



高科技 建廠專案 整合式智慧管理 發展

呂孟倉／台灣積體電路製造股份有限公司 新廠工程管理部 部經理

黃俊銘／台灣積體電路製造股份有限公司 新廠工程管理部 主任工程師

白博升／台灣積體電路製造股份有限公司 新廠工程管理部 工程師

營建工程通常係以層層分包之模式進行，在工程規模日漸龐大且專業技術日益複雜的趨勢下，工地管理的難度也同等攀升不少。工地管理者不但要隨時掌握施工現場的各種情形，還要預見潛在風險制定出可被現場人員接受、執行且有實際效果的管理規則。也因此，若在事前規畫與執行回饋階段有一套系統能準確且即時的提供所需資訊，即可縮短工地管理者作出或修改決策所須之耗時，進而增加安全管理效率並使營建過程更加順利流暢。

基於上述說明，筆者將主要研究目標設定為「降低資訊取得門檻（時間/技術）並提升職災控管能力」。而目前已取得之顯著成果有：(1) 將多項工地管理制度所產生之資料電子化，整合並呈現在單一平台供使用者快速查詢；(2) 透過 4G 或 WiFi 等無線通訊技術，實現高風險工項即時監控機制（戰情中心）。

關鍵詞：營建工地管理、無線網狀網路

前言

「層層分包」是營建工程最常見且最無法改變的特性之一，其主因為營建工程在不同階段所需要的人才與技術有明顯區隔，極少有營造公司具備足夠的經濟條件及業務來源使其能夠獨自僱用營建周期中所需要的所有技術人員。因此，當業主（出資方）將建設案件交付承攬給主承商（營造公司）後，主承商會立即對任務進行切割並分包給其他規模較小或業務較單一的次承商，而次承商又會依據其人力或技術需求再次分包給次次承商... 此結構不斷延伸，直到無法再從分包這個行為獲得足夠的經濟效益為止，業界稱呼這種最小單位的團體為「工班」（圖 1）。

此分包結構的特性直接導致了進場人員素質參差不齊，並且隨著工程階段的轉變，還會輪替不同的工班進場施作。因此，在營建工地建立安全制度與文化，會比在一般辦公室或生產工廠面臨更多難以預期的挑戰。這些挑戰或許是工人的批評、廠商的責罵、

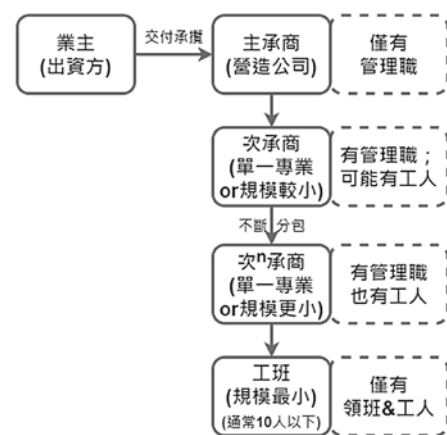


圖 1 分包結構示意圖

同仁的嘲諷，也或許是工具的限制、時間的不足、資訊的缺乏，又或者是許多的努力因為環境的複雜而暫時看不見效果。但也正是因為這個環境如此的複雜而危險，所以工地安全管理才愈顯重要。

根據中華民國勞動部職業安全衛生署統計資料，民國 108 年重大職災死亡人數營造業共 168 人，佔全年度 316 人的 53.2%；再參考近期筆者有接觸之新建

專案歷史資料，發現達到通報等級的職災有 73.5% 是發生在土建階段，其主因推測為施作人員的歷史經驗或教育背景使其對「安全行為」的判斷較為大膽（e.g. 隨意攀爬施工架、不穿個人防護具），所以更容易在施作過程中出現不安全行為，若此時工地管理者或稽核人員無法即時且準確的掌握這些發生在工地各處的資訊，就會導致安全決策延遲。故，如何導入新技術與新觀點來增進情報蒐集的效率、現場稽核的強度、制定決策的速度就是工地能否被妥善管理的關鍵。例如，將防護計畫系統、證照登錄系統、施工單申請系統三者結合，打造自動卡關機制以減少人工審單的疏失；或是在山貓水車（掃地機和灑水車）等環保機具加裝行動式網路攝影機，時刻觀察司機視野及行車路徑，藉以督導值勤狀況並調整責任區範圍。

