

第二節 開窗率之實驗結果

2-1 無開窗比對實驗

表 3-1 為未使用空調無開窗比對實驗之結果。當天之室外環境條件為典型之台灣夏季氣候，天候狀況良好日照充足，如圖 3-7 所示。當下午向西面玻璃帷幕牆直接受到日照時，無開窗之設計可明顯降低日照熱輻射所造成之影響，如圖 3-8 所示。

由比對實驗結果中發現，在作業溫度方面，如圖 3-9 所示，以無開窗與全開窗作比對，可降低之作業溫度最大值為 8.4 °C 最小值為 2.3 °C。在 PMV 方面，如圖 3-10 所示，以無開窗與全開窗作比對，可降低之 PMV 最大值為 2.1 最小值為 0.4。雖然無開窗之設計對於室內環境熱舒適有改善效果，但在未使用空調情況下，其 PMV 皆已超出 ISO 7730 所規定之舒適度範圍。雖然在未使用空調情況下，PMV 值已超過 ISO 7730 之適用範圍，以 PMV 指標分析所代表之意義並不大，但是無開窗之設計對於室內環境熱舒適之改善效果卻是顯而易見的。

當無開窗時，即使在未使用空調情況下，仍能使作業溫度明顯下降，並且避免了因臨窗區所導致之過熱情形。在 PMV 方面，無開窗之設計，即使在無空調情況下，仍可將 PMV 值維持在 3 以下，雖然並無法將 PMV 值維持於舒適範圍，但是對於維持一穩定之室內環境熱舒適，無開窗之效果非常顯著。由此可知無開窗之設計，可完全阻隔日照對於室內環境熱舒適所造成之影響，使得室內環境熱舒適維持在一穩定狀態，對於外在環境所造成之干擾，可以將其降至最低。

表 3-1 2003.7.30 未使用空調無開窗比對實驗結果統計

日期	2003.7.30		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	未使用空調無開窗比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	38.9	31.7	35.4	34.9	30.6	32.9
臨窗區 輻射溫度 (?C)	46.4	32.4	38.3	35.6	30.5	32.8
臨窗區 作業溫度 (?C)	45.4	32.2	37.8	33.9	30.5	32.5
臨窗區 PMV	5.7	2.5	4.0	3.2	2.2	2.8
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	42.2	32.1	37.0	35.6	30.5	32.8
非臨窗區 作業溫度 (?C)	41.6	32.0	36.7	33.9	30.5	32.5
非臨窗區 PMV	5.2	2.4	3.8	3.2	2.2	2.8
總累積 耗電量 (kwh)	無空調耗電			無空調耗電		

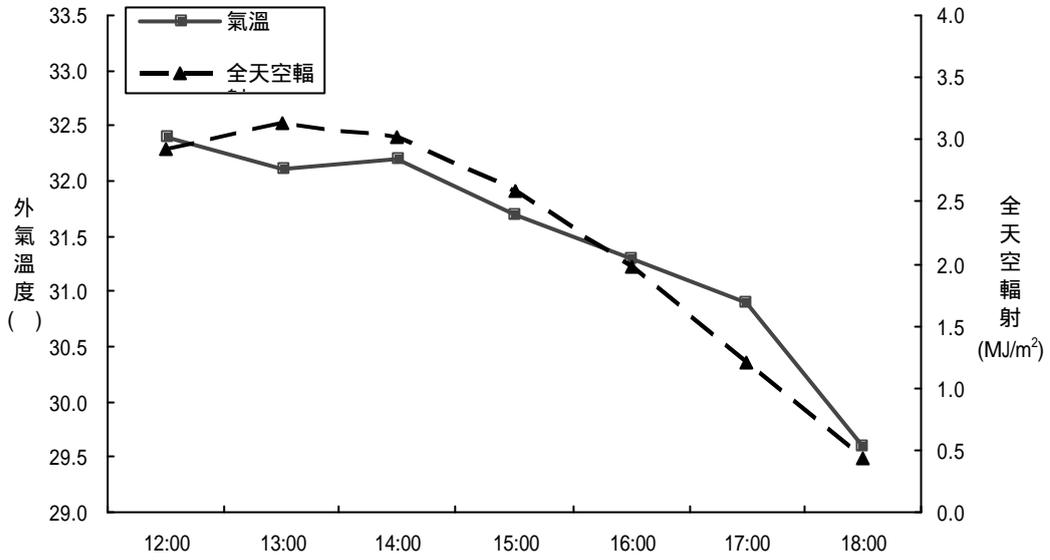


圖 3-7 2003.7.30 外氣溫度與全天空輻射

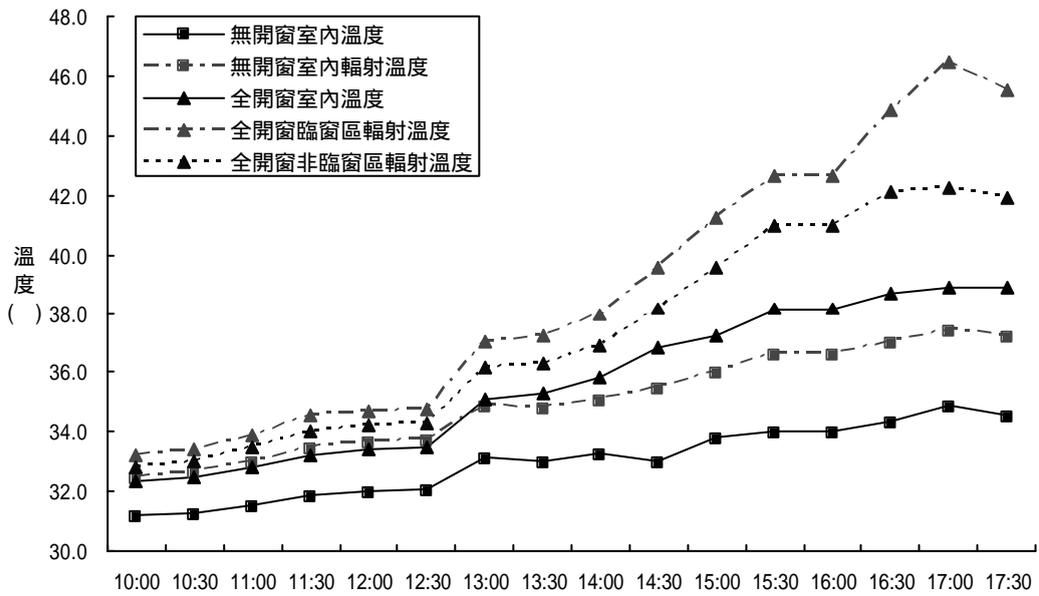


圖 3-8 2003.7.30 室內溫度與輻射溫度

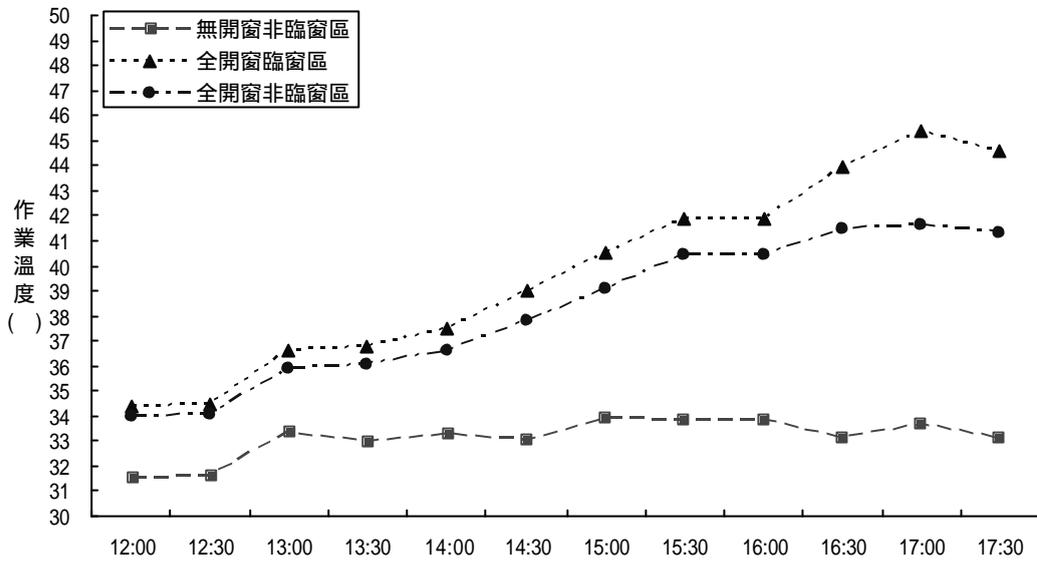


圖 3-9 2003.7.30 未使用空調無開窗比對實驗作業溫度

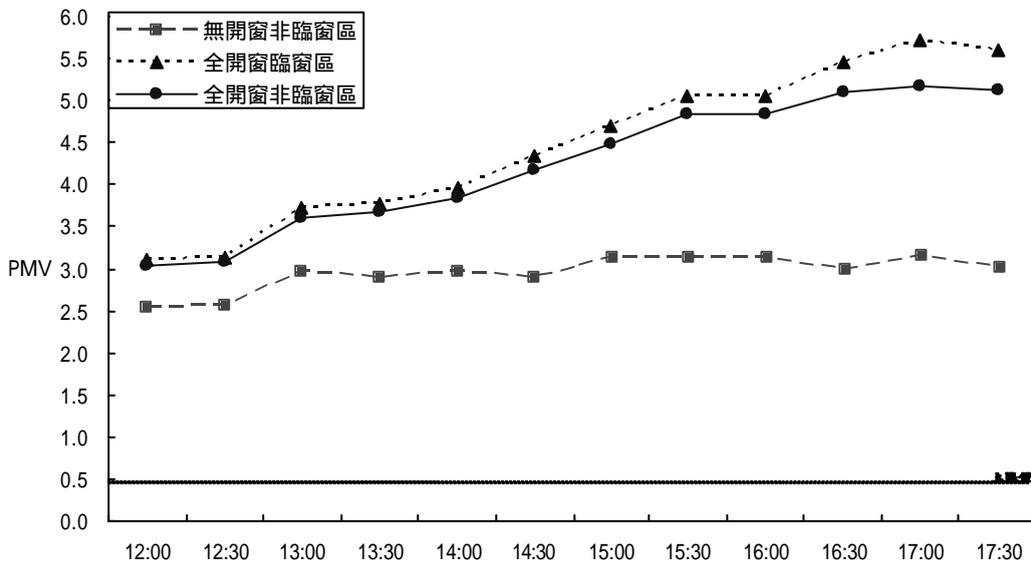


圖 3-10 2003.7.30 未使用空調無開窗比對實驗 PMV

表 3-2、3-3 為使用空調無開窗比對實驗之結果。當天之室外環境條件為典型之台灣夏季氣候，天候狀況良好日照充足，如圖 3-11、3-16 所示。當下午向西面玻璃帷幕牆直接受到日照時，無開窗之設計可明顯降低日照熱輻射所造成之影響，如圖 3-12、3-17 所示。

由結果中發現，在作業溫度方面，如圖 3-13、3-18 所示，以無開窗與全開窗作比對，在臨窗區可降低之作業溫度最大值為 4.3 ℃ 最小值為 0.2 ℃，而在非臨窗區可降低之作業溫度最大值為 3.5 ℃ 最小值為 0.2 ℃。

在 PMV 方面，如圖 3-14~3-19 所示，以無開窗與全開窗作比對，在臨窗區可降低之 PMV 最大值為 1.1 最小值為 0，而在非臨窗區可降低之 PMV 最大值為 0.9 最小值為 0.1，且 PMV 值可維持在 ISO 7730 所規定之舒適範圍。

