

制冰原理与技术发展*

钟栋梁 刘道平 邬志敏
(上海理工大学)

摘要 通过参考国内外的相关文献、专利,对制冰装置进行分类,并且叙述不同制冰机的制冰原理,为专业技术人员提供学习资料,也为其设计制冰机提供参考依据。

关键词 制冷 制冰技术 制冰机 冰浆 片冰机

Principle and development of ice making technology

Zhong Dongliang Liu Daoping Wu Zhimin
(University of Shanghai for Science and Technology)

ABSTRACT Classifies ice making devices and explicates ice making principles of different ice generators through consulting relevant domestic and foreign documents and patents, provides learning materials and design references for professional engineers.

KEY WORDS refrigeration; ice making technology; ice generator; ice slurry; ice harvester

制冰技术包含制冰方式、制冰装置和冰的形状^[1]3方面内容。笔者以制冰机的制冰原理作为研究基础,将制冰机分为蒸气压缩式、直接接触式、真空式3类进行阐述。

1 蒸气压缩式制冰机

蒸气压缩式制冰机是利用蒸气压缩式制冷系统(氟利昂制冷剂、氨制冷剂、混合制冷剂)将制冰用水直接或者间接冻结,根据成冰装置的不同,制出不同形状的冰。

1.1 片冰机

片冰机是一种快速制冰装置,由制冷系统、制冰系统和电气系统组成。制冰器为一个圆筒状换热器,水喷淋或浸润其表面,形成冰层后,由冰刀刮下,冰片厚度一般为2 mm左右。根据水喷淋至圆筒表面的位置,分为刮冰刀内旋式(见图1)和刮冰刀外旋式^[2](见图2)。

另有一种大型片冰机,称作冰片滑落式制冰机,主要用于冰蓄冷空调系统。该类型制冰机代表厂家有Mueller和Morris等公司。制冰过程如图3所示。通过水泵将蓄冷水槽内的水自上向下喷洒

在制冰机的板状蒸发器表面,使其冻结成冰层。当冰层厚度达到3~9 mm时,通过制冰机上的四通阀,将压缩机出口的部分高温制冷剂气体通入蒸发器,20~30 s后,与蒸发器板面接触的冰融化,靠自身重力滑落至蓄水槽内^[3]。

Paul Mueller公司的片冰机/冷水机组采用模块式设计,每个蒸发板模块(bank)由多片板式换热器组成,在标准工况下的制冰容量为137.5 kW (39.1Rt),配有专用的压缩冷凝机组,一台压缩冷

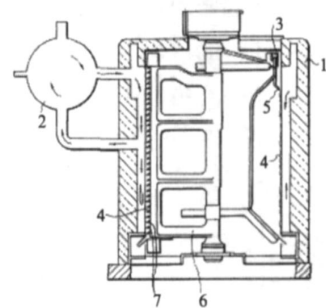


图1 刮冰刀内旋式

1. 保温容器;2. 气液分离器;3. 喷水器;
4. 冰层;5. 制冰筒;6. 冰刀座;7. 刮冰刀

* 上海市重点学科建设项目(T0503)。

收稿日期:2006-06-01

通讯作者:钟栋梁, E-mail: azhongdl@hotmail.com

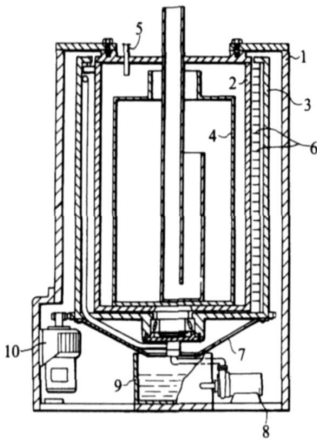


图2 刮冰刀外旋式

1. 筒架; 2. 制冰筒; 3. 刮冰体; 4. 气液分离器; 5. 冷却介质管; 6. 刮冰刀; 7. 落冰缺口; 8. 输水泵; 9. 集水箱; 10. 动力源

