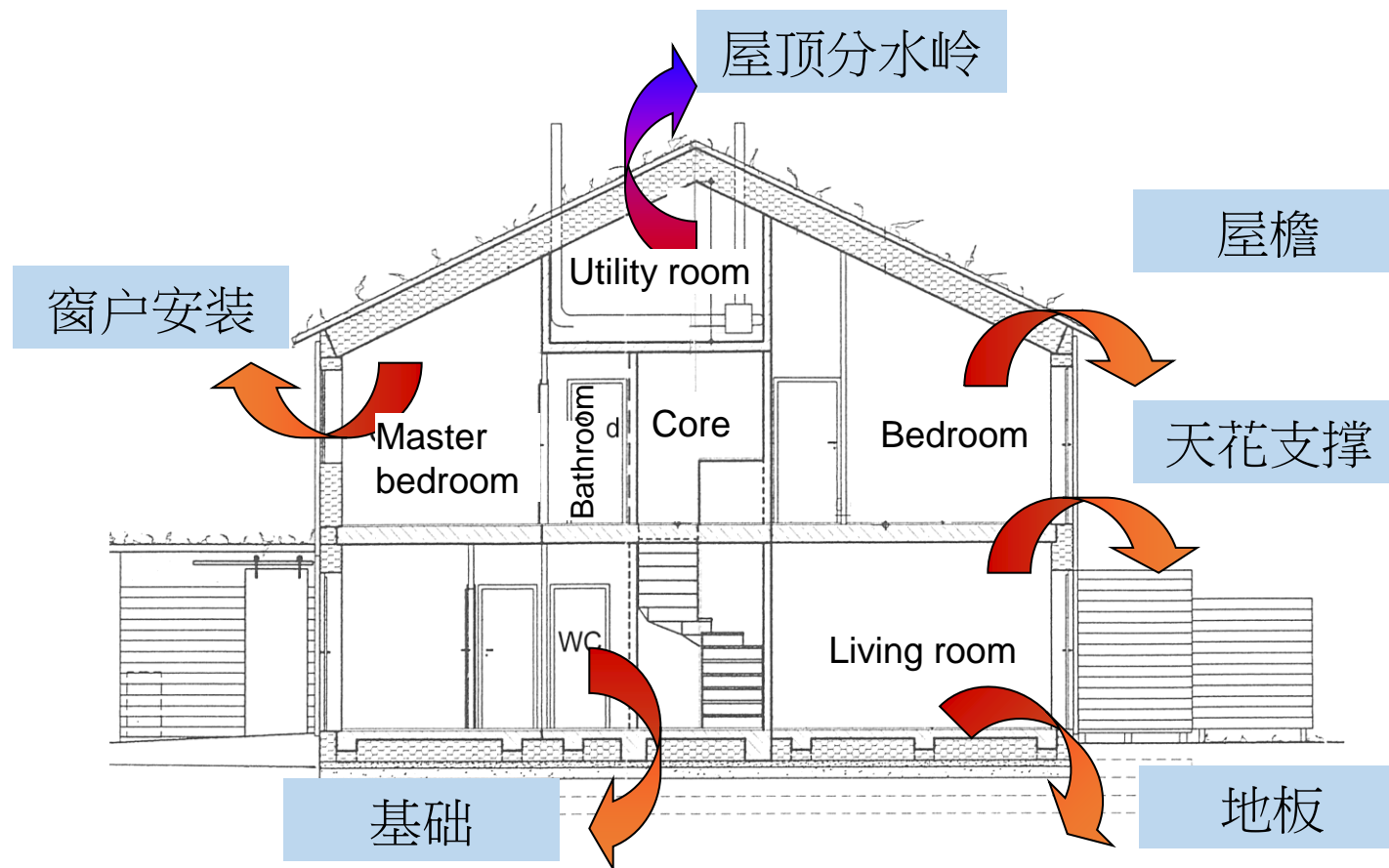


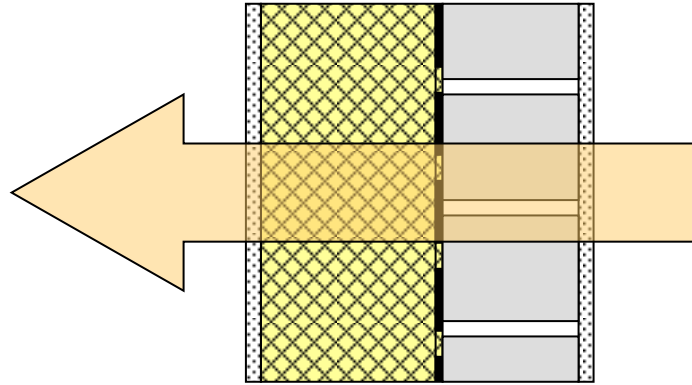
# 建筑外围护结构：热传递损失



全部热传递损失:

$$Q_T = \text{Sum} ( U * A + \Psi * l + X ) * \Theta$$

# 建筑外围护结构：热传递计算



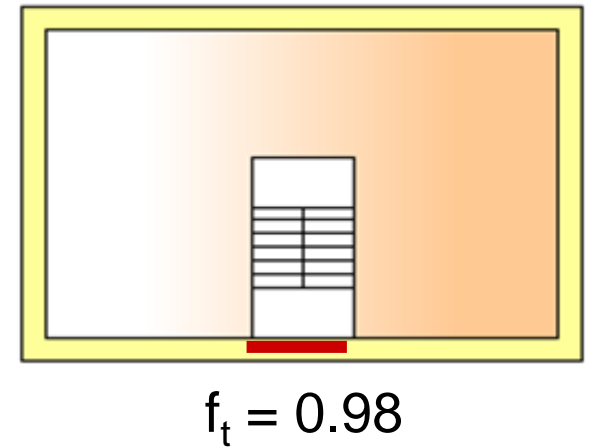
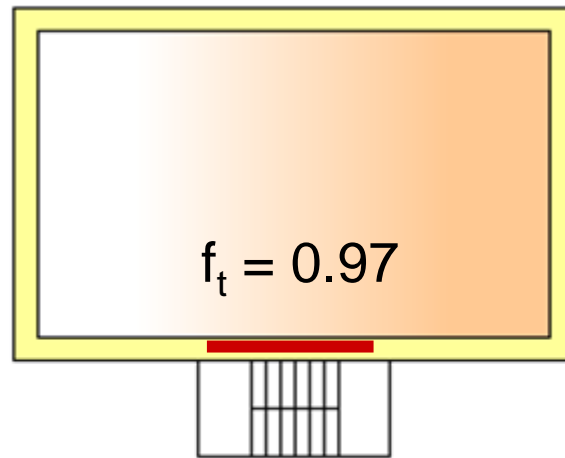
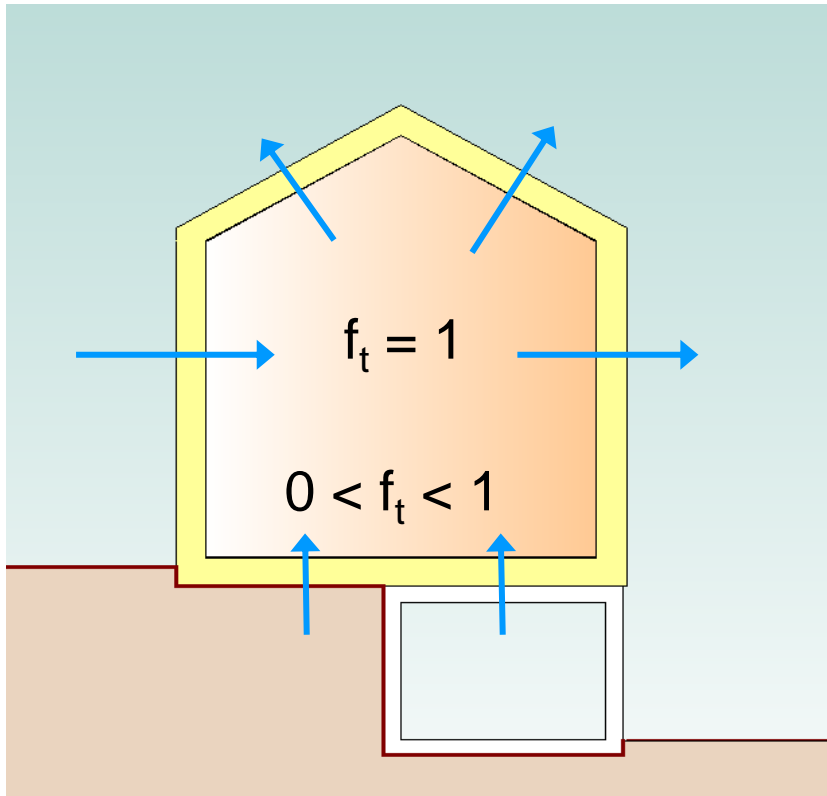
热平衡外围护的面积 \* U值 \* 温度校正系数 \* 热度时

$$Q_T = A * U * f_t * G_t$$

# 建筑外围护结构：热传递计算范例

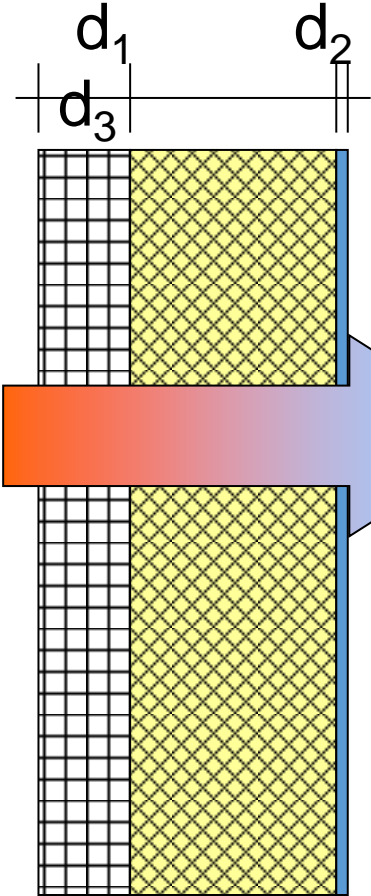
$$Q_T = A * U * f_t * G_t$$

$$184.3 \text{ m}^2 * 0.138 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) * 1.0 * 84.0 \text{ kWh}/\text{a} = 2129 \text{ kWh}/\text{a}$$

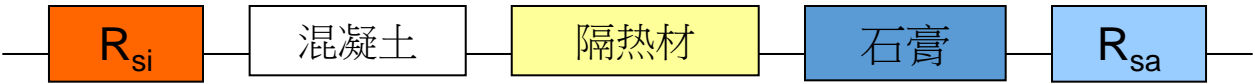


# 建筑外围护结构 - 匀称的建筑构件其U-值计算

(依照DIN EN ISO 6946)



