

附錄一 建築外殼構造熱傳透性能相關計算規定

目的：說明本規範中關於建築外殼構造之熱傳透率 U_i 、屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 、外牆平均熱傳透率 U_{aw} 、窗平均熱傳透率 U_{af} 值等參數之相關計算規定。

1.1 熱傳透率 U_i 值之計算與規定

1.1.1 玻璃、建築外牆或屋頂等部位構造之熱傳透率 U_i 值可依下式求得。

$$U_i = 1/R = 1 / [1/h_o + \sum (dx/k_x) + \sum r_a + 1/h_i] \text{ -----(1-1)}$$

其中

U_i ：外殼 i 部位之熱傳透率 ($W/(m^2.K)$)。

h_o ：外表面熱傳遞率 ($W/(m^2.K)$)，本規範取23.0。

h_i ：內表面熱傳遞率 ($W/(m^2.K)$)，本規範牆面取9.0，屋頂取7.0。

r_a ：中空層之熱阻 ($m^2.K/W$)，查表1.1，無中空層時， $r_a=0$ 。

k_x ： i 部位內第 x 層材料之熱傳導係數 ($W/(m.K)$)，查表1.2，非表列材料之熱傳導係數應先取得實驗證明後採用之，或依表1.2較接近 k 值處理之。

dx ： i 部位內第 x 層材料之厚度 (m)。

R ：外殼 i 部位之總熱阻 ($m^2.K/W$)。

1.1.2 玻璃部位之 U_i 值可直接由表1.3讀取，若非該表之玻璃或不透光構造之 U_i 值必須依公式(1-1)計算之。該式中之熱傳導係數 k_x ，可依材質名稱直接引用表1.2之數據，不必檢附任何實驗證明或測試報告，非表列材質者必須提實驗證明後採用之。

1.1.3 如圖1.1所示，雙層玻璃中設有遮陽控制百葉簾，或雙層外窗 (double skin window) 內設有遮陽控制百葉版時，該熱傳透率 U_i 值應以無百葉簾或百葉版之條件依公式(1-1)計算之；若該中空層設有空調回風路徑之節能設計時，中空層之熱阻得依表1.1有通風與空氣層 $\geq 50cm$ 條件之數值 ($0.78m^2.K/W$) 計算。其遮陽效果則依附錄二之2.3.2.12規定處理。

1.1.4 樑、柱、異形構造部位之屋頂與外牆之 U_i 值，視同其最大面積之屋頂與外牆構造 U_i 值計算，不得另以其特殊厚度另外計算 U_i 值。

1.1.5 通達戶外之鋼門、鋁門、鐵捲門、木門等不透光門窗之 U_i 可忽略不計，亦即直接以相鄰接之實牆構造認定之。

1.2 屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 、外牆平均熱傳透率 U_{aw} 與窗平均熱傳透率 U_{af} 之計算與規定

1.2.1 屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 以及建築物立面之外牆平均熱傳透率 U_{aw} 、窗平均熱傳透率 U_{af} 等兩指標之計算依下列諸公式計算之。

$$U_{ar} = \{ \sum U_{ri} \times A_{ri} + \sum [U_{fi} \times r_{fr} + U_{gi} \times (1.0 - r_{fr})] \times A_{gi} \} / \sum (A_{ri} + A_{gi}) \text{-----}(1-2)$$

$$U_{aw} = \sum (U_{wi} \times A_{wi}) / \sum A_{wi} \text{-----} (1-3)$$

$$U_{af} = \{ \sum U_{fi} \times r_{fr} \times A_{gi} + \sum [U_{gi} \times (1.0 - r_{fr}) \times A_{gi}] \} / \sum A_{gi} \text{-----} (1-4)$$

其中

i ：屋頂、外牆或開窗部位參數，無單位。

U_{ar} ：屋頂平均熱傳透率 ($W/m^2.K$)，需計算不透光屋頂及透光部位水平投影面之透光材質與窗框。不透光屋頂部位只計算平版部位構造，柱、樑視同平版部位構造計算。依公式(1-2)規定計算。

U_{aw} ：外牆平均熱傳透率 ($W/m^2.K$)，只計算一般外牆即可，柱、樑及樓版視同外牆厚度計算。依公式(1-3)規定計算。

U_{af} ：立面窗平均熱傳透率 ($W/m^2.K$)，計算玻璃及窗框部位。依公式(1-4)規定計算。

U_{ri} ： i 部位之不透光屋頂部位熱傳透率 ($W/m^2.K$)，依公式(1-1)規定計算。柱、樑異形部位之 U_{ri} 視同樓版部位屋頂 U_{ri} 處理。

