中國工程師學會會刊

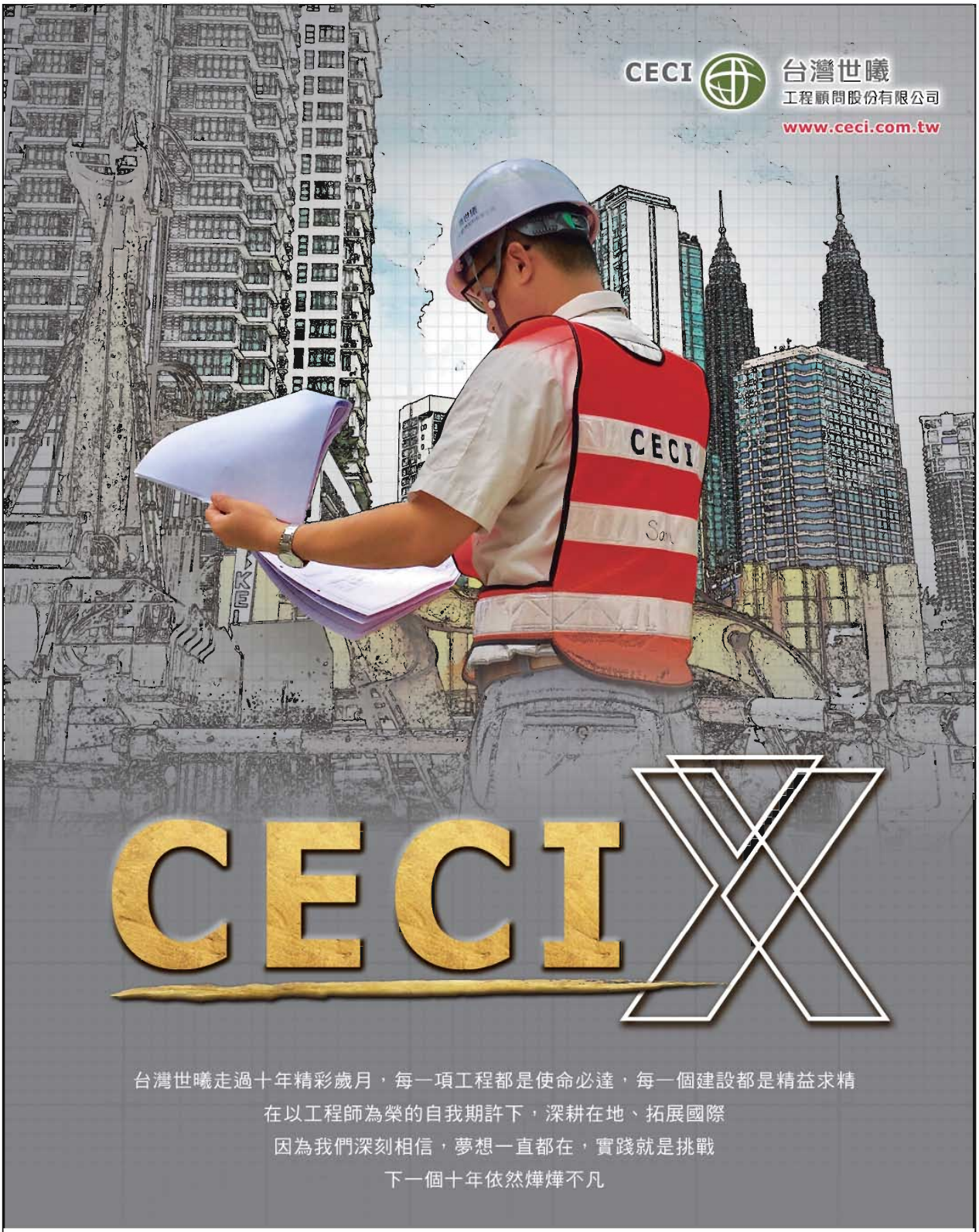
Vol. 91 No.3 ISSN : 1015-0773

中華民國107年6月 http://www.cie.org.tw

工程

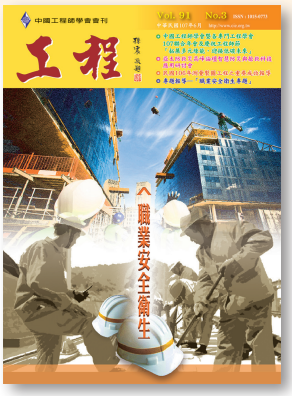
孫震 敬題

- 中國工程師學會暨各專門工程學會107聯合年會及慶祝工程師節「拓展多元綠能，迎接低碳未來」
- 亞太防救災高峰論壇智慧防災與搶救科技應用研討會
- 民國106年測量製圖工程之重要成效報導
- 專題報導—「職業安全衛生專題」



台北市11491內湖區陽光街323號
No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN
Tel:(02) 8797-3567 Fax:(02) 8797-3568
http://www.ceci.com.tw E-mail:pr@ceci.com.tw

Vol. 91 No.3
中華民國 107 年 6 月



封面介紹－職業安全衛生

職業安全衛生之推動，主要目的在保障工作者安全及健康，以預防及降低「職業災害」發生。本期專題著重於工程方面的探討，首先，在工程設計階段需考量安全衛生所遭遇問題，並透過工程設計案例實施風險評估所產生成果做說明，進而應用職業安全衛生管理系統，以及環境高溫對工作者的探討，再加上低頻噪音對健康的危害，以及 BIM 應用於施工安全管理等，都是目前提升職業安全衛生重點，同時並特別增加對化學品的風險管理的探討，期讓從事工程領域的讀者們對職業安全衛生有更完整的瞭解。

特別報導

活動專區

回顧與展望

職業安全衛生專題

專題指導及主編：蔡正雄／中華民國工程安全衛生管理學會

工程與技術

會務佈告

聯絡地址：10570 台北市南京東路五段 171 號 10 樓
電 話：(02)2769-8388 轉 11038
傳 真：(02)8761-1591
會 址：10055 台北市仁愛路二段 1 號 3 樓
電 話：(02)2392-5128
傳 真：(02)2397-3003
網 址：http://www.cie.org.tw
郵政劃撥：00059892
戶 名：社團法人中國工程師學會
編 印：承亞興圖文印刷有限公司
地 址：11494 台北市內湖區瑞湖街 103 號 3 樓之 4
電 話：(02)2799-5911

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌 0765 號
中華郵政台北誌字第 721 號執照登記為雜誌交寄
訂閱全年新台幣 800 元
入會申請手續請上本會網站查詢

中國工程師學會暨各專門工程學會 107 聯合年會及慶祝工程師節「拓展多元綠能，迎接低碳未來」

中國工程師學會暨各專門工程學會 107 年聯合年會及慶祝工程師節大會於 6 月 1 日假台電公司副樓 3 樓禮堂舉行，活動當天計有來自全國各地的會員、得獎者及貴賓共 300 多人與會，大會圓滿順利成功。

本屆年會活動由台灣電力公司籌辦，籌備會主任委員為台電公司楊偉甫董事長，活動擇定以「拓展多元綠能，迎接低碳未來」為主題。開幕典禮由台灣藝起重奏樂團演奏多首樂曲，續由邱琳濱理事長、楊偉甫主任委員、行政院卓榮泰秘書長、工程會顏久榮

▲邱琳濱理事長開幕致詞

▲ 6 位貴賓共同宣示呼應大會主題

副主任委員、世界工程組織聯盟 (WFEO) 執行長 Mr. Jacques de Me'reuil、工研院暨資策會李世光董事長等 6 位貴賓隆重啟動儀式，宣示努力邁向「拓展多元綠能，迎接低碳未來」。

總統賀電為年會帶來喜氣，大會主席邱琳濱理事長續報告一年成果與感謝，大會貴賓行政院卓榮泰秘書長肯定並賦予工程師任務，備感榮幸，工研院李世光董事長演講「科技創新融入綠能發展願景」，全場聚精會神聆聽。此外，今年並特別邀請 WFEO 執行長 Mr. Jacques de Me'reuil 來台共襄盛舉。籌備會楊偉甫主任委員報告籌辦經過與感謝，張武訓秘書長會務報告則說明各委員會的努力使會員與亞太國際工程師增加，組織章程也有重大變革。

本屆年會表揚之各類工程獎項，包括工程界最高榮譽「工程獎章」，由桃園國際機場公司曾大仁董事長榮獲，其他獎項還包括「傑出工程教授獎」、「詹天佑論文獎」、「石延平教授工程論文獎」、「工程論文獎」、「傑出工程師獎」、「優秀青年工程師獎」、「優秀工程學生獎學金」、「沈怡獎學金」、「工程優良獎」、「產學合作績優單位」、「長青會員表揚」等，頒獎典禮歡欣隆重。

此外，本學會自去年起設置會士遴選委員會，首屆會士為本學會 17 位榮譽會員，今年則有 4 位獲推選為會士，分別為亞新工程顧問股份有限公司莫若楫董事長、國立台灣科技大學陳希舜特聘教授、國立成功大學歐善惠名譽教授、台灣國際造船股份有限公司鄭文隆董事長，會士證書由大會貴賓行政院卓榮泰秘書長頒發。

次日，在籌備單位台電公司的規劃下，特別安排了工程建設參觀活動，包括路線 A 的林口電廠和鶯歌陶瓷博物館，以及路線 B 的國立海洋科技博物館和協和電廠。參訪活動於 2 日上午 9 點在中正紀念堂集合後出發。本次參訪有 150 位工程先進和眷屬，最大年齡 94 歲，去年參訪興達發電廠時是 93 歲，

▲大會情形

▲邱琳濱理事長(右一)偕行政院卓榮泰秘書長(左二)與本年度會士合影

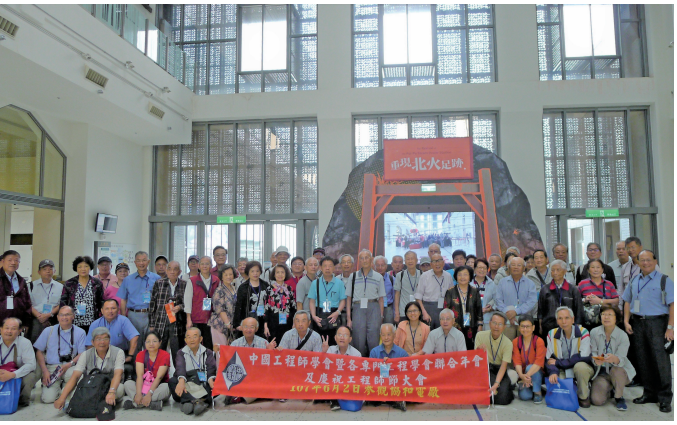
全體平均年齡近 80 歲，行動自如，談吐清晰，反映工程師歷練使身體硬朗。但是籌辦單位仍聘有護理師全程陪同。

在參訪海洋科技博物館時對於許多互動設施遊戲，先進使力有勁更贏得掌聲。協和電廠簡明利副廠長安排 3 場簡報：協和電廠的管理成就和現況、協和電廠的更新改建計畫和深澳電廠更新計畫，相關內容珍貴，可充分感受國家施政的用心。行程亦包括參訪協和電廠甲級宿舍，位在山頭，視野廣闊環境清幽，對於外木山灣區開發可以一覽無遺。

本次年會照片及影音檔將放置本學會官網 (www.cie.org.tw) 及臉書粉絲團 (https://www.facebook.com/CIE1912/)，歡迎前往瀏覽下載。

▲本年度工程獎章得獎人 - 曾大仁董事長

▲台電合唱團為大會獻唱



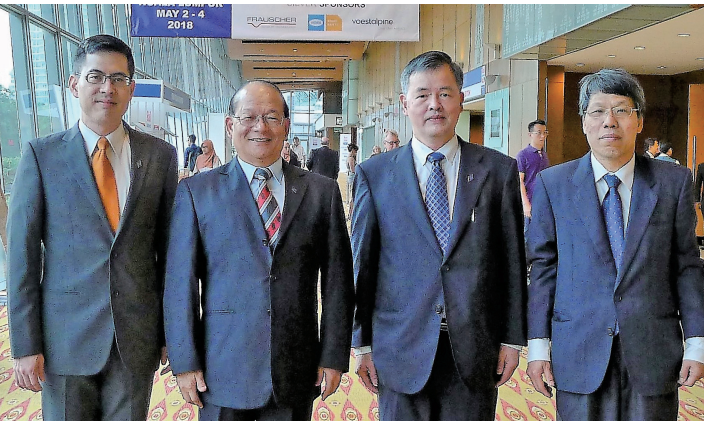
▲工程參訪人員合影

▲聽取協和電廠簡報

赴馬來西亞出席 Rail Solution Asia 2018

本學會受邀出席於 5 月 1 日至 4 日假馬來西亞吉隆坡舉辦之「Rail Solution Asia 2018 －第 19 屆亞洲國際鐵路研討會」，研討會地點位於吉隆坡雙子星塔附近國際會議中心 (KLCC)，旨案對政府推動新南向政策可收到行銷、認識和學習的效果。去 (106) 年本學會首次出席此國際研討會，行銷政府前瞻計畫中有關軌道的部分，今年則出席與會分享台灣的高速鐵路經驗。

本學會代表團由張武訓秘書長、對外關係委員會宋鴻康執行秘書與中興工程顧問股份有限公司賴建名經理組成，臺鐵局阿里山處長林治平博士亦另受邀請以「Reconstruction of Two Railway Workshops for Taiwan Railway Administration」為題發表論文。為能充分吸收知能，本次藉由參加活動期間，與馬來西亞工程師學會青年工程師 (IEM YES) 進行聯誼、出席 RSA 開幕、聽取各



▲本學會代表團張武訓 (左二)、林治平 (右一)、宋鴻康 (右二)、賴建名

▲張武訓秘書長於會中致詞

▲本學會代表與馬來西亞陸運交通委員會 (SPAD) 副總經理 Ramesh 合影

▲林治平處長論文發表

▲參觀展覽場與 FRAUSCHER 處長 Martin 等合影

國報告與發表本學會論文、觀摩展覽會場與互動聯誼、訪問馬來西亞高速鐵路公司 (MyHSR Corp.) 及參訪吉隆坡機場捷運鐵路公司營運維修廠 (E-MAS)。盡可能瞭解馬來西亞、越南、菲律賓等東南亞 8 個國家 46 位講者的論文內容與 89 個軌道設施展出攤位，攤位大多由世界各軌道技術先進國家公司提供。透過國際間交流，獲得國際軌道技術發展趨勢的資訊和認識，有益於本學會協助會員們推動軌道相關資訊之參考。

5 月 2 日開幕當天晚上，由軌道技術大國之一的奧地利駐馬來西亞經貿處長 Mr. Dorothea Winkelmayer 夫婦，在會議中心附近 Impiana 大飯店 15 樓俱樂部邀請參加 2018 RSA Conference 的代表晚宴，估計逾百位貴賓與會，美酒佳餚招待豐盛，且用心將維也納皇宮壁畫配置在舞台背後，全景提供拍照留念。本學會代表於酒會中輕鬆和各國代表互動，體驗奧地利官方積極推動經濟商務的氛圍，看到官商合作無間的力量。深深覺得，台灣想要推展新南向運動，政府需要更加油，全民的觀念也要更大器才會有機會。

本次研討會 20 篇發表論文中奧地利代表有 2 篇，展出的 89 個攤位中奧地利廠商有 21 個，積極參與的比重最大。本學會於 5 月 3 日會中分享台灣的高速鐵路經驗，引發在場各國代表熱烈興趣，頻頻發問。馬來西亞高速鐵路公司 (MyHSR Corp.) 介紹 KL-Singapore High Speed Rail -Gaining Momentum 及 Application of GIS for the Public Inspection of the KL- Singapore High Speed Rail Project，讓與會人員了解目前馬來西亞高速鐵路興建最新情形，招商預定明年第 2 季決標，目前

以 GIS 進行民眾說明會辦理土地徵收及車站造型設計中。

本學會組團遠程到吉隆坡出席 2018 RSA 研討會分享台灣高速鐵路經驗與成果，並訪問馬來西亞高速鐵路公司 (MyHSR Corp.)，相對認識新南向區域軌道發展，吸收更多東南亞 8 個國家 46 位講者的論文發表，其中星馬高速鐵路計畫推動最新訊息及具文化特色規劃，深具參考價值。

▲ 5 月 2 日代表團員與奧地利經貿處長夫人 Mrs. Dorothea Winkelmayer 合影

▲代表團於晚宴和主辦 RSA 總經理 NORMAN 合影

▲閉幕各國代表合影

拜會馬來西亞高速鐵路公司

本學會於出席「Rail Solution Asia 2018」期間，於 5 月 2 日下午安排拜會馬來西亞高速鐵路公司 (MyHSR Corp.)，由 Project Director Mr. Mark Loader率主管接待與交流。

本學會是本次活動中第一個訪問該公司的單位，由張武訓秘書長代表致贈學會紀念牌予 Mr. Loader，全體主管並合影留念。交流互動熱烈，逾 1 個半小時才相約第二天在研討會繼續討論。

▲張武訓秘書長致詞並介紹團員

▲致贈學會紀念牌

拜會馬來西亞機場捷運公司 E-MAS

本學會於 5 月 4 日由吉隆坡機場捷運公司 E-MAS 安排參訪位於斯拉汀吉車站 (Stesen Salak Tinggi) 附近營運中心及維修機廠，由 CEO Baak Thomas 親自接待，相關主管出席簡報和導覽。張秘書長代表學會致贈紀念牌予 CEO，合影後即刻擺在會議室展櫃表示重視。

本次拜會除聽取完整實務運作和公司經營簡報，並參觀維修基地與調度中心，瞭解營運設施及中央車站營運情形。E-MAS 安排搭乘機場捷運系統列車，由中央車站至維修機廠站，沿途說明軌道維修、號誌、通信系統及車內服務殘障上下設施。該公司原有 12 組 48 輛列車電聯車，製造商為德國西門子公司，後續增購 6 組計 24 輛為中國中車

▲ E-MAS 執行長 Mr. Baak Thomas 親自接待

▲ E-MAS 簡介吉隆坡機場捷運運轉中心操作情形

▲參觀 E-MAS 的機捷維修廠

▲參觀吉隆坡機捷維修廠

(CRRS) 製造。本學會去年 5 月底到訪時正在整備試車，今年 3 月剛正式營運，代表團首次搭乘與體驗從機場到 KLCC 會展中心，恰搭乘新的直達車，單程馬幣 55 元 (約合台幣 440 元)，刷卡打 9 折，並不便宜。總評結果，我們的桃園機場捷運又好又便宜。途中並參觀吉隆坡軌道系統中央車站，有 1 號線 Sereban Line；2 號線 Port Klang Line (KTM Komuter)；5 號線 Kelana Jaya Line (TapidKL)；6 號 線 KLIA Ekspress；7 號 線 KlIA Transit (express Rail Link)；10 號線 Skypark Link ETS KTM ETS，共 7 條路線轉乘，站內售票室高雅及旅客資訊系統便捷，轉乘至吉隆坡近郊之國際機場之快線十分方便。機場營運維護公司表示，他們展現實力，已多元開拓國外市場服務，爭取到曼谷、孟買、麥加、延伸線等顧問與供應業。

從 E-MAS 簡報知道增購的 6 列 24 部電聯車來自中國大陸的中車集團，價錢較原廠低。參觀維修廠時看到許多備品，包括成排的轉向架、鋼輪和空心輪軸等新品。 E-MAS 的行控中心和維修廠規模比台灣的小且簡單，工作人員也少。

亞太防救災高峰論壇智慧防災與搶救科技應用研討會

由行政院災害防救辦公室指導，台灣防災產業協會與法蘭克福斯傳媒公司主辦，本學會等單位協辦之「亞太防救災高峰論壇智慧防災與搶救科技應用研討會」，於 4 月 27 日圓滿完成，本學會張武訓秘書長擔任「防救災科技 / 解決方案 & 案例分享」研討會主持人，出席踴躍內容精彩。

國家中山科學研究院李德修副組長及郭立言資深工程師主講「物聯防災整合應用之願景」與「PM 2.5 預報系統」；中興社沈哲緯高級研究員主講「山坡地智慧防災物聯網」；興創知能公司鄭錦桐總經理主講「智能 IOT 防救災監測應用」以及國家實驗研究院楊尊華博士主講「主動出擊、即刻救援—國研院虛實整合守護臺灣」。

▲張武訓秘書長主持防救災科技解決方案 & 案例分享研討會

▲張武訓秘書長和與會貴賓合影

▲張武訓秘書長出席主持研討會

▲會場情形

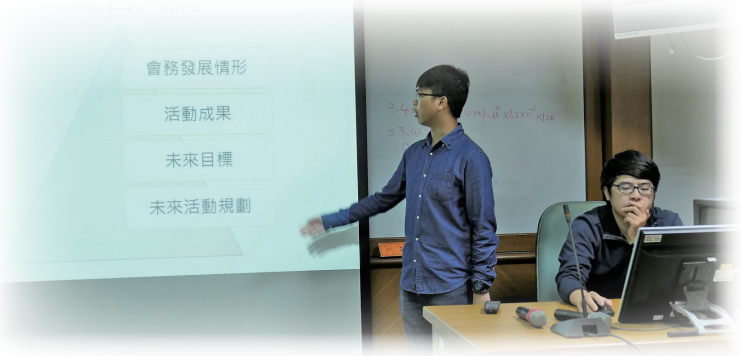
107 年學生分會會務評鑑

本年度學生分會會務評鑑於 4 月 28 日假台中中興大學由教育委員會圓滿辦理完成，今年共有中興大學學生分會、暨南大學學生分會與清華大學學生分會申請參加評鑑，各學生分會均能秉持熱忱積極的態度在認知範圍努力推動會務，經過簡報、答詢與比較後，各委員也都給參加的分會適度的肯定和鼓勵。但為了使學生分會更加茁壯，更能響應國家 5+2 的建設，召集人蔡教授特釋出服務，願意為分會提供免費的 5+2 建設講座。本學會張秘書長並分送本學會簡介，說明學會的多元性質和多元服務，希望能協助學生分會一起推動更廣泛更活潑的活動，創造更多元的榮譽。

▲張武訓秘書長出席學生分會會務評鑑

▲張武訓秘書長與學生分享學會會務活動

▲意見交流



▲學生分會進行簡報

2018 年第 1 場
工程人員海外工作經驗分享講座

本學會中華台北亞太工程師監督委員會於 5 月 4 日假孫運璿科技・人文紀念館舉辦「2018 年第 1 場工程人員海外工作經驗分享講座」，本次講座特別邀請到台灣世曦工程顧問公司捷運工程部陳幼華資深協理；以及世界銀行環境顧問屠世亮博士擔任講師。

研討會開始首先由李建中主任委員致詞，李主任委員表示近年來全球新興國家基礎建設需求大幅提升，世界各國早已多所投入，因此鼓勵我業者應更積極開拓海外商機。

台灣世曦公司陳幼華資深協理續以「執行國際工程計畫關鍵 - 以捷運工程設計為例」為題，將該公司推展海外軌道計畫的過程毫不藏私分享給所有參加研討會的來賓。自如何從失敗中吸取經驗，如何在執行過程中不斷地改進計畫執行的方式及如何加強國內總部在行政及技術上支援計畫的力道及增加同仁及公司的競爭力，並提供該公司在學習如何與國外工程業者競合關係中，調整營運的方向等。其演講內容實為所有有志赴海外發展的工程單位之優質經驗。

第 2 場由世界銀行專家屠世亮博士以「國際開發組織評估融資計畫之考量因素及我國工程師的機會」為題，以深入淺出的方式介紹了亞洲開發銀行、世界銀行以及亞洲基礎設施投資銀行等國際金融組織及其開發中國家提供融資過程以及國與國間之開發援助 (ODA) 時各個相關利益團體間之關係，以及其過程中對工程單位及工程可產生之商機等，亦提供許多取得計畫的方法及應注意的事項等。

本次研討會計有 80 多位參與，反應相當熱烈，尤其在演講人分享結束後許多與會者提問，對於協助欲拓展海外市場的與會人員有非常大之助益。

▲李建中主任委員致贈感謝狀予陳幼華資深協理

▲李建中主任委員致贈感謝狀予屠世亮顧問

▲ Q&A 時間問答熱烈

▲李建中主任委員致歡迎詞

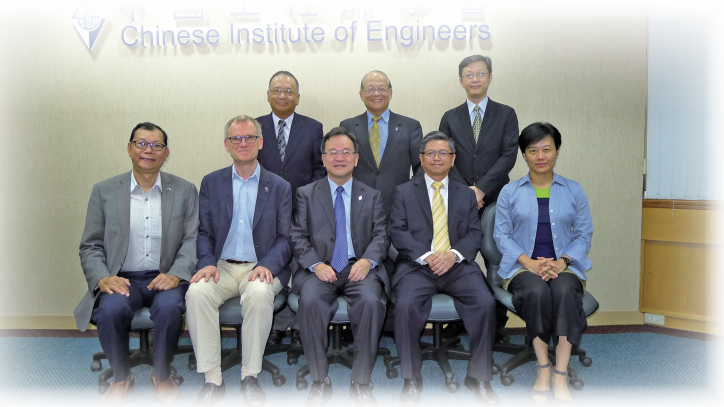
接待世界工程組織聯盟 (WFEO) 執行長

世界工程組織聯盟執行長 Mr. Jacques de Me'reuil, (Executive Director, WFEO)，遠道第一次到台灣，下飛機即訪問本中國工程師學會，座談與午餐，相談甚歡。

本學會安排曾參與 WFEO 活動的代表接待，包括李建中常務監事、中鼎集團林俊華首席副總裁 (第 67 屆理事長)、薛文珍理事、張學孔主任委員 (對外關係委員會)、中興工程公司劉欽正協理及秘書處張秘書長、杜副秘書長與梁秘書接待、簡報和座談。

意見交換中充分表達本學會積極參與 WFEO 活動的熱忱，並對參與活動名稱有共識和認知。會後進行合照，致贈學會紀念牌、學會英文白皮書、簡介，執行長 Jacques 並將配戴的 WFEO 第 50 年慶肩章和本學會肩章互換。

午餐繼續交誼，並邀請 Mr. Jacques de Mereuil 出席 6 月 1 日的學會聯合年會。



▲出席貴賓合影

▲李建中常務監事致贈紀念牌予 WFEO 執行長

▲會晤情形

花蓮地震之建築物損壞

臺灣建築學會常務理事 / 姚昭智

一、地震資料

2018 年 2 月 6 日夜間 23 點 50 分發生的花蓮地震，造成花蓮地區嚴重災情，此地震規模為 6.26，花蓮市及宜蘭南澳區震度達到台灣地區最大震度 7 級 (地表最大加速度 400gal 以上者)。根據中央地調所資料所示，花蓮地震的震央與米崙斷層相當接近，地震後米崙斷層沿線也有明顯的地表破裂。

本次地震造成的受損建築物地點與米崙斷層位置具有一定相關性 (圖 2 及圖 3)，倒塌的及主要紅黃單建築都在其旁。花蓮市內的地震測站 HWA 距離斷層帶 500m 內，由該測站地表震動量測分析中 (圖 4)，可知反應譜在長周期部分，以南北向 0.7 秒左右為例，有較大的反應，甚至有局部超過現行規範 475 年回歸期之設計值。與其他離斷層較遠測站的反應譜比較 (圖 5)，也可看出 HWA 長周期分量較大，表示高樓層建築物可能較易產生共振的現象。

二、建築物損壞

此一地震造成諸多建築物傷害，以下針對幾棟受損較嚴重建物損害勘災發現特性加以說明：

(一) 雲門翠堤大樓

該大樓於 1991 年申請建照，為地下 1 層，地上 12 層住商混用建築物。此地震造成 B1 至 3F 崩塌，原本 2 樓降至 1 樓，部分 3 樓樓板傾斜伸入地面以下。從取得的設計圖中，可看出 1 樓牆量相對於 2 樓以上略少，但於 2011 年室內裝修改建成民宿 (圖 6)，2F 大量增加磚牆，1F 西側也增加磚牆。從結構的角度來看，即使是磚牆的隔間也會提升剛度，並且比對原始設計圖面，也有部分原始牆量移除 (1F 較多，2F 較少)。這些變更雖然未發生承重強度不足立即破壞的現象，但已改變結構系統的勁度分佈，當地震來臨時，因變形集中效應，容易產生軟弱底層的行為而崩塌。從電

- 台灣時間2018年02月06日午夜23時50分42.6秒（世界時間2月6日15時50分42.6秒）於台灣花蓮縣近海（花蓮縣政府北偏東方18.3公里）發生芮氏規模M_L6.0之地震，花蓮市、宜蘭南澳皆觀測到7級震度。
- 震央位置在北緯24.14度、東經121.69度，震源深度為10.0公里。氣象局後續重新進行地震定位和規模修正後，將震央位置修正為北緯24.1度、東經121.73度，**震源深度改為6.31公里，地震規模則修訂為M_L6.26**。

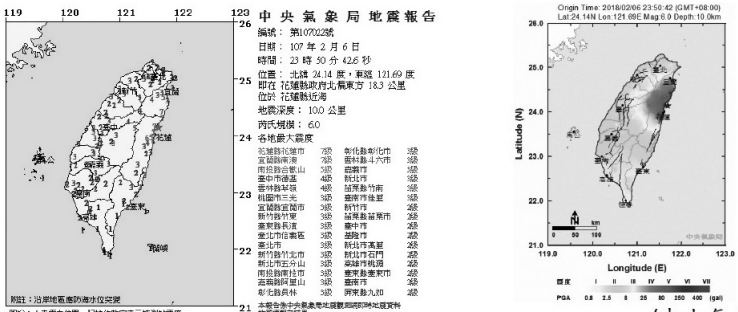


圖 1 等震度圖及震央位置 (來源：中央氣象局)

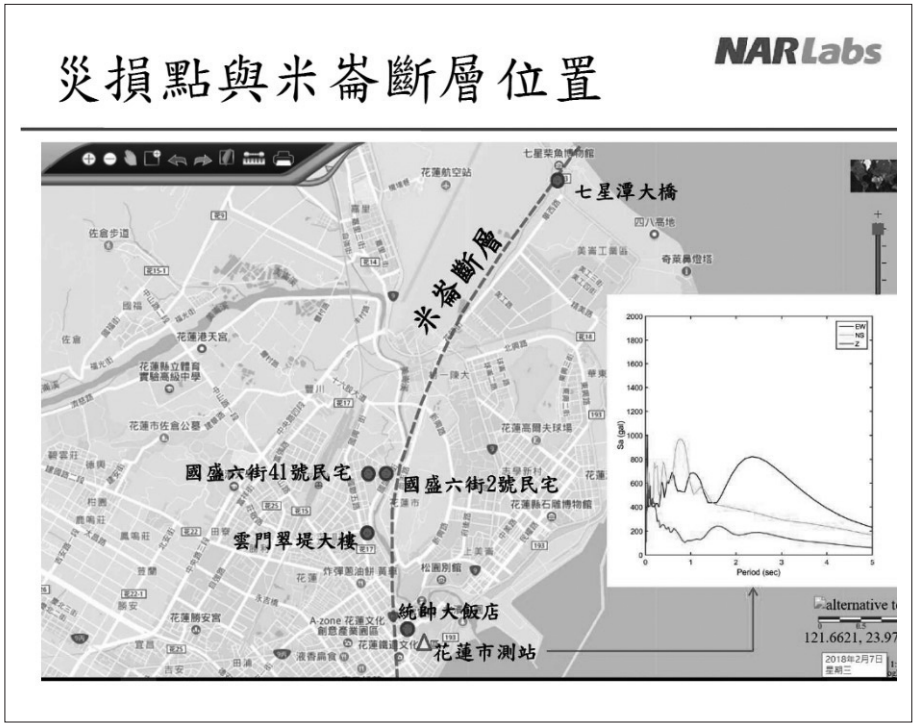


圖 2 倒塌建築與米崙斷層位置 (來源：國家地震工程研究中心)

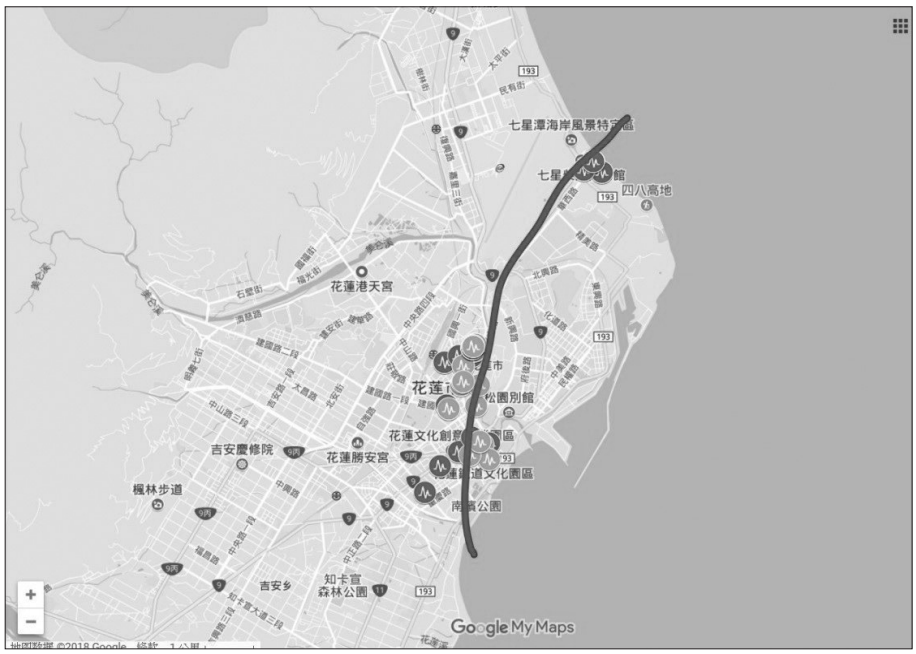


圖 3 紅黃單與米崙斷層位置 (來源：本文作者整理)

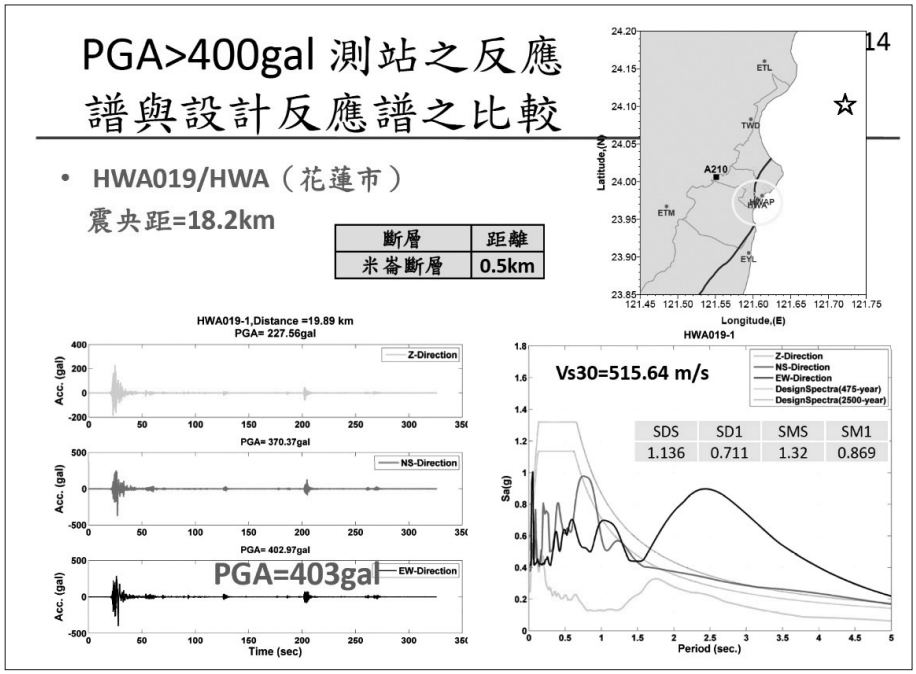


圖 4 HWA 測站之反應譜與設計反應譜比較 (來源：國家地震工程研究中心)

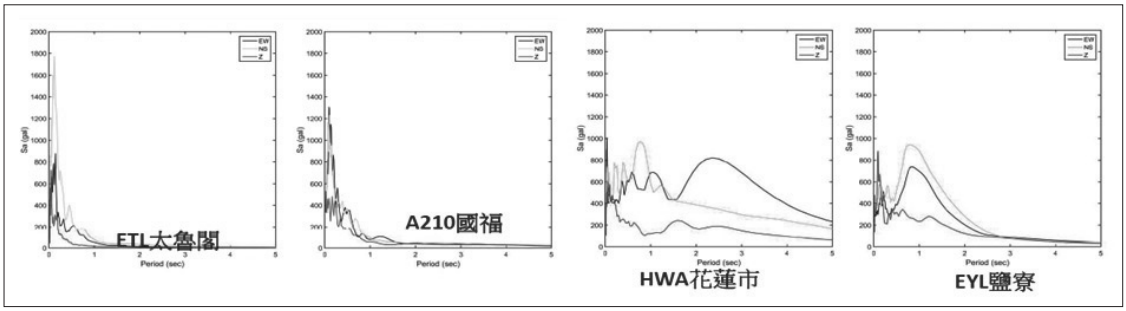


圖 5 花蓮市附近測站之反應譜 (來源：國家地震工程研究中心)

*綠色：變更設計新增磚牆

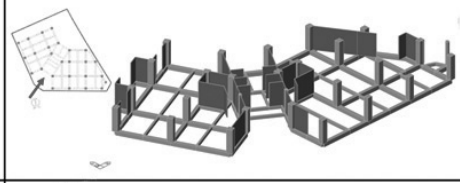
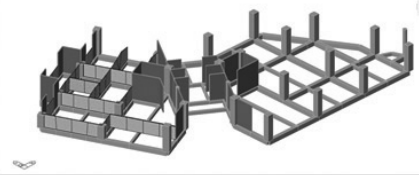
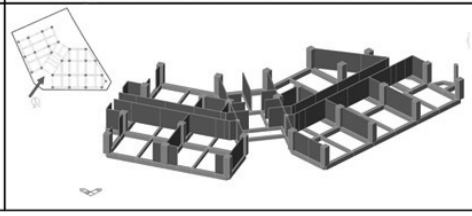
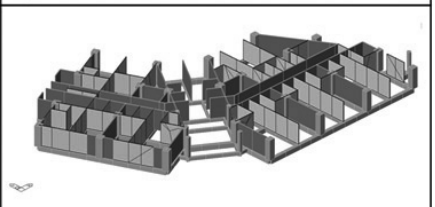
	原始設計	變更設計
1F		
2F		

圖 6 雲門翠堤 1、2F 變更設計圖示 (來源：本文整理)

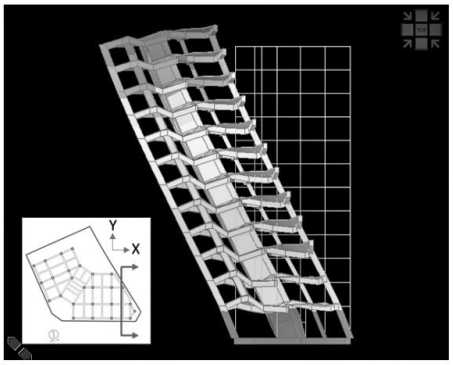
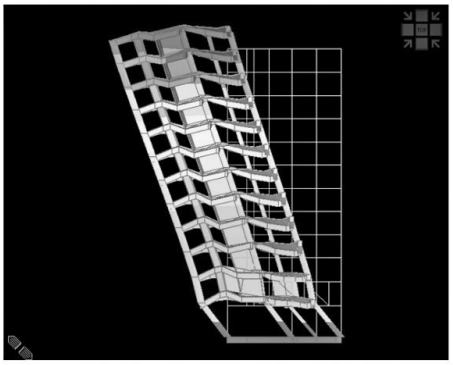
原始設計	變更設計
	

圖 7 雲門翠堤 Y 向第一模態 (來源：本文整理)

圖 8 統帥大飯店疑似之補強構件 (來源：Google Map 街景)

腦分析模型 Y 向第一模態圖中 (圖 7)，變更設計後的一樓柱頭有產生較大模態變形。

根據破壞現場的柱變形狀態，有明顯的扭矩變形，推論也可能為 1F 變更設計下，加劇剛心偏心造成。另外從結構體破壞模式中，可發現許多雷同於 2016/02/06 台南維冠大樓相似的破壞機制，包含主筋排列過於緊密導致混凝土粒料分離，以及梁主筋彎鉤未伸入柱核心內錨定等等施工細節不良等問題。此外，據 2018/02/27 報載：大樓建商跳過建築師全程自行監造，亦找無土木技師執照的營造廠施工，也可能是鋼筋配置錯誤的原因之一；綜合以上各因素，均可能是造成本棟建築物倒塌之原因。

(二) 統帥大飯店

該大樓於 1975 年建，為地下 1 層，地上 8 層 RC 建築物，此地震造成底下兩層崩塌。該棟原始設計加速度為 0.1G，曾在 1981 年及 1986 年地震受損，並於建築體的 1F 挑空走廊處，進行疑似補強的樹枝狀鋼構及柱 (圖 8)。自圖 9 觀察損壞的樹枝狀的補強構件，其破壞的樣貌不像是具有補強效用，而比較像裝飾性質。至於旁邊黃色的騎樓補強柱，從損壞照片中也可明顯看出，其柱頭未與騎樓的梁連接，以上兩者應皆未達到補強效用。

拆除照中可以看出 3F 及以上的客房隔間為半 B 填入式磚牆。但根據平面圖所示，此建物於 1,2F 無明顯牆量屬於較開放空間，這種類型的樓層勁度比其他樓層勁度小，引致地震來臨下，造成的軟弱底層破壞。

(三) 國盛六街吾居吾宿大樓

該棟民宅於 1995 年取得建照，為地上 6 層，局部增建至 9 樓。此地震造成地面挑高 1F 停車場側向崩塌，崩塌時沿著順時鐘方向扭轉 (圖 10)。該民宅 1F 挑高做為停車場空間，局部有夾層但無牆，以致相對於樓上住宅隔間牆亦屬軟弱底層。底層柱在建照的立面圖上於 2F 有錯位，會產生額外彎矩而從錯位處破壞 (圖 11)，此一問題在設計中未能查明，頗為可惜。

圖 9 統帥飯店補強構件破壞樣態 (來源：本文整理)

原貌	震後
	

圖 10 國盛六街吾居吾宿大樓 (來源：GoogleMap 街景 & 成大建築系杜怡萱副教授攝)

圖 11 國盛六街吾居吾宿大樓 (來源：GoogleMap 街景 & 成大建築系杜怡萱副教授攝)

三、總結

此次地震中重大的建築損壞，大概可以歸納出以下幾個特性：

(一) 興建年代

本次地震倒塌的建築物都是 921 地震前完工，但雲門翠堤的室內裝修為 2011 年，是否係因室內裝修造成結構強度降低，尚待進一步研究。

(二) 軟弱底層

耐震設計規範中對於耐震性不佳的結構系統有許多規定，大致上係以平面及立面的不規則性來定義。在立面規則性的要求中，對於軟弱樓層有很清楚的界定，其中對極軟層的定義為：指該層之側向勁度低於其上一層者之 60% 或其上三層平均勁度之 70%，則不容許採用於建築設計中。

此次地震在花蓮市幾棟倒塌的建築物就跟此一弱層現象有關。這些建築物的底樓因作為商業空間或是停車場使用，所以牆量極少，但是較高樓層做為住宅使用，因而有許多隔間牆，形成所謂的軟弱樓層系統。

(三) 近斷層效應

花蓮市區測站的反應譜中，可以看到近斷層效應造成的長週期震動，會對高樓建物造成不利條件，亦可說明倒塌房屋旁的低層建築只有少量震損，甚至毫無損傷的差異現象。

(四) 設計施工構造

本次震損的建築物中，幾乎皆可看見鋼筋或箍筋搭接不實造成的損壞。此外，在統帥大飯店的補強構件震損中，看似對耐震能力提升毫無幫助，該補強效果令人值得懷疑。

106 年台灣鑛冶工業之進展

中國鑛冶工程學會理事長、國立成功大學材料科學及工程學系講座教授 / 黃肇瑞

前言

106 年台灣經濟成長率為 2.86%，創 3 年來新高，顯示 106 年經濟復甦力道增強中。進口之礦產品進口量為 179,253,914 公噸，較民國 105 年增加 2.29%；進口價值為新台幣 1 兆 242.9 億元，較 105 年增加 24.26%；106 年進口礦產品最大宗一如往年，仍為能源礦產，為 129,183,296 公噸，占當年礦產總進口量 72.07%，進口值 91,414,644 萬元，則占當年礦產總進口值 89.25%，顯見國內能源供需仰賴國外進口之殷切；106 年能源礦產進口量年增 4.34%，進口值年增 26.81%，主要因天然氣上漲約 8%，煤炭、原油價格大幅上漲三成四、二成四以上所致；進口金屬礦物 827.3 億元，占當年礦產總進口值 8.08%，較民國 105 年增加 9.55%，進口量為 2,587.6 萬公噸，占當年礦產總進口量 14.43%，較民國 105 年減少 0.43%；工業原料礦物年進口值 274.1 億元，占當年礦產總進口值 2.68%，較民國 105 年減少 1.79%，進口量為 2,419.5 萬公噸，占當年礦產總進口量 13.50%，較民國 105 年減少 4.87%。

台灣地區 106 年礦產品出口總量為 1,123,640 公噸、出口總值為新台幣 49 億 9,306 萬元，較民國 105 年出口總量 2,821,260 公噸、出口總值為新台幣 323 億 6,146 萬元，量爆減 1,697,620 公噸 (-60.17%)、值爆減 273 億 6,840 萬元 (-84.57%)，原因係 105 年銅礦 (砂) 出口量突暴增至 604,712 公噸，出口值暴增至 2,611,413 元影響所致。

茲就 106 年我國油氣礦業、金屬與非金屬礦業、鋼鐵工業、非鐵金屬工業、粉末冶金工業、工業材料研究及地質調查與研究之進展，重點摘錄分述如下：

一、油氣礦業

台灣中油股份有限公司 (以下簡稱中油公司) 於 106 年賡續在國內陸上、海域及國外探採石油及天然氣，茲分述如下：

(一) 陸上探採

1. 於台灣西部進行屏東平原北段二維震測，共完成 113.4 公里資料採集；嘉義 - 台南間平溪斷層以西麓山帶區域之地質核查 73 平方公里。
2. 於苗栗縣通霄鎮鑽探鐵砧山 C2 號探勘井，共鑽三孔，順利完成駐井地質工作，可作為儲氣窖之注產氣井。於台南市新營區鑽探新營 8 號探勘井，雖然有鑽獲油氣但未達經濟效益而廢井。
3. 開發生產方面，進行陸上各礦區油氣井修井及復產工作；生產天然氣約 2.66 億立方公尺，原油約 0.54 萬公秉。

(二) 海域及兩岸合作探勘

1. 海域探勘與聯合研究計畫：完成三維震測資料採集作業，並預計持續進行三維震測資料處理至 107 年 8 月。
2. 兩岸合作油氣探勘與聯合研究計畫：完成 ST18-6-1 深水探井鑽探作業，目前正進行該井鑽後分析及研究，並對合約區進行總體油氣潛能評估及未來經營決策。

(三) 國外探採

持續在國外進行包括油氣探勘、開發生產及礦區取得等作業，迄 106 年底參與國外 7 個國家，合計 17 個合作礦區。

1. 探勘方面：完成鑽探 4 口探勘井 (尼日礦區)，新增條件資源量 235 萬桶。規劃二維三維震波測勘及鑽探 1 口探勘井。
2. 礦區取得方面：現正進行印尼 Kasuri 礦區、伊朗上游油氣田、美國路州 Tellurian LNG 上下游整合等投資機會之洽談。
3. 開發生產方面：厄瓜多 16 號礦區生產井 120 口，分得原油 238.88 萬桶；厄瓜多 17 號礦區生產井 31 口，分得原油 60.79 萬桶；尼日 Agadem 礦區生產井 46 口，分得原油 132.44 萬桶；美國礦區生產井 14 口，分得原油 0.72 萬桶，天然氣 0.01 億立方公尺。印尼山加山加礦區生產井 912 口，分得原油 17.72 萬桶，天然氣 1.36 億立方公尺。