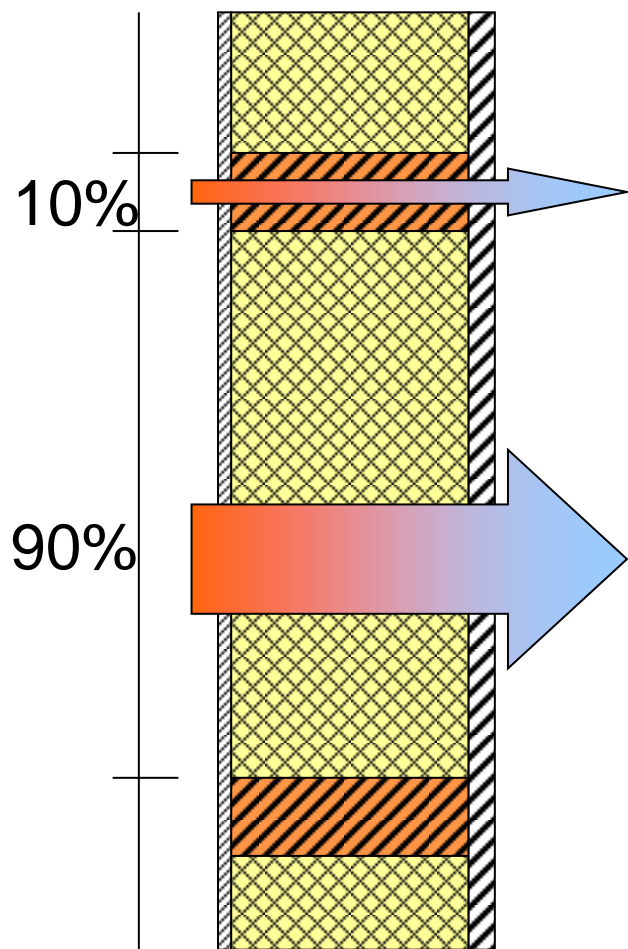
$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 + R_{se}}$$



(导热系数  $\lambda$  依照 DIN 4108-4, DIN EN 12524 或参照国家技术指标)

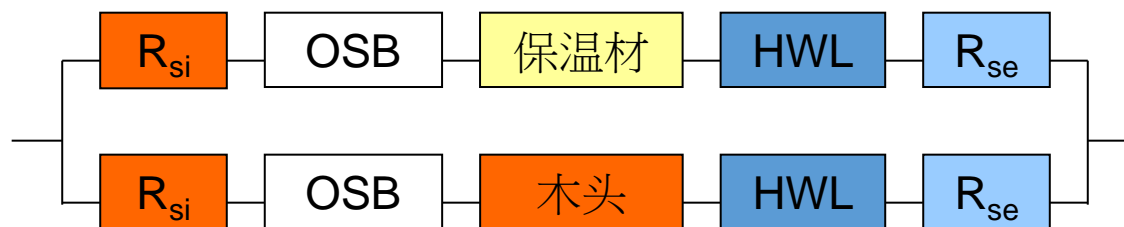
# 建筑外围护结构 – 非匀称的建筑构件其U值计算

(依照DIN EN ISO 6946)

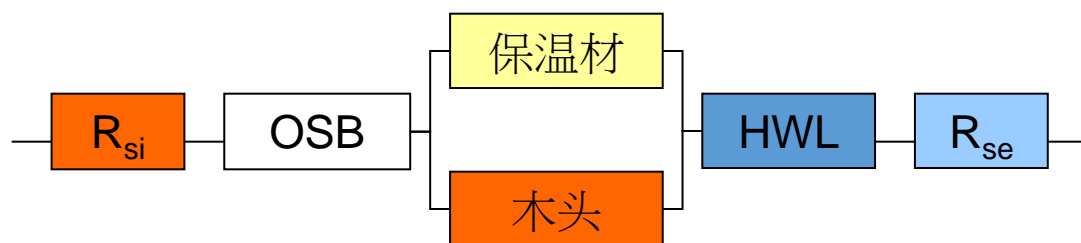


$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{(R'_T + R''_T) / 2}$$

upper estimate  $R'_T$

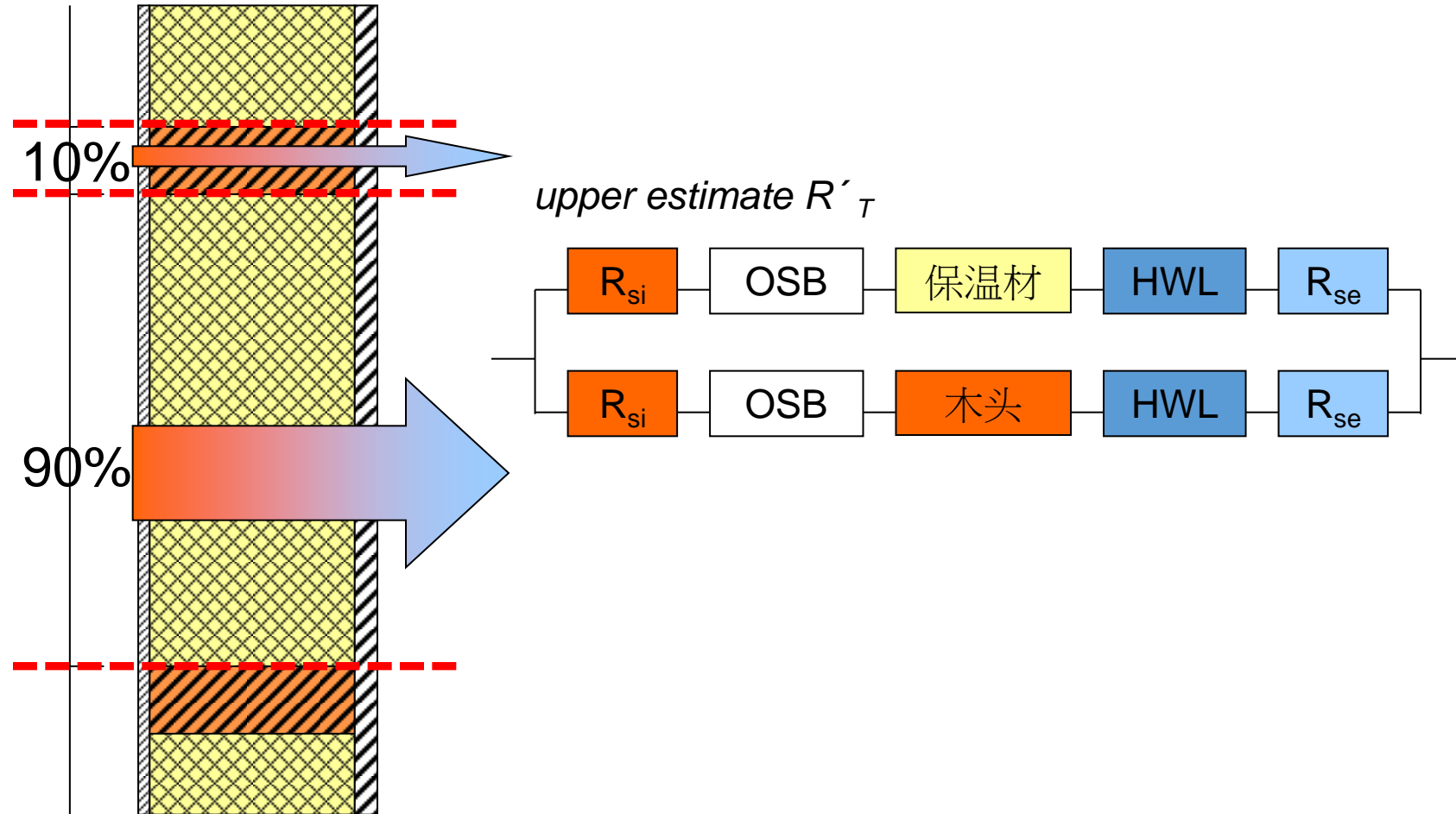


lower estimate  $R''_T$



# 引言: 建筑围护结构 - 构造

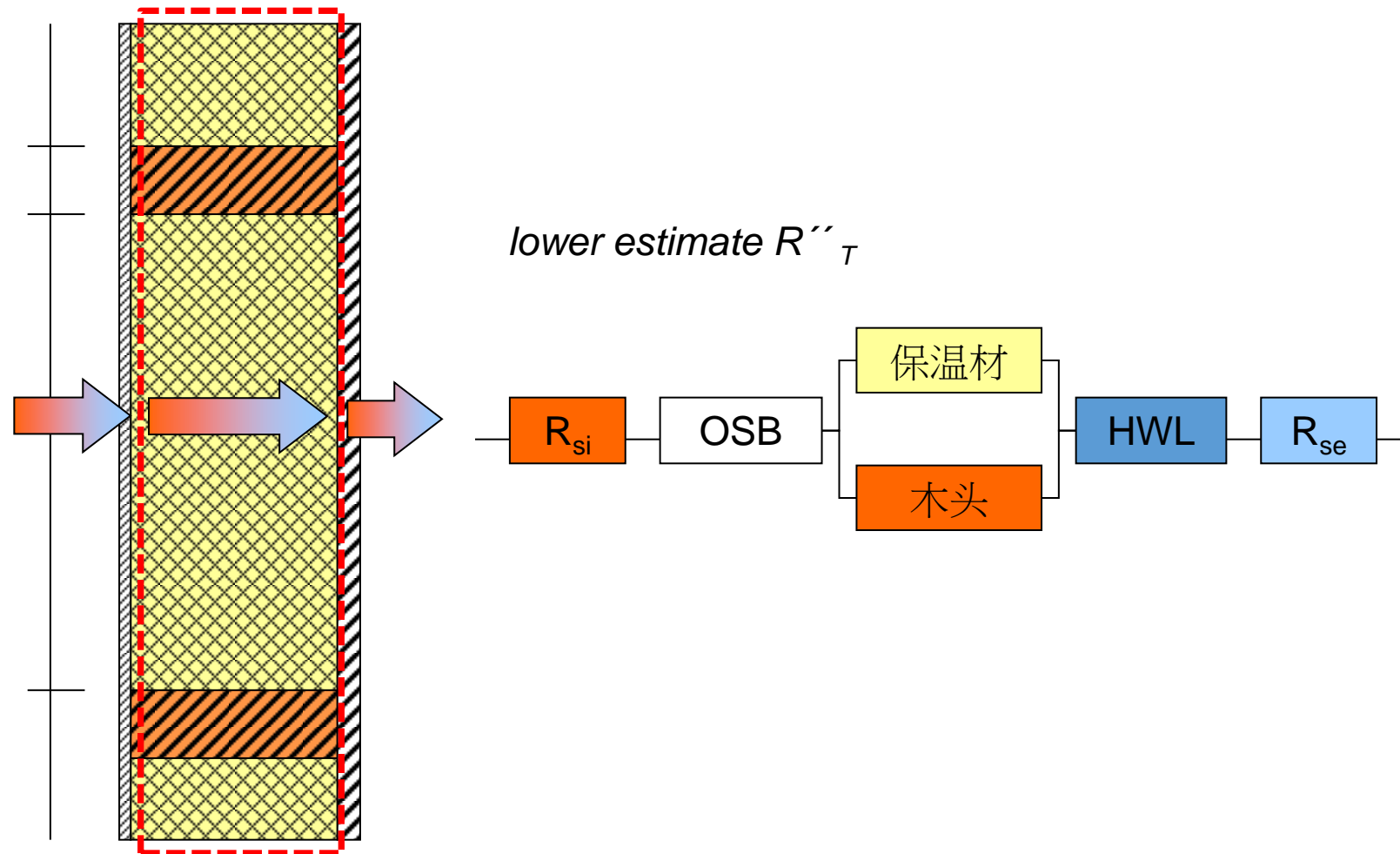
## 非匀称的建筑构件其U-值计算(DIN EN ISO 6946)



