

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

統包工程之進度規劃模式

Schedule Planning Model for Design/Build Projects



研究 生：郭奉宜

指 導 教 授：王維志 博 士

中 華 民 國 九 十 四 年 七 月

統包工程之進度規劃模式  
Schedule Planning Model for Design/Build Projects

研究 生：郭奉宜

Student : Feng-Yi Guo

指導 教授：王維志

Advisor : Wei-Chih Wang

國立交通大學  
土木工程學系  
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Civil Engineering

July 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年七月

# 統包工程之進度規劃模式

研究 生：郭奉宜

指導教授：王維志 博士

國立交通大學土木工程學系（研究所）碩士班

## 摘要

當統包工程執行時，在設計未全部完成前即進行施工作業，且在設計及施工各階段之關聯性（Dependency）十分複雜，各作業間常有產出回饋之關係，使得在進度規劃時，無法明確定義各作業之工期及整個專案之時程，又統包商於進度規劃時常以桿狀圖（Bar chart）及里程碑（Milestone）來呈現預定進度，或將設計及施工階段之進度規劃分開展示，如此之進度規劃展示方式並無法表現出各作業間複雜之關聯性，及無法分辨設計及施工間相互回饋之關係，使得統包商不易整合各階段作業及無法判斷交互耦合作業（Coupled tasks）間之時程問題，以致後續執行時常發生趕工或變更設計等進度失控問題，而使統包商無法掌控整個專案之時程。為使統包商能分辨設計及施工間相互回饋之關係，及判斷交互耦合作業之時程，以利專案時程之掌控，本研究透過設計結構矩陣（Design Structure Matrix，DSM）之方法，以作業間之關聯性為基礎，建立一統包工程進度規劃模式，安排各作業間之排序，解決交互耦合作業間之時程問題，展示整個統包工程各階段進度規劃之網圖，以解決現行統包工程進度規劃之問題。

關鍵字：統包工程、進度規劃、關聯性、設計結構矩陣、交互耦合作業

# Schedule Planning Model for Design/Build Projects

Student : Feng-Yi Guo

Advisor : Wei-Chih Wang

Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University

## Abstract

Effective fast-tracking in a construction project can help reduce the duration. However, the fast-tracking on design/build projects induce the complex dependencies between design tasks and construction tasks. The feedback phenomena (coupled tasks) usually happen in design/build fast-tracking projects. Many researchers work for the scheduling filed in the design/build projects, but there is little effort focusing on the feedback aspect. Moreover, many schedule tools can be applied to project scheduling, the feedback phenomenon is not presented (e.g., in a CPM network.). In this research, the author developed a schedule planning model for design/build projects. First analyze this feedback phenomenon and then apply the DSM (Design Structure Matrix) method to solve it. By conducting a DSM, the relationship between tasks can be clearly identified. Those tasks with feedback relationship can be torn into dependent or independent relationship, so that they can be presented in the traditional CPM network.

The procedure may give a better understanding to the complicated dependencies of tasks and deal with coupled tasks in design/build projects. Thus, a better schedule planning would be easier to the contractor.

Keywords: design/build projects, dependency, schedule planning, DSM, coupled tasks

## 誌謝

本論文得以順利完成，最要感謝指導老師 王維志教授的悉心教導，無論是論文研究的啟發與指點及處事態度等，皆不遺餘力，實讓學生如沐春風。另外承本組 黃玉霖教授與 曾仁杰教授於內審時的點撥，使論文的概念基礎更趨完整；論文口試委員 余文德教授、 黃榮堯教授、 曾仁杰教授、 曾惠斌教授於口試期間之不吝指正與建議，使得本論文更加完整與充實，諸位老師的寶貴意見讓學生受益匪淺，僅在此致上最誠摯的感謝與敬意。

在研究資料蒐集與訪談過程中，承蒙中鼎工程許嘉榮經理、林唐任工程師、同開科技陳文楷經理、潤泰營造吳世中經理，以及吳繼熊學長、盧玉璜學長、謝壽明學長等專家提供了其寶貴之經驗與意見，在此併予感謝。

兩年的求學期間中，感謝營管組博士班兆平學長、正章學長、明聰學長、俊昌學長與碩士班諸位學長姊的指導與照顧，亦感謝同窗好友正倫、銘利、明祥、政曉、哲輝、育霖、偉廷、冠文、威傑、文彬、珮茹與學弟妹等，一同在學業上努力，互相協助，分享人生與經驗，令求學生活更加圓滿，謝謝你們。

此外，亦要感謝我的好朋友彭英銘、謝文宜、龍元祥、嚴子翔、連連皇、詹佳泰、莊名琨、許澤華的鼓勵與幫助，以及與我一同分享生活中點點滴滴並一路支持我的慶芬。

僅將此份論文獻給我最深愛的家人，因為有你們，使我生命更精彩。

# 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VI
圖目錄 .....	VIII
第 1 章 緒論 .....	1-1
1.1 研究動機 .....	1-1
1.2 研究問題 .....	1-2
1.3 研究目的 .....	1-2
1.4 研究範圍與限制 .....	1-3
1.5 研究方法 .....	1-3
1.6 論文架構 .....	1-4
1.7 研究流程 .....	1-5
第 2 章 統包文獻回顧 .....	2-1
2.1 統包之發展背景 .....	2-1
2.2 統包之定義 .....	2-3
2.3 現行排程工具 .....	2-5
2.3.1 甘特圖或桿狀圖 (Bar chart) .....	2-5
2.3.2 網狀圖排程技術 .....	2-6
2.4 統包工程之進度規劃 .....	2-7
2.5 小結 .....	2-7
第 3 章 設計結構矩陣回顧 .....	3-1
3.1 現行分群工具 .....	3-1
3.2 設計結構矩陣定義 .....	3-1
3.3 設計結構矩陣分割 (PARTITIONING THE DSM) .....	3-3
3.4 設計結構矩陣割裂 (TEARING THE DSM) .....	3-9
3.5 小結 .....	3-9

第 4 章 實務統包工程案例進度規劃方法之比較 .....	4-1
4.1 統包工程案例介紹 .....	4-1
4.1.1 案例 A .....	4-1
4.1.2 案例 B .....	4-4
4.1.3 案例 C .....	4-8
4.1.4 案例 D .....	4-12
4.2 統包工程進度規劃之比較 .....	4-15
4.2.1 進度展示方式 .....	4-16
4.2.2 分辨作業間之關聯性 .....	4-16
4.2.3 設計施工重疊 .....	4-16
4.2.4 作業間之回饋（交互耦合性作業） .....	4-17
4.2.5 作業及整個專案之時程 .....	4-18
4.3 小結 .....	4-18
第 5 章 統包工程進度規劃模式建立 .....	5-1
5.1 統包工程進度規劃模式建立 .....	5-1
5.2 統包工程進度規劃模式流程各步驟說明 .....	5-2
5.3 小結 .....	5-11
第 6 章 案例展示 .....	6-1
6.1 案例 C .....	6-1
6.2 案例 D .....	6-11
6.3 案例探討 .....	6-21
6.3.1 關聯性探討 .....	6-21
6.3.2 交互耦合作業探討 .....	6-22
6.3.3 時程探討 .....	6-22
6.4 小結 .....	6-23
第 7 章 結論與建議 .....	7-1
7.1 結論 .....	7-1
7.2 建議 .....	7-1
參考文獻 .....	R-1
附錄一 .....	A-1

## 表目錄

表 1.1 統包工程進度規劃展示方式之比較 .....	1-1
表 2.1 現行排程工具之比較 .....	2-7
表 4.1 案例 A 專案背景資料 .....	4-1
表 4.2 案例 B 專案背景資料 .....	4-4
表 4.3 案例 C 專案背景資料 .....	4-8
表 4.4 案例 D 專案背景資料 .....	4-12
表 4.5 統包工程進度規劃比較 .....	4-15
表 4.6 統包工程作業間回饋之說明 .....	4-17
表 5.1 敏感因子等級說明 .....	5-3
表 5.2 變動因子等級說明 .....	5-4
表 5.3 作業關聯性程度說明 .....	5-5
表 5.4 PI 值比較及最先作業 .....	5-8
表 5.5 TEARS 之關聯性等級及管理策略說明 .....	5-9
表 5.6 依賴前置作業產出百分比相對於敏感因子等級說明 .....	5-10
表 5.7 前置作業產出不可預測之百分比相對於變動因子等級說明 .....	5-10
表 6.1 案例 C TEARING PI 值 (1) .....	6-4
表 6.2 案例 C TEARING PI 值 (2) .....	6-5
表 6.3 案例 C TEARING PI 值 (3) .....	6-6
表 6.4 案例 C TEARS 之管理策略 .....	6-6
表 6.5 案例 C 設計作業及施工作業之需時 .....	6-7
表 6.6 案例 C 重疊作業之延遲時間 .....	6-8
表 6.7 案例 D TEARING PI 值 (1) .....	6-14
表 6.8 案例 D TEARING PI 值 (2) .....	6-15
表 6.9 案例 D TEARS 之管理策略 .....	6-16
表 6.10 案例 D 設計作業及施工作業之需時 .....	6-18

表 6.11 案例 D 重疊作業之延遲時間 ..... 6-18



## 圖目錄

圖 1.1 現況統包設計、施工作業關係 .....	1-2
圖 1.2 研究流程 .....	1-5
圖 3.1 作業關聯性分類 .....	3-2
圖 3.2 設計結構矩陣 .....	3-3
圖 3.3 分割步驟 1-A .....	3-5
圖 3.4 分割步驟 1-A .....	3-5
圖 3.5 分割步驟 1-A .....	3-6
圖 3.6 分割步驟 1-B .....	3-6
圖 3.7 分割步驟 1-A .....	3-7
圖 3.8 分割步驟 2 .....	3-7
圖 3.9 分割步驟 2 .....	3-8
圖 3.10 分割完成 .....	3-8
圖 4.1 專案 A 設計作業進度預估 .....	4-2
圖 4.2 案例 A 進度規劃 .....	4-3
圖 4.3 案例 B 分區重疊施工示意 .....	4-5
圖 4.4 案例 B 進度規劃流程 .....	4-5
圖 4.5 案例 B 進度規劃 .....	4-7
圖 4.6 案例 C 設計進度規劃 .....	4-10
圖 4.7 案例 C 施工進度規劃 .....	4-11
圖 4.8 案例 D 進度規劃 .....	4-14
圖 5.1 統包工程進度規劃模式流程 .....	5-1
圖 5.2 重疊性作業示意 .....	5-5
圖 5.3 各作業間之 (SENSITIVITY, VARIABILITY) .....	5-6
圖 5.4 分割完成 .....	5-7
圖 5.5 交互耦合性作業間之關聯性 .....	5-7

圖 5.6 割裂完成 .....	5-9
圖 5.7 重疊作業延遲時間之預估 .....	5-11
圖 5.8 預定進度網圖 .....	5-11
圖 6.1 案例 C 設計結構矩陣 .....	6-2
圖 6.2 案例 C 設計結構矩陣分割完成 .....	6-3
圖 6.3 案例 C TEARING 之關聯性 (1) .....	6-4
圖 6.4 案例 C TEARING 之關聯性 (2) .....	6-4
圖 6.5 案例 C TEARING 之關聯性 (3) .....	6-5
圖 6.6 案例 C TEARING 之關聯性 (4) .....	6-5
圖 6.7 案例 C 設計結構矩陣割裂完成 .....	6-7
圖 6.8 案例 C 進度規劃網圖 .....	6-10
圖 6.9 案例 D 設計結構矩陣 .....	6-12
圖 6.10 案例 D 設計結構矩陣分割完成 .....	6-13
圖 6.11 案例 D TEARING 之關聯性 (1) .....	6-14
圖 6.12 案例 D TEARING 之關聯性 (2) .....	6-15
圖 6.13 案例 D TEARING 之關聯性 (3) .....	6-16
圖 6.14 案例 D 設計結構矩陣割裂完成 .....	6-17
圖 6.15 案例 D 進度規劃網圖 .....	6-20

# 第1章 緒論

## 1.1 研究動機

近年來由於工程規模日趨龐大，且工程之時效性、複雜度及專業性等要求不斷的增加，傳統之採購方式（Design/Bid/Build）已無法滿足業主及相關廠商之需求，如設計與施工分開執行，最常見的問題是設計不能反應實際施工環境，而設計單位與施工單位並無直接合約關係，雙方的接觸許多是在爭執設計錯誤或施工不當，造成日後設計變更，時程延宕等問題，致使許多專案改採統包採購方式以期達到縮短時程及獲得較佳介面整合等目的。如高科技建廠、石化工業建廠及BOT案以統包方式興建等時程要求短、專業性高及複雜度大之專案，常採用統包採購方式來滿足需求。

在許多的研究報告中，已經證實了採用統包採購方式確實能夠縮短時程、降低成本等效益，如美國業主採行統包的前七個主要原因為（Songer 1996）：縮短工期、固定成本保證、降低成本、較佳的施工性、固定工期保證、減少爭議、大型或複雜專案。而在市場競爭、資金成本、量產及營運等壓力下，適時的完成專案成為專案執行之主要重點之一，統包工程為求有效縮短工期，在設計未全部完成前即進行採購及施工作業，且在設計、採購及施工各階段作業間之關聯性（Dependency）十分複雜，各作業間又常有產出回饋之關係，使得統包商難以管控整個專案。

而現況大部分統包專案執行時，統包商於進度規劃常以桿狀圖（Bar chart）及里程碑（Milestone）來呈現預定進度，或將設計階段、施工階段之進度規劃分開展示（如表1.1所示），如此並無法表現出各作業間複雜之關聯性，且無法分辨設計、施工作業間相互通回饋之關係（如圖1.1所示），使得統包商不易整合各階段作業，且難以預估回饋作業（交互耦合作業）之時程，甚至整個專案之時程，而導致專案執行時常發生趕工、變更設計等進度失控問題。因此，「統包工程之進度規劃模式」便成為本研究之主題。

表 1.1 統包工程進度規劃展示方式之比較

	進度展示方式	進度展示工具	
		設計	施工
1	設計、施工合併展示	Bar chart	
2	設計、施工分開展示	Bar chart	Bar chart
3	設計、施工分開展示	Bar chart	CPM

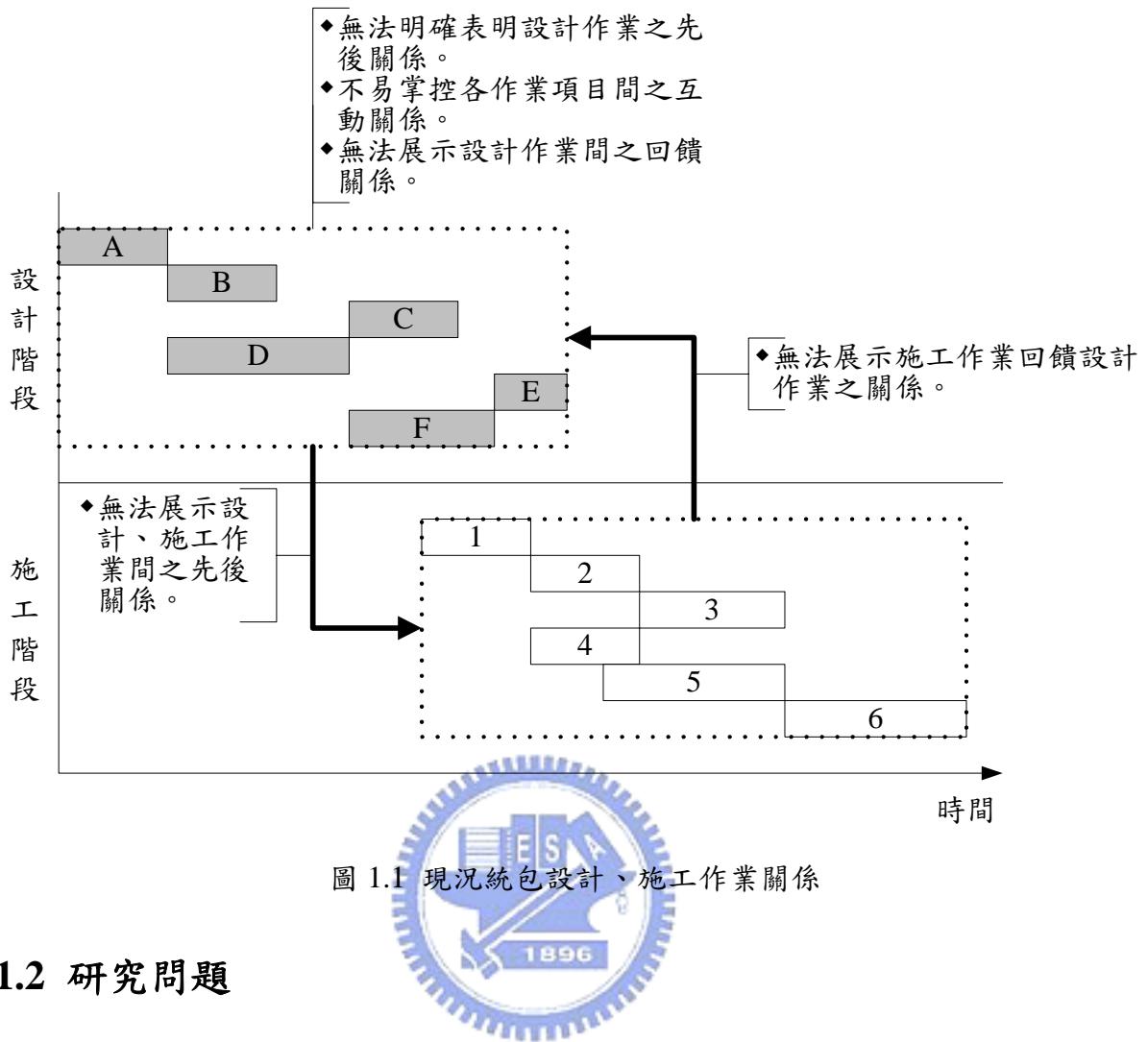


圖 1.1 現況統包設計、施工作業關係

## 1.2 研究問題

現行統包專案進度規劃展示方式，常以桿狀圖（Bar chart）及里程碑（Milestone）來呈現預定進度，或將設計階段、施工階段之進度規劃分開展示，如此將會有下列三個問題：

1. 無法明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性。
2. 無法明確分辨各作業間之回饋關係（設計作業間之回饋、施工作業回饋設計作業）。
3. 難以預估回饋作業及整個專案之時程。

為使統包商能分辨設計、施工階段及各作業間複雜之關聯性，並判斷回饋作業及整個專案之時程，以利專案執行時之掌控，上述三點將成為本研究之研究問題。

## 1.3 研究目的

本研究透過專家訪談及文獻回顧，釐清統包現行之問題，再以設計結構矩陣（Design

Structure Matrix, DSM)為方法，建立一統包工程進度規劃模式，並再透過要徑法(CPM)展示整個統包專案各階段進度規劃網圖，以利統包商掌控整個專案。

1. 以設計結構矩陣為方法，將統包專案之作業項目做分群，使統包商能分辨各階段及各作業間之關聯性。
2. 由各作業之關聯性中，分辨各作業間之回饋關係，並提出管理策略。
3. 預估各作業及回饋作業之時程，再透過要徑法(CPM)展示進度規劃網圖，以預估整個專案之時程。

## 1.4 研究範圍與限制

1. 本研究針對統包工程之進度規劃做探討，以統包商之角度，建立一統包工程進度規劃模式，並未討論統包工程執行時網圖更新之問題。
2. 於進度規劃時，只針對時間作探討，並未對時間外之其他資源(如人、機、料成本及空間等)作討論。
3. 統包工程在時程之考量下，採用設計施工重疊之進度規劃方式，使各作業間關係更趨複雜，並常有交互耦合之關係，而本研究所建立之排程模式針對此部分提出管理策略，故本模式應用於統包工程進度規劃時，以設計施工重疊比設計施工不重疊(交互耦合作業較少)之效益大。



## 1.5 研究方法

本研究方法可分為4個部分，詳細說明如下：

1. 文獻回顧—參考國內、外有關統包進度規劃之學術文獻，以瞭解目前統包進度規劃之研究現況；參考國內、外有關設計結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM)之學術文獻，以瞭解作業間關聯性，並歸納比較交互耦合作業間之時程問題。
2. 專家訪談—藉由與專家訪談瞭解目前統包專案之執行狀況，及蒐集統包工程案例分析比較，以利釐清現況問題及確認研究方向與目的。
3. 案例展示—透過專家訪談建議及應用統包工程進度規劃模式探討實際案例，做統包工程進度規劃問題之分析，以期排程模式能更符合實際現況。

## 1.6 論文架構

本論文共分為七個章節，各章節內容敘述如下：

### 第 1 章：緒論

說明本研究之研究動機、問題、目的、範圍與限制、方法、架構及流程。

### 第 2 章：統包文獻回顧

回顧統包工程的發展背景及定義，並對目前統包工程之進度規劃方式現況問題作說明。

### 第 3 章：設計結構矩陣回顧

本章對本研究所使用之工具-設計結構矩陣作作介紹，說明為何採用此方法及其定義進行文獻回顧與探討。

### 第 4 章：實務統包工程案例進度規劃方法之比較

本章將以四個統包工程專案作分析比較，探討現行統包工程進度規劃執行之優、缺點，以作為排程模式建立及預定進度網圖展示之基礎，使建立之模式能更符合實際現況。

### 第 5 章：統包工程進度規劃模式之建立

本章說明如何透過 DSM 之關聯性建構及分割、排序、割裂，建立一合理之排程模式及包含設計、施工階段之規劃進度網圖；透過專家訪談建議，修改已建立之排程模式以解決現有統包工程進度規劃之問題，以期排程模式能更符合實際現況。

### 第 6 章：案例展示

本章將依前章所建立之統包工程進度規劃模式以二個實際案例套用展示，所得之進度網圖，可提供統包商於工程執行時，更有利於進度之掌控，另將案例展示之狀況與該案例實際執行之情形進行比較分析。

