

# 國立交通大學

## 土木工程學系

### 碩士論文

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

Investigation of Performance Defects for Design/Build Construction



研究生：郭明祥

指導教授：王維志 博士

中華民國九十四年七月

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

Investigation of Performance Defects for Design/Build Construction

Projects

研究生：郭明祥

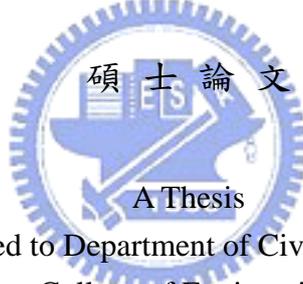
Student : Ming-Hsiang Kuo

指導教授：王維志 博士

Advisor : Wei-Chih Wang

國立交通大學

土木工程學系



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

# 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

研究生：郭明祥

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

由於國際趨勢的導向，以及政府大力的推行採用統包方式進行發包採購，使得國內營建業採用統包的案件數快速的增加。尤其現在，台灣高科技產業的廠房興建、擴建工程更是多以統包方式進行。然而目前相關實務及研究上，主要著重於瞭解採用統包之發包採購模式(或制度面)問題及其效益分析，甚少針對統包工程執行面上之問題進行深入探討。故本研究旨在彙整統包執行缺失相關之文獻，瞭解目前統包方式上缺失問題所在，並實際透過高科技廠房案例，瞭解廠房採用統包方式所發生之執行面問題(如統包之設計審查方式、細部設計、變更設計及驗收條件之關聯性等)。另外，針對統包設計作業間的問題，本研究藉由同步工程領域中作業關聯性的概念，定義關聯性因子，並以關聯性因子進而探討兩兩設計作業間的關聯性強弱關係，如此一來，除了可清楚的瞭解到作業間資訊傳遞的方向外，更可明顯的知道作業彼此間的關聯性強弱的程度。依此為基礎後，甚至可討論到統包工程進度排程上的課題。

關鍵詞：統包工程、執行面缺失、關聯性

# Investigation of Performance Defects for Design/Build Construction Projects

Student : Ming-Hsiang Kuo

Advisor : Dr. Wei-Chih Wang

Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

The direction of global trend and the encouragement of Government make the Design/Build construction projects increase, especially in Taiwan high-tech construction projects. But the related research focus mainly on analyzing the purchase model and benefit of Design/Build construction projects, rarely on investigation of performance defects. Therefore, the purpose of this research is to find out the performance defects via the case analysis of high-tech industrial facilities. Besides, this research also discusses the correlation intensity between design activities in Design/Build construction projects via defining the correlation factors. Consequently, in addition to understand the route which information passed, we also realize the level of correlation intensity between design activities. Moreover, we can extend the topic to the scheduling of Design/Build construction projects.

Key words : Design/Build construction projects, performance defects, correlation.

## 誌謝

在此首先由衷的感謝恩師 王維志博士在研究所階段的悉心指導和鼓勵，在這兩年中從老師身上不僅學得了專業領域的知識，且更學習到作研究、作學問的方法及態度，使我受益良多。同時也非常感謝 劉正章學長、賴宇亭學長及 林俊昌學長在論文研究的過程中毫無保留的提供寶貴的意見和指導，使我在論文的研究上更加的順利及完善。

在口試期間，承蒙口試委員 曾惠斌博士、黃榮堯博士、余文德博士、曾仁杰博士對於本論文撥冗審閱，對於論文中疏漏及謬誤之處提出相當多寶貴的建議及指導，使得論文更臻完備，在此學生相當的感激。

而在論文資料蒐集的過程中，感謝國家奈米元件實驗新廠工程組 黃文賢學長及 蕭開元學長、同開科技工程股份有限公司 陳文楷經理等提供了本身論文上所需之資料及相關寶貴意見及建議，在此併予致謝。

此外，也感謝有著共同革命情感的研究室同學，對我在學業上的討論、幫忙和生活上點點滴滴的照顧。

最後僅以本論文獻給我的家人、女友，以及所有關心我的師長與朋友們，一同和他們共享這份成果與榮耀。



## 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VII
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 .....	1-1
1.3 研究目的 .....	1-2
1.4 研究內容與範圍 .....	1-2
1.5 研究方法與架構 .....	1-3
1.6 研究流程 .....	1-4
第 2 章 統包相關文獻回顧 .....	2-1
2.1 統包之發展背景 .....	2-1
2.2 統包之定義 .....	2-1
2.3 統包工程之執行問題、缺失 .....	2-5
2.4 小結 .....	2-8
第 3 章 案例分析—執行面缺失 .....	3-1
3.1 工程概述 .....	3-1
3.1.1 工程內容 .....	3-1
3.1.2 發包模式 .....	3-2
3.2 統包執行模式 .....	3-3
3.3 細部設計審查機制 .....	3-3
3.4 執行過程缺失探討 .....	3-5
3.4.1 招標階段 .....	3-5
3.4.2 細部設計階段 .....	3-6
3.4.2.1 統包範圍定義及其執行原則 .....	3-6
3.4.2.2 細部設計審查意見結果與分析 .....	3-7
3.4.3 施工階段 .....	3-11
3.4.4 驗收階段 .....	3-13
3.5 執行成效之探討 .....	3-17
3.5.1 第A類-反映於細部設計 .....	3-17
3.5.2 第B類-反映於細部設計及驗收 .....	3-19
3.5.3 第C類-反映於細部設計、變更設計及驗收 .....	3-20
3.6 執行關鍵因素之探討 .....	3-22

3.7	小結 .....	3-24
第 4 章	作業關聯性相關文獻回顧 .....	4-1
4.1	同步工程 (Concurrent Engineering) 的定義 .....	4-1
4.2	同步工程專案管理 .....	4-2
4.3	Dependency Structure Matrix (DSM) .....	4-2
4.3.1	DSM的定義 .....	4-3
4.3.2	DSM的分割法則 .....	4-4
4.4	作業關聯性量化 .....	4-6
4.5	小結 .....	4-8
第 5 章	設計作業關聯性評判方式 .....	5-1
5.1	關聯性定義 .....	5-1
5.2	評判方式 .....	5-1
5.3	作業關聯性表達方式 .....	5-5
5.4	小結 .....	5-7
第 6 章	案例展示—以NDL為例 .....	6-1
6.1	案例背景 .....	6-1
6.2	廠務特殊系統與潔淨室之介紹 .....	6-1
6.2.1	潔淨室系統 .....	6-1
6.2.2	公共設施系統 .....	6-2
6.2.3	氣體供應系統 .....	6-2
6.2.4	超純水系統 .....	6-2
6.2.5	廢水處理系統 .....	6-2
6.2.6	特殊消防系統 .....	6-3
6.3	設計階段設計產出傳遞現況 .....	6-3
6.4	設計作業項目—系統類別 .....	6-3
6.5	作業關聯性評判 .....	6-3
6.5.1	判斷關聯性存在與否 .....	6-4
6.5.2	依關聯性因子評估強弱 .....	6-5
6.5.3	設計作業關聯性量化 .....	6-6
6.6	結果與討論 .....	6-7
6.6.1	應用方面 .....	6-10
6.6.2	效益方面 .....	6-11
第 7 章	結論與建議 .....	7-1
7.1	結論 .....	7-1
7.1.1	執行面缺失 .....	7-1
7.1.2	設計作業間關聯性 .....	7-1
7.2	建議 .....	7-1
參考文獻	.....	R-1

附錄一	統包參考文獻之彙整.....	A-1
附錄二	NDL 案例之In、Out關係說明.....	A-3
附錄三	NDL 案例之設計產出傳遞說明.....	A-5
附錄四	委員問題回應表.....	A-8



## 表目錄

表 2.1	統包文獻執行相關問題與缺失之彙整 .....	2-7
表 3.1	NDL工程概述 .....	3-1
表 3.2	高科技廠房發包模式之比較 .....	3-3
表 3.3	Turnkey及Design/Build之執行原則彙整 .....	3-7
表 3.4	NDL統包工程執行缺失彙整 .....	3-15
表 3.5	NDL統包工程執行成效反映在工程階段之情形 .....	3-22
表 4.1	作業關聯性量化方式之定義說明 .....	4-7
表 4.2	作業關聯性定義方式之特性比較 .....	4-8
表 5.1	敏感因子之程度說明 .....	5-3
表 5.2	變動因子之程度說明 .....	5-3
表 5.3	設計作業關聯性程度說明 .....	5-4
表 6.1	NDL設計作業項目 .....	6-3
表 6.2	作業系統In、Out之關係 .....	6-4
表 6.3	設計產出傳遞之說明—以超純水為例 .....	6-5
表 6.4	敏感因子程度—以案例描述 .....	6-8
表 6.5	變動因子程度—以案例說明 .....	6-8
表 6.6	設計作業關聯性程度—以案例說明 .....	6-9



## 圖目錄

圖 1.1	執行面缺失之研究範圍 .....	1-3
圖 1.2	研究流程 .....	1-5
圖 3.1	NDL工程專案統包模式執行流程 .....	3-3
圖 3.2	NDL工程角色權責之界定 .....	3-4
圖 3.3	NDL工程細部設計審查流程 .....	3-5
圖 3.4	案例探討階段範圍 .....	3-5
圖 3.5	各系統細部設計結果符合圖說及規範之審查意見分佈 .....	3-8
圖 3.6	各系統細部設計結果屬Turnkey原則之審查意見分佈 .....	3-9
圖 3.7	各系統細部設計結果屬Design/Build原則之審查意見分佈 .....	3-11
圖 3.8	各系統佔變更設計案件數之分佈 .....	3-12
圖 3.9	各系統佔驗收缺失項目之分佈 .....	3-13
圖 3.10	各系統之細部設計審查意見分佈（意見數為 362 項） .....	3-18
圖 3.11	各系統施工階段之變更設計案件分佈（案件數為 13 件） .....	3-19
圖 3.12	各系統驗收之缺失項目數量分佈（項目數為 72 項） .....	3-20
圖 4.1	DSM作業關係類型-以圖表示 .....	4-3
圖 4.2	DSM作業關係類型-以DSM表示 .....	4-3
圖 4.3	Binary DSM .....	4-4
圖 4.4	Partitioned DSM .....	4-5
圖 4.5	Dependency Structure Matrix分割方法 .....	4-6
圖 5.1	設計作業關聯性評判步驟 .....	5-1
圖 5.2	同時性作業 .....	5-4
圖 5.3	重疊性作業 .....	5-4
圖 5.4	順序性作業 .....	5-5
圖 5.5	作業關聯性表達方式—Step1 .....	5-5
圖 5.6	作業關聯性表達方式—Step2 .....	5-6
圖 5.7	作業關聯性表達方式—Step3 .....	5-6
圖 6.1	作業關聯性判斷結果 .....	6-5
圖 6.2	關聯性因子評估結果 .....	6-6
圖 6.3	作業關聯性量化結果 .....	6-6
圖 6.4	NDL設計作業項目之作業型態 .....	6-10
圖 6.5	交互耦合性作業與發包策略之關係 .....	6-11

# 第1章 緒論

本研究包含統包工程之執行面缺失探討以及設計作業間關聯性之探討等兩主題，而此兩主題間並不存在任何關聯，為兩獨立主題。因此以下各說明皆將此兩部分加以分開說明敘述，第2、3章主要為執行面缺失之探討，第4、5、6章為設計作業間關聯性之探討。

## 1.1 研究動機

在公共工程中，採用統包方式來取代傳統的設計、發包、建造（D/B/B）模式已是世界各國之趨勢，尤其在「政府採購法」及「統包實施辦法」頒佈、施行下，終將「統包」明確定義，此後國內統包工程案件數亦逐年增加。

高科技產業的產值佔了台灣總體經濟非常重要的一環，其發展為台灣最重要的國家整體重點發展之一。然而，此類廠房之興建、擴建具備著對工期時程的緊迫性、需求的專業性、特殊性等特性，這些特性需求具有採行統包方式之可行性，故在廠房興建、擴建中有許多案例皆採用統包方式進行。

然而國內大力推行統包方式的時間並不長，執行統包方式也未臻成熟，在制度面及實務面上仍然有許多問題亟待改善。尤其統包商為求本身最大利益，會盡可能的壓低成本，將在執行過程中衍生許多問題，且在品質認定上也會有所爭議。

此外，統包工程由於作業項目繁雜，在設計及施工階段中，作業間常有資訊回饋的關係存在，因此在作業關聯性程度不清楚的情況下導致進度管理上的困難。

因此本研究之動機有以下兩點：

1. 解決統包執行過程中的問題將能提高統包執行的成效。
2. 瞭解作業彼此間的關聯性程度將有助於統包進度上的規劃。

## 1.2 研究問題

由於統包工程在決標後，統包商為了追求本身最大利益，會盡可能的透過變更設計等不同方式來壓低成本上的支出。如此一來，在統包工程執行過程上將必然產生出許多

問題及爭議。然而文獻過往研究主要在探討統包之發包採購模式（或制度面）問題及其效益分析，甚少針對統包工程執行面上之問題進行深入探討。

此外，統包工程進度排程時涉及設計進度部分，由於設計作業間之關係並不似施工作業明確，而有不同程序上之差別，但實務上以桿狀圖或里程碑等進度規劃方式，無法呈現各作業間資訊回饋的關係及關聯性程度的問題，而導致進度規劃上的偏差【郭奉宜，2005】。

因此，本研究問題有以下兩點：

1. 實務上有許多統包工程之問題乃歸咎於其執行時所產生，而文獻上甚少探討且無針對實際專案執行時進行分析探討。
2. 實務進度排程上缺少考量設計作業間關聯的程度，進而導致統包進度規劃上的不周全。

### 1.3 研究目的

為了探討上述問題之解決之道，因此本研究的目的如下兩點：

1. 彙整統包工程相關文獻及實際案例於執行面之缺失及原因，並提供改善建議。

期望藉由實際案例的整理與文獻研究的彙整，提供未來承辦人員在執行過程中的參考。

2. 提出較為客觀之設計作業間關聯性評判方式以表達其資訊依賴的程度。

期望藉由所提出的作業關聯性評判方式，能夠較專業人員憑本身主觀意識而沒有評估準則上的依據來客觀的量化作業項目彼此間的關聯性程度，並透過設計產出之依賴程度瞭解作業的前、後置關係及作業型態關係，以作為統包工程進度規劃上的參考依據。

### 1.4 研究內容與範圍

本研究以座落於新竹國立交通大學校園內之國家奈米元件實驗室（National Nano Device Laboratories，簡稱 NDL）新建工程中廠務特殊系統與潔淨室工程統包為例。透過相關資料蒐集、整理及相關人員訪談，探討統包工程實際執行上之問題、缺失，以

及發生原因，並進一步探究其設計階段作業項目間之關聯性。執行面缺失探討範圍包含招標階段、細部設計階段、施工階段，以及驗收階段，如圖 1.1 所示。

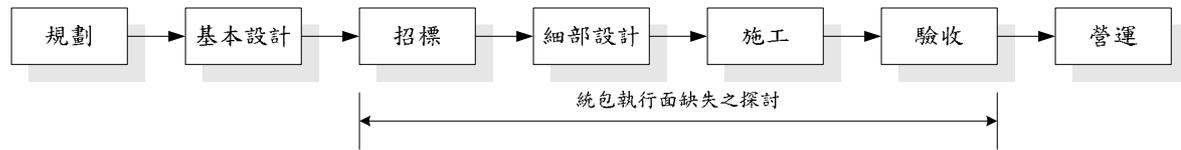


圖 1.1 執行面缺失之研究範圍

## 1.5 研究方法與架構

本研究方法如下所述：

### (一) 文獻回顧

本研究文獻回顧部分將分成統包文獻回顧及作業關聯性文獻回顧兩部分各自敘述。在統包部分，除了統包發展背景及相關定義外，主要蒐集有關統包執行缺失之相關文獻，探討生命週期各階段所遭遇之缺失，並系統化地整理成表。而在作業關聯性部分則是蒐集、整理關於各種不同關聯性的定義，以及量化方式之文獻並比較。

### (二) 案例資料蒐集、整理

蒐集 NDL 執行過程中之各階段發生的問題、相關意見之會議記錄、簽呈等資料，並依照各階段統計各系統之問題分佈比例。

### (三) 專家訪談

針對統計出來的問題分佈比例進行業主及廠商等工程相關人員訪談，實際瞭解問題之發生原因、執行上有何缺失，以及該如何改善。此外，並針對作業關聯性的部分，探討設計階段時各系統間設計產出的依賴程度。

本論文架構總共分為七章，各章內容說明如下：

### 第一章：緒論

敘述本研究之研究動機、研究問題、研究目的、研究內容及範圍，以及研究流程等。

## 第二章：統包相關文獻回顧

對於統包的發展背景、定義做詳細描述，並針對文獻所提及之執行面問題做彙整，整理出統包生命週期中各階段所遭遇到的缺失問題。

## 第三章：案例分析—執行面缺失

透過實際案例中所發生的問題缺失進行探討，研究其發生原因及衍生問題，並提出改善建議。

## 第四章：作業關聯性相關文獻回顧

首先藉由介紹同步工程的概念並說明 DSM 的方法，而後針對各種不同關聯性之定義及量化方式作敘述並彙整比較。

## 第五章：設計作業關聯性評判方式

透過詳細定義關聯性的描述下，詳細說明設計作業關聯性評判方式之步驟、流程，並舉例說明。

## 第六章：案例展示—以 NDL 為例

藉由實際案例示範設計作業關聯性評判方式之用法，並說明所設計作業關聯性評判方式之效益。

## 第七章：結論與建議

此章總結研究成果與結論，並且提出相關建議，以供未來相關課題之參考。

# 1.6 研究流程

本研究主要依照研究問題分執行面缺失及設計作業間關聯性之探討兩部分同時進行，研究流程如圖 1.2 所示：

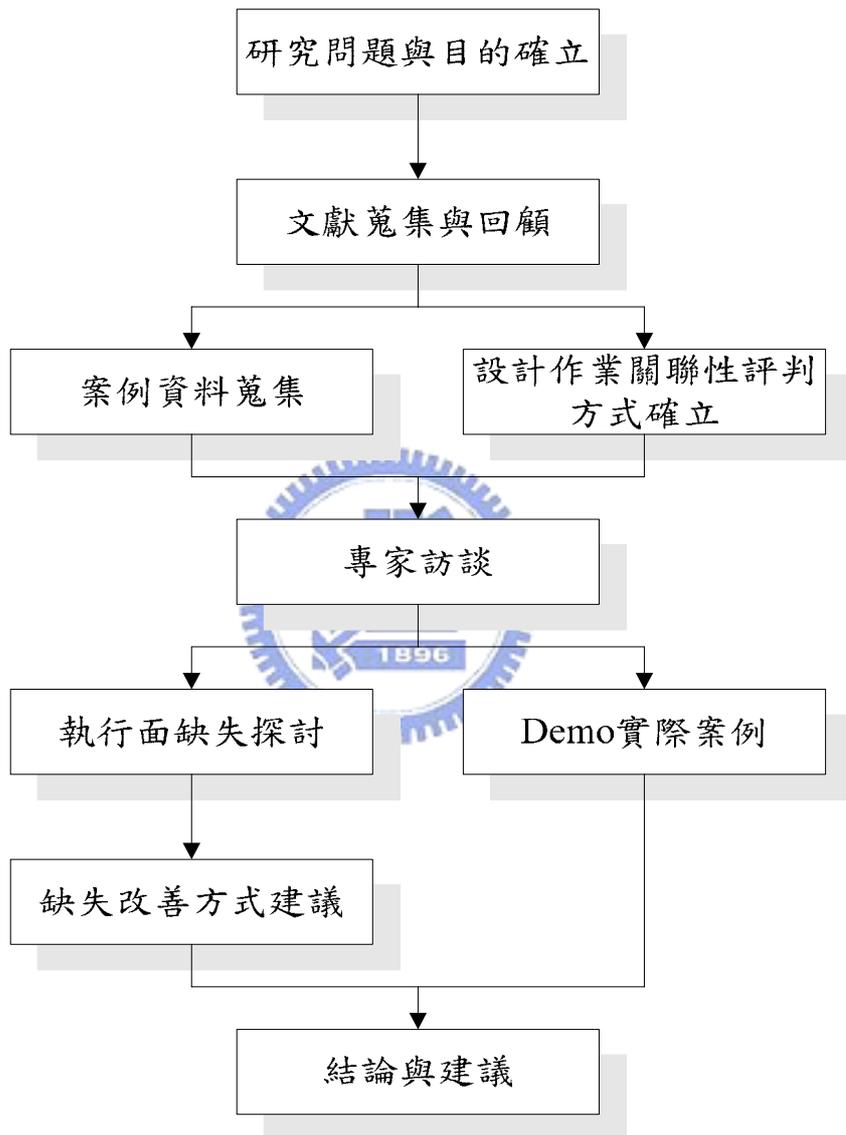


圖 1.2 研究流程

## 第2章 統包相關文獻回顧

### 2.1 統包之發展背景

統包採購起始於建築業而逐步發展至土木營造業。近年之發展肇因於第二次世界大戰，因各種民生工業的需求殷切，為加速建設而採用統包之方式。

國內公共工程由於近年來工程規模日漸龐大，與傳統發包方式（Design/Bid/Build，D/B/B）相比而言，整體工程造價高、工期長，加上工程界面的增加，相對的，各單位溝通協調不易，因而存在著許多瓶頸。面對將來技術層面較高之大型工程的發展，為了達到工程如期、成本如度、品質如式的目標，並且為了改善國內營建技術水準、提高營建業競爭力，因而尋找異於傳統發包方式，而更有效率、效益的統包採購方式。

