

發明人 2

姓名：(中文)喬治.里歐.史丹傑梅爾

(英文)STEGEMEIER, George Leo

住居所地址：(中文)美國,德州 77096,休士頓市,昆恩史拉屈路 5819 號

(英文)5819 Queensloch Drive, Houston, Texas 77096, USA

國籍：(中文)美 國

(英文)USA

發明人 3

姓名：(中文)哈羅德 J. 威內格

(英文)VINEGAR, Harold J.

住居所地址：(中文)美國,德州 77401,貝拉爾市,勞瑞爾路 4613 號

(英文)4613 Laurel Bellaire, TX 77401, USA

國籍：(中文)美 國

(英文)USA

申請人 2

姓名或名稱：(中文)喬治.里歐.史丹傑梅爾

(英文)STEGEMEIER, George Leo

住居所或營業所地址：(中文)美國,德州 77096,休士頓市,昆恩史拉屈路
5819 號(英文)5819 Queensloch Drive, Houston, Texas 77096,
USA

國籍：(中文)美 國

(英文)USA

代表人：(中文)

(英文)

申請人 3

姓名或名稱：(中文)哈羅德 J. 威內格

(英文)VINEGAR, Harold J.

住居所或營業所地址：(中文)美國,德州 77401,貝拉爾市,勞瑞爾路 4613 號

(英文)4613 Laurel Bellaire, TX 77401, USA

國籍：(中文)美 國

(英文)USA

代表人：(中文)

(英文)

捌、聲明事項

本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：_____

本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. 美國；2001.10.24；60/346,138
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

【發明所屬之領域】

本發明之背景

本發明乃廣泛地關於土壤的補救系統。本發明的一個具體實例係關於在處理區域中放置和操作土壤補救井，以便安全、有效率和經濟地移除或降低該處理區域內的土壤污染物。

【先前技術】

在許多地點，土壤污染已經成爲一個嚴重的憂慮；”土壤”一詞乃意指地表中非固結的與固結的物質。除了如填充物質的其他物質以外，土壤還可包含天然生成物質，例如：灰塵、沙和岩石。土壤可能受到化學、生物及／或放射性污染物的污染。土壤的污染可以各種不同的方式發生，例如：物質的溢出、儲存容器的洩漏和垃圾掩埋場的滲漏。當污染物遷移至含水土層內或進入空氣時，則出現額外的公共衛生憂慮。土壤污染物亦可經由食物鏈中各種不同物種的生物累積而遷移。

有許多方法可以來補救遭受污染的土壤，”補救土壤”一詞意指處理土壤，以便移除土壤污染物或降低土壤中的污染物（譬如：可接受的程度下）。一個補救遭受污染地點的方法爲：挖出土壤並藉分離處理設備處理該土壤，來消除或降低土壤中的污染物含量。伴隨該方法的許多問題可能限制該方法的使用和效率。例如：隨著土壤挖掘所產生的灰塵，使周圍環境和工作人員暴露於土壤污染物中，

即使是一個很小的污染地點，也需要開挖上噸的土壤以進行有效地處理。相對於其他的土壤補救方法，該方法的設備、勞力、運輸和處理費用非常地昂貴。

亦可使用生物處理和現場化學處理來補救土壤，生物和／或化學處理可包括將物質注入土壤中，使該物質反應和／或移除土壤中的污染物，在生物或化學處理過程中，所注入的物質可為反應物，用來和土壤污染反應以產生非污染的反應產物。部分的該反應產物可為揮發性。這些反應產物可由土壤中移除。

在化學處理過程中注入的物質可為一種驅動流體，用來驅動污染朝萃取井之方向，進而從土壤中移除污染物。該驅動流體可以為水蒸汽、二氧化碳或其他流體。然而，使用生物處理和／或化學處理時，土壤的不均勻性和其他因素可能抑制土壤中污染物含量的一致降低，此外，流體的注射作用會造成污染物遷移到附近的土壤中。

土壤蒸氣萃取（SVE）為一種可用來從地面下土壤中移除污染物的方法。在 SVE 過程中，應用部分真空透過地面下的土壤來抽取空氣。真空可應用在土壤／空氣之界面，或穿過置於土壤內的真空井。該空氣可朝著真空來源傳遞和夾帶揮發性的污染物。藉由真空從土壤中移除之廢氣可包含有原來在土壤中的污染物。可傳遞該廢氣至處理設備中。從土壤中移除的廢氣可於處理設備中經由加工以消除或降低廢氣內之污染物。SVE 可允許直接從土壤中移除污染物，而不需要移動或大幅地攪動土壤。例如，SVE 可在

道路、地基和其他固定結構下進行。

地面下土壤之滲透性可能限制 SVE 的效率。空氣和蒸氣可穿過地面下的土壤流動，主要乃穿過土壤中的高滲透區域。該空氣和蒸氣可能繞過土壤中的低滲透區域，而使得相對大量的污染物繼續保留於土壤中。高滲透和低滲透區域其特徵為，例如：潮濕、層層堆積的土壤層、斷裂和土壤中物質的不均勻性。

水可能存在於土壤之中。在一些土壤中的某級位處，該土壤孔洞內變得飽含水。該級位係稱為飽和區。在滲流區中，飽和區之上，土壤孔洞內充滿著水和氣體。在滲流區和飽和區間的界面稱為“地下水位”，地下水位的深度係指飽和區的深度。飽和區的深度可受滯水層之限制。滯水層為土壤中的低滲透層，其抑制水的移動。

由於保水造成空氣滲透性的下降，這將會抑制 SVE 土壤補救過程中之流動空氣與土壤內污染物的接觸。土壤的脫水可部分地解決水保持的問題。土壤可藉由降低地下水位和／或使用真空脫水技術來脫水。這些方法並非暢通土壤中孔洞而讓空氣流通的有效方法；當地下水位下降時，毛細力會抑制土壤中水的移動。地下水位的下降會造成土壤潮濕，進而限制了空氣的傳導性。

真空脫水技術具有實際運用上的限制。於真空脫水技術過程中所產生的真空，會隨著與脫水井的距離而急速地減少。而真空脫水的使用並未大幅地降低土壤中水的保持。該方法也會造成位於脫水井附近的空氣傳導性之優先通

道的形成。

許多類型的土壤其共同特徵在於具有高滲透層和低滲透層交互堆積成層之水平層。成層類型土壤常見之實例為湖沼的沉積物，其特徵為由淤泥層和含沙層交互堆積成層之稀薄床。當試圖於這些水平層進行 SVE 時，會造成在含沙層內大量出現且繞過淤泥層的氣流。

不均勻性可存在於土壤之中。空氣和蒸氣會選擇優先流通過某些不均勻的土壤區域或層，例如砂礫床。空氣和蒸氣可能受阻而無法流通過其他不均勻的土壤區或層，例如黏土床。同時，例如，空氣和蒸氣會傾向優先流通過於鬆散充填物質的空隙。空氣和蒸氣可能受阻而無法流過過度充填的物質。充填物質中埋葬的殘骸也會妨礙空氣通過土壤之流動。

土壤污染中的某些成分可能具有毒性。這些土壤污染可能含有汞、含汞化合物，譬如：二甲基汞，輻射物質，譬如：銻元素，揮發性有害化合物和其結合體。井的佈置或使用侵入測試程序以鑑定土壤污染的位置與範圍，需要特殊的量測方法，來確保周遭的環境和工作人員不會於井安裝與使用或測試程序過程中暴露於受污染的蒸氣、灰塵或其他形式的污染中。這些測量方法可包括以下之方式，但並不受此限制：在圍場範圍內，進行灰塵或蒸氣產生之操作，用以預防污染物釋放到環境內；在空氣釋放至環境前，於圍場範圍內處理空氣以移除或降低污染；使工作人員配備適當的防護衣和／或呼吸過濾器等或獨立來源之空氣

供給。

在一些情況下，從感染的土壤中移除某些污染物為不切實際的，但是移除其他的污染物卻是必須的。例如：受輻射性物質污染之土壤也可能遭受其他污染物污染，譬如：汞、含汞化合物、烴類和／或氯化烴類。該輻射性物質的移除可能是不可能的或不切實際的，但是移除或降低其他土壤中的污染物，以抑制該污染透過土壤遷移到其他的區域，卻是必須的。

【發明內容】

本發明之概要

現場熱脫附作用（"ISTD"）土壤補救系統可用來補救在處理區域內遭受污染的土壤。在 ISTD 土壤補救系統中，加熱器井可用來加熱土壤以脫附和／或破壞土壤中夾帶的污染物。該土壤補救系統可包含有若干的蒸氣萃取井（有時候稱為"萃取井"）和／或加熱器－蒸氣萃取井（有時候稱為"加熱器－萃取井"），可以從土壤中移除廢氣。該土壤可藉由加熱器－蒸氣萃取井和加熱器井來進行加熱。此加熱器井可以圍繞蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的環狀方式排列。在處理區域範圍內，蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的安裝與操作，可降低該處理區域範圍內之土壤污染，同時提供遠勝於其他可用土壤處理系統的經濟優勢。加熱器井、蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井可以串聯的方式操作，如此可避免土壤內正壓的產生。土壤內的正壓會造成污染在處理區域範圍內或自處理

區域範圍遷移。

土壤補救系統的具體實例可包含有複數的加熱器井和至少一個蒸氣萃取井。一具體實例可包含有障礙物，用來界定處理區域，因而限制所欲補救土壤的體積。障礙物可部分地或完全地界定此處理區域的周界。障礙物會抑制水再填入該處理區域範圍內的土壤中。此障礙物也會抑制流體從處理區域範圍流出而遷移至鄰近土壤區域內。障礙物可為嵌入土壤中的薄片、水泥漿牆和／或凝結井，但並不受此限制。在其他土壤補救系統的具體實例中，處理區域並未以障礙物包圍住。

處理區域中之水含量可藉由以下的方式來估計：測試取自處理區域內的中心部分、應用測井技術和／或測量土壤中所移除的廢氣內之水。從加熱器井，以足以蒸發處理區域中的水之速度，來提供污染土壤熱量。可控制加熱速度以在土壤中產生水蒸氣，水蒸氣量可經由蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井來移除，如此一來，於土壤範圍內不會產生正壓。這是相當有利的，因為土壤中的正壓會讓土壤內的污染遷移出處理區域範圍之外。蒸發出的水、蒸發出的污染、所夾帶的污染、和其他物質可隨穿過蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的廢氣由土壤中移除。

在土壤補救過程中，加熱土壤和從土壤中移除廢氣會造成土壤中滲透性的增加。當土壤中滲透性相對地提昇時，使用蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井會更具效率。因此，當土壤中滲透性相對地提昇時，每單位體積的土

壤所需要之蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井數目減少。所需要之蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井數目減少時，可改良土壤補救系統的經濟效益。蒸氣萃取井和組合加熱器－蒸氣萃取井通常較加熱器蒸氣井昂貴。限制蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的數目，可降低土壤補救系統的成本。

限制蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的數目可提供其他費用上的優勢。就既定的土壤表面積而言，相較於起因於不均勻蒸氣在無效的蒸氣萃取井間隔之間流動所導致的較高廢氣之流動，在充分規律與有效的模式下之較少數目的蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井，會造成來自土壤中之廢氣以較低的流動進行。更簡易的和更小的蒸氣收集管和處理設備可用來操作由土壤中移除具較低流動性之廢氣，而較大的蒸氣收集管和處理設備則用來操作由土壤中移除具較高流動性之廢氣；因此，有效的井間隔可降低土壤補救系統中處理設備的操作和基本費用。

