

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 158 - 2008

蓄冷空调工程技术规程

Technical specification for cool storage
air-conditioning system

2008 - 08 - 05 发布

2008 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

发布

中华人民共和国行业标准

蓄冷空调工程技术规程

Technical specification for cool storage
air-conditioning system

JGJ 158 - 2008

J 812 - 2008

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 8 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2008 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 74 号

关于发布行业标准 《蓄冷空调工程技术规程》的公告

现批准《蓄冷空调工程技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 158-2008，自 2008 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.3.12、3.3.25 条为强制性条文，必须严格执行。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2008 年 8 月 5 日

前 言

根据建设部《关于印发〈二〇〇四年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划〉的通知》(建标〔2004〕66号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定了本规程。

本规程的主要技术内容是:1 总则;2 术语;3 设计;4 施工安装;5 调试、检测及验收;6 蓄冷空调系统的运行管理。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位:中国建筑科学研究院(地址:北京市北三环东路30号;邮政编码100013)

本规程参编单位:际高建业有限公司

北京市建筑设计研究院

中国建筑设计研究院

清华大学

同济大学

华东建筑设计研究院有限公司

中国建筑西北设计研究院

中南建筑设计院

广东省建筑设计研究院

国家电网公司电力需求侧管理指导中心

美国巴尔的摩空气盘管有限公司
(BAC)

特灵空调系统(江苏)有限公司

约克(无锡)空调冷冻科技有限公司

本规程主要起草人员：徐 伟 丛旭日 邹 瑜 朱清宇
陈凤君 孙宗宇 徐宏庆 宋孝春
赵庆珠 吴喜平 杨 光 周 敏
马友才 王业纲 王智超 袁东立
宋宏坤 徐 飞 施敏琪 施 雯

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	设计	5
3.1	一般规定	5
3.2	负荷计算	6
3.3	冷源系统设计	7
3.4	末端空调系统	11
3.5	系统监测与控制	12
4	施工安装	14
4.1	一般规定	14
4.2	设备安装	14
4.3	控制系统的安装	15
5	调试、检测及验收	17
5.1	一般规定	17
5.2	设备调试	17
5.3	控制系统的调试	17
5.4	系统调试和验收	18
6	蓄冷空调系统的运行管理	20
	本规程用词说明	22
	附：条文说明	23

1 总 则

1.0.1 为使蓄冷空调工程的设计、施工、调试、验收及运行管理做到技术先进、经济适用、安全可靠，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建、扩建的工业与民用建筑的蓄冷空调工程的设计、施工、调试、验收及运行管理。本规程不适用于共晶盐蓄冷空调系统及季节性蓄冷空调系统。

1.0.3 蓄冷空调工程的设计、施工、调试、验收及运行管理，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 蓄冷空调系统 cool storage air-conditioning system

将冷量以显热、潜热的形式蓄存在某种介质中，并能够在需要时释放出冷量的空调系统。

2.0.2 冰蓄冷系统 ice thermal storage system

通过制冰方式，以冰的相变潜热为主蓄存冷量的蓄冷系统。

2.0.3 载冷剂 coolant

在蓄冷系统中，用以传递制冷、蓄冷装置冷量的中间介质。

2.0.4 蓄冷介质 cool storage medium

在蓄冷系统中，以显热、潜热形式储存制冷机所产生的冷量的介质。常用的蓄冷介质有水、冰等。

2.0.5 蓄冷方式 manner of cool storage

蓄存冷量的方式。包括水蓄冷、盘管式蓄冰（内融冰、外融冰）、封装式（冰球、冰板式）蓄冰、冰片滑落式蓄冰、冰晶式蓄冰等。

2.0.6 蓄冷装置 cool storage device

由蓄冷设备及附属阀门、配管、传感器等相关附件组成的蓄存冷量的装置。

2.0.7 水蓄冷系统 chilled-water storage system

利用水的显热蓄存冷量的蓄冷系统。

2.0.8 盘管式蓄冰系统（内融冰、外融冰） ice-on-coil system (internal and external melt)

由浸没在充满水的蓄冰槽内的金属或塑料盘管作为蓄冷介质与载冷剂的换热面，通过载冷剂在盘管内的流动使盘管外表面结冰，以蓄存冷量的蓄冷系统。因融冰方式不同分为外融冰和内融冰。

2.0.9 封装式（冰球、冰板式）蓄冰系统 encapsulated ice system

将封装蓄冷介质的蓄冷容器密集地放置在蓄冰装置中，由低温载冷剂流经蓄冰装置，使蓄冷容器内的蓄冷介质结冰来蓄存冷量的蓄冷系统。

2.0.10 冰片滑落式蓄冰系统 ice harvesting system

在制冷机的板式蒸发器表面上不断冻结薄冰片，然后滑落至蓄冰槽内蓄存冷量的蓄冷系统，又称收冰式或片冰式蓄冰系统。

2.0.11 冰晶式蓄冰系统 slurry system

将低浓度载冷剂冷却至 0°C 以下，产生细小而均匀的冰晶，与载冷剂形成冰浆状物质蓄存在蓄冷槽内的蓄冷系统。

2.0.12 蓄冷—释冷周期 period of charge and discharge

蓄冷空调系统经一个蓄冷—释冷循环所运行的时间。

2.0.13 全负荷蓄冷 full cool storage

蓄冷装置承担设计周期内平、峰段的全部空调负荷。

2.0.14 部分负荷蓄冷 partial cool storage

蓄冷装置只承担设计周期内平、峰段的部分空调负荷。

2.0.15 双工况制冷机 refrigerating unit with dual duty

能在制冷工况和制冰工况下稳定运行，并均能达到较高能效比的制冷机。

2.0.16 基载负荷 base load

在蓄冷—释冷周期内冷负荷中较为恒定的部分。

2.0.17 基载制冷机 refrigerating unit for base load

用于满足基载负荷需求而设置的制冷机。

2.0.18 蓄冷温度 charge temperature

蓄冷工况时，载冷剂进入蓄冷装置中的温度。

2.0.19 释冷温度 discharge temperature

释冷工况时，载冷剂流出蓄冷装置的温度。

2.0.20 蓄冷速率 instantaneous storage capacity

蓄冷工况时，蓄冷装置瞬时的单位时间蓄冷量的大小。

2.0.21 释冷速率 instantaneous discharge capacity

释冷工况时，蓄冷装置瞬时的单位时间释冷量的大小。

2.0.22 低温送风 cold air distribution

送风温度不高于 10℃ 的空调送风方式。

2.0.23 运行模式 operating mode

蓄冷空调系统本身所能实现的各种运行工况。

2.0.24 控制策略 control strategy

根据控制指令和监控参数的变化，采用一定的控制逻辑和算法，设置制冷机、蓄冷装置、水泵、阀门等设备的运行状态，以达到某种控制目标的方法。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 蓄冷空调系统设计前，应对建筑物的冷负荷、空调系统的运行时间和运行特点，以及当地电力供应相关政策和分时电价情况进行调查。

3.1.2 以电力制冷的空调工程，当符合下列条件之一且经技术经济分析合理时，宜设置蓄冷空调系统：

- 1 执行峰谷电价，且差价较大的地区；
- 2 空调冷负荷高峰与电网高峰时段重合，且在电网低谷时段空调负荷较小的空调工程；
- 3 逐时负荷的峰谷悬殊，使用常规空调系统会导致装机容量过大，且大部分时间处于部分负荷下运行的空调工程；
- 4 电力容量或电力供应受到限制的空调工程；
- 5 要求部分时段备用制冷量的空调工程；
- 6 要求提供低温冷水，或要求采用低温送风的空调工程；
- 7 区域性集中供冷的空调工程。

3.1.3 蓄冷空调系统的设计应包括下列内容：

- 1 空调冷负荷计算；
- 2 确定蓄冷方式和蓄冷介质；
- 3 确定系统流程、运行模式和控制策略；
- 4 计算制冷设备、蓄冷装置的容量；
- 5 确定其他辅助设备的形式和容量；
- 6 编制蓄冷—释冷负荷逐时分配表；
- 7 计算蓄冷—释冷周期内的移峰电量、减少的电力负荷以及总能效比。

