

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

機電設備之變更設計對建築工程總完工期程之分析與影響

(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-002-089-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：郭斯傑

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 5 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計劃進度報告

機電設備之變更設計對建築工程總完工工期

之分析與影響(1/2)

Impacts of electrical/mechanical changes for project completion in building construction

計劃編號：NSC 91-2211-E-002-089

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：郭斯傑 台灣大學土木工程學系

一、中文摘要

機電設備在建築工程裡扮演著舉足輕重之角色，因機電設備間、機電與土建工程間常有界面產生，若未事先經過完善之檢討與整合，常發生變更設計與拆除重做，造成工期延宕、成本增加與品質不良的結果，因此，本研究希望藉著對機電工程特性與施工排序之研究達到(1)瞭解機電設備間、機電與土建工程間的施工界面關係。(2)探討機電工程施工排序邏輯關係。(3)瞭解施工過程中造成機電工程變更設計之原因及產生之影響。期能提昇對機電工程界面控管之瞭解，提早發現問題之所在，降低變更設計發生之頻率，提昇整體工程品質。

關鍵詞：機電設備，界面、施工排序

二、緣由與目的

機電設備在建築工程裡扮演著相當重要之角色，隨著建築工程規模日趨龐大，機電設備也愈顯重要。由於機電設備之工程費一般約佔建築總工程費20%，與裝修、結構工程相較起來較不容易受到重視；再者，機電工程必須配合其他工程興建，設計之程序常常等到建築定案後才可確定進行，而建築師所給予機電設備設計之時間往往少得可憐，導致圖面常常沒有經過整合就先行發包，造成施工過程困擾以及變更設計頻繁。至於機電設備所使用的空間也是經過再三精簡，往往沒有考量建築永續發展之彈性與改變使用，面臨日後之維護時才發

現缺乏維修及彈性運用之空間，造成將來使用之不便。

事實上，由於機電設備具有眾多工項，因此界面之整合應受到重視，若能在整合過程中解決所有空間與管線衝突等問題，施工時便能減少變更設計與拆除重做之發生，也能減少工程之糾紛與工期延宕，更能節省成本並達到提升工程品質之目的。

本研究基於以上之目的，藉由探討機電設備特性、施工方式與排序，瞭解建築工程中機電工程容易發生之問題與產生之影響，期能在營建管理過程中對機電工程造成之問題防範於未然，提昇整體工程效益。

三、研究範圍與流程

本研究範圍著重在機電設備之間、機電與土建工程之間互相影響之探討。研究之流程主要在進行機電工程特性與分類，施工程序以及影響排序因素之探討，並對工程中造成機電工程變更設計提出探討，最後進行結論與建議。其流程如圖 1 所示。

