

# 半透明体的发射比、反射比、透射比 和真温等参数的测量

蒋知行 张幼文

(上海交通大学应用物理系, 上海)

**摘要**——通过对环境辐射影响目标辐射探测的研究, 引入并讨论了等效黑体辐射理论的概念及其适用条件, 利用等效辐射的概念处理环境辐射的透射部分, 把理论推广和应用到了半透明体的发射率比、反射比、透射比和真温的测量中去。本文提出了几种测量方法, 其结果吻合较好。

**关键词**——等效黑体辐射, 环境辐射, 目标辐射。

## 1. 引 言

通常辐射探测器接收的辐射包括目标自身辐射和环境辐射两个部分<sup>[1]</sup>。由于环境辐射与周围物体的形状、距离、取向、温度分布和发射率等参数有关, 因此, 很难对环境辐射作出定量分析。Cogan<sup>[2]</sup>从遥感探测的角度出发, 曾通过对自然环境中的几个主要辐射源, 如太阳、云层等辐射特性数据的处理, 实现对自然环境辐射的半定量估值。Buettner<sup>[3]</sup>为了简化对环境辐射的考虑, 曾用一恒温罩来消除外界物体的多样性和不确定性, 从而实现对物体表面发射率的测量, 但是他的装置复杂, 使用也不方便。Y. W. Zhang<sup>[1]</sup>等通过把落在灰体表面的环境辐射看作是一个温度为 $T_B$ 的黑体的等效辐射, 提出了等效辐射的概念, 由此实现了对环境辐射的精确描述, 得出了灰体表面发射率及其真温的测量方法, 但是, 他们没有对理论作详细的解释和推导, 也没有讨论理论的适用条件及其在半透明体条件的应用。

本文通过对环境辐射的仔细研究和推导, 给出并讨论了等效黑体辐射理论适用的条件及等效温度 $T_B$ 与周围物体辐射特性的关系。在对半透明体情况的具体考虑中, 把理论推广和应用到半透明体的发射比、透射比、反射比和真温的测量中去, 并在实验中得到了证实。

## 2. 等效黑体辐射理论

### 2.1 环境辐射的贡献

---

本文1987年10月15日收到。

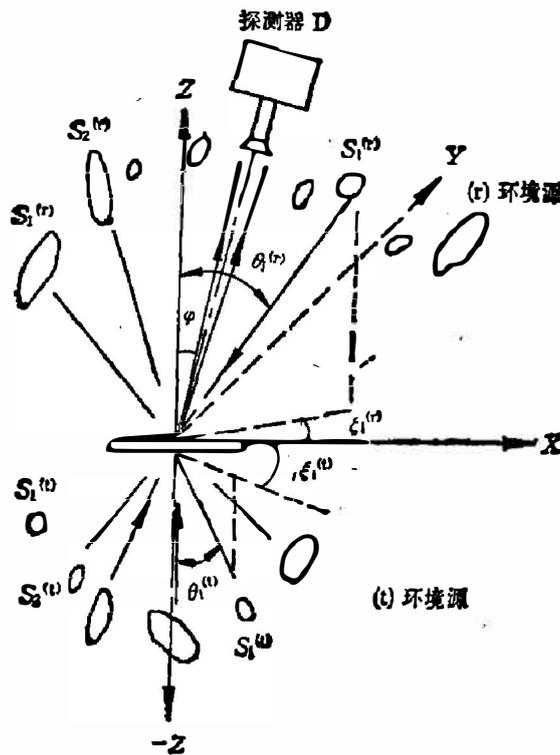


图 1 半透明体情况下的环境辐射

Fig. 1 The ambient radiation in the case of a semi-transparent body.

