



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I585332 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：103131050

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 09 日

(51)Int. Cl.：

*F17C13/02 (2006.01)**G01F1/86 (2006.01)**G01G17/04 (2006.01)**G01N9/00 (2006.01)*

(30)優先權：2013/09/13

歐洲專利局

13184383.1

(71)申請人：氣體產品及化學品股份公司(美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (US)
美國(72)發明人：貝倫斯 馬賽爾 BEHRENS, MARCEL (NL)；彭伯頓 加雷思 羅斯 PEMBERTON,
GARETH ROSS (GB)

(74)代理人：陳展俊；林聖富

(56)參考文獻：

TW 201229513A

DE 102005004319A1

審查人員：吳建裕

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：13 共 59 頁

(54)名稱

用於監測一氣瓶內可使用的資源之方法及設備

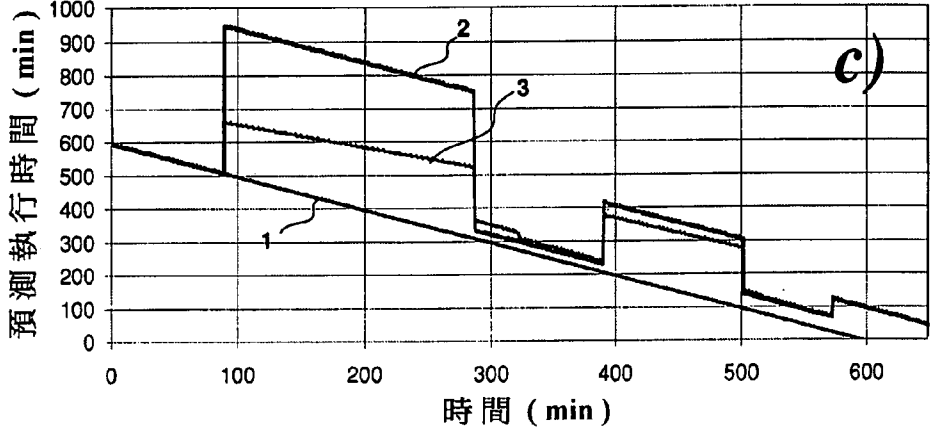
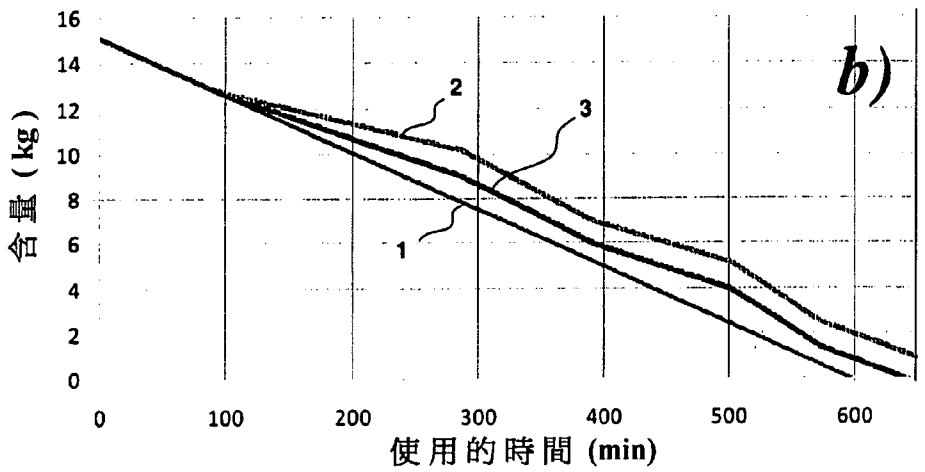
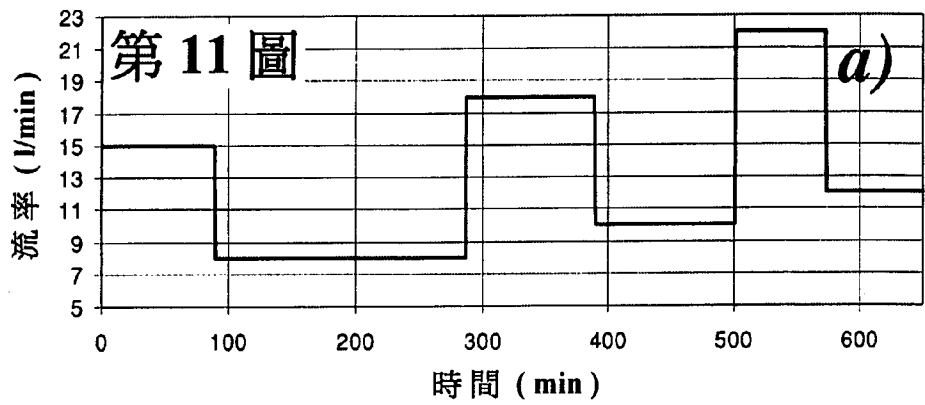
METHOD OF, AND APPARATUS FOR, MONITORING THE AVAILABLE RESOURCES OF A GAS CYLINDER

(57)摘要

本發明提供一種用於決定從具有固定內部容積的氣瓶及閥組零件的預測氣體使用量的方法。該方法包含下列步驟：使用感測器組零件進行決定在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、進行決定在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及進行決定在時間 t 直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間，該剩餘時間是根據在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及選自取決於在時間 t 在氣瓶中剩餘氣體的比例的預定比例因數所決定。藉由提供如此的方法，該平均流率是根據先前測量，且此是與一取決於在氣瓶中的剩餘氣體量的因數組合所決定。如此的方法可更準確決定氣瓶的耗盡時間。

There is provided a method of determining the predicted usage of gas from a gas cylinder and valve assembly having a fixed internal volume. The method comprises determining, using a sensor assembly, the mass of gas in the gas cylinder at a time t , determining, at time t , the average flow rate of gas from the gas cylinder; and determining, at time t , the time remaining until the quantity of gas in the gas cylinder reaches a predetermined level, the time remaining being determined from the mass of gas in the gas cylinder at time t , the average flow rate of gas from the gas cylinder at time t , and a predetermined scaling factor selected in dependence upon the proportion of gas remaining in the gas cylinder at time t . By providing such a method, the average flow rate is determined based on previous measurements, and this is combined with a factor dependent upon the amount of gas remaining in the gas cylinder. Such a method enables a more accurate determination of the time to run out of the gas cylinder.

指定代表圖：



發明摘要

※ 申請案號：| 03131050

※ 申請日： 103. 9. 09

※IPC 分類：

F17C13/02 (2006.01)
G01F1/86 (2006.01)
G01G17/04 (2006.01)
G01N9/00 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於監測一氣瓶內可使用的資源之方法及設備

Method of, and Apparatus for, Monitoring the Available Resources of a
Gas Cylinder

【中文】

本發明提供一種用於決定從具有固定內部容積的氣瓶及閥組合件的預測氣體使用量的方法。該方法包含下列步驟：使用感測器組合件進行決定在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、進行決定在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及進行決定在時間 t 直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間，該剩餘時間是根據在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及選自取決於在時間 t 在氣瓶中剩餘氣體的比例的預定比例因數所決定。藉由提供如此的方法，該平均流率是根據先前測量，且此是與一取決於在氣瓶中的剩餘氣體量的因數組合所決定。如此的方法可更準確決定氣瓶的耗盡時間。

【英文】

There is provided a method of determining the predicted usage of gas from a gas cylinder and valve assembly having a fixed internal volume. The method comprises determining, using a sensor assembly, the mass of gas in the gas cylinder at a time t , determining, at time t , the average flow rate of gas from the gas cylinder; and determining, at time t , the time remaining until the quantity of gas in the gas cylinder reaches a predetermined level, the time remaining being determined from the mass of gas in the gas cylinder at time t , the average flow rate of gas from the gas cylinder at time t , and a predetermined scaling factor selected in dependence upon the proportion of gas remaining in the gas cylinder at time t . By providing such a method, the average flow rate is determined based on previous measurements, and this is combined with a factor dependent upon the amount of gas remaining in the gas cylinder. Such a method enables a more accurate determination of the time to run out of the gas cylinder.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 11 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

【無】

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

【無】

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

用於監測一氣瓶內可使用的資源之方法及設備

Method of, and Apparatus for, Monitoring the Available
Resources of a Gas Cylinder

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種用於決定從具有固定內部容積的氣瓶及閥組合件的預測氣體使用量(predicted usage of gas)的方法。更具體而言，本發明關於一種用於決定從氣瓶的預測氣體使用量的方法，該方法是使用浸沒於氣瓶內的氣體的壓電振盪器(piezoelectric oscillator)。

【先前技術】

【0002】 壓縮氣體瓶是一種耐壓容器，其設計成可容納在高壓下，亦即，在顯著地大於大氣壓力的壓力下的氣體。壓縮氣體瓶是使用於廣泛範圍的市場，從低成本的一般工業市場、醫療市場到較高成本的應用，例如使用高純度腐蝕性、毒性或自燃性(pyrophoric)特用氣體的電子設備製造。一般而言，耐壓氣體容器是由鋼、鋁或複合材料所構成，且能儲存經壓縮、液化、或溶解的氣體，具有最大充填壓力對於大多數氣體為高達 450 bar g (bar g 是高於大氣壓力的壓力的量度(單位為 bar))，而對於例如氫氣及氮氣等氣體則為高達 900 bar g。