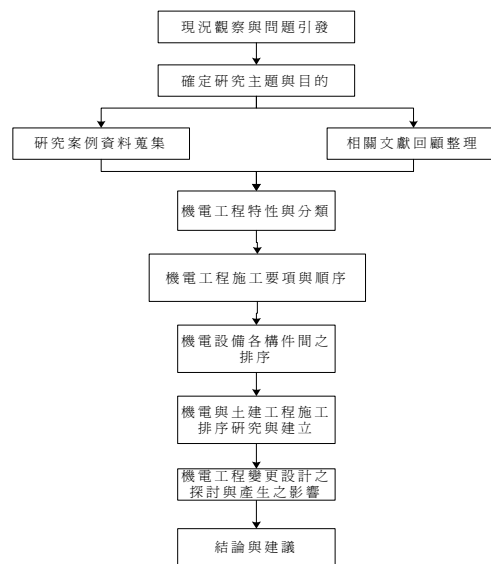


圖 1 研究流程圖

四、機電設備分類

一般建築工程中對於機電設備依其功能可分為水、電、消防、空調、燃燒、昇降、通信、電話共八類，而依據這幾大類可再細分為許多分項，分別整理如圖 2 所示。

1. 照明燈及緊急
2. 特殊供電
3. 緊急廣播系統
4. 避雷設備

圖 2 建築設備之分類

五、機電工程之特性

1. 構件量體尺寸種類眾多

機電設備系統因為機能不同、種類繁多，依其量體尺寸可分為大型設備與小型設備兩大類，如圖 3 所示。

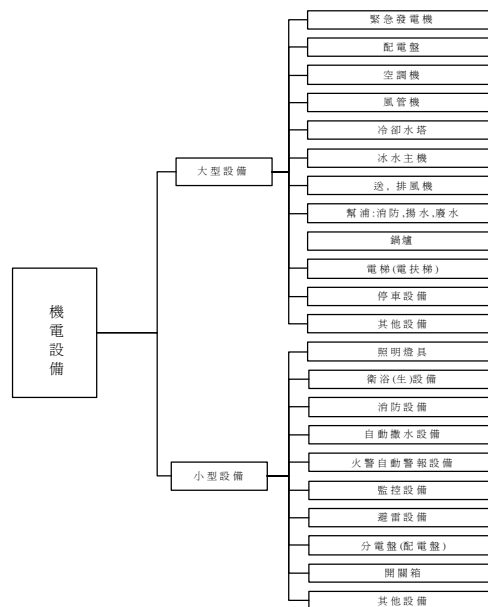


圖 3 機電設備依尺寸之分類圖

其中，小型設備係指尺寸較小，如照明燈具、衛浴設備、消防滅火設備…等直接與使用者活動或使用時有密切接觸的構件；大型設備（如發電機、配電盤、冰水主機…等），其特性為所佔有之空間及裝設部位對建築空間規劃有極大

的影響，尤其在施工階段，因為未考慮大型設備之運輸動線而導致土建需拆除重作或需要另行對結構（樓版）進行補強之事件屢見不鮮，或者因為機電設備未能於預定時程及時送達施工現場安裝完畢，而造成土建無法如期進行下一階段之工作，都可能造成進度耽延，因此如果未能及早確實安排運輸動線、掌握正確的施工順序以及設備機械進場時間，將對其他作業造成影響，而被影響的作業可能是前置作業、後續作業或是共用同樣資源（時間、空間…）進行施工之作業，並可能對整體工期造成相當大的影響。

2. 管路佈設方式多而複雜

由於使用端設備零星分佈在不同樓層的各個位置，因此必須藉由各種管路（件）連接至設備端，從連接設備的垂直幹管到分佈於樓面的水平歧管，可以發現皆屬線型發展方式以分別達到不同的使用位置，如給排水管、消防管、風管、電氣管…等（如圖 4），而迥異於土建常見之"面"的擴展模式，更因為此特性，造成無法像土建工程般有較佳之機動性，在部分空間受到施工阻礙時，可移到另一施工位置進行工作。此外，以行進方向可分為水平管路及垂直管路，另外在施工配合方面，則可分為配合結構體階段之預埋管，以及其他配合裝修施工的暗管。

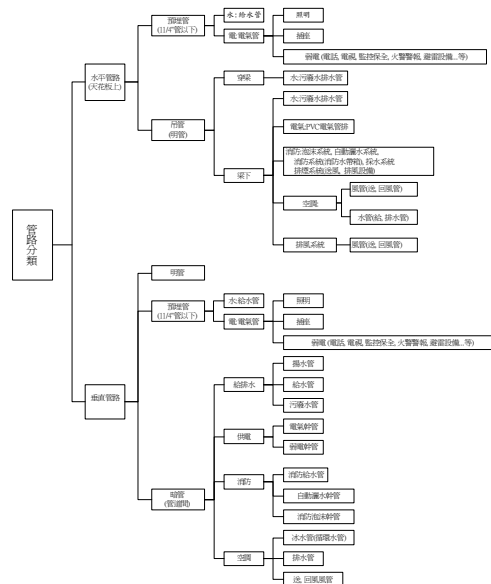


圖 4 機電設備依管路佈設方式分類

3. 構件佈設於多處

為了美觀考量，以及爭取更多的空間，幾乎所有的管路或設備裝置之空間大多在符合相關規定的臨界值（下限）之前提下，除少數為配合結構體施工時預埋於結構體中，以及部分以外露明管方式佈設外，多數皆集中設置在極為狹

隘的空間中，如設備機房、管道間，和天花板上方等位置。依據各種設備設置之位置，可分為以下四種地點：

- (1) 設備機房：除大型超高層大樓可能會單獨規劃設備層外，多數設備機房皆規劃於地下層或屋頂，盡量利用畸零的空間佈設相關的設備，如此一來除了可能造成同一空間之其他工項施工作業干擾外，往往會因此產生後續的維修空間及動線不足的問題。
- (2) 管道間：近年來由於建築物使用之機能越來越多樣化，為了日後維護保養方便起見，在設計時均將各種管線分別或集中配置在建築物預留之管道間內，透過垂直延伸方式將各種能源傳遞到所需之樓層。但在建築平面空間規劃裡，則是在滿足每個空間單元最佳化後，最後才考慮管道間之配置，因此常可發現在有限的空間裡，同時佈滿了許多不同的管路，造成日後維修之問題產生。
- (3) 天花板上方：現行建築法規對於樓層高度有明文規定，因此在有限的樓高限制下，設計者會考慮希望內部空間淨高達到極限，達到滿足使用者舒適的需求，以免對其產生壓迫感，因此由垂直幹管延伸平面佈設之各種水平管路，被迫集中穿梭在結構體梁（或版）與天花板間有限的空間中。
- (4) 其他部位：為了配合使用端設置的位置，在考慮符合相關法規之規定及是否對結構安全造成影響下，將管路預埋於結構體（如牆、版）中。