在目标物为半透明体时,环境辐射的贡献包括反射和辐射两个部分,如图 1 所示。显然,半透明体将空间分为两侧,与探测器同侧的物体对反射部分有贡献,而其异侧的物体对透射部分有贡献。因此,对半透明体周围的物体可按其位置分别标以 (r) 和 (t)。

对于物体  $S_i^{(r)}$ , 设其辐亮度为  $L_i^{(r)}$ , 则入射到目标表面  $dA$  上的辐射功率为

$$P_i(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) = L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cos \theta_i^{(r)} d\Omega_i^{(r)} dA \cdot A_i^{(r)} \quad (1)$$

式中,  $(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)})$  是  $S_i^{(r)}$  方位角;  $A_i^{(r)}$  是  $S_i^{(r)}$  上的单位面元的取向因子, 与面元的方向、位置有关;  $d\Omega_i$  是相应的发射立体角。辐射功率在  $(\varphi, \psi)$  方向上的反射为

$$\begin{aligned} P_i^r(\varphi, \psi) &= \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi) \cdot P_i(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \\ &= \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi) \cdot L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot d\Omega_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} \cdot dA; \end{aligned} \quad (2)$$

式中,  $\rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi)$  是双向反射比<sup>[4]</sup>。光轴沿  $(\varphi, \psi)$  方向的探测器所接收的反射环境辐射为

$$\begin{aligned} P_r(\varphi, \psi) &= \sum_i P_i^r(\varphi, \psi) \\ &= \sum_i \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi) L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} d\Omega_i^{(r)} \cdot dA; \end{aligned} \quad (3)$$

探测器所接收的透射环境辐射可类似地得到:

$$P_t(\varphi, \psi) = \sum_i \tau(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}; \varphi, \psi) \cdot L_i^{(t)}(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}) \cdot \cos \theta_i^{(t)} \cdot A_i^{(t)} \cdot d\Omega_i^{(t)} \cdot dA; \quad (4)$$

式中,  $\tau(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}; \varphi, \psi)$  是双向透射比, 即向指定方向  $(\varphi, \psi)$  透射的辐射功率与从指定方向  $(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)})$  入射的辐射功率之比。

## 2.2 等效辐射的引入及其适用条件

辐射方向反射比  $\rho_r(\varphi, \psi)$  定义为沿  $(\varphi, \psi)$  方向的总反射功率与总入射功率之比, 即

$$\rho_r(\varphi, \psi) = \frac{\sum_i \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi) \cdot L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} \cdot d\Omega_i^{(r)} \cdot dA}{\sum_i L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} \cdot d\Omega_i^{(r)} \cdot dA} \quad (5)$$

当双向反射比  $P(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi)$  与入射方向  $(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)})$  无关时, 式(5)即为

$$\rho_r(\varphi, \psi) = \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; \varphi, \psi) = \rho(\varphi, \psi); \quad (6)$$

式中,  $\rho(\varphi, \psi)$  是一个只与  $\varphi, \psi$  有关的函数.

据亥姆霍兹<sup>[42]</sup>互易性定理, 可以证明,

$$\rho_r(\varphi, \psi) = \rho(\varphi, \psi) = \rho_0 \cos \varphi; \quad (7)$$

式中,  $\rho_0$  是一个与  $\theta, \xi, \varphi, \psi$  无关的常数。这时, 总反射环境辐射可表示为由物体表面性质决定的反射比与在物体表面上的总入射环境辐射之积, 即

$$P_r(\varphi, \psi) = \rho_0 \cos \varphi \sum_i L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} d\Omega_i^{(r)} \cdot dA. \quad (8)$$

式(8)满足朗伯余弦定律, 表明物体表面是一个漫反射面.

可得出反射比  $\rho$  为

$$\rho = \rho(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}; 2\pi) = \pi \rho_0. \quad (9)$$

对透射环境辐射作类似地处理, 可得总透射环境辐射为

$$P_t(\varphi, \psi) = \tau_0 \cos \varphi \sum_i L_i^{(t)}(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}) \cdot \cos \theta_i^{(t)} \cdot A_i^{(t)} d\Omega_i^{(t)} \cdot dA, \quad (10)$$

式(10)表明这半透明体为漫透射体时, 其透射比  $\tau$  为

$$\tau = \tau(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}; 2\pi) = \pi \tau_0 \quad (11)$$

具有漫反射面的半透明体是一个漫透射体<sup>[4, 7]</sup>, 因此, 物体表面是漫反射面时, 等效黑体理论才适用。虽然漫反射面是个理想化的概念, 但实践中所遇到的许多表面, 在一定范围内十分接近于漫反射情况<sup>[4, 5]</sup>.

