



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201104129 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：098125748

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 07 月 30 日

(51)Int. Cl. : **F17D5/06 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：黃彥禎 HUANG, YEN CHEN (TW) ; 葉弘德 YEH, HUND DER (TW)

(74)代理人：蔡清福；白大尹

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：4 共 23 頁

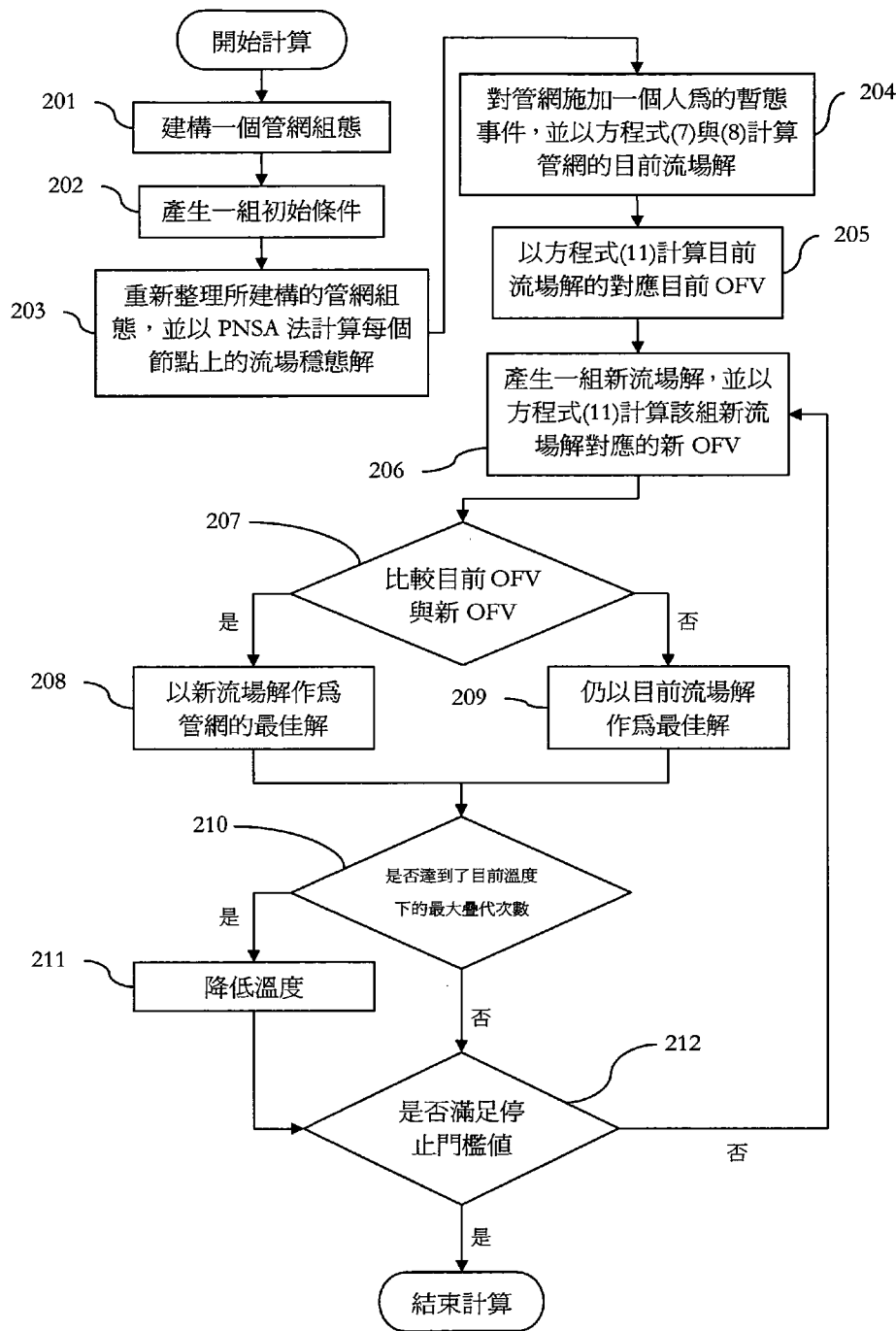
(54)名稱

管網滲漏偵測方法與裝置

THE PIPELINE NETWORK LEAK DETECTION METHOD AND DEVICE

(57)摘要

本發明提出一種管網滲漏偵測方法，其包括步驟：建構一管網，該管網中具有至少一滲漏點與一流場；計算該流場的一穩態解；對該流場施加一擾動；以及基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。



- 201：建構一個管網組態
- 202：產生一組初始條件
- 203：重新整理所建構的管網組態，並以 PNSA 法計算每個節點上的流場穩態解
- 204：對管網施加一個人為的暫態事件，並以方程式(7)與(8)計算管網的目前流場解
- 205：以方程式(11)計算目前流場解的對應目前 OFV
- 206：產生一組新流場解，並以方程式(11)計算該組新流場解對應的新 OFV
- 207：比較目前 OFV 與新 OFV
- 208：以新流場解作為管網的最佳解
- 209：仍以目前流場解作為最佳解
- 210：是否達到了目前溫度下的最大疊代次數
- 211：降低溫度
- 212：是否滿足停止門檻值