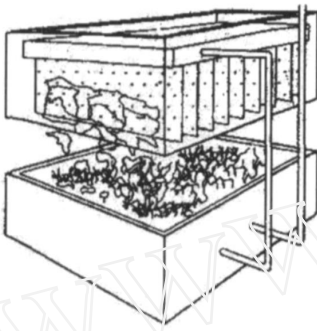
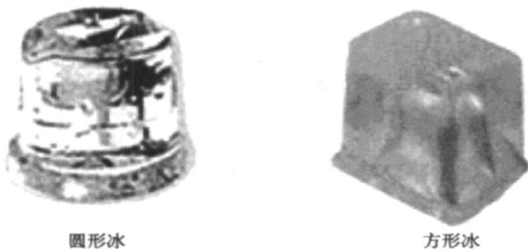


图3 片冰机

凝机组一般配套 4~8 组蒸发板模块^[4]。

1.2 颗粒冰制冰机

颗粒冰制冰机根据冰块成型腔室形状的不同,可制出圆形、方形、鳞形等形状的颗粒冰。圆形冰直径一般为 20~22 mm,高 25~30 mm;方形冰一般有 32 mm × 32 mm × 28 mm, 25 mm × 25 mm × 23 mm, 28 mm × 28 mm × 23 mm 三种,见图 4。



圆形冰

方形冰

图4 颗粒冰

根据脱冰方式不同,颗粒制冰机分为热气脱冰式和电加热脱冰式 2 类^[5-13]。

1.2.1 热气脱冰式

如图 5 所示,制冰盘为倒扣的冲有凹坑的铝板,位于制冰机的内胆上方。上方焊有蒸发器,用于制冷。制冰盘下方是一喷头,水可通过自来水过滤而来,也可通过水泵加压喷出。喷出的水雾在制冰盘凹坑上迅速结冰,冰块达到一定尺寸后,传感器动作,高温制冷剂直接通过蒸发器,使冰块融化后落下,随着重复下一制冰过程^[14]。

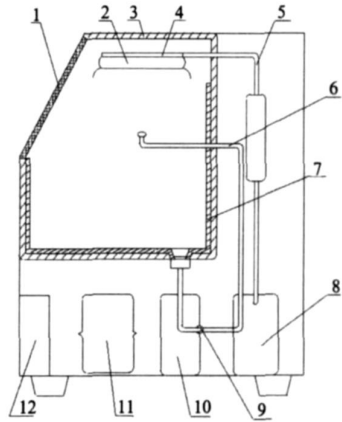


图5 热气脱冰式(a)

1. 门; 2. 制冰盘; 3. 保温层; 4. 蒸发器; 5. 制冷系统及管路; 6. 水管及喷头; 7. 内胆; 8. 冷凝器; 9. 水泵; 10. 两级过滤器; 11. 压缩机; 12. 控制系统

Samsung Gwangju Electronics^[15]公司开发的一种热气脱冰制冰机(见图 6),由主体和辅助体 2 部分组成。主体包括制冰单元、蒸发盘管、供水系统和排水系统。供水容器、排水收集容器安装在辅助体内。

制冰时,供水泵工作,将供水容器里的水泵送至制冰槽,途中经过水净化器、灭菌灯。当水充满一个制冰槽后,便溢流至邻近的制冰槽,这样所有制冰槽通过交叉便相继被充满。水阀便切断供水泵,同时制冷系统开启,制冷剂流进蒸发盘管,底座上下摇摆,生成无气泡的透明冰块。冷冻板和冷指(freezing fingers)被冷却至冰点以下,使得冷指周围的水逐渐被冻结。

制冰结束后,控制部分发出相应信号,压缩机出口的热制冷剂直接被引入蒸发盘管,同时激励马达驱动底座绕转动轴向下旋转 90°,使制冰槽内剩余的未冻结的水流入排水管,最终流至排水收集器。

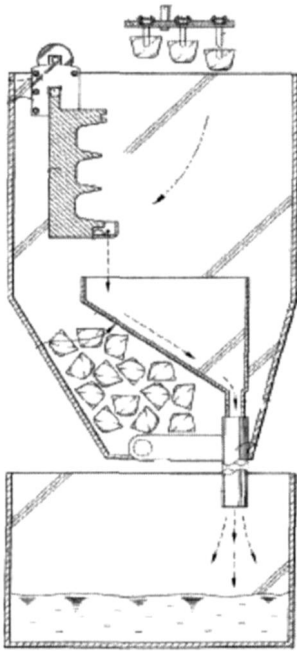


图6 热气脱冰式(b)

