

地下油槽洩漏風險評估系統之研究

Risk Assessment Model for Underground Oil

Storage Tank Leak

國立臺灣大學農工所研究助理

國立臺灣大學農工所副教授

廖本雄

劉振宇

Boon Liew

C. W. Liu

摘要

地下油槽儲存各類石油產品及有機溶劑於地下，其設於地下之主要目的為防護安全，節省空間，避免人為破壞。但由於長期埋藏地下，缺少維護，部份油槽已開始洩漏嚴重污染附近之土壤及地下水，處理起來不僅須花費大量的時間與金錢，並且已無法恢復原狀。因此，如何對現存的地下油槽隨時監控管理，並進行整體性的評估其洩漏之風險，防患未然實乃刻不容緩之事。本研究將針對地下油槽洩漏之可能性，發展一套評估系統。藉由輸入油槽籍、油品及四周水文環境等57項因子，計算地下油槽洩漏對地下水污染之風險積分，判定其洩漏之可能以提供主管機關之依據。評估系統除以問答方式輸入資料外，同時兼具查詢、修改、備份等功能，增加使用之簡易性及方便性。

評估系統實際應用在公營及民營加油站，評估油槽之洩漏風險，結果顯示該系統均能適切地表達出該油槽之風險等級，將來可成爲主管機關對全省油槽風險狀況掌握管理之有效工具。

關鍵詞：地下油槽、有機溶劑、地下水、污染、監控、水文環境、風險等級。

ABSTRACT

Underground oil storage tanks are commonly used to store different types of petroleum products and organic solvents. The primary reasons for placing these tanks underground are threefold: for safety, to save space, and to avoid deliberate damage. However, long-term burial and lack of maintenance have already caused the tanks to leak and seriously contaminated the surrounding soil and ground water. The remediation work will cost a lot of money and be very time-consuming. The worst thing is that restoration of these polluted soil and ground water is almost impossible. So quick action is urgently needed to improve the situation. This study is to develop an assessment model for evaluating the potential of underground oil storage tanks leaks. By inputting the oil storage tanks,

oil quality control and 57 other hydrology environment-related data, the integrated risk is computed. In addition to dialogue-form input data, the assessment model also possess search, edit, and backup functions, these make the model easy to use. The system is applied in public and private gas station to assess the risk of tanks leakage. The result indicates that the system is capable to assess the risk of tanks. The model would be an effective tools for the government agency manage island wide's oil storage tanks.

KEY WORDS: Underground Oil Storage Tank, Organic Solvent, Groundwater Contamination, Monitoring, Hydrology Environment, Risk Level.

一、前 言

地下油槽儲存各類石油產品於地下，儲油系統除包含油槽本身，還包括輸油管線、馬達、加油箱等其他部份，其設置於地下之主要目的為防護安全、避免火災、節省空間及避免人為之破壞，並可保護地面、增加美觀。然而長期埋藏地下受氧化腐蝕或由於當初施工安裝不當，品質欠佳等原因，許多油槽在無裝置預警之監漏系統下，已逐漸開始洩漏。根據統計油槽年齡超過十七年最易發生洩漏，尤其是接頭附近，由於掩埋在地下往往不易查覺，俟發現漏油時，早已嚴重污染了附近之土壤及地下水，整治清除工作不僅耗費大量的時間及金錢，且還無法澈底清除污染物，使土壤恢復原狀。以高雄市成功路荅雅站之油槽洩漏為例，迄今尚未完全清除。倘若處理不當，某些高揮發性之油氣隨時可能引發爆炸。在這人口密集的都市裏，其嚴重後果恐不堪想像。

國內主管機關，對地下油槽之維修監測，目前並無立法管制，除公營事業單位如中油、臺電，因為受了高雄市成功路漏油事件及協和電廠油管破裂污染附近海岸和基隆正濱油庫洩漏污染民房之影響逐漸重視外，部份民營事業尚未重視這座隨時可能引爆之不定時炸彈。故去年環境保護署乃專案委託學術單位研擬加油站地下油槽管理之法令（劉振宇，1991），擬訂相關法令做為管理加油站地下油槽之法律依據。

為求能有效的防止地下油槽洩漏造成地下水污染必須建立一套對地下油槽之評估管理方法，收集油槽可能洩漏之相關資料，評訂各個油槽發生洩漏

之可能性，建立有效之管理系統，以便為將來做風險評估分析之用。全國加油站管理系統建立後，對可能發生洩漏造成污染之油槽採取緊急之補救措施，以降低其對環境污染之危害。

二、國內加油站地下油槽現況

國內加油站分為兩大系統，一為公營系統，由中國石油公司統籌經營至民國八十年統計共有油槽數目 2,526座，二為民營系統自民國七十七年起開始實施，至民國八十年止共計有 1,749座，其油槽均係委託中油公司代購裝設，而管理方式由民營公司自行負責。為了詳細說明，謹將公營與民營分述如下：

2.1 公營加油站

目前中油公司在全臺灣共有加油站 596家（劉振宇，1991），其分佈情形如圖 1 所示，以臺北市最多共52家，臺南縣次之，共45家，油槽數目2,526座，其年代分佈如表 1。油槽材質為 ASTM-A-283C 級，或 JIS-SS41 鋼料。現有防漏設施包括：

1. 總量控制。
2. 自動偵測：包括
 - 1) 內測：溢流計、溫度計。
 - 2) 外測：油氣監測井。

其中油氣監測井並未裝置自動偵測設備或定期進行人工監測，目前中油公司營業總處在全省選定部份加油站地下油槽中加裝偵測設備，及在油槽外鋪設一層不織布，評估其防漏效果，做為日後全面裝設之參考。