二、金屬與非金屬礦業

(一) 金屬礦業

1. 金銀銅礦：金瓜石 4 個金銀銅礦區、宜蘭縣南澳鄉神保金礦區，目前仍停工中。
2. 砂金礦：僅東部和平溪地區礦區少量生產，民國 106 年尚無生產量。
3. 鐵礦：西部海岸砂鐵礦，106 年尚無生產量。

(二) 非金屬礦業

1. 大理石：民國 106 年原料用大理石產量為 1,566 萬 1,882 公噸，較民國 105 年產量減少 1.55%，產值增加 28.39%。
2. 石灰石：礦物成分及用途與大理石相同。民國 106 年原料用石灰石產量為 50 公噸，較民國 105 年產量增加 194.12%，產值增加 17.98%。
3. 蛇紋石：民國 106 年原料用蛇紋石產量 60,481 公噸，較民國 105 年產量減少 33.96%，產值減少 22.08%。

4. 白雲石：民國 106 年白雲石產量 13,357 公噸，較民國 105 年產量減少 39.30%，產值減少 38.01%。
5. 鹽：全部產自台灣西部台鹽公司的精鹽廠，民國 106 年總產量 77,054 公噸，較民國 105 年產量減少 0.27%，產值減少 1.16%。
6. 矽砂：產於台灣西部，為玻璃、玻璃纖維、鑄造、噴砂等業之基本材料。民國 106 年總產量為 139,274 公噸，較民國 105 年產量減少 20.72%，產值減少 14.98%。
7. 砂石：為營建之基本材料，亦為目前礦產品中量值最大者。民國 106 年砂石產量為 5,307 萬 3,025 公噸；總產量中河川砂石占 80.05％，陸上砂石占 19.95％；東砂西運海運部分占總生產量 4.11%。

三、鋼鐵工業

(一) 國內市場供需

1. 粗鋼、鋼材產量：106 年粗鋼產量 2,243.8 萬公噸，較 105 年增加 3.2%。鋼材產量 2,540.5 萬公噸，較 105 年減少 0.4%。
2. 鋼材、半成品進出口量：106 年鋼材進口量 377.2 萬公噸，減少 6.9%；出口量 1,152.5 萬公噸，增加 2.1%。半成品方面，106 年進口量 351.8 萬公噸，減少 3.8%；出口量 29.3 萬公噸，大幅減少 56.2%。
3. 粗鋼、鋼材表面消費量：106 年粗鋼表面消費量 2,118.3 萬公噸，鋼材表面消費量 1,765.3 萬公噸，衰退 3.4%。
4. 主要鋼品表面消費量：106 年我國鋼鐵表面消費量，主要鋼品中有明顯變化者為電鍍鋅 (-30.8%)、電磁鋼片 (+29.6%)、熱浸鍍鋅 (-11%) 及 H 型鋼 (-10.5%)，其餘各鋼品變化不大。

(二) 鋼鐵產業發展

全球景氣持續復甦，加上物聯網、車用電子、AI 高效能運算等新興運用興起，106 工業生產指數成長 2.91%；國內鋼鐵下游產業於相關用鋼需求帶動下逐步好轉，分述如下：

1. 螺絲螺帽業：主要螺絲類產品出口量 159.6 萬噸，年增 3.97%。其中銷往美國 65.2 萬噸，年增 4.62%，仍為主要出口國家。
2. 鋼構業：106 年核發使用樓板總面積共 29,984 仟平方公尺，上升 13.91%。
3. 汽車業：106 年持續受惠於政府實施汽車舊換新貨物稅減免政策，全年台灣新車銷售量為 44.5 萬輛，年增 1.1%。
4. 家電業：受累於 106 年房地產表現低迷影響呈現衰退，希望藉此降低成本及售價，並結合智能環保新產品刺激換機需求，帶動 107 年家電產銷量回升。
5. 機械業：106 年台灣機械設備出口大幅成長，較前一年度增加 21.1%；其中工具機年增長 15.5%。

(三) 新技術與新產品開發

1. 鋼板產品線上淬火開發；
2. 電鍍銅箔設備用鈦板開發。

(四) 製程研究改善較重大之成果

1. 大鋼胚低溫軋延製程建立；
2. 煉焦廢水氨氮脫除技術開發。

(五) 設備技術建立方面較重大之成果：

1. 線材氣霧冷卻設備建置；
2. 高耐磨絞乾輥開。

(六) 國內鋼鐵及下游業者主要技術研發與合作情形

1. 推動第二期手工具標竿產品逆向工程；
2. 扣件業生產製程智慧化串接系統開發；
3. 成功打造熱衝壓材供應體系。

四、非鐵金屬工業

(一) 台灣鋁產業市場概況

106 年台灣鋁錠進口量為 59.3 萬噸，衰退 5.5%，其中純鋁錠進口量為 32.5 萬噸，衰退 15.3%；鋁擠錠進口量 18 萬噸，成長 8.4%；鋁合金錠進口量 8.8 萬噸，成長 12.8%。鋁錠出口量 10.5 萬噸，成長 9.3%，主要出口為再生鋁錠，用於鑄造汽機車零件，主要出口國為越南、日本。

106 年因無新穎題材上半年國內景氣處於較為低迷的情勢，惟下半年隨著政府推動軌道經濟、擴大公共建設方案、及國內工程帷幕牆、半導體設備景氣逐步回溫，國內經濟逐季復甦出現轉機，106 年台灣鋁軋延需求量約 17 萬 1 千噸，與 105 年相較僅約略提昇 3%，107 年則隨著國內景氣持續回溫且經濟預測全年 GDP 上看 2.5%，整體台灣鋁軋延品需求可望持續保持。

(二) 鋁產業製程精進

1. 塗覆製程技術；
2. 廢鋁回收再生技術；
3. 連續退火線優勢。

(三) 鋁產業新產品開發

1. 交通用鋁領域；
2. 罐身 / 蓋材開發；
3. 航太產業應用；
4. 鋰離子電池用鋁箔。

(四) 鎂合金市場應用

近幾年來，各個市場對鎂合金的需求都在穩步增長，主要由汽車零部件工業所驅動的鎂合金壓鑄件需求。

(五) 鈦合金市場應用

全球海綿鈦產能擴增及生產效率化，材料平均價格有下滑趨勢，有利業界提高對鈦金屬應用面的開發。

(六) 銅合金市場應用

106 年供給短缺碰上需求疲弱，銅價上漲。

(七) 鋅市場回顧

鋅金屬及合金等原材料仰賴進口，近期技術創新，將鋅合金板做屋頂覆蓋材料，且可以再回收利用。長期來看，在鋅的消費結構中比例會下滑，而鋅合金比例將會逐漸增長。

五、粉末冶金工業

隨著時代快速的進步，台灣開始有粉末冶金工業邁向 50 週年，隨著時代快速的進步，整個技術的發展與應用領域是不斷的擴大及成長。將說明針對以下兩項技術的發展，期能給國人對粉末冶金未來趨勢發展有更多認識。

(一) 固態氧化物燃料電池 (SOFC) 連接板 (IC) 技術：最大的優點是以近淨形 (near-net-shape) 方式成形，節省材料之浪費，以

及大量快速生產之優勢，也要跟著其單電池的不同，做製程上或是材料上的調整最適化。這正是粉末冶金發展的重要契機。

(二) 鋁合金粉末冶金技術的介紹與應用：鋁合金本身是屬於輕量化的材料，特別是在運輸工具上的應用可以減重節能減排。相較於其他結構用金屬，同時具備低比重、低製程溫度、高耐腐蝕性及高回收性等優點的鋁合金又重新受到矚目。

六、工業材料研究

(一) 金屬材料：106 年我國在金屬材料之研究，除了重要之高附加價值產業之應用持續努力外，為了配合政府發展五 + 二產業創新之所需，針對綠能、醫材、智慧機械、國防等產業所需之金屬材料的開發上，投入了不少研究：

1. 鋼鐵材料：包含先進高強度鋼、預成形調質鋼、抗菌不銹鋼、釹鐵硼磁性材料等，做為重點研發項目。
2. 非鐵金屬材料：近年投入有鋁合金型材、鋁合金線材、鈦合金材料、鎳鈦合金材料、銅合金線材、高導電率銅鋁複合材料。

(二) 非金屬材料：針對陶瓷材料、高分子材料及複合材料等非金屬材料，完成了多項開發研究，主要的研究項目：

1. 陶瓷材料：(1) 陶瓷材料混合分散；(2) 壓電陶瓷材料 - 無電池發電開關技術；(3)SiC 鍍膜技術；(4) 碳化矽單晶生長關鍵技術。
2. 高分子與複合材料：(1) 無鹵無磷基板材料；(2) 高頻基板材料技術；(3) 薄型化氮化鋁基板；(4) 氮化鋁基板三維電路封裝技術；(5) 高頻銅箔基板材料；(6) 熱電材料與致冷晶片。

(三) 其他材料：(1) 燃料電池膜電極組 (MEA)；(2) 可石墨化交聯型高順向 PAI 膜；(3) 高可靠度電容材料與元件技術；(4) 微型功率電感技術。

七、地質調查與研究

經濟部中央地質調查所為達成「建立完善之國家地質資料，支援國土、環境與資源安全永續利用」目標，共計推動五項工作：

(一) 基本地質調查：以現地調查方式，並結合遙測影像及數值地形，106 年完成包含群島圖幅出版及進行和平圖幅之調查及測製，提供政府機關及民間土地開發與工程建設等基地地質調查之基礎資料。

(二) 資源地質調查：有海域能源潛能評估及地下水資源。海域調查臺灣東北海域調查區之金屬礦產資源蘊藏潛能及賦存區的地質特性，累積基礎調查與科學資料；地下水資源，包含秀姑巒溪流域、卑南溪等流域及臺灣南段山區地下水等等。

(三) 災害地質調查：針對環境與工程地質、活動斷層調查和火山活動觀測等等。彙整地震地質調查資料，將觀測資料進行整合分析，並在網路上公開活動斷層相關調查資訊，以提供防災減災之應用。

(四) 地質法執行：以基本地質、資源地質及災害地質調查成果為基礎，劃定全國地

質敏感區，協助全國各級機關及地方政府培訓業務；並針對下一階段劃定原則調整方案。

(五) 資料供應與諮詢服務：建全地質圖資整合應用平台和地質知識傳播。免費提供民眾線上查詢住家或土地是否位於地質敏感區。結合地方地質種子及培根訓練、地質多媒體展示場、地質知識漂、創意地質旅遊 (含地質嘉年華)、地質攝影比賽等地質體驗。

後記

本文由經濟部礦務局、中油公司探採事業部、中鋼公司、中鋼鋁業公司、台灣保來得公司、金屬工業研究發展中心、工研院材化所及經濟部中央地質調查所等單位，提供的 106 年建設彙編完成，謹致謝忱！

民國 106 年測量製圖工程之重要成效報導

中國測量工程學會理事長 / 高書屏

關鍵字：數值地型模型、地籍圖重測、建物產權測繪登記、國土資訊圖資服務平臺 (TGOS)

一、國土測繪方面

主管機關：內政部地政司

(一) 積極辦理基本測量

1. 辦理空間測繪應用研究發展計畫

本部自 105 年起分 4 年辦理「空間測繪應用研究計畫」。

2. 辦理國土測繪圖資更新及維運計畫

本部自 105 年起分 5 年辦理國土測繪圖資更新及維運計畫，其中本部地政司負責之數值地形模型、圖徵資料庫建置等工作子計畫。

3. 提供數值地形模型成果資料

截至 106 年底止，已核准中央研究院等機關申請件數 413 件，其中 106 年申請件數 92 件，合計提供 9 萬 2,301 幅圖範圍資料。

4. 提供基本測量成果資料

106 年申請件數 128 件，合計提供 2 萬 7,342 筆資料，其應用包括地籍測量等。

(二) 加速國土測量業務

1. 辦理地籍圖重測

至 106 年度止，計完成面積 69 萬 52 公頃、834 萬 1,745 筆土地。

2. 地籍圖數值化成果整合及推廣運用

106 年度計有新北市等 14 個直轄市、辦理本項工作，辦理面積 2,046 公頃、筆數 7 萬 923 筆土地數化成果整合作業。

3. 辦理測繪業許可登記

截至 106 年度止，本部地政司審查許可並核發登記證之測繪業目前營運有 111 家，累計所報簽證紀錄計 7,232 筆。

4. 精進建物產權測繪登記

本部於 106 年 1 月 9 日修正發布「地籍測量實施規則」第 273 條規定，將無法供人員生活實質滯留的「屋簷」、「雨遮」得以附屬建物測繪之規定刪除。

5. 舉辦 2017 國土測繪圖資 GIS 專題應用競賽

本次競賽共計 50 件參賽作品。最終經專家學者評審出 3 件優等、12 件佳作作品，並已於 106 年 11 月 9 日本部舉辦的地政節慶祝大會上進行頒獎。

6. 推廣建物產權測繪作業簡化便民措施

截至 106 年第 4 季止，以建物標示圖申辦之案件達 3 萬 2,515 件。

7. 推動國際測量事務交流合作

本部於 106 年 7 月 10 日召開「2017 新南向測繪及空間資訊國際論壇」(2017 ASEAN-Taiwan Forum on Land Surveying and Geomatics)。

另於 106 年 12 月 20 日辦理我國與印尼「大地測量及空間資訊測繪合作協定」簽署典禮，由葉部長俊榮親自主持。

8. 辦理數值地形模型使用者會議
9. 辦理測量人員訓練工作
10. 辦理替代役土地測量役業務

(三) 台灣周邊海域基礎調查工作

1. 推動全國性海域地理空間資料整合
2. 辦理東海與南海島礁基礎圖資建置及監測管理工作
3. 辦理海域圖資整合及電子航行圖製作工作

二、航測製圖方面

主管機關：
行政院農委會林務局農林航空測量所

農林航空測量所歷年執行航測製圖及農林資源航遙測調查業務， 106 年度作業成果重點如下：

(一) 航空攝影業務

1. 臺灣全區航攝計畫，航攝圖幅數計完成 6,879 幅。
2. 全臺灣平地稻作地區每年實施拍攝兩期合計拍攝 3,370 幅影像。
3. 提供農業委員會農業試驗所「NGIS2020 時空資訊雲計畫」所需之航攝影像。
4. 配合林務局嚴密監控南北勢溪流域崩塌情形辦理航攝業務。

(二) 控制點測量業務

於臺灣北、中、南、東地區，辦理控制點佈標及測量 115 點。

(三) 正射影像製圖

全臺航攝正射數值影像製作完成 6,574 幅，歷史影像定位正射化作業完成 737 幅。

(四) 發展航遙測影像倉儲系統

配合臺灣全區航遙測資料庫建置計畫，發展航遙測影像倉儲系統，以「航遙測圖資供應平台」作為資料供應核心。

提供各政府機關影像介接服務，計有 123 個單位及 143 個系統，106 年度介接次數達 1,146 萬餘次。本系統目前已達成國土資訊系統基礎資料庫建置階段性任務。

三、軍事測繪方面

主管機關：國防部軍備局生產製造中心

(一) 測量類

1. 完成 106 年度「一等水準控制點調查測量案」，施測點數 11 點。
2. 完成 106 年度「重力控制點調查測量案」，施測點數計 169 點。
3. 衛星控制點施測範圍為臺灣本島自大台北地區至南投一線以東與花蓮縣一帶 (含龜山島) 之區域，施測點數計 44 點。

(二) 製圖類

完成全臺各縣市及重點鄉鎮之防救災地圖整備作業，另為提高救災時效、需求及使用便利性，完成「路情規劃系統」開發，建置五千分之一電子向量圖資，以滿足地理資訊系統圖資需求，擴大圖資運用範疇與發展方向。

四、國土測繪方面

執行機關：內政部國土測繪中心

(一) 基本控制測量

1. 基本控制點測量及管理維護

106 年度完成基本控制點 1,463 點清理及 1,421 點檢測作業。

2. 大地起伏模型供應

106 年度計 6 個單位申請，領域涵蓋政府機關、國營事業、測繪業及學術界。

3. 高程基準檢測作業

106 年度計完成 2 次臺灣水準原點高程基準網檢測及 37 個潮位站高程檢測作業。

4. e-GNSS 即時動態定位系統維運

106 年度計核准 84 個會員申請及 1,446 個即時動態定位服務使用者帳號。

5. 全國衛星追蹤站暨基本控制點查詢系統管理維護

106 年度增加臺北市政府建置之 GNSS 連續觀測站資料，並完成澎湖縣安裝上線作業及匯入各直轄市、縣 (市) 政府歷年加密控制測量成果。

6. i 控制測量 APP

截至 106 年度止，計有 297 個使用者註冊使用，查詢 5,980 筆基本控制點資料、3,824 筆地號、419 筆圖幅號，申請 1,440 筆基本控制點坐標。

(二) 地籍測量

1. 地籍圖重測作業

106 年度完成 2 萬 7,551 公頃、20 萬 9,638 筆土地之地籍圖重測，年度目標達成率達 112%。

2. 圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊

106 年度有新北市等 14 個直轄市、縣 (市) 政府所轄 26 個地政事務所，完成 7 萬 923 筆，面積約 2,046 公頃之圖籍整合套疊作業。

(三) 地形測量

1. 基本圖修測

106 年度辦理 934 幅五千分之一基本地形圖修測、39 幅二萬五千分之一地形圖、12 幅五萬分之一地形圖修編及 3 幅十萬分之一地形圖編製。

2. 臺灣通用電子地圖更新維護

106 年度總計更新 3,131 幅。

3. 國土利用調查成果更新維護

106 年度總計更新 1,562 幅。

4. 水深資料成果建置

106 年度完成 1,585 平方公里水深測量工作及地理資訊圖層建置。

5. 國土利用監測

(1) 106 年度已完成 6 期每 2 個月 1 次監測頻率之臺澎金馬地區土地利用變遷偵測作業。

(2) 106 年度參加亞洲智慧地理論壇舉辦之「亞洲地理空間獎 (2017 Asia Geospatial Awards)」評比，榮獲「亞洲地理空間應用卓越獎 (Asia Geospatial Excellence Awards)」。

6. 臺灣地區行政區域界線檢測及更新

106 年度辦理完成臺灣全圖 (40 萬分之一) 編製、鄉 (鎮、市、區) 行政區域圖 (以臺南市為例) 編製試辦與 22 個直轄市及縣 (市) 行政區域圖更新。

(四) 圖籍資料供應與測繪服務

1. 國土測繪圖資 e 商城

國土測繪圖資 e 商城 (網址：https://whgis.nlsc.gov.tw/) 截至 106 年度止，已有 38 萬 4 千餘人上線瀏覽查詢，其中 106 年度瀏覽人數超過 12 萬人次，年增率 56%。

2. 國土測繪圖資服務雲

國土測繪圖資服務雲 (網址：https://maps.nlsc.gov.tw) 截至 106 年度止，累計服務已達 2,884 萬餘人次，其中 106 年度服務人次達 1,191 萬 7,000 人，年增率達 35%。

3. 加盟國土資訊圖資服務平臺 (TGOS)

截至 106 年度止，本中心加盟 TGOS 平臺之詮釋資料查詢次數計 10 萬 9,397 次、各項圖資瀏覽次數累計 34 萬 9,097 次。

4. 優化地籍圖資料供應

106 年度與本中心簽訂測繪合作契約，獲免費提供實體資料者計有經濟部中央地質調查所等 40 個機關次，計提供 1 億 5,852 萬 670 筆地籍資料及 3,828 個鄉鎮市區之土地段籍資料。另亦提供加值地籍圖資料網路服務，計有 19 個機關次申請介接使用。

5. 測繪成果管理維護及供應

106 年度付費申購計 2,975 件，規費收入計 947 萬 4,343 元 (含圖檔輸出服務)；免費供應計 9,544 件，虛擬產值 13 億 6,929 萬 8,632 元。

6. 政府開放資料

本中心於內政部「內政資料開放平臺」與國家發展委員會「政府資料開放平臺」2 平臺提供本中心開放資料計有 103 項資料集。

7. 測量儀器校正

106 年度計完成 518 部儀器校正 (外校數

量計 405 部；內校數量計 113 部)，總產值達 351 萬 4,750 元。辦理輔導建置簡易基線場及推動測量儀器電子履歷作業，截至 106 年度止，計有 123 座簡易基線場，1,535 部測量儀器電子履歷資訊。

(五) 測繪技術研究發展作業

1. 發展無人飛行載具航拍技術

106 年度計完成 18 個作業區、8,320 公頃航拍。

2. 發展車載移動測繪系統

106 年度運用本系統辦理臺灣通用電子地圖道路圖資更新作業，計完成 21 處新建道路圖資更新。

3. 自行研究計畫

106 年度完成「電子測距儀校正能力試驗方式之研究」、「以 e-GNSS 即時動態定位系統及坐標轉換方式精進臺灣省國有林班地複丈作業之研究」及「低度開發地區地籍整理之探討」等 3 項自行研究案

五、測繪相關公會研討會及技術交流活動報導

中國測量工程學會與臺灣省測量技師公會於 106 年 11 月 21 日— 22 日假台北天成大飯店共同辦理「2017 年海峽兩岸測繪技術交流及學術研討會」(包括大陸華東六省一市及臺灣)，臺灣與大陸產學者參與代表約 100 人，大會圓滿順利成功。

參考文獻

1. 內政部地政司，2018，內政部地政司提供之 106 年度「測量製圖」重要成效報導文稿。
2. 內政部國土測繪中心，2018，內政部國土測繪中心提供之 106 年度「測量製圖」重要成效報導文稿。
3. 國防部軍備局生產製造中心，2018，國防部軍備局生產製造中心提供之 106 年度「測量製圖」重要成效報導文稿。
4. 行政院農委會農林航空測量所，2018，行政院農委會農林航空測量所提供之 106 年度「測量製圖」重要成效報導文稿。
5. 各測繪相關學、公會提供之 106 年度大事紀要。

台電公司 106 年度電力重要建設

台電公司

一、發電處 - 大林發電廠 -「港廠合一」的節能、環保高效率電廠

台電大林發電廠位於高雄市小港區，為民國 60 年代因應臺灣經濟發展、用電量快速增加而興建，見證臺灣社會經濟民生發展轉變。現時為因應國內電力成長需求，衡量國內外能源供需情勢及環保法規演進等相關因素，電廠正進行屆齡發電機組的汰換與更新工程，包括汰除原 1 號至 5 號汽力發電機組 (6 號機組保留繼續發電)，興建 2 部裝置容量各 80 萬瓩的環保高效率超超臨界燃煤汽力機組，投資總額 1,040.66 億元。新機組裝置高效率污染防治設備，以低污染排放及高運轉效率之超超臨界壓力燃煤火力機組取代現有老舊之機組，不僅大幅降低發電成本，亦將有助於減少污染物之排放及提升環境保護之作用。隨著電廠更新改建計畫的進行，大林有了新生命，就在去年 (106 年) 夏季尖峰用電前夕，6 月 29 日上午 11 時，有 50 年歷史的大林發電廠，新機組大 1 號機正式順利併聯發電。

「供電是國家的事」，大林發電廠不只是台電的一座發電廠，更是為了全國人民用電而存在。大林發電廠與原有港內的 107 號專用卸煤碼頭港廠合一，結合既有輸、卸煤設備，搭配新廠房、室內筒式煤倉，將以新世代的環保高效率機組，成為「港廠合一」的節能、環保高效率電廠。

圖 1 大林發電廠

二、發電處 - 通霄發電廠 - 台灣第一座複循環電廠之傳承

六十年代末，我國大步邁入經濟擴張期，用電成長迅速，公司積極增設核能、火力電廠，以提供更充裕、廉價的電力外，並考慮核能、火力建廠時間長，恐有電力接續不上，乃決定在通霄發電廠增設三組裝機快速的複循環機組，為台灣第一部複循環機組，來肩負系統尖峰用電的救急任務；通霄複循環機組在臨危授命的狀況下順利興建、運轉，並發揮預估中應有之功能。複循環舊 #1.2.3 號機因為機組已屆除役年限並於 106 年 10 月底正式除役。新機組以先建後拆方式於廠區重油處理設備及油槽區興建三部高效率複循環機組總裝置容量約 2677.8MW，總投資額約 796 億新台幣，預計 109 年 12 月底完成計畫。106 年 8 月正值夏季尖峰用電，新 #1 機即時試運轉發電提供系統珍貴電力，107 年 2 月 27 日複循環新 #1 機正式商轉、裝置容量 892.6MW)。

三、發電處 - 大甲溪電廠 -「馬鞍後池浮動式太陽光電」

台電大甲溪電廠屬慣常水力發電廠位於台中市和平區，本次設置「馬鞍後池浮動式太陽光電系統」係為台電公司積極執行「節能減碳」的決心及努力並配合政府近期大力推動綠能減碳、制訂低碳政策，藉以創造再生能源、打造低碳社區與社會，以建構全民減碳風潮。

本系統於 107 年 3 月 9 日正式併入馬鞍電廠廠內用電，迄今每日發電量平均約 1,238KWH，提供馬鞍電廠廠內輔機電源使用，當太陽光電發電量輸出大於廠內用電量時，經由廠內變壓器經機組逆送至 161KV 電力系統使用。

四、發電處 - 東部發電廠 -「打造綠能環保之微水力機組」

立霧電廠原本舊有機組是使用立霧溪的川流水來發電，但由於立霧溪水質混濁，因此使用其支流 - 砂卡礑溪的乾淨水源作為機組冷卻水來源，現在利用現有的冷卻水來裝設微水力發電，既不影響原本的發電效率，還能額外發電，減少廠用電耗能，達到水資源再生之效用。本廠立霧機組建置完成全台首座「微水力發電」示範機組，對本廠之設計與開發有其重要磐石之基。從現有的水力發電設施增加設備，不僅不影響原有機組之性能，更能對水資源做最有效之利用，目前正著手規劃本廠其他水力機組建置可行之處。

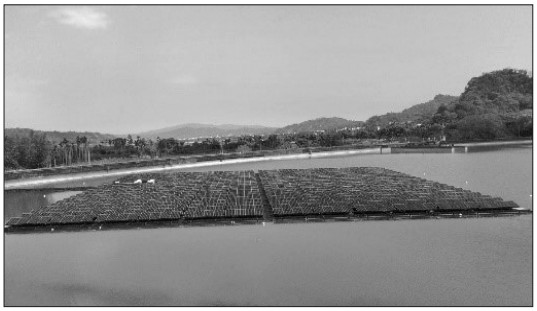


圖 2 馬鞍後池浮動式太陽光電系統

圖 3 大潭電廠

四、核能火力發電工程處 - 大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫之第 7 號機組 - 第一階段燃氣單循環機組

考量國內用電成長及部分核能機組暫停運轉，台電公司在執行既有供給面、需求面及機組延役等措施後，夏月仍持續面臨供電緊澀風險，106 年恐將直接面臨限電危機，爰奉行政院及經濟部核定辦理短期建置發電系統，採規劃、設計、設備連帶安裝及試運轉之全部由承包商負責之方式辦理，規劃提前於「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫」7 號機預定用地設置二台單機容量 30 萬瓩之燃氣單循環氣渦輪機組為目標，並於限期內完成。未來這兩部機組將持續規劃增設熱回收鍋爐及蒸汽輪機，組成完整之複循環機組，回復原先環評承諾排放標準及效率。

五、核能火力發電工程處 - 林口電廠更新擴建計畫

本計畫共設置三部 80 萬瓩超超臨界壓力燃煤機組，新機組併聯後，毛效率較舊燃煤機組提升 6.93%。近年來環保意識抬頭，國人對周遭的環境污染格外重視，故提升空氣污染防制系統 (AQCS) 效率亦是本計畫規劃重點，總投資金額約 1,525 億元，投入環保及景觀費用約 404 億 (約佔投資總額 26.5%)，採用高效率的污染防治設備，排放現況除了符合環保法規外，更遠低於環評承諾值，已接近天然氣電廠發電的水準，目前儼然成為台灣燃煤火力電廠之典範。目前林口電廠兩部機組已成功加入電力系統運轉，除了扮演穩定供電的角色外，對我們生存環境的保護上更是責無旁貸。

六、核能火力發電工程處 - 台中電廠既有機組空污改善工程計畫

台電公司積極推動「台中電廠既有機組空污改善工程計畫」，以符合未來空污排放標準及提升台中發電廠發電品質。本計畫工作範圍包括 1~4 號機燃煤機組之粉煤機更新、鍋爐、靜電集塵器及排煙脫硫等系統改善，總預算金額為新台幣 92.6 億元，決標金額約為新台幣 56.8 億元，預計改善現有 1~4 號機之硫氧化物 (SOx)、氮氧化物 (NOx) 與粒狀汙染物 (PM) 之排放濃度。，經台電同仁及承攬廠商努力不懈，已於 107 年 2 月 27 日達成通氣里程碑 (ML2)。第 2~4 號機也依序安排於 107 年 9 月、107 年 12 月、108 年 9 月停機進行改善工程。

七、海域風電施工處 -「彰化離岸一期風力發電新建工程」

本工程於彰化芳苑鄉外海架設 21 架 5.2MW 順風式 (down wind) 風機，由海纜引接至永興海埔地西南角連接站轉接為陸纜引接至大城變電所，總裝置量達 109.2MW，年發電量更可超過 3.6 億度，提供近 9 萬家戶一年用電。楊德諾與日立將在今年 (2018 年) 進行海域調查與地質鑽探等前置作業，2019 年完成下部結構、風力發電機等製造，2020 年開工進行打樁及風力機組安裝，並於 12 月併聯發電，預計 2021 年 6 月 30 日風場竣工完成。

依據能源局規劃，離岸風力發電將是未 15 年內再生能源開發重要的主角，係影響台灣未來電力供應、經濟成長和環境保護的國土安全層面，本公司期許在 2030 年成為國內

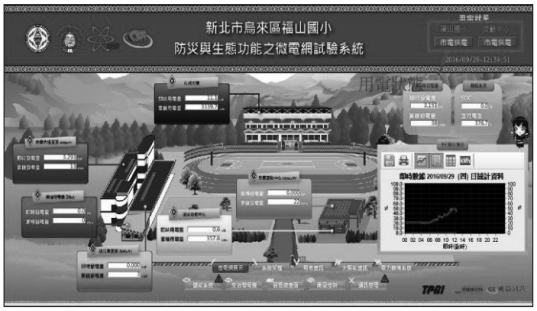


圖 4 福山防災型微電網示範計畫

離岸風力產業龍頭，精進自我能力並協助其他民間離岸風電業者，創造積極推動綠色企業之正面形象，達成政府推廣再生能源發電及減碳之目標。

八、綜合研究所與配電處 -「福山防災型微電網示範計畫」

本公司於 105 年規劃在福山部落避難收容處所試辦防災型微電網建置，以因應風災停電時當地居民之緊急用電需求。考量天災時短期間緊急用電需求，規劃時係以當地避難收容處所，包含山國小與福山活動中心為基地。福山微電網於 105 年開始建置，106 年一月啟用。

完成之監控系統圖面可即時得知系統再生能源發電情形、負載變動，介面如圖 4。其運轉模式可分為併網模式、孤島模式。平時微電網為併網模式，由市電、太陽光電、儲能系統提供電力輸出至負載。本微電網啟用後，106 年 7 月尼莎颱風造成福山地區停電約 24 小時 (7/29 日 17 點 20 分 ~7/30 日 17 點 50 分)，此段期間由微電網仍然可以供應當地基本生活所需，不至於暗中摸黑、無聊無助、音信杳然。

八、輸變電工程處北區施工 -(345kV 林口～頂湖輸電線路加入系統)

配合林口發電廠更新擴建而興建之林口～頂湖 345kV 輸電線路，終於在 106 年 9 月底正式加入系統營運，這是台灣地區供電電網重要里程碑，除可強化北部供電電網 , 也讓林口發電廠 3 部 80 萬瓩的發電機組能無後顧之憂的全力運轉發電，將電力源源不絕的輸送至電網中，台北市、新北市及桃園市等大台北地區都能直接受惠。

本線路全長 17.43 公里，採架空及地下電纜併行的方式施設，線路由林口發電廠引出，經新北市林口及桃園市蘆竹、龜山等地區，最後引接至位於林口工業區內之頂湖超高壓變電所，其中架空輸電線段長 16.3 公里，地下電纜段長 1.13 公里，全線共施設 51 座鐵塔，線路自 92 年開始規劃、歷經設計、探勘、環評審查、環評差異分析、鐵塔用地交涉、民眾抗爭溝通協調、鐵塔基礎、裝建及架線施工等歷程，長達 14 年的時間方順利完成送電。

九、輸變電工程處中區施工處 - 明潭發電廠鉅工分廠 161kV 開關場更新工程

新建開關場之建築物外觀以仿清水模混凝土質感，搭配環保塑木格柵，利用格柵與日照產生的陰影，豐富建築的表情，落實建築美學的語彙，161kV GIS 設備採用油壓操作型，較氣動操作型每年省電超過 1 萬度，且 161kV GIS 外容器採不鏽鋼材質及三相共容型，可防止渦流損失產生，減少耗能；161kV XLPE 電纜以涵洞配置方式銜接，較採用 GIL 方式更為穩定及經濟。監控技術方面，

圖 5 明潭發電廠鉅工分廠

因本案受鉅工分廠控制室、明潭電廠控制大樓、南投配電調度控制中心 (DDCC)、台中區域調度控制中心 (ADCC) 及台北 / 高雄中央調度控制中心 (CDCC) 等 6 處監控，更新工程須整合各光纖、專線等通訊系統供主 / 備援系統連線，並須將各設備監控設備信號整合到 SCADA/PLC/CDCS RTU 等介面，監控專業複雜度與創新程度非一般變電所可比擬；前瞻綠能規劃方面，為秉持節能減碳之理念，於屋頂層設置太陽能基座，並預留太陽能光電室，後續可供電廠設置太陽能發電設備，以實踐綠色乾淨能源之目標。

十、配電處 - 老舊被覆線汰換

為避免老舊被覆線因老化或颱風侵襲而斷線，防範民眾不慎接觸斷線發生感電事故及搶修線路費時引發用戶抱怨，老舊被覆線汰換工程已列為台電公司各區營業處年度必辦事項，俾提升供電可靠度。

本專案係由台電公司各區營業處自行規劃目標、設計及辦理施工，並訂定老舊被覆線汰換處所及數量，期程為 104 年下半年至 106年9月底止。為確保工程如質、如期完成，台電公司配電處每月管控各區營業處執行進度，對於落後目標之區營業處則適時要求檢討原因及提出改善對策。經由前述管控措施，專案各分項工程已於 106 年 9 月 27 日全數完成，共計汰換老舊被覆線達 308 萬 9,768 公尺，減少斷線事故成效已逐步顯現。

十一、供電處 - 大同 P/S 161kV GIS 及主變壓器汰換工程規劃設計

大同 P/S 161kV GIS 及主變壓器設備自民國 67 年加入系統運轉迄設備汰換當年 (106 年) 已達服務年限 (GIS：25 年，主變壓器：30 年)，相關設備均已老舊劣化，備用零件取得不易，且維護困難。考量供電品質、功能及設備維修成本增加等因素，故著手進行汰換工作。

設備汰換期間受限於開關場建築物無法拆除、土壤液化潛勢區及設備搬運路徑狹隘等環境因素，以及仍須保留 69kV 開關場做電力融通、停電期間系統運轉安全與 2017 年世界大學運動會開幕在即 (106 年 8 月 19 日) 急需用電之供電壓力，故本案在規劃設計之初即配合前開條件檢討最適方案，期能節省工程費用及減少停電時間。考量施工程序、施工風險、停電時間、工程介面及供電安全等問題，本案經多次現場勘查及開會檢討結果採 161kV 線路及主變壓器同時停電方式施工，並每月期召開工程管控會議，滾動式檢討工進、施工品質及工安等事項，終使設備於 106 年 7 月 14 日順利加入系統，提升大同 P/S 轄區供電能力。

十二、環境保護處 - 電力與環境

回顧過去一年台電為台灣電業挹注多方環境友善作為，讓電力與環境和諧演繹台灣未來的經濟發展。為能接軌國際標準制度改版的腳步，台電除持續推動能源管理系統、更新環境管理系統及台中、明潭及核三廠的水足跡盤查工作外，更首度舉辦興達電廠概念設計之國際競圖，廣邀不乏國內外在建築、景觀、空間設計等領域知名之專業團隊參與新思維設計之競圖，期許未來電廠能兼顧電力穩供、地標景觀與生態教育功能。

在國內為提升公司環保企業形象，持續鼓勵並協助各電廠競逐國內環保企業獎，如南部發電廠在高屏空污嚴重區域仍獲頒銅級獎，足證明本公司在環保指標上績效卓越，為當地居民的環境品質兢兢業業克盡職責。

在環境教育方面，每年中秋前夕發動各沿海電廠進行淨灘活動，連結國際淨灘行動機制 (ICC) 記錄海洋垃圾分類結果，提供國際組織分析海洋生態，更以海洋垃圾公斤數計算，捐助董氏基金會推動兒少憂鬱防治工作。另萬大電廠首例通過環保署電力環境教育設施場所之認證，開啟台電山林水力電廠飽攬生態資源，寓教於大地教室的「生態綠能」電廠。

為實現低碳綠生活，台電成立「綠色企業創意平台」發起有關建物節能、社會公益、綠色生活及採購等友善環境相關活動，及「環保策略平台」針對環保議題從專家諮詢及技術面謀求解決方案。例如：協和電廠以「協四送風機馬達變頻轉速控制改善計畫」使節能效益達 80%，首獲環保署核發抵換專案減量額度。此外，台電亦積極推動綠色工地，透過對營建工程有關環保法規與環保措施的宣導，由南區 (大林發電廠) 及東區 (宜蘭區營業處) 逐步擴散展開，期待未來在工程揚塵、廢土、污水處置等能達到甚至超越環保法令的要求。

展望未來，一切的電力設施都是為了人們的生活福祉而存在，然而所衍生的污染及鄰避效應，卻也是不爭的事實。如何拿捏穩定電力與降低污染衝擊的槓桿，以回應住民殷切的呼喚；如何讓電力設施與周遭生態環境良性互動，將是台電任重道遠、捨我其誰的使命與承擔。

嘉南農田水利會農業灌溉用水智慧管理計畫與策略之研究

社團法人台灣農業工程學會
臺灣嘉南農田水利會會長 / 楊明風

一、前言

嘉南農田水利會主要灌溉區域位於臺灣南部地區嘉南平原上，台灣降雨時、空分布不均，尤其南部地區豐枯懸殊情況更為嚴重，幾乎九成降雨量集中於5至10月的豐水期(如圖1)。近年來全球氣候變遷，更使得南部地區枯水年發生亢旱水的機率增加。有鑑目前可供新建蓄水設施有限且開發不易，加上民生及工業等其他用水標的競用，致使灌溉用水管理工作日漸困難且複雜，有效節水及水資源管理調度為因應抗旱必要措施。

嘉南農田水利會事業區域內，已擁有完善之灌溉排水設施及輸配水管理組織，可運用創新思維、物聯網與大數據，開發智慧水管理的水利技術，謀求發展多元永續的供水系統，以有效提升田間配水灌溉效能，解決水資源缺乏及掌水工人力老化問題。

二、嘉南農田水利會農業灌溉系統及制度介紹

嘉南農田水利會灌溉地面積約7萬4仟多公頃，其中6萬3仟多公頃灌溉水源主要仰賴曾文-烏山頭水庫串聯營運系統，約佔全灌區八成五，灌溉用水經由曾文水庫、烏山頭水庫、南北幹線、支線、分線、中小給渠道到田間，屬於水庫型農田水利會(如圖2)。灌區農作物包含水稻、甘蔗及雜作等多樣化農作物，在田間配水操作上，則以精密輪灌計畫並實施責任灌溉制度，運用「掌水工」以人工方式依配水計畫及現地實際需要情形，進行田間輪流配水作業。

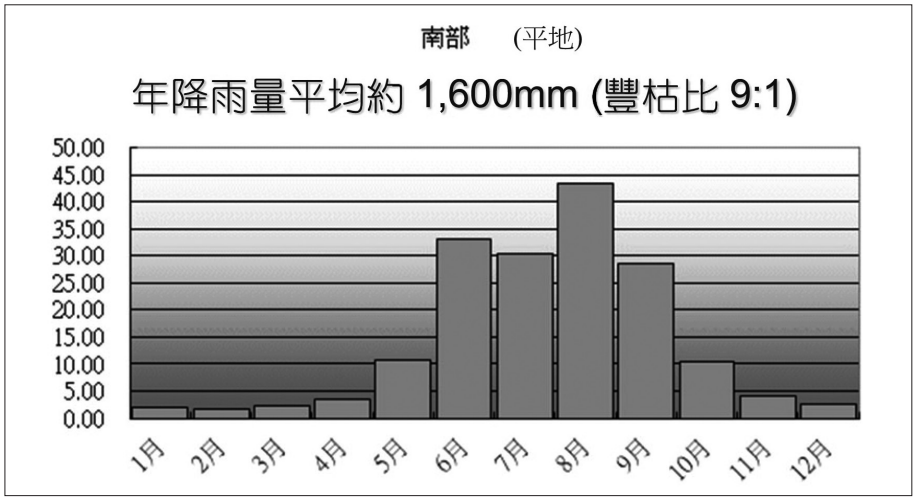


圖 1 臺灣南部地區近年年降雨量組體圖

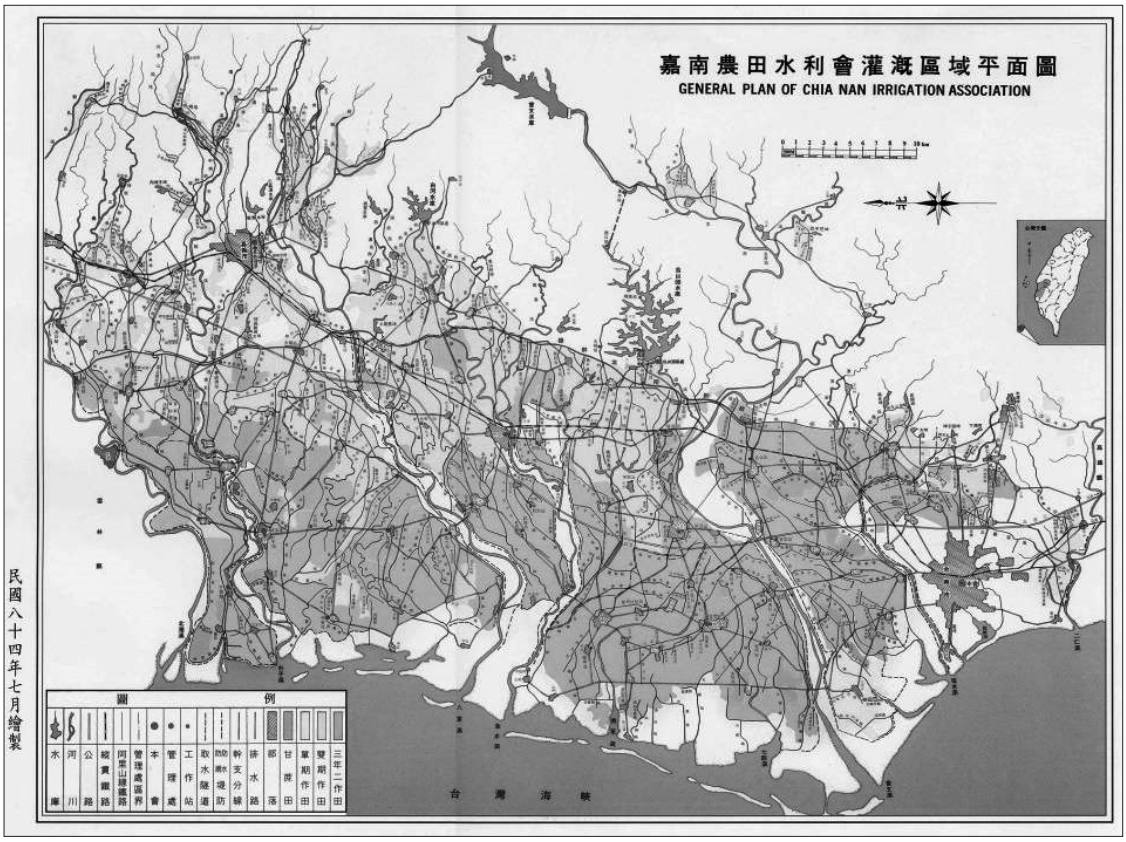


圖 2 嘉南農田水利會灌溉區域平面圖

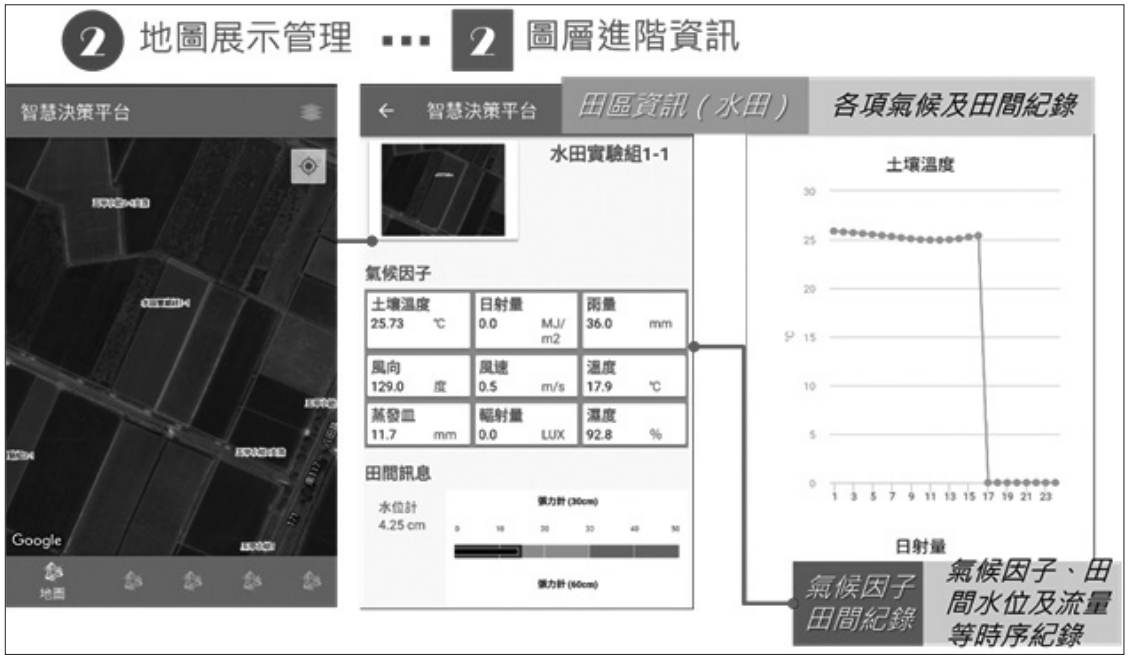


圖 3 智慧型手機應用軟體示意圖

三、嘉南農田水利會農業智慧節水灌溉管理試驗計畫

(一) 經濟部水利署南區水資源局106年度「精進灌溉節水管理技術 - 以嘉南灌區為例」

經濟部水利署南區水資源局於 106 年開始於本會曾文烏山頭水庫系統 - 烏山頭別線五甲小給供灌範圍試辦精進灌溉節水管理技術試驗，試驗田區面積約 56 公頃，並於試驗區給水路、排水路及田坵，佈設田間自記水位計、渠道自動閘門、田坵蝶閥等監控設備，並結合物聯網之無線傳輸，即時掌握現地灌溉用水之田間水位及渠道流量。該系統藉由現場蒐集用水資訊傳輸至後端智慧灌溉資訊平台來快速決策機動調配，且提供掌水工、水利工作站等現場管理階層人員等能透過手機 app 可即時掌握最新狀況及控制每塊田坵及水路上之水閘門，達到農業精密灌溉的效果 (如圖 3)。

