



清华同方蓄能空调技术应用手册

清华同方股份有限公司
人工环境工程公司

目录

前言	4
一、蓄能定义.....	5
1.1 蓄能定义.....	5
1.2、蓄能空调的效益.....	5
1.2.1 宏观收益.....	5
1.2.2、微观（用户）效益.....	5
二、蓄能的类别.....	6
2.1、部分负荷蓄能.....	6
2.2、全负荷蓄能.....	6
2.3、部分时段蓄能.....	7
三、蓄能设备.....	8
3.1、前言.....	8
3.2、蓄冰设备.....	8
3.3、内融冰与外融冰.....	8
3.4、RH 系列蓄冰设备.....	8
3.4.1、性能特点.....	9
3.4.2、标准蓄冰槽性能参数.....	9
3.4.3、标准盘管外形尺寸.....	10
3.4.4、制冰曲线.....	12
3.4.5、盘管取冷曲线.....	12
3.4.6、阻力曲线.....	13
3.4.7、载冷剂.....	14
四、系统形式.....	15
4.1、内融冰系统.....	15
4.2、主机上游串联系统优点	
4.3、外融冰系统.....	17
4.4、大温差低温供水.....	18
4.5、蓄冰蓄热结合系统.....	18
五、系统设计.....	20

5.1、典型设计日负荷.....	20
5.2、主要设备容量的确定.....	20
5.2.1、制冷主机的选择.....	21
5.2.2、蓄冰装置的选择.....	22
5.2.3、蓄热装置容量的确定.....	22
A、电热锅炉选择.....	22
B、蓄热槽的大小确定.....	23
C、蓄能槽.....	23
5.3、管道系统.....	23
六、蓄能设计软件.....	25
6.1、蓄能软件开发目的.....	25
6.2、蓄能软件功能.....	25
七、蓄冰优化控制.....	27
7.1、控制策略类型.....	27
7.2 清华同方优化控制.....	27
7.2.1、优化控制软件思路.....	27
7.2.2、优化控制软件内容.....	28
7.2.3、优化控制操作界面.....	29
7.2.4、蓄能优化控制软件功能.....	29
八、系统安装.....	30
8.1、冰槽安装.....	30
8.2、配管.....	30
8.3、管路的试压和清洗.....	31
8.4、系统保温与灌液试运行.....	31
九、清华同方蓄冰空调工程.....	33
9.1、典型工程汇总.....	34
9.2、蓄能工程介绍.....	33

前言

环境污染和能源危机已成为当今社会的两大难题，如何合理的利用能源为人类创造现代生活已经成为当今社会的共识。在人类共同警视的时期，蓄能空调应运而生。

蓄能空调：就是利用蓄能设备在空调系统不需要能量的时间内将能量储存起来，在空调系统需要的时间将这部分能量释放出来。

将蓄能空调和电力系统的分时电价相结合，从宏观上可以起到平衡电网，微观上可以为空调用户节省大量运行费用。

清华同方股份有限公司多年来潜心研究空调蓄能技术，并在该领域获得了骄人的成绩，于 96 年研制出国内唯一的 RH-ICU 系列冰盘管式蓄冰设备，并于 99 年在国内推出第一例蓄冰和蓄热相结合的蓄能空调系统。

一、蓄能定义

1.1 蓄能定义

潜热蓄能：将物质发生相变时所吸收或释放的热能储存起来，从而达到降低外界温度的结果。

冰蓄冷：利用潜热蓄能的原理将冷量以冰的形式储存起来。每 1 千克冰变成水需要吸收 80 千卡的热量。

显热蓄能：将物质发生温度变化时所吸收或释放的热能储存起来，如较高温度的水降低温度需要向外界释放热能，从而达到升高外界温度的结果。

水蓄冷/热：就是利用显热蓄能将冷量/热量储存起来。每 1 千克水发生 1℃ 的温度变化会向外界吸收/释放 1 千卡的热能。

1.2、蓄能空调的效益

1.2.1 宏观效益

- 转移电力高峰用电量，平衡电网峰谷差
- 减少新建电厂投资
- 减少环境污染，有利于生态平衡
- 充分利用有限的不可再生资源

1.2.2、微观（用户）效益

- 减少主机装机容量和功率可达 30%—50%
- 相应减少冷却塔的装机容量和功率
- 设备满负荷运行比例增大，可充分提高设备利用率
- 减少一次电力投资费用，包括电贴费、变压器、配电柜等
- 利用分时电价，可节省大量的运行费用
- 可作为应急冷源，停电时可利用自备电力启动水泵融冰供冷

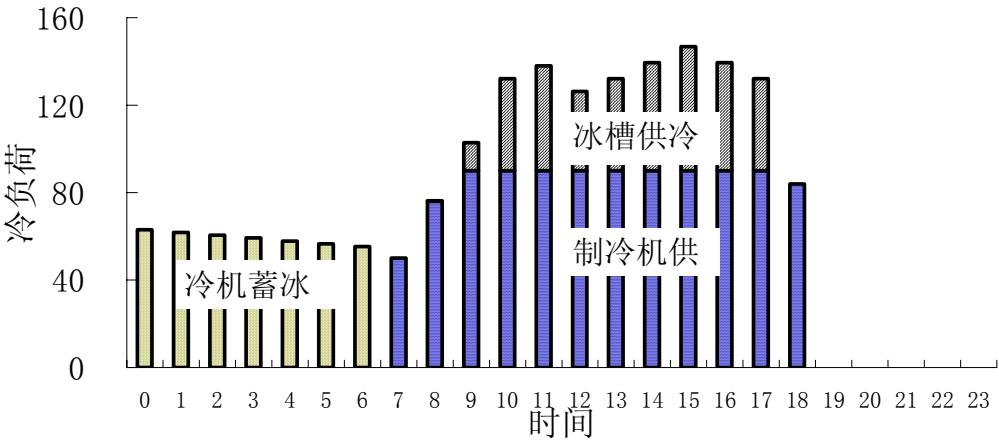
二、蓄能的类别

根据空调系统冷负荷分布情况或者当地的电价结构情况将蓄能类别分成下列三种形式。

2.1、部分负荷蓄能

部分负荷蓄能就是全天所需要的冷/热量部分由蓄冷/热装置供给，如图所示，夜间用电低谷期利用制冷机蓄存一定冷量，补充电力高峰时间所需要的冷量。冰槽供冷量等于夜间冰槽储存的冷量。

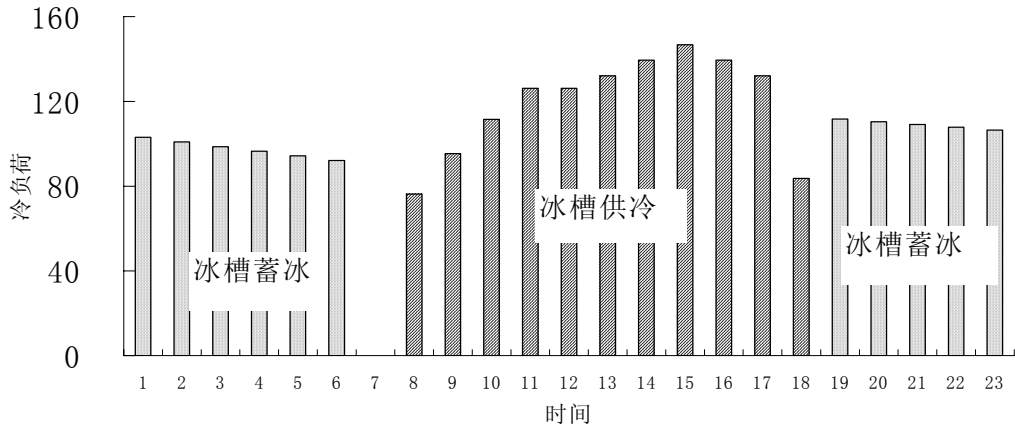
部分负荷蓄能负荷分布图



2.2、全负荷蓄能

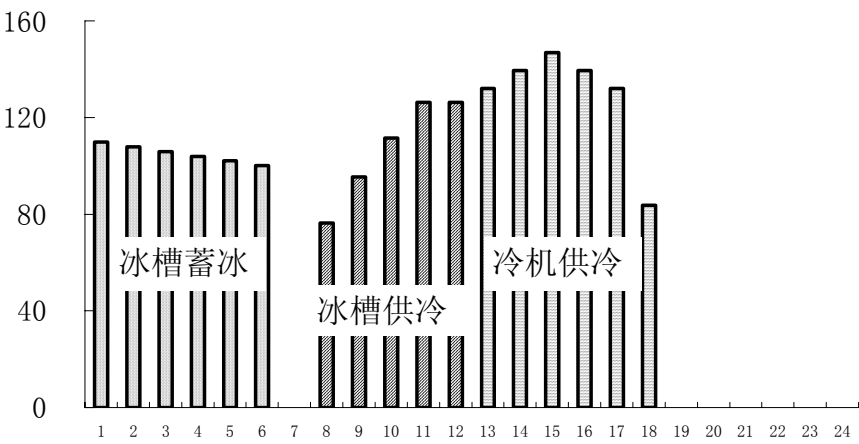
将电力高峰期的冷负荷全部转移到电力低谷期，如图所示：全天空调时段所需要的冷量均由电力低谷时段所蓄存的冷量供给。

全负荷蓄冰负荷分布图



2.3、部分时段蓄能

某些地区对高峰用电量有所限制，这样电力高峰时段的冷量/热量就需要由蓄能设备来提供，在这种情况下，制冷机夜间蓄存的冷量全部用于限电时段供冷。蓄能设备的设置主要用来解决限电时段内的空调需求。