【發明內容】

〔所欲解決的技術問題〕

【0003】 本發明是特別適用於永久氣體(permanent gas)。永久氣體是無法僅藉由壓力來加以液化的氣體，例如可在壓力為高達 450 bar g 的氣瓶中來供應。其實例為氬氣及氮氣。然而，並不限於此，且術語「氣體」是可視為涵蓋較廣泛範圍的氣體，例如永久氣體及液化氣體的蒸氣兩者。在壓縮氣體瓶中，液化氣體的蒸氣是存在於液體的上方。當彼等被壓縮以充填入氣瓶而在壓力下液化的氣體並非為永久氣體，而其可更準確地敘述為在壓力下的液化氣體、或為液化氣體的蒸氣。關於一實例，一氧化二氮(笑氣: nitrous oxide)是在氣瓶中以液態來供應，具有在 15 °C 為 44.4 bar g 的平衡蒸氣壓。由於此等蒸氣可藉由在周圍條件的壓力或溫度下而加以液化，因此彼等並非為永久或真實氣體(true gas)。

【0004】 在許多情況，需要監測一特定氣瓶或耐壓容器的含量以決定剩餘氣體的數量。此在例如衛生保健應用的情況是特別重要的關鍵因素。

【0005】 從在氣瓶內的氣體壓力的知識，根據氣體定律可計算得在氣瓶中含量的變異是眾所皆知。壓力測量是眾所皆知的技藝，且有各種各樣具有測量壓力功能的裝置。最傳統的類型是使用一種配備有應變計元件(strain gauge elements)的彈性膜片(elastic diaphragm)。然而，雖然目前已製出一最低成本的壓力感測器，此等感測器是具有尺寸較大

的傾向，且具有雖然可藉由量產光刻方法(photolithographic method)來製造的機械結構，但是仍然相對地複雜且昂貴。彼等也具有某些程度的易碎性，且在彼等可被使用前是需要校準(calibration)及溫度補償(temperature compensation)。

【0006】 一種習知的裝置是揭示於歐洲專利第 EP 2 458 344 號，其是關於使用配置成可測量氣瓶的質量含量的壓電晶體振盪器(piezoelectric crystal oscillator)來測量氣瓶的真正含量。一般而言，簡單的測量隨著時間過去的質量含量的變化是可用於提供氣瓶可繼續供應特定流率的時間的指示(indication)。

【0007】 然而，一般而言，如此的近似法(approximation)對於大多數的應用是不夠準確。考慮例如用於 MIG/MAG (金屬惰性氣體/金屬活性氣體：Metal Inert Gas/Metal Active Gas) 及 TIG (鎢惰性氣體：Tungsten Inert Gas) 焊接應用的遮護氣體流(shielding gas flow)。類似的情況可充分同等地應用到其他藉由高壓氣瓶所供應的氣體應用，例如在食品的調氣包裝 (MAP: Modified Atmosphere Packaging) 及飲料分配系統(beverage dispense systems)。

【0008】 儲存在極其高壓下的氣體不會遵循理想氣體定律，為了決定含量。則必須考慮到氣體的可壓縮性(compressibility)及周圍溫度的效應。因此，從壓力及流率的使用時間(usage time)的基本計算，將無法對使用者提供準確且可靠的答案。

【0009】 此外，當將氣體加以混合時，雖然成份是添

加且加以混合，彼等的可壓縮性及對於溫度變異的響應會隨著混合物的分子量變化而改變。

【0010】 除此以外，高壓氣瓶的使用需要調節器以減少壓力至接近應用的使用壓力，例如正好高於焊接用的大氣壓力。調節器的使用決定每一次氣瓶流動的氣體被使用者經歷到氣體突波(surge of gas)。

【0011】 第 1 圖展示一種用於 MIG/MAG (金屬惰性氣體/金屬活性氣體) 焊接的傳統的裝置。氣瓶 10 儲存在高壓(例如 200 至 300 bar) 下的氣體。該氣瓶 10 具有氣瓶本體 12，其包含一般為具有平坦底座的圓筒形容器，且配置成可使得氣瓶 10 能未經支撐而站立於平坦表面上。

【0012】 氣瓶本體 12 是由鋼、鋁及/或複合物材料所構成，且使其適配且配置成可承受由於儲存高壓氣體而造成顯著的內部壓力。

【0013】 氣瓶 10 的下游是設置有初級調節器(primary regulator) 14，該初級調節器 14 包含採用反饋機構(feedback mechanism)的控制閥，使得在初級調節器 14 的下游處可維持恆定壓力。安全釋放閥(safety relief valve) 16 是配置在壓力調節器 14 的下游。調節器 14 供應在固定壓力的氣體至與其連接的 MIG/MAG (金屬惰性氣體/金屬活性氣體) 焊接設備 18。

【0014】 流率通常是藉由限制氣體流，典型為經由閥或孔(orifices)來加以控制。氣體流是可藉由控制橫過(across)固定孔尺寸的上游壓力精確地加以計量，該固定孔尺寸的下流壓力是實質地低於上游壓力。

【0015】 考慮例如焊接應用設備，如第 1 圖所示。在如此的組件中，通過軟管及在焊接機中的管道(pipework)而導致焊接氣炬(welding torch)的壓力是顯著地低於在氣瓶中的上游壓力。因此，在如此的情況下，設置在接近壓力源的孔可作用如同主要限制，而流率是以孔的正好上游的壓力來加以決定。

【0016】 然而，若流動(flow)在軟管及管道的末端是藉由例如連結至焊接電弧控制(weld arc control)的電磁線圈開/關閥(solenoid on/off valve)而被停止，則在系統中孔的下游的壓力將會上升，直到其等於上游壓力為止。此在流動（動態）與靜態狀況間的系統壓力的上升會造成非所欲的效應。

【0017】 在使用時，上述問題結合在一起，結果產生所謂的「突波(surge)」行為。突波是當氣體從靜態轉變成流動狀況，例如當最終關閉閥被打開時所發生的現象。

【0018】 在打開閥時，介於首先起始氣體流與達到穩定狀態條件間有過渡時間。在此期間，在應用設備中的壓力則從在儲存時的靜態壓力（其等於上游壓力）降低至接近大氣壓力的大幅度降低的水準。由於此壓力梯度(pressure gradient)，短暫的(for a brief)流率將變得較高，導致比可能需要較高的氣體使用量，但是值得注意的時間量。

【0019】 此外，另一因素是作業負載循環(operational duty cycle)（亦即，氣體流動的時間相對於氣體供應被關閉的時間）也會影響到突波量(surge volume)。快速開/關循環(rapid on/off cycling)，例如在定位點焊接應用(tack welding

application)所需要的關閉時間的比例可為類似於「打開」時間的比例，結果導致顯著的突波問題。

【0020】 第 2 圖是圖解說明此現象的曲線圖。從此圖可觀察到在負載循環(duty cycle)中在流動被停止前，流率從未安定成穩定狀態、恆定流量狀況（例如當閥總是打開時）。可觀看到該突波會造成短暫地放出比所需要較大的氣體量。因為在含量及流量的簡單計算中並未考慮到該突波現象，因此其會導致簡單的外插法執行時間計(simple extrapolation time meter)出現非常(grossly)超過的讀數(over-read)。

【0021】 突波僅是非線性氣體流動行為的一實例，其會造成直接了當的執行時間計算變成非常不準確。然而，許多其他的問題也會造成氣體流量耗盡時間(time to run out)的測量不準確。對於許多應用而言，例如醫療保健用途，如此的誤差可能完全無法接受，且有潛在性的危害。

【0022】 總結而言，簡單的計算以預測氣瓶剩餘的時間是無法使用於關鍵性應用。對於高品質的檢查而言，該時間也無法驗證已在使用中的氣瓶的使用率(流率(flow-rate))。

【0023】 因此，習知的測量裝置遭受的技術性問題是彼等無法提供剩餘時間(time remaining)的準確測量，直到氣瓶的含量已使用或達到臨界的低水準。

〔解決問題的技術方法〕

【0024】 根據本發明的第一特點，提供一種用於決定從氣瓶及閥組合併件(gas cylinder and valve assembly)的預測氣

體使用量的方法，其使用具有氣體感測器(gas sensor)的感測器組合件(sensor assembly)，該方法包括下列步驟：a) 使用氣體感測器進行決定在時間 t 在氣瓶內的氣體質量、b) 進行決定在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及 c) 在時間 t ，進行決定直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間，該剩餘時間是根據在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及選自取決於在時間 t 在氣瓶中剩餘氣體的比例(proportion of gas remaining)的預定比例因數(predetermined scaling factor)所決定。

【0025】 藉由提供如此的方法，該平均流率是根據先前測量(previous measurements)，且此是與一取決於在氣瓶中的剩餘氣體量(amount of gas remaining)的因數(factor)組合所決定。如此的方法可更準確決定氣瓶的耗盡時間。

【0026】 在一具體實例中，該氣體感測器包含浸沒於氣瓶內的氣體中的壓電振盪器，且該感測器組合件包含用於驅動壓電振盪器的驅動電路(drive circuit)，以及步驟 a) 包含下列步驟：d) 藉由驅動電路進行驅動壓電振盪器使得壓電振盪器在共振頻率(resonant frequency)共振(resonates)、及 e) 進行測量在時間 t 的壓電振盪器的共振頻率、及 f) 根據該共振頻率進行決定在時間 t 在氣瓶內的氣體質量。

【0027】 在一具體實例中，步驟 b) 包含根據下列任一者進行決定平均氣體流率：

- g) n 個氣體流率的先前測量，其中 $n > 1$ ，或
- h) 若氣體流率的先前測量為少於 n 個時，則使用預定的起

始流率。

【0028】 在一具體實例中，該氣體流率的先前測量各自是從在第一時間的壓電振盪器的共振頻率、與在較早的第二時間的壓電振盪器的共振頻率間的差異計算得。

【0029】 在一具體實例中，該方法在步驟 a) 之前，進一步包含下列步驟： i) 當氣瓶為全滿(full)時進行決定在氣瓶中的氣體質量，及其中步驟 c) 進一步包含下列步驟： j) 根據當全滿時在氣瓶中的氣體質量、及在時間 t 在氣瓶中的氣體質量進行決定在時間 t 在氣瓶中的剩餘氣體的比例。