表1 中油加油站油槽年代分佈

| 埋設年分 | 20年以上 | 10—20年 | 10年以內 |
|------|----------------|----------------|------------------|
| 數量 | 348 (13.8%) | 809 (32.0%) | 1,369 (54.2%) |

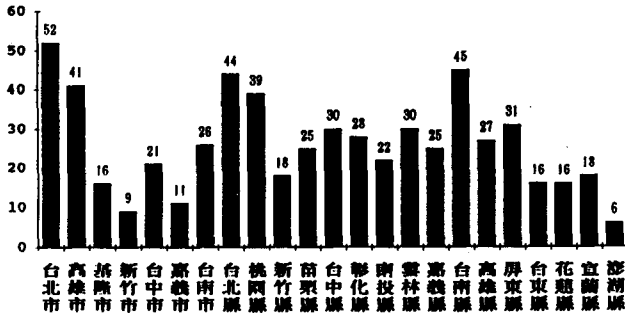


圖1 公營加油站總數

2.2 民營加油站

目前全臺灣共有民營加油站 499家 (劉振宇, 1991) 其分佈情形如圖 2 所示, 以桃園縣最多, 共有53家, 臺南縣次之, 共47家, 油槽總數為 1,749 座; 由於自民國七十七年以後, 加油站始開放民營, 故其油槽使用年數均在四年之內, 其油槽係委託中油公司代購裝設, 所以其材質及防漏設備與公營加油站相同, 將公民營加油站合併計算, 則一共有 1,095家, 而以桃園縣及臺南縣之92家為最多。

2.3 洩漏原因

述年來地下油槽系統發生洩漏之事件層出不窮, 如臺中市五權路加油站, 高雄苓雅儲運站, 高雄煉油總廠, 協和火力發電廠等。然而造成地下儲油系統洩漏却有許多因素, 資料顯示腐蝕及不當設置是最常見之因素。其他包括: 油槽輸油管破裂、產

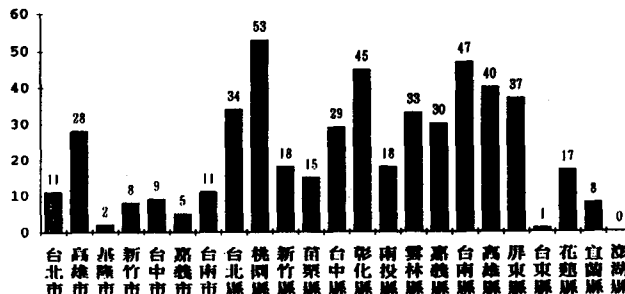


圖2 民營加油站總數

表2 儲油槽漏油來源

| 來源 | 數目 | 百分比 |
|---------|-------|-------|
| 不防蝕鋼槽 | 913 | 62.0 |
| 鋼管 | 454 | 30.8 |
| 玻璃纖維管 | 50 | 3.4 |
| 玻璃纖維油槽 | 28 | 1.9 |
| 電流保護之鋼槽 | 13 | 0.9 |
| 內部塗料之鋼槽 | 7 | 0.5 |
| 電流保護之鋼管 | 7 | 0.5 |
| 陽極鋼管 | 0 | 0.0 |
| 小計 | 1,472 | 100.0 |
| 不明油槽 | 216 | |
| 不明油管 | 29 | |
| 總計 | 1,717 | |

品傳送之溢流、結構不良、裝置或設計不當、油槽超齡使用。美國石油協會曾調查 1,717座油槽和輸油系統發現之漏油來源可以歸納於表 2 :

根據其研究顯示, 大部份漏油發生於鋼槽及鋼管之不抗腐蝕。腐蝕佔了油槽漏洩機率之90%。然而, 腐蝕不僅在金屬油槽中明顯, 塑膠油槽亦然。當不適當的化學物質儲於其中, 塑膠油槽會膨脹、破裂或軟化而洩漏。表 3 為影響腐蝕之主要因素。

表3 影響腐蝕率之因素

| | |
|-------|----------|
| 電解質酸化 | 土壤電阻 |
| 氧化 | 濕度 |
| 溫度 | 土壤變異 |
| 表層薄膜 | 存在化學物質 |
| 細菌活動 | 鄰近地下金屬結構 |
| 應力 | 外來電流 |

金屬腐蝕起因電化學過程導致金屬油槽失去電子而腐蝕, 電解質腐蝕發生於直流電進入而金屬離子藉由電解質離開金屬, 例如土壤即扮演電解質之角色, 而電流會由鐵軌或電力場產生, 電流由陰極進入結構存於陽極, 腐蝕發生在陽極, 而金屬離子被電流帶離而存在結構中。

電流腐蝕發生於在電解質中金屬結構產生電位差而造成, 此種腐蝕發生之可能情況如下:

◎不同金屬之氧化電位不同而產生電流, 電流由陽極流向陰極導致活性金屬快速損壞。

◎在單一金屬之瑕疵引起金屬電位差，造成部份金屬腐蝕發生在陽極區。

◎電解質變異之土壤亦會造成油槽腐蝕，例如沿金屬表面之變異會促進電流活動。

根據美國石油協會調查，結構物漏油、管線破裂，因此，業主應謹慎瞭解構造物或設備在地下儲存系統中腐蝕情形。例如，一油槽之設備須經特殊壓密回填，並仔細檢視構造物設備外觀。不當之回填產生壓密不均或區段沉陷會使系統裝備可能受壓力破裂，其餘可能影響腐蝕之建築施工因素列於表4。

