可销售零下 5℃饮料的自动售货机

Vending Machine That Can Sell -5°C Beverages

大泽　克之 OSAWA, Katsuyuki

朝日饮料株式会社与富士电机共同开发了冰点以下饮料自动售货机，使用此设备在打开容器盖时，饮料会冻结为沙冰状。此售货机应用了“开启时在内部压力变化之下发生冻结”这一过冷却现象。为稳定再现此现象，我们采用了热气除霜方式的除霜系统，此系统可以在不影响商品温度的情况下进行除霜。此外，将库内分为三个区域，即冰点以下温度区、预冷区和补货商品区，根据每天可出售的最大数量来操作区域。这样，就能够稳定供应沙冰状饮料。

Asahi Soft Drinks Co., Ltd. and Fuji Electric have jointly developed a subfreezing beverage vending machine. Opening the beverage container triggers the contents to turn into a sherbet-like state. This unexpected event is caused by the supercooling phenomenon, that is, the liquid starts freezing as the internal pressure is altered by the container being opened. To consistently reproduce this event, we adopted the hot gas defrosting method, which does not affect beverage temperature. The vending machine has three zones, sub-freezing temperature zone, preliminary cooling zone, and replenished product cooling zone and allows the change of the maximum number of beverages to be sold per day. This structure enables the machine to stably supply sherbet-like subfreezing beverages.

1　引言

打开容器盖时，饮料会冻结为沙冰状。这种方式让人们开启饮料时感觉更为清爽，从而成为热议话题。朝日饮料株式会社与富士电机共同开发的冰点以下饮料自动售货机，应用了“开启时在内部压力变化之下发生冻结”的过冷却现象。为稳定再现此现象，需要将饮料静置冷却至适当的温度带。利用自动售货机创建此环境，可以通过纯粹的商品销售达到促销效果，如让顾客体验在眼前开始结冰的乐趣，以及在口中扩散的像刨冰一样的口感等。此事例表明自动售货机的作用正在逐渐发生转变。

2　开发背景

近年来，由于超市的廉价促销以及咖啡连锁店和便利店的兴起，自动售货机的销售额呈减少趋势。仅具有可随时随地饮用这种便利性开始行不通了。作为自动售货机的独特卖点，通过设定符合消费者喜好的饮料温度带来提供具有吸引力的商品，以此推动销售额的增加。

我们秉持“向消费者提供能够带来新惊喜、乐趣和美味的商品，提升自动售货机的吸引力，提高商品品牌价值，增加每台设备的销售额，从而为顾客事业的发展做贡献”的产品理念，开发了能够将碳酸饮料冷却至临近冻结状态的零下5℃的自动售货机（**图 1**）。

3　开发目的和课题

图 2 中展示了一般自动售货机的构造。在自动售货机的构造方面，将饮料商品的储存库分为三个室（左室、中室、右室），可以根据季节调整各室的运行模式，进行冷却和加热切换。传统机型是在库内循环通过恒温蒸发器的冷气来冷却商品，使其冷却至通常的温度带（零上 5 ℃）。当库内温度过低时会停止运行冷冻机，通过反复运行和停止，使库内温度保持恒定。此外，此设备将循环的冷气集中于存放待售

