

審計機關創新提案表

提案範圍	<input checked="" type="checkbox"/> 審計 <input type="checkbox"/> 非審計
提案單位	<input checked="" type="checkbox"/> 單位提案（審計部臺灣省新竹縣審計室） <input type="checkbox"/> 個人提案
提案人員	（敘明主要提案人1人及其他參與提案人姓名，並分別標明每人貢獻度） 主要提案人姓名：稽察兼課長 徐中道 貢獻度：40% 參與提案人姓名：稽察員 蔡宗和 貢獻度：40% 稽察 黃浩梁 貢獻度：20%
提案名稱	創新運用美國環境保護署及海洋大氣總署開發軟體，模擬天然氣洩漏屬性，並導入危險與可操作性分析(HAZOP)技術，及善用科學方法分析大數據資料庫，查核新竹縣、市天然氣輸儲設備維護管理情形，保障民眾生命財產安全，落實永續發展目標
創新面向	<input checked="" type="checkbox"/> 產出 <input checked="" type="checkbox"/> 流程 <input type="checkbox"/> 組織 <input type="checkbox"/> 溝通 <input type="checkbox"/> 其他(敘明創新之面向)
提案緣起	<p>一、創新來源：</p> <p>我國永續發展目標之核心目標 7(SDG7)揭示「確保人人都能享有可負擔、穩定、永續且現代的能源」及核心目標 11(SDG11)之第 5 項具體目標揭示「降低各種災害造成的損失」，經蒐集近年社群媒體及新聞網站資料結果，天然氣洩漏危害屬民眾討論度較高之縣政熱門議題，且報章媒體亦屢報導新竹縣、市天然氣漏氣危安事件，顯示天然氣輸儲設備之安全維護管理，刻不容緩。為落實國際最高審計機關組織(INTOSAI)專業聲明架構(INTOSAI Framework of Professional Pronouncements, IFPP)核心原則第 12 號「最高審計機關之價值與效益—在於對民眾生活產生正面之影響」之理念，於查核過程運用美國環境保護署及海洋大氣總署開發之軟體、導入危險與可操作性分析技術、探勘大數據資料庫中天然氣漏氣危害風險、利用科學方法解析天然氣損耗情形、利用 QGIS 軟體分析漏氣熱點、運用田野調查法赴現場瞭解設備維護管理情形及諮詢學者專家蒐集相關意見等多元技術方法，發掘執行過程缺失並探究待改善癥結，據以研提前瞻性、預警性之審核意見，踐行「以民為本」之審計價值，並促進政府良善治理，發揮諮詢顧問角色，彰顯政府審計積極功能。</p> <p>二、創新程度：</p> <p>(一)創新運用美國環境保護署及海洋大氣總署開發軟體，分析天然氣大量洩漏之影響屬性：天然氣大量洩漏時，伴隨之閃燃、火災熱射及爆炸爆壓等將嚴重威脅周遭民眾，其影響範圍則隨溫度、濕度、風速、風向等不同有所差異，為精準分析影響情形，經運用美國環境保護署(EPA)及海洋大氣總署(NOAA)開發之 ALOHA(Area Locations Of Hazardous Atmosphere)軟體，將國內中央氣象局提供之相關氣候參數資料載入，利</p>

用 Google Earth 套疊圖資，模擬並分析新竹瓦斯公司位於新竹縣、市之天然氣交貨站發生大量洩漏時之影響程度、範圍及民眾疏散方向等，確保民眾生命財產安全。

(二)導入危險與可操作性分析技術，探勘大數據資料庫中天然氣漏氣之危害風險，接軌國際審計趨勢：新竹瓦斯公司供氣區域為新竹縣、市之民生與工業用戶，截至 108 年 12 月底止，供氣用戶數計 18 萬餘戶，近 5(104 至 108)年用戶天然氣使用之表登資料達 600 萬餘筆，經導入危險與可操作性分析(Hazard and operability study, HAZOP)技術，分析大數據資料庫中有關該公司購氣與售氣差異，漏氣危害風險程度，並審視該公司供氣壓力調控及標準作業程序遵行情形，以系統性方式，有效且快速濾出該資料庫可用資料，節省大量盲蒐時間成本，並接軌 2019 年 10 月國際最高審計機關組織大會(International Congress of the International Organization of the Supreme Audit Institutions, INCOSAI)有關最高審計機關在國家優先事項及目標之達成上所扮演之角色一文所述及「最高審計機關透過數據分析提升審計品質」。