表4 影響腐蝕之建築施工因素

| |
|--|
| 連續荷重作用於油槽 地基在固定平板及槽底阻礙荷重之傳送 油槽與構造設備之間碰撞 隔離不同金屬油槽和油管 油槽外層損害 銲接物 管路接合處 |
|--|

除了腐蝕及不良構造外，其他漏油因素包括在油槽量油計磨損，油槽太滿，使用儀器不當，機器或馬達不靈，和其他由環境引起之振動，組成物之品質及相容性亦是維持系統長期完整性之重要因素。

三、研究方法

3.1 研究步驟

研究之步驟包括資料蒐集、模式發展、模式測試及實地應用。各步驟之內容摘要如下：

1. 收集油槽系統資料，包括儲存物形式，油槽大小、容量，構造物材料，漏油防護及偵測設施，過去產生之問題，測試或觀察頻率，油槽環境，包括地下水深、土壤型式、和最近之水源等。
2. 根據加油站油槽資料發展計算油槽及油管可能發生洩漏之風險評估。
3. 測試模式。
4. 應用模式於實際之加油站，評估油槽之漏油機率，以驗證其實用性。
5. 提供主管機關或加油站業者使用。

3.2 程式設計方法

本資料庫管理系統以 Fox Pro2.0 為基礎加

上 Fox Distribution Kit 開發，並配合倚天中文系統在 PC 上執行操作，在程式設計方面考量以下重點：

1. 力求簡單明瞭，以便使用者能在短時間內學習並操作本系統。
2. 採用全螢幕交談式設計，不論在功能表選擇或資料輸入上可用 ↑ ↓ ← → 等箭頭移動方式。
3. 資料本身以代碼作為查詢及修改時之依據，可簡化操作程序。
4. 程式本身採用模組化設計，可不影響系統其它功能下，擴充系統功能，以利將來維護及發展。

四、風險評估模式建立

4.1 考慮因子：

根據上述國內調查之資料參考國外評估方法 (Adamowski, 1988)，建立評估國內地下油槽漏洩之系統，評估考慮的因子有：

1. 油槽資料

其中包括

- ◎油槽使用年數
- ◎油槽容量
- ◎油槽組成
- ◎油槽陰極保護程度
- ◎油槽腐蝕程度
- ◎管線使用年數
- ◎管線組成
- ◎管線陰極保護程度
- ◎管線腐蝕程度
- ◎接頭疏鬆與裂縫程度
- ◎滲漏檢測量
- ◎監測井數目
- ◎保養及維修記錄

2. 油品資料：

其中包括

- ◎油品總量
- ◎資料可信度
- ◎毒性
- ◎燃燒性
- ◎油品抗分解性
- ◎油品之物理相

3. 四周環境水文資料：

包括

- ◎100公尺內人數（包含區內設施）
- ◎離最近水井距離
- ◎500公尺內土地使用規劃
- ◎污染源至邊界距離
- ◎500公尺內之特殊環境
- ◎附近地表水形成之地下水使用情形
- ◎地下水層使用情形
- ◎下游1,000公尺內使用地表水生活之人口數
- ◎下游1,000公尺內使用地下水生活之人口數

4. 污染物移動路徑：

其中包括

- ◎污染之證據
- ◎離最近地表水距離
- ◎有效降雨量
- ◎地表沖蝕程度
- ◎地表滲透性
- ◎每日平均降雨量
- ◎洪水平原區
- ◎地下水位之深度
- ◎有效雨量
- ◎土壤滲透性
- ◎地表逕流
- ◎直接接近地下水之程度

5. 油品管理現況：

其中包括

- ◎保護層是否處於正常狀況？
- ◎是否有緻密岩盤及適當地層環繞？
- ◎是否有足夠之監測井？
- ◎是否有完善之緊急應變程序？
- ◎裝卸油槽時（如溢流或滿溢）是否有預警設備？
- ◎每日是否有詳細紀錄？
- ◎是否有充足之防盜警戒設施？
- ◎是否有定期油槽防漏測試？
- ◎是否每日測試油槽之含水量？
- ◎是否有訓練所有員工對於滲漏測試，溢流控制及緊急應變程序之步驟？
- ◎對於停用油槽能否適當維護及保持中空？

有了以上直接或間接構成油槽污染的因子後，本系統採用權重計分的方法，將每一因子視為一參數，每一參數分不同等級，級數愈高代表成污染的風險愈大，而每一參數的等級數乘以所佔權重為各別計分，再將各別計分依一定的公式計算出總積分

，以此總積分為該油槽之風險總分。若該總分高過一定標準，即表示該油槽有污染的可能，應採取必要的補救措施，以使其對環境污染之危害降至最低。

4.2 風險積分計算方法：

計算風險積分時，首先在第一部份物理特性（油槽資料）及第二部份受體（四周環境水文資料）之計算時，分別將各項因子所代表之等級（0~3）乘以各自所有權重成為參數積分，再以 100 乘第一及第二部份之參數積分除以最大可能參數積分，成為第一及第二部份之總分（程式內變數名分為 PH-SS、RE-SS）。第一及第二部份各因子之權重如下：

第一部份：物理特性

(Physical Characteristics)

| 因 子 | 權 重 |
|---------|-----|
| 油槽使用年數 | 7 |
| 油槽容量 | 5 |
| 油槽組成 | 10 |
| 陰極保護 | 6 |
| 目視之腐蝕程度 | 10 |
| 管線使用年數 | 7 |
| 管線組成 | 10 |
| 陰極保護程度 | 6 |
| 目視之腐蝕程度 | 10 |
| 疏鬆與裂縫程度 | 7 |
| 滲漏檢測量 | 5 |
| 監測井數目 | 4 |
| 保養及維修記錄 | 5 |