3.1.4 应根据蓄冷—释冷周期内冷负荷曲线、电网峰谷时段及

电价、建筑物能够提供的设置蓄冷设备的空间等因素，经综合比较后确定采用全负荷蓄冷或部分负荷蓄冷。

3.1.5 根据工程需要经技术经济比较后，蓄冷装置可采用下列类型：

- 1 水蓄冷装置；
- 2 盘管式蓄冰（内融冰、外融冰）装置；
- 3 封装式蓄冰装置；
- 4 冰片滑落式蓄冰装置；
- 5 冰晶式蓄冰装置。

3.1.6 蓄冷空调系统设计宜进行全年动态负荷计算和能耗分析。

3.1.7 对于改、扩建的蓄冷空调系统，应根据设备重量对放置部位的结构进行校核。

3.2 负荷计算

3.2.1 应对蓄冷空调系统一个蓄冷—释冷周期的冷负荷进行逐时计算。蓄冷—释冷周期应根据空调系统冷负荷的特点、电网峰谷时段等因素经技术经济比较确定。

3.2.2 负荷计算方法应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定；并提供蓄冷—释冷周期内逐时负荷和总负荷。

3.2.3 蓄冷—释冷周期内逐时负荷中，应计入水泵的发热量以及蓄冷槽和冷水管路的得热量。当采用低温送风空调系统时，应根据室内外参数计算是否产生附加的潜热冷负荷。

3.2.4 间歇运行的蓄冷空调系统负荷计算时，应计算初始降温冷负荷。

3.2.5 对于改建、扩建工程，蓄冷空调负荷宜采用实测和计算相结合的方法得出。

3.2.6 在方案设计和初步设计阶段，可采用冷负荷系数法或平均法对逐时冷负荷进行估算。

3.3 冷源系统设计

3.3.1 在设计阶段，应根据经济技术分析和冷负荷曲线，确定蓄冷—释冷周期内系统的逐时运行模式，以及对应的制冷机和蓄冷装置的状态。

3.3.2 全部负荷蓄冷时的总蓄冷量，应按在设计工况下平、峰段的逐时空调冷负荷的叠加值确定。

3.3.3 部分负荷蓄冷时的总蓄冷量，应根据工程的冷负荷曲线、电力峰谷时段划分、用电初装费、设备初投资费及其回收周期和设备占地面积等因素，通过经济技术分析确定。

3.3.4 蓄冷时段仍需供冷时，宜设置直接向空调系统供冷的基载制冷机；蓄冷时段所需冷量较少时，也可不设基载制冷机，由蓄冷系统同时蓄冷和供冷。

3.3.5 制冷机、蓄冷装置的容量应按下列原则确定：

1 制冷机、蓄冷装置的容量应保证在设计蓄冷时段内完成全部预定蓄冷量的储存；

2 蓄冰空调系统的制冷机应能适应制冷和制冰两种工况，其制冷量应根据生产厂商提供的性能资料，对不同工况分别计算；

3 基载制冷机容量应保证蓄冷时段空调系统需要的供冷量。

3.3.6 冷源系统设计时，制冷机应根据蓄冷方式和蓄冷温度合理选择。对于双工况制冷机，应控制冰工况的制冷量选型，同时应满足按制冷工况运行时的要求。

3.3.7 当地电力部门有其他限电政策时，所选蓄冷装置的最大小时释冷量应满足限电时段的最大小时冷负荷的要求。

3.3.8 冷源系统设计时，应对不同运行模式下蓄冷装置与制冷机的进、出介质温度进行校核。蓄冷时，应保证在蓄冷时段内储存充足的冷量；释冷时，应保证能取出足够的冷量，且释冷速率应能满足蓄冷空调系统的用冷需求。

3.3.9 制冷机的逐时制冷量宜根据白天和夜间的室外温、湿度，

选用不同的冷凝器入口温度进行计算。

3.3.10 蓄冷空调系统的蓄冷方式应根据建筑物蓄冷周期和负荷曲线、蓄冷系统规模、蓄冷装置的蓄冷和释冷特性以及现场条件等因素，经技术、经济比较后确定；蓄冷装置的蓄冷和释冷特性应满足蓄冷空调系统的需求。

3.3.11 水蓄冷系统设计应符合下列规定：

1 建筑物中具有可利用的消防水池时，应尽可能考虑其兼做蓄冷水池；

2 蓄冷混凝土水池不宜小于 100m^3 ；

3 确定蓄冷混凝土水池深度时，应考虑到水池中冷热掺混热损失，在条件允许时宜尽可能加深；

4 供回水温差不宜小于 7°C ，蓄冷容积不宜大于 $0.048\text{m}^3/\text{kWh}$ ；

5 水蓄冷蓄水温度在 $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ 时，宜采用常规制冷机组；

6 蓄冷水槽宜采用温度分层法，也可采用多水槽法、隔膜法或迷宫与折流法；

7 采用分层法的蓄冷水槽，应合理设计水流分配器，使供回水于蓄冷和释冷循环中在槽内形成重力流，并保持一个合理稳定的斜温层；

8 蓄冷时，蓄冷水槽的进水温度应保持恒定；

9 水路设计时，应采用防止系统中水倒灌的措施；

10 蓄冷水槽宜远离振动设备，当与振源较近时，应对振源采取相应的减、隔振措施。

3.3.12 水蓄冷系统的蓄冷、蓄热共用水池不应与消防水池合用。

3.3.13 盘管式蓄冰系统设计应符合下列规定：

1 应对各蓄冰单元内的冰层厚度或蓄冰量进行监控；

2 外融冰蓄冰槽应采用合理的蓄冷温度和控制措施，防止管簇间形成冰桥；对内融冰蓄冰槽，应防止膨胀容积部分形成冰帽；

3 当设置空气泵时，应设置除油过滤器，以避免压缩空气中的油液进入冰槽；空气泵的发热量应计入蓄冰槽的冷量损失；并应对钢制蓄冰槽和钢制盘管采取必要的防腐保护措施；

4 外融冰蓄冰槽的数量大于2个时，水侧宜采用并联连接。

3.3.14 封装式蓄冰系统设计应符合下列规定：

1 宜采用闭式蓄冰装置，膨胀水箱应能容纳冰水相变及载冷剂温度变化引起的体积膨胀量；当采用开式蓄冰装置时，应采取防止载冷剂溢流的措施；

2 封装冰容器配置应保证其膨胀和收缩不产生短路循环；

3 当配置矩形封装冰容器时，宜在槽内中间高度加装折流板。加装折流板的蓄冰槽，其进出口压差不应过大；

4 当配置球形封装冰容器时，可采用冰球隔网保护措施；其蓄冰槽的进出口应设集管或分配器；

5 蓄冷槽宜采用外保温；

6 出水温度控制宜采用旁通法，应设置三通阀门或联动的两通阀门进行控制。

3.3.15 冰片滑落式蓄冰系统设计应符合下列规定：

1 应合理设置制冰与脱冰循环周期；

2 蓄冰槽宜采用外保温；

3 应采取措施减少蓄冰槽内空穴的形成；

4 出水集管宜在槽底贴外壁设置，当其立管位于槽体内部时，应采取防止冰片划伤管道的遮护措施；

5 冷却塔应满足蒸发温度较高时制冷机的排热量。

3.3.16 蓄冷装置保冷层的表面温度不应低于空气的露点温度，保冷设计应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《设备及管道保冷设计导则》GB/T 15586 及《设备及管道保温设计导则》GB/T 8175 的规定。