本次試驗係發展田間灌溉水量監控之水資源物聯網技術，可使田間用水量及調配供水之灌溉機制更具效率，並可提供做為輔助水利會掌水工管理調配水量，達到最佳節水及減輕人力情形。以 106 年二期稻作試驗結果為例，該系統經評估約可節餘 10% 至 15% 之用水量，且作物產量對照比較未有所影響，同時希望達到能充分利用有效降雨量，提升水資源利用率。

該系統之全面建置後有助於掌握從水庫流經幹線、支線、分線、給水路、田坵、排水路間的流況，當田間遇降雨時，經田間感測器偵測到水位及流量增加，後端智慧灌溉

資訊系統經判斷後可立即送出逐步減少上游閘門送水量之決策，透過遠端遙控調降閘門可立即調降輸水量，將水蓄存在水庫，以避免水源浪費，使區域有限水資源達到最大配置利用效果。

(二) 行政院農業委員會 107-109 年度「精進灌溉節水管理推廣建置計畫」

初期先以嘉南大圳南、北幹線建置嘉南大圳自動化控制設備及林鳳營支線水門系統及水文數據監測設備，探討減輕配水操作人力與時間耗費並應用監測數據輔助進行用水調配及防汛操作，提高配水效率。

(三) 未來計畫

未來結合前述田間管理及水路調節等二項試驗精進節水技術，發揮完整的灌溉用水智慧管理，以達有效節水及解決人力問題之成效。

四、推廣農田水利智慧水管理實務考量因素

(一) 現地種植作物雜亂：

以嘉南農田水利會為例，灌溉制度分為雙期作、單期作、輪作及蔗作，依耕作方式給予其輪值作物所需的灌溉水量及時間。惟農民常因諸多因素未盡配合該區域耕作制度，如雙期作田改種旱作物、農民提早或延後種植等情形，導致不盡得以系統性依計畫依順序的執行灌溉配水工作，相關智慧感測元件及田間需水量計算機組更待發展多元性種植之應用模式。

(二) 設備費用高：

台灣於近幾年開始積極推動發展智慧水管理，國內產業技術尚未純熟，相關設備費用高昂，如控制田間坵塊進水之電動蝶閥、取水之電動閘門等，有待研擬設施改進，俾成本之大幅降低，始能與其灌溉效益間取得平衡。

(三) 農地平整精度低：

目前整地作業均以機械化設備為主，但受常規機械平整設備自身缺陷和人工操作平整精度較低限制，整地後田間高低差約有 5-10 公分，田間土壤水分張力計、水位計等感測器之設置規劃及整平技術之配合應再精研，俾田間需水量計算之準確性。

(四) 農民用水觀念配合之宣導：

傳統上農民皆以田間水深作為灌溉依據，智慧水管理系統則係以作物生長階段，配合田間感測器 (雨量計、土壤水分張力計等) 數值，進而推估即時田間需水量。作物產量及品質攸關農民收益，因此，如何讓農民願意接受科技化儀器及技術，從而改變其原本用水習慣，有賴政府政策性配合推廣。

五、嘉南農田水利會農業灌溉用水智慧管理實施策略

嘉南農田水利會幅員廣大，灌溉地面積約 7 萬 4 仟多公頃，如由水庫、幹線、分線、支線、中小給水路全面建置用水智慧管理系統成本較為高昂，且現今農業型態改變，農業收益不穩，許多農民為兼職或假日農夫，農民之實際種植情形與用水習性逐漸與農田水利會之灌溉制度脫鉤，推廣田間坵塊智慧水管理於實務操作上有待進一步探討。目前經濟部水利署南區水資源局「精進灌溉節水

管理技術 - 以嘉南灌區為例」計畫係以田間灌溉節水為試驗範圍，另行政院農業委員會「精進灌溉節水管理推廣建置計畫」則以水路精進調配試驗為主，有待未來完整結合之發展。

六、結語

未來嘉南農田水利會農業灌溉用水智慧管理，其中遙測、遙控及自動控制等系統建置，將以水庫、幹線、分線、支線等上游大型水路優先，以監測及控制主要水源及水路，至田間灌溉配水操作初步仍以現有掌水工為主，惟仍須監測給、排水路之流入流出量，搭配現場水文設備蒐集雨量、蒸發量、田間土壤含水量等用水資訊，結合物聯網之無線傳輸及整合，透過手機 app 提供掌水工、水利工作站等現場管理階層人員即時掌握最新狀況以利機動及更有效率調整田坵及水路上之水閘門，未來配合政府政策及相關技術引進，如系統性耕作、農地集約化、雷射整平技術等，以利系統性供水並降低儀器建置成本，方能發揮農田水利智慧水管理效益。

尤其在新水源開發不易情況下及配合農民種植高經濟作物，農民灌溉用水智慧管理將值得進一步探討試驗研究發展，期能達到間接取代新水源的開發及提高農民收入、節省人力的多重效果。

社團法人中華鋪面工程學會永續再生工法、新材料新技術、邁向綠色未來

社團法人中華鋪面工程學會理事長 / 陳世晃
國立中央大學土木工程學系榮譽教授 / 林志棟
社團法人中華鋪面工程學會秘書長 / 林宏偉
社團法人中華鋪面工程學會秘書 / 李家春

一、中華鋪面工程學會簡介

社團法人中華鋪面工程學會由我國鋪面工程產官學菁英組成，成立迄今已進入第 18 年，主要以聯絡從事鋪面工程人士、研究鋪面工程學術、提高鋪面工程技術、協力發展鋪面工程事業為宗旨，不定時舉辦相關鋪面工程研討會或論壇，亦提供教育訓練服務以傳授鋪面工程知識與新知，並提供專業諮詢服務等。

學會目前組織架構設有秘書處及 14 個委員會，包括學刊、學術研究、編輯、會務、財務、服務推廣、國際與兩岸活動、工程教育、評獎、工程技術、資訊、路平專案小組、顧問及諮詢以及青年工程師等，藉由秘書處及各委員會的推動，不斷地研究鋪面相關議題並引進新材料與新工法，為提升我國鋪面工程水準貢獻心力，藉由各委員會的推動，用心為會員提供更多更好服務，期能讓民眾可使用更平坦、安全的道路。

學會會員亦逐年成長，至 107 年 3 月底有團體會員 75 個機構 / 機關，永久會員 77 人，個人會員 507 人。為增進國內、外之產官學界交流，106 年度舉辦多達 10 場次相關研討會，其內容主題包含實務交流、新科技應用於道路、透水性鋪面、循環經濟及公共工程品質管理多元化等。迄今亦已舉辦至第十九屆鋪面工程學術研討會暨 2017 世界華人鋪面專家學術研討會，多次邀集各專業人士透過本學會舉辦研討會之平台進行交流，凝聚未來發展之願景與共識，並共同使鋪面工程更發展進步，與當今已開發國家的工程發展並駕齊驅。

圖 1 鋪面年會活動情形

圖 2 參加華盛頓 TRB 會議

圖 3 陳世晃博士經驗分享

二、技術交流及提高國際舞台能見度

本學會理事長陳世晃博士於 2018 年 1 月帶團前往美國華盛頓參加 Transportation Research Board 97th Annual Meeting (TRB) 國際會議，此研討會為鋪面領域的年度第一大會，集合各國家與地區的相關專家學者和研究人員進行鋪面工程的技術交流，各參展商介紹鋪面領域最新穎之技術，促進全世界鋪面工程技術的提升，同時也是美國聯邦公路管理局 Federal Highway Administration 決定該年度國家預算之時。

此研討會中邀請多位世界各地的鋪面及機場相關專家進行超過 800 場會議和舉辦 5000 多場演講，與會國家 20 餘國，人數約 13,000 人，而本學會陳世晃博士於此大型國際研討會發表了透水鋪面應用於台灣之經驗分享及海綿城市相關議題文章 “The experience of permeable pavement in Taiwan”，期藉由此平台與各界進行學術與實務上充分地交流，提升鋪面工程相關技術在臺灣具體影響外，相信有助於鋪面技術之推展與落實，並提高臺灣在國際舞台上的能見度。

三、人行道考評努力堅持，十年有成

本學會受內政部營建署委託辦理市區道路人行無障礙考評計畫已邁入第十一年，累計改善約 5,000 條人行道，為打造連續性優質人行環境，人行道之建造及推動已逐漸從點、線的改善，拓展至面的銜接串聯，106 年度之人行道考評計畫，由直轄市開始進行示範，逐步推動區塊考評，除考量人行道之舒適性、安全性及暢行性外，更強調區塊性串聯與周

邊重要節點銜接關係。而本計畫之宗旨除為打造完善之人行環境，更於考評中一併檢討各縣市市區道路養護之情形及交通工程之設置狀況，期以逐年提升各縣市之道路平坦度及相關交通工程設施設置之適當性，透過結合道路養護、交通工程及人行環境，打造安全及順暢之道路環境。

綜合 106 年度考評成果，「直轄市型」於現地考評、區塊考評及政策考評三大項目整體表現優異，且 106 年度新增之區塊考評平均得分最高，顯現各直轄市對人行環境全面性的重視與自我要求標準提升，整體而言六直轄市之相關作為皆已達一定程度與水準，可作為其他縣 (市) 楷模與表率；「都會及城鎮型」於 106 年度考評作業中，現地考評與政策考評整體表現差異不大，但可發現多數縣 (市) 表現逐年進步，人行環境漸趨完善；「偏遠及離島型」以現地考評整體表現較佳，政策考評則有待加強，多數縣 (市) 其相關法令制定與管理辦法較缺完備，建議應逐年檢討改進其相關作為及法令制定與推動。歷經十一年考評計畫的執行沿革，由 106 年度人行道考評執行過程中亦可明顯感受到全臺各縣 (市) 致力於改善人行環境與道路鋪面之努力與重視程度。

本學會亦依據考評結果舉辦 106 年度「市區道路養護管理暨人行環境無障礙考評計畫」頒獎典禮暨研討會，主要係延續並宣導計畫之宗旨「以人為本　永續發展」，希望藉此活動表揚在改善道路養護及人行環境表現優良之行政區，並於會後分享年度考評之成果、設計道路養護及人行環境需要之基本觀念與表現優異縣市的經驗分享。本研討會

圖 4　內政部林慈玲次長蒞臨指導

圖 5　各縣市授獎代表合影

特別邀請內政部林慈玲次長蒞臨指導與擔任頒獎人，並邀請多位專家學者針對市區道路養護及無障礙人行環境等相關政策發展與建置重點進行經驗交流，包括交通部運輸研究所運輸安全組張開國組長「行的安心」及臺北市政府新建工程處「建構人行路網之經驗談 (區塊考評)」等，希冀透過本次研討會的舉辦，可以讓各縣 (市) 政府有更明確的方向與觀念來落實改善臺灣之市區道路 (含人行環境) 養護管理，以達到『暢行無礙通四方，行人行車皆安康』之境界。

圖 6 高雄市政府工務局趙建喬局長蒞臨研討會

圖 7 行政院公共工程委員會吳宏謀主委蒞臨研討會

圖 8 美國維吉尼亞州交通廳資深工程師吳中龍博士專題演講

四、永續再生邁向綠色未來

本學會與義守大學共同舉辦「第十九屆鋪面工程學術研討會暨 2017 世界華人鋪面專家學術研討會」，目標於提供土木領域之鋪面工程學界、業界與公共工程相關部門每年一度的學術和實務交流，此研討會共約 250 人參加，94 篇文章發表。此次與會貴賓邀請到高雄市政府工務局趙建喬局長及行政院公共工程委員會吳宏謀主委共襄盛舉，並邀請美國維吉尼亞州交通廳資深工程師吳中龍博士分享「全厚度路面再生」及國立台灣大學土木工程學系特聘教授周家蓓教授分享「探討鋪面工程參與節能減碳之行動力」，研討會中亦有多位從事鋪面工程人士以及研究鋪面工程專家學者參與，共同針對鋪面相關議題進行探討，藉以整合鋪面材料、鋪面管理、永續工法及施工實務等技術，藉以提升國內鋪面技術水準，達成人本關懷、永續安全、寧靜舒適之無限延伸目標。

五、辦理教育訓練，提升專業素質

本學會近年來勤於辦理各種教育訓練及研究計畫，扮演產、官、學界交流及合作之角色。配合臺北市政府推動管線挖掘施工管理之人員認證，與政府合力舉辦管線挖掘施工管理人員認證訓練班以輔導各廠商認知政府推行政策及如何確保管線挖掘工程之品質要求，104 年起至今，累積總共辦理 31 梯次，其受訓人數高達 3,056 人，桃園市政府也委託本學會在桃園市辦理管線挖掘施工管理人員認證訓練班，本學會為了服務道路維護品質及人員培訓，使管線單位加強管控施工品質，各道路管理機關加強申挖至路面修復的

圖 9 市區道路無障礙設計講習班開班授課

流程管控，使管線挖掘施工期間，追蹤督導路面回填及施工品質達到「路平」之目的，以維持道路服務水準。另外為推廣市區道路無障礙設計理念，加強設計規範宣導，提高道路規劃、設計、工程單位從業人員專業技術能力與執行能力，爰辦理「市區道路無障礙設計講習作業計畫」，迄今已辦理 17 梯次，受訓人數達 873 人。

六、結語

中華鋪面工程學會以一貫積極態度參與各項鋪面相關研究計畫及相關工程實務，配合政府政策研擬法規及輔導產業，並舉辦多場次研討會及訓練班以培訓專業人才，未來亦將更努力扮演產官學界橋梁角色。本學會透過出版「鋪面工程」季刊以及「International Journal of Pavement Research & Technology (IJPRT)」學刊等學術期刊發表相關研究議題，其中 IJPRT 學刊為 EI 收錄之重要學術期刊，本學會將持續提升 IJPRT 之學術地位並致力於質量之提升。學會亦長期耕耘於鋪面各項技術及規範，並提供多項工程評獎及獎學金，期望服務全體會員及學子。近年積極進行國際交流，期盼能引進新觀念新技術，進而提昇本學會專業及學術地位，並積極參與各項有關國際道路鋪面相關學術以及工程實務事務活動，如 International Conference on Road and Airfield Pavement Technology (ICPT) 等專業鋪面工程研討會，致力展現臺灣在鋪面工程領域之研究成果與技術創新，持續為臺灣及本學會爭取榮譽。

職業安全衛生專題—專輯序言

中華民國工程安全衛生管理學會 / 蔡正雄

職業安全衛生領域的應用在臺灣不管在工廠作業或在工程施工上，都具有一定的重要性。而預防及降低「職業災害」發生更是職業安全衛生核心的課題。職業安全衛生法自修正公布施行後至今也有數年，這幾年來應用在工程上的提升，可從勞動部公布資訊明瞭知悉。本專題著重於工程應用的探討，從源頭設計階段安全衛生所遭遇問題，並以工程設計案例實施風險評估所產生成果說明，進而應用職業安全衛生管理系統，以及環境高溫對工作者的探討，再加上低頻噪音對健康的危害，以及 BIM 應用於施工安全管理等，都是目前提升職業安全衛生重點，並特別增加對化學品的風險管理的探討，期讓從事營建工程領域朋友有更完整瞭解，後續並將上述之探討說明如下：

一、在「工程設計考量施工安全風險評估之窒礙問題、推動誘因與建議作法之探討」，說明我國現行職安衛法規著重於以往施工階段安衛管理，鮮少對工程設計者應辦理事項有詳細的規範。該文以此一議題為核心，探討工程設計時考量施工風險評估可能遭遇之窒礙問題與推動誘因，並提出建議之因應作法，作為政府於推動將施工安全風險評估納入工程設計工作之參考。

二、在「設計階段施工風險評估之實施—以橋梁耐震補強工程為例」，該文論述施工風險評估納入工程設計階段實施，於設計之始即選擇源頭實施風險評估，藉由工程基本資料的彙整、功能需求分析、基地現況調查等階段，加以危害辨識，並經由彙集整理後，再藉由工程風險傳遞作為工程方案研討之參考依據。該文將以橋梁之耐震補強案例作為深入探討之依據，進而推動工程設計階段實施風險評估，期讓工程設計選擇適合及安全之工法，達到降低危害目標。

三、在「工程施工安全衛生管理系統之研究」，該研究從安全衛生管理系統架構，分析職業安全衛生管理系統應包括安全

衛生政策、組織、規劃與實施、評估和改善措施等，及探討事業單位經營者應有之安全衛生理念，並研究職業安全衛生政策的制度制訂、組織架構、安全衛生協議組織與管理規章。研究結果顯示，為減少職業災害之發生，各行業者必須建立完善的職業安全衛生管理系統，將安全衛生管理與企業績效管理結合，來建立其安全衛生自律管理機制，以降低職業災害的發生。

四、在「營造業戶外工作者夏季高溫熱危害預防策略」，由於溫室效應導致全球氣候變化劇烈，農、林、漁、牧業及營造業等戶外工作者受到氣象因素隨季節不同而造成的冷熱危害特別值得重視。該研究透過文獻回顧與國內實證研究結果，針對營造業戶外工作者研擬並提出預防夏季高氣溫熱危害的可行措施，供事業單位參考並積極落實戶外高氣溫作業熱危害預防管理計畫。

五、在「低頻噪音對工作者健康效應之探討」，說明長期暴露於噪音工作環境對職場工作者生理與心理之健康影響；如聽力損失與心跳血壓等等的健康效應，該文探討的是低頻噪音的工作環境，對職場工作者生理心理之健康效應，尤其是心臟方面的問題。

六、在「淺談 BIM 技術在施工安全之應用及相關職能開發」，BIM 的整合技術應用於施工安全衛生，提供從設計、施工到後續管理的資訊，有效解決傳統施工安全管理上所遇到的瓶頸。特別在高風險作業流程，經由 BIM 的技術，抽絲剝繭找出可以強化安全設施及措施，降低職業災害的發生。

七、在「化學品風險管理與評估方法與運用」，於職業安全衛生管理領域上，化學品的管理趨向於嚴苛，從早期的有機溶劑中毒預防規則等的法規，到現今以有危害物質分級管理辦法，對職業安全衛生人員是一重要的管理考驗，無論是製程的安全評估、職業衛生的管理等等都是一個很重要的運用。

上述七篇職業安全衛生領域之論文，可以瞭解臺灣在工程安全領域已逐漸提升至設計階段施工風險管理之實際應用，也瞭解尚有眾多阻礙及困難需克服，又從耐震補強實施風險評估成果，可以明確瞭解落實設計階段風險評估，對工程安全衛生設計有顯著的助益，可增進設計階段的安全衛生設施考量及經費編列在合理可行範圍。在以職業安全衛生管理系統的建置，來落實工程上的標準作業程序有效執行。另在衛生領域方面，如高溫作業的危害預防，以及低頻噪音對工作者健康影響，都是現階段我們必須重視的關鍵危害風險。在 BIM 技術之應用於施工安全管理，更具有提升工程安全的意義。而在化學品方面，是目前職業安全衛生領域最重要的環節，其危害風險可從歷次工廠使用化學品，不慎因疏忽產生之火災爆炸可以很明確感受到其對社會影響嚴重度，更是我們必須關切的重要職業安全衛生領域。最後，期待更多安全衛生領域專家投入預防風險研究，讓台灣之職業災害可以更為降低，減少家庭的悲劇產生，這是我們每個人都應有的體認及支持。

工程設計考量施工安全風險評估之窒礙問題、推動誘因與建議作法之探討

國立中央大學營建管理研究所助理教授 / 王翰翔
國立中央大學營建管理研究所特聘教授 / 陳介豪
勞動部職業安全與衛生研究所副研究員 / 林楨中
國立中央大學營建管理研究所博士生 / 陳家和

關鍵字：工程設計、營造工程安全、施工安全風險評估

摘要

我國現行安全衛生相關法規著重於施工階段由承包商辦理安全衛生管理工作，鮮少對工程設計者應辦理事項有詳細的規範。在國外部份國家已於法令規定中定義工程設計者之安全衛生責任的情況下，國內也應強化工程設計者責任，積極推動將施工安全風險評估納入工程設計工作，以落實工安源頭管理，預防工程於施工或使用階段發生安全衛生危害。本文即以此一議題為核心，探討於工程設計時考量施工安全風險評估工作可能遭遇之窒礙問題與推動誘因，並提出建議之因應作法，作為政府於推動將施工安全風險評估納入工程設計工作之參考。

一、前言

於工程設計中考量施工安全是營造業中提昇施工安全、減少工作危害的一項方法，在國外已是重要的安全衛生管理議題，常見的名稱包括為工人安全而設計 (design for construction worker safety，DCWS)、透過設計的預防 (prevention through design，PtD)、透過設計的營造危害預防 (construction hazard prevention through design，CHPtD)、為安全而設計 (design for safety，DfS)、為工程安全而設計 (design for construction safety，DfCS) 與設計中的安全 (safety in design，SiD) 等。儘管 PtD、DfS 與 SiD 泛指一般性的設計工作，而 DCWS、CHPtD 與 DfCS 則延伸至營造工程的領域之中，但在營造工程領域也可見單純使用 PtD、DfS 與 SiD 來指涉工程設計考量施工安全之用意，且主要目的皆係藉

由儘早在設計階段發現且消除潛在風險，以預防傷害與疾病的發生，因此被視為是創造健康與安全工作環境最有效且具持續性的安全管理方法 (Safe Work Australia，2012a)。

國外部份國家在其相關法令規定已明訂設計者於執行工程設計時之責任。以澳洲為例，該國頒行之模範工作衛生與安全法案 (Model Work Health and Safety Act，簡稱 WHS Act) 第 22 節「機器設備、物質材料與結構物設計人員之責任」中即規定設計者應採取不會對施工人員帶來風險的方式執行設計工作 (Safe Work Australia，2016)。於其後頒行的模範工作衛生與安全規範 (Model Work Health and Safety Regulations，簡稱 WHS Regulations) 進一步闡述了 WHS Act 的內容，在 WHS Regulations 的第 61 與 64 節規定設計者應將風險消除或最小化，及未達成的最高罰款金額。澳洲各省或領地則可依據 WHS Act 與 WHS Regulations 內所述的設計者責任，訂定模範作業規範 (Model Codes of Practice)，做為供專案成員遵循的實務執行指導方針，例如 2012 年頒布的「結構物安全設計 (Safe Design of Structures)」作業規範即建議設計人員使用系統性的安全衛生風險管理方法，包括 (1) 辨識與設計相關、合理可預見的危害、(2) 評估由辨識之危害所產生的風險、(3) 透過設計控制手段來消除或最小化風險、與 (4) 檢視該控制手段 (Safe Work Australia，2012b)；換言之，在該作業規範中即明確要求將風險管理手法納入設計工作之中。

國內許多大型工程專案 (如高鐵新竹車站與臺中國家歌劇院) 結構外型具有優美的弧線幾何造型，然而若未能於設計階段即考量到設計成果於施工及營運維護時可能帶來的潛在風險，對施工人員或設備維修人員作業安全都會造成嚴峻的挑戰。我國於 102 年修正頒行之職業安全衛生法 (行政院勞動部，2013)，即把工程設計者於設計階段實施風險評估納入條文規範之中，以預防施工階段職業災害的發生；國內公共工程主辦機關也陸續於工程規劃設計發包案的招標文件中加入得標廠商應執行風險評估工作之規定。然而實務上，國內建築師事務所與工程顧問公司從事設計工作的設計人員對於政府積極推動將施工安全風險評估納入工程設計工作仍有諸如不瞭解其內涵、不知如何進行等疑慮。因此，本文以國內推動於工程設計階段考量施工安全風險評估為核心，透過訪談主要工程顧問公司與建築師事務所之設計人員，歸納推動時可能存在的困難與協助推動的誘因，並提出推動上可採行的因應作法建議，以供政府推動此政策時之參考。

二、我國現行相關制度

(一) 國內法規制度

現行國內職業安全衛生法規對於工程設計考量施工安全風險評估的主要相關規定包括：

- 職業安全衛生法第 5 條第 2 項：機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。

- 職業安全衛生法第 17 條：勞工工作場所之建築物，應由依法登記開業之建築師依建築法規及本法有關安全衛生之規定設計。

- 危險性工作場所審查及檢查辦法第 17 條：事業單位向檢查機構申請審查丁類工作場所，應填具申請書，並檢附施工安全評估人員簽認文件、相關執業技師或開業建築師簽章文件及下列資料各三份：一、施工計畫書。二、施工安全評估報告書。

前項相關執業技師或開業建築師簽章文件，以職業安全衛生設施涉及專業技術部分之事項為限。

事業單位於提出審查申請時，應確認執業技師或開業建築師之簽章無誤。 對於工程內容較複雜、工期較長、施工條件變動性較大等特殊狀況之營造工程，得報經檢查機構同意後，分段申請審查。

- 機關委託技術服務廠商評選及計費辦法第 17 條第 10 款：機關委託廠商辦理可行性研究、規劃、設計或監造，其評選項目，除法令另有規定者外，得載明環境影響及工程風險之評估。

前述各項法規內容與意涵可進一步說明如下：

- 工程設計階段設計建築師與相關技師負責結構體的建築設計，因此符合職業安全衛生法第 5 條第 2 項規定「工程設計者」角色，也因此具有於設計階段實施風險評估之責任。此外，職業安全衛生法第 17 條明確表示建築師應該依職業安全衛生法有關安全衛生之規定設計，而第 5 條第 2 項之規定即為該法對「安全衛生之規定」其中之一項，故建築師便應按其規定實施風險評估工作。
- 建築師與技師在申請丁類危評時必須對「職業安全衛生設施涉及專業技術部分」之文件進行簽章，而危險性工作場所審查及檢查辦法第 17 條規定應檢附之施工安全評估報告書，其中即包括風險評估之作業；因此，建築師與技師於簽章時應具有確認職業安全衛生設施涉及專業技術部份之風險評估內容之能力。
- 機關委託技術服務廠商評選及計費辦法第 17 條第 10 款建議機關辦理規劃、設計等評選時，在評選項目內得載明「工程風險之評估」，使業主於辦理招標時，若將其納入評選項目時，將利於輔助機關評選出較優良之技術服務廠商。

綜合以上法規所述，對工程設計內容實施必要的風險評估工作為設計人員應具備之能力與應執行之工作。然職業安全衛生法第 5 條第 2 項之規定「…工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估」，條文中兩度使用「或」字讓實施風險評估工作的角色可能是設計階段時負責設計的建築師與技師，亦可能是施工階段時負責施工之承攬廠商，因此實務上部份設計建築師表示並無法令強制規定他們須於設計階段實行工安風險評估工作。儘管該條文的文字得以保持條文使用上的彈性，但於實務工作上卻也使國外由設計者負責工程安全風險評估的精神未真正落實在國內的職業安全衛生法中。

(二) 營造業職業安全衛生管理系統指引

由勞動部頒布之「營造業職業安全衛生管理系統指引 (Construction Occupational Safety and

Health Management System，簡稱COSHMS)」(行政院勞動部，2011)，係根據原勞工委員會頒布之「臺灣職業安全衛生管理系統指引」，考量營造業特性並依照 PDCA (plan、do、check、action) 之管理循環而建立，目的在於強化經營管理者與勞工雙方之合作以持續推動系統性之安全衛生自主管理活動，進而降低職業災害，提升安全衛生水準。

(三) 危害辨識與風險評估

營造業應依據勞工安全衛生相關法令之規定，訂定危害辨識、風險評估及風險管理等相關程序，據以辦理下列工程推動各階段之風險管理事項：

1. 營造業應建立程序與方法持續蒐集、鑑別、評估安全衛生管理相關法令、規章、標準及其他需求，以確認工程推動過程須符合之相關規定。
2. 營造業應就工程執行過程可能出現之風險，評估現有措施對於勞工及承攬商安全衛生保護之有效性。
3. 辨識基地環境及工程內容之潛在危害。
4. 依據工程作業推展情況實施風險評估，發掘不可接受之風險，擬定對策。
5. 風險對策應以設計、工法等源頭管理為優先考量。
6. 設置並維持必要之安全防護設施，以降低風險。
7. 訂定安全作業要領，提供並檢查確認個人防護具，使勞工正確穿戴使用，以消除或降低風險可能引致之災害後果。

在上述風險管理事項中，第 5 項即在說明工程各階段辦理危害辨識、風險評估時，應優先針對「工程設計、工法選擇」之階段實施源頭管理，進而降低災害的發生。換言之，在工程設計階段即針對施工安全實施風險評估工作，亦為 COSHMS 所建議之工作事項，俾確保施工階段之勞工安全。

三、推動窒礙問題探討

為瞭解在設計階段實施施工安全風險評估時設計單位可能會遭遇到的窒礙問題，作者訪談了國內十家設計單位 (包括建築師事務所與主要之工程顧問公司) 中實際進行工程設計之技師與建築師，根據他們提供之意見共彙整出七項推動上的窒礙問題。

(一) 服務費用編列之問題

各工程顧問公司技師與建築師皆一致認為若業主於設計階段未另外編列「工程設計階段實施風險管理、評估」之經費，會是在推動此政策之最大阻礙。

行政院公共工程委員會於民國 88 年即頒行「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」(簡稱技服辦法)(行政院公共工程委員會，2017a)，規定工程技術顧問公司與建築師事務所從事可行性研究、規劃與設計工作應辦理之工作內容，及四種服務費用計費辦法；針對其中常被採用之「建造費用百分比法」，技服辦法明訂「建築工程工程技術服務建造費用百分比上限」與「公共工程技術服務建造費用之百分比上限」，作為服務費用上限計算之標準。技服辦法自民國 88 年頒行至 104 年之 17 年期間共經歷過 6 次修正 (包括條文架構、呈現方式與文字使用調整)，以符合工程與社會進步之所需。隨時代演進，新

的觀念與資訊技術不斷地出現，讓工程主辦機關對於工程設計成果有愈來愈多的想法及需求，因而對設計者之工作要求逐漸增加，也使工程設計人員所須負擔的設計工作內容與責任更為多元 (近年綠建築議題與建築資訊模型技術應用的興盛即為二例)。然過去 6 次的技服辦法修正過程中未曾檢討過技術服務建造費用之百分比上限，這讓設計單位一方面面臨工作類型與份量的增加，另一方面卻未能獲得相對應與時俱進的服務費用水準。儘管公共工程委員會於民國 106 年 3 月 31 日頒布了第 7 次修正之技服辦法，並於此次修正了第 29 條之服務費用百分比上限，然其修正的原因與考量設計者工作量的增加並無關聯。

此外，依據技服辦法第 5 與 6 條所述：「機關委託廠商辦理規劃 / 設計，得依採購案件之特性及實際需要，就下列服務項目擇定之……」，然條文中皆無提及機關於規劃、設計階段須考量工安、辦理施工安全風險評估之工作項目；縱使在這兩條條文中提及服務項目時包括「其他與規劃 / 設計有關且載明於招標文件或契約之技術服務」項次，可將設計者應辦理風險評估事項列入技術服務契約之中，但倘若此項工作並未被明確納入技術服務契約，亦未列作標單工作項目並給予對應之工作預算，對設計單位而言仍然是額外之工作項目與成本負擔。

綜上所述，工程設計階段考量施工安全風險評估工作若未能列於技服辦法之工作項目，或技術服務契約與標單項目中加以考量，將造成設計單位設計服務費用之問題。

(二) 人員風險評估能力欠缺之問題

建築師於專業養成過程中鮮少修習營建施工方法、營建管理等工程面向的課程，更遑論修讀「施工風險管理」類的進階主題課程，因此多數建築師於設計時著重設計成果的美感與意象，及設計成果結構體本身的結構安全性，而欠缺對於施工安全管理的概念。工程設計領域的相關技師儘管具備營建工程的專業與觀念，但對於施工安全管理及風險評估等相關知識相對較為欠缺。此外，從事設計工作的專業技師與建築師對於工地現場施工與管理實務的瞭解有限，使其不易具備評估施工風險的能力。

(三) 相關權責釐清之問題

現行「職業安全衛生法」第 5 條第 2 項之規定並未強制規定工程風險評估作業應由設計者實施，且並未明訂未實施風險評估的罰則。此外，設計單位若於設計階段實施施工風險評估，評估成果將連同設計成果交付業主，業主繼而將其納入發包文件，交由後續得標之施工廠商於施工階段更新與執行。現行機關徵選施工廠商之招標文件中並未明定殘餘風險應由施工廠商或設計單位承擔，肇生權責不清之問題。若於施工階段發生了人員的工安意外，而該意外所屬之施工作業也確實於設計階段之風險評估報告中加以考量其可能具有的安全風險，當意外發生後是否會優先追究與檢討設計者的責任，目前仍無確切的實務慣例或原則加以明確規範。

(四) 設計時程緊迫之問題

「公共工程技術服務契約範本」第 2 條附件 1 與附件 2 關於「建築工程、公共工程之規劃設計監造」之規定，有關乙方 (設計

單位) 於設計階段之工作分為「基本設計」及「細部設計」，其中「基本設計」工作與「細部設計」工作所列作業項目中可知，目前並無相關「工程設計考量施工安全風險評估」等相關作業項目 (行政院公共工程委員會，2017c)，因此，即便近年機關逐漸於技服契約中明定設計單位須於設計階段實施施工安全風險評估，在評估設計履約期限時可能仍未考量施工安全風險評估所需之時間。此外，設計者在面臨前述「服務費用編列問題」的限制考量下，較不易增加充足的人力來投入設計階段相關工作，但為符合契約中設計履約期限的要求，勢必得有額外的人力投入設計工作中，因此在有限的「服務費用」與緊迫的「履約期限」之間存在了相互連動的影響。

此外，設計單位於執行設計工作時，偶爾會遭遇履約期限不夠明確的情形，如「得標後 30 天繳交基設成果、90 天繳交細設成果」，在此例中由於無法明確得知基設成果繳交後多長時間可以經過業主核定備查，因此可能造成當基設成果核定後沒多久即須繳交細設成果，讓基設所有內容皆經業主核准完備後再開展細設之分階段實施設計工作之精神未能充份落實。再者，技服辦法第 6 條提到細設工作內容應考量「符合節省能源、減少溫室氣體排放、保護環境、節約能源、經濟耐用等目的，並考量景觀、自然生態、生活美學及性別、身心障礙、高齡、兒童等使用者友善環境」；儘管此項規定立意良善，卻也讓設計者於設計工作時須投入額外時間逐一加以考量，進而可能壓縮了設計時程並增加服務成本。

(五) 施工廠商選擇之問題

公共工程之採購實務上多採最低價標方式決標，造成施工廠商為取得標案易有低價搶標情形，不僅導致工程品質低落，更讓專案容易衍生履約爭議之問題。一旦施工廠商履約能力不佳，設計單位於設計階段之設計成果 (含施工安全風險評估計畫書) 便可能無法於施工階段順利推動。有鑑於此，近年公共工程巨額以上之採購多採最有利標方式決標，以取代最低價標來評選出優良施工廠商。依據行政院公共工程委員會所頒定之「最有利標評選辦法」第 5 條規定，最有利標之評選項目及子項，得就下列事項擇定之：「技術、品質、功能、管理、商業條款、過去履約績效、價格、財務計畫等」(行政院公共工程委員會，2008)，並未將「安全」單獨列作評選項目之一。雖然這不意味著透過最有利標遴選出之施工廠商會忽視施工安全，但明確列出的評選項目確實可以做為參與投標廠商提前對專案執行進行規劃工作的重點，也可提高得標廠商順利依招標文件與設計圖說履約之機會，換言之，未能將「安全」列作評選項目，將減少投標廠商提前對施工安全進行規劃的機會。

因此，採最低價標或最有利標決標方式可能無法確保得標之施工廠商具有一定的履約或安全管理能力。對設計單位而言，不良的施工廠商恐無法落實設計 (包括施工安全風險評估) 成果，進而讓於設計階段即執行風險評估工作的良善立意打了折扣，降低設計者實施意願。

(六) 綁標疑慮之問題

部份工程設計人員不理解或不熟悉價值工程的觀念，致使於設計時未能充份評估可能的替代方案後做出考量施工安全風險較低的設計決策，而部份建築師不熟悉施工實務與施工階段工程設計變更的程序，乃至於對設計階段若選定特定施工方法或安全衛生設備類型，產生綁定施工廠商資格或設計規格之顧慮。

(七) 無參考準則之問題

現行勞動部所頒佈之「風險評估技術指引」(行政院勞動部職業安全衛生署，2015) 與勞動部 (勞委會) 委託國立臺灣科技大學所編撰之各類營造業施工安全技術教材之內容略有不同；機關若未於技服契約中明定應參照何者 (或其他風險評估作法)，除使設計單位於設計階段實施施工風險評估時無所適從，也讓機關或專案管理顧問審查評估成果時未能有明確的審查標準。此外，前述由勞動部 (勞委會) 所出版的各類營造業施工安全技術教材共 31 冊，內容涵蓋建築、橋梁、道路、大地、水利、山岳隧道與潛盾隧道等工程類型，提供常見工程所需之施工安全管理資訊，然實務上設計人員可能未能知悉有此一系列之出版品可作為執行施工風險評估作業之參考。

四、工程設計階段考量施工安全風險評估之推動誘因與建議作法說明

(一) 推動誘因

根據前述工程設計人員所反應之七項推動上可能遭遇之窒礙問題，作者建議以下七點推動誘因。

1. 編列相關預算專款專用

明確於技術服務預算中編列「工程設計風險評估」之作業經費，而非包含於技服費用中由設計廠商自行吸收。

2. 人員專業能力養成

主管機關於推動工程於設計階段執行風險管理、評估等工作，應研擬相關教育訓練課程與配合措施，例如：對工程設計人員開設評估工程設計之風險管理課程、常態性之教育訓練、專業證照等，培育具備此項能力之專業人員。

3. 明訂相關單位之權責

明確於職業安全衛生法中敘明設計單位執行風險評估工作之責任與相對應之罰責。此外，釐清業主、設計單位與施工廠商於工程生命週期各階段對於執行施工安全風險評估工作之責任，例如當設計單位完成風險評估作業後，若於施工階段發生工安問題，訂明相關責任分擔判斷原則，而非一味地歸責於設計單位。

4. 評估技服履約合理工期

設計單位從事基設與細設工作之履約期限受技服契約規定之限制，業主應於評估設計履約期程時合理考量納入風險評估作業所需之時間，訂定明確且合乎設計作業程序及邏輯的履約期限。

5. 改善與落實承商遴選發包制度

政府主管機關應檢討改善現行常用之承商遴選發包制度中未能針對施工安全加以考量之處；各工程主辦機關於執行工程發包時確實將施工安全要求納入發包要求，作為施工廠商遴選的條件之一。

6. 增加獎勵制度

給予積極推動工程設計考量施工安全風險評估之設計單位參與技服廠商評選之加分機制。

7. 建立工程風險評估參考範本

政府相關單位針對不同性質、種類之工程專案擬定「工程風險評估手冊綱要範本」，供設計單位在設計階段辦理風險評估作業、業主進行審查工作時之參考。

(二) 建議作法

針對前述七項推動誘因，作者進一步就「法規面」、「制度面」與「工具面」等三個面向，給予推動工程設計考量施工安全風險評估之建議作法。

1. 法規面

(1)編列服務費用預算：

- 修訂「政府公共工程計畫與經費審議作業要點基本設計階段之必要圖說」，明確將「施工安全風險初步評估」納入其中之「基本設計階段報告書」中「工程基本設計內容說明」之內容。
- 修訂「公共建設工程經費估算編列手冊」，於該手冊「總 .3.2.1 設計階段作業費用 (含初步設計及詳細設計)」乙節中新增「施工安全風險評估費」，並採經費單獨列項 (即不含於建造費用百分比之內)，並於執行完畢後單獨進行驗收之方式，以從計畫初期便給予作業辦理經費，從源頭落實工程設計階段考量工安風險評估之政策。
- 修訂「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」，於該辦法所定之基本設計與細部設計服務項目內容中分別新增「施工安全風險之初步評估」與「施工安全風險之評估」，以利主辦機關決定技服廠商工作內容時給與相對應之預算經費。此外，建議該辦法主管機關針對設計單位工作內容多元化之現象，重新檢討現行計費方式與適切性，例如考量建造費用百分比法之百分比計算上限。

(2)評估適當設計時程：

- 機關應參考「公共工程技術服務契約範本」妥適訂定技術服務履約期限，避免訂定技服廠商無法控制之履約條件或會使基設與細設繳交期限相互干擾之情形。
- 修訂「公共工程技術服務契約範本」，於其附件內容中，將「施工安全風險之初步評估」與「施工安全風險之評估」分別納入基本設計與細部設計服務項目之內，以利工程主辦機關能更務實地評估技術服務履約期限。

(3)將施工安全風險評估報告納入各縣市政府所訂建築管理規則之建築許可申請文件中，即於建築法第 32 條所述之工程圖樣及說明書中，加入施工安全風險評估報告書，並由具風險評估資格者 (如施工安全評估人員) 簽證，作為起造人申請建造執照之必要文件之一。

2. 制度面

(1)政府部門工程專案於評選技術服務廠商時，將是否獲得推動職業安全衛生優良公共工程及人員之獎勵，或是否具備於設計階段實施工安風險評估實際經驗且獲機關肯定與推薦，納入評選給分項目，以給予

優良設計單位獎勵，提高其推動設計考量工安之意願。

(2)善用發包制度遴選施工廠商：

- 於採異質採購最低標與最有利標決標方式之專案，將施工廠商安全衛生管理實績納入評選標準，即於招標文件中將施工廠商歷年之工安績效、風險管理計畫及風險評估與管理系統列入評分項目中。
- 考量使用統包方式推動工程專案，透過統包發包模式中設計單位與施工廠商共組為統包廠商，使設計階段進行施工安全風險評估作業能有施工人員共同參與，設計成果可能存在的施工安全風險也可提早由設計方與施工方共同討論如何加以因應。

(3)釐清責任歸屬：

- 設計單位於設計階段辦理施工安全風險評估作業時，應辦理至少一次施工安全風險評估討論會，針對所提之風險評估報告進行完整討論與確認。會議出席人員應包括設計團隊成員 (包含具施工安全評估資格與施工實務經驗人員)、業主與專案管理廠商 (或總顧問)，而會議有關成果 (如辦理情形及會議紀錄) 應做成書面文件與紀錄，作為施工安全風險評估報告之一部份，納入設計成果繳交。
- 明確要求設計單位於設計階段完成施工安全風險評估工作，其評估成果務必由業主納入與施工廠商之契約文件中，以利施工廠商進行施工風險持續性評估。
- 設計階段施工風險評估成果須列明工程專案之「殘餘風險」(即在既定之設計概念與成果下，無法進一步透過施工方式降低嚴重性或發生機率之潛在工安危害)，在業主選商施作之前，業主 (或其委託之專案管理廠商) 應審查設計單位完成之風險評估報告，並將殘餘風險列為審查重點，確認殘餘風險由施工廠商承擔之可能性，以釐清設計與施工間之責任。倘業主或專案管理廠商認定該殘餘風險無法在既定工程預算與期程下由施工廠商承擔，應退回細部設計成果，並責成設計單位修改設計至殘餘風險經業主或專案管理廠商認可得由施工廠商承擔為止。
- 明確揭示設計單位繳交施工風險評估成果給業主後，後續設計變更時之對應風險評估工作由誰辦理，及施工時發生工安意外之責任歸屬原則，以確立設計者執行風險評估作業之責任邊界。

(4)養成人員專業能力：

- 明確要求從事設計人員 (設計建築師與技師) 應取得施工安全評估人員資格，或設計團隊成員中一定比例人員應具備施工安全評估人員資格，以確保從事設計人員及團隊具備實施風險評估能力。若經評估後認為施工安全評估人員的 76 小時授課時數對設計人員所需之評估技能負擔過重，建議另行設計符合設計單位需求之風險評估訓練課程供設計人員修習。
- 建議提高現行「職業安全衛生管理員」訓練課程中風險評估課程時數，並加入風險評估實作課程，讓國內在第一線參與工程專案安全衛生工作的最基層職安衛人員具備更為充份的風險評估知識。

3. 工具面

(1) 可建立主要工程類型之施工安全風險評估實施指引，或明確建議施工安全風險評估可供參考的範本，並提供常見工程風險固有清單與風險審查表，供給設計單位於設計階段執行施工安全風險評估工作參考；可參考之範本如勞動部所頒佈之「風險評估技術指引」與勞動部所出版共 31 冊各類營造業施工安全技術教材。

(2) 可建立國內各類型工程專案風險管理資料庫，蒐集實際專案資訊 (如危害嚴重度與發生機率)，以利未來類似專案於設計執行初期風險評估工作，及早掌握工程潛在風險並加以有效管理。

五、結論

營造業職業安全衛生從風險源頭進行管理工作已是相關從業人員的共識，也被認為是確保施工人員安全重要的作法之一，而將施工安全風險評估納入工程設計作業即為一個整合了源頭管理精神與風險評估方法的安全衛生管理手段。有鑑於國內工程主辦機關陸續開始要求設計單位於設計工作中加入風險評估作業，而國外先進國家 (如澳洲與英國) 都已經在其法令中明確要求推動的情況下，此項政策於國內的持續與擴大推動應符合各界期待。

本文探討了推動工程設計辦理施工安全風險評估作業的可能窒礙問題、誘因與推動建議作法，所提之建議作法由於涉及中央政府不同部會與地方政府的權責，須邀集各部會就合作推動方式上進行商討。

此外，為強化民間工程業主對施工安全議題的重視，應更積極推廣與宣導工程設計階段考量施工安全風險評估之理念，廣泛提供設計人員必要之教育訓練管道與途徑及可供參考依循之範本及手冊，以利此一政策之有效推動與落實。

參考文獻

1. Safe Work Australia, Australian Work Health and Safety Strategy 2012-2022. Commonwealth Government of Australia, Canberra, 2012a.
2. Safe Work Australia, Safe Design of Structures Code of Practice. ISBN 978-0-642-78546-6, Commonwealth Government of Australia, Canberra, 2012b.
3. Safe Work Australia, Model Work Health and Safety (WHS) Act 2010. Commonwealth Government of Australia, Canberra, 2016.
4. 行政院勞動部，職業安全衛生法，2013。
5. 行政院勞動部，營造業職業安全衛生管理系統指引，2011。
6. 行政院公共工程委員會，機關委託技術服務廠商評選及計費辦法，2017a。
7. 行政院公共工程委員會，公共工程技術服務契約範本，2017c。
8. 行政院公共工程委員會，最有利標評選辦法，2008。行政院勞動部職業安全衛生署，風險評估技術指引，2015。
9. 行政院勞動部職業安全衛生署，風險評估技術指引，2015。

設計階段施工風險評估之實施
一以橋梁耐震補強工程為例

台灣科技大學營造業職業災害防治中心執行長 / 蔡茂生
中華民國工程安全衛生管理學會理事長 / 蔡正雄
美商同棪國際顧問股份有限公司結構部經理 / 吳明興
美商同棪國際工程顧問股份有限公司總工程師 / 彭康瑜

關鍵字：施工風險評估、耐震補強、風險資訊傳遞

摘要

以橋梁耐震補強工程為例說明設計階段風險評估之實施與運用，以提升工程本質安全。

一、前言

營造工程多於戶外作業、工作內容繁雜、使用機具設備能量巨大，本質危害極高；採分包承攬方式經營，難以落實管理，以致災害頻仍。改善之道應自源頭管理，於工程設計、施工規劃階段實施風險評估，以提升本質安全。

美商同棪國際工程顧問股份有限公司承辦國道高速公路局橋梁耐震補強工程設計，參酌前勞工委員會編定之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【1】、橋樑工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊【2】，勞動部修正頒布之加強公共工程職業安全衛生管理作業要點【3】、風險評估技術指引【4】、營造工程施工風險評估技術指引【5】等相關規定實施工程設計階段施工風險評估，並依評估成果辦理設計內容修正施工規範編定等事宜，建立系統性工程風險管理制度【6】。

二、文獻回顧

國內外有關營造工程施工風險評估及管理之國際標準、規定、制度等彙整如下說明【7】。

(一) ISO31000

國際標準組織於 2009 年頒訂風險管理原則與指引(ISO 31000:2009, Risk management – Principles and guidelines, provides principles)，以為辦理風險管理之依據。

