

統包工程設計管理—台灣高鐵經驗

蔡俊鏡 林同棧工程顧問股份有限公司 技術總監／博士

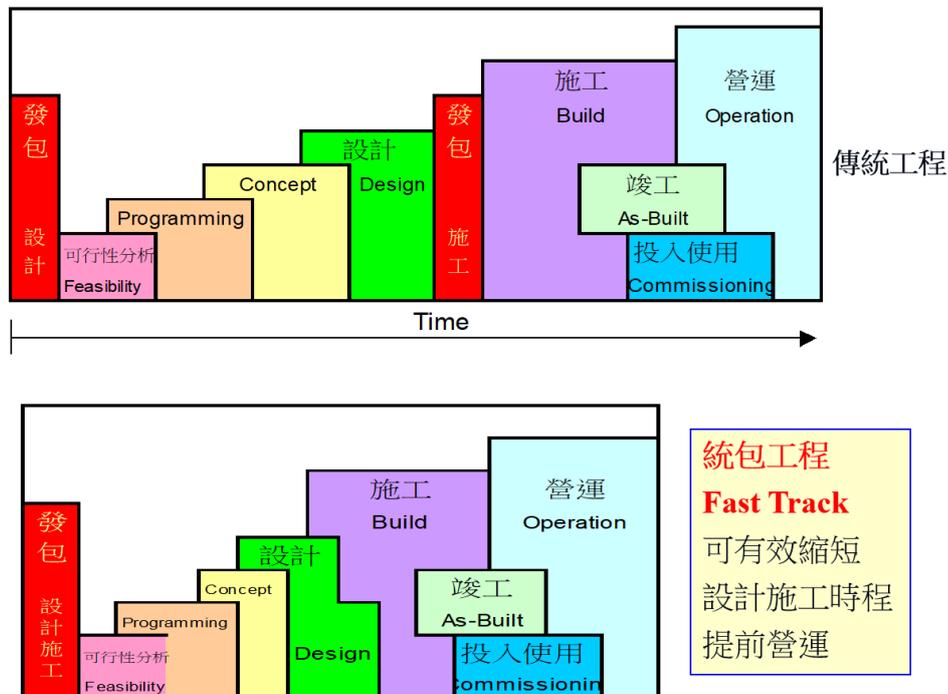
統包工程快速平行作業模式 提升效率

國內統包工程發展從早期中油石化建廠、臺北市鐵路地下化，之後台灣高速鐵路（以下稱台灣高鐵），至近期新北市捷運、桃園捷運、高雄捷運、台電地下電纜隧道、臺北市民權大橋、桃園航空城土地開發等工程均採統包作業，其中台灣高鐵為 2000 年全球最大 BOT（Build-Operation-Transfer）工程，首度採取國際統包標作業，要求國內外承包商聯合承攬，其餘統包工程則由國內承包商擔任。統包（turnkey）為設計建造（Design-Build）一體的採購作業，相較傳統設計—招標—建造（Design-Bid-Build）簡化執行的程序，改採由承包商負責全部的設計及建造，並有獨立的檢核顧問確認設計，對於工期及成本的掌控，較傳統的作業更為有效及節省，達到快速及省錢的目標（圖一）。

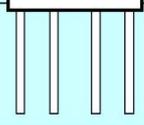
台灣高鐵全長為 345 公里，共分為 12 個土建設計施工標（C210 標至 C296 標），工程範圍依施工特性區分，主線最長 42.9 公里（C270 標）至最短 3.062 公里（C296 標），總共有國內外 19 家大營造商參與，以及 25 家國內外知名顧問公司參與統包商設計（Designer）及獨立檢核（CICE）作業，業主台灣高鐵公司另聘有獨立檢核顧問（ICE）。全案約 4 年完成所有土建工程，若採取傳統設計發包再施工的方式，勢必無法如期完成工程進行營運，所以採取統包及快速平行作業（Fast Track）的方式，利用階段性設計成果，進行建造作業，程序由下而上，

