

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 90-2211-E-009-053

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：王維志 國立交通大學土木工程學系

計畫參與人員：林俊昌 國立交通大學土木工程學系

一、中文摘要

本研究旨在提出一套適用於高科技廠房工程專案團隊組織最佳化之評估模式，並以業主之觀點，在考量需求條件、人力、專業及經驗等情形下，透過組織管理界面之定義、發包策略分析及營建生命週期(規劃、設計、採購、施工)不同階段執行效益之評估，探討整體工程執行時專案團隊組織之架構組成模式及其合約型式，並運用基因演算法，以低成本、時間短等多目標準則作為方案決策之評量指標，進而作為業主在不同建廠條件下，選擇最佳化專案團隊組織之參考。

經初步研究結果發現，在品質標準不變之條件下，減少分包數量不僅能使業主能掌握建廠之進度外，更能有效節省業主在人力及管理成本上之支出。而整合水平及垂直組織界面之統包含約方式，是大部分業主認為可以減少界面、縮短工期，進而降低人力及管理成本等較佳的方法之一，此結果將作為本研究後續評估模式之發展及評量函數推導中重要參考依據。

關鍵詞：高科技廠房、團隊組織、最佳化、基因演算法

Abstract

The objective of this research is to develop an optimization model that is capable of predicting project organization performance. Considering the owners' needs and project requirements on manpower, speciality and experiences, this research investigates the feasibility of current contracting approaches and team organization forms by defining organization management interfaces and analyzing tendering strategies. The prediction model is established by the use of genetic algorithms regarding cost, duration and other objective standards as evaluation indices to suggest the best team organization forms under different requirements and conditions.

In our preliminary study, we find that, for the same quality requirement, reducing total number of subcontracting is not only helpful for the owner to take full control of construction schedule but is effective to decreasing the cost of manpower and management. Therefore, the design-build contracting procedure that integrates both vertical and horizontal organization interfaces is considered one of the most effective and applicable procedures to diminish interface issues, shorten construction duration, and decrease the cost of manpower and management and that will be the major basis for our further study on the development of

optimization model and evaluation functions.

Keywords: High-tech Construction Project, Team Organization, Optimization, Genetic Algorithm

二、緣由與目的

一般高科技廠房依空間機能使用的不同，主要概可分為生產廠房(FAB)、Center Utility Building (CUB)、Supporting Building (SB)及人員辦公室等空間，而廠房興建過程中，又依專業技術的不同主要分為建築/結構工程(Building/Structure Construction, BSC)及機電系統工程(Electrical / Mechanical Systems, EMS)兩大部分，EMS又可分為一般機電工程(MEP)、廠務特殊系統工程(FSS)及潔淨室工程(Cleanroom / Utility Systems, CUS)等三類[5]。此專業工程從建廠初期之規劃到實際執行設計、施工、安裝、測試運轉及維護管理等階段，都必須由不同的專業工作團隊(例如業主團隊、總顧問/CM團隊、設計團隊及施工團隊等)來完成(如圖1)，此種分類是目前少數建廠經驗中較為簡化之團隊組織(Team Organization)。然而目前國內高科技廠房工程之業主，為能較精確掌握各專業工程之採購成本，並直接控管各專業工程之執行進度，大部分仍採用傳統的專業分包方式。但在品質要求及時程壓力下，分包數量太多，更徒增廠商彼此間之突衝(組織界面)，這也使得業主對於進度及品質之掌控更加困難，除非業主具有足夠之專業能力及人力來整合各方技術及管理界面，或聘請有能力及經驗之管理顧問協助建廠，否則在工程技術及組織互相干擾的情形下，將嚴重影響整體建廠工作之執行，且必須花費更多的人力及管理成本(例如界面管理成本及監督成本等)。

