

无霜冰箱的热力计算

王曙光

随着人民生活水平的提高,冰箱向大型、多门、多温、无霜型发展。据国内有关资料统计:1988年无霜冰箱仅有万宝、上菱等四个厂家的五、六种型号,产量也仅占冰箱产量的5%左右,而1993年无霜冰箱已发展到近十个厂家的二十多种型号,产量占到冰箱产量的18%左右。从这些新开发的产品来看,以引进日本、意大利的设计为主。但从长远来讲,为了适应竞争日趋激烈的市场需要,各冰箱生产厂家应立足于独立研制、自主设计的方针。鉴于目前国内在无霜冰箱的设计方面仍不成熟,本文主要总结以往的无霜冰箱的设计经验,浅谈无霜冰箱设计的第一步——热力计算。无霜冰箱的热力计算通常有三种方法:

一是能耗法:即按国家测试冰箱耗电量的标准工况(环境温度 25°C ,冷冻室温度 $\leq -18^{\circ}\text{C}$,冷藏室平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$)来计算冰箱的漏热量,同时确定压缩机在此工况下的开停比(一般取 $40\% \sim 50\%$),以此来选择压缩机。根据压缩机输入功率和开停比便可计算出耗电量,如耗电量达到国家能耗标准,则根据所选压缩机来设计制冷系统。如达不到标准,则需重新修改冰箱结构尺寸。

二是负荷法:即按所设计的气候类型(对温带型,环境温度为 32°C)计算出冰箱的漏热量,再加上各种使用热负荷即构成冰箱总热负荷,以此来选择压缩机,设计制冷系统。

三是综合法:即以某一经验工况(对温带型,环境温度为 32°C ,冷冻室温度一般取 -24°C ,冷藏室温度取 -14°C)下的冰箱漏热量作为冰箱的总热负荷,以此来选择压缩机,设计制冷系统。

由于无霜冰箱内有化霜加热丝及冷却风扇电机,采用能耗法和负荷法计算均比较复杂,采用综合法不失为一种简单可行的方法。下面仅以BCD—200W双门双温电冰箱(冷冻室下置式)的热力计算来对综合法举例加以说明:

一、漏热量计算:

(一)计算条件

1. 气候类型:温带型。
2. 箱壁面积计算基准取壁厚中心。
3. 门面积计算基准取磁条密封中心。

(二)计算公式:

$$1. K=1/\left(\frac{1}{\alpha_0} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}\right) \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$2. Q=F(T_0-T_i)K \text{ kcal/h}$$

对门封条漏热量计算按下式:

$$3. Q=l(T_0-T_i)K_l \text{ kcal/h}$$

式中:

K :传热系数 $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$

α_0 :环境空气与外箱壁间的换热系数
 $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$

α_i :间室内空气与内箱壁间的换热系数
 $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$

λ :绝热层材料的导热系数 $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$

δ :绝热层厚度 m

Q :稳定状态下的漏热量 kcal/h

F :传热面积 m^2

T_0 :箱外空气温度 $^{\circ}\text{C}$

T_i :室内空气温度 $^{\circ}\text{C}$

l :门封条长度 m

K_l :经验系数 $\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$

漏热量计算用图如附图(a)、(b)

(三)计算结果:

见附表1

二、制冷循环冷却能力计算:

(一)制冷循环:

蒸发温度取 -30°C ,冷凝温度取 45°C ,此条件下R12对应的蒸发压力为:1.004bar,冷凝压力10.84bar,压力比 $\pi=10.84/1.004=10.80$ 。

制冷循环示意图如图(C)。

R12单位制冷量 $q_0=i_1-i_5=339.97-243.66=96.31\text{kJ/kg}=23.11\text{kcal/kg}$ 。

(二)压缩机选择:

初选华光FN66Q14G压缩机。

FN66Q14G排气容积 $V_H=6.6 \times 10^{-6}\text{m}^3$,每小时排气量 $V_H=6.6 \times 10^{-6} \times 2880 \times 60=1.14\text{m}^3/\text{h}$ 。

取容积效率 $\lambda=0.65$,则压缩机流量

$$G=V_H \cdot \lambda/V=1.14 \times 0.65/0.232=3.19\text{kg/h}。$$

$G>G_0$,压缩机选择合适。

三、制冷系统其它零部件选择计算:

(一)蒸发器计算:

1. 蒸发器面积计算:

$$\text{蒸发器实际热负荷 } Q=G \cdot q_0=3.19 \times 23.11=73.72\text{kcal/h}。$$

蒸发器采用不等距翅片管式蒸发器,取蒸发器最窄截面风速为 1m/s ,此时换热系数

$K=22\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{C}$, 取平均传热温差为 5C , 则所需蒸发器面积 $F=Q/K \cdot \Delta t=73.72/22 \times 5=0.67\text{m}^2$.