### 第 7 章：結論與建議

本章總結研究成果與結論，並對未來相關研究提出建議。

## 1.7 研究流程

本研究流程如圖 1.2 所示。

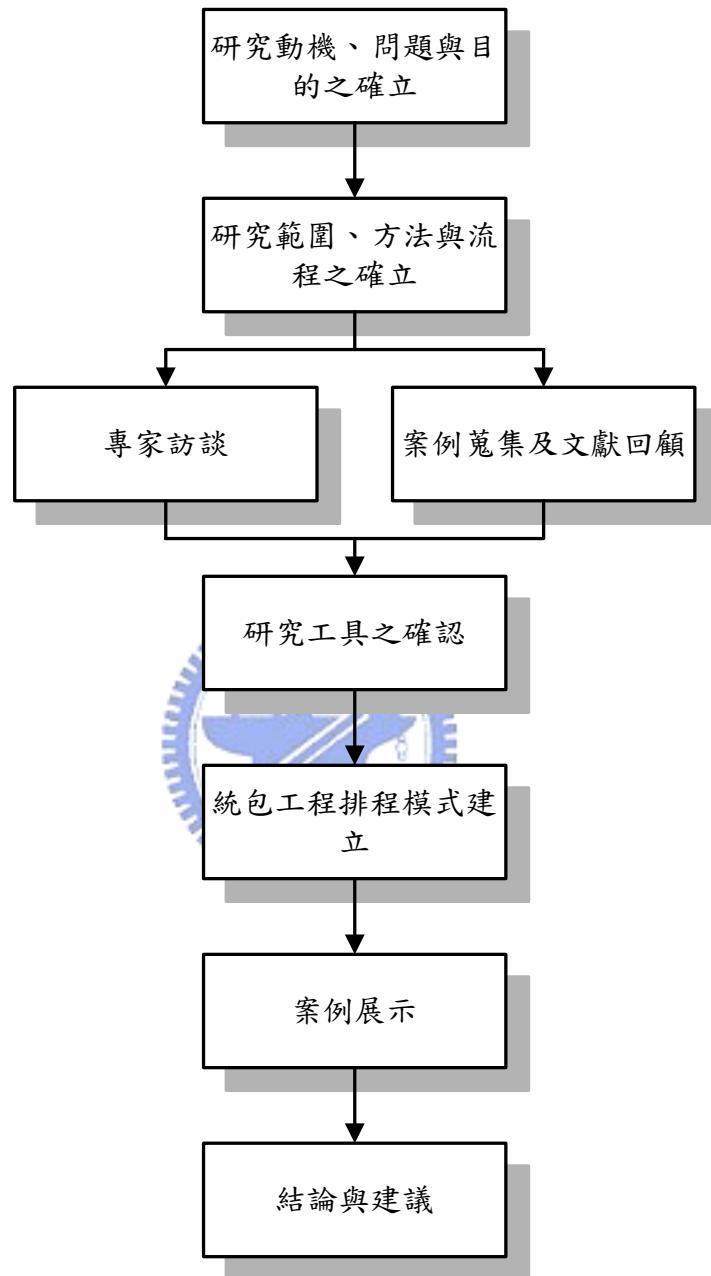


圖 1.2 研究流程

## 第2章 統包文獻回顧

### 2.1 統包之發展背景

最近幾年來，國內的工程有造價高、工程施工期長、規模龐大之趨勢，與傳統之發包方式—工程規劃設計完成，再行發包施工，整體作業期限較長，而且工程介面多，協調不易，相對地存在很多瓶頸，降低營建生產力，面對將來技術層面較高的大型工程的發展，並且考慮到工程如期、成本如度與品質如式的目標，以提升國家整體經濟能力，並為改善國內營建技術水準，尋找有異於傳統，更有效率之工程採購方式如統包方式。在統包案例中，不同國家的發展各有不同的地方：

#### 1. 美國



美國的統包工程最早可以追溯到1913年克利夫蘭的奧斯丁公司所建造之國內第一座電燈廠。採用統包方式承攬之工程，其規模從數十萬至數億美金規模之工程都有。早期的統包工程多為美國的石化工業建廠工程，例如化工廠、礦場、水泥廠與物料輸送系統等，多採用統包方式辦理，但自1968年後，統包應用在小規模及簡單之工程上已經陸續成功之案例越來越多，1980年代已擴至一般工程及公路興建。

統包制度在美國公共工程的應用，以往曾經受到很大的限制，歸結其中主要因素包括：(1) 競標法令的限制；(2) 政府部門決策系統混淆；(3) 限制採用工程議價制度；(4) 與傳統上為業主、設計顧問與承包商之間必須相互制衡的觀念抵觸；(5) 工程業主與統包商之間缺乏公平分擔風險的辦法；以及(6) 相關法規構成的實質障礙等等 (Task Committee 1992)。

尤其對建築類工程，迄1999年已有一半以上的州允許使用統包招標，該年聯邦工程已經應用該制度並且完工使用，同年美國國會並已完成立法，給予實施該制度之公務員充分之授權。同時美國聯邦公共工程管理署也制訂了一套統包工程契約範本以供相關單位參考應用。據DBIA之統計估計，2001年統包工程在美國

市場的比率將達 30%，且實施統包後績效良好（據 DBIA 之統計，單位成本下降 6.1%，建造時程快 12%，發包時程快 33.5%）（Victor Sanvido 1999）。

## 2. 英國

英國在建築工程方面採行設計與施工結合之統包方式已相當普遍，依據英國皇家建築協會（RIBA）之非正式估計，以設計與施工結合方式發包工程約較一般發包方式節省 18%~35% 的時間（黃世傑 1996）。

在公共工程方面，經財政部與交通部研商後，共同認為應將「設計與施工責任一元化」方式辦理，且認為應由營造業者兼顧設計與施工責任，然而因營造業者且有設計能力者不多，因此，大部分均由營造業者與工程顧問公司聯合承攬（Joint Venture；JV）之組合方式辦理，交通部至 1992 年起，將統包（D&B）制度應用在大規模之道路工程案件之招標上。

英國交通部並進一步將其設計與施工（D&B）結合之統包制度配合其政府推動民間參與公共建設之政策（Private Finance Initiative，PFI）而於 1994 年推動其結合設計-施工-融資-營運（Design, Build, Finance and Operate，DBFO）於同一契約模式，至 1997 年已有總金額達 13 億英鎊之 15 件公路工程採用 DBFO 方式執行（陶家維、梁樾 1994）。

## 3. 日本

日本液化天然氣（LNG）槽等石化工程多年來已採用統包方式，而在阪神大地震後，為了災後復建工程時間迫切的需要，乃採取提案募集方式招標，類似統包之作法。根據日本住宅局之調查，其實施結果十四層之建築由標準工期 24 個月減為 15 個月，而成本約降低了 20%，成效相當良好（黃世傑 1997）。

為增進公共工程執行之效率，日本建設省於 1999 年並研究導入設計、施工技術於一體的活用方式（吳世祺 1983）。以日本大型營造業普遍其有設計能力之條件而言，未來營建工程採行統包之比例可望大幅成長。

## 4. 新加坡

新加坡統包工程從 1970 年代開始，該國政府嘗試以統包概念發包於較小規模

之計畫。在 1970~1990 年間，統包應用的例子多為土木工程或一些營利用途之工程，屬初期發展階段；然而在 1990 年初期，新加坡政府決定全面推行統包之政策，1991 年起新加坡住宅發展部 HDB (Housing Development Board) 大量採用了統包之制度建造房屋、住宅，也帶起了其他政府機關及民間企業的跟進，以致新加坡統包制度大量的推行。住宅統包工程佔新加坡所有住宅工程上的百分率由 1992 年約 1% 開始，逐年穩定的成長到 1998 年的 23% 以上 (Zhu 2000)。

## 5. 我國

自 88.5.27 政府採購法開始實施，迄 90.5.31 止，從工程會之網站搜尋之統包案件分析，共 65 件，金額為 26,376,768,727 元，佔同期總發包件數 290230 件，金額為 1,367,556,189,655，件數比 0.02%，金額比 1.93% (廖宗盛 2002)。不論依金額或件數比而言，顯然仍為偏低。亦即雖有統包實施辦法，但未獲主辦機關之青睞，與國外相較顯然偏低，亦即存在一些問題必須克服，才能為招標機關所採用。



## 2.2 統包之定義

「統包」一辭源自於國外工程「Turnkey」承攬制度，由英文字面可以瞭解其意為由統包商負責工程的設計與施工，最後把鑰匙 (Key) 交到 (Turn) 業主手中。近年來美國土木工程界習慣用「Design Build」或「Design Construct」稱呼此種由同一廠商統籌設計與施工的工程承攬制度，但深究其涵義與「Turnkey」又不全然相同，因此對於「統包」意指何意，乃成眾說紛紜、莫衷一是之局面。此一制度傳至國內時被翻譯成「統包」，其涵義現已不甚貼切，甚至有人誤解統包之意為為全部工程交由承包人辦理，而忽略構成統包之要素是將設計與施工責任交由承包人辦理，非指一個工程只有一個承包人。尤其一般往往將諸如建築、水電等工程並於同一標之方式物稱為「統包」，更有待改正 (蔡國龍 1999)。

以下係參考相關文獻對於「統包」、「Turnkey」、「Design/Build」之定義加以略述如後：

1. 美國建築師學會 (AIA)：所謂「設計/施工」(Design/Build) 係由一個機構同時負責設計與施工，並與業主簽署負全工程責任之單一契約，此設計/施工機構通常同時提出設計及施工報價，並在工程進行初期即接獲施工委託，設計與施工有可能併行作業。「統包」(Turnkey) 經常與「設計/施工」通用，但統包契約常超出設計與施工之範圍，可由廠商提供其他服務，如土地取得、融資、營運、運轉及維護或人員訓練等。
2. 美國土木工程師學會 (ASCE)：所謂統包工程契約，是由一個機構負責完成契約中所載明設施之設計及施工。該機構可為單一公司或由數個公司聯合的組織。合約承攬方式，可為議價或競標，並可採總價承攬、成本加公費等多種計價方式。
3. 聯合國跨國機構中心 (United Nations Centre on Transnational Corporations)：統包契約 (Turnkey Contracts) 可稱為「設計/施工」契約，其內容涵括設計、施工、設備採購及營運前之測試工作，並由統包商負全部工程設計、施工之契約責任。
4. 國際顧問工程師協會 (FIDIC)：統包 (Turnkey) 方式是指與一個公司簽訂一個契約，由其負責整個工程之設計、建造直到營運為止，並擔負營運後某些營運成效責任。在某些情況下，這種方式可能還包括工程之財務籌措；業主或使用單位負責設施之維護和運轉。該協會於 1993 年統包契約講習會中 (Turnkey Contracts Workshop V) 另作如下說明：「設計/施工」(Design/Build) 係由一個工程機構或組織負責辦理全部設計與施工工作。而「統包」(Turnkey) 係由「設計/施工」組織提供初期財務籌措，並保留該程所有權至完工為止。

國內以往未有相關的法令或權威性之機構對於「統包」有明確的定義，至於各機構與學者對統包的看法均不一致，例如陶家維等 (1994) 認為謂統包即是將工程的設計與施工任務以單一契約交由同一廠商統籌辦理，透過此一制度可以整合施工與設計人才，由承包商負責介面協調工作，並可提早展開施工作業，縮短完工期限，以順利達成工程的目標。潘君澤 (1988) 認為統包係指在同一契約中，工程的設計與施工均由承包商提供。因設計與施工均由承包商辦理，除了保證工程品質外，對工程的設計與功能，皆由承包商依契約規定負責法律責任。而曾元一等人 (1994) 則認為統包就是將整個工程或

工程的一部份交由一個工程機構，使其至少負責辦理其中之細部設計及施工（或安裝）等工作，必要時亦可視工程性質、業主需求、或個案情形，將服務範圍涵蓋至基本設計、營運、維護或人員訓練等，而其負責承辦之工程機構則稱之為「統包商」。另外梁穎（1992）解釋統包即由業主提出需求，而將全部工程之規劃、設計、施工、採購及安裝等工作，經由一次發包予承包商統籌負責，一直到完工、驗收；亦即由一家承包商由開始規劃，一直負責到業主能使用或運轉所有設施為止。

有鑑於國內各界對統包之定義不一，且統包係為現代營建管理的重要手段之一，因此在民國八十七年五月頒佈之政府採購法中已將其法制化，其第廿四條敘述：「機關基於效率及品質之要求，得以統包辦理招標。前項所稱統包，指將工程或財務採購中之設計、施工、供應、安裝或一定期間之維修等併於同一採購契約辦理招標」。至此，國內對於「統包」一詞終有明確之定義。因此「統包」就是將整個工程或工程之一部份的設計、施工、供應、安裝、維修等工作，以單一契約交由一個機構辦理。統包契約之設計範圍可包括基本設計與細部設計，而至少應包括細部設計與工程施工/安裝，而工作完成後之維修工作亦可包括在統包範圍內。



## 2.3 現行排程工具

### 2.3.1 甘特圖或桿狀圖 (Bar chart)

在二十世紀初期，甘特先生（Mr. Gantt）首先採用直線條（Bars）來代表作業項目，甘特圖或桿狀圖是以時間為橫軸，在縱軸中逐項列舉工程作業項目，並將每一作業項目以直線條（桿狀）畫在直線軸上，以桿之長短表達所需工作時間及作業開始與結束的一種規劃方法。此種圖表對於作業項目單純的工程較能適用，但因無法表達各作業項目間之相互關係及前後順序，因此在使用上趨向於規劃階段使用，在施工進度控制尚則需藉助其他作業網圖管理技巧（劉福勳 1996）。桿狀圖之優點為簡單明瞭，但無法顯示作業相互關係，呈現資源的運用與調配，以及工期較長作業不易追蹤與預警等缺點，桿狀圖不適用於龐大或複雜的工程（Moder et al. 1983）。

桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點如下（謝清俊 1998）：

- 無法明確表明先後關係。
- 不易掌控各作業項目間之互動關係。
- 不易追蹤作業進行情況對整體之影響。
- 不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作。
- 不易將資源一併考慮。

### 2.3.2 網狀圖排程技術

要徑法（Critical Path Method，CPM）與計畫評核術（Project Evaluation and Review Technique，PERT）皆屬網狀圖技巧。所謂網狀圖便是將工程的工作構件，以網路的圖形來表示這些構件及其相互間之前後邏輯關係，而使整個工程的各作業及其前後順序以圖形方式予以簡單化來表示。而要徑法即是在網圖中找到最長的路徑，然後以此路徑為工程控制要點的一種方法；計畫評核術則是用來評核計畫成功機率的一種技術（劉福勳 1996）。CPM 與 PERT 最大之不同點在於作業時間的估計上，當施工程式確定性較高時，採 CPM 為宜；PERT 則應用於不確定因素較多的情況。

而網圖有兩種主要表示方法，分為箭線法（Arrow Diagramming Method，ADM）與節點法（Precedence Diagramming Method，PDM）。箭線法以箭線代表作業，節點作為作業時間點。節點法則以節點表示作業，箭線可表示作業間之多種關係，包括完成至開始(finish to start, FS)、完成至完成(finish to finish, FF)、開始至完成(start to finish, SF)、及開始至開始(start to start, SS)。而 ADM 與 PDM 乃是表現 CPM 之邏輯方法（陳敬寬 1991）。

現行各種排程工具之比較，如下表所示：

表 2.1 現行排程工具之比較

方法	說明	適用領域
桿狀圖 (Bar Chart)	Bar Chart 是以時間為橫軸，在縱軸列舉每一作業項目以直線條（桿狀）畫在直線軸上，以桿之長短表達所需工作時間的一種規劃方法。	此方法對於作業項目單純的工程較能適用，但因無法表達各作業項目間之相互關係及前後順序，因此在使用上趨向於規劃階段使用。
要徑法 (Critical Path Method )	CPM 是用來協助管理者列舉作業項目、繪製網圖、進行日程計算、並辨識網圖中最長路徑，進而可以有效掌控進度。	此方法適用於作業項目關係較明確，工期較清楚之狀況，例如一般工程施工作業。
計畫評核術 (Project Evaluation and Review Technique)	PERT 是透過最樂觀時間、最可能時間及最悲觀時間求出每一作業或全部作業之成功機率。	此方法適用於不確定因素較多的情況，例如動物實驗或分機研發等。

整理自：謝壽明 2002



## 2.4 統包工程之進度規劃

在市場競爭、資金成本、量產及營運等壓力下，適時的完成專案成為統包工程執行之主要重點之一，統包工程為求有效縮短工期，在設計未全部完成前即進行採購及施工作業，且在設計、採購及施工各階段之關聯性（Dependency）十分複雜，為求有效的進度規劃，需要實際經驗以掌握其中之技術與重點，包括運用實務經驗及過去工程數據等為依據做專業性之判斷，以完成統包工程進度規劃。

在過往研究中，談到統包工程之進度規劃，大都是針對統包工程進度規劃方式做說明（陳致英 2001），或是針對設計階段及施工階段進度管理應注意事項做說明（黃俊銘 2004），或是歸納可能影響設計進度之問題（林家煌 2003），亦有以動態方式探討統包工程進度規劃與控制（Peña-Mora et al. 2001）等等，但甚少針對如何分辨作業間複雜之關聯性、如何判斷作業相互通訊間之關係、如何預估回饋作業及整個專案之時程等問題做進一步的研究，故本研究將針對上述之問題做進一步之探討。

## 2.5 小結

現況統包工程排程方法確有下列三個問題：

1. 無法明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性。
2. 無法明確分辨各作業間之回饋關係。
3. 難以預估回饋作業及整個專案之時程。

而在過往研究中，並沒有探討上述所列之問題，且現行之排程工具亦無法解決回饋作業之問題（何作業先開始、時間估算等），故本研究透過專家訪談及文獻回顧，釐清統包工程現行之問題，再以設計結構矩陣（Design Structure Matrix，DSM）為方法，建立一統包工程進度規劃模式，最後透過 DSM 及要徑法（CPM）展示整個統包專案各階段進度規劃網圖，以利統包商掌控整個專案之進度。



## 第3章 設計結構矩陣回顧

### 3.1 現行分群工具

分群之主要目的是將已建構好之各作業透過此動作而使所有作業形成數個族群，有助於管理及提升效率。分群方式有三種輔助方式可運用，包括設計結構矩陣（Design Structure Matrix）、族群辨識演算法（Cluster Identification Algorithm）及模糊類聚分析（Fuzzy Clustering Analysis），模糊類聚分析在推導過程中各作業之前後關係無法明確表示，以至於在設計執行時無法掌握設計動向（李家賢 1998）；而族群辨識演算法雖可清楚表示各系統關聯性及前後置之關係，但此方法門檻數之大小卻會造成不同的分群結果（謝壽明 2002）；而設計結構矩陣不但能明確表示作業之前後關係，其分群之效果也一致。



為要展示統包工程設計及施工階段網圖，各階段及各作業間之關聯性遠比分開展示複雜的多，處理之困難度也因而大增。當進行統包工程進度規劃時，最重要的是各作業間的分群、排程問題及交互耦合部份時程之處理。傳統處理統包工程排程方法，如 Bar chart、Milestone 或 CPM/PERT（一般在施工階段使用），受制於統包工程作業項目龐大，難以視覺方式來判斷整個統包工程工作的結構，設計階段進度亦無法清楚衡量，且各作業間之回饋關係亦難以分辨。

為了分辨各作業之族群及前後關係，以呈現完整的統包工程預定進度網圖，需選定適當之分群工具，而設計結構矩陣不但能明確表示作業之前後關係，其分群之效果也一致，且設計結構矩陣亦被證實可作為土木工程各階段協助排程工作之應用工具（Hannus et al. 1997），故本研究利用由 Steward（1981）提出的設計結構矩陣（Design Structure Matrix，DSM）作為本研究之研究工具。

### 3.2 設計結構矩陣定義

設計結構矩陣（Design Structure Matrix）又稱為關係結構矩陣（Dependency Structure

Matrix)，是一套系統分析工具也是一套專案管理工具，它不能完全取代傳統之 CPM 或其他排程技術，但它可用來作為發展進度規劃之初步分析之工具 (Chen et al. 2003)。

Design Structure Matrix 是 1981 年由 Steward 所提出的方法，其中將作業關係分成獨立性作業 (Parallel/Independent)、相依性作業 (Sequential/Dependent)，以及交互耦合性作業 (Coupled/Interdependent) 等 3 類，其說明如下。

作業關聯基本形式可分為下列三種關聯 (Chen 1999)：

1. 獨立性作業：兩個作業間沒有訊息相互交流，是完全獨立的作用方式，其動態特徵表現為 A、B 作業可以同時進行 (圖 3.1 (a))。
2. 相依性作業：兩個作業間只存在單向依賴關係的一種作向方式，其動態特徵表現為 A、B 作業的串列 (圖 3.1 (b))。
3. 交互耦合性作業：兩個作業間存在著訊息交流的關聯，且 A、B 的訊息關係是雙向的，即 A 作業需要 B 作業的訊息，同時 B 作業也需要 A 作業的訊息。其動態特徵表現為 A、B 之間須透過多次反覆及交流，才能完成開發任務，其動態關聯的作業的數量亦可超過兩個以上 (圖 3.1 (c))。

