

# **首都机场航空货运基地 D08 库 冰蓄冷中央空调系统**

## **初步设计方案**

**上海函菱机电工程有限公司**

**2014 年 9 月 28 日**

## 特别声明

本方案由上海函菱机电工程有限公司为首都机场航空货运基地 D08 库中央空调系统而特殊设计，提供给业主负责人作中央空调方案选择参考之用。

本方案依据北京东方筑中建设规划设计有限公司出的建筑图纸及业主提供的相关资料完成。其中建筑平面及业主要求均以北京东方筑中建设规划设计有限公司绘制的图纸所反映的内容为准。

本方案综合了原设计的相关优点，结合了公司的实践经验，并以节约初投资与节能环保方面为核心目的做出了大量的优化。

由于本方案涉及到本公司的相关技术和商业机密，所以，未经本公司许可，不得外传。

上海函菱机电工程有限公司

2014 年 9 月

# 目 录

一、综合说明 .....	1
1. 工程概况 .....	1
2. 设计依据 .....	1
3. 设计范围 .....	1
4. 空调冷热负荷 .....	1
二、方案构思 .....	2
1. 方案简介 .....	2
2. 冰蓄冷特点 .....	2
3. 冰蓄冷空调优点 .....	2
4. 风冷热泵特点简介 .....	3
三、方案初步设计 .....	3
1. 主要设备选型及配置（空调） .....	3
2. 冷水机组选型 .....	5
3. 组合式空调箱选型 .....	1
4. 初投资估算（含用电量估算） .....	3
四、系统运行策略 .....	4
1. 供冷、供热时间 .....	4
2. 运行策略 .....	4
附 1：蓄冰空调技术 .....	6
附 2：冰蓄冷空调节能效果总结分析 .....	7
附 3：冷蓄冷空调系统部分工程业绩 .....	14

## 一、综合说明

### 1. 工程概况

本工程位于北京顺义区顺平路 576 号天竺综合保税区，主体建筑为大型仓储基地。该工程建筑面积 15600 m<sup>2</sup>。本次需要配置空调的位置为三和四区域，面积均为 3511 m<sup>2</sup>。

### 2. 设计依据

- 2.1 《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019-2003
- 2.2 《建筑设计防火规范》GB50016-2006
- 2.3 《高层民用建筑设计防火规范》GB50045-95（2005 版）
- 2.4 《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003
- 2.5 《全国民用建筑工程设计技术措施》2003 版
- 2.6 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2002
- 2.7 其他适用的规范标准以及业主提供的相关资料等

### 3. 设计范围

根据业主要求针对该工程以下方面进行设计：

空调系统：区域三和四进行冷暖中央空调系统的设计。

### 4. 空调冷热负荷

#### 4.1、空调冷热负荷

根据负荷指标估算如下：

表一、负荷配置表

项目\类别	夏季峰值冷负荷 (KW)	冬季最大热负荷 (KW)	温度标准
仓储三	1260	300	10℃-20℃
仓储四	1210	500	15℃-25℃

说明：本负荷配置仅为参考，最后须以经设计院逐时负荷计算的最大负荷为准。

夏季供冷按 145 天，冬季供热按 100 天，过渡季节按 120 天计算。

## 二、方案构思

### 1. 方案简介

本方案出于节约初投资及运行费用的角度考虑，根据各区域使用功能特性与负荷特性进行了如下设计：

仓储区域，功能特性上存在白天能耗大，夜晚能耗小的特点；负荷特性上存在冷负荷远大于热负荷的特点；综上考虑采用风冷热泵冬季提供热负荷，过渡（夏季）季节提供部分冷负荷，剩余的冷负荷由带有蓄冰功能的螺杆式冷水机组提供。夜间利用低谷电蓄冰，白天融冰供冷。

### 2. 冰蓄冷特点

冰蓄冷空调是上世纪八十年代出现的一项新技术，这项技术具有明显的节约运行费用的效果。经过几十年的实践检验，它已经渐渐发展成为一种省钱而且可靠的技术，在能源危机日益加剧、峰谷电价差日益拉大的情况下，其对于运行费用节约的作用不可估量。冰蓄冷技术用于中央空调，可以转移用电高峰，均衡电网峰谷负荷，消减空调设备容量。冰蓄冷空调特别适用于全天间断运行或峰谷荷差较大的连续运行空调系统，尤其是空调峰值负荷与电网峰值负荷同步的空调系统。它既能避开日间高峰用电，同时又能减少空调主机（冷水机组、风冷热泵等），水泵，冷却塔等的数量与装机容量，节省一次性投资。并充分利用电网谷荷廉价电力，通过自动控制系统大大节约运行费用。

### 3. 冰蓄冷空调优点

- (1) 利用电网谷荷电力，平衡电网负荷，为国家节省电网改造投资。
- (2) 减少主机、冷却塔、水泵等设备的容量，降低一次性投资。
- (3) 利用峰谷荷电价差，减少空调年运行费。

- (4) 具有应急功能，提高空调系统的可靠性。
- (5) 系统控制先进可靠，可实现无人值守。
- (6) 系统扩容容易，可分期订购设备，符合甲方分期投资的需要。

#### 4. 风冷热泵特点简介

风冷热泵是一种常规空调型式，它非常适应全年冷热负荷配比基本在 1:0.743~1:0.8 之间的系统。这样的系统使用风冷热泵在与冷水机+锅炉相比的前提下，既能够节约设备初投资，又能够减少运行费用，大大降低设备管理的难度和费用。同时，不设锅炉，可彻底根除环境保护与安全隐患。