筆者歷經數年的廠房新建工程，在工地管理過程中不斷地摸索、累積、創新、改善，最終歸納出一套整合式智慧管理方法。此「方法」由電腦軟件、設備硬體及管理制度三者相互搭配成型，諸如進場權限管理、施工單管理（自動勾稽相關資格）、防疫管理、現

場安全環保稽核、CCTV 監視網絡、高風險工項即時監控 / 錄影等，其效益包含了降低資源浪費、避免違法行為、保護人身安全及對環境友善。

文獻探討

依據中華民國勞動部職業安全衛生署（OSHA）於民國 109 年 6 月 24 日所發布的「108 年勞動檢查統計年報」^[1,2]，我國勞工災害千人率自民國 101 年起穩定下降（表 1）；（圖 2）顯見勞工的生命安全受到越來越多重視及保護，而製造業的數值不論是在變化量或絕對量都與全產業平均相互吻合，這也間接暗示了製造業對職安衛的重視程度與國家風氣完全匹配。反觀營造業的表現，雖然勞工災害千人率也是穩定下降，但數值的絕對量始終保持在全產業平均的 3~4 倍，若相比農林漁牧業甚至高達 9~10 倍！另外，每年重大職災所造成的死亡人數當中，營造業佔比永遠在 40% 以上（表 2、圖 3）；最高還曾經來到 54.6%，也就是說全國有將近一半的死亡職災是發生在營建工地，這是個極度嚴肅且急需改變的現象。

表 1 中華民國勞工災害千人率歷史資料

勞工災害 千人率		年份							
		101	102	103	104	105	106	107	108
產業別	全平均	4.020	3.721	3.467	3.191	2.953	2.773	2.612	2.496
	製造	4.927	4.409	3.885	3.550	3.209	2.904	2.718	2.494
	營造	13.363	12.573	12.015	11.107	10.570	10.036	9.385	9.073
	農林漁牧	1.431	1.333	1.310	1.160	1.088	1.104	1.053	1.126

表 2 中華民國重大職災死亡人數歷史資料

重大職災 死亡人數		年份							
		101	102	103	104	105	106	107	108
產業別	非營造業	178	142	178	186	174	172	161	148
	營造業	151	171	168	156	147	142	124	168
營造業佔比		45.9%	54.6%	48.6%	45.6%	45.8%	45.2%	43.5%	53.2%

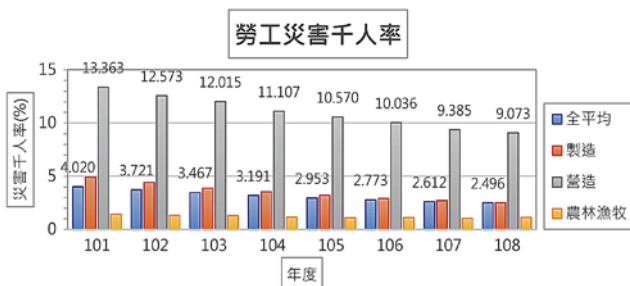


圖 2 中華民國勞工災害千人率（營造業數倍於其他產業）

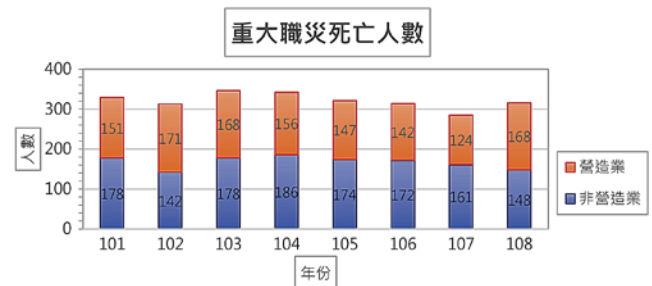


圖 3 中華民國重大職災死亡人數（營造業長年佔比 > 40%）

再進一步分析 108 年死亡職災類型（表 3、圖 4）；前三名分別為「墜落」47%、「倒 / 崩塌」8%、「感電」8%，共計 63%；若繼續累加第四名「物體飛落」、第五名「被撞」、第六名「捲 / 夾」，佔比即高達 81%。而這超過八成的死亡職災類型，恰好就是營建工地每天都要接觸的風險（圖 5），尤其是「墜落」在組立作業（如鋼筋、鋼構、模板、施工架）及臨邊作業（如開口、開挖、接料、打欄杆）階段都會大幅提升，因此工地管理者的首要任務便是定義何謂高風險作業並設立相應的管理作為，藉以控制避免施作過程中發生不安全行為 / 環境。

