

「運用物聯網輔助化學物質管理暨安全使用培力支援專案計畫」

期末報告基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署毒物及化學物質局		
執行單位	元緒科技股份有限公司		
參與計畫人員姓名	陳雍宗、張振平、葉書廷、廖鼎鐘、林祝興、楊長興、詹凱智、賴靖渝、張瑋芝、李誠祐、康智怡、劉啟聖、卞禮均、謝采玟、吳春滿、林頡翔、游宗霖、陳玦樺、陳思翰、郭中宇		
年 度	107	計畫編號	TCSB-107-EM01-02-A025
研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
研究領域	化學物質流向追蹤研析		
計畫屬性	☐ 科技類 ☒ 非科技類		
全程期間	107 年 05 月～107 年 12 月		
本期期間	107 年 05 月～107 年 12 月		
本期經費	_____ 億 _____ 13,000 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築_____千元	人事費_____6,284 千元	
	儀器設備_____千元	業務費_____6,513 千元	
	其 他_____千元	材料費_____千元	
		其 他_____203 千元	
摘要關鍵詞（中英文各三則）			
<u>流向追蹤技術; Flow-direction tracking technology</u>			
<u>虛擬實境; Virtual Reality</u>			
<u>擴充實境; Augmented Reality</u>			

行政院環境保護署毒物及化學物質局計畫成果中英文摘要

（簡要版）

- 一、中文計畫名稱：
運用物聯網輔助化學物質管理暨安全使用培力支援專案計畫
- 二、英文計畫名稱：
Apply the Internet of Things Assisted Chemical Substances Management and Safe Usage of Support Projects
- 三、計畫編號：
TCSB-107-EM01-02-A025
- 四、執行單位：
元緒科技股份有限公司
- 五、計畫主持人（包括共同主持人）：
陳雍宗，張振平
- 六、執行開始時間：
107/05/15
- 七、執行結束時間：
107/12/31
- 八、報告完成日期：
107/12/27
- 九、報告總頁數：
160 頁（不含附件）
- 十、使用語文：
中文
- 十一、報告電子檔名稱：
TCSB107EM0102A025.DOC
- 十二、報告電子檔格式：
WORD 5.0
- 十三、中文摘要關鍵詞：
流向追蹤技術，虛擬實境，擴增實境
- 十四、英文摘要關鍵詞：

Flow-direction tracking technology, Virtual Reality, Augmented Reality

十五、中文摘要

本計畫係建立化學物質物聯網「智慧化管理支援架構」（以下簡稱管理架構），導入虛擬實境與擴增實境技術輔助化學物質管理及緊急應變，並辦理化學物質安全使用培力管理訓練等行政支援工作。

運用二維式條碼 QRCode(Quick Response Code)及 RFID(Radio Frequency Identification)等標籤技術及電子帳目機制，建立化學物質物聯網管理架構，透過行動裝置與設備進行流向追蹤，協助業者化學物質流向及運作資訊管理，經實際驗證結果，正確率達 99%。

其次透過樓層平面圖建立廠房立體空間模型，整合管理架構及化學物質危害資訊，導入各化學物質運作場所虛擬化實境技術，視覺化遠端監看當下化學物質名稱、貯存量及危害標示等運作資料，並提供運作場所內專業人員評估貯存風險與安全管理，此外運用擴增實境技術輔助化學物質現場查核，即時掌握運作情形，免除傳統表單核對作業。

本計畫已完成管理架構及實境技術應用與演練、資料介接環境資源資料交換平台(CDX)、化學物質安全使用培力管理訓練行政支援等工作，以及規劃後續結合科技分階段輔助化學物質運作管理、流向追蹤與位置分布技術整合方案，以達簡化作業流程、提升管理效率並確保運作安全目的。

十六、英文摘要

This project established the “Smart Management Support Framework” (the “Management Framework”) of the Chemical Substance Internet of Things (IoT) by introducing virtual reality and augmented reality technology to assist chemical substance management and emergency response and handling the administrative support for chemical substance safety training.

Using labeling technologies and electronic account mechanisms such as QRCode (Quick Response Code) and RFID (Radio Frequency Identification) to establish a Chemical Substance Internet of Things Management Framework, and tracking flow with mobile devices and equipment has helped the industry manage the flow of chemical substances and operational information; the results of the verification indicate that accuracy can reach 99%.

