

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

February
2014



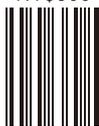
永續教育園區採綠色工法、盟鑫加勁路堤，獲得亞洲首張實體工程的碳足跡盤查驗證。

ISSN 0253-3804



9 770253 380006

NT\$300



Volume 41, No. 1

中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

一枝草一點露
回看工程鴻爪路

工程教育國際化

中國土木水利工程學會

CHINESE INSTITUTE OF CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

本會網址：www.ciche.org.tw (下載入會申請書)

敬邀您加入本學會會員

學會是...

- 一個凝聚產官學土木專業知識的團體
- 一個土木人務必加入的專業學術團體
- 一個國際土木組織最認同的代表團體
- 一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體

會員可享多項優惠...

- 申請學生獎學金
- 得到國際專業組織承認
- 參加國際交流活動
- 免費贈送一年六期會刊
- 本會出版品七折優待
- 本會學刊訂閱優惠
- 主辦研討會優先參加及大幅優惠



E-mail：sherry@ciche.org.tw

電話：02-23926325

傳真：02-23964260

分毫不差

才足以教人驚豔

搏得滿堂喝采的每一場演出，廣為客戶信賴的每一回肯定，
台灣世曦連番榮耀背後的，永遠都只是「專業」的累積，
以及「用心」的執著。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

CECI



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

台北市11491內湖區陽光街323號
Tel:(02) 8797 3567 Fax:(02) 8797 3568
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw

PVF STEEL

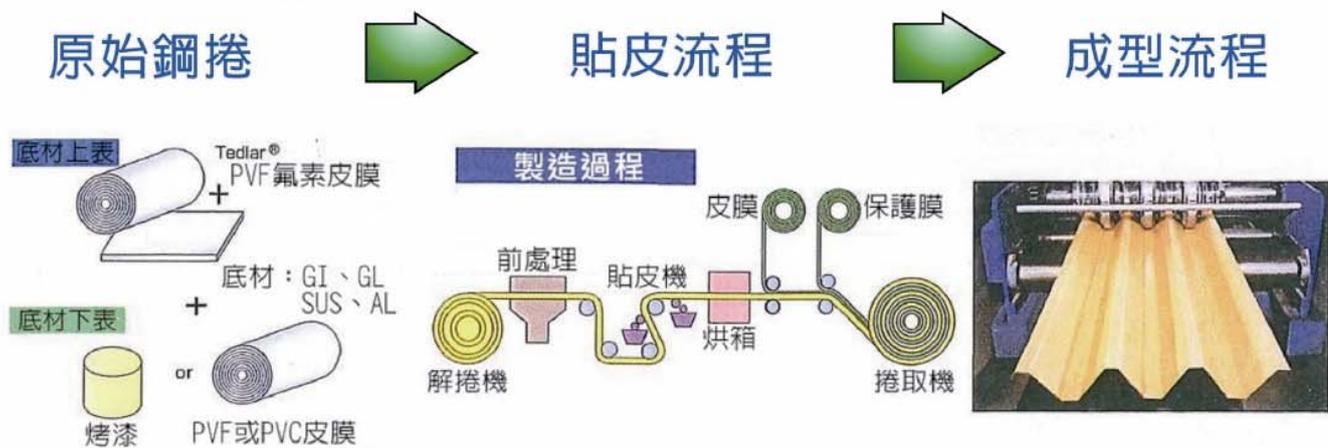


盟鑫PVF產品

是採用杜邦PVF100%純氟素皮膜 (Tedlar®) 進行貼合在金屬表面，經美日實驗證實PVF產品的抗UV、耐蝕等持久性為氟碳烤漆鋼板之數倍，PVF產品已在美日地區使用30年以上，整體經濟效益性極為優越。

適用場地：①沿海地區浪板壁及捲門 ②發電廠 ③捷運內裝板 ④大樓帷幕牆 ⑤化學桶

1. 盟鑫PVF生產流程



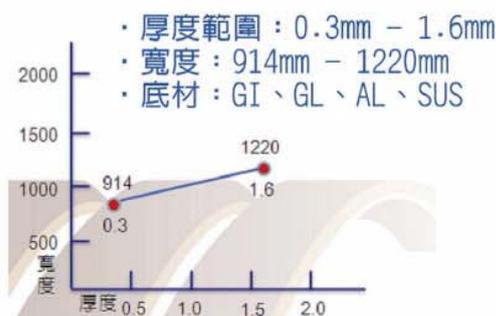
2. PVF鋼板剖面圖



PVF皮膜拉伸測試



3. PVF底材接單規範



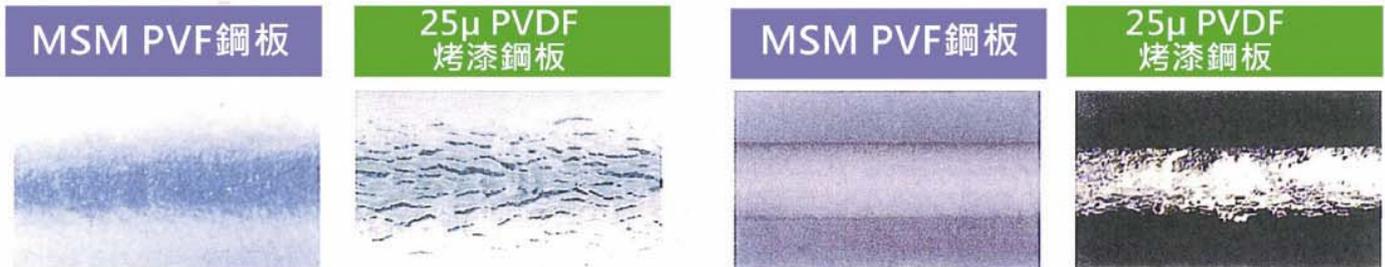
4. PVF鋼板特性

1. 歷經長久時間使用，顏色亦不易褪色，具有優越的抗候、抗腐蝕及抗污等特性
2. 高質感的外觀造就令人印象深刻的建築結構體
3. 具備極優越的可加工性
4. 使用高鍍層鋼板作為盟鑫PVF產品的底材

4. PVF 加工性測試 (200倍放大鏡)

(1) 彎曲測試

(2) 2000小時鹽水噴霧後的T-band



5. 標準色卡 (PVF膜皆為38 μ)

色樣 Color			
代號 Code	WH15 (白)	GH15 (淺灰)	SA15 (米黃)

6. 應用實例

● 高鐵車站外牆(日本)



● 工廠外牆(大陸常州)



● 核電廠外牆(1979.芬蘭)



7. 盟鑫產品

- 貼皮鋼品 PVC, PET/PVC, PVF Laminated Steel
- 電鍍鋅鋼品 Electric Galvanized Steel
- 烤漆鋼品 Pre-Painted, SMP, SVP, PVDF Steel
- 鍍鋅鋼品 Galvanized Steel
- 家電鋼品 PCM Steel, Whiteboard, Blackboard
- 冷軋鋼品 Cold Rolled Steel

高雄營業處 KAOHSIUNG HEAD OFFICE
 807 高雄市三民區文濱路15號
 No.15, Wenbin Rd., Sanmin Dist., Kaohsiung, Taiwan
 Tel 886.7.7670111 Fax 886.7.7676333
<http://www.mengsin.com.tw>

屏東工廠 PING-MAN INDUSTRIAL DISTRICT
 940 屏東縣枋寮鄉東海村精進路16號(屏南工業區)
 No. 16 Ching-Chin Rd., Fang-Liao, Pingtung Hsien, Taiwan
 Tel 886.8.866.8850 Fax 886.8.866.8891
 統一編號：27218804

花東

鐵路電氣化

環保 · 快捷 · 運量增

歸鄉遊子新航程 即將啟航

山里隧道



交通部鐵路改建工程局
Railway Reconstruction Bureau, MOTC

廣告



誠信 品質 服務 創新 永續



冠德集團
根基營造
www.kedge.com.tw

- | | | |
|------|------|--------|
| 承攬項目 | ● 住宅 | ● 百貨公司 |
| | ● 醫院 | ● 土木工程 |
| | ● 學校 | ● 商辦大樓 |
| | ● 廠房 | ● 政府建設 |

讓根基的專業團隊
為您提供工程服務

竭誠歡迎各界菁英
加入根基一展長才

地址：106台北市大安區和平東路三段131號6樓

電話：(02)2378-6789



土木水利雙月刊

向您邀稿

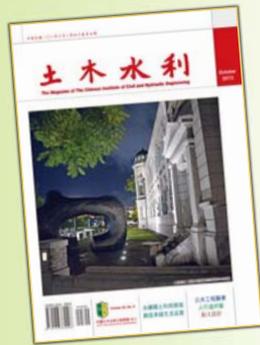
本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿，來稿請 email: ciche@ciche.org.tw 及寄台北市仁愛路二段 1 號 4 樓（郵遞區號 100），中國土木水利工程學會編輯出版委員會會刊編輯小組收，刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬；歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章，相關注意事項如後：

- 工程新知及技術報導，行文宜簡潔。
- 技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。
- 本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。
- 工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1 ~ 2 人審查，來文請寄原稿，請以電腦撰寫並寄行政服務電子郵件信箱或附磁片。
- 文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。

土木水利

雙月刊

一份在土木水利工程界
廣為流傳的刊物



「土木水利」雙月刊 廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登地位	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁	彩色	30,000
	雙色	20,000
內頁半頁	彩色	15,000
	雙色	10,000
內頁1/4頁	彩色	8,000
	雙色	5,000
折扣	3期9折， 4期以上8.5折	

茲附上廣告式樣一則

請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致

中國土木工程學會

刊登月份：

○ 41.2 ○ 41.3 ○ 41.4 ○ 41.5 ○ 41.6 ○ 42.1 共 次
(4月) (6月) (8月) (10月) (12月) (2月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：
商號

(請蓋公司印)

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

廣告訂單連絡電話：中國土木工程學會 (02) 2392-6325 來秘書



永續教育園區

土木水利雙月刊

中國土木水利工程學會會刊



土木水利半月集

網路利用

土木社群 網頁
www.ciche.org.tw

先進工程社群

- 混凝土工程
- 運輸工程
- 資訊工程
- 系統工程
- 非破壞檢測
- 鋼結構
- 鋪面工程
- 工程管理
- 先進工程

永續發展社群

- 永續發展
- 水資源工程
- 海洋工程
- 景觀工程
- 能源工程
- 工程美化
- 國土發展
- 大地工程
- 環境工程
- 綠營建工程
- 天然災害防治工程
- 營建材料再生利用

國際兩岸社群

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習社群

- 工程教育
- 土木史
- 大學教育
- 學生活動
- 終身學習
- 工程教育認證
- 技專院校

學會活動社群

- 學會選舉
- 土水法規
- 專業服務
- 學會財務
- 會務發展
- 公共關係 [工程倫理]
- 學術活動
- 介紹新會員
- 學會評獎
- 年會籌備
- 會士審查

出版活動社群

- 中國土木水利工程學刊
- 土木水利雙月刊
- 土木水利半月集

分會活動社群

- 土水學會
- 土水中部分會
- 土水南部分會
- 土水東部分會

發行人：呂良正

出版人：中國土木水利工程學會

主任委員：詹穎雯（國立台灣大學土木工程系教授）、（兼總編輯）、（編輯出版委員會）

副主任委員：黃炳勳（台灣世曦工程顧問有限公司協理）

委員：方文志、呂良正、宋裕祺、陳一昌、廖同柏、謝玉山、蕭育娟
（依姓氏筆劃排序）

副總編輯：鄧鳳雲

秘書：宋慧敏

定價：每本新台幣300元、每年六期共新台幣1800元（航郵另計）

繳費：郵政劃撥 00030678 號 中國土木水利工程學會

會址：1100 台北市仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：http://www.ciche.org.tw

電子郵件信箱：行政服務ciche@ciche.org.tw、會員服務ciche.roc@msa.hinet.net

印刷者：中禾實業股份有限公司

地址：22161 新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

中國土木水利工程學會第二十一屆理監事會

理事長：呂良正

常務理事：曹壽民 沈景鵬 張荻薇 陳仲賢

理事：陳希舜 莫若楫 曾大仁 楊偉甫 歐來成 歐善惠 龔誠山
王昭烈 李威亨 周永暉 鄭國雄 馬俊強 黃洪才 丁澈士
張武訓 蔡清標 吳瑞賢 陳存永

常務監事：周南山

監事：楊永斌 李建中 張培義 許俊逸 黃燦輝 賴世聲

秘書長：倪惠妹

副秘書長：賴勇成

中國土木水利工程學會任務：

1. 研究土木水利工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

土木水利雙月刊對來稿有刪修權，不願刪修者，請註明。

中國土木水利工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第 518 號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第 0248 號

土木水利

雙月刊 第四十一卷 第一期

目錄

TAIWAN INTERNATIONAL PORTS Co., Ltd.
臺灣港務股份有限公司

Privileged Access to the World

臺灣港務股份有限公司 (TIPC)
聯合招商服務窗口
http://taiwan-ftz.com

基隆港
TEL +886-2-24206284-5
FAX +886-2-24295826
E-MAIL keel_ftz@kibb.gov.tw

臺北港
TEL +886-2-26196025
FAX +886-2-26196027
E-MAIL tu0612@kibb.gov.tw

蘇澳港
TEL +886-3-9972010
TEL +886-3-9952739
E-MAIL fang@kibb.gov.tw

臺中港
TEL +886-4-26642254
FAX +886-4-26580547
E-MAIL hsiu@mail.tchb.gov.tw

高雄港
TEL +886-7-5622681
FAX +886-7-5214903
E-MAIL p95370@mail.khb.gov.tw

安平港
TEL +886-6-2653014
FAX +886-6-2612042
E-MAIL p09199@mail.khb.gov.tw

臺灣海峽自由貿易港區優勢

- 享有航稅優惠
- 單一窗口服務
- 港區事業自主管理
- 「境內關外」之設計
- 便捷的國際商務活動
- 放寬外勞僱用比例
- 活絡資金流通
- 貨品深層加值
- 貨物自由流通

理事長的話

📖 凝聚會員 向心力 • 提供會員 更好服務

呂良正 1

木鐸集

📖 一枝草一點露 • 回看工程鴻爪路 (上)

沈景鵬 3

工程教育國際化

📖 青年工程師打造與國際接軌之職能黃金履歷

王華弘 12

📖 國際認證對工程師教育品質及專業人才國際移動力之影響

劉曼君 22

節能減碳

📖 工程碳足跡評估及盤查實務 — 以加勁路堤為例

鄭恆志 / 黃品萱 / 蔡維哲 / 鄒萬祥 / 陳衍舜 29

📖 減碳大作戰中再生能源的角色

陳一成 40

研究發展

📖 土石壩品質檢驗之試驗與探討 — 以湖山水庫為例

蔡宗翰 49

📖 都會區民眾使用高速公路依賴程度之研究

蘇振維 / 張舜淵 / 翟慰宗 54



風險管理

📖 營建工程風險管理系統之建置與運用

蔡茂生 62

廣告快搜

- | | |
|---|-------|
| 📖 中國土木水利工程學會 敬邀您 加入本學會會員 | 封面裡 |
| 📖 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 分毫不差 才足以教人驚豔 | 前扉1 |
| 📖 盟鑫金屬有限公司 — PVF STEEL | 前扉2-3 |
| 📖 交通部鐵路改建工程局 — 花東·鐵路電氣化 | 前扉4 |
| 📖 冠德集團 根基營造 — 誠信·品質·服務·創新·永續 | 前扉5 |
| 📖 「土木水利」雙月刊 廣告訂單 | 前扉6 |
| 📖 臺灣港務股份有限公司 — Privileged Access to the World | 目錄1 |
| 📖 達欣工程 — 智慧、創新、務實、勤奮 一步一腳印·向永續邁進 | 目錄2 |
| 📖 財團法人臺灣營建研究院 — 工業技術·營建管理·產業資訊與推廣 | 48 |
| 📖 中國土木水利工程學會 賣書廣告 | 封底裡 |
| 📖 聯鋼營造工程股份有限公司 — 國內首家引進旋轉工法之營造公司 | 封底 |

凝聚會員 向心力 提供會員 更好服務



呂良正／第21屆中國土木水利工程學會理事長

首先向各位會員恭賀新年，新的一年，祝福大家心想事成！身體健康！

中國土木學會（1936年成立）、中國水利學會（1931年成立），兩會於1973年合併成為中國土木水利工程學會，並於同年11月17日選出第一屆理監事，到本屆已經是第21屆。至今年1月為止，學會有團體會員118個單位、榮譽會員27位、會士79位、其他還包括一般會員、長期會員及初級會員，以上會員總計7,353位。

秉持優良傳統，學會辦理各項學術活動及研討會；編印「土木水利」、「中國土木水利工程學刊」、台灣土木史等出版物；長期耕耘於混凝土、鋼結構等各項技術規範；提供多項工程評獎及獎學金，以服務全體會員為宗旨。在國際活動方面，學會加入了國際土木及建築計算學會（ISCCBE）、亞洲土木工程聯盟（ACECC）及亞太工程師組織（APEC）。學會目前有服務性委員會（如司選、會務等）和技術性委員會（如混凝土、鋼結構等）共42個委員會。本屆各主任委員均為老中青三代一時之選，委員們來自產、官、學界，遍佈北、中、南、東部。本屆將結合各委員會的推動，用心為會員提供更多更好服務、凝聚會員向心力。期許學會在研究、實務、培育、回饋各方面能承先啟後，善盡社會專業之責。

未來學會工作，有以下幾項重點

(1) 加強學會知名度及影響力

學會為國內土木水利工程界的專業會員、非營利事業組織，以專業技術為本位，不偏不倚。工程界乃至社會大眾對這樣的組織，都有深刻期許。學會應該當仁不讓，發揮影響力。今後將加強對外推廣學會，增加知名度，讓更多人瞭解學會的專業與實力，進而發揮影響力，為會員與社會大眾謀福祉。以今年為例，

適逢石門水庫運轉50周年，學會已評選石門水庫為土木文化資產，將在水庫50周年慶時舉行揭牌儀式。評選出土木文化資產，是學會默默耕耘多年的成果，可以讓社會大眾更加認識學會與土木水利工程。

(2) 強化學會專業度

學會既以專業自許，就當領先關注國內外各相關新技術、新材料、新科技的發展，將可行的研究成果導入實用，才能發揮專業，造福社會大眾。強化專業度的方法包括出版專書、舉辦研討會及訓練課程、國內外交流等。

(3) 積極辦理研討會及活動

現代科技日新月異，漸趨整合，學會鼓勵各委員會，不只是辦各自專門領域的研討會，也可共同規劃跨委員會、跨領域、整合型的研討會。另一方面，學會也積極參與並協助其他友會或機關團體之研討會及活動，期望能擴大土木水利的視野，輔以其他應用科學，以求更能符合現代化的精神。

(4) 擴大舉辦年會並結合國際研討會

年會是學會一年一度的盛會，每年都有主題，並同時舉辦論壇。年會採北、中、南輪流舉辦的方式。今年將由高雄大學在12月6、7日舉辦，除了主題、論壇、研討會外，今年也將首次舉辦國際研討會，這項推動雖然不易，但能擴大舉辦年會，並讓來訪的友國貴賓有機會共同參與此一盛會。

(5) 出版學會年報

許多機關團體都有年度報告出版，學會明年也將出版年報，除向會員報告整年的成果外，亦是年度檢討改進之時機。希望藉由此機制，讓學會的運作能更有效率，為學會工作成果做更佳呈現。

(6) 加強國際交流

目前友會，除中國茅以生基金會外，還有美國(ASCE)、日本(JSCE)、韓國(KSCE)、蒙古(MACE)、及菲律賓(PICE)、印尼(HAKI)、澳洲(EA)等等，每年交流互訪，並每三年輪流舉辦CECAR 亞洲土木聯盟大會(2007年CECAR 4在台北舉辦)，學會有四個委員會分別負責不同的國際事務。除此之外，學會並將推出網站英文版，藉由這些管道加強學會與國際的交流。

(7) 徵詢各界及資深前輩以提供學會發展意見

除推動各項工作的委員會外，學會擁有珍貴的資源，包括歷屆的理事長、理監事、會士等，都是諮詢請益的對象。此外產官學各界與學會一向關係良好，近年學會也開始和各公會組織互動。本屆會務發展小組，更特別邀請顏清連教授擔任主任委員，對於會務的推動發展，希望能站在更高更遠的角度，給予工作團隊指導。除此之外，學會亦重視會員的需求與期望，因此隨時歡迎會員提供建議。



理事長 呂良正 秘書長 倪惠姝 副秘書長 賴勇成 暨第二十一屆全體主任委員

- | | | |
|------------------|---------------------|----------------------|
| S1 司選委員會 李建中 | S16 亞洲土木工程聯盟委員會 張陸滿 | T9 鋪面工程委員會 林志棟 |
| S2 編輯出版委員會 宋裕祺 | S17 南部分會 謝啟萬 | T10 天然災害防治委員會 葉一隆 |
| S3 兩岸交流委員會 周南山 | S18 中部分會 林其璋 | T11 運輸工程委員會 陳建旭 |
| S4 學術與教育委員會 許協隆 | S19 東部分會 徐輝明 | T12 國土發展委員會 林建元 |
| S5 法規研究委員會 周功台 | S22 土木歷史與文化委員會 陳清泉 | T13 永續發展委員會 徐輝明 |
| S6 土木水利學刊委員會 曾惠斌 | S24 青年工程師委員會 王華弘 | T14 軌道及道旁工程委員會 周永暉 |
| S7 會員委員會 周頌安 | T1 水資源工程委員會 楊偉甫 | T15 環境景觀暨工程美化委員會 邱琳濱 |
| S8 國際關係委員會 張陸滿 | T2 混凝土工程委員會 王昭烈 | T16 綠營建委員會 黃兆龍 |
| S9 服務委員會 蘇錦江 | T3 鋼結構工程委員會 周中哲 | T17 能源委員會 徐永華 |
| S10 評獎委員會 歐善惠 | T4 大地工程委員會 方永壽 | T18 先進技術委員會 林同安 |
| S12 財務委員會 陳一坤 | T5 資訊委員會 謝尚賢 | T19 非破壞檢測委員會 鄭家齊 |
| S13 年會籌備委員會 陳振華 | T6 工程管理委員會 曾仁杰 | T21 營建材料再生利用委員會 李 釗 |
| S14 會務發展委員會 顏清連 | T7 海洋工程委員會 黃文政 | E3 技專院校委員會 劉玉雯 |
| S15 會士審查委員會 鄭文隆 | T8 環境工程委員會 馬鴻文 | E4 學生活動委員會 許懷後 |

敬 賀

最後勉勵第 21 屆所有工作團隊，藉由我們齊心努力，共同達成「凝聚會員向心力、提供會員更好服務」的工作目標。

一枝草一點露·回看工程鴻爪路 (上)

沈景鵬 / 日勝生活科技股份有限公司總經理



沈景鵬總經理

50年了，均未離開國家建設的職場大道，大道兩側景物會隨社會變遷、執政政黨輪替、制度更迭不斷更換，但國家的公共建設卻永遠離不開承載我們的大地及組成構造物的鋼料、水泥、砂石等；也許是這些永遠不變的實物及建設完成後紮實的成果，對我們工程師追求簡單務實特質的胃口，至今雖已年過70餘，仍能樂此不倦不改其志。

(本文轉載自台大杜風電子報。)

手工打造工程藍圖

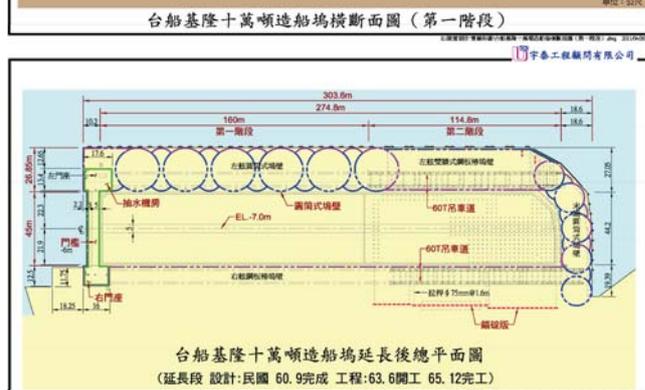
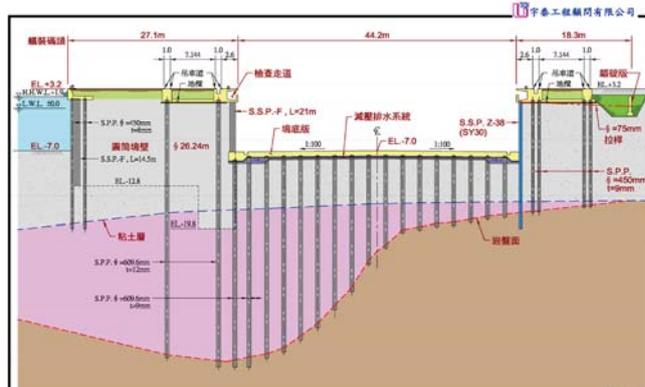
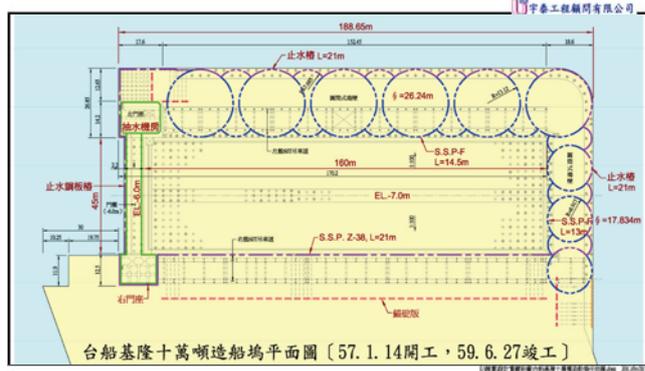
想當初從海洋學院（海洋大學前身）河海工程系畢業後，於民國54年進入基隆港務局工作到96年於榮民工程公司退休，歷經基隆港務局、台中港建港籌備處、台中港工程局、台中港務局、榮民工程事業管理處（榮工處）及榮民工程公司等工作單位，其中基、中兩港隸屬精省前的台灣省政府，榮工則屬行政院國軍退除役官兵輔導委員會（輔導會），一晃42年均在公家單位服務，直到97年，在退休後休息了一段時間，才到目前服務的日勝生活科技公司工作。

54年進入基隆港務局在工務組設計課工作，那個年代還沒有太多的開業建築師與顧問公司，港區的工程（包括碼頭、防波堤等）大多自行規劃、設計、編製預算，核定後交由施工單位自辦或發包施工，課長陳肆文先生學驗俱豐，帶領我們這些工程師，每位工程師面前一張大繪圖板，再加上丁字尺、鉛筆、橡皮等，繪圖用具一應俱全，全課只有兩台日治時代留下來的齒輪手搖式計算機，運算的數字用手指撥進去，搖到鈴響，結果顯現在字盤上；至於結構計算，多靠自己的計算尺，精確度看個人本領了，判讀到小數點後兩位應無大問題；計算尺一般是竹製、木製，後來才有塑膠的，產地不外日本與歐洲。圖繪在半透明的描圖紙上，完成後連結構計算書呈閱，一級級在圖紙右下方圖籤上簽字（好像要簽到局長），要用的時候用感光的原理「晒圖」，還要放到阿摩尼亞筒燻圖，才會顯現出來，弄不好一屋子阿摩尼亞味。講這麼多幹嘛？一方面回憶，一方面告訴現代年輕工程師，我們那年代沒有桌上型電腦，沒有AutoCAD軟體，沒有手按的計算機，沒有影印機，而工程藍圖（更早期複製出來的圖或稿本以洗相片的原理顯像，出來的複製品是藍色的），就這樣從工程師手上一張張出來的。

十萬噸級船塢工程

台灣造船公司基隆廠位在和平島，為發展建造10萬噸級油輪業務，而有建造巨型船塢的計畫。於55年選定日本鹿島建設株式會社擔任規畫及基本設計，並由中國船舶技術協進會擔任細部設計，中技社負責人趙春官先生曾擔任基隆港務局總工程司，了解基隆港務局工程主管人才濟濟，對海港工程之設計及施工經驗豐富，在不違反當時法規下，中技社乃將細設工作分為塢門座、塢壁、塢底板等部分，分交局內不同工務部門利用公餘之暇，從事設計（包括繪圖）等工作；塢門座部分交由設計課

國內船塢、升降船台工程 基隆台船十萬噸造船塢



台船基隆十萬噸造船塢

主要尺寸： 塢長160m、塢寬44.2m、塢底高程-7m、門檻高程-6m、塢頂高程+32m
時間： 民國56.3~56.12(設計)、57.1~59.6(施工)
工程概述： 台灣造船公司為建造十萬噸油輪而興建十萬噸造船塢，塢長160公尺、寬44公尺、深7公尺。十萬噸油輪分兩段在此塢建造後拖航至長265公尺之十萬噸修船塢內連接。本計畫由日本鹿島建設負責基本設計、CMCS負責細部設計及監造。細部設計主持人為前基隆港務局局長徐人壽，監工主持人為前基隆港總工程師趙春官及王俊。本人跟隨徐人壽先生辦理細部設計整合事宜，工程施工時跟隨趙春官先生負責內業工作，由於本計畫基本設計由日本鹿島建設負責且施工期間鹿島亦派部長級資深工程師當山市市樣監督施工，本人亦從日本鹿島建設及當山先生處學習許多日本港灣工程專業技術，奠定本人專業能力基礎。

工程內容：

- 1.左舷鋼板橋圓筒塢壁(直徑26.24m, SSP-F t=9.5mm)
- 2.右舷鋼板橋圓筒塢壁(直徑17.84m, SSP-F t=9.5mm)
- 3.右舷鋼板橋(鑄鐵版式)塢壁(SSP Z-38, SY30)
- 4.左門座(內設抽水機房)(S.P.P. $\phi=609.6\text{mm}$, t=9mm)
- 5.右門座(S.P.P. $\phi=609.6\text{mm}$, t=9mm)
- 6.門檻(S.P.P. $\phi=609.6\text{mm}$, t=9mm)
- 7.減壓式塢底板(S.P.P. $\phi=609.6\text{mm}$, t=9mm)
- 8.左舷60T吊車道(S.P.P. $\phi=609.6\text{mm}$, t=12mm)，四軌，軌距8.144m
- 9.右舷60T吊車道(S.P.P. $\phi=450\text{mm}$, t=9mm)，四軌，軌距8.144m
- 10.塢口施工臨時圍堰(鋼板橋雙端式)

工程特點：

- 1.在海中及軟弱地盤上興建船塢
- 2.塢內施工時間挖至-9m，水壓差達11.9m，塢口處更高達13.8m(-12.9m)
- 3.海上鋼板橋圓筒塢壁作為施工之擋水圍堰
- 4.陸側鑄鐵版鋼板橋塢壁為施工時擋土、止水之用
- 5.塢口以雙端鋼板橋拉桿對拉、內填級配料成擋水圍堰
- 6.圍堰完成塢內抽水後打設塢底鋼管基樁至岩盤

失敗經驗與補救：

1.左舷塢壁變位：
 左舷及末端鋼板橋圓筒於塢內抽水後(尚未挖土約-6m)，圓筒即產生變位5~7公分不等，圓弧產生變形更高達10~60公分情況危急。
 補救辦法：由於圓弧變形較大，於圓弧內填充混凝土及設排水孔洩壓。圓筒內則僅設集水井及排水孔，變形隨即減緩，然塢內底版之鋼管基樁打設後此變位又增加約7~8公分。

2.右舷塢壁變位：
 右舷鑄鐵版鋼板橋於塢內抽水後鋼板橋頂部即移12公分，隨塢內挖土及塢壁吊車道基樁打設位移增至25公分，塢底基樁開始打設後鑄鐵版後側產生地面裂痕，呈露滑動現象，位移量更大增至45公分隨著塢底基樁打設震動最後變位達70公分之多。
 補救辦法：1.鑄鐵版前加荷重以增被動土壓
 2.鋼板橋設排水孔減壓(無法設濾層，減壓效果有限)
 3.塢底板基樁打設前先澆築部份塢底RC成支撐樑結構。

失敗經驗與補救：

3.吊車道基樁變位：
 已打妥之吊車道基樁隨塢壁鋼板橋變形而變位達93公分之多。
 補救辦法：增打基樁並加寬RC樑基礎。

4.塢口臨時圍堰拉桿斷損：
 塢口臨時圍堰雙端式鋼板橋以拉桿對拉，塢內抽水後由於排水孔無法洩壓，使拉桿螺帽多次脫落危及安全。
 補救辦法：除提高排水孔功能外，增設鋼索對拉並增螺帽(原設計拉桿為高強度鋼而螺帽以普通級鋼厚度設計，安全性不足)

檢討：1.民國56年時國內外有關港灣工程設計基準及書籍甚少，國人幾無船塢設計經驗，故借重日本當時最具船塢設計能力之鹿島建設公司。

2.本計畫雖由日本鹿島建設負責基本設計，然國內細部設計團隊人員設計經驗不足，以目前之標準來看，實為一危險之設計作品，如：
 (1)右舷鋼板橋斷面太小，鋼板橋應力超過容許值甚多。
 (2)右舷鑄鐵版強度不足，且大近主鋼板橋，致有鑄鐵版滑動情事。
 (3)鋼板橋圓筒內填土未進行加固，塢內抽水後變形為必然現象，船塢淨寬未事先考慮其影響，致塢寬完工時僅餘44.2m。
 (4)在軟弱地質上以鑄鐵版鋼板橋、圓筒鋼板橋、雙端鋼板橋作為圍堰，於塢內抽水後進鋼管橋打擊作業，打擊產生之震動影響圍堰壁體之安全甚大，設計時未予以考慮。
 (5)左右舷吊車道基樁打設不應於塢壁變形中即進行，以免已打妥之基樁隨塢壁變形而前傾，致需補甚多基樁。
 (6)雙端式鋼板橋圍堰排水設施設計不良，無法達到洩水要求而造成圍堰有崩塌危機。
 (7)圍堰拉桿螺帽材質將一般SS41($\sigma_t=2,200\text{kg/cm}^2$)鋼料，與高強度拉桿所需配合使用之螺帽材質S35C($\sigma_t=4,000\text{kg/cm}^2$)，強度相差1.8倍，致圍堰崩塌從螺帽脫落開始，甚易產生連鎖破壞而瓦解圍堰。

3.本造船塢塢壁材料為鋼板橋，圓筒F型鋼板橋厚僅9.5mm，Z-38型鋼板橋厚亦11.4mm，塢底板、左右門座及吊車道鋼管橋均採用厚9mm為主之鋼管橋，除厚度太薄外，亦未進行防蝕作業，今後安全性慮。

建議：

- 1.各項設計應符合台灣設計基準。
- 2.圓筒變形量應事先考慮，使船塢寬度不受影響。
- 3.塢內基樁宜採用適當工法，避免打樁震動影響塢壁安全。
- 4.有可能變位之基樁應俟塢壁變形穩定後才能施打。
- 5.圍堰減壓排水(洩水)系統應能確實達到洩水壓之功能。
- 6.各項配件設計應能符合主構材所需之強度(如拉桿、螺帽)。
- 7.本計畫使用鋼料甚多，有關耐久性及防蝕工作應詳加考慮。

台船基隆十萬噸造船塢延伸

主要尺寸： 塢長275m、塢寬44.2m、塢底高程-7m、塢頂高程+32m
時間： 民國60.1~60.9(設計)、63.6~65.12(施工)
工程概述： 台灣造船公司民國59年完成之十萬噸造船塢，塢長僅160公尺(第一階段)。十萬噸油輪輪分兩段在此塢建造後再拖航至長275公尺之十萬噸修船塢內連接，費用高且浪費時間。本計畫由本人負責規劃及設計，利用前段船塢塢壁整合設計及失敗經驗獨立完成，延長後塢塢壁長度為275公尺(第二階段)，施工時本人已在CECI服務，奉派為監工所主任。由於延伸工程從設計至監造均由本人負責，故從中學到之經驗甚多，應能作為港灣或船塢工程設計施工之參考。

工程內容：

- 1.左舷鋼板橋雙端式塢壁
- 2.末端鋼板橋圓筒塢壁
- 3.右舷鋼板橋(鑄鐵版式)塢壁
- 4.減壓式塢底板
- 5.左舷60T吊車道，四軌，軌距8.144m
- 6.右舷60T吊車道，四軌，軌距8.144m
- 7.新塢塢壁連接及止水工程

工程特點：

- 1.在海中及軟弱地盤上興建船塢
- 2.塢內施工時間挖至-9m，水壓差達11.9m
- 3.海上鋼板橋圓筒塢壁作為施工之擋水圍堰
- 4.海上鋼板橋雙端式塢壁作為施工之擋水圍堰
- 5.陸側鑄鐵版鋼板橋塢壁為施工時擋土、止水之用
- 6.原有末端圍堰塢壁暫不拆除，前段現有船塢於延伸段施工時，仍繼續造船(進水時仍作為圍堰)之用。
- 7.圍堰完成塢內抽水後打設塢底鋼管基樁至岩盤
- 8.原有造船塢日本鹿島建設規劃時並無延伸計畫，塢壁鋼板橋未預留連接鋼板橋，延伸後之塢壁止水為重要成敗關鍵。

工程經驗：

- 1.利用第一階段工程設計、施工失敗經驗第二階段設計時作以下之改進。
 - (1)左舷塢壁海底下岩盤高低不等有高達11.7m，無法採用第一階段時之圓筒式圍堰，改採雙端式鋼板橋。
 - (2)末端塢壁仍採用圓筒式，但預先設置減壓排水孔。
 - (3)右舷鋼板橋材質提高至SY40版(原為SY30)。
 - (4)右舷拉桿長度加長為24m(原為17.6m)。
 - (5)右舷鑄鐵版高度增為5.4m(原為3.2m)。
 - (6)左舷塢壁加設減壓排水孔。
 - (7)塢底短柱設計成網格支撐式，先完成支撐再進行塢底邊之基樁打設。
 - (8)吊車道基樁於塢底支撐系統完成後再進行。
- 2.經設計之改變及施工順序之調整，第一階段發生變位及危機於第二階段施工時均大大改善，甚為成功。
- 3.檢討成功理由如下：
 - (1)右舷塢壁鋼板橋及其鑄鐵系統完全按照港灣基準方式計算所得設計，實際最大變位約為10公分。
 - (2)左舷塢壁預先設置減壓排水系統，實際最大變位約為16公分。
 - (3)末端塢壁預先設置減壓排水系統，及利用回填臨時土堆抵抗，最大變位為32公分。
 - (4)施工時打樁震動之影響，以先完成塢底支撐系統來避免。