Kunihiko Ishitomi^[16]等人开发的热气脱冰式颗粒冰制冰机如图7所示。制冰用水存储柜由循环柜和沉淀柜组成,两柜之间用隔板隔开,制冰水储存在循环柜中,沉淀柜内的水可通过隔板上的小孔进入循环柜。制冰过程中未冻结的水通过开口直接进入循环柜。

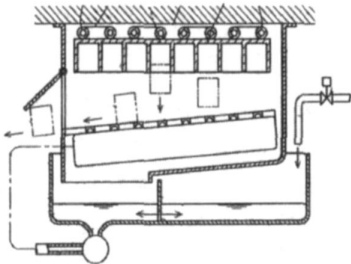


图7 热气脱冰式(c)

制冰过程开始时,制冷剂在蒸发盘管内循环,制冰腔室被冷却。水被水泵加压供入水盘,并经过喷水孔喷入每个制冰腔室,在腔室内壁面冻结成薄片状的冰。未结冰的水经过水盘上的回水孔滴到导板上,并向下流动,进入循环柜内。

脱冰时,热的制冷剂气体被导入蒸发管内加热制冰腔室,冰块脱离制冰腔落至水盘上端的斜面上,并向下滑移,推开侧壁上的活动门,进入储冰室。

当冰排出后,活动门依靠重力作用返回至初始

位置,重新封闭制冰空间。与此同时,补水通过补水管进入沉淀柜,使沉淀柜的水位恢复至初始位置,待下一制冰过程开始。

1.2.2 电加热脱冰式(图8)

制冷系统开始工作,使保温腔室的温度降至0℃以下;同时,进水阀打开,水流经制冰机的进水管进入冰块成型腔室。当水位达到水位线时,电磁阀关闭,进入静态制冰(冰块成型)过程。当冰块成型(成型腔室内的水完全结冰)后,电加热元件工作,使成型冰块与腔室内壁分离,转动轴杆动作并带动刮冰翼片旋转360°,将冰块从成型腔刮落入储冰室,转动轴杆及刮冰翼片复位。脱冰时,测冰板作一次往复直线运动或摆动,用于检测储冰室的冰块是否积满。若测冰板往复运动受阻,则确认冰满,制冰控制部分停止制冰工作;若测冰板往复运动未受阻,则进入下一个制冰周期^[17]。此种制冰机可制取圆帽形和方角形颗粒冰。因机器尺寸的不同,制冰能力各异。

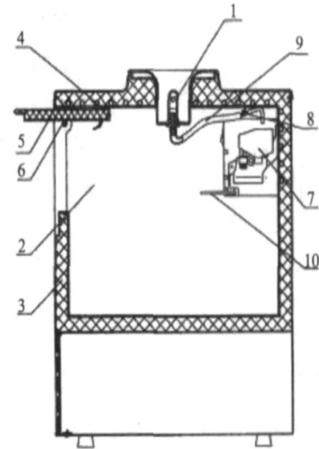


图8 电加热脱冰式

1. 进水座;2. 保温腔室;3. 保温层;4. 蒸发器;5. 门;
6. 门轴;7. 制冰器;8. 控制电磁阀;9. 进水管;10. 测冰板

1.3 管壳冰制冰机

管壳冰制冰机有数根直立的制冰管,用不锈钢管制作,常用管径为100 mm左右。管内通制冷剂,水在管外自上往下流。管内供液制冷时,管外的淋水冻结成冰附在管壁上。冰冻后,管内通热气脱冰,使管壳冰脱离管子自动下落,管壳冰下落时被下面的碎冰刀打碎,冰脱离制冰管后停止脱冰,恢复供液、供水重新制冰。管壳冰的厚度一般为6~12 mm^[18]。

2 直接接触式制冰机

直接接触式换热是指两种介质直接接触进行

换热的过程,最早出现在1900年出版的由 Hausbrand^[19]所著的《蒸发、凝结和冷却装置》一书中。尽管直接接触式换热装置提出的较早,但其特征研究的发展一直迟于表面式热交换器。与表面式换热器相比,直接接触式换热器具有腐蚀小、无结垢、换热效率高、传热温差小、压降小和投资低等优点。根据 Subbaiyer^[20]等对用 R114 作制冷剂的直接接触式蓄冷系统进行的计算机模拟比较结果表明:其单位制冷量下的耗电量比壳管式制冰器少 30%,而且在同样的制冷量下制冰时间要比壳管式制冰器缩短 13%。因此直接接触式蓄冷技术具有广泛的应用前景。

