

百貨商場空調箱汰舊換新限制工時施工模式之研究

*莊惠文(Chuang, Hui-Wen)

中華大學營建管理學系

蕭炎泉(Yan-Chyuan Shiau)

中華大學營建管理學系

張郡鳳(Chun-Feng Chang)

中華大學營建管理學系

摘要

百貨公司空調箱汰舊換新的工作，需要在非營業時間的十二小時完成，是一項非常艱鉅的工作。本人曾與多家百貨公司配合多年，空調箱汰舊換新超過兩百台，希望透過學校所學並融合經驗，分析及研究將空調箱汰舊換新在限制工時內完成之要領、方法及應注意事項，提供對該領域有興趣者參考。本研究透過文獻蒐集及案例分析，探討空調箱需要汰舊換新之原因，並針對空調箱汰舊換新工項之法規及規範作一探討。

本研究運用專案管理工作分解結構法，將空調箱汰舊換新工作分為施工前作業及現場施工作業。施工前作業包含空調箱設計、現場會勘、備料及預製。現場施工作業包含拆除工程、空調箱組裝工程、冰水管安裝工程、風管安裝工程、配電安裝工程及試俾調整。各工作項目確定後探討其作業關係，並分為正常工期模式與限制工時施工模式，分別計算各作業之開始及結束時間，再依據各作業時間計算所需配置人力。本研究並使用甘特圖排定工項進度並顯示施工要徑，並分析限制工時施工模式所增加之趕工成本。

本研究使用四個已完工案例，比較案例中各工項與本研究所提出之開始及完工時間，分析其異動原因並提出因應對策，並對所提因應對策透過專家訪談驗證其正確性，再根據專家建議修正限制工時施工模式各工項之需求時間與人力配置，供相關業者作空調箱汰舊換新之參考。

關鍵詞：空調箱、限制工時施工模式、工作分解結構法、同步工程、甘特圖、要徑

Study on Constraint Time Construction Model for Replacement of Air Handling Unit in Department Store

Abstract

The replacement of old air handling unit for department stores is a very difficult task since it must be completed within 12 non-business hours. I have worked with

many department stores for many years and replaced for more than 200 air handling units. I hope integrate knowledge learned through school and experience to analyze the main points of replacing old air handling unit in limit time. These precautions can be used as references for interesting people. This study explores the reasons for replacement of air handling units through literature review and case studies. The regulations and specifications of project items are discussed in this study.

In this study, working breakdown structure is used to divide the replacement of old air handling unit into preparation items and on-site construction items. Preparation items contain air handling unit design, site survey, material preparation and precast. On-site construction items include demolition, air box assembly, ice water pipes installation, duct installation, electrical distribution installation and commissioning adjustment. After determining the working project items, the relationship between items are investigated. Normal construction mode and constraint time construction model are used to calculate the duration, start time and end time for all items. The required human are then determined based on the assigned time of activities. Gantt chart is used to display the project schedule as well as critical path. Additional cost is analyzed for constraint time construction model. Construction work and analyze the pattern of limiting the increase in the cost of crashing

In this study, four cases are used to compare the start time and end time for all project items. The cause reasons and countermeasures for these differences are discussed. These proposed countermeasures are verified through interviews with experts. The required construction time and human power of constraint time construction model are adjusted according to the experts proposed as reference for replacement of air handling unit.

Keywords: Air handling unit, Constraint time construction model, Working breakdown structure, Concurrent Engineering, Gantt chart, Critical Path.

