

電信公司人孔局限空間作業導入科技防災評估

劉怡屏¹ 潘煌鐸²

¹國立高雄科技大學 土木工程與防災科技研究所 研究生

²國立高雄科技大學 土木工程與防災科技研究所 教授

摘 要

電信人孔局限空間作業因通風不良易積聚有害氣體，潛在的主要危害包括缺氧、中毒、感電及墜落等。為提升高風險作業現場的安全管理，電信公司開發了 CEMIS 系統，施工員透過手機內建的 GPS 技術打卡定位，並即時上傳六張安全措施照片，以確保作業現場安全。該系統後續也整合了 AI 影像辨識技術，自動識別作業人員的安全裝備和施工標識，如安全帽、護蓋及交通錐等 16 項安全措施，有效提高辨識效率並降低人力需求。儘管電信公司已展現對高風險作業安全風險管理的對策防範，但仍有國內營造公司利用相關科技提升現場施工安全性的先進技術，電信公司亦可考慮導入先進技術，進一步提高其安全標準和作業效率。本研究探討電信人孔局限空間作業導入先進智慧技術，並經過危害風險種類分析、歷年職災案例分析、文獻回顧及風險評估，識別出最主要及最常見的危害風險包括與有害物質的接觸、被撞以及不當動作，而與有害物質接觸所造成的傷亡後果最為嚴重。為進一步增強作業安全及環境保護，經評估後可引入智能看板、攜帶式氣體偵測器和移動電池等設備，以有效預警來降低職安風險並提升作業的安全性和效率。在智能看板能增強道路交通現場警覺性，比傳統警示告示牌有效果；攜帶式氣體檢測儀則使作業人員能隨時進行氣體檢測，並將數據實時傳輸到 CEMIS 系統，使監視人員或管理者能夠即時監控作業環境，提高了安全管理的即時性和減少了人為疏忽造成的影響；移動電池的供電方式能有效避免燃油發電機可能產生的一氧化碳等有害氣體及因搬運笨重機械導致的勞動傷害。通過科技創新和管理應用可以減少職業災害風險，進一步的保障作業人員的生命安全與健康。

關鍵字：局限空間、電信人孔、攜帶式氣體偵測、先進技術

Telecommunication companies implement technology-based hazard assessment for confined space operations in utility holes

Yi-Ping LIU¹ Huang Hsing PAN²

¹*Corresponding Author, Graduate student, Department of Civil Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology*

²*Professor, Department of Civil Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology*

ABSTRACT

Telecom manhole operations in confined spaces often lead to the accumulation of hazardous gases due to poor ventilation, posing significant risks such as hypoxia, poisoning, electric shocks, and falls. To enhance safety management in these high-risk work environments, telecommunication companies have developed the CEMIS system. This system leverages built-in GPS technology in smartphones for workers to check in and immediately upload six photos demonstrating safety precautions, ensuring the safety of the site. Additionally, the system has integrated AI image recognition technology to automatically identify workers' safety gear and construction signs, such as helmets, protective covers, and traffic cones, among 16 safety measures. This integration significantly improves recognition efficiency and reduces the need for manual oversight. Despite these advancements, domestic construction companies have been utilizing advanced smart technologies to further enhance safety at their sites. Telecommunications companies might consider adopting similar technologies to elevate their safety standards and operational efficiency further. This study explores the introduction of advanced smart technologies into telecom manhole operations in confined spaces. It includes an analysis of hazard risk types, a review of occupational accident cases over the years, literature reviews, and risk assessments. The primary and most common hazards identified are contact with hazardous substances, impacts, and improper movements, with contact with hazardous substances resulting in the most severe injuries and fatalities. To further enhance operational safety and environmental protection, the introduction of smart billboards, portable gas detectors, and mobile batteries is recommended after evaluation. Smart billboards can more effectively enhance road traffic awareness compared to traditional warning signs. Portable gas detectors enable workers to perform on-the-spot gas checks and transmit the data to the CEMIS system in real-time, allowing supervisors and managers to monitor the work environment instantly, thereby enhancing safety management and reducing human error. The use of mobile batteries as a power supply avoids the potential hazards of carbon monoxide from fuel generators and injuries from transporting heavy machinery. Through technological innovation and management application, the risk of occupational hazards in telecommunications manholes can be reduced, further protecting the safety and health of workers.

Keywords: Confined spaces, Telecom manhole, Portable gas detection, Advanced technologies.

一、緒論

1-1 前言

在當今快速進步的 5G 時代，電信業已不僅是通信服務的提供者，而是成為智慧城市營運的關鍵推手，使得電信業者的角色及其承擔的責任大大增加，電信人孔作業的安全方面，隨著技術的發展，尤其是物聯網(Internet of Things, IoT)和人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術的應用，現在有可能通過科技提高作業安全管理。本研究旨在探討電信人孔作業的現有安全措施，分析其潛在風險，並評估利用先進科技適用電信人孔加強安全管理措施，可以朝向降低職業災害、提升作業安全的目標邁進。

1-2 研究動機

自民國 42 年交通部電信總局開始實施「市區道路電線電纜地下化建設計畫」，積極在道路施工同時埋設電信管道。截至民國 86 年六年建設計畫完成，市區道路電信系統地下化率已達 90.5%；地下人孔目前主要提供作業人員進行纜線佈放、接續、維護及架設電信設備之場所；電信人孔不僅提供連接電纜和設備的場所，更是維持網絡運作的重要環節。然而，進入電信人孔進行工作仍然存在一定的危險性。由於作業空間的侷限性，人孔內部通風不良，可能積聚有害氣體，潛在風險包括缺氧、中毒、感電和墜落等危害，若未能及時偵測勞工本身及環境的狀態並實施緊急救援，易發生重大職災，在過去電信公司及其承包商發生局限空間作業職業災害案例顯示，電信人孔作業仍然具有高風險危害。儘管我國有相關的勞工安全衛生法和標準，但在實際應用上仍然面臨著管理上的挑戰。

電信公司研發了「線路工程管理資訊系統」(Construction Engineering Management Information System, CEMIS)做為總公司、北中南三區分公司及所轄營運處各工務單位所使用的管理資訊系統，從民國 73 年起開始開發、設計、發展，至民國 76 年開放營運及維護迄今，已有具體的使用成效。於民國 97 年南區分公司及北分公司也開發使用 3G 手機傳送高風險作業危害預防照片至 CEMIS 系統，因系統未與地區進行整合修正，也未強制要求作業人員到作業地點打卡作業位置，導致承包商未確實執行高風險作業上傳安全措施照片，進入人孔局限空間作業未確實通風及氣體監測，造成職災意外憾事，凸顯了系統上安全管理上或許還有些問題存在。因此電信公司於民國 106 年 CEMIS 系統上開發「線路工程工安巡檢管理系統」(LINE Engineering Management Operation, LEMO)，這系統是利用 CEMIS 系統施工單管理作業特性，藉由透過 web 介面提供現場作業人員及管理人員使用，讓作業人員回傳施工位置的座標，讓職安管理人員進入 LEMO 系統後掌握目前施工人員施工種類及動態位置進行工安檢查，提升現場工作安全。這系統加上施工員須即時傳送

高風險作業現場的安全措施照片，成為一套相當完整的工程管理結合工安巡檢管理系統。

但隨著現代科技的快速發展及技術推陳出新，現國內已有許多從事局限空間作業業者運用先進科技、物聯網或 AI 人工智慧等方式來提升安全管理的水平，來減少職業災害的發生。因此本研究將目前營造業已運用先進科技在局限空間的安全管理措施項目進行評估，通過現有應用情況及電信人孔實際狀況作業分析，評估還有那些科技項目適合導入於電信公司的人孔局限空間作業，以強化電信公司的安全管理措施。

