

統計專題分析

高雄市特殊性工業區 AI 雲端影像監控及智慧辨識系統成效分析

撰寫人：余明芳

撰寫單位：高雄市政府環保局

中華民國 112 年 8 月 22 日

目錄

壹、	前言	1
貳、	現況描述	3
參、	統計分析	7
肆、	結論與建議	12
伍、	參考資料	13

圖目錄

圖 1、推播告警訊息示意圖	6
圖 2、智慧稽查監控平台	6
圖 3、110 年至 112 年 6 月辨識率統計.....	11

表目錄

表 1、全國 111 年空氣污染排放量.....	1
表 2、高雄市 111 年空氣污染排放量及貢獻比	2
表 3、特殊性工業區 111 年列管家數、CEMS、Flare 統計	3
表 4、攝影機架設組數統計	5
表 5、裁罰案件清單	7
表 6、110 年及 111 年陳情案件統計.....	10

壹、前言

依據行政院環境保護署（以下簡稱環保署）最新公告全國排放量推估結果（空氣污染排放清冊，TEDS 11.1），高雄市在細懸浮微粒（PM_{2.5}）、硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）與一氧化碳（CO）之排放量為全國最高（表 1）。其中高雄市「點源」所產生的細懸浮微粒（PM_{2.5}）占 43.2%，主要來源為鋼鐵業；硫氧化物（SO_x）「點源」貢獻 86.6%，主要來源為電力業、船舶、鋼鐵業及化學材料製造業；氮氧化物（NO_x）「點源」之貢獻占 55.2%，以電力業、鋼鐵業為主（表 2），顯見在高雄市 PM_{2.5}、SO_x 及 NO_x 以工廠「點源」為主要污染源。

高雄市環保局針對轄區內石化業、鋼鐵業、化學加工業較為集中的重點工業區（如：臨海、林園、仁武及大社工業區等處）架設 CCTV（雲端影像監控攝影機），即時監控工廠運作情形，透過人工智慧系統辨識異常影像，如辨識到工廠排放黑煙、廠房逸散、燃燒塔火光等，系統將即時推播告警，後續稽查員可盡速到場處理應變。

表 1、全國 111 年空氣污染排放量

單位：公噸/年

污染物 縣市	總懸 浮微粒 TSP	懸浮 微粒 PM ₁₀	細懸 浮微粒 PM _{2.5}	硫氧 化物 SO _x	氮氧 化物 NO _x	總碳氫 化合物 THC	非甲烷碳 氫化合物 NMHC	一氧 化碳 CO
臺北市	9,058	2,805	1,240	272	5,985	38,075	30,901	31,634
高雄市	25,023 (排名 5)	10,630 (排名 2)	5,526 (排名 1)	13,604 (排名 1)	46,963 (排名 1)	72,965 (排名 2)	57,786 (排名 4)	255,521 (排名 1)
基隆市	2,737	935	452	3,368	5,703	7,164	5,151	3,003

單位:公噸/年

污染物 縣市	總懸 浮微粒 TSP	懸浮 微粒 PM ₁₀	細懸 浮微粒 PM _{2.5}	硫氧 化物 SO _x	氮氧 化物 NO _x	總碳氫 化合物 THC	非甲烷碳 氫化合物 NMHC	一氧 化碳 CO
新竹市	2,681	1,035	510	357	2,296	10,803	7,697	4,465
臺中市	25,286	10,201	4,815	12,398	33,775	68,217	59,835	52,129
臺南市	43,906	14,249	4,846	1,414	19,488	55,280	43,268	28,927
嘉義市	1,579	492	207	25	959	4,320	3,952	2,594
新北市	19,578	7,398	3,202	2,798	17,197	82,200	72,667	38,723
桃園市	28,871	10,356	4,265	4,050	23,279	69,480	61,797	22,023
新竹縣	3,638	1,775	942	818	5,883	20,155	16,671	7,746
宜蘭縣	8,426	3,938	1,471	587	8,343	10,271	7,778	8,754
苗栗縣	9,707	3,864	1,977	1,674	12,561	18,022	14,001	12,943
彰化縣	30,300	10,054	3,173	982	12,522	29,608	26,042	18,768
南投縣	6,861	3,542	1,243	200	4,887	12,351	9,955	11,515
雲林縣	16,959	7,693	2,667	6,838	20,520	20,001	15,400	28,697
嘉義縣	10,403	4,058	1,678	578	8,419	14,085	11,711	11,442
屏東縣	15,176	6,857	2,237	403	6,841	19,565	15,285	14,286
澎湖縣	3,296	1,466	639	1,163	3,850	2,534	1,586	1,935
花蓮縣	11,633	6,069	2,025	4,443	15,289	8,031	5,358	6,108
臺東縣	10,680	5,141	1,296	178	2,439	5,390	3,759	6,189
金門縣	2,783	1,260	428	2,142	7,901	2,775	2,105	1,379
連江縣	990	370	148	521	2,336	304	203	379
總計	289,570	114,188	44,989	58,813	267,438	571,598	472,910	569,158