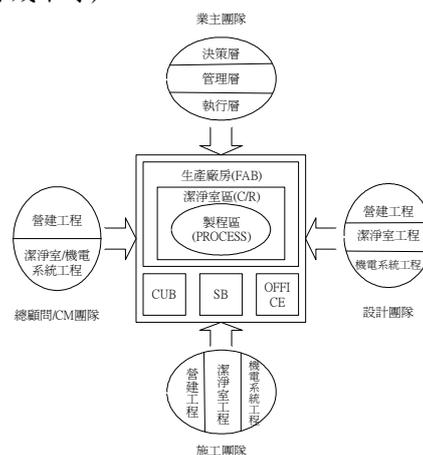


圖 1 高科技廠房工程專案團隊組織概念圖

隨著科技快速發展，廠房工程規模逐漸大型化及複雜化(例如由8吋晶圓製造廠提升為12吋晶圓製造廠，其工期壓力、品質標準更高更嚴格等[2])，這使得工程界面更為複雜、界面整合益加困難，而業主在考量是否能有效降低建廠之人力與管理成本時，已開始思考是否放棄以往傳統專業分包方式，改採整合後之團隊組織運作模式，因為整合後之團隊組織，除了大量減少分包數量外，亦可透過合約之約束及權責劃分，將界面整合與協調之工作交由廠商自行負責，進而降低業主在人力及管理成本之支出。但如此龐雜的專業工程，業主如何在品質與工期之要求下，組織各專業分包廠商，並在考量不同建廠條件下，選擇最佳化(Optimization)之團隊組織模式，乃是高科技廠房工程之業主目前所面臨的重要課題。

建計畫需求、人力、衝突管理、角色定位、組織結構、團隊管理及成功的策略等因素均與組織化系統有其密切之相關性，其中計畫需求、團隊管理及成功的策略對於達成組織目標的影響最大[4]。本研究即以業主之觀點，在考量需求、人力、專業及建廠經驗等條件下，透過組織管理界面之定義、發包策略分析及營建生命週期(規劃、設計、採購、施工)不同階段執行效益之評估，並運用基因演算法(Genetic Algorithm)，以低成本、時間短等多目標準則作為方案決策之評量指標，進而提出一套適用於高科技廠房工程專案團隊組織最佳化之評估模式，以作為業主建廠規劃時之參考。

三、結果與討論

本文為三年計畫之第一年研究成果，內容主要包括問卷調查結果分析、評估模式雛型之建立(包含專案團隊組織分析與最佳化評估模式)及第二年繼續研究之方向與預期成果等，初步成果概述如下：

(一)問卷調查結果分析

本研究透過案例式問卷調查及專家訪談的方式，針對竹科及南科之 IC、電腦及週邊設備、通訊、光電、精密儀器及生物科技等六大產業廠房之業主、設計顧問及施工廠商等進行問卷調查與分析，共蒐集 52 個較完整之專案資料，其分析結果概述如下：

1.界面問題

界面問題一直是提升工程品質及進度控制重要的關鍵之一，而發生界面問題之因素很多，分包太多是最主要原因之一[6]。機電系統管路工程(包括一般 MEP 及特殊系統管路)界面問題一直是業主花費最多人力及時間進行整合與協調之工作，因為供應製程之管線近達百餘種，在工期壓力及需求不確定性之因素下，每一種管線在設計時未事先協調整合，以致施工時造成嚴重的界面衝突。

表 1 為高科技廠房工程界面問題嚴重程度統計分析表，由表中可知，其嚴重程度介於“尚可”與“嚴重”之間(平均 3.38)，其中施工廠商認為界面問題較嚴重，而潔淨室工程之界面仍比土建工程界面嚴重，此驗證了前述之結果。

表 1 界面問題嚴重程度統計分析表

項目	所有案例		業主		設計顧問		施工廠商	
	Mean	σ	Mean	σ	Mean	σ	Mean	σ
整體性界面問題嚴重程度	3.38	0.74	3.18	0.69	3.25	0.54	3.71	0.80
分包太多造成界面問題嚴重程度	3.26	0.74	3.06	0.71	3.38	0.83	3.35	0.57
C/R 界面比土建界面嚴重程度	3.44	0.82	3.53	0.82	3.19	0.62	3.59	0.89

備註：1=非常不嚴重；2=不嚴重；3=尚可；4=嚴重；5=非常嚴重。

2. 合約類型

圖 2 為本研究針對業主在執行土建工程及潔淨室工程時希望未來採行合約方式之統計分析結果，由圖中顯示，在土建工程方面仍有 52.9% 的業主希望延用目前的專業分包方式，僅 17.6% 的業主希望採用統包，這主要原因是因為土建統包在國內的案例不多，在執行上較為陌生，業主在進度壓力下，寧可花費更多管理成本在界面協調上，也不願冒然嘗試新的組織(合約)方式，但將施工標併為一標之總包方式，仍有近 30% 會採用。反觀在潔淨室或特殊系統工程方面，有 41.1% 的業主仍希望採用統包方式，反而選擇專業分包方式之比例較低，這可能是因為潔淨室及特殊系統工程均為業主最關心之專業工程，雖界面較複雜，但對於專業內容及需求較熟悉，業主僅須確認需求後，交由較有經驗之統包商進行細部設計與施工，其界面問題則可由統包商自行協調整合。另有業主選擇統包、施工總包或專業分包方式之原因彙整如表 2 所示[7]。

