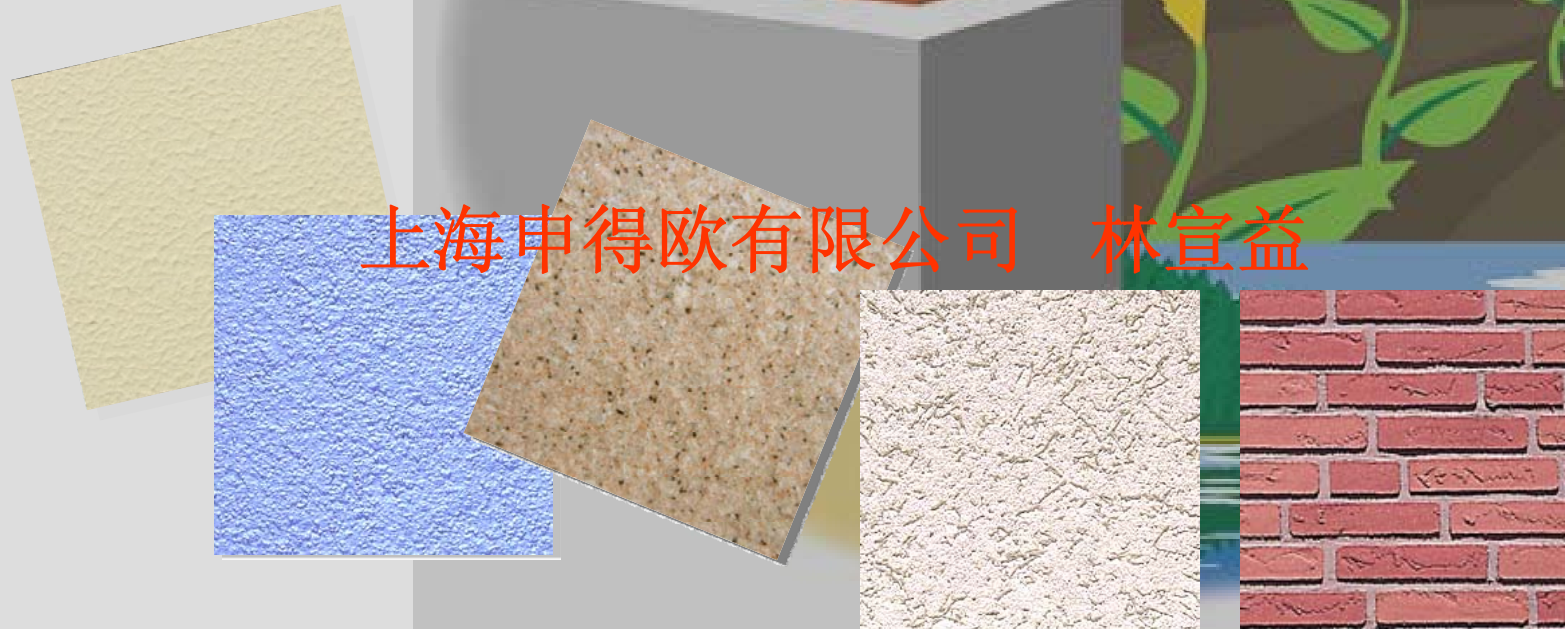


有色建筑反射隔热涂料

上海申得欧有限公司 林宣益



- 1 反射隔热涂料组成
- 二. 反射隔热涂料标准
- 三. 反射隔热涂料配色
- 四. 反射隔热涂料应用
- 五. 发展趋势

一.反射隔热涂料组成

以合成树脂乳液为基料，以水为分散介质，加入颜料（主要是红外反射颜料）、填料和助剂，经一定工艺过程制成的涂料，叫做反射隔热乳胶漆，也就是目前所称的反射隔热建筑涂料。