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98 1257 48

※申請日：98. 7. 30

※IPC 分類：F17D 5/06 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

管網滲漏偵測方法與裝置/THE PIPELINE NETWORK LEAK
DETECTION METHOD AND DEVICE

二、中文發明摘要：

本發明提出一種管網滲漏偵測方法，其包括步驟：建構一管網，該管網中具有至少一滲漏點與一流場；計算該流場的一穩態解；對該流場施加一擾動；以及基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a pipeline network leak detecting method, comprising: building a pipeline network having at least one leaking point and a fluid field; calculating a steady-state solution of the fluid field; applying an perturbation to the fluid field; and calculating a transient solution of the fluid field based on the steady-state solution so as to obtain a leaking information relevant to the at least one leaking point.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(二)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

201：建構一個管網組態

202：產生一組初始條件

203：重新整理所建構的管網組態，並以 PNSA 法計算每個節點上的流場穩態解

204：對管網施加一個人為的暫態事件，並以方程式(7)與(8)計算管網的目前流場解

205：以方程式(11)計算目前流場解的對應目前 OFV

206：產生一組新流場解，並以方程式(11)計算該組新流場解對應的新 OFV

207：比較目前 OFV 與新 OFV

208：以新流場解作為管網的最佳解

209：仍以目前流場解作為最佳解

210：是否達到了目前溫度下的最大疊代次數

211：降低溫度

212：是否滿足停止門檻值

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係指一種滲漏偵測方法與裝置，尤指一種管網滲漏偵測方法與裝置。

【先前技術】

隨著台灣缺水危機愈加頻繁的出現，民眾也越來越重視水資源的相關議題，根據 2002 年監察院的專案調查研究報告顯示，台灣地區自來水管線漏水率達 25%，而汰換率僅有 0.09%，若以民國 88 年為例，台灣地區一年漏水量就高達八億噸，相當於兩座翡翠水庫的水量。

而自來水管線漏水的議題，在世界各地亦受到相當的重視。在英國，供水系統有 23% 的漏水，而在美國老舊的都市管線，漏水率甚至可以會高達 50%。為了降低管線滲漏所帶來的損失與避免高額的操作維護成本，美國水資源工作協會(American Water Works Association)建議漏水量應在 10% 以內。

但自來水管線的漏水是不可避免的，且大都會的自來水管線都埋在地下，若在未知漏水位置的情形下直接開挖，找尋漏水管線並予以更換，需要耗費的成本高昂。相反的，若能透過滲漏檢測方法，先找出可能的漏水位置，再予以開挖更換，則可大幅降低自來水管線的維護成本。

然而，實際上的管網滲漏是非常複雜的問題，常常需要考慮管網內大量的管線(pipeline)、單元(component)以及不定時的操作改變(operation change)所涉及的問題，因此近年來不斷有各類型的滲漏檢測方法被提出，概括來說，根據各種滲漏檢測方法的特性，略可分為三大類如後。

第一大類為物理性檢測法(Physical inspection)：由受過訓練的稽查人員，沿著管線檢查不尋常的現象，如肉眼可見的裂縫，或異常的聲音等

等。此法若是應用在油管或瓦斯管，則可由受過訓練的狗，透過溢散的氣體味道來找尋管線破洞。這種方法相當普遍，但準確性不足，且過於依賴鑑定人員的經驗，因此檢測結果通常不夠穩定且易產生誤判。

第二大類為硬體裝置檢測法(Hardware-based methods)：利用特定的裝置找出漏水的位置，典型的裝置有：聲音感應器、壓力轉換器或可視裝置等，但本法會需要較多的預算，成本較高。

第三大類為計算模式監測法(Computational modeling monitoring)：在經費或成本許可的狀況下利用裝設在管網內部的感應器來監測多個參數，諸如：壓力、流量、溫度、壓力降以及密度變化等參數，再將參數輸入電腦，配合適當的模式，以逆推漏水的位置，甚至滲漏量，這些計算模式大致是以流量與壓力的變化、流量的平衡、監測值與模式計算所得之流量與壓力的差異或統計方法為基礎來進行模擬，在成本與其他條件許可的狀況下，採用本法會是較佳的選擇，但無論如何，實施這種方法仍需要投入大量的經費與人力。

職是之故，申請人鑑於習知技術中所產生之缺失，經過悉心試驗與研究，並一本鍥而不捨之精神，終構思出本案「管網滲漏偵測方法與裝置」，能夠克服上述缺點，以下為本案之簡要說明。

【發明內容】

本發明主要提出一種管網滲漏偵測方法，經由比較實際觀測值與數值模擬結果，即可輕鬆掌握管網中的滲漏狀況的滲漏偵測方法。

首先在實際觀測值的獲得部分，工程師先在管網的控制閥處製造一個暫態事件，如迅速關閉控制閥而產生水錘現象，接著記錄在控制閥處水頭隨時間的變化關係作為現地觀測值；然後在數值模擬(numerical simulation)部分，先將多條管線建構成一個管網，再以 PNSA 法求解管