图 1　冰点以下饮料自动售货机的外观

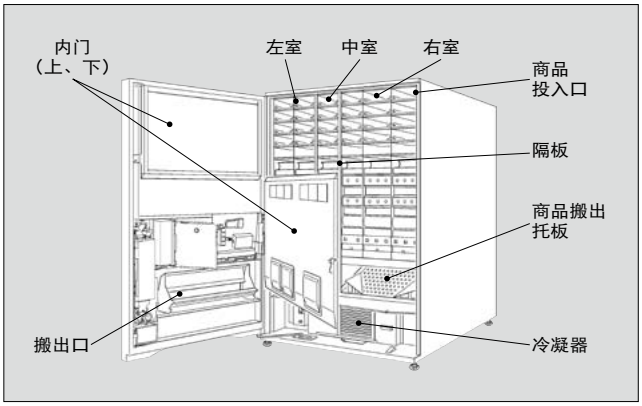

图 2　自动售货机的构造

商品的库内底部，从而降低了冷却负荷，将功耗控制到最小限度。

为使人们享受到沙冰状饮料的乐趣，本开发品需要让待售商品始终冷却并保持在开盖时可产生过冷却现象的温度带（零下 5℃）内。因此，相比传统机型，此机型更需要将一定量的冷气输送至所需之处。此外，设想到夏季沙冰状饮料需求量将增大，运营商希望在进行全室冷却时通过精确设置条件，高效提供沙冰状的饮料，同时还能够保留销售通常温度带饮料的选项。

为满足此需求，须解决以下课题。

(a) 通过适当降低蒸发器的温度，并结合运行时间和风量来控制库内温度

(b) 通过处理蒸发器降温时所增加的霜量（除霜）来防止商品温度上升

(c) 避免商品补货时温度上升

为使投入的商品保持恒定温度，以产生过冷却状态的冷却性能，需要抑制库外热量侵入和冷却损耗。为解决这些课题，我们逐一总结了与各要素相关的因素，并进行了整体优化。

与各要素相关的因素如下所示。

(a) 冷却性能：蒸发温度、安装环境、配管回路

(b) 商品温度均匀：风温、风速、运行率、管道高度

(c) 商品负荷：容量、数量、销售

(d) 侵入热量：绝热材料、密封垫、风速

(e) 冷却损耗：除霜、运行率、环境条件

4 特点

4.1 除霜系统

传统机型采用风扇除霜方式。此方式是在冷冻机停止运行的状态下循环库内的风，从而逐渐融化蒸发器上所结的霜冻。通过定期执行此操作，避免由于过度结霜使蒸发器的风流通路闭塞，从而防止商品温度上升。但是，将此方式应用于本次的开发机时，由于蒸发器比传统机型的温度要低，所以结霜量有所增加。因此，相比传统机型，需要更频繁地除霜，而且库内温度约比传统机型低 10K，所以融解相同量的霜冻所需的时间会更长。由于在此期间无法进行冷却，除霜时间增加后，会导致商品温度升高。因库内目标温度较低，所以库内外的温差比传统机型大，这也是商品温度更大地远离目标温度的因素之一。

要冷却至冰点以下的温度带内，则需要消除除霜时的损耗。开发机利用实现自动售货机加热室节能化的热泵电路[1]，将高温高压的冷媒导入蒸发器，实现了在极短时间内除霜，从而避免了商品温度上升。

如**图 3** 所示，有以下 4 种运行模式。

(a) 模式 1：冷却时（制冷、冰点以下）

(b) 模式 2：加热时（制热）

(c) 模式 3：风扇除霜时

(d) 模式 4：热气除霜时

冷却运行时如模式 1 所示，将高温高压的冷媒输送到冷凝器，散热后进行绝热膨胀，并将压力降低的冷媒输送到蒸发器进行吸热（冷却）。模式 2 的加热运行动作正好相反。即通过将高温高压的冷媒导入蒸发器进行散热，将温热空气输送到库内。无论哪种模式都会使安装在蒸发器中的风扇运行，输送经蒸发器进行过热交换的风（冷风或温风），将商品冷却或加热到目标温度。此处，考虑到除霜时的运行，在传统的温度带内，则按模式 3 所示状态，以前述的风扇除霜方式进行除霜。此模式是在压缩机停止的状态下运行风扇，通过热量侵入产生温风来逐渐融解霜冻。