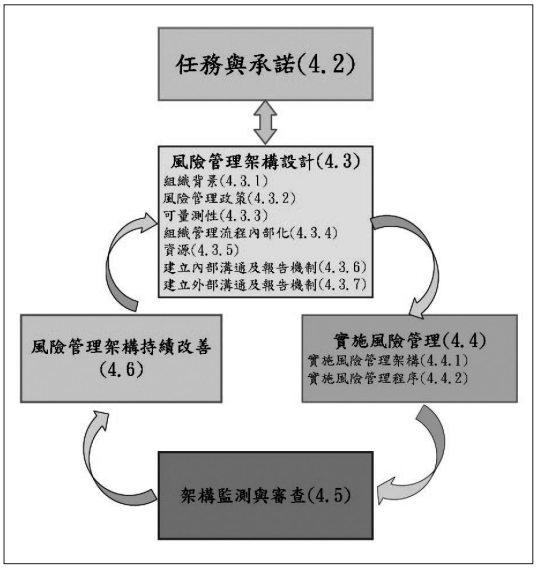


圖 1 ISO 31000：2009 風險管理循環運作架構示意

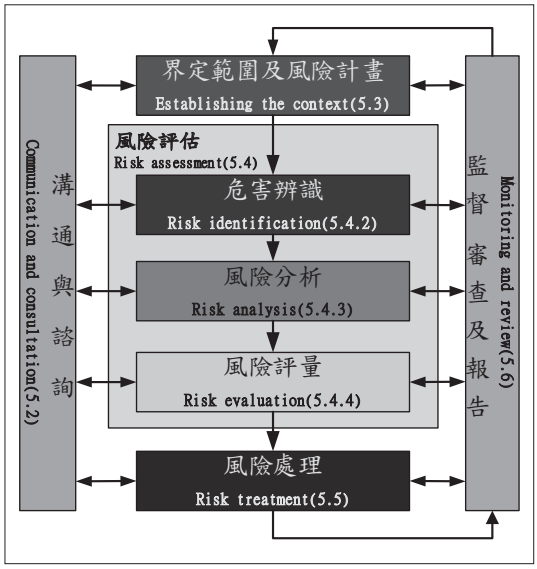


圖 2 ISO 31000:2009 風險管理實施流程

1. 風險管理原則

於第 3 條 (Clause3) 說明風險管理之原則 (Principles) 如下：

(1)創造並保護價值 (Creates value)

(2)組織管理流程之一部分 (Integral part of organizational processes)

(3)決策之一部分 (Part of decision making)

(4)明確地指出不確定性 (Explicitly addresses uncertainty)

(5)系統性、結構性、即時性 (Systematic, structured and timely)

(6)植基於最佳可用資訊 (Based on the best available information)

(7)量身訂製 (Tailored)

(8)將人性、文化因素列入考慮 (Takes human and cultural factors into account)

(9)透明、包容 (Transparent and inclusive)

(10)動態、互動、變更因應 (Dynamic, iterative and responsive to change)

(11)各項設施持續改進及組織強化 (Facilitates continual improvement and enhancement of the organization)

2. 風險管理架構

於第 4 條 (Clause4) 說明風險管理架構依 PDCA 管理循環方式運作。參照圖 1。

3. 風險管理流程

第 5 條 (Clause5) 說明風險管理流程依序為：界定風險管理範圍、風險評估 (依序實施：辨識、分析、評量)、風險處理。於實施過程並應溝通與諮詢內外部相關人員，並建立監督、審查與報告機制。參照圖 2。【8】

(二) 歐盟營造工程施工安全指引

歐盟於 1992 年訂頒營造工程安全指引 (Directive 92/57/EEC - temporary or mobile construction sites)。分別規定：雇主、工程顧問、安全衛生協調員、勞工等之職責。

本指引提出營造業應依 /391/EEC 指引擬定下列適當之風險管理對策：

- 避免風險
- 風險評估
- 風險源頭處理
- 訂定各權責者應辦理事項
- 訂定技術程序
- 消除或降低風險措施
- 研擬全程風險預防策略
- 訂定預防措施之優先順序
- 提供勞工安全作業指引

之後，歐洲各主要國家據以研擬營造工程管理制度。

(三) 英國 CDM 規則

英國於 1994 年定頒「營造工程設計及管理規則」(Construction Design & Management Regulation，簡稱 CDM 規則)。歷經於 2000 年修正第一版，2007 第二版，2015 第三版等修正。

1. 營造工程各權責者之職責

CDM2015 年版規定業主、設計者、承攬商、勞工等之權責分別如下：

- 業主—建立管理制度確保工程從開始到結束可充分控制可能受影響人員的安全衛生風險。
- 主設計者—施工前安全衛生之管理，施工階段並需與主承包商聯絡以確保設計成果安全地履行。
- 主承包商—施工階段安全衛生管理，包含施工前階段與業主及主設計者聯繫。

2. 工程實施過程風險資訊管理

為確保自籌備、調查、規劃設計、施工等過程辦理事項之安全衛生資訊得以適當地彙整並傳遞予相關人員，CDM 2015 規定應分別建立下列文件檔案：

(1) 施工前資訊 (Pre-Construction Information，簡稱 PCI)
業主 (可指示由主要設計廠商辦理) 應提供施工前資訊 PCI，將該工程功能需求、設計要件等資訊傳遞予主承包商。

(2) 施工計畫 (Construction Phase Plan，簡稱簡稱 CPP)
主承包商應訂定施工計畫 CPP，說明施工階段施工安全管理事宜。

(3) 安全衛生檔案 (Health & Safety File，簡稱 H&S File)

於工程推動過程，業主、設計者 (含主設計廠商及協力設計廠商)、施工者 (含主承包商、各協力廠商) 等相關單位應將安全衛生考量辦理事項匯集成安全衛生檔案 (H&S File)，傳遞予相關單位或人員，工程完工後將所有檔案彙集交付使用管理者。

CDM 2015 規定營造工程安全衛生資訊之類型及其傳遞路徑，如圖 3。

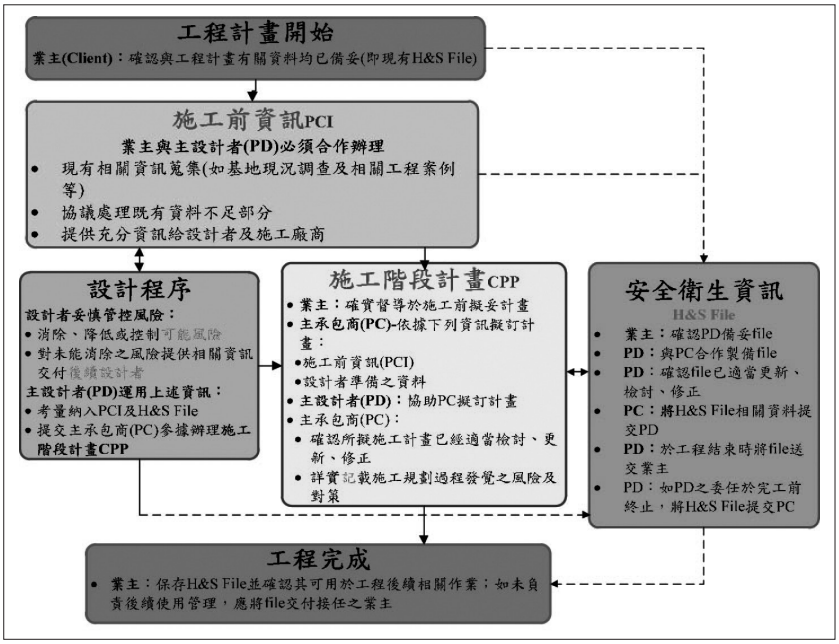


圖 3 CDM 2015 規定營造工程安全衛生風險資訊傳遞流程

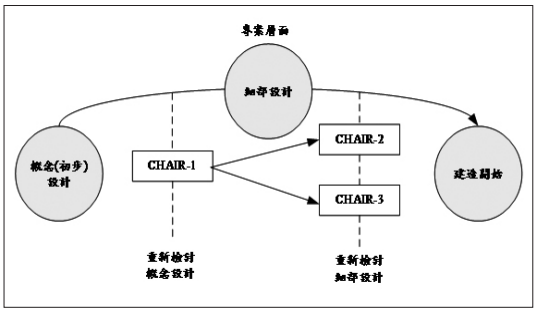


圖 4 CHAIR 工程設計風險評估實施類型

(四) 澳洲營造工程施工安全規定

澳洲政府為推動營造工程施工安全管理，特訂頒「營造工程施工安全衛生規範」(NOHSC-National Standard for Construction Works 1016-2005)。規定業主、設計者、專案管理者、施工廠商、勞工等職責，及各項安全設施及管理需求。於 2008 年改版。

另訂頒 WHS ACT 2011-Work Health and Safety (Consequential Amendments) Act2011，訂有甚多營造工程施工安全管理規定。

2016 年訂頒 Model Work Health and Safety Regulations，其中 Chapter6 Construction Work 詳細規定營造工程安全相關事項。

澳洲政府為強化工程設計之風險評估，特別編定「CHAIR (Construction Hazard Assessment Implication Review)」一書。以作為設計安全之工具書 (Safety in Design Tool)，提供營造工程設計者於工程初步設計、細部設計階段分別辦理施工、維護等作業風險評估之參考。示意如圖 4。

表 1 日本有關營造工程施工計畫送審規定

<table>
<tr><th rowspan="2">應申報工程</th><th>中央 (厚生勞動省) 審查之工程</th><th>地方審查之工程</th></tr>
<tr><td>可能發生重大職業災害之特殊大規模工程
(法 88 條 2 項) 細項內容如下 (則 89 條)</td><td>其他工程 (法 88 條 3 項) 細項內容如下 (則 90 條)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">高度 300m 以上之塔</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>堤高 150M 以上之壩堤工程</td></tr>
<tr><td></td><td>高度超過 31M 建築物或工作物 (橋梁除外) 之建設、改建、解體及破壞 (以下簡稱「建設等」) 之工程</td></tr>
<tr><td rowspan="2">最大跨度 500M (吊橋為 1000M) 以上之橋梁工程</td><td>最大跨度 50M 以上之橋梁建設等工程</td></tr>
<tr><td>最大跨度 30M 以上未滿 50M 之橋梁之上部構造之建設等工程</td></tr>
<tr><td>長度 3000M 以上之隧道工程</td><td rowspan="2">隧道等之建設等工程</td></tr>
<tr><td>長度 1000M 以上未達 3000M 之隧道工程伴隨深度 50M 以上豎井 (供作通路使用) 開挖之工程</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td>開挖高度或深度 10M 以上之地層開挖作業</td></tr>
<tr><td>開挖深度或高度 10M 以上，以進行土石採取作業之工程</td></tr>
<tr><td>自坑內進行土石採取開挖作業之工程</td></tr>
<tr><td>儀表壓力 0.3MPa 以上壓氣工法作業之工程</td><td>以壓氣工法作業之工程</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>石綿等噴塗或石綿等除去作業之工程。</td></tr>
<tr><td>廢棄物焚化爐或設有廢棄物焚燒設施之廢棄物焚化爐、集塵等設備之解體等工程</td></tr>
<tr><td>申報期限</td><td>開工前 30 日</td><td>開工前 14 日</td></tr>
<tr><td>審查權責</td><td>厚生勞動省勞動大臣</td><td>都道府縣勞動基準監督署長</td></tr>
<tr><td>審查方式</td><td colspan="2">深度技術審查
得邀請具經驗之專家參予審查</td></tr>
<tr><td>審查後處置</td><td colspan="2">對計畫內容提出勸告或要求</td></tr>
</table>

(五) 日本勞動安全衛生法等規定

日本「勞動安全衛生法」第 88 條中規定「依工程類型、規模於施工前一定期間應將施工計畫送主管機關審查」。並於「勞動安全衛生規則」第一篇「通則」第九章「監督」等之第 89 ～ 91 條規定應分別送中央、地方主管機關審查之工程類型及規模，並規定送審期限、審查方式、審查後之處置等，如表 1。

另頒定「危險性或有害性等調查指針」(危険性又は有害性等の調査等に関する指針)，以規範風險評估之實施方式。

表 2 我國職業安全衛生法規有關施工安全評估相關規定

實施階段		類型	實施者	成果運用	法令依據
工程設計		施工風險評估	工程設計單位	修正設計、編定施工安全衛生規範、安全衛生經費等	職業安全衛生法第 5 條第 2 項
施工規劃		施工風險評估	施工事業單位	修正施工計畫 (含職業安全衛生管理計畫、分項工程作業計畫等)	職業安全衛生法第 5 條第 2 項、第 23 條 職業安全衛生法施行細則第 31 條 職業安全衛生管理辦法第 12 條之 1
		危險性工作場所施工安全評估	施工事業單位	同上	勞動檢查法第 26 條
作業前		危害調查、評估	營造事業單位所僱之職業安全衛生人員或專任工程人員	確認作業計畫內容、工具箱會議及危害告知	營造安全衛生設施標準第 6 條
變更前		變更風險評估	施工事業單位	修正施工計畫	職業安全衛生管理辦法第 12 條之 3
修繕、維護作業 (含拆除)	未變更構造者	作業前危害調查、評估	營造事業單位所僱之職業安全衛生人員或專任工程人員	修正操作維護計畫	營造安全衛生設施標準第 6 條
	增建、改建、修建	設計階段施工風險評估	工程設計單位	修正設計、編定施工安全衛生規範、安全衛生經費等	職業安全衛生法第 5 條第 2 項
		施工規劃階段施工風險評估	施工事業單位	修正施工計畫 (含職業安全衛生管理計畫、分項工程作業計畫等)	職業安全衛生法第 5 條第 2 項、第 23 條 職業安全衛生法施行細則第 31 條 職業安全衛生管理辦法第 12 條之 1
		作業前危害調查、評估	營造事業單位所僱之職業安全衛生人員或專任工程人員		營造安全衛生設施標準第 6 條

(六) 我國有關施工風險評估相關規定

1. 施工風險評估相關法規

現行職業安全衛生法、勞動檢查法、職業安全衛生管理辦法、營造安全衛生設施標準等分別規定於工程設計、施工規劃、作業前、變更前等階段應辦理施工風險評估等規定，彙整如表 2。

2. 風險評估技術指引

前行政院勞工委員會於民國 98 年 1 月 21 日訂定「風險評估技術指引」並分別於 99 年、104 年修正。

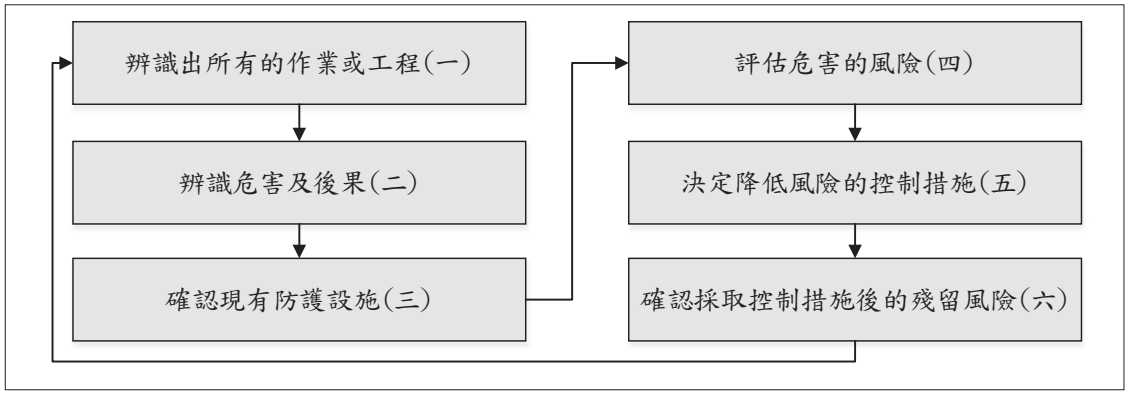


圖 5 風險評估實施流程

該指引中列出風險評估之實施方法如下【9】：

(1)檢核表 (Checklist)。
(2)如果 - 結果分析 (What-If)。
(3)危害及可操作性分析 (Hazard and Operability Studies, HazOp)。
(4)故障樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA)。
(5)失誤模式與影響分析 (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)。
(6)其他經中央主管機關認可具有上列同等功能之安全評估方法。

指引說明風險評估實施程序如圖 5。

3. 營造工程施工風險評估技術指引

鑒於營造工程實施之特殊性，勞動部職業安全衛生署於民國 107 年 1 月 15 日另行制訂公布「營造工程施工風險評估技術指引」及「營造工程施工風險評估技術指引解說手冊」。【10、11】

本指引參照 ISO31000 國際標準，並依職業安全衛生法等相關規定，就營造工程實施過程各階段應辦理之施工風險評估分別與以說明。包括：工程設計階段、施工規劃階段、營造工程作業前、營造工程變更前、維護修繕作業等，如圖 6。

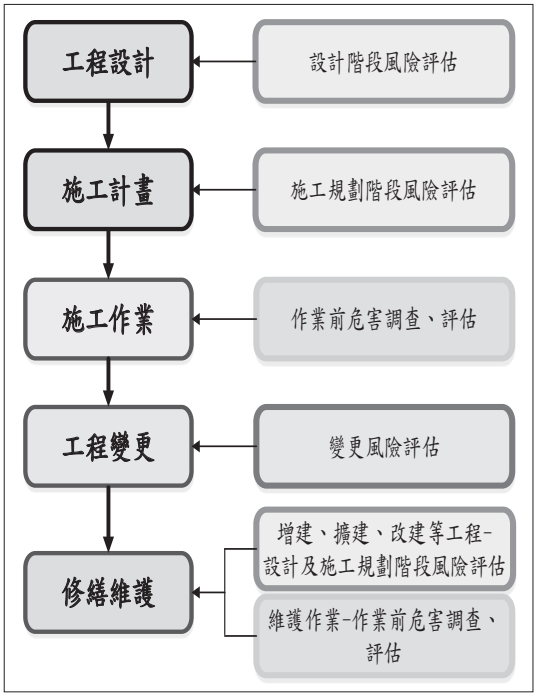


圖 6 營造工程實施過程各階段應辦理之施工風險評估

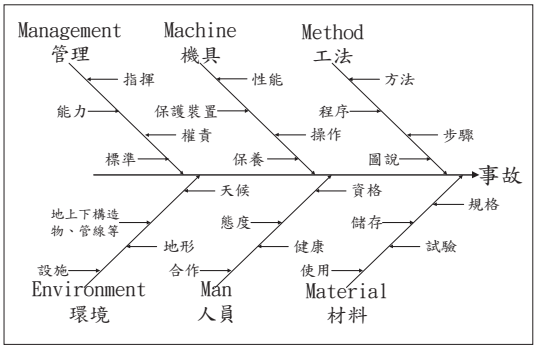


圖 7 營造工程危害辨識引導

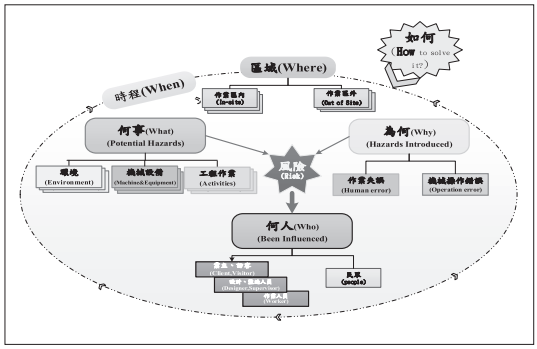


圖 8 營造工程風險分析示意 (5W1H)

工程施工風險評估實施流程按 ISO31000 及職業安全衛生法施行細則第 8 條規定，依序辦理：危害辨識、風險分析、風險評量 (參照圖 2)。

於評估前先進行工程內容作業拆解及作業場所現況調查分析，以辨識危害。危害來源應檢討：工法 (Method)、機具 (Machine)、材料 (Material)、人員 (Man)、管理 (Management)、環境 (Environment)，亦即 5M1E 等 (參照圖 7)；再以危害及可操作分析 (HazOp) 原則，自 5W1H (When、Where、What、Why、Who、How) 分析風險狀況 (參照圖 8)；再評量風險之可能性、嚴重度，以估量風險值、風險等級，發掘不可接受之風險並擬定對策。

指引建議風險評估紀錄及管制表格式，另訂定營造工程施工風險資訊傳遞制度與風險資訊平台架構，如圖 9、圖 10 所示，以使各階段辦理之施工風險評估成果得以有效傳遞、運用於後續階段及業主、設計、施工單位間風險資訊之溝通機制。

4. 橋梁工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊

為便於設計單位參考辦理，前勞委會於民國 99 年委託國立臺灣科技大學辦理「橋梁工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊計畫」，完成後，再經多次補充修正，於 103 年 12 月正式印製出版。內容包含：橋梁工程設計階段風險評估之實施、安全設施圖說之制定、廠商資格規定、施工安全規範、預算編列、工期訂定等。【12】

三、橋梁耐震補強工法

橋梁耐震補強工法一般採：系統補強、增加構件或構件補強等三種策略。

(一) 構件補強方案：

橋柱包覆補強 (包括鋼筋混凝土包覆、鋼板包覆及 FRP 包覆)、帽梁補強、基礎增樁補強、增設連梁、增設剪力牆等。

(二) 增加構件方案：

增設止震設施 (RC 止震塊、鋼製止震裝置)、增設防震拉條、加長防落長度等。

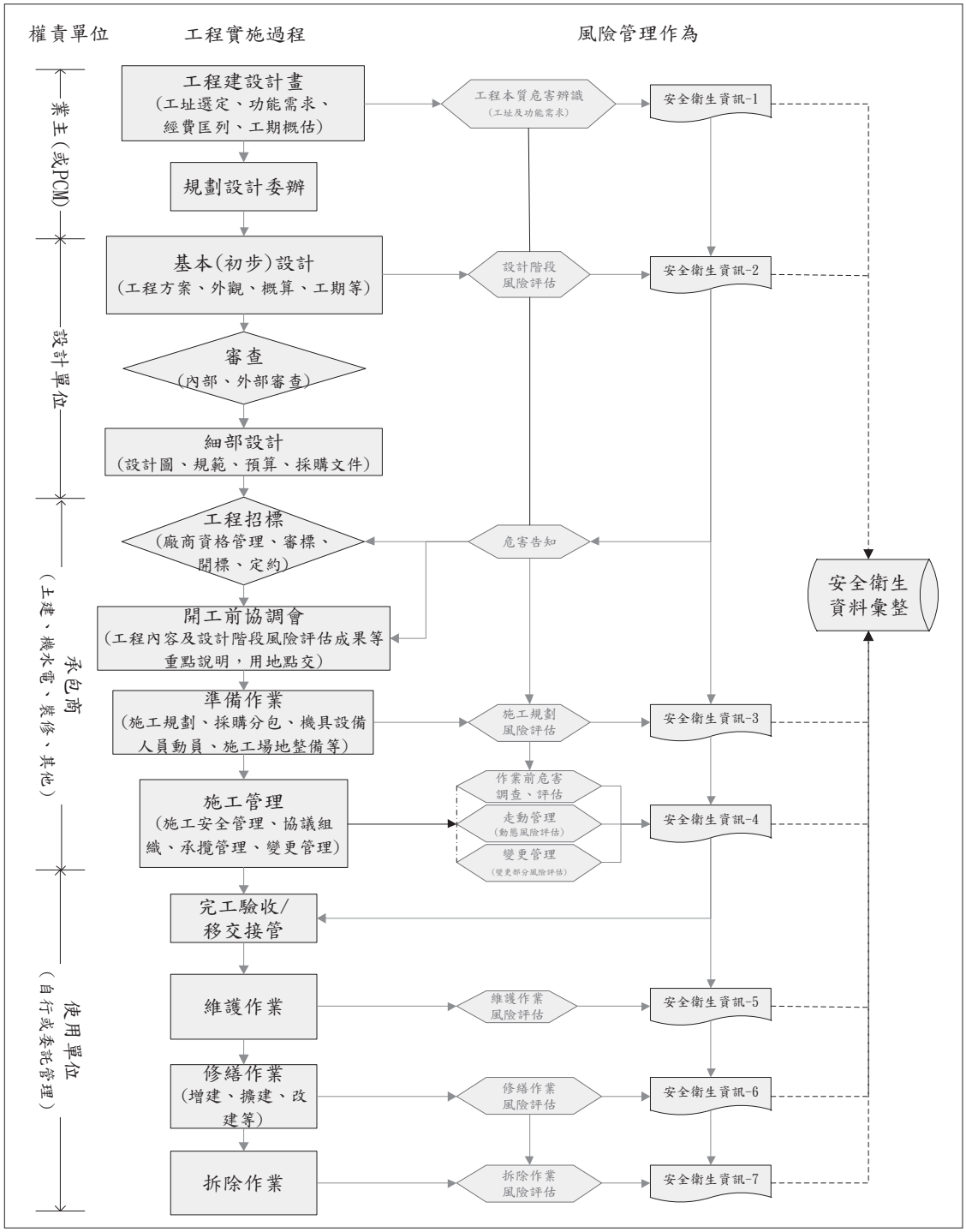


圖 9 營造工程施工風險管理資訊傳遞流程

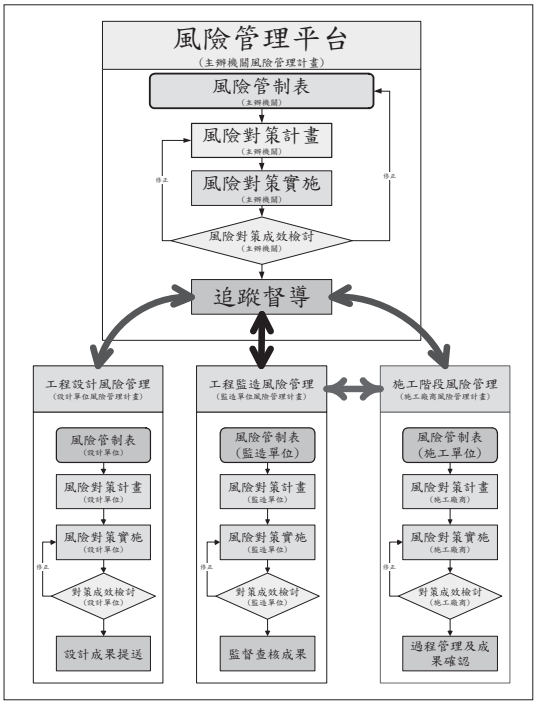


圖 10 營造工程施工風險管理平台

(三) 系統補強方案：

抽換為減震支承、增設阻尼器、增設地震力分散裝置、位移拘束工法及採功能性支承補強理念等。

橋梁耐震補強工程施工限制：

- 作業位置多及施工量少
- 作業空間小及姿勢受限
- 專業技術性高
- 施工效率較低

四、耐震補強工程設計階段施工風險評估之實施

茲以「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 (區段 1-1) 規劃設計 」為例說明實施方式及成果。【13】

橋柱鋼筋混凝土包覆	橋柱鋼板包覆	增設 RC 止震塊	增設鋼止震裝置
帽梁補強	基礎增樁補強	加長防落長度	設阻尼器、地震力分散裝置
橋柱 CFRP 包覆	增設防震拉條	增設連梁	抽換支承

圖 11 橋梁耐震補強工法施作情形

圖 12 風險評估小組會議

圖 13 工址現況踏勘

表 3 基地環境潛在危害辨識【13】

類別	內容	潛在危害	危害對策	對策處置人員	備註
補強工程	河川橋	鄰近河川作業之溺斃風險	設置救生艇、救生圈、警告標示與作業人員使用之救生圈	結構部	
	穿越橋(高架橋)	1.高處作業墜落危害 2.箱梁內局限空間作業	1.個人防護具(安全帽及安全帶) 2.架設施工架或使用工作車 3.通風、檢測、進出管制、動火管制、個人防護具	結構部	
	跨越橋	高處作業墜落危害	個人防護具(安全帽及安全帶)	結構部	
	匝、環道橋	衝撞危害	交通維持	計畫部	

(一) 準備作業

設計階段施工風險評估小組由計畫經理擔任召集人，並選派具有風險評估之安全衛生人員以及各專業部門資深工程師為施工風險評估小組成員，並邀請工程主辦機關與具工程實務及風險管理經驗之專家指導，召開小組會議(圖 12)。

小組成員至現場踏勘，以掌握基地現況環境(圖 13)。

(二) 基地環境及功能需求危害辨識

於展開規劃設計作業之前，先就工程之設計功能需求及基地環境現況調查成果檢討分析，辨識其中可能出現的危害。鑒於本工程範圍遼闊，橋梁座數眾多，難以逐一辦理。爰區分為若干類型，分別辦理，成果如表 3。

(三) 設計成果風險評估

就設計成果預擬施工方式，據以實施風險評估。

依序進行：作業拆解、危害辨識、風險分析、風險評量。對不可接受之風險，研擬對策。

茲以「增設鋼板止震裝置」之設計成果為例，說明風險評估之實施流程如下。

1. 作業拆解

依序拆解至：第一階作業、第二階作業、作業步驟等，如表 4。

2. 風險評估

就作業拆解結果搭配作業環境，以辨識

表 4 增設鋼板止震裝置作業拆解【13】

分項工程：結構工程 - 增設鋼板止震裝置		
第一階作業	第二階作業	作業步驟
前置作業	搭設施工架	施工架組立
	開設施工孔道	箱梁若無人孔，使用鑽孔機於箱梁底部鑽設人孔
表面處理	表面刨除	以水刀機或人工打毛表面
箱梁底板加厚補強	鑽孔植筋	鑽孔植入鋼筋
	模版組立	混凝土止震塊以木模或鋼模組立
	灌漿混凝土澆置	預拌車、泵浦車作業
	養護	澆水
	模版拆除	人工拆除
安裝鋼板止震裝置	箱梁底板鑽孔	高空作業車配合鑽孔機作業
	安裝箱梁內部鋼板及高強度螺栓	吊車吊掛鋼板，以高空作業車配合安裝
	防震板安裝 鋼板止震裝置安裝	吊車吊掛防震板及鋼板止震裝置，以高空作業車配合安裝
	螺帽鎖固	以高空作業車人工鎖固
復舊作業	模版拆除、施工架拆除	吊卡車拆除

可能之危害、分析可能之風險情境，依經驗法則評量風險。再就不可接受之風險擬定對策。如表 5。

五、風險評估成果之運用

(一) 高風險作業篩選

經依評估結果篩選出基礎開挖等 6 項高風險作業 (參照圖 14)，列入施工規範，要求承包商於施工規劃階段應依其所擬施工方案再詳予評估，以訂定安全作業計畫。

(二) 安全設施、施工安全規範、預算

於施工風險評估後依據「加強公共工程職業安全衛生管理作業要點」【15】訂定施工安全規範，其內容如表 6。規範之架構如下：

1. 通則 - 說明該章規定概要
2. 產品 - 說明使用相關材料之規格要求等
3. 施工 - 說明該章規定設置之設施等之施工要件
4. 計量與計價 - 說明完成工作之計量方式與計價原則。

另依據評估後應設置之安全衛生設施及施工規範規定繪製相關安全衛生設施示意圖，其內容如表 7，繪製成果如圖 15、圖 16 之例。

依據前列各項要求核實編列安全衛生經費，分別如表 8 所示。

表 5 風險評估表【13】

分項工程：結構工程 - 增設鋼板止震裝置　　評估日期：106.xx.xx

作業拆解			危害辨識	風險分析	風險評量				風險對策	負責人員	對策後風險審核			
第一階作業	第二階作業	作業步驟及作業條件	可能之危害類型	可能出現之風險狀況及後果	可能性	嚴重度	風險值	風險等級			可能性	嚴重度	風險值	風險等級
前置作業	搭設施工架	吊卡車搭設臨時施工架	物體飛落、墜落、物體倒塌	1.吊卡車吊掛施工架不慎脫落 2.施工架物料堆置不當，造成傾倒 3.未依安全作業標準組立 4.未確實使用安全帶	4	3	12	高度風險	1.訂定安全作業標準 2.作業區域圈圍管制 3.物料堆置穩妥 3.正確使用個人防護具	土木部	2	3	6	中度風險
	開設施工孔道	使用鑽孔機具於箱梁底部開人孔	墜落、火災、爆炸	1.作業人員攀爬進入箱梁，不慎失足墜落。 2.箱梁內作業，導致火災及爆炸等風險	4	4	16	重大風險	1.設置垂直式安全母索 2.箱梁內作業應實施進出管制及氣體檢測、動火管制 3.通風換氣 4.防爆型照明設備	土木部	3	4	12	高度風險
表面處理	表面刨除	以水刀機或人工打毛表面	割傷	水刀握持不慎致脫落誤擊人員或造成眼部傷害	4	4	16	重大風險	落實使用防護面罩	土木部	3	4	12	高度風險
箱梁底板加厚補強	鑽孔植筋	鑽孔植入鋼筋	墜落、物體飛落、化學性危害	1.鑽孔作業未使用安全帶而致墜落 2.施力不當，造成機具等掉落，傷及下方人員 3.手、眼接觸化學材料	4	3	12	高度風險	1.確實使用個人防護具 2.手工具應繫掛安全繩 3.安全手套、眼鏡之使用	土木部	2	3	6	中度風險
	模版組立	止震塊模版組立	墜落、物體倒塌、被切、割、擦傷	1.施工架上作業人員不慎墜落 2.吊車未置妥外伸撐座致翻覆 3.裁切作業不慎造成割傷	3	3	9	高度風險	1.正確使用安全帶 2.吊車作業區規劃 3.防切割護具	土木部	2	3	6	中度風險
	混凝土澆置	預拌車、泵浦車作業	墜落、物體倒塌	1.作業人員不甚自施工架墜落 2.震動搗實作業不當致施工架倒塌	3	3	9	高度風險	1.正確使用安全帶 2.施工架上不得運轉機械	土木部	2	3	6	中度風險

作業拆解			危害辨識	風險分析	風險評量				風險對策	負責人員	對策後風險審核			
第一階作業	第二階作業	作業步驟及作業條件	可能之危害類型	可能出現之風險狀況及後果	可能性	嚴重度	風險值	風險等級			可能性	嚴重度	風險值	風險等級
箱梁底板加厚補強	養護	澆水養護	跌倒	作業人員不慎滑倒	3	3	9	高度風險	穿著止滑雨鞋	土木部	2	3	6	中度風險
	模版拆除	拆除臨時模版	墜落、被切、割、擦傷	1.施工架上作業人員不慎墜落 2.作業不慎切傷	3	3	9	高度風險	1.正確使用防護具 2.拆除區域現場圈圍管制	土木部	2	3	6	中度風險
安裝鋼板止震裝置	箱梁底板鑽孔	以高空作業車實施鑽孔	墜落、物體倒塌	1.作業人員不慎墜落 2.操作高空工作車不當造成傾倒	4	3	12	高度風險	1.正確使用安全帶 2.高空工作車操作訓練及作業檢點	土木部	2	3	6	中度風險
	安裝箱梁內部鋼板及高強度螺栓	吊車吊掛鋼板，以高空作業車配合安裝	墜落、火災、爆炸、物體飛落	1.作業人員不慎墜落。 2.箱梁內作業不慎導致火災及爆炸 3.吊掛作業不當造成鋼板掉落	4	4	16	重大風險	1.正確使用安全帶 2.箱梁內作業，實施進出管制及氣體偵測並實施動火管制 3.作業區域現場圈圍管制	土木部	3	4	12	高度風險
	防震板安裝鋼板止震裝置安裝	同上	同上	同上	4	4	16	重大風險	同上	土木部	3	3	9	高度風險
	螺帽鎖固	以高空作業車進行鎖固	墜落	作業人員不慎墜落。	3	3	12	高度風險	正確使用安全帶	土木部	2	3	6	中度風險
復舊作業	模版拆除施工架拆除	吊卡車拆除	物體飛落、墜落、物體倒塌	1.吊掛作業不慎脫落 2.拆卸之施工架堆置過高傾倒 3.作業人員未正確操作 4.未正確使用安全帶	4	3	12	高度風險	1.現場作業區域圈圍管制 2.物料堆置穩妥 3.正確使用防護具	土木部	2	3	6	中度風險

評估人員：彭○瑜、蔡○雄、盧○昇、吳○興、許○俊、葉○宏、楊○惠、王○保

1	基礎開挖作業		4	施拉預力	
2	水刀清洗作業		5	高處作業	
3	箱涵局限空間作業		6	臨 (鄰) 水作業	

圖 14 設計階段篩選出之高風險作業示意

表 6 安全衛生規範【14】

編號	章名
1	第 01523 章　施工安全衛生及管理
2	第 0152A 章　施工安全護欄
3	第 0152C 章　基礎上下設備
4	第 0152E 章　基礎施工安全衛生設備
5	第 0152H 章　臨水作業防汛演習訓練
6	第 0152G 章　工地進出管制
7	第 0152I 章　鄰水作業
8	第 0153A 章　施工便橋及構台
9	第 01523F 章　工程風險資訊傳遞

表 7 安全衛生參考圖【14】

圖號	名稱	圖號	名稱
MS-001	安全衛生設施提示重點一覽表	MS-010	安全護欄示意圖
MS-002	個人防護具及人員識別示意圖	MS-011	鋼筋加工場安全設施示意圖
MS-003	緊急通報告示牌	MS-012	串方塊混凝土護坡安全措施示意圖
MS-004	起重機防護設施示意圖	MS-013	用電設備絕緣防護網參考示意圖
MS-005	鋼筋防護措施示意圖	MS-014	橋墩耐震補強安全措施示意圖 (一)
MS-006	安衛告示牌示意圖	MS-015	橋墩耐震補強安全措施示意圖 (二)
MS-007	施工上下設備示意圖	MS-016	臨近高壓線路施工防護示意圖
MS-008	感電防護設施示意圖	MS-017	鄰水作業相關安全設施示意圖
MS-009	警示標誌及安衛標語參考示意圖		

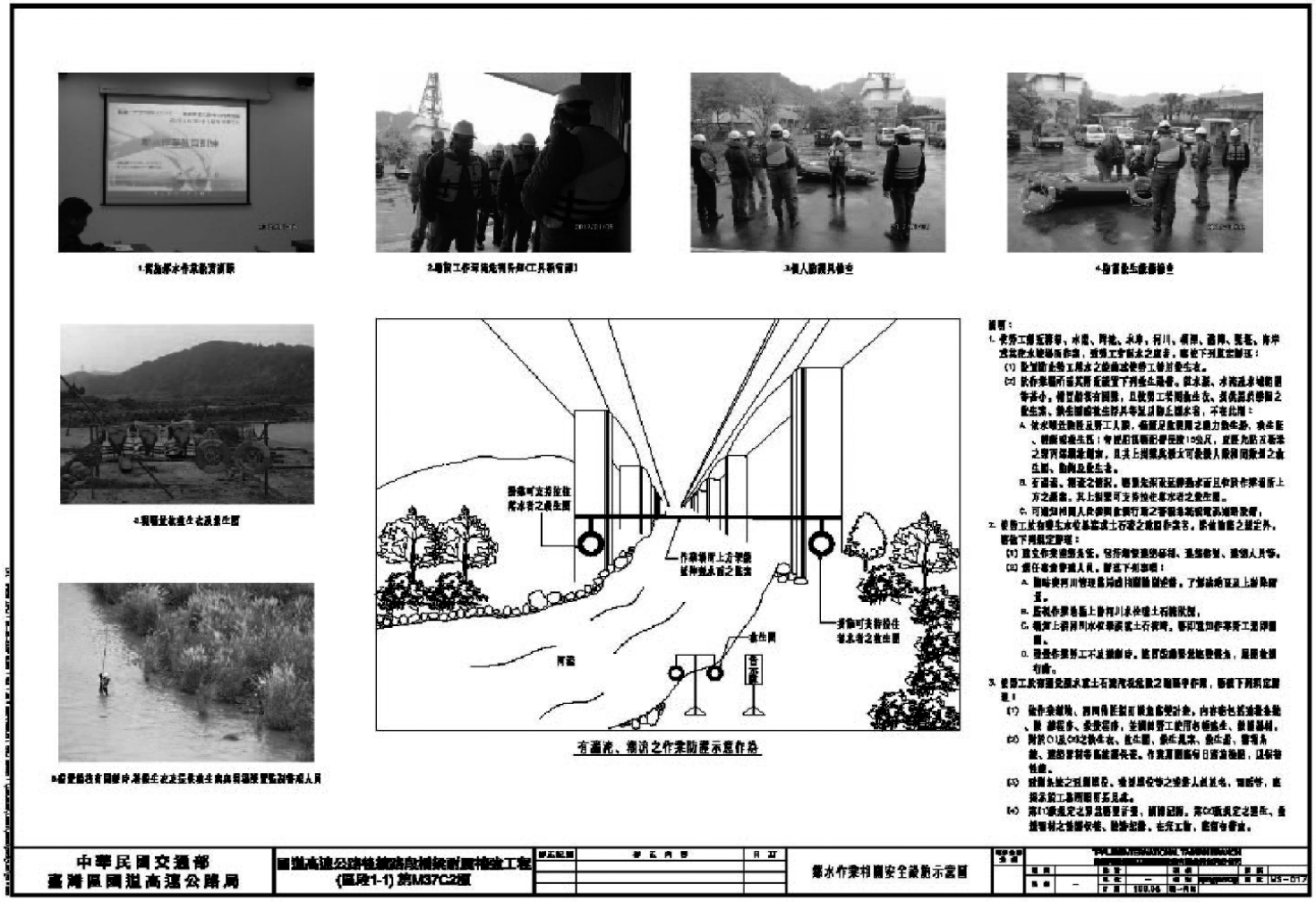


圖 15 鄰水作業安全衛生設施示意圖

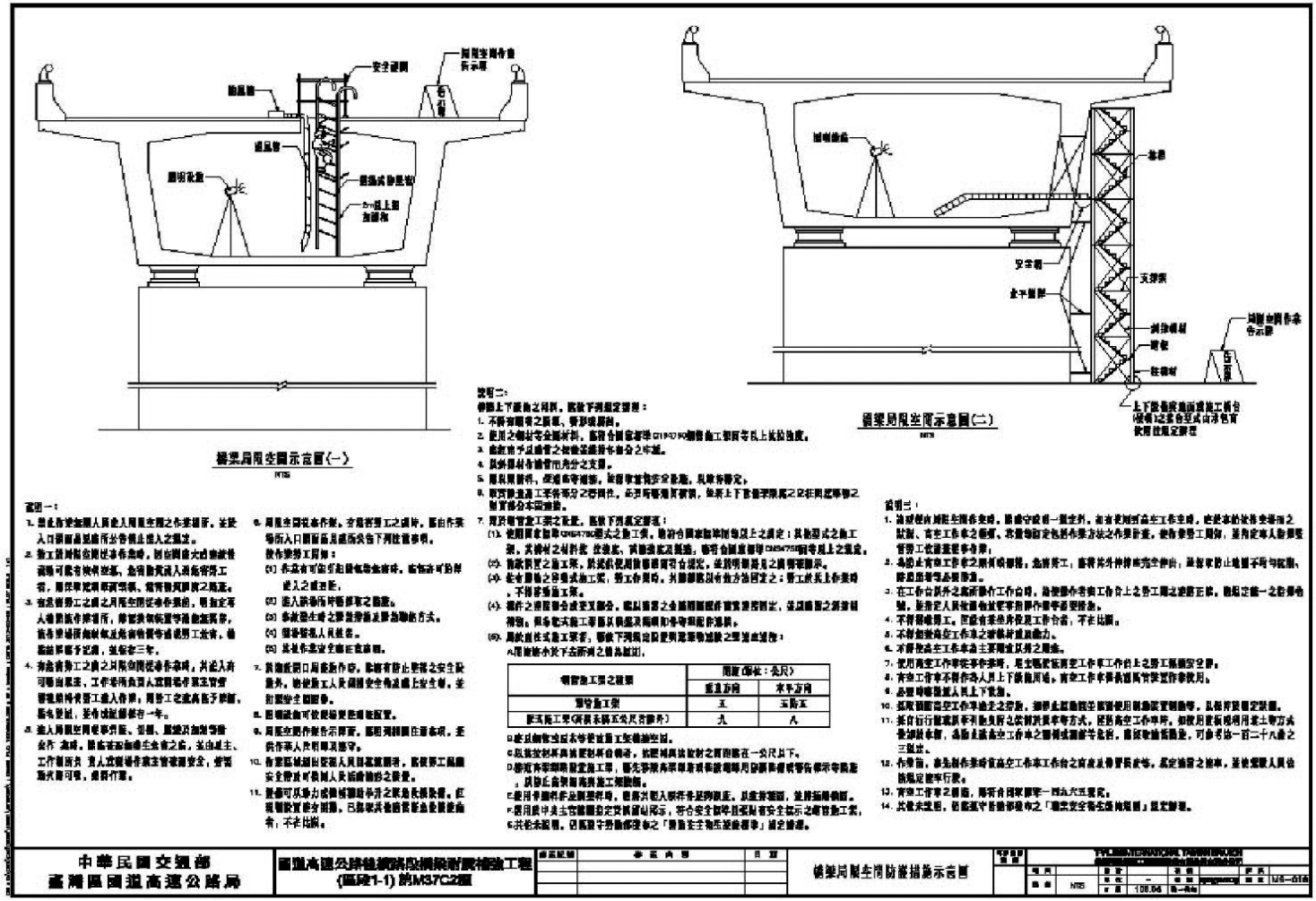


圖 16 橋梁局限空間（箱梁內作業）空間防護設施示意圖

表 8 安全衛生經費項目【14】

項次	項目	單位	項次	項目	單位
1	職業安全衛生告示牌	面	25	基礎上下設備 (爬梯式)	組
2	工地安全衛生工作守則告示牌	面	26	上下樓爬梯	組
3	緊急通報告示牌	座	27	攔截索	條
4	安全衛生管理人員	人月	28	救生圈 (含救生繩)	個
5	安全帽	頂	29	救生衣	件
6	安全眼鏡	個	30	水位監視標尺	支
7	安全鞋	雙	31	水位監測警報系統及維護費	組
8	背負式安全帶	具	32	救生艇 (動力)	台
9	防塵口罩	付	33	救生艇 (無動力)	台
10	電焊口罩	個	34	工地即時監控系統	處
11	電焊面盾	個	35	安全欄杆	公尺
12	工作手套 (棉質)	雙	36	局限空間防護措施	組
13	工作手套 (電焊用)	雙	37	勞工臨時休息場所 ($25m^2$)	處
14	反光背心	件	38	出入口管制人員	人月
15	反光背心 (夜間型)	件	39	臨時活動廁所 (一般)	座
16	絕緣毯	件	40	臨時活動廁所 (女廁)	座
17	絕緣手套	件	41	支架式警示燈	盞
18	橡膠絕緣頭巾	件	42	黃色塑膠警示帶	卷
19	耳罩	付	43	出入口警衛亭	座
20	耳塞	套	44	高壓氣體鋼瓶儲存處 (≧ 10 平方公尺)	處
21	指揮棒	支	45	減速警告標誌	處
22	哨子	件	46	安全網 (含覆網)	平方公尺
23	捲揚式防墜器	組	47	人員進出管理系統	式
24	蓄電型手電筒	支	48	安衛管理及其他安衛措施	式

六、結論及建議

(一) 結論

本案設計單位匯集工程技術、風險管理相關專家之力，得以順利完成工程設計階段施工風險評估，並將結果運用於修正設計成果，將風險資訊傳遞至施工階段。辦理過程承蒙主辦機關支持並派員全程參與，落實本質安全管控，提升施工安全管理績效。執行模式應可供相關工程主辦機關參考運用。

(二) 建議

為順利推動工程設計階段施工風險評估制度，建議主管機關考量下列措施：

1. 明定業主、設計監造安全衛生權責

工程業主辦理工程功能需求、工址選定、委辦設計、工程採購、監督等事項，對施工安全影響巨大，設計、監造單位對施工安全亦有相當之影響。目前僅依行政命令之「加強公共工程職業安全衛生管理作業要點」要求公共工程相關單位配合辦理，無法全面落實。