一、前言

1.1 研究背景及動機

由於地球暖化，環境溫度不斷上升，在 98 年 6 月能源法立法後，節能減碳的意識抬頭，人們對於高耗費能源設備改善更加重視，而百貨商場空調用電量占了營業用電的 50% 以上，為最大用電設備。現今科技的進步使機器效率大幅提升，一般空調設備使用年限約為 10~20 年，當空調設備因長時間使用，效率逐年降低無法負荷現況時，百貨業者為了節省成本與創造舒適的購物環境，便有汰舊換新的需求。

近 30 年來，隨著經濟成長與消費能力提升，逛街人潮不斷增加，國內百貨商場也逐年新建，但近年來國內百貨商場有飽和及過剩之慮，新建工程減少，而老舊百貨商場增加，空調設備汰舊換新的需求因此增加，未來空調汰

舊換新工程將是空調界一大商機。而汰舊換新有別於新建工程，統合及施工困難度遠勝於新建工程，但現有文獻大多著重於節能減碳或新建工程之研究，鮮少針對舊有設備更換的管理方法做研究，故掌握關鍵因子、方法與技術，就能獲得更多市場。

1.2 研究目的

空調設備因設備老化、效能降低或營業項目改變等，便有汰舊換新之需求，然為了不影響賣場現有營業機能，除須要求施工不得污損、破壞商場之擺設外，更需滿足業主需求在每日下班後到隔天營業前的空檔內，完成包含拆除、舊品運棄、新品運入、安裝、試俾等工作，其任務相當艱鉅。本論文主要研究目的如下：

- 1.研究一套限制工時施工模式，使其可套用在臥式空調箱 40~120 冷凍噸空調箱汰舊換新工作上，各案僅需依據現場實際環境需求，微調其人力配置，即可於非營業時間完成整個專案工作。
- 2.研究空調箱汰舊換新各工作包及工作項目，分析各個工作項目應注意事項，減少錯誤產生，提高空調箱汰舊換新施工效率。
- 3.分析限制工時施工模式，提供業者對趕工所需增加人力費用與正常施工停止營業，所造成營業損失做比較，作為發包優先考量。

二、主要內容

2.1 汰換因素

- A.外氣溫度上升:因全球暖化效應，使空調外氣負荷愈來愈增加
- B.營業項目的改變:依營業項目不同，冷氣空調需求亦各有不同
- C.經濟與消費力成長:逛街及購買人數增加，使空調負荷隨之增加
- D.機器老舊磨損:大型空調設備使用年限約為 10~20 年，目前已達汰換潛在需求(超過 10 年)之設備約 73% (如圖 1 所示)
- E.設備效率:大型商場的空調為了有效管理及維修容易，會選擇空調箱冰水系統(如圖 2 所示)

2.2 配合工項

空調設備更換相關項目，包含空調箱工程、冰水管配管工程、風管工程、配電工程等四大項組合而成，如圖 3 所示。

1.空調箱工程

空調箱工程分為空調箱拆除工程及空調箱組裝工程，施工位置在各樓層空調機房內，空調箱組裝元件包含箱體(Casing)、風機馬達組(Fan & Motor section)、盤管鰭片(Cooling Coil)、空氣過濾網(Air Filter)、混合箱(Mixing Box)組合而成，如圖 4 所示。



圖 1、國內大型百貨商場開店至 102 年時間統計圖

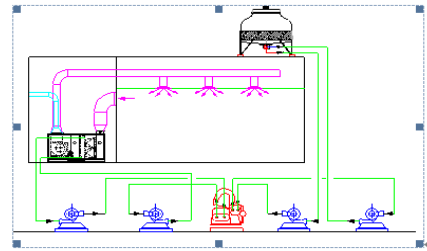


圖 2、大型中央空調系統圖



圖 3、空調箱相關系統實體連結圖

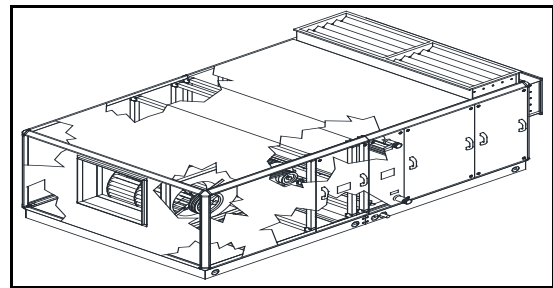


圖 4、空調箱立體結構圖

2.冰水管工程

冰水管工程分為冰水管拆除工程及冰水配管工程，冰水管配管工程為了將冰水主機所製造出冰水，引入空調箱鰭片鰭片內，再由空調箱內部風扇，把空氣由賣場吸流經鰭片表面達到熱交換目的。冰水管系統一般採封閉系統，藉由泵浦之運轉達到循環功能，冰水管須於管路外部，加隔熱材以防溫差過大產生冷凝水，冰水管配管，如圖 5 所示。

