

# 冰蓄冷技术在实际工程中的应用

叶凌

江西省建筑设计研究总院 江西南昌 330046

【摘要】冰蓄冷空调是利用夜间低谷电力制冰储存在蓄冰装置中白天融冰将所储存的冷量释放出来，减少电网高峰时段空调用电负荷及空调系统装机容量的一种空调技术。本文结合工程实例阐述冰蓄冷技术的具体应用及运行情况。

【关键词】冰蓄冷 峰谷电价 低温送风 大温差 变风量

## 前言

空调冰蓄冷技术，即是在电力负荷很低的夜间用电低谷期，采用电动制冷机制冷，使蓄冷介质结成冰，利用蓄冷介质的显热及潜热特性，将冷量储存起来。在电力负荷较高的白天，也就是用电高峰期，使蓄冷介质融冰，把储存的冷量释放出来，以满足建筑物空调或生产工艺的需要。

冰蓄冷空调系统一般由制冷机组、蓄冷设备(或蓄水池)、辅助设备及设备之间的连接、调节控制装置等组成。冰蓄冷空调系统设计种类繁多，无论采用哪种形式，其最终的目的是为建筑物提供一个舒适的环境。另外，系统还应达到能源最佳使用效率，节省运转电费，为用户提供一个安全可靠的冰蓄冷空调系统。

## 一、冰蓄冷系统的特点

1、电力移峰填谷 均衡电力负荷，加强电网负荷侧(Demand Side Management)的管理。由于转移了制冷机组用电时间，起到转移电力高峰期用电负荷的作用。制冷机组在夜间电力低谷时段运行，储存冷量，白天用电高峰时段，用储存的冷量来供应全部或部分空调负荷，少开或不开制冷机。对城市电网具有明显的“移峰填谷”的作用，社会效益显著。

### 2、享受峰谷电价

由于电力部门实行峰、谷分时电价政策，所以冰蓄冷中央空调合理利用谷段低价电力，与常规中央空调系统相比，运行费用大大降低，经济效益显著。且分时电价差值愈大，得益愈多。

### 3、降低电力设施投资

由于冰蓄冷空调系统具有储存冷量的能力，故制冷机组无需按照峰值负荷进行选型，制冷主机容量和装设功率大大小于常规空调

系统。一般可减少 30%~50%。电力高压侧和低压侧设施容量减少，降低电力建设费用。

### 4、充分使用设备

冰蓄冷空调系统制冷设备满负荷运行的比例增大，从而提高了制冷设备 COP 值和制冷机组的经常运行效率，制冷机组工作状态稳定，提高了设备利用率并延长机组的使用寿命。

### 5、投资比较：

冰蓄冷空调系统的一次性投资比常规空调系统略高(仅机房部分，末端设备与常规空调系统相同)。但如果计入配电设施的建设费等，有可能投资相当或增加不多，甚至可能投资降低。

效率比较：夜间冷水机组制冰工况运行时，由于气温下降带来的得益可以补偿由蒸发温度下降所带来的效率的损失。

## 二、建筑概况

本工程为江西省电力科学研究院科技实验基地电力检测实验中心大楼，位于南昌市高新技术开发区，于 2007 年 9 月建造完工并正式投入使用。该建筑地上十一层，地下一层，其中地上建筑面积为 19580m<sup>2</sup>，用途主要为办公、会议、多功能厅及实验室。地下建筑面积为 1780m<sup>2</sup>，用途为高低压配电房、水泵房、冷冻站房及锅炉房。该大楼总建筑面积约 22000 m<sup>2</sup>，建筑高度为 39.8m。

## 三、系统概况

中央空调夏季冷源采用冰蓄冷大温差低温送风变风量(VAV)系统，冬季热源采用电锅炉蓄热系统。夏季设计日尖峰冷负荷为 2791kW，设计日空调使用逐时冷负荷详见表 1；冬季设计日尖峰热负荷为 1760kW。

逐时冷负荷分布表

时段	冷负荷 (KW)	时段	冷负荷 (KW)	时段	冷负荷 (KW)
0: 00-1: 00	00.0	8: 00-9: 00	2280	16: 00-17: 00	2512
1: 00-2: 00	00.0	9: 00-10: 00	2317	17: 00-18: 00	2233
2: 00-3: 00	00.0	10: 00-11: 00	2330	18: 00-19: 00	00.0
3: 00-4: 00	00.0	11: 00-12: 00	2456	19: 00-20: 00	00.0
4: 00-5: 00	00.0	12: 00-13: 00	2540	20: 00-21: 00	00.0
5: 00-6: 00	00.0	13: 00-14: 00	2651	21: 00-22: 00	00.0
6: 00-7: 00	00.0	14: 00-15: 00	2791	22: 00-23: 00	00.0
7: 00-8: 00	00.0	15: 00-16: 00	2652	23: 00-24: 00	00.0