4. 需配合其他工程施工

從假設工程開始到結構體施工以及後續之裝修階段，除部分階段由機電主控外，大多數時間機電工程皆須配合土建作業進度進行施工，例如樓版鋼筋綁紮時，水電工即須配合進行配管作業，並於灌漿前完成給水管之滲漏測試，因此，機電工程隨時隨地都在進行，工期長，衍生之界面多，也較難掌控完全。

5. 設備運轉測試時程集中在工程末期

一般在施工階段，機電承包商忙於各種管線配設作業，無暇關注於是否符合運轉需求，況且即使設備安裝完成，各種線路亦已連結就緒，但若無足夠容量之水、電供給，亦無法對其進行測試，除非另行支付額外費用購買電源或水源，否則往往必須等到最後通過政府機關所規定之各項檢查，取得使用執照並申請正式供電後，方能進行設備運轉測試及調整作業，此時若有任何無法符合設計需求時，將嚴重影響業主使用時程。

由以上五點之分析得知，機電工程之特性在於工項多，界面多，設備種類多，佈設方式與地點多，工期長，配合其他工程之機會多，以致於發生問題的頻率相當高，造成工地糾紛也相對提高。

六、各項設備與管路施工要項及順序之分析

分析機電工程先後施工順序前，先將機電工程分為四個主要項目：大型設備、垂直管路、水平管路及小型設備進行討論。依照各項目間的實質關係作進一步施工順序的分析，藉以建立施工排序邏輯。

1.大型設備

除需考慮設備空間容量（包括現有設置量、未來之擴充性、更新重置所需之空間）是否足夠外，亦需考量維修空間尺度，同時，安裝之先後順序對工期亦有極大的影響。

2.垂直管路

垂直管路會隨著建築物規劃之設備的複雜度與樓層之高度而有配置數量（密度）上的差異，例如高樓層由水箱分送至各戶之給水管支數即遠多於低樓層給水管支數，因此為收納為數可觀之管路及美觀考量，多數皆收納於管道間內，且常可發現多種管件同時共用同一管道間，但因為各種管件之間特性上的差異，對於佈設在同一管道間內的管件而言，必須詳細考慮其施工順序，其考慮重點包括：

- (1) 管件的種類
- (2) 法規規定
- (3) 管徑尺寸與材質
- (4) 施作空間
- (5) 維修動線
- (6) 配件形式

正確且適當的安排施工順序對於施工過程及未來的使用成果和保養維護有相當大的影響，其影響包括：

- (1) 可能對已完成之管件造成破壞(如不鏽鋼管焊接高溫對已安裝完成之 PVC 管造成破壞)
- (2) 佔據施工空間（如電氣管排先行施作，造成揚水管無法進入管道間）
- (3) 檢修不易。

此外為節省空間，採取不同之管件配置於同一個管道間內時，其基本施工順序如圖 5。

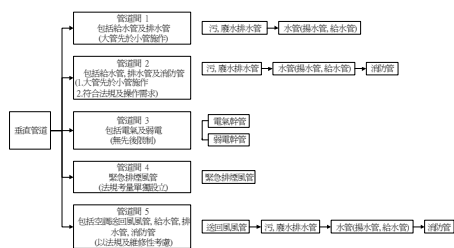


圖 5 管道間內管件之可能配置及其施工順序

3. 水平管路

基於樓層面積配置以及管道間設計位置兩大因素，由設備端所產生之能源經由垂直幹管傳輸到各樓層後，另須藉由水平管件繼續分配至各主要區劃，並利用分歧管分配到各個使用空間。一般除法規容許預埋於結構體內之管路外，皆佈設於天花板以上之有限空間，因此依照各管件之特性及尺寸作施工套疊是相當重要的事，同時並應以三維空間之觀念進行之，特別是在安排施工順序時更須慎密規劃，以免因安裝順序錯誤而影響天花板高度，或造成施工困難。而安排施工順序時考慮的因素與管道間略有差異，包括：

- (1) 重力因素（洩水坡度）
- (2) 管徑尺寸
- (3) 管件材質
- (4) 施作空間
- (5) 維修動線
- (6) 配件形式
- (7) 法規規定