1-3 研究方法

本研究透過文獻回顧與歷年職災案例分析探討局限空間作業中職業災害的危害類型及其成因，再探討國內局限空間作業中的新興科技，如 AI、感測技術及即時監控系統等應用現況；再評估電信公司人孔局限空間作業環境的危害風險及需求，進行作業危害分析，並對 LEMO 線路巡檢系統在局限空間作業進行評估優勢及潛在不足之處，為電信公司人孔局限空間作業的科技防災提供可行且有效的科技防災分析與建議，以提升作業環境的整體安全性，研究流程如圖 1 所示。

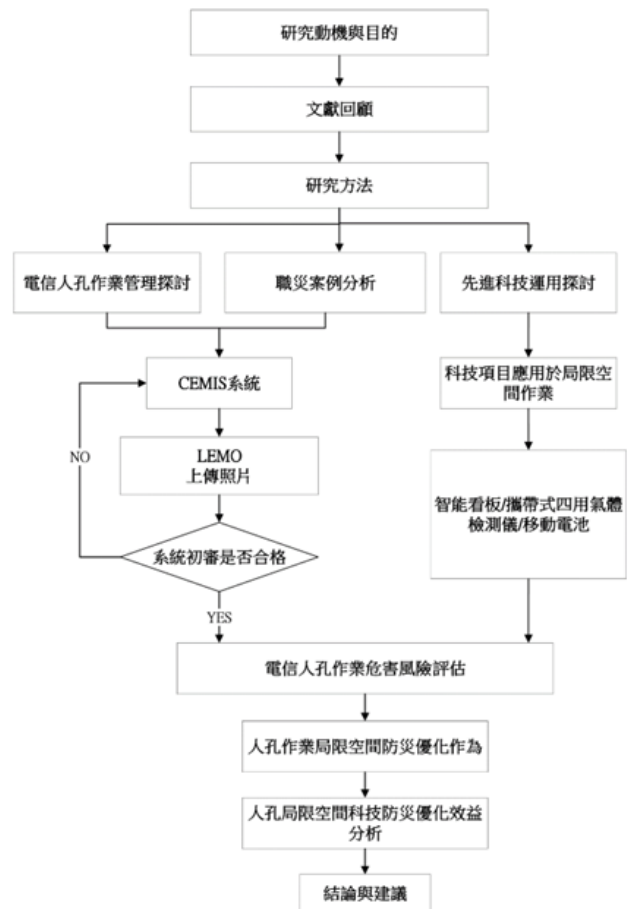


圖 1 研究流程

二、文獻探討

2-1 電信人孔局限空間作業流程說明

電信人孔因長期埋設於路面下，有時因纜線破損需維修或有接續作業，所以可能幾個月甚至幾年才開啟人孔進入作業，內部空氣無法流通，除了耗氧性生物或物質氧化消耗氧氣外，外界其他氣體可能侵入並稀釋氧氣濃度，進一步造成缺氧和危險氣體，這些氣體危害往往是電信人孔作業人員意外致命的主要原因。

依據中華電信公司的局限空間作業管制要點，電信人孔作業的流程重點說明如圖 2【1】所示，在進行人孔局限空間作業時，現場作業主管於出工前領取各項防護器具，並做好數量之確認及性能測試，事後繳回集中保管；各項防護具至少一套空氣呼吸器、一付救援用安全帶和救生索、每班一部的缺氧及有害氣體偵測器，以及每個人孔至少一部送風機的防護器具，並確保開啟的人孔數不會超過送風機的數量。在開啟人孔前，需在外部新鮮空氣處對氣體偵測器進行校準。氣體測定需包括氧氣、一氧化碳、硫化氫及可燃性氣體，並根據不同氣體比重在人孔的上、中、下層進行多點測定以提高準確度，當有異常警報時應先通風再重新測定，另外持續通風換氣是保障作業安全的關鍵，使用的送風機應有足夠的風量，並在進入前確保人孔空間有足夠的新鮮空氣換氣；作業前後應清點人數，並由現場作業主管簽認局限空間作業檢點許可表。

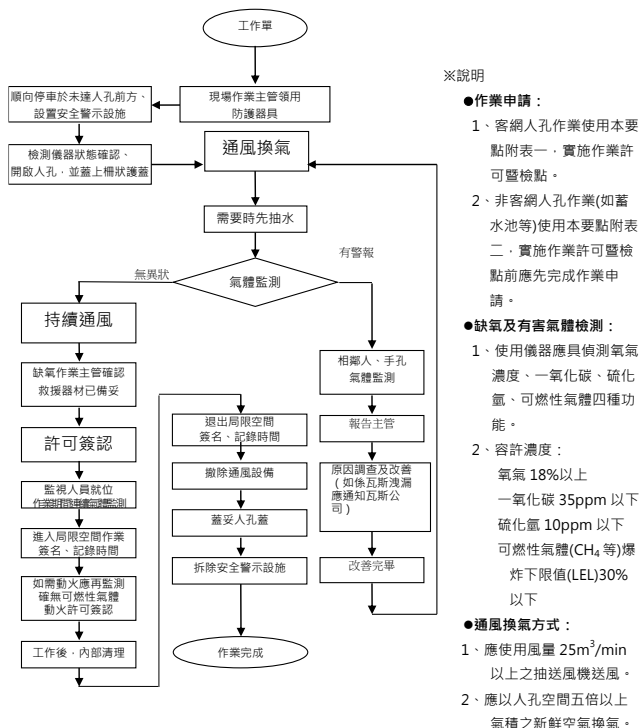


圖 2 電信人孔作業的流程圖

若人孔內發生缺氧或中毒事故，進行救援作業時應使用呼吸防護具，避免未使用防護具者冒然進入造成二

次災害。整體而言，這些嚴格的安全措施和規定確保了從事地下電信人孔作業人員的安全，並預防了可能發生的事故。

2-2 國內智慧科技於職業安全衛生運用

現全世界明顯感受到了人工智慧的影響力，依據國際數據資訊公司（IDC）的預測顯示【2】，台灣 AI 平台市場的規模將從 2023 年的 6690 萬美元飆升至 2024 年的 8390 萬美元，年增長率達到驚人的 25.4%，說明 AI 在台灣各領域需求的快速增長。台灣政府於 2018 年-2021 年推動了「台灣 AI 行動計畫」，加速 AI 技術的發展及廣泛應用，計畫中近年來已大量投資於 AI 技術的推廣，將其應用於多個產業和社會活動中，以減少勞動力負擔、提高工作效率和決策品質，並提升產品及服務質量。

隨著全球智慧科技的持續發展，「台灣 AI 行動計畫 2.0」【3】全面展開工業 4.0 時代到來，職安衛防災與管理也應該同步做到智慧化，透過不同的載具、使用不同的軟體，來解決職安衛各面向不同的需求，透過技術創新智慧科技運用在職場安全衛生領域，為職業安全衛生管理帶來革命性的改變，包括解決勞動力短缺問題，並提升工作效率，也透過智能自動化和預測性維護系統來減少工作場所事故和職業病的風險，在高風險行業中應用 AI 技術做機械設備危害預防，進行實時監測和風險評估，預防事故發生，提升工作場所的安全性和員工的健康水平，以科技進步促進工作安全。

根據 2020 年黃德琪與關妙如的研究【4】，引入 AIoT 技術於職業安全衛生管理工作中能夠大幅提升安全管理的效率。AIoT 技術的整合相當於在每個班次增加了一位專業的安全衛生人員，從而確保全天候的安全監控與風險評估的持續性。如在執行三班制的企業中，通過應用影像辨識技術，不僅可以確保勞工是否正確使用個人防護裝備，遵守標準操作程序（SOP），還可以檢查 5S 環境維護的狀況。這項技術的實施顯著降低了對人工的依賴，以三班制的企業為例，可以預見的是，每年可節約達 210 萬元的人力成本，累計五年則可節省超過 1050 萬元。更重要的是，透過 AIoT 技術的應用，能有效降低職業事故的發生率，進而顯著減少因職災造成的經濟損失。