U_{wi} ：立面 i 外牆部位熱傳透率 ($W/m^2.K$)，依公式(1-1)規定計算。柱、樑異形部位之 U_{wi} 視同平版部位外牆 U_{wi} 處理。

U_{gi} ： i 部位之玻璃熱傳透率 ($W/m^2.K$)，取自表1.3或依公式(1-1)規定計算。

U_{fi} ： i 開窗窗框部位熱傳透率 ($W/m^2.K$)，取自表1.3或依公式(1-1)規定計算。

A_{ri} ：屋頂不透光 i 部位之水平投影面積 (m^2)。

A_{wi} ：立面 i 部位外牆部位面積 (m^2)。

A_{gi} ： i 部位包含玻璃及窗框之開窗部位面積 (m^2)。若為屋頂開窗部位，面積 A_{gi} 以水平投影面積計之。

r_{fr} ：開窗部位之窗框面積比，無單位，查表1.4。為了簡化計算，可逕令 $r_{fr}=0.15$ 。

- 1.2.2 屋頂或立面開窗部位之平均熱傳透率均由窗框 U_{fi} 及玻璃之 U_{gi} 與面積之加權計算求得，如公式(1-2)或公式(1-4)所示。若為無框構造之玻璃帷幕構造、薄膜構造或玻璃磚外殼，則以玻璃之 U_{gi} 計算（亦即令 $r_{fr}=0$ ）。
- 1.2.3 屋頂不透光部位或外牆之平均熱傳透率 U_{ri} 、 U_{aw} 之計算範圍，係指除了開窗、不透光門扇及活動式捲門捲窗以外之所有其他建築外殼不透光部位；計算其熱傳透率時，柱、樑之異形部位之外殼與最大版面構造之外殼均取相同 U 值來處理即可。
- 1.2.4 一般開窗設計為了因應結構強度之要求，通常窗框面積在固定窗會小於可開窗，同時在大面積開窗會小於小面積開窗，這種開窗形式、面積與平均窗框面積比之關係如圖1.2所示。在實務上，通常供公眾使用的建築物會比住宿類建築物，有更大的開窗面積、有更少的可開窗面積，因此有較小的窗框面積比。為了簡化計算，本規範依建築類型與窗框材質形式，由表1.4來認定其窗框面積比。

表1.1 中空層熱阻ra基準值

中空層之種類	熱阻 ra [$m^2.K/W$]
雙層玻璃之中空層(封膠密閉)	0.155
雙層窗之中空層(半密閉)	0.13(空氣層<10cm)
屋頂、壁體密閉中空層	0.086(空氣層<10cm)
屋頂、壁體密閉中空層(附鋁箔)	0.24(空氣層<10cm)
閣樓空間、雙層壁或雙層屋頂之中空層	0.28(無通風，空氣層 \geq 10cm) 0.46(有通風，10cm<空氣層<50cm) 0.78(有通風，空氣層 \geq 50cm)
閣樓空間、雙層壁或雙層屋頂之中空層(附鋁箔)	1.09(無通風，空氣層 \geq 10cm) 1.36(有通風，10cm<空氣層<50cm) 1.86(有通風，空氣層 \geq 50cm)

表1.2 建材熱傳導係數k表

表1.2.1 建材熱傳導係數k表

分類	材 料 名 稱	密 度 ρ [kg/m ³]	熱傳導係數k 濕潤80% [W/(m.K)]
金屬	鋼材、鍍鋅鋼板	7860	45
	鋁板、鋁合金板	2700	210
	銅板	8960	375
	不銹鋼板	7400	25
水泥	泡沫混凝土 (ALC)	600	0.17
	輕質混凝土	1600	0.8
	普通混凝土	2200	1.4
	預鑄混凝土 (PC)	2400	1.5
	水泥砂漿	2000	1.5
	輕型空心磚 (實心)	1380	0.51
窯業製品	磁磚、琺瑯披覆	2400	1.3
	紅磚	1650	0.8
	耐火磚	1950	1.1
	陶瓦	2000	1.0
	平板玻璃 (含染色玻璃、毛玻璃)	2540	0.78
土、石	大理石	2670	2.8
	花崗石、岩石	2810	3.5
	土壤 (黏土質)	1860	1.5
	土壤 (砂質)	1560	0.93
	土壤 (壤土質)	1450	1.05
	土壤 (火山灰質)	1070	0.47
	砂粒 泥壁	1850 1300	0.62 0.8
瀝青、塑膠、紙	合成樹脂板、硬塑膠	1000-1500	0.19
	玻璃纖維強化膠 (FRP)	1600	0.26
	柏油	2230	0.73
	柏油磚	1800	0.33
	油毛氈	1020	0.11
	壁紙	550	0.15
	防潮紙類、厚紙板	700	0.21
纖維材	礦棉	300	0.046
	纖維	200	0.044
	玻璃棉	200	0.042
	玻璃棉保溫板	10-96	0.04
	岩棉保溫材	40-160	0.042
	噴岩棉	1200	0.051
	岩棉吸音板	200-400	0.064