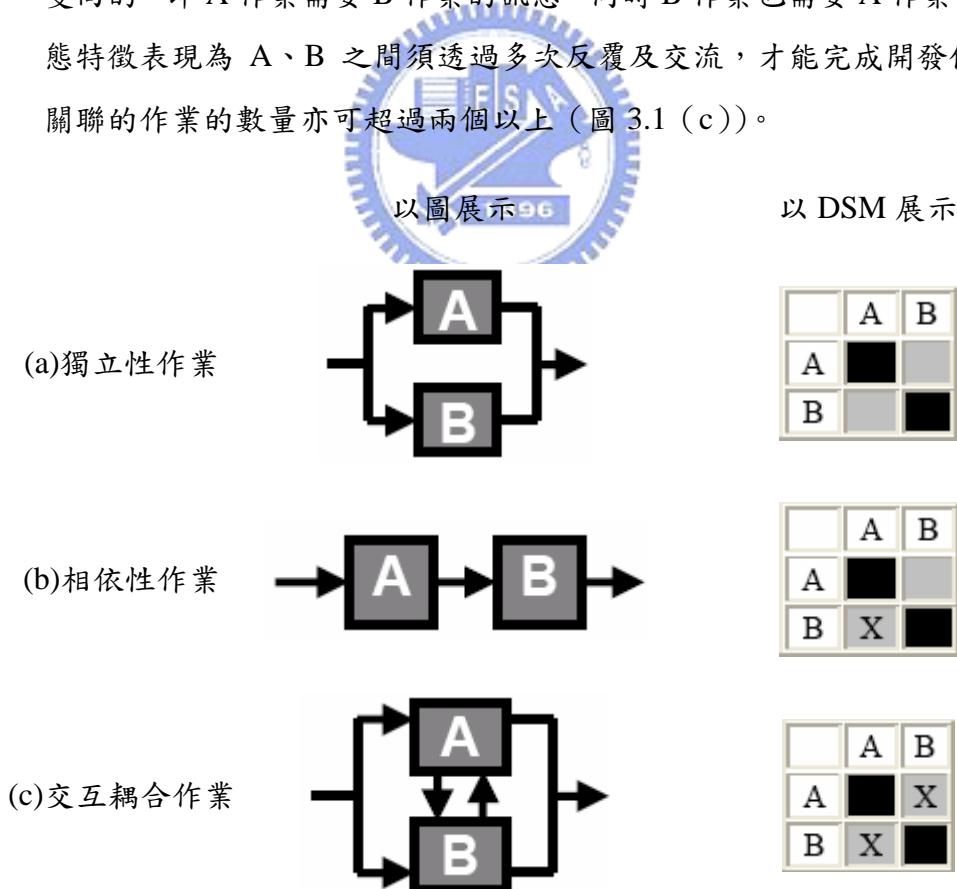


圖 3.1 作業關聯性分類

資料來源：Yassine 2004

設計結構矩陣是由  $n$  列與  $n$  行組成之矩陣， $n$  代表  $n$  個作業的數目，若第  $i$  個作業需要第  $j$  個作業的訊息，則在矩陣內標上註記 “X” ，如圖 3.2 所示。例如，在第六列 F 中，作業 F 需要作業 C、D、G 的訊息，亦即作業 C、D、G 必須完成，才能做作業 F。而在第四行 D 中，作業 D 傳遞訊息給作業 F、G，亦即作業 D 完成後，才能做作業 F、G。藉由這個矩陣所標示出來的作業訊息關係，可以清楚地觀察出各作業間訊息的流通。

設計結構矩陣有以下優點：(陳俊伊 2002)

1. 設計結構矩陣克服了以圖表來表示專案工作的複雜度及數目的限制。
2. 設計結構矩陣很容易瞭解以及能夠很完整地處理複雜的程式。
3. 矩陣的格式適合利用電腦進行開發與運算。
4. 設計結構矩陣不但能確認整個專案工作的順序，也能夠藉著重新排序工作順序而得到新的專案工作結構。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	X								
B		X							
C	X								
D	X			X					X
E	X				X				X
F		X	X			X			
G	X	X	X				X		
H	X	X					X		
I	X				X	X	X		

圖 3.2 設計結構矩陣

### 3.3 設計結構矩陣分割 (Partitioning the DSM)

在一個複雜的專案工作中，包含了大量的作業活動，其關聯性可能為獨立性、相依性以及交互耦合性作業，利用矩陣來表示作業與作業間的關係，既清晰又明瞭。但圖 3.2 表現出來的矩陣並不能看出那一些作業是屬於何種關聯性及順序，所以如果不能將矩陣

有效地重新排列，DSM 只不過是用來表示作業與作業間的關係。但若能採用 Steward (1981) 所提出的分割法則 (Partitioning Algorithm)，將有助於辨識作業間的關聯性。此分割法則包含下列三個步驟：

1. 排列獨立與相依性工作：

- A. 確認矩陣中的任一列是否為空白，如果是，將此列作業放到矩陣最上方，並在行中找出相同作業，將該行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將此步驟所確認之作業由矩陣中移除；此步驟代表這個作業並無前置作業，所以將該作業移到最前面次序。
- B. 確認矩陣中的任一行是否為空白，如果是，將此行作業放到矩陣最右側，並在列中找出相同作業，將該列作業移到矩陣最下方，當矩陣重新排列後，將此步驟所確認之作業由矩陣中移除；此步驟代表這個作業並無後置作業，所以將該作業移到最後面次序。
- C. 重複 A、B 步驟，直到矩陣中沒有空白行與空白列存在，所剩下的為有交互耦合作用之作業。

- 2. 利用路徑搜尋的方式確認交互耦合作用的作業，使其成為一個群組。選擇任一步驟 1 所剩下之作業，利用資訊向前回饋或向後傳遞搜尋，搜尋到初始作業為止，將所有搜尋過的作業視為一個群組，再將每一個這樣的群組視為一個單一作業。
- 3. 重複步驟 1、步驟 2，直到所有的工作都被排序。

利用分割法則，以圖 3.2 為例做分割：

- 1. 矩陣中的 B 列為空白，將 B 列作業放到矩陣最上方，並將 B 行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將 B 作業由矩陣中移除（如圖 3.3）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A			X						
B									
C			X						
D				X					X
E					X				X
F						X		X	
G				X	X				X
H				X	X				
I	X					X	X	X	

圖 3.3 分割步驟 1-A

2. 矩陣中的 C 列為空白，將 C 列作業放到矩陣最上方，並將 C 行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將 C 作業由矩陣中移除（如圖 3.4）。

	B	A	C	D	E	F	G	H	I
B									
A			X						
C	X								
D	X								X
E	X								X
F				X	X			X	
G	X			X	X				X
H	X			X					
I	X					X	X	X	

圖 3.4 分割步驟 1-A

3. 矩陣中的 A 列為空白，將 A 列作業放到矩陣最上方，並將 A 行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將 A 作業由矩陣中移除（如圖 3.5）。

	B	C	A	D	E	F	G	H	I
B									
C	X								
A		X							
D	X			X					X
E	X				X				X
F		X		X		X			X
G	X	X		X			X		X
H	X	X						X	
I			X		X	X	X	X	

圖 3.5 分割步驟 1-A

4. 矩陣中的 E 行為空白，將 E 作業放到矩陣最右側，並將 E 作業移到矩陣最下方，當矩陣重新排列後，將 E 作業由矩陣中移除（如圖 3.6）。

	B	C	A	D	E	F	G	H	I
B									
C	X								
A		X							
D	X			X					X
E	X				X				X
F		X		X		X			X
G	X	X		X			X		X
H	X	X						X	
I			X		X	X	X	X	

圖 3.6 分割步驟 1-B

5. 矩陣中的 H 列為空白，將 H 列作業放到矩陣最上方，並將 H 行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將 H 作業由矩陣中移除（如圖 3.7）。

	B	C	A	D	F	G	H	I	E
B									
C	X								
A		X							
D	X								X
F		X			X			X	
G	X	X			X			X	
H	X	X							
I			X		X	X	X		
E	X								

圖 3.7 分割步驟 1-A

6. 經過步驟 1 分割後，所剩作業 D、F、G、I 為交互耦合作業，任意選擇 D 作業為初始作業，而 D 之前置作業為 I，I 之前置作業為 F，F 之前置作業為 D，將 D、I、F 作業視為一個群組，再將 D、I、F 視為一個單一作業（如圖 3.8）。

	B	C	A	H	D	F	G	I	E
B									
C	X								
A		X							
H	X	X							
D	X								X
F		X				X		X	
G	X	X		X		X			
I			X	X		X	X		
E	X			X					

圖 3.8 分割步驟 2

7. 選擇 “D、I、F” 作業為初始作業，而 “D、I、F” 之前置作業為 G，G 之前置作業為 “D、I、F” ，將 “D、I、F” 、G 作業視為一個群組。(如圖 3.9)。

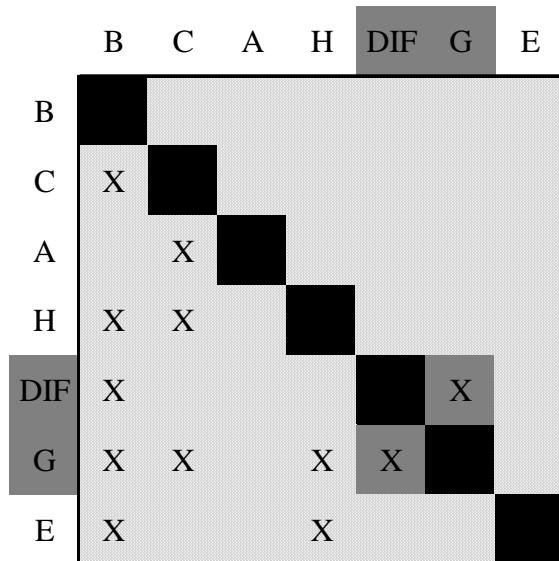


圖 3.9 分割步驟 2

8. 圖 3.10 為分割後之結果，我們可以輕易的由圖看出，B、C 作業為相依性作業 (Sequential/Dependent)，A、H 作業為獨立性作業 (Parallel/Independent)，而 D、I、F、G 作業為交互耦合性作業 (Coupled/Interdependent)。

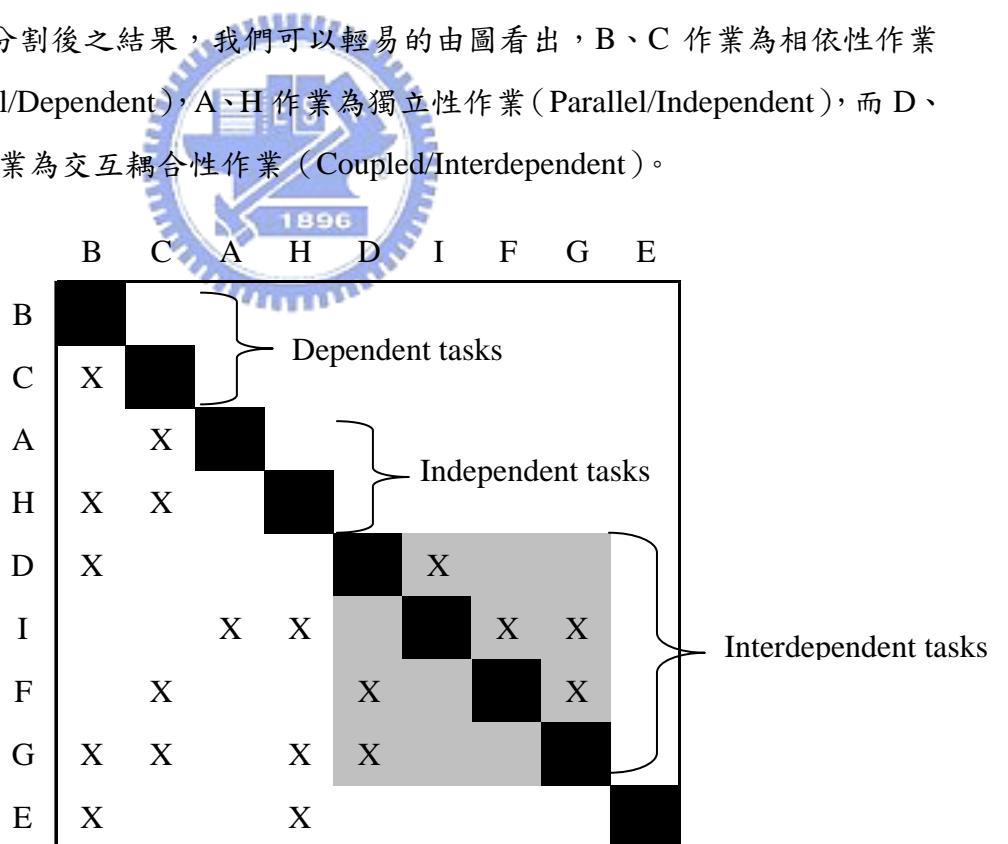


圖 3.10 分割完成

### 3.4 設計結構矩陣割裂 (Tearing the DSM)

交互耦合作業（Coupled tasks）是排程時需迫切解決之問題，因難以估計交互耦合作業間之時程，則整個專案之時程亦無法被準確的預估，而割裂是以交互耦合作業為對象，透過對作業間關聯性之分析，來確定交互耦合作業之排序。設計結構矩陣分割後，在矩陣對角線上所留下的“X”，所對應之作業即為交互耦合作業，而 Tearing 是將矩陣對角線上之回饋記號從矩陣中移除，然後重新排列矩陣，使得矩陣 Lower triangular 之過程，而被移除之“X”稱之為“tears”。而要移除這些“tears”必須做一些假設及評估。現今並沒有理想的模式來作割裂（Kehat and Shacham 1973），但當在作割裂時有二個準則可供參考（Weinblatt 1972, Steward 1981, Kusiak and Wang 1993）：

1. 將 tears 數量減至最少：移除“tears”代表做了一些假設及評估，所以要將假設之數量減到最少，也就是將 tears 數量減至最少。
2. 倒限 tears 依對角線所形成之區塊為最小：如果回饋作業中包含著回饋作業，則內部的回饋將會更常發生，所以內部的回饋所包含的作業愈少愈好。

而本研究則以 Yassine et al. (1999) 所提出的割裂方式為基礎，作為割裂交互耦合作業之方法，並以郭明祥 (2005) 所提出之作業關聯性程度作為排程依據，此二方法除了提供二維的方式描述關聯性程度，更可依此發展呈現出 DSM 所無法展示之重疊性作業，但此二種方法主要是針對設計作業對設計作業間的關聯性作定義，而本研究是以統包工程之進度規劃作探討，多了設計作業對施工作業、施工作業對設計作業及施工作業對施工作業之關聯性，故本研究將對此三部份關聯性做修改，並於第五章（統包工程進度規劃模式建立）再作進一步之說明。

### 3.5 小結

透過建立、分割 DSM，我們可以清楚的辨識作業間之關聯性及作業間初步之順序；透過割裂 DSM，我們可以找出交互耦合作業之最先作業及作業間的順序，所以可以依此關聯性之基礎做為發展進度規劃網圖之用。

## 第4章 實務統包工程案例進度規劃方法之比較

本章將以四個實際統包工程案例作分析比較，說明其進度規劃方式，並探討現行統包工程進度規劃執行之優、缺點，以作為排程模式建立及預定進度網圖展示之基礎，使建立之模式能更符合實際現況。

### 4.1 統包工程案例介紹

#### 4.1.1 案例 A

##### 1. 案例 A 專案背景

下表為專案背景資料：

表 4.1 案例 A 專案背景資料

工程所在地點	高雄市/縣
本工程概要	全線 14.2 公里，包含 13 座地下車站軌道區、一座地面車站軌道區、沿線雙軌路軌區及機廠銜接各線間之轉撤軌以及延伸段工程；本「軌道工程範疇」係敘明系統之軌道工程細部設計、設備器材供應、施工及安裝、營運測試及試運轉之 EPC (Engineering、Procurement and Construction) 等範圍。
總工程經費	約 NT\$ 20 億
工程期限	工程期限 (2003.03.24~2009.10.30) 設計 (2003.03.28~2004.05.31) 採購 (2003.03.28~2006.03.31) 施工 (2005.01.01~2006.06.13) 營運模擬 (2007.08.01~2007.10.30) 保固 (2007.10.31~2009.10.30)

##### 2. 案例 A 進度規劃

本專案之進度規劃主要分設計、採購及施工三階段，而在此三階段皆以桿狀圖作為專案之排程展示工具（如圖 4.2 所示），但就如前所述，桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點為，無法明確表明先後關係、不易掌控各作

業項目間之互動關係、不易追蹤作業進行情況對整體之影響且不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作，而本專案則依經理或專案團隊過去之經驗，判斷何時及什麼團隊該溝通來解決交互耦合作業之問題。

本專案作業時程規劃是以 PCS (Project Control System) (受訪公司開發之專案管理工具) 來做管控，如設計階段會依據工程師經驗給予每個作業權重，並估計每個作業之圖量，再針對每一張圖之繪製時間給予次權重，而求出整個設計之時程，如圖 4.1 所示，而採購及施工之時程也是依此原理推估，如此專案各階層參與人員可以隨時隨地掌握專案狀況，亦可使管理者可在第一時間做決策，但本系統之缺點在於工地之基層人員增加大量的文書作業負擔，執行上仍有一定的問題。

本專案於設計、採購及施工三階段中，特別重視採購階段，因採購金額約佔了總工程合約金額之 50%，且當材料設備為國外進口時，採購時程計畫是相當重要的，如製造時間、船期、圖面送審等環環相扣，只要有一項作業延遲，則整個專案時程將將會延誤，且國外進口之設備，小包大多無能力採購，與一般營建業統包施工階段之小包都為連工帶料是有極大不同的，故統包商會將重要之採購項目統籌辦理，採購時程較久的項目將會先設計、開規格，先進行採購，再交由小包施工。



軌道細部設計	權重	完成百分比			
1 鋼軌圖	25%	18%			
2 預力軌枕示意圖	15%	10%			
3 預鑄軌枕示意圖	18%	11%			
4 第三軌圖	4%	3%			
5 扣件示意圖	7%	5%			
6 鋼軌絕緣接頭(IRJ)示意圖	5%	2%			
7 道岔圖	6%	4%			
8 標誌示意圖	8%	5%			
9 止衝擋示意圖	5%	3%			
10 三軌錨定組件圖	7%	3%			
.	.	.			
.	.	.			
.	.	.			
總計	64%				

(1)鋼軌圖 25%	權重	完成百分比			
(1)-1	15%	預定	15%		
(1)-2	15%	實際	15%		
(1)-3	15%	預定	15%		
(1)-4	20%	實際	10%		
(1)-5	10%	預定	10%		
(1)-6	10%	實際	7%		
(1)-7	15%	預定	15%		
		實際	3%		
小計		72%			
總計	72%	X = 25%			
	=	18.00%			

圖 4.1 專案 A 設計作業進度預估

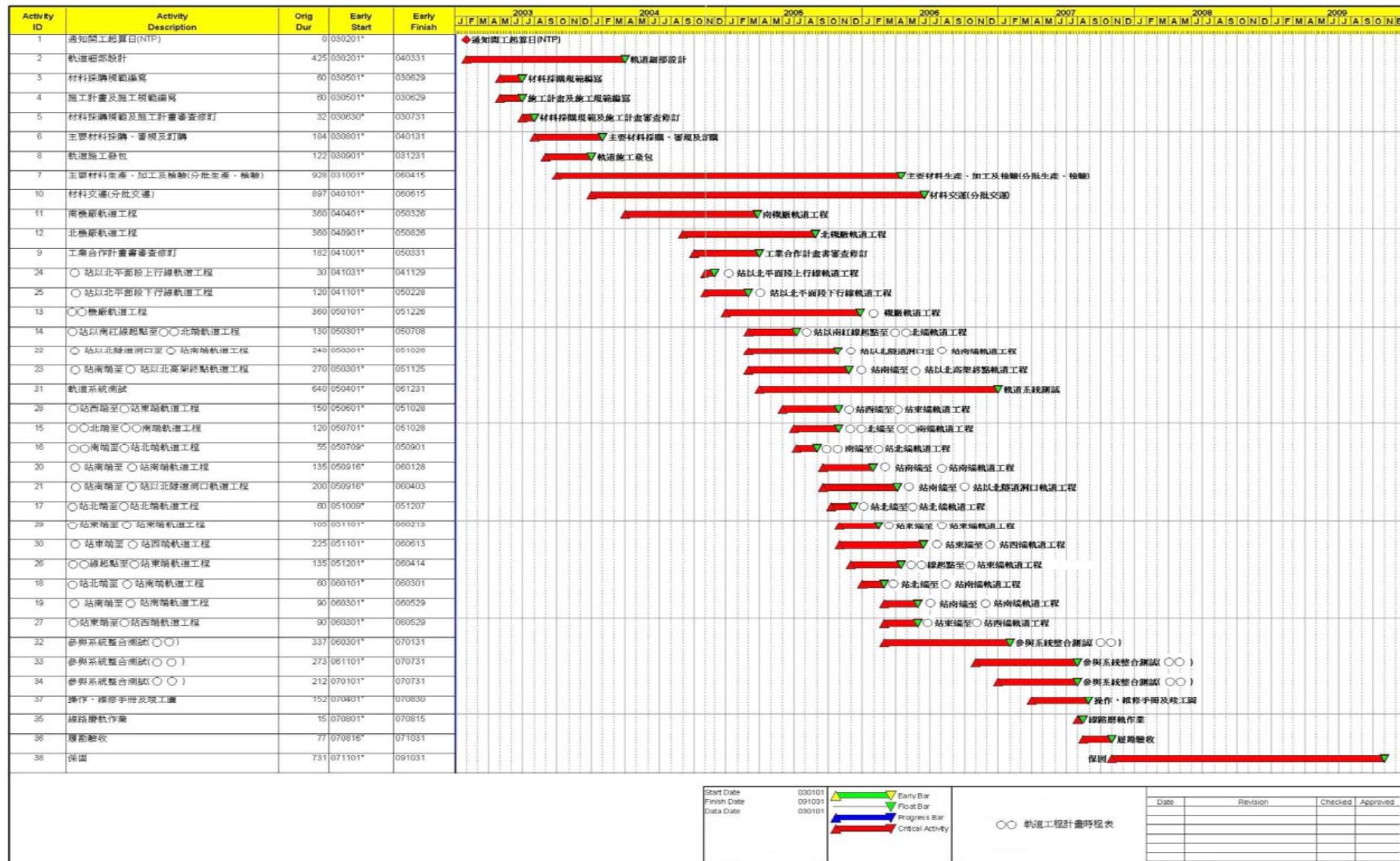


圖 4.2 案例 A 進度規劃

## 4.1.2 案例 B

### 1. 案例 B 專案背景

下表為專案背景資料：

表 4.2 案例 B 專案背景資料

工程所在地點	臺北某大學
工程概要	本工程採逆打工法，規劃地下二層停車場，總開挖面積約為 8200 m <sup>2</sup> ，供停車使用之總樓地板面積約為 16,400 平方公尺，預計規劃 353 個小汽車停車格位；1330 個機車停車格位，並將原有球場恢復（8 個網球場，3 個籃球場）。
總工程經費	約 NT\$415,000,000
工程期限	工程期限約 380 天 設計約 5 個月 施工約 7 個月

### 2. 案例 B 進度規劃



#### 一、 設計進度規劃：

本專案之設計進度規劃是以過去之設計經驗及業主之需求來做評估，而設計作業間（如建築、機電及結構等主要設計作業項目）之資訊傳遞及回饋，則以每星期之固定開會討論解決，另外建管作業也在時程考量之中，本專案因業主及都市計畫審查單位，對停車場出入口之動線規劃持有不同之看法，而使得專案之進度有所延遲，故受訪單位認為，建管作業時程應更審慎評估，並於執行階段多注意建管作業之溝通協調。

#### 二、 施工進度規劃：

而施工進度之規劃則是以過去之施工經驗及初步之設計成果來做評估，先建立施工作業項目，再安排施工順序及評估時程，且納入分區及重疊施工之概念，以利縮短時程。如原來預定進度為連續壁施作完後，接續作業為基樁工程，之後為土方開挖工程（如圖 4.3 (a)），而後加入分區重疊施工之概念，如連續壁在分區（1）施作完成後，即在分區（2）施作，此時基樁工程也進入分區（1）施作；以此類推，