在當前的職業安全衛生管理領域中，黃國寶【5】強調了專業培訓和持證人員在企業安全衛生管理中的核心作用，並指出為了確保所有員工（含外包人員）的安全與衛生，單靠職安人員的努力是不夠的。他提倡利用人工智慧技術，如影像辨識，來監控作業環境，這不僅能有效減輕管理層的負擔，還能提升監控的效率和準確性。黃國寶進一步建議管理者應深入探究 AI 工具如何影響職業安全衛生的各個環節，包括承攬外包管理、變更管理以及特定的高風險作業管理等領域。透過 AI 的預測和預防功能，可以有效避免潛在的危險情況，從而促進工作場所的安全，提高企業的生產力與競爭力。

闕妙如【6】提到究降低職災發生的成效因子，不論是機械設備、環境或是人為的因素都存在其中的一環，因此雖然有相當多的教育訓練、機械設備防護或是訂有許多的管理機制，但因為員工無法自發去遵守各項規定，加上職業安全衛生人員的監督管理能量實在極為有限，若能透過 AI 科技進步的量能輔助在職安領域的管理，一定可以避免更多不幸的職業災害發生。

在當前 AIoT 智慧物聯網的發展浪潮中，人工智慧 AI、5G、物聯網技術、以及無人機等科技正迅速崛起並日益成熟，國內許多企業已將這些技術應用於職業安全衛生管理領域。

2-3 局限空間作業使用智慧科技實際案例

在職業安全衛生管理的運用職場安全防災監控技術系統可以強化工作場所安全。在局限空間作業高風險作業，因作業空間狹小、通風不良、潛在的有害氣體累積或氧氣不足，這些條件使得作業人員面臨窒息、中毒、火災和爆炸等多重風險；而近年來，局限空間科技防災應用在職場安全管理顯著提升了作業安全性和管理效率。

為了瞭解局限空間導入科技防災設施及設備實際應用情形，實地參訪瑞鋒營造有限公司在台南玉井進行的「曾文南化聯通管統包工程 A3 標」工程項目，此項目主要負責進行連接地下輸水管路聯通管，以增強區域水資源調度和備援能力。然而，該工程作業需在地下管道的局限空間內進行，這自然涉及了諸多潛在安全風險，例如狹窄的作業空間、不佳的通風情況、潛在有害氣體的積聚以及氧氣缺乏等問題。面對局限空間危害，瑞鋒營造採取科技加強安全管理，由圖 3 作業環境中採用的 AI 科技設備運作，加強保障工作人員的安全。

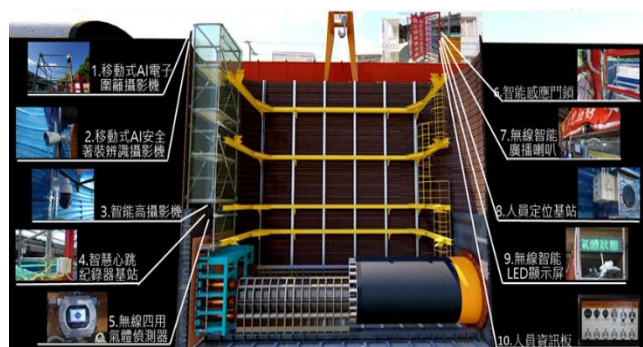


圖 3 局限空間作業 AI 科技產品示意圖【7】

台南玉井的局限空間作業展示了如何透過先進的 AI 科技設備來增強安全性與提高工作效率，並在參訪後，整理台南玉井局限空間作業中應用的 AI 科技防災技術，總共導入 7 項科技智能設備來提升安全管理效率，以下是對這些科技設備的功能簡介。

1. 智能四用自動感測系統:持續監測有害氣體，氣體異常自動發佈警報。

2. 工地無線智能環境危害顯示板:工作場所環境安全資訊結合自動監測或網路資訊，在施工現場設置了工地無線智能環境危害顯示板，即時顯示工區內氣體偵測、熱危害指數、溫溼度、空氣品質、地震警報等監測資訊，結合聲光警示系統發布工地異常狀況的警告。並即時發送手機警訊通知給施工及管理人員。
3. 氣體異常自動啟動排風:與感測器連動異常立即自動啟動排風扇改善環境空品，氣體狀態正常後自動關閉，免除人工操作時間差。
4. 固定式及移動式 AI 攝影機:工作場所普遍設置固定式高解析度攝影機，非定點或監視死角的施工區域可機動設置移動式攝影機，全時監視施工狀況。
5. 智能電子圍籬監控廣播:移動式電子圍籬場域設定監控，人員越界自動廣及 APP 推撥，監控個人裝備穿戴狀況推撥。
6. 人臉辨識進出管制:導入作業人員人臉辨識門禁系統及酒測機電子鎖連動，進驗證合格自動開門。

三、電信人孔作業局限空間防災作為和對策

3-1 電信人孔作業局限空間職災案例與分析

回顧電信公司員工及承攬商歷年從事人孔局限空間作業職災事故，彙整民國 86 年~105 年事故資料製作成電信人孔局限空間作業職災事故統計表如表 1 所示，共計發生 8 件意外事故，造成 10 人死亡及 8 人受傷，綜合事故報告分析可發現多數主要致災原因皆為缺氧窒息而發生事故；間接原因為未實施氣體濃度測定及未實施通風換氣及監測氣體。

表 1 民國 86 年~105 年電信人孔局限空間作業職災事故統計表

編號	發生日期時間(民國)/地點	災害類型	傷亡人數		人員	直接原因	間接原因	基本原因
			死亡	受傷				
1	86/2/26 14:40桃區	缺氧	1 (施作人員)		承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練
2	86/4/8 16:00新竹	缺氧	1 (施作人員)		承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練
3	87/6/19 8:30屏東	缺氧	3 (施作人員*1 搶救人員*2)	1 (搶救人員)	承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練
4	89/9/7 13:10苗栗	爆炸		4	承攬商	可燃性氣體超過爆炸下限	人孔內作業未隨時實施可燃性氣體濃度檢點	未對新進勞工辦理勞工安全衛生教育、訓練 未訂定安全衛生工作守則
5	89/10/6 15:15花蓮	缺氧	1 (施作人員)	1 (搶救人員)	承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練
6	90/4/11 11:40新北	缺氧	1 (施作人員)	1 (施作人員)	員工	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未確實執行職業安全衛生管理事項
7	102/5/4 08:40嘉義	缺氧	2 (施作人員)		承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 通風風管破損	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練
8	105/6/30 14:10高雄	缺氧	1 (搶救人員)	1 (施作人員)	承攬商	缺氧窒息	未實施氣體濃度測定 未實施通風換氣	未落實承攬管理事項 未實施安全衛生教育訓練

在人孔作業中所存在的氣體危害，為何無法於作業

前，依照標準作業程序所規範之步驟被偵測與排除，分析原因可能與電信公司大部分的人孔局限空間為接續電纜等維修等短暫作業，經常委由外包承攬人負責完成，承攬人未接受基本之安全衛生教育訓練，存在想快速完成工作事項心態，又對環境危害認知不足，就沒有遵守標準作業流程做通風及氣體監測，而輕忽對局限空間作業潛在的危害及嚴重性，導致令人傷痛的憾事。因此電信公司在人孔局限空間作業相關工程若交付給承攬商，其契約有具體規範並確實告知危害及督導各級承攬人落實局限空間作業危害防止措施。

另外，氣體監測器作氣體偵測操作手續多，在規範進行有害氣體偵測要將氣體偵測管分上、中、下三層各測量一次，並要將結果記錄於局限空間作業檢點許可表，因操作作業繁瑣，降低使用的意願，造成工作安全規範程序之空氣檢測項目無法落實同時。