加熱器井可以環狀方式圍繞著蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井排列。活化蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井與第一圈的加熱器井可用來開始進行土壤的補救。在選擇的時間間隔過去之後，再進行下一圈加熱器井的活化。另一選擇的具體實例中，下一圈加熱器井的活化可在真空作用於下一圈加熱器井之後進行。所獲得的真空顯示，在所選擇之活化井與下一圈加熱器井的距離下，土壤的滲透性經由活化井而增加。污染土壤滲透性的增加，可

經由透過蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井中所萃取出的蒸氣量顯示出來。下一圈加熱器井可在內圈活化井已達預定量之注射熱之後再進行活化。可在下一加熱器井圈的加熱器井中、或在測試井中、或在位於活化井和下一加熱器井圈間的測試井內，來進行溫度和／或壓力測量。

在某些土壤補救系統的具體實例中，導入流體至土壤中為有利的。該流體可以為傳動流體、反應物、溶劑、界面活性劑、和／或熱傳遞流體，但並不受此限制。傳動流體可推動污染朝向蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井。反應物可與污染進行反應來破壞污染和／或製造可由土壤中以廢氣的一部份移除的揮發性產物。溶劑或界面活性劑可用來增加鄰近井的流體流動。熱傳遞流體則用來對流地傳遞熱至土壤中。在某些具體實例中，流體可藉由加壓注射井射入土壤中，在其他的具體實例中，流體可導入至注射井中，而且在土壤中經由蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井所抽取之真空，可吸引流體進入土壤中。允許蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井抽取流體進入土壤中，可有利地抑制土壤內正壓的產生。

在某些具體實例中，注射井可轉換為蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井。該蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井可與真空系統分開，且該井可與導入流體至土壤中之流體供應系統相連結。在某些具體實例中，分離的注射井可以某模式安裝於土壤內。土壤中按模式排列的萃取井（萃取器）、注射井（注射器）、和加熱器井，可提供

容許增大土壤補救的流體和熱的分布。

一些土壤補救方法的具體實例，可以抑制或防止因熱注射至土壤中所引起的污染物擴散。需要處理的區域可以一圈蒸氣萃取井環繞。在外圈的蒸氣萃取井可於選擇的時間下進行活化，或當測量顯示該井受到，或即將受到用來補救土壤的加熱器井、蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井作用時來進行活化。測量可包含溫度測量和／或壓力測量，但並不受此限制。

在閱讀了以下的詳細描述與參考附圖之後，本發明之目的與優點將是顯而易懂的。

雖然本發明可能有各種修正和替代形式，但其特定的具體實例以實例來表示，並且在此做詳細的描述。圖式可能不符比例。然而，應了解圖式和詳細說明並無意限制本發明於所揭示的特殊形式，相反的，本發明涵蓋了所有落於本發明精神與範圍內的修正、相等物和替換物，如在附加之申請專利範圍中所界定者。

【實施方式】

較佳具體實例之詳細說明

現場熱脫附作用（ISTD）方法系統可用來補救遭受污染的土壤。ISTD 土壤補救方法包括：土壤的現場加熱以提高土壤溫度，同時並以真空移除廢氣。加熱土壤可使得污染藉由若干的機制來移除。這些機制可包括以下之形式，但並不受此限制：來自土壤內污染物的蒸發作用和蒸氣傳遞；將污染物汽化、夾帶及移除至空氣或水蒸氣系統中；

和／或藉由土壤內的熱解、氧化或其他的化學反應來進行污染物的熱降解作用或轉化為非污染物化合物。

ISTD 土壤補救方法提供相當有意義的優點，其遠勝於土壤蒸氣萃取（SVE）方法及依據傳動流體、化學反應物和／或生物反應物的注射進入土壤而決定之方法。部份由於土壤的不均勻性和土壤內的水，平均土壤的流體流動傳導性可能在整片土壤內有 108 係數的改變。在此所使用的”流體”，意指為液體或氣相狀態之實體。在使用 SVE 或土壤的化學和／或生物處理的處理位置補救方面，流體透過土壤的質量傳遞可為一個限制的因素。相對於土壤內流體流動滲透性的多變化，土壤內的熱流動在整片土壤內可能只有約 2 係數的改變。此外，將熱射入至土壤內，相較於將流體射入經過相同土壤，具有更顯著的均勻性。將熱射入至土壤內會造成緊密土壤層內滲透性的優先增加。射入的熱量會將土壤乾燥。當土壤乾燥時，微觀和巨觀上的土壤滲透性將增加。受熱土壤所增加的滲透性，會使 ISTD 土壤補救方法在整片整理區域中更一致地移除或降低污染物至可接受的程度。土壤滲透性的增加可容許不符合標準的土壤蒸氣萃取方法的低滲透性黏土和淤泥進行現場補救。

在土壤補救系統的具體實例中，去污方法包括：加熱污染土壤至污染物可藉由蒸發作用和／或熱破壞作用移除的溫度。現場的水會蒸發和夾帶著污染物，而可透過萃取并由土壤中移除。

土壤可藉由各種方式加熱。加熱方法包括以下的方式

，但並不受此限制：以來自熱源的熱輻射作用或傳導加熱、射頻加熱或電氣土壤電阻加熱。“輻射加熱”意指為輻射熱由熱源處傳遞至較冷的表面上。在 ISTD 方法中，熱主要地以傳導方式由受熱土壤表面傳遞至鄰近的土壤內，藉此離熱源處某種距離下的土壤溫度會提昇。輻射和／或傳導加熱為有利的方式，因為以此種加熱方式所獲得之溫度並不受土壤內存在水含量的限制。經由輻射和／或傳導加熱方式所獲得之土壤溫度，實質上高於水的沸點。使用輻射和／或傳導加熱方式所獲得之土壤溫度可為約 212°F (100°C)，250°F (121°C)，300°F (149°C)，400°F (204°C)，750°F (399°C)，1000°F (538°C)，或者更高。用以輻射和／或傳導加熱方式的熱源可為：置於井孔內的電阻加熱器、透過井孔循環的熱傳遞流體，或井孔內的燃燒，但並不受此限制。

加熱器可放置於土壤深層或表面來加熱土壤。就離土壤表面約 3 英尺深以內的土壤污染而言，可在土壤的頂層使用熱毯和／或地面加熱器來傳導熱至土壤內。真空系統可經由通過熱毯的真空汽門在土壤表面上抽取真空。加熱器可在約 1600°F (871°C) 下操作。以引用方式併入而如同在本文完整陳述之頒予 Marsden 等人的美國專利案第 5,221,827 號，描述熱毯土壤補救系統。以引用方式併入而如同在本文完整陳述之頒予 Vinegar 等人的美國專利案第 4,984,594 號描述：在無法滲透的撓性薄片上對土壤施加真空，然後用置於土壤表面上在薄片下方的電表面加熱器來

加熱該土壤，藉此由土壤表面和靠近土壤表面處來移除污染物的一種現場方法。

就更深層的污染而言，可使用加熱器井來提供土壤熱量。一些加熱器井可包括多孔的外罩，可以讓流體從土壤中移除。具多孔外罩的加熱器井也可抽取或射入流體至土壤內。可使用真空從土壤中抽取流體。該真空可應用於表面，或者經由放置於土壤內的萃取井。

"井"一詞，意指加熱器井、萃取井、注射井和測試井。可用加熱器井來提昇土壤之溫度。來自土壤中的流體可通過萃取井由土壤中抽取。某些萃取井可具有加熱器元件。這些萃取井，其係被稱為"加熱器－萃取井"，兼具提昇土壤溫度和從土壤中移除流體二者的能力。在鄰近加熱器－萃取井的區域中，熱流動為對流體流動逆流的方向。由加熱器－萃取井中抽取之流體可在加熱器－萃取井中加熱至足夠高的溫度，以去除流體內的某些污染物。注射井可將流體射入土壤之中；土壤或來自土壤流體的取樣或測井，可以使用在良好模式土壤補救系統內放置在所需位置上的測試井來進行。

現場土壤補救系統可包括有複數的加熱器井和至少一個蒸氣萃取井。一個加熱器井也可包括一個或以上的加熱器元件；加熱器－蒸發萃取井加熱器元件可提供熱，用來建立蒸氣萃取井鄰近區域的起始滲透性。附加的熱也可避免水蒸氣和污染物在井中之凝結。在某些萃取井的具體實例中，萃取井可不包含加熱器元件。而不包含加熱器元件

之蒸氣萃取井，可以簡化該蒸氣萃取井的井孔設計，而且在一些應用中可為較佳者。

井可以列和行的模式排列於土壤中。數列的井可交錯排列以便該井呈現三角形模式。另一選擇為：將井直線排列，而呈矩形的模式、五角形的模式、六角形的模式、或更高級數的多角形模式。鄰近井之間的距離可為實質上固定的距離，以便多角形井之模式可由等邊三角形或正方形的規則陣列組成。模式中鄰近井之間的間隔距離可由約 3 英尺至約 40 英尺，或著更多的範圍內變化。一般的間隔距離可為約 6 英尺至 12 英尺。堅固的，或實質上為堅固的土壤，其係具有高熱傳遞能力，該土壤可容許鄰近加熱器井之間相對較大的間隔；鬆散的，或實質上為鬆散的土壤，則需要鄰近加熱器井之間相對較小的間隔。有些井可安置在規則的模式之外，以避免模式內的阻塞。

ISTD 土壤補救方法可具有一些勝於 SVE 的優點。加於污染土壤內之熱，可將土壤溫度提昇至高於土壤內污染物的蒸發溫度。當土壤溫度超過土壤污染物的蒸發溫度時，該污染物會蒸發出來。應用於土壤內的真空能夠從土壤中抽取出已蒸發的污染物。甚至加熱土壤至低於土壤內污染物的蒸發溫度時，亦具有利的影響。增加土壤的溫度會增加土壤內污染物的蒸氣壓，而允許氣流從土壤中移除較低溫土壤溫度所可能者更多部分的污染物。由於加熱所增加的土壤滲透性，可允許移除整個土壤處理區域內之污染物。

相較於污染物，許多土壤形成物內含有大量的水。提高土壤溫度至水蒸發的溫度，可以將該水蒸發，水蒸氣可以幫助土壤內污染物的揮發和／或夾帶出來。應用於土壤內之真空可以從土壤中移除該揮發的和／或夾帶的污染物。污染物的蒸發作用和夾帶作用會造成具中高度沸點的污染物從土壤中移除。

除了允許從土壤中移除較多量的污染物之外，土壤內所增加的熱會造成污染物當場的破壞。氧化劑的存在，例如空氣或水蒸氣，會造成通過高溫土壤之污染物的氧化作用。氧化劑的缺乏，會使土壤內的污染物受熱解作用而改變。應用於土壤內之真空可以去除土壤中的反應產物。

加熱和蒸發萃取系統可包含有加熱器井、萃取井、注射井和／或測試井。加熱器井應用熱能於土壤中，用以增加土壤之溫度。加熱和蒸氣萃取系統中的萃取井可具有多孔外罩，可以允許廢氣從土壤中移除。該外罩或外罩的一部份可由可抵抗化學和／或熱降解作用的金屬製成。在將該外罩插入地底之前，井外罩中的孔洞可能被可移除之物質塞住。在將該外罩插入地底之後，可將孔洞中的阻塞物移除。井外罩中的穿孔可為洞和／或狹縫，但並不受此限制。該穿孔亦可能為篩網狀。外罩在沿者外罩的長度的不同位置上可具有一些孔狀的區域。當將外罩插入土壤內時，該多孔區域可放置於土壤污染層的附近。鄰近於外罩多孔區域的部分由砂礫或沙粒塞滿。該外罩可對非生產性土壤層附近的土壤密封，以抑制污染物遷移至非污染的土壤