三、蓄能设备

3.1、前言

蓄能设备广义地分为显热式蓄能和潜热式蓄能。最常用的蓄能介质是水、冰和其他相变材料，不同蓄冷介质具有不同的单位体积蓄能能力和不同的蓄冷温度。

3.2、蓄冰设备

冰盘管式蓄冰装置属于潜热式蓄冰装置，是由沉浸在水槽中的盘管构成换热表面的一种蓄冰装置。在蓄冷过程中，载冷剂（一般为重量百分比 25%的乙烯乙二醇水溶液）和制冷剂在盘管内循环，吸收水槽内水的热量，在盘管外表面形成冰层，使冷量以冰的形式储存起来。

3.3、内融冰与外融冰

内融冰：在融冰供冷过程中，来自空调负荷的回水进入蓄冰盘管，由于回水温度较高，使得最接近盘管的冰层开始融化，随着融冰过程的进行，冰层由内向外逐步融化，所以这种融冰过程被称为内融冰。由于冰层的自然浮升力作用，使得冰层在整个融化过程中与盘管表面的接触面积可以保持基本不变，因而保证了在整个取冷过程中，取冷水温相当稳定。

外融冰：温度较高的空调回水直接送入盘管表面结有冰层的蓄冰水槽，使盘管表面上的冰层自外向内逐渐融化，这种融冰过程称为外融冰。由于空调回水与冰直接接触，换热效果好，取冷快，来自蓄冰槽的供水温度可低至 1℃左右。为了使外融冰系统能达到快速融冰放冷，蓄冰槽内水的空间应占一半，即蓄冰槽的蓄冰率（IPF）不大于 50%，故蓄冰槽容积较大。

3.4、RH 系列蓄冰设备

清华同方股份有限公司生产的 RH 系列蓄冰设备，该设备内的主体装置是蛇形金属冰盘管。RH 系列蓄冰设备各项性能参数如下：

3.4.1、性能特点

- ☞ 清华大学多年传热学研究的结晶—独特的蛇型盘管排列组合结构
- ☞ 以不完全冻结方式控制蓄冰量，在制冰完成后，盘管间仍存有水
- ☞ 钢管具有较高的传热效率
- ☞ 单根盘管长 100 米，换热流程长，热交换极为充分
- ☞ 结冰速度快、融冰量稳定
- ☞ 冰结在盘管外，盘管不承受内应力
- ☞ 内融冰稳定的低温(4°C)出口温度
- ☞ 外融冰实现大温差送水和低温送风
- ☞ 乙二醇用量少
- ☞ 便于组成各种尺寸的非标产品
- ☞ 通过 ISO9001 质量体系认证
- ☞ 高科技焊接技术
- ☞ 钢盘管外表面采用热镀锌工艺防腐
- ☞ 严格的质量管理及质检工艺制度

3.4.2、标准蓄冰槽性能参数

RH-ICT 内融冰系列标准蓄冰槽性能参数

<div>型号</div> <div>项目</div>		RH-ICT			
		200	400	600	800
潜冷蓄冷量	RTH	200	400	600	800
全冷量	RTH	228	454	677	902
盘管内容液量	m ³	0.5	1.0	1.5	2.0
槽内水容量	m ³	11.9	23.1	33.4	44.2
冰盘管组数	组	1	2	3	4
空载重量	Kg	5040	9880	14720	18760
运行重量	Kg	16940	32980	48120	62960
长度	mm	6100	6100	6100	6100

宽度	mm	1210	2150	3030	3940
高度	mm	2150	2150	2150	2150
接管尺寸	mm	2×DN65	4×DN65	6×DN65	8×DN65

RH-ICTW 外融冰系列标准蓄冰槽性能参数

<div>型号</div> <div>项目</div>		RH-ICTW			
		200	400	600	800
潜冷蓄冷量	RTH	200	400	600	800
全冷量	RTH	240	464	692	916
盘管内溶液量	m ³	0.5	1.0	1.5	2.0
槽内水容量	m ³	12.4	25.6	36.8	48.0
冰盘管组数	组	1	2	3	4
空载重量	Kg	5040	9880	14720	18760
运行重量	Kg	16940	32980	48120	62960
长度	mm	6380	6380	6380	6380
宽度	mm	1730	2928	4126	5324
高度	mm	2480	2480	2480	2480
接管尺寸	mm	2×DN65	4×DN65	6×DN65	8×DN65

3.4.3、标准盘管外形尺寸

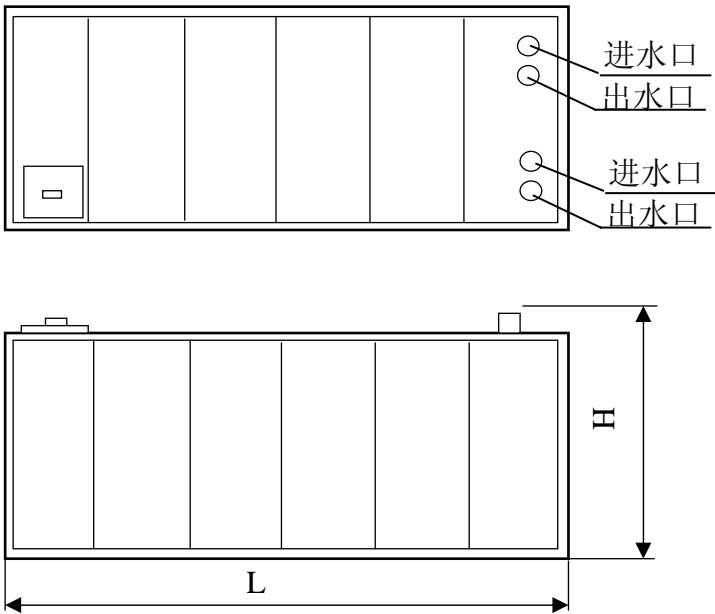
RH-ICU 标准内融冰蓄冰盘管外形尺寸

型号	长	宽	高	接管尺寸
RH-ICU200	5826	910	1805	2×DN65
RH-ICU400	5826	910X2	1805	4×DN65
RH-ICU600	5826	910X3	1805	6×DN65
RH-ICU800	5826	910X4	1805	8×DN65

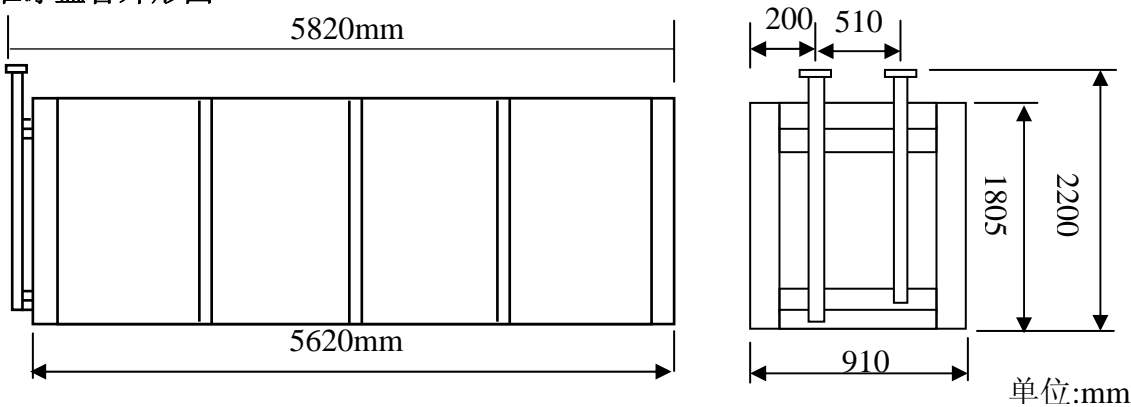
RH-ICUW 标准外融冰蓄冰盘管外形尺寸

型号	长	宽	高	接管尺寸
RH-ICU200W	6073	1198	1915	2XDN65
RH-ICU400W	6073	1198*2	1915	4XDN65
RH-ICU600W	6073	1198*3	1915	6XDN65
RH-ICU800W	6073	1198*4	1915	8XDN65

