

# 燃气轮机控制室中央空调自控系统的设计与应用

王启祥, 谢献纲, 宋春华, 曾光新

(广东交通职业技术学院 海事与港航学院, 广东 广州 510800)

**摘 要:** 针对燃气轮机控制室中央空调设计了一种基于组态软件的自动控制系统, 系统以 PLC 和组态软件为核心, 采用分布式远程模块完成数据的采集与控制信号的发送。运行结果表明, 通过自控系统中的传感器、变送器、PLC 和执行器之间联系, 采用友好人机界面来设定和反映系统控制参数, 便于相关参数的设定、操作及管理, 使中央空调集散的控制系统得到优化。

**关 键 词:** 燃气轮机控制室; PLC; 中央空调; 自动控制; 组态软件

中图分类号: TK47 TP292 文献标识码: B

## 引 言

国内现有的中央空调控制系统大部分为开环控制系统, 自动化程度不高, 不能根据温湿度的变化实施精确控制, 难以真正实现节能的目的, 并且它所使用的继电器数量多、可靠性差, 容易造成系统故障。而另外一部分虽然能够达到较高的自动控制水平, 但是系统设计较为复杂, 系统成本较高。为此, 设计了一种基于组态软件的中央空调自动控制系统, 该系统利用组态软件进行系统设计。在控制方法、功能、操作方式上, 由原来手动控制系统, 逐渐被 PLC 控制系统所代替, 并利用组态软件取代传统的继电器控制, 实现机电一体化控制<sup>[1]</sup>, 其不仅能够实现精确的自动控制, 而且构造简单, 建设成本低廉, 具有较好的应用前景。

涡轮在燃机动力设备中得到了广泛的应用, 但其工作时要受环境温、湿度的影响, 若实际使用环境温度超过 40℃, 功率就会降低; 若其低于 40℃, 则其功率会有所提高。本研究就以某燃机电厂控制室的中央空调系统为例, 对中央空调的自控系统进行了设计。该室总面积为 1 200 m<sup>2</sup>, 机房内设置了多台空气处理机组和新风机组, 空调主机房设备配置为: 输入功率为 75 kW 的水冷螺杆式冷水机一台,

输入功率为 7.5 kW 的冷冻水泵一台, 输入功率为 15 kW 的冷却水泵一台, 输入功率为 1.5 kW 冷却塔一台。

## 1 自控系统方案设计

本方案旨在对燃机控制室的中央空调机组实现自动控制, 在满足要求的前提下, 力求使控制系统简单, 一次性投资小, 使用时节约能源; 保证控制系统安全、可靠, 使用与检修方便。本系统采用 IPC+PLC+变频器控制系统, 采用集散型结构, 实现集中管理, 子系统在脱离中央控制单元时应能维持空调系统的基本运行<sup>[2]</sup>。

### 1.1 系统配置

本机组系统的配置如表 1 所示。计算机与 PLC 集成的空调监控系统由两个控制层面组成。

表 1 系统配置

配置情况	
硬件	三菱 FX1N-40MR RS232/485 转换器, 台达变频器 1.5 kW PC机: 1.7 G 256 M内存, 40 G硬盘 温度检测器: 流量、温度、压力、液位、转速、烟雾等 操作系统: Windows 2000
软件	应用软件: Office 2003 数据库: Access 2000 实时应用软件: Force Control 2.6 温度采集器平台软件
网络	PLC 与 PC 机采用 RS232 协议进行数据通信 DDC 与 PC 机采用 RS485 协议进行数据通信

#### 1.1.1 上位机

系统运行的软件平台采用 Windows 2000 + Force Control 2.6 它是整个自控系统的核心部分。PC 机的主要作用是对自控系统进行管理监控, 如提供人机界面、外部数据的采集、计算、信号输出和协调等工作, 根据现场受控设备和检测点的巡检结果做出故障报