第二部份：受體部份 (Receptors)

| 因 子 | 權 重 |
|----------------------|-----|
| 100公尺內人數（包含區內設施） | 4 |
| 離最近水井距離 | 10 |
| 500公尺內土地使用規劃 | 3 |
| 污染源至邊界距離 | 6 |
| 500公尺內之特殊環境 | 10 |
| 附近地表水形成之地下水使用情形 | 6 |
| 地下水層使用情形 | 9 |
| 下游1000公尺內使用地表水生活之人口數 | 6 |
| 下游1000公尺內使用地下水生活之人口數 | 6 |

第三部份油品特性 (Product Characteristics) 之計算，則先比較毒性及燃燒性之等級。其中毒性及燃燒性等級之區分如下：

| 毒 性 | 等 級 |
|-----|-----|
| 0 級 | 0 |
| 1 級 | 1 |
| 2 級 | 2 |
| 3 級 | 3 |

| 燃 燒 性 | 等 級 |
|-------------|-----|
| 燃點高於90°C | 0 |
| 燃點介於60~90°C | 1 |
| 燃點介於30~60°C | 2 |
| 燃點低於30°C | 3 |

若兩者皆為0則風險分級 (Risk Rating) 為1，否則為兩者中較大者。因此求出之風險分級為一由1至3之數值，吾人分別以L (低度風險)、M (中度風險)、H (高度風險) 表示。

另外，再加上輸入油品總量之多寡等級 (總量等級區分為S (容量小於4,000公升)、M (容量介於4,000至40,000公升)、L (容量大於40,000公升))；資料可信度 (區分為C (資料可以確認)、S (資料無法確認))。

由以上三種因子 (風險分級、油品總量、資料可信度) 可藉由下表得出積分 (Point Rating)：

| 積 分 | 油品總量 | 資料可信度 | 風險分級 |
|-----|------|-------|------|
| 100 | L | C | H |
| 80 | L | C | H |
| | M | C | H |
| 70 | L | S | H |
| 60 | S | C | H |
| | M | C | M |
| 50 | L | S | M |
| | L | C | L |
| | M | S | H |
| | S | C | M |
| 40 | S | S | H |
| | M | S | H |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | M | C | L |
| | L | S | L |
| 30 | S | C | L |
| | M | S | L |
| | S | S | M |
| 20 | S | S | L |

然後再將此積分乘以輸入之油品抗分解性成分之權重。如下所示：

| 油品抗分解性成分 | 權 重 |
|----------------------|-----|
| 金屬，多環化合物，與鹵素結合之碳水化合物 | 1.0 |
| 被取代基之抗分解性環狀化合物 | 0.9 |
| 直鏈式碳氫化合物 | 0.8 |
| 易受生物分解之化合物 | 0.4 |

而後再乘以所輸入油品物理相之權重。如下所示：

| 油品物理相 | 權 重 |
|-------|-----|
| 液 體 | 1.0 |
| 油 泥 | 0.7 |
| 固 體 | 0.5 |

如此，所得即為第三部份之總分 (程式內變數名為 PD-SS)。

第四部份移動路徑 (Pathways) 方面先視污染證據，若有直接證據則總分為100，若有間接證據則總分為80，否則取以下污染風險之最大者：

1. 地表水受污染之風險 (Potential for Surface Water Contamination)

如同第一、二部份之計算方式，將影響之因子等級乘以權重，再以100乘此總和除最大等級總和。詳細如下：

| 因 子 | 權 重 | 最大參數積分 |
|------------|-----|--------|
| 離最近地表水距離 | 8 | 24 |
| 有效降雨量 | 6 | 18 |
| 地表沖蝕程度 | 8 | 24 |
| 地表滲透性 | 6 | 18 |
| 24小時年平均降雨量 | 8 | 24 |

共 108

此部份總分=100 * (參數積分/108)

(程式變數為 PA-SS1)

2.溢洪之風險 (Potential for Flooding)

此部份直接考慮洪水平原區。故此部份總分為 100 * (參數等級/108) (程式變數為 PA-S2)

3.地下水受污染之風險 (Potential for Groundwater Contamination)

如同第一、二部份之計算方式，將影響因子之等級乘以權重，再以 100乘此總和除最大等級總和。詳細如下：

| 因 子 | 權 重 | 最大參數積分 |
|------------|-----|--------|
| 地下水水位之深度 | 8 | 24 |
| 有效雨量 | 6 | 18 |
| 土壤滲透性 | 8 | 24 |
| 地表逕流 | 8 | 24 |
| 直接接近地下水之程度 | 8 | 24 |

此部份總分=100 * (參數積分/114)

(程式變數為 PA-SS3)

至此將前四個項目積分總和平均。即程式中 $GS-TS=(PH-SS+RE-SS+PD-SS+PA-SS)/4$ 所示。

第五部份將油槽管理現況11項因子之權重加總 (程式變數 PM-SS)。各項權重如下：

| 因 子 | 權 重 |
|---------------------------------|------|
| 保護層是否處於正常狀況？ | 0.10 |
| 是否有緻密岩盤及適當地層環繞？ | 0.10 |
| 是否有足夠之監測井？ | 0.05 |
| 是否有完善之緊急應變程序？ | 0.10 |
| 裝卸油槽時 (如濺溢或滿溢) 是否有預警設備？ | 0.05 |
| 每日是否詳細紀錄？ | 0.10 |
| 是否有充足之防盜警戒設施？ | 0.05 |
| 是否有定期油槽防漏測試？ | 0.10 |
| 是否每日測試油槽之含水量？ | 0.05 |
| 是否有訓練所有員工對於滲漏測試，溢流控制及緊急應變程序之步驟？ | 0.10 |
| 對於停用油槽能否適當維護及保持中空？ | 0.05 |