标准蓄冰槽外形图



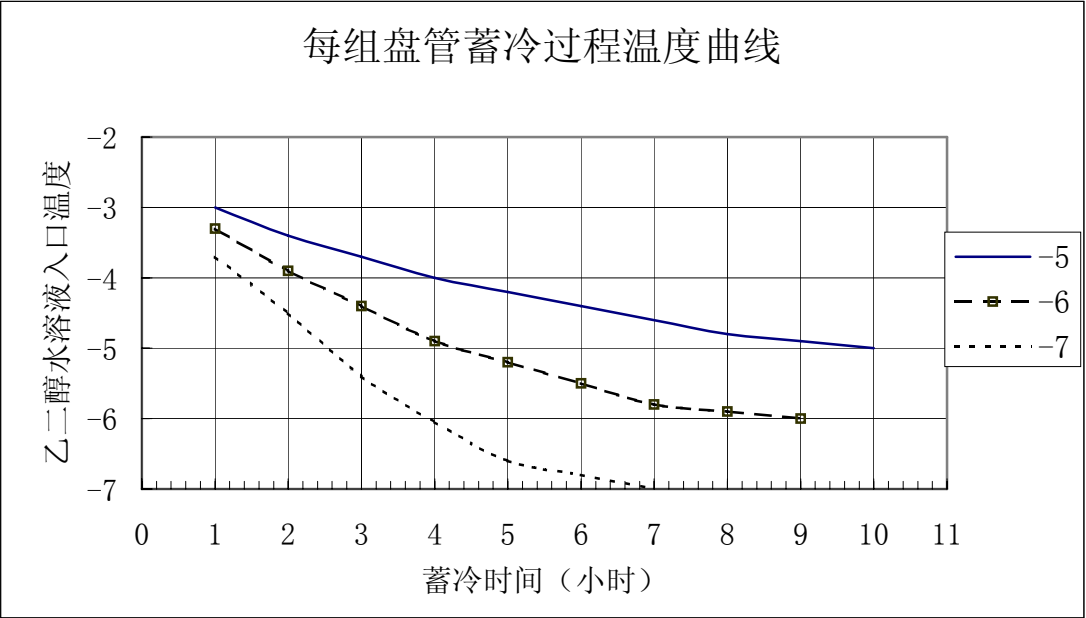
标准冰盘管外形图



单位:mm

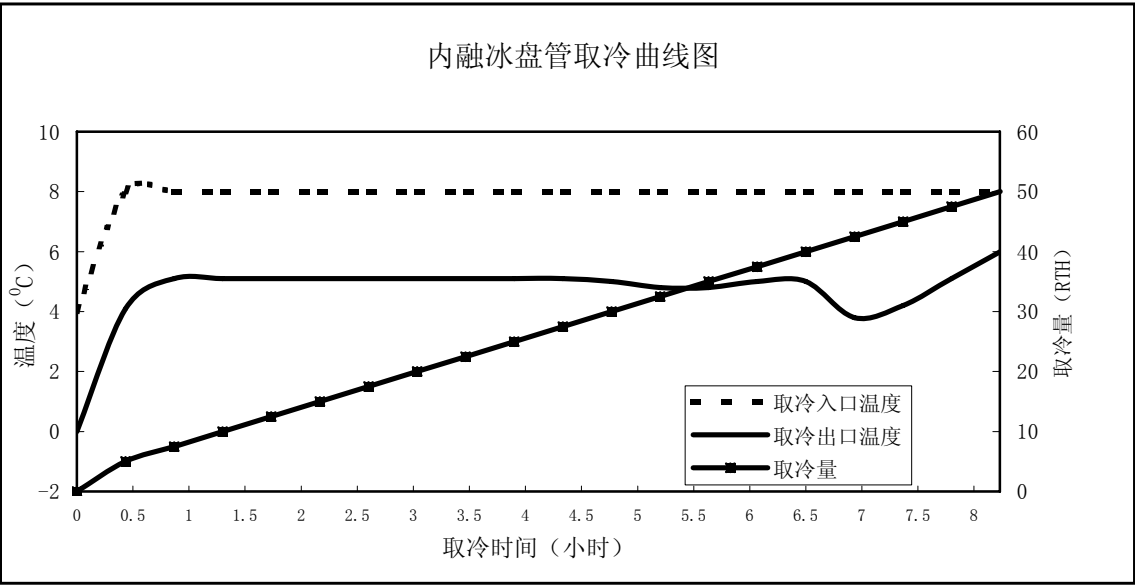
3.4.4、制冰曲线

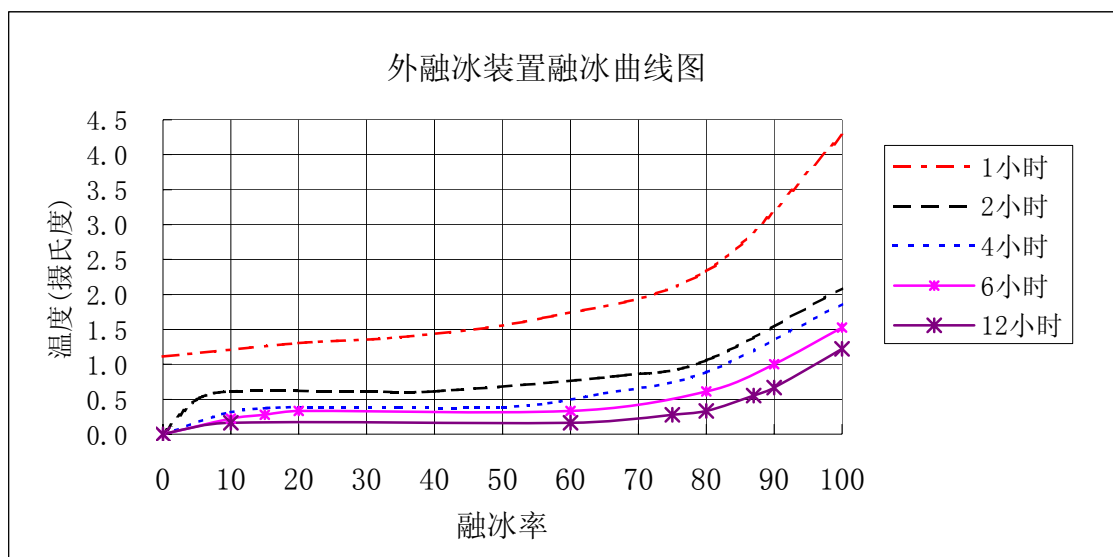
下图为盘管的入口温度随蓄冷时间变化的过程，如图所示根据允许蓄冷时间的长短来确定运行温度和选择乙二醇溶液浓度。



3.4.5、盘管取冷曲线

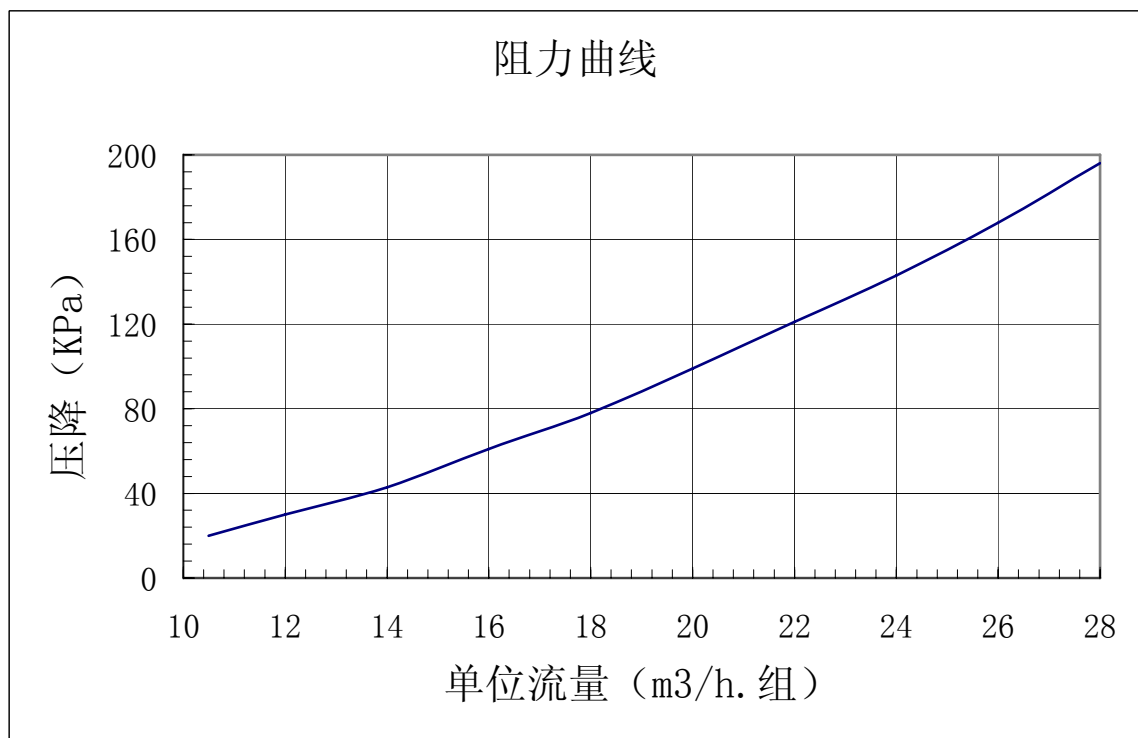
如图所示，这种蓄冰盘管的结构使得融冰时出口温度稳定。由于盘管式蓄冰设备取冷后期存在碎冰期，所以后期取冷温度进一步下降。





3.4.6、阻力曲线

不同容量蓄冰槽组合时，基本保持了各盘管支路阻力相等的原则，所以不同型号蓄冰槽并联组合，只要其流量保持一致，其流动阻力相差不大。如下图。



注:图中组的含义表示 200RTH。

3.4.7、载冷剂

冰盘管式蓄冰设备所用的载冷剂为乙二醇水溶液。乙二醇（ $C_2H_4(OH)_2$ ）是无色、无味的液体，其挥发性低、腐蚀性低，易溶解于水及多种有机化合物。乙二醇水溶液的凝固点、潜热、密度、比热、导热系数、粘度随溶液浓度不同而变化。蓄冰系统乙二醇水溶液的凝固点应低于最低运行温度 $3-4^{\circ}C$ 。此外，乙二醇腐蚀性很低，但乙二醇的水溶液呈弱酸性，因此，在使用过程中乙二醇溶液中需加入添加剂。添加剂包括防腐剂和稳定剂。防腐剂可以在金属表面形成阻蚀层；稳定剂可以使乙二醇溶液维持弱碱性（ $PH>7$ ）。溶液中添加剂的添加量为 $800-1200ppm$ 。