內。

圖 1 描述外罩 101 的概要圖。外罩 101 可放置於土壤或地表 102 內。外罩 101 可具有穿孔或開口 103，可以讓流體經由外罩流動進出。外罩 101 的一些部份放置於接近受污染的土壤 104 內，而外罩的一些部份則可置於接近未受污染的土壤 105 內。界面 106 分離靠近的土壤層。井外罩 101 可以為蒸氣萃取井、加熱或流體注射井、加熱器－蒸氣萃取井之結合或測試井的一部份。可藉由蒸氣萃取井從受污染土壤 104 中移除廢氣。該廢氣中可含有原來在土壤 102 內之空氣、水和污染物，但並不受此限制。

流體可以經由注射井而導入土壤內。該流體可為以下的物質，但並不受此限制：熱源例如蒸汽、溶劑、界面活性劑、化學反應物例如氧化劑、生物處理載體、和／或推動土壤 102 內的流體朝蒸氣萃取井移動之傳動流體。用來射入流體進入土壤 102 之驅動力，可經由外罩 101 或從鄰近井或井提供。該注射井可含有多孔外罩。注射井可與萃取井相類似，除了流體係經由井外罩的穿孔射入土壤中代替流體經由井外罩的穿孔由土壤中移除。可抽取或射入流體至土壤中。

測試井可用來決定土壤 102 的結構與分層，取氣體樣品來決定污染物的位置和濃度；或者作為配合 γ 射線測井工具、中子測井工具或其他類型的測井工具，用來測量土壤內的特性如壓力和溫度的測井，但並不受此限制。

ISTD 土壤補救系統可含有許多組成系統。該系統可包

括加熱和蒸氣萃取系統、廢氣收集管系統、廢氣處理系統、儀器和電力控制系統。加熱和蒸氣萃取系統可包含用來處理靠近表面的受污染土壤的熱毯或用來處理更深層土壤污染的加熱器井。土壤補救系統可以兼具有熱毯和加熱器井二者。

萃取井、注射井或測試井可以鑽孔或螺旋鑽孔的形式安置。鑽孔形成過程中所製造的切割物需要分離處理，以消除切割物內的污染物。另一選擇為，萃取井、注射井或測試井，可以震動或傳動方式進入土壤內。頒予 Bodine 的美國專利案第 3,684,037 號，和頒予 White 的美國專利案第 6,039,508 號中描述聲波鑽孔井系統。這兩份專利係以引用方式併入，如同在本文完整陳述。以震動或傳動方式使井進入土壤內，在井插入土壤內的過程中，會限制切割物和／或蒸氣的產生。

廢氣收集管系統可與加熱和蒸氣萃取系統中的萃取井相連結，該廢氣收集管系統亦可與廢氣處理系統相連結，如此一來，可以將土壤中所移除的廢氣傳遞至處理系統中。廢氣收集管可為未加熱的管，用來傳導廢氣和冷凝物至處理設備中，另一選擇為，廢氣收集管可為加熱的管，用來抑制廢氣收集管內廢氣的冷凝作用。

儀器和電力控制系統可用來監測和控制加熱器系統的加熱速率。該儀器和電力控制系統，也可用來監測應用於土壤中的真空，和控制廢氣處理系統中的操作。

圖 2 描述土壤補救系統 201 具體實例的概要圖。土壤

補救系統 201 可藉由移除或實質上降低土壤 102 內污染量的方式來處理污染土壤。土壤補救系統 201 可為土壤蒸氣萃取（"SVE"）系統，或現場熱脫附（"ISTD"）補救系統，但並不受此限制。土壤補救系統 201 可包含一個或更多的蒸氣萃取或結合加熱器—蒸氣萃取井 202。土壤補救系統 201 可視情況需要包含一個或更多的加熱器或流體注射井 203，和一個或更多的測試井 204。注射井 203 和／或測試井 204 可放置於蒸氣萃取井 202 模式內部或外部。具有穿孔或開口的井外罩可為土壤補救系統 201 中蒸氣萃取井 202、注射井 203 和測試井 204 內的一部份。在某些具體實例中，部分的蒸氣萃取井和／或注射井中具有開口式井孔部分。

土壤補救系統 201 中，具有地表覆蓋物 205、處理設備 206、真空收集系統 208、控制系統 209，和複數個的萃取井 202；土壤補救系統 201 亦可包含注射井 203 和／或測試井 204。地表覆蓋物 205 可置於萃取井 202 之上用來抑制熱量的損失，以及不希望得到的污染物蒸氣損失至大氣中。地表覆蓋物 205 也可用來阻擋抽取出的過量空氣進入土壤 102 中。地表覆蓋物 205 可包含絕緣層。地表覆蓋物 205 也可包含對污染物蒸氣和／或水的不滲透性層。當污染發生在土壤 102 深處時，因為在土壤的表面 106 上，加熱土壤和從土壤中移除廢氣的效果是可以忽略的，所以可不需要地表覆蓋物 205。

處理設備 206 可包含真空系統 210，用來從土壤 102 中

抽取廢氣流。處理設備 206 亦可包括污染物處理系統 211，用來處理廢氣中的污染物。污染物處理系統 211 可從廢氣流中消除污染物，或降低污染物至可接受的程度。污染物處理系統 211 可包括以下設備，但並不受此限制：反應器系統，例如熱氧化作用反應器、質量傳遞系統，例如活性碳床，或反應器系統和質量傳遞系統的組合。

蒸氣收集系統 208 可包括管道系統，用來傳遞從土壤 102 中移除之廢氣至處理設備 206。該管道系統可與真空系統 210 和蒸氣萃取井 202 相連接。在具體實例中，管道為熱絕緣的和加熱的。該絕緣和加熱的管道可以用來抑制管道內廢氣的冷凝。在某些具體實例中，管道可以為未加熱的管道和／或未絕緣的管道。

控制系統 209 可為電腦控制系統。控制系統 209 可用來監測和控制處理設備 206、加熱的蒸氣收集系統 208 和／或複數井 202 的操作。控制系統 209 可用來監測和控制輸入複數井 202 內加熱器元件的電力。

土壤補救系統 201 中的井 202 可為連接於收集系統 208 的蒸氣萃取井。井 202 可放置於補救的地點的模式中，且井 202 可以三角形或矩形的模式排列，但並不受此限制。此種模式可以促進穿過土壤 102 蒸氣的移除。

某些土壤補救系統 201 可施加熱於土壤 102 中。熱能可藉由例如：射頻加熱系統、電氣土壤電阻加熱系統或熱導系統供應至土壤 102 中。在 ISTD 系統 201 的具體實例中，加熱器元件可放置於個別的井內，該井係與蒸氣萃取井

202 橫向地間隔開。

在電氣土壤電阻加熱系統的具體實例中，電流可從多孔外罩 101 供應至土壤 102 內，如圖 1 所示。在另一個具體實例中，加熱器元件 107 可為容納在未穿孔的加熱器外罩 108 內的輻射加熱器。可將砂礫包 109 和 / 或間隔物放置於加熱器外罩 108 與多孔外罩 101 之間，以提供熱傳導性，同時阻止與多孔狀外 101 的電接觸時。另一個選擇為，可不將砂礫包靠著加熱器外罩 108 放置，而加熱器外罩 108 可以輻射的方式加熱多孔外罩 101。電絕緣性間隔物可包含在外罩 101 中，用來阻止加熱器元件 107 和加熱器外罩 108 的電接觸。加熱器元件 107 可和電源連接。當供應電流至加熱器元件 107 時，加熱器元件的溫度上升，且可將熱量傳遞至砂礫包 109、多孔外罩 101 和土壤 102 內。

熱注射速率可介於每直線英尺熱注射井每小時約 200 瓦和每直線英尺直徑約 4 英尺具不銹鋼外罩之熱注射井每小時約 600 瓦之間。溫度可限制於約 1700°F（或約為 925°C）下。剛開始時，由於較迅速的熱傳遞至加熱器附近較冷之土壤內，此時可容許較高的熱注射速率。當土壤持續加熱，經由外罩的熱傳遞便進行得較為緩慢。

沿著加熱器元件分布的熱注射分布型，可為達到所需的加熱模式而設計。在具體實例中，沿著元件部分的直徑，可依標的熱注射分布型而改變。例如，為了鄰近土壤較低層部分能更迅速地加熱，沿著元件較低層部分之直徑可為較小的。低於污染層的土壤急速加熱可能是必須的，以

防止污染物向下遷移至更低層的土壤內。

如圖 2 所示，土壤補救設備 201 可包含注射井 203。注射井 203 可用泵 212 迫使材料進入土壤 102 內。另一選擇為，流體可藉強加於個別位置之真空，流過注射井 203 而汲取進入土壤 102 內。注射井 203 亦可受控制系統 209 所控制。導入土壤 102 內之物質可為熱源（如蒸汽）、反應物、溶劑、界面活性劑或推動形成流體朝蒸氣萃取井方向之驅動流體。該反應物可為氧化劑。氧化劑可以為空氣、水、氧氣和／或過氧化氫，但並不受此限制。

井外罩 101 可以是在管壁 110 上具有孔洞的圓柱形管，如圖 1 所示。在某些具體實例中，用在熱注射井上的外罩，其直徑可介於約 2 英吋和約 6 英吋之間。較大的直徑會增加熱傳導表面積，並且容許來自井孔的較大熱通量。例如：具有約 4 英吋直徑的外罩，可達到每直線英尺加熱器井大約為 457 瓦的熱通量，並具有約 900°C 時的表面溫度。此可提供合理的熱注射速率，而不需要外罩的昂貴冶金術。若不預先鑽井孔，較大直徑可能需要極度大的力量來擠壓或敲打外罩至土壤內。較大的外罩可能也會增加外罩的成本。在其他的具體實例中，多孔外罩 101 可以具有除了圓柱形之外的幾何形狀。以引用方式併入而如同在本文中完整陳述之頒予 Hoyle 的美國專利案第 5,403,119 號，描述可用於土壤補救的非圓柱形外罩。

如圖 1 所示，井外罩 101 可藉由各種不同的技術插入土壤 102 內。多孔外罩 101 可藉由下列方式插入土壤內，

例如：把外罩放入井孔或溝渠內，用打樁機或類似的配備將外罩打至土壤 102 內，或以震動的方式將外罩插入土壤。砂礫包 109 可放置在外罩 101 的多孔部分內。外罩 101 的無孔部分可用水泥接合或密封至土壤 102，以阻擋透過外罩的污染遷移和產生過量廢氣。井孔可藉由於土壤 102 中鑽孔產生。在土壤 102 中藉由插入外罩至井孔或溝渠中來安裝外罩可能是困難的，因為在形成井外罩 101 之井孔或溝渠的過程中可能會產生切割物。

若土壤 104 內的污染物含有危害物質時，由井孔形成過程中所移除之切割物內也會含有危害物質。該切割物可能需要在被認可的設備中進行處理或場外處理。在鑽孔或溝渠的形成過程中，可能也會產生灰塵和／或蒸氣。可能需要特別的灰塵和蒸氣圍堵程序，來降低工作人員暴露於灰塵和／蒸氣之中。這類程序可能會使井外罩 101 安裝至螺旋鑽孔或溝渠內的費用昂貴。在插入土壤 102 過程中抑制灰塵和／或穿過井外罩 101 的灰塵或蒸氣之傳遞，可以避免特別的灰塵和蒸氣污染圍堵之需求，並且可以讓井外罩在安裝上更為經濟。