3.3.17 现场制作开式蓄冷槽时，材料可采用钢板、混凝土或玻璃钢，并应符合下列规定：

1 蓄冷槽必须满足系统承压要求，埋地蓄冷槽还应能承受

土壤等荷载；

- 2 蓄冷槽应严密、无渗漏；
- 3 蓄冷槽及内部部件应做耐腐蚀处理；
- 4 蓄冷槽应进行槽体结构和保温结构的设计。

3.3.18 当开式系统的最高点高于蓄冷槽水位时，应采取措施以防止水泵停止时管路中发生倒空。

3.3.19 空调水系统规模较小、工作压力较低时，可采用载冷剂作为冷媒直接进入空调系统供冷；否则宜采用间接连接的蓄冷空调系统。

3.3.20 采用间接连接的冰蓄冷系统中，换热器二次水侧应采取以下防冻保护措施：

- 1 载冷剂侧应设置关断阀和旁通阀；
- 2 当载冷剂侧温度低于 2°C 时，应开启二次侧水泵。

3.3.21 冰蓄冷系统设计中，应明确所使用的载冷剂种类及浓度。载冷剂的选择应符合下列规定：

1 载冷剂的凝固点应低于制冷机制冰时的蒸发温度，沸点应高于系统最高温度；

- 2 载冷剂的物理化学性能应稳定；
- 3 载冷剂应比热大、密度小、黏度低、导热好；
- 4 载冷剂应无公害；
- 5 载冷剂中应添加防腐剂和防泡沫剂。

3.3.22 当采用乙烯乙二醇水溶液作为冰蓄冷系统的载冷剂时，应选用专门配方的工业级缓蚀性乙烯乙二醇水溶液，其配比浓度应根据蓄冰系统工作温度范围确定。

3.3.23 载冷剂管路系统的水力计算应根据选用的载冷剂物理特性进行；双工况制冷机的制冷量和换热器的传热量应根据选用的载冷剂的传热特性进行修正。

3.3.24 载冷剂管路系统应设置存液箱、补液泵、膨胀箱等设备。膨胀箱宜采用闭式，溢流管应与溶液收集箱连接。

3.3.25 乙烯乙二醇的载冷剂管路系统不应选用内壁镀锌的管材

及配件。

3.3.26 载冷剂管路循环泵宜采用机械密封型。

3.3.27 载冷剂系统设计时，应使循环泵的性能参数与不同工况对应的需求相适应。

3.3.28 应根据运行模式、控制策略合理设计系统配置和流程，蓄冷空调系统的基本流程应包括：

- 1 蓄冷装置与制冷机并联布置；
- 2 蓄冷装置与制冷机串联布置，制冷机位于上游；
- 3 蓄冷装置与制冷机串联布置，制冷机位于下游。

3.3.29 多台蓄冰装置并联时，宜采用同程式配管；当采用异程式配管时，每个蓄冰槽进液管宜设平衡阀。

3.4 末端空调系统

3.4.1 蓄冷空调系统宜使用大温差供水及低温送风空调系统。

3.4.2 蓄冷空调系统的末端表冷器出风干球温度与冷媒进口温度之间的温差不宜小于 3°C ，出风温度宜采用 $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

3.4.3 采用大温差低温供水的风机盘管机组，应符合现行国家标准《风机盘管机组》GB/T 19232的规定，并应满足设计低温运行工况下的性能要求。

3.4.4 低温送风空调系统的空气处理机组，应符合现行国家标准《组合式空调机组》GB/T 14294的规定，并应满足设计低温运行工况下的性能要求。

3.4.5 低温送风空调系统送风管道的保冷构造应有可靠的隔汽措施，送风管道的法兰、阀门及其他连接附件也应采取保冷措施，并应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019的相关规定。

3.4.6 低温送风空调系统采用的风管，其漏风量应符合国家现行标准《通风管道技术规程》JGJ 141的相关规定。

3.4.7 低温送风空调系统在空调房间送冷风的初期，应采取逐渐降低送风温度的控制策略。

3.4.8 低温送风空调系统应使送风口表面温度高于室内露点温度 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

3.5 系统监测与控制

3.5.1 蓄冷空调系统应配置自动控制系统，并宜实现下列控制内容：

- 1 参数监测与设备状态显示；
- 2 载冷剂及空调供回水温度的控制；
- 3 空调负荷的预测、记忆；
- 4 各运行模式的控制和转换；
- 5 用电量、冷量的计量与管理；
- 6 自动保护与报警。

3.5.2 蓄冷空调系统中，宜对下列参数和设备状态进行监测：

- 1 制冷机的进、出口温度和流量；
- 2 蓄冷装置的进、出口温度和流量，蓄冷量和释冷量；
- 3 空调系统供、回水温度和流量；
- 4 各电动阀门的阀位；
- 5 变频泵的频率；
- 6 其他必须监测的设备状态参数；
- 7 室外空气温湿度。

3.5.3 运行模式为制冷机蓄冷时，蓄冷工况的结束宜按下列方式确定：

- 1 依据设定的制冷机进口或出口温度或温度差，当低于该设定值时蓄冷工况结束；
- 2 依据监测的蓄冷装置蓄冷量；
- 3 依据设定的时间。

3.5.4 运行模式为制冷机蓄冷同时供冷时，可通过控制载冷剂侧三通调节阀或两个联动的两通调节阀，调节进入板式换热器载冷剂的流量，来保证空调水侧供水温度的恒定。

3.5.5 运行模式为制冷机单独供冷时，可根据设定的制冷机出

口水温调整单台制冷机的制冷量，同时根据负荷变化进行制冷机启停台数控制。

3.5.6 运行模式为蓄冷装置单独供冷时，应根据空调水侧供水温度，控制载冷剂侧三通调节阀或两个联动的两通调节阀，调节蓄冷装置的释冷量。

3.5.7 运行模式为制冷机与蓄冷装置联合供冷时，宜根据系统效率、运行费用及系统流程，采用下列控制方式：

1 制冷机优先：设定制冷机出口温度，使其满负荷运行或限定制冷量运行；当空调系统的负荷超出制冷机的制冷量时，调节蓄冷装置的流量，以实现供水温度的恒定。

2 蓄冷装置优先：设定蓄冷装置的进、出水流量，使其满负荷运行或限定释冷量运行；当空调系统的负荷超出释冷量时，按设定的出口温度开启并运行制冷机，以实现供水温度的恒定。

3 比例控制：根据蓄冷装置的剩余冷量和融冰率，按单位时段调制冷机与蓄冷装置的投入比例，投入比例可以通过调节限定制冷机制冷量，或调节限定的蓄冷装置释冷量。

3.5.8 蓄冷—释冷周期内运行策略应根据周期内空调负荷与电价制定；全年运行策略应根据全年负荷、电价及运行费用变化情况进行相应调整。

4 施工安装

4.1 一般规定

4.1.1 蓄冷空调工程施工前应有完备的设计施工图纸和有关技术文件，以及较完善的施工方案、施工组织设计，并已完成技术交底。

4.1.2 所有进场材料、产品的技术文件应齐全，产品合格证标志应清晰，外观检查应合格，并应按有关要求进行检测。

4.1.3 设备及管道系统安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 以及《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定。

4.2 设备安装

4.2.1 重大设备运输及吊装时，应制定安装方案并采取防护措施，保证施工安全。

4.2.2 制冷机、蓄冷设备及其他设备安装前的准备工作应符合下列规定：

1 机组安装前应进行设备基础验收；

2 设备到场后，建设单位、监理单位、施工单位及生产厂家应联合进行设备开箱验收，并做好验收记录；

3 设备如暂时不能安装需临时存放时，应做好防潮、防磕碰等措施；制冷机组还应避免在高温、低温环境下存放时间过长；

4 设备安装应符合说明书及安装手册要求。

4.2.3 蓄冷装置的安装应符合下列规定：

- 1 盘管式蓄冷设备在运输及安装时，应保持水平；
 - 2 封装式蓄冷设备安装时，冰球装罐时应防止冰球与钢铁、混凝土等物体相碰击或冰球之间的互相撞击，安装时严禁杂物进入罐内；
 - 3 整装蓄冷设备在临时存放及运输过程中，与设备底面的接触面应平整；
 - 4 整装蓄冷设备的基础应平整，倾斜度不应大于 0.001；
 - 5 设备安装应采用加垫片的方式进行找平；
 - 6 整装蓄冷设备底部与基础之间应加设绝热保温措施；
 - 7 系统冲洗时，不应经过蓄冷设备；
 - 8 蓄冷装置安装完毕应做水压试验和气密性试验。
- 4.2.4 现场制作开式蓄冷装置时应符合下列规定：
- 1 顶部应预留检修口；
 - 2 槽内宜做集水坑；
 - 3 排水泵可采用固定安装或移动安装方式；
 - 4 应安装注水管，最低处应设置排污管，并在排污管上加设阀门。
- 4.2.5 闭式蓄冰槽应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定。
- 4.2.6 冰片滑落式蓄冷系统的散装机组现场安装时，布水器水平度误差不应大于 0.001，蒸发板垂直误差不应大于 0.001，各管道应按设备说明书连接。
- 4.2.7 大温差低温供水的风机盘管，应按照现行国家标准《风机盘管机组》GB/T 19232 在相应低温工况下逐项检验合格。
- 4.2.8 安装于低温送风系统的风管和风口，均应具有可以证明在设计送风温度下表面不会发生结露的检验报告。