### 2.3 探测器方程<sup>[5]</sup>

探测器在  $(\varphi, \psi)$  方向上所接收的表观辐射为

$$\begin{aligned} P_e = & \int_{\Delta\lambda} \varepsilon_\lambda L_{bb\lambda}(T) \cdot \cos \varphi \cdot d\Omega \cdot dA \cdot K(\lambda) d\lambda \\ & + \int_{\Delta\lambda} \rho_\lambda \frac{1}{\pi} \cdot \left[ \sum_i L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos \theta_i^{(r)} \cdot A_i^{(r)} \cdot d\Omega_i^{(r)} \right] \cdot \cos \varphi d\Omega \cdot dA K(\lambda) d\lambda \\ & + \int_{\Delta\lambda} \tau_\lambda \cdot \frac{1}{\pi} \left[ \sum_i L_i^{(t)}(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}) \cdot \cos \theta_i^{(t)} \cdot A_i^{(t)} \cdot d\Omega_i^{(t)} \right] \cdot \cos \varphi d\Omega \cdot dA \cdot K(\lambda) d\lambda; \quad (12) \end{aligned}$$

式中,  $T$  是目标体的真温;  $L_{bb\lambda}(T)$  是黑体光谱辐亮度;  $K(\lambda)$ ,  $\Delta\lambda$  是探测器的响应函数和波段;  $\varepsilon_\lambda$ ,  $\rho_\lambda$  和  $\tau_\lambda$  分别是目标物体的光谱发射率、反射比和透射比, 满足

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1; \quad (13)$$

使探测器输出接收线性化, 即:

$$V(T_e) \propto P_e$$

当目标物为灰体时, 可得探测器方程式为

$$\begin{cases} V(T_0) = \varepsilon V(T) + \rho V(T_B^{(r)}) + \tau V(T_B^{(t)}); \\ \varepsilon + \rho + \tau = 1; \end{cases} \quad (14)$$

式中,

$$V(T) \sim \int_{\Delta\lambda} L_{bb\lambda}(T) \cdot \cos\varphi \cdot d\Omega \cdot dA \cdot K(\lambda) d\lambda; \quad (15)$$

$$\begin{aligned} V(T_B^{(r)}) &\sim \int_{\Delta\lambda} L_{bb\lambda}(T_B^{(r)}) \cdot \cos\varphi \cdot d\Omega \cdot dA K(\lambda) \cdot d\lambda \\ &= \int_{\Delta\lambda} \frac{1}{\sigma} \left[ \sum_i L_i^{(r)}(\theta_i^{(r)}, \xi_i^{(r)}) \cdot \cos\theta_i^{(r)} A_i^{(r)} \cdot d\Omega_i^{(r)} \right] \lambda \cos\varphi d\Omega dA K(\lambda) d\lambda; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} V(T_B^{(t)}) &\sim \int_{\Delta\lambda} L_{bb\lambda} T_B^{(t)} \cdot \cos\varphi d\Omega dA K(\lambda) d\lambda \\ &= \int_{\Delta\lambda} \frac{1}{\sigma} \left[ \sum_i L_i^{(t)}(\theta_i^{(t)}, \xi_i^{(t)}) \cdot \cos\theta_i^{(t)} A_i^{(t)} \cdot d\Omega_i^{(t)} \right] \lambda \cos\varphi d\Omega dA K(\lambda) d\lambda; \end{aligned} \quad (17)$$