工程經驗：

- 4.新塢塢壁連接處除以鋼板橋補強外，於壁後以水泥攪拌樁形成一止水之壁體止水。
- 5.有關塢壁鋼板橋防蝕工程原設計以RC覆澆辦理，由於本延伸工程晚第一階段8年施工，故業主為節省經費，併到將來前段船塢防蝕工作進行時一併辦理。

建議：塢壁鋼板橋防蝕工作應積極進行，以防無法挽救之災害。

造船塢第一階段基本設計(鹿島)及細部設計(CMCS)與第二階段設計成果比較

項目	第一階段56.1~56.12		狀況	第二階段60.9	
	基本設計(鹿島)56.1	細部設計(CMCS)56.12		設計成果	狀況
左舷塢壁	型式	鋼板橋圓筒式 ($\phi=26.24\text{m}$)	鋼板橋圓筒式 ($\phi=26.24\text{m}$)	鋼板橋雙端式	塢內抽水後最大變位10公分，為正常值，安全無虞。
	鋼板橋型式、材質	S.S.P.-F -9.5mm (SY30)	S.S.P.-F -9.5mm (SY30)	S.S.P.-F -9.5mm (SY40)	為正常值，安全無虞。
	其他	塢筒內填土回填 $\phi=28^\circ$	塢筒內填土回填 $\phi=28^\circ$	拉桿 $\phi=75\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	拉桿 $\phi=75\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)
右舷塢壁	型式	鋼板橋鑄鐵版式	鋼板橋鑄鐵版式	鋼板橋鑄鐵版式	塢內抽水後最大變位10公分，為正常值，安全無虞。
	鋼板橋型式、材質	S.S.P.-Z-32 (SY30)	S.S.P.-Z-38 (SY30)	S.S.P.-Z-38 (SY40)	塢內抽水後最大變位10公分，為正常值，安全無虞。
	拉桿	$\phi=55\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	$\phi=75\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	$\phi=75\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	塢內抽水後最大變位10公分，為正常值，安全無虞。
	鑄鐵版高度	3m	3.2m	5.8m	無虞。
末端塢壁	鋼板橋型式、材質	S.S.P.-Z-32 (SY30)	S.S.P.-F -9.5mm (SY30)	S.S.P.-F -9.5mm (SY30)	塢內抽水後最大變位32公分，為正常值，安全無虞。
	其他	1. $\phi=55\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$) 2. 假設圍堰內-5m以上為碎石， $\phi=35^\circ$	塢筒內填土回填， $\phi=28^\circ$	圍堰、塢內設置減壓排水系統	圍堰、塢內設置減壓排水系統

造船塢第一階段基本設計(鹿島)及細部設計(CMCS)與第二階段設計成果比較

項目	第一階段56.1~56.12		狀況	第二階段60.9	
	基本設計(鹿島)56.1	細部設計(CMCS)56.12		設計成果	狀況
造塢圍堰	型式	鋼板橋雙端式	鋼板橋雙端式	利用原有末端鋼板橋圓筒式塢壁	塢內抽水後最大變位32公分，為正常值，安全無虞。
	鋼板橋型式、材質	S.S.P.-U-4A Z-2,250cm ² /m(SY30)	S.S.P.-Z-25 (SY30)	S.S.P.-F -9.5mm (SY30)	塢內抽水後最大變位32公分，為正常值，安全無虞。
	拉桿	$\phi=38\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	$\phi=38\text{mm}@1.6\text{m}$ ($\sigma_t=4,500\text{kg/cm}^2$)	塢內抽水後拉桿位移變位14m	塢內抽水後拉桿位移變位14m
其他	假設圍堰內-5m以上為碎石，排水良好	假設圍堰設計時改用天然級配料回填，無法排水			
備註	1. 日本鹿島基本設計56.1完成 2. 日本港灣設計基準56.4(港灣)與54.2(月) 3. 國內港灣設計基準係於59年編訂 4. 塢壁頂高程基本設計+3.0m，細部設計+3.2m 5. 設計時假設現況土質為砂質 $\phi=30^\circ$ ，實際上-16.5m以下為泥質粘土 6. 幸細部設計安全不足或有缺失未			第二階段之設計係以第一階段失敗之經驗改進，並以日本昭和42年港灣設計基準為根據。	

負責，設計課數位同事，包括我個人在內，在陳課長領導之下，利用下班後及週末假期工作，結構計算書檢核通過後，自己用鴨嘴筆上墨繪圖，一筆筆手繪並標寫尺寸，學校裡學的工程製圖可派上用場了，此工作進行了快1年，56年完成細設。至於施工則由台船交由中華工程公司承建，記得台船整個計畫包括興建160公尺長船塢1座，其長度僅足建油輪半段，另擴建修船塢為260多公尺，俾將兩段船身焊接，兩船塢耗資3億餘元。興建之船塢於57年開工，一年半後大部完成後，先安放10萬噸級有巢號油輪後半段龍骨。

一個初入職場的年輕工程師，參與了國家重要建設，心中燃起了對今後一生從事工程建設的熱誠。回想當年，辦公室沒有空調，夏天汗水滴到上墨的圖紙上，冬天冷颼颼，圍著圍巾呵著手，深深體驗到國家建設是這樣由工程師在辦公室一筆筆畫，在工地一鏟鏟混凝土澆置出來的。



台中港為加速工進，外廓堤防工程以跳島式安放沉箱。

台船公司與港務局分屬經濟部及台灣省政府，但都在基港局管轄的水域內，兩單位互通有無，利用港務局的人力設計繪圖，經濟部所屬的中華工程公司施工，中技社監造，工程人員大融合，依照完工後的報告，施工中遇到許多困難與失敗，沒看到媒體批評，只是同心協力一一克服，磨練出經驗亦造就了不少港工人才；當時中技社主任工程師王俊先生，數年後擔任中華顧問工程司（現世曦工程顧問公司）港灣部第一任經理，若干年後，台中港防坡堤細設即由其負責；另在中技社工作與我們接觸頻繁的陳吉紀先生，現在是從事港灣規設知名的宇泰顧問公司董事長。

台中港開港

民國50年以後，進出口貨物隨經濟發展而急遽增加，為解決港埠裝卸的能量不足，政府遂有開闢新港之議，南部的高雄港水域遼闊，後線土地面積大，可應付長



台中港外廓堤防工程沉箱填砂作業。



挖泥船浚渫作業中。



台中港係沙灘中間開出來的人工港，圖為經浚渫作業初成形之部分港區及水域。

期發展之需，而北部的基隆港限於地形無發展餘地，經政府成立新港小組並聘請日本專家調查研究，並經行政院於 58 年 8 月決定，先建梧棲港後建淡水港，由於這兩個港址均屬基隆港務局水域行政管轄區，台灣省政府將籌建工作交由基隆港務局負責，58 年 12 月 1 日於梧棲成立台中港建港籌備處，由當時基隆港總工程司王知勵先生擔任主任，擴建處章副處長家燾先生為副主任。兩位均為我大學恩師，在台灣港工界極受推崇，從新港小組成立即由基港局指派參與工作，到梧棲後大家食宿均在一起，不分平日假日，帶領我們展開籌建工作，筆路藍縷鞠躬盡瘁，備極辛勞，兩位恩師均已辭世，但他們這種不計名份為國家建設的投入，足堪為工程技術人員之楷模。

58 年 12 月 1 日上午揮別妻子及 3 個月大的女兒，與基港局其他共 10 位同仁，自基港局港西街海港大樓門口，搭一部貨車改裝的廂型卡車，帶著行李前往梧棲報到，成為第一批調往的工作人員，那時沒有高速公路，走縱貫線到梧棲已近黃昏，大夥兒安頓在基港局梧棲港辦事處一棟日式地板房裡，當晚派車到台中市採購日用品，現在寬闊熱鬧的台中港路在當時係 2 至 4 線碎石路，過東海大學到台中段才有兩線柏油路

面，不時還會碰到載滿甘蔗的牛車，掛著鈴鐺，叮咚作響，至今記憶深刻。

日據時期竹筋築港

梧棲港位於台灣西部台灣海峽中段，由於海峽的狹長地形，潮汐漲落到中間帶產生遲緩，導致水位堆積現象，造成了 3.7 公尺的平均潮差，海灘地質大部分為砂質，坡度平緩，約 2 公里的外海才有 20 公尺水深，另於每年十月至次年三月間，受到東北季風影響，沿岸流流速約在每秒 1 至 2 公尺，其流向，夏天向北，冬天向南，而北側及南側分別為大甲溪及大肚溪入海口，其每年所夾帶而下的大量泥沙在碎波帶內（約水深 10 公尺以內）的海灘隨沿岸流移動，造成了對建港不利的沿岸漂沙現象。日據時代築港所遺留下的南北堤防均被淤積，現場結構物還發現許多是以竹筋代替鋼筋，證明那時物質的缺乏。

籌備處當務之急，先新建當時全國最大規模的水工模型試驗室，鋼管結構廠棚長 80 公尺，跨徑 75 公尺，內設遮蔽及漂沙試驗池，以便經由水工模型試驗

求得既防浪又可防淤砂的最佳外廓堤防配置。初期請日本港灣研究所派遣專家指導，國內學界著力最深的首推成大湯麟武教授，他曾在基隆港服務，擔任過梧棲辦事處主任，淵源深厚，再加上籌備處主任王知勵先生、副主任章家竄先生所領導的專業同仁共同努力下，於 62 年得出最佳防浪且防沙的外廓堤防佈置，再經美國專家檢核認同後，正式成立台中港工程局，積極展開規畫、設計及建港的各項工作，於 62 年 12 月 31 日正式開工，由榮工處議價承建，3 年後，於 65 年 10 月 31 日完成第一期工程後，正式通航營運。

台中港於第一期工程完工後，改制為台中港務局，一面營運，一面繼續第二、三期工程，至 71 年告一段落，台中港成為擁有 28 座碼頭，年營運能量 1,100 萬噸的新港口。

港口關建同時，周圍的梧棲、清水、沙鹿、龍井地區亦展開新都市計劃之開發。

台中港三期工程均交由榮工處議價承做，該處動員了上千位工程師及人員，一共完成了堤防 8,000 公尺，安置了 100 多座大型沉箱、碼頭 30 餘座、浚挖泥砂 5,000 多萬立方公尺填築了港區的新生地，期間克服了許多工程技術上的難題，日本人建港被淤砂淤積失敗的港口，在我國人手中完成，名列十大建設之一，真令人驕傲。

個人從 58 年到 71 年，前後共 13 年，由基層工程師做到設計課課長、港埠工程處處長，其中 63 年考上省府公費到美國德州大學（University of Texas at Austin）進修大地工程，獲工程碩士後回局服務。談不上有什麼特殊的貢獻，但自信長官交代的事均能盡力完成，那時候，大家不知道有甚麼勞基法，宿舍離辦公室不遠，經常加夜班，可說是以港為家了。

蔣經國院長無預警巡視

十大建設期間，蔣經國院長經常南、北各地風塵僕僕無預警巡視工地，有一週末下午 4 時多，局裡安全室主任跑到宿舍來喊我：「沈工程師快到港邊模型試驗場貴賓室」說是謝東閔省主席來了，我趕到現場，遠遠看到兩個人領先由防風林走出來，謝主席走在後面，前面赫然是蔣院長，我們局長及一些長官恰巧回台北去了，我到簡報室利用圖板報告建港計畫及財務計畫，聽完後未做特別指示即離開了，我總覺得院長臉色不大對，是不

是因為局內長官不在？後來才知道他在防風林時，遇到了結漁網的漁民想聊一聊，結果清水分局的警察將漁民驅走了，蔣院長當場發脾氣，兩週後聽說清水分局長調職了。蔣院長一共來台中港巡視了 19 次，除了我一個小工程司接待第一次外，我們局長每次都在，小撇步在於院長到台中地區使用的車子，他衣著簡便，上身經常是夾克，車子借用公路局一部舊的中型旅行車，自第一次使用後，那部車被公路局管控，車子一調度使用，那就是長官到台中了，他出巡車隊很短，沿途幾乎看不到著制服的軍警，警戒應是便衣化了，他非常在意人民的觀感，建港的一些困難也能藉著他實地了解獲得解決。

71 年，台中港建港告一段落，個人經由榮工處台中施工處齊寶錚主任介紹，轉調榮工處工作，這次工作的變更是我個人人生的一個轉捩點，當時我體會到榮工處業務面寬廣，各式工程均有歷練的機會，以年齡來說，40 歲出頭還可以拚一拚，不然，開港完成了，日子會過得安逸一點，但怕自己沒鬥志了。自己做了決定，還要我們局長陳鳴錚先生同意以公務員身分過調才行。

陳先生是 62 年成立工程局時派來接局長的，陳局長海軍後勤出身，他不是工程人員也不是港埠管理的專業人員，才接任局長時，由於局內以工程人員居多數，均不看好他，但陳先生 62 年到梧棲後，默默地以他的毅力、胸襟、對同仁的信任與寬厚及不宥於港埠作業成規的作法，完成了在沙灘上關建人工港的艱鉅工程，同時亦創下了開放民間投資經營貨物裝卸業的首例。他經常開輛工程吉普車港區各角落巡視，施工初期，冬天東北季風強勁，海裡有漂砂，陸上有飛沙，在工地吃便當時，用一個塑膠袋連頭套起來，以免沙子落到便當裡，他在北側利用 450 公頃的回填地，種植上萬株木麻黃防風林（從育苗開始），並堅持港市分界的臨港大道闢為 60 公尺寬 10 線道，大道兩側不顧冬季惡劣氣候，種植路樹，每棵樹在北側冬季架防風籬，春天再拆下，年復一年堅持不懈，十年有成，都變成了台中港的景觀了。

陳局長對我極為提攜信任，當我鼓起勇氣面對他口頭提出要離開時，我看到了他眼中的一些失望，但經過了一段時間的考慮他同意了，他說，到哪裡都是為國家工作，他相信我到榮工處可以更能發揮，在開港忙碌時同意我出國深造，在開港完成提升我為港埠工程處處長，不久又放我轉任榮工，我心存感激。

民國 99 年陳局長過 98 歲壽誕，我與內人及台中港幾位老同事，在他台北忠孝東路的寓所慶祝話當年，而去（102）年 10 月，陳局長以百歲高齡過世。坐在第二殯儀館景仰廳裡，看著一張張放映的紀錄片，回想起在台中港的日子，對這位老長官備極懷念。追悼會第二天，在不鋪張的儀式裡，他的家人遵遺囑將他的骨灰海葬在台中港，那個永遠屬於他的心靈港口。在我心目中，他是一位值得效法，真的以港為家的偉人。

由榮工處到榮民工程公司

榮民工程事業管理處（榮工處，RSEA, Retired Servicemen Engineering Agency）成立於民國 45 年，隸屬行政院國軍退除役官兵輔導委員會，是輔導會所設眾多照顧退除役官兵的附屬事業之一。因係政府機關，人員均為公務人員，其任免、升遷、退休、撫卹均按公務人員規定辦理，但未編列政府預算，依據民國 53 年公告之「國軍退除役官兵輔導條例」第八條：「政府機關、公營事業及公立學校辦理採購，輔導會所設之附屬事業機構『得』以議價承辦…」，榮工處成立之初僅由輔導會安置基金投資 3 千萬元，而後端依輔導條例，洽請有關機關並報審計單位同意後，議價承接工程而自給自足。

自 48 年開始由嚴孝章先生擔任處長，到 75 年嚴先生因心臟病在奧地利過世，27 年多的領導，將榮工處 RSEA 的招牌帶上了國際營造業舞台，並與國內工程界轉投資成立了泛亞工程公司、聯合大地工程顧問公司，另與台大、台灣工業技術學院（現台灣科技大學）成立了營建中心（現營建研究院），除此之外，並積極推展棒運回饋社會，並曾擔任棒球協會理事長多年，在板橋基地設立棒球場，成立了自少棒到成棒的四級棒球隊，培養出許多知名球員。

嚴處長 75 年過世後，陳豫先生接任處長，80 年，行政院郝院長成立「公共工程督導會報」，陳先生受命負責其事，而 5 年後新設「公共工程委員會」，陳先生是第一任主任委員，陳先生於 80 年到院後，由曾元一先生接任處長，至 87 年初曾先生調升輔導會副秘書長後由我接任處長，半年後，民國 87 年 7 月 1 日改制成立「榮民工程股份有限公司」（榮民公司）概括承受原榮工處事業，由我接任第一任董事長，9 年後至 96 年



7 月，於第三任董事長屆滿後退休，結束 25 年的榮工生涯，其中榮工處 16 年中，從 71 年進榮工擔任設計組組長，而後擔任水工部主任、土木部主任，於 76 年升任副處長後 10 年間，先後督導了投資開發（工業區開發）、機料、國內、外工程等部門，除了財務、會計、人事、行政等業務外，龐雜的榮工重要業務，都有了歷煉的機會。

國家早期有規模之營造廠不多，許多重大建設皆由榮工完成，其成長與國家經濟建設同步而行，根據 95 年榮工成立 50 週年時的統計，50 年來榮工所承建的各項國內外工程總計 7,000 餘件，總金額達新台幣 7,600 餘億元，包括了道路、橋樑、港灣、浚淤、電力、軌道交通、機場、水利等工程，以道路工程來說，總長 9,600 餘公里、橋樑 400 餘座、隧道 200 餘公里，真是了不起的成就，但這不是屬於個人，而是屬於整個國家社會的，如此珍貴的營業業績及累計的施工經驗必需傳承，這就是為什麼政府要推動榮工民營化的道理。

民國 95 年 6 月，我特別利用 50 週年慶舉辦了一些活動，並出版了「榮民工程 50 年」專輯，並寫了一篇序，今天翻出來讀了一遍，認為在記錄國家重大建設的過程中，還是有一些參考的價值，特摘錄部分序文如下，以供諸先進參考：

榮民工程五十年重要建設

「民國四十五年政府設立榮民工程處，其原意是要安置國軍退除役官兵從事國家建設。當年，從部隊退下來的榮民，大部分都無一技之長，經輔導會安排它們從事台灣東

西橫貫公路的施工，從工作中學習，並在榮工處有計劃的訓練下，不但完成了跨越中央山脈的東西橫貫公路，繼續完成北橫、南橫及無數林道與產業道路工程，擔任曾文水庫施工，還到國外為國家賺取外匯。

民國六十年代的十大建設時期，榮工處一批批的『藍螞蟻』（榮工制服為藍色），在工程戰場上，無論台中港、蘇澳港、高速公路、北迴鐵路、中鋼建廠工程等，憑著他們的技術與毅力，眾志成城，勇猛精進，挑戰大自然的艱險，戰勝大自然。他們幾乎是無堅不克，無所不能，不但成為國家工程建設的主力，協助友邦建設，後來在國際工程市場上，也使榮民工程（RSEA）成為國際上廣受矚目的百大工程企業，員工人數達一萬四千餘人，機具總值超過新台幣一百五十億元，總資產超過一千億元，在國內十大企業排名第四，僅次於中油、臺電及郵政儲匯總局，居營建業的龍頭地位。這在我中華民國歷史上是一項奇蹟，在國際企業界也是罕見的，因此，榮工的發展史，可被列入美國哈佛大學的企業管理個案教材。

榮民工程的企業精神是「感情道義的結合」，哈佛大學企管所教授韋國先生（Dr. Wyckoff）稱它為「以現代企業觀念，注入中國哲學的管理方式」。想當年，國家處境艱苦，老主任委員蔣經國先生每到工地，兄弟們都告訴他：『主任委員，咱們在這裡工作，只要有飯吃就行了，發不發薪水都沒關係！』這就是榮民工程事業所以能從無到有，由小而大的憑藉。

在政府的照顧與培植下，榮工在完成東西橫貫公路、曾文水庫、十大建設八項的全部或部分工程後，又繼續擔任十二項建設、十四項建設以及六年國建的重任，同時，遠在五十年代獨立擔任曾文水庫工程施工時期，榮工在故嚴處長孝章先生的領導下，就開始向國外發展，先後在二十一個國家及地區做過工程，享譽國際。

民國八十二年九月，因社會環境的變遷，政府對榮工得以議價方式承接工程的輔導條例第八條有所修正，至八十六年正式公告實施，榮工正式走入市場參與工程競標行列，這對長期享有法定議價權利的榮工而言，是一項劃時代的改變，困難與痛楚在所難免，同時，配合政府公營事業民營化政策，積極辦理民營化之規畫作業，並從民國八十三年十月開始，執行先期專案人員裁減，組織也開始簡併。

經過數年的努力，榮工人力專案裁減先後辦理六個梯次，員工人數從八年前的九千餘人減到目前的一千兩百人，成功地達成瘦身目的，充分改變了公司的體質，降低成本，提高了競爭能力，讓榮工具備民營化的條件，足以走向民營，永續經營。

從服務榮工到領導榮工，雖然時空環境改變，但深信：從榮工處到榮民工程公司，「風雨同舟、在艱彌厲」的榮工精神始終如一，RSEA 金字招牌依然閃亮，且事業公司化之後，面對市場的激烈競爭，人力精簡，而營業額始終維持不墜，公營事業的束縛加上歷年退休人員照護費的沉重包袱，經營實在不容易，而全體工作同仁也實在相當努力，除了連續三年獲得三座行政院公共工程委員會所頒發的台北捷運土城線 551 標、南港專案汐止山岳隧道及核四廠循環冷卻水出水隧道工程特優金質獎外，相繼完成了台北一〇一大樓、雪山隧道等世界級、創世紀的工程，高雄捷運最艱鉅的工程也接近完工。這些成就，讓我們對得起榮工先進，對得起新進同仁。

五十年的豐富業績，造就了紮實的榮工團隊，形成環環相扣的傳承生命體，只要大家共同努力，以『忠誠』、『敬業』為行為準則，相信榮工（RSEA）這塊招牌，將永遠閃亮於寰宇！」



財務週轉困難的壓力

榮工從早期的議價（即目前採購法的限制性招標），到 82 年以後開始醞釀修法，到 86 年正式公告修正輔導條例第八條取消議價條款時，對當時的榮工有很大的衝擊，曾元一處長及我個人身為主管時首當其衝，光 8,000 多人的事費用就夠張羅的了。榮工每年完成工程約 150 億至 200 億，以前議價雖不能超出業主單位的預算，但減少了不良競標的折扣，因此每件工程來價較為合理。取消議價後，除了壓低成本努力競標公共工程外，私人企業工程有時也冒財務風險承接，另一方面，則以聯合承攬方式與其他業界合作廣接工程。專案裁減人員後，雖然每年人事成本相對減少，但大批裁減人員的支出壓得喘不過氣來，記得有一個週末，財務處楊惠青處長打電話請我到辦公室，一面掉眼淚，一面告訴我，下個月的薪水及承商的付款週轉困難，國家的公務員發不出薪水還得了？所幸，87 年改制成榮民工程公司後，以前榮工處所購置屬於國有財產的固定資產，可按公司法將資產做一些財務運作及處分，而且國營事業的公司制度亦較公務機關的榮工處稍微靈活一點，終於一步步度過難關。

員工的溝通教育是非常重要的，榮工的工會組織嚴密，對勞工的權益極為重視，但透過那些選出來非常理性的理監事與同仁溝通方便了許多，我常對同仁以裝怪手上下卡車為例，我們榮工有制度，每位員工專業職責分明，開卡車的不開怪手，機修人員歸機修人員，各盡其責，但民營公司一個人包了，節省了多少人力成本？還好同仁都非常配合，專案裁減後，留下的人對前景有信心，風雨同舟，就這樣在我退休兩年後，於民國 98 年在當時歐董事長來成先生帶領及輔導會支持下，依民營作業規定由亞翔集團得標，改名為「榮工工程有限公司」，使得 50 餘年的榮工 RSEA 招牌得以持續在世界各地經營揚名。

（下期續）

沈景鵬小檔案

生日：民國 30 年 6 月 3 日

學 歷

1. 臺灣省海洋學院河海工程系學士（民國 55 年）
2. 美國德州大學（University of Texas at Austin）工程碩士（民國 66 年）
3. 美國哈佛大學高級企管班（Advanced Management Program）進修（民國 82 年）

現 任：（民國 97 年 ~ 迄今）

1. 日勝生集團 副執行長
2. 日勝生活科技股份有限公司 總經理
3. 日勝生加賀屋國際溫泉飯店股份有限公司 董事長

經 歷：

1. 財團法人台灣營建研究院 董事長（民國 99 ~ 100 年）
2. 榮民工程股份有限公司 董事長（民國 87 ~ 96 年）
3. 榮民工程處 處長、副處長、主任、組長（民國 71 ~ 87 年）
4. 臺灣省臺中港工程局 處長、課長、工程司（民國 58 ~ 71 年）
5. 基隆港務局 工程司（民國 54 ~ 58 年）

工程有關學（協）會主要經歷：

1. 中華民國營建管理學會 常務理事（現任）
2. 中華民國隧道協會 常務理事（現任）
3. 中華民國海洋及海下技術協會 常務理事（現任）
4. 中華民國全國工業總會 理事（現任）
5. 中國土木水利工程師學會 常務理事、理事（民國 92 年 ~ 迄今）
6. 中國工程師學會 監事（民國 95 ~ 迄今）
7. 中國工程師學會 常務監事（民國 93 ~ 95 年）
8. 中國工程師學會 理事長（民國 91 年 ~ 93 年）
9. 中華民國海下技術協會 理事長（民國 82 ~ 86 年）
10. 臺灣省營造公會 常務理事（民國 87 ~ 96 年）

榮 譽：

1. 民國 97 年獲選美國德州大學（UT Austin）土木、建築暨環境工程學系榮譽校友
2. 民國 94 年獲頒中國工程師學會工程獎章
3. 民國 92 年獲選海洋大學河海工程系傑出校友
4. 民國 86 年獲頒土木水利工程學會工程獎章
5. 民國 78 年退輔會保舉最優公務人員，獲行政院長頒授獎章

青年工程師 打造與國際接軌之 職能黃金履歷

王華弘／明新科技大學土木工程與環境資源管理系副教授、中國土木水利學會青年工程師主任委員、亞洲土木工程協調委員會副秘書長

我國大學畢業生普遍就業率低，具備高學歷的人才也未必能適得其所發揮所長，產業界常抱怨教育界無法造就可用人才，而社會新鮮人也因為起薪停滯不前而逐漸流失，青年學子紛紛選擇投資報酬率相對較高的高科技產業或是輕鬆轉行的服務業相關科系就學，當前出國留學人數也因為少子化及國內教育普及而逐年遞減，以致專業工程產業需求和教育供應系統出現惡性循環。過去工程產業曾經因為國家經濟發展，各類基礎建設人才需求孔急，不但有相對高薪的保證就業條件，同時工作機會和職務選擇也多；然而，隨著國家大型基礎建設所帶動的內需市場逐年遞減，在大陸崛起、東協整合之後，我國被國際社會邊緣化出現隱憂，而教育機構試圖因應時代的迅速變遷、反映人才培育的基本課程規畫，恐難及時培育出能與國際接軌的職能教育內涵。有鑑於此，新一代的工程人才更需要即早透過瞭解國際工程產業發展現勢，藉助網路無國界的資源優勢，以適性發展為原則，開創個人獨到的職涯機會條件。本文從論述國際大環境上專業人才流動的現況，提供當前產業界面臨國際化人才的實際需求，鼓勵現在在學生的年輕學子提前規畫未來職涯方向，自我培養具備工程產業所需職能之實際作法，努力創造全新價值和定位。

國際化不等於英語化

我國於民國 91 年正式加入「世界貿易組織」(World Trade Organization, WTO)，成為第 144 個會員國，國內各類專業服務(如：律師、會計師、建築師、醫師…等)快速地國際化發展，而營建工程相關



國際化不等於英語化(右二為本文作者王華弘博士)

產業也不例外。我國工程產業進軍海外市場，遠早在民國 60 年代初期即已開始，但都以政府捐助之援外服務為主，提供友邦工程技術服務，由於多屬政策性之委託或交辦，大部分都在沒有競爭的情況下取得工作，甚少與歐美國際工程業者正面交鋒的經驗。當今眾多具備國際工程經驗的資深工程師均曾經活躍於台北捷運、核能四廠、台灣高鐵、北宜隧道、桃園國際機場等國家重大工程，但紛紛已屆齡退休，仍留在工程界繼續努力的，不是陸續被亞洲鐵路或大陸高鐵挖角，泰半已成為美商、法商或加拿大營造商要角，分別在國際工程界四處效力。青年就業率下滑主要源於學生難以學以致用，教學內涵與就業市場供需失調；雖然多年來亞太工程師在國際間不斷爭取，以雙邊政府高度承認對談國家之技師資格，因為我國外交困境和政府效能，使得路途遙遠緩不濟急。

首先國際化不等於英語化，因此青年工程師與國際接軌不是一味鼓勵出國留學，因為留學所需成本

相當可觀，加上本國研究所林立。但是在未來規劃出國留學，應當摒棄過往的傳統思維，侷限於歐、英、美、加、日、紐、澳等八大工業國（G8）。事實上，中國、韓國、泰國、新加坡甚至菲律賓等國家均有招收外國學生前往該國就學、甚至是就業的優惠。以歷史上世界主要移民國家以及發展的趨勢來分析，在 19 世紀或更早世界上各民族大部分的移民，主要是以歐洲往美洲、歐洲往亞洲移動；在 20 世紀時，卻是亞洲與非洲不斷向歐洲及美洲移動；就在 21 世紀，因為 G8 工業國家因為土地使用飽和、內需市場動能不足、國家社會福利政策浮濫、工資攀升等因素，使得在法律上對移民的接受程度或是對移民的吸引力都逐漸減少。

根據世界貿易組織歷年來的統計資料顯示，美洲（含美國、加拿大）、歐盟（27 國）仍是世界前兩大的經濟體，而預定 2015 年成立「東協共同體」的東南亞十國，擁有超過六億人口，聯合中國和日本、韓國，不但是世界第三大經濟體，一方面距離台灣地理位置較近，2012 年平均國民所得 3750 美元成長空間大。目前世界各大金融行庫紛紛前來投資，各類基礎建設需求強勁，從觀光旅遊、航運物流所需的機場、鐵路、公路到捷運的交通設施，到能源開發、電信、電力傳輸的跨海電纜，甚至是水力發電、民生用水、汙水處理到生產糧食灌溉耕作所需的各類水利設施，都有龐大的工程專業人才需求。當供不應求的地方，就可以看到薪資上漲，專業受到尊重與憐惜，新加坡就是一例，工程師平均薪資為台灣的兩倍半。幾乎和台灣同文同種的新加坡人，雖國家面積不大，但是在開放自由的競爭市場機制之下，吸引國際工程顧問公司及營造業進駐，就業機會選擇多薪資也水漲船高。

這篇文章主旨除解釋我國工程產業國際化因為過去國家經濟建設發展的內部需要，加上外交孤立的國際現實環境，工程人才因為教育制度下，重數理輕語文訓練，因此國際化發展因為以上條件限制而遲緩。盼望透過本文激勵我國青年工程師，即早啟發當前我國所訓練的工程師在國際化潮流趨勢下，掌握未來國際間的工程產業發展趨勢，瞭解國際營建產業當前所需人才的缺口，審視自我現有的條件和未來發展的動機，選訂人生職涯規畫發展方向，並且有計畫、有系統地主動為自己量身訂作潛在業雇主所需之職業能

力，並且介紹多項具體可行的實際作法，按部就班地趁早建立與國際接軌的履歷，迎接成功未來的經驗。

未來工程產業的市場分析

工程或科技人才在國際間的流動是世界的潮流，聯合國教育科學與文化組織（United Nation Education, Science and Cultural Organization, UNESCO）曾於 2010 年的報告指出，世界上的工業發達先進國家每一萬名國家人口之中，平均就有 20 至 50 位的科學家及工程師；反觀發展中國家，每一萬名國家人口之中，僅有不到 5 位科學家及工程師，在非洲的眾多國家中，每一萬名國家人口之中，平均不到 1 位科學家及工程師。雖然科學家和工程師被攏統地歸為一類，且工程師的種類很多，但是大致上的原則是越是發達的國家，工程師的飽和是明顯地。加上國家經濟發展的歷史數據可以支持，最大的土木工程師就業市場的需求就是在新興市場。放眼世界我國在工程教育的優質和普及程度有目共睹，但是礙於外交孤立，我國學歷至今仍未獲得許多國家的承認，更遑論專業技師證照在國際的肯定。好消息是近兩年來原本向來不承認我國學歷的新加坡，現在透過多年的交涉和爭取，目前該國的人力資源局（Ministry of Manpower, MOM）已經承認台灣學歷，若是申請赴新加坡工作，可以在該局網頁上的拉下選單，找到 IEET 所認證台灣的各工程類系所，方便試算申請簽證的級別。新加坡人口五百多萬人，在毫無天然資源的彈丸之地，卻建立起亞洲經濟發展的奇蹟，在東協國家中匯集國際人才、掌握經濟、物流和便利的航空交通輸紐，有著人才國際化極為重要的戰略地位，專業人才發展可在新加坡立足後，放眼東南亞市場則無不受到各國尊重。除新加坡之外，其他國際間的動態從外交情勢、中國崛起的影響和國際上日本、韓國等競爭模式都應全面考量。

全球局勢

在國際上除了與我國在正式外交場合建立邦交關係的 22 個國家之外，其實許多的國家都與我國建立多元的財經、學術、民間交流管道。近年來從亞洲金融風暴、歐盟經濟的疲弱不振、美國計畫重返亞洲等

大環境的變動影響下，自由民主和相對開放的台灣社會，反而成為許多國家佈局中國的前哨站。世界上經濟實力排名第 19 的台灣，其實具備許多國家所羨慕的條件，除地緣位居東亞戰略要津、和廣大中國市場同文同種的優勢之外，人民教育素質高，相對同為開發國家的韓國工資更加便宜，另外就是在整個亞洲眾多國家其經濟均掌握在華人手裏，最為競爭者所不及。就在中國大陸之外眾多鄰近的國家中，我國擁有最大的台商集聚地就是泰國曼谷，雖然民主年歲不長，但是所有前進泰國台商，都因為泰國民族性的友善無不順利融入當地社會。此外，與我國極為密切的馬來西亞，過去曾因華人壟斷經濟命脈而仇視華人，但是至今有超過四萬名曾經留學台灣的學生，在各行各業成就非凡，現今國民所得已逐漸超越台灣，對於台灣人才的吸引是不容小覷。亞洲最大經濟體印尼近年來力求政治安定，以眾多的勞動力、廣大的土地和豐富的天然資源，現在在印尼的台灣工程界人士有多到作不完的工作。新興開放的緬甸，逐漸在軍政府朝向民主共和的同時，擁有龐大無比的商機，每周固定台北直飛仰光的班機，早讓日本羨慕不已。越南過去曾是法國殖民地，後與美國戰爭得勝，民族性強悍自尊心強，台商已在當地建立廣大的人脈和名譽，和中國出產物資有明顯市場品牌區隔。這些發展中國家均有不同的機會，重點都是需要趁早進入。

中國崛起

面臨中國大陸國民所得連續多年以 7-8% 持續穩定成長，總體經濟量更預估在 2050 年超過美國，但是內需市場與國際開放的失衡將造成通貨膨脹，因此目前許多國營設計院及大型營造均紛紛走向國際。在非洲、南美洲藉由各類技術援助及貸款，輸出軌道事業群的技術和資金，一方面建立技術外交的影響力，另一方面也是永續人才及技術領先的保證。我國高鐵 300 公里的經驗，一和中國近年一萬公里的實績相比便顯得微不足道。但是我國精緻化、關注建設背後的人文素養、注重環境生態、美學和優質的管理技術使中國瞠乎其後。當美國挾世界銀行、日本以亞洲開發銀行的資金和領導地位，中國極力爭取金磚五國、或是拉攏與印度、緬甸及巴基斯坦成立新的國際開發銀行，

甚至在上海區域合作協議上，與中亞十國建立超過 22 年的實質經貿關係，更在大舉開發的廣西南寧建立東協的自由經濟貿易區。種種發展跡象看得出來傳統槍管子所建立的政權，已降伏在國際金融遊戲的新規則，朝向非傳統戰爭以經濟實力向世界宣告中國存在的重要。和台灣同文同種的中國逐漸在國際上以務實從事經貿外交的同時，許多國家如：美國、日本及歐洲均有所疑慮，我國工程師自然當順應此一發展從中找到潛在商機，將國際上企圖與中國作生意的機關引入台灣，運用我國的自由民主、開放的資通訊、清廉便利的市場及優質豐沛的人力作為誘因，想像百年前封閉的中國清朝時期，最具風華的上海充斥著時尚名媛的洋買辦，就是兼顧華文教育和西方思潮所造就的時運，而台灣就具備這樣的機會和條件。

新興市場

台灣工程人才的市場不會在中國，因為大陸雖然市場廣大但是人才夠多，且近年海歸派也逐漸回流，我國工程人才無論是在訓練、思維及動機上競爭力也不足。前段論述許多東南亞國家市場，因為地緣接近、經濟成長空間大，且華僑均掌握國家經濟命脈，看似機會多且榮景可期；但是，東南亞國家豐富的自然資源及便宜的勞動力，早已為歐美國家所洞悉，更早為日本、韓國視為囊中之物，因此各國深入東南亞布局已有多時。我國在經濟上僅僅因為進出口而維繫著非實質的影響力，且東南亞國家早已紛紛視高鼻子、白皮膚的歐美人士為高等族群，加上我國在東南亞諸國之中，英語的程度最低，除英語系的菲律賓、以英語為官方語的新加坡之外，國人英語程度遠比泰國、馬來西亞、印尼、緬甸還差。以上種種因素，未必使工資相對較高的台灣工程師在政治不穩定，行政效率低落、民族懶散怠惰的東南亞有任何的優勢。至於中東市場，近年來因為飽受歐洲帝國主義歧視、美國發動伊拉克戰爭及反恐的行動，逐漸強化回教世界的整合，除石油發展組織 OPEC 及伊斯蘭發展銀行在各地開發能源及援助外，我國因為美系色彩濃厚，除零星民間機會，甚少有切入空間。遙遠的中南美洲雖有巴西辦理奧林匹克運動會，也是我國邦交國最多最支持之新興市場，甚至在總部設於宏都拉斯首都的

