



職業災害的預防，落實風險評估， 以烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫 ——湖區工程為例

邱怡川／臺中市勞動檢查處 處長

莊曜成／經濟部水利署中區水資源分署 分署長

楊志成／中興工程顧問股份有限公司 安衛組長

楊志遠／中華工程股份有限公司 處長

陳億全*／經濟部水利署中區水資源分署 副工程司

營造工程風險評估在職業安全衛生相關法規已有明確規定，在設計及施工階段都需要辦理風險評估報告，在合理可行範圍內，採取必要之職安衛預防設施或措施，以避免職業災害，採取的預防設施或措施作為在職業安全衛生署 110 年頒佈之營造工程風險評估技術指引手冊，優先順序為消除風險、降低（替代）風險、工程控制、管理控制及防護具，並隨著科技進步職災預防也跟著引進科技減災方式，所以藉由烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫—湖區工程在施工階段辨識出的危害及採用科技作為來分享，為職災預防貢獻心力。

前言

職業安全衛生署公布之 111 年勞動檢查統計年報裡，111 年重大職業災害死亡人數為 320 人，死亡千人率為 0.0291%，其中營造業死亡人數 156 人，死亡千人率 0.1835%，災害類型以墜落、滾落 48% 排名第 1^[1]，其實職業災害發生是可以預防的，藉由作業內容拆解辨識出危害，進而分析該危害發生的嚴重度及影響層面，規劃構想出因應對策來預防，因此職業安全衛生法第 5 條第 1 項規定「雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。」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。」營造安全衛生設施標準第 6 條第 1 項亦說道「雇主使勞工於營造工程工作場所作業前，應指派所僱之職業安全衛生人員、工作場所負責人或專任工程人員等專業人員，實施危害調查、評估，並採適當防護設施，以防止職業災害之發生。」再則職業安全衛生法施行細則第 8 條第 2 項「本法（職業安全衛生法）第五條第二項所稱風險評估，指辨識、分析及評量風險之程序。」所以施工前風險評估及危害調查，得知可能遇到的危害，而可以規劃出因應之對策，以防止職災發生。

為了讓營造工程在設計及施工階段風險評估製作有所依循，職業安全衛生署於 110 年 2 月 17 日頒布「營造工程風險評估技術指引」供參考，藉由工程基本資料表、工址環境現況潛在危害辨識表、方案評選表、作業拆解表、風險評估表等，採用循序漸進方式引導製作風險評估報告，並告知風險對策優先順序如下^[2]：

* 通訊作者，wca03040@wraab.gov.tw

1. 消除風險：採用安全性較高之工程設計，從源頭消除風險。
2. 降低（替代）風險：無法以設計消除之風險，採用較安全之施工方法或改變施工順序，以改變風險類型、降低風險程度及（或）其影響範圍。
3. 工程控制：以安全防護設施將風險隔離或中斷風險作用，達到防止災害之效果。
4. 管理控制：訂定安全衛生作業標準、實施教育訓練、資格管理、自主檢查等措施，以維持施工之安全狀況。
5. 防護具：無法以上述方式達到安全施工之目的者，應依據風險狀況，正確使用個人防護具。

風險對策順序，通常消除風險比較難達成，因此通常會採用後面四種方式，作為風險的對策處理方式，不同的工程性質，對於風險對策處理也會有不同方式，在此以烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫—湖區工程為案例來說明。

烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫—湖區工程（以下簡稱：湖區工程）（圖 1），為國內最大之人工湖預計 113 年 9 月底前竣工，位於國道 6 號東草屯交流道兩側，臨近烏溪，建設主要目的為彰化地區因長期超量抽用地下水，除導致地層下陷並持續向內陸延伸而易淹水致災外，原規劃於南投地區興設「建民水庫」作為替代水源，惟民國 88 年因天災（921 大地震）發生而導致停建，經濟部水利署提出「烏溪水資源開發分期推動計畫」，烏溪水系水源豐沛，惟目前水源利用率低，

尤其於豐水期期間，大量餘水任其流失，應有因應計畫提升其使用效益，因此從民國 94 年開始便規劃推動，直到 104 年 4 月 10 日行政院核定興建在案，湖區工程用地面積約 178 公頃，興建 6 個人工湖區，有效蓄水量約 1,450 萬立方公尺，土方總挖方量約 1,286 萬立方公尺，竣工後將提供彰化地區 21 萬噸 / 日及南投草屯鎮 4 萬噸 / 日的水量，達成 (1) 供地面水，減抽地下水，減緩地層下陷、(2) 穩定區域供水，降低缺水風險，因應區域發展需求，計畫目標^[3]。