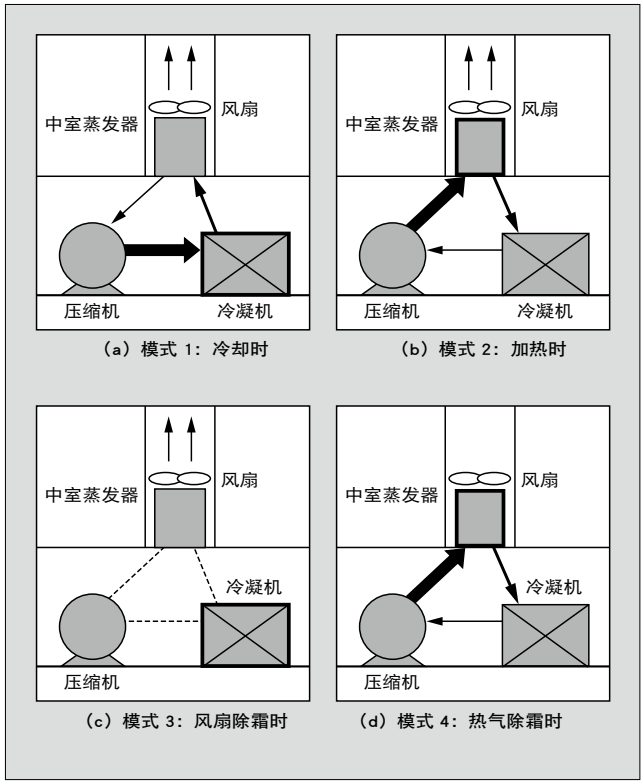

图 3　各运行模式下的冷媒路径

另一方面，开发机的温度带在模式 4 所示状态下，如上所述通过将处于高温高压状态的冷媒直接导入蒸发器，从配管方直接加热蒸发器来融解霜冻。由于此方式不是通过送风进行融解，所以可关停风扇，从而确保商品周边没有暖空气，避免商品遭遇无谓的温度上升。**表 1** 为传统机型和开发机的除霜方式比较。

按开发机的温度带比较，风扇除霜方式的除霜时间约为 120 分钟，而使用热气除霜方式则可缩短至 5 分钟左右。因此，可以避免商品温度在除霜期间偏离可产生过冷却现象

表 1　除霜方式的比较

项目	旧型机	开发机
除霜方式	风扇除霜方式	热气除霜方式
运行	冷却停止 + 风扇运行	加热运行 + 风扇停止
原理	在热量侵入和风的作用下缓慢除霜	逆流式提供高温冷媒，迅速除霜
除霜时间	120 分钟 （传统机型的温度带下约为 15 分钟）	5 分钟
最高商品温度	约 2 ℃	-3 ℃以下

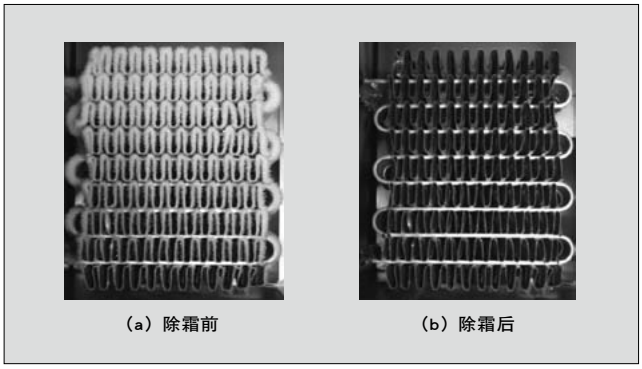

图 4　开发机进行热气除霜前后的蒸发器

的温度范围。一旦温度上升，需再次冷却至过冷却范围，这样便会失去销售机会，因此在温度带方面开发机选择了尤为高效的方式。**图 4** 中展示了开发机进行热气除霜前后蒸发器的状态示例。

