

# 冰蓄冷空调系统的研究现状

韦新东,王禹崴,张天阳,秦烨欣

(吉林建筑大学 市政与环境工程学院,吉林 长春 130118)

**摘 要:**随着我国经济的快速发展,空调系统已经成为建筑中必不可少的设备,但空调的耗电量巨大,约占建筑用电量的 60%。在用电高峰时段,电力系统的供应明显不足,甚至出现拉电限电等情况。冰蓄冷不仅能降低系统的运行费用,还可以很好地实现削峰填谷的作用。在夜间的低谷电期,利用蓄冷装置将冷量储备,在尖峰阶段释放冷量,以满足建筑冷负荷的需要。本文主要介绍了冰蓄冷系统的制冰方式、制冰流程以及运行策略,阐述国内外对冰蓄冷系统技术、运行策略、经济性等方面发展现状,结合冰蓄冷系统的优缺点,展望其在我国的发展前景以及使用时应该注意的问题。

**关键词:**冰蓄冷系统;削峰填谷;发展前景

中图分类号: TU831.3 文献标志码: A 文章编号: 1674-3873-(2022) 04-0082-07

## 0 引言

能源稳定供应是经济稳定发展的必要保障,煤炭的消费量约占全世界不可再生能源的 70%,而 90% 的煤炭用于国民经济发展<sup>[1]</sup>。经济的高速发展造成一次能源逐渐消耗,碳排放量也因此逐渐增加,而大量的二氧化碳污染物会引发温室效应。2010 年,中国能源消费和碳排放量增长约占全球总量的五分之一,使中国成为世界上能源消费和碳排放量较大的国家之一<sup>[2]</sup>。2012 年起,东北地区冬季供暖期 PM2.5 爆表,空气污染增加<sup>[3]</sup>。建筑工程用电、其他日常生活(照明、家电、生活热水等)的建筑能源折合为总电能约为 5 500 kW·h/a,约占全国社会终端电能消耗的 27%,相当于三峡年发电量的 6 倍<sup>[4]</sup>。空调系统耗电量约占建筑用电总耗电量的 60%,是导致电网高峰期压力增大的主要原因,高峰供电量不足及低谷时段电力过剩的问题日渐显著<sup>[5]</sup>。

## 1 冰蓄冷空调系统概述

### 1.1 冰蓄冷空调系统简介

蓄冰空调技术是一种相变储能技术。在夜间的用电低谷期利用蓄冷装置将冷量储备,在尖峰阶段放出储备的冷量满足建筑负荷需求,降低了高峰段国家用电负担,同时也可以减少空调系统中冷却主机、总装机容量。在节约能源和资金的前提下,能更好地满足高峰负荷的需求。

### 1.2 制冰方式

冰蓄冷空调系统按制冰时冰的运动状况(如图 1 所示)分成了静态制冰和动态制冰。静态制冰又分成盘管外式和封装式。而盘管外制冰又分成外融冰和内融冰。内融冰是将流经空调系统的高温载冷剂流入盘管内进行热交换,使盘管外表面的冰由内向外融化。外融冰则是将流经空调系统的高温载冷剂直接流入盘管外的储槽内,使盘管外表面的冰由外向内融化<sup>[6]</sup>。封装式冰蓄冷,是指在蓄冰槽内有许多规则

收稿日期: 2022-08-16

基金项目: 国家外国专家局项目( P182009011)

第一作者简介: 韦新东(1966—),男,吉林省长春市人,教授,博士,博士生导师。研究方向: 城市能源与环境。

布置的封闭容器,每个容器内都是装满水溶液和成核物的蓄冰单元,这些容器由高密度聚乙烯材料制成<sup>[7]</sup>。

动态制冰包括冰晶式和冰片滑落式。冰晶式冰蓄冷系统的冷却单元设计较为独特,将质量分数相对较小的载冷剂水溶液(通常为乙二醇水溶液)径直流入冷却器,使水温降至冻结温度以下形成冰晶<sup>[8]</sup>。冰片滑落式是将蓄冷槽与特殊的立式板式蒸发器结合,将蓄冷槽中的水喷淋在温度较低的蒸发器表面形成薄冰,当冰的厚度达到6~8 mm时加热蒸发器表面使冰脱离并储存在蓄冷槽内<sup>[9]</sup>。