在耗電量方面，如圖 3-15~3-20 所示，無開窗率與全開窗相比較，約可降低總耗電量之 14.7 %。

在使用空調無開窗時，作業溫度明顯低於全開窗之作業溫度平均值，對於作業溫度之改善效果顯著。且可維持穩定之室內熱舒適環境，將 PMV 值整日維持於舒適範圍內。在耗能上也有良好之表現，明顯的降低了空調耗能上之需求。且無開窗之設計，以室內環境熱舒適之觀點來看，除可以有效降低日照對室內環境熱舒適之影響，更重要的是無開窗之設計，對於室內辦公作業環境不會產生受直接日照之臨窗區，就避免了臨窗區辦公作業人員熱舒適不佳的現象。

表 3-2 2003.7.28 使用空調無開窗比對實驗結果統計

日期	2003.7.28		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	使用空調無開窗比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	26.9	23.5	25.8	24.8	22.7	24.0
臨窗區 輻射溫度 (?C)	32.8	26.1	29.6	27.6	26.0	27.0
臨窗區 作業溫度 (?C)	32.2	25.7	29.1	27.1	25.6	26.6
臨窗區 PMV	1.3	0.0	0.8	0.4	-0.2	0.1
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	31.0	25.9	28.5	27.6	26.0	27.0
非臨窗區 作業溫度 (?C)	30.4	25.5	28.1	27.1	25.6	26.6
非臨窗區 PMV	1.0	-0.1	0.6	0.4	-0.2	0.1
總累積 耗電量 (kwh)		14.2			12.1	

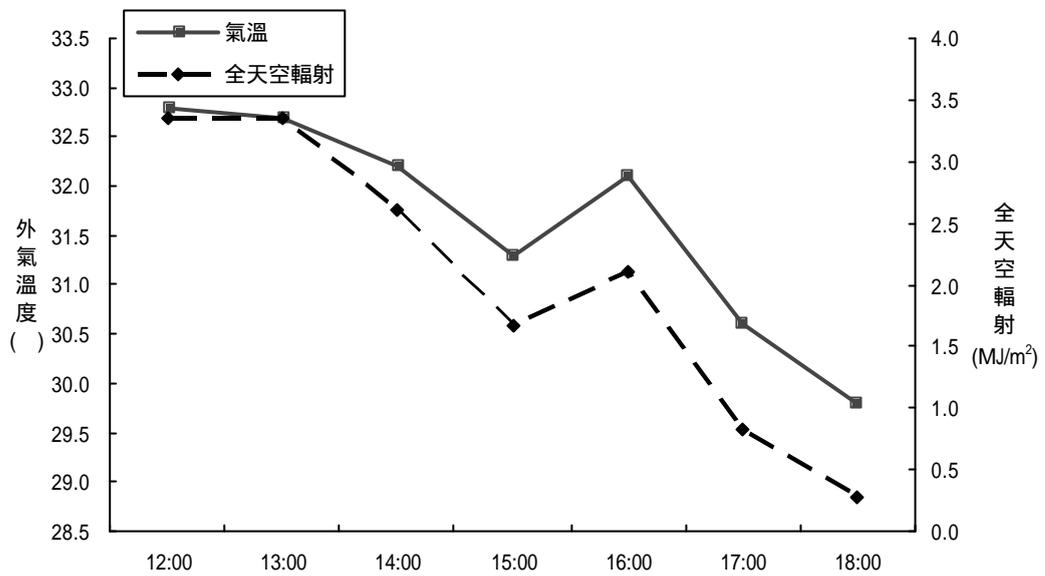


圖 3-11 2003.7.28 外氣溫度與全天空輻射

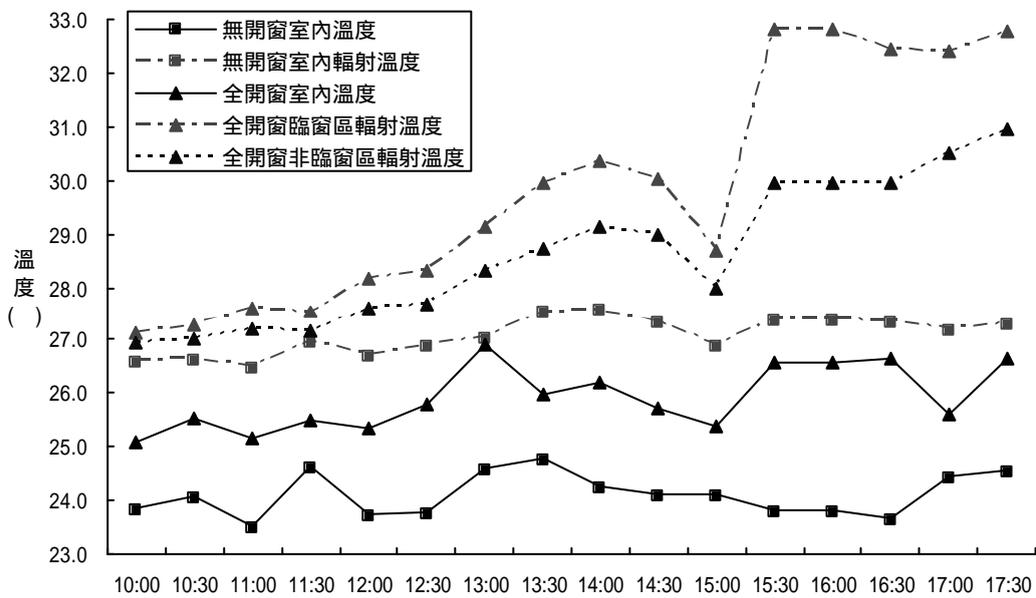


圖 3-12 2003.7.28 室內溫度與輻射溫度

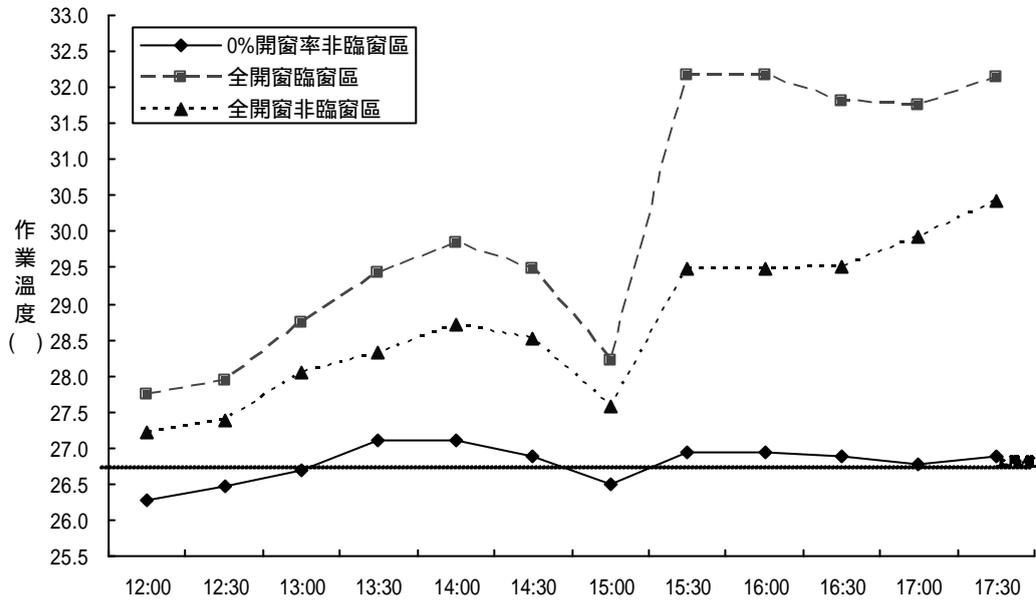


圖 3-13 2003.7.28 使用空調無開窗比對實驗作業溫度

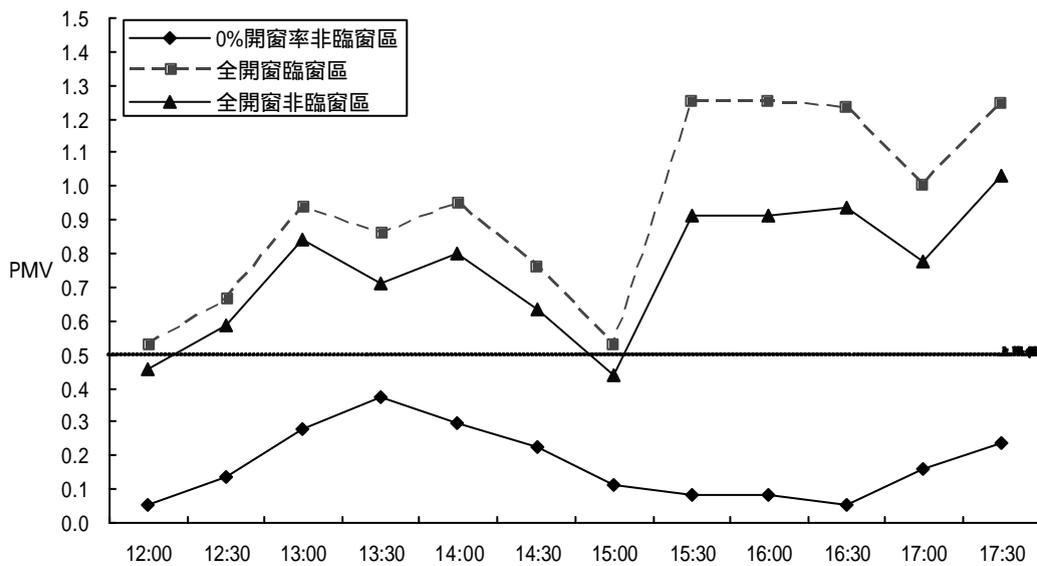


圖 3-14 2003.7.28 使用空調無開窗比對實驗 PMV

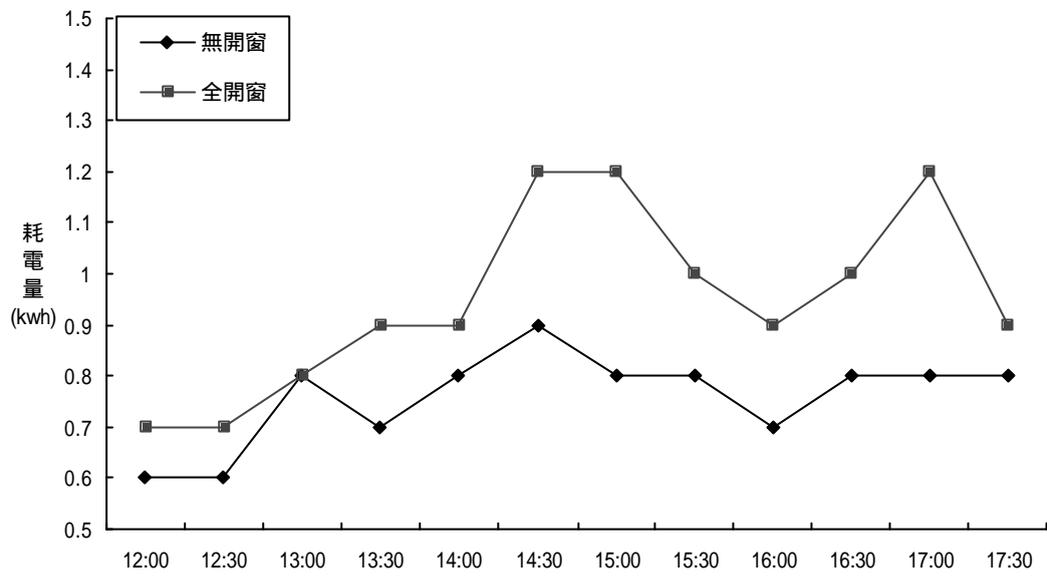


圖 3-15 2003.7.28 使用空調無開窗比對實驗耗電量

表 3-3 2003.7.29 使用空調無開窗比對實驗結果統計

日期	2003.7.29		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	使用空調無開窗比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	26.4	24.4	25.4	24.6	23.6	24.1
臨窗區 輻射溫度 (?C)	31.3	26.7	28.2	27.4	26.4	26.8
臨窗區 作業溫度 (?C)	30.8	26.4	27.8	27.0	26.0	26.4
臨窗區 PMV	1.0	0.2	0.5	0.3	0.0	0.1
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	29.5	26.6	27.7	27.4	26.4	26.8
非臨窗區 作業溫度 (?C)	29.1	26.3	27.3	27.0	26.0	26.4
非臨窗區 PMV	0.8	0.2	0.5	0.3	0.0	0.1
總累積 耗電量 (kwh)		13.1			11.2	