網中流場的穩態解(steady-state solution)，然後將管網中的滲漏點假設為孔口流，接著對管網中的穩態流場施加一個外部擾動(external perturbation)如水錘(water hammer)，使得壓力波快速的在管網中傳遞而產生暫態(transient)流場，再以 LDSA 法來尋找最佳的暫態流場解，其中 LDSA 法是先以特性線法(MOC)來計算管網中流場的一個試誤暫態解，再透過模擬退火(simulated annealing)演算法來尋找最佳的暫態流場解，進行模擬退火演算法時是以觀測值作為最佳化的基準。

藉此，工程師只要配合現地觀測值，就可以透過電腦來模擬出管網的滲漏狀況，進而輕鬆檢知管網中的滲漏狀況，還可進一步掌握管網中的滲漏狀況，而實際觀測值的取得也只需要量測水錘效應，相較於先前技術中動輒需要投入大量的經費與人力的管網滲漏偵測，本發明提供了一種超低成本與非常輕鬆的管網滲漏偵測方法。

因此根據本發明的第一構想，提出一種管網滲漏偵測方法，其包括步驟：建構一管網，該管網中具有至少一滲漏與一流場；計算該流場的一穩態解；對該流場施加一擾動；以及基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該管網係選自包括一節點、一管線、一漏水點、一控制閥及其組合的群組的其中之一。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該流場受到該擾動而自一穩態流場轉換為一暫態流場。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該擾動為一水錘，其係經由快速關閉該控制閥而產生。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該穩態解的計算是透過一管網模擬退火(PNSA)法。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該 PNSA 法是利

用 Hazen-Williams 方程式來定義流量和水頭損失之間的關係。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該 PNSA 法是利用模擬退火(simulated annealing)演算法來獲得 Hazen-Williams 方程式的解答。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該暫態解的計算是透過一滲漏偵測模擬退火(LDSA)法。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該 LDSA 法是利用特徵線法(Method Of Characteristic, MOC)來定義流量和水頭之間的關係。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該 LDSA 法是利用模擬退火(Simulated Annealing, SA)演算法來獲得 MOC 的解答。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該 SA 演算法是以該擾動的觀測值來作為最佳化的基準。

較佳地，本發明所提供之管網滲漏偵測方法，其中該至少一滲漏係被模擬為一孔口流。

因此根據本發明的第二構想，提出一種用以模擬管網滲漏之電腦程式產品，其係經具體實作於一電腦可讀取媒體上並可在一電腦上執行，當電腦載入該電腦程式並執行後，可完成所述之管網滲漏偵測方法。

因此根據本發明的第三構想，提出一種用以實施如所述之管網滲漏偵測方法的電子裝置。

較佳地，本發明所提供之電子裝置為一具有中央處理器的電子計算機、一個人電腦、一筆記型電腦或一手持式電子運算裝置。

因此根據本發明的第四構想，提出一種管網滲漏偵測裝置，其用於模擬具有至少一滲漏與一流場的一管網的滲漏狀況，其包括：一中央處理單元，係用於執行以下步驟：計算該流場的一穩態解；對該流場施加

一暫態事件；以及基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。

較佳地，該暫態事件為一水錘，其係經由快速關閉該控制閥而產生。

【實施方式】

本案將可由以下的實施例說明而得到充分瞭解，使得熟習本技藝之人士可以據以完成之，然本案之實施並非可由下列實施案例而被限制其實施型態。

◎ 建立管網(pipeline network, PN)模型

請參閱第一圖，其係為本發明之管網示意圖。首先，先將擬檢測的實際自來水管線網路，以節點(node)、管線(pipeline)、漏水點(leaking point)與控制閥(control valve)的簡化組合來呈現，如圖所示，第一圖中的管網PN包括了多個節點N、多條管線P、多處漏水點L與一個控制閥V，在本實施例中的管網PN為具有6個節點N、8條管線P、3處漏水點L與1個控制閥V。而多個節點N之間的連接、每條管線P的直徑、長度以及哈威廉姆斯(Hazen-Williams)摩擦係數則列於表一。

表一

管線 P 號碼	節點 N		直徑(m)	長度(m)	Hazen-Williams 摩擦係數 C
	自	至			
P1	N1	N2	0.305	1000.0	100
P2	N2	N3	0.305	1000.0	100
P3	N3	N4	0.250	1100.0	100
P4	N1	N4	0.405	1250.0	100
P5	N4	N5	0.355	1000.0	100
P6	N5	N6	0.305	1100.0	100
P7	N3	N6	0.305	1250.0	100
P8	N6	Valve	0.500	1000.0	100

第一圖中，在節點 N1 處有一個固定為 120m 的壓力水頭，而管線 P8 的下游則是連接至控制閥 V，控制閥 V 具有 5CMM 的流量。

◎ 管網模型之穩態(steady-state)解：PNSA 方法

首先，本案採用模擬退火(simulated annealing, SA)演算法來求解管網模型之穩態解，其簡稱為管網模擬退火 PNSA(pipeline network simulated annealing)法，穩態解包括了管網模型在穩態下的水頭(head)與流量(flow rate)。在 PNSA 方法中，對於每段管線 P，利用 Hazen-Williams 方程式來流量和水頭損失之間的關係，在 Hazen-Williams 方程式中，先定義每段管線 P 的阻力係數(Kij)：

$$K_{ij} = \frac{10.66667 \cdot L_{ij}}{C_{ij}^{1.851852} \cdot D_{ij}^{4.870370}} \quad (1)$$