湖區工程對於蓄水區域開挖執行過程中可能遇到之職安危害風險有以下（圖 2）：

1. 墜落：湖區蓄水區開挖深度約 10 公尺到 15 公尺，人員如果在做測量放樣作業，恐有不慎從邊坡墜落。
2. 崩塌：土方開挖過程或是堆置作業不慎，讓土方崩塌，壓傷人員。
3. 物體飛落：土石挖運到搬運機械上，或運輸過程中掉落，砸傷人員。
4. 被撞：重型機具行駛或作業過程中，未注意到周遭人員，將其撞傷。
5. 溺水：於烏溪河道內作業，因為上游降雨量大，溪水上漲，人員受困河道內。
6. 熱危害：夏季戶外高氣溫作業，人員中暑或熱痙攣等。
7. 空氣品質：土方開挖造成粉塵飛揚空氣品質差，影響當地居民生活及作業人員。

對於上述之職安危害預防，湖區工程採取以下降低（替代）風險或工程控制作為。



圖 1 湖區工程空拍圖

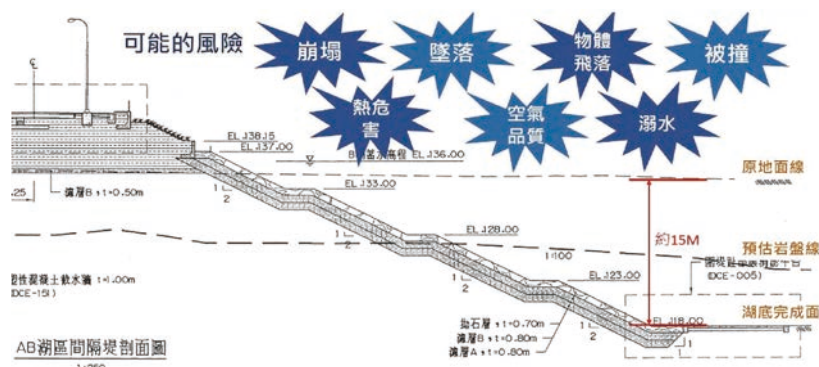


圖 2 湖區開挖職安危害

挖土機安裝土方施工智能 3D 控制系統

該系統主要為作業前先將設計圖資料變成 3D 模型，上傳至雲端藉由 GNSS 衛星訊號，將資訊傳送到挖土機機身上的 GNSS 接受器，挖臂及挖斗安裝相對感應器，挖開資訊即時傳遞到挖土機電腦上計算，操作者可藉由操作室內電腦立即檢視出與設計值差異，規劃好開挖區域，分區分階段開挖，不需測量人員先放樣板，有效減少墜落、崩塌、被撞危害，同時也減少人員放樣錯誤（圖 3）。

鉸接式牽引車

牽引車貨斗及車頭連接採用鉸接方式，依據製造商的介紹影片，貨斗如果翻覆，車頭仍可保持平穩，不會跟著翻覆，與傳統常見之砂石車不同，本工程採用之機型載運量為傳統砂石車的 1 倍，同時搭載自動秤重 OBW（On-Board Weighing）系統，操作者於駕駛室內可即時知道載重資訊，同時車頭上也有載重指示燈，採用紅綠燈概念，讓挖土機操作者知道車輛載重狀況，另外考量施工道路顛簸，座椅採用氣壓式平衡，讓操作者久坐也不會感到腰痛，具有人因性考量，當然也搭配全車環景系統，增加安全性^[4]（圖 4）。

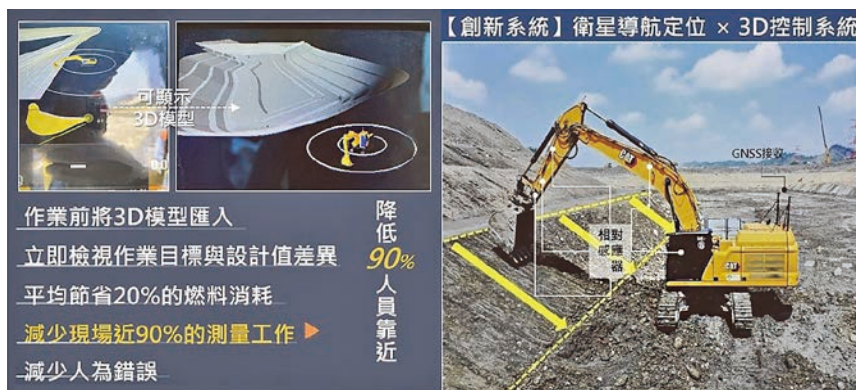


圖 3 土方施工智能 3D 控制系統



圖 4 鉸接式牽引車

因鉸接式牽引車載重後總重達 80 噸，為了防止車輛衝入人工湖區內，特別利用現地塊石經過結構計算，距離湖區邊坡 2 公尺處，設計專屬的土堤防撞設施（圖 5）。

土方壓實引進之壓路機具有壓實儀系統

湖區工程圍堤的土方填築依據施工規範第 02314 章圍堤填築，土方壓實度須達 95%，滾壓次數需由填方現場前輾壓試驗求得，本工程壓路機搭載壓實儀系統，藉由滾壓輪上的傳感器，讓操作人員在駕駛室上的儀表板就可以清楚得知壓實度，並藉由一般土方試驗抽查壓實度是否符合，此精進方式縮短人員進入壓實區域時間，同時可確保壓實度品質一致，顧及維運安全（圖 6）。