藉由傳動和震動外罩 101 進入土壤 102 內，可以降低外罩安裝過程中所產生的灰塵和蒸氣。藉由傳導和震動外罩 101 進入土壤 102 內，也可以免除於土壤和外罩之間放置砂礫包 109 的需要。藉由傳動和震動外罩 101 進入土壤 102 內，可為在遭受高毒性物質污染土壤內安裝井的實用方法。高毒性物質可包括：放射性污染物，例如銻元素；金

屬污染物，例如汞；或危害的烴類，氯化烴類或含烴類的污染物，例如戴奧辛或二甲基汞，但並不受此限制。

外罩 101 可具有可幫助外罩安裝至土壤 102 內的末端 111。末端 111 可為錐形頂端。在外罩 101 的具體實例中，末端 111 可變細成一點，如圖 1 所示。在某些具體實例中，藉由傳動和震動井進入土壤內的外罩前端可具有鈍的或球形的頂端。井外罩末端亦可具有鋒利的邊，當外罩旋轉時，可以用來幫助外罩 101 插入更深的土壤 102 內。外罩 101 之末端 111 的一部份可額外地外展，如此可使該末端的最大直徑或厚度大於外罩的直徑或厚度。

當加熱元件 107 被供給能量時，圍繞外罩 101 的受污染土壤 104 可受到外罩的熱傳導。土壤補救方法中熱的均勻施加可藉由控制進入井中之動力的垂直和面積的分布二者來達成。

可於欲處理土壤區域的周圍放置障礙物。以引用方式併入而如同在本文中完整陳述之 Vinegar 等人的美國專利申請案第 09/168,769 號，描述用在 ISTD 土壤補救系統中的障礙物。該障礙物可包括金屬板，其係環繞於受污染土壤區域周圍打入土壤內。在某些具體實例中，障礙物可為在土壤內形成之水泥漿牆。在某些具體實例中，障礙物可為繞著一個處理區域間隔的冷凍井所形成之凍結障礙物。土壤補救系統中的地表覆蓋物可與障礙物密封住。障礙物和地表覆蓋物可限制從周圍環境吸入至處理區域中之空氣和水的量。限制經由土壤中所吸入的空氣量，可增加土壤內所

建立的真空，並且可以降低需要處理的廢氣量。障礙物也可限制污染從受污染的區域散佈至鄰近領域中。藉由插入薄板所形成之障礙物，可能有受限的深度。藉由在土壤鑽一串相連接的孔洞，然後再填入水泥，所形成之水泥漿牆可達到相當大的深度。孔洞形成所需要之精確性，環繞處理區域所需之孔洞數目及其他因素可能會限制形成水泥漿牆來提供土壤補救障礙物的可行性。藉由充填水泥於溝渠，可形成深度較淺的水泥漿牆。

熱的面積分布可藉由以規律陣列安排井來達成，如此可在井之間的區域提供相當均勻的加熱。依據污染物表面的幾何形狀限制，可選擇使用三角形井陣列或正方形陣列。例如：井沿著建築物或障礙物排列成正方形陣列，可提供更方便的佈置。三角形熱注射陣列，可大大地減少加熱器之間的間隔，也可提供井之間區域更快速、更均勻的加熱。除此之外，蒸氣萃取井以三角形陣列安排的模式，也可以覆蓋只具有加熱器之井的三角形的陣列。

“模式”在此定義為單一蒸氣萃取井的排水道邊界之形狀。排水道邊界在圖 3-6 中係以實線標示。只具有加熱器之井（以小黑色圓點標示）可以如虛線標示之圈圍繞著蒸氣萃取井（以較大的黑色圓點標示）排列。在此描述的具體實例中，每一個萃取井的排水道模式，可為一個具有複數個加熱器井的六角形。

可含有加熱器元件的萃取井和加熱器井，可大概放置在三角形格子之三角形的頂點上（“以頂點為中心”），或

置於三角形格子的三角形中心內（”以三角形為中心“）。四種不同類型模式的特性係列舉於下表 1-4，並在圖 3 至圖 6 中表示。在某些排列中，如圖 3A 至圖 3D 與表 1 所示，萃取井係被三角形格子中多個三角形高線隔開，即”以高線相隔”。例如，在圖 3A 中，萃取井的間隔約為三角形格子中三角形高線的兩倍。在其他的排列中，如圖 4A 至 4D 和表 2 中所示者，萃取井可被三角形格子中多個三角形邊長間隔，即”以線相隔”。例如，在圖 4A 中，萃取井的間隔約為三角形格子中三角形邊長的兩倍。圖 5A 至 5D 與表 3 中說明萃取井為以三角形為中心並以線相隔，而加熱器井係以頂點為中心的模式。圖 6A 至 6D 與表 4 說明包含流體注射井的蒸氣萃取井和加熱器井之模式。其中每一個模式可以擴充為包含額外的加熱器。表 1 至 3 列舉出萃取井間隔、每一模式之面積、加熱器井圈的數目、加熱器／萃取井的比例和每加熱器井之面積。表 4 列舉出萃取井間隔、注射井間隔、加熱器井圈的數目、加熱器／萃取井／注射井的比例和每加熱器井之面積。

表 1

三角形陣列 所有井以頂點為中心，加熱器井間隔為 s						
以高線相隔之萃取井模式						
圖	名稱	萃取井間隔	面積／模式	加熱器井 圈的數目	加熱器／萃取 井的比例	面積／加熱 器井
3A	AH-1	1.732 s	$2.598 s^2$	1	2 : 1	$1.299 s^2$
3B	AH-2	3.464 s	$10.392 s^2$	2	11 : 1	$0.945 s^2$
3C	AH-3	5.196 s	$23.382 s^2$	3	26 : 1	$0.899 s^2$
3D	AH-4	6.928 s	$41.569 s^2$	4	47 : 1	$0.884 s^2$
未標 示	AH-5	8.660 s	$64.950 s^2$	5	74 : 1	$0.878 s^2$

表 2

三角形陣列 所有井以頂點為中心，加熱器井間隔為 s						
以線相隔之萃取井模式						
圖	名稱	萃取井間隔	面積／模式	加熱器井 圈的數目	加熱器／萃取 井的比例	面積／加熱 器井
4A	AL-1	2 s	$3.464 s^2$	1	3 : 1	$1.155 s^2$
4B	AL-2	3 s	$7.794 s^2$	2	8 : 11	$0.974 s^2$
4C	AL-3	4 s	$13.85 s^2$	2	15 : 1	$0.924 s^2$
4D	AL-4	5 s	$21.65 s^2$	3	24 : 1	$0.902 s^2$
未標 示	AL-5	6 s	$31.176 s^2$	4	35 : 1	$0.891 s^2$

表3

三角形陣列 以頂點為中心的加熱器井，間隔為 s						
以三角形為中心且以線相隔之萃取井模式						
圖	名稱	萃取井間隔	面積／模式	加熱器井 圈的數目	加熱器／萃取 井的比例	面積／加熱 器井
5A	TL-1	s	$0.866 s^2$	1	1 : 1	$0.866 s^2$
5B	TL-2	2 s	$3.464 s^2$	2	4 : 1	$0.866 s^2$
5C	TL-3	3 s	$7.794 s^2$	3	9 : 1	$0.866 s^2$
5D	TL-4	4 s	$13.856 s^2$	3	16 : 1	$0.866 s^2$
未標 示	TL-5	5 s	$21.651 s^2$	4	25 : 1	$0.866 s^2$
未標 示	TL-6	6 s	$31.117 s^2$	4	36 : 1	$0.866 s^2$

表4

三角形陣列 以頂點為中心的加熱器井與萃取井，加熱器井之間隔為 s						
具有兩個注射器與多個加熱器井之萃取井模式						
圖	名稱	萃取器間隔	注射井間隔	加熱器井 圈的數目	加熱器／萃取／ 注射井的比例	面積／加熱 器井
6A	EIH-1	2 s	$1.154 s^2$	1	3 : 1 : 2	$1.155 s^2$
6B	EIH-2	3 s	$1.732 s^2$	1	6 : 1 : 2	$1.299 s^2$
6C	EIH-3	4 s	$2.309 s^2$	2	15 : 1 : 2	$0.924 s^2$
6D	EIH-4	5 s	$2.887 s^2$	3	24 : 1 : 2	$0.902 s^2$
未標 示	EIH-5	6 s	$3.464 s^2$	3	33 : 1 : 2	$0.945 s^2$

在此描述的模式，可為土壤補救中熱的連續注射作用提供多變化的選擇。選擇的具體實例係藉由圖 3A 至圖 3 D 和表 1 中所述之模式來說明。圖 3A 表示所有以頂點為中心，間隔為 s 的井之三角形模式。蒸氣萃取井 301 係以兩倍三角形高（約 $\sqrt{3} s$ 或 $1.732 s$ ）做高線相隔，而具有一圈 303 六個加熱器井環繞於每一個蒸氣萃取井周圍的六角形模式。每一個六角形模式的面積為六個三角形的面積，或約為 $\frac{1}{2} \times \text{高} \times \text{底} \times 6$ ，或 $\frac{1}{2} \times (\frac{1}{2} \sqrt{3} s) \times (s) \times 6 = 3\sqrt{3} s^2 / 2 = 2.598 s^2$ 。此配置中的每一個加熱器井 302 可鄰接三個蒸氣萃取井 301。如此一來，就 2：1 的加熱器／萃取井比例而言，六個加熱器井 302 所組成的每一圈 303 可貢獻每個模式兩個相等的加熱器井。因此，每一個加熱器井可伴隨有每一個六角形模式之約 $2.598 s^2 / 2$ 或 $1.299 s^2$ 的面積。

圖 3B 表示被加熱器井的兩個六角形圈圍繞之蒸氣萃取井模式。在此模式中，蒸氣萃取井 311 可以約 $2\sqrt{3} s$ 的距離相隔開，而加熱器井 312 可放置在所有其他的格子位置上。以此種方式，該模式會造成加熱器井對蒸氣萃取井的比例達到 11：1。因此，以約 $10.392 s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.945 s^2$ 的面積。

圖 3C 表示，圍繞於每一個蒸氣萃取井的三圈加熱器井。蒸氣萃取井 321 可被六個加熱器井 322 所組成的第一圈 323 環繞著，而十二個加熱器井 322 所組成的第二個六角形圈 324 可環繞在加熱器井的內圈 323。假設此十八個加熱器井貢獻本身所有的熱量至其所包圍的蒸氣萃取井中。十八

個加熱器井 322 所組成的第三圈 325 可環繞於第二圈。在第三圈 325 的十八個加熱器井中，位於六角形頂點的六個加熱器井貢獻本身熱量的 $\frac{1}{3}$ 至中心蒸氣萃取井。剩餘的十二個井則貢獻本身熱量的 $\frac{1}{2}$ 至中心蒸氣萃取井。這些貢獻的總和造成加熱器井對蒸氣萃取井的比例約為 26 : 1。因此，以約 $23.382s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.899s^2$ 的面積。

圖 3D 及表 1 表示在蒸氣萃取井之間具較大間隔的較大模式之可能性。圖 3D 中增加了由二十四個加熱器井所組成的第四個六角形圈，包括貢獻本身熱量的一半至中心蒸氣萃取井的十八個井（ $18 \times \frac{1}{2}$ -井數）和貢獻本身熱量的三分之一至中心蒸氣萃取井的六個井（ $6 \times \frac{1}{3}$ -井數）。此模式造成約 47 : 1 的加熱器井對蒸氣萃取井的比例。因此，以約 $41.569s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.884s^2$ 的面積。