乙二醇水溶液的密度与粘度稍大于水，而比热稍小于水，所以在计算载冷剂流量和管道阻力时应予以注意。不同浓度的乙二醇溶液参数详见下表。

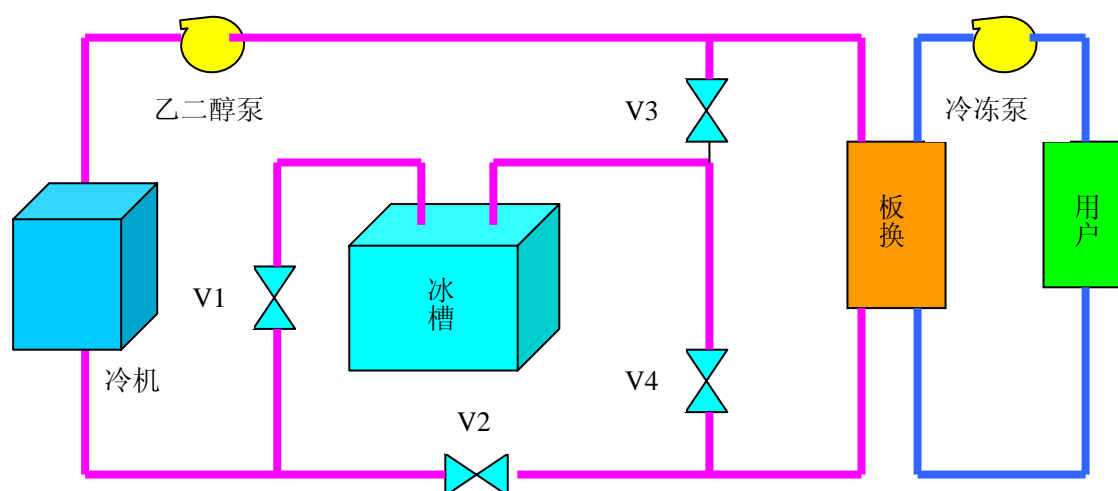
乙二醇水溶液凝固点

质量%	10	15	20	25	30	35	40	45	50
体积%	8.9	13.6	18.1	22.9	27.7	32.6	37.5	42.5	47.6
凝固点	-3.2	-5.4	-7.8	-10.7	-14.7	-17.9	-22.3	-27.5	-33.8

四、系统形式

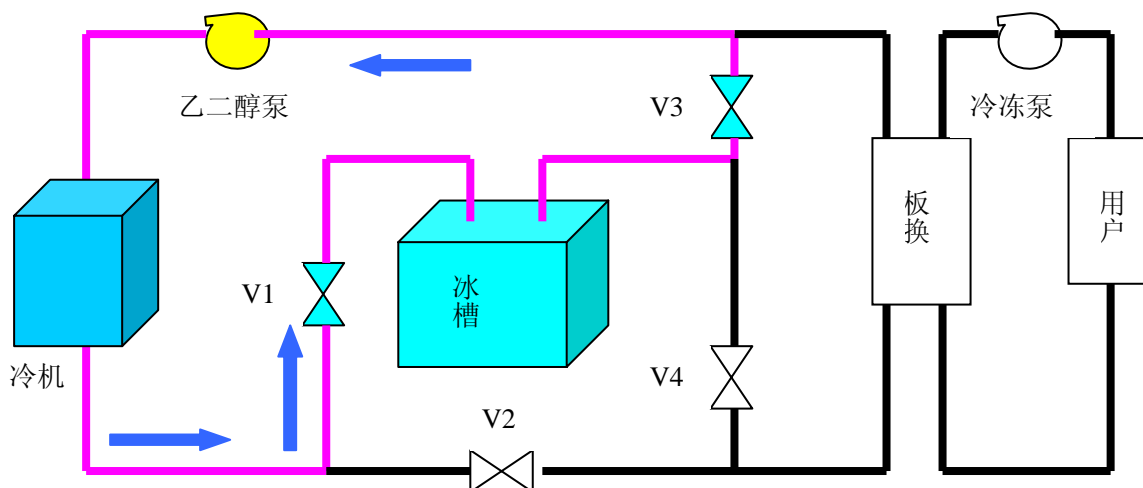
4.1、内融冰系统

蛇形冰盘管式内融冰蓄冰设备可以用于各种并、串联系统。由于其取冷水温低而稳定，往往将其用于主机上游的串联蓄冰系统。主机置于循环回路的上游，可提高主机的工作效率，仍可保证恒定的低温乙二醇出口温度，系统中水泵配置方便，水温控制效果好。



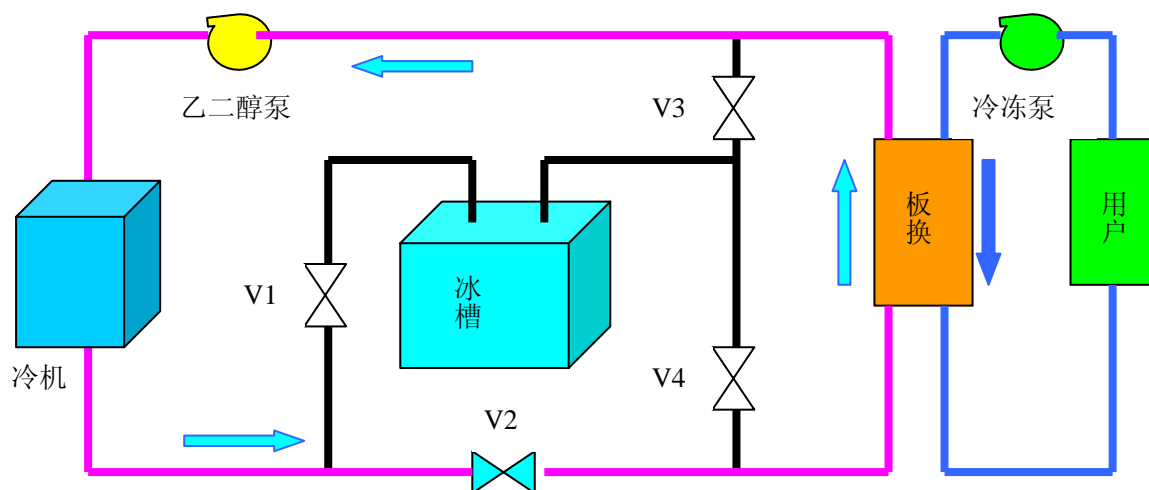
主机上游的串联系统存在四种运行工况：制冷机蓄冰、蓄冰槽融冰供冷、制冷机供冷、制冷机联合蓄冰槽共同供冷。

制冷机蓄冰（在空调系统不运行的时间段，如商场、办公楼夜间）制冷机自动转换为蓄冰工况，关闭 V2、V4 阀门，开启 V1、V3 阀门，使得乙二醇溶液在制冷机和蓄冰槽之间循环。随着制冰时间的延长，乙二醇温度逐步降低，在管外完成要求冰量的冻结。



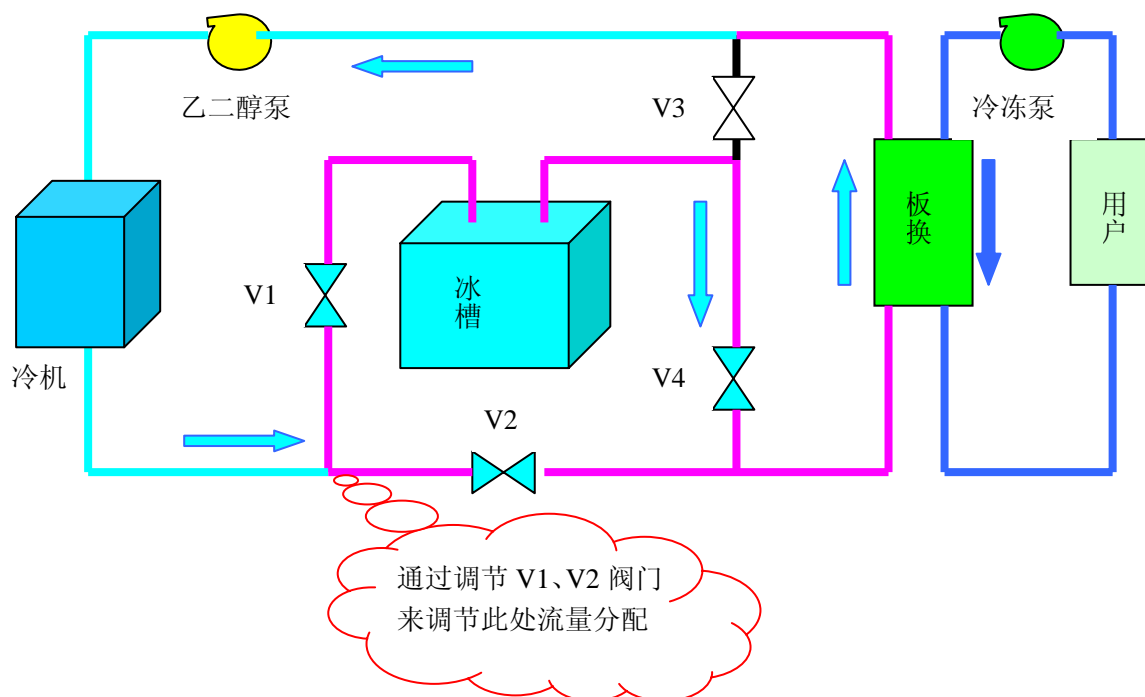
制冷机供冷

为维持较高的制冷效率，当制冷机需直接加入制冷时，按空调工况运行。乙二醇溶液在制冷机和板换之间循环，系统关闭 V1、V3、V4，开启 V2 阀门。通过板换降温后的冷冻水向用户供冷。