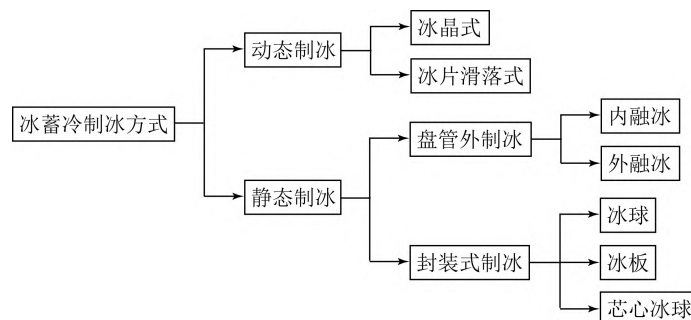


图1 冰蓄冷制冰方式分类

Fig.1 Classification of ice storage cold ice making methods

### 1.3 制冰流程

冰蓄冷空调系统根据冰蓄冷设备和制冷主机位置的不同,可分为串联和并联两种形式。在串联工艺配置中,根据制冷主机和蓄冰设备的顺序,有上下游串联两种方式<sup>[10]</sup>。

并联控制系统(如图2所示)可以同时兼顾制冷机组和蓄冷装置的效率。但这种流程配置难以保持载冷剂出口温度和出水量恒定。当蓄冷装置与制冷机组的出水温度一致时,制冷机组的蒸发温度降低使得运行功率提高;当蓄冷装置的出水温度低于制冷机组的出水温度时,蓄冷槽的载冷剂温度很低,并联管路交叉时会使载冷剂的温度升高,造成冷量的浪费。因此并联的流程配置很少被采用<sup>[11]</sup>。

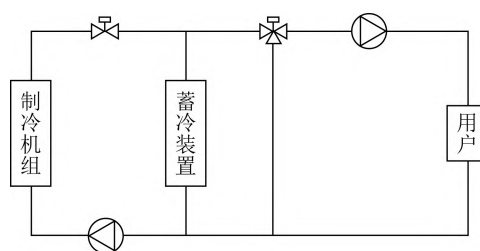


图2 蓄冷设备与制冷主机并联示意图

Fig.2 Schematic diagram of cold storage equipment and refrigeration mainframe in parallel

当制冷机位于蓄冷设备下游时(如图3所示),载冷剂先经过蓄冷设备交换热量再流入制冷主机。制冷主机在蒸汽温度较低的环境下工作,制冷效率下降,提高系统运行能耗<sup>[12]</sup>。

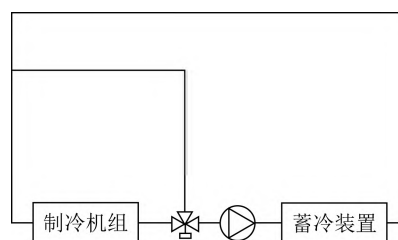


图3 制冷主机位于下游的串联流程

Fig.3 A series process of the cooling host located downstream

当制冷机位于蓄冷设备上游时(如图 4 所示),制冷剂先经过制冷主机再流入蓄冷设备中,蓄冷装置位于主机出口,充分利用冰的低温特性增大冷液的温差.蓄冷设备进出口液体温度较低,换热能力差、融冰速率慢,需增加换热设备容量和面积<sup>[13]</sup>.

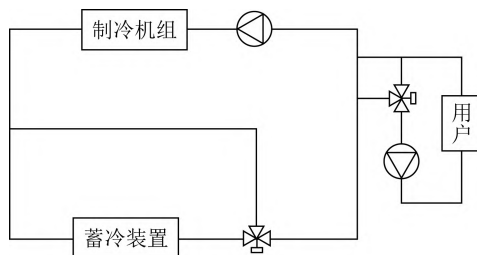


图 4 制冷主机位于上游的串联流程

Fig. 4 A series process of the refrigeration host located upstream

#### 1.4 冰蓄冷空调系统运行控制策略

运行控制策略指某一时刻,分配制冷机组和蓄冷设备分别承担相应建筑所需负荷.选出最优的控制策略直接影响机组设备的选型、蓄冷设备容量、机组的运行效率以及系统的运行费用.结合冰蓄冷空调的特点,保持系统高效、稳定运行的同时,减少系统的运行费用,缩小初投资的回收年限<sup>[14]</sup>.冰蓄冷空调按蓄冷模式分为全量蓄冷和部分蓄冷.

