

研究与探索

# 大规模水源热泵系统的集中控制

万丽华,戴汝平,雷 飞

(华中科技大学 建筑环境与设备系,武汉 430074)

**摘 要:**介绍了 DCS 系统的特征,阐述了大规模水源热泵控制系统选择的理由,详细介绍了该控制系统的构成。

**关键词:**水源热泵;控制;DCS;FCS

**中图分类号:**TK172

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-7439(2002)04-0142-02

## The Concentrated Control of Water Source Heat-pump System with Great Scope

WAN Li-hua, DAI Ru-ping, LEI Fei

(Dept. of HVAC, HUST, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The paper introduced the characteristic of distributed control system and clarified the cause of selection of water source heat pump control system. The structure of its control system was given in detail.

**Keywords:** Water source heat pump; Control; DCS; FCS

大规模水源热泵的冷源包括冷水机组、冷冻水和冷却水的循环机组,彼此之间相互作用、相互影响,构成空调系统的水系统,其中,某些设备虽配有电脑系统,但只能保证自身最佳运行。为整个系统优化控制、节能运行,同时提高管理水平,应采用集中控制。集中控制注重的是系统整体性能的提高,以及各部分之间的配合,而不仅仅是强调局部最优。

## 1 控制系统的选择

### 1.1 DCS 的特点

集散型控制系统(DCS)以微处理器为基础,继承了单元组合仪表及计算机系统的优点,充分利用控制技术、计算机技术、通讯技术、图像显示技术的成果,集中了连续控制、批量控制、顺序控制和数据采集等功能,实现了集中管理、分散控制,即管理、操作、监视集中,而功能、设备、负荷和危险分散。

DCS 系统可完成简单回路调节、复杂多变量模型优化控制,可执行 PID 控制算法和前馈、后馈复合调节,自适应控制等。为确保系统的可靠性,对中央设备采取冗余措施、引入容错技术<sup>[1]</sup>。自上世纪 90 年代以来,DCS 朝着开放化的方向发展,采用的通讯标准有 IEEE802、PROWAY 和 MAP 等,这些

协议的标准化是集散型控制系统成为开放的根本。

### 1.2 FCS 与 DCS

近年来出现的现场总线控制系统(FCS)是连接现场设备与控制室装置之间的全数字、串行、多向、多点的网络通讯系统;是集散型控制系统向数字化发展的结果。FCS 将计算机与数字技术进一步延伸到了现场,现场仪表全部智能化,用双芯电缆传递多路数字信号代替 DCS 多芯电缆传送 4~20mA 模拟信号<sup>[2]</sup>。然而,它与发展应用多年的 DCS 相比仍有不足,主要有:

(1) FCS 采用的是两层结构,即现场智能设备和操作站,大量的信息在智能设备之间以及智能设备和操作站之间传递,因而不仅对网络的实时性要求很高,且在数据量很大的情况下,易造成网络阻塞。而 DCS 采用三层结构,即操作站、控制站和现场仪表,信息在层与层之间传输,因此易实现递阶控制及子系统之间的协调。

(2) FCS 仅在网络硬件上对 DCS 改进,控制策略的加强并不明显。

(3) DCS 的 4~20mA 模拟信号具有低阻抗、强抗干扰能力的特性,且投资成本极低。FCS 用双芯电缆传送多路数字信号,价格比 DCS 高出许多倍。

DCS 经过 20 多年的发展,技术上已相当成熟,而 FCS 在技术上远没有 DCS 成熟。因此,目前 DCS 仍然是我国主要的自动化过程控制系统。所以大规模水源热泵控制系统的选择一般都为基于 DDC 控制器的集散型控制系统。

## 2 水源热泵控制系统的构成

基于 DDC 控制器的集散型控制系统结构分为三级,自上而下分别是中央管理级、集中管理级、现场控制级。其拓扑方案如图 1。

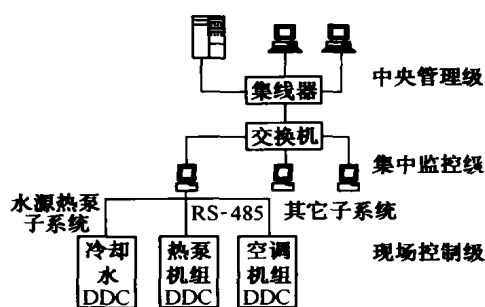


图 1 水源热泵拓扑方案

现场级设备主要包括各类传感器、变送器和执行器<sup>[3]</sup>,它们将各类测量信号(温度、湿度、压差、流量等)转换成电信号,送往现场控制级 DDC 控制器接受其控制命令,对设备操作,实现过程控制。