3.風管工程

風管工程分為風管拆除工程及風管安裝工程，風管工程主要就是把一定量的空氣從甲地運送到乙地，或將之分配至某一地區，或將某一地區之抽風匯集後抽出，必須要藉由風管來引導空氣之流動，故風管在空調系統中為重要的一個項目，如圖 6 所示。

4.配電工程

配電工程分為配電拆除工程及配電安裝工程，配電安裝工程區分動力配電與弱電配電，空調系統按規定應用獨立之配電盤，各動力馬達有獨立之啟動器和防護裝置，低壓導線無論時心或絞線，均須採用 600 伏 PVC 絕緣電線，高壓電纜須採用 PEX 高壓絕緣電纜，或參考電線之環境溫度種規格，如表 1 所示。

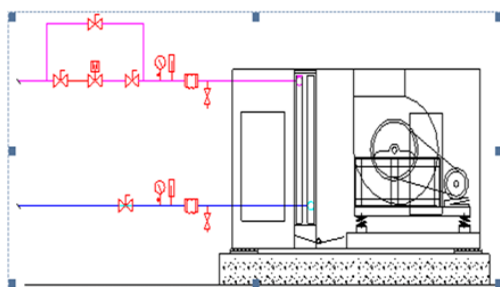


圖 5、冰水管配管圖

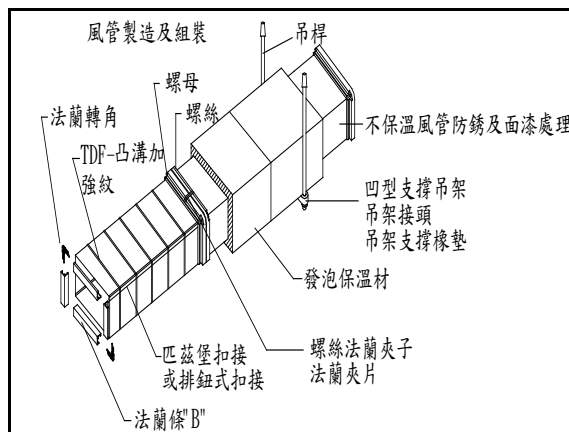


圖 6、風管製造安裝大樣圖

表 1 電線之環境溫度種類規格表

絕緣電線之種類	絕緣物容許溫度℃
PVC 電線	60
RB 電線(只天然橡膠之混合絕緣物)	
耐熱 PVC	75
PE 電線	
SBR 電線	80
人造橡膠電線	
EX 橡膠電線	90
交連 PE 電線	

2.3 限制工時施工模式

所謂限制工時施工模式，為專案之各作業能在工程期限及合理成本範圍內完成，且能套用在相同性質工作上的一種施作模式或框架。限制工時施工模式應包含：工作名稱、工作項目、工作時間、分配人力、前置作業、後續作業關係、開始與完成時間等。

空調設備會依供應面積、性質、營業種類而有馬力、冷凍能力、箱體大小、送風機形式及規格上的差異，而為不影響營業，不論空調箱規格大小或施工難易度，必須於打烊後與開店前非營業時間之 12 小時內更換完成。本研究分析空調箱汰舊換新各施工工項、活動關係、各工項所需時間及同步工程之運用，研究出 12 小時更換完成之限制工時施工模式(本模式適用於臥式空調箱冷凍能力 45~120 噸範圍內)。

2.4 工作分解

運用專案管理之工作分解結構法(WBS)層級架構式，詳細解構空調設備汰舊換新各工種及工作項目，再分析各工作項目的工作內容，並將需注意事項列表，以掌握工期重點及避免工期延遲防患於未然。本研究因工程總體時間受到 12 小時限制，有異於一般專案管理「由下往上推估」，部分必須限定分配時間，並採「由上往下推估」配合同步工程方法之應用，以研究出限制