全量蓄冷(如图 5 所示)指在建筑物全部冷负荷均由蓄冷设备提供,夜间当电网负荷处于低谷时,利用制冷机组尽可能储存冷量,白天开启释冷模式释放冷量.该运行策略最大限度地提高蓄冷设备的使用,系统所需所有冷量均由低谷电价制取,运行费用最低、转移电力负荷的能力最强,但由于制冷主机和蓄冰装置无法同时运行,系统整体使用效率低,蓄冷设备容积较大,导致一次投资成本高.此种系统适用于负荷集中、制冷时间较短、峰谷价差大的地方.

部分蓄冷(如图 6 所示)指用夜间低谷电制备的部分建筑所需冷量,并将其贮存于蓄冷装置中.当白天用电负荷峰值时,制冷主机与蓄冷装置共同工作,共同承担建筑所需冷量.相对于全量蓄冷,部分蓄冷系统整体效率较高,蓄冷装置与制冷主机的总容量相对减少,虽然运行成本和电力负荷转移能力不如全量蓄冷,但该模式的一次投资成本低、回收期更短,应用广泛.在过渡季,部分蓄冷系统也能够满足建筑所需全部冷量,降低运行费用.部分蓄冷也可分为融冰优先、制冷机优先和优化控制.

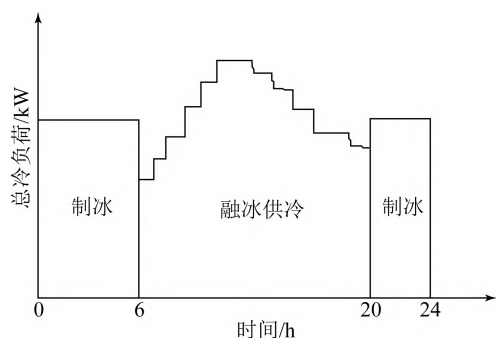


图 5 全量蓄冷策略示意图

Fig. 5 Schematic diagram of full cold storage strategy

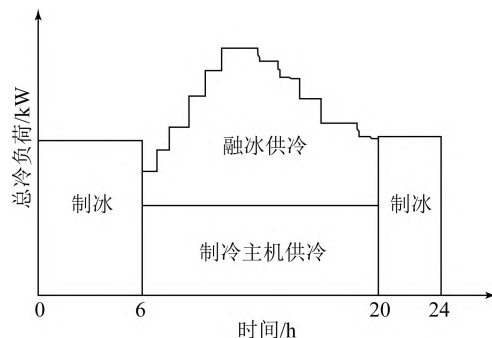


图 6 部分蓄冷策略示意图

Fig. 6 Schematic diagram of partial cold storage strategy

##### 1.4.1 融冰优先

融冰优先策略是空调系统通过蓄冷设备优先考虑建筑冷负荷,当蓄冷设备提供冷量时,制冷主机停止工作,当蓄冷设备不能满足建筑需求时,剩余的冷负荷由制冷主机提供.在融冰优先的情况下,冰蓄冷系统在需求高峰期提供最大的冷负荷,需要根据需求优化负荷预测.

### 1.4.2 制冷机优先

制冷机优先策略是制冷机优先提供建筑绝大部分冷负荷,当制冷机能够满足要求时,蓄冷设备暂停。当制冷主机无法满足需求时,由蓄冷设备释冷补充剩余的冷量。蓄冷系统作为制冷机的补充,不能最大限度地利用转移电力负荷的能力。

### 1.4.3 优化控制

以预测用电高峰期各时段负荷为基础,参考电价政策对蓄冷设备释冷量进行合理分配,充分利用蓄冷设备性能,减少制冷主机在高峰期运行,最大可能降低系统运行费用。优化控制的基础是能够准确预测次日逐时负荷,如果预测结果不合理,将降低系统的经济性,甚至会出现供冷不足的现象。