收稿日期: 2009-10-10 修订日期: 2010-01-13

作者简介: 王启祥 (1973-), 男, 广东韶关人, 广东交通职业技术学院讲师。

警, 存储历史数据并支持数据查询, 及各类报表的生成和打印输出。图 1 为中央空调自控结构框图<sup>[2]</sup>。

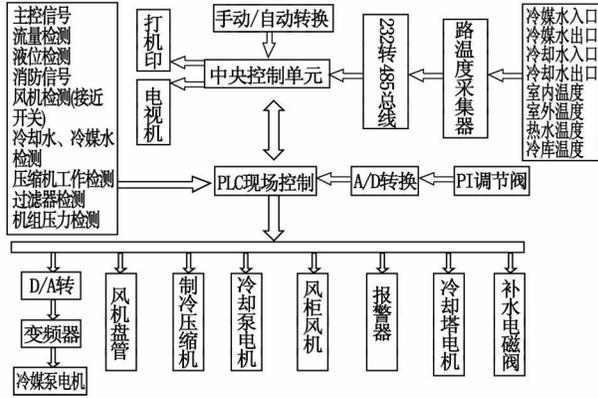


图 1 中央空调自控结构框图

### 1. 1. 2 下位机

由三菱 FX1N-40MR 台达变频器和 RS485 总线组成, 传输介质采用屏蔽双绞线。包括开关量输入 / 输出接口、数模模块和集线器 (采集器)。外界被控环境的温度参数与湿度参数通过温湿度变送器, 变成标准的电信号 (0 ~ 5 V 或 0 ~ 10 V 或 4 ~ 20 mA 输入 EM231, 进行 A / D 转换 (内部含有数字滤波), PLC 根据当前参数值与设定值比较, 根据内部的软件算法, 控制执行机构是否工作, 包括风机、液路 (除湿) 电磁阀、压缩机、电加热器、电极加湿器和电动调节阀等。工作过程中, 外界的各种报警经各种报警敏感开关输入 PLC 的数字输入端子, PLC 的软件程序根据这些信号的变化, 判断当前的报警并采取相应不同的措施分别处理, 大量的显示界面及控制功能全部由 PLC 的程序完成。

### 1. 2 控制电路及梯形图

空调机组电路控制对象包括冷却水泵、冷水泵、

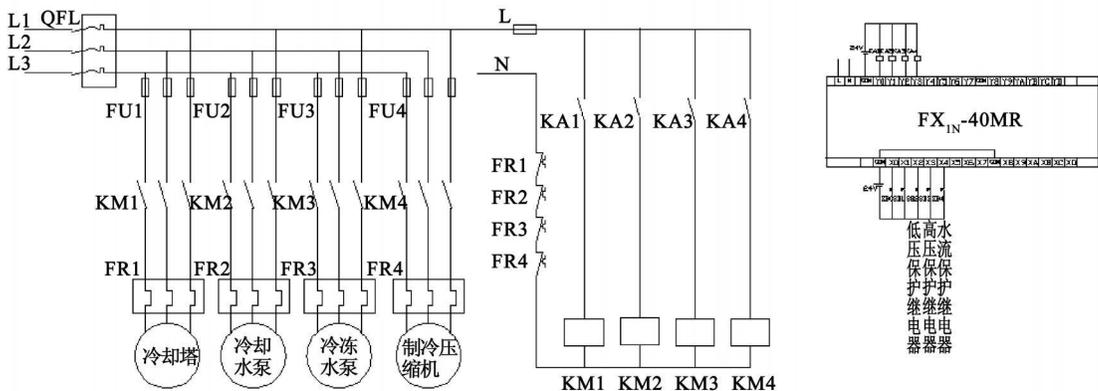


图 3 主控电路及控制电路接线图

冷却塔风机以及制冷压缩机等设备, 控制的程序为: 启动时, 依次开启冷却塔风机、冷却水泵、冷水泵和制冷压缩机; 停机时, 依次关闭制冷压缩机、冷水泵、冷却水泵和冷却塔风机。PLC 自动控制的梯形图如图 2 所示, 主控电路及控制电路接线图如图 3 所示。

电气控制系统的核心是一台三菱 FX1N-40MR 可编程控制器, 它的输入、输出接口电路是与现场 I/O 设备相连接, 其作用是将输入信号转换为 CPU 能够接收和处理的信号, 将 CPU 送出的弱电信号转换为外部设备所需要的强电信号。为了更有效地利用 PLC 的强大功能, 以求达到联机控制的目的, 该系统的联机控制是结合冷水机组的单片机控制特性, 在压缩机的初级起动继电器和故障报警电路中, 接入相应的辅助继电器。此外, 冷水机组在运行过程中的恒温或故障停机, 是由冷水机组自身控制, 其信息会自动反馈到 PLC 系统中。