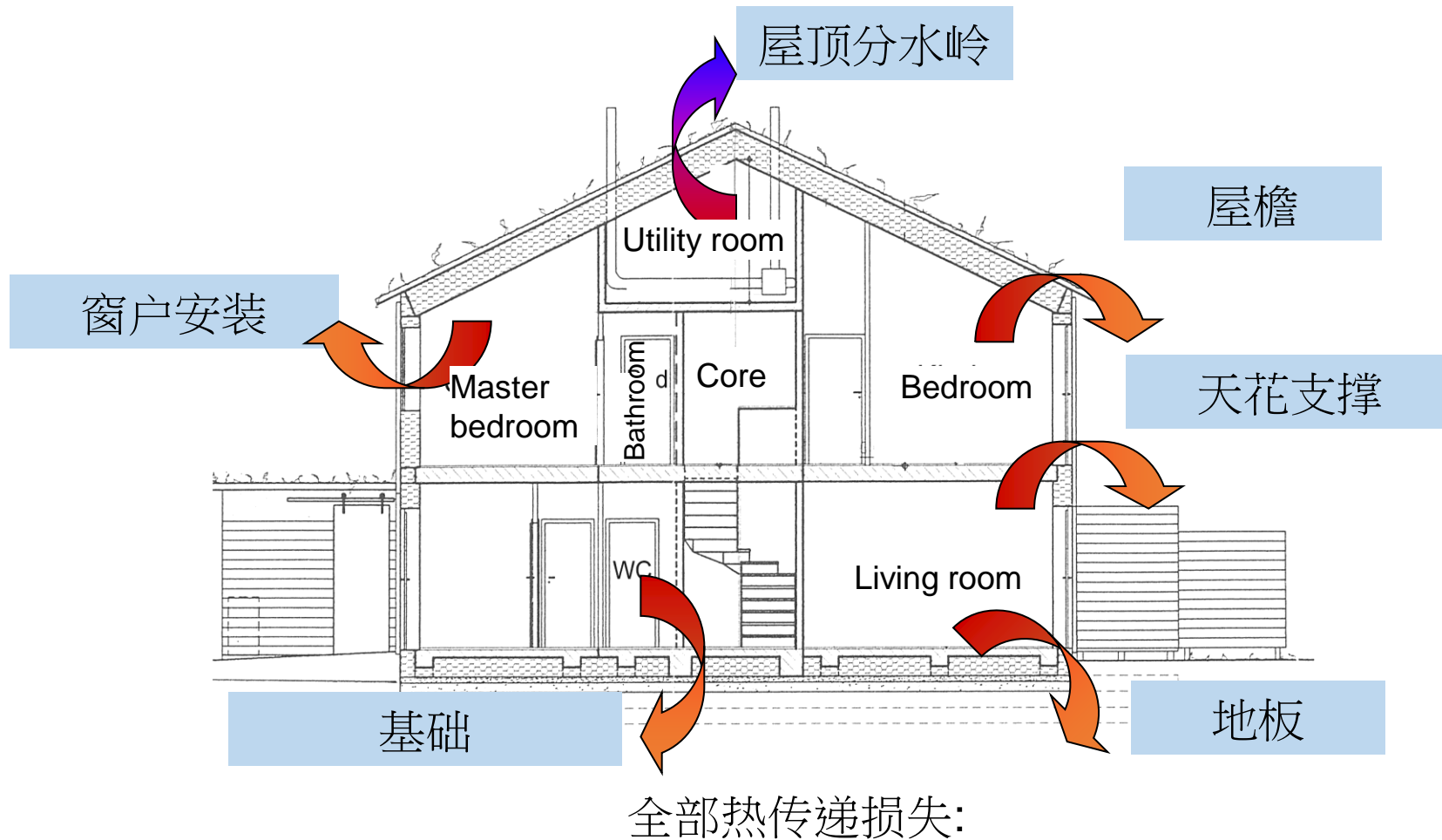
来源: PHI/PHD Vertiefungsseminar: Passivhaus Gebäudehülle – opake Bauteile

# 引言: 建筑围护结构 - 构造

## 非匀称的建筑构件其U-值计算(DIN EN ISO 6946)



# 建筑外围护结构：热桥现象



$$Q_T = \text{Sum} ( U * A + \Psi * l + X ) * \Theta$$



# 建筑外围护结构：热桥计算 依照 DIN EN ISO 10211

$$Q_{1D} = A_1 * U_1 * \Delta T_1 + A_2 * U_2 * \Delta T_2$$

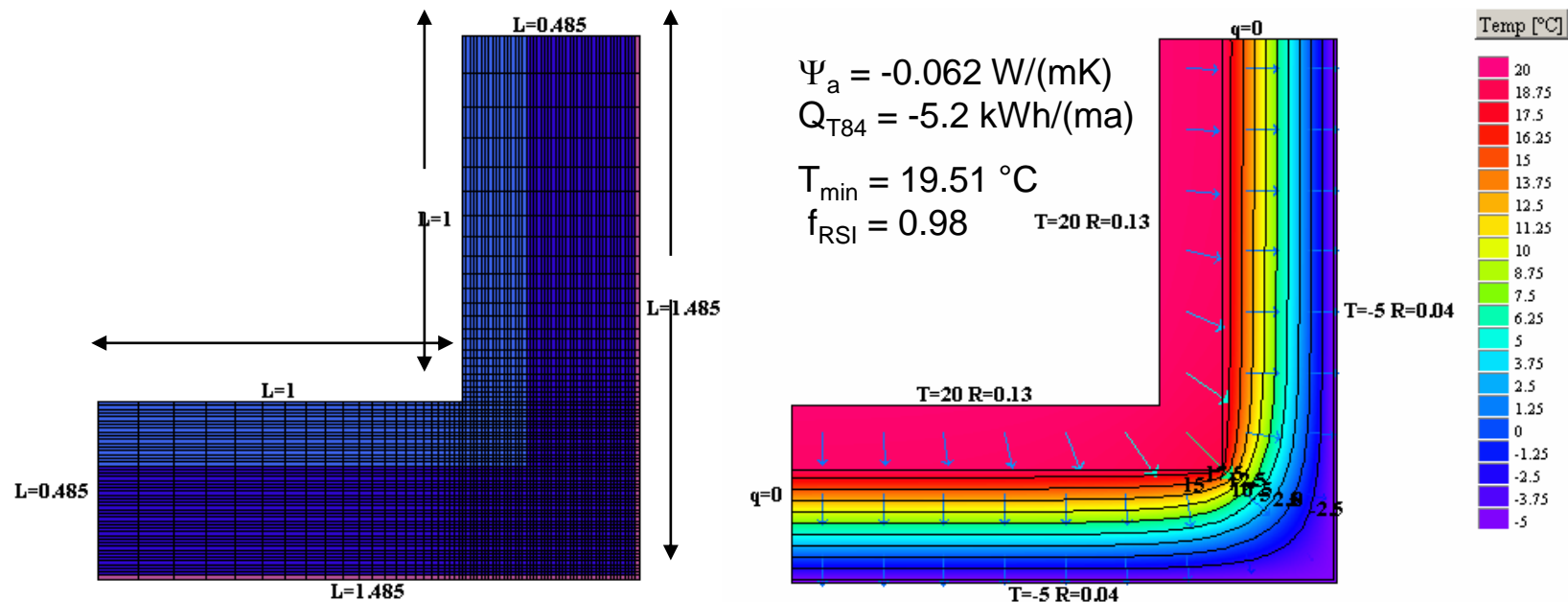
范例:  $U_1=U_2 = 1/(0.13+0.175/2.3+0.3/0.04+0.01/1+0.04)=0.129 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$$Q_{2D} = A_1 * U_1 * \Delta T_1 + A_2 * U_2 * \Delta T_2 + \Psi * l * \Delta T_{\max(1,2)}$$

范例:  $Q_{2D} = 8.0275 \text{ W}/\text{m}$  as per HEAT2-6.0

$$\Psi = (Q_{2D} - A_1 * U_1 * \Delta T - A_2 * U_2 * \Delta T) / l / \Delta T_{\max(1,2)}$$

范例:  $\Psi_a = (8.0275 - 0.129 * 1.485 * 2 * 25) \text{ W}/\text{K} / 1 \text{ m} / 25 \text{ K} = -0.062 \text{ W}/(\text{mK})$