2. 蒸发器实际面积计算:

经计算, 所设计蒸发器面积 $F'=0.756\text{m}^2$

$F' > F$, 蒸发器设计合适。

(二) 冷凝器计算:

1. 冷凝器热负荷: $Q_d=G(i_2-i_1)$

$$=3.19 \times (382.48 - 243.66) \times 0.24 = 106.28\text{kcal}/\text{h}.$$

2. 实际散热量计算:

BCD-200W 采用左右两侧内藏式冷凝器, 另外在冰箱底部装有下冷凝器。因此实际散热由两侧冷凝器, 下冷凝器和除露管三部分完成。其中:

A、除露管散热量 $Q'd_1=K_1 \cdot l \cdot \Delta t=0.46 \times 5.$

$$95 \times (45 - 32) = 35.26\text{kcal}/\text{h} (K_1 \text{ 为经验系数}).$$

B、下冷凝器散热量 $Q'd_2=KF\Delta t=8 \times 0.262 \times (45 - 32) = 27.25\text{kcal}/\text{h}.$

C、两侧冷凝器散热量

$$Q'd_3=KF\Delta t=8 \times 0.706 \times (45 - 32) = 73.42\text{kcal}/\text{h}$$

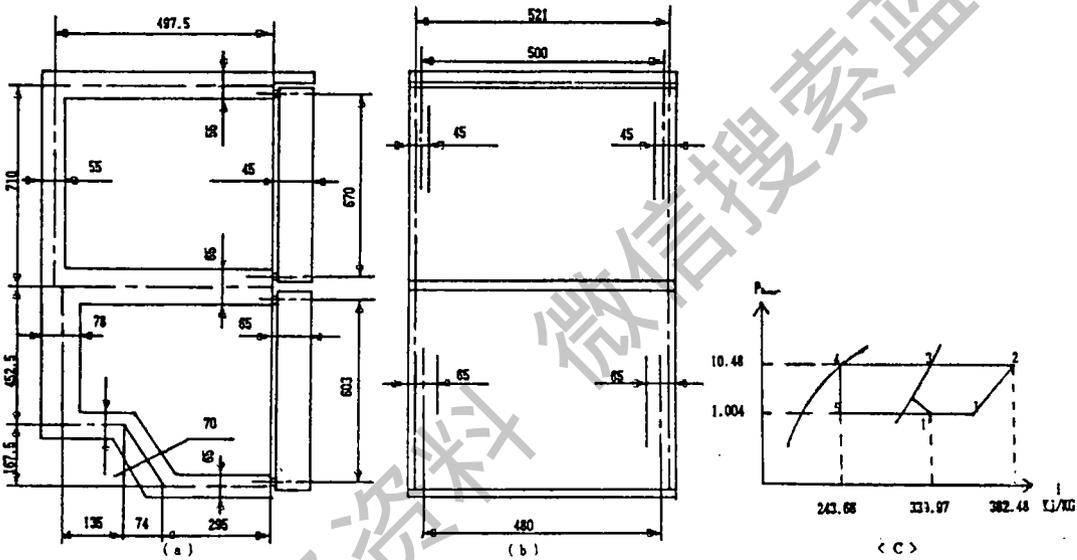
总散热量 $Q'd=Q'd_1+Q'd_2+Q'd_3=135.93\text{kcal}/\text{h}.$ $Q'd > Q_d$, 冷凝器设计合理。

(三) 毛细管长度及 R12 灌注量的确定:

毛细管长度及 R12 灌注量主要靠经验来定, 靠测试冰箱的性能来调整, 方法与直冷式冰箱相近, 本文在此略去。

BCD-200W 按综合法进行计算设计, 经对冰箱进行测试, 各项性能指标均达到要求。

附图:



附表 1:

间室	部位	F(l)	T _o	T _i	α _o	α _i	λ	δ	K(Kl)	Q
冷藏室	顶面	0.25	32	-14	5	5.7	0.022	0.055	0.35	4.03
	左侧面	0.35	45	-14	5	5.7	0.022	0.045	0.41	8.47
	右侧面	0.35	45	-14	5	5.7	0.022	0.045	0.41	8.47
	背面	0.36	32	-14	5	5.7	0.022	0.055	0.35	5.80
	门	0.35	32	-14	5	5.7	0.022	0.045	0.41	6.80
	门封	2.38	32	-14					0.032	3.50
	小计									37.07
冷冻室	蒸发器背面	0.22	32	-26	5	17	0.022	0.078	0.26	3.32
	蒸发器左侧面	0.07	32	-26	5	17	0.022	0.065	0.31	1.26
	蒸发器右侧面	0.07	32	-26	5	17	0.022	0.065	0.31	1.26
	蒸发器底面	0.07	55	-26	5	17	0.022	0.070	0.29	1.64
	其余部位左侧面	0.18	32	-24	5	12	0.022	0.065	0.31	3.12
	其余部位右侧面	0.18	32	-24	5	12	0.022	0.065	0.31	3.12
	其余部位斜底	0.09	55	-24	5	12	0.022	0.070	0.29	2.06
	其余部位底部	0.12	32	-24	5	12	0.022	0.065	0.31	2.08
	其余部位门	0.31	32	-24	5	12	0.022	0.065	0.31	5.38
	其余部位门封	2.25	32	-24					0.058	7.56
小计									30.80	
合计									67.87	

(作者工作单位: 安阳大学 责任编辑: 张文戈)