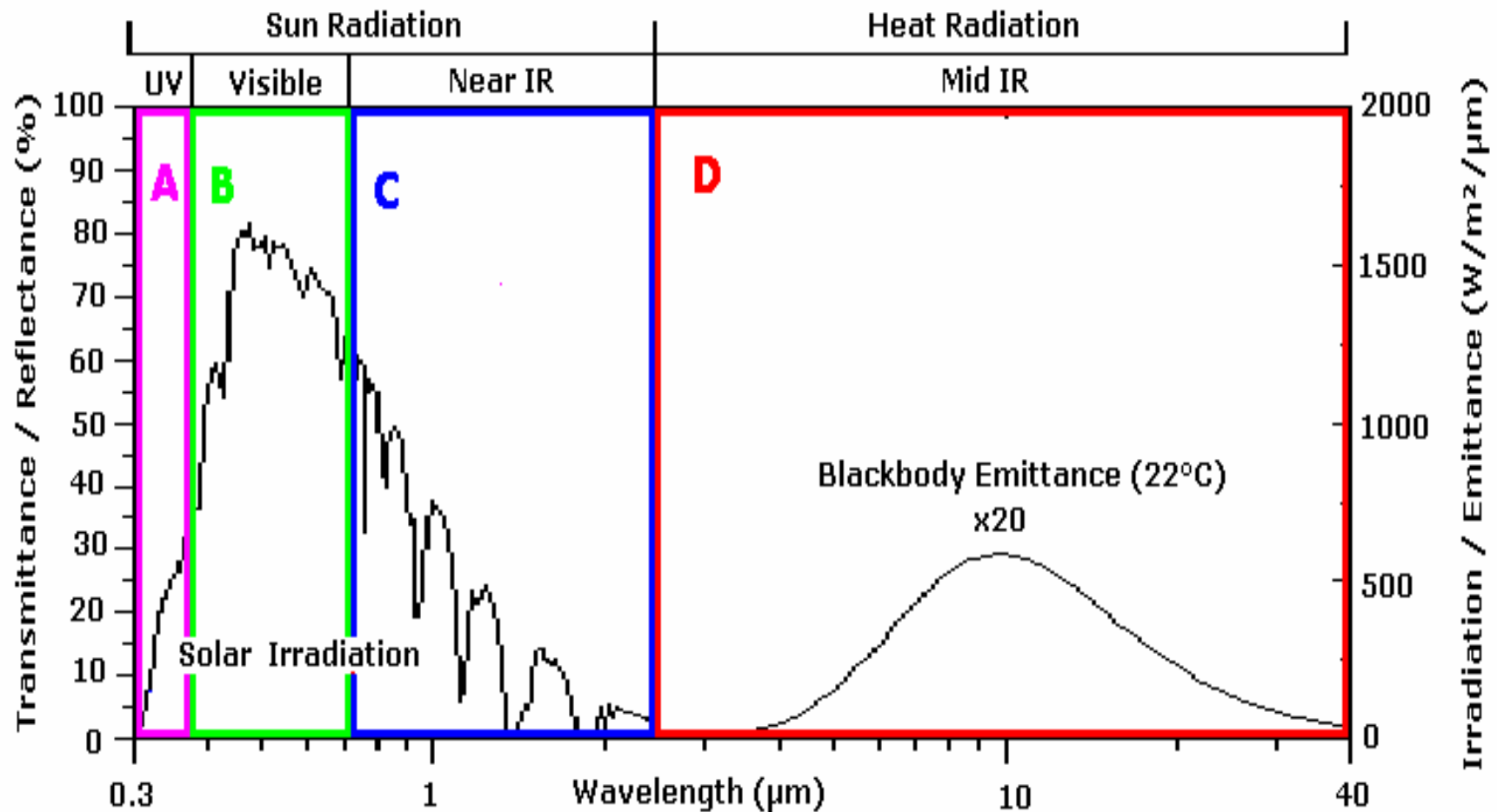


建筑玻璃选择与节能设计

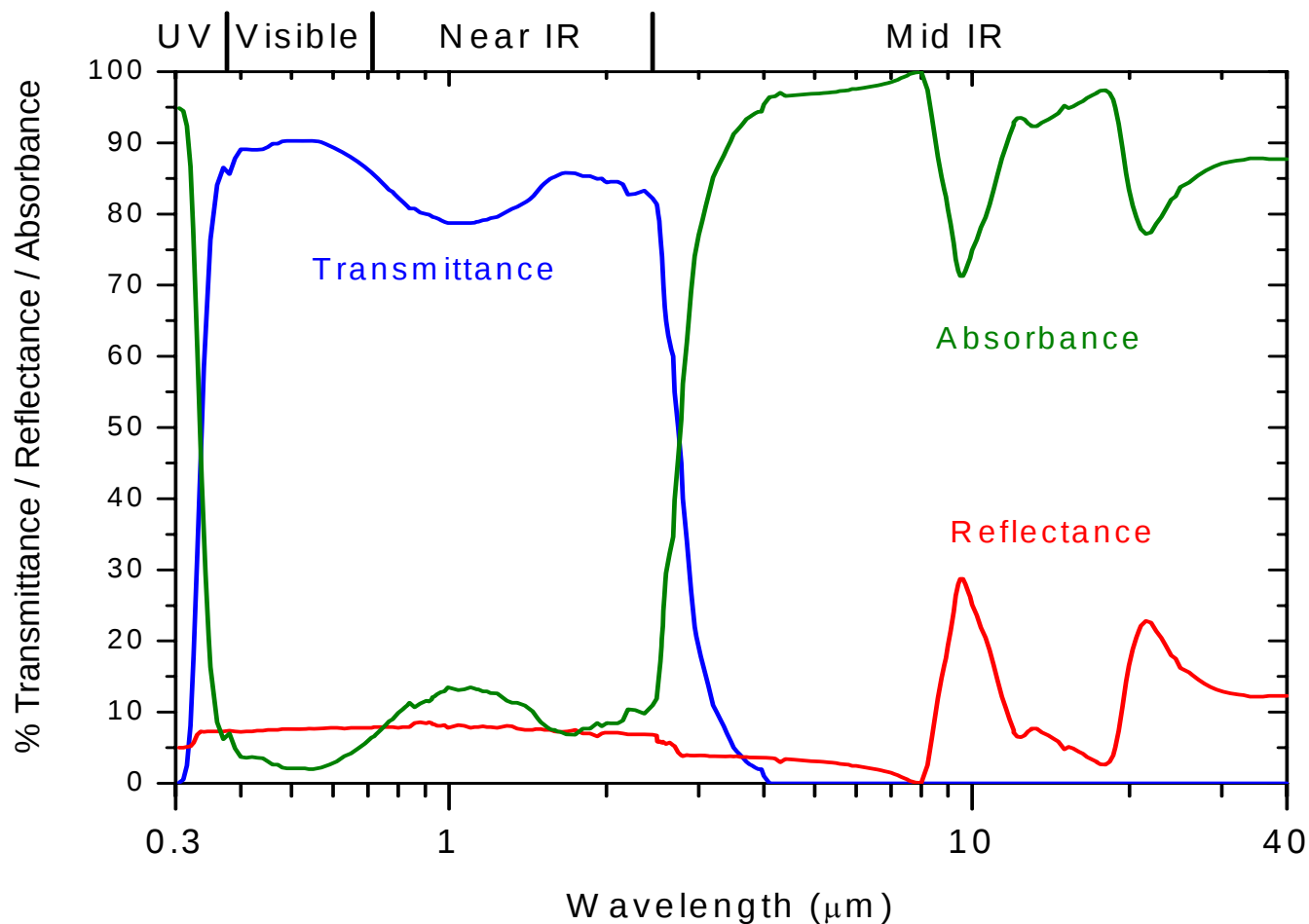
刘忠伟 博士

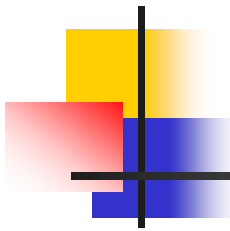
（北京中新方建筑科技研究中心）

1、自然界热能：太阳光谱和热辐射



2、玻璃传热机理：浮法玻璃光谱





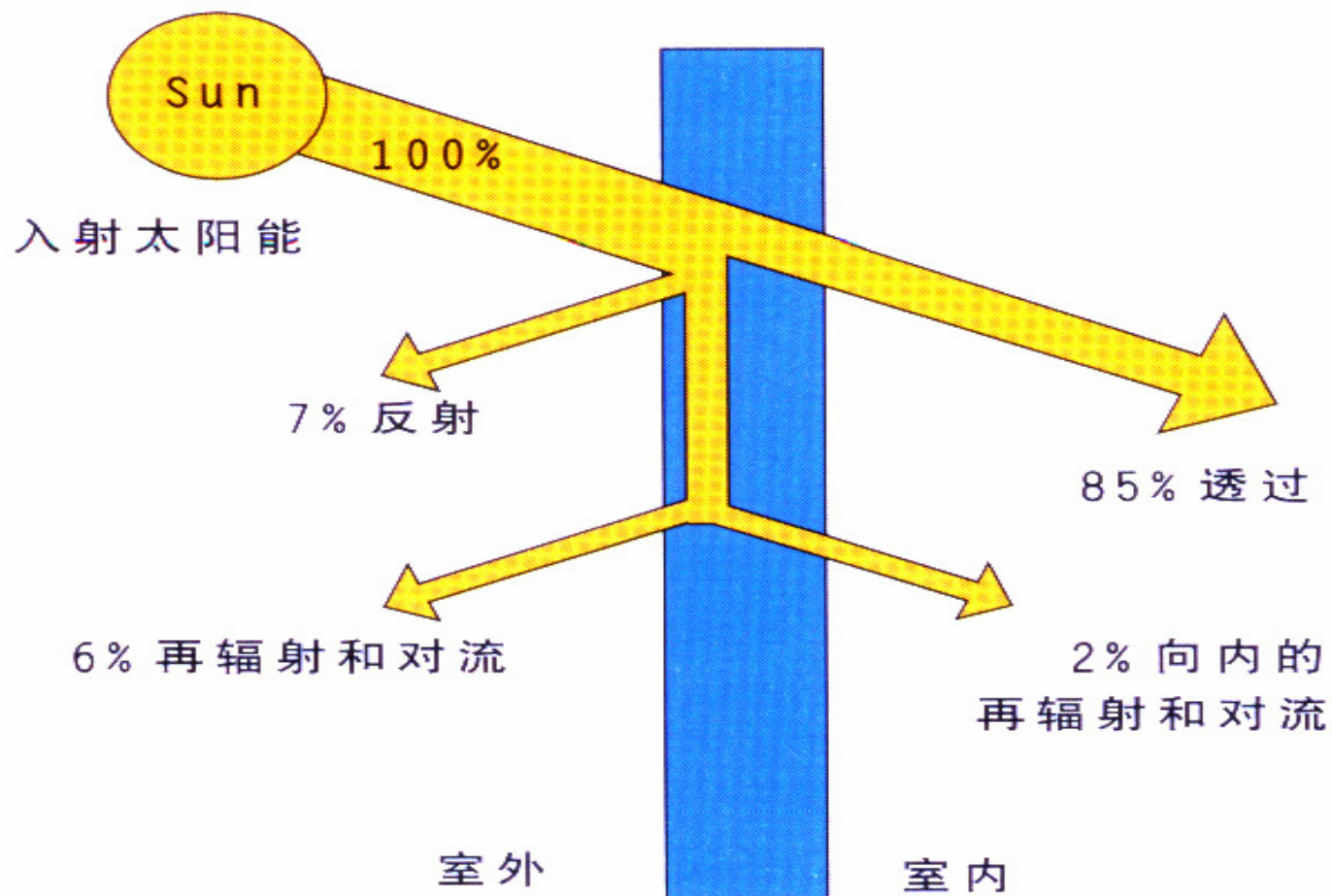
3、建筑玻璃热工性能表征

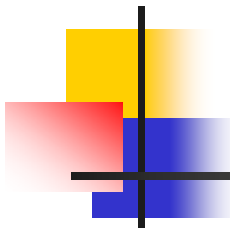
■ 3.1 传热系数

$$U_g = \frac{q}{T_o - T_i}$$

3.2 遮阳系数

6 毫米透明玻璃

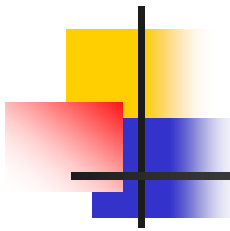




3.2 建筑玻璃遮阳系数

$$S_c = \frac{g}{0.889}$$

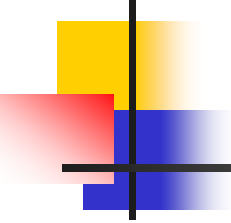
- 0.889和0.87
- 太阳能得热因子和遮阳系数



4、建筑玻璃热工性能计算

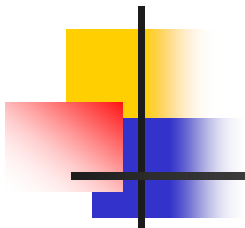
- 4.1 建筑玻璃热工性能计算
- <建筑玻璃应用技术规程>JGJ113
- ISO10292

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i}$$

