

用分光光度方法研究测定建筑材料表面的太阳放射量

张牛牛

(常州大学石油工程学院, 江苏 常州 213016)

摘 要: 利用分光光度计手段对建筑材料表面进行了从紫外到近红外线范围(240~15 000 nm)的正分光透射比、正分光反射比的测定。另外, 还利用特形积分球从紫外到红外线范围(240~2 200 nm)的散射比谱的测定, 同时将测定结果与正分光透射比、反射比进行比较, 从其结果中算出太阳吸收比及放射比, 并对上述结果进行计算分析, 以期能有效地利用太阳光能源, 达到节能减排的效果。

关键词: 建筑材料; 分光透射比; 分光反射比; 太阳吸收比

中图分类号: TU83

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)02-0288-06

近年来随着建筑业的发展, 建筑行业节能减排等方面的技术得到了很大的提高^[1-2]。本报告主要是介绍关于研究测定建筑物表面材料对于太阳辐射而产生的热负荷影响, 叙述了一些关于分光测定法的一些内容。

关于太阳放射对于建筑物表面的热负荷影响的测定已经有了许多研究方法^[3], 比如: 在短波长范围已经由神户大学的松本^[4]等在室外直接测定及利用人工太阳光的反射特性函数形式的方法研究试行着。在长波长范围的综合放射比的测定, 已经由京都大学的中村, 吉田^[5]等利用红外线温度计及热流计的简单方法研究试行着。可是, 上述诸方法, 从检波器的角度来看, 要明确地表示各分光反射特征是不可能的。另外, 从省能源的角度来看, 大阪市立大学的成濑等利用附贴胶片的玻璃板和附贴选择吸收膜的集热板的研究实验, 该实验已经考虑到了分光反射的基础^[3]。这些分光测定的主要目的是要找出材料在各个波长特性的作用效果, 也就是特定波长范围的作用效果。即: 根据发射源自身发射的不同的波长性质, 可以得到各不同的相应的物理值。本研究是利用分光光度原理(对波长进行数值积分), 求出从太阳能在各波长范围内的能量放射值及建筑材料外表的能源吸收比值, 可以比附贴胶片的玻璃及选择吸收膜的省能源方法, 以取得更明显的测定效果^[6]。

本文所述分光光度计是分光仪器和光度计的一种组合。利用分光分度计测定了从紫外到红外线范围(240~15 000 nm)的正分光透射比、正分光反射比, 算出了太阳吸收比和放射比, 另外还测定了从紫外到红外线(240~2 200 nm)范围的散射比谱, 及正分光透射比、反射比, 将它们的测定值进行了比较和研究。

1 测定方法

图1、图2表示了正分光透射比、反射比测定方法的光学系统概念图。

在测定透射比的时候, 入射到样品的光源一直向前, 由检波器读取全光量。透射比的测定原理如图3所示的那样, 由透过室内空气层的对照光束 I_0 与光路距离相同的透过样品后的光束 I_1 进行比较求出的结果。