然而，統包工程在台灣已有二十年以上的歷史，只是過去與現在的形式有所不同。統包最早係始於 1973 年的中國造船廠乾塢工程，其後僅有高雄過港隧道工程、明潭抽水蓄計畫、台北捷運工程木柵線、八里海洋放流管工程、台北市區鐵路地下化工程，以及鐵路三義壹號隧道工程等少數案例。政府採購法施行後，案件較以往增加許多，例如國防部之老舊眷村改建、農委會水土保持局之「社區營造—聚落重建計畫」等，均擬採用統包方式辦理【黃國立，2002】。

過去受到建築相關法令的限制，且欠缺相關準則可供遵循，因此統包工程案例不多。然而，統合設計與施工的統包觀念，近年來方逐漸被大眾所接受；另外，因為政府鼓勵民間機構參與公共建設計畫案件漸多，而民間投資目標主要在獲利，且因應專案融資的需要，縮短時間的價值相當重要，因此大多採用統包興建。

總而言之，工程界認為國內公共工程有需要及尚需要實施統包制度合計高達 87.1%。且有不少的公共工程業主單位表示採用意願高【黃俊銘，2004】。

### 2.2 統包之定義

「統包」一辭源自國外工程「Turnkey」承攬制度，由英文字面可以瞭解其意為統包商負責工程的設計與施工，最後把鑰匙「Key」交到（Turn）業主手上。近年來美國土木工程界習用「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，但深究其意涵與「Turnkey」又不全然相同，因此現今每論及「統包」意為何指，乃成眾說紛紜、莫衷一是之局面。此一制度初期傳至國內被譯為「統包」，其含意現已不甚貼切【李得璋，2000】。

本節就相關文獻對於「Turnkey」、「Design-Build」與「統包」之相關定義及解說略述如下：

1. 美國土木工程師學會（ASCE）：

所謂統包（Turnkey）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。契約承攬方式，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。

A turnkey construction contract is a contract which holds a single entity responsible for the design and construction of a specified facility. The entity may be a single party or an association of firms necessary to design and construct the project. Award of such contracts may be negotiated or competitively bid and may be reimbursed on many bases, including lump sum, time and materials, cost plus fixed fee etc.

2. 國際顧問工程師協會（FIDIC）：

統包（Turnkey）

統包方式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物籌措。業主或使用單位負責設施之維護和運轉。

The turnkey method of project achievement involves with a single company for the design and construction of a complete project ready for operation with some responsibility for subsequent operation. In some instances, this arrangement may include provisions for financing the project. The owner or ultimate client retains the responsibility for maintenance and operation of the facility.

該協會於 1993 年統包契約講習會中另做說明如下：

(1) 設計/施工（Design/Build）

「設計/施工」係由一個工程機構或組織負責辦理全部設計與施工工作。

Combined project team/organization is responsible for all design coordination/construction.

(2) 統包 (Turnkey)

「統包」係由「設計/施工」組織提供初期財物籌措，並保留該工程所有權至完工為止。

- Design/Build team provides initial financing
- Team retain ownership until project completion

3. 美國建築師學會 (AIA):

(1) 設計/施工 (Design/Build)

所謂「設計/施工」係由一個機構同時負責設計與施工，並與業主簽署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。

In the design/build delivery approach, responsibility for both design and construction is vested in a single entity. ..., the owner writes one contract, assigning “single point” responsibility for the project. The design/build entity usually proposes the design and the construction price simultaneously, and the construction commitment is made very early in the process. Design and construction may or may not be fast-tracked.

(2) 統包 (Turnkey)

「統包」經常與「設計/施工」通用，但統包契約常超出設計及施工之範圍，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。

“Turnkey” is a team often used interchangeably with design/build. ..., turnkey contracts generally go beyond design and construction, with the vendor providing other services such as site acquisition, financing, start-up, operations and maintenance, or staff training.

4. 聯合國跨國機構中心（United Nations Centre on Transnational Corporations）：

統包契約（Turnkey contracts）

統包契約亦可稱為「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，並由統包商負全工程設計、施工之契約責任。

This arrangement, also known as a “design/build” contract, covers the design, constructing, equipping and complete preparation of a facility for operation. The contractual separation of design responsibility and construction responsibility is eliminated, as the purchaser and the contractor enter into an agreement in which the contractor undertakes the responsibility for the design and construction of the project in conformity with the requirements set forth by the purchaser. The contractual responsibility to the purchaser for full performance in all phase of the project falls upon one entity.

在政府採購法及統包實施辦法頒佈、施行前，國內未有相關法令或權威性之機構對於「統包」有明確的定義。各學者與機構對於統包的認知、看法均不一致，舉例如下：

1. 陶家維、梁樾等【1994】於行政院公共建設督導會報委託之「公共工程統包制度之研究」中提出：所謂統包就是將整個工程或工程之一部分，有關設計及施工/安裝工作，以單一契約交由一個機構或組織辦理。統包契約之設計範圍最少包括細部設計，亦可涵蓋基本設計。工程施工/安裝工作完成後之營運管理工作亦可包括在統包範圍。
2. 王啟元、陳邁、李得璋等【1995】於台灣省住宅及都市發展局委託之「建築工程施工設計與施工結合（Design-Build）制度之可行性分析」中提出：「設計與施工結合制度」為工程業主將工程計畫之設計作業與施工作業，同時交由單一承攬工程機構負責，此一機構可以為單一營造工程公司、建築師、工程顧問公司或由數家公司組成之聯合組織，此一機構富有簽署工程契約、工程設計規劃、實際工程施工、分業工程與分包商協調配合之全部責任。
3. 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【林家煌，2003】。

4. 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」【林家煌，2003】。
5. 葉宏安【2003】於營建管理季刊中提出「D/B」與「Turnkey」之差異。其認為「D/B」的內容與政府採購法統包實施辦法之工程採購統包適用範圍雷同，而「Turnkey」的內容與財務採購統包範圍雷同，故「D/B」與「Turnkey」均為政府採購法之「統包」所包容，只是前者所含之「施工」被後者所含之「供應及安裝」所取代而已。而工程會施工綱要規範之專案審議中，將「Design-Build」列為「設計建造」統包，「Turnkey」列為「設計建造及供應安裝」統包。

有鑑於國內各界對統包之看法不一，因此在頒佈政府採購法的同時以將其法制化，其二十四條敘述：「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同一採購契約辦理招標」。至此，國內對「統包」一詞終有明確之定義。

## 2.3 統包工程之執行問題、缺失

統包工程在執行面上的缺失雖然在過往文獻中甚少進行深入探討，然而仍有部分研究提出統包相關的問題。列舉如下：

1. 陶家維、梁樾等【1994】於行政院公共建設督導會報委託之「公共工程統包制度之研究」中提出：
  - (1) 一般業主單位多半認為統包就是「統包商包辦所有的工程事務與責任」的觀念，與統包商對統包工程之認知有所差異，可能使統包制度不易順利推行。
  - (2) 統包制度之運作類似整廠輸出之概念，所需人力、物力並非國內一般中小型的營造業所能負擔，依國內工程界目前之實力，具備統包工程資格能力之工程業者可能甚為有限。
  - (3) 統包工程係由統包商兼辦設計與施工作業，因此業主對工程的控制程度乃大為降低，而且其工程品質也缺乏如傳統方式中設計顧問之監督與制衡，對於統包商設計之事宜性與施工品質水準不免有所疑慮。

(4) 目前對於統包工程之適用性與施行方式等實際運作問題均缺乏相關準則可供工程單位遵循，統包制度因而不易普遍施行。

2. 王啟元、陳邁、李得璋等【1995】於台灣省住宅及都市發展局委託之「建築工程施工設計與施工結合（Design-Build）制度之可行性分析」中提出：

- (1) 工程業主與廠商間之認知差距問題
- (2) 工程業主本身技術之人力欠缺問題
- (3) 工程規範之訂定影響品質問題
- (4) 工程設計流於商品化之問題
- (5) 工程機構承攬設計與施工結合工程之能力問題
- (6) 設計與施工結合工程執行監督與品質審核問題
- (7) 設計與施工結合工程契約變更之問題

3. 郭旭輝【2000】對工程設計階段、施工督導與履約管理階段及試運轉與初期運轉階段分別提出執行上的問題。

工程設計階段：

- (1) 基於成本考量，降低安全係數，採用最低設計標準。
- (2) 業主質疑設計成果之安全性及耐久性時，廠商常以責任施工搪塞，引起爭議。
- (3) 選用次級或低價之材料及設備同等品。
- (4) 採購原設備製造廠（OEM）授權製造之材料及設備規格產品。
- (5) 選用低成本之舊式設備替代自動化之新式設備。
- (6) 對附屬設備或設施盡量省略，增加業主管運不便或成本。

施工督導與履約管理階段：

- (1) 採用之施工方法與機具，大都以降低成本及快速施工為主要考量，忽視維持一定施工安全之必要性。

- (2) 盡量減少施工與管理上之支出，計畫組織配置成員之經驗與人力均嫌不足，造成溝通不良及統合不佳問題。
- (3) 施工成本超支時，如統包商終止施工，因廠家擁有各自之技術 (know-how) 與智慧財產權，設備規格亦不同，更換廠商不易，產生接續施工問題。
- (4) 缺少施工中之檢查記錄，而按單元或分項設備試驗，並以整體功能試驗結果評估是否符合驗收標準。

試運轉與初期運轉階段：

- (1) 單元或分項設備進行試驗，被視為分項驗收。整體功能試驗結果，需要再調整或改善單元設備時，廠商常不樂意配合而發生爭議。
- (2) 試運轉成功，且達到契約規定要求功能，就認定驗收合格並接管。因缺少施工中之檢查記錄，瑕疵風險仍存在。
- (3) 初期運轉，如不順利或未達規定或保證功能，業主要廠商負設備改善責任，而廠商卻希望扣款後移交，常為爭議所在。
- (4) 如因自然條件因素，無法適時辦理試運轉及 (或) 初期運轉，可能發生驗收及移交時程爭議，尤其保固期限問題。

針對過往文獻上提及統包相關問題及缺失之探討，本研究主要將其依據問題發生之原因以及原因所產生之結果作為區分，結果彙整如表 2.1 所示：

表 2.1 統包文獻執行相關問題與缺失之彙整

工程階段	執行面相關問題與缺失	
	因	果
基本設計階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 業主需求表達不明確</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 設計完成度不佳</li> </ul>
招標階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 廠商資格審查機制不佳</li> <li>➢ 設計服務建議書審查機制不佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 得標廠商不是理想廠商</li> </ul>
細部設計階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 為降低成本，採用臨界設計標準</li> <li>➢ 省略附屬設備或設施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 選用次級品質之設備或設施</li> <li>➢ 增加後續營運上之不便及管理成本的增加</li> </ul>
施工階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 各廠商 Know-How 不同及智慧財產權問題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 更換廠商時產生接續施工問題</li> </ul>
驗收階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 驗收採單元或分項設備進行試驗，而造成整體功能上的風險</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 單元或分項設備達到符合規定之功能即認定驗收合格，當整體</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 缺乏廠商施工過程中的檢查記錄</li> </ul>	<p>試驗不理想時，廠商不樂意進行調整或改善</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 在驗收完成後仍存在的瑕疵風險</li> </ul>
--	--	---

藉由表 2.1 之彙整，可初步的瞭解在工程各階段中，統包執行過程將遭遇到的相關問題及缺失所在。

## 2.4 小結

由以上各小節中所述及表 2.1 所呈現之內容可大致看出統包文獻上對於工程各階段在執行過程中所面臨及遭遇到之部分問題及缺失所在。然而探究其原因，可以清楚的發現到所面臨遭遇的這些問題及缺失並非單純地能藉由統包制度面上來著手處理，而需將從實務上的探討。因此藉由探討執行面上的缺失將能清楚的呈現從制度面及效益分析等方面看不到的問題，也將有助於統包工程執行上的成效。



## 第3章 案例分析—執行面缺失

由於為了探討文獻中從統包制度面及效益分析等相關研究上所看不到的統包工程問實務上題，本研究透過實際案例進行探討統包工程執行面上相關之問題、缺失。

### 3.1 工程概述

#### 3.1.1 工程內容

國家奈米元件實驗室新建工程其興建計畫主要分為行政研究大樓及奈米實驗大樓，採購預算約新臺幣 3 億 9 仟萬元提供預付款新臺幣 6 仟萬元整之預付款。

其招標計畫依據行政研究大樓、奈米實驗大樓(含潔淨室與廠務特殊系統工程)等建築物之類別與專業工程特性的不同，將其合約對象分為(1) 潔淨室與廠務特殊系統工程統包及一般機電工程施工標 (2) 土建工程施工標。

由於本研究針對其統包工程部分(潔淨室與廠務特殊系統工程)，因此潔淨室與廠務特殊系統工程概略說明如表 3.1 所示：

表 3.1 NDL 工程概述

NDL 新建工程	
工程名稱	國家奈米元件實驗室新建工程
統包範圍	廠務特殊系統與潔淨室工程統包
工程造價	2 億 1 仟 421 萬 6 千 501 元整
業主	財團法人國家實驗研究院
總顧問	潘冀聯合建築師事務所及群策工程管理顧問股份有限公司
第二顧問	財團法人工業技術研究院
統包商	同開科技工程股份有限公司
工程範圍及內容	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 潔淨室工程(含潔淨室照明、插座、電話等)。</li><li>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。</li><li>3. 氣體供應系統工程。</li><li>4. 超純水系統工程(含製程水回收系統工程)。</li><li>5. 廢水處理系統工程。</li><li>6. 潔淨室消防、煙控系統工程(應提出有關奈米實驗大樓消防、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)。</li></ol>

	<p>7. 電腦軟體輔助設計(應提出奈米實驗大樓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>
--	--

### 3.1.2 發包模式

高科技廠房工程的發包模式大致可分成三種形式：總包、專業分包，以及統包等三種。然而，高科技廠房成功的主要關鍵在於是否能夠維持良好施工品質外，並兼顧使用者的使用需求，因此必須挑選適合的發包模式。

表 3.2 為本研究透過文獻回顧方式針對總包、專業分包，以及統包等三種發包模式進行優缺點比較。

早期的各類專業工程之招標，業主為了降低成本、維持品質而採用專業分包之模式直接主導工程施工，但由於高科技廠房的特殊性及專業性，往往因為專業分工太細、業主或專案管理單位協調各專業分包商能力不佳，使得各分包商間界面上造成衝突、溝通協調困難等現象，間接地影響工期延遲、品質不佳及預算超支等缺失。

而為了減少界面衝突的產生，採用總包的方式似乎為另一種不錯的選擇，但由於在工期、品質、成本各方面上，相較於其他模式，總包模式的工期較長、成本較高、品質管制上較易被忽視，將會大大地影響到工程的成敗。

因此，在此國家奈米元件實驗室新建工程案例中，為了達到減少界面衝突、提升品質、符合使用者需求等目標，因而在除了建築工程外採用總包及統包併行之方式執行。

採用總包方式的工程範圍主要為一般機電類 (Mechanical Electrical Plumbing, MEP)，由於一般機電工程在業界屬於較成熟之技術，一般而言，設計單位具有提供設計且符合市場需求之規範及圖說，為業界普遍較成功的執行方式。採用統包方式的工程範圍包含有潔淨室工程 (Cleanroom, C/R) 及廠務特殊系統工程 (Facility System, FS)，主要考量係因此類工程屬於功能性導向之工程及其特殊性之設計與施工界面整合不易，且工程執行將含括不同專業領域工程，其中不同專業廠商所設計的系統將會由於專利、智慧財產權的關係而有所不同，更會影響到後續保固維修的執行。因此基於維護品質的要求及日後保固維修的便利，此工程先由基本設計單位進行 30% 基本設計，規範其

使用需求，避免統包商設計臨界設計及選用臨界材料、設備，並研擬工程規範，供後續細部設計時遵循，發包後再由得標廠商完成後續 70%細部設計。

表 3.2 高科技廠房發包模式之比較

	總包	專業分包	統包
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 業主人力投入降低</li> <li>● 減少業主界面上的衝突</li> <li>● 由廠商承擔風險</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 降低工程成本</li> <li>● 工程品質較佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 可縮短工期</li> <li>● 減少業主界面上的衝突</li> <li>● 業主人力投入降低</li> <li>● 由統包商承擔風險</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工期較長</li> <li>● 工程造價較高</li> <li>● 品質良窳與否易被忽視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 界面協調不易</li> <li>● 業主人力投入高</li> <li>● 風險由業主承擔</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 品質驗收標準難以訂定</li> </ul>

### 3.2 統包執行模式

此工程廠務特殊系統與潔淨室工程統包之執行流程如圖 3.1 所示。首先由業主所委託之總顧問就統包範圍協助業主訂定功能需求，並完成功能性之基本設計及材料設備使用規範。業主再依此功能性之基本設計結果辦理招標，並由得標之統包商進行後續細部設計之發展，同時由總顧問就統包商之細部設計結果進行審查，協助業主確認細部設計需求及所採用之材料設備（包含廠牌之選定等），待審定細部設計結果後，由統包商就各系統之施工進行細部套繪，確認各系統設備、管線位置後，再由統包商統籌負責其各系統工程之分包商進場施工，而總顧問則協助業主監督現場之施工品質、工期之掌控及審查統包商所提之變更設計，以確保達到業主之需求及控制因變更設計所衍生預算可能超溢之問題。待各系統工程完工後，由統包商就各系統進行單體測試及整體運轉測試，以確認達到業主需求後，隨即辦理教育訓練，並提出操作手冊，以作為驗收之依據。

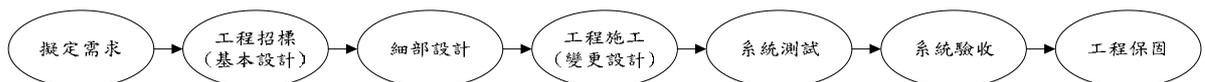


圖 3.1 NDL 工程專案統包模式執行流程

### 3.3 細部設計審查機制

統包商經由細部設計後所選定之設備及材料，皆是後來使用單位驗收接管考量的重

點，因此細部設計的審查機制攸關品質驗收及條件的重要關鍵。同時細部設計之細部圖說、規範及價格明細審定後，若於施工期間無論是業主及統包商有發生變更設計之情形，則變更設計所涉及之金額追加減或工期的變動，均可依所審定之細部設計發展成果辦理之，故一套良好的統包細部設計審查機制，將有助於業主確保其品質。以下將以圖 3.2 及圖 3.3 來說明角色權責之界定和細部設計審查流程。