【0030】 在一具體實例中，該預定比例因數是選自查找表(look up table)中。

【0031】 在一具體實例中，該直到預定量的氣體剩餘在氣瓶中為止的剩餘時間是根據取決於恆定基準流率(constant base flow rate)的第一函數(first function)、及根據平均氣體流率的第二函數(second function)來計算得。

【0032】 在一具體實例中，該恆定基準流率包含預定的固定值。

【0033】 在一具體實例中，該恆定基準流率是選自儲存在查找表中的複數個恆定基準流率。

【0034】 在一具體實例中，該方法進一步包含下列步驟：

k) 根據實際流率的測量，進行更新恆定基準流率。

【0035】 在一具體實例中，在步驟 k) 的該更新是在每 l 次流率的測量時進行。

【0036】 在一具體實例中， l 為在 5 至 15 的範圍。

【0037】 在一具體實例中，在計算時，該第一函數與第二函數的相對比例是取決於預定比例因數。

【0038】 在一具體實例中，在氣瓶中該氣體量的預定水準是實質地為零。

【0039】 在一具體實例中，在氣瓶中該氣體量的預定水準約為當氣瓶為全滿時在氣瓶中氣體量的 10%。

【0040】 根據本發明的一特點，提供一種感測器組套件，其包含處理器及氣體感測器，該氣體感測器在使用時配置成與來自氣瓶的氣體接觸，該感測器組套件是構成為可使用氣體感測器來決定在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、可決定在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及可決定在時間 t 直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間，該處理器是可操作以根據在氣瓶中的氣體質量、在時間 t 從氣瓶的平均氣體流率、及選自取決於在時間 t 在氣瓶中剩餘氣體的比例的預定比例因數來決定在時間 t 的剩餘時間。

【0041】 在一具體實例中，該氣體感測器包含壓電振盪器，該感測器組套件包含用於在共振頻率驅動壓電振盪器的驅動電路。

【0042】 根據本發明的第二特點，提供一種感測器組套件，其包含處理器及氣體感測器，該感測器組套件是構成為可執行第一特點的步驟。

【0043】 在一具體實例中，該氣體感測器包含浸沒於氣瓶內的氣體中的壓電振盪器，且該感測器組套件進一步包

含用於在共振頻率驅動壓電振盪器的驅動電路。

【0044】 根據本發明的第二特點，提供一種感測器組套件，其包含處理器、浸沒於氣瓶內的氣體中的壓電振盪器、及用於在共振頻率驅動壓電振盪器的驅動電路，該處理器是構成爲可執行第一特點的步驟。

【0045】 在一具體實例中，該感測器組套件進一步包含顯示器(display)，其配置成設置在氣瓶及閥組套件上。

【0046】 在一具體實例中，該感測器組套件進一步包含無線通訊裝置，其用於與外部電子裝置進行通訊。

【0047】 根據本發明的第三特點，提供一種氣瓶及閥組件(gas cylinder and valve arrangement)，其包含第二特點的感測器組套件。

【0048】 根據本發明的第四特點，提供一種可藉由可程式化處理設備來執行的電腦程式產品，其具有一種或以上用於實施如第一特點所述的步驟的軟體部。

【0049】 根據本發明的第五特點，提供一種可使用於電腦的儲存媒體，其具有根據第四特點而儲存於其中的電腦程式產品。

【圖式簡單說明】

【0050】 本發明的具體實例將參照附加的圖式詳細地加以說明，其中，

第 1 圖是附接於 MIG/MAG (金屬惰性氣體/金屬活性氣體) 焊接系統的氣瓶組套件(gas cylinder assembly)的示意圖

(schematic diagram) ;

第 2 圖是展示在類似於第 1 圖的系統中突波的問題圖 ;

第 3 圖是展示根據本發明的一具體實例的氣瓶組合件的上部部份、感測器組合件及數據模組的示意圖 ;

第 4 圖是使用於第 3 圖的感測器組合件的驅動電路的示意圖 ;

第 5 圖展示關於數種不同的氣體的石英晶體頻率(quartz crystal frequency) (kHz) (在 Y-軸) 作為密度 (kg/m^3) 的函數圖 ;

第 6 圖展示關於氬氣、氧氣及一種含有氬氣：二氧化碳的混合物的氣體質量 (kg) (在 Y-軸) 作為壓力 (bar g) (在 X-軸) 的函數圖 ;

第 7 圖展示關於如第 6 圖所展示三種氣體 (氬氣、氧氣及一種含有氬氣：二氧化碳的混合物) 的氣體質量 (kg) (在 Y-軸) 作為密度 (kg/m^3) (在 X-軸) 的函數圖 ;

第 8 圖展示關於從 50 公升氣瓶在 100 bar g 的壓力下以 12 l/min 的流率的頻率 (kHz) (在 Y-軸) 作為時間 (min) (在 X-軸) 的函數圖 ;

第 9 圖展示關於 50 公升氣瓶在 100 bar g 的壓力下所計算得流率 (l/min) (在 Y-軸) 作為時間 (min) (在 X-軸) 的函數圖 ;

第 10 圖展示關於典型的氣瓶的頻率 (kHz) (在 Y-軸) 作為氣瓶質量 (kg) (在 X-軸) 的函數圖 ;

第 11a 圖展示使用 15 l/min 的初始流率時，圖解說明流

率的實例數據 (l/min) 作為時間 (min) 的函數圖；

第 11b 圖展示根據展示於第 11a 圖的實例流率，採用直線預測 (for a straight-line prediction)，且使用根據本發明的方法的實際測量及預測測量所獲得的氣瓶含量作為時間 (min) 的函數圖；

第 11c 圖展示根據展示於第 11a 圖的實例流率，採用直線預測，且使用根據本發明的方法的瞬間流率測量 (instantaneous flow rate measurement) 及預測測量所獲得從氣瓶的預測執行時間 (predicted time to run) (min) 作為時間 (min) 的函數圖；

第 12a 圖展示使用 18 l/min 的初始流率時，圖解說明流率的實例數據 (l/min) 作為時間 (min) 的函數圖；

第 12b 圖展示根據展示於第 12a 圖的實例流率，採用直線預測，且使用根據本發明的方法的實際測量及預測測量所獲得的氣瓶含量作為時間 (min) 的函數圖；

第 12c 圖展示根據展示於第 12a 圖的實例流率，採用直線預測，且使用根據本發明的方法的瞬間流率測量及預測測量所獲得的從氣瓶的預測執行時間 (min) 作為時間 (min) 的函數圖；及

第 13 圖是以圖解說明根據所揭述具體實例的方法的流程圖 (flow chart)。

【實施方式】

〔本發明的最佳實施方式〕

【0051】 本發明提供一種用於預測從氣瓶的執行時間(time to run)的感測裝置(sensor arrangement)及其方法。適合使用於本發明的氣瓶組件(gas cylinder arrangement)現在將加以敘述。

【0052】 氣瓶組合作件 10 包含氣瓶 12，如相關於第 1 圖的實例所敘述者。該氣瓶 12 具有由鋼、鋁及/或複合材料所構成的本體(body) 102，且使其適配且配置成可承受高達大約 900 bar g 的內部壓力。開口(aperture) 104 是設置在氣瓶本體 102 在底座的對面側的近端(proximal end)，且具有螺紋（未展示）以使其適配接到閥及調節器組合作件(valve and regulator assembly) 14。

【0053】 氣瓶本體 102 及閥及調節器組合作件 14 定義一具有內部容積 V 的耐壓容器（在此具體實例中，呈氣瓶 12 的形態）。內部容積 V 是固定。此是意謂氣瓶 12 的結構是使得其內部容積 V （且同時，在其中所容納的氣體容積）可假設在使用、儲存時或在取決於環境條件例如溫度、壓力或濕度而並不會顯著地變化。氣瓶 12 的內部容積 V 是意謂包括在氣瓶本體 102 及閥及調節器組合作件 14 的整體容積。換句話說，內部容積 V 是在氣體保持在壓力下的氣瓶組合作件 10 內的全部內部容積。

【0054】 任何適當的流體皆可容納在氣瓶組合作件 10 內。然而，本具體實例是關於不含雜質例如粉塵及/或水份的純化永久氣體（但是並不限於此）。此等氣體的非限制性實例可為：氧氣、氮氣、氫氣、氬氣、氦氣、甲烷、三氟化

氮、一氧化碳、氮氣或氦氣。

【0055】 閥及調節器組合作件 14 包含一包括整合型壓力調節器及可充填氣瓶的充填口(fill port)在內的外罩(housing) 106。適當的調節器的非限制性實例可為單或雙隔膜板式調節器。然而，熟習此項技藝者應該可容易地瞭解可使用於本發明的變異例。

【0056】 閥及調節器組合作件 14 是可操作以承接來自氣瓶 12 的內部在全滿氣瓶壓力（例如，100 bar）下的氣體，但是可供應在實質地恆定的固定低壓（例如，5 bar）下的氣體至出口(outlet)。此是藉由反饋機構來達成，藉此連接至隔膜板(diaphragm)的提動閥是可操作以朝向及遠離閥座(valve seat)而平移(translate)。閥的下游的氣體壓力是可操作以與彈簧的偏置力(biasing force)成對立的狀態作用在隔膜板上。

【0057】 可把持的手柄(graspable handle) 108 是配置成使得使用者可調整彈簧的偏置力，藉此以移動隔膜板的位置，結果，可調整在提動閥與閥座間的平衡間距(equilibrium spacing)。此使其可調整開口的尺寸，使得從出口的高壓氣體流可通過，藉此允許輸出壓力可加以設定。