表1.2.2 建材熱傳導係數k表(續)

分類	材 料 名 稱	密 度 ρ [kg/m ³]	熱傳導係數k 濕潤80%[W/(m.K)]
木 質 纖 維	軟質纖維板	200-400	0.097
	半硬質纖維板	400-800	0.13
	硬質纖維板	1050	0.22
	塑合板	400-700	0.17
	木絲水泥板(鑽泥板)	430-800	0.18
	木片水泥板	670-1080	0.19
木 材	杉、檜木(輕量材)	330	0.14
	松、橡木(中量材)	480	0.17
	柳安、柚木、紅木、檫木(重量材)	557	0.2
	合板	550	0.18
	鋸木屑	200	0.093
	絲狀木屑	130	0.088
	炭化軟木板	240	0.051
石 膏 、 水 泥 二 次 製 品	石膏	1950	0.8
	石膏板	710-1110	0.17
	纖維板、水泥瓦	1500	1.20
	纖維水泥矽酸鈣板	600-1200	0.15
	纖維水泥珍珠岩板	400-1000	0.12
	泡沫水泥板	1100	0.24
	半硬質碳酸鎂板	450	0.12
	硬質碳酸鎂板	850	0.21
	岩棉板	200-400	0.37
	木粒片水泥板	430-800	0.35
	矽酸鈣板	600-1200	0.31
纖維水泥板	430-800	0.45	
合 成 樹 脂 板	成形聚苯乙烯(低密度保利龍, PS板)	16-30	0.040
	發泡聚苯乙烯(高密度保利龍, PS板)	28-40	0.037
	硬質聚烏保溫板(PU板)	25-50	0.028
	噴硬質聚烏板(氨基甲酸乙酯)	25-50	0.029
	軟質聚烏板	20-40	0.050
	聚乙烯發泡板(PE)	30-70	0.038
	硬質塑鋼板	30-70	0.036
	聚氯乙烯發泡板(PVC)	30-70	0.039
賽路路(硝酸纖維板)	30	0.044	
其 他	砂土	455	0.094
	煤渣	500	0.4
	輕石	550	0.1
	地毯、毛織布	400	0.11
	鋁箔	220	0.67
	水(靜止)	998	0.60
	壓克力		0.196
	乾草		0.07