工時施工模式。

空調箱汰舊換新施工可分為兩個階段，一為施工前作業階段，工作分解圖如圖 7 所示，一為施工中作業階段，工作分解圖如圖 8 所示。

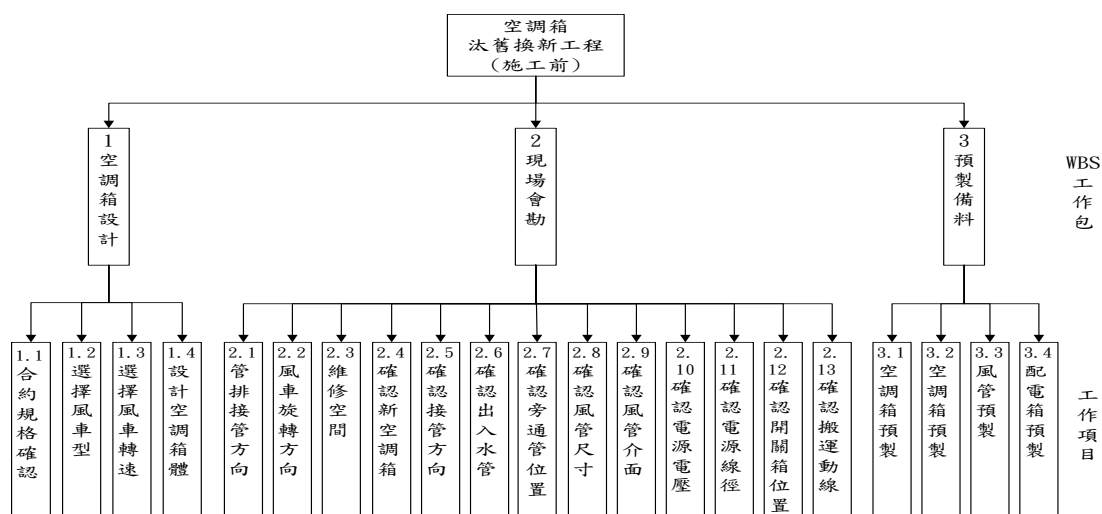


圖 7、調箱汰舊換新工作分解圖(施工前)

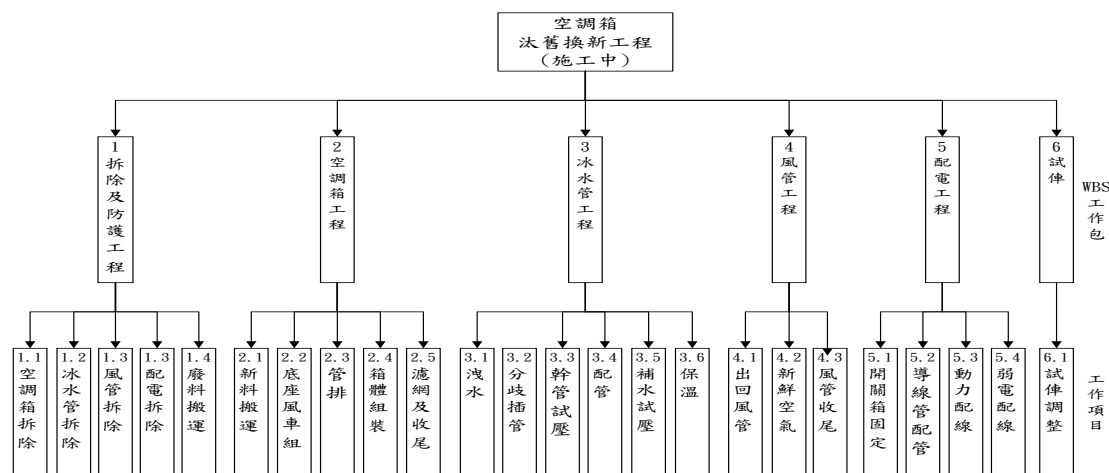


圖 8、空調箱汰舊換新工作分解圖(施工中)