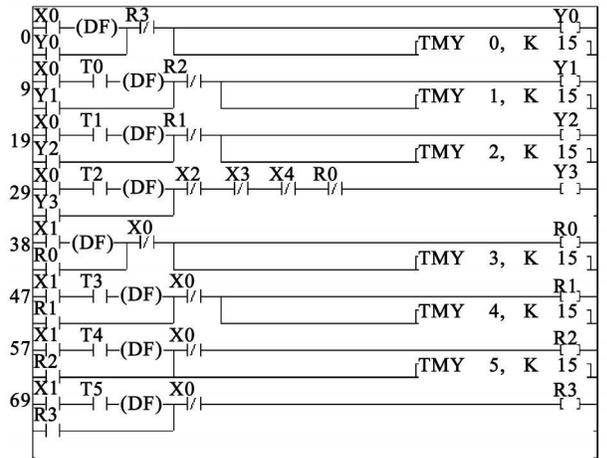


图 2 机组 PLC 自动控制的梯形图

## 2 程序设计

### 2.1 程序设计的控制算法

控制工艺的要求是系统设计的主要依据,也是控制系统所要实现的最终目的。所以,在进行程序设计之前,必须了解控制对象对程序的要求<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.1 制冷和除湿

在制冷系统的控制程序中,对于制冷与除湿,一般根据测点温度(湿度)与设定温度(湿度)之差,采用传统的 PID 算式,即:

$$M_n = MP_n + MI_n + MD_n$$

$$\text{比例项: } MP_n = K_c \times (SP_n - PV_n)$$

$$\text{积分项: } MI_n = K_c \times T_s / T_i \times (SP_n - PV_n) + M_x$$

$$\text{微分项: } MD_n = K_c \times T_d / T_s \times (PV_{n-1} - PV_n)$$

式中:  $SP_n$ —第  $n$  采样时刻的给定值;  $PV_n$ —第  $n$  采样时刻的过程变量值;  $K_c$ —PD 回路增益;  $T_s$ —采样时间间隔;  $T_i$ —积分时间;  $T_d$ —微分时间;  $M_x$ —第  $n-1$  采样时刻的积分项前项;  $PV_{n-1}$ —第  $n-1$  采样时刻的过程变量值。

FX1N-40MR 的 PD 回路指令,有两个操作数: TABLE 和 LOOP。其中, TABLE 是回路表的起始地址, LOOP 是回路号,回路表包含 9 个参数(36 个字节),格式如表 2 所示。

表 2 回路表参数描述

偏移地址	域	格式	类型	描述
0	过程变量 $PV_n$	实数	输入	必须在 0~1.0 之间
4	设定值 $SP_n$	实数	输入	必须在 0~1.0 之间
8	输出值 $M_n$	实数	输入/输出	必须在 0~1.0 之间
12	增益 $K_c$	实数	输入	增益可正可负
16	采样时间 $T_s/s$	实数	输入	必须是正数
20	积分时间 $T_i/min$	实数	输入	必须是正数
24	微分时间 $T_d/min$	实数	输入	必须是正数
28	积分项前项 $M_x$	实数	输入/输出	必须在 0~1.0 之间
32	变量前值 $PV_{n-1}$	实数	输入/输出	必须在 0~1.0 之间

由表 2 可见,在实际的应用中,应进行输入转换和标准化,在回路输出驱动输出之前,正好相反,将输出转换成相应的 16 位整数,在控制回路中,仅取 P 比例积分控制,同时,增益取为负数,呈反作用回路,微分时间为零。这样,根据算法计算的输出,控制压缩机的开启(制动)或电动调节阀的开启(关闭)调节实际制冷量输出。比例系数可根据实际工况现场调节,以保持系统的最佳性能<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.2 加热和加湿

采用一般的比例算法,根据设定的比例控制带,决定加热(湿)的执行。当实际的温度低于控制温度的比例控制带时,启动加热,具体可分成多级加热。对于湿度,当实际的湿度低于控制湿度的比例控制带时,启动加湿。

#### 2.1.3 延时

本系统需要不少延时过程,具体表现在如下几个方面:压缩机不能频繁启停,定制 3~5 min 压缩机最短运行时间及最短停机时间,以保护压缩机;为便于多组机组的逐台启动和防止电源过载,定制风机延时及启动延时;在制冷与加热之间设立转换延时,以防止频繁转换;必要的报警延时,以防止误报警。

