

建筑玻璃可见光透射比等以及有关窗玻璃参数的测定

1、主题内容与适用范围

本标准规定了建筑玻璃可见光透射（反射）比、太阳光直接透射（反射）比、太阳能总透射比、紫外线透射（反射）比、半球辐射率和遮蔽系数的测定条件和计算公式。

本标准适用于建筑玻璃以及它们的单层、多层窗玻璃构件光学性能的测定。

2、测定条件

2.1 试样

2.1.1

一般建筑玻璃和单层窗玻璃构件的试样，均采用同材质玻璃的切片。

2.1.2

多层窗玻璃构件的试样，采用同材质单片玻璃切片的合体。

2.2 标样

2.2.1

在光谱透射比测定中，采用与试样相同厚度的空气层做参比标准。

2.2.2

在光谱反射比测定中，采用仪器配置的参比白板做参比标准。

2.2.3

在光谱反射比测定中，采用标准镜面反射体作为工作标准，例如镀铝镜，而不采用完全漫反射体作为工作标准。

2.3 仪器

2.3.1

分光光度计，测定光谱发射比时，配有镜面反射装置。

2.3.2 波长范围

紫外区 280-380nm;

可见区 380-780nm;

太阳光区 350-1800nm;

远红外区 4.5-25 μm 。

2.3.3 波长准确度

紫外-可见区 $\pm 1\text{nm}$ 以内;

近红外区 $\pm 5\text{nm}$ 以内;

远红外区 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以内。

2.3.4 光度测量准确度

紫外-可见区 1%以内, 重复性 0.5%;

近红外区 2%以内, 重复性 1%;

远红外区 2%以内, 重复性 1%。

2.3.5 谱带半宽度

紫外-可见区 10nm 以下;

近红外区 50nm 以下;

远红外区 0.1 μm 以下。

2.3.6 波长间隔

紫外区 5nm;

可见区 10nm;

近红外区 50nm 或 40nm;

远红外区 0.5 μm 。

2.4 照明和探测的几何条件

2.4.1

光谱透射比测定中, 照明光束的光轴与试样表面法线的夹角不超过 10° , 照明光束中任一光线与光轴的夹角不超过 5° 。采用垂直照明和垂直探测的几何条件, 表示为垂直/垂直 (缩写为 0/0)。

2.4.2

光谱反射比测定中, 照明光束的光轴与试样表面法线夹角不超过 10° ; 照明光束中任一光线与光轴的夹角不超过 5° 。采用 t_0 角探测的几何条件, 表示为 t_0/t_0

缩写为 (t/t)。

3、各参数的测定

以下各参数的测定,必须符合本标准第二章和各参数相应条款中的技术要求规定的条件。

3.1 可见光透射比

可见光透射比用式 (1) 计算:

表 1 标准照明体 D65 的相对光谱功率分布 D_{λ} 与明视觉光谱光视效率 $V(\lambda)$ 和波长间隔 $\Delta \lambda$ 相乘

λ, nm	$D_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	λ, nm	$D_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot \Delta \lambda$
380	0.0000	590	8.3306
390	0.0005	600	5.3542
400	0.0030	610	4.8491
410	0.0103	620	3.1502
420	0.0352	630	2.0812
430	0.0948	640	1.3810
440	0.2274	650	0.8070
450	0.4192	660	0.4612
460	0.6663	670	0.2485
470	0.9850	680	0.1255
480	1.5189	690	0.0536
490	2.1336	700	0.0276
500	3.3491	710	0.0146
510	6.01393	720	0.0057
520	7.0523	730	0.0035
530	8.7990	740	0.0021
540	9.04427	750	0.0008
550	9.8077	760	0.0001
560	9.4306	770	0.0000
570	8.6891	780	0.0000
580	7.8994		

