

BLR-10 半导体冷热箱系统设计 与 参 数 计 算

杨满香 刘恩臣 谢银德 马光援

(郑州工业大学能源研究室)

摘 要: BLR-10 半导体冷热箱, 使用汽车自身能源, 利用珀尔帖效应, 对食品和饮料进行加热或致冷, 用以解决司机运输途中的需要, 本文就冷热箱的系统设计与参数计算作以简要论述.

关键词: 半导体冷热箱 致冷 致热 珀尔帖效应

中图分类号: TB65

BLR-10 半导体冷热箱是根据珀尔帖效应制作的致冷、加热食品贮藏箱, 主要应用在汽车及其它机动车辆上. 其特点是制冷时不用制冷剂, 无压缩机运动部件, 无磨损, 抗汽车振动力强, 无噪声. 利用开关转换电流方向, 可以把致冷工况转换为加热工况. 该冷热箱体积小, 重量轻, 利用汽车上的电瓶电源, 而且工作时不影响汽车的正常工作. 该冷热箱填补了我省空白, 使奔忙在运输线上的汽车司机冬季行车能吃上热的食品, 夏季行车能喝上冷的饮料, 促进了行车安全, 社会效益明显.

1 总体系统设计

在冷热箱的总体系统设计过程中, 首先考虑的是能源问题. 为便于在汽车上应用, 确定采用汽车本身所具有的能源. 这类能源主要有直流电能、汽车发动机能和余热能. 用直流电能, 可采用半导体冷热系统; 用汽车发动机能可采用机械压缩式热泵型; 用余热能可采用吸收式. 经过方案比较, 认为后两种形式在汽车上工艺条件不够成熟, 而半导体冷热系统工艺条件在国内比较成熟, 仅用半导体致冷致热元件, 不用制冷剂, 无运动部件, 无磨损, 无振动, 无噪声, 不受重力影响, 故工作可靠. 所以选择“半导体致冷、致热、保温”为冷热箱总体系统方案. 关于半导体冷热元件系统的设置位置, 从加工方便、主箱体突出的美学方面考虑, 半导体冷热元件系统设置在主箱体的底座处.

主要结构(见图1)有箱体、半导体元件、散热器、离心风机和线路板等五个部分组成. 散热器由叠加薄铝片方直肋翅钎接而成.

2 参数计算

2.1 指标

收稿日期: 1996-09-26

冷热箱容积	10.5(升)
额定电压	12(V)
额定功率	36(W)
致冷(无载)温差	$\Delta t=25(^{\circ}\text{C})$
(无载)加热温度	$t_{in}=50(^{\circ}\text{C})$

2.2 冷热箱容积

$$V=0.25\times0.19\times0.24=11.4\times10^{-3}(m^3)$$
$$=11.4(\text{升})$$

2.3 冷热箱能量损失(Q_e)及损失系数(Au)计算

取箱外保温层 $\delta=0.03m$
保温层的导热系数一取(聚苯泡沫)

$$\lambda=0.035[w/m\cdot k]$$
$$Q_e=\lambda\cdot S\cdot\Phi\quad [w]$$

箱内与环境温差——称温位 Φ

冷热箱形状因子

式中 $\lambda\cdot S=Au$ —— 能量损失系数

2.3.1 总形状因子计算

6 个平面壁的 $S_1=\frac{\sum A}{\delta}=10.21\quad [m]$
8 个垂直交角的: $S_2=(0.15\times\delta)\times8=0.036\quad [m]$
12 个垂直交棱的 $S_3=1.4688\quad [m]$
 $S=S_1+S_2+S_3=11.7148\quad [m]$

2.3.2 $A_u=\lambda\times S=0.035\times11.7148=0.41[w/k]$

2.3.3 $Q_e=Au\Delta t=0.41\times\Phi\quad [w]$

2.4 能量平衡式

$$Q_0d\tau=(\sum mc)d\Phi+Au\cdot\Phi\cdot d\tau$$

上式在 $d\tau$ 时间,箱内温度变化量 $d\Phi$. 实际制冷量为 $Q_0d\tau$ 等于获得的有用能总热容变化量 $(\sum mc)d\Phi$,加上能量的损失量 $A_u\Phi d\tau$.