其中下標 ij 是定義從節點 Ni 到節點 Nj，Lij 是定義從節點 Ni 到節點 Nj 之間的管線 P 之長度(公尺)，Cij 為 Hazen-Williams 係數，Dij 是管線 P 之直徑。

基於方程(1)，則每段管線 P 的流量可以定義為：

$$Q_{ij} = \left(\frac{\Delta H_{ij}}{K_{ij}} \right)^{0.54} \quad (2)$$

其中 Qij 是從節點 Ni 到節點 Nj 之間的流量， ΔH_{ij} 是從節點 Ni 到節點 Nj 之間的水頭損失。

而每個節點 N 上的質量守恆(mass conservation)則定義為：

$$MC_i = \sum_{j=1}^m Q_{ij} + Q_i \quad (3)$$

其中 MCi 是節點 Ni 上的質量守恆，j 是與節點 i 相鄰的節點，nn 是與節點 i 相鄰的節點的總數，Qii 是在節點 I 處的需求(demand)或源(source)。請注意，如果水流是流出節點 I 則令流量為正，如果水流是流

入節點 I 則令流量為負。

接著採用 SA 來求解，目標函數值(Objective Function Value, OFV) 係定義為：

$$\sum_i^{nd} (MC_i)^2 \quad (4)$$

其中 nd 是在管網 PN 中水頭仍未解出的節點的總數。

依以上所述的 PNSA 求解第一圖中的管網 PN 的穩態解，並將結果列於表二。

表二

節點 N	水頭(m)	管線號碼	流量 CMM
N1	120.000	P1	1.644
N2	119.124	P2	1.644
N3	118.247	P3	-0.832
N4	118.967	P4	3.356
N5	118.041	P5	2.524
N6	115.907	P6	2.524
Valve	115.288	P7	2.476
	120.000	P8	5.000

◎ 管網模型之暫態(transient-state)解：LDSA 方法

在計算出每個節點 N 在穩態下的水頭和流量後，接著模擬管網 PN 中的每個管線 P 的暫態流動。在暫態計算時，本案一樣採用模擬退火(simulated annealing, SA)演算法來求解具有滲漏狀況下的管網模型之暫態解，其簡稱為滲漏偵測模擬退火 LDSA(leaking detection simulated annealing)法，暫態解也包括了管網模型在穩態下的水頭(head)與流量(flow rate)。

在 LDSA 方法中，在暫態下每個管線 P 中的動量與連續方程式可分別定義為：

$$gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{f}{2DA} Q|Q| = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a^2}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

其中 H 是水頭， Q 是流量， D 是管線 P 的直徑， g 是重力加速度， f 是 Darcy-Weisbach 摩擦係數， x 是計算網格(grid)之距離， t 是時間以及 a 是波速。利用特徵線法(Method Of Characteristic, MOC)，沿特徵線 ($dx/dt = \pm a$) 將方程式(5)以及(6)從偏微分方程轉換為常微分方程，即：

$$C^+ : \begin{cases} \frac{dH}{dt} + \frac{a}{gA} \frac{dQ}{dt} + \frac{fa}{2gDA^2} Q|Q| = 0 \\ \frac{dx}{dt} = +a \end{cases} \quad (7)$$

$$C^- : \begin{cases} -\frac{dH}{dt} + \frac{a}{gA} \frac{dQ}{dt} + \frac{fa}{2gDA^2} Q|Q| = 0 \\ \frac{dx}{dt} = -a \end{cases} \quad (8)$$

離散聯立方程式(7)及(8)，可得到以水頭 H 和流量 Q 表示的有限差分(finite difference)流場解，帶入初始條件和邊界條件，即可以有限差分法解出各時刻上，在管網 PN 中的各節點 N 上的暫態水頭 H 和流量 Q 。方程式(7)及(8)的邊界條件通常是管網 PN 中任一節點的已知水頭 H 或流量 Q 。在已知每條管線 P 的長度與直徑(參閱表 1)的狀況下，Darcy-Weisbach 摩擦係數 f 可利用 $\Delta H = fLQ^2/2gDA^2$ 來計算。

而滲漏點 L 則以孔口流(orifice flow)來表示/模擬，其可定義為：

$$Q_L = C_d A \sqrt{2g\Delta H} \quad (9)$$

其中 Q_L 是滲漏量， $C_d A$ 是孔口流量係數， ΔH 是孔口的水頭損失(head loss)。

接著一樣採用 SA 來求解，SA 是類比結晶(crystallization)過程中高溫狀態的物理退火(annealing)，退火是指一種將固體加熱至非常高的溫度而熔化，再令其緩慢冷卻下來直到結晶的物理過程，SA 是以 Metropolis

機制又稱為 Boltzman's 機制來判定可以被接受的上升移動 (ascent move)，Metropolis 機制可定義為：

$$P_{SA}\{\text{accept } j\} = \begin{cases} 1, & \text{if } f(j) \leq f(i) \\ \exp\left(\frac{f(i) - f(j)}{kTe}\right), & \text{if } f(j) > f(i) \end{cases} \quad (10)$$