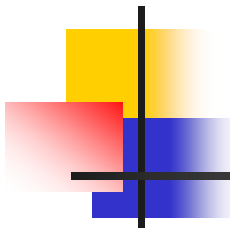

$$\frac{1}{h_t} = \sum^N \frac{1}{h_s} + \sum^M d_m r_m$$

$$h_s = h_r + h_g$$

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \times T_m^3$$



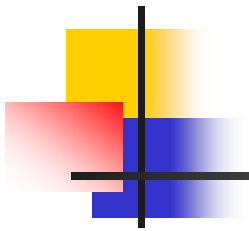
$$h_g = N_u \frac{\lambda}{S}$$



4.2 建筑玻璃遮阳系数

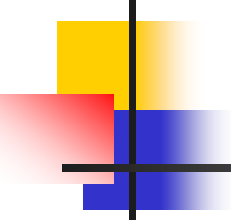
- 《建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》 GB/T2680
- ISO9050

$$g = \tau_e + q_i$$



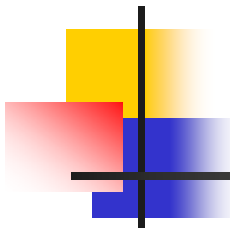
$$q_i = \alpha_e \times \frac{h_i}{h_i + h_e}$$

$$q_i = \frac{\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2}}{h_e} + \frac{\alpha_{e2}}{G}}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{G}}$$