上述中: Q_0 实际单位时间制冷量.

$$Q_0=W\epsilon$$

制冷系数或工作系数 Cop

输入功率

$\sum mc$ 为总热容
 Φ 为温位, $\Phi=t-t_{\text{环}}$
箱内温度

Au 为能量损失系数

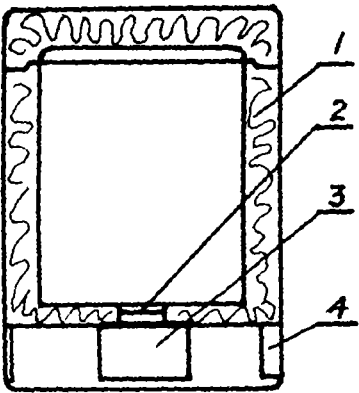


图 1 半导体冷热箱示意图
1. 箱体 2. 半导体元件
3. 散热器 4. 离心风机

2.4.1 从 $\tau_i=0$ 到 τ , 单位时间制冷量 Q_0 计算式将平衡式积分得

$$Q_0 = \frac{\sum mc(\Phi - \Phi_0)}{\tau + A_u \Phi}$$

2.4.2 关于 Φ 的方程式

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}$$

式中 Φ —温位

τ —时间

Φ_0 —初始温位

τ_0 —时间常数

$$\tau_0 = \frac{\sum mc}{A_u} = \left(\frac{1}{A_u}\right) \sum mc = R \cdot C$$

2.4.3 总热容 $\sum mc$ 计算

$$\sum mc = MC_{Al} + MC_{Fe} + MC_k = 1068.3[J/K]$$

└─箱内空气热容 = 14.7899[J/K]

└─箱内四周和底的热容 = 705.1[J/K]

└─蓄冷块热容 = 348.4[J/K]

2.4.4 时间常数 τ_0 计算

$$\tau_0 = \frac{\sum mc}{A_u} = \frac{1068.3}{0.41} = 2605.6[s] = 43.43[min]$$

2.4.5 从温位 1°C 变化到温位 21°C 求所需的时间 τ

$$\tau = (1n\Phi_0 - 1n\Phi)\tau_0 = 132.2[min]$$

2.4.6 计算从 $\tau_i=0$ 到 $\tau=132.2$ 的单位时间制冷量 Q_0

$$Q_0 = \frac{1086.3 \times (21 - 1)}{132.2 \times 60} + 0.41 \times 21 = 11W$$

2.4.7 温差 20°C 小时回升率(保温率) $\eta_B = e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} = e^{-\frac{60}{43.43}} = 25\%$

2.5 从 $\tau=0$ 到 $\tau=132.2$ 分的制冷过程的工作系数 C_{op}

$$C_{op} = \frac{Q_0}{W} = \frac{11}{36} = 0.306 = 30.6\%$$

└─输入功率 36W

2.6 温位变化 25°C 的制冷数值 ϵ ;

2.6.1 计算半导体元件的优值系数 Z

$$Z = \frac{2 \cdot \Delta t_{max}}{T_e^2} = \frac{2 \times 66}{237^2} = 2.35 \times 10^{-3}$$

因购半导体制冷元件时已知 $\Delta t_{max} = 66^\circ\text{C}$.

$$T_h = 30^\circ\text{C} \text{ 和 } T_e = 30[^\circ\text{C}] - 66[^\circ\text{C}] = -36[^\circ\text{C}] = 237K$$

2.6.2 计算制冷系数最大值 ϵt_{max} , 温位变化 25°C

取

$$T_h = 30^\circ\text{C} + 8^\circ\text{C} = 38^\circ\text{C} = 311K$$

$$T_e = 30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C} = 3^\circ\text{C} = 276K$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{\max} &= \frac{T_{cs}}{(T_{ns} - T_{cs})} \frac{\sqrt{1 + Z \cdot \frac{1}{2}(T_{ns} + T_{cs})} - \frac{T_{ns}}{T_{cs}}}{\sqrt{1 + Z \cdot \frac{1}{2}(T_{ns} + T_{cs})} + 1} \\
 &= \frac{276}{(311 - 276)} \frac{\sqrt{1 + 2.35 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}(311 + 276)} - \frac{311}{276}}{\sqrt{1 + 2.35 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}(311 + 276)} + 1} \\
 &= 7.886 \frac{1.29989 - 1.1268}{1.29989 + 1} \\
 &= 7.886 \times 0.07526 = 0.59 = 59\%
 \end{aligned}$$

2.7 等载面直肋效率与热量的核算及最少肋片数

2.7.1 已知条件计算:

$$\begin{aligned}
 A &= b \cdot \delta = 0.10 \times 8 \times 10^{-4} = 8 \times 10^{-5} [m^2] \\
 P &= 2(b + \delta) = 2(0.10 + 8 \times 10^{-4}) = 0.2016 [m] \\
 L_e &= L + \frac{A}{P} = 0.05 + \frac{8 \times 10^{-5}}{0.2016} = 0.0504 [m] \\
 B_0 &= t_e - t_f = 40 - 30 = 10 [^\circ C] \\
 \text{铝片 } \lambda &= 203.5 [W/m \cdot ^\circ C]
 \end{aligned}$$

气体受迫对流 $\alpha = 20 \sim 100$ 取 $\alpha = 40 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$