公式

3.1.1 单片玻璃或单层窗玻璃构件

$\tau(\lambda)$ 是实测可见光光谱透射比。

3.1.2 双层窗玻璃构件

$\tau(\lambda)$ 用式 (2) 计算:

$$\tau(\lambda) = \tau_1(\lambda) \cdot \tau_2(\lambda) / [1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)]$$

式中:

$\tau(\lambda)$ ——双层窗玻璃构件的可见光光谱透射比, %;

$\tau_1(\lambda)$ ——第一片(室外侧)玻璃的可见光光谱透射比, %;

$\tau_2(\lambda)$ ——第二片(室内侧)玻璃的可见光光谱透射比, %;

$\rho'_1(\lambda)$ ——第一片玻璃, 在光由室内侧射向室外侧条件下, 所测定的可见光光谱反射比, %;

$\rho_2(\lambda)$ ——第二片玻璃, 在光由室外侧射入室内侧条件下, 所测定的可见光光谱反射比, %;

3.1.3 三层窗玻璃构件

$\tau(\lambda)$ 用式(3)计算:

$$\tau(\lambda) = \tau_1(\lambda) \cdot \tau_2(\lambda) \cdot \tau_3(\lambda) / [1 - \rho'_1(\lambda) \cdot \rho_2(\lambda)] [1 - \rho'_2(\lambda) \cdot \rho_3(\lambda)] - \tau_2(\lambda) \cdot \rho'_1(\lambda) \cdot \rho_3(\lambda)$$

式中:

$\tau(\lambda)$ ——三层窗玻璃构件的可见光光谱透射比, %;

$\tau_3(\lambda)$ ——第三片(室内侧)玻璃的可见光光谱透射比, %;

$\rho'_2(\lambda)$ ——第二片(中间)玻璃, 在光由室内侧向室外侧条件下, 所测定的可见光光谱反射比, %;

$\rho_3(\lambda)$ ——第三片(室内侧)玻璃, 在光由室外侧射入室内侧条件下, 所测定的可见光光谱反射比, %;

$\tau_1(\lambda)$ 、 $\tau_2(\lambda)$ 、 $\rho'_1(\lambda)$ 、 $\rho_2(\lambda)$ ——同式(2)。

3.2 可见光反射比

用式(4)计算:

3.2.1 单片玻璃或单层窗玻璃构件

$\rho(\lambda)$ 是实测可见光光谱反射比。

3.2.2 双层窗玻璃构件

$\rho(\lambda)$ 用式(5)计算:

3.2.3 三层窗玻璃构件

$\rho(\lambda)$ 用式(6)计算:

3.3 入射太阳光的分布

太阳光是指近紫外线、可见光和近红外线组成的辐射光, 波长范围为 3.~2500nm。

本标准是指太阳光透过直接照射到受光物体上, 而不包括地面、建筑物的反射、散射光。

太阳辐射光照射到窗玻璃上, 入射部分为 ϕ_e 。 ϕ_e 又分为三部分:

透射部分—— $\tau_e \phi_e$;

反射部分—— $\rho_e \phi_e$;

吸收部分—— $\alpha_e \phi_e$;

三者关系如下:

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1$$

式中:

τ_e ——太阳光直接透射比;

ρ_e ——太阳光直接反射比;

α_e ——太阳光直接吸收比。

窗玻璃吸收部分 $\alpha_e \phi_e$ 以热对流方式通过窗玻璃向室外侧传递部分为 $q_0 \phi_e$, 向室内侧传递部分为 $q_1 \phi_e$, 其中:

$$\alpha_e = q_0 + q_1$$

式中:

q_0 ——窗玻璃向室外侧的二次热传递系数, %;

q_1 ——窗玻璃向室内侧的二次热传递系数, %。

3.4 太阳光直接透射比

太阳光直接透射比用式 (9) 计算:

式中:

S_λ ——太阳光辐射相对光谱分布, 见表 2 或表 3;

$\Delta \lambda$ ——波长间隔, nm;