【0058】 通孔(through-hole) 110 是形成在外罩 108 中。該通孔 110 是藉由可使得元件（例如電線）從氣瓶 12 的外部饋入(fed through)至氣瓶 12 的內部的饋通(feed-through) 112 而加以封閉。該饋通 112 作用如同一維持氣瓶 12 的完整性的高壓密封。

【0059】 配備有保護罩本體(guard body) 114。該保護

罩本體 114 包含連接至閥及調節器組套件 14 的蛤殼構造 (clamshell structure)。保護罩本體 114 在使用時是配置成圍繞閥及調節器組套件 14。該保護罩本體 114 是實質的橢圓形且具有圓形截面。在保護罩本體 114 的構造內可構成由一個或更多的輸入輸出埠 (access ports) 而成的裝置 (provision)。此等輸入輸出埠可包括例如顯示器 (稍後敘述)、或對出口或充填口提供輸入輸出 (access)、或可把持的手柄 108，使其可操作且選擇氣體的分配模式或壓力。

【0060】 保護罩本體 114 是配置成圍繞閥及調節器組套件 14，且對於閥 16 及相關的元件提供包括在構造上及在環境上兩者的保護。換句話說，保護罩本體 114 構成閥及調節器組套件 14 的外罩或覆蓋 (cover)。因此，該保護罩本體 114 一起構成閥及調節器組套件 14 的外殼 (enclosure) 及外圍 (surround)。

【0061】 此外，保護罩本體 114 可改善氣瓶組套件 (cylinder assembly) 10 的美感外觀，並可使得更進一步的項目包含在內，例如用於氣瓶組套件的操作所需要的電子顯示器、或附加的電子設備或元件，如稍後將加以敘述者。

【0062】 保護罩本體 114 可由任何適當的材料製成。然而，由於容易製造及設計自由度 (design freedom) 的範圍，經射出成型的塑膠材料是較佳的材料選擇。塑膠材料例如 ABS 或聚碳酸酯是可以非限制性及非地毯式搜尋的實例 (non-limiting and non-exhaustive examples) 來使用。

【0063】 氣瓶組套件 10 是配備有感測器組套件 200。

該感測器組合作件 200 是配置成可測量在氣瓶 12 的內部容積 V 內的氣體密度。感測器組合作件 200 是更詳細地展示於第 3 及 4 圖，且在一部份，包含連接至驅動電路 204 及電池 206 的石英晶體振盪器(quartz crystal oscillator) 202。

【0064】 如第 3 圖所示，該感測器組合作件 200 是設置在附接於閥及調節器組合作件 14 的供氣管(feed pipe) 116 的遠端(distal end)。該供氣管 116 是配置成可經由閥及調節器組合作件 14 而供應氣體至/從(to/from)氣瓶 12 的內部，且從閥及調節器組合作件 14 伸展入氣瓶本體 102 的內部。

【0065】 因此，爲了安裝方便性，感測器組合作件 200 可爲實體連接至閥及調節器組合作件，但是在使用時則設置在氣瓶本體 102 的內部內。此提供最適測量條件，且可減少對流(convection)及/或熱干擾(thermal interference)對於藉由感測器組合作件 200 所獲得的測量的影響。

【0066】 在此裝置中，該石英晶體振盪器 202 在氣瓶 12 的內部容積 V 內是經常在等靜壓力(isostatic pressure)下，因此不會經歷壓力梯度。換句話說，源自在氣瓶 12 的內部容積 V 與外部環境間的壓力差異的任何機械式應力(mechanical stress)是表示橫過饋通 112。

【0067】 此外，該感測器組合作件 200 的位置是整體在氣瓶本體 102 內時，當構成氣瓶 12 時，則可提供附加的適應性。特別是相對脆弱性電子元件的位置是整體在氣瓶 12 的強固金屬或複合壁內時，則可提供相當大的保護免於環境或意外的損壞。此對於例如在儲存區域或補給站(depots)，其氣瓶

12 是位於與其他氣瓶 12、重型機械或粗糙表面相毗鄰是特別重要。

【0068】 另外，該感測器組合作件 200 的電子元件的位置是在氣瓶 12 的內部容積 V 內，則使其可配備可能不適用於氣瓶 12 的外部表面的較大的元件。例如，可配備較大的電池以提高感測器組合作件 200 的操作使用壽命。

【0069】 除此以外，感測器組合作件 200 的內部位置可保護電子元件免於環境條件例如鹽、水及其他污染物的損壞。例如，此將允許對於鹽及水的損壞具有高度敏感性的高阻抗電路(high impedance circuit)可用作為感測器組合作件 200 的一部份。

【0070】 然而，在上述具體實例的一變異例中，該感測器組合作件的一部份可設置在氣瓶 12 的內部容積 V 內，而另外一部份則可設置在其外部。例如，驅動電路 204 可設置在氣瓶 12 內，但是電池 206 可設置在氣瓶 12 的外側。此裝置可使得更多感測器組合作件的脆弱性元件受到保護而避免損壞及污染物，同時可容易地進行維修及更換電池 206。

【0071】 感測器組合作件 200 進一步包含且是連接至數據模組 250。該數據模組 250 是設置在保護罩本體 114 的內部內。該數據模組 250 是藉由配置成伸展通過饋通(feed through) 112 的電連接(electrical connection) 252 而連接至感測器組合作件 200。然而，也可利用其他連接，例如經由 NFC (近距離無線通訊: Near Field Communication)、通訊協定(protocols) 例如藍牙(Bluetooth)或其他無線方法的無線通訊。

【0072】 數據模組 250 包含顯示器螢幕 254，在此具體實例中，其是整合入保護罩本體 114。該顯示器 254 可包含例如電子印墨顯示器(E-ink display)，以將電力消耗最小化、及將顯示器的視認性最大化。另一可行的是液晶顯示器 (LCD: Liquid Crystal Display) 或有機發光二極體 (OLED: Organic Light Emitting Diode) 顯示器也可使用。

【0073】 也配備外罩 256，其可操作以容納電子元件例如處理器 258 (未展示於第 3 圖) 及其他電子元件。處理器 258 可接收來自石英晶體振盪器 202 及驅動電路 204 的輸入數據(inputs)。該處理器 258 可包含任何適當的裝置，例如特定應用積體電路 (ASIC: Application Specific Integrated Circuit)、或現場可程式化閘陣列(FPGA: Field Programmable Gate Array)。該處理器 258 是加以程式化以計算、顯示、及傳輸 (communicate) 對氣瓶 12 的使用者有用的參數(parameters)，如稍後將加以敘述者。

【0074】 數據模組 250 可測錄(log)藉由感測器組合併 200 的石英晶體振盪器 202 所測得的各種參數，如稍後將加以敘述者。該數據模組 250 也可包含無線發送器(wireless transmitter)及接收器(receiver) (未展示) 使其可遠距傳輸數據至/從數據模組 250 至附加的裝置，如稍後將加以敘述者。

【0075】 感測器組合併 200 現在將參照第 4 圖更詳細地加以敘述。石英晶體振盪器 202 包含小而薄的截面的切割石英 (cut quartz)。石英會顯示壓電行為 (piezoelectric behaviour)，亦即施加電壓橫過晶體(crystal)，則會造成晶體

改變形狀而產生一機械力。相反地，對晶體施加一機械力，則會產生電荷。

【0076】 石英晶體振盪器 202 的兩個平行表面是加以金屬化，以提供電連接橫過整個晶體(bulk crystal)。當經由金屬接觸點(metal contacts)而施加電壓橫過晶體時，則晶體會改變形狀。藉由對晶體施加交流電壓(alternating voltage)，則會造成晶體振盪(oscillate)。

【0077】 石英晶體的實體尺寸及厚度決定石英晶體的特性或共振頻率。事實上，石英晶體振盪器 202 的特性或共振頻率是與兩個金屬化表面間的實體厚度成反比例。石英晶體振盪器是在此技藝中眾所皆知者，因此石英晶體振盪器 202 的結構在此將不進一步加以敘述。

【0078】 石英晶體的共振振動頻率(resonant vibration frequency)將取決於晶體所在位置的環境而變化。在真空中，晶體將具有一特定的頻率。然而，此頻率在不同的環境中將會改變。例如，在流體中，晶體的振動(vibration)將會由於周圍的流體分子而發生阻尼(damped)，且此將會影響共振頻率、及晶體在一特定的振幅(amplitude)振盪所需要的能量。

【0079】 本具體實例的石英晶體振盪器 202 是音叉形狀(tuning fork-shaped)，且其具有一對叉齒(tines) 202a (第 4 圖)，大約 5 毫米長，且配置成可在 32.768 kHz 的共振頻率振盪。該叉(fork)的叉齒 202a 通常是在彼等的基本模態(fundamental mode)振盪，且彼等是在共振頻率同步地(synchronously)朝向及遠離彼此而運動。

【0080】 此等晶體通常是可以相對低成本獲得。與在真空中使用大多數的石英晶體振盪器形成對比，在本具體實例的石英晶體振盪器 202 是暴露於氣瓶 12 的內部容積 V 中在壓力下的氣體中。

【0081】 用於驅動石英晶體振盪器 202 的驅動電路 204 的實例是展示於第 4 圖。該驅動電路 204 必須符合數個特定的關鍵條件。首先，本發明的石英晶體振盪器 202 可能會暴露於某些範圍的氣體壓力；若氣瓶容納有經加壓的氣體例如氫氣，則壓力有可能會變化從大氣壓力（當氣瓶 12 是空瓶時）至約 900 bar g。因此，石英晶體振盪器 202 是需要可在寬廣範圍的壓力下操作（及在未使用一段期間後重新啟動）。