其中 P_{SA} 是試誤解的可被接受機率， $f(i)$ 及 $f(j)$ 是當 $x=x_i$ 與 $x=x_j$ 時的 OFV，且 x_i 與 x_j 是與目前試誤解 x 相鄰的最佳解，而控制參數 Te 是目前溫度， k 為常數，通常令其為 1。

而 OFV 係定義為：

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (H_{oij} - H_{sij})^2 \quad (11)$$

其中 m 是在管網 PN 中的觀察點的總數量， n 是在某一觀察點的觀測的數量， H_{oij} 是在第 j 個觀測點的第 i th 個觀測水頭，而 H_{sij} 是在第 j 個觀測點的第 i th 個模擬水頭。

請參閱第二圖，其係為本發明之滲漏偵測模擬退火法的步驟流程圖。第二圖中揭示了一種 LDSA 方法，其包括了：

步驟 201：建構一個管網 PN 組態。

步驟 202：產生一組初始條件，包括了三個未知的參數滲漏位置、相關孔口流量參數與管線數量... 等等。

步驟 203：由於在管網 PN 中加入了滲漏點，因此需重新整理所建構的管網組態以包括滲漏點，並接著以 PNSA 法來計算每個節點上的流場穩態解，包括水頭與流量。

步驟 204：對管網 PN 施加一個人為的暫態事件，如突然將控制閥 V 關閉的人造水錘，並以方程式(7)與(8)計算管網 PN 的目前流場解，包括水頭與流量。

步驟 205：以方程式(11)計算目前流場解的對應目前 OFV。

步驟 206：產生一組新流場解，並以方程式(11)計算該組新流場解對應的新 OFV。

步驟 207：利用方程式(10)比較目前 OFV 與新 OFV，以判定新流場解是否較目前流場解為佳。

步驟 208：若是，則以新流場解作為管網 PN 的最佳解。

步驟 209：若否，則仍以目前流場解作為最佳解。

步驟 210：判定是否達到了目前溫度下的最大疊代次數。

步驟 211：若是，則降低溫度，並接續步驟 212。

步驟 212：若否，檢查最佳解是否滿足停止門檻值，若是，則結束 LDSA，否則回到並繼續執行步驟 206。

請重新參閱第二圖，當 LDSA 法執行時，管網 PN 的設置與相關條件與第二圖與表一中所給定者相同，並進一步將方程式(6)中的波速設定為 1000m/s，整體模擬時間為 30 秒，離散時距(dt)為 0.01 秒，離散網格距離(dx)為 10m，在以上所設定的條件之下，以 LDSA 方法對三種不同的管網 PN 滲漏狀況進行偵測，這三種滲漏狀況分別為：

狀況 Scenario A：只有 L1 在滲漏，孔口流量係數 CdA 為 $0.0005m^2$ ，L1 在管線 P6 上並距離節點 N5 有 300m 的距離。

狀況 Scenario B：有 L1 與 L2 在滲漏，孔口流量係數 CdA 為 $0.00025m^2$ ，L1 與 L2 都在管線 P6 上並分別距離節點 N5 有 300m 與 310m。

狀況 Scenario C：有 L1 與 L3 在滲漏，兩者的孔口流量係數 CdA 都是 $0.0005m^2$ ，L1 在管線 P6 上並距離節點 N5 有 300m 的距離，L3 在管線 P2 上並距離節點 N2 有 500m 的距離。

對於每個滲漏點，共有三個未知參數包括滲漏位置、相關孔口流量參數與管線數量等等，因此狀況 A 共有參個未知數需求解，而狀況 B

與 C 則分別是六個未知數求解。

請繼續參閱第三圖，其係為在不同滲漏狀況 A、B 或 C 下控制閥處的水頭變化示意圖。由於本發明主要是在管網 PN 的控制閥 V 處製造一個暫態擾動，如：水錘，再藉此暫態擾動來巧妙地檢知滲漏，因此第三圖中的 intact pipe 曲線係為控制閥 V 處的水錘事件，其水頭隨時間的變化關係的現地觀測值，即第三圖中的 intact pipe 曲線為在控制閥 V 處的現地水頭觀測值隨時間的變化曲線，但其同時也是 SA 在進行最佳化時的參考基準，即方程式(11)中的 H_{oj} ；從第三圖中可看出，Scenario A、Scenario B 或 Scenario C 與現地觀測值之間，在重要的轉折處，相較於現地觀測值都有著不錯的模擬結果，也證明了本發明所提出的管網滲漏偵測方法非常適用於偵測真實世界的管網滲漏，工程師可以根據所提出的管網滲漏偵測方法來合理研判出管網中哪裡發生了滲漏。

以上所述的管網滲漏偵測方法，是以電腦程式產品即程式(program)的方式，經具體實作於電腦可讀取媒體上並可在電腦上執行，當電腦載入該電腦程式並執行後，經若干時間，便可以完成以上所述的管網滲漏偵測方法。

請參照第四圖，其係為本發明之管網滲漏偵測裝置之示意圖。第四圖中的管網滲漏偵測裝置 40 包括輸入裝置 41、儲存裝置 42、中央處理單元 43 及輸出裝置 44，其中管網滲漏偵測裝置 40 為具有中央處理器的電子計算機、個人電腦、筆記型電腦或手持式電子運算裝置。