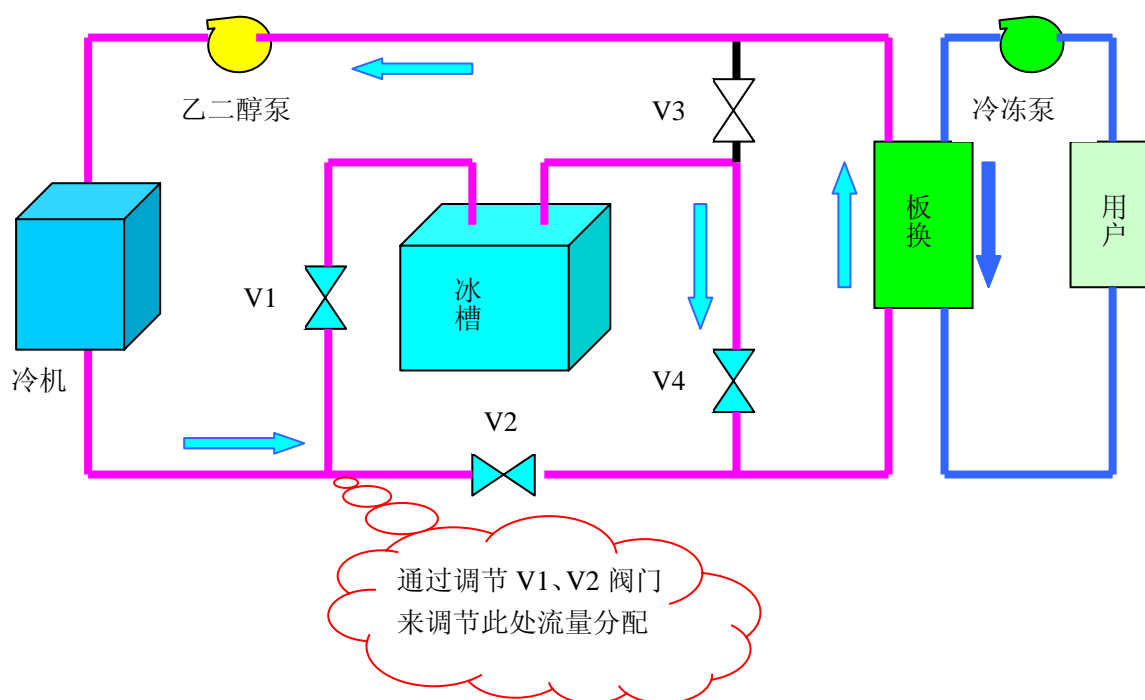
蓄冰槽供冷

当需要蓄冰槽通过融冰提供冷量，制冷机停止运行，但是仍作为系统的通路。通过乙二醇泵将乙二醇溶液送入蓄冰槽，经过降温后的乙二醇溶液进入板换换热。关闭阀 3，为了控制进入板换的乙二醇温度，将 V2、V1 阀门设为调节状态。



制冷机联合蓄冰槽供冷

为了满足空调高峰期时的用冷量，乙二醇溶液经过两次降温，即乙二醇溶液先经过制冷机进行一次降温，然后经过蓄冰槽进行二次降温。所以乙二醇溶液在板换前后的温差达到 7°C 。为了控制进入板换的乙二醇溶液温度，调节 V2、V1 阀门来达到目的。



4.2、主机上游串联系统优点

稳定的低温乙二醇出口温度可最大限度降低系统其他设备的容量。

主机置于蓄冰设备上游，主机在较高的蒸发温度下工作，提高主机工作效率，降低蓄冰设备的一次投资。

系统简单，结构紧凑。

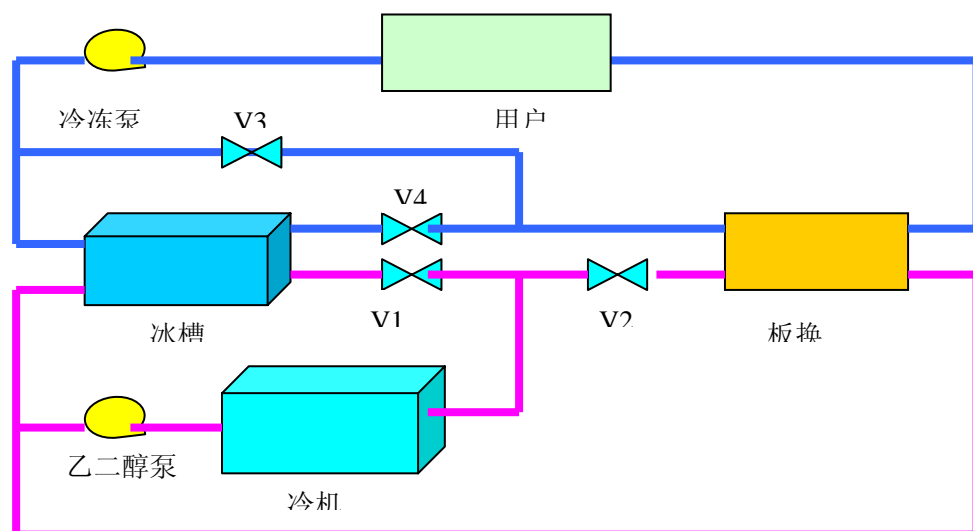
板式换热器换热面积及水泵的功率最小。

自控系统相对简单，易于控制。

4.3、外融冰系统

外融冰系统的主要特点是释冷温度能稳定地维持在 $1-3^{\circ}\text{C}$ ，因此可方便地用于工业的冷水供应系统，也可以为室内选用低温空调系统提供很好的冷源。

外融冰系统可以提供很大的取冷速率，即还可以满足用户的短时间大用冷量。



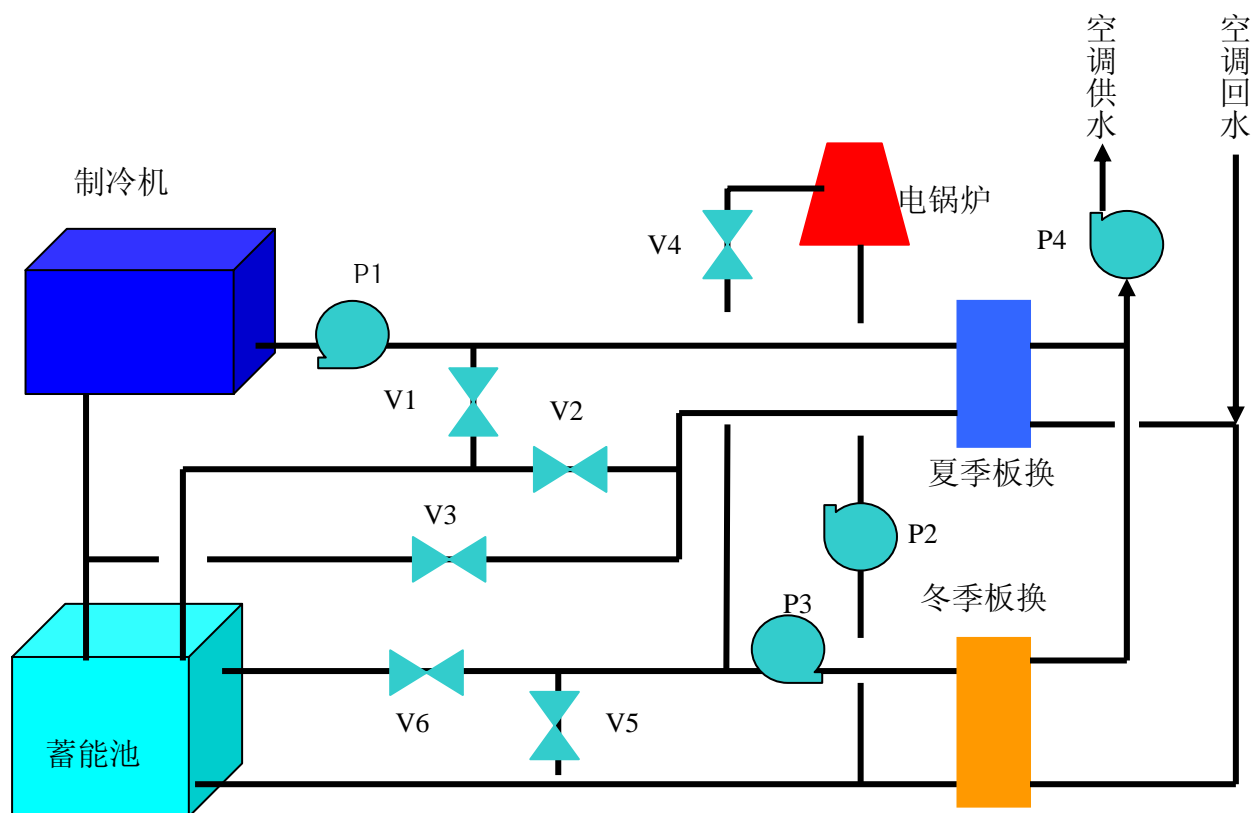
4.4、大温差低温供水

由于外融冰系统可以提供 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 的低温水，因而可以将送风温度降低到 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，实现低温送风。

- ✧ 降低风机与风管的一次投资，从而使整个空调系统的投资小于常规系统。
- ✧ 降低楼层高度，使建筑结构、维护结构及其他建筑体系造价有显著降低。
- ✧ 降低房间相对湿度，改善热舒适性，在较低相对湿度条件下，人感到较凉快舒适。
- ✧ 降低风机的电耗达 $30\sim 40\%$ ，从而进一步降低系统运行费用。
- ✧ 降低空调病的发生率，因而有“绿色空调”之称。

4.5、蓄冰蓄热结合系统

为了更好的解决空调系统冷热源运行费用问题，将夏季蓄冰和冬季蓄热相结合，形成经济合理的蓄能系统。在该系统中分别设有制冷机和电热锅炉，蓄冰槽和蓄热水池合成一体或者相互独立。运行中分别通过夏季板换和冬季板换交换出空调冷冻水和空调热水。系统原理图如下：



五、系统设计

蓄能空调系统的设计可按以下六步进行：

- 1、确定典型设计日的空调冷/热负荷；
- 2、确定蓄能系统的形式和运行策略；
- 3、确定制冷主机/电热锅炉和蓄能装置的容量；
- 4、选择其他配套设备；
- 5、编制蓄能周期逐时运行图；
- 6、经济分析，通过装置设备费与运行费的计算，求得与常规空调系统相比的投资回收期。

5.1、典型设计日负荷

常规空调系统是依据设计日峰值负荷（最大负荷）确定冷热源大小和空调设备；而蓄能空调系统则需要根据典型设计日的总负荷、逐时负荷分布和运行策略（即全负荷蓄冷/热还是部分负荷蓄冷/热）来设计。因此，设计时，应能比较准确地提供典型设计日峰值负荷和逐时负荷分布。