依職安署統計近 20 年重大職災案件，有近 60%職業災害案件死傷人數超過 1 人，主因是肉眼難以辨識缺氧、有害環境，當勞工於局限空間罹災時，救援人員未清楚局限空間內的危害狀況，即貿然進入搶救，造成多人罹災【8】。在電信人孔局限空間作業職災事故統計表資料中也發現職災發生單一事件罹災人數超過一人以上之案例約佔總件數的百分之 75%，傷亡人員中有 53.85% 為搶救人員，原因分析可能在局限空間作業發生職災事故情況當下，都心急搶救自己的同仁，卻在無完整防護設備(輸氣管面罩、救援用安生索(帶)、三角架)而冒然進入人孔，但局限空間作業環境救援不如一般場所可以迅速進出搶救人員，因此為什麼局限空間作業前應定期辦理局限空間作業情境演練，使人員能熟悉各緊急狀況之處理程序及安全防護設備之使用，做好進入前及救難前的相關的防範措施，就是要防止二次事故發生，否則會加劇救援人員成為罹災者的情況。

3-2 電信人孔局限空間作業危害分析

電信人孔局限空間作業現場可能因不安全的環境、勞工不安全的行為導致職業災害的發生，而災害的類型繁多，依據依職業安全衛生法指定填報之事業單位職業災害統計中的勞工職業災害類型定義，職業災害類型可分為，墜落滾落、衝撞、物體飛落、物體倒塌崩塌、被撞等等 20 種災害類型，但每一種災害類型的特性與造成災害的媒介物亦不同，發生的頻率與其嚴重性也會有所差異。

將電信人孔作業過程中分為五個主要作業階段，包括作業前準備、電纜準備作業、人孔局限空間作業安全衛生管制、進入孔內施工作業，及作業現場安全設施復原等，依據不同階段作業步驟盤點可能面臨的危害類型，製作成電信公司人孔局限空間作業的災害類型分析表，如表 2 所示，分析電信人孔作業可能發生危害類型共有 13 項，依危害因子分為四大類有化學性危害、物理性危害、人因

工程危害，以及生物性危害。在化學性危害涉及接觸有害物質(包括缺氧、硫化氫、一氧化碳中毒)，及火災與爆炸，共計 2 項；物理性危害包含墜落/滑落、跌倒、物體掉落、交通事故、被撞、感電、夾傷、割傷、燙傷及高溫接觸等 11 項危害；在人因工程危害則是不當動作造成的危害；生物性危害指是動物(如蟲蛇)咬傷。其中最致命的主要致死的災害類型為有害物接觸(缺氧、硫化氫或一氧化碳等有害物中毒)等最為嚴重危害，因此，只要能確實控制和預防這些有害物質的接觸，如定期檢測空氣質量、提供適當的個人防護裝備，並對作業人員進行有關危害物質教育訓練和應急處理技能的培訓，及建立一套全面的風險評估和風險管理機制，確保在潛在的危險被識別後，能夠有效地採取控制措施，減少災害發生的機率。

表 2 電信公司人孔局限空間作業的災害類型分析

一、作業前準備												
災害類型 作業項目	交通事 件	被撞	物體飛 落	不當動 作	跌倒	與有害 物接觸	夾傷	感電	火災/ 爆炸	墜落/ 滑落	割傷	與高溫 接觸
1.停放工程車	●											
2.觀察施工現場環境狀況		●										
3.作業場所安全設施擺設		●										
二、電纜準備作業												
災害類型 作業項目	交通事 件	被撞	物體飛 落	不當動 作	跌倒	與有害 物接觸	夾傷	感電	火災/ 爆炸	墜落/ 滑落	割傷	與高溫 接觸
1.絞車裝置或吊車排正位置		●										
2.將電纜吊裝上、下車			●									
3.將電纜接線端至作業定點				●								
4.佈置佈放、拖拉所需機具設備					●							
5.8字形工法擺設電纜				●								
三、人孔局限空間作業安全衛生管制												
災害類型 作業項目	交通事 件	被撞	物體飛 落	不當動 作	跌倒	與有害 物接觸	夾傷	感電	火災/ 爆炸	墜落/ 滑落	割傷	與高溫 接觸
1.以人孔蓋開啟起器打開人孔蓋後						●						
2.視孔內水位情況，用抽水機抽乾人孔內積水				●								
3.設置送風機連通對人孔輸送新鮮空氣								●		●		
4.實施人孔內氣體偵測並記錄								●				
5.拍照及傳送檢點紀錄上傳 LMO 系統		●										
四、進入孔內施工作業												
災害類型 作業項目	交通事 件	被撞	物體飛 落	不當動 作	跌倒	與有害 物接觸	夾傷	感電	火災/ 爆炸	墜落/ 滑落	割傷	與高溫 接觸
1.作業人員穿妥裝備後利用樓梯進入人孔內						●				●		
2.裝設人孔內照明設施並清除孔內遺留雜物						●		●				●
3.人孔上方人員協助將料具吊入孔內			●			●						
4.進行電纜佈放作業，拖拉所需機具及電纜，排正絞車裝置或吊車位置後，開始牽引電纜						●						
5.進行電纜、光接續作業，確認施工電纜後餘長剪除，完成芯線編索、對照後開始接續						●					●	
6.接續電纜完成後使用熱縮管包裹，主幹管焊接完成接續						●			●			●
7.完成相關作業後，將工具儀器、剩餘材料、廢料全部吊出孔內，並重新安置出孔用樓梯，待人員全部出孔後實施人數清查			●			●						
五、作業現場安全設施復原												
災害類型 作業項目	交通事 件	被撞	物體飛 落	不當動 作	跌倒	與有害 物接觸	夾傷	感電	火災/ 爆炸	墜落/ 滑落	割傷	與高溫 接觸
1.撤除機械通風設備及抽水設備							●					
2.依原位置蓋妥人孔蓋後							●					
3.相關機具設備搬運上車剩餘電纜吊上車並固定		●	●	●								
4.撤除安全維護設施、警告標誌，環境整理並恢復現場		●										

電信人孔作業危害類型統計表數據結果，如表 3 說明並分析人孔作業可能相關的潛在危害類型總共有 35 件，發生件數數量由高的前三項危害類型，主要的危害如下

說明：

1. 與有害物接觸危害共計 7 件，在作業中發生件數最多又是最危險的危害，原因為人孔開啟時孔內有害氣體出然溢出，或孔內廢水含有侵蝕性或有毒物質，導致人孔內作業時吸入有害氣體發生缺氧或中毒情事，在工程管制方面要確實依規定完成送風及氣體量測並記錄上傳。在管理控制方面包括教育訓練、安全宣導、緊急救護、專人監測及督管、作業許可、自主防護。
2. 不當動作危害在電纜準備作業和進入孔內施工作業階段較為常見，共計 5 件，因人孔局限空間現場的電纜線料具及發電機、抽風機等機具設備，主要是靠人力搬運為主，設備機具安置、撤收搬運過程中，作業人員為求時效性因姿勢不良引發肌肉拉傷；在工程控制方面須確認重心位置採適當姿勢搬運，力求自然之穩定步伐與步調，必要時提供推車搬運合宜的搬運器具；在管理控制方面需要給予教育訓練、安全宣導、多人分工、專人督管，來降低此類職災的發生。
3. 被撞危害共有 5 件，主要原因為人孔位置處多設置於馬路車道上，作業環境多為道路作業場所，且作業時間平均 2~4 小時以上，相對增加作業人員被撞機率及通事故風險，被撞：作業場所因位處道路車道上，執行作業過程中因道路駕駛人未及時注意前方路況，因而發生衝撞情形導致人員受傷或設備受損，在工程控制方面，人員應穿著反光背心並隨時注意四周車況，擺設交通錐、連桿、警示燈、行車方向指示牌等設施；在管理控制需指派人員車輛引導、教育訓練、安全宣導、自主防護。