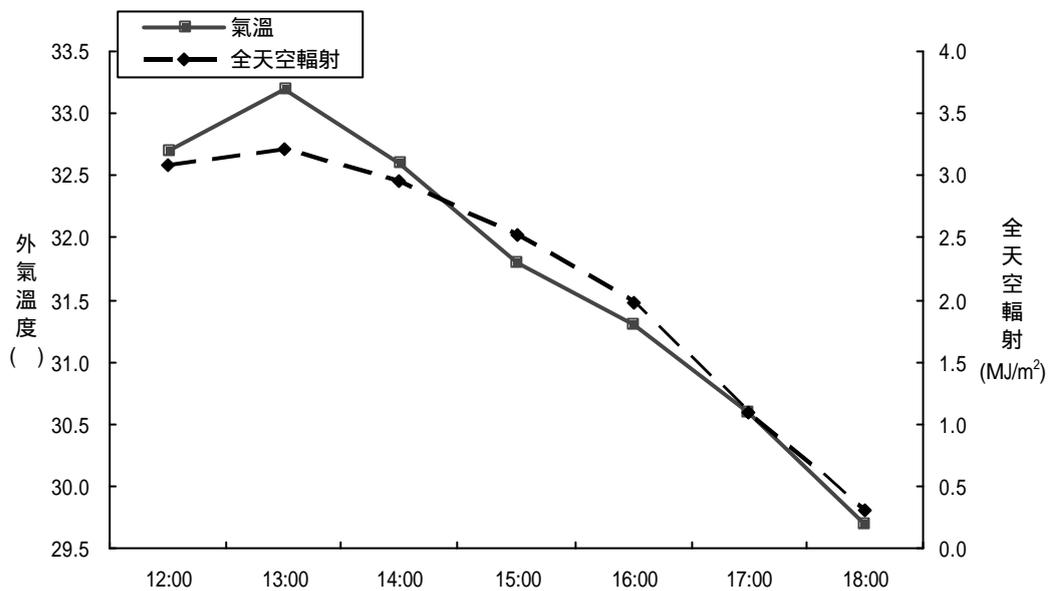


圖 3-16 2003.7.29 外氣溫度與全天空輻射

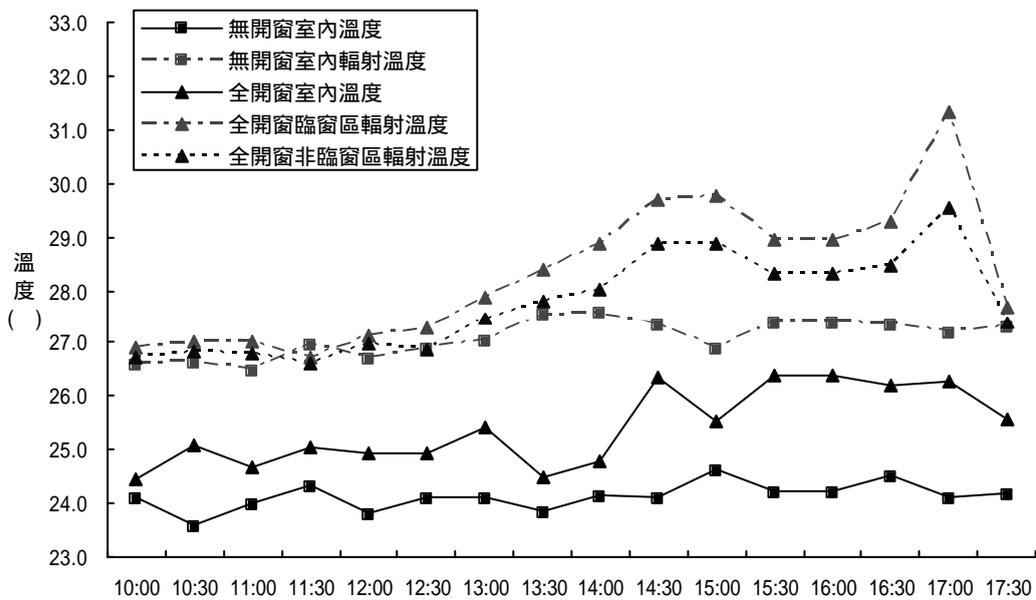


圖 3-17 2003.7.29 室內溫度與輻射溫度

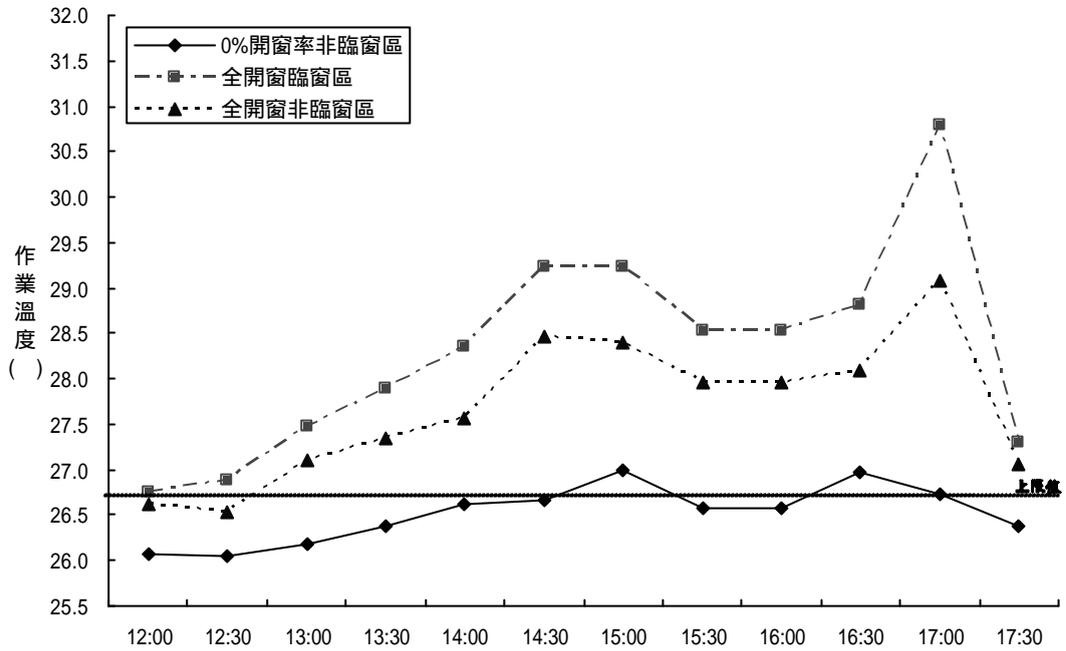


圖 3-18 2003.7.29 使用空調無開窗比對實驗作業溫度

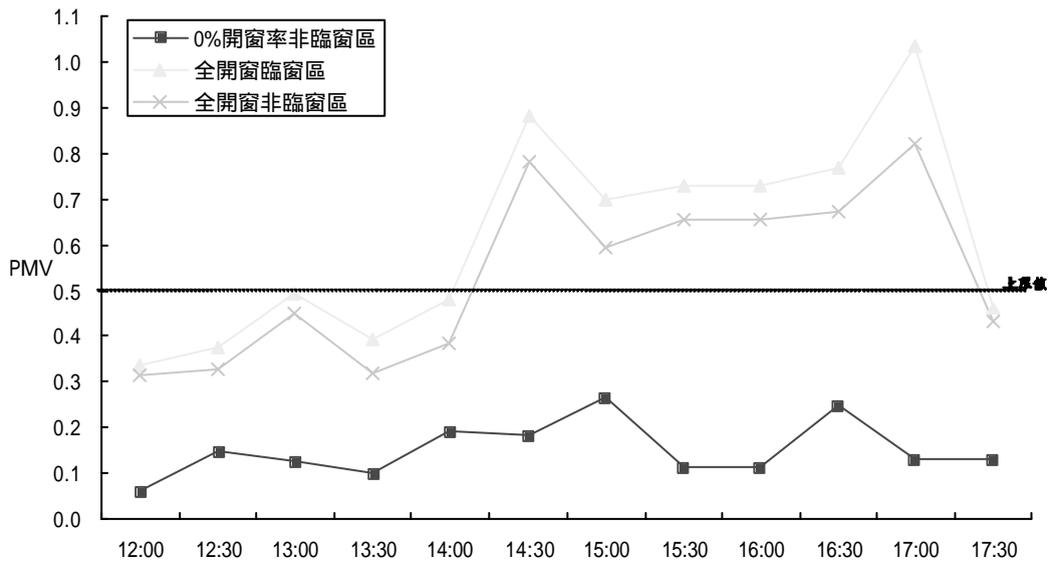


圖 3-19 2003.7.29 使用空調無開窗比對實驗 PMV

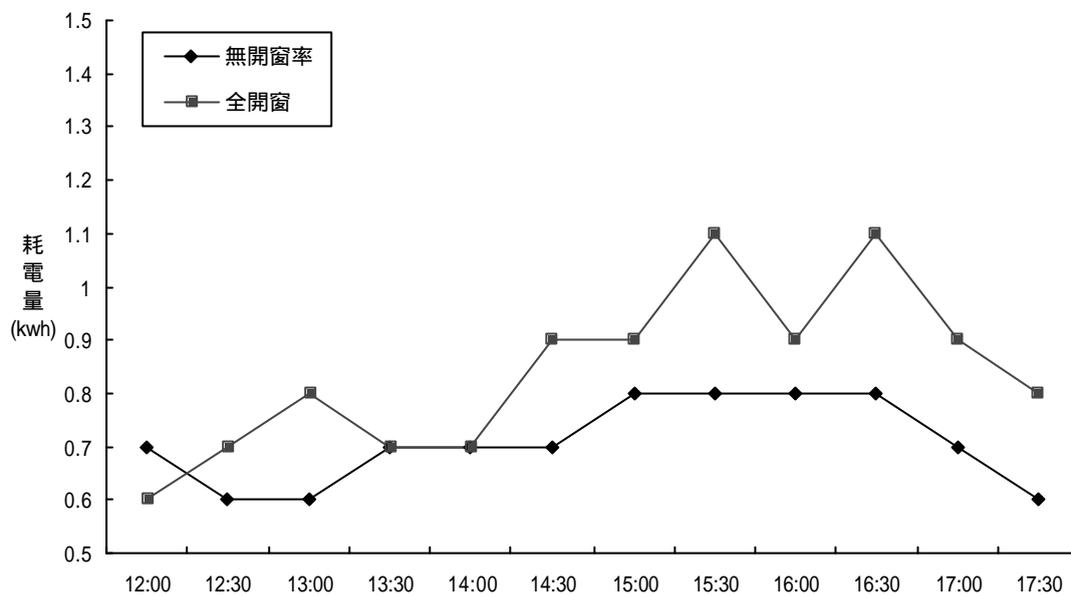


圖 3-20 2003.7.29 使用空調無開窗比對實驗耗電量

2-2 50%開窗率比對實驗

表 3-4 為未使用空調 50%開窗率比對實驗之結果。當天之室外環境條件為典型之台灣夏季氣候，天候狀況良好日照充足，如圖 3-21 所示。當下午向西面玻璃帷幕牆直接受到日照時，無開窗之設計可明顯降低日照熱輻射所造成之影響，如圖 3-22 所示。