5、建筑玻璃的选择

- 5.1 透明浮法玻璃
- 节能性差
- U ——5.2~6.0
- Sc ——0.8~0.98



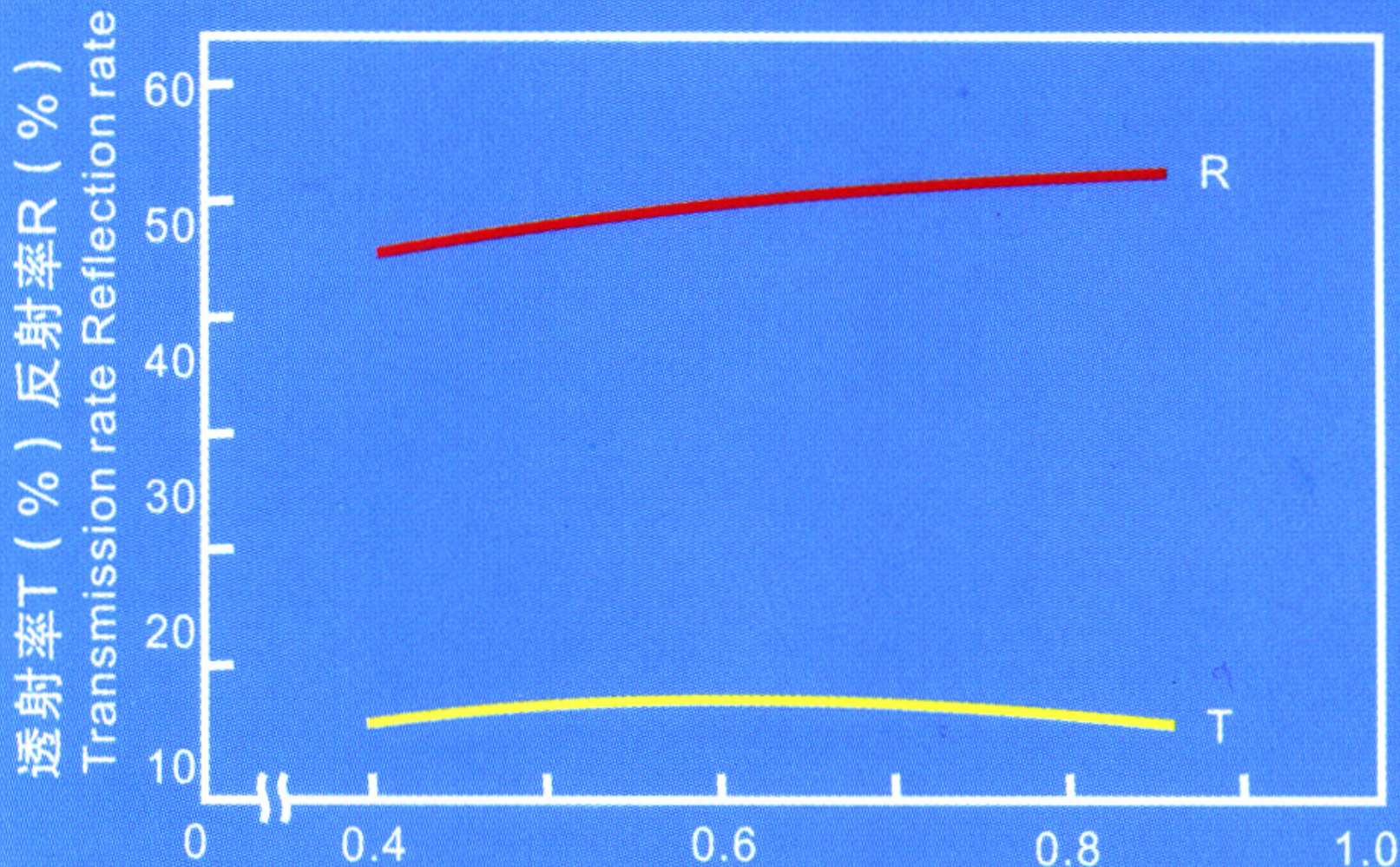
5.2 着色玻璃（吸热玻璃）

- 本体着色（浮法工艺）（着色剂、茶、灰、蓝、绿、古铜色等）
- U ——5.2~6.0
- Sc ——0.55~0.85
- 降低遮阳系数的机理

5.3 阳光控制镀膜玻璃（热反射）

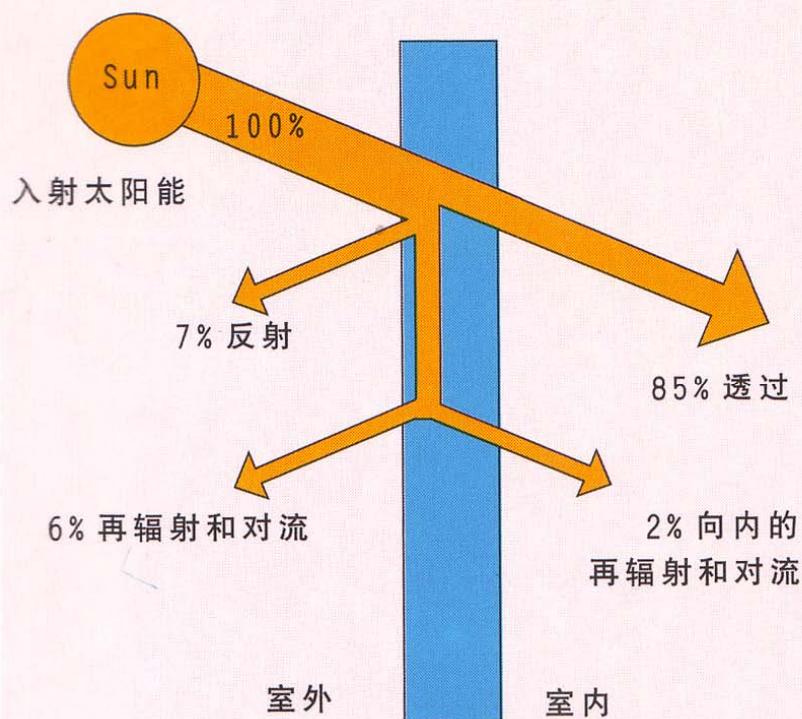
- 阳光控制镀膜玻璃（金属及金属氧化物）
- 工艺：真空磁控溅射
- 太阳光反射率高：20%—50%
- U ——5.2~6.0
- Sc ——0.25~0.55
- 降低遮阳系数的机理

