

电气自控技术在冰蓄冷中央空调系统中的应用

付爱国

(深圳市鑫联发展有限公司)

【摘要】冰蓄冷中央空调系统因设备数量较多、工况复杂、控制精度要求高,通常采用可编程控制技术构建群控系统实现整体控制。该系统由变频器、PLC、输入输出模块、温度传感器、压力传感器、液位传感器、温度模块等设备组成,借助人机界面与上位机系统实现操作人员与控制系统的交互及监视,确保中央空调控制系统实现自动控制与优化运行。

【关键词】变频器; PLC; 人机界面; 冰蓄冷技术; 中央空调自动控制

中图分类号: TU83; TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.091

Application of Electrical Automation and Control Technology in Ice Storage Central Air Conditioning Systems

FU Ai-guo

(Shenzhen Xinlian Development Co., Ltd.)

【Abstract】The ice storage central air-conditioning system, due to its large number of equipment, complex working conditions, and high requirements for control accuracy, usually adopts programmable control technology to construct a group control system for overall control. This system is composed of equipment such as frequency converters, PLCs, input/output modules, temperature sensors, pressure sensors, liquid level sensors, and temperature modules. It realizes interaction and monitoring between operators and the control system through the human-machine interface and host computer system, ensuring that the central air-conditioning control system achieves automatic control and optimized operation.

【Keywords】frequency converter; PLC; HMI (Human-Machine Interface); ice storage technology; central air conditioning automatic control

1 引言

随着社会发展与生活水平提升,空调普及率逐年增长,电力消耗快速攀升,导致用电高峰时段电力紧张、低谷时段电能利用不充分。因此,如何转移高峰电力需求、平衡电力供应、提升电能利用效率,成为亟待解决的难题。“分时电价”政策的实施,激发了“移峰填谷”的实践动力,推动冰蓄冷技术的发展。冰蓄冷中央空调是利用夜间低谷电力制冰并储存于蓄冰装置,白天通过融冰释放储存冷量,从而降低电网高峰时段用电负荷及系统装机容量的空调系统^[1]。因夜间低谷时段电价较低,用户能大幅降低空调使用成本^[2]。同时,冰蓄冷中央空调系统的稳定运行离不开自控系统的支撑,自控系统可保障系统安全稳定运行,降低人力成本与能源消耗,提升系统稳定性与使用舒适度,实现系统的无人值守与优化运行。

2 冰蓄冷中央空调系统概况

2.1 冰蓄冷中央空调概况

冰蓄冷中央空调系统通常由双工况制冷主机、

冷冻泵、冷却泵、冷却塔、蓄冰槽、乙二醇泵、融冰板换、融冰冷冻泵及相应管路、阀门组成。从构成上,冰蓄冷系统仅在常规空调系统基础上增设蓄冰装置、板式换热器及乙二醇泵,其他部分结构与常规空调类似,遵循的技术规范也基本一致^[2]。

2.2 冰蓄冷中央空调受控设备组成

其受控设备主要有双工况制冷主机、冷冻泵、冷却泵、冷却塔、融冰冷冻泵、乙二醇泵、电动开关阀、电动调节阀等。自控系统主要实现:水泵等设备启停控制,运行、故障、本地/远程状态监视;变频设备频率控制与监视;电动开关阀开关控制及开关到位信号监视,电动调节阀开度控制与反馈监视;主机启停、运行、故障、模式状态监视及加减载控制;相应设备电表与主机通讯等功能。

3 冰蓄冷中央空调自控系统的功能

冰蓄冷中央空调系统一般有四个工况:蓄冰工况、融冰工况、主机单独供冷工况、主机和冰槽联合供冷工况,此外还包含与主机组合供冷的其他衍生

工况。自控系统需实现各工况自动无扰切换,且满足运行过程中不停机切换的要求。

3.1 蓄冰工况

蓄冰工况主要运行于夜间电价低谷时段,自控系统切换工况转换阀,双工况主机满负荷运行,使乙二醇溶液在双工况主机与蓄冰槽间循环,主机产出 -5.6°C 的载冷剂,促使蓄冰槽内的水结冰,进而将主机冷量储存于蓄冰槽中。