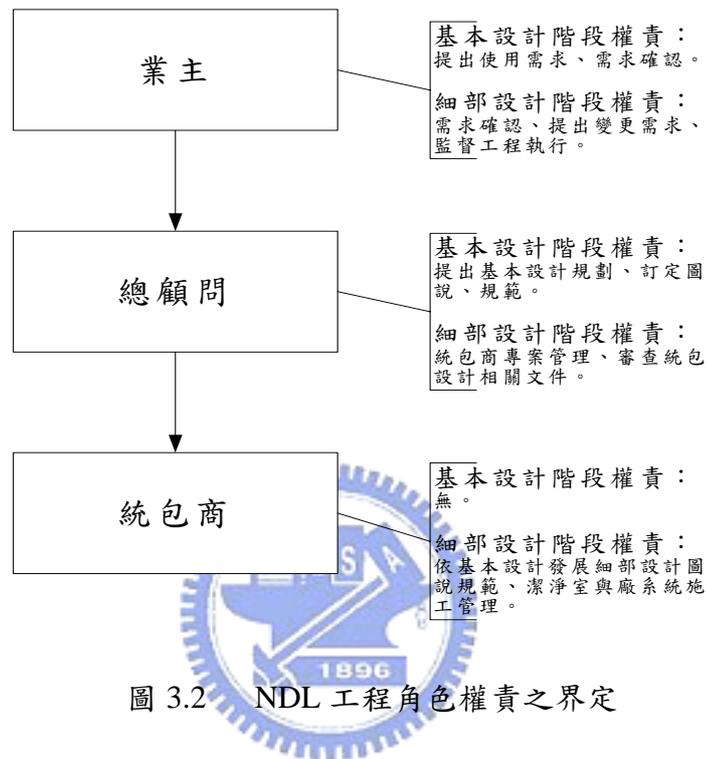


圖 3.2 NDL 工程角色權責之界定

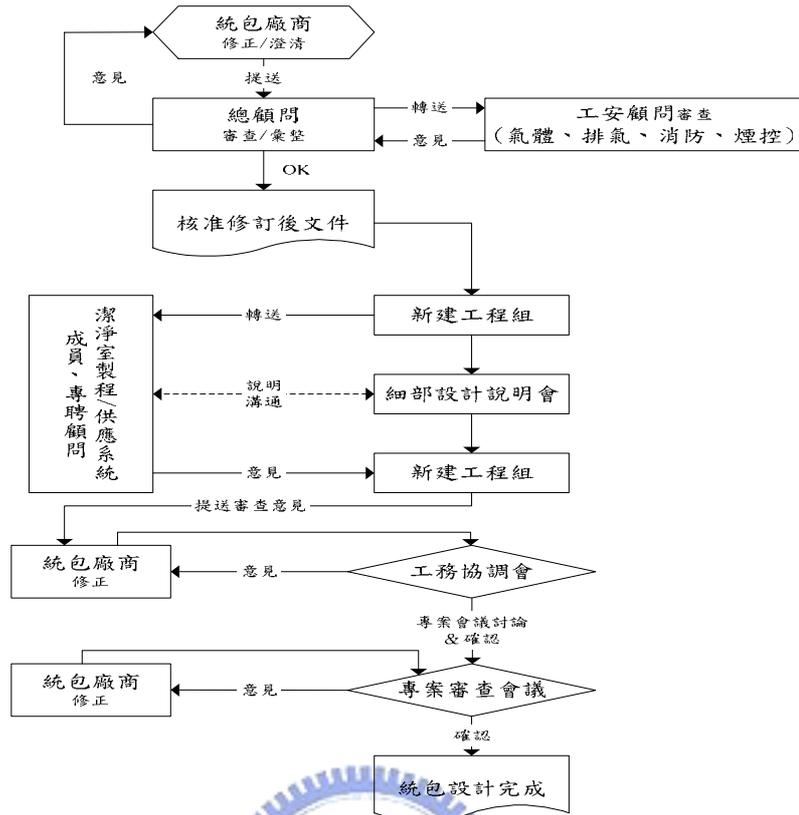


圖 3.3 NDL 工程細部設計審查流程

### 3.4 執行過程缺失探討

在國家奈米元件實驗室新建工程案例中關於執行過程缺失之探討，本研究資料蒐集範圍以招標階段、細部設計階段、施工階段及驗收階段為主。招標階段以回覆廠商疑義之疑義澄清資料為主；細部設計階段以總顧問對廠商之細部設計審查意見為探討範圍；施工階段主要則以變更設計案件為探討範圍；驗收階段則以驗收缺失項目為探討範圍。整體探討範圍含括如圖 3.4 所示：

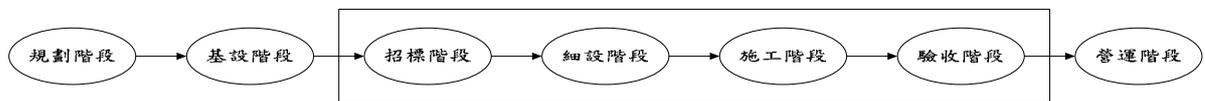


圖 3.4 案例探討階段範圍

#### 3.4.1 招標階段

由於對業界而言，認為統包即是只要能設計出符合業主的需求即可，而不需要經過基本設計的步驟，全權交由業界來主導。故此，在國家奈米元件實驗室新建工程案例之

招標階段中，對於廠商所提疑問之疑義澄清中可清楚的發現到廠商在此階段著眼的重點皆在於在基本設計的限制下，廠商本身尚能夠自行變動的設計範圍。

由於在此之前並未明確的定義哪些範圍屬於廠商可自行變動部分，因此最後採行的方式是依據統包實施精神下訂定出廠商可變動範圍來解決這類問題。茲列舉案例說明如下：

對於超純水系統及廢水處理系統，專業廠商提出由於各自廠商對於超純水及廢水處理等專業處理方式不同，因此是否可在達到業主對水質之需求下，而提出不同於基本設計中流程圖所示之方式。而最後認定此部分依據統包實施精神屬於統包細部設計可變動範圍，同意提出不同之流程設計。

### 3.4.2 細部設計階段

在細部設計階段的執行過程中所遭遇到的問題及缺失，主要可分為統包定義及審查意見兩方面，因此本研究著眼在統包範圍定義上的問題及審查意見上的問題，故以「統包範圍定義及其執行原則」、「細部設計審查意見結果與分析」此兩大類各做以下說明。

#### 3.4.2.1 統包範圍定義及其執行原則

由於在招標階段時針對各家廠商所提出的疑問做澄清時的方式是針對廠商仍可自行變動的範圍做出可變動範圍的說明。然而，在進入細部設計階段時，廠商必須明確的知道所謂統包工程的工作範圍為何？哪些範圍屬於 Turnkey 的範圍？哪些屬於 Design/Build 的範圍？而業主本身也必須明確的知道 Turnkey 及 Design/Build 的差異處，以便處理當設計、規範進行調整時所衍生金額上追加減帳等方面的問題，因此在招標階段時所訂定之可變動範圍已經明顯的無法處理後續衍生的相關問題。

因此透過行政院公共工程委員會對統包工程之定義解釋，統包主要可分成 Turnkey 及 Design/Build 兩種，其差異點在於招標文件中對於已規範之設計條件或限定所使用之材料設備的程度而不同，以及完工後驗收之依據及標準不同。

表 3.3 為 NDL 工程案例在 Turnkey 及 Design/Build 範圍上之執行原則的說明彙整及差異處。

表 3.3 Turnkey 及 Design/Build 之執行原則彙整

	Turnkey	Design/Build
執行原則	業主訂定功能性規範後辦理招標，得標廠商依此合約的功能性規範進行設計，在不更動功能性的條件下，承商所作的任何設計，均不涉及金額與合約規範變動，業主僅須於履約期間對圖說做功能審查，並於完工後就其功能性進行驗收。	業主於完成基本設計（圖說、規範）後辦理招標，得標廠商須依照原設計，再繼續發展後續的細部設計，並於完工後業主依合約的原設計（圖說、規範）進行驗收。
廠商合約調整	承商在符合原合約功能性規範的條件下，則任何的設計將不涉及合約與金額變動；若承商改變功能性規範，則涉及金額與合約的變動，且改變後之金額如低於原合約金額者，則須逐項辦理減帳；但如高於原合約金額者，廠商不得辦理加帳。	承商於後續細部設計中改變原設計（圖說、規範）條件者，將涉及合約與金額的變動，且改變後之金額如低於原合約金額者，則須逐項辦理減帳；但如高於原合約金額者，廠商不得辦理加帳。
業主合約調整	業主主動改變功能性規範，則涉及合約與金額之變動，視為變更需求，應辦理金額追加減。	業主主動改變原基本設計（圖說、規範）者，則涉及合約與金額之變動，視為變更設計，應辦理金額追加減。
差異處	依照功能性規範作設計，並以功能性作為驗收基準，但不得涉及金額與合約規範上的變動。	必須依照基本設計上之要求做後續之細部設計，並以合約的原設計作為驗收基準。

### 3.4.2.2 細部設計審查意見結果與分析

在經由細部設計審查執行原則後，經彙整各方的意見及透過統包細部設計審查會議確認後，審查意見結果歸納成以下三類：第一類—確認符合原基本設計圖說及規範者、第二類—認定屬統包細部設計範圍可變動者，以及第三類—涉及原基本設計圖說及規範之調整。

#### 第一類—確認符合原基本設計圖說及規範者

本類審查意見數共 291 項，在符合基本設計圖說及規範原則下，各系統調整比例高低依序為潔淨室工程、超純水系統、廢水處理系統、特殊消防系統、氣體供應系統、壓縮空氣系統及廢氣處理系統，如圖 3.5 所示。其中有關潔淨室工程、超純水系統及廢水處理工程調整比例又為最高。

探究原因如下：

1. 前述之系統對半導體廠房之興建，因為直接涉及製程環境之控制及系統之穩定性，且為廠房專案執行與管理成敗的關鍵系統，因此總顧問、專業顧問及整體

技術團隊均特別重視該部份之細部設計結果是否符合原功能需求。

- 由於設計理念上的不同導致各系統由不同專業單位進行設計時彼此設計圖說上之差異，以及顧問本身專業不涉及施工，故在設計過程中較缺乏施工導向，也不瞭解實務上的變化，因而衍生出許多招標階段與細部設計階段時部分圖說與規範內的調整。

茲列舉案例說明如下：

- 供應潔淨室內使用之中央集塵桶槽，原基本設計為二具固定式 50 加侖桶槽，但經細部設計後，統包廠商在未影響原設計之功能需求且符合原合約要求下，依目前業界大部分廠房實際操作經驗，將固定式桶槽調整為活動式，使未來營運時潔淨室清潔方式更具彈性。

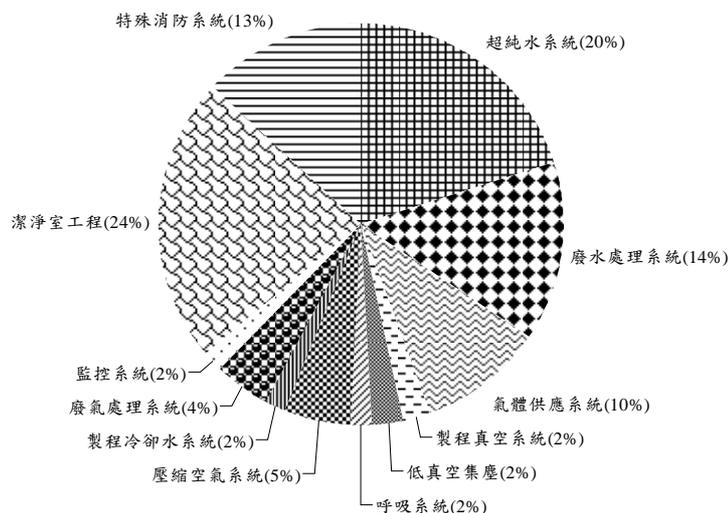


圖 3.5 各系統細部設計結果符合圖說及規範之審查意見分佈

由上述可知，在第一類中所顯示之執行面缺失在於彼此間設計理念上之不一致，以及對實務上變化之瞭解、掌握程度不同，因而造成部分基本設計較不符合目前廠房實際上之操作，而由廠商進行設計調整，使之更符合目前廠房實際操作之情況。

### 第二類—認定屬統包細部設計範圍可變動者

本類係統包商細部設計結果，各系統功能需求符合原基本設計之圖說及規範，且不涉及合約金額及工期之變動，即所定義之 Turnkey 部分。

本類意見數共 34 項，圖 3.6 顯示本類各系統（超純水系統、廢水處理系統及潔淨室工程三類為主）依循 Turnkey 原則審查後之結果，其中以水系統（超純水系統與廢水處理系統）之變動比例（約 56%）略高於潔淨室工程之變動比例（約 44%）。

分析原因概述如以下兩點：

1. 總顧問對潔淨室工程之要求及熟悉程度較超純水與廢水系統高，且經驗較豐富，無論是圖說及規範之要求亦較為明確，故統包商可變動之範圍小。反觀總顧問對超純水及廢水系統僅就功能需求及系統規劃提出要求，所規範之條件較少，統包商在此系統設計均為專業之設計者，故在符合原基本設計條件下，所提之細部需求及結果之變動性較大。
2. 超純水系統及廢水系統在系統選用（美系或日系系統）與考量後續維修零件更換的便利性時，在細部設計結果上會與原基本設計產生較大之差異，此完全為取決於專業廠商考量後續維修之設計理念，為總顧問較無法預期之結果，僅能掌握功能性之預期結果，亦因如此惟以功能性驗收，方能減少因設計不周延，以避免導致驗收功能無法達預期之結果，或避免後期須以變更設計方式，調整已完成之系統功能。

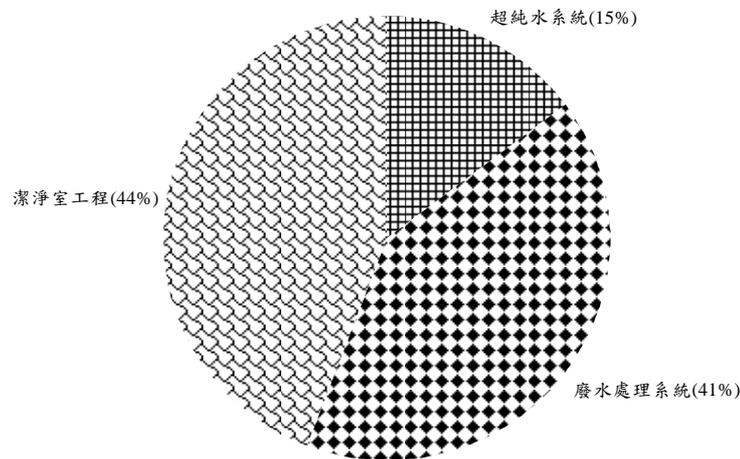


圖 3.6 各系統細部設計結果屬 Turnkey 原則之審查意見分佈

有關本類之結果，列舉範例說明如下：

- 本工程之超純水系統為 Turnkey 主要系統之一，主要在於系統專業廠商進行細部設計時，為符合功能驗收之情形下，系統專業廠商依其專業性及其技術專利，考量其功能需求條件（達到系統功能規範或高於功能規範之標準），進而調整或強化原基本設計之原系統流程，增設非規範及圖說內所明定之材料與設備項目，致與原基本設計規範有較明顯之差異。例如系統設計另應考量系統是否能維持穩定運轉、是否能達功能需求以上之標準（而非僅維持於功能需求之臨界標準）、是否能增加保固能力進而減少系統故障頻率及耗材之更換等。
- 潔淨室過濾空氣之風扇過濾組（Fan Filter Unit, FFU）由原基本設計  $4 \times 2$  (ft<sup>2</sup>) 面積尺寸，經統包細部設計評估後，考量節能（運轉電費及維修費用）、代理

商之維修時效與能力、增加潔淨室回風氣流之過濾面積與業界使用之普遍性，因此在風扇過濾組的各項功能皆可符合原基本設計圖說與規範之條件，且更提升運轉效能及節省運轉成本之情形下，同意將其面積尺寸調整為 4×3 (ft<sup>2</sup>)。

由以上說明可得知由於工程複雜度高、顧問對此工程範圍不易掌控，故將此部分歸屬於 Turnkey。相對的，顧問對於 Turnkey 部分僅就功能需求及系統規劃提出要求，故設計變動性較大。除此之外，由於顧問及廠商間的設計觀點不同，造成後續維修上便利性的差異，因此衍生系統選用上之差異及設備規格上之調整。

### 第三類—涉及原基本設計圖說及規範之調整

本類意見數共 37 項，涉及此類設計之調整主要在於尺寸及位置上之調整，屬於定義中 Design/Build 部分。由圖 3.7 明顯發現，大部份之系統皆有本類之情形，尤以廢氣處理系統之比例最高（約 24%）。原因分析概述如下：

1. 廢氣處理系統中，經審查意見內容發現，大部分之問題在於該系統之單元性設備雖為成熟化的組裝產品，基於專業廠商對單元性設備廠牌功能與基本設計之掌握度不同，所衍生部分廠牌功能上之差異問題。
2. 由於原設計主要依據目前業界廠房使用容量需求進行設計，但因為此案例屬於研究性質而非作為量產廠房使用，故在為了節省營運成本考量上進行相關調整。

茲列舉此類案例說明如下：

- 在潔淨室風管支幹管及 Take Off 尺寸部分，由於設計過程中，設計者依其慣用之廠牌功能進行設計，然實際選用之廠牌功能與設計考量上的不同，導致原設計之尺寸過大，因此造成設計上之調整。
- 原基本設計規範之特殊氣體系統管路尺寸，係依一般業界廠房之使用容量需求所訂定，但於細部設計時，統包商及其系統專業廠商考量本案例工程係屬研究性質，非量產廠房，為節省未來營運成本，在符合原基本設計功能之要求下，檢討原基本設計管徑之尺寸需求，故提出調整原基本設計之壓縮乾燥空氣 (Compressor Dry Air, CDA) 管徑尺寸 (由 100A 調整為 50A，以及將各類型的特殊氣體管徑尺寸依使用條件，由 20A 分別調整為 15A 與 10A)，惟因變動原設計條件(管徑變小)，其調整的差額以追減方式辦理。

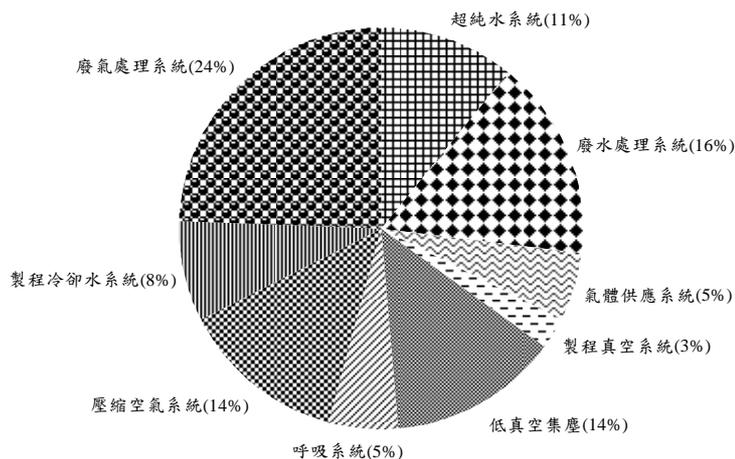


圖 3.7 各系統細設結果屬 Design/Build 原則之審查意見分佈

此外，由圖 3.7 中可另外發現到屬於 Turnkey 範圍內的超純水系統及廢水處理系統有部分範圍也屬於 Design/Build 部分，其主要原因如下：

- 超純水及廢水處理系統之問題，大原則歸屬 Turnkey 方式，但因部分之管徑及設備等，總顧問為考量其系統之運轉能達到較高之標準，於原基本設計圖說及規範中已明訂其尺寸及位置，故統包商細部設計時，擬調整其原定之管線尺寸或設備位置，統包商仍須循 Design/Build 之原則，變動原基本設計之圖說規範，惟若涉及管徑尺寸之變更仍須辦理減帳，而僅設備位置之調整者，則無涉合約金額之變動。