5.3 阳光控制镀膜玻璃（热反射镀膜玻璃）

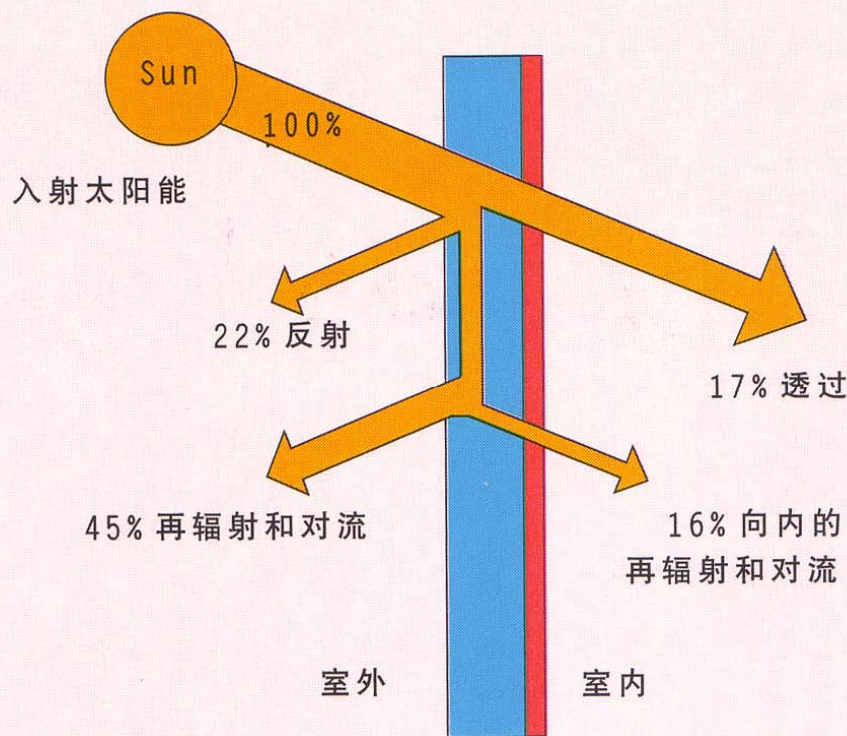


5.3 阳光控制镀膜玻璃（热反射镀膜玻璃）

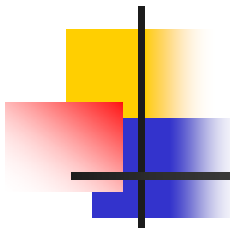
6 毫米透明玻璃



镀有太阳能控制膜的 6 毫米透明玻璃 (荫蔽系数 0.38)