### 三、方案初步设计

#### 1. 主要设备选型及配置（空调）

本方案针对负荷特性，在满足使用功能的前提下做出了如下的设备选型与配置：

冷热源设备选型一览表

设备	参数	数量	备注
空气源热泵机组	单台制冷量 507kW 单台制热量 500kW	2 台	高效型，制冷 cop>3.95
水冷螺杆冷水机组（带蓄冰功能）	单台制冷量 710kW 单台制冰量 655kW	2 台	多用途型，制冷 cop>3.92
蓄冰装置	8640kwh（181 吨）	1 套	初步设计为 2 只 与蓄冰主机一一对应
蓄冰专用板换	2200kw（190 万 kcal/h）	1 套	与蓄冰机配套暂定 2 台

乙二醇	工业用	26 吨	机房循环用
乙二醇泵	流量: 120m <sup>3</sup> /h 扬程: 13m	3 台	二用一备 与两台大蓄冰机对应
冷却塔	流量: 160m <sup>3</sup> /h	2 台	与两台大蓄冰机对应 置于裙房屋顶
冷却水泵	流量: 160m <sup>3</sup> /h 扬程: 20m	3 台	二用一备 与两台大蓄冰机对应
冷水泵	流量: 180m <sup>3</sup> /h 扬程: 20m	3 台	二用一备 与大板交对应
冷水泵	流量: 80m <sup>3</sup> /h 扬程: 20m	3 台	二用一备 与风冷热泵对应
膨胀水箱	1.2 吨 (1.5m*1m*1m)	1 个	整个区共用一个
分集水器	与系统配套	各 1 个	
控制系统		1 套	
组合式空调箱	风量 80000m <sup>3</sup> /h,制冷量 655KW	4 套	

- 说明: 1. 部分参数为暂定, 待施工图细化修改;  
2. 冬季空调热水与夏季空调冷水共用一套循环泵。

## 2. 冷水机组选型

单螺杆冷水机组选型输出

打印日期: 2014/05/21

客户	北京首都机场航空货运基地工程技术有限公司				2014年05月21日			
设计	上海函菱机电工程技术有限公司				资料			
设计内容	为 D08 航站楼的暖通工程冷水机组选型(2台)的机组选型, 在考虑能效指标的前提下, 按照 TRT 330/390/47-F12/3/RT 351/361/672 进行机组的选型				2014年05月21日			
机组型号	TR827D 1X/F2610-TR/C2210-2/380V/50Hz							
品牌	约克							
品牌	约克							
制冷剂 (G)	R410A							
机组	蒸发器				冷凝器			
机组型号	FRS2610L	蒸发 (m³/h)	31.2	流量 (m³/h)	29.1			
型号	50Hz	出口温度 (°C)	9.0	出口温度 (°C)	30.0			
电压	380	流型	2	流型	2			
制冷剂	R410A	制冷剂	0.01500	制冷剂	0.04400			
		换热器材料	Cu	换热器材料	Cu			
		换热器长度 (mm)	0.625	换热器长度 (mm)	0.835			
		元件数量 (个)	25	元件数量 (个)	100			
运行工况	NPL1(AHR):	NA	NPL1(GB):	NA				
运行	运行	运行	运行	运行				
号	%	功率	效率	流量	电压	电流	电压	效率
		KW	COP	L/s	°C	°C	KPa	L/s
1	100.0	716.7	18.1	5.824	9.22	31.3	5.85	0.02
					38.0	39.1	30.00	30.45
								11.3



### 3. 组合式空调箱选型

机组编号: AHU-1	机组数量: 1		
机组型号	MDM1822-C5		
机组结构	卧式机组	结构设计	无冷桥设计
下层机组送风量(m <sup>3</sup> /h)	80000.00	下层机组机外静压(Pa)	1600.00
箱体高度(mm)	2970	箱体宽度(mm)	3610
面板厚度(mm)	50	机组保温	无氟聚氨脂发泡
外板材质/厚度(mm)	彩涂板/0.4mm	内板材质/厚度(mm)	镀铝锌板/0.5mm
机组总重量(kg)	3729		

下层机组:

机组型号	MDM1822-C5		
机组送风量(m <sup>3</sup> /h)	80000.00	机外静压(Pa)	1600.00
箱体高度(mm)	2970	箱体宽度(mm)	3610
机组重量(kg)	3729		

功能段 1: 混合段		长度(mm)	590
门的位置	左	门的类型	铰链门

新风口:

连接方式	风阀
连接位置	顶
风口长度(mm)	1230
风口宽度(mm)	590
实际气流速(m/s)	6.12
风阀材质	镀锌
风阀执行器	
观察窗	无

回风口:

连接方式	风阀
连接位置	后中
风口长度(mm)	3510
风口宽度(mm)	750
实际气流速(m/s)	6.83
风阀材质	镀锌
风阀执行器	
照明灯	无

功能段阻力(Pa)	90	压力调整(Pa)	0
重量(kg)	64.09	重量调整(kg)	0.00

功能段 2: 初效过滤器		长度(mm)	119
过滤器品牌	AAF	过滤器类型	AmWash
过滤器效率	G4	抽取方位	前面
初阻力(Pa)	79.93	终阻力(Pa)	159.86
计算阻力(Pa)	95.92	压力调整(Pa)	0.00