### 2.2 程序设计

自控系统程序模块的设计,根据不同的工作要求分为:自动控制模块、报警模块和停机模块等,这样就使程序调试直观明晰,方便系统调试及修改<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.1 自动控制模块

自动控制模块是程序控制的核心,当系统选择了自动控制功能后,系统进入自动准备状态,当系统检测到远程开机信号后,PLC 连续检测 60 s,系统自主启动开始,其启动顺序和间隔时间的关系为:冷却塔风机开→(5 s)冷却水泵开→(60 s)冷水机组开(25%能量初级启动)→(3 s)冷冻水泵开→(50 s)冷水机组加载运行,自动控制启动周期完成,供冷系统进入正常的运行状态。

#### 2.2.2 报警模块

主要有冷却风扇过流、冷却水泵过流、冷冻水泵过流、水流信号和冷水机组综合故障报警等 5 部分,每部分的报警在程序内编写不同频率的声光报警信号,便于故障排查。为了提高系统的安全性,当故障没有排除或解除后没有确认时,报警状态一直保持,包括系统停电。

#### 2.2.3 停机模块

为了更有效地发挥系统的优越性,停机模块又分为正常停机和故障停机两种。正常停机是以室内空调区域所有末端关闭后,控制系统检测到远程关闭信号 30 s 后,系统首先发出关停冷水机组的指令,其后再按照停止顺序和时间逐级关停:(30 s)冷却塔关→(10 s)冷却水泵关→(60 s)冷冻水泵关。而故障停机,主要是针对冷冻水泵在发生故障时,对冷水机组的安全运行有一定的影响。所以,当冷冻

水泵发生故障报警的同时, PLC随即发出关停冷水机组及所有设备的指令, 而其它故障报警的关机程序与正常停机相同。

### 2.3 程序流程

由于用组态王所提供的编程语言在脚本程序中编写控制程序不够灵活, 另外大量的参数和中间变量会占用组态王的点数, 会使软件成本大幅提升。因此, 控制程序和参数设置部分由 VC编写, 在后台运行, 它与人机界面之间通过 DDE(Dynamic Data Exchange)进行数据交换。系统运行时分为两种控制状态: 手动控制和自动控制。当选择手动控制模式时, 操作人员应根据现场的实际情况做出判断, 直接用电脑鼠标点击操作图上控制电磁阀、压差开关、风门驱动器的图标控制调节过程, 此时图标为活动状态。当选择自动控制模式时, 有开环控制和闭环控制两种方式。开环控制即定时控制, 由操作人员根据经验制定控制计划, 系统根据设定的时间参数自动地控制电磁阀; 闭环控制以传感器检测到的室内气温、湿度以及压差信号作为反馈, 系统根据智能控制算法实时地控制电磁阀、压差开关、风门驱动器从而使室内的温湿度, 新风量达到目标值。此时, 操作图上电磁阀、压差开关、风门驱动器的图标为只读状态, 不能进行手工操作。

### 3 经济运行分析

在经过一系列的远程控制、系统运行、故障自检等各项性能的测试后, 其结果均符合上述程序设计的要求, 并且在经过一年时间的供冷应用中, 根据用户记录的现场实测参数及运行数据表明, 系统运行稳定可靠。根据季节性的现场观察和记录, 空调

机组在环境温度为 21~25℃时的运行时间和待机时间之比平均为 4:1, 在环境温度为 15~20℃时为 3:1。通过此类方法的测量, 可以计算出空调系统在秋冬季节的运行过程中, 冷却塔和冷却水泵在待机的时间内, 平均每天可以减少运行时间约 3 h 而冷却塔因应室内空调负荷和环境温度的关系, 其停止运行的时间相对增加 4 h 以上。由此可见, 中央空调的节能是显而易见的。

### 4 结束语

本系统经过连续运行表明: 系统设计合理、投入成本较低、开发周期短, 运行稳定、节能效果明显。空调机组在环境温度为 21~25℃时, 运行时间和待机时间之比平均为 4:1, 即在提高控制性能和运行可靠性的前提下, 机组每天可以减少运行时间约 4 h 有效避免了一些无用功耗的产生。同时, 本系统既减轻了工作人员的劳动强度, 又提高了自动化管理水平, 由于它综合了计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术, 是一种新型的控制概念和技术<sup>[5]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 单翠霞. 制冷空调自动化[M]. 北京: 中国商业出版社, 1998.
- [2] 叶翠安, 黄勇亮. 中央空调自控系统的设计与应用研究[J]. 广东交通职业技术学院院报, 2005(3): 70-72.
- [3] 黄延明. S7-200可编程控制器在精密中央空调机组上的应用[J]. 制冷与空调, 2004(1): 74-79.
- [4] 马国华. 监控组态软件及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [5] 吴振纲, 陈虎. PLC的入机接口与编程[J]. 微计算机信息, 2005(8): 21-23.