典型设计日的逐时负荷应根据典型设计日气象数据，建筑维护结构、人流、内部设备以及运行制度，采用动态负荷算法计算。在初步设计过程种，可采用系数法或平均法，根据峰值负荷估算典型设计日逐时负荷或典型设计日总负荷。根据典型设计日的空调日总负荷，依次可以进行蓄冰系统的方案设计或初步设计，确定制冷主机/电热锅炉和蓄冰槽/蓄热水池容量。

5.2、主要设备容量的确定

由于部分负荷蓄冰方式可以削减空调制冷系统高峰耗电量，而且初投资比较低，所以目前多采用这种。确定部分负荷蓄冰系统的装置容量时，思路应为：充分发挥制冷主机的作用，使其昼夜运行，以达到制冷主机装机容量为最小。这样，最佳平衡计算式应为：

$$q_c = \frac{Q}{n_1 + C_f \bullet n_2} = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_i}{n_1 + C_f \bullet n_2}$$

$$Q_s = n_2 \bullet C_f \bullet q_c$$

式中： q_c --以空调工况为基点时的制冷机制冷量，kW或RT；

Q_s --蓄冰槽容量，kWh或RTH；

n_1 --白天制冷主机在空调工况下的运行小时数；

n_2 --夜间制冷主机在蓄冰工况下的运行小时数；

C_f --冷水机组系数，即冷水机组蓄冰工况制冷能力与空调工况制冷能力的比值。对于特定制冷机，其系数取决于蓄冰工况下的温度，如：制冰温度为-6℃时，一般活塞式与离心式制冷机约为 0.60；螺杆式制冷机约为 0.65，它取决于制冷工况下的温度条件。

5.2.1、制冷主机的选择

蓄冰空调系统用冷水机组需要适应空调工况和蓄冰工况，故常称之为双工况冷机，可供选择的类型有活塞式冷水机组、螺杆式冷水机组和二级以上离心式冷水机组。

同时，在设计蓄冰空调系统时还应注意冷水机组在不同工况运行时的制冷量变化。一般情况，制冷量变化如下：

- 1、对于空调工况，空调用供水温度 7℃，冷却水进水温度为 32℃时，采用体积浓度 25-30%乙二醇水溶液为载冷剂时，其制冷量约为以水为载冷剂 97%。
- 2、冷却水进水温度每降低（或增加）1℃，机组制冷量约增加（或降低）1.3%。
- 3、空调用供水温度每降低 1℃，机组制冷量的降低量为：活塞式与离心式机组约为 3%，螺杆机组约为 2.6%。

5.2.2、蓄冰装置的选择

选定蓄冰装置的容量以前，首先确定蓄冰系统的形式、典型设计日峰值小时负荷、载冷剂流量以及制冷主机和蓄冰槽的进出口温度。其次，根据逐时所需取冷量以及空调供回水温度，计算蓄冰槽逐时进出口水温度。再次，根据所选定的蓄冰槽形式及可能的总取冷量计算所需蓄冰槽的型号和台数。最后，校核所选定的装置能否满足逐时所需取冷量和取冷供水温度。

5.2.3、蓄热装置容量的确定

对于在我国南方地区的普通写字楼、商场等建筑冬季夜间基本没有热负荷，热负荷基本集中在办公期间。由于逐时热负荷较小，冬季采用全负荷蓄热的方式更合理。而北方地区，夜间一般不允许停止供暖，但对于商业建筑允许适当减供，常采用以削减高峰负荷为目的的部分蓄热，主要用来削高峰的系统。根据热负荷计算方式，算出冬季逐时热负荷和全日总热负荷。

A、电热锅炉选择

全蓄热系统：电热锅炉夜间利用低谷电蓄存的热量全部用于白天空调供热
电热锅炉的计算公式如下：

$$Q_L = \frac{Q_z}{T \bullet N_1} K_w$$

式中： Q_L —电热锅炉的容量

Q_z —设计日全日热负荷总量

T —设计日夜间低谷小时数

N_1 —蓄热系统热损失。取 0.92-0.95

部分蓄热系统：低谷电蓄存的热量只占白天空调供热的一部分，不足部分由电锅炉来直供，此时的电锅炉要根据实际情况来确定。

全蓄热系统的运行费用最低，但要求配置的电锅炉及蓄热槽初投资较大，部分蓄热系统的运行费用较前者稍多，但其配置的电锅炉及蓄热槽较小，初投资也较前者小。

B、蓄热槽的大小确定

用于蓄存热水的水槽称之为蓄热槽，蓄热槽内的水温一般要低于 95℃。

蓄热槽的有关尺寸计算如下：

$$V = 1.1 \bullet V_w = 1.1 \bullet \frac{Q_x \bullet 3600}{C \bullet \Delta T \bullet \rho} m^3$$

式中： V-----蓄热槽的体积， m³

V_w-----蓄热槽的有效蓄水量， m³

Q_x-----蓄热槽的蓄热量， kWh

Δ T----蓄热槽的蓄热温差， °C

C-----水的比热， 4.184KJ/Kg • °C

ρ ----水的密度， 10³Kg/m³

蓄热槽一般有两种做法，一种是金属槽结构，可做成外保温的形式，另一种是混凝土池结构，可做成内保温的形式。

和水蓄冷一样，蓄热槽内也要加布水器，布水器要按照弗兰克准则来设计，即采用分层蓄热技术，这样才可以充分利用蓄热温差。

C、蓄能槽

夏季用于蓄冷水（或蓄冰），冬季又用于蓄热水的水槽称之为蓄能槽。蓄能槽的结构，特别是蓄冰和蓄热相结合的蓄能槽的结构设计比较复杂，要考虑诸多因素，如：蓄能槽保温形式的选择，蓄冷蓄热时水位的变化等。

无论是蓄热槽还是蓄能槽，水处理是运行中很重要的环节，要确保达到水的软化指标，否则对于电锅炉的寿命和冰盘管的换热将产生重要影响。

另外，蓄能槽内部钢盘管仅占蓄水体积的 5%左右。在确定水的实际容积时应予以考虑。经试验证明，钢盘管的存在对于水的分层不会产生影响。

5.3、管道系统

管道系统阀门的密封性良好，不应有内漏或外漏。泵的轴封密封性要好，乙二醇水溶液管道不允许采用镀锌钢管。

施工时应特别注意管道内部清洁，以防造成板式换热器或蓄冰盘管堵塞。施工完毕应仔细清洗管道系统，清除铁锈及其他杂物。

蓄冰槽中的水质也须重视。虽然在冰点附近，水的结垢和腐蚀作用均很小，一般不需要水处理。但是，要注意控制藻类的生长和铁细菌的扩展。

乙二醇膨胀水箱

与常规供暖和供冷水系统相同，在闭式系统最高点应设置膨胀箱，膨胀箱的体积 V_E 如下：

$$V_E = \frac{V_s[(\rho_1/\rho_2)-1]}{1-(a_1-a_2)} m^3$$

式中： V_s —在蓄冰期最低温度 T_1 条件下，系统中载冷剂的体积

ρ_1 — T_1 条件下，载冷剂的密度， Kg/m^3 （可取 $T_1=-7$ ）

ρ_2 —最高温度条件下，载冷剂的密度， Kg/m^3 （可取 $T_2=30$ ）

a_1 —在 T_1 状态下，低液位时，膨胀水箱的剩余空间，一般取 10%

a_2 —在最高温度下，高液位时，膨胀箱上部气体空间，一般可取 20%

六、蓄能设计软件

6.1、蓄能软件开发目的

由清华大学空调教研室联合同方公司开发的蓄冰设计软件 SODISS 旨在帮助设计人员快速完成冰蓄冷设计并提供详尽的设计数据。

6.2、蓄能软件功能

设计人员根据建筑物的原始数据, 并将它输入软件, 通过选择蓄冰形式等相关选项, 最终由设计软件选择各类设备型号、系统设计参数等。与众不同的是, 该设计软件在给出设计结果的同时, 可为用户提供一份系统校核数据, 这样根据校核数据可以完全避免设计选型不当。设计软件的界面如下:



主要设备选型参数如下：

冷机和冰槽选型

计算模式：

容量最小

冷机

台数：

2

类型：

水冷螺杆

厂家：

YORK

型号：

YSBAVVS05CCC
YSBBBS15CCC
YSCACAS25CEC
YSDACAS35CGC
YSDACAS35CHC
YSDACBS35CFC
YSDCCBS35CHC

容量：

320

冷吨(RT)

输出

冰槽

台数：

9

输出

类型：

盘管式

厂家：

清华人环

型号：

RH-ICU200
RH-ICU400
RH-ICU600
RH-ICU800

容量：

400

冷吨(RTH)

方式：

系统选型
用户自定义

系统选型

OK

Cancel

Help

计算总容量

冷机共冷吨(RT)

冰槽共冷吨(RTH)

设计校核曲线如下：

温度曲线

时间	冷机入口温度	冷机出口温度	冰槽入口温度	冰槽出口温度
0	0	-2	-2	-2
1	-1	-3	-3	-3
2	-2	-4	-4	-4
3	-3	-5	-5	-5
4	-4	-6	-6	-6
5	-5	-7	-7	-7
6	-6	-8	-8	-8
7	11	8	8	5
8	11	7	7	5
9	11	6	6	5
10	11	5	5	5
11	11	5	5	5
12	11	5	5	5
13	11	5	5	5
14	11	5	5	5
15	11	5	5	5
16	11	5	5	5
17	11	5	5	5
18	11	5	5	5
19	11	5	5	5
20	11	5	5	5
21	11	5	5	5
22	11	5	5	5
23	0	-2	-2	-2