未镀膜与在玻璃表面上镀有太阳能控制膜层比较

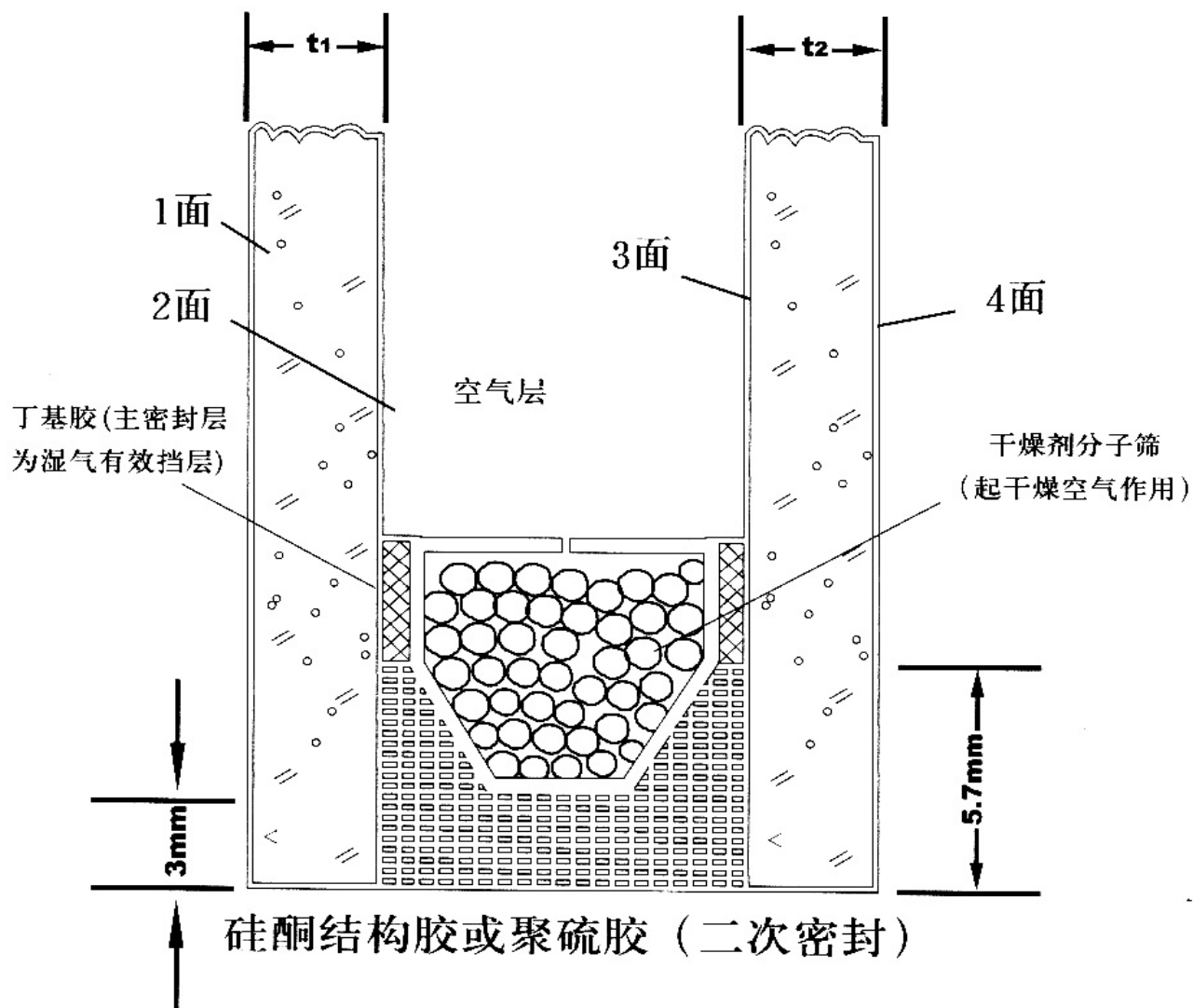


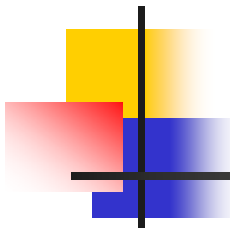
5.3 阳光控制镀膜玻璃（热反射镀膜玻璃）

- （1）光污染。
- （2）为限制玻璃幕墙的有害光反射，应
- 采用反射比不大于0.30的幕墙玻璃。

- （3）在城市主干道、立交桥、高架路两侧
- 的建筑物20m以下，其余路段10m以下，
- 应采用反射比不大于0.16的低反射玻璃。

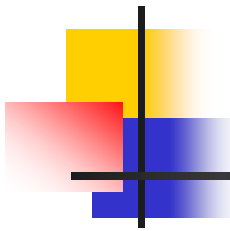
5.4 普通中空玻璃





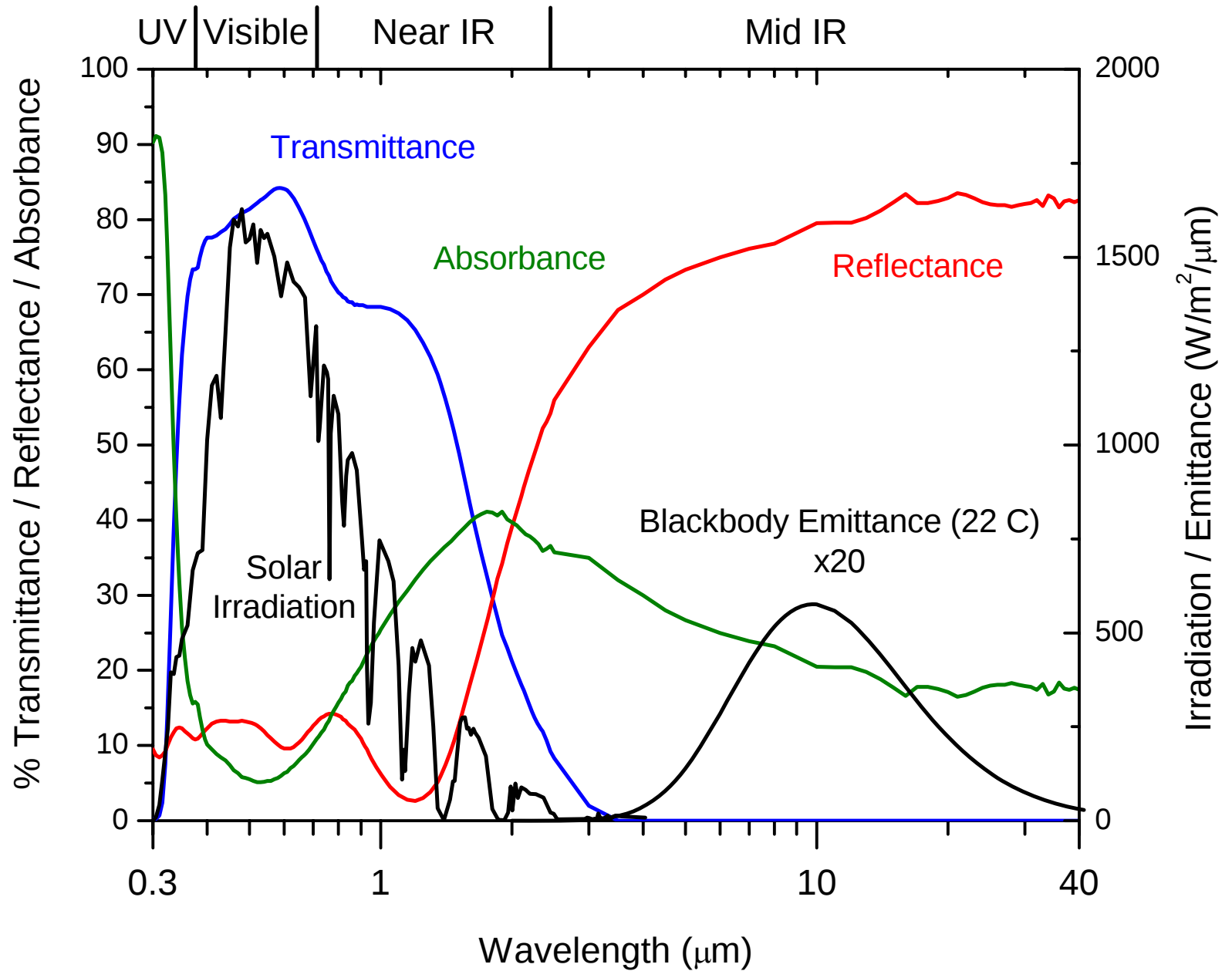
5.4 普通中空玻璃

- U ——2.5~3.2
- 降低传热系数的机理
- 玻璃导热率: 1W/mK
- 空气导热率: 0.024W/mK
- Sc ——0.70~0.85 (普通白玻)