由結果中發現，在作業溫度方面，如圖 3-23 所示，以 50%開窗率與全開窗作比對，在臨窗區可降低之作業溫度最大值為 9.6 ℃ 最小值為 1.2 ℃，而在非臨窗區可降低之作業溫度最大值為 2.4 ℃ 最小值為 1.3 ℃。

在 PMV 方面，如圖 3-24 所示，以 50%開窗率與全開窗作比對，在臨窗區可降低之 PMV 最大值為 0.6 最小值為 0.1，而在非臨窗區可降低之 PMV 最大值為 0.4 最小值為 0.1。雖然 50%開窗率之設計對於室內環境熱舒適有改善效果，但在未使用空調情況下，其 PMV 皆已超出 ISO 7730 所規定之舒適度範圍。雖然在未使用空調情況下，PMV 值已超過 ISO 7730 之適用範圍，以 PMV 指標分析所代表之意義並不大，但是 50%開窗率之設計對於室內環境熱舒適仍有一些改善效果。

當 50%開窗率時，即使在未使用空調情況下，仍能使作業溫度明顯下降，並且避免了因臨窗區所導致之過熱情形。在 PMV 方面，50%開窗率之設計，在無空調情況下，並無法將 PMV 值維持於舒適範圍。由此可知 50%開窗率之設計，可稍微改善日照對於臨窗區室內環境熱舒適所造成之影響。

表 3-4 2003.7.31 未使用空調 50%開窗率比對實驗結果統計

日期	2003.7.31		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	未使用空調 50%開窗率比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	38.4	31.4	35.5	36.0	30.3	33.6
臨窗區 輻射溫度 (?C)	46.2	32.5	38.7	43.2	31.1	36.9
臨窗區 作業溫度 (?C)	51.9	33.1	40.9	42.3	31.2	36.5
臨窗區 PMV	5.6	2.6	4.0	4.9	2.4	3.7
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	42.3	32.2	37.4	39.8	30.9	36.1
非臨窗區 作業溫度 (?C)	41.6	32.0	37.0	39.2	30.7	35.6
非臨窗區 PMV	4.9	2.6	3.8	4.8	2.3	3.6
總累積 耗電量 (kwh)	無空調耗電			無空調耗電		

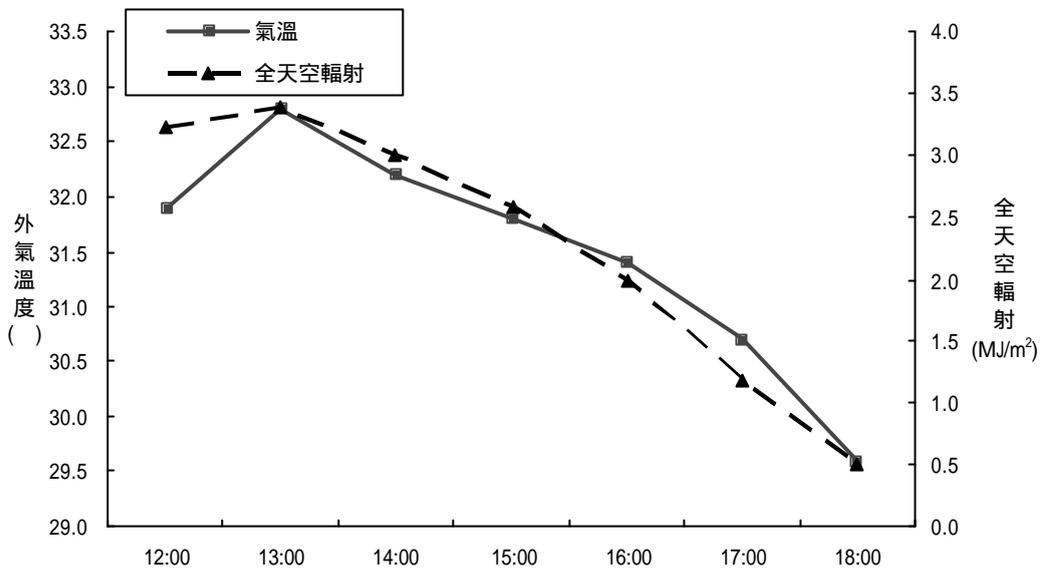


圖 3-21 2003.7.31 外氣溫度與全天空輻射

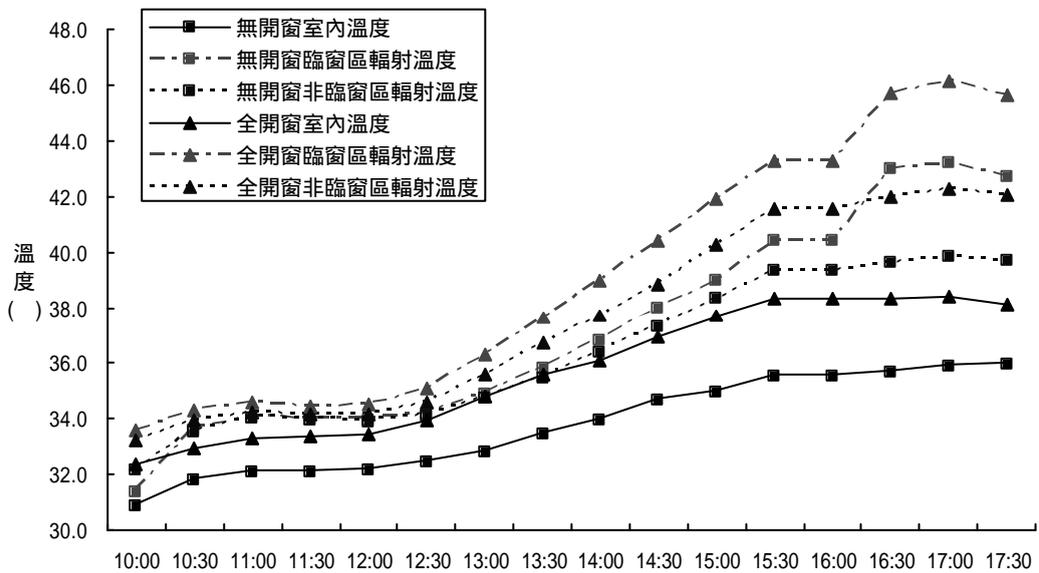


圖 3-22 2003.7.31 室內溫度與輻射溫度

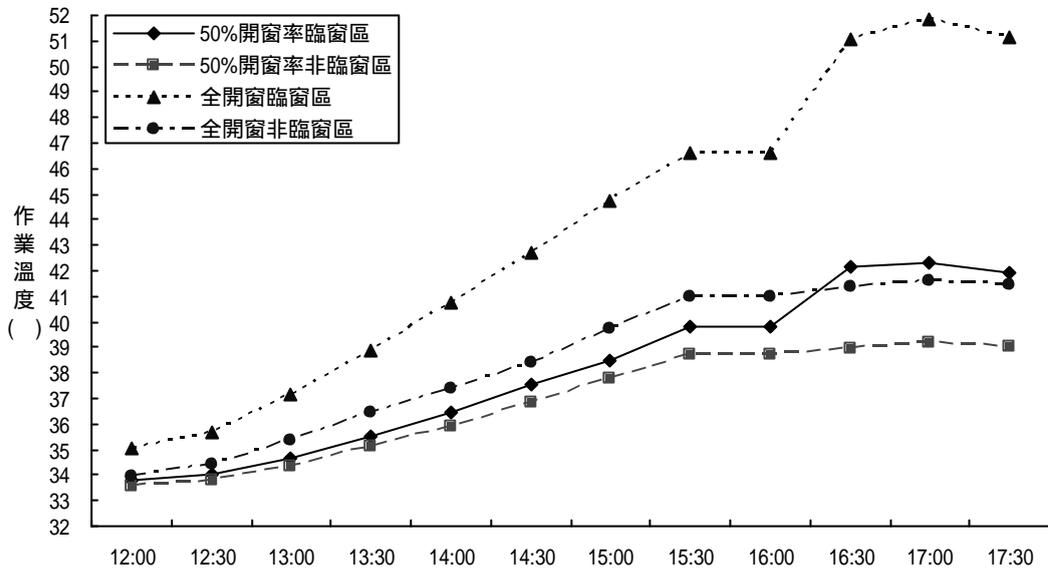


圖 3-23 2003.7.31 未使用空調 50%開窗率比對實驗作業溫度

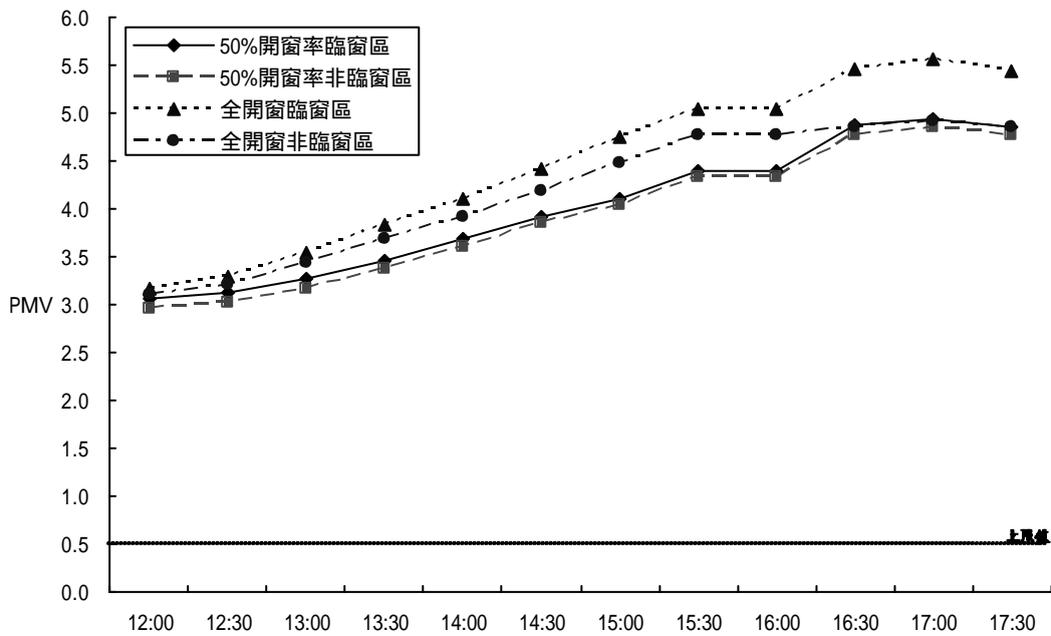


圖 3-24 2003.7.31 未使用空調 50%開窗率比對實驗 PMV

表 3-5、3-6 為使用空調 50%開窗率比對實驗之結果。當天之室外環境條件為典型之台灣夏季氣候，天候狀況良好日照充足，如圖 3-25 3-30 所示。當下午向西面玻璃帷幕牆直接受到日照時，無開窗之設計可明顯降低日照熱輻射所造成之影響，如圖 3-26、3-31 所示。