註：(1)表中未列之建材，可依材質相近者代用之。(2)特殊效果之新建材，若取得實驗證明，可採用實驗數值。(3)本表由成功大學建築研究所整理。

表 1.3 常用開窗之窗框及玻璃部位熱傳透率 U_i

玻璃 (數字代表厚度 mm)		熱傳透率 U_i [W/(m ² . K)]	玻璃 (數字代表厚度 mm)		熱傳透率 U_i [W/(m ² . K)]
單層 玻璃	3	6.31	12 mm 雙層 乾燥 空氣層 玻璃	3+A12+3	3.10
	5	6.21		5+A12+5	3.05
	6	6.16		6+A12+6	3.03
	8	6.07		8+A12+8	2.98
	10	5.97		10+A12+10	2.94
	12	5.88		12+A12+12	2.90
	15	5.75			
	19	5.59			
6mm 雙層 乾燥 空氣層 玻璃	3+A6+3	3.31	12 mm 雙層 惰性 氣體層 玻璃	3+Aig12+3	1.93
	5+A6+5	3.25		5+Aig12+5	1.90
	6+A6+6	3.23		6+Aig12+6	1.89
	8+A6+8	3.17		8+Aig12+8	1.86
	10+A6+10	3.12		10+Aig12+10	1.83
	12+A6+12	3.07		12+Aig12+12	1.80
6mm 雙層 惰性 氣體層 玻璃	3+Aig6+3	2.62	膠合 玻璃	5+隔熱膜+5	4.92
	5+Aig6+5	2.58		6+隔熱膜+6	4.88
	6+Aig6+6	2.56		8+隔熱膜+8	4.71
	8+Aig6+8	2.52	玻璃磚	8+A60~80+8	2.98
	10+Aig6+10	2.48			
	12+Aig6+12	2.44			
窗框	鋁門窗窗框	3.5	實木窗窗框 (4.0cm)		2.82
	鋼窗窗框	3.5	實木窗窗框 (5.0cm)		2.47
	塑鋼窗窗框	1.4			
備註：					
1. A6 代表空氣層厚度 6mm，熱阻 $R_a=0.14$ [m ² . K/W]。					
2. A12 代表空氣層厚度 12mm，熱阻 $R_a=0.16$ [m ² . K/W]。					
3. Aig6 代表空氣層填充惰性氣體，厚度 6mm。					
4. Aig12 代表空氣層填充惰性氣體，厚度 12mm。					
5. 無論普通、吸熱、反射玻璃、膠合玻璃，依其厚度均適用本表之 U_i 值，也可採實驗室之實驗值來認定，亦即 U_i 值與玻璃厚度有關，與顏色、日射遮蔽性能關係不大。					
6. PC (poycarbonte) 中空板以合成樹脂版依各層厚度與空氣層數計算其 U 值。					
7. 窗框之 U 值可採本表標準 U 值認定，其他形式窗框依其斷面由公式(1-1)計算，也可採實驗室之實驗值來認定。					

表 1.4 窗框面積比 rfr 速查表

	無窗框帷幕開窗	一般金屬窗	木窗或塑鋼窗
採 ENVLOAD 指標建築 與大型空間類建築	0.0	0.14	0.18
上述除外之其他類建築	0.0	0.2	0.25