$T$  是目标体真温;  $T_B^{(r)}$  和  $T_B^{(t)}$  分别是相应于反射和透射环境辐射的等效黑体温度, 由式(16)、(17)可知, 它们与环境物体的各自光谱辐射特性及取向、位置等参数有关。

利用黑体标准曲线  $V(T)$ — $T$  曲线<sup>[6]</sup>, 可从已知  $V(T)$ ,  $V(T_B^{(r)})$  和  $V(T_B^{(t)})$  读得真温  $T$ 、等效黑体温度  $T_B^{(r)}$  和  $T_B^{(t)}$ 。

### 3. 对半透明体反射比、透射比、发射率及真温的测量

半透明体总有两个表面, 它们的物理化学状态一般是不同的, 若以 1, 2 标记两表面, 则相应的参量满足

$$\begin{cases} \varepsilon_1 + \rho_1 + \tau = 1; \\ \varepsilon_2 + \rho_2 + \tau = 1. \end{cases} \quad (18)$$

#### 3.1 对半透明体表面反射比的测量

以探测器对准目标物某一面, 如 1 面, 则有:

$$V(T_{e0}) = \varepsilon_1 V(T) + \rho_1 V(T_B^{(r)}) + \tau \cdot V(T_B^{(t)}). \quad (19)$$

在样品原位置换上已知发射率和反射比的不透明参考板时, 则有

$$V(T_{e0}) = \varepsilon_r \cdot V(T_r) + \rho_r \cdot V(T_B^{(r)}) \quad (20)$$

当(t)侧的环境保持不变, 而改变(r)侧的环境物体, 且使(r)侧的变化不影响(t)侧, 即  $V(T_B^{(t)})$  不变,  $V(T_B^{(r)})$  变为  $V(T_B^{(r)'})$ , 测得:

$$V'(T_{e0}) = \varepsilon_r \cdot V(T_r) + \rho_r \cdot V(T_B^{(r)}). \quad (21)$$

换上样品后再测为

$$V'(T_{e0}) = \varepsilon_1 \cdot V(T) + \rho_1 V(T_B^{(r)}) + \tau \cdot V(T_B^{(t)}). \quad (22)$$

从式(19~22), 可解出

$$\rho_1 = \frac{V'(T_{e0}) - V(T_{e0})}{V'(T_{e0}') - V(T_{e0}')} \cdot \rho_r.$$

用同样方法可测得另一面反射比  $\rho_2$ , 实验所用探测器响应波段为 8~14  $\mu\text{m}$ ,  $NETD < 0.1$   $^\circ\text{C}$ , 视场角 2.35 $^\circ$ . 参考板为铜板,  $\varepsilon_{cu} = 0.131$ ,  $\rho_{cu} = 0.869$ . 测量结果见表 1.

#### 3.2 对半透明体的透射比测量

若有一块已知透射比为  $\tau_r$  的半透明板, 则可得目标的透射比为

$$\tau = \tau_r \frac{V'(T'_{e0}) - V(T_{e0})}{V'(T'_{er}) - V(T_{er})}; \quad (23)$$

式中,  $V(T_{e0})$  是探测器对准目标时的读数;  $V(T_{er})$  是换上参考板后的探测读数;  $V'(T'_{e0})$  和  $V'(T'_{er})$  分别是  $V(T_B^{(r)})$  变为  $V(T_B^{(r)'})$ , 而  $V(T_B^{(r)})$  不变时探测器对准目标和参考板的读数。

表 1 表面反射比的测量值

Table 1 The measurements of the reflectance.