2.5 施工前作業

施工前作業包含發包後到施工前所有的準備工作(如表 2 所示)，包含：

- A. 空調箱設計：關係到整個合約規範要求
- B. 現場會勘：關係到各工種安裝順序、現場既有尺寸確認及施工問題防範
- C. 工項備料及預製：關係到現場施工效率

2.6 施工中作業

為了達到整體工程在非營業時間 12 小時內完成，每個工作項目必須推估施工前備料預製狀況，再分析最短可完成工作項目時間，以研究出一套通用

之限制工期施工模式。施工中作業有六大工作項目(如表 3 所示)，包含：

- A.拆除工程：為工種最雜、人員最多的時段，為工作的起始
- B.空調箱工程：元件最多、量體最大、所需要時間也最長，各項工程皆須與其銜接
- C.冰水管工程：冰水管流量與流速關係到空調箱冷凍能力
- D.風管工程：含出風、回風、新鮮空氣等風管的安裝
- E.配電工程：分為動力配電及弱電配電安裝工程
- F.試俾調整：為最後完工階段，需要各工種配合

表 2 施工前作業各工作項目注意事項表

工作包	工作項目	注意事項
空調箱設計	合約規格確認	電壓、馬力、風量、靜壓、鰭片能量
	選擇送風機型式	多翼式、後項式、翼截式
	選擇送風機轉數	送風機轉數關係效率、噪音
	設計空調箱體大小	鰭片表面風速需符合設計要求 2.5m/s
現場會勘	鰭片接管方向	給水在送風機側相反則會降低冰水效能
	送風機旋轉方向	相反會增加壓損產生擾流
	維修空間	不應將就舊有空調箱位置
	確認新空調箱安裝位置基準點	風管須於空調箱拆除後，安裝前，將預製風管先行安裝，訂定基準點降低誤差
	確認冰水管管徑	合約規格小於既有管徑必須幹管重新分歧管
	確認冰水出入水管	控制閥裝於出水端減少擾流過濾器裝入水端
	確認旁通管位置	旁通管連接閥件甚多費工費時須場外預製
	確認舊有風管尺寸	新規格風量靜壓舊有風管有無需要補強
	確認風管配管位置	風管為除空調箱外最大工件必須優先考量
	確認電源電壓	開關箱訂製
	確認電源線線徑	舊有電源線線徑是否符合新更換負載規格
	確認新開關箱位置	先行安裝配管可能性
	搬運動線確認	搬運時間、方法、避免工件無法搬入機房
工項備料及預製	空調箱	送風機、傳動輪、馬達、鰭片、風門、濾網、箱體、底座、水盤、檢修門、框架
	冰水管	鍍鋅鐵管、閥堤、排水管、Y 形過濾器、旁通管、幹管分歧管、法蘭接頭預製
	風管	鍍鋅鐵皮、保溫材、五金另料
	配電	開關箱、二通閥

表 3 施工中作業各工作項目注意事項表

工作包	工作項目	注意事項
拆除工程	1.1 空調箱	商品防護、分解程度、搬運路徑
	1.2 冰水管	閥提水是否故障遮斷、洩水時間、清運
	1.3 風管	拆卸空間、分解程度、清運
	1.4 配電	一次側斷電、既有控制線接點紀錄
	1.5 防護	商品防護、搬運地板防護、動火防護
空調箱安裝工程	2.1 材料搬運	商品防護、分解程度、搬運路徑
	2.2 底座	基準點、水平、基礎座
	2.3 送風機組	現場組裝、平衡震動校正
	2.4 鰭片工程	高樓人工搬運、配管銜接