在该定义中，其**关键特征是红外反射颜料**。

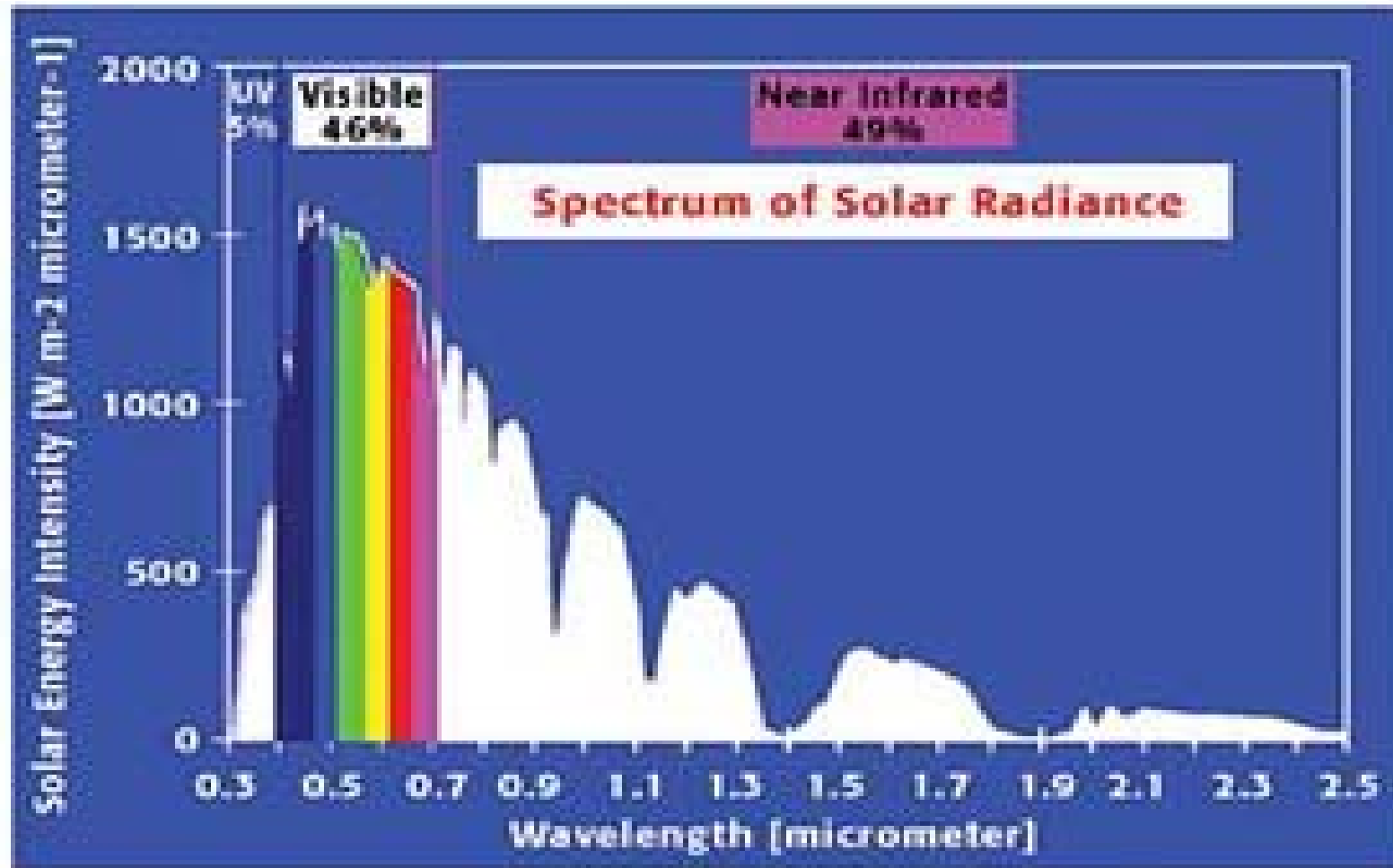
紫外线的波长小于**400nm**，约占太阳总能量的**5%**。

可见光波长在**400nm-760nm**，约占太阳总能量的**45%**。

红外线的波长大于**760nm**，约占太阳总能量的**50%**。

可见，太阳能主要集中于可见光区和红外区。

太阳辐射光谱



人们把在可见光区具有选择吸收，即呈现色彩，同时在红外区能反射红外光的颜料称为红外反射颜料，简称IR颜料（Infrared Reflective Pigment）。