(编辑 辉)

新技术、新工艺

## 哈尔滨电站集团公司承建 750 MW联合循环电站

据《Gas Turbine World》2009年 11~12月号报道, 巴基斯坦电力公司(PEPCO)与中国哈尔滨电站工程有限公司(HPE)签订了一份合同, 在拉合尔古杜电站建造现场额定功率为 750 MW的联合循环电站。

该项目是用联合循环装置取代古杜电站现有的 1、2、3和 4号机组, 这 4台机组净生产约 250 MW电力。新的联合循环电站将由每台额定功率为 254 MW的两台 GE9FA燃气轮机、两台不补燃的余热锅炉和一台额定功率为 289 MW的汽轮机组成。

工程时间表要求该项目在约 36 个月内完成, 并在 2012年投入商业运行。

(吉桂明 摘译)

tion that our country currently has not yet made available necessary conditions for producing any light type gas turbines, such type of turbines should not be chosen as far as possible. Each station shall be provided with at least three gas turbines and can be built in phases or stages with space being reserved for the extension project. This not only relates to the safe and smooth operation of the long distance transmission pipeline but also has an extremely big influence on its operation cost. On the basis of an analysis of theoretical and actual operation effectiveness, the authors have studied and explored in depth the foregoing two major technical problems. Key words: long distance transmission pipeline; gas turbine/compressor unit machine type configuration

变几何燃气轮机性能的计算分析 = Calculation and Analysis of the Performance of a Variable Geometry Gas Turbine [刊, 汉] / QIU Cha, SONG Hua-fen (College of Mechanical and Power Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200240) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4). — 377 ~ 380

To analyze the performance of a unit when its turbine is being geometrically changed, proposed was a new method for studying the performance of variable geometry gas turbines based on a small deviation equation. By using the method, the unit performance was calculated when the relative change of different turbine flow path areas is within  $\pm 5\%$  and a theoretical analysis has been performed. The analytic results show that in simple cycle units, whether a HP turbine, LP turbine or geometrically changed power turbine is used, it will have little influence on the cost effectiveness of the system but will affect the equilibrium operating lines of the compressor. Among others, the variable geometry of the LP turbine will have a relatively big influence on the equilibrium operating lines of the LP compressor while that of both HP and LP turbine will also exercise a relatively big effect on the same operating lines of the HP compressor. Key words: small deviation equation; variable geometry gas turbine; performance study

燃气轮机控制室中央空调自控系统的设计与应用 = Design and Application of a Central Air Conditioning Automatic Control System in a Gas Turbine Control Room [刊, 汉] / WANG Qi-xiang, XIE Xian-gang, SONG Chun-hua, et al (School of Maritime Affairs and Harbor Navigation, Guangdong Traffic Vocational Technical College, Guangzhou, China, Post Code: 510800) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4). — 381 ~ 384

Designed was a configuration software based automatic control system for the central air conditioning in a gas turbine control room. With PLC (Programmable Logic Controllers) and configuration software serving as a core, the system employed distributed remote modules to accomplish data acquisition and transmission of control signals. The operation results show that depending on the correlation among the transducers, transmitters, PLC and actuators in the automatic control system, the authors have employed a man-machine friendly interface to set and reflect the control parameters of the system, facilitating the setting operation and management of relevant parameters, thus optimizing the distributed control system of central air conditioners. Key words: gas turbine control room; PLC (Programmable Logic Controllers); central air conditioning automatic control; configuration software

高温升蒸发型燃烧室的设计 = Design of a High-temperature Rise Evaporation Type Combustor [刊, 汉] / LI Ming, WU Er-ping, TANG Ming (College of Power and Energy Source, Northwest Polytechnic University, Xi'an, China, Post Code: 710072) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4). — 385 ~ 388

To meet the requirement of a combustor in a ground surface test facility for a high temperature rise, designed was an evaporation type combustor with a temperature rise of 1350 K. According to the overall structure of the combustor, its main components were designed. Through the aerodynamic and thermodynamic calculation of the combustor, the