$\tau(\lambda)$ ——试样的太阳光光谱透射比, %, 其测定和计算方法同 3.1 条可见光透射比中 $\tau(\lambda)$, 仅波长范围不同。

表 2 大气质量为 1 时, 太阳光球辐射相对光谱分布 S_λ 和波长间隔 $\Delta \lambda$ 相乘(CIE 1972 年公布)

λ , nm	$S_\lambda \cdot \Delta \lambda$
350	0.026
380	0.032
420	0.050
460	0.065
500	0.063
540	0.058
580	0.054
620	0.055
660	0.049
700	0.046
740	0.041
780	0.037
900	0.139
1100	0.097
1300	0.058
1500	0.039
1700	0.026
1800	0.022

公式

表 3 P. Moon 大气质量为 2 时, 太阳光直接辐射相对光谱分布 S_λ 乘以波长间隔 $\Delta \lambda$

λ , nm	$S_\lambda \cdot \Delta \lambda$	λ , nm	$S_\lambda \cdot \Delta \lambda$
350	0.0128	1100	0.0199

400	0.0353	1150	0.0145
450	0.0665	1200	0.0256
500	0.0813	1250	0.0247
550	0.0802	1300	0.0185
600	0.0788	1350	0.0026
650	0.0791	1400	0.0001
700	0.0694	1450	0.0016
750	0.0595	1500	0.0103
800	0.0566	1550	0.0148
850	0.0564	1600	0.0136
900	0.0303	1650	0.0118
950	0.0291	1700	0.0089
1000	0.0426	1750	0.0051
1050	0.0377	1800	0.0003

公式

3.5 太阳光直接反射比

太阳光直接反射比用式 (10) 计算:

式中

ρ_e ——试样的太阳光直接反射比, %;

$\rho(\lambda)$ ——试样的太阳光光谱反射比(其测定和计算方法见 3.2 条可见光反射比中 $\rho(\lambda)$, 仅波长范围不同), %;

$S\lambda, \Delta\lambda$ ——同式 (9)。

3.6 太阳光直接吸收比

3.6.1 单片玻璃或单层窗玻璃构件

单片玻璃或单层窗玻璃构件的太阳光直接吸收比, 必须首先测定出它们的太阳光直接透射比和太阳光直接反射比, 然后用式 (7) 计算。

3.6.2

双层窗玻璃构件第一、第二片玻璃的太阳光直接吸收比双层窗玻璃构件第一片玻璃的太阳光直接吸收比用式 (11)、式 (12)、式 (13)、式 (14) 计算, 第二片玻璃的太阳光直接吸收比用式 (11)、式 (15)、式 (16) 计算:

3.6.3 三层窗玻璃构件第一、第二、第三片玻璃的太阳光直接吸收比

三层窗玻璃构件第一片玻璃的太阳光直接吸收比用式 (17)、式 (18) 计算; 第二片玻璃的太阳光直接吸收比用式 (17)、式 (19)、式 (20) 计算; 第三片玻璃的太阳光直接吸收比用式 (17)、式 (21) 计算:

3.7 半球辐射率

半球辐射率等于垂直辐射率乘以下面相应玻璃表面的系数:

为涂膜的平板玻璃表面, 0.94;

涂金属氧化雾膜的玻璃表面, 0.94;