當連續壁工程在分區（1）施作時，基樁工程則在分區（2）施作，而土方開挖工程則在分區（3）施作（如圖 4.3 (b)），如此則可達到時程縮短之效果。

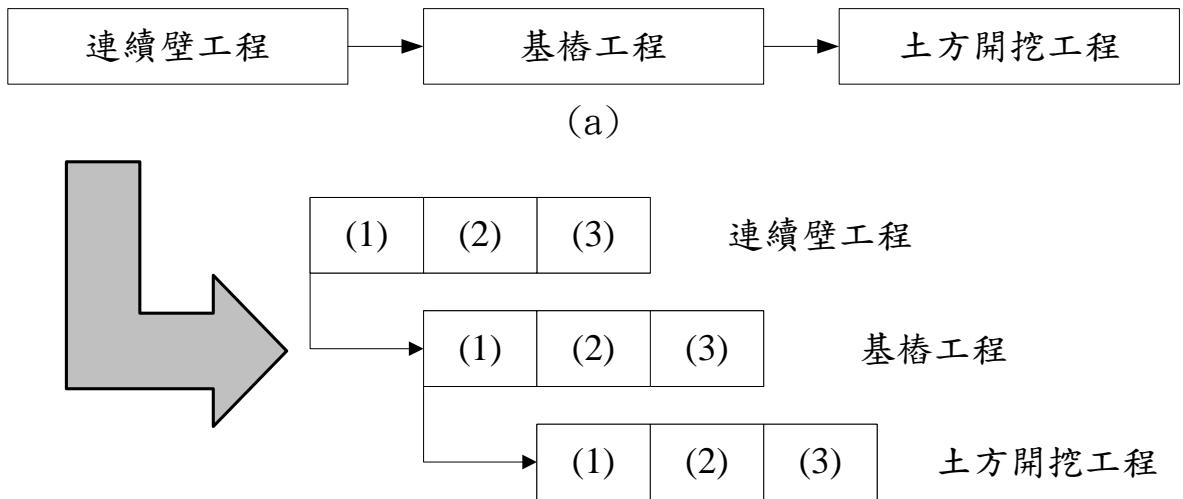


圖 4.3 案例 B 分區重疊施工示意

### 三、整體進度規劃：

本專案之進度規劃主要分設計及施工兩個階段，而其整體進度規劃方法大致為：

- (1) 與業主溝通，先確認業主需求。
- (2) 依據業主需求及過去設計經驗建立設計作業項目，再評估設計作業時程及順序。
- (3) 依據初步的設計成果及過去之施工經驗建立施工作業項目，再評估施工作業時程及順序。
- (4) 整合設計及施工之進度規劃時程，成為專案之整體進度規劃。進度規劃流程如圖 4.4。

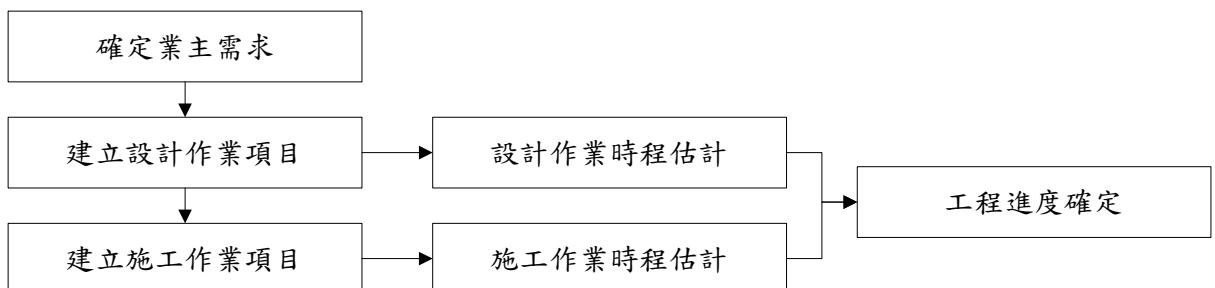


圖 4.4 案例 B 進度規劃流程

進度規劃是以建築師過去之設計經驗、營造廠過去之施工經驗及業主之需求來做評估，而業主所提之需求，不論如何承包商需滿足之，通常是：

- (1) 建築師告知營造廠何時可完成建管作業，讓工地現場能開工動工，營造廠評估剩餘工期是否足夠。
- (2) 營造廠先評估現場施工工期，反推剩餘工期留給建築師。

專案之時程規劃為建築師先完成建照圖，完成五大管線（污水、給水、瓦斯、電力、電信）及消防審核，以先取得建照讓工地現場能開工動工為原則，其他細部設計可與施工同步進行，以此推估整體之進度時程，並採桿狀圖為進度展現之方式（如圖 4.5），而桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點為，無法明確表明先後關係、不易掌控各作業項目間之互動關係等，而本專案每星期設計單位與施工單位會固定開會，除了傳達現況之問題給設計單位外，更可在設計初期便將施工性納入考量，使後續之施工更有效率。



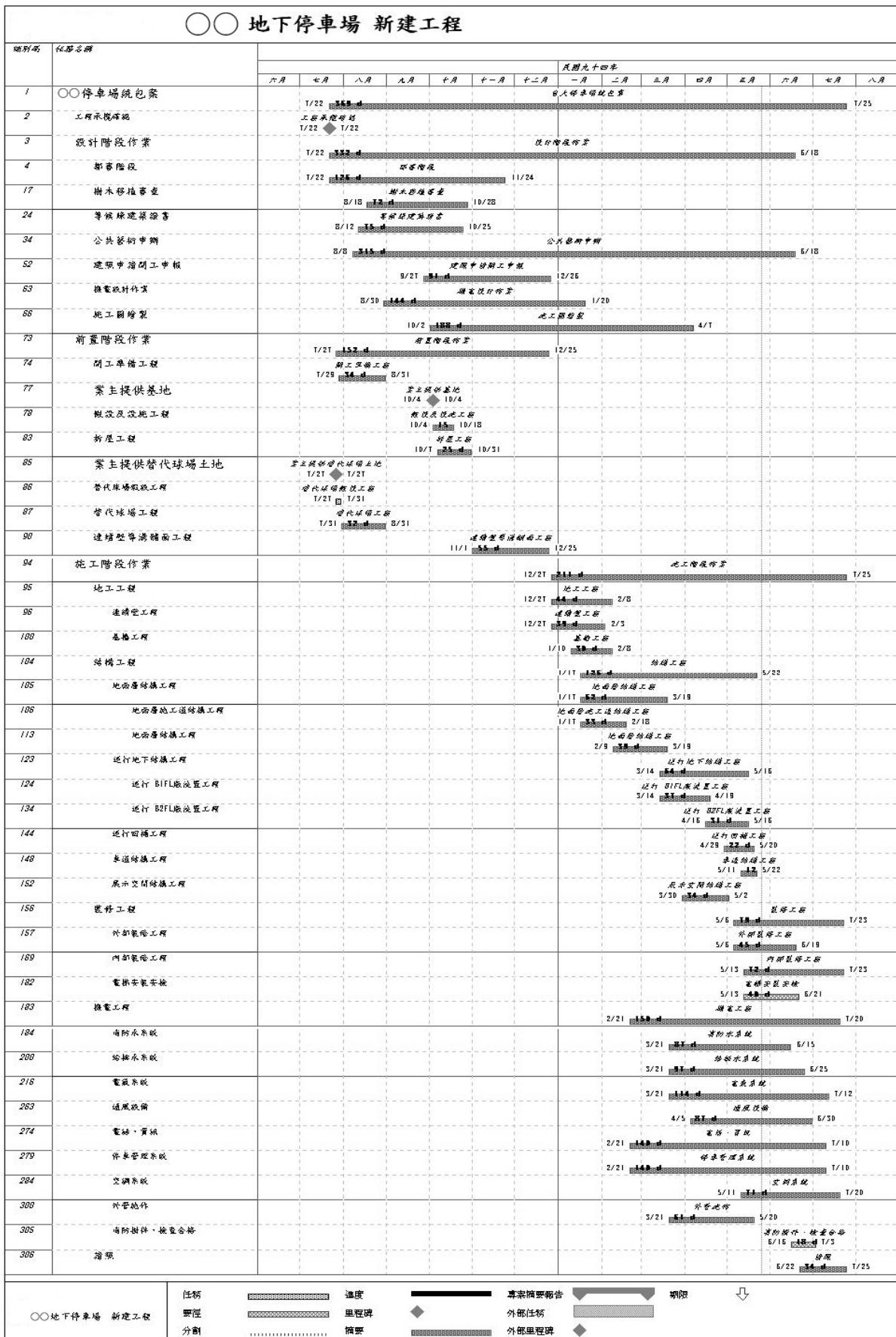


圖 4.5 案例 B 進度規劃

### 4.1.3 案例 C

#### 1. 案例 C 專案背景

下表為專案背景資料：

表 4.3 案例 C 專案背景資料

工程所在地點	新竹
工程概要	<p>潔淨室與廠務特殊系統工程統包之工程範圍及內容：</p> <p>(1)潔淨室工程（含潔淨室照明、插座、電話等）。</p> <p>(2)公共設備系統工程：包括製程真空、低真空集塵、呼吸系統、壓縮空氣、製程冷卻水、廢氣處理、監控系統等。</p> <p>(3)氣體供應系統工程。</p> <p>(4)超純水系統工程(含製程水回收系統工程)。</p> <p>(5)廢水處理系統工程。</p> <p>(6)潔淨室消防、煙控系統工程（應提出消防、煙控、廢氣處理及氣體供應等系統之細部設計圖、計算書供審查）。</p> <p>(7)電腦軟體輔助設計（應提出消防排煙之電腦軟體三維動態模擬，以瞭解其排煙效果；廢氣處理以電腦軟體計算其壓力平衡及最小輸送速率）。</p> <p>(8)供管線衝突、共用管架、維修、操作及未來擴充空間檢討之管線空間套圖（space management）方式及其繪製計畫。</p>
總工程經費	工程經費約 NT\$ 214216501
工程期限	工程期限（91/08/01~92/10/19）

#### 2. 進度規劃

##### 一、 設計進度規劃：

本專案之設計進度規劃是先確認業主之需求，再以工程師過去之設計經驗估計各系統可能之圖量，並以此來推估設計時程，再以桿狀圖之方式展現設計時程（本專案以機電為主要工程，而受訪者認為國內大部分機電工程，大都採桿狀圖作進度展示），如圖 4.6。而設計作業間之資訊傳遞及回饋（如訊息傳遞錯誤、設計考量疏忽等），則透過密集的開會溝通討論解決。

## 二、施工進度規劃：

而施工進度之規劃則是以過去之施工經驗及初步之設計成果來做評估，先建立施工作業項目，再安排施工順序及評估時程。本工程施工主要項目為機電工程，除了需配合前置之土建工程，另外由於特殊系統的管線相當多，故於管線施工時需注意套圖工作，除了管線部分在施工時會有較大的衝突外，其他在各系統施作時，由於各系統皆有其施作空間，故各系統幾乎可以同步施工，其施工進度規劃如圖 4.7 所示。

## 三、整體進度規劃：

因為本工程之機電設備佔了大部分金額（55%），在整體進度規劃上則有以下幾點執行的重點：

- (1) 設備以交貨期較長（一般較貴）的先設計、送審，再下訂單。
- (2) 有可能下設備訂單在圖面送審之前；如工期較趕，會先依業主的功能需求且功能變更的可能性較小之項目下訂單（如冰水主機）
- (3) 機電工程 S-curve 之斜率會明顯比一般土建工程之斜率還要大，此為機電之特性，尤其當設備金額佔了大部分時，故 S-curve 第一個轉折處為進度管控的重點，所有前置作業（圖面送審、訂單、船期、進關、堆置）都趕在這轉折點之前，有里程碑的意味在。

項目	時間	9/1~9/7	9/8~9/14	9/15~9/21	9/22~9/28	9/29~9/30	10/1~10/5	10/6~10/12	10/13~10/19	10/20~10/26	10/27~10/31	備註
		第一週	第二週	第三週	第四週	第五週	第一週	第二週	第三週	第四週	第五週	
1 分棟分層分區數量重新核算、審核、討論及修改	預定進度											假2002/10/04辦理設計變更說明
	實際進度											
2 總包工程細部設計、提出、審核、討論及修改	預定進度											審查完成用印中
	實際進度											
3 施工品質計劃書製作、審核、討論及修改	預定進度											第二次送審審查中
	實際進度											
4 設備/材料送審(接地器具、GV/BV/CV/Y-Stainer)	預定進度											第一次送審審查中
	實際進度											
5 施工圖送審(架構及規劃、基礎層/地下二層(接地)/避雷、樁座、電信及資訊、污水排水系統))	預定進度											第二次送審審查中
	實際進度											
6 施工圖送審(地上一層(照明/樁座/接地及避雷、電信及資訊、污水排水系統、火警/避難/廣播))	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
7 施工圖送審(地上二/三層(照明/樁座/接地及避雷、電信及資訊/門禁管制、污水排水系統、火警/避難/廣播))	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
8 施工圖送審(池下二層(照明/樁座/接地及避雷、電信及資訊/門禁管制、污水排水系統、火警/避難/廣播))	預定進度											第二次送審審查中
	實際進度											
9 接地/避雷系統施工計劃書送審	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
10 預埋管路、預留套管系統施工計劃書送審	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											
	預定進度											第三次送審審查中
	實際進度											

圖 4.6 案例 C 設計進度規劃

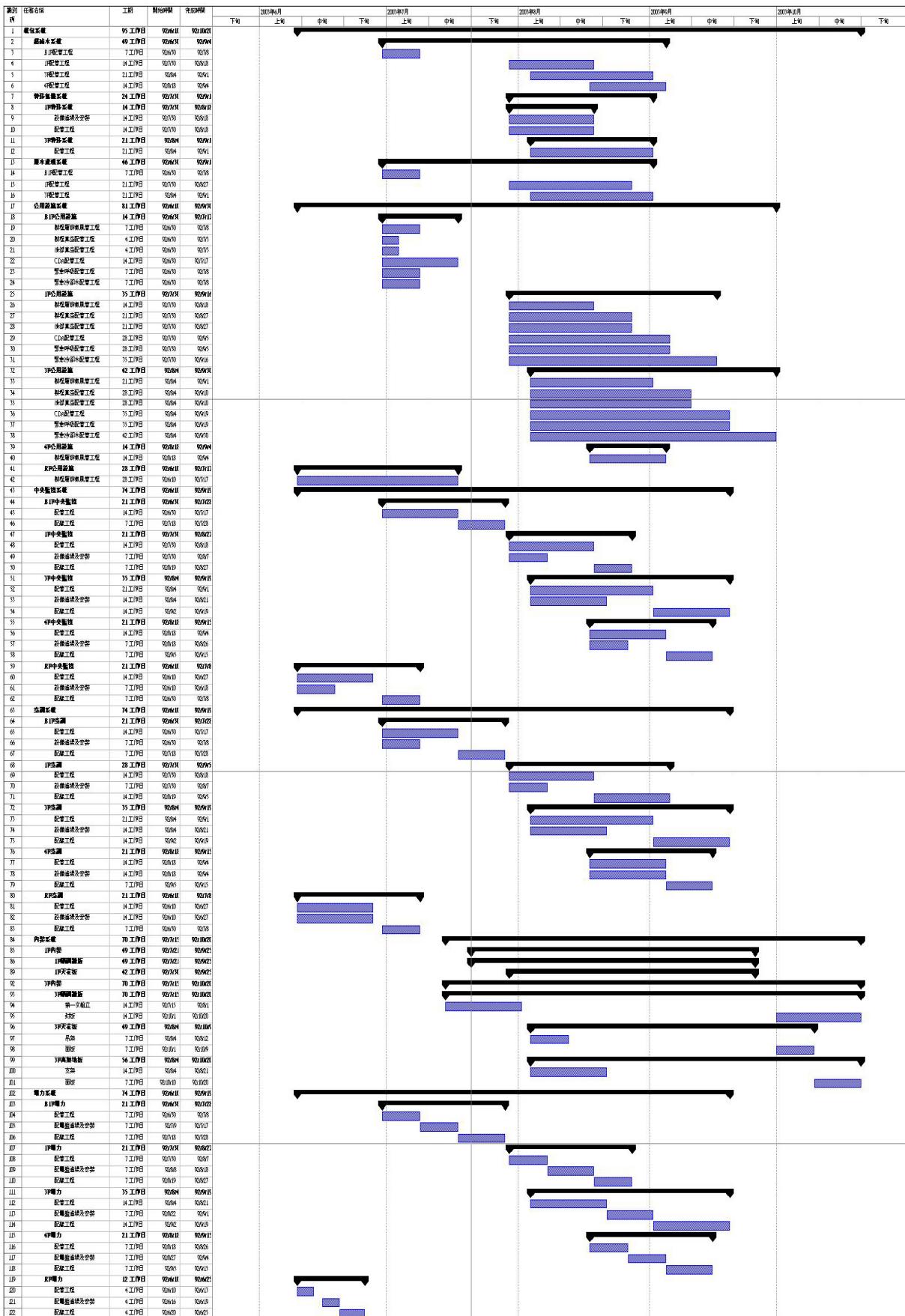


圖 4.7 案例 C 施工進度規劃

#### 4.1.4 案例 D

##### 1. 案例 D 專案背景

下表為專案背景資料：

表 4.4 案例 D 專案背景資料

工程所在地點	臺北縣
本工程概要	本工程為變電所新建工程，採統包方式辦理，工作範圍包括新設 161/23.9KV 60/60MVA 主變壓器一台 161/23.9-11.95KV 60/30/30MVA 主變壓器二台及所屬相關設備暨新建控制室乙棟（含水電、空調、消防等）及變電、配電設備基礎工程及景觀綠化等，以上設計、供應、施工、試驗及訓練之統包工程。
總工程經費	約 NT\$ 4 億 4 千萬
工程期限	工程期限 (2004.12.03~2007.01.21)，780 日曆天

##### 2. 進度規劃

###### 一、 設計進度規劃：

本專案之設計進度規劃是先確認業主之需求，透過概念協商以配合基本設計，因為本案之承包商已有多次類似工程之經驗，故皆以工程師過去之設計經驗推估設計階段時程，包括綠建築、建照及五大管線之審查等行政作業程式，再以桿狀圖之方式展現設計時程。而本統包專案之設計作業包含了土建及機電工程，且各分屬不同公司設計，故公司間的溝通更顯重要，如設計上有資訊傳遞及回饋（如訊息傳遞錯誤、設計考量疏忽等）時，則透過密集或定時的開會溝通討論解決。

###### 二、 施工進度規劃：

而施工進度之規劃則是以過去之施工經驗及初步之設計成果來做評估，先建立施工作業項目，再安排施工順序及評估時程，其中亦採取重疊施工之方式縮短時程，如結構 RC 完成部份後，內部裝修工程便緊接著開始。

###### 三、 整體進度規劃：

在整體進度規劃上，會傾向先完成綠建築審查，再取得建照，並先完成五大管

線（污水、給水、瓦斯、電力、電信）及消防審核，讓工地現場能開工動工為原則，如圍籬、臨時工房等假設工程，或整地、開挖等先行作業，同時繼續後續設計作業，另外機電工程亦可於完成主要設備設計後，下訂單由廠商先行製造，藉由設計施工重疊之概念以縮短整體工程時程，本專案之進度規劃如圖 4.8 所示。



○○ 統包工程 工程進度表

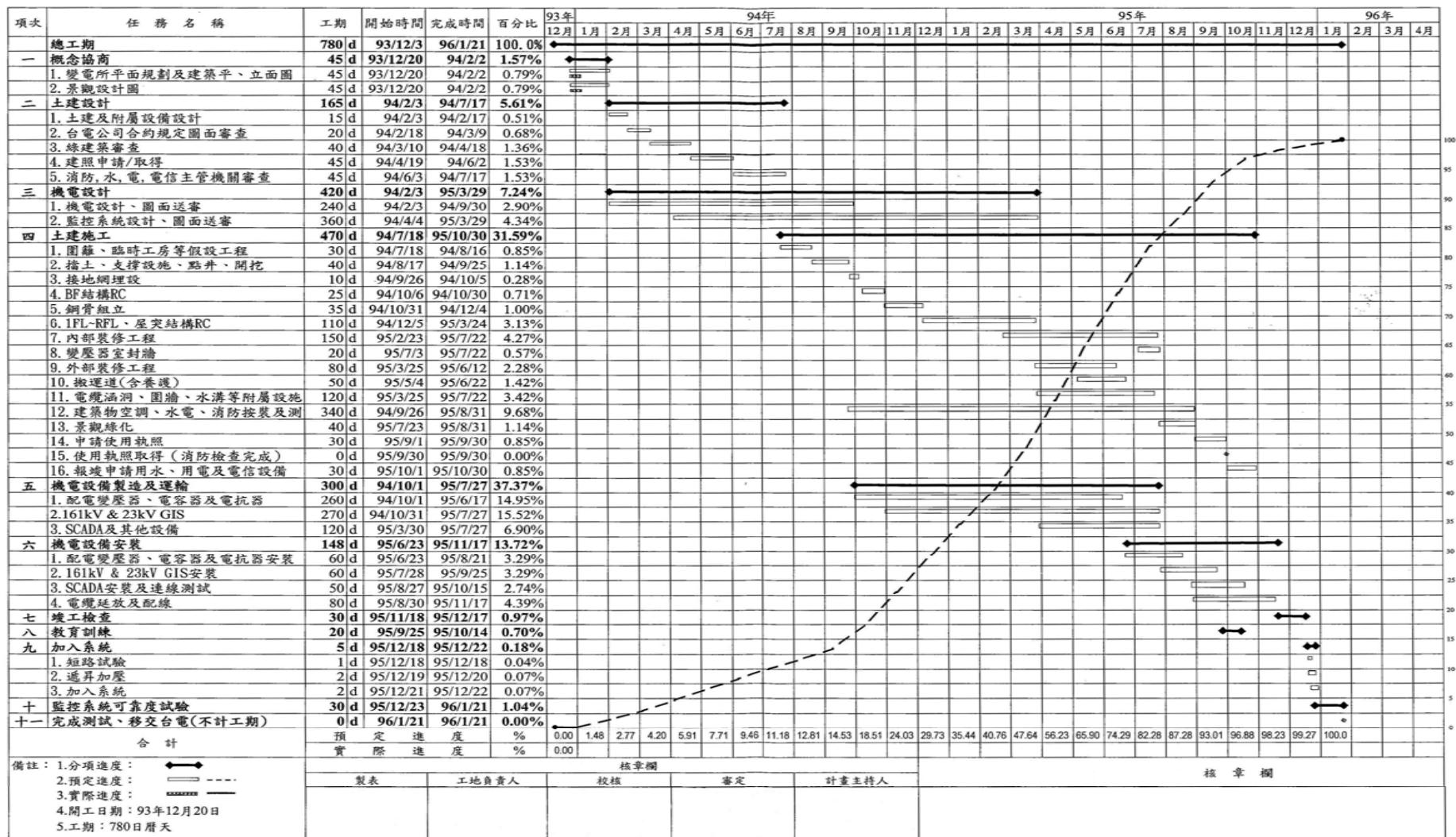


圖 4.8 案例 D 進度規劃

## 4.2 統包工程進度規劃之比較

本小節將對統包現況作整理，並針對上述幾個案例做統包工程進度規劃比較表（表 4.4），再針對各問題作各別之探討。

表 4.5 統包工程進度規劃比較

問題	案例 A		案例 B		案例 C		案例 D	
進度展示	設計	施工	設計	施工	設計	施工	設計	施工
	桿狀圖		桿狀圖		桿狀圖		桿狀圖	
如何分辨作業間之關聯性	工程師經驗判斷		工程師經驗判斷		工程師經驗判斷		工程師經驗判斷	
設計施工是否重疊	是		是		否		是	
設計作業間是否有回饋	有		有		有		有	
施工作業是否有回饋設計作業	設計會考量施工單位之施工能量及技術，施工單位也會隨時將意見回饋給設計單位		設計會參考施工單位之意見，以期施工性更好		設計會參考施工單位之意見，以期施工性更好		施工單位於設計時會提供意見	
進度規劃時是否特別考量回饋作業時程	否		否		否		否	
作業間有回饋時如何處理	依專案經理或專案團隊過去之經驗作溝通協調		每星期定期開會以解決回饋之問題		密集開協調會以解決回饋之問題		密集或定時的開會溝通討論解決	
如何預估各個作業及整個專案之時程	以 PCS 為工具，透過工程師之經驗做評估		工程師經驗評估		工程師經驗評估		工程師經驗評估	