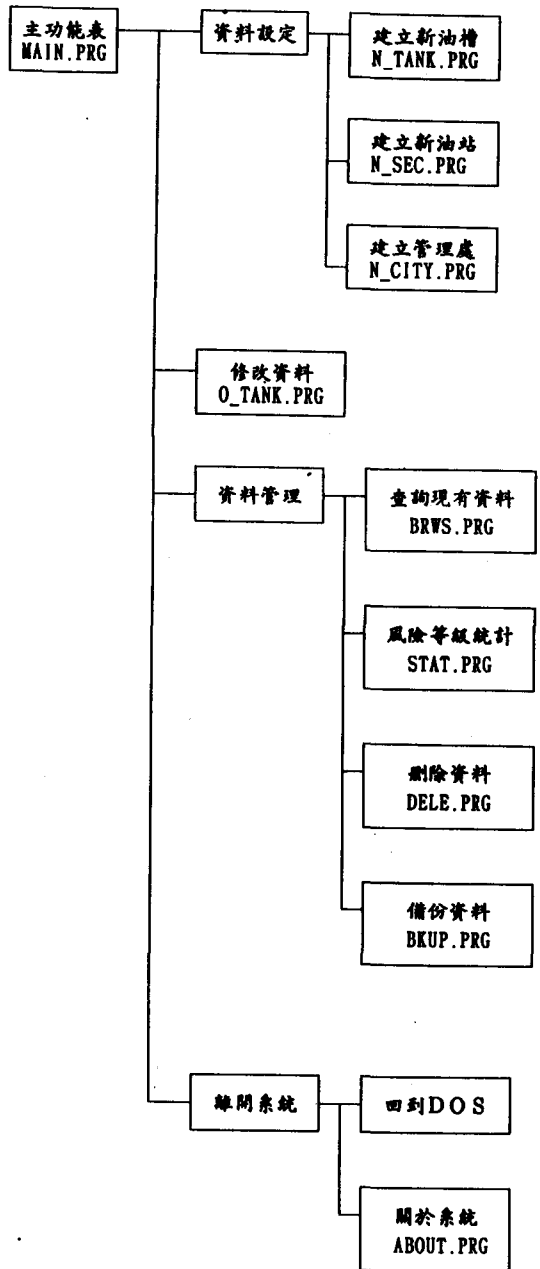


圖 3 程式架構

然後以 1 減此總和得油品管理之總權重 (Product Management Practices Factor)。而最終之總風險 (程式變數 FI-SC) 即為前四項求得之平均風險乘以油品管理總權重。即程式列 $FI-SC=GS-TS*(1-PM-SS)$ 所示。

由以上方式計算所得之總分最高為 100，最低為 0，因此可將之分為四個等級：

| 等 級 | 總分範圍 |
|------|--------|
| 立即風險 | 75~100 |
| 高度風險 | 50~75 |
| 中度風險 | 25~50 |
| 低度風險 | 0~25 |

其中若為立即風險應展開調查偵測，以確保環境安全。

五、系統內容

本系統分為四大部份，包括系統設定部份、資料管理部份、查詢與統計部份、離開系統部份。系統程式架構如圖 3 所示。

5.1 資料設定部份此部份

主要功能為建立新油槽、建立新油站、建立新管理處。其內容分述如下：

- a 建立新油槽：建立任一油站之新油槽基本資料、油品資料、水文環境與特性資料等。並加以計算其風險積分。

| 資料設定 | 修改資料 | 資料管理 | 離開系統 |
|--|------|------|------|
| <p>建立新油槽</p> <p>建立新油站</p> <p>建立新管理處</p> | | | |

建立新油槽、油站、管理處

圖 4 主功能表單之畫面

- b 建立新油站：建立任一管理處之新油站。

- c 建立新管理處：建立任一管理處。

其主要功能表單畫面如圖 4：

使用上下鍵選擇管理處，按 Enter 進入。

畫面如下：

| |
|-----|
| 台北市 |
| 高雄市 |
| 基隆市 |
| 新竹市 |
| 台中市 |
| 嘉義市 |
| 台南市 |
| 台北縣 |
| 桃園縣 |
| 新竹縣 |
| 苗栗縣 |
| 台中縣 |