# 建筑外围护结构：热桥计算 依照 DIN EN ISO 102110

$$Q_{1D} = A_1 * U_1 * \Delta T_1 + A_2 * U_2 * \Delta T_2$$

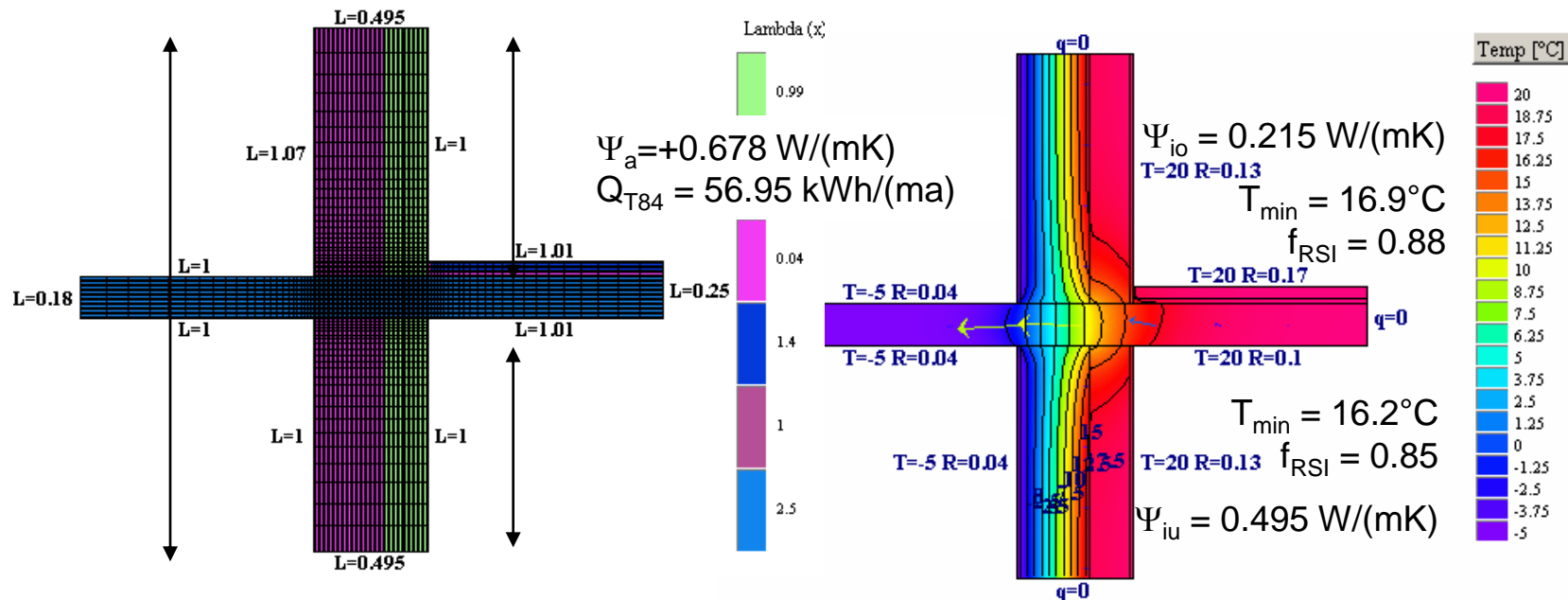
$$U_1=U_2=1/(0.13+0.01/0.35+0.175/0.99+0.3/0.04+0.01/1+0.04) \text{ W/m}^2/\text{K} = 0.127 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$Q_{2D} = A_1 * U_1 * \Delta T_1 + A_2 * U_2 * \Delta T_2 + \Psi * l * \Delta T_{\max(1.2)}$$

范例:  $Q_{2D} = 24.083 \text{ W/m}$  as per HEAT2-6.0

$$\Psi = (Q_{2D} - A_1 * U_1 * \Delta T - A_2 * U_2 * \Delta T) / l / \Delta T_{\max(1.2)}$$

范例:  $\Psi_a = (24.083 - 0.127 * 2.25 * 25) \text{ W} / 1 \text{ m} / 25 \text{ K} = +0.678 \text{ W}/(\text{mK})$



# 建筑外围护结构：窗户U<sub>w</sub>值计算

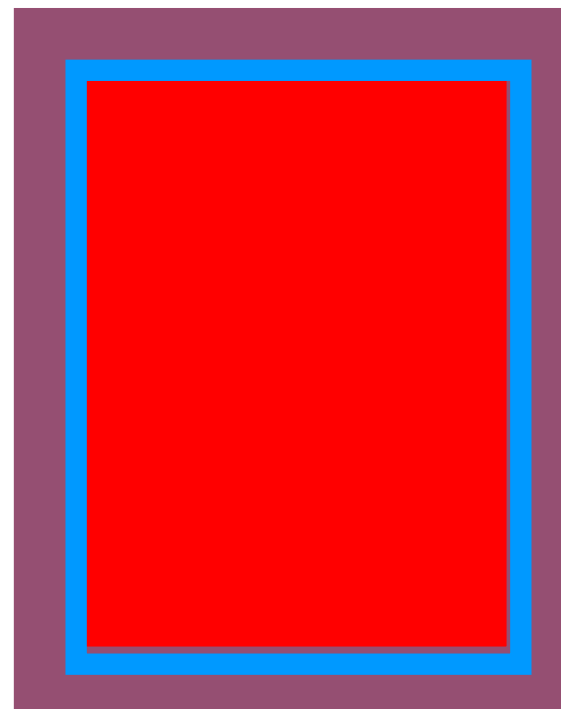
U-value of window, U<sub>w</sub> [ W/m<sup>2</sup>K]

$$(U_g \times A_g) + (U_f \times A_f) + (\Psi_{\text{spacer}} \times I_{\text{spacer}})$$

$$= \frac{\quad}{A_g + A_f \quad (= A_w)} < 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$$

*Tip*

$$A_f = A_w - A_g$$



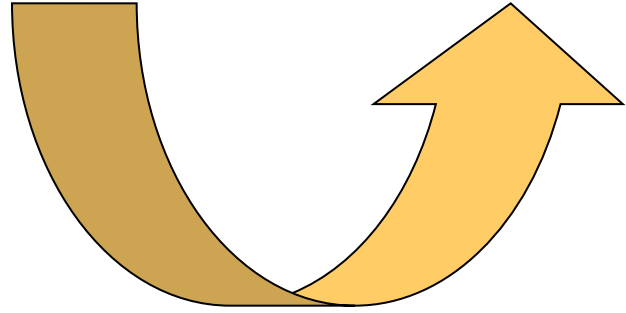
# 建筑外围护结构：窗户U<sub>w</sub>安装值计算

$$U_{w\text{安装}} = \frac{U_g * A_{\text{glass}} + U_f * A_{\text{frame}} + \Psi_{\text{spacer}} * L_{\text{glass}} + \Psi_{\text{installed}} * L_{\text{installed}}}{A_{\text{window}}}$$

Ψ 线性热桥 [W/(mK)]

Ψ 的数值不仅和材质有关系，也和装框的设计和安装有关系

# 通风换气热损失计算



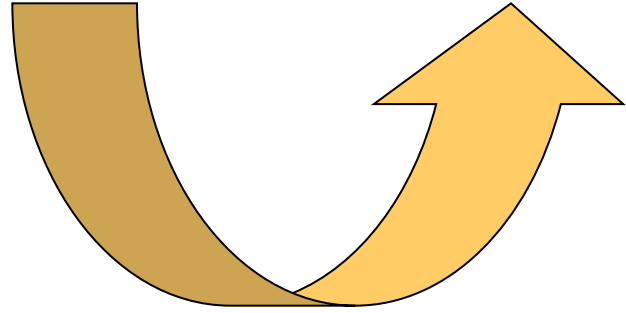
风量 \* 等效换气率 \* 比热容(空气) \* 热焐时

$$Q_V = V * n_{\text{equiv.}} * c_p \rho * G_t$$

等效换气率(指那些无法透过热回收所保持的热)

= 可控制通风(与换气量和热回收相关)+**泄漏**(只能从气密改善)

# 通风换气热损失计算



风量 \* 等效换气率 \* 热容量(空气) \* 热度时

$$Q_V = V_V * n_{\text{equiv.}} * c_p \rho * G_t$$

$$\begin{aligned} & 390 \text{ m}^3 * 0.054 \text{ h}^{-1} * 0.33 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * 84.0 \text{ kWh/a} \\ & = 585 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

# 通风换气热损失计算 - 实际上如何求得 $n_{equiv.}$ ?

可控制通风

+ 泄漏

$$n_{equiv.} = n_{v,unit} (1 - \eta_{HR}) \cdot (1 - \eta_{SHX}) + n_{L,rest}$$

每小时换气率      设备热交换效率      Subsoil 热交换效率      泄漏率

# 通风换气热损失计算 - 那么 $n_{L,rest}$ 该如何求得?

$$n_{L,rest} = e \cdot n_{50} \cdot V_{n50} / V_v$$

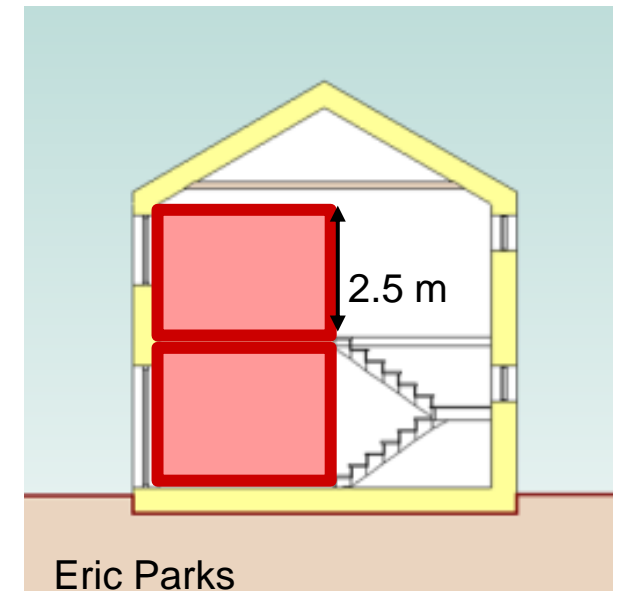
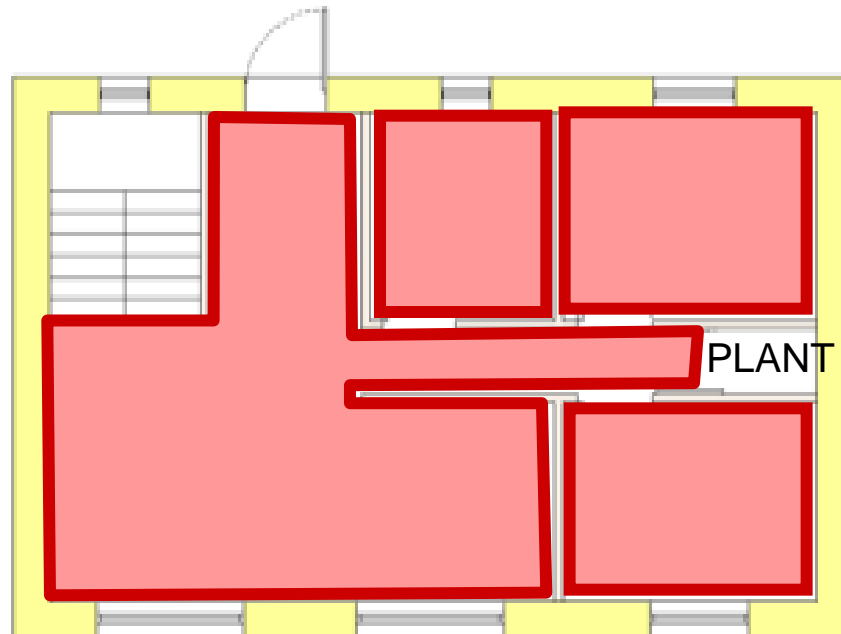
e shelter factor (通常为 0.07)