以橋梁細部設計而言，設計分為定案設計 (Definite Design DD)、期中設計 (Intermediate Design ID)、最終設計 (Final Design FD) 三大階段，成果分為設計圖 (L1-L3)、施工圖 (L4) 及竣工圖 (L5)，設計圖 L3 取得設計者及獨立檢核確認證書 (Certificate)，即可進行樁及基礎 (DD)、柱 (ID)、大梁 (FD) 施工，最後設計成果須取得無異議聲明 SONO (Statement Of No Objection) (圖二)。目前桃園及高雄捷運已簡化設計成果，分為期中及期末兩階段，經業主及專案管理單位執行設計審查，取得 N2 (部分改善後同意，其餘准予同意) 即可授權廠商進行核定範圍之製造或施工，最後設計圖及施工圖均須取得 N1 (准予同意)，再將最後的施工圖轉成竣工圖。

設計為統包工程先行指標作業，計畫成功的關鍵因素，本文旨在分享台灣高鐵統包設計管理經驗，作為國內統包工程推動發展的參考，並以土建 C260 及 C270 兩標的設計管理實例，介紹統包計畫的管理特點，對提高國內統包設計管理能有所助益。



圖一 傳統工程及統包工程差異

Design Stage		Design 設計圖			Construction 施工圖	As Built 竣工圖
		Combination of Levels 1, 2, 3			Level 4	Level 5
		Definitive Design (DD) 定案設計	Intermediate Design (ID) 期中設計	Final Design (FD) 最終設計	Construction Design (CD) 施工設計	As Constructed Design (AB) 竣工設計
Superstructure		50% Design Level 1	70% Design Level 2	Level 3	(CD FD) Level 4	
Substructure Piers, Columns and Caps		70% Design Level 1, 2	Level 3		(CD ID) Level 4	
Foundations Piles and footings		Level 1, 2, 3			(CD DD) Level 4	(AB) Level 5

圖二 台灣高鐵統包工程設計及施工階段內容

統包計畫管理特點

統包計畫簡化目前的採購程序，增進整體作業的效率，並且從施工性來檢討調整設計，可以得到較為經濟施工的設計；茲將統包作業特點詳說如下[1] [2]。

一、統包優點

1、單一窗口

舉凡設計建造所包含的成本、工期及品質均由單一窗口負責，建造者可以提送多目標功能的計畫，除了滿足基本功能需求外，尚可包含美學、預算及工期，業主可以集中心力在工作範圍需求及決策上，比花時間在協調設計者及建造者來得好些。

2、品質保證

單一負責的窗口推動了品質及計畫整體表現，設計建造者提供業主合乎合約要求的成果，包含從設計圖說至建造成果的保證，一切品

質均在承包商主動要求及保證下符合規定。相對在傳統招標過程，業主須確保提供給承包商的設計成果無誤，並須建立嚴謹的監督系統，本作業模式實已簡化許多。

3、成本降低

設計者與施工者結合成一個工作團隊，隨時溝通討論替代材料及工法的適用性，提出價值工法及施工性的評估檢討，以達到成本降低的目標。

4、工期縮短

設計及建造是平行重疊的快速作業，以階段性設計成果即可動工，材料及設備採購亦可在施工圖說文件完備前先啟動，加上省略招標採購的作業時間，所以對縮短工期有很大的幫助。

5、減少潛在的行政負擔

設計建造作業對業主而言，可將時間花在最後政策的決定上，無需就設計及施工兩個階段程序分別處理，與投入時間及金錢去協調分開的設計施工合約相比較，可減少內部潛在的行政作業負擔，唯針對邀標作業所需準備的建議書需求 (Request For Proposals, RFP) 以及後續的評估，為業主初期學習曲線應花費時間較多的部分。