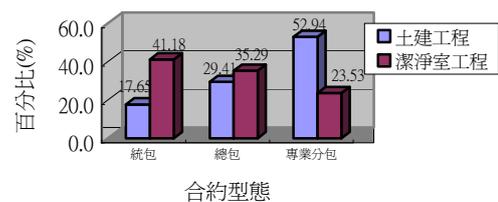


圖 2 業主希望未來採行合約方式統計分析圖

表 2 業主選擇不同合約(發包)方式之原因

原因方式	採行之原因
統包	<ul style="list-style-type: none"> ●單一窗口：專業廠商間整合與協調較一致以便於管理、易於管理、省事。 ●減少施工界面：避免界面衝突、可減少界面產生之進度與成本增加、界面較少易於管理、減少工程施工界面、分包商間摩擦較小、專業廠商間整合與協調較一致、界面及責任皆清楚。 ●變更設計：變更設計次數可降低。 ●爭議問題：無爭議性於合約上所說明之模糊地帶可減少爭議。 ●整合能力：可避免設計後無法施工之問題產生、整合土建與潔淨室的能力 ●進度管控：縮短工期、進度會較順利。 ●成本控制：雖訂約成本可能較高，但可節省管理成本之支出。 ●確保品質：品質控制較容易。 ●潔淨室：潔淨室通常為設計兼施工、廠商必須有能力整合。 ●選擇有能力的統包商，具有整合土建及高科技廠房的能力，減少時程及金錢的浪費。

原因方式	採行之原因
施工總包	<ul style="list-style-type: none"> ●減少施工界面：界面單純，可減少界面產生之進度與成本增加。 ●爭議問題：無爭議性於合約上所說明之模糊地帶可減少爭議。 ●工作權責考量：由一個廠商統籌整合，事權統一。 ●土木工程之設計及施工，在專業性可量不同，尤其在建築設計方面。 ●考量成本及市場機制。 ●若設計單位所設計之周密性不足，應由較具經驗之專業承商協助規劃。 ●營造廠無設計能力，但具有統籌施工之能力。 ●無統包之缺點，可以降低裁判球員之可能性。 ●設計與施工分別發包較可以有效控制合理價格及品質。
專業分包	<ul style="list-style-type: none"> ●權責考量：施工界面及工作權責由業主自行協調與整合，較容易掌握需求。 ●專業廠商較有經驗，專業施工，品質容易確保。 ●分別選商，透過市場競爭機制，降低成本。 ●將來投產運轉時，可直接由該廠做之專業廠商進行維護管理工作，無須透過統包商或總包商轉達，維護管理較佳。 ●施工分別發包較可以有效控制市場合理價格及施工品質。 ●專業分包主要可以節省成本、施工成本容易掌握。

3 統包效益

表 3 為本研究針對高科技廠房工程採用統包方式對提升品質、降低成本、縮短工期、減少界面、減少變更設計等效益調查統計分析表。由表中顯示，減少變更設計是高科技廠房工程採用統包最大的效益，其次是縮短工期，再次之為減少界面，尤其是潔淨室或特殊系統工程方面，其影響更為明顯，而土木工程方面，對於減少界面的效益最為顯著。至於降低成本及提升品質方面，業主認為其效益是偏低的[5]。

表 3 統包效益調查統計分析表

項目	所有案例		業主		設計顧問		施工廠商	
	Mean	σ	Mean	σ	Mean	σ	Mean	σ
提升品質	3.32	0.76	2.88	0.66	3.33	0.80	3.60	0.62
降低成本	3.28	0.93	2.94	0.78	2.72	0.92	3.64	0.87
縮短工期	3.67	0.80	3.47	0.82	3.22	0.67	3.84	0.82
減少界面	3.57	0.86	3.29	0.80	3.17	0.75	3.76	0.89
減少變更設計	3.70	0.96	3.47	1.01	3.33	0.97	3.84	0.86

