

论扩散—吸收式冰箱热虹吸泵对制冷系统的影响

李启奈

(广州市联立工业设计有限公司, 广东 510060)

[摘要] 扩散—吸收式冰箱是利用加热实现制冷。其使制冷剂循环的设备是热虹吸泵, 本文分析热虹吸泵的热负荷及结构尺寸与冰箱制冷量之间的关系, 为扩散—吸收式冰箱的制造提供理论依据。

[关键词] 扩散—吸收式冰箱, 热虹吸泵, 热负荷, 制冷量

[中图分类号] TM925.2; TB61⁺⁶

[文献标识码] B

Discussions on the Influence of Heating Siphon—pump of the Diffusion—absorption Refrigerators to Refrigerating System

LI Qinai

(Guangzhou LIANLI INDUSTRIAL DESIGN CO., LTD, Guangzhou 510060)

Abstract: The diffusion—absorption refrigerators use heating to realize refrigeration. The equipment that makes the coolant circulate is the heating siphon—pump. The paper analyses the relationship between the heating load and structural dimensions of the heating siphon—pump and the refrigerating output of the refrigerator. It provides the theoretical basis to manufacture of the diffusion—absorption refrigerators.

Keywords: Diffusion—absorption refrigerators, Heating siphon—pump, Heating load, Refrigerating output

1 概述

吸收式冰箱是利用加热来实现制冷的。它的制冷系统充入三种物质: 制冷剂—氨, 吸收剂—水, 扩散剂—氢。制冷剂氨在循环过程中从气态变成液态, 再由液态变为气态, 在后一种变化时, 就在冰箱内吸收食物的热量, 使冰箱内的温度降低, 以达到食物冷却的目的。但要实现制冷剂的循环, 必须借助于吸收剂水和扩散剂氢的帮助。吸收剂水在常温下可以大量吸收制冷剂氨, 而通过加热又能将制冷剂氨释放出来, 然后气态制冷剂通过冷凝器经自然对流的空气冷却, 在冷凝压力下液化, 液氨从蒸发器的上部进入蒸发器内, 氢氨混合气体则从蒸发器下部进入蒸发器内, 由于氢的扩散作用, 使氨的分压发生变化; 遵照道尔顿定律 $P = P_{NH_3} + P_{H_2}$,

氨的分压 P_{NH_3} 是小于总压力 P 的, 因此氨的分压降低了, 液氨便得以蒸发, 获得制冷效应。

在扩散—吸收式冰箱中, 不设机械泵, 而是利用热虹吸的原理输送溶液, 将溶液提升到足以能够克服系统阻力再循环的高度, 完成这一过程的设备称为热虹吸泵。热虹吸泵的热负荷及结构尺寸对整个制冷系统有很大的影响。下面将逐一分析。

2 热虹吸泵的工作原理

如图1所示, 溶液由溶液热交换器进入热虹吸泵, 被加热元件加热沸腾, 等到发生的气泡达到一定数量时, 就借气泡向上的推力将溶液沿提升管提升至一定高度, 当气液混合物到达发生器上部后, 其中含有少量水蒸气的氨气继续上升至精馏器, 而氨水溶液则被分离下来, 并再次经过加热把残留在

* 收稿日期: 2005-11-10

作者简介: 李启奈(1946—), 女, 工程师, 主要从事冰箱、冷柜、商用冷柜、汽车空调的研究及中央空调设计。E-mail: rallyid@163.com

氨水中的氨继续蒸发，氨气在精馏器内由于受到精馏器的壁面的冷却而部分冷凝，使氨气沿精馏器上升时，浓度不断提高，最后得到较纯的氨气进入冷凝器，而含水量较多的溶液则向下流至发生器。如图 1 所示。