(三)參考專家學者諮詢會議建議，利用科學方法解析天然氣損耗情形：天然氣雖以使用度數為計價單位，惟 1 度即 1 立方公尺，故天然氣計價基礎實為體積，氣體體積具有熱漲冷縮特性。目前中油公司售予新竹瓦斯公司天然氣之輸送溫度為攝氏(下同)15.56 度，該公司轉售民生或工業用戶則為導管溫度(戶外溫度)，以夏季為例，導管溫度最高逾 30 度，勢造成天然氣體積膨脹。為瞭解天然氣體積受溫度影響而產生之變化，以探討天然氣輸儲設備實際洩漏情形，經參考專家學者諮詢會議建議，利用波以耳定律(Boyle's Law)與查理定律(Charles's Law)結合之理想氣體方程式 $PV=nRT$ ，以科學方法將溫度對體積之影響因素排除。

茲以 15.56 度及 30 度為例，分析在壓力不變之情形下，溫度對氣體體積之影響：

1. 溫度為 15.56 度之氣體體積：

利用理想氣體方程式， $PV_1=nR(273+15.56)$

得出 $V_1=288.56nR/P$

2. 溫度為 30 度之氣體體積：

利用理想氣體方程式， $PV_2=nR(273+30)$

得出 $V_2=303nR/P$

3. 計算溫度由 15.56 度升至 30 度，氣體體積增加百分率：

$(V_2-V_1)/V_1 \times 100\% = (303nR/P - 288.56nR/P) / (288.56nR/P) \times 100\%$

$= 5.00\%$

由以上計算得知，溫度由 15.56 度升至 30 度，氣體體

	<p>積約增加 5%，與經濟部規定之漏氣損耗率上限為 1% 相較，溫度對天然氣體積之影響，不容小覷。</p>
實施方法、過程及投入成本	<p>一、現況問題</p> <p>(一)天然氣主要成分為甲烷(CH₄)，甲烷係一種容易閃燃甚至會爆炸之氣體。新竹瓦斯公司向中油公司價購天然氣之交貨站計 4 處，分別為新竹市境內之十八尖山交貨站、客雅交貨站，及新竹縣境內之泰和交貨站、寶石交貨站，除十八尖山交貨站外，餘 3 處全天候均無人員駐守，倘發生天然氣大量洩漏，伴隨之閃燃、火災熱射及爆炸爆壓等，將嚴重影響周遭民眾生命財產安全，惟上開閃燃、熱射及爆壓之影響範圍隨著溫度、濕度、風速、風向等不同而有所差異，如何事先掌握與預防演練，誠屬重要。又該 4 處交貨站緊鄰科技園區、集合式住宅、幼兒園、公園等人群聚集場所，惟該公司僅進行交貨站防災演練，至有關影響程度與範圍，及周遭民眾疏散方向等，尚乏相關資料。</p> <p>(二)天然氣壓力過高，將發生壓力損失影響公司營運效益，及洩漏量增大影響民眾生命財產安全；反之，壓力過低將影響管線末端用戶使用權益，尤以寒冷冬季最鉅，故壓力精準調控，有其必要性。新竹瓦斯公司利用十八尖山交貨站等 4 處交貨站調控供氣壓力，依該公司營運資料所載，近 5(104 至 108)年平均漏氣率為 3.20%，伴隨之營業損失計 2 億餘元，且亦時獲民眾投訴天然氣未能穩定供氣情形等，是否因該公司未確切掌握尖、離峰時段，調控最適壓力，不無疑慮。惟截至 108 年 12 月底止，該公司供氣用戶數計 18 萬餘戶，近 5 年用戶天然氣使用表登資料達 600 萬餘筆，因此，如何藉由大數據資料庫，分析不同季節用戶天然氣使用情形，瞭解尖、離峰時段，刻不容緩。</p> <p>(三)天然氣計價基礎為用戶天然氣使用體積，體積具有熱漲冷縮特性，中油公司以 15.56 度之計量溫度售予天然氣公司，天然氣公司則以導管溫度(戶外溫度)賣給民生及工業用戶，以新竹瓦斯公司 108 年度售氣情形為例，新竹地區全年各月均溫均高於計量溫度(15.56 度)，其中月均溫最高者為 7 月(30.2 度)，約為計量溫度之 2 倍，體積增幅近 5%。因此，探究漏氣損耗與營運損失時，應先將溫度對體積之影響因素排除，否則體積膨脹造成售氣量增加，帳面上將削弱實際漏氣損失之呈現。該公司 108 年度原列之天然氣漏氣損失為 61 萬餘立方公尺，經依科學方法計算，將溫度影響因素排除後，天然氣漏氣損失達 363 萬餘立方公尺，顯示天然氣洩漏情形仍屬嚴重，倘以該公司 108 年 12 月每立方公尺(度)13.3 元之售氣價格估算，當年度因天然氣洩漏產生之營業損失近</p>

5 千萬元。

- (四)新竹瓦斯公司 106 至 108 年間民眾通報天然氣外洩者分別為 1,212 件、1,425 件、1,144 件，其中屬非外力因素致天然氣洩漏，民眾嗅及臭味而通報者分別為 733 件、933 件、728 件，為瞭解天然氣漏氣熱點分布情形，探究是否與老舊管線未及汰換有關，或係接合閥栓微量洩漏，亦或家戶設備未定期更新等其他因素，需將上開天然氣洩漏地點套繪 QGIS 分析，並以視覺化分析模組方式呈現。