【0082】 當在氣瓶 12 中的壓力增加時，石英晶體振盪器 202 的振盪(oscillation)阻尼化(damped)將會變得越來越增加，且將需要藉由在驅動電路 204 中的放大器(amplifier)提供較高的增益(gain)。然而，若所提供的放大太高，則該驅動電路 204、來自石英晶體振盪器 202 的響應可能會變得不易區別。在此情況，該驅動電路 204 可在非相關的頻率、或在石英晶體振盪器 202 的非基本模態(non-fundamental mode)的頻率單純地振盪。關於又一限制是該驅動電路 204 必須為低功率，使其可在具有或無補充電力(supplementary power)例如光電伏打電池(photovoltaic cells)下，以低功率電池長時間執行。

【0083】 驅動電路 204，現在將參照第 4 圖加以敘述。為了驅動石英晶體振盪器 202，該驅動電路 204 在本質上是取得來自石英晶體振盪器 202 的電壓訊號(voltage signal)，將其

放大，且將該訊號(signal)回饋至石英晶體振盪器 202。該石英晶體振盪器 202 的基本共振頻率(fundamental resonant frequency)，在本質上是石英的膨脹與收縮速率的函數(function)。此通常是藉由晶體的切割(cut)及尺寸來決定。

【0084】 然而，外在因素也會影響到共振頻率。當所產生的輸出頻率(output frequencies)的能量符合在電路中的損失時，則振盪可持續。該驅動電路 204 是配置成可偵測及維持此振盪頻率(oscillation frequency)。然後，該頻率可藉由處理器 258 加以測量，以用於計算使用者所需要的氣體的適當性質，且若有需要時，可輸出至一適當的顯示器裝置（如稍後將加以敘述者）。

【0085】 當與石英晶體振盪器 202 一起使用時，該處理器 258 可構成爲可測量來自驅動電路 204 的訊號的頻率 f 或週期(period)。此可藉由例如計數(counting)在固定時間的振盪來達成，且使用演算法(algorithm)或查表法(look-up table)而將該頻率換算成密度值。此值是傳遞到處理器 258，其構成爲可根據所供應的輸入數據而進行計算，以決定在氣瓶 12 中的氣體的氣體質量及附加的參數。

【0086】 感測器組零件 200 的理論與操作，現在將參照第 5 至 10 圖加以敘述。

【0087】 石英晶體振盪器 202 具有取決於其所在位置的流體密度而定的共振頻率。在振盪(oscillating)中的音叉型晶體振盪器(tuning fork-type crystal oscillator)暴露於氣體中，導致晶體的共振頻率發生位移(shift)及阻尼(damping)（當

與晶體在真空中的共振頻率相比較時)。對於此是有數個理由。然而，氣體對於晶體的振盪(oscillations of crystal)具有阻尼效應(damping effect)，氣體附著在石英晶體振盪器 202 在振動中(vibrating)的叉齒，則將會增加振盪器的質量。根據單側固定彈性樑(one-sided, fixed elastic beam)的動作，此會導致石英晶體振盪器的共振頻率降低：

$$(1) \quad \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{\rho t}{2\rho_q w} \left(c_1 + c_2 \frac{\partial}{t} \right),$$

其中， $\frac{\Delta\omega}{\omega_0}$ 是在共振角頻率(resonant angular frequency)的相對變化、 ρ 是氣體密度、 t 是石英振盪器(quartz oscillator)的厚度、 ρ_q 是石英振盪器的密度、且 w 是叉(fork)的寬度。 c_1 及 c_2 是幾何形狀依存性常數(geometrically dependent constants)，且 ∂ 是表面層的氣體的厚度如下所定義：

$$(2) \quad \partial = \sqrt{\frac{2\eta}{\rho\omega_0}},$$

其中， η 是氣體的溫度依存性黏度(temperature dependent viscosity)。

【0088】 方程式(1)的兩部份是關於 a) 在石英晶體

振盪器 202 的叉齒上所添加的氣體質量、及關於 b) 由於叉齒的最外表面層在振盪時所造成的剪切力(shear forces)。

【0089】 因此，方程式可重寫以頻率來表示，且加以簡化成：

$$(3) \quad \Delta f = A\rho + B\sqrt{\rho} + C ,$$

其中， $A = \frac{c_1 t}{2\rho_q w} f_0$ 、 $B = \frac{c_2}{2\rho_q w} \sqrt{\frac{\eta}{\pi}} \sqrt{f_0}$ 及 C 是偏移常數(offset constant)，且 f_0 是晶體在真空中的自然共振頻率(natural resonant frequency)。

【0090】 本案發明人已經發現：適當的最佳近似法(to a good approximation)是可藉由近似法(approximating)來獲得：

$$(4) \quad \Delta f \approx A\rho .$$

【0091】 因此，以最佳近似法，頻率的變化是與石英晶體振盪器所暴露的氣體的密度的變化成比例。第 6 圖展示關於數種不同的氣體/氣體混合物，該石英晶體振盪器 202 的共振頻率作為密度的函數而以線性變化。

【0092】 石英晶體振盪器 202 是特別適合用作為商品級所供應的氣體的密度感測器。然而，如上所揭述(as set out above)，頻率的變化是大約等於密度的變化，其在實務應用上

可直接了當地實現更精確的關係。因此，在物理性測量裝置，使用下列方程式（根據方程式（3））：

$$(5) \quad \rho_i = a \left(\frac{f_i}{1000} \right)^2 + b \frac{f_i}{1000} + c。$$

【0093】 在方程式（5）中， ρ_i 是密度、且 f_i 是振盪頻率(frequency of oscillation)，兩者皆在時間 t 所測得。 a 、 b 及 c 是函數關係可再寫入性(functionally reprogrammable)的常數。

【0094】 如前所述，在氣瓶 12 內的氣體的內部容積 V 是固定。因此，一旦在氣瓶 12 的內部容積 V 內的氣體密度 ρ 已經從藉由感測器組合作 200 的測量獲得，則在氣瓶中的氣體質量 M 可從下式而獲得：

$$(6) \quad M = \rho V。$$

【0095】 因此，氣體密度 ρ 的直接測量是可使其能計算得在氣瓶 12 中剩餘氣體的質量(mass of gas remaining)。在實務應用上，在已知氣瓶容積的真實系統中。該剩餘氣體的質量可以直接了當的方式從共振頻率乘以一已知的因數來計算得。

【0096】 以此方式的氣體質量的測量是比習知的裝置具有許多優點。例如，根據本發明的一具體實例所測得質量

在本質上是經溫度校正者。

【0097】 此外，根據本發明的一具體實例所測得氣體質量，在本質上是經可壓縮性 Z 的校正。在傳統的裝置中，例如使用波頓壓力計(Bourdon gauge)以從壓力獲得氣體含量，則氣體的可壓縮性需要加以校正。此在，該可壓縮性 Z 並不與氣體壓力成比例（如同在理想氣體所預期的方式）的高壓下是特別重要。

【0098】 對於可壓縮性的自動補償 (automatic compensation)是可參照第 6 及 7 圖加以圖解說明。第 6 圖展示關於氫氣、氧氣、及一種含有氫氣：二氧化碳的混合物的氣體質量 (kg)（在 Y-軸）作為壓力 (bar g) 的函數圖。如第 6 圖所展示，不同氣體的質量是隨著壓力增加而變化。此外，在超過 250 bar g 的高壓下，在質量與壓力間不再具有線性關係。

【0099】 第 7 圖展示關於如第 6 圖所展示三種氣體(氫氣、氧氣及一種含有氫氣：二氧化碳的混合物)的氣體質量 (kg)（在 Y-軸）作為密度 (kg/m^3)（在 X-軸）的函數圖。與第 6 圖形成對比，其可觀察到氣體質量作為密度的函數，對於各氣體/氣體混合物是完全相同。此外，該關係在高密度仍然為線性(linear)。因此，該石英晶體振盪器 202 可為高解析力(resolution)且與密度成高度地線性。

【0100】 如上所概述，本發明的裝置可使得質量測量達到具有百萬分比(ppm)解析力的非常高準確度。配合石英晶體振盪器 202 在高密度及壓力下的線性響應(linear response)

(如在第 6 及 7 圖中圖解說明者)，則高準確度使其可準確地測量非常輕的氣體例如 H_2 (氫氣) 及 He (氦氣)。

【0101】 知道氣瓶剩餘的含量以百分率來表示也是有用的。此可根據下列方程式來達成：

$$(7) \quad \text{含量}(\%) = \frac{\rho}{\rho_f} \times 100,$$

其中， ρ 是所測得密度，且 ρ_f 是當氣瓶為全滿時的密度。在實務應用上， ρ_f 可直接加以測量。另一可行的是假設已知的氣體及已知的狀況（例如，300 bar g 在 15 °C），則 ρ_f 值可假設為恆定值，且此可例如儲存在處理器 258 中的查找表中。

【0102】 除了在氣瓶 12 內的靜態壓力的測量以外，感測器組套件 200 是可測量進入或從(into or from)氣瓶 12 的質量流率(mass flow rate)。

【0103】 在大氣壓力下的氣體密度僅為 1 克/公升的等級(order)，且正常氣體使用率(normal gas usage rates)通常僅為每分鐘數公升。本案發明人已發現：石英晶體振盪器 202 是充分地穩定且準確，使得從氣瓶 12 退出的氣體的質量流量(mass flow of gas)可藉由所指示的密度變化來測得。質量流率

$\frac{\partial M}{\partial t}$ 是從方程式 (8) 計算得：

$$(8) \quad \frac{\partial M}{\partial t} = V \frac{\Delta \rho}{\Delta t},$$

其中， V 是容積， $\Delta \rho$ 是在時間區間 Δt 所指示的密度變化。在此實例，感測器組合作件 200 的操作需要驅動電路 204 以整合石英晶體振盪器 202 的數個振盪周期(oscillation cycles)。