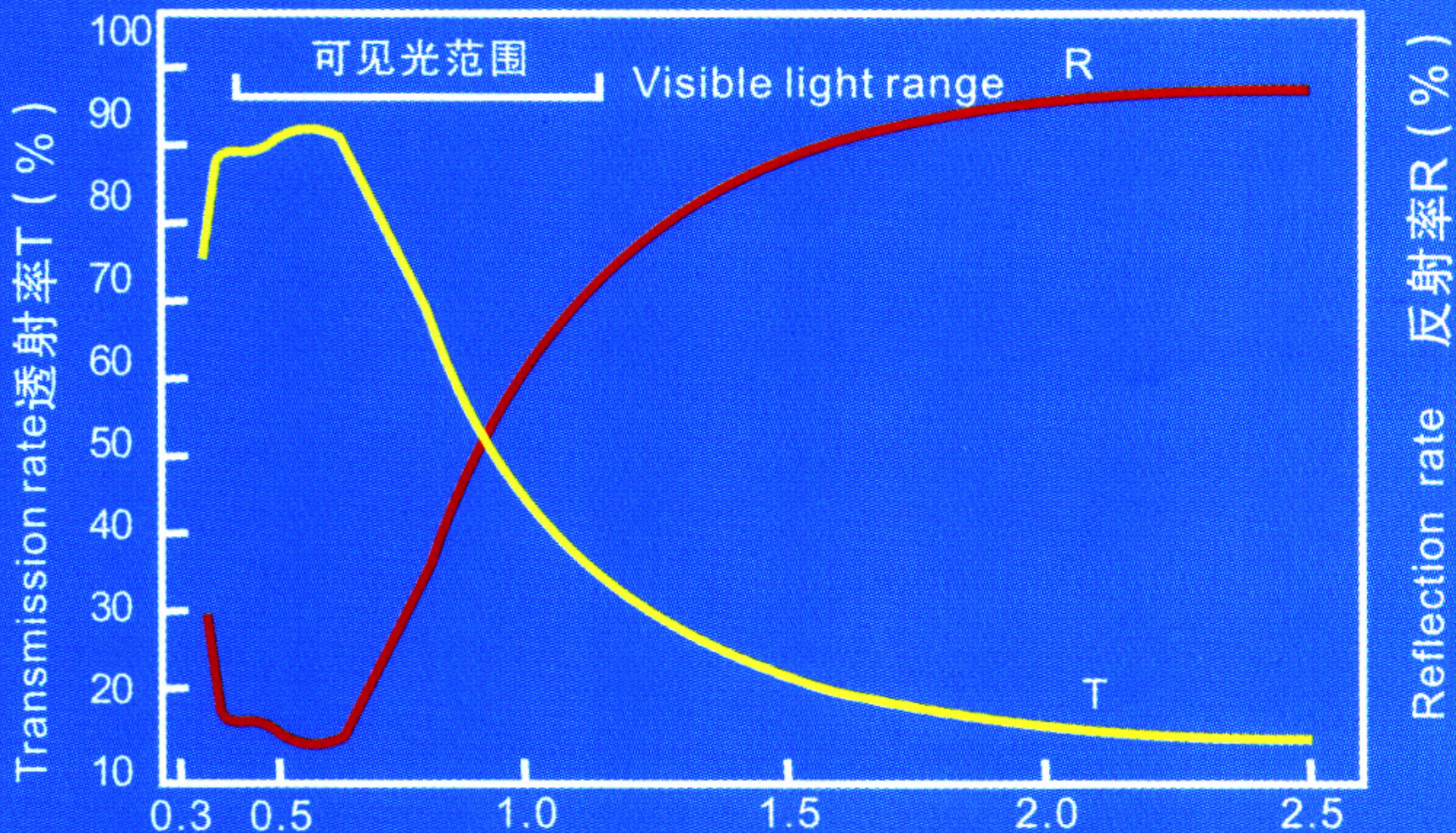


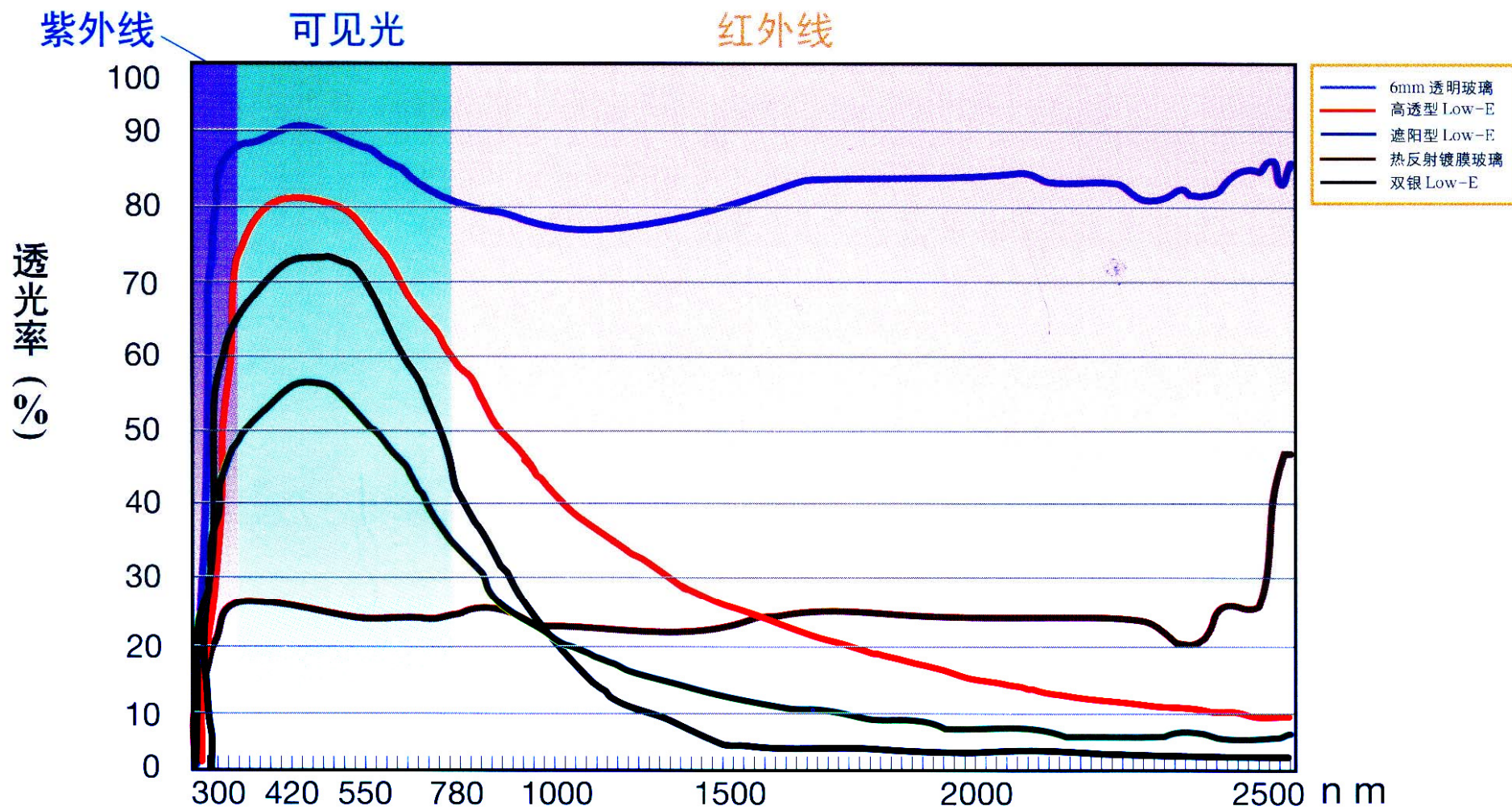
5.5 Low-e 玻璃

- 什么是Low-e玻璃：镀膜
- 性能：高透型、遮阳性、双银性
- 生产：在线（气相沉积）、离线（磁控溅射）
- 特性：可见光高透，远红外线高反

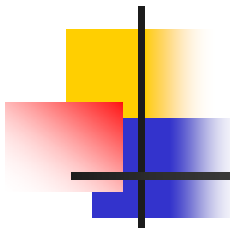


Low-e 玻璃的光谱特性



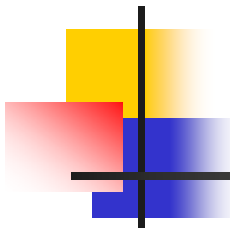


不同玻璃的太阳光谱透过曲线 (波长单位: nm)



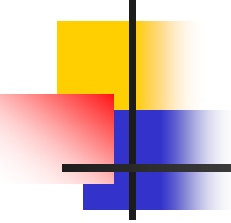
Low-e中空玻璃的热工性能

- 膜面的位置（中空、单片、夹层）
- 膜面的数量
- 节能机理（传热、遮阳）
- $U=1.5\sim 2.1$
- $Sc=0.30\sim 0.60$



6. 建筑玻璃节能设计要点

- 6.1.玻璃的导热系数
- $K=1\text{m W/mk}$ ，不是 0.76W/mk 。
- ISO10292; JGJ113;
- ISO15099;ISO10077;
- 《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》。



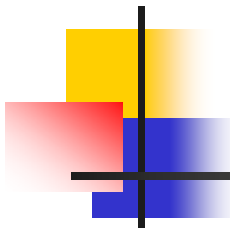
6、建筑玻璃节能设计要点

- 6.2. 中空玻璃漏气

$$h_g = N_u \frac{\lambda}{S}$$

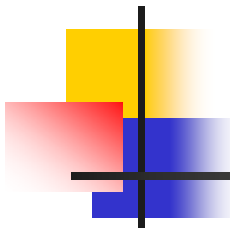
- 空 气: $\lambda = 0.024 \text{ W/mk};$

- 水蒸气: $\lambda = 0.021 \text{ W/mk};$



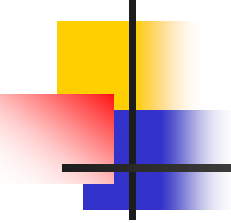
6、建筑玻璃节能设计要点

- 6.2 中空玻璃漏气
- 空气腔准封闭，与外界只有扩散和渗透方式交换，没有对流交换，传热系数没有提高。
- 避免内结露而失去透明性和Low-e膜氧化。

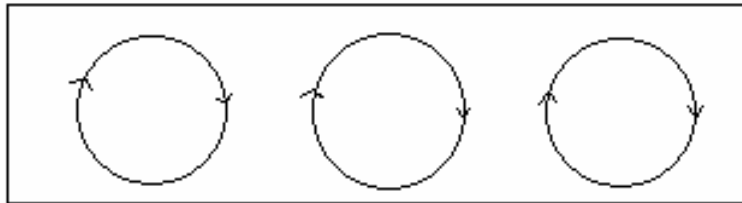
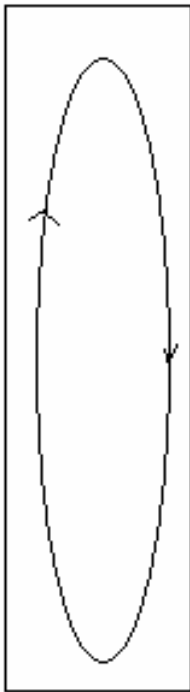


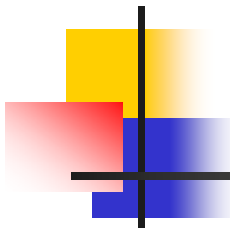
6、建筑玻璃节能设计要点

- 6.3. 中空玻璃在空间的取向
- 幕墙与采光顶的区别
- 寒冷地区：窗墙比 ≤ 0.7 ； $K \leq 2.0$
- 屋顶透明： $K \leq 2.7$
- 10+12A+10Low-e； $K=1.7$
- 作为幕墙：正确；
- 作为屋顶：错误。