Next, through the floor plan, we created a three-dimensional model of the plant and integrated the Management Framework and chemical substance hazard information and introduced virtual reality technology to each chemical substance operation site to visually monitor the operating information such as the current chemical substance name, storage amount, and hazard label so that professional staff in the workplace can assess storage risks and manage safety. In addition, augmented reality technology was used to assist in on-site inspection of chemical substances to instantly master the status of the operations and eliminate the need for traditional check-off forms.

This project has completed the application and exercise of the Management Framework and real-world technology, the connection with the environmental resource data exchange platform (CDX), and the management of chemical substance safety training and related administrative tasks, and has planned the subsequent integration of technology to assist with chemical substance operation management, flow tracking, and location distribution technology integration in a phased manner to simplify the operation process, improve management efficiency, and ensure operational safety.

報告大綱

「運用物聯網輔助化學物質管理暨安全使用培力支援專案計畫」共分為三個計畫目標，包含一、運用物聯網技術，建構化學物質行動智慧化管理模式，作為未來推動化學物質管理之基礎；二、導入虛擬實境及擴增實境技術，即時掌握廠內化學物質資訊，以充實緊急應變管理之基礎；三、化學物質安全使用培力管理訓練，透過宣導活動及參訪示範場域，與利害關係人進行風險溝通。本期末報告（初稿）共計四章節，簡述如下：

第一章說明本計畫背景與目標

第二章說明本計畫工作目標與進度成果

第三章依據本計畫工作項目之實施方法與成果分述於相關章節，依據各工作項目之相互關係與進程，循序執行各項工作，相關執行流程說明如下：首先先建立一建構行動智慧化管理支援架構，供化學物質即時追蹤管理（第 3.1 節）；再透過所建立之支援架構進行實際場域驗證（第 3.2 節），其中包含化學物質完整供應鏈之驗證作業及場域內化學物質流程管理之驗證作業；並於驗證階段同時導入虛擬實境與擴增實境技術，進行廠內化學物質管理與輔助應變示範應用（第 3.3 節）；並將上述執行成果，進行整合分析，規劃行動智慧化管理支援架構與化學雲及毒性化學物質管理申報系統介接，提供智慧支援服務（第 3.4 節）；最後依據計畫執行過程之資訊及成果，研擬、分析行動智慧化管理支援架構管理事項，並研提分年分階段管理規劃指引（第 3.5 節）；並且於計畫執行期間協助化學局，辦理化學物質安全使用培力管理訓練及相關行政庶務工作（第 3.6 節）。

第四章為本次執行之結論與建議。

附件則提供審查會議委員意見回覆、實場驗證活動紀錄、回饋 VR 設備出貨紀錄、各項資料成果（空間地標資料、介接紀錄）、各項培力訓練紀錄（發文紀錄、簽到紀錄、執行規劃、成果調查）及計畫執行設備資訊。

行政院環境保護署毒物及化學物質局委託研究及專案工作計畫 成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：運用物聯網輔助化學物質管理暨安全使用培力支援
專案計畫

計畫編號：TCSB-107-EM01-02-A025

計畫執行單位：元緒科技股份有限公司

計畫主持人（包括協同主持人）：陳雍宗、張振平

計畫期程：107 年 05 月 15 日起 107 年 12 月 31 日止

計畫經費：壹仟參佰萬元整

摘 要

本計畫係建立化學物質物聯網「智慧化管理支援架構」（以下簡稱管理架構），導入虛擬實境與擴增實境技術輔助化學物質管理及緊急應變，並辦理化學物質安全使用培力管理訓練等行政支援工作。

運用二維式條碼 QRCode(Quick Response Code)及 RFID(Radio Frequency IDentification)等標籤技術及電子帳目機制，建立化學物質物聯網管理架構，透過行動裝置與設備進行流向追蹤，協助業者化學物質流向及運作資訊管理，經實際驗證結果，正確率達 99%。

其次透過樓層平面圖建立廠房立體空間模型，整合管理架構及化學物質危害資訊，導入各化學物質運作場所虛擬化實境技術，視覺化遠端監看當下化學物質名稱、貯存量及危害標示等運作資料，並提供運作場所內專業人員評估貯存風險與安全管理，此外運用擴增實境技術輔助化學物質現場查核，即時掌握運作情形，免除傳統表單核對作業。