備註：1=極低；2=低；3=適中；4=高；5=極高。

(二)評估模式雛型

圖 3 為本研究初步提出之高科技廠房工程最佳專案團隊組織評估模式(PEM)。本模式主要分為專案團隊組織分析(Project Team Organization Analysis, TOA)及專案團隊組織最佳化評估(ETO)兩大部分，其中 TOA 為本研究在量化評估最佳化專案團隊組織前，先行探討目前可能之專案團隊組織方式。由前述調查分析結果顯示，整體而言，高科技廠房工程組織團隊架構主要建構在統包、施工總包及專業分包三種合約型態上，而此三種合約方式又依業主建廠條件及專業工程(例如土建、機電等)特性的不同，以單一或混合方式應用於專案上(例如土木工程採施工總包、潔淨室工程採統包)。因此，在分析專案團隊組織模型時，可從組織分工及業主所具備之建廠條件的不同，推導出可能的組織類型。

本文將專案團隊組織關係分成垂直層級及水平分殊，垂直層級為具有合約約束之關係，而水平分殊為溝通協調之關係(如圖 4 所示)。圖 5 為高科技廠房工程依 BSC 及 EMS 分類之專業組織分工架構關係圖，圖中垂直層級共分為八個等級，最高階層為業主團隊，最低階層為各類工程之專業分包商；水平分殊為每一階層中可獨立運作之組織元素(即團隊基本成員)，故在決定組織分工時，可依不同層級及水平分殊排列序位建立一套系統化之專案團隊組織架構模式，並建構其互相間之關係。因此每一業主可依其建廠之條件及策略，選擇所需之組織元素，進而組成適用於不同專案之團隊組織。例如：若選擇 V1H1、V2H2、V6H1、V6H2、V6H3、V6H4、V5H2、V6H7 及 V6H8 等組織元素時，則此一專案團隊組織如圖 6 所示。本文依據所建立之團隊組織分工架構，在考量業主建廠條件，並訪談實際參與建廠之專家意見後，暫列六種不同專案團隊組織類型，且針對考量決策因素之差異性進行比較，其結果如表 4 所示。

無論業主選擇何種團隊組織模式，兩組織元素間必然會因利害關係(interests)而發生行為上的衝突，此衝突即為兩組織元素間之組織界面(Organization Interfaces)[3]。

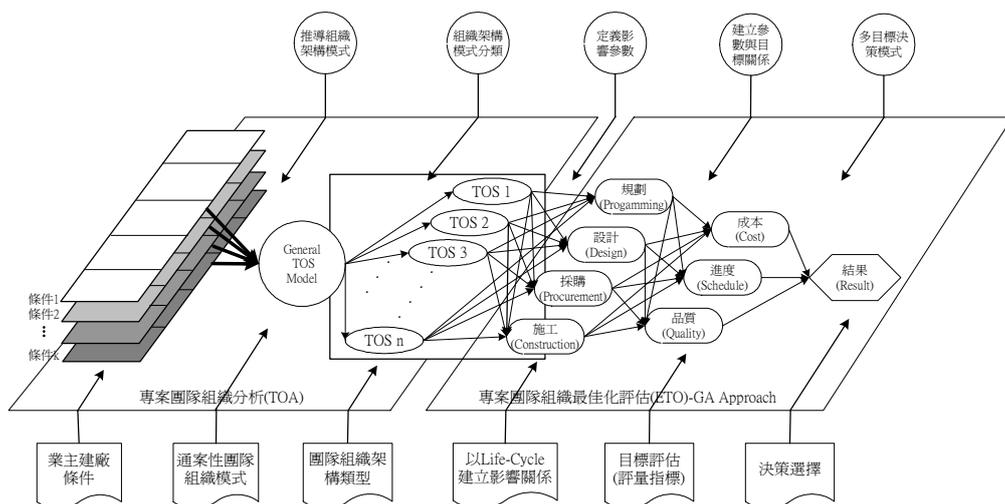


圖 3 高科技廠房工程最佳專案團隊組織評估(PEM)模式雛型(參考[1])

