



(21)申請案號：113113766

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 04 月 12 日

(51)Int. Cl. : G01C21/16 (2006.01)

G01C15/00 (2006.01)

(71)申請人：國立成功大學(中華民國) NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY (TW)

臺南市東區大學路 1 號

(72)發明人：余騰鐸 YU, TENG-TO (TW)；彭文飛 PENG, WEN-FEI (TW)；陳泓銘 CHEN, HONG-MING (TW)

(74)代理人：吳冠賜；蘇建太；林志鴻

(56)參考文獻：

CN 109883450A

CN 111220113A

CN 114608565A

US 2017/0138524A1

審查人員：曾錦豐

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 19 頁

(54)名稱

管線軌跡定位方法及系統

(57)摘要

一種管線軌跡定位方法，透過一管線軌跡定位系統執行，該管線軌跡定位系統包含一訊號發射器及一感測裝置，其中該方法包含步驟：於地表設置至少一訊號發射器；於管線內移動該感測裝置，藉由該感測裝置上的一磁力感測器，根據所接收該至少一訊號發射器的一磁力訊號，產生一磁力強度數據，並且藉由該感測裝置上的一三軸加速規與一三軸陀螺儀，產生一加速度數據與一角速度數據；根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據；根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的一相對坐標；根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程以及該相對坐標，計算一管線預測坐標以及一管線預測高程；該管線預測坐標及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

A pipeline trajectory mapping method, which is executed through a pipeline trajectory mapping system. The pipeline trajectory mapping system includes a signal transmitter and a sensing device. The method includes the steps of: setting at least one signal transmitter on the ground surface. Move the sensing device in the pipeline, generate magnetic intensity data based on a magnetic signal received from the at least one signal transmitter through a magnetic sensor on the sensing device, and use a magnetic sensor on the sensing device to A three-axis accelerometer and a three-axis gyroscope generate an acceleration data and an angular velocity data; generate a linear trajectory data based on the acceleration data and the angular velocity data; calculate the at least one signal transmitter and the sensor based on the magnetic intensity data. a relative coordinate of the measuring device; calculate a pipeline predicted coordinate and a pipeline predicted elevation based on an absolute coordinate, an elevation and the relative coordinate of the at least one signal transmitter; the pipeline predicted coordinate and the pipeline prediction elevation corrects the linear trajectory data.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S1~S6:步驟

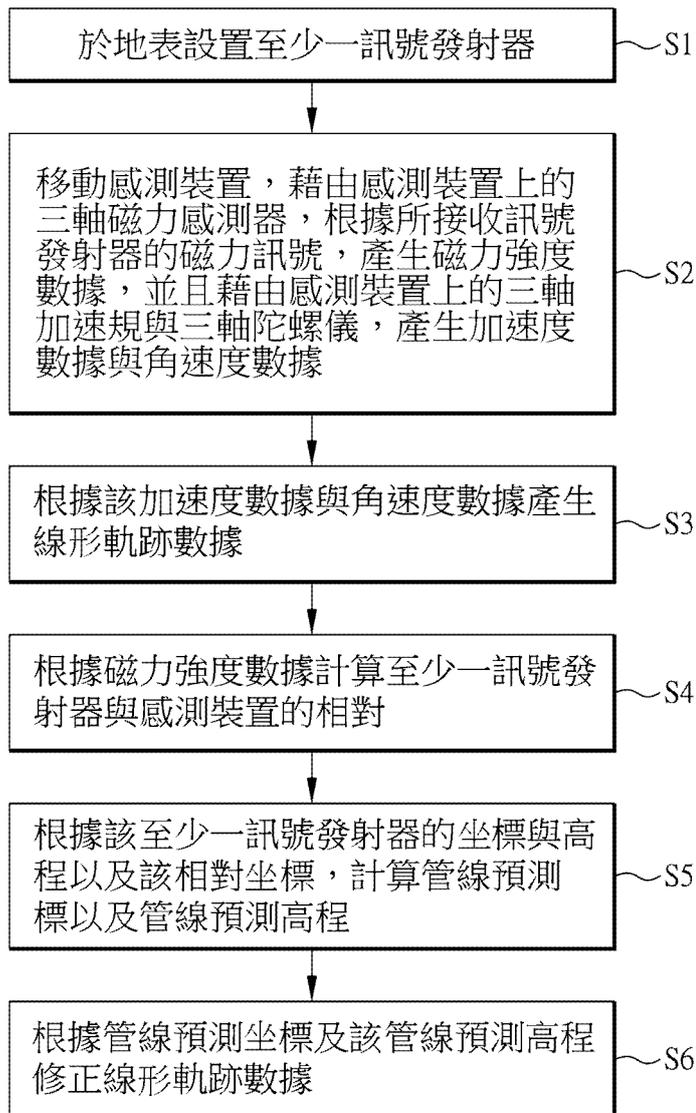


圖1



I875570

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 管線軌跡定位方法及系統**【英文發明名稱】** PIPELINE TRACK MAPPING METHOD AND SYSTEM**【中文】**