【0104】 第 8 及 9 圖是以圖解說明質量流量偵測(mass flow detection)的實驗數據。第 8 圖展示對於從 50 公升氣瓶在所指示為約 100 bar 壓力下以 12 l/min 流率的頻率(kHz)(在 Y-軸)作為時間(min)(在 X-軸)的函數的曲線圖。第 9 圖展示對於 50 公升氣瓶在約 100 bar 壓力下的所計算得流率(l/min)(在 Y-軸)作為時間(min)(在 X-軸)的函數的曲線圖。

【0105】 此等圖示是以圖解說明從氣瓶 12 的氣體的質量流率是可從密度隨著時間的變化的測量來加以決定。因此，該質量流率可藉由使用石英晶體振盪器 202 及驅動電路 204 而以充分的準確度及時間解析力來計算得。

【0106】 第 10 圖以圖解說明另一實驗數據，且以圖解說明頻率(kHz)(在 Y-軸)作為總氣瓶質量(kg)(在 X-軸)的函數圖。如圖所展示，該圖是以高準確度為近似線性(approximately linear)。因此，第 11 圖展示在氣瓶 12 內的氣體質量是可使用石英晶體振盪器 202 準確地加以測量。

【0107】 重要的是從感測器組合作件 200 所獲得的數據可用於展示耗盡時間(run out time)的數據；亦即，在氣瓶 12

中的氣體用完前的時間。此在例如醫院間的病人運送時所使用的醫院用氧氣瓶的應用是特別重要的關鍵因素。

【0108】 習知的裝置是根據所提供的設定流率來計算耗盡時間。然而，一般而言，如此的耗盡時間基於如上所揭述的理由是不準確。如此的手段(approach)無法考慮到變化的流率、氣體突波(gas surges)及其他現象。其可能會造成未知量的讀數太低或太高。

【0109】 此外，用於進行測量如此的時間(T_{run})的習知的方法是可從氣瓶 12 的流率（如上所述）、質量含量及目前時間(T_c)的知識，經由下列方程式計算得：

$$(9) \quad T_{run} = T_c + \frac{M}{\frac{\partial M}{\partial t}} .$$

【0110】 此是習知的從瞬間流率(instantaneous flow rate)所計算得的耗盡時間，亦即，一種關於目前所測得的流率的外插法(extrapolation)。此手段可提供更準確的測量，其可隨著流率變化而加以調整。然而，因為其僅能考慮到目前情況的流率，如此的手段似乎是不準確。如上所論述，使用方程式(9)通常將會超估(over-estimate)在氣瓶中的剩餘氣體量，因為其將無法考慮到在過去所使用的可能包括突波行為(surge behaviour)的模式的因素。對於某些應用而言，例如醫療保健應用，此超量讀數(over-reading)可能是關鍵性的問題。

【0111】 除此以外，本發明關於一種可從實際消耗率

來估計氣瓶的執行時間的方法。此外，該剩餘時間、所使用的時間、平均流率及所儲存的流率可用作為品質檢驗(quality check)以驗證該方法。

【0112】 本發明的方法是根據下列方程式(10)：

$$(10) \quad T_{run} = \frac{M}{F_{AVG}},$$

其中， M 是在氣瓶 12 中所測得剩餘氣體的質量的公斤數(kg)，且 F_{AVG} 是經如下所述所決定的平均流率(kg/min)。

【0113】 平均流率 F_{AVG} 是根據下列方程式(11)所決定：

$$(11) \quad F_{AVG} = DE + (1 - E) \frac{\sum_{i=0}^n F_i}{n},$$

其中， D 是基準流率(base flow rate)， E 是可變的比例因數(variable scaling factor)(如稍後將加以敘述者)，且 F_i 是流率的測量，其中第二函數是 n 個流率測量的總和、 i 為在 0 至 n 的範圍。

【0114】 因此，方程式(11)包含兩個函數(functions)。一是基準流率的函數，而另一是所測得平均流率的函數。比例因數(scaling factor) E 是預定的，且隨著其變化，則構成方程式(11)的第一與第二函數的比例也會變化。

【0115】 本案發明人已發現：第一次 (for the first time)，從氣瓶的氣體流的行為是取決於氣瓶的含量而定。因此，該比例因數 E 是導入以使其取決於是否其為全滿、空瓶 (empty) 或部份滿而可在氣瓶的不同狀態間轉變 (transition)。該參數 E 是選自查找表，如下表 1 所述者：

表 1

含量 (%)	E
100 至 90	0.8
90 至 60	0.5
60 至 30	0.2
少於 30	0.1

【0116】 因此，如表 1 所示，隨著氣瓶的含量減少，則 E 值也伴隨地減少。隨著氣瓶 12 出空 (empties)，此會造成方程式 (11) 的第一函數相對於第二函數在重量上減少。

【0117】 結果，在高氣瓶充填水準 (gas cylinder fill levels) 時，流率是大約為基準流率 D ，以平均流率加以修改為 10 份中的 2 份。此可設定在任何所欲值，例如 15 l/min。若以 kg/min 來表示，此相對應於 D 值大約為 0.03。

【0118】 在低氣瓶充填水準， F_{AVG} 是受到先前 n 個流率的測量的平均所支配。

【0119】 本案發明人已發現：此方程式可充分地模擬氣瓶的行為。其是因為在高氣瓶充填水準時，基準流率可更

容易地獲得。在低充填水準，輸送是更不穩定，因此流率的測量是需要佔主導地位(dominate)。換句話說，當氣瓶是全滿時，典型為使用一般為固定流率，但是當氣瓶出空，本案發明人已發現其更準確地預測流量是必要的。

【0120】 對於許多應用而言， D 可假設為一常數。例如，若閥及調節器組合作件 14 是配置成可對最終應用供應固定流率（例如，15 l/min），則該 D 值可加以固定在處理器 258 的記憶體中且用作為一常數。

【0121】 另一可行的是若調節器及/或使用者可操作以選擇不同的流率，則 D 取決於起始流率而可加以選擇。在氣瓶 12 的初始化(initialisation)時，該流率可由使用者加以鍵入或選擇。另一可行的是 D 值可為選自儲存在查找表中的複數個 D 值。

【0122】 作為又一可行的是該 D 值可與所測得流率交叉檢查(cross-checked)，且若有需要可加以修改。雖然所計算得作為方程式 (11) 的第二函數的一部份的平均流率是配置成可以根據各測量的常數（或有效的常數）基準(basis)而加以更新，對於該 D 值可周期性地加以檢查，以決定是否在起始值與實際值間有差異。例如，該流率可對於每 10 個測量加以檢查，且將所儲存的 D 值與若有需要而加以更新的 D 相比較。另一可行的是其可對於每 5 至 15 個測量而加以更新。

【0123】 重要的是應注意到該方程式 (11) 的第二函數是可發揮作用而考慮到流率的局部化變異，使其能更準確地預測剩餘的執行時間(remaining time to run)。然而， D 是根

據設定流率的更總體化的參數(global parameter)，因此若有的話(if at all)，則較不需要頻繁地加以更新。

【0124】 第 11 及 12 圖是以圖解說明此手段的兩個理論上的實例的功效。

【0125】 第 11 圖展示對於 15 l/min 的初始流率的理論數據。第 11a)圖展示流率作為時間的函數。應注意的是該流率是在周期性區間變化。第 11b)圖展示氣瓶的氣體含量作為時間的函數。線 1 是根據 15 l/min 的初始流率的線性適配(linear fit)。線 2 是根據方程式(9)的瞬間流率測量曲線圖(plot)。線 3 是根據本發明的方法如在方程式(10)及(11)中所揭述者的曲線圖。

【0126】 第 11c)圖展示與關於第 11b)圖相同的 3 個曲線圖，但是展示對於各手段的預測執行時間。如圖所示，若流量變化，則該線性曲線圖(linear plot)是不正確。在高氣瓶壓力及低流率下，則瞬間流率測量(線 2)是極端地超量讀數(overreads)。本發明的方法(線 3)是更準確。

【0127】 第 12a)至 c)圖展示類似的數據，但是起始流率為 18 l/min。

【0128】 根據本發明的一具體實例的方法，現在將參照第 13 圖加以敘述。

步驟 300：初始化測量

【0129】 在步驟 300，在氣瓶 12 中的測量程序是加以初始化(initialised)。在此階段，在時間 T_0 ，該氣瓶是全滿，

亦即，100%充填。

【0130】 另一可行的是該測量可藉由例如由使用者按壓在氣瓶 12 外側的按鈕來加以啟動(activated)。作為又一可行的是該測量可藉由遠端連線(remote connection)加以起動(initiated)，例如一訊號傳輸橫過無線網路，且藉由數據模組 250 以無線方式接收。

【0131】 作為又一可行的或除此以外的是該數據模組 250 及感測器組合件 200 可構成為以遠端方式或計時器進行初始化。然後，該方法接著進行步驟 302。

步驟 302：驅動石英晶體振盪器

【0132】 一旦初始化，驅動電路 204 是用於驅動石英晶體振盪器 202。在初始化期間，該驅動電路 204 施加隨機雜訊(random noise)交流電壓橫過石英晶體振盪器 202。該隨機電壓(random voltage)的至少一部份將在適當的頻率造成石英晶體振盪器 202 振盪。然後，該石英晶體振盪器 202 將開始與該訊號同步(synchrony)進行振盪。

【0133】 藉由壓電效應(piezoelectric effect)，石英晶體振盪器 202 的動作，則將會在石英晶體振盪器 202 的共振頻帶(resonant frequency band)中產生一電壓。驅動電路 204 則將藉由石英晶體振盪器 202 所產生的訊號加以放大，使得在石英晶體振盪器(quartz crystal resonator) 202 的頻帶(frequency band)中所產生的訊號優控(dominate)驅動電路 204 的輸出(output)。石英晶體的狹幅共振頻帶(narrow resonance band)濾除全部非所欲的頻率，而驅動電路 204 則在基本共振頻率 f