现场控制级主要有 DDC 控制器构成。DDC 控制器自带微处理器和时钟,并可任意编程或进行预设编程,以适应控制的要求。它接收传感器及设备传来的信号,并按给定程序指挥执行器,实现特定的功能;同时它执行集中监控级 PC 站发来的指令,并把所有的信息传到集中监控级 PC 站。集中监控级 PC 站与 DDC 之间、DDC 与 DDC 之间采用点对点的通讯,共享信息,实现协调策略。DDC 具有自治性和独立性,在与集中监控级 PC 站失去联系的情况下能继续工作。DDC 主要功能归纳如下:

(1) 监控各设备的运行,提供各种控制算法,直接管理和控制现场设备的数据采样和执行;

(2) 收集所控制设备的运行数据,并提供给监控中心协助中央管理系统实现预定的管理功能。

集中监控级 PC 通过中断方式接受来自现场控制级各 DDC 控制器的各种数据,经编码后由 TCP/IP 协议从各 Socket 中送各中央管理级工作站。中央管理级工作站负责实时数据的显示,系统服务器则后台运行数据库,存储并管理非实时类数据。集中监控级 PC 扮演着非常重要的角色,不仅实现各

DDC 控制器通讯,而且综合现场控制级各 DDC 控制器的数据,通过运用现代理论,实现最优化控制或自适应性控制。集中监控级 PC 向上沟通了信息网络,向下与控制网络连接,实现了信息网络与控制网络的集成。集中监控级 PC 的功能归纳如下:

(1) 数据采集:采集该机所连的各台 DDC 控制器上的实时数据,并保存在本机的数据库内。

(2) 控制功能:完成高级的控制策略。综合现场控制器的数据,运用现代控制理论,实现最优化控制或自适应控制,作出控制策略、指挥、协调各现场控制器,并整理有关信息向上级管理计算机汇报。

本系统主要采用两层网络体系结构:

(1) 现场网络。在设备 DDC 控制器与子系统集中监控级 PC 之间采用 RS-485 串行总线连接,用价格低廉的带屏蔽的双绞线作为通讯介质。RS-485 总线允许一条通讯线路上连接多个发送器和接收器,从而实现多个 DDC 设备的互联。

(2) 系统局域网。各集中监控级 PC 之间以及中央管理机、网络控制器之间采用数据通讯量较大、传输速率较快的标准以太网;传输介质采用双绞线,采用 TCP/IP 协议为通讯的基本协议。

直接把控制有关的信息在现场网络上传递,监视和管理信息在系统局域网上传输,系统的信息流分布合理,因此不会造成通讯网络上的信息拥挤。

## 3 控制系统的监控任务

控制系统主要功能包括:基本参数的测量,设备的正常启停与保护;基本的能量调节;冷热源及水系统的全面调节与控制<sup>[4]</sup>。冷却水系统、冷冻水系统、空调机组的监控。分别由相应的 DDC 控制器实现。

(1) 冷却水系统 DDC 控制器监控的任务是冷凝器进出口水温的测量、循环泵的启停、保护及水流量的控制、地下水位水温的监测及水流量的控制。

(2) 冷冻水系统 DDC 控制器监控的核心任务是蒸发器进出口水温的测量,循环泵、加压水泵的启停、保护以及水流量的控制,补水系统水流量控制。

(3) 空调机组 DDC 控制器监控的对象和任务是风机电机工作状态、风机出口空气温湿度参数、过滤器两侧压差、新风阀状况的监测,风机的启停、空气-水换热器调节阀、加湿器调节阀的控制。

另外,集中监控级 PC 综合 DDC 控制器的现场数据,运用现代控制理论,作出控制策略,由此才能

(下转第 146 页)