各種可能配置之水平管件及其基本施工順序如圖 6。



圖 6 水平管件之可能配置及其施工順序

4. 小型設備

指直接與使用者接觸之部分，屬使用端之設備，所包括的種類繁多，舉凡插座、照明燈具、偵煙感知器…等，皆可歸納為此類，大多屬於"點"的佈設，因此，其彼此間較無明顯的施工前後順序之關連性。

經過進一步深入的分析可發現，實際上這四個項目相互間亦存在著施工上的先後關係。首先在主要大型設備安裝定位完成並確認位置後，接著進行主幹管（管道間）配管施工，由設備端向外延伸施作，直到末端為止，如此可確保立管與設備連接處之接合精度，避免因安裝誤差增加彎頭，造成額外之磨耗損失，或使得效能無法完全發揮。

其次，由立幹管所設置於各樓層之分歧接頭向該樓層設計之供給區劃水平延伸（即水平幹管配管作業），接著進行到達各空間之支管佈設，當所有的配管作業完成後，即可進行最後之小型設備安裝作業。綜合前述施工流程，整理如圖 7。

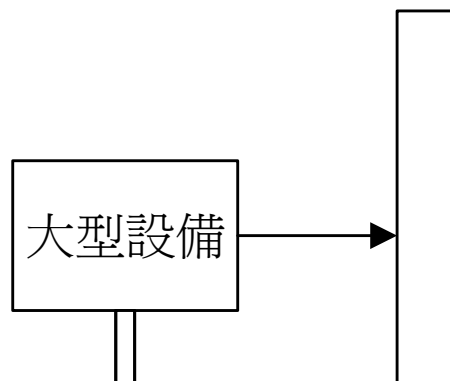


圖 7 機電工程各項目之施工順序

七、機電設備各構建間之排序

以下將進一步深入的探討機電工程各構件間之施工程序與相互之邏輯關係，依序參照各構件間的施工順序與相關限制分成四個部份作探討，並藉以定義各構件間之排序邏輯。

1. 構件間之關係

整個機電工程是由許多不同的構件所組成的，包括永久性構件（如風管機）及臨時性的構件（如小型捲揚機），大多數的構件間都存在著某種實質關係，這些關係包括有：

- (1) 支撐關係：係指一構件直接提供支撐予另一構件，因此需先行施作提供支撐之構件，再進行被支撐物之安裝工作。例如管架提供直接"支撐"給電氣管，因此需先行完成管架施工，才能進行電氣管施作。
- (2) 覆蓋關係：指將一構件覆蓋於另一構件之表面。例如空調風管外部需包覆一層保溫材料，因此可定義保溫材料"覆蓋"在風管表面。所以在進行風管安裝前，需先完成風管鐵皮組立，再進行保溫材包覆作業。
- (3) 嵌入（包含）關係：指當一構件必須嵌入（包含於）另一構件內部，才能達到其設計上完整之功能。例如消防箱中必需配置消防水帶，才能發揮該消防箱設置之功能，因此需先完成箱體安裝後，才能放入水帶及瞄子。
- (4) 安裝的彈性（功能上）：指構件之功能性需求限制。為發揮該構件之設計功能，所必須具備之安裝限制。例如需藉由重力洩水的排水管，安裝時即需充分考慮預留洩水坡度，故當與其他管路共同存在於同一空間時，需先行施工。
- (5) 安裝之彈性（材料上）：指構件之材料本身的特性。由於部分構件之材質特性，無法或很難配合施工現場調整。例如鑄鐵管相較於 PVC 管之安裝彈性低，故需先行施作鑄鐵管後再進行 PVC 管施作。
- (6) 安裝之彈性（尺寸上）：另一種安裝上的彈性是由構件尺寸所造成的限制。由於構件量體大，自然相較於小型構件更不具有安裝的彈性。例如風管的尺寸大於給水管，需先施作風管，再施作給水管。

- (7) 入口的位置：構件距離入口的相對距離。一般受限於空間動線設計，多數僅有一個出入口，因此與入口的距離關係可決定構件間施工的先後順序。例如空調主機室分別配置三台不同容量之冰水主機，為避免搬運動線的干擾，需先搬入最內側的主機，再依次搬入其他主機。
- (8) 維護保養需求：因應後續之維護保養的需求。有些構件對後續的維護保養需求頻率較其他構件為大。例如壓力揚水管因長期受到管內壓力的作用，需要定期對接頭部分作檢視維護，故需配置於管道間外側，而排水管則為重力自然排水，不需承受額外之壓力，較少出現漏水情況，所以先行施作排水管，再進行壓力揚水管之施工。
- (9) 連接（結）關係：指將一構件連接（結）於另一構件。由於能源傳輸的關係，必須將一構件連接到另一已完成之構件。例如空調機安裝完成後，再將風管連接到空調機之進風口。