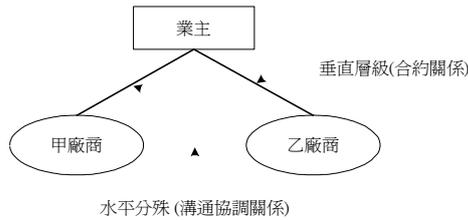


圖 4 專案團隊組織關係圖

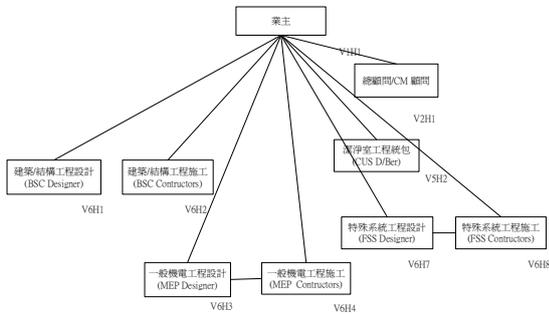


圖 6 選擇 V1H1、V2H2、V6H1、V6H2、V6H3、V6H4、V5H2、V6H7 及 V6H8 等組織元素時之團隊組織

本文依前述之組織關係將組織界面分成垂直組織界面(Vertical Organization Interface, VOI)及水平組織界面(Horizontal Organization Interface, HOI)(如圖 7)。VOI 發生在不同之組織層級(如圖 7 中組織元素 A 與 B 之界面)，且大部分為與業主利害關係較有關之合約利益衝突；而 HOI 大部分發生在同一組織層級之兩組織元素間溝通協調不良所造成之衝突行為(如圖 7 中組織元素 B 與 C 之界面)。由圖 5 及圖 7 顯示，就業主而言，一個專案組織必然存在 VOI 及 HOI，但專業分包數量越多，VOI 發生之數量就越多，相對 HOI 發生之數量亦隨之增加，而業主亦必須花費更多的時間及成本來處理界面上的問題。

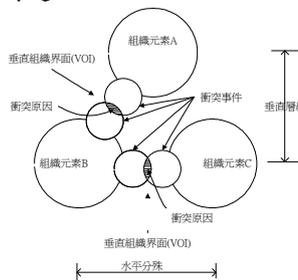


圖 7 組織界面基本定義

(三) 第二年繼續研究之方向及預期成果

本模式後續之發展，將著重於目標函數之定義與推導方面，尤其在不同團隊組織下，如何將業主之建廠條件納入考量，進而推導成本最低及工期最短之評估函數，將是本研究第二年之研究重點。有關後續研究方向概述如下：

1. 業主之組織結構及建廠條件對團隊組織之影響

Alfred Chandler(1960s)於策略決定論中認為，「環境因素」及「組織產能」為策略之基本要件，而策略決定了組織結構。故就業主而言，整體專案團隊組織應屬於策略組織的範疇，而組織的架構則取決於業主之組織結構及其本身所具備之建廠條件，例如：當業主具有充分的人力及專業人才時，為降低每一專業工程之採購成本，會選擇採用層級最低且數量最多之專業分包方式。因此，本文將彙整目前國內實際建廠案例中，業主如何決定其建廠組織結構(包括人力分配、職掌、管理模式等)，並依所考量之建廠條件，進一步探討選擇整體專案團隊組織模式之影響因素。

2. 成本目標函數之基本定義

本研究將以交易成本理論(Transaction Cost Theory)作為未來演算專案團隊組織管理成本之基礎。營建工程之交易特性具交易時間長、交易商品非標準商品及訂約前交易成本較大等特性。就業主而言，建廠工程之計畫總成本可以說是許多的外購成本、交易成本及組織內部管理成本之總和(如公式 1 所示)[8]。

$$\text{建廠計畫總成本} = \sum_i (\text{外購成本} + \text{交易成本} + \text{組織內部管理成本}) \quad (1)$$

其中： t = 規劃、設計、採購發包、施工及維護管理階段。

公式(1)中之各項均與市場環境、採購發包方式及合約型式(如統包、施工總包及專業分包等)、分包數量等有直接關係。就業主而言，交易成本之計算，本文暫定為選商成本、界面管理成本(包括 VOI 及 HOI 成本)、監督成本及廠商的違約成本之總和(如公式 2 所示)。

$$\text{建廠交易成本} = \sum_i (\text{選商成本} + \text{界面管理成本} + \text{監督成本} + \text{違約成本}) \quad (2)$$

其中： t = 規劃、設計、採購發包、施工及維護管理階段。

公式(2)中之選商成本、界面管理成本、監督成本及違約成本等各項定義、影響因子及其計算方式等為本文後續之研究重點。

3. GA 之基本定義雜型

本研究未來所採用之 GA 基本結構如圖 8 所示。本研究所定義之基因(gene)為組織分工架構圖中階層最低之單一組織元素(即廠商之專業小包，例如營造廠之鋼筋小包)，數個基因組合成染色體(chromosome)(即組織分工架構圖中之獨立組織元素，例如營造廠)，而數個染色體組合成一個群體(population)，一個群組代表一種專案團隊組織模式。此外，本研究亦將參考相關文獻及模擬實際案例繼續完成後續 GA 之目標函數(Objective Function)(指成本最低、工期最短、品質最優)及適應函數(Fitness Function)(指函數之邊界條件)之定義與推導。