研究方法

筆者所服務之公司身為我國近年來最具影響力且啟動最多廠房新建工程的事業體之一，對於企業社會責任（CSR）責無旁貸。「如何提升工人尊嚴並給予其工作所需之安全環境」一直是筆者所服務之公司最重視的課

題，為此筆者所服務之公司不惜在每個廠房新建專案都編列新台幣數千萬甚至上億的專款用在職安衛相關人力設備，或是其他服務工人的項目（如酸梅、冰水、遮光絲、雨棚、休息區、廁所、福利社）。

在多年工地管理的過程中，筆者使用循環式品質管理（PDCA：Plan-Do-Check-Act）手法持續改善職安衛管理制度與軟硬體（圖 6），力圖養成合作夥伴（承商 & 師傅）的安全習慣並藉以改變我國營造業的安全風氣。P、D、C、A 各階段在本專案所代表之意義如表 4 所示。

結果與分析

歷經十餘載的廠房新建工程，筆者逐漸歸納並演繹出一套能提升訊息掌握效率的整合式智慧管理方法，此方法包含了人員管理、施工管理及物料管理三大面向（圖 7），各面向均引入不少科技產品作為輔助工具，藉以提升資料之精度、準度及獲取速度。

表 3 中華民國 108 年度死亡職災類型

108 年度死亡職災類型	類型									
	墜落	倒塌崩塌	感電	物體飛落	被撞	被捲被夾	溺斃	有害物質	火災爆炸	其他
人數	151	25	25	20	18	18	15	6	7	31
佔比	47%	8%	8%	6%	6%	6%	5%	2%	2%	10%

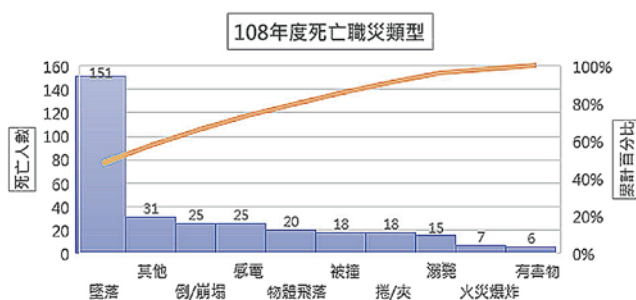


圖 4 中華民國 108 年度死亡職災類型（墜落佔比將近一半）

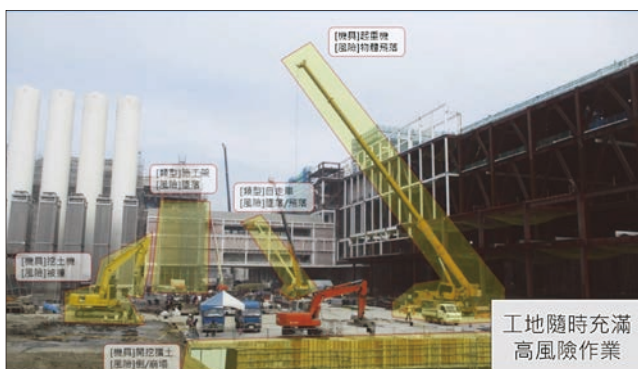


圖 5 營建工地隨時隨地都可見到高風險作業

表 4 研究方法說明

階段	功能面	使用面
Plan	設定功能需求。 [e.g.] 防護計畫管理系統、系統化施工單申請系統、現場稽核巡檢器...etc.	設計使用者介面 / 流程。 [e.g.] 首頁樣式、圖像化操作、圖塊配置、容許延遲標準、必要及非必要資訊區隔。
Do	尋求專業廠商撰寫軟體 / 採購硬體。	
Check	確認功能完整度、確認邏輯正確性、確認是否有其他延伸需求。	親自操作 / 找人測試，蒐集使用者回饋，找到反直覺設計。
Act	完善系統架構。	修改設計 / 細節以提供更好的使用者體驗。