工作包	工作項目	注意事項
	2.5 過濾網及收尾	框架、間隙風板、氣密、檢修門
冰水管安裝工程	3.1 洩水	補給水箱、分歧管、樓成高度
	3.2 分歧管	管徑、變異管、流速
	3.3 幹管試壓	焊接漏水、閥提無法斷水、管件蝕孔
	3.4 配管	閥提斷水能力、旁通管、支撐架
	3.5 補水試壓	補水管徑、壓力測試、管內空氣排除
	3.6 保溫	厚度、法蘭、閥提
風管工程安裝	4.1 出回風	預製程度、組合空間、預製誤差
	4.2 新鮮空氣	物件大小、管節長度、預製誤差
	4.3 風管收尾	預製開孔誤差、施工空間
配電安裝工程	5.1 開關箱	廠測、固定位置、固定時機
	5.2 導線管配管	導管材質、線徑
	5.3 動力配線	一次側電源線徑、向序、配電圖
	5.4 弱電配線	中央監控控制接點標示、控制線圖
試俾調整	皮帶及送風機風量調整 冰水流量調整 出風口風量量測調整 供電及負載量測	向序、電壓、電阻值、過載保護、皮帶鬆緊調整、 轉速調整、冰水管管內空氣排除、賣場落塵防 護、動平衡校正

2.7 施工前及施工中作業流程

施工前及施工中作業流程如圖 9 及圖 10 所示。

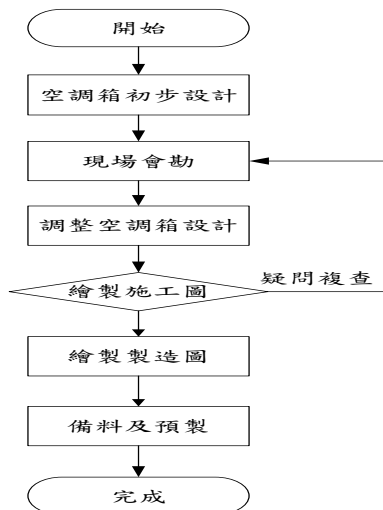


圖 9、施工前作業流程圖

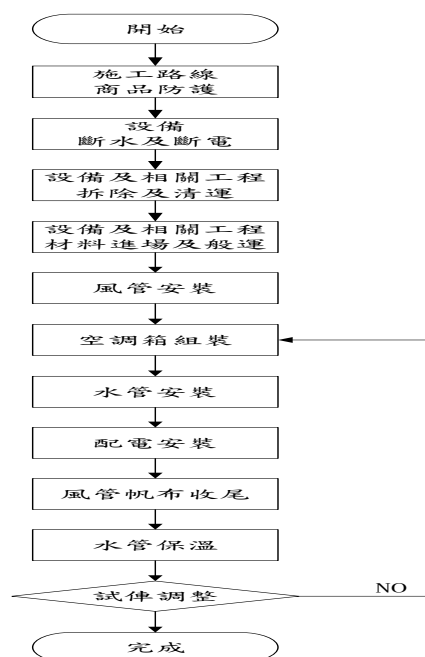


圖 10、施工中作業流程圖

2.8 結論

空調箱汰舊換新之工程規模小於新建工程規模，但對已接近飽和的空調市場，卻是一大商機，為滿足業主不影響營業而完成空調箱汰舊換新的需求，

必須研究出一套通用之限制工時施工模式，以套用於不同現場與不同環境需求。

本研究針對百貨商場空調箱及相關配套工程作系統性探討，可供業界參考。本研究所達成的三點研究成果分述如下：

1.研究出限制工時施工模式應用表可供套用

限制工時施工模式應用表可套用在，40~120 冷凍噸空調箱汰舊換新工作上，每個各案僅需依據，現場環境實際需求，微調其人力配置，即可於非營業時間十二小時內完成整個專案計畫，本應用表以實際案例驗證其可行性，並透過專家訪談方式所提工期延遲因應對策，修正限制工時施工模式應用表(如表 4 所示)，提高應用表可靠度。