空拍機土方收方測量

人工湖挖方量約 1,286 萬立方公尺，面積達 178 公頃，採用傳統測量方式，需要很多測量人員，且有許多重型機具在工區內移動，再加上湖區開挖深度深及夏天炎熱氣候，等於是讓危害暴露時間提升，職安危

害機會增加，為了有效避免，採用空拍機土方收測，空拍機在上方飛行收測，車輛機具在地面施工，互不干擾，經統計測量 20 公頃只需 0.5 天，跟傳統 2.5 天相比，危害暴露時間大大縮短（圖 7）。

數位化環境監測系統

湖區工程戶外作業多且空曠，夏季氣候到來時，熱危害發生機會就增高，傳統熱指數計算耗費時間及人力，因此現在都採用數位化方式，自動計算熱指數，達到設定值搭配 IOT 物聯網進行推播，達到即時監控，並隨著工進，於工區內設置臨時性的休息區，以防止熱危害發生（圖 8）。

防汛科技作為 IOT 物聯網

工區坐落於烏溪旁，部分工項需於河道內進行，藉由搜集上游集水區雨量站資料搭配物聯網，當水位達到警戒值時自動發布訊息到手機 line，並持續觀察水位，達撤離值立刻執行人員機具撤離，經防汛演練大約 30 分鐘可以撤離完成，距離洪峰到達需 1 小時有足夠的時間（圖 9）。



圖 5 防撞土堤



圖 6 壓實儀系統

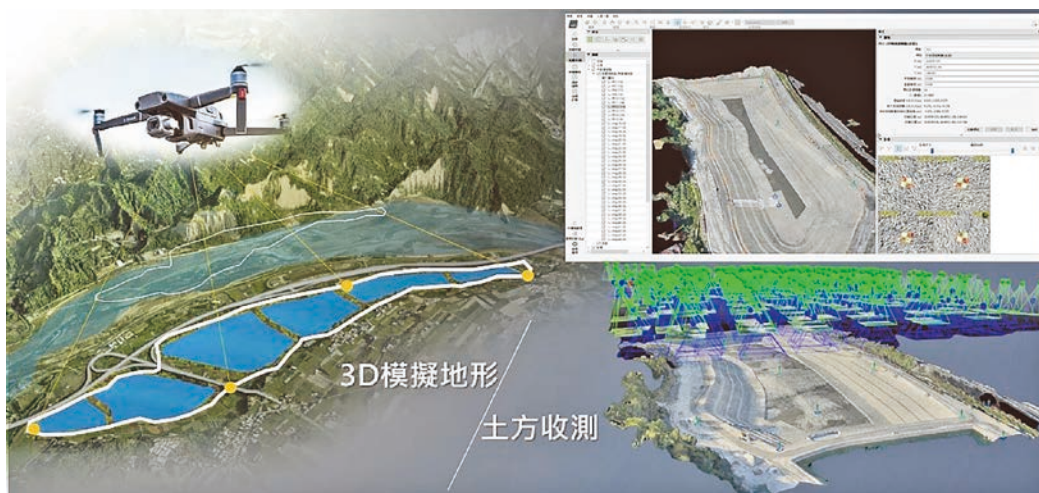


圖 7 空拍機土方收方



圖 8 數位化環境監測系統



圖 9 防汛科技作為 IOT 物聯網



圖 10 霧砲車

空汙防制法寶霧砲車

土方開挖或工區車輛行駛常有塵土飛揚情形，常見方式是採用灑水車灑水，但工程開挖範圍廣大及深，刚开始灑水車尚可處理，但隨著工程進行土石載運下，灑水車無法對於正在開挖作業的範圍進行灑水，因此檢討後，增加霧砲車，藉由將水霧化後噴出，把空氣中粉塵粒子抓住，進而達到空汙防止，且不會影響作業（圖 10）。

結語

風險評估，是職業災害預防的方法之一，通過對於工程作業內容拆節，辨識出危害、分析危害及評量危害發生後，可否接受來執行，同時也是將工程在設計階段

對於所需要的職安衛圖說、預算及規範可視化的作為，編列所需經費及合理工程，讓施工廠商能有所依循，並在施工階段滾動檢討工進，原本施工規劃風險評估報告內的作業風險值及職安衛設施或措施是否需調整，面對風險對策採用科技減災是趨勢，同時也是面對近年來勞動市場缺工的問題的解決方式之一，藉由湖區工程科技減災的作為參考，讓大家持續朝更好的職災預防邁進。

參考文獻

1. 勞動部職業安全衛生署（2023），勞動檢查統計年報 111 年。
2. 勞動部職業安全衛生署（2021），營造工程風險評估技術指引。
3. 經濟部水利署中區水資源分署（2022），烏嘴潭人工湖工程計畫（第 2 次修正）。
4. 中華工程股份有限公司（2019），烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫湖區工程施工服務建議書。