

冰蓄冷空调系统概述

蔡周青

杭州华电华源环境工程有限公司 浙江 杭州 310000

摘要:冰蓄冷空调系统在电力低谷时段开启双工况冰蓄冷主机制取冷量,利用水相变成冰储存冷量,在电力高峰时段利用冰相变成水释放冷量供给建筑空调制冷使用。冰蓄冷空调系统能够实现电力从低谷电到高峰电的转移,不仅降低空调系统的运行费用,在平衡电力消耗方面也将起到不可估量的作用。

关键词:冰蓄冷;移峰填谷;运行费用

1 引言

空调是现代设备生产和生活的必需品。随着生活水平的提高,人们对居住环境的舒适性提出了更高的要求,温度调节、湿度调节、新风处理等冷量供应需求越来越大。冰蓄冷空调系统能够实现电力从低谷电到高峰电的转移,不仅降低空调系统的运行费用,在平衡电力消耗方面也将起到不可估量的作用。

2 工作原理

冰蓄冷空调系统在电力低谷时段开启双工况冰蓄冷主机制取冷量,利用水相变成冰储存冷量,在电力高峰时段利用冰相变成水释放冷量供给建筑空调制冷使用。

3 冰蓄冷空调系统的意义

3.1 转移峰谷电量,调节电网负荷,减少拉匝限电;

3.2 减少制冷主机容量30%~50%,降低建筑空调系统使用费用;

3.3 合理利用峰电与谷电的电价差,降低建筑空调系统使用费用;

3.4 在主机设备故障时,作为备用冷源,提高空调系统的可靠性;

3.5 作为补充冷源,合理开启主机台数,保证空调系统处于高效运行;

3.6 提供低温冷冻水,实现低温送风和大温差供冷,节省用水、用电及减少空调系统的初投资^[1];

3.7 能够调节的相对湿度较低,提升室内环境品质。

4 蓄冰模式的选择

冰蓄冷空调系统主要有两种蓄冷模式,即全量蓄冰与分量蓄冰,全量蓄冰系统在低谷电时段制取建筑所需的全部冷量,在非低谷电时段不需要开启空调主机^[2],如图1。其优点是能把建筑空调系统高峰期的用电量最大限度的转移到低谷期,白天系统的用电容量大大减少,全天融冰供冷运行成本低。其缺点是蓄冰容量、制冷主机及相应设备容量较大,设备占地面较大,初期投资较高;在绝大部分

供冷期内,制冷主机与蓄冰装置都有富裕而闲置。

分量蓄冰系统在设计日非低谷电时段,建筑空调所需的冷量由空调主机和蓄冰装置共同提供,如图2。相对于全量蓄冰,分量蓄冰系统可以选择较小容量的蓄冰装置及空调主机,初期投资减少,回收周期缩短,占地面积减少。其缺点是在全日负荷较大时,在非低谷电期间需开启制冷主机制冷,运行费用高于全量蓄冰系统。但随着建筑物负荷的降低,分量蓄冰系统可以及时调整运行策略,尽量少开主机,并逐步转化到全量融冰模式运行,达到运行费用最节省。

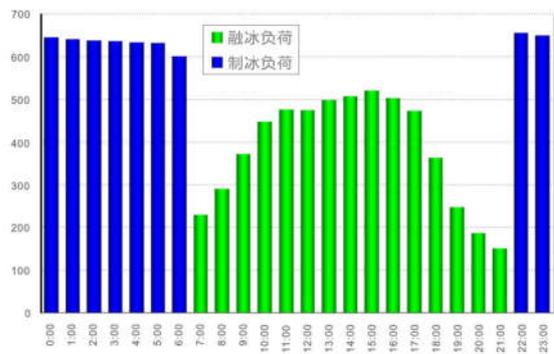


图1 全量蓄冰示意图

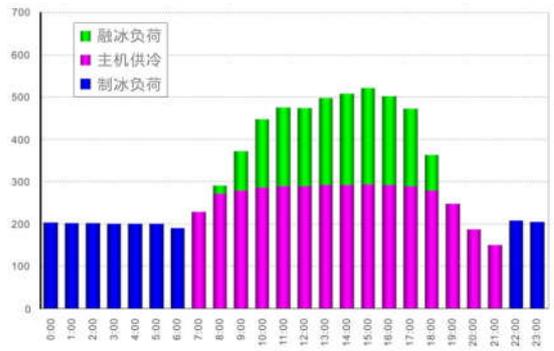


图2 分量蓄冰示意图

全量蓄冰模式与分量蓄冰模式相比,全量蓄冰模式按照建筑空调系统全天所需的冷量总数来配置蓄冰装置,

在白天运行空调系统，不需要开启空调主机，可以完全把建筑空调系统高峰电时段制冷所需的电量转移到低谷电时段，最大限度的减少建筑空调系统的运行费用，不过需要选择更大的双工况主机的蓄冰装置，保证电力低谷电时段所蓄的冷量满足高峰电时段使用。所以全量蓄冰模式的空调冰蓄冷系统造价高，投资回收期长。基于以上情况，目前大多数空调冰蓄冷系统采用分量蓄冰模式。