使用上下鍵選擇油站，按 Enter 進入。

畫面如下：

| |
|------------|
| 興隆路三段福華加油站 |
| 富陽街富陽忠孝加油站 |

此時系統會將該油站所有油槽號碼列出，讓使用者瀏覽。

確定後系統即出現輸入油槽資料畫面，一共七個電腦畫面僅列出其中第一個畫面，如圖 5 所示。

| | |
|---|---------------------|
| 管理處：台北市 | 油站名：興隆路三段福華加油站 |
| 公營 | 油槽編號： 評估日期：92.05.01 |
| 油槽使用年數： <input type="checkbox"/> <A>:0-2年 <input type="checkbox"/> :2-5年 <input type="checkbox"/> <C>:5-10年 <input type="checkbox"/> <D>:大於10年 油槽容量： <input type="checkbox"/> <A>:小於30000公升 <input type="checkbox"/> :30001~50000公升 <input type="checkbox"/> <C>:50001~75000公升 <input type="checkbox"/> <D>:大於75000公升 油槽組成： <input type="checkbox"/> <A>:玻璃纖維 <input type="checkbox"/> :有保護之鋼質材料 <input type="checkbox"/> <C>:無保護之鋼質材料 防垢保護： <input type="checkbox"/> <A>:較高 <input type="checkbox"/> :中等 <input type="checkbox"/> <C>:較低 <input type="checkbox"/> <D>:無保護 目視之腐蝕程度： <input type="checkbox"/> <A>:無 <input type="checkbox"/> :較低 <input type="checkbox"/> <C>:中等 <input type="checkbox"/> <D>:甚高 管線使用年數： <input type="checkbox"/> <A>:0-2年 <input type="checkbox"/> :2-5年 <input type="checkbox"/> <C>:5-10年 <input type="checkbox"/> <D>:大於10年 管線組成： <input type="checkbox"/> <A>:玻璃纖維 <input type="checkbox"/> :有保護之鋼質材料 <input type="checkbox"/> <C>:無保護之鋼質材料 防垢保護程度： <input type="checkbox"/> <A>:較高 <input type="checkbox"/> :中等 <input type="checkbox"/> <C>:較低 <input type="checkbox"/> <D>:無保護 目視之腐蝕程度： <input type="checkbox"/> <A>:無 <input type="checkbox"/> :較低 <input type="checkbox"/> <C>:中等 <input type="checkbox"/> <D>:甚高 疏鬆與裂縫程度： <input type="checkbox"/> <A>:無 <input type="checkbox"/> :較低 <input type="checkbox"/> <C>:中等 <input type="checkbox"/> <D>:甚高 滲漏檢測量： <input type="checkbox"/> <A>:較多 <input type="checkbox"/> :中等 <input type="checkbox"/> <C>:較少 <input type="checkbox"/> <D>:無 監測井數目： <input type="checkbox"/> <A>:較多 <input type="checkbox"/> :中等 <input type="checkbox"/> <C>:較少 <input type="checkbox"/> <D>:無 保養及維修記錄： <input type="checkbox"/> <A>:較佳 <input type="checkbox"/> :良好 <input type="checkbox"/> <C>:普通 <input type="checkbox"/> <D>:缺乏 | |

圖 5 資料輸入電腦螢幕畫面

待所有資料輸入並確定後，系統即自動計算風險積分並儲存。如圖 6。

| | | |
|-------------------|--------|---------------------------------|
| 管理處：台北市 公營 | 油槽編號：1 | 油站名：興隆路三級福華加油站 評估日期：92.05.10 |
| 其中： | | |
| 物理特性方面：23.91 | | |
| 受體方面：27.22 | 總風險範圍 | 等級 |
| 油品特性方面：40.00 | | |
| 移動路程方面：80.00 | 75~100 | 立即風險 |
| 平均風險(前四項平均)：42.78 | 50~75 | 高度風險 |
| | 25~50 | 中度風險 |
| 11項總和：0.75 | 0~25 | 低度風險 |
| (1-11項總和)：0.25 | | |
| 總風險：10.70 | | |
| 等級：低度風險 | | |

若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。

圖 6 福華加油站風險評估積分

5.2 修改資料

排定固定畫面，供使用者可以直接修改所欲修改的部份，而不必重新輸入資料。並在做完資料修改後，自動將風險積分重新計算並儲存。

5.3 資料管理部份

此部份主要功能有查詢現有資料、風險等級統計、刪除資料、備份資料等。

- 查詢現有資料：使用者可以依區管理處、油站名、油槽編號等索引資料查詢各油槽之現況。
- 風險等級統計：可統計出某區管理處或洩漏風險較大之油槽。並可藉此統計資料與已發生洩漏之油槽比對。
- 刪除資料：使用者可以輸入油槽編號、日期等索引資料將欲刪除的資料顯示在螢幕上，經過確認後加以刪除。
- 備份資料：若資料龐大，惟恐超過硬式磁碟之負荷影響系統執行之速率，所以使用資料備份部份將一些較舊之資料作備份，以利於儲存管理。

其畫面如圖 7。

| | | | |
|------|------|--|------|
| 資料設定 | 修改資料 | 資料管理 | 離開系統 |
| | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 風險等級統計 刪除資料 備份資料 </div> | |

圖 7 主功能表單之畫面

5.4 離開系統部份此部份

有回到 DOS 及關於系統二部份，其內容分述如下：

- 回到 DOS：按下 Enter 後可直接離開系統回到 DOS COMMAND LINE 提示符號 C:> 下，表示已結束系統之執行。若執行工作未完成或檔案開啓或未儲存時，系統將會提示警告且不跳離系統。直到所有工作結束及所有檔案關閉後始能跳離系統回到 DOS。
- 關於系統：內容記載有關本系統發展之有關資料。

六、現場應用

為求測試模式之實用性，選定 3 家民營加油站及 6 家公營加油站進行現場查訪，將調查之各加油站油槽數據輸入模式，計算其洩漏之風險積分，茲將測試結果分述如下：

6.1 民營加油站

三座加油站座落於臺北地區，分別為福華、世新及永和加油站，各站油槽之評估結果如表 5 A~C 所示。其風險積分分別為 20.95, 7.20, 7.16，由於加油站均為近三年所新設，故風險等級均為低度風險，發生洩漏之可性能不高。

表 5 A 福華加油站風險評估積分

| | |
|-------------------|---|
| 管理處：臺北市 | 油站名：興隆路三段福華加油站 |
| 民營 油槽編號：1 | 評估日期：92.05.10 |
| 物理特性方面：16.67 | 其中： |
| 受體方面：41.67 | 總風險範圍 等級 |
| 油品特性方面：48.00 | 7 5 ~ 1 0 0 立即風險 |
| 移動路徑方面：80.00 | 5 0 ~ 7 5 高度風險 |
| 平均風險(前四項平均)：46.58 | 2 5 ~ 5 0 中度風險 |
| | 0 ~ 2 5 低度風險 |
| 11項總和：0.55 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 |
| (1~11項總和)：0.45 | |
| 總風險：20.95 | |
| 等級：低度風險 | |