輸入裝置 41 可為鍵盤、滑鼠、觸控式螢幕或其他種類的輸入裝置，用以輸入該新問題，儲存裝置 42 為硬碟、隨身碟、或其他非揮發性(non-volatile)儲存裝置，用以儲存一案例庫，輸出裝置 44 為 CRT 螢幕、LCD 螢幕或投影機，用以展示推估所得之未來資料。

管網滲漏偵測裝置 40 中的中央處理單元(CPU, central processing

unit)43 可以實施本發明之管網滲漏偵測方法，CPU43 中佈設各種邏輯運算電路，俾利執行本發明之管網滲漏偵測方法，包括第二圖中所揭示的各個步驟，簡言之，即先以 PNSA 計算管網中流場的穩態解；再基於穩態解而以 LDSA 計算流場的暫態解以獲得滲漏資訊等步驟。而就實體上而言，中央處理單元 43 係由各種類型的電子計算機的中央處理器(CPU) 並搭配數個記憶體(memory)而形成。

本案實為一難得一見，值得珍惜的難得發明，惟以上所述者，僅為本發明之最佳實施例而已，當不能以之限定本發明所實施之範圍。即大凡依本發明申請專利範圍所作之均等變化與修飾，皆應仍屬於本發明專利涵蓋之範圍內，謹請 貴審查委員明鑑，並祈惠准，是所至禱。