5 系统设计原则

5.1 经济

冰蓄冷空调设计主要考虑初投资及运行费用。蓄冰量设计越大，需要的蓄冰装置、主机及配套的水泵等就越大，所需的成本越高，设备摆放的场地要求越大，整个空调系统的运行费用也就越低。蓄冰量设计越小，需要的蓄冰装置、主机及配套的水泵等就越小，所需的成本越低，设备摆放的场地要求越小，整个空调系统的运行费用也就越高。根据建筑空调负荷测算，合理的选择蓄冰量，保证空调系统投资和运行费用在最优经济比。

5.2 高效节能

冰蓄冷空调设计，要充分模拟计算建筑空调每天逐时负荷的分布，根据模拟计算合理确定制冷主机及蓄冰装置容量，既要保证冰蓄冷空调系统处于高效率运行区间，又能最大限度的降低空调使用费用。

5.3 完整可靠

冰蓄冷空调设计，要保证系统的整体效能及运行稳定性。冰蓄冷空调系统各种设备的选项要经过模拟计算，选择最合适的设备，同时保证各个设备之间能够完美配合，长期稳定的运行。还需定期的对冰蓄冷系统进行维护，保证系统设备最长的使用寿命。

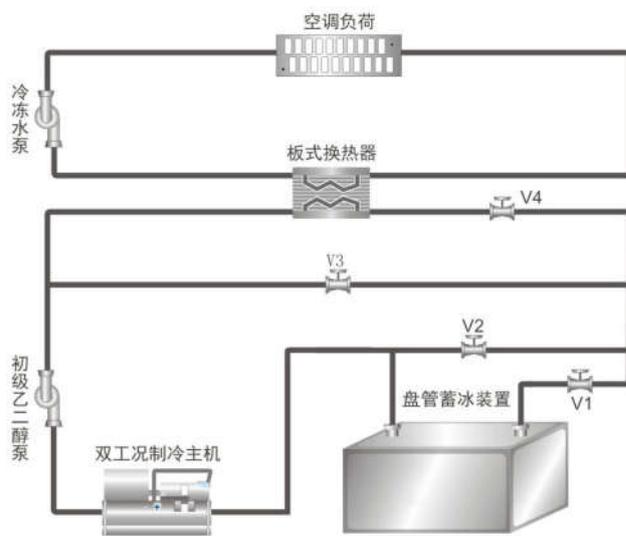
6 常见冰蓄冷空调系统运行模式分析

根据不同建筑空调负荷需求，可采用多样的系统设计方法：串联单循环主机上游内融冰系统、串联双循环主机上游内融冰系统、串联主机上游外融冰系统。

6.1 串联单循环主机上游内融冰系统

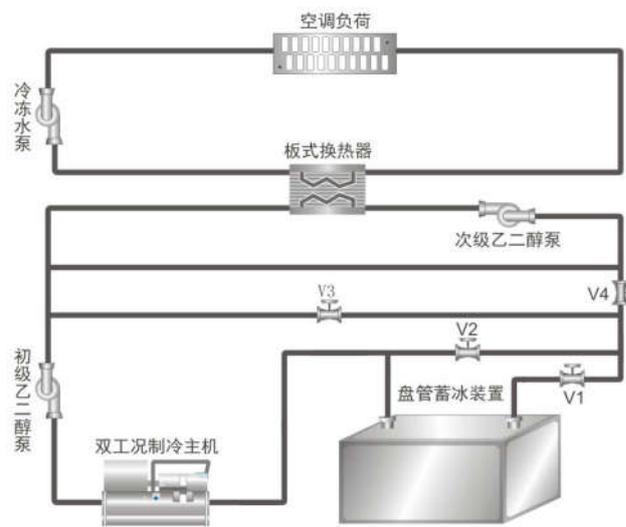
适用场所：第1类：夜间低谷电时段无供冷要求；第2类：夜间低谷电时段有一定负荷，其供冷由基载主机满足。

运行工况	设备状态			阀门状态		
	双工况制冷主机	乙二醇泵	冷冻水泵	开启	调节	关闭
主机制冰	运行	运行	停止	V1 V3		V2 V4
融冰供冷	停止	运行	运行		V1 V2 V3 V4	
主机供冷	运行	运行	运行	V2	V3 V4	V1
联合供冷	运行	运行	运行		V1 V2 V3 V4	