表 3 電信人孔作業危害類型統計表

作業 危害類型	作業前準備	電纜準備作 業	人孔局限空 間作業安全 衛生管制	進入孔內施 工作業	作業現場安 全設施復原	合計
交通事故	1					1
被撞	2	1			2	5
物體飛落		1		1	2	4
不當動作		3	1		1	5
跌倒		1				1
與有害物接觸				7		7
夾傷			1		1	2
感電			2	1		3
火災/爆炸			1	1		2
墜落/滑落				1		1
割傷				1		1
與高溫接觸				1(中暑)	1(燙傷)	2
其他(毒蟲咬傷)				1		1
合計	3	6	5	14	7	35

3-3 電信人孔局限空間預防對策

電信人孔局限空間作業的管制要點規範，已經制定規範相當完善的危害預防措施。本文將針對自身的評估在電信人孔局限空間作業中，針對不同階段作業步驟，所面臨不同危害類型給予將對預防安全管理對策及相關控

制說明整理如下：

1. 在作業前準備可先透過 CEMIS 系統在設計或施工規劃階段進行事前風險評估，並加入風險描述，增進了從事相關工作人員對於潛在安全威脅的理解與認識。提前識別與準備機制強化參與人員在進入工作現場前對於可能遭遇的高風險有充分的預警與準備，同時也提升局限空間作業過程中對危害的安全管理與控制，從而確保了作業環境的整體安全與效率；在交通安全危害對策，要求進入作業現場的人員必須穿戴具有高能見度的反光背心，並在作業場地的周邊設置清晰易見的安全警示標誌。特別是在接近車流或行人流的高風險區域，部署交通引導人員和電動旗手，預防可能發生撞擊事故。
2. 在進行電纜準備作業，面臨有被撞、物體飛落、不當動作、不當動作、跌倒等危害，在電纜吊裝過程中，操作移動式起重機需嚴格遵守安全操作程序，確保所有作業人員之間保持有效的溝通，以避免因誤操作或溝通失誤造成的危險。此外，當電纜從吊車上卸下或被運送至指定的作業點時，正確的搬運姿勢、嚴謹的作業分工以及穿戴適當的個人防護裝備（如安全鞋和工作手套），都是防止不當動作導致人員受傷的重要措施。作業區內潛在的跌倒危險，可透過定期進行工作安全教育訓練，增強作業人員對於安全意識的重視。在電纜的擺放工法上，採用 8 字形工法不僅可以減少空間內的雜亂，亦可有效降低作業過程中電纜造成的障礙或絆倒風險。
3. 進行人孔局限空間作業安全衛生管制步驟危害對策包括穿戴適當的安全裝備、按照作業標準進行、使用專業工具輔助開啟人孔蓋、抽乾積水、確保良好的通風，以及對施工環境進行有害氣體監測。並對施工設備進行定期檢查，安裝必要的安全裝置以防止感電和爆炸，並透過 CEMIS 系統記錄和上傳作業紀錄，增加現場安全預防措施。
4. 進行人孔內施工作業時，遇到的危害其中與有害氣體接觸為主要的危害風險。在預防對策應進行詳細的教育宣導和安全訓練，讓作業人員充分了解可能遇到的有害氣體類型、風險程度及其對健康可能造成的影響，同時學習如何正確使用防護裝備和處置緊急情況。在作業許可制度的框架下，所有進入人孔內的施工活動都必須事先進行有害氣體的監測和評估，持續的通風換氣措施被視為預防有害氣體積聚的關鍵措施。對於作業區域的監控也極為重要，監視人員應隨時注意人孔內作業人員的安全狀況，一旦發現異常或有害氣體濃度上升，立即採取疏散等應急措施。
5. 作業現場安全設施復原重點強調在施工結束後恢復現場安全。這包含撤除機械通風和抽水設備，穿戴防護裝備以避免接觸高溫、夾傷和物體飛落的風險，並確

保設備冷卻後安全拆卸。此外，重置人孔蓋、搬運機具設備上車固定，並拆除所有安全維護設施和警告標誌，保持作業環境的整潔，確保所有作業按照高標準的安全規範完成，防止任何的職業傷害。

3-4 電信人孔局限空間作業防災優化作為

電信公司為保障工作者安全，於管理及設備都符合法令規定，但為提升電信人孔作業安全，筆者評估可在管理作業、設備及器材方面進行優化相關措施，提高局限空間作業的安全水平。

在管理作業方面，鑑於承攬商在過去電信人孔故事中所佔比例較大，可能原因為共同承攬向下發包成為二包三包，在經過多重分包後，導致參與工程人員素質參差不齊，無法熟悉並遵守原事業單位所要求之工作守則和人孔作業之安全作業程序，應加強對承攬商的安全教育與宣導。除了基本的危害告知、安全訓練及定期演練之外，可派員參加局限空間擴增現實/虛擬現實體驗教育訓練作為創新教育訓練，透過模擬真實參與體驗作業環境，增強其對真實情況危害發生反應能力和緊急應對技巧。

在進行人孔局限空間作業針對有害氣體和缺氧等潛在的危害，需要實施有效的預防與控制策略，由於電信人孔作業出入口的狹窄空間以及潛在的有害氣體風險，適用攜帶型四功能氣體檢測儀。這種檢測儀能夠同時監測有害氣體、氧氣、二氧化碳以及易燃易爆氣體等多項指標，一旦監測到任何危害氣體，便會立刻觸發聲光警報，並可以即時將檢測數據上傳至 CEMIS 系統的功能，管理層能夠實時監控作業環境的安全狀況，從而極大地提升了安全管理的效率與成效。這種即時監控和數據反饋機制，不僅使得管理者能夠迅速地應對潛在的安全威脅，還確保了安全預防措施能以更高的精確度針對實際存在的風險進行調整。

除缺氧危害之外，施工人員有被撞的風險也是電信人孔作業時重大安全危害。可優化施工警示設備，可採用移動式智能電子顯示板。這種顯示板可放置於工作區域前端的顯著位置，展示即時更新的動態警示訊息，例如「前方正進行施工，請提高警覺」和「請降速慢行，注意安全」等。能有效提醒駕駛人員及時調整行車速度並注意避讓，從而大幅提升施工現場的視覺警覺和安全防護水平。動態警示訊息比靜態標誌更能吸引駕駛人員的注意力，尤其是在視線不佳或天氣條件不佳時更為重要。能夠降低被撞交通事故。

因在電信人孔作業中自備發電機被作為主要電源，適合在短暫作業，如充氣電纜氣壓量測，但傳統發電機在運行時會產生一氧化碳等有害氣體，對作業人員的健康構成威脅，再現在科技發展快速及移動電源普及化，可以採用移動電源。移動電源的使用移動電源以其輕便性，降低了作業人員的身體負擔，增強了機動性和靈活性，也避免了有害氣體的產生，從而保障了作業人員的健康和安

全，同時對環境保護亦有積極貢獻。

四、局限空間作業防災效益分析

4-1 電信人孔局限空間作業導入科技防災

在工業 4.0 的浪潮下，物聯網 (IoT) 和人工智慧 (AI) 技術的門檻及成本逐漸降低，促使了 AI 和 AIoT 技術技術得到各行各業的廣泛接受和應用，善用 AI 及 AIoT 科技來強化安全管理，尤其是在高風險作業的安全風險管理領域，將是未來安全發展的主要趨勢。電信公司 CEMIS 系統推出 LEMO 線路工程工安巡檢管理作業，相對展現了對高風險作業安全風險管理的先進防範。但在國內在局限空間作業的職業安全管理，已經有許多營造公司利用 AI 技術來提升現場作業的安全性與效率，隨著這些技術的持續進步，電信公司應以更高的安全標準和作業效率，推動行業朝向一個更智能、更安全的未來邁進。

由璽樂科技股份有限公司協助提供國內在局限空間作業中經常使用到人工智慧技術設備，局限空間科技設備項目應用介紹說明，並針對項目作初步評估適用於電信人孔做簡單說明如下，並依據電信人孔作業的特定環境及型態，進行智能技術導入初步適用性評估。