6、預知固定成本

承包合約確認費用為本作業模式的特點，相較傳統的設計及建造合約分開，在工地施工時常須配合現況調整作變更設計，合併設計及建造即可免除此類的變更設計作業，減少非必要的變更成本增加，設計建造者在設計階段可立即配合現場作出相對應變的設計，對業主整體固定成本花費可達到預先確認的目的。

7、改善風險管理

設計建造成果方面如成本、工期及品質已明確規定在設計建造的合約內，承包商應負起由設計至施工的全部責任，由於設計錯誤或不適用引致的變更因素可以被排除，因此對於業主的風險管理可以改善至最佳的程度。

二、統包商應有作為

積極負責的承包商及聯合承攬廠商間的合作態度為成功的重要關鍵，為有效推動計畫的進行，首先選擇一個正確合適的統包團隊是非常重要的，就如同球隊為求勝戰，必須要招募優秀球員組成最佳球隊。承包商建立一個良好的團隊，包含計畫管理核心與施工及設計兩大團隊(圖三)，清楚界定溝通聯絡的窗口，藉以有效傳達相關資訊，並儘早動員足夠的人力進駐計畫，訂定有效的管控時程，作為後續的監督管控之用，下列事項為統包商應特別注意的重點。

1、備標階段文件的準備

將業主提供的投標文件予以詳細研讀過濾，針對任何模糊解釋的問題要求業主澄清，並視需要進行基本設計的再檢核，以作出最有利的備標價格及相關的投標文件。

2、確立管控時程及里程碑

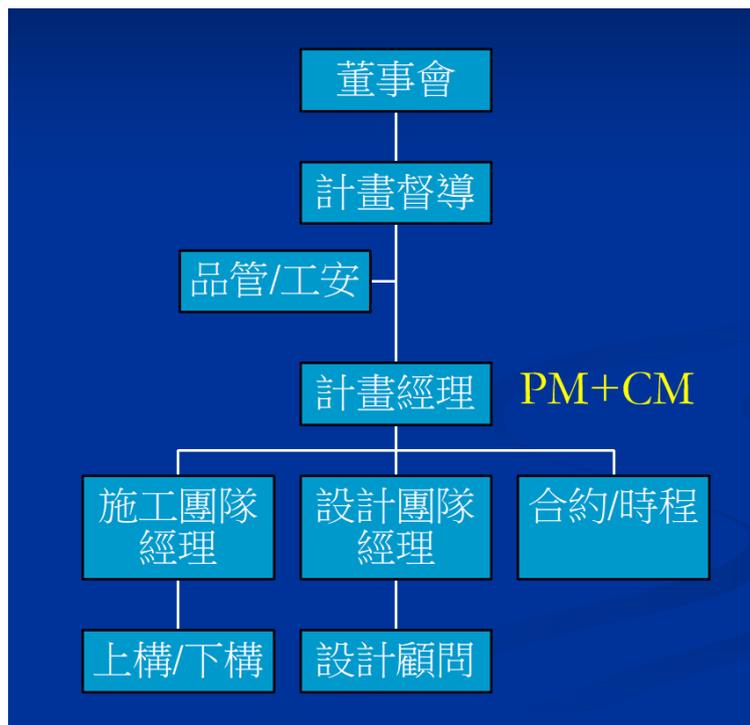
針對計畫執行完成目標，掌握關鍵性設計單元 (DU)，及重要計價中心 (Price center)、里程碑 (Milestone) 的需求，先建立施工計畫時程，再提出配合設計時程，以求完成整體計畫時程。