一種管線軌跡定位方法，透過一管線軌跡定位系統執行，該管線軌跡定位系統包含一訊號發射器及一感測裝置，其中該方法包含步驟：於地表設置至少一訊號發射器；於管線內移動該感測裝置，藉由該感測裝置上的一磁力感測器，根據所接收該至少一訊號發射器的一磁力訊號，產生一磁力強度數據，並且藉由該感測裝置上的一三軸加速規與一三軸陀螺儀，產生一加速度數據與一角速度數據；根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據；根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的一相對坐標；根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程以及該相對坐標，計算一管線預測坐標以及一管線預測高程；該管線預測坐標及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【英文】

A pipeline trajectory mapping method, which is executed through a pipeline trajectory mapping system. The pipeline trajectory mapping system includes a signal transmitter and a sensing device. The method includes the steps of: setting at least one signal transmitter on the ground surface. Move the sensing device in the pipeline, generate magnetic intensity data based on a magnetic signal received from the at least one signal transmitter through a magnetic sensor on the sensing device, and use a

magnetic sensor on the sensing device to A three-axis accelerometer and a three-axis gyroscope generate an acceleration data and an angular velocity data; generate a linear trajectory data based on the acceleration data and the angular velocity data; calculate the at least one signal transmitter and the sensor based on the magnetic intensity data. a relative coordinate of the measuring device; calculate a pipeline predicted coordinate and a pipeline predicted elevation based on an absolute coordinate, an elevation and the relative coordinate of the at least one signal transmitter; the pipeline predicted coordinate and the pipeline prediction elevation corrects the linear trajectory data.

【指定代表圖】 圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

S1~S6

步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】 管線軌跡定位方法及系統

【英文發明名稱】 PIPELINE TRACK MAPPING METHOD AND SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種管線軌跡定位方法，特別係一種地下管線軌跡的定位方法。

【先前技術】

【0002】 不管是台灣還是世界其他國家，早期管線施工單位並無工安與精密圖資的概念，因此施工時，施工單位只管把管線埋入地底，不會有該管線的精確的軌跡量測資料，有的只是大致的範圍，例如，知道這條瓦斯管是沿著某公路走，但並無確切的位置資料。但隨著都市開發與人口密集，不論是新設管線或者工程開發，導致地下開挖的機會越來越多，故原有誤差極大的地下管線圖資已不符合公共安全的需求。

【0003】 因此，為能讓管理單位及施工單位可以掌握地下管線的確切位置與深度，政府已將 3D 管線圖資的建構列為國家施政的項目，期盼透過此立體化的管線圖資，施工人員可以更快、更清楚地掌握地下管線的高低交錯，並能在地下管線運作異常時，可以在第一時間協助最前線的消防、環保人員救災，避免 2014 年高雄氣爆造成的人命、財產損失。然而，因地下管線已埋在地底下，肉眼不可見，也沒有 GPS 訊號，故量測極為困難，且目前苦無符合政府精度要求的地下管線定位的方法，故目前國內對於既有地下管線之定位進度極為緩慢。

【0004】有鑑於此，本發明提供一種管線軌跡定位方法及系統，來解決上述的問題。

【發明內容】

【0005】本發明的目的之一係提供一種管線軌跡定位方法，透過一管線軌跡定位系統執行，該管線軌跡定位系統包含一訊號發射器及一感測裝置，其中該方法包含步驟：於地表設置至少一訊號發射器；於管線中移動該感測裝置，藉由該感測裝置上的一磁力感測器，根據所接收該至少一訊號發射器的一磁力訊號，產生一磁力強度數據，並且藉由該感測裝置上的一三軸加速規與一三軸陀螺儀，產生一加速度數據與一角速度數據；根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據；根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的一相對坐標；根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程以及該相對坐標，計算一管線預測坐標以及一管線預測高程；該管線預測坐標及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【0006】在一實施例中，管線軌跡定位方法還包括預先測定磁力強度與管線距離之間的相關性的步驟。

【0007】在一實施例中，管線軌跡定位系統中的至少一訊號發射器發射週期性訊號。

【0008】本發明的另一目的係提供一種管線軌跡定位系統，包含：至少一訊號發射器；一感測裝置，包含：一三軸陀螺儀，用於測量該感測裝置移動時的角速度數據；一三軸加速規，用於測量該感測裝置移動時的加速度數據；以及一三軸磁力感測器，用於接收該至少一訊號發射器的磁力訊號，以產生一磁

力強度數據；以及一計算裝置，用於根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據，並根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的相對坐標；其中，該計算裝置該根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程及該相對坐標，計算出一管線預測坐標以及一管線預測高程，並根據該管線預測坐標以及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【圖式簡單說明】