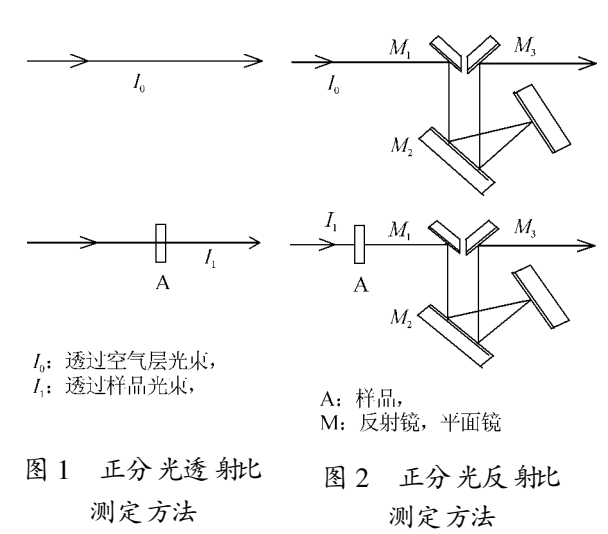


Fig. 1 Method of measurement of normal transmittance

Fig. 2 Method of measurement of near normally specular reflectance

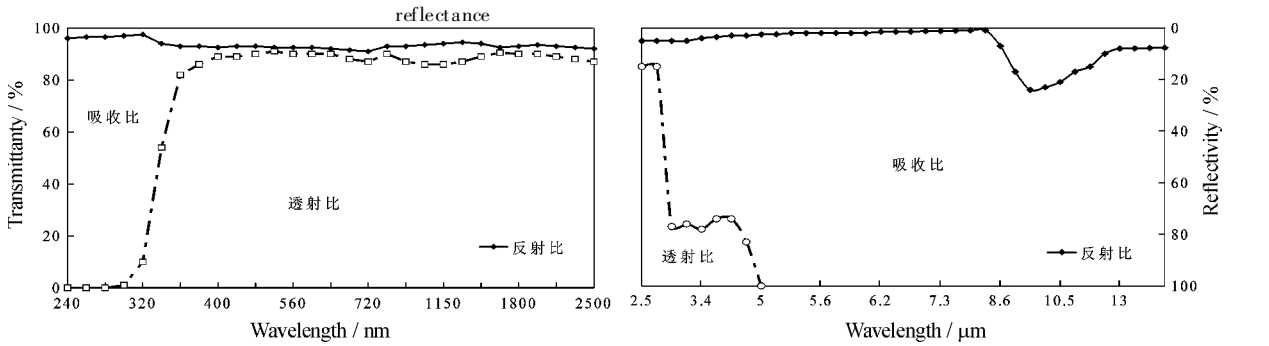


Fig. 3 Effect of wave-length on normal transmittance and near normally specular reflectance of glass A

在测定反射比的时候, 是在样品室中装上了镜面反射测定装置. 由图 2 所示的那样, 经过样品室的光束由平面镜 M_1 回射到反射镜 M_2 上, 经过反射镜 M_2 上、下回射后投射到标准反射镜上, 样品和从标准反射镜中投过来的正反射光束, 再射向反射镜 M_2 , 经反射镜 M_2 后与测定透射比时经过的相同光路到达检波器, 从而得出了反射比值.

表 1 是本报告中使用的各测定方法的(正分光透射比、正分光反射比、散射比谱)分类和简要说明. 测定样品: 玻璃板类、铝合金类和经过研磨的铜板、磁砖类. 样品尺寸: 26 mm×26 mm 的小方块.

2 测定结果

图 3 是普通玻璃板(透明、厚度 3 mm)的正反光透射比(α)反射比(R)的测定值. 左边图为紫外线到近红外线波长范围. 右边图为红外线波长范围. 图中的分光吸收比(A)的计算公式:

$$A=1-\alpha-R$$

正分光透射比在紫外线范围的 306 nm 以下几乎等于 0, 到 370 nm 附近突然上升到 0.80 左右, 以后随波长增长经过可见光, 近红外线, 直到红外线波长的 2 700 nm, 几乎没有太大变动, 约在 0.90 左右. 从波长 2, 700 nm 起透射比值开始突然减少, 到波长 5 000 nm 区域时, 透射比几乎等于 0.

正分光反射比: 从波长 240~8 000 nm 为止, 都显示在 0.05 左右, 在波长 9 700 nm 附近突然上升至 0.275.

正分光吸收比: 在波长 306 nm 以下约为 0.95 左右, 波长 306 nm 以上至 2 500 nm 处只有 0.10, 过了波长 2 500 nm 突然上升, 到了波长 9 700 nm 附近渐渐减少.

图 4 是镀锌铁板在红外线范围的正分光反射比测定值, 在波长 3 500 ~ 5 700 nm、10 800 ~ 12 000 nm 之间显示了反射的波峰值. 可是没有像普通玻璃那样在波长 9 700 nm 处出现的高峰反射比值的现象.