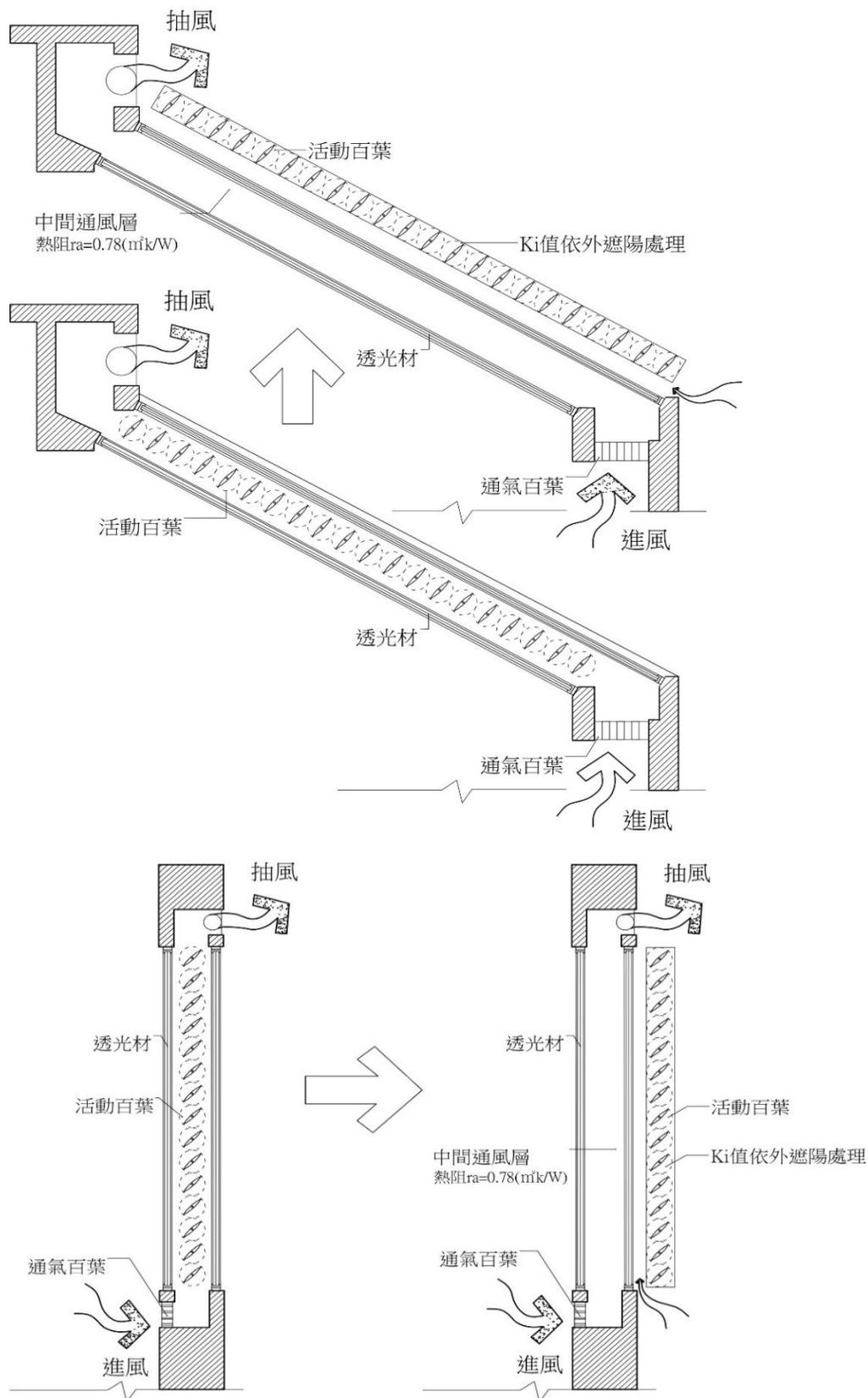


圖 1.1 雙層玻璃或雙層外窗內含百葉控制時，U 值視同雙層玻璃處理，唯中空層設有空調回風路徑之節能設計時，中空層之熱阻認定為 $0.78 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

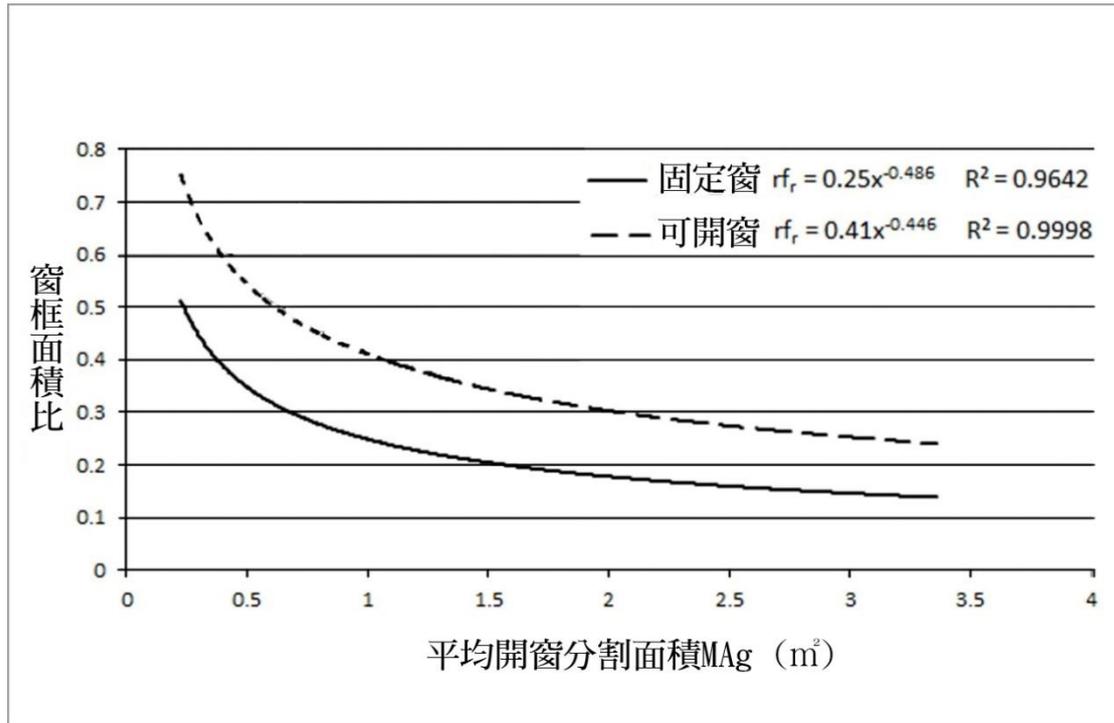


圖 1.2 窗框面積比 rfr 統計圖