「中美洲經濟整合銀行」(Central American Bank for Economic Integration, CABRI)，我國因為是區域外會員國中所佔出資比例最高的國家，協助中美洲地區區域整合及經濟發展且派有專任常駐董事，應當發揮實質的影響力；然而工程師需要的西班牙語訓練不足，支援當地基礎建設工作戰線太長，常使人感到力有未逮。因此過去蘇聯在 1991 年解體的中亞內陸諸國，隨著中國崛起、絲路的開通勢必逐漸開放，就在歐美人士認為遙不可及的戰場，對於台灣相對機會較高。雖然俄語為官方語言，但是逐漸開放的同時，台灣過去受極權統治的類似經驗，加上同為亞洲的認同感，即使英語不流利也不致於受到歧視。只要在俄羅斯技術無法持續兼顧的封閉國家，台灣一旦發現當地的技術缺口 (Niche) 市場，將可以規模較小的我國工程產業找到獨到的生存之道。持續與教學、研究機構結合，研發專利工法或是獨到技術，建立品牌的同時，更可透過提供技術移轉、藉由提供當地工作機會關懷當地弱勢、為當地環境量身定做教育訓練課程及促進產業生根，只要與游牧民族豪爽個性建立情感，透過信任建立台灣形象和信心，將有效深入市場贏得更多服務機會，現今仍處於封閉的中亞，應當是我國工程師畢生可已經歷成長的絕佳機會。

國際競爭

國際上與我國正面交鋒的就是韓國，近年來與我國同樣面臨內需市場日漸趨緩，工程產業人才斷層、青年工程師價值觀從執業帶來的榮譽感和成就感，朝向經濟獨立及追逐個人價值方向變遷，因此韓國人民所得雖高，多半為富可敵國的大型企業，挾壟斷上下游市場的優勢，加上國家投資的挹注進軍國際。在國際標案上，為求生存其策略更顯得激進，加上朝鮮民族性團結，在國際上競爭只要同為韓資企業，均可以分享商情和資源，民族主義的情結更是造就韓國在國際上獨樹一幟的成就。而日本在多年來感受到台灣的濃厚人情味，終於發現在國際上除了互動複雜的美國之外，台灣是日本忠實的盟友，更深深地瞭解台灣仇日又親日的複雜情緒。面臨廣大中國崛起的壓力，與美國聯手是抵抗中國勢力擴張的基本策略，而與台灣結合是向東南亞發展突圍，又能牽制韓國的手段。

加上多年來日本商社和建設公司與台灣交往密切，許多技術傳授台灣可以發揚光大與世界抗衡。因此，我國工程師應當關注日本在既有的東南市場發展動向，進而智慧地成為日本策略夥伴而朝國際發展。日本營造業在越南北部經營多年，2013 年曾慶祝越南與日本營造業合作 50 周年。以日本在緬甸開放不久便宣布免除該國國債、安倍造訪後建立直航仰光，並替市政府完成都市計畫、各類原油開採、港灣建設的藍圖都已付諸行動，因此我國工程界應進一步主動與日本強化關係，延伸在台灣工程產業的結盟。

工程產業界國際化人才的基本職能素養

近年來各類工程專案越來越朝大型化與多元複雜發展，工程師們不斷引進新材料及新工法，再加上全球暖化的影響下，天災頻率增加並出現複合型發展。因此新一代工程師們凡是傳統土木工程師所應具備的基礎學理不但不能減少，反而對於工程所處的環境須具備更敏銳的認知，因為所面臨的工程問題，牽涉的複雜程度也是前所未見，因此新一代工程師需要在有限的時間內，面臨這麼廣大淵博的知識，選擇能夠符合國際化所需的必要學歷歷程。首先是「專業能力及技術」，以土木工程領域在社會上工作崗位所需要達成之具備與其他行業或是領域有「區隔性」之基本專業技術。其次是「職場能力及訓練」，諸如：語言表達、人際溝通、領導統御、團隊合作、環境適應能力、協調能力、財務、法律等素養。第三則為「深層次思考能力」，得以持續深化職場發展所需要更深化、高層次的思考能力，好比：解決問題的能力，批判思考、推理、創造以及彙整及經營企業的能力。目前營建產業國際化發展的趨勢，需要朝跨領域整合或異業結合，上、下游產業整廠輸出、異國團隊結盟、建立品牌形象及企業併購。過去大學學歷的課程已經是五花八門、包羅萬象，訓練出來的通才僅能夠專精於：結構、大地、交通、環境、水利、測量或是營管。若是單以就業市場業、雇主人力需求作目標，除了這些專業工程技術內涵之外，普遍缺乏與國際接軌的「職能訓練」，因此量身定作符合市場所需的學習歷程與經驗，才能夠增加青年工程師踏入國際市場的機會。就以亞洲開發銀行徵才和延攬專業顧問的學經歷要求來看，資格

預選制度下的甄選作業，有多項評分標準。三大項分別是基本學經歷資格、專案相關之資格與經驗，第三是國際或是當地經驗。我國在教育普及甚至碩士學位已成基本就業學歷，對於第一項標準沒有太大問題。而第二項是畢業後取得相關工作的實際經驗，我國工程規模及管理均上軌道，只要兢兢業業認真工作，取得相關工作經歷問題也不大；惟獨第三項，當我國工程人才期望往海外發展時，所有的學經歷均為台灣，因此作得越久越難到海外工作，就因為缺乏海外經驗。

職能分析的作業方式很多，考選部「我國國家考試職能評估流程作業手冊」採用「功能分析法」之外，亦可由技師事務所、工程技術顧問公司及機關專家委員，於其所任職機構內一項職位，選擇該職位一位稱職者（卓越模範工作績效者），以該員為對象，經由面談及觀察方式，撰寫該職務之職務說明、職務功能及職能清單，再經由綜合討論，歸納出一份該項具代表性職務之職務說明、職務功能及職能清單。就目前許多位已經在國際分公司及海外部門任職者的觀察和面談後，整理出至少以下四項我國工程產業國際化人才需求的基本職能缺口，盼望學校教育課程委員會能夠在設計學程訓練時納入考量，若是青年學子的教育訓練中缺乏此內容安排，仍可以朝向這些特質作自我訓練。

溝通能力

溝通與表達能力非單單指英語表達能力，當前已經是許多工程產業雇主在聘用人才面試時一項重要的考量，也是人才升遷展現出最重要的基本能力。固然學習英語的興趣需要提升，而教育部也多次多方在國內動員資源與人力，以每年的暑期，利用大專校院的空檔，設立了「英語歡樂列車」的學習營，以四到六週的密集英語課程，使學員們暴露在全英文的學習環境，除降低了對語言學習的畏懼感，更透過輕鬆活潑的教學方式，引發學員對學習英語的興趣。不但如此，各校也常是以「多益」成績作為畢業門檻，而教育部評鑑更對國內大專校院國際化有十分深刻具體的著墨。另外一項也含獎助外籍留學生來台就學的方案，旨在增加學生與各國文化的接觸，當然也包含建立姊妹校及雙聯學制，及鼓勵學校教師以全英語教學方式開設專業科目，使用原文教科書等等作法。但是



國際場合上，溝通與表達能力很重要。

真正工程師溝通與表達能力的建構，是需要學習傾聽，以足夠的時間累積與不同專業人士之間溝通的經驗。工程師善於與工程師溝通，但是當工程師遇到社會上不同專業人士，如律師和會計師，往往感到溝通困難。國際化的現實狀況是工程師往往需要和政策領導者、決策者清楚地溝通設計理念，工程師也需要傾聽專案相關單位代表的反應，為了充份掌握業雇主的需求和喜好、投資者所注重細節和要求的聲音，都需要工程師以耐心和同理心，設身處地為業雇主的利益著想。過去工程師往往喜歡以技術本位，或是以艱深的術語、精確的數字，企圖證明是非黑白的專業，但是真正的溝通訓練，除了完整傳達主旨，也包含讓對方感受尊重與關心的服務業。

團隊合作

沒有一項國際上的工程專案可以仰賴一個人完成，更沒有一個英雄足夠完整掌握瞬息萬變的計畫進度、成本與品質的同時，兼顧國際情資、法令財稅或是當地社會文化，因此團隊合作分工往往是與國際接軌必要的條件。我國教育制度和背景注重個人成績的卓越，君不見各類「會考」、「基測」、「學測」、「統測」與「指考」，均注重追求「分數」的圓滿，以高分區隔一個學生在未來的貢獻與價值，即或國中基測考題設計以滿足基本國中學力為出發點，目的是杜絕補習教育和參考書；但是每年基測結束，社會上仍舊對於滿級分學生大肆宣傳，不但顯得膚淺，這樣的教育只培養出「自以為」優秀的人才。就連國家高普考試，短

短兩天的考試，許多人一考十年或是終身以不斷參加考試，通過考試取得證書為職志。在大學就學期間比較高中畢業學校、研究所學生比較大學畢業學校，即使到了社會就業多年，許多社會菁英仍以過去學習歷成為驕傲的基礎，名校、書卷獎的迷思使得整個社會瀰漫著會讀書與工作能力之間畫上等號。坦白來說，若是名校畢業的工程師的確有較好名聲的血統基礎建立人際網絡，但是非從名校畢業也不必妄自菲薄。從國際專業從業人員的角度，台灣的國立大學與私立技專院校畢業並沒太大區隔，畢竟國際間業主只在乎和團隊在一起的工作能力和忠誠度，對於成功的企圖心與接受失敗的專業態度，整體團隊貢獻自我無私的配合度，以及接納他人意見的心胸雅量和氣度。

跨領域專業整合

一個好的工程師必須具備至少一項專精的工程技術之外，也需要具備涉獵其他工程領域的廣博觀點，最好是能夠不斷終身學習，吸收新知並且運用於解決眼前所遇到的問題。大部份工程師在終其一生的執業範圍內，無法窮盡工程專案內的每一個細節，更何況就一個工程所處的周圍環境，全盤靜態與動態、現狀與未來、目的與功能的瞭解，這些工作都往往是透過分工與團隊整合的情況下完成。例如：對於許多材料科學的研究，其實可以應用於土木工程基本建材的研發；許多電腦網路傳輸的進步，可以使智慧化系統檢測的能力提升；其他有如在「財務」、「金融」、「教育」及「法律」等專業能力整合，將會是我國在工程產業國際化時，創造出全新價值產業的機會。目前我國工程相關部會法令齊備，但許多未與國際接軌的相關工程法務、採購、勞工安全衛生標準及工程合約、保險、財務、稅務等細節，多無法清楚瞭解，許多公司於是設有法律、財務部門以為因應，青年工程師在專業素養的培育有必要選擇深入相關領域。至於「組織文化」、「人力資源」、「經營管理」及「市場併購」等方面的知識，因為國內產業結構不良，多屬中小型規模，員工人數亦不多，因法令經營型態與範圍限制，造成國內廠商組織規模難以擴大，導致廠商承攬風險之能力不足，除極少部分技術顧問機構外，大多數業者對於公司經營管理之控制與營運績效之考核不

太重視且無概念。因此，新一代工程師不必為暫時沒有符合自身職涯興趣的發展而沮喪，應當以配合自身興趣的方向，選擇涉獵不同領域知能，為未來跨領域整合創造舞台。

國際行銷業務

台灣工程界競爭白熱化，現行工程師生存條件與國際脫節，舉例：沒有瞭解當地設計法規之前不會細部設計、無法深入瞭解直接成本與利潤、風險三者的關係、習慣於國內業主需索無度的不平等合約、對專業分工不尊重、價值與價格之間失衡、學術引導專業、設計費率過低、專業技師責任無法落實、建築師和技師分工、營造與工程顧問界分流等等，造成工程產業行政僵化和部分不良文化促使工程界養成過度保守的性格，不利於國際化發展。另一方面，台灣工程界的服務已經朝向精緻化發展，有別於過往勞力密集的傳統營建，在方法及成果上更顯得細膩成熟，國內工程品質提升，運用民主與自由的開放市場，將高規格的專業倫理向國際輸出，將會是提高產業形象、增加產業價值的最佳出路。在美國許多十大名校所列課程中，不難發現一些前所未有的新課程，充分反映出國際化的突破和業界的需求，就如：公共工程的管理（Public Infrastructure Management）、國際營建管理（International Construction Management）和市場行銷（Marketing）。在諸多新開的課程之中，如加州柏克萊大學提供的視覺模擬應用於工程管理（Visualization and Simulation for Engineering and Management）便介紹在管理上所用之圖型將之電腦動化處理，就專業角度而言，無異也是市場行銷的專業手法之一。在國際化為巨觀的教育前景下，可預見這些科目的安排將使學生就業後，其國際工程的競爭力大幅提昇。更有普渡、康乃爾及史丹佛大學的「協商」課程（Negotiation）著重工學院學生之人文素質及溝通技巧，可想而知，過去單單注重材料、方法的營造業，已在工業先進國家逐漸走向注重人員訓練以及技巧策略。因為經濟利益的產生，隨著工業的規模及人類的文明進步，已從有限的人力、物料中轉變，因此營建管理自然在學術上也當朝此方向發展。

培養國際經歷之實際作法

倘若是我國的人才培育機構尚未來得及提供新的學科，其實也不必為此感到憂心，更不必一味地花大把鈔票出國留學，因為新一代工程師可以善用當前許多過去工程師所沒有的條件，其中網路無國界就是最好的範例。「線上學習」已在國外開花結果，由美國麻省理工學院及哈佛大學共同創立的大型開放網路課程，網路上共有 29 個單位，提供超過一百多門課程資訊，透過線上學習並通過稽核便可獲得認證證書。除此之外，還是可以利用教育部留學菁英計畫、留學貸款業務、國科會千里馬專案計畫等，至於家境清寒的優秀大專生及研究生，教育部開辦「學海惜珠」計畫，由各大學自訂審查機制，並於每年向教育部推薦申請，每名獲獎學生最高可獲教育部補助經費申請需求學費、生活費及來回飛機票補助金。自民國 95 年首次開辦以來，已成功地選送多位家境清寒的大專校院學生出國讀書。而「學海逐夢」也是教育部近年來為配合國家長期發展，培養具有國際視野及實務經驗之未來專業高級人才，以期能學習尊重多元文化背景與生活方式，了解不同國家企業或機構或組織之運作模式，鼓勵國內大學校院提出選送學生赴海外專業實習之先導型計畫。只要國內大學校院與海外先進或具發展潛力之企業、機構或組織等合作，或經由國內法人機構、學會或國際雙向實習組織協助，提出大學校院學生赴海外專業實習先導型計畫，規劃國內大學校院學生組團或個別赴海外專業實習管道，並能將海外專業實習與校內專業課程結合，強化學生赴海外專業實習之整體環境，同時亦兼及促進國外優秀青年來台專業實習。所補助的獎助金可用於海外專業實習團員國外生活費、來回飛機票及計畫執行必須支出之業務費。對於學生赴海外工作建立經驗，有著十分具前瞻的構思與立意。青年工程師在利用這些補助或是辦法申請之外，其實仍可以思考以下介紹的四項作法，建構自我在國際化能力下所能達到的學習歷程，開創未來邁入國際的契機。

參與國際組織建立人脈

在我國外交部體制設有國際組織司，在 103 年最新的資料顯示，我國政府現今維持 29 個國際組織之正式會員資格，約有 16 個國際組織觀察員身份。就在過去中華民國慶祝建國一百周年，外交部曾將我國民間所有參與國際非政府組織當時的現況作成「非政府組織國際

參與成果彙編」，紀錄在全球至少有 52,673 個非政府的國際組織之中，我國入會取得正式會員資格的組織超過 2,164 個。非政府組織包含：文化藝術、民主人權、科技能源、醫療衛生、農漁林牧、公共政策、人道援助、生態保育、經貿商業及休閒觀光等類。就是因為我國外交受到孤立，參與國際組織的機會不多，而就算每年定期參與亞太經合會（APEC），至今仍非常缺乏具備工程背景的領袖參與。目前世界上共有許多個專業工程師互認及流動的平台，除了亞太工程師（APEC Engineer）外，還有：世界工程師流動論壇（Engineer Mobility Forum, EMF）、東協工程師（ASEAN Engineer）、歐盟工程師（FEANI Engineer）、國際顧問工程師（FIDIC Engineer）及亞太工程師組織聯盟（FEIAP Engineer）等。目前亞新集團總裁莫若楫董事長擔任亞太工程師的世界聯盟主席，加上我國在工程師流動論壇及亞太工程師組織聯盟的積極參與和貢獻，創造了許多工程界在國際間發展的美好基礎。台灣世曦工程顧問公司李建中董事長為現任亞洲及太平洋工程師組織聯盟（Federation of Engineering Institutes of Asia and the Pacific-FEIAP）的國際非營利專業組織副主席，並將於今年接任主席一職，為我國工程界向世界發聲，有著非常重要的貢獻。而中國工程師學會由陳振川理事長於去年 9 月 9-15 日由新加坡工程師學會（IES）主辦，在新加坡舉行率團參加世界工程師組織聯盟（World Federation of Engineering Organizations, WFEO）2013 年大會及世界工程師高峰會議（World Engineers Summit, WES）共 20 人的團體，為歷年最具規模的團隊。即使如此，我國工程界參與國際組織踴躍程度不足，許多年青工程師缺乏主動參與的動機和意願甚為可惜。因為未來我國仍需要持續爭取加入成為雪梨協定、都柏林協定、東協工程師、歐盟工程師、及國際顧問工程師等。參加國際組織可以逐漸開拓國際視野，並且透過非營利組織建立國際人脈，不但為個人或是服務機構增加國際化時機，增加我國工程界曝光率。現在，中國土木工程學會也是「亞洲土木工程協調委員會」（Asian Civil Engineering Coordinating Council）成員，並在前一任理事長，現任工程會主委陳希舜政務委員的積極參與，我國為培育新一代工程師委員會主席，青年工程師委員會目前徵求各界參與投入的願意，將持續辦理各項國際間青年工程師交流活動。



多參與國際組織，建立人脈。

建構教育訓練學習歷程

青年工程師大可以將矛頭指向政府機關缺乏獎勵方案或是國際化人才培育措施，或停留在弱國無外交而自怨自艾，或是抱怨學校單位對於國際化的教學元素不足；但是莫忘了我國當前仍舊保持技術人才優秀、素質極高、服務態度佳、教育程度高的優勢，惟提升國際化眼界，增加赴海外業務的機會操之在己。在經過前述對於產業界國際化人才需求的缺口之後，青年工程師可以全力自我培育多項職能，同時藉參與國際組織瞭解競爭者實力，對於目標市場進行專業分析，強化語文能力及財務和法律常識，體認過於保守的公司文化及僵化的人事升遷架構，為自己設計一套獨立自主的培訓課程。除了前述由麻省理工學院及哈佛大學共同創立的「線上學習」之外，美國土木工程師學會（American Society of Civil Engineers, ASCE）、英國工程師學會（Institute of Civil Engineers, ICE）或是其他國際機構，均已設計出許多專業之教學訓練資源，內容除各類專業技術，也包括我國青年工程師國際化最適切的國際工程合約、法律、工程產業經營等相關遠距培訓課程，供國內專業技師終身教育的選擇。其實許多國內技師換證時，均需要終身教育時數，不如考慮修習這類課程，一方面是全英語學習可以自我挑戰，更可以逐漸當作專業進修多元化的選擇，透過藉助先進國家的專業教育資源，彌補國內目前高等教育體制或是市面上終身學

習課程在專業素養資訊之不足。典型幾項符合當前我國青年工程師國際化的課程內容如：從專案工程師提升為專案經理（From Project Engineer to Project Manager）、專案溝通的改善（Improving Project Communication）、履約管理：契約變更條例概說（Contract Administration：Change Order Basics）、專業工程師的財務管理（Financial Management for the Professional Engineer）、領導力發展（Leadership Development）、雙贏的策略：工程人員與營造間契約（Negotiating Better Engineering and Architectural Contracts：A Win-Win Approach）及工程師與技術專才的簡報技巧（Presentation Skills for Engineers and Technical Professionals）等，僅是上百個課程中幾項而已，而修業之後可以取得 ASCE 及 ICE 修業證明，作為國際認可教育訓練的資格憑據。

國際認可的證照和資歷

註冊成為技師當然是工程專業人員在專業領域登峰造極的肯定，同時也是在所從事的工作專業時，對社會大眾明確地宣告個人從事專業展現出的委身與資格，更意味著曾經通過具有公信力單位嚴峻的高標準考驗，將可獲得社會及大眾的認同和就業範圍的工作權保障。只要是具備一份工程專業執業認可「工程師」的頭銜，這份殊榮背後同時也包含了一份維護社會大眾生命、財產及福祉的責任。就是將這一項可以「帶著走」的公信力，無論在什

麼公司執業、擔任何種任務，「工程專業工程師」頭銜將不會隨著職務內容的高低起伏、得到的薪資多寡而有所折扣，這份執照仍將隨著通過認證的個人，將專業上與他人有所區隔，和其他沒有執照的競爭者享受不同的機會與待遇。我國長期科舉考試文化影響下，對於專業工程師執業上所需能力考核的篩選方式，也因循著古老文化而與社會需求有著十分明顯的落差，對於我國專業工程師參加應試人員之資格、考試的方式、考試題型等，將在 104 年技師考試新制上路後，將有所改善；但偏低的錄取率仍維持不變。作為青年工程師，想要與國際接軌，需要思考國際能夠接受的專業資格。

首先，英國工程師依工程師服務性質與工作類別分為三大類別，特許工程師（Chartered Engineer, CEng）、責任工程師（Incorporated Engineer, IEng）與技術人員工程師（Eng Tech），英國國內共有 35 個工程師的相關機構為英國政府所承認，執照工程師又可分為 16 種科別，只有相關之工程師會議承認之機關給予工程師頭銜。成為英國工程師之審定程序為 (1) 學歷資格的證明與檢定，(2) 工作經驗及職業訓練，(3) 經由專業檢定，包括專題論文撰寫、面試再經由考試合格後給予執照。目前每年在香港，超過 300 位工程師接受 ICE 的認證成為英國特許工程師，在大英國協所有國家均承認其執業資格。澳洲和紐西蘭制度相近，將工程領域的職務更加細分成三類：「專業工程師」（Professional Engineer）、「工程技術士」（Engineering Technologist）及「工程工匠」（Engineering Technician），三者之間功能上有部分重疊但不衝突，簡單的說，在訓練上有所不同，資格上更有區分，而執業時就業力（competency）更有不同期望，在各司其職的權限與保障下，如此安排使得工程人才更能彼此尊重，因為大家都是不可或缺的團隊成員，目前紐西蘭已承認我國技師資格，並歡迎我國技師前往執業。

另外以美國考試制度的發展為例，自西元 1891 年加州首先通過「測量技師註冊法」開始，美國的各州都是由民間專業團體自行舉辦專業工程師考試，直到西元 1965 年起，「工程的基礎測驗」（Fundamentals of Engineering Exam, F.E.）考試才由一個非營利組織「國家工程測驗州際委員會」（National Council of State Boards of Engineering Examiners, NCSBEE），亦即西元 1989 年起稱為「國家工程及測量考試委員會」（National Council of Examiners for

Engineering and Surveying, NCEES）的前身來主辦。西元 1966 年，第一次的考試便由 NCSBEE 所主持在全國各地舉行。一直到西元 1984 年起，NCEES 負起全國 55 個州與地區其中 36 個州與地區的考試工作。NCEES 一共負責統一辦理美國 17 種專業工程測驗的出題、記分和監考。正因為技師考核標準在全美 50 州的一致性，連帶促進了各州技師於其他轄區內，透過互相承認（reciprocity）的方式，增加了各州流動執業的機會。該委員會所使用審查的標準，乃依照美國國家標準局（ANSI）所發展出的標準作業程序進行審查。目前辦公室設在南卡洛萊納州，專職工作人員約七十餘位，現任的理事長為 Patty Mamola 女士，熟悉我國工程界人士，目前正評估在台北辦理 NCEES 試務工作的可行性，未來通過者可在向美國州政府申請發給執業執照。

加拿大工程師申請者必須具有大學學位，並接受加拿大國家專業工程師教育委員會（CEAB）審查或筆試，以確定申請者具有合格的學士學位或同等學歷，經考試合格者始得登記為見習工程師（EIT）。註冊成為見習工程師必須具備下列資格條件：1. 經加拿大全國性組織—專業工程師教育委員會（CEAB）認可的學位；2. 加國公民或具居留權者（須年滿 18 歲）；3. 表明接受該區法律及工程倫理規範約束；4. 部分省或行政區域須要通過其認證協會的初步考試（Professional Practice Test），其內容包含該區專業法規、協會規則、倫理規範。5. 良好品行和推薦。未取得專業工程師資格前，部分省或行政區域的認證協會（Licensing Bodies）規範見習工程師定應接受職前教育、職業發展和職業服務等課程的訓練（EIT Pre-Registration Program）。取得見習工程師資格之後，尚需至少四年的工作經驗，其中至少一年於加拿大所屬區域內獲得。四年的工作經驗需包括如：理論的應用、實務經驗、技術的溝通發展、工程管理、職業道德觀、倫常的責任感等各方面的訓練，受訓者和指導顧問每年必須交二次的實習報告與指導報告。除非具備加拿大公民資格，否則赴加國執業困難不小。

國際上看待專業工程師的資格考試，就如同國中畢業學生在進入高中職之前取得「基本學力」的測驗一樣，只要達到一定程度的門檻，僅表示容許通過者進入此類專業入門而已，因此各工程專業考試的通過率甚至達到 60%。關鬆的通過率並不表示放任工程專業人士任

其濫竽充數，反而是高通過率背後，從嚴篩選的應考資格作為把關條件，與其在大學畢業後人人有資格考試，不如對於應考者在取得基本學歷後，以足夠時間累積之實務工作經驗，先取得較困難的應考資格後再作篩選。

培養溝通表達及寫作之自信與習慣

台灣工程技術專業人才素質優秀、素質極高、服務態度佳、教育訓練完善，然而國際化不足，對海外業務不熟悉，同時也缺乏對競爭者和市場分析的瞭解，語文能力不足及強烈缺乏自信，評估國際工程過於保守，加上個人成長歷程受家庭教育影響個人出國的意願，需要增加自己對投入海外工作的動機。若是瞭解到許多先進國家目前對於工程採購已逐漸朝向「重視資歷」所帶來的服務，而捨去單以成本考量為選商的標準時，可以想像工程師在國際上馳名的公司任職，能夠享有較高的待遇之外，對於社會地位的提升也有很大的幫助。其次，世界各國對於專業尊重的程度比台灣還高，工程師在國際間的民間社會享有如同醫師和律師的相似待遇和地位，透過在國際上執業，工程師得享受禮遇和尊重的專業地位。最後，在國際上，工程產業不斷透過併購和結合，儼然已經是一個跨越國界的專業，因此，如何將自己放在國際工程界可以尋覓的高度，使得個人在專業上更有機會扶搖直上，以我國工程師的優質和勤奮，其未來發展必能在國際舞台上獨占鰲頭。除了前述參與國際組織、建構個人化的教育訓練學習歷程，以及取得國際認可之資格之外，開始培養溝通表達與專業寫作的習慣，在國際研討會及期刊上持續發表專業論文、甚至是專書，直接貢獻專業的服務，間接也是包裝、創造個人價值的具體作法。

青年人要有站上國際舞台的準備

只要是人才在任何行業都會是人才，且人才是產業抵抗經濟蕭條的利器，產業若固步自封將難逃自取滅亡的宿命，因此工程產業國際化是必要而且需要政府、產業及個人全體一起努力。但是當我國面臨國際化大時代的挑戰，外交困難無法改變，教育機構也未必能夠及時培育人才，政府效能未必能為營建產業創造先機，但是青年工程師可以自我啟發，開創獨到的成長歷程，建立國際化的眼界和經歷。本文鼓勵青年工程師調整朝向實務性高，造就

具個人就業能力為主的訓練，不但在畢業時能夠謀得一份好的工作外，更重要得是針對「就業力」的培養，而非僅有學歷文憑與證照而已。教育機構在本文所列出現階段我國工程產業國際化職能需求的缺口，應強化補充財務、法律及溝通等技巧訓練，並且開設對於國際情勢分析及認知的課程。最後，國際化並不是英語化；乃是訓練工程師培養主動付出不求回報的團隊合作心胸和眼界；國際化乃是鍛鍊接納差異的彈性，而不是將差異當作是正常的格局；國際化訓練是使青年工程師不受經驗挫折、不受學歷掣制，相信凡事均有可能的信心和耐力；國際化也是懂得如何從他人的角度評估自己。最後國際化是洞悉國際發展趨勢，能夠知己知彼，恰如其分地拿捏自我能力的定位和意識到自我優勢和劣勢的自信。

參考書目

1. 王華弘 (2013)，中亞區域經濟合作商機分析，ISBN978-986-89785-0-8。
2. 王華弘 (2013)，找出營建業輸出國際的最佳出路，營建知訊月刊，360期 46-55 頁，民國 102 年 1 月。
3. 王華弘 (2012)，教育部補助教師赴業界實習成果報告，教育部，民國 101 年 8 月。
4. 考選部 (2011)，國家考試職能分析推動工作計畫。
5. 王華弘 (2010)，提升工程倫理加速再造產業升級，營建知訊月刊，331期 62-69 頁，民國九十九年 8 月
6. 王華弘 (2010)，工程專業能力及資格認證制度的發展與我國國際化現況，研習論壇月刊，第 115 期，17-27 頁，行政院人事行政局地方行政研習中心，99 年 7 月
7. 王華弘，(2011) 重新塑造產業組織文化營造友善執業環境，台灣省電機技師公會年會，民國 100 年 4 月 15 日，台北。
8. 王華弘，李咸亨 (2009)，土木工程技職教育人才培育的方向與前景，營建知訊月刊，314期 50-59 頁，民國九十八年 3 月。
9. UNESCO Report, "Engineering : Issues, Challenges and Opportunities for Development", (2010) the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, ISBN 978-92-3-104156-3.

國際認證對工程師教育品質及專業人才國際移動力之影響

劉曼君／中華工程教育學會辦公室主任兼認證委員會副執行長

中華工程教育學會（IEET）成立於 2003 年，為一受教育部認可的專業評鑑機構，負責執行我國工程科技教育認證。通過 IEET 認證的大學工程科技相關系所，除可免除教育部的系所評鑑外，其畢業生學歷可於申請跨國專業工程師執照時受到認可。對土木領域而言，因專業實務上工程師執照的重要性遠大於其他領域，系所是否通過 IEET 認證尤其重要。目前全球有包括美、加、英、澳、日、韓等 15 個國家認可 IEET 認證制度，另外 IEET 認證也受如亞太工程師、國際工程師等多邊協議認定，是評定工程師學歷資格的基準。雖然我國執行工程教育認證僅有十年的歷史，但當工程專業隨全球化的腳步快速脈動，我國的未來工程師教育的品質及工程專業人才是否具備國際移動力將是試煉國家競爭力的重要指標。

工程教育人口數變化，挑戰教育品質

工程科技教育是我國高等教育的強項，無論是基礎建設或是經濟發展都深受工程教育及工程專業的品質及發展影響。從高等教育規模而言，工程科技領域向來佔我國高等教育的三分之一強，是不可忽視的一環，也是我國高等教育具備競爭力的原因之一。

我國高等教育人口數過去十幾二十年來歷經重要變化，基本上隨著大學校院數的增長，依據教育部統計數據，大學學生人數（包括學士、碩士及博士學位求學者）自 2001 年的 78 萬成長到 2013 年的 124 萬，而工程科技領域（包括工程、電算機、建築及設計）於同時間，則是自 25.5 萬成長到 41.3 萬。

工程科技領域學生數的成長相對反應國內產業的

需求，具有正面的價值，但當學校產出大量人才的同時，這些人才的素質也逐漸成為重要議題及課題。正當我們還在端倪因著學生人數增長，大學系所該如何管控人才培育品質的同時，現今考驗整體高等教育的反而是相反的方向：少子化對高等教育的衝擊。

依據教育部統計，2016-17 年的大一新生將減少約 4 萬。這對工程科技教育而言，是重要警訊。而我們也發現純工程領域的學生人數實際上自 2009 起就開始下降，未來幾年下降的幅度只會愈烈。IEET 近年來觀察到系所整併、更名有增加的趨勢，可能都牽連著學生人數的變化。

無論是成長也好，消長也罷，在學生人數起起伏伏的變化中，大學要如何準備及因應以維繫未來工程領域人才的品質？這不僅挑戰工程教育界，也深受產業界關心。在這個環境中，系所的競爭力就成了最重要的指標。危機也可以是轉機，要如何強化自我的競爭力是各學校系所積極努力的方向。

國際認證不可或缺，維護學生未來權益

認證與評鑑不同。由於大學法的規定，教育部定期執行學校系所的評鑑，藉以監督管控大學的品質，並做為政策執行的考量指標。IEET 於 2004 年起率先推動工程教育認證，首開以學生成果導向的教學品質保證機制，鼓勵系所將教學導向朝培育學生畢業核心能力而發展並進而追求自我成長改善。

認證實際上是一項自發的行動，不受政策影響，其目的在要求系所在教學上，建立自我的教育目標，也就是系所希望培育的人才方向，持續檢討，並自我

改善。以 IEET 認證為例，系所以 IEET 認證規範為導引，清楚界定所擬培育的人才方向，並據此擬定相關畢業生核心能力，調整課程、教學及評量方式，定期檢視系所畢業生是否具備該有的核心能力及系友在職涯上的發展與預期的是否大致吻合。在這個過程中，IEET 要求系所必須建立適當的諮詢機制，固定邀請業界代表、系友、雇主等提供建言，以確認培育學生的方向與業界對人才需求是一致的。一旦系所建立此項制度，長久下來，定能持續成長改善，相對提昇教學品質及人才的培育。

認證是國際間認可的品保制度

對於工程科技教育這類專業學科而言，認證是一項不可或缺的工作，學校系所之所以參與認證，目的即是透過第三方公正機構，提供系所一個自我驗證的機會，確認教學方向和人才培育角度和自己設定的是一致的，且同時提醒自己該加強之處為何，如何可以進一步提昇自我成果，以追求卓越。

認證除了是一項自發行為外，更重要的是提供一個國際間能夠了解，能夠認可的方式，去確認另一個國家中的學校系所的教學品質。畢竟各國教育制度不同，品質管制的制度也不同，品質認定指標也不同。認證則是透過一個實質相當的制度，採用類似指標規

範，對不同國家不同教育制度下的學校系所，進行一項品質驗證的工作。簡單來說，認證就像是國際上共通語言一樣，讓彼此對教學品質能夠溝通，能夠對話，能夠相互了解。

工程教育認證在各國推動的時間不一，以美國為例，工程教育認證機構 ABET, Inc. 已有執行認證近 80 年的歷史，其他歐美國家如英國、加拿大、澳洲等也有 50~70 年長度。亞洲國家相對上成立認證機構時間較短，當然這也可能因為多數亞洲國家的教育制度有教育部直接管轄，例如我國教育部執行評鑑制度有相當長久的歷史。日本及韓國成立工程教育認證制度的時間與我國相當，最多長一、二年。近年來，包括俄羅斯、印度、大陸等都紛紛建立認證制度機構及制度。

執行工程教育認證機構的類型又分兩類，美國、日本、韓國及我國等都是單一型態、獨立的認證機構，都是因執行此項工作而成立。反觀大英國協下的成員，多數都是由工程師學會執行，例如加拿大的 Engineers Canada，英國的 Engineering Council UK、新加坡的 Institute of Engineers Singapore、香港的 Hong Kong Institute of Engineers、澳洲的 Engineers Australia、紐西蘭的 IPENZ、南非的 Engineering Council South Africa 等。這些專業工程師學會皆有百年的歷史，長期經營工程師的福祉及領域的發展，因此



IEET 工程教育認證，通過 WA（華盛頓協定）認可（左三為本文作者劉曼君博士）。

也相對深切關心未來進入工程領域人才的品質，長期以來主導工程教育認證的相關工作。

國際間一流大學多數都參與認證。美國的大學系所雖然因聯邦政府的獎助學金（Financial Aid）政策，要求申請者的學校及其系所必須是通過認證的單位，但這些系所參與認證的原因並非僅受限於此，認證代表的是一個學校系所對其所提供的教育表示負責，願意定期訴諸公正第三方來協助其檢視教學品質，確認其教學的方向與自我設定的目標一致，並據此追求自我改善。簡而言之，學校系所自發性參與認證，以示對其家長、學生、系友、雇主及社會大眾負責。日本雖然有東京帝大及京都大學等尚未參與認證，但相信是遲早的事。英國、加拿大等因與專業執照的關係較緊密，認證是不可避免的。我國台大、成大、清大、交大、中字輩等學校在過去十年中也紛紛加入認證的行列，是為國際間工程教育認證發展的典範。

國際工程聯盟及歐洲工程教育認證聯盟

各國除發展自己的工程教育認證制度外，也籌組或以加入國際聯盟為目標，期盼透過聯盟的方式擴展工程教育認證的效應並提昇各自認證機制的品質。

國際工程聯盟（International Engineering Alliance）為提昇工程教育及工程專業的品質及發展，美國、加拿大、澳洲、紐西蘭、英國及愛爾蘭的工程教育認證機構及工程師學會於1989年即共同簽署備忘錄，共組國際工程聯盟（International Engineering Alliance，簡稱IEA），透過彼此認可的機制，相互認可彼此通過認證系所的畢業生，且在畢業生尋求跨國專業工程師執照時，認可其大學學歷。

IEA的聯盟下有六個相互認可的協定，其中三個是教育認證協定，三個是工程師協定。三個教育協定分別是華盛頓協定（Washington Accord）、雪梨協定（Sydney Accord）及都柏林協定（Dublin Accord）。工程師協定則有亞太工程師（APEC Engineer）、國際工程師（International Professional Engineers Agreement）及國際工程技術師（International Engineering Technologist Agreement）。這六個協定代表著三個不同層次的工程教育及工程師執業性質。華盛頓協定對應的是專業工程師（Professional Engineers）的養成，是亞太工程師及