重量(Kg)	180.13	重量调整(Kg)	0.00
压差计:	无	压差开关:	无
备用过滤器(套)	0	照明灯	无

初效过滤器规格	数量(个)
16*20*2	2
16*24*2	4
24*20*2	8
24*24*2	16

功能段 3: 冷冻水盘管		功能段长度(mm)	574
盘管型号	4WD1304B	盘管数量	2
全冷量(kW)	668.26	显冷量(kW)	382.44
进风工况(db/wb)(C)	29.1/22.4	出风工况(db/wb)(C)	15.0/14.6
进出水温度(C/C)	7.0/12.00	冷冻液浓度(%)	0
水流量(l/s)	31.83	水压降(kpa)	44
功能段重量(Kg)	828.53	重量调整(Kg)	0.00
风压降(Pa)	118	压力调整(Pa)	0
上层盘管高度(mm)	1334	上层盘管宽度(mm)	3300
下层盘管高度(mm)	1334	下层盘管宽度(mm)	3300
迎面风速(m/s)	2.52	铜管/铝箔材质	铜 0.35mm/普通铝 0.115mm
接管尺寸(mm)	89 (3.0)	集水管材质	无缝钢管
挡水板材质	无	排水盘材质	EG 电镀锌板喷涂(标准)
边框	镀锌钢板	挡水板阻力(Pa)	0.0

功能段 4: 送风机		长度(mm)	2170
风量(m3/h)	80000.00	风机静压(Pa)	1903.42
风机型号	SYQ1000Z	风机出口风速(m/s)	13.84
电机功率(kW)	75.00	电机型号	280S-4
风机转速(rpm)	1158	电机转速(rpm)	1475.00
机外静压(Pa)	1600.00	静压调整(Pa)	0.00
重量(kg)	1248.13	重量调整(kg)	0.00
风机品牌	YILIDA	风机类型	离心风机
送风方位	上平出风 F	叶片类型	后弯
电机品牌	默认品牌普通电机		
检修方位	左侧	检修门类型	铰链门
变频器类型	N/A	照明灯	无
变频器型号	无	启动柜类型	无

风机噪音数据:

Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	合成 dB(A)
Lw(A):	74.0	79.6	97.1	95.1	97.5	95.0	86.8	77.8	102.5
Lp(A):	66.0	71.6	89.1	87.1	89.5	87.0	78.8	69.8	94.5

下层机组： 运输方式：CKD(散件组装)  
 运输段 1： 包装运输尺寸(长 X 宽 X 高)： 1820mm X 3850mm X 3370mm  
 总长： 1530mm 混合段+初效过滤+冷盘管  
 运输段 2： 包装运输尺寸(长 X 宽 X 高)： 2520mm X 3850mm X 3220mm  
 总长： 2330mm 送风机

#### 4. 初投资估算（含用电量估算）

经过上述计算及统计，主要设备初投资测算：

主要设备初投资测算表

序号	名称	设备型号和规格	数量	功率	总功率	单价	总价	备注
				kW	kW	(万元)	(万元)	
1	空气源	单台制冷量 507kW	2 台	135	270	55	110	国际 知名 品牌
	热泵机组	单台制热量 500kW						
2	水冷螺杆	单台制冷量 710kW	2 台	181	362	58	116	
	冷水机组（带蓄冰功能）	单台制冰量 655kW						
3	蓄冰装置	8640kwh（181 吨）	1 套		0	0.0127	110	
4	蓄冰专用板换	2200kw（190 万 kcal/h）	1 套		0	0.011	25	
5	乙二醇	工业用	26 吨		0	0.6	15.6	
6	乙二醇泵	流量：120m <sup>3</sup> /h 扬程：13m	3 台	11	22	2.5	7.5	
7	冷却塔	流量：160m <sup>3</sup> /h	2 台	7.5	15	10	20	
8	冷却水泵	流量：160m <sup>3</sup> /h 扬程：20m	3 台	15	30	2.5	7.5	
9	冷水泵	流量：180m <sup>3</sup> /h 扬程：20m	3 台	15	30	2.5	7.5	
10	冷水泵	流量：80m <sup>3</sup> /h 扬程：20m	3 台	11	22	2	6	
11	膨胀水箱	1.2 吨（1.5m*1m*1m）	1 个		0	0.6	0.6	
12	分集水器	与系统配套	2 个		0	0.3	0.6	
13	控制系统		1 套		0	35	35	
	组合式空调箱	风量 80000m <sup>3</sup> /h,制冷量 655KW	4	75	300	17	68	
	管路+阀门+风管+风口		2		0	130	260	

14	冷热源设备小计		1051		789.3	
----	---------	--	------	--	-------	--

说明：由于方案及施工图均未定稿，以上价格仅为估算，并且仅为投资估算。待施工图定稿后，按国家定额预算为准。

## 四、系统运行策略

### 1. 供冷、供热时间

夏季供冷按 145 天，冬季供热按 100 天，过渡季节按 120 天计算，暂按每天满负荷运行 9 小时计算。具体分布如下：

空调负荷分布一览表

夏季负荷分布	100%	66.7% (2/3)	33.3%(1/3)		总计
天数	25	80	40		145
过渡季节供冷负荷分布	50%	30%	15%		
天数	12	30	18		60
冷负荷设计日当量 (天)	31	62.36	16.02		109.38
冬季负荷分布	100%	75%	50%	25%	
天数	10	35	35	20	100
过渡季节供热负荷分布	50%	30%	15%		
天数	12	30	18		60
热负荷设计日当量 (天)	16	35.25	20.2	5	76.45