4.3 控制系统的安装

- 4.3.1 承担蓄冷控制系统安装的承包方应根据设计单位提供的

设计文件进行控制系统的深化设计，并应在系统安装前提供深化设计图纸。

4.3.2 蓄冷系统低温液体管路控制设备安装时，应防止传感器使用时结露，并做好测量电路和外部的隔离保温措施。

5 调试、检测及验收

5.1 一般规定

- 5.1.1 蓄冷空调系统调试及检测应在设备、管道、保温、配套电气等施工全部完成后进行。
- 5.1.2 蓄冷空调系统调试及检测宜在夏季进行，联合调试宜在最热月或与设计室外参数相近的条件下进行。
- 5.1.3 施工单位应负责系统调试，并提供书面报告。
- 5.1.4 蓄冷空调系统的调试、检测及验收除按本规程执行外，还应符合国家现行有关标准的规定及设计文件的要求。
- 5.1.5 检测、调试所采用的测试仪器仪表，应经国家技术质量监督部门标定，并提供相应测量范围、精度的标定证明。

5.2 设备调试

- 5.2.1 蓄冷空调系统调试前，应进行制冷机、水泵、蓄冷装置、换热器、末端空调系统等单体设备的试运行和调试。
- 5.2.2 首次启动制冰循环前，应符合下列规定：
 - 1 蓄冷空调系统使用载冷剂的性质及浓度应符合设计要求；
 - 2 所有循环水泵试运行完毕；
 - 3 所有操作和安全控制器的接线正确；
 - 4 有足够的负荷消耗冰槽内所蓄的冰；
 - 5 混凝土蓄冷槽在初次使用时，应使槽内水温逐渐降到设计工况。

5.3 控制系统的调试

- 5.3.1 控制系统的调试应在满足下列条件后进行：
 - 1 蓄冷系统的设备全部安装完毕，线路敷设和接线均应符

合设计图纸要求；

2 蓄冷系统的受控设备、子系统单体及自身系统的调试结束，设备或子系统的测试数据应符合设计和工艺要求；

3 系统的调试环境和工业卫生条件（温度、湿度、防静电、电磁干扰等）应符合设备的要求。

5.3.2 控制系统设备的单体调试应符合下列规定：

1 设备的外观和安装状况应符合要求；

2 按照控制器的要求应已进行过运行可靠性测试；

3 控制器、输入输出组件和监控点元件的硬件、接线的位置与软件的地址、型号、状态等应完全一致；

4 应使用计算机或现场测试仪器，对控制器和现场控制设备以手动控制方式，按照设计要求对模拟量、数字量输入输出进行测试，并作记录。

5.3.3 蓄冷控制系统通过调试应具备下列功能：

1 应具备与其他子系统进行通信的能力；

2 对蓄冷系统内各类设备的控制应安全、可靠；

3 应具备实时采集、记录和保存设备、关键点的运行数据的能力。

5.4 系统调试和验收

5.4.1 载冷剂兑制时，水的总硬度值应低于 100mg/L，氯化物和硫酸盐的含量宜分别小于 25mg/L。

5.4.2 载冷剂的充灌应在系统冲洗和试压完毕后进行，充灌前应保证管路及设备中的水及冲洗液排净，泄水阀应关闭，排气阀应开启。

5.4.3 载冷剂的浓度检测及调整时，应开启载冷剂循环泵，从不同的泄水点取液进行相对密度检测，并应根据浓度进行补液调整，系统中载冷剂的浓度应达到设计要求。

5.4.4 盘管式蓄冰槽应保证其蓄冰量为零时的水量，应检查液位量符合设备要求。

5.4.5 蓄冷空调系统联合调试前，应对设计文件要求的各运行模式进行试运转。试运转一个蓄冷—释冷周期结束后，应做不少于两个蓄冷—释冷周期的工况测试。

5.4.6 蓄冷—释冷周期的工况检测和验收应包括以下内容：

- 1 系统的运行模式；
- 2 制冷机、蓄冷装置、水泵、阀门等各设备的运行状态；
- 3 载冷剂及空调供、回水温度；
- 4 制冷机、水泵等设备的耗电量。

5.4.7 制冷机单独供冷工况调试和验收应符合下列规定：

- 1 系统连续运行应正常、平稳，水泵压力及电流不应出现大幅波动，系统运行噪声应符合设计要求；
- 2 冷冻水及冷却水系统压力、温度、流量应满足设计要求；
- 3 多台制冷机及冷却塔并联运行时，各制冷机及冷却塔的水流量与设计流量的偏差不应大于10%。

5.4.8 制冷机蓄冷及蓄冷装置单独供冷运行模式的调试和验收应符合下列规定：

- 1 系统载冷剂的流量、压力、温度应与设计参数相符；
- 2 系统实际蓄冷量和释冷量应达到设计要求；
- 3 系统的蓄冷速率和释冷速率应满足设计要求；
- 4 系统在蓄冷、释冷过程中应运行正常、平稳，水泵压力及电流不应出现大幅波动，系统运行噪声应符合设计要求。

5.4.9 蓄冷空调系统联合调试和验收应符合下列规定：

- 1 单体设备及主要部件联动应符合设计要求，动作协调、正确，无异常；
- 2 各运行模式下系统运行应正常、平稳，所有运行参数应满足设计要求；各运行模式转换时应动作灵敏、正确；
- 3 系统运行过程中管路不应有泄漏以及产生凝结水等现象；
- 4 系统各项保护措施应反应灵敏、动作可靠；
- 5 各自控计量检测元件及执行机构应工作正常，对系统各项参数的反馈及动作应正确、及时。

6 蓄冷空调系统的运行管理

- 6.0.1** 蓄冷空调系统应经调试验收后方可正式投入运行。
- 6.0.2** 运行人员应经培训、考核合格，并应按规定取得相应级别的操作证后方可上岗操作。运行操作应按照安装单位和产品制造厂家提供的使用说明、操作规程以及设计文件的规定进行。
- 6.0.3** 使用单位应根据冷负荷特点、系统特性及电力供应状况等因素经技术经济比较后，制定合理的全年运行策略，并应制定相应的操作规程。在日常运行中，应根据日冷负荷变化的特点选择合理的运行模式。
- 6.0.4** 蓄冷空调系统应优先利用电网的低谷时段电力蓄冷，优化平价时段的运行方式。
- 6.0.5** 在设有基载制冷机的蓄冷空调系统中，在用电低谷段时应优先利用基载制冷机直接供冷。在用电高峰时段，宜少开或停止制冷机的直接供冷。
- 6.0.6** 应定期检修、保养制冷机，提高其制冷性能系数(COP)。
- 6.0.7** 应定期检查和维修水、空气输送系统。
- 6.0.8** 蓄冷装置的维护应符合下列规定：
- 1 应定期检查蓄冷装置内外紧固件是否牢固，槽体构架和支撑架是否腐蚀；
 - 2 应定期检查蓄冷装置内部管束是否结垢和腐蚀，是否有微生物滋生等；
 - 3 应定期对设置的高低液位报警装置进行检查、维护；
 - 4 每个供冷季前应对蓄冷装置水位进行校准。
- 6.0.9** 表冷器、板式换热器、风机盘管机组、冷却塔、水过滤器及空气过滤器等应定期检查、清洗。

- 6.0.10** 蓄冷空调系统的载冷剂应每年进行一次抽样测试分析，其浓度和碱度应满足要求。
- 6.0.11** 盘管式蓄冰槽应保证无冰时的水量，液位应符合产品要求。检查液位量时，应将冰槽中的冰完全融化，检查视管中的液位，根据需要对冰槽进行加水或放水。
- 6.0.12** 应定期检查和改善蓄冷装置等其他设备及各类输送管道的保温性能，并按现行国家标准《设备及管道保温效果的测试与评价》GB/T 8174 执行。
- 6.0.13** 冷冻水和冷却水应定期进行处理，并按现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050 执行。
- 6.0.14** 自动控制设备及监测计量仪表应定期维修、校核。
- 6.0.15** 应建立运行管理、维修等规章制度，以及运行日志和设备的技术档案。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