【0009】 現在將僅以舉例的方式並參考附圖對本發明的實施例進行描述：

圖1是本發明之一種管線軌跡定位方法之流程圖；

圖2是本發明一實施例之管線軌跡定位系統之示意圖；

圖3是本發明一實施例之訊號發射器的結構示意圖；

圖4是本發明一實施例之感測裝置的結構示意圖；

圖5是本發明一實施例之管線軌跡定位方法之示意圖；以及

圖6是圖1之步驟S4之細部流程示意圖。

【實施方式】

【0010】 現在參考附圖說明本發明的許多可能應用和變化。附圖不一定按比例繪製，在某些情況下，附圖已簡化以僅供參考。

【0011】 本發明的管線軌跡定位方法透過一管線軌跡定位系統(如圖2所示)執行，管線軌跡定位系統10包含至少一訊號發射器11a、11b、11c、一感測裝置12及一計算裝置14。

【0012】參見圖1，圖1是本發明之一種管線軌跡定位方法之流程圖，如圖1所示，管線軌跡定位方法包含步驟S1至S6，首先是步驟S1，於地表設置至少一訊號發射器11a、11b、11c。訊號發射器11a、11b、11c藉由電力產生磁力訊號；接著是步驟S2，於管線中移動該感測裝置12，藉由該感測裝置12上的一磁力感測器45(如圖4所示)，根據所接收該至少一訊號發射器11a、11b、11c的一磁力訊號，產生一磁力強度數據，並且藉由該感測裝置12上的一三軸加速規44與一三軸陀螺儀43(如圖4所示)，產生一加速度數據與一角速度數據。感測裝置12在管線13中移動；接著是步驟S3，藉由計算裝置14，根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據；接著是步驟S4，藉由計算裝置14，根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器11a、11b、11c與該感測裝置12的一相對坐標；接著是步驟S5，藉由計算裝置14，根據該至少一訊號發射器11a、11b、11c的一絕對坐標、一高程以及該相對坐標，計算一管線預測坐標以及一管線預測高程；最後是步驟S6，藉由計算裝置14，根據該管線預測坐標及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【0013】在一實施例中，為了達成根據磁力強度數據計算出該相對坐標的步驟，管線軌跡定位方法還包括預先測定磁力強度與管線13距離之間的相關性的步驟(將於圖6說明)。

【0014】圖2是本發明一實施例之管線軌跡定位系統之示意圖；如圖2所示，該管線軌跡定位系統10包含至少一個訊號發射器，附圖中為三個(11a、11b及11c)、感測裝置12及計算裝置14，其中感測裝置12可於地下管線13中移動並接收訊號發射器發出的磁力訊號。計算裝置14可例如是一處理器或具備處理器的電子裝置，其可設置於感測裝置12、訊號發射器11a、11b、11c，或者其他處，

例如雲端伺服器。藉此，當感測裝置12在地下管線13中移動時，感測裝置12可接收訊號發射器11a、11b、11c的磁力訊號，多個訊號轉移至計算裝置14，而計算裝置14可根據感測裝置提供的訊號進行計算，最終可提供修正後的該線形軌跡數據。在一實施例中，計算裝置14可透過執行演算法的方式實現其計算的功能。

【0015】圖3是本發明一實施例之訊號發射器11a、11b、11c的結構示意圖；訊號發射器11a、11b、11c可包含一基座31，一電源供應器與戶外電源32，用於提供電力；一金屬線圈33，用於發出磁力訊號；一升壓轉換器34，連接該電源供應器及該金屬線圈，用於轉換該電力；一輸出繼電器35，連接該升壓轉換器34以及該金屬線圈33，用於提供一週期性訊號；以及一微控制器36，用於控制該升壓轉換器34及該輸出繼電器35。

【0016】在一實施例中，訊號發射器11a、11b、11c的訊號強度與該電源供應器32的輸出強度呈正向關係。

【0017】在一實施例中，訊號發射器11a、11b、11c的訊號強度與該金屬線圈33的線圈半徑以及圈數呈正向關係。

【0018】當地下管線位於較深的位置，可以透過加大電源輸出，或者使用較大半徑的金屬線圈33以產生更大的訊號強度，如此感測裝置12可得到較佳的訊噪比。

【0019】在一實施例中，訊號發射器11a、11b、11c發射週期性訊號，由於感測裝置12接收的訊號包含背景磁力訊號，例如：地磁，因此藉由設置訊號發射器11a、11b、11c，使其發出週期性訊號，如此感測裝置12接收到週期性訊號後再經過分析即可得到去除地磁干擾的訊號。