图 5 是磁砖(纯白色、粗糙面)的正分光反射比和散射分光反射比的测定值, 对它们的值进行分析和比较.

正分光反射比: 在波长 240 ~ 350 nm 的区间几乎等于零, 波长 350 nm 起开始升高, 从波长 550 ~ 2 200 nm 的区间, 反射比约在 0.06 左右变动.

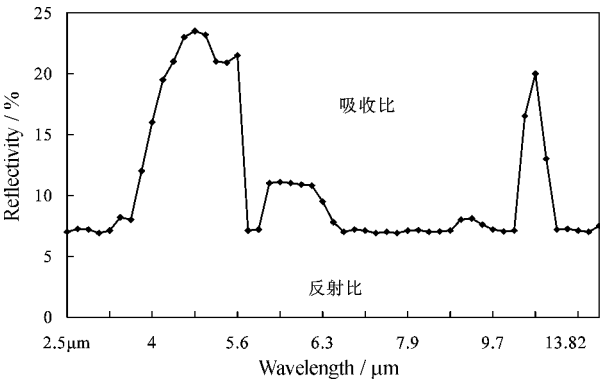


图 4 镀锌铁板在红外线波长范围的分光反射比测定值

Fig. 4 Effect of wave-length on normal spectral reflectance of galvanized iron plate

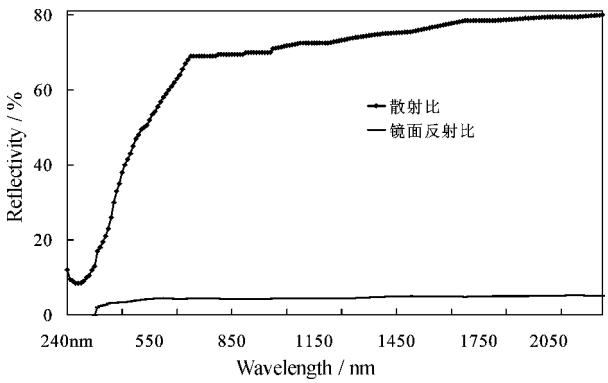


图 5 磁砖的正分光反射比, 散射分光反射比的测定值

Fig. 5 Effect of wave-length on normal and diffuse spectral reflectance of tile

表 2 ISO9845-1 的太阳发射的分光分布系数值

Tab. 2 Spectrum coefficient of solar radiation (ISO9845-1)					
波长 λ /nm	系数 $E\lambda$	波长 λ /nm	系数 $E\lambda$	波长 λ /nm	系数 $E\lambda$
350	0.014	950	0.019	1 550	0.017
400	0.037	1 000	0.041	1 600	0.015
450	0.064	1 050	0.038	1 650	0.014
500	0.069	1 100	0.025	1 700	0.013
550	0.074	1 150	0.015	1 750	0.009
600	0.071	1 200	0.025	1 800	0.002
650	0.071	1 250	0.027	1 850	0.000
700	0.062	1 300	0.021	1 900	0.000
750	0.064	1 350	0.002	1 950	0.001
800	0.059	1 400	0.000	2 000	0.004
850	0.054	1 450	0.005	2 050	0.005
900	0.044	1 500	0.012	2 100	0.006
Total					1.000

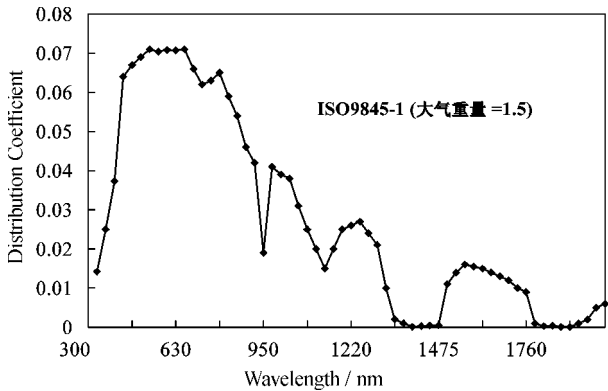


图 6 ISO9845-1 的太阳发射分光分布图

Fig. 6 Weighted coefficient for calculation of “Reflectance factor of solar radiation by ISO9845-1”