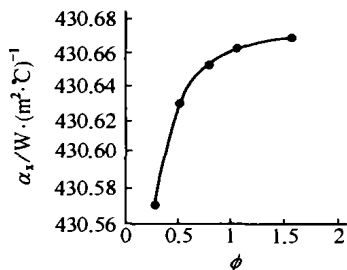


图4  $\alpha_x$  随螺旋角  $\phi$  的变化曲线

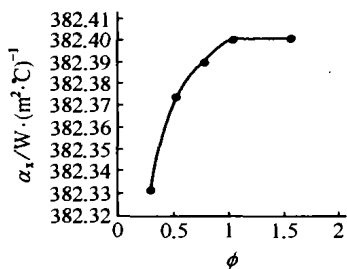


图5 内螺纹重力热管冷凝段的  $\alpha_x$ - $\phi$  曲线

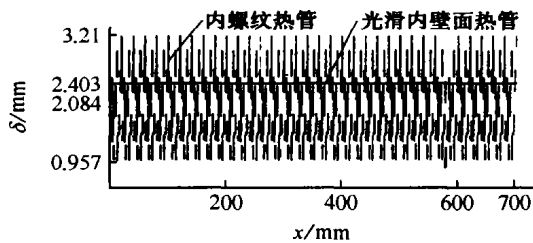


图6 内螺纹重力热管冷凝段的  $x$ - $\delta$  图

膜厚度比光管的液膜厚度减少约 15%，使得局部冷凝换热系数  $\alpha_x$  与平均总换热系数  $\alpha$  提高大约 50% 和 45%。局部冷凝换热系数  $\alpha_x$  随热管冷凝段的位置  $x$  的变化关系如图 7 所示。平均总换热系数  $\alpha$  与  $x$  的关系曲线如图 8 所示。

### 3 结论

(1) 液膜厚度  $\delta$  随螺旋角  $\phi$  的增大逐渐减小，



(上接第 143 页)

完成整个系统在正常安全运行的基础上，实现优化控制，节省运行能耗，产生经济效益。

### 4 结语

集中监控级 PC 保存了冷源系统的大量工况数据，此数据可作为人工神经网络建立冷源系统能耗模型的样本。依据冷源系统能耗模型优化运行设备，是提高 BAS 系统节能性能，挖掘其潜力的有效手段；而冷源系统是一极其复杂的系统，大规模水源热泵的控制系统为这一能耗模型的建立提供了有效

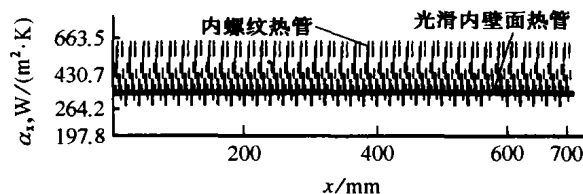


图7 内螺纹重力热管冷凝段的平均换热系数  $x$ - $\alpha$  曲线

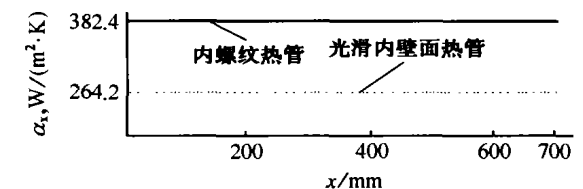


图8 内螺纹重力热管冷凝段的平均换热系数  $x$ - $\alpha$  曲线

从而使得局部换热系数  $\alpha_x$  以及总换热系数  $\alpha$  随螺旋角  $\phi$  的增大而增大。螺旋角  $\phi$  一般选择在  $\pi/3$  与  $\pi/4$  之间时进行换热是较理想的。

(2) 内螺纹重力热管与光滑内壁面重力热管相比，内螺纹重力热管的平均液膜厚度  $\delta$  要小 15% 左右，平均局部换热系数  $\alpha_x$  较大，高大约 50%，平均总换热系数  $\alpha$  大 45% 左右。即在条件允许的情况下用内螺纹管代替光滑内壁面热管是一种有效的强化传热的方法。

### 参考文献：

- [1] 屠传经,洪荣华,王鹏举.重力热管式换热器及其在余热利用中的应用[M].浙江大学出版社,1989,2-11.
- [2] 林宗虎.强化传热及其工程应用[M].北京:机械工业出版社,1987.
- [3] 丁萃菁.换热设备动态特性计算[M].北京:水利电力出版社,1993.
- [4] 邹琳江,许永贵,许诗双.分离式热管冷凝段传热的数学模拟及实验研究[J].工业炉,1997,(1):3-7.

的手段。

### 参考文献：

- [1] 白焰,等.分散控制系统与现场总线控制系统——基础、评选、设计和应用[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [2] 阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 张子慧.制冷空调自动控制[M].北京:科学出版社,1999.
- [4] 江亿.冷热源及水系统的监测控制[J].暖通空调,1997,27(4):45-55.