涂金属膜或含有金属膜的多层涂膜的玻璃表面, 1.0。

常见玻璃的半球辐射率见表 4。

表 4 半球辐射率 ϵ_i

玻璃品种 半球辐射率 ϵ_i

可见光透射比 $\leq 15\%$ 可见光透射比 $>15\%$

普通透明玻璃 0.83

真空磁控阴极 0.45 0.70

溅射镀膜玻璃 0.45 0.70

离子镀膜玻璃 0.45 0.70

电浮法玻璃 0.83

3.7.1 垂直辐射率

对于垂直入射的热辐射，其热辐射吸收率 α_h 定为垂直辐射率，按式 (23)、式 (24) 计算：

表 5 293k 热辐射相对光谱分布 G_λ

波长, μm	G_λ	波长, μm	G_λ
4.5	0.0053	15.0	0.0281
5.0	0.0094	15.5	0.0266
5.5	0.0143	16.0	0.0252
6.0	0.0194	16.5	0.0238
6.5	0.0244	17.0	0.0255
7.0	0.0290	17.5	0.0212
7.5	0.0328	18.0	0.0200
8.0	0.0358	18.5	0.0189
8.5	0.0379	19.0	0.0179
9.0	0.0393	19.5	0.0168
9.5	0.0401	20.0	0.0159
10.0	0.0402	20.5	0.0150
10.5	0.0399	21.0	0.0142
11.0	0.0392	21.5	0.0134
11.5	0.0382	22.0	0.0126
12.0	0.0370	22.5	0.0119
12.5	0.0356	23.0	0.0113
13.0	0.0342	23.5	0.0107
13.5	0.0327	24.0	0.0101
14.0	0.0311	24.5	0.0096
14.5	0.0296	25.0	0.0091

3.8 太阳能总透射比

太阳能总透射比用式 (25) 计算：

$$g = \tau_e + q_i$$

式中：

g ——试样的太阳能总透射比，%；

τ_e ——试样的太阳能直接透射比，%；

q_i ——试样向室内侧的二次热传递系数，%。

3.8.1 单片玻璃或单层窗玻璃构件

τ_e 为单片玻璃或单层窗玻璃构件的太阳光直接透射比, 其 q_i 用式 (26)、式 (27) 计算:

$$q_i = \alpha_e [h_i / (h_i + h_e)]$$

$$h_i = 3.6 + (4.4 \varepsilon_i / 0.83)$$

式中:

q_i ——单片玻璃或单层窗玻璃构件向室内侧的二次热传递系数, %;

α_e ——同 3.6.1

h_i ——试样构件内侧表面的热传递系数, W/m².K;

h_e ——试样构件外侧表面的热传递系数, $h_e = 23$ W/m².K;

ε_i ——半球辐射率, 同 3.7 条规定, 参照表 4。

3.8.2 双层窗玻璃构件

τ_e 为双层窗玻璃构件的太阳光直接透射比, 其 q_i 用式 (28) 计算;

3.8.3 三层窗玻璃构件

τ_e 为三层窗玻璃构件的太阳光直接透射比, 其 q_i 可用式 (29) 计算:

3.9 遮蔽系数

各种窗玻璃构件对太阳辐射热的遮蔽系数用式 (30) 计算:

$$S_e = g / \tau_s$$

式中:

S_e ——试样的遮蔽系数;

g ——试样的太阳能总透射比, %;

τ_s ——3mm 厚的普通透明平板玻璃的太阳能总透射比, 其理论值取 88.9%。

3.10 紫外线透射比

紫外线透射比用式 (31) 计算:

表 6 紫外线球辐射相对光谱分布 U_λ 乘以波长间隔 $\Delta \lambda$

λ , nm	$U_\lambda \cdot \Delta \lambda$
297.5	0.00082
302.5	0.00461
307.5	0.01373
312.5	0.02746
317.5	0.04120
322.5	0.05591
327.5	0.06572
332.5	0.07062
337.5	0.07258
342.5	0.07454
347.5	0.07601
352.5	0.07700
357.5	0.07896
362.5	0.08043
367.5	0.08337
372.5	0.08631
377.5	0.09073

公式

3.11 紫外线反射比

紫外线反射比用式 (32) 计算:

4、测定报告

测定报告的内容如下:

4.1 注明符合本标准的要求。

4.2 测定条件

仪器: 名称、型号、光源类别、照明和探测几何条件

试样: 编号、实测厚度、测定方位。

4.3 测定日期及测定人员姓名。

4.4 其他必要说明