散射分光反射比在波长 240 ~ 380 nm 之间为 0.10 ~ 0.20 左右、从波长 380 nm 起突然升高、至波长 2, 200 nm 的时候已经升到了 0.80, 由于砖表面加工粗糙的原因, 所以反射光的散射反射成份要比正反射成份显示得高很多.

3 太阳吸收比的算出

3.1 算出方法

太阳吸收比(A_s)、太阳透射比(T_s)、太阳反射比(R_s)的计算, 是通过用分光光度计所测定的分光透射比, 反射比的值, 利用以下公式进行计算的^[7].

$$T_s = \sum E \cdot \Delta\lambda \cdot \tau_{\lambda} \quad R_s = \sum E \cdot \Delta\lambda \cdot \rho_{\lambda} \quad A_s = 1 - T_s - R_s$$

式中: E_{λ} 为直达太阳的相对标准分光分布值; τ_{λ} 为正分光透射比; ρ_{λ} 为正分光反射比; T_s 为太阳透射比; R_s : 太阳反射比; A_s : 太阳吸收比.

太阳吸收比是利用国际标准 ISO 9845-1 的太阳发射的分光分布系数值进行计算的, ISO 9845-1 的太阳发射分光分布系数值由表 2 及图 6 所表示^[3].

表 3 各样品对于太阳发射所对应的透射比、反射比、吸收比的数值

Tab. 3 Transmission, reflection, and absorption factor of solar radiation (normal)

样品	太阳透射比	太阳反射比	太阳吸收比
玻璃板 ° A	0.83	0.10	0.07
胶片附贴玻璃板	0.22	0.40	0.38
玻璃板 ° B	0.15	0.06	0.79
铝合金板	—	0.72	0.28
铜板	—	0.61	0.39
磁砖	—	0.04	0.96

表 4 各样品由于太阳发射所对应的散射比谱的数值

Tab. 4 Transmission, reflection, and absorption factor of solar radiation (diffuse)

样品	太阳透射比	太阳反射比	太阳吸收比
玻璃板 ° A	0.87	0.08	0.06
玻璃板 ° B	0.82	0.07	0.11
磁砖	—	0.56	0.44

3.2 算出结果

表 3 是各样品对太阳辐射所对应的透射比、反射比、吸收比的数值, (其中的数值, 是根据正分光透射比、反射比测定值而算出的数据), 各玻璃的太阳吸收比数值是: 普通玻璃(A)0.07, 特种玻璃(B)0.79, 附贴胶片玻璃 0.38, 上述计算结果根据是由于普通玻璃(A)比特种玻璃(B)的正分光透射比大得多^[8], 另外附贴胶片玻璃比普通玻璃(A)的反射比大, 透射比少而计算得出的数据. 铝合金的太阳吸收比是 0.28, 铜板的太阳吸收比是 0.39, 瓷砖的太阳吸收比是 0.96.

表 4 是各样品由于太阳辐射所对应的漫射比谱的数值, (其中各数值是根据漫射分光透射比、反射比的数据经过计算所得到的结果), 普通玻璃板的数据与通过正分光透射比、反射比算出的太阳吸收比值(参照表 3)没有多少差异, 可是特种玻璃板(表面为光源入射侧)相对于普通玻璃板来看, 太阳吸收比大为减少, 这是因为特种玻璃板的材质中具有能增加漫射分光透射比, 减少漫射分光吸收比的成分的原故, 所以显示了特种玻璃板的透过性状含有大量

表 5 长波长热发射分光分布系数值(293K)

Tab. 5 Weighted coefficient for long wave-length radiation(293K)