蒸氣萃取井彼此欲分隔的距離可由一些因素決定，例如經過土壤的壓力降和補救所需要的時間。當蒸氣穿過土壤移動至蒸氣萃取井時最為顯著的壓力降發生在萃取井附近。如此，可注射的熱量可能受到限制，因而每一個蒸氣萃取井可產生之蒸氣量也可能受到限制。蒸氣萃取井數目的不足可能會造成補救時間的延長。

熱注射井的間距可為約 3 英尺至約 25 英尺。更大的間隔可能會延長補救時間。相反地，較近的間隔可大大地增加加熱器井的費用。

所有以頂點為中心，其間隔為 s 的井的三角形模式之具體實例係示於圖 4A 至圖 4D 與表 2 中。圖 4A 中間隔為 s 的三角形陣列，可具有距離約 $2s$ 之以線相隔的蒸氣萃取井 401，和具有六個加熱器井所組成單圈 403 之六角形模式。每一個加熱器井 402 可接近兩個蒸氣萃取井 401。以此種方式，就 3 : 1 的加熱器 / 萃取井比例而言，六個加熱器井 402 所組成的每一圈 403 可貢獻每個模式三個相等的加熱器井。因此，以約 $3.464s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $1.155s^2$ 的面積。

更進一步的具體實例中，圖 4B 說明含有加熱器井六角形內圈 413 和六角形外圈 414 之蒸氣萃取井模式。在此模式中，蒸氣萃取井可以約 $3s$ 距離相隔開，而加熱器井則可設置在所有其他的格子位置上。此兩個六角圈都可包含有六個加熱器井。此模式會造成 8 : 1 的加熱器 / 萃取井比例。因此，以約 $7.794 s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.974s^2$ 的面積。

圖 4C 說明環繞每一個蒸氣萃取井有兩個加熱器井六角形圈之蒸氣萃取井模式的另一種配置。蒸氣萃取井 421 可被六個加熱器井 422 所組成的圈 423 環繞。蒸氣萃取井可以約 $4s$ 的距離相隔開。十二個加熱器井的第二個六角形圈 424 可環繞內圈 423。當模式的數目變大時，該模式會造成趨近於 15 : 1 的加熱器井對蒸氣萃取井比例。因此，以約 $13.85s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.924s^2$ 的面積。

圖 4D 說明加熱器井之三角形模式，其中三個加熱器井之六角形圈環繞於每一個蒸氣萃取井。蒸氣萃取井 431 可被六個加熱器井所組成的圈 432 環繞。十二個加熱器井所組成的第二個六角形模式 433 可環繞著加熱器井的內圈 432，且第三組加熱器井 434 可環繞第二圈 433。此模式會造成約 24 : 1 的加熱器 / 蒸氣萃取井比例。因此，以約 $21.65s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.902 s^2$ 的面積。

圖 5 說明萃取井可位於三角形格子中心之模式，亦即，與以頂點為中心，間隔 s 之加熱器井近乎等距離。圖 5 中每一個模式的特性列在表 3 中。圖 5A 表示間隔為 s 的三角形格子，包含距離約 s 以線相隔的蒸氣萃取井 501。每一個蒸氣萃取井可被三個加熱器井 502 環繞著。每一個加熱器井 502 可鄰接三個蒸氣萃取井 501。如此，三個加熱器井 502 所組成的每一圈 503 可貢獻每個模式一個相等的加熱器井。此模式會造成約 1 : 1 的加熱器井對蒸氣萃取井比例。因此，以約 $0.866s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.866s^2$ 的面積。

圖 5B 表示具有加熱器井 513 的三角形內圈 512 和三角形外圈 514 之蒸氣萃取井 511 模式。在此模式中，蒸氣萃取井可以約 $2s$ 的距離間隔開，且加熱器井可放置在其他所有的格子位置上。以此種方式，內圈 512 貢獻每個萃取井三個相等的加熱器井，而外圈 514 貢獻每個萃取井一個相等的加熱器井。此模式會造成約 4 : 1 的加熱器井對蒸氣萃

取井比例。因此，以約 $3.464s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.866s^2$ 的面積。

圖 5C 說明一種蒸氣萃取井模式，其具有圍繞每一個蒸氣萃取井的一個加熱器井內三角形圈，和圍繞該加熱器井內三角形圈的一個不規則六角形圈。蒸氣萃取井 521 可被三個加熱器井 522 所組成的圈 523 所環繞。蒸氣萃取井可以約 $3s$ 的距離相隔開。九個加熱器井所組成的不規則六角形圈 524 可環繞著加熱器井內圈 523。此模式會造成約 9：1 的加熱器／萃取井比例。因此，以約 $7.794s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.866s^2$ 的面積。

圖 5D 表示加熱器井三角形模式之另一種配置，其中三個加熱器井圈環繞於每一個蒸氣萃取井旁的。蒸氣萃取井 531 可被三個加熱器井所組成的內圈 532 環繞。九個加熱器井所組成的不規則六角形圈 533 可環繞著加熱器內三角形圈 532，而加熱器井的不規則六角形圈 534 可環繞著第二圈 533。此模式會造成約 16：1 的加熱器井對蒸氣萃取井比例。因此，以約 $13.856s^2$ 的模式面積而言，每一個加熱器井可伴隨有約 $0.866s^2$ 的面積。

在一個具體實例中，一種使用具有多圈加熱器之井模式的補救方法，如在此所描述者，可包括：以熱注射速率只產生能經由既有土壤滲透性強制穿透至蒸氣萃取井之蒸氣量的方式，來活化內圈加熱器井。當加熱使得滲透性上升的區域增加時，及當內六角形中的土壤乾燥時，污染物可移動到蒸氣萃取井而不散佈到原始污染區外的距離會大

大地增加。如此一來，熱量可於後來施加在離蒸氣萃取井更遠的地方。

描述於圖 3 至圖 5 的模式，可藉由首先活化蒸氣萃取井或視情況選用之加熱器－蒸氣萃取井來操作，以增加蒸氣萃取井附近土壤的滲透性。另一選擇為，可在蒸氣萃取井周圍放置一至三個的加熱器井，如此一來，可以簡化各個井的設計和安裝。熱注射最初可限制在稍低於產生與蒸氣萃取井中所萃取出相等量之水蒸氣的速率。假如抽取速率夠高以維持加熱器井模式內蒸汽和污染物低於大氣壓力，則可將空氣抽入蒸氣萃取井內。

在蒸氣萃取井附近的區域已加熱到達所需要的滲透性之後，可活化離蒸氣萃取井更遠的加熱器井。因為藉由加熱方法促使滲透性可能顯著地增加，所以蒸氣可在離熱注射點顯著距離處萃取出。

在此描述的具體實例的優點在於即使是加熱非常緊密或稠密的黏土土壤所造成滲透性相當大地增加。受污染土壤的滲透性可視情況藉由破壞土壤來增加。可以若干方法中的一種或多種方式來破壞土壤，包括：氣體力學、水力學和炸藥。滲透性也可藉由結合隨蒸汽排出時移除液態水、微裂黏土層及土壤，和氧化有機物質來產生。滲透性可增加約 100 至約 10,000 的因數，視例如土壤的起始滲透性而定。滲透性的增加可造成含有污染物之蒸氣輸送到相當遠的距離，如此一來，可以減少為補救所需要的蒸氣萃取井數目。當熱注射作用隨著滲透性的增加，從相對低的起

始速率增加至相當大地速率時，蒸氣萃取井之間的距離便變得很重要。

可從流體注射及熱注射獲益之土壤補救地點所用模式係如圖 6A 到 6D 所示。圖 6A 到 6D 中所示的井模式為所有以頂點為中心之加熱器井和萃取井的三角形模式。三角形邊的間距為 s 。在此模式中，可以將萃取井 601、加熱器井 602 和流體注射井 603 排列成均勻地分布熱和流體至所有的土壤處理區域。圖 6A 說明以約 $2s$ 的距離作線間隔之蒸氣萃取井模式，且每個模式有六個流體注射井 603 ($6 \times \frac{1}{3}$ -井數或兩個相等的井)。該注射井可大概放置於中心蒸氣萃取井之六角形模式的周邊。六個加熱器井 ($\frac{1}{2}$ -井數) 602 也可大概放置於該模式的周邊上，由此提供每個模式三個相等的加熱器。

額外的加熱器井可藉由擴大蒸氣萃取井間隔而放置於模式之中。圖 6B 至 D 表示連續擴大這些模式來容納額外的加熱器。這些井模式的特性列舉於表 4 中，且如同表 2 中的模式，以類似方式測定。在一個具體實例中，蒸氣萃取井 601 可放置於最大的三角形陣列中；在其三角形陣列中的流體注射器 603 可以約 $\frac{1}{3}$ 的線性因數而較小；而加熱器井 602 陣列可以 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{4}$ 等因數而較小。

圖 6D 中模式的操作順序可如下：

- (1) 在蒸氣萃取井 601 中應用真空並提供加熱器能量；
- (2) 當達到真空時，供能於內圈加熱器 604 中；
- (3) 當達到真空時，供能於中圈加熱器 605 中；

(4)當達到真空時，供能於外圈加熱器 606 中；

和

(5)當於井 603 中達到足夠的真空時，讓注射流體抽至土壤內，並且於蒸氣萃取井 601 中收集。

在一個具體實例中，可在流體注射開始之前，將熱施加至注射井。另一選擇為，供能於加熱器的每一個連續圈可以預定的時間、所注射之熱量或位在較靠近蒸氣萃取井的加熱器井圈之通量為基礎。

實施例

在現場熱脫附方法中，藉由土壤的加熱所增加之滲透性，可經由在示範熱脫附測試之前及之後挖取土壤樣品來證明。挖取可在從多孔加熱器－蒸氣萃取井加熱之前及之後的 42 天完成。十二個加熱器－蒸氣萃取井，每一個為 12 英尺深，係以 5 英尺的三角形間隔來裝設。控制該井的加熱器以維持在約 1600°F (871°C) 的最大加熱器操作溫度。起始的熱注射為每直線英尺加熱器注射井約 500 瓦。之後，當井孔周圍的土壤受熱時，熱注射速率係降低至每英尺 350 瓦，以避免過度加熱井。開始時，將 25 英吋水柱之真空加於加熱器－蒸氣萃取井中。在加熱的第一個 48 小時過程中，真空降低至約 5 英吋水柱，並且保持在此程度，此時全部十二個井的蒸氣產量為約 50 scfm 到 70 scfm。位於加熱器間中間點的監測井顯示：約 1 英吋水柱之起始真空壓力，在 42 天加熱週期結束時，係增加至約 4.5 英吋水柱真空。土壤中的平均壓力梯度以 48 的因數減少，從約 24

英寸降低至約 0.5 英寸水柱。

井周圍土壤起初受高達 20,000 ppm 多氯聯苯（"PCB"）污染。PCB 乃藉由加熱方法去除到混合平均值低於 3ppb，而所有的樣品含有低於 1ppm PCB 的混合平均值。

在加熱之後所取得的挖出樣品顯示在土壤孔隙率和滲透性二者的大量增加。孔隙率從約 30% 的起始孔體積增加至約 40%。於現場濕氣保持的情況下測量水平空氣滲透性，從約 3×10^{-3} 毫達西（md）增加至 50 md。垂直空氣滲透性從約 1×10^{-3} md 增加至 30 md。

本實例示範加熱如何增加土壤的滲透性，並因而增加污染物在土壤內輸送的距離。控制蒸氣萃取井附近所起始的加熱作用，以便蒸氣萃取井擷取所產生的蒸氣而不使之輸送至周圍未受污染的土壤內。