## 2 冰蓄冷空调系统的研究现状

### 2.1 运行策略优化方面

M. Navidbakhsh 等<sup>[15]</sup>通过能耗、能耗、经济性以及环境四个方面对冰蓄冷系统进行分析,通过对相变材料冰蓄冷系统、普通冰蓄冷系统和常规制冷机组系统的分析,相变材料冰蓄冷系统的功耗比普通冰蓄冷系统低 6.7%、比常规制冷机组系统低 17.1%。J. A. Candanedo 等<sup>[16]</sup>利用 Energy Plus 软件建立冰蓄冷系统的简化线热性模型,根据运行策略优化分配系统最佳冷量,根据模型分析融冰优先和制冷机优先的经济性。结果表明,融冰优先运行费用比制冷机优先减少 30% 左右。D. H. Spethmann<sup>[17]</sup>对冰蓄冷系统的经济性进行优化,以负荷预测结果为基础,按电价走势调整系统运行形式,得出优化控制方式的运行费用相比于制冷机优先和融冰优先节约 16% ~ 42%。王胤钧等<sup>[18]</sup>通过建立冰蓄冷系统的运行模型、分析系统初投资组成,建立系统全寿命周期内成本最低的目标函数,采用粒子群优化算法处理目标函数,得出优化控制下制冷机组和蓄冷设备的最小设计容量。于军琪等<sup>[19]</sup>通过对系统多目标模型的计算,从经济性和节能角度考虑,得到最佳控制参数和蓄冷设备配备比,可使系统运行成本降低 10%。杨熊等<sup>[20]</sup>对传统 PSO-BP 神经网络模型实行优化,以建筑冷负荷的核心因素为输入变量,利用灰色关联性分析法提前处理,优化后的 PSO-BP 神经网络模型预测精度更高、收敛速度更快。

### 2.2 评价方法及经济分析方面

李玉娜等<sup>[21]</sup>归纳了冰蓄冷的经济评价方法主要分为静态经济评价法和动态经济评价法。动态投资评价法是对静态投资评价法的改进,同时考虑了投资回收期 and 寿命使用周期。杜晓亮等<sup>[22]</sup>以青岛某办公楼建筑项目为例,对比分析了冰蓄冷制冷机房与常规制冷机房的经济性和实用性,得出冰蓄冷制冷机房的初投资较常规制冷机房提高 27%,但运行成本降低 29.3%,系统回收年限为 5.5 年,经济效益良好。钱雨宁等<sup>[23]</sup>将冰蓄冷系统与地源热泵系统耦合,以实际工程为例,对耦合系统和常规系统进行能耗和经济性分析,与常规系统比,耦合系统的能耗低 7%、运行费用低 5%,投资回收期为 4.1 年。徐鹏等<sup>[24]</sup>对北京市某办公楼冰蓄冷系统近 5 年的实际运行数据进行经济性分析,结果发现政府初投资补贴、峰谷电价差、峰谷电价执行时间以及运行人员对系统运行策略的调配是影响系统经济性的重要因素。J. Chen 等<sup>[25]</sup>对冰蓄冷技术在多能源集成系统中做了经济性分析,对蓄冷及不蓄冷四种情况进行比较。结果表明,冰蓄冷可以为整个能源系统提供更大的灵活性,并进一步降低运行成本,也可以减轻其他配置的装机容量。S. Rahgozar 等<sup>[26]</sup>对五个典型气候区及其四种运行策略的冰蓄冷系统做经济性分析,结果表明回收期对气候条件、储能策略和电价高度敏感。

### 2.3 关于冰蓄冷系统用于区域供冷的研究

K. Heine 等<sup>[27]</sup>对 7 栋建筑使用带有冰蓄冷技术的区域供冷,在运行费用方面相比于传统供冷系统,区域供冷每年节省 14.5%,而使用单个建筑方法时节省 12.1%。M. P. Kody 等<sup>[28]</sup>对采用冰蓄冷系统的区域供冷创建了数学模型,并制定等比例冷机、无蓄冷时静态优化冷机以及三种负荷分配运行策略。最后发现有蓄冷时动态冷机负荷分配方式的运行费用最低。胡睿等<sup>[29]</sup>对区域供冷的三种运行策略(融冰优先、制冷机优先和非蓄冰)模拟分析,结合经济性和实用性,制冷机优先和非蓄冰运行模式相差不大,融冰优先比非蓄冰模式运行费用节省 11.77%,单位电耗费用节省 24.05%。李好妹等<sup>[30]</sup>采用江水源热泵耦合冰蓄冷空调系统为区域供冷,该耦合系统谷电利用率高达 40%,峰谷用电转移率大于 50%,