波长 $\lambda/\mu\text{m}$	系数 E_{λ}	波长 $\lambda/\mu\text{m}$	系数 E_{λ}
4.5	0.008	10.0	0.060
5.0	0.014	10.5	0.059
5.5	0.021	11.0	0.058
6.0	0.029	11.5	0.057
6.5	0.036	12.0	0.055
7.0	0.043	12.5	0.053
7.5	0.049	13.0	0.051
8.0	0.053	13.5	0.049
8.5	0.056	14.0	0.046
9.0	0.058	14.5	0.044
9.5	0.060	15.0	0.042
Total			1.000

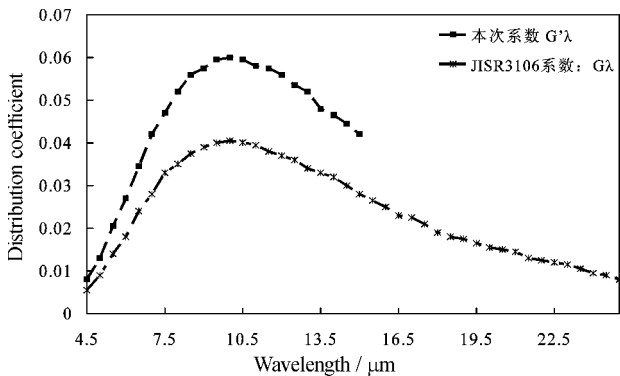


图 7 长波长的热发射分光分布图(293K)

Fig. 7 Weighted coefficient for calculation of Reflection factor of long wave-length radiation(293K)

的漫射成分. 瓷砖的太阳吸收比是 0. 44, 比从正反光反射比中算出的太阳吸收比值大为减少. 这个数据可以认为在瓷砖的反射性质中含有大量的散射成分^[8].

4 放射比的算出

(1) 算出方法

利用分光光度计测出的分光反射比, 计算 293K 时热发射的吸收比(这里称放射比)及反射比, 是采用以下的公式进行计算^[9].

$$R_h=\sum G_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda}$$

式中: R_h 为对于 293K 热发射的反射比; ρ_{λ} 为正分光反射比; G_{λ} : Planck 的热发射分光分布相对于绝对温度 293K 的相对值.

G_{λ} 是波长 4. 5 ~ 25 μ m 的系数, 本研究所使用的测定器的波长范围只能在波长 4. 5 ~ 15 μ m 范围, 必须把系数值 G_{λ} 变换成波长 4. 5 ~ 15 μ m 范围的 G'_{λ} , 本研究采用的系数 G'_{λ} 由表 5 所示, G_{λ} 和 G'_{λ} 的系数由表 5 及图 7 例举而示.

(2)算出结果:

表 6 列举了各样品对于 293K 热发射的发射(吸收)比、反射比的数值, (其中各数据是根据正分光透射比、反射比测定计算得出的数据), 普通玻璃板(A)的放射比是 0. 85, 反射比是 0. 15, 附贴胶片玻璃板的放射比 0. 73, 反射比是 0. 27, (在这段波长范围中普通玻璃板及附贴胶片玻璃板的透射比接近于 0)

表 6 各样品对 293K 热发射的放射比, 反射比数值
Tab. 6 Reflection and absorption factor of long wave-length radiation (normal)

样品	太阳反射比	太阳发射(吸收)比
玻璃板 ° A	0. 15	0. 85
胶片附贴玻璃板	0. 27	0. 73
铝合金板	0. 87	0. 13
铜板	0. 92	0. 08
塑料磁砖	0. 10	0. 90
镀锌铁板	0. 11	0. 89

5 结 论

使用分光光度计对建筑材料的分光透射、反射比的测定可以得到以下结果:

- (1)能够得到镜面正反射成份多的表面材料及散射成份多的表面材料的分光透射的反射特性.
- (2)根据分光透射比、反射比得测定值, 就能算出太阳吸收比(短波长范围)和放射比(长波长范围). 比方说像算出普通玻璃板的吸收比: 0. 07, 放射比 0. 85, 铜的吸收比: 0. 39, 放射比为 0. 08, 那样得到各种不同的结果.
- (3)通过上述计算分析方法为依据, 建材研制部门可以根据各地的气温及日照量不同, 研制出各类节能型建筑外装材料, 例如: 在寒冷地区可以研制出低反射性的建筑外装材料, 以期能多吸收些太阳热能, 反之则可以研制生产反射性高的建筑外装材料, 以期能够减少夏季的空调冷负荷.