### 2. 运行策略

夏季夜间尤其是谷电时间开启蓄冰机组，白天优先使用融冰供冷，负荷不足时由制冷机常规制冷补足；

冬季视冷热负荷需求开启蓄冰机组融冰或者开启风冷热泵供热。按需开启风冷热泵供热，通过台数控制和负荷卸载控制来适应部分负荷并同时节约运行费用。

春秋过渡季开启蓄冰机组夜间蓄冰白天融冰供冷，并按冷负荷需求大小通过先延长蓄冰时间至平电时段，后开启机组同时制冷，最后开启风冷热泵供冷的顺序依次开启相应机组。按冷热需求按需开启风冷

热泵，通过台数控制和负荷卸载控制来适应部分负荷并同时节约运行费用。

### 3) 运行策略分析

本方案综合采用了风冷热泵与冰蓄冷相结合的先进技术，将节能环保做到了实处，能够大大减少空调的运行费用，从而降低整个企业的经营成本，提高企业的经济效益，为已然降临的经济危机积蓄一份实力。

本方案所采用的水冷螺杆冰蓄冷机组可以充分利用谷电蓄冰在白天需要时融冰供冷。能够充分的利用谷电高达 3 倍的差价，降低空调系统的运行费用，并且能够大大减少系统的装机容量。

**夏季空调：**最大制冰量 870kw，最大制冰时间 10 小时

**冬季或过渡季节采暖或制冷：**开启热泵机组制热或制冷。

上海函菱机电工程有限公司

2014 年 9 月

# 附 1：蓄冰空调技术

## 冰蓄冷空调系统

(单冷空调) (分时电价)

### 蓄冷空调原理

冰蓄冷中央空调是指建筑空调时所需冷量的部分或全部在电网低谷时段制备好，并以冰的形式储存以  
来供电网非低谷时段空调使用。达到移峰甜谷、节约电费之目的。

### 蓄冷空调意义

#### 1. 宏观效益 (国家)

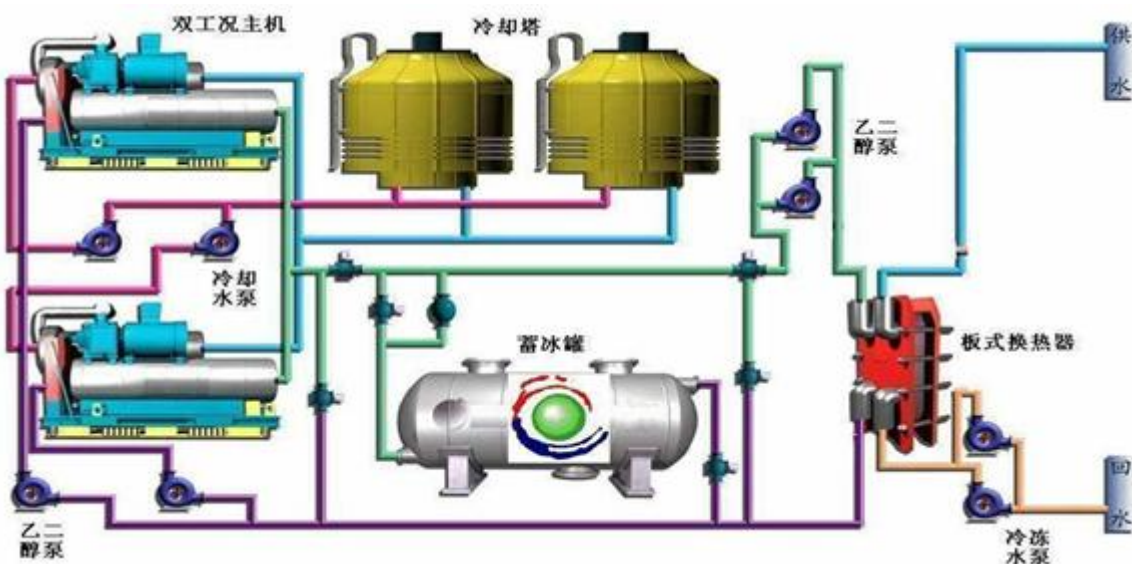
- ①转移电力高峰期的用电量，平衡电网的峰谷差，发电机组效率提高；
- ②优化电力资源的配置，减少新建电厂和输变电设施的投资；
- ③利用电力清洁能源，减少环境污染，有利于生态平衡，符合环保政策；
- ④充分利用有限的不可再生资源。

#### 2. 微观效益 (用户)

- ①利用低谷廉价电力，节省大量的运行费用，可节省 40%—60%；
- ②系统冷量调节灵活，过渡季节不开或减少开主机，节能效果更加明显；
- ③减少制冷主机的装机容量和功率，可减少 30%—50%；
- ④减少冷却塔的装机容量和功率；
- ⑤减少电力增容费和供配电设施费；
- ⑥减少相应的电力设备投资，如：变压器、配电柜等；
- ⑦设备满负荷运行比例增大，充分提高设备利用率和效率；
- ⑧易于实现大温差和低温送风，节省输送系统的投资和能耗；
- ⑨相对温度更低，空调品质提高，能有效防止中央空调综合症；
- ⑩具有应急功能，停电时可利用自备电力启动水泵融冰供冷，空调系统可靠性提高；