【0020】在一實施例中，金屬線圈33發出頻率為2赫茲的磁力訊號。

【0021】 在一實施例中，讓感測裝置12的步驟持續接收磁力五分鐘以確保取得的該磁力強度數據具有足夠的訊噪比。

【0022】 在一實施例中，根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器11a、11b、11c與該感測裝置12的相對坐標的步驟使用三角定位算法。

【0023】 在一實施例中，根據該至少一訊號發射器11a、11b、11c的坐標與高程以及該相對坐標，計算管線預測坐標以及管線預測高程的步驟可使用快速傅立葉變換演算法。

【0024】 在一實施例中，根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據的步驟可使用慣性導航法以產生線形資料。

【0025】 圖4是本發明一實施例之感測裝置12的結構示意圖；感測裝置12可包含：一三軸陀螺儀43，用於測量x、y及z軸向的角速度；一三軸加速規44，用於測量x、y及z軸向的加速度；一三軸磁力感測器45，用於測量x、y及z軸向的磁場強度；一電池41，用於提供電力；一儲存單元(例如記憶卡)46，用於儲存該三軸陀螺儀43、該三軸加速規44以及該磁力感測器45的資料；以及一處理器42，用於控制三軸陀螺儀43、三軸加速規44以及該三軸磁力感測器45的操作。

【0026】 圖6是圖1之管線軌跡定位方法之部流程示意圖，其中步驟S43可對應步驟S2，步驟S44可對應步驟S4，其餘步驟可不限於由計算裝置14執行。

【0027】 首先步驟S41被執行，測定距離與磁力強度之相關性，以得到距離-磁力強度關係式。接著步驟S42被執行，移動感測裝置12至距離每個訊號發射器11a、11b、11c的線圈的最近點(尋找管線13中距離每個訊號發射器11a、11b、11c之最近點)。接著步驟S43被執行，於不同線圈位置測量，以獲得多組距離R及磁

力強度M。接著步驟S44被執行，計算出感測裝置12於管線13處的位置與每個訊號發射器的相對坐標。

【0028】 在步驟S41中，由於管線13可能會具備不同的材質，因此必須先針對待進行定位的管線13的材料性質，以試驗的方式，觀測出管線13與其中一個訊號發射器在不同距離下所對應的磁力強度，進而找出該管線13與該訊號發射器的距離與磁力強度的相關性，以得到距離-磁力強度關係式。舉例來說，可將管線13放置於離訊號發射器不同距離的位置，且磁力感測器位於管線中距離訊號發射器最近的位置，且訊號發射器的線圈的軸線平行與管線13的方向(pipe axis)，此時磁力感測器位於線圈平面上，接著測量管線13在不同距離下所對應的磁力強度，進而取得各種距離與磁力強度的關係式，藉此可律定出各種距離與該磁力感測器的磁力強度的相關性。在一實施例中，可透過計算裝置14或其它方式找出管線13與該訊號發射器的距離與磁力強度之相關式： $M=f(R)$ ，如果為乘冪形式，則可為 $M = aR^b$ ，其中M為磁力強度，R為距離，a、b為迴歸係數。

【0029】 在步驟S42中，當磁力感測器越接近該訊號發射器的線圈時，觀測到的磁力強度會增加，反之則減少。因此可由此找出管線13相對於該訊號發射器的線圈的最近點。

【0030】 在步驟S43中，感測裝置12可在與每個訊號發射器的最近點進行磁力訊號的量測，藉此取得多組距離及磁力強度。

【0031】 更詳細地，在步驟S43中，磁力感測器固定管線13中的最近點上，在將線圈置於不同位置，例如間隔0.5m設置，並對不同位置的線圈進行量測。

【0032】 請參考圖5，圖5是本發明一實施例之管線軌跡定位方法之示意圖，磁力感測器量測線圈於不同位置上所對應的磁力強度，其中線圈置於垂直

管道走向的方向，也就是測線方向，線圈與測線上的參考位置的距離為 y_i ，在步驟S43中，沿測線方向設置多組線圈(如圖5的線圈1~線圈n)，並測量磁力強度，以獲得多組距離 R 以及對應的磁力強度 M 數據。

【0033】 在一實施例中，線圈設置數量可根據管線深度調整。

【0034】 在步驟S44中，計算裝置14可將步驟S43所取得的多組距離與磁力強度帶入步驟S41所取得的管線13與該訊號發射器的距離與磁力強度之相關式 $M=f(R)$ 進行計算，以找出多組相對坐標。