$n_{50}$  是 @50Pa, 空气替换率或泄漏率(1/h) ( $\leq 0.6$  被动房目标)

$V_{n50}$  是 @50Pa, 受测的体积 (建筑室内空气体积)

$V_v$  是基于 TFA [m<sup>2</sup>] x room height [m] (max 2.5m) 的空气换气体积

$V_v = \text{TFA [m}^2\text{]} \times \text{room height [m]}$   
(max 2.5m)





# 通风换气热损失计算 - $n_{50}$ 如何计算?

在一个室内净空间体积为500立方米的被动式房屋中, 以压力差测量为50帕时, 假使空气流动率为420立方米 /小时。对于被动房屋的规范是否达成要求:  $n_{50} < 0.6 \text{ 1/h}$

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V_{n50}}$$

计算:

$$\frac{\text{测得的空气流通率}}{\text{室内净空间体积}} = \frac{420 \text{ m}^3/\text{h}}{500 \text{ m}^3} = \mathbf{0,84 \text{ 1/h}} (n_{50}) (> 0,6 \text{ 1/h} \text{ 不符合被动房要求})$$

# 通风换气热损失计算 - $n_{50}$ 如何计算?

在一个室内净空间体积为500立方米的被动式房屋中: 在50帕的压力差测试中, 为不超过 0.6 空气替换率/小时, 最大允许空气流量的极限不可超过?

$$V_{50} = V_{n50} \times n_{50}$$

计算:  $500 \text{ m}^3 \times 0.6 \text{ 1/h} = \mathbf{300\text{m}^3/\text{h}}$

# 更多关于渗风&泄漏: 压力修正

压差 vs. 空气体积流动率等式:

$$\dot{V} = kp^n$$

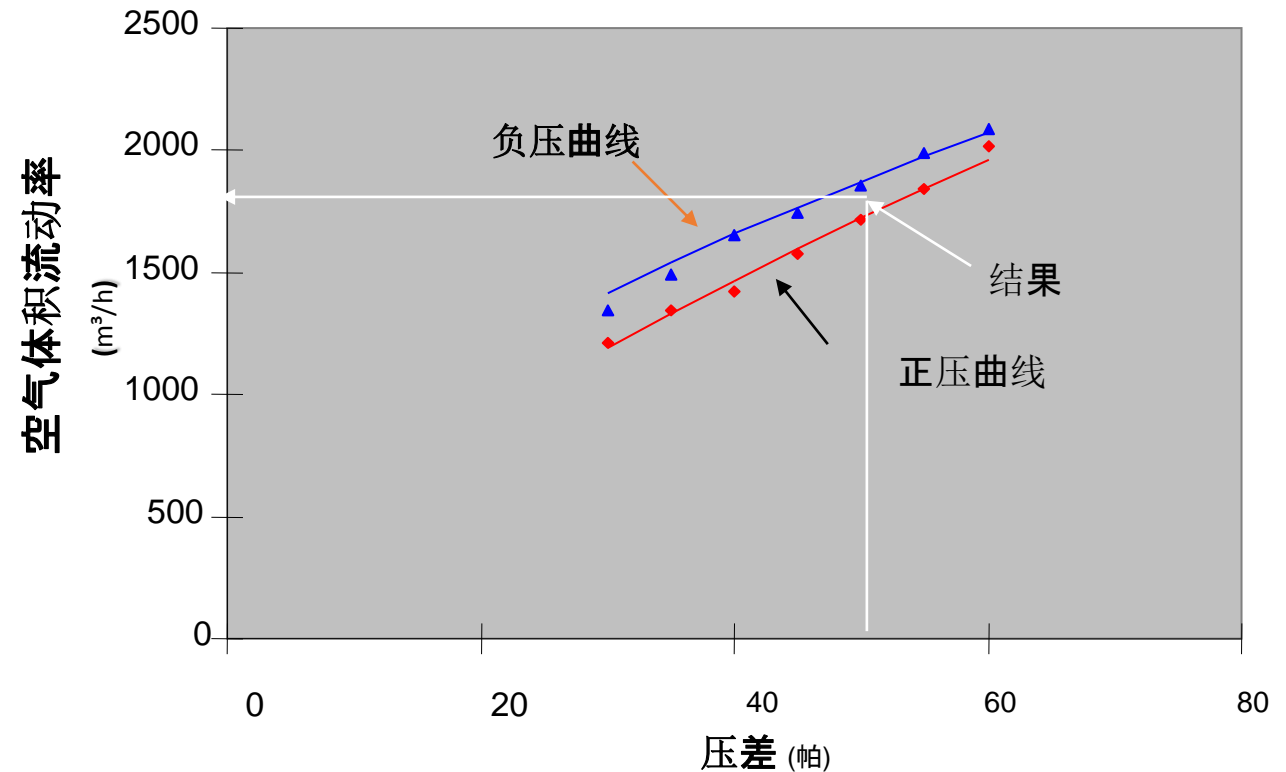
Where:

$\dot{V}$  压差下的空气体积流动率 [m<sup>3</sup>/h]

$p$  压差 [帕]

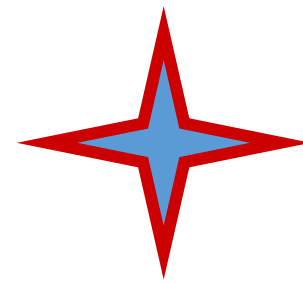
$k$  空气泄漏系数

$n$  流动指数 (指数  $n$  会介于 0.5 (turbulent flow, small cracks) 和 1.0 (laminar flow, hole) 之间, 一般平均为 0.65。一般简化下会假定  $n = 1$  对大部分的案例。)



# 渗风&泄漏的等效面积

$$A_{50} \approx \frac{\dot{V}_{50}}{2}$$



- 可视化的简便方法：
- $A_{50}$ 是相当于通过建筑外壳的孔大小( $\text{cm}^2$ )
- 引此如果  $n_{50} = 0.34$  [1/h],  $V_{n50} = 210$  [ $\text{m}^3$ ],  $n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_{n50}}$
- 压差检测在50 帕下的空气体积流动率  $\dot{V}_{50} = 0.34 \times 210 = 71.4$   $\text{m}^3/\text{h}$
- 因此  $A_{50} = 71.4 / 2 = 36$   $\text{cm}^2$

# 热得 - 太阳辐射热得

$$Q_s = r * g * A_w * G$$

**r**: 窗框所占比例、遮阳、灰尘和辐射的入射角等会造成的衰减系数

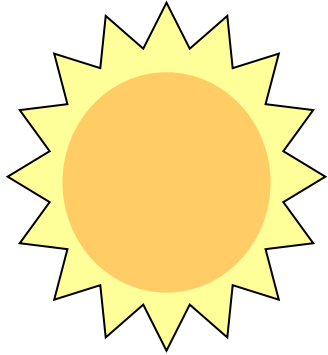
**g**: 垂直太阳辐射穿过玻璃窗的总透射率

**G**: 在供暖时期天体的热辐射 (气候工作表)

Horizontal Shading Reduction Factor	Reveal Shading Reduction Factor	Overhang Shading Reduction Factor	Total Shading Reduction Factor
%	%	%	%
$r_H$	$r_R$	$r_O$	$r_s$
72%	94%	36%	24%
100%	95%	86%	82%
86%	88%	85%	64%
100%	93%	96%	90%
74%	87%	97%	62%



# 热得 - 太阳辐射热得



$$Q_s = r * g * A * G$$

(折减系数 \* g-值 \* 窗户面积 \* 总辐射)

$$0.44 * 0.50 * 30,42 \text{ m}^2 * 370 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$= 2489 \text{ kWh/a}$$

# 热得 - 内部热得

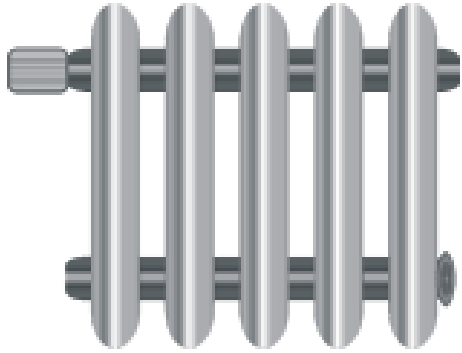


供暖期时间长度 \* 具体室内热得 \* 实际居住面积

$$Q_i = t_{\text{Heat}} * q_i * A_{\text{TFA}}$$

$$\begin{aligned} &0.024 \text{ kh/d} * 225 \text{ d/a} * 2.1 \text{ W/m}^2 * 156.0 \text{ m}^2 \\ &= 1769 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

# 暖通需求:依照整年度的计算过程



剩余差额 = 热传递 + 通风换气 -  $\eta$  \* (太阳辐射热 + 室内热得)

$$Q_H = Q_T + Q_V - \eta^*(Q_S + Q_I)$$

$$29.5 + 3.8 - 0.97 * (8.8 + 10.3) = 14.7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

( $\eta$ : 利用係數)