- (1)自动化提高，不需专职运行管理人员；
- (2)减少制冷机房有效面积的占地。

### 蓄冷空调流程图



### 蓄冷空调使用场所

教堂、影剧院、体育馆、大卖场、商场超市、办公行政、高档宾馆、综合医院、餐饮娱乐、生产车间、高档住宅、冷冻冷藏、工艺冷却、燃气电厂、应急冷源。

### 冰蓄冷空调代表品牌

麦克维尔、CIAT、BAC、凯涞玛

## 附 2：冰蓄冷空调节能效果总结分析

### 冰蓄冷在住宅小区中的应用

#### 1、住宅区蓄冷中央空调 3 个项目工程概况

路易凯旋宫于 2003 年底建成,是上海地区首家应用冰蓄冷中央空调系统的住宅小区,建筑面积

71000m<sup>2</sup>,地下冷冻机房配置 2 台制冷量 300RT 的双工况制冷主机和 2 台制冷量 300RT 的基载制冷主机,总装机容量 1200RT。采用 180m<sup>3</sup> 冰球式蓄冰罐,用户末端装置风机盘管加全热交换器新风系统,并配置了网络远程抄表计费系统,按照空调使用冷量收费。

万里凯旋华庭住宅小区总建筑面积 60000m<sup>2</sup>,地下冷冻机房配置 2 台制冷量 250RT 的双工况制冷主机和 1 台制冷量 360RT 的基载制冷主机,总装机容量 860RT,冰球式蓄冰罐的容积为 146m<sup>3</sup>。

中环凯旋宫住宅区采用规模更大的蓄冰中央空调系统,住宅区建筑面积 270000m<sup>2</sup>(住宅建筑面积 210000m<sup>2</sup>),地下冷冻机房设计配置 2 台制冷量 760RT 的三级离心式双工况制冷主机和 1 台制冷量 390RT 的螺杆式机载主机及 1 台制冷量 800RT 的离心式机载主机,采用盘管式蓄冰装置。同时,引进德国先进理念,按照德国标准采取建筑外保温、配置智能型百叶窗帘、设置屋顶花园等建筑节能措施,大大降低空调冷负荷。在此基础上,将原设计的制冷主机、冷却塔、锅炉等冷热源设备容量减掉四分之一左右,并在部分楼栋采用地板辐射供暖系统及天棚辐射供冷系统,进一步有利于改善室内热环境。

住宅冰蓄冷项目的开发与运行,对于在上海及周边地区推广冰蓄冷技术起到一定的带头和推动作用。同时,在项目建设过程中,也得到了上海市各级电力部门、煤气主管部门的大力支持与鼓励,以个案方式特批了优惠电价、煤气价格和电力配套费用。

## 2、主要冷热源设备配置及冰蓄冷系统形式

在蓄冰空调项目策划阶段,对冷热源设备的配置、冰蓄冷系统形式的选择、空调末端装置的选用、计量收费系统的选配以及自控系统的设计等均提出十分具体、明确的要求。在设备采购阶段,针对各种主要设备,会同设计单位提出详细的技术参数和具体的技术要求。对系统功能和运行能耗具有关键性作用和影响的设备,如双工况主机、基载主机、板换、循环水泵和自控、计量系统等,经过仔细调研,尽量采用性价比较高的产品。

### 2.1 冷热源设备配置

制冷主机,尤其是双工况主机的选择是冰蓄冷工程冷热源设备配置的重点,要求按以下原则选用制冷主机:①根据冷负荷容量大小确定机组形式;②根据蓄冰系统形式选用双工况机组;③根据机房使用环境要求选用机组型式;④选用机组时尽可能考虑冷凝热的回收利用;⑤基载主机容量的确定;⑥双工况主机容量的确定;⑦冷却塔的选型。

### 2.2 冰蓄冷系统的布置形式

#### 2.2.1 蓄冰装置形式



蓄冰装置形式主要分为冰球式和盘管式 2 大类。在系统设计时,需根据系统特点和项目规模,选择蓄冰装置形式。冰球式蓄冷槽系统的蓄冷效率略低,要求的制冰机组进出蒸发器温度相对较低(-4~-7.5 度,蒸发温度-13 度),但放冷速度较快,融冰速度平均可达 0.3RT/RTh。乙二醇溶液在冰球外蓄冰槽内流动速度慢,用量较多,浓度相对较(25%-29%),可充分参与换热,蓄冰装置体积利用率较低(65%左右),但由于槽体可以做得比较高,所以机房空间利用率高。冰球损坏对制冰主机安全运行影响很小,可靠性较高。通常小规模项目采用冰球式系统较多,如路易凯旋宫和万里凯旋华庭均采用冰球式系统。

盘管式蓄冰系统有金属盘管和塑料盘管 2 种。金属盘管的蓄冷速度较慢(结冰厚度大),放冷速度较快。塑料盘管结冰速度快,放冷速度较慢,蓄冰槽出口温度较恒定,可基本保持在 3.5—5 度之间,但融冰速率较低,单位冷吨融冰速率一般约为 0.18 RT/RTh,约为冰球系统的一半。塑料盘管的融冰性能特征与金属盘管相近,盘管融冰过程中冷水温度均会有较缓慢的升高。塑料盘管由于结冰厚度小,要求制冰机组进出蒸发器温度相对较高(-2.1—5.5℃,蒸发温度-10℃),而钢盘管要求的蒸发器温度较低乙二醇溶液在盘管内流动,用量较少(约为冰球式系统的 20%~33%),浓度要求略低(25%)。蓄冰装置体积利用率较高(70%),但盘管装置高度一般在 3m 左右,万一发生盘管破损或乙二醇泄漏,系统将无法运行,泄露到盘管槽内的乙二醇溶液也会造成环境将染。目前规模较大的冰蓄冷项目多采用盘管式系统,如中环凯旋宫采用塑料盘管式蓄冰系统。