蓄冷空调工程技术规程

JGJ 158 - 2008

条文说明

前 言

《蓄冷空调工程技术规程》JGJ 158 - 2008 经住房和城乡建设部 2008 年 8 月 5 日以第 74 号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《蓄冷空调工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄中国建筑科学研究院空气调节研究所标准规范室（地址：北京北三环东路 30 号；邮编：100013；E-mail: kts@cabr.com.cn）。

目 次

1	总则	26
2	术语	27
3	设计	28
3.1	一般规定	28
3.2	负荷计算	29
3.3	冷源系统设计	32
3.4	末端空调系统	38
3.5	系统监测与控制	39
4	施工安装	41
4.2	设备安装	41
4.3	控制系统的安装	41
5	调试、检测及验收	43
5.1	一般规定	43
5.2	设备调试	43
5.3	控制系统的调试	43
5.4	系统调试和验收	44
6	蓄冷空调系统的运行管理	45

1 总 则

1.0.1 近年来，虽然电力工业有了较大的发展，但我国电力紧张的局面仍未得到根本的缓和，其中主要的原因是电网负荷率低，高峰电力严重不足，低谷电力不能充分利用。与此同时，我国的城市用电结构也不断发生变化，建筑物空调系统的负荷比例日益增加。为充分利用现有电力资源，鼓励夜间使用低谷电，国家和各地区电力部门制定了峰谷电价差政策。蓄冷空调系统对转移电力高峰、平衡电网负荷，有积极作用，因此，近年在国内得到了日益广泛的应用。但是由于缺乏相应标准规范的约束，蓄冷空调系统的推广呈现出很大的盲目性。为了规范蓄冷空调系统的设计、施工、调试、验收和运行管理，确保系统安全可靠的运行，特制定本规程。

1.0.2 共晶盐蓄冷是利用相变温度为 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 的无机盐溶液作为载冷剂的一种蓄冷方式。季节性蓄冷是指利用冬季时蓄存的冰、雪等天然冷源作为夏季冷源的空调方式。这两种方法目前国内应用较少，所以暂不含在本规程范围内。

1.0.3 根据国家主管部门有关编制和修订工程建设标准、规范等的统一规定，为了精简规程内容，已有的相关国家和行业标准、规范等明确规定的內容，除确有必要明确说明的部分外，本规程均不再另设条文。本条文的目的是强调在执行本规程的同时，还应注意贯彻执行相关标准、规范等的有关规定。

2 术 语

2.0.3 冰蓄冷系统中，一般是指按一定比例配制的防冻剂溶液。

2.0.8 外融冰方式是由温度较高的空调回水直接进入盘管外的蓄冰槽内流动，由外向内融化盘管外表面的冰层。内融冰方式是由温度较高的载冷剂在盘管内流动，由内向外融化盘管外表面的冰层。

2.0.15 各种双工况制冷机 COP 值参见表 2。

2.0.22 本规程定义送风温度不高于 10℃ 是低温送风。

2.0.23 蓄冷空调系统的运行模式主要包括：

- 1 制冷机蓄冷；
- 2 制冷机单独供冷；
- 3 蓄冷装置单独供冷；
- 4 制冷机同时蓄冷和供冷；
- 5 制冷机与蓄冷装置联合供冷。

2.0.24 包括以下两个层次的控制内容：

1 在某种运行模式下，定义各控制回路如何作用，各被控变量的设定值如何根据负荷和系统状态变化，以满足该运行模式的系统要求。

2 定义蓄冷空调系统的总体控制方法，包括在不同时期不同时段选择何种运行模式，以及选择何种控制手段实现各运行模式的控制，以使蓄冷空调系统能够经济、安全地运行。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 本条所列内容是蓄冷空调系统设计的依据，也是蓄冷空调系统技术经济性比较的依据。

3.1.2 当空调系统的一次能源为除电以外的其他能源时，由于不存在电力需求与电量的费用，一般不宜采用蓄冷系统。除非制冷机等设备的容量能够有效地减小，达到合理的初投资和运行费用，如采用大温差的低温水区域供冷时。

在对蓄冷空调系统进行技术经济分析时，需要考虑以下因素对空调系统初投资的影响：

1 增加蓄冷装置、相应自动控制系统及其他设备（蓄冰空调系统主要有换热器和载冷剂）所增加的一次投资；

2 制冷机、水泵等设备及输配系统容量变化所带来的投资变化；

3 采用低温送风系统时所节省的空调送风系统的一次投资；

4 空调系统电力容量减小对一次投资的影响；

5 考虑当地蓄冷空调电力优惠政策对一次投资的影响。

还需要考虑以下因素对运行费用的影响：

1 峰谷电价差对运行费用的影响；

2 夜间蓄冷时制冷机的冷凝温度降低，制冷机 COP 提高对运行费用的影响；

3 夜间蓄冷和间接系统制冷机供冷时的蒸发温度降低，制冷机 COP 降低对运行费用的影响；

4 蓄冷空调系统的冷量损失增加对运行费用的影响；

5 水系统和风系统输配能耗减小对运行费用的影响；

6 蓄冷系统额外的维护。

3.1.3 本条列出了蓄冷空调系统不同于其他空调系统的一些设计内容。由于每一个具体的工程设计都有其各自的特点，工程设计所包括的内容也必将各有差异。本条列出的只是蓄冷空调系统设计中通常包括的内容。第7款的“移峰电量”是指蓄冷—释冷周期内转移的电力高峰时段电量，单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ；“减少的电力负荷”即指与采用非蓄冷空调系统相比较，制冷机功率减少的数量，单位为 kW ；“总能效比”是指一个蓄冷—释冷周期内，蓄冷空调系统的总供冷量与总耗电量的比值。

3.1.4 对于用冷时间短，并且在用电高峰时段需冷量相对较大的系统，可以采用全负荷蓄冷；一般工程建议采用部分负荷蓄冷。在设计蓄冷—释冷周期内采用部分负荷的蓄冷空调系统，应考虑其在负荷较小时能够以全负荷蓄冷方式运行。

3.1.6 对蓄冷空调系统，本规程推荐进行全年动态负荷计算和能耗分析。以全年动态负荷逐时计算为基础，进行全年能耗计算和运行费用评估，可以为蓄冷空调系统的设计和决策提供可靠的依据。但鉴于目前我国动态负荷计算软件还没有完全普及，因此本条未做硬性规定。

3.2 负荷计算

3.2.1 一般选择以一个设计日为空调系统的蓄冷—释冷周期；根据空调负荷的周期性变化规律，也有以更长的时间作为一个蓄冷—释冷周期的。

3.2.2 对于蓄冷—释冷周期大于一个设计日的蓄冷空调系统，在进行蓄冷—释冷周期内逐时负荷计算时，其室外气象参数以当地标准年气象数据为准，并选择平均温度最高的时间段，以该时间段内的室外逐时温度作为蓄冷—释冷周期内各天的室外计算逐时温度。

3.2.3 在常规空调制冷系统中被忽视的相对较小的得热量，其在最大小时负荷中有可能只占很小的比例，但在蓄冷空调系统的累计负荷中却可能占有很大的量。所以蓄冷空调的冷负荷应充分

考虑各种附加得热。

当空调末端采用低温送风方式时，室内湿度一般较常规空调系统低，当室内设计干球温度不变时，将产生附加的渗透潜热冷负荷，要将这部分计算到空调冷负荷。同时也有研究表明，当室内湿度降低时，适当提高室内设计干球温度不会改变室内的舒适度，这时空调负荷可相应减少。

在方案设计或初步设计阶段，无法对附加得热进行详细计算时，可以按设计蓄冷—释冷周期内总负荷的5%~10%估算总的附加得热。

3.2.4 在空调系统运行开始后的1~2h内，它一般还要满足房间不使用时的得热量所形成的冷负荷。这样的负荷一般不会影响非蓄冷空调系统的负荷大小，但在蓄冷空调系统中应该予以考虑。推荐采用动态能耗计算软件对间歇期和空调运行期进行模拟计算，或将开启空调系统前0.5~1.5h的负荷计入蓄冷系统负荷。

3.2.5 对于已建成的原有建筑物改造工程，原有负荷数据的主要来源包括：

- 1 原空调系统控制系统的历史记录；
- 2 原空调系统冷水机组运行记录；
- 3 在与设计气象数据相近的条件下进行测试得到的数据；
- 4 根据非设计气象条件下的测试数据建立数学模型，计算设计气象条件下的负荷。