1. 智慧開關，如圖 4 所示，當作業環境中出現危害氣體時，透過基站傳輸數據資訊達到危險等級，系統能自動啟動如抽風機等防範設備，降低安全事故發生的機率。透過設定特定的操作權限，如在 50 米範圍內通過 APP 操作開啟大型機具，方便了現場作業，也使得設備使用時間和開關次數因有電腦記錄更為準確。這些數據可以透過基站實時傳輸至後台，讓管理人員能夠即時了解設備的使用情況。至於斷電後重新上電的處理，設備設置了自動和手動兩種模式，自動模式下無故障時可在少於 3 秒內自動合閘，而手動模式則需人工介入進行操作，提供了靈活的應對策略。但，因電信人孔作業且沒有固定的作業範圍，工作人員通常是在接收到請修單後，才會知道需要維修的具體位置與線路位置，作業範圍無固定，智慧開關設備需要預先設定並依靠固定位置設定範圍來有效運作的智能產品。此外，電信人孔的維修工作大多外包給承包商，作業人員可能會經常變動及流動性高，對智慧開關使用權限的有效管理和設定很難控制，甚至可能增加管理與維護的複雜度，故此設備不適用於電信人孔作業。



圖4智慧開關【9】

2. 智能廣播系統，如圖 5 所示，廣播系統可結合後台系統、電子圍籬、四用氣體檢測器等技術，在熱指數、雨量、空氣品質過高，或人員誤入危險區域、局限空間內有害物氣體濃度過高時，以及遇到緊急事件需要廣播警告時，實現即時推播警示工作人員。此設備系統的傳輸距離範圍為半徑 1-3 公里，可支援搭配 LED 跑馬燈屏、機具警報器、電子圍籬、四用氣體檢測器和人員定位基站等週邊設備使用，透過專用控制 App 操作，可增強現場工作安全。雖智能廣播系統能提供及時的安全警示和環境監測，由於電信人孔作業常見於馬路邊，廣播的聲音易造成噪音干擾，對附近居民和商業活動造成干擾，易引起隱私和噪音投訴。從而限制了智能廣播系統在人孔作業工作環境中的實用性和效果。



圖5智能廣播系統【9】

3. 智能 LED 看板，如圖 6 所示，透過整合感測器資訊與政府 AI 環境數據分析，提供實時環境監測數據，根據氣體數據的安全等級，系統會透過不同顏色顯示（綠色代表安全、黃色警告、紅色危險），並能在危險狀態時啟動警報、通知管理人員，並提供應對建議；文字內容也可以自行設定，大小也可客製，LED 屏幕亮度會有自動亮度調節功能，在任何環境下都有最佳顯示效果，為作業人員直接警示當下的環境狀態，有效提升工作場所的安全性。在電信人孔等作業環境具有廣泛的適用性，因智能 LED 看板重量輕可移動式配置，在不同環境和需求的安全警示，也可使用在作業區展示警示信息，如“前方施工”或“請減速”，避免施工中的交通事故，在電信人孔作業的應用可用性值得進一步評估。



圖 6 智能 LED 看板【9】

4. 四用氣體偵測器，如圖 7 所示，局限空間容易產生有毒氣體架設四用氣體偵測設備，檢測氣體有毒氣體、氧氣、二氧化碳、易燃易爆類氣體、揮發性有機化合

物(Total Volatile Organic Compounds, TVOC)等，偵測設備連結基站，即可在無網環境中，將數據資訊即時上傳至手機 APP 及管理後台，讓管理者可遠端即時監護工程環境之狀態，降低工作人員安全風險。儘管固定式四用氣體偵測器可以連續監測氣體，但在電信人孔等地點需頻繁變動的作業環境中，其應用卻受到限制，由於這些偵測器無法隨作業地點變簡易操作移動位置，無法有效適應電信人孔作業的靈活性需求。



圖7四用氣體偵測器【9】

5. 後台整合系統，如圖 8 所示，透過整合系統串聯了各類設備資訊、人員資訊看板、環境資訊看板以及攝影機畫面，可將工區內環境、設備和人員資訊的即時顯示，當出現任何異常情況時，系統會立即彈出警示，以此提醒管理人員進行應對，也結合 AI 環境大數據分析，系統能夠預測未來可能發生的環境危險，並提前做出顯示及發出提示通知，增強預警功能，但為了充分發揮這些功能，使用條件要求系統需搭配周邊的基站、定位器，並可以整合機具警示、人臉辨識、掃描基站、攝影機以及其他環境監測設備，為工作區提供全方位的安全監控和管理。電信公司對工務線路的特定需求，已開發完整的 CEMIS 系統，這套系統經過數十年的使用與優化，已深入融入公司的運營與管理流程中，目前不適合進行替換或與其他系統進行整合。



圖 8 後台整合系統【9】

6. 長距離無線通訊技術 LORA 手錶，如圖 9 所示，結合了藍牙、GPS 和 LoRa 技術的先進可穿戴設備，能夠在達到 10+公里的範圍內透過 GPS 衛星定位和 LoRa 的遠距離傳輸技術追蹤日常活動，如計算步數、消耗的卡路里和行走距離，適用於在局限空間工作的人員，能夠監測入孔內身體不適和心率異常，一旦發現異常立即啟動警報功能，並通過手錶的 SOS 功能向管理者

發出警報，同時手機 APP 也會收到警報通知，也有一鍵呼救功能可以通過 APP、基站廣播和 LED 屏幕來進行廣泛通報，增強了安全性和便利性。但電信人孔作業工程幾乎由外包人員進行，LW-360HR 手錶的成本效益是主要考量之一；目前市場上已存在針對局限空間作業工作安全設計的警報器時。這些警報在提供類似的安全支持，在電信人孔作業需求來說已經足夠。



圖9長距離無線通訊技術LORA手錶【9】

- 攜帶式四用氣體檢測儀，如圖 10 所示，這種偵測儀器不僅能夠進行持續性的氣體監測，而且能夠偵測包括有毒氣體、氧氣、二氧化碳、易燃易爆氣體以及 TVOC 等多種氣體。檢測範圍廣泛，分辨率高，能夠精確捕捉 0 至數千 ppm 級別的氣體濃度，並通過電化學、催化燃燒、紅外和熱導等多種檢測原理，確保快速準確的響應與恢復時間（均≤30 秒），同時搭載 2.5 寸高清彩屏顯示，使得資訊一目了然；防護等級達到 IP66，能夠有效抵抗雨淋、水灘和塵埃，而本質安全型的防爆設計進一步保證了使用的安全性。機台持續運作時間超過 12 小時，配備重量僅 350g，方便攜帶，並且支持高達十萬條的數據記錄，透過 SD 卡實現數據的無限擴展存儲，便於現場數據的查看、管理和導出。手持隨身攜帶式四用氣體檢測儀，其小巧且便於攜帶的設計，適用於電信人孔等局限空間作業偵測作業環境中的有害氣體風險，並在檢測到危險氣體濃度超標時，立即通過聲光警報向作業人員發出警告，提升了作業環境的安全性，確保作業人員的健康與安全。



圖10攜帶式四用氣體檢測儀【9】

- 移動電池，如圖 11 所示，這款移動電池配備即插即用功能，它能夠簡易快速地在任何地點部署，支持長達

1-2 天的連續運作，電池設計考慮了便攜性與持久性，具有 3.6V 的標準電壓，能夠提供最高 12V 的輸出，尺寸 235X85X220mm，重量 3.3Kg，確保了足夠的電量支持與方便的搬運。因再進行電信人孔狹窄空間作業中，傳統方法依靠燃油發電機為抽水機、送風機等關鍵設備提供主要電力，因為燃油發電機在運作期間會釋放有害的一氧化碳氣體到封閉的人孔空間中，這會危害作業人員健康，還可能導致安全事故。為此，規範要求將送風機置於上風位置並與發電機保持一定距離，以防人員受害，移動式電池電源裝置憑借其便攜性和無需經過燃燒的運作過程，有效避免了有害氣體的排放，並能為 110 伏特的抽風機提供長達 4 小時的連續動力，充分滿足了大部分作業需求電力。此外，其輕便的特質同時大幅降低了在狹窄空間內搬運重型設備時的身體負擔，有效減少了工作人員在任務執行過程中的受傷風險。