二、解決必要性

天然氣之使用與民眾生活息息相關，新竹瓦斯公司供氣範圍包括新竹縣、市民生及工業用戶，經蒐集近年社群媒體及新聞網站資料結果，天然氣洩漏危害屬民眾討論度較高之縣政熱門議題，且自由時報 108 年 5 月刊載「竹市瓦斯年漏逾 270 萬度 議員促速換管」；中天新聞 108 年 10 月報導「幼兒園前噴火 竟是縣府挖斷瓦斯管釀禍」，顯示天然氣輸儲設備之安全管理刻不容緩。天然氣大量洩漏伴隨之閃燃、熱射及爆壓等為高度變動議題，因此參考先進國家透過軟體分析之作業方式，並導入危險與可操作性分析技術，探勘大數據資料庫中天然氣漏氣之危害風險，及利用科學方法解析天然氣損耗情形等，接軌國際審計趨勢，探究缺失癥結，研提前瞻性、洞察性審計意見，協助機關提升天然氣輸儲設備安全維護成效，促進政府良善治理。

三、查核過程

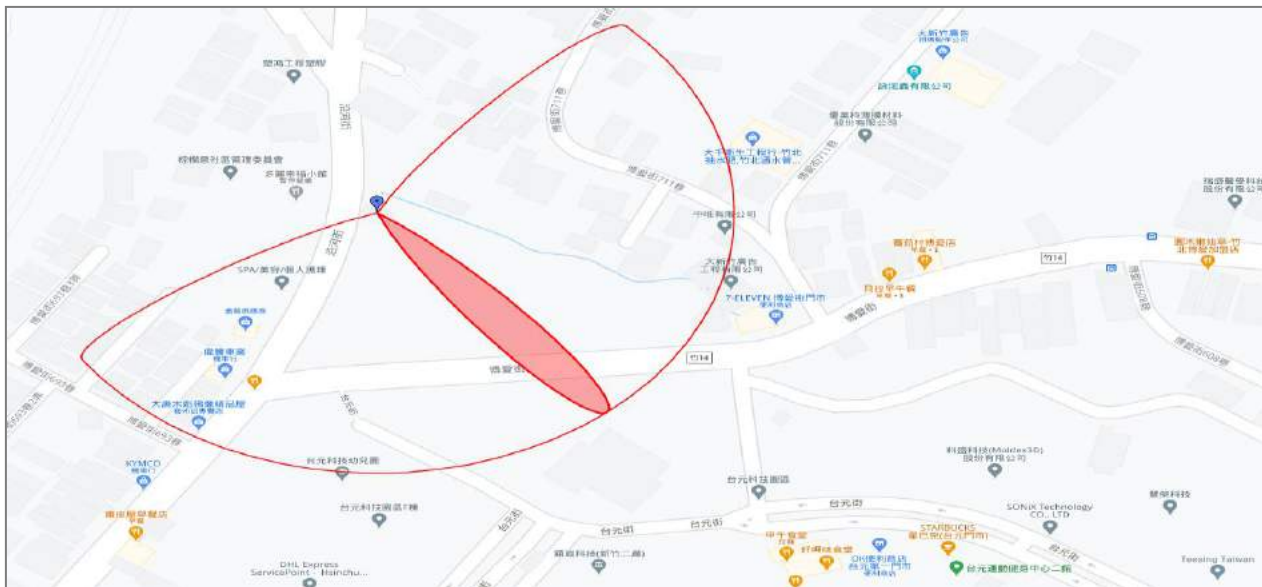
茲將本案運用美國環境保護署及海洋大氣總署開發之 ALOHA 軟體、導入危險與可操作性分析技術、探勘大數據資料庫中天然氣漏氣危害風險、利用科學方法解析天然氣損耗情形、利用 QGIS 軟體分析漏氣熱點、運用田野調查法赴現場瞭解設備維護管理情形及諮詢學者專家蒐集相關意見等，所獲具體成果說明如次：

- (一)妥謀天然氣大量洩漏時，伴隨之閃燃、火災熱射及爆炸爆壓之影響範圍及民眾疏散方向等因應方案，並適時演練，俾降低災害發生之傷亡與損失。
- (二)亟待全面檢視各天然氣交貨站供氣壓力調控情形，避免發生壓力損失及大量洩漏情形，影響公共安全、營運績效，及用戶使用權益。
- (三)強化各項輸儲設備之檢測，並建立完整精確之導管圖資系統，避免施工單位誤挖天然氣管線，有效降低天然氣洩漏情事發生，維護公共安全及提升公司營運績效。
- (四)部分業務項目尚未納入標準體系，且追蹤檢核機制未落實，標準化遵循程度偏低，亟待強化風險管控及持續改善營運績效。