【0035】 更詳細地，在步驟S44中，解算地下管線相對於地表參考點(reference station)的相對坐標 (Z_0, y_0) ，其中， Z_0 為管線深度， y_0 為管線於水平面上距參考點之距離。將多組距離 y_i 與磁力強度 M_i 的量測數據，配合線圈半徑 R_c ，代入步驟S41律定獲得的距離與磁力強度之相關式 $M=f(R)$ ，例如若為乘幂形式 $(M = aR^b)$ ，則可寫成 $M'_i = a \times ((y_i - y_0)^2 + (z_0 + R_c)^2)^{b/2}$ ，其中 (Z_0, y_0) 為欲求的未知數。在一實施例中，可使用任意的數值方法(例如蒙地卡羅法、基因演算法等)搭配最小平方差法，即可解出最佳的 (Z_0, y_0) 解使得殘差出現最小值，即 $M_i - M'_i \approx 0$ ，藉此可取得相對坐標。以此方法取得管線13相對於地表參考點的相對高程差 Z_0 與管線13於水平面上距參考點之距離 y_0 後(即取得相對坐標後)，搭配使用EGNSS或水準測量對地表參考點所量測的世界坐標(例如台灣二度分帶坐標或經緯度)與水準高程後，即可推得管線13距離參考點最近點的世界坐標與水準高程。

【0036】

【0037】 當步驟S44完成後，即可取得管線13對應每個訊號發射器的坐標(世界坐標或實際坐標)、高程以及相對坐標。接著，計算裝置14利用該坐標、該

高程及該相對坐標來修正步驟S3所取得的線形軌跡數據。修正的方式可例如，步驟S3所取得的線形軌跡數據中，將原本管線13距離參考點最近點預測坐標，強制調整成步驟S44所取得的修正後的坐標，進一步的，因步驟S44可於一條管線的不同區段進行預測，故可將S3所取得的線形軌跡數據中各個距離參考點最近的位置，強制調整置各次步驟S44所取得的修正後的坐標，而各個參考點間的軌跡，仍使用原本S3所取得的線形軌跡。

【0038】 在一實施例中，感測裝置設置結合一管線清潔頭，當該管線清潔頭前進時推進該感測裝置移動。

【0039】 上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

【符號說明】

【0040】

10	管線軌跡定位系統
11a、11b、11c	訊號發射器
12	感測裝置
13	地下管線
14	計算裝置
31	基座
32	電源供應器與戶外電源
33	金屬線圈
34	升壓轉換器

35	輸出繼電器
36	微控制器
41	電池
42	處理器
43	三軸陀螺儀
44	三軸加速規
45	磁力感測器
46	儲存單元
S1~S6	步驟
S41~S44	步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種管線軌跡定位方法，透過一管線軌跡定位系統執行，該管線軌跡定位系統包含一訊號發射器、一感測裝置及一計算裝置，其中該方法包含步驟：

於地表設置至少一訊號發射器；

移動該感測裝置，藉由該感測裝置上的一三軸磁力感測器，根據所接收該至少一訊號發射器的一磁力訊號，產生一磁力強度數據，並且藉由該感測裝置上的一三軸加速規與一三軸陀螺儀，產生一加速度數據與一角速度數據；

根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據；

根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的一相對坐標；

根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程以及該相對坐標，計算一管線預測坐標以及一管線預測高程；

根據該管線預測坐標及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【請求項2】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，還包括預先測定磁力強度與管線距離之間的相關性的步驟。

【請求項3】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中該至少一訊號發射器發射週期性訊號。

【請求項4】 如請求項3所述的管線軌跡定位方法，其中該至少一訊號發射器包含一金屬線圈，發出介於1Hz至8Hz之間的磁力訊號。

【請求項5】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中讓該感測裝置持續接收磁力4至6分鐘之間以確保取得的該磁力強度數據具有足夠的訊噪比。

【請求項6】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的該相對坐標的步驟使用三角定位算法。

【請求項7】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中根據該至少一訊號發射器的該絕對坐標、該高程以及該相對坐標，計算該管線預測坐標以及該管線預測高程的步驟使用快速傅立葉變換演算法。

【請求項8】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中根據該加速度數據與該角速度數據產生該線形軌跡數據的步驟使用慣性導航法。

【請求項9】 如請求項1所述的管線軌跡定位方法，其中該感測裝置設置結合一管線清潔頭，當該管線清潔頭前進時推進該感測裝置移動。

【請求項10】 一種管線軌跡定位系統，包含：
至少一訊號發射器；

一感測裝置，包含：

一三軸陀螺儀，用於測量該感測裝置移動時的角速度數據；

一三軸加速規，用於測量該感測裝置移動時的加速度數據；以及

一三軸磁力感測器，用於接收該至少一訊號發射器的磁力訊號，

以產生一磁力強度數據；以及

一計算裝置，用於根據該加速度數據與該角速度數據產生一線形軌跡數據，並根據該磁力強度數據計算該至少一訊號發射器與該感測裝置的相對坐標；

其中，該計算裝置該根據該至少一訊號發射器的一絕對坐標、一高程及該相對坐標，計算出一管線預測坐標以及一管線預測高程，並根據該管線預測坐標以及該管線預測高程修正該線形軌跡數據。