对产生 1 公斤制冷剂而言：
每小时被提升溶液量为：

$$V_f = \frac{D(f - g_s)}{r_s'} \quad (1)$$

每小时提升蒸汽量为：

$$V_D = \frac{D g_s''}{r_s''} \quad (2)$$

式中： f —进入热虹吸泵的浓溶液量，kg；
 g_s —在某温度（ t_s ）下沸腾产生的蒸汽量，kg；

D —每小时制冷剂循环量，kg；

r_s' —提升液的比重；

r_s'' —形成的蒸汽的比重；

V_f —每小时被提升溶液容积，l；

V_D —每小时被提升蒸汽容积，l；

被提升的液体容积 V_f 与同一时间内所产生的蒸汽容积 V_D 之间的比值称为输送比（用 b 来表示），则：

$$b = \frac{V_f}{V_D} = \frac{f - g_s}{g_s} \cdot \frac{r_s''}{r_s'} \quad (3)$$

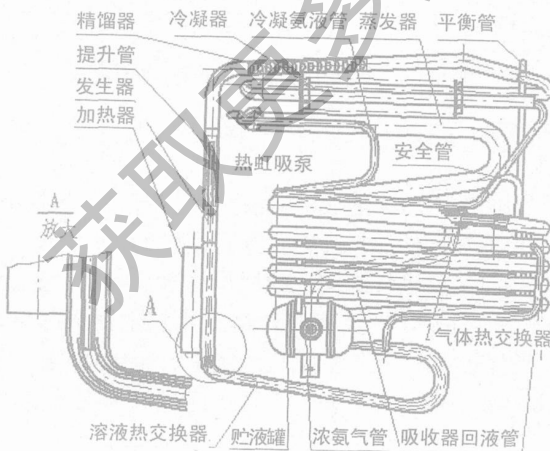


图 1 扩散—吸收式冰箱制冷系统简图

输送比 b 是热虹吸泵的主要性能参数，它与提升管直径 d_s ，输送高度 h_s 和液体进入热虹吸泵时的温度有关。随着高度与管径的增大，入口温度减小，输送比相应降低。它们之间的变化关系可通过实验确定。

在求得 b 值之后，可以根据装置要求的提升高度 h_s 和其他状态参数确定提升管的直径 d_s 。

3 主要部件的单位热负荷

发生器，精馏器和热虹吸泵热负荷进行过程表示在 $i-\xi$ 图上（见图 2）。

3.1 精馏器单位热负荷

对于小型扩散—吸收式冰箱提纯蒸汽的过程通常在结构比较简单的精馏器中进行。从发生器出来相应于图 1 中状态 $2''$ 的蒸汽，在精馏器中部份冷凝而逐渐变为高浓度的蒸汽点 5 状态，在相反的过程中溶液变成浓度更低的点 6 状态，点 6 与点 $2''$ 两种状态并不呈平衡。这时精馏过程的回流比：

$$R = \frac{\xi_R'' - \xi_s''}{\xi_s'' - \xi_R} \quad (4)$$

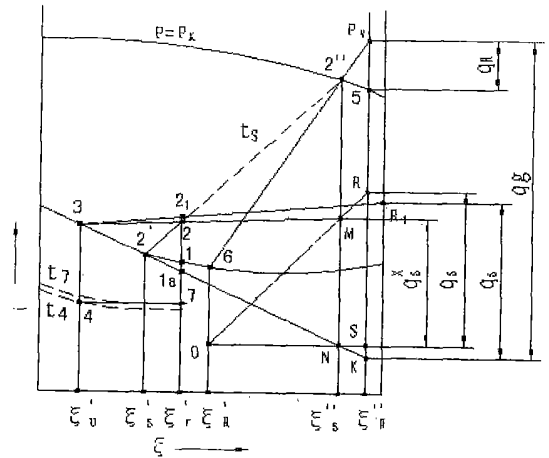


图 2 发生器、精馏器、热虹吸泵热负荷 $i-\xi$ 图

如图 2 所示， ξ_R'' 、 ξ_s' 、 ξ_s'' 相应为点 5、6、2 的浓度。

在精馏过程为理想的质交换情况下， $\xi_R' = \xi_s''$ ，即点 6 变为点 $2'$ ，得到最小回流比：

$$R_{min} = \frac{\xi_R'' - \xi_s''}{\xi_s'' - \xi_R'} \quad (5)$$

于是, 可以求得精馏器的效率:

$$\eta_R = \frac{R_{min}}{R}$$

η_R 可根据经验估计, 便可求得 R , 进而求得 ξ_R' , 从而求得精馏器的单位热负荷:

$$q_R = i'' - i_5 + R(i_5 - i_6) \quad (6)$$

式中 i_5 : 出精馏器氨气的焓。

精馏器的单位热负荷 q_R 也可以利用 $i-\xi$ 图图解法求得, 即等于线段 $\overline{p_5}$, 见图 2。

3.2 发生器的单位热负荷

如图 2 所示, 对发生器和精馏器作热量平衡得出发生器的单位热负荷。

$$q_g = i_5 + (f-1)i_3 - fi_{1a} + q_R$$

在扩散-吸收式冰箱中, 溶液状态 $1a$ 的温度与焓往往是未知的, 而吸收器出来的浓溶液温度 t_7 和进入吸收器稀溶液的温度 t_4 可以通过测量或经验估计得到, 因而可把溶液热交换器包括在发生器、精馏器的热平衡中, 得到发生器的单位热负荷:

$$q_g = i_5(f-1)i_4 + fi + q_R \quad (7)$$

q_g 也可以利用图 1 求得。

实际过程中发生器所需要的热负荷的数值比 q_g 大, 因为发生器、精馏器和溶液热交换器对周围环境介质均存在热损失。

3.3 热虹吸泵的单位热负荷

如图 2 所示, 状态 $1a$ 与状态点 2 之间热虹吸泵所需供给的热量即热虹吸泵的单位热负荷 q_s 可用作图法求得, 由热平衡方程式可以得到热虹吸泵产生 g_s 公斤蒸汽所需供给的热量 q_s^* 。

$$q_s^* = g_s i_s'' + (f - g_s) i_s' + f i_{1a}$$

在图 2 中湿蒸汽区 t_s 等温线 $2'-2''$ 与等浓度线 ξ_r' 交于点 2, 然后连接点 3 与点 2, 连线与等浓度线 ξ_s'' 交于 M 点; 连接点 3 与点 $1a$, 连线与等浓度线 ξ_s'' 交于 N 点, 则 \overline{MN} 线段即为 q_s^* 。

但通过精馏器获得 1 公斤的提纯过的氨气必须在发生器中产生 $1+R$ 公斤的蒸汽。故 q_s^* 须乘以 $1+R$ 。则:

$$q_s = (1+R)q_s^* = \frac{\xi_R'' - \xi_R'}{\xi_s'' - \xi_R'} [g_s i_s'' + (f - g_s) i_s' - f i_{1a}] \quad (8)$$

在图 2 中, 如果从 N 点平行交 ξ_R' 等浓度线上得 O 点, 连接 O 与 M 及 N 点, 并延长至 ξ_R'' 等浓度线, 则可以得到 R 及 s 点, \overline{RS} 线段即为 q_s 。由图 2 可以得出下列几何关系:

$$\frac{q_s^*}{q_g} = \frac{\overline{RS}}{\overline{MN}} = \frac{\xi_R'' - \xi_R'}{\xi_s'' - \xi_R'} = 1 + R \quad (9)$$

由于发生过程的初和终状态已知, 所以如果已知 q_s 值, 那么反过来可近似的求出状态点 2'。即从图 2 中 K 点向上量取 q_s , 可以得到 R_1 点, 并将该点与状态点 3 相连, 直线 $R_1 3$ 与 ξ_r' 等浓度线交于 2_1 点, ξ_s'' 与 ξ_r'' 相差不太大, 则该点与点 2 相差也不大。

然后经过点 2_1 沿湿蒸汽区等温线寻找, 可以一次近似地得到 ξ_{s1}' 与 ξ_{s1}'' , 沿 ξ_{s1}'' 可以得到 M_1 与 N_1 点, 连接点 M_1 与点 3 并考察, 这根直线与 ξ_r' 等浓度线的交点与点 2 是否相等。经过了几次尝试可以得到比较准确的点 2, 点 2' 便可求得。

4 结论

热虹吸泵的热负荷占整个发生器热负荷的百分比, 可用 φ 表示

$$\varphi = \frac{q_s}{q_g} \times 100\% \quad (10)$$

图 3 示出四种不同加热功率的装置, 它们的制冷量与 φ 之间的关系。从图 3 可以看出: 制冷量的

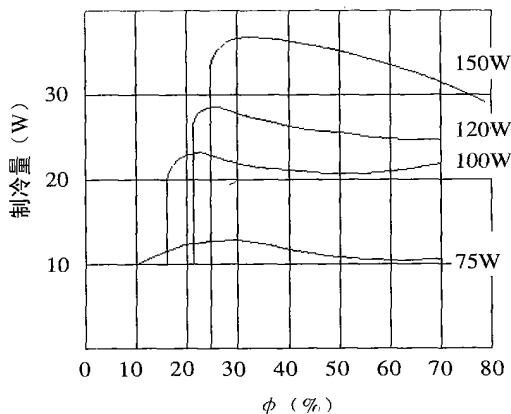


图 3 冰箱在不同热负荷时热虹吸泵的部分负荷百分数 φ 与制冷量关系

最大值约在 φ 等于 20%~40% 之间。在负荷为 100 至 150W 情况下, 当 φ 降低至某一数值时, 制冷量急骤下降, 装置不能继续工作。若在保证制冷机(冰箱)可靠的工作, 热虹吸泵的加热量最少占总加热量的 1/3。如果 φ 值过大, 则因在发生器的蒸汽中水蒸汽成份增加, 而精馏不能适应增加的负荷使制冷量下降。可以看出, 热虹吸泵热负荷对制冷系统有很大的影响。