	<p>(五)老舊天然氣管線汰換執行成效欠佳，漏氣案件頻繁，另微電腦瓦斯表推廣對象未及公務機關學校，亟待檢討改善。</p> <p>四、投入資源及獲得效益</p> <p>(一)美國環境保護署及海洋大氣總署開發之 ALOHA 軟體、QGIS 地理圖資、中央氣象局氣候資料等本案查核所使用之應用軟體或資料，均為開放、免費且易取得，無須另行購置。</p> <p>(二)被審核機關亦瞭解天然氣設備安全維護管理之重要性，將本案查核運用之技術方法及研提之預警性前瞻意見與其經驗分享，除建立良善溝通管道，獲得正面積極之回應外，亦增進與被審核機關之夥伴關係及審計附加價值，建立審計專業形象。</p> <p>(三)被審核機關加強天然氣輸儲設備安全維護管理及執行改善洩漏以降低氣差量作業多年，惟仍遭中央主管機關(經濟部能源局)及地方主管機關(新竹縣政府)要求積極正視問題與改善，並飽受在地民意代表批評成效欠佳，透過本案創新運用多元審計技術方法，發掘被審核機關未注意之問題癥結，舉如參考先進國家透過軟體分析之作業方式，進一步強化天然氣交貨站周遭民眾安全維護管理，另導入危險與可操作性分析技術，及利用科學方法解析天然氣損耗情形等，業獲被審核機關重視參採，並依本室所提意見研提具體改善措施，促進政府良善治理。此外，查核團隊亦將本案使用之多元分析技術方法，移轉予被審核機關參採運用，協助其有效掌握天然氣輸儲設備安全維護管理執行成效，創造最大審計服務價值。</p> <p>(四)聯合國及我國永續發展目標相繼確立，其中核心目標 7 揭示「確保人人都能享有可負擔、穩定、永續且現代的能源」及核心目標 11 之第 5 項具體目標揭示「降低各種災害造成的損失」，天然氣輸儲設備安全維護管理等相關議題長期廣受社會大眾與媒體輿論關注報導。本案創新運用多元電腦審計工具，分析大數據資料庫數據，取得具體審計事證，敦促被審核機關檢討改進業獲正面回應，有助政府良善治理。</p>
<p>實際績效</p>	<p>嗣經新竹縣審計室追蹤改善情形，新竹瓦斯公司在制度面、政策面、執行面等均積極辦理，謹摘述如后：</p> <p>一、制度面：</p> <p>新竹瓦斯公司於 109 年 3 月 23 日制定「違章用氣、竊氣等不法行為之查報」等相關作業規範(文件編號：2041)，納入 ISO9001 系統管制，重新檢視各管理流程，並積極辦理稽核缺失之矯正措施，加強事後跟催，落實追蹤改善，強化管理審查要求，嚴謹管控各項作業執行環節。</p> <p>二、政策面：</p> <p>(一)新竹瓦斯公司積極函請新竹縣政府、新竹市政府，配合該府</p>

	<p>道路挖掘政策，及時更換老舊天然氣管線(PVC 管或 GIP 管)，並編列 2 億餘元預算投入管線維修與汰換作業，同時建立精確之管線圖資，加強管線查漏，俾有效減少漏氣情形發生，維護公共安全及提升公司營運績效。</p> <p>(二)新竹瓦斯公司已完成公務機關學校瓦斯表使用種類之清查，並擬具微電腦瓦斯錶更換配套作業方案，逐步更新。</p> <p>三、執行面：</p> <p>(一)有關本室創新運用美國環境保護署及海洋大氣總署開發之 ALOHA 軟體，分析天然氣大量洩漏時發生閃燃、熱射及爆壓之影響程度與範圍，及周遭民眾疏散方向等，新竹瓦斯公司參考本室作法，依溫度、濕度、風速、風向等差異，動態分析天然氣交貨站洩漏情形，並適時演練，俾降低災害發生之傷亡與損失。</p> <p>(二)新竹瓦斯公司為因應社會結構變遷及生活習慣改變，於 109 年 8 月 31 日召開會議，調查並修正尖、離峰時段，俾有效管控供氣壓力及尖、離峰控制，減少供氣損失。</p> <p>(三)新竹瓦斯公司為減少漏氣、改善氣差，已進行管線更新及地理資訊之改善外，並將針對 10 年以上大樓，每 3 年做 1 次管線檢查，提早因應以防止管線腐蝕造成漏氣；另每季以加重嗅劑方式，於新竹縣、市分別辦理管線查漏作業，期藉由多管齊下、多重作為，保障民眾生命財產安全。</p>
相關附件	<p>附件 1：運用 ALHOA 軟體結合 Google Earth 模擬新竹縣泰和交貨站洩氣擴散影響圖、ALHOA 軟體模擬管線破孔及其參數</p> <p>附件 2：106-108 年天然氣漏氣熱點分布圖</p> <p>附件 3：新竹市客雅交貨站及新竹市十八尖山交貨站夏季供氣壓力與用戶使用情形</p> <p>附件 4：利用科學方法排除溫度影響，分析天然氣氣差情形</p>
聯絡窗口	<p>姓名：稽察員 蔡宗和 電話：(03)6576300 轉 1231</p> <p>Email：zhcai@mail.audit.gov.tw</p>
單位評核意見	<p>本提案人員以創新思維開創審計新領域，勇於突破查核限制，主動瞭解先進國家對天然氣大量洩漏之分析方法，並搭配中央氣象局氣候資料，有效維護民眾生命財產安全，另導入危險與可操作性分析技術，探勘大數據資料庫中天然氣漏氣危害風險，及利用科學方法解析天然氣損耗情形等，接軌國際審計趨勢，探究缺失癥結，研提前瞻性、洞察性審計意見，協助機關提升天然氣輸儲設備維護管理成效，促進政府良善治理，發揮以民為本之審計價值。本案為審計機關首創案例，甚具創新價值，符合「審計機關創新提案評審及獎勵要點」之「產出創新」及「流程創新」。</p>