### 2.2.2 蓄冰管路系统形式

蓄冰管路系统主要分为并联式和串联式 2 种,又可分为一次泵及二次泵系统。在系统设计时,需根据选定的蓄冰装置形式和要实现的运行方式,来选择管路系统形式。

根据冰球式系统特点,路易凯旋宫和万里凯旋华庭均采用并联式二次泵系统,其中路易凯旋宫所有循环水泵均采用定频运行方式,节能降耗效果不好,因而自万里凯旋华庭开始,采用变频二次泵,通过变频调节适应负荷变化,达到了节省运行能耗的目的。

根据冰盘管系统特点,中环凯旋宫采用串联式二次泵系统,主机设在盘管蓄冰装置的上游,吸入温度较高,以提高运行效率。在单独融冰供冷工况下,乙二醇溶液不经过主机,通过旁通进入板换,这样既可以减少乙二醇管路的流动阻力,又可以减少对主机的磨损;在制冰工况下,乙二醇溶液经过主机,再进入盘管蓄冰装置。由于设置了二次泵(乙二醇次级泵),可以在必要时实现边蓄冷、边供冷运行。

## 3、住宅冰蓄冷中央空调系统的运行效果

### 3.1 蓄冰空调系统运行测试

路易凯旋宫和凯旋华庭蓄冰系统经同济大学供热通风与空调实验室测试,系统的总蓄冷量、总蓄冷时间、总放冷量、总放冷时间完全达到设计要求指标,两项工程的运行测试数据如表 1 所示。

表 1 路易凯旋宫和凯旋华庭蓄冰系统运行测试数据表

运行工况	运行数据	路易凯旋宫	万里凯旋华庭
	总蓄冰时间/h	7.5	7.5
	开始时冰槽进出口温度/℃	14.4/6.8	9.8/6.8
	结束时冰槽进出口温度/℃	-7.3/-4.3	-7.5/-4.6
蓄冰过程	总制冷量/kWh	10 040	8 500
	总蓄冷量比例/%	99.6	99.5
	总用电量/kWh	3 930	3 030
	平均能效比	2.555	2.81
	总融冷时间/h	16	19
	开始时冰槽进出口温度/℃	10.9/-2.4	8.6/-2.4
	结束时冰槽进出口温度/℃	14.4/6.3	9.3/6.3
融冰过程	总融冷量/kWh	10 005	8 360
	总融冷量比例/%	99.6	98.4
	总用电量/kWh	950	900
	总融冷量/kWh	10 005	8 360
蓄冰融冰过程	总用电量/kWh	3 930+950	3 030+900
	平均能效比	2.05	2.12
	折算的经济能效比	3.471	3.498

注:①蓄冰过程在低谷电时段进行,融冰过程在峰电时段进行。  
②折算经济能效比时,峰电价按 0.61 元/kWh 计,谷电价按 0.30 元/kWh 计。

表 2 路易凯旋宫空调使用量及费用表

时 间	空调冷(热)量/空调总费用/ 用户数/ 平均费用/			
	MWh	万元	户	(元·户 <sup>-1</sup> )
2004 年 6 月	124.353	6.78	81	836.70
2004 年 7 月	58.573	3.19	122	261.66
2004 年 8 月	69.470	3.79	129	293.50
2004 年 9 月	17.830	0.97	129	75.33
2004 年 12 月	77.148	4.20	227	185.22
2005 年 1 月	185.400	10.10	227	445.12
2005 年 2 月	169.631	9.24	227	407.26
2005 年 3 月	100.763	5.49	227	241.92
2005 年 6 月	82.018	4.47	314	142.36
2005 年 7 月	252.321	13.75	314	437.95
2005 年 8 月	253.329	20.76	325	638.76
2005 年 9 月	168.592	16.14	325	496.67
2005 年 12 月	316.417	24.20	355	681.64
2006 年 1 月	353.114	26.20	355	737.98
2006 年 2 月	287.898	22.64	355	637.85
2006 年 3 月	168.809	16.15	355	455.03

注:①空调总费用包括基本费和使用费。  
②大堂及电梯间设空调。

### 3.2 曹冰空调系统有关运行数据

路易凯旋富小区有住房 506 套.截至 2004 年 8 月 12 日,开通空调系统的住户有 129 户,占已交房住户 313 户的 41.2%;截至 2005 年 7 月 12 日,已开通空调系统的住户有 359 户,占总户数 506 户的 70.9%。凯旋华庭小区总户数为 438 户,截至 2006 年 5 月底,开通空调系统的住户有 302 户。两小区的空调使用量和费用统计数据如表 2 和 3 所示。

表 3 凯旋华庭空调使用量及费用表

时 间	空调冷(热)量/空调总费用/用户数/平均费用/			
	MWh	万元	户	(元·户 <sup>-1</sup> )
2005 年 12 月	96.083	6.62	220	238.03
2006 年 1 月	102.354	7.20	258	216.21
2006 年 2 月	91.106	6.62	262	189.52
2006 年 3 月	44.300	4.20	283	85.31