驅動該石英晶體振盪器 202。一旦該石英晶體振盪器 202 已經穩定在一特定的共振頻率，該方法接著進行步驟 304。

步驟 304：測量石英晶體振盪器的共振頻率

【0134】 共振頻率 f 是取決於在氣瓶的內部容積 V 內的條件而定。在此具體實例中，共振頻率的變化 Δf 是與在氣瓶 12 內的氣體密度的變化大小成比例，且將隨著密度增加而減少。

【0135】 爲了進行測量，該石英晶體振盪器 202 的頻率是經測量大約 1 秒鐘。此是爲使得讀數穩定化而計數足夠的振盪以決定準確的測量。該頻率的測量是在處理器 258 中進行。當測量開始後，該處理器 258 也可測錄時間 T_0 。

【0136】 一旦該頻率已經測得，該方法接著進行步驟 306。

步驟 306：決定在氣瓶中的氣體質量

【0137】 一旦該石英晶體振盪器 202 的頻率已經在步驟 304 滿意地測得，然後處理器 258 計算在氣瓶 12 中的氣體質量。

【0138】 此是由於該氣體質量可直接從在步驟 304 所決定的密度及已知的氣瓶 12 的內部容積 V 計算得來完成。此是測錄作爲當在時間 T_0 所測得氣瓶的 100% 充填水準。

【0139】 另一可行的是若氣體是已知且加以充填至已知的條件（例如，300 bar g 在 15°C），則其不需要實施步驟

302 及 304，且在 T_0 的值可單純地儲存在查找表中。

【0140】 無論任何方式，該質量可單純地記錄在與感測器組合件 200 的處理器 258 相關聯的內部記憶體中，作為以後檢索取回使用(for later retrieval)。作為再一可行的是在時間 T_0 的該氣體質量可暫時儲存在該處理器 258 的記憶體中。

【0141】 然後，該方法接著進行步驟 308。

步驟 308：驅動振盪器

【0142】 在時間周期(time period)（例如 5 分鐘）期滿(expiry)時，驅動電路 204 是再用於驅動石英晶體振盪器 202，如在步驟 304 所揭述者。如上所述，該石英晶體的狹幅共振頻帶濾除全部非所欲的頻率，而驅動電路 204 則在基本共振頻率 f 驅動該石英晶體振盪器 202。一旦該石英晶體振盪器 202 已經穩定在一特定的共振頻率，該方法接著進行步驟 310。

步驟 310：測量石英晶體振盪器的共振頻率

【0143】 共振頻率 f 是取決於在氣瓶的內部容積 V 內的條件而定。在此具體實例中，共振頻率的變化 Δf 是與在氣瓶 12 內的氣體密度的變化大小成比例，且將隨著密度增加而減少。

【0144】 為了進行測量，該石英晶體振盪器 202 的頻率是經測量大約 1 秒鐘。此是為使得讀數穩定化而計數足夠的振盪以決定準確的測量。該頻率的測量是在處理器 258 中

進行。當測量發生時，該處理器 258 也可測錄時間 T_m (其中， $m>0$)。

【0145】 一旦該頻率已經測得，該方法接著進行步驟 312。

步驟 312：決定在氣瓶中的氣體質量

【0146】 一旦該石英晶體振盪器 202 的頻率已經在步驟 310 中滿意地測得，然後處理器 258 計算在氣瓶 12 中在時間 T_m 的氣體質量。

【0147】 該質量可單純地記錄在與感測器組合作 200 的處理器 258 相關聯的內部記憶體中，作為以後檢索取回使用。作為再一可行的是在時間 T_m 的該氣體質量可暫時儲存在該處理器 258 的記憶體中。

【0148】 然後，該方法接著進行步驟 314。

步驟 314：計算流率

【0149】 在步驟 314，計算流率。此可從在時間 T_m 所測得共振頻率與在時間 T_{m-1} 所測得者間的差異來完成。然後，將該差異除以介於 T_m 與 T_{m-1} 間的時間。如上所述，頻率變化作為時間的函數是與氣體質量（亦即，流率）的變化成比例。

步驟 316：計算平均流率

【0150】 平均流率則可根據方程式 (11)，利用在步

驟 314 所執行的流率測量對於先前所測得 n 個流率（其中， $n > 1$ 且較佳為 $n=10$ ）來計算得。

【0151】 若 $m < n$ ，則該平均流率可從初始基準流率來加以決定。

【0152】 然後，該方法接著進行步驟 318。

步驟 318：計算執行時間

【0153】 然後，執行時間是根據在步驟 316 所測得平均流率、也使用在步驟 312 所測得氣體質量、連同從在步驟 312 及在步驟 306 所測得氣體質量所決定的比例因數 E 所計算得。

步驟 320：通訊結果

【0154】 執行時間可以數種方式來顯示。例如，附接於氣瓶 12 或閥及調節器組套件 14 的顯示器 254 可用於顯示執行時間。另一可行的是該執行時間可以遠端方式與基地台 (base station)、智慧型手機 (smart phone) 或設置在氣瓶與數據模組 250 的無線通訊範圍內的其他裝置進行通訊。

【0155】 然後，該方法接著進行步驟 322。

步驟 322：延遲

【0156】 然後，該方法在移回至步驟 308 前等待歷時一段預定的時間（例如 5 分鐘），以在又一測量循環 $m+1$ 的進一步測量中重複該程序。

【0157】 並不需要維持感測器組合作件 200 在所有的時間皆可操作的狀態。相反地，當不使用時，藉由將感測器組合作件 200 關閉以減少電力消耗是有利的。此可延長電池 206 的壽命。

【0158】 驅動電路 204 的架構可使得石英晶體振盪器 202，不論在氣瓶 12 中的氣體壓力如何也可重新啟動。因此，感測器組合作件 200 可視需要而加以關閉以節省電池電力。

【0159】 另一可行的是若流率為低、或若其希望測量在氣瓶 12 內由於例如漏氣的損失，則介於 T_m 與 T_{m+1} 間的時間區間可為相當大，例如為數分鐘、小時或天的等級。

【0160】 然後，一旦時間周期已期滿，該方法進行返回至步驟 308。

【0161】 上述具體實例的變異例(variations)對於熟習此技藝者將是明顯可見。硬體與軟體元件的精確架構可能會不同，但是仍然屬於本發明的精義範圍內。熟習此技藝者應該可容易地瞭解可使用其他可行的架構。

【0162】 例如，上述的具體實例是使用具有 32.768 kHz 的基本頻率(fundamental frequency)的石英晶體振盪器。然而，在其他可行的頻率操作(operating)的晶體也可使用。例如，在 60 kHz 及 100 kHz 操作的石英晶體振盪器也可使用於上述的具體實例。

【0163】 除此以外，用於測量氣體質量及流率的其他感測器及方法也可使用、或組合使用。例如，一般傳統的流量計可與用於質量測量的石英密度感測器聯結使用。

【0164】 另一可行的是其他可代替的氣體感測器也可使用。可使用壓力感測器、固態(solid state)或波頓壓力計。另一可行的是氣瓶含量的質量可藉由稱重來獲得，且將此與一般傳統的流量計聯結，則在後階段當氣體耗盡時可用於決定質量。

【0165】 本發明的具體實例已特別參照圖解說明的實例加以敘述。雖然特定的實例是展示於圖式且在本文中加以詳細說明，然而應瞭解該等圖式並不意圖限制本發明為如同所揭示的特定形態。應瞭解的是可在本發明的精義範圍內對所揭述的實施例作各種變異及改良。

【符號說明】

【0166】

10	gas cylinder assembly	氣瓶組套件
12	gas cylinder	氣瓶
14	valve and regulator assembly; primary regulator; pressure regulator; regulator	閥及調節器組套件； 初級調節器； 壓力調節器； 調節器
16	safety relief valve	安全釋放閥
18	MIG/MAG welding equipment	MIG/MAG（金屬惰性氣體/金屬活性氣體）焊接設備

100	guard structure; protection structure	保護罩構造 ; 保護構造
102	gas cylinder body; body	氣瓶本體 ; 本體
104	aperture	開口
106	housing	外罩
108	graspable handle	可把持的手柄
110	through-hole	通孔
112	feed through	饋通
114	guard body	保護罩本體
116	feed pipe	供氣管
200	sensor assembly	感測器組零件
202	quartz crystal oscillator	石英晶體振盪器
202a	tine	叉齒
204	drive circuit	驅動電路
206	battery	電池
210	Darlington pair Common Emitter amplifier; Darlington pair	達靈頓對共射極放 大器 ; 達靈頓對
212	single transistor (T_1) Common Emitter amplifier	單電晶體 (T_1) 共射 極放大器
214	buffer amplifier	緩衝放大器
216	capacitor	電容器

250	data module	數據模組
252	electrical connection	電連接
254	display screen	顯示器螢幕
256	housing	外罩
258	processor	處理器
300	Step 300: Initialise measurement	步驟 300: 初始化測量
302	Step 302: Drive the quartz crystal oscillator	步驟 302: 驅動石英晶體振盪器
304	Step 304: Measure resonant frequency of quartz crystal oscillator	步驟 304: 測量石英晶體振盪器的共振頻率
306	Step 306: Determine mass of gas in gas cylinder	步驟 306: 決定在氣瓶中的氣體質量
308	Step 308: Drive oscillator	步驟 308: 驅動振盪器
310	Step 310: Measure resonant frequency of quartz crystal oscillator	步驟 310: 測量石英晶體振盪器的共振頻率
312	Step 312: Determine mass of gas in gas cylinder	步驟 312: 決定在氣瓶中的氣體質量
314	Step 314: Calculate flow rate	步驟 314: 計算流率