【圖式簡單說明】

第一圖 係為本發明之管網示意圖；

第二圖 係為本發明之滲漏偵測模擬退火法的步驟流程圖；

第三圖 係為在不同滲漏狀況 A、B 或 C 下控制閥處的水頭變化示意圖；以及

第四圖 係為本發明之管網滲漏偵測裝置之示意圖。

【主要元件符號說明】

PN：管網

P：管線

N：節點

L：漏水點

N1~N6：節點

P1~P8：管線

V：控制閥

201：建構一個管網組態

202：產生一組初始條件

203：重新整理所建構的管網組態，並以 PNSA 法計算每個節點上的流場穩態解

204：對管網施加一個人為的暫態事件，並以方程式(7)與(8)計算管網的目前流場解

205：以方程式(11)計算目前流場解的對應目前 OFV

206：產生一組新流場解，並以方程式(11)計算該組新流場解對應的新 OFV

207：比較目前 OFV 與新 OFV

208：以新流場解作為管網的最佳解

209：仍以目前流場解作為最佳解

210：是否達到了目前溫度下的最大疊代次數

211：降低溫度

212：是否滿足停止門檻值

40：管網滲漏偵測裝置

41：輸入裝置

42：儲存裝置

43：中央處理單元

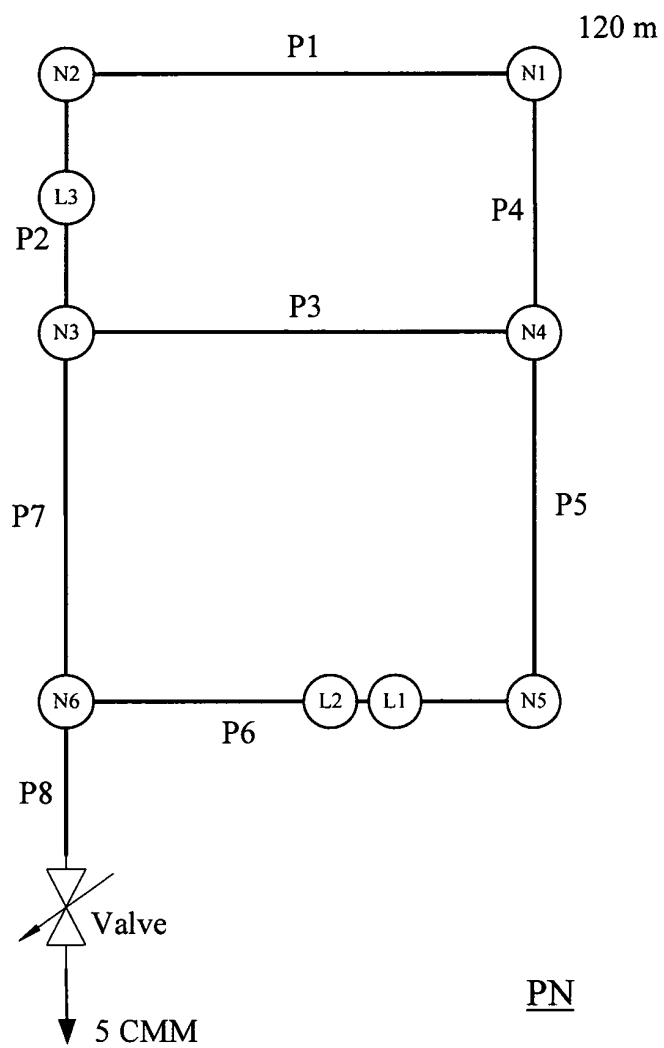
44：輸出裝置

七、申請專利範圍：

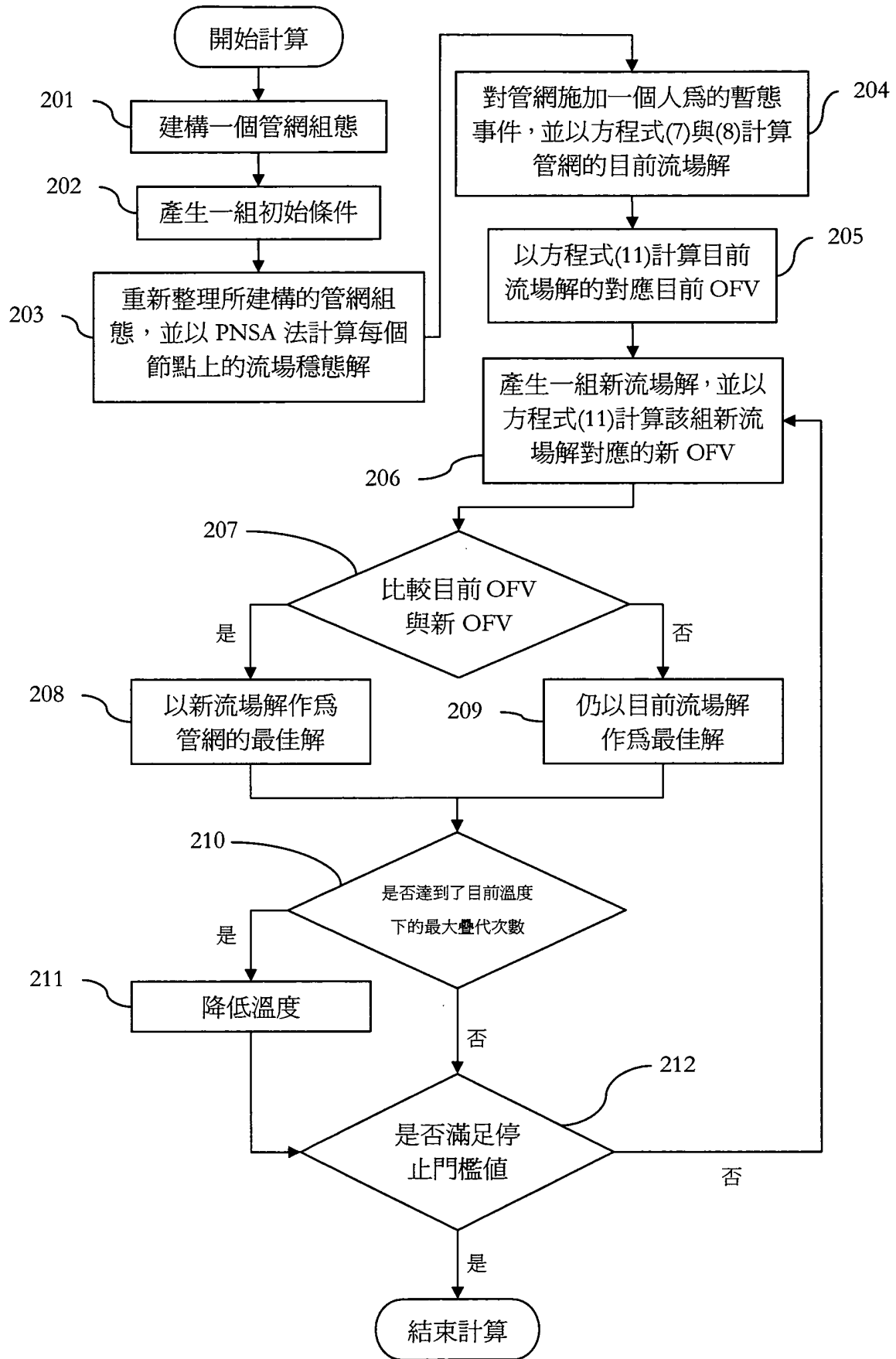
1. 一種管網滲漏偵測方法，其包括步驟：
 建構一管網，該管網中具有至少一滲漏與一流場；
 計算該流場的一穩態解；
 對該流場施加一擾動；以及
 基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該管網係選自包括一節點、一管線、一漏水點、一控制閥及其組合的群組的其中之一。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該流場受到該擾動而自一穩態流場轉換為一暫態流場。
4. 如申請專利範圍第 2 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該擾動為一水錘，其係經由快速關閉該控制閥而產生。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該穩態解的計算是透過一管網模擬退火(PNSA)法。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該 PNSA 法是利用 Hazen-Williams 方程式來定義流量和水頭損失之間的關係。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該 PNSA 法是利用模擬退火(simulated annealing)演算法來獲得 Hazen-Williams 方程式的解答。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該暫態解的計算是透過一滲漏偵測模擬退火(LDSA)法。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該 LDSA 法是利用特徵線法(Method Of Characteristic, MOC)來定義流量和水頭之間的關係。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該 LDSA 法是利用模擬退火(Simulated Annealing, SA)演算法來獲得 MOC 的解答。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該 SA 演算法是以該擾動的觀測值來作為最佳化的基準。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該至少一滲漏係被模擬為一孔口流。
13. 一種用以模擬管網滲漏之電腦程式產品，其係經具體實作於一電腦可讀取媒體上並可在一電腦上執行，當電腦載入該電腦程式並執行後，可完成申請專利範圍第 1 項所述之方法。
14. 一種用以實施如申請專利範圍第 1 項所述之管網滲漏偵測方法的電子裝置。
15. 如申請專利範圍第 14 項所述之電子裝置為一具有中央處理器的電子計算機、一個人電腦、一筆記型電腦或一手持式電子運算裝置。
16. 一種管網滲漏偵測裝置，其用於模擬具有至少一滲漏與一流場的一管網的滲漏狀況，其包括：
 - 一中央處理單元，係用於執行以下步驟：
 - 計算該流場的一穩態解；
 - 對該流場施加一暫態事件；以及
 - 基於該穩態解而計算該流場的一暫態解以獲得與該至少一滲漏相關的滲漏資訊。
17. 如申請專利範圍第 16 項所述之管網滲漏偵測方法，其中該暫態事件為一水錘，其係經由快速關閉該控制閥而產生。