2. 工種間的干擾

施工排程所考慮的因素之一是資源的限制，造成人員、機械設備、材料間的相互干擾，其中工作人員的相互干擾對施工順序的安排影響最大，同一時間不同的工種在相同的施工現場進行作業施工，往往會造成相互干擾的情形，並使工率大為降低。工種間的干擾影響施工排序的關係包括：

- (1) 空間因素：指施工空間無法同時提供不同工種之有效工作空間。由於施工空間的限制，無法同時提供兩種以上的工種在同一時間進行施工作業。例如管道間內需配置電氣幹管及弱電管排，但因空間狹窄，無法同時讓兩個工班同時進行配管作業，因此需先行協調安排其先後順序。
- (2) 資源限制：指不同之工種必須使用同一資源，此時需協調其先後使用該資源的順序。例如一部施工電梯需要同時載運電管和風管材料，因為電梯的容量有限，此時需協調其先後載運順序，工班之施工順序將因此受到影響。
- (3) 不安全的環境：指施工作業造成不安全的環境，影響其他工種的施工人員，包括空氣品質、濕度、溫度、亮度、噪音…等。例如消防管焊接所產生的火花，造成電氣配管人員無法同時施工。
- (4) 對已完成之工作造成破壞：因為作業施工，損壞先前已完成之構件。例如先進行PVC管配管後，隨即進行揚水管銲接工作，可能因為空間因素使兩支管路無法保持相當的距離，造成電銲工作進行時所產生之高溫破壞已完成之PVC管。
- (5) 補給支援的需求：指作業的進行需要其他作業的支援。常見的包括水、電的供給，或提供運輸設備，除此之外，也包括施工過程的查驗、測試工作。例如需先完成電氣配管配線並接通電源後，才能進行電梯試車的工作。

3. 相關法規規定

為配合法規的相關規定，必須限制構件安裝之位置，以便日後政府單位的

查驗工作。例如管道間同時配置揚水管和消防管時，為因應消防法規中消防檢查之規定，必須將消防幹管設置於易於檢測的位置，不能受其他任何的障礙物阻擋。

4.材料搬運動線的干擾：

指從材料倉儲位置搬運至安裝地點之動線受到干擾。由於機電工程多屬現場組裝施工，因此需要預先準備相當多的材料、零配件堆置在施工現場，除影響其他工項之施作外，也可能干擾到設備的搬運或人員行動。例如在進行現場大型風管鐵皮組裝時，整個空間幾乎佈滿風管材料，此時如需將配電盤搬運至機房內時，其動線即明顯被干擾。

綜合對機電工程之特性分析及現場施工觀察，本研究歸納出機電工程各構件間之施工排序邏輯，如表 1。

表 1 機電設備各構件之施工排序邏輯關係

類別	構件間的邏輯關係	定義	機電工程VS. 機電工程
構件間的關係	支撐關係	構件提供支撐的支撐予另一構件	管架先作 → 管線再作
	覆蓋關係	一構件覆蓋於另一構件上	配管先作 → 保溫棉再作
	投入 (包含)	一構件包含於另一構件內	吊架先作 → 吊架吊杆
	(功能上) 安裝的彈性	構件之功能性需求限制	電力線先作 → 電力線水管
	(材料上) 安裝的彈性	構件之材料特性條件	配管先作 → 配管再作
	(尺寸上) 安裝的彈性	構件之尺寸特性條件	配管先作 → 管架再作
	入口的位置	出入口 (維修口) 處的距離	管線與內線水管先作 → 管線與內線水管再作
	維護保養需求	後續維護保養需求	配管先作 → 保溫棉再作
工種間的干擾	總裝 (結) 關係	一構件連結於另一構件	空調機安裝 → 配管安裝
	空間因素	施工空間無法同時提供不同工種之有效工作空間	管架先作 → 配管先作
	資源限制	不同工種必須使用相同之資源	電力材料先作 → 配管材料再作
	不安全的環境	施工作業造成不安全的環境 (包含空氣品質、溫度、濕度、噪聲等)	管架先作 → 管架再作
	排班完成之工作造成破壞	因為作業施工排班前已完成之工作	機電管架先作 → 電力管架
	輔助支撐的需求	作業的進行需要其他作業的支撐	管架先作 → 正式配管
法規規定	法規規定	相關法規限制	配管先作 → 管架再作
	動線干擾	從倉儲位置搬運至安裝地點動線受到干擾	電力線與配管先作 → 配管材料再作