表 1

n=1480 rpm, N=45 kW, 两台，一用一备，变频

5、乙二醇定压装置选用一个有效容积为 5L 的乙二醇膨胀水箱，置于高位

6、冷却塔:选 KST-400 冷却塔 2 台,冷却塔总处理水量 552m<sup>3</sup>/h

## 五、空调水系统

常规空调供水温度为 7/12℃,供水温差为 5℃,本工程采用大温差两管制冷水系统,冷冻水供水温度为 5/13℃。供水温差为 8℃,系统流程图见图。

大温差冷水系统降低了空调系统的水量,从而水系统的水管管径及阀门直径都相应减小,水泵型号也相应减小,设备容量的减小导致系统配电量也相应减小。既降低了空调系统的初投资,也减少了运行费用。

## 六、空调风系统

采用低温送风变风量空调系统。空调机组采用低温送风,末端采用单风道末端装置加低温风口,该系统主要为办公室区域服务;低温送风系统送风量的减少,使空调设备尺寸减小,风管尺寸

## 四、设备选型

1、本工程机房按冰蓄冷空调分量蓄冰模式设计,双工况螺杆主机和盘管为串联方式,主机位于盘管上游。经计算空调系统需配备空调工况制冷容量为 301RT、制冰工况为 198.7RT 的双工况螺杆冷水主机两台,主机电功率 214kW。双工况主机可分别在空调和制冰两种工况下运行。制冷主机采用 R22 冷媒。

2、蓄冰装置:选用 HYCPC-355 蓄冰盘管 7 台,总蓄冷量为 2485RTH。

3、制冷板式换热器:采用换热量为 2791kW 的板式换热器一台,冷侧(25%乙二醇体积溶液)3.5/10.5℃、热侧(水)13/5℃

4、水泵:经计算,水泵的型号和数量选用如下:

乙二醇泵 NK100-400/366Q=190 m<sup>3</sup>/h, H=42 m, n=1480 rpm, N=37 kW, 两台,变频

冷却水泵 KQW200/285-30/4(z) Q=250 m<sup>3</sup>/h, H=26 m, n=1480 rpm, N=30 kW, 三台,两用一备

板换冷冻水泵 KQW200/315-45/4(z) Q=300 m<sup>3</sup>/h, H=33 m,

相应减小 30%左右,从而可降低建筑层高,节省工程总造价,(本工程由于采用了低温送风系统,建筑层高降为 3.4m)。再者,由于低温送风系统送风温度低,具有较强的除湿能力,降低了空气的相对湿度,一般可达到 35%~45%,与常规空调相比,在相同的室温下,较低的相对湿度使人感觉空气更加新鲜、清爽。

1、低温送风变风量空调系统控制:

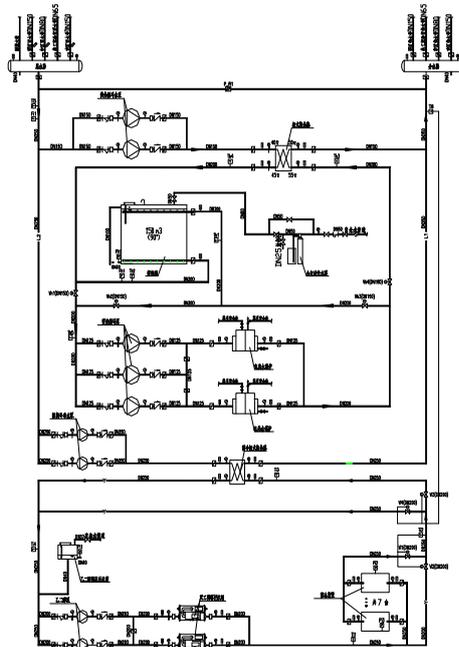
系统采用软启动方式以防止低温送风系统刚启动时的结露现象发生;

根据送风温度与设定值的偏差调节空调机组表冷/加热器的冷/热水阀门开度,使送风温度维持在设定值;

在送风管上设置静压传感器,根据静压实测值与设定值的偏差,变频调节空调机组送风机的转速维持设定的静压值;具有过滤网阻塞报警、送风机故障报警等功能。

2、低温送风系统气流组织:采用上送风上回风的吊顶回风方式;