【發明圖式】

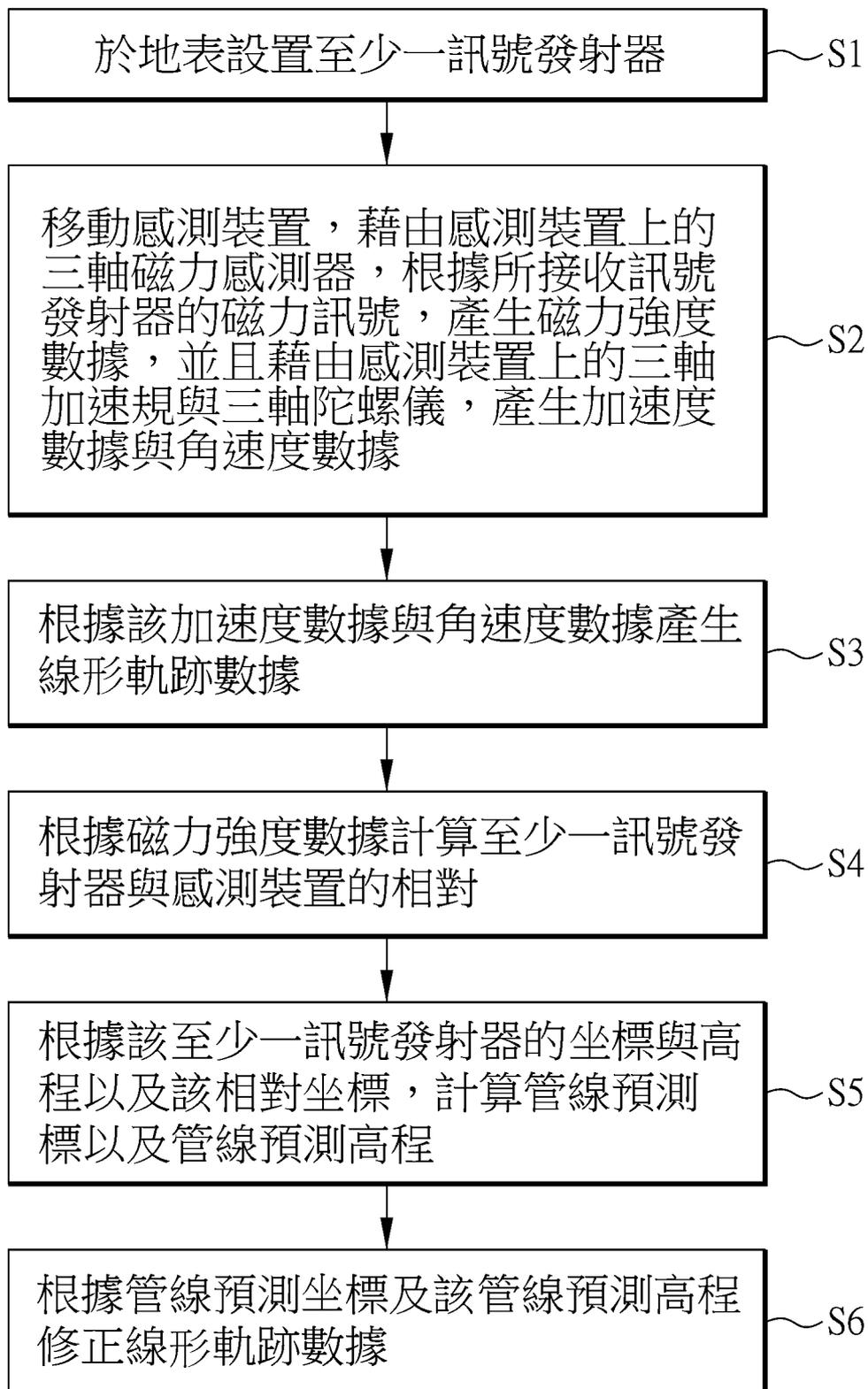


圖1

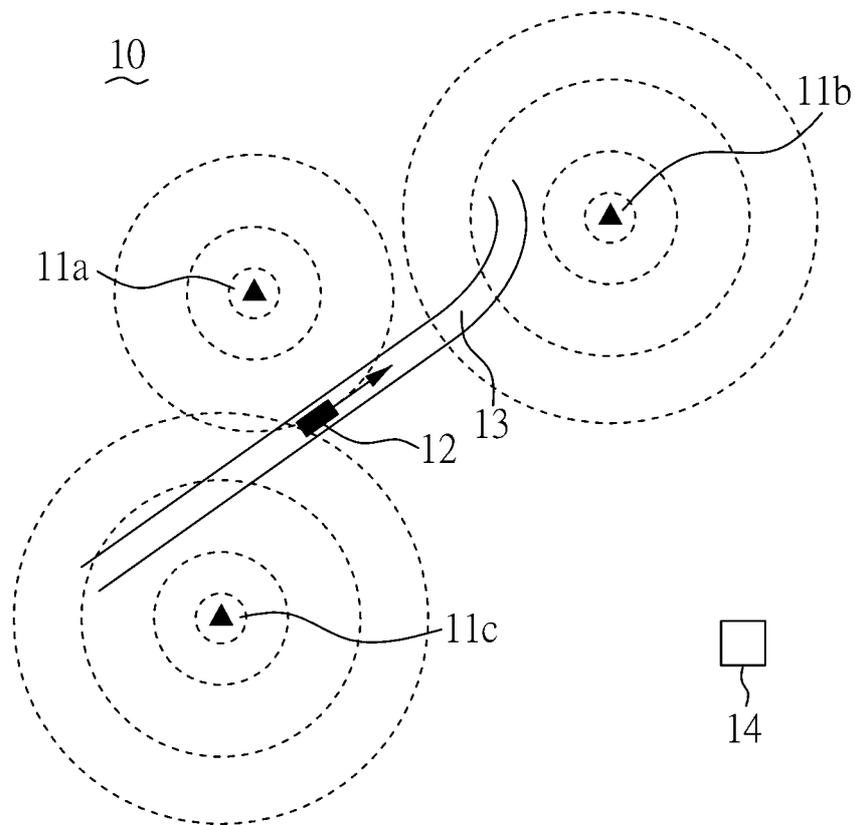