6、建筑玻璃节能设计要点



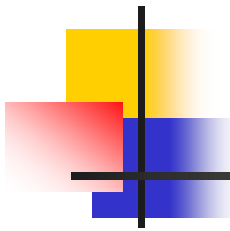


6、建筑玻璃节能设计要点

$$h_g = N_u \frac{\lambda}{S}$$

Nu ----努塞尔准数,

$$N_u = A(G_r \cdot P_r)^n$$

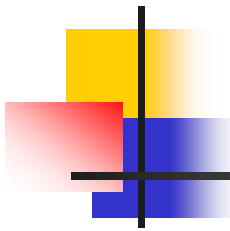


6、建筑玻璃节能设计要点

- A ——常数； Gr ——格拉晓夫准数；
- Pr ——普兰特准数； n ——幂指数。

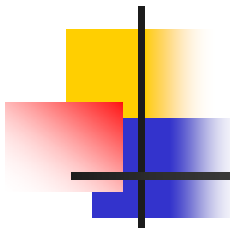
$$G_r = \frac{9.81s^3 \Delta T \rho^2}{T_m \mu^2}$$

$$P_r = \frac{\mu C}{\lambda}$$



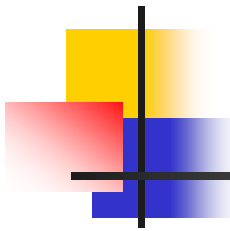
6、建筑玻璃节能设计要点

- 对于垂直空间, $A=0.035$, $n=0.38$
- 对于水平空间, $A=0.16$, $n=0.28$
- 对于倾斜45度, $A=0.10$, $n=0.31$



6、建筑玻璃节能设计要点

- 10+12A+10Low-e
- 垂直: $K=1.7$
- 45度: $K=1.9$
- 水平: $K=2.2$
- 玻璃手册的正确应用



6、建筑玻璃节能设计要点

- 6.4. 充氩气的影响
- 降低传热系数的机理

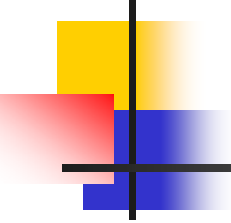
$$h_g = N_u \frac{\lambda}{s}$$

- λ （空气）=0.02496W/(m K);
- λ （氩气）=0.01684W/(m K);
- h_g (氩气) 降低30%; U降低0.2~0.3

6、建筑玻璃节能设计要点

- 6.5.Low-e
- 膜的位置
- 单片



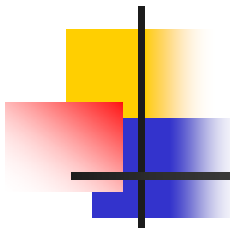


6、建筑玻璃节能设计要点

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i}$$

$$h_e = 10 + 4.1 \times v$$

$$h_i = h_c + h_r$$



6、建筑玻璃节能设计要点

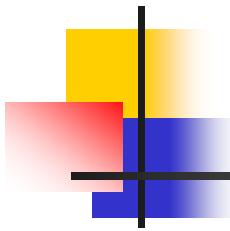
$$h_i = h_c + h_r = 3.6 + 4.4 \times \varepsilon / 0.837$$

- 普通玻璃 $\varepsilon = 0.837$

$$h_i = h_c + h_r = 3.6 + 4.4 \times 0.837 / 0.837 = 8$$

- Low-e玻璃 $\varepsilon = 0.1$

$$h_i = h_c + h_r = 3.6 + 4.4 \times 0.1 / 0.837 = 4.1$$



6、建筑玻璃节能设计要点

- 10mm普通玻璃
- $U=5.6\text{W/m}^2\text{K}$;
- 10mm Low-e玻璃 ($\varepsilon =0.1$)
-
- $U=3.4\text{ W/m}^2\text{K}$

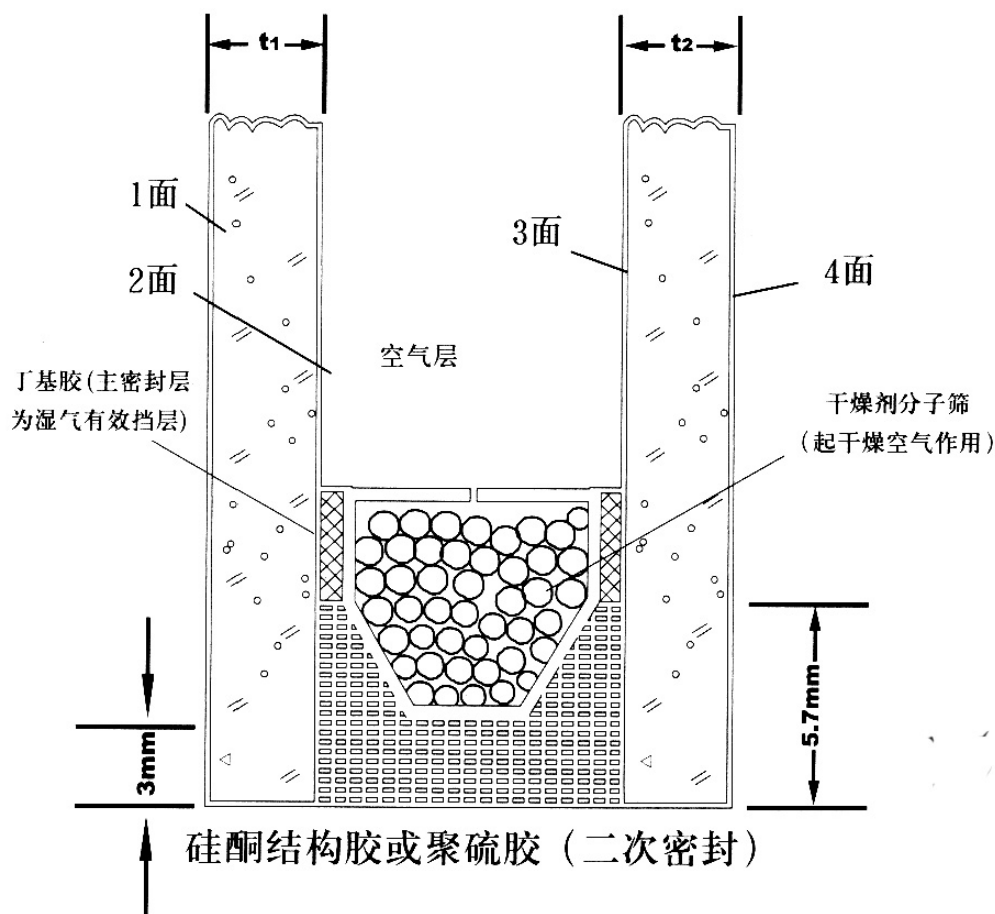
6、建筑玻璃节能设计要点

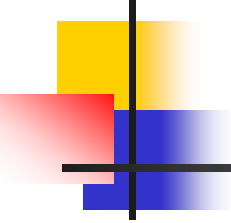
- Low-e膜层
- 位置
- 夹层玻璃



6、建筑玻璃节能设计要点

- 中空玻璃
- 膜层位置

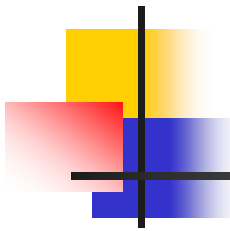




6、建筑玻璃节能设计要点

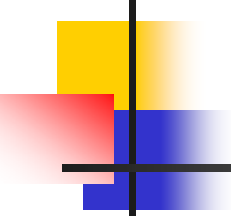
$$h_s = h_g + h_r$$

$$h_r = 4\sigma\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)^{-1} \times T_m^3$$



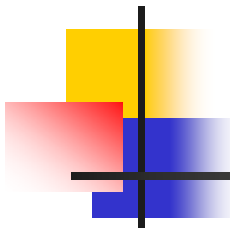
6、建筑玻璃节能设计要点

- 膜层位置不同，遮阳系数不同。
- 当膜位于2#面时，遮阳系数低。
- $Sc=0.31(2\#)$; $Sc=0.53(3\#)$
- 对于严寒地区，膜应位于3#面。
- 其它地区，有遮阳要求，膜应位于2#面。



6、建筑玻璃节能设计要点 (中空玻璃Low-e膜数)