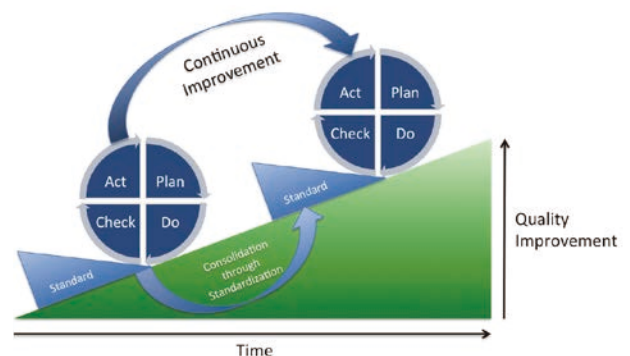


圖 6 PDCA 持續改進過程（圖片來源：Wikipedia）

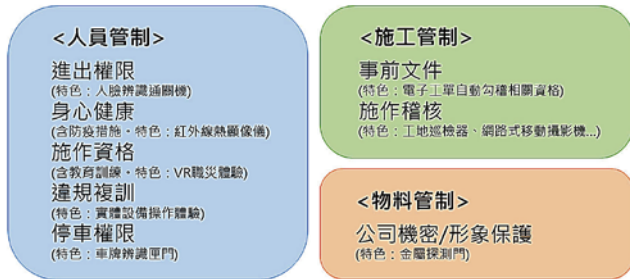


圖 7 整合式智慧管理方法 三大面向

人員管理

人員管理所涵蓋之範疇有人員進出權限、人員身心健康、人員施作資格、人員違規複訓及人員停車權限，其中人員身心健康部分因今年（西元 2020）COVID-19 突然爆發成為不可忽視之威脅，故額外增添許多防疫相關設備及措施。

人員進出權限

所有進場人員均須備齊下列九項文件方可獲得工區通行證（俗稱「白卡」）：(1) 身分證、(2) 大頭照、(3) 一般安全衛生六小時教育訓練證明、(4) 體檢報告、(5) 勞保證明、(6) 一小時進場危害告知教育訓練紀錄、(7) 紀律承諾書、(8) 健康承諾書、(9) 個人資料授權書。

此機制使得安委會可以確保所有進場勞工皆已依法完成相關訓練並受到勞保保障，每天的進出記錄也可用於分析統計、Highlight 超時工作者、協助執法單位追查特定人物。同時，此機制亦能藉由暫時關閉（甚至刪除）通行權限，將施工紀律不良者有效阻擋於工地之外。

另外，為了防止冒卡或代刷等手段致使上述管控目的失效，筆者所管理之工地採用人臉辨識系統作為進場時之必要程序（圖 8）。除雙胞胎或特殊化妝等少數個案，此機制確實有助於確保進場人員真實身分。



圖 8 人臉辨識系統

人員身心健康

由於人員在辦理工區通行證（白卡）時都必須繳交預先體檢報告，因此廠護得以借助專業之健康服務管理系統（如 weCare）篩選出身體數值有異之個案，請其主承商定期將該名人員帶領至安委會接受衛生教育並量測生理數值（圖 9）。此機制能有效督促高風險族群定期回診及定時用藥，大幅降低工區內發生人員暈眩、昏倒、猝死之機率，並在必要時提供醫療機構個案追蹤紀錄。



圖 9 高風險族群定期追蹤

另外，為因應今年突然爆發的 COVID-19 疫情，筆者所管理之工地均額外增設防疫匣門。該匣門之通關權限與人員自身之工區進出權限分離，主要是依據健康調查聲明書所填報之內容判斷其攜疫機率，若是過高則阻擋於工區外避免造成群聚感染。另外，每道防疫匣門皆設有紅外線熱顯像儀全時監控通關人員之體表溫度，當儀器探測到超過警戒值（暫定為攝氏 37 度）之熱源便會啟動聲光警報系統（圖 10），提醒守哨警勤立即上前以手持儀器進行體溫複測，若檢測結果仍不合格則馬上由專人陪同送醫並全面消毒。

人員施作資格

技術性人員（如吊車駕駛員、鉗工）於進場施作前均須上傳相應之法定證照及安委會教育訓練紀錄（圖 11），此部分會結合電子工單申請流程由系統進行自動卡關，只有資格相符之人員能填入相應欄位完成申請動作，此機制能有效避免人員為貪圖方便而違反法定資格施作。