八、機電工程與土建工程間之施工排序邏輯

在施工階段，機電與土建工程間相互穿插著進行各項作業，此時除可具體反映設計階段空間整合之品質及施工性之考量外，更須將該階段的設計構想落實於實際施工中，因此各作業間的施工配合工作相當的重要，正確的安排施工順序是本階段最重要的工作。以下部分是將施工階段劃分成主結構體施工階段及裝修施工階段，分別就各部位作說明。

1.主結構體施工階段

在結構體施工階段，除需考慮大型設備的搬入動線，以及搬入口的位置，作為結構補強及後續二次結構施工計畫的依據外，同時對於結構體中之預留套管、開口、給水、電氣等預埋管，皆需於施工中相互配合，以免造成灌漿前因為施工順序錯誤而破壞已完成之構件 (模版或鋼筋)，或灌漿拆模後之打鑿修補

的情形。

2.裝修工程施工階段

在裝修階段前期，首先需在拆除模版後隨即配合土建放樣作業進行各項預留構件和開口的檢查，是否有遺漏或因灌漿造成移位的情形，接著依照輸送計畫搬入並安裝大型設備，土建工程則配合於設備搬入後進行二次結構施工。

- (1) 在隔間工程施工配合部分：可分為磚牆及輕隔間牆兩種。在磚牆部分，由土建先行完成砌磚工作後，再由機電進行牆內配管及出線盒預留，需注意的是如有設計箱體嵌在磚牆內時，則需配合砌磚時同時進行預埋，以免日後打鑿造成破壞。在輕隔間牆部分，土建除需依照設計條件組立骨架外，並需配合機電所提供的設備配置圖進行箱體、設備吊掛位置補強，再交由機電進行配管及箱體安裝作業，此時如有壓力管配置於牆內時，需注意先完成滲漏測試，最後再交由土建進行封板作業，在封板的同時需將電氣出線盒的位置標示清楚，以免日後為找尋出線盒造成牆面破壞。
- (2) 管道間部分：由於管道間所配置的多數屬於大尺寸的主幹管或風管，且為了配合各樓層的接頭或閥類配件，訂作長度相當長，無法在封版後由檢修門進入配管，故在進行管道間封口前，需先完成所有配管工作。
- (3) 粉刷工程配合部分：由土建先依設計尺寸製作放樣線，並依面飾材所選用之材料種類在牆面製作灰誌，以決定粉刷完成面，接著交由機電調整預埋件（出線盒、箱體）進出位置後，進行牆面粉刷作業。
- (4) 裝修面材施作部分：牆面面材選用材料的種類相當多，可從石材、磁磚…到油漆，依空間使用目的及設計而異，在進行面材施作前，機電需參照土建之石材（或磁磚）分割計畫之放樣線先行作設備安裝位置最後的調整及確認，再交由土建進行面材鋪貼作業，待全部鋪貼完成後，即可進行設備安裝作業。
- (5) 天花板部分：首先由土建進行天花板完成高程放樣，接著交由機電工程依照各構件之施工順序進行吊架、設備、管路及配件安裝和拉線作業，在完成以上作業並通過各項查驗後，即交由土建進行封板作業，並配合機電之燈具、出回風口及檢修口配置圖進行天花板開孔，待天花板完成後，交由機電安裝燈具等各項設備。
- (6) 地坪施工部分：主要發生在浴廁及陽台等有地板落水頭或污雜排水的空間，同樣的，機電需先依照土建的分割計畫放樣線進行設備安裝位置的調整，並進行預留管保護以免被水泥漿阻塞，土建接著進行防水施工及面材鋪貼，待完成後即交由機電進行設備安裝。
- (7) 臨時輸送設備部分：包括揚重設備及施工電梯，因為多屬土建合約部分，故在施工階段，雙方需協調使用時間，以免相互干擾，在工程末期必需拆除輸送設備時，則需確認是否已完成所有設備吊裝作業，以免造成日後無法搬運的困擾。