由上述可知在 Design/Build 部分所呈現的問題大致上都是由於設計人員在廠牌功能考量上的誤差，以及廠房使用性質與設計人員考量上的不同，因而衍生管徑尺寸及位置上的調整。

### 3.4.3 施工階段

在施工階段所發生的執行缺失問題，摒除掉在施工中由於人為的疏忽所造成的問題外，而非規範、圖說上之問題，本研究主要著眼於變更設計的發生事由，故此僅就變更設計做探討。

本類變更設計案件數共 13 件，圖 3.8 顯示出變更設計主要以超純水系統、廢水處理系統、廢氣處理系統及潔淨室工程為主，其中又以將系統歸屬於 Turnkey 部分之廢水處理系統、超純水系統及潔淨室工程之變更設計比例為高（約 92%），探究其原因如下：

1. 由於這三個系統其工程性質比起其他系統更複雜、更專業，因此當初僅對這三

個系統作功能性規範的要求，歸類於屬於 Turnkey 部分，給予適度的彈性以便減少變更設計的問題、驗收的問題及界面上的問題。然而，由於這三個系統複雜性、專業性高，故此仍必須藉由變更設計將設計有瑕疵的部分予以導正，因此變更設計變動以此三系統為主。

2. 由於所選用之設備在後續維修上的不便利，以及市場狀況因素導致買不到設計時所選用的設備規格，因此最後以同等品方式辦理。
3. 在超純水系統及廢水處理系統中，統包商內部採購流程的問題致使專業廠商進入專案時程較慢，導致參與細部設計的廠商（統包商）與現場施工的廠商（專業廠商）不同，因而衍生設計變更上的問題（相對於其他系統，參與細部設計與現場施工之廠商皆屬於統包商下之同一家專業廠商）。
4. 30%設計完成度之設計內容過於詳細，使得廠商之細部設計缺乏彈性，而衍生部分圖說、規範上的調整。

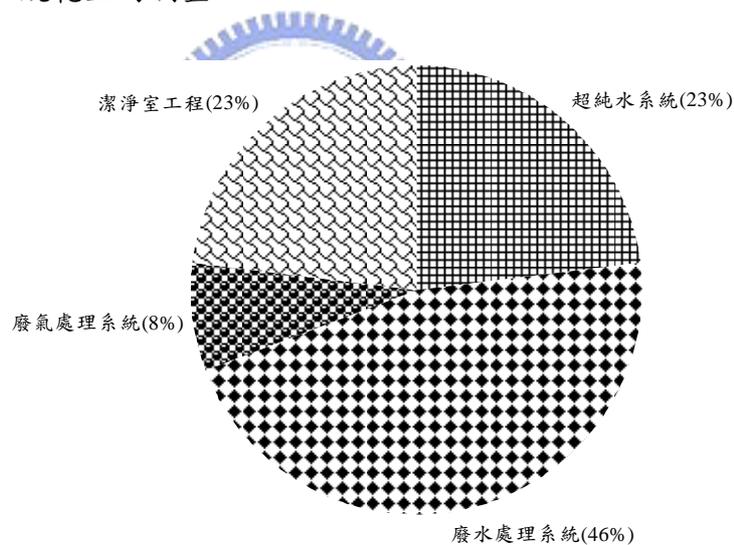


圖 3.8 各系統佔變更設計案件數之分佈

舉例說明如下：

- 在 FFU 的廠牌變更過程中，原選定之 FFU 廠牌因為在台灣並沒有設立代理商，因此當有問題產生時則必須等國外工程人員到此檢驗或將產品送至國外檢修，在維修時程上耗費不少時間，所以最後以同等品方式進行處理。
- 原超純水儲槽之基本設計為方形 RC 結構，但因細部設計延伸後，發現此 RC 儲槽佔據了超純水系統大量空間，因此最後將其調整成圓形儲槽，以增加空間

上的運用。

由以上所述可得知衍生出的變更設計案例大多屬於 Turnkey 範圍，然而執行面的缺失所在主要有三點：

1. 30%設計完成程度太過詳細，因而限制了廠商之設計彈性。
2. 廠商撰寫服務建議書考慮不週，以及對後續維修、市場狀況變化的考量、掌握不周全，而導致廠牌上之變更。
3. 合約中未明訂提送專業廠商之時程，導致設計廠商與施工廠商的不同，而造成後續銜接上的困難。

### 3.4.4 驗收階段

在驗收階段所發生的執行缺失問題，本研究主要依據 NDL 提出之驗收缺失項目，本類驗收缺失項目共 72 項。整理結果如圖 3.9 所示。

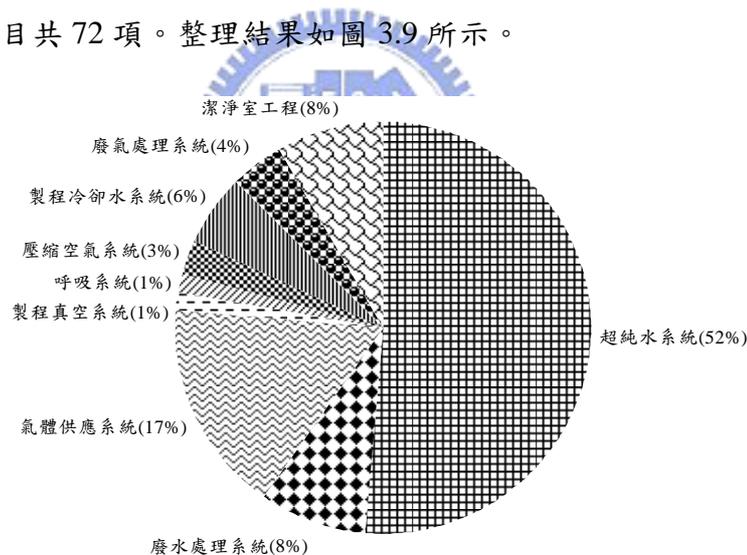


圖 3.9 各系統佔驗收缺失項目之分佈

由圖 3.9 顯示可知超純水系統、氣體供應系統、廢水處理系統及潔淨室工程所佔比例最高。其中除了超純水系統、廢水處理系統、潔淨室工程在其他階段所佔比例也最高外，更值得注意的是氣體供應系統（約 17%）。

原因分析結果如下：

1. 在氣體供應系統方面，其在細部設計及變更設計階段時問題點不多，而驗收階段才明顯的發現問題所在，主要原因在於使用需求的不明確，使用單位僅提出

需求而未詳細的定義清楚，參與專案執行程度也不深入，且使用單位又未於變更設計階段程序辦理需求變更，因此到真正驗收時才發現缺失點。

2. 在其餘系統方面，在不考慮因為施工上的因素所造成品質的小瑕疵外，有部分缺失問題屬於使用單位於驗收階段時額外提出而不屬於原合約內容部分。基於尊重使用單位驗收原則且提及之問題經由原設計者逐一釐清，原則上對系統影響並不大，大都可藉由後續之二次工程予以補足。

舉例說明如下：

- 在超純水系統工程驗收過程中，使用單位要求將加藥區雙氧水藥品儲槽改成可更換式，然而使用單位在基本設計、細部設計到變更設計過程中皆未提出相關設計之調整，因此此部分並非屬於合約內容之項目。最後統包商尊重使用單位驗收原則以符合基本設計規範需求同意處理。

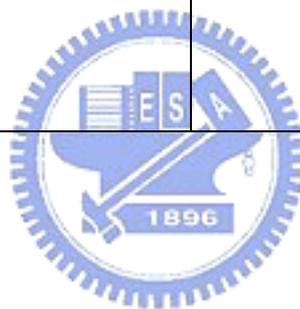
由上述可知驗收階段所面臨的問題主要不在於因為設計上的不佳而衍生出的問題，而是在於使用單位提出的需求不明確，且涉入專案的程度不深，而衍生出的不屬於原合約內容部分之缺失。

歸納整理以上招標階段、細部設計階段、施工階段，以及驗收階段所遭遇到的缺失問題及其發生原因，彙整如表 3.4 所示。

表 3.4 NDL 統包工程執行缺失彙整

工程階段	執行面缺失	發生原因	產生之問題	案例
招標階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沒有定義可變動範圍</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 業主需求不明確</li> <li>● 業主與廠商對統包定義的認知不一致</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 廠商不清楚哪些設計範圍本身可以自行變動調整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各廠商對純水、廢水之設計方式不同，故提出是否在達到業主水質之需求下，而變更基本設計所示之方式</li> </ul>
細部設計階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沒有詳細定義 Turnkey 與 D/B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 國內統包制度未針對 Turnkey 與 D/B 作詳細定義</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計變動調整涉及金額追加減時，業主及廠商雙方將產生爭議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計調整將可能涉及合約變動與金額追加減等問題，因此透過定義 Turnkey 及 D/B 範圍以釐清雙方之責任義務</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 顧問及廠商之設計理念的不一致及對實務變化的瞭解程度不同</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 雙方專業領域不同以及彼此溝通協調不佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 顧問之部分設計不符合廠房實際操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中央集塵桶槽原為二具固定式 50 加侖桶槽，但統包商依業界大部分廠房實際操作經驗，將固定式桶槽調整為活動式，使營運時潔淨室清潔方式更具彈性</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 廠房使用性質與設計考量的不同</li> <li>● 考量廠牌功能上的誤差</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計時以量產廠房作為考量而忽略本身為實驗性質</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系統選用的差異</li> <li>● 設備規格的調整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 超純水系統在選擇上有美系、日系及台製，而業主與廠商選擇並不一致。由於日系系統之品質最高，因此在雙方協調下最後選擇日系系統。</li> </ul>
施工階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 廠商撰寫服務建議書考慮不周全</li> <li>● 後續維修上及市場狀況變化的考量不周全</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 備標時程緊湊</li> <li>● 顧問本身專業領域對維修、市場狀況等考量不如專業廠商來的周全</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 廠牌的變更</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 當初所選用 FFU 的廠牌，由於在台灣沒有代理商，勢必將來在維修上將造成困難，因此以同等品方式作變更</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 合約未明訂提送專業廠商時程</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 業主缺乏統包工程上的經驗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 參與細部設計廠商（統包商）與現場施工廠商（專業廠商）不同</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 超純水廠商並非於細部設計即進入，而是由統包商進行細部設計，因此產生部分配置及相關需求上的設計調整</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 30%設計完成度過於詳細</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 國內統包制度尚未詳細定義 30%設計完成度所應含括的內容</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 壓縮廠商設計彈性，部分造成空間配置上的困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 超純水及廢水系統的儲槽，由於基本設計過度設計為 RC 水槽，而非圓桶桶槽，造成空間上的浪費，使得廠商在空間配置設計上產生限制</li> </ul>
驗收階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 使用單位提出之需求不明確且參與程度不深入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需求定義不明確</li> <li>● 未於專案執行過程中提出相關意見</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 產生不屬於原合約內容部分之缺失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 使用單位要求將超純水系統加藥區雙氧水藥品儲槽改成可更換式，此項目原合約並未明訂必須以可更換式方式設計、施工，因而衍生爭議處，最後廠商尊重驗收原則以符合基本設計規範需求同意處理</li> </ul>



在清楚的瞭解執行上所遭遇的缺失、問題，以及發生原因後，針對上述表 3.4 所列之執行面缺失，本研究的相關建議如以下所示：

- 在招標階段前即個別對 Turnkey 及 D/B 之工程範圍作大方向的定義，而在進入細部階段時，再明確且詳細的完整定義 Turnkey 及 D/B 各自所包括的工程內容。
- 顧問除了提升特殊系統的專業性外，本身的設計理念、考量及需求也必須明確且清楚的傳達給廠商。
- 專案管理權責必須明確，且不宜過度設計而壓縮廠商設計上的彈性。
- 於合約中明訂統包商提送專業分包商之時程（至少細部設計階段前）。
- 廠牌部分基本上仍以服務建議書上所列為原則，除非市場狀況變化等因素影響得以同等品方式變更。
- 使用單位必須明確的提出本身需求外，也需深入的參與專案的執行，並於會議中提出相關意見，以便減少驗收上的爭議。

### 3.5 執行成效之探討



由於在理想狀態下細部設計階段出現的問題經由各方的協調、處理下將逐漸的被解決，因此在施工階段衍生的問題量將比細部設計階段來的少，驗收階段的問題量將比施工階段來的少，甚至經由細部設計階段時的協調、處理，問題點在當下即被妥善處理，因而在施工階段、驗收階段問題點也不再出現。然而，實際案例上並非如此，因此本節主要藉由細部設計、變更設計及驗收缺失等不同階段所發生問題之時間點，探討本案例廠務特殊系統及潔淨室工程採用統包模式時各階段審查問題所產生之相互關聯性，並就整個統包執行模式於各系統之執行成效進行分析。其中，圖 3.10 為各系統於細部設計之審查意見（即將其前述圖 3.5、3.6 及 3.7 繪整；意見數共 362 項），圖 3.11 為各系統施工階段之變更設計案件分佈（案件數為 13 件），圖 3.12 為各系統驗收之缺失項目數量分佈（項目數為 72 項）。依各系統問題出現之時間點（細部設計階段、施工階段及驗收階段）本研究可將其區分為 A、B、C 三類。

#### 3.5.1 第 A 類-反映於細部設計

此類乃統包執行成效反映於細部設計中，而與變更設計及驗收條件並無涉及質實關聯性者。本類主要為低真空集塵、中央監控及特殊消防等系統，其細部設計成果於施工階段無須以變更設計補強細部設計不周延或需求之調整，且於驗收時亦較無爭議之處，其原因概述如下：

1. 低真空集塵系統與監控系統除了在細部設計過程中之檢討較為完善外，另外此系統屬系統專業廠商較成熟之技術，在測試運轉過程中亦無須重覆檢測與複雜調整參數，因此在驗收過程中並無衍生相關的疑義問題。
2. 另監控系統因強調軟體測試之穩定性，須長時間觀察，故雖於驗收程序中無相關爭議產生，但多會反應於後續之保固階段，端看系統軟體之穩定程度而定。
3. 有關特殊消防系統於細部設計時已進行煙控模擬，模擬各種可能災害發生情形，且有工安顧問協助審查其設計結果，故大幅減少了後續的變更設計及驗收疑義。

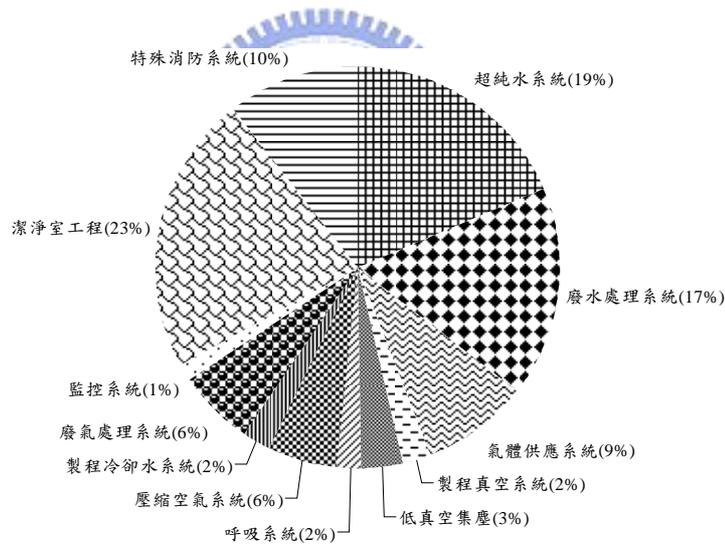


圖 3.10 各系統之細部設計審查意見分佈（意見數為 362 項）

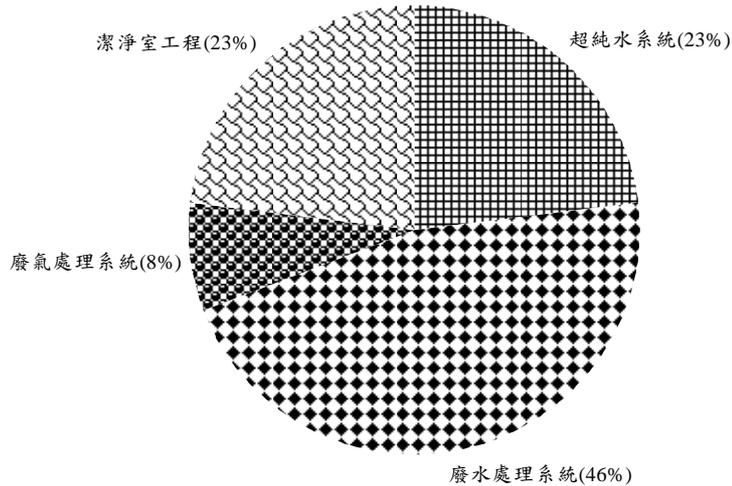


圖 3.11 各系統施工階段之變更設計案件分佈（案件數為 13 件）

### 3.5.2 第 B 類-反映於細部設計及驗收

此類乃統包執行成效反映於細部設計及驗收條件中，但與變更設計無實質關聯性者。本類以氣體供應系統、製程真空系統、呼吸系統、壓縮空氣及製程冷卻水系統為主，其原因概述下：

1. 氣體供應系統為具極高危險性系統且併同製程真空系統、呼吸系統及壓縮空氣系統考量其需求及穩定性，在整體工業安全設計、後續維運安全性與產物保險之投保風險之考量上，於細部設計及施工乃至驗收過程中，皆由工安顧問密切審查及監督，考量，故將可能發生之問題或產生變更設計之情形，皆於細部設計階段詳加評估，致使無後續的變更設計衍生。但若依圖 3.12 驗收階段分析結果顯示，前述四項系統所佔之疑義問題合計約為 22% (=17+1+1+3)，此情形與超純水（52%）、廢水（8%）、潔淨室工程（8%）等合計所佔 68% 之比例相較下，在有工安顧問協助執行過程中，對於驗收階段所產生之疑義問題有明顯下降的現象。
2. 製冷卻水系統雖無專業顧問之協助審查，但因統包商搭配之專業協力廠商具有優良且豐富之建廠經驗，間接地發揮專業顧問之功能，也因如此，專業廠商對此系統具有相當高的掌握度，故原則上已於細部設計階段，將需調整之功能需求，大致調整修正完成，致施工時較無變更設計之情形，進而於驗收程序中較無疑義之問題。此結果顯示，統包商如對系統之專業性掌握度愈高，可降低變更設計及驗收時產生之爭議。

3. 由圖 3.10 顯示，氣體供應系統經細部設計變動程度約佔 9%，且在施工過程中無衍生變更設計，但依圖 3.12 之結果可發現，驗收時發生之爭議問題竟佔高達 17%，其原因可能是在驗收與測試運轉階段時，使用單位所提出之問題與原設計需求有關，且由細部設計之審查意見結果（佔 9%）可說明，在細部設計審查執行過程中已確實掌握關鍵性之問題，並加以修正調整，故此現象僅說明為使用需求訂定時不夠明確，但此執行結果並不影響整體系統之運轉功能。

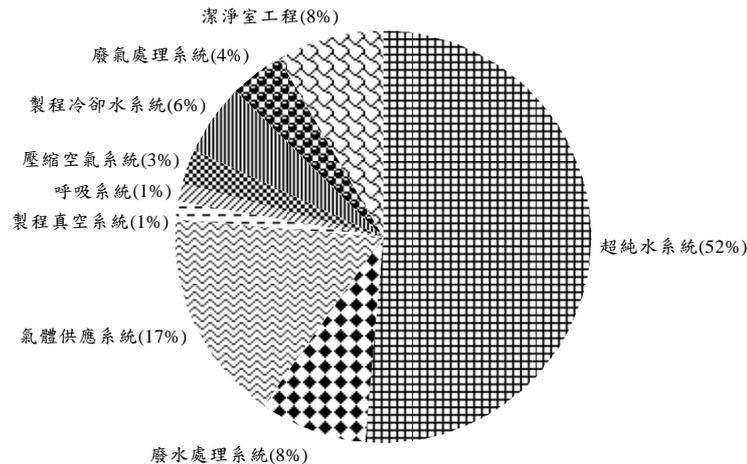


圖 3.12 各系統驗收之缺失項目數量分佈（項目數為 72 項）

### 3.5.3 第 C 類-反映於細部設計、變更設計及驗收

此類乃統包執行成效反映於細部設計、變更設計及驗收條件中者。本類主要包括潔淨室工程、超純水系統、廢水處理系統及廢氣處理系統等四個系統，其涉及施工階段之變更設計之原因必然與細部設計之結果有密關係，又因為是統包方式，故在辦理變更設計的作業中及其衍生之驗收問題顯得特別重要，就本案例工程而言，就本類結果分析說明如下：