資料來源：TEDS 11.1 96~117 年縣市排放量回溯與預估—111 年推估值。

表 2、高雄市 111 年空氣污染排放量及貢獻比

單位:公噸/年、%

項目	總懸 浮微粒 TSP	懸浮 微粒 PM ₁₀	細懸 浮微粒 PM _{2.5}	硫氧 化物 SO _x	氮氧 化物 NO _x	總碳氫 化合物 THC	非甲烷碳 氫化合物 NMHC	一氧 化碳 CO
排放量	25,023	10,630	5,526	13,604	46,963	72,965	57,786	255,521
點源貢獻比	18.6%	29.3%	43.2%	86.6%	55.2%	20.8%	21.5%	76.5%

資料來源：TEDS 11.1 96~117 年縣市排放量回溯與預估—111 年推估值。

貳、現況描述

一、臨海、林園、仁武及大社等 4 處工業區 CEMS 計 84 根，占本市 62.7%；Flare 計 44 根，占本市 88%，顯示該 4 處工業區排放管道污染貢獻度高。

高雄市目前空氣污染列管數為 2,954 家，由表 3 可見臨海及林園工業區計 173 家，仁武及大社工業區計 62 家，雖然 4 處工業區之空氣污染列管數僅占全高雄市總列管數 8%，但臨海、林園、仁武及大社等工業區 CEMS¹(連續自動監測設施)計 84 根，占高雄市轄區內 CEMS 根數(134 根) 達 62.7%；Flare²(廢氣燃燒塔)計 44 根，占高雄市轄區內的 Flare 根數(50 根) 達 88%，顯示該 4 處工業區之排放管道污染貢獻在高雄市具有較高之比率。

表 3、特殊性工業區 111 年列管家數、CEMS、Flare 統計

單位：家、根、%

類別	臨海及林園工業區	仁武及大社工業區	其他區域	合計
工業區列管數(家)	173	62	2,719	2,954
工業區列管占比(%)	5.9%	2.1%	92%	100%
CEMS (根)	74	10	50	134
CEMS 占比(%)	55.2%	7.5%	37.3%	100%
Flare (根)	30	14	6	50
Flare 占比(%)	60%	28%	12%	100%

資料來源：環保署固定污染源系統。

¹ CEMS 係指連續自動監測設施，用以連續自動採樣、分析、記錄與計算固定污染源空氣污染物、稀釋氣體排放濃度或排放流率。

² Flare 係指廢氣燃燒塔，用以燃燒廢氣之裝置。

二、本局 110 年 9 月優先於臨海工業區建置 AI 雲端影像監控及智慧辨識系統計 14 組，林園工業區計 7 組，112 年 6 月持續擴增監控範圍，再於仁武及大社工業區建置 10 組，目前共計 31 組 CCTV 進行無間斷的即時 AI 雲端影像智慧辨識作業。

透過全時影像監控，偵測到空污異常排放時，可經由通訊軟體推播，即時通報稽查員到場處理。

建置「智慧稽查監控平台」採圖像式顯示相關資料以及直覺性地操作方法，整合監控系統影像，同時介接固定源、微型感測器(IoT)、氣象及陳情案件資料，可透過大數據分析應用，有效進行污染溯源，增進查緝效率。

(一) 設置現況

本局依據歷年空氣污染事件、陳情案件以及固定污染源許可或申報排放量等作為污染源熱區篩選策略，於 110 年 9 月優先於臨海及林園兩工業區擇定 10 處地點架設雲端影像監視設備，並整合「高雄市空氣品質資訊系統維護計畫（以下簡稱 AQMC）」原先於臨海、林園工業區所架設之 7 部攝影機，後於 111 年 9 月增設 4 組，臨海計 14 組，林園計 7 組；112 年 6 月為了擴大整體監控範圍再於

仁武及大社工業區增設 10 組，總計 31 組設備進行 24 小時 AI 雲端影像辨識，確保在空氣污染情事發生時，透過影像辨識黑煙、火光、粒狀物逸散等污染狀況，即時推播告警相關資訊，讓稽查人員快速掌握現場狀況，目前攝影機架設數量如下：

