

某疫苗车间集中节能控制系统的设计

兰 天^{1, 2}

(1. 中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050050; 2. 河北省洁净技术创新中心, 河北 石家庄 050000)

摘要: 山东某疫苗生产车间空调系统采用BMS控制。在满足生产车间实际洁净要求基础上, 为了提高车间中央空调能效, 综合车间实际生产和低碳节能各项控制要求, 采用集中节能控制系统(机房群控), 在机房内布置相应系统控制柜, 对空调冷水机组、水循环系统等各个环节进行全面智能化能效跟踪控制与管理, 实现了中央空调系统良好的节能运行和设备管理, 空调机组的性能指标达到最初的设计要求, 同时可实时上传机组各项信息数据至全厂信息管理系统。

关键词: BMS; 集中节能控制系统; 空调能效; 节能

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Design of Centralized Energy-saving Control System for a Vaccine Workshop

LAN Tian^{1, 2}

(1. The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang Hebei 050050, China;

2. Hebei Clean Technology Innovation Center, Shijiazhuang Hebei 050000, China)

Abstract: The air conditioning system of a vaccine production workshop in Shandong Province is controlled by BMS. On the basis of meeting the actual cleanliness requirements of the production workshop, in order to improve the energy efficiency of the central air conditioning system in the workshop and comprehensively meet the control requirements of actual production and low-carbon energy conservation in the workshop, a centralized energy-saving control system (computer room group control) is adopted, and corresponding system control cabinets are arranged in the computer room to comprehensively and intelligently track, control and manage the energy efficiency of various links such as the air conditioning chiller unit and water circulation system, achieving good energy-saving operation and equipment management of the central air conditioning system. The performance indicators of the air conditioning unit meet the initial design requirements, and at the same time, various information data of the unit can be uploaded in real time to the factory information management system.

Keywords: BMS; centralized energy-saving control system; air conditioning energy efficiency; energy conservation

1 引言

空调机组是疫苗生产车间中主要的耗能系统, 易造成系统运行工况偏离最优效率运行状态, 导致冷水机组热转换效率降低^[1-2]。另外, 由于疫苗生产车间中洁净空调机组数量大, 工业厂房空调系统不仅要满足各个功能区域的洁净度要求, 也要保证厂房内各个功能房间的舒适度^[3]。为了提高空调机组能效, 需对空调冷水机组、水循环系统等各个环节进行整体控制与管理。

山东某疫苗生产车间分为洁净区和非洁净区, 根据

使用工序设独立的净化空调系统, 共设6个净化空调系统, 各净化空调系统均采用全空气系统, 采用组合式净化空调机组送风, 空调机组均采用变频风机, 全年定风量运行。所有净化空调系统均设温度、湿度控制装置, 以保证洁净区温湿度工艺要求, 同时设定变风量阀, 以控制各房间风量及压差稳定。

为保证空调机组设备良好运行, 设计的疫苗生产车间空调机组采用BMS (Building Management System, 建筑设备管理系统) 控制^[4-5], BMS采用先进、成熟的

PLC 系统,通过现场配置控制器、传感器和执行器采集信号,并根据编制程序完成控制功能,现场布置控制柜和触摸屏,实现车间温、湿度控制、压差控制及显示功能,同时对车间空调机组外的智能照明等系统进行整体控制^[6]。

2 集中节能控制系统

为综合实际生产,提高空调机组冷热源系统能效比及低碳节能各项控制要求,采用集中节能控制系统(机房群控)实现设备参数检测、设备状态显示,根据系统负荷的变化对空调机组冷热源实现参数自动调节与节能控制、工况自动转换、设备联锁与自动保护、能量计量及中央监控与管理等功能;针对冷热源特点,在保证安全可靠运行基础上实现中央空调系统良好的节能运行和设备管理,保证冷水机组 COP 始终处于最佳转换效率状态;同时可实时上传机组各项信息数据至全厂信息管理系统。

2.1 控制要求

为保证在满足空调末端冷(热)量需求基础上,设计的空调主机、冷冻水循环泵、热水循环泵、阀门和传感器等设备,以及仪表技术参数安全可靠运行;同时为满足用户对冷热量的需求,保证冷水机组 COP 始终处于最佳转换效率状态。

冷源及热源主要控制内容:

- 1) 冷水机组及其辅助设备联锁启停控制。开机顺序为:冷水泵-冷却水泵-冷却塔风机-冷水机组。停机顺序与开机顺序相反。
- 2) 冷水机组、冷水泵、冷却泵、热水泵和冷却塔等设备的运行/停止/故障状态、单位时间能耗、累计能耗、单位时间制冷量、累计制冷量、累计运行时间和累计故障次数等。
- 3) 电动阀门的配电及控制、开/关状态、累计动作次数和累计故障次数等。
- 4) 冷水温度、压力、流量、冷量和冷却水温度等参数记录、显示。
- 5) 冷水机组程序启停及运行台数控制,冷水机组进出口温度监测。
- 6) 冷却塔风机运行台数控制。

压差控制器的设定压差值由值班人员控制或设备自动根据实际运行情况进行调节,本设计设定压差值是以 20m 水柱估算,当末端负荷变小后,供、回水压差超过

设定值,在压差控制器的作用下,旁通阀自动打开,它的开度加大使总供、回水压差减小直至达到压差控制器的设定压差值才停止继续开大。

制冷工况启动顺序:冷却塔风机→冷却水塔电动蝶阀→冷冻机的冷凝器电动蝶阀→冷却水泵→冷冻机的蒸发器电动蝶阀→水流开关→冷冻水泵→冷水机组,停止相反(机组停止后延时 5min)。

冷却塔启停顺序:冷却塔风机→冷却水泵→用水设备开启,关闭顺序与启动顺序相反。

循环冷却水系统控制说明:循环冷却水系统冷却塔出水管道上设有插入式温度传感器,该控制器控制冷却塔风机启停及旁通管道上电动调节阀的开启度。当冷却塔出水温度低于设定值 24℃ 时,冷却塔风机自动停止运行;当冷却塔出水温度高于设定值 29℃ 时,冷却塔风机自动恢复运行。当冷却塔出水温度降至 22℃ 时,电动调节阀逐渐开启;当冷却塔出水温度升至 27℃ 时,电动调节阀逐渐关闭;当冷却塔出水温度升至 32℃ 时,电动调节阀完全关闭。冷却塔水盘电加热管、屋面水管电伴热在低于水温 5℃ 时启动,在高于 10℃ 时关闭。

设计集中节能控制系统对空调机组进行整体控制和管理。控制系统其他基本要求如下。

- 1) 设计的系统需要设置完善的声、光报警及软件画面显示报警提示等故障报警与相应的故障联锁保护功能,确保空调系统的安全运行。
- 2) 系统应提供标准的 OPC 接口和硬件接口,能够与任何支持 OPC 协议的 BMS 软件实现集成,通过网络接收 BMS 信息,便于操作员设置和修正控制参量。
- 3) 系统具有能源统计管理功能,可实时记录空调系统能耗及相关运行数据。采集点包括冷水机组、冷水泵和冷却泵、热水泵和冷却塔等主要耗能设备。

2.2 集中节能控制系统基本网络架构

集中节能控制系统基本网络架构如图 1 所示,由设备层和管理层组成。

设备层由现场被控设备、现场采集传感器及执行器、现场强弱电一体化智能控制柜(箱)或现场控制器组成。根据各子工艺特点,采用不同智控控制器,内置不同的软件能效算法,根据不同的应用场景生成不同的节能控制策略,动态调节各子系统设备的系统能效比,将采集的各子系统数据通过网络传输至管理层平台。

管理层系统硬件由服务器、管理计算机、维护工作

站等构成。设置完善的声、光报警及软件画面显示报警提示等故障报警与相应的故障联锁保护功能，确保空调系统的安全运行。通过现场专用控制器，实时跟踪控制管理各子系统设备能效和运行状态，自动生成设备运行

和能耗计量报表，实现各子系统能效的现场集中监控管理；同时提供标准的 OPC 接口和硬件接口，能够与任何支持 OPC 协议的系统实现集成。



图1 集中节能控制系统基本网络架构

为实现建筑设备的远程诊断和维护，减少现场管理人员投入，降低管理费用，提高设备使用效果，增加设备的节能效益，系统软件采用 B/S 软件架构。现场各类智能化节能控制器均具备网络化接口，设置“远程运行监控与管理评价系统”，通过 TCP/IP 以太网与现场的空调系统节能控制总柜与强弱电一体化节能柜之间的通信和数据传输。本系统可与车间 BMS 通信，速率 $\geq 100\text{Mb/s}$ 。其网络化架构便于通过互联网对本系统设备实现远程异地监控管理和能耗数据上传，并具备手机 APP 功能。