6.2 串联双循环主机上游内融冰系统

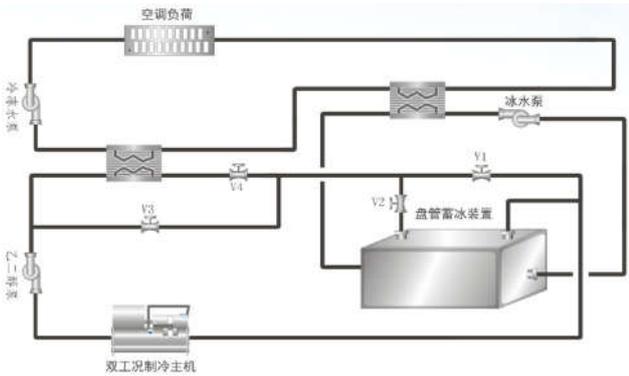
适用场所：夜间低谷电时段有小部分供冷需求



运行工况	设备状态				阀门状态		
	双工况制冷主机	初级乙二醇泵	次级冷冻水泵	冷冻水泵	开启	调节	关闭
主机制冰	运行	运行	停止	停止	V1 V3		V2 V4
融冰供冷	停止	运行	运行	运行		V1 V2 V3 V4	
主机供冷	运行	运行	运行	运行	V2	V3 V4	V1
联合供冷	运行	运行	运行	运行		V1 V2 V3 V4	
主机制冰兼供冷	运行	运行	运行	运行	V1	V3 V4	V2

6.3 串联主机上游外融冰系统

适用场所：大温差、低温供液系统和区域供冷系统



运行工况	设备状态				阀门状态		
	双工况制冷主机	乙二醇泵	冰水泵	冷冻水泵	开启	调节	关闭
主机制冰	运行	运行	停止	停止	V2 V3		V1 V4
主机制冰兼供冷	运行	运行	变频运行	运行	V2 V3		V1 V4
单内融冰供冷	停止	运行	停止	运行		V1 V2 V3 V4	
单外融冰供冷	停止	停止	变频运行	运行			
主机供冷	运行	运行	停止	运行	V1 V4		V2 V3
主机与内融冰联合供冷	运行	运行	停止	运行		V1 V2 V3 V4	
主机与外融冰联合供冷	运行	运行	变频运行	运行	V1 V4		V2 V3
内融冰和外融冰联合供冷	停止	运行	变频运行	运行		V1 V2	V3
主机与内外融冰联合供冷	运行	运行	变频运行	运行		V1 V2	V3

7 冰蓄冷空调系统运行策略

以下为冰蓄冷空调系统常用的几种运行策略。

7.1 全量蓄冰：设计日(或周)电力谷段时所需冷量全部制备好，非电力谷段的总冷负荷全部由储冷装置供应，制冷主机在此时段不运行。该方案配备的储冷装置和制冷主机的容量与其它方案相比最大，初投资最多，但运行费最节省。该储冰模式主要适用于使用时间在电力高峰时间，具有较大设备场地的建筑。

全量储冰设备容量计算方法：

$$CP = \frac{TH + Q}{IH \times CCR} \quad \text{(公式 1)}$$

$$QI = CP \times IH \times CCR \quad \text{(公式 2)}$$

式中：CP—压缩机容量，KW；TH—全天系统负荷，KWh；Q—储冰槽热损失，KWh；IH—储冰时间，

h；CCR—压缩机容量变化率，即冷水机组制冰工况时制冷量与空调额定工况制冷量之比对螺杆式冷水机组为0.7，往复式冷水机组为0.65；QI—储冰量，KWh。

7.2 分量储冰：分量储冰策略是在设计日时，低谷电时段制取部分建筑空调所需额冷量(一般为30%~50%需要时制冷机储冷装置联合供冷)。分量储冰分主机优先和融冰优先两种运行策略。

7.2.1 储冰分主机优先：设定蓄冰装置的进、出液流量，使其处于设计工况运行状态，当空调负荷超出空调主机制冷量时，释放蓄冰装置的冷量，保证空调冷冻水供冷温度满足设计要求。

主机优先设备容量计算方法：

$$CP = \frac{TH + Q}{OH + IH \times CCR} \quad \text{(公式 3)}$$

$$QI = CP \times IH \times CCR \quad \text{(公式 4)}$$

式中：OH—机组直接供冷时间，h。

7.2.2 融冰优先：根据建筑空调系统全天运行时长及各个时段的电价，分配好蓄冰装置各个时段的供冷量；当蓄冰装置所提供的冷量无法满足建筑空调冷量需求，按冷量需求开启并调节空调主机，保证空调冷冻水供冷温度满足设计要求。

融冰优先设备容量计算方法：

$$CP = \frac{TM + OH}{OH + IH \times CCR} \quad \text{(公式 3)}$$

$$QI = CP \times IH \times CCR \quad \text{(公式 4)}$$

式中：TM—日高峰负荷，KW

7.3 根据建筑物负荷全天分布特征、当地电价政策，综合考虑冰蓄冷空调系统的运行策略，使其满足建筑空调的使用需求及实现最低运行费用，并保证系统稳定运行^[3]。

8 结束语

冰蓄冷空调系统在现实应用中设计十分重要，既要最大限度的利用低谷电蓄冰，又要尽可能地减少各种设备的装机容量，节约投入成本，需要结合项目现场条件认真选择。

参考文献：

- [1]陆耀辉等，实用供热空调设计手册，北京：中国建筑工业出版社，2008
- [2]徐伟等，蓄能空调工程技术标准，北京：中国建筑工业出版社，2018
- [3]徐伟等，公共建筑节能设计标准，北京：中国建筑工业出版社，2015