注:①空调总费用为使用费。

②大堂设空调。

### 3.3 蓄冰空调系统的移峰填谷效果

路易凯旋宫蓄冰空调系统蓄冰量占白天设计日总负荷的 24.37%,占全年白天总负荷的 45.95%。

小区目前入住率为 70%左右,属于部分负荷状态。为充分利用夜间谷电,避开用电高峰时段,绝大多数时间均采用如下运行模式:

22:00~6:00 双工况主机制冰与基载主机供冷;

6:00~10:00 基载主机供冷; 10:00~

16:00(17:00) 融冰供冷 16:00(17:00)~22:00 基载主机供冷。

以 2005 年 7 月的空调用电情况为例,空调总用电量为 356.958MWh,其中谷电 227.878MWh,占 63.84%,平电和峰电 129.080MWh,占 36.84%。

夏季最大转移用电负荷为 610KW。每个夏季可转移高峰用电量 429MWh,占总用电量 1345.2MWh 的 31.9%,谷用电量 699.8MWh,占总用电量 1345.2MWh 的 52%。切实为移峰填谷、平衡供电作出了贡献。

## 4、提高住宅蓄冰中央空调节能效益的途径

### 4.1 精心选用冷热源设备和蓄冰系统形式

选用机组时应严格控制单位制冷量功耗指标。常规冷水机组在空调工况下(进出水温 11/6℃或 12/7℃)的制冷耗电量应不超过 0.68Kw/RT; 双工况机组在空调工况下的制冷耗电量应不超过 0.68KW/RT,在制冰工况下(盘管系统进出水温-2.1/-6.5℃,冰球系统进出水温-4.0/-7.5℃)的制冰耗电量应不超过 0.95KW/RT。

选用机组时应尽可能考虑冷凝热的回收利用。最好是选用带附加热回收冷凝器的机组,如没有合适的机组,也可加设热回收板换。利用冷凝热加热生活热水,可以提高系统的整体能源利用效率,降低运行成本。采用冷冻水二次循环泵变频调节,可以适应空调负荷的变化,有效降低运行能耗。

### 4.2 合理配置室内末端装置系统

室内空调末端装置是直接面对用户,将空调冷量或热量送到千家万户的系统设备。合理配置末端装置有利于降低运行能耗,提高系统有效利用率。末端装置按其冷量分配介质性质分为水系统末端及空气系统末端 2 大类。

风机盘管属于水系统类空调末端装置,主要依靠调节水温、水量实现各个房间的温度调节,具有制冷速度快、调节性能好、各个房间可单独控制等特点。但水系统直接进入房间,容易产生漏水等问题,造成对用

户的损害,如路易凯旋宫就因为使用了劣质金属软接头,几次发生漏水事件,损失很大,教训不小。不过,这并不属于系统本身的问题,通过对设备、材料和施工的严格质量把关,可以解决。公司 3 项工程均采用风机盘管系统。

空气系统类末端装置主要依靠调节送风量和送风温度,实现各个房间的温度调节。相比之下,水管不进房间,没有漏水问题,但由于空气系统调节性能差,不能有效利用房间回风,制冷速度慢,能量利用率低,运行成本高。

#### 4.3 充分利用·谷电价,使节能项目发挥经济效益

冰蓄冷系统的节能价值并不在于比常规系统减少了能源的绝对使用量,而在于转移高峰用电量和用电负荷,为平衡供电做贡献。在制冰工况下,主机的效率比常规工况降低 30%左右,加上融冰时的能量转换,相应能耗反而增加 50%左右。这就需要国家在电价政策上给予必要的补偿。目前,全国各地都规定了不同的峰谷电价。

引入能效比指标评价制冷系统(包括冰蓄冷系统)的能耗水平,即有  $EER=Q_x/P_z$  式中: $EER$  为能效比; $Q_x$  为制冷量(融冰量), $kWh$ ;  $P_z$  为制冷过程的总耗电量,  $kWh$ ;  $P_x$  为蓄冰过程的耗电量,  $kWh$ ;  $P_r$  为融冰过程的耗电量,  $kWh$ 。对于冰蓄冷系统  $P_z=P_x+P_r$ 。为了评价冰蓄冷的经济性,引入折算经济能效比的概念,其定义式为  $EER_{zh}=Q_x/(P_x M_n/M_d+P_r)$  (2)

式中: $EER_{zh}$  为折算经济能效比;  $M_n$  为低谷电价,元/ $kWh$ ;  $M_d$  为高峰电价,元/ $kWh$ ; 其余符号含义同上。

以路易凯旋宫为例,常规制冷系统  $Q_z=2048 kWh$ ,  $P_z=584.4 kWh$ ,  $EER=3.504$ ; 冰蓄冷系统  $Q_x=10005 kWh$ ,  $P_x=3930 kWh$ ,  $P_r=950 kWh$ ,  $EER=2.05$ 。可见,前者  $EER$  高于后者 70.9%。冰蓄冷项目如果没有电价政策的支持,效果不是很好。当峰谷电价比为 2:1 时,冰蓄冷系统基本与常规系统持平;当峰谷电价比为 3:1 时,冰蓄冷系统能效比略高于常规系统,但不足以回收冰蓄冷系统所增加的初投资;当峰谷电价比为 4:1-5:1 时,才能体现出冰蓄冷系统的经济效益。冰蓄冷系统全过程折算能效比与峰谷电价的关系如表 4 所示。