3.2.6 在蓄冷空调的方案设计阶段和初步设计阶段，蓄冷空调的负荷计算可采用系数法和平均法估算出设计周期内的逐时冷负荷。而在蓄冷空调系统的施工图设计阶段，负荷计算不应再采用估算得出。现阶段空调冷负荷的计算软件，应用极其普及和简便、快捷。对于常用的蓄冷—释冷周期为24h的蓄冷空调负荷的计算，采用计算机软件对逐时负荷进行计算既快又准确，建议在蓄冷空调的方案设计阶段和初步设计阶段均可采用逐时冷负荷算法。

1 系数法

$$q_i = K \cdot q_{\max} \quad (1)$$

式中 q_i —— i 时刻空调冷负荷 (kW);

K —— 逐时冷负荷系数, 可参考表 1 取值;

q_{\max} —— 高峰小时冷负荷 (kW)。

表 1 逐时冷负荷系数 K 取值表

时间	写字楼	宾馆	商场	餐厅	咖啡厅	夜总会	保龄球
1:00	0	0.16	0	0	0	0	0
2:00	0	0.16	0	0	0	0	0
3:00	0	0.25	0	0	0	0	0
4:00	0	0.25	0	0	0	0	0
5:00	0	0.25	0	0	0	0	0
6:00	0	0.50	0	0	0	0	0
7:00	0.31	0.59	0	0	0	0	0
8:00	0.43	0.67	0.40	0.34	0.32	0	0
9:00	0.70	0.67	0.50	0.40	0.37	0	0
10:00	0.89	0.75	0.76	0.54	0.48	0	0.30
11:00	0.91	0.84	0.80	0.72	0.70	0	0.38
12:00	0.86	0.90	0.88	0.91	0.86	0.40	0.48
13:00	0.86	1.00	0.94	1.00	0.97	0.40	0.62
14:00	0.89	1.00	0.96	0.98	1.00	0.40	0.76
15:00	1.00	0.92	1.00	0.86	1.00	0.41	0.80
16:00	1.00	0.84	0.96	0.72	0.96	0.47	0.84
17:00	0.90	0.84	0.85	0.62	0.87	0.60	0.84
18:00	0.57	0.74	0.80	0.61	0.81	0.76	0.86
19:00	0.31	0.74	0.64	0.65	0.75	0.89	0.93
20:00	0.22	0.50	0.50	0.69	0.65	1.00	1.00
21:00	0.18	0.50	0.40	0.61	0.48	0.92	0.98
22:00	0.18	0.33	0	0	0	0.87	0.85
23:00	0	0.16	0	0	0	0.78	0.48
24:00	0	0.16	0	0	0	0.71	0.30

2 平均法:

设计日总冷量可以按下式计算:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = n \cdot m \cdot q_{\max} = n \cdot q_p \quad (2)$$

式中 q_i —— i 时刻空调冷负荷 (kW);

q_{\max} —— 峰值小时冷负荷 (kW);

q_p —— 日平均冷负荷 (kW);

n —— 典型设计日空调运行小时数;

m —— 平均负荷系数, 等于日平均冷负荷与峰值小时冷负荷的比值, 一般取 0.75~0.85。

3.3 冷源系统设计

3.3.2~3.3.5 全负荷蓄冷时:

1 蓄冷装置有效容量: $Q_s = \sum_{i=1}^{24} q_i = n_1 \times c_f \times q_c \quad (3)$

2 蓄冷装置名义容量: $Q_{so} = \epsilon \times Q_s \quad (4)$

3 制冷机标定制冷量: $q_c = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_i}{n_1 \times c_f} \quad (5)$

式中 Q_s —— 蓄冷装置有效容量 (kW·h);

Q_{so} —— 蓄冷装置名义容量 (kW·h);

q_i —— 建筑物逐时冷负荷 (kW);

n_1 —— 夜间制冷机在蓄冷工况下运行的小时数 (h);

c_f —— 制冷机蓄冷时制冷能力的变化率, 即实际制冷量与标定制冷量的比值;

q_c —— 制冷机的标定制冷量 (空调工况) (kW);

ϵ —— 蓄冷装置的实际放大系数 (无因次)。

部分负荷蓄冷时:

1 蓄冷装置有效容量: $Q_s = n_1 \times c_f \times q_c \quad (6)$

2 蓄冷装置名义容量: $Q_{so} = \epsilon \times Q_s \quad (7)$

$$3 \text{ 制冷机名义制冷量: } q_c = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_i}{n_2 + n_1 \times c_f} \quad (8)$$

式中 n_2 ——白天制冷机在空调工况下运行的小时数 (h)。

当白天制冷机在空调工况下运行时, 如果计算得到的制冷机名义制冷量 q_c 大于该时段内的 n 个小时制冷机承担的逐时冷负荷 q_j 、 q_k 、 \dots 则需对白天制冷机在空调工况下运行的小时数 n_2 进行实际修正变为 n'_2 , 并将其代入以上公式。 n_2 的实际修正值 n'_2 可以按以下公式计算:

$$n'_2 = (n_2 - n) + \frac{q_j + q_k + \dots}{q_c} \quad (9)$$

3.3.6 蓄冷系统的双工况制冷机是在空调工况和制冰工况下运行, 要兼顾这两种工况都能达到较高的能效比 (COP)。

制冷机在制冰工况的产冷量小于空调工况制冷量, 一般蒸发温度每降低 1°C , 产生冷量会减少 $2\% \sim 3\%$ 。另外, 冷凝温度每降低 1°C , 产冷量可提高 1.5% 。

设计时要确定制冷机组蒸发温度和冷凝温度的范围, 并由设备厂商提供该范围内的设备性能参数。常用的冷水机组特性参见表 2。

表 2 蓄冷制冷机特性

制冷机	最低供冷温度 ($^\circ\text{C}$)	制冷机效率 (COP 值)		典型选用容量范围 (空调工况下)	
		制冷工况	制冰工况	(kW)	(RT)
往复式	-12~-10	4.1~5.4	2.9~3.9	90~530	25~150
螺杆式	-12~-7	4.1~5.4	2.9~3.9	180~1900	50~550
离心式	-15~-6	5.0~5.9	3.5~4.5	700~7000	200~2000
螺旋式	-9.0	3.8~4.5	1.2~1.3	70~210	20~60
吸收式	4.4	0.65~1.23	—	700~5600	200~1600

3.3.7 为满足限电要求时, 蓄冷装置有效容量:

$$Q_s \geq \frac{q'_{i\max}}{\eta_{\max}} \quad (10)$$

为满足限电要求，修正后的制冷机标定制冷量：

$$q'_c \geq \frac{Q'_s}{n_1 \cdot c_f} \quad (11)$$

式中 Q'_s ——为满足限电要求所需的蓄冷装置容量 (kWh)；

η_{\max} ——所选蓄冰设备的最大小时取冷率；

$q'_{i\max}$ ——限电时段空气调节系统的最大小时冷负荷 (kW)；

q'_c ——修正后的制冷机标定制冷量 (kW)。

3.3.8 在选定制冷机和蓄冷装置后，根据其设备性能参数，需要对制冷机和蓄冷装置逐时状态及对应进出口温度进行校核。

3.3.9 对于双工况制冷机，一般来说，冷凝温度每降低 1°C ，产冷量可提高 1.5%。用于蓄冷空调系统的冷水机组，多数夜间用于蓄冷工况的运行。由于夜间室外干球和湿球温度均较白天有所下降，因此根据冷水机组夜间蓄冷运行时间长的实际情况，可将冷水机的冷凝器入口温度分别取值。

对于水冷式冷水机，选择冷水机冷量时白天建议按进水温度 32°C 考虑，夜间蓄冷工况可以按进水温度 30°C 选择冷水机组冷量，或根据当地的晚间实际气象统计参数确定。

3.3.10 目前国内应用较多，比较成熟的蓄冷方式有水蓄冷、盘管式蓄冰、封装式（冰球、冰板式）蓄冰。动态制冰（又称冰片滑落式或收冰式）蓄冰、冰晶式蓄冰以及优态盐蓄冰方式目前应用较少。各种常见蓄冷方式的特性及特点参见表 3。