2.3 集中节能控制系统具体设计

空调冷水、冷却水系统采用一次泵变流量系统，循环泵变频运行及台数控制。

全面采集运行的各种参量，包括温度、压差、流量及室外环境温湿度等，传送至系统控制中心-主控系统，根据冷水、冷却水端实际排热负荷，利用模糊控制技术建立自适应模糊优化控制算法模型，采集每台制冷机组

的实际效率负荷曲线，根据系统负荷变化，合理分配负荷；依据推理规则及系统的历史运行数据，推算出系统未来时刻所需的冷量及系统优化运行参数，并据此变频调节冷水、冷却水流量和冷却塔风量，实现空调水温度的自动寻优，保证中央空调系统在各种负荷条件下，均处于最佳工作状态，实现供应冷热量与实际需求量相匹配的同时使空调系统在任何负荷条件下都高效运行，达到整体节能的目的。

集中节能控制系统具有预加压功能，冷水机组开机后，冷冻水泵在上位机软件规定的时间内先在允许的最高频率运行，使其至少完成一个水循环周期，再在上位机规定的时间内在允许的最低频率运行，然后再进入系统自动调节模式，以保证空调管路中无气阻现象。

集中节能控制系统充分利用变频技术对电动机进行控制，投入正常使用后，与切换到工频运行情况相比，达到的节能指标为全部受控冷水机组、冷冻水泵、冷却

备健康度诊断。

表1 集中节能控制系统主要设备清单

序号	名称	单位	数量	备注
1	进线柜	面	2	节能控制系统 配电
2	能效智能控制柜	面	1	系统模糊运算 中心单元
3	现场采集智能控制箱	面	1	现场传感器信 号采集
4	冷冻水泵智能控制柜	面	3	变频控冷冻水 泵
5	冷却水泵智能控制柜	面	3	变频控冷却水 泵
6	冷却塔风机智能控制柜	面	1	控冷却塔风机
7	夏季循环泵智能控制箱	面	1	夏季循环泵智 能控制
8	冬季循环泵智能控制箱	面	1	冬季循环泵智 能控制
9	三相电表箱	面	3	主机能耗计量
10	温度变送器	支	18	4~20mA 输入
11	压力变送器	台	6	4~20mA 输入
12	压差变送器	台	2	4~20mA 输入
13	流量变送器	台	2	4~20mA 输入
14	环境温湿度变送器	块	2	4~20mA 输入

集中节能控制系统控制柜与传统的控制柜(箱)相比,具有一定优势,可以简化二次控制回路,降低人工成本,减少生产调试时间;减少强弱电之间的接口协调工作,简化系统调试与组网,缩短工程建设周期;运维标准化,减少运行故障及专业运维人次,降低后期运营成本;智能调配设备运行,延长设备使用寿命;时时监测设备运行参数,通过数据分析,提供多种控制方案供用户灵活应用;预测故障、实时报警并提供相应解决方案;高度定制化设计,使设备高效运行、有效节能;机电设备具