而針對高風險作業項目（如高架、吊掛）所設計之教育訓練課程，安委會亦費心引入虛擬實境（VR）設備讓學員透過沉浸式體驗瞭解重大職災發生時對身心所造成之壓迫與恐懼（圖 12），藉以提升人員安全意識並使其願意自發性正確使用安全防護具。



圖 10 防疫哨配置

工號	姓名	證照類別	證照號碼	證照日期	有效期間	發證單位	備註	功能
14823760	溫志宏	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	363-0482967	2020-04-14	2022-04-13	經濟部動力設備署		查詢、認證、更新
18611450	葉志忠	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	363-4292966	2019-04-30	2022-04-09	經濟部動力設備署		查詢、認證、更新
45499580	王宏宏	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	363-020314028	2019-03-18	2022-03-17	經濟法人中研院國工及內務部職業安全協會		查詢、認證、更新
105659920	林志忠	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	1480540566專業證書	2019-07-17	2021-07-16	經濟法人中研院國工及內務部職業安全協會		查詢、認證、更新
33702970	張維謙	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	中研院證書第 1588.030024938	2019-03-22	2022-03-22	中研院國工及內務部職業安全協會		查詢、認證、更新
18017880	葉志忠	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	363-4292970	2019-12-18	2023-02-29	中華民國機械工程學會		查詢、認證、更新
429463200	鄭志忠	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	363-4294740	2018-07-27	2021-07-27	中華民國特許士		查詢、認證、更新
187903280	張維謙	國家式起重機操作人員(吊5.1-3T)	中研院證書第 1071.05011	2019-08-10	2022-08-09	中華民國工業安全協會		查詢、認證、更新

圖 11 人員證照及訓練紀錄

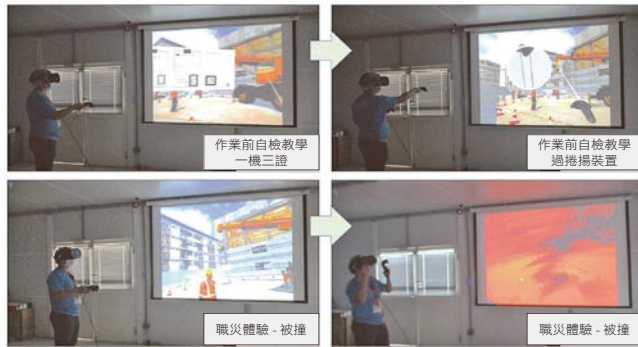


圖 12 VR 職災體驗 (起重機)

人員違規複訓

若現場稽核過程發現有人員不遵守安全規則 (e.g. 行走鋼樑卻不使用背負式安全帶)，則暫時關閉其工區進出權限直到該名人員完成實體設施體驗課程 (又稱「違規複訓」)。違規複訓與普通教育訓練最大相異之處在於將職災體驗由「虛擬」進階為「實體」，例如：讓違反高架作業規則之人員穿戴背負式安全帶行走於施工架練習勾掛要領，最後再體驗懸吊於空中之感受，讓身體觸覺加深記憶效果 (圖 13)。

人員停車權限

有鑑於工區人員變化頻率極高，發放紙本車證實在難以控管其流向，亦無法在車主轉調他處而不屬於工區人員後立即收回停車權限，因此筆者所管理之工地特別引入車牌辨識系統 (圖 14)，不但能減少紙張使用、人力成本、製作時程，還可以隨時調閱特定車輛的進出記錄或整個停車區域的統計資料，在管理及規畫停等空間時無疑是如虎添翼。

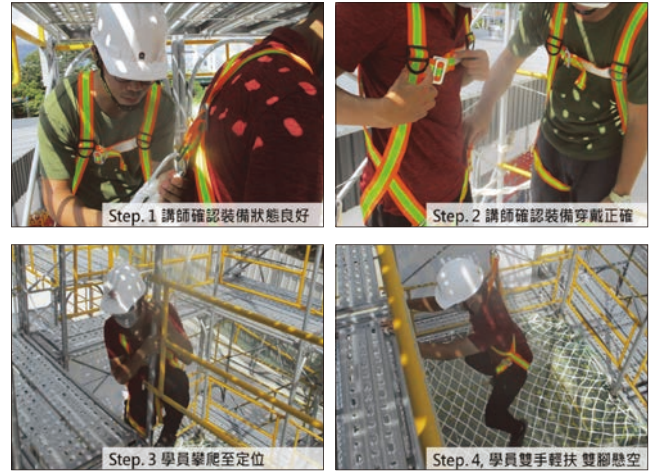


圖 13 高架違規複訓 (懸吊體驗)