3、計畫展開的先辦事項

相關的補充測量、鑽探進行，以及重要施工材料及設備的採購，均須提早進行而且完成工作，以避免耽誤相關的工進，或因物價調漲，增加採購成本。

4、有效的組織運作及協調

建立一個合作有效的組織運作，協調內部設計及施工各部門的運作，使整體計畫能夠達到如期、如質、如成本的三大目標。



圖三 統包計畫組織

設計管理課題

設計部及相關人員需與統包團隊 (計畫經理、品質安全、時程管控、施工部等) 共同在現場執行作業，俾利及時解決問題。設計管理影響計畫的成功，進而決定整體工程進度，有效的溝通為設計管理最重要的成功因素，可以決定進度向前或停滯。針對設計管理涵蓋的單位，對內包含協力顧問及施工團隊，對外則包含所有的界面單位 (如地方主管單位、機電軌道系統) 以及業主的溝通。管理成功第一要項，首先由設計部選擇一位合適的設計經理，建立一個有效的運作組織，

是設計管理的第一個重要課題，接著才是進入細項的執行工作，下列事項為設計管理重要的考量因素。

一、目標

(一) 時程：及時配合施工的需求

1. 建立設計管控表，並列出關鍵的設計單元。
2. 建立提送進度曲線，以了解實際進度狀態。
3. 追蹤及推動設計管控在正確的路徑上。
4. 緊急解決施工浮時不足的工作項目。
5. 在啟動設計之前，應確認所需輸入的正確參數，避免重作或再修正已完成的設計。

(二) 成本：在預算範圍內

1. 建立設計部門、協力顧問及獨立檢核的預算。
2. 整合成本管制在設計過程裡。
3. 管理協力顧問以及對業主的索賠事宜。
4. 提早進行價值工程評估，以尋找經濟方案。

(三) 品質：滿足業主的需求

1. 建立設計部門及協力顧問的設計品管計畫。
2. 自主品管應落實以確保品質的可靠。
3. 協力顧問提送文件須完整且正確。
4. 設計輸入及輸出資料須正確無誤。

二、設計及獨立檢核

(一) 學習曲線

1. 錯誤可以造就堅強的組織，任何錯誤應視為一個機會。
2. 初始階段需要較長的時間才能使運作步入正軌化。
3. 建立教訓與學習 (Lesson and Learn) 的範例，改善學習模式及避免再犯錯誤。

(二) 會議

1. 澄清所有可能爭議及解釋的事項，俾利後續作業的推動。
2. 儘早召開研討會檢討設計規範 (Design Specification) 及設計手冊 (Design Manual)，有助於接受彼此的理念及設計方法，並排除日後不必要的爭議。
3. 定期的進度會議或不定期的技術問題檢討，為管控進度的重要程序。

(三) 審查

1. 儘早進入審查可以及時取得同意動工，針對重要及次要意見的提出，可協議採取階段方式提送設計成果，為改善冗長審查的較佳方式。
2. 對同一設計單元的審查採分段同意方式，可以滿足工地施工的急迫性。
3. 累積分段同意以取得全部設計成果審查的證書 (Certificate)，確認啟動施工的風險降至最低。

(四) 稽查

定期的稽查可以發現作業的瓶頸，適時提出改善方案，以解決問題。

三、合約管理

(一) 業主合約

台灣高鐵合約共 28 冊，各文件條款之先後約束順序如下：協議形式 (Vol. 2 Forms of Agreement)、業主通知接受承包商提送成果 (Employer's notification of acceptance of the Contractor's Submission)、合約特定條款 (Vol.25 Special Conditions of Contract)、合約一般條款 (Vol. 3 General Conditions of Contract)、業主要求 (Vol.4 Employer's Requirements)、特別規定(Vol.26 Particular Specifications)、設計規範 (Vol. 9 Design Specifications)。

(二) 管控

1. 掌握業主合約的內容，明確工作範圍及義務，隨時檢討業主要求是否在合約範圍內，並熟悉各項條文的約束力及詳細規定。
2. 適時檢討設計成果提送進度，以滿足業主要求的計價中心及重要里程碑。
3. 對於業主要求的變更設計或額外工作，應於業主通知後 14 天內，先發出針對時間及費用的索賠通知 (claim notice)，相隔 21 天內再發第二次通知(claim notice)以補充更詳細的資料。
4. 對協力顧問合約訂定詳細的工作範圍、提送成果日期及項目、以及明確的獎勵 (incentive) 及懲罰 (penalty) 條款，