表 3 各种常见蓄冷方式的特性及特点

对比内容	水蓄冷系统	冰片滑落式系统	外融冰系统	内融冰系统	封装冰系统
制冷（冰）方式	静态	动态	静态	静态	静态
制冷机	标准单工况制冷机	分装式或组装式制冷机	直接蒸发式或双工况制冷机	双工况制冷机	双工况制冷机
蓄冷容积 (m ³ /kWh)	0.048~0.169	0.024~0.027	0.03	0.019~0.023	0.019~0.023

续表 3

对比内容	水蓄冷系统	冰片滑落式系统	外融冰系统	内融冰系统	封装冰系统
蓄冷温度 (°C)	4~6	-9~-4	-9~-4	-6~-3	-6~-3
释冷温度 (°C)	4~7	1~2	1~3	2~6	2~6
释冷速率	中	快	快	慢	慢
释冷液体	水	水	水	载冷剂	载冷剂
蓄冷工况下制冷机能效比 (COP 值)	5.0~5.9	2.7~3.7	2.5~4.1	2.9~4.1	2.9~4.1
蓄冷结构形式	开式	开式	开式	闭式	开式或闭式
特点	可选用标准制冷机并可兼用消防水池	瞬时释冷速率高	瞬时释冷速率高	模块式槽形, 适用于各种规模	槽体外形设置灵活
适用范围	空调	空调、食品加工	空调、工艺制冷	空调	空调

不同的蓄冷装置其蓄冷、释冷特性不同。同一蓄冷装置, 随着蓄冷百分比的增加, 蓄冷速率一般会有所下降, 所需要的蓄冷温度也随之降低; 释冷时, 随着释冷百分比的增加, 释冷速率下降, 释冷温度随之上升。设计时需要由制造厂商提供详细的蓄冷、释冷特性曲线图表。

3.3.11 水蓄冷槽容积可以按下式计算:

$$L = \frac{3600Q}{K \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t} \quad (12)$$

式中 L ——水槽的设计容积 (m^3);

Q ——水槽的设计蓄冷量 (kWh);

K ——水槽的性能指数, 指在一个蓄冷放冷周期内水槽的输出与输入能量之比, 可以取 0.85~0.9;

ρ ——水的密度(kg/m^3);

c ——水的比热容 $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$;

Δt ——水槽的供回水温差(K)。

采用分层式蓄冷水槽时,在条件允许时要尽可能加高,以减少冷热掺混。水流分配器一般为八角形或 H 形,分配器进口雷诺数 (Re) 在 240~850 之间,流速要均匀并小于 0.3m/s,分支流量分配均匀。

3.3.13 外融冰蓄冷系统可提供 $1\sim 2^\circ\text{C}$ 的供水温度,冰层厚度应根据供水温度要求和制冷系统工作温度合理配置。冰桥的产生会导致释冷周期内部分冰不能融化,造成效率损失,因此需采取合理措施和控制策略加以避免。设置搅拌装置,并采用合理的蓄冷温度和控制措施,以防止管簇间形成冰桥;当一个蓄冰槽内置有多个蓄冰单元时,要安装折流板,使冷水蜿蜒均匀地流过盘管。当采用制冷剂直接制冰的外融冰蓄冷系统时,需要对制冷剂管路进行合理的设计,并要符合《冷库设计规范》GB 50072 中制冷部分的规定。

3.3.14 封装冰容器一般包括表面带凹凸波纹的软质容器,或由高密度聚氯乙烯制成的硬质容器。当采用软质容器时,需考虑冰—水相变体积膨胀挤占载冷剂容积。加装折流板的蓄冰槽,当进出口压差过大时,可能使折流板受损。由于封装冰容器的移动可能磨损内保温,因此当采用内保温时,要确保内表面有足够的硬度。在槽内中间高度加装折流板,可改善传热效果。蓄冰槽的进出口要设集管或分配器,使流体能均匀流通。

3.3.15 采用冰片滑落式蓄冰装置时,由于冰片是靠自重落入蓄冷槽内的,冰片堆积形成冰锥形,建议其静角在 $20^\circ\sim 40^\circ$ 的范围内。蓄冷槽内的起止水位对槽内冰的分布也有影响,需选择合适的起止水位,过高的水位能使冰浮起,在蓄冷槽底部形成空白区,而过低的水位会增加冰锥的静止角。可以增加槽体高度、采用多个落冰口、降低初次充水水位或采用机械手段,以减少蓄冰槽内空穴的形成。当槽体采用内保温时,要确保内表面有足够的

硬度。根据蓄冷一释冷周期，合理设置制冰与融霜周期，使融霜能够及时剥落，并保证效率。

3.3.16 保冷设计要保证冷量损失最大不超过每日蓄冷量的5%。蓄冷槽的冷量损失取决于表面积、槽壁导热系数、槽周围物质温度和槽体内蓄冷介质温度。保冷需采用闭孔型材料。设置在室外的蓄冷槽要在外表面做防水处理。暴露于阳光下的蓄冷槽，表面需为浅色或反射面，以减少辐射得热。

在进行保冷设计时要考虑蓄冷槽底部、槽壁的绝热。对于水蓄冷槽如果由底部传入的热量大于从侧壁导入的热量，则可能形成水温分布的逆转从而诱发对流，破坏分层效果，因此要特别注意。

3.3.17 蓄冷槽一般用钢板、混凝土、玻璃纤维或塑料制作。为确保建筑物的安全，当采用建筑物的外围护结构作蓄冷槽池壁时，需要事先与土建工程师进行商榷，对于湿陷性黄土地上的建筑物尤为重要。

3.3.18 在外融冰系统和水蓄冷系统中，采用开式系统或闭式系统需根据系统供水温度、水泵能耗等因素确定；如果采用开式系统直接连接蓄冷槽与空调末端时，当水泵停止运转时要保证系统管路及设备不发生倒空。

3.3.19 对于以全空气为主的空调系统，推荐采用直接连接，通常采用此连接方式可降低设备的初投资和系统今后运行的费用。当空调系统最大冷负荷大于700kW时，一般要采用间接连接。

3.3.20 在蓄冷期如有空调负荷时，不能全部旁通。

3.3.22 冰蓄冷空调系统中最常用的载冷剂为乙烯乙二醇水溶液。非缓蚀性乙烯乙二醇溶液一般腐蚀性较强，因此不要采用。冰蓄冷系统经常采用的乙烯乙二醇水溶液浓度为25%~30%（质量比）。

3.3.23 不同浓度的乙烯乙二醇水溶液，其密度、黏度、比热、传热系数等特性参数也不同。对管路系统的水力计算影响较大，不可以按常规的水管路进行水力计算。对制冷机的制冷量和板式

换热器的传热系统也有影响。一般双工况主机制冷量下降约2%，板式换热器传热系数下降约10%，所以在满足蓄冰温度的前提下，要尽可能降低溶液的浓度。

载冷剂系统管道阻力和流量的水力计算，也可以按常规系统的计算方法进行，但其流量和管道阻力要按表4提供的系数进行修正。

表4 乙烯乙二醇水溶液管道的流量和阻力修正系数

重量百分比浓度 (%)	相变温度 (°C)	流量修正系数	管道阻力修正系数	
			5°C	-5°C
25	-10.7	1.08	1.22	1.36
30	-14.1	1.1	1.257	1.386

3.3.27 蓄冷空调系统在不同的运行模式和运行工况下，其载冷剂管路系统可能需要不同的流量和扬程，此时需采取变频、双级泵或其他措施，使循环泵的参数与不同工况对应的环路阻力损失和流量相适应。

3.4 末端空调系统

3.4.1 蓄冷空调系统采用低温送风有利于节省风机和水泵的输送能耗，但是低温送风后，会造成室内相对湿度偏低，因此对于有特殊要求的工艺性空调不建议使用低温送风系统。

3.4.2 为了减少水泵和风机的输送能耗，因此设定这几个系统温度。

3.4.3 低温送风系统采用的风机盘管，进水温度和出风温度偏低。因此，其设计指标不同于普通风机盘管。其表冷盘管迎风面风速一般采用1.5~2.3m/s的处理风速，低于普通风机盘管。另外，其凝露条件更为恶劣。因此，低温送风系统推荐选用专门为低温送风设计的低温送风风机盘管，并满足《风机盘管机组》GB/T 19232在相应低温工况下的性能要求。