#### 4.2.1 進度展示方式

由表 4.5 可知上述四個專案皆以桿狀圖來展示統包工程預定進度，桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點為，無法明確表明先後關係（尤其是設計作業與施工作業間之關係）、不易掌控各作業項目間之互動關係、不易追蹤作業進行情況對整體之影響，且不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作。

在統包工程中，為求時程所短效益，採用設計及施工重疊進行進度規劃，使得各作業之關聯性更趨複雜（與傳統發包方式相比，多了設計對施工及施工對設計之關係），而在現況統包工程中又常採用桿狀圖來展示預定進度，使得複雜的作業關聯性難以被處理及無法呈現交互耦合性作業，進而使統包商難以掌控整個專案進度。

#### 4.2.2 分辨作業間之關聯性

由表 4.5 可知上述四個專案皆以工程師經驗從桿狀圖中來分辨作業間之關聯性，並沒有一套系統性之方法來幫助分辨各作業間之關聯性，因此在關係複雜的作業間，容易因人為的經驗不同或疏忽，而沒有或難以將作業間所有的關聯性分辨出來，如此就不易掌控各作業項目間之互動關係、不易追蹤作業進行情況對整體之影響，且不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作。

#### 4.2.3 設計施工重疊

從上述專案訪談得知，大部分專案皆採用設計施工重疊之方式以求縮短工期，當設計單位及施工單位為同公司，且有統包工程經驗時，認為設計施工同步是比較容易執行的（與統包商之設計單位及施工單位為不同公司作比較），因為設計單位及施工單位同公司，設計單位充分掌握施工單位之施工能量及施工技術，所做的設計將可配合施工單位並在規劃初期可考量施工性（Constructability），以減少變更設計，且設計及施工介面減少使得協調容易，減去文來文往時間及設計施工互推責任之問題。

由前述案例亦可看出，當業主為公部門時，設計施工可能不是同步的，因為公部門之程式、法規等，比較不像私部門具有較大之彈性，因此設計須經過業主審查後才可施

工，也使得統包工程縮短時程之效益並不明顯，但設計與施工之互動關係仍是比傳統發包方式更好，如尚在設計階段時，重要採購作業可能已經在進行，或者施工單位先進場準備前置作業等，部分時程縮短之效益仍是存在的；而當業主為私部門時，設計雖然也要經過業主審查，但在時程的壓力下，只要設計概念符合業主需求，施工的部分就會緊接者進行，如此更可見時程縮短之效益，但採施工重疊邊設計邊施工之方式，將使設計及施工作業之關聯性更趨複雜，而使得統包商難以掌控整個專案。

#### 4.2.4 作業間之回饋（交互耦合性作業）

在統包工程中，作業間之回饋有以下二種狀況（如表 4.6 整理）：

(1) 設計作業間之相互回饋。

(2) 施工作業回饋至設計作業。

設計執行時，常常有作業間之相互回饋，這其中除了邏輯上的回饋（設計產出相互傳遞）外，還有可能是訊息傳遞錯誤或設計考量疏忽等因素導致重做（Rework）之回饋，而使得統包商難以評估回饋作業間之最早作業及作業間的順序，以致難以評估回饋作業間及整個專案之時程，而使統包商難以掌控整個專案之進度。

在傳統的發包模式中，設計單位比較少會考量到未來施工單位之技術、能量及施工性之問題，而等到發包施工後，施工單位回饋時，就是所謂的變更設計了，而這其中除了文來文往的時間，施工單位還要等待設計單位的新設計，之後還要變更合約，甚至再議價等，整個專案之時程就隨之延長了。

而在統包工程中，施工回饋設計可以分為二個部分：1.施工隨時將現況回饋設計，以使得後續的設計能更符合現況。2.因為設計錯誤或現況影響而無法施工等因素導致設計重作之回饋。

表 4.6 統包工程作業間回饋之說明

	回饋狀況	說明
1	設計作業間之相互回饋	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計產出相互傳遞的回饋。</li> <li>● 訊息傳遞錯誤或設計考量疏忽等因素而導致重做（Rework）之回饋。</li> </ul>

2	施工作業回饋至設計作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工隨時將現況回饋設計，以使得後續的設計能更符合現況。</li> <li>● 因為設計錯誤或現況影響而無法施工等因素而導致設計重做（Rework）之回饋。</li> </ul>
---	-------------	---

在上述案例中，都是以過去經驗判斷或密集的開會溝通協調，或在里程碑之前預留協調時間，以解決交互耦合性作業之時程問題，而這也意味著交互耦合性作業之進度是難以預測，甚至隨時會失控的，而本研究將則希望透過系統性的方式解決此一問題，避免人為之經驗不同，或考量之疏忽等而造成進度失控。

#### 4.2.5 作業及整個專案之時程

作業間之關聯性分為三種：獨立性作業（Parallel/Independent）、相依性作業（Sequential/Dependent）與交互耦合性作業（Coupled/Interdependent）。當關聯性為獨立性作業及相依性作業管控時，可針對個別作業進行時程計算及進度管控，但當關聯性為交互耦合性作業，在進行時程計算及進度管控時，需考慮二個或二個以上之相關作業之循環關係，使得時程計算及後續管控相當不易。

在統包工程中，交互耦合性作業是時常發生的，但由表 4.5 中可以看出，上述四個案例於進度規劃並無特別考量交互耦合性作業之時程，而當回饋發生時，工程師所估計之時程將失去準確性，而導致整個專案之進度難以掌控。

### 4.3 小結

現況統包工程為求時程效益，而採用設計施工重疊之方式來縮短時程，而這將使得設計及施工作業之關聯性更趨複雜，且大部分專案大都以桿狀圖來展示預定進度，使統包商無法明確分辨作業之關聯性、不易掌控各作業項目間之互動關係，且不易追蹤作業進行情況對整體之影響，而導致整個專案難以管控。

為使統包商能分辨設計、施工階段及各作業間複雜之關聯性，並判斷回饋作業及整個專案之時程，以利專案執行時之掌控，後續章節將建立一統包工程進度規劃模式以解決上述之問題。

# 第5章 統包工程進度規劃模式建立

本章說明以設計結構為矩陣基礎，建立一統包工程進度規劃模式，使統包商可以系統化的方法清楚辨識各作業間之關係，並能分辨交互耦合作業間之順序，進而能估算整個專案之時程。

## 5.1 統包工程進度規劃模式建立

本模式是以統包商之角度，針對統包商於執行進度規劃所遭遇之問題提出解決之道，就如先前研究問題所提的，統包商會遭遇下列三個問題：

1. 無法明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性。
2. 無法明確分辨各作業間之回饋關係。
3. 難以預估回饋作業及整個專案之時程。

本研究為解決上述三個問題，將以設計結構為矩陣為基礎，將統包工程各階段作業做分割、排序、割裂，以建立一合理之統包工程進度規劃模式，使統包商可以清楚辨識各作業間之關係，並能分辨交互耦合作業間之順序，而能排出整個專案之預定進度網圖，進而能估算整個專案之時程。下圖為統包工程進度規劃模式流程圖：

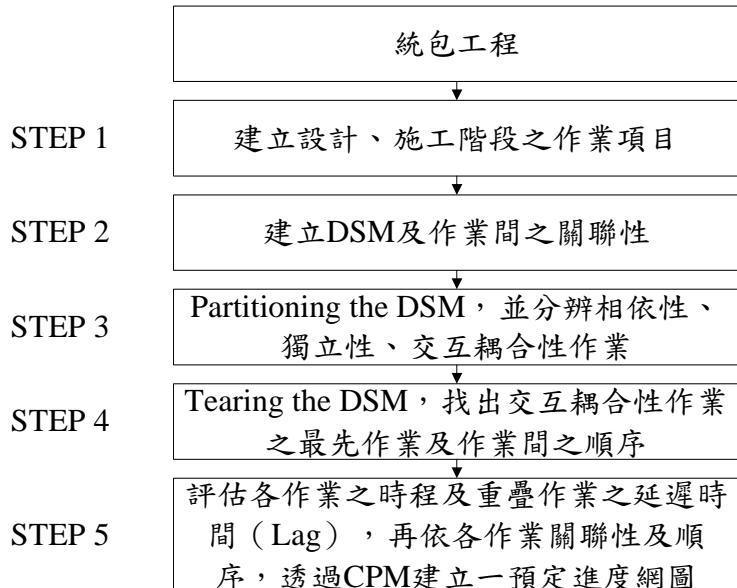


圖 5.1 統包工程進度規劃模式流程

本研究將統包工程進度規劃模式分為五個步驟，其中第一步驟（建立設計、施工階段之作業項目）、第二步驟（建立 DSM 及作業間之關聯性）及第三步驟（Partitioning the DSM，並分辨相依性、獨立性、交互耦合性作業）主要是為了使統包商能輕易的分辨各階段及各作業間複雜之關聯性，而第四步驟（Tearing the DSM，找出交互耦合性作業最先之作業及作業間之順序）則可使統包商分辨各作業間之回饋關係，並判斷回饋作業間之順序及提出管理策略，最後第五步驟（評估各作業之時程及重疊作業之延遲時間，再依各作業關聯性及順序，透過 CPM 建立一預定進度網圖）主要是依統包商預估之各作業時程，並依第二步驟所建立之關聯性評估重疊作業之延遲時間，進而預估整個專案之時程。

## 5.2 統包工程進度規劃模式流程各步驟說明

以下針對圖 5.1 所列之各步驟做說明，並以一虛擬案例說明。

1. 建立統包工程設計、施工階段之作業項目。



2. 建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之關聯性。

本研究以郭明祥（2005）及以 Yassine et al. (1999) 所提出之作業關聯性量化程度作為排程之基礎，但此二種方法主要是針對設計作業對設計作業間的關聯性作定義，而本研究是以統包工程之進度規劃作探討，多了設計作業對施工作業、施工作業對設計作業及施工作業對施工作業之關聯性，故本研究將關聯性定義為設計產出（設計作業對設計作業及設計作業對施工作業之關聯性）及施工產出（施工作業對設計作業及施工作業對施工作業之關聯性）之傳遞，其中設計產出主要包含圖說、設計參數、以及報告等（廖宗信 2004），而施工產出主要包含圖說、參數、報告、以及施工完成物等。

以下針對關聯性定義作進一步之說明。

此方法以敏感因子（Sensitivity）及變動因子（Variability）兩關聯因子作為評

估關聯性的準則，兩關聯因子及關聯性之定義如下：

A. 敏感因子表示當前置作業之產出變動時，對後置作業之影響程度，如表 5.1 所示。

表 5.1 敏感因子等級說明

等級	設計作業對設計作業之 Sensitivity 說明	
0	非常不重要( Weak )	後置設計作業的工作內容與前置作業之設計產出幾乎沒有關係
1	不重要 ( Not vital )	不需前置作業之設計產出，而仍可執行後續設計作業之大部分工作
2	重要 ( Vital )	需要前置作業之初步（或部分）設計產出，後置設計作業就可開始執行
3	非常重要 ( Extremely vital )	必定需要前置作業之完整（或完成）設計產出，後置作業方可進行設計工作
設計作業對施工作業之 Sensitivity 說明		
0	非常不重要( Weak )	後置設計作業的工作內容與前置作業之設計產出幾乎沒有關係
1	不重要 ( Not vital )	不需前置作業之設計產出，而仍可執行後續設計作業之大部分工作
2	重要 ( Vital )	需要前置作業之初步（或部分）設計產出，後置設計作業就可開始執行
3	非常重要 ( Extremely vital )	必定需要前置作業之完整（或完成）設計產出，後置作業方可進行設計工作
等級	施工作業對設計作業之 Sensitivity 說明	
0	非常不重要( Weak )	後置設計作業的工作內容與前置施工作業產出之訊息幾乎沒有關係
1	不重要 ( Not vital )	不需前置施工作業產出之訊息，而仍可執行設計作業之大部分工作
2	重要 ( Vital )	需要前置施工作業產出之初步（或部分）訊息，後置設計作業就可開始執行
3	非常重要 ( Extremely vital )	必定需要前置施工作業產出之完整（或完成）訊息，後置作業方可進行設計工作
等級	施工作業對施工作業之 Sensitivity 說明	
0	非常不重要( Weak )	後置施工作業的工作內容與前置施工作業幾乎沒有關係
1	不重要 ( Not vital )	不需等待前置施工作業執行，而仍可執行後置施工作業之大部分工作
2	重要 ( Vital )	需要等待前置施工作業完成初步（或部分）工作，後置施工作業就可開始執行
3	非常重要 ( Extremely vital )	必定需要前置施工作業執行完成，後置施工作業方可進行

修改自：Yassine et al. 1999

B. 變動因子表示在尚未得知前置作業之產出時，後置作業預測前置作業產出的誤差程度，如表 5.2 所示。

表 5.2 變動因子等級說明

等級	設計作業對設計作業之 Variability 說明	
0	非常確定 (Definite)	前置作業之設計產出是完全可預測的
1	確定 (Confident)	前置作業之設計產出是高度可預測的 (90%)
2	不確定 (Uncertain)	對於前置作業之設計產出能預測出一個較可能的範圍結果，但無法斷定哪個結果是最可能的
3	非常不確定 (Extremely uncertain)	完全無法預測出前置設計作業產出之可能的範圍
等級	設計作業對施工作業之 Variability 說明	
0	非常確定 (Definite)	前置作業之設計產出是完全可預測的
1	確定 (Confident)	前置作業之設計產出是高度可預測的 (90%)
2	不確定 (Uncertain)	對於前置作業之設計產出能預測出一個較可能的範圍結果，但無法斷定哪個結果是最可能的
3	非常不確定 (Extremely uncertain)	完全無法預測出前置設計作業產出之可能的範圍
等級	施工作業對設計作業之 Variability 說明	
0	非常確定 (Definite)	前置施工作業之產出是完全可預測的
1	確定 (Confident)	前置施工作業之產出是高度可預測的 (90%)
2	不確定 (Uncertain)	對於前置施工作業之產出能預測出一個較可能的範圍結果，但無法斷定哪個結果是最可能的
3	非常不確定 (Extremely uncertain)	完全無法預測出前置施工作業產出之可能的範圍
等級	施工作業對施工作業之 Variability 說明	
0	非常確定 (Definite)	前置施工作業之產出是完全可預測的
1	確定 (Confident)	前置施工作業之產出是高度可預測的 (90%)
2	不確定 (Uncertain)	對於前置施工作業之產出能預測出一個較可能的範圍結果，但無法斷定哪個結果是最可能的
3	非常不確定 (Extremely uncertain)	完全無法預測出前置施工作業產出之可能的範圍

修改自：Yassine et al. 1999

C. 在各自得知敏感因子及變動因子的程度後，將敏感因子及變動因子相乘後所得之積表示為作業間的關聯性程度，亦即表示對前置作業產出之依賴程度。

例如，當後置作業必須前置作業執行完成之產出（敏感因子為 3），但前置作業之產出是完全可預測的（變動因子為 0），則此關聯性程度是微弱的（關聯

性為 0)，就是說後置作業對前置作業之產出可高度預測之基礎下，進而可以提前進行；相對的，當後置作業必須前置作業執行完成之產出（敏感因子為 3），且但前置作業之產出是完全不可預測的（變動因子為 3），則此關聯性程度是強大的（關聯性為 9）；以此類推關聯性等級之區間為 0 到 9 (0、1、2、3、4、6 and 9)。

此外，因 DSM 所呈現出的作業關係為獨立性作業及相依性作業，並無法呈現出重疊性作業之關係，如圖 5.2 所示，結構體動工 96 天後帷幕牆工作才可以開始，故本研究將關聯性程度分為低度關聯、中度關聯、及高度關聯等三類，如表 5.3 所示，因而各自產生三種作業關係：

同時性作業：同時性作業表示後置作業對前置作業產出之依賴程度低，因此將兩作業視為可以同時開始進行之作業。

重疊性作業：重疊性作業表示後置作業必須等待前置作業之部份產出，而後此兩作業便能重疊進行。

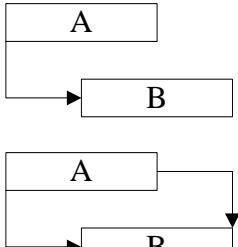
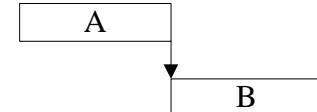
順序性作業：順序性作業表示後置作業必須等待前置作業之工作全部完成後方可進行。



圖 5.2 重疊性作業示意

表 5.3 作業關聯性程度說明

關聯性程度	關聯性程度描述		圖示
0、1	低度關聯	同時性作業	<div style="text-align: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">A</div> <div style="margin: 0 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">B</div> </div> </div>

2、3、4、6	中度關聯	重疊性作業	
9	高度關聯	順序性作業	

資料來源：郭明祥 2005

以設計作業（1、2、3、4）及施工作業（A、B、C、D）建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之敏感因子（Sensitivity）及變動因子（Variability）（如圖 5.3 所示）。

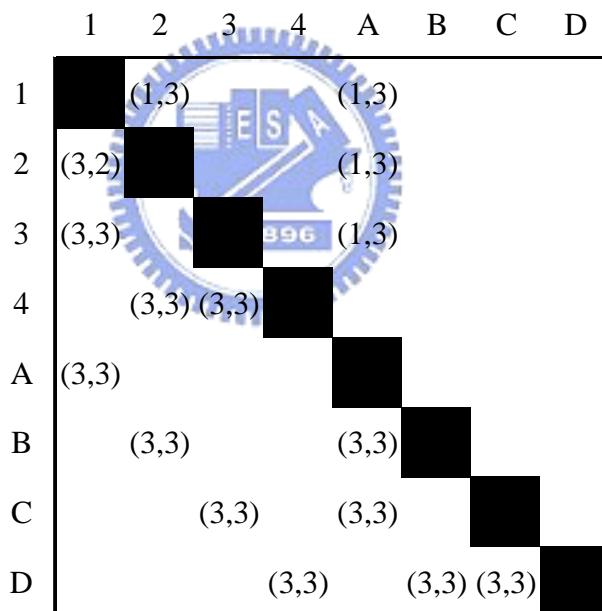


圖 5.3 各作業間之（Sensitivity，Variability）

- 分割設計結構矩陣（Partitioning the DSM），使各作業可以得到初步之排序，並找出交互耦合性作業（Coupled/Interdependent）。

將圖 5.3 之設計結構矩陣做分割，可以得到初步之排序，並分辨出 1、2、A 為交互耦合性作業（如圖 5.4 所示）。

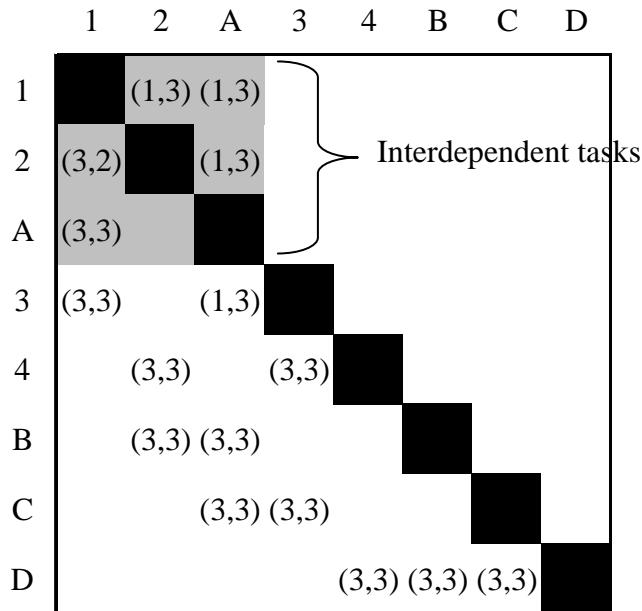


圖 5.4 分割完成

4. 割裂設計結構矩陣 (Tearing the DSM)，找出交互耦合性作業間最先之作業及作業間之順序。

本研究以 Yassine et al. (1999) 所提出的割裂方式為基礎，作為割裂交互耦合作業之方法，當交互耦合作業重新排序後，將對角線上之關聯性移除，移除這些關聯性後，就無交互耦合作業了，如此就可依剩下之關聯性安排進度網圖，而這些移除之關聯性稱之為 tears，且移除這些關聯性必須做一些假設及評估，以下針對割裂的方式作進一步之說明。