藉以實質規範協力顧問之運作。

5. 界定變更設計 (Variation Order) 的索賠 (Claim)、澄清事項 (Clarification) 以及對協力顧問額外工作 (Additional Work Order) 的分際。
6. 詳細整理所有來往紀錄，作為未來索賠的依據。
7. 定期檢討審核各協力顧問額外工作費用，並協商出雙方同意接受的金額。
8. 適時檢討調整與國外廠商合約的滙率交換事宜。
9. 規範協力廠商合約條款應辦保險事項及權益事宜，以及相關應履行之合約保證條款。

(三) 索賠

1. 對業主索賠策略，應先組成小組開會討論，擬定大綱及執行細節，委請協力顧問進行方案研究，並隨時檢討調整分析結果，藉以提出足夠證明數據資料，支持索賠金額的認定，索賠金額應包含設計及建造變更全部的費用。
2. 協力顧問對於額外工作事項申請費用，應提出足夠重要的證明文件，詳列工作範圍、承包商原始要求文件、人時工作表及相關修改圖說目錄。

四、設計管控重點

(一) 設計參數

1. 優先完成基樁載重試驗與補充測量及鑽探作業，並確認成果的可靠性。
2. 澄清所有橫交灌排及道路位置，以確認所有的結構配置。

《營建交流》

3. 澄清機電系統界面工程配合事項，以確認所有預埋構件位置。
 4. 儘早進行重要結構附屬設施(支承、剪力樁及鎖定裝置等) 的設計及採購作業。
 5. 儘速啟動重要施工法的價值工程評估，及日後結論之配合事項。
- (二) 除非因趕工必要，避免壓縮設計時間，否則容易造成非最佳化的設計。承包商對協力顧問不斷的干擾及變更決定，將導致重複設計以及相隨的冗長審查過程。
- (三) 確實檢核提送成果符合業主需求，避免一再重複提送程序。提送設計竣工 (As-built) 圖說成果初稿先予業主審查其模式，待確認後再正式展開後續生產作業。

台灣高鐵 C260 及 C270 標

台灣高鐵土建 C260 及 C270 標為大陸工程公司及德商 B+B 聯合承攬，兩家公司各派出資深經理人參與計畫的管理運作，掌控設計及施工兩大部。設計部管控的協力顧問總計 7 家，國內 3 家為亞新 (CICE)、中興及林同棧，國外 4 家為 BBDT、LAP、Faber Maunsell 及 IOA。設計部的主要職掌為管控工期、成本及品質，茲將兩標的統包運作說明如下：

一、工作範圍／數量 (圖四)

(一) C260 標

- 全長 36,617m
- 合約金額 190 億元 (不含變更設計)

《營建交流》

- 橋梁 24,308m (全跨預鑄橋 22,248m · 預鑄梁 678 根 · 非制式橋 2,060m · 高架車站主線含漸變段構造 1 座)
- 隧道 9,141m (單一最長隧道 7,359m)。
- 路工 3,168m
- 17 座機房
- 主體設計單元 (DU) 121 個

(二) C270 標

- 全長 42,799m
- 合約金額約 216 億元 (不含變更設計)
- 橋梁 42,799m (全跨預鑄橋 41,365m · 預鑄梁 1264 根 · 非制式橋 1,434m · 高架車站主線含漸變段構造 1 座)
- 10 座機房
- 主體設計單元 (DU) 76 個



圖四 台灣高鐵 C260 及 C270 標

二、工期

- (一) 前置作業及設計：2000 年 4 月至 2003 年 5 月，包含業主變更需求 2000 年 4 月至 2000 年 9 月，實際設計期間應由 2000 年 10 月起算至 2003 年 7 月，共計 34 個月。
- (二) 主體土木工程施工：2001 年 4 月至 2004 年 1 月，共計 34 個月。