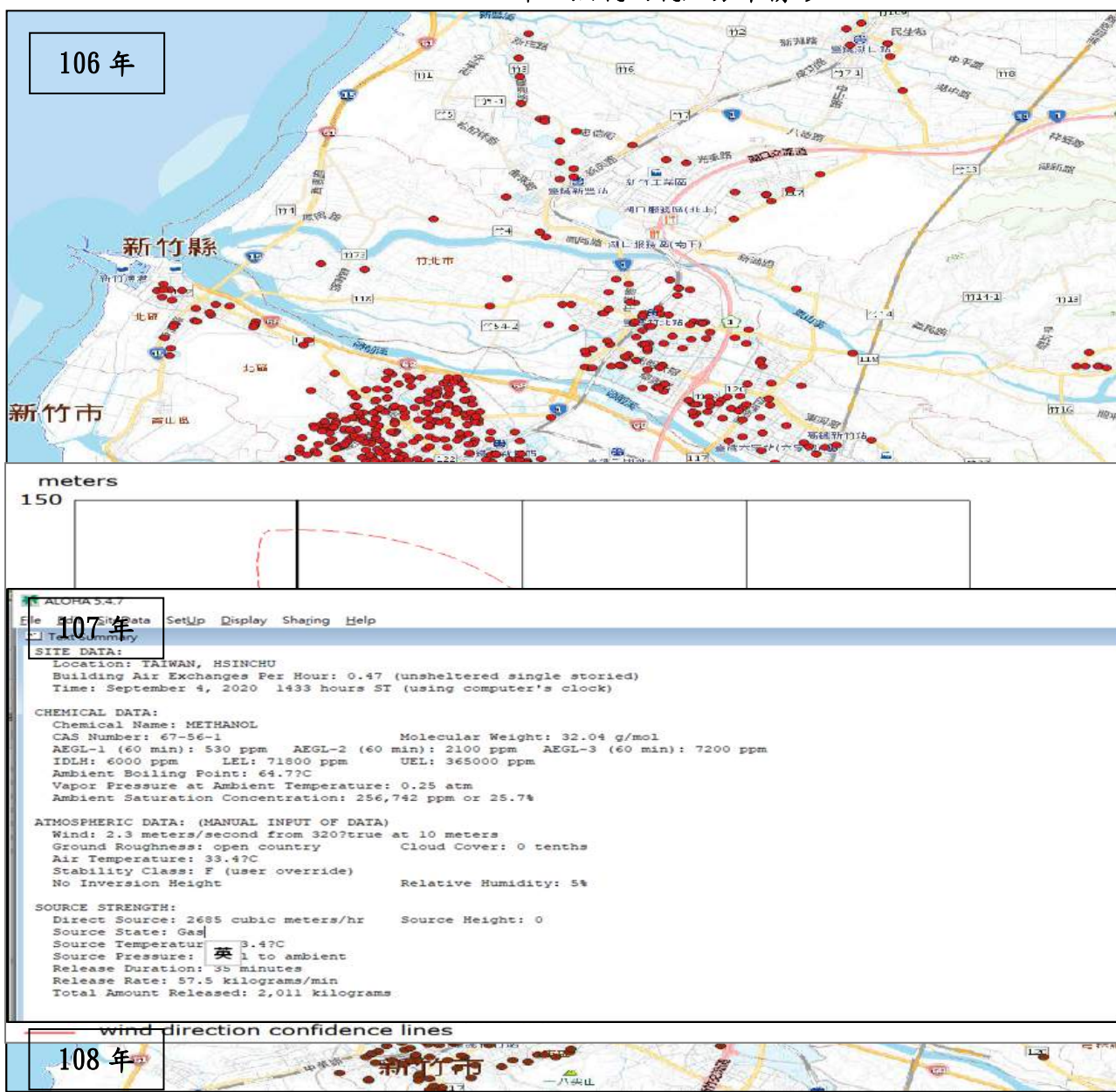
運用 ALHOA 軟體結合 Google Earth 模擬新竹縣泰和交貨站洩氣擴散影響圖