4.2　区域操作系统

商品补货是导致热损耗的原因之一，会妨碍冷却至冰点以下温度带。开门时，外界高温空气侵入内部带来负荷，除此之外，还有将处于外界气温下的补货商品自身的热容量降至冰点以下温度带内的负荷，在销售之前要将商品冷却至冰点以下的温度带，这是开发机所面临的一大课题。为了解决此课题，我们聚焦于商品补货量和补货位置，结合实际运行情况按三大温度带进行管理（区域操作系统）(**图 5**)。自动售货机的商品补货从库内上方进行，库内商品纵向装载，从库内下方依次销售（先进先出方式）。先补商品会逐渐移至库内下方，最终从最下方出售，在此期间内可以进行较长时间的冷却。但是，库内可容纳的商品数量是有限的。此外，商品装载量根据深度方向上商品装载架的位置而有所差异，因此单纯进行商品补货时，从补货到销售的等待时间会有所不同。但是，如果控制好商品补货量和时机，则可以确保所需的冷却时间。此外，水平方向设置了三个室（左室、中室、右室），每一室可分别设置温度带。因此，各室中商品装载架的任意位置都处于相同的温度带。由于使用全部中室销售待售对象商品，因此可以对中室库内整体进行上述控制。

开发机一天的销售数量大约相当于整个库内商品量的 1/3，所以大概会在补货 3 天后销售出去。因此，考虑将库内分为三个区域，即冰点以下温度区（待售商品）、预冷区和补货商品区，根据因深度方向存在差异的最大装载数量，结合每个货架每天可出售的最大数量来运营区域。最终便可确保补货商品的冷却时间必然在 2 天以上，从而实现沙冰状饮料的稳定供应。

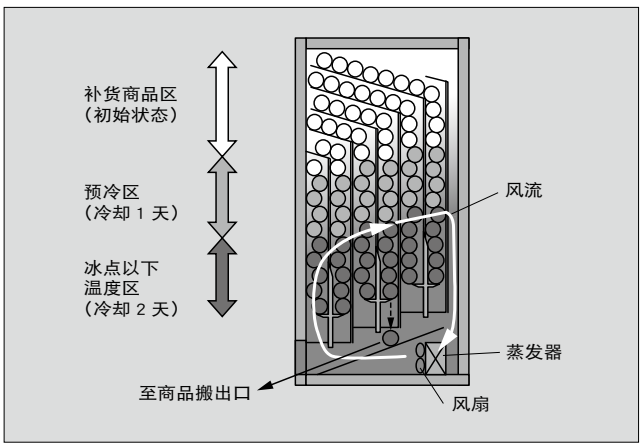

图 5　区域操作系统

4.3　绝热结构和温度控制

为了将商品温度降至零下 5℃，与传统机型相比必须更大程度地降低蒸发器的温度，向商品提供温度更低的冷风。利用冷却单元蒸发器中的温度传感器，根据冷冻机的运行环境控制冷媒的循环量，从而将蒸发器控制到适当的温度。开发机通过降低该设定温度来调节蒸发器温度。另一方面，连续给风时，会保持在一定温度，但稳定的温度会因周围环境温度而发生变化。设备会基于商品装载架最下方设置的温度传感器检测到的温度控制冷冻机的运行和停止，从而使库内温度保持恒定并吸收变动因素。开发机通过将该设定温度设置为零下 5℃附近，对商品温度实施控制，使其最终温度达到目标温度。**图 6** 中展示了商品温度、库内温度和蒸发温度的时间变化。

图 7 中展示了冷却运行时中室库内的截面图。这种饮料专用自动售货机在构成上，风流和库内温度分布有相关性，如**图 7**(a)所示，刚从冷冻机吹出的风直吹的架子位置（商品搬出口侧）处，商品往往更容易冷却。此外，冷冻机停止时则相反，如**图 7**(b)所示，强风直吹的位置受外界侵入的热量影响，温度更易上升。另一方面，未被冷冻机吹出的风直吹的架子位置（背面）处，商品相对较难冷却，且受侵入热量的影响也相对较小。传统机型如**图 7**(c)所示，在上述冷冻机停止工作期间内风流也会停止，这样可最大限度地抑制热量侵入，从而保持目标温度。

但是，开发机由于目标温度更低，与外界空气的温差较大，与传统机型相比更易受侵入热量的影响，所以在冷冻机停止工作期间风停止时，商品所达到的温度也容易因库内深度方向的位置而产生差异。这是由于风直吹的商品搬出口侧（前面）受低温风直吹影响，因而冷却时更易冷却，而风不直吹的背面（里面）在冷冻机停止工作时温度相对更易上升。因此，在增强了绝热墙的状态下冷冻机停止工作时，通过风的持续吹动，可以缩小深度方向上商品温度的差异，并保持