三、主要投標風險

- (一) 大地工程設計資料：業主僅提供初步地質鑽探資料，承包商須根據該資料評估預算，並增加適當餘裕量以涵蓋不確定的風險，如 C270 標地層涵蓋正常土層、特殊土層及梅山近斷層三大區域，相關的設計地震反應譜也隨之不同。此外，針對基樁抗拉拔力的解釋，以及承載力設計公式的確認，均會影響基樁設計長度及總數量。
- (二) 地形測量資料：業主僅提供一般大區域測量成果，針對河川及山區地形應作保守性估算，以避免進場實際補充測量後，發現設計數量的大差異。
- (三) 設計規範條文的解釋：重要條文的合約解讀均會影響設計成果的差異性，如基礎除主軸應力檢核外，須旋轉角度以檢核最大應力方向，會影響基樁的設計長度；另外橋墩鋼筋非降伏檢核的解釋，改變備標階段 4 柱式橋墩成為單柱式橋墩的模式。
- (四) 全跨預鑄吊裝工法及運梁車機具設備採購型式(圖五)，將影響相關設計配合事宜。



圖五 全跨預鑄吊裝工法及運梁車機具設備

四、審查程序及時間

- (一) 程序：設計顧問→JV 設計部→CICE→JV 設計部→高鐵公司 RE/ICE。
- (二) 承包商獨立檢核顧問 (CICE)：14 天。
- (三) 業主及獨立檢核顧問 (RE/ICE)：45 天。
- (四) 檢討：CICE 為確認保證設計成果可施工之依據，應預留足夠時間供 CICE 審查，取得同意或證書。

五、設計管理

- (一) 設計管理控管 C260 標及 C270 標設計部，設計部組織區分設計經副理，結構及大地工程組長，各類協調及檢核工程師，進度及文件管控工程師。統包工程最重要應及時完成設計，不能耽誤現場施工，針對特定問題成立特別任務小組 (Task Force) 隨時解決，除定期召開會議外，並要求設計顧問派駐現場協調工程師，溝通零距離。協調設計顧問與獨立檢核顧問進行審查，解決審核意見，及時取得同意施工。

(二) 主要工作

1. 展開階段成果設計及審查工作，並配合業主指示進行重大變更設計事項。
2. 另聘價值工程顧問(SGTE)進行制式橋與非制式橋上構及下構的評估。
3. 進行橋墩價值工程評估，捨棄備標階段 4 柱式橋墩，改單柱式橋墩為定案結構系統。
4. 進行補充鑽探 (CPT 及 SPT) 及基樁載重試驗，並根據分析成果，調整土壤設計參數、基樁點承载力及摩擦力公式。
5. C270 標大地沉陷問題持續監測，並評估大地沉陷對基樁負摩擦力之檢討事宜。
6. 評估基礎尺寸與基樁長度之成本及施工性，C270 標調整基礎 8.5m×8.5m 為 10m×10m，以縮短基樁長度，C260 標基樁較短，基礎仍維持 8.5m×8.5m。
7. 檢討全跨預鑄大梁尺寸，端隔梁寬度由 5m 擴大至 6.3m，以抵抗塑鉸彎矩，並檢討箱梁尺寸，俾利內外模施工。
8. 進行工期評估，變更一座就地支撐場鑄橋梁為複合式鋼橋。
9. C270 標針對制式橋提出混凝土剪力樺替代鋼剪力樺，俾利降低成本及確保施工正常化。
10. 在車站及橋面漸變段區域，C260 標調整支撐桁架前進順序，C270 標則提出滑動平移工法，俾利全跨預鑄吊裝工法的充分運用，減少場鑄工法的區域。
11. 出軌防撞牆及電纜溝由預鑄改場鑄，並免除防水膜設置。