参考文献 References

[1] 张改景, 龙惟定. 区域建筑能源规划中资源潜力分析方法[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010, 42(5): 707-711.
ZHANG Gai-jing, LONG Wei-ding. Regional building energy planning resource potential analysis method[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2010, 42(5): 707-711.

[2] 刘艳峰, 刘加平. 建筑外壁面换热系数分析[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2008, 40(3): 407-412.
LIU Yan-feng, LIU Jia-ping. Building outside wall heat transfer coefficient analysis[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2008, 40(3): 407-412.

[3] ZHANG Niuniu, Tetuo NARUSE, Toshiaki NISHIOKA: Characterization of spectrum reflection, surface temperature and quantity of radiation of building materials with different surface[J]. Transaction of the heating, air-Conditioning and sanitary Engineers of japan, 2001, 82: 9-18.

[4] Mamoru MATUMOTO. The research of reflection characteristic function and mensuration of material surface in shortwave length area[J] . Transaction of the heating air-Conditioning and sanitary Engineers of japan Kinki chapter, 1982(3); 29-32.

[5] Hosobuti Hayato, Yoshida Harunori. Development of the method of calculation the wall suraface Irradiance value considering sky radiance distribution[J] . Summaries of technical papers of annual meeting, Tokyo; architectural institute of Japan, 2009(9); 6-7.

[6] CHO Keiichiro. Energy Conservation effect of window with near-infrared reflectivity [J] . Summaries of technical papers of annual meeting, Tokyo; architectural institute of Japan, 2008(9); 257-258.

[7] GB/ T 17049-1997, 全玻璃真空太阳集热管[S] .
GB/ T 17049-1997, Full glass vacuum tube, sun[S] .

[8] Yamaguti hitosi, else. A Study on the performance of desiccant air conditioning system Using the solar heat(Part3. indoor thermal environment of summer and winter)[J] . Summaries of technical papers of annual meeting, Tokyo; architectural institute of japan, 2009(9); 1337-1338.

[9] 张牛牛, 成濑哲生, 西冈利晃, 等. 关于建筑材料表面的分光反射比的测定与研究[J] . 建筑科技与管理, 2008(1); 1-4.
ZHANG Niu-niu , Tetuo NARUSE, Toshiaki NISHIOKA, et al. Measure-ment of spectrum reflectivity to building materials with different surface[J] . The Building Scientific Technology and Managementand, 2008(1); 1-4.

Determination of the solar radiation amount on the surface of the building materials by means of spectrophotometry

ZHANG Niu-niu

(School of Petroleum Engineering, Changzhou University, Changzhou 213016, China)

Abstract: This report is about heat income and expenditure on the surface of the building material. It measured the normal transmittance and near normally specular reflectance of ultra-violet, visible and infrared area (240nm-15, 000 nm), Also, it measured the diffusion spectrum transmittance and reflectance of ultra-violet, visible and infrared area (240-2, 200 nm) compared with the normal transmittance and the normal spectrum reflectance. From the result of these measurement, it calculated the solar radiation absorption and emission and compared the difference of there values. Namely, the absorption and emission is 0.07 and 0.85 for glass 0.39 0.08 for copper and 0.44 and 0.90 for tile etc. The different characteristics of these building material on radiant environment under solar radiation and in normal room temperature was shown.

Key words: spectrum transmittance; spectrum reflectance; solar radiate absorption