由結果中發現，在作業溫度方面，如圖 3-27~3-32 所示，以 50%開窗率與全開窗作比對，在臨窗區可降低之作業溫度最大值為 1.8 ℃ 最小值為 0 ℃，而在非臨窗區可降低之作業溫度最大值為 2.1 ℃ 最小值為 0 ℃。在 PMV 方面，如圖 3-28~3-33 所示，以 50%開窗率與全開窗作比對，在臨窗區可降低之 PMV 最大值為 0.7 最小值為 0，而在非臨窗區可降低之 PMV 最大值為 0.7 最小值為 0。大部分皆符合 ISO 7730 所規定之舒適範圍。在空調情況下，50%開窗率之設計可以有效降低日照所造成之影響，且可將室內環境熱舒適維持在一穩定範圍內，將直接日照所造成溫度變化減到最低。

在耗電量方面，如圖 3-29~3-34 所示，50%開窗率與全開窗相比較，約可降低總耗電量之 14.4 %。

在空調情況下，開窗率為 50%時，作業溫度明顯低於全開窗之作業溫度，且在維持穩定之室內熱舒適上，PMV 值可整日維持於舒適範圍內，惟臨窗區可能有稍微不適之情形，大致上效果良好。在耗能上也有良好之表現，其值約與無開窗時相近，明顯的兼顧了採光及景觀與降低空調耗能上之需求。

表 3-5 2003.7.24 使用空調 50%開窗率比對實驗結果統計

日期	2003.7.24		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	使用空調 50%開窗率比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	27.2	24.8	25.7	25.3	23.5	24.3
臨窗區 輻射溫度 (?C)	29.7	26.8	27.8	28.6	26.5	27.5
臨窗區 作業溫度 (?C)	29.3	26.6	27.5	28.4	26.1	27.1
臨窗區 PMV	1.0	0.3	0.5	0.5	0.1	0.2
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	29.7	26.8	27.8	28.9	26.5	27.5
非臨窗區 作業溫度 (?C)	29.2	26.6	27.5	28.5	26.0	27.0
非臨窗區 PMV	0.9	0.3	0.5	0.4	0.1	0.2
總累積 耗電量 (kwh)		17.1			14.3	