1. 由圖 3.10、3.11 及 3.12 中，可以明顯的發現超純水系統、廢水系統及潔淨室工程不論在細部設計、變更設計，甚至驗收階段所衍生的缺失皆超過所有缺失的半數以上。故可知統包工程中歸屬於 Turnkey 範圍部分的將會是執行過程中問題點探討重心所在。
2. 然而超純水系統之統包執行過程中，由細部設計之審查問題比例（佔 19%）、變更設計案件發生之比例（佔 23%）及驗收時之缺失項目（佔 52%）等三個階段之結果來看，似乎並無發揮統包模式的實際效能，且徒增業主在處理這些問

題之困擾，此現象經分析後概可歸納下列幾點：

- (1) 超純水系統之執行過程中，其單元設備及管線雖已於細部設計時，經空間整合與管線套圖確認位置及管線高程，但於現場施作時配合空間調整與配管原則（例如空調風管、排氣風管與電線槽架等優先配管），其受一般機電工程之影響較難於細部設計時正確評估；且考量配管方式易影響後續運轉品質，故需經施工階段於現場配合調整，進而衍生相關配合性之變更設計。
- (2) 超純水系統之回收問題，為半導體廠房建廠之重要一環，且為了達到科學園區管理局對全廠水回收率之要求（須達到 85%之回收標準），必與一般機電工程之給排水系統有關，故於細部設計時，須特別考量其系統結合運作之界面問題，同時於施工或測試運轉過程中，常因評估運轉後之實際排水量而調整原細部設計之結果，因而衍生相關之變更設計。
- (3) 另為了達到超純水系統之高水質標準，其技術層面常仰賴系統專業廠商對細部設計之經驗及施工過程之各細部品質管控，但因該系統之驗收成效，常須系統整體完成後，經科學儀器加以檢驗，且測試運轉階段，又常因測試時間短，達到高水質標準之難度高，故常於驗收階段與使用單位發生測試結果與環境維持之認定問題，特別是驗收作業時間冗長，統包商為維持檢測後之水質標準，須花費相當高之費用，此亦是採行統包模式之初期，未詳加評估而衍生之爭議問題。

表 3.5 NDL 統包工程執行成效反映在工程階段之情形

系統	工程階段			原因
	細部設計階段	施工階段 (變更設計)	驗收階段	
低真空集塵系統 監控系統 特殊消防系統				細部設計檢討較完善外，此類系統屬於較成熟之技術
氣體供應系統 製程真空系統 呼吸系統 壓縮空氣系統 製程冷卻水系統				工安顧問之參與及廠商對系統掌握度佳，故無變更設計，然而使用需求不明確導致驗收缺失的產生
超純水系統 廢水處理系統 潔淨室工程 廢氣處理系統				系統所需技術層面高，且為符合空間整合與配管之原則，故衍生相關變更設計

綜觀統包模式執行成效，超純水系統似不如其它系統理想，但於細部設計及施工階段之變更設計之管理，已掌握影響功能性規範之關鍵因素。換言之，運用統包之執行模式，再配合良好的審查機制，已將不確定因素較多之超純水系統所發生之問題加以排除。

### 3.6 執行關鍵因素之探討

在藉由探討執行面缺失、執行成效的過程，以及表 3.4、3.5 之彙整中，除了瞭解工程各階段所遭遇之問題、缺失，以及執行成效好壞外，本研究歸整出下列幾項影響高科技廠房工程之特殊機電系統採統包模式之成功關鍵因素。

- 專案團隊人員參與

雖然採用統包模式可減少設計單位與統包廠商權責上之歸屬，在執行基本設計及細部設計過程中，專案團隊人員（總顧問、使用單位、專案管理、監造單位及專業顧問等）之參與及其專業能力扮演相當重要角色，但因各團隊人員於整體設計中參與程度及權責的不明確，常造成細部設計的不完整或表達不明確，而衍生設計上的問題，進而將其問題反映在施工階段之變更設計及驗收條件中，亦是造成統包執行效益不彰與徒增後續的使用問題的重要因素。另外使

用單位參與使用需求之訂定，亦是統包模式是否成功的重要關鍵，因為需求不明確，常造成細部設計發展上的困擾，亦是發生變更設計之主要因素，同時也是驗收時，認定統包商是否達到功能需求之重要條件。

- 專業顧問發揮之功效

由於特殊機電工程系統為跨領域之專業系統，專業顧問與技術團隊的適當參與，對於統包模式之執行有相當大之助益。諸如超純水系統、廢水處理系統、特殊氣體系統、廢氣處理系統及潔淨室系統等重要系統係屬不同專業領域，需在細部設計審查會議中經由委託之專業顧問或委外之技術團隊，藉由專業審查協助細部設計結果，且同時輔助專案管理及監造單位之執行，將各階段可能發生之問題，藉經驗判斷與分析提供業主決策之參考，以減少後續變更、修改或重作等情形，使潔淨室及廠務特殊系統的使用更具效率及安全。

- 系統專業廠商之資格及選定時程

本案例工程之統包方式，係將潔淨室及廠務各特殊系統結合成一個合約，由一個統包商統籌負責（稱為大統包），故各系統專業廠商係由統包商得標後，於細部設計前由統包商選定後進行後續之細部設計及施工。此方式最好是能規範統包商投標時，即已選定系統專業廠商，並由各專業廠商於備標階段即協助釐清基本設計之基本要求及所需達到之功能標準，且於得標後，利用很短的時間再與業主或總顧問檢討各系統細部設計之重要關鍵及其時程上之變數，如此除了可縮短設計時程外，亦可將業主功能需求之不確定性或基本設計之規範標準，提早澄清，減少錯誤設計之發生，亦可減少施工階段變更設計之發生，以及驗收時產生標準認知上的落差。另外，因業界之廠房規模較大，而目前較常採用之統包方式，係將各系統工程採個別統包方式，由各系統之統包商負責其細部設計及施工（稱為小統包）。此方式業主可於基本設計發展階段即開始遴選系統專業廠商，並直接管控各系統之執行成效，惟業主須自行整合各系統之設計結果及協調可能發生之界面問題，或另外委託專案管理顧問協助專案之執行。

- 統包與 MEP 間之工程界面

對業主而言，採用統包方式雖可提前整合設計與施工間之問題，或減少各系統間之工程界面問題，但因僅是將既有之界面問題轉由統包商統籌協調，業

主與專案管理單位則需掌握界面問題之協調結果與時程，以避免因工程界面影響工程進度與品質。然而在現場施作上仍有許多與 MEP 或土建工程配合之事項，或確定特殊機電統包之作法後，由已完成設計之 MEP 及土建工程配合調整修正（例如潔淨室及廠務特殊系統所需之空間、電力及給排水等相關需求，是於 MEP 之設計時來考量），故在設計及施工期間常發生許多界面整合上之問題，其中最常見問題包括空間規劃面積與高度不足或不當、電力供應需求不足、緊急電源量供應不足等，此為基本設計或 MEP 及土建工程設計及施工時極易忽略之問題，亦是衍生變更設計頻繁之原因所在。

- 廠牌選定及後續維修之保固條件

統包模式中業主與統包商最容易產生衝突之問題在於機電設備廠牌之選用及後續維修保固之條件，因為統包商基於成本與利潤考量，往往在符合功能規範之標準下，選用較低成本之材料及設備，而最直接之影響即是廠牌之選擇。因此，在統包細部設計過程中在廠牌功能之認定上常會產生同等品認定的疑慮，或在品質上認定之差異，乃至影響系統測試運轉階段及後續維運階段之品質，故採用統包方式時，於基本設計階段對系統規範（含設備廠牌）之擬定就顯得重要。而必要時，業主會不惜成本，就關鍵性之設備直接以指定廠牌方式來要求統包商，或由業主直接採購設備，並交由統包商依該設備條件進行系統設計及施工，惟後者較容易產生業主與統包商在設備運轉功能認定上之責任問題，故前者是目前業界較常採用之方式。另外，若業主在基本設計圖說及規範之研擬時，為使統包商具有細部設計之彈性，減少統包廠商選用低標準卻符合規範之材料及設備，以維持系統高品質運轉功能，若能於基本設計階段即決定系統專業廠商，同時考量後續擴廠及維運成本，對於統包模式之運作應可提升其效能。

### 3.7 小結

由上述各小節以及表 3.5 之彙整結果，可清楚的瞭解到歸屬於 Turnkey 範疇之系統為本工程執行之關鍵點，具有舉足專案成敗輕重的影響，其中更以超純水系統在執行過程中影響最為明顯。主要原因在於 Turnkey 範疇內系統本身專業性高、複雜性大，且變化性也因專業廠商專利之影響而有所不同，故在統包工程執行上為關鍵之處。

除此之外，另一個影響專案成敗關鍵點即在於專案人員參與方面之問題，主要在於參與人員責任上、專業性，以及參與程度上等問題。因此，在關切專案之成敗中，不能僅著眼於設計規範、圖說的管控、施工成果的品質，也必須注意到參與人員權責之分配、過程參與的程度及本身專業能力等方面問題。

由於諸多的問題發生原因皆可追溯到設計成果的不完善，因此透過本研究探討之彙整結果以提供未來統包相關工程執行人員於執行過程中之參考依據，使得設計成果更加完善，以減少諸類相關問題、缺失的產生。



## 第4章 作業關聯性相關文獻回顧

實務上統包工程於進度規劃上鮮少有針對作業間資訊回饋的議題進行深入探討，更少透過評估作業間關聯性的程度大小來處理回饋上的問題。然而，在同步工程領域中，除了同步工程的基本含意與統包的精神相類似外，更重要的是在此領域中已有部分研究在於探討資訊回饋以及作業間關聯的程度。因此，此章節將以同步工程開始介紹，而後再說明各種關聯性的定義及量化方式。

### 4.1 同步工程（Concurrent Engineering）的定義

同步工程（Concurrent Engineering）的理念自 1971 年由 Abermathy 首次提出，在定義與名稱上尚未有統一明確的界定。而同步工程名稱的來源，首見於 1988 年七月，美國 DAPRA (Defence Advanced Research Project Agency) 之計畫 DICE (DAPRA's Initiative in Concurrent Engineering) 【謝壽明，2002】。Prasad (1996) 指出同步工程最普遍的定義：

“Concurrent engineering is a systematic approach to the integrated, concurrent design of products and their related process, including manufacture and support. This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product life-cycle from conception through disposal, including quality, cost, schedule and user requirement.”

「同步工程是一個系統化的方法，有效地整合產品設計以及相關程序，包括製造與其他的支援活動。此方法驅使設計者從設計初期即考慮到整個產品生命週期所應該考慮的情形，包括品質、成本、排程與使用者需求。」

而同步工程的主要目標概括下列幾點【陳俊伊，2002】：

- (1) 減少產品發展的導入時間。
- (2) 改善產品的獲利率。
- (3) 具備較大競爭性
- (4) 拉近與整合兩部門間的距離。

(5) 提昇公司與產品的聲譽。

(6) 改善產品的品質。

(7) 團隊精神的提升。

由上述可得知，同步工程的目的即在於在設計階段時，即將後續階段所有影響產品發展的因素一併考量，整合產品設計與製造的相關問題，因此便可減少後續工程變更的情形發生。

## 4.2 同步工程專案管理

同步工程於新產品開發過程是指製造部門人員早期即參與產品的開發過程，而其目的乃是為了消弭研發部門與製造部門間的衝突，改善部門間人員的協調合作效率，提高新產品開發過程的效果。

Fleischer & Mitchell (1996) 指出，產品開發程序的整合或同步工程，即是一種跨功能團隊的精神。Oscar & Karim (1996) 也指出，為了協調不同設計上的衝突與整合產品發展週期的資訊，建立一個多功能團隊是個最佳方法【陳俊伊，2002】。

我們可將多功能團隊視為一個單元佈置 (cellular layout)，在這群組裡有著許多不同功能的機器。每一個專案作業就像是一個零件，經由許多機器處理 (多功能團隊) 才能完成。而這團隊又是由許多不同背景的工程人員所組織而成，因此在溝通、協調方面，容易產生衝突及矛盾之處，因而，管理此團隊乃成為重點之一。

在過去文獻中，對此相關程序，通常是藉由圖表來進行說明、分析，例如：流程圖、組織圖、資訊流程圖等。但是當一個專案作業量增多，且複雜時，對於其相關性變得難以直覺的去判斷。因此，透過將工作的關聯性以矩陣的方式表示，並將其分解為數個關聯性較高的工作群組的方法—DSM，因而被發展出。

## 4.3 Dependency Structure Matrix (DSM)

在同步工程的環境下，由於產品設計、產品開發的複雜度、困難度日益增加，因此許多研究都在探討如何管理複雜度高的專案。然而在許多研究中已提出，透過分解 (Decomposition) 的觀念將有效地簡化設計流程的複雜程度【A. Yassine et al., 1999】。而分解的目的在於將複雜的工作分解成數個較小的工作群組，因此，群組內的工作較容

易被管理，且專案團隊的權責也更為清楚。

### 4.3.1 DSM 的定義

Dependency 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 (Independent、Parallel)、相依性作業 (Dependent、Serial、Sequential)，以及交互耦合性作業 (Coupled、Interdependent) 等 3 類，如圖 4.1、4.2 所示。

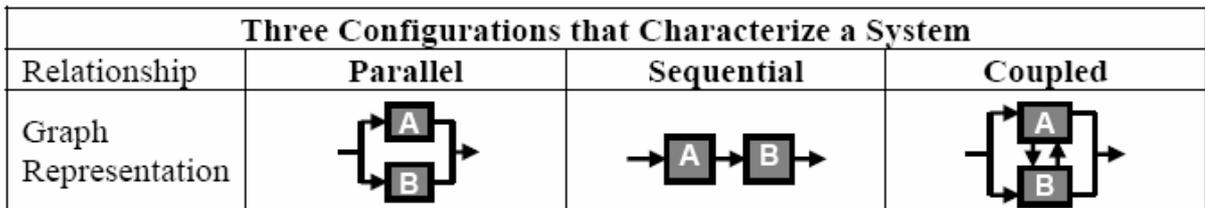


圖 4.1 DSM 作業關係類型-以圖表示

【資料來源：A. Yassine，2004】

Three Configurations that Characterize a System																														
Relationship	Parallel	Sequential	Coupled																											
DSM Representation	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	■	■	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	X	■	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	X	B	X	■
	A	B																												
A	■	■																												
B	■	■																												
	A	B																												
A	■	■																												
B	X	■																												
	A	B																												
A	■	X																												
B	X	■																												

圖 4.2 DSM 作業關係類型-以 DSM 表示

【資料來源：A. Yassine，2004】

DSM 是由一個  $n \times n$  所組成的方陣， $n$  代表專案作業的數目。當  $i$  作業需要  $j$  作業的資訊，或  $j$  作業的資訊要回饋 (Feedback) 給  $i$  作業時，則在矩陣內做上標記，如 X 或 1。如圖 4.3 所示，例如：以 E 列而言，作業 E 需要作業 F、作業 H 跟作業 K 所提供的資訊，也就是說，作業 F、作業 H 跟作業 K 必須先開始作業，作業 E 才能開始作業；而以 E 行而言，作業 E 會提供資訊給作業 D，即是作業 E 開始作業後，作業 D 才能開始。藉由此表達方式，可以很清楚的瞭解各作業間的資訊流通。

### 資訊回饋

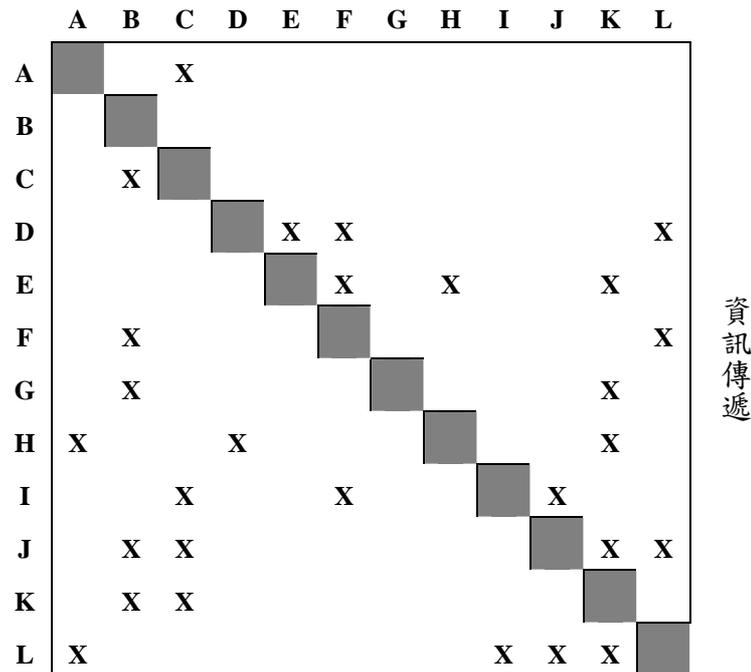


圖 4.3 Binary DSM

### 4.3.2 DSM 的分割法則

由於單從圖 4.3 所表示的方式並無法清楚的看出專案作業間的作業關係，哪些作業是屬於獨立性作業，哪些屬於相依性作業，哪些屬於交互耦合性作業，且無法明顯的瞭解到專案作業項目的優先順序。因此必須透過某排列方式將其專案作業項目重新排列，否則 DSM 充其量只不過是來表達作業間的資訊流通。

透過 Steward (1981) 所提出的分割法則 (Partitioning Algorithm) 對整個專案作業項目重新排列，將有助於辨識作業項目的作業關係，亦可以簡化矩陣的運算。其分割法則包含下列步驟【陳俊伊，2002】：

1. 重新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，將這個工作放到最前面的次序。
  - (b) 確認矩陣中的任一行是否為空白，如果是，將這個工作放到最後面的次序。
  - (c) 將(a)與(b)中確認的工作從矩陣中移除。
  - (d) 重複(a)到(c)的步驟，直到矩陣中沒有空白行與列存在。

2. 利用路徑搜尋 (Path Search) 的方式確認交互耦合性的作業，使其成為一個群組。利用資訊向前回饋或向後傳遞搜尋，直到一個工作重複為止。所有的工作依此步驟搜尋，直到搜尋至最初的工作，這些工作即成為一個群組。
3. 將每一個這樣的群組視為單一的工作，並重複步驟 1 至步驟 3，直到所有的工作都被排序。

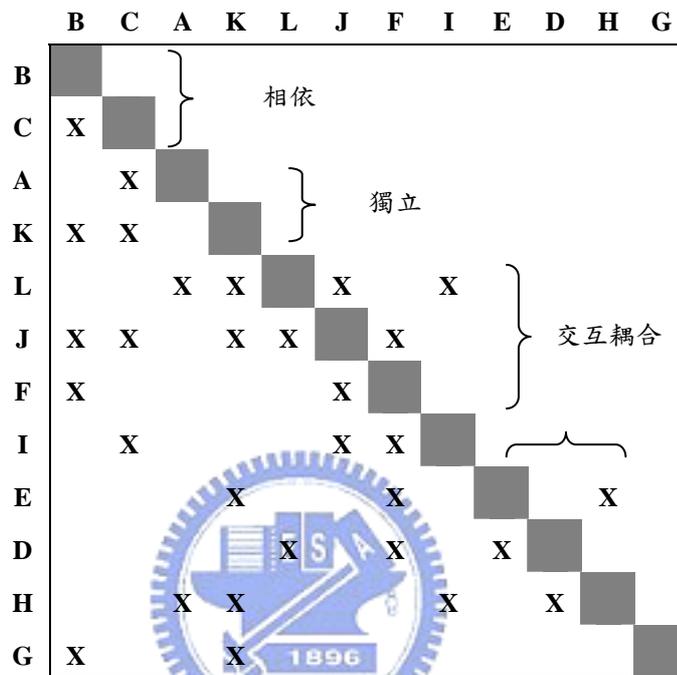


圖 4.4 Partitioned DSM

圖 4.4 為圖 4.3 分割後的結果。除此之外，本研究並以一個範例，用圖解的方式說明，說明如下所示。

1. 矩陣中的 F 列為空白，將 F 列作業放到矩陣最上方，並將 F 行作業移到矩陣最左側，當矩陣重新排列後，將 F 作業由矩陣中移除 (結果如 Step2 所示)。
2. 矩陣中的 E 行為空白，將 E 行作業移到矩陣最右側，並將 E 列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 (結果如 Step3 所示)。
3. A 作業的前置作業為 C 作業，因此先將作業 A、C 合併 (結果如 Step4 所示)。
4. 矩陣中的 CA 行為空白，將 CA 行作業移到矩陣最右側，並將 CA 列作業移到矩陣最下方，當矩陣重新排列後，將 CA 作業由矩陣中移除 (結果如 Step5 所示)。
5. 至此，可明顯發現作業 B、D、G 屬於交互耦合性作業，因此將起合併成一個