圖 14 車牌辨識系統

施工管理

施工管理主要可分為事前文件及施作稽核兩大區塊，其中事前文件包含管理計畫、防護計畫、電子工單、工具箱會議紀錄及作業前設備自檢表等協助 (強迫) 管理職認真規畫工進、思考風險並落實宣導之文書；而施作稽核則是針對工人實際施作時所使用之工法 / 工具進行檢核，確認其遵照事前文件所闡述之計畫內容進行，避免未經討論的魯莽舉止造成人員傷亡。

事前文件之管理核心 — 電子工單

電子工單之全名為「系統化電子施工單」(圖 15)，其特色為申請人在填寫時系統會自動與人員施作資格及防護計畫審核紀錄相互勾稽，若欲填入之選項不具相應資格則自動卡關。舉例來說，主承商工安人員須先上傳 (營造業) 丙種職業安全衛生業務主管或更高級之法定證照，並通過安委會自辦之工地職安學識考核，方具備資格被填入「主承商工安」欄位。

*類別名稱:	動火申請表單	層級等級:	高風險
*主承商:	請選擇主承商	次承商:	請選擇次承商
*施工日期:	2020/12/05	~	2020/12/06 (申請期間以七天為限)
*施工內容:			
*施工區域:	(區別) FAB_樓_5.F 柱位: A_柱到_Z_柱; 1_柱到_Q_柱 請選擇區域 請選擇樓層 柱位: 柱到 柱 柱到 柱 (加入)		
其他注意事項:	1.業乙級作業人員需經過安委會訓練認證 2.專業作業人員需持有專業工程師證書 3.業乙級作業人員均需經過安委會訓練認證		
*監理人員:		監理日期:	2020/12/05
*主承商工長:	請選擇工長	*主承商工程師:	請選擇工程師
*安委會工程師:	請選擇工程師		

圖 15 系統化施工單申請

而在電子工單申請完畢後，主承商須於上工前確實召開工具箱會議，對自家監工、工安及施作人員講述今日施作項目之工法及風險（圖 16），全程參與工具箱會議者才能領取當日帽貼進入工區，無帽貼者將於行經工地哨時遭警勤人員攔下並勸離；在作業正式開始前，主承商監工或工安須依電子回報系統上傳工具箱會議紀錄、施工前設備/環境照片、監工/工安簽核、自我檢核表等文件供稽核人員隨時查閱。若稽核人員察覺電子工單上傳內容有異或欲進行隨機抽驗，則可攜帶工地巡檢器（詳下文）前往該區進行覆核，藉以確保現場情形與系統資料一致。

吊掛作業工具箱宣導(設施損壞)


- 歷年缺失件數: 6
- 主要缺失原因:
 - 過捲、過負荷裝置失效或bypass，造成吊桿設施損毀。
 - 轉盤螺栓金屬疲勞或過載，造成轉盤斷裂。
- 正確施作方式:
 - 遵守六不吊原則，起重機、吊索作業前須完成安全連鎖裝置檢核，此外，吊掛行經動線下方絕對不可有人駐留。
 - 作業中過捲、過負荷裝置不可bypass；老舊吊車(超過20年)需定期更換轉盤螺栓(每三年)，確保轉盤強度足夠。



過捲預防裝置確認



過負荷安全確認



吊車定期更換轉盤螺栓

圖 16 工具箱宣導海報(吊掛作業)

施作稽核之新興工具 - 天眼系統

天眼系統被創建之目的為提供工地管理者更全面之「視野」。不論是親臨現場或是身處於工務所，甚至是在地球的另一側，工地管理者皆可透過相應之設備獲取稽核所需之資訊與畫面。而這些設備當中，最重要的非「網路式移動攝影機」莫屬（圖 17），此設備除了能進行多對多影音雙向傳輸，從而實現即時作業監控之目的，在緊急危難發生時更具備與應變小組同

步視野之可能，同時還具備 GPS 可用以判斷該設備所處位置（若是平日裝設於特定機具還可分析其閒置比率），最重要的是這些即時回傳的畫面都備份在專用硬碟，可供檢方調閱還原事發現場。