綜合以上的討論，本研究歸納彙整出在施工各階段，機電與土木工程間的配合項目，如表 2。而兩者間的施工排序邏輯，如表 3。

表 2 機電與土建施工配合

施工階段	施工位置	機電工程施工項目	土木工程項目	機電工程應配合事項	土木工程應配合事項
主結構體施工階段	主結構體	預留 box 排管操作 設備搬運開口預留	機架組立	標示開口位置 • 設備尺寸 • 搬入動線	放樣線
		排管、水電暗管操作	鋼筋排架	• 保護層預留	• 開口鋼筋補強
		壓力管測試	批灰土澆置	• 預埋管保護 • 設備位置放樣 • 尺寸標示	• 預埋管保護 • 基礎操作
設備機房	設備移入安裝	設備基礎操作			
	通風工程	預留 box 穿牆管、分電盤、消防箱、開關箱等箱體操作 設備搬運開口預留	砌磚	• 預留管路位置修正 • 設備箱體標示預留及安裝	• 平面放樣
	預留 box 穿牆管、分電盤、消防箱、開關箱等箱體操作 設備搬運開口預留	細隔間操作	• 預留管路位置修正 • 設備箱體及管路安裝 • 穿牆管操作 • 檢驗測試	• 平面放樣、補強鐵件	
裝修階段	管道間	排架 水、電幹管、風管、機架 細配管操作 檢驗測試	牆面封孔 水、電、機架 檢修口	• 各類管件、閥類安裝 • 穿牆管操作 • 檢驗測試	• 模版、泥渣清除
	地坪	地面排水管 落水頭 封線盒 絕板線槽 器具設備	地坪操作	• 各類落水頭安裝 • 檢驗測試 • 設備拉線 • 設備安裝	• 分割放樣 • 開口(孔)預留
	泥作	預埋管件檢查	粉刷操作	• 預埋件進出修正	• 粉刷面標示
	面材裝修	小型設備安裝	磁磚、石材、油漆操作	• 設備位置標示 • 放樣 • 各類燈具、開關及設備安裝	• 磁磚(石材)計畫 • 放樣 • 出線口(開口)預留
	天花板	管件吊件 設備安裝 管路、燈具操作	吊架 燈具開孔 檢修口	• 各類設備、管件、閥類安裝 • 檢驗測試 • 設備拉線	• 完成面放樣 • 開口(孔)預留
	輸送設備	施工電梯 搬運設備	設備、材料搬運 昇降設備裝、拆	• 確認各大型設備已搬入	• 昇降設備拆除

表 3 機電與土木工程間之排序邏輯

類別	構件間的邏輯關係	定義	機電工程 VS. 土木工程
構件間的關係	支撐關係	構件提供直接的支撐予另一構件	預埋座 空調機安裝
	覆蓋關係	一構件覆蓋於另一構件上	防雨瓦磚鋪貼 樓面安裝
	包含(包含)	一構件包含於另一構件內	設備內配管 封磚
	(功能上) 安裝的彈性	構件之功能性需求限制	防火板操作 燈具安裝
	(材料上) 安裝的彈性	構件之材料特性條件	綠面瓦收 鋼板安裝
	(尺寸上) 安裝的彈性	構件之尺寸特性條件	防水主機安裝 二次機操作
	入口的位置	出入口(檢修口)處的距離	機房內地坪整平 設備安裝
	維護保養需求	後續維護保養需求	空調機安 天花板檢修口
	連接(結)	一構件連結於另一構件	透氣罩安裝 鋼梯室氣流風管
	工種間的干擾	空間因素	施工空間無法同時提供不同工種之有效工作空間
資源限制		不同工種必須使用相同之資源	印機房不運 機具材料營運
不安全的環境		施工的作业造成不安全的環境(包含空氣品質、溫度、濕度、光度、噪音等)	防火板噴漆 風管施工
對已完成之工作造成礙		因為作業施工損壞先前已完成之工作	設備檢修操作 磁磚收
支援的需求		作業的進行需要其他作業的支援	機架拆收 設備安裝
法規規定		相關法規限制	設備安全確認 設備固定
動線干擾	動線干擾	從倉儲位置搬運至安裝地點動線受到干擾	設備移入 機房砌磚

十、機電工程變更設計產生之影響

1. 對現場施工之影響

機電工程變更設計對現場施工影響最主要的情形包括：

- (1) 暫停進行中之工作
- (2) 對已完成之工作造成破壞
- (3) 施工空間擁擠
- (4) 工班間相互干擾
- (5) 施工動線相互影響
- (6) 工班需重新調整安排
- (7) 造成後續相關作業的延遲

結果使得原訂之排程計畫及進度受到影響，有關其他對現場施工作業的影響詳表 4。

表 4 機電變更對現場施工作業的影響

機電變更造成的影響	
工作無法依原本排訂之順序進行	工人之生產力下降
造成後續相關作業的延遲	進行中的工作被迫必須中斷
人員、機具設備的支出超出預算	已完成的工作拆除重作
變更期間的無生產力	施工要徑的轉移
工班間的相互干擾	工作範圍的改變
因拆除重作造成工人、材料的浪費	施工人員工作士氣下降
機具設備必須留置現場待命	現場擁擠的工種
必須加速施工以追趕進度	材料搬運動線相互干擾
重新調度工班	其他