國際工程師認定的教育認證標準。雪梨協定對應的則是以技術實務取向的工程師教育，與國際工程技術師連結。都柏林協定則是對應工程技術士的教育。

IEET在認證制度上也逐步擴展，最早（2004年）推動的工程教育認證（EAC）早於2007年即成為華盛頓協定的會員，2011年成立的工程技術教育認證（TAC）則是和雪梨協定接軌（IEET預計於2014年6月成為雪梨協定正式會員）。另外，由於我國五專、二專教育逐漸式微，IEET目前尚未規劃與都柏林協定接軌。然而，隨著教育部技職教育再造計畫的興起，IEET也不排除參與都柏林協定的可能性。

近年來華盛頓協定、雪梨協定及都柏林協定在相互認可的基礎點上都有了重大的改革。過去這些協定的會員在接受新會員申請時，並無統一的認可標準，而是透過既有會員對申請者的制度進行檢視，一旦認定申請者具備和既有會員「實質相當」（Substantially Equivalent）的標準，即予以接受。華盛頓協定的標準較高，必須要全體會員一致投票通過，才得以接受新會員，雪梨協定和都柏林協定則是三分之二會員通過即可。

近年來IEA內部積極建構統一標準，在工程教育認證協定方面，建構工程教育的畢業生核心能力（Graduate Attributes），在工程師協定方面則是建構專業能力（Professional Competency）。透過這些統一的標準，各協定不僅確認了對工程人才的要求目標，且也成為審查各協定新進會員的標準。無論是畢業生核心能力或是工程師專業能力，都是依據工程專業界對人才需求的方向建構而成。

歐洲工程教育認證（EUR-ACE）若一位在德國受教育的工程師要到英國執業，當然必須先取得英國的專業工程師執照，而在取得英國執照的過程中，英國必須能認可此位工程師在德國所受的教育。目前WA中，僅英國、愛爾蘭、土耳其、俄羅斯是WA的正式會員，因此WA的架構無法滿足歐洲國家的需求。在歐盟執行委員會（European Commission）的支持下，歐洲工程教育認證（European Accreditation of Engineering Programmes，通稱EUR-ACE）於2004年應聲而起。

EUR-ACE的執行與管理自2006年起轉由新成立的歐洲工程教育認證網路（European Network for Accreditation of Engineering Education，簡稱ENAE）負責。ENAE是

一個非營利組織，創始會員皆為歐洲工程教育相關協會，其行政管理與執行等秘書處工作則是永久交由歐洲國家工程協會聯盟（European Federation of National Engineering Associations，簡稱 FEANI）辦理。

EUR-ACE 實際上是一個標示（label），被授予的對象是工程教育系所，且依系所學制（First Cycle 與 Second Cycle）分為 EUR-ACE Bachelor 與 EUR-ACE Master 二種不同的標示。一般而言，任一已通過其國內認證機構認證的工程系所，即自動具備取得 EUR-ACE 標示的資格，當然，認證機構通常會對系所收取額外費用以支付相關的行政工作。欲取得授予 EUR-ACE 標示的國家，其工程教育認證機構必須向 ENAEE 提出申請。

目前歐洲國家中有 7 個國家的工程教育認證機構可以授予 EUR-ACE 標籤，分別是德國、法國、英國、愛爾蘭、俄羅斯、葡萄牙及土耳其，近期內義大利、立陶宛、羅馬尼亞及瑞士也將逐步推展此一工作。

EUR-ACE 的認證規範也是以成果為導向，主要針對知識面（Knowledge and Understanding）、分析面（Engineering Analysis）、工程設計（Engineering Design）、研究（Investigations）、工程實務（Engineering Practice）及軟實力（Transferable Skills）等六大面向，要求系所佐證其畢業生具備相關的核心能力。取得 EUR-ACE 標示的系所也被視為符合歐洲高等教育品質

保證協會（the European Association for Quality Assurance in Higher Education，簡稱 ENQA）對教育品質之要求。

參與 EUR-ACE 不僅提升工程教育認證機構的層次與名聲，且歐洲國家的工程系所也積極爭取 EUR-ACE 這個標示。為什麼呢？因為它協助工程領域的學生及畢業生到他國就學及就業，也就是所謂的國際宜動力（Mobility）的問題？對歐洲人而言，這是個必要的誘因；除此之外，取得 EUR-ACE 標示的系所能藉此提高價值及市場競爭力。

土木領域國際接軌案例

由於 IEET 成立於 2003 年，2007 年成為華盛頓協定會員，自此以後，我國通過 IEET 認證系所的畢業生，其學歷將自動受國際認可。然而，我們有大量的畢業生在 2007 年前畢業，現已是工程界重要的人才，但在尋求跨國執業的過程中受阻，因為他國在專業工程師執照的申請過程中，不認可我國學歷。也因此，IEET 特別為 2007 年前畢業的學生進行學歷認可，只要其畢業系所已通過 IEET 認證，IEET 就申請者的畢業證書及畢業成績單進行審核，一旦認定其修課與現階段通過認證系所開立課程實質相當，即允以認定，核發認可證書。如此一來，我國畢業的學生就可跨國申請專業工程師執照。



土木領域國際接軌



土木領域可說是最重視國際認證的領域，可能由於土木專業涉及公共安全最為顯著，與專業工程師執照的連結也最為密切。IEET 至今在接受學歷認可的案例中，也屬土木領域最多。截至 2014 年 1 月止，135 個尋求學歷認可的人士中，高達 107 位都是土木領域。以下簡述相關案例：

- **WA 會員來詢：**IEET 常接到例如香港工程師學會 HKIE 的來詢，有於某年畢業自臺灣某大學某系的人士擬在香港申請工程師執照，IEET 是否認可該校該系該屆的畢業生。若是，HKIE 即可接受該人士的申請。
- **家長、畢業生來詢：**可能係關國家移民政策，IEET 常接到臺灣的畢業生到澳洲、紐西蘭無論是深造或移民，希望在當地申請工程師執照，因澳洲的 Engineers Australia 與紐西蘭的 IPENZ 皆是 WA 會員，因此若是臺灣通過 IEET 認證系所的畢業生在澳、紐可申請工程師執照。
- **移民公司來詢：**IEET 也常接到移民公司的來電，為擬移民到新加坡或澳紐等地的客戶詢問，是否其客戶所畢業的系所及屆別是通過 IEET 認證的，若是，則其客戶的移民案即非常容易辦理。
- **除以上類別外，**我們也常聽到國內通過認證系所到國外進行國際交流或招生時，一旦對當地宣佈其系所已通過 IEET 認證，而 IEET 為 WA 之正式會員，對方對我們的態度及接受度則大大不同。因此系所是否通過 IEET 認證，對各校發展國際化的過程是非常重要的助力。

強化畢業生核心能力 促進人才國際移動力

IEET 為 Washington Accord 會員，為確保我國通過認證系所及其畢業生持續受國際認可，IEET 認證制度的標準必須與 WA 的要求維持一定程度的一致。

WA 在 2009 年完成對未來 10 年工程領域畢業生核心能力要求的定調，明確界定至 2019 年時，學系課程的架構、學生解決問題能力的程度及核心能力的層面等三方向的標準。2013 年 WA 會員國已依據 WA 規定，完成認證規範及審查標準的自我評估 (Gap Analysis)。

工程師的天職是解決問題，WA 所更新的標準 (Graduate Attributes) 要求未來初階工程師須能解決「複雜」的工程問題。然何謂複雜的工程問題？隨著時代變遷、科技進步、全球化影響等多方面文明的躍進，

人類社會運轉所衍生的工程問題往往變化多端，不再是常見或單面向的問題，且可能超越專業工程實務標準及法規所能管轄的範圍。這些工程問題遠比我們所能想像的都要複雜許多，涉及到不同且潛在矛盾的工程、技術或社會層面，不僅須考量經濟、成本及未來發展因素，更須考量對環境、社會、人類文明所造成的影響。

簡而言之，未來工程師所面臨的問題都將沒有顯而易見的解決方式。工程師們必須具備取得最新、最先進知識的能力，且須有抽象思考、系統整合、創新思維的能力，才可能尋得解決方案。

為培育具備解決複雜問題能力的未來工程師，大學系所在課程架構上必須具備一定的內涵。WA 明確界定取得大學學歷的工程領域畢業生，必須修習一定分量及程度的基礎科學、數學、工程基本原理、專業實務知識、工程設計、工程實務科技，並了解工程對社會、文化、環境、永續性的責任與專業倫理，以及持續學習的方法。相關內容皆是 IEET 認證規範 4 所包含的範圍。

另外，WA 也界定了畢業生核心能力應具備的面向，包括：工程知識、探索、分析及解決問題、使用現代工具、理解工程與社會的關係、環境與永續、專業倫理、獨立解決問題與團隊合作、有效溝通、計畫管理與財務及終身學習等。這些亦已為 IEET 於規範 3 中所要求的內容。

為強化工程及科技領域畢業生的核心能力，尤其是學生在工程設計方面的實作能力，IEET 將加強對系所專題實作課程的檢視，未來所有通過認證的系所，皆須有足夠分量的實作課程。

歐美國家工程領域系所皆非常著重實作課程 (Capstone Course)，將此課程安排於大三或大四，並將之視為學生在畢業前運用並整合大學所學知識及技能的機會。在這個課程中，學生所探討的通常是實際的，但非常見、非一般性的工程問題，因此沒有顯而易見的處理方式。學生通常藉由小組分工，除了透過發掘研究文獻，尚有現場探勘及執行實驗等內容，嘗試尋求處理問題的可能性。這些過程讓學生不僅可以整合運用所學的知識，且可以累積參與計畫的經驗、培養團隊合作的精神，及接觸專業倫理所可能涉及的議題。整體而言，學系可以在這個課程中，了解學生在畢業前是否具備該有的核心能力。

國內多數工程科技領域的學系皆開設有專題實作的課程，並常提供學生參與校內外或國際競賽的機會，這些都可以培育學生實作能力。為因應國際間對畢業生

要求的提升，IEET 將逐年提高對系所專題實作課程的要求，尤其是申請工程教育認證（EAC）的系所，必須明確佐證學生具備工程設計能力，以持續滿足 IEET 規範，並持續受國際認可。建議尚未將專題實作或類似課程視為必要課程的系所，必須開始調整課程，並加強對學生的要求，以確保學生具備相關核心能力。

所有通過 IEET 認證的系所須於 2017 至 2018 年前落實相關要求，以便符合 WA 界定的 2019 年期限。IEET 相信這些調整都將協助我國工程教育邁向另一個層次，強化我國工程專業的發展及產業的競爭力。

IEET 認證規範修訂，強調國際認證要求

IEET 於 2013 年通過推動認證十年來最重要的一次規範修訂。新版規範與過去的差異，最主要在規範 3「教學成效」及規範 4「課程之組成」；另外，IEET 新增規範 9「持續改善成效」。

規範 3 主要進行了三項畢業生核心能力的修訂。配合華盛頓協定的要求，EAC 及 CAC 在修訂規範中，增列了經費規劃、分析的能力，同時也強調領域整合的能力。另外一項重要修訂是更加明確界定了畢業生須具有處理問題的能力。EAC、CAC 及 AAC 皆強調畢業生要能因應複雜且整合性（complex）的問題，同時 EAC 及 CAC 也要求在因應此類問題時，須能應用最新研究文獻以研擬可能的解決方案。

另外，因應 Washington Accord 要求。IEET 在文字上也釐清了對專業倫理及社會責任等相關能力的要求程度。未來畢業生不僅要能理解，且須能應用專業倫理，同時要能認知其對社會的責任，及尊重多

工程教育認證（EAC）在數學及基礎科學的要求上，除維持須至少占教育部定最低畢業學分 1/4 以上，修訂內容並強調數學及基礎科學須分別至少有 9 學分。其他領域規範維持不變。在專業課程上，EAC、CAC、TAC 及 AAC 規範皆強調須具備整合設計能力的專題實作課程。另外，TAC 由於強調實務能力，因此特別在專業課程上新增實驗或實作至少占 8 學分。

規範 9 是一項全新的規範，最主要目的在鼓勵系所追求自我持續改善。尤其當許多通過認證的系所已逐步進入第二個認證週期，除了規範的要求外，更應展現的是自我的持續改善成效；簡而言之，系所須能夠檢討並展現六年前、六年後系所的成長為何。

IEET 認證要求專題實作（Capstone）為必修課程

IEET 於 2014 年執行認證審查時，將要求大學部須包括整合工程設計能力的專題實作課程，國際上通稱為 Capstone 課程。這項課程不僅反應學生學習成果導向的重點，且相信是繼 IEET 認證開始推動後，激發國內工程教育界的另一項刺激。

Capstone 課程被譯為「總整課程」、「頂點課程」、「頂石課程」或「畢業專題」等。臺大土木系於 2012 年 6 月舉辦了「Learning by Doing」研討會，分享該系在土木工程設計實務課程上的發展。IEET 也於 2013 年 8 月及 12 月分別辦理了二次「Learning in Action-Capstone 課程設計研討會」，邀請通過認證系所分享其開設相關課程的經驗。

土木人對 Capstone 一詞熟悉，它是古代石造建築物最頂層與最後一塊石頭，用以穩固整體建築結構。對應到大學教育，學生通常是在大三下學期或大四上學期修習 Capstone 課程，在此時，學生已修習完多數課程，具備專業領域一定的知識與技能，透過 Capstone 課程運用及驗證所學，且在修習課程時若發現任何需要補強的知識或技術，可以趕快補足。

此項課程應是採類似案例研究的教學方式，讓學生藉由嘗試解決實務問題，運用及驗證所學。因此，課程的安排是讓學生花時間在動手操作上，若仍有過多的教師講授時間，就不算 Capstone 課程。

工程設計是工程專業的基本要素，而 Capstone 課程即是讓學生嘗試執行工程設計的好機會。過去的工程設計可能著重在功能性、安全性、可靠性等要件，現今美學也是重要的工程設計一環，但實際工程設計可能涉及複雜的工程問題。臺大土木系過去在工程設計實務課程上的主題，包括有溪頭纜車設計、霧社水庫輸沙設計、新人文大樓設計、荖濃溪監測洪水橋樑設計、學生活動空間設計等，都是具規模的主題。

在工程設計的實作當中，學生可以透過實際的工程問題，練習界定問題、分析問題、尋找與應用最新研究成果來解決問題、規劃可行方案及提出相關設計等一系列有系統的過程。不僅如此，如同實際在業界的工作模式上，學生通常無法一個人解決所欲解決的問題，因此團隊合作、有效溝通、專案管理，甚至專業倫理及終身學習等能力，也同時被驗證。

系所教學持續改善是為 IEET 認證的終極目標

IEET 成果導向的認證制度向來非常重視持續改善，因此一則呼應國際趨勢，二則反映國內學程逐步

進入第二週期認證，特於 103 學年度實施新的認證規範中新增「規範 9」：「持續改善成效」，以要求學程須提供自我評量過程及具體成效，以及持續改善機制計畫和落實成果，而這些內容又聚焦於學生核心能力及課程的改善等二項規範。

認證的重要精神之一是協助受認證學程持續精進其教學成效。美國 ABET 是華盛頓協定會員中，最早將「持續改善」及相關要求納入認證規範的機構。ABET 在規範 4 中要求學程必須提供明確紀錄或佐證，說明學程定期採用適當的評量及評估方式了解學生的學習成果，同時系統化地利用這些評估資訊來改善教學。

ABET 執行認證已有近 80 年的歷史，在認證工作上較熟稔的掌握，且常能帶動開發更符合現代工程教育的認證制度內涵。近年來，包括日本技術者教育認定機構（Japan Accreditation Board for Engineering Education, JABEE）、韓國工程教育認證委員會（Accreditation Board for Engineering Education of Korea, ABEEK）、香港工程師學會（Hong Kong Institution of Engineers, HKIE）、我國及多個其他 Washington Accord 會員，皆紛紛新增「持續改善」規範，進一步精進成果導向認證制度的效力。

自 99 學年度起，IEET 即有學程進入第二週期的認證，到了 102 學年度，約三分之一以上學程都已進入第二週期。這些學程執行認證已有六年時間，具備了一定程度的成果導向教學及評量制度，在正常運作下，應多能展現符合規範的佐證，也因此，對於進入第二週期的學程，IEET 在認證過程中，除了了解學程在一般規範上的符合程度，尤其將針對「持續改善」，檢視這些學程歷經六年來，在教學、課程及學生學習上，有哪些改變及成長。

IEET 認證規範 3 要求學程須能佐證其學生於畢業時具備該有的核心能力。受認證學程多數透過課程和教師對學生在該門課程的評量，例如考試、學生報告等，提供相關佐證。舉例而言，教師已在每門課程的課程大綱中明列希望養成的核心能力，而評量的結果即應該且能反映學生在相關核心能力上的學習成果。IEET 於 103 學年度起要求學程具備必修的專題課程（Capstone），由於該項課程必須具備整合學生學習經驗的要素及內涵，故學程即能透過專題課程檢視並藉以提供佐證，說明學生在多數核心能力上的學習成效。

規範 9.1 雖是對應規範 3，要求學程藉由課程定期評量學生的核心能力，然重點更著重於要求學程具備

定期的「檢討」機制，檢討教學及評量核心能力的方式是否合適，同時要求學程將檢討的結果回饋於未來教學中。例如，授課教師是否在每學期結束後，依據所規劃養成的核心能力，評估一下學生的學習成果，針對學生學習較弱的核心能力，思考未來在教學上是否需要調整，以及可以調整之處為何。這項檢討工作很重要，但無需冗長。就受認證學程而言，一旦所有的教師皆能於學期末進行簡單檢討，並將相關檢討回饋於來年的教學中，學程或許可再進一步將相關檢討及紀錄帶入課程委員會、諮詢委員會等討論，作為未來調整課程及核心能力養成方式的依據。

規範 9.2 要求學程能持續檢討課程是否符合產業需求及培養學生工程實務的能力，因此如同上述規範 9.1 的精神，規範 9.2 還是著重於「檢討」及「回饋檢討」。例如，受認證學程在規範 4 所呈現的佐證可能是現行課程與領域及產業發展的對應，而到了規範 9.2，所需呈現的則是受認證學程透過諮詢委員會或其他機制，了解最新產業趨勢及發展並進而檢討課程的設計。其實，學程皆應具備既有的課程檢討機制，但規範 9.2 要求將檢討機制的成果紀錄並呈現出來，例如課程做了哪些調整、為何做調整、調整後的執行狀況為何、是否更符合產業需求及培養學生工程實務能力等。

當然，IEET 認證在持續改善上的要求並非僅針對學生核心能力及課程，其他方面就無需提供改善佐證。例如在認證規範 1 教育目標上，IEET 認證也會就學程是否定期透過有效的評估機制，了解在教育目標上的達成度，並進而檢討教育目標的制定及相關規劃。IEET 也期待受認證學程能於認證過程中展現其他諸如師資、設備及空間、行政支援與經費等的變動情形及改善狀況，以進一步確認學程的變化與成長。

整體而言，IEET 認證的終極目標是在要求系所在教學上持續改善，重視所培育的學生是否具備專業領域該有的核心能力，而這也是攸關未來工程領域人才培育的品質。

國際競爭力認證

IEET 認證已是提昇未來工程師教育品質及促進人才專業移動力不可或缺的工作。雖然我國推動認證的歷史僅有十年，但在工程教育界已造成一定影響力，我們也寄望 IEET 認證會是我國未來工程教育界面對全球化挑戰時的先鋒，做為提昇我國畢業生國際競爭力的重要夥伴！

工程碳足跡評估及盤查實務 — 以加勁路堤為例

鄭恆志／盟鑫工業股份有限公司協理

黃品萱、蔡維哲、鄒萬祥／盟鑫工業股份有限公司工程師

陳衍舜／土木技師

面對溫室效應氣候變遷之衝擊，節能減碳成為世界各國需共同面對焦點議題。從「地球高峰會議」至「京都議定書」等國際決議，各國無不積極推動各項減碳政策及措施，行政院也於 2008 年頒佈「永續公共工程 — 節能減碳政策白皮書」。

綜觀國內工程碳足跡評估目前均屬研究或推估，有關工程類別判定、一級活動數據及排放係數之資料庫均仍待建立中，而通過國際規範針對實體工程的碳足跡盤查驗證更是尚無實例。本文提出之加勁路堤之工程碳足跡評估係依據 PAS 2050：2011 商品與服務生命週期階段之溫室氣體評估規範進行盤查聲明，並使用德國生命週期分析評估軟體 GaBi 4 Compilation 4.4.131.1，進行路堤工程之碳足跡評估，報告書揭露一級活動數據所計算之排放量貢獻於路堤工程投入高達 84% 溫室氣體排放量，經第三方查證單位查證後之查證型態屬於合理保證等級，並取得亞洲首張實體工程的碳足跡盤查驗證聲明書。

營建相關產業所產生之二氧化碳排放量約佔台灣總排量約 28-30% (姚志廷、蕭良豪，2008；張又升，2002)，對環境之衝擊不可小覷。如何以管理之手段達成溫室氣體之減量與控制，以及使用具體之永續理念降低或建造工程開發過程中對環境之威脅，達成永續發展及節能減碳之目標已成國際推動之重點及趨勢。

故本文將以亞洲首張實體工程的碳足跡盤查驗證聲明書 - 盟鑫教育園區之加勁路堤為例 (詳圖 1)，說明如何計算及盤查驗證實體工程之二氧化碳排放量，並分析生命週期中之重大排放源，以瞭解工程碳盤查之實質效益。



圖 1 盟鑫教育園區之碳足跡盤查驗證聲明書

文獻回顧

引用規範

- (1) PAS 2050:2011 『商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範』：基於 BS EN ISO14040 與 BS EN ISO14044 所建立之生命週期評估法，並詳細規定如何評估產品與服務生命週期之溫室氣體排放。

- (2) IPCC 2006 『國家溫室氣體清冊準則』：提供國際認可之方法學，供各國用來估算溫室氣體清單，其內容包含估算時之方法、指標、流程等。
- (3) IPCC 2007 『氣候變遷之科學基礎報告』：提供各溫室氣體之 100 年期全球暖化潛勢係數 (Global warming potential, GWP)，用以轉換成二氧化碳之當量值。
- (4) 行政院環境保護署，2010，「產品與服務碳足跡計算指引」。
- (5) 行政院環境保護署，2010，「產品與服務碳足跡查證技術指引」。

生命週期溫室氣體排放量之相關研究

- (1) 林憲德等人 (1999) 進行建築物生命週期各階段環境負荷分析，且釐清建築產業二氧化碳排放減量之功能與效益，規劃建築產業於減碳之措施及對策，進而建立建築物生命週期各階段環境負荷評估體系及指標。
- (2) 張又升 (2002) 提出建築物於生命週期之減碳評估，內容說明如何簡化計算建築物所用之水、電、耗材、建材等之二氧化碳排放量之計算，以瞭解建築物整體對環境負荷與衝擊程度。
- (3) 林政興等人 (2009) 將生命週期之概念帶入水土保持工程，分成材料生產、運輸及現地施工三大階段，探討各階段之二氧化碳排放量之計算流程及評估公式，並分析傳統護岸工程與生態式護岸工程之二氧化碳排放量差異。
- (4) 回顧國內相關研究 (詹璨榮 (2010)、林憲德 (2011)、蔡育霖 (2011)、黃榮堯 (2012) 等)，將生命週期分為：材料生產階段、運送階段、施工階段、使用、修繕、廢棄處理階段、建材回收利用階段。
- (5) 國內相關研究 (成大發展基金會 (2009)、詹璨榮 (2010)、蔡育霖 (2011) 等)，研究成果指出加勁擋土工法碳排放量約為傳統混凝土擋土工法 10~20%。國外相關研究 (WRAP (2009)、Heerten, G (2009) 等)，研究成果指出加勁工法耗能及碳排放量相較傳統工法有明顯之優勢。
- (6) 綜合近年有關加勁相關之工程生命週期碳足跡研究成果 (詳表 1)，雖然都是在工程生命週期的架構下去做評估與計算，但內容完整性及資料來源之可靠性是否符合一級活動數據及排放係數，應再進一步提升研究完整及可靠性。

表 1 相關研究完整性

回顧文獻	各生命週期階段					
	生產	運輸	施工	修繕	使用	廢棄
成大研究發展基金會 (2009)	◎	◎	-	◎	◎	◎
詹璨榮 (2010)	○	○	◎	-	◎	-
蔡育霖 (2011)	◎	-	-	-	◎	-
Georg Heerten (2012)	○	○	○	-	-	-
WRAP (2010)	○	○	-	-	-	-

◎中等 ○簡述 - 未考慮評估

工程碳足跡計算及盤查

本文生命週期評估委託者為盟鑫工業股份有限公司，生命週期評估執行者為財團法人台灣綠色生產力基金會，報告日期為 2012 年 11 月 22 日，作業係依據 PAS 2050：2011 商品與服務生命週期階段之溫室氣體評估規範遵循相關性、完整性、一致性、準確性及透明度原則進行評估聲明，查證型態屬於合理保證等級。

工程產品系統界定

國際間目前尚未建立路堤工程產品類別規則，使得產品系統邊界設定與計算範疇尚未確立，路堤工程雖然非屬於建築物，但其生命週期流程有部份類似。

本報告參考 EPD (Environmental Product Declarations) 營造產品與營造服務產品類別規則 (Product category rules and PCR basic module for Construction products and Construction services)，配合實地盤查確認路堤工程評估時應納入之項目，並建立起加勁工法系統評估模式，作為未來應用於評估加勁工法之減碳效益基礎。

產品碳足跡評估範疇

■ 盟鑫教育園區

本次選定進行產品碳足跡盤查計算之標的產品為盟鑫工業股份有限公司自行設計並委外施工之加勁路堤工程，盟鑫永續綠色教育園區位於台中市梧棲區，占地約 1 萬平方公尺，園區設計主體由路堤、河道及景觀池構成二十餘種綠色工法，打造出亞洲首見全尺寸實體綠色工程園區 (詳圖 2)。

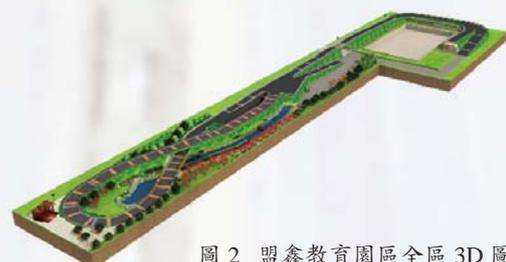


圖 2 盟鑫教育園區全區 3D 圖

■ 產品盤查範圍與邊界之選定

本文主要盤查之範圍以加勁工法之路堤為主，選定區域中包含回包式加勁擋土牆、鋼柵式加勁擋土牆、多功能複合植生網護坡、綠纖（固草）植生網護坡、矩形錐植網護坡等五種工法（詳圖 3）。盤查內容不包含地質改良工程、堤頂步道工程、噴灌系統、護欄系統等設施。

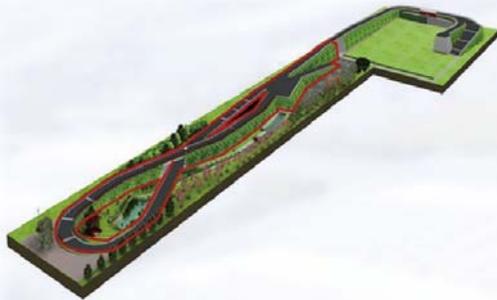


圖 3 盟鑫教育園區盤查範圍

■ 產品之功能單位

功能單位（Functional unit）係指產品系統量化績效之參照單位，即產品之功能單位需清楚地指明產品之功能，並以此功能單位進行後續之盤查及宣告。而盟鑫教育園區之路堤高度及寬度為漸變型式，因此將

尺寸進行加權平均後作為尺寸聲明部分。故本盤查範圍之產品功能單位為「一座加勁路堤工程（路堤總長 209 公尺、平均寬度 5.23 公尺、平均高度 2.54 公尺）」。

系統邊界

■ 系統邊界說明

依據 PAS2050: 2011 商品與服務生命週期階段之溫室氣體評估規範之內容，系統邊界區分為搖籃到大門（Cradle-to-gate）與搖籃到墳墓（Cradle-to-grave）兩種。因本次盤查之路堤工程係提供給最終使用者，故本系統邊界屬於搖籃到墳墓，包含原料階段、製造階段、使用階段與最終廢棄階段（詳圖 4）。



圖 4 系統邊界

■ 製程地圖

選定進行評估之工程並定義其功能單位後，再決定工程生命週期計算範圍，建立製程地圖，確認對所選工程之生命週期有貢獻之材料、活動與過程（詳圖 5）。

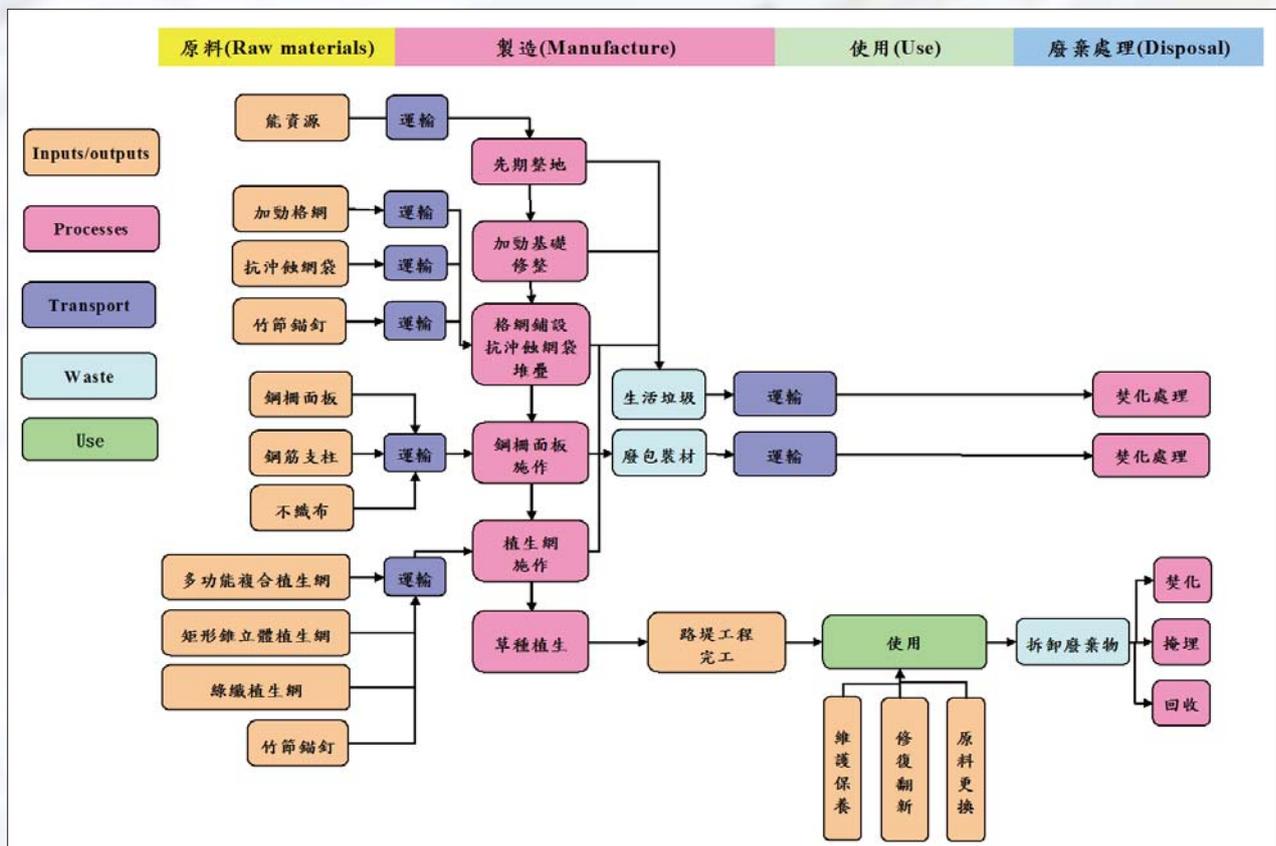


圖 5 盟鑫教育園區路堤之製程地圖

截斷準則

原則上被界定於系統邊界中之所有排放都應被列入計算，但為了避免過度資源之投入，且能夠優先評估影響最大之排放源，故依據 PAS2050: 2011 將所得之實質性百分比加總後小於 1% 之成份給予排除不計（即實質貢獻，material contribution），但總截斷量不得大於全程生命週期排放量之 5%。

產品碳足跡之計算方式

本路堤工程盤查之溫室氣體種類為 IPCC2007 第四次評估報告及蒙特婁議定書所列氣體及管制物質。溫室氣體評估期間以產品形成後 100 年內溫室氣體排放之 CO₂ 當量影響，公式 (1) 如下：

$$\text{溫室氣體排放量 (CO}_2\text{e)} = \text{活動數據} \times \text{排放係數} \times \text{GWP 值} \quad (1)$$

其中，活動數據 (Activity data) 可分為一級活動數據 (Primary activity data) 與二級數據 (Secondary data)，一級活動數據指一產品生命週期之活動量化測量，若乘上一排放係數即可決定一過程導致之溫室氣體排放；二級數據指產品生命週期之過程中並非直接量測所獲得之數據。排放係數 (Emission factor) 為單位活動之溫室氣體排放量，以二氧化碳當量表示，若國內已有建置之數據則使用之，或無則使用國際之數據庫。全球暖化潛勢係數 (GWP) 為敘述以質量為單位之某特定溫室氣體之輻射驅動影響，在一特定期間內相當於等量之二氧化碳輻射驅動影響。

土地利用變更

依據 PAS2050: 2011 說明從直接土地利用變更之 GHG 排放及移除應被評估，因此任何源自土地投入至生命週期應被包含於產品溫室氣體排放。本路堤工程施作後增加植生面積約 300 m²。以碳匯吸收溫室氣體排放計算，增加植生面積 300 m² 於 20 年評估期約增加碳匯 5 tCO₂e，但本園區工址因氣候、地質等資料不足，無法參酌 IPCC2006 之碳匯資料及管理因子等，由於數據來源不確定太高，此處僅提供參考，並無納入本路堤工程生命週期碳排放量計算。

數據取得及分析

此次路堤工程施工期間由工作人員填寫施工日誌表，確實紀錄施工項目、工地人員管理、機具使用時數、機具柴油領用量等施工情形，交由監工人員審閱存放。另於盤查期間內全程以縮時攝影方式紀錄工程施作情形，照片攝影時間間隔 2.5 分/張，首創以縮時攝影技術佐證碳足跡盤查數據與提昇數據品質。為要求數據品質準確度，每筆數據資料均需說明來源，凡能證明及佐證數據之可信度資料均需調查，並將其資料妥善保存 3 年，作為往後查核追蹤之依據。本路堤工程盤查數據之取得及品質整理如表 2，所採用之一級活動數據達 84% 以上，可大幅提升整體工程盤查之準確性。

表 2 數據取得與數據品質一覽表

生命週期階段	名稱	數據品質	資料來源/備註說明
原料階段	加勁格網	高	採購單據、現場縮時攝影確認範疇內使用量
	抗沖蝕網袋	中	設計量
	竹節錨釘	中	
	鋼柵面板、小鋼筋支柱	高	採購單據、現場工地盤點施工使用量
	土工不織布	高	
	立體植生網	高	
	多功能植生網	高	
	綠織植生網	高	
	原料運輸距離	中	距離以 google map 計算
原料運輸運具型式	高	供應商提供車型、以現場縮時攝影判斷車型	
製造 (施工) 階段	載運機具運輸距離	中	距離以 google map 計算
	載運機具運輸運具型式	高	供應商提供車型
	整地期間機具使用柴油量	高	施工日誌領用量、縮時攝影系統邊界內工程分配
	施工期間機具使用柴油量	高	採購單據
	電力	高	無使用
	地下水	中	引用平均灑水強度
	生活垃圾	中	施工日誌人數
	化糞池	中	施工日誌工時
	原料包裝材廢棄量	高	現場工地量測
	廢棄物 (生活垃圾及包裝材) 運輸距離	中	距離以 google map 計算
廢棄物處理及運輸運具型式	高	供應商提供處理方式及運輸車型	

各階段碳足跡說明

根據前述內容，將此路堤工程之生命週期分為原料階段、施工階段（製造階段）、使用（維護）階段、廢棄階段。以下就各階段所考量及計算方法進行介紹：

■ 原料階段

本階段主要盤查項目及來源資料請詳表 2，生命週期評估原料階段除了收集一級活動數據，增加數據品質可靠度外，引用符合生命週期之原料排放係數更為重要。由於盟鑫工業本身即為地工產品材料商，除了自廠本身進行碳盤查取得原料之一級活動數據及碳排放係數，更邀請供應商提供相關數據，大幅提昇路堤工程之溫室氣體排放量準確度。

■ 施工階段

路堤工程施作階段包含投入機具與人力，使用機具有挖土機、傾卸卡車、震動壓路機及噴灑水車；使用人力為機具操作手、技術工、測量技工等工作人員，本階段主要盤查項目及來源資料請詳表 2。另針對整地階段柴油使用分配以縮時攝影計算機具於系統邊界內施工時間與總施工時間之比例 27.46 % 進行分配，測量手及機具操作手工時與人數以系統邊界內面積與總整地面積比例 22.24% 分配。以下就施工過程中幾項步驟進行探討：

● 工址挖填

本路堤工程係使用加勁工法，進而達到工區挖填平衡，降低棄土量及減少外運，避免因外購或棄土之運輸而造成車輛機具廢棄排放污染。此外，由於路堤工程無夜間施工，現場無架設燈具，無使用臨時用電之情形，故工址挖填作業之電力使用量為零。

● 機具使用

因路堤工程為教育園區多項工程之一，且多項工程皆同步進行施工，因此各機具施作時柴油油耗與施工人員無法清楚切割。但計算階段之排放量需瞭解機具使用量及人員數，故利用縮時攝影之紀錄進行合理之比例分割，使得分配程序符合各系統邊界施工情境。

● 抑塵作業

為防止現場粉塵飛揚，故施工單位進行灑水作業。由於水源為地下水，無實際量測使用水量，參考營建工程空氣污染防治設施管理辦法執行手冊中噴灑強度，其建議噴灑強度宜介於 0.3 ~ 0.6 mm/hr 之間。由於園區位

於台中港加工出口區，平均風速較強，導致工程揚塵嚴重，故以平均灑水強度 0.6 mm/hr 估計。加上噴水面積為 1890 m²，一天進行噴水 2 hr，施工天數約 23 天計算，以公式 (2) 進行推算，可得知總噴灑用水量約為 52 m³。

$$\text{噴灑強度 (mm/hr)} = \frac{\text{總噴灑用水量 (m}^3\text{)}}{\text{噴灑面積 (m}^2\text{)} \times \text{噴灑時間 (hr)}} \quad (2)$$