3.2 融冰工况

融冰工况主要应用于用冷负荷高峰期,自控系统启动乙二醇泵并切换工况转换阀,使乙二醇在蓄冰槽与融冰板换间循环,同时启动板换二次侧冷冻泵,将板换释放的冷量输送至末端用户。

3.3 单供工况

单供工况与常规空调系统运行逻辑一致,自控系统切换工况转换阀,开启乙二醇泵及板换二次侧冷冻泵,使乙二醇溶液在主机与板换间循环,通过板换二次侧冷冻泵将冷量输送至末端用户。

3.4 联供工况

联合供冷工况即主机与蓄冰槽同步对外供冷,此时自控系统启动主机、乙二醇泵、冷却泵、冷却塔及板换二次侧冷冻泵,切换工况转换阀,通过监测乙二醇温度调节其进入蓄冰槽的流量。若主机负载过高、冷量不足或设定融冰优先模式时,增大进入蓄冰槽的阀门开度,增加融冰量以降低主机供冷负荷;若负载较小或设定主机优先模式,则减小进入蓄冰槽的阀门开度,减少融冰量并提升主机供冷占比。主机运行状态及融冰量由控制系统算法结合时间、负荷、电价时段等因素综合调控。

3.5 频率控制

频率控制主要应用于变频水泵与变频风机,通过频率调节,可在用水流量需求较低时降低设备转速,进而减少电能消耗。其功率与转速的三次方成正比,当转速降至额定转速的60%时,功率仅为额定值的21.6%,可节省78%的电能,实践表明,采用变频控制的节电率不低于30%。

3.6 主机控制

主机控制主要涵盖主机启停与负载率调节,自控系统依据末端冷量需求及负荷预测结果,自动调

节主机负载率。当单台主机负载率升至最大值仍无法满足需求时,系统自动投入另一台主机;当主机负载率降至喘振点临界值且冷量仍有富余时,系统自动退出一台主机运行。

3.7 阀门控制

阀门控制除前文所述工况切换阀按工况自动切换外,还包括设备进出口阀、温差旁通阀及压差旁通阀的控制。设备进出口电动阀通常与设备联锁控制,设备启动前,自控系统自动开启对应电动阀;设备停运后,自动关闭该电动阀。温差旁通阀主要应用于冬季低温环境,当冷却水温度过低时,自控系统自动开启调节阀调节冷却水温度,实现主机保护;压差旁通阀主要用于分集水器间压差超标时,开启调节阀实现系统保护。此外,板换一次侧电动调节阀主要依据温度自动调节开度。

4 冰蓄冷中央空调自控系统架构及点表配置

4.1 自控系统架构

自控系统架构和点表一般在暖通系统图完成后根据设备的情况、数量及现场实际条件进行相应配置。配置系统架构时需考虑系统容量、通信方式,设备布置等因素。一个完整的系统架构包括:①管理层,服务器、工作站;②控制层,PLC、输入输出模块、分布式控制系统;③设备层,各类传感器、执行器、阀门、变频器等。通过通信等方式将设备层、控制层、管理层建立连接,组成互联互通的系统,即构成完整的系统架构。

4.2 系统设备点表

设备点表是对设备层需监控的点位数量的统计,将所有需控制的设备及其对应的监控点数进行汇总,即可形成设备点表。需要注意的是,有的设备是开关量控制,有的设备是模拟量控制,还有的需要通信,应将这些信号分门别类统计。设备点表是控制层PLC选型的依据,也是上位机软件选择的参考。