2.7.2 计算肋效率

$$\begin{aligned}
 m &= \left[\frac{\alpha \cdot P}{\lambda \cdot A} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{40 \times 0.2016}{203.5 \times 8 \times 10^{-5}} \right]^{\frac{1}{2}} = 22.256 [m] \\
 m \cdot L_e &= 22.256 \times 0.0504 = 1.1217 \\
 \eta &= \frac{thmL_e}{mL_e} = \frac{th1.1217}{1.1217} = 0.72 = 72\%
 \end{aligned}$$

2.7.3 肋端温度 t_e

$$t_e = t_f + \theta_0 \frac{1}{chmL_e} = 30 + 10 \frac{1}{ch1.1217} = 35.88 [^\circ C]$$

2.7.4 单片理论散热量

$$\begin{aligned}
 q_0 &= N \times \alpha \times B_0 (P \times L_e + A) \\
 &= 1 \times 40 \times 10 (0.2016 \times 0.0504 + 8 \times 10^{-5}) \\
 &= 4.096 W
 \end{aligned}$$

实际单位散热量(理论值)

$$q_{\infty} = q_0 \cdot \eta = 4.096 \times 0.72 = 2.949 W$$

2.7.5 若输入功率 36W, 则需散热器片数量少数 N_{min}

$$N_{min} = \frac{36}{2.949} = 12.2 \text{ 片}$$

若考虑制造工艺上的问题, 取系数 1.2

$$N_{min} = 1.2 \times 12.2 = 14.64 = 15 \text{ 片}$$

2.8 BLR-10 技术计算结果汇总

2.8.1 要求指标

冷热箱容积	$10.5(dm^3)$
额定电压	$12(V)$
额定功率	$36(W)$
致冷(无载)温差	$\Delta t=25(^{\circ}C)$
(无载)加热温度	$t_{in}=50(^{\circ}C)$
使用环境	$-20\sim 40(^{\circ}C)$

2.8.2 计技术算结果汇总

- (1)冷热箱容积 $V=11.4(dm^3)$
- (2)箱体能量损失量 $Q=0.41\Phi(W)$
- (3)损失系数 $A_u=0.41(k/W)$
- (4)时间常数 $\tau_0=43.43(min)$
- (5)温位从 $1^{\circ}C$ 变化 $21^{\circ}C$ 所需时间 $\tau=132.2(min)$
- (6)从时间 $\tau=0$ 到 132.2 分单位时间制冷量 $Q_0=11(W)$
- (7)从时间 $\tau=0$ 到 132.2 分过程制冷系统工作系数 $C_{op}=30.16\%$
- (8)箱体一小时保温率(回升率) $\eta_B=25\%$
- (9)温位变化 $25^{\circ}C$ 时最大制冷系数为 $\epsilon t_{max}=59\%$
- (10)热散器等载面直肋片数 $N_{mn}=15$ 片
- (11)肋片端温度 $t_e=36^{\circ}C>30^{\circ}C=t_s$
- (12)肋效率 $\eta_L=72\%$

该冷热箱整机性能经河南省产品质量监督检验所检测,结果如下:

检测项目	标准要求	单	位	检测结果
冷却速度	空载致冷温	小	时	1.08
	差为 $25^{\circ}C$, 不得超过 2			
加热速度	空载加热温	小	时	0.17
	度为 $50^{\circ}C$, 不得超过 1			

该项目于 95 年 9 月通过由河南省科委组织的省级鉴定

参 考 文 献

1 尉迟斌等. 制冷工程技术辞典. 上海交通大学出版. 1988. 4
2 A. 阿倍特. 珀尔帖热泵技术研究 B2-102. 制冷学报. 1981. 6
3 天津大学等三校. 传热学. 北京: 中国建筑工业出版社. 1980.

The System Design and Parameter Arithmetic of BLR-10 Semiconductor Cold—and—heat—making Box

Yang Manxiang Liu Enchen
Xie Yinde Ma Guangyuan
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract According to peltier effect BLR-10 Semiconductor cold—and—heat—making box uses the power of the automobilt to heat or refrigerat food and drinks, which can satisfy the need of the driver in transportation. In this paper, the author deals briefly with the system design and the parameter arithmetic of the cold—and—heat—making box.

Keywords Semiconductor cold—and—heat—making box refrigerate pelter effect
(上接 63 页)

参 考 文 献

- 1 宾鸿赞, 曾庆福. 机械制造工艺学. 机械工业出版社. 1990
- 2 王先进. 机械制造工艺学. 机械工业出版社. 1995
- 3 Haffman E G. Jigand Fixture Design. VNR Co., 1980
- 4 William E. Boyes. Jig and Fixture. SME. 1982

Kinematical Explanation of Workpiece Location Error and Location Reference of Workpiece Located by Its Rotary Surface

Huang Rengui Qin Shoutong Li Dalei
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract With workpiece located by its rotary surface, either the rotary surface or its center line is regarded as the reference of location, the calculating results of location error are the same. The location error is explained on kinematics in this paper.

. Keywords Location Reference Location Error Kinematics