样 品	规 格		表面性质	反射比 $\rho$
	厚(mm)	直径(cm)		
单片硅 I	0.43	5	毛 面	0.322
单片硅 II	0.43	5	毛 面	0.320
双片硅	0.87	5	两面毛	$\rho_1=0.276$ $\rho_2=0.280$
梧桐树叶		7	阳 面	0.733
铝 板	足 够	大	氧化毛面	0.177

利用已测得的半透明体某一面的反射比, 可以不用参考板来测量透射比, 其测量装置如图 2 所示. 使用两个探测器, 其响应波段为  $8\sim 14\mu\text{m}$ ;  $NETD < 0.1^\circ\text{C}$ ; 视场角分别为  $2.35^\circ$  和  $4.7^\circ$ ; 测量范围分别为  $-20\sim 400^\circ\text{C}$  和  $-20\sim 150^\circ\text{C}$ . 按其位置分记为左探测器  $L$  和右探测器  $R$ , 分别对准同一目标区域的左右两侧. 相应于半透明体左面空间和右面空间的等效环境辐射黑体温度可分别记为  $T_B^L$  和  $T_B^R$ , 则探测器  $L, R$  读数分别为:

$$\begin{cases} LV(T_{e1}) = \varepsilon_1 V(T) + \rho_1 V(T_B^L) + \tau V(T_B^R); \\ RV(T_{e2}) = \varepsilon_2 V(T) + \rho_2 V(T_B^R) + \tau V(T_B^L); \end{cases} \quad (24)$$

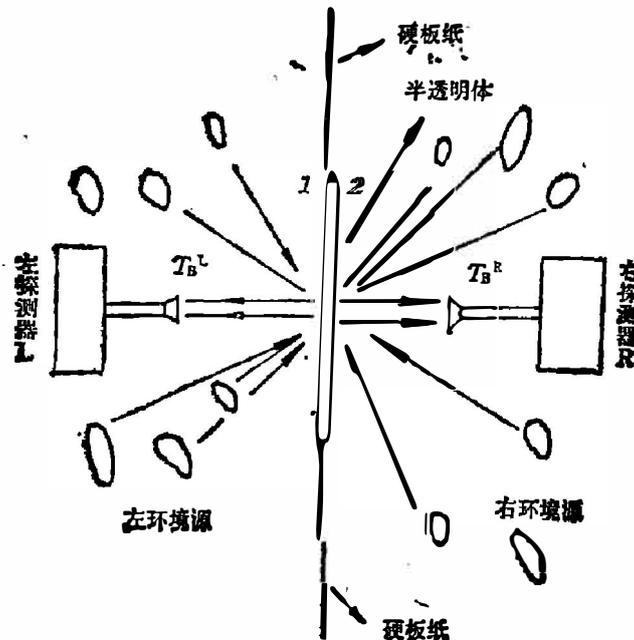


图 2 半透明参数测量的实验装置

Fig. 2 The arrangement of the experiment for the measurement of parameters in the case of a semi-transparent body.

使  $T_B^L$  变为  $T_B^{L'}$ , 并以硬纸板档在半透明体周围使  $T_B^R$  保持不变, 则探测器  $L, R$  读数为

$$\begin{cases} LV'(T'_{e1}) = \varepsilon_1 \cdot V(T) + P_1 V'(T'_B) + \tau V(T'_B); \\ RV'(T'_{e2}) = \varepsilon_2 \cdot V(T) + P_2 V(T'_B) + \tau V'(T'_B); \end{cases} \quad (25)$$

从式(24)~(25)可得:

$$\tau = \frac{RV'(T'_{e2}) - RV(T'_{e2})}{LV'(T'_{e1}) - LV(T'_{e1})} \cdot \rho_{11}$$

$P_1$  是半透明体 1 面的反射比, 可由上述测反射比方法测量, 类似地可得  $\tau$  和  $P_2$  之比, 这样可从  $\tau$  求出  $P_2$ . 于是, 根据式(18)可得两个表面的发射率为

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = 1 - \rho_1 - \tau; \\ \varepsilon_2 = 1 - \rho_2 - \tau. \end{cases} \quad (26)$$

测量结果参见表 2.

表 2 半透明体的透射比测量值

Table 2 The measurements of the transmittance of the semi-transparent body.

