

空調系統熱源主機台數控制 α_1 係數之全尺度實驗印證與 EAC 之應用

計劃主持人：李主任秘書玉生

協同主持人：楊教授冠雄

研究員：黃瑞隆博士、王佑萱博士

內政部建築研究所協同研究報告
中華民國九十六年十一月

目錄

目錄	i
表目錄	v
圖目錄	ix
摘要	xvii
第一章 緒論	
第一節 計畫背景與動機	1
第二節 冰水機組的性能	4
第三節 研究內容與流程	9
第二章 研究方法	
第一節 建築能耗模擬	13
第二節 建築負荷特性分析	14
第三節 冰水機組性能模型	16
第四節 eQuest	22
第三章 辦公建築的台數控制節能效率	
第一節 建築模型	25
第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用	28

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響.....32

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認.....38

第四章 醫院建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型.....51

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用.....53

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響.....56

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認.....57

第五章 旅館類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型.....69

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用.....71

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響.....74

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認.....75

第六章 學校類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型.....87

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用.....89

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響.....92

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認.....93

第七章 其他類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型	105
第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用	106
第三節 台數對全年空調用電與效率的影響	109
第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認	110
第八章 最佳噸數配置	
第一節 不同噸數配置對冰機負荷率的影響	121
第二節 最佳噸數配置的探討	123
第九章 全尺度實驗印證	
第一節 實驗對象	133
第二節 運轉歷史資料分析	134
第三節 各種調整方案的節能效果	145
第十章 結論	151
參考書目	153
附錄	
附錄一 期初簡報審查會議記錄及處理情形	155
附錄二 期中簡報審查會議記錄及處理情形	167

表目錄

表 1-1 冰水機容量比基準值 HSCc	3
表 1-2 HSCc 規範	3
表 1-3 主要運轉主機台數	4
表 1-4 某大樓空調負荷時間頻數	5
表 1-5 各冰水機組部份負荷率	6
表 1-6 不同方案下冰水機組在不同負荷時段運轉時數	7
表 1-7 不同方案下冰水機組全年耗能比較	8
表 2-1 離心式壓縮機性能特性	19
表 2-2 往復式壓縮機性能特性	20
表 2-3 螺桿式壓縮機性能特性	20
表 3-1 九種大型辦公建築物模型的特性	26
表 3-2 九種中型辦公建築物模型的特性	26
表 3-3 大規模辦公建築物供冷需求與負荷頻數	27
表 3-4 中規模辦公建築物供冷需求與負荷頻數	27
表 3-5 各種組合下的大規模辦公建築物之全年冰機用電	33
表 3-6 各種組合下的中規模辦公建築物之全年冰機用電	33
表 3-7 辦公建築物離心式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	44
表 3-8 辦公建築物渦卷式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	45

表 3-9 辦公建築物螺桿式之新 α_1 的確定計算	45
表 4-1 九種大型醫院建築物模型的特性	51
表 4-2 九種中型醫院建築物模型的特性	52
表 4-3 大規模醫院建築物供冷需求與負荷頻數	52
表 4-4 中規模醫院建築物供冷需求與負荷頻數	53
表 4-5 各種組合下的大規模醫院建築物之全年冰機用電	56
表 4-6 各種組合下的中規模醫院建築物之全年冰機用電	57
表 4-7 醫院建築物離心式之新 α_1 的確定計算	59
表 4-8 醫院建築物渦卷式之新 α_1 的確定計算	59
表 4-9 醫院建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算	60
表 5-1 九種大型旅館建築物模型的特性	69
表 5-2 九種中型旅館建築物模型的特性	70
表 5-3 大規模旅館建築物供冷需求與負荷頻數	70
表 5-4 中規模旅館建築物供冷需求與負荷頻數	71
表 5-5 各種組合下的大規模旅館建築物之全年冰機用電	74
表 5-6 各種組合下的中規模旅館建築物之全年冰機用電	75
表 5-7 旅館建築物離心式之新 α_1 的確定計算	77
表 5-8 旅館建築物往復式之新 α_1 的確定計算	77
表 5-9 旅館建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算	78

表 6-1 教學大樓建築物模型的特性	87
表 6-2 學生宿舍建築物模型的特性	88
表 6-3 教學大樓建築物供冷需求與負荷頻數	88
表 6-4 學生宿舍建築物供冷需求與負荷頻數	88
表 6-5 各種組合下的教學大樓之全年冰機用電	92
表 6-6 各種組合下的學生宿舍之全年冰機用電	93
表 6-7 學校建築物離心式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	99
表 6-8 學校建築物往復式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	99
表 6-9 學校建築物螺桿式新之 $\alpha 1$ 的確定計算	100
表 7-1 其他類建築物供冷需求與負荷頻數	105
表 7-2 各種組合下的其他類建築物之全年冰機用電	109
表 7-3 其他建築物離心式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	115
表 7-4 其他建築物渦卷式之新 $\alpha 1$ 的確定計算	116
表 7-5 其他建築物螺桿式新之 $\alpha 1$ 的確定計算	116

圖目錄

圖 1-1	空調系統耗電比重分布情形	1
圖 1-2	典型冰水機組部份負載性能曲線	5
圖 1-3	方案一與方案三各冰水機組的運轉情形與負載率	8
圖 1-4	研究流程示意	11
圖 2-1	建築物動態負荷相關因素分析	15
圖 2-2	EIR-FPLR 示意圖	18
圖 2-3	CAP-FT 示意圖	18
圖 2-4	EIR-FT 示意圖	19
圖 3-1	大規模辦公建築安全裕度=1 時的冰水機組負荷率	30
圖 3-2	中規模辦公建築安全裕度=1 時的冰水機組負荷率	31
圖 3-3	大規模辦公建築不同安全裕度與台數的冰水機全年用電比較	34
圖 3-4	中規模辦公建築不同安全裕度與台數的冰水機全年用電比較	35
圖 3-5	大規模辦公建築安全裕度與台數時的冰水機效率比值比較	36
圖 3-6	中規模辦公建築安全裕度與台數時的冰水機效率比值比較	37
圖 3-7	辦公建築物定頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算	40
圖 3-8	辦公建築物變頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算	41

圖 3-9 辦公建築物雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算	41
圖 3-10 辦公建築物雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算	42
圖 3-11 辦公建築物渦卷式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	42
圖 3-12 辦公建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	43
圖 3-13 辦公建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	43
圖 3-14 辦公建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	44
圖 3-15 辦公建築物定頻離心式之新 α_1 確定計算	46
圖 3-16 辦公建築物變頻離心式之新 α_1 確定計算	46
圖 3-17 辦公建築物雙壓縮機變頻式 (A) 之新 α_1 確定計算	47
圖 3-18 辦公建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算	47
圖 3-19 辦公建築物渦卷式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	48
圖 3-20 辦公建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	48
圖 3-21 辦公建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	49
圖 3-22 辦公建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	49
圖 4-1 大規模醫院建築的冰水機組負荷率分佈	54
圖 4-2 中規模醫院建築的冰水機組負荷率分佈	55
圖 4-3 醫院建築物定頻離心式之 α_1 的確定計算	60
圖 4-4 醫院建築物變頻離心式之 α_1 的確定計算	61
圖 4-5 醫院建築物雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算	61

圖 4-6 大規模醫院建築物雙壓縮機變頻式(B)之 $\alpha 1$ 的確定計算	62
圖 4-7 中規模醫院建築物渦卷式(單台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	62
圖 4-8 醫院建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	63
圖 4-9 醫院建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	63
圖 4-10 醫院建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	64
圖 4-11 醫院建築物定頻離心式之新 $\alpha 1$ 確定計算	64
圖 4-12 醫院建築物變頻離心式之新 $\alpha 1$ 確定計算	65
圖 4-13 醫院建築物雙壓縮機變頻式(A)之新 $\alpha 1$ 確定計算	65
圖 4-14 醫院建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	66
圖 4-15 醫院建築物渦卷式(單台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	66
圖 4-16 醫院建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	67
圖 4-17 醫院建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	67
圖 4-18 醫院建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	68
圖 5-1 大規模旅館建築的冰水機組負荷率分佈	72
圖 5-2 中規模旅館建築的冰水機組負荷率分佈	73
圖 5-3 旅館建築物定頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算	78
圖 5-4 旅館建築物變頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算	79
圖 5-5 旅館建築物雙壓縮機變頻式(A)之 $\alpha 1$ 的確定計算	79
圖 5-6 旅館建築物雙壓縮機變頻式(B)之 $\alpha 1$ 的確定計算	80

圖 5-7 旅館建築物往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	80
圖 5-8 旅館建築物往復式(雙壓縮機) 之 α_1 的確定計算	81
圖 5-9 旅館建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	81
圖 5-10 旅館建築物螺桿式(雙壓縮機) 之 α_1 的確定計算	82
圖 5-11 旅館建築物定頻離心式之新 α_1 確定計算	82
圖 5-12 旅館建築物變頻離心式之新 α_1 確定計算	83
圖 5-13 旅館建築物雙壓縮機變頻式(A)之新 α_1 確定計算	83
圖 5-14 旅館建築物雙壓縮機變頻式(B)之新 α_1 確定計算	84
圖 5-15 旅館建築物往復式(單壓縮機) 之新 α_1 確定計算	84
圖 5-16 旅館建築物往復式(雙壓縮機) 之新 α_1 確定計算	85
圖 5-17 旅館建築物螺桿式(單壓縮機) 之新 α_1 確定計算	85
圖 5-18 中規模旅館建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	86
圖 6-1 教學大樓的冰水機組負荷率分佈	90
圖 6-2 學生宿舍的冰水機組負荷率分佈	91
圖 6-3 教學大樓定頻離心式之 α_1 的確定計算	95
圖 6-4 教學大樓變頻離心式之 α_1 的確定計算	95
圖 6-5 教學大樓雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算	96
圖 6-6 教學大樓雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算	96
圖 6-7 學生宿舍往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	97

圖 6-8 學生宿舍建築物往復式(雙台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	97
圖 6-9 學生宿舍建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	98
圖 6-10 學生宿舍建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	98
圖 6-11 教學大樓定頻離心式之新 $\alpha 1$ 確定計算.....	100
圖 6-12 教學大樓變頻離心式之新 $\alpha 1$ 確定計算	101
圖 6-13 教學大樓雙壓縮機變頻式 (A) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	101
圖 6-14 教學大樓雙壓縮機變頻式 (B) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	102
圖 6-15 學生宿舍往復式(單台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	102
圖 6-16 學生宿舍往復式(雙台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	103
圖 6-17 學生宿舍建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	103
圖 6-18 學生宿舍建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算	104
圖 7-1 百貨公司的冰水機組負荷率分佈	107
圖 7-2 博物館安全裕度=1 時的冰水機組負荷率	108
圖 7-3 其他類建築物定頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算.....	111
圖 7-4 其他類建築物變頻離心式之 $\alpha 1$ 的確定計算.....	112
圖 7-5 其他類建築物雙壓縮機變頻式 (A) 之 $\alpha 1$ 的確定計算	112

圖 7-6 其他類建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之 α_1 的確定計算	113
圖 7-7 其他類建築物往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	113
圖 7-8 其他類建築物往復式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	114
圖 7-9 其他類建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	114
圖 7-10 其他類建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算	115
圖 7-11 百貨公司物定頻離心式之新 α_1 確定計算	117
圖 7-12 百貨公司物變頻離心式之新 α_1 確定計算	117
圖 7-13 百貨公司物雙壓縮機變頻式 (A) 之新 α_1 確定計算	118
圖 7-14 百貨公司物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算	118
圖 7-15 博物館物往復式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	119
圖 7-16 博物館物往復式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	119
圖 7-17 博物館物螺桿式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	120
圖 7-18 博物館物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算	120
圖 8-1 不同配比方式對冰機負荷率的提升效用	122
圖 8-2 定頻離心式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較	125
圖 8-3 不同噸數配比下，各定頻離心機的負荷率分佈圖	126

圖 8-4 變頻離心式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較	127
圖 8-5 不同噸數配比下，各變頻離心機的負荷率分佈圖	128
圖 8-6 渦卷式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較	129
圖 8-7 不同噸數配比下，各渦卷式冰機的負荷率分佈圖	130
圖 8-8 螺桿式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較	131
圖 8-9 不同噸數配比下，各螺桿式冰機的負荷率分佈圖	132
圖 9-1 實測對象空調系統示意圖	133
圖 9-2 實測對象每月最大空調需求	135
圖 9-3 實測對象之全年建築負荷率分布	136
圖 9-4 實測對象之各冰機全年負荷率分布	136
圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布	137
圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布（續）	138
圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布（續）	139
圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布（續）	140
圖 9-6 實測對象常見之從機過早運轉與負荷分配不當問題	141
圖 9-7 實測對象常見之從機過早運轉問題	142
圖 9-8 實測對象常見之負荷分配不當問題	143
圖 9-9 實測對象難得的正常運轉	144
圖 9-10 冰水機組平均分攤負荷調整後之負荷分佈頻度	145

圖 9-11 冰水機組 4:6 配比平均分攤負荷調整後之負荷分佈頻度	148
圖 9-12 冰水機組主從分攤負荷調整後之負荷分佈頻度.....	148
圖 9-13 不同調整方案的冰機效率比較.....	149
圖 9-14 不同調整方案的冰機全年耗電比較.....	149
圖 9-15 雙壓機螺桿式冰機部分負荷性能特性.....	150

摘要

關鍵詞：綠建築、EAC、台數控制

冰機台數控制是常用的空調節能措施之一。本研究此理論分析及全尺度實驗的方式驗證經依台數控制的節能效果。在論證分析部分，針對各類建築物依據不同的冰機台數、安全裕度以及噸位之搭配模式，所形成之不同設計方案，運用 eQuest 程式進行年間之耗能比對分析，以了解其省能效益，在實驗印證方面，選取實際運轉中之案例，首先根據歷史資料，判斷現行管理所採用的台數控制策略有何缺點，以及是否達到預期效果。並進行各種可能的建議策略的節能效益評估。

研究的結果發現，複數台數的冰機設計若無適當的運轉管理，並不能發揮預期的效果，模擬的結果也顯示複數台數的冰機設計，其主要功用應是用來預防空調容量超大設計造成的能源浪費，而不應視為一種節能措施。本文的最後並根據研究的結果，提出了 $\alpha 1$ 的修正建議。

第一章 緒論

第一節 計畫背景與動機

在空調建築物中，空調系統的能耗約占整個建築物能耗的 60% 以上。而在空調系統中，冰水機組的能耗又是最大的。如圖 1-1 所示，空調冰水機組耗電量約佔 60% 左右，其他冰水泵浦系統佔 20%，空氣側設備佔 20%。毫無疑問的，冰水機組是 HVAC 系統中最耗電的機件。因此，有效地降低冰水機組的能耗是建築節能的一個重要部分。

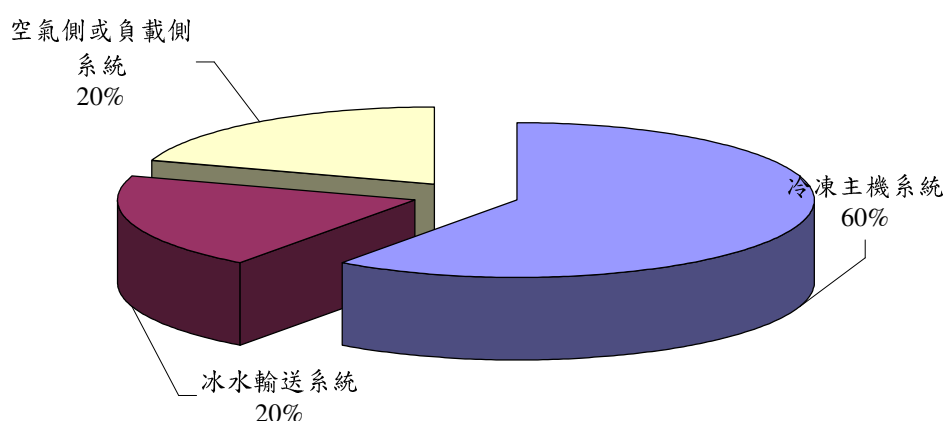


圖 1-1 空調系統耗電比重分布情形

(資料來源：本文整理)

由於空調系統設計階段，一般皆以嚴酷的設計日氣候條件下計算而得的尖峰空調負載，作為選取系統容量之依據。建築之空調系統設計者，在設計時常因新建建築物尚未正式使用，無法正確估算內部機具的發熱量，而為了防止空調容量設計不足，往往會增加額外

的安全裕度容量。因而增加冰水機組超量設計的可能性。同時春、秋季節（或稱中間季）由於氣候較設計日明顯緩和很多，且佔冰水機組全年運轉時數之絕大部分，再加上工程設計中免不了的安全裕度，若設計時冰水機組組合選擇不當，往後冰水機組將無法避免會長期在低部份負載率下運轉，導致耗電量增加。降低冰水機組的耗能涉及到：

- (1) 設備廠商提供高性能的機組；
- (2) 設計者合理的選用冰水機組；
- (3) 操作者良好的運行管理。

其中在設計環節，應合理的選擇冰水機組的台數是相當重要的。所以，在綠建築評估系統中有關空調系統效率的評估中，特別針對冰水機的制冷容量以及台數組合與控制做了相關的規定。簡述如下：

(一) 冰水機合理制冷容量檢討 HSC

$$HSC = AC_{sc} / AC_s \leq HSC_c \quad (1-1)$$

其中 AC_{sc} =單位制冷容量供應空調面積基準值， $m^2/USRT$ 。

AC_s =實際設計之單位制冷容量供應空調面積。

有關冰水機合理制冷容量比值、基準值的訂定，其用意在於防止冰水機超量設計。各類建築物的 HSC_c 值如表 1-1 所示。

(二) 空調系統節能效率 EAC 檢討

$$EAC = \left\{ PR_s \times \left[\frac{\sum (HC_i \times COP_{ci})}{\sum (HC_i \times COP_i)} \right] \times R_s + PR_f \times R_f + PR_p \times R_p \right\} \times R_m$$
$$\leq 0.8$$

(1-2)

其中 R_s 、 R_f 、 R_p 及 R_m 分別為熱源系統、送風系統、冰水系統及其他總系統之節效率。PRs、PRf、PRp 分別為熱源系統、送風系

表1-1 冰水機容量比基準值HSCc

	建築類別	HSCc
一般建築物	辦公建築、旅館	1.25
瞬間可能湧入大量人潮的建築物	醫院、百貨商場、展覽場	1.5
空調中斷將引起重大損失之特殊建築物	特殊病房	表 1-2
	IC 電子廠房、無塵室	
	電腦網路中控室、設備機房	
	防災中心、緊急救難中心、交通車站	
	特殊實驗室（全外氣空調）	

（資料來源：綠建築評估手冊）

表1-2 HSCc規範

總主機台數（包括備載）	1~2 台	3~5 台	6~8 台	8 台以上
HSCc	2.00	1.70	1.50	1.35

（資料來源：綠建築評估手冊）

統、冰水系統之設計功率比。與本計畫有關之節能措施為 R_s 中之冰水機台數控制 (α_1)，有關 α_1 細分為手動 ON-OFF 控制為 0.05，時程自動控制為 0.10，以及邏輯自動控制為 0.25。

從上面的論述，可以看出於綠建築日常節能指標評估中，有兩個特點：

(1) 表 1-2 顯示利用冰水機的台數作為規定安全裕度的參考。

(2) 將台數控制是為節能措施，並給予極高之優惠。

然而這兩個特點與設置複數台數之冰水機組的目的，是為了防止因工程中不確定因素造成的制冷容量過大設計，而導致冰水機效率不佳的目的不一致。另外並不是每種冰水機的性能，在全載時的效率一定比在部分負載時高。換句話說，對於某些機型還多的冰水機台數，不見得是會更節約耗電。像美國 ASHRAE STANDARD 90.1 就很單純地依照空調總噸數，規定並必要的冰水機台數，如表 1-3 所示。而香港的綠建築評估方法中，也未將設置複數台數的冰水系統視為節能措施。

所以本計劃的目的，即在於檢討現行評估指標中對 α_1 係數之合理數值修訂探討，以作為後續是否進一步修正之重要參考。

表1-3 主要運轉主機台數

空調系統總噸數等級	$\leq 300\text{RT}$	$>300\text{RT}$
主要運轉主機台數	至少 1 台	至少 2 台

(資料來源：綠建築評估手冊)

第二節 冰水機組的性能

冰水機組的性能包括全載性能和部分負載性能，在選擇冰水機時，兩者都是必要考慮的因素。冰水機組的部份負載性能以額定狀況輸入功率百分比和額定狀況制冷量百分比來表示，如圖 1-2 所示。正如圖中所示，冰水機組的部份負載性能大致有三種情況，一是在整個負荷段，機組全載性能都比部分負載性能好，如圖中曲線 a。二

是在某一負荷段，部份負載比全載性能好，而在其他負荷段全載性能都比部分負載性能好，如曲線 b。三是在整個負荷段，部分負載性能都比全載性能好，如曲線 c。

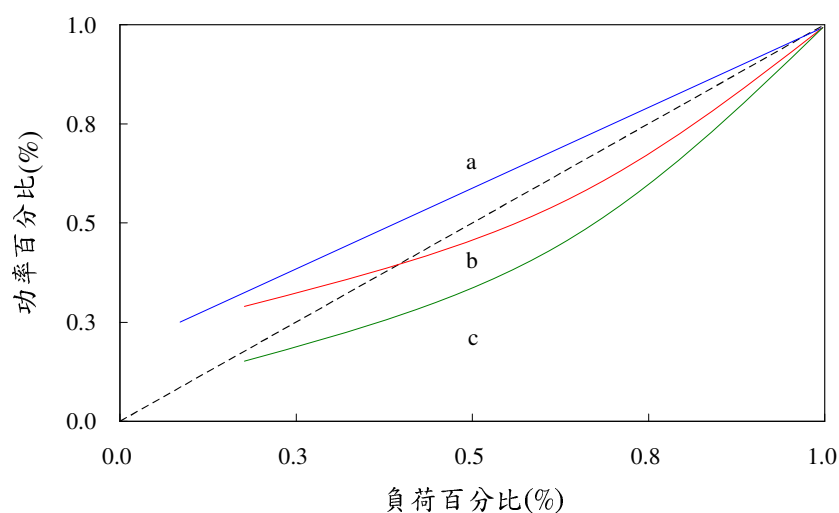


圖 1-2 典型冰水機組部份負載性能曲線

（資料來源：本文整理）

為了更明確地說明選用不同冰水機組及台數對冰水機全年耗能的影響。今以底下的例題說明。表 1-4 是某大樓的實測空調負荷時間頻數，全年空調總運轉時數是小時。機組制冷量為 240 噸。

表 1-4 某大樓空調負荷時間頻數

負荷率(%)	10%	20%	30%	40%	50%
時間頻數(%)	20.7%	22.5%	19.6%	15.8%	9.6%
運轉時數	698	760	662	532	324
負荷率(%)	60%	70%	80%	90%	100%
時間頻數(%)	6.1%	3.8%	1.5%	0.3%	0.1%
運轉時數	206	126	50	12	2

（資料來源：本文整理）

假設選用兩種冰水機進行評估。一種是螺桿式冰水機，其性能類似圖 1-2 中的曲線 a。另一種是離心式冰水機，其性能類似圖 1-2 中的曲線 c。為了簡化計算，同一類型的冰水機組具有相同的部份負荷性能，且所有冰水機組的全載時機組效率均為 0.6kw/RT。本例選用來評估的離心式與螺桿式機組部分負載性能參數，詳表 1-5。

本例共有三種不同台數配置方案。

方案一：單台機組運轉，機組制冷量 240RT。

方案二：兩台機組運轉，每台機組制冷量為 120RT 以上時，兩台同時運轉且平均分擔需求。當負荷需求在 120RT 以下時，只有一台運轉。

方案三：三台機組運轉，每台機組制冷量為 80RT。當負荷在 80RT 以下時，只有一台運轉，當負荷需求在 80RT~160RT 之間，只有兩台運轉且平均分擔需求。在 160RT 以上時，三台同時運轉且平均分擔需求。

表 1-5 各冰水機組部份負荷率

負荷率(%)		10%	20%	30%	40%	50%
往復式	輸入功率百分比(%)	15%	23%	30%	40%	50%
	輸入功率(kW)	21.6	33.1	43.2	57.6	72.0
螺桿式	輸入功率百分比(%)	13%	17%	22%	27%	34%
	輸入功率(kW)	18.7	24.5	31.7	38.9	49.0
負荷率(%)		60%	70%	80%	90%	100%
往復式	輸入功率百分比(%)	65%	73%	80%	90%	100%
	輸入功率(kW)	93.6	105.1	115.2	129.6	144.0
螺桿式	輸入功率百分比(%)	42%	51%	63%	88%	100%
	輸入功率(kW)	60.5	73.4	90.7	126.7	144.0

(資料來源：本文整理)

圖 1-3 說明了方案一與方案三各冰水機組的運轉情形與負載率。表 1-6 為各種配置方案下，各機組在不同負荷時段的運轉係數。利用簡易的負荷率法，可以算出冰水機組全年的耗能，其公式為：

$$P = \sum(N_i \times H_i) \quad (1-3)$$

表 1-6 不同方案下冰水機組在不同負荷時段運轉時數

空調負荷率(%)			10%	20%	30%	40%	50%
方案一	第一台	機組負荷率(%)	10%	20%	30%	40%	50%
		運轉時數	698	760	662	532	324
方案二	第一台	機組負荷率(%)	20%	40%	60%	80%	100%
		運轉時數	698	760	662	532	324
	第二台	機組負荷率(%)					
		運轉時數					
方案三	第一台	機組負荷率(%)	30%	60%	90%	60%	75%
		運轉時數	698	760	662	532	324
	第二台	機組負荷率(%)				60%	75%
		運轉時數				532	324
	第三台	機組負荷率(%)					
		運轉時數					
空調負荷率(%)			60%	70%	80%	90%	100%
方案一	第一台	機組負荷率(%)	60%	70%	80%	90%	100%
		運轉時數	206	126	50	12	2
方案二	第一台	機組負荷率(%)	60%	70%	80%	90%	100%
		運轉時數	206	126	50	12	2
	第二台	機組負荷率(%)	60%	70%	80%	90%	100%
		運轉時數	206	126	50	12	2
方案三	第一台	機組負荷率(%)	90%	70%	80%	90%	100%
		運轉時數	206	126	50	12	2
	第二台	機組負荷率(%)	90%	70%	80%	90%	100%
		運轉時數	206	126	50	12	2
	第三台	機組負荷率(%)		70%	80%	90%	100%
		運轉時數		126	50	12	2

(資料來源：本文整理)

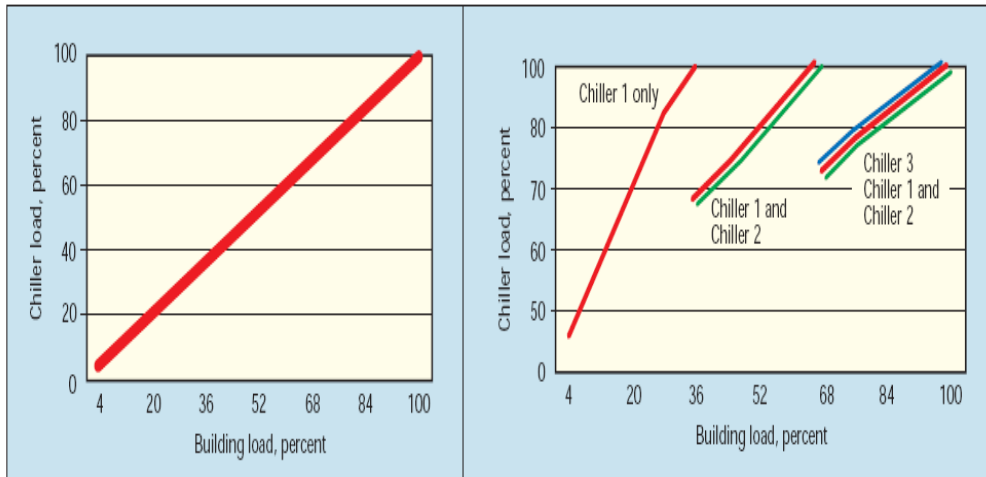


FIGURE 1a Single-chiller loading profile.

FIGURE 1b Three-chiller loading profile.

圖 1-3 方案一與方案三各冰水機組的運轉情形與負載率

(資料來源：本文整理)

式中： P 為冰水機組全年運行總耗能，kwh；

N_i 為冰水機組在某部份負荷時的功率，kw；

H_i 為冰水機組在某部份負荷時的運轉時數，h

三種配置方案下，運行季節總耗能詳見表 1-7。從計算結果可視察到如下的結論。

- (1) 對於部分負荷性能好的冰水機組(曲線 c 所示)，所選機組台數越少，其能耗越低(單台機組運行時能耗最低)。因此，對部分負荷性能好的機組，機組台數應盡可能的少些。這樣不僅節

表 1-7 不同方案下冰水機組全年耗能比較

方案	往復式		螺桿式	
	耗能(kWh)	百分比	耗能(kWh)	百分比
方案一	163021	100%	117305	100%
方案二	158603	97%	118918	101%
方案三	154096	95%	123579	105%

(資料來源：本文整理)

能，而且機房面積小，管理、維護方便，同時節省其購置費，因為機組的容量越大，其設備購置費越低。

- (2) 對於部分負荷性能不佳的冷水機組(曲線 a 所示)，所選機組台數越少，其能耗越大(單台機組運行時能耗最大)。因此，對部分負荷性能不佳的機組，機組台數可以多些。機組台數多，在部分負荷工作時可以採用台數調節，有利於發揮機組的全負荷性能。但台數多，機房占地面積大，設備購置費用也將增加。
- (3) 在同樣的工作條件下，部分負荷性能好的冷水機組的能耗大大低於部分負荷性能不佳的機組。因此應優先選擇部分負荷性能好的冷水機組。因為在整個運行季節。建築物的空調負荷總是變化的，機組絕大部分時間運行在部分負荷時段。
- (4) 各種類型冷水機組的部分負荷性能各不相同，因此設計時，應綜合考慮建築物的空調負荷分佈狀況和各種類型冷水機組的部分負荷性能，比較後決定選用何種類型的冷水機組。

第三節 研究內容與流程

研究方法及過程本計畫之主要工作項目包含 EQUEST (DOE 2.2) 電腦模擬及全尺度實驗印證兩大部分。研究方法採取理論分析與實驗印證並重並形。

(一) 在實驗部份：

- (1) 取得記錄建築空調用量時程資料。因建築於一日當中，每個時段之早晚溫度變化、使用人數及機具發熱量之不同，各時段所需之空調用量也隨之變動，因此需取得該建築完整一年之空調

使用情況之歷史資料。

- (2) 經由統計方式找出此建築之每月最大及最小之空調負荷量，作為檢驗冰機噸數是否有超量設計之情形發生。
- (3) 以全尺度的空調耗電量實測歷史紀錄，評估現行運轉策略的缺點，並進行評估其是否達到台數控制的節能改益。若無法達到，則進行各種改善策略的建議與節能效益評估。

(二) 在理論分析部份

以 eQuest (DOE 2.2) 電腦模擬不同組合下之建築物之全年耗電量，以統計方式分析各區間範圍噸數之空調主機使用頻率。藉此評估各種台數與噸數配置組合之空調冰機負載頻率與耗能比對，完成台數控制之修正係數印證與修正建議。

本計劃研究流程如圖 1-4，預期完成如下之具體工作成果：

- (1) 完成冰水主機台數控制策略之省能效益理論分析與電腦模擬。
- (2) 建立實際運轉中之案例進行不同主機台數控制策略之省能效果電腦模擬分析。
- (3) 完成實際運轉中之案例進行全尺度實驗量測印證。
- (4) 經由本案之執行，完成綠建築日常節能指標 EAC 之 α_1 公式係數之修正與定案。

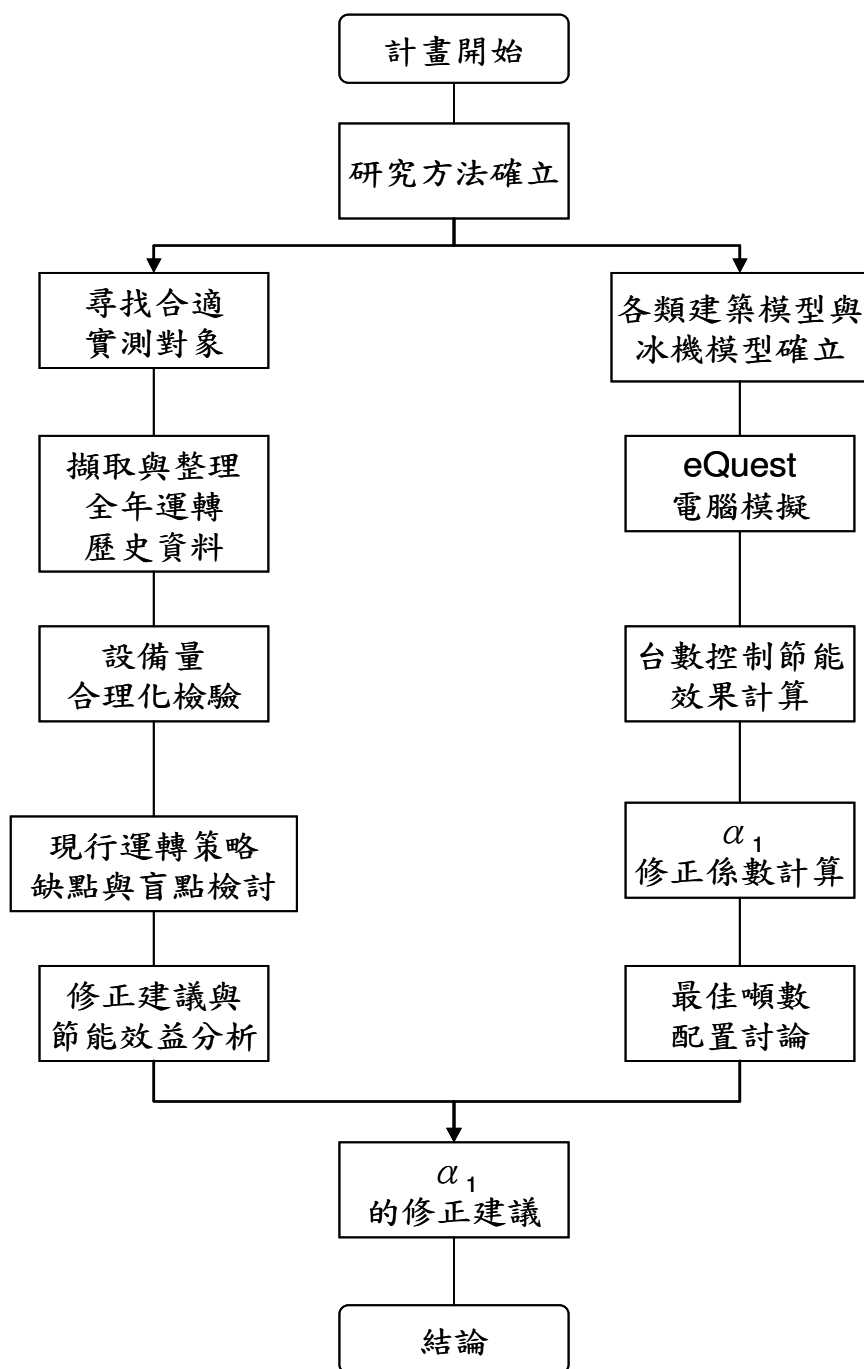


圖 1-4 研究流程示意

(資料來源：本文整理)

第二章 研究方法

第一節 建築能耗模擬

由於對建築設計強調了節能的要求，因此設計者更多的情況下需要依賴建築能耗模擬軟體來完成建築材料、建築體形、窗牆比和建築設備系統等方案的選擇。

建築能耗計算軟體有很多種，常見的有：美國能源部和美國勞倫斯伯克利國家實驗室共同研發的 DOE-2.1E 軟體，為當前公認功能最強大的計算軟體，能處理較為複雜的建築模型，以及產生詳細的建築能耗分析報告，它的缺點是輸入較為繁瑣，特別是建築資料的輸入，並且對專業知識要求較高，但以 DOE 為計算內核的 Power DOE、VDOE、EQUEST 等可視化模擬軟體，以其良好的用戶界面，經過簡化的輸入方式較好地解決了上述困難，不過在建築外型的描述上還略顯複雜；由伊利諾斯大學研發的 BLAST 是針對工業制冷供熱負荷計算及能耗模擬，有良好的操作界面，能夠分析熱舒適性，但同樣對專業知識有著較高要求；針對太陽能利用方案及建築熱性能研究的 Energy Plus 軟體，其輸入輸出文件較為簡單，並能夠利用電子表格對其進行進一步處理；能夠進行多區域氣流分析和太陽能利用方案分析的 TRNSYS 軟體；能對商用建築和住宅建築進行能耗模擬的 SPARK 軟體。

建築能耗模擬軟體大多是對整棟建築的能耗系統作全年運行工作情況的動態模擬，是根據已有建築或設計方案給出的建築資料建立相應的建築數學模型，這些資料包括：建築所在地的地理氣候環境、建築功能、建築朝向、建築面積、建築層數及層高、內外護欄結構材料、傳熱係數及面積、遮陽形式及遮陽係數、照明、人員、

燈光、設備等，然後在完成的建築模型的基礎上建構 HVAC 系統資料，內容包括：空調系統類型、新風指標、冬夏設計溫度、送風溫度和風機靜壓和效率等。然後再加入制冷供熱形式、機組的容量、COP、冷卻、冷凍水量、水泵壓頭、冷卻塔（如果為冷水機組）、其他耗能設備以及所有設備的使用時間表等相關參數後，進行全年運行工作情況的動態模擬分析，得到建築全年能耗，再根據所用能源的經濟指標和運行維修等費用，計算得出建築整體的全年運行費用。

本文計算是選用 eQust 軟體進行模擬，該軟體全年 8760 小時的建築逐時冷熱負荷並進行動態能耗模擬的。其優點是操作界面良好，建築資料輸入簡單。

第二節 建築負荷特性分析

負荷可分成外部負荷和內部負荷兩種。外部負荷主要是由建築物外界的氣候條件以及自身的結構所決定的。內部負荷則包括照明、人員與設備的發熱量，而這些內部發熱量與建築物功能緊密相關聯。對於各種不同用途的建築，如辦公大樓、學校教室、醫院、旅館、百貨公司或展演空間，建築物負荷會隨著建築物所處的外部環境和建築物自身結構功能的不同而有很大的差異，如果外部環境大致相同，那麼內部負荷的特徵就會決定總負荷的特徵。這些因素共同決定著總負荷的大小及變動規律，亦即在第一章第二節提到的負荷頻數。因為負荷頻數決定了冰水機組的運轉狀態，所以它關係到日常的運轉費用，而且還實際關係到冰水機組的全年平均效率。

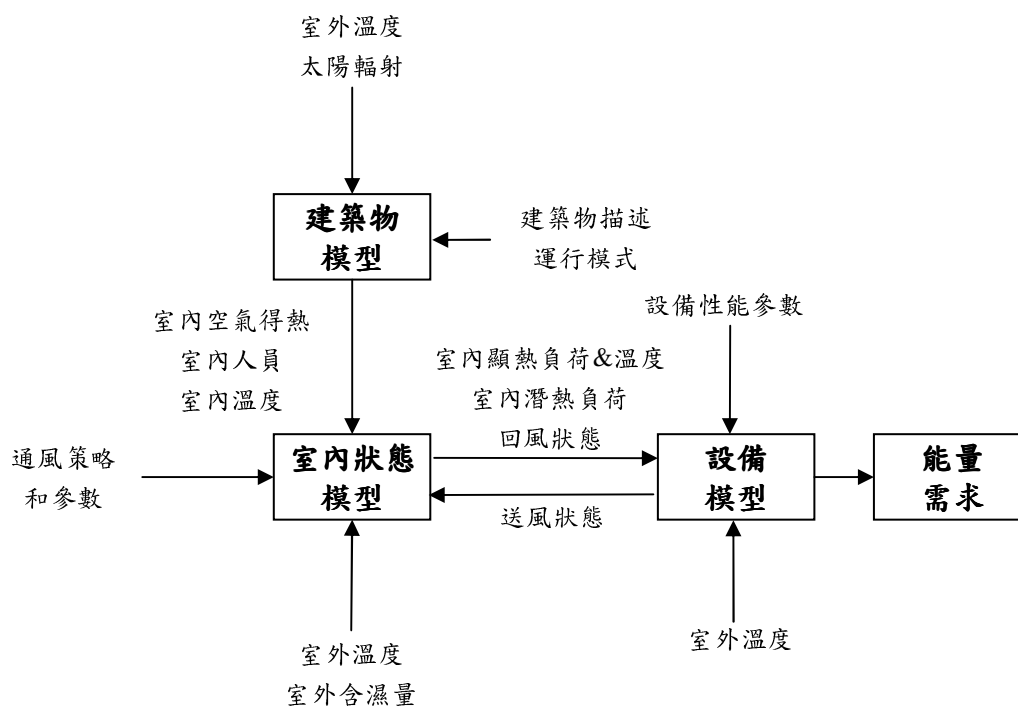


圖 2-1 建築物動態負荷相關因素分析

(資料來源：本文整理)

提到負荷頻數，就會令人直接想到 ASHRAE Bin Method，然而對於大型建築而言，尤其是大玻璃帷幕建築，並不能完全滿足 Bin Method 最重要的假設：以室外乾球溫度做為負荷計算的變數，同時假設建築物負荷與乾球溫度和室外太陽輻射成比例。因此研究計畫的計算，完全捨棄 Bin Method 的計算方式，而是借助 DOE-2.1E 軟體的強大動態負荷計算功能，綜合考慮了室內外參數的共同影響，如圖 2-1 所示。

在建築物模型以及室內狀態模型，本計劃考慮了不同外殼組合及不同規模的辦公類、學校類、醫院類以及住宿類建築。

第三節 冰水機組性能模型

由於所有建築物的耗能都是以各種空調設備所消耗的能量（電能或燃料）表示，因此空調設備才是最終的“能源用戶（ENERGY End user）”。在前面的討論中，全年的實際空調負荷大部分時間只有設計負荷的 40~80%。因此冰水機組全年部分運轉特性，是分析建築空調耗能不能忽視的特性。

雖然各個設備廠都有不同的技術優勢，而生產出不同性能的冰水機組，但從熱機學的觀點來看，每個廠家生產的設備性能特性基本上是相近的。

1982 年 Stoecker 研究表明的多項式迴歸模式，就是在這樣的基礎下發展出來的，並獲得了推廣。多數空調耗能模擬軟體，在處理圖 2-1 中的設備模型也都採用多項式迴歸模型。

對於冰水機組而言，一般採用三條性能曲線來表示滿負載和部分負載狀況下的動態特性。

EIR-FPLR：部分負載消耗功率百分率函數，它是在不考慮部分負載情況下，冷卻水的部份負荷工率百分率，如圖 2-2 所示。

CAP-FT：實際制冷量修正函數，如圖 2-3 所示。

EIR-FT：滿負載消耗功率修正函數，如圖 2-4 所示。

每條性能曲線都採用迴歸多項式的形式，標準的迴歸曲線為二次多項式：

$$EIR - FPLR = a_1 + b_1 \times PLR + c_1 \times PLR^2 \quad (2-1)$$

$$PLR = Q_{operating} / Q_{available}(t_{evap}, t_{cond}) \quad (2-2)$$

$$CAP - FT = a_2 + b_2 \times t_{evap} + c_2 \times t_{evap}^2 + d_2 \times t_{cond} + e_2 \times t_{evap}^2 + f_2 \times t_{evap} \times t_{cond} \quad (2-3)$$

$$EIR - FT = a_3 + b_3 \times t_{evap} + c_3 \times t_{evap}^2 + d_3 \times t_{cond} + e_3 \times t_{evap}^2 + f_3 \times t_{evap} \times t_{cond} \quad (2-4)$$

其中：PLR：實際工作情況（非額定工作情況）下的部份負荷率；

$Q_{operating}$ ：實際工作情況冷水機組的產冷量；

t_{evap} ：蒸發溫度（°F）；

t_{cond} ：冷卻水供水溫度（°F）。

當給定 ARI 標準工作情況下的設計制冷量，在某（ t_{cond} ， t_{evap} ）下實際運轉制冷量：

$$Q_{op}(t_{evap}, t_{cond}) = CAP - FT(t_{evap}, t_{cond}) \times Q_{rated} \quad (2-5)$$

其中：

Q_{rated} ：ARI 標準工作情況下的額定冷量（kW）；

Q_{op} ：非 ARI 標準工作情況下的實際功耗（kW）。

同樣，當給定 ARI 標準工作情況下的設計功耗，在某（ t_{cond} ， t_{evap} ）下實際運行工作情況下的耗功：

$$P_{op} = P_{rated} \times EIR - FPLR(PLR) \times EIR - FT(t_{evap}, t_{cond}) \times CAP - FT(t_{evap}, t_{cond}) \quad (2-6)$$

其中：

P_{rated} ：ARI 標準工作情況下的額定功耗（kW）；

P_{op} ：實際工作情況下冷水機組的功耗（kW）。

表 2-1 至 2-3 是各種離心式、螺旋式和往復式冰機的特性曲線彙整。

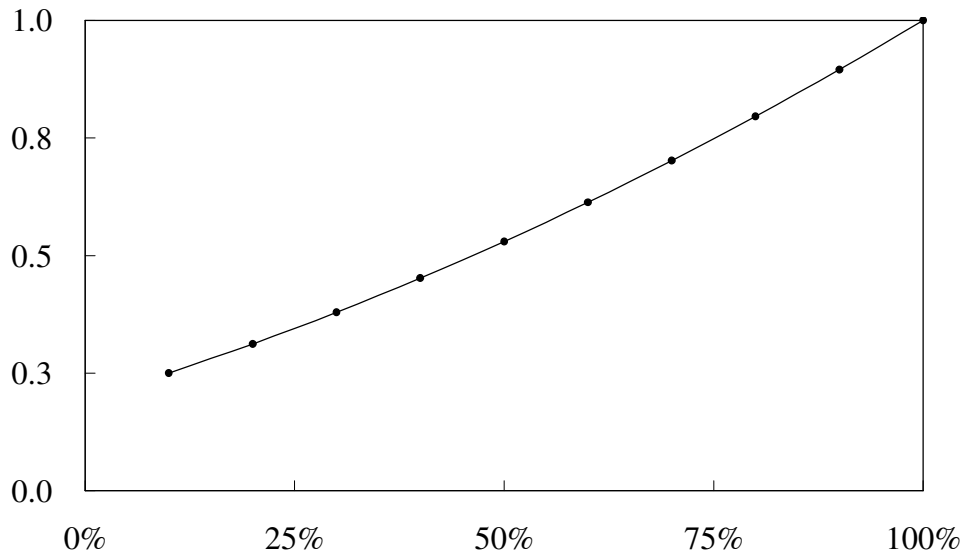


圖 2-2 EIR-FPLR 示意圖

(資料來源：本文整理)

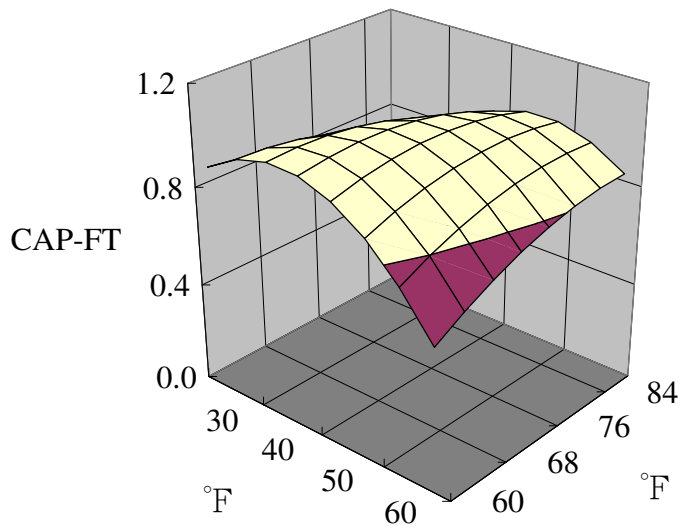


圖 2-3 CAP-FT 示意圖

(資料來源：本文整理)

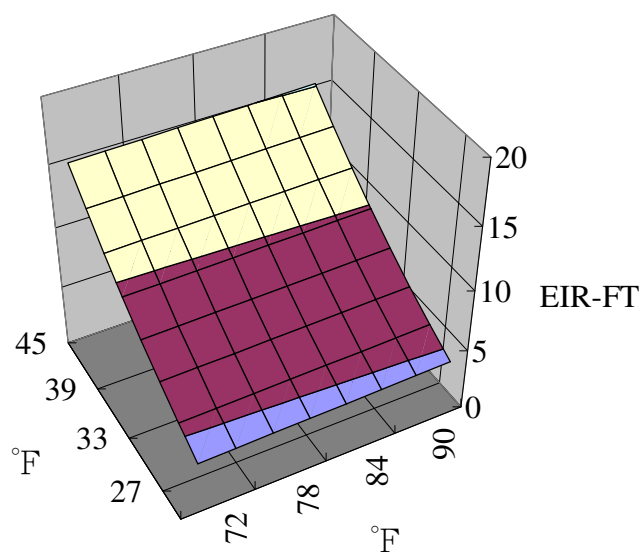


圖 2-4 EIR-FT 示意圖

(資料來源：本文整理)

表 2-1 離心式壓縮機性能特性

離心式		a	b	c	d	e	f
單壓縮 機定頻	CAP-FT	-0.4973732	-0.0095607	-0.0005956	0.0435210	-0.0005839	0.0009601
	EIR-FT	1.1536155	-0.0306790	0.0003059	0.0067087	0.0000528	-0.0000930
	EIR-FPLR	0.2796965	0.5737574	0.2569046	-0.0058072	0.0001465	-0.0035301
單壓縮 機變頻	CAP-FT	-0.3892454	-0.0219514	-0.0002734	0.0497478	-0.0005344	0.0006730
	EIR-FT	1.4286823	-0.0822775	0.0003024	0.0362219	-0.0002921	0.0004379
	EIR-FPLR	0.1470304	-0.0034967	1.0116131	-0.0035970	0.0002717	-0.0116447
雙壓縮機 變頻(A)	CAP-FT	0.5684466	-0.0030959	-0.0000623	0.0124792	-0.0002568	0.0003966
	EIR-FT	1.3801982	-0.0210839	0.0001130	-0.0057438	0.0000816	0.0000608
	EIR-FPLR	-0.0851330	0.4203212	0.6746151	0.0039854	0.0000508	-0.0063076
雙壓縮機 變頻(B)	CAP-FT	1.3710165	-0.0417822	-0.0002955	0.0154020	-0.0005160	0.0011921
	EIR-FT	1.3792729	-0.0304861	0.0001302	-0.0005904	0.0000546	0.0000979
	EIR-FPLR	-0.0877765	0.6323444	0.5231127	0.0028942	0.0000810	-0.0078662

(資料來源：eQuest 資料庫)

表 2-2 往復式壓縮機性能特性

往復式		a	b	c	d	e	f
單壓縮機	CAP-FT	0.6471770	0.0158876	0.0001031	-0.0041667	0.0000067	-0.0000642
	EIR-FT	0.5640644	-0.0114634	0.0001117	0.0080905	0.0000704	-0.0001264
	EIR-FPLR	-0.0142974	0.9536100	0.0180530	0.0015683	-0.0000061	-0.0002767
雙壓縮機	CAP-FT	0.6471770	0.0158876	0.0001031	-0.0041667	0.0000067	-0.0000642
	EIR-FT	0.5640644	-0.0114634	0.0001117	0.0080905	0.0000704	-0.0001264
	EIR-FPLR	0.0239177	0.8894692	0.0779305	-0.0002636	0.0000072	0.0001800

(資料來源：eQuest 資料庫)

表 2-3 螺桿式壓縮機性能特性

螺桿式		a	b	c	d	e	f
單壓縮機	CAP-FT	0.8982307	0.0004535	0.0002369	-0.0010475	-0.0000293	-0.0000204
	EIR-FT	0.6249362	-0.0009931	0.0001737	-0.0008645	0.0001963	-0.0003377
	EIR-FPLR	-0.1169921	1.2635450	-0.2194667	0.0029454	0.0000169	-0.0018592
雙壓縮機	CAP-FT	0.8982307	0.0004535	0.0002369	-0.0010475	-0.0000293	-0.0000204
	EIR-FT	0.6249362	-0.0009931	0.0001737	-0.0008645	0.0001963	-0.0003377
	EIR-FPLR	-0.2711148	1.4900955	-0.3319812	0.0097534	-0.0000589	-0.0045818

(資料來源：eQuest 資料庫)

根據上述公式可以較方便的計算在非額定工作情況下的滿負荷性能，例如計算額定冷量為 1760kW 的冷水機組在非額定工作情況（冷卻水進水溫度 $t_{\text{cond}}=27^{\circ}\text{C}$ ，冷凍水進水溫度 $t_{\text{cvap}}=8.9^{\circ}\text{C}$ ）時的滿負荷冷量和耗電，我們可以這樣進行：

$$PLR=1.0$$

$$EIR-FPLR(1.0)=0.193754+0.538366\times 1.0+0.267879\times 1.0^2=1.0$$

$$\begin{aligned} CAP-FT(8.9,27) &= -0.248588+0.029961\times 48-0.00080125\times 48^2+0.017 \\ &\quad 363\times 80-0.00032606\times 80^2+0.0006139\times 48\times 80 \\ &= 1.07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EIR-FT(8.9,27) &= -0.5224352+0.00400363\times 48+0.0069879\times 48^2 \\ &\quad +0.0000829\times 80+0.0000829\times 80^2+0.00015467\times 48 \\ &\quad \times 80=0.87 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{rated}}(8.9,27)=1.07\times 1760=1880\text{Kw}$$

$$P_{\text{ope}}=374\times 1.0\times 0.87\times 1.07=348.2\text{Kw}$$

即此時滿負荷冷量為：1880Kw，耗電 348.2 Kw，COP=5.41 或（效率 0.65Kw/ton）。面對於在非額定工作情況下的部分負荷性能，可以用公式（2-2）EIR-FPLR，還是接上面的例子，現要求出該冷水機組在 880Kw 冷量時的耗電量和效率。其他條件同前：

$$Q_{\text{avail}}=1880\text{Kw}$$

$$PLR=880/1880=46.7\%$$

$$EIR-FPLR=0.193754+0.538366\times 0.467+0.267893\times 0.467^2=50.4\%$$

$$P_{\text{ope}}=374\times 0.504\times 0.87\times 1.07=175.5\text{Kw}$$

這就是說一台 1880kW 的冷水機組在 880kW 出力時，耗電量為 175.5kW，此時的部份負荷效率為 COP=5.0（或 0.702Kw/ton），低於上面滿負荷效率。