利用被一圈或多圈加熱器井環繞之蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井之土壤補救系統的一個優點可為：依序活化加熱器井，以抑制土壤內正壓的產生，該正壓可能引起污染在土壤內或進入大氣中的遷移。加熱器井圈可依據時程表，或當加熱器井受先前已活化井影響或即將受影響時，依序活化。可以抑制蒸氣產生量大於鄰近蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井所移除蒸氣量之速率，來供應能量於加熱器井。

利用被一圈或多圈加熱器井環繞之蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井之土壤補救系統的另一個優點可為：土壤補救系統中蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井的

數目可以最佳化。使用限量的蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井可降低土壤補救系統的投資成本，因為可使許多土壤補救井成為加熱器井，加熱器井較萃取井便宜。使用限量的蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井，可降低尺寸、投資成本和用以處理從土壤中所移除廢氣內污染的處理設備操作成本。

利用被一圈或多圈加熱器井環繞之蒸氣萃取井和／或加熱器－蒸氣萃取井之土壤補救系統更進一步的優點可包括：系統簡單、有效率、可靠和比較便宜。該系統也可易於製造、安裝和使用。

鑑於本說明，對熟習該項技術者而言，本發明進一步各種不同方面的修正和替代具體實例為顯而易見的。因此，本說明係擬視為僅供說明，且目的是教授熟習該項技術者執行本發明之概略方式。要瞭解的是，在此表示和說明之本發明形式係擬被採作具體實例的例子。對一位熟習該項技術者因通曉本發明之說明而受益後，可以替換在此舉例和說明的元件和材料，可以改變零件和方法，並且可個別利用本發明的某些特性，這些都是顯而易見的。在此描述的元件組成可做改變，而不脫離以下申請專利範圍中所描述之本發明之精神與範圍。

圖式簡單說明

圖 1 描述插入地底下的井具體實例的橫切面剖視圖。

圖 2 描述現場土壤補救系統具體實例的概要圖。

圖 3A 至圖 3D 描述在四種不同的加熱器/萃取井比例

下，高線間隔模式加熱器井和蒸氣萃取井的以頂點為中心之陣列平面圖。

圖 4A 至圖 4D 描述在四種不同的加熱器/萃取井比例下，線間隔模式加熱器井和蒸氣萃取井的以頂點為中心之陣列平面圖。

圖 5A 至圖 5D 描述在四種不同的加熱器井/萃取井比例下，以頂點為中心的加熱器井與蒸氣萃取井以三角形為中心之模式的平面圖。

圖 6A 至圖 6D 描述蒸氣萃取井、加熱器井和流體注射井的各種陣列平面圖。

元件符號說明

- 101 多孔外罩
- 102 土壤或地表
- 103 穿孔或開口
- 104 受污染的土壤
- 105 未受污染的土壤
- 106 界面
- 107 加熱器元件
- 108 加熱器外罩
- 109 砂礫包
- 110 管壁
- 111 外罩端
- 201 土壤補救系統
- 202 蒸氣萃取井

- 203 注射井
- 204 測試井
- 205 地表覆蓋物
- 206 處理設備
- 208 蒸氣收集系統
- 209 控制系統
- 210 真空系統
- 211 污染物處理系統
- 212 泵
- 301 蒸氣萃取井
- 302 加熱井
- 303 圈
- 311 蒸氣萃取井
- 312 加熱器
- 313 圈
- 314 圈
- 321 蒸氣萃取井
- 322 加熱器井
- 323 第一圈
- 324 第二圈
- 325 第三圈
- 401 蒸氣萃取井
- 402 加熱器井
- 403 圈

- 413 六角形內圈
- 414 六角形外圈
- 421 蒸氣萃取井
- 422 加熱器井
- 423 圈
- 424 圈
- 431 蒸氣萃取井
- 432 加熱器井
- 433 第二個六角形模式
- 434 第三組加熱器井
- 501 蒸氣萃取井
- 502 加熱器井
- 503 圈
- 511 蒸氣萃取井
- 512 三角形內圈
- 513 加熱器井
- 514 三角形外圈
- 521 蒸氣萃取井
- 522 加熱器井
- 523 圈
- 524 不規則六角形圈
- 531 蒸氣萃取井
- 532 內圈
- 533 不規則六角形圈

534 不規則六角形圈

601 蒸氣萃取井

602 加熱器井

603 流體注射井

604 內圈加熱器

605 中圈加熱器

606 外圈加熱器

肆、中文發明摘要

本發明乃提供一種由受污染土壤中移除污染物的方法。該方法可包括：由一個蒸氣萃取井中抽取蒸氣，估計由該蒸氣萃取井所抽取蒸氣內之受污染土壤中所移除之水蒸氣量，以及從多個加熱器井中，以不高於該估計的水蒸氣量之蒸發速率來提供此受污染土壤熱量。經由熱之應用，該土壤的滲透性可因此而提昇；每一個蒸氣萃取井可具備有六個或更多個的熱注射井，而這些熱注射井可以環繞蒸氣萃取井的規律模式排列和供能，此可包括有多圈的加熱器環繞於每一個蒸氣萃取井周圍。

伍、英文發明摘要

A method is provided to remove contaminants from contaminated soil. The method may include withdrawing vapors from a vapor extraction well, estimating the amount of water vapor removed from the contaminated soil in the vapors being withdrawn from the vapor extraction well, and applying heat to the contaminated soil from a plurality of heater wells at a rate not greater than that which would vaporize the estimated amount of water vapor. The permeability of the soil may thereby increase by the application of heat. Six or more heat injection wells may be provided for each vapor extraction well, and the heat injection wells may be placed and energized in a regular pattern around the vapor extraction well, which may include multiple rings of heaters around each vapor extraction well.

陸、(一)、本案指定代表圖爲：第 1 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 101 多孔外罩
- 102 土壤或地表
- 103 穿孔或開口
- 104 受污染的土壤
- 105 未受污染的土壤
- 106 界面
- 107 加熱器元件
- 108 加熱器外罩
- 109 砂礫包
- 110 管壁
- 111 外罩端

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

公告本

發明專利說明書

564192

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：91174639 ※IPC分類：B09B 1/00
※申請日期：91-10-24

壹、發明名稱

(中文) 藉熱促進之土壤去污方法及土壤補救裝置
(英文) THERMALLY ENHANCED SOIL DECONTAMINATION METHOD AND SOIL REMEDIATION DEVICE

貳、發明人(共 3 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文)艾瑞克.皮耶.迪.羅芬格納克
(英文)de ROUFFIGNAC, Eric Pierre
住居所地址：(中文)美國,德州 77005,休士頓市,盧斯金路 4040 號
(英文)4040 Ruskin, Houston, Texas 77005, USA
國籍：(中文)美 國 (英文)USA

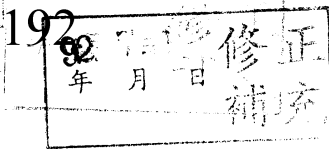
參、申請人(共 3 人)

申請人 1 (如發明人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文)艾瑞克.皮耶.迪.羅芬格納克
(英文)de ROUFFIGNAC, Eric Pierre
住居所或營業所地址：(中文)美國,德州 77005,休士頓市,盧斯金路 4040 號
(英文)4040 Ruskin, Houston, Texas 77005, USA

國籍：(中文)美 國 (英文)USA
代表人：(中文)
(英文)

[x] 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)



1. 一種補救受污染土壤的方法，包括：
從一個或多個熱源提供熱量到至少一部份的處理區域中，其中該處理區域包含有受污染的土壤；
使熱從一個或多個熱源傳遞到至少一部份的處理區域中，其中該熱蒸發出至少一些在處理區域中的化合物；
從處理區域中移除蒸氣；及
藉由控制由一個或多個熱源所提供之熱，來控制至少一部份處理區域中的蒸氣壓。
2. 如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括藉由控制從處理區域所移除之蒸氣，來控制至少一部份處理區域中的壓力。
3. 如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括以所移除蒸氣量之函數來改變傳遞到至少一部份處理區域之熱量。
4. 如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括應用真空到至少一部份的處理區域中以移除蒸氣，並且更進一步包括以所應用至該處理區域之真空之函數來改變在處理區域中所蒸發出的化合物量。
5. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中在處理區域內之化合物含有水和污染物。
6. 如申請專利範圍第 5 項的方法，更進一步包括估計在處理區域內的水量。
7. 如申請專利範圍第 6 項的方法，更進一步包括以處理區域內水量估計值之函數來改變傳遞到至少一部份處理區域之熱量。

8.如申請專利範圍第 6 項的方法，更進一步包括控制所傳遞的熱量，使得所傳遞的熱量低於蒸發出處理區域內實質上所有估計水量所需的熱量。

9.如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括在應用真空到至少一部份處理區域之後，活化一個或多個熱源。

10.如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括在預定的時間之後，活化一個或多個熱源。

11.如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括藉由控制在至少一部份處理區域中的蒸氣壓，來抑制蒸氣從處理區域遷移。

12.如申請專利範圍第 1 項的方法，其中一個或多個熱源包含加熱器井，更進一步包含經由至少一個蒸氣萃取井從至少一部份處理區域移除蒸氣。

13.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中提供至少六個加熱器井於每一個蒸氣萃取井。

14.如申請專利範圍第 12 項的方法，更進一步包括藉由首先活化最靠近至少一個蒸氣萃取井的加熱器井來加熱處理區域。

15.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中至少一個蒸氣萃取井係以最小約 3 英尺與另一個蒸氣萃取井橫向相隔。

16.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中加熱器井係以約 3 英尺至約 25 英尺橫向地隔開。

17.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中至少一個蒸氣萃取井包含至少一個加熱器元件。

18.如申請專利範圍第 17 項的方法，更進一步包括藉由首先活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件來加熱處理區域。

19.如申請專利範圍第 17 項的方法，更進一步包括藉由在活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件之後，活化最靠近蒸氣萃取井的加熱器井來加熱處理區域。

20.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中一陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一陣列的加熱器井上。

21.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中一實質上等邊三角形陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一實質上等邊三角形陣列的加熱器井上。

22.如申請專利範圍第 12 項的方法，其中一陣列加熱井的至少一圈模式係環繞著蒸氣萃取井。

23.如申請專利範圍第 22 項的方法，更進一步包括藉由首先活化最靠近蒸氣萃取井的一圈加熱器井來加熱處理區域。

24.如申請專利範圍第 22 項的方法，更進一步包括藉由在活化較靠近蒸氣萃取井的一圈加熱器井之後，活化一圈加熱器井來加熱處理區域。

25.如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括提供至少一個流體注射井於處理區域中。

26.如申請專利範圍第 25 項的方法，其中至少一個流體注射井包含至少一個加熱器元件。

27.如申請專利範圍第 25 項的方法，更進一步包括在應用真空到至少一部份處理區域中之後，活化至少一個流體

注射井。

28.如申請專利範圍第 25 項的方法，其中一陣列的流體注射井係覆蓋於一陣列的加熱器井上和蒸氣萃取井上。

29.如申請專利範圍第 1 項的方法，更進一步包括使處理區域的滲透性增加至少約 100 倍。

30.一種補救受污染土壤的方法，包括：

在污染土壤內提供多個熱源；

在污染土壤內提供至少一個蒸氣移除位置；

從至少一個該移除位置抽取蒸氣；

估計受污染土壤中的水量；及

從多個熱源施熱到至少一部份受污染土壤中，以蒸發低於所估計受污染土壤中的水量。

31.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包含藉由控制從多個熱源所提供之熱量來控制在至少一部份污染土壤中的蒸氣壓。