样 品	规 格		透射比 $\tau$
	厚(mm)	直径(cm)	
双片硅(两面毛)	0.87	5	0.409
梧桐树叶		7	0.010

在测得半透明体的透射比、两个表面的反射比和发射率后, 利用已知两面发射率的参考板, 可测左面和右面的等效黑体辐射  $V(T'_B)$  和  $V(T''_B)$ , 则从式(24)可解半透明体的真温  $V(T)$  为

$$V(T) = \frac{1}{\varepsilon_1} [LV(T'_{e1}) - \rho_1 V(T'_B) - \tau V(T'_B)] = \frac{1}{\varepsilon_2} [RV(T'_{e2}) - \rho_2 V(T'_B) - \tau V(T'_B)] \quad (27)$$

求得  $V(T)$  后, 可从校准的  $V(T)-T$  曲线查得半透明体真温  $T$ .

### 3.3 用参考板测半透明体的真温、透射比和反射率

由图 2 所示, 已知参考板两面的发射率分别为  $\varepsilon_1^r$  和  $\varepsilon_2^r$ . 在待测样品位置上放参考板, 左面为 1, 右面为 2, 则左、右探测器读数为

$$\begin{cases} LV(T_{e1r}) = \varepsilon_1^r V(T_r) + \rho_1^r V(T'_B) + \tau V(T'_B); \\ RV(T_{e2r}) = \varepsilon_2^r V(T_r) + \rho_2^r V(T'_B) + \tau V(T'_B); \end{cases} \quad (28)$$

将参考板转 180°, 即左面为 2, 右面为 1, 则读数为

$$\begin{cases} LV(T_{e2r}) = \varepsilon_2^r V(T_r) + \rho_2^r V(T'_B) + \tau V(T'_B); \\ RV(T_{e1r}) = \varepsilon_1^r V(T_r) + \rho_1^r V(T'_B) + \tau V(T'_B); \end{cases} \quad (29)$$

从式(28)、(29)可解得  $V(T'_B)$  和  $V(T'_B)$  为

$$\begin{cases} V(T'_B) = \frac{1}{2(\varepsilon_1^r - \varepsilon_2^r)} \{ \varepsilon_1^r [LV(T_{e2r}) + RV(T_{e2r})] - \varepsilon_2^r [LV(T_{e1r}) + RV(T_{e1r})] \\ \quad + [LV(T_{e2r}) - RV(T_{e2r})] - [LV(T_{e1r}) - RV(T_{e1r})] \}; \\ V(T'_B) = \frac{1}{2(\varepsilon_1^r - \varepsilon_2^r)} \{ \varepsilon_1^r [LV(T_{e2r}) + RV(T_{e2r})] - \varepsilon_2^r [LV(T_{e1r}) + RV(T_{e1r})] \\ \quad - [LV(T_{e2r}) - RV(T_{e2r})] + [LV(T_{e1r}) - RV(T_{e1r})] \} \end{cases} \quad (30)$$

换上待测样品, 同样可得  $LV(T'_{e1})$ ,  $LV(T'_{e2})$ ,  $RV(T'_{e1})$  和  $RV(T'_{e2})$ . 利用式(30), 可求出

样品的  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\tau$  和  $V(T)$  这四个未知数为

$$\left\{ \begin{array}{l} V(T) = \frac{1}{\Delta L - \Delta R} [\Delta L \cdot V(T_B^R) - \Delta R \cdot V(T_B^L)]; \\ \varepsilon_1 = \frac{LV(T_{e1}) - RV(T_{e1}) + V(T_B^L) - V(T_B^R)}{2V(T) - V(T_B^L) - V(T_B^R)}; \\ \varepsilon_2 = \frac{LV(T_{e2}) + RV(T_{e2}) - V(T_B^L) - V(T_B^R)}{2V(T) - V(T_B^L) - V(T_B^R)}; \\ \tau = \frac{LV(T_{e1}) + LV(T_{e2}) - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)V(T) = (2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2)V(T_B^L)}{2[V(T_B^L) - V(T_B^R)]}; \end{array} \right. \quad (31)$$