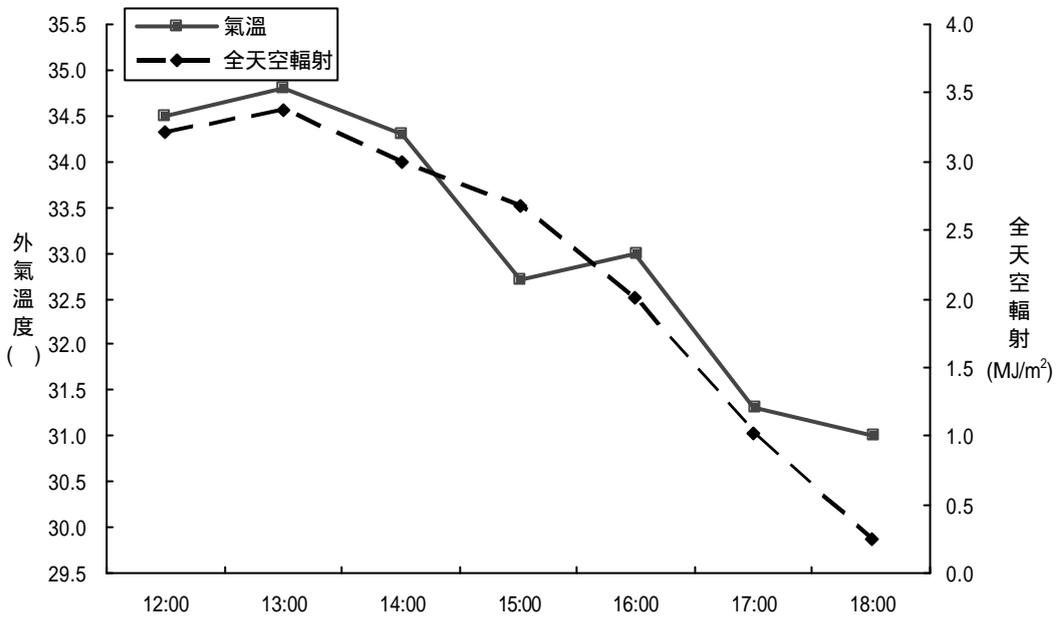


圖 3-25 2003.7.24 外氣溫度與全天空輻射

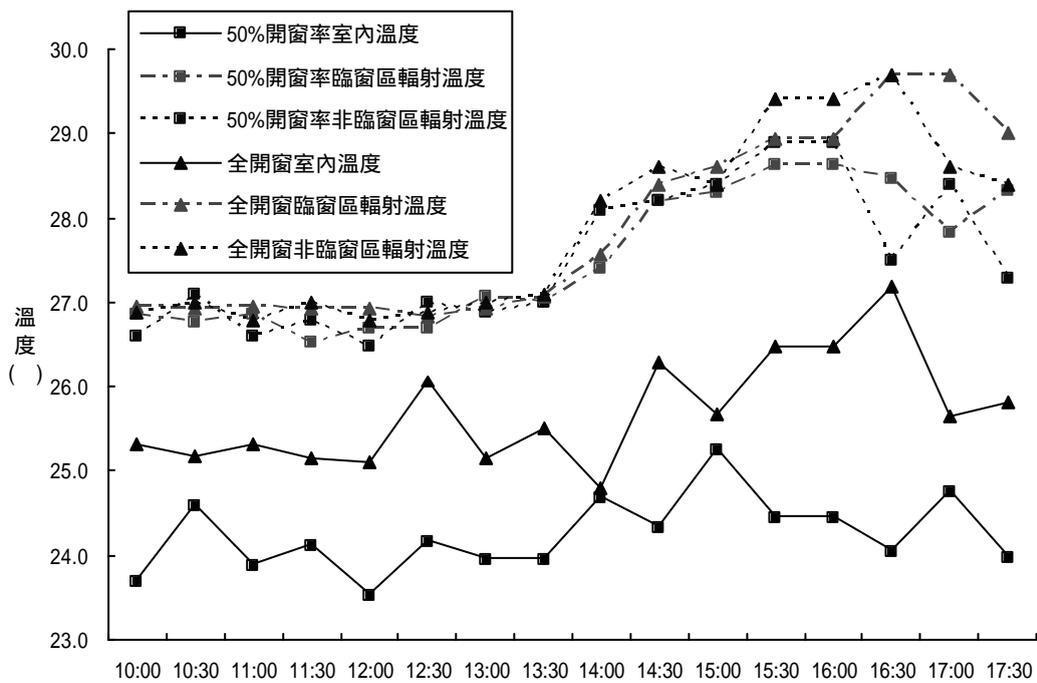


圖 3-26 2003.7.24 室內溫度與輻射溫度

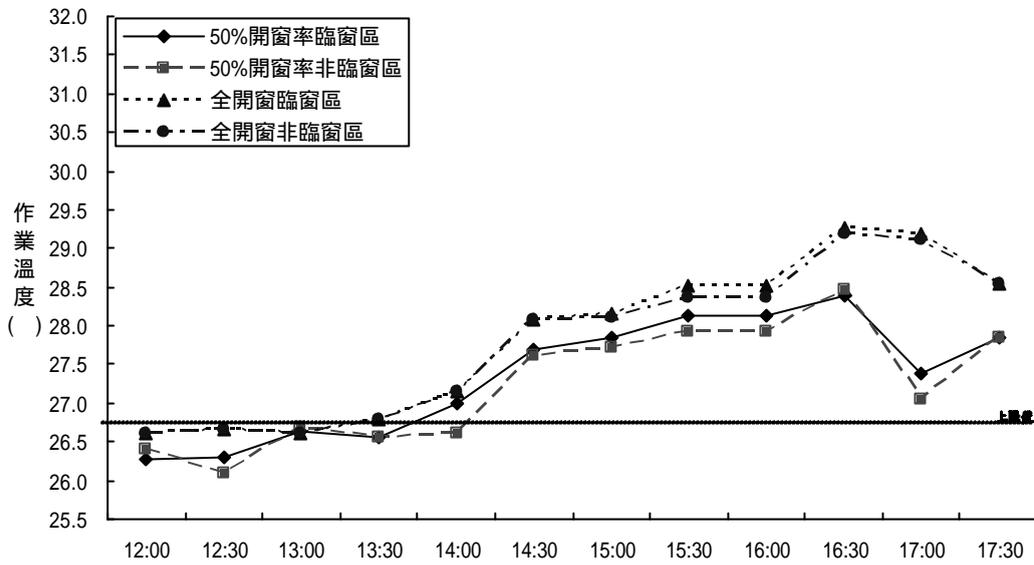


圖 3-27 2003.7.24 使用空調 50%開窗率比對實驗作業溫度

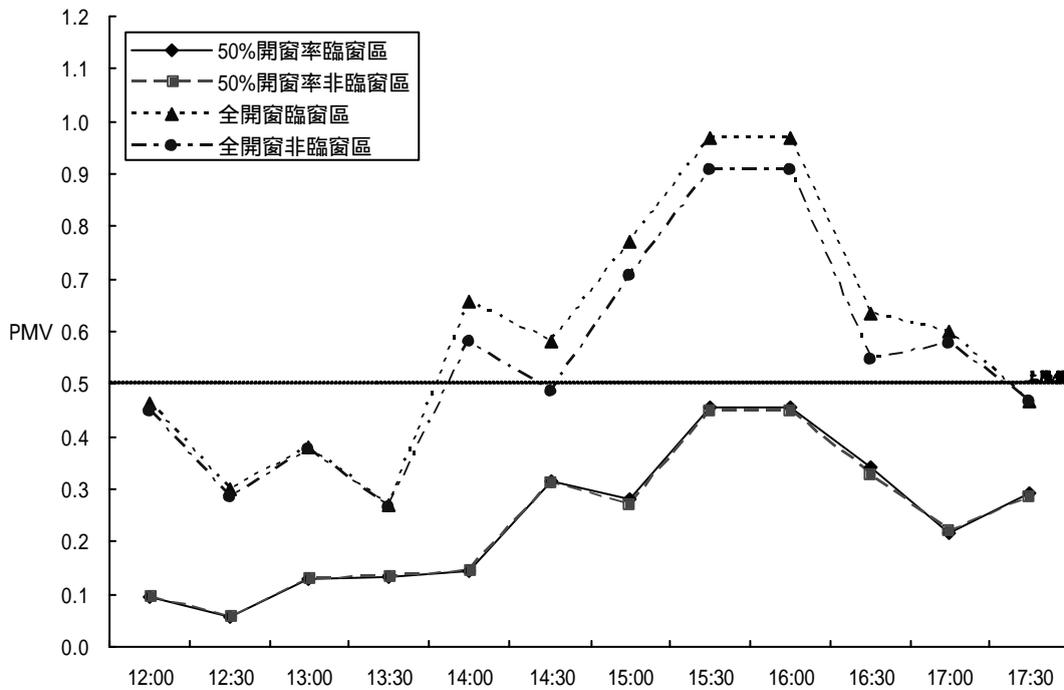


圖 3-28 2003.7.24 使用空調 50%開窗率比對實驗 PMV

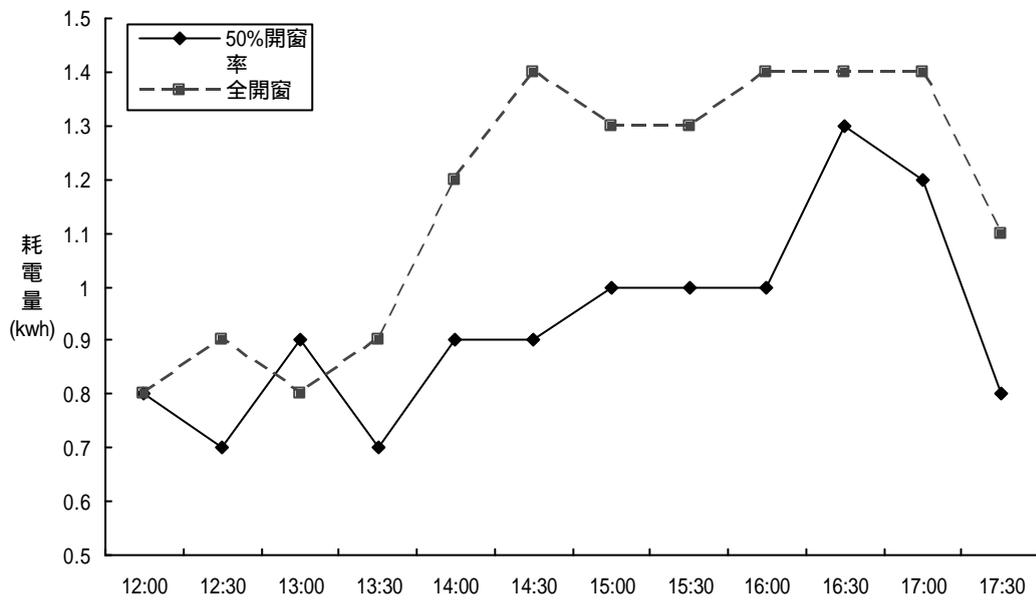


圖 3-29 2003.7.24 使用空調 50%開窗率比對實驗耗電量

表 3-6 2003.7.25 使用空調 50%開窗率比對實驗結果統計

日期	2003.7.25		天氣狀況	天氣晴朗		
實驗項目	使用空調 50%開窗率比對實驗					
實驗結果	對照組			實驗組		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
室內溫度 (?C)	26.5	24.2	25.3	25.3	23.2	23.9
臨窗區 輻射溫度 (?C)	32.4	26.8	29.3	32.1	27.4	29.3
臨窗區 作業溫度 (?C)	31.8	26.5	28.8	31.4	26.9	28.8
臨窗區 PMV	1.1	0.2	0.7	0.9	0.1	0.4
非臨窗區 輻射溫度 (?C)	29.5	26.9	28.2	28.5	26.8	27.7
非臨窗區 作業溫度 (?C)	29.0	26.5	27.7	28.1	26.4	27.3
非臨窗區 PMV	0.8	0.2	0.5	0.5	0.0	0.2
總累積 耗電量 (kwh)		14.9			13.1	