表 4 冰蓄冷系统和常规系统能效比与峰谷电价关系表

项 目	峰谷电价比				
	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
冰蓄冷系统折算经济能效比	2.05	3.43	4.43	5.18	5.76
常规制冷系统能效比	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504
2 种系统能效比比值	0.585	0.979	1.264	1.478	1.644

#### 4.4 鼓励用户合理使用空调,发挥空调系统的能效

空调系统应该在设计负荷条件下运行,才能达到高能效。住宅小区入住率、空调使用率如果低于 60%,则空调系统长期处于低负荷运行,不可能实现系统的有效节能。由于小区大部分住户以往多使用分体式空调,对使用中央空调不习惯、不适应,担心费用过高,不敢大量使用

用,反而导致单位冷量的运行成本费用偏高,系统达不到节能目的。因而应该鼓励用户合理使用空调,使冷热源设备尽量在设计负荷状态下高效运行,将单位冷量能耗及运行成本费用降下来,形成运行与使用的良性循环,才能充分发挥空调系统的能效。

#### 4.5 摸索系统运行规律,加强系统运行维按管理,挖掘冰蓄冷系统潜力

住宅蓄冰中央空调的使用具有明显的阶段性、工况多样性及用户随机性,要求运行维护管理工作要不断摸索其运行规律,适应这些特性。在目前两段式电价条件下,夜间尽量利用低谷电,双工况主机全力制冰,夜间负荷由基载主机供冷;白天尽量不开基载主机,充分利用融冰供冷。将来如实行三段式电价,则尽量在高峰时段利用融冰供冷,不得已需要开机时,尽量避开高峰时段。在空调负荷较低的大部分时间内,充分利用融冰供冷。

### 附 3：冷蓄冷空调系统部分工程业绩

序号	工程名称	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	使用功能	冷热源设备品牌
1	北京海淀新科技大厦	60300	办公、研发、商务	约克·CIAI·热网
2	北京龙顺中式家俱厂	15000	生产车间、展厅、办公	顿汉布什·CIAI·热网
3	北京中华大厦	5000	办公、综合	约克·CIAI·精工电锅炉
4	北京机械设计院	40000	办公	约克·CIAI·迪宝电锅炉
5	上海中凯城市之光	330000	住宅、会所、宾馆	特灵·BAC·精工
6	路易·凯旋宫（上海）	100000	住宅、商铺、会所	约克·CIAI
7	上海家乐福古北超市	20000	超市	RC·CIAI
8	上海家乐福金桥超市	20000	超市	RC·克莱门特·CIAI
9	上海家乐福宝山超市	20000	超市	RC·克莱门特·CIAI
10	上海安亭汽车城	120000	展厅、办公、商铺	CIAI·热回收
11	上海青浦电力调度大楼	18000	办公	特灵·CIAI
12	上海火车南站地下商场	78000	商场、综合	特灵·BAC

13	上海科技馆	65000	展览、多功能	特灵·BAC
14	上海嘉定区中心医院	68000	病房、行政、综合	约克·CIAI
15	天津市电力医院	7030	门诊、医技、病房	约克·CIAI
16	浙江省肿瘤医院一期	8000	门诊、医技	CIAI·三工况热泵
17	浙江省肿瘤医院二期	32000	病房	CIAI·迪宝
18	浙江建工大厦	32000	办公、多功能	CIAI·约克
19	杭州金鹏大厦	40000	商场、办公、客房	CIAI·特灵
20	杭州交通银行	19913	办公	CIAI·迪宝
21	杭州临亚大厦	40000	办公、商场、住宅	CIAI
22	杭州华商超市	18000	超市	CIAI·富田
23	武林新世纪大厦	30000	住宅、办公	约克·热网
24	中江都市花园一期	18000	住宅	约克·CIAI
25	中江都市花园二期	28000	住宅	约克·CIAI
26	中江都市花园三期	32000	住宅、办公	约克·CIAI
27	余杭达利公司生产车间	5200	生产车间	特灵·CIAI

28	浙江金华商城	45000	商场、餐饮	CIAI·热回收
29	南京金陵石化综合楼	14000	宾馆、办公	约克·CIAI
30	常州新区管委会办公大楼	50000	办公、综合	CIAI·特灵
31	常州豪园摩托车厂	30000	生产车间	富田·迪宝
32	无锡家乐福超市	20000	超市	特灵·CIAI
33	深圳电子科技大楼	65000	办公、多功能	开利·贝龙
34	深圳野生动物园	8830	综合	开利·贝龙
35	深圳思创大厦	15000	办公、综合	约克·热网
36	福州富得达公司	500	办公	约克·贝龙
37	西安咸阳国际机场办公大楼	17000	办公、多功能	CIAI·BAC
38	西安咸阳国际机场候机大楼	80000	休息大厅、综合	CIAI·BAC
39	成都金牛区人民法院	13000	办公	约克·CIAI
40	成都富临大厦	13000	住宅、商场	约克·BAC
41	成都华美制药厂	400	制药车间	顿汉布什·CIAI
42	成都农业发展银行	20000	办公、多功能	顿汉布什·CIAI



43	成都港鹏国际大厦	80000	办公、商场、宾馆	顿汉布什·CIAI
44	成都饺子大厦	40000	办公、宾馆、娱乐	约克·BAC
45	保定豫元商场	10000	商场	顿汉布什·BAC
46	保定好又多超市	11000	超市	开利·BAC
47	武汉华美大酒店	40000	宾馆、餐饮、娱乐	CIAI