10+12A+10	hg	hr	U	U值降低率
普通中空	2.08	3.7	2.8	
单层Low-e 膜中空	2.08	0.5	1.7	39%
双层Low-e 膜中空	2.08	0.27	1.6	5.9%



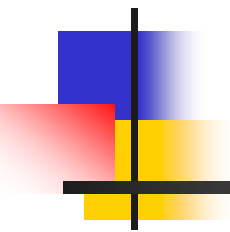
6、玻璃传热系数设计要点

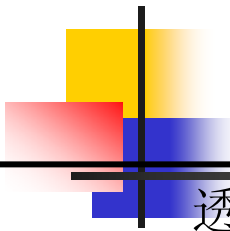
6.6 《民用建筑热工设计规范》 GB50176与幕墙业相关要点

- 可用于计算非透明幕墙
- 4.4.1 窗户传热系数应按国家计量认证的质检机构提供的测定值采用；如无上述机构提供的测定值时，可按表4.4.1采用。
- Low-e中空玻璃、充氩气、单片Low-e。

7. 《公共建筑节能设计标准》

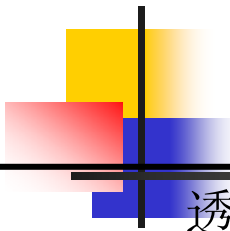
GB50189对建筑玻璃的要求及 玻璃选择指南





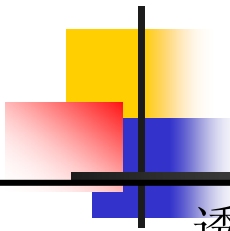
7.1严寒地区A区

透明幕墙	体形系数 ≤ 0.3 传热系数 $K(W/m^2K)$	$0.3 < \text{体形系数} \leq 0.4$ 传热系数 $K(W/m^2K)$
窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 3.0	≤ 2.7
$0.2 < \text{窗墙面积比} \leq 0.3$	≤ 2.8	≤ 2.5
$0.3 < \text{窗墙面积比} \leq 0.4$	≤ 2.5	≤ 2.2
$0.4 < \text{窗墙面积比} \leq 0.5$	≤ 2.0	≤ 1.7
$0.5 < \text{窗墙面积比} \leq 0.7$	≤ 1.7	≤ 1.5
屋顶透明部分	≤ 2.5	≤ 2.5



7.2严寒地区B区

透明幕墙	体形系数 ≤ 0.3 传热系数 $K(W/m^2K)$	$0.3 < \text{体形系数} \leq 0.4$ 传热系数 $K(W/m^2K)$
窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 3.2	≤ 2.8
$0.2 < \text{窗墙面积比} \leq 0.3$	≤ 2.9	≤ 2.5
$0.3 < \text{窗墙面积比} \leq 0.4$	≤ 2.6	≤ 2.2
$0.4 < \text{窗墙面积比} \leq 0.5$	≤ 2.1	≤ 1.8
$0.5 < \text{窗墙面积比} \leq 0.7$	≤ 1.8	≤ 1.6
屋顶透明部分	≤ 2.6	≤ 2.6



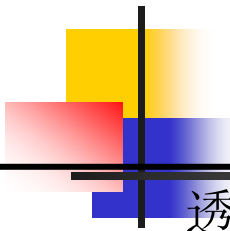
7.3寒冷地区（传热系数）

透明幕墙	体形系数 ≤ 0.3 传热系数 $K(W/m^2K)$	$0.3 < \text{体形系数} \leq 0.4$ 传热系数 $K(W/m^2K)$
窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 3.5	≤ 3.0
$0.2 < \text{窗墙面积比} \leq 0.3$	≤ 3.0	≤ 2.5
$0.3 < \text{窗墙面积比} \leq 0.4$	≤ 2.7	≤ 2.3
$0.4 < \text{窗墙面积比} \leq 0.5$	≤ 2.3	≤ 2.0
$0.5 < \text{窗墙面积比} \leq 0.7$	≤ 2.0	≤ 1.8
屋顶透明部分	≤ 2.7	≤ 2.7



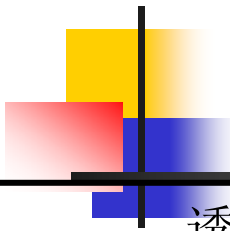
7.3寒冷地区（遮阳系数）

透明幕墙	体形系数 ≤ 0.3 遮阳系数 S_c （东、南、西）	$0.3 < \text{体形系数} \leq 0.4$ 遮阳系数 S_c (东、南、西)
窗墙面积比 ≤ 0.2	——	——
$0.2 < \text{窗墙面积比} \leq 0.3$	——	——
$0.3 < \text{窗墙面积比} \leq 0.4$	≤ 0.7	≤ 0.7
$0.4 < \text{窗墙面积比} \leq 0.5$	≤ 0.6	≤ 0.6
$0.5 < \text{窗墙面积比} \leq 0.7$	≤ 0.5	≤ 0.5
屋顶透明部分	≤ 0.5	≤ 0.5



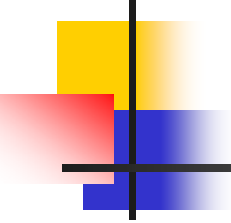
7.4 夏热冬冷地区

透明幕墙	传热系数K W/m ² K	遮阳系数Sc (东、南、西/北)
窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 4.7	——
0.2 < 窗墙面积比 ≤ 0.3	≤ 3.5	≤ 0.55/—
0.3 < 窗墙面积比 ≤ 0.4	≤ 3.0	0.50/0.60
0.4 < 窗墙面积比 ≤ 0.5	≤ 2.8	≤ 0.45/0.55
0.5 < 窗墙面积比 ≤ 0.7	≤ 2.5	≤ 0.40/0.50
屋顶透明部分	≤ 3.0	≤ 0.40



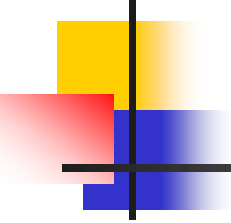
7.5 夏热冬暖地区

透明幕墙	传热系数K W/m ² K	遮阳系数Sc (东、南、西/北)
窗墙面积比≤ 0.2	≤ 6.5	——
0.2<窗墙面积比≤ 0.3	≤ 4.7	≤ 0.50/0.60
0.3<窗墙面积比≤ 0.4	≤ 3.5	≤ 0.45/0.55
0.4<窗墙面积比≤ 0.5	≤ 3.0	≤ 0.40/0.50
0.5<窗墙面积比 ≤0.7	≤ 3.0	≤ 0.35/0.45
屋顶透明部分	≤ 3.5	≤ 0.35



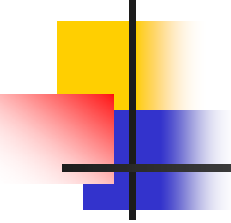
7.6、窗墙面积比超标时 建筑玻璃选择

- 窗墙面积比：0.7
- 屋顶透明部分的面积：20%
- 强制性条文
- 权衡判断



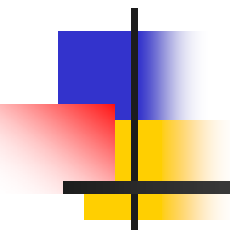
7.6、窗墙面积比超标时 建筑玻璃选择

- $$Sc_2 = Sc_1^* \times e_1^* / e_2 \quad (1)$$



7.6、窗墙面积比超标时 建筑玻璃选择

- $$K_3 = K^*_1 \times e^*_1 / e_2 \quad (2)$$



谢谢！

刘忠伟 博士
(北京中新方建筑科技研究中心)