式中,

$$\Delta L = LV(T_{e1}) - LV(T_{e2});$$

$$\Delta R = RV(T_{e1}) - RV(T_{e2});$$

从式(31)可见, 实验过程中需满足的条件为

$$V(T_B^L) \neq V(T_B^R).$$

实验使用样品有两种, 一种是单片硅, 一面粗糙, 一面光滑, 厚度为 0.43 mm; 另一种是双片硅, 由两片单片硅光滑面相贴而成, 两面均粗糙, 其厚度为 0.87 mm; 两种样品分别编为硅 I 和硅 II. 参考板为铜铝板, 由铜板和铝板紧夹而成,  $\varepsilon_1^r = 0.131$ ,  $\varepsilon_2^r = 0.823$ . 实验结果见表 3.

表 3 半透明体的发射比、透射比及真温的测量值

Table 3 The measurements of the emittance, transmittance and the truth temperature of the semi-transparent body.

样 品	发射比 1	发射比 2	透射比	真温(°C)	室温(°C)
硅 I	0.237	0.216	0.470	22.91	22.35
硅 II	0.310	0.321	0.414	22.35	22.35
硅 II	0.314	0.319	0.430	24.74	24.70
硅 II	0.308	0.323	0.407	25.65	25.62

## 4. 讨论和结论

用不同方法测出的半透明体的发射比、反射比和透射比互相吻合, 并与其他文献给出的结果在量级上符合较好<sup>[5, 6, 8]</sup>. 此外, 在 3% 的相对误差范围内, 得出的发射比、反射比和透射比(用不同方法得出)之和近似为 1, 这就交叉验证了理论和方法的正确性. 由图 1 所示, 样品将环境分为  $r$  侧和  $t$  侧, 在实验中可以通过变动  $r$  侧的环境物体的辐射源分布(如打开灯)来实现  $T_B^r$  的变化, 用硬板纸强化对  $r$  侧和  $t$  侧环境的隔离作用, 使  $T_B^t$  保持不变(见式(16)、(17)).

由于半透明体的发射比、反射比和透射比与材料的吸收系数、折射率、厚度、表面物理状态(粗糙程度)等有关<sup>[4, 7]</sup>, 因此, 从实验所得结果可研究材料吸收系数, 折射率等参数, 从而可对物质的纯度、掺杂等作进一步研究.

致谢——对上海技术物理研究所张才根副研究员在实验上的指导和帮助表示感谢.

## 参 考 文 献

- [1] You-wen Zhang et al., *Appl. Opt.*, **25** (1986), 20: 3683~3689.  
[2] Cogan J. L., *Appl. Opt.*, **24** (1985), 7: 1030~1035.  
[3] Buettner K. J. H. et al., *J. Geophys Res.*, **70**(1965), 1329.  
[4] 陈衡, 红外物理学, 北京:国防工业出版社, 1985, 6~21, 68~91.  
[5] 张才根, 张幼文, 物理学报, **30** (1981), 7: 953~961.  
[6] 张幼文, 红外光学工程, 上海:上海科技出版社, :1981, 141~156.  
[7] Scholl M. S., *Appl. Opt.*, **19** (1980), 21: 3622~3625.  
[8] 吴华生等, 红外研究, **4** (1985), 4: 249~254, 5: 347~354.

**MEASUREMENTS OF EMITTANCE, REFLECTANCE,  
TRANSMITTANCE AND TRUTH  
TEMPERATURE OF A SEMI-  
TRANSPARENT BODY**

JIANG ZHIXING, ZHANG YOUWEN  
(Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China)

## ABSTRACT

Considering the influence of the ambient radiation, the concepts and the applicable conditions of the equivalent blackbody radiation theory are introduced and discussed. On this basis, the theory is generalized and applied to the case of a semi-transparent body, in which the transmitted part of the ambient radiation is processed equivalently. Four methods are presented to measure the transmittance, the reflectance, the emittance and the truth temperature of a semi-transparent body correspondingly. Some experimental results are given, which are in agreement with each other.