群組（結果如 Step6 所示）。

6. 因此，最後分割結果即如 Step6 所示。

A B C D E F G	F A B C D E G
A	F
B	A
C	B
D	C
E	D
F	E
G	G
Step 1	Step 2
F A B C D G E	F CA B D G E
F	F
A	CA
B	B
C	D
D	G
G	E
E	
Step 3	Step 4
F B D G CA E	F B D G C A E
F	F
B	B
D	D
G	G
CA	C
E	A
	E
Step 5	Step 6

圖 4.5 Dependency Structure Matrix 分割方法

經由分割法則的處理流程主要會產生三種作業關係：獨立性作業、相依性作業，以及交互耦合性作業。

#### 4.4 作業關聯性量化

由於僅僅透過有或沒有的方式(0跟1)來表示作業彼此間是否存在著關聯性問題，並無法充分的顯示出作業間關聯性的程度大小，也無法將高度關聯性、中度關聯性及低度關聯性的作業項目做程度上的區隔，因此必須透過某些方式來量化作業關聯性的程度問題。

表 4.1 為文獻上所蒐集到作業關聯性量化方式之定義說明，而表 4.2 為各方式之特性比較，包含客觀性、資訊依賴程度、方向性，以及作業型態等比較，其中客觀性的差異主要取決於評估關聯程度時考慮關聯因子的多寡。

表 4.1 作業關聯性量化方式之定義說明

作者/年代	關聯性強度定義方式
Donald V. Steward (1981)	定義強度範圍 1~9 之 Level Numbers，由專業人員憑其經驗認定關聯性強度大小。
Thomas U. Pimmler, Steven D. Eppinger (1994)	透過 4 個因子判斷：Spatial、Energy、Information 及 Material 四種，強度尺度由-2~+2 等 5 種程度。
A. Yassine, D. Falkenburg, K. Chelst (1999)	透過 Sensitivity 及 Variability 來衡量關聯性。分別表示後置作業受前置作業改變所影響之程度，以及表示後置作業預測前置作業資訊的誤差程度，尺度範圍皆為 0~3。最後相乘，因此關聯性強度為 (0、1、2、3、4、6、9)。
Ali A. Yassine, Daniel E. Whitney, Tony Zambito (2001)	以 Information Variability 及 Task Sensitivity 兩因子為衡量準則。Information Variability 表示資訊變動的穩定程度；Task Sensitivity 表示後置作業受前置作業改變所影響之程度。各自衡量範圍為 1~3，因此相乘結果 1、2 屬於 weak；3、4 屬於 moderate；6、9 為 high。
謝壽明 (2002)	將關聯性強度分成 0、0.25、0.5、0.75 及 1 等 5 個等級，依據作業項目重疊比例轉換而成。關聯性強度=1-成疊比例。
Shi-Jie Chen, Li Lin (2003)	利用 AHP 的衡量尺度{1,3,5,7,9,2,4,6,8}交給專業人員憑其經驗判斷，再計算求得其特徵值作為關聯性強度。
Hyun Jeong Choo, Jamie Hammond, Iris D. Tommelein, Simon A. Austin, Glenn Ballard (2004)	經由對資訊依賴的程度、對資訊變化所帶來影響的敏感程度，以及對資訊預測的準確度三方面來衡量強度之多寡，分成 A、B、C 等 3 種等級。
本研究	以 A. Yassine et al. (1999) 所提出之 Sensitivity 及 Variability 作為衡量依賴資訊傳遞程度之依據，將量化結果分成低度、中度及高度關聯，並可轉換成以作業型態關係表示。

表 4.2 作業關聯性定義方式之特性比較

作者/年代	特性比較										
	客觀性					資訊依賴 程度	方向性	作業型態			
	低	中低	中	中高	高			獨立	同時	重疊	順序
Donald V. Steward (1981)	V					V	V	V			V
Thomas U. Pimmler etc. (1994)				V							
A. Yassine etc. (1999)			V			V	V	V			V
A. Yassine etc. (2001)			V			V	V	V			V
謝壽明 (2002)		V					V	V	V	V	V
Shi-Jie Chen etc. (2003)			V			V	V	V			V
Hyun Jeong Choo etc. (2004)		V				V	V	V			V
本研究			V			V	V	V	V	V	V

## 4.5 小結

在同步工程領域中已經明顯的將整合各部門間的溝通、協調作為所追求的目標之一，使其能達到減少設計變更的情形並盡可能地達到同步以縮短工期，尤其在 DSM 的方法中，更是透過資訊的傳遞方向作為作業間關聯性存在的依據，並透過分割法則將作業項目作適度的重新排序及整合，以作為專案排程規劃上的基準。

然而，在 DSM 的方法下作業型態的關係只呈現出獨立性作業、相依性作業，以及資訊回饋的交互耦合性作業，而無法呈現出重疊性作業。此外，作業間的關聯性只存在著有或沒有（0 或 1），而缺少區分程度上的差異。

因此，如何定義作業關聯性以表達其關聯性程度上的差異，且足以呈現出各種作業型態之關係將是重要的課題之一。

## 第5章 設計作業關聯性評判方式

為了能清楚的表達資訊傳遞的方向性、作業間資訊依賴程度，以及作業型態關係等，本研究主要依據 DSM 之矩陣方式表達資訊傳遞之方向外，定義本研究所謂關聯性之範圍並透過關聯性因子的評估以呈現出作業間關聯性程度大小及彼此之作業型態關係。

### 5.1 關聯性定義

由於作業關聯性評判結果的主要目的在於統包工程進度的規劃，因此在關聯性的定義上必須隱含著能表達出前置、後置作業的關係。因此在定義上主要承襲 DSM 中的資訊傳遞為主，以資訊傳遞的方向、資訊依賴的程度等作為依據。

然而，在設計階段的過程中，資訊傳遞過程主要以前置作業的設計產出（Design Deliverable）或設計結果為主，因此在作業關聯性的定義上主要定義為設計產出的方向及其依賴的程度。在設計產出上主要包含圖說、設計參數、以及報告等【廖宗信，2004】。

### 5.2 評判方式

作業關聯性評判方式主要分成三大步驟：判斷關聯性存在與否、依關聯因子評估強弱、以及設計作業關聯性量化，如圖 5.1 所示。

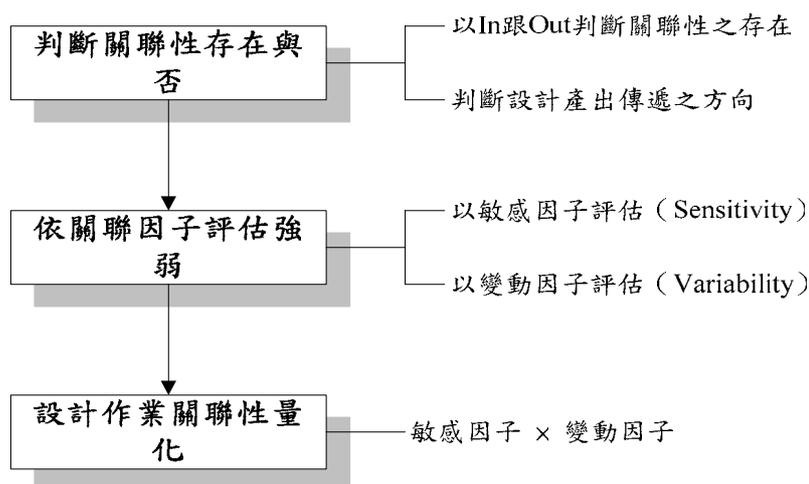


圖 5.1 設計作業關聯性評判步驟

步驟一：判斷關聯性存在與否

在判斷關聯性強弱之前，首先，必須先得知彼此間存在關聯性之作業項目，因此在本研究中採取二階段的方式進行，分別為：第一階段—以 In 跟 Out 判斷關聯性之存在，以及第二階段—判斷設計產出傳遞之方向。

以 In 跟 Out 判斷關聯性之存在：

所謂 In 跟 Out 即是系統本身實際運轉、運作時之供給關係。In 表示誰供應我本身，Out 表示我本身必須供應誰（提供者為 In，接收者為 Out）。由於在系統運轉過程中，若彼此間沒有供給關係（In 跟 Out）的存在，因此在設計階段過程中即是沒有所謂的設計產出之關係存在。

例如：在壓縮空氣系統、超純水系統、以及廢水處理系統中，運轉程序上為壓縮空氣提供足夠的氣體，以便帶動超純水系統之氣動閥使之順利運轉，而後超純水系統將產生的廢水排至廢水處理系統。因此對超純水系統而言 In 即為壓縮空氣系統，而 Out 即為廢水處理系統。

判斷設計產出傳遞之方向：

在此階段主要透過與相關專業人員進行訪談，針對上一階段所判別出存在關聯性之作業，瞭解作業間設計產出之傳遞方向，而得知整個專案作業間設計產出結果之傳遞方向。

步驟二：依關聯因子評估強弱

為了能表達出後置作業對前置作業設計產出的依賴程度，因此除了評估前後置作業的敏感程度外，由於在實務上，各系統於設計階段中大多是由各專業分包商同時對於本身專業之系統進行設計，沒有所謂設計產出傳遞上的問題，而是由過往工程上的經驗、資料做所謂的預測動作。因此在評估關聯性程度的過程中，本研究主要依據 A. Yassine et al. (1999) 所提出之敏感因子 (Sensitivity) 及變動因子 (Variability) 兩關聯因子作為評估時的準則。

所謂敏感因子即表示當前置作業之設計產出變動時，影響後置作業設計結果之程度，如表 5.1 所示。

表 5.1 敏感因子之程度說明

等級	屬性等級描述	
0	非常不重要 (Weak)	後置作業的設計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)	在還沒接收到前置作業之設計產出的情況下，後置作業仍可執行大部分主要的設計工作內容
2	重要 (Vital)	對於所需之設計產出尚未完全得知的情況下，後置作業仍可先開始，但必須先得知部分的設計產出
3	非常重要 (Extremely vital)	必須完全的接收前置作業之設計產出後，後置作業方可進行設計工作

【資料來源：A. Yassine et al.，1999】

變動因子表示在尚未得知前置作業之設計產出時，後置作業預測之結果與實際產出的誤差程度，如表 5.2 所示。

表 5.2 變動因子之程度說明

等級	屬性等級描述	
0	非常確定 (Definite)	對於前置作業之設計產出能自行先預測出一個相當肯定、有把握的結果
1	確定 (Confident)	對於前置作業之設計產出能預測出一個較確定的結果 (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)	完全無法預測出一個前置作業之設計產出可能的範圍

【資料來源：A. Yassine et al.，1999】

### 步驟三：作業關聯性量化

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即是表示作業間的關聯性程度。

例如：在壓縮空氣系統及超純水系統中，得知敏感因子程度為 2、變動因子程度為 1，因此作業關聯性程度為 2 ( $2 \times 1 = 2$ )。

此外，本研究並將關聯性程度區分為低度關聯、中度關聯、及高度關聯等三類，由於 0 和 1 表示對於前置作業之設計產出依賴程度很低，因此歸屬於低度關聯；2、3、4 及 6 表示必須等待前置作業之部分設計產出方可進行相關設計，因此歸屬於重疊性作

業；9 表示必須完全等到前置作業設計產出完成後方可進行相關設計，因此歸屬於順序性作業。如表 5.3 所示，因而各自產生三種作業關係：同時性作業、重疊性作業、及順序性作業。

表 5.3 設計作業關聯性程度說明

關聯性程度	關聯性程度描述	
0、1	低度關聯	由於前置設計變化時後置設計結果影響程度不大，且能事先預測出設計產出結果，因此能將其視為同時性作業
2、3、4、6	中度關聯	由於在接受部分設計產出或預測部分設計產出結果後，作業便能各自進行，因此能將其視為重疊性作業
9	高度關聯	由於必須等待前置作業之設計產出，且無法事前預測設計產出結果，因此屬於順序性作業

【修改自 A. Yassine et al., 1999】

同時性作業表示兩作業間資訊依賴程度低，因此將兩作業視為可以同時開始進行相關設計作業，如圖 5.2 所示。

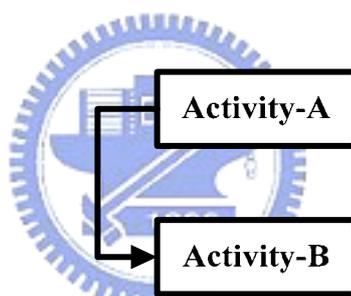


圖 5.2 同時性作業

重疊性作業表示前置作業之設計工作尚未全部完成時即將後置作業所需之設計產出傳遞過去，而後此兩作業便能重疊進行設計，如圖 5.3 所示。

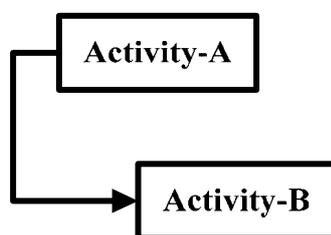


圖 5.3 重疊性作業

順序性作業表示後置作業必須完全等待前置作業之設計工作全部完成後接收其設計產出結果方可進行設計，如圖 5.4 所示。

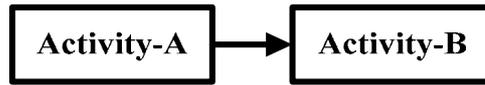


圖 5.4 順序性作業

### 5.3 作業關聯性表達方式

本研究作業關聯性表達方式仍以 DSM 為基礎。當  $i$  作業需要  $j$  作業的設計產出，或  $j$  作業的設計產出要回饋 (Feedback) 給  $i$  作業時，則在矩陣內做上標記，如 X 或 1。如圖 5.5 所示，例如：以 D 列而言，作業 D 需要作業 E 跟作業 F 所提供的設計產出，也就是說，作業 E 跟作業 F 必須先開始作業，而後將作業 D 所需的設計產出傳遞至作業 D 後作業 D 才能開始作業；而以 D 行而言，作業 D 會提供設計產出給作業 C，即是作業 D 開始作業後，作業 C 才能開始。藉由此表達方式，可以很清楚的瞭解各作業間的資訊流通。

設計產出回饋

	A	B	C	D	E	F
A			X			
B						
C		X		X		
D					X	X
E						X
F		X				

設計產出傳遞

圖 5.5 作業關聯性表達方式—Step1

而後再經由專家訪談針對”X”部分透過敏感因子及變動因子作個別評估，呈現方式為”（敏感因子,變動因子）”，最後結果如圖 5.6、5.7 所示。

	A	B	C	D	E	F
A			(1,2)			
B						
C		(2,0)		(2,3)		
D					(3,3)	(3,0)
E						(2,1)
F		(2,2)				

圖 5.6 作業關聯性表達方式—Step2

	A	B	C	D	E	F
A			2			
B						
C		0		6		
D					9	0
E						2
F		4				

圖 5.7 作業關聯性表達方式—Step3

舉例說明如下：

壓縮空氣系統、超純水系統、以及廢水處理系統中，運轉程序上為壓縮空氣提供足夠的氣體，以便帶動超純水系統與廢水處理系統之氣動閥使之順利運轉，而超純水系統將產生的廢水排至廢水處理系統。

因此對超純水系統而言，壓縮空氣為 In、廢水處理系統為 Out；對廢水處理系統而言，壓縮空氣為 In。再經由訪談得知，超純水系統必須提供設計產出給壓縮空氣及廢水處理系統；廢水處理系統也必須提供設計產出給壓縮空氣，因此表達方式如 Step1 所示。

	超純水	廢水	壓縮空氣
超純水			
廢水	X		
壓縮空氣	X	X	

Step1

經由專家評判敏感因子及變動因子，各自評判結果及量化結果如 Step2 及 Step3 所示：

	超純水	廢水	壓縮空氣
超純水			
廢水	(3,3)		
壓縮空氣	(1,2)	(1,1)	

Step2

	超純水	廢水	壓縮空氣
超純水			
廢水	9		
壓縮空氣	2	1	

Step3

因此，最後可知超純水系統與廢水處理系統屬於順序性作業，而超純水系統與壓縮空氣屬於重疊性作業，廢水處理系統與壓縮空氣屬於同時性作業。透過此評判方式將可作為設計作業間進度規劃的依據。

## 5.4 小結

透過 DSM 之矩陣方式以及設計作業關聯性評判方式三步驟(判斷關聯性存在與否、依關聯因子評估強弱、以及設計作業關聯性量化)將能清楚且較客觀的呈現出設計作業間設計產出的傳遞方向及彼此作業間關聯性的程度(設計產出之依賴程度)，並且可依據作業關聯性的程度(低度關聯、中度關聯，以及高度關聯)表達出三種作業型態關係：同時性作業、重疊性作業，以及順序性作業。

如此一來，將可解決統包工程設計作業間關係不明確之問題外，也將能呈現出彼此作業型態的關係，將有助於提升設計階段之作業規劃的效率。若將其擴大應用於施工階段，在通盤瞭解設計階段及施工階段作業項目間的關係後，相信對於統包工程進度規劃上將有助於提升進度規劃之完整性。

## 第6章 案例展示—以 NDL 為例

本章節主要透過國家奈米元件實驗室（National Nano Device Laboratories, 簡稱 NDL）之設計階段之作業項目作為案例展示。

### 6.1 案例背景

本工程案例仍以國家奈米元件實驗室（簡稱 NDL）新建工程作為作業關聯性評判方式之展示案例，統包工程涵蓋範圍主要以潔淨室與廠務特殊系統為主，包含潔淨室工程、公共設備系統工程（製程真空系統、低真空集塵系統、呼吸系統、壓縮空氣系統、製程冷卻水系統、廢氣處理系統，以及監控系統）、氣體供應系統工程、超純水系統工程、廢水處理系統工程、及特殊消防系統工程，如 3.1.1 節中所示。

### 6.2 廠務特殊系統與潔淨室之介紹

本案例中所謂的潔淨室與廠務特殊系統主要包含了潔淨室系統、公共設備系統、氣體供應系統、超純水系統、廢水處理系統，以及特殊消防系統。其中公共設備系統包含製程真空系統、低真空集塵系統、呼吸系統、壓縮空氣系統、製程冷卻水系統、廢氣處理系統，以及監控系統。以下將說明各系統於高科技廠房之用途。

#### 6.2.1 潔淨室系統

潔淨室即是一般所謂之無塵室，主要為了避免微塵顆粒之沾附所造成電性短路或斷路之嚴重後果，而將空氣中之微塵顆粒大小、數量、溫度、濕度及靜壓控制在一適合範圍內之密閉空間。大致上可分成 3 類：潔淨室空調系統、潔淨室內裝系統、潔淨室電力系統。

潔淨室空調系統主要用途在於提供潔淨室空氣之補氣，包含因製程所需抽排掉及自然外洩的空氣，同時調節潔淨室中的靜壓，並進行空氣濾淨、溫度調節、濕度調節、空氣強制循環、去除微塵等功能，以保持潔淨室內設定的標準。