本計畫已完成管理架構及實境技術應用與演練、資料介接環境資源資料交換平台(CDX)、化學物質安全使用培力管理訓練行政支援等工作，以及規劃後續結合科技分階段輔助化學物質運作管理、流向追蹤與位置

分布技術整合方案，以達簡化作業流程、提升管理效率並確保運作安全目的。

This project established the “Smart Management Support Framework” (the “Management Framework”) of the Chemical Substance Internet of Things (IoT) by introducing virtual reality and augmented reality technology to assist chemical substance management and emergency response and handling the administrative support for chemical substance safety training.

Using labeling technologies and electronic account mechanisms such as QRCode (Quick Response Code) and RFID (Radio Frequency Identification) to establish a Chemical Substance Internet of Things Management Framework, and tracking flow with mobile devices and equipment has helped the industry manage the flow of chemical substances and operational information; the results of the verification indicate that accuracy can reach 99%.

Next, through the floor plan, we created a three-dimensional model of the plant and integrated the Management Framework and chemical substance hazard information and introduced virtual reality technology to each chemical substance operation site to visually monitor the operating information such as the current chemical substance name, storage amount, and hazard label so that professional staff in the workplace can assess storage risks and manage safety. In addition, augmented reality technology was used to assist in on-site inspection of chemical substances to instantly master the status of the operations and eliminate the need for traditional check-off forms.

This project has completed the application and exercise of the Management Framework and real-world technology, the connection with the environmental resource data exchange platform (CDX), and the management of chemical substance safety training and related administrative tasks, and has planned the subsequent integration of technology to assist with chemical substance operation management, flow tracking, and location distribution technology integration in a phased manner to simplify the operation process, improve management efficiency, and ensure operational safety.

前 言

目前毒性化學物質管理法已完成修法程序中，已經可以明確的修訂重點是維持現行第一類至第四類毒性化學物質管理之外，新增「關注化學物質」化學物質的管理，同時修正名稱為毒性及關注化學物質管理法。主要的修訂內容為協調各目的事業主管機關權責與法規，防止管理漏洞，以利擴大列管化學物質並進行分級管理，掌握物質流向，同時強化主管機關查核權限；成立基金，進行風險預防管理，並籌措因擴大管理之經費來源；強化環境事故應變諮詢體制；檢視現行中央、地方主管機關主管事項；導入吹哨者條款、證人保護、民眾檢舉、公民訴訟及追繳不法得利等制度。

其中新修之第 4 章關注化學物質評估、預防及管理，大幅擴大評估化學物質之範圍及其流向，而第 44 條內容為主管機關得派員，並提示有關執行職務上證明文件或顯示足以辨別之標誌，進入公私場所，查核毒性化學物質、關注化學物質及其他應登錄化學物質之運作、有關物品、場所或令其提供有關資料；為查核該等物質之流向得令提供進貨、生產、銷貨、存貨憑證、帳冊、相關報表及其他產銷營運或輸出入等資料；其中都提到須針對關注性化學物質進行流向查核，目前雖未確定關注性化學物質的數量為何，但必定相較於目前的毒性化學物質數量大幅增加，只單單運用人力去進行流向查核，必是困難重重。有鑑於此，本計畫利用前期工作的結果，以標籤技術（二維條碼 QRCode、RFID、NFC 等）結合物聯網技術，即時追蹤化學物質流向，期許能配合修法後的方向，利用智慧化工具進行化學物質流向追蹤，同時並利用實境技術協助事業單位加強其化學物質管理及安全使用。

執行方法

本計畫主要在於建立一套行動智慧化管理支援架構（以下簡稱管理架構），使政府相關單位可以迅速掌握化學物質流向與運作情形，而化學物質的使用單位亦可得知其所關心的化學物質使用狀態及貯存位置。同時並結合各項科技增加化學物質使用的安全性，主要的方法如下：