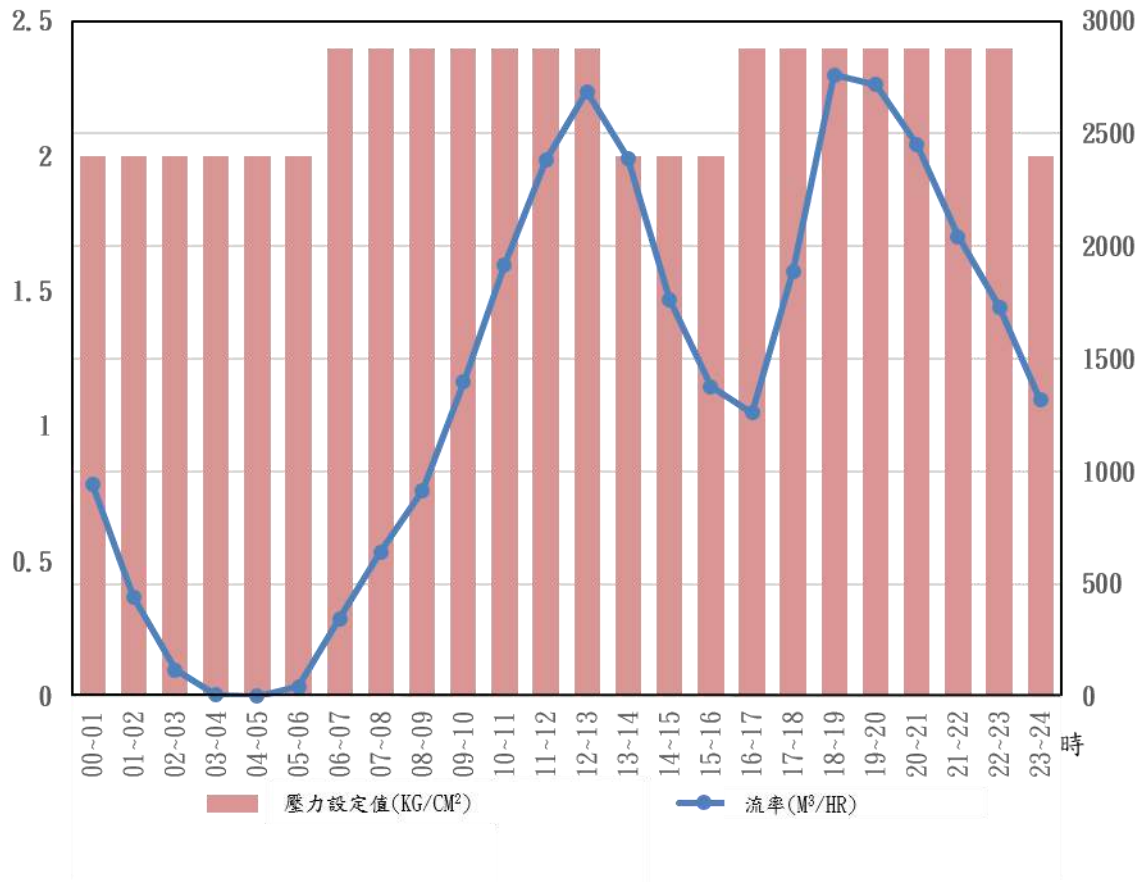
ALHOA 軟體模擬管線破孔示意圖

ALHOA 模擬管線破孔參數

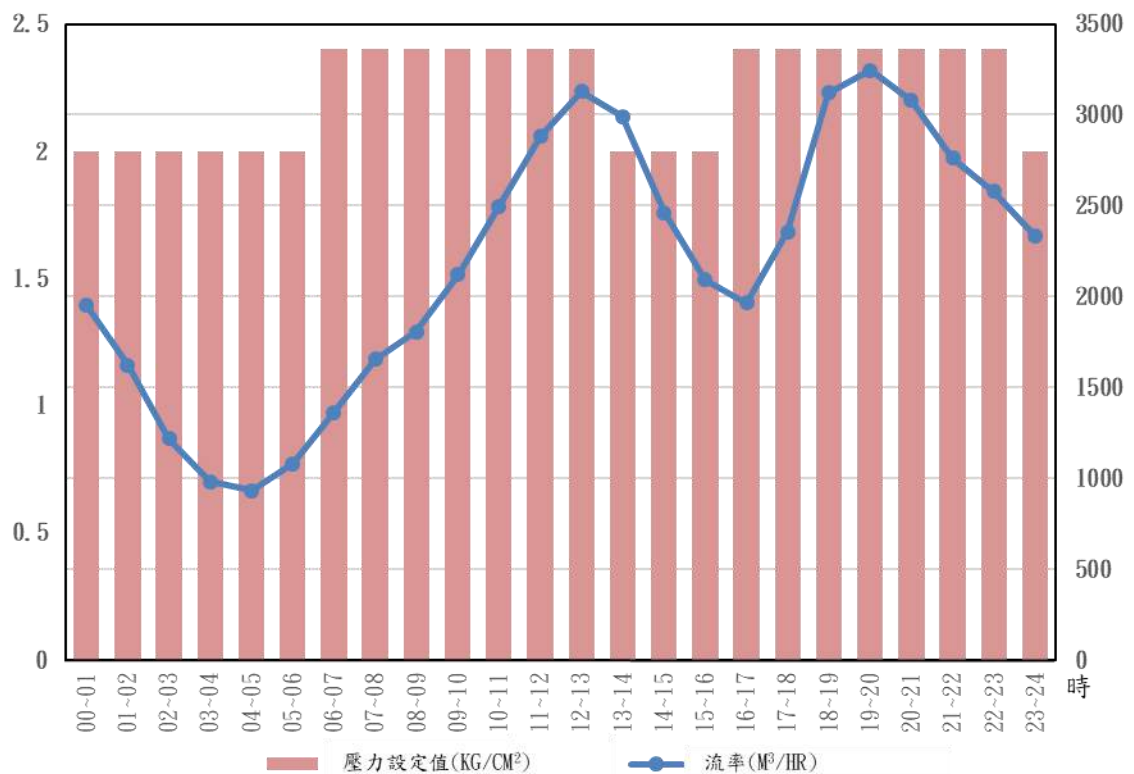
106-108 年天然氣漏氣點分布情形



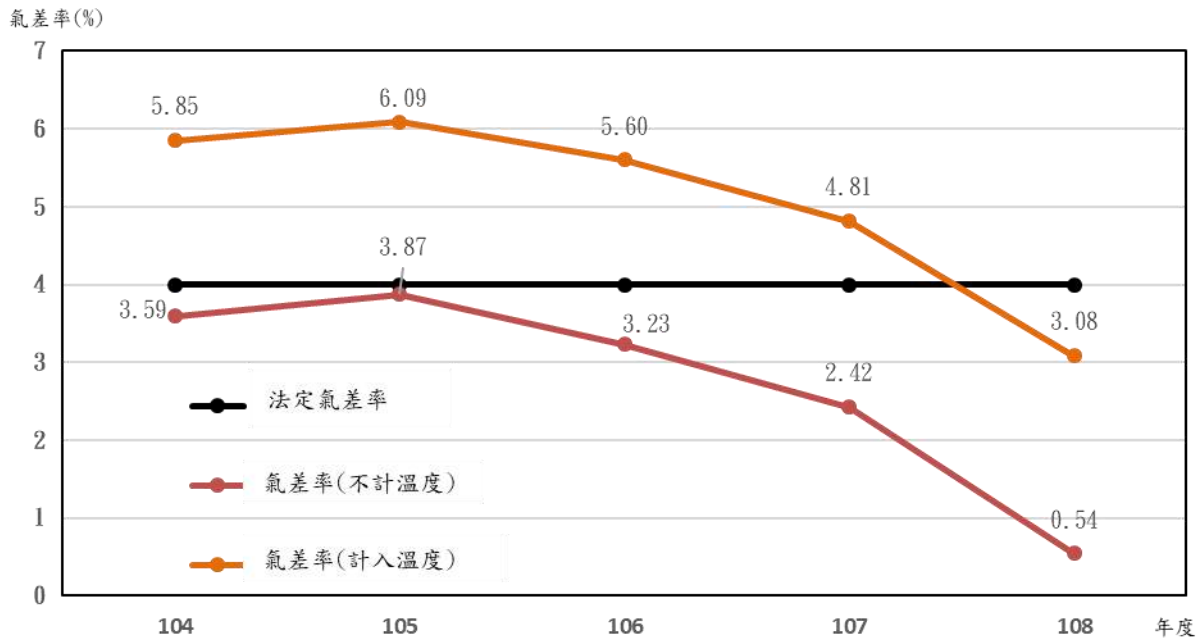
新竹市客雅交貨站夏季供氣壓力與用戶使用情形



新竹市十八尖山交貨站夏季供氣壓力與用戶使用情形



利用科學方法排除溫度影響，分析天然氣氣差情形



年度	月份	中油購氣量(A)	售氣量(B)	氣差率(C=B/A)	平均溫度	氣(%)	中油購氣量(溫度效應(A'))	氣量差(溫度效應(B'=A'-B))
總計		523,296,220	509,429,769	-13,866,451			536,330,216	-269,004,739
108	1	11,608,273	10,387,952	-1,220,321	17.70	0.745	11,694,755	-1,306,803
108	2	9,578,224	10,341,205	762,981	18.00	0.850	9,659,639	681,566
108	3	10,936,705	10,495,126	-441,579	19.30	1.295	11,078,335	-583,209
108	4	9,401,826	10,002,473	600,647	23.60	2.784	9,663,573	338,900
108	5	9,492,386	9,530,594	38,208	24.70	3.165	9,792,820	-262,226
108	6	8,376,994	9,347,011	970,017	28.30	4.415	8,746,838	600,173
108	7	8,129,663	8,712,785	583,122	30.20	5.070	8,541,837	170,948
108	8	8,105,734	7,980,507	-125,227	29.50	4.830	8,497,241	-516,734
108	9	8,300,415	9,341,588	1,041,173	27.20	4.030	8,634,922	706,666
108	10	9,090,668	8,354,936	-735,732	25.20	3.340	9,394,296	-1,039,360
108	11	10,149,876	9,848,664	-301,212	21.80	2.160	10,369,113	-520,449