表 4、攝影機架設組數統計

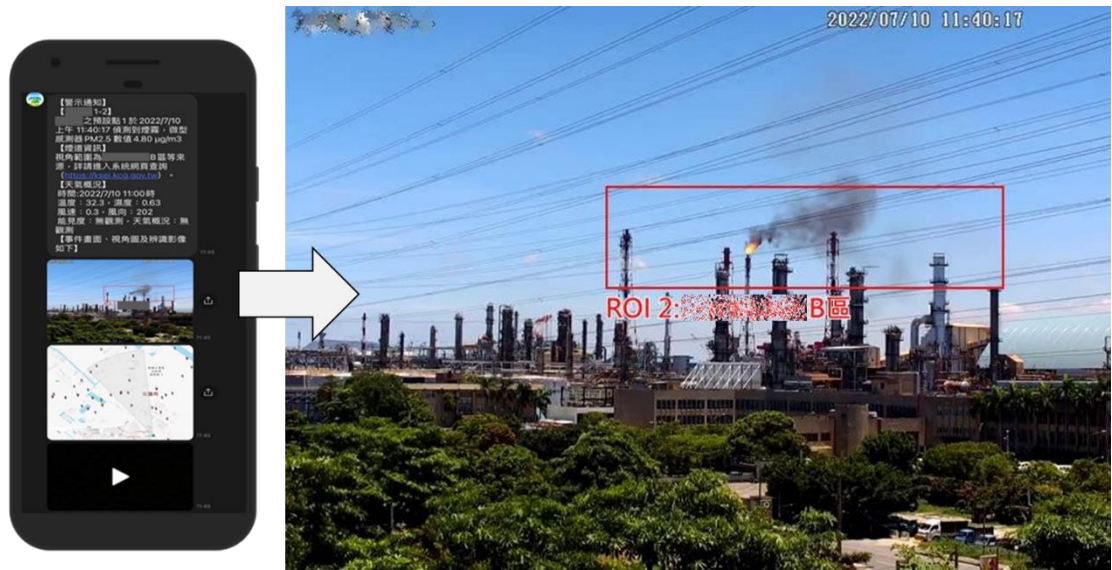
單位：組

工業區	AQMC	110 年新增	111 年新增	112 年新增	合計
臨海工業區	6	6	2	-	14
林園工業區	1	4	2	-	7
仁大工業區	-	-	-	10	10
總計					31

資料來源：高雄市政府環境保護局。

(二) 「AI 智慧辨識通報」結合「智慧稽查監控平台」

本系統透過雲端影像監控設備不間斷地回傳即時影像，後經影像分析技術及後端嵌入之影像學習作法等，透過物體動態、顏色以及紋理等辨識基準進行 AI 辨識，當辨識系統判定到工業區有異常事件(黑煙、白煙、火焰等)時，將會透過 Line@通報異常時間、地點、對象、異常影像照片及影片等，提供稽查人員參考並到場執行相關稽查。



資料來源：高雄市政府環境保護局。

圖 1、推播告警訊息示意圖

除雲端影像監控設備及 AI 辨識系統外，亦搭配 GIS 技術建置「智慧稽查監控平台」採圖像式顯示相關資料以及直覺性地操作方法，整合監控系統影像，同時介接固定源、微型感測器(IoT)、氣象及陳情案件資料，可透過大數據分析應用，有效進行污染溯源，增進查緝效率。



資料來源：高雄市政府環境保護局。

圖 2、智慧稽查監控平台

參、統計分析

一、統計截至 112 年 6 月止，藉 AI 雲端影像監控及智慧辨識系統，查獲共計 14 件空氣污染案件，裁罰金額累計 870 萬元整。

本系統自 110 年 9 月上線，監控之異常案件經稽查查獲污染事實者，截至 112 年 6 月共計 14 件，裁罰金額達 870 萬元(表 5);分析原因大致為未妥善操作致明顯污染物之污染情事，前 3 名分別為 OO 大林廠 3 件次，裁罰 560 萬元、OO 林園廠 3 件次，裁罰 142.5 萬元以及海 O 企業 3 件次，裁罰 90 萬元較為頻繁，共計裁罰 792.5 萬元，佔總裁罰金額 94.3%。

表 5、111 年至 112 年 6 月 AI 雲端智慧系統裁罰案件清單

項次	日期	公司場所	事件摘要	裁罰依據	裁罰金額(元)
1	111/3/15	巨O機械	殘鋼揀選及裝運作業產生振動，導致堆置場耐火材料塌陷，造成大量粒裝污染物逸散。	空污法第 32 條	150,000
2	111/4/12	海O企業	因袋式集塵設備缺口導致棕色粒狀污染物逸散。	空污法第 23 條	300,000
3	111/4/15	海O企業	袋式集塵設備破損，致使電弧爐煉鋼製程產生黑色集塵灰逸散。	空污法第 23 條	450,000
4	111/4/21	OO林園	四輕組乙烯蒸餾塔因系統吹驅氣體含可燃氣體，且有車輛進入防爆區而引燃。	空污法第 32 條	675,000