直接接触式制冰机主要用于冰蓄冷,其运行是根据两种不同流体的热交换而进行的,如图 9 所示。两种流体中有一种为不与水混合的流体,它比水重,经过制冷机组被冷却至水的冰点温度以下,然后流体经一喷射器,并利用流体的高压从蓄冷槽回路中抽水。应用喷射器系统的这一特性产生的足够扰动及冷却效果,将普通的水变成冰晶。当这一冰水混合物被送至蓄冷槽时,其中较轻的冰晶将漂浮在槽的上部,而较重的流体位于槽的底部以利于再循环。国内的研究主要集中在 HCFC123/水的直接接触式制冰系统^[21]。

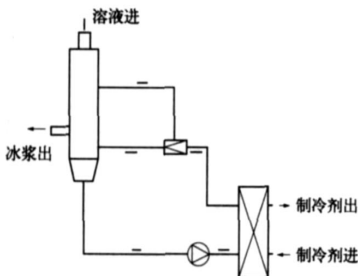


图9 直接接触式制冰机

3 真空式制冰机

冰晶在水产业、食品加工业、宾馆、饭店、医疗以及冰蓄冷空调等行业均有广泛的应用。冰晶可用泵直接进行输送,与保鲜物体的接触面积可以达到 100%,对保鲜物体无任何不良影响,保鲜效果佳,使用非常方便。

真空式制冰机是将水雾化喷入真空绝热腔室,在水滴表面形成的水蒸气被连续地抽出,水蒸气从水滴中吸收蒸发潜热,从而水滴温度平稳地下降,直至水滴形成冰晶。冰浆的 IPF 可通过改变真空腔室的真空度和喷嘴的数目实现。

B. S. Kim^[22]等人研究的真空制取冰浆的装置如图 10 所示,包括真空雾化腔室(vacuum spray chamber)、供水系统(water supply system)和抽真空系统(vacuum exhaust system)。雾化喷嘴平均直径为 50 μm ,喷射角为 60°,在喷射压力为 810 kPa 下的喷射流量为 2~10 L/h。真空腔室高 1.33 m,以致水滴在腔室内停留的时间超过 0.002 s。制冰所用的水为含 7% 乙烯的乙二醇水溶液。

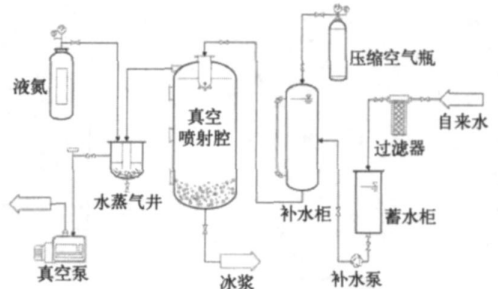


图10 真空式制冰机

4 制冰机的发展趋势

随着技术的不断发展,制冰机呈现如下的发展趋势:

- 1) 提高成冰速率,缩短成冰时间。
- 2) 从制冰到脱冰实现全过程自动化控制,提高运行效率,节约人力资源。
- 3) 增加报警、保护装置,保证制冰机运行稳定、可靠。比如对水箱内水位、冷凝温度的高低,制冷剂不足,水泵的运行状况等的监控。
- 4) 通过强化传热手段提高制冷效率。
- 5) 注重节能,如对制冰用水实行预冷、对未冻结的制冰用水进行循环、利用热气脱冰等。
- 6) 采用新型材料,减轻制冰机重量,减小制冰机体积,使得制冰机移动方便,不占空间。

5 结束语

人造冰的应用范围越来越广,各类高效、节能、自动化制冰装置不断推陈出新,但是系统地对各类制冰机原理论述的文章很少,为此笔者参考了大量的国内外相关文献资料,将制冰机分成蒸气压缩式、直接接触式、真空式 3 类对制冰原理作了系统的论述,为专业人员提供设计参考。

参考文献

- [1] 顾建中. 我国制冰设备概述. 制冷技术, 2005, (1): 26-30.

