子 PLC 与监控计算机通信问题的研究 [J]. 民营科技, 2010, (6): 47.
- [5] 西门子. S7—200 可编程控制器系统手册 [Z]. 2008, (8): 5.
- [6] 赵铁山. 发射场空调自动控制关键技术研究 [J]. 航天器发射场, 2009, 76 (6): 32.
- [7] 孙自强. 生产过程自动化及仪表 [M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1999.
- [8] 史洪亮, 杨登仿, 谭 勇, 等. 新型安全的点火控制系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (10): 1343—1345.