1. 建立管理架構：以供化學物質即時追蹤及流向管理。
2. 針對管理架構進行實務驗證：透過化學物質供應鏈源頭廠商，進行化學物質完整供應鏈之驗證作業，包含上中下游（製造、運輸、販賣及貯存）之跨場域流向追蹤。另挑選具化學物質運作規模業者，進行域內化學物質流程管理之驗證作業（進貨、分裝、混製及使用作業），運作資料包含物質名稱、數量、運作人、時間、預計全物流、已完成物流或位置、貯存場所平面位置、分櫃分區位置及其他（繼承及分裝資訊）。
3. 導入虛擬實境及擴充實境增進化學物質使用安全：為確保使用單位對毒性化學物質的安全使用，於示範場域建立廠區範圍建築樓棟群開放空間、廊道及室內化學物質儲存位置之化學物質空間資料模型，並將空間場景結合雲端資訊，透過虛擬實境及擴充實境技術，協助化學物質現場運作管理與查核，並輔助緊急應變之應用。
4. 將管理架構所得資料與化學雲及申報平台介接：建立一自動化資料拋轉機制，將管理架構中資料進行歸納與欄位資料轉換後，透過「環保署環境資源資料交換平台」進行資料共享，提供化學雲及毒性化學物質申報系統及其他系統取得流向資料。
5. 分年分階段管理規劃指引：依據計畫所得資訊，提出分年、分階段之工作規劃，與化學物質運作地圖分級管理構想，輔助化學局未來全面推廣之評估與參考，並規劃結合新興科技簡化作業流程，利用人工智慧輔助判斷化學物質運作使用安全等。

結 果

1. 建立行動智慧化管理支援架構

已完成建置支援行動裝置與跨平台物聯網整合的智慧化管理架構，可管理業者化學物質運作（進口/製造/買賣/分裝/混製/出入庫/進出貨）紀錄，達到化學物質流向追蹤的目的。

2. 實場（廠）驗證架構

與某化學物質供應商合作進行化學物質供應鏈驗證，包含化學物質進口、販賣、物流紀錄，販售對象包含一般製造業、中央及學校等研究單位，其中驗證作業過程，包含第一類毒性化學物質-三氯甲烷(Chloroform)、第二類毒性化學物質-二甲基甲醯胺(N,N-Dimethylformamide, DMF)及丙烯醯胺(Acrylamide)、第四類毒性化學物質-二氯甲烷(Dichloromethane)及乙腈(Acetonitrile)等，並且已與毒化物申報平台完成資料勾稽，追蹤紀錄與申報紀錄一致。

與某光電製造業者合作進行化學物質廠內管理驗證，目前已有多筆化學物質採購、使用紀錄，包含氮氣、光阻剝離液、異丙醇、氫氧化四甲基銨、去光阻清洗劑、光阻液-Array、氧化銻錫蝕刻液、液氮、氫氣、氧氣、六氟化硫、矽甲烷、次氯酸鈉漂白水，其中屬毒性化學物質的包含第三類毒性化學物質-氯(Chlorine)及磷化氫(Phosphine)。

3. 實境應用

以某光電製造業者為示範場域，建立了虛擬實境空間資料場景，包含戶外（包含廠區範圍建築樓棟群開放空間及廊道）及室內（廠內化學物質儲存位置），並透過虛擬實境與擴增實境技術，規劃建立許多應用功能，並於演練活動中，進行各式模擬情境之應用示範，以協助廠內化學物質管理及輔助緊急應變。

4. 介接資料

目前已經與環保署環境資源資料交換平台建立介接機制，本機制會將每日新建立之交易紀錄拋轉到資料交換平台中，以隨時提供化學雲與毒化物管理申報系統自行抓取資料進行勾稽或應用。

5. 分年分階段管理規劃指引

配合化學局化學物質流向追蹤布局，進行分年、分階段推廣規劃與化學物質運作地圖分級管理規劃，透過結合科技簡化作業流程，包含規劃利用低功率廣域網路、區塊鏈等技術，進行架構擴充與升級，以提供更多服務(更廣的對象及更深入的追蹤)；同時針對追蹤對象範圍與時程來規劃，由單一對象(產業、縣市及法規)來試行，以「化學物質」為管理範圍，後續可針對全國(跨產業及跨法規)，以「工廠」為管理範圍方向來思考。

6. 培力管理訓練與行政協助

已辦理完成 12 場說明會及 12 場培力管理訓練，共計 975 人次參與，並將相關資料彙整於風險溝通平台專頁，另外完成 12 場訓練示範場域建置及汽車租賃作業 150 車次。