建議比照英國、澳洲等國家之作法，於法規中明定業主、設計、監造等應辦理事項。

並應將負責工程執行之單位、公司、機構、個人…等定義為工程業主[1]。

2. 施工風險評估相關法規之整合

現行法規有關施工風險評估之規定包括：

(1)職業安全衛生法第 5 條規定：「工程設計、施工規劃階段應實施風險評估」。

(2)勞動檢查法第 26 條規定：「危險性工作場所應經檢查機構審查或檢查合格方得使勞工進場作業」。

(3)營造安全衛生設施標準第 6 條規定：「使勞工於營造工程工作場所作業前應實施危害調查、評估」。

(4)職業安全衛生管理辦法第 12 條之 3 規定：「於引進或變更製程前應實施風險評估」。

為齊一實施方式，於「營造工程施工風險評估技術指引」已予適度整合。建議應配合將相關法規予以適當修定，以簡化並落實評估成效。

3. 系統性風險管理制度

為有效整合業主、設計、施工單位之安全衛生管理制度，應導入 ISO45001 推動營造工程職業安全衛生管理系統，以建構系統性之管理制度，提升績效。【16】

1 澳洲政府於法令中明定工程業主之定義為：PCBU (person conducting a business or undertaking) 參照 SafeWork NSW 網站資料。網址：http://www.safework.nsw.gov.au/law-and-policy/employer-and-business-obligations/definitions-of-pcbus-and-workers

4. 施工風險評估及管理工具之開發

為便於操作，建議主管機關應鼓勵設計單位、施工廠商等開發施工風險評估軟體，並導入 BIM 運用於施工安全管理，以簡化並強化實施績效。【17】

5. 施工風險評估技術之推廣

為使工程設計單位、施工廠商等相關人員熟悉施工風險評估技術，建議應加強辦理推廣教育訓練。【18】

另就現行職業安全衛生教育訓練規則中有關施工安全評估人員教育訓練課程大綱配合予以適度調整。

6. 施工風險評估明定於契約工作項目

工程業主於委辦設計、工程採購等契約中應明定應辦理施工風險評估，並編列合理之經費及時間，以合理推動此項工作。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會委託國立台灣科技大學營造業職業災害防治中心編定，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，2010.12
2. 行政院勞工委員會委託國立台灣科技大學營造業職業災害防治中心編定，橋樑工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊，2014.11
3. 勞動部修正頒布，加強公共工程職業安全衛生管理作業要點，2014.12
4. 勞動部職安署修正公布，風險評估技術指引，2015.12
5. 勞動部職安署公布，營造工程施工風險評估技術指引，2018.1
6. 蔡茂生，工程風險管理系統之建立與實施，營建知訊，385 期，P22 ～ 33，2015.2
7. 蔡茂生，現代營建，第 455，P34 ～ 43，2017.11，營造業施工風險管理制度國際發展趨勢 (上)。
8. 蔡茂生，現代營建，第 456 期，P23 ～ 32，2017. 12 營造業施工風險管理制度國際發展趨勢 (下)。
9. 勞動部職業安全衛生署，風險評估技術指引，2015.12
10. 勞動部職業安全衛生署，營造工程施工風險評估技術指引，2018.1

11. 勞動部職業安全衛生署，營造工程施工風險評估技術指引解說手冊，2018.1
12. 蔡茂生，橋樑工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊，前勞委會委託國立臺灣科技大學研究成果報告，2014.12
13. 交通部高速公路局，國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 (區段 1-1) 工程安全風險評估報告期末報告，民國 106 年 6 月。
14. 交通部高速公路局，國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 (區段 1-1) 施工安全衛生報告書，民國 106 年 6 月。
15. 勞動部，加強公共工程職業安全衛生管理作業要點，2014.12
16. 蔡茂生，土木水利，第 41 卷，第一期，P62 ～ 69，2014.2，營建工程風險管理系統之建置與運用
17. 謝佑明、蔡茂生、康益昇，BIM 於工程風險評估之運用，CCACHE2013，2013.9
18. 林耀煌、蔡茂生、張清祥、林國濬、黃毓瑩，工程規劃設計階段之安衛風險管理，中興工程 109 期，P134 ～ 139，2010.10
19. 潘格平、蔡正雄，應用風險評估納入土木工程規劃設計階段實施之成果探討，行政院勞工委員會 101 年度職業安全衛生實務論文，民國 101 年 10 月。

工程施工安全衛生管理系統之研究

宏國德霖科技大學土木工程系副教授 / 陳泓文
交通部重大工程督導會報幫工程司 / 吳孟洪

關鍵字：管理系統、安全衛生、職業災害

摘要

現行之職業安全衛生相關法規，對於各行業者及其承攬廠商，從事工作所必要之安全衛生管理與措施，雖有相當詳盡之規定，惟依各行業重大職業災害發生件數比例顯示，職業災害並未有顯著下降趨勢，究其原因乃事業單位缺乏安全衛生之自主管理能力，無法發揮自律管理機制，因此為減少職業災害之發生，必須建立完善的職業安全衛生管理系統 [3]。本研究從安全衛生管理系統架構，分析職業安全衛生管理系統應包括安全衛生政策、組織、規劃與實施、評估和改善措施等，及探討事業單位經營者應有之安全衛生理念，並研究職業安全衛生政策的制度制訂、組織架構、安全衛生協議組織與管理規章，在安全衛生管理規章方面，研究內容包括安全衛生政策、管理體制、教育訓練、自動檢查、緊急應變、健康管理及承攬管理等事項。研究結果顯示，為減少職業災害之發生，各行業者必須建立完善的職業安全衛生管理系統，將安全衛生管理與企業績效管理結合，並藉安全衛生政策、組織架構、制度規章、計畫實施、績效管理、系統評估等管理措施，達成事業單位安全衛生自主管理之目標。此外事業單位必須體認安全衛生不再只是技術的問題，必須藉由持續、自主的安全衛生稽核制度改善管理活動，來建立其安全衛生自律管理機制，以降低職業災害的發生 [8]。

一、前言

現行之職業安全衛生法及其附屬法規，對於各行業者及其承攬廠商，從事作業所必要之安全衛生管理作為及必要措施，均有相當詳盡之規定。為了減少職業災害，政府及業者多年來依該法之規範努力推動職業安全，惟依各行業重大職業災害發生件數比例顯示，職業災害並未有顯著下降趨勢 [1]。研究結果顯示，除政府勞動檢查人力不足，無

法藉公權力發揮他律機制外，業者缺乏安全衛生自主管理之意願與能力，無法發揮自律機制係職業災害偏高之主因。為減少職業災害之發生，必須建立職業安全衛生管理系統，將安全衛生管理與企業績效管理結合，並藉安全衛生政策、組織架構、制度規章、計畫實施、績效管理、系統評估等管理措施，達成企業安全衛生自主管理之目標。

二、安全衛生管理系統架構

由於國際標準管理系統日漸受到重視，而國內企業因應時代潮流及提昇國際競爭力，亦逐漸採用此有效且合乎趨勢的經營管理方式，所以目前許多企業亦已開始建制相關之職業安全衛生管理系統 [3]，而隨著跨國企業或全球化經營之趨勢，系統化安全衛生工作之落實推動已是不可避免之事實，任何事業單位及企業之運作絕不可能與外界隔離，如同環境保護議題受大眾所關切一樣，企業未來也勢必須將其安全衛生管理視為企業經營管理之一環，讓就業場所之勞工、承攬商、社區民眾，甚至是其顧客、保險公司、股東、股票投資人等都能感受到事業單位及企業對安全衛生工作的重視。企業必須體認安全衛生不再只是工廠內的問題，企業必須藉由持續、自主的安全衛生管理活動，來建立其在永續利用資源、產品品質精良、尊重生命安全、顧客服務周到及善盡社會責任之承諾，所以事業單位及企業建制職業安全衛生管理系統已是時勢所趨。

遵守國家法令規章所提出的各項職業安全衛生要求，以保障員工的職業安全與衛生是雇主的責任和義務。雇主應在職業安全衛生管理工作系統中發揮其堅強的領導作用並對職業安全衛生活動作出相應的承諾和適切的安排。職業安全衛生管理系統包括安全衛生政策、組織、規劃與實施、評估和改善措施五個主要素 [7]。如圖 1 所示：

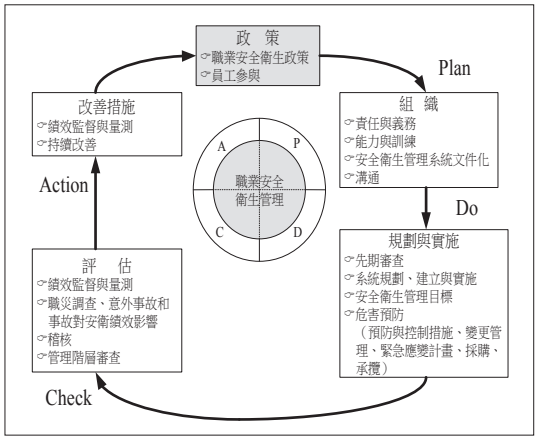


圖 1 職業安全衛生管理系統

三、安全衛生政策

(一) 安全衛生理念

企業能否建立安全衛生自主管理機制，與經營者之理念有絕對關係，作為一個經營者應有之安全衛生理念包括：

1. 尊重生命的理念：職業安全衛生管理計畫之訂定及進行，都需注入生命基調，無論何時企業主在各種利益下，仍應堅持人命最優先之原則。
2. 確信職業災害事故可以防止的理念：職業災害有別於天災，是可以預防的。
3. 堅定安全政策與決心：認知經營順利、人員安全才是企建業永續經營之基石，若安全政策允許打折扣，企業經營無異於與運氣賭博。

(二) 政策的制訂

安全衛生政策的制度，應由企業管理組織中最高管理階層制訂，其政策重點應包括：

1. 企業之經營理念應融入安全：企業者之經營理念除了品質、效率、成本、信譽之外，應加入安全。並以安全為首，藉經營理念之宣示，達成企業經營，人命優先之共識。
2. 應追求高水準的安全衛生績效：遵守法規僅為最低標準，應以損失控制概念持續檢討改善績效。
3. 提供適當資源以執行安全衛生政策。
4. 訂定並發佈安全衛生政策目標及各項管理規章。
5. 從最高管理階層到第一線監督管理階層，均將安全管理視為首要責任。
6. 應有全部員工的參與及諮商，並確保各階層均能瞭解及執行。
7. 執行稽核確保政策之執行，並定期檢討評估政策及管理制度之可行性。
8. 確使所有階層之員工均能接受必要安全衛生訓練，並能肩負所賦予之安全衛生任務。

四、安全衛生組織

為達成安全衛生政策，企業組織應使安全衛生完全融入組織各種活動中。因此，安全衛生組織必須達成風險控制、增進合作、確保安全知識溝通無虞及人員適當配置之功能，換句話說，安全衛生組織必須具備安全評估、制度規劃、計畫訂定、參與諮商、責任分工、指揮執行、教育訓練、績效考核督導等多重功能。

(一) 幕僚式組織

企業應設置一級之安全衛生管理單位，並視事業規模置安全衛生業務主管及安全衛生管理人員。由於安全衛生管理單位是董事長、總經理之安全衛生幕僚，必須負起全公司政策擬定、制度規劃、計畫訂定、教育訓練、督導考核之責任。勞工安全衛生管理單位及人員應辦理之業務包括：

1. 釐訂職業災害防止計畫、緊急應變計畫，並指導有關部門實施。
2. 規劃、督導各部門辦理勞工安全衛生稽核及管理。
3. 規劃、督導安全衛生設施之檢點與檢查。
4. 規劃、督導有關人員實施巡視、定期檢查、重點檢查、危害通識及作業環境測定。
5. 規劃、實施勞工安全衛生教育訓練。
6. 規劃勞工健康檢查，實施健康管理。
7. 督導勞工疾病、傷害、殘廢、死亡等職業災害之調查處理及統計分析。
8. 實施安全衛生績效管理評估，並提供勞工安全衛生諮詢服務。
9. 提供有關勞工安全衛生管理資料及建議。
10. 其他有關勞工安全衛生管理事項。

(二) 集議式組織

為了發揮參與諮商、集思廣益之效果，達一定規模之企業，應設勞工安全衛生委員會之組織，以研議、協調及建議安全衛生事務。我國現行勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法規定，僱用勞工一百人以上之事業單位應設勞工安全衛生委員會，置委員七人以上，並由雇主、勞工安全衛生人員、各部門主管、監督、指揮人員、醫護人員、工程技術人員及工會或勞工選舉之代表所組成。

其中，工會或勞工代表不得少於三分之一以上，委員會應每三個月開會一次，由主任委員擔任主席，必要時可召開臨時會議。

(三) 直線式組織

安全衛生是企業管理的一部分，唯有堅持「安全衛生、人人有責」之理念，將安全衛生工作落實於各級主管、各承攬人及各現場作業人員，也即全員職安之理念，安全衛生管理工作才有可能做好。也就是說，建立直線式安全衛生組織，以主管指揮權之行使，使安全衛生工作現場化、實質化，是企業執行安全衛生管理成功的不二法門，各級主管及管理、指揮、監督有關人員應執行事項，包括：

1. 職業災害防止事項。
2. 安全衛生管理事項。
3. 定期檢查、重點檢查、檢點及其他有關檢查督導事項。
4. 定期或不定期實施巡視。
5. 提供改善工作方法。
6. 擬定安全作業標準。
7. 教導及督導所屬依安全作業標準方式實施。
8. 其他雇主交辦有關安全衛生管理事項。

(四) 協議組織

企業經營走向專業分包為時勢所趨，因此承攬關係趨於複雜，原事業單位如未能善盡協調及統籌指揮之責，放任同一期間共同作業之各工種、各承攬者各行其是，則勞工無異於烏合之眾，在無紀律、無指揮者之情形下貿然作業，無疑是博命演出 [4]。依我國職業勞工安全衛生法規定，事業單位與承攬人、再承攬人分別僱用勞工共同作業時， 防止職業災害，原事業單位應採取下列必要措施：

1. 設置協議組織，並指定工作場所負責人，擔任指揮及協調工作。
2. 工作之聯繫與調整。
3. 工作場所之巡視。
4. 相關承攬事業間安全衛生教育之指導及協助。
5. 其他為防止職業災害之必要事項。

五、制度規章

企業如果有詳盡的作業規範以及嚴謹的品保制度，但沒有安全衛生規章規範，則現場人員勢必重視物的品質，而忽略了人的安全，所謂安全第一的安全政策宣言，充其量只是口號。安全衛生管理業務主管及人員，作為董事長或總經理之安全衛生專業幕僚，最主要之工作在於規劃訂定適用於企業之安全衛生管理規章，並督導考核各級主管對於安全衛生政策管理、指揮監督有關人員貫徹實施之。故安全衛生管理規章應包括安全衛生政策，管理組織、教育訓練、自動檢查、緊急應變、健康管理及承攬管理等事項 [2]。

(一) 企業之職責

1. 訂定工作計畫並實施安全評估：必須辨識製造或作業程序每一階段或步驟之潛在危害，並確立其預防對策於計畫內。
2. 建立安全衛生組織和管理計畫，確保安全管理能力。
3. 慎選專業承包商並予以指導：小包之資格限制應包括安全衛生資格及執行能力，小包之作業方法應予檢核。
4. 確保協議組織運作，指揮協調共同作業廠商執行職業災害防止事項。
5. 實施安全衛生教育訓練並確保作業人員具有合格證照。

6. 建立進入許可及危險工作許可制。
7. 監視安全衛生成效。

(二) 承覽廠商之職責

1. 辨識其承攬工作的危害、風險，並告知企業主擬定採取之控制對策。
2. 提供企業標準作業程序等相關資料。
3. 與企業及其他共同承攬廠商合作。
4. 遵循企業之安全衛生政策及管理計畫並聽從指揮及監督。

(三) 承攬廠商安全衛生管理人員之職責

1. 與工作場所之安全衛生總負責人保持連繫溝通管道，並將總負責人處獲得之職安資訊轉告所屬相關人員。
2. 就承攬部分執行總負責人指示事項。
3. 完全認知共同作業產生之重大危害狀況防範之。
4. 如有再承攬人，則應與再承攬人之安全衛生管理員保持連繫與合作。

(四) 作業主管、領班或監督人員之職責

1. 決定作業方法、分配勞工並在現場直接監督勞工作業。
2. 檢查材料有無缺陷、檢查器具並汰除其不良品。
3. 監督勞工使用安全器具與設備。

六、風險評估

安全評估係根據作業計畫找出作業過程中潛在的危害，進而分析其危害發生之因果關係，風險評估則是對危害發生之機率與危害所造成之損失進行評估與判斷，最後評估危害發生造成之損失、範圍及發生機率而提出因應對策，藉以修正作業計畫，避免將來產生人員傷亡及鉅大財物損失，因此安全評估必須與風險評估結合 [6]。災害發生機率、災害嚴重性與風險等級之關係如表 1 所示。

表 1 災害發生機率、災害嚴重性與風險等級之關係

施工災害風險評估	高發生機率	中發生機率	低發生機率
高度嚴重性	不可忍受的風險	顯著的風險	中等程度風險
中度嚴重性	顯著的風險	中等程度風險	可忍受的風險
低度嚴重性	中等程度風險	可忍受的風險	微不足道的風險

(一) 災害發生機率

1. 高發生機率：

確定或幾乎確定會發生之災害，其危害項目包括：墜落、擦傷、物體飛落、交通事故等。

2. 中發生機率：

合理地似乎會發生之災害，其危害項目包括：被夾傷、平面絆倒、感電、倒塌、崩塌、切割傷等。

3. 低發生機率：

非常少或從未發生之災害，其危害項目包括：爆炸、溺水、火災等。

(二) 災害嚴重性

1. 高度嚴重性：

災害會造成人員死亡、重大傷害或疾病，其危害項目包括：高於二公尺以上墜落、被重物撞擊、倒塌、火災、缺氧、異常氣壓、110 伏特以上感電等。

2. 中度嚴重性：

災害會導致人員短期的失能傷害與疾病，其危害項目包括：二公尺以下墜落、切割傷、被夾傷、110 伏特以下感電。

3. 低度嚴重性：

災害不會導致人員之失能傷害，其危害項目包括：平面絆倒、重物搬運等。

(三) 風險等級

1. 微不足道的風險：

無須採取行動，無須保存任何文件紀錄。

2. 可忍受的風險：

無須進一步的預防動作，可在不增加成本下採取更有效益的解決辦法，但須隨時監控以確保控制措施的維持。

3. 中等程度風險：

必須採取動作以降低風險，對預防措施成本可以適度限制，但風險降低方法必須在規定時間內完成。

4. 顯著的風險：

在危害風險降低前，不得使勞工進行工作，必須花費相當成本在預防措施上，以降低其風險，若涉及進行中之工程，其危害必須在更短的時間內予以改善。

5. 不可忍受的風險：

在危害風險降低前，不得使勞工進行或繼續工作，如果運用預防措施仍無法降低風險，則工程應保持在停工狀態。

七、風險評估方法

風險評估方法包括定性評估方法與定量評估方法，定性評估方法是找出作業過程中不安全的行為、不安全的狀況及其因果關係。定量評估方法則是評估危害發生之機率及其所造成損失之程度 [5]。

(一) 檢核表

檢核表 (Checklist) 係根據作業規範及作業經驗來制定，檢核表易於使用並可應用於作業每一階段，可就作業計畫至完工各階段所涉及之機具、設備、環境及程序檢核其一般危害，並指出需進一步評估之事項，但對新作業或高風險工程之評估，則可能因檢核表遺漏重要項目而不適用。

(二) 初步危害分析

初步危害分析 (Preliminary Hazard Analysis; PHA) 係由擬訂作業計畫初期，由具備安全評估素養之工程師就已知之設計資料進行安全評估，作為施工計畫之參考。初步危害分析著重於具危險性之方法、環境及機具設備，可應用於新、舊作業，除可評估出一般危害外，並可篩選出需進一步分析之重大危害，因此常作為其他需進一步危害分析之初步評估工具。

(三) 相對危害等級法

相對危害等級法 (Relative Hazard Ranking Analysis; RHRA) 係根據作業經驗與教訓，將危害相對列等，通常藉由作業危害頻率與作業危害嚴重率之乘積所得之「作業危害指數」，作為危害等級相對性之參考。

(四) 危害及操作性評估

危害及操作性評估 (Hazard and Operability Review; HAZOP) 需由一位具有風險評估豐富經驗之學者專家擔任召集人領導一群相關專長之工程師，以導字或參數引導探討作業過程中可能發生之危害或事故，將探討作業過程中所發現可能危害之原因與結果予以記錄，並於作業階段追蹤處理，可應用於設計階段及作業階段，並適用於在經初步危害分析篩選後，就特有之潛在危害進行分析評估。

(五) 失誤樹分析法

失誤樹分析法 (Fault Tree Analysis; FTA) 係就篩選出之潛在危害進行危害事故因果關係推演，以可能發生之危害事故，分析可能導致該災害之作業過程與可能途徑，因此失誤樹分析法可以說是一種由上而下的評估方法，對經檢核表、初步危害分析、危害及操作性評估等方法篩選分析後，需進一步評估潛在危害之因果關係，或危害事故原因複雜者，皆適用失誤樹分析法。

(六) 事件樹分析法

事件樹分析法 (Event Tree Analysis; ETA) 係從引起災害之起始事件開始分析，推演其可能導致之結果，因此為一種由下而上的評估方法，分析過程中以起始事件推論其發生與否，再由可能之事故推論其可能造成之事件，直至推論出其可能造成之災害發生為止。對經檢核表、初步危害分析、危害及操作性評估等方法篩選分析後，需進一步評估潛在危害之因果關係，或危害事故原因複雜者，亦適用事件樹分析法。

(七) 故障模式與影響分析

故障模式與影響分析 (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) 係對機械、設備發生故障時，分析其可能造成之災害模式與影響，故障模式與影響分析評估結果，對於危害及操作性評估相當有用，因此故障模式與影響分析可說是危害及操作性評估方法的一部分，另也可作為檢核表訂定及修正之依據。

八、系統評估

系統評估係評估職業安全衛生管理系統之缺失並決定採取之補救措施，俾使管理系統持續發展，引導形成安全衛生文化並改進績效管理的標準。也就是說，系統評估的目的在於評估安全衛生管理制度的設計效力，並檢查工作現場的安全衛生狀況是否遵照事業單位所規範的程序實行，管理階層可由系統評估找出問題所在，並加強安全衛生管理系統中的弱點，以增進整體安全衛生管理系統的效力。系統評估應由熟知製程或施工程序的人員或一個小組來執行，且撰寫書面報告告知最高安全衛生管理階層並存檔，報告中應針對不當之處提出改善建議，並針對缺失內容辦理追蹤管制，系統評估應至少每三年實施一次，以確保安全管理系統的適用性。

九、結論

為減少職業災害之發生，企業者必須建立完善的職業安全衛生管理系統，將安全衛生管理與企業績效管理結合，並藉由職業安全衛生政策、組織架構、制度規章、計畫實施、績效管理、系統評估等管理措施，以達成事業單位安全衛生自主管理之目標。事

業單位必須體認安全衛生不再只是技術的問題，必須藉由持續、自主的安全衛生改善管理活動，來建立其施工安全衛生自律管理機制，以降低職業災害的發生 [9]。此外，對自動檢查發現之危害狀況必須予以控制，其控制對策優先順序為：1. 本質安全：作業前安全評估，選擇最低風險之工法、機具、作業方式或事先消除、避開作業危害。2. 安全裝置：危害未能以設計方法及計畫作為消除時，應有保護性安全裝置，阻絕危害途徑。3. 警告裝置：設計及安全裝置防護不足處，應有警告裝置，以降低事故機率與嚴重性。4. 安全標準與教育訓練：藉由本質安全、安全裝置、警告裝置來控制危害仍有不足者，可使用安全標準、標示及教育訓練等方法予以彌補。

參考文獻

1. 行政院勞動部職業及安全衛生研究所，「世界主要國家職業災害統計分析報告」，職業安全衛生研究報告，第 2-10 頁，1996。
2. 行政院勞動部職業及安全衛生研究所，我國勞工安全衛生管理評鑑制度之研究，勞工安全衛生研究報告，1998。
3. 林耀煌，「營建工程安全衛生管理系統」，營建工程施工安全與防災管理研討會論文集，第 17-33 頁，1999。
4. 張銘坤、楊瑞鍾，「國內大型事業單位勞工對安全衛生管理認知之研究」，行政院勞動部職業及安全衛生研究所季刊，第十卷第一期，第 36-45 頁，2002。
5. 陳泓文、王鐸元、張顯宗，「營造施工災害特性之研究」，勞動災害防止季刊第五期第 10-21 頁，2003，。
6. 陳泓文，施工安全評估，新文京開發出版股份有限公司，2004。
7. 曹文馨、陳泓文，職業安全衛生管理，新文京開發出版股份有限公司，2016。
8. 陳泓文、盧榮富、王鐸元，「台灣地區職業安全健康法規體制之研究」，德霖學報第二十期，第 109-118 頁，2006。
9. 陳泓文、沈曦、楊昌縉、郭嘉儀，「營建施工墜落災害預防之研究」，2008 營建管理研討會，論文摘要集第 44 頁，2008。

營造業戶外工作者夏季高溫熱危害預防策略

中華醫事科技大學職業安全衛生系副教授 / 莊侑哲

關鍵字：營造業、熱疾病、戶外工作者、熱危害預防管理計畫

摘要

近幾十年來，由於溫室效應導致全球氣候變化劇烈，農、林、漁、牧業及營造業等戶外工作者受到氣象因素隨季節不同而造成的冷熱危害特別值得重視。我國在 2014 年職業安全衛生設施規則第 324 條之 6 規定，雇主使勞工於夏季期間從事戶外作業，為防範高氣溫環境引起之熱疾病，應視天候狀況採取下列危害預防措施：1. 降低作業場所之溫度；2. 提供陰涼之休息場所；3. 提供適當之飲料或食鹽水；4. 調整作業時間；5. 增加作業場所巡視之頻率；6. 實施健康管理及適當安排工作；7. 留意勞工作業前及作業中之健康狀況；8. 實施勞工熱疾病預防相關教育宣導；9. 建立緊急醫療、通報及應變處理機制。本文透過文獻回顧與國內實證研究結果，針對營造業戶外工作者研擬並提出預防夏季高氣溫熱危害的可行措施，供事業單位參考並積極落實戶外高氣溫作業熱危害預防管理計畫。

一、前言

我國現行職業安全衛生設施規則第 324 條之 6 規定，雇主使勞工於夏季期間從事戶外作業，為防範高氣溫環境引起之熱疾病，應視天候狀況採取下列危害預防措施[1]：1.降低作業場所之溫度。2. 提供陰涼之休息場所。3. 提供適當之飲料或食鹽水。4. 調整作業時間。5. 增加作業場所巡視之頻率。6. 實施健康管理及適當安排工作。7. 留意勞工作業前及作業中之健康狀況。8. 實施勞工熱疾病預防相關教育宣導。9. 建立緊急醫療、通報及應變處理機制。提供既舒適又健康的工作環境，除了提昇工作士氣及效率，更能避免相關工作者產生熱相關疾病。雖然我國已將高溫作業列為特別危害健康作業，卻僅適用於

「高溫作業勞工作息時間標準」所規定的八種作業 [2]，但是屬於戶外工作者的伐木工、農夫、營建作業工作者、地下礦場的作業勞工等均未加以規範，實值得安全衛生管理實務工作者省思。因此，本文將透過文獻回顧與國內實證研究的成果，針對營造業戶外工作者研擬並提出預防夏季高氣溫熱危害的可行措施，供相關事業單位參考並積極落實戶外高氣溫作業熱危害預防管理計畫。

二、文獻回顧

由於台灣地處亞熱帶，夏季平均溫度常常高達 30°C 以上 (交通部中央氣象局網站資料 -http://www.cwb.gov.tw/)，依據蘇氏等人 2006 年的研究，將台灣區分為：1. 乾濕分明季節性潮濕型氣候、2. 高溫潮濕型氣候、3. 乾濕分明季節性氣候等三種氣候類型 [3]。並且認為受到聖嬰現象 (El Nino) 與溫室效應 (greenhouse effect) 影響，平均氣溫較五十年前高，因此無論是從事戶外工作或是身處在室內通風不良的工作環境，都極為容易導致熱傷害或熱疾病。為避免勞工於夏季高氣溫作業下發生職業災害，臺北市政府於 2013 年率先推動「高溫戶外作業勞動檢查」[4]，成功地讓企業主及工地管理人員更加重視戶外高溫勞工的權益，營造工地開始採取有效的熱危害預防措施，除保障作業勞工的安全與健康，也可以有效提升工程品質與施工進度。因此本節針對營造業夏季高氣溫熱危害預防進行文獻回顧，並探討可行的防範措施。

(一) 人體熱危害

近年來全球氣候加速暖化，國內熱中暑死亡人數大幅攀升，建立高溫暴露評估技術及實施高溫危害預防工作乃刻不容緩的重要工作。影響人體冷熱感覺的各種因素所構成的環境稱為熱環境 (thermal environment)，依據世界衛生組織 (WHO, World Health Organization)1969 年之定義，所謂熱環境係指外在環境熱與暴露個體內生之工作負荷代謝熱透過個體熱生理調節後，仍可使暴露者身體的體心溫度升高到 38°C 以上之環境，其主要針對易引發人體熱危害之熱環境 (hot environments)[5]。

用來測量及界定人類熱環境的四大環境參數主要有氣溫、平均輻射溫度、濕度及風速，當人體長時間暴露在極端溫濕環境下，往往會造成各種熱壓力 (heat stress) 之影響，其他如個人活動量，衣著條件等因素也應考量 [6]。因此，要評估外在熱環境對身體的熱應變 (heat strain) 程度，除需要考量熱負荷及其熱散失的情形，其衣著與工作負荷情形亦需同時列入考慮。炎夏酷暑，常有人因過度勞累而疲憊不堪，因頭昏頭痛而中暑昏倒，一旦中暑則症狀十分嚴重，初期表現為熱痙攣、熱衰竭等，並引發身體臟器功能衰竭，甚至波及呼吸、循環系統的重要臟器，搶救不及時會危及生命。關於熱暴露誘發之熱疾病較常見者有熱衰竭、熱痙攣和中暑，其發生原因、症狀 (或徵候) 與急救處理方法請參考表 1 內容。

勞動場所中，氣溫超過 32°C，或氣溫在 30°C 且相對濕度超過 80%，或輻射熱強度超過 4.184J(1cal)/cm^2・min，或通風不良而存在的熱源散熱量超過 83.7 kJ/m^2・min，都屬於高溫勞動場所的範疇 [7]。台灣夏季氣溫常介於 28-35°C 之間，當相對濕度為 60%~80% 範

表 1 熱疾病發生原因、症狀與處理方法

危害	原因	症狀或徵候	急救處理方法
熱痙攣	大量流汗，致使鹽分過度流失。	肌肉疼痛性的痙攣，體溫仍正常或稍低。	適當休息，給予生理食鹽水。輕微按摩痙攣部位。
熱衰竭	心血管功能不足，大量失水 (脫水) 引起虛脫現象。	極度疲勞、頭痛、臉色蒼白、眩暈、心跳快而弱，體溫正常或稍高，失去知覺。	陰涼且通風場所休息，採頭低腳高姿勢仰臥，按摩四肢，並注意體溫及生命現象。
熱中暑	體溫調節機制失能，無法維持體溫平衡。	通常停止流汗，皮膚乾熱、潮紅，體溫急劇昇高，脈博快而強烈。	利用冰水或酒精擦拭或浸泡，迅速降低體溫，必要時脫去衣物，但也要注意維持體溫並送醫急救處理。

圍的氣象條件，在休息狀態下可以維持身體熱平衡，可是當人體在濕熱環境中從事勞動時，一方面由於環境的高濕度，汗水蒸發散熱顯得困難，致使身體靠排汗蒸發散熱途徑不能有效發揮作用，會增加身體的熱負荷；而另一方面，濕熱環境下，皮膚潮濕，角質層因為浸潤汗水而膨脹，促使汗腺的正常排汗機制受到影響，並且汗水大部分是經汗腺分泌至體表而直接滴落，此時雖然汗腺分泌因環境高溫而增加，但汗水覆蓋體表或黏附在衣服上，均無法有效蒸發散熱，因而造成體內熱蓄積。根據 Candas 與 Hoeft 的研究 [8]，可以得知在穿著夏季衣著時的水蒸氣壓力的臨界值是 2.3 kPa (露點溫度約在 22°C)，如以相對濕度為 70% 代入濕度評估軟體，可知氣溫已接近 30°C，在此環境條件即使只是休息狀態下也會流汗，如從事中度工作負荷時，甚至會使體心溫度升高至 38°C 的危險水準，因此當氣溫高達 35°C 以上的環境中進行輕度勞動時，由於環境溫度稍高於皮膚溫度，身體可從輻射與對流獲得少許熱量，高溫勞動時的體溫、心跳速率及排汗速率等生理指標可直接反應體溫調節與心血管功能的負荷情形，是評估高溫環境勞動強度與適宜工作負荷量之重要指標。Lin & Chan 利用臺灣政府部門的氣象、人口、勞動力與經濟等資料庫探討熱季 (每年五月至十月) 對勞工潛在的健康衝擊與生產力影響，發現臺灣的熱季平均最高氣溫大於 30°C，相對濕度大於 74% 的時間持續 4-6 個月，可見氣候暖化對勞工健康及生產力的衝擊有迫切的需要進行系統化與全面性評估 [9]。

(二) 營造作業特性

營造作業 (Construction work) 是指涉及建築結構執行有關於營造、改造、轉變、裝修、試運行、修建、修理、維修、翻新、拆除、除役或拆解的工作 (Safe Work Australia, 2013) [10]。

營造業有許多不同工種的工作者，儘管每天都看到某一部分，但並不了解營造業所從事的工作的專業化的程度和多樣性。營造作業活動是多種且多樣的，從電氣、管道、供熱、通風、油漆、屋面和樓面工作，到高架門安裝或修理、安裝重型機械、塗敷防火材料、制冷作業及通訊系統的安裝或測試等非常專門化的作業，很多戶外作業無法藉由空調設備控制舒適的溫濕環境。同時由於人員作業地點會隨工作進度而變動頻繁，安全衛生教育訓練往往不易貫徹執行，因此常流於形式，並且一項工程可能有大量沒有經驗的臨時工，彼此可能無法知悉通用語言，儘管營造作業通常必須以工程團隊形式進行，

表 2 營造作業施工常見的傷亡事故類型

事故類型	發生原因
高處墜落	各種營造相關作業時從高處墜落造成的傷亡事故
觸電 (感電)	作業現場外電線路缺陷、防護不當、絕緣披覆破損、老化等造成觸電 (感電) 的傷亡事故
物體飛落	物體因強風或高處掉落撞擊人的身體部位造成的傷亡事故
機械傷害	機械設備操作或運輸、吊裝等各類機械造成的傷亡事故
崩塌 (坍塌)	建築結構、圍牆、土方、牆壁或模板支撐失穩倒榻造成的傷亡事故

然而，在這樣的情況下，建立有效的安全協調作業是相當困難的工作挑戰 [11]。

(三) 常見的傷亡事故類型

營造作業施工常見的傷亡事故類型，主要是高處墜落、觸電 (或感電)、物體飛落、機械傷害、崩塌 (坍塌) 等類型 (表 2)。營造工程相關的健康危害議題，包含：1. 物理性危害：冷熱、噪音、輻射、感電；2. 化學性危害：粉塵、燻煙、氣體等具毒性、腐蝕、刺激性物質呼吸暴露危害或皮膚接觸引起的傷害；3. 生物性危害：肝炎、退伍軍人症或登革熱等感染或中毒；4. 人因工程與社會相關危害：工作條件、職業及政治壓力。

(四) 夏季高溫熱危害相關研究

由於溫室效應導致全球氣候變化劇烈，農、林、漁、牧業及營造業等戶外工作者受到氣象因素隨季節不同而造成的冷熱危害特別值得重視。按氣象條件的特徵可將高溫作業劃分以下三種類型：1. 高溫高輻射作業；2. 高溫高濕度作業；3. 夏季高溫露天作業。在此是以夏季高溫露天作業引起熱危害的相關研究為主要關注議題。身體勞動時的能量消耗主要取決於勞動的強度、持續時間和當時的環境溫度。體力勞動越強、勞動時間越長，能量消耗越多，產熱量也越大。勞工發生中暑高危險群：1. 勞工本身不適應高溫環境；2. 水分或鹽分攝取不足；3. 皮下脂肪太厚 (肥胖)；4. 年紀大 (超過 55 歲以上)；5. 患有高血壓、心臟病、呼吸系統疾病、內分泌系統疾病、無汗症、腎臟疾病、廣泛性皮膚疾病；6. 本身有發燒現象；7. 有腹瀉或脫水症狀；8. 服用影響體溫調節或造成出汗或脫水的藥物 (如服用治療控制帕金森氏症、癲癇、憂鬱、焦慮、心律不整、幫助睡眠等藥物)；9. 因生理疾病被醫師限制鹽分攝取者。

在伊朗的德黑蘭市 (Tehran City, Iran) 利用熱工作限值 (Thermal Work Limit, TWL)、綜合溫度熱指數 (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT) 與 尿 比 重 (Urine Specific Gravity, USG) 三種指標以探討營造工作者的熱壓力程度的研究，發現有日照影響的暴露組比無日曬的控制組有顯著差異，而且 TWL 指標比 WBGT 指標更適合做為判斷採行介入措施的分類依據 [12]。Dehghan et al. [13] 探討在波斯灣夏季時高溫潮濕氣候其 71 位勞工的 WBGT 測值與生理危害指數 (Physiological Strain Index, PSI) 之相關性，發現其 WBGT 測值有 96% 的機率超過 30°C 且不適合當作作業 / 休息循環 (ACGIH-2006) 的熱壓力管理指標。Rowlinson 與 Jia[14] 利用在香港的 26 處營造作業勞工生理參數 (心跳速率) 與熱環境監測結果 (WBGT, RH, Ta, Twb, Tg) 應用 ISO 7933[15] 的 PHS 模式進行分析，建立關於不同工作負荷下 (重度工作：238W/m^2，中

度工作：145W/m^2) 的 WBGT 限值 (連續 240 分鐘作業 WBGT 限值分別為重度工作 28.3°C 與中度工作 31.7°C) 及其最大容許作業時間 (Dlim) 與作息時間分配，並開發可提供最適化作息時間分配管理決策與作業勞工自行調整工作時間的兩種工具。

日本夏季戶外工作者在營造工地的現場調查 [16]，發現工作期間給予休息，設置遮陽帳棚與電風扇，供應冷飲，嚴格的控制工作時數，以及工作者的健康照護與監督工作時的水分攝取均能有效降低熱壓力。陳振華、黃彬芳、陳旺儀 [17] 提出以美國 OSHA 之戶外高氣溫作業熱危害預防管理計畫之熱危害風險分級概念進行戶外工作者之熱危害預防管理計畫，將戶外作業環境之潛在熱危害區分為四大風險等級，整體計畫包含：1. 風險評估；2. 工程控制；3. 教育訓練；4. 健康管理；5. 行政管理；與 6. 健康監測等六大元素。陳志勇、龍世俊 [18] 為突破目前戶外熱危害暴險評估資料及工具不足之現況，應用我國現有之 WBGT 推估模式換算與推導出戶外高氣溫作業場所現場 WBGT 數據，同時也利用氣象資料建置「戶外高氣溫作業場所勞動者資訊平台」(https://laborwbgt.plash.tw/) 即時監測 WBGT 測值，供作熱危害預防的參考。

三、天氣警告注意事項與熱環境管理實務

(一) 高溫熱季的天氣警告注意事項

高溫熱季的天氣警告注意事項：1. 在戶外工作或活動的工作者，應鼓勵多喝水和不要過度勞累，當有感覺到身體不適時，應盡快到陰涼的地方休息，絕不可喝含酒精或咖啡因的飲料，各種不同飲料補充之優缺點比較請參考表 3 所示內容；2. 在沒有設置空調設備的室內工作者，應盡量打開窗戶以保持空氣流通；3. 避免長時間在陽光下曝曬，以免受太陽紫外線曬傷；4. 應穿上寬鬆衣服以及配戴適當帽子和能阻擋紫外線吸收的太陽眼鏡；5. 應重複塗抹防曬係數達 15 或以上的防曬油以免曬傷；6. 工作期間持續監測氣象條件及工作者尿液顏色或尿比重的變化情形 (表 4) [19]；7. 肥胖者應參考表 5 進行高溫作業勞工適任性評估。

表 3 各種不同飲料補充之優缺點比較

類型	使用時機	優點	缺點
運動飲料	工作前、中、後	✓提供熱能 ✓補充電解質 ✓可口的	✓可能混合不均勻 ✓可能導致鹽類攝取超過需要攝取量 ✓低酸鹼值可能影響牙齒
果汁	恢復期	✓提供熱能 ✓可口的 ✓鈉含量低	✓無法快速吸收
碳酸飲料	恢復期	✓可口的 ✓有多種口味 ✓補充鉀離子 ✓低鈉含量 ✓很快有飽足感	✓導致打嗝 ✓無法提供熱能 ✓可能引起蛀牙 ✓有些含有咖啡因
水	運動前、中、後	✓可口的 ✓最容易補充供應 ✓低鈉	✓無熱能補充 ✓短時間內大量攝取可能對身體有害
牛奶	運動前與恢復期	✓含鈉離子 ✓有些微熱量 ✓可搭配水果或是喜瑞兒	✓吸收緩慢 ✓含有脂肪 ✓在運動或工作期間不適合攝取

近年來全球氣候異常，氣溫頻創新高，同時發生熱浪而造成中暑或熱相關疾病死亡人數大幅攀升，為避免戶外工作者受到曬傷

表 4 勞工尿液比重及外觀顏色與其脫水情形

尿比重範圍	結果
1.000~1.015	水分攝取充足正常；尿液清澈透明。
1.016~1.022	水分攝取尚可；尿液呈現微黃的現象。
1.023~1.030	有輕微脫水情形，不得在極端的熱環境中工作；尿液呈現黃色外觀。
1.030 以上	有明顯脫水情形，停止在熱環境下工作；尿液呈現暗黃色外觀。

表 5 BMI 值與高溫作業勞工適任性評估表

員工分類	評估基準 / 標準	採行措施之建議與解釋
新進員工 (註 1)	體重＜ 50 kg	不適合從事高溫作業 (與 BMI 無關)：拒絕
	體重 50~55 kg	適合從事較不激烈的高溫作業 (註 2)
	BMI 15-29	適合從事高溫作業
	BMI 30-35	無相關疾病者適合從事高溫作業
	BMI ＞ 35	不適任高溫作業：拒絕
現職員工	體重＜ 45 kg	不適合從事高溫作業 (與 BMI 無關)：拒絕
	體重 45~50 kg	無相關疾病或熱疾病史者適合從事高溫作業
	體重 45~55 kg	不安排從事費力工作 (＞ 160 W/m^2)
	BMI ＜ 15	不適任 (註 3)
	BMI 15~19	無熱疾病或禁忌症病史者適合從事高溫作業
	BMI 20~29	適任
	BMI 30~35	無熱疾病或禁忌症病史者適合從事高溫作業
	BMI ＞ 35	不適任 (註 3)

註：
1：新進員工是指僱用時間未滿六個月之作業勞工；
2：費力工作是指工作負荷屬於中度工作以上程度之作業；
3：不適任，係指 BMI 值超出適當範圍，或是具有熱疾病或其他禁忌症者。

與發生中暑，建議參考氣象預報資料以戶外綜合溫度熱數預測公式推估每日 WBGT 之最大值與最小值，當其 WBGT 預測最大值達到 29 °C 以上即發報警訊，讓社會大眾及從事戶外休閒活動者及作業勞工可以預先採取措施以防止熱疾病 [20]。

戶外綜合溫度熱數預測公式如下：

$$WBGT(out) = 0.667 \times Ta + 0.235 \times Tg + 0.105 \times RH - 0.245 \times Va - 6.986$$

$$WBGT(out) = 0.902 \times Ta + 0.190 \times UVI + 0.105 \times RH - 0.245 \times Va - 5.811$$

符號注釋：Ta- 氣溫；RH- 相對濕度；Va- 風速；Tg- 黑球溫度；UVI- 紫外線指數。

假設從事之作業為中度工作負荷以下之作業時，當氣溫達到 30°C 以上 (或 WBGT = 27°C) 時即需注意熱壓力管理；當氣溫達到 34°C 以上 (或 WBGT = 32°C) 時即需實施熱壓力管理與預防；當氣溫達到 38°C (WBGT = 37°C) 以上時即需停止從事中度或重度工作負荷之戶外工作。

(二) 熱環境管理實務

熱環境的管理實務，可從下列五個面向進行 [21]，包括：1. 工程控制－減少熱源、控制對流熱、控制輻射熱、控制蒸發熱；2. 工作、衛生實踐和管理控制－限制暴露時間和 / 或溫度、減少代謝負荷、增強耐受時間與熱適應、健康和安全訓練、對熱不耐受者的篩選；3. 熱警告方案－在春季接近夏季時就成立熱警報委員會或推動小組、在實際的熱天氣期間宣布熱警報；4. 提供工作者輔助的身體冷卻和保護服裝；5. 減少作業量。詳細內容請參考表 6 的內容說明。

表 6 熱環境的管理實務

類型		舉例說明
A. 工程控制		
1	減少熱源	從工作處將熱源移走或降低溫度 (但並不總是行得通)
2	控制對流熱	降低溫度和風速，可以採用局部冷卻
3	控制輻射熱	減低表面溫度，或在輻射源與工人之間放置反射擋板；改變表面的發射率；使用一種呈關閉狀的門 (只在進行測定和評價時才開啟)。
4	控制蒸發熱	增加風速；減少水蒸氣壓力；使用風扇或空調；將衣服弄濕；對著人吹風。
B. 工作、衛生實踐和管理控制		
1	限制暴露時間和 / 或溫度	在一年和一天的較冷的時間從事操作；提供涼爽的地方以供休息和恢復之用、安排額外的人員；工人可自由休息；增加攝水量。
2	減少代謝負荷	機械化、重新設計、減少工作時間、增加工人總人數。
3	增強耐受時間	熱適應的訓練計畫，保持工人身體健康；保證補充丟失的水份和維持必要的電解質平衡。
4	健康和安全訓練	訓練監督認識和掌握熱病的病症和急救；對全體職工進行關於個人的自我保護、使用防護設備及了解非職業因素 (例如酒精) 的作用的基本訓練。使用“夥伴”系統。應有對偶然事件的處理計畫。
5	對熱不耐受者的篩選	以往的熱病史、身體不健康者排除從事熱環境作業。
C. 熱警告方案		
1	在春天就成立熱警報委員會	委員會由職業醫師或護士、工業衛生師、安全工程師、作業工程師和高級管理者組成，安排訓練課程，提醒管理人員檢查飲水用水源等，檢查設備、作業和準備情況等。
2	在實際的熱天氣期間宣布熱警報	推遲非緊急的工作、增加工人、增加休息、提醒工人飲水、改善工作實踐 (條件) 等。
D. 輔助的身體冷卻和保護服裝		
如果不可能改善工人、工作或環境條件而熱壓力仍超過一定限度時，就應採取這種辦法，個體應受到充分的熱適應訓練，並很好地訓練他們使用和穿戴防護服裝，如水冷卻服裝、空氣冷卻服裝、冰袋襯衣和濕的外衣等。		
E. 減少作業量		
必須記住穿戴防護衣是為了提供對於毒性物質的防護，但這往往會增加熱壓力。所有的服裝都會阻礙人們的活動，所以此時 (穿工作服時) 應減少作業量 (例如由於減弱了聽覺，所以也減少了接收感覺訊號的能力)		

四、結論

台灣地處亞熱帶，夏季平均溫度常高達 30°C 以上，因此無 是從事戶外作業或是處在室內通風不良的工作環境，常因熱暴露而導致熱傷害或疾病，其中以營造業戶外工作者對高氣溫的熱危害預防更不容忽視。在工作期間給予休息，設置遮陽帳棚與電風扇，供應冷飲，嚴格的控制工作時數，以及工作者的健康照護與監督工作時的水分攝取，並依據職業安全衛生設施規則規定採取防範措施，利用國內開發建置的「戶外高氣溫作業場所勞動者資訊平台」的資訊做好事前的工程進度規劃與急救設備設施之準備，訂定熱危害預防管理計畫以有效降低熱壓力，保護戶外工作者的健康。

參考文獻

1. 行政院勞動部，「職業安全衛生設施規則」，行政院勞動部，2014。
2. 行政院勞動部，「高溫作業勞工作息時間標準」，行政院勞動部，2014。
3. 蘇高玄、張簡玉楹、李怡慧、李采玲，「異常高溫時期之台灣氣候分布狀況」，氣象學報，第 46 卷，第 3 期，P19~31，2006

4. 裴善康、鄭進順、鄒子廉，「臺北市營造業戶外高溫作業安全促進策略」，工業安全衛生月刊，第 289 期，P82~91，2013 年 7 月。
5. WHO. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Geneva: World Health Organization, 1969.
6. Parsons K. Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. 3rd Edition. CRC press, 2014.
7. 邱仞之，環境高溫與熱損傷，軍事醫學科學出版社，2000。
8. Candas V., Hoeft A. Clothing, assessment and effects on thermophysiological response of man working in humid heat. Ergonomics 38:115-127, 1995.
9. Lin Ro-Ting, Chan Chang-Chuan Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. Global Health Action 1-6, 2009 (DOI: 10.3402/gha.v2i0.2024).
10. NSW Government. Construction work code of practice. Safe Work Australia, 2014.
11. ILO (International Labour Office). Chapter 93, Construction. Encyclopaedia of Occupatioinal Health and Safety. 4th Edition. ILO, Geneva, 1998.
12. Farshad A., Montazer S., Monazzam M.R., Eyvazlou M., Mirkazemi R. Heat stress level among construction workers. Iranian J Publ Health 43(4):492-498, 2014.
13. Dehghan H., Mortazavi SB., Jafari MJ., Maracy MR. Evaluation of wet bulb globe temperature index for estimation of heat strain in hot/humid conditions in the Persian Gulf. J Res Med Sci. 17(12): 1108-1113, 2012.
14. Rowlinson S., Jia Y.A. Application of the predicted heat strain model in development of localized, threshold-based heat stress management guidelines for the construction industry. Ann Occup Hyg 58(3):326-339, 2014.
15. ISO 7933. Ergonomics of the thermal environment-analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva, Switzerland, ISO, 2004.
16. Morioka I., Miyai N., Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. Industrial Health 44:474-480, 2006.
17. 陳振華、黃彬芳、陳旺儀，「國內高氣溫戶外工作者熱危害預防及檢查作法研究」，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014。
18. 陳志勇、龍世俊，「我國戶外高氣溫環境熱壓力現況分析與評估」，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2017。
19. NIOSH, Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106, 2016.
20. 莊侑哲，「高溫暴露評估技術及高溫與噪音共同暴露健康效應研究」，國立臺灣大學公共衛生學院環境衛生研究所博士論文，2007。
21. NIOSH, Occupational exposure to hot environments, Washington DC: DHHS (NIOSH), 1986.