2. 變更造成施工順序的改變

在施工階段發生的機電工程變更，有許多是因為不良的設計規劃（包括使用錯誤或過時的規範，設計錯誤…等）或施工錯誤引起的，由前節所討論之常見的變更類型可以發現，即使再周密的排程計畫，一旦遇到工程變更時，亦無法避免對各項作業間的順序重新進行調整。

3. 變更對生產力及工期之影響

當變更確定必須執行時，業主為了追趕所損失的時間，往往會要求承包商加速施工，除了造成工班間的干擾及施工空間的擁擠外，短時間大批材料的堆置更會嚴重影響施工動線，尤其當必須拆除已完成的工作時，將使得工作環境益形惡化。從表 4 所列舉的各種機電變更對現場施工作業的影響即可明白的看出，變更所衍生的各種狀況，會使得施工現場之空間、動線等狀況改變，造成不論是變更作業或受影響作業，施工人員都必須在非預期的環境下進行施工，導致生產力的下降，以致無法達到規劃時所預期的施工效率目標。

因為變更造成生產力下降，引起工期耽延的情形相當複雜，而要將其影響量化，則相當不容易，承包商依照工程數量的估算及過去的施工經驗所得到的各項工作的工率，經過將各作業項目適當的排序，可以推算得到計畫總工期。同樣的，當發生變更設計使得作業受到干擾，導致生產力下降時，經過適當的量測方法，同樣可得到實際施工的工率，以及變更後之預估總工期。將兩者間

的差異經過簡單的計算即可得到對作業工期影響的程度。

十一、結論與建議

本研究第一年度之主要方向在於釐清機電設備之特性與施工排序邏輯，以建立機電設備與土建工程之界面分析的方法論，並達成以下之工作：

- (1) 機電工程之特性比較
- (2) 機電工程各構件施工順序之彙整
- (3) 建立機電工程與土建工程之施工排序邏輯
- (4) 機電工程變更設計對關連工項及工期之影響分析

由以上研究發現，界面愈多的工程愈難管理，其間衍生的問題與造成的干擾也越複雜，若能在機電設備進行初步設計規劃時即考量施工排序與界面整合，並檢核設備彼此之間搭配與設置位置之合理性與經濟性，在往後進行細部設計與施工計畫時，便可以解決大部分空間衝突、施工管理與經費控制之問題。同時，工地現場管理必須建立完整的機電與土建施工進度網圖，定期對計畫網圖進行更新，同時詳細記錄施工過程，並依照合理的分析流程進行工期影響分析，配合良好的管理及協調能力等完整的管理機制，以發揮營建管理整體之功效，使工程能如期如質如式的完成，達到提昇工程品質之目的。

十二、參考文獻

- (1) 李政憲，「高層集合住宅建築與設備介面之整合」，內政部建築研究所籌備處，台北（1995）。
- (2) 李家慶，「如何處理工程現場差異情況」，營建知訊，第 211 期，第 71-75 頁（2000）。
- (3) 林耀煌，「營建工程施工規劃與管理控制」，長松出版社，台北（1995）。
- (4) 陳建宇，「淺談工程合約工期之規定」，營造天下，第 41 期，第 4-9 頁（1999）。
- (5) 陳敬良，「辦公建築設備水準等級之評估探討」，國立成功大學建築研究所碩士論文，台南（1993）。
- (6) 陳煌銘，「工程合約管理與承商權益探討」，營造天下，第 45 期，第 13-24 頁（1999）。
- (7) 楊士清，「營建管理技術手冊」，地景出版社，台北（1998）。
- (8) CII, "The impact of changes on construction cost and schedule," April, (1990).
- (9) CII, "Project change management," November, (1994).
- (10) Echeverry, D., Ibbs, C. W., and Kim, S., "Sequencing knowledge for construction scheduling," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 117, No. 1, March, pp. 118-130(1991).
- (11) Hanna, A. S., Russell, J. S., Gotzian, T. W., and Nordheim, E. V., "Impact of change orders on labor efficiency for mechanical construction," Journal of

Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.125, No.3, May/June, pp. 176-184(1999).

- (12) Hanna, A. S., Russell, J. S., Nordheim, E. V., and Bruggink, M. J., "Impact of change orders on labor efficiency for electrical construction," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.125, No.4, July/August, pp. 224-232(1999).
- (13) Thomas, H. R., and Mathew C. T., "An analysis of the methods for measuring construction productivity," CII, May, (1986).