第四節 eQuest 簡介

eQUEST 是 the QUick Energy Simulation Tool 的英文縮寫。它是一套專業的建築能源模擬軟體。它的計算引擎是基於 DOE-2 的高級版本 DOE-2.2。在美國能源部 (U.S. Department of Energy) 和電力研究院的資助下，由美國勞倫斯伯克利國家實驗室 (LBNL) 和 J.J. Hirsch 及其聯盟 (Associates) 共同開發。開發該軟體的主要目的就在於讓逐時能耗模擬能夠為更多的設計人員更方便的應用。eQuest 最初只為加州開發，卻得到了世界各地的回饋。有關 eQuest 的更進一步的介紹可以瀏覽網址：<http://doe2.com/equest/index.html>。它的主要功能與優點簡述如下：

1. 優勢：免費！能在極短的時間內，做出一份非常專業的建築能源分析報告。
2. 適用：建築設計的各個階段，包括概念設計階段，對任何設計團隊（建築師或者工程師而言）都適用。
3. 途徑：建模精靈 building creation wizard，能效策略精靈 energy efficiency measure (EEM) wizard，圖形化的類比報表系統，強大的計算核心 DOE-2。
4. 品質：近 20 年的開發和不斷的完善，DOE-2 成為目前世界上最為廣泛使用的能源類比程式。eQuest 則簡化了 DOE-2 建模的過程。
5. eQuest 的主要特點有：
 - (1) eQuest="DOE-2.2"+Wizards+Graphics；
 - (2) 8760 小時全年能耗模擬，並在 doe2 的基礎上作了大量的優化；

- (3) 特定的工作日類型：每一個季節(season)裏可設置 3 種工作日 (週一到週五, 周日, 節日或假日), 可最多設置 52 個 season ;
 - (4) 支持多種類型的氣象參數: TMY, TMY2, TRY, CTZ, CTMY, WYEC, WYEC2 ;
 - (5) 多種定義能源價格的方式: 分時定價, 按容量定價, 統一定價等 ;
 - (6) 導入 dwg 檔, 簡化建模的過程 ;
 - (7) 可以成為 HVAC 的設計工具。
6. eQuest (Doe-2) 能夠模擬的一些特殊的空調系統
- (1) 地源熱泵系統 ;
 - (2) 水側變流量系統 ;
 - (3) 雙風機雙風管變風量系統 (Dual-Fan Dual-Duct VAV systems) ;
 - (4) 自然通風: Sherman-Grimsrud 公式僅僅表達了傳熱, 不包含傳質 ;
 - (5) 自定義設備的性能曲線: 通過輸入資料點 ;
 - (6) 熱電聯產 ;
 - (7) 蓄能系統: TES model 可模擬水蓄能和冰蓄能 ;
 - (8) 光電轉換 (僅限高級用戶, 因為要修改 input 檔) ;
 - (9) 熱回收通風 (僅限高級用戶, 因為要修改 input 檔)。

第三章 辦公建築的台數控制節能效率

第一節 建築模型

本研究計畫在辦公建築物的建築模型分成大、中兩個規模等級。兩個等級的總樓地板面積分別是 45,000 m² 和 12,500 m²。同時為了有不同的外周區面積比，以造成不同外部負荷與內部負荷比值，本文利用 L9 的直交表，創造了九種建築模型，九種大型辦公建築物模型與九種中型辦公建築物模型的特性分別如表 3-1 及表 3-2 所示。當確定建築模型之後，便可利用 DOE-2 程式算出冷水機負荷頻數，表 3-3 及表 3-4 分別是大規模和中規模辦公建築物供冷需求與負荷頻數。

從表 3-3 及表 3-4 的制冷需求。大規模建築物的至冷需求都超過一千冷凍噸，而中規模建築物的制冷需求在 300~500 冷凍噸之間，所以本研究計畫將大規模辦公選用水冷式離心機，而中規模樓選用水冷式渦卷式或渦卷式冰水機。各種壓縮機的性能參數特性如表 2-1 至表 2-3 所示。同時為了突顯台數控制的效果，模擬時假設冷卻水塔的出水溫以及冰水機的出水溫度固定，在 ARI 的額定狀況：冷卻水溫度 85°F、冰水溫度 44°F。如果將這兩個溫度代入 EIR-FT 的公式，EIR-FT 的數值剛好等於 1.0。其他相關參數表列如下：

空調時間：週一至週五每日早上七點到下午六點空調運轉；週

末及假日則全日不運轉。

安全裕度：1.0、1.25、1.5

機組台數：1、2、3

離心式機組的型式：定頻式、單壓縮機變頻式、雙壓縮機變頻

式 (A)、雙壓縮機變頻式 (B)

渦卷式機組的型式：單壓縮機、雙壓縮機

螺桿式機組的型式：單壓縮機、雙壓縮機

表 3-1 九種大型辦公建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	122	24	0.2	30%	15	24%
2	106	21	0.2	45%	20	27%
3	95	19	0.2	60%	25	30%
4	47	47	1.0	30%	20	20%
5	42	42	1.0	45%	25	22%
6	55	55	1.0	60%	15	17%
7	19	95	5.0	30%	25	30%
8	24	122	5.0	45%	15	24%
9	21	106	5.0	60%	20	27%

(資料來源：本研究整理)

表 3-2 九種中型辦公建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	119	24	0.2	30%	4	24%
2	84	17	0.2	45%	8	34%
3	68	14	0.2	60%	12	41%
4	38	38	1.0	30%	8	25%
5	31	31	1.0	45%	12	30%
6	53	53	1.0	60%	4	18%
7	14	68	5.0	30%	12	41%
8	24	119	5.0	45%	4	24%
9	17	84	5.0	60%	8	34%

(資料來源：本研究整理)

表 3-3 大規模辦公建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	49	67	102	339	433	501	594	418	96	16	1298	1844030
2	41	65	85	318	481	560	554	396	93	22	1504	2136711
3	39	50	73	285	514	584	535	405	105	25	1706	2452244
4	49	61	102	254	408	476	598	506	144	17	1174	1734189
5	42	63	84	240	420	505	613	499	129	20	1311	1948997
6	40	63	81	200	400	494	611	551	153	22	1282	1944433
7	49	57	105	242	338	470	604	579	151	20	1242	1874496
8	41	63	82	198	338	463	581	646	181	22	1239	1917631
9	38	49	68	164	332	447	540	677	259	41	1361	2172838

(資料來源：本研究整理)

表 3-4 中規模辦公建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										建築物冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	49	69	98	319	430	492	579	433	129	17	324	495628
2	40	66	84	337	512	550	546	371	87	22	414	618250
3	37	52	71	299	563	581	516	380	92	24	500	752849
4	49	59	105	255	404	476	593	508	146	20	312	489313
5	40	61	86	233	417	524	594	508	126	26	364	574102
6	40	60	84	189	369	492	597	574	181	29	320	520907
7	48	57	98	255	334	479	570	589	161	24	342	546647
8	41	62	83	191	313	452	556	659	224	34	309	512389
9	39	48	71	198	396	539	615	641	184	30	386	631102

(資料來源：本研究整理)

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數作用

冷負荷時間頻數是一個反應空調系統全年負荷變化規律的參數。冷負荷率分成兩種，第一種稱為建築物負荷率，它的定義是全年逐時負荷相對於該建築物全年最大冷負荷的比值。計算該負荷率出現的時數佔全年的空調運轉時數的次數，即為建築物負荷時間頻數。如表 3-3 及表 3-4 所示之數值，即是建築物負荷分佈頻數。

另一種負荷率是冰水機組的負荷率。如前面所述，全年空調冷負荷是隨室外溫度以及內部使用情形的變化而變化的，加上因應工程上某些不確定因素必要的安全裕度，所以設計時會採用複數台數的冰水機組組合，而總制冷容量也會超過建築物的最大尖峰負荷。因此冰水機組的冷負荷分佈頻數實際上是不會和建築物冷負荷分佈頻數相同的。冰水機組的負荷定義為實際分擔的冷負荷與該冰水機滿載制冷容量的比值，計算各機組的負荷率在全年空調運轉時間內出現的次數，即為該冰水機組的冰水機組負荷分佈頻數。如果表 3-3 及表 3-4 所列之九種建築模型的空調系統僅選用一台冰水機組，且安全裕度取 1.0，則該單台機組承擔了所有的空調負荷，那麼機組的部份負荷時間頻數與建築物冷負荷時間頻數相同。

底下利用九種建築模型中的第一種建築物模型來說明安全裕度以及冰水機組對冰水機組的負荷分佈頻數的影響。圖 3-1 是大規模辦公建築物，而圖 3-2 是中規模辦公建築物，圖中除了負荷分佈頻數外，還繪出了冰水機組的部分負荷下機組的效率 (kw/ton)，其中圖 3-1 中的曲線是離心式冰水機。而圖 3-2 中的性能曲線是螺桿式冰水機。從圖 3-1 至圖 3-2 發現了幾個重點：

- (1) 辦公類建築的建築物負荷分佈頻度 (圖 3-1a、3-2a)，主要是

分布在 40~80%之間。對應圖中的冰機部分負載特性曲線，發現在這個區間內冰水機的部分負荷效率未明顯劣化。

- (2) 單台冰水機組時安全裕度的增大，會使得冰水機組的負荷分布頻數明顯地往低負荷率方向偏移，增加了冰水機在低效率下運轉的時間。尤其是安全裕度愈大時，偏移現象欲明顯。
- (3) 透過複數台數的冰水機組組合(圖 3-1b、3-1c 和 3-2b、3-2c)，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除，也解決了容量超大設計造成效率劣化的問題。

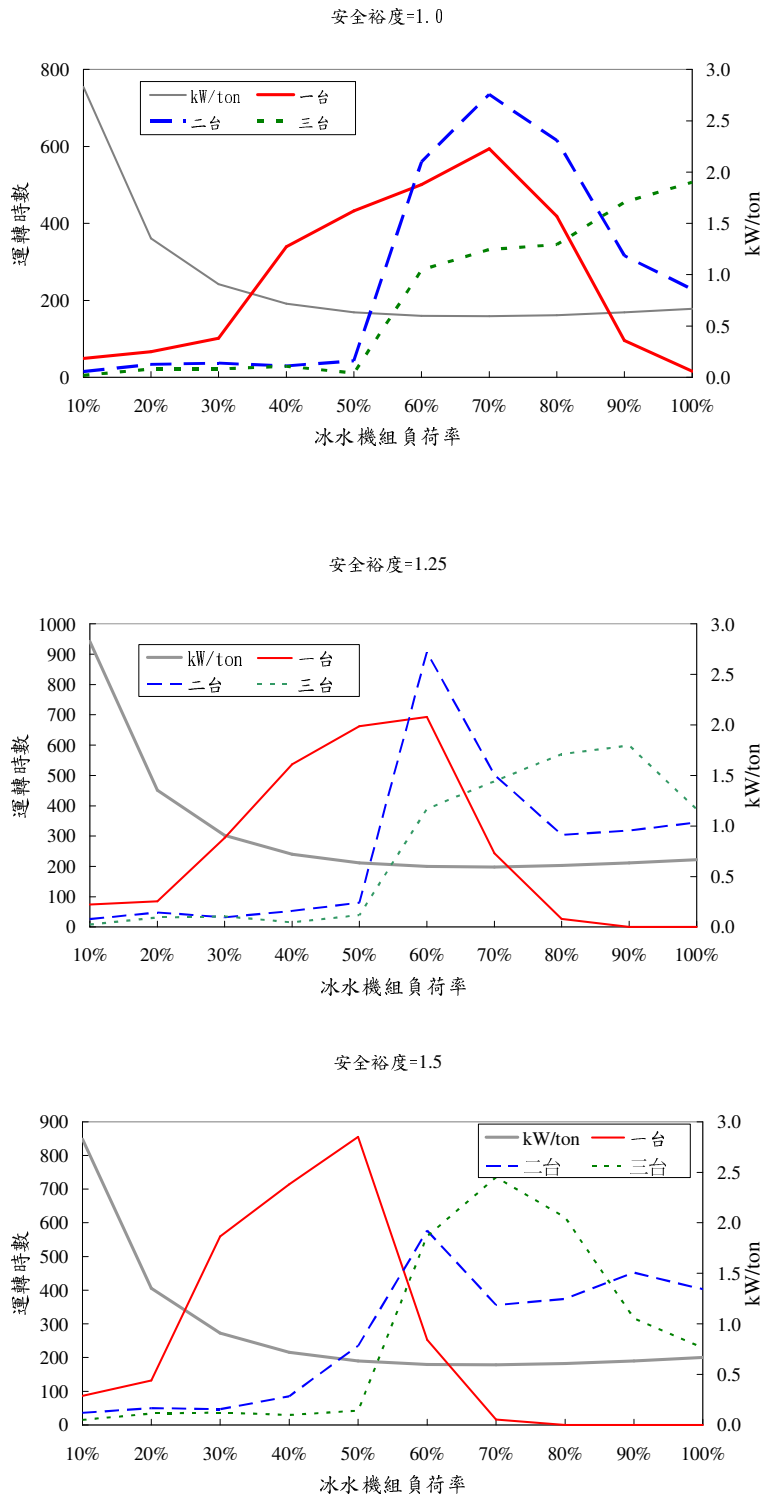


圖 3-1 大規模辦公建築安全裕度=1 時的冰水機組負荷率

(資料來源：本文整理)

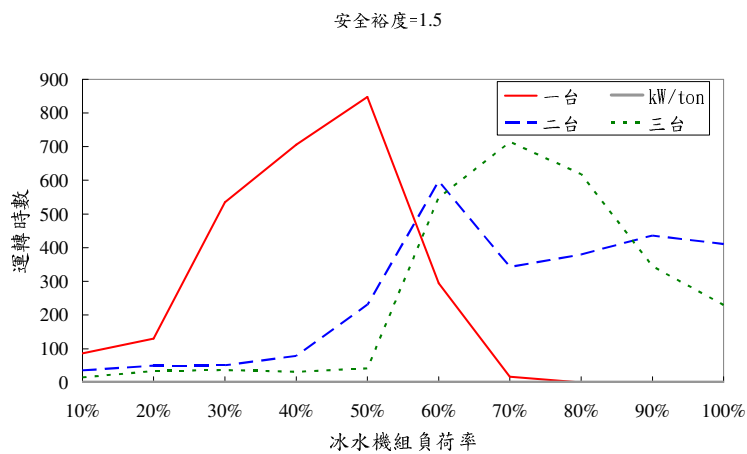
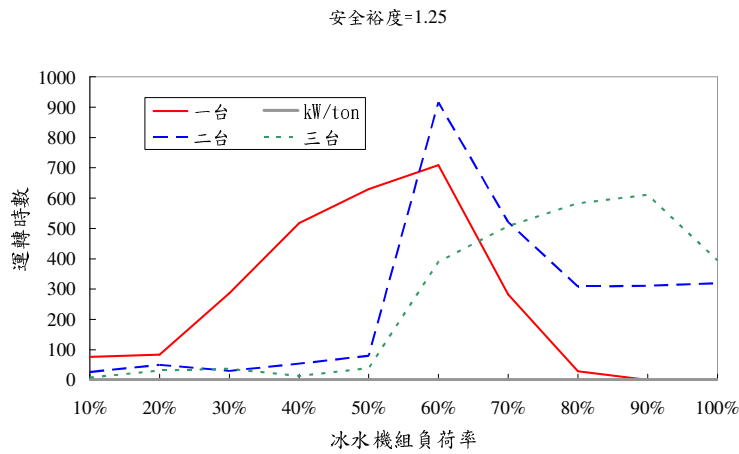
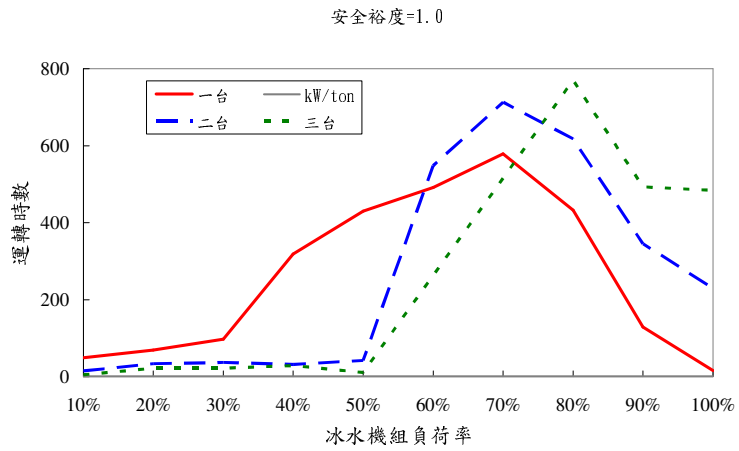


圖 3-2 中規模辦公建築安全裕度=1 時的冰水機組負荷率

(資料來源：本文整理)

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響

冰機複數台數設計的最終目的就是在降低冰機的全年空調用電，利用 eQuest 電腦程式以及台灣地區氣象年算得的九種建築模型以及不同冰機台數與機型組合下的冰機全年用電彙整於表 3-5 和 3-6。圖 3-3 及 3-4 是為了方便分析說明，以定頻離心式冰機和螺旋式冰機為例，顯示不同建築模型、安全裕度的冰機台數對全年空調用電的影響比較。從圖中可看出當冰機台數由一台變二台時，其省電效果明顯比從二台變三台時來得好，這意謂複數台數冰機的組合，當台數越來越多時，其節能效果並不與台數成正比。

另一種觀察台數控制節能效果的方法是檢驗冰機年平均效率與額定效率的比值，其中額定效率是指在 ARI 標準狀況下的冰機效率而年平均效率的定義為

$$\text{年平均效率} = \frac{\text{全年建築空調需求}(RT-H)}{\text{全年冰機用電}(KWH)} \quad (3-1)$$

當冰機不因負載率下降而效率劣化時，年平均效率與額定效率的比值會等於 1，若冰機部份負載效率不佳，該比值將遠大於 1；相反地，若該比值接近 1，表示冰機有很好的部分負載特性。

圖 3-5 和 3-6 顯示定頻離心機和螺旋冰機的計算結果，圖 3-5 和 3-6 顯示了 3 點重要訊息：

1. 當建築物類型與冰機機型固定，年平均效率與額定效率的比值幾乎是固定的。
2. 不同的冰機有不同的年平均效率與額定效率比值。
3. 當安全裕度愈高時，持用單台冰機時，效率比值也隨著上升；但使用複數台數時，該比值隨安全裕度的變化不大。

表 3-5 各種組合下的大規模辦公建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
定頻 離心機	1	1487008	0.74	1.10	1615541	0.81	1.19	1758830	0.88	1.30
	2	1404566	0.70	1.04	1431999	0.72	1.06	1426295	0.71	1.05
	3	1369227	0.68	1.01	1378750	0.69	1.02	1404592	0.70	1.04
變頻 離心機	1	1296281	0.65	0.96	1397748	0.70	1.03	1556283	0.78	1.15
	2	1233293	0.62	0.91	1251840	0.63	0.92	1275406	0.64	0.94
	3	1236832	0.62	0.91	1244080	0.62	0.92	1233184	0.62	0.91
雙壓縮機 變頻式(A)	1	1182864	0.59	0.87	1166483	0.58	0.86	1188414	0.59	0.88
	2	1195264	0.60	0.88	1189223	0.59	0.88	1215058	0.61	0.90
	3	1227662	0.61	0.91	1226133	0.61	0.91	1195246	0.60	0.88
雙壓縮機 變頻式(B)	1	1264242	0.63	0.93	1275674	0.64	0.94	1316941	0.66	0.97
	2	1258297	0.63	0.93	1258827	0.63	0.93	1275874	0.64	0.94
	3	1274713	0.64	0.94	1275376	0.64	0.94	1258266	0.63	0.93

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本研究整理)

表 3-6 各種組合下的中規模辦公建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
單壓縮機 渦卷式	1	377436	0.66	0.98	383323	0.67	0.99	389590	0.68	1.01
	2	373529	0.65	0.97	374741	0.66	0.97	374325	0.65	0.97
	3	371721	0.65	0.96	372148	0.65	0.96	373529	0.65	0.97
雙壓縮機 渦卷式	1	365061	0.64	0.94	365825	0.64	0.95	367883	0.64	0.95
	2	364537	0.64	0.94	364597	0.64	0.94	365331	0.64	0.95
	3	365155	0.64	0.94	365207	0.64	0.94	364537	0.64	0.94
單壓縮機 螺桿式	1	408349	0.71	1.06	424093	0.74	1.10	436598	0.76	1.13
	2	397806	0.70	1.03	401392	0.70	1.04	397666	0.70	1.03
	3	390078	0.68	1.01	391206	0.68	1.01	397806	0.70	1.03
雙壓縮機 螺桿式	1	423150	0.74	1.09	443726	0.78	1.15	459350	0.80	1.19
	2	409346	0.72	1.06	414083	0.72	1.07	408769	0.71	1.06
	3	398754	0.70	1.03	400230	0.70	1.04	409346	0.72	1.06

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本研究整理)

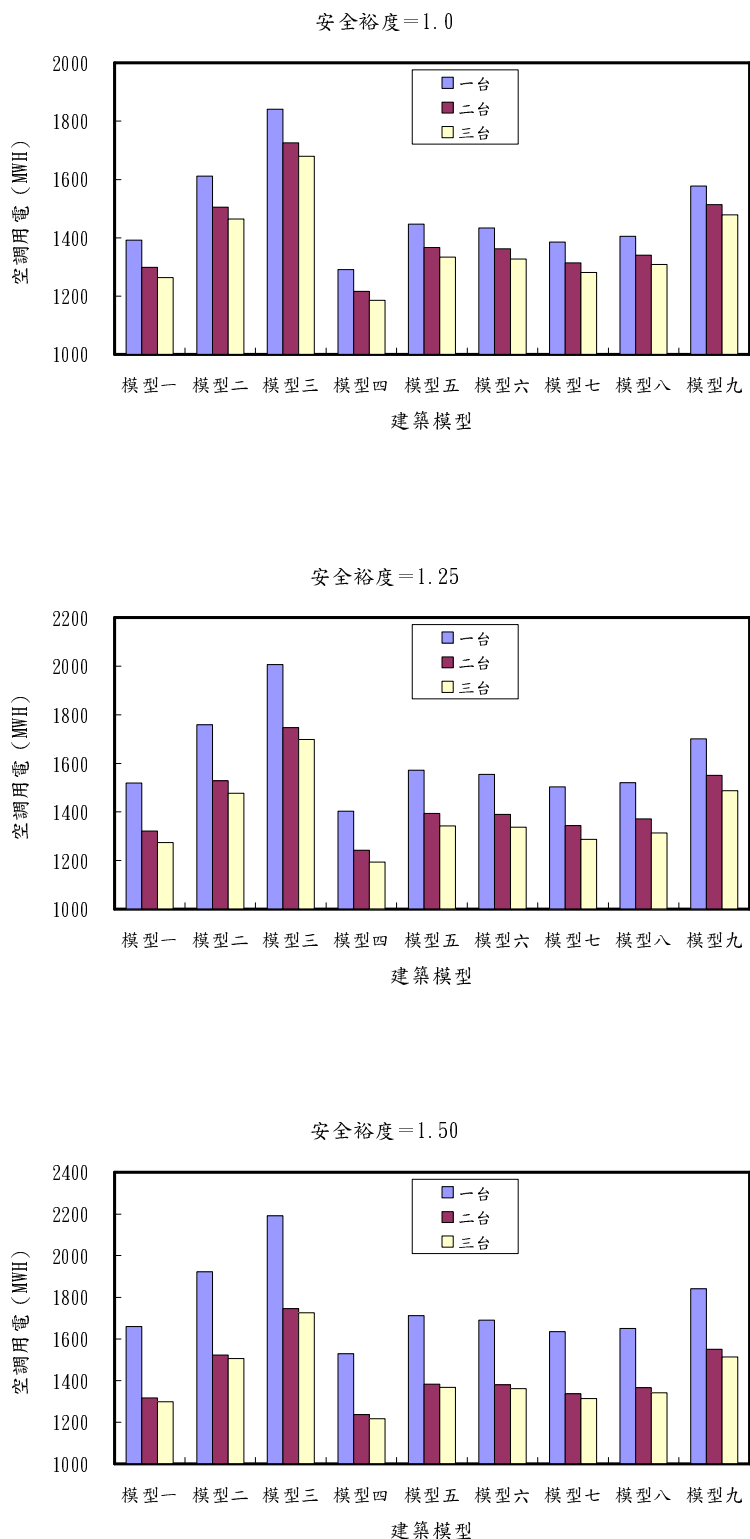


圖 3-3 大規模辦公建築不同安全裕度與台數的冰水機全年用電比較

(資料來源：本文整理)

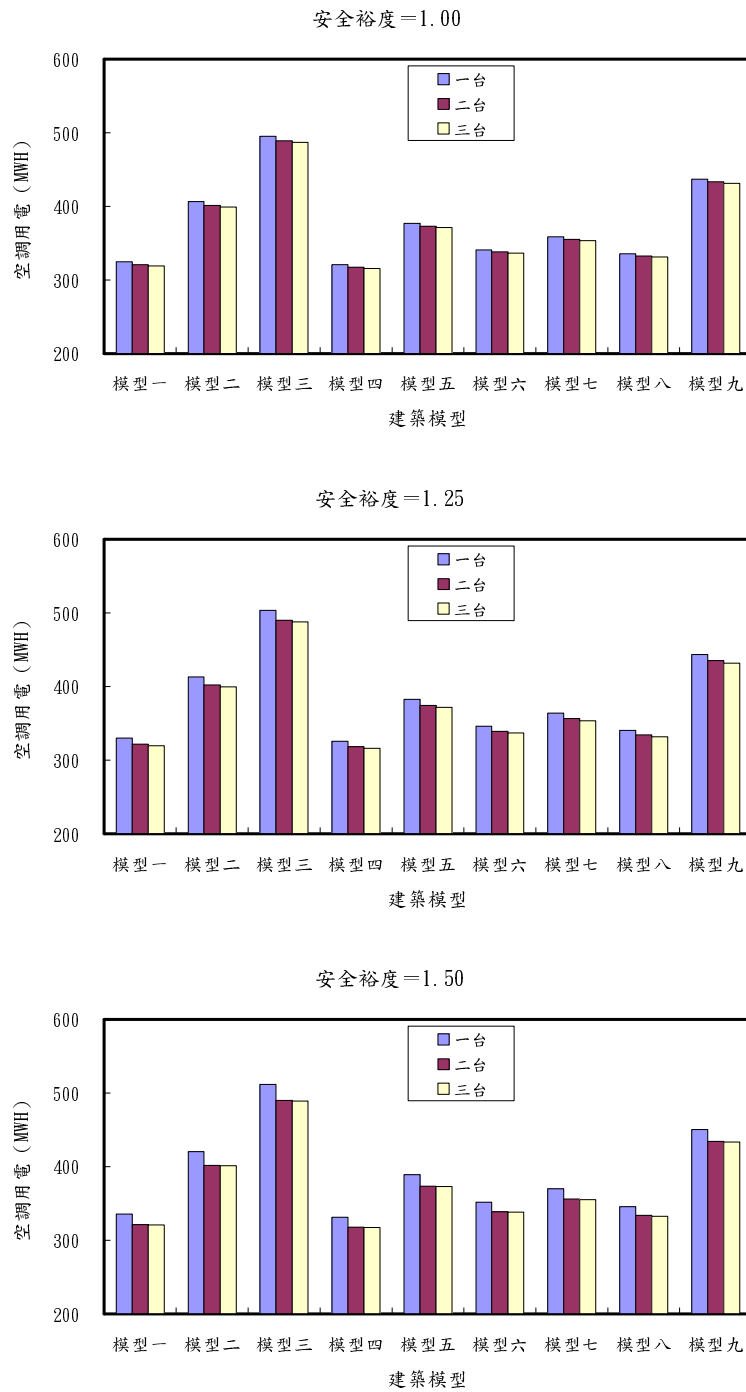


圖 3-4 中規模辦公建築不同安全裕度與台數的冰水機全年用電比較

(資料來源：本文整理)

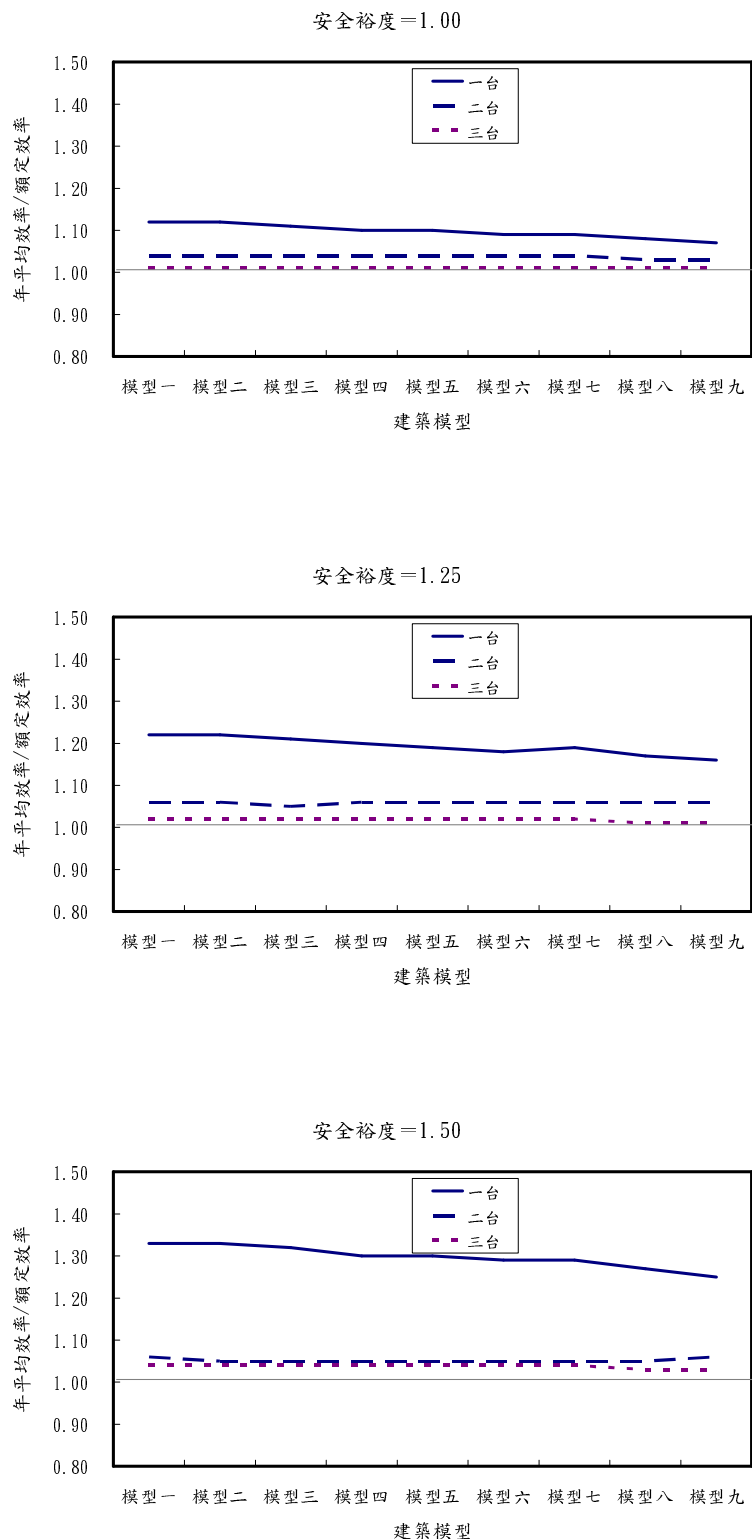


圖 3-5 大規模辦公建築安全裕度與台數時的冰水機效率比值比較

(資料來源：本文整理)

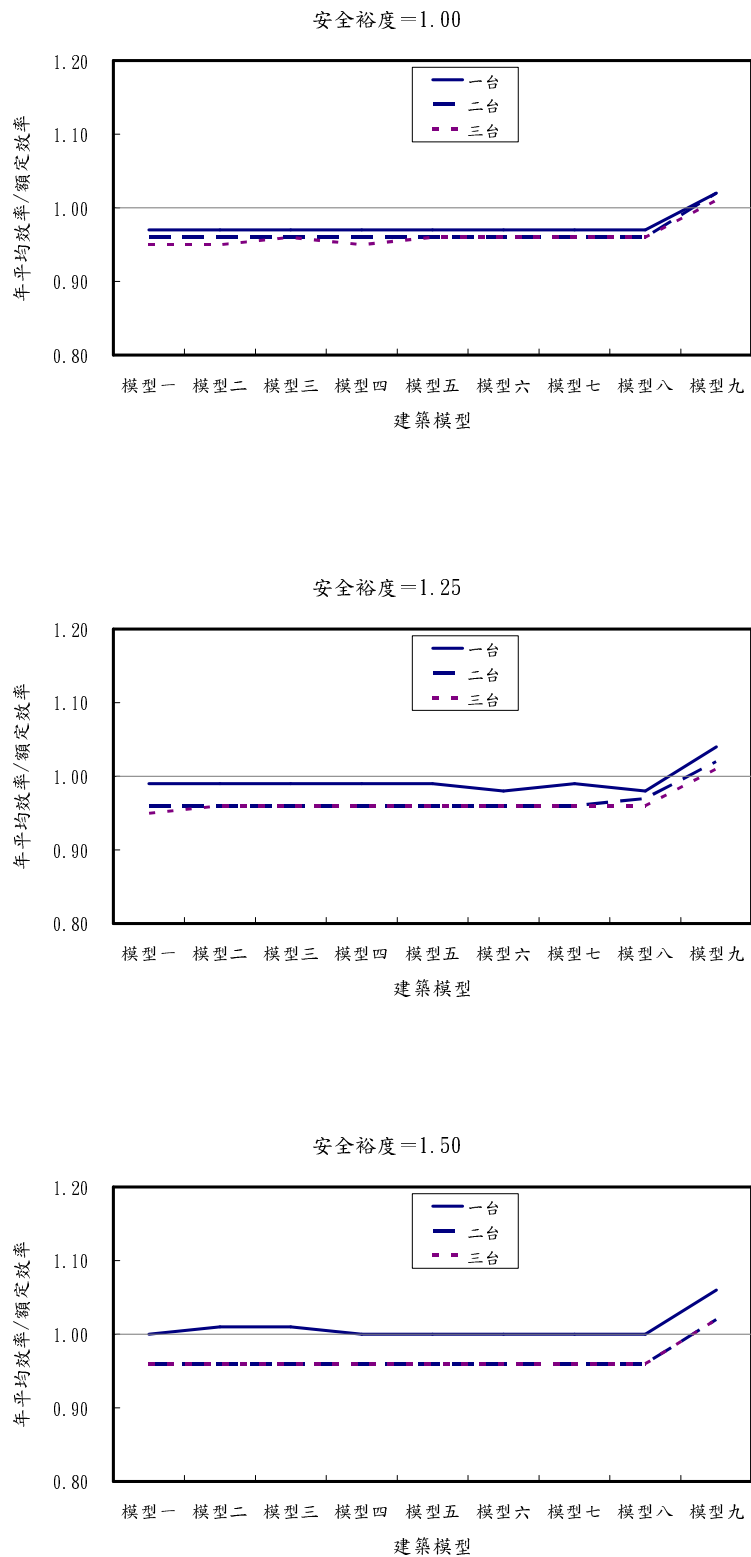


圖 3-6 中規模辦公建築安全裕度與台數時的冰水機效率比值比較

(資料來源：本文整理)

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認

根據評估手冊，冰水機組台數控制的節能修正係數 α_1 的定義為：

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= 1 - \frac{\text{複數台數冰機組的全年用電}}{\text{單台冰機的全年用電}} \\
 &= 1 - \frac{\text{複數台數冰機組的全年用電} / \text{全年供冷需求}}{\text{單台冰機的全年用電} / \text{全年供冷需求}} \\
 &= 1 - \frac{\text{全年供冷需求} / \text{單台冰機的全年用電}}{\text{全年供冷需求} / \text{複數台數冰機組的全年用電}} \quad (3-2) \\
 &= 1 - \frac{\text{單台數冰機的年平均效率}}{\text{複數台冰機組的年平均效率}}
 \end{aligned}$$

依據公式(3-2)各種冰水機機型與台數組合的全年耗電量及 α_1 修正係數的確認彙整於圖 3-7 至圖 3-14。在表 3-5、3-6 中，特別將每個案例 α_1 的計算基準值以淺藍色網底標示出來，以利了解。分析結果透露了一些重要訊息：

- (1) 台數控制的節能效果隨著安全裕度的增加而顯著，以定頻式離心機為例，當安全裕度為 1.0 時， α_1 的數值在兩台或三台時為 0.06 與 0.08。當安全裕度為 1.25 時， α_1 的數值增為 0.11 與 0.15。當安全裕度為 1.5 時， α_1 的數值增為 0.19 與 0.20。
- (2) 在辦公類建築中， α_1 的數值幾乎不隨著建築物的外殼設計與平面形狀而變。
- (3) 在辦公類建築中， α_1 的數值隨著冰水機型的不同而有不同的效果。部分負載效率較差的冰水機，其 α_1 的數值愈大(即台數控制的節能效率愈高)，以離心機為例，當冰水機組為

三台時，安全裕度為 1.25 時，定頻式的冰水機的 α_1 值為 0.15，變頻式的冰水機的 α_1 值為 0.11。雙壓縮機變頻冰水機（A）為 -0.05、雙壓縮機變頻冰水機（B）為 0.00。

從前面的結論，我們歸納出一個重要的訊息，台數控制的節能效果都發生在安全裕度高的情形，或是使用部分性能不佳的冰水機組。當設計不當或表面使用部分負載效率不佳的冰水機組，運用台數控制來降低耗電是必要的。但是不應當被視為節能效率好，而是應視為避免更浪費能源的措施（即應是強制措施，而非獎勵措施）。

經由前面的論述，得知 α_1 的原評估方式有檢討修正的空間，本研究計畫建議 α_1 的定義應修正為：

$$\alpha_1 = 1 - \frac{\text{基準冰水機組的全年效率}}{\text{實際冰水機組的全年效率}} \quad (3-3)$$

若將基準冰水機組設為定頻離心式冰水機組 2 台，則依公式 (3-3) 的定義重新計算 α_1 數值，結果彙整於表 3-7 至表 3-11，並且彙整於圖 3-15 至圖 3-22。分析結果顯示了一些重要的訊息：

- (1) 對於定頻式機組，除了使用單台冰水機組 α_1 值為負值外，該數值與兩台或三台的數值明顯不同。
- (2) 對於變頻式離心機若安全裕度為 1.0，其全年耗電值也比使用兩台定頻離心機的台數控制方式省電（ $\alpha_1=0.08$ ）。即便安全裕度變成 1.25 或 1.50，使用單台變頻式離心機組的全年耗電也未增加。但當改成兩台或三台變頻式離心機， α_1 值幾乎不受台數與安全裕度的影響，其值為 0.12。
- (3) 對於兩款的雙壓縮機變頻離心機 α_1 的數值與台數及安全裕

度無關，皆為定值， α_1 分別是 0.15 與 0.10。

其於前面的論點，本研究案對於辦公類建築 α_1 的修正係數，建議做如下的修改：

- (1) 當冰水機組的總制冷容量超過某依特定噸數，冰水機組應至少為兩台。(如 ASHRAE 90.1 的程度)
- (2) 使用定頻式冰水機 $\alpha_1=0$ ，使用變頻式冰水機，單壓縮 $\alpha_1=0.12$ 。(取所有變頻機 α_1 值的平均值)
- (3) 使用螺桿式或渦卷式冰水機 $\alpha_1=0$ ，即不用給予複數台數設計的節能優惠。

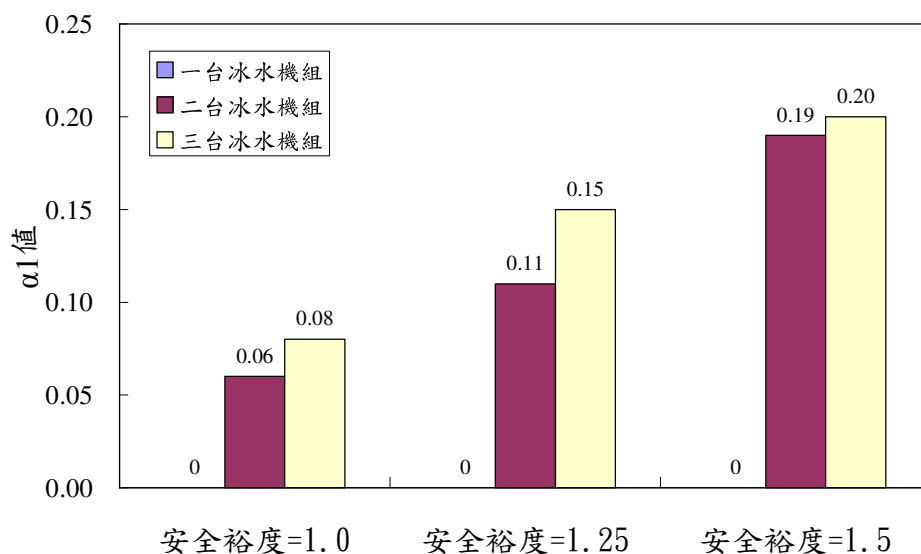


圖 3-7 辦公建築物定頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

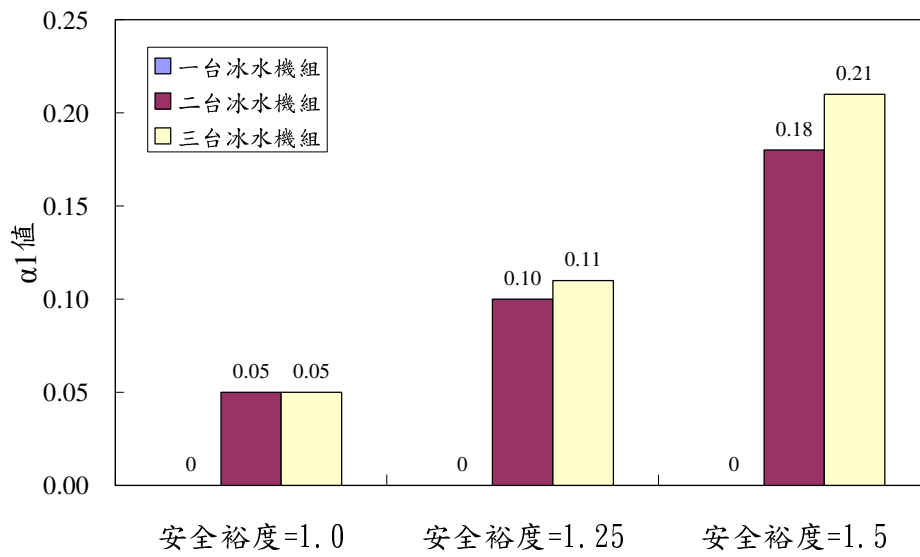


圖 3-8 辦公建築物變頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

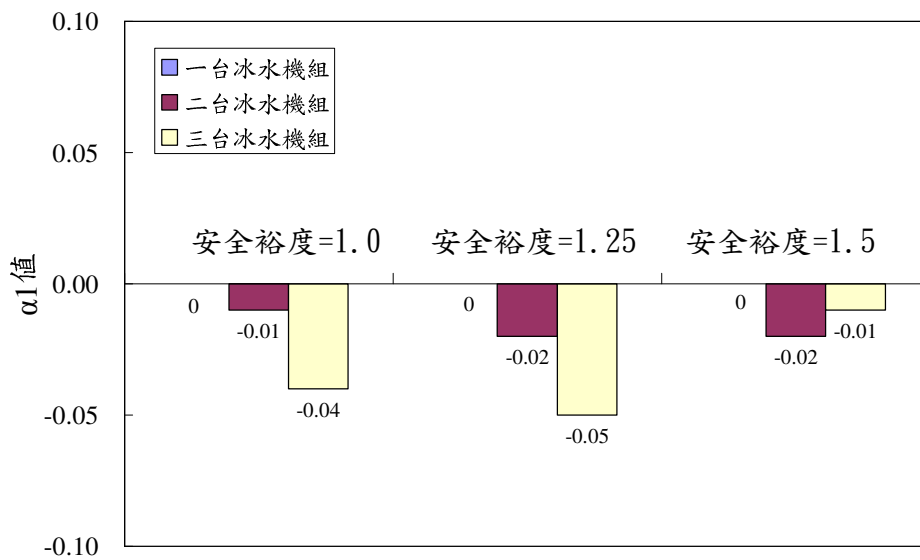


圖 3-9 辦公建築物雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

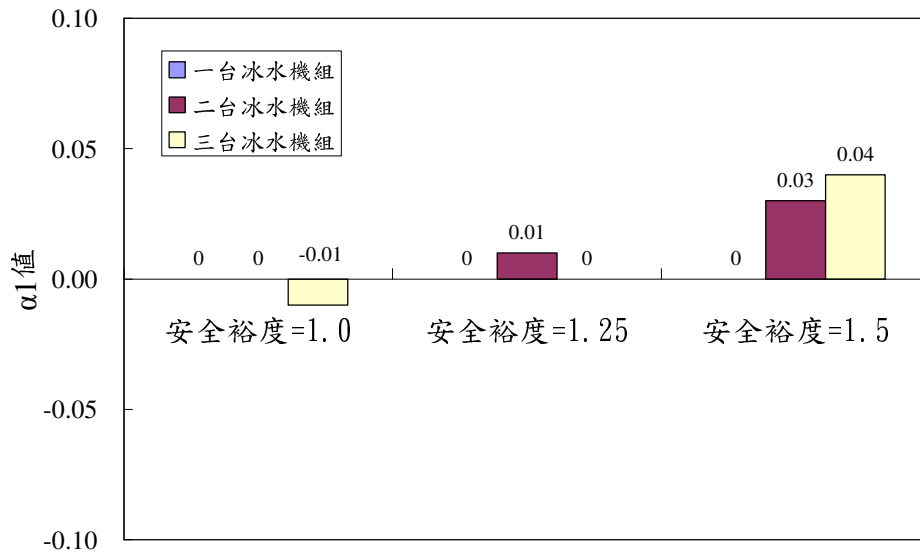


圖 3-10 辦公建築物雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

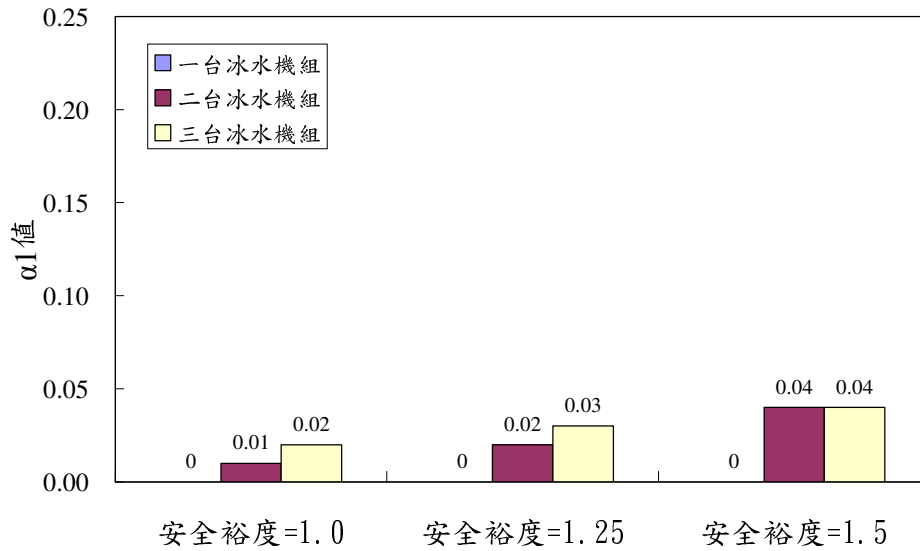


圖 3-11 辦公建築物渦卷式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

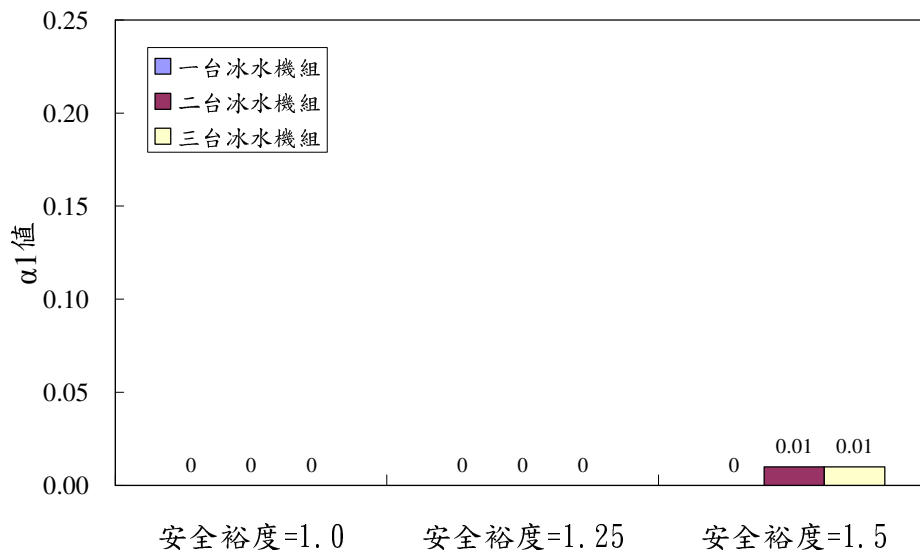


圖 3-12 辦公建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

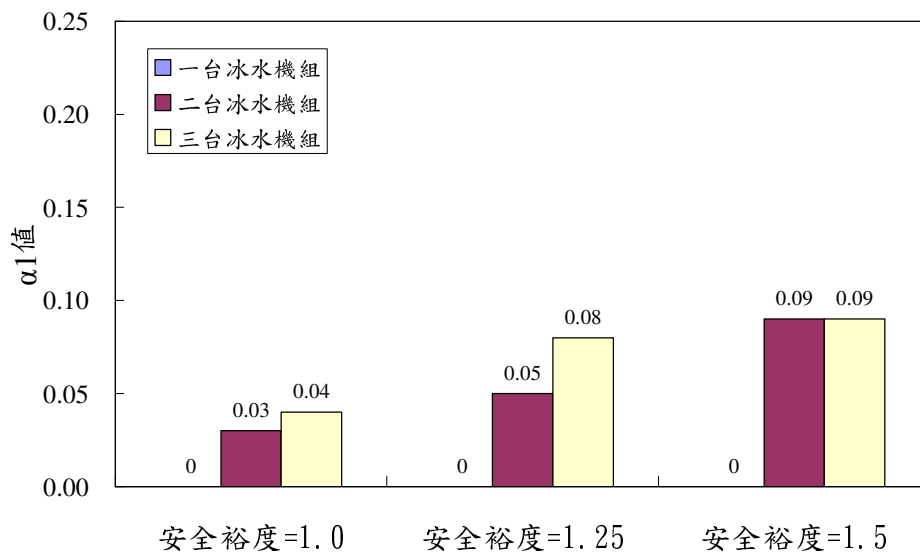


圖 3-13 辦公建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

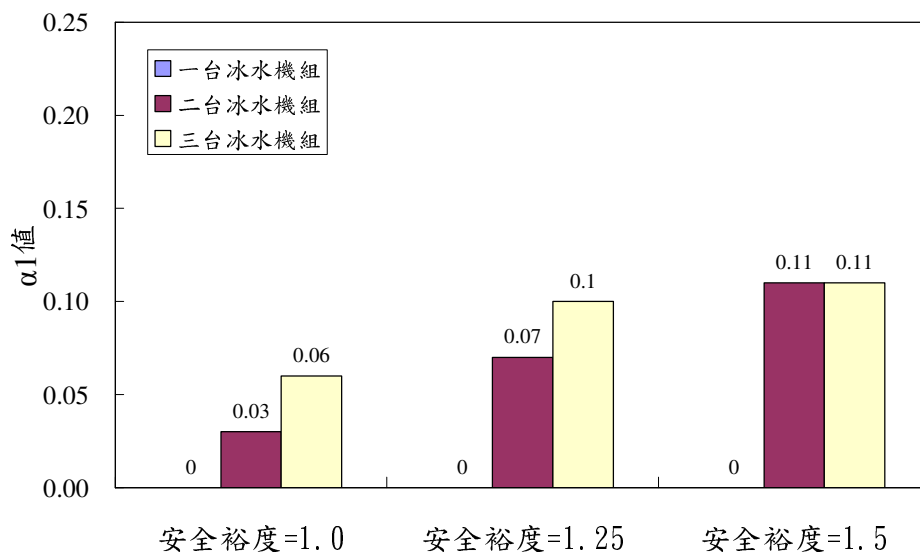


圖 3-14 辦公建築物螺桿式(雙台壓縮機)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

表 3-7 辦公建築物離心式之新 α_1 的確定計算

冰水機 模型	冰水機 組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
定頻	1	1487008	0.74	1.10	-0.06	1615541	0.81	1.19	-0.15	1758829.7	0.88	1.30	-0.15
	2	1404566	0.70	1.04	0.00	1431999	0.72	1.06	-0.02	1426294.7	0.71	1.05	-0.02
	3	1369227	0.68	1.01	0.03	1378750	0.69	1.02	0.02	1404591.6	0.70	1.04	0.02
單壓縮 機變頻	1	1296281	0.65	0.96	0.08	1397748	0.70	1.03	0.00	1556283	0.78	1.15	0.00
	2	1233293	0.62	0.91	0.12	1251840	0.63	0.92	0.11	1275406.4	0.64	0.94	0.11
	3	1236832	0.62	0.91	0.12	1244080	0.62	0.92	0.11	1233184.1	0.62	0.91	0.11
雙壓縮機 變頻(A)	1	1182864	0.59	0.87	0.16	1166483	0.58	0.86	0.17	1188413.7	0.59	0.88	0.17
	2	1195264	0.60	0.88	0.15	1189223	0.59	0.88	0.15	1215058	0.61	0.90	0.15
	3	1227662	0.61	0.91	0.13	1226133	0.61	0.91	0.13	1195246.1	0.60	0.88	0.13
雙壓縮機 變頻(B)	1	1264242	0.63	0.93	0.10	1275674	0.64	0.94	0.09	1316941.2	0.66	0.97	0.09
	2	1258297	0.63	0.93	0.10	1258827	0.63	0.93	0.10	1275873.8	0.64	0.94	0.10
	3	1274713	0.64	0.94	0.09	1275376	0.64	0.94	0.09	1258266.4	0.63	0.93	0.09