# 整年度热平衡的公式

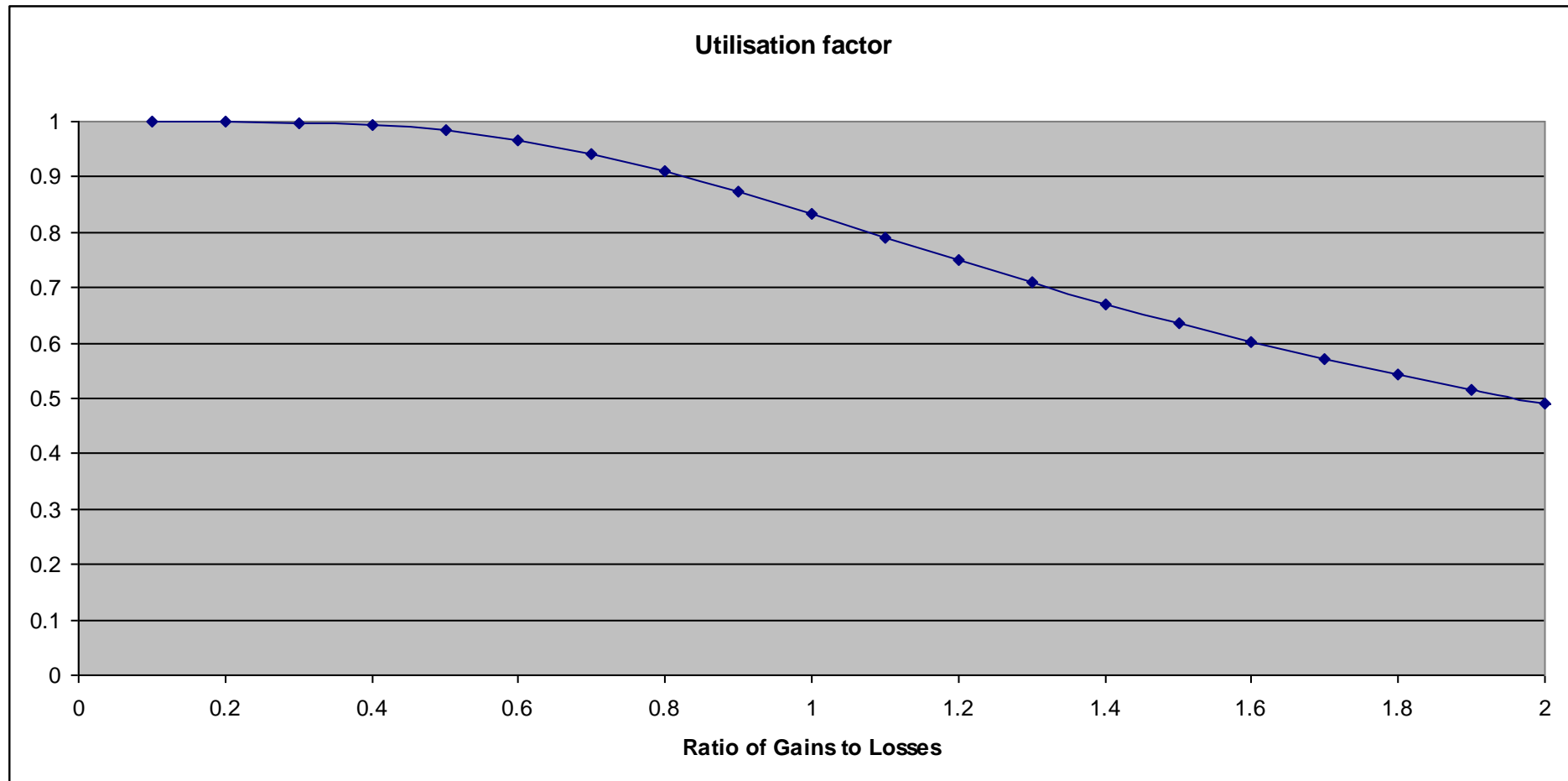
- 免费的热得  $Q_F = \text{太阳热得 } Q_S + \text{室内热得 } Q_i$  [kWh/yr]
- $Q_S = r \times g \times A_W \times G$  所有窗戶的加总
- $Q_i = q_i \times \text{采暖时期天数} \times \text{TFA} \times 24 \text{ hours} / 1000$  [kWh/yr]
- 可用的热得  $Q_G = Q_F \times \eta$  其中  $\eta$  是一个利用系数
- 整年度热的需求  $Q_H = \text{整年度热损失 } Q_L - \text{可用的热得 } Q_G$
- $Q_L = \text{热传递损失(建筑外围护系统损失)} Q_T + \text{通风热损失 } Q_V$

( $q_i$  是室内热得的平均数(来自人、灯、设备)，以Watts/m<sup>2</sup> 作单位- 对住宅类来说数值是固定的 2.1 W/m<sup>2</sup>)

# 利用系数

- 室内和太阳热得
- 利用系数

$$\eta = \frac{1 - (Q_F / Q_L)^5}{1 - (Q_F / Q_L)^6}$$



# 表面温度计算

室内表面温度可决定舒适的程度和发生霉菌的风险。

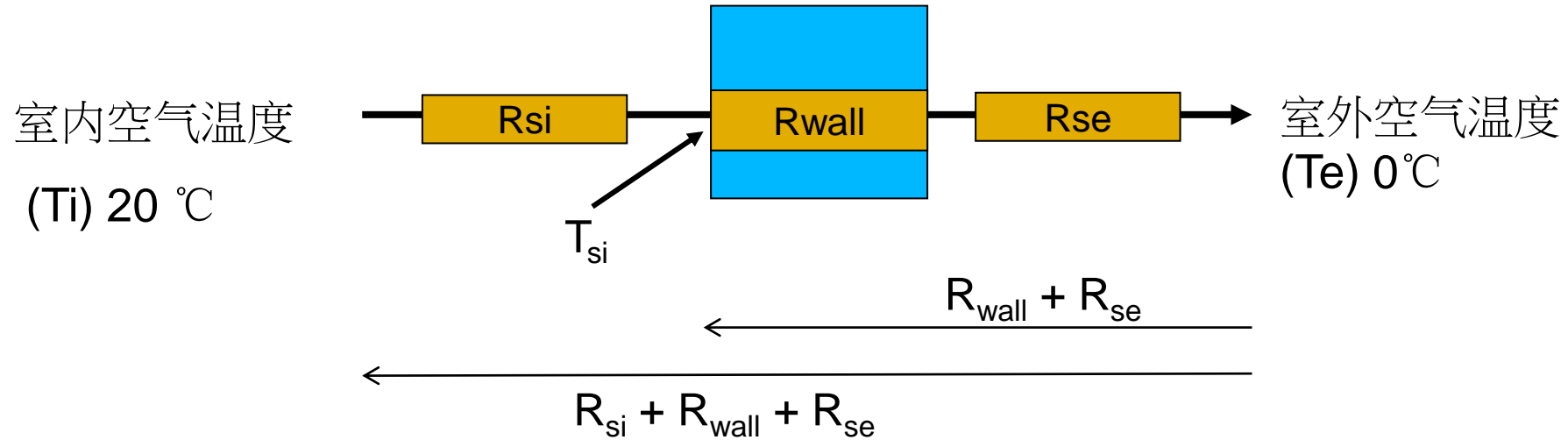
$$\Theta_{si} = \Theta_i - U * R_{si} * (\Theta_i - \Theta_e)$$

- $\Theta_{si}$  室内表面温度      范例 ( $R_{si} = 0.13 (m^2K)/W$ ;  $\Theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Theta_e = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ):
- $\Theta_i$  房间温度      1. 原本建筑物的墙体:  $U = 1.6 \text{ W}/(m^2K)$
- $\Theta_e$  外部温度      2. 新建筑物的墙体:  $U = 0.3 \text{ W}/(m^2K)$
- $U$  构造的U-值      3. 复层玻璃:  $U_g = 1.2 \text{ W}/(m^2K)$
- $R_{si}$  内部表面的热阻

# 表面温度计算

表面温度可以透过U值的计算和表面的热阻求得:

$$R_t = R_{si} + R_{wall} + R_{se} = 1/U$$



$$F_{rsi} = (R_{wall} + R_{se}) / (R_{si} + R_{wall} + R_{se})$$

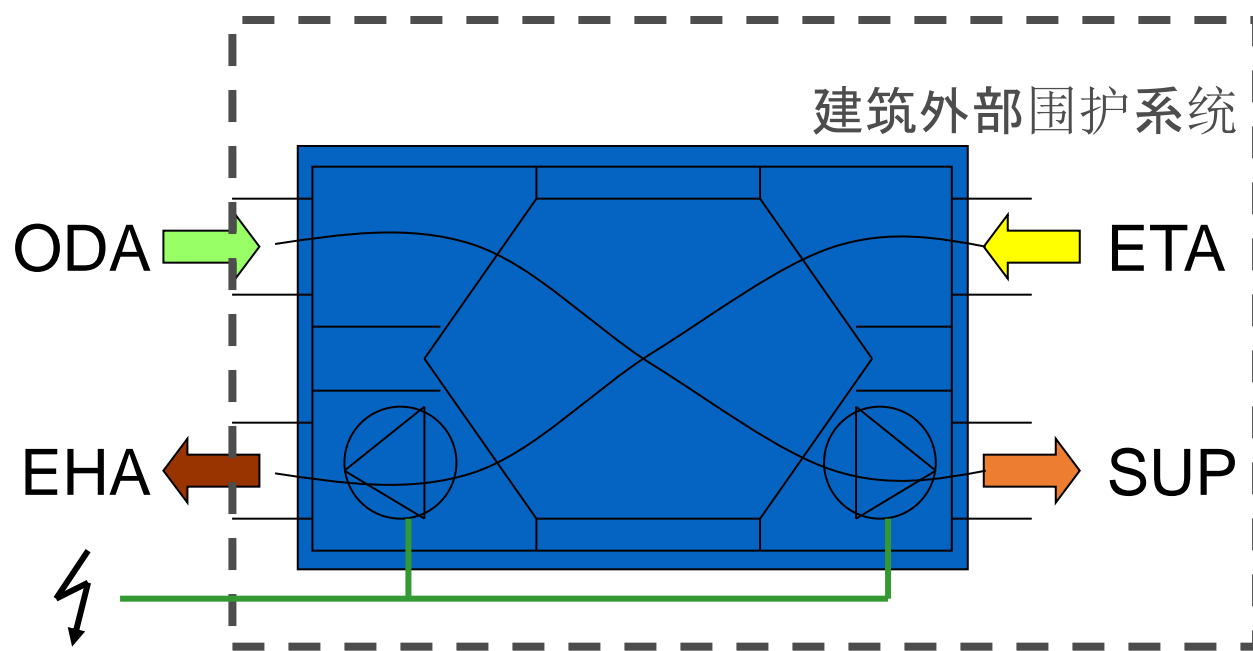
$$F_{rsi} = (R_t - R_{si}) / R_t$$

$$\text{If } U = 1/R_t, \quad F_{rsi} = 1 - R_{si} * U$$

$$T_{si} = T_e + F_{rsi} \times (T_i - T_e) \text{ [}^\circ \text{C]}$$

室内表面屋度系数以  $F_{rsi}$  表示，它的值以英国气候条件必须高于 **0.75**，才可避免黑霉菌的产生，但  $\text{PHI}$  则建议高于 **0.8**

# 新风热回收效率计算:



范例:

$V = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

$\vartheta_{\text{SUP}} = 18.2^\circ \text{ C}$

$\vartheta_{\text{ETA}} = 20.0^\circ \text{ C}$

$\vartheta_{\text{ODA}} = 4.0^\circ \text{ C}$

$\vartheta_{\text{EHA}} = 8.5^\circ \text{ C}$

$P_{\text{el}} = 37 \text{ W}$

根据 PHI: correct boundary

$$\eta_{\text{HR}} = \frac{\vartheta_{\text{ETA}} - \vartheta_{\text{EHA}} + P_{\text{el}} / (\dot{m}c_p)}{\vartheta_{\text{ETA}} - \vartheta_{\text{ODA}}}$$

$$\eta_{\text{HR}} = \frac{20.0 - 8.5 + 37 / (120 * 0.33)}{20.0 - 4.0}$$

= 77.7%

电器效率  $\eta_{\text{el}}$ :

$37 \text{ W} / 120 \text{ m}^3/\text{h} = 0.31 \text{ Wh}/\text{m}^3$

# 新风机热回收平衡點公式:

- 试想 1 m<sup>3</sup>/h 的空气进入具有85%热回收效率( $\eta_{HR}$ )的MVHR 单元，因热回收后所保存的能量計算公式如下

$$P_{HR} = \eta_{HR} \cdot \dot{V} \cdot c \cdot \Delta T$$

- 假使温度差异有20 K, 那么有多少能量可由空气经由热回收后所保存?

$$\begin{aligned} P_{HR} [\text{W}] &= \eta_{HR} [\%] \times V [\text{m}^3/\text{h}] \times c [\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}] \times \Delta T [\text{K}] \\ &= 0.85 \quad \times 1 \quad \quad \times 0.33 \quad \quad \times 20 = \mathbf{5.61 \text{ W}} \end{aligned}$$

# 新风机热回收平衡点公式:

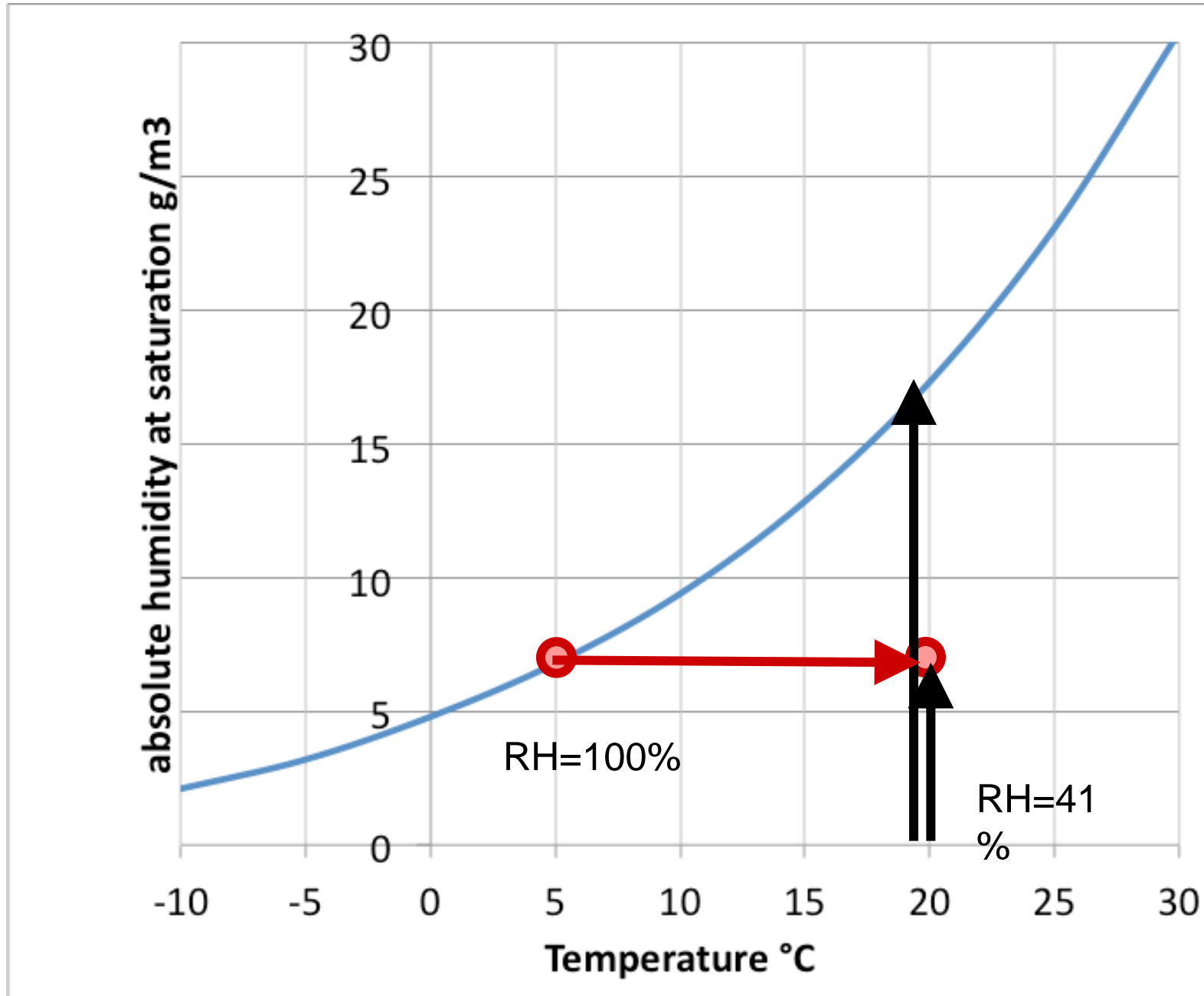
- 试想 1 m<sup>3</sup>/h 的空气进入具有85%热回收效率( $\eta_{HR}$ )的MVHR 单元
- 如果具体的风扇功率( $\eta_{el}$ )为0.36 Wh/m<sup>3</sup>, 那么MVHR单元的功率

$$P_{el} = \eta_{el} \cdot \dot{V}$$

$$\begin{aligned} P_{el} [\text{W}] &= \eta_{el} [\text{Wh/m}^3] \times V [\text{m}^3/\text{h}] \\ &= 0.36 \quad \quad \quad \times 1 = \mathbf{0.36 \text{ W}} \end{aligned}$$

- 还记得刚刚计算空气经由热回收后所保存的能量为5.61 W，从這可以告訴我们有关MVHR单元的什么信息?

# 随着不同温度空气所能承载的含水量



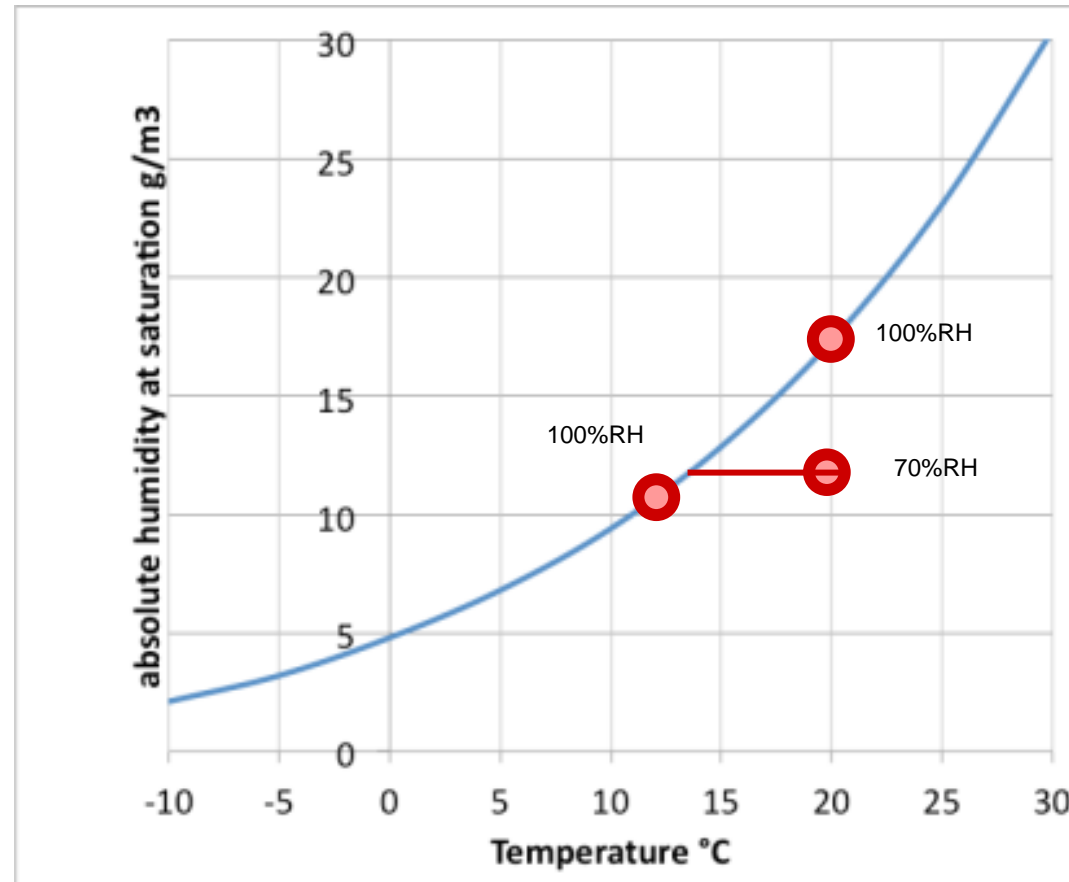


# 室内表面结露

- 表层结露发生在当室内空气与和较低温度的墙体表面接触，是因为较低温度空气的保持水分能力较低，故产生结露现象。

- 范例:
- 空气在20°C且 70% RH
- 当被冷却至12°C.
- 会发生什么现象?