108	12	11,671,155	9,883,732	-1,787,423	18.40	0.980	11,785,532	-1,901,800
107	1	11,368,092	10,205,700	-1,162,392	16.30	0.255	11,397,081	-1,191,381
107	2	10,898,096	10,199,895	-698,201	14.60	0.000	10,898,096	-698,201
107	3	10,839,896	10,561,418	-278,478	19.30	1.295	10,980,273	-418,855
107	4	8,911,699	10,102,239	1,190,540	23.00	2.580	9,141,621	960,618
107	5	8,349,707	9,107,802	758,095	27.40	4.100	8,692,045	415,757
107	6	8,054,459	8,391,022	336,563	28.50	4.485	8,415,701	-24,679
107	7	7,856,404	8,098,437	242,033	29.90	4.966	8,246,553	-148,116
107	8	7,980,633	7,740,733	-239,900	29.00	4.660	8,352,530	-611,797
107	9	7,906,916	8,049,823	142,907	27.70	4.205	8,239,402	-189,579
107	10	9,106,050	7,893,939	-1,212,111	23.60	2.784	9,359,562	-1,465,623
107	11	9,521,884	9,063,041	-458,843	22.00	2.230	9,734,222	-671,181
107	12	10,624,343	9,303,581	-1,320,762	19.20	1.260	10,758,210	-1,454,629
106	1	10,017,029	8,732,527	-1,284,502	17.70	0.745	10,091,656	-1,359,129
106	2	9,622,346	8,946,639	-675,707	16.30	0.255	9,646,883	-700,244
106	3	10,593,104	10,046,090	-547,014	17.70	0.745	10,672,023	-625,933
106	4	8,837,299	9,787,668	950,369	22.20	2.300	9,040,557	747,111
106	5	8,523,346	8,926,603	403,257	25.70	3.515	8,822,942	103,661