(資料來源：本文整理)

表 3-8 辦公建築物渦卷式之新 α_1 的確定計算

冰水機 模型	冰水機 組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
渦卷式 (單台壓縮機)	1	377436	0.66	0.98	-0.01	383322.7	0.67	0.99	-0.03	389589.79	0.68	1.01	-0.04
	2	373529	0.65	0.97	0.00	374740.8	0.66	0.97	0.00	374324.55	0.65	0.97	0.00
	3	371721	0.65	0.96	0.00	372148	0.65	0.96	0.00	373528.63	0.65	0.97	0.00
渦卷式 (雙台壓縮機)	1	365061	0.64	0.94	0.02	365825.1	0.64	0.95	0.02	367883.45	0.64	0.95	0.02
	2	364537	0.64	0.94	0.02	364597.4	0.64	0.94	0.02	365331.17	0.64	0.95	0.02
	3	365155	0.64	0.94	0.02	365207.2	0.64	0.94	0.02	364536.69	0.64	0.94	0.02

(資料來源：本文整理)

表 3-9 辦公建築物螺桿式之新 α_1 的確定計算

冰水機 模型	冰水機 組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
螺桿式 (單台壓縮機)	1	408349	0.71	1.06	-0.03	424092.8	0.74	1.10	-0.07	436597.71	0.76	1.13	-0.10
	2	397806	0.70	1.03	0.00	401391.8	0.70	1.04	-0.01	397665.54	0.70	1.03	0.00
	3	390078	0.68	1.01	0.02	391206.1	0.68	1.01	0.02	397805.53	0.70	1.03	0.00
螺桿式 (雙台壓縮機)	1	423150	0.74	1.09	-0.06	443726.1	0.78	1.15	-0.12	459349.61	0.80	1.19	-0.15
	2	409346	0.72	1.06	-0.03	414082.9	0.72	1.07	-0.04	408768.91	0.71	1.06	-0.03
	3	398754	0.70	1.03	0.00	400230.4	0.70	1.04	-0.01	409345.59	0.72	1.06	-0.03

(資料來源：本文整理)

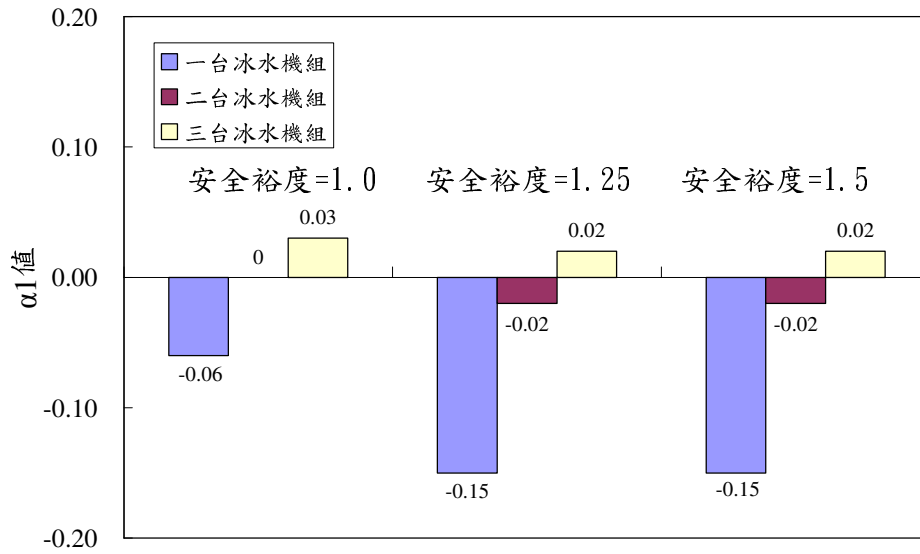


圖 3-15 辦公建築物定頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

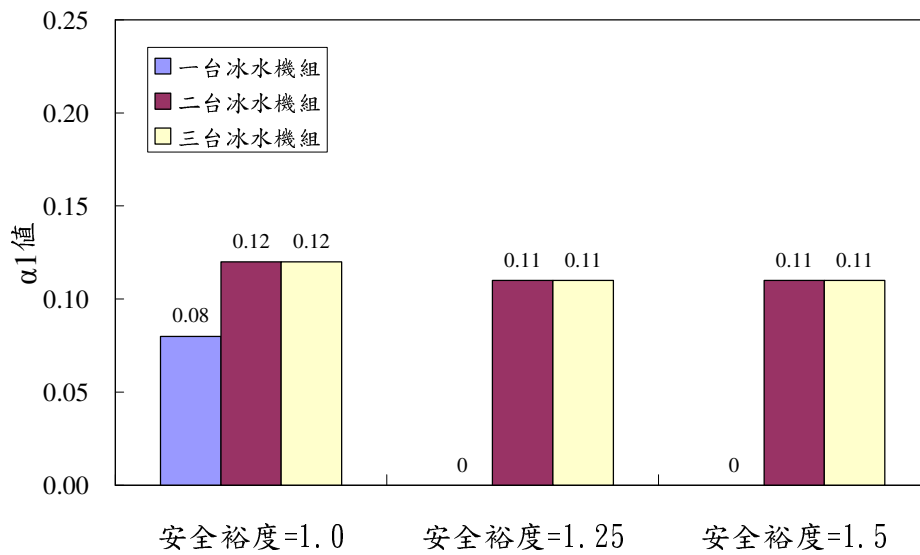


圖 3-16 辦公建築物變頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

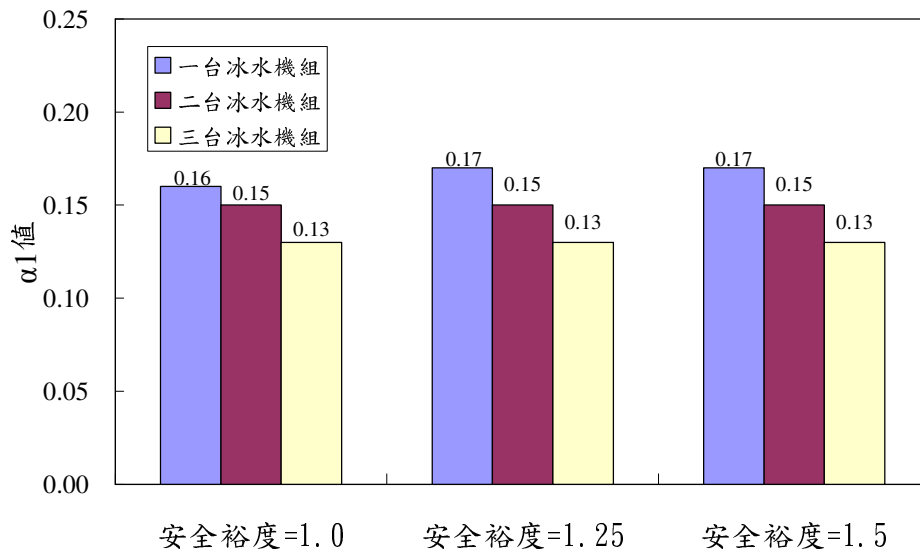


圖 3-17 辦公建築物雙壓縮機變頻式 (A) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

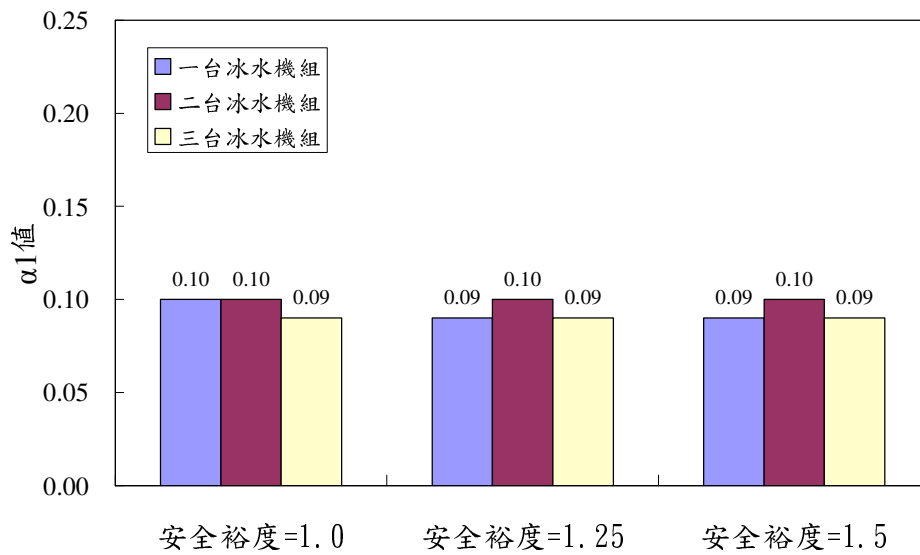


圖 3-18 辦公建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

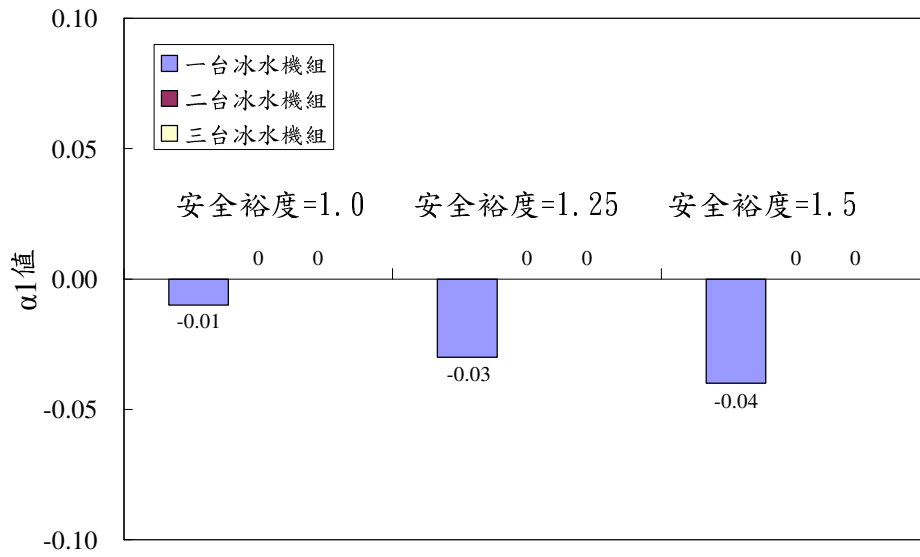


圖 3-19 辦公建築物渦卷式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

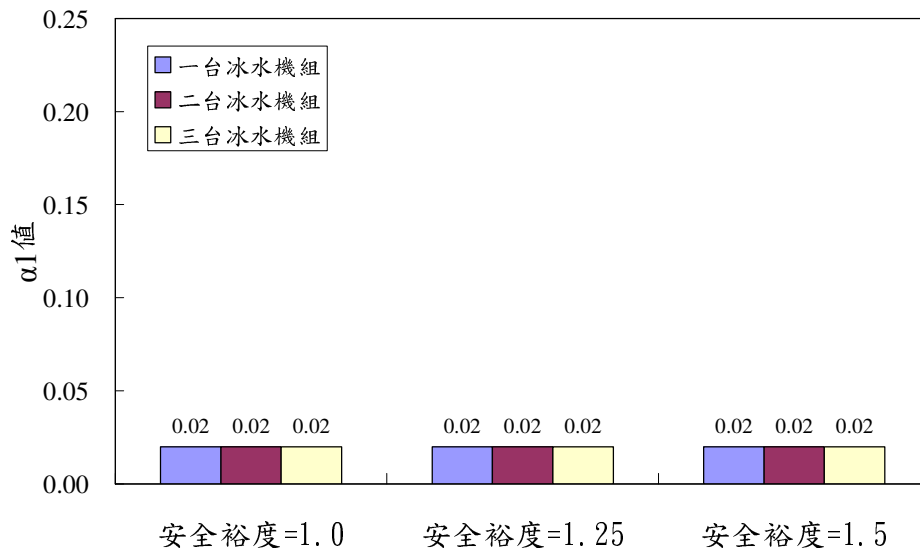


圖 3-20 辦公建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

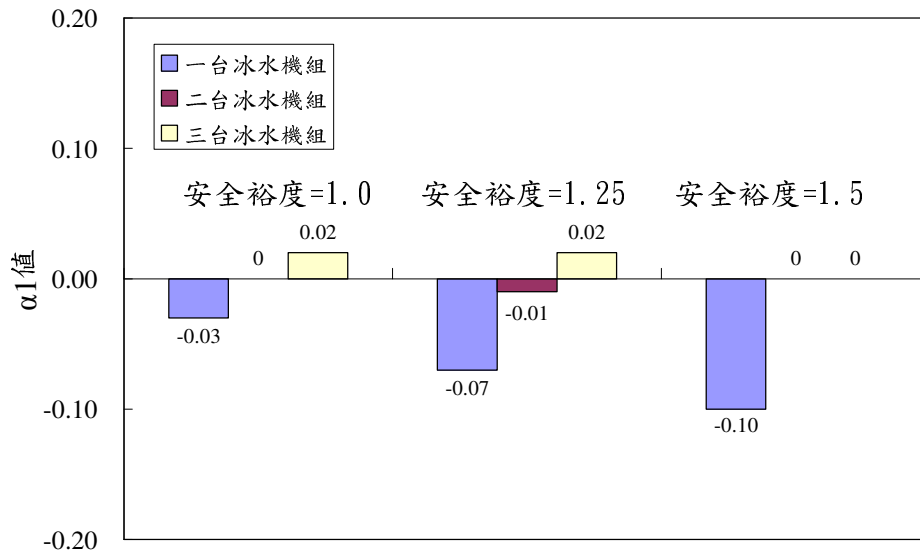


圖 3-21 辦公建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

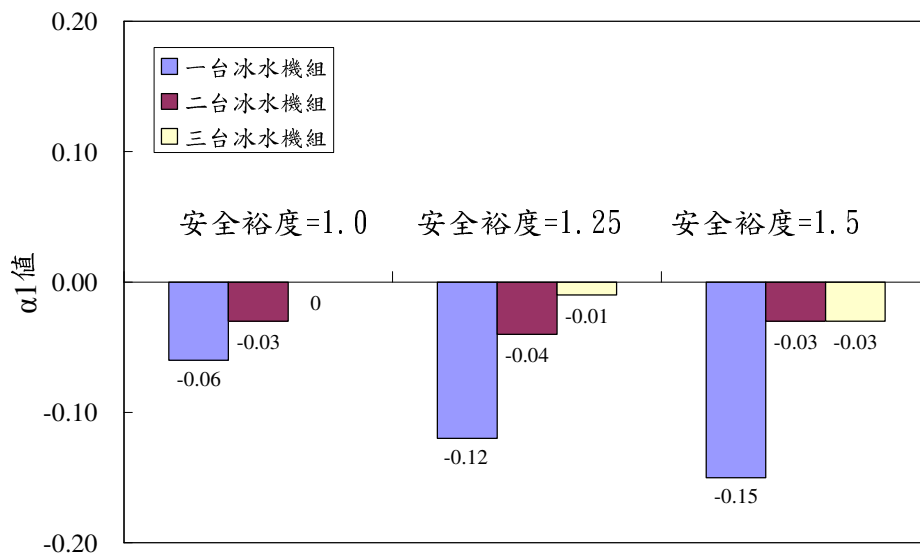


圖 3-22 辦公建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

第四章 醫院建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型

與辦公類建築相同，本研究計畫在醫院建築物的建築模型分成大、中兩個規模等級。兩個等級的總樓地板面積分別是 45,000 m² 和 12,500 m²。利用 L9 的直交表，創造了九種建築模型，九種大型與中型醫院建築物模型的特性分別如表 4-1 及表 4-2 所示。利用 eQuest 程式算出的醫院建築物供冷需求與負荷頻數彙整於表 4-3 及表 4-4。從表 4-3 及表 4-4 的制冷需求，大規模醫院選用水冷式離心機，而中規模樓選用水冷渦卷式或螺桿式冰水機。除了空調運轉時間不同，改為不分平日與例假日，每日 24 小時運轉。其他與冰機相關的參數皆與辦公類建築相同。

表 4-1 九種大型醫院建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	122	24	0.2	30%	15	24%
2	106	21	0.2	30%	20	27%
3	95	19	0.2	30%	25	30%
4	47	47	1.0	30%	20	20%
5	42	42	1.0	30%	25	22%
6	55	55	1.0	30%	15	17%
7	19	95	5.0	30%	25	30%
8	24	122	5.0	30%	15	24%
9	21	106	5.0	30%	20	27%

(資料來源：本文整理)

表 4-2 九種中型醫院建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區 面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	119	24	0.2	30%	4	24%
2	84	17	0.2	30%	8	34%
3	68	14	0.2	30%	12	41%
4	38	38	1.0	30%	8	25%
5	31	31	1.0	30%	12	30%
6	53	53	1.0	30%	4	18%
7	14	68	5.0	30%	12	41%
8	24	119	5.0	30%	4	24%
9	17	84	5.0	30%	8	34%

(資料來源：本文整理)

表 4-3 大規模醫院建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	129	184	306	811	1883	1987	2141	909	308	102	935	4456370
2	121	192	306	839	1935	2052	2078	839	296	102	968	4583054
3	116	197	306	866	1962	2119	2015	791	282	106	996	4694715
4	136	177	309	761	1760	1925	2191	1085	324	92	872	4202990
5	136	177	306	774	1793	1941	2204	1022	315	92	892	4287200
6	133	180	305	778	1832	1966	2185	979	307	95	912	4367513
7	137	206	398	827	1853	2016	2085	873	288	77	910	4278313
8	137	196	401	848	1903	2046	2044	832	275	78	937	4379211
9	137	185	388	887	1945	2117	1953	799	271	78	961	4468337

(資料來源：本文整理)

表 4-4 中規模醫院建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										建築物冷負荷	
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	尖峰 (ton)	全年 (ton-hrs)
1	159	234	430	1009	1610	1795	1952	970	503	98	196	928700
2	146	247	430	1098	1718	1814	1822	873	489	123	208	974678
3	177	220	579	1224	1754	1969	1398	785	501	153	218	993981
4	161	232	442	971	1577	1763	1990	1058	488	78	195	925404
5	159	234	433	1025	1634	1785	1947	987	469	87	201	950297
6	174	219	452	908	1529	1708	2056	1152	493	69	187	893481
7	184	300	537	1240	1603	1869	1569	889	502	67	211	959395
8	177	225	552	970	1506	1738	1986	1086	467	53	192	904362
9	177	229	554	1065	1594	1786	1838	987	469	61	202	942008

(資料來源：本文整理)

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用

圖 4-1 是大規模醫院建築物，而圖 4-2 是中規模醫院建築物的冰水機組負荷率分佈。從圖 4-1 至圖 4-2 發現了幾個重點：

- (1) 醫院類建築的建築物負荷分布頻度，主要是分布在 40~80% 之間。在這個區間內冰水機的部分負荷效率並未明顯劣化。
- (2) 單台冰水機組時安全裕度的增大，會使得冰水機組的負荷分布頻數明顯地往低負荷率方向偏移，增加了冰水機在低效率下運轉的時間。
- (3) 透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除，也解決了容量超大設計造成效率劣化的問題。

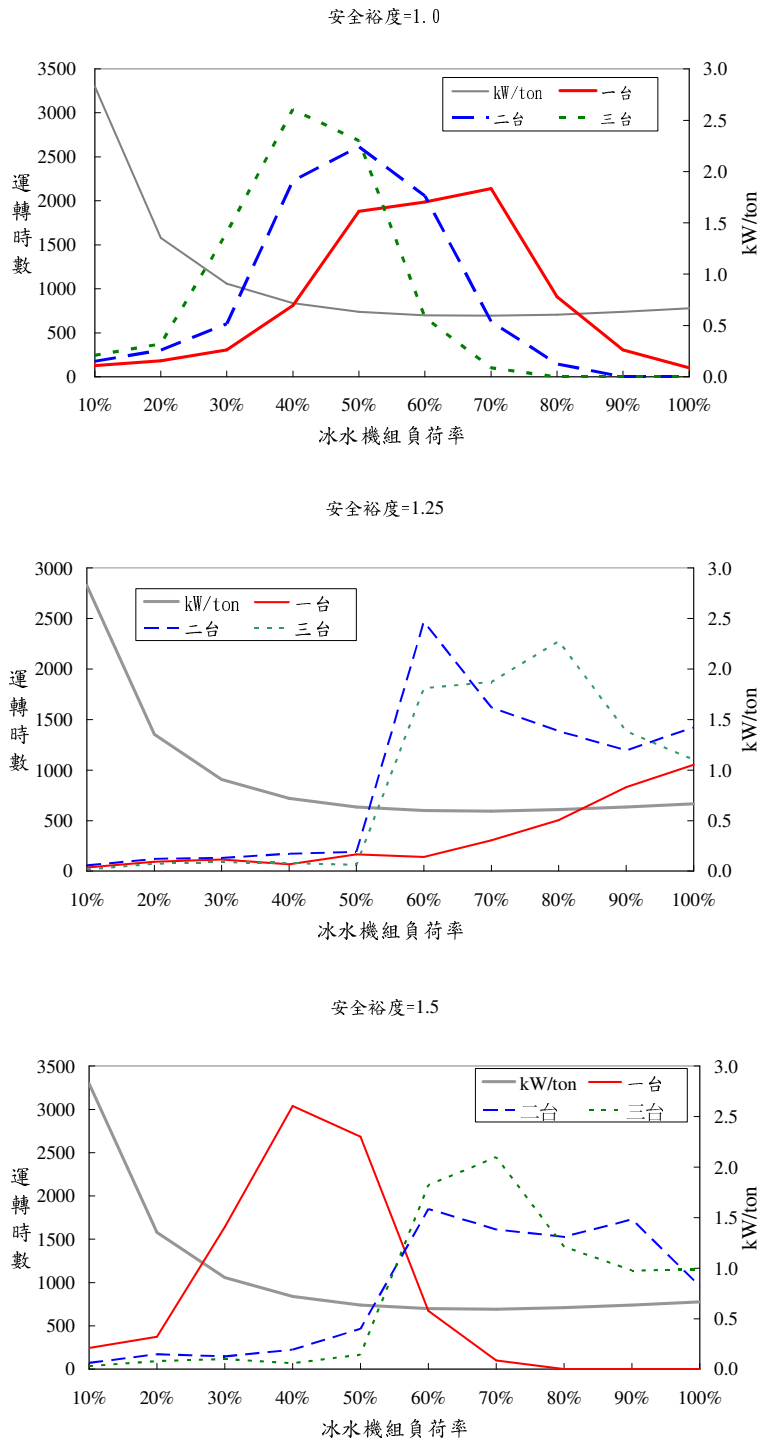


圖 4-1 大規模醫院建築的冰水機組負荷率分佈

(資料來源：本文整理)

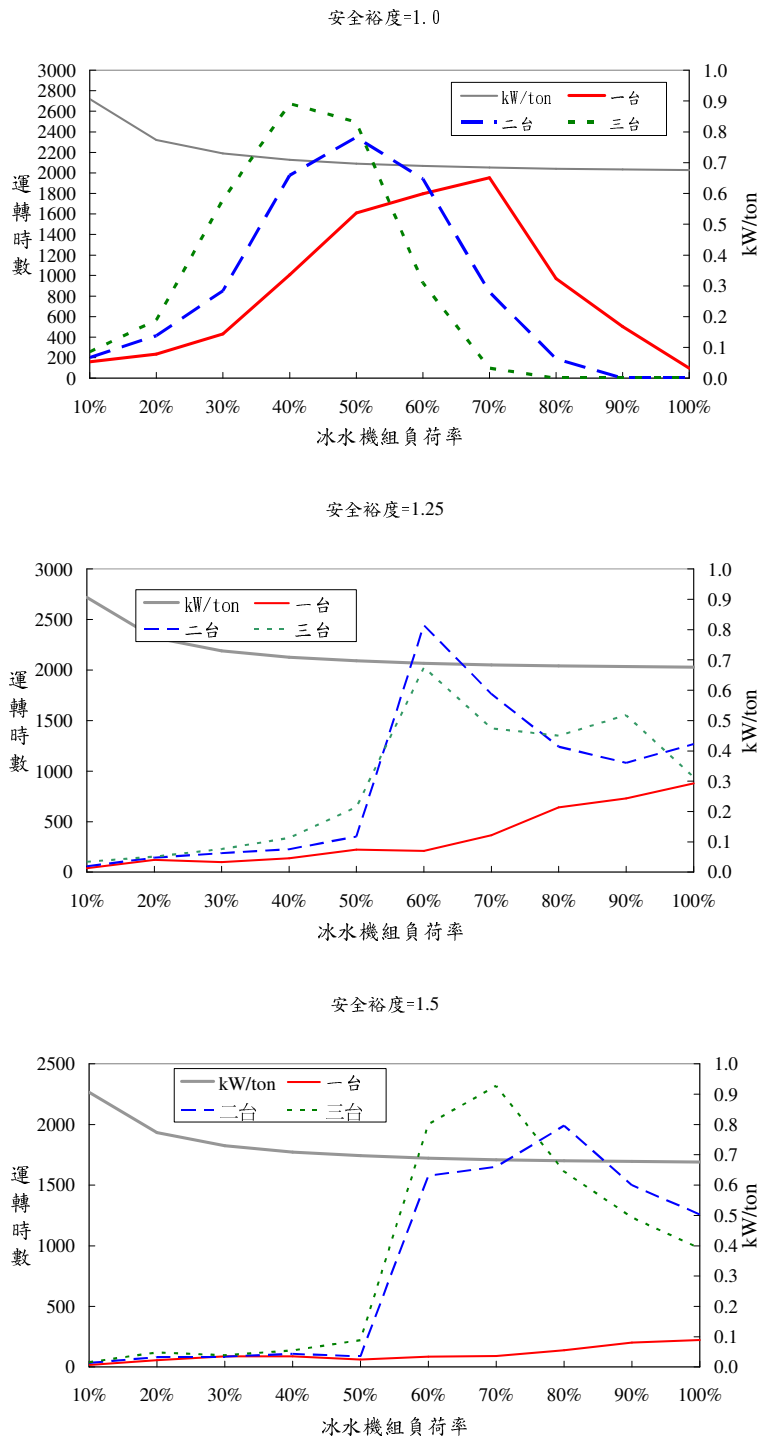


圖 4-2 中規模醫院建築的冰水機組負荷率分佈

(資料來源：本文整理)

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響

利用 eQuest 電腦程式算得的九種建築模型以及不同冰機台數與機型組合下的冰機全年用電彙整於表 4-5 和 4-6。不論從用電或年平均效率的從圖中，都可看出當冰機台數由一台變二台時，其省電效果明顯。但增加為三台時，節電效果並未增加。意謂複數台數冰機的組合，當台數越來越多時，其節能效果並不與台數成正比。

表 4-5 各種組合下的大規模醫院建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
定頻 離心機	1	3328549	0.75	1.12	3636119	0.82	1.22	3974414	0.90	1.33
	2	3110189	0.70	1.04	3137308	0.71	1.05	3132218	0.71	1.05
	3	3014058	0.68	1.01	3064404	0.69	1.03	3110269	0.70	1.04
變頻 離心機	1	2885499	0.65	0.97	3160956	0.72	1.06	3555726	0.81	1.19
	2	2733484	0.62	0.92	2778351	0.63	0.93	2796275	0.63	0.94
	3	2740034	0.62	0.92	2727161	0.62	0.91	2733334	0.62	0.92
雙壓縮機 變頻式(A)	1	2582834	0.59	0.87	2570695	0.58	0.86	2638504	0.60	0.88
	2	2629030	0.60	0.88	2646293	0.60	0.89	2667376	0.60	0.89
	3	2714626	0.62	0.91	2661689	0.60	0.89	2628880	0.60	0.88
雙壓縮機 變頻式(B)	1	2778601	0.63	0.93	2824880	0.64	0.95	2933439	0.66	0.98
	2	2772389	0.63	0.93	2789010	0.63	0.93	2803064	0.64	0.94
	3	2815390	0.64	0.94	2787227	0.63	0.93	2772258	0.63	0.93

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

表 4-6 各種組合下的中規模醫院建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
單壓縮機 渦卷式	1	654077	0.69	1.03	654077	0.69	1.03	676729	0.72	1.06
	2	645184	0.69	1.01	645184	0.69	1.01	647118	0.69	1.02
	3	641595	0.68	1.01	641595	0.68	1.01	645185	0.69	1.01
雙壓縮機 渦卷式	1	630705	0.67	0.99	630705	0.67	0.99	637157	0.68	1.00
	2	629384	0.67	0.99	629384	0.67	0.99	630493	0.67	0.99
	3	630527	0.67	0.99	630527	0.67	0.99	629383	0.67	0.99
單壓縮機 螺桿式	1	710145	0.75	1.12	710145	0.75	1.12	758537	0.81	1.19
	2	686767	0.73	1.08	686767	0.73	1.08	689133	0.73	1.08
	3	671734	0.71	1.06	671734	0.71	1.06	686777	0.73	1.08
雙壓縮機 螺桿式	1	737786	0.78	1.16	737786	0.78	1.16	799098	0.85	1.26
	2	707246	0.75	1.11	707246	0.75	1.11	709865	0.75	1.12
	3	686656	0.73	1.08	686656	0.73	1.08	707260	0.75	1.11

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認

依據公式(3-2)各種冰水機機型與台數組合的全年耗電量及 α_1 修正係數的確認彙整於圖 4-3 至圖 4-11。在表 4-5、4-6 中，特別將每個案例 α_1 的計算基準值以淺藍色網底標示出來，以利了解。分析結果透露了一些重要訊息：

- (1) 在醫院類建築中， α_1 的數值幾乎不隨著建築物的外殼設計與平面形狀而變。
- (2) 台數控制的節能效果隨著安全裕度的增加而顯著。
- (3) 結果顯示在醫院類建築中，當設計不當或表面使用部分負載效率不佳的冰水機組，運用台數控制來降低耗電是必要

的，不應當被視為節能效率好，而是應視為避免更浪費能源的措施。

若將基準冰水機組設為定頻離心式冰水機組 2 台，則依公式 (3-3) 的定義重新計算 α_1 數值，結果彙整於表 4-7 至表 4-8，並且彙整於圖 4-11 至圖 4-19。分析結果顯示了一些重要的訊息：

- (1) 對於定頻式機組，除了使用單台冰水機組 α_1 值為負值外，該數值與兩台或三台的數值明顯不同。
- (2) 對於變頻式離心機若安全裕度為 1.0，其全年耗電值也比使用兩台定頻離心機的台數控制方式省電 ($\alpha_1=0.08$)。即便安全裕度變成 1.25 或 1.50，使用單台變頻式離心機組的全年耗電也未增加。但當改成兩台或三台變頻式離心機， α_1 值幾乎不受台數與安全裕度的影響，其值為 0.12。
- (3) 對於兩款的雙壓縮機變頻離心機 α_1 的數值與台數及安全裕度無關，皆為定值， α_1 分別是 0.15 與 0.10。

其於前面的論點，本研究案對於 α_1 的修正係數，建議做如下的修改：

- (1) 當冰水機組的總制冷容量超過某依特定噸數，冰水機組應至少為兩台。(如 ASHRAE 90.1 的程度)
- (2) 使用定頻式冰水機 $\alpha_1=0$ ，使用變頻式冰水機，單壓縮 $\alpha_1=0.12$ 。(取所有變頻機 α_1 值的平均值)
- (3) 使用螺桿式或渦卷式冰水機 $\alpha_1=0$ ，即不用給予複數台數設計的節能優惠。

表 4-7 醫院建築物離心式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
定頻	1	3328549	0.75	1.12	-0.07	3636119	0.82	1.22	-0.17	3974413.5	0.90	1.33	-0.28
	2	3110189	0.70	1.04	0.00	3137308	0.71	1.05	-0.01	3132218.1	0.71	1.05	-0.01
	3	3014058	0.68	1.01	0.03	3064404	0.69	1.03	0.01	3110268.8	0.70	1.04	0.00
單壓縮 機變頻	1	2885499	0.65	0.97	0.07	3160956	0.72	1.06	-0.02	3555725.6	0.81	1.19	-0.14
	2	2733484	0.62	0.92	0.12	2778351	0.63	0.93	0.11	2796274.9	0.63	0.94	0.10
	3	2740034	0.62	0.92	0.12	2727161	0.62	0.91	0.12	2733333.6	0.62	0.92	0.12
雙壓縮機 變頻(A)	1	2582834	0.59	0.87	0.17	2570695	0.58	0.86	0.17	2638503.6	0.60	0.88	0.15
	2	2629030	0.60	0.88	0.15	2646293	0.60	0.89	0.15	2667376.1	0.60	0.89	0.14
	3	2714626	0.62	0.91	0.13	2661689	0.60	0.89	0.14	2628880.2	0.60	0.88	0.15
雙壓縮機 變頻(B)	1	2778601	0.63	0.93	0.11	2824880	0.64	0.95	0.09	2933439.3	0.66	0.98	0.06
	2	2772389	0.63	0.93	0.11	2789010	0.63	0.93	0.10	2803063.8	0.64	0.94	0.10
	3	2815390	0.64	0.94	0.09	2787227	0.63	0.93	0.10	2772258.1	0.63	0.93	0.11

(資料來源：本文整理)

表 4-8 醫院建築物渦卷式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
渦卷式 (單壓縮機)	1	654077	0.69	1.03	-0.01	654076.5	0.69	1.03	-0.01	676728.9	0.72	1.06	-0.05
	2	645184	0.69	1.01	0.00	645183.9	0.69	1.01	0.00	647118.28	0.69	1.02	0.00
	3	641595	0.68	1.01	0.01	641595.4	0.68	1.01	0.01	645185.24	0.69	1.01	0.00
渦卷式 (雙壓縮機)	1	630705	0.67	0.99	0.02	630704.9	0.67	0.99	0.02	637157.18	0.68	1.00	0.01
	2	629384	0.67	0.99	0.02	629384.2	0.67	0.99	0.02	630493.25	0.67	0.99	0.02
	3	630527	0.67	0.99	0.02	630527.1	0.67	0.99	0.02	629382.94	0.67	0.99	0.02

(資料來源：本文整理)

表 4-9 醫院建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
螺桿式 (單壓縮機)	1	710145	0.75	1.12	-0.03	710144.7	0.75	1.12	-0.03	758536.99	0.81	1.19	-0.10
	2	686767	0.73	1.08	0.00	686766.7	0.73	1.08	0.00	689132.94	0.73	1.08	0.00
	3	671734	0.71	1.06	0.02	671733.5	0.71	1.06	0.02	686776.59	0.73	1.08	0.00
螺桿式 (雙壓縮機)	1	737786	0.78	1.16	-0.07	737786.4	0.78	1.16	-0.07	799097.63	0.85	1.26	-0.16
	2	707246	0.75	1.11	-0.03	707246.3	0.75	1.11	-0.03	709864.75	0.75	1.12	-0.03
	3	686656	0.73	1.08	0.00	686655.8	0.73	1.08	0.00	707260.21	0.75	1.11	-0.03

(資料來源：本文整理)

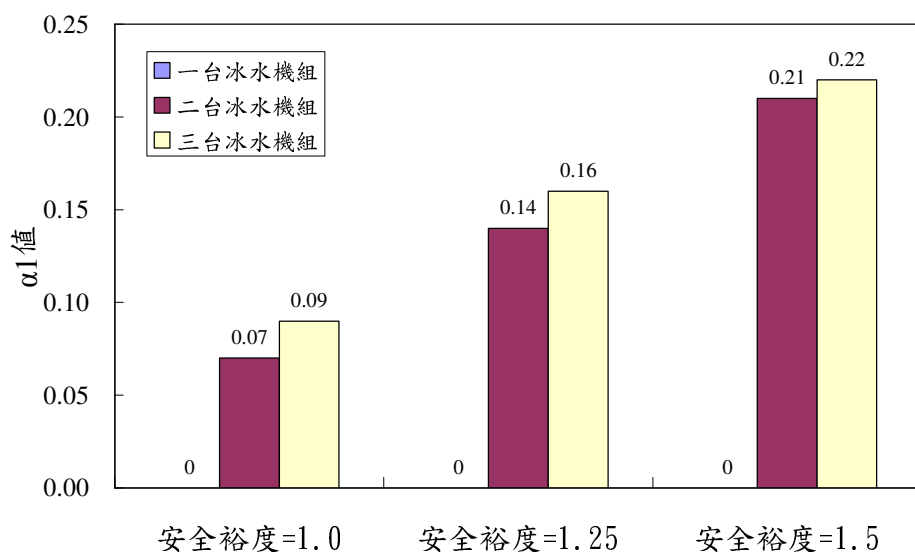


圖 4-3 醫院建築物定頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

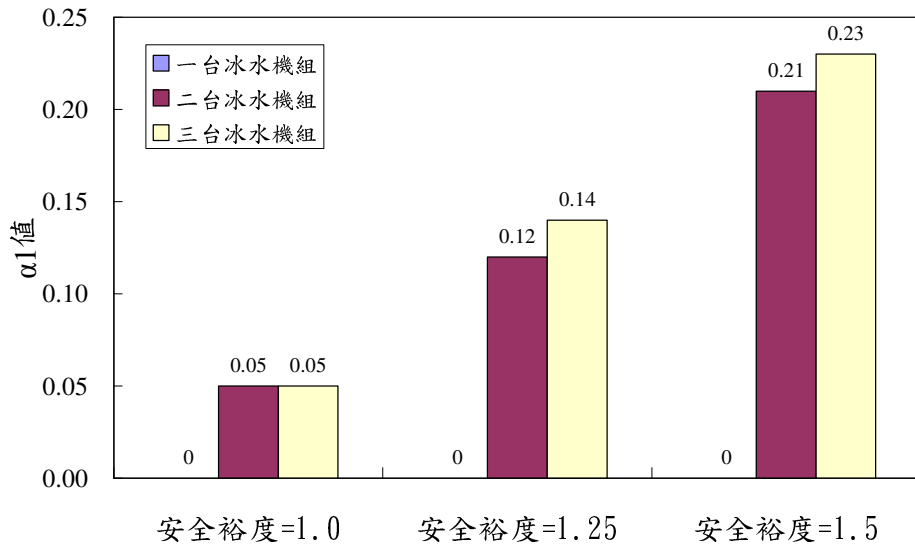


圖 4-4 醫院建築物變頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

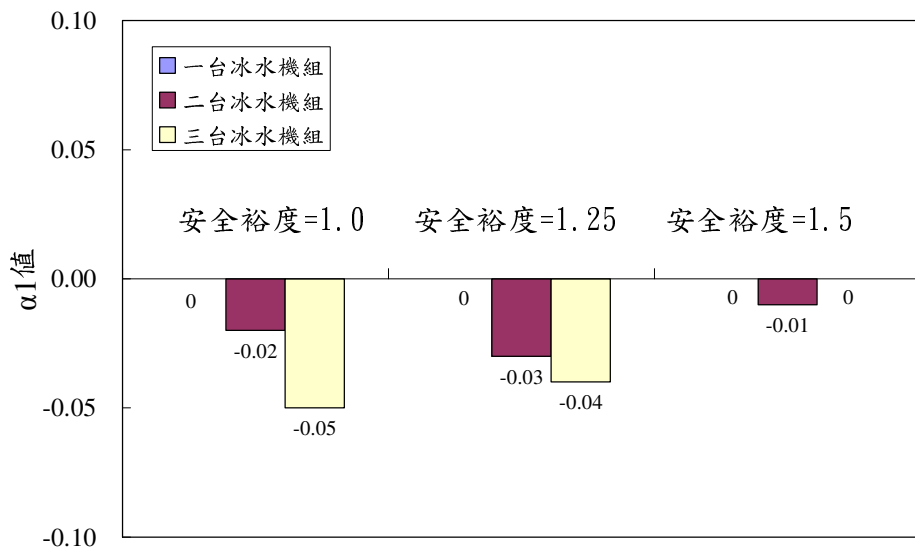


圖 4-5 醫院建築物雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

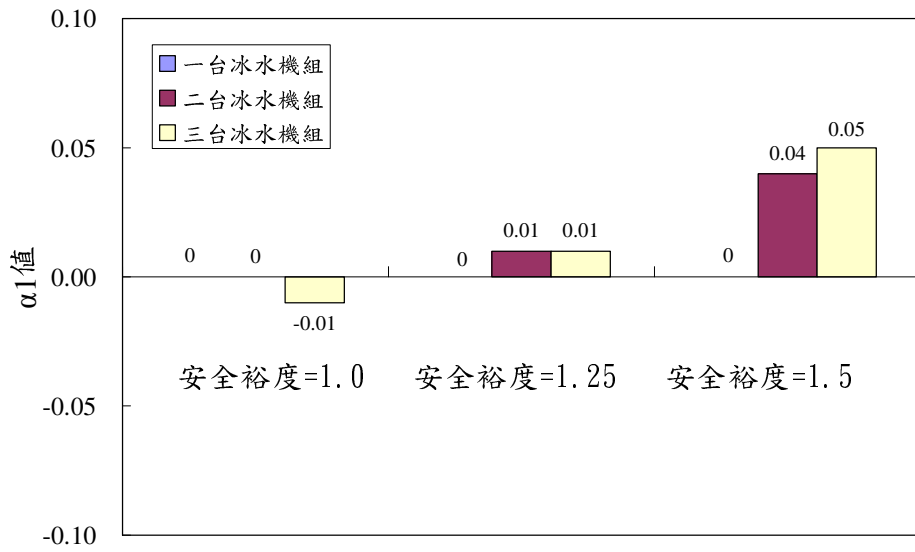


圖 4-6 大規模醫院建築物雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

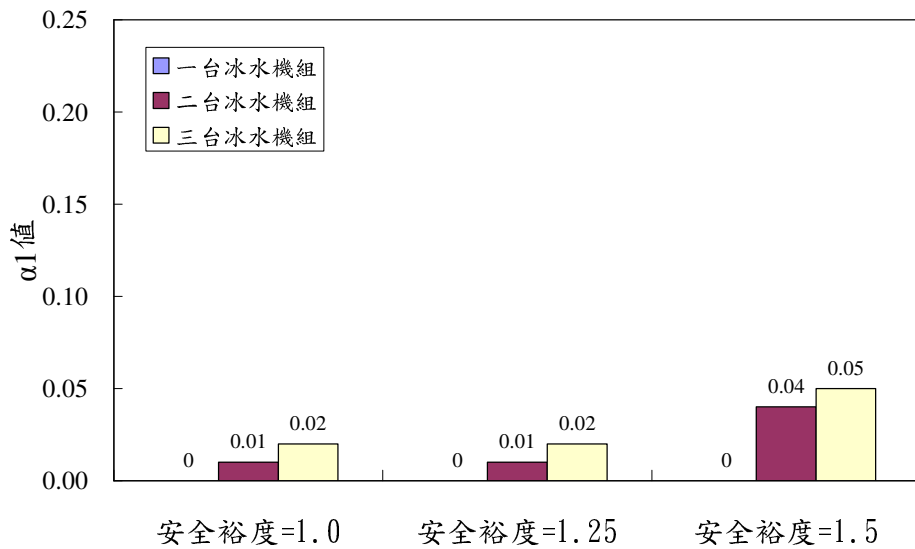


圖 4-7 中規模醫院建築物渦卷式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

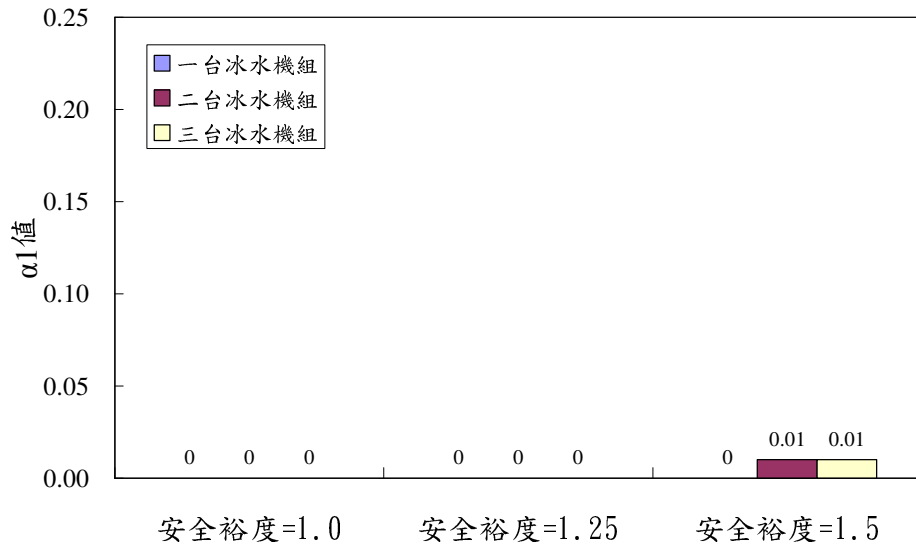


圖 4-8 醫院建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

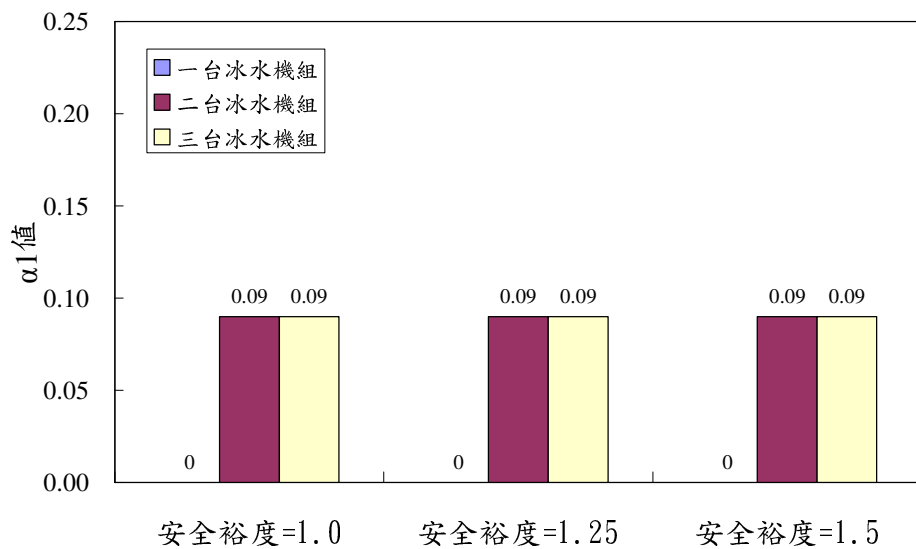


圖 4-9 醫院建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

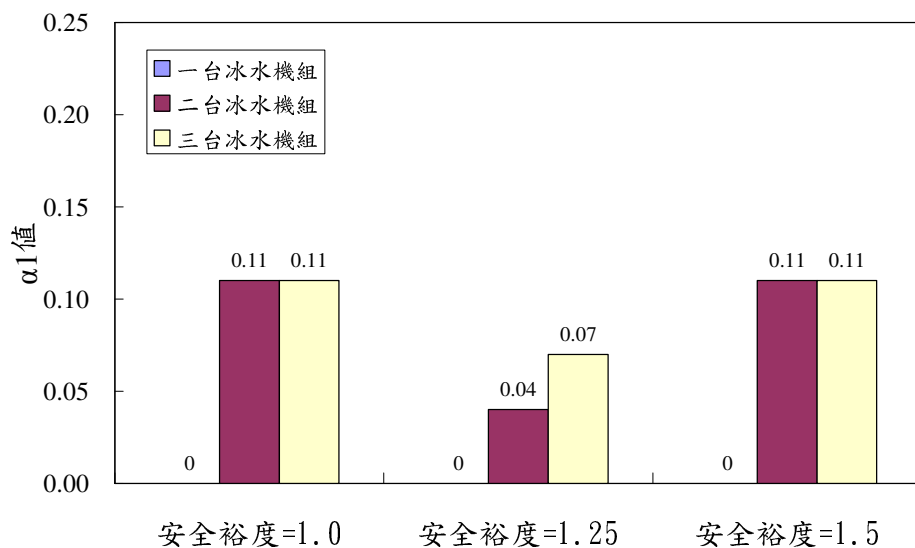


圖 4-10 醫院建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

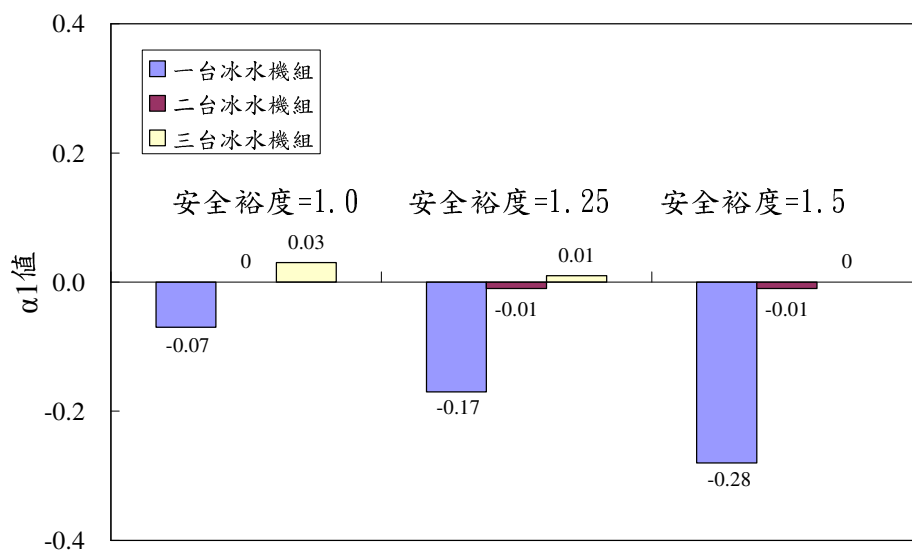


圖 4-11 醫院建築物定頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

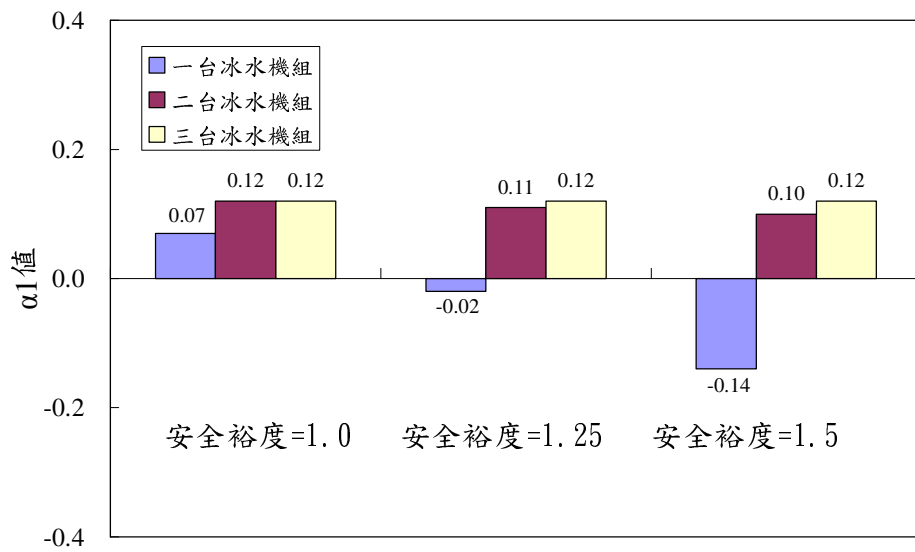


圖 4-12 醫院建築物變頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

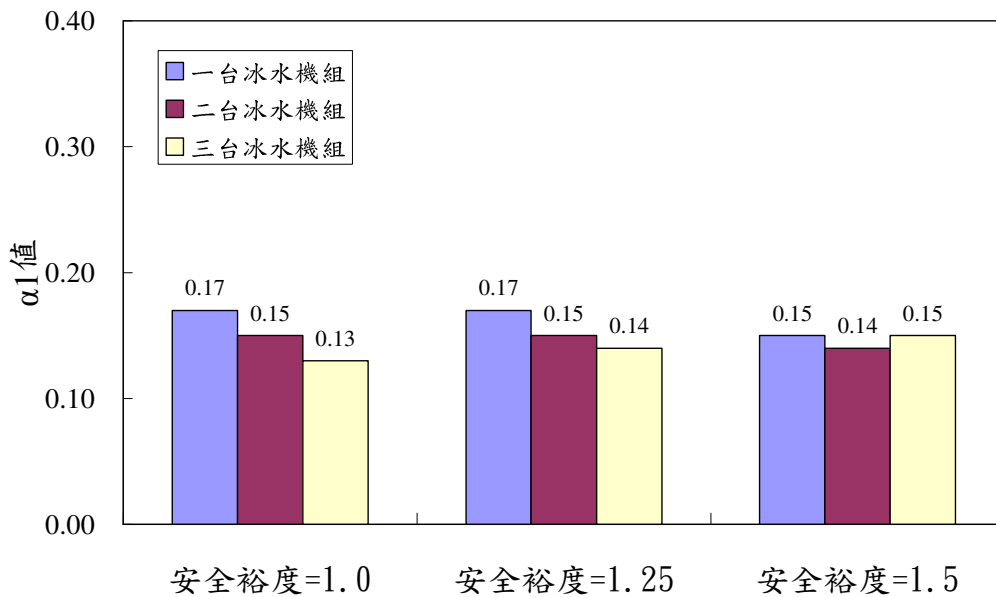


圖 4-13 醫院建築物雙壓縮機變頻式(A)之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

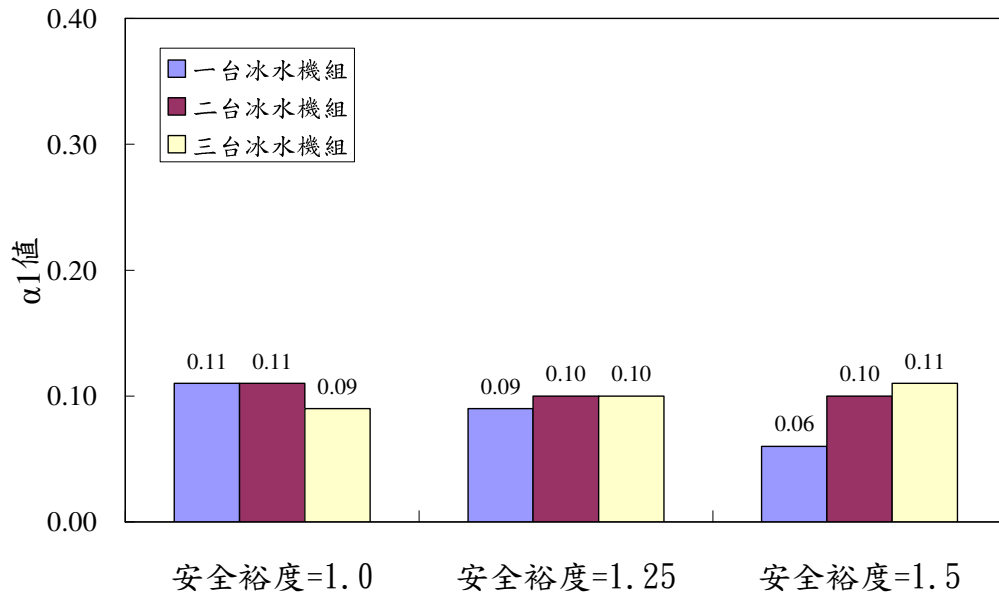


圖 4-14 醫院建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算
(資料來源：本文整理)