潔淨室內裝系統主要提供潔淨室內具有抗靜電、氣密性、高荷重、耐腐蝕、高隔熱、高隔音、高防火性、易拆卸等特性之工作空間。

潔淨室電力系統主要提供潔淨室內所需之穩定之電力需求，大致包含動力電、緊急電、UPS 等。

## 6.2.2 公共設施系統

公共設施系統包括製程真空系統、低真空集塵系統、呼吸系統、壓縮空氣系統、製程冷卻水系統、廢氣處理系統，以及監控系統。

製程真空系統主要用途在於提供真空負壓給製程設備吸附晶圓之用。

低真空集塵系統主要用途於提供潔淨室內清潔之用。

呼吸系統用途在於緊急逃生時（如火災等）提供呼吸之用。

壓縮空氣系統的主要用途在於作為氣動元件之驅動氣體，如氣動閥、氣動泵等。

製程冷卻水系統主要用途於提供製程設備及其他特定設施冷卻之用。

廢氣處理系統主要用途於透過抽氣除毒裝置將潔淨室製程、活動等所產生出之有害氣體淨化，以排至大氣中。

監控系統主要用途在於將現場的運轉數值傳回中控室，如流量、溫度等，讓工作人員瞭解現場的運轉狀況，並於某些特定處利用遙控之方式啟動、停止或調節設備等，使廠房能安全且精準的運轉。

## 6.2.3 氣體供應系統

氣體供應系統主要可分為大宗氣體系統（Bulk Gases）及特殊氣體系統（Special Gases），主要用途於產業製程中用以作為清潔、隔離、驅動、氧化、還原、電漿蝕刻等之氣體。

## 6.2.4 超純水系統

超純水系統主要將自來水層層過濾、殺菌、去氣、去碳氫化合物、去金屬雜質、去離子雜質等化學處理程序，產生近乎純淨之超純水，以供應製程生產及清潔等之用。

## 6.2.5 廢水處理系統

廢水處理系統主要將潔淨室中所排放出之廢水經由分類處理或回收後分別進入不同處理系統處理，以符合法規上排入公共污水系統之標準。

### 6.2.6 特殊消防系統

特殊消防系統與一般消防系統的不同處在於除了提供灑水滅火外，並多了CO<sub>2</sub>及乾粉滅火，以避免增加廠房的損失。

## 6.3 設計階段設計產出傳遞現況

在設計產出傳遞現況中，本案例之設計作業模式主要將各系統各自發包給專業廠商後，所有專業廠商同時進行各系統設計，設計過程中沒有所謂之設計產出於兩兩系統設計過程中傳遞。因而當設計過程中涉及其他系統上的資訊時，往往依賴過去經驗、預測等方式作為依據，因此容易造成設計上的誤差。

## 6.4 設計作業項目—系統類別

本研究主要依據作業性質大致按照系統屬性區分NDL設計作業項目，其中潔淨室系統又分成潔淨室內裝、潔淨室電力，以及潔淨室空調。因此設計作業項目共分成14項作業，如表6.1所示。

表 6.1 NDL 設計作業項目

系統別	作業項目	系統別	作業項目
水系統	超純水系統	公共設施系統	製程真空系統
	廢水處理系統		低真空集塵系統
氣體供應系統	氣體供應系統		呼吸系統
潔淨室系統	潔淨室內裝系統		壓縮空氣系統
	潔淨室電力系統		製程冷卻水系統
	潔淨室空調系統		廢氣處理系統
消防系統	特殊消防系統		監控系統

## 6.5 作業關聯性評判

此節主要透過作業關聯性評判方式—判斷關聯性存在與否、依關聯性因子評估強弱、設計作業關聯性量化，來進行NDL案例之展示，並對各步驟進行相關說明。

### 6.5.1 判斷關聯性存在與否

在判斷關聯性存在與否主要透過兩個步驟判斷，第一步驟以 In 跟 Out 判斷關聯性之存在，第二步驟需判斷設計產出傳遞之方向。

在 NDL 案例中，透過 In 跟 Out 的方式得知作業項目間存在關聯性之情形如表 6.2 所示。

表 6.2 作業系統 In、Out 之關係

In	Out	In	Out	In	Out
超純水	廢水	製程真空	潔淨室內裝	監控	製程冷卻水
超純水	潔淨室內裝	監控	製程真空	潔淨室電力	製程冷卻水
超純水	製程冷卻水	潔淨室電力	製程真空	潔淨室內裝	廢氣
超純水	潔淨室空調	低真空集塵	潔淨室內裝	監控	廢氣
氣體	超純水	監控	低真空集塵	潔淨室電力	廢氣
壓縮空氣	超純水	潔淨室電力	低真空集塵	潔淨室空調	廢氣
監控	超純水	呼吸	潔淨室內裝	監控	潔淨室內裝
潔淨室電力	超純水	監控	呼吸	監控	潔淨室空調
潔淨室內裝	廢水	潔淨室電力	呼吸	潔淨室電力	監控
壓縮空氣	廢水	壓縮空氣	潔淨室內裝	潔淨室電力	潔淨室內裝
監控	廢水	壓縮空氣	潔淨室空調	潔淨室空調	潔淨室內裝
潔淨室電力	廢水	壓縮空氣	製程冷卻水	特消	潔淨室內裝
氣體	潔淨室內裝	監控	壓縮空氣	潔淨室電力	潔淨室空調
壓縮空氣	氣體	潔淨室電力	壓縮空氣	潔淨室電力	特消
監控	氣體	製程冷卻水	潔淨室內裝		
潔淨室電力	氣體	潔淨室空調	製程冷卻水		

以氣體供應系統與超純水系統為例說明，氣體供應系統對超純水系統而言，主要提供氮氣進行氣封動作，以保持超純水系統之純度，因此氣體供應系統為 In，超純水系統為 Out。

之後再透過專業人員訪談瞭解其中設計產出資訊的方向性為何，如此一來，便可瞭解其作業前、後置之關係。結果表達如圖 6.1 所示，表 6.3 為以超純水系統為例之設計產出傳遞說明。

	超純水	廢水	氣體	製程真空	低真空集塵	呼吸	壓縮空氣	製程冷卻水	廢氣	監控	潔淨室內裝	潔淨室電力	潔淨室空調	特消
超純水		X						X			X		X	
廢水	X										X			
氣體	X						X				X			
製程真空											X			
低真空集塵											X			
呼吸											X			
壓縮空氣	X	X	X					X			X		X	
製程冷卻水							X				X			
廢氣											X			
監控	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	
潔淨室內裝														
潔淨室電力	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
潔淨室空調								X	X		X			
特消											X			

圖 6.1 作業關聯性判斷結果

表 6.3 設計產出傳遞之說明—以超純水為例

作業項目系統	設計產出之傳遞	說明
超純水	廢水	超純水系統所產生出的廢水將由廢水處理系統進行處理，因此在設計過程中，超純水系統必須將本身產生多少廢水量之資訊傳遞給廢水處理系統進行設計
	氣體	超純水系統必須將做氮封動作所需之氮氣量資訊傳遞給氣體供應系統進行設計
	壓縮空氣	超純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
	監控	超純水系統必須將所要設之監控點資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	超純水系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計

附錄二及附錄三為 NDL 案例中所有 In、Out 之關係說明，以及設計產出之傳遞說明。

### 6.5.2 依關聯性因子評估強弱

在得知圖 6.1 之結果後，便可透過關聯性因子—敏感因子（Sensitivity）及變動因子（Variability），由專業人員對作業關聯性的強度進行評估。關聯性因子評估表達方式為（敏感因子程度,變動因子程度），圖 6.2 為評估結果。

	超純水	廢水	氣體	製程真空	低真空集塵	呼吸	壓縮空氣	製程冷卻水	廢氣	監控	潔淨室內裝	潔淨室電力	潔淨室空調	特消
超純水		(0,1)						(2,1)			(3,2)		(2,2)	
廢水	(2,2)										(3,2)			
氣體	(2,1)						(1,1)				(3,2)			
製程真空											(3,2)			
低真空集塵											(3,2)			
呼吸											(3,2)			
壓縮空氣	(2,1)	(2,1)	(2,0)					(2,0)			(3,2)		(2,1)	
製程冷卻水							(2,1)				(3,2)			
廢氣											(3,2)			
監控	(3,3)	(3,3)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(3,2)		(3,2)		(3,3)	
潔淨室內裝														
潔淨室電力	(2,2)	(2,2)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(2,1)	(3,2)		(2,2)	(2,1)
潔淨室空調								(2,1)	(2,1)		(3,2)			
特消											(2,2)			

圖 6.2 關聯性因子評估結果

### 6.5.3 設計作業關聯性量化

經由訪談得知關聯性因子評估之結果後，將所得之敏感因子 (Sensitivity) 及變動因子 (Variability) 相乘，即可得知作業項目間關聯性的強弱，表示後置作業對前置作業設計產出之依賴程度。圖 6.3 為量化結果。

	超純水	廢水	氣體	製程真空	低真空集塵	呼吸	壓縮空氣	製程冷卻水	廢氣	監控	潔淨室內裝	潔淨室電力	潔淨室空調	特消
超純水		0						2			6		4	
廢水	4										6			
氣體	2						1				6			
製程真空											6			
低真空集塵											6			
呼吸											6			
壓縮空氣	2	2	0					0			6		2	
製程冷卻水							2				6			
廢氣											6			
監控	9	9	6	6	6	6	6	6	6		6		9	
潔淨室內裝														
潔淨室電力	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	6		4	2
潔淨室空調								2	2		6			
特消											4			

圖 6.3 作業關聯性量化結果

## 6.6 結果與討論

由圖 6.2 之關聯性評估結果以及由專案人員評估過程時的想法，可以整理出以下三點評估上的依據，並彙整成表 6.4、6.5、6.6，以案例說明方式來描述敏感因子、變動因子，以及設計作業關聯性程度之說明。

1. 在敏感因子的評估上主要涉及到管子開口處、監控點的位置等空間配置問題，其評估程度大多為等級 3 (非常重要的)。考量因素為此部分問題涉及使用需求上的考量，必須由使用單位事先確認其空間配置，如潔淨室內裝系統。
2. 在變動因子評估上，由於屬於 D/B 範疇之系統在基本設計的影響下，因此大部分對所需之設計產出結果大多可以準確的預估 (等級 1)，如製程冷卻水系統與潔淨室空調系統。
3. 屬於 Turnkey 範疇之系統，由於其工程複雜程度較高，且系統設計會因廠商專利的不同而有大大的變化，因此在預測的程度上較 D/B 範疇難以準確預估，如超純水系統、壓縮空氣系統 (等級 1) 和氣體供應系統、壓縮空氣系統 (等級 0) 比較。

此外，由表 5.3 中對作業關聯性強度之區分及其對應之作業型態關係，可將圖 6.3 所呈現 NDL 設計作業關聯性量化結果轉換成圖 6.4 以作業型態呈現之方式，其中空白之部分為作業項目間不存在關聯性，屬於彼此獨立，作業項目為獨立性作業。

表 6.4 敏感因子程度—以案例描述

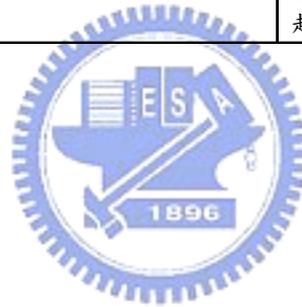
等級	屬性等級描述		案例說明
0	非常不重要	後置作業的設計工作內容與前置作業之設計產出幾乎沒有關係	以超純水系統與廢水處理系統來說，此兩系統屬較重要之系統，為了減少設計上錯誤的產生，因此在廢水處理系統設計完成後仍須將結果傳遞給超純水系統 check
1	不重要	在還沒接收到前置作業之設計產出的情況下，後置作業仍可執行大部分主要的設計工作內容	以氣體供應系統與壓縮空氣系統而言，其關聯性在於當壓縮空氣系統故障時，由氣體供應系統代為輔助，因此在未得知資訊下氣體供應系統仍可自行主要的設計，在得知訊息後在設計輔助 CDA 之部分
2	重要	對於所需之設計產出尚未完全得知的情況下，後置作業仍可先開始，但必須先得知部分的設計產出	超純水系統與廢水處理系統的關聯主要在於廢水量的多寡，因此在超純水系統計算得知將產生的廢水量後，廢水處理系統即可進行大部分的設計，而不用等整個設計圖完成
3	非常重要	必須完全的接收前置作業之設計產出後，後置作業方可進行設計工作	以超純水系統與潔淨室內裝系統而言，要在潔淨室內裝系統設計圖說完成後超純水系統方知其管子開口處

表 6.5 變動因子程度—以案例說明

等級	屬性等級描述		案例說明
0	非常確定	對於前置作業之設計產出能自行先預測出一個相當肯定、有把握的結果	以製程冷卻水系統跟壓縮空氣系統而言，壓縮空氣系統為成熟之工程，在基本設計規範下且設計參數皆抓大，故在預估上不會產生不足之情況
1	確定	對於前置作業之設計產出能預測出一個較確定的結果（90%）	以氣體供應系統與超純水系統而言，關聯在於氣封，以保持純水純度。由於氣體供應系統屬於 D/B，在基本設計完成後，管徑尺寸既定下，因此可以較準確的預估出超純水系統所需之氣體量
2	不確定	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	以監控系統與呼吸系統而言，廠商無法準確預測哪裡要設置監控點、要設置幾個等問題，只能預測較可能的設置範圍
3	非常不確定	完全無法預測出一個前置作業之設計產出可能的範圍	以超純水系統與監控系統而言，由於在預測設置監控點及數量上已屬不易，加上超純水系統屬於 Turnkey 設計變化上更難捉摸

表 6.6 設計作業關聯性程度—以案例說明

關聯性程度	關聯性程度描述		案例說明
0、1	低度關聯	由於前置設計變化時後置設計結果影響程度不大，且能事先預測出設計產出結果，因此能將其視為同時性作業	以壓縮空氣系統與氣體供應系統來說，壓縮空氣系統不需等氣體供應系統設計圖設計好的情況下才能得知所需設計之氣體量，且在基本設計規範下及設計參數抓大的影響下，故壓縮空氣系統對氣體供應系統之設計產出依賴程度為低度關聯
2、3、4、6	中度關聯	由於在接受部分設計產出或預測部分設計產出結果後，作業便能各自進行，因此能將其視為重疊性作業	以超純水系統與廢水處理系統而言，廢水處理系統雖不需等超純水系統設計圖完成即可得知廢水量，但由於在預估能力尚無法準確預估，必須等到超純水系統將廢水量的訊息傳遞後方可進行相關設計，故廢水處理系統對超純水系統之設計產出依賴程度為中度關聯
9	高度關聯	由於必須等待前置作業之設計產出，且無法事前預測設計產出結果，因此屬於順序性作業	以監控系統與超純水系統而言，監控系統必須等超純水系統之設計圖完成後方知設置監控點之位置及數量，且在預測上並無法準確的預估，因此必須等超純水系統設計完成後方可設計，故監控系統對超純水系統之設計產出依賴程度為高度相關



後置 \ 前置	超純水	廢水	氣體	製程真空	低真空集塵	呼吸	壓縮空氣	製程冷卻水	廢氣	監控	潔淨室內裝	潔淨室電力	潔淨室空調	特消
超純水	重疊	同時						重疊			重疊		重疊	
廢水	重疊	重疊									重疊			
氣體	重疊		重疊				同時				重疊			
製程真空				重疊							重疊			
低真空集塵					重疊						重疊			
呼吸						重疊					重疊			
壓縮空氣	重疊	重疊	同時				重疊	同時			重疊		重疊	
製程冷卻水							重疊	重疊			重疊			
廢氣									重疊		重疊			
監控	順序	順序	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊		順序	
潔淨室內裝											重疊			
潔淨室電力	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊	重疊
潔淨室空調								重疊	重疊		重疊		重疊	
特消											重疊			重疊

圖 6.4 NDL 設計作業項目之作業型態

因此透過此作業關聯性評判之方式，除了可將其應用於進度規劃上外，也可以應用於發包策略上，並可在進度層面及發包層面上獲得相當之效益。以下就以應用方面及效益方面分別說明。



### 6.6.1 應用方面

在進度規劃應用上由於實務上常用之桿狀圖、里程碑等進度規劃方式並沒有呈現出作業間資訊傳遞的關係，尤其是資訊回饋部分，也無法表達出作業關聯性程度上的區別，因此在工程執行上常常造成因資訊傳遞錯誤所帶來之影響。尤其在統包工程上，所有工程皆由統包商掌控，資訊傳遞過程較一般繁雜，尤其是設計階段過程。

因此透過此評判方式應用於統包工程之設計階段、施工階段上，得知整個專案作業項目間的作業型態後，再經過相關排序方式規劃出作業的先後順序，以得到能表達資訊傳遞方向之進度網圖，並可降低因資訊傳遞所衍生之影響。

在發包策略應用上，由圖 6.4 中被圈起來的部分得知廢水處理系統與超純水系統、壓縮空氣系統與氣體供應系統，以及壓縮空氣系統與製成冷卻水系統在設計產出傳遞上資訊均有回饋的現象產生，即交互耦合性作業 (Coupled)。然而在傳遞及回饋上之作業關聯性程度不盡相同的情況下 (資訊依賴程度不同)，因此本研究建議將作業關聯性程

度屬於中度及高度關聯之作業項目（即作業型態為重疊性作業及相依性作業）群聚一塊如圖 6.5 之 4 種情形，共同發包給一家廠商，以降低介面上及資訊傳遞上的衝突。

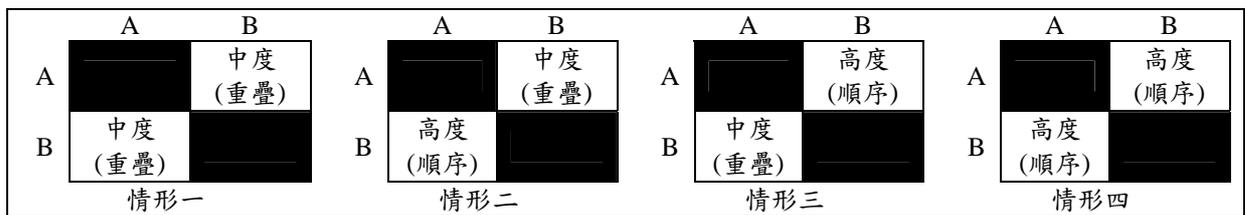


圖 6.5 交互耦合性作業與發包策略之關係

## 6.6.2 效益方面

在此小節所談之效益方面主要以應用在進度規劃上之進度效益，以及應用於發包策略上之發包效益為主。

在進度效益上，一般 CPM 網圖必須在各作業的前置、後置關係及工期明確下才能應用 CPM 方式製作進度網圖。然而在統包工程中，尤其是設計階段，作業間的前置、後置關係不如施工作業來的明確，因此應用 CPM 製作網圖將產生誤差。本研究之方法除了可協助瞭解各作業間的設計產出傳遞方向外，並且可評估出作業間的關聯性程度，進而得知其作業型態，如此將能較準確的規劃進度網圖。此外，當某一作業項目內容有所變化時，管理者也將馬上能得知其餘會被影響的作業項目。

在發包效益上，由於一般 WBS 的作業分割主要都是依據管理者的經驗予以判斷。本研究之方式除了可明顯的表達出作業彼此間是否為交互耦合性作業外，並可依據作業關聯性程度的強弱作為評估是否將回饋的作業項目群聚一起共同發包，減少介面問題之產生。

## 第7章 結論與建議

本研究探討主題主要有執行面相關缺失與設計作業間關聯性等兩方面之探討，因此本章節將個別就執行面缺失及設計作業間關聯性做相關結論。

### 7.1 結論

#### 7.1.1 執行面缺失

本研究於執行面缺失之探討結論如下：

1. 透過實際案例瞭解高科技廠房統包工程執行過程中易被忽略之處，以及衍生之相關問題，可作為未來相關工程執行上之參考點。
2. 從執行缺失、問題之原因探究中，本研究歸整出 5 點高科技廠房採用統包方式之執行關鍵處，分別是專案團隊人員之參與、專業顧問發揮之功效、系統專業廠商之資格及選定時程、統包與 MEP 間之工程界面，以及廠牌選定及後續維修之保固條件。