割裂主要是針對交互耦合性作業 (1、2、A 作業) 做割裂的動作，依專家判斷確立交互耦合性作業間之 Sensitivity、Variability 相乘之值作為關聯性，作業 1、2、A 間之關聯性如圖 5.5 所示。

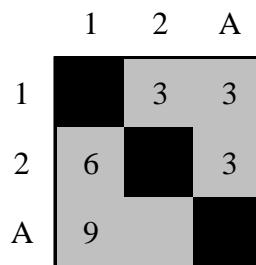


圖 5.5 交互耦合性作業間之關聯性

再以  $P_i$  值找出交互耦合性作業之最先作業， $P_i$  值之說明如下：

$$P_i = B_{ii} / B_{oi}.$$

$B_{ii}$  為作業  $i$  列關聯性 (Sensitivity \* Variability) 之和。

$B_{oi}$  為作業  $i$  行關聯性 (Sensitivity \* Variability) 之和。

其中  $P_i$  最小的為最先作業，因為在交互耦合作業中，各個作業間之產出傳遞為循環之狀況，最先作業於執行時，仍需要其他作業之產出，但此時其他作業尚未開始執行，所以必須做一些假設和評估，而我們希望假設和評估是愈少的或容易的愈好，故  $B_{ii}$  愈小表示假設和評估愈少或愈容易；相對的，作業之  $B_{oi}$  愈大表示假設和評估是較多的或不易的，所以我們並不希望這些關係成為 tears，所以作業之  $P_i$  值最小，意味著此作業於執行時之假設和評估為最少或最容易的，及此作業於執行時之產出是難以假設和評估的，故作業之  $P_i$  最小的為最先作業。

將找出的最先作業之所有關係由交互耦合作業中移開，如所剩下之作業仍是交互耦合作業，則在剩下之作業中重新計算最小之  $P_i$  值為最先作業，如此類推便可將所有作業重新排序。另外如果  $P_i$  值一樣小時，則先依  $B_{ii}$  最小，再依  $B_{oi}$  最大之原則來選擇最先作業，如果還是相等，則可從中任意選擇。

作業 1、2、A 之  $P_i$  值比較如表 5.4 所示，由表中之  $P_i$  值比較，可以找出作業 1 為最先作業，再將作業 1 的關係由交互耦合性作業中移開後，可以清楚的分辨出作業 A 為作業 2 之前置作業，其順序依序為作業 1、A、2。

表 5.4  $P_i$  值比較及最先作業

作業	$B_{ii}$	$B_{oi}$	$P_i$	順序
1	6	15	0.40	1
2	9	3	3.00	-
A	9	6	1.50	-

重新排列之 DSM 如圖 5.6 所示。

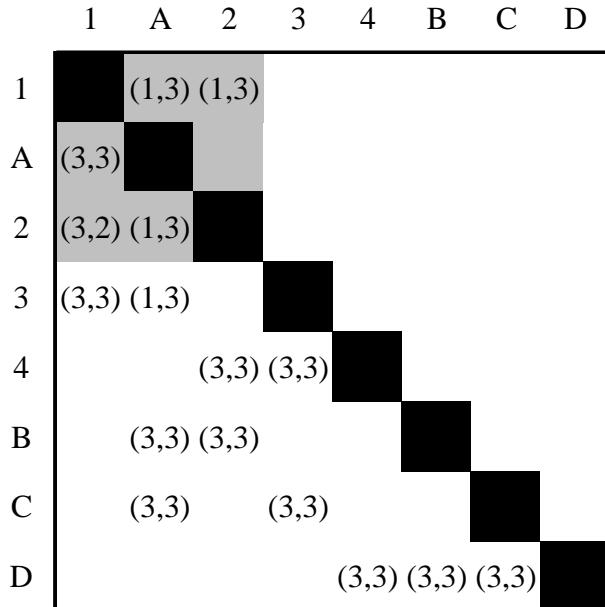


圖 5.6 割裂完成

而當要移除對角線上之“tears”（ $A \rightarrow 1$ 、 $2 \rightarrow 1$ ）時，必須做一些假設及評估，而我們將採取一些管理上的策略以解決此問題，如表 5.5 所示。

表 5.5 tears 之關聯性等級及管理策略說明

等級	管理策略
0、1	關係微弱，忽略不計
2、3、4	關聯性較強，移除此關聯時需謹慎作假設及評估，且於進度規劃時應將可能之 Rework 時程納入考量。
6、9	組織多功能團隊或重新定義作業及納入同步工程概念，以降低 Sensitivity 及 Variability，使得關聯性低於 6，再以 0~4 的管理策略處理。

修改自：Yassine et al. 1999

管理策略：

- ◆ 作業  $A \rightarrow$  作業 1：視為重疊性作業，前置施工作業產出之初步（或部分）訊息（對後置作業發展有用的），應儘快傳遞給後置作業。
- ◆ 作業  $2 \rightarrow$  作業 1：視為重疊性作業，前置作業之初步（或部分）設計產出（對後置作業發展有用的），應儘快傳遞給後置作業。

5. 評估各作業之時程及重疊作業之延遲時間 (Lag)，再依步驟 1-4 所完成之各作業關聯性及順序，透過 CPM 建立一預定進度網圖。

先評估各作業（設計作業：1、2、3、4；施工作業：A、B、C、D）之時程。而其中作業 1→作業 2（關聯性為 6）、作業 A→作業 2（關聯性為 3）、作業 A→作業 3（關聯性為 3）屬重疊性作業（如表 5.3 所分類，關聯性 2~6 視為重疊性作業），而當要預估重疊作業之時程時，可依敏感因子、變動因子及關聯性來預估重疊作業間之延遲時間，我們由敏感因子、變動因子來決定依賴前置作業產出百分比及前置作業產出不可預測百分比，其說明如下：

- 依賴前置作業產出百分比表示前置作業需完成多少百分比後，後置作業方可開始，其相對於敏感因子之說明如表 5.6 所示。
- 前置作業產出不可預測百分比表示後置作業依賴前置作業產出之不可預測百分比，其相對於變動因子之說明如表 5.7 所示。

表 5.6 依賴前置作業產出百分比相對於敏感因子等級說明

敏感因子	依賴前置作業產出百分比	說明
0	0%	前置作業與後置作業幾乎可以同時開始
1	10%	前置作業完成 10% 後，後置作業方可開始
2	10~100%	前置作業完成 10~100%（可依不同作業間之關係而調整）後，後置作業方可開始
3	100%	前置作業需完成後，後置作業方可開始

表 5.7 前置作業產出不可預測之百分比相對於變動因子等級說明

變動因子	前置作業產出不可預測百分比	說明
0	0%	前置作業之產出可完全預測
1	10%	前置作業之產出是高度可預測的（90%）
2	10~100%	前置作業之產出能預測出一個較可能的範圍結果，可依不同作業間之關係而調整。
3	100%	前置作業之產出幾乎無法預測

將依賴前置作業產出百分比及前置作業產出不可預測百分比相乘後就可以得到對前置作業之延遲比例，而將延遲比例乘上前置作業工期就可以得到延遲時間（Lag），我們以作業 1→作業 2（敏感因子為 3、變動因子為 2 及關聯性為 6）來說明，敏感因子 3 相對之依賴前置作業產出百分比為 100%，變動因子 2 相對前置作業產出不可預測百分比假設為 50%，將其相乘後得到延遲比例為 50%（100% \* 50%），再將延遲比例 50% 乘上前置作業 A 之工期即可得到延遲時間，如下圖所示。

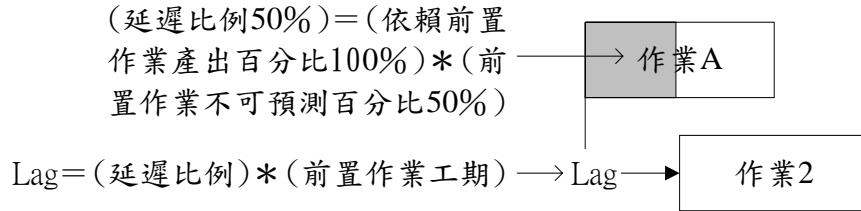


圖 5.7 重疊作業延遲時間之預估

需注意的是，本模式在推測延遲時間時，是假設工期及作業完成百分比為線性關係，當套用此模式時，應依不同之作業狀況而有所調整。

在預估完各作業時程及重疊作業之延遲時程後，再依所完成之各作業關聯性及順序（如圖 5.6 所示）建立預定進度網圖，如圖 5.8 所示，如此我們便可預估整個專案之時程，而網圖中作業 1、2、A 為交互耦合作業，及另二處虛線（割裂動作所移除之 tears），則為進度管控之重點。

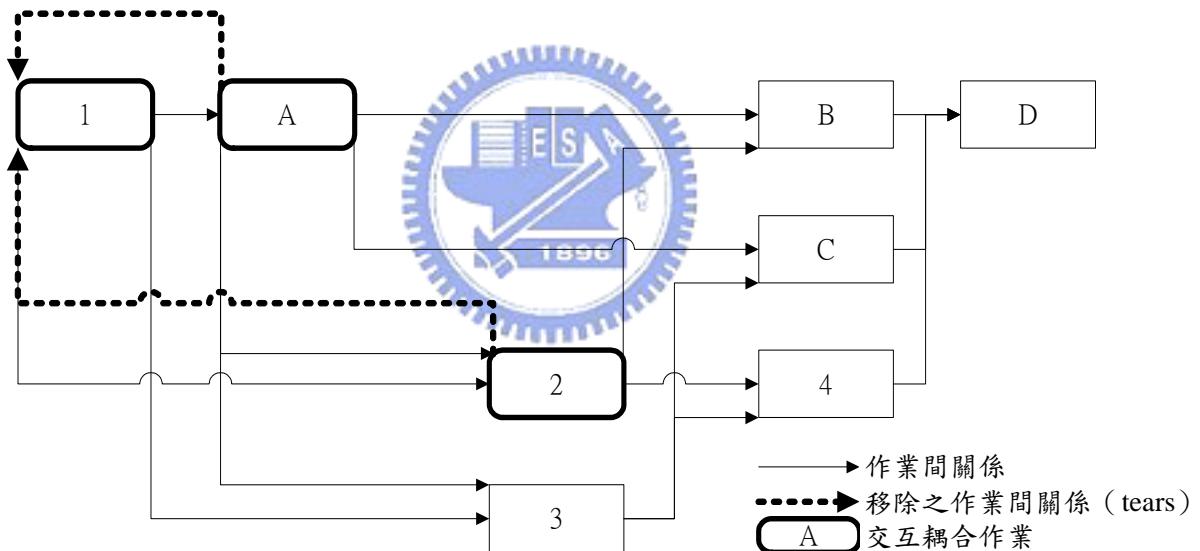


圖 5.8 預定進度網圖

### 5.3 小結

由前述建立的統包工程進度規劃模式，承包商可透過 DSM 辨別出各作業間之關聯性，透過割裂的方式處理交互耦合作業，將交互耦合作業重新排列，解決交互耦合作業時程難以預估之問題，並對移除之關係提出管理策略，另外針對 DSM 無法呈現之重疊性作業，本研究透過敏感因子、變動因子提出呈現之方式，模式最後透過 CPM 展示整個進度規劃網圖，以預估整個專案之時程。

## 第6章 案例展示

本章將依前章所建立之統包工程進度規劃模式以二個實際案例（第4章所提之案例C、案例D）套用展示，所得之進度網圖，可提供統包商於工程執行時，更有利於進度之掌控，另將案例展示之狀況與該案例實際執行之情形進行比較分析。

### 6.1 案例 C

1. 建立統包工程設計、施工階段之作業項目。

將統包工程之設計及施工作業項目列出。

設計作業：D 超純水、D 廢水、D 氣體、D 製程真空、D 低真空集塵、D 呼吸、  
D 壓縮空氣、D 製程冷卻水、D 廢氣、D 監控、D 潔淨室內裝、D  
電力、D 潔淨室空調、D 特消。

施工作業：C 超純水、C 廢水、C 氣體、C 製程真空、C 低真空集塵、C 呼吸、  
C 壓縮空氣、C 製程冷卻水、C 廢氣、C 監控、C 潔淨室內裝、C  
電力、C 潔淨室空調、C 特消。

2. 建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之關聯性。

以設計作業及施工作業建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之關聯性（如圖 6.1 所示）。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
D	超純水	1	(0,1)					(2,1)		(3,2)	(2,2)																		
D	廢水	2	(2,2)								(3,2)																		
D	氣體	3	(2,1)						(1,1)			(3,2)																	
D	製程真空	4														(3,2)													
D	低真空集塵	5														(3,2)													
D	呼吸	6														(3,2)													
D	壓縮空氣	7	(2,1)	(2,1)	(2,0)						(2,0)				(3,2)			(2,1)											
D	製程冷卻水	8									(2,1)					(3,2)													
D	廢氣	9														(3,2)													
D	監控	10	(3,3)	(3,3)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,3)												
D	潔淨室內裝	11																											
D	潔淨室電力	12	(2,2)	(2,2)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,2)	(2,1)											
D	潔淨室空調	13																(2,2)											
D	特消	14																											
C	超純水	15	(3,3)																										
C	廢水	16	(3,3)																										
C	氣體	17		(3,3)																									
C	製程真空	18																											
C	低真空集塵	19																											
C	呼吸	20																											
C	壓縮空氣	21																											
C	製程冷卻水	22																											
C	廢氣	23																											
C	監控	24																											
C	潔淨室內裝	25																											
C	潔淨室電力	26																											
C	潔淨室空調	27																											
C	特消	28																											

圖 6.1 案例 C 設計結構矩陣

3. 分割設計結構矩陣 (Partitioning the DSM)，使得各作業得以排序。

將圖 6.1 之設計結構矩陣做分割，可以得到初步之排序，並分辨出作業 1、2、

3、7、8、13 為交互耦合性作業（如圖 6.2 所示）。

		11	4	5	6	9	14	25	1	2	3	7	8	13	18	19	20	23	28	10	15	16	17	21	22	27	12	24	26
D	潔淨室內裝	11																											
D	製程真空	4	(3,2)																										
D	低真空集塵	5	(3,2)																										
D	呼吸	6	(3,2)																										
D	廢氣	9	(3,2)																										
D	特消	14	(2,2)																										
C	潔淨室內裝	25	(3,3)																										
D	超純水	1	(3,2)																										
D	廢水	2	(3,2)																										
D	氣體	3	(3,2)																										
D	壓縮空氣	7	(3,2)																										
D	製程冷卻水	8	(3,2)																										
D	潔淨室空調	13	(3,2)																										
C	製程真空	18		(3,3)																									
C	低真空集塵	19			(3,3)																								
C	呼吸	20				(3,3)																							
C	廢氣	23					(3,3)																						
C	特消	28						(3,3)																					
D	監控	10	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)																						
C	超純水	15																											
C	廢水	16																											
C	氣體	17																											
C	壓縮空氣	21																											
C	製程冷卻水	22																											
C	潔淨室空調	27																											
D	潔淨室電力	12	(3,2)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)																					
C	監控	24																											
C	潔淨室電力	26																											

圖 6.2 案例 C 設計結構矩陣分割完成

4. 割裂設計結構矩陣 (Tearing the DSM)，找出交互耦合性作業間最先之作業及作業間之順序。

割裂主要是針對交互耦合性作業 (1、2、3、7、8、13 作業) 做割裂的動作，依專家判斷確立交互耦合性作業間之 Sensitivity、Variability 相乘之值作為關聯性，作業 1、2、3、7、8、13 間之關聯性如圖 6.3 所示。

		1	2	3	7	8	13
D	超純水	1	0			2	4
D	廢水	2	4				
D	氣體	3	2		1		
D	壓縮空氣	7	2	0		0	2
D	製程冷卻水	8			2		
D	潔淨室空調	13				2	

圖 6.3 案例 C Tearing 之關聯性 (1)

再以  $P_i$  值找出交互耦合性作業之最先作業，其中  $P_i$  最小的為最先作業，作業 1、2、3、7、8、13 之  $P_i$  值比較如表 6.1 所示，由表中之  $P_i$  值比較，可以找出作業 13 (D 潔淨室空調) 為最先作業。

表 6.1 案例 C Tearing  $P_i$  值 (1)

作業	Bl <sub>i</sub>	BO <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	順序
1	6	8	0.75	-
2	4	2	2.00	-
3	3	1096	$\infty$	-
7	6	3	2.00	-
8	2	4	0.50	-
13	2	6	0.33	1

將作業 13 的關係由交互耦合性作業中移開，如圖 6.4 所示，所剩之作業 1、2、3、7、8 仍屬交互耦合作業，所以必須再計算作業 1、2、3、7、8 之  $P_i$  值，以找出其最先作業，由表 6.2 中可知作業 13 (D 超純水) 為最先作業。

		1	2	3	7	8
D	超純水	1	0			2
D	廢水	2	4			
D	氣體	3	2		1	
D	壓縮空氣	7	2	0		0
D	製程冷卻水	8			2	

圖 6.4 案例 C Tearing 之關聯性 (2)

表 6.2 案例 C Tearing Pi 值 (2)

作業	BIi	BOi	Pi	順序
1	2	8	0.25	1
2	4	2	2.00	-
3	3	0	$\infty$	-
7	4	3	1.33	-
8	2	2	1.00	-

將作業 1 的關係由交互耦合性作業中移開，如圖 6.5 所示，所剩之作業 2、3、7、8 中，可以清楚看出作業 2 (D 磨水) 並無 BIi 值，故作業 2 在所剩之作業中屬最先作業。



		2	3	7	8
D	磨水	2			
D	氣體	3			
D	壓縮空氣	7	2	0	
D	製程冷卻水	8			2

圖 6.5 案例 C Tearing 之關聯性 (3)

將作業 2 的關係由交互耦合性作業中移開，如圖 6.6 所示，所剩之作業 3、7、8 仍屬交互耦合作業，所以必須再計算作業 3、7、8 之 Pi 值，以找出其最先作業，由表 6.3 中可知作業 7 (D 壓縮空氣) 為最先作業。而當再將作業 7 由交互耦合性作業中移開，所剩之作業 3、8 並無關聯，故不需再排序。

		3	7	8
D	氣體	3		
D	壓縮空氣	7	0	
D	製程冷卻水	8		2

圖 6.6 案例 C Tearing 之關聯性 (4)

表 6.3 案例 C Tearing Pi 值 (3)

作業	Bl <sub>i</sub>	Bo <sub>i</sub>	Pi	順序
3	1	0	$\infty$	-
7	0	3	0.00	1
8	2	0	$\infty$	-

割裂完成後，交互耦合作業重新排列依序為作業 13、1、2、7、3、8，如圖 6.7 所示。而當要移除對角線上之“tears”（ $2 \rightarrow 1$ 、 $3 \rightarrow 7$ 、 $8 \rightarrow 13$ 、 $8 \rightarrow 1$ 、 $8 \rightarrow 7$ ）時，必須做一些假設及評估，而我們將採取一些管理上的策略（表 5.5）以解決此問題，案例 C tears 之管理策略如表 6.4 所示。

表 6.4 案例 C tears 之管理策略

tears	關聯性等級	案例說明	管理策略
(D 磨水) $2 \rightarrow 1$ (D 超純水)	0 (0,1)	超純水系統與磨水處理系統之設計成果影響整個廠房運作關係很大，因此磨水處理系統設計之容納廢水量之資訊仍須傳遞給超純水系統確認	關係微弱，忽略不計
(D 氣體) $3 \rightarrow 7$ (D 壓縮空氣)	0 (2,0)	氣體供應系統必須將由壓縮空氣系統帶動氣動閥所需的氣體量資訊傳遞給壓縮空氣進行設計	關係微弱，忽略不計
(D 製程冷卻水) $8 \rightarrow 13$ (D 潔淨室空調)	2 (2,1)	製程冷卻水系統必須將所需之冰水量傳遞給潔淨室空調系統	執行 D 潔淨室空調作業時，需要 D 製程冷卻水之部分設計產出，因為此關聯性等級為 2 (2,1)，D 潔淨室空調作業可以高度預測 D 製程冷卻水之設計產出，故於作業執行時需加強溝通協調，以免 Rework 現象產生。
(D 製程冷卻水) $8 \rightarrow 1$ (D 超純水)	2 (2,1)	製程冷卻水系統必須將所需之超純水量傳遞給超純水系統	執行 D 超純水作業時，需要 D 製程冷卻水之部分設計產出，因為此關聯性等級為 2 (2,1)，D 超純水作業可以高度預測 D 製程冷卻水之設計產出，故於作業執行時需加強溝通協調，以免 Rework 現象產生。

(D 製程冷卻水) 8→7 (D 壓縮空氣)			0 (2,0)			製程冷卻水系統必須將帶動氣動閥所需的氣體量資訊傳遞給壓縮空氣進行設計			關係微弱，忽略不計																						
			11	4	5	6	9	14	25	13	1	2	7	3	8	18	19	20	23	28	10	15	16	17	21	22	27	12	24	26	
D	潔淨室內裝	11																													
D	製程真空	4	(3,2)																												
D	低真空集塵	5	(3,2)																												
D	呼吸	6	(3,2)																												
D	廢氣	9	(3,2)																												
D	特消	14	(2,2)																												
C	潔淨室內裝	25	(3,3)																												
D	潔淨室空調	13	(3,2)					(2,1)																							
D	超純水	1	(3,2)													(2,2)	(0,1)														
D	廢水	2	(3,2)														(2,2)														
D	壓縮空氣	7	(3,2)														(2,1)	(2,1)	(2,1)												
D	氣體	3	(3,2)														(2,1)		(1,1)												
D	製程冷卻水	8	(3,2)																(2,1)												
C	製程真空	18	(3,3)																												
C	低真空集塵	19			(3,3)																										
C	呼吸	20				(3,3)																									
C	廢氣	23					(3,3)																								
C	特消	28						(3,3)																							
D	監控	10	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)									(3,3)	(3,3)	(3,3)	(3,2)	(3,2)	(3,2)										
C	超純水	15															(3,3)														
C	廢水	16																(3,3)													
C	氣體	17																	(3,3)												
C	壓縮空氣	21																	(3,3)												
C	製程冷卻水	22																		(3,3)											
C	潔淨室空調	27																	(3,3)												
D	潔淨室電力	12	(3,2)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)									(2,2)	(2,2)	(2,2)	(2,1)	(2,1)	(2,1)									
C	監控	24																													
C	潔淨室電力	26																													