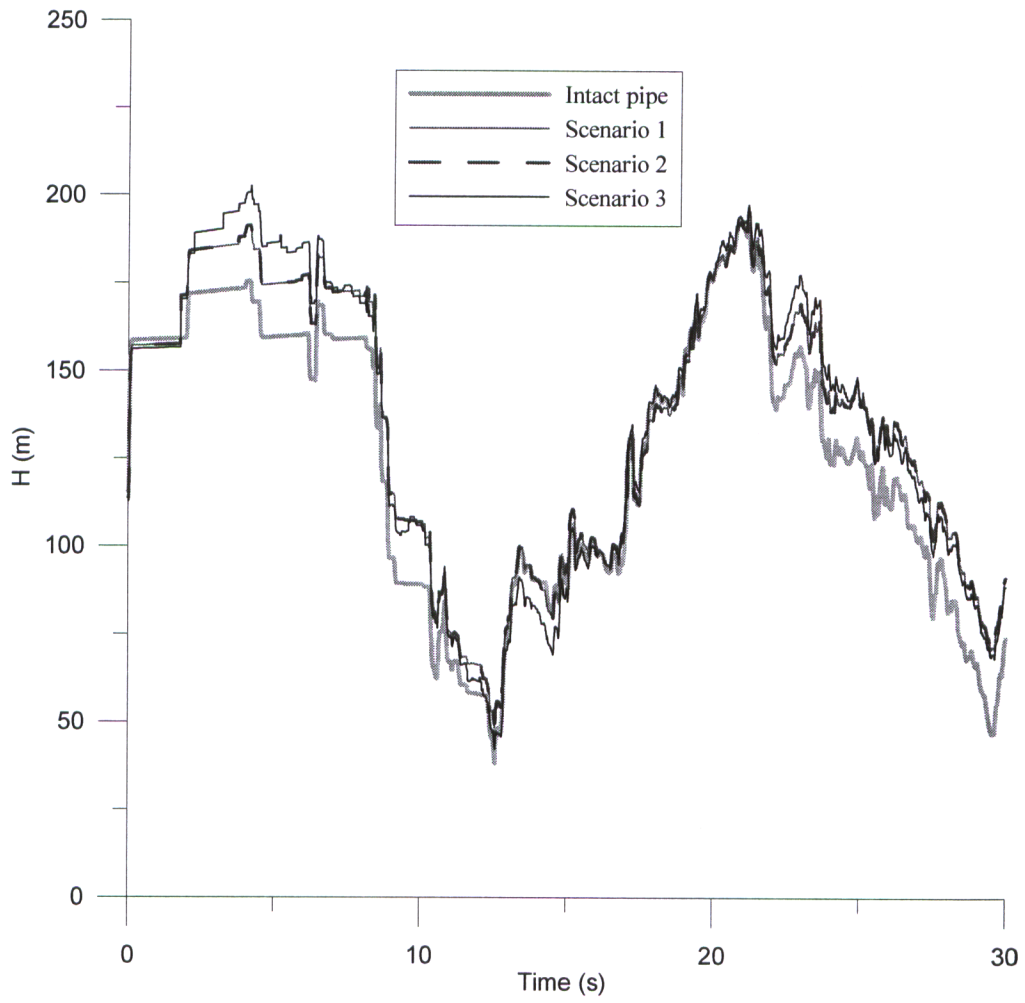
七、圖式：



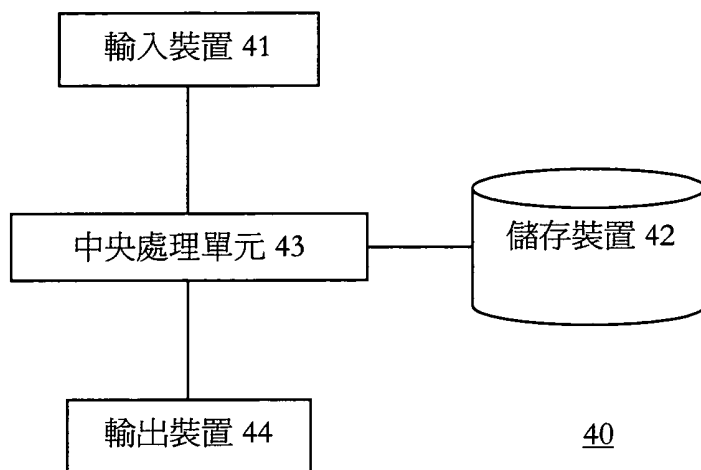
第一圖



第二圖



第三圖



第四圖