工地使用之地下水主要溫室氣體排放為抽水使用之耗電量，參考沉水馬達設備規格，若能耗 1 Hp、抽水流量 12 m³/hr，則總噴灑用水僅需 3 kWh，溫室氣體排放量約為 2.5 kgCO₂e。對於工程不具實質貢獻，予以截斷。

● 系統邊界排除項目

依據 PAS2050: 2011 商品與服務生命週期階段之溫室氣體評估規範，一般與產品供應鏈無直接關聯之過程，得排除於系統邊界外，包含過程中投入之人力、員工上下班運輸等，故可排除於系統邊界。

■ 使用階段

工程應用類型多元，其生命週期使用階段各有不同情境之描述，例如建築工程，使用階段涉及住戶或使用者入駐建築本體後資源消耗；道路工程則需考量營運階段時溫室氣體排放等。路堤工程完工後使用階段情境則參考前述類別規則模組，其包含維護保養、修復翻新及原料更換。

● 維護保養

本路堤工程維護保養情境主要為灑水提供植栽草種生長。系統邊界內植栽面積約 1400 m²，假設灑水一天兩次，單次噴灑時間為 10 分鐘，園區噴灑系統馬達為 5HP，馬達負載率 85%，計算一天噴灑耗電為 1.06 kWh，假設需一年時間定時噴灌養護園區植栽景觀以確保後續自然生長，扣除降雨天數後（參考中央氣象局近一年之台中測站降雨日數量），總用電量為 245 kWh。

● 修復翻新與原料更換

修復翻新及原料更換則是當路堤工程受到破壞時才可能進行之情境，一般而言，工程設施之破壞原因可分為自然因素及人為因素。其中，人為因素包含設計不良、材料品質不佳、施工作業不當，皆會造成路堤工程內外部之破壞。自然因素則包含地震、暴雨等氣候影響，造成結構基礎承载力不足、傾倒及滑動破壞等。

本路堤之設計年限與加勁擋土結構設計年限相同，係依據 FHWA NHI-00-043 之設計規範中「加勁擋土結構之設計年限，對於永久性結構物之設計年限定義為 75 年以上 …」進行設計，且路堤之主要材料（即加勁格網）之使用年限經由檢測認證可約達 114 年，施工過程更是全程監工，因此排除人為造成路堤破壞之因素。

根據台灣地震危害度分級與氣候監測結果，評估園區受到氣候影響而受到極大損壞之機率極低。此外，考慮地震及暴雨對加勁路堤穩定性之影響，進行 STABL 及 MSEW 之分析，結果顯示加勁路堤足以抵抗地震等情況。綜合以上說明使用情境無需考慮修復翻新及原料更換等新增原料與能資源之使用。

■ 廢棄階段

本節廢棄階段分別說明施工過程生活垃圾、原料包裝材料清除處理情形及路堤工程生命週期最終處置之情境內容。

施工過程中工作人員於工地產生之生活垃圾，以及建材運送至工地拆解後之包裝材料，皆待工期結束後運送至相關之資源回收場或焚化廠進行最終處理。而園區之加勁路堤強度足以成為永久性結構物，但仍需提出除役之處置以進行計算。評估其除役過程，以情境假設方式計算拆除解體及營建廢棄物處理過程所排放之溫室氣體量。而拆解及廢棄處理過程中皆需機具進行挖除與載運，因此評估本盤查宣告之功能單位總體積為 2776 m³ 下，計算一台 200 型挖土機及一台 10 噸傾卸卡車之總工時與總耗油量，再換算所排放之溫室氣體量。

此外，路堤工程之營建廢棄物同使用原料，其中之鋼柵面板部分可回收再利用，其它地工材料一般可混於現地土壤中，故本路堤除役後則依營建廢棄物處理方式進行物質安定掩埋。

生命週期評估結果

經由上述之評估分析後，得知功能單位「一座加勁路堤工程（路堤總長 209 公尺、平均寬度 5.23 公尺、平均高度 2.54 公尺）」之碳足跡約為 101.22tonCO₂e。

盟鑫永續綠色工程教育園區加勁路堤工程於原料、製程、銷售配送、使用及廢棄各階段生命週期中，以產品原料階段所造成之溫室氣體排放量最大，

約占總排放量之 75.96%；其次為施工階段溫室氣體排放量，約占總排放量之 19.42%；本路堤不適用銷售配送階段，故不評估；使用階段依情境假設，其約占總排放量之 0.19%；廢棄階段則占總排放量之 4.43%。

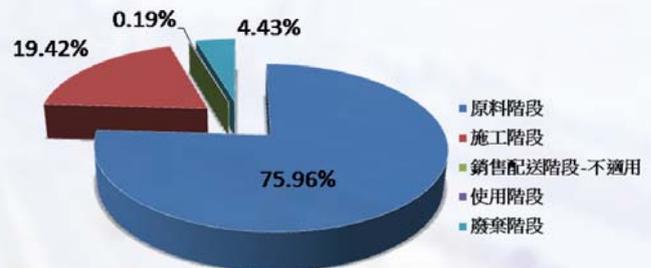


圖 6 路堤工程各階段之溫室氣體排放量之比例

原料階段中，加勁格網與抗沖蝕網袋之使用量最多，故其排放比例亦較高；而錨釘與鋼柵面板雖使用量少，但因其原料碳足跡排放量較高，故位居第二；至於原料運輸部分，因本工程大多採用鄰近供應商，故大量減少原料運輸之排放量。



圖 7 原料階段建材之溫室氣體排放量比例

製程階段（施工階段）中因施工作業需求，各式機具使用燃料成為此階段最主要之排放源，約占 84%。而載運機具運輸部分因後期趕工增加機具及遠地調車使用，造成此部分亦有較多之排放源，約占 14.9%。

施工人員至工地工作視為員工上下班運輸，依 PAS2050: 2011 規範排除邊界外，但施工人員於工地產生之生活垃圾及化糞池逸散則須納入。此部分則隨施工時間長短增減。

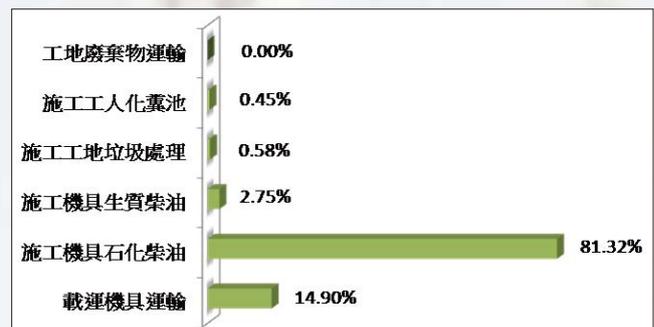


圖 8 施工階段之溫室氣體排放量比例

使用階段部分，因園區提供參訪導覽，需進行植被養護即澆灌灑水，而修復翻新及原料更換部分則排除計算，故澆灌灑水用電占此階段之 100%。

最終廢棄階段則評估路堤工程除役過程，以情境假設方式計算路堤工程拆除解體及營建廢棄物處理，工程進行拆除解體時機具耗油之排放量約占 97%，營建廢棄物安定掩埋溫室氣體排放約 3%。



圖 9 最終廢棄階段之溫室氣體排放量

綜合討論

■ 工程碳盤查評估比較

本路堤於工程規劃、設計及興建期間，業主、施工廠商、輔導單位積極配合查證單位進行實體工程碳盤查，相較於前人之相關研究比較，本路堤盤查採用 PAS2050 (2011) 之標準進行，在一致性的原則下，所採用之量化統計數據及原料係數品質皆高出許多 (詳表 3)，除一級數據達 84% 以上外，施工期間油料、廢棄物量及施作人員管控，施工全程 24 小時縮時攝影紀錄，格網材料採用實際盤查數據等，皆大幅有效提升整體工程之盤查準確度，相關單位日後進行實體工程盤查或方案評估時或可參考以增加盤查成果品質。

表 3 各階段數據取得原則

生命週期階段	評估計算原則說明
原料階段	數量部分採用實際使用數量，係數部分優先採用實際盤查成果數據。
施工 (製造) 階段	全程油料、人員、廢棄數量管控紀錄。
使用 (修繕) 階段	合理情境假設模擬 (保守未採計碳匯之負碳排效益)。
廢棄階段	合理情境假設模擬。
各階段中運輸部分：以 google map 實際計算運輸距離。	

本研究整理

比較目前國內相關之工程碳足跡評估方法及研究後，以交通部運輸研究所的詳細型評估方法較為完備，其計算項目詳圖 10。本研究並將其與 PAS2050 的異同之處整理如表 4，供各界使用時參酌。

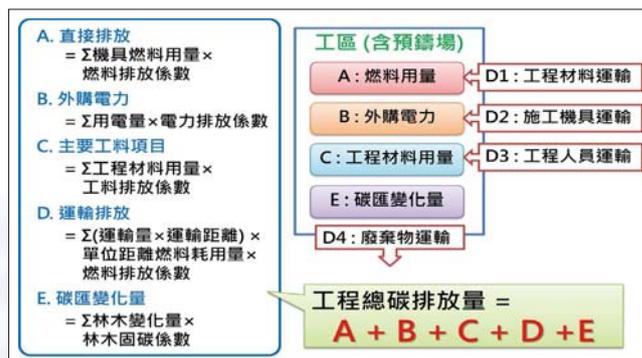


圖 10 工程碳排放詳細型評估項目 (運研所)

表 4 計算方式比較表

	計算階段	PAS2050	交通部運研所
		(盟鑫盤查依循規範)	詳細型評估方法
相同處	工程材料	大致相同，差別在活動數據的計算精度及採用的碳排係數等級。	
	施工		
	運輸		
相異處	廢棄物	考慮廢棄運輸及處理過程的碳排量。	只考慮廢棄運輸過程。
	使用階段 (維護)	需合理情境假設並計算評估之。	未明確說明或以百分比概估之。
	碳匯變化	可納入，但須依照一致性之標準計算植生改變之生命週期碳足跡影響。(本路堤盤查保守不納入)	可納入，但只考慮植生固碳不考慮植生腐化所額外增加之碳排。
	人員運輸	依規範排除不計。	列明需計算考量。

本研究整理

■ 工程碳足跡的評估及盤查

現今政府各單位皆已積極投入減碳工作之中，在公共工程中如何將減碳工作具體落實，有效正確的評估工程的碳排量也成為重要課題，因此在蘇花改及台 9 線等重大交通工程中也積極落實及進行實體工程碳盤查工作，為工程碳足跡計算踏出了第一步，惟礙於工程規模龐大相關資訊及盤查工作尚未全數完成，相關資訊尚未全數公開給各界參考。

就工程碳足跡部分我們可以分成兩個階段探討，一是工程方案擬定前之碳排放「評估」，二是實際工程碳排放「盤查」，兩階段由於配合實際工程階段的進行，所需的程度也應有所區別。

以筆者經驗而言，工程碳「盤查」部分在依據 PAS2050 或相關標準，涉及之原物料及機具等現地資料多而複雜，目前仍待政府單位建立工程用大宗材料資材及施工機具之係數資料庫，使執行工作及盤查成果更加快速及完善。

而擬定工程方案的碳「評估」部分，就如同工程設計中的初設階段 很多的活動數據尚無法明確量化，更別談實際的盤查，採用上述標準則有所窒礙難行，因此建立統一且可行簡便的工程碳排評估方法也十分重要，現行較明確如交通部運研所所研擬之簡略型及詳細型評量方法或可做為基礎參考，再由各界討論修正成通體適用的評量方法。

■ 替代工法碳足跡優勢比較

本工程碳盤查結果出爐後，將盤查標的的結構形式與尺寸數量採用傳統 RC 構造完成（材料用量詳表 5），在碳排放量之表現，僅採 RC 構造方案的原料階段來做計算，尚不考慮製造（施工）、使用（維護）及廢棄階段，即高達約 340.06tonCO₂e（詳表 6），約為加勁方案的 3.5 倍左右（詳圖 11），此結果與前人所得成果趨勢符合，足見加勁工法對於減碳效益上的貢獻相當顯著，確實符合工程綠色內涵之要求。

表 5 RC 構造方案材料用量表

工程材料	用量	單位
鋼筋	70049	kg
預拌混凝土 3000psi	1650	m ³
碎石	91	m ³
普通模板	3502	m ²
材料運輸用油	16992	L

表 6 RC 構造方案碳排計算表

工程材料	碳排係數	單位	碳排量	單位
鋼筋	0.69	kgCO ₂ e/kg	48333.81	kgCO ₂ e
預拌混凝土 3000psi	148.95	kgCO ₂ e/m ³	245767.50	kgCO ₂ e
碎石	3.11	kgCO ₂ e/m ³	283.01	kgCO ₂ e
普通模板	0.34	kgCO ₂ e/m ²	1190.68	kgCO ₂ e
材料運輸用油	2.65	kgCO ₂ e/L	45029.65	kgCO ₂ e
總計			340604.65	kgCO ₂ e
總計			340.60	TCO ₂ e

備註 1：數據引用「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」委託研究案—成果報告 減碳規則篇。

備註 2：運距僅以 10~20km 評估。

■ 相關綠色工法應用

由前述我們除了可以了解到工程碳足跡的盤查評估過程，亦可從中發現加勁等工法在減碳效益上的優異表現，符合綠色工法內涵與精神，值得我們多加推廣使用。不單侷限在路堤工程，本文將其他不同類型綠色工法的工程應用實際案例整理彙整如後，供各界參考（詳圖 12）。

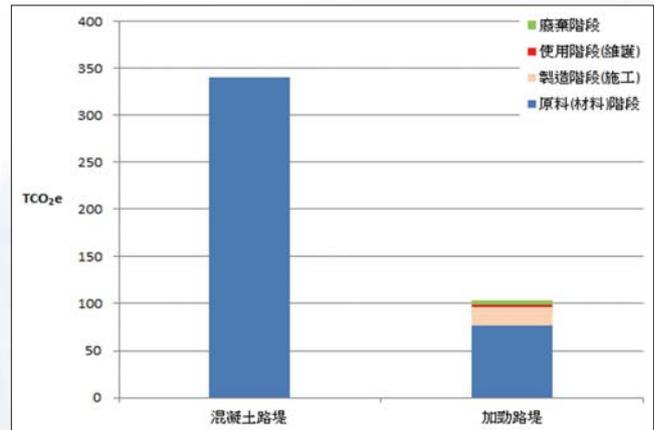


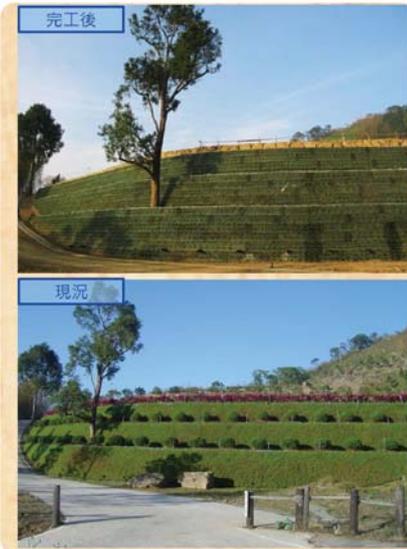
圖 11 方案各階段碳排比較圖

「加勁路堤」建設具參考價值

工程建設於國家環境、社會及經濟發展上扮演重要角色，各國於工程營建之發展上，節能減碳與氣候變遷調適儼然成為未來重要之課題。

依據國際碳管理進程之各階段目標：(1) 碳足跡盤查；(2) 擬定減量目標及方案進行碳減量；(3) 透過碳抵換及碳交易達到碳中和。盟鑫教育園區加勁路堤為台灣甚至亞洲第一座通過 PAS 2050 碳足跡盤查之實體工程，對於未來台灣各項工程建設落實碳盤查及減碳具體作為有一定參考價值。

- (1) 工程生命週期各階段之碳足跡都息息相關，工程規劃對於工法之選擇、施工作業、運輸、後續營運、維護及廢棄等均需整體評估，並選擇最適當之方案與工法，以達減碳最佳效益。
- (2) 碳足跡盤查重點在於一致性及完整性，除上述要求外，引用資料的正確性及佐證資料也必須更加完備。目前國內工程碳足跡計算均屬研究或推估，有關工程類別判定、一級活動數據及排放係數之資料庫均仍待盤查及建立中。
- (3) 整體工程生命週期碳排放量的計算，目前。以原料階段（工程材料之生產及運輸）、製造階段（工程施工）等二階段可明確進行計算及盤查，而後續之使用階段及廢棄階段因於計算及盤查時尚未發生，應訂定合理之計算評估標準，以利整體工程在生命週期中總工程碳排的評量。
- (4) 擋土牆工程之生命週期碳足跡盤查中，原料階段之碳排放均佔總碳排之最高比例，如能要求材料廠商進行產品碳足跡盤查，而後提供給施工單位，將可大幅提昇工程碳盤查一級活動數據及排放係數之比例。



苗栗景觀加勁擋土牆工程

本工程採用加勁工法，施工過程最大程度減輕材料運送量並縮短工期，對山區環境之干擾最輕，完工後牆體及牆面可栽植各類草花，具環境調和涵養及保持天然景觀等功能。



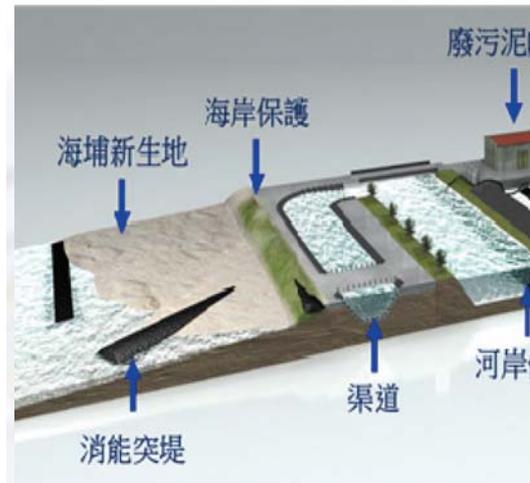
彰化河川整治工程

本工程採用地工砂腸袋填灌工址既有土石料，表層鋪織物模板內填水泥砂漿加強坡面強度，於群樁丁壩底部使用護床措施之地工砂腸袋。



高雄生態滯洪池開闢工程

本工程採用現地土壤施作加勁護坡及自然修坡並配合植生施作，減少鋼筋混凝土用量，使生物棲息空間儘可能不受影響。



宜蘭路基缺口修復工程

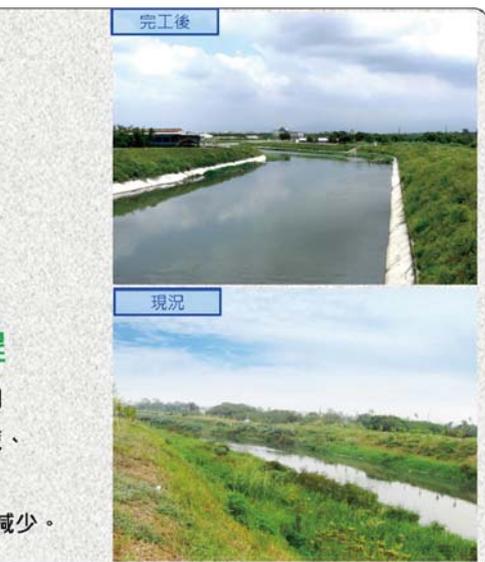
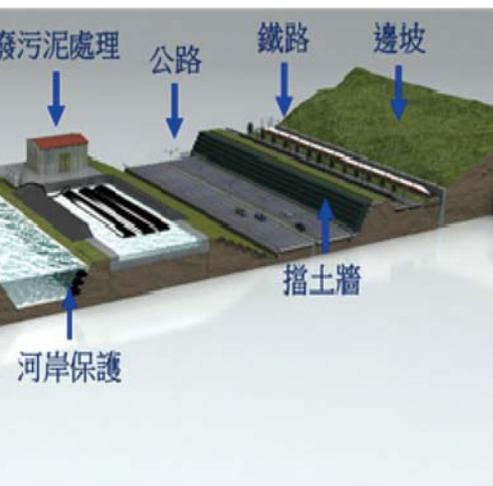
本工區採用半重力式擋土牆為臨水保護結構，配合混凝土基樁提高坡趾穩定性，並考量回填料就地取材的經濟性及方便性，以回包式加勁擋土結構進行修復。



屏東排水幹線改善工程

本工程除必要暴雨線基礎以下使用鋼筋水泥，其餘採用加勁格網、蛇籠、筏式客土袋、高抗拉抗沖蝕網，以改善河水漫流問題，有效將水患問題減少。

圖 12 加勁相關綠色工法應用



台中崩塌地整治復育工程

本工程採複合式工法，於工區坡趾設置混凝土基樁結合混凝土壩穩定基礎，壩上方設計回包式加勁擋土牆，排水設施設置縱橫排水溝和集水井，下方緩坡部分設置石籠護坡。



台中飄飛砂整治工程

本工程將港內淤砂疏浚至地工砂腸袋，築成高2公尺以上，長2600公尺的圍堤，並抽取淤砂至圍堤內填海造陸，造陸地區後區域以天然竹製防風定砂設施搭配鋪設稻草，減少此區的飛砂現象。



台中景觀綠美化工程

本工區採用回包式加勁擋土牆、掛網護坡工法、生態草溝及石籠護岸等綠色工法進行施作

- (5) 工程碳足跡計算應分成兩個階段探討，一是工程方案擬定前之碳排放初期「評估」，二是實際工程執行後，整體工程生命週期碳排放「盤查」。
- (6) 永續工程建設在國家環境、社會公義及經濟發展上扮演重要角色。傳統高度加工的工程材料製造生產與高耗能的施作工法，將因排放大量溫室氣體恐無法符合公眾對環境永續的看法與要求。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，2013，「交通運輸工程節能減碳規劃設計手冊研究與編訂」。
2. 行政院公共工程委員會，2012，「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」委託研究案—成果報告 減碳規則篇。
3. 交通部運輸研究所，2012，「交通運輸工程碳排放量推估模式建立與效益分析之研究」。
4. 盟鑫工業股份有限公司，2012，「產品碳足跡研究報告書—盟鑫永續綠色工程教育園區加勁路堤工程」。
5. 行政院環境保護署，2010，「產品與服務碳足跡計算指引」。
6. 行政院環境保護署，2010，「碳足跡產品類別規則（CF-PCR）—針軋不織布」。
7. 行政院環境保護署，2007，「營建工程空氣污染防治設施管理辦法執行手冊」。
8. 林憲德等人，1999，「綠建築解說與評估手冊」，內政部建築研究所。
9. 林憲德，2003，「快速成長型東亞都市住宅 CO₂ 排放量生命週期評估」，第三屆中國城市住宅國際研討會，香港。
10. 林憲德，2011，「台灣綠建築政策的成就」，科學發展，第 460 期，pp. 6~13。
11. 財團法人台灣營建研究院，2008，「加勁擋土結構應用於交通土木工程規範草案之研究」。
12. 黃榮堯，2012，「建築溫室氣體減量評估」。
13. 經濟部工業局，2002，「人纖業二氧化碳減量研究調查計畫」。
14. 經濟部能源局，2010，「石油煉製業與輸入業銷售國內車用柴油摻配酯類之比率實施期程範圍及方式」。
15. 詹燦榮，2010，「以二氧化碳排放量評估回包植生式加勁擋土牆」，台灣科大碩士論文。
16. 蔡育霖，2011，「土工合成材料應用於加勁擋土牆之碳排放分析」，台灣大學碩士論文。
17. 張又升、鄭元良、林憲德、許茂雄，2002，「台灣建築物 CO₂ 排放量簡易評估法之研究」，建築學報，第 41 期。
18. 張又升，2002，「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，成大建築所博士論文。
19. 陳瑞玲、林憲德，2006，「建築生命週期 CO₂ 排放量評估之研究（一）—辦公建築生命週期 CO₂ 排放量解析」，內政部建築研究所協同研究案。
20. 財團法人成大研究發展基金會，2009，「混凝土、RC 及景觀加勁擋土牆生命週期減碳之研究」。
21. FHWA (2001), "Mechanically stabilized earth wall and reinforced soil slopes design & construction guidelines," Publication No. FHWA-NHI00-043.
22. Highways Agency (2009), "Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects".
23. ISO14040: 2006 環境管理—生命週期評估-原則與架構。
24. ISO14044: 2006 環境管理—生命週期評估-要求事項與指導綱領。
25. ISO14061-1: 2006 溫室氣體—第一部：組織層級溫室氣體排放與移除之量化及報告附指引之規範。
26. ISO14061-2: 2006 溫室氣體—第二部：計畫層級溫室氣體排放與移除增量監督及報告附指引之規範。
27. ISO14061-3: 2006 溫室氣體—第一部：溫室氣體主張之確證與查證附指引之規範。
28. IPCC 2006 國家溫室氣體清單準則。
29. IPCC 2007 氣候變遷之科學基礎報告。
30. PAS 2050: 2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
31. The International EPD® system (2011), Product Category Rules and PCR Basic Module for Construction products and Construction services.
32. WRAP (2009), "Sustainable geosystems in civil engineering applications," Project Code MRF116, May 2009.
33. Heerten, G. (2009), "Reduction of climate-damaging gases in geotechnical engineering by use of geosynthetics," Proc. Int. Symp. on geotechnical engineering, ground improvement and geosynthetics for sustainable mitigation and adaptation to climate change including global warming, Bangkok, Thailand.

減碳大作戰中再生能源的角色

陳一成／台電再生能源處處長



再生能源包含水力 鳶山壩

能源種類的選用與發展，對全球經濟、文化與環境等層面，都會造成很大的影響，所以能源政策與能源規劃須事先必須謹慎思考，除經濟考量外更須注重後續永續發展議題。

依據國際能源總署 2012 年出版的世界能源統計（Key World Energy Statistics）資料中顯示，台灣在 2010 年期間經由燃燒過程所產生的溫室氣體排放量約為 270.2 百萬噸，其占全球總排放量的 0.89%；雖然目前我國並非聯合國會員國，溫室氣體排放量並未受到國際公約所拘限，但台灣身為地球村的一員，且本國經濟長年仰賴出口貿易，若不及早規劃溫室氣體減量方案落實減碳作業，屆時若遭受國際規範或經濟制裁，恐將對我國經濟造成重大衝擊。

在全球氣候變遷加劇以及因應國際溫室氣體減量趨勢下，我國政府於 2008 年 6 月 5 日正式通過「永續能源政策綱領」，並於 2009 年成立節能減碳推動會。再於 2010 年依據永續綱領精神正式提出「國家節能減碳總計畫」，其總計畫訂定的減碳目標為全國二氧化碳排放減量，於 2020 年回到 2005 年排放量（257 百萬噸），於 2025 年回到 2000 年排放量（214 百萬噸），好讓相關推動政策有所依據，並供各權責單位或機關提出節能減碳推動策略措施或方案。

依照能源局 102 年 7 月公佈「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計」文獻述及：就各部門 2012 年排放狀況比較，能源部門 2012 年 CO₂ 排放為 162,199 千公噸（占總排放的 65.22%），而 2012 年與 2011 年二氧化



再生能源包含海洋能

碳總排放量減量 4,808 千公噸（2011 年、2012 年分為 253,510 千公噸及 248,702 千公噸）；其中若依照台灣電力公司 99 年總發電量（207,384,732,508 度）及能源局公佈之 101 年電力排放係數 $0.535\text{kg CO}_2/\text{度}$ 計算，則發電所產出之二氧化碳量約為 111.0 百萬噸，約佔我國當年度排放總量的 40.7%（ $111.0/270.02\% = 40.7\%$ ），電力供給或說台灣電力公司應該是台灣溫室氣體排放的大戶。

再者依據中華經濟研究院分析，台灣電力公司和其他各國電業相比，每戶停電時間、線路損失率、火力廠熱效率、每員工售電量、信用評等等 5 項指標，均排名前半段，唯獨資產報酬率、 CO_2 排放強度等兩項指標落於後半段。因此如何在有效、穩定的前提下將能源轉換的過程中產出之二氧化碳的排放強度降低，將是台電公司提升營運績效的重要方向。

然而目前台電公司在政府公佈的新能源政策下，原屬公司減碳要角核能發電恐將有所限制，因此當下減碳大作戰的浪潮下再生能源將會扮演日愈吃重的主要角色。

國際減碳趨勢

再生能源（包含水力、太陽能、風力、生質能、地熱與海洋能等）是可以持續性的方式提供能源轉換，且因為他們在進行能源轉換的過程中不會產出溫室氣體，因此在減緩氣候變化方面扮演了一個重要的角色。在過去 10 年內，隨再生能源技術起飛迅速成長，歐盟淨發電量從 2005 年的 3,100 TWh 預估 2050 年增加至 4,800 TWh，而從圖 1 可推知至 2050 年止各種能源種類發電多寡，例如：再生能源發電比例急遽增加，儘管 2030 年後原本對再生能源的獎勵機制可能已經取消，然再生能源在 2050 年的淨發電量約可達到 1,900 TWh 幾乎等同於歐盟從 2005 年至 2050 年淨發電量之增加量，從 2005 年占歐盟所有發電能源的 15% 到 2050 年的 40%，亦可由下圖看出 2020 年以後再生能源發電佔比有往上增加的趨勢，主要貢獻來源在於全球節能減碳的推動以及再生能源技術更加成熟或再生能源發電成本下降所致，再者依圖 1 所示能源需求度將持續成長至 2040 年，接著全球能源需求會有減緩或下降的趨勢，然而在 2040 ~ 2050 年間能

源需求減緩的過程中主要減少的能源為天然氣，而再生能源於 2040 年達到巔峰後，並無隨著能源需求降低而減少佔比，因此可以推論再生能源的使用會是未來主要電力能源的來源，而再生能源將會在全球減碳作戰上貢獻良多。

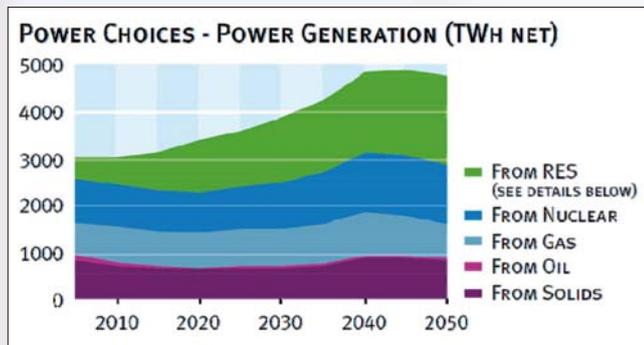


圖 1 各種能源淨發電量 (2010-2050 年)

資料來源：Eurelectric (2010) Power Choices_Pathways to Carbon-Neutral Electricity in Europe by 2050

2012 年 IEA 公布的能源技術展望報告顯示，在 2050 年欲將全球升溫控制在攝氏 2 度左右，電力部門應可依靠以下 5 種關鍵性技術及調整發電結構來達成：

- 節省需求面能源使用 (28%)
- 電廠燃料替換與效率提升 (5%)
- 使用核能 (14%)
- 開發再生能源 (35%，共包含離岸及陸地風力、聚光型太陽能與太陽光電、水力及其他再生能源等)
- 碳捕集與封存 (CCS, 18%)

上述五項關鍵技術中，若以台灣當前情勢來看其中以節省需求面能源使用、電廠燃料替換與效率提升以及開發再生能源等三項較為可行，其中更以開發再生能源較具規模與邊際效益。

根據 IEA 之報告，若要降低電力部門溫室氣體排放量，首要工作項目為降低需求端能源使用。電力業溫室氣體排放減量關鍵技術如圖 2。

為達減量目標，須進行調整全球電力業發電結構，其中，至 2050 年再生能源比例應達到 57%，水力為主要來源約占 17%，且 2050 年預期發電量為 41,600TWh 的情況下，太陽能與風力各別需產生 6,000TWh 的發電量，核能約為 19%，CCS 約 14%，由此可知國際減碳需仰賴增設再生能源發電設備。電力業發電結構 (4°C 與 2°C 情境) 如圖 3 所示。

由圖 3 顯示如果 2050 年要讓外在環境維持在 2°C 情境時，其中電力發電業要必須約在 2040 年左右停止使用純燃煤發電，而其缺口須由燃煤發電加上二氧化碳補集的方式、增加核能發電以及相關再生能源發電的來源來加以填補。然而在日本 311 事件後，核能發電在國際各國使用上出現了安全與永續的疑慮，因此開發核能並非是往後各國開發的主要選項之一，相較之下再生能源在永續與安全的考量下將會是各國對抗地球暖化與節能減碳的最主要的選擇之一。

我國能源結構

我國能源總供給自民國 81 年 6,283 萬公秉油當量逐年成長，101 年達 14,077 萬公秉油當量，年平均成長率

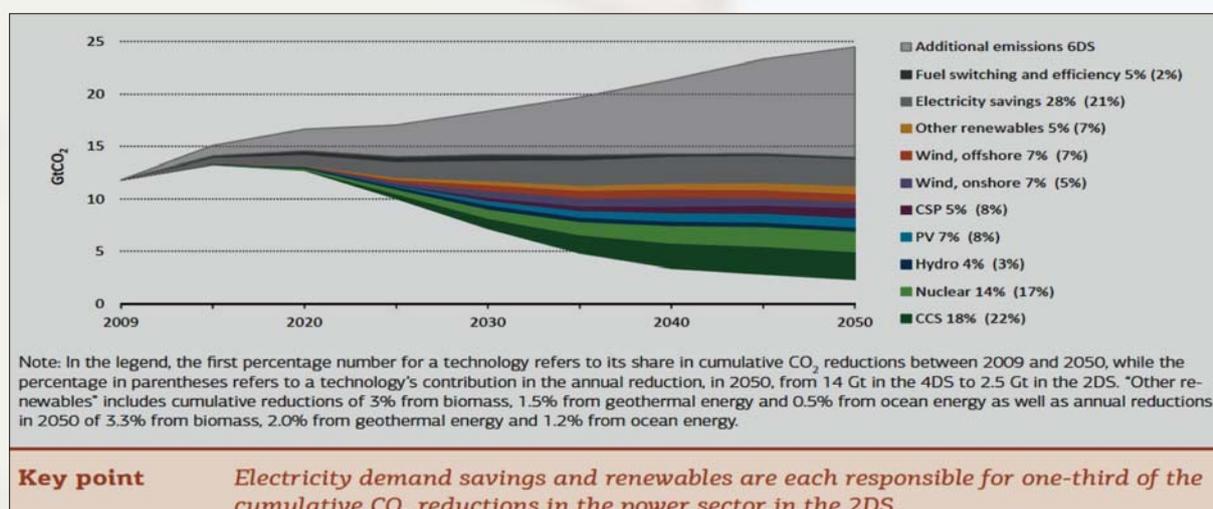
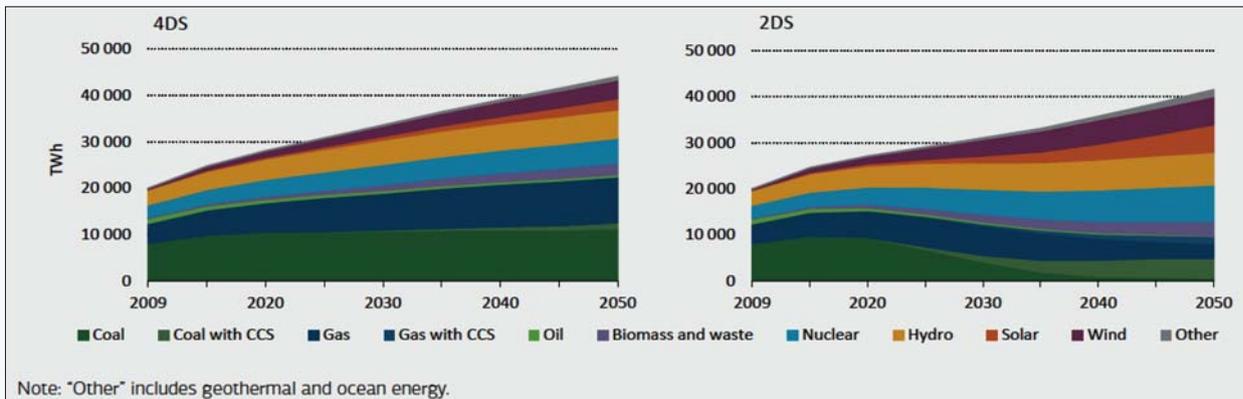


圖 2 電力業溫室氣體排放減量關鍵技術 (2°C 與 4°C 情境)

資料來源：IEA, Energy Technology Perspectives 2012, pp.375



Key point In the 2DS, global electricity supply becomes decarbonised by 2050.