表 5 B 世新加油站風險評估積分

| | |
|-------------------|---|
| 管理處：臺北市 | 油站名：世新加油站 |
| 民營 油槽編號：1 | 評估日期：92.05.11 |
| 物理特性方面：22.46 | 其中： |
| 受體方面：25.56 | 總風險範圍 等級 |
| 油品特性方面：64.00 | 7 5 ~ 1 0 0 立即風險 |
| 移動路徑方面：80.00 | 5 0 ~ 7 5 高度風險 |
| 平均風險(前四項平均)：48.00 | 2 5 ~ 5 0 中度風險 |
| | 0 ~ 2 5 低度風險 |
| 11項總和：0.85 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 |
| (1~11項總和)：0.15 | |
| 總風險：7.20 | |
| 等級：低度風險 | |

表 5 C 永和加油站風險評估積分

| | |
|-------------------|---|
| 管理處：臺北市 | 油站名：永和路永和加油站 |
| 民營 油槽編號：1 | 評估日期：92.05.10 |
| 物理特性方面：25.36 | 其中： |
| 受體方面：21.67 | 總風險範圍 等級 |
| 油品特性方面：64.00 | 7 5 ~ 1 0 0 立即風險 |
| 移動路徑方面：80.00 | 5 0 ~ 7 5 高度風險 |
| 平均風險(前四項平均)：47.76 | 2 5 ~ 5 0 中度風險 |
| | 0 ~ 2 5 低度風險 |
| 11項總和：0.85 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 |
| (1~11項總和)：0.15 | |
| 總風險：7.16 | |
| 等級：低度風險 | |

6.2 公營加油站

為求能涵蓋使用年限 5 年以下，5~10 年、10 年以上之油槽，乃選定中國石油公司臺灣營業總處臺北營業處轄下 5 年以下之富陽街及機場加油站二座，5~10 年之和平西路及西湖加油站二座，10 年以上之社子及中央北路加油站二座，一共六座進行評估。評估結果如表 6 A~F 所示，各站前四項之總分之平均多介於中度風險 (25~50)，僅西湖加油站 51.11 為超出而在高度風險範圍，但由於各加油站管理情況良好，故其最後總分均在低度風險範圍之內，這項結果是否顯示公營加油站管理情況良好，則須俟全面調查臺灣地區各加油站地下油槽後才能做出結論。

表 6 A 富陽街加油站風險評估積分

| | |
|-------------------|---|
| 管理處：臺北市 | 油站名：富陽街富陽加油站 |
| 公營 油槽編號：1 | 評估日期：92.06.20 |
| 物理特性方面：16.67 | 其中： |
| 受體方面：41.67 | 總風險範圍 等級 |
| 油品特性方面：48.00 | 7 5 ~ 1 0 0 立即風險 |
| 移動路徑方面：80.00 | 5 0 ~ 7 5 高度風險 |
| 平均風險(前四項平均)：46.58 | 2 5 ~ 5 0 中度風險 |
| | 0 ~ 2 5 低度風險 |
| 11項總和：0.55 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 |
| (1~11項總和)：0.45 | |
| 總風險：20.95 | |
| 等級：低度風險 | |

表 6 B 機場加油站風險評估積分

| | |
|-------------------|---|
| 管理處：臺北市 | 油站名：機場加油站 |
| 公營 油槽編號：1 | 評估日期：92.06.20 |
| 物理特性方面：16.30 | 其中： |
| 受體方面：10.00 | 總風險範圍 等級 |
| 油品特性方面：48.00 | 7 5 ~ 1 0 0 立即風險 |
| 移動路徑方面：80.00 | 5 0 ~ 7 5 高度風險 |
| 平均風險(前四項平均)：38.58 | 2 5 ~ 5 0 中度風險 |
| | 0 ~ 2 5 低度風險 |
| 11項總和：0.70 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 |
| (1~11項總和)：0.30 | |
| 總風險：11.57 | |
| 等級：低度風險 | |

表 6 C 和平西路加油站風險評估積分

| | | | |
|-------------------|---|---------------|--|
| 管理處：臺北市 | | 油站名：和平西路加油站 | |
| 公營 油槽編號：1 | | 評估日期：92.06.20 | |
| 物理特性方面：31.52 | 其中： | | |
| 受體方面：16.67 | 總風險範圍 | 等級 | |
| 油品特性方面：48.00 | | | |
| 移動路徑方面：80.00 | 7 5 ~ 1 0 0 | 立即風險 | |
| 平均風險(前四項平均)：44.05 | 5 0 ~ 7 5 | 高度風險 | |
| | 2 5 ~ 5 0 | 中度風險 | |
| | 0 ~ 2 5 | 低度風險 | |
| 11項總和：0.60 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 | | |
| (1~11項總和)：0.40 | | | |
| 總風險：17.62 | | | |
| 等級：低度風險 | | | |

表 6 F 中央北路加油站風險評估積分

| | | | |
|-------------------|---|---------------|--|
| 管理處：臺北市 | | 油站名：中央北路加油站 | |
| 公營 油槽編號：1 | | 評估日期：92.06.20 | |
| 物理特性方面：31.52 | 其中： | | |
| 受體方面：21.67 | 總風險範圍 | 等級 | |
| 油品特性方面：48.00 | | | |
| 移動路徑方面：80.00 | 7 5 ~ 1 0 0 | 立即風險 | |
| 平均風險(前四項平均)：45.30 | 5 0 ~ 7 5 | 高度風險 | |
| | 2 5 ~ 5 0 | 中度風險 | |
| | 0 ~ 2 5 | 低度風險 | |
| 11項總和：0.55 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 | | |
| (1~11項總和)：0.45 | | | |
| 總風險：20.38 | | | |
| 等級：低度風險 | | | |