建議事項

本計畫之執行成果為建置一化學物質流向追蹤機制，此機制將以能滿足全國性全化學物質之流向紀錄為設計目標，但為了避免全面推廣造成產業衝擊與確保執行品質，後續可採行分階段逐步推廣方式進行，並同時透過技術升級，將可針對不同階段與管制強度需求，進行多元化學物質追蹤，整體規劃如下：

1. 短期

針對第一階段範圍內之事業單位，進行試辦導入，因採用資料鏈機制，技術需求較低，對企業之衝擊較小，且同時透過各產業領先廠之意見，進行機制調整與修正，掌握各產業導入時可能遭遇狀況，作為後續推廣計畫的參考，並持續評估各項新技術之可行性及作法。

2. 中期

接續第一階段成果並擴大實施，除了增加化學物質流向追蹤的廣度（化學物質群組）及深度（作業型態），並將新技術導入，例如：主動式監控技術，可針對具高度敏感性（管制性）物質，進行更主動且高強度的管理方式。新技術評估包含市場成熟度、系統穩定度、資料安全性等。

3. 長期

將進入全面追蹤的階段，從化學物質源頭到終端消費者，從高風險性化學物質到低管制性化學物質，將可以透過簡易的動作完成整個流向追蹤紀錄，同時評估導入新的資料架構方式，除了減輕資料平台的效能負擔，減短系統交易處理時間，並提升資料的驗證性與安全性。在技術升級過程，從目前採用之資料鏈架構，除了評估適合採用的架構方案，例如：採用交易區塊與鏈型架構的區塊鏈、採用纏結架構的分散式帳本技術等，還要規劃擬定架構升級後資料移轉計畫。

針對計畫後續推行之具體建議如下：

1. 透過產業連動關係進行輔導與推動，加速架構推廣。

資料鏈新觀念的導入，技術需求低，在推廣作業可以透過源頭廠商，先行導入企業試行，除了掌握業者需求與困難給予適當協助，並且可引導成為種子企業，進行連動性的輔導與推動。

2. 推動化學物質統一格式、單一窗口，解決政府與企業資料整合難題。

目前國內各主管機關針對化學物質運作管理與場所，依據其管理法源皆有各自申報規定，申報範圍、格式及更新頻率也不盡相同，且業者在配合申報作業時將運作資料切割及多次申報過程中，可能造成資料不一致的狀況，未來可考量透過物質流向追蹤架構，推動單一申報窗口作業，配合目前化學雲已經完成各申報平台資料欄位歸戶，透過資料解析方式，再反饋至各機關的系統中，以此來解決單一業者資料切割、重複申報等問題，並配合物質流向追蹤架構，即可進行「化學物質」源頭管理。

3. 採用相容性設計，提供多元資料介接方案，降低產業成本與衝擊。

現行架構除複合式之標籤的運用外，仍可向下相容傳統一維條碼，並透過物聯網結合 LPWAN 的技術銜接，同時規劃更多元的資料介接方案，例如提供企業可將廠內系統(私有雲)運作資料，進行簡便的資料拋轉(公有雲)，除了減輕企業負擔，也能確保資料正確性與即時性。

4. 視覺化影像資料呈現效果佳，提供更全面的應用架構工具。

虛擬實境(Virtual Reality, VR)與擴增實境(Augmented Reality, AR)技術實際應用，可作為化學物質運作管理，考量業者應用層面之條件限制與技術成本，須規劃能適用各領域、規模之分級管理架構，透過整合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)技術及廠區分布圖基礎，即可建置全國化學物質運作分布地圖，以供未來整合專家資料庫與人工智慧，落實工廠自主管理與充實緊急應變量能等目的。

5. 推動區塊鏈技術，鼓勵產業自行組建化學物質產業供應關係鏈。

目前中小型規模業者在化學物質運作管理與申報作業，係基於法規面之要求執行，因此尚未依法公告之化學物質，往往無法有效率地追蹤及管理，造成具有風險虞慮化學物質預防管理困難；未來可規劃以區塊鏈技術，由政府監督與輔導，建立產業供應關係鏈，建立產品履歷制度，並與化學雲進行整合與應用。