表 4 限制工時施工模式應用表

WBS 碼	名稱	WBS 碼	工作項目	時間 (分)	人 力 (人)	前置作業	後續作業	開始	完成
1	拆除及防護工程	1.1	空調箱拆除	180	5+2	-	廢料搬運 除搬運	22:00	01:00
		1.2	冰水管拆除	60	4	-	-	22:00	23:00
		1.3	風管拆除	60	5	-	-	22:00	23:00
		1.4	配電拆除	60	2	-	-	22:00	23:00
		1.5	廢料搬運	210	4	-	-	22:00	+01:30
2	空調箱工程	2.1	新料搬運	180	8	-	出回風管	22:00	+01:00
		2.2	底座送風機組	60	8	出回風管	鰭片	01:00	02:00
		2.3	鰭片	60	8	底座送風機組	箱體完成	02:00	03:00
		2.4	箱體完成	120	8	鰭片	濾網及收尾	03:00	05:00
		2.5	濾網及收尾	90	8	箱體完成	洩水	05:00	06:30
3	冰水管工程	3.1	洩水	90	0			提前施作	
		3.2	分歧管	90	0			提前施作	
		3.3	幹管試壓	120	0			提前施作	
		3.4	配管	240	4	幹管試壓	補水試壓	03:00	07:00
		3.5	補水試壓	60	4	配管	保溫	07:00	08:00
		3.6	保溫	120	4	補水試壓	開關箱固定	08:00	10:00
4	風管工程	4.1	出回風管	60	5	新料搬運	底座送風機組	01:00	02:00
		4.2	新鮮風管	60	5	箱體完成	風管收尾	05:00	06:00
		4.3	風管收尾	60	5	新鮮風管	試俾	06:00	07:00
5	配電工程	5.1	開關箱固定	60	2+1	保溫	導線管配管	23:00	00:00
		5.2	導線管配管	90	2+1	開關箱固定	動力配線	05:00	06:30
		5.3	動力配線	60	2+1	導線管配管	弱電配線	06:30	07:30
		5.4	弱電配線	60	2+1	動力配線	試俾	07:30	08:30
6	試俾	6.1	試俾調整	90	8	弱電配線		08:30	10:00

2.研究出空調箱汰舊換新各個工作項目應注意事項，減少錯誤產生，提高工作效率

應用工作分解結構法，分解空調箱汰舊換新各工作包及工作項目，並研究各個工作項目施工時應注意事項，以減少錯誤產生，並提高工作效率。

3.分析出限制工時施工模式所增加之趕工成本

經本研究分析，限制工時施工模式與正常工期施工費用，再經專家訪談之建議來調整人力配置，計算出限制工時施工模式所增加之趕工成本(如表 5 所示)，可供決策者將其與營業損失做比較作為發包優先考量。

表 5 正常工期與限制工時施工模式工期費用比較表

次	工作名稱	限制工時施工 模式工期人日	正常工 期人日	限制工時施工模式與 正常工期增減天數	單價	小計
1	拆除及防護 工程	9+2	13	-4	3,000	-12,000+6,000 = -6,000
2	空調箱工程	20	11	9	3,000	27,000
3	冰水管工程	14	13	1	3,000	3,000
4	風管工程	15	4	11	3,000	33,000
5	配電工程	6+3	3	3	3,000	9,000+9,000 =18,000
6	試俾	2	3	-1	3,000	3,000
7	合計	66+5	47	19+5	3,000	57,000+15,000 =72,000

三、參考文獻

1. 交通部中央氣象局-氣候統計，
<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyData/mD.htm>
2. 邱馨慧，「產品設計及易裝配性與易拆卸性整合評估及裝配與拆卸次序整合規劃」，元智大學，工業工程與管理學系，中壢 2012。
3. 管斌彬，「基於 WBS 的項目風險和質量分析」，淮陰工學院學報，19 卷 4 期，第 40-42 頁，2010。
4. 余文德，實用專案管理，中華大學營建管理學系，新竹，2013。64
5. 王洪鎧，冷凍空調工程，大中國圖書，台北，1999。
6. 張清榮，「不同類型營建專案排程實務之適用性探討(上)」，現代營建，第 380 期，第 55-64 頁，2011。
7. 張清榮，「不同類型營建專案排程實務之適用性探討(下)」，現代營建，第 381 期，第 53-61 頁，2011。
8. 台灣區冷凍空調工程工業同業公會，中央空調施工規範 Installation Manual for Air Conditioning Engineering，台北，2010。