3.4.5 风道中的送风温度更低，风管及其配件的保温要求相应

要提高。

3.4.6 风管漏风会造成大量的能量损失，而且在泄漏点会造成凝露。

3.4.7 当房间内初始温、湿度较高时，较低的送风温度可能导致风口等部位发生结露，因此需要采取措施加以避免。可以通过逐渐调节末端空气处理设备的旁通水量或风量的方法。

3.4.8 普通风口会造成吹风感，而且送风温度偏低也易在风口造成凝露和吹雾现象，所以应该采用相应的技术措施避免这一问题发生，例如采用高扩散诱导风口。但无论采用任何技术措施，其根本目的是防止凝露的发生。

3.5 系统监测与控制

3.5.1 监测及自动控制系统需要根据蓄冷—释冷周期内系统状态、负荷状况和时段切换运行模式，采取相应的控制策略。

3.5.2 对于水蓄冷系统，一般在蓄冷水槽内垂直方向设置温度传感器，检测垂直方向的水温分布，并由此得到蓄冷量，传感器间距建议不小于 200mm。

对于盘管式蓄冰装置，一般设置水位传感器、冰量传感器或冰层厚度传感器，当蓄冰槽内配置有空气泵时，要考虑其对水位传感器的影响。

对于封装式蓄冰设备一般根据蓄冰槽是开式或闭式、封装冰容器是硬质或软质、有无波纹等情况，分别采用监测静压水位，监测膨胀蓄液槽的水位，或监测蓄冰槽的流量与温度的方法，对蓄冰量进行监测。

3.5.3 一般在电力低谷时段且无空调负荷，或设有基载制冷机承担非峰负荷的情况下，切换到“制冷机蓄冷”模式。蓄冷结束的控制由蓄冷装置的特性确定。在过渡季空调负荷较小，只需要部分的蓄冷量时，可以采取限定制冷机制冷量，或调整台数的方法蓄冷。

3.5.4 一般在电力非峰时段有空调负荷，且无基载制冷机的情

况下，切换到“制冷机蓄冷同时供冷”模式。一般通过控制换热器的旁通流量控制空调供水温度，蓄冷控制方法与第 3.5.3 条类似。

3.5.5 一般在基载制冷机供冷，或电力平段，或蓄冷装置检修时，启动“制冷机组单独供冷”模式。

3.5.6 运行策略为全负荷蓄冷的电力高峰时段，启动“蓄冷装置单独供冷”模式。

3.5.7 运行策略为部分负荷蓄冷的电力高峰时段，启动“制冷机与蓄冷装置联合供冷”模式。

制冷机优先的控制策略和控制方法简单，但建议采取有效方法充分地利用蓄冷装置的蓄冷量，如在负荷预测的基础上限定制冷机的制冷量。

采用蓄冷装置优先的控制策略时，要防止蓄冷量过早地释放，以致空调负荷高峰时供水温度失控和供冷量失控，因此需要采取在负荷预测基础上限定制冷机制冷量的优化控制方法。

比例控制方法是根据对系统的负荷预测和实际监测到的蓄冷装置的剩余冷量和融冰率，控制制冷机或蓄冷装置的限定值，调整制冷机与蓄冷装置的投入比例，特别是大温差低温供水蓄冷系统比例的分配尤为重要。

4 施工安装

4.2 设备安装

4.2.2 设备开箱验收主要包括：设备型号及参数是否与设计相符、机组外观是否完好、机组有无漏油情况、机组锈蚀情况等。

基础验收要求：基础定位位置、外形尺寸、标高、预留孔洞尺寸及深度需满足设计及厂家技术文件要求，同时要求基础面坡度不大于 0.2%，并不能有坑洼等情况。基础干燥程度达到 75% 以上，方可进行机组的就位安装。

蓄冷设备的检验项目主要包括：

- 1 外观应无磕碰、变形等缺陷；
- 2 各管路接口无变形，封堵严密；
- 3 随机配件无缺失；

4 设备气压试验按照现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 进行。

4.2.3 蓄冷装置的水压试验和气密性试验要符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274 的相关要求。

4.2.4 蓄冰槽顶部的检修口可根据不同蓄冰装置的安装要求，预留不同形式的检修口。排水泵可以固定安装在集水坑内，排水管从蓄冰槽上引出至排放位置；排水泵也可以在其应用时将其放入蓄冰槽的集水坑内，用排水软管将水引至最近的排水位置。采用后者时，要在集水坑对应的蓄冰槽顶部预留检修口。

4.3 控制系统的安装

4.3.1 根据现行建设部编制的《建筑工程设计文件编制深度规定》（2003 年 6 月实施）要求，承担控制系统安装的承包方，需

要提供控制系统的深化设计图纸，设计单位负责审查与此相关的深化设计图。控制系统的安装还要满足现行控制系统主要技术标准与规范。

4.3.2 对于双工况制冷机的控制以及运行参数的监测通常有以下两种连接方式：

1 直接通过机组上控制柜预留的远程接点（启停、状态、故障、温度等），单点连接到现场控制器上。

2 通过各制冷机生产厂商提供的通信接口直接连接到管理计算机，监测制冷机各工况下的运行参数。但必须符合自控系统的通讯标准和协议，能够作为系统数据点统一监控编程。

5 调试、检测及验收

5.1 一般规定

5.1.2 系统调试需要有足够的负荷以消耗调试过程的制冷量，保证调试的正常进行，建议调试不要安排在冬季进行。如果冬季进行调试，要有可靠的防冻措施和足够的冷负荷消耗。

5.1.3 系统调试由施工单位负责进行，监理单位组织各相关专业进行并做好记录，建设单位负责验收。

5.2 设备调试

5.2.1 制冷机的调试一般以设备生产厂家技术人员为主，建设单位、监理单位、设计单位及施工单位共同参与，做好调试记录并进行最终验收。蓄冰装置是冰蓄冷系统中的主要设备，调试的重点是保证蓄冰装置的制冰及融冰能力满足设计要求。

5.2.2 第5款是为了避免槽内水的温度骤变引起槽体开裂产生渗漏水。

5.3 控制系统的调试

5.3.1 主控设备要设置在防静电的场所内，现场控制设备和线路敷设要避免电磁干扰源，与干扰源线路垂直交叉或采取防干扰措施。环境湿度：10%~85%（相对湿度），并无结露现象；环境温度：0~40℃。

控制系统的调试一般在水系统和风系统静态调试后进行。

5.3.2 系统设备的单体调试包括以下内容：

- 1 控制器单体设备点对点测试；
- 2 数字量输入测试；
- 3 数字量输出测试；

- 4 模拟量输入测试；
- 5 模拟量输出测试；
- 6 控制器功能测试。

5.4 系统调试和验收

5.4.1 乙烯乙二醇水溶液建议采用蒸馏水兑制，现场不具备条件的要满足本条规定的水质要求。乙烯乙二醇水溶液兑制一般在乙烯乙二醇补水箱中进行，采用比重计进行相对密度检测。载冷剂的性能参数是保证冰蓄冷系统正常运行的重要环节，要严格地按照设计文件及厂家技术文件的要求进行载冷剂的配制及充注。盘管式蓄冰槽中的水需采用洁净自来水，并要求不做或尽量少做水处理，以保证水具有一定的抗腐蚀性和氧化性。不建议使用化学物质处理蓄冰槽中的水，否则会改变水的冰点温度，影响系统的蓄冰效果。蓄冰槽中的水要求保证水的正常冰点温度，以洁净的自来水为宜。如蓄冰槽中杂质较多，在水充灌前需进行冲洗，以保证水的洁净度。如蓄冰槽长时间不运行，要定期检查水质、水量，根据需要对蓄冰槽进行加水或放水，如有必要，更换蓄冰槽内的水，防止水变质或氧化。

5.4.2 采用乙烯乙二醇补水泵进行乙烯乙二醇水溶液的充注，要使系统充满并达到设计工作压力。载冷剂的充灌前管路系统需进行多次清洗，并检查过滤器无脏物为止。

6 蓄冷空调系统的运行管理

6.0.5 当需要开启蓄冷空调系统中的蓄冷制冷机或基载制冷机供冷时，因基载制冷机较蓄冷制冷机在相同供冷量时的制冷性能系数（COP）高，所以在需要制冷机供冷时要尽可能先开启基载制冷机，而尽量少开启蓄冷制冷机进行供冷。