項次	日期	公司場所	事件摘要	裁罰依據	裁罰金額(元)
5	111/6/17	得O公司	該廠區熔礦製程四號高爐因操作不慎脫鈎撞擊製程主流道致使鐵水滲漏，高溫鐵水溢流產生出大量粒狀污染物逸散於廠區散播空氣中。	空污法第 32 條	100,000
6	111/6/23	OO林園	燃燒塔輕油裂解程序之丙烯冷凍系統密封油訊號異常，導致壓縮機停止，造成製程內乙烯精餾塔高溫高壓後啟動安全機制，塔內氣體因燃燒不完全，產生粒狀污染物散佈於空氣中。	空污法第 32 條	600,000
7	111/6/26	龍O鋼鐵	電弧爐爐蓋旋出、傾倒爐渣並載運至堆置過程中，產生大量粒狀污染物，又因防制設備收集效率不佳導致粒狀污染物逸散。	空污法第 32 條	225,000
8	111/7/1	林園OO	破黑製造程序，因製粒機至乾燥爐之管線阻塞，導致原料(碳粒)從採樣口逸散。	空污法第 32 條	150,000
9	111/9/20	海O企業	經查係該廠傾倒爐渣造成氧化反應引發爆炸，產生明顯粒狀物。	空污法第 32 條	150,000
10	111/10/6	OO大林	重油裂解工場之反應器破裂，觸媒粉由破裂口逸散，現場因無適當防制設備有效收集，導致觸媒粉散布於空氣中。	空污法第 32 條	450,000
11	111/10/27	OO大林	該廠加氫脫硫程序(M17)開爐過程中進行建壓作業，疑似空冷器發生氣爆，該事件因現場爆炸產生大量黑煙。	空污法第 32 條	5,000,000
12	112/1/17	聯O營造	因人員在工程搭設鷹架上方進行切割作業，於作業過程中不慎有火星掉落下方，又因材料堆置不	空污法第 32 條	150,000

項次	日期	公司場所	事件摘要	裁罰依據	裁罰金額(元)
			當致不慎引起火災，致產生大量粒狀污染物。		
13	112/1/18	OO大林	M33 觸媒裂解程序，因去丁烷塔操作壓力過高，為避免安全閥跳脫，故將塔內液化石油氣緊急排放燃燒塔(A023、A024)產生大量黑煙。	已進入裁罰行政程序	150,000
14	112/5/22	OO林園	M33(輕油裂解程序)因製程熱交換器管束堵塞，影響塔槽操作穩定性，停俾後將製程氣體排放至北區燃燒塔(A202)，因氣體瞬間壓力過大產生黑煙。	已進入裁罰行政程序	150,000

資料來源：高雄市政府環境保護局。

二、比較 110、111 年小港、林園區之工業（廠）燃燒行為、製程與有機氣體、冒煙、揚塵陳情案件，111 年相較於 110 年案件數：小港區由 110 年 126 件至 111 年 64 件，增減率為 -49.2%，林園區由 110 年 60 件至 111 年 31 件，增減率為 -48.3%。

雲端影像監控設備及辨識系統於 110 年 9 月上線，本局運用該系統全時監控臨海與林園工業區，首先分析 110、111 年小港、林園區之工業（廠）燃燒行為、製程與有機氣體、冒煙、揚塵陳情案件資料，如表 6 可見兩行政區前述類型陳情案件皆有減少之趨勢，111 年相較於 110 年案

件數：小港區增減率為 -49.2%，林園區增減率為 -48.3%。

仁武及大社兩行政區，因系統於 112 年度 7 月始上線，後

續將持續觀察逐年案件改善趨勢。

表 6、110 年及 111 年陳情案件統計

行政區	陳情類型	110 年(件)	111 年(件)	增減率(%)
小港區	冒煙	34	8	-76.5%
	揚塵	9	8	-11.1%
	製程與有機氣體	72	41	-43.1%
	燃燒行為(含露天燃燒等)	11	7	-36.4%
合計		126	64	-49.2%
林園區	冒煙	11	5	-54.5%
	揚塵	4	0	-100.0%
	製程與有機氣體	34	20	-41.2%
	燃燒行為(含露天燃燒等)	11	6	-45.5%
合計		60	31	-48.3%
仁武區	冒煙	18	10	-44.4%
	揚塵	13	13	-
	製程與有機氣體	82	50	-39.0%
	燃燒行為(含露天燃燒等)	24	17	-29.2%
大社區	冒煙	7	5	-28.6%
	揚塵	2	2	-
	製程與有機氣體	37	14	-62.2%
	燃燒行為(含露天燃燒等)	13	13	-