圖 6.7 案例 C 設計結構矩陣割裂完成

5. 評估各作業之時程及重疊作業之延遲時間，再依步驟 1-4 所完成之各作業關聯性及順序，透過 CPM 建立一預定進度網圖。

評估設計作業及施工作業之時程，如表 6.5 所示。

表 6.5 案例 C 設計作業及施工作業之需時

設計作業		施工作業	
作業名稱	作業需時(天)	作業名稱	作業需時(天)
D 超純水	45	C 超純水	180
D 廢水	45	C 廢水	120
D 氣體	45	C 氣體	180

D 製程真空	15	C 製程真空	90
D 低真空集塵	15	C 低真空集塵	90
D 呼吸	15	C 呼吸	120
D 壓縮空氣	15	C 壓縮空氣	120
D 製程冷卻水	15	C 製程冷卻水	90
D 廢氣	45	C 廢氣	120
D 監控	21	C 監控	90
D 潔淨室內裝	15	C 潔淨室內裝	75
D 潔淨室電力	30	C 潔淨室電力	60
D 潔淨室空調	45	C 潔淨室空調	90
D 特消	15	C 特消	45

再預估重疊作業（關聯性為 2、3、4 或 6）之延遲時間，如表 6.6 所示。

表 6.6 案例 C 重疊作業之延遲時間

ID	前置作業	作業需時(天)	ID	後置作業	敏感因子	變動因子	依賴前置作業產出百分比	前置作業產出不可預測百分比	延遲比例	延遲時間(天)
1	D 超純水	45	2	D 廢水	2	2	50%	50%	25%	11
1	D 超純水	45	3	D 氣體	2	1	50%	10%	5%	2
1	D 超純水	45	7	D 壓縮空氣	2	1	50%	10%	5%	2
1	D 超純水	45	12	D 潔淨室電力	2	2	50%	50%	25%	11
2	D 廢水	45	7	D 壓縮空氣	2	1	50%	10%	5%	2
2	D 廢水	45	12	D 潔淨室電力	2	2	50%	50%	25%	11
3	D 氣體	45	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	23
3	D 氣體	45	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	2
4	D 製程真空	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
4	D 製程真空	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
5	D 低真空集塵	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
5	D 低真空集塵	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
6	D 呼吸	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
6	D 呼吸	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
7	D 壓縮空氣	15	3	D 氣體	1	1	10%	10%	1%	0
7	D 壓縮空氣	15	8	D 製程冷卻水	2	1	50%	10%	5%	1
7	D 壓縮空氣	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
7	D 壓縮空氣	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
8	D 製程冷卻水	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
8	D 製程冷卻水	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
9	D 廢氣	45	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	23
9	D 廢氣	45	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	2
9	D 廢氣	45	13	D 潔淨室空調	2	1	50%	10%	5%	2
10	D 監控	21	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1
11	D 潔淨室內裝	15	1	D 超純水	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	2	D 廢水	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	3	D 氣體	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	4	D 製程真空	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	5	D 低真空集塵	3	2	100%	50%	50%	8

11	D 潔淨室內裝	15	6	D 呼吸	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	7	D 壓縮空氣	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	8	D 製程冷卻水	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	9	D 癢氣	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	10	D 監控	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	12	D 潔淨室電力	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	13	D 潔淨室空調	3	2	100%	50%	50%	8
11	D 潔淨室內裝	15	14	D 特消	2	2	50%	50%	25%	4
13	D 潔淨室空調	45	1	D 超純水	2	2	50%	50%	25%	11
13	D 潔淨室空調	45	7	D 壓縮空氣	2	1	50%	10%	5%	2
13	D 潔淨室空調	45	12	D 潔淨室電力	2	2	50%	50%	25%	11
14	D 特消	15	12	D 潔淨室電力	2	1	50%	10%	5%	1

再依所完成之各作業關聯性及順序（如圖 6.7 所示）建立預定進度網圖，如圖 6.8 所示，如此我們便可預估整個專案之時程，而網圖中作業 1、2、3、7、8、13 為交互耦合作業，及另五處虛線（割裂動作所移除之 tears），則為進度管控之重點。



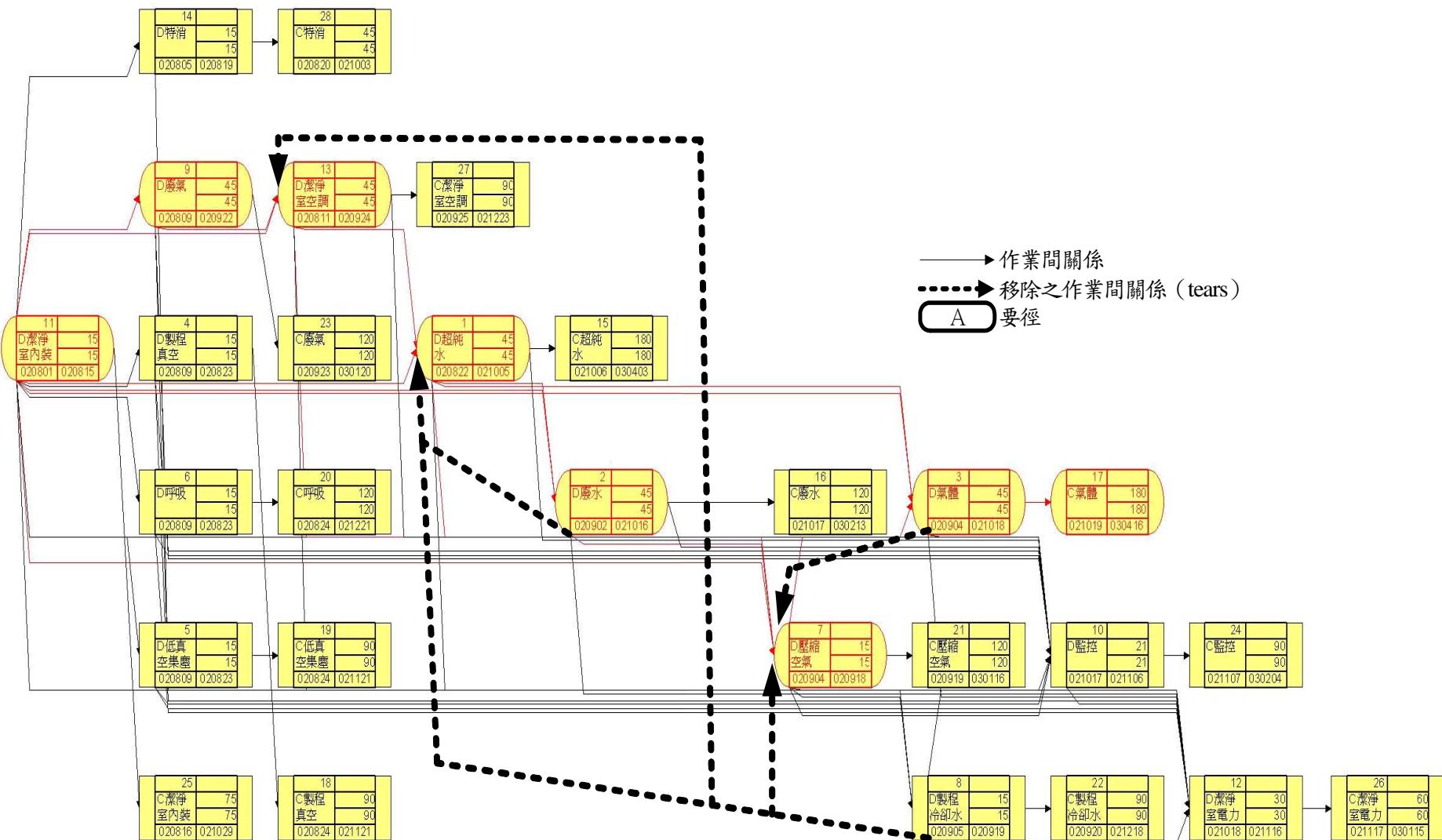


圖 6.8 案例 C 進度規劃網圖

## 6.2 案例 D

1. 建立統包工程設計、施工階段之作業項目。

將統包工程之設計及施工作業項目列出。

設計作業：D 溝通協調資料整理、D 初步設計及平立面審查、D 綠建築候選證書申請、D 建照掛件取得、D 土建及附屬設備設計、D 機電設計。

施工作業：C 圍籬，臨時工房等假設工程、C 挖土，支撐設施，點井，開挖、C 接地網埋設、CBF 結構 RC、C 鋼骨組立、C1FL-RFL，屋突結構 RC、C 內部裝修工程、C 變壓器室封牆、C 外部裝修工程、C 搬運道（含養護）、C 電纜涵洞，圍牆，水溝等附屬設施、C 建築物空調，水電，消防安裝、C 景觀綠化、C 配電變壓器，電容器及電抗器製造及運輸、C161kV & 23kV GIS 製造及運輸、CSCADA 及其他設備製造及運輸、C 配電變壓器，電容器及電抗器安裝、C161kV & 23kV GIS 安裝、CSCADA 安裝及連線測試、C 電纜延放及配線。

2. 建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之關聯性。

以設計作業及施工作業建立 DSM，並以專家判斷確立各作業間之關聯性（如圖 6.9 所示）。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
D 溝通協調資料整理	1																										
D 初步設計及平立面審查	2	(3,3)																									
D 綠建築候選證書申請	3		(3,3)																								
D 建照掛件取得	4			(3,3)		(2,3)	(1,3)																				
D 土建及附屬設備設計	5	(3,3)				(2,2)		(1,3)				(1,3)														(1,2)	
D 機電設計	6	(3,3)			(2,3)																						(1,2)
C 圍籬、臨時工房等假設工程	7			(3,3)	(3,3)																						
C 檻土、支撐設施、點井、開挖	8				(3,3)		(3,3)																				
C 接地網埋設	9					(1,3)		(3,3)																			
C BF結構RC	10					(3,3)			(3,3)																		
C 鋼骨組立	11					(3,3)						(3,3)															
C 1FL-RFL、屋突結構RC	12					(3,3)						(3,3)															
C 內部裝修工程	13					(3,3)							(2,3)														
C 變壓器室封牆	14					(3,3)							(2,3)														
C 外部裝修工程	15					(3,3)							(2,3)														
C 搬運道(含養護)	16					(3,3)	(3,3)																				
C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	17					(3,3)	(3,3)																				
C 建築物空調、水電、消防安裝	18						(2,3)					(2,3)															
C 景觀綠化	19					(3,3)													(2,3)								
C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運	20							(2,3)																			
C 161kV & 23kV GIS製造及運輸	21							(2,3)																			
C SCADA及其他設備製造及運輸	22							(2,3)																			
C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	23																		(3,3)								
C 161kV & 23kV GIS安裝	24																		(3,3)								(2,3)
C SCADA安裝及連線測試	25																		(3,3)								(2,3)
C 電纜延放及配線	26																		(3,3)	(2,3)						(2,3)	(2,3)

圖 6.9 案例 D 設計結構矩陣

3. 分割設計結構矩陣 ( Partitioning the DSM )，使得各作業得以排序。

將圖 6.9 之設計結構矩陣做分割，可以得到初步之排序，並分辨出作業 4、5、6、7、8、9、10、11、18 為交互耦合性作業（如圖 6.10 所示）。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	18	12	16	17	20	21	22	13	14	15	19	23	24	25	26
D 溝通協調資料整理	1																										
D 初步設計及平立面審查	2	(3,3)																									
D 綠建築候選證書申請	3		(3,3)																								
D 建照掛件取得	4			(3,3)		(2,3)	(1,3)																				
D 土建及附屬設備設計	5	(3,3)				(2,2)		(1,3)						(1,3)(1,2)													
D 機電設計	6	(3,3)			(2,3)									(1,2)													
C 圍籬、臨時工房等假設工程	7			(3,3)(3,3)																							
C 檻土、支撐設施、點井、開挖	8				(3,3)		(3,3)																				
C 接地網埋設	9					(1,3)		(3,3)																			
C BF結構RC	10				(3,3)			(3,3)																			
C 鋼骨組立	11				(3,3)									(3,3)													
C 建築物空調、水電、消防按裝	18					(2,3)			(2,3)																		
C 1FL-RFL、屋突結構RC	12				(3,3)									(3,3)													
C 搬運道(含養護)	16				(3,3)		(3,3)																				
C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	17				(3,3)		(3,3)																				
C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運	20					(2,3)																					
C 161kV & 23kV GIS 製造及運輸	21						(2,3)																				
C SCADA及其他設備製造及運輸	22					(2,3)																					
C 內部裝修工程	13				(3,3)										(2,3)												
C 變壓器室封牆	14				(3,3)										(2,3)												
C 外部裝修工程	15				(3,3)										(2,3)												
C 景觀綠化	19				(3,3)											(2,3)											
C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	23														(3,3)	(2,3)											
C 161kV & 23kV GIS 安裝	24															(3,3)			(2,3)								
C SCADA安裝及連線測試	25															(3,3)			(2,3)								
C 電纜延放及配線	26															(3,3)(2,3)									(2,3)(2,3)(2,3)		

圖 6.10 案例 D 設計結構矩陣分割完成

4. 割裂設計結構矩陣 (Tearing the DSM)，找出交互耦合性作業間最先之作業及作業間之順序。

割裂主要是針對交互耦合性作業 (4、5、6、7、8、9、10、11、18 作業) 做割裂的動作，依專家判斷確立交互耦合性作業間之 Sensitivity、Variability 相乘之值作為關聯性，作業 4、5、6、7、8、9、10、11、18 間之關聯性如圖 6.11 所示。

		4	5	6	7	8	9	10	11	18
D	建照掛件取得	4		6	3					
D	土建及附屬設備設計	5			4		3		3	2
D	機電設計	6		6						2
C	圍籬、臨時工房等假設工程	7	9	9						
C	擋土、支撐設施、點井、開挖	8		9		9				
C	接地網埋設	9			3		9			
C	BF結構RC	10		9				9		
C	鋼骨組立	11		9					9	
C	建築物空調、水電、消防安裝	18			6				6	

圖 6.11 案例 D Tearing 之關聯性 (1)

再以 Pi 值找出交互耦合性作業之最先作業，其中 Pi 最小的為最先作業，作業 4、5、6、7、8、9、10、11、18 之 Pi 值比較如表 6.7 所示，由表中之 Pi 值比較，可以找出作業 5 (D 土建及附屬設備設計) 為最先作業。

表 6.7 案例 D Tearing Pi 值 (1)

作業	BIi	BOi <sub>G</sub>	Pi	順序
4	9	9	1.00	-
5	12	48	0.25	1
6	8	16	0.50	-
7	18	9	2.00	-
8	18	12	1.50	-
9	12	9	1.33	-
10	18	15	1.20	-
11	18	3	6.00	-
18	12	4	3.00	-

將作業 5 的關係由交互耦合性作業中移開，如圖 6.12 所示，所剩之作業 4、6、7、8、9、10、11、18 仍屬交互耦合作業，所以必須再計算作業 4、6、7、8、9、10、11、18 之 Pi 值，以找出其最先作業，由表 6.8 中可知作業 6 (D 機電設計) 為最先作業。

				4	6	7	8	9	10	11	18
D	建照掛件取得	4		3							
D	機電設計	6									2
C	圍籬、臨時工房等假設工程	7	9								
C	擋土、支撐設施、點井、開挖	8				9					
C	接地網埋設	9		3			9				
C	BF結構RC	10						9			
C	鋼骨組立	11							9		
C	建築物空調、水電、消防按裝	18		6					6		

圖 6.12 案例 D Tearing 之關聯性 (2)

表 6.8 案例 D Tearing Pi 值 (2)

作業	BIi	BOi	Pi	順序
4	3	9	0.33	-
6	2	12	0.17	1
7	9	9	1.00	-
8	9	9	1.00	-
9	12	19	1.33	-
10	9	15	0.60	-
11	9	0	$\infty$	-
18	12	2	6.00	-

將作業 6 的關係由交互耦合性作業中移開，如圖 6.13 所示，所剩之作業 4、7、8、9、10、11、18 中，可以清楚看出所剩作業之順序依序為 4、7、8、9、10、11 和 18，至此割裂完成。

			4	7	8	9	10	11	18
D	建照掛件取得	4							
C	圍籬、臨時工房等假設工程	7	9						
C	擋土、支撐設施、點井、開挖	8		9					
C	接地網埋設	9			9				
C	BF結構RC	10				9			
C	鋼骨組立	11					9		
C	建築物空調、水電、消防安裝	18					6		

圖 6.13 案例 D Tearing 之關聯性 (3)

割裂完成後，交互耦合作業重新排列依序為作業 5、6、4、7、8、9、10、11、18，如圖 6.14 所示。而當要移除對角線上之“tears”（ $6 \rightarrow 5$ 、 $8 \rightarrow 5$ 、 $11 \rightarrow 5$ 、 $18 \rightarrow 5$ 、 $18 \rightarrow 6$ ）時，必須做一些假設及評估，而我們將採取一些管理上的策略（表 5.5）以解決此問題，案例 D tears 之管理策略如表 6.9 所示。

表 6.9 案例 D tears 之管理策略

tears	關聯性等級	案例說明	管理策略
(D 機電設計) $6 \rightarrow 5$ (D 土建及附屬設備設計)	4 (2,2)	機電設計之管線位置、管徑等設計產出，需傳遞給土建及附屬設備設計	因為此關聯性等級為 4 (2,2)，機電設計對土建及附屬設備設計之影響較大，雖可部分預測，但於土建及附屬設備設計執行時，應以資深工程師對機電設計作謹慎的假設及評估，除了加強溝通協調外，規劃時應將可能之 Rework 時程納入考量。
(C 擋土、支撐設施、點井、開挖) $8 \rightarrow 5$ (D 土建及附屬設備設計)	3 (1,3)	擋土、支撐設施、點井、開挖常受地質狀況之不確定性、地下水位變化及天候等影響而須有所改變，故需將這些資訊傳遞給土建及附屬設備設計	因為此關聯性等級為 3 (1,3)，擋土、支撐設施、點井、開挖對土建及附屬設備設計之影響雖小，但難以預測，故於土建及附屬設備設計執行時，應多加考量擋土、支撐設施、點井、開挖常受地質狀況之不確定性、地下水位變化及天候等影響，並於施工時應對現地狀況之變化作即時之應變，以免 Rework 而影響整體進度。

(C 鋼骨組立) 11→5 (D 土建及附屬設備設計)	3 (1,3)	鋼骨組立常因設計尺寸不一致、標示不清等影響而無法施作，故需將這些資訊傳遞給土建及附屬設備設計	於土建及附屬設備設計時，應加強對圖面一致性等之品管，並於施工時再做套圖確認，當有衝突時應立即修正。
(C 建築物空調、水電、消防按裝)18→5(D 土建及附屬設備設計)	2 (1,2)	建築物空調、水電、消防按裝於套圖時常有衝突，故需將這些資訊傳遞給土建及附屬	因為此關聯性等級為 2 (1,2)，建築物空調、水電、消防按裝對土建及附屬設備設計之影響雖小，且可部分預測，仍應以資深工程師於土建及附屬設備設計時，考量施作時可能之衝突而予以修正。
(C 建築物空調、水電、消防按裝)18→6(D 機電設計)	2 (1,2)	建築物空調、水電、消防按裝於套圖時常有衝突，故需將這些資訊傳遞給機電設計	因為此關聯性等級為 2 (1,2)，建築物空調、水電、消防按裝對機電設計之影響雖小，且可部分預測，仍應以資深工程師於機電設計時，考量施作時可能之衝突而予以修正。

		1	2	3	5	6	4	7	8	9	10	11	18	12	16	17	20	21	22	13	14	15	19	23	24	25	26
D 溝通協調資料整理	1																										
D 初步設計及平立面審查	2	(3,3)																									
D 綠建築候選證書申請	3		(3,3)																								
D 土建及附屬設備設計	5	(3,3)			(2,2)				(1,3)				(1,3)(1,2)														
D 機電設計	6	(3,3)		(2,3)													(1,2)										
D 建照掛件取得	4			(3,3)(2,3)(1,3)																							
C 圍籬、臨時工房等假設工程	7				(3,3)		(3,3)																				
C 檻土、支撐設施、點井、開挖	8				(3,3)			(3,3)																			
C 接地網埋設	9					(1,3)			(3,3)																		
C BF結構RC	10				(3,3)					(3,3)																	
C 鋼骨組立	11				(3,3)						(3,3)																
C 建築物空調、水電、消防按裝	18					(2,3)					(2,3)																
C 1FL-RFL、屋突結構RC	12				(3,3)							(3,3)															
C 搬運道(含養護)	16				(3,3)		(3,3)																				
C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	17				(3,3)		(3,3)																				
C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運	20					(2,3)																					
C 161kV & 23kV GIS製造及運輸	21					(2,3)																					
C SCADA及其他設備製造及運輸	22					(2,3)																					
C 內部裝修工程	13				(3,3)								(2,3)														
C 變壓器室封牆	14				(3,3)								(2,3)														
C 外部裝修工程	15				(3,3)								(2,3)														
C 景觀綠化	19				(3,3)									(2,3)													
C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	23													(3,3)	(2,3)												
C 161kV & 23kV GIS安裝	24													(3,3)	(2,3)												
C SCADA安裝及連線測試	25													(3,3)		(2,3)											
C 電纜延放及配線	26													(3,3)(2,3)											(2,3)	(2,3)	(2,3)

圖 6.14 案例 D 設計結構矩陣割裂完成

5. 評估各作業之時程及重疊作業之延遲時間，再依步驟 1-4 所完成之各作業關聯性及順序，透過 CPM 建立一預定進度網圖。

評估設計作業及施工作業之時程，如表 6.10 所示。

表 6.10 案例 D 設計作業及施工作業之需時

作業名稱	作業需時(天)	作業名稱	作業需時(天)
D 溝通協調資料整理	20	C 變壓器室封牆	20
D 初步設計及平立面審查	25	C 外部裝修工程	80
D 綠建築候選證書申請	40	C 搬運道(含養護)	50
D 建照掛件取得	45	C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	120
D 土建及附屬設備設計	90	C 建築物空調、水電、消防按裝	340
D 機電設計	420	C 景觀綠化	40
C 圍籬、臨時工房等假設工程	30	C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運輸	260
C 檔土、支撐設施、點井、開挖	40	C161kV & 23kV GIS 製造及運輸	270
C 接地網埋設	10	CSCADA 及其他設備製造及運輸	120
CBF 結構 RC	25	C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	60
C 鋼骨組立	35	C161kV & 23kV GIS 安裝	60
C1FL-RFL、屋突結構 RC	110	CSCADA 安裝及連線測試	50
C 內部裝修工程	150	C 電纜延放及配線	80