圖2

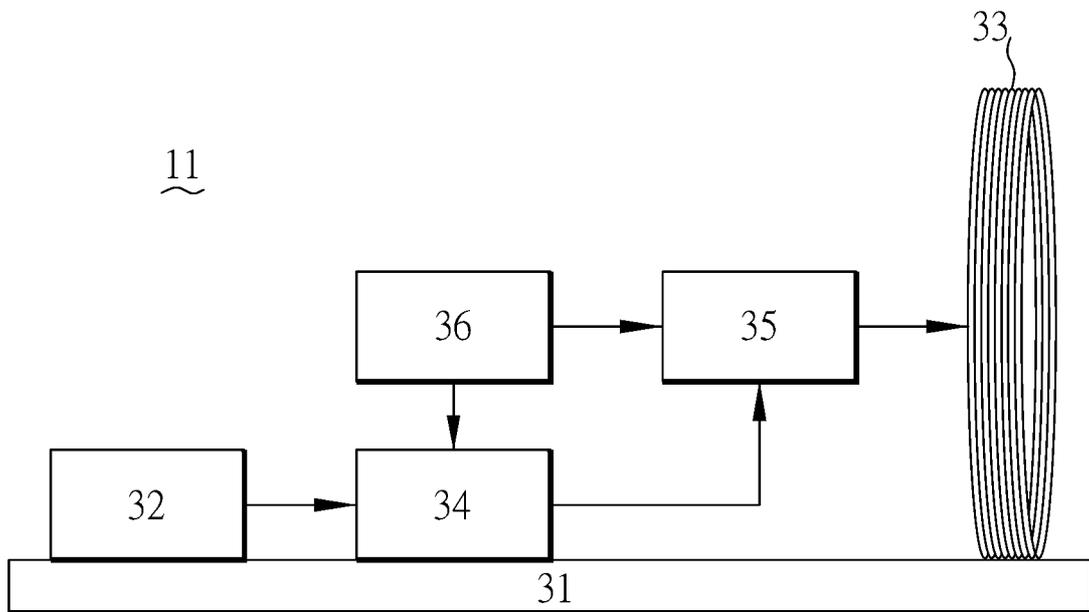


圖3

12

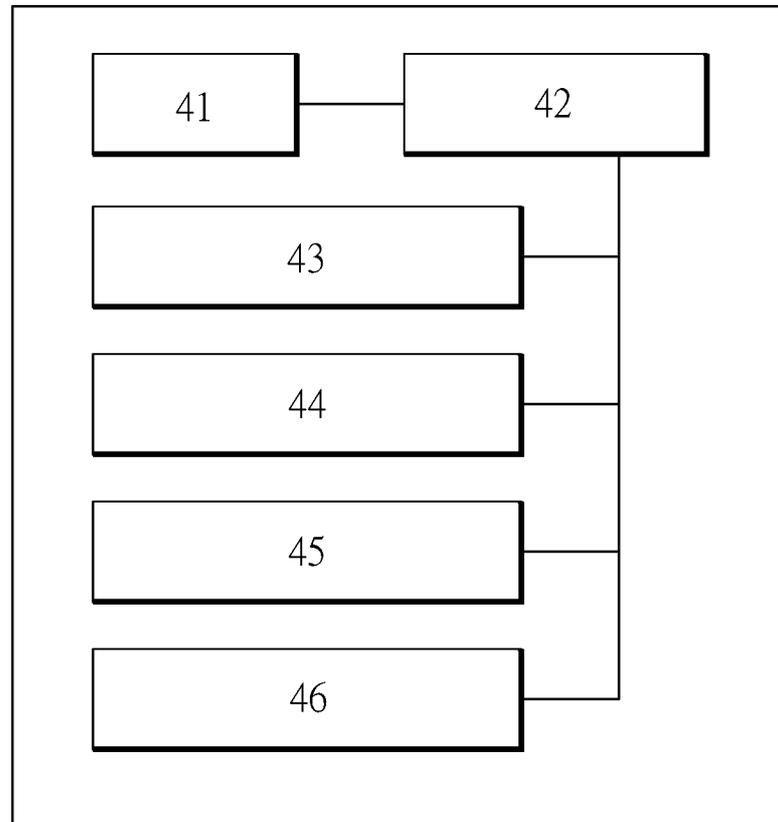