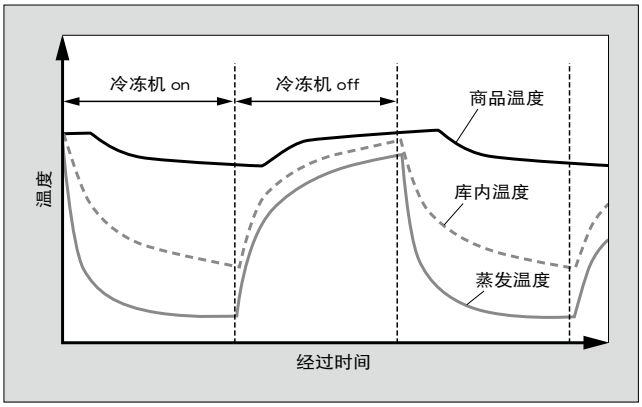

图 6　各部位温度的经时变化

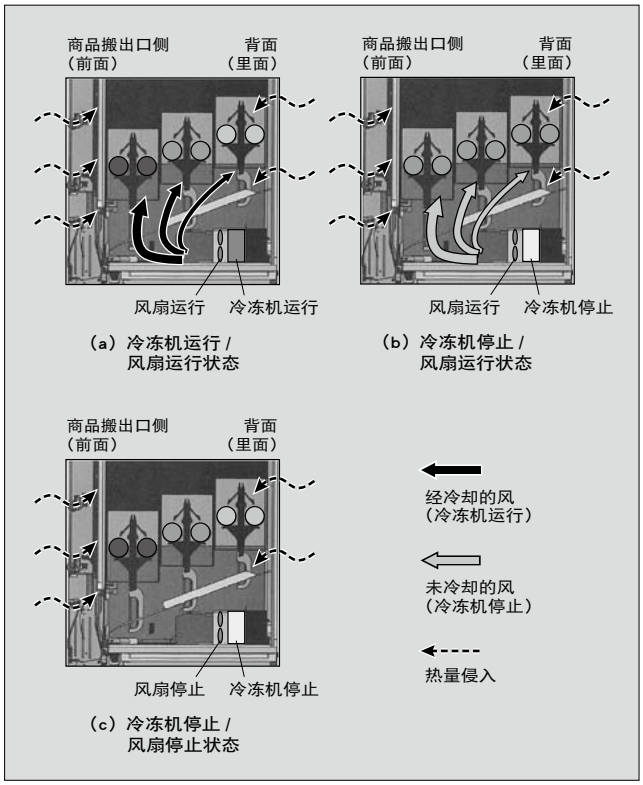

图 7　冷却运行时中室库内的截面图

产生过冷却现象所需的温度带。此外，通过将对象集中于三室运行冷却时的中室，可减少中室和左右室之间的温差，并能够较大程度地抑制热量侵入。此外，背面和前面采用真空绝热材料增强了绝热性能。而且，通过增强绝热性能，可提高冷风吸入口的高度，从而增加更多的低温范围，为前述区域操作系统留出空间。

5　后记

本文对可销售零下 5 ℃饮料的自动售货机进行了介绍。本产品采用热气除霜方式的除霜系统，利用冷媒的冷凝热，可在不影响商品温度的情况下进行除霜。为将商品销售时的温度控制在冰点以下范围内，将库内分为三个区域进行温度管理。

通过提供应用了这些新技术的新产品，希望能够激活自动售货机市场，并促进商品销售额的增长。

参考文献

(1)　石田真. 加热器电量零消耗式自动售货机 “HYBRID ZERO”. 富士电机技报. 2015, vol.C7, no.4, p.187-190.

大泽　克之
从事自动售货机、展示柜冷却系统的设计。现就职于富士电机株式会社食品流通事业本部生产统括部三重工厂设计第一部。日本冷冻空调学会会员。日本冷冻空调学会会员。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。