資料來源：環保署公害陳情案件管理系統。

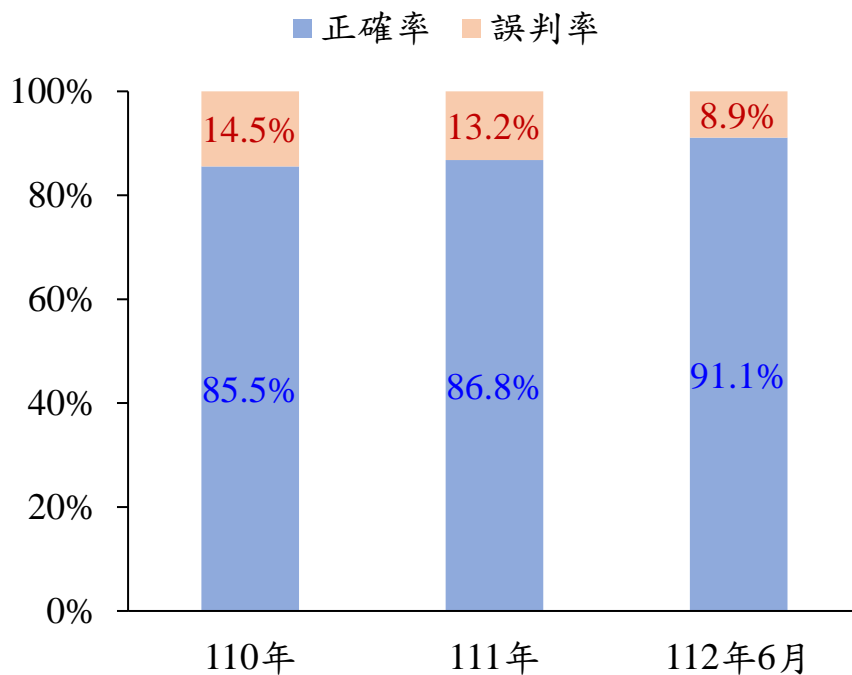
三、透過環境監測數據串接分析及機器學習模組再輔以稽查結

果回饋，提升影像智慧辨識效能及警示準確度，統計 110

年度 9 月上線初期辨識正確率 85.5%，爾後 111 年度達

86.8%，112 年度 6 月辨識正確率提高至 91.1%。

雲端影像監控設備及辨識系統的人工智慧除了用於即時影像辨識，另一方面也透過介接空氣品質監測站、微型感測器、CEMS 及氣象站相關數據，導入演算法及監督式學習方式提升辨識正確率，訓練的過程中透過大數據分析以及現場稽查後回饋的資料告訴機器答案，再進行參數上的優化，110年9月上線後辨識正確率由訓練初期85.5%，111年度之辨識正確率達86.8%，112年度6月辨識正確率提高至91.1%。



資料來源：高雄市政府環境保護局。

圖 3、110 年至 112 年 6 月辨識率統計

肆、結論與建議

- 一、 本局於臨海、林園、仁武及大社工業區建置 AI 雲端影像監控及智慧辨識系統，再納入的原先空氣品質管理中心監控影像，共計 31 組 CCTV 進行無間斷的雲端影像智慧辨識作業，113 年預計增設永安及本洲工業區持續擴增 10 組並增加影像覆蓋率，達成科技執法嚇阻污染行為之效。
- 二、 透過環境監測數據串接分析及機器學習模組再輔以稽查結果回饋，提升影像智慧辨識效能及警示準確度，統計 110 年度 9 月上線初期辨識正確率 85.5%，爾後 111 年度達 86.8%，112 年度 6 月辨識正確率提高至 91.1%，後續持續精進。
- 三、 目前的判煙模式易受到逆光影響而產生誤判的狀況，可透過背景的關注區域標定，減少逆光造成的影響。
- 四、 針對本市易發生露天燃燒之區域，建議可設置 AI 監控攝影機進行智慧辨識，可於污染擴大前即時通報處理。

伍、參考資料

- 一、 行政院環境保護署空氣污染排放清冊 (TEDS11.1)
- 二、 行政院環境保護署環保報案中心公害污染陳情案件管理系統
- 三、 行政院環境保護署列管污染源資料(含裁處資訊)查詢系統