32.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括藉由控制抽取自受污染土壤內的蒸氣來控制在至少一部份處理區域中的壓力。

33.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括以所移除蒸氣量之函數來改變傳遞到至少一部份受污染土壤中之熱量。

34.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括以所估計受污染土壤中的水量之函數來改變傳遞到至少一部份受污染土壤中之熱量。

35.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括應用真空到至少一部份處理區域中以移除蒸氣，並且更進一步包括以所應用至受污染土壤之真空之函數來改變在受污染土壤中所蒸發出的化合物量。

36.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括在應用真空到至少一部份受污染土壤中之後，活化多個熱源中的一或多者。

37.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括在預定的時間之後，活化多個熱源中的一或多者。

38.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括藉由控制在至少一部份受污染土壤中的蒸氣壓來抑制蒸氣從受污染土壤遷移。

39.如申請專利範圍第 30 項的方法，其中多個熱源中的一或多者包含加熱器井，更進一步包括經由至少一個包含至少一個蒸氣萃取井的移除位置，從至少一部份受污染土壤中移除蒸氣。

40.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中提供至少六個加熱器井於每一個蒸氣萃取井。

41.如申請專利範圍第 39 項的方法，更進一步包括藉由首先活化最靠近至少一個蒸氣萃取井的加熱器井來加熱受污染土壤。

42.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中至少一個蒸氣萃取井係以最小約 3 英尺與另一個蒸氣萃取井橫向相隔。

43.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中加熱器井係以

約 3 英尺至約 25 英尺橫向地隔開。

44.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中至少一個蒸氣萃取井包含有至少一個加熱器元件。

45.如申請專利範圍第 44 項的方法，更進一步包括藉由首先活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件來加熱處理區域。

46.如申請專利範圍第 44 項的方法，更進一步包括藉由在活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件之後，活化最靠近一個蒸氣萃取井的加熱器井來加熱處理區域。

47.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中一陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一陣列的加熱器井上。

48.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中一實質上等邊三角形陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一實質上等邊三角形陣列的加熱器井上。

49.如申請專利範圍第 39 項的方法，其中一陣列加熱井的至少一圈模式係環繞著蒸氣萃取井。

50.如申請專利範圍第 49 項的方法，更進一步包括藉由首先活化最靠近蒸氣萃取井的一圈加熱器井來加熱污染土壤。

51.如申請專利範圍第 49 項的方法，更進一步包括藉由在活化較靠近蒸氣萃取井的一圈加熱器井之後，活化一圈加熱器井來加熱處理區域。

52.如申請專利範圍第 39 項的方法，更進一步包括提供至少一個流體注射井於污染土壤中。

53.如申請專利範圍第 52 項的方法，其中至少一個流體

注射井包含至少一個加熱器元件。

54.如申請專利範圍第 52 項的方法，更進一步包括在應用真空到至少一部份受污染土壤中之後，活化至少一個流體注射井。

55.申請專利範圍第 52 項的方法，其中一陣列的流體注射井係覆蓋於一陣列的加熱器井上和蒸氣萃取井上。

56.如申請專利範圍第 30 項的方法，更進一步包括使受污染土壤中的滲透性增加至少約 100 倍。

57.一種適於補救含有受污染土壤之處理區域的土壤補救裝置，其包括：

至少一個蒸氣移除系統；

至少一個熱源；及

一個控制系統；

其中該控制系統係設計用來藉由控制（1）以至少一個熱源供應至土壤的熱量，和（2）經由至少一個蒸氣移除系統從土壤中所移除的蒸氣量，來控制受污染土壤中的壓力。

58.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來監測受污染土壤中的壓力。

59.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中至少一個蒸氣移除系統包含至少一個蒸氣萃取井。

60.如申請專利範圍第 59 項的裝置，其中至少一個蒸氣萃取井包含至少一個加熱器元件。

61.如申請專利範圍第 60 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來先活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件

來加熱至少一部份受污染土壤。

62.如申請專利範圍第 60 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來在活化蒸氣萃取井中的一個加熱器元件之後，活化至少一個最靠近蒸氣萃取井的熱源。

63.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中至少一個熱源包含至少一個加熱器井。

64.如申請專利範圍第 63 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來先活化至少一個最靠近蒸氣移除系統的加熱器井來加熱至少一部份受污染土壤。

65.如申請專利範圍第 63 項的裝置，其中一陣列加熱器井的至少一圈模式係環繞著一個蒸氣移除位置。

66.如申請專利範圍第 65 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來先活化最靠近至少一個蒸氣移除系統的一圈加熱器井來加熱至少一部份受污染土壤。

67.如申請專利範圍第 65 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來在活化較靠近蒸氣移除系統的一圈加熱器井之後，活化一圈加熱器井來加熱至少一部份受污染土壤。

68.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來在應用真空到至少一部份受污染土壤中之後，活化至少一個熱源。

69.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來在預定的時間之後，活化至少一個熱源。

70.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中該控制系統係

更進一步設計用來以所移除蒸氣量之函數來改變供應到至少一部份受污染土壤中之熱量。

71.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來以應用在至少一個蒸氣移除系統的真空之函數來控制受污染土壤中的壓力。

72.如申請專利範圍第 57 項的裝置，更進一步包含在至少一部份受污染土壤中估計的水量。

73.如申請專利範圍第 72 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來以所估計在至少一部份受污染土壤中的水量之函數來改變供應到至少一部份受污染土壤中之熱量。

74.如申請專利範圍第 72 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來控制供應到至少一部份受污染土壤的熱量，以蒸發出低於所估計在至少一部份受污染土壤中之水量。

75.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中控制在至少一部份受污染土壤中的蒸氣壓可抑制蒸氣從污染土壤遷移。

76.如申請專利範圍第 57 項的裝置，更進一步包括至少一個流體注射源。

77.如申請專利範圍第 76 項的裝置，其中一個流體注射源包含至少一個加熱器元件。

78.如申請專利範圍第 77 項的裝置，其中該控制系統係更進一步設計用來在應用真空到至少一部份受污染土壤中之後，活化至少一個流體注射源。

79.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中至少一個熱源

包含加熱器井，且其中一個蒸氣移除系統包含蒸氣萃取井。

80.如申請專利範圍第 79 項的裝置，其中提供至少六個加熱器井於每一個蒸氣萃取井。

81.如申請專利範圍第 79 項的裝置，其中至少一個蒸氣萃取井係以最小約 3 英尺與另一個蒸氣萃取井橫向相隔。

82.如申請專利範圍第 79 項的裝置，其中加熱器井係以約 3 英尺至約 25 英尺橫向地隔開。

83.如申請專利範圍第 79 項的裝置，其中一陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一陣列的加熱器井上。

84.如申請專利範圍第 79 項的裝置，其中一實質上等邊三角形陣列的蒸氣萃取井係覆蓋於一實質上等邊三角形陣列的加熱器井上。

85.如申請專利範圍第 79 項的裝置，更進一步包括一陣列的流體注射井。

86.如申請專利範圍第 85 項的裝置，其中一陣列的流體注射井係覆蓋於一陣列的加熱器井上和蒸氣萃取井上。

87.如申請專利範圍第 57 項的裝置，其中使受污染土壤的滲透性增加至少約 100 倍。

公告本

圖1

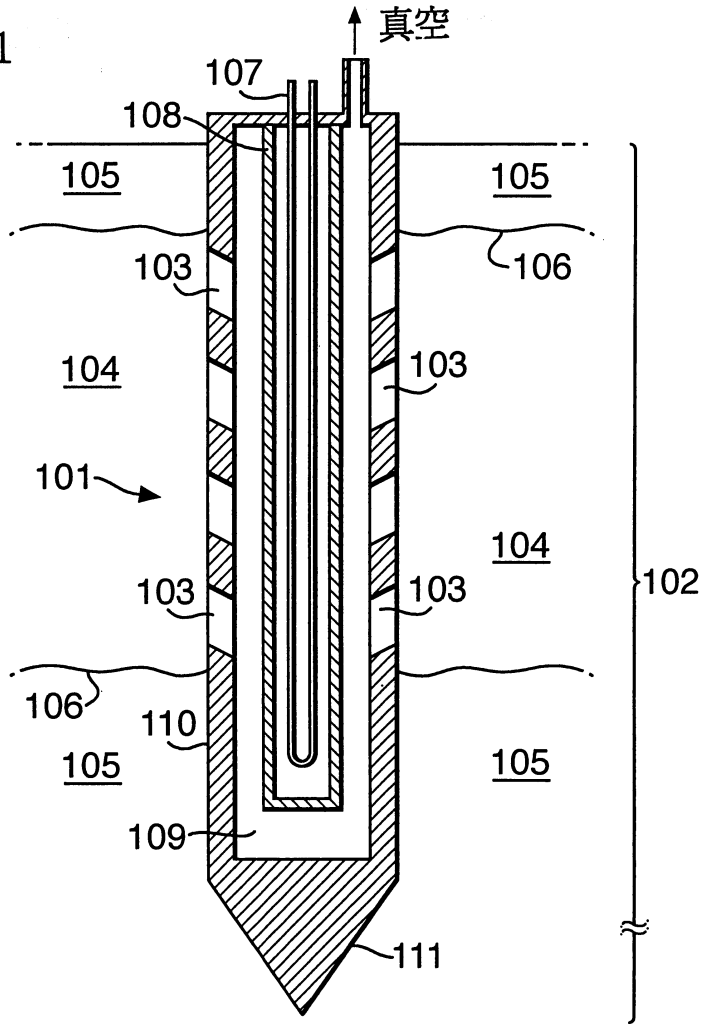
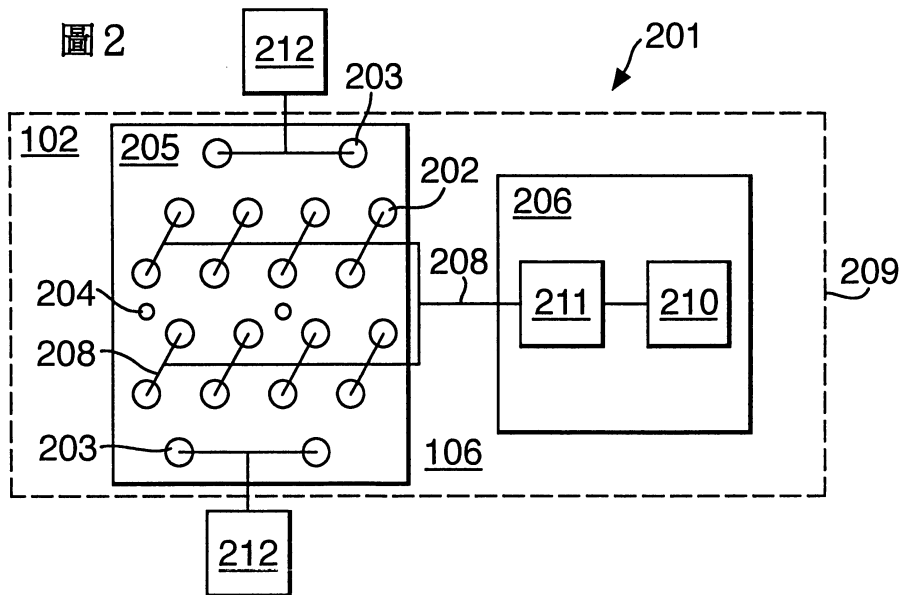