圖 3 電力業發電結構 (2°C 與 4°C 情境)
資料來源：IEA, Energy Technology Perspectives 2012, pp.371

為 4.12%。101 年能源總供給中，自產能源占 2.18%，進口能源占 97.82%；若按能源別區分，則煤炭占 29.69%，石油占 47.96%，天然氣占 12.14%，生質能及廢棄物占 1.32%，水力發電占 0.38%，核能發電占 8.32%，地熱、風力及太陽光電占 0.11%，太陽熱能占 0.08%。

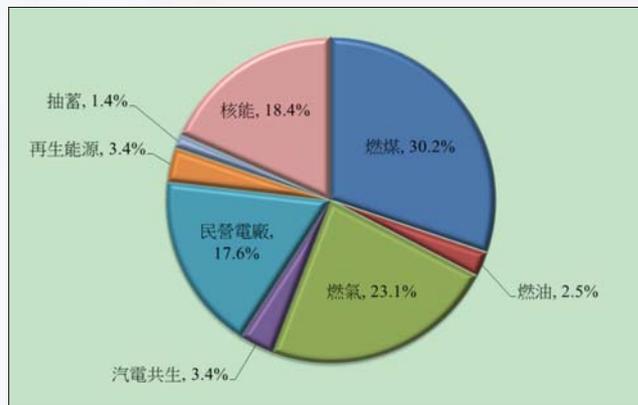


圖 5 台灣電力系統發電結構圖
資料來源：台電公司發電月報 101 年 12 月

源，其次為燃氣及核能發電，由於燃煤發電產出之二氧化碳較高，因此提高台灣發電的碳排放係數。

若純粹以能源局公告之 101 年度電力排放係數 0.532kg CO₂ / 度來計算各能源總類發電下衍生之排碳量如表 1，其中燃煤與燃氣發電合計排放之 CO₂ 約為 87 百萬噸，核能與再生能源因其為潔淨能源，僅在製造過程有碳足跡之產生，在發電過程並無 CO₂ 排放之問題，可抵約 25 百萬噸之 CO₂ (表 2)。

表 1 依能源局公告之電力排放係數推估各種發電之 CO₂ 排放量

發電種類	CO ₂ emission /Mton
燃煤	45.8
燃油	2.8
燃氣	34.1
汽電共生	3.8
再生能源	3.9
抽蓄	1.6
核能	20.7

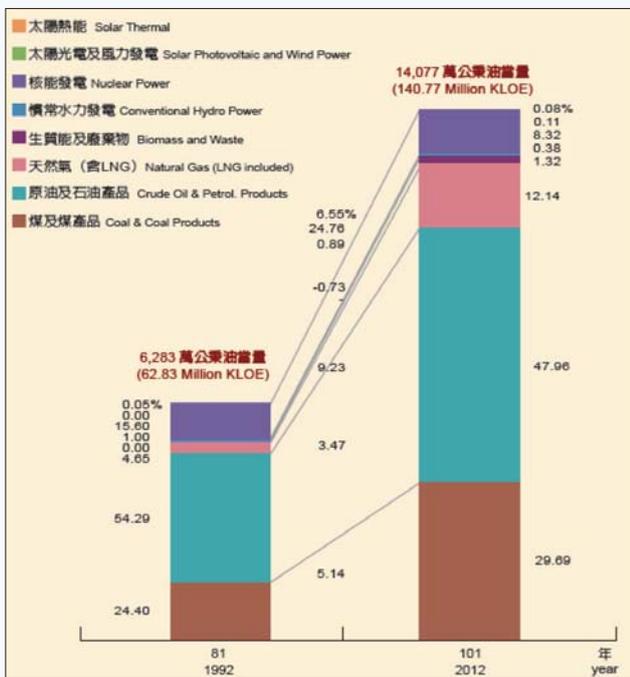


圖 4 能源供給結構

資料來源：經濟部能源局 101 年能源統計手冊，P27

以電力供給結構 (圖 5)，101 年總發電度數為 2,117 億度，其中燃煤火力占 40.6%，燃氣火力占 30.3%，燃油火力占 2.5%，再生能源占 3.4%，抽蓄水力占 1.4%，汽電共生占 3.4%，核能占 18.4%。因此國內電力供給結構仍以燃煤發電為主要之電力供給來

表 2 2010~2012 各種發電之推估排碳量

年份	年發電量 kWh	年排碳量 ton	潔淨能源 ton	折抵碳排放量 ton	核能 ton	風力 ton	光電 ton	水力 ton	風光占比 %	核能占比 %	水力占比 %
2010	207,384,732,508	1,109,508,319	24,195,617	1,085,312,702	21,415,259	547	3	2,230	2.27%	88.51%	9.22%
2011	213,042,156,707	1,141,905,960	24,692,654	1,117,213,306	21,719,915	821	20	2,131	3.41%	87.96%	8.63%
2012	211,708,203,884	1,126,287,645	24,558,919	1,101,728,726	20,688,037	792	74	3,005	3.53%	84.24%	12.24%

註：潔淨能源為核能 + 水力 + 風力 + 太陽光電發電之總和

然而 101 年度電力排放係數為 0.532 kg CO₂ / 度，係為台灣各種電力供應產出為基準所計算出來的一個當量值，其計算基數包含燃煤、燃油、燃氣、汽電共生、抽蓄、核能與再生能源機組的一個當量係數數值；今若以純燃煤機組來估算法力電廠消耗一頓煤作為發電會產生多少公噸 CO₂ 以及能發多少度電？

煤燃燒化學方程式：C + O₂ → CO₂

分子量：12 + 2 × 16 = 44

重量比：(12/12) = 1 : (2 × 16/12) = 2.67 : (44/12) = 3.67

假設煤種類為 low-VM 其熱值為 35GJ/ton、水分灰分占 10% 及雜質可用煤占 88% 重；發電系統的發電效率為輸入熱值的 1/3。

則 1 公噸燃料中可用煤重：1000 × (1-0.1) × 0.88 = 792 (kg)，1 公噸燃料燃燒後將產生 CO₂ 重量 = 792 × 3.67 = 2904 (kg) = 2.904 (ton)。

因發電系統的轉化熱值效率為 1/3，1 公噸燃料煤其總熱值為：

35 × (1/3) × 792 = 11.7GJ = 11700MJ

再者，一度電 = 1kWh = 1(J) × 60 × 60 × 1000 = 3600000 (J) = 3.6MJ

所以一公噸燃料（792 公斤煤）約可發電 = 11700/3.6 = 3240 (kWh)

則此燃料其排放係數將增至為 2904/3240 = 0.896 (kg CO₂ / 度)

如果以上述計算所得之燃煤碳排放係數取代 101 年能源局公佈之電力排放係數則 101 年度燃煤所產生之二氧化碳會由 45.8 百萬噸增加至 45.8*(0.896/0.532) = 77.1 百萬噸，約增加 40.6% 的碳排量來自於國內燃煤發電機組，因此如何極大化來利用免燃料的再生能源發電系統替代部分燃煤發電將會明顯彰顯台電公司節碳的成效。

我國減碳政策

我國自產能源不足，能源進口依存度高，近年來國際能源價格持續波動，不但對國內物價造成莫大壓力，對經濟衝擊亦逐漸浮現。我國近年以來大力推動新能源政策，一方面鼓勵節約能源，另一方面推動潔淨能源，並於 100 年 11 月 3 日宣示「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」政策，我國再生能源至 2030 年前各種再生能源技術規劃目標如表 3 所示，在此新能源政策下台電公司要有效的完成節能減碳，有效的減少因進行能源轉換的碳排放則必須於電力供應端上增設再生能源發電機組。

表 3 推廣再生能源分年規劃目標，註 () 為台電公司計劃再行設置之裝置容量

能源別	2010	2015	2020	2025	2030
陸域風力(MW)	478	866(47.8)	1,200(222)	1,200	1,200
離岸風力(MW)	0	15	600(108)	1,800	3,000(1,494)
水力 (MW)	1,977	2,052(40.6)	2,112	2,502	2,502
太陽光電(MW)	22	420(9.2)	1,020(15)	2,500	3,100
地熱能 (MW)	0	4	66(0.2)	150	200(4.8)
沼氣發電(MW)	10	29	29	31	31
廢棄物 (MW)	614	848	925	1,369	1,369
海洋能 (MW)	0	1	30	200	600(1)
燃料電池(MW)	0	7	60	200	500
合計 (MW)	3,101	4,242	6,042	9,952	12,502
發電量 (kWh)	8,828,547,000	12,076,974,000	17,201,574,000	28,333,344,000	35,593,194,000
CO ₂ emissions (Mton)	4.72	6.42	9.15	15.07	18.94

(各年推估之再生能源發電量係依照行政院公佈之 2030 年發電量 (356 億度) 予以推估並以 101 年電力排放係數加以推估減碳量)

資料來源：台電減碳目標計畫畫期末報告，P34

截至目前為止台灣電力公司已依照規畫完成三期風力發電計畫，總計完成安裝 161 台風力發電機，總裝置容量為 282.76MW。

■ 第一期計畫 (January 2003-December 2008)

分別有四種機型三種單機額定容量共計有 60 台風力發電機於本期計畫完成商轉，本期計畫總裝置容量為 98.96 MW，本期相關場址、機型、單機容量、數量及成本等詳表 4。(註：台中電廠部分原規畫設置 4 台風機，目前減少一台)

■ 第二期計畫 (January 2005~September 2011)

第二期計畫台電共設置 58 台單機額定容量為 2000kW 總裝置容量為 116 MW，本期相關場址、機型、單機容量、數量及成本等資訊詳表 5。

■ 第三期計畫 (January 2007~September 2011)

第三期計畫台電共設置 36 台，單機額定容量分為 900kW、2000kW 及 2300kW 等三種機型總裝置容量為 69 MW，本期相關場址、機型、單機容量、數量及成本等詳表 6。

另外有關太陽光電部分截至目前為止台灣電力公司已依照規畫完成太陽光電一期計畫，總計完成安裝總裝置容量為 10,432.04kWp；另有目前規劃施工中的太陽光電一期修正計畫，預計安裝總裝置容量為 9200 kWp。

■ 太陽光電一期計畫 (January 2008~December 2011)

本期相關場址、裝置容量、模組廠牌 / 額定容量、INVERTER 廠牌 / 額定容量及成本等詳表 7。

表 4 一期風力發電設置情形統計表

Site	Wind Turbine Type	Rated output	Quantity	unit set cost (US \$/set)	Unit kW cost (US \$/kW)
石門	VESTAS V47 (DK)	660 kW	6	949,267	1,433
大潭 (I)	GE 1.5Se (USA)	1500 kW	3	2,196,567	1,467
觀園			20		
香山	Gamesa G80 (ESP)	2000 kW	6	3,201,067	1,600
台中港	STX Z72 (Korea)	2000 kW	18	2,565,667	1,267
台中電廠			3		
恆春	GE 1.5Se (USA)	1500 kW	3	2,196,567	1,467

表 5 二期風力發電設置情形統計表

Site	Wind Turbine Type	Rated Power	Quantity	unit set cost (US \$/set)	Unit kW cost (US \$/kW)
彰工	VESTAS V80 (DK)	2000kW	23	2,888,867	1,433
雲林麥寮			15	3,701,767	1,850
四湖			14	5,333,333	2,667
林口			3		
大潭 (II)			3		

表 6 三期風力發電設置情形統計表

Site	Wind Turbine Type	Rated Power	Quantity	unit set cost (US \$/set)	Unit kW cost (US \$/kW)
彰工 (II)	VESTAS V80 (DK)	2000 kW	8	5,129,600	2,563
雲林麥寮 (II)			8		
金門金沙			2		
彰化王功	ENERCON E-70 (DE)	2300 kW	10	5,930,200	2,963.
大潭 (II)			2		
澎湖湖西	ENERCON E-44 (DE)	900 kW	6	2,769,367	3,257

表 7 太陽光電一期計畫設置情形統計表

場 址	裝置容量	模組廠牌 / 額定容量 (Wp)	INVERTER / 廠牌 / 額定容量 (Wp)	Unit kW cost (US \$/kW)
台中電廠 D-E 生水池	1508.64	Kyocera KD210GH-2P/210	Xantrex Technology Inc GT100-480/100	0.4
興達電廠 #3~#6 生水池	953.19	Kyocera KD210GH-2P/210	SOLECTRIA PV195kW/95	0.36
金門金沙	528	Apollo KAP-200/200	Power-One PVI-CENTRAL -100-US-480/100	0.46
中部儲運	91.8	Apollo KAP-200-54/200 Sun Well Solar WD-A-CC-0872/85	PHOENIXTEC Sunville 10000/10	0.35
嘉義民雄	60			
東勢新伯公	115.8			
永安鹽灘地	4636.8	SUNTECH STP280-24vd/280	SE (Xantrex) GT280-480/250	0.27
核三廠 (水池區)	1209.6	SUNTECH STP280-24vd/280	Satcon PVS-50/50	0.23
核三廠 (車棚區)	248.64		Satcon PVS-250/250	
路北 E/S	60.06	AUO PM220P00/220	PHOENIXTEC Sunville 10000/10	0.31
興達電廠 SCR	60.06			
尖山電廠	70.62			
卓蘭會館	41.9			
中大 D/S	40.26	AUO PM220P00/220		
澎湖七美	155.25	KENMEC TKSA-23001/230	PHOENIXTEC Sunville 10000/10	0.4
大潭電廠 #1、#2 生水池	651.42	a2 Peak PEAKON P230-60/235	Power-One PVI-CENTRAL -100-US-480/100	0.32

行政院於 101 年 2 月核定「陽光屋頂百萬座計畫」及「千架海陸風力機計畫」擬定的「陽光屋頂百萬座，千架海陸風力機」推動計畫，2025 年再生能源裝置容量將達 9,952 MW，占總裝置容量 14.8%，而 2030 年進一步擴大至 12,502 MW，占發電總裝置容量 16.1%，行政院推估 2030 年再生能源的年發電量約 356 億度，可扣抵之二氧化碳排放量（以 101 年電力排放係數 0.532kg CO₂/度計算）分別為約 15 百萬噸（2025 年）及 19 百萬噸（2030 年），意即隨著再生能源占比提高，可扣抵之二氧化碳排放量亦隨之提高。唯依台電公司減碳報告，2020 年及 2025 年的二氧化碳排放量分別為 145.1 及 181.2 百萬噸（圖 6），因此當國內經濟成長與用電成長速度呈正比關係時，整體用電量會逐年成長，碳排放量也隨之增加。如預定設置之再生能源發電佔比不及上表所規劃之總額，則原估算之碳排放更會增加。



圖 6 台電公司預估供電量與基線二氧化碳排放量

資料來源：台電減碳目標計畫期末報告，P9

台灣電力公司隨著每年風況、機組商轉裝置容量以及營運可用率等不同條件下，從民國 95 年至 101 年累計總發電量已達約 31.5 億度電，歷年營運之容量因數分別為 29.71%、25.50%、21.95%、23.60%、25.52%、32.00% 及 29.27%；台電風機近五年（97 年至 101 年）發電量、容量因數及可用率詳細情形如圖 7 所示，由圖中可發現 100 年風況（發電量最高）較 101 年佳，101 年風機最況最佳（可用率最高）。

由於台灣風況特殊冬天東北季風盛行風速強勁，春夏兩季風況較差主要風向為南風，因此台灣風力發電機轉換風能的月趨勢圖會呈現出兩端發電量高的極端情形，如圖 8 所示，由於台灣東北季風旺盛，每年 1~3 月及 10~12 月的發電量約佔整年度之 70%。

以台灣地域性來看台灣南部因為太陽光日照較為充足單位裝置容量也較佳，依據台灣電力公司太陽光電可行性研究我國北部地區平均發電量 2.3-2.7 度/kWp·Day、中部地區 2.7-3.2 度/kWp·Day、南部地區 3.3-3.7 度/kWp·Day [4]，截至 101 年底目前為止台灣電力公司已設立太陽光電總裝置容量約達 10.4MW（非同一年度完工），自 99 年至 101 年累計發電量已達 25,709,914 度，其中 101 年共計發電 13,206,306 度，本年南部廠址的永安鹽灘地太陽光電發電量達 6,526,455 度，平均每千瓦每日可發電 3.86 度；中部地區台中電廠 D-E 生水池發電量達 1,904,342 度，平均每千瓦每日可發電 3.46 度，比較原可行性評估與 101 年台電公司

中部與南部大型廠址發電情形，兩廠址知實際發電量皆略高於可行性評估之發電量。

總結來講風力發電 99 年至 101 年年發電量分別為 515、803 及 737 百萬度電，而太陽光電年發電量（因每年裝置容量不同）分別為 3.86、8.64 及 13.2 百萬度。若以 101 年能源局公告之發電碳排放係數（0.532 kg CO₂/度）來計風力與太陽能發電在這三年來共為台灣電力公司省碳 1106.93 百萬公斤，若假設這三年的發電量來取代燃煤機組並以先前計算燃煤之碳排係數（0.896 kg CO₂/度）計則三來來共省碳 1864.31 百萬公斤，近三年來電力供應端隨著再生能源發電設備增加每年節碳的情形如下表 9 與表 10。

表 9 99-101 年風力發電量與節碳統計表

	99 年	100 年	101 年
風力發電量（百萬度）	515	803	737
依 101 年碳排係數計（百萬公斤） （0.532 kg CO ₂ /kWh）	273.98	427.20	392.08
依燃煤碳排放係數計（百萬公斤） （0.896 kg CO ₂ /kWh）	461.44	719.49	660.35

表 10 99-101 年光電發電量與節碳統計表

	99 年	100 年	101 年
太陽能（百萬度）	3.86	8.64	13.2
依 101 年碳排係數計（百萬公斤） （0.532 kg CO ₂ /kWh）	2.05	4.60	7.02
依燃煤碳排放係數計（百萬公斤） （0.896 kg CO ₂ /kWh）	3.46	7.74	11.83

再生能源為減碳「要角」

台灣電力公司自 99 年至 101 年之風力及太陽光電三年來共可減碳 1106.93 百萬公斤；另為配合政府「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之能源政策，預計我國再生能源占比由 2012 年的 3.4% 提升至 2030 年的 16.1%，預估可減碳 19 百萬噸。依經濟部能源局規劃，至 2050 年隨著再生能源佔比提高，預計可減碳 33 百萬噸；若以燃煤之碳排係數（0.896 kg CO₂/度）換算則可減碳 56 百萬噸，由此可見再生能源設置比例的上升對我國減碳目標扮演相當重要之角色。

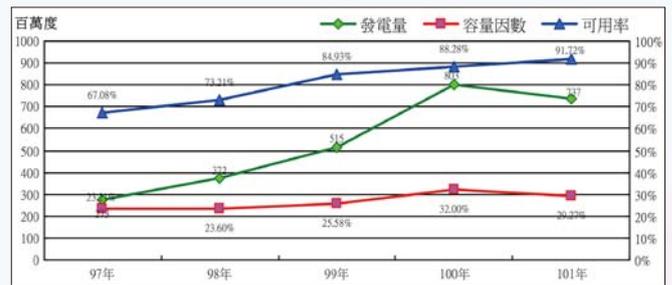


圖 7 台電風機近五年運轉情況

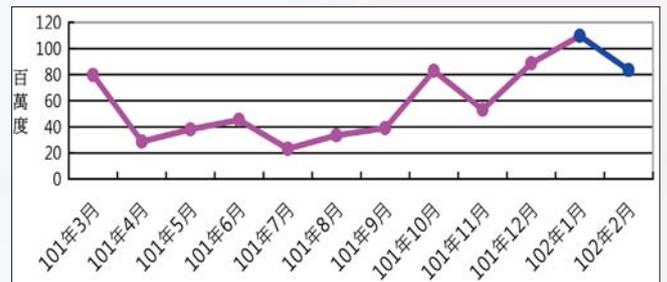


圖 8 台電公司 101 年度風力發電量月分佈情形

依能源局所公布之 101 年能源手冊，能源部門乃居排碳量之首（如圖 9），故其排碳量佔 77%，雖然我國為能源密集度相當高之產業結構，唯能源部門所供應之能源乃為各部門使用（如圖 10），尤其以工業部門為大宗，因此節能減碳並非只是單一部門的工作，必需由台灣能源供應公司的龍頭 - 台電作起，而台電減碳的最佳著力點在於擴大電源供應端的再生能源發電佔比，增加再生能源佔比除可有效節能減碳並降低進口燃料依存度與成本，另外全國人民亦應配合能源局與政府政策全民共同努力，一同創造低碳的台灣島。

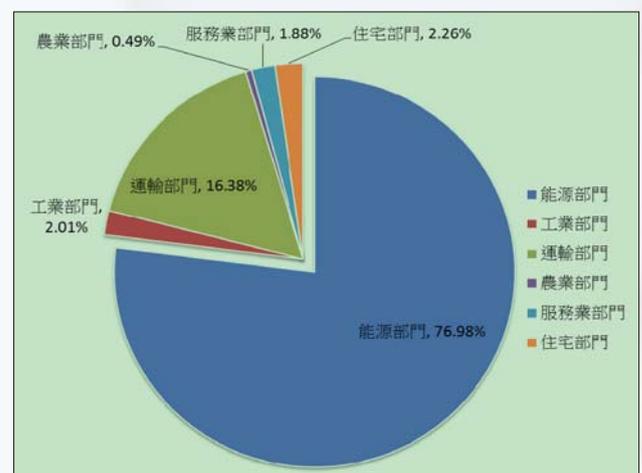


圖 9 各部門之排碳量佔比

資料來源：經濟部能源局 101 年能源統計手冊

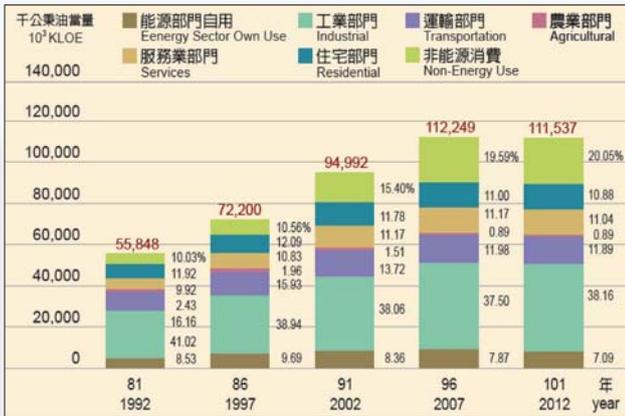


圖 10 國內能源消費 (按部門別)

資料來源：經濟部能源局 101 年能源統計手冊，P43

參考文獻

1. 永續能源政策綱領，經濟部，97 年 6 月 5 日。
2. 我國燃料燃燒二氧化碳排放統計，經濟部能源局，102 年 7 月。
3. 能源統計手冊，經濟部能源局，102 年 7 月。
4. Eurelectric (2010), Power Choices_Pathways to Carbon-Neutral Electricity in Europe by 2050.
5. IEA Energy Technology Perspective 2012.
6. 台電公司，發電月報，101 年 12 月。
7. 台電減碳目標計畫期末報告。
8. 千架海陸風力機計畫推動辦公室。
9. 陽光屋頂百萬座計畫推動辦公室。

業務範圍

本院以問題導向之整合研究為出發點，將基礎研究的成果加以拓展，並轉化成產業界立即可用之服務推廣和教育訓練，以服務營建產業中相關之廠商、行政單位以及研究單位，以滿足其在運作上之需求。另一方面，亦同時加強與國內外產官學界之交流合作，以掌握最新的產業發展資訊，並加強與世界之互動關係。



我們的服務

工程技術與營建管理研究所

1. 非破壞性檢測技術之應用研究
2. 施工困難工程之處理研究
3. 設施維護管理之參數分析與管理研究
4. 工程災害及工程風險之規劃與評估研究
5. 永續生態工程研究
6. 大地構造物設計程序及規範研究
7. 新材料/工法應用可行性分析、審查與驗效/規範產出與市場化服務
8. 結構安全鑑定與產品性能驗證。

產業資訊與推廣處

1. 工程概估資料庫建置與維護
2. 常用價格資料庫建置與維護
3. 維護策略檢討及維護預算編列
4. 規範維護與管理標準化服務
5. 促參案件評估與輔導服務
6. 履約及專案管理
7. 都市更新及規劃顧問諮詢服務
8. 教育訓練及工程品質訪視輔導
9. 兩岸合作交流服務

出版品



- 營建知訊
- 營建物價
- 綠建材專刊
- 植栽手冊



財團法人臺灣營建研究院
TAIWAN CONSTRUCTION RESEARCH INSTITUTE

TEL: (02) 8919-5000 FAX: (02) 2911-3541 歡迎向本院洽詢
231 新北市新店區中興路二段190號11樓 www.tcric.org.tw

土石壩品質檢驗之試驗與探討一 以湖山水庫為例

蔡宗翰／經濟部水利署水利規劃試驗所工程員

湖山水庫工程為國內重大工程，大壩土方檢驗工作極為重要，亦是影響未來大壩是否安定的重要因素，因此檢測的方法及成果顯得相當重要。本文即以湖山水庫為例，針對主要試驗項目「土壤壓實度快速控制法試驗」及「相對密度試驗」進行說明，並對現場可能造成不合格之成因初步探討，作為施工管控的參考。

湖山水庫背景資料

湖山水庫之壩址位於雲林縣斗六市東南方約十公里處，由竹山鎮桶頭攔河堰左岸取水，屬於離槽式水庫，並與集集攔河堰聯合運用，以增供雲林、南投地區之公共用水，蓄水模擬圖如圖 1。其壩型係採用中

央黏土心層分區型滾壓式土石壩；壩頂標高為 216 公尺，壩頂寬為 10 公尺，壩頂長度湖山主壩 578 公尺、湖山副壩 334 公尺、湖南壩 609 公尺；上游擋水壩標高為 170 公尺；壩體最大高度為 75 公尺；壩上下游坡度為上游坡度 $V:H = 1:3$ 、下游坡度 $V:H = 1:2.5$ ，大壩標準斷面圖如圖 2；壩體體積為 1,279 萬立方公尺，總蓄水量約 5,218 萬立方公尺，與苗栗鯉魚潭水庫相比較（壩體體積 356 萬立方公尺，總蓄水量 1 億 2 千 6 百萬立方公尺），可發現壩體體積湖山水庫約為鯉魚潭水庫之四倍，但其總蓄水量卻無鯉魚潭水庫之一半，可見目前台灣適合築壩之地形地質條件越來越少，同時凸顯湖山水庫壩體體積之大，因此其品質檢驗相當重要，大壩現場填築情形如照片 1。

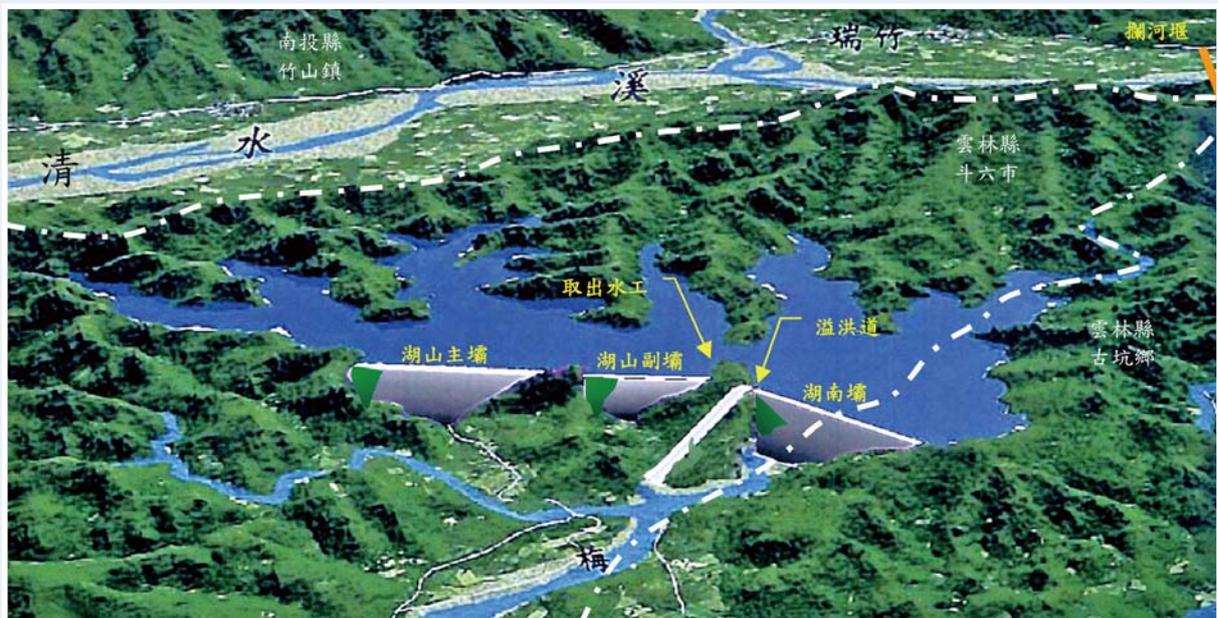


圖 1 湖山水庫蓄水模擬圖（資料來源：<http://www3.wracb.gov.tw>）

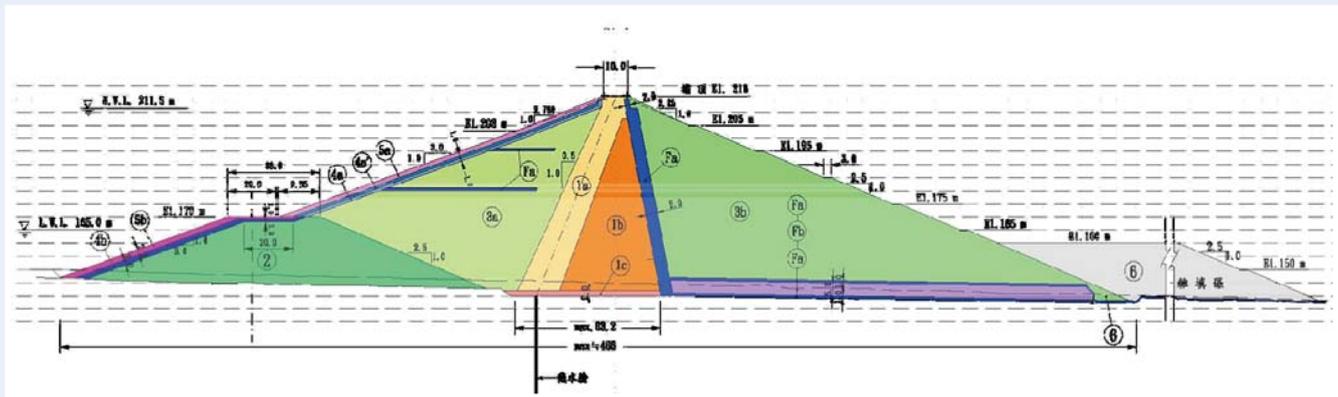


圖 2 湖山水庫大壩標準斷面圖



照片 1 大壩現場填築情形 (100 年度上旬進度, 改繪自 <http://www3.wracb.gov.tw>)

品質檢驗標準與方法

大壩主體以土方填築為主，含水量控制為主要因素。施工含水量的管制界限為使填土性質合乎設計考慮的安定條件之施工範圍，若大壩不透水層之施工含水量過高，則隨填方高度之增加而產生很高的孔隙水壓，此項孔隙水壓減少土壤顆料間的有效壓力，影響填方安定。故應訂定施工含水量之上、下限，以合乎施工之安定。依據經濟部中區水資源局 97 年 6 月湖山水庫工程計畫大壩工程「施工規範(上冊)」第 2 篇 02314 章，摘錄整理其各品質控制如表 1。

依表 1 湖山水庫大壩填築分區檢驗標準，主要試驗項目為「土壤壓實度快速控制法試驗」及「相對密度試驗」。其中「土壤壓實度快速控制法試驗」，係針對心層、特別輾壓層、殼層及雜填區之土方檢驗部份，為參考美國墾務局 USBR 大壩填築經驗所採用之試驗

方法，其優點為迅速可求得含水量差值及密度值，對於趕工之輾壓工程，無需等待隔日含水量值，當日就可算出壓實度 D 值及含水量差值 $w_o - w_f$ ，不會耽誤升層的現場進度，可提供現場品管即時控管，試驗流程及施作過程如圖 3 與照片 2；「相對密度試驗」即一般所謂之最大最小指標試驗，係針對濾層、排水層及墊層之粒料檢驗，其中部分墊層料為最大粒徑 2" 以上之級配料，現場密度值因尺度問題，無法以傳統砂錐法進行，因此需配合大尺寸工地密度(充水法)施作，相關施作過程如照片 3。

檢測成果綜合探討

以統計 100 年度湖山水庫申驗之試驗報告為例，大壩各分區檢驗成果不合格率成因統計，如圖 4。

其中土方部份，以「壓實度不足」、「含水量偏濕

表 1 湖山水庫大壩填築分區檢驗標準

填方(區)	填方量(m³)	借土區	含水量	規定壓實度	控制試驗與方法
1a	903,551	THR2、THR3選挖泥岩	OMC-1.5%~OMC+2.5%(輾壓試驗後決定)	.+4#,0~20%,D≥98%,平均D≥100%	1.夯壓：ASTM D698(Γd,max) 2.現地密度： USBR 7205-89(Γdt-sand cone) USBR 7220-89(rdt-pouring device) USBR 7240-89(rdt-Rapid control) 3. 2000m³(1a、1b、2、3a、3b)或每昇層或每工班至少一次，每150m³一次(1c)
1b	949,187	THR2、THR3、(THR4)及壩基開挖表土與風化岩		.+4#,20~40%,D≥95%,平均D≥98%	
1c	145,035	外購	OMC~OMC+3%	.+4#,40~60%,D≥93%,平均D≥95% 容許最大標準偏差≤2%	
2	1,089,208	THR2、THR3、及導水明渠開挖取水工上游山脊開挖料	OMC-2.5%~OMC+2.0%	.+4#,0~20%,D≥100%,平均D≥101%	
3a	3,021,575	THR2、THR3、(THR4)及壩基開挖料庫區挖軟岩料及取自大壩基礎開挖暫置料		.+4#,20~40%,D≥97%, .+4#,40~60%,D≥95%, 平均D≥96%;容許最大標準偏差≤2%	
3b	5,028,083	THR2、THR3、(THR4)及壩基開挖庫區開挖之軟岩		同Zone 1a	
4a	191,965	外購	充分濕潤(但不影響填築及重機械之行走為限)	1.Dd≥75% 2.Dd≥80%(20次平均)	1.每3000m³或每昇層至少一次相對密度試驗，並辦理-200#檢驗1次/1000m³(初期) 2.級配分析檢驗：1次/1000m³(初期)，俟施工程度再放寬於密度試驗時3000m³篩分析時同時辦理。 3.洛杉磯磨損與健性試驗： 1次/9000m³。 4.相對密度： 依USBR 7250-89(Dr) USBR 7220-89(Γdt-sand replacement) USBR 7221-89(rdt-water replacement) USBR 5525-89(rd,min) USBR 5330-89(rd,max)
4a'	194,835	外購			
4b	99,891	庫區河床料篩選			
Fa	723,550	外購			
Fb	153,303	外購			1.每2000m³或每層至少一次相對密度。 2.-200#篩及篩分析檢驗，配合密度試驗辦理。 3.洛杉磯磨損試驗(Fa)，健性、洛杉磯磨損試驗(Fb)為每一不同價購料源一次，同一料累積10,000m³填築體積時檢驗一次。
5a	324,830	外購			抗壓強度、健性、洛杉磯磨損試驗為每一不同價購料源一次，同一料累積10,000m³一次。
5b	1,083,808	庫區河床料篩選φ>15cm			抗壓強度、健性、洛杉磯磨損試驗為每一不同價購料源一次，同一料累積10,000m³一次。
6	1,669,173	一般結構、基礎開挖	OMC±3%	.+4#,0~20%,D≥95%,平均D≥98% .+4#,20~40%,D≥95%,平均D≥98% .+4#,40~60%,D≥93%,平均D≥95% 容許最大標準偏差≤3%	同Zone 3b，但每3000m³檢驗一次。
2	133,708	壩區開挖所產生之不適宜填壩材料		D≥90%	每5000m³至少一次壓實度試驗

側」、「含水量偏乾側」、「壓實度及含水量皆不合格」進行分析討論，心層(1a、1b)及殼層料(3a及3b)，明顯以「含水量偏乾側」(加水量不足)之比例居多，

加水量之問題，原因大致可歸類於水車噴灑方式、噴水動線、料源加水後之處理(是否先至借土區處理至合宜含水量再回填)、機具輾壓過程等等，甚至是現場

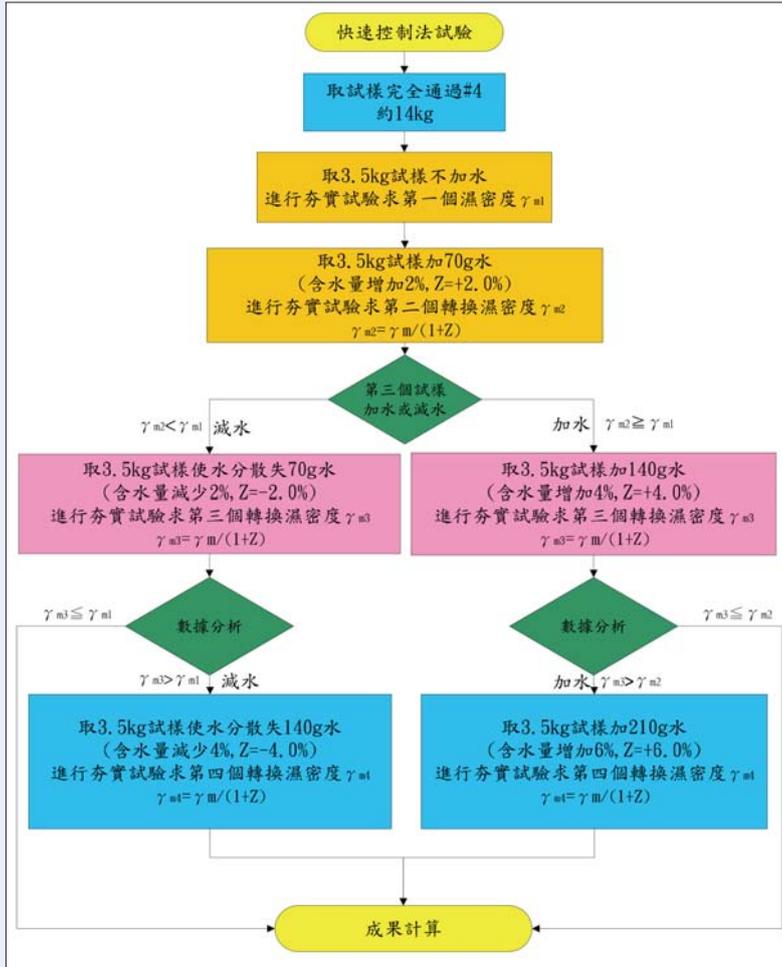
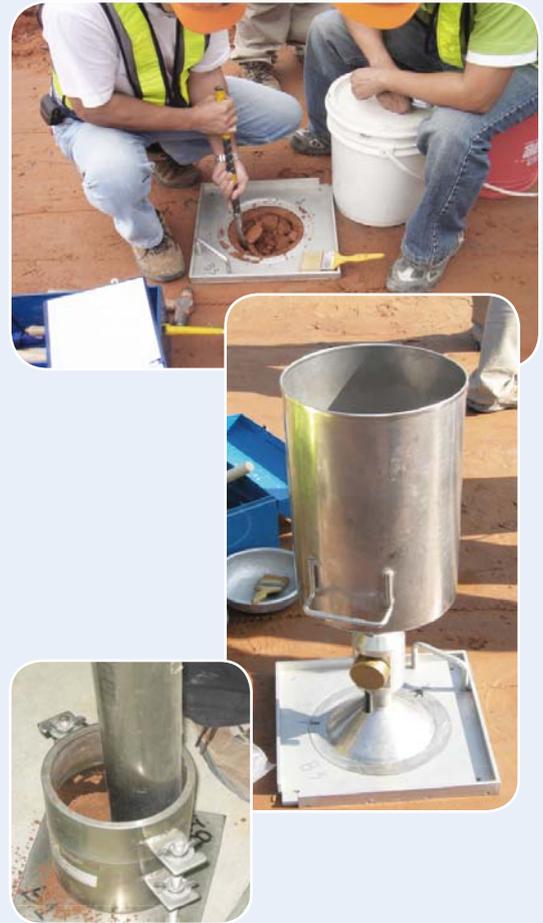