在大约13° C時他达到100% RH, 所以从这开始产生结露



# 室內表面結露

- 因为冷卻而造成結露的溫度點称为露點溫度。故重要的是要使所有室內表面保持高于露點溫度，才得以避免表面凝結。

- 這可以透過說明只要 $f_{rsi}$  值高於80%來簡化:

$$f_{rsi} = (T_{SURFACE} - T_{OUT}) / (T_{IN} - T_{OUT})$$

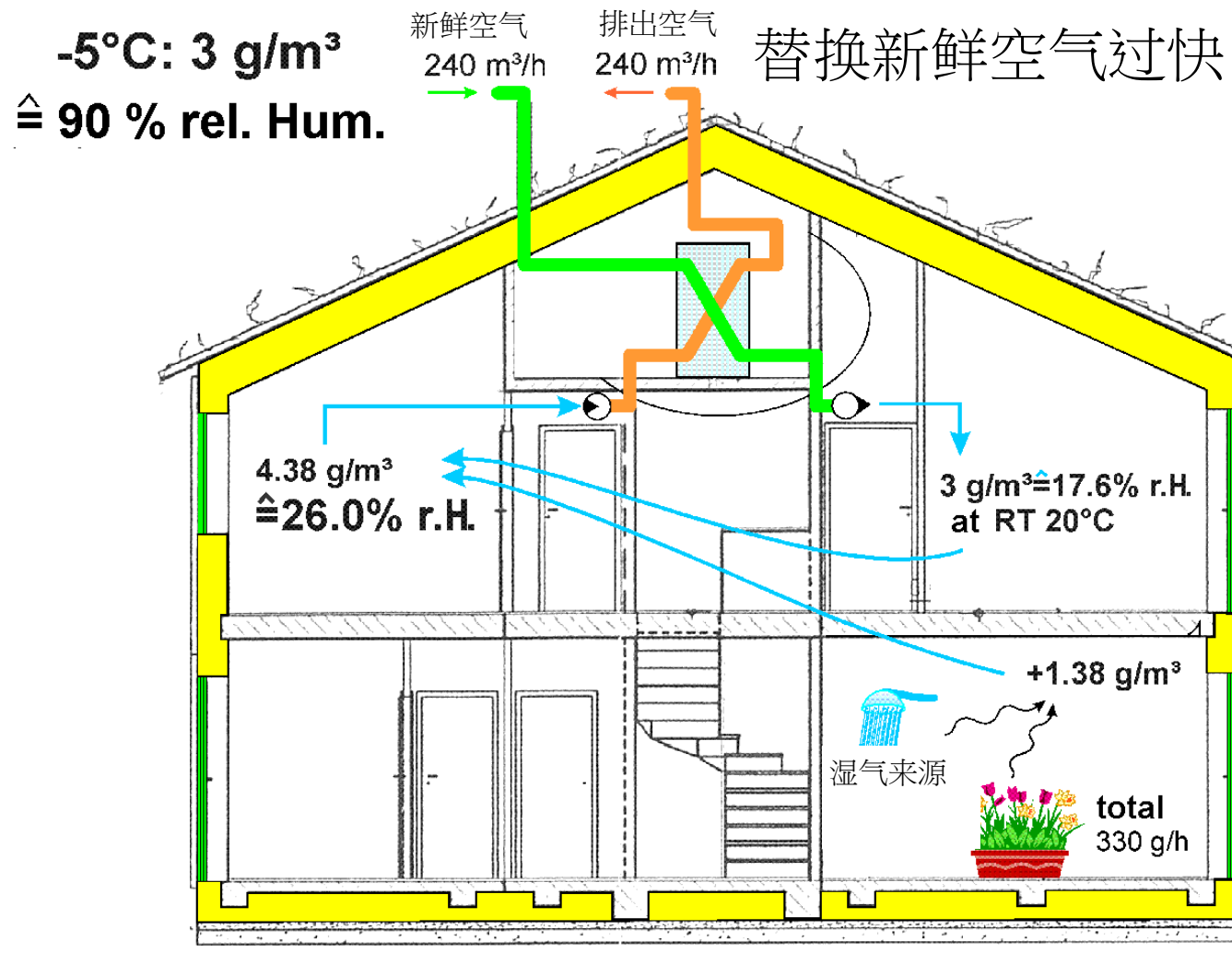
或

$$T_{SURFACE} = T_{OUT} + f_{rsi} \times (T_{IN} - T_{OUT})$$

- 假設室內20°C、室外0°C，室內表面溫度至少

$$T_{si} = T_{OUT} + f_{rsi} \times (T_{IN} - T_{OUT}) = 0 + 0.8 \times (20 - 0) = 16^\circ\text{C}$$

# 在冬天空气替换过高 - 室内太过干燥



- 1. 室外空气的绝对湿度为-5 °C和90 % 的相对湿度为90 % x 3.2 g/m<sup>3</sup> = 3 g/m<sup>3</sup>
- 2. 当以240 m<sup>3</sup>/h供应新鲜空气给建筑内部, 这相当于供给3 x 240 = 720 g/h
- 3. 如果室内湿度平均源720+330 = 1050 g/h, 故室内空气湿度为 1050/240 = 4.375 g/m<sup>3</sup>
- 4. 因此相对湿度 $\phi' = (4.38 \text{ g/m}^3) / (17.3 \text{ g/m}^3) = 26 \%$ 。

# CO<sub>2</sub> 作为室内空气质量 IAQ 的指标

- CO<sub>2</sub> 作为一般的室内空气质量 (IAQ) 监测，因为 CO<sub>2</sub> 排放直接和居住状况相关，因此 CO<sub>2</sub> 可以直接作为空气质量的指标进行测定。
- 人体产生的二氧化碳约 12 – 24 升/时.人。如果我们取了一个平均值 18 升/时.人 [0.018 立方米/时.人]，那当换气量来到 30 立方米/时，CO<sub>2</sub> 的浓度会高于周边环境多少？

$$CO_2 (\text{ppm above ambient}) = \frac{\text{m}^3/\text{h CO}_2}{\text{m}^3/\text{h vent air}} \times 10^6$$

- 浓度上升 = 二氧化碳排放量 / 新风量
- $= 0.018 (\text{m}^3/\text{h.p}) / 30 (\text{m}^3/\text{h}) = 0.0006$
- CO<sub>2</sub> 浓度升高  $0.0006 \times 10^6 = 600 \text{ ppm}$
- 外部环境浓度通常为 400ppm (实际依照位置不同而有所不同)，因此 600ppm 的上升将会导致浓度来到绝对值 1000ppm。

# 经济性

现值因子  $F_{PV}$ : 将未来(n年)一连续的支出(年金)转换为现在的价值，P为利率

$$F_{PV} = \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p}$$

p = 利率，比如 p = 0.06 = 6% interest, n = 时间(比如:年)

净现值(Present value) = 年金 \* 现值因子( $F_{PV}$ )

Fpv	interest rate	1.0%	1.5%	2.0%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	
	p 0.0%											
years n	4	4.0	3.9	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2
	10	10.0	9.5	9.2	9.0	8.5	8.1	7.7	7.4	7.0	6.7	6.1
	15	15.0	13.9	13.3	12.8	11.9	11.1	<b>10.4</b>	9.7	9.1	8.6	7.6
	20	20.0	18.0	17.2	16.4	14.9	13.6	12.5	11.5	10.6	9.8	8.5
	25	25.0	22.0	20.7	19.5	17.4	15.6	14.1	12.8	11.7	10.7	9.1
	30	30.0	25.8	24.0	22.4	19.6	17.3	15.4	13.8	12.4	11.3	9.4
	40	40.0	32.8	29.9	27.4	23.1	19.8	17.2	15.0	13.3	11.9	9.8
	50	50.0	39.2	35.0	31.4	25.7	21.5	18.3	15.8	13.8	12.2	9.9
	80	80.0	54.9	46.4	39.7	30.2	23.9	19.6	16.5	14.2	12.5	10.0

你现在准备一个3年的偿还贷款，假设你每年能够支付500€，并且于2010年1月1日起以3.5%的借款利率来计算，那你可以负担的起多少的借款？

年	量	贴现因子	现值 K 的支出
1	500€	$(1+0.035)^{-1} = 0.966$	$K_1 = 500€ * 0.966 = 483 €$
2	500€	$(1+0.035)^{-2} = 0.934$	$K_2 = 500€ * 0.934 = 467 €$
3	500€	$(1+0.035)^{-3} = 0.902$	$K_3 = 500€ * 0.902 = 451 €$

$K_1$ ,  $K_2$  和  $K_3$  的现值加总起来为 1,401€.

个别贴现因子的总和等于净现值的因子

时间	量	现值因子	现值的支出
3 years	500€	$=0.966 + 0.934 + 0.902 = 2.802$	$=500€ * 2.802 = 1,401 €$

$$\frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p}$$

加总贴现因子 = 现值因子

$p=3,5\%$ ,  $n=3$  年:

$$\frac{1 - (1 + 0.035)^{-3}}{0.035} = 2.802$$

**3 次500€偿还的现值 = 1,401 € (可以负担的借款)**

# 年金因子annuity factor

年金A(annuity) : 每年需支出多少年金来支付贷款

或如果已花费某项投资K，每年的年金支付有多高，才可以在未来(n年)将借款还清?

$$\text{年金因子(annuity factor)} = \frac{1}{F_{PV}} = \frac{p}{1 - (1 + p)^{-n}}$$

$$\text{年金A(annuity)} = \text{贷款} * 1 / F_{pv}$$

你申请了3,000€的四年偿还贷款，且借款利率为3.5%，透过这些钱，你要做些房子小的修缮工作。

请问每年的年金支付有多高？也就是说在你将修缮工作处置完后四年，每年年底需要持续多少的支出？

$$A = K \cdot \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p} = K \cdot \frac{p}{1 - (1 + p)^{-n}}$$

$$A = 3.000\text{€} \cdot \frac{0.035}{1 - (1 + 0.035)^{-4}} = 816.75\text{€}$$



# 计算通膨后实际上的利率

$$p_{\text{real}} = \frac{1 + p_{\text{nominal}}}{1 + i} - 1$$

$P_{\text{nominal}}$  = 名义上的利率

$p_{\text{real}}$  = 实际上的利率

$i$  = 通货膨胀

$i$  = inflation factor = inflation rate/100 (i.e. 6% = 0.06)

$P_{\text{real}}$  = 实际上的利率

$P_{\text{nominal}}$  = 名义上的利率

补充: 对于较低的通货膨胀, 实际上的利率  $P_{\text{real}} \approx$  名义上的利率  $P_{\text{nominal}} -$  通货膨胀

名义上的利率是 7.5%，那在通货膨胀率在4%的情况下，实际上的利率是多少？

$$p_{\text{real}} = \frac{1 + p_{\text{nominal}}}{1 + i} - 1$$

$$p_{\text{real}} = \frac{1 + 0,075}{1 + 0,04} - 1 = 0.034 = 3.4\%$$

在低通货膨胀率和利率的情况下，结果是很接近的：

$$p_{\text{real}} = p_{\text{nominal}} - i$$

$$p_{\text{real}} = 0.075 - 0.04 = 0.035 = 3.5\%$$

# 剩余价值率

剩余价值率( $F_{rv}$ ) 指的是投资后经过  $n$ 年后所残余的价值，假设有一个固定的建筑物寿命  $x$ 年和名义上的利率 $p$ :

$$F_{rv} = 1 - F_{pv}(n)/F_{pv}(x)$$

当，

$n$  是指偿还利率期间的時間(年)。

$x$  是指建筑物的寿命(年)

$p$  是指利率

**剩余价值率是指 $n$ 年以后所残余的价值**