再預估重疊作業（關聯性為 2、3、4 或 6）之延遲時間，如表 6.11 所示。

表 6.11 案例 D 重疊作業之延遲時間

ID	前置作業	作業需時(天)	ID	後置作業	敏感因子	變動因子	依賴前置作業產出百分比	前置作業產出不可預測百分比	延遲比例	延遲時間(天)
5	D 土建及附屬設備設計	90	4	D 建照掛件取得	2	3	50%	100%	50%	45
5	D 土建及附屬設備設計	90	6	D 機電設計	2	3	50%	100%	50%	45
6	D 機電設計	420	4	D 建照掛件取得	1	3	10%	100%	10%	42
6	D 機電設計	420	9	C 接地網埋設	1	3	10%	100%	10%	42
6	D 機電設計	420	18	C 建築物空調、水電、消防按裝	2	3	50%	100%	50%	210
6	D 機電設計	420	20	C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運輸	2	3	50%	100%	50%	210
6	D 機電設計	420	21	C161kV & 23kV GIS 製造及運輸	2	3	50%	100%	50%	210
6	D 機電設計	420	22	CSCADA 及其他設備製造及運輸	2	3	50%	100%	50%	210
10	CBF 結構 RC	25	18	C 建築物空調、水電、消防按裝	2	3	50%	100%	50%	13

12	C1FL-RFL、屋突結構 RC	110	13	C 內部裝修工程	2	3	50%	100%	50%	55
12	C1FL-RFL、屋突結構 RC	110	14	C 變壓器室封牆	2	3	50%	100%	50%	55
12	C1FL-RFL、屋突結構 RC	110	15	C 外部裝修工程	2	3	50%	100%	50%	55
17	C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	120	19	C 景觀綠化	2	3	50%	100%	50%	60
17	C 電纜涵洞、圍牆、水溝等附屬設施	120	26	C 電纜延放及配線	2	3	50%	100%	50%	60
20	C 配電變壓器、電容器及電抗器製造及運輸	260	23	C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	2	3	50%	100%	50%	130
21	C161kV & 23kV GIS 製造及運輸	270	24	C161kV & 23kV GIS 安裝	2	3	50%	100%	50%	135
22	CSCADA 及其他設備製造及運輸	120	25	CSCADA 安裝及連線測試	2	3	50%	100%	50%	60
23	C 配電變壓器、電容器及電抗器安裝	60	26	C 電纜延放及配線	2	3	50%	100%	50%	30
24	C161kV & 23kV GIS 安裝	60	26	C 電纜延放及配線	2	3	50%	100%	50%	30
25	CSCADA 安裝及連線測試	50	26	C 電纜延放及配線	2	3	50%	100%	50%	25

再依所完成之各作業關聯性及順序（如圖 6.14 所示）建立預定進度網圖，如圖 6.15 所示，如此我們便可預估整個專案之時程，而網圖中作業 5、6、4、7、8、9、10、11、18 為交互耦合作業，及另五處虛線（割裂動作所移除之 tears），則為進度管控之重點。

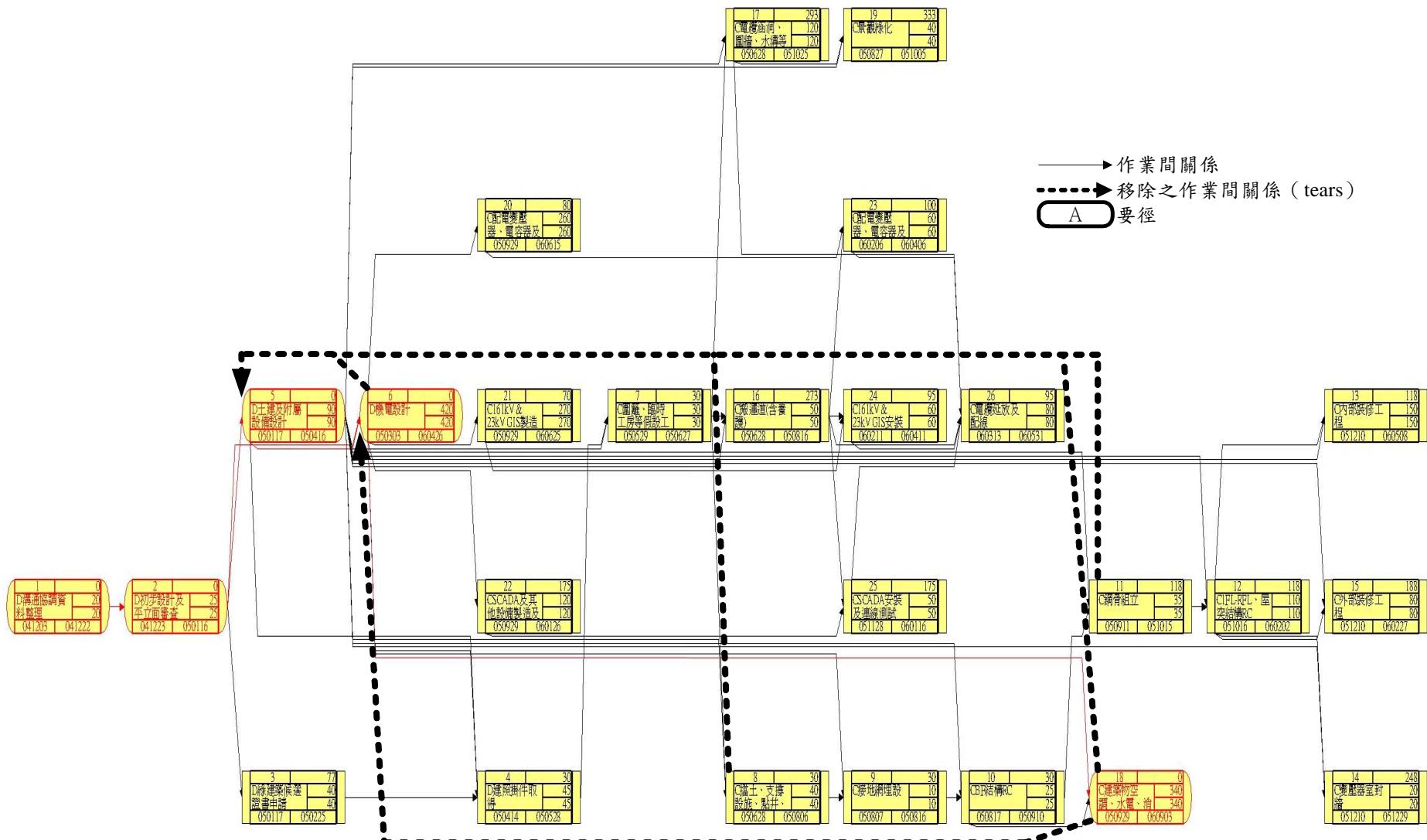


圖 6.15 案例 D 進度規劃網圖

## 6.3 案例探討

本節整理案例展示之結果，針對 1.2 節所列之研究問題作探討，檢視統包工程進度規劃模式是否解決前述所列之研究問題。

### 6.3.1 關聯性探討

#### 1. 案例 C

##### 一、 設計對設計：

依照其設計產出之傳遞關係給予定義。若前置作業為 Design/Build，因基本設計較為詳細，可以較準確的預估前置作業之產出；若前置作業為 Turnkey（超純水系統、廢水系統、潔淨室系統），則變動因子會比前置作業為 Design/Build 之作業還大(較難預測)。

##### 二、 設計對施工：

關聯性均為 (3,3)，敏感因子為 3 係因本專案在所有系統設計審查完後才施工；變動因子為 3 係因施工作業並不會去預測設計成果，須等設計完成後才會施工。

##### 三、 施工對設計：

均無關聯性，專家認為施工對設計之關聯性，大多為業主變更需求所造成，故無法於規劃階段預測何處會回饋，且本專案並無土建-機電介面，只有機電對機電之介面，且各系統有充分之施作空間，雖各系統間之管線衝突雖多，但多以施工前現場套圖解決，並不會回饋設計，故並無施工回饋設計之現象。

##### 四、 施工對施工

均無關聯性，各系統有充分之施作空間，管線衝突雖多，但多以施工前現場套圖解決，專家認為此為施工之協調，並不影響各系統獨立之施作。

#### 2. 案例 D

##### 一、 設計對設計：

依照其設計產出之傳遞關係給予定義。其中只有機電設計對土建及附屬設備設計之

變動因子為 2，其餘均為 3，因為專家認為土建及附屬設備設計者，可猜測部分機電設計之 Layout，例如管線間之預留。

### 二、設計對施工：

此部份之關聯性，有順序性作業，亦有重疊性作業，而重疊性作業表示，設計完成部份後即交付審查而後施工，後續設計作業則持續進行，也就是邊設計邊施工，其中業主之審查作業需配合進行。

### 三、施工對設計：

有四個施工回饋設計之關係，專家認為這四個關係在過去類似之專案中常常有回饋發生，因而於進度規劃中做考量。

### 四、施工對施工

依照各作業之先後關係給予定義。

由以上二個案例展示與現況執行做比較，本模式以系統性的方法明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性，以 DSM 呈現各作業間之關聯性，確實幫助統包商對每個作業間之關係做考量，協助統包商使用 CPM 排程前釐清作業間之先後關係，進而提升進度管理之效率。



### 6.3.2 交互耦合作業探討

案例 C、D 於現況執行時，並無針對交互耦合作業作展示，且都是以過去經驗判斷或密集的開會溝通協調，或在里程碑之前預留協調時間，以解決交互耦合性作業之時程問題，並無系統化之方式針對交互耦合作業作管理，而這也代表交互耦合性作業之進度是難以預測，甚至隨時會失控的；而透過案例 C、D 對統包工程進度規劃模式之套用展示，說明瞭何時？何處？交互耦合性作業可能發生，並說明瞭如何排序及管理上之策略，以避免人為之經驗不同，或考量之疏忽等而造成進度失控。

### 6.3.3 時程探討

案例 C 中，專家認為公部門較保守，設計作業需全部審查完成後才可施工，及因為

本專案需配合土建標之進度，故無法邊設計邊施工，以至於無法得到所短時程之效益。

案例 D 統包工程進度規劃模式套用展示之時程，因業主之專業能力較強，亦可配合審查作業，故於執行統包工程時可得到所短時程之效益，另外由於本模式只考量時程，並無考量其他資源之分配，故於執行時應考慮在同一時間內所投入之施工能量。

在套用本模式時，如為縮短時程而以設計施工重疊規劃進度，會得到較大之效益，另外亦須配合業主之審查時程及儘速取得建照，以儘快進場施工。

## 6.4 小結

過去營建工程使用 DSM 作為排程協助工具，多為探討設計階段作業間之關係（如 Austin et al. 2000 對建築工程設計階段作探討），並沒有針對設計及施工階段間之相互關係作探討，而本模式則以 DSM 為基礎，將設計及施工階段之相互關係納入考量，協助統包商解決進度規劃上之問題。

由上述二案例對統包工程進度規劃模式之套用，透過 DSM 之展示、分割方式，確實可幫助統包商以系統性的方法，明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性，且以割裂 DSM 之方法，協助統包商明確分辨各作業間之回饋關係及預估回饋作業之時程，並且對交互耦合作業提出管理策略，進而使統包商能夠以 DSM 及進度網圖之展示，而更容易的掌控整個專案的進度。

## 第7章 結論與建議

現況統包工程執行時之進度網圖，無法明確表明作業間先後關係、不易掌控各作業項目間之互動關係、不易追蹤作業進行情況對整體之影響，且不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作，本研究透過專家訪談及文獻回顧，釐清統包現行之問題，再以設計結構矩陣（Design Structure Matrix；DSM）為方法，建立一統包工程進度規劃模式，並再透過要徑法（CPM）展示整個統包專案各階段進度規劃網圖，以利統包商掌控整個專案。最後，針對本研究未臻完善之處提出建議，以供後續研究者釐清研究方向，使統包工程之進度規劃模式更加有效可行。

### 7.1 結論

本研究之研究結論如下：

1. 透過本研究建立之統包工程進度規劃模式，以 DSM 之展示、分割方式，確實可幫助統包商能以系統性的方法，明確分辨各階段及各作業間複雜之關聯性。
2. 現況統包工程執行時之進度網圖，無法明確表現作業間相互回饋之關係，故難以安排整體工程之進度網圖，透過本研究建立之統包工程進度規劃模式，以 DSM 割裂之方法，使統包商能由各階段及各作業間之關聯性中分辨其回饋關係，並提出管理策略，以利統包商掌控交互耦合作業。
3. 本研究所建立之統包工程進度規劃模式，以專家經驗預估各作業時程，並透過關聯性量化之方式展現 DSM 無法呈現之重疊性作業，再透過要徑法（CPM）展示進度規劃網圖，使統包商得以系統化之方式預估整個專案之時程。

### 7.2 建議

在整個研究過程中，仍有未臻完善之處，因此建議後續相關之研究可朝下列幾個方向著手，俾使統包工程之進度規劃模式更加有效可行，建議如下：

1. 本研究建構出統包工程進度規劃模式，但並未對統包工程執行時之網圖更新作進一步之探討，如 Rework 發生時，進度網圖應如何更新？如後續研究者能對此著墨，則統包工程進度規劃模式將更趨完整。

2. 本研究並未將資源分配納入考量，建議後續研究者將此部分納入模式中，對統包工程專案管理將有很大之幫助。
3. 由於本研究以定值之方式探討作業之關聯性，建議後續研究者能以不確定性之角度來探討關聯性，如採機率分佈或模擬的方式來定義關聯性，以期統包工程進度規劃模式更符合實際現況。
4. 本研究在決定敏感因子及變動因子時都是以主觀的專家判斷，後續研究者可朝更客觀的方式來決定敏感因子及變動因子，如以若干客觀之準則來定義等，以免主觀的人為判斷誤差，使二因子相乘後所得之關聯性誤差更大。
5. 在執行本研究模式中之步驟一（建立統包工程設計、施工階段之作業項目）時，主要是透過專家建立各作業項目，但作業之粗細程度對後續建立之關聯性會有所不同，進而產生不同之管理策略，若後續研究可依不同之工程性質，如以分工結構圖（WBS）、功能性或區域性等分類方式建立各作業項目，並比較作業項目之粗細程度對模式發展之影響作探討，以期在工程各階段配合適宜之作業項目，進而達到最佳之進度規劃。
6. 本研究主要是探討工程初期之進度規劃，是以主要工作項目作探討，並不會有非常明確之作業細項，但若將交互耦合作業再細分成的若干個作業，則可解決部份之交互耦合作業問題，而後續研究者可朝作業項目之分解、回饋循環之次數及工程各階段配合適宜之作業項目等因素作探討。



## 參考文獻

1. A. Kusiak, and J. Wang, “Efficient organizing of design activities”, International Journal of Production Research, 31, pp.753-769, 1993.
2. Ali Yassine, “An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method”, Quaderni di Management ( Italian Management Review ) , [www.quaderni-di-management.it](http://www.quaderni-di-management.it), No.9, 2004.
3. Ali Yassine, Donald R. Falkenburg and Ken Chelst, ”Engineering Design Management: An Information Structure Approach”, International Journal of Production Research, Vol.37, No.13, pp.2957-2975, 1999.
4. Anthony D. Songer and Keith R. Molenaar, “Selecting Design-Build: Public And Private Sector Owner Attitudes”, Journal of Management in Engineering, 122(6), pp.47-53, 1996.
5. Chun-Hsien Chen, Shih Fu Ling and Wei Chen, “Project Scheduling for Collaborative Product Development Using DSM”, International Journal of Project Management, 21, pp.291-299, 2003.
6. Donald V. Steward, “The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems”, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.28, pp.71-74, 1981.
7. Donald V. Steward, Systems Analysis and Management: Structure, Strategy and Design, Petrocelli Books, New York, 1981.
8. E. Kehat, and M. Shacham, “Chemical process simulation programs-2: Partitioning and Tearing of System Flowsheets”, Process Technology International, 18, pp.115-118, 1973.
9. Feniosky Peña-Mora and Michael Li, “Dynamic Planning and Control Methodology for

Design/Build Fast-Track Construction Projects”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.127, No.1, pp.1-17, 2001 (January/February).

10. H. Weinblatt, “A new search algorithm for finding the simple cycles of finite directed graphs”, Journal of ACM, 19, pp.43-56, 1972.
11. J. J. Moder, C. R. Phillips and E.W. Davis, Project Management with CPM,PERT, and Precedence Diagramming, third edition, Van Nostrand Reinhold, New York,1983.
12. M. Hannus, P. Lahdenperä, P. Vahala, “Prototype Tool for Construction Process Modelling and Management”, The 1st International Conference on Concurrent Engineering in Construction July 3-4, London, UK, pp.65-76, 1997.
13. S. Austin, A. Baldwin, B. Li and P. Waskett, “Analytical design planning technique (ADePT) : a dependency structure matrix tool to schedule the building design process”, Construction Management and Economics, 18, pp.173-182, 1999.
14. S.J. Chen, “Project Task Coordination and Team Organization in Concurrent Engineering”, doctoral thesis, State University of New York at Buffalo, 1999.
15. Task Committee on Design-Build. “Policy Statement on Design-Build in the Public Sector”, Report of the Task Committee on Design-Build, pp.1-20, ASCE, Washington, D.C, 1992.
16. Victor Sanvido, Mark Konchar. Selecting Project Delivery System, Project Delivery Institute, PA, U.S.A., pp.13-20, 1999.
17. Zhu. “Construction Project Management Structure due to the Design and Build Approach as practiced in Singapore”, thesis of Singapore University, 2000.
18. 吳世祺,「統包工程簡介」, 榮工報導, 民國七十二年。
19. 李家賢,「同步工程策略在產品開發上的應用研究」, 國立成功大學, 碩士論文, 民國八十七年。
20. 林家煌,「公共工程統包專案設計管理之研究」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國九十二年。

21. 梁穎，「採行統包方式之探討」，中國土木水利工程學會年會論文集，民國八十一年十一月。
22. 郭明祥，「高科技廠房統包工程之執行面缺失與設計作業間關聯性之探討」，國立交通大學，碩士論文，民國九十四年。
23. 陳致英，「製程工廠統包工程專案管理與物料管理之探討」，台灣科技大學，碩士論文，民國九十年。
24. 陳俊伊，「同步工程應用於新產品開發專案工作協調之研究」，臺北科技大學，碩士論文，民國九十一年。
25. 陳敬寬，「工程計畫施工進度管理系統之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國八十年。
26. 陶家維、梁穎，「公共工程統包制度之研究」，行政院公共建設督導會報委託研究，中國土木水利工程學會執行研究，第10頁至第24頁，民國八十三年。
27. 曾元一、梁穎、吳綿綿，「推行聯合承攬及統包之探討」，全國公共工程會議，民國八十三年五月。
28. 黃世傑，「再談統包—統包在美國發展近況」，中國工程師學會會刊，第六十九卷第六期，民國八十五年。
29. 黃世傑，「美國開放統包制度與我國的修法問題」，中國工程師學會會刊，第七十卷第一期，民國八十六年。
30. 黃俊銘，「統包工程設計階段管理缺失及因應策略之探討」，中華大學，碩士論文，民國九十三年。
31. 廖宗信，「利用模擬方法考慮設計循環之設計進度模型」，國立交通大學，碩士論文，民國九十三年。
32. 廖宗盛，「公共工程統包制度執行問題研析與改進對策之研究」，國立台灣大學，博士論文，民國九十一年。
33. 劉福勳，實用工程進度規劃與控制，漢天下管理顧問公司，民國八十五年。
34. 潘君澤，「統包方式適用性之討論」，中興工程，第十九期，民國七十七年四月。

35. 蔡國龍，「統包策略運用於新市鎮公共工程之研究」，中華大學，碩士論文，民國八十八年。
36. 謝清俊，「網圖模組應用於營建工程進度管理之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國八十七年。
37. 謝壽明，「同步工程設計模式之建立--以晶圓廠廠務系統設計為例」，國立交通大學，碩士論文，民國九十一年。



## 附錄一

	委員問題與意見	回覆	頁數
1	將交互耦合作業再細分成的若干個作業，是否就可以解決回饋之問題？對此部分於論文中再多作說明。	該問題屬後續研究範圍	7-2
2	敏感因子及變動因子相乘積，是如何表現出關聯性？對此部分於論文中再多作說明。	已於論文中補充說明	5-4, 5-5
3	為何 $P_i$ 值最小時，為交互耦合性作業之最先作業。	已於論文中補充說明	5-8
4	預估重疊作業時程之假設需多做說明。	已於論文中補充假設	5-11
5	是否可以若干客觀之準則來決定敏感因子及變動因子。	該問題屬後續研究範圍	7-2
6	設計及施工作業項目如何建立，應於後續研究作說明。	該問題屬後續研究範圍	7-2
7	此模式是否可適用於設計全部完成後再施工之統包工程。	此模式應用於統包工程設計施工重疊時之效益較大，已於研究範圍中補充說明	1-3
8	案例展示比較，結論可說明過去 DSM 只在何處使用，本文於何處又擴大使用。	已於論文中補充說明	6-23
9	案例不應以工期為結論。	已於論文中修正	6-22
10	關聯性（資訊之傳遞或邏輯性之傳遞）之定義更明確說明。	已將關聯性以設計產出及施工產出之傳遞來定義	5-2
11	題目可改成交互耦合作業之工程進度排程研究，也可以不限於統包工程。	本研究是為解決現況統包工程排程問題為出發點，再尋找適當之研究工具解決問題。而研究工具 DSM 對於處理交互耦合性作業亦是很有幫助的，後續研究者或可以此為研究方向。	-
12	不以取代傳統方法(CPM)而應以加強為重點。	是的，統包工程以傳統之排程工具（如 Bar chart、CPM 等）作進度規劃確有其難以解決之問題，是故本研究以 DSM 為進度規劃之初步分析工具，最終仍是以 CPM 為主 DSM 為輔來呈現進度規劃。	-
13	實際上驗證使用 DSM 的結果。	本研究以案例套用模式展示作分析，並無實際案例使用之結果，後續研究可以實際案例驗證，再對模式修正或補強，使模式更符合現況。	-