红外反射颜料是类似于**金红石型**（rutile, $n/M=2.00$ ）、**尖晶石**（spinel, $n/M=1.33$ ）、**赤铁矿或刚玉**（hematite or corundum, $n/M=1.50$ ）**结构的复相无机颜料**。

红外反射颜料户外使用寿命长，可达30年。当然价格也很高。

也有试验认为：

反射隔热涂料采用功能性填料，一般为金属薄片、珠光颜料、改性空心微珠等高太阳反射比的金属或金属氧化物及无机材料。

二.反射隔热涂料标准

GB/T 25261-2010 建筑用反射隔热涂料

JG/T 235-2008 建筑反射隔热涂料

JC/T 1040-2007 建筑外表面用热反射隔热涂料

GJB 1670-1993 GF-1热反射涂料规范

ASTM C1483-04 建筑外用太阳能辐射控制涂料标准规
程

GS11-2008 美国2008年版绿色涂料标志(**green seal**)
等

国内标准最大问题是只规定了白色反射隔热涂料。

反射隔热涂料的研发和生产关键是有色反射隔热涂料的研发和生产。

而有色反射隔热涂料的研发和生产关键是有色反射隔热涂料的配色。

反射隔热涂料标准的关键就是如何规定有色反射隔热涂料的性能指标。

JG/T 235-2008 建筑反射隔热涂料

| 序号 | 项目 | 指标 |
|----|-----------------------------------|------|
| 1 | 太阳反射比（白色） \geq | 0.80 |
| 2 | 半球发射率 \geq | 0.80 |
| 3 | 隔热温差/ $^{\circ}\text{C}$ \geq | 10 |
| 4 | 隔热温差衰减/ $^{\circ}\text{C}$ \leq | 12 |

美国军标规定深色漆反射率在50%以上。

美国绿色涂料环境标准（GS-11 Green Seal Environmental Standard for Paints and Coatings）

对墙面建筑涂料的要求是浅色漆反射率在65%以上；

深色漆反射率在40%以上。

Cool roof rating council

CRRC Color Families



Revised 07/11/05

| | Color Family | Hunter L range | Hunter a range | Hunter b range | Default TSR | Default TE |
|----|--------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|------------|
| 1 | Red | 17 to 29 | +7 to +36 | 0 to +15 | 0.25 | 0.83 |
| 2 | Terra Cotta | 20 to 38 | +15 to +30 | +6 to +16 | 0.35 | 0.83 |
| 3 | Bright Red | 23 to 38 | +35 to +49 | +10 to +48 | 0.35 | 0.83 |
| 4 | Beige / Off-White | 59 to 86 | -5 to +5 | -3 to +23 | 0.55 | 0.83 |
| 5 | Tan | 51 to 65 | -2 to +7 | +6 to +21 | 0.55 | 0.83 |
| 6 | Dark Blue | 13 to 33 | -7 to +6 | -21 to -2 | 0.25 | 0.83 |
| 7 | Med to Light Blue | 34 to 55 | -12 to -3 | -20 to -8 | 0.32 | 0.83 |
| 8 | Dark Brown | 17 to 30 | -1 to +9 | 0 to +10 | 0.25 | 0.83 |
| 9 | Med to Light Brown | 25 to 58 | -2 to 17 | +5 to +26 | 0.32 | 0.83 |
| 10 | Dark Green | 18 to 45 | -15 to -3 | -5 to +11 | 0.25 | 0.83 |
| 11 | Med to Light Green | 24 to 70 | -15 to 0 | -5 to +11 | 0.32 | 0.83 |
| 12 | White | 76 to 89 | -3 to +2 | -3 to +10 | 0.65 | 0.83 |
| 13 | Bright White | >85 | -3 to +1 | -3 to +6 | 0.70 | 0.83 |
| 14 | Black | <26 | -1.5 to +1.5 | -1.5 to +1.5 | 0.25 | 0.83 |
| 15 | Dark Gray | 24 to 42 | -4 to +2 | -8 to +4 | 0.25 | 0.83 |
| 16 | Med to Light Gray | 40 to 77 | -4 to +3 | -3 to +8 | 0.35 | 0.83 |
| 17 | Pearlescent Silver | 50 to 75 | -5 to +3 | -3 to +8 | 0.45 | 0.75 |
| 18 | Pearlescent Copper | 38 to 60 | 2 to 17 | 5 to 24 | 0.40 | 0.75 |