5 冰蓄冷中央空调自控系统选型

5.1 自控系统硬件选型

冰蓄冷中央空调自控系统的硬件主要包括服务器、工作站、自控柜、交换机、触摸屏、PLC、UPS、打印

机及各类传感器等。服务器和 workstation 依据功能需求选型,重点考量接口形式、存储容量及对应软件要求;传感器根据现场工况与安装位置选取。硬件选型的核心是 PLC,需从结构形式、安装方式、功能配置、运行速度、可靠性及通信方式等方面综合考量。例如西门子 PLC S7-1500 系列分布式 I/O 模块,因冰蓄冷自动化控制系统设备繁多、控制点分散、通讯距离远,应用广泛。通过分布式 I/O 组建的控制系统,解决了远距离电缆敷设、通讯中断、控制方式不合理等问题。西门子分布式 I/O 模块 ET200SP 作为新一代产品,具有体积更小、使用更灵活、性能更优异的特点^[3]。

5.2 自控系统软件选型

冰蓄冷中央空调自控系统软件选型,主要考量与硬件的适配性、通信接口兼容性、变量承载量及冗余支持能力等。例如选用西门子 WinCC 7.6,该软件可与多种自动化设备及控制软件集成,是高度开放的过程可视化系统,能提升生产过程透明度,广泛应用于工业、农业、楼宇、办公等领域的自动化系统。

5.3 自控系统的编程

自控系统编程主要包括 PLC 编程和上位机组态,需先依据图纸在软件中建立变量表,确保每个变量在程序中具备可读性,再按控制逻辑开展编程。编程需满足常规功能:温度控制、压差控制、设备自动轮换、一键启停、板换防冻、冷却水低温保护、定时启停、报表曲线及各类连锁与故障报警保护;同时需实现冰蓄冷核心功能:工况切换及蓄冰量合理预测(通过次日负荷预测指导夜间蓄冰量)、融冰速度优化(确定融冰优先或主机优先模式,实现最优经济效益)。上述逻辑均需在 PLC 编程软件中精准实现,预测算法可采用简单经验法或复杂人工智能算法等。

5.4 自控系统的调试

冰蓄冷中央空调系统调试分为单点调试、联动调试及带负荷联动调试三个阶段。调试前需进行线路核查,对照接线图逐一核对所有设备及控制柜的自控接线,发现问题及时整改,核查无误后方可送电。送电后开展单点调试:通过自控系统界面确认各设备是否受控,核验各类传感器数据准确性,检查设备运行、故障、手自动状态回传是否正常,验证变频器频率控制及反馈、阀门开度控制及反馈是否达

标。单点调试合格后进行联动调试:重点测试设备顺序启停、故障保护功能及设备间连锁关系是否正常。联动调试无误后开展带负荷联动调试:让机房带动末端系统运行,观察供水温度、压差、主机负载率及加减载情况、蓄冰模式蓄冰量、系统流量等是否符合设计要求,测试设备自动轮换、故障切换、定时开机、工况转换、一键无忧运行等模式是否正常,同时校验系统参数及控制逻辑的实用性,对不符实际的内容进行调整。最终确保自控系统实现稳定、安全、可靠、经济运行。

6 结语

电气自控技术在冰蓄冷中央空调系统中的应用,贯穿设计、施工、编程、调试、运行全生命周期。系统使用便捷性、稳定性及节能效果的实现,很大程度上依赖电气自控系统,但该技术并非唯一决定性因素。因此,采用电气自控技术的冰蓄冷中央空调系统,需在现有条件下最大限度满足系统各维度需求,同时从设计、施工、编程、调试、运行各环节严控细节,推动电气自控技术落地见效,持续创新优化,结合多维度因素综合考量,助力系统持续完善升级。

参考文献

- [1] 张淳劼, 王健, 陆俊超. 弘扬工匠精神 铸就精品工程——上海海航大厦创建国优奖工程纪实[J]. 工程质量, 2017, 35 (4): 26-30.
- [2] 王明友. 冰蓄冷中央空调市场营销定位及风险规避研究[D]. 四川: 西南交通大学, 2003.
- [3] 霍伟亮, 王松宇. 自控系统在白石净水厂中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021 (20): 94-95.