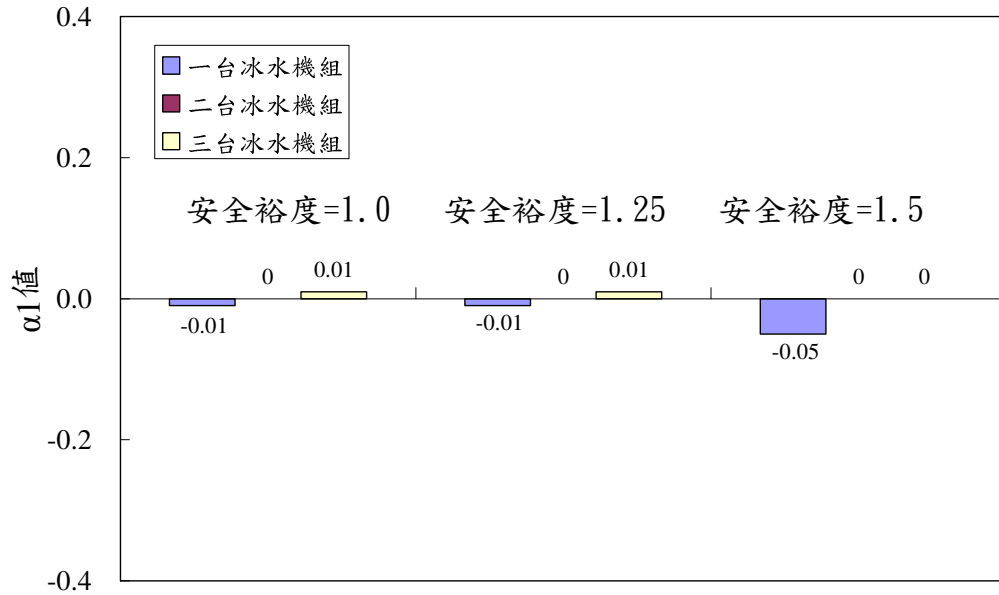


圖 4-15 醫院建築物渦卷式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算
(資料來源：本文整理)

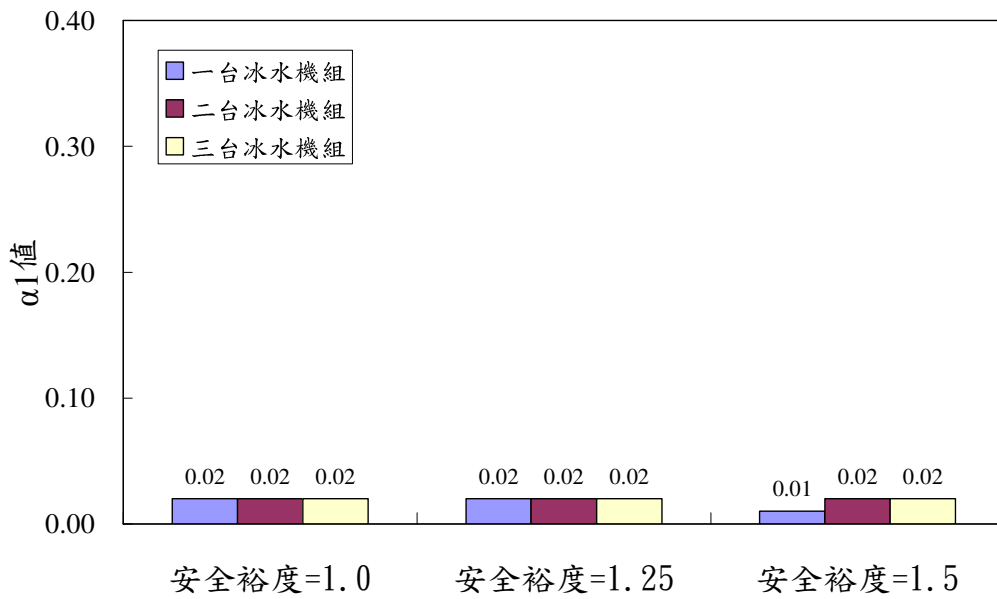


圖 4-16 醫院建築物渦卷式(雙台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算
(資料來源：本文整理)

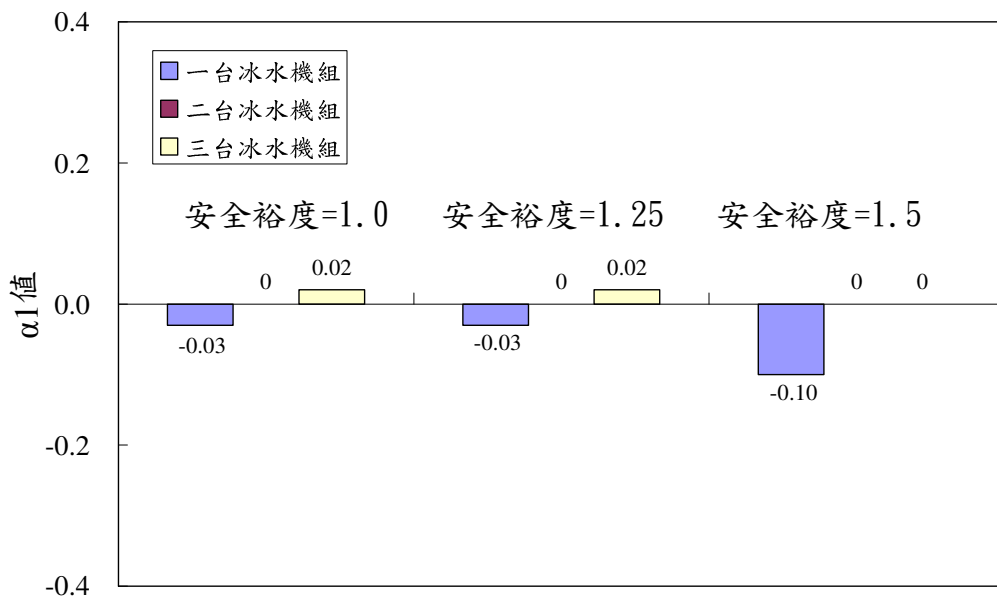


圖 4-17 醫院建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 $\alpha 1$ 確定計算
(資料來源：本文整理)

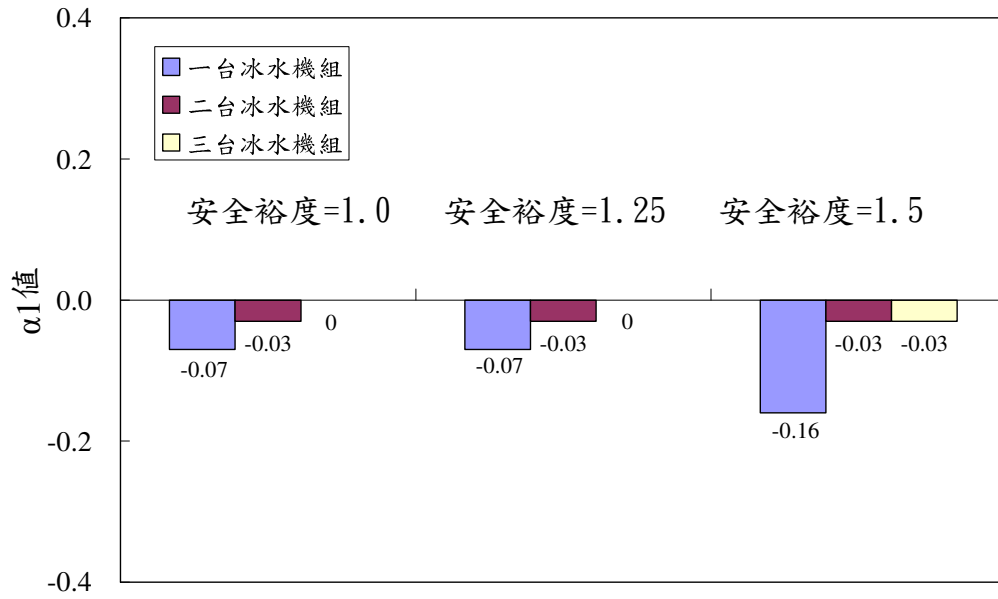


圖 4-18 醫院建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

第五章 旅館類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型

與辦公類建築相同，本研究計畫在旅館建築物的建築模型分成大、中兩個規模等級。兩個等級的總樓地板面積分別是 45,000 m² 和 5,000 m²。利用 L9 的直交表，創造了九種建築模型，九種大型與中型旅館建築物模型的特性分別如表 5-1 及表 5-2 所示。利用 eQuest 程式算出的旅館建築物供冷需求與負荷頻數彙整於表 5-3 及表 5-4。從表 5-3 及表 5-4 的制冷需求，大規模醫院選用水冷式離心機，而中規模樓選用水冷渦卷式或螺桿式冰水機。除了空調運轉時間不同，改為不分平日與例假日，每日 24 小時運轉。其他與冰機相關的參數皆與辦公類建築相同。

表 5-1 九種大型旅館建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	122	24	0.2	45%	15	24%
2	106	21	0.2	45%	20	27%
3	95	19	0.2	45%	25	30%
4	47	47	1.0	45%	20	20%
5	42	42	1.0	45%	25	22%
6	55	55	1.0	45%	15	17%
7	19	95	5.0	45%	25	30%
8	24	122	5.0	45%	15	24%
9	21	106	5.0	45%	20	27%

(資料來源：本文整理)

表 5-2 九種中型旅館建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區 面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	79.1	15.8	0.2	50%	4	68%
2	55.9	11.2	0.2	50%	8	91%
3	45.6	9.1	0.2	50%	12	100%
4	35.4	35.4	1.0	50%	8	49%
5	25.0	25.0	1.0	50%	12	64%
6	20.4	20.4	1.0	50%	4	74%
7	15.8	79.1	5.0	50%	12	68%
8	11.2	55.9	5.0	50%	4	91%
9	9.1	45.6	5.0	50%	8	100%

(資料來源：本文整理)

表 5-3 大規模旅館建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	169	253	342	850	1747	1616	1188	1693	821	81	740	3639194
2	169	253	342	850	1747	1616	1188	1693	821	81	740	3639194
3	169	253	392	878	1821	1627	1282	1670	600	68	769	3711065
4	169	253	254	890	1650	1650	1166	1664	988	76	701	3499188
5	169	251	250	883	1610	1686	1170	1670	990	81	711	3554385
6	169	253	279	876	1663	1642	1161	1669	976	72	691	3441753
7	169	254	382	956	1618	1640	1196	1716	770	59	731	3569766
8	169	253	381	794	1680	1621	1150	1677	966	69	697	3455379
9	169	253	381	842	1666	1633	1151	1718	888	59	713	3514179

(資料來源：本文整理)

表 5-4 中規模旅館建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										建築物冷負荷	
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	尖峰 (ton)	全年 (ton-hrs)
1	234	321	1121	2618	2243	1420	360	312	113	18	149	540820
2	235	326	1075	2386	1977	1779	468	336	157	21	129	481129
3	239	420	1064	1996	1714	1785	860	367	269	46	102	399130
4	235	402	865	2298	1827	1949	654	395	123	12	116	443552
5	239	420	1002	1971	1747	1794	942	431	191	23	102	398647
6	284	514	1082	1718	1556	1461	1162	566	371	46	84	336816
7	185	288	713	2272	2205	2160	689	196	30	22	138	530900
8	187	366	592	2102	2130	1976	1080	263	42	22	120	472790
9	235	347	762	1852	1842	1541	1578	462	121	20	96	392013

(資料來源：本文整理)

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用

圖 4-1 是大規模醫院建築物，而圖 4-2 是中規模醫院建築物的冰水機組負荷率分佈。從圖 4-1 至圖 4-6 發現了幾個重點：

- (1) 醫院類建築的建築物負荷分布頻度，主要是分布在 40~80% 之間。在這個區間內冰水機的部分負荷效率並未明顯劣化。
- (2) 單台冰水機組時安全裕度的增大，會使得冰水機組的負荷分布頻數明顯地往低負荷率方向偏移，增加了冰水機在低效率下運轉的時間。
- (3) 透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除，也解決了容量超大設計造成效率劣化的問題。

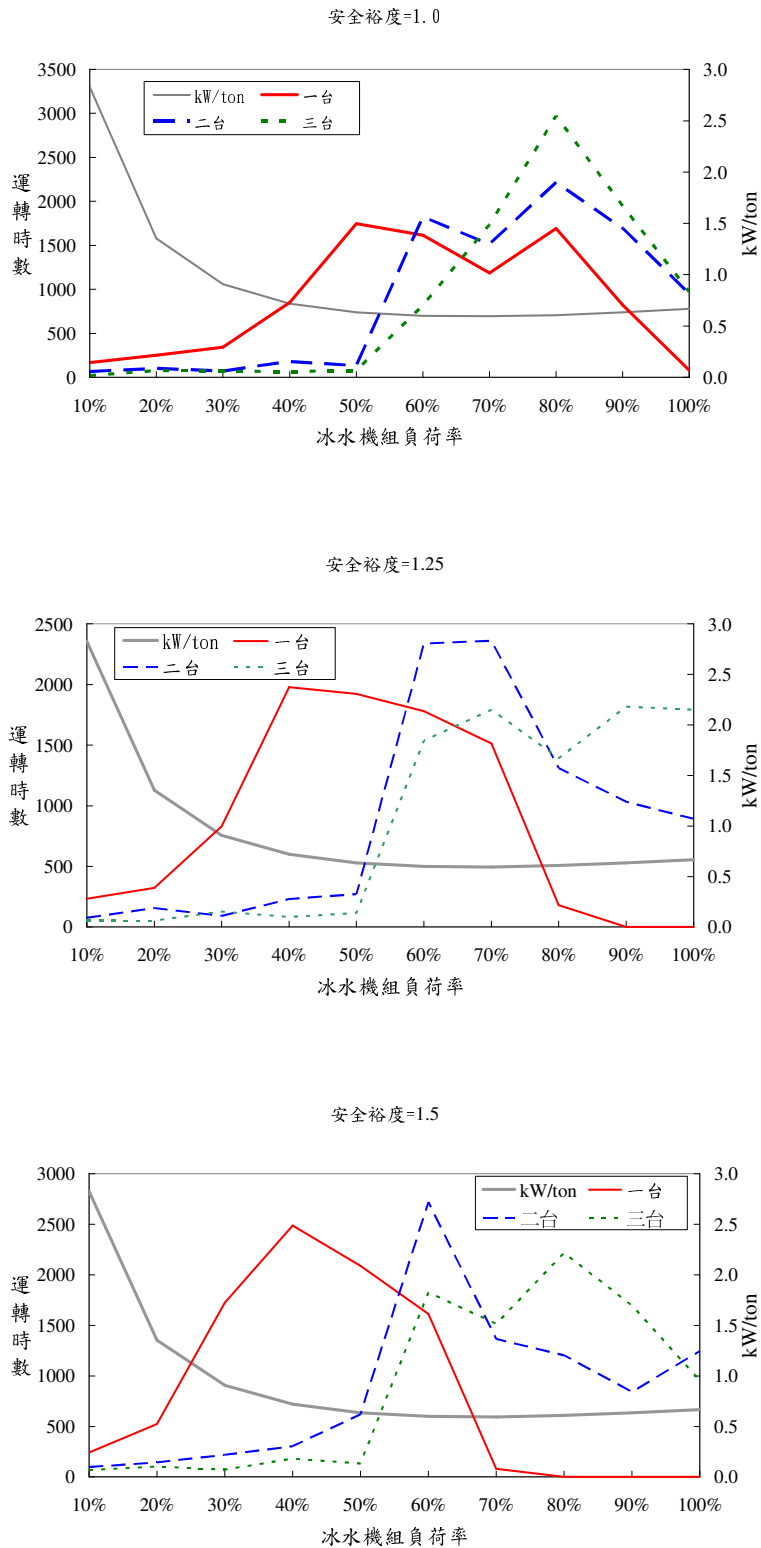


圖 5-1 大規模旅館建築的冰水機組負荷率分佈
 (資料來源：本文整理)

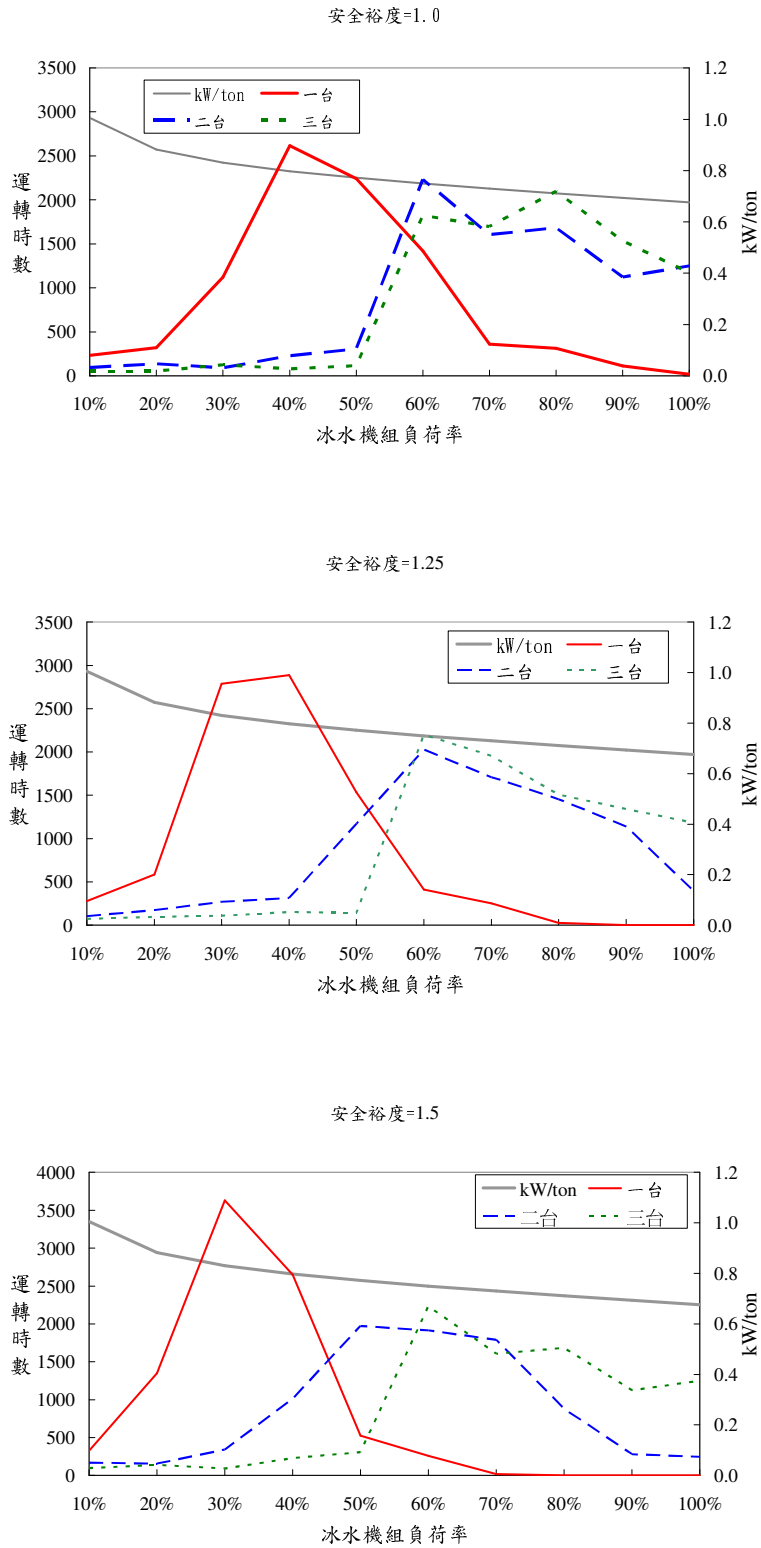


圖 5-2 中規模旅館建築的冰水機組負荷率分佈

(資料來源：本文整理)

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響

利用 eQuest 電腦程式算得的九種建築模型以及不同冰機台數與機型組合下的冰機全年用電彙整於表 4-5 和 4-6。不論從用電或年平均效率的從圖中，都可看出當冰機台數由一台變二台時，其省電效果明顯。但增加為三台時，節電效果並未增加。意謂複數台數冰機的組合，當台數越來越多時，其節能效果並不與台數成正比。

表 5-5 各種組合下的大規模旅館建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
定頻 離心機	1	2660625	0.75	1.11	2891619	0.81	1.20	3149053	0.88	1.31
	2	2489719	0.70	1.03	2540546	0.71	1.06	2576229	0.72	1.07
	3	2439118	0.69	1.01	2462869	0.69	1.02	2489805	0.70	1.03
變頻 離心機	1	2345237	0.66	0.97	2529762	0.71	1.05	2816899	0.79	1.17
	2	2214806	0.62	0.92	2226865	0.63	0.93	2278889	0.64	0.95
	3	2201627	0.62	0.92	2229572	0.63	0.93	2214660	0.62	0.92
雙壓縮機 變頻式(A)	1	2119832	0.60	0.88	2090503	0.59	0.87	2129976	0.60	0.89
	2	2146013	0.60	0.89	2114809	0.59	0.88	2130909	0.60	0.89
	3	2176211	0.61	0.90	2181027	0.61	0.91	2145809	0.60	0.89
雙壓縮機 變頻式(B)	1	2264182	0.64	0.94	2284581	0.64	0.95	2358652	0.66	0.98
	2	2252205	0.63	0.94	2239031	0.63	0.93	2255903	0.63	0.94
	3	2264389	0.64	0.94	2270855	0.64	0.94	2252042	0.63	0.94

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

表 5-6 各種組合下的中規模旅館建築物之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
單壓縮機 渦卷式	1	654077	0.69	1.03	654077	0.69	1.03	676729	0.72	1.06
	2	645184	0.69	1.01	645184	0.69	1.01	647118	0.69	1.02
	3	641595	0.68	1.01	641595	0.68	1.01	645185	0.69	1.01
雙壓縮機 渦卷式	1	312983	0.70	1.04	319620	0.72	1.06	326577	0.74	1.09
	2	304883	0.69	1.02	305487	0.69	1.02	307385	0.69	1.02
	3	303297	0.68	1.01	304078	0.68	1.01	304883	0.69	1.02
單壓縮機 螺桿式	1	298554	0.67	0.99	300919	0.68	1.00	0.00	304202	0.69
	2	297002	0.67	0.99	297372	0.67	0.99	0.01	297465	0.67
	3	297214	0.67	0.99	297041	0.67	0.99	0.01	297002	0.67
雙壓縮機 螺桿式	1	361219	0.81	1.20	376835	0.85	1.25	0.00	389308	0.88
	2	335258	0.76	1.12	335992	0.76	1.12	0.11	343453	0.77
	3	327510	0.74	1.09	331686	0.75	1.10	0.12	335258	0.76

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認

依據公式 (3-2) 各種冰水機機型與台數組合的全年耗電量及 α_1 修正係數的確認彙整於圖 5-3 至圖 5-11。在表 5-5、5-6 中，特別將每個案例 α_1 的計算基準值以淺藍色網底標示出來，以利了解。分析結果透露了一些重要訊息：

- (1) 在醫院類建築中， α_1 的數值幾乎不隨著建築物的外殼設計與平面形狀而變。
- (2) 台數控制的節能效果隨著安全裕度的增加而顯著。
- (3) 結果顯示在醫院類建築中，當設計不當或表面使用部分負載效率不佳的冰水機組，運用台數控制來降低耗電是必要的，不應當被視為節能效率好，而是應視為避免更浪費能

源的措施。

若將基準冰水機組設為定頻離心式冰水機組 2 台，則依公式 (3-3) 的定義重新計算 α_1 數值，結果彙整於表 5-7 至表 5-9，並且彙整於圖 5-11 至圖 5-19。分析結果顯示了一些重要的訊息：

- (1) 對於定頻式機組，除了使用單台冰水機組 α_1 值為負值外，該數值與兩台或三台的數值明顯不同。
- (2) 對於變頻式離心機若安全裕度為 1.0，其全年耗電值也比使用兩台定頻離心機的台數控制方式省電 ($\alpha_1=0.10$)。即便安全裕度變成 1.25 或 1.50，使用單台變頻式離心機組的全年耗電也未增加。但當改成兩台或三台變頻式離心機， α_1 值幾乎不受台數與安全裕度的影響，其值為 0.11。
- (3) 對於兩款的雙壓縮機變頻離心機 α_1 的數值與台數及安全裕度無關，皆為定值， α_1 分別是 0.15 與 0.10。

其於前面的論點，本研究案對於 α_1 的修正係數，建議做如下的修改：

- (1) 當冰水機組的總制冷容量超過某依特定噸數，冰水機組應至少為兩台。
- (2) 使用定頻式冰水機 $\alpha_1=0$ ，使用變頻式冰水機，單壓縮 $\alpha_1=0.10$ 。(取所有變頻機 α_1 值的平均值)
- (3) 使用螺桿式或渦卷式冰水機 $\alpha_1=0$ ，即不用給予複數台數設計的節能優惠。

表 5-7 旅館建築物離心式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
定頻	1	2660625	0.75	1.11	-0.07	2891619	0.81	1.20	-0.16	3149053.3	0.88	1.31	-0.26
	2	2489719	0.70	1.03	0.00	2540546	0.71	1.06	-0.02	2576228.6	0.72	1.07	-0.03
	3	2439118	0.69	1.01	0.02	2462869	0.69	1.02	0.01	2489804.7	0.70	1.03	0.00
單壓縮 機變頻	1	2345237	0.66	0.97	0.06	2529762	0.71	1.05	-0.02	2816898.7	0.79	1.17	-0.13
	2	2214806	0.62	0.92	0.11	2226865	0.63	0.93	0.11	2278889.3	0.64	0.95	0.08
	3	2201627	0.62	0.92	0.12	2229572	0.63	0.93	0.10	2214660.3	0.62	0.92	0.11
雙壓縮機 變頻(A)	1	2119832	0.60	0.88	0.15	2090503	0.59	0.87	0.16	2129975.6	0.60	0.89	0.14
	2	2146013	0.60	0.89	0.14	2114809	0.59	0.88	0.15	2130908.8	0.60	0.89	0.14
	3	2176211	0.61	0.90	0.13	2181027	0.61	0.91	0.12	2145808.6	0.60	0.89	0.14
雙壓縮機 變頻(B)	1	2264182	0.64	0.94	0.09	2284581	0.64	0.95	0.08	2358651.6	0.66	0.98	0.05
	2	2252205	0.63	0.94	0.10	2239031	0.63	0.93	0.10	2255903.3	0.63	0.94	0.09
	3	2264389	0.64	0.94	0.09	2270855	0.64	0.94	0.09	2252041.9	0.63	0.94	0.10

(資料來源：本文整理)

表 5-8 旅館建築物往復式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
往復式 (單壓縮機)	1	312983	0.70	1.04	-0.03	319620	0.72	1.06	-0.05	326577	0.74	1.09	-0.07
	2	304883	0.69	1.02	0.00	305487	0.69	1.02	0.00	307385	0.69	1.02	-0.01
	3	303297	0.68	1.01	0.01	304078	0.68	1.01	0.00	304883	0.69	1.02	0.00
往復式 (雙壓縮機)	1	298554	0.67	0.99	0.02	300919	0.68	1.00	0.01	304202	0.69	1.01	0.00
	2	297002	0.67	0.99	0.03	297372	0.67	0.99	0.02	297465	0.67	0.99	0.02
	3	297214	0.67	0.99	0.03	297041	0.67	0.99	0.03	297002	0.67	0.99	0.03

(資料來源：本文整理)

表 5-9 旅館建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
螺桿式 (單壓縮機)	1	345273	0.78	1.15	-0.06	357864	0.81	1.19	-0.10	368425	0.83	1.23	-0.13
	2	325237	0.73	1.08	0.00	325916	0.73	1.09	0.00	331543	0.75	1.10	-0.02
	3	319503	0.72	1.06	0.02	322572	0.73	1.07	0.01	325237	0.73	1.08	0.00
螺桿式 (雙壓縮機)	1	361219	0.81	1.20	-0.11	376835	0.85	1.25	-0.16	389308	0.88	1.30	-0.20
	2	335258	0.76	1.12	-0.03	335992	0.76	1.12	-0.03	343453	0.77	1.14	-0.06
	3	327510	0.74	1.09	-0.01	331686	0.75	1.10	-0.02	335258	0.76	1.12	-0.03

(資料來源：本文整理)

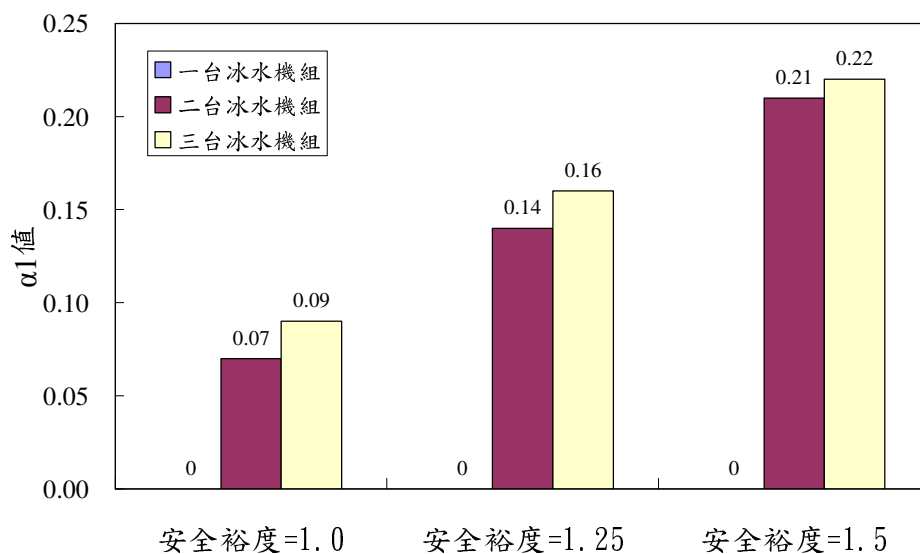


圖 5-3 旅館建築物定頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

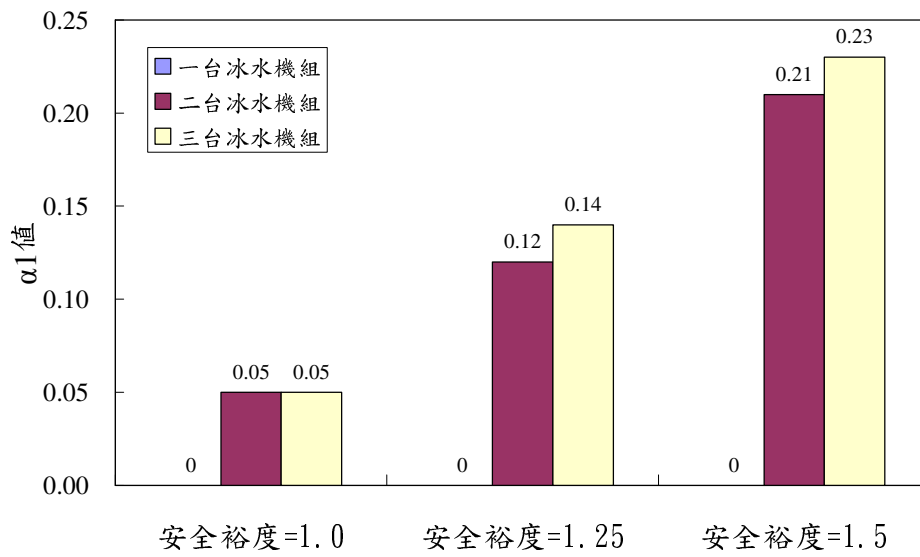


圖 5-4 旅館建築物變頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

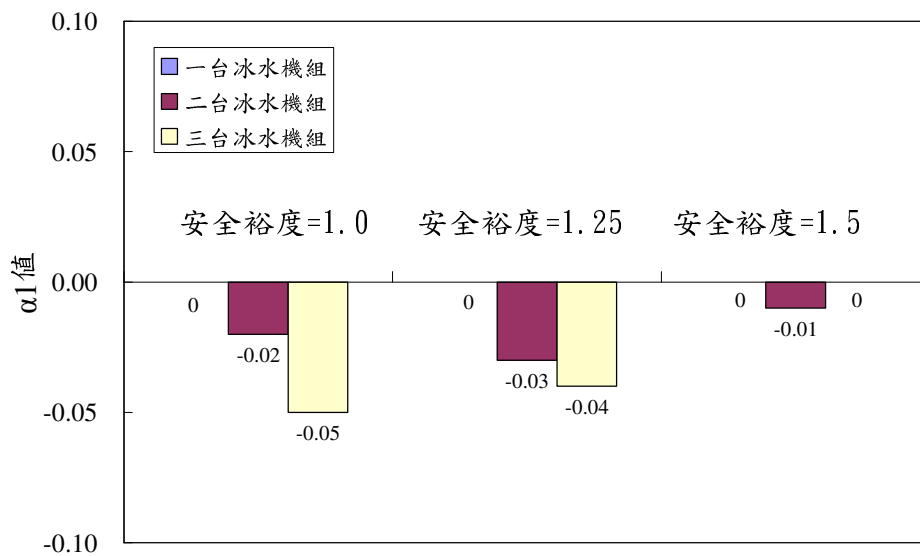


圖 5-5 旅館建築物雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

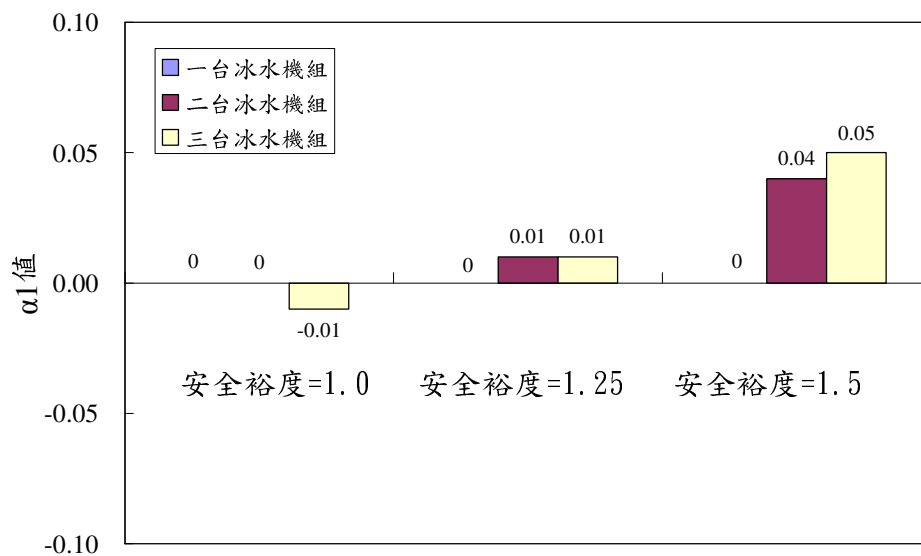


圖 5-6 旅館建築物雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算(資料

來源：本文整理)

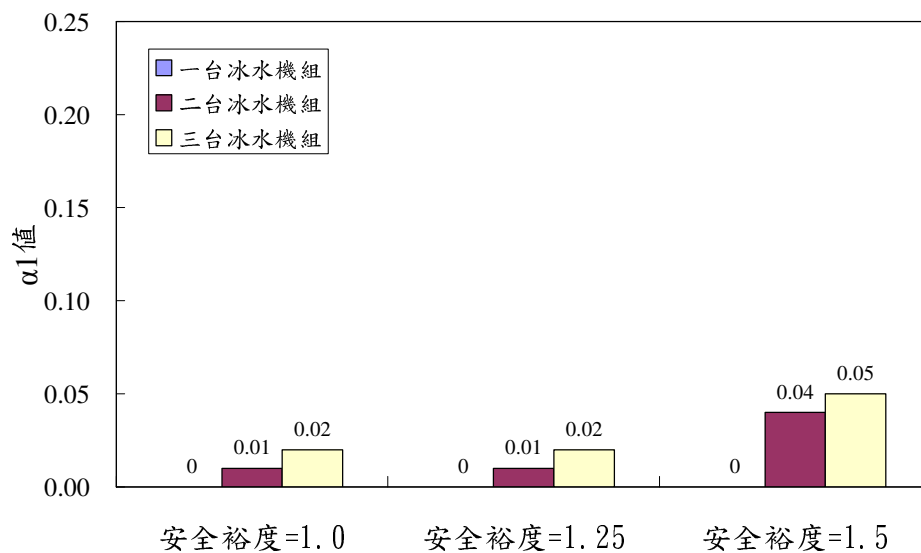


圖 5-7 旅館建築物往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

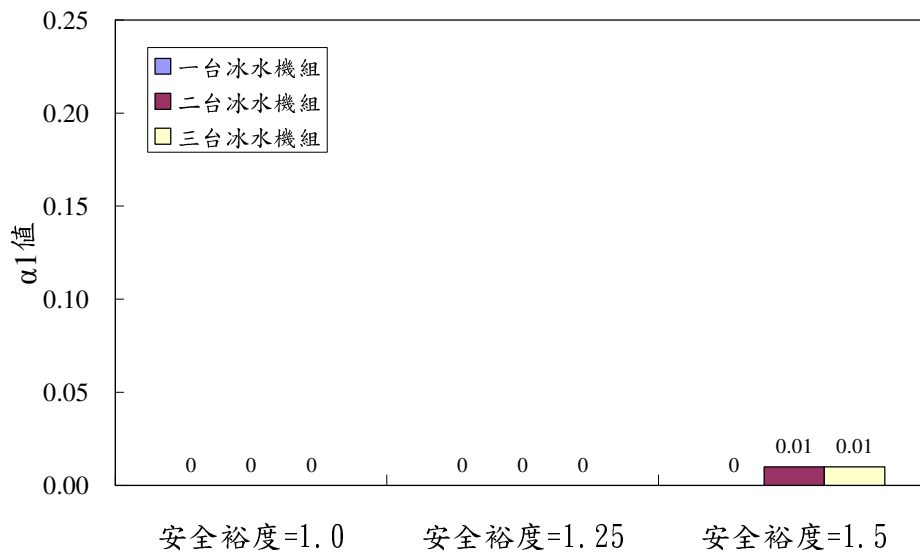


圖 5-8 旅館建築物往復式(雙壓縮機)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

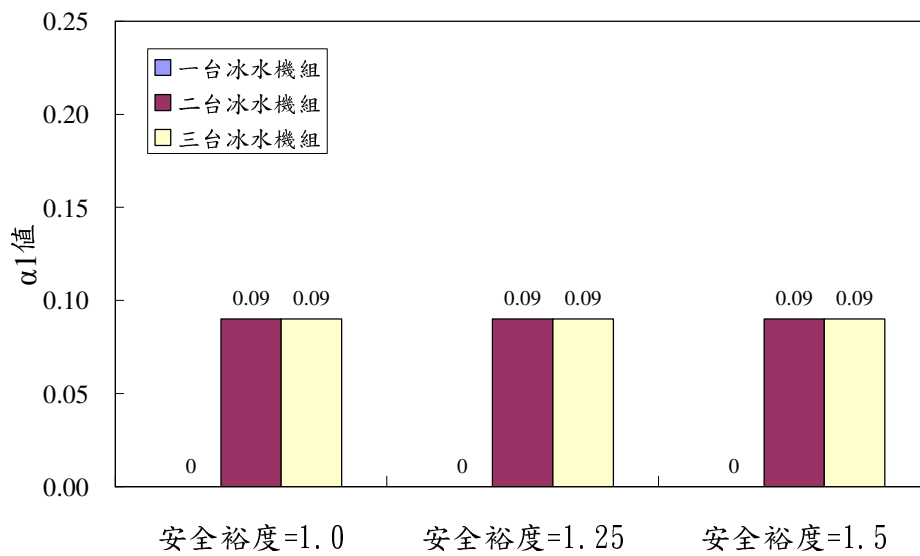


圖 5-9 旅館建築物螺桿式(單台壓縮機)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

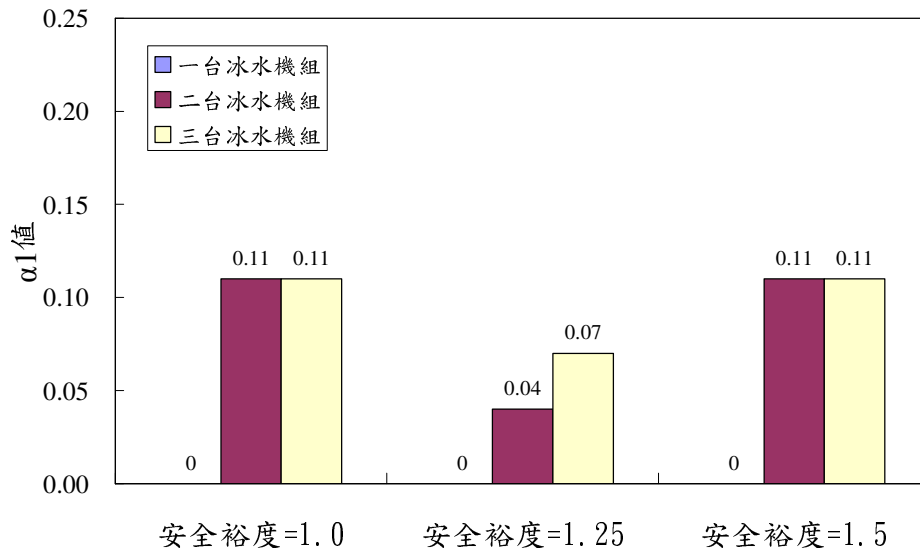


圖 5-10 旅館建築物螺桿式(雙壓縮機)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

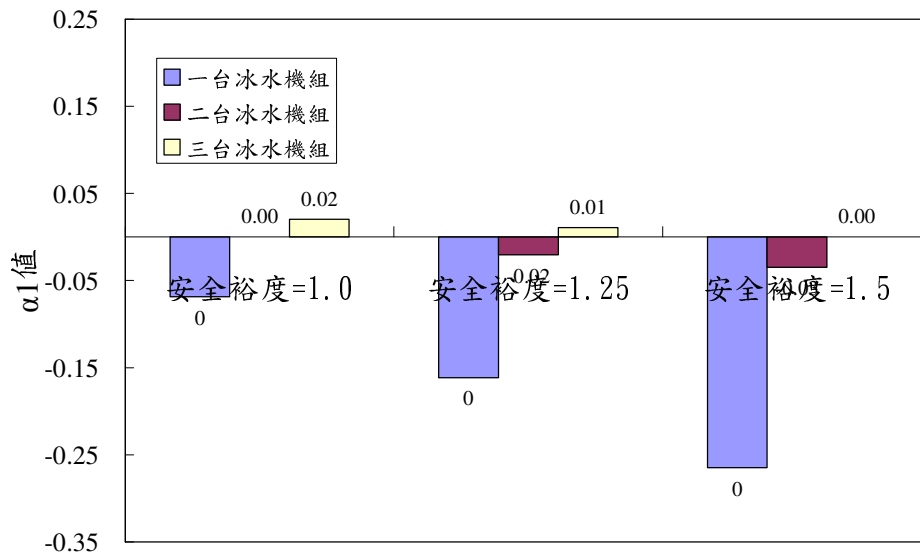


圖 5-11 旅館建築物定頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

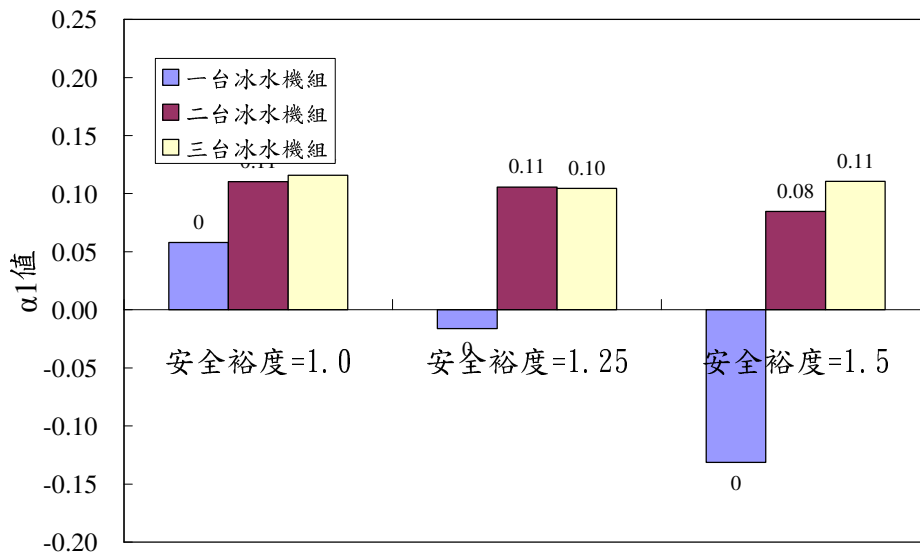


圖 5-12 旅館建築物變頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

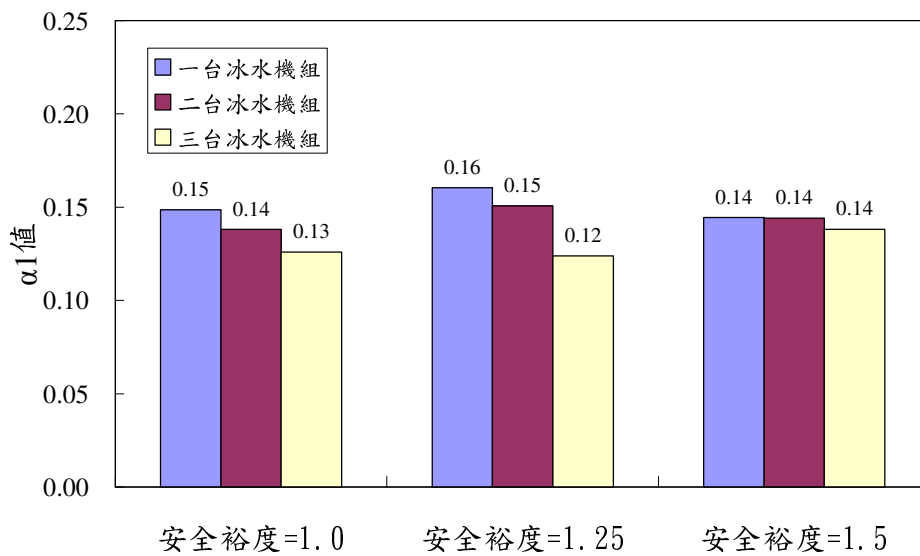


圖 5-13 旅館建築物雙壓縮機變頻式(A)之新 α_1 確定計算(資料

來源：本文整理)

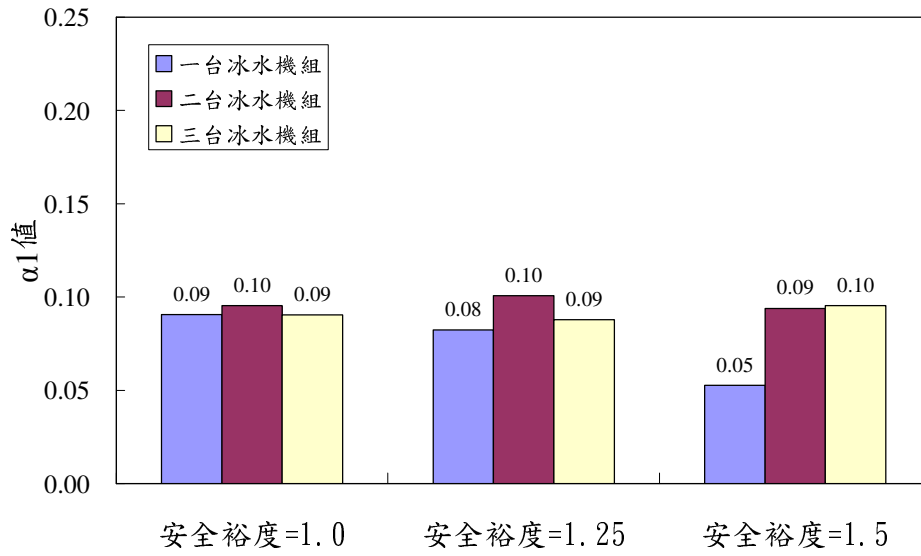


圖 5-14 旅館建築物雙壓縮機變頻式(B)之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

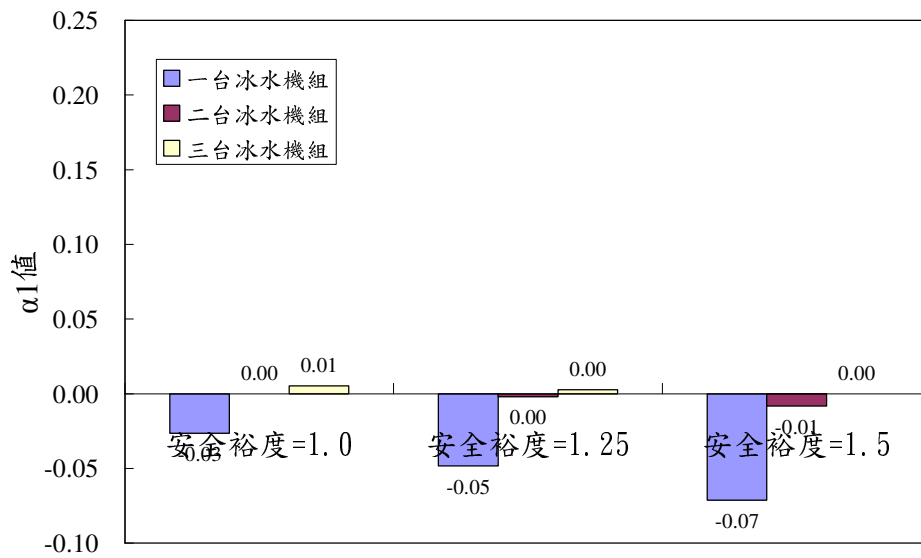


圖 5-15 旅館建築物往復式(單壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

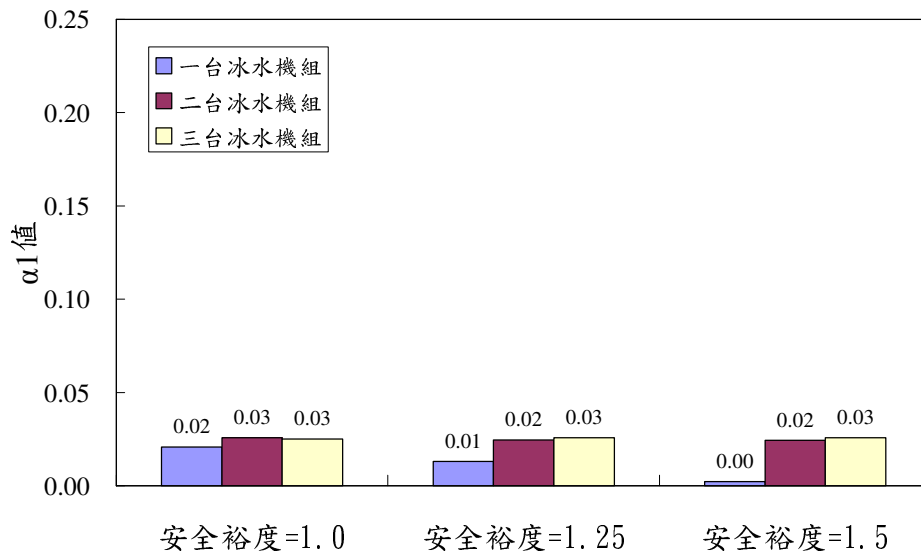


圖 5-16 旅館建築物往復式(雙壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

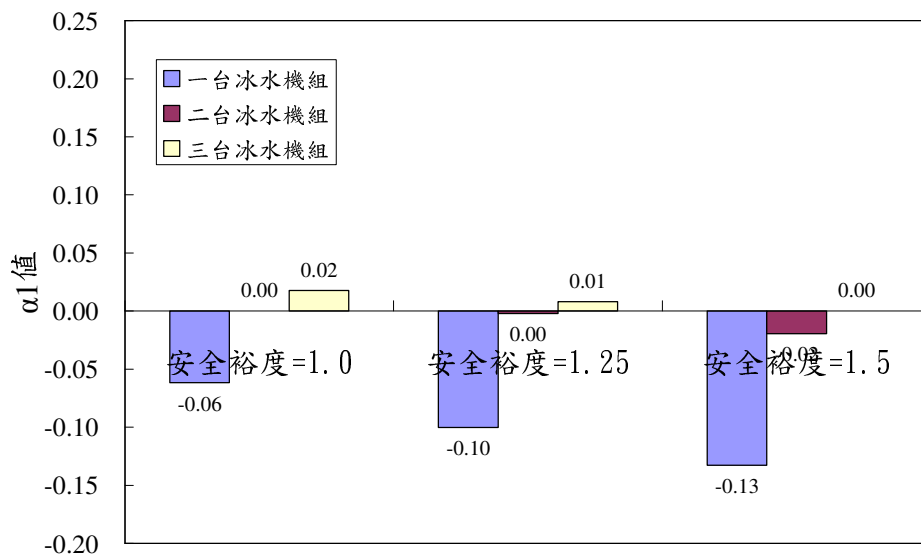


圖 5-17 旅館建築物螺桿式(單壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

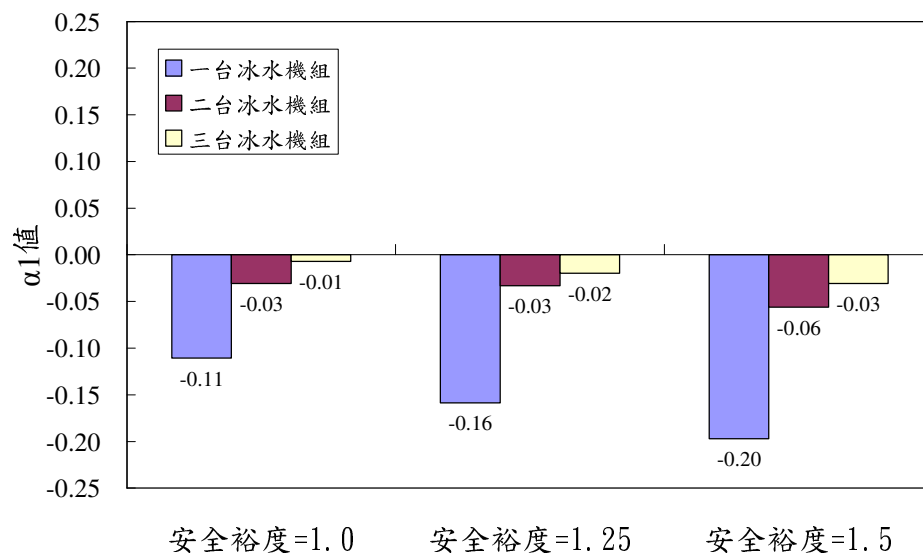


圖 5-18 中規模旅館建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

第六章 學校類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型

本研究計畫在學校建築物的建築模型分成教學大樓和學生宿舍兩個規模等級。兩個等級的總樓地板面積分別是 36,000 m² 和 6,600 m²。三種教學大樓建築物模型與三種宿舍建築物模型的特性分別如表 6-1 及表 6-2 所示。表 6-3 及表 6-4 分別是大規模和學生宿舍建築物供冷需求與負荷頻數。從表 6-3 及表 6-4 的制冷需求，教學大樓選用水冷式離心機，而學生宿舍選用水冷渦卷式或螺桿式冰水機。教學大樓為平日早上 08:00 至下午六點運轉，例假日不運轉。學生宿舍平日下午六點至翌日早上八點，例假日 24 小時運轉。其他與冰機相關的參數皆與辦公類建築相同。