低頻噪音對工作者健康效應之探討

大仁科技大學環安系副教授 / 趙寶強

關鍵字：低頻噪音、振動聲學病、聽力損失

摘要

上世紀 90 年代初，低頻噪音就已經悄悄地開始影響人們的生活，且低頻噪音具有『無殘留』特性，對人體健康的效應最早是由美蘇太空計畫中所發現的。世界各國對低頻噪音定義不盡相同，國內勞工主管機關對職場低頻噪音政策與規範尚無完整規範與準則，且噪音與其他暴露 (如有機溶劑、重金屬等) 的複合效應也非常複雜，許多文獻已證實大量長期暴露於噪音工作環境對職場工作者生理與心理之健康影響；如聽力損失與心跳血壓等等的健康效應，本文主要探討的是低頻噪音的工作環境對職場工作者生理心理之健康效應，尤其是心臟方面的問題。

研究方法採用職業衛生理論之作業環境監測法來分析低頻噪音頻譜及量測技術；以生物偵測法 (勞工健康檢查) 去剖析低頻噪音對人體之健康影響，資料收集後，再使用生物統計方法作整理分析，以瞭解低頻噪音對人體之各種健康效應。結果在低頻噪音對人體健康效應上發現，航空低頻噪音暴露對作業員工其聽覺效應在高頻 4kHz、6kHz 損失較為嚴重，接近 40 分貝；在心臟狀況上，暴露於低頻噪音勞工在其心臟超音波檢測參數中，E 波 /A 波比例 (E/A Ratio) 值異常比例高達三成，遠高於對照組達統計上顯著差異；此驗證國外文獻指出長期大量低頻噪音暴露對人體所產的振動聲學症 (Vibroacoustic disease) 的心臟健康問題，目前台灣地區對於職場上工業製程所造成低頻噪音對人體生理效應與影響之研究與探討並不多見；基於維護職場工作者安全衛生與促進勞資兩方和諧互利之觀念；本文實有必要做更深入研究與探討。

一、前言

台灣地區對航空作業員工暴露於噪音對人體聽覺方面健康效應 (如聽力損失等) 已多

有探討，但對於低頻噪音對人體非聽覺效應如心臟健康效應似不多見，而積體電路產業 (無塵室) 與傳統產業工作環境有所不同，依據美國 1990 年代的職業病數據分析比較，半導體工業內每百工人的職業病發病率為全製造業的 3 倍；而職業病造成工作損失日的百分率比較，半導體工業亦為全製造業的 2.4 倍 [1]；由此數據顯示半導體工業職業危害不容忽視，國內勞委會勞工安全衛生研究所對半導體工業噪音狀況之調查，由頻譜分析之結果發現作業區域的噪音主要分布於低中頻率 (1kHz 以下)，依據 1991 年電工器材同業公會資料針對台灣地區 48 家半導體工廠員工人數 36741 人，在各種製造工程中，噪音作業的聽力檢查異常率為：18.7% [2]。由勞研所 (90 年) 研究指出：半導體廠無塵室內作業區各製程之噪音量皆小於 82dB(A)(65.5 dB(A)-79.0dB(A))，作業區各製程中以薄膜區之噪音量 (65.6 dB(A) -76.1dB(A)) 相較其他區為低；部分工廠有封裝測試作業區，其噪音量常達 78.9 dB(A) 以上 (71.9 dB(A)-81.2dB(A))。且勞工作業時間達 12 小時之久，各製程真空幫浦區與廠務機房之噪音量則高於 82dB(A)。分析結果 31.5Hz、63Hz、125Hz、250Hz、500Hz、1kHz、2kHz、4kHz 及 8kHz 共 9 個頻率，針對頻譜分析圖發現能量主要集中於中頻與低頻範圍，此外在廠務機房設備之噪音量皆極高 (多超過 90dB(A))，其頻譜圖顯示能量分布於 125Hz-4kHz，對直接暴露於該區作業的員工，其生理心理健康評估值得吾人重視。高頻音因具較易阻隔、吸收之特性，能量可隨距離而快速遞減，故傳遞至作業區之能量較低；低頻噪音則可經由結構體之振動，將能量傳遞至較遠的場區。至於低頻噪音 (20 Hz-200Hz) 對作業員工健康效應，在國內的研究報告並不多見。美國 SEMI (Semiconductor Equipment Material Institute) 半導體工業組織要求設備之設計在正常操作下，不得超過 80 分貝，若使用者要求時，則須提供其測試結果。而我國在勞工安全生法規中，原則要求廠內設施設備不超過 90 分貝，勞工之工作日八小時日時量平均不得超過 90 分貝，勞工作業環境現場音量 (TWA) 大於 85 分貝 (dB(A)) 就屬於特別危害健康作業；進入該作業場所工作之勞工應使用如耳塞、耳罩、耳盔等防音防護具，同時亦應依勞工健康保護規則實施勞工特殊健康檢查與管理。

二、文獻回顧

研究報告指出，長期過量暴露 (10 年) 在低頻噪音 (頻率 <500Hz) 下會產生一種振動聲學疾病 (Vibroacoustic disease：VAD)[3]。

(一) 噪音的健康效應

噪音 (noise) 是一種壓力波 (pressure wave)；這種聲學現象屬於一種波動，此聲學現象受到兩個重要參數影響；即『振幅』(Amplitude) 與『頻率』(Frequency)，波的振幅有高有低，在測量時使用 dB(Decibel) 來表示，當此聲學現象達到某種程度時，人耳方可聽到，另一重要參數『頻率』量測時我們使用赫茲 (Hertz)，人耳能聽到頻率為 20 Hz ～ 20K Hz 其中 500Hz ～ 8000Hz 是人耳較為敏感的頻率。

低頻噪音 (Low Frequency Noise: LFN) 一般是指頻率在中頻以下的聲音。在頻率低於 20 Hz 聲音稱之為次音波或超低頻 (Infrasound)；

高於 20000Hz 稱超音波 (Ultrasound)，人耳都無法聽到 [4]，低頻噪音則跨越超低頻及可聽覺頻率，通常考慮範圍在 10Hz ～ 200Hz [5, 6] (如圖 1)，各界對低頻噪音定義說法也不一致 [7]，第一屆的低頻與振動國際會議 (1978) 中，將 1Hz ～ 20Hz 之頻率的聲音稱為超低頻音；第二屆的低頻與振動國際會議 (1980 丹麥) 中，定義 1Hz ～ 100Hz 頻率的聲音稱為低頻音 (Low frequency)。而在此頻率範圍內所產生讓人不愉悅、不舒服的聲音，都可稱為低頻噪音。而我國環保署所訂定的低頻噪音範圍是 20Hz ～ 200Hz (中心頻率為 25Hz ～ 160Hz) 之間，而其中頻率在 10Hz ～ 100 Hz 是最被關切的範圍，雖然一般人耳朵感覺不出來，但卻嚴重危害人體健康 [8]。

工業噪音對人體生理心理健康效應中頻率是一項非常重要指標 [9]，一般性噪音對人體健康的效應大致來說可分為聽覺性效應與非聽覺性效應兩種，聽覺性效應是指長期或過度噪音暴露 [10]，導致毛細胞或柯氏器受損退化 [11, 12]，而造成聽力損失 [13, 14]，尤其以 4KHz 附近開始發生且較嚴重 [15]；非聽覺性效應，係指因噪音而引起身體其他器官或系統的失調或異常 [16]，其主要係透過對自主神經系統，網狀神經系統及大腦皮質的刺激而引起。非聽覺性效應一般會導致以下幾種情形發生：心跳加快 (謝琇惠 2010)、血壓升高 [17-19]、呼吸不順暢；腸胃蠕動造成不適反應、食慾不佳，嚴重者可能會造成胃潰瘍等；甲狀腺素、腎上腺素的分泌上升，荷爾蒙失調 [20]、對生長發育有明顯的影響等；肌肉反應收縮，造成疲勞等；適應光感度降低、色覺與色視野發生異常病變；對運動物體對稱平衡失靈等；工作效率

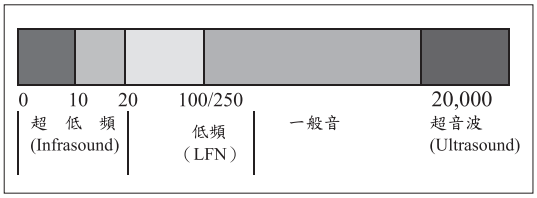


圖 1 聲音在頻率上分類法

降低、風險增加、注意力降低等等 [21]。所以噪音變成一種典型的環境壓力，其最為人類知曉的是會造成人體之聽力損失 [22]，噪音性聽力損失 (noise-induced hearing loss：NIHL) 之成因頗為複雜 [23]，通常造成聽力損失嚴重程度的因素有：1. 噪音量之大小：一般噪音暴露音壓級越大，造成聽力損失越大。2. 暴露時間的長短：噪音暴露時間越長，影響越嚴重。3. 噪音的頻率特性：一般頻率越高之噪音，危害性越大。4. 個人差異性：由於個人對於噪音的敏感度不一，對相同噪音所引起的反應亦有差異 [24]。美國研究顯示，雖然各方面實施之聽力保護計畫，還是有勞工持續發展成噪音性聽力損失 [25]；德國研究顯示 2 個月的新兵訓練隊員有在 4k 與 6k 赫茲高達 25dB (A) 的永久性聽力損失 (permanent hearing loss) [26]；在美國海軍及陸戰隊人員在其大半職業生涯中，其聽力閾值仍比美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Administation：OSHA) 所公布經過年齡校正後之聽力閾值要來的差 [27]。

(二) 各國低頻噪音容許值

從我們現代都會生活環境中觀察，低頻噪音已成為都市城鎮居民生活中的部份，其來源多為人為因素所造成，包括：建築物之空調系統、交通工具 (貨車、巴士、火車、飛機等)。以航空噪音分析其發聲源來看可分

為二部份：一是排氣噪音 (jet exhaust noise)，其特徵為寬頻帶噪音，音能與排氣速度有關；另一為引擎噪音，由引擎外殼振動及引擎內部葉片轉動所造成之擾流 (turbulence) 噪音，其頻率分佈約在 2k ～ 4k Hz 之間。因低頻噪音之波長較長故能輕易穿透窗戶與牆壁，故在防制上也較一般噪音 (高頻音) 要困難許多 [12]。

另一方面，在我們工作職場與作業環境中也可能產生許多低頻噪音，其主要發生源包括：(1) 鍋爐 (boilers)；(2) 振動篩 (vibratory screens)；(3) 空氣壓縮機 (compressors)；(4) HVAC 系統 (heating, ventilation, air-conditioning systems)；(5) 風力發電機組；(6) 大卡車 (trucks)；(7) 揚聲器 (loudspeaker systems) 等。

目前世界各國對低頻噪音環境與職場容許值或建議值之規範也略有差異，多數國家僅定低頻噪音容許值範圍，並未明確劃分管制場所及管制對象，因此各國的容許值及建議值係用於瞭解量測點是否有低頻噪音的存在，其判定低頻噪音存在的依據則由 ISO 226 人耳 (20Hz ～ 200Hz) 聽力欲閾值而來 (見表 5)，其目的是希望可能受到低頻噪音干擾的民眾，有一套檢測作業程序，研判是否受到低頻噪音的干擾，以協助其改善受干擾狀況 (環保署 2005)。我國是唯一將低頻噪音納入管制之國家，分析國際組織 ISO 對低頻噪音的規範原理是在 20Hz-200Hz 頻率範圍設定最小閾值作為規範依據，此標準較接近我國環保署對低頻噪音管制範圍 20Hz ～ 200Hz A 加權均能音量 (Leq: Equivalent Continuous Noise Level)。

表 1 德國低頻噪音量標準建議值

1/3 八音度中心頻率，Hz	均能音量 dB
8	103
10	95
12.5	87
16	79
20	71
25	63
31.5	55.5
40	48
50	40.5
63	33.5
80	28
100	23.5

1. 德國

在 DIN45680：規定室內低頻噪音之測定及測定值 (表 1)

(1)測量地點：在室內距離牆壁 0.5 公尺以上之距離，日常生活場所中音壓位準最大之位置。

(2)評估方法：

德國使用用 C 權與 A 權 LFN，如果 C 比 A 權大於 20dB (即 L_C-La ＞ 20dB) 以上時可以說此環境低頻噪音相當大。頻譜分析使用 1/3 音階頻譜分析，各頻率之音壓位準與其左右之音壓位準高出 5dB 以上時，再考慮有純音而與表 1 比較，在白天是以 16 小時為時間之基準，夜間時 (22：00 ～ 6：00) 是以 1 小時為時間基準。

2. 瑞典

瑞典對低頻噪音之規範在 SOSFS1996：內對低頻噪音之推薦方法為對各低頻頻率由 31.5Hz 到 200Hz 規範其均能音量 (Leq:

Equivalent Continuous Noise Level) 數值，其建議的均能音量值由 200Hz 的 32dB(最小) 到 31.5Hz 的 56dB (最大)：(參見表 2)。

3. 丹麥

丹麥對環境低頻噪音室內音量建議值分成日夜間、教室與辦公室及商業用途，音量從 20dB 到 35dB(如表 3)。

4. 日本

日本在低頻噪音也是採對各分頻使用建議值：各分頻頻率從 10Hz 建議值 92dB 最高；31.5Hz 為 64dB；63Hz 降為 47dB 到 80Hz 建議值為 41dB 最低，其各低頻頻率詳細建議值 (不加權) 參見表 4。

6. 波蘭

在 Polska Norma，PN-86,N-01338，中規定工作場所內對低頻噪音推薦基準值為 4Hz ～ 6Hz 時 SPL 為 85dB 以下，31.5Hz 時規範到 80dB 以下 (參見表 5)。

將世界各國現行低頻噪音環境暴露評估規範 (表 5) 繪製成參考曲線 (reference curve) (圖 2) [28]，由圖中可看出 ISO、德國、丹麥、日本、瑞士、波蘭等國家對低頻噪音規範其大致可分類為二；其一是：針對各頻率訂出其最大容許值；其二是：對所規範的低頻頻率範圍內各分頻頻率訂出總音量的容許值。由各國訂定低頻噪音頻率範圍大致介於 8Hz ～ 250Hz，其各頻率基準音量雖有不同，但從曲線走勢觀察則似乎也有一致性可尋 (r^2 質由 0.953 最小到 0.999 最大)(見圖 2)。

表 2 瑞典低頻噪音量標準建議值

1/3 八音度中心頻率，Hz	均能音量 dB
31.5	56
40	49
50	43
63	41.5
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

表 3 丹麥環境低頻噪音室內音量上限值 (A 加權)

住宅 - 晚間及夜間	20dB
住宅 - 日間	25dB
教室、辦公室等	30dB
其他商業用途房間	35dB

表 4 日本低頻噪音建議值

1/3 八音度中心頻率，Hz	建議值，dB
10	92
12.5	88
16	83
20	76
25	70
31.5	64
40	57
50	52
63	47
80	41

表 5 各國低頻噪音各分頻閾值

1/3 八音度中心頻率，Hz	ISO dB	德國 dB	丹麥 dB (A)	日本 dB	瑞士 dB	波蘭 dB	挪威 dB
8		103					
10		95	90.4	92		80.4	
12.5		87	83.4	88		73.4	
16		79	76.7	83		66.7	
20	78.5	71	70.5	76		60.5	74
25	68.7	63	64.7	70		54.7	64
31.5	59.5	55.5	59.4	64	56	49.3	55
40	51.1	48	54.6	57	49	44.6	46
50	44	40.5	50.2	52	43	40.2	39
63	37.5	33.5	46.2	47	41.5	36.2	33
80	31.5	33	42.5	41	40	32.5	27
100	26.5	33.5	39.1		38	29.1	22
125	22.1		36.1		36	26.1	
160	17.9		33.4		34	23.4	
200	14.4				32	20.9	
250	11.4					18.6	

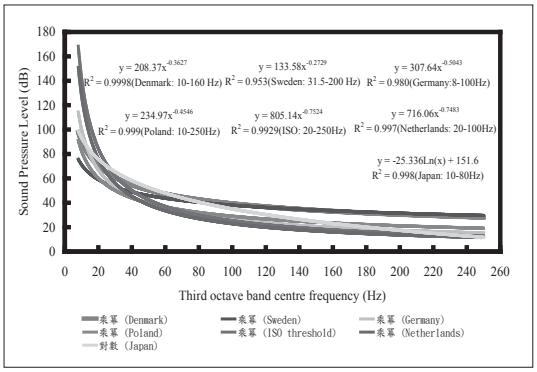


圖 2 各國低頻噪音評估基準

三、我國低頻噪音規範與管制標準

94 年 1 月 31 日行政院環境保護署發佈噪音管制標準，訂定的低頻噪音的管制範圍為 20 Hz 至 200 Hz，評估方式取 A 加權並於七月一日正式實施，成為全世界第一個將低頻噪音納入法令管制的國家 (見表 6)。

(一) 時段區分

日間：第一、二類指上午六時至晚上八時。第三、四類指上午七時至晚上八時。

晚間：第一、二類指晚上八時至晚上十時。第三、四類指晚上八時至晚上十一時。

夜間：第一、二類指晚上十時至翌日上午六時。第三、四類指晚上十一時至翌日上午七時。

(二) 音量單位

分貝 (dB(A)) 括號中 A 指在噪音計上 A 權橫位置之測定值。

(三) 測量儀器

使用我國國家標準 CNS 7129 規定之噪音計、紀錄器、分析器、處理器等。但自中華民國九十四年七月一日起，測量 20 Hz 至 200 Hz 範圍之噪音計使用我國國家標準 CNS 7129 規定之一型聲度表，且應符合國際電工協會 IEC 61260 (1995) 規範。

(四) 測定高度

聲音感應器應置於離地面或樓板 1.2 至 1.5 公尺之間，接近人耳之高度為宜。

表 6 工廠 (場) 噪音管制標準

頻率 / 時段 / 管制區	20 至 200 Hz (94 年 7 月 1 日施行)			20 Hz 至 20 kHz		
	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類	42	42	39	50	45	40
第二類	42	42	39	60	55	50
第三類	47	47	44	70	60	55
第四類	47	47	44	80	70	65

(五) 動特性

噪音計上動特性之選擇，原則上使用快 (fast) 特性，但音源發出之聲音變動不大時，例如馬達聲等，可使用慢 (slow) 特性。

(六) 背景音量的修正

1. 除欲測定音源以外的聲音之音量，均稱為背景音量。
2. 測定場所之背景音量，最好與欲測定音源之音量相差 10 dB(A) 以上，如不得已相差在 10 dB(A) 以下，則依下表修正之。
3. 背景音量之修正

L1-L2	≦ 3	4	5	6	7	8	9
修正值	-3	-2		-1			

(單位：dB(A))

4. 各場所與設施負責人應配合進行背景音量之測定，並應修正背景音量之影響；若負責人不配合進行背景音量之測定，即不須修正背景音量，並加以註明。

(七) 測定時間

選擇發生噪音最具代表之時刻，或陳情人指定之時刻測定。

(八) 測量地點

1. 量測 20 Hz 至 20 kHz 頻率範圍時，除在陳情人所指定其居住生活之地點測定外，以距營業場所、娛樂場所周界外任何地點或騎樓下建築物外牆面，向外一公尺處測定之。前述周界，有明顯圍牆等實體分隔時，以之為界。無實體分隔時，以其財產範圍或公眾不常接近之範圍為界。
2. 量測 20 Hz 至 200 Hz 頻率範圍時，於陳情人所指定居住生活之室內地點測定，並應距離室內最近牆面線一公尺以上。門窗除陳情人要求打開外，應以關閉狀況測定之。室內其他噪音源若影響量測結果者，得將其關閉暫停使用。
3. 前目自中華民國九十四年七月一日施行。

(九) 評定方法

依下述音源發聲特性，計算均能音量 (Leq 或 Leq, LF) 或最大音量 (Lmax)，其結果不得超過規定之數值。

1. 噪音計指針呈週期性或間歇性的規則變動，而最大值大致一定時，則以連續五次

變動之最大值 (Lmax) 平均之。若為規則性變動的聲音，其變動週期一定。若為間歇性的規則變動聲音，其最大值大致一定，以讀取每次最大值，共五次平均之。

2. 其他情形則以均能音量表示：20 Hz 至 20 kHz 之均能音量以 Leq 表示，20 Hz 至 200 Hz 之均能音量以 Leq, LF 表示。其取樣時間須連續八分鐘以上。取樣時距不得多於 2 秒，在噪音計指示一定時，或指針變化僅 1-2 dB 之變動情形，以均能音量表示。若聲音的大小及發生的間隔不一定之情形，亦以均能音量表示之。

四、低頻噪音評估方法

頻率是影響聲波之重要因素，也就是說當環境中低頻噪音混合其他音頻 (非低噪音) 時，則低頻噪音會顯得不那麼明顯，所以當我們在測量低頻噪音時應特別注意頻率與振幅因素。目前工作職場內低頻噪音評估技術與標準，隨電子科技儀器進步也有所改變，如精密噪音計內八音幅頻帶分析器 (octave band filters) 可快速瞭解職場工作環境低頻噪音大小與分佈，目前各界對室內低頻噪音評估指標有下列方法：

(一) NC (Noise Criteria Curves): NC 曲線是美國的 Beranek (1957) 發表，在歷史上屬最早一種方法在考慮人耳感受下室內背景噪音位準之設計曲線指標，其原理是使用數字分級來表示室內聲音安寧程度，每一條 NC 曲線代表著某一背景之設計音量的最高允許噪音值，為等響度曲線的另一種表示方式。NC 曲線其原先目的是為了規範室內許噪音位準，頻率範圍由 63Hz 到 8kHz，常用於辦公室空調 (HAVC) 與背景噪音評估 [29]。

(二) NR (Noise Rating Curves): Helsinki (1959) 在歐洲提出，特別是應用於社區居民對噪音之反應上，NR 曲線是從人類聽力保護觀點上，對於室內場所之背景噪音對吾人交談與厭煩 (annoyance) 程度的分類。ISO 國際組織也認同 NR 曲線其頻率範圍由 16Hz 到 4kHz，NC、NR 此兩曲線最大差異在於後者對高頻較為嚴格而對低頻標準比較寬鬆。

(三) PNC (Preferred Noise Criteria)；此曲線是 Beranek 在 1971 將 NC 曲線修正後發表，稱為 PNC 曲線，其推出理由是之前的 NC 曲線在高頻與低頻噪音在修正上呈現不夠的缺點，故產生 PNC 曲線。

(四) RC (Room Criteria Curves)：常用於評估室內機械設備所產生背景噪音頻率範圍 16Hz 到 4kHz (見圖 3)，到 1981 年 Blazied 將其使用於冷凍空調系統上，其後被美國冷凍空調協會 (American Society for Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers: ASHRAE) 使用於分類室內通風系統噪音，並分析各頻譜特性 [30, 31]；RC 值計算 $LMF = 1/3\,(SPL_{500} + SPL_{1000} + SPL_{2000})$。

Room Criteria Mark II (RC Mark II)：Blazier (1997) 年提出，其後被美國冷凍空調協會 (ASHRAE) 使用，其優點是較容易在曲線圖中看出高頻、低頻的貢獻與判斷此現場作業環境是否有振動問題，並考慮低頻噪音問題。

ASHRAE (1999) 已不用 NC 標準，目前多使用 RC Mark II 指標 [32]，RC Mark II 對評估 LFN 是否有隆隆聲 (Rumble) 特別適合。

人耳對 100Hz 以下聲音較不敏感，故在量測時應與一般測量噪音方法有所區隔，一般噪音多使用 A 權來評估，但 1000 Hz 以下聲音其 A 權曲線急遽，到 10Hz 時其修正值達 70dB，C 權曲線由 30Hz 到 8000Hz 比 A 權衡較為平坦 (見圖 4)；所以世界衛生組織 (WHO) 建議改用 C 權衡評估對人體效應，當使用 A 權評估低頻噪音對人體產生的『厭煩』(annoyance) 效應會遠低於預期效果 (Broner and Leventhall 1980; Kjellberg and Goldstein 1985; Persson and Björkman 1988) [33]。

有學者認為用 D 權評估低頻噪音要比 A 權衡佳 (Kjellberg and Goldstein 1985)，另有學者指出使用 A 權評估低頻噪音 (及超低頻) 對人體厭煩效果是無法達成 [34]，Kjellberg 贊同使用 C 權與 L_C 與 L_A 差值評估低頻噪音；但當室內低頻噪音低於 250Hz 時較不易達到人類聽覺閾值，尤其是風扇聲 (Landstr6m et al. 1995) 則從經驗上證實 L_C-L_A>25 dB 會讓人產生厭煩，但當 L_C-L_A 差異值過大時，則對低頻噪音評估則應謹慎些，因當 L_A 測值較低時有部分為人耳不易感知的噪音，但在 L_C 與 L_A 的差值中表現出來 (L_C-L_A 數質變大)，但對人體厭煩上卻感受不到 [35]，Alberta EUB(2007) 建議 L_C-L_A 值應降至 20 dB(A)，另有學者認為 L_C-L_A>15 dB 較好 [35]，Broner 建議評估低頻噪音時，工廠日間低頻噪音 L_C 以 75 dB (C) 為標準 [36, 37]，測量時一般建議誤差值為 +-5dB。

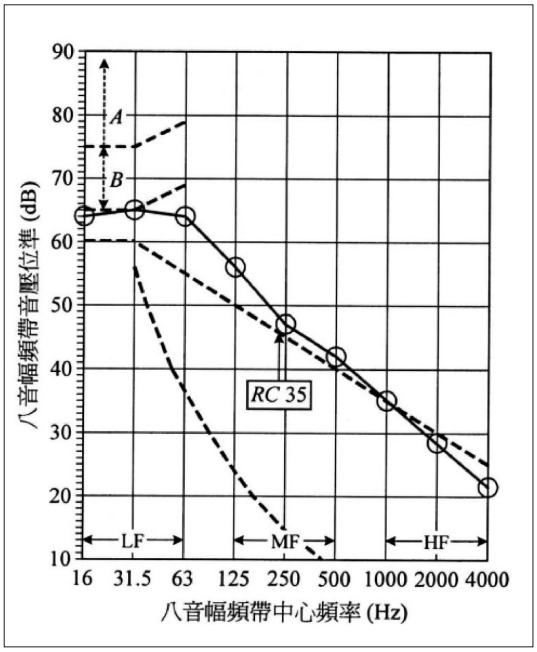


圖 3 RC 曲線圖

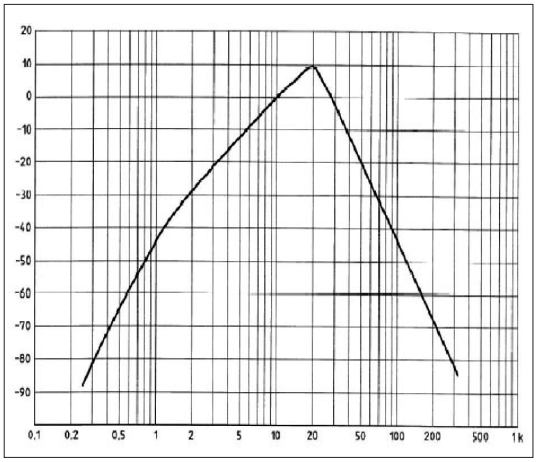


圖 4 G 權加曲線

五、結論

研究指出，長期過量暴露 (10 年) 在頻率 <500Hz 下會產生一種振動聲學疾病

(Vibroacoustic disease: VAD)，此症最早是在航空技師身上獲得證實 [3]，文獻顯示，在患有振動聲學疾病的病患身上，其心臟器官之心包膜 (pericarditis) 部份有增厚情形，但很特別地方是振動聲學症之患者生前卻沒有任何發炎狀況，其心臟舒張功能正常 (即血壓舒張功能看不出有任何改變)，這也是振動聲學疾病與一般心臟病患不同之處 [38]，此症最早是在一些航空技師身上獲得證實；其後也有學者在海軍人員 (Branco et al., 2001)、商業飛行員、空勤組員身上亦有發現此症 (Araujo et al., 2001)。另外也有因環境中低頻噪音 (LFN) 造成一般民眾身上被發現此振動聲學症 (Torres, 2001)。Branco 觀察懷孕及出生暴露在低頻噪音的老鼠，在停止暴露後經過一年時間，可發現這些老鼠的呼吸上皮細胞仍有明顯受損。其他文獻報導低頻噪音使得實驗動物顯示出呼吸道纖維病變 [39]，日本 Matoba 在鋸木業員工身上也發現有此狀況 [40]。有國外學者依據低頻噪音暴露之年限將振動聲學疾病 (VAD) 分成輕度 (1-3) 年、中度、重度 (10-15) 年等三期，輕度的狀況包括消化不良、支氣管炎，及中度的狀況包括疲勞、皮膚感染，重度狀況包括靜脈曲張、神精障礙、關節痛等等。

動物與人體實驗顯示，在振動聲學原理之刺激下低頻噪音會導致心瓣膜構造之增厚，而這種心包的增厚並無發炎的過程與舒張機能障礙 (即在血壓舒張功能、血壓測量值看不出有任何改變) (Holt, 2000)，這也是 VAD (Vibroacoustic disease) 的臨床特徵之一。此外如抑鬱、特別過度敏感易怒、自我隔絕傾向、思考靈活性的降低也是其特徵 (Maschke, 2004)

六、未來展望

希臘神話中海上女妖，半身為女人半身為鳥的怪物，用絕美歌聲誘惑水手，使他們心智迷亂葬身大海，由此可知聲音對人類影響，頻率對聲音來說扮演一非常重要之角色，吾人五官中聽覺器官無法關閉且為無方向性的接收特性，所以好的聲波變成樂音，不好的聲音則成噪音。愛因斯坦曾說：「我的許多科學成就，就是從音樂中啟發而來的」。從另一觀點看，大自然環境與工業革命後所產生各種低頻噪音困擾人類許久，且低頻噪音 (頻譜) 中又有一部份是人耳 (20Hz-20000Hz) 聽不到，此外具有低頻噪音環境或場所內，往往還具有振動之特性，更是令吾人值得深入瞭解。一般來說當有非低頻音混入低頻噪音時，往往使得低頻噪音讓人感覺不是那樣明顯，基於此原因，低頻噪音對人體之健康之負面影響極易為吾人所忽視，反而造成人體各種健康負面影響，另一方面低頻噪音在量測上要特別留意其頻譜、振幅等因素，尤其是當低頻噪音產生振動時所衍生問題更是複雜，需做多方面考量與規範。綜和以上，低頻噪音對人類正面與負面問題值得學者專家更深一步研究與探討。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 , 半導體業健檢與職業傷病資料分析。2001：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。
2. 石東生，黃文玉，國內半導體製造業潛在危害暴露之初步探討，勞工安全衛生簡訊第 24 期。
3. Branco, N., The clinical stages of vibroacoustic disease. Aviation Space and Environmental Medicine, 1999. 70(3): p. A32-A39.
4. Jung, S.S., et al., Spectrum of Infrasound and Low-frequency Noise in Passenger Cars. Journal of the Korean Physical Society, 2009. 55(6): p. 2405-2410.

5. Leventhall, H.G., Low frequency noise and annoyance. Noise Health, 2004. 6(23): p. 59-72.
6. Berglund, B., P. Hassmen, and R.F. Job, Sources and effects of low-frequency noise. J Acoust Soc Am, 1996. 99(5): p. 2985-3002.
7. Bengtsson, J., K.P. Waye, and A. Kjellberg, Evaluations of effects due to low-frequency noise in a low demanding work situation. Journal of Sound and Vibration, 2004. 278(1-2): p. 83-99.
8. 郭宏亮 , 噪音 (含低頻噪音) 對人的影響 , in 2009 低頻噪音振動糾紛處理法律實務與改革工程技術研習會 98 年 4 月：台北。
9. Mahendra Prashanth, K.V. and V. Sridhar, The relationship between noise frequency components and physical, physiological and psychological effects of industrial workers. Noise Health, 2008. 10(40): p. 90-8.
10. 張寧家，影響台灣勞工噪音性聽力障礙易感性相關因子之研究，in 高雄醫學大學醫學研究所學位論文 2011，高雄醫學大學。
11. Lataye, R., P. Campo, and G. Loquet, Combined effects of noise and styrene exposure on hearing function in the rat. Hearing Research, 2000. 139(1–2): p. 86-96.
12. 蘇德勝，噪音原理及控制，ed. 第十版。2003：臺隆出版社，台北。
13. Konings, A., L. Van Laer, and G. Van Camp, Genetic Studies on Noise-Induced Hearing Loss: A Review. Ear and Hearing, 2009. 30(2): p. 151-159.
14. Daniel, E., Noise and hearing loss: A review. Journal of School Health, 2007. 77(5): p. 225-231.
15. McBride, D.I. and S. Williams, Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss. Occup Environ Med, 2001. 58(1): p. 46-51.
16. King, R.P. and J.R. Davis, Community noise: Health effects and management. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2003. 206(2): p. 123-131.
17. Lusk, S.L., et al., Chronic effects of workplace noise on blood pressure and heart rate. Arch Environ Health, 2002. 57(4): p. 273-81.
18. Penney, P.J. and C.E. Earl, Occupational noise and effects on blood pressure: exploring the relationship of hypertension and noise exposure in workers. AAOHN J, 2004. 52(11): p. 476-80.
19. Tominsek, J. and M. Bilban, The influence of noise on cardiovascular diseases. Zdravniski Vestnik-Slovenian Medical Journal, 2011. 80(5): p. 395-404.
20. 劉宇翔，噪音與有機溶劑暴露對飛機檢修人員皮膚障壁功能之影響，in Skin barrier function alteration induced by noise and organic solvent exposure among aircraft maintenance workers 2009，中國醫藥大學。
21. 賴俐月，背景音樂影響國小學童閱讀理解能力之研究 - 以五年級為例，in 國立臺北教育大學音樂學系學位論文 2011，臺北教育大學。
22. Stansfeld, S.A., Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. Psychol Med, 1992. Suppl 22: p. 1-44.
23. 林政佑，噪音暴露勞工抗氧化能力與環境因子對噪音引起的聽覺影響，in 成功大學環境醫學研究所學位論文 2010，成功大學。p. 1-101.
24. Osguthorpe, J.D. and A.J. Klein, Occupational hearing conservation. Otolaryngol Clin North Am, 1991. 24(2): p. 403-14.
25. Borchgrevink, H.M., Does health promotion work in relation to noise? Noise Health, 2003. 5(18): p. 25-30.
26. Joachims, Z., et al., Oral magnesium supplementation as prophylaxis for noise-induced hearing loss: results of a double blind field study. Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg, 1993. 88: p. 503-16.
27. Bohnker, B.K., et al., U.S. Navy and Marine Corps Hearing Conservation Program, 1995-1999: mean hearing thresholds for enlisted personnel by gender and age groups. Mil Med, 2002. 167(2): p. 132-5.
28. Pawlaczyk-Luszczynska, M., et al., Proposed criteria for assessing low frequency noise annoyance in occupational settings. Int J Occup Med Environ Health, 2006. 19(3): p. 185-97.
29. Bradley, J.S., Annoyance caused by constant-amplitude and amplitude- modulated sounds containing rumble. Noise Control Engineering Journal, 1994. 42(6): p. 203-208.
30. Schomer, P.D. and J.S. Bradley, A test of proposed revisions to room noise criteria curves. Noise Control Engineering Journal, 2000. 48(4): p. 124-129.
31. Ayr, U., E. Cirillo, and F. Martellotta, Further investigations of a new parameter to assess noise annoyance in air-conditioned buildings. Energy and Buildings, 2002. 34(8): p. 765-774.
32. Schomer, P.D., Proposed revisions to room noise criteria. Noise Control Engineering Journal, 2000. 48(3): p. 85-96.
33. Berglund, B., P. Hassmen, and R.F.S. Job, Sources and effects of low-frequency noise. The Journal of the

Acoustical Society of America, 1996. 99(5): p. 2985-3002.
34. Leventhall, G., A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003, Department for Environment, Food and Rural Affairs.: London.
35. Kjellberg, A., et al., Evaluation of frequency-weighted sound level measurements for prediction of low-frequency noise annoyance.Environment International, 1997. 23(4): p. 519-527.
36. Broner, N., A Simple Criterion for Low Frequency Noise Emission Assessment. Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control, 2010. 29(1): p. 1-13.
37. Broner, N. and H.G. Leventhall, A criterion for predicting the annoyance due to higher level, low frequency noise. Journal of Sound and Vibration, 1982. 84(3): p. 443-448.
38. Branco, N.A. and M. Alves-Pereira, Vibroacoustic disease. Noise Health, 2004. 6(23): p. 3-20.
39. Castelo Branco, N.A.A., J.R. Ferreira, and M. Alves-Pereira, Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research. Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition), 2007. 13(1): p. 129-135.
40. Matoba, T., et al., Increased left ventricular function as an adaptive response in vibration disease. The American Journal of Cardiology, 1983. 51(7): p. 1223-1226.

淺談 BIM 技術在施工安全之應用及相關職能開發

中華大學土木工程學系助理教授 / 徐增興
中華民國工業安全衛生協會工程師 / 陳婉甄

關鍵字：營建工程、施工安全、建築資訊模型、管理效能、職能架構

摘要

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM) 的導入，是近年來營建專案流程之重大變革，牽涉到工程的作業流程與生命週期資訊的管理，對跨專業整合與溝通介面管理等複雜的工作可收事半功倍之效。

BIM 的整合技術應用於安全衛生，提供從設計、施工到後續管理一致的資訊，有效解決傳統施工安全管理上所遇到的瓶頸。除了避免傳統二維圖說容易發生的圖面不一致、遺漏、衝突或錯誤問題外，還能應用正確的三維模型進行模擬，確認安全設施配置的完整性及可行性。

將營造產業職能架構展開，從中找出 BIM 關鍵職務及技術的缺口，把技術職能系統化發展，可有效提供產業發展所需的人才，同時也可將 BIM 的管理工具運用在營建工程規劃、設計、施工及查核各階段，避免因為規劃設計及施工的不當，造成許多不必要的工項，例如增加打除、拆除及人工搬運等重體力與高風險的勞動力。

透過職能架構展開，可提供不同層次的培訓；藉由技術職能導入的方式，可系統化培育 BIM 技術人才，提升產業施工安全衛生管理的效能，同時解決人才缺口及生產力不佳等的問題。

一、前言

施工安全問題一直是營建工程上重大的議題，由我國產業統計資料顯示，營造業勞動生產力幾乎沒有成長，近年來更有下降趨勢。相關文獻指出高重工率與高職災率是造成營造業生產力無法提升的重要原因 [1]。根

據勞動部公布職災給付統計，近幾年職災給付人次及職災給付千人率，雖然創下新低，但營造業仍繼續蟬連職災千人率最高的「職災大戶」。法規雖有制訂施工安全相關管理規範，但安全法規於專案中之落實並不周全。其中主要原因之一是專案執行過程中，安全管理仍利用二維圖面與紙本資訊進行溝通。不同領域的人員依靠平面圖說進行溝通，常因解讀的差異，產生施作錯誤，造成重工問題，加上工程專案日益繁雜，現行之施工安全管理模式已無法滿足施工安全規劃的需求。

營造業的技術發展長久以來均落後於製造業及科技業，未能有效提升 [2]；其主因在於營造業層層轉包的特性，加上技術工會的功能未能發揮，導致營建技術長久以來的粗糙化。而且營造業未能如同製造業與科技業，藉由大量引入資通訊技術，提升產能與良率，相較之下，營造業技術進步的速度明顯較其他產業緩慢。

因此，在施工安全衛生管理效能上，若能藉由 BIM 的技術優勢，掌握建築物施工時安全與衛生的各項資訊，將其運用於營建工程的安全衛生管理，同時透過勞動職能的規劃、人員素質的強化，適度地將 BIM 技術導入至產業，以 BIM 技術的高效能管理能力及高度發展潛力，對開發新興的勞動市場將帶來機會，亦可提升產業生產力，降低職業災害及保障工作者之安全。

二、文獻回顧

本節針對職能、BIM 發展趨勢、BIM 技術應用相關議題進行文獻回顧。

(一) 職能與應用

職能 (Competency) 指成功完成某項工作任務或為了提高個人與組織現在與未來績效所應具備的知識、技能、態度或其他特質等能力組合。「職能」一詞最早是由美國哈佛大學教授 Dr. McClelland 提出，其認為績效表現優良的工作者和績效表現一般的工作者最主要的差別，不在智力而在職能。而分析多位人力資源專家的研究後，可理解「職能」是一種以「能力」為發展的建構模式，是透過將高績效工作者所共同具有的職能因素歸納整理，即可找出此項工作之職能模式。換言之，職能是用以描述在執行某項工作時所需具備的關鍵能力，其目的在找出並確認哪些是導致工作上卓越績效所需的能力及行為表現，以協助組織或個人瞭解如何提升其工作績效，使組織在進行人力資源管理的各項功能與人員訓練發展實務時，能更切合實際需要。據此，就產業界所重視的職能而言，職能的建置必須具體反應企業的核心價值、願景、使命與短中長期的經營策略，也就是職能需要能夠反應出企業的專屬性 (company-specific)，例如常見特定企業發展出特定之職能模型；或者是企業常運用職能評鑑的結果，用以評估員工的高績效工作表現。

例如營造業針對重體力及粗工、臨時工等工種，可規劃職能養成訓練，使其成為「通用工」，能同時兼具營造業各主要作業之一般作業能力，及必要之安全衛生技能，不僅有利營造工地彈性運用，亦可提高該類勞工之就業安定與工作滿意度，有效降低職業災害的發生。另外在高風險作業方面，則可針對施工架及模板支撐作業之作業主管，提出整體工作職能與安衛職能之訓練規劃，進一

步結合營造業數位化的職能需求分析與規劃架構，以提出建築資訊模型 (BIM) 導入營造業相關人力的養成訓練規劃。

(二) BIM 發展趨勢

美國是 BIM 技術發源地及高度應用之國家，美國推動 BIM 發展現況，由建築資產管理機關與民間合作推廣應用 BIM 技術，主要的推動機構為半官方之美國國家建築科學研究院 (National Institute of Building Sciences，NIBS)，並發佈美國國家建築資訊建模標準 (National BIM Standard，NBIMS)。機構於 2015 年 7 月發布第三版 NBIMS-US (V3) [3]，NBIMS 的範圍包含 3 個主要部分：(1) 核心標準 (Core Standards)，如 ISO 標準、資訊交換標準等；(2) 技術文獻 (Technical Publications)，如參考流程、範例等；(3) 實施部署資源 (Deployment Resources)，如契約範本、最佳實務指南等。

行政院公共工程委員會在公共工程運用建築資訊建模 (BIM) 之推動中，亦針對國際工程產業未來的發展趨勢有以下幾項觀點 [4]：(1) 工程產業市場正迅速的全球化與商品化，歐美等國工程產業正計畫擴大其規模，而且有些已經開始開拓國際新興市場；(2) 商用建築類工程雖然仍占營造廠使用 BIM 比率的首位 (約 63%)，但是在非建築類的工程當中，BIM 使用率也逐漸提升；(3) 承包商預期未來 2 年與 BIM 有關的業務量將成長 50%。

在國內，內政部建築研究所鑑於 BIM 的發展趨勢，從民國 100 年即開始著手相關的研究計畫，包括 102 年「開放式建築創新應用科技計畫」中導入 BIM 技術相關的研究子題，104 年規劃以「政策投入輔導產業與培育人才」、「整合 BIM 研究與推動任務團隊」、「延伸深化應用於設施管理」及「開發本土應用」為方向 [5]，進行為期四年的「建築資訊整合分享與應用研發推廣計畫」。在工程界方面，民國 100 年底台北市政府捷運局，以發包之萬大線細部設計標，規定採用 BIM 技術，開啟公部門運用 BIM 技術的濫觴；新北市政府工務局更積極運用科技，在各區國民運動中心及市立圖書館的統包契約中，規定採用 BIM 技術；行政院公共工程委員會於 103 年 5 月成立「公共工程運用建築資訊建模推動平台」，加上新北市政府更在同年 6 月發出第一張以 BIM 模型審核通過的建照，並延續應用在設施管理維護及都市防災等方面，可見 BIM 專案在國內各地正循序漸進地推動中 [6]。

美、英、日、韓、星等各國政府也大力推動 BIM 的應用，例如英國政府要求 2016 年以後的公共工程導入 BIM、韓國於 2016 年將 BIM 導入至所有 500 億韓元以上公共設施中、新加坡政府要求於 2015 年起，所有 5000 平方米之公私建築必須使用 BIM 送審及興建。

(三) BIM 推展問題

由 BIM 推展面臨問題探討，BIM 在推展上仍存在政策法規和標準不完善、BIM 技術人才不足等幾大問題，阻礙 BIM 技術的應用 [7]。從相關報導，有部分 BIM 的業主、施工企業已開始應用，但多數的企業在 BIM 應用方面，有不同的成熟度，各分包商團隊、公司 (規劃、設計) 雖然擅長自己的核心專業，但在 BIM 的加值應用上仍相當侷限，例如工