吸收式冰箱制冷系统的匹配比较困难, 要通过

大量的实验才能实现, 计算值仅供参考。

5 参考文献

[1] 单大可. 电冰箱和小型制冷机[M]. 北京: 轻工业出版社, 1987

(1) 茅以惠. 吸收式与蒸汽喷射式制冷机. 上海机械学院, 1981

—— 信息动态 ——

上海半数办公楼空调污染超标

上海市环境保护产业协会室内环境治理分会和东华大学环境学院于 2005 年底, 对上海 24 幢商务楼的中央空调通风系统进行污染物调研、监测和采样。结果显示细菌严重超标的约占 25%, 合格率为 58%; 真菌严重超标为 29%, 合格率仅为 45.83%。调研发现, 20.8% 的大楼在使用中央空调后从未对管道进行清理, 不少楼宇的中央空调通风系统设计不合理, 送风主管道大多无预留的检修口, 无法进行管道积尘采集和日常清洗消毒。

上海一屠宰厂冷藏库氨气外泄

3 月 9 日凌晨 3 时左右, 上海复新屠宰厂冷藏库由于一根氨气管道爆裂, 造成氨气大量泄漏, 冷库附近一片白雾, 许多工人和前来批发肉类的小贩被呛得纷纷往外跑。消防中心接报后出动了数辆消防车, 用水枪稀释氨气。厂方虽及时关闭了管道阀门, 但由于管道内有四、五十吨氨, 制冷车间采取回收氨气的措施, 直至上午 6 时左右, 氨气才基本散逸掉, 由于该厂离居民区较远, 有关方面未作出疏散居民的决定, 也未发生人员伤害事故。

上海统一安装小区空调凝结水排出管

盛夏季节空调凝结水滴水问题虽小, 但却是造成邻居投诉的原因之一。据上海浦东房产管理部门统计, 空调滴水问题占同期物业投诉量的 34% 左右。为此, 上海浦东新区决定统一安装空调凝结水排出管, 据房产管理部估算, 改造一个 5 万 m^2 、800 户居民的小区投入约 4 万元, 平均每户负担约 50 元, 经协调, 政府、物业、业主三方分别负担, 这样就让居民告别恼人的滴水声音, 安心睡个好觉。滴水管收集的冷凝水还可用来浇灌小区花园。

上海发布家用中央空调维修保养服务规范

随着家用中央空调市场日益扩大, 早期安装的家用中央空调逐步超过了保修期, 消费者和安装企业在维修保养中的纠纷日益增多, 为此, 上海家用电器行业协会在上海市物价局指导下进行调研, 征集了约克、美的、开利、海尔、大金、麦克维尔、特灵、天加等企业现行维修保养价格等资料分析研究后, 编制了《上海家用中央空调行业维修保养服务规范》, 经由上海家用电器行业协会批准, 向上海市物价局、上海市消费者权益保护委员会备案, 于 2006 年 1 月 1 日起在上海家用中央空调安装维修保养企业中施行。

该规范共七章三十八条, 内容包括服务规范、收费标准、维修程序、争议解决等。制定该类规范在全国行业中尚是首次。

—— (以上由特约通讯员王良报道)

“可燃冰”: 未来能源宝库

据法国媒体报道, 在海底和地球北方冻土中藏有大量的甲烷, 它因包含在水的结晶外壳中又称“可燃冰”, “可燃冰”这种甲烷水化合物, 它是在低温高压下自然形成, 这是一种很稳定的水的结晶物, 其中的甲烷即是良好的天然气, 据估计, 这些化合物包含有 10 亿吨碳元素, 相当于地球上所有开采及未开采的石油、煤气和煤的总量的 2 倍。90% 以上的“可燃冰”都储藏浅海大陆架下大约 100 到 500 米深处, 专家们认为“可燃冰”是地球未来能源的宝库。

1 立方厘米的“可燃冰”能释放出 164 立方厘米的燃气, 用一根火柴靠近小冰块就可以看到它燃起火焰。虽然“可燃冰”开采费用很昂贵, 但一些研究证明, 开采“可燃冰”有可能获得成功。不过也有一些科学家对“可燃冰”表示担心, 认为它可能成为使地球迅速变暖的重要隐患。

—— (特约通讯员费人杰报道)