削峰填谷效益显著。

#### 2.4 关于冰蓄冷系统技术方面的研究

訾洁等<sup>[31]</sup>提出清水冰浆和低浓度乙二醇两种新型流态冰蓄冷系统,相比常规冰蓄冷系统,新型流态冰蓄冷系统 COP 更高,融冰释冷更高效,维修更加便利。姜恒等<sup>[32]</sup>通过新开发的封装袋式蓄冷设备与传统冰球式蓄冷设备的实验对比表明,封装袋式蓄冷设备的性能优于冰球式蓄冷设备。蒋玉龙等<sup>[33]</sup>将泡沫金属材料填充到冰蓄冷板中,建立了冰蓄冷板融化过程的二维模型,发现导热性能高的泡沫金属材料可以提高融化速度,而导热性能低的聚氨酯泡沫材料可以有效延长冰蓄冷板的工作时间。李宏波等<sup>[34]</sup>研发制造了永磁同步变频离心式冰蓄冷双工况机组,相比于传统双工况机组,具有冷量大、效率高、高压比、变压比等特点。C. Hu 等<sup>[35]</sup>将光伏驱动技术运用到冰蓄冷系统中,该系统具有电力驱动和光伏驱动两种模式。通过两种模式的比较,光伏驱动也具有较强的蓄冷能力。

#### 2.5 关于冰蓄冷系统蓄冷率方面的研究

林育贤等<sup>[36]</sup>以实际工程为例,建立经济性数学模型,得出蓄冰率和系统初投资成正比。在某一拐点之前,增长速度相对平缓,当超过某一拐点,初投资迅速增加。而运行费用和蓄冰率成反比,蓄冰率越高运行费用越低。王硕等<sup>[37]</sup>以深圳市某办公楼为例,利用静态经济评价法,计算得出深圳地区最佳蓄冰率为 26.5%,为满足合理回收年限的限制,蓄冷率最大不能超过 35%。肖荪等<sup>[38]</sup>提出最佳蓄冷率与峰谷电价、峰谷时长、系统运行时间以及系统调控技术等因素有关,无法统一界定。

### 3 冰蓄冷系统的优缺点

#### 3.1 冰蓄冷系统应用前景

##### 3.3.1 削峰填谷,平衡电力负荷,提升用电效率

随着社会的快速发展,电力供应形式紧张,特别是用电高峰期,电力严重不足,甚至出现限电政策。由于发电厂 24 h 不间断发电,在低谷期浪费了大量的电力资源。冰蓄冷系统利用夜间低谷时段的电能储存冷量,在用电高峰期将储存的冷量释放出来,极大地提高了用电效率,转移了用电高峰期用电负荷。

##### 3.3.2 降低电能消耗、减少环境污染

冰蓄冷系统可以节约电力资源,降低夜间电能消耗,减小发电压力,可以降低化石能源的使用起到改善环境污染的效果。

##### 3.3.3 降低制冷设备装机容量,降低系统运行费用

冰蓄冷空调系统使用夜间低谷电储存冷量,用电高峰期蓄冷设备承担了制冷机组所要承担的部分建筑冷负荷,降低了制冷设备的装机容量,在过渡季,储存的冷量足以满足建筑的负荷需求,此时制冷主机只负责对蓄冷设备充冷。由于使用低谷电力,峰谷价差政策的实施也降低了系统运行费用。