程顧問公司設計出 BIM 模型，利害關係人卻不懂得利用 BIM；主要存在的問題除作業流程未改變外，如 BIM 的技術人才亦嚴重不足等，導致 BIM 的人才經常需一人支援各個工地。

(四) BIM 應用於安全衛生

以 BIM 技術進行施工安全上的管理，主要是在設計規劃階段，將施工安全的技術、工法納入考量，例如造型特殊、非弧即曲的建築物，其假設工程如施工架組搭設不易，此時可藉 BIM 模型先行設計施工架，在源頭進行施工可行性評估，做好工程風險上的管控。

對建物造型特殊複雜，能於施工前排除問題，有利於工進及安全的推展，藉由 3D 模型的輔助，施工廠商較易預先檢討出各施工介面的衝突。例如在專案執行過程中，不同工種、不同領域的人員，可依所建置的 BIM 模型，應用三維模型進行整合模擬，當工程施作時，可藉 3D 模型進行溝通，與工班討論施作的工法及工種進場時間的控管、人員人力調度的掌控。

值得一提的是，BIM 模型在安全衛生假設工程方面，可落實數量估算，尤其對必要安全衛生設施等項目的設置，更可確認安全設施配置的完整性。

(五) 職能課程發展與模式

國內職能基準推動以「產業創新條例」第 18 條中規定：「除法律另有規定外，各中央目的事業主管機關得依產業發展需要，訂定產業人才職能基準及核發能力鑑定證明並促進國際相互承認」，正式奠定法源的基礎。另外，「職業訓練法」立法目的為實施職業訓練，以培養國家建設技術人力，提高工作技能，促進國民就業，為有效統整各部會資源，該法在職業訓練服務資訊之協調與整合上；又第 4 條之 1 規定：中央主管機關應協調、整合各中央目的事業主管機關所定之職能基準、訓練課程、能力鑑定規範與辦理職業訓練等服務資訊，以推動國民就業所需之職業訓練及技能檢定。另「技術及職業教育法」第 5 條第 2 項規定：「中央目的事業主管機關應彙整所轄產業人才需求相關資料，並提供產業人才需求調查及推估報告，送中央主管機關」。

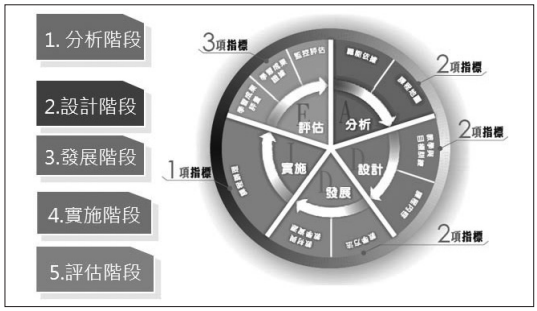


圖 1 ADDIE 教學設計模型

勞動部勞動力發展署為強化產業人才發展為進一步整合各中央目的事業主管機關因應產業需求開發之產業職能基準，建置 iCAP 職能發展應用平台 [8]，以利推動各項相關業務。iCAP 平台建立起協調溝通的管道，將職能推動作業之相關利害關係人，如中央目的事業主管機關、各目的事業相關公協會、培訓機構、使用者等做一整合，以加速整體推動及效益擴散，請參考圖 1 ADDIE 教學設計模型。

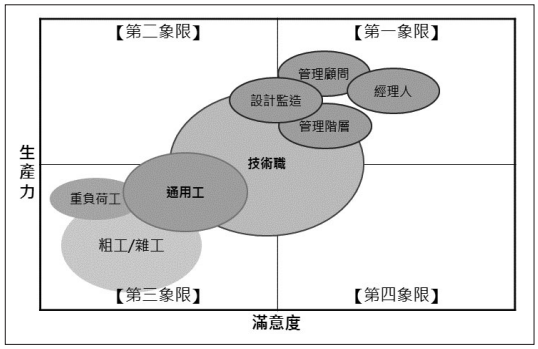


圖 2 營造業強化職能前後之生產力與滿意度分佈圖
參考來源：參考 [9] 自行繪製

三、BIM 職能架構模型

產業需要的職務類型及種類呈現多樣化，且專業及等級衡量標準亦不同，在相關安全衛生的推動上，也要以職能的概念，融入職務的架構。透過勞動職能的規劃、人員素質強化安全衛生職能化，適度地將 BIM 技術導入至產業，有助提升工作者安全意識，降低職業災害。

(一) 職能發展策略

在勞動職能的規劃，營造業建築資訊模型 (BIM) 導入對勞動力之提升 [9]，其中在勞動人力之發展上，提出三個層次如下說明。

1. 層次一：產業勞動人力主要階層與工種分佈在第三象限中兩個區塊 (重負荷工、粗工及雜工)，提升該區塊人員職能，使其具備各工項之能力晉升為通用工，生產力與滿意度皆提升。
2. 層次二：強化設計監造、管理階層、經理人及管理顧問等相關人員之職能，使其具有溝通協調及整合能力。強化職能後可使此四區塊之生產力與滿意度由原本在第二、三象限之中間位置移動至第一象限位置。
3. 層次三：增加統合性的新職種，即所謂技術管理人力或技術職，以有效運用數位管理工具整合並溝通相關人員。

以 BIM 目前發展的趨勢，若能針對設計監造、管理階層、經理人及管理顧問等四個區塊及技術職區塊之關鍵職務，導入數位管理工具運用於之施工安全衛生之技術管理，不僅提升生產力及解決工作滿意度低落問題，更增進企業整體競爭力。圖 2 為營造業強化職能前後之生產力與滿意度分佈圖。

(二) 職能架構概念

產業需要的職務類型及種類呈現多樣化，且專業及等級衡量標準亦不同。由營造產業職能架構地圖，其職能架構規劃的重點在職業 (務) 的完整性。依新進人員、技術職、管理職等不同職務由橫向面展開，同時藉由職能級別 [8] 做為職務應具備專業能力等級往縱向發展。

(三) 職能架構發展模式

從產業的需求發展 BIM 職能架構模式，由點、線、面、體說明如下 (表 1)。

1. 從「點」的概念，點出安全衛生相關的現況問題，將最具急迫且重要性的安衛「職務」優先發展職能課程。
2. 從「線」的概念，提出安全衛生「職能發展」方向，即從運用「BIM 技術」，建立職務需求曲線。
3. 從「面」的廣度，分析對 BIM 技術有需求的

表 1 BIM 職能架構模型定位及功能表

元素	定位	功能
點	關鍵點「BIM 工程師」做職能課程發展	點出現況安全衛生相關的問題，將具急迫且重要性的職務，優先發展職能課程
線	由趨勢掌握 BIM 技術之關鍵職務	提出「職能發展」方向，從運用「BIM 技術」，建立職務需求曲線
面	全面分析產業中具 BIM 技術之職務	橫縱向拉出 BIM 職務構面的完整性
體	以澳洲資歷架構為例，思考未來發展方向	個人資歷在產業中之對應關係

職務，納入 BIM 職能架構，可以清楚掌握到單位用人主要的缺口，屬長程用人規劃。

4. 從「體」的角度，即以一體多面構成一個三維空間，來探討『澳洲資歷架構』(Australia Qualifications Framework) 所形成的立體職能，從軌跡的移動來看，更可清楚掌握人員資歷及職能的對應關係。該階段僅提出做為職能架構後續發展之延續以求完整。

(四) BIM 職能架構建立

透過勞動職能的規劃，適度地將 BIM 技術導入至產業，並優先以需要高關注度管理之職務發展職能課程，有助提升工作者安全意識，降低職業災害。從上表 1 中說明 BIM 職能架構模型定位、功能之重要性，在建立職能架構各階段說明如下。

1. 階段一：將具急迫且重要性的職務「BIM 工程師」，優先做為職能課程的發展。

依據產業人才缺口大、職缺成長率高且舊有職務具有更新技能之需求、對產業發展具重要技術之職務、對提升安全衛生管理效能具關鍵影響之職務之原則，提出「BIM 工程師」職務，並優先發展職能課程。

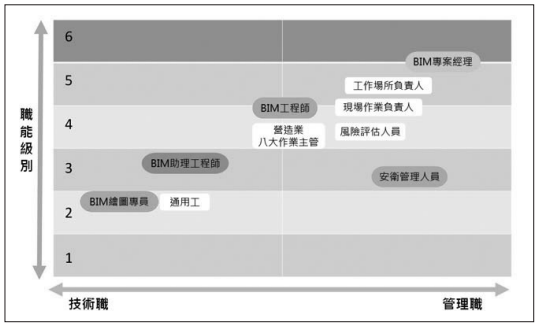


圖 3 BIM 職能架構模型示意圖

2. 階段二：提出 BIM 技術需求「關鍵職務」

由趨勢及產業對 BIM 技術職能需求中，掌握到包括「BIM 繪圖人員」、「BIM 助理工程師」、「職業安全衛生人員」、「BIM 工程師」及「BIM 專案經理」等五大具重要性之關鍵職務。

3. 階段三：繪製「BIM 職能架構模型」

職能架構中從點到線的移動中，五大關鍵職務在 BIM 技術職能的運用，對提升安全衛生及管理效能有其重要性；後續將應用 BIM 技術相關職務納入職能架構內，包括通用工、營造業八大作業主管、風險評估人員、現場作業負責人、工作場所負責人等各項職務，為依據法規及產業現有之相關定義職務名稱。體現出垂直縱向之專業深度，以及平行橫向發展技術職、管理職務之廣度，繪製 BIM 職能架構模型如圖 3。

「BIM 職能架構模型」之概念，以橫縱向說明 BIM 職務構面的重要性，唯圖 3 中僅

表 2 BIM 技術相關職務與能力表

職務類型	職務名稱	職務能力敘述
現有職務	BIM 繪圖人員	(1) 主要會使用建模軟體。 (2) 其他相關軟體如 Dynamo。
過渡職務	BIM 助理工程師	能應用 BIM 技術，協助工地主任完成管理、執行、檢核事項。
現有職務	職業安全衛生人員	應用 BIM 技術於安全衛生上。
現有職務	BIM 工程師	具備溝通、整合的能力
新增職務	BIM 專案經理	負責 BEP 的擬訂、管理、及執行

就 BIM 技術之現階段相關之職務建立於模型中，完整性仍不足，後續則可依產業發展趨勢，將現有職務、過渡職務、新增職務等類型增納於模型內容。

(五) BIM 職能擴充與新興職能

推動 BIM 技術的職能發展會出現新的專業角色，包括現有職務、過渡職務及新增職務等三類勞動人力之職務。

本小節就 BIM 職能架構之五大關鍵職務做分類，並就各項職務能力需求彙整說明如表 2。做為產業優先發展 BIM 職能課程之依據。

1. 現有職務，BIM 能力擴增

在「現有職務」中，主要在 BIM 技術能力之擴增補足，著重在應用 BIM 技術，參與工程活動的進行。現有職務具代表性關鍵職務以「BIM 繪圖專員」、「職業安全衛生人員」、「BIM 工程師」職務。

2. 過渡職務，輔助人力

短、中期屬階段性任務，在「過渡職務」具代表性以「BIM 助理工程師」為必要輔助之人員，主要工作任務於現場協助工地主任，進行一切有關 BIM 活動，利用 BIM 技術進行工程相關之管理。因此該職可依工地主任之能力，以 BIM 的技術輔助管理、執行、檢核上之運用。

3. 新增職務，本質專業

BIM 技術在「新增職務」主要側重 BIM 本質之專業技術，主導負責擬定、管理、及完成「BIM 執行計畫 (BEP)。具代表性以「BIM 專案經理」。主要工作任務及本質專業引用 BIM 專案經理 (BIM Manager) 定義 [5]：指一位或一組熟悉 BIM 技術，並有能力帶領整個專案團隊的成員，經業主授權，進行 BIM 流程和技術之導入、排解導入過渡期的抗力、執行相關策略等。在營建工程中為全生命週期，主導負責擬定、管理、及完成「BIM 執行計畫 (BEP)。

四、BIM 職能架構與技術職能導入

本節針對 BIM 技術職能在安全衛生應用的需求，以及 BIM 職能架構模型中，說明「BIM 工程師」職能課程規劃方向。

(一) BIM 技術職能需求

專案執行過程中，應用三維模型進行模擬，討論工法、進場時間、人力調度。在必要安全衛生設施的設置上，則可確認配置的完整性及可行性及法規的符合度。

有效運用 BIM 關鍵技術可以補足人員職能的缺口、降低職業災害。針對關鍵職務對 BIM 技術在安全衛生管理能力之職能分述如下。

1. 具備相關技術管理工具概念，如具備 Revit、Tekla 等技術管理工具，在建築、結構、機電、構造模型、鋼構、鋼筋配筋之概念。

2. 具備安全設施三度空間之識圖能力，以 3D 視覺化資訊模型操作，進行如管線設計與施工的檢討與溝通，以解決施作上相關問題，避免圖面錯誤的解讀。

3. 具備施工管理統合協調能力，不同工種間在進行施作時，能運用 BIM 改善溝通的品質。

4. 具備空間規劃能力，如相關作業內容、施工機具或人力配置作適當且有效之配置，以減少作業間之衝突。

5. 具備施工進度排程之概念，BIM 工具在做進度排程規劃時，對有效配置施工區域，達到空間最大效能及檢核模擬實際施工狀況，以避免施工錯誤拆除重建之後續問題。

6. 具備風險評估分析之概念，即BIM導入下，能夠以風險角度，針對施工時機不佳之狀況，事先進行施工順序模擬及安全確認。

7. 具備成本數量之估價預算之概念，以 BIM 工具進行面積與材料的成本估算，及施工預算總表及詳細表相關表單之整合概念。

8. 具備動態專案排程之能力，利用 BIM 工具規劃排程，做即時的回饋，使管理者確切掌握專案工程的進度與排程，降低和進度相關的風險。

9. 使用三維模型正確的對安全通道、上下設備、以及安全設施的配置進行模擬，確認設施配置的完整性及可行性。

(二) BIM 工程師職能課程發展

BIM 工程師職能課程發展目的，主要因應 BIM 發展的趨勢，以策略性補充產業人才職能的落差，培植具備有「BIM 技術」職能之人才，能夠運用 BIM 技術在安全衛生管理上。在能力擴增後，提升施工安全管理的效能，在人力缺口銜接上，可以補足整個營造工程產業 BIM 人力嚴重不足的窘況。

為了將 BIM 技術職能有系統導入產業現有職務中，以利於 BIM 流程的進行，課程發展採用 ADDIE 教學設計模型 [8]，即所謂分析 (Analysis)、設計 (Design)、發展 (Development)、實施 (Implementation)、評估 (Evaluation) 五大構面 (圖 1)，課程發展在各構面之重點及訴求簡要說明如下。

1. 分析 (Analysis)

此流程的任務在確認職能分析之依據，並依此規劃課程地圖。

國內 BIM 的專業人才終究嚴重不足，依據產業對 BIM 技術的需求性高，本研究彙整人才需求量 [11] 以及職務需求分析 [12][13] 顯示，產業在近年迫切需求職類之面向，包括「BIM 助理工程師」、「BIM 工程師」、「職業安全衛生人員」、「BIM 專案經理」「BIM 繪圖員」等五大關鍵職務，其中「BIM 工程師」為營建工程最缺乏的職缺，其職類能直接輔助產業轉型發展

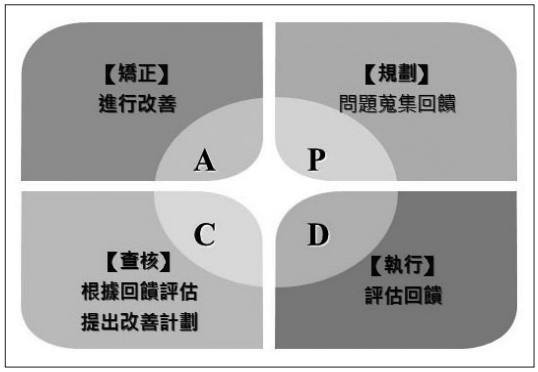


圖 4 課程監控流程圖

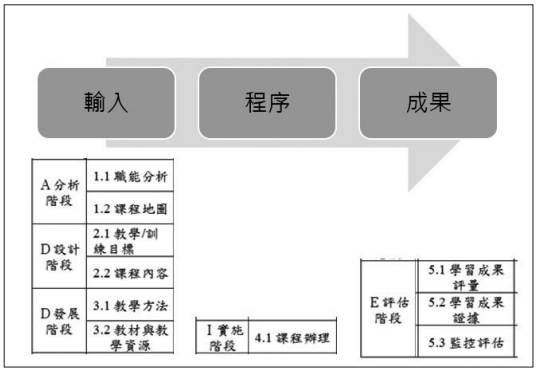


圖 5 課程監控機制模式

2. 設計 (Design)

設計階段主要是確認教學 / 訓練目標和課程單元內容。

職能課程設計由工程生命週期為主軸，從產業施工規劃至建物的完成，以BIM技術，進行相關協調管理工作，完成各階段工作項目 (任務)，並且將安全與衛生之職能內涵一併納入職能課程內。

3. 發展 (Development)

課程教學方法在發展階段，需考量增加學員實際的體驗，及 BIM 技術應用安全衛生職能及管理的成效，因此，教學方法的選擇及教材和教學資源等，可將實務上的實體與建模做結合。

4. 執行 (Implement)

於實際執行課程時，依課程內容執行的成效，均保存實際課程辦理之紀錄，以確保實施的教學品質。

5. 評估 (Evaluation)

評估流程的任務是評量學習成果，收集該學習成果之證據，並進行該課程之評估與修正。共分為以下三個步驟。

(1)評量學習成果

學習成果評量，主要確認符合教學 / 訓練目標、對象、內容與教學方法學習成果評量方式與程序，整個教學歷程應包含評量的實施，以確實瞭解學習者的學習進展和學習成果。

(2)蒐集學習成果證據

依據學習者於成果評量中所呈現的學習成果證據，訓練成果評估工具採用 D.L.Kirkpatrick(1959) 所提出的四層次評量模式：反應層次、學習層次、行為層次、成效層次，主要評估其符合職能行為指標之程度，以決定是否符合結訓條件及改善依據。

(3)監控評估與回饋

監控機制與回饋方法確保課程實施與學習成效，以持續改善。

課程監控流程如圖 4，依所實施訓練班別做該課程之實務學習課程，均要求每位學員做建模、出圖與比對。課後實施學習成效之問卷調查。後續運用 I-P-O 模式來說明 ADDIE 各階段的監控機制 (圖 5)。依實施之結果，作為課程持續的改善及策略調整之依據。

五、結論

營造工程結合 BIM 技術為產業發展趨勢，以 BIM 技術職能導入產業，有助提升人員素質，強化安全衛生技術職能，降低職業災害，保障工作者的安全，而強化人員的專業能力為首要。首先，在策略上從長期產業發展趨勢，進行全面性分析人力需求量及職業 (類 / 務) 需求，從職能架構的整體，橫縱向拉出職務構面的完整性；在中程對產業趨勢具重要性技術的掌握，確認那些關鍵職務，能為產業提升的效能，進行規劃並導入技術職能課程。於短期對具影響力生且急迫性之職業 (類 / 務) 優先發展職能課程。

藉此確保 BIM 技術人才的有效運用，以職能培養人才並引導產業培育人才，促進整體產業的進步。

參考文獻

1. 勞動部勞動及職業安全與衛生研究所，「營造業作業勞工職能符合度調查與研究，結案報告」，台北 (2016)。
2. 林柏君，「我國營造業之發展現況與趨勢」經濟前瞻，第 174 期，第 127-130 頁 (2017)。
3. 美國國家建築資訊建模標準，https://www.nationalbimstandard.org/，2018/04/10 瀏覽。
4. 行政院公共工程委員會，https://www.pcc.gov.tw/cp.aspx?n=7CFAE4DF8A121AB5，2018/05/11 瀏覽。
5. 中華民國內政部建築研究所，https://www.abri.gov.tw/tw/index，2018/05/11 瀏覽。
6. 何明錦、劉青峰，「借鏡國際作法、構思台灣 BIM 策略」，中國工程師學會工程雙月刊，第 87 卷，第 5 期 (2014)。
7. 邱垂德等，「我國 BIM 協同作業指南之研訂—設計與施工階段資訊交換」，內政部建築研究所委託研究報告 (2015)。
8. 勞動部勞動力發展署，iCAP 職能發展應用平台，https://icap.wda.gov.tw/Resources/resources_Class_List.aspx。
9. 勞動部勞動及職業安全與衛生研究所，「營造業建築資訊模型 (BIM) 導入對勞動力提升之研究」勞動及職業安全衛生簡訊，第 8-10 頁 (2016)。
10. 台經院產經資料庫，我國營造業之現況與展望，105 年 1 月。
11. 內政部營建署，營造業經濟概況調查報告 (2015)。
12. 教育部，大專校院就業職能平台，https://ucan.moe.edu.tw/Account/Login.aspx，2018/02/17 瀏覽。
13. https://www.104.com.tw2018/01/01~2018/04/30 瀏覽。

化學品風險管理與評估方法與運用

瀚博工礦衛生技師事務所所長 / 張文棋

關鍵字：化學品管理、風險管理、化學品運用管理、化學品分級管理

摘要

化學品的使用已經是現在人生活的一部分了，從生活上的民生用品 (清潔劑、芳香劑、建材、食品添加劑) 到生產製程用的特殊化學品，與其說化學品可以說是無所不在的一個東西也不為過，而在職業安全衛生管理上，化學品的管理也是越來越嚴苛，從早期的有機溶劑中毒預防規則、特定化學物質預防規則等等的法規，到現今以有危害物質分級管理辦法，所以對於職業安全衛生人員是一個很重要的管理關鍵作業，並佔有一個很重要的角色與地位，無論是製程的安全評估、職業衛生的管理等等都是一個很重要的運用。

而現今的職業安全衛生人員在工廠的人數少，化學品項目多的狀況下，通常大多淪為執行法規項目，並未針對整體性的管理管控進行風險管理的思維檢討，所以該如何從裡面找到重要關鍵化學品的管理方法，與該如何有效的運用這些資訊，本文將以風險為基礎，透過風險管理的方法，對化學品的管理架構進行說明。

一、前言

近年來食安問題、公共安全、工業安全事件頻繁，食安問題從 2008 年中國大陸的「三聚氰胺事件」、2011 年台灣的「塑化劑事件」、2014 年有台灣「劣質油品事件」與「高雄氣爆事故」、2015 年有「八仙樂園派對粉塵燃燒事故」、「天津港危化品倉庫爆炸事故」、「晶元光電竹科廠火災」、2017 年「昇陽光電火災」，而最近 2018 年 4 月 28 號平鎮敬鵬工業股份有限公司大火，這些意外事故的發生或處理救災的當下都可能與化學品有關，而這些案例裡面都有人員受到健康上的危害 (包含死亡)。

然而台灣針對化學品的管理法規並非只有職業安全衛生法而已，依照不同的性質，管轄的單位與法規均有所不同，環境保護署有管轄毒化物的毒性化學品管理辦法、消防署有針對可燃性物質有公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法、交通部亦有道路交通安全規則…等等的法規，我們再回頭思考這些法規中所管理的事項都只是針對不同的應用進行管制而已，所以如果只是遵守法規，可能會造成有盲點的發生，因此更要反思化學品的管理到底該如何管理。

隨著科技時代的進步，化學品的運用會越來越廣，而身處於製造、使用這些化學品的工廠中，擔任職業安全衛生人員更應該要將化學品進行風險管理、評估並利用專業知識進行必要的運用。

這次就透過風險管理的理論架構來說明化學品的管理上應該要注意要的東西。

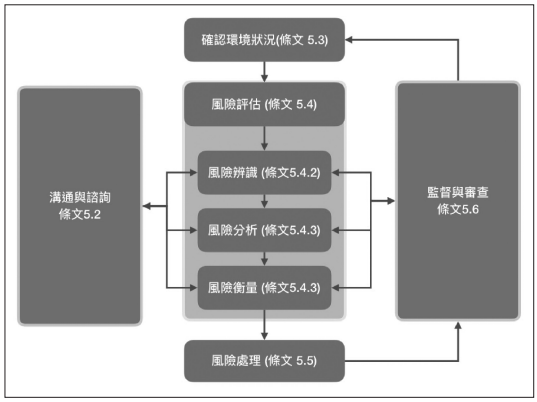


圖 1 風險管理程序 (來源 ISO 31000 2009 年版)

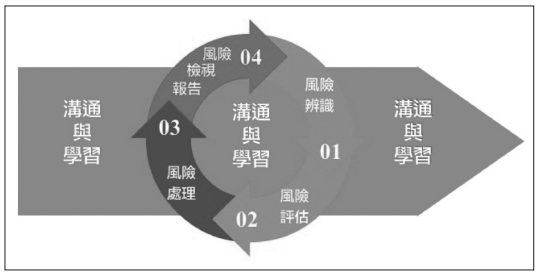


圖 2 風險管理程序 (來源英國橘皮書 2004 年版)

二、文獻回顧

本節針對風險管理相關議題進行文獻回顧。

(一) ISO31000 風險管理

ISO31000 是國際標準化組織和國際電工委員會於 2009 年 11 月聯 合出版《ISO/IEC 31000:2009 風險管理—原則和 指引》，為機構提供有效及有系統地控制和管理風險的方法 [1]，管理架構如圖 1 所示。

在 ISO31000 裡第五章所述執行風險管理的方法為確認環境狀況 (5.3)、風險評估 (5.4) (風險辨識 (5.4.2)、風險分析 (5.4.3)、風險衡量 (5.4.4))、風險處理 (5.5)，而整體過程都需要做監督與審查 (5.6)，溝通與諮詢 (5.2)，其流程為圖 1。

(二) 英國風險管理

在英國政府發行的橘皮書，是為風險管理的準則與概念的指引，橘皮書的資料中提及評估風險的方法為風險辨識、風險評估、風險處理、檢視與報告風險並隨時進行溝通與學習 [2]，其流程如圖 2。

(三) 專案管理協會 - 風險管理

美國專案管理協會針對風險也提及風險

管理的方法，分別為規劃風險管理、辨識風險、定性風險分析、定量風險分析、規劃風險回應、實施風險回應、監視風險 [3][4]。

由上前述的幾個風險管理的方式蒐集後，我們可以知道風險管理方式大都為辨識風險、風險評估分析 (定性與定量)、風險對應處理，最後是監控風險，所以化學品管理亦可依照這樣的架構進行管理，接下來就依照前述之方式進行化學品風險管理的說明。

三、化學品辨識與資料收集

化學品的辨識，需蒐集與辨識工廠內的所有與化學品可能有關的項目，內容如下說明：

(一) 化學品的本質：

不管是新化學品或者是既有化學品可能會有新事證的更新，所以都必須要定期的去檢視化學品物質本身的資料有無新的事證或發現，以利即時更新

在台灣最有名的化學品應該是氫氧化四甲銨，在韓國與台灣總共發生的 17 起意外事故 [5] 之後，有部分供應商的安全資料表 (SDS) 第四大項：急救措施會寫上應該敵腐靈清洗接觸部位等字眼 [6]，部分公司沒有，這些都是要注意的事項。

此外還有一件特別需要關注的事情就是各國法規的變更，這代表有一定程度的變化，所以也是需要關注，以 TMAH 而言，在日本是屬於毒物作為管理，但台灣僅只是特定化學物質。

化學品本質問題需要關注的資料如下：

1. 化學品的物理特性

物理特性會影響到製程的設計，包含是否會自燃、常溫下的三態狀態、閃火點…等等，都跟製程的操作設計有關係。

例如：常溫下是半固態的物質，但製程需要用純液態的方式才能進入生產時，就需要特別注意製程需不需要整合加熱器、製程加熱時間、加熱方式、加熱的損耗、如果該物質有易燃性是否需要使用其他的物品等等的考量。

2. 化學品的化學特性

化學特性通常要注意相容性的問題，但是需要再另外提及一件事情，即與製程的反應條件下會產生的物質有關。

現在很多的半導體、發光二極體 (LED)、太陽能製程，都是使用化學製程，製程中產生的中間產物、製程反應存留的物質這些都是要做後續對應的處理

舉個 LED 磊晶的問題，製程透過化學品的反應後會產生黃磷的殘留問題，進而在機台上與設備上都有黃磷的殘留，所以當機台保養時只要一開蓋就可能會有燃燒的問題！這就是需要去管控的狀況，並做好標準作業程序。

3. 化學品的毒理特性

化學品的毒理特性除了看 SDS 的資料以及詢問原製造商以外，大家要試著去看一下，國外的化學品資料庫的資料 (比如歐洲化學局、HSDA、NIOSH、US EPA)，可以幫助大家收集到更多的資料。

(二) 法規資料：

台灣法規資料真的很多管的範圍又多又雜，可能同一個化學品有不同的法規管制，再加上客戶端來的要求規範也有所不同，因此更需要在法規的部分製作屬於自己公司的化學品法規管制對應表，才會方便管理。所以我將這些法規已類別區分為通用性法規、公司行業別法規、生產相關屬性法規這三類。

但是還有一種是國際性公約的部份就不列在這邊，這次所提的是針對台灣國內相關的部份說明：

1. 通用性法規

通常是指一般都必須要遵守的法規，比如職業安全衛生法相關、環境保護相關法規、消防相關法規、工廠法相關法規、貿易相關法規、交通運輸相關法規。

在這邊特別提出來一個是貿易相關法規，這是比較少會碰到的部份，法規名稱是戰略性高科技貨品輸出入管理辦法，如果有輸出輸入的部份就需要多注意這一方面的管理措施。

2. 公司行業別法規

這部份是指工廠以外的特殊性質的法規，大部分都是跟民生醫療有關的，包含農藥、食品業 (化學品添加藥劑)、藥品藥材的部份，這些都有額外的法規規範，如果從事項目是有關連的就必須要額外針對這些法規進行管理。

3. 生產相關屬性的法規

這部分分為原料跟產品，通常原料都是指可以被利用在惡意性質的物質，比如可以作為毒品的前驅物，而產品是指被選定的生產之後的流向管理。

(三) 工廠環境狀態：

職業安全衛生人員應去建立與蒐集廠區內所有的環境控制的機台特性 (包含排氣與環保設備…等)，並應該去理解環境控制的條件、成因以及現場環境的受限因素，這樣才有助於去理解作業環境下，化學品可能去辨識蓄積與排除的可能狀況。

各項的生產設備的操作條件都可能會影響到化學物質的三態 (氣態、液態、固態)，由於每一個化學物質相態都會影響到對人體暴露的影響，所以這需要了解每個機台的操作條件，還有共同使用的化學物質甚至於化學物質供料的順序，還有異常處理的流程，這都會影響到可能性的危害，這些都需要辨識出來。

接下來分別為化學品的使用狀態與控制措施進行說明。

1. 化學品的使用狀態

不同的化學品在不同的使用狀態，就會有不一樣的對應措施，因此大致上可以分為使用量、使用地點、使用的溫度、使用的時間 (時機)、使用地點，而在工廠端的職業安全衛生人員，可以透過生產流程這部份來確認生產的狀態，通常而言每個工廠大多會有製程流程方塊圖或者是 QC 工程圖，透過這些流程圖可以每個細塊再切開來審視，這樣可以更清楚化學品在製程上的狀態。

2. 控制措施

控制措施大部分都會跟法規有關連，因此可以區分為機台設備的安全控制、環境控制因素、緊急控制因素、人員保護措施。

(1)機台設備的安全控制

每一個機台內都會有自己安全管制措施，通常分為硬體面跟軟體面，硬體面通常都是會設計成防呆裝置，或是互鎖裝置。

由軟體面來查看，這部份的對應措施通常都是透過程式的互鎖流程上的管理，或者是介面工程的管制。

而這些因素都會考量到化學品的本質問題去進行設計，去避免有任何的意外事故發生，所以反向的操作也可以大致上理解化學品機台的危害特性。

(2)環境控制因素

這部份可以分為兩個，分別為作業現場的工作環境 (偏職業安全衛生) 跟外部環境的排放減污工程 (偏環境保護)。

現場工作環境通常會有關連的是現場的通風換氣設備的控制，溫濕度管理的問題，最重要的是要讓人的暴露低於個人暴露現值 (PEL) 以下，而會考慮的部分是因為跟使用狀況和化學品的本質有關，通常而言會參照法令的規範，比如勞工作業場所容許暴露標準。

外部排放的部份要考慮化學的環境污染的問題，這部份可以參考安全資料表中第十二項的生態資料和第十三項廢棄處置方法，相對的就是排放量的推出與環保設備處理效率的檢討，甚至於有時候也必須考量到排放點的問題，比如高聚集區 (集合住宅) 或高敏感族群 (幼稚園) 等等都需要配合環境條件進行排放點相關的調整。

(3)緊急控制因素

這部份最低的要求與指引都是法規，從消防的設備規劃、防火區劃、工作場所有關的職業安全衛生法管制的必要措施 (搶救設備、急救器材等等)、環保法令相關的緊急處置措施，這些都是緊急控制因素。

另外如果在建廠初期的話，逃生動線跟緊急防範、化學品宣泄的路線、緊急集合地點甚至於風向器最好可以事先規劃，最好可以規劃災害緩衝區，這樣對後續的處理跟救災可以節省很多時間！

(4)人員保護措施

人員保護措施並非是指人員的緊急應變設備或是防護具而已，還有一些硬體的保護措施，比如正負壓設計。逃生的正壓設計或者是污染區的負壓或是相對負壓設計等等，都是避免人員接受到化學品暴露的方法。

(四) 勞工相關：

作業勞工基本上是屬於一個受體的角色，而每個受體的反應敏感度都不同，舉個例子而言：青壯年的呼吸頻率與力道與老年人就有明顯的不同了，所以單就作業勞工的需要，基本上就應該要調查以下資訊：

1. 年齡層；
2. 工作年資 (包含以前的相同經驗，目前從事該項作業的資歷)；

3. 疾病史：理解有無遺傳性疾病或者特殊疾病、手術經驗；
4. 健康狀態：平均身高與體重、抽煙、檳榔、喝酒等對身體有特殊影響的嗜好；
5. 防護具：防護具配戴的習慣 (正確配戴與有無使用等等)；
6. 工時：要確認每日的工作時間與暴露時間，乃至於到每週的工作頻率或型態；
7. 員工抱怨：可能為身體不是的前兆。

除了上述的調查以外，還需要進行各類化學品勞工接觸人數、特定毒性的標的器官、防護具的使用規範等調查。

1. 各類化學品勞工接觸人數

依照化學品的使用狀態跟可能接觸的人員的人數進行交叉性的比對人數，知道人數或是可能的人數後，可以推估未來的健康檢查費用跟防護具需求量。

2. 特定毒性的標的器官

依照化學品的毒理特性，先把這些可能的標的器官登載出來，未來在做相對應的健康檢查以及分析、人員的篩選 (含異動)、健康促進等等都比較好進行。

再者，針對特殊化學品對女性或童工有危害的部份，也是要注意。

3. 防護具的使用規範

防護具應該要思考整體化學品的暴露量、防護具的吸收量、作業特性以及配戴習慣等等因素，選擇適當的防護具，以及考量更換頻率與使用壽命。

當然，最好的處理方式是透過計算後再驗證，逐步的修正防護具的設備與使用規範。

而化學品還可以由安全資料表 (SDS)、作業環境監測結果的資料中擷取一些所需的資料，並進行現有各項物質的相容性危害、物質毒性、與人接觸的方式、人體的反應、特殊狀況的危害、貯存注意事項、嗅味閾值、火災爆炸的可能性，彙整後把使用的注意事項與生產作業流程 (特別需要注意接觸化學物質的期間)、使用方法共同整合討論，包括現場人員衣物有無殘留化學物質的氣味、顆粒等等，還有相關的歷史資料：如先前現場的危害濃度，他場同一化學物質事故案例等。

透過上述所蒐集到的資料進行交叉性的比對與彙整並決定公司風險等級的區分後，進而可以製作出一份初步的化學物質危害清單，亦為勞動部所說的危害清單，相對而言這就是風險管理的第一步，簡稱為化學品初步危害辨識清單，這份清單內應包含但不限於，作業流程、作業特性、作業機台、化學物質特性 (毒性、用量…等等)、暴露頻率與時間、人員特性 (可以區分為年資、健康…等等)、環境特性、控制特性等資訊。

四、化學品的風險評估

化學品的風險評估可以分為定性與定量，而現今台灣最常聽見的就是化學品分級管理 (Chemical Control Banding，CCB)，其中就包含到定量跟定性的部份，而台灣俗稱的半定量在文章內都是歸類於定性風險評估。

(一) 化學品定性風險分析

在台灣有危害性化學品評估及分級管理技術指引 [7]，其中附件三具有健康危害之化學品分級管理工具選用參考，其工具包含如下：

1. 我國化學品分級管理工具 (參考國際勞工組織發展之管理工具：Chemical Control Banding Toolkit) (https://ccb.osha.gov.tw/content/info/UnderstandingCCB.aspx)

2. 英國物質健康危害控制要點 (Control of Substances Hazardous to Health Essentials, COSHH Essentials) (http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/coshh-tool.htm)

3. 德國工作場所危害物質管控計劃 (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe, EMKG) (http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EM KG/Software.html)。

4. 荷蘭物質管理線上工具 (Stoffenmanager) (https://stoffenmanager.nl/)

5. 新加坡人力部職業衛生局所研擬之 (A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals) (https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/A%20Semiquantitative%20Method%20to%20Assess%20Occupational%20Exposure%20to%20Harmful%20Che.pdf)

6. 日本「有害物質之危害指針」(http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/roudou/an-eihou/dl/ka060320001b.pdf)。

7. 美國 NIOSH「Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB)」(http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-152/)

8. 其他等同科學基礎之評估及管理方法。

前述這些工具都是可供參考，而台灣政府亦於網站 (註 1) 上提供了線上分級的服務，可線上執行定性分析的工具，而值得注意的是 H 點：其他等同科學基礎之評估及管理方法，這意謂著可以依照相同的基礎進行相關工廠的調適與分析評估。

此外這是針對化學品本質的分析而言，同樣的生產製程亦有類似的評估方式，我們可以由勞動部職業安全衛生署發佈之製程安全評估定期實施辦法中第五條有的評估方式，看到如果 - 結果分析、如果 - 結果分析／檢核表、危害及可操作性分析，這都是定性模式的一個方法，另外焦巍等四人 (2009 年) [8] 也有針對化工廠常見的評估方式進行討論 (如表 1 所示)，其方式大多為定性的模式。

這些評估方式大多是採用重要的指標進行分等區分的模式，針對各項指標做各項比重的比較，最終發展出一個定性的風險評估，通常都會配合風險矩陣或者是分數排序進行風險嚴重度的排序，這也是定性分析的特點與方式。

表 1 本質安全方法比較表 [8]

英文名稱	適用範圍	評估範圍
Dow F&S Index, Mond Index	概念設計、細部及之後的階段	物質危害
Prototype Inherent Safety Index, PIIS	概念設計階段	物質、過程危害
Inherent Safety Index, ISI	概念設計階段	物質、反應、過程、結構危害
Fuzzy Based Inherent Safety Index	概念設計階段	物質、反應、過程、結構危害
Integrated Inherent Safety Index, I2SI	整個生命週期	物質危害、控制系統、本質安全應用程度
Environment, Health & Safety, ESH	概念設計階段	安全、環境、健康危害
i-safety	概念設計階段	物質、反應、過程、結構危害
graphical method	概念設計階段	物質、過程危害
Inherent Benign-ness Indicator,IBI	概念設計階段	物質、反應、過程、結構危害

定性分析好處是可以透過簡單的區分快速篩選出各項嚴重度等級，但是相對的為了避免安全性不足，所以通常都會有安全係數的考量，因此也很容易造成嚴重度被放大的可能性，為此吾人建議可參照 PMBOK 6th 在定性風險管理中資料分析上應該要注意的幾件事情，降低風險誤判的可能。

1. 風險資料的品質評量，對於風險相關資料的準確度跟可靠度進行評估，並判斷這些資料是否能作為定性風險分析的基礎。
2. 風險機率與衝擊評量時，應注意利害關係人對於機率與衝擊等級間的認知差異預期可見。
3. 仍應要探討存在的差異 [1]，其他風險參數的評量，除了既定理論的風險項目，應可再考慮化學性風險的其他特性作為評估項目之一。

因此在化學品定性分析的部份，除了參照政府的指引以外，尚可利用原有理論基礎的方法，再針對各家公司的特性進行調適。

(二) 化學品定量風險分析

定量風險評估並不是一定需要執行項目，但就如同定性風險分析所說的，因為定性風險分析很容易有放大的可能，所以如果在定性風險分析上，有單一物質有過高的可能性的時候，建議可以進行定量風險分析確認可能性的狀況。

化學品定量風險分析針對現場暴露量，可以依照危害性化學品評估及分級管理技術指引 [7] 附件四 - 定量暴露評估推估模式 [9] 所提及的模式如下。

1. 作業場所無通風推估模式 (Zero Ventilation Model)；
2. 飽和蒸氣壓模式 (Saturation Vapor Pressure Model)；
3. 暴露空間模式 (Box Models)；
4. 完全混合模式 (Well-mixed Room Model)；
5. 二暴露區模式 (Two-Zone Model)；
6. 渦流擴散模式 (Turbulent Eddy diffusion model)；

7. 統計推估模式 (Statistical models)：蒙地卡羅模擬分析，貝氏定理；
8. 其他具有相同效力或可有效推估勞工暴露之推估模式。

針對製程的定量風險評估，可以依照法規 - 製程安全評估定期實施辦法規定中故障樹分析方法進行評估。

但現今因為科技技術的提昇與電腦的普及化，在台灣的網站有提供網路線上的定量推估模式，美國工業衛生學會 (AIHA, American Industrial Hygiene Association) 也有提供 EXCEL 檔案 (註 2) 供職業衛生師於執行作業時使用。此外，也有針對不同特性的定量風險分析套裝化軟體，比如 ALOHA(註 3)、SAFETI (註 4) 等等，都可以用來進行相關的定性風險評估。

針對定量風險評估的部份必須考慮不穩定性的問題，所以可以採用模擬的方式，或進行敏感性分析 (譬如龍捲風圖)，才進行相關的評估，減少一些不確定性因子的影響，讓定量的結果可以更貼近於化學品的實際狀態。

(三) 化學品風險評估小結

針對化學品的風險評估完成後，應該會產出公司內化學品的風險評估等級，也是職業安全衛生人員所說的化學品分級管理表。另針對健康或者是機台風險也可以同時進行定量與定性的評估。吾人認為可以在定性風險分析中找到比較高風險的物質進行定量分析，或亦者針對公司進行整體性的定量風險評估，可以作為公司的投資決策。

最後所有的化學品都進行分級之後，建議可以製作化學品的風險管理地圖，可以透過平面圖將化學品的存量與風險用圖示化呈現，可以有效做到溝通以及日後的搶救對應。

五、化學品的風險處置

化學品風險評估完成後，應該是要針對高危害與高風險的化學品實施對應的處置方式，針對國際勞工組織發展之化學品管理工具 (Chemical Control Banding Toolkit) 後方的附表為相關等級的對應處理措施，不失為一個良好的對應方式。然本文提供另外一個思考邏輯，建議危害等級的採用可遵循下列五種策略 [3]：

(一) 呈報：潛在的風險等級已超過公司可以忍受之範圍時，先提報給公司高階經營層進行判斷，雖然在化學品分級管理表有呈現，但工安人員已無法對此問題進行有效的控制與監督，故轉由高階經營層進行監控。

(二) 規避：在化學品管理上面可以採用低毒性、無毒性、非燃性物質進行本質性的取代，或者是儲存的空間為不可燃等方式。

(三) 轉移：將高危害的化學品作業轉由外包業者處理或者是採用增加保險的方式進行對應，以確保當有人員有職業病或者是災害時，在財務面的損失可以減少。

(四) 減輕：其作法例如設備保養、防護具配戴等等的方式。

(五) 承擔：面對該化學性的危害不進行任何的處置，通常都是針對無毒性或非可燃性的物質的對應方式。

而當化學品的風險分級與處置完成之後，還要特別注意處置的部份需要有管理者與危害發生觸發點的掌握，避免化學品風險等級有改變的時候忘記變更，造成更嚴重的問題，該部分通常都會結合自動檢查的方式進行狀況的掌握。

六、化學品的風險監控

當化學品進行風險評估之後，我們必須隨時的去確認現場的化學品是否與我們風險評估的狀態相同，所以可以利用作業環境監控的量測去判別現場環境的控制狀況是否良好，而監控的方式可以透過人員的採樣、設置即時監控量測設備、手持式檢知管都是可行的方法。

此外，針對化學品的受體為作業勞工，所以我們可以針對勞工的健康檢查結果進行比較分析，我們可以使用作業環境監測暴露群組的概念進行檢康檢查結果的分析，而分析的標的器官可以參照職業安全衛生署網站的職業病認定參考指引 (註 3) 進行篩選。

健康檢查數據分析手法，可以採用個人歷年惡化狀況，不同暴露群組差異狀況，前後兩年相同群組惡化狀況，進行檢視人員有無惡化以及化學品對健康潛在的問題發生。

而監控還要注意變更管理，當有任何製程作業變更都要思考化學品對於這次的變更會有什麼樣的影響，並重新再進行一次的評估，除此之外，外部的變更如法規、化學品的新事證、同業案例都必須蒐集納入監控的進行是否要作為變更管理範疇。

最後針對監控所得來的資料，建議一定要回報與更新給相關的利害關係人員進行對應。

五、結論

化學品管理並非只是針對製程或是人員健康而已，應該是要全面性的考量，但是在很多的情況下，職業安全衛生人員的人力可能無法負荷全部的安全管理，所以，以風險的概念進行管理不失為一個好的策略模式，並且透過化學品的風險管理表以及化學品風險地圖，可以讓化學品更加明確管理方向，以及後續應該要執行與運用的方向，並期許管理與改善可以更上一層樓。

而當化學品管理良好的時候，工廠化學性的風險就可以被大幅的降低，無論是火災財損、人員病假、職業病的支出等等，期許未來化學品管理可以更加多元化，人員可以安全的使用化學品。

註 1：台灣化學品評估分級管理網站
https://ccb.osha.gov.tw/content/evaluation/Evaluation.aspx#con

註 2：美國工業衛生學會 AIHA 所提供的 IH Apps / Tools 網站
https://www.aiha.org/publications-and-resources/TopicsofInterest/Pages/Tools-and-Apps.aspx

註 3：ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) 是由美國環境保護署 (Environmental Protection Agency, EPA) 和美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 所共同開發之洩漏後果分析軟體。

註 4：SAFETI (Suite for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impacts) 為立恩威國際驗證股份有限公司開發之定量風險評估軟體，可運用於戰略規劃、設施選址和佈局、庫存管理、安全案例準備、風險管理、監管合規、運營改進和優化、化學品運送。

註 5：職業安全衛生署職業病認定參考指引網站 https://www.osha.gov.tw/1106/1176/1185/1190/

參考文獻

1. 倪國夫博士、香港品質保證局技術總監，「ISO/IEC 31000 – A Systematic Approach to Risk Management 系統化的風險管理」，管略，第 40 期，2011，4 月。
2. HM Treasury，「The Orange Book Management of Risk - Principles and Concepts」，HM Treasury 出版，2004，10 月。
3. PMI 美國專案管理協會，社團法人國際專案管理學會台灣分會譯，「專案管理知識體系指南 (PMBOK Guide)- 繁體中文第六版」，社團法人國際專案管理學會台灣分會，2018，3 月。
4. Project Management Institute, Inc.，「INTRODUCTION TO PROJECT RISK MANAGEMENT PROCESSES」，2009 年。
5. 吳政龍、郭浩然、蘇世斌著，「低濃度 TMAH 也會致命」，勞工安全衛生簡訊第 121 期，2003，10 月。
6. 三福化工股份有限公司，氫氧化四甲基銨安全資料表，Rev. 9, pp. 2, 2018, 4 月。
7. 勞動部職業安全衛生署、吳承芬譯，「危害性化學品評估及分級管理技術指引」，勞動部勞職授字第 10402003261 號公告，2015 年，12 月。
8. 焦巍、李忠杰、夏力、項曙光，「化工過程本質安全評價指標的研究進展」，計算機與應用化學，Vol.26 No.8，2009 年，8 月。
9. Charles B. Keil (EDT); Chaterine E. Simmons (EDT)，「Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals, 2nd edition」，AIHA 出 版，2009 年，1 月。