106	6	7,921,917	8,283,241	361,324	28.00	4.310	8,263,352	19,889
106	7	7,288,168	8,286,704	998,536	29.50	4.830	7,640,187	646,517
106	8	7,211,936	7,282,531	70,595	30.30	5.105	7,580,105	-297,574
106	9	7,029,968	7,295,701	265,733	29.00	4.660	7,357,565	-61,864
106	10	8,080,769	7,188,548	-892,221	25.80	3.550	8,367,636	-1,179,088
106	11	9,261,295	8,211,454	-1,049,841	22.00	2.230	9,467,822	-1,256,368
106	12	10,640,545	8,648,190	-1,992,355	17.50	0.675	10,712,369	-2,064,179
105	1	10,542,936	8,784,164	-1,758,772	15.60	0.006	10,543,569	-1,759,405
105	2	10,016,290	9,046,553	-969,737	14.50	0.000	10,016,290	-969,737
105	3	10,452,287	10,138,910	-313,377	16.70	0.395	10,493,574	-354,664
105	4	8,134,322	9,242,779	1,108,457	23.40	2.716	8,355,250	887,529
105	5	7,559,788	8,711,492	1,151,704	26.70	3.375	7,814,931	896,561
105	6	6,583,651	7,412,293	828,642	29.30	4.762	6,897,164	515,129
105	7	6,385,152	6,751,393	366,241	30.30	5.105	6,711,114	40,279
105	8	6,494,731	6,034,952	-459,779	29.40	4.796	6,806,218	-771,266
105	9	6,613,930	6,658,931	45,001	27.90	4.275	6,896,676	-237,745
105	10	7,304,669	6,555,209	-749,460	26.80	3.340	7,548,645	-993,436