圖4

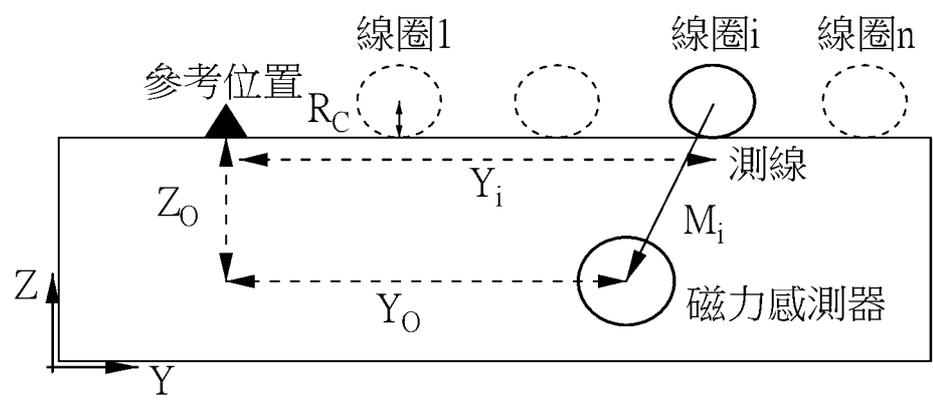


圖5

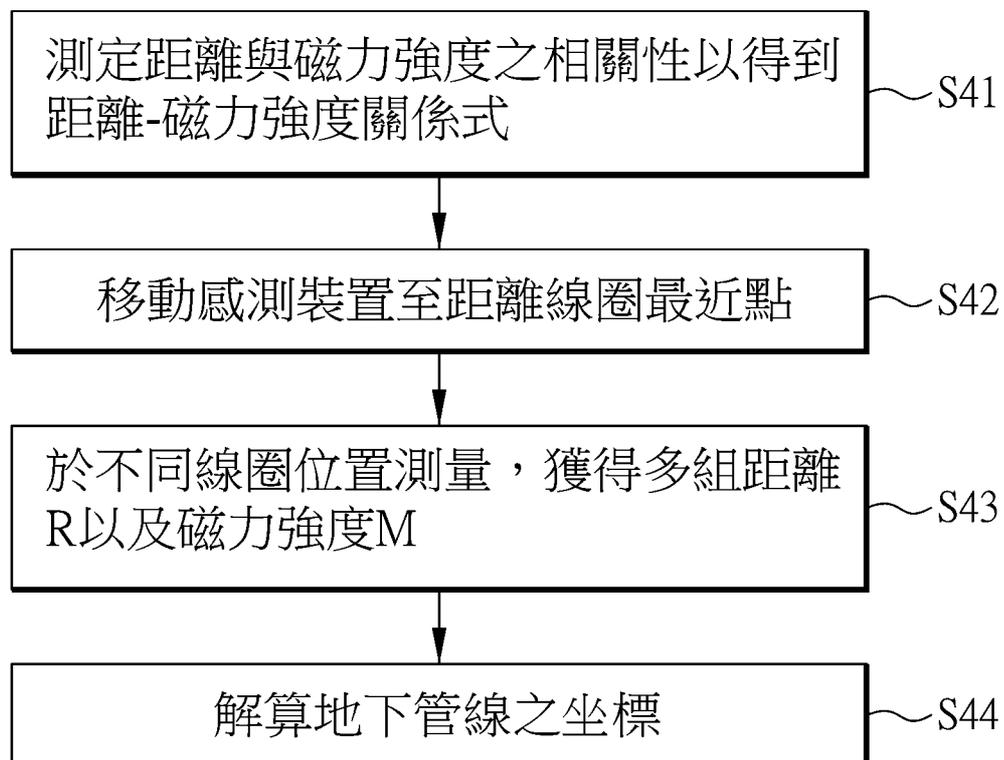


圖6