ASTM E1980 - 11 Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces

$$T_s = 309.07 + \frac{(1066.07\alpha - 31.98\epsilon)}{(6.78\epsilon + h_c)} \quad (2)$$

$$- \frac{(890.94\alpha^2 + 2153.86\alpha\epsilon)}{(6.78\epsilon + h_c)^2}$$

$$SRI = 123.97 - 141.35\chi + 9.655\chi^2 \quad (4)$$

where:

$$\chi = \frac{(\alpha - 0.029\epsilon)(8.797 + h_c)}{9.5205\epsilon + h_c} \quad (5)$$

where α —solar absorptance, ϵ —thermal emissivity,
 h_c —convective coefficient, 5, 12, 30 w/(m²·K)

按ASTM E1980-01计算表面温度, $hc=19W/(m^2K)$, $\varepsilon=0.82$

| α 吸收系数 | 1- α | T_s/K | $T_s/^\circ C$ |
|---------------|-------------|---------|----------------|
| 0.1 | 0.9 | 312.3 | 39.3 |
| 0.2 | 0.8 | 316.7 | 43.7 |
| 0.3 | 0.7 | 321.0 | 48.0 |
| 0.4 | 0.6 | 325.4 | 52.4 |
| 0.5 | 0.5 | 329.7 | 56.7 |
| 0.6 | 0.4 | 334.0 | 61.0 |
| 0.7 | 0.3 | 338.4 | 65.4 |
| 0.8 | 0.2 | 342.7 | 69.7 |
| 0.9 | 0.1 | 347.1 | 74.1 |

Greece, ABOLIN



| Type of product | Colour | Roof slope | Substrate | SR (%) | IE (-) | ST (°C) | SRI (-) |
|-----------------|-------------|----------------------|---|--------|--------|---------|---------|
| paint | yellow | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 73 | 0.87 | 48.6 | 89 |
| paint | ochre | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 84 | 0.86 | 42.7 | 105 |
| paint | snow | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 87 | 0.875 | 40.9 | 110 |
| paint | blue | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 45 | 0.895 | 62.9 | 52 |
| paint | steel blue | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 75 | 0.87 | 47.5 | 92 |
| paint | light blue | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 76 | 0.86 | 47 | 94 |
| paint | terracota | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 42 | 0.885 | 64.4 | 47 |
| paint | dark salmon | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 62 | 0.89 | 54.3 | 75 |
| paint | pink | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 74 | 0.87 | 48.1 | 91 |
| paint | brown | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 43 | 0.885 | 64 | 49 |
| paint | brown pink | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 64 | 0.875 | 53.3 | 77 |
| paint | dark pink | flat and steep slope | cement, concrete, tiles, plaster, wood, metal | 70 | 0.875 | 50.1 | 85 |

JIS K 5675-2011 High solar reflectant paint for roof

近红外反射比

$L \leq 40$ 时, $\rho_{IR} \geq 40$

$40 < L < 80$ 时, $\rho_{IR} \geq L$

$L \geq 80$ 时, $\rho_{IR} \geq 80$

JG/T 235 修订稿 反射隔热性能

| 序号 | 项 目 | 指 标 | | |
|----|------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | | 低明度 $L^* \leq 40$ | 中明度 $40 < L^* < 80$ | 高明度 $L^* \geq 80$ |
| 1 | 太阳光反射比, \geq | 0.30 | 0.40 | 0.65 |
| 2 | 近红外反射比, \geq | 0.40 | L^* 值/100 | 0.80 |
| 3 | 半球发射率, \geq | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 4 | 污染后太阳光反射比变化率 ^a , \leq | ----- | 15% | 20% |
| 5 | 人工加速老化后太阳光反射比变化率, \leq | 5% | | |
| 6 | 模拟隔热温差 (与标准黑板) | 商定 | | |