圖2



修正
年月日
5.20

圖 3 B

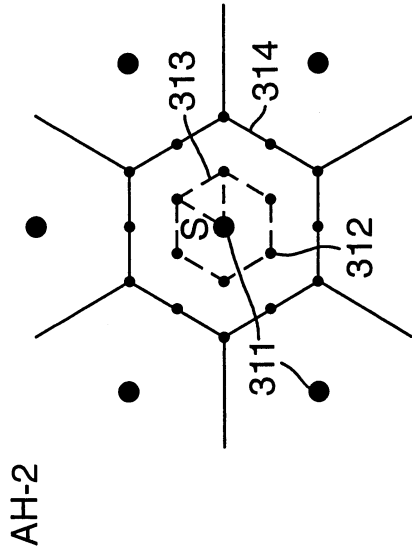


圖 3 D

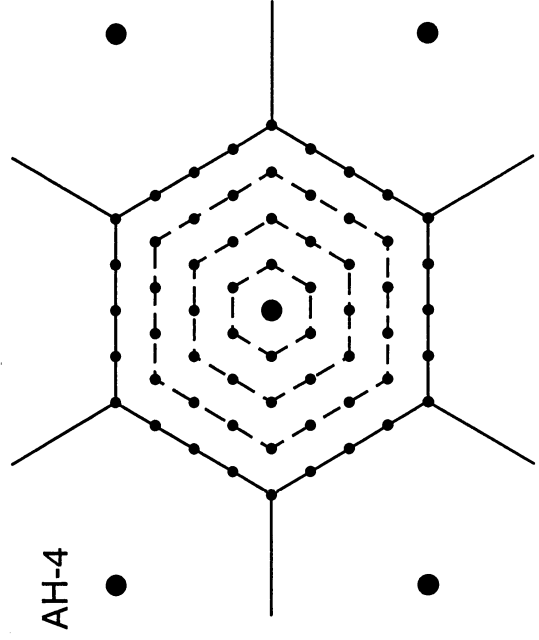


圖 3 A

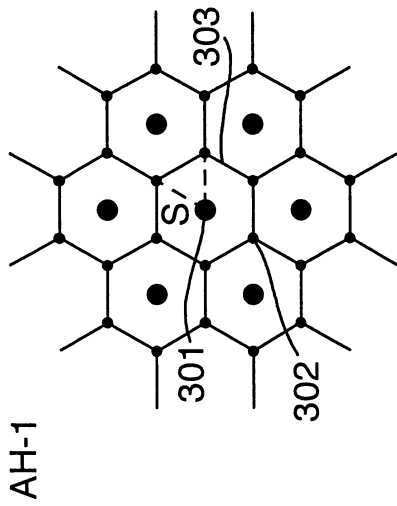
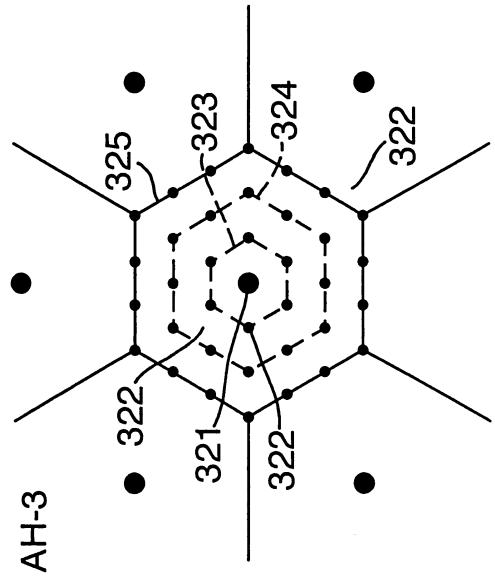


圖 3 C



修正
年 月 日
92 5.20

圖 4 A

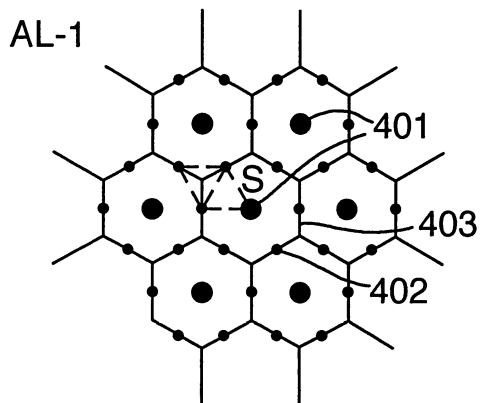


圖 4 B

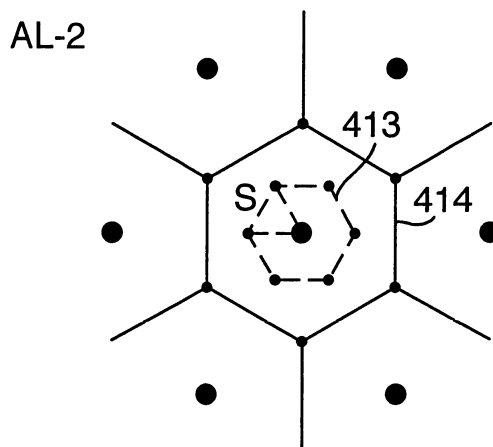


圖 4 C

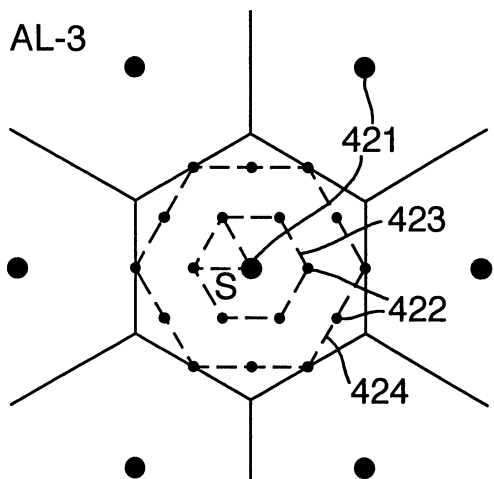
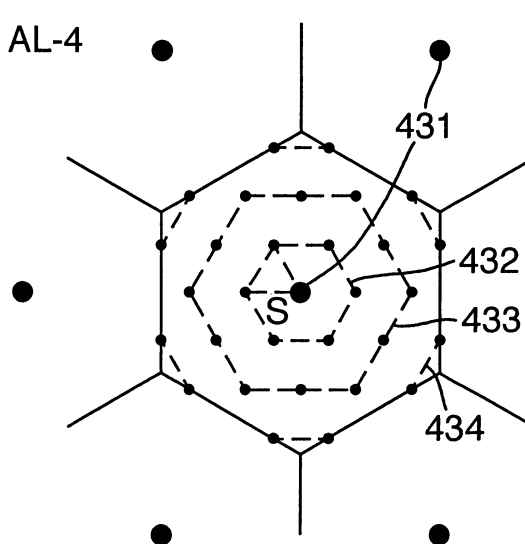


圖 4 D



修正
補充
年 月 日

圖 5 A

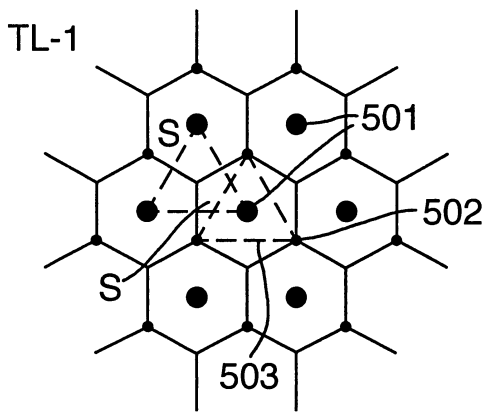


圖 5 B

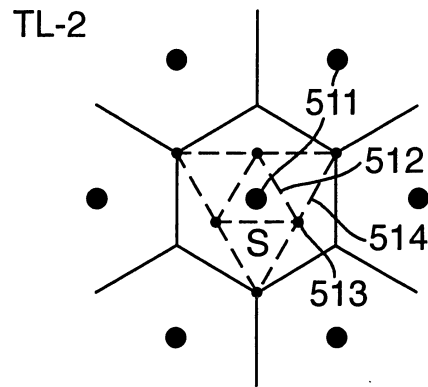


圖 5 C

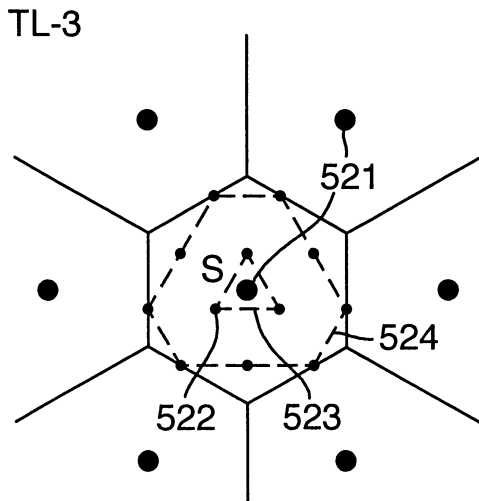
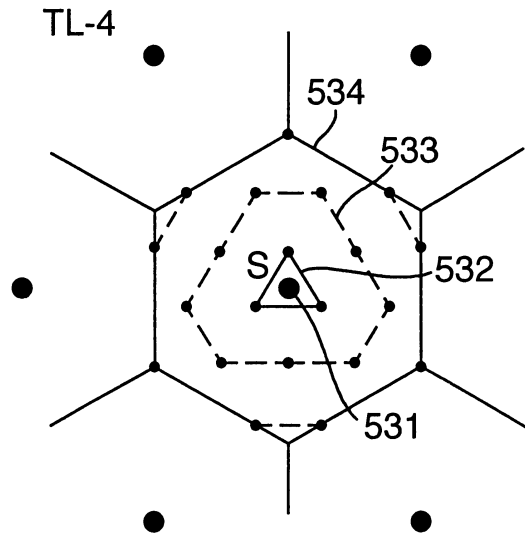


圖 5 D



中華民國九十一年五月二十日
82 5.20 補充

圖 6 A

EIH-1

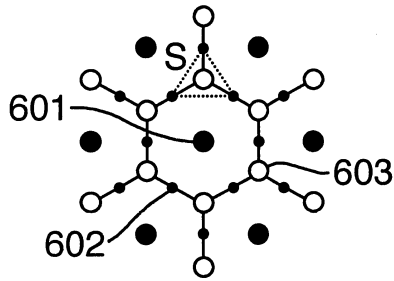


圖 6 B

EIH-2

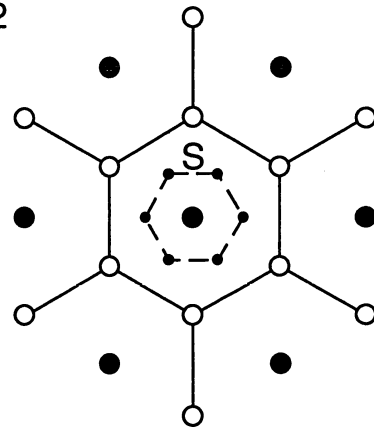


圖 6 C

EIH-3

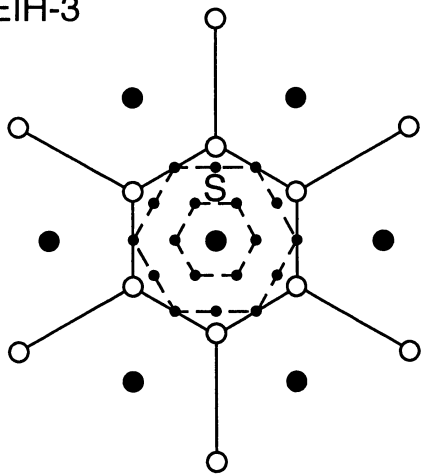


圖 6 D

EIH-4