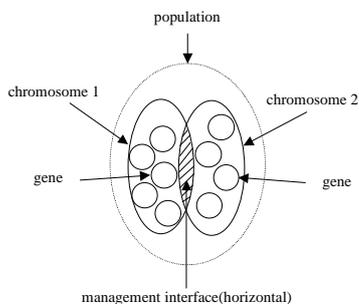


圖 8 GA 之基本定義雜型

總之，本研究第二年之研究方向，將依據第一年之初步研究成果所彙整之各專案團隊組織類型，在考量業主組織結構及其本身建廠條件(包括人力、專業、經驗、廠址、學習訓練、品質標準、需求不確性等)、藉由規劃設計、採購發包、施工及維護管理等不同階段影響參數之定義，以成本最低、工期最短、品質最優等為目標，並導入風險概念，建置基因演算法之函數關係。

四、研究成果自評

在營建工程之實務上，對於專案團隊組織仍僅於經驗及少數技術與決策人員個人經驗之判斷，甚少應用組織理論、組織行為及組織設計等基本理論進行分析，專案執行過程中，亦甚少針對團隊組織之執行成效進行預測或評估。本研究三年之計畫過程中，透過理論與實務之結合，分析高科技廠房工程專案團隊組織類型，並藉由 GA 之方法，進一步探討最佳化之專案團隊組織模式。而第一年已初步完成專案團隊組織類型之分析與探討，整體研究成果亦達到本研究計畫初設之目標，後續第二年將更深入探討高科技廠房工

程專案團隊組織模式在考量業主條件後之影響，並修正第一年之研究成果，以作為後續 GA 中定義及推導目標函數及適應函數之依據。

五、參考文獻

- [1] Alarcon, L. F., and Ashley, D. B., "Modeling Project Performance for Decision Making," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 122, No. 3, pp. 265-273 (1996).
- [2] Allan D. C. and Saloni M., "Issues For Construction of 300-mm Fab," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 126, No. 6, pp. 451-457 (2000).
- [3] Brown, D. L., "Managing Conflict at Organizational Interfaces," Addison-Wesley Publishing Company (1983).
- [4] Shoura, M. M. and Singh, A., "System Interrelations of Organizational Variables," *Journal of Management in Engineering*, ASCE, Vol. 13, No. 1, pp. 67-79 (1997).
- [5] 王維志、林俊昌、張書萍，「高科技廠房營建工程特性之探討」，營建管理季刊，第四十八期，第 10-19 頁 (2001)。
- [6] 鄭奕孟、曾仁杰，「台灣高科技電子廠房施工問題之探討」，土木水利，第二十七卷，第四期，第 102-112 頁 (2001)。
- [7] 張書萍，「高科技廠房營建工程特性之調查與分析」，碩士論文，交通大學土木工程學系，新竹 (2001)。
- [8] 廖紀勳，「營建工程合作管理(Partnering)之研究」，碩士論文，國立台灣大學，台北 (1997)。