表 6-1 教學大樓建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	173.2	34.6	0.2	40%	6	33%
2	77.5	77.5	1.0	40%	6	24%
3	34.6	173.2	5.0	40%	6	32%

(資料來源：本文整理)

表 6-2 學生宿舍建築物模型的特性

編號	平面形狀			開窗比	樓層	外周區面積比
	長(正面) m	寬(側面) m	長寬比			
1	64.2	12.8	0.2	25%	8	81%
2	28.7	28.7	1.0	25%	8	57%
3	12.8	64.2	5.0	25%	8	81%

(資料來源：本文整理)

表 6-3 教學大樓建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	147	133	164	216	318	331	271	381	238	89	1052	1276838
2	138	108	178	203	324	365	297	390	221	64	1037	1261508
3	145	123	169	209	312	350	278	386	233	83	1039	1265446

(資料來源：本文整理)

表 6-4 學生宿舍建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										建築物冷負荷	
											尖峰	全年
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	(ton)	(ton-hrs)
1	174	345	1389	1752	1288	300	110	38	31	25	180	343801
2	150	208	672	1758	1682	796	109	47	21	9	118	253229
3	153	275	822	1729	1691	590	113	44	22	13	139	289568

(資料來源：本文整理)

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用

圖 6-1 是教學，而圖 6-2 是學生宿舍的冰水機組負荷率分佈。

從圖 6-1 至圖 6-2 發現了幾個重點：

- (1) 醫院類建築的建築物負荷分布頻度，主要是分布在 40~80% 之間。在這個區間內冰水機的部分負荷效率並未明顯劣化。
- (2) 單台冰水機組時安全裕度的增大，會使得冰水機組的負荷分布頻數明顯地往低負荷率方向偏移，增加了冰水機在低效率下運轉的時間。
- (3) 透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除，也解決了容量超大設計造成效率劣化的問題。

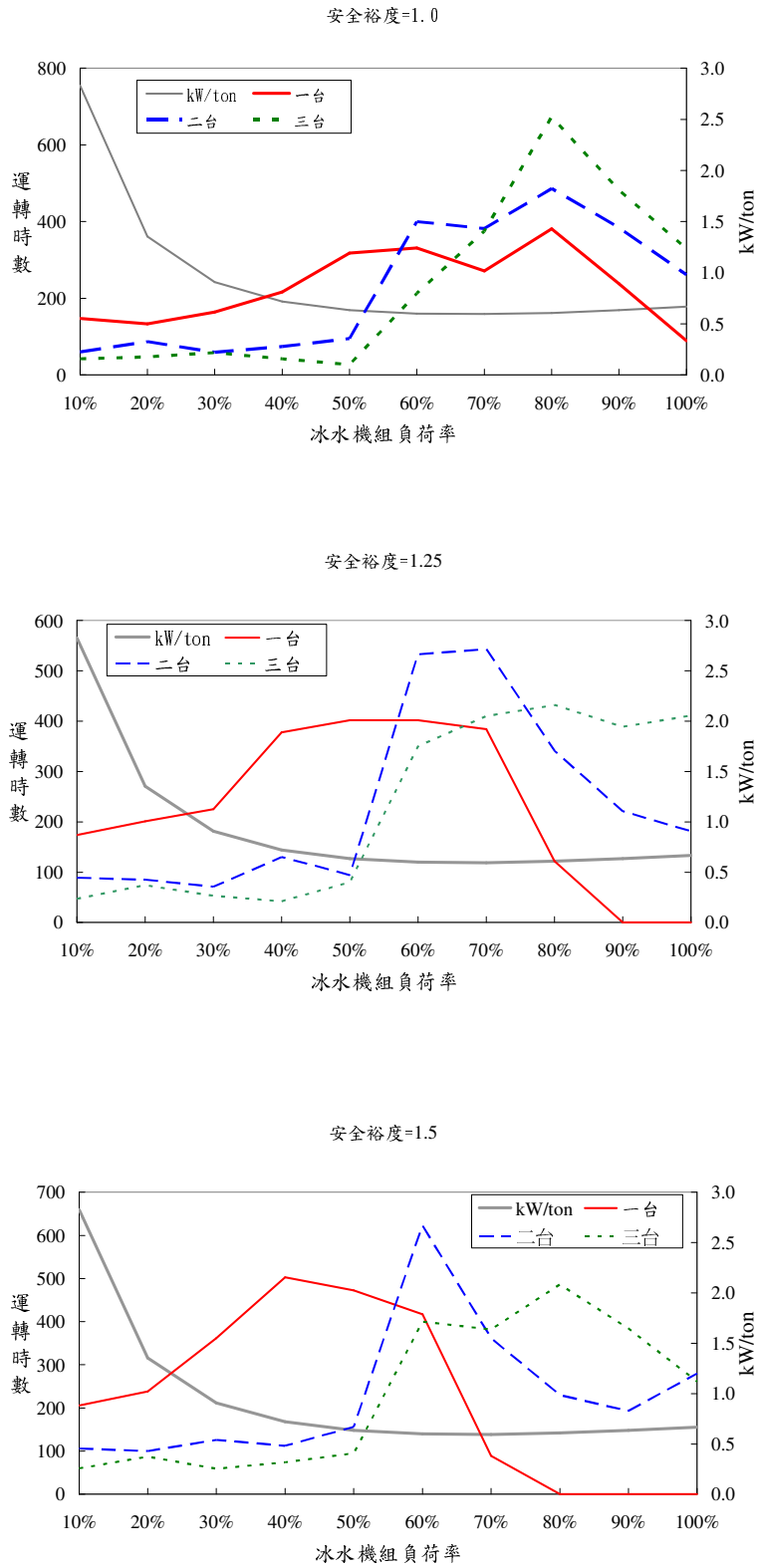


圖 6-1 教學大樓的冰水機組負荷率分佈
(資料來源：本文整理)

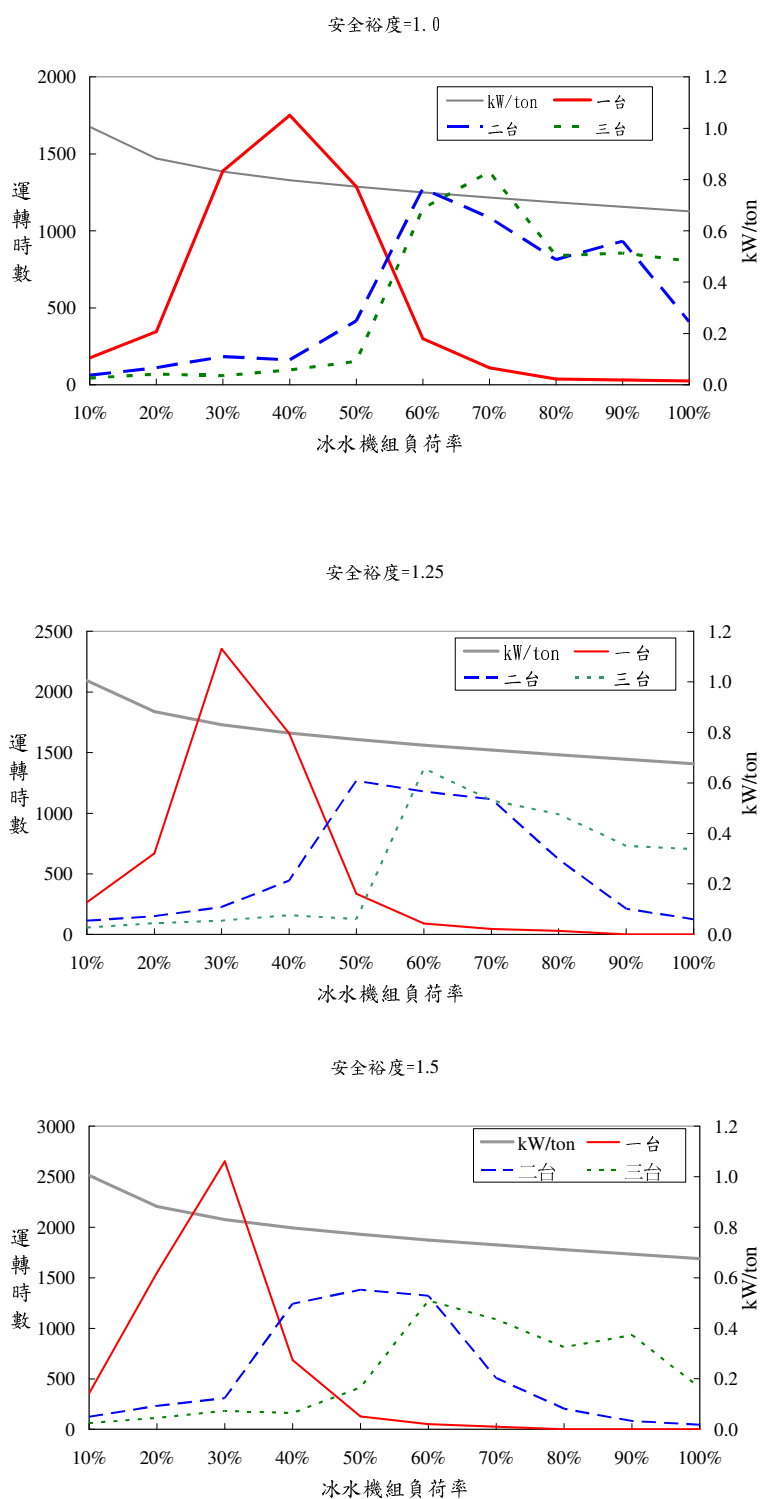


圖 6-2 學生宿舍的冰水機組負荷率分佈

(資料來源：本文整理)

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響

利用 eQuest 電腦程式算得的九種建築模型以及不同冰機台數與機型組合下的冰機全年用電彙整於表 6-5 和 6-6。不論從用電或年平均效率的從圖中，都可看出當冰機台數由一台變二台時，其省電效果明顯。但增加為三台時，節電效果並未增加。意謂複數台數冰機的組合，當台數越來越多時，其節能效果並不與台數成正比。

表 6-5 各種組合下的教學大樓之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
定頻 離心機	1	883640	0.70	1.03	900249	0.71	1.05	918004	0.72	1.07
	2	868234	0.68	1.01	872904	0.69	1.02	875871	0.69	1.02
	3	863412	0.68	1.01	865408	0.68	1.01	868234	0.68	1.01
變頻 離心機	1	853753	0.67	1.00	858056	0.68	1.00	865636	0.68	1.01
	2	847912	0.67	0.99	848187	0.67	0.99	850338	0.67	0.99
	3	847873	0.67	0.99	848337	0.67	0.99	847912	0.67	0.99
雙壓縮機 變頻式(A)	1	986176	0.78	1.15	1036710	0.82	1.21	1075996	0.85	1.26
	2	946523	0.75	1.10	966020	0.76	1.13	968471	0.76	1.13
	3	926619	0.73	1.08	932626	0.74	1.09	946523	0.75	1.10
雙壓縮機 變頻式(B)	1	2264182	0.64	0.94	2284581	0.64	0.95	2358652	0.66	0.98
	2	2252205	0.63	0.94	2239031	0.63	0.93	2255903	0.63	0.94
	3	2264389	0.64	0.94	2270855	0.64	0.94	2252042	0.63	0.94

效率比值=年平均效率/額定效率
(資料來源：本文整理)

表 6-6 各種組合下的學生宿舍之全年冰機用電

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
單壓縮機 渦卷式	1	211603	0.72	1.06	217001	0.73	1.09	222651	0.75	1.11
	2	203011	0.69	1.02	204389	0.69	1.02	206619	0.70	1.03
	3	202510	0.69	1.01	202979	0.69	1.02	203011	0.69	1.02
雙壓縮機 渦卷式	1	198073	0.67	0.99	197978	0.67	0.99	198210	0.67	0.99
	2	197775	0.67	0.99	197834	0.67	0.99	198073	0.67	0.99
	3	233139	0.68	1.00	236395	0.69	1.02	240392	0.70	1.03
單壓縮機 螺桿式	1	236515	0.80	1.18	244991	0.83	1.22	252425	0.85	1.26
	2	215643	0.73	1.08	220285	0.74	1.10	226445	0.77	1.13
	3	215040	0.73	1.08	216316	0.73	1.08	215643	0.73	1.08
雙壓縮機 螺桿式	1	248780	0.84	1.24	258866	0.88	1.29	267296	0.90	1.34
	2	221823	0.75	1.11	228060	0.77	1.14	236155	0.80	1.18
	3	221162	0.75	1.11	222832	0.75	1.12	221823	0.75	1.11

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認

依據公式(3-2)各種冰水機機型與台數組合的全年耗電量及 α_1 修正係數的確認彙整於圖 6-3 至圖 6-11。在表 6-5、6-6 中，特別將每個案例 α_1 的計算基準值以淺藍色網底標示出來，以利了解。分析結果透露了一些重要訊息：

- (1) 在醫院類建築中， α_1 的數值幾乎不隨著建築物的外殼設計與平面形狀而變。
- (2) 台數控制的節能效果隨著安全裕度的增加而顯著。
- (3) 結果顯示在醫院類建築中，當設計不當或表面使用部分負載效率不佳的冰水機組，運用台數控制來降低耗電是必要的，不應當被視為節能效率好，而是應視為避免更浪費能

源的措施。

若將基準冰水機組設為定頻離心式冰水機組 2 台，則依公式 (3-3) 的定義重新計算 α_1 數值，結果彙整於表 6-7 至表 6-9，並且彙整於圖 6-11 至圖 6-19。分析結果顯示了一些重要的訊息：

- (1) 對於定頻式機組，除了使用單台冰水機組 α_1 值為負值外，該數值與兩台或三台的數值明顯不同。
- (2) 對於變頻式離心機若安全裕度為 1.0，其全年耗電值也比使用兩台定頻離心機的台數控制方式省電 ($\alpha_1=0.08$)。即便安全裕度變成 1.25 或 1.50，使用單台變頻式離心機組的全年耗電也未增加。但當改成兩台或三台變頻式離心機， α_1 值幾乎不受台數與安全裕度的影響，其值為 0.12。
- (3) 對於兩款的雙壓縮機變頻離心機 α_1 的數值與台數及安全裕度無關，皆為定值， α_1 分別是 0.15 與 0.10。

其於前面的論點，本研究案對於 α_1 的修正係數，建議做如下的修改：

- (1) 當冰水機組的總制冷容量超過某依特定噸數，冰水機組應至少為兩台。(如 ASHRAE 90.1 的程度)
- (2) 使用定頻式冰水機 $\alpha_1=0$ ，使用變頻式冰水機，單壓縮 $\alpha_1=0.12$ 。(取所有變頻機 α_1 值的平均值)
- (3) 使用螺桿式或渦卷式冰水機 $\alpha_1=0$ ，即不用給予複數台數設計的節能優惠。

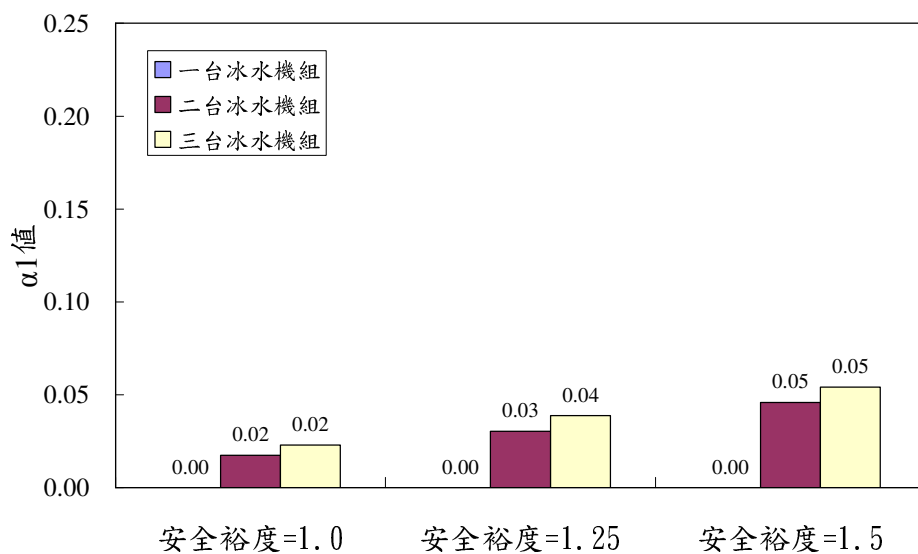


圖 6-3 教學大樓定頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

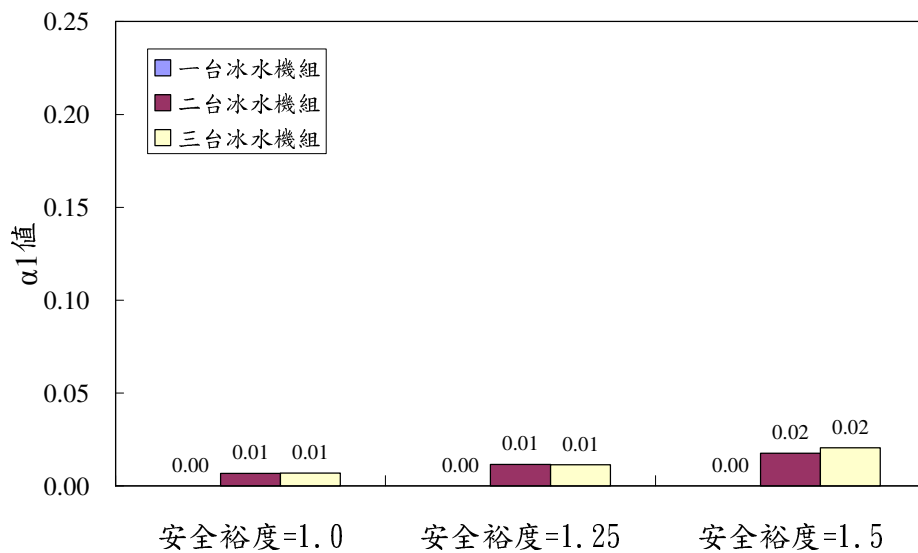


圖 6-4 教學大樓變頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

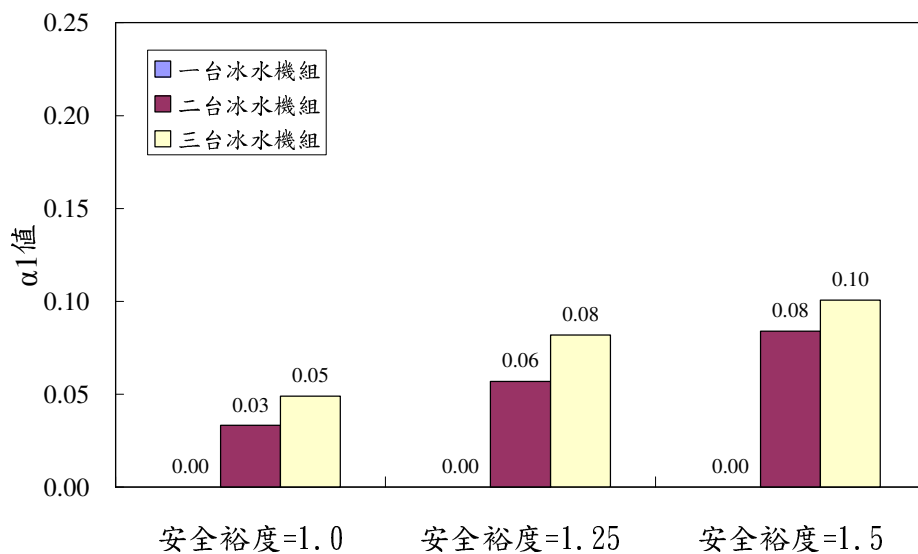


圖 6-5 教學大樓雙壓縮機變頻式(A)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

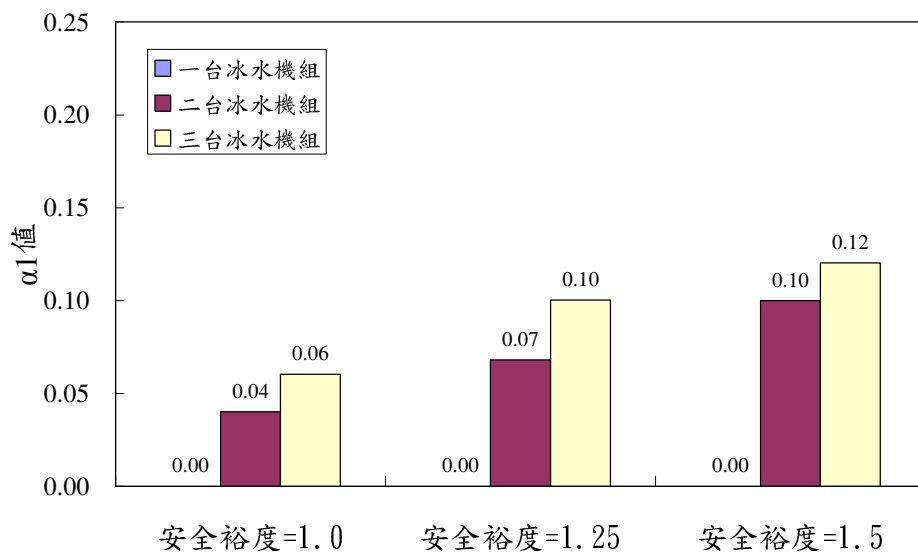


圖 6-6 教學大樓雙壓縮機變頻式(B)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

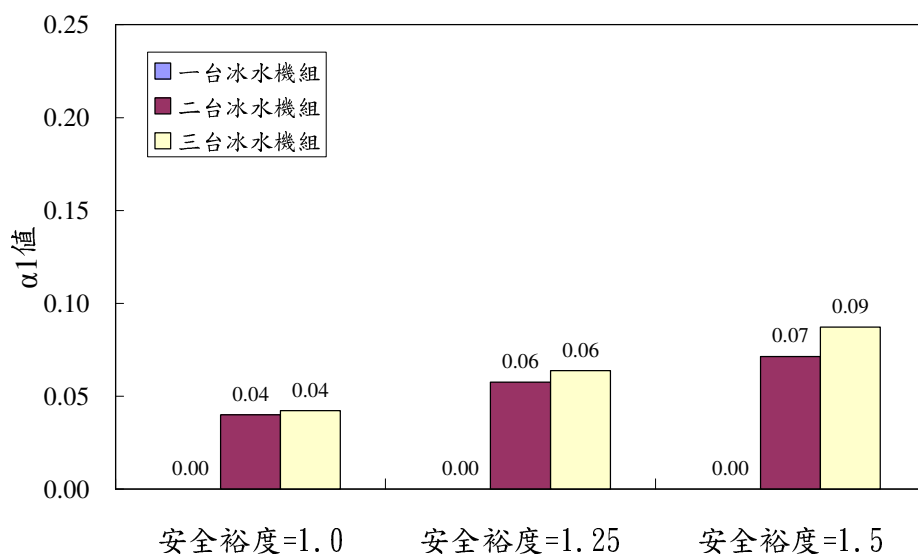


圖 6-7 學生宿舍往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

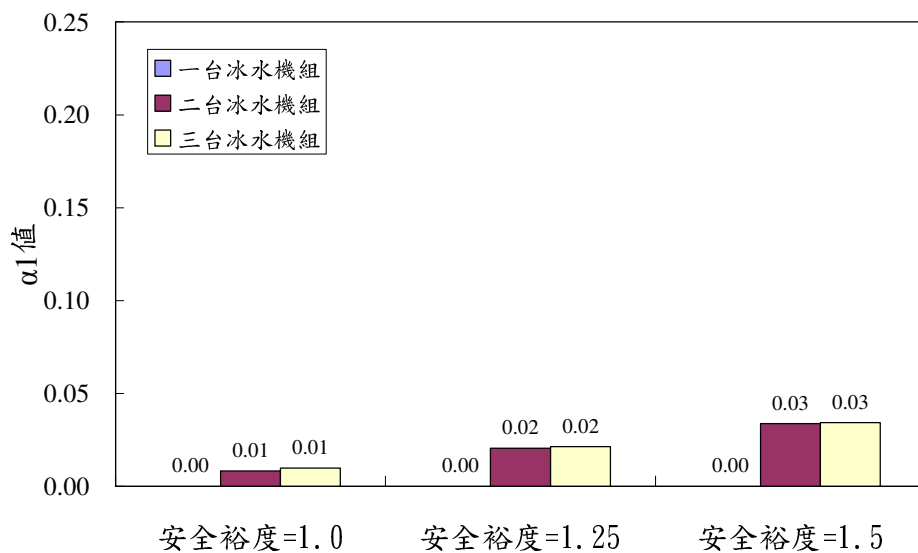


圖 6-8 學生宿舍建築物往復式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

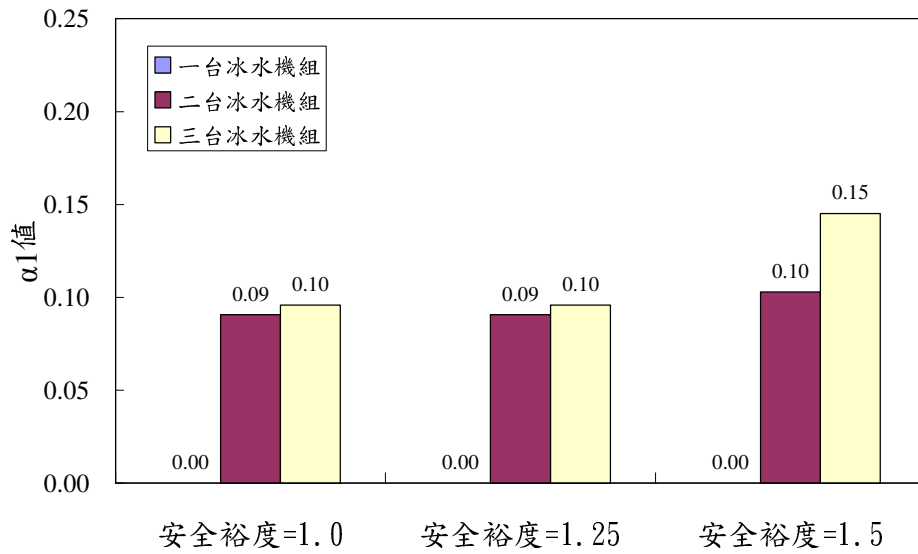


圖 6-9 學生宿舍建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

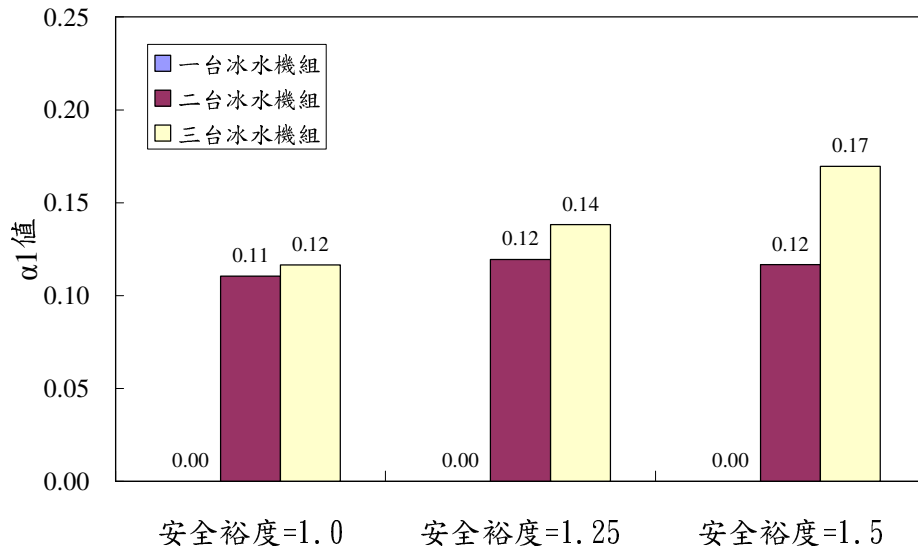


圖 6-10 學生宿舍建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

表 6-7 學校建築物離心式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
定頻	1	883640	0.70	1.03	0.00	900249	0.71	1.05	0.00	918004	0.72	1.07	0.00
	2	868234	0.68	1.01	0.02	872904	0.69	1.02	0.03	875871	0.69	1.02	0.05
	3	863412	0.68	1.01	0.02	865408	0.68	1.01	0.04	868234	0.68	1.01	0.05
單壓縮 機變頻	1	853753	0.67	1.00	0.00	858056	0.68	1.00	0.00	865636	0.68	1.01	0.00
	2	847912	0.67	0.99	0.01	848187	0.67	0.99	0.01	850338	0.67	0.99	0.02
	3	847873	0.67	0.99	0.01	848337	0.67	0.99	0.01	847912	0.67	0.99	0.02
雙壓縮機 變頻 (A)	1	952345	0.75	1.11	0.00	991715	0.78	1.16	0.00	1023822	0.81	1.19	0.00
	2	920709	0.73	1.07	0.03	935323	0.74	1.09	0.06	937925	0.74	1.09	0.08
	3	905729	0.71	1.06	0.05	910445	0.72	1.06	0.08	920709	0.73	1.07	0.10
雙壓縮機 變頻 (B)	1	986176	0.78	1.15	0.00	1036710	0.82	1.21	0.00	1075996	0.85	1.26	0.00
	2	946523	0.75	1.10	0.04	966020	0.76	1.13	0.07	968471	0.76	1.13	0.10
	3	926619	0.73	1.08	0.06	932626	0.74	1.09	0.10	946523	0.75	1.10	0.12

(資料來源：本文整理)

表 6-8 學校建築物往復式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 α_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
往復式 (單台壓縮機)	1	211603	0.72	1.06	0.00	217001	0.73	1.09	0.00	222651	0.75	1.11	0.00
	2	203011	0.69	1.02	0.04	204389	0.69	1.02	0.06	206619	0.70	1.03	0.07
	3	202510	0.69	1.01	0.04	202979	0.69	1.02	0.06	203011	0.69	1.02	0.09
往復式 (雙台壓縮機)	1	199803	0.68	1.00	0.00	202247	0.68	1.01	0.00	205272	0.69	1.03	0.00
	2	198073	0.67	0.99	0.01	197978	0.67	0.99	0.02	198210	0.67	0.99	0.03
	3	197775	0.67	0.99	0.01	197834	0.67	0.99	0.02	198073	0.67	0.99	0.03

(資料來源：本文整理)

表 6-9 學校建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機組 台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年	年平均	效率	新	全年	年平均	效率	新	全年	年平均	效率	新
		總用電	效率	比值	α_1	總用電	效率	比值	α_1	總用電	效率	比值	α_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
螺桿式 (單台壓縮機)	1	236515	0.80	1.18	0.00	244991	0.83	1.22	0.00	252425	0.85	1.26	0.00
	2	215643	0.73	1.08	0.09	220285	0.74	1.10	0.09	226445	0.77	1.13	0.10
	3	215040	0.73	1.08	0.10	216316	0.73	1.08	0.10	215643	0.73	1.08	0.15
螺桿式 (雙台壓縮機)	1	248780	0.84	1.24	0.00	258866	0.88	1.29	0.00	267296	0.90	1.34	0.00
	2	221823	0.75	1.11	0.11	228060	0.77	1.14	0.12	236155	0.80	1.18	0.12
	3	221162	0.75	1.11	0.12	222832	0.75	1.12	0.14	221823	0.75	1.11	0.17

(資料來源：本文整理)

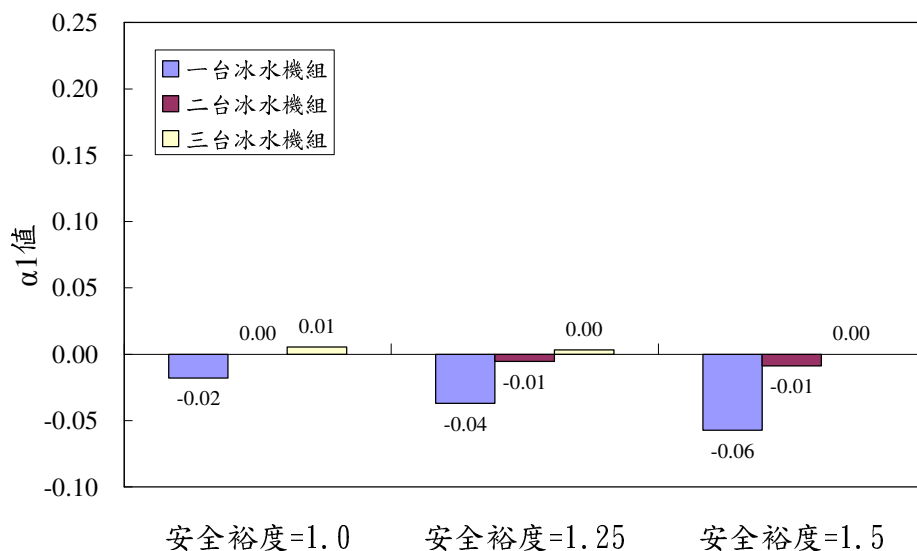


圖 6-11 教學大樓定頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

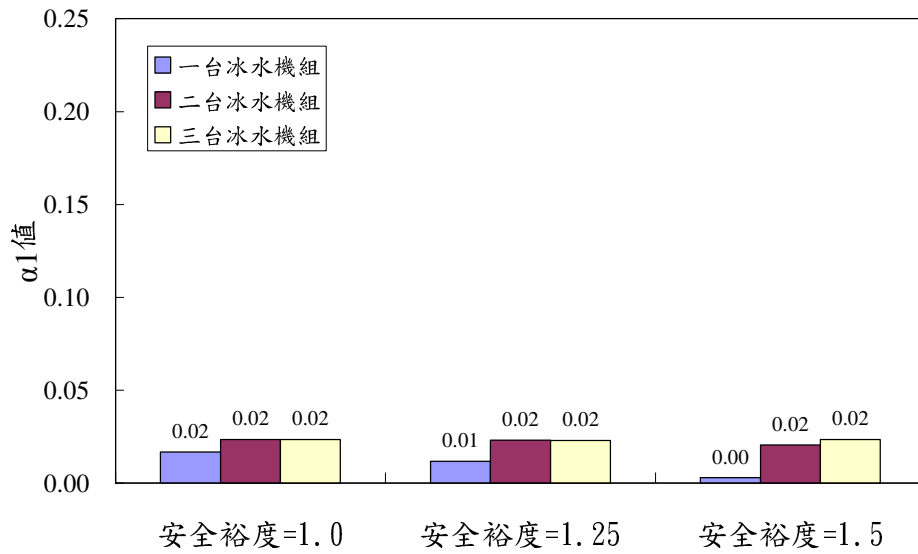


圖 6-12 教學大樓變頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

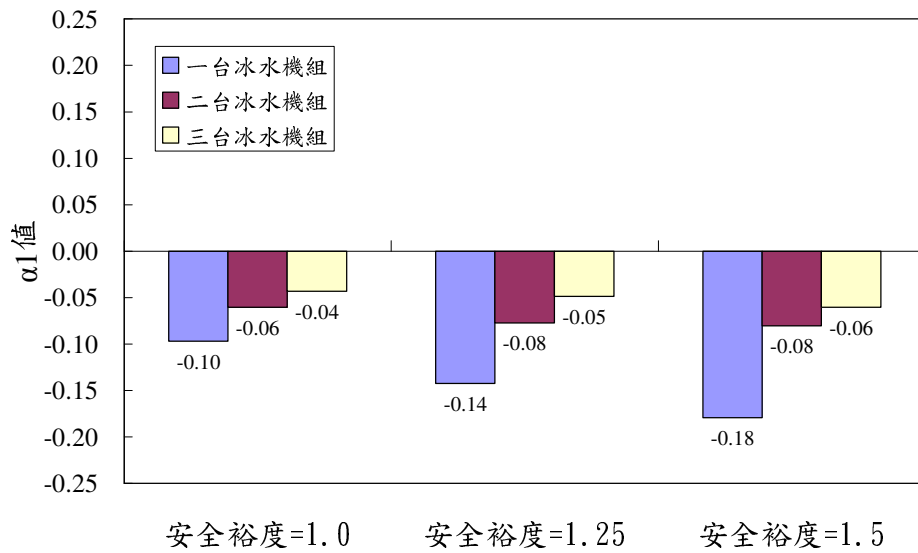


圖 6-13 教學大樓雙壓縮機變頻式 (A) 之新 α_1 確定計算(資料

來源：本文整理)

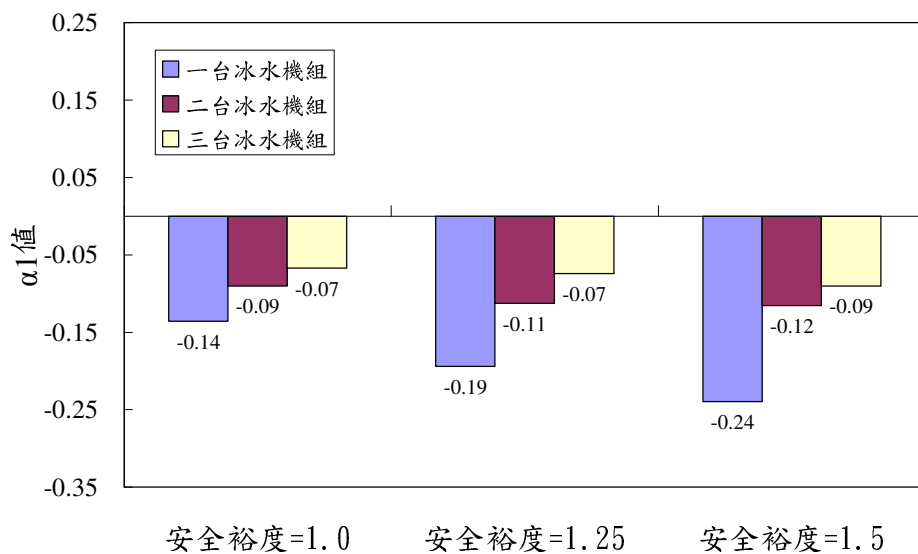


圖 6-14 教學大樓雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

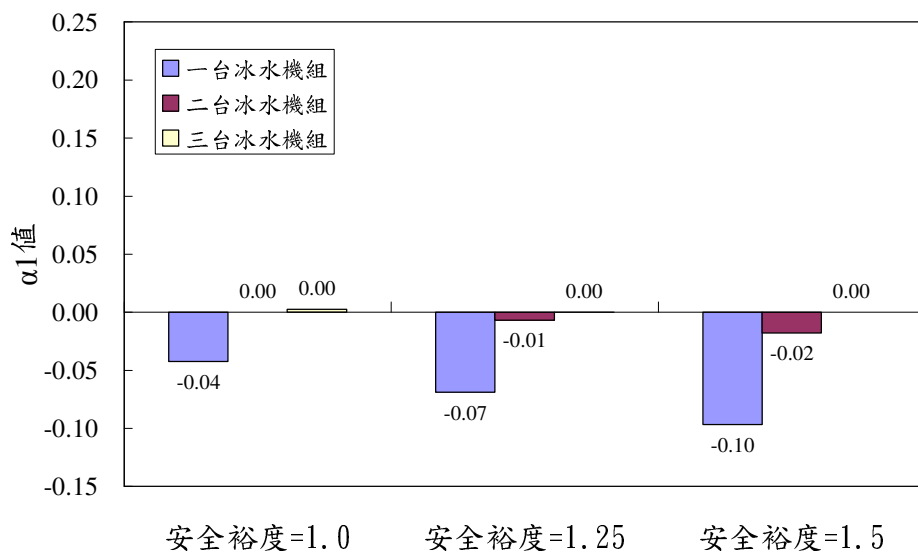


圖 6-15 學生宿舍往復式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

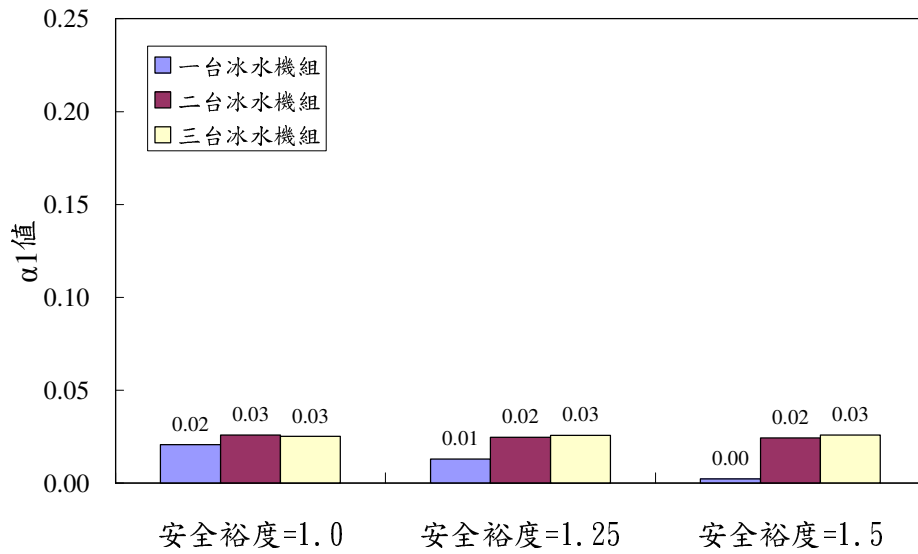


圖 6-16 學生宿舍往復式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

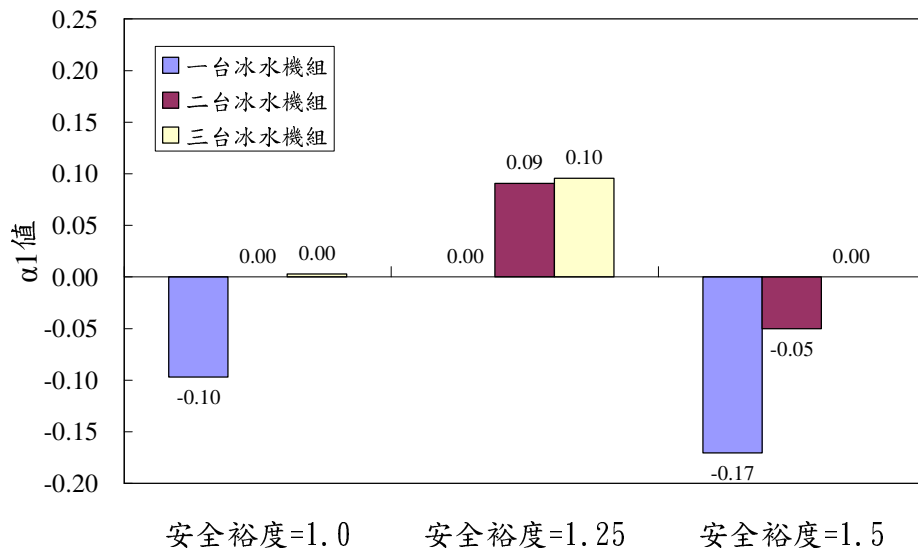


圖 6-17 學生宿舍建築物螺桿式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

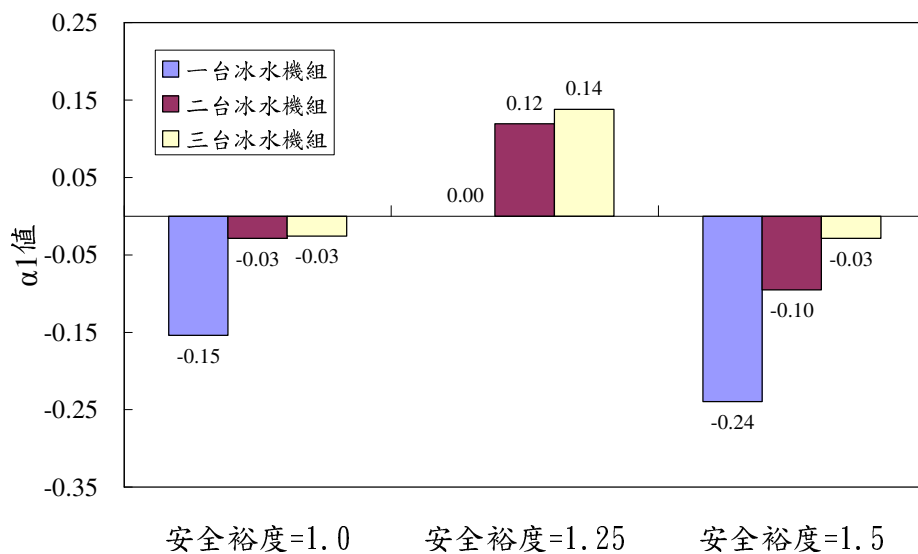


圖 6-18 學生宿舍建築物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

第七章 其他類建築的台數控制節能效率

第一節 建築與冰水機模型

本研究計畫在其他建築物的建築分成國際會議中心(1)、百貨公司(2)、戲院(3)、購物商場(4)和博物館(5)等五種模型。利用 eQuest 程式算出的醫院建築物供冷需求與負荷頻數彙整於表 7-1 的制冷需求，大規模醫院選用水冷式離心機，而中規模樓選用水冷渦卷式或螺桿式冰水機。除了空調運轉時間按實際的狀況，其他與冰機相關的參數皆與辦公類建築相同。各場所空調的運轉時間如下：

國際會議中心：平日早上 8 點到下午 6 點，例假日全日不運轉。

百貨公司：每日早上 11 點到晚上 10 點。

戲院：平日下午 1 點到晚上 12 點，例假日早上 10 點到凌晨 1 點。

購物商場：每日早上 10 點到晚上 10 點。

博物館：每日早上 8 點到下午 5 點，週一全日不運轉。

表 7-1 其他類建築物供冷需求與負荷頻數

建築模型	建築物負荷率										冷負荷	
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	尖峰 (ton)	全年 (ton-hrs)
1	153	222	513	680	746	503	660	577	167	21	343	700568
2	68	153	275	487	450	434	404	460	221	44	200	309218
3	226	430	601	531	629	561	547	718	495	76	318	761654
4	174	290	576	650	614	481	523	630	460	61	442	981258
5	174	317	540	664	542	305	500	516	270	33	543	981083

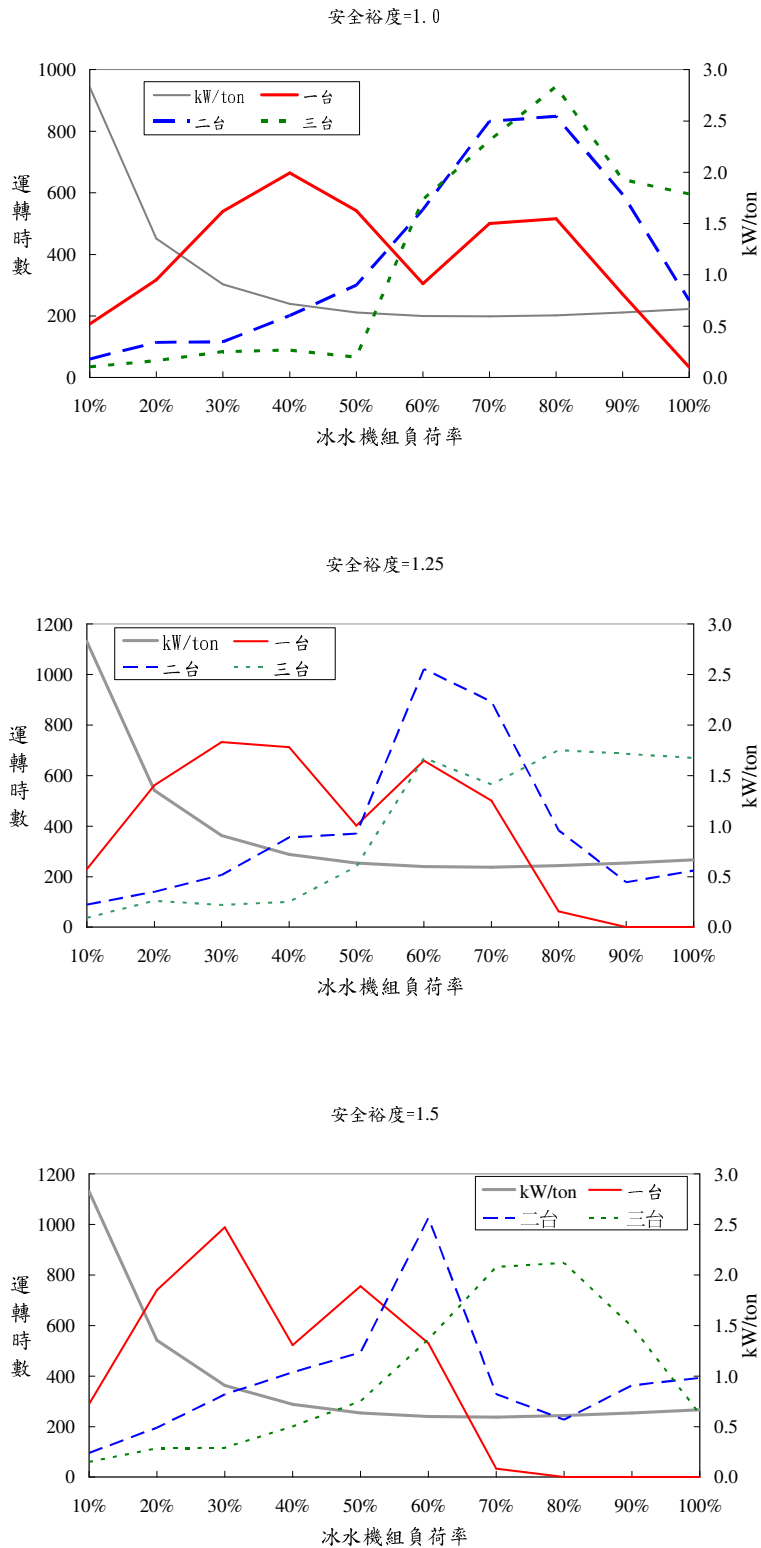
(資料來源：本文整理)