- [2] 柯耀霖. 刮冰刀外旋式制冰机:中国,92240950. 1. 1994:01-5.
- [3] 华泽钊,刘道平,吴兆琳,等. 蓄冷技术及其在空调工程中的应用. 北京:科学出版社,1997.
- [4] Mueller Corporation. Avalanche Ice Harvester/Chiller. Mueller Corporation Handbook [EB/OL]. <http://chinagold001.com/gold/1/1/Mueller.pdf>.
- [5] Samsung Gwangju Electronics Co., Ltd. Ice making machine:European, EP1429091A2. 2004-06-16.
- [6] Hoshizaki Denki Kabushiki Kaisha. Ice making mechanism of ice making machine:US, US2004/0226311. 2004-11-18.
- [7] Follett Corporation. Ice making apparatus:European, WO2005/086666A2. 2005-09-22.
- [8] Roger P Brunner. Ice making apparatus:US, US2002/0193759A1. 2005-09-08.
- [9] Scotsman Ice System. Maintenance and clearing for an ice machine:European, WO2005/074562A2. 2005-08-18.
- [10] Gary Hahn. Ice tool:US, US6928682B1. 2005-08-16.
- [11] Samsung Electronics Co., Ltd. Ice maker:US, US2005/0160757A1. 2005-07-28.
- [12] LG Electronics Inc. Refrigerator:US, US2005/0160756A1. 2005-07-28.
- [13] Samsung Gwangju Electronics Co., Ltd. Ice making machine:European, EP1416237A2. 2004-05-06.
- [14] 赵渝生. 日美家用制冰机的比较. 家电科技, 2003, (9):71-73.
- [15] Samsung Gwangju Electronics Co., Ltd. Ice making machine:European, EP1429091 A2. 2004-06-16.
- [16] Kunihiko Ishitomi, etc. Ice making mechanism of ice making machine:US, US2004/0226311 A1. 2004-11-18.
- [17] 张进富. 大桶水制冰机:中国,02255863. 2003-11-05.
- [18] 大远东制冷设备工程技术有限公司. 制冰机. 制冰机产品手册 [EB/OL]. <http://www.tjfareast.com/jswz.zlsj.pbj.htm>.
- [19] Hausbrand, E., Condensing and Cooling Apparatus, 5th ed., Van Nostrand, New York, 1993.
- [20] Subbaiyer S, Andhole T M, Helmer W A. Computer simulation of a vapor-compression ice generator with direct contact evaporator. ASHRAE Trans, Part I, 1991, 97(1):118-126.
- [21] 章学来. HCFC123/水共混双相变传热特性及直接接触式冰蓄冷系统. 上海:上海理工大学, 2000.
- [22] B S Kim, H T Shin, Lee Y P. Study on ice slurry production by water spray. International Journal of Refrigeration, 2001, (24):176-180.

(上接第4页)

3) 积极扩展国外投资和国际市场、寻求合作

目前,国内企业在产品出口方面遭遇到的国外技术壁垒及反倾销的案例越来越多,因此有条件的企业应集中优势资源加大优势技术和产品的深度开发,同时认真研究到国外投资的可行性,在出口市场中逐步实现从产品出口到资本输出的必然过渡。避开产品外销中的一些不利因素,积极开拓国际市场,同时也希望政府能够对到境外投资的企业加大扶持力度,提供更多的优惠政策。

4) 应重视发展目标的前瞻性

追求利益的最大化是企业经营的首要目标,但企业的可持续发展是企业制定长期目标时所必须重视的重要课题。许多企业家现在已意识到了这一问题的重要意义,并且提出了打造百年企业的口号,在企业产品结构调整和产品规划方面下了很大

功夫,这将引导企业进入良性发展的轨道。

6 结束语

综上所述,2006年中国制冷空调行业的总体发展趋势呈现了一种健康向上的态势,而企业当前的主要任务是要提高自身实力和新产品的技术水平,增强国际竞争力。全行业在今后生产经营和技术创新活动中必须以对市场、对用户、对国家负责的思想为原则,把握行业发展脉搏,发挥前瞻性思维,全方位开展工作,开发更多具有自主知识产权的新技术和新产品,逐步减少对国外先进技术的依赖,积极规避国外各种贸易技术壁垒的限制,最终实现由产品出口向资本和技术出口的重大转变,力争早日实现由“世界制冷空调产品生产大国”向“世界制冷空调产品生产强国”的转化,为实现全行业的可持续发展,构建和谐社会做出贡献。