圖 17 網路式移動攝影機

為了將此設備功能發揮到極致，筆者所管理之工地更進一步規畫專人專職於專用空間對所有回傳之攝影機畫面進行全時監控（圖 18），並在發現不安全行為/環境時立即對現場發出改善指令，此組織定名為戰情中心。儘管此戰情中心目前硬體設施未臻完善，但已具備所有應具備之功能，未來會持續投入更多資源與人力協助其推升工地管理效能。



圖 18 網路式移動攝影機

另一個可以提供遠程視野的設備是閉路電視（CCTV），主要用於監視大範圍施作工項（如基地開挖、建物拆除、塔槽吊裝）。由於 CCTV 攝像頭通常會裝設在環場至高點避開多數障礙物（圖 19），故以俯角所能看見之資訊在多數情況下甚至比親臨現場更完整，可以說是事半功倍的最佳代表。但因為此系統無法進行語音傳輸也無法隨時移動佈點，勢必還是會存在許多死角無法被有效監控，所以在戰略價值及使用方法上 CCTV 與網路式移動攝影機並不相同，兩者並非互斥而是相輔相成之關係。



圖 19 CCTV 操作畫面

工地巡檢器則是另一個能夠大幅提升現場稽核效率並節省紙張的設備，其最主要的功能為調閱系統資料（如電子工單、人員履歷、網路式移動攝影機畫面）並得以在巡檢當下開立稽核單（草稿），避免人員因記憶模糊而錯誤描述缺失現場（圖 20）。



圖 20 工地巡檢器開立缺失

物料管理

公司機密 / 形象保護

為防止人員擅自將建廠資料、現場照片或其他帶有本公司標章之物品隨意攜出場外從而導致不必要之外部風險（如施工垃圾亂丟遭環保單位偵辦），同時也為了保護公司機密進而提升商業競爭力，筆者所管理之工地嚴格實施進出物品管制。任何人員進出管制區均須通過金屬探測門及行李翻查，確認無夾帶資料儲存設備或上述文件後方可通行（圖 21）。



圖 21 物品檢查哨

結論

依台灣目前的營建環境，只要是身為工地管理者都免不了要面對以下難題：

1. 人員背景差距極大：從國小肄業到研究所畢業、從國內學歷到國外學歷、從畢業 3 個月到工作 30 年、從領人薪水到創業多年、從善男信女到黑幫成員 …，工地總是集結著許多不同社會層次的人，如何將同一套管理規則適用在所有人身上而不出亂子，是極具挑戰的任務。
2. 安全文化難以建立：工地人員來來去去，今日還有進場的師傅可能明日就因工項結束而不再進出，如此高頻率且高比率的替換模式，注定會阻礙工地建立安全文化。對於那些特定管理規則新增後才加入的成員，能否真正理解該些條文的必要性並願意配合？答案很明顯是否定的。以筆者所管理之工地為例，只要是新進人員或多或少都會反抗甚至鄙視職安衛相關規則，只因為其他工地很少會建立這麼多規範並聘僱數十人專職稽核。若這些反抗心態恰好是出現在主承商管理職（如協理、副總、PM），則工地管理者所需要付出的溝通成本將非常巨大，甚至面臨推行制度失敗的局面。

也就是因為上述兩大難題的存在，所以如何有效掌握工地資訊更是至關重要的課題。若能時刻確認每個進場人員的施作資格並與施工單相互勾稽，則可大幅降低違法行為的發生；若能蒐集不安全行為的畫面作為證據，則稽核人員才更有底氣要求現場落實安全管理；若能從事件調查中探尋意外發生的真因，則制定出來的政策才會命中要害；若能分析環保機具的路線和使用頻率，則可杜絕無效率的資源安排。

現代的問題還須用現代的方式解決，誰掌握住資訊就等於掌握住優勢。筆者認為整合式智慧管理方法的發展方向非常明確，就是盡可能的將工地相關資訊由被動蒐集轉為主動獲取，並以量化數據作為追蹤分析之依據，藉以達成降低職災風險、強化現場監視、協助人員管理、保存文件影音、符合直覺操作等目的，促使廠房新建過程更加順利。

參考文獻

1. 「108 年勞動檢查統計年報」，中華民國勞動部職業安全衛生署（OSHA），2020/06/24。
2. 「108 年勞動檢查統計年報重點摘要摺頁」，中華民國勞動部職業安全衛生署（OSHA），2020/09/15。