第二節 台數及安全裕度對冷負荷時間頻數的作用

圖 7-1 是百貨公司，而圖 7-2 是博物館的冰水機組負荷率分佈。

從圖 7-1 至圖 7-2 發現了幾個重點：

- (1) 醫院類建築的建築物負荷分布頻度，主要是分布在 40~80% 之間。在這個區間內冰水機的部分負荷效率並未明顯劣化。
- (2) 單台冰水機組時安全裕度的增大，會使得冰水機組的負荷分布頻數明顯地往低負荷率方向偏移，增加了冰水機在低效率下運轉的時間。
- (3) 透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除，也解決了容量超大設計造成效率劣化的問題。



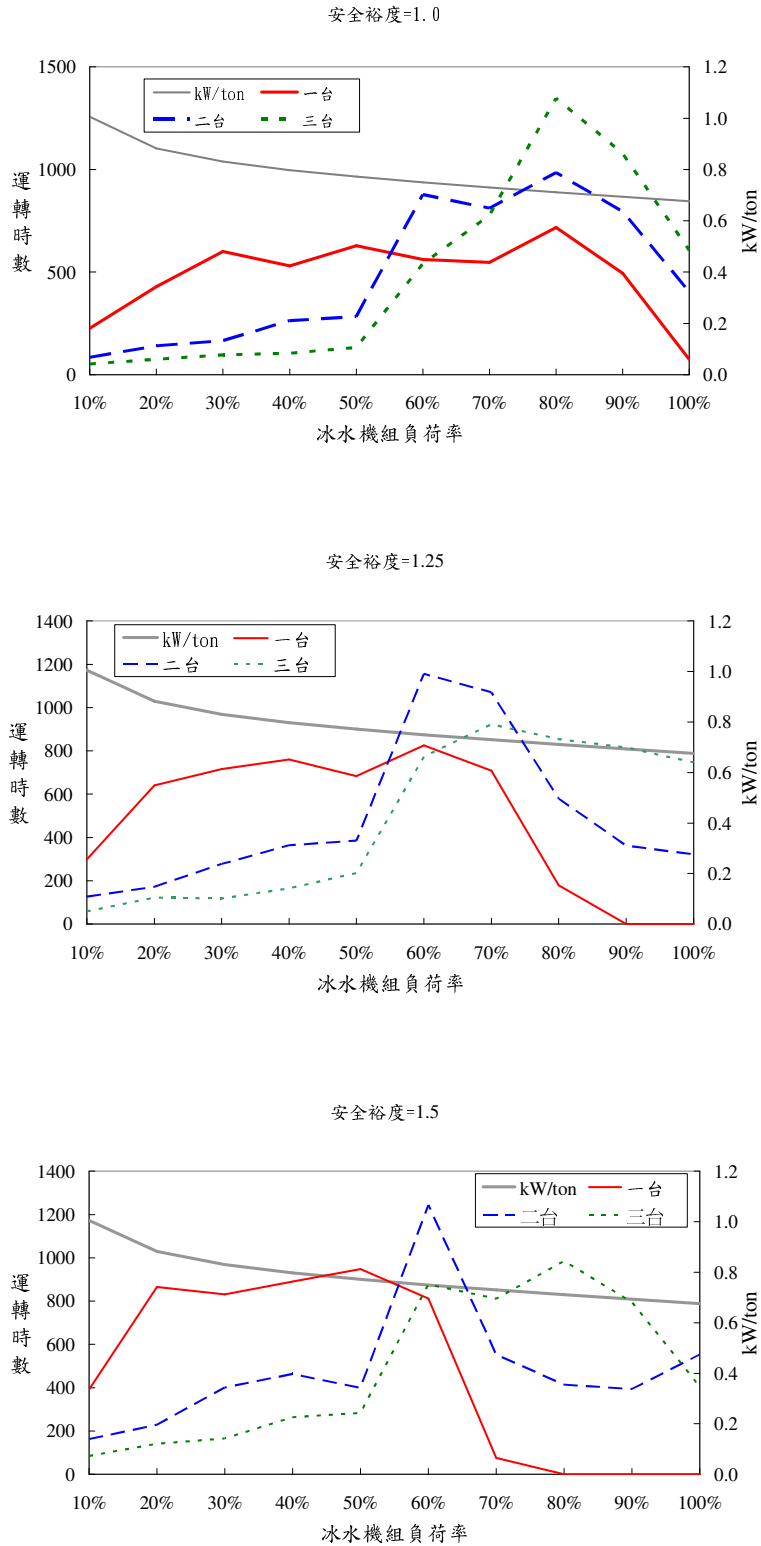


圖 7-2 博物館安全裕度=1 時的冰水機組負荷率

(資料來源：本文整理)

第三節 台數對全年空調用電與效率的影響

利用 eQuest 電腦程式算得的九種建築模型以及不同冰機台數與機型組合下的冰機全年用電彙整於表 7-2。

表 7-2 各種組合下的其他類建築物之全年冰機用電。

冰水機		安全裕度=1.0			安全裕度=1.25			安全裕度=1.5		
型式	台數	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比	用電 (KWH)	年效率 (KW/ton)	效率比
定頻 離心機	1	450480	0.78	1.15	495097	0.85	1.26	543810	0.94	1.38
	2	403676	0.70	1.03	418224	0.72	1.07	426096	0.74	1.09
	3	392874	0.68	1.00	397277	0.69	1.02	403721	0.70	1.03
變頻 離心機	1	529895	0.71	1.04	586930	0.78	1.15	663880	0.88	1.31
	2	464683	0.62	0.92	474370	0.63	0.94	495254	0.66	0.98
	3	459017	0.61	0.91	464916	0.62	0.92	464657	0.62	0.92
雙壓縮機 變頻式(A)	1	345247	0.59	0.87	345971	0.59	0.87	357133	0.60	0.89
	2	343269	0.59	0.87	338283	0.58	0.86	344155	0.59	0.87
	3	349019	0.60	0.89	348609	0.60	0.89	343200	0.59	0.87
雙壓縮機 變頻式(B)	1	369809	0.63	0.93	378265	0.64	0.95	394852	0.67	0.99
	2	360344	0.62	0.92	359264	0.62	0.91	364757	0.62	0.92
	3	362396	0.62	0.92	362916	0.62	0.92	360275	0.62	0.92
單壓縮機 渦卷式	1	400268	0.69	1.02	407950	0.70	1.04	416186	0.72	1.06
	2	392242	0.68	1.00	394782	0.68	1.01	395922	0.68	1.01
	3	390238	0.67	1.00	390956	0.67	1.00	392242	0.68	1.00
雙壓縮機 渦卷式	1	385321	0.67	0.98	387461	0.67	0.99	391060	0.68	1.00
	2	382835	0.66	0.98	382864	0.66	0.98	383945	0.66	0.98
	3	382980	0.66	0.98	383165	0.66	0.98	382835	0.66	0.98
單壓縮機 螺桿式	1	433819	0.74	1.10	450903	0.77	1.14	464969	0.79	1.17
	2	416765	0.72	1.06	424746	0.73	1.08	424748	0.73	1.08
	3	410026	0.71	1.05	411666	0.71	1.05	416775	0.72	1.06
雙壓縮機 螺桿式	1	450205	0.77	1.14	471912	0.81	1.19	488910	0.83	1.23
	2	428696	0.74	1.09	439324	0.75	1.12	438781	0.75	1.11
	3	419678	0.72	1.07	421752	0.73	1.07	428711	0.74	1.09

效率比值=年平均效率/額定效率

(資料來源：本文整理)

第四節 台數控制 α_1 修正係數的確認

依據公式 (3-2) 各種冰水機機型與台數組合的全年耗電量及 α_1 修正係數的確認彙整於圖 7-3 至圖 7-10。在表 7-2 中，特別將每個案例 α_1 的計算基準值以淺藍色網底標示出來，以利了解。分析結果透露了一些重要訊息：

- (1) 在醫院類建築中， α_1 的數值幾乎不隨著建築物的外殼設計與平面形狀而變。
- (2) 台數控制的節能效果隨著安全裕度的增加而顯著。
- (3) 結果顯示在醫院類建築中，當設計不當或表面使用部分負載效率不佳的冰水機組，運用台數控制來降低耗電是必要的，不應當被視為節能效率好，而是應視為避免更浪費能源的措施。

若將基準冰水機組設為定頻離心式冰水機組 2 台，則依公式 (3-3) 的定義重新計算 α_1 數值，結果彙整於表 7-3 至表 7-5，並且彙整於圖 7-11 至圖 7-18。分析結果顯示了一些重要的訊息：

- (1) 對於定頻式機組，除了使用單台冰水機組 α_1 值為負值外，該數值與兩台或三台的數值明顯不同。
- (2) 對於變頻式離心機若安全裕度為 1.0，其全年耗電值也比使用兩台定頻離心機的台數控制方式省電 ($\alpha_1=0.08$)。即便安全裕度變成 1.25 或 1.50，使用單台變頻式離心機組的全年耗電也未增加。但當改成兩台或三台變頻式離心機， α_1 值幾乎不受台數與安全裕度的影響，其值為 0.12。
- (3) 對於兩款的雙壓縮機變頻離心機 α_1 的數值與台數及安全裕度無關，皆為定值， α_1 分別是 0.15 與 0.10。

其於前面的論點，本研究案對於 α_1 的修正係數，建議做如下的修改：

- (1) 當冰水機組的總制冷容量超過某依特定噸數，冰水機組應至少為兩台。(如 ASHRAE 90.1 的程度)
- (2) 使用定頻式冰水機 $\alpha_1=0$ ，使用變頻式冰水機，單壓縮 $\alpha_1=0.12$ 。(取所有變頻機 α_1 值的平均值)
- (3) 使用螺桿式或渦卷式冰水機 $\alpha_1=0$ ，即不用給予複數台數設計的節能優惠。

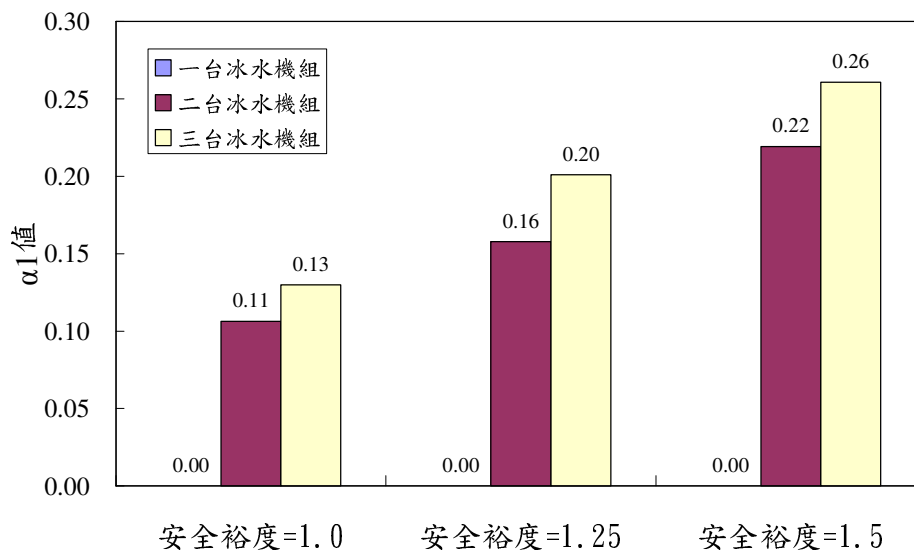


圖 7-3 其他類建築物定頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

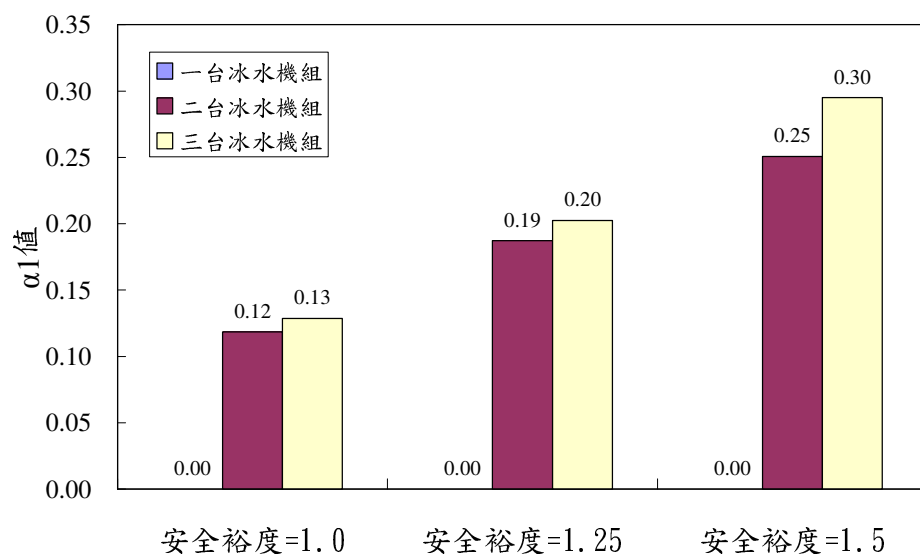


圖 7-4 其他類建築物變頻離心式之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

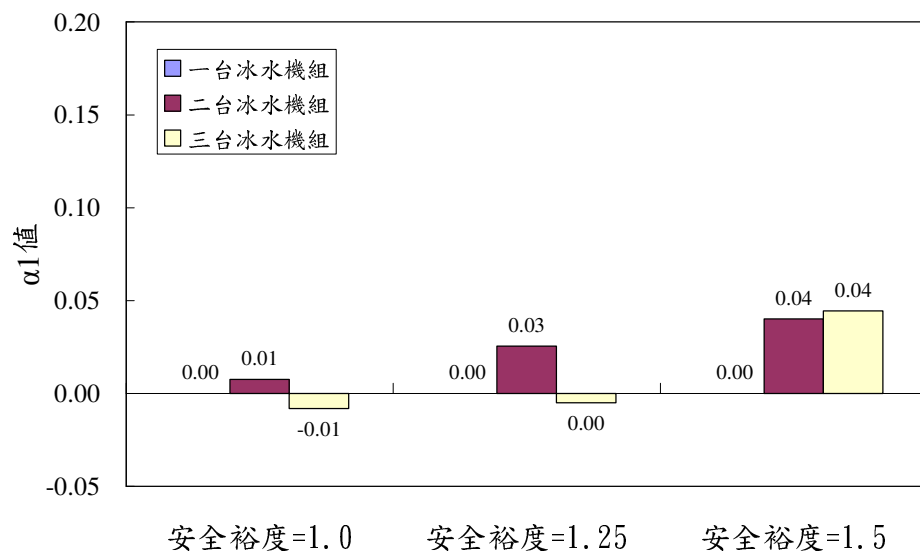


圖 7-5 其他類建築物雙壓縮機變頻式 (A) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

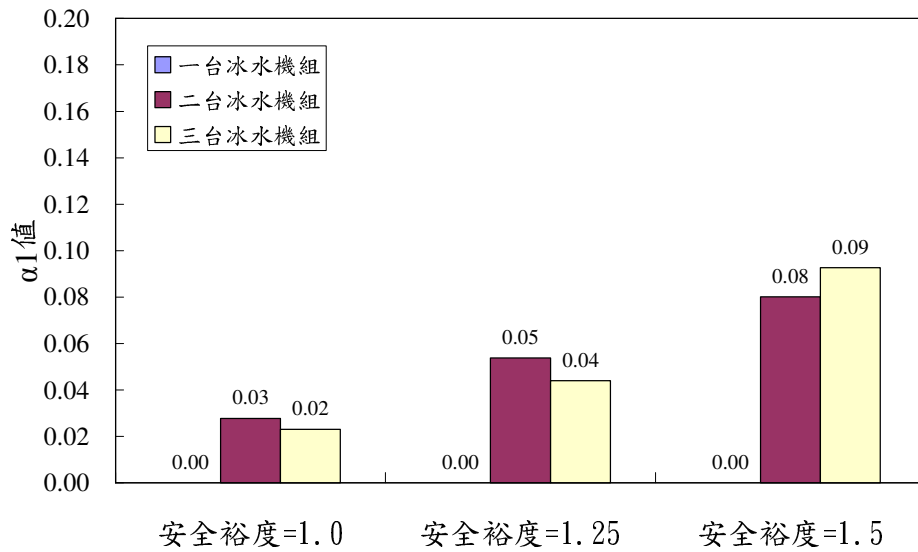


圖 7-6 其他類建築物雙壓縮機變頻式 (B) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

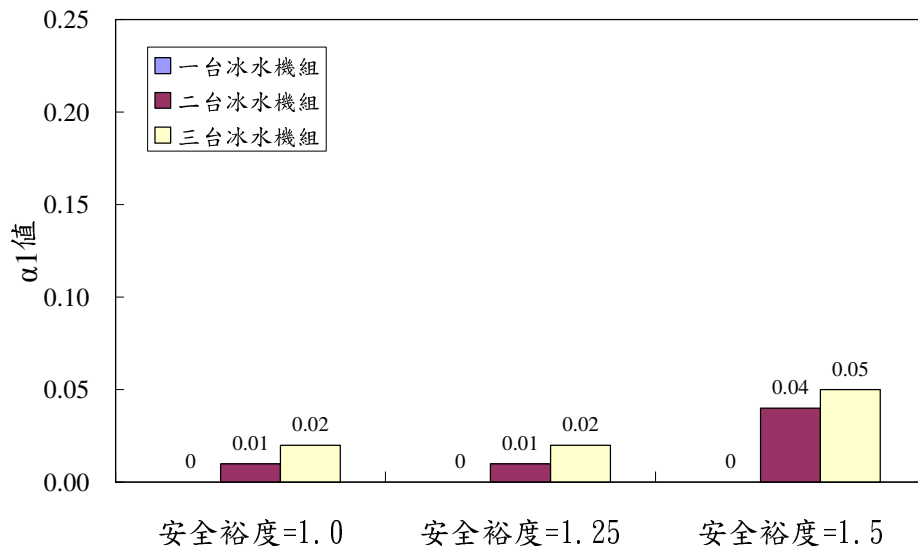


圖 7-7 其他類建築物往復式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

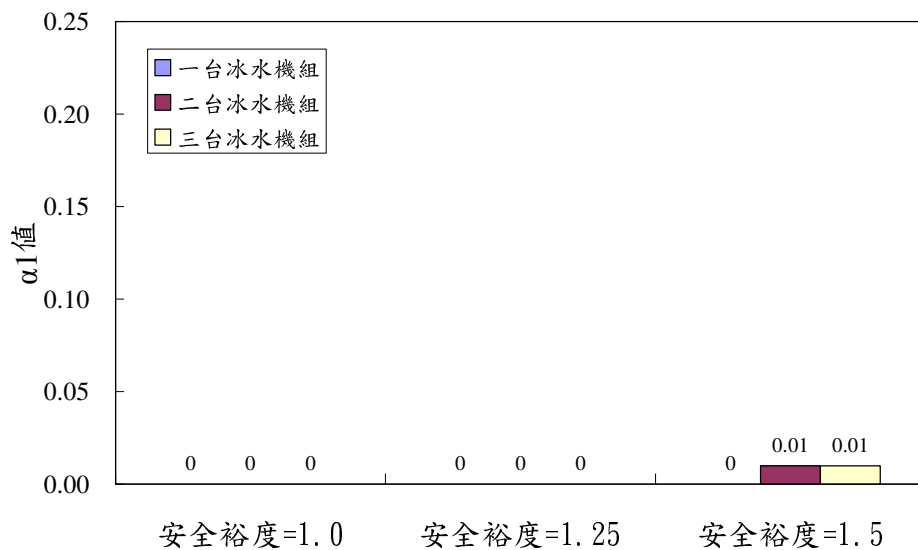


圖 7-8 其他類建築物往復式(雙台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

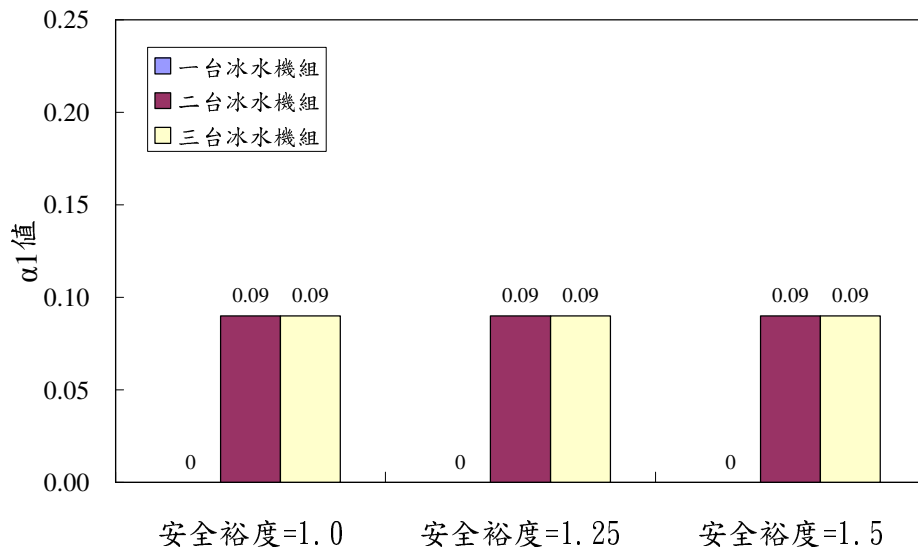


圖 7-9 其他類建築物螺桿式(單台壓縮機) 之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

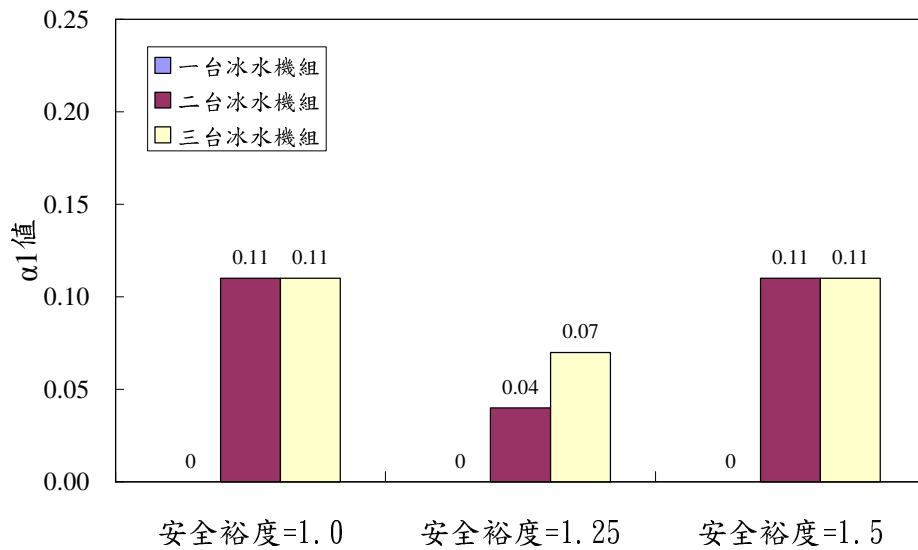


圖 7-10 其他類建築物螺桿式(雙台壓縮機)之 α_1 的確定計算

(資料來源：本文整理)

表 7-3 其他建築物離心式之新 α_1 的確定計算

冰機型式	冰水機組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年總用電	年平均效率	效率比值	新 a_1	全年總用電	年平均效率	效率比值	新 a_1	全年總用電	年平均效率	效率比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
定頻	1	450480	0.78	1.15	-0.12	495097	0.85	1.26	-0.23	543810	0.94	1.38	-0.35
	2	403676	0.70	1.03	0.00	418224	0.72	1.07	-0.04	426096	0.74	1.09	-0.06
	3	392874	0.68	1.00	0.03	397277	0.69	1.02	0.02	403721	0.70	1.03	0.00
單壓縮機變頻	1	400587	0.67	1.00	0.01	441904	0.74	1.10	-0.09	498626	0.83	1.23	-0.24
	2	355117	0.61	0.90	0.12	361672	0.62	0.91	0.10	376361	0.64	0.95	0.07
	3	351152	0.60	0.89	0.13	355114	0.61	0.90	0.12	355075	0.61	0.90	0.12
雙壓縮機變頻(A)	1	345247	0.59	0.87	0.14	345971	0.59	0.87	0.14	357133	0.60	0.89	0.12
	2	343269	0.59	0.87	0.15	338283	0.58	0.86	0.16	344155	0.59	0.87	0.15
	3	349019	0.60	0.89	0.14	348609	0.60	0.89	0.14	343200	0.59	0.87	0.15
雙壓縮機變頻(B)	1	369809	0.63	0.93	0.08	378265	0.64	0.95	0.06	394852	0.67	0.99	0.02
	2	360344	0.62	0.92	0.11	359264	0.62	0.91	0.11	364757	0.62	0.92	0.10
	3	362396	0.62	0.92	0.10	362916	0.62	0.92	0.10	360275	0.62	0.92	0.11

(資料來源：本文整理)

表 7-4 其他建築物渦卷式之新 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰機 組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
渦卷式 (單壓縮機)	1	400268	0.69	1.02	-0.02	407950.1	0.70	1.04	-0.04	416185.6	0.72	1.06	-0.06
	2	392242	0.68	1.00	0.00	394782.1	0.68	1.01	-0.01	395922.41	0.68	1.01	-0.01
	3	390238	0.67	1.00	0.01	390955.8	0.67	1.00	0.00	392242.34	0.68	1.00	0.00
渦卷式 (雙壓縮機)	1	385321	0.67	0.98	0.02	387461.2	0.67	0.99	0.01	391059.73	0.68	1.00	0.00
	2	382835	0.66	0.98	0.02	382864.3	0.66	0.98	0.02	383945.16	0.66	0.98	0.02
	3	382980	0.66	0.98	0.02	383165	0.66	0.98	0.02	382834.87	0.66	0.98	0.02

(資料來源：本文整理)

表 7-5 其他建築物螺桿式新之 α_1 的確定計算

冰機 型式	冰水機 組台數	安全裕度=1.0				安全裕度=1.25				安全裕度=1.5			
		全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1	全年 總用電	年平均 效率	效率 比值	新 a_1
		(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton			(kWh)	kW/ton		
螺桿式 (單壓縮機)	1	433819	0.74	1.10	-0.04	450902.7	0.77	1.14	-0.08	464969.26	0.79	1.17	-0.12
	2	416765	0.72	1.06	0.00	424745.6	0.73	1.08	-0.02	424748.36	0.73	1.08	-0.02
	3	410026	0.71	1.05	0.02	411665.9	0.71	1.05	0.01	416775.22	0.72	1.06	0.00
螺桿式 (雙壓縮機)	1	450205	0.77	1.14	-0.08	471912.1	0.81	1.19	-0.13	488909.92	0.83	1.23	-0.17
	2	428696	0.74	1.09	-0.03	439323.6	0.75	1.12	-0.05	438781.3	0.75	1.11	-0.05
	3	419678	0.72	1.07	-0.01	421752.4	0.73	1.07	-0.01	428710.62	0.74	1.09	-0.03

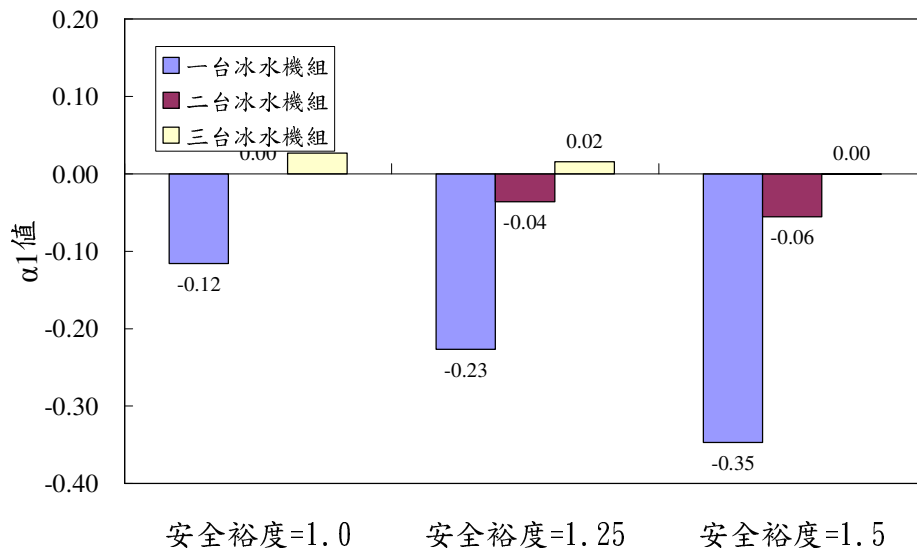


圖 7-11 百貨公司物定頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

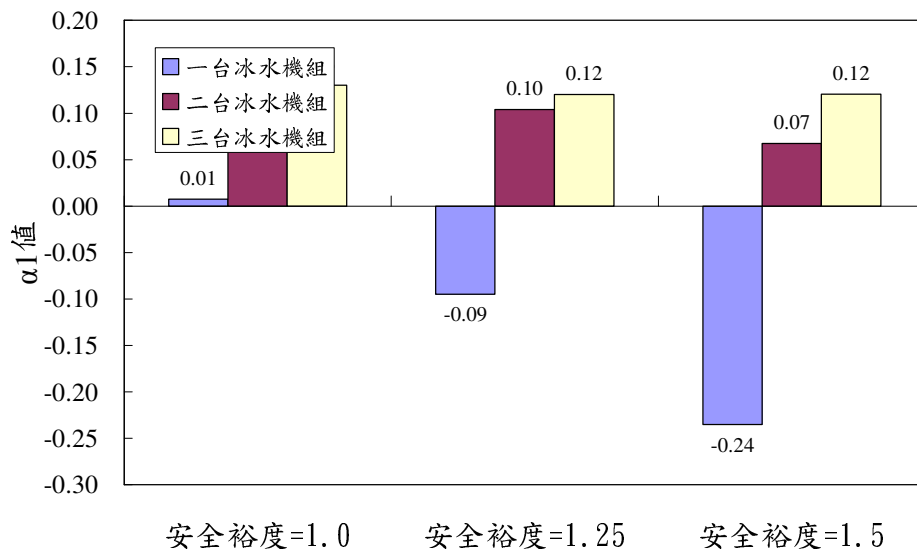


圖 7-12 百貨公司物變頻離心式之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

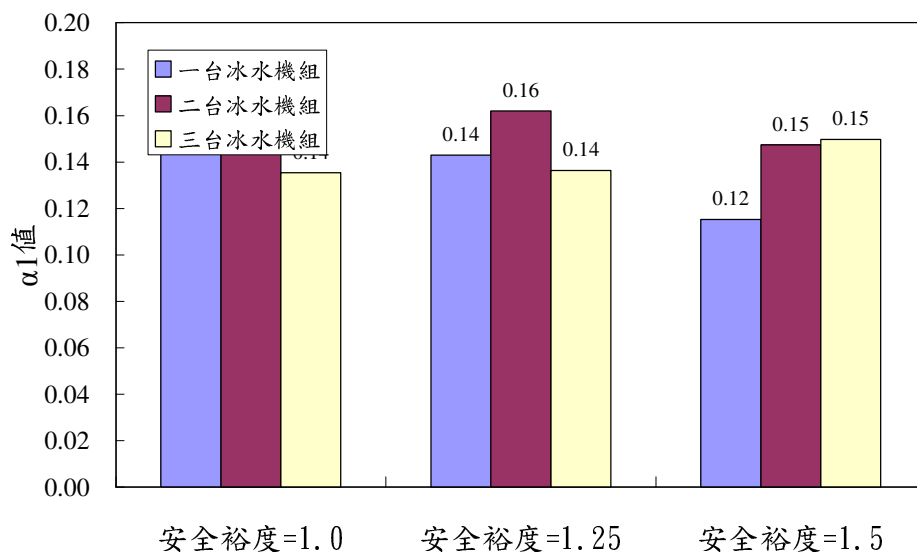


圖 7-13 百貨公司物雙壓縮機變頻式 (A) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

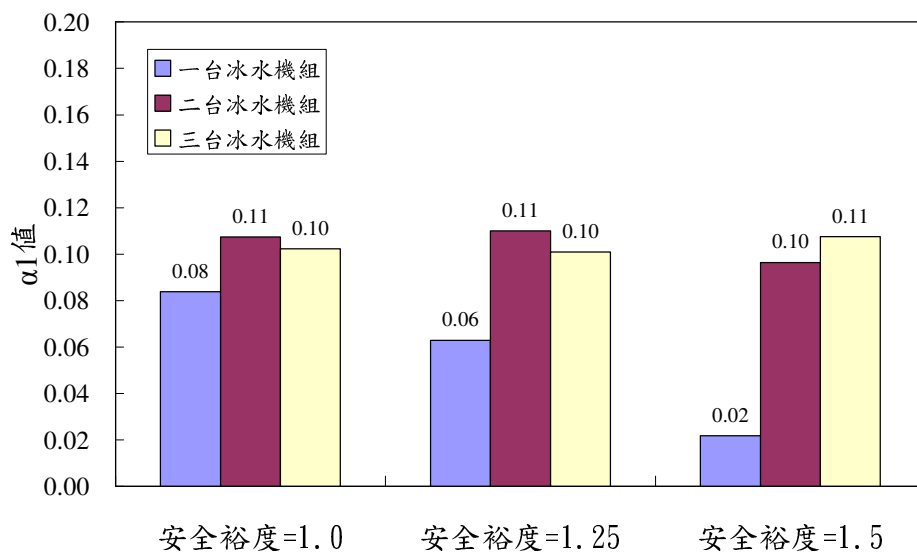


圖 7-14 百貨公司物雙壓縮機變頻式 (B) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

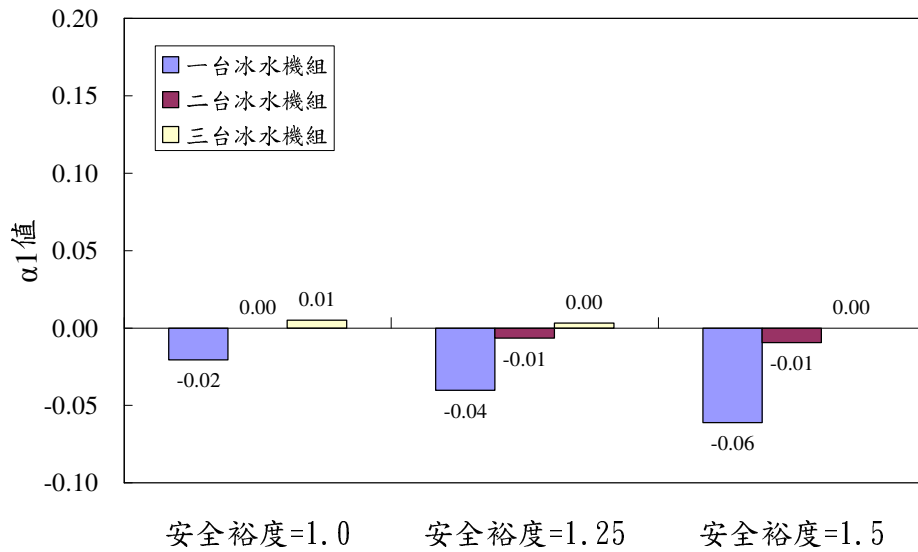


圖 7-15 博物館物往復式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

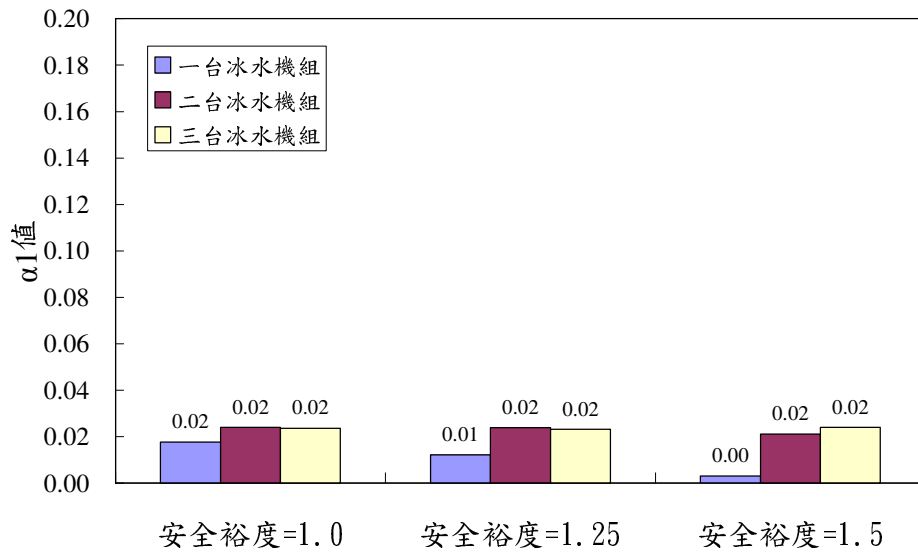


圖 7-16 博物館物往復式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

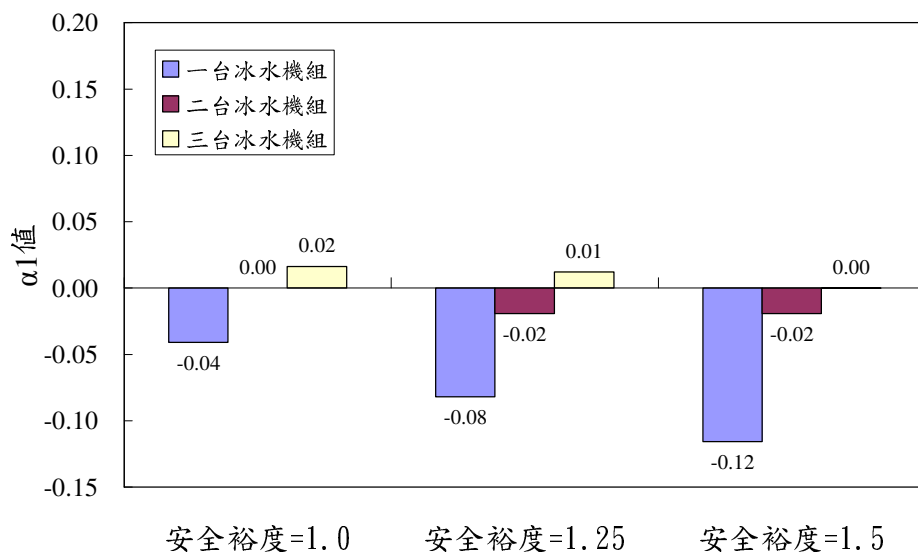


圖 7-17 博物館物螺桿式(單台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

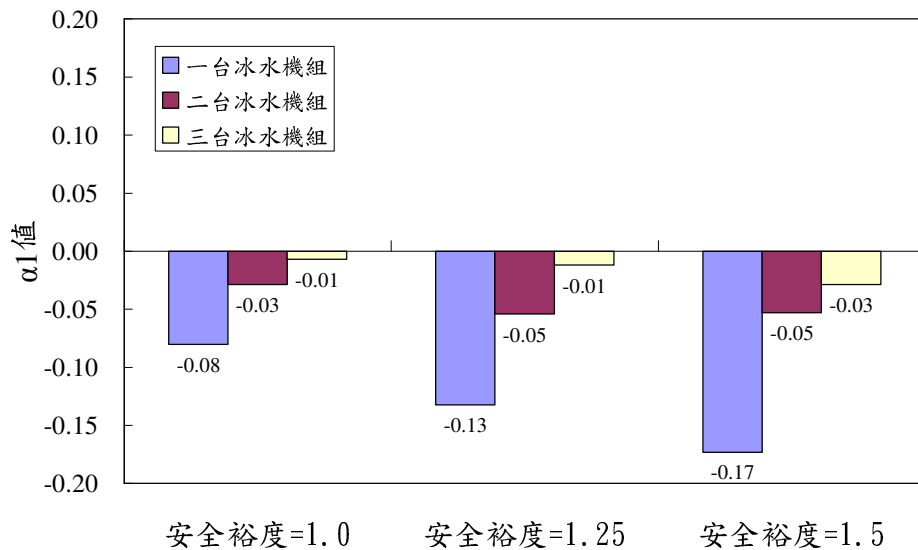


圖 7-18 博物館物螺桿式(雙台壓縮機) 之新 α_1 確定計算

(資料來源：本文整理)

第八章 最佳噸數配置

第一節 不同噸數配置對冰機負荷率的影響

前面幾章的研究重點在於探討不同台數的冰機組合對於各類型建築物空調系統全年用電的影響。不過在前面的分析中，不管使用的冰機台數為何？每台冰機的噸數都是相同的。但在本章，將探討不同噸數配置對各類建築物與各種型式冰機的用電的影響。本章分析的條件如下：

1.前面幾章的分析結果都顯示，在相同的建築分類中，不同的建築外殼與形狀對冰機的全年平均效率的影響並不顯著，所以在最佳噸數配置的模擬中，本研究僅在各類建築物中選定一種建築外型。

2.分析時冰機的台數固定為兩台。這兩台冰機的噸數配比分成三種情況：(1) 3：7 的配比、(2) 4：6 的配比以及 (3) 5：5 的配比。其中第三種配比方式就是前面幾章所用的等噸數設置方式。

3.冰機的運轉策略以 4：6 的配比為例說明之。若建築物的空調設計容量為 300 冷凍噸，按 4：6 的配比，會設置 180 噸(冰機一)與 120 噸(冰機二)的冰機各一台。當建築的空調需求低於 120 噸，僅啟動冰機二；當建築的空調需求介於 120 噸與 180 噸時，僅啟動冰機一；當建築的空調需求高於 180 噸時，冰機一與冰機二同時啟動。

採用不同冰機噸數配比的好處是可以提高冰機的負荷率。圖 8-1 說明了這三種配比方式對冰機負荷率的提升效用。從圖中可以看到，當二台冰機的噸數配置從 5：5 變成 4：6，冰機的負荷率從集中在 60%~80% (圖 8-1a)，提升到 70%~90% (圖 8-1b)。當噸數配置變成 3：7 時，冰機的負荷率更集中在 70%~90% (圖 8-1c)。

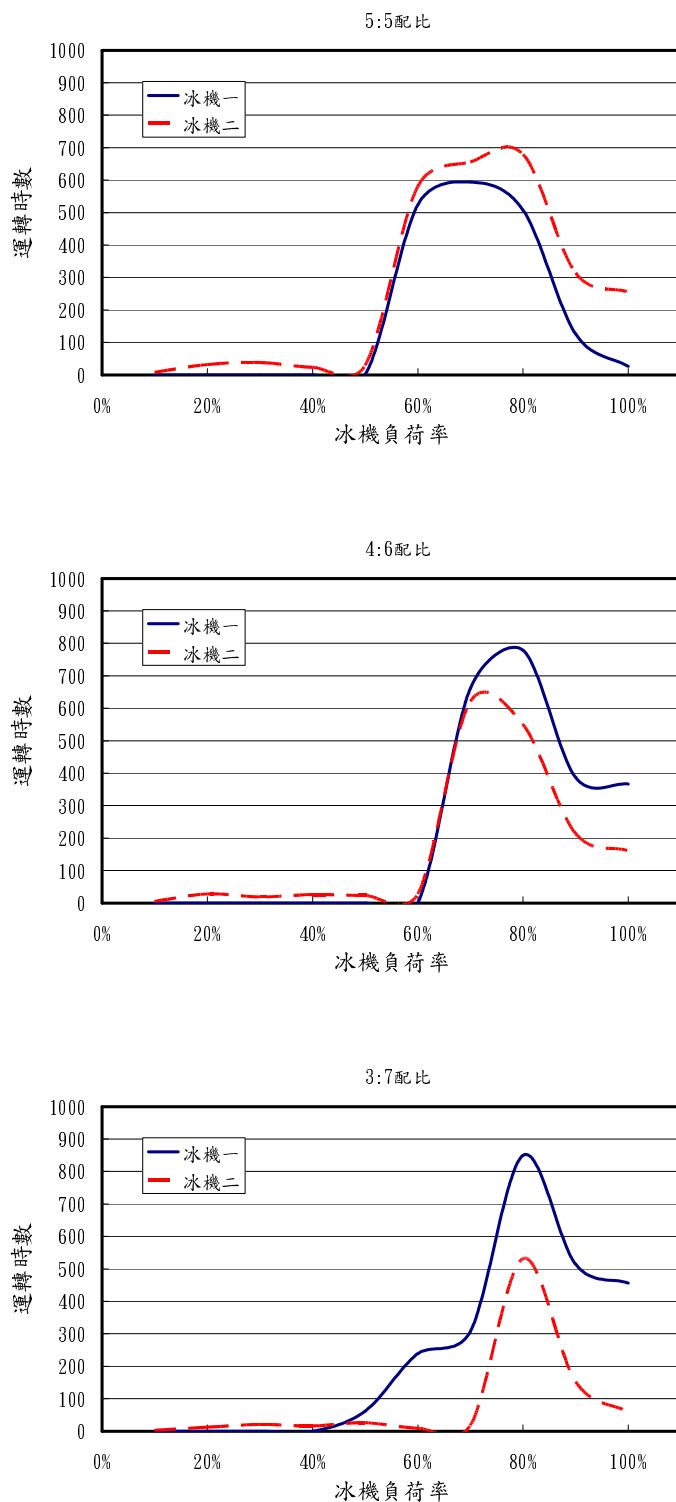


圖 8-1 不同配比方式對冰機負荷率的提升效用

(資料來源：本文整理)

第二節 最佳噸數配置的探討

前面一節說明了採用不同的噸數配置對冰機的負荷率有提升的作用。但是在第一章第二節的圖 1-2 就說明了不同的冰機卸載效率也不同，並不是所有的冰機型式都是在滿載效率下的效率最好，因此提升冰機的負荷率不一定就代表可以節省冰機全年用電。換句話說，每種冰機都各自存在最佳的噸數配置比。本節將分別討論定頻離心機、變頻離心機、渦卷式冰機和螺桿式冰機的最佳噸數配比。

圖 8-2 是在不同安全裕度下，各種類型建築物使用定頻離心式冰機在 3：7、4：6 及 5：5 三種配比方式下，冰水機組全年耗電的比較。圖中的比較基準是以 5：5 配置方式作為比較基準。圖中明確地顯示，對於定頻離心式冰機 4：6 的噸數配比是最佳的配置，而 3：7 的配比方式並不會減少反而略微增加冰水機組的空調用電。

圖 8-3 以辦公類（8 小時運轉）和醫院類（24 小時運轉）建築說明了造成這個現象的原因。圖中的定頻離心式冰機的效率比曲線顯示在冰機負荷率為 0.7 以上時，冰機的卸載效率幾乎與滿載效率一樣，換句話說如果能讓冰機維持在 0.7 以上的負荷率運轉的機會增加，則空調耗電就會減少。圖 8-3a 顯示在冰機負荷率介於 0.7~1.0 之間，對於辦公類建築而言，4：6 配比的曲線下的面積最大，而 5：5 配置方式面積最小。圖 8-3b 則顯示，對於醫院類建築而言，4：6 配比的在冰機負荷率介於 0.7~1.0 之間，曲線下的面積最大，但 3：7 與 5：5 配比曲線，在此區域內的面積相當。

圖 8-4 是在不同安全裕度下，各種類型建築物使用變頻離心式冰機在 3：7、4：6 及 5：5 三種配比方式下，冰水機組全年耗電的比較。圖中明確地顯示，對於變頻離心式冰機 5：5 的噸數配比是最

佳的配置，而 4：6 及 3：7 的配比方式並不會減少反而略微增加冰水機組的空調用電。圖 8-5 以辦公類和醫院類建築說明了造成這個現象的原因。圖中的變頻離心式冰機的效率比曲線顯示冰機的最佳效率是發生在負荷率為 0.6~0.8 之間，冰機的滿載效率反而不如這區域的卸載效率。換句話說，如果能讓冰機維持在 0.7 以上的負荷率運轉的機會增加，則空調耗電就會減少。圖 8-5a 顯示在冰機負荷率介於 0.6~0.8 之間，對於辦公類或醫院類建築而言，5：5 配比的曲線下的面積最大，所以有最低的空調用電。

圖 8-6 是在不同安全裕度下，各種類型建築物使用渦卷式冰機在三種配比方式下，冰水機組全年耗電的比較。圖中雖然顯示，對於渦卷式冰機 3：7 的噸數配比是最佳的配置，而 4：6 的配比方式並不會減少反而略微增加冰水機組的空調用電。尤其是安全裕度愈大時，3：7 的噸數配比節電效果愈明顯。同時節電效果也與建築類型有關。圖 8-7 說明了造成這個現象的原因。圖中的渦卷式冰機的效率比曲線顯示當冰機的負荷率為 0.5~1.0 之間，冰機的效率幾乎是相同的。圖 8-5 也顯示不管何種配比方式，對於辦公建築而言，冰機負荷率的分部幾乎都是介於 0.6~0.8 之間，所以每條曲線下的面積都事幾乎相同，故有相同的空調用電。但對於醫院類或其他類建築就不一樣。

圖 8-8 是在不同安全裕度下，各類型建築物使用螺桿式冰機在三種配比下，冰水機組全年耗電的比較。圖中雖然顯示，對於螺桿式冰機 3：7 的噸數配比是最佳的配置。圖 8-7 說明了造成這個現象的原因。圖中的螺桿式冰機的效率比曲線顯示當冰機的卸載效率永遠低於滿載效率，所以冰機負荷率分佈愈向滿載集中，就愈節電。

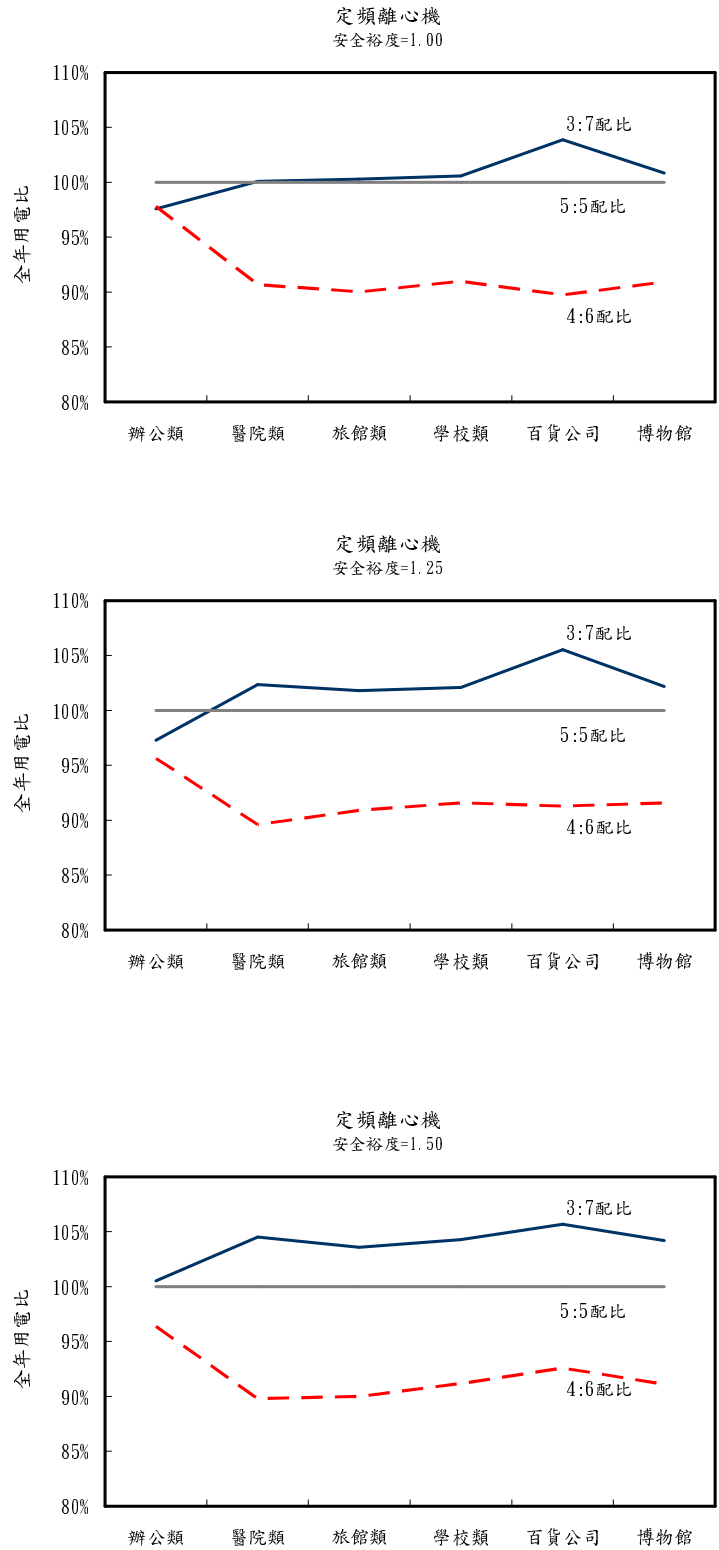


圖 8-2 定頻離心式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較

(資料來源：本文整理)