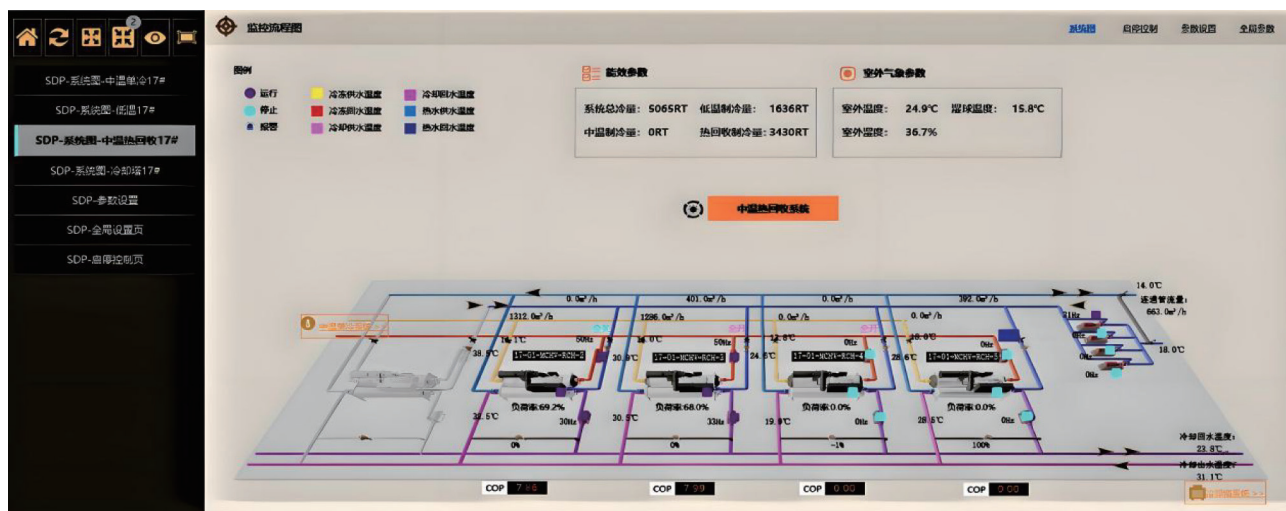


图2 集中节能控制系统组态画面

统基本能够采集每台制冷机组的实际效率负荷曲线,并根据系统负荷变化,合理分配负荷,实现制冷机组群控。

与转换到工频运行情况相比,全部受控冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、热水泵和冷却塔风机等的综合能

源消耗下降了 18%;同时,空调机组的能效 COP 为 5.1,性能指标达到最初的设计要求,如图 3 所示。

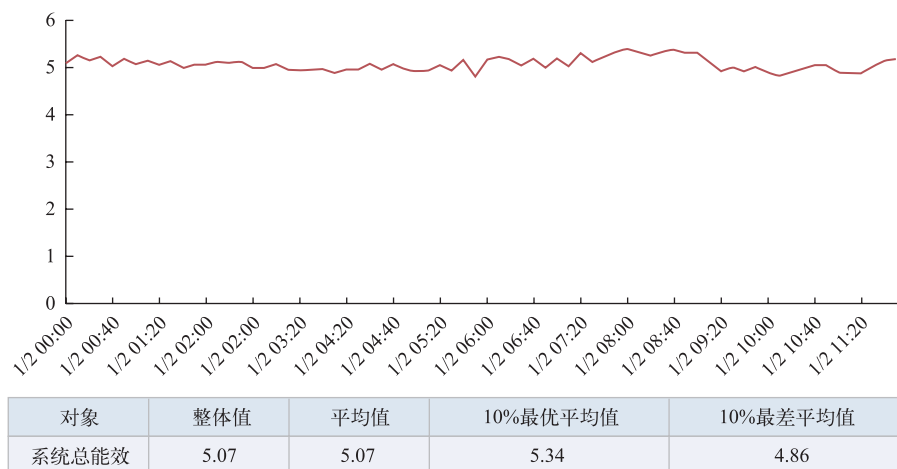


图 3 空调能效 COP

3 结束语

本疫苗生产车间的空调系统是在常规 BMS 控制基础上采用集中节能控制系统对机组冷热源进行智能化控制。通过对于空调能效 COP 实际记录统计分析,设计的集中节能控制系统虽然可以满足空调系统可靠运行,并可以实现良好的节能运行,基本达到了实际生产各项控制要求;由于环保、低碳节能的要求不断提高和空调机组设备的老化及可能运维不足等问题的出现,集中节能控制系统需要根据实际设备情况不断调整内部算法、程序和参数等设置,进而满足实际生产和全厂运维需求;同时随着数字化管理及数字工厂等理念的发展和要求,集中节能控制系统需要根据实际不断升级和拓展。

参考文献

[1] 杜辉,王蕊.商业综合体空调冷站能效管理研究[J].

工程建设与设计,2017(6):42-44.

- [2] 刘奇特.基于群智能的中央空调冷站节能优化方法研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.
- [3] 林满阳,黄俊.某生物制药制冷机房的高效机房改造实践[J].化工管理,2021(8):188-190.
- [4] 高腾飞.某医院高效制冷机房空调系统及减碳设计[J].中国新技术新产品,2023(4):76-78.
- [5] 姜少华,屈国伦,谭海阳,等.建筑类型对高效制冷机房系统运行能效比影响的定量分析[J].暖通空调,2022,52(12):8-12,58.
- [6] 彭亮,尹银涛,杨帆,等.海南某医院高效制冷机房空调系统及减碳设计[J].暖通空调,2022,52(10):43-49.

作者简介:兰天(1985—),男,硕士,高级工程师,主要研究方向为化工、医药自动化控制。

收稿日期:2024-11-05