圖 3 土壤壓實度快速控制法試驗試驗流程



照片 2 土壤壓實度快速控制法試驗施作情形



照片 3 相對密度試驗施作情形

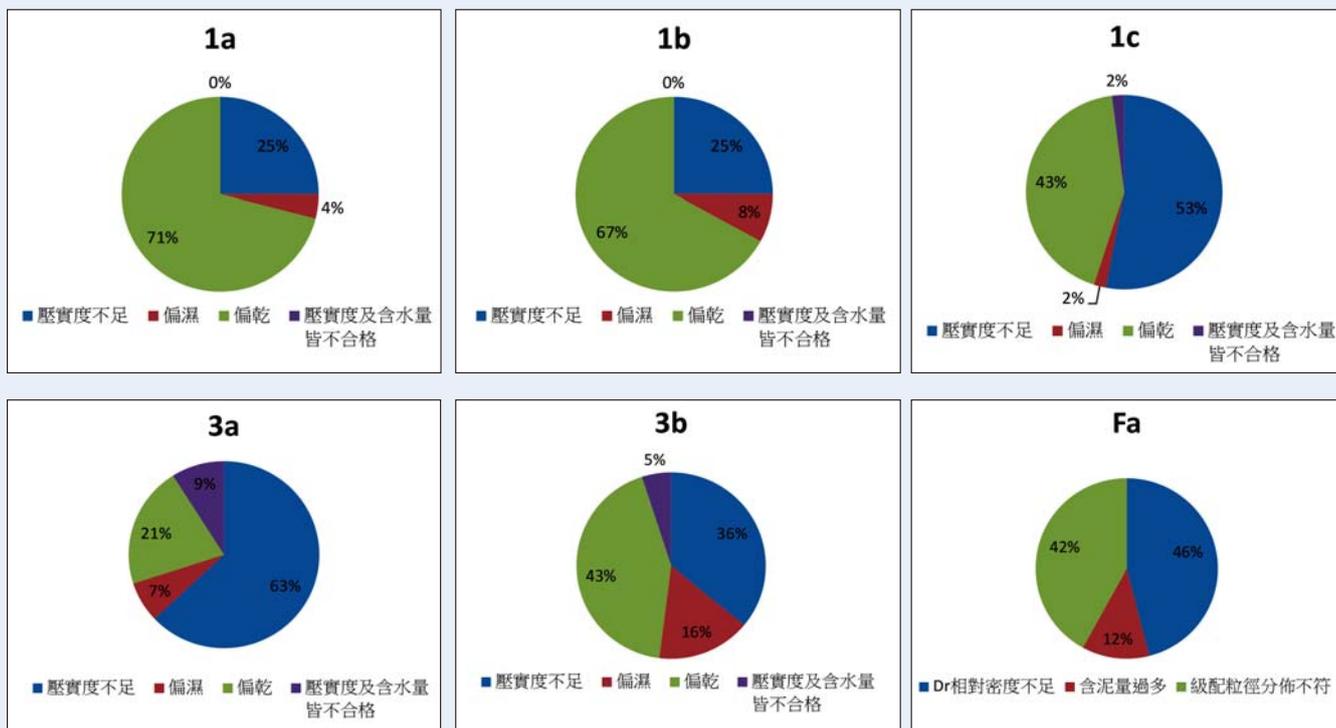


圖 4 大壩各分區檢驗成果不合格率成因統計

開挖之庫區岩材（岩性屬砂頁岩互層），因砂泥質比例不均，材料性質不同亦會影響加水後之均勻性等等。特別輾壓料（1c）除含水量問題外，「壓實度不足」亦佔有一定比例，推判受限土壤本身特性，為PI值較高之塑性土樣較難掌握、含水量變化程度難控制、部分現場施工條件差（與山脊岩盤交界處），不易輾壓等因素造成。

其中粒料部份，以「Dr相對密度不足」、「含泥量過多」、「級配不符」進行分析討論，以濾層料（Fa）而言，上述三種因素皆互有，推測因濾層料屬於外購料，其料源來源不一，有些骨材其形狀較不平滑，受輾壓後會造成骨材顆粒破碎，產生小於200號材料大幅增加，導致含泥量偏高大於5%，影響密度、含泥量、級配變動。

檢驗報告·應具公正性

■ 各工項試驗檢驗項目出具之報告，應符合TAF認證基金會認可，並透過認證制度以確保檢驗之公正性及品質保證。

- 現場監造單位可透過成果統計分析，針對較常發生異常偏高之分區，進一步瞭解其現場施作方式，並加以改善追蹤。
- 施工單位、監造單位及實驗室間，建議可不定期討論，各施工經驗與檢驗可互相回饋分享，以提升整體施工首次合格率與施工進度。

參考文獻

1. 經濟部水利署中區水資源局，「湖山水庫工程計畫大壩築壩材料輾壓試驗成果報告」，1998。
2. 經濟部水利署水利規劃試驗所湖山水庫工地實驗室，「土壤壓實度快速控制法標準測試程序」，經濟部水利署水利規劃試驗所，2011。
3. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「湖山水庫工地實驗室設置及品質試驗（100年度）工作成果報告」，2013。
4. 經濟部水利署中區水資源局湖山水庫工程計畫網頁，<http://www3.wrccb.gov.tw/index.asp>。

都會區民眾使用高速公路 依賴程度之研究

蘇振維／交通部運輸研究所運輸計畫組組長

張舜淵／交通部運輸研究所運輸計畫組副組長

翟慰宗／交通部運輸研究所運輸計畫組助理研究員

本研究主要目的在於瞭解都會區民眾對高速公路的依賴程度，希望瞭解都會區民眾對於高速公路的使用量是否隨時空環境的變遷而有所變化；因此，先針對高速公路與地方各級道路長度及交通量變化情形，蒐集現有臺灣地區各級道路歷年長度，北中南三大都會區國道收費站歷年交通量調查統計，以掌握道路長度與交通量變化趨勢。並以「雙北桃園路廊（以泰山及樹林收費站為屏柵線）」、「苗栗臺中路廊（以后里及大甲收費站為屏柵線）」及「臺南高雄路廊（以岡山及

田寮收費站為屏柵線）」統計歷年國道交通量占該路廊交通量之比例，各級道路長度與都會區行政區面積比之道路密度，探討三大都會區國道交通量占比與道路密度之關連性。本文嘗試定義「都會區民眾使用高速公路的依賴程度指標」，考量 ETC 里程收費實施後，可透過 ETC 里程收費系統，可取得車輛行駛高速公路起迄資料，爰配合國道計程收費實施，研提替代性指標，以利有系統地觀察都會區旅次對於高速公路的依賴程度，俾利相關決策之分析。



都會區民眾對高速公路之倚賴程度日增

歷年道路長度與國道收費站交通量成長概況

圖 1 為自民國 55 年至 100 年各級道路里程及車輛登記數概況，民國 55 年尚未有國道服務，且沒有市區道路長度資料，僅有省、縣、鄉道等公路合計長約 14,759 公里。比較各級道路之成長狀況，民國 80 年至 100 年 20 年間，總道路長度（含專用公路）由 28,472 公里增為 40,901 公里，增加 43%；國道由 382 公里增至 989 公里，增加 1.6 倍，平均每年成長 4.87%；省縣鄉道等公路長度則由 80 年的 19,104 公里增至 99 年的 20,415 公里，約增加 7%，100 年因 5 直轄市正式運作，轄管道路配合調整，減少至 14,501 公里；而市區道路由 8,600 公里增為 99 年的 18,459 公里，100 年則大幅增為 25,185 公里，20 年來計增加 16,585 公里（約 1.9 倍）。同時期，汽車登

記數由近 318 萬輛增為 700 萬輛，增加約 1.2 倍，機車則由 741 萬輛增為 1,517 萬輛，增加約 1 倍。

過去 20 年來總道路里程雖有成長，但成長倍數遠不如車輛的成長幅度；各級道路中又以市區道路里程成長 1.9 倍略高於高速公路的 1.6 倍。國道里程所佔比例則由 1.34% 提升至 2.42%。

民國 80 年至 100 年間，平均每日通過國 1 及國 3 收費站之車輛由 80.99 萬輛，增為 151.19 萬輛，增加約 87%。3 大都會區的主要收費站，含國 1 之泰山（北）、后里（中）、岡山（南）及國 3 之樹林（北）、大甲（中）、田寮（南）等 6 個收費站，亦由 32.56 萬輛／日增為 66.79 萬輛／日，增加 1.05 倍。都會區通過輛次佔所有收費站輛次之比例則由 40% 略提高為 44%，其中臺北都會區泰山與樹林 2 收費站通過輛次比例由 22% 略增為 26%。詳圖 2 所示。

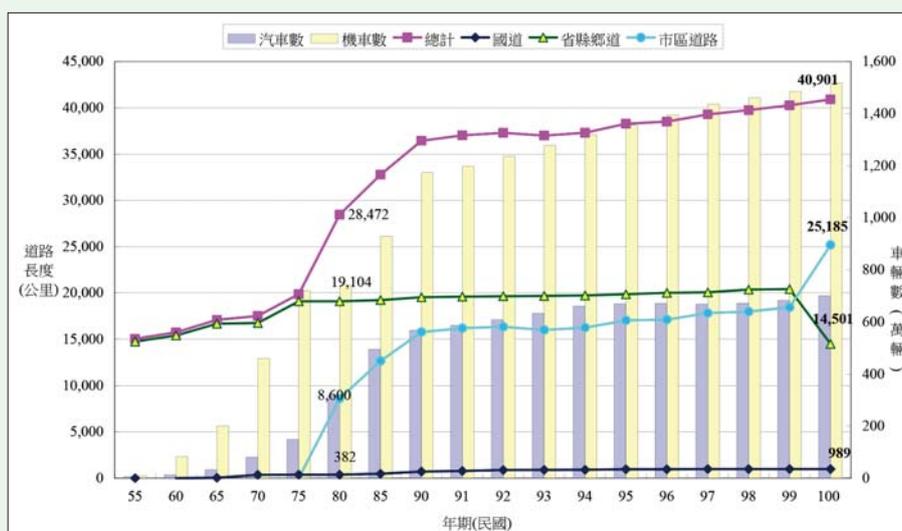


圖 1 各級道路里程及車輛登記數概況

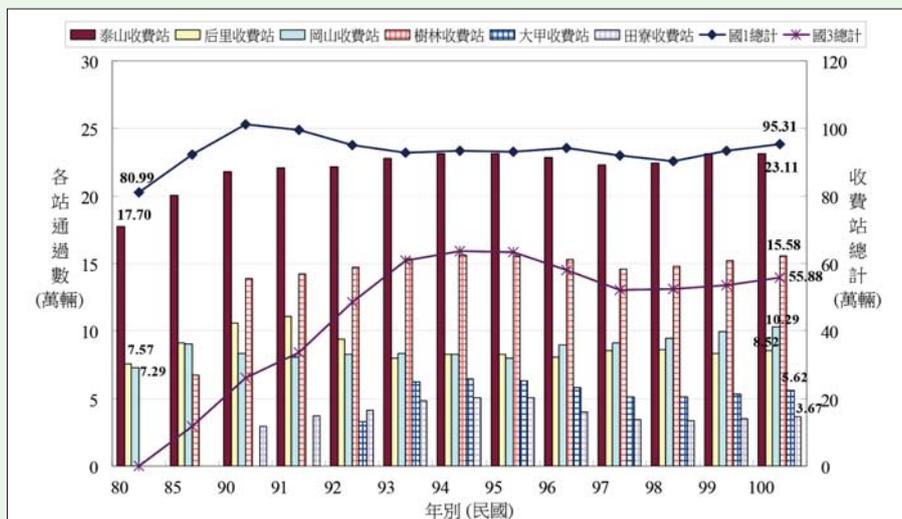


圖 2 高速公路收費站平均日通過車輛數概況圖

整體而言，過去 20 年來總道路里程雖有成長，但成長倍數遠不如車輛的成長幅度；各級道路中又以市區道路里程成長 1.9 倍略高於高速公路的 1.6 倍。在車輛使用高速公路方面，則增加約 87%，但通過都會區收費站車輛所佔之比例則由 40% 略提高為 44%。

高速公路收費站屏柵線歷年交通量變化

由於高速公路至 98 年底才完成全面性的車輛偵測器 (VD) 建置，以往年度高速公路各路段並無完整交通量資料可供運用，僅能利用收費站的交通量資料，故本文以通過收費站屏柵線的路廊交通量資料，分析國道交通量在該路廊之占比；另外，為使北中南各地區有一致評量標準，以道路密度代表該地區之路網密集程度，蒐集國道高速公路局、公路總局歷年交通量資料以「雙北桃園路廊（以泰山及樹林收費站為屏柵線）」、「苗栗臺中路廊（以后里及大甲收費站為屏柵線）」及「臺南高雄路廊（以岡山及田寮收費站為屏柵線）」（位置如圖 3 所示）統計分析歷年國道交通量占該路廊交通量之比例與道路密度之關連性。

北部地區雙北桃園路廊屏柵線交通量變化情形

北部地區雙北桃園路廊屏柵線，國道（含國道 1 號、國道 3 號）、省道（台 1 線、台 3 線、台 15 線、台 61 線）及縣道（105 線、108 線、110 線、114 線）歷年交通量變化（如圖 4）統計如下：

(1) 民國 100 年通過雙北桃園路廊屏柵線國、省、縣道交通量總計 50.55 萬輛／日。



圖 3 各屏柵線位置示意圖

- (2) 民國 65 年國道 1 號臺北至三重段完工通車，民國 70 年國道交通量約為 5.57 萬輛／日，其後，逐年成長，至民國 94 年達到高峰，約為 38.7 萬輛／日，民國 97 與 98 年因受國際油價上漲及全球金融風暴影響，雙北桃園路廊國道交通量稍下滑至 36.96 萬輛／日，近年來則有回穩現象，民國 100 年國道交通量約為 38.69 萬輛／日。統計民國 70 年至 100 年雙北桃園路廊國道交通量增加計 33.12 萬輛／日，年平均成長率約為 6.67%。
- (3) 雙北桃園路廊省道交通量量於民國 70 年約為 3.13

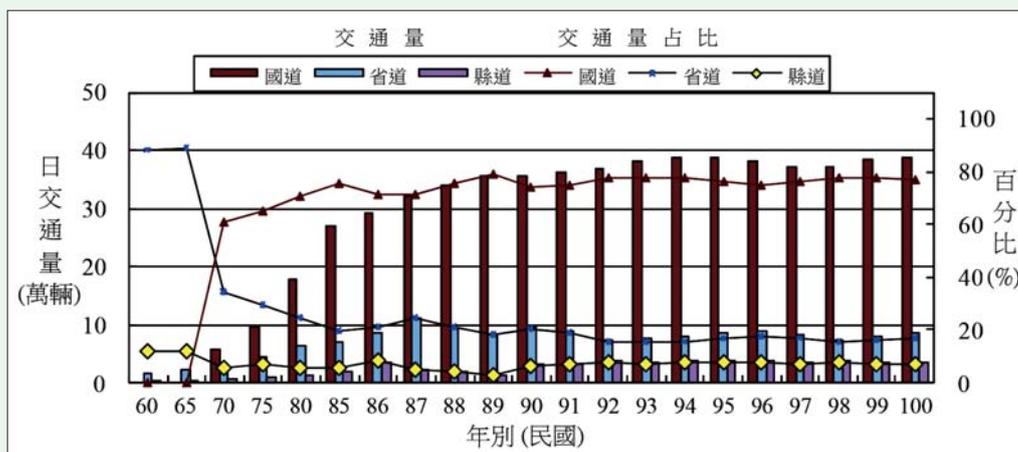


圖 4 雙北桃園路廊歷年各級公路日交通量及百分比

萬輛／日，其後逐年成長至 87 年達到高峰，約為 10.96 萬輛／日，而在北二高全線於 86 年 8 月 24 日全線通車後，省道交通量逐年下降，至於 95 年開始呈現穩定，約為 8.58 萬輛／日，民國 98 年因受國際油價上漲及全球金融風暴影響，省道交通量減少至 7.14 萬輛／日，民國 100 年則回穩至 8.36 萬輛／日。統計自民國 70 年至 100 年雙北桃園路廊省道交通量增加計 5.23 萬輛／日，年平均成長率約為 3.33%。

- (4) 雙北桃園路廊縣道交通量於民國 70 年為 0.5 萬輛／日，其後逐年成長至 96 年之 3.87 萬輛／日，近年來則趨於穩定，並未受到國際油價及全球金融風暴的影響，民國 100 年約為 3.50 萬輛／日。統計自民國 70 年至 100 年雙北桃園路廊縣道交通量增加計 3.00 萬輛／日，年平均成長率約為 6.73%。
- (5) 國道交通量占本路廊交通量之比例於 89 年因北二高基金汐止段通車達到最高（為 79%），近 10 年來

國道交通量占比穩定介於 75.02% ~ 77.64% 之間，未來若無重大交通建設投入或社經條件變化，國省縣道運量分擔功能將持續而不致有顯著改變。

中部地區苗栗臺中路廊屏柵線交通量變化情形

中部地區苗栗臺中路廊屏柵線國道（含國道 1 號、國道 3 號）、省道（台 1 線、台 3 線、台 13 線、台 61 線）及縣道（121 線）歷年交通量變化（如圖 5）統計如下：

- (1) 民國 100 年通過苗栗臺中路廊屏柵線國、省、縣道交通量總計 19.44 萬輛／日。
- (2) 民國 66 年國道 1 號豐原至臺中路段完工通車，民國 70 年國道交通量約為 2.64 萬輛／日，其後，逐年成長，至民國 94 年達到高峰（93 年 1 月 11 日中二高全線通車），約為 14.72 萬輛／日，其後，逐年下降，至民國 99 年下降為 13.48 萬輛／日，民國



苗栗台中交通量逐年成長

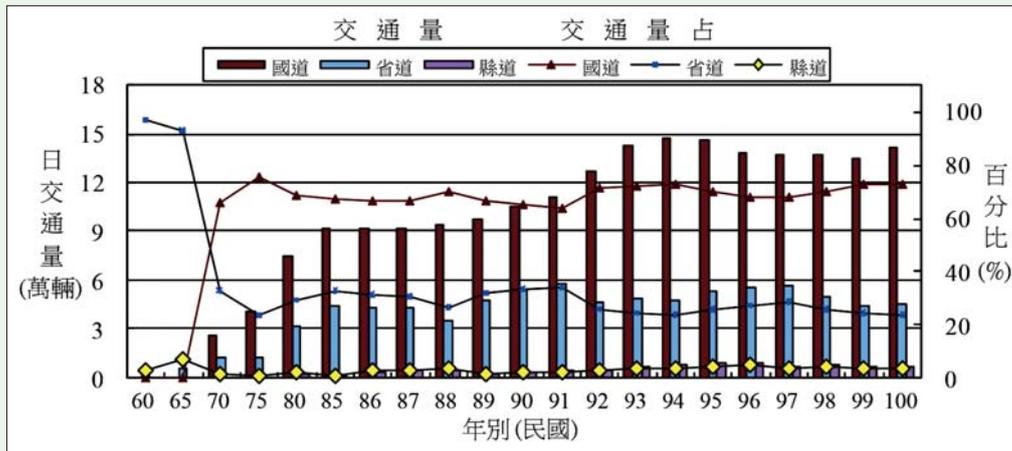


圖 5 苗栗臺中路廊歷年各級公路日交通量及百分比

100 年則回穩至 14.14 萬輛／日。統計民國 70 年至 100 年苗栗臺中路廊國道交通量增加計 11.50 萬輛／日，年平均成長率為 5.75%。

- (3) 苗栗臺中路廊省道交通量量於民國 70 年約為 1.29 萬輛／日，其後逐年成長至 91 年達到高峰（91 年 10 月 11 日中港系統至龍井通車通車），約為 5.84 萬輛／日，其後，逐年下降，至 94 年約為 4.76 萬輛／日，95 年至 97 年雖陸續回升至 5.71 萬輛／日，惟近年來仍呈現下跌趨勢，民國 100 年約為 4.55 萬輛／日。統計自民國 70 年至 100 年苗栗臺中路廊省道交通量增加計 3.25 萬輛／日，年平均成長率約為 4.28%。
- (4) 苗栗臺中路廊縣道交通量於民國 70 年為 0.06 萬輛／日，其後逐年成長至 95 年達到高峰，約為 0.97 萬輛／日，整體而言，縣道所占交通量不高，民國 100 年約為 0.74 萬輛／日。統計自民國 70 年至 100 年苗栗臺中路廊縣道交通量增加計 0.68 萬輛／日，年平均成長率約為 8.67%。

- (5) 在國道交通量占該屏柵線交通量的比例方面，民國 70 年國道交通量占比約為 66.07%，其後逐年成長至於 94 年達到最高（93 年 1 月 11 日中二高全線通車），為 72.59%，其後，逐年下降，至 96 年國道交通量占比為 67.83%，近年來則逐年攀升，惟成長幅度不大，100 年國道交通量占比約為 72.77%。

南部地區臺南高雄路廊屏柵線交通量變化情形

南部地區臺南高雄路廊屏柵線，國道（含國道 1 號、國道 3 號）、省道（台 1 線、台 3 線、台 17 線、台 19 甲線、台 21 線）歷年交通量變化（如圖 6）統計如下：

- (1) 民國 100 年通過臺南高雄路廊屏柵線國、省道交通量總計 24.07 萬輛／日。
- (2) 民國 66 年國道 1 號臺南至鳳山段完工通車，民國 70 年國道交通量約為 2.08 萬輛／日，其後，逐年成長，至民國 94 年達到高峰（中、南二高主線

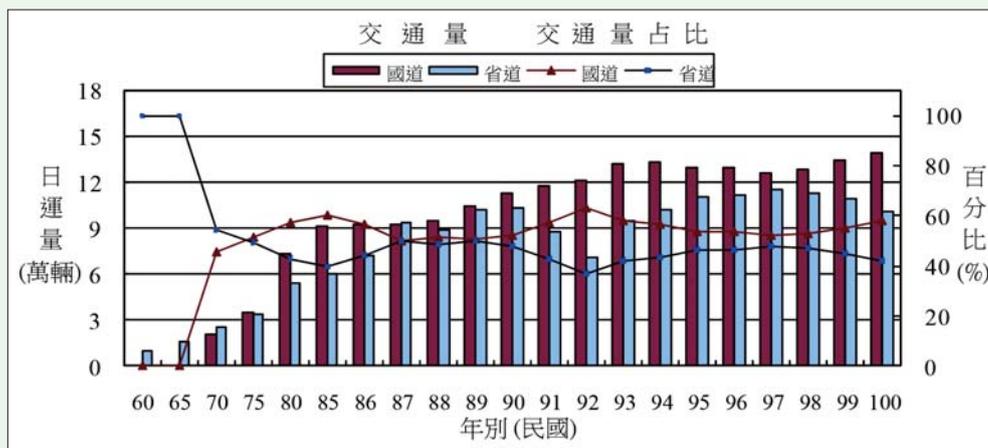


圖 6 臺南高雄路廊歷年各級公路日交通量及百分比

分別於 93 年 1 月 11 日及 10 日全線通車)，約為 13.30 萬輛／日，其後，逐年下降，至民國 97 年下降為 12.57 萬輛／日，民國 100 年則回穩至 13.96 萬輛／日。統計民國 70 年至 100 年臺南高雄路廊國道交通量增加計 11.88 萬輛／日，年平均成長率約為 6.55%。

- (3) 臺南高雄路廊省道交通量於民國 70 年約為 2.50 萬輛／日，其後逐年成長至 90 年達到高峰，約為 10.29 萬輛／日，其後，逐年下降，至 92 年約為 7.06 萬輛／日，而後逐年上升，至 97 年達到另一高峰，約為 11.48 萬輛／日，近年來則呈現穩定狀態，民國 100 年約為 10.10 萬輛／日。統計自民國 70 年至 100 年臺南高雄路廊省道交通量增加計 7.61 萬輛／日，年平均成長率約為 4.77%。
- (4) 臺南高雄路廊目前並無南北向之縣道，故無縣道交通量分析。
- (5) 在國道交通量占該屏柵線交通量的比例方面，民國 70 年國道交通量占比約為 45.47%，其後逐年成長至於 92 年達到最高（92 年 9 月 30 日南二高麟洛以北路段全線通車），為 63.19%，其後，逐年下降，至 97 年國道交通量占比為 52.27%，近年來則逐年攀升，惟成長幅度不大，100 年國道交通量占比約為 58.02%。

國道交通量占比與道路密度關係

由於北中南三大都會區的轄區範圍不同，為瞭解國道交通量占比與道路長度的關係，必須將道路長度

予以標準化，爰本研究以道路密度代表該地區道路網的密集程度，分析三條屏柵線國道交通量占比與該地區道路密度之關係。另外，為清晰顯示近年來變化情形，以民國 85 年至 100 年的資料製作三條屏柵線國道交通量占比與該地區道路密度之關係如圖 7。

- (1) 雙北桃園地區道路密度由民國 85 年之 1.48 km/km²，逐年增加，至 100 年為 1.94 km/km²，顯見北北桃都會區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比並未隨著道路密度的增加而變化。
- (2) 苗栗臺中地區道路密度由民國 85 年之 1.07 km/km²，逐年增加，至 100 年為 1.46 km/km²，顯見苗栗臺中地區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比則穩定維持在 70% 左右。
- (3) 臺南高雄地區道路密度由民國 85 年之 1.34 km/km²，逐年增加至民國 99 年為 1.85 km/km²，民國 100 年高雄縣市合併升格，經市府清查並刪除原高雄縣政府與公所重複計算部分，致道路長度大幅減少（道路密度降為 1.69 km/km²）；整體而言，臺南高雄地區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比也都穩定維持在 60% 左右。

都會區民眾對高速公路依賴程度指標及作法建議

「都會區民眾使用高速公路的依賴程度指標」之定義

經回顧國內外文獻對於都會區民眾使高速公路的依賴程度，並無完整定義與相關的研究可供參考運

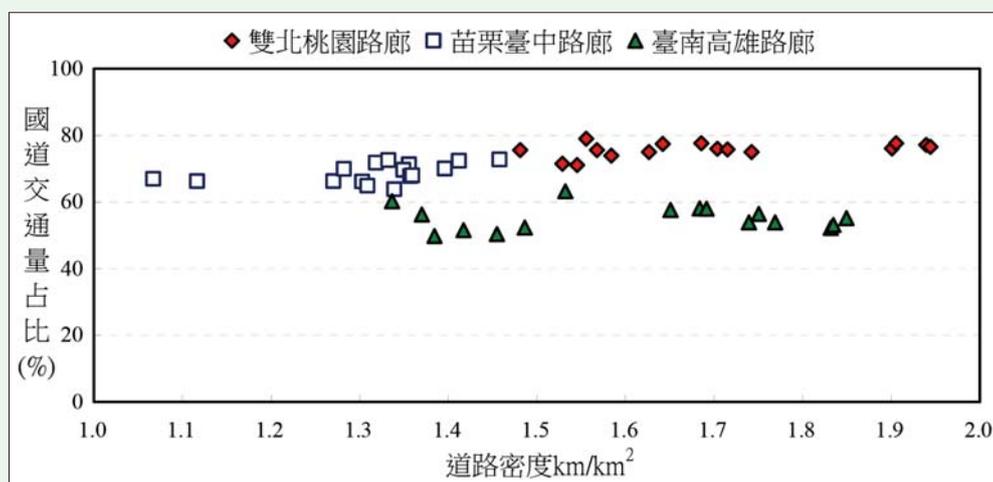


圖 7 國道日運量百分比與道路密度關係圖 (民國 85 年-100 年)

用。[11-13] 目前對於依賴度的定義與應用大致如下：

1. 依賴度的意義：民眾一旦選擇某一種運輸工具或某一路徑作為通勤運輸，便會形成一慣性，在運輸系統無重大改變時（如捷運、高快速公路通車），此一慣性不會改變。
2. 國內外文獻對於運輸行為的依賴度研究多為運輸工具選擇，對於路徑選擇的依賴度，尚無完整定義與指標相關研究。

本文依目的及前述文獻回顧，定義都會區民眾對高速公路依賴程度 $R_d = \text{某都會區內車輛使用高速公路之總延車公里} / \text{該都會區內車輛行駛所有道路之總延車公里}$ ，如公式 (1) 所示

$$R_d = \frac{\text{某都會區內車輛使用高速公路之總延車公里}}{\text{該都會區內車輛行駛所有道路之總延車公里}} \quad (1)$$

經由前述公務統計資料尚無法計算此一數值，需透過以各路段交通量乘以該路段里程長度作估算、進行各大都會區旅次特性問卷調查、或以整體運輸規劃模式進行交通量指派及估算求得，惟其難度與成本均高（詳表 1），須思考另項指標。

表 1 估計都會區民眾使用高速公路依賴度指標 R_d 方法與缺點

方法	缺點
一 以各路段交通量乘以該路段里程長度作估算	歷年交通量調查點數不足。 路段劃分不具有均質性。 無法進行政策敏感度分析。
二 進行各大都會區旅次特性問卷調查	耗用大量人力與經費。 通常 10 年辦理一次旅次特性調查，無法應付立即性的需求。
三 以整體運輸規劃模式進行交通量指派及估算	模式龐大且複雜，非運輸規劃專長人才不易操作與應用。 城際運輸需求模式不易處理都會區問題。

建議替代指標—都會區短程車輛借道使用高速公路比例

前項有關都會區民眾對高速公路依賴程度因都會區內車輛行駛所有道路之總延車公里不易取得，為利 ETC 里程收費實施後，相關交通管理之需要，爰建議以「都會區短程車輛借道使用高速公路比例」 R_p （如公式 2）替代

$$R_p = \frac{\text{車輛起迄點均在某都會區內交流道之總延車公里}}{\text{該都會區範圍內之高速公路車輛總延車公里}} \quad (2)$$

一般而言，某都會區中之高速公路車流計包含區內、區聯外與穿越性旅次共 3 類（如圖 8）， $R_p = \text{車輛起迄點均在某都會區內交流道之總延車公里} / \text{該都會區範圍內之高速公路車輛總延車公里}$ ，可由高公局透過 ETC 里程收費資料，取得車輛高速公路起迄後計算之，除有利於日後持續觀察 R_p 以充分掌握都會民眾車輛使用高速公路習慣，亦有利於進行平日、假日或春節連續假日等尖峰交通管理及實務作業之參考。

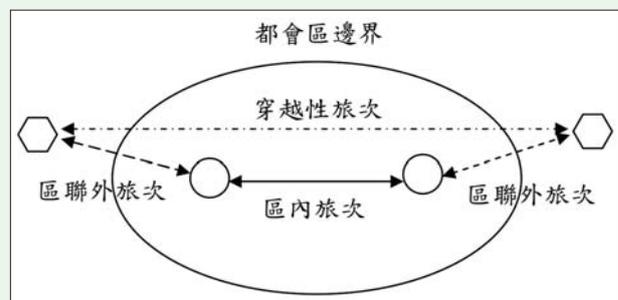


圖 8 都會區車輛使用高速公路示意圖

研究發現「國道交通量占比穩定」

1. 本研究另採用屏柵線國道交通量之占比來評估該地區民眾對高速公路之依賴程度，經統計分析雙北桃園路廊國道占比與道路密度關係如下：
 - (1) 國道交通量占本路廊交通量之比例於 89 年因北二高基金汐止段通車達到最高（為 79%），近 10 年來國道交通量占比穩定介於 75.02% ~ 77.64% 之間，未來若無重大交通建設投入或社經條件變化，國省縣道運量分擔功能將持續而不致有顯著改變。
 - (2) 雙北桃園地區道路密度由民國 85 年之 1.48 km/km²，逐年增加，至 100 年為 1.94 km/km²，顯見北北桃都會區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比並未隨著道路密度的增加而變化。
2. 統計分析苗栗臺中路廊國道占比與道路密度關係如下：
 - (1) 國道交通量占本路廊交通量之比例於 94 年（93 年 1 月 11 日中二高全線通車）達到高峰，為 72.59%，其後，逐年下降，至 96 年國道交通

量占比為 67.83%，近年來則逐年攀升，惟成長幅度不大，民國 100 年國道交通量占比約為 72.77%。

(2) 苗栗臺中地區道路密度由民國 85 年之 1.07 km/km²，逐年增加，至 100 年為 1.46 km/km²，顯見苗栗臺中地區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比則穩定維持在 70% 左右。

3. 統計分析臺南高雄路廊國道占比與道路密度關係如下：

(1) 國道交通量占本路廊交通量之比例於 92 年（92 年 9 月 30 日南二高麟洛以北路段全線通車）達到高峰，為 63.19%，其後，逐年下降，至 97 年國道交通量占比為 52.27%，近年來則逐年攀升，惟成長幅度不大，至民國 100 年國道交通量占比約為 58.02%。

(2) 臺南高雄地區道路密度由民國 85 年之 1.34 km/km²，逐年增加至民國 99 年為 1.85 km/km²，民國 100 年高雄縣市合併升格，經市府清查並刪除原高雄縣政府與公所重複計算部分，致道路長度大幅減少（道路密度降為 1.69 km/km²）；整體而言，臺南高雄地區的路網越來越密集，惟上述國道交通量占比也都穩定維持在 60% 左右。

4. 本文以屏柵線為都會區對高速公路依賴度之替代性資料分析，研析北中南都會區道路密度變化狀況與國道交通量占比關係，分析結果發現，自民國 67 年國道 1 號全線通車後，國道交通量逐年增高；民國 85 年至 100 年，三條屏柵線之國道交通量占比則大致呈現穩定狀態（雙北桃園路廊平均約 76%、苗栗臺中路廊平均約 69%、臺南高雄路廊平均約 55%），並未隨著該地區道路密度的增加而有升降。

5. 本研究採用屏柵線國道交通量之占比來評估該地區民眾對高速公路之依賴程度，其中包括了都會區外（穿越性）旅次，當假設此類旅次所占比例不高，且無大幅變化情況下，則本項指標具一定程度之代表性。惟若過去十多年來區外旅次成長幅度高於區內旅次，則表示都會區內民眾對於高速公路之依賴度降低，反之，亦然。未來可由高公局里程收費資

料，取得都會區車輛高速公路區外旅次後，將可更充分瞭解都會區民眾使用高速公路之依賴程度。

ETC 里程資料・可運用於交通管理

未來透過高公局 ETC 里程收費系統，將可取得車輛高速公路起迄資料，爰配合即將實施之 ETC 里程收費，建議可以都會區短程車輛借道使用高速公路比例（Rp）作為替代指標，於高速公路里程收費實施後，持續觀察車流變化以充分掌握都會區民眾車輛使用高速公路習慣，俾有利於平日、假日或春節連續假日等尖峰交通管理及實務作業。

參考文獻

1. 交通部統計處，「交通統計要覽」。
2. 臺北市政府，「臺北市統計年報」。
3. 高雄市政府，「高雄市統計年報」。
4. 交通部公路總局，「公路交通量統計調查表」。
5. 交通部運輸研究所，「運輸研究統計資料彙編」。
6. 交通部臺灣區國道高速公路局，「高速公路收費政策評估」，民國 99 年 1 月。
7. 臺北市政府工務局新建工程處，「臺北市道路交通系統發展計畫」，民國 70 年 6 月。
8. 交通部運輸研究所，「台北都會區快速道路系統整體發展計畫初步規劃」，民國 85 年 10 月。
9. 交通部運輸計劃委員會，「高雄都會區大眾運輸系統規劃」，民國 73 年 6 月。
10. 高雄市政府工務局，「高雄都會區快速道路系統整體規劃」，民國 82 年 2 月。
11. 張育豪，「日常旅運之交通工具使用依賴度研究 - 以臺北都會區民眾為例」，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國 95 年 9 月。
12. Paul Goodwin, "Car Dependence," Transport Policy Vol.2, No.3, p.151-152, 1995.
13. Sharon Cullinane and Kevin Cullinane, "Car Dependence in a public transport dominated city - evidence from Hong Kong," Transportation Research Part D Vol. 8, pp. 129-138, 2003.