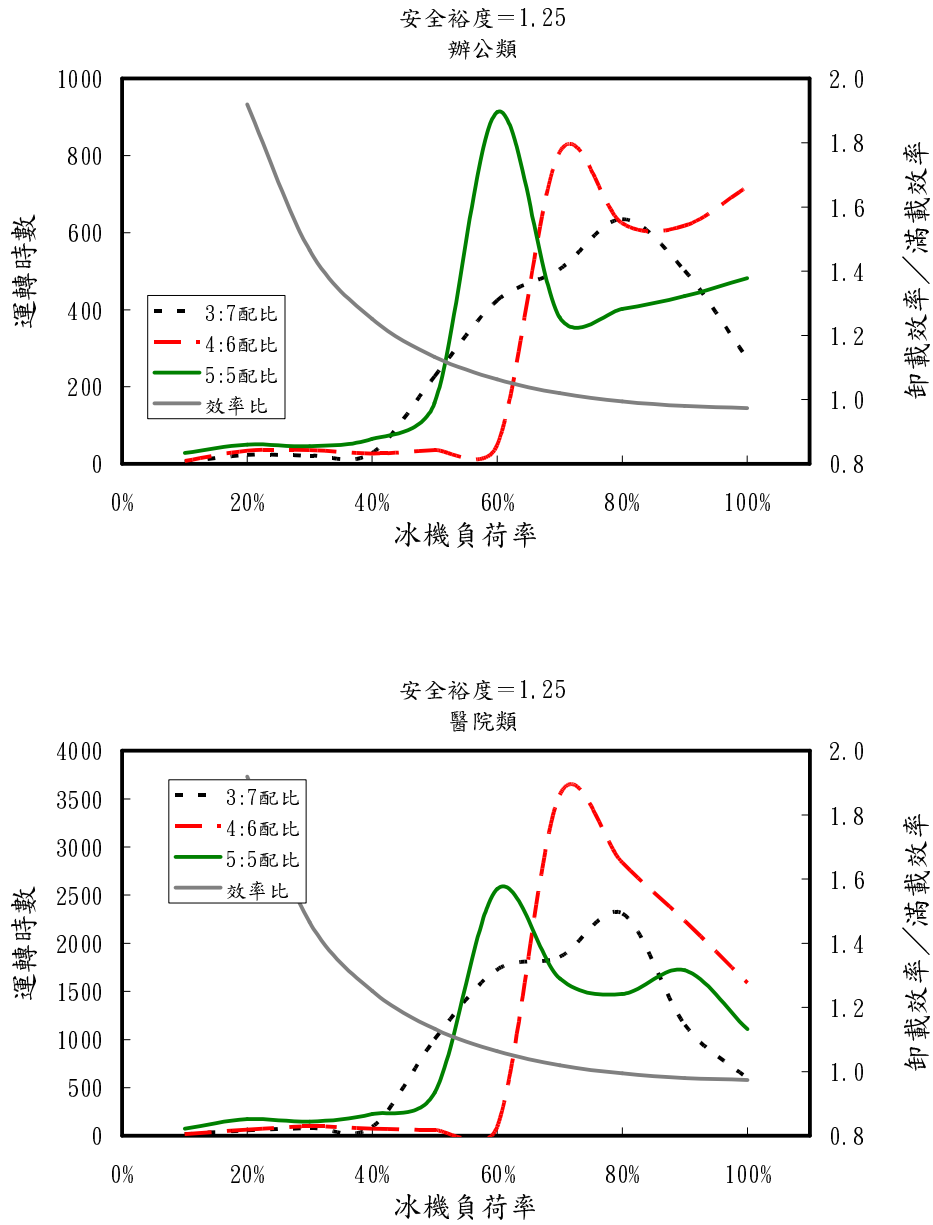


圖 8-3 不同噸數配比下，各定頻離心機的負荷率分佈圖

(資料來源：本文整理)

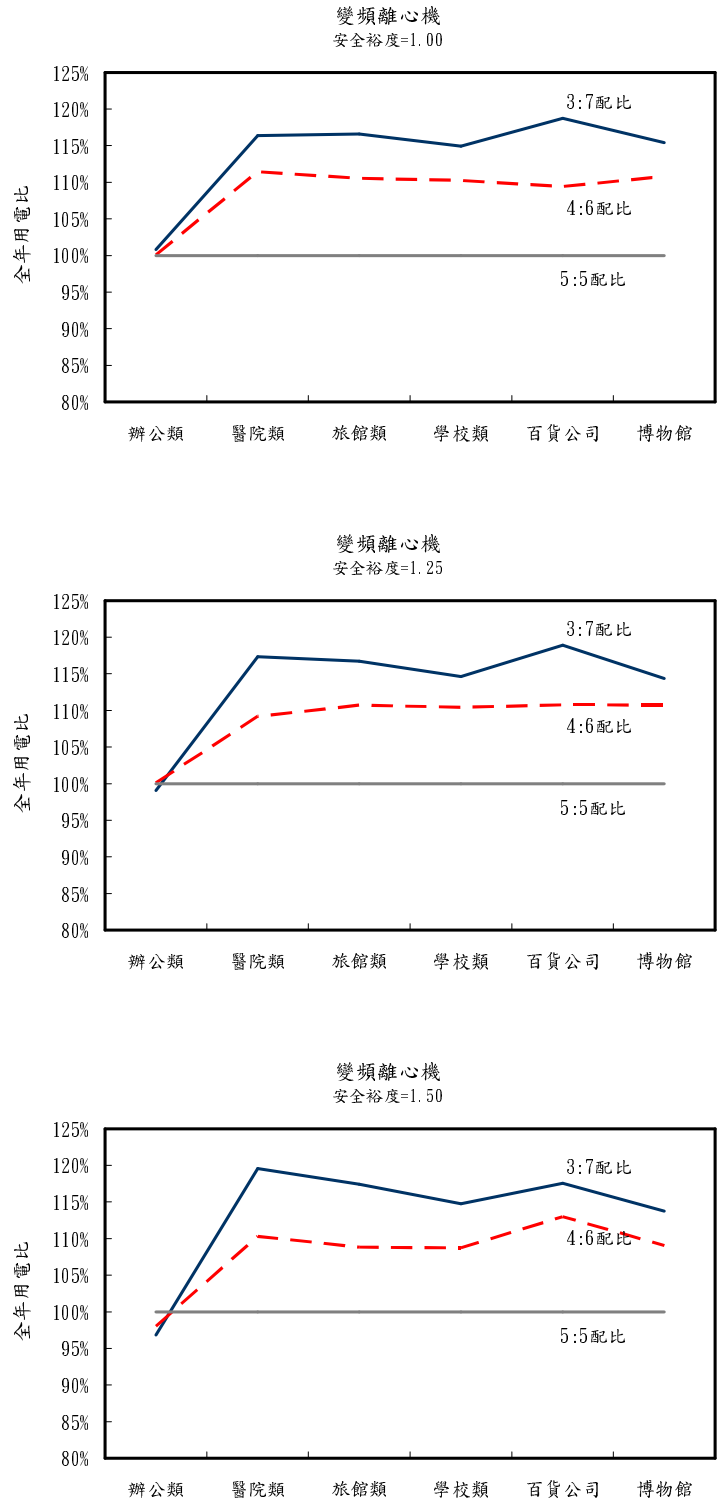


圖 8-4 變頻離心式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較

(資料來源：本文整理)

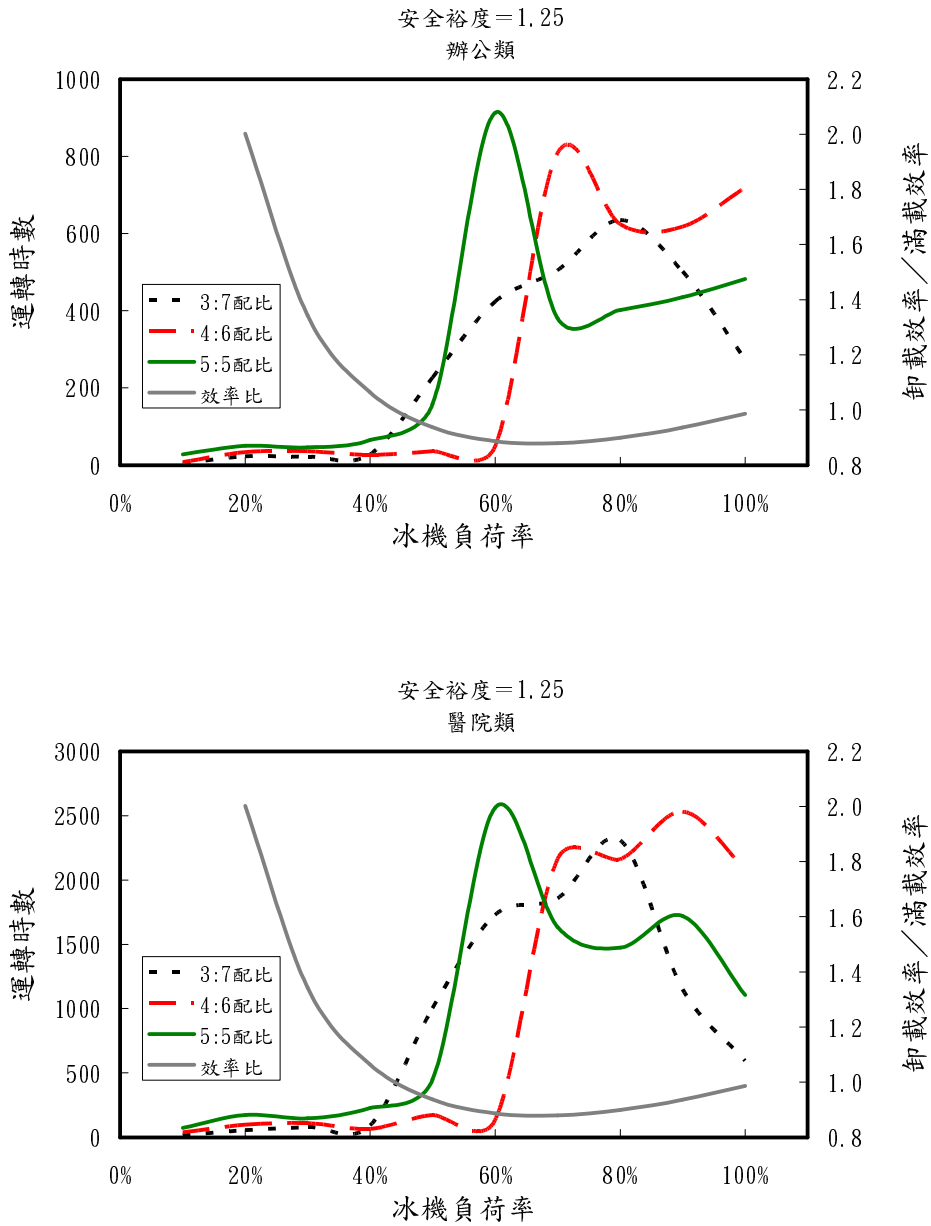


圖 8-5 不同噸數配比下，各變頻離心機的負荷率分佈圖

(資料來源：本文整理)

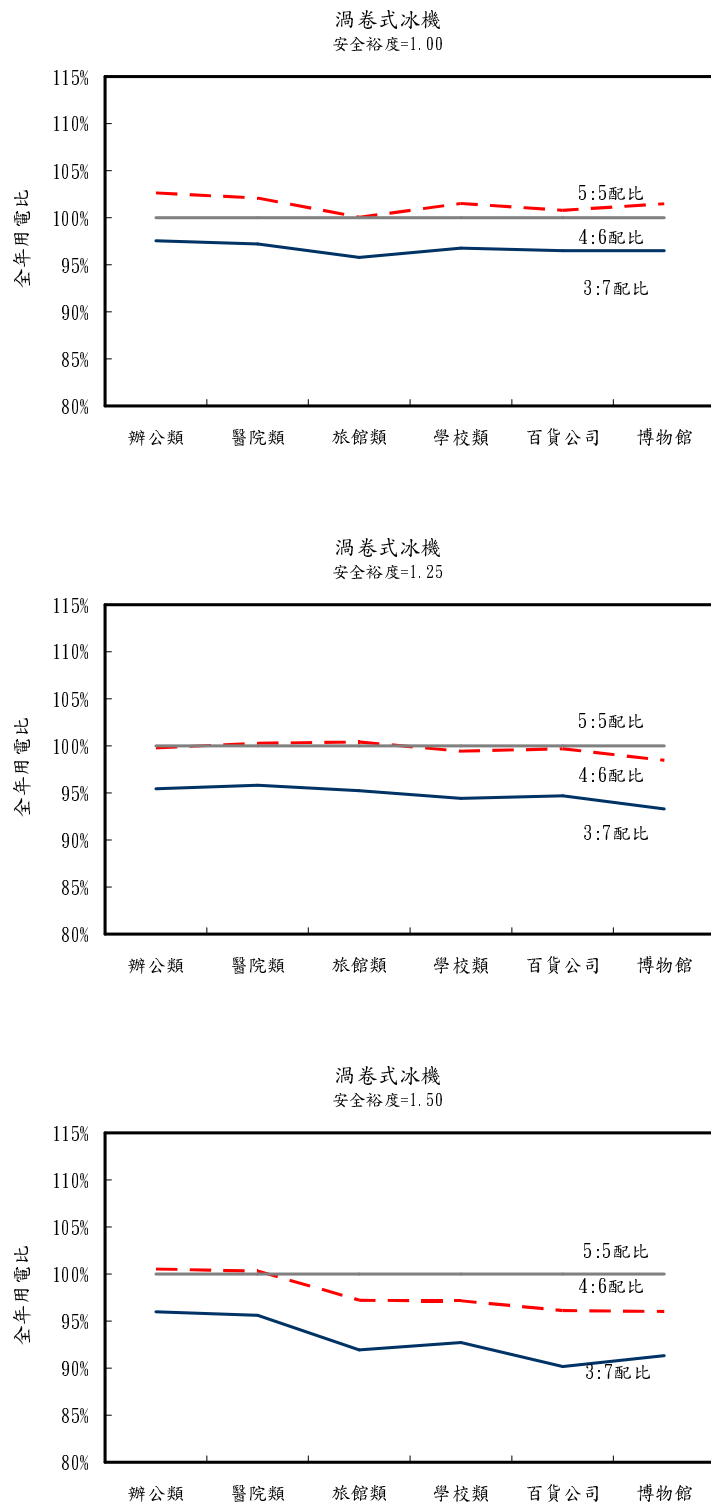


圖 8-6 渦卷式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較

(資料來源：本文整理)

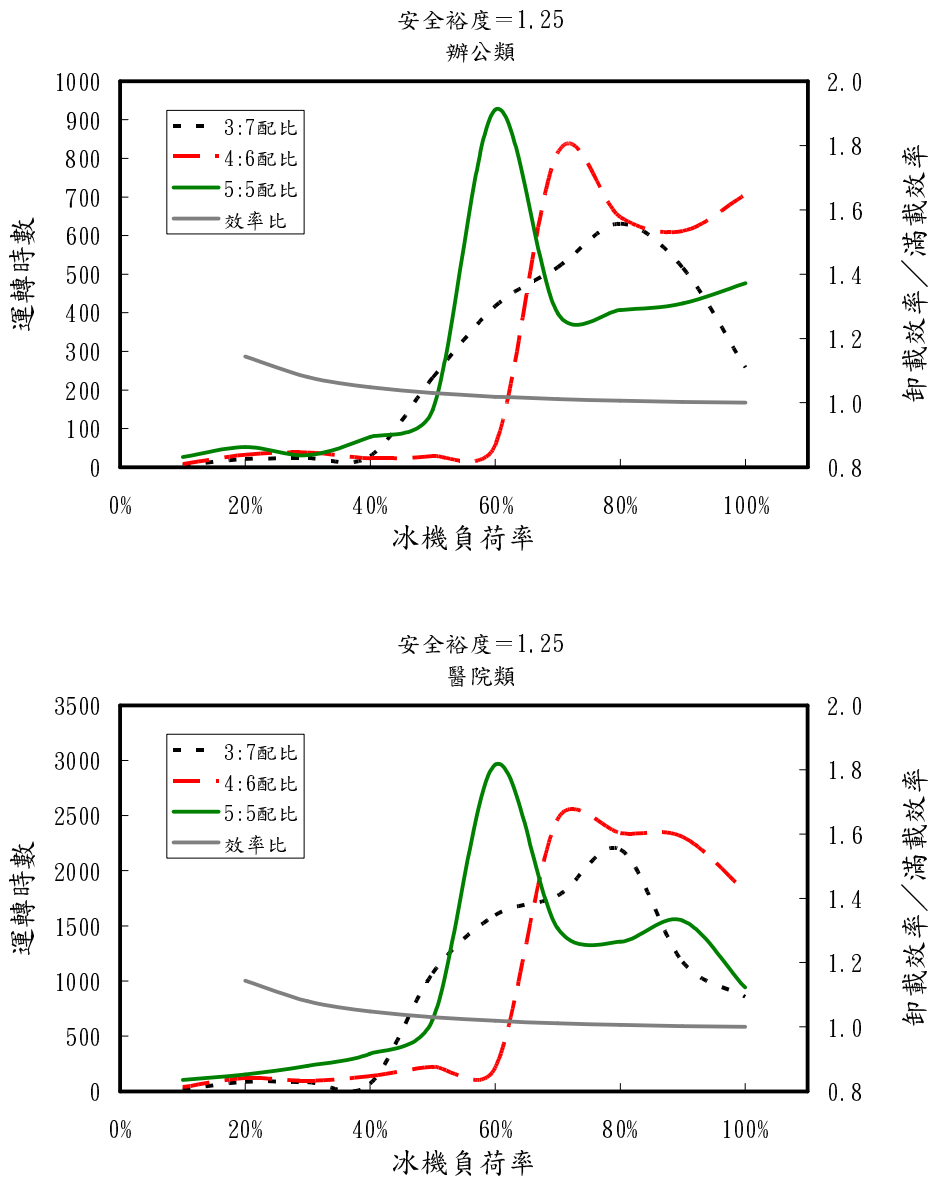


圖 8-7 不同噸數配比下，各渦卷式冰機的負荷率分佈圖
(資料來源：本文整理)

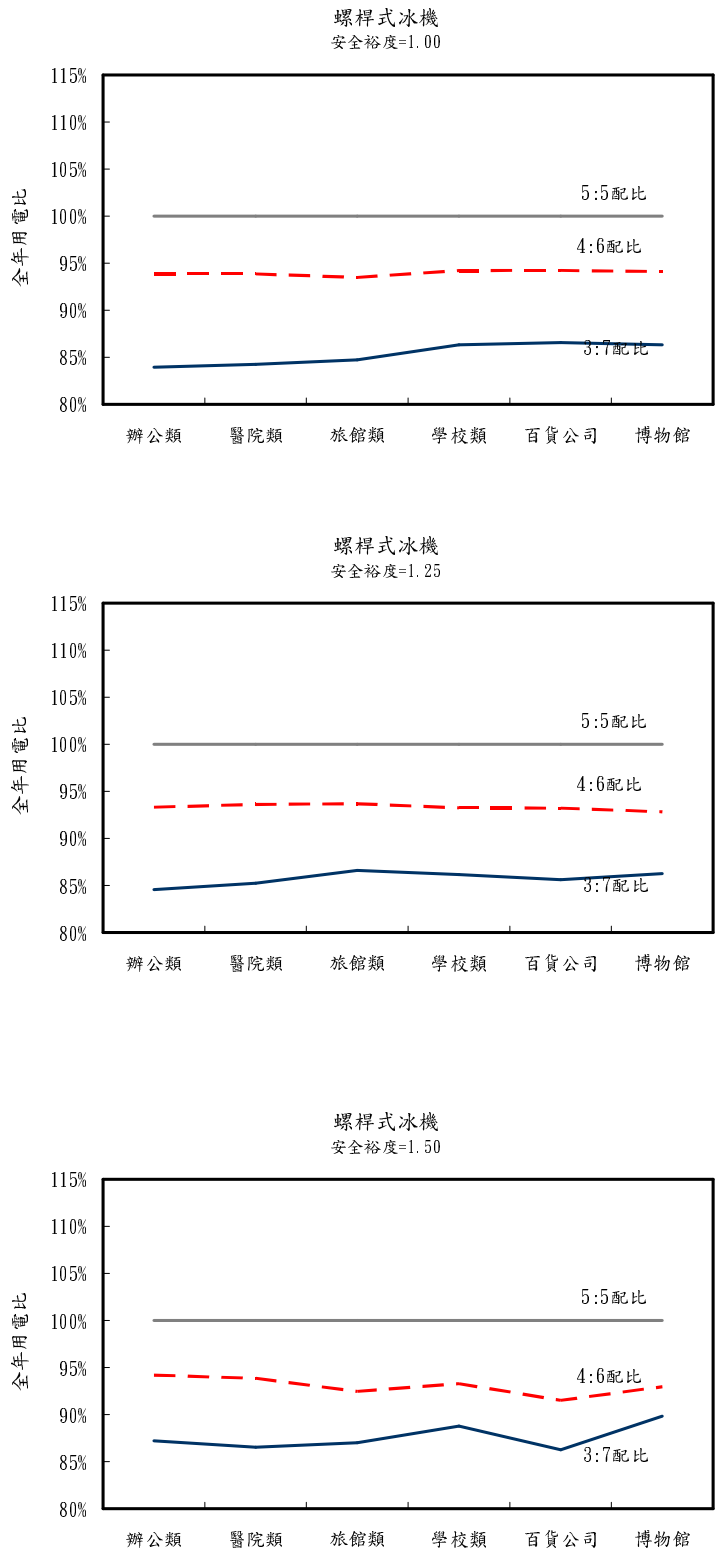


圖 8-8 螺桿式冰機使用三種配比方式之全年耗電比較

(資料來源：本文整理)

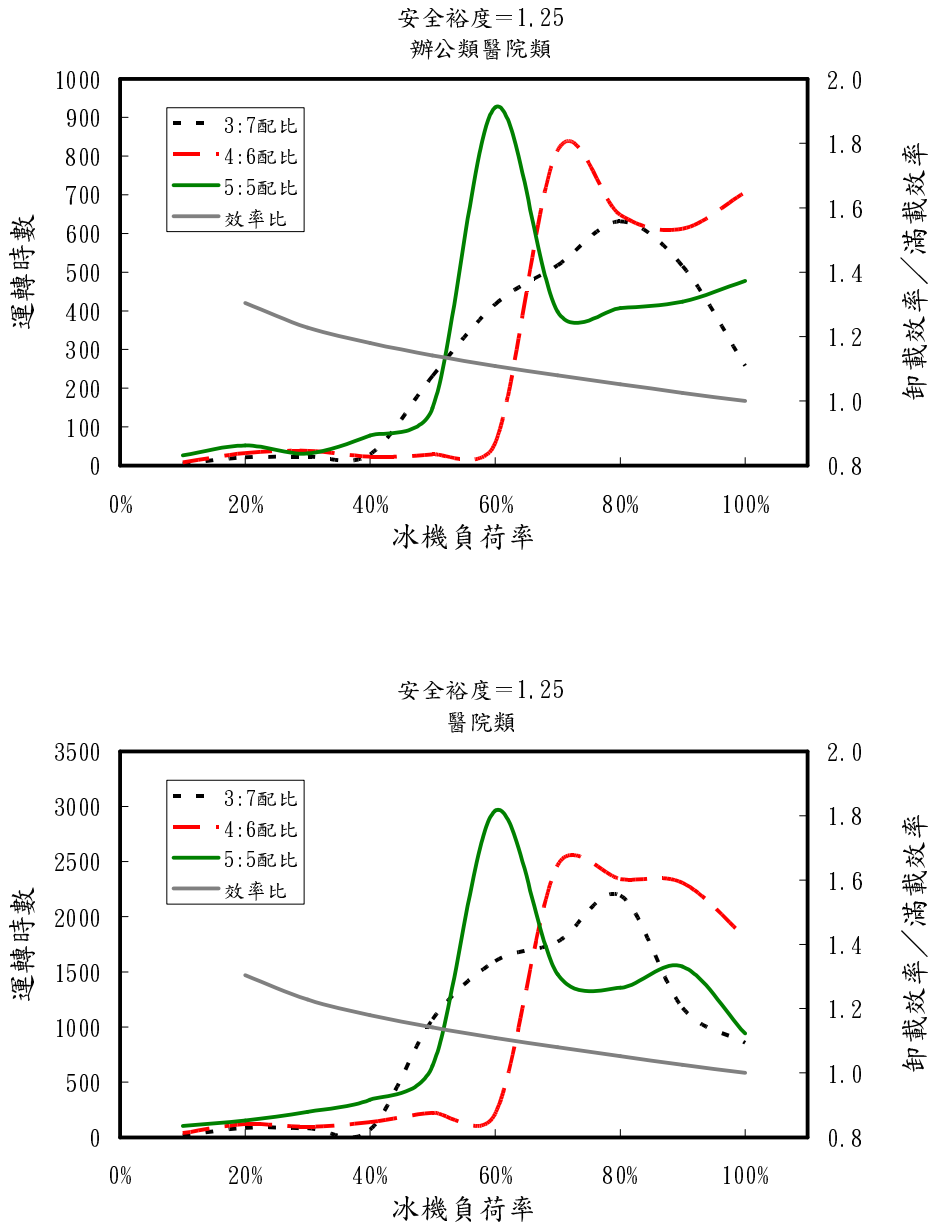


圖 8-9 不同噸數配比下，各螺桿式冰機的負荷率分佈圖

(資料來源：本文整理)

第九章 全尺度實驗印證

第一節 實驗對象

由於本研究的目的是在觀察冰機台數控制對空調全年耗電的影響，所以本研究在挑選實驗對象時，係根據下列幾個原則：

1. 空調系統必須是複數台數的冰水機組。
2. 空調系統的監控系統必須能函時紀錄冰水機組的運轉狀況，至少要包括每台冰機的耗電及提供空調噸數。
3. 最好有完整的一年之運轉的歷史紀錄。

根據上述的原則，本研究找到了一棟辦公大樓。他的空調系統圖如圖 9-1 所示。該系統設有兩台雙壓縮機的螺旋式冰機。每台的額定制冷能力為 180 冷凍噸。

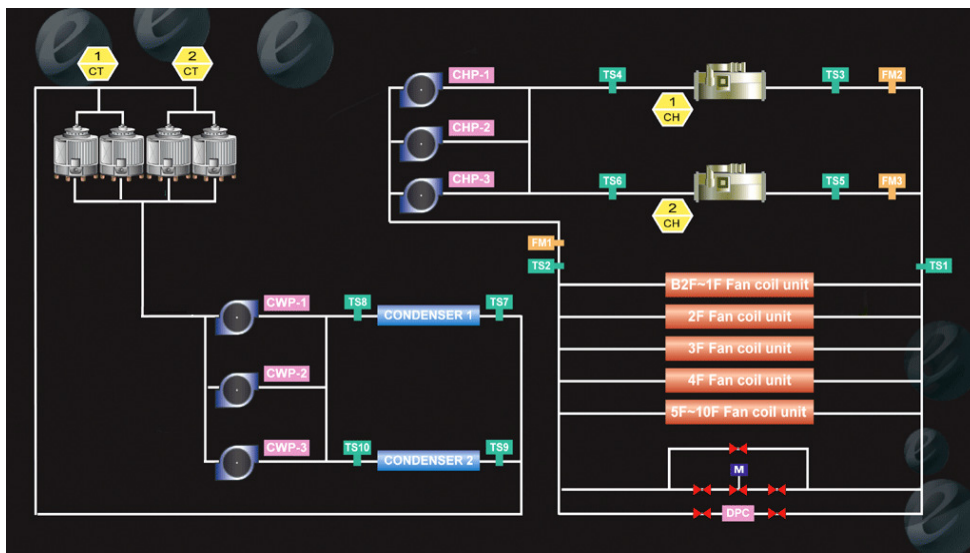


圖 9-1 實測對象空調系統示意圖

(資料來源：本文整理)

第二節 運轉歷史資料分析

在本節，本研究將根據該系統的運轉歷史資料，探討該系統的 (1) 設備容量的合理性，(2) 常見的台數控制方式與問題。

圖 9-2 是根據 2006 年 11 月到 2007 年 10 月完整一年的歷史資料中，統計每月中冰水機組所提供的最大空調噸數。從圖中可看出，該大樓在四到十月的的主要空調季節中，每個月的最大空調需求都超過 300 冷凍噸，其中 2007 年 5 月的最大空調需求幾乎等於設備容量，顯示該系統並沒有存在超大設計的問題。

圖 9-3 是根據歷史資料中，統計各冰機全年的負荷頻度運轉時數。圖中可以看到該系統的台數控制的策略是讓冰機一維持在高負荷率 (50% 以上)。但是冰機二的負荷率卻幾乎都維持在低負荷率 (50% 以下)。圖 9-4 是進一步分析，在過去一年內，該系統每個的負荷頻度運轉時數。從各月的分佈圖可以分成三種運轉模式加以探討。

1. 在 2006 年 10 月到 12 月。運轉策略是為了提高冰機一的負荷率以提高冰機的效率，但是卻犧牲了冰機二的效率，讓冰機二的負荷率都在 50% 以下。圖 9-5 是這段期間的代表性歷史資料。其實在這個期間，多數時間的空調需求並未超過單台主機能提供的空調噸數 (1800 噸)，管理者似乎可以關閉一台冰機，只開一台冰機的方式來提高冰機的負荷率從而提高冰機的效率。
2. 在 2007 年的 1 月到 5 月。台數控制的運轉策略是兩台平均分配空調負荷。在這期間雖然改善了冰機二長期在超低負荷率下運轉的窘境，但是卻導致了兩台主機多數在 50% 左右的負

荷率下運轉。圖 9-6 是這段期間的代表性歷史資料。其實在這段期間空調附和需求還是未超過一台冰機能夠提供的冷凍能力，管理者還是犯了過早投入第二台冰機的毛病。

3. 在 2007 年的 6 月到 9 月間。台數控制的運轉策略又回到了先前的維持一台高負荷率運轉，而另一台在低負荷率下運轉的情形。圖 9-7 是這個期間的代表性歷史資料。其實在這個期間，總空調需求已遠超過一台主機能提供的空調能力，管理者的操作方式，有時讓冰機超載運轉，而讓冰機二在低載下運轉。解決這個問題，只要讓兩台冰機同時運轉與平均分擔空調需求，而且運轉的冰機負荷率並不全低於 70%。
4. 圖 9-8，是從歷史資料中，難得找到的正確台數控制的運轉策略代表性資料。

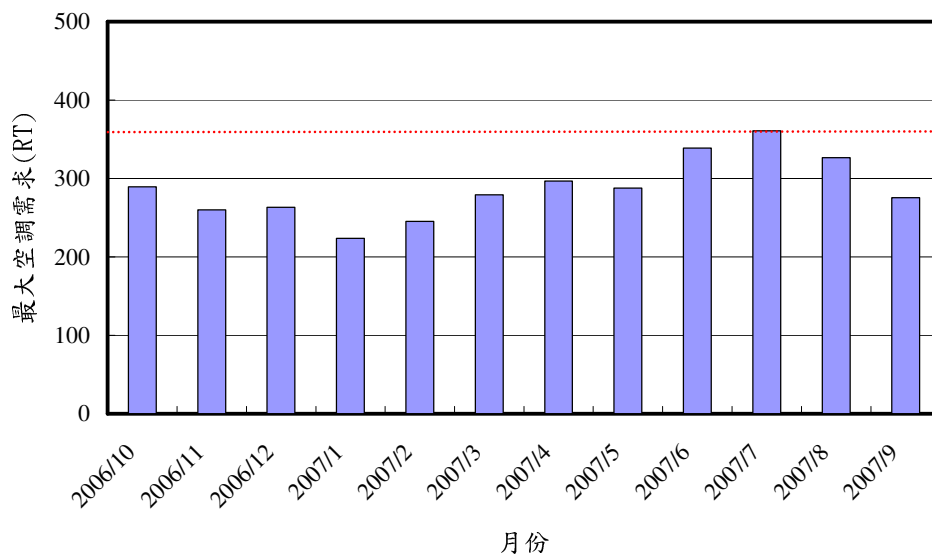


圖 9-2 實測對象每月最大空調需求

(資料來源：本文整理)

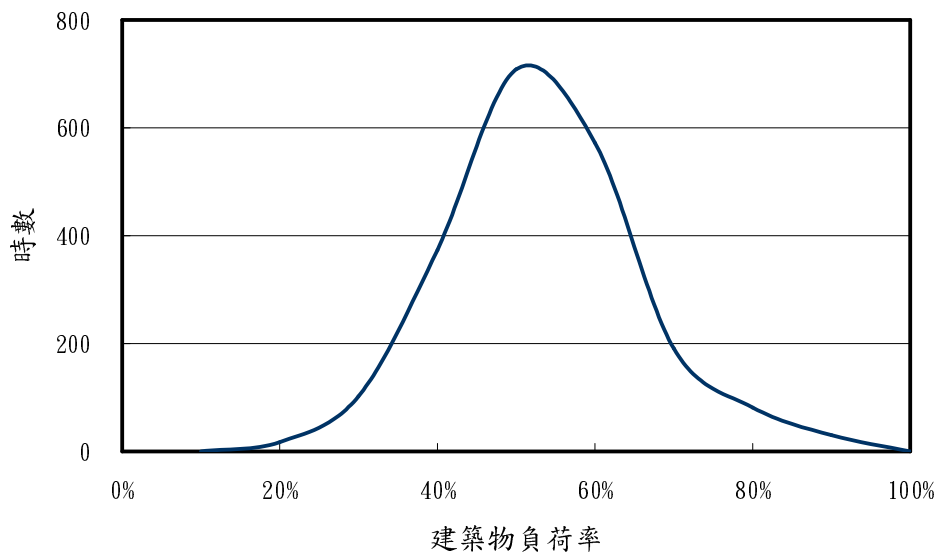


圖 9-3 實測對象之全年建築負荷率分布

(資料來源：本文整理)

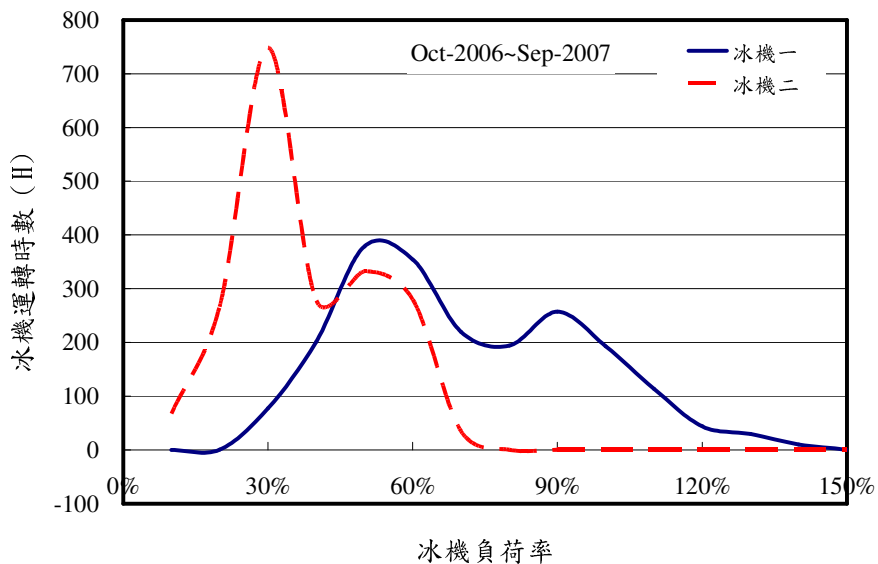


圖 9-4 實測對象之各冰機全年負荷率分布

(資料來源：本文整理)

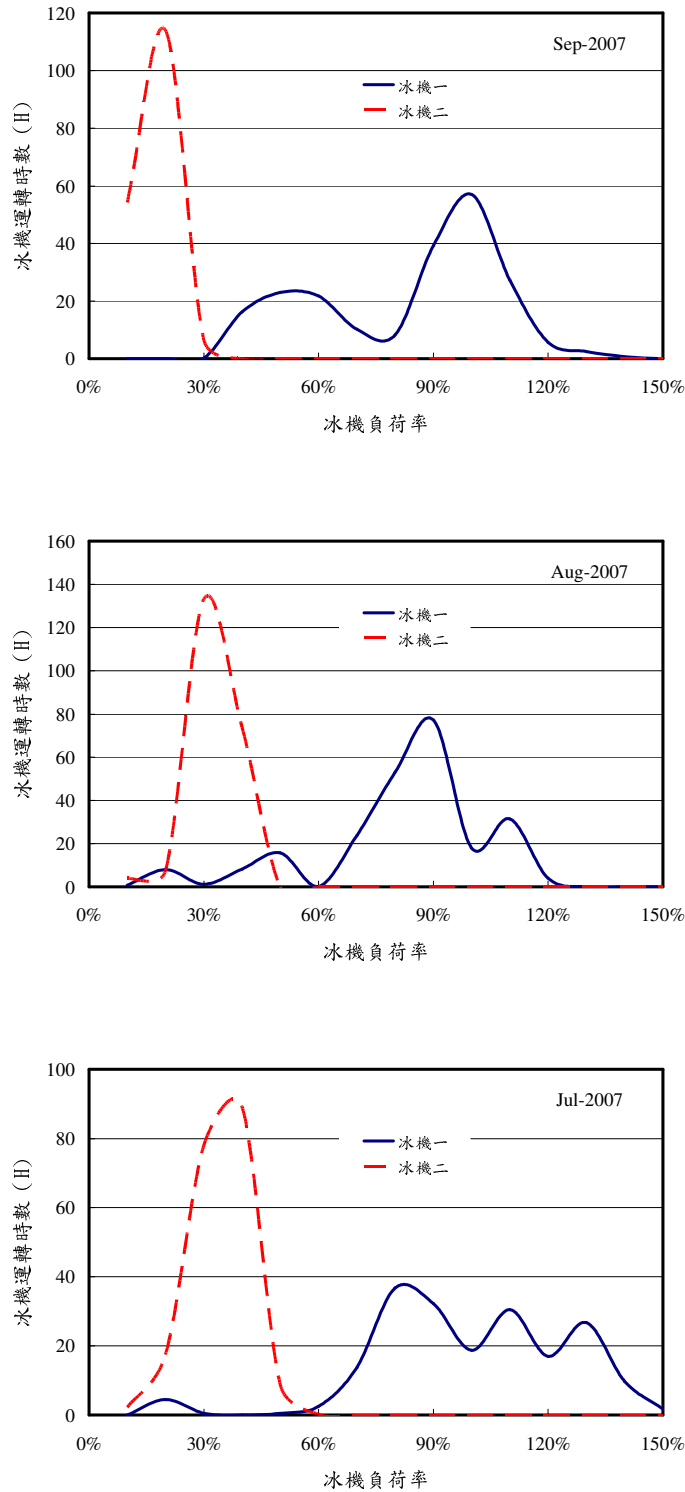


圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布

(資料來源：本文整理)

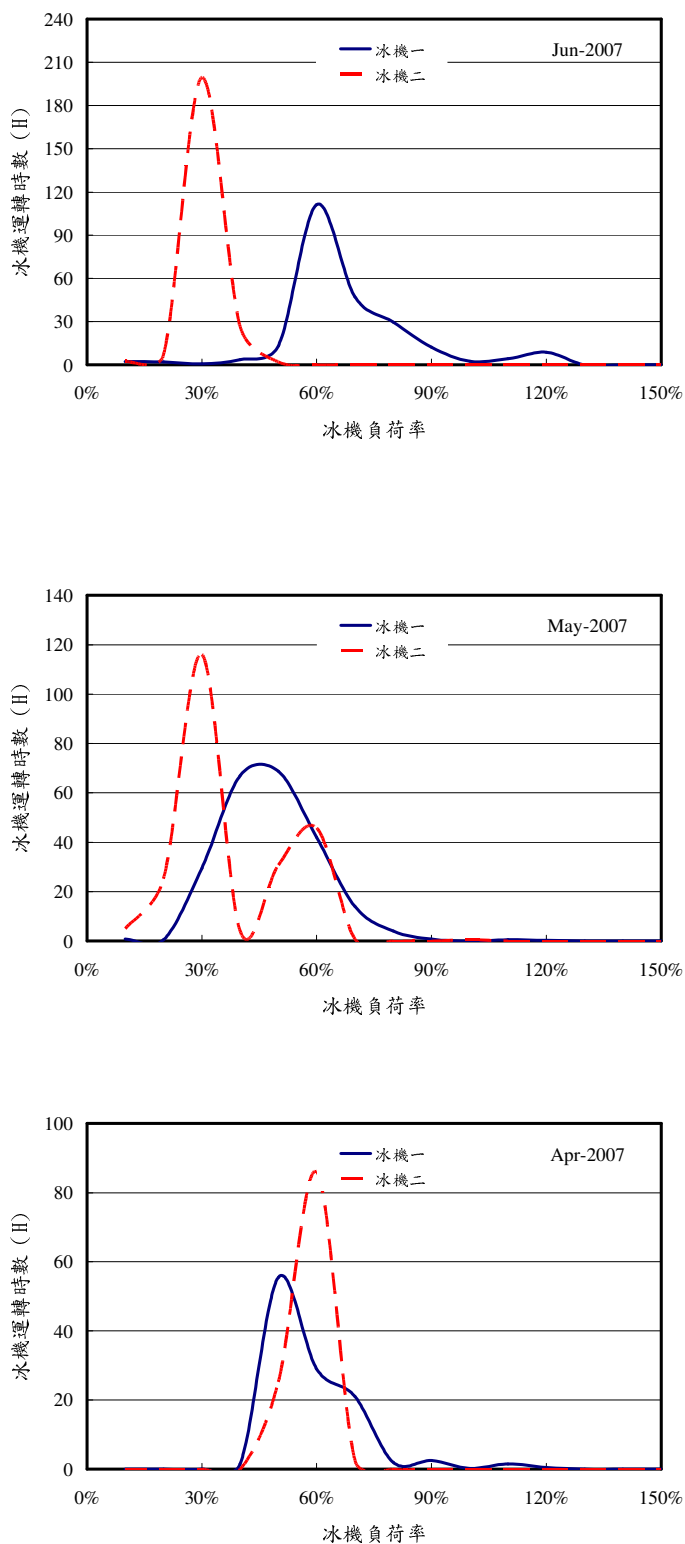


圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布 (續)

(資料來源：本文整理)

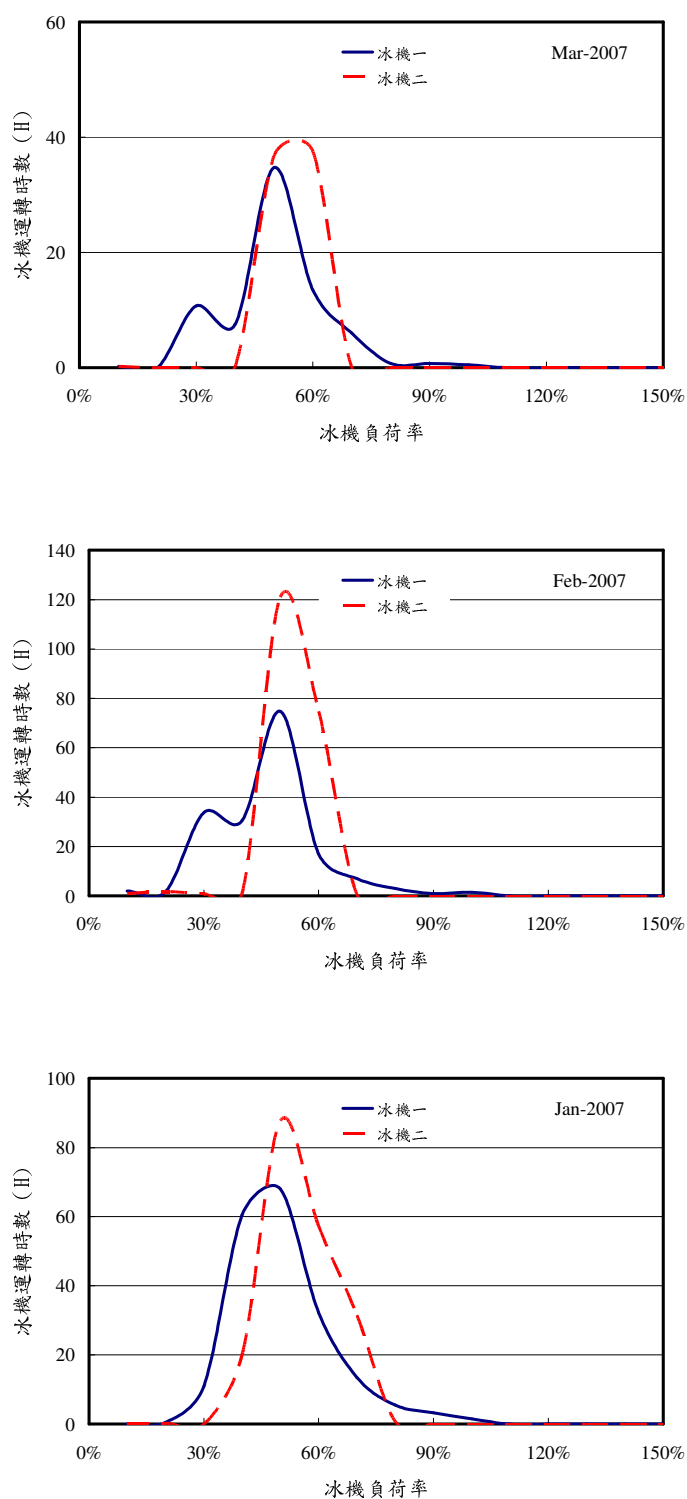


圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布 (續)

(資料來源：本文整理)

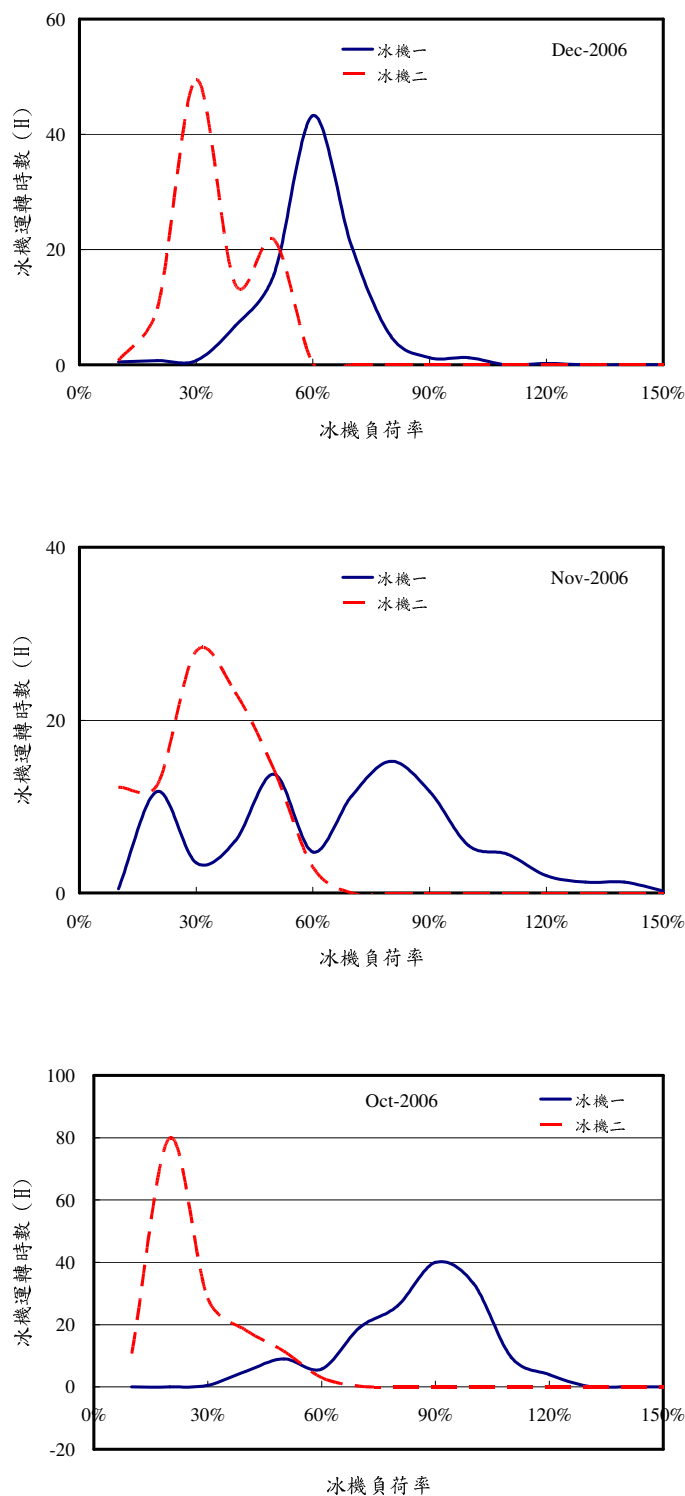


圖 9-5 實測對象過去一年實測之冰機負荷率分布 (續)

(資料來源：本文整理)

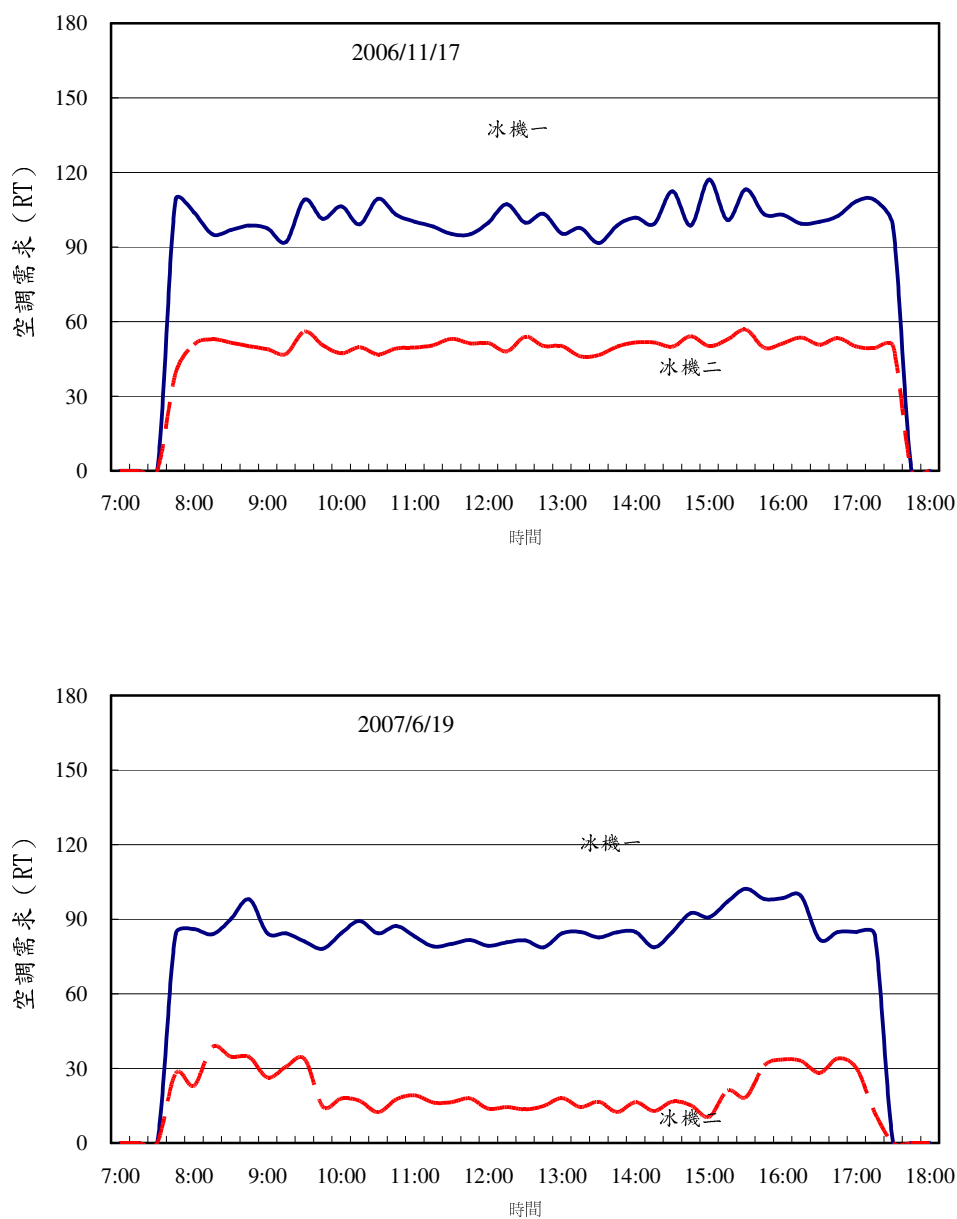


圖 9-6 實測對象常見之從機過早運轉與負荷分配不當問題

(資料來源：本文整理)

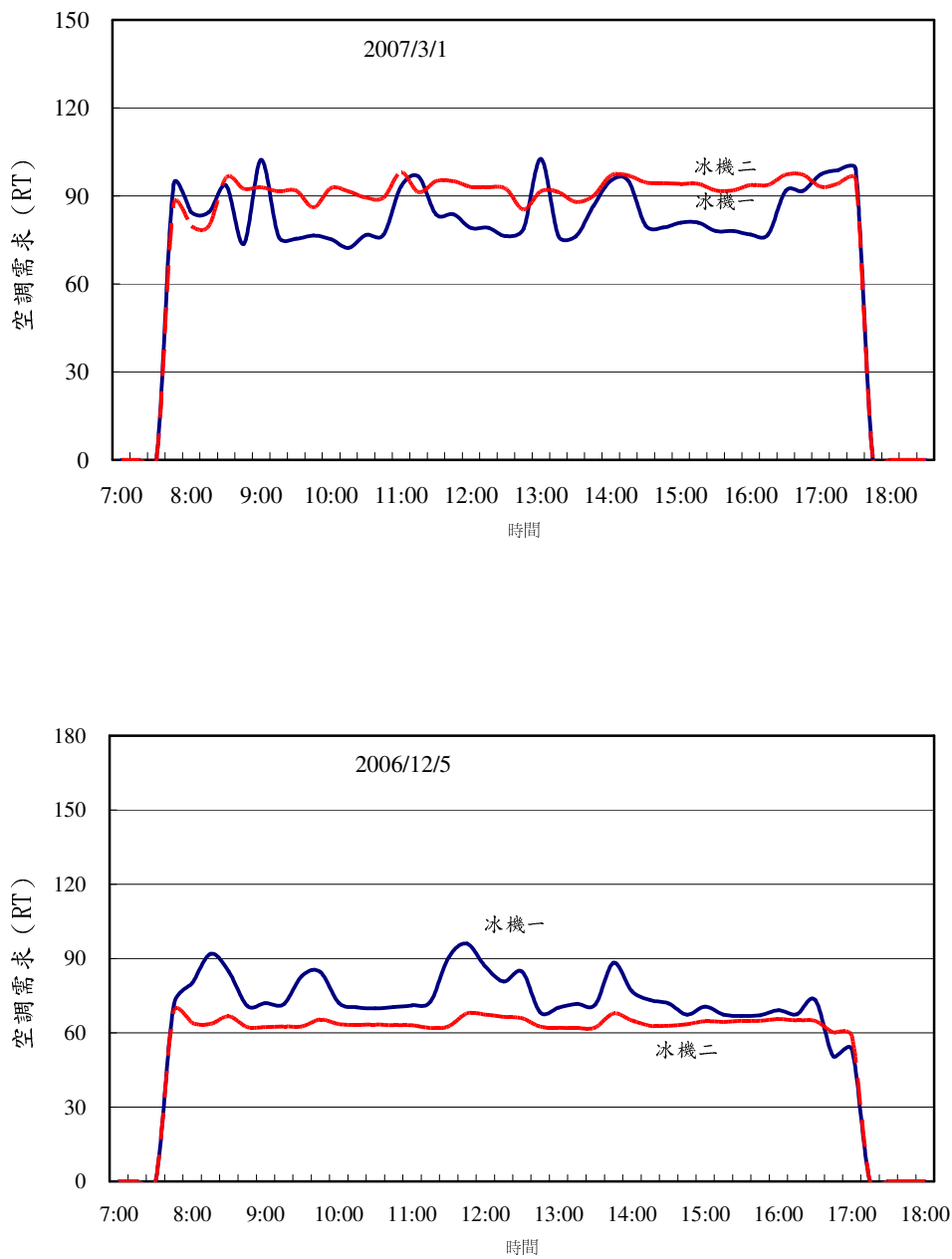


圖 9-7 實測對象常見之從機過早運轉問題

(資料來源：本文整理)