七、蓄冰优化控制

7.1、控制策略类型

常用的蓄冰控制策略有三种，即：制冷机优先、蓄冰槽优先、优化控制。

制冷机优先：就是尽量使制冷机满负荷供冷，只有当空调冷负荷超过制冷主机的供冷能力时，才启用蓄冰槽，使其承担不足部分。这种控制策略实施简单，运行可靠，但是，蓄冰槽使用率很低，不能有效地削减峰值用电，节约运行费用。

蓄冰槽优先：就是尽量发挥蓄冰槽的供冷能力，只有在蓄冰槽不能完全负担负荷时，才启用制冷主机供冷，以解决不足部分。这种控制策略既要保证弥补最大负荷时冰槽供冷能力的不足，又要保证全天逐时冷负荷的需要，因此，实施颇为复杂，很难保证下午冷负荷高峰时的需求。在电力晚高峰时，冰槽内没有存冰量，系统必须由制冷机供冷，因此运行费用较高。

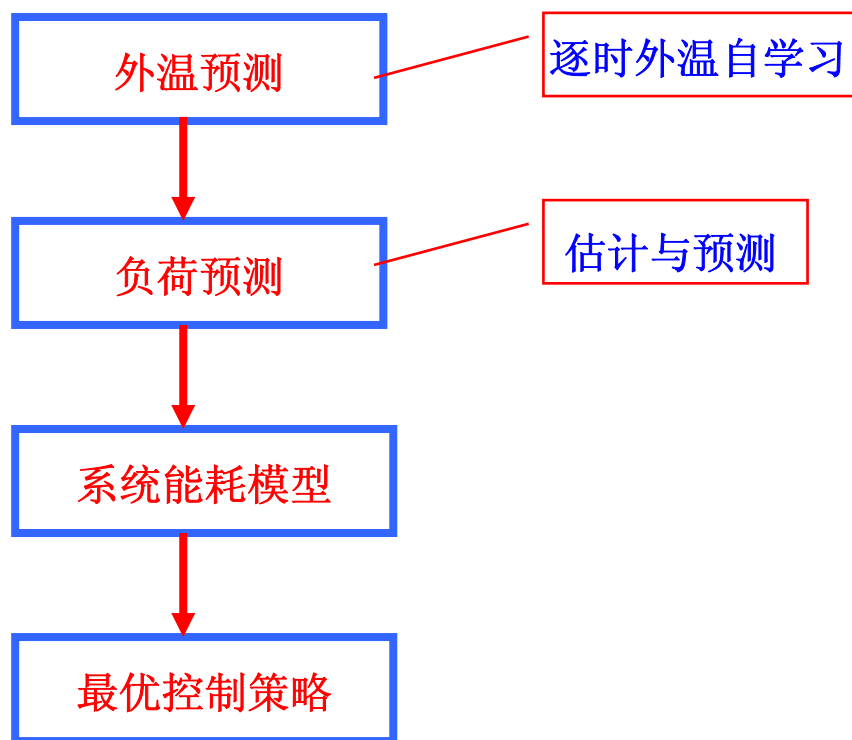
优化控制：根据电价政策，最大限度的发挥蓄冰槽作用，使用户支付的电费最少（其控制思路详见后述），优化控制策略对于非典型设计日具有颇大的经济性。在春秋季节白天可以只用蓄冰槽供冷完全可以满足要求。根据分析，在目前的电价政策下，采用优化控制比采用冷机优先控制，可以节省运行费用 20%以上。

7.2 清华同方优化控制

7.2.1、优化控制软件思路

清华同方的蓄能控制均采用优化控制的思想，专项开发的优化控制软件已经广泛应用于国内许多大型蓄能系统工程中。传统的蓄能控制思路的实现方式是基于神经网络的复杂算法。同方蓄能软件控制思路的实现方式是以数据库技术为核心，并提出典型负荷和标准运行模式概念，从而做到工程上的可靠性和经济上的最优性。同时优化控制软件能够提供需供当天的逐时负荷曲线和逐时运行费用，使得用户对于优化控制所达到的控制效果一目了然。

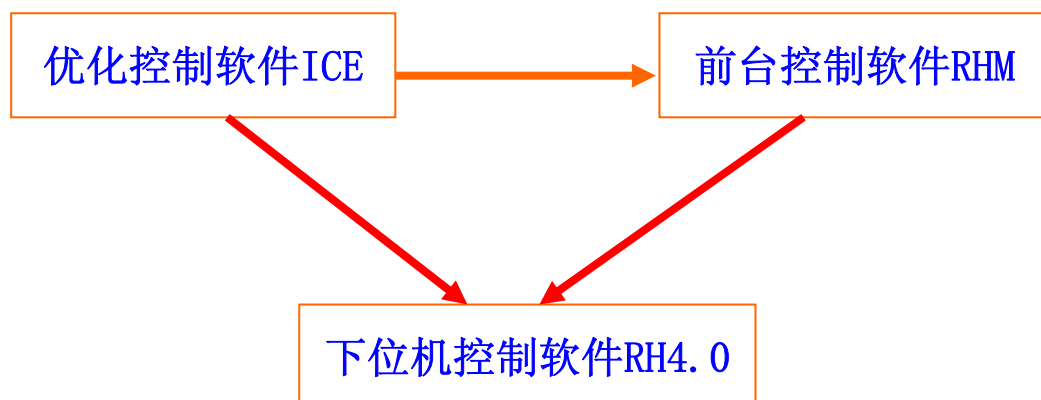
下图是冰蓄冷系统控制思路：



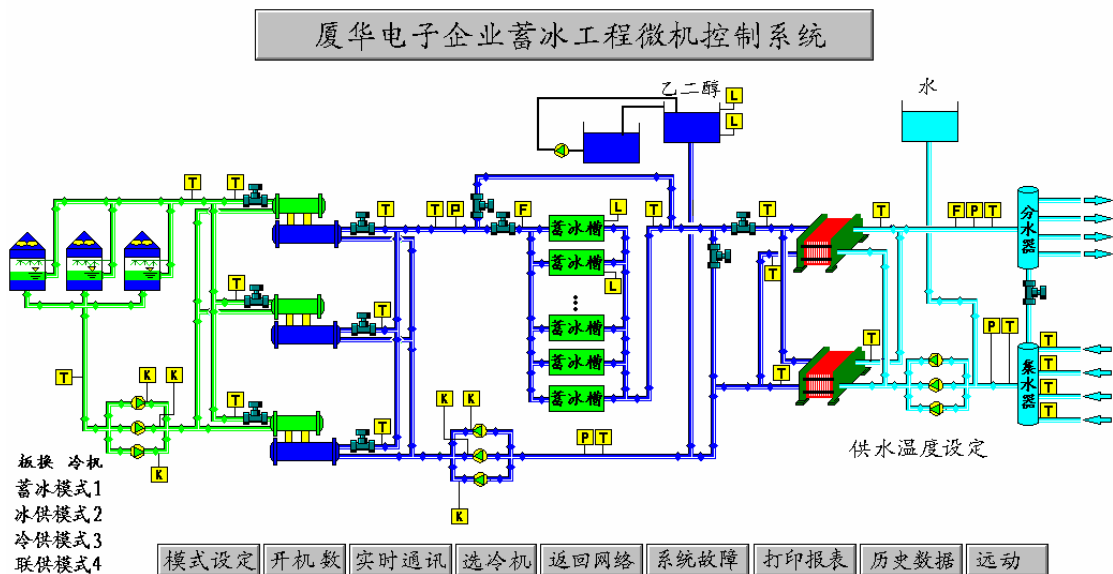
7.2.2、优化控制软件内容

蓄能控制软件共包括三个部分：中央站后台程序(即优化控制软件)、中央站前台程序、现场控制机程序。优化控制软件为蓄能控制系统的核心，它负责负荷在线预测及负荷优化分配，并实时地把重要控制信息如模式(蓄冰、冰供、冷供、联供)及开机台数(1 台、2 台.....)等送给前台程序及现场控制机。中央站前台程序提供蓄能控制系统的图形界面，并有打印报表、历史数据等多项功能。现场控制机程序负责各参数值的监测及各控制设备的开关启停。