獨立驗證與認證 (IV&V) 如何結合獨立安全評估 (ISA) 作業說明—以新北市捷運車輛系統為例

新北市政府捷運工程局副總工程司 / 林逸羣
新北市政府捷運工程局工程員 / 林仁國
台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司軌道事業部副總經理 / 詹家維
新加坡商雷卡多有限公司台灣分公司台灣區經理 / 田若農

關鍵字：獨立驗證與認證、獨立安全評估、車輛系統

摘要

為提升軌道系統之品質與安全，我國於民國 99 年訂定之大眾捷運系統履勘作業要點第三條規定，捷運工程在進行初勘前應提出整體系統之獨立驗證與認證報告。惟考量現行捷運系統之建設期程，如何在既定規劃的時程內持續地評估系統設計、製造、測試等階段是否滿足安全與保安準則，確保功能與規格的符合性，及確認通車營運路段的系統營運安全無虞就變得至關重要。

國內各縣市考量機關自身之人力與能力，於辦理相關捷運建設已逐步朝向委由專管顧問、監造顧問及獨立驗證與認證顧問 (IV&V, Independent Verification and Validation) 辦理工程之設計審查、監造及驗證工作，其作業模式與台北市政府捷運工程局自行審查、監造方式不同，因此新北市政府為滿足該專案管理特性的需求，特別建立將審查制度標準化並結合符合國際趨勢之獨立安全評估 (ISA, Independent Safety Assessment) 之作業方式，有效縮短設計審查及後續相關驗證所需之時程。

本文將說明如何採用前述分層負責及標準化之作業方式，並以車輛系統為例，在確保車輛生產製造與測試之驗證能於規劃期程內完成，同時滿足契約要求之功能需求、品質及行駛安全，並彙整該作業執行經驗供相關軌道建設工程參考。

一、前言

根據新北市政府捷運工程局的規劃，是由專管顧問確認業主需求書所規定之功能規範，審查設計文件是否滿足契約相關規定，並須獲得獨立驗證與認證顧問 (IV&V) 之驗證，監造顧問從期中細部設計文件即介入審查與施工相關內容，使製造、安裝等需求於設計時一併納入考量，並於製造、安裝階段執行監造作業，最後藉由獨立驗證與認證顧問 (IV&V) 驗證整體系統於整合後成果滿足契約之功能、品質與安全之規定。

但在執行的過程中，如何避免各審查單位於細部設計階段即過度探究文件內容、或是廠商礙於商業機密，無法提供相關設計細節資料等問題，導致車輛之設計審查時程延宕，影響到整體捷運建設期程並衍生履約爭議。

為使整體專案能如期如質如預算完成各階段工作，並縮短車輛設計審查期程，新北市政府捷運工程局在車輛系統方面，研議制訂了「車輛設計審查、監造與驗證作業原則」；於獨立驗證作業方面，依據國際趨勢於招標前置階段，獨立驗證與認證 (IV&V) 機構即參與專案，對契約業主需求之功能規範、標準進行評估與驗證，就各子系統層級，依據 EN 50128 及 50129 標準，在主要安全設備方面，規定須由廠商聘請獨立安全評估 (ISA) 機構針對該部份進行安全把關。以下即針對上述內容提出進一步說明。

二、獨立驗證與認證 (IV&V)

「標準」於人類歷史與文明的演進上扮演著重要的地位，早至秦朝「書同文、車同軌、行同倫」，直至今日國際交流所依循的標準規範，均顯示標準的重要性，而為了確保產品、服務、程序是否符合標準，便產生了「驗證」制度，透過公正與獨立機構的符合性評鑑，驗證產品、服務、程序的確符合標準之規範與要求。

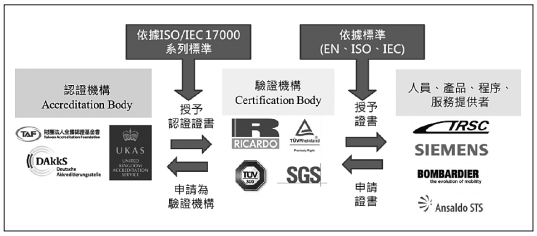


圖 1 認證與驗證關係

在現今國際化趨勢下，由於符合標準對提升市場流通性有很大的助益，「標準化」已是產品、服務、程序提供者提升商業價值與市場影響力的必要手段 (經濟部標準檢驗局，民 96)，且為了推廣標準在市場的普及率，各國也成立了認證機構 (Accreditation Body)，透過彼此承認與授權機制，由認證機構授予驗證機構 (Certification Body) 證書，讓驗證機構有資格對產品、服務、程序進行驗證工作並發證以確保其對標準的符合性，且此證書也被國際認可 (財團法人全國認證基金會，民 104)。

有關認證 (Accreditation) 與驗證 (Certification)，圖 1 說明業界常見的認證機構 (Accreditation Body)、驗證機構 (Certification Body) 及產品與服務提供者的關係，其中分為兩個層級說明如下：

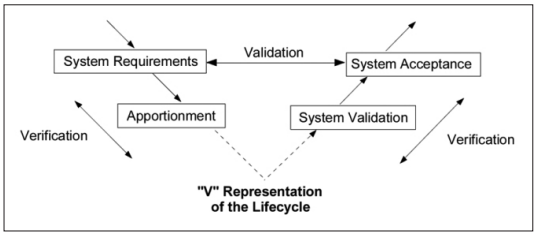


圖 2 查證與確證關係

(一) 第一個層級是認證機構授予驗證機構的證書，一般來說一個國家僅會有一個認證機構，例如我國的財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation，以下簡稱 TAF)、德國的 DAkkS、英國的 UKAS；過去常聽到執行 IV&V 或 ISA 的單位則是驗證機構，這些驗證機構須向認證機構申請認證證書，認證機構依據 ISO/IEC 17000 系列標準來評鑑申請單位是否具有資格擔任驗證機構。

(二) 第二個層級是驗證機構取得認證證書後，在認證機構認可的範圍內，依據各項標準執行驗證工作，並授予人員、產品、程序或服務提供者。

依交通部運輸研究所與財團法人中興工程顧問社合作之研究計畫「大眾捷運系統獨立驗證與認證 (IV&V) 規範及其報告撰寫規範之研究」，由林杜寰等人於中華民國運輸學會 106 年學術論文研討會所發表，「軌道運輸系統獨立驗證制度之探討 - 以我國 IV&V 制度為例」，論文內建議現行使用之驗證 (Verification) 與認證 (Validation) 名詞使用應正確並須作一修正。

圖2引用EN 50126所提全生命週期概念，說明查證與確證 (Verification and Validation，以下簡稱 V&V) 於軌道系統生命週期中之定位，簡而言之，查證是在過程之中確認產品符合下個階段所需，即是「Build the product right」；確證則是確認最後的產品符合既定需求，即是「Build the right product」(林宜信等人，民 106)。

驗證 (Certification) 是評鑑是否合格並給予證明的行為，認證 (Accreditation) 是驗證資格的給予，所謂的查證 (Verification) 與確證 (Validation) 則是驗證的手法之一，建議過去國內使用多年的「獨立驗證與認證」一詞若源自 IV&V 的翻譯，則可考量修改為「獨立查證與確證」避免名詞混淆，或直接簡化為「獨立驗證報告」更符合此報告之定位，由於該文所述名詞定義確實較符合目前實際執行之狀態，故其後相關之作業將直接引用說明，惟基於法令尚未修正前，最終名稱仍稱為獨立驗證與認證 (IV&V)。

新北市政府所建設的捷運系統，依大眾捷運系統履勘作業要點規定，均納入全系統的獨立驗證與認證 (IV&V) 並於專案之基本設計階段即引入 IV&V 顧問協助後續專案各階段作業，早期引入 IV&V 使得 IV&V 顧問得以參考過去專案經驗，以及國內外相關國際標準及安全準則，評估高風險之功能、品質與安全需求是否妥善納入招標文件內，並提供意見供規劃單位參考，以做出最後決定，如圖 3 所示。另其所帶來之效益如下：

(一) 進行專案風險評估：以第三方的角度進行風險評估，確保招標文件內之重大風險是否均已在招標文件中被考量。

(二) 確認引用標準正確性：可確認招標文件中的各項規範是否適用於該專案。
(三) 確保系統 RAMS 之目標值的適用性。
(四) 確保重大安全需求是否未被遺漏：可協助確認重大安全功能是否遺漏，例如台鐵、地鐵等號誌系統之聯鎖系統應有 SIL4(Safety Integrity Level) 之要求。

以專案生命週期的觀點來看，專案的初期概念階段以及設計階段的實際費用支出僅佔全專案的極小比例，但這些階段所做的決策將會大幅影響後續的花費，若於專案前期做出了不適當的決策，後續要進行修改就可能牽扯到變更設計、契約修訂等問題，需要付出數倍的時間及經費，因此提早引入 IV&V 顧問協助招標文件的訂定可有效控制系統發展風險，降低專案可能因設計變更而產生之高昂成本與進度延宕。

一般而言系統保證 (System Assurance) 是由廠商自行執行，並對有 SIL(安全完整度) 要求的系統聘請獨立安全評估 (ISA) 機構來執行驗證，而 IV&V 顧問則常由業主聘請；至於 IV&V 和 ISA 兩者是如何分工運作，對於國內各主辦機關一直是個感到困惑的問題，以獨立安全評估整體運作架構而言，其運作類似國內常見的三級品管制度，系統保證 (System Assurance) 的安全管理工作是廠商之一級品管，ISA 屬於廠商安全工作之二級品管，IV&V 則屬於業主方的第三級品管，關聯性如下圖 4 所示。

其權責分工係由廠商自行聘請獨立安全評估 (ISA) 機構先行確認各關鍵系統的安全功能，再由業主聘用之 IV&V 顧問驗證全系統整合後之安全、功能、品質，相關分工示意如圖 5 所示，另 IV&V 組織定位與 ISA 執行架構及各單位間作業關係如圖 6 所示。

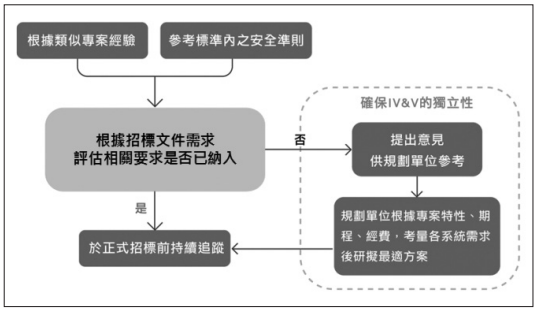


圖 3 早期引入 IV&V 之效益

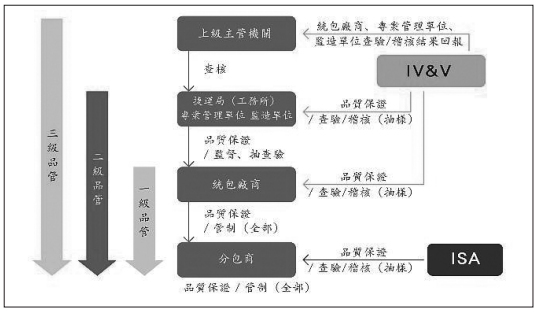


圖 4 IV&V 及 ISA 於整體專案類比三級品管之關聯性

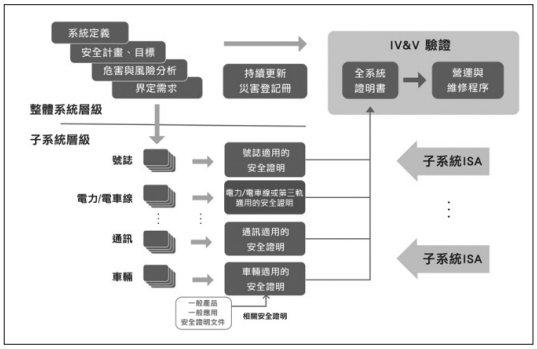


圖 5 IV&V、ISA 分工示意

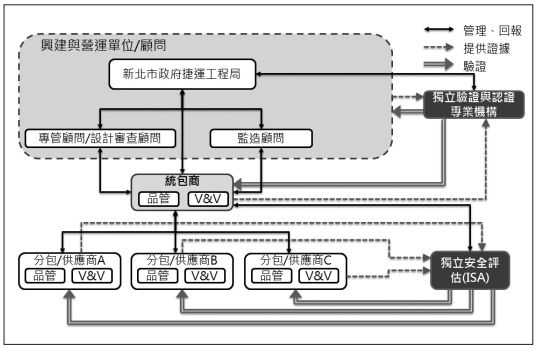


圖 6 IV&V、ISA、V&V 執行架構及各單位間作業關係圖

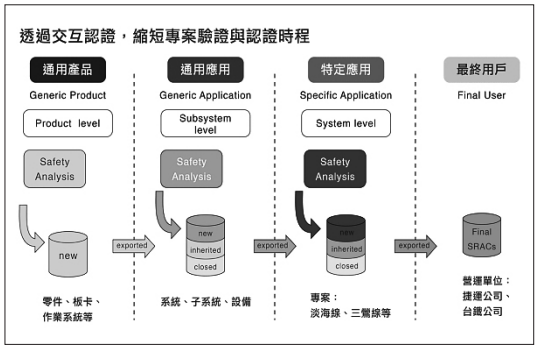


圖 7 透過交互認證縮短驗證時程

略縮語補充：安全關聯應用條件 (SRACs, Safety Related Application Conditions)。

三、獨立安全評估 (ISA) 機構

另一個亦令國內各主辦機關一直感到困惑的問題，是既然有了上述的 IV&V 顧問，為何又需要一個獨立安全評估 (ISA) 機構，根據過往的經驗，在執行 IV&V 作業時常遇到下列幾個問題：

(一) 契約關係：以軟體驗證為例，ISA 至少需審查軟體需求規範、軟體測試規範、軟體架構 / 界面 / 設計規範、軟體模組設計規範、軟體模組測試規範、軟體模組測試報告等，但部分文件涉及廠商的智慧財產權，在沒有直接契約關係的情況下，一般 IV&V 顧問是不容易取得相關資料。

(二) 時程問題：ISA 需先對通用產品 (generic product) 或通用應用 (generic application) 進行評估，然後再對專案特定需求 (specific) 進行評估，其驗證過程短則一年長則三到五年。如果廠商因為無契約關係或是智慧財產權之故，不願提供文件給 IV&V 顧問將導致驗證過程延宕，其責任如何歸屬將是個困擾的問題，同時也影響到整體專案執行的時程。

(三) 獨立性問題：如果 ISA 與 IV&V 為同一團隊，ISA 在評估過程中若有所遺漏，此時 IV&V 是否能即時反應和監督也是值得思考。

鑒於目前軌道專案的特性，為縮短驗證的時程，廠商可於專案前期先取得通用產品或通用應用的 ISA 驗證，然後再對專案特定需求進行 ISA 獨立安全評估。

而建設專案導入 ISA 獨立安全評估機制，有下列優點：

(一) 可透過標準之交互認證機制，避免重複認證造成時間與成本之浪費，有效縮短專案驗證時程，如圖 7 所示。

(二) 產品、系統或過程已經依據安全法規要求，最佳實踐標準和慣例進行了評估。

(三) 有一個嚴格的過程對產品、系統或過程進行檢查、分析和評估，以確保其安全性、環境和技術性能，並且這一過程有充分詳細的文檔紀錄。

(四) 提高產品本身信心，經過 ISA 驗證的產品，可在投標時更顯競爭力。

(五) 帶動國內軌道產業升級，目前很多核心的機電設備仍仰賴國外進口，如國內生產之設備 / 系統取得 ISA 驗證，除產業可自我提升外亦有助於外銷至國外。

(六) 與國際接軌：根據 EN 50129 於 2016 年 12 月版的要求，對於有 SIL 等級要求的系統應聘請獨立安全評估 (ISA) 機構，如圖 8 所示。所以導入 ISA 的機制亦符合國際標準的要求。

因此，新北市政府在後續的捷運建設三鶯線及安坑輕軌案之契約內均規定廠商針對所有機電系統須依 EN 50126、50128、50129 等安全相關標準，執行安全分析與管理，並針對有 SIL 要求的系統，聘任具 ISO 17020 及 ISO 17065 軌道系統驗證資格之獨立、公正、專業的獨立安全評估 (ISA) 機構執行獨立安全評估工作，並出具符合計畫的驗證報告。

至於 IV&V 及 ISA 應該具有的資格，在很多國家或地區於遴選 IV&V 及 ISA 廠商時，都會將是否具備 ISO 17020 軌道系統驗證的資格作為選商的要求。

ISA 機構之獨立安全評估原則

有關獨立安全評估方法如圖 9 所示，對

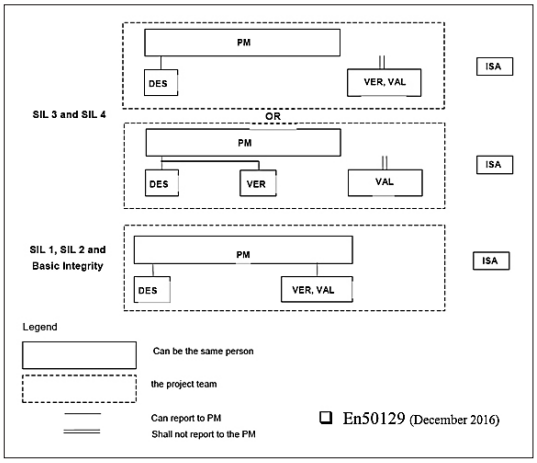


圖 8 ISA 制度與國際接軌

略縮語補充：設計者(DES, Designer)、查證人員 (VER, Verifier)、確證人員 (VAL, Validator)、計畫經理 (PM, Project Manager)。

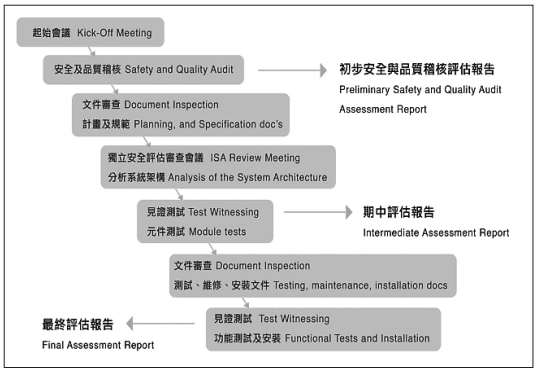


圖 9 獨立安全評估方法

於 ISA 之評估作業於相關契約內針對 ISA 機構所需簽認或出具報告之文件內容範圍及時機點，均明確規定 ISA 機構應對廠商所提交之安全相關文件，就其內容簽認是否符合安全及業主需求，包含硬體與軟體。

另為加速各單位審查意見的收斂，規定須俟 ISA 機構關閉所有屬嚴重影響安全之相

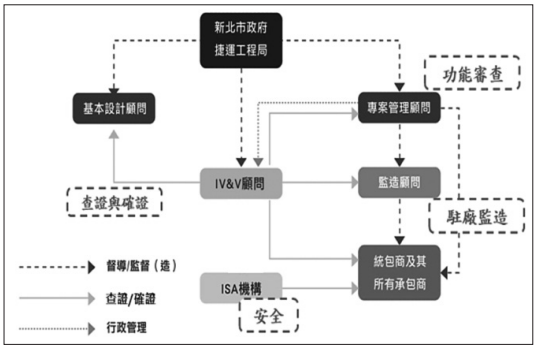


圖 10 車輛驗證作業

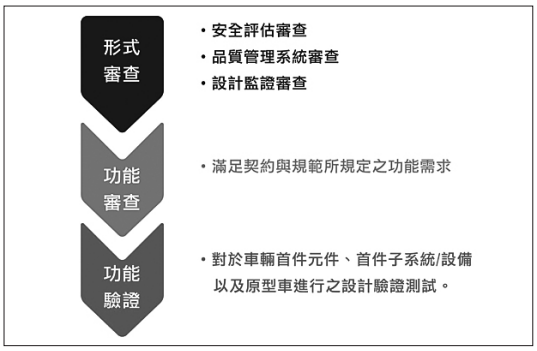


圖 11 車輛設計審查、監造與驗證作業概念示意

關議題後，始可進行後續提送各審查單位執行之審查作業，以加速文件收斂時間。同時為確保廠商對於 ISA 機構顧慮之議題已充分考量與處置，並建立完善之管理制度，係透過 IV&V 顧問對於廠商定期進行稽核作業確認，使得計畫能夠有效得到管制。

契約內亦規定 ISA 機構應配合 IV&V 顧問提出報告之內容與時機，提出相關階段性歷程評估報告。除可確認核心系統在全生命週期各階段均經 ISA 機構針對安全議題全盤考量外，亦可使 IV&V 顧問基於 ISA 評估結果，更著重於評估整體捷運系統之界面整合與營運維修安全危害議題，有效掌握並減低計畫風險，未來以多重保證展現評估成果，提供社會大眾對本計畫通車營運之信心。

IV&V 顧問依據前述作業原則，除於各計畫階段檢視廠商相關子系統執行作業所提供之文件外，另廠商聘任之 ISA 機構依照業主需求及其遵循之標準檢核廠商相關文件、稽核、現地驗證及定期提交進度報告等文件亦同時為佐證之資料。

四、車輛系統設計審查作業

以淡海輕軌為例，雖 IV&V 於基設階段就協助業主審查招標文件，釐清廠商所應遵循的標準及需求，然為避免後續階段，因諸多審查者或評估者由於經驗之差異致所提審查意見過度細究，及受限於廠商智慧財產權等問題，延宕審查作業時程，為此新北市政府制訂了「車輛設計審查、監造與驗證作業原則」，驗證作業流程如圖 10 所示。

藉由標準化作業 (型式審查、功能審查及功能驗證) 的方式，概念示意如圖 11 所示，除縮短審查作業期程外並確保車輛系統的功能、品質、安全得到控管。

以下針對型式審查、功能審查及功能驗證作進一步的說明。

(一) 型式審查原則

型式審查屬於程序審查，主要分為三部分，分別為安全評估審查、品質管理系統審查原則、簽證作業，透過相關之簽證、證照或經第三方驗證單位把關基本的品質，概念

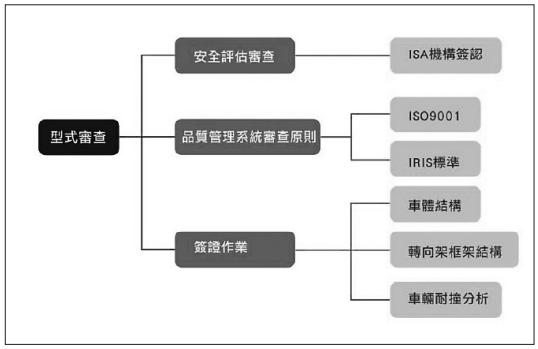


圖 12 車輛設計之型式審查

如圖 12 所示。

1. 安全評估審查流程

在產品設計、製造、安裝及測試過程中，廠商所提交涉及安全相關內容文件應一併提送 ISA 機構提具之意見，及就其內容簽認是否符合安全需求，俾利產品可接續執行下一階段作業。

廠商於提送各階段相關工作成果中，應提出車輛之業主需求符合表以及災害登記冊 (Hazard Log)，以自主驗證符合各項業主之安全需求，而廠商所聘請之 ISA 機構則進行確認並提出階段性驗證成果，如 ISA 機構對廠商文件或作業有疑義，即表示產品在設計、製造、安裝或測試過程中尚有安全疑慮，此時業主若過早涉入審查作業，恐於相關安全議題未排除前，提出類似疑慮或針對未定案內容提出審查意見，易造成審查作業疊床架屋而未達到實質審查效果。

故廠商須針對 ISA 機構之疑義妥適處理回覆，並於關閉所有屬嚴重影響安全之相關議題後將回覆辦理情形、ISA 簽證文件連同送審文件一併提交各審查單位，進行下一階段之審查作業。

2. 品質管理系統審查原則

為檢視產品或設備零組件的品質管理作業是否妥善，廠商可展示國際品質管理證書，即可客觀證明相關設備或產品係依循具國際認可的品質管理原則生產製造，因此於契約內規訂，廠商所採用之軌道及各機電子系統廠商、主要設備供應商，均須為經第三公正單位驗證之品質管理系統合格廠商，並出具證書。

以車輛系統為例，車輛廠商應提送其子系統與設備之供應商 / 製造商之品質管理系統合格證書，以證明其子系統與設備 (含重要元件 / 零組件) 之生產流程、品質管控與產品符合國際 ISO 9001 或 IRIS 國際鐵路產業標準 (ISO 22163)。

其中 IRIS 標準較 ISO 9001 更適用於鐵路行業，IRIS 是由歐洲鐵路工業聯合會 (UNIFE) 制定的，並得到了四大系統製造商 (Bombardier、Siemens、Alstom 及 Ansaldo Breda) 的大力宣傳和支持，IRIS 以 ISO 9001 品質管制標準為基礎，在品質管理體系中增加了鐵路行業的特殊要求，例如與項目管理和設計相關的要求。

IRIS 旨在強化競爭並確保更高的品質標準，目的是在全球範圍內實現語言、評估指南和稽核工作統一，以便在整個鐵路供應鏈中提高透明度，IRIS 適用於鐵路行業的設備和零組件供應商，自 2009 年以來已成為歐洲軌道車輛和號誌部門的強制性要求。

表 1 IRIS 認證分類表

項次	項目
1	車體 Car Body
2	車體配件 Car body fittings
3	導引系統 (轉向架與傳動裝置) Guidance (Bogies and running gear)
4	供電系統 Power System
5	輔助系統 Auxiliary Systems
6	推進系統 Propulsion
7	煞車系統 Braking System
8	車輛內裝 Interiors
9	車載控制系統 On board vehicle control
10	旅客資訊系統 Passenger Information Systems (PIS)
11	通訊系統 Communication Systems
12	電纜與箱櫃 Cabling and Cabinets
13	車門系統 Door System
14	空調系統 Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC)
15	傾斜系統 Tilt System
16	照明 Lighting
17	聯結器 Coupler
18	車輛型式 Rolling Stock
19	固定設施 Infrastructure
20	號誌系統 Single railway components

IRIS 標準之認證項目可分為 20 類，如表 1 所示，而每一種類之下再作細分，依各項複雜程度最多可再向下分成四階層，因此 IRIS 標準認證範圍包含車輛子系統 / 設備以及元件 / 零組件等。

3. 設計簽證之審查原則

車輛廠商應依據契約與規範規定，對於車體結構、轉向架框架結構與車輛耐撞分析等文件，須經由專業技師簽證，作為其對該設計、計算、模擬與分析等之認可，以利各單位審查。

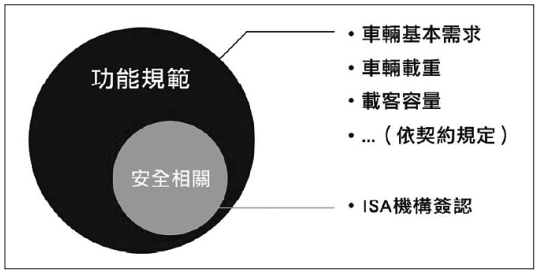


圖 13 功能審查概念圖

(二) 功能審查

對於車輛廠商提送之設計文件，專案管理顧問依據契約功能規範針對各項設計文件、計算書、分析模擬報告等內容，逐項確認相關參數、輸入條件是否滿足契約規定，相關功能審查要點，如圖 13 所示。其中與安全有關之功能需求，應有 ISA 之評估報告，並需確認 ISA 機構分析 / 評估之參數是否符合契約規定。IV&V 顧問則對前述辦理的歷程及結果進行查證與確證。

(三) 功能驗證

為驗證車輛廠商設計之車輛系統功能是否滿足契約與規範所規定之功能需求，車輛廠商應依據契約規範所規定之測試項目，以及 IEC 61133/EN 50215 標準規定之相關測試項目，對於車輛首件元件、首件子系統 / 設備以及原型車進行設計驗證測試，以證明車輛概念性系統或組件符合性能規格和要求。車輛系統功能測試項目清單至少應包含表 2。

此外對於型式測試，車輛廠商應委由第三公正單位執行見證並出具測試報告，且應

表 2 車輛系統功能測試項目清單表

	測試名稱
型式測試－元件設計驗證測試	車廂地板防火測試
	車間走道防火測試
	玻璃壓力 / 衝擊負荷測試
	旅客座椅強度測試
	車輪減噪功能測試
	齒輪箱功能測試
型式測試－子系統 / 設備設計驗證測試	車體結構強度測試
	車廂抗塗鴉測試
	轉向架框架 (含承樑) 結構靜態強度測試
	轉向架框架 (含承樑) 結構疲勞強度測試
	推進與電力煞車系統整合測試
	靜態換流器測試
	電池充電器及電池性能測試
	集電器機構及集電靴片性能及耐久測試
	照明系統測試
	車門扇及門座強度測試
	車門機構開 / 關門力測試
	車門機構壽命測試
	空調機性能測試
	空壓系統測試
	摩擦煞車耐久測試
	煞車碟表面溫度測試
	旅客資訊系統測試
型式測試－原型車設計驗證測試	轉向架車輪荷重測試
型式測試－原型車設計驗證測試	轉向架穩定度靜態測試
	空調天候模擬測試
	軸重限值與車輪重測試
	列車性能測試
	列車拖救性能測試
	噪音測試
	振動測試
型式測試－原型車設計驗證測試	乘車品質測試
	轉向架穩定度動態測試
	列車系統安全功能驗證
	聯結器操作測試
	列車控制測試
	車廂地板外緣與月臺邊緣之水平間隙測試
	車廂地板外緣與月臺邊緣之垂直高度測試
	車輛動態測試與車輛靈活係數檢查測試
	列車電磁干擾 / 電磁相容性測試
	煞車電阻功能測試
	輪 / 軌潤滑裝置功能測試
	車輛抬升試驗
	可操作性及可維護性試驗
例行測試	電路連續性測試
	絕緣阻抗測試
	耐壓測試
	車重量測
	車體尺寸量測
	車輛水密測試
	列車管理系統 (TMS) 測試
	靜態功能測試
	動態行駛測試
	接收 / 外觀檢查
	列車靜態測試
	列車動態測試
其他測試項目	列車耐久性測試
	車輛每公里耗電率測試
	全車隊列車 RAMS 展現測試

於測試前提送第三公正單位相關資格文件供業主審核。各項型式測試進行期間，業主、專管顧問、監造顧問與 IV&V 顧問等單位得派員監督辦理。

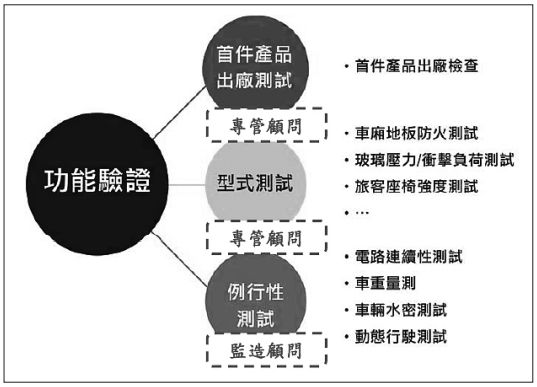


圖 14 功能驗證概念圖

功能驗證必須要確認契約所列測試項目是否足以驗證車輛廠商所有設計議題，經確認若包含足夠之測試項目，則透過各項測試確認所有細部設計成果及生產品質，概念如圖 14 所示。

(四) 電聯車 ISA 獨立安全評估報告

為於初勘前 IV&V 能提出整體性系統驗證與認證報告，廠商應提供安全證明文件，另對於安全關鍵系統則需提交 ISA 報告。以車輛系統的 ISA 報告為例，內容應包含下列：

1. 每個關鍵子系統應辦理失效模式、效應及關鍵性分析 (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)，如車門、煞車系統、轉向架、聯結器等，是否已建立與安全有關的故障模式，並且進一步登錄在風險及災害登記冊。

2. 關於風險及災害登記冊中，對每個風險及危害控制的緩解措施，是否足以排除或降低至合理可行之程度，並且檢附相關證據，如系統設計規範，模擬 / 計算報告等緩解措施之證據。

3. 以系統化的方法確定安全需求已儘可能提出，並提供足夠證據證明安全需求已被滿足且風險降低至合理可行之程度。

4. 應確認廠商之 SIL 展現成果 (SIL Demonstration) 滿足各子系統安全完整性等級 (SIL) 需求，如煞車和車門系統，並驗證符合全系統安全完整性等級 (SIL) 之要求

5. 所有定量風險分析工作完成度，如故障樹分析，事件分析等，並針對系統設計不足之處的改進措施。

6. 對車體結構安全考量，其中大部分集中在車體，聯結器和轉向架，對於檢查模擬 / 力量 / 性能計算報告、疲勞強度測試規範和測試報告等，是否符合相關標準並通過測試。

7. 檢查電聯車項目的品質管理計畫以及資格證明，如 ISO9001 認證或 IRIS 認證。

五、結論

全世界幾乎沒有一個軌道系統不是「拼裝」出來的，系統整合能力才是重點，新北市政府依據大眾捷運系統履勘作業要點規定，在淡海輕軌、安坑輕軌及三鶯捷運線中納入獨立驗證與認證的制度，為使該制度發揮最大的效用，率先於基本設計階段就引入獨立驗證與認證機構，減少後期磨合的困難度，同時為使該制度更健全及易於執行，又納入了 ISA 獨立安全評估的機制，更將驗證方式與國際標準接軌。

另為有效管理整個設計、審查及驗證，制訂了「車輛設計審查、監造與驗證作業原則」透過型式審查、功能審查及功能驗證等標準化作業方式，使得執行準則明確、契約見解統一，除有效縮短審查及驗證作業所需之時程外，並透過技師簽證制度、ISO 9001、IRIS 標準及第三方之 ISA 獨立安全評估制度，搭配專管顧問、監造顧問及 IV&V 顧問分層把關的組織架構來確保功能、安全及品質得以管控。

六、未來展望

透過本文的分析，希望藉由新北市政府目前淡海輕軌、安坑輕軌及三鶯線執行上的實務經驗，提供現正進行或未來之軌道工程參考，期使未來捷運系統的獨立驗證與認證制度能夠更趨近國際趨勢，並於既定之專案時程內發揮最大的功效，以利相關建設推動。

參考文獻

1. EN50126 (2017), “Railway applications The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 1.Generic RAMS Process & Part 2 System Approach to Safety”
2. EN50129 (2016), “Railway applications-Communication, signalling and processing systems-Safety related electronic systems for signaling”
3. 台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司，軌道系統獨立驗證與認證制度及實務研討會會議資料，2017。
4. 林杜寰、孫千山、李治綱、張開國、葉祖宏、吳熙仁，「軌道運輸系統獨立驗證制度之探討 - 以我國 IV&V 制度為例」，中華民國運輸學會 106 年學術論文研討會，2017。
5. 林杜寰、林逸羣，「獨立驗證與認證制度於台灣軌道系統之回顧與展望 - 以淡海輕軌為例」，營建管理季刊 101 期，2015。
6. 新北市政府捷運工程局，「車輛設計審查、監造與驗證作業原則」，2016。

107 年會務佈告—得獎名單

獎項	得獎名單
會士	莫若楫 (亞新工程顧問股份有限公司 / 董事長) 陳希舜 (國立台灣科技大學 / 特聘教授) 歐善惠 (國立成功大學 / 名譽教授) 鄭文隆 (台灣國際造船股份有限公司 / 董事長)
工程獎章	曾大仁 (桃園國際機場股份有限公司 / 董事長)
傑出工程教授	宋裕祺 (國立台北科技大學土木工程系 / 教授) 李百祺 (國立台灣大學生醫電子與資訊學研究所 / 特聘教授) 李欣縈 (國立成功大學光電系 / 教授) 陳東陽 (國立成功大學土木工程系 / 講座教授) 黃乙白 (國立交通大學光電工程學系 / 教授) 劉全璞 (國立成功大學材料科學及工程系 / 特聘教授) 鄭正元 (國立台灣科技大學機械工程學系 / 特聘教授) 鄭榮和 (國立台灣大學機械工程學系 / 教授) 蕭述三 (國立中央大學機械工程學系與能源工程研究所 / 特聘教授)
傑出工程師	王元聰 (中國鋼鐵股份有限公司 / 研究員) 周澤玲 (中鼎工程股份有限公司 / 總工程師) 林根勝 (中興工程顧問股份有限公司 / 資深協理) 張敬禮 (傑聯國際工程顧問有限公司 / 總經理) 張鈺炯 (工業技術研究院綠能與環境研究所 / 組長) 張龍均 (中興工程顧問股份有限公司 / 副總經理) 莊俊雄 (啟碁科技股份有限公司 / 網通技術長) 陳立群 (財團法人資訊工業策進會 / 主任) 陳俊宏 (臺北市政府捷運工程局中區工程處 / 代理處長) 盧文章 (工業技術研究院綠能與環境研究所 / 經理)
優秀青年工程師	石明隴 (行政院農業委員會水土保持局 / 副工程司) 朱怡虹 (工業技術研究院資通所 / 資深工程師) 余承叡 (財團法人資訊工業策進會 / 組長) 林修任 (台灣積體電路製造股份有限公司 / 經理) 林鴻文 (工業技術研究院綠能與環境研究所 / 經理) 紀景發 (台灣中油股份有限公司煉製研究所 / 研究員) 張肇華 (台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 正工程師)

<table>
<tr><th>獎項</th><th>得獎名單</th></tr>
<tr><td>優秀青年工程師</td><td>彭達仁 (工業技術研究院智慧機械中心 / 副組長)
廖芙嬉 (環海工程顧問股份有限公司 / 執行副總經理)
蔣龍仁 (中國鋼鐵股份有限公司 / 研究員)</td></tr>
<tr><td>詹天佑論文獎</td><td>洪胤庭、張孝慈、伍昭憲、余育陞等 4 人合著：
工業用純鈦冷軋薄板開發</td></tr>
<tr><td>工程論文獎</td><td>林聖峯、張文鎰、蔡惠峰、廖泰杉、賴進松、羅俊雄等 6 人合著：
雷射定位質點影像流速與水位整合量測系統

蔡政諺、劉振宇、潘郁采、曾堯宣、郭天和、席行正等 6 人合著：
Influence of carbon-functional groups with less hydrophilicity on a TiO2 photocatalyst for removing low-level elemental mercury

林元翔、簡紹琦、歐章煜等 3 人合著：
On the Improvement through the Middle Area of Kaolinite with Electroosmotic Chemical Treatment

黃文政、張修明、賈佳芸、朱泰毅等 4 人合著：
氣候變遷對曾文 - 烏山頭供水地區水資源供需之衝擊評估

林燕初、柯建仲、陳耐錦、冀樹勇等 4 人合著：
台灣缺水危機中的轉機 - 走遍山中尋藍金</td></tr>
<tr><td>石延平教授工程論文獎</td><td>薛春明、張陸滿等 2 人合著：
Critical success factors for PPP infrastructure: perspective from Taiwan
(促進民間參與公共建設之成功關鍵因素：臺灣之觀點)</td></tr>
<tr><td>優秀工程學生獎學金</td><td>李　齊 (南臺科技大學 / 電機工程系)
沈　薇 (宏國德霖科技大學 / 土木工程系)
亞度布 (陸軍軍官學校 / 電機工程系)
張宗鎧 (淡江大學 / 化學工程與材料工程系)
張　庭 (國立中央大學 / 化學工程與材料工程系)
劉君猷 (國立臺灣大學 / 資訊工程系)
劉益承 (國立雲林科技大學 / 化學工程與材料工程系)
歐家昀 (大同大學 / 電機工程系)
簡嘉緯 (國立中興大學 / 環境工程系)
蘇紫茵 (國立交通大學 / 機械工程系)</td></tr>
<tr><td>沈怡獎學金</td><td>簡姿穎 (國立臺灣大學 / 土木工程系)
蘇建宇 (國立臺北大學 / 電機工程系)</td></tr>
<tr><td>工程優良獎</td><td><table>
<tr><th>工程名稱</th><th>主辦單位</th><th>協辦單位</th></tr>
<tr><td>曾文水庫防淤隧道工程</td><td>經濟部水利署南區水資源局</td><td>監造：經濟部水利署南區水資源局
統包：黎明工程顧問股份有限公司
(細部設計)
設計：聯合大地工程顧問股份有限公司
施工：中華工程股份有限公司
國統國際股份有限公司</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

獎項	得獎名單		
	工程名稱	主辦單位	協辦單位
工程優良獎	環狀線 CF640 區段標之 CF643B 子施工標工程	臺北市政府捷運工程局東區工程處	設計：中興工程顧問股份有限公司 監造：臺北市政府捷運工程局東區工程處土木第二工務所 施工：皇昌營造股份有限公司
	CJ910 臺中捷運烏日文心北屯線北屯機廠 G0 車站及全線軌道區段標工程	臺北市政府捷運工程局中區工程處	土木監造：臺北市政府捷運工程局中區工程處土木第一工務所 水環監造：臺北市政府捷運工程局中區工程處水電環控第一工務所 軌道監造：台灣世曦工程顧問股份有限公司 施工：大陸工程股份有限公司
	中庄調整池工程計畫一調整池工程 (第一期)	經濟部水利署	執行機關：經濟部水利署北區水資源局 基本設計：環興科技股份有限公司 細部設計：經濟部水利署北區水資源局 監造：黎明工程顧問股份有限公司 施工：興安營造股份有限公司
	C412Z 標「鳳山車站及鳳松路段隧道工程」	交通部鐵路改建工程局	設計：台灣世曦工程顧問股份有限公司 監造：台灣世曦工程顧問股份有限公司 施工：泛亞工程建設股份有限公司
	CL212 標自強隧道土建工程	交通部鐵路改建工程局東部工程處	監造：中興工程顧問股份有限公司 設計：中興工程顧問股份有限公司 施工：福清營造股份有限公司
	環狀線 CF650 區段標 CF651A 施工標工程	臺北市政府捷運工程局東區工程處	設計：台灣世曦工程顧問股份有限公司 監造：臺北市政府捷運工程局東區工程土木第五工務所 施工：中華工程股份有限公司
	衛生福利部食品藥物管理署管制藥品製藥工廠廠房新建暨整建工程	內政部營建署	設計：啟達聯合建築師事務所 監造：啟達聯合建築師事務所 施工：登山營造股份有限公司 (土木建築) 凡中工程股份有限公司 (水電消防) 聯誼工程股份有限公司 (空調庫板)
	環狀線 CF660B 區段標工程	臺北市政府捷運工程局北區工程處	設計：亞新工程顧問股份有限公司 泰興工程顧問股份有限公司 施工：遠揚營造工程股份有限公司
	桃 19 號道路 (大竹路段) 道路拓寬工程	桃園市政府新建工程處	監造：林同棪工程顧問股份有限公司 設計：林同棪工程顧問股份有限公司 施工：春原營造股份有限公司

獎項	得獎名單	
產學合作績優單位	組別	得獎單位
	公立大學及科技大學	國立臺灣海洋大學
		國立臺灣科技大學
		國立雲林科技大學
		國立高雄應用科技大學
		國立高雄第一科技大學
		國立中山大學工學院
		國立臺灣大學電機工程學系
	私立大學及科技大學	中原大學
		南臺學校財團法人南臺科技大學
		正修學校財團法人正修科技大學
		大同大學
		中國醫藥大學
		明志科技大學
		中華科技大學
		明新科技大學
	高中職	中山學校財團法人高雄市中山高級工商職業學校
	公民營事業單位	社團法人中華鋪面工程學會
		財團法人臺灣營建研究院
		台灣高速鐵路股份有限公司
		財團法人中華顧問工程司

歡迎投稿

一、本刊宗旨為配合政府各項國家建設及科技發展政策之推動，報導科技新知，以提昇工程技術及產業競爭力。

二、本刊為一綜合性刊物，內容以知識性、報導性及聯誼性為主要取向，包括：電機、通信、土木，機械、化工、材料、運輸、生技、環保及能源等工程領域之新技術、產業資訊、國家建設計畫、工程建設、工程論壇、研討會、工程展覽會、傑出工程人才、本會及各分會會務報導等。

三、本刊文體以綜合性、通俗性，且為雅俗共賞、富可讀性為原則，不接受純理論之研究論文。

四、本刊文稿以中文為主，撰稿(含圖表)每篇文章請在壹萬字以內。文稿請列「前言」與「結論」，摘要則由作者斟酌，並請提供文稿之「關鍵字」，以利讀者上網搜尋。文章之年代應統一表示，西元年或民國年皆可。圖表請加註說明，並於本文中標示圖號。

五、文章如引用參考文獻，應依其出現之次序，排列於文末，並於文內以中括號〔 〕附註編號。文獻之書寫方式，依序為作者、期刊或雜誌名稱、期號、卷數、頁數及年份。如屬書本、研討會論文或報告，則應加列出版人及地點，會議名稱及地點，或出版機構名稱及地點。

六、來稿請註明作者真實姓名、服務單位、職稱、通訊地址、電子郵件地址、傳真、電話等聯絡方式。

七、稿件一律先送專家審閱，通過後依順序發表並薄致稿酬；惟具有時效性之文章及報導，則由總編輯審核後優先刊登，不通過者，恕不退稿。本刊對來稿有修改或刪減權，不願被修改或刪減者請事先聲明。

八、來稿應包括原稿一份及 WORD 檔案之光碟片，請寄 105 台北市松山區南京東路五段 171 號 10 樓／研發及資訊部(中國工程師學會出版委員會)收，或 cmhuang@mail.sinotech.com.tw 註明「工程雙月刊稿」即可(黃志民先生 電話：02-2769-8388 轉 11038)。

九、來稿一經刊登，版權將歸本學會所有，文責並由作者自負。

吉興工程顧問股份有限公司
GIBSIN Engineers, Ltd.

規劃設計之電廠裝置容量佔台灣地區新建火力電廠超過75%

- 大潭發電廠, 9部機, 7080MW
  燃氣, 複循環機組
- 大林發電廠更新改建計畫, 2部機, 1600MW
  燃煤, 超臨界壓力機組
- 通霄發電廠更新擴建計畫, 3部機, 2700MW
  燃氣, 複循環機組
- 星元發電廠, 1部機, 490MW
  燃氣, 複循環機組
- 台中發電廠, 10部機, 5500MW
  燃煤, 次臨界壓力機組
- 麥寮發電廠, 7部機, 4200MW
  燃煤, 超臨界壓力機組

6th Floor, No. 233-1 Baoqiao Road Xindian Dist.,
New Taipei City, Taiwan, the Republic of China
Tel: 886-2-2916-0061 Fax: 886-2-2916-0001
Website: www.gibsin.com.tw E-mail: gibsin@gibsin.com.tw

CTCI 中鼎集團

CTCI 中鼎集團 (TWSE: 9933、TPEx: 5209、TPEx: 6803) 為國際級工程統包公司，承攬多元化重大工程。創立於 1979 年，總部位於台灣台北市，業務範圍包括煉油石化、電力、環境、交通、一般工業等工程領域，致力提供全球最值得信賴的工程設計、採購、製造、建造施工、試車操作及專案管理等服務項目。於全球設立數十家子公司，集團員工總數約 7,400 人，並入選道瓊永續指數 (The Dow Jones Sustainability Indices, DJSI)。

Discover Reliable

業務領域

- 煉油石化
- 電力
- 環境
- 交通
- 一般工業

服務內容

- 專案管理
- 可行性研究及前端工程設計
- 工程設計
- 工程採購
- 設備製造
- 工程建造與維修
- 工廠試車
- 智能解決方案
- 自動化控制
- 無塵室與機電配管工程
- 智能頂進工法
- 地盤冷凍工法
- 操作及維護

產品項目

- 設備製造
- 化學添加劑
- 智慧化能源管理系統

CTCI 中鼎集團

11155 台北市中山北路六段89號
Tel: (886)2-2833-9999
Fax: (886)2-2833-8833

www.ctci.com