##### 3.3.4 冰蓄冷系统运行稳定性高

冰蓄冷系统利用蓄冷设备储存的冷量实现融冰供冷,避免用电高峰期出现限电、拉闸等风险。通过运行策略的调配,即使电网供电波动较大系统依旧能平稳运行。

##### 3.3.5 高室内空气品质

冰蓄冷系统送风温度低、去湿能力强,在输送过程中,能够有效的抑制了细菌、病毒的繁殖,改善室内空气质量和热舒适性。

#### 3.2 冰蓄冷系统存在的问题

##### 3.2.1 蓄冷设备占地面积大

冰蓄冷系统除了常规制冷机房的设备外,还需要体积庞大的蓄冷设备及其配套设施,需要占据大量的建筑面积。

##### 3.2.2 系统调控复杂

冰蓄冷系统调控复杂,容易出现冷量剩余或冷量无法满足建筑负荷需要的情况。在蓄冷过程中容易发生蓄冷速度越来越慢的情况,导致蓄冷所使用的并非低谷电力。

### 3.2.3 冰蓄冷系统初投资大

冰蓄冷系统除了需要购买蓄冷设备及其配套设施外,由于系统调控复杂、安装技术需求大、维修费用高,需要聘请专业人员进行安装、调控及维护,间接增加投资成本。

## 4 结论

冰蓄冷技术具有平衡电力负荷、提高用电效率、降低装机容量、降低运行费用等优势,在我国建筑节能快速发展中发挥着重要作用。随着分时电价政策的出现,冰蓄冷技术得到政府的大力鼓励与支持,具有深远的发展前景。目前冰蓄冷系统主要应用在商场、图书馆、办公楼、医院等负荷集中、蓄能时间长的大型建筑中。随着蓄冷技术的进一步发展,蓄冷技术也被提出应用在小型别墅、地铁车厢、矿井等项目。

## 参 考 文 献

- [1]郑欢. 中国煤炭产量峰值与煤炭资源可持续利用问题研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2014.
- [2]陈春桥, 付佳. 北京市产业部门的 CO<sub>2</sub> 排放特征分析[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2014, 35(2): 121-124.
- [3]韦新东, 张天阳, 秦烨欣. 多能互补清洁供热技术研究进展[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2021, 42(1): 61-66.
- [4]江亿, 杨秀. 我国建筑能耗状况及建筑节能工作中的问题[J]. 中华建设, 2006(2): 12-18.
- [5]江亿. 我国建筑能耗状况与节能重点[J]. 建设科技, 2007(5): 26-29.
- [6]DU Y, HE S, RUI X, et al. Characteristics of the charging process and discharging process of direct evaporative internal-melt ice storage system[J]. Journal of Refrigeration, 2007, 28(3): 31-35.
- [7]廖振仲. 冰蓄冷空调技术及其应用现状[J]. 制冷与空调, 2005(3): 82-83, 86.
- [8]杨晖. 冰晶式蓄冷系统中蓄冰罐内释冷过程的实验研究[D]. 北京: 北京建筑工程学院, 1999.
- [9]许颖. 冰片滑落式动态冰蓄冷系统的性能研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.
- [10]方贵银. 蓄冷空调工程实用新技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [11]刘春强. 土壤源热泵与冰蓄冷空调技术耦合系统的研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2018.
- [12]李杰, 杨自强, 马光昱. 冰蓄冷系统设计方法(上)[J]. 应用能源技术, 2002(3): 18-20.
- [13]汪丽莎. 土壤源热泵耦合蓄能系统在北京某办公建筑中的应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.
- [14]李树林, 南晓红, 冀兆良. 制冷技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [15]NAVIDBAKHSH M, SHIRAZI A, SANAYE S. Four E analysis and multi-objective optimization of an ice storage system incorporating PCM as the partial cold storage for air-conditioning applications[J]. Appl Therm Eng, 2013, 58(1/2): 30-41.
- [16]CANDANEDO J A, DEHKORDI V R, STYLIANOU M. Model-based predictive control of an ice storage device in a building cooling system[J]. Appl Energy, 2013, 111: 1032-1045.
- [17]SPETHMANN D H. Optimal control for cool storage[J]. ASHRAE Transactions, 1989, 95(1): 1189-1193.
- [18]王胤钧, 于军琪. 某冰蓄冷空调系统全寿命周期模型分析[J]. 暖通空调, 2017, 47(7): 80-84.
- [19]于军琪, 王胤钧, 陈旭, 等. 基于粒子群算法的冰蓄冷空调系统运行优化研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2018, 50(1): 148-154.
- [20]杨熊, 于军琪, 郭晨露, 等. 基于改进 PSO-BP 神经网络的冰蓄冷空调冷负荷动态预测模型[J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2019, 41(1): 168-174.
- [21]李玉娜, 吴玉杰, 周晓丽. 冰蓄冷空调系统的经济性研究[J]. 低温与超导, 2008(6): 74-77.
- [22]杜晓亮. 某办公建筑冰蓄冷系统方案确定及经济性分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.
- [23]钱雨宁. 土壤源热泵与冰蓄冷联合空调系统运行及经济性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
- [24]徐鹏, 潘安东, 段之殷. 冰蓄冷空调系统经济性分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2021, 53(1): 109-116.
- [25]CHEN J, CAI Y, GAN D, et al. Economic analysis of ice-storage in multiple energy systems: An real-world case study[C]//2019 IEEE 3rd Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EIE). IEEE, 2019: 1574-1578.
- [26]RAHGOZAR S, DEHGHAN M, POURRAJABIAN A, et al. Economic feasibility of ice storage systems for office building applications: A climate sensitivity analysis[J]. J Energy Storage, 2022, 45: 103712-1-103712-11.
- [27]HEINE K, TABARES-VELASCO P C, DERU M. Design and dispatch optimization of packaged ice storage systems within a connected community[J]. Appl Energy, 2021, 298: 1171471-1-1171471-14.
- [28]POWELL K M, COLE W J, EKARIKA U F, et al. Optimal chiller loading in a district cooling system with thermal energy storage[J]. Energy, 2013, 50: 445-453.
- [29]胡睿, 卢军, 李姣姣. 区域型冰蓄冷夏季空调系统运行策略优化分析[J]. 制冷与空调, 2020, 34(1): 77-80.
- [30]李姣姣. 区域型冰蓄冷空调系统运行策略优化分析[D]. 重庆: 重庆大学, 2019.