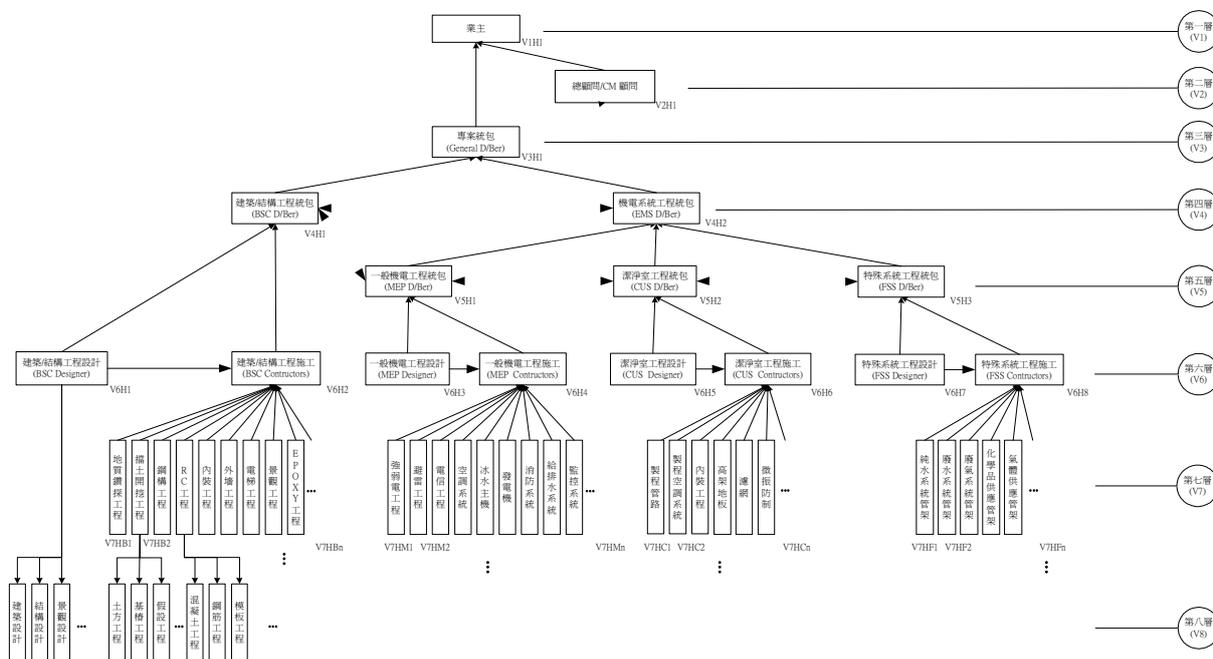


圖 5 高科技廠房工程專業組織分工架構圖

表 4 幾種不同團隊組織類型

Item	Title	Team Organization Relationship (TOR)	Team Organization Structure (TOS)	Explanation	Comparison										Remark
					顧問技術	介面處理	前置作業	成本控制	工期控制	國內經驗	招標難易	變更次數	風險評估	合約管理	
1	Global Design-Build (GDB)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2. 由 General Design -Builder 統籌負責專案之執行。 3. General Design -Builder 係採 J.V. 的方式組成。 4. General Consultant 負責審查、監督 General Design -Builder 之執行。 	高	少	長	易	易	無	難	少	大	少	2contracts
2	Local Design-Build (BDB & CRDB)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2. 分成 Building D/B (DDB) 及 Clean Room D/B (CRDB) 二個 D/B 方式執行。 3.DDB 及 CRDB 均採 J.V. 的方式組成。 4. General Consultant 負責審查、監督 General Design -Builder 之執行。 	高	少	長	易	易	無	難	少	大	少	3contracts
3	General Contractor & Local Design-Build (BGC & CRDB)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2.Building 部分採設計與施工各別發包，其中施工標則採合併為一標方式由施工總包商負責，而設計者負責監造。 3.Clean Room 部分採 D/B 方式執行。(CRDB) 4.施工總包商(BGC)及 CRDB 均採 J.V.方式。 5. General Consultant 負責審查、監督。 	普通	少	普通	易	易	少	普通	普通	普通	普通	4contracts
4	Traditional Contract & Local Design-Build (BTC & CRDB)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2.Building 部分採設計與施工各別發包，其中施工標則採專業分包方式，設計者負責監造。 3.Clean Room 部分採 D/B 方式執行。(CRDB) 4.CRDB 則採 J.V.方式。 5. General Consultant 負責審查、監督。 	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	普通	5contracts 以上(含)。
5	(BGC & CRGC)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2.Building 及 Clean Room 部分均採設計與施工分開發包，其中施工標則採合併為一標方式由施工總包商負責，而設計者負責監造。 3.Building 施工總包商 (BGC)及 Clean Room 施工總包商(CRGC)均採 J.V.方式。 4. General Consultant 負責審查、監督。 	普通	多	短	不易	不易	多數	普通	多	少	多	5contracts
6	(BTC & CRTC)			<ol style="list-style-type: none"> 1.General Consultant 先完成規劃工作。 2.Building 部分採設計與施工各別發包，而施工部分則採專業分包方式，設計者負責監造。 3.Clean Room 部分亦採設計與施工各別發包，施工部分則採專業分包方式。 4. General Consultant 負責審查、監督。 	普通	多	短	較不易	較不易	多數	普通	多	少	多	7contracts 以上(含)。