營建工程風險管理系統之 建置與運用

蔡茂生／國立台灣科技大學營造業職業災害防治中心執行長

營造工程規模龐大，施工場所多位於建築物密集之市區或地形崎嶇之山區、水邊等環境，使用能量巨大之機具設備作業，稍一不慎即易發生災害，另於施工品質、環境汙染等亦存有相當之風險，需予妥善管理因應。

近年來各先進國家致力推動風險管理系統，以降低災害。本文擬就營造工程施工風險管理系統之建置與實施，提供淺見，以供業界參考。

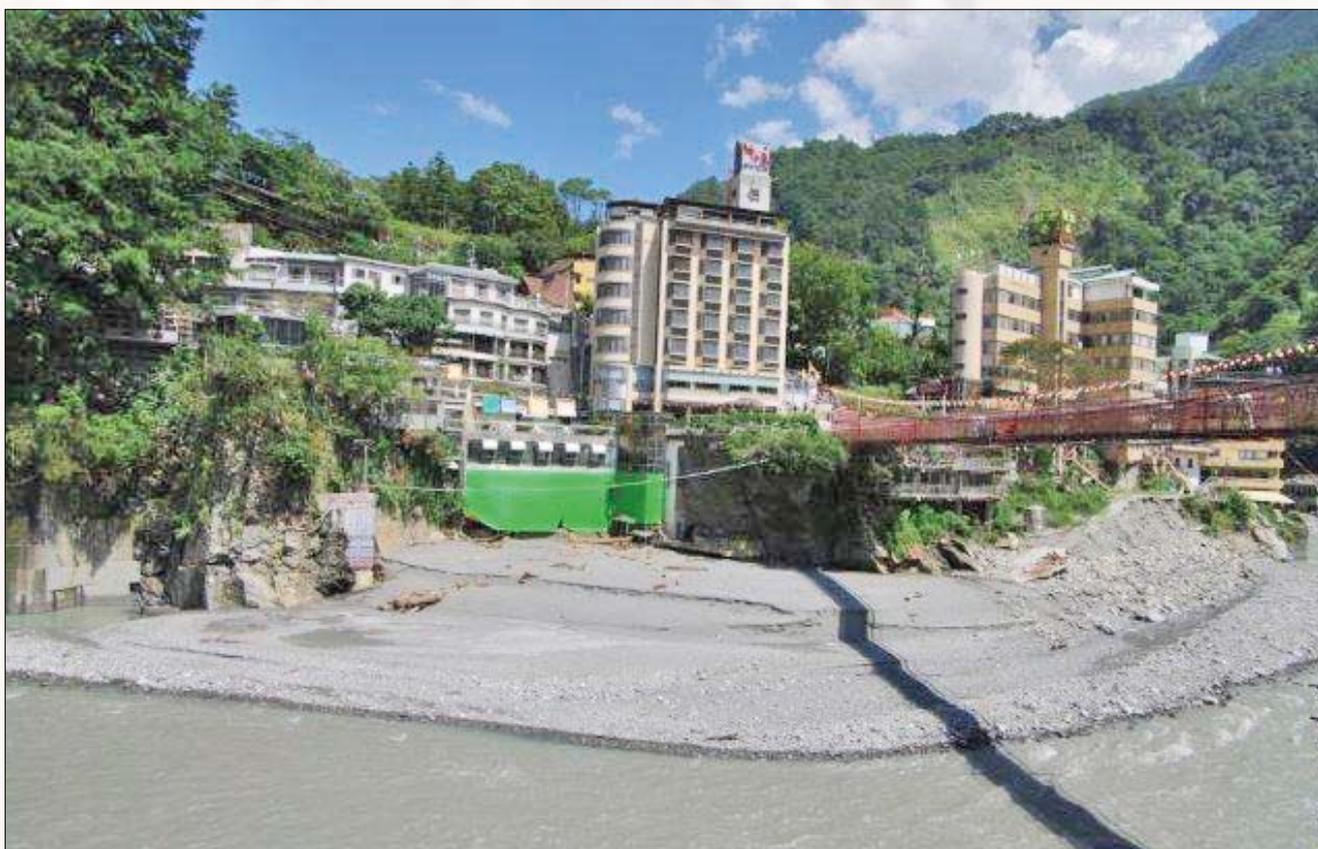
風險管理系統標準之發展

營造工程風險管理相關標準

近 20 年來歐盟、美國、英國、法國、德國、日本等國家先後制定風險管理規範、標準，舉其要者說明如下。

1. EU Directive 92/57/EEC

歐盟委員會 (Commission of European Communities)



營造工程施工場所多位於地形崎嶇之山區、水邊等環境

簡稱 CEC 或 EC) 於 1992 年通過頒訂 57 號法案 (Council Directive 92/57/EEC), 即所謂之「Construction Sites Directive」。針對營造工程之實施過程分別規定業主、專案顧問、施工廠商及勞工等之職責。此後多數國家據此發展訂定相關法令、標準。

2. CDM Regulation

英國政府依據 EU Directive 92/57/EEC 制訂營造工程設計及管理之規則 (The Construction Design and Management Regulation, 目前為 2007 年版)。規定於工程實施過程主辦機關、設計單位、監造單位、承包商等應就工程設計及管理應辦理之相關事項。其中特別強調自規劃設計至施工乃至使用維護各階段相關權責單位辦理安全考量成果應建立安全文件 (Safety Document), 傳遞至下一階段, 以維安全資訊之完整性。

3. OHSAS18001

由 BSI、SGS 等許多國家標準或認證單位一起推動之「職業安全衛生評估系列標準 Occupational Health and Safety Assessment Series Standard (OHSAS 18001)」(目前為 2007 年版)。進一步規範職業安全衛生管理系統之建置與實施要件。

4. ILO-OSH-MS2001

國際勞工組織 (ILO) 訂頒「職業安全衛生系統指引 Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems 2001」。

5. ISO31000

國際標準組織 (ISO) 於 2009 年頒行之「ISO 31000」風險管理系列標準。適用於產業經營過程各類風險之管理。

6. NOSHC

澳洲、紐西蘭政府於 2005 年訂頒「營造工程國家標準 National Standard for Construction Works」(2008 年改版), 規定業主、設計者、專案管理者、施工廠商、勞工等職責, 訂定各項安全設施及管理事項之需求。

7. COHSMS

日本訂定「建設業労働安全衛生マネジメントシステムガイドライン」簡稱 COHSMS, 目前版本為 2006 年制定者 [1]。

8. Risk Management for Public Works

香港政府 2005 年訂頒「公共工程風險管理手冊 (Risk Management for Public Works - Risk Management User Manual)」。

上列各標準之架構, 大抵均以 PDCA 循環之概念訂定, 包括:

- 規劃 (Plan) — 組織設置、管理計畫擬定等
- 實施 (Do) — 實行所訂定之管理計畫內容
- 查核 (Check) — 查核計畫之執行狀況
- 行動 (Act) — 依查核結果採行必要之改正行動

並藉由管理審查以追蹤持續改善。其系統架構如圖 1 所示之例。

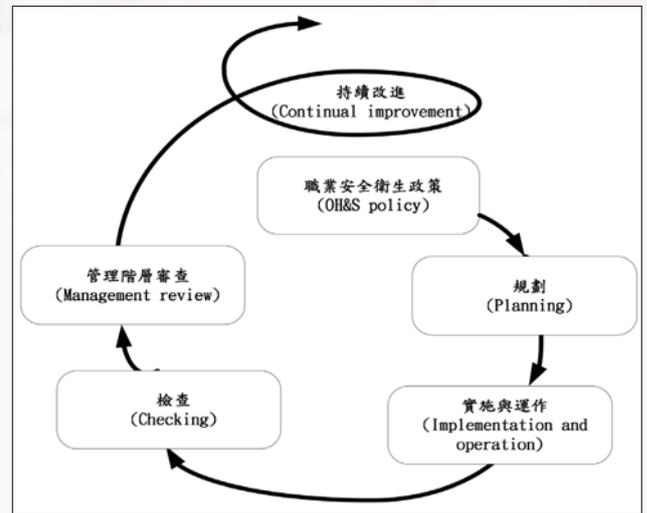


圖 1 風險管理系統架構示意 (以 OHSAS18001 為例)

國內各主要大型企業亦已逐漸引進風險管理系統, 政府部門亦已體認其重要性, 行政院於 2008 年頒佈「行政院所屬各機關風險管理作業基準」要求各單位辦理風險管理事宜。行政院勞工委員會 96 年訂頒之「臺灣職業安全衛生管理系統指引」(簡稱為 TOSHMS)。之後陸續發布驗證規範、指導綱領、驗證指導要點等系列標準, 以為推動之依據。

風險評估之實施

風險管理流程

風險管理須先界定「管理範圍」, 依序進行危害辨識、風險分析、風險評估、風險處理等。透過「諮詢與溝通」及「監督、審查」等機制, 以凝聚、確認各項作為之妥適性。其流程如圖 2 所示。

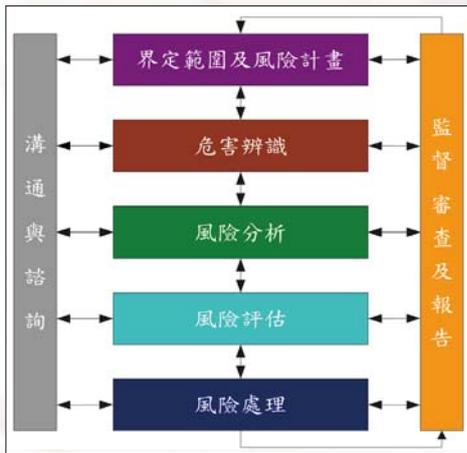


圖 2 系統性風險管理流程 [10]

風險評估方法

為適切地進行風險評估，應考量下列要素 [6]：

- (1) 法規要求：如危險性工作場所之製程安全評估，規定應實施初步危害分析（PHA）以發掘重大潛在危害。
- (2) 工作場所的性質：如固定設備或裝置、臨時性場所等。
- (3) 製程特性，如自動化或半自動化製程、開發性／變動性製程、需求導向作業等。
- (4) 作業特性：如重覆性作業、偶發性作業等。
- (5) 技術複雜度。

風險評估之方法包括有：查核表、What-If 分析、

危害與可操作分析、失效模式與影響分析、事件樹分析、失誤樹分析、風險矩陣等。參照表 1。

營造工程施工風險評估之實施

營造工程風險評估之實施應考量時程、區域、標的、風險機制、影響對象等（即 5W1H）。分析風險成因、作用、影響等，並評估其可能性、嚴重度等風險值。就不可接受之風險擬定處理對策辦理等。其概念參照圖 3。

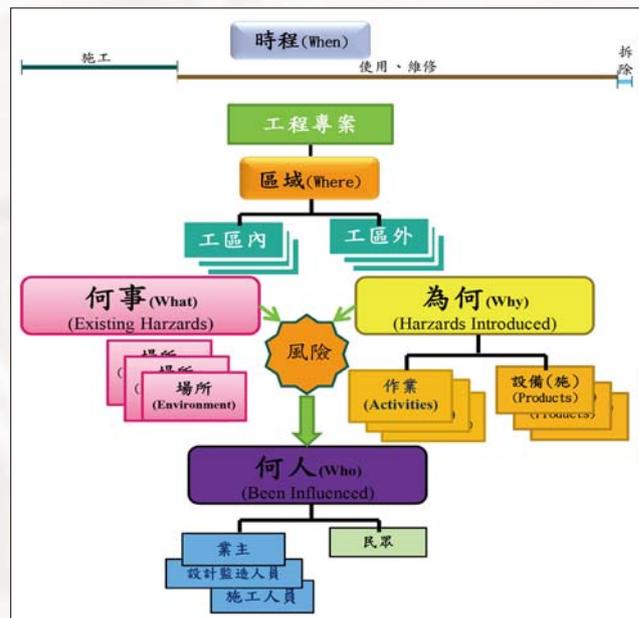


圖 3 營建工程風險評估方法示意

表 1 常用風險評估方法

評估方法	操作方法	運用方式	適用性
查核表 (Checklist)	分類分項制定查核內容，逐一檢視，以發掘不符合事項。	法規查核、施工規範查核使用。	施工安全評估之基本事項檢討評估使用本方法
初步危害分析法 (PHA)	以經驗法則快速判斷製程中潛存之危害。	依據過去災害經驗檢視工程內容之危害	施工安全評估運用此方法檢視工程潛在危害
危害及可操作性分析 (HAZOP)	由具相當經驗之專家組成小組利用「引導字」以腦力激盪的方式討論製程內容可能出現之危害。	對施工計畫（分項工程作業計畫）內容詳細討論	施工安全評估用以實施「特有災害評估」
失效模式與效應分析 (FMEA)	評估製程、設備可能出現之失效或不當操作之情境及其影響。	適用於機械化施工程度高之工程	潛盾或 TBM 等機械作業部分可使用
失誤樹分析法 (FTA)	以邏輯圖形表示，設定災害為頂端事件，由上而下推行其因果關係。可回溯出導致該失誤之原因、基本事件、中間事件及可能之途徑。	較難適用	運用該等概念以為風險評估推論過程之參考
事件樹分析法 (ETA)	預先設立災害或失誤的起始事件，由起始事件由下往上推行其不同類型之事故後果。		
因果分析法	結合事件樹與失誤樹的方法		
風險矩陣法	分別設定風險發生率及嚴重度之等級，以為比較之依據，將 2 者之乘積，作為風險值比較之依據，以篩選排列優先順位。	設計及施工方案評選	為目前運用最多者

實施營造工程施工風險評估，應先將彙整相關法規、規範，調查基地施工環境，拆解工程作業等準備作業，以明確風險管理範圍之狀況，之後依序進行危害辨識與風險評估、風險對策（處理）、追蹤與管制等。其實施流程參照圖 4。

準備作業

基地環境現況調查分析

為掌握評估工程之基地環境特性，應先實施調查、分析。其內容包括：

- 地形、地貌
- 地質構造及地下水性狀
- 基地周邊既有建築及其他構造物
- 地下管線及埋設物
- 基地周邊排水設施
- 既有交通設施
- 臨時用電、用水供應狀況
- 其他相關資料。

法令規範彙整分析

彙整各項法規、規範編製查核表，據以檢討是否符合各相關規定。

工程內容拆解

為掌握施工內容、作業方法、程序、使用機具設備等狀況，應就施工計畫詳細分析其內容。如圖 5 之例。

災害案例彙整分析

為了解相關工程曾發生之災害狀況，以為評估之參考，應蒐集分析相關災害案例。

危害辨識及風險評估

危害辨識

就基地調查分析及工程內容拆解結果，依災害案例及工程經驗辨識「潛在危害」。

風險評估

運用要因分析圖引導評估小組討論分析「災害狀況」，研判風險「可能性」、「嚴重度」（一般採相對比較方式分別評以分別以 1 ~ 3 或 1 ~ 5），再將該兩數值相乘以表示評估之「風險值」，訂定不同風險值（如 5 以下為低度風險，6 ~ 9 為中度風險，10 ~ 17 為高度風險，18 以上為極度風險）。以為採行對策優先順位之行動基準。如表 2 所列風險值評估（風險矩陣）之例。



營造工程風險要掌握評估工程之基地環境特性

風險對策

經風險評估篩選出必須處理者，應採行適當之風險控制的方法。風險對策之類型包括：

- 消除 (eliminate) — 以修正設計等手段，避開危害源，以消除風險。
- 取代 (substitute) — 改用較安全之施工方法，以消除或降低風險。
- 隔離 (isolate) — 採用防護設施、個人防護具等，將危害隔離，避免人員接近，以免引致風險。
- 控制 (controls) — 以安全施工程序等工程手段控制風險 (engineering controls)，以教育訓練、自主檢查等管制措施控制風險 (administration controls)。

應依據風險狀況妥適採行對策 (組合)，以消除或減少風險之影響。

採行風險對策後，應將災害之可能性及 (或) 嚴重度之降低，以達風險值降低之效。於風險評估表標示其降災效果。並彙整製成風險管制表 (風險登記簿)。

營造工程風險評估表、風險管制表格式參照表 3、表 4 之例。

施工安全管理

施工階段應依據經風險評估修正後之施工計畫執行工地之施工安全管理。並應注意工程進行狀況，及時採性必要之修正措施因應。

工具箱會議 (Toolbox meeting)

於每日開始工作前，召開工具箱會議，說明當日之工作環境

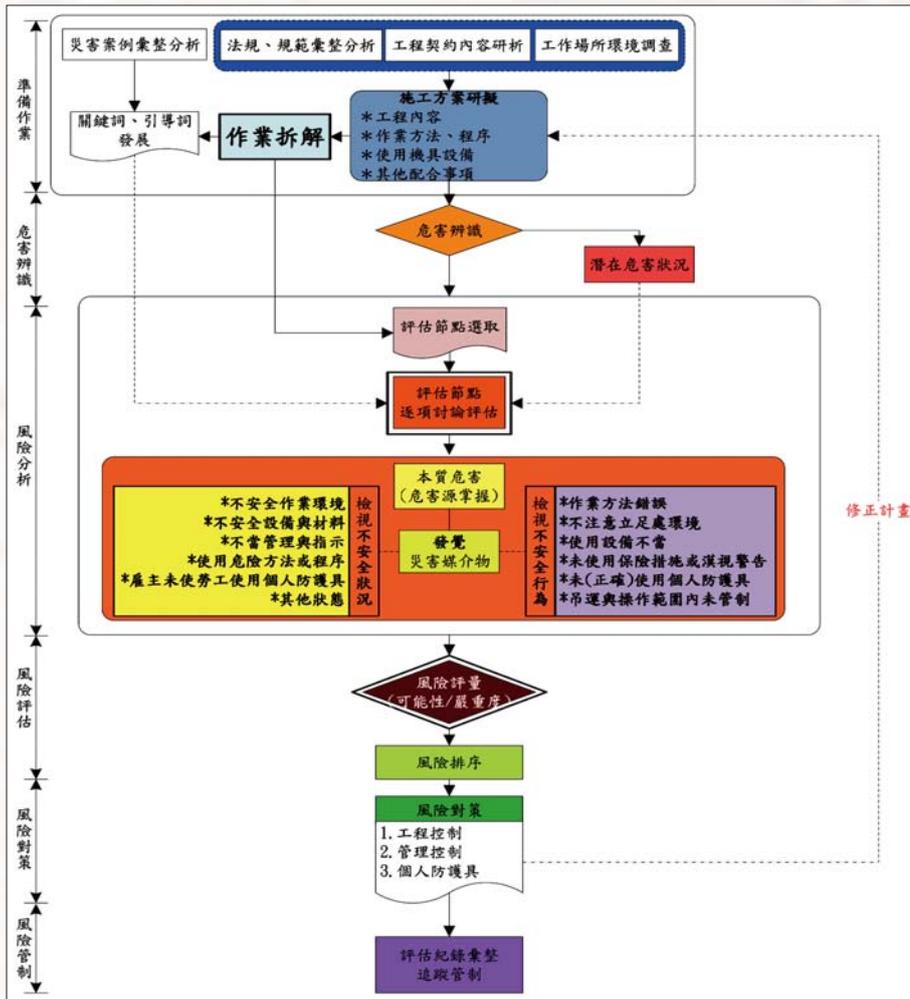


圖 4 營造工程施工風險評估流程

分項工程	第1階作業	第2階作業	作業內容 (方法、程序、機具設備、材料等)
連續壁工程	場地準備作業	整地	測量、推土機、裝載機、傾卸車
		土礮坑	開挖、模板、鋼筋、混凝土、回填
		泥漿池	開挖、模板、鋼筋、混凝土、回填
	導溝	開挖	放樣、挖溝機、傾卸車
		牆體結構	模板、鋼筋、混凝土作業
		回填	挖溝機填土夯實
	單元鑽掘	機具進場	起重機移動定位
		抓斗鑽掘	油壓抓斗操作、土礮裝車
		沉泥清除	抽泥泵、起重機吊掛鋼刷作業
		檢測	超音波量測
		下鋼筋籠	起重機吊掛、銲接
		特密管安置	特密管調置、續接、固定
	其他作業	混凝土澆置	預拌車進場、澆置作業、特密管拔除

圖 5 連續壁工程單元作業拆解例

表 2 風險值評估例 [11]

Likelihood of the Consequence	Maximum Reasonable Consequence				
	(1) Insignificant	(2) Minor	(3) Moderate	(4) Major	(5) Catastrophic
(A) Almost certain	11 High	16 High	20 Extreme	23 Extreme	25 Extreme
(B) Likely	7 Moderate	12 High	17 High	21 Extreme	24 Extreme
(C) Occasionally	4 Low	8 Moderate	13 High	18 Extreme	22 Extreme
(D) Unlikely	2 Low	5 Low	9 Moderate	14 High	19 Extreme
(E) Rare	1 Low	3 Low	6 Moderate	10 High	15 High

表 3 工程風險評估表

工程名稱： 承辦部門： 評估單元：		日期：					
工程內容概要	分項工程	第1階作業	第2階作業	作業內容 (方法、程序、機具設備、材料等)			
	○○工程	[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
		[]	[] [] []				
潛在危害	風險評估			風險編號	危害對策	執行人員	確認
	可能性	嚴重度	評估值				
評估小組簽署	召集人						
	小組成員						

表 4 風險管制表

風險編號	危害辨識				安全評估							再評估				
	潛在危害	風險情境	危害對策	對策置人員	潛在危害已處理措施	處理措施執行人員	風險編號	潛在危害	可能性	嚴重度	評估值	危害對策	危害對策人員	發生狀況	處置措施	處置措施執行人員

及作業內容，說明機具設備、工具之操作使用方式，確認安全設施之設置及維護狀況，分配工作任務，並檢查服裝、防護具之穿戴使用情形。以提高安全作業之能力。同時，可檢視當日工作環境、作業內容、機具設備、設施等狀況，發覺現場潛在之危害，及時採行適當之對策消除。工具箱會議危害預知活動如圖 6 所示。

變更管理 (Management of change)

施工過程如因工程內容變更、施工方法、機具設備等改變，應評估可能之風險，檢視現有措施是否足

以因應，採行其他必要之措施。並實施必要之教育訓練等以消除危害。實施流程參照圖 7 所示。

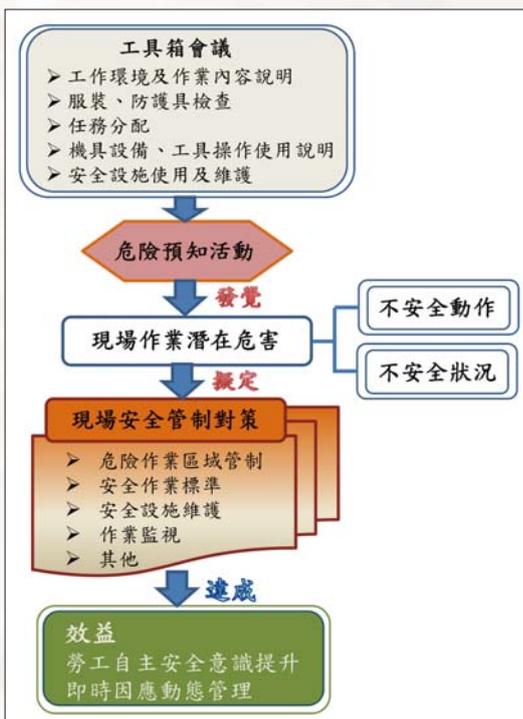


圖 6 工具箱會議危害預知活動示意

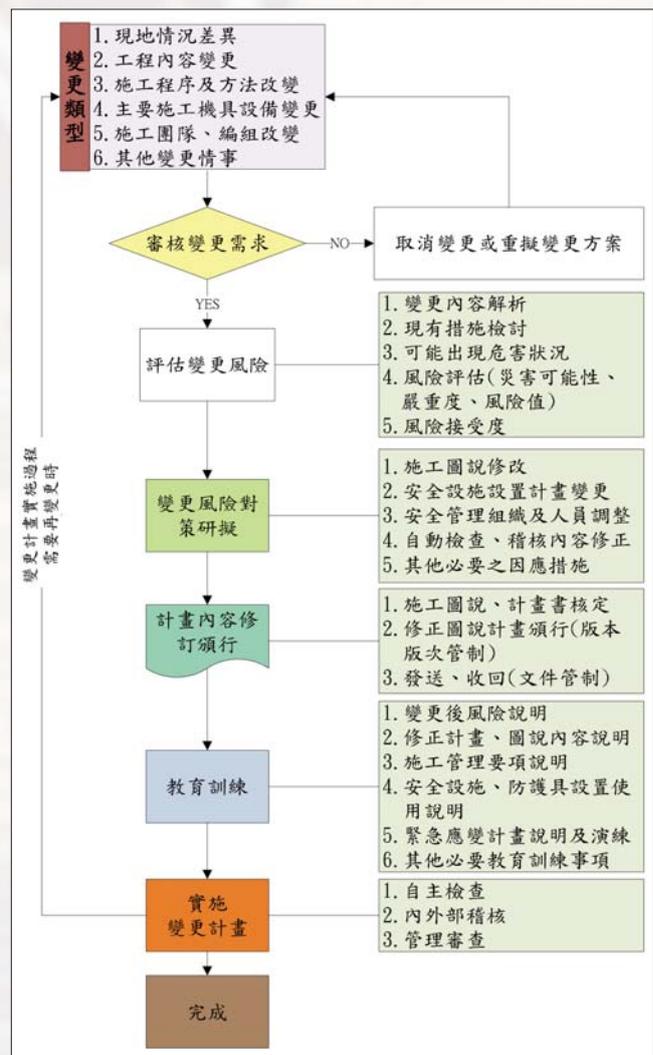


圖 7 變更管理實施流程

「工程安全」在於大家各司其責

系統性之風險管理可全面評估、全程掌控，即時因應，以使風險降至最低。為確實達到安全施工之目標，必須自工程方案（本質安全）、施工方法（過程安全）、安全設施（防護安全）三方面，於各階段應分別由主辦機關、設計及監造單位、承包商、使用單位應各司其責，分別採行適當之對策，以確保工程之安全順利完成。

參考文獻

1. Council Directive 92/57/EEC - temporary or mobile construction sites, The European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA)
2. The Construction Design and management Regulation (CDM Regulation 2007), UK Health and Safety Executive
3. National Standard for Construction Work [NOHSC: 1016 (2005)], Australia
4. COHSMS Construction Occupational Health and Safety Management Systems, JCOSHA.
5. Environment Transport and Works Bureau, HK, 2005, Risk Management for Public Works-Risk Management User Manual, June 2005, The Government of Hong Kong Special Administrative Region Environment Transport and Works Bureau
6. 政院勞工委員會 99 年 9 月 9 日勞安 1 字第 0990146242 號函修正「風險評估技術指引」
7. 林耀煌、蔡茂生，工程規劃設計階段實施安全衛生風險評估指引及假設工程安全考量實務手冊期末報告，附冊一、工程規劃設計階段實施勞工安全衛生風險評估指引，2010，12

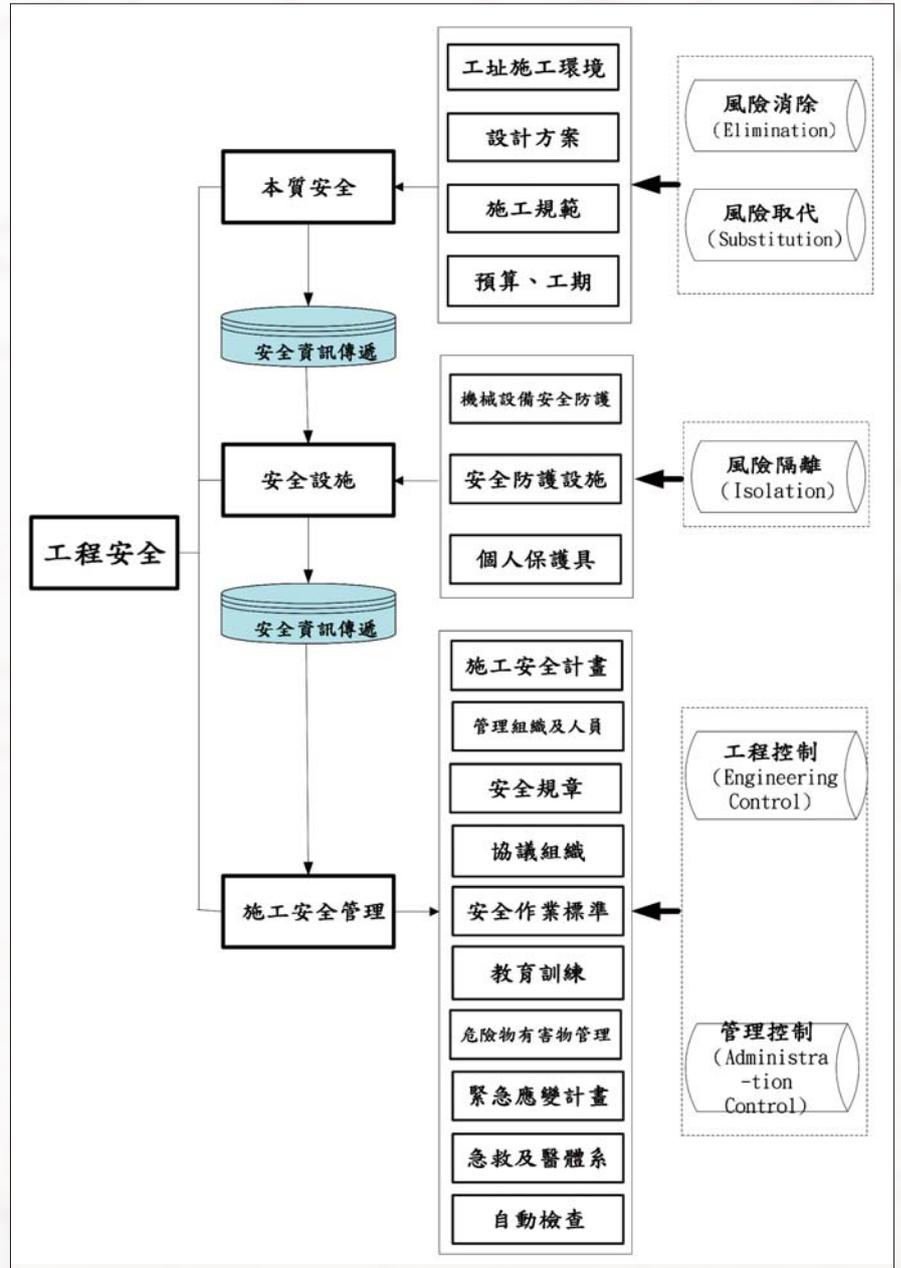


圖 8 營造工程安全系統架構

8. 日本建設業勞動災害防止協會，建設業職長のためのリスクアセスメント - レベルアップ教育用テキスト，平成 19 年 9 月
9. 林耀煌、張大鵬、蔡茂生等，2008，工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊（期末報告），行政院勞工委員會勞工保險局。
10. 摘譯自 ISO31000:2007
11. 摘自 AS/NZS 4360:2004 Risk Management

土木水利雙月刊

1. 一年六期，新台幣1,800元
郵政劃撥訂閱請填本表，至郵局辦理。
信用卡傳真訂閱，請填背面表格並傳真。
2. 中國土木工程學會會員，免費送雙月刊。

請洽陳耀志小姐 電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260

請上網下載表格

網址：www.ciche.org.tw

e-mail：ciche.roc@msa.hinet.net

中國土木工程學刊

您的論文發表園地

每本 500 元 一年四期

優待年訂戶 —

會員 NTD 800.-

非會員及公民營機構 NTD 1,800.-

國外個人 USD 40.-

國外機關團體 USD 100.-

請填下表：郵政劃撥或信用卡傳真訂閱

請洽王惠娜小姐 電話：(02) 2392-6325

◎ 中國土木工程學會會員資格如下：

- 一、會員：凡大專院校土木水利或相關科系畢業，曾從事土木水利事業或研究工作二年以上，經會員二人之介紹者。
- 二、初級會員：凡大專院校土木水利或相關科系在學學生，或前述科系畢業曾從事土木水利事業或研究工作不滿二年，經會員二人之介紹者。
- 三、團體會員：凡與土木水利工程學術有關之機關團體或部門，經會員二人之介紹或非經會員介紹，但能提出相關證明文件者。
- 四、國際會員：凡不具中華民國國籍，但符合本會會員資格經會員二人之介紹者。
- 五、土木水利相關科系：土木、水利、農業、建築、海洋工程、交通管理、都市計畫、測量工程、運輸工程與管理、水土保持、河海、營建工程、海洋環境、軍事、測繪、水資源、環境工程、景觀建築等系。
- 六、凡經政府所舉辦之高等考試或乙等特種考試相關類科及格者，均視同大專以上程度。
- 七、高級職業學校相關科組畢業經前述考試及格，或經政府銓敘審定為土木水利技術人員且服務滿二年以上者，得比照申請為會員。

◀ 入會申請書 請參考雙月刊及本會網站 ▶

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0	0	0	3	0	6	7	8	金額	仟萬	佰萬	拾萬	萬	仟	佰	拾	元
									新台幣								
									(小寫)								

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

- 訂閱土木水利雙月刊，一年六期1,800元
自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
- 訂閱中國土木工程學刊，一年四期
- (國內·會員) 800元
- (國內·非會員及機關團體) 1,800元
自第__卷第__期起，__年期學刊__份
- 繳納會員__年常年會費1,500元
- 繳納初級會員__年常年會費300元
- 繳納會員入會費500元及常年會費1,500元
- 繳納初級會員入會費200元及常年會費300元
- 繳納__研討會報名費__元

收款戶名	中國土木工程學會	
姓名	寄款人	主管：
地址		
電話	經辦局收款戳	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

◎ 寄款人請注意背面說明

◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓名		款別 注：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	<input type="checkbox"/> 訂閱土木水利雙月刊，一年六期 新台幣 1,800 元
會員證號碼			訂閱中國土木工程學刊，一年四期
身分證號碼			<input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800 元
卡別 <input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB			<input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元
			<input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40 元
信用卡卡號			<input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100 元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡簽名欄最後三碼			<input type="checkbox"/> 繳納會員年費 1,500 元
信用卡有效期限	(月/年)	<input type="checkbox"/> 繳納初級會員年費 300 元	
信用卡簽名		<input type="checkbox"/> 繳納會員入會費 500 元及年費 1,500 元，合計 2,000 元	
繳費金額		<input type="checkbox"/> 繳納初級會員入會費 200 元及年費 300 元，合計 500 元	
		白天聯絡電話	<input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元
		通信地址	

注：僅接受 VISA, MASTER CARD, JCB

會址：台北市仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

郵政劃撥存款收據

注意事項

- 一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。
- 二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。
- 三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請寄款人注意

- 一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。
- 二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。
- 三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。
- 四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。
- 五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。
- 六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。
- 七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。
- 八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

交易代號：0501、0502 現金存款 0503 票據存款 2212 劃撥票據託收

本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)

現有少量存書，為回饋讀者，

訂滿\$500元非會員8折優惠；會員7折優惠。

機會難得請踴躍訂購！



『中國土木水利工程學刊』(季刊)書目：查詢目錄請上學會網站 www.ciche.org.tw

第10卷第1期~第17卷第4期 \$250/本 第18卷第1期~第25卷第4期(102/12) \$500/本

『土木水利』(雙月刊)書目：查詢目錄請上學會網站 www.ciche.org.tw

第28卷第4期~第29卷第3期 \$100/本 第30卷第2期~第41卷第1期(103/02) \$300/本

研討會論文集

在國際化衝擊下土木及水利工程教育未來發展研討會
91/11/16 \$100/本
土木水利工程教育暨終身學習學術研討會
92/11/15 \$100/本
土木水利工程世紀願景研討會
93/10/15 \$200/本

內容：土木水利工程師執業範圍或工作領域均有逐步國際化的趨勢，因此產生各國工程師所受工程教育品質不一、工程師資格、經歷相互承認及終身學習問題…等；就前述課題提出論文，互相觀摩交換心得…等。

公共工程統包與最有利標決標研討會

93/12/21-22 \$600/本
94/09/12-13 \$600/本

講題：統包制度係將工程之設計及施工或設備之供應及安裝訂在同一個採購契約內，以提升採購效率、縮短工期、確保品質的招標方式；最有利標評選辦法則指機關辦理採購時決標方式除價格因素外，評選項目可採技術、品質、功能、管理、商業條款、過去履約績效、財務計畫等，以獲得最佳之採購標的。

公共工程統包與最有利標實施之探討研討會

93/5/6-7 \$600/本
93/9/16-17 \$600/本

內容：統包制度係將工程之設計及施工或設備之供應及安裝訂在同一個採購契約內，以提升採購效率、縮短工期、確保品質的招標方式；最有利標評選辦法則指機關辦理採購時決標方式除價格因素外，評選項目可採技術、品質、功能、管理、商業條款、過去履約績效、財務計畫等，以獲得最佳之採購標的。

公共建設風險管理研討會

94/06/2-3 \$500/本

內容：由於工程的不確定性因素甚多，工程環境複雜與工期較長，風險就成為工程人員必須考量的課題，尤其公共建設發生問題，所導致施工延宕與百姓生命財產損失龐大，不能不慎。近年來天候多變，颱風暴雨淹水事件經常發生，且偶有施工災變，若能因有深入之瞭解，加強風險管理而降低其影響，就成為工程人員應具備之能力。

2005年土木水利工程人本與環境永續研討會
94/12/16 \$300/本

內容：土木工程師應秉承傳統使命，在推動建設追求發展過程中，藉由資源環境保育及有效利用，以維持並提昇生活品質，且以不破壞自然生態環境及影響後代子孫之生存與發展；同時對大自然抱持謙卑尊敬之心，追求工程與環境之和諧，時時思考怎樣為人類及環境的永續發展與文明進步帶來貢獻。

道路規劃設計的新規範研習會

95/05/11 \$200/本

內容：過去台灣道路的設計施工受限於經費、機具及人為等主客觀環境因素的影響，並無一套完整的道路規劃設計規範。又近年來政府大力倡導生態工法，惟在推展初期，並沒有提供一套可供遵循的設計規範，致各級政府依循有限的生態工法知識進行道路建設及養護工作時，未考量各種生態工法皆有其特性及限制。當豪雨、颱風來襲時，造成道路的嚴重損壞，生態工法多遭各界的批評。

現代土木工程與資訊技術研討會
95/04/12-13 \$350/本

內容：土木工程應是人類最早出現的科技文明之一，如遠古傳聞的大禹治水，綿延於崇山峻嶺的萬里長城；也一直是人類生活品質進化的科技動力，早期的力學與數學許多是源於土木工程的需要。但現代科技的耀眼發展，尤其近年台灣的經濟動脈所在一資訊與電子科技，令許多人誤解…等。

訂購單

(請放大大使用)

訂購書名：_____

郵政劃撥帳號：00030678 戶名：中國土木水利工程學會

信用卡繳費請填下表：

姓名：_____ 服務單位：_____ 二聯式發票

發票抬頭： 同服務單位 其他 _____ 三聯式發票 統一編號：_____

電話：_____ 行動：_____ 傳真：_____ e-mail：_____

地址： _____ 信用卡卡別： VISA MASTER CARD JCB

卡號：_____ - _____ - _____ 信用卡簽名欄最後三碼 _____ (必填)

信用卡有效期限：20__年__月 身份證號碼：_____ 訂購總金額：_____ 信用卡簽名：_____



聯銜營造工程股份有限公司

UNITED STEEL ENGINEERING & CONSTRUCTION



高雄市現代化綜合體育館民間參與開發案

營業項目：商業、工業、醫療、住宅、公共、私人建築、豪宅建築及道路、橋樑、焚化爐、捷運工程、水利工程、基礎建設等土建、機電、統包工程。



中鋼集團總部大樓



國道 1 號五股至楊梅段拓寬工程計畫 C904A 標林口龜山段北上線工程

- 國內首家引進旋轉工法之營造公司
- 獲得公共工程金質獎特優及公共工程品質特優獎



公共工程品質特優獎



第十二屆公共工程金質獎特優

地址：高雄市 824 燕巢區中興路 500 號

電話：(07) 616-7677

傳真：(07) 616-7077

網址：<http://www.usec.com.tw>