圖11移動電池【9】

在對局限空間防災智能科技的盤點中，共有八項設備，包含智慧開關、廣播系統、智能LED看板、四用氣體偵測器、後台系統、LORA手錶、手持隨身攜帶式四用氣體檢測儀、以及移動電池，這些設備技術可提高安全性和作業效率，但在電信人孔作業的作業條件與環境下的適用性各不相同，選擇適當的技術不僅需要考慮其功能和性能，還需要考慮作業環境的特殊條件、作業人員的變動性、以及與現有系統的兼容性等多方面因素。

4.2 電信人孔局限空間科技防災應用

在電信人孔局限空間作業的高風險環境中，運用先進的科技防災技術不僅是提高安全的要求，也是效率提升的關鍵。透過科技的整合與應用，將傳統的工作流程進行優化，強化作業現場安全作業管理。若將移動式電子顯示板、攜帶式四用氣體檢測儀和移動電池導入至電信人孔局限空間作業中，製作成電信人孔局限空間作業導入科技防災流程圖如圖 12 所示，在流程步驟重點一開始的作業準備階段，如移動式電子顯示板在作業區動態警示信息，如“前方施工”、“請減速”，提醒駕駛人及行人及時作出反應，這種動態式的電子看板引起用路人注意可降低了施工導致的交通事故。另在作業人員進入人孔進行工作時，攜帶式四用氣體檢測儀則是最重要的預防措施作用，裝置不僅實時監控氣體濃度，並能即時將數據

傳輸至 CEMIS 系統，一旦發現危險氣體濃度超標，系統將啟動自動警報，並透過即時通訊工具提醒作業人員和管理人員採取適當的應急措施，以便迅速處理潛在危害。而在電信人孔局限空間作業中，目前工作中抽水機、送風機發電大都來自於自備笨重之發電機，但可攜式燃油發電機時，會產生毒性的一氧化碳傳送至人孔內，為了降低發電機一氧化碳危害，公司內部規範訂有抽風機應置於上風位置，並確保其與排氣源保持至少 3 公尺距離，以避免廢氣被吸入，但對於機動性較大且作業時間只須短短幾分鐘之充氣電纜氣壓量測等作業，則相當不方便；在當今科技迅速發展，移動電源已成為多個行業中不可或缺的工具，尤其是在需要快速移動和設置作業的情境中。相較於笨重的傳統發電機，移動電源以其輕便性、提升工作效率、降低搬運時身體負擔、增強機動性和靈活性，也使得在緊急情況、現場檢查和電信維護工作中的快速部署成為可能。

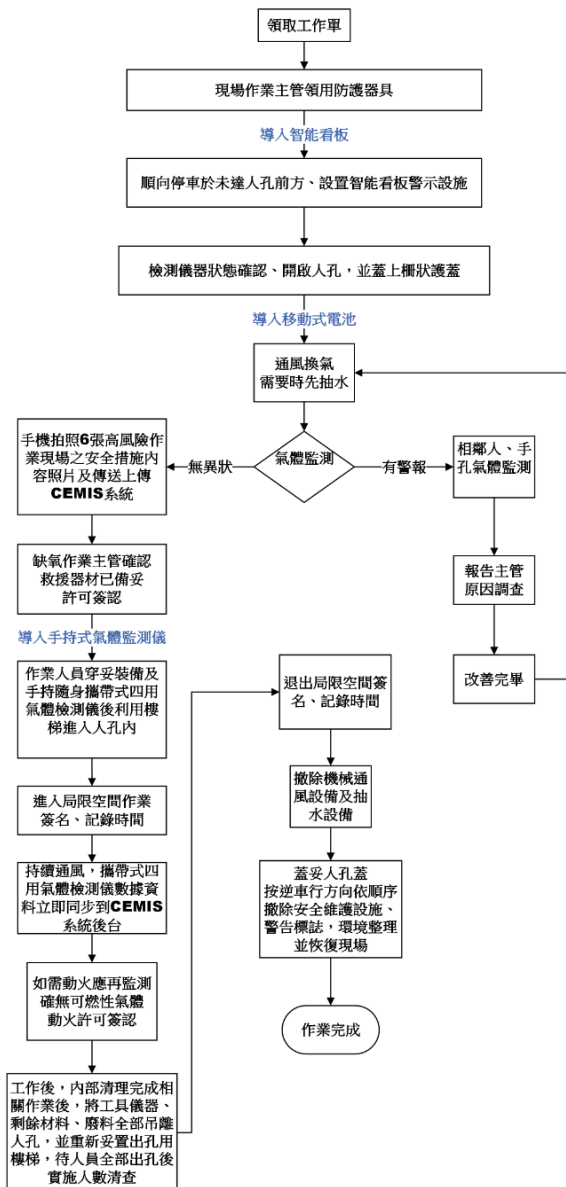


圖12電信人孔局限空間作業導入科技防災流程圖

4-3 電信人孔局限空間優化對策分析

本研究依前述的電信人孔作業危害類型統計表所得數據，總共35件潛在危害類型；其中發生件數最高的主要是「與有害物接觸」、「被撞」及「不當動作」。利用璽樂科技股份有限公司提供在國內局限空間作業中先進人工智慧技術，經評估找出適用及符合電信公司人孔局限空間作業的特定需求，能有效降低上述危害的發生，共有三項設備導入防災科技優化安全管理，包括有智能看板及手持攜帶式四用氣體檢測儀及移動電池。以下針對電信人孔局限空間作業優化對策分析做進一步說明。

1. 智能看板相比於傳統的靜態警示工具，如交通錐和指示牌，展現了明顯的優勢，主要表現在其提供即時警示的能力、增強工作區域的可見性和警覺性上。這種動態顯示方式能更有效地吸引駕駛人和行人的注意力，尤其在緊急情況下，能迅速傳達關鍵信息，顯著提升安全警示的效果。此外，其警示信息的大小和內容可根據需要靈活調整，進一步增加了使用的便利性與效果。儘管智能看板在提升警示效果方面具有顯著優勢，但其初期投資相對較高，不僅包括設備本身的購置成本，還需考慮到建立起相應維護系統的開銷，因設備的正常運行和信息更新的即時性，會有一定的維護成本，這些因素均會增加長期運營的開支。然而，從長遠來看，其維護成本低、能源消耗降低，以及能有效減少交通事故，從而帶來的經濟效益更高，採用現代化的安全警示設施，還能夠提升企業形象。
2. 攜帶式氣體檢測儀通過其輕巧易攜帶的特性，為作業人員提供了進入人孔前進行氣體檢測的便捷性與實時性，提高有害氣體濃度監控和即時反應能力，還能同步數據到 CEMIS 系統，使管理者能夠實時監控作業環境，從而大幅降低人為疏忽對安全管理的負面影響。這種即時的數據上傳功能，結合有效的氣體檢測和警報系統，能顯著減少由於違規操作或安全管理不當而導致的事故發生率，降低危害風險和經濟損失，然而，為了確保檢測數據的準確性和可靠性，這些手持式氣體檢測儀需要進行定期的校準和維護成本。從長遠來看，這種投資對於提升作業安全，展現企業對員工安全的重視，以及預防潛在的安全風險和經濟損失具有重要價值。手持式氣體檢測儀以其便捷性、實時監控和警報功能，以及能力在管理層實時監控作業環境方面的貢獻，對提升局限空間作業的安全性發揮了關鍵作用。儘管面臨著定期維護和校準的額外成本，但這些成本在提升安全性和預防事故方面的長期效益前顯得微不足道。
3. 在局限空間作業中，採用移動電池供電給送風機，相較於使用傳統燃油發電機，展現了顯著的環保和安全優勢，有效避免了一氧化碳等有害氣體的產生，降低了工作人員面臨的健康風險，同時提供了更安全、環