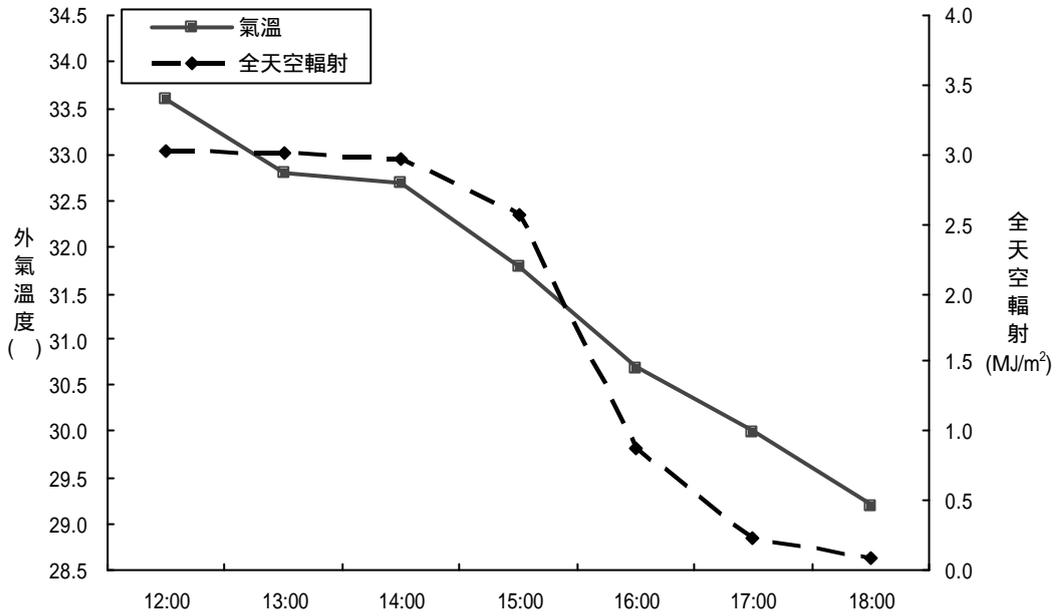


圖 3-30 2003.7.25 外氣溫度與全天空輻射

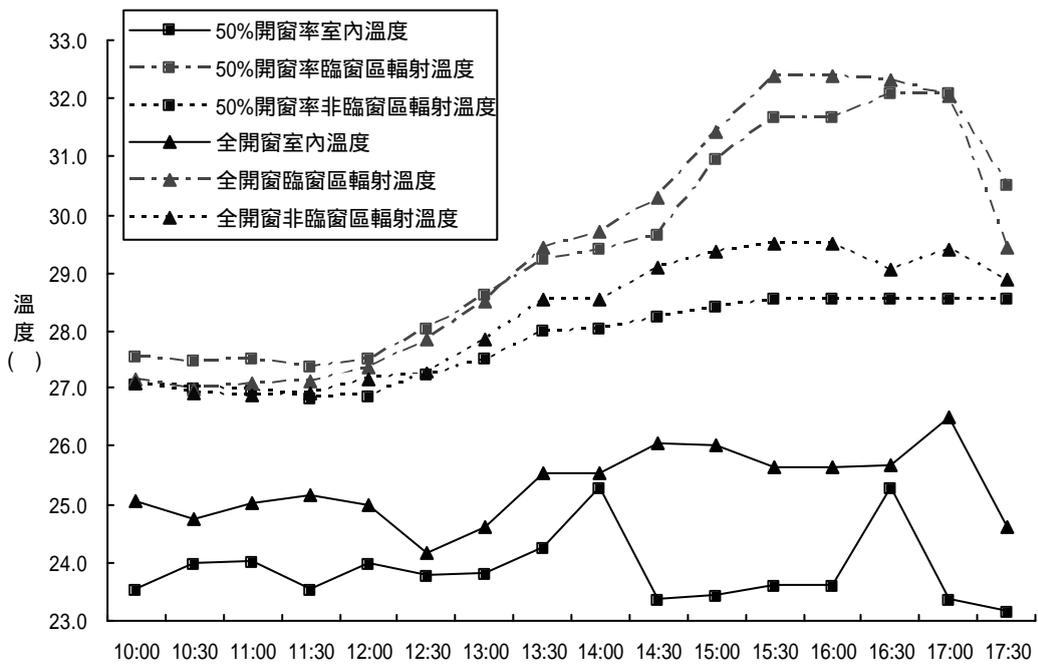


圖 3-31 2003.7.25 室內溫度與輻射溫度

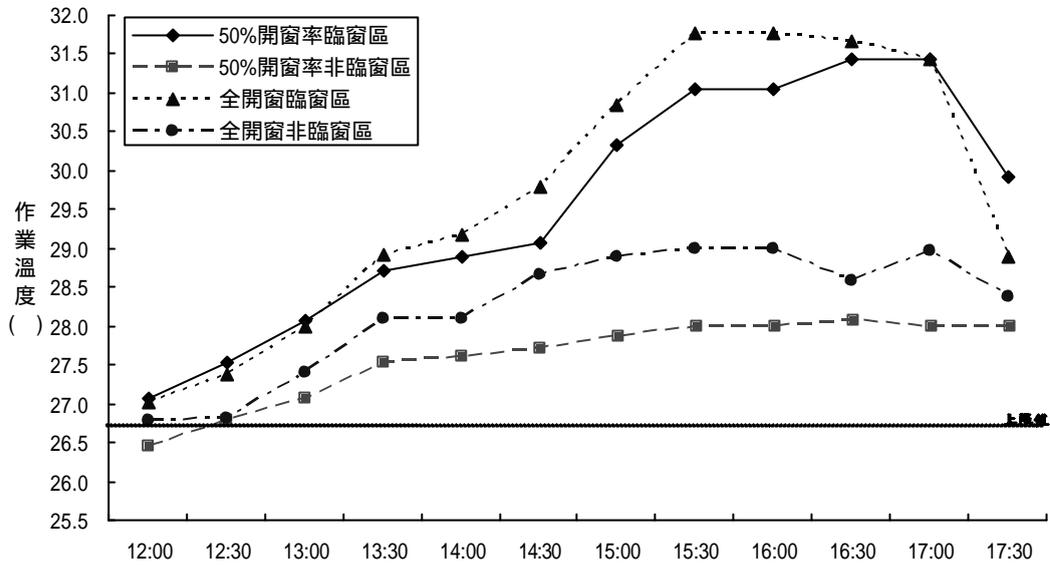


圖 3-32 2003.7.25 使用空調 50%開窗率比對實驗作業溫度

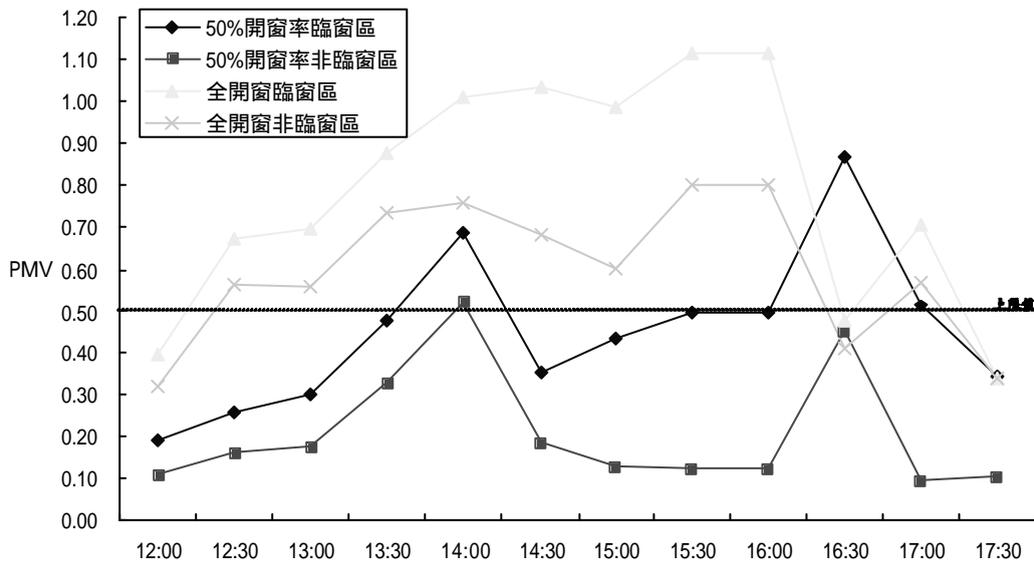


圖 3-33 2003.7.25 使用空調 50%開窗率比對實驗 PMV

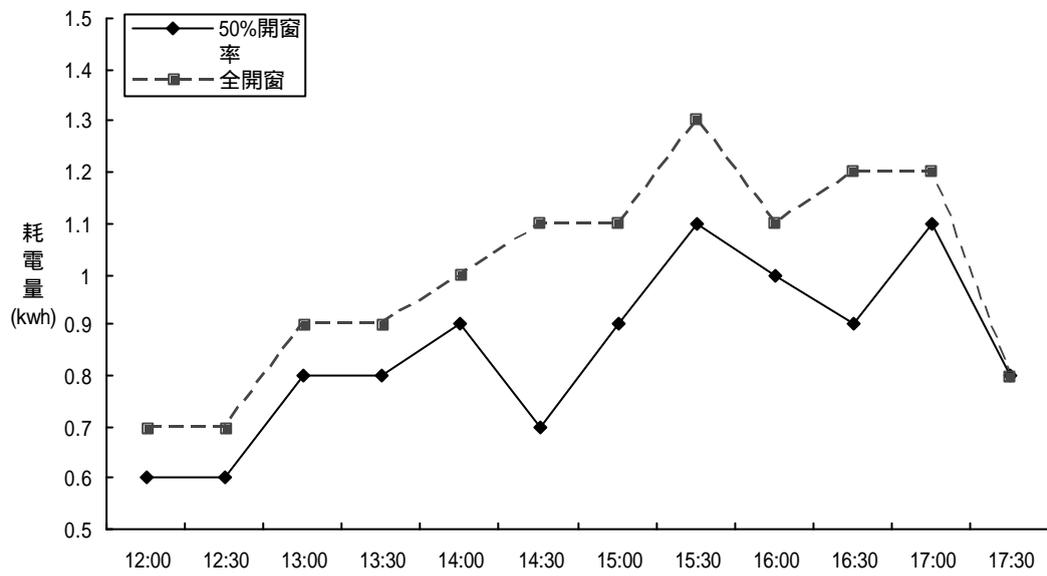


圖 3-34 2003.7.25 使用空調 50%開窗率比對實驗耗電量

2-3 開窗率比對實驗結果討論

在無空調情況下，如只依靠開窗率來改善室內環境熱舒適品質時，以臨窗區效果來看，無開窗之設計要較開窗率為 50%時，有較佳之改善效果，平均可較 50%開窗率多降低 1.2°C 之作業溫度，如圖 3-35 所示，以 PMV 值來看，無開窗之設計要與開窗率為 50%時，其在維持室內環境熱舒適上改善效果相近，但是當溫度較高時無開窗有較大之改善效果，如圖 3-37 所示。

若以非臨窗區效果來看，無開窗之設計要較開窗率為 50%時，有較佳之改善效果，平均可較 50%開窗率多降低 3.3°C 之作業溫度，如圖 3-36 所示，以 PMV 值來看，如圖 3-38 所示。在非臨窗區，無開窗之改善效果要比 50%開窗率多了幾乎 3 倍由此可知，降低開窗率，不但可減少了日照之影響，也減少了窗玻璃吸收太陽輻射後產生之長波輻射所造成之影響。

在空調情況下，以開窗率與空調來改善室內環境熱舒適品質時，以臨窗區效果來看，無開窗之設計要較開窗率為 50%時，有較佳之改善效果，平均可較 50%開窗率多降低 1.5°C 之作業溫度，如圖 3-39 所示，以 PMV 值來看，其在維持室內環境熱舒適上無開窗有較大之改善效果，如圖 3-41 所示。

若以非臨窗區效果來看，無開窗之設計要較開窗率為 50%時，有較佳之改善效果，平均可較 50%開窗率多降低 0.8°C 之作業溫度，如圖 3-40 所示，以 PMV 值來看，其在維持室內環境熱舒適上無開窗有較明顯之改善效果，如圖 3-42 所示。而在節能方面，全開窗比 50%開窗率可多節省 3%之耗能，如圖 3-43 所示。