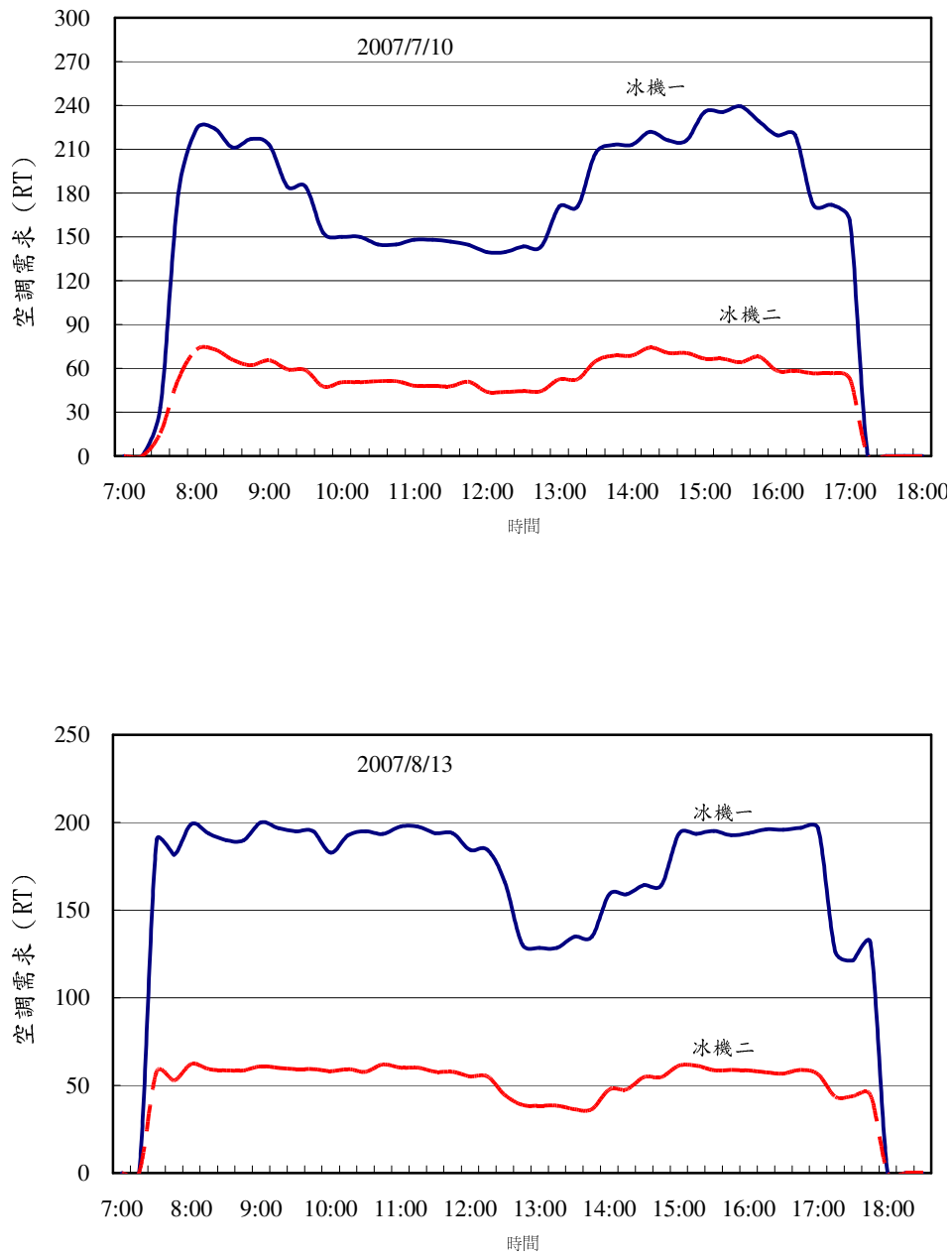


圖 9-8 實測對象常見之負荷分配不當問題

(資料來源：本文整理)

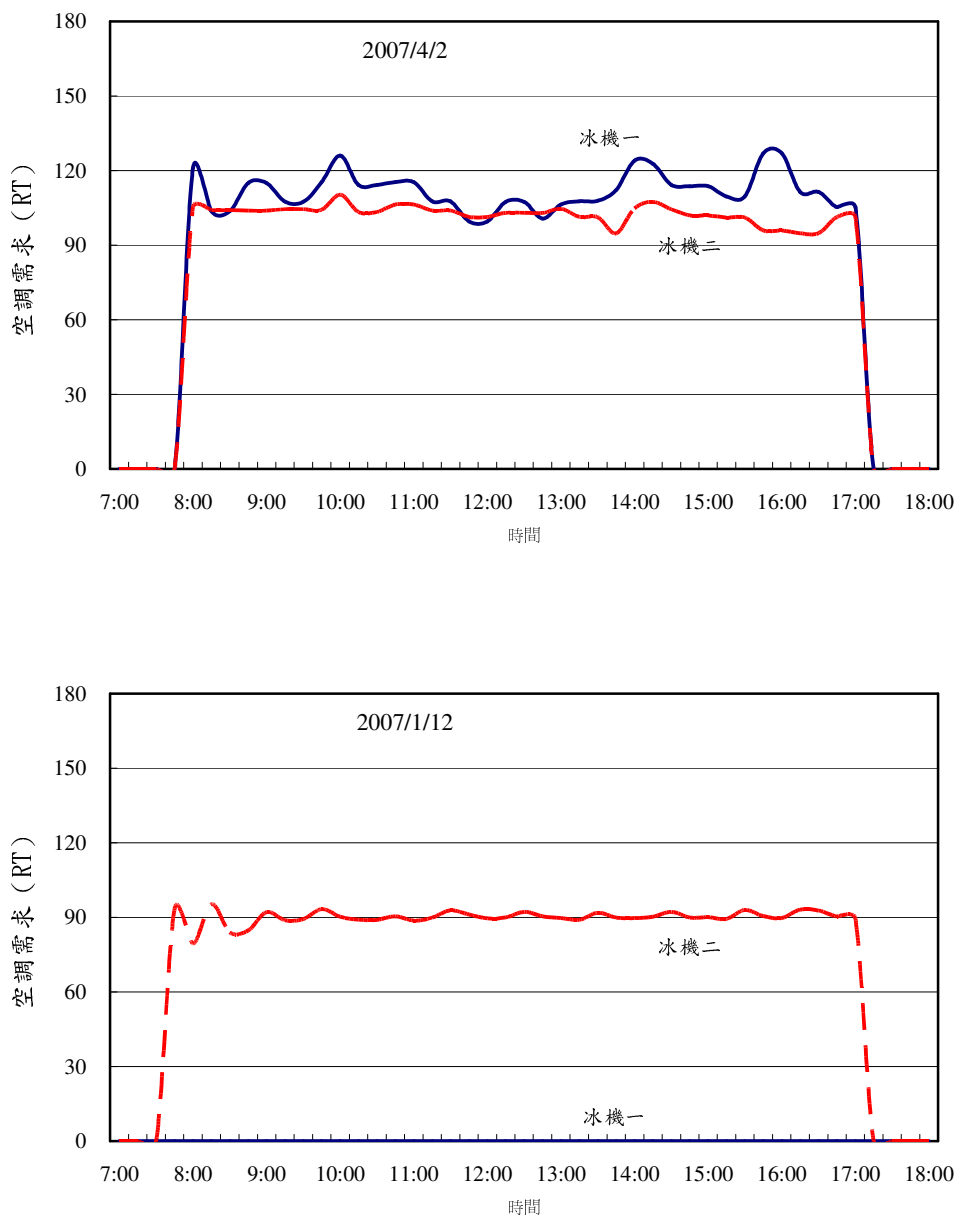


圖 9-9 實測對象難得的正常運轉

(資料來源：本文整理)

第三節 各種調整方案的節能效果

在前一節裡本研究已找出實測對象的主要問題出在於冰水機組的切換時機不當，造成冰機二的負荷率長期不高，導致冰機效率不佳。在這一節，本研究提出了三種方案，包括：

- (1) 維持原有兩台 180 噸冰機的組合，但台數的控制是當建築物空調需求低於 180 噸時，只運轉冰機一；但當建築物空調需求高於 180 噸時，冰機一與冰機二同時運轉，且平均分擔空調需求。此種方式，底下簡稱 5：5 配比攤式。
- (2) 調整原有兩台 180 噸冰機合成為 216 噸（冰機一）與 144 噸（冰機二）的組合（4：6 配比）。台數的控制方式為當空調需求低於 144 噸時，只運轉冰機二，當空調需求大於 216 噸時，冰機一與冰機二同時運轉，並平均分攤空調需求。底下簡稱 4：6 配比均攤式。
- (3) 維持原有兩台 180 噸的冰機組合，但台數控制方式調整為當空調需求小於 180 噸時，只開冰機一（主機）；當空調需求高於 180 噸時，冰機二（從機）提供 180 噸的需求，剩餘的部分才由冰機一（主機）負責。譬如說，空調需求為 250 噸時，冰機二分擔 180 噸，而冰機一分擔 70 噸。底下簡稱這種控制方式為主從式。

圖 9-9 至圖 9-11 是這三種方案調整後各冰機的負荷率分佈頻度圖。圖中顯示兩均攤式都能將冰機的負荷率提升到 50% 以上，但 4：6 配比的方式提高冰機的負荷率效果明顯較佳。

圖 9-10 主從式的控制方式，可以將冰機一（主機）的負荷率大幅提升至 80%~100%。但相對地，冰機二（從機）地負荷率卻是很

低。

圖 9-11 是三種調整方案與調整前的平均效率比較。恰如歷史資料顯示的，調整前主機一有較高的負荷率，多數還維持在 40% 以上，所以其年平均效率並未較額定效率 (0.7 kW/ton) 劣化太多，為 0.78 kW/ton。但是冰機二由於多數時間在 40% 的負荷率下運轉，年平均效率劣化至 0.9 kW/ton。

5：5 配比均攤式，因兩台冰機至少都在 50% 以上的負荷率運轉 (圖 9-9)，但冰機一的負荷率高的時數較多，所以年平均效率較好。冰機一與冰機二的年平均效率分別是 0.77 kW/ton 與 0.81 kW/ton。

4：6 配比均攤式，因兩台冰機的負荷率又被提高了，所以其年平均效率更好。冰機一與冰機二的年平均效率分別是 0.75 kW/ton 與 0.76 kW/ton，相當接近。

主從式的方式，就如同前面所言，因為冰機二 (從機) 有很高負荷率 (100%)，而冰機一有很低的負荷率，所以，冰機一與冰機二的年平均效率差很大，分別是 0.78 kW/ton 與 0.7 kW/ton。

但不論如何，圖 9-11 明確顯示任何一種的調整方案，冰水機組 (系統) 的年平均效率都較原來的好。圖 9-11 是調整前與三種改善方案的全年耗電比較。其中以主從式的方式最為省電。若以原來的耗電為基準 (100%)，則主從式的耗電可降低至 88%，節省了 12% 的用電。第二省能的是 4：6 配比式，耗電也可降低至 89%，而 5：5 配比均攤式，也可以節省 3% 的用電。

為何主從式的控制方式會有較佳的省電效果，主要是因為如圖 9-12 所示，螺桿式壓縮機的部份負荷率永遠都比滿載效率差，唯有儘量使機器滿載的時間愈多，則就會愈省電。但是要特別提醒的是，

主從式的台數控制方式較均攤式的台數控制不容易，調整前的控制方式就是想要得到主從式的效果，但是不盡理想，反而因控制不當造成能源浪費。

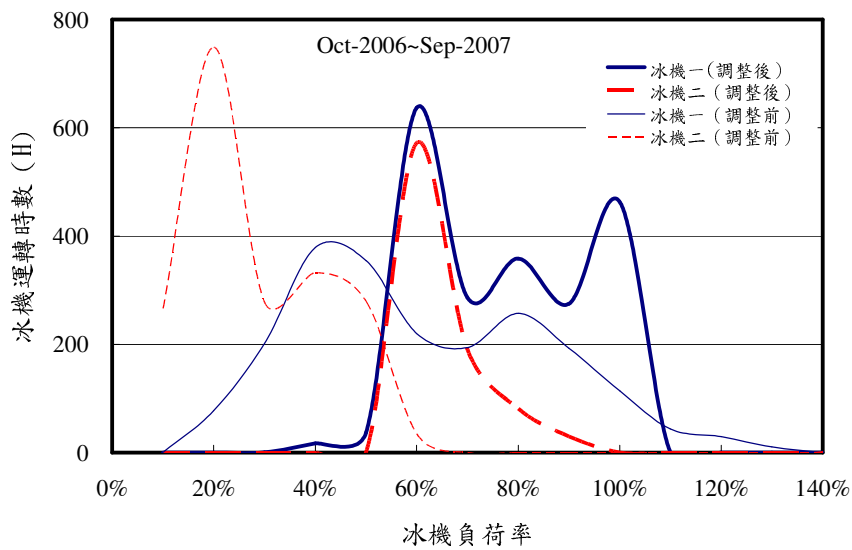


圖 9-10 冰水機組平均分攤負荷調整後之負荷分佈頻度

(資料來源：本文整理)

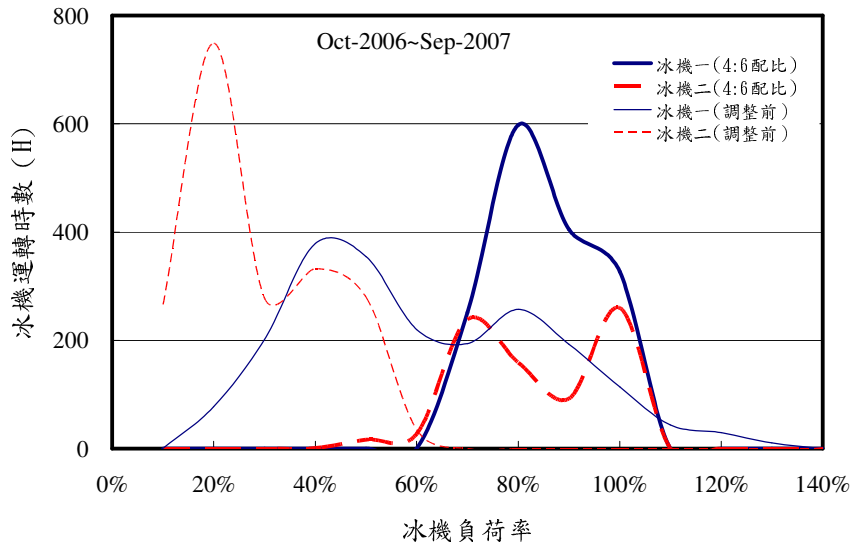


圖 9-11 冰水機組 4:6 配比平均分攤負荷調整後之負荷分佈頻度

(資料來源：本文整理)

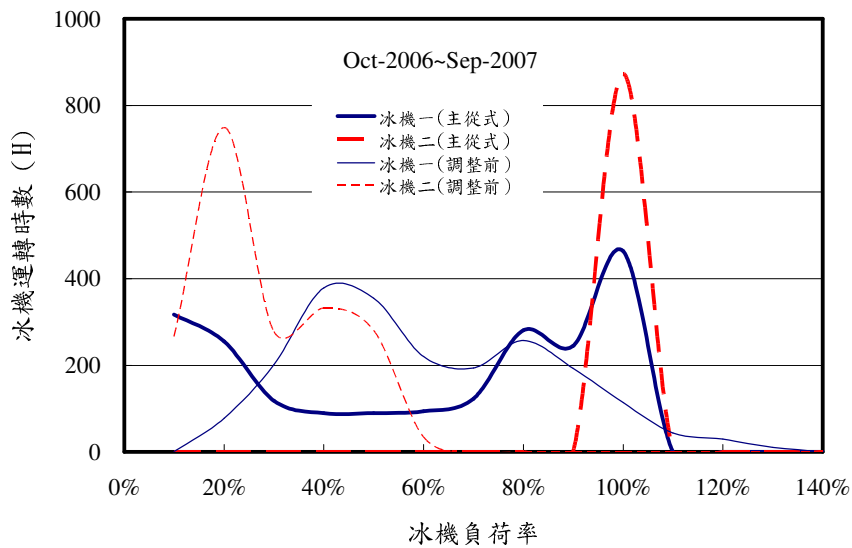


圖 9-12 冰水機組主從分攤負荷調整後之負荷分佈頻度

(資料來源：本文整理)

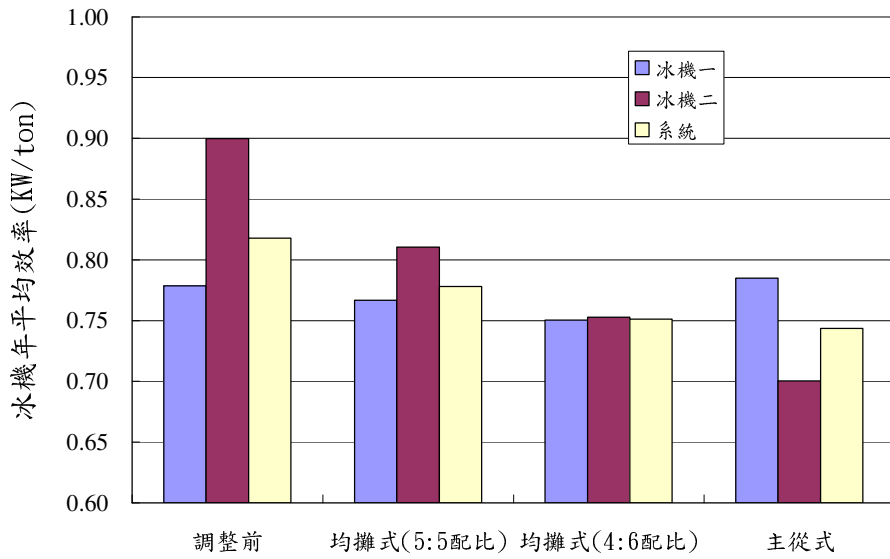


圖 9-13 不同調整方案的冰機效率比較

(資料來源：本文整理)

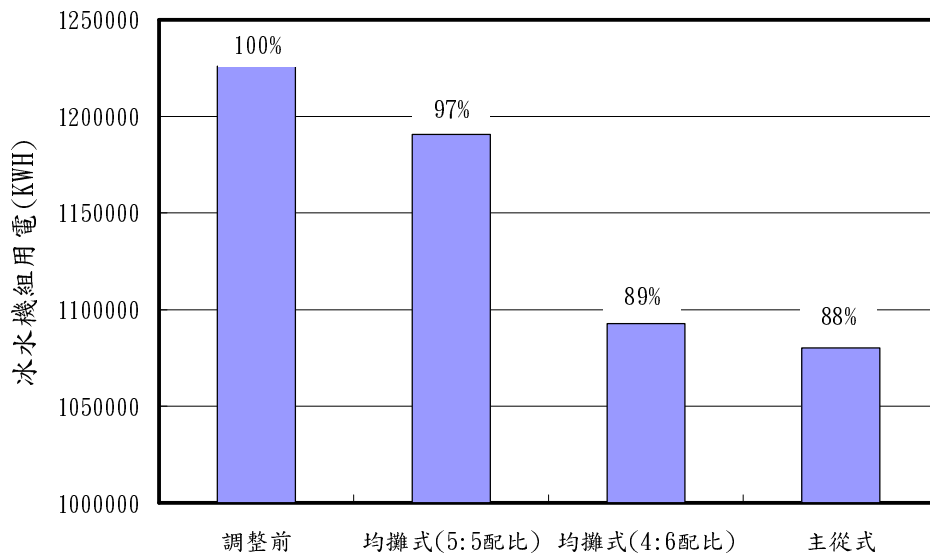


圖 9-14 不同調整方案的冰機全年耗電比較

(資料來源：本文整理)

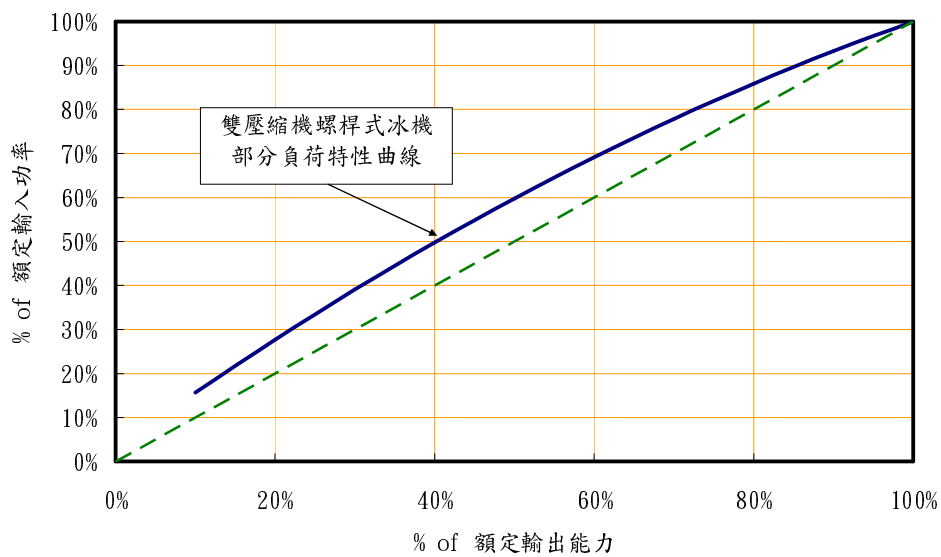


圖 9-15 雙壓機螺桿式冰機部分負荷性能特性

(資料來源：本文整理)

第十章 結論

台數控制是冰機最常用的節能策略之一。本研究透理論模擬與全尺度實驗的方式印證了冰機台數控制的節能效果。但也發現了現行綠建築 EAC 評估，對於台數控制修正係數 α_1 的一些缺點與可以在補強的建議。本研究的重要結論有下列幾點：

1. 現行的台數控制 α_1 修正值是以採用單台冰機設計的全年用電估作為比較基準，未考慮不同安全裕度下，台數控制的節能效果不同。所以當系統的安全裕度愈大時，台數控制的 α_1 係數就愈高。但是安全裕度愈大，表示系統愈超大設計。台數控制應視為超量設計的彌補措施，而不是一種節能優惠。
2. 現行的 α_1 修正係數，並未考慮冰機不同的部份負荷特性造成的效果。譬如說，同樣是離心機，定頻式與變頻式系統，在有相同的台數設計下，變頻式的全年用電明顯比定頻式省電，但是在現行的 α_1 值都無法反應。
3. 全尺度的實驗證明，空有複數冰機的設置，如果沒有適當的運轉管理，依然不能發揮台數控制的節能效果。

基於本研究的發現，有了底下幾點的建議：

1. 複數冰機的設計，應是為預防超量設計成能源浪費的彌補措施，不應視為節能優良措施。所以當空調噸數超過一定規模時應強制採複數冰機的設計。
2. 使用變頻的冰機，較使用定頻冰機節省用電，應給予優惠。
3. 台數控制的節能效果來自於運轉策略的落實，也就是 BEMS 系統的設置，而非單純的複數台數設計。

因此本研究建議有關 EAC 的修正為：

1. 當使用離心機時，空調總噸數超過 300 噸時，應至少設置兩台冰機。
2. 當使用螺桿式、渦卷式和往復式冰機，空調總噸數超過 200 噸時，應設至少設置兩台。
3. 取消原 α_1 對複數台數設計的優惠，改為對使用變頻式冰機的優惠，其數值為 $\alpha_1=0.15$ 。
4. 原台數控制的優惠併入 BEMS 的計算中。

參考書目

1. American Society of Heating, refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., “ASHRAE Handbook FUNDAMENTALS”, 2001.
2. 黃瑞隆、陸紀文、黃建民、謝文健和謝建新，“空調工程與設計—含供暖與通風”，民國 92 年。
3. 內政部建築研究所，“綠建築解說與評估手冊”，2005 年。
4. 林憲德，“建築節約能源設計技術規範與實例”，2003 年。

附錄一

期初簡報審查會議記錄及處理情形

內政部建築研究所 函

機關地址：台北縣新店市北新路 3 段 200

號 13 樓

承辦單位：環境控制組

聯絡人：蔡介峰

聯絡電話：(06) 3300504 轉 2101

傳真電話：(06) 3300480

電子信箱：90F006@abri.gov.tw

受文者：王國防訓儲研究員佑萱（含附件）

發文日期：中華民國 96 年 3 月 1 日

發文字號：建研環字第 0960001408 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：會議紀錄乙份

主旨：檢送本所 96 年度「空調系統熱源主機台數控制 α_1 係數之全尺度實驗印證與 EAC 之應用」、「提升室內空氣品質空調風口配置設計基準之研究」及「玻璃節能效率之全尺度實驗」研究計畫期初審查會議紀錄如附，請 查照。

正本：行政院環境保護署、內政部營建署、中華民國建築師公會全國聯合會、台灣區冷凍空調工程工業同業公會、台灣省建築材料商業同業公會聯合會、台北市玻璃商業同業公會、經濟部能源局、王主任文伯、王主任錫福、江教授哲銘、林教授憲德、施副總經理人豪、張教授又升、張秘書長裕成、陳教授寒濤

副本：楊教授冠雄、鍾教授基強、李助理教授訓谷、本所所長室、葉副所長世文、李主任秘書玉生、毛組長犖、陳組長建忠、葉組長祥海、陳組長瑞鈴、環境控制組、性能實驗中心、施簡任研究員文和、蔡助理研究員介峰、王國防訓儲研究員佑萱（均含附件）

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究計畫簡報：(略)

八、出(列)席人員發言要點：

(一)「空調系統熱源主機台數控制 α_1 係數之全尺度實驗印證與 EAC 之應用」案

台灣區冷凍空調工程工業同業公會

1 本研究案是否有足夠主機可進行搭配實測？請執行單位補充說明。

台灣省建築材料商業同業公會聯合會

1 建議可應依國內區域(北、中、南、東)做調查檢測研究。

2 國內與國外空調系統廠商設備功能及不同用途、場所之分析，請執行單位納入比較。

3 是否會增加成本？或可能造成國內廠商調變成本負擔？國內廠商目前技術及檢測基準是否均符合目前之規範？是否可以促進國內本土產業升級？建請執行單位亦一併納入比較分析。

王主任文伯(書面意見)

1 國內建築物普遍見到設計的冰水主機台數或冰水噸數遠大於實際上的需要，因此針對冰水主機台數及控制探討有實際上的需求，本計畫方向非常正確。

2 冰水系統節能最佳化為冰水供給量等於負載需求量，且隨時更新。唯因物理環境相當複雜，負載的需求量無法事先預測且冰水主機的設計有其限制，因此佔耗能最大的主機控制最為重要，新設建築物需求做負載分析，經過節能設計審查排除超大量的冰水主機台數，然後再要求台數控制方具意義。

3 本研究計畫是否可能加入冰水系統效率的監測，及動態的 kW/RT 量測？若有此數據，則對整體系統是否為最佳化更具說服力。

4 計畫名稱中的"熱源主機"，是否即為冰水主機？若是的話，建議改為冰水主機，更為通俗化。

江教授哲銘

- 1 因地制宜，因時制宜之分析，如北中南東、春夏秋冬之因應確保新鮮空氣並得最佳節能效益。
- 2 本案可有效精緻化分析、控制綠建築指標 (EAC、 α_1) 等之定量效益。
- 3 有利於應用在 ESCO 技術系統。

林教授憲德

- 1 主機之 over design 與分割方式與部分效率有關，如何以備載與分割台數求取合理 α_1 ，應有所反應。
- 2 合理噸數與合理分割，所謂最佳化台數控制策略與實際設計之差異如何反應在 α_1 上，應能簡化而非複雜的函數化公式化。
- 3 題目應改為「空調系統熱源主機控制節能效益之實證研究」，較為容易理解接受。
- 4 性能驗證如何進行？

張教授又升

- 1 本研究預期成果對未來綠建築評估與空調節能設計頗具價值。
- 2 建議增加不同空調類型，極大(極小)之負荷差異對台數控制策略最佳化之模擬、印證。

陳教授寒濤

- 1 建議能和國外的相關實驗數據相比較，以期能驗證本研究計畫之可靠性。
- 2 管路的長度與彎區的情形對省能效益的影響程度建議能考慮之。
- 3 是否可將研究成果推導成一簡單的經驗公式。

本所陳組長瑞鈴

- 1 本案為延續計畫，期望藉由全尺度實驗印證，可提出 α_1 係數修正建議值，作為修正綠建築指標參考依據。

計畫主持人楊教授冠雄

- 1 有關北中南東、春夏秋冬之時空因素，本計畫案將納入考慮。
- 2 $\alpha_1 \sim \alpha_{10}$ 係數在下次手冊修改前研究完成，本研究團隊會努力看看。
- 3 α_1 係數修正建議值應簡單合理，而非複雜的函數化公式，將納入

考量。

4 本研究案有足夠主機可進行實測分析。

5 本案研究成果不會增加國內廠商成本，反而會促進國內本土產業升級。

(二) 「提升室內空氣品質空調風口配置設計基準之研究」案

中華民國建築師公會全國聯合會

1 本案全尺度實驗室空間大小長、寬、高分別為 4 米×3 米×2 米，因目前常見住宅或辦公室高度大約是 3 米，建議實驗高度是否可調整，以符實際情況。

台灣區冷凍空調工程工業同業公會

1 因目前過濾室內粉塵之濾材並沒有測試標準，建議執行單位可否進行相關研究，符合業界需求。

2 研究方向應能落實營建法規或對民生產業有助益。

台灣省建築材料商業同業公會聯合會

1 此研究案應依現有建築技術規則或相關法規，是否需改善或改變，其原因何在？請提出說明。

2 室內空氣品質性能標準，範圍相當廣泛，是否明確訂定研究範圍。

王主任文伯（書面意見）

1 室內空氣品質日受重視，唯其代價可能為耗能(排氣、換氣之能源)，因此由空調耗能分析數據建立室內空氣品質變化與空調耗能量化關係有其必要性，本計畫方向十分正確。

2 本計劃已指出現行空調設計排風、送風等盲點，可能造成室內空氣品質不佳及耗能。並假設其主要影響因素(Main Effect)為(1)進/出風口之相對位置(2)進氣量。並預先指定其參數，共有 24 種案例來研究並追蹤被量測的 Indicate(CO₂ 濃度)，研究方法甚為實際。在此設計環境下所得的結論可能適用於此幾何架構，是否能推行至其他排列組合，可能尚須加以考慮。

3 本計劃對空氣品質/換氣效率量測標準之建立相當重要，建議予以支持做長期性研究。

江教授哲銘

- 1 電腦模擬與實驗證明之基本單元設定是否一致，境界條件是否相同，可再清楚說明。
- 2 外氣入口、進風口、回風口等之構件剖面形狀是否要(檢討)說明(本階段)，可能影響風流場及換氣效率。

林教授憲德

- 1 本研究目標與內容可能與一般空調設計規範沒多大差異，同時也難以對於建築管理法令有回饋效益，建議應加強建築之應用效益研究才行。

張教授又升

- 1 本研究針對空調送排風口配置進行相關研究，但國內 AHU 系統佔中央空調 10%，貢獻度似乎可再擴大(例如增加模擬單純開口)
- 2 CFD 模擬變異性大，所模擬結果可能與現場實際情形差異頗大。
- 3 CO₂ 量測現場無需持續污染源，將與實際情形產生落差，量測結果有待商榷。

張教授裕成

- 1 研究本身應能反應營建法規或對民生產業有助益才行，例如有關出風口配置容易受燈具或管線等限制，如何落實在實務應用上？值得省思。

陳教授寒濤

- 1 參考文獻是否完整？
- 2 污染物是否包括粉塵與細菌數？
- 3 如何判斷進/排風口的相對位置不良？
- 4 如何量測室內溫度？
- 5 如何改善空間之死角地帶的空氣品質？
- 6 於進排風口有限的條件下如何提升空氣品質？

本所王研究員順治

- 1 本案涉及「換氣」及「空氣品質」二部份，在建築法令中多注重通風換氣或其效率，空氣品質則觸及粉塵、二氧化碳等濃度，為環保管理規範。

2 預測成果有關擬完成室內空氣品質性能將標準架構之建立，建議可再修正。

本所陳組長瑞鈴

- 1 建築物進/出風口對室內空氣品質有很大影響，例如戶外進/出風口太靠近時，容易形成短迴路，污染室內空氣品質，進/出風口距離多遠較恰當，請再進一步研究。
- 2 室內風口配置除會影響室內空氣品質外，對人員舒適度、節能亦會有影響，請執行單位亦一併納入比較分析
- 3 預期成果第一項”室內空氣品質性能標準建構之建立”並非建築領域直接相關，請修改。
- 4 本案若要進行電腦數值模擬，資料庫數據恐不足，建議改作實例比較分析，並對實測案例提出具體建議，較有意義。

計畫主持人鐘教授基強（吳友烈代理）

- 1 本案 CFD 電腦模擬設定會留意是否與現場實驗條件吻合，俾利比對。
- 2 外氣入口、進風口、回風口等之構件剖面形狀確實會影響風流場及換氣效率，因考量時間因素，本案風口選擇全開口型式進行研究。
- 3 本案以 CO₂ 濃度來模擬室內污染物移除效率，並進一步探討開口配置對氣流流形之影響。

（三）「玻璃節能效率之全尺度實驗」案

台灣省建築材料商業同業公會聯合會

- 1 建築用玻璃建材應定位、研究具省能、節能為主要研究目的，至於是否適用「高性能」有必要重新界定。
- 2 國內屬亞熱帶，玻璃建材應以國內氣候及建築為主要研究，研究全尺度應納入國內建築一般尺度的研究，如辦公室等公共建築或住家較具實用性的研究。

王主任文伯（書面意見）

- 1 建研所長期對建築物建材性能檢測分析作研究，數年累積了不少寶

貴的資料及經驗值得肯定。

- 2 楊冠雄教授所建立的全尺度實驗屋 A202 與 A203，經過實際量測作歸零實驗，有具體的數據，說服力強，亦是值得肯定。
- 3 由上述 1、2 兩項，衍生至本計畫之研究亦是合理的演變。研究方向十分正確。
- 4 本計畫完成後可獲得玻璃建材對空調耗能的影響及對室內舒適度之影響，其數據應用於建築節能將有深遠的影響也建議長期支持此類的研究。

江教授哲銘

- 1 本案有助於高性能綠建材之研發、測試。
- 2 本案有關節能貢獻很大，惟該室內環境對人、對工作之健康效率影響可列入未來課題。

林教授憲德

- 1 隔熱之用語有誤，請依 shading coefficient 之精神，以「遮陽」用之，保溫與隔熱是同一個名詞，請分辨之。
- 2 全尺度實驗如果無法模擬室內人員、家電、生活模形，其實驗結果是無用的。
- 3 以北京之住宅為文獻探討是十分不適當的，本研究以住宅或辦公室應澄清清楚後才能有用。
- 4 本研究結果完全無法實用化，無法模擬實際室內使用狀況，對綠建築政策與法令完全無所助益。

施總經理人豪（張雅聰經理代理）

- 1 全尺度實驗量測結果是與 6mm 或 3mm 玻璃比較？請再清楚說明。
- 2 本案 6 種實驗玻璃是選用何種玻璃？請補充說明。

張教授又升

- 1 本研究所使用之空調耗能模擬軟體並非空調評估常用之 DOE，所用氣象資料對台灣之適用性，請說明採用之理由。
- 2 實驗結果應可預測，似無必要性。
- 3 玻璃建材對空調耗能之影響，國內已有相關研究成果，創新性略嫌不足。

陳教授寒濤

- 1 建議能將研究方法寫得更明確一點。
- 2 本研究 and 先前之研究成果的差異性如何建議能明述。
- 3 以二維軟體來模擬本研究計畫是否合適，建議說明之。
- 4 室內對溫度如何量測？其量測位置如何？
- 5 相互比較的玻璃厚度及價格建議加以考量。

本所王研究員順治

- 1 玻璃節能與其緯度、日照時數、方位等背景條件有關，引用文獻應予注意。
- 2 全尺度實驗有其相關假設條件，建議可搭配實測討論。

本所陳組長瑞鈴

- 1 建築外殼性能部份最大影響因子依序為開窗率、方位、外遮陽，進行全尺度玻璃實驗，是否有其價值？請執行單位再跟審查委員進一步討論。

計畫主持人李助理教授訓谷

- 1 在去（95）年度「玻璃高性能審查基準」座談會曾有業界談到 U 值對玻璃節能效果很重要，但因目前國內並沒有相關本土化實驗數據，驗證其影響程度，故衍生本計畫之研究，亦是本研究預期成果之一。
- 2 RESFEN 軟體因具有運算快速及已建構數千種玻璃光學性質資料庫，故本案選用該套軟體作為研究工具。

九、會議結論：

- （一）上述計畫內容之期初審查，原則通過，請研究單位參採與會專家學者及單位代表意見修正計畫書，送所辦理。
- （二）經費部分本所將另案審查，後續工作以及預算之執行，請依規定如期如質完成。

十、散會（下午十七時整）。

期初簡報審查會議記錄及處理情形

專家學者審查意見與建議		意見回覆及處理情形
王副組長榮進		
1.1	本案至目前為止，研究進度與方向均控制得相當好，而且已獲得具體的初步成果。	敬悉
1.2	尚無其他建議事項。	敬悉
周教授鼎金		
2.1	建立之評估或應用於日常節能指標 EAC，建議應提出如何達成及格之重點說明	遵照辦理 詳期末報告中第六章
胡組長耀祖		
3.1	符合期中計畫目標與進度。	敬悉
3.2	期中報告第 10 頁中所描述之商用 VRV 系統，壓縮機應有 2 個是變頻控制的，而非 1 個，請修正(2 機組，共 6 台壓縮機，而分 2 組中應是各有 1 台變頻)。	遵照辦理 並於期末報告中更改
3.3	有關第 4 章之 VRV 實驗驗證部份，幾點建議如下： a. 空調負荷曲線(Load Profile)與外氣溫度，在不同因表之條件下，各種品牌之 VRV 之反應不會相同，如何評估出符合規範之建議可多加以分析。 b. 第 58 頁中之 Data 圖，部份負載只做 50~100%，但是實驗機組可否設定在 50% 以下，應加以說明。 c. 可否有固定外氣溫度，尋求比較 VRV 變頻與定頻在不同負載(如 20%~100%)之耗能比較。	遵照辦理 本研究採用 IPLV 做為參數，便可以區分各種不同品牌的特性。 由於 VRV 變頻多聯的特性，所以不同負載率對 COP 的影響遠不及外氣溫度的影響，所以 ARI 的重點擺在外氣溫度的變化。
3.4	未來在評析建議 VRV 在建築技術規則或綠建築規範中之加權或評分時，應避免以品牌為評比標準，而應以平均之政策考量較佳。	遵照辦理 以各機種的 IPLV 做為平品參數
陳理事長國英		
4.1	本研究總模擬件數達 1296 件，函括範圍甚廣，有其客觀性，應予肯定。	敬悉

專家學者審查意見與建議		意見回覆及處理情形
4.2	VRV 為將來中、小型空調之趨勢，針對各廠牌效率之資料搜集，訂定有利於國內廠商發展及提升技術層次之評估標準。	敬悉
陳教授海曙		
5.1	本研究進度符合要求，已有相當成果。	敬悉
5.2	實驗設備案例如時間經費許可下，因節能技術不同，可多做幾個案例(不同廠牌及不同容量)。	敬悉
蔡教授尤溪		
6.1	VRV 是註冊商標，建議對於 1 對多變冷媒量系統給予一個通稱。	敬悉
6.2	建議建立比較基準，如比較 VRV 與氣冷式空調機，比較定頻與變頻下不同之耗能。	遵照辦理 詳期末報告第五章
6.3	EAC 計算公式可先以辦公室類建築之空調特性計算之。	敬悉
中華民國建築師公會全國聯合會王建築師立信		
7.1	本計劃主要針對國、內外 VRV 系統主機於台灣氣候條件下進行效能比對，以建立重要本土化數據，值得肯定。	敬悉 原 EAC 公式中即有全熱交換器的評估方式
7.2	可否運用空調系統加裝熱交換機等變通方式，使空調系統效能符合綠建築日常節能指標，請執行單位補充說明。	原 EAC 公式中即有全熱交換器的評估方式。
陳組長瑞鈴		
8.1	目前我國「綠建築評估體系」針對變冷媒空調系統直接認定其 EAC 值為 0.8；事實上不同氣候條件、使用型態及空調負載變動頻繁之際，如採用定值可能會導致相當程度誤差，有必要藉由本計劃提供適當修正與建議，建立本土化日常節能指標 EAC 值。	遵照辦理 詳期末報告第五章，有各種參數的分析
8.2	有關主機超量設計問題，請納入修正之 EAC 計算式內，避免造成日後評估 VRV 系統送審案件日常節能指標審查之盲點。	遵照辦理 詳期末報告第四章
8.3	期望藉由本計劃針對各類廠牌 VRV 系統比對分析評估，避免國外性能不佳產品行銷國內，訂定有利於國內廠商發展及提升國內相關產業技術層次之評估標準。	敬悉
何副所長明錦		
9.1	本案應注意實驗對象是否有納入國內廠牌之	以 IPLV 為參數,是最客

專家學者審查意見與建議	意見回覆及處理情形
<p>VRV 主機，以免將來公佈之實測數據或指標值管制範圍均呈現僅對外國品牌有利之偏頗情況。</p>	<p>觀的方法。</p>

附錄二

期中簡報審查會議記錄及處理情形

內政部建築研究所 函

機關地址：台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓
承辦單位：環境控制組
聯絡人：蔡介峰
聯絡電話：(06) 3300504 轉 2101
傳真電話：(06) 3300480
電子信箱：90F006@abri.gov.tw

受文者：王國防訓儲研究員佑萱（含附件）

發文日期：中華民國 96 年 8 月 8 日
發文字號：建研環字第 0960004871 號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：無
附件：會議紀錄乙份

主旨：檢送本所 96 年度「空調系統熱源主機台數控制(1 係數之全尺度實驗印證與 EAC 之應用」、「提升室內空氣品質空調風口配置設計基準之研究」及「建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證」研究計畫期中審查會議紀錄如附，請 查照。

正本：行政院環境保護署、經濟部能源局、內政部營建署、中華民國建築師公會全國聯合會、台灣省建築材料商業同業公會聯合會、台北市玻璃商業同業公會、王主任錫福、王主任文伯、江教授哲銘、林教授憲德、施副總經理人豪、陳教授寒濤、張教授又升、張理事長裕成

副本：楊教授冠雄、鍾教授基強、李助理教授訓谷、本所所長室、葉副所長世文、李主任秘書玉生、毛組長榮、陳組長建忠、王組長榮進、陳組長瑞鈴、環境控制組、性能實驗中心、施簡任研究員文和、蔡助理研究員介峰、王國防訓儲研究員佑萱（均含附件）

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究計畫簡報：(略)

八、出(列)席人員發言要點：

(一)「空調系統熱源主機台數控制 α_1 係數之全尺度實驗印證與 EAC 之應用」案

王主任文伯

- 1 本計畫已按進度完成期中成果包括冰水主機台數、控制策略之省能效益分析與電腦模擬，並完成全尺度之實驗印證。
- 2 本報告 P.56-P61 圖 4-1~圖 4-6 顯示完全裕度(即制冷容量過大設計的指標)與台數控制，運轉時數及冰機效率的互相關係表示的方式非常清晰，亦支持報告中所提之重點 P.55“透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除”。
- 3 請修正報告中文字編排問題
 - (1) P5，表 1-4 全年空調運轉時數是小時？應補寫。
 - (2) P33 最後一行文字銜接不順，直接跳到 P51 閱讀不易。

林教授憲德

- 1 請把 α_1 結果整理成綠建築標章評審需要之表格，以利執行。

陳教授寒濤

- 1 圖 2-2~圖 2-4 缺少座標名稱，座標標題建議置於圖之下面。
- 2 建議加入符號說明。
- 3 裝有溫度控制裝置及室內空氣對流好壞對空調節能的影響如何？是否能加以說明？

張教授又升

- 1 期中報告成果已有相當分析，對台數控制策略相當助益，期待未來實測。
- 2 建築模型之假設，建議更貼近不同類型建築物之現況。

張理事長裕成

- 1 實務上就國內冰機廠商之性能而言，其部份負載之 COP (kW/RT) 應

似較低，與本研究中引述有所不同，請再做說明。

- 2 結論中單一主機在部份負載下似較節能，但對多部主機之情形中，互相間之 pumping power 也應作整體考量，不知可作進一步說明。
- 3 承上，若未來亦加入 PVF 之架構，則請預留伏筆 cost、control 及 TAB...
- 4 因本研究有可能實際影響 α_1 ，則亦請參酌國內定義中變頻主機目前之採用狀況。

本所李主任秘書玉生

- 1 冰水主機與儲冰式主機功能差異為何，請補充說明。
- 2 運用冰水主機台數之控制，達到省能目的之觀念應推廣。

計畫主持人楊教授冠雄

- 1 將 α_1 研究結果表格化、加入符號說明部分，本研究團隊遵照辦理。
- 2 本案進行空調耗能電腦模擬時已經有納入建築外型之長寬比 (Aspect Ratio)，故對模擬類型建物之幾何外型已可具有代表性。
- 3 空調設計時需求之主機噸數選擇及參差率之決定，正確之程序應是依據電腦模擬結果進行需求噸數發生率計算，再依據發生率較高者來決定主機之配置噸數。
- 4 單一主機本身如果有雙壓所機或 3 壓縮機，可進行內部輸出功率控制，故可視為雙台或 3 台主機進行耗能分析。

(二) 「提升室內空氣品質空調風口配置設計基準之研究」案

王主任文伯

- 1 本計劃已定義的工作計有
 - (1) 完成室內空氣品質之影響因子的分析探討
 - (2) 完成室內換氣空氣品質數學模式、舒適度預測模式及室內空間之空氣污染物移除模式，作為環境品質評估指標。
 - (3) 完成不同空調風口配置與進氣量下之室內空氣品質電腦數值分析模擬模型之建構。
 - (4) 期中進度符合需求。

林教授憲德

- 1 本研究目的與成果對於室內空氣品質政策完全無關，因為風口配置

與進出外氣是在空調施工設計之細部規範，無法於任何法令上反應，建議應改變研究方向以有助於政策。內政部應避免其他部會主管事務，以免招來不必要且超乎本身主管權限之權責問題。

陳教授寒濤

- 1 建議加入符號說明。
- 2 參考文獻的”作者”項目說法建議要一致性。
- 3 實驗結果於數值結果的正確性建議能加以驗證。
- 4 如何控制排氣速度？

張教授又升

- 1 CFD 模擬所採用之換氣率設定值水準相當高，是否符合一般建築物現況。
- 2 目前假設條件無室內障礙物，可能與未來實際應用脫節，建議可增加考慮條件。

本所陳組長瑞鈴

- 1 三個研究案撰寫格式請配合本所規定辦理，盡量雙面印刷。
- 2 本案期望完成後可提供建築師參考，避免風口配置設計錯誤發生，並將研究成果整理成表格，俾利應用。
- 3 戶外進（排）氣口、室內進（排）氣口有哪些型態，及可能衍生之問題，應在文中有所交代。
- 4 程式模擬之進氣量是否符合常態？一般住宅、醫院、大樓模擬條件應該多少，請補充說明。

計畫主持人鐘教授基強（吳友烈代理）

- 1 符號說明及方程式格式，將配合調整。
- 2 模擬結果將會與發表案例進一步比對。
- 3 模擬之通風量將會參照不同建築物型態作為依據。

（三）「建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證」案

王主任文伯

- 1 本計劃期中報告已依原訂計畫完成玻璃建材應用之現況調查，完成對於特殊玻璃建材之光學性能量測能力，此外並依計畫需求完成常用玻璃熱傳透率 U 值或玻璃之日射透過率 η_i 值之修訂 p. 25~p. 44

之表 4-2~4-36，期中報告進度符合需求。

2 請 check p. 20 之計算、外側、內側溫度差值。

3 請修正筆誤 p. 22 應為 data 檔

林教授憲德

1 本實驗對於 SC 之熱箱實驗，在熱流上會發生 A 箱溫度上昇，再度增加溫度差傳透量，與原來 SC 之熱流原理有所差異，因此難以定義為 SC 之取代實驗法，請注意，以免誤導。

2 本研究之 DOE 模擬之模型與預期解析結果必先確立，否則難以成為有效的建議。

陳教授寒濤

1 圖 3-1 實驗設備的可靠性及正確性應加以評估及驗證

2 P48 之符號說明建議置於第一章之前面。

3 表 4-3 等之 U 值及 SC 值的正確性應加以驗證。

4 SC 值定義為： $SC=Q_t(\text{待測試件})/Q_t \text{ 3mm 清玻璃}$ ，之合理性建議加以驗證。

張教授又升

1 因應未來建築水準提昇之可能，是否可將玻璃建材 UV（抗紫外線）性能也列入參考。

2 試件固定座，實驗空間之壁體的材料與熱容量對於實驗結果之影響可加入討論。

張理事長裕成

1 實驗架構上，僅以溫度作為計算考量上的單一要素，有評估？過若以焓值去計算實驗結果與僅以溫度計算所得之結果的差異為何？

2 解說 U 值時， h_e 、 h_i 僅聽到與溫關有關，似應不僅與溫度有關，其表面粗糙度、與表面氣流流場也有所影響，可否進一步說明。

張經理雅聰

1 p2 表所列玻璃遮蔽因素，是否指玻璃或含有外遮陽？

2 市售玻璃建材之收集與調查，是否有較具體成果？

3 p25 表之單層非節能玻璃定義為何？

4 一般 ISO 或 JIS 國際標準對室內外溫度測試條件有一定規定，本案

測試條件為何，請補充說明。

本所李主任秘書玉生

1 既有建築物玻璃耗能問題如何改善？請補充說明。

計畫主持人李助理教授訓谷

1 依調查結果目前網印玻璃、玻璃磚及百葉玻璃國內外有漸漸被市場接受趨勢。

2 本研究設計係參考國外文獻”熱箱法”進行規劃，唯一差別在光源部份，量測原理與原來 SC 確實不同。

3 玻璃抗UV性能會納入考量

4 燈源選擇係參考 ASTM 及相關文獻。

九、會議結論：

(一) 上述計畫內容之期中審查，原則通過，請研究單位參採與會專家學者及單位代表意見修正研究方向，後續工作以及預算之執行，請依規定如期如質完成。

(二) 研究成果請投稿建築學報。

十、散會（下午十二時整）。

期中簡報審查會議記錄及處理情形

專家學者審查意見與建議		意見回覆及處理情形
王主任文伯		
1.1	本計畫已按進度完成期中成果包括冰水主機台數、控制策略之省能效益分析與電腦模擬，並完成全尺度之實驗印證。	敬悉
1.2	本報告 P.56-P61 圖 4-1~圖 4-6 顯示完全裕度（即制冷容量過大設計的指標）與台數控制，運轉時數及冰機效率的互相關係表示的方式非常清晰，亦支持報告中所提之重點 P.55“透過複數台數的冰水機組組合，安全裕度造成的負荷分布頻數向左偏移的現象可以被消除”。	敬悉
	請修正報告中文字編排問題	遵照辦理
林教授憲德		
2.1	請把 $\alpha 1$ 結果整理成綠建築標章評審需要之表格,以利執行。	遵照辦理 詳期末報告中第十章
陳教授寒濤		
3.1	圖 2-2~圖 2-4 缺少座標名稱，座標標題建議置於圖之下面。	敬悉
3.2	建議加入符號說明。	遵照辦理 並於期末報告中更改
3.3	裝有溫度控制裝置及室內空氣對流好壞對空調節能的影響如何？是否能加以說明？	敬悉
張教授又升		
4.1	期中報告成果已有相當分析，對台數控制策略相當助益，期待未來實測。	敬悉
4.2	建築模型之假設，建議更貼近不同類型建築物之現況。	遵照辦理 詳期末報告中第 3-7 章
張理事長裕成		
5.1	本研究進度符合要求，已有相當成果。	敬悉
5.2	實驗設備案例如時間經費許可下，因節能技術不同，可多做幾個案例(不同廠牌及不同容量)。	敬悉
李主任秘書玉生		
6.1	冰水主機與儲冰式主機功能差異為何，請補充說明。	敬悉。儲冰是主機運轉時以全載運轉為主。較不需考慮部分負載效率。

	專家學者審查意見與建議	意見回覆及處理情形
6.2	運用冰水主機台數之控制，達到省能目的之觀念應推廣。	敬悉