- [31] 瞿洁, 杨绍阳, 田野. 新型流态冰蓄冷与常规冰蓄冷系统对比研究[J]. 工程技术研究, 2020, 5(17): 10-11.
- [32] 姜恒. 新型封装冰蓄冷实验研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(15): 117-120.
- [33] 蒋玉龙, 张素军, 李菊香. 泡沫材料冰蓄冷板融化过程的研究[J]. 制冷学报, 2015, 36(5): 65-73.
- [34] 李宏波, 张治平, 王升, 等. 高效永磁同步变频离心式冰蓄冷双工况机组的研制[J]. 流体机械, 2016, 44(10): 65-69.
- [35] HU C, LI M, WANG Y, et al. Preliminary investigation on pilot-scale photovoltaic-driven cold storage with ice thermal storage based on vapor compression refrigeration cycle[J]. Sustain Energy Techn, 2021, 45: 101187-1-101187-11.
- [36] 林育贤, 冯圣红. 冰蓄冷系统蓄冰率的确定方法及对经济性的影响[J]. 应用能源技术, 2016(2): 28-32.
- [37] 王硕. 不同蓄冷率冰蓄冷空调系统经济性分析——以深圳某商业办公楼为例[J]. 建筑节能, 2017, 45(5): 153-156.
- [38] 肖荪. 基于蓄冷率的冰蓄冷空调系统的经济分析[J]. 制冷, 2020, 39(3): 22-30.

## Research status of ice storage air conditioning system

WEI Xin-dong, WANG Yu-wei, ZHANG Tian-yang, QIN Ye-xin

(School of Municipal and Environmental Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** With the rapid development of economy in China, air conditioning system has become an essential equipment in buildings, but the power consumption of air conditioning is huge, accounting for about 60% of the power consumption of buildings. In the peak hours, the supply of the power system is obviously insufficient, and even the situation of power pulling and power limiting occurs. Ice storage can not only reduce the operating cost of the system, but also realize the function of peak cutting and valley filling. In the off-peak period at night, the cold storage device is used to store the cold quantity and release the cold quantity in the peak stage to meet the needs of the cooling load of the building. This paper mainly introduced the ice-making method, ice-making process and operation strategy of ice storage system, expounded the development status of the technology, operation strategy and economy of ice storage system at home and abroad, and forecasted the development prospect of ice storage system in China and the problems that should be paid attention as using.

**Key words:** ice storage system; peak cutting and valley filling; prospects for development

(责任编辑: 郎集会)