12. 橋面護欄、機房內外牆及女兒牆、緊急逃生梯(圖六)等，由場鑄改為預鑄，提升品質及施工速率。
13. 建立計畫管理的網路信件聯絡及圖說資料庫系統(PRO/G)，俾利相互資料的迅速傳輸。
14. 特別任務小組即時解決重大設計爭議懸置事項，如支承、剪力樑、LUD (Lock-Up Device)、大地設計等議題。
15. 導入 QDMS (Query Document Management System) 管控所有來往詢問單，如 DQ(Design Query)、SQ(Site Query)、DMCQ (Design Management Construction Query)、CDQ (Contractor Design Query)、RFI (Request for Information) 及 DAS (Design Amendment Sheet)。
16. 納入資訊部管理，建立資料庫及網路管理，俾利設計成果的提送及管理，簡化作業程序及步驟，改善作業效率。
17. 建立監控設計顧問成果，提送成果進度圖表，以及提送至 CICE 及 RE 之審核進度追蹤圖表。



圖六 預鑄緊急逃生梯

統包工程以戰養戰累積經驗 加強培訓國際化人才

統包作業目標達到如期如質節省成本，經由良好的計畫管理，結合專業設計及施工團隊，提供業主較佳且符合期望的設計，達到快速營運的目標。茲將台灣高鐵經驗、統包商團隊、展望未來總結如下：

一、台灣高鐵經驗

國內承包商參與台灣高鐵聯合承攬，名義上為中外合作，重要職務仍欠缺資深能溝通之專業人才，統包經驗仰賴以戰養戰，才能競爭日後同類型工程，聯合承攬廠商要求平等分享資訊，對培養管理人才計畫才能有所助益。台灣高鐵計畫組織龐大，層層架構影響公文傳達時效，在作業方面，國外工程師擅長書面溝通，雖保有紀錄但公文旅行曠日費時，國內工程師習慣口頭交流方式，雖達到溝通卻常無紀錄可查，應綜合兩者之長，去其之短，採取雙管齊下的模式，統包商應主動出擊，事先擬定好研商對策，要求業主召開研討會(Workshop)，先作口頭溝通，再作成結論紀錄，以達到有效迅速實質推動的目的，主動溝通是計畫成功不二法門。

二、統包商團隊

統包作業的精神主要為提供一個採購流程縮短模式，減化互動界面增加溝通效能，統包運作的模式可採取承包商領軍(Contractor-Lead Design-Build)或設計顧問領軍(Designer-Lead Design-Build)。國內統包商應朝向承包商領軍的模式，除本身設立主導的設計管理部門外，並須有基本的中階幹部成員，同時建立上游設計顧問國內外協力廠商的名單，以及下游設備支援廠商的資料庫。遴選顧問公司首重其專業服務態度更甚於它的規模及歷史，藉以組成共生存發展的團隊，設計顧問參與的態度及共識是成功主要關鍵，價格並非為主要決定因素，選擇合適成員與組成正確的團隊為計畫成功必要的因素，找到對的人才能做對的事。至於公司內部人才國際化的培訓，加強合約管理的認

《營建交流》

知，以戰養戰為最直接有效方式，其次則為教育訓練課程，方得以培養出有用的管理種子。

三、展望未來

展望未來統包設計管理，國內設計顧問以戰養戰，累積統包作業經驗，聯合統包商組成優秀團隊，參與競爭國內外統包工程。優秀設計顧問及經理人是非常重要的，除了應具有專業經驗外，光是埋頭苦幹成效不佳，擅長中英語溝通成為基本的需求，重要議題視需要召開會前會模擬對策，工作洽談隨時留下溝通紀錄，工作理念更應朝向「精明的工作，非辛苦的工作」(Work Smarter Not Harder)。

參考文獻

1. 蔡俊鏡，「設計建造一貫作業—營造新趨勢」，營建知訊 248 期，2003 年 9 月，pp.50-63
2. “An Introduction To Design-Build”，Design-Build Institute of America