3、每个单风道变风量末端配一个室内温控器,为冷暖挂墙式,安装位置距离楼层地面 1.5m 且通风良好处。



冰蓄冷、电蓄热空调系统流程图

运行工况	开启	调节	关闭
双工况主机制冰	Vi1 Vi4		Vi2 Vi3
主机与蓄冰装置联合供冷		Vi1 Vi2 Vi3 Vi4	
融冰单独供冷	Vi3	Vi1 Vi2	Vi4
主机单独供冷	Vi2	Vi3 Vi4	Vi1
主机制冰兼供冷	Vi1	Vi3 Vi4	Vi2

图 1

七、运行费用

(1) 计算说明

夏天空调年使用天数按 120 天计算,由于空调的使用同环境湿度密切相关,而设计日只占整个空调使用时间的 15%,大部分时间运行在部分负荷工况下,因此计算年制冷运行费用按设计日 18 天,66%负荷日 90 天,40%负荷日 12 天。

(2) 计算数据

冰蓄冷峰谷电价: 23:00~次日 5:00、0.3 元/KWh; 5:00~17:00、0.6 元/KWh 17:00~23:00 0.9 元/KWh

常规空调电价: 0:00~24:00 0.818 元/kWh

年制冷运行费用计算(30%蓄冰)

a.冰蓄冷方案:

设计日:

白天电费: 572kW × 9h × 0.6 元/kWh = 3088.8 元

夜间电费: 512kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 830 元

全天电费: 3088.8 + 830 = 3919 元/天

66%负荷日:

白天电费: 330kW × 9h × 0.6 元/kWh = 1782 元

夜间电费: 512kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 830 元

全天电费: 1782 + 830 = 2612 元/天

40%负荷日:

白天电费: 261kW × 3h × 0.6 元/kWh + 90 kW × 7h × 0.6 元/kWh = 845 元

夜间电费: 512kW × 7h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 968 元

全天电费: 845 + 968 = 1813 元/天

全年电费: 3919 元/天 × 18 天 + 2612 元/天 × 90 天 + 1813 元/天 × 12 天 = 32.74 万元/年

年制冷运行费用计算(40%蓄冰)

a.冰蓄冷方案:

设计日:

白天电费: 652kW × 8h × 0.6 元/kWh = 3129.6 元

夜间电费: 592kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 959 元

全天电费: 3129.6 + 959 = 4088.6 元/天

66%负荷日:

白天电费: 356kW × 5h × 0.6 元/kWh + 90kW × 5h × 0.6 元/kWh = 1338 元

夜间电费: 592kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 959 元

全天电费: 1338 + 959 = 2297 元/天

40%负荷日:

白天电费: 90kW × 10h × 0.6 元/kWh = 540 元

夜间电费: 592kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 959 元

全天电费: 540 + 959 = 1499 元/天

全年电费: 3698 元/天 × 18 天 + 2297 元/天 × 90 天 + 1499 元/天 × 12 天 = 29.13 万元/年

年制冷运行费用计算(50%蓄冰)

a.冰蓄冷方案:

设计日:

白天电费: 471kW × 8h × 0.6 元/kWh + 90 kW × 2h × 0.6 元/kWh = 2368.8 元

夜间电费: 762kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 1235 元

全天电费: 2368.8 + 1235 = 3604 元/天

66%负荷日:

白天电费: 471kW × 2h × 0.6 元/kWh + 90kW × 8h × 0.6 元/kWh = 997 元

夜间电费: 762kW × 6h × 0.3 元/kWh × 0.9 = 1235 元

全天电费: 997 + 1235 = 2232 元/天

40%负荷日:

白天电费: 90kW × 10h × 0.6 元/kWh = 540 元

夜间电费: 762kW × 4h + 411kW × 1 × 0.3 元/kWh × 0.9 = 934 元

元

全天电费: 540 + 934 = 1474 元/天

全年电费: 3604 元/天 × 18 天 + 2232 元/天 × 90 天 + 1474 元/天 × 12 天 = 28.35 万元/年

八、总结

江西省电力科学研究院科技实验基地电力检测实验中心大楼的空调系统设计,充分利用了峰谷电价差,降低了空调系统的运行成本,取得了较好的经济效益及社会效益,是空调设计与能源的合理利用、降低空调系统能耗、减少运行成本的的一次有效的实践。但与此同时,经业主反映,也存在着一一些问题,例如:有部分空调设备噪声较大、空调机房设备布置较紧,不利于使用期间维修工作的开展,这些问题在以后的设计过程中都会尽量加以改进和完善。