雖然無開窗有著較高改善效果，而 50%開窗率雖然改善效果較差，但卻可同時兼顧採光與景觀考量，且節能效果與無開窗相近。

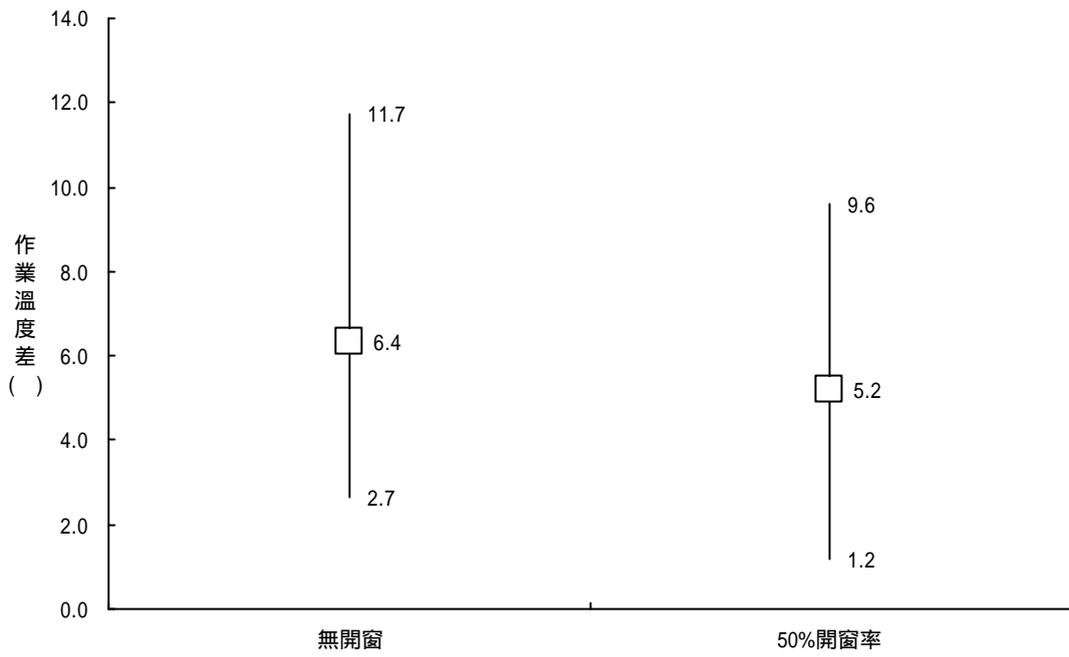


圖 3-35 未使用空調時臨窗區開窗率與作業溫度關係圖

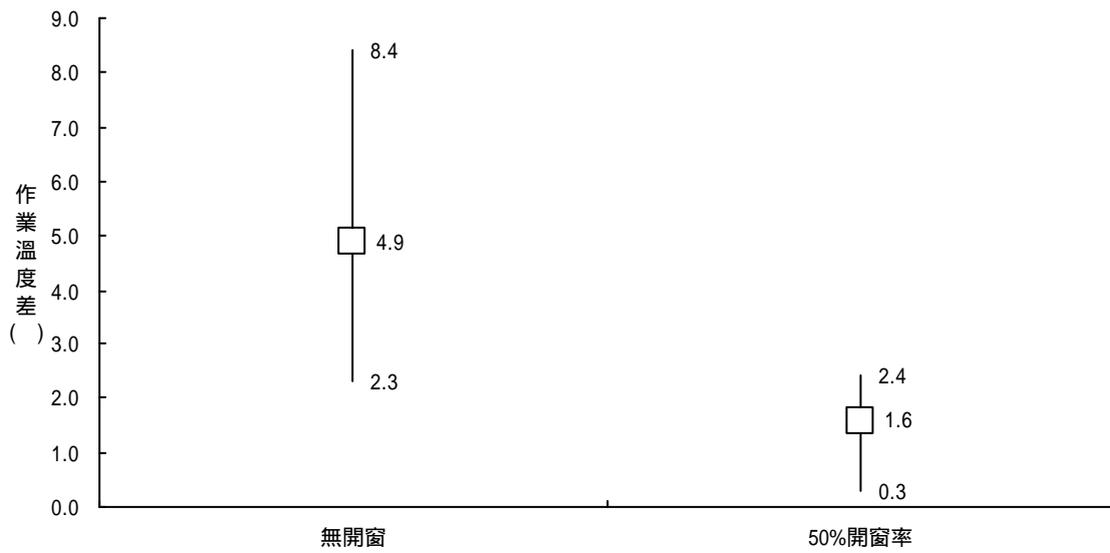


圖 3-36 未使用空調時非臨窗區開窗率與作業溫度關係圖

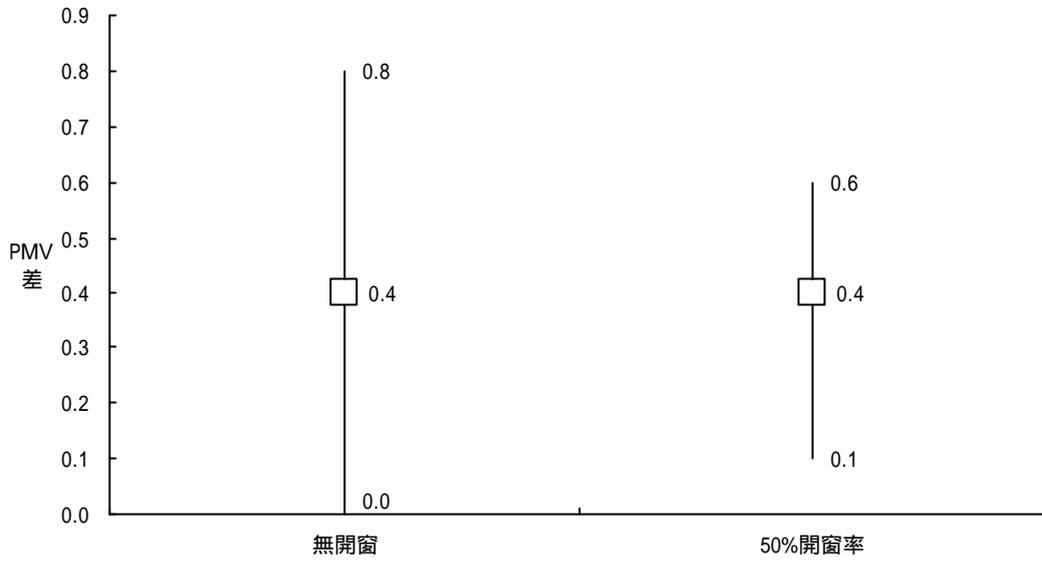


圖 3-37 未使用空調時臨窗區開窗率與 PMV 關係圖

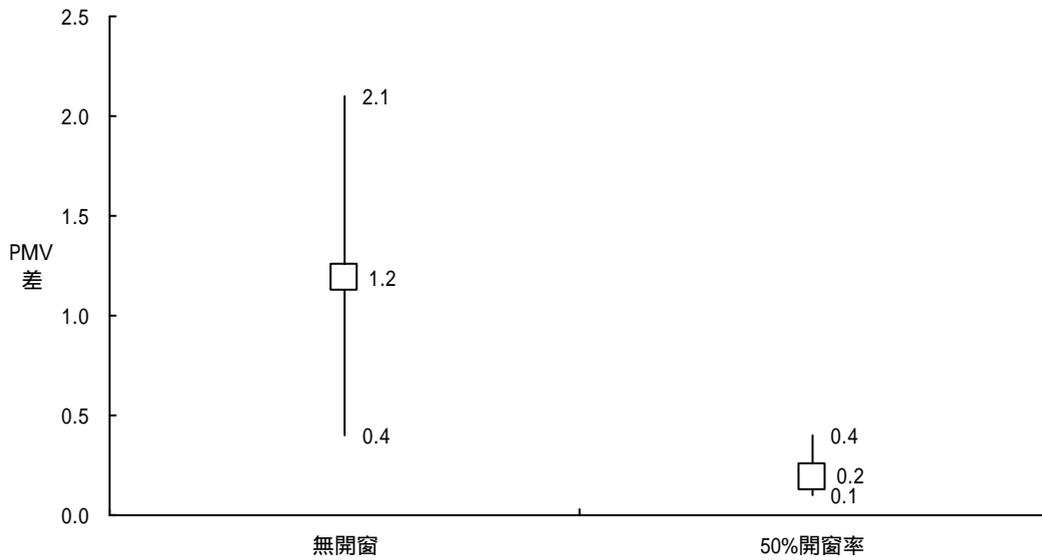


圖 3-38 未使用空調時非臨窗區開窗率與 PMV 關係圖

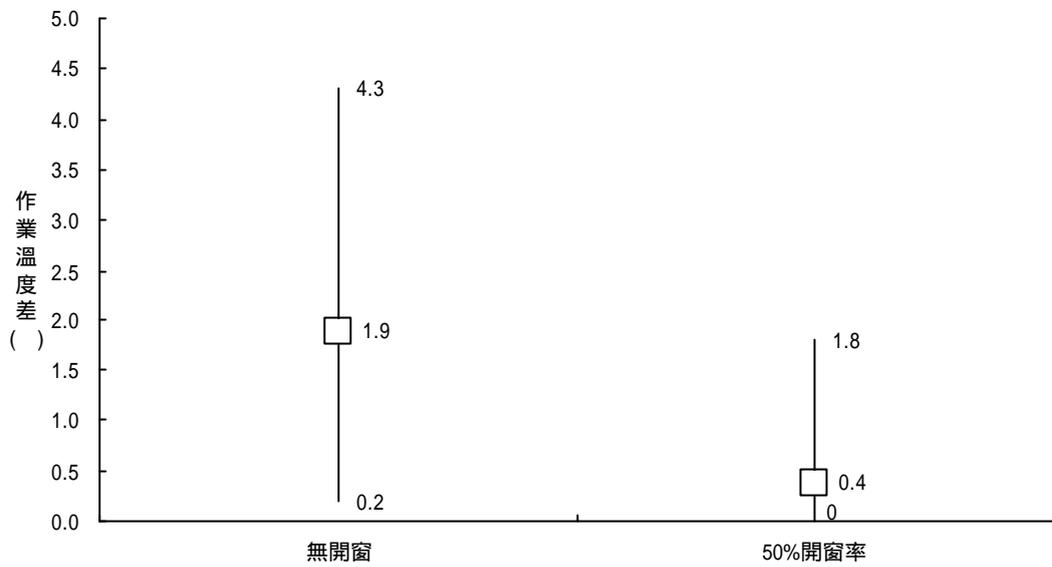


圖 3-39 使用空調時臨窗區開窗率與作業溫度關係圖

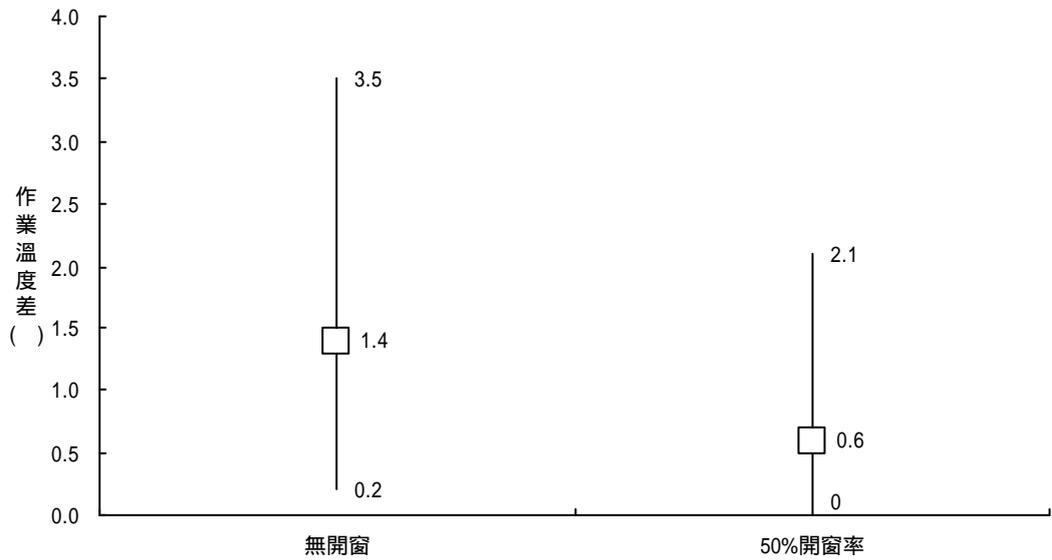


圖 3-40 使用空調時非臨窗區開窗率與作業溫度關係圖

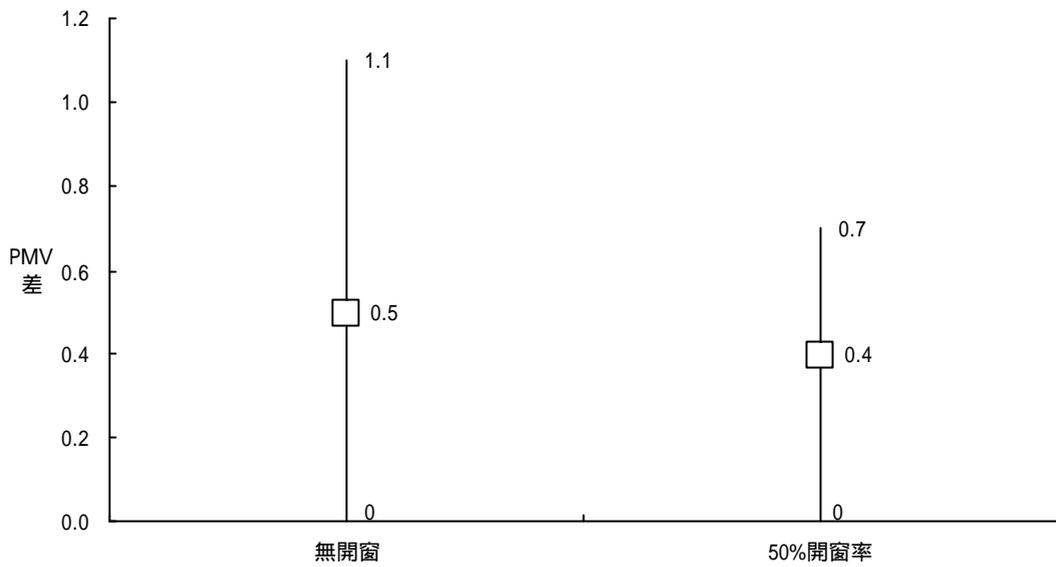


圖 3-41 使用空調時臨窗區開窗率與 PMV 關係圖

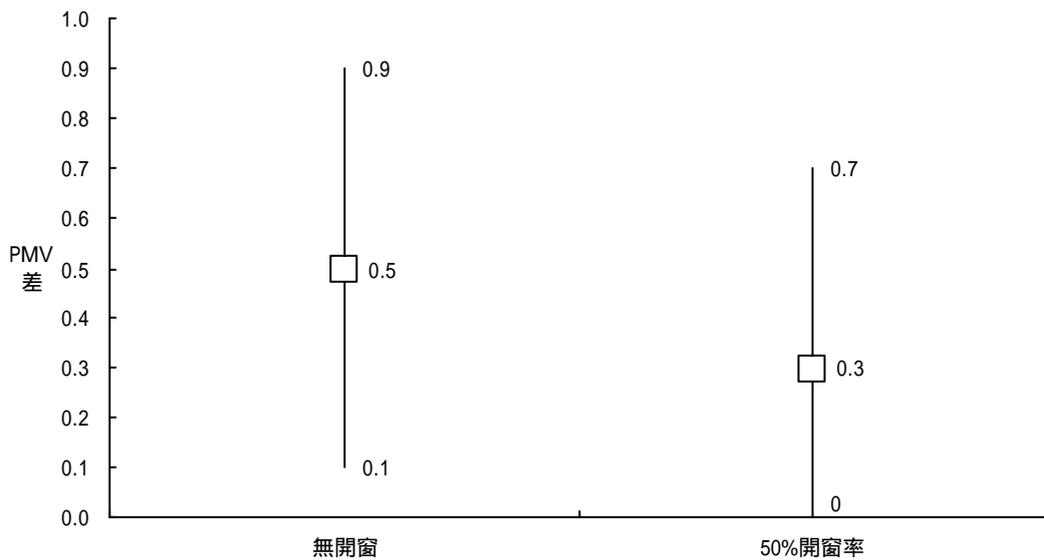


圖 3-42 使用空調時非臨窗區開窗率與 PMV 關係圖

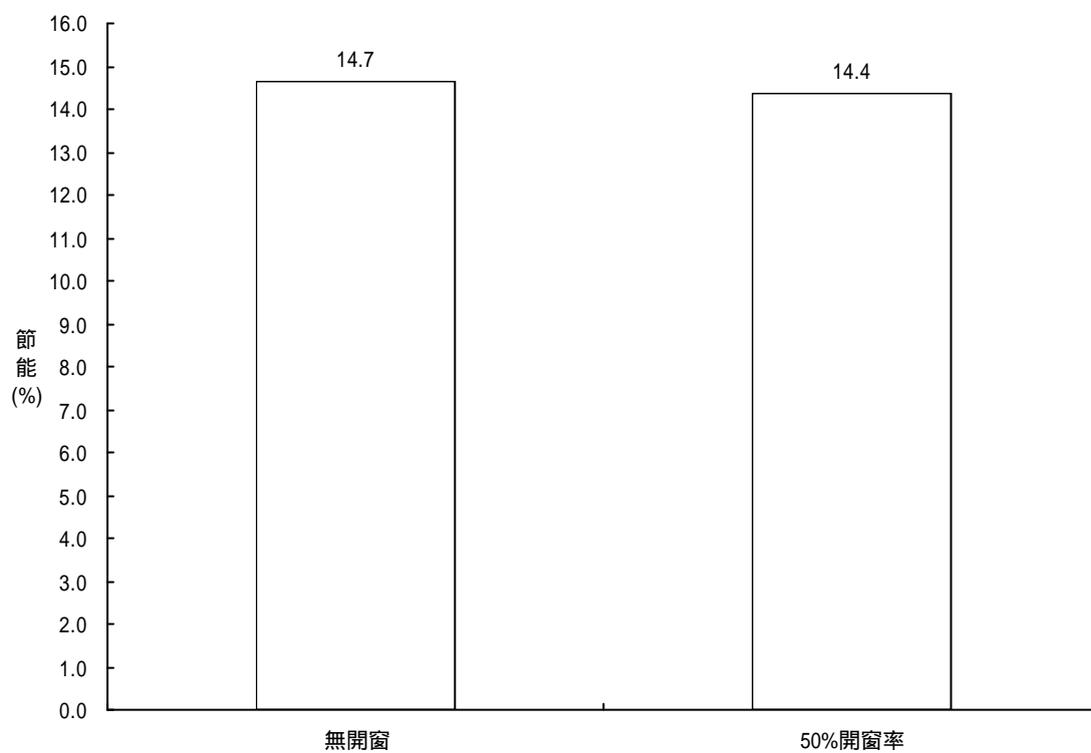


圖 3-43 使用空調時開窗率對空調節能效果比較