#### 7.1.2 設計作業間關聯性

本研究於設計作業間關聯性之探討結論如下：

1. 本研究於作業關聯性評估方式上除了可清楚的表達出作業項目間的資訊傳遞流向外，並透過關聯性因子的評估客觀地呈現作業間關聯性的強弱程度。
2. 透過作業關聯性程度的區分（低度關聯、中度關聯，及高度關聯）可將作業關聯性轉換成三種作業型態關係：同時性作業、重疊性作業，及相依性作業。
3. 在作業關聯性量化後，可清楚瞭解交互耦合性作業（Coupled）間的關聯性程度，以作為發包策略上的參考依據。

### 7.2 建議

本研究於整個研究過程中，不管在執行面缺失的探討或作業關聯性的評估方式上，

仍然有不足之處，因此建議相關後續之研究可朝下列說明之方向著手，使得統包工程不論是在執行上或是進度規劃上的管理與控制皆能更有效的進行。建議如下：

1. 由於高科技廠房建廠之專案成敗與否，主要取決於未來營運時系統之穩定程度。而本研究探討之範圍由招標階段、細部設計階段、施工階段至工程驗收階段，並未將保固階段納入探討，因此後續研究可將此部分進行深入探討將使得整個統包工程執行面探討更為完整性。
2. 本研究於作業關聯性評估上主要應用於設計階段而未包括施工階段，因此後續研究可將設計及施工階段一同併入探討，提升統包工程進度規劃上的效益。
3. 本研究中由作業關聯性程度轉換而成之作業型態關係，其中的重疊性作業於本研究中並未探討其重疊比例的問題，因此後續研究可將重疊比例納入探討，使進度網圖更符合現況。
4. 於設計作業關聯性評判方式上本研究藉由實際案例來展現其應用方式，而沒有驗證此評判方式之客觀性、正確性等特性，故後續研究可對其進行各種特性的驗證並比較。



## 參考文獻

1. Anthony D. Songer and Keith R. Molenaar, “Project Characteristics for Successful Public-Sector Design-Build ”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 123(1), 34-40, 1997
2. Keith R. Molenaar and Anthony D. Songer, “ Model for Public Sector Design-Build Project Selection ”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 124(6), 467-479, 1998
3. J. K. Yates, “ Use of Design/Build in E/C Industry ”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 11(6), 33-38, 1995
4. Kevin J. Potter and Victor Sanvido, “ Implementing a Design/Build Prequalification System ”, *Journal of Management in Engineering*, ASCE, 11(3), 30-34, 1995
5. Jack Rizzo, “ FEATURE: Design/Build Alternative: A Contracting Method ”, *Journal of Management in Engineering*, ASCE, 14(6), 44-47, 1998
6. Tyson R. Browning, “ Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions ”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(3), 292-306, 2001
7. Chun-Hsien Chen, Shih Fu Ling, and Wei Chen, “ Project Scheduling for Collaborative Product Development Using DSM ”, *International Journal of Project Management*, 21, 291-299, 2003
8. Donald V. Steward, “ The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems ”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM 78(3), 71-74, 1981
9. A. Yassine, D. Falkenburg, and K. Chelst, “ Engineering Design Management: An Information Structure Approach ”, *International Journal of Production Research*, 37(13), 2957-2975, 1999
10. Ali A. Yassine, Daniel E. Whitney, and Tony Zambito, “ Assessment of Rework

- Probabilities for Simulating Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) ”, International Design Engineering Technical & Computers and Information in Engineering Conference, ASME, 1-9, 2001
11. 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
  12. Thomas U. Pimmler and Steven D. Eppinger, “ Integration Analysis of Product Decompositions ”, Design Theory and Methodology Conference, ASME, 1-10, 1994
  13. Shi-Jie (Gary) Chen and Li Lin, “ Decomposition of Interdependent Task Group for Concurrent Engineering ”, Computers & Industrial Engineering, 44, 435-459, 2003
  14. Andrew Kusiak, Juite (Ray) Wang, David W. He, and Chang-Xue Feng, “ A Structured Approach for Analysis of Design Process ”, IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part A, 18(3), 664-673, 1995
  15. Hyun Jeong Choo, Jamie Hammond, Iris D. Tommelein, Simon A. Austin, and Glenn Ballard, “ DePlan: A Tool for Integrated Design Management ”, Automation in Construction, 13, 313-326, 2004
  16. 劉福勳、吳繼熊、陳盛隆,「統包工程招標策略之探討」,營建管理季刊(秋季號),第56期,第38頁-第42頁,2003
  17. 黃國立、李國榮、吳大川,「統包採購問題探討」,現代營建,第271期,第69頁-第74頁,2002
  18. 黃俊銘,「統包工程設計階段管理缺失及因應策略之探討」,碩士論文,私立中華大學營建管理研究所,新竹,2004
  19. 李得璋,「公共工程統包制度之推動」,營建工程統包制度研討會,第II-1頁-第II-32頁,台北,2000
  20. 陶家維、梁樾,「公共工程統包制度之研究」,行政院公共建設督導會報專案研究計畫,1994

21. 王啟元、陳邁、李得璋，「建築工程執行設計與施工結合（Design-Build）制度之可行性分析」，台灣省政府住宅及都市發展局委託執行專案研究計畫，1995
22. 林家煌，「公共工程統包專案設計管理之研究」，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北，2003
23. 葉宏安，「淺論 D/B 與 Turnkey 有關工程統包之差異與應用」，營建管理季刊，第 56 期，第 1 頁-第 6 頁，2003
24. 郭旭輝，「統包工程之專案管理」，營建工程統包制度研討會，第 III-1 頁-第 III-9 頁，台北，2000
25. 林俊昌，「眷村改建工程採用統包之探討」，營建工程統包制度研討會，第 IV-1 頁-第 IV-27 頁，台北，2000
26. 林利國、張智強，「高科技廠房興建之統包策略探討」，營建管理季刊，第 56 期，第 7 頁-第 16 頁，2003
27. 行政院公共工程委員會，「建置全生命週期工程管理機制-統包模式之工程進度及品質管理」，研究報告，2003
28. 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」，碩士論文，國立交通大學土木工程研究所，新竹，2002
29. 陳俊伊，「同步工程應用於新產品開發專案工作協調之研究」，碩士論文，國立台北科技大學生產系統工程與管理研究所，台北，2002
30. 黃文賢、蕭開元、王維志、林俊昌、郭明祥，「特殊機電工程統包執行模式之案例探討」，工程與技術，第 78 卷，第 2 期，第 87 頁-第 103 頁，2005
31. 郭奉宜，「統包工程之進度規劃模式」，碩士論文，國立交通大學土木工程研究所，新竹，2005
32. 廖宗信，「利用模擬方法考慮設計循環之設計進度模型」，碩士論文，國立交通大學土木工程研究所，新竹，2004

## 附錄一 統包參考文獻之彙整

		探討範圍									
		可行性評估階段			招標階段	履約階段			營運階段	統包問題缺失	
篇名	作者/年代	D/B 成功因素	可行性規劃	市場趨勢分析	選商機制	執行方式	績效分析	作業關聯性	管理範圍	法令面	執行面
Project Characteristics for Successful Public-Sector Design-Build	Anthony D. Songer and Keith R. Molenaar (1997)	○									
Model for Public Sector Design-Build Project Selection	Keith R. Molenaar and Anthony D. Songer (1998)	○									
Use of Design/Build in E/C Industry	J. K. Yates (1995)			○							
Implementing A Design/Build Prequalification System	Kevin J. Potter and Victor Sanvido (1995)				○						
FEATURE: Design-Build Alternative: A Contracting Method	Jack Rizzo (1998)										
公共工程統包制度之推動	李得璋 (2000)				○	○				○	○
公共工程統包專案設計管理之研究	林家煌 (2003)				○	○					○
統包工程之專案管理 (PCM)	郭旭輝 (2000)		○		○	○			○		○
建築工程施行設計與施工結合 (Design-Build) 制度之可行性分析	王啟元 (1995)		○		○	○			○	○	
統包採購策略之績效分析與探討-以大型焚化廠工程為案例	顏敏仁、蔡登鋒、羅維	○					○				

公共工程統包採購制度執行最有利標 選商評選項目之研究	陳淑君 (2001)				○						
高科技廠房興建之統包策略探討	林利國、張智強 (2003)	○	○			○					
統包工程招標策略之探討	劉福勳、吳繼熊、 陳盛隆 (2003)				○						
設計廠商投入公共工程統包市場之決 策分析-以工程技術顧問公司為例	王隆昌、張敬岳、 沈添賜 (2003)			○							
統包工程設計階段管理缺失及因應策 略之探討	黃俊銘 (2004)					○					○
公共工程統包制度之研究	陶家維、梁樾 (1994)				○					○	○
統包採購問題探討	黃國立、李國榮、 吳大川 (2002)										○
本研究									◎		◎

○表示文獻探討範圍  
◎表示本研究探討範圍

## 附錄二 NDL 案例之 In、Out 關係說明

In	Out	說明
超純水	廢水	超純水製造過程中所產生的廢水將引導至廢水處理系統進行處理
超純水	潔淨室內裝	製造出的超純水由管路送進潔淨室以供使用
超純水	製程冷卻水	超純水系統除了主要作為製程冷卻水的進水來源提升水質外，並避免結垢情形產生
超純水	潔淨室空調	超純水週期性的進水補充至潔淨室空調，以避免結垢情形產生
氣體	超純水	為了保持超純水純度，因此透過氣體供應系統中之氮氣以完成氮封之程序
壓縮空氣	超純水	透過壓縮空氣系統產生之氣壓以驅動超純水系統之氣動閥
監控	超純水	用以監視超純水系統之流量、壓力、水質，以及警報
潔淨室電力	超純水	潔淨室電力系統用以提供超純水系統所需之電力
潔淨室內裝	廢水	潔淨室內所產生的廢水將引導至廢水處理系統進行處理
壓縮空氣	廢水	透過壓縮空氣系統產生之氣壓以驅動廢水處理系統之氣動閥
監控	廢水	用以監視廢水處理系統之流量、壓力、品質，以及警報
潔淨室電力	廢水	用以提供廢水處理系統所需之電力
氣體	潔淨室內裝	氣體供應系統透過管路輸送以提供潔淨室內之使用

In	Out	說明
壓縮空氣	氣體	透過壓縮空氣系統產生之氣壓以驅動氣體供應系統之氣動閥
監控	氣體	用以監視氣體供應系統之流量、壓力，以及警報
潔淨室電力	氣體	用以提供氣體供應系統所需之電力
製程真空	潔淨室內裝	製程真空系統進到潔淨室內負責吸附晶圓
監控	製程真空	用以監視製程真空系統之壓力、流量，以及警報
潔淨室電力	製程真空	用以提供製程真空系統所需之電力
低真空集塵	潔淨室內裝	低真空集塵系統進到潔淨室內負責清潔之用
監控	低真空集塵	用以監視低真空集塵系統之壓力、流量，以及警報
潔淨室電力	低真空集塵	用以提供低真空集塵系統所需之電力
呼吸	潔淨室內裝	呼吸系統進到潔淨室內用以緊急逃生之用
監控	呼吸	用以監視呼吸系統之流量及警報
潔淨室電力	呼吸	用以提供呼吸系統所需之電力
壓縮空氣	潔淨室內裝	壓縮空氣系統經由管路配置進到潔淨室內裝系統
壓縮空氣	潔淨室空調	透過壓縮空氣系統產生之氣壓以驅動潔淨室空調系統之氣動閥件
壓縮空氣	製程冷卻水	透過壓縮空氣系統產生之氣壓以驅動製程冷卻水系統之氣動閥
監控	壓縮空氣	用以監視壓縮空氣系統之壓力及警報

In	Out	說明
潔淨室電力	壓縮空氣	用以提供壓縮空氣系統所需之電力
製程冷卻水	潔淨室內裝	製程冷卻水系統所產生之冷水將由管路引導至潔淨室以供使用
潔淨室空調	製程冷卻水	潔淨室空調主要提供冰水給予製程冷卻水產生所需之冷卻水
監控	製程冷卻水	用以監視製程冷卻水系統之壓力、流量、水質，以及警報，並控制開關大小
潔淨室電力	製程冷卻水	用以提供製程冷卻水系統所需之電力
潔淨室內裝	廢氣	潔淨室內產生的廢氣將由管路送至廢氣處理系統進行處理
監控	廢氣	用以監視廢氣處理系統之流量、品質，以及警報
潔淨室電力	廢氣	用以提供廢氣處理系統所需之電力
潔淨室空調	廢氣	用以調節廢氣排出時潔淨室內的溫、濕度及壓力
監控	潔淨室內裝	監控系統經由 Cable Tray 進入潔淨室內裝系統
監控	潔淨室空調	用以監視並控制潔淨室之溫度、濕度等
潔淨室電力	監控	用以提供監控系統所需之電力
潔淨室電力	潔淨室內裝	潔淨室電力系統經由 Cable Tray 進入潔淨室內裝系統
潔淨室空調	潔淨室內裝	潔淨室空調系統經由管路配置進到潔淨室內裝系統
特消	潔淨室內裝	特殊消防系統經由管路配置進到潔淨室內裝系統
潔淨室電力	潔淨室空調	用以提供潔淨室空調系統所需之電力
潔淨室電力	特消	用以提供特殊消防系統所需之電力

### 附錄三 NDL 案例之設計產出傳遞說明

作業項目系統	設計產出之傳遞	說明	作業項目系統	設計產出之傳遞	說明
超純水	廢水	超純水系統所產生出的廢水將由廢水處理系統進行處理，因此在設計過程中，超純水系統必須將本身產生多少廢水量之資訊傳遞給廢水處理系統進行設計	氣體	超純水	超純水系統與氣體供應系統之設計成果影響整個廠房運作關係很大，因此氣體供應系統設計之氣體供應量之資訊仍須傳遞給超純水系統確認
	氣體	氣體供應系統將氮氣輸送給超純水系統進行氮封動作，以保持超純水純度。故超純水系統氮封時所需之氮氣量資訊必須傳遞給氣體供應系統進行設計		壓縮空氣	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
	壓縮空氣	超純水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		監控	氣體供應系統必須將所要設置監控點及監控數量之資訊傳遞給監控系統進行設計
	監控	超純水系統必須將所要設置監控點及監控數量之資訊傳遞給監控系統進行設計		潔淨室電力	氣體供應系統需要將本身系統運轉時所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行相關設計
	潔淨室電力	超純水系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計		製程真空	監控
廢水	超純水	超純水系統與廢水處理系統之設計成果影響整個廠房運作關係很大，因此廢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	潔淨室電力		製程真空系統需要將本身系統運轉時所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行相關設計
	壓縮空氣	廢水處理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	低真空集塵	監控	低真空集塵系統必須將所要設置監控點及監控數量之傳遞給監控系統進行設計
	監控	廢水處理系統必須將所要設置監控點及監控數量之資訊傳遞給監控系統進行設計		潔淨室電力	低真空集塵系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
	潔淨室電力	廢水處理系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計	呼吸	監控	呼吸系統必須將所要設置監控點及監控數量之資訊傳遞給監控系統進行設計
		潔淨室電力		呼吸系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計	

作業項目系統	設計產出之傳遞	說明
壓縮空氣	氣體	當壓縮空氣系統當機時，所需產生之氣體量將由氣體供應系統支援，因此必須將此配套資訊傳遞給氣體供應系統進行設計
	製程冷卻水	壓縮空氣系統需要由製程冷卻水系統產生之冷水做冷卻之動作，因此必須將所需之冷水量資訊傳遞給製程冷卻水系統進行設計
	監控	壓縮空氣系統必須將所要設置監控點及監控數量之資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	壓縮空氣系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
製程冷卻水	超純水	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
	壓縮空氣	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
	監控	製程冷卻水系統必須將所要設之監控點資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	製程冷卻水系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
	潔淨室空調	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
廢氣	監控	廢氣處理系統必須將所要設之監控點資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	廢氣處理系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
	潔淨室空調	廢氣處理系統需要將本身最大排氣量的訊息傳遞給潔淨室空調進行相關設計
監控	潔淨室電力	監控系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計

作業項目系統	設計產出之傳遞	說明
潔淨室內裝	超純水	潔淨室內裝系統必須將預留超純水系統之開口處資訊傳遞給超純水系統進行設計
	廢水	潔淨室內裝系統必須將預留廢水處理系統之開口處資訊傳遞給廢水處理系統進行設計
	氣體	潔淨室內裝系統必須將預留氣體供應系統之開口處資訊傳遞給氣體供應系統進行設計
	製程真空	潔淨室內裝系統必須將預留製程真空系統之開口處資訊傳遞給製程真空系統進行設計
	低真空集塵	潔淨室內裝系統要將預留低真空集塵系統之開口處資訊傳遞給低真空集塵系統進行設計
	呼吸	潔淨室內裝系統必須將預留呼吸系統之開口處資訊傳遞給呼吸系統進行設計
	壓縮空氣	潔淨室內裝系統必須將預留壓縮空氣系統之開口處資訊傳遞給壓縮空氣系統進行設計
	製程冷卻水	潔淨室內裝系統要將預留製程冷卻水系統之開口處資訊傳遞給製程冷卻水系統進行設計
	廢氣	潔淨室內裝系統必須將預留廢氣處理系統之開口處資訊傳遞給廢氣處理系統進行設計
	監控	潔淨室內裝系統必須將預留監控系統之開口處資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	潔淨室內裝系統必須將預留潔淨室電力系統之開口處資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
	潔淨室空調	潔淨室內裝系統必須將預留潔淨室空調系統之開口處資訊傳遞給潔淨室空調系統進行設計
	特消	潔淨室內裝系統必須將預留特殊消防系統之開口處資訊傳遞給特殊消防系統進行設計

作業項目系統	設計產出之傳遞	說明
潔淨室空調	超純水	潔淨室空調系統需將所需超純水量傳遞給超純水系統進行設計
	壓縮空氣	潔淨室空調系統需將所需帶動氣動閥之氣體量傳遞給壓縮空氣系統進行設計
	監控	潔淨室空調系統必須將所要設之監控點資訊傳遞給監控系統進行設計
	潔淨室電力	潔淨室空調系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計
特消	潔淨室電力	特殊消防系統需要將本身系統運轉所需之電力資訊傳遞給潔淨室電力系統進行設計



## 附錄四 委員問題回應表

項次	問題	回應	頁數
1	1-2 小節-研究問題中，關於文字敘述方面需加強說明清楚。	本問題已於本文中加以修正。	P.1-1~1-2
2	表 3.2 如何而來，必須於文章敘述中說明。	本問題已於本文中加以修正。	P.3-2
3	引用文獻的註明方式有誤。	本問題已於本文中加以修正。	P.4-2 P.4-7 P.5-2~5-4
4	表 2.1 部分文字敘述說明不正確。	本問題已於本文中加以修正。	P.2-7~2-8
5	表 3.4 中部分執行面缺失與產生問題說明不夠詳細。	本問題已於本文中加以修正。	P.3-15 P.3-16
6	為何於 P.3-17 提出建議，而非於後面章節再總結提出。	本研究包含兩個獨立主題，第 2、3 章為執行面缺失之探討；第 4、5、6 為作業關聯性之探討，故於第 3 章即針對執行面缺失提出相關建議。	—
7	P.3-17~P.3-22 各類問題分類的準則為何？有何用意？	本問題已於本文中加以修正。	P.3-17
8	執行面缺失的探討要能引導出後面作業關聯性章節上的連接。	本研究當初以兩個獨立主題進行探討，故在關聯性的評估上沒有將缺失納入考量。	—
9	中文論文名稱與英文論文名稱不切合。	本研究包含兩個主題，將造成英文名稱過長，因此以執行面缺失的探討做為代表。	—
10	P.4-6 分割法則範例中 Step3 到 Step4 的過程不清楚。	本問題已於本文中加以修正。	P.4-5~4-6
11	關聯性因子屬性等級區分程度上不夠清楚。	本問題已於本文中加以修正。	P.5-3
12	第 6 章不應只是作案例展示，而是要作驗證及比較。	本問題將於後續研究進行探討。	P.7-2
13	對於客觀性方面要對其探討客觀程度的影響為何。	本問題將於後續研究進行探討。	P.7-2