

基于动态负荷预测的冰蓄冷系统运行策略优化

李晓曼*

天津市天泰建筑设计有限公司 天津市 300074

摘要: 为了减小冰蓄冷空调体系的运行费用,降低空调体系的消耗,更精准地检测出空调冷负荷,特提出一种使用小波神经网络完成冰蓄冷空调负荷检测的办法,通过启发式动态规划实时优化模型的参数,建立冰蓄冷空调体系的预估校对模型,处理传统神经网络猜测收敛慢,易堕入部分最优,精度相对低的缺陷,保证整个体系的运行稳定性。选择冰蓄冷系统后,基于仿真结果和区域峰谷平均电价的特点,采用基于年度动态负荷结果和前一天负荷的分析预测作为当日负荷预测,将年度日运行策略简化为4种设备运行方案,控制更容易实现,需要增加的初期投资更少。它是冰蓄冷系统与年动态负荷模拟技术相结合的创新应用。

关键词: 动态负荷预测;冰蓄冷;策略

引言

冰蓄冷空调技术是利用夜间用电最低时段,以冷量变冰的方式储藏起来。白天用电最高期间我们可以将夜间储存的冷量释放出来,提高能源的利用效率和优化资源配置,达到节能。近些年来,冰蓄冷区域空调技术在我国不但得到快速发展更被广泛应用。比如:广州大学城分布式能源站、上海浦东新机场集中能源站等,这些项目在运行控制、计量收费、管理等方面的问题,导致能源大大消耗,空调费用过高,掩盖了区域空调技术的优点。国内的学者对冰蓄冷技术进行了调查研究,截止到2014年,我国已建成投入运行和正在施工中的蓄冷空调项目已超过1000项以上,每年新建公共建筑中采用冰蓄冷空调系统的比例仅为1%左右,从独立项目角度来看,准确的动态负荷是大型冰蓄冷项目设计的必要条件,系统运行效率的高低与末端负荷设定、输配系统的设计和控制、冷源的选择和匹配等等这些都是息息相关的,同时对物业管理水平的要求会比一般中央空调系统的要球要高很多。本文跟踪上海市某冰蓄冷区域空调系统,基于动态分析的方法给出详细的投资建议和运行费用分析,总结项目经济效益及运行中的经验,调整设计中关于区域供冷范围、保温厚度要求及供冷温度的设定等内容,为后期该技术在夏热冬冷地区综合商办建筑中的应用提供准确数据。

1 建筑设计概况

设计是某市一栋现代化的超高层办公楼,其建筑用地 5999m^2 ,地上39层,地下3层,为甲类办公楼,建筑面积 88180m^2 ,建筑总高度193 m。1~3层为展览厅,会议室和商务大堂,45, 8~14, 16~29, 31~36层为研发区(员工办公区),15、30层为避难层,37~39层为总办研发区,6、7层为数据机房。结构体系会采用框架核心筒的结构形式,外体墙面会做成玻璃幕墙。

2 负荷计算及空调系统方案的选择

2.1 冰蓄冷空调系统及设备参数

依据夏季空调使用分析图解析,结合本公司工作人员正常上班时间和加班时间,本次设计人员将冷负荷分布时间定为07:00-23:00。结合该市夏季有一定的潮湿天气,采用主机上游的串联系统可以提供更低的出水温度,更好地保证冷冻除湿效果,从而使得在相同的负荷条件下,串联系统乙二醇溶液的流量较小,大温差小流量可以减小水路系统管径,在相同的条件下串联系统的乙二醇循环泵小于并联系统。所以,采用串联系统的设备投资和运行费用大大降低,管路运行更加简单,可靠^[1]。

***通讯作者:** 李晓曼,女,汉,甘肃兰州人,高级工程师,大学本科毕业,自2005年毕业后到天津市建筑设计院工作,2019年10月起在天津市天泰建筑设计有限公司工作至今,研究方向:暖通空调设计与研究,邮箱:452183535@qq.com

根据空调负荷计算和冰蓄冷系统负荷平衡策略,确定该系统的空调制冷量和制冰量.双工况冷机一用一备.乙二醇水泵两用一备;双工况主机冷冻泵两用一备;主机冷却泵两用一备。

2.2 全年动态负荷计算

设计人员本次引用某企业全年负荷计算及能耗分析软件的(HY-EP)建模,并对其进行全年动态负荷模拟计算。

经过动态负荷模拟,全年负荷逐时值,出现最大负荷的时间6~9月,最大负荷值为9 200 kW。冷负荷的负荷率分布如图2,40%~50%冷负荷的小时数1060 h,约占供冷时数的18%。90%~100%的冷负荷的小时数仅为45 h,高负荷的时数较低,只有通过合理选配设备才能使系统的运行效率高。热负荷集中出现于12月2月,最大值不能超过1500 kW,许多时刻既存在逐时热负荷,同时也存在逐时冷负荷。这是因为HY-EP考虑了人员、设备等其他因素产生的发热量。办公区域的人员和电脑机房、设备等所产生的热量无法排出,内区域需要降温制冷,外区域需要加热供暖,但需供热量不大,可以通过新风供热运行提供热量,不需要单独供热^[2]。

3 基于负荷预测的优化运行策略

3.1 优化思路

冰蓄冷系统常见的运行有全蓄冷方式和部分蓄冷方式两种。高冷负荷时期几乎就是高电价时期,高电价时期利用冰蓄冷是优化目标。该建筑的运行时间为7:00至22:00,总运行时间为16小时。高峰电价时负荷率较高,但本次设计蓄冰率仅为0.35,因此本设计运行方式为部分蓄冰方式。