表 6 D 西湖加油站風險評估積分

| | | | |
|-------------------|---|---------------|--|
| 管理處：臺北市 | | 油站名：西湖加油站 | |
| 公營 油槽編號：1 | | 評估日期：92.06.20 | |
| 物理特性方面：34.78 | 其中： | | |
| 受體方面：41.67 | 總風險範圍 | 等級 | |
| 油品特性方面：48.00 | | | |
| 移動路徑方面：80.00 | 7 5 ~ 1 0 0 | 立即風險 | |
| 平均風險(前四項平均)：51.11 | 5 0 ~ 7 5 | 高度風險 | |
| | 2 5 ~ 5 0 | 中度風險 | |
| | 0 ~ 2 5 | 低度風險 | |
| 11項總和：0.55 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 | | |
| (1~11項總和)：0.45 | | | |
| 總風險：23.00 | | | |
| 等級：低度風險 | | | |

表 6 E 社子加油站風險評估積分

| | | | |
|-------------------|---|---------------|--|
| 管理處：臺北市 | | 油站名：社子加油站 | |
| 公營 油槽編號：1 | | 評估日期：92.06.20 | |
| 物理特性方面：38.41 | 其中： | | |
| 受體方面：20.00 | 總風險範圍 | 等級 | |
| 油品特性方面：48.00 | | | |
| 移動路徑方面：80.00 | 7 5 ~ 1 0 0 | 立即風險 | |
| 平均風險(前四項平均)：46.60 | 5 0 ~ 7 5 | 高度風險 | |
| | 2 5 ~ 5 0 | 中度風險 | |
| | 0 ~ 2 5 | 低度風險 | |
| 11項總和：0.60 | 若為立即風險應即展開調查偵測，高度、中度及低度風險則有高度、中度及低度洩漏之可能性，應視實際之情況展開偵測以確保環境安全。 | | |
| (1~11項總和)：0.40 | | | |
| 總風險：18.64 | | | |
| 等級：低度風險 | | | |

七、結論與建議

7.1 結 論

本研究收集整理本省加油站地下油槽各種相關資料、並參考國外管理地下油槽之相關法令、技術及系統建立評估地下油槽之系統，並經由實地查訪瞭解各油站現有之油槽、油品及附近水文資料資料後，修正出適合本省油槽洩漏風險之管理評估系統。系統之考慮因子共57項、每筆資料僅須記憶空間 89 Bytes，達到考慮完整化及資料最佳化之目的。且各油槽資料均具有隨時查閱、修改、備份等管理能力。在建立新資料方面亦考慮因應將來行政區調整時可增加新管理處，及新建油站、新建油槽等已預留設置空間。此外；系統亦增加對較高風險等級油槽之查詢功能，可統計出某區管理處洩漏風險較大之油槽，加強管理以防止其發生洩漏。評估系統成功的應用在公營及民營加油站地下油槽，結果顯示此系統可有效而迅速的計算出洩漏之風險積分，幫助主管機關評估地下油槽洩漏之可能性，防範於未然，以保護地下水資源。

7.2 建 議

1. 本系統係針對 PC 所設計，其軟體與硬體設備均有明確規定，各油站管理單位應參照本文第四節硬體要求逐項配備，以利本系統之執行。若經費許可，建議採用 80386 以提高執行效率。
2. 為有效落實本系統之使用，加油站管理單位均應配有專人負責本系統之維護與使用，該人員異動時，本系統應列入交接項目，主管機關應有專人

定期至所轄油庫單位督導本系統之使用。

3.各油庫應定期將油槽資料備份，並以磁碟片與報表兩種方式寄回，以利主管機關對全省油槽狀況有充份之掌握與了解。

致 謝

本文得以順利完成，感謝環保署 EPA-81-E 3G1-09-16 計畫補助及國立臺灣大學農工所地下水研究室研究生陳錦芳在研究期間之協助。

參 考 文 獻

劉振宇「加油站地下油槽管理辦法之研究」，行政院環保署八十年度施政研究發展年度計畫報告，1991年。

林佳生編著「中文 DBASE III-PLUS 程式設計速成」，松崗出版社，1989。

章立民著，「FoxPro 2.0 命令與函數」，儒林出版社，1991。

章立民著，「FoxPro 2.0 程式設計」，儒林出版社，1991。

Adamowski, S. J., Correcting Leaking Underground Storage Systems, in Hazardous Waste Site Remediation, Edited by Bellandi. R, O, Brien & Gere

Engineers, Inc. Van Nostrand Reinhold, NY, p317-327。

Environmental Protection Agency, Office of Underground Storage Tanks, "Musts for USTS", Environmental Protection Agency, 1988。

Environmental Protection Agency, "Federal Register 40 CFR Parts 280 and 281", Environmental Protection Agency, 1988。

Environmental Protection Agency, "Underground Storage Tank Corrective Action Technologies", Environmental Protection Agency, 1987。

Schwendeman T. G. and Wilcox H. K., "Underground Storage Systems Leak Detection and Monitoring" Lewis Publishers, Inc. 1987。

Weston, "Underground Storage Tank Management Detailed Capabilities Statement", Weston, 1989。

收稿日期：民國81年 7月 6日

接受日期：民國81年 7月16日

專營土木、水利、建築等工程

鈞元土木包工業有限公司

地 址：花蓮市富裕五街6號

電 話：(038)560632