控制系统示意图



7.2.3、优化控制操作界面



7.2.4、蓄能优化控制软件功能

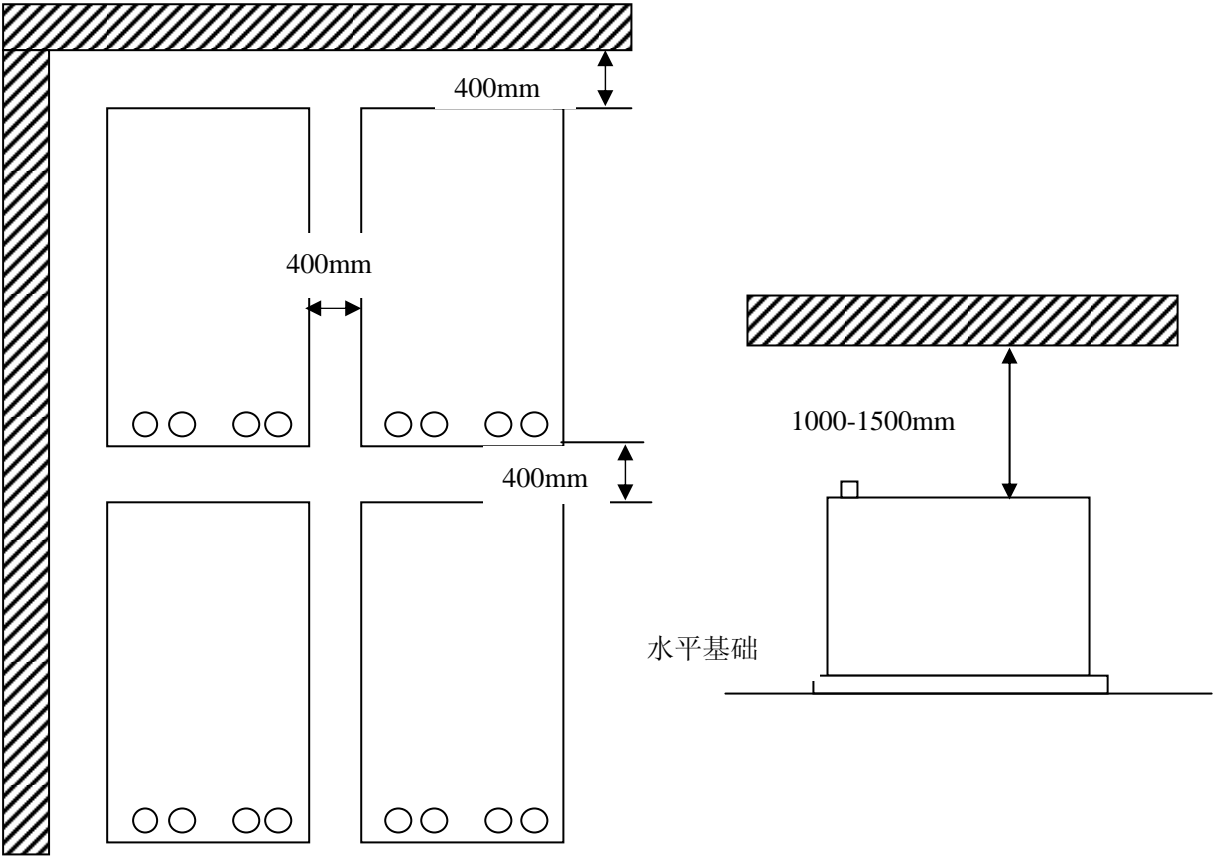
清华同方蓄能优化控制软件的操作系统是清华同方公司新推出的新型集散控制系统 RH-2000。该控制软件可以实现：故障报警、故障分析、打印报表、历史数据、与其他控制系统兼容、搭乘 Internet 等多种功能。

搭乘 Internet: RH-2000 控制系统采用了“面向对象”的控制器结构新概念，大大降低了用户技术人员对该控制系统进行二次开发的难度。该控制系统的网络应用层采用了美国作为建筑自动化通讯标准的 BACnet 协议，可与任何符合此标准的控制系统与设备进行信息交换。该控制系统的监控管理机（PC 机）中的人机交换界面采用标准的 WWW 浏览器 html 界面描述语言，这使得 RH-2000 可直接搭乘 Internet 网，实现本地和异地的检测控制管理。在该控制系统和 Internet 网之间插入了我公司自行研制并通过国家检测的金融 IC 卡作为操作人员的权限认证，确保直接搭乘 Internet 网的安全性。该控制系统的硬件采用高可靠设计，DCU 中每个模块均独立供电，允许模块带电插拔，所有模块的每一对外连接均插入了光电隔离使该控制系统具有很高的抗干扰能力。

八、系统安装

8.1、冰槽安装

整体式冰槽和现场砌筑的混凝土槽体，都要求地面平整、水平度好。在冰槽下砌高 100mm 的水平基础，必须能承受槽体的运行重量，在槽基附近应有排水沟、上水管。槽间距及槽与墙的距离，不得小于 400mm。槽顶与天花板至少保持 1.0—1.5 米的距离，以满足接管与安装的要求；如果是混凝土槽，则要求槽上空间尺寸适当加大，以满足冰盘管的整体吊装。详见下图。若选用现场拼装式箱体，详细要求另行与厂家联系。



8.2、配管

乙二醇水溶液流经的管道，安装前应进行清洗，安装过程中不得有焊渣等杂物进入，以免堵塞蓄冰盘管。各种型号蓄冰槽的配管均集中在槽体的一端，具体配管管径随冰槽容量不同而不同。各蓄冰槽之间应保持并联，蓄冰槽连

接管进入蓄冰槽前应设旁通管，以备管路系统安装后的试压与清洗。凡管内要通过乙二醇水溶液的管线，不宜采用镀锌管及其管道配件。所配用的阀门不能发生内渗漏。

8.3、管路的试压和清洗

系统内部的主要设备，如制冷机、板式换热器和蓄冰槽内的蓄冰盘管，在出厂之前都已经过试压检验，且内部已处理干净。不能在系统安装后于管路一起进行试压和清洗。

- ▢ 按照设计要求的管路系统所应该承受的运行压力，依据有关规范进行水压试验。
- ▢ 对管路系统进行严格的清洗。
- ▢ 用清水在管路系统循环运行 1—2 小时，然后在最低位排空
- ▢ 将浓度为 10 克/升的六偏磷酸钠溶液注入管路系统，在系统内循环流动 2 小时以上，然后排空。
- ▢ 用清水注入系统多次清洗，直至管路状况令人满意为止。

8.4、系统保温与灌液试运行

在整个管道系统完成试压和清洗后，即可以进行保温工作。

▢ 蓄冰空调系统的保温非常重要，除制冷机、板式换热器及成品蓄冰槽都有各自保温外，现场安装的管道、阀门、泵体等均需加外保温层，希望所选用的保温材料不仅要满足防火要求，而且要满足不吸水、不渗水等要求。严禁在管道与设备外表面出现结露甚至结冰等现象，以减少蓄冷系统的冷损失，确保供冷效果。

▢ 为了充注乙二醇溶液，应在其膨胀水箱旁另设容器，将溶液浓度预先调配好，用泵通过膨胀水箱慢慢注入整个管路。在使用蓄冰系统之前，应保证系统空运行 4 小时以上，以便将系统内的空气完全排出，之后方可投入试运行。

▢ 在运行过程中，应检查所有仪表和传感器的信号是否正确，阀门的动作是否灵敏，全系统中有无漏水和凝水的现象出现，自控系统的配合正常与否

等等，待一切工作完成之后，方可运行投入正式运行。

九、清华同方蓄冰空调工程

9.1、蓄能工程汇总

序号	工程名称	工程规模	蓄能量	转移峰值	备注
1	厦华火炬工业城	78000m ²	8066RTH	40%	厂房
2	唐山百货大楼	32000 m ²	3600RTH	38%	改造
3	武汉劳动力市场大厦	23000 m ²	3200RTH	39%	蓄冰
			2975RTH	100%	蓄热
4	中科院声学所	6000 m ²	600 RTH	40%	改造
5	北京慧鲁渔村饭店	2800 m ²	400RTH	38%	蓄冰
			600KWH	25%	部分蓄热
6	成都皇城老妈火锅城	8000 m ²	2800RTH	100%	外融冰
7	武汉安国大酒店	13000 m ²	1000RTH	34%	改造
8	武汉供电局桥口营配中心	3000 m ²	400RTH	41%	风冷主机
9	烟台中级人民法院	13600 m ²	1200RTH	35%	办公楼
10	杭州虹桥饭店	11000 m ²	1200RTH	37%	宾馆
11	郑州金融广场	69000 m ²	5400RTH	40%	蓄冰
			12000KWH	50%	部分蓄热
12	武汉会展中心	126000m ²	10000RTH	37%	蓄冰
			29280KWH	100%	全蓄热
13	杭州 715 所	3000 m ²	800RTH	80%	蓄冰
14	湖北剧场				水蓄冷
15	石家庄东方热电大厦	17000 m ²	1800 RTH	50%	蓄冰
16	北京中展住宅大厦	33000	1600 RTH	30%	水源热泵 蓄冰
17	北京京信大厦				水蓄冷
18	清华同方人环楼	4000 m ²	360RTH	38%	风冷主机

9.2、典型工程介绍

1、厦华火炬工业城

该工程为厦华企业建造的大型现代化厂房和综合办公楼，建筑面积达 7.8 万平米，设计日峰值冷负荷 9063KW（2577RT），全日总冷负荷为 76220KWH（21762RTH）。该工程蓄冰形式为部分负荷蓄冰，采用主机上游的串联系统，蓄冰设备为金属冰盘管式内融冰装置。采用蓄冰系统后，减少制冷机容量 40%，蓄冰容量为 8086RTH，经过近三年的运行，年运行电费节省 100 万元以上。

2、唐山百货大楼

该工程总面积 32000 平米，原有空调系统已运行两年。大楼的电力容量不能满足日益增长的用电需求，业主决定通过改造空调系统来缓解电力紧张局势。在这次改造中，将原有的两个冷源系统合并为一个系统，制冷机容量由原来的 570 万大卡改为 210 万大卡，增设蓄冰槽容量 3600RTH。改造后大上百货大楼电力供应稳定，空调运行费用大大减少，年运行费用减少达到 50 万元以上。

3、武汉劳动力市场大厦

该工程为大型现代写字楼，总面积 23000 平米，设计日峰值冷负荷 1000RT，设计日全日冷负荷 9261RTH；设计日峰值热负荷为 2092KW，全日总热负荷为 10460KWH。根据工程实际情况，采用冰蓄冷和水蓄热的方式为空调系统提供冷、热源。在本工程中首次将冰蓄冷和水蓄热水池结合起来，最大限度利用空间资源。本工程夏季蓄冷量达到 3200RTH，转移峰值冷负荷 39.2%。冬季蓄热为全蓄热方式，将供热所需用电量全部转移到夜间低谷时段。

4、成都皇城老妈

该工程为大型餐饮建筑，总面积 10000 平米，设计日峰值冷负荷为 630RT，蓄冰量为 2800RTH。由于该工程冷负荷的高峰出现在晚 7 点之后的电力高峰期，并持续 4 小时，因而采用外融冰形式供冷，以满足持续的高取冰率。此时段的取冰量高达 2100RTH，最大限度地转移了高峰用电量，节省大量的运行费用。