某市分时电价分为:1谷段(0.22元/(kW·h)):次日23:00-7:00;2二级(0.70元/(kW·h)):7:00-9:00,11:30-14:00,16:30-19:00,21:00-23:00;3个峰值(1.05元/(kW·h)):9:00-11:30,14:00-16:30,19:00-21:00。预测控制是一种新型蓄冷系统运行。它利用预测技术预测下一个蓄冰期冷负荷的小时分布曲线图,确定蓄冰系统的蓄冰能力,控制蓄冰槽白天的融冰能力和制冷机组的制冷量,使其在满足冷负荷要求的基础上,最大限度地利用谷电,将高峰电价期制冷系统启动降至最低,提高冰蓄冷空调的经济效益。

预测控制一般有两种方法:定性预测和定量控制。定性预测是在以往经验分析基础上预测发展的趋势。定量预测是用概率和数理统计的方法来分析数据。图1为全年日累计冷负荷。本设计以动载荷计算结果作为预测依据。经过数据整理分析,可以找出全年365天的日累计冷负荷。日累计最大负荷为102834.6 kW·h,蓄冰槽总制冷量为32273.82 kW·h,除非当日累计制冷量小于蓄冰槽制冷量,否则无法实现全天候蓄冰优先模式。由于9:00~11:30、14:00~16:30为电价高峰期,应重点考虑7:00~17:00的降温方式。这是因为要先考虑冰蓄冷的消耗,再考虑直接降温,从而达到尽可能便宜用电的目的^[3]。

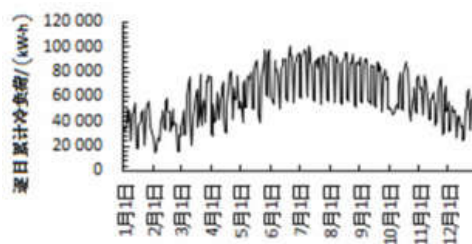


图1 全年的逐日累计冷负荷

3.2 具体优化运行策略

模拟日累计最大负荷102834.6 kW·h作为100%负荷率,77126 kW·h作为100%负荷率设备运行的切换点,51702 kW·h作为75%负荷率设备运行的切换点,32274 kW·h作为全天融冰运行的切换点。图2是不同负载率下的开关逻辑的框图。采用100%负荷率、75%负荷率、50%负荷率、32274 kW·h作为切换点,因为这样可以使年冷负荷率分为四种状态,有利于安排不同负荷率下设备的运行。制冷设备的加载或卸载由中板换热器25%乙二醇溶液侧的出口温度控制。当25%乙二醇溶液侧出口温度大于10.5℃时,制冷机组将被加载。当25%乙二醇溶液侧出口温度大于9.5℃时,制冷机组将卸载。当日预测累计负荷值为负荷计算时得到的全年日累计冷负荷对应日值与制冷系统测得的前一日累计冷负荷值中的较大者^[4]。

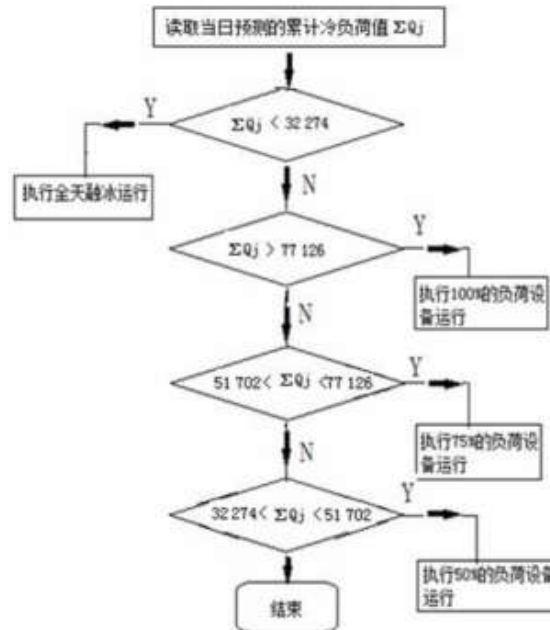


图2 不同负载率时的切换逻辑方框图

结束语：

通过运行策略研究发现，在设计过程中，不仅要考虑典型设计日的工况，还要分析冷热源系统的年运行情况，制定合理的方案优化措施，制定合理的运行策略，将高峰电价期的冷负荷“转移”到低谷电价期。本设计通过对年度动态负荷结果的分析预测，结合前一天的负荷作为当日负荷预测，以25%乙二醇溶液侧出口温度作为系统总冷负荷变化的监测点，可将年度日运行策略简化为4种设备运行方案，易于控制，初期投资少。它是冰蓄冷系统与年动态负荷模拟技术相结合的创新应用。

参考文献：

[1]朱雪斌，唐朝新，李颖，等. 福建省某科技园冰蓄冷空调系统运行分析[J]. 制冷与空调，2020，20(11):92-95.
 [2]徐鹏，潘安东，段之殷. 冰蓄冷空调系统经济性分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版)，2021，53(1):109-116.
 [3]刘畅，魏庆荒，梁媚，冰蓄冷系统实际蓄冷过程运行参数设定优化方法研究[J]. 暖通空调，2018，48(2):123-128.
 [4]郭晨露，于军琪. 西安某商城冰蓄冷空调系统优化运行策略研究[J]. 建筑热能通风空调，2017.36(1):42-44.