保的作業環境，也象徵著企業向環保與可持續發展的重要轉型，體現了對綠色科技積極應用的承諾及其對環保的貢獻。移動電源由於其輕便設計，提高了工作效率，也便於快速搬運和部署，進一步提升了作業的靈活性。然而，轉向移動電源系統需要較高的初期投資成本，並且將電能供應以維持續航力仍須列入考慮，但從長期角度來看，移動電源的運行成本較低，維護需求少，且具有更長的使用壽命相比之下，比較傳統燃油發電機雖然初期成本較低，但其運行成本高（包含燃油和維護成本），且隨著時間的推移，這些成本累積將顯得更為昂貴。此外，燃油發電機由於其重量和體積，對搬運和部署速度造成影響，而燃燒燃油產生的二氧化碳和其他污染物則對環境產生負面影響。

綜上所述，導入防災科技在初期可能需要較大的財務投入和持續的維護成本，但從長遠來看，它們能顯著提升作業安全性，減少因事故導致的經濟損失和法律風險，同時提高作業效率和企業社會責任形象，符合 ESG 標準且對環境的影響最小化，為企業帶來了經濟效益和社會責任的雙重增值。

4.4 電信人孔局限空間導入科技防災之綜合管理評估

在電信行業進行人孔及其他局限空間作業時，由於特殊工作環境的封閉性和限制性，工作人員面臨多種潛在危害，尤其是暴露於有害氣體的風險，被視為最為致命。在整個電信人孔局限空間作業過程中，引進科技防災智能安全設備可以提升安全性，但為確保系統和設備的有效性，必須與相關部門進行全方位的規劃和調整，涵蓋從最初的需求分析到最終選擇合適的供應商等環節，還要確保方案的有效執行與法規的完全合規，並通過對各個領域進行整合，才能真正提升作業安全性。以下進行導入防災科技設備須配合調整管理事項作簡述。

1. 產品需求調查階段：產品需求調查階段，針對局限空間作業需求，評估氣體檢測儀對作業環境中潛在危害的警示功能及需求，確定人孔局限空間作業中需要檢測的氣體偵測儀器規格和性能要求，並須調查國內市場上四用氣體檢測儀的品牌、型號、價格及性能的全面調查，選擇性價比高的產品，既保證設備功能性，又符合成本效益原則。
2. CEMIS 系統整合：需與 CEMIS 系統開發小組進行整合資料討論及數據的準確性和傳輸的安全性執行方式調整，調整為實現四用氣體檢測儀與中央環境監控信息系統（CEMIS）的無縫連接；系統設定要實時監測和傳輸氧氣、硫化氫、一氧化碳和可燃性氣體數據，並在檢測到危險氣體濃度超標時自動發出警報並通知後台管理人員，確保迅速反應。
3. 操作培訓教育：應確保作業人員熟練地使用新技術和設備，應規劃透過培訓計劃，包括作業人員對設備的

正確操作、維護和校準的基本知識，並製作提供相關手冊或操作指南、維護手冊及定期維護計畫，強化作業人員的操作技能和設備維護意識，確保設備的正常運行。

4. 危害防止計畫：在危害防止計畫階段，需要對電信人孔作業環境進行全面的危害辨認和風險評估，制定具體的防範措施及新技術可能引入的風險，進行詳細的風險管理和應急準備。
5. 承攬人合約管理：承攬人合約管理環節到與承攬商的合作細節都需檢視調整，如設備的技術規格、安全標準的納入合約條款、成本和維護責任的分攤等，以確保承攬商的工作符合安全要求並且設備能得到適當的維護，可以保障項目的順利進行並避免未來的爭議。
6. 成本估算與預算制定：精確的成本控制和預算管理是成功，基於市場調研結果進行設備成本的估算，並綜合考量購置與維護成本，制定詳細預算計劃，並實施成本監控，確保項目不超預算。
7. 供應商選擇標準：需進行綜合專業評估，這包括對供應商的市場信譽、技術能力、交付效能以及售後服務質量進行深入審核。供應商應遵守法律規範和行業標準，並擁有安全認證，如歐盟 CE 標記、美國 ANSI 認證或加拿大 CSA 認證等，及技術方案和產品是否尊重知識產權，侵犯他人的專利權，預防可能引起的法律問題和額外成本。供應商提供的智能設備應具備高效的數據收集與分析功能，並在整個採購流程中堅守數據保護和隱私的相關法律法規，以保障使用者和企業的信息安全，是選擇理想供應商的關鍵標準。
8. 作業要點修改：進行修訂公司內部作業規範及核心要點，確保導入防災設施契合實際工作流程的需求，以確保相關要點符合實是與規定。

通過一系列全面的管理評估，可以確保電信人孔局限空間作業中引入科技設施時，有效提升安全管理策略與採納先進技術手段，從而顯著減少作業中的風險，確保作業人員的生命安全與健康得到最大程度的保障。

五、結論

本研究依據文獻探討及透過拆解電信人孔作業各階段程序、步驟進行危害類型，相關研究結論如下：

1. 危害風險統計結果，發現人孔作業危害共有 13 種類，共計有 35 件危害事件，件數最多前三名為與有害物接觸、被撞及不當動作。
2. 經評估找出適用及符合電信公司人孔局限空間作業的特定需求，並導入三項科技防災之安全裝備，有智能看板及手持攜帶式四用氣體檢測儀及移動電池。
3. 在被撞危害預防可引入智能看板提高駕駛人員在視線不良區域警覺性，降低交通事故發生率。

4. 攜帶式氣體偵測器體積小、重量輕，可提高作業員使用意願，監測數據可上傳至 CEMIS 系統，若監測異常，可發出警報並通知管理單位，達到減少職業災害之效益。
5. 採用移動電池無釋放的一氧化碳危害，供電方式也提高作業環境機動性。

參考文獻

1. 中華電信，局限空間作業管制要點，2023。
2. 吳婷，(2023 年 12 月 6 日)，IDC 公布 2024 年台灣資通訊(ICT)市場重點趨勢預測，IDC。
(<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prAP51484623>)
3. 行政院科技會報辦公室，(2023)，臺灣 AI 行動計畫 2.0 (2023-2026 年)，行政院。
4. 黃德琪、闕妙如，(2020)，職安衛 AIoT 技術運用實務，工業安全衛生月刊，2020(12)，10-32。
5. 黃國寶 (2020)，職業安全衛生管理中的 AI 應用，工業安全衛生月刊，2020 年 12 月，62-68。
6. 闕妙如，(2020)，因應人工智慧科技之職業安全衛生管理運用，工業安全衛生，(378)，7-9。
7. 瑞鋒營造有限公司，(2023)。台南玉井局限空間作業 AI 科技產品示意圖，張智雄經理提供。
8. 勞動部職業安全衛生署，(2023)，局限空間作業缺氧-中毒重大職業災害案例。
(<https://www.osha.gov.tw/media/he3obfkr/局限空間作業缺氧-中毒重大職業災害案例-電子書.pdf>)
9. 璽樂科技股份有限公司，iDaka 智能助手。(https://i-daka.com)

論文說明：

論文子題類別	☐ 結構與大地	☐ 環境工程	☐ 工程材料	☒ 防災及重建
	☐ 水資源工程	☐ 永續與生態工程	☐ 營建與交通	☐ AI 競賽
	☐ 其他			
計畫案編號	None			
聯絡作者	劉怡屏			
聯絡地址	高雄市左營區自由四路 133 號 12 樓			
聯絡電話/傳真	電話: 0982109877		傳真:	
E-mail	cocoping5137@cht.com.tw			