^a 该项仅限于三刺激值中的 $Y_{D65} \geq 31.26$ ($L^* \geq 62.7$)的产品。

外墙反射隔热涂料除应符合表1的要求外，还应符合**GB/T 9755**、**GB /T 9757**、**JG/T172**、**HG/T 3792**及**HG/T4104**标准之一规定的最高技术要求。

为什么？

然后按照**GB/T 1865**的规定进行人工老化试验，老化时间符合热反射涂料相应产品标准规定的最高等级要求。

为什么？

半球发射率还是定为 ≥ 0.80 比较合适。理由：

1. 半球发射率基本不可调；
2. **ASTM C1483-04**规定 ≥ 0.80 ，测试方法也是 **ASTM C 1371**；
3. 美国**CRRC**和**GS-11-2008**都规定 ≥ 0.75 ，测试方法也是**ASTM C 1371**；
4. 建筑涂料半球发射率一般为**0.80-0.92**；
5. 仅有一家单位的验证数据。不知不同实验室误差。

污染后太阳光反射比变化率

人工加速老化后太阳光反射比变化率

能否反映实际应用情况？

太阳光反射比不能作为出厂检验项目。

太阳光反射比测试需**8**天以上，作为出厂检验项目，要求涂料**8**天后出厂不现实。

如一定要列入出厂检验，要快速干燥。

三. 反射隔热涂料的配色

1. 除普通建筑外墙涂料的配色要求外，有色反射隔热涂料的配色就是尽可能把红外光部分的能量反射出去，也就是说，有一个尽可能高的TSR（太阳总反射比）。但太阳反射比不是总可以根据颜料性能预测的。

2. 选用红外反射颜料，配成所需颜色。因为红外反射涂料色相有限，配色会受到限制。

3. 红外反射颜料和红外吸收颜料混用时，应注意其结果红外吸收颜料会占绝对压倒之势。

4. 炭黑（颜料黑7）、铁黑（颜料黑11）、颜料黑28等高吸收的颜料不能使用，那怕是一点点也不能用。它们会极大地降低涂料太阳反射比。

5. 钛白粉虽也是很好的红外反射颜料，但为了平衡各种性能，还应考虑其粒径。

亨斯迈的红外反射颜料**ALTIRIS® 800** 颜料推荐用于深色涂料配色，明度**L**在**25-40** 之间，提高红外线反射率。通常这些深色涂料不含或只含少量钛白粉。该颜料可提供最佳的近红外/可见光反射比，具有极低的着色力。

在那些明度**L**超过**40**的颜色中，推荐使用**ALTIRIS® 550** 以提高红外反射性能。

四.反射隔热涂料应用

除了上述红外发射颜料外，还有一些颜料，虽然对红外光的反射率不大，但它也不吸收红外光，而是对红外光有很好的透过率。

使用这种颜料配制的反射隔热涂料时，必须采用具有较高红外反射性能的底涂层，这样整个涂层系统同样具有较好的红外反射功能，从而同样可以降低外表面温度。

反射隔热涂料可以单独使用，更好地是与其他保温材料配合使用，构成系统。

由于保温需要有一定的热阻。既要求材料有低的导热系数，又要有一定的厚度，二者缺一不可。尽管薄层反射隔热涂料导热系数不高，自身热阻较大，但因涂膜厚度很薄，总热阻有限，保温效果不大。应与其他保温材料配合使用，构成复合系统。如和保温砂浆、泡沫混凝土、**EPS**、**XPS**、**PU**、酚醛、岩棉等。这样才能满足节能要求，达到较理想的隔热和保温作用。

五.发展趋势

1. 选择红外反射颜料和生产有色反射隔热涂料，即配色。达到符合客户装饰对颜色的要求，又具有尽可能高的**TSR**。
2. 进行切实建筑节能计算。

谢谢大家!