316	Step 316: Calculate average flow rate	步驟 316: 計算平均流率
318	Step 318: Calculate time to run	步驟 318: 計算執行時間
320	Step 320: Communicate results	步驟 320: 通訊結果
322	Step 322: Delay	步驟 322: 延遲
MFM	Mass flow meter	質量流量計

申請專利範圍

1. 一種用於決定從包含一氣瓶及一閥與調節器組套件之氣瓶組套件預測氣體使用量的方法，該方法使用具有氣體感測器的感測器組套件，且該方法包括下列步驟：
 - a) 使用氣體感測器進行決定在時間 t 在氣瓶內的氣體質量、
 - b) 進行決定平均從氣瓶測得的氣體流率、及
 - c) 在時間 t ，進行決定直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間，其特徵在於該剩餘時間是根據該在時間 t 在氣瓶中的氣體質量、該平均從氣瓶測得的氣體流率、及選自取決於在時間 t 在氣瓶中剩餘氣體的比例的預定比例因數所決定。
2. 如請求項第 1 項所述的方法，其中，該氣體感測器包含浸沒於氣瓶內的氣體中的壓電振盪器，且該感測器組套件包含用於驅動壓電振盪器的驅動電路，且步驟 a) 的進行包含下列步驟：
 - d) 藉由驅動電路進行驅動壓電振盪器使得壓電振盪器在共振頻率共振、及
 - e) 進行測量在時間 t 的壓電振盪器的共振頻率、及
 - f) 根據該共振頻率進行決定在時間 t 在氣瓶內的氣體質量。
3. 如請求項第 2 項所述的方法，其中，該步驟 b) 包含根據

下列任一者進行決定該平均測得的氣體流率：

g) n 個氣體流率的先前測量，其中 $n > 1$ ，或

h) 若氣體流率的先前測量為少於 n 個時，則使用預定的起始流率。

4. 如請求項第 3 項所述的方法，其中，該測得的氣體流率的先前測量各自是從在第一時間的壓電振盪器的共振頻率、與在較早的第二時間的壓電振盪器的共振頻率間的差異計算得。

5. 如請求項第 2、3 或 4 項所述的方法，其在步驟 a) 之前更包含下列步驟：

i) 當氣瓶為全滿時進行決定在氣瓶中的氣體質量，及其中步驟 c) 進一步包含

j) 根據當全滿時在氣瓶中的氣體質量、及在時間 t 在氣瓶中的氣體質量進行決定在時間 t 在氣瓶中的剩餘氣體的比例。

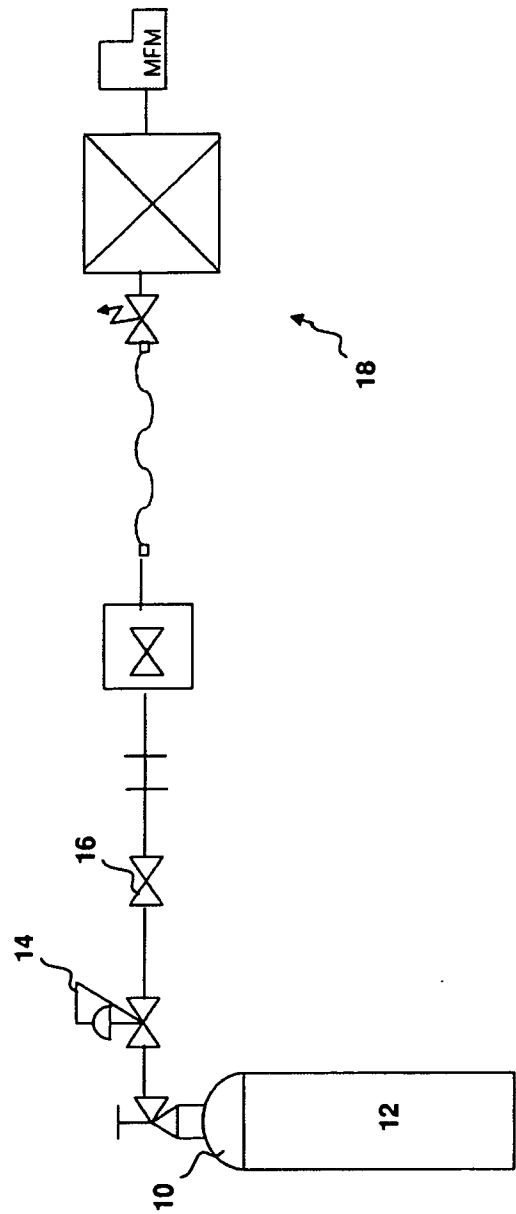
6. 如請求項 1 所述的方法，其中，該預定比例因數是選自一查找表中。

7. 如請求項 1 所述的方法，其中，該直到在氣瓶中氣體量達到預定水準為止的剩餘時間是根據取決於包含恆定基準流率及平均測得的氣體流率的函數來計算的。

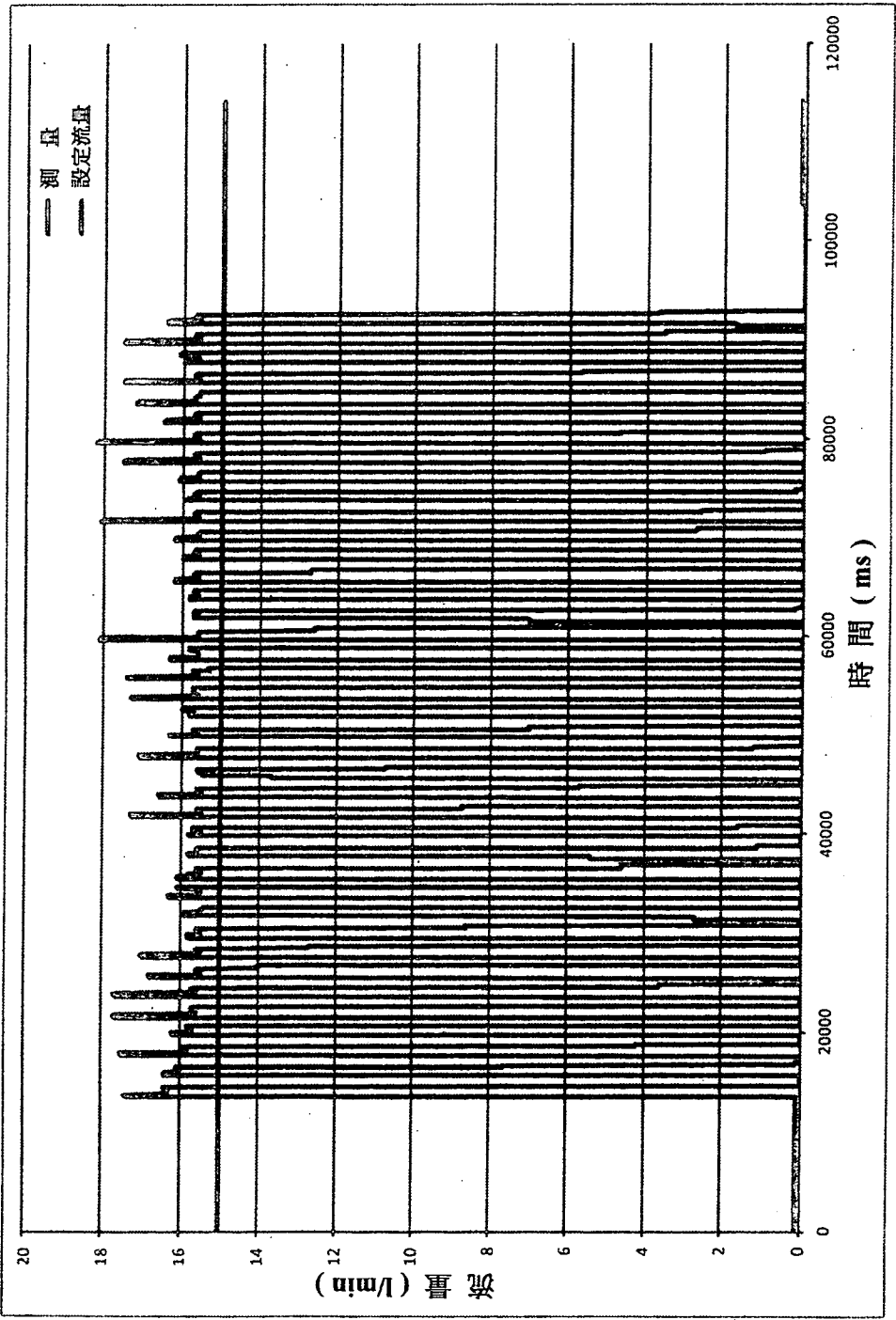
8. 如請求項第 7 項所述的方法，其中，在計算時，恆定基準流率之分量對平均測得流率分量的相對重量是取決於預定比例因數。
9. 如請求項 1 所述的方法，其中，在氣瓶中該氣體量的預定水準是氣瓶中氣體量為氣瓶全滿時的 10%以下。
10. 一種感測器組套件，其包含處理器及氣體感測器，該感測器組套件經組態以執行如請求項第 1 至 9 項中的任一項所述的步驟。
11. 如請求項第 10 項所述的感測器組套件，其中，該氣體感測器包含浸沒於氣瓶內的氣體中的壓電振盪器，且該感測器組套件進一步包含用於在共振頻率驅動壓電振盪器的驅動電路。
12. 如請求項第 10 或 11 項所述的感測器組套件，其進一步包含顯示器，其配置成設置在該氣瓶及閥與調節器組套件上。
13. 如請求項 10 所述的感測器組套件，其進一步包含無線通訊裝置，用於與電子裝置進行通訊。

14. 一種氣瓶組合作件，包含一閥與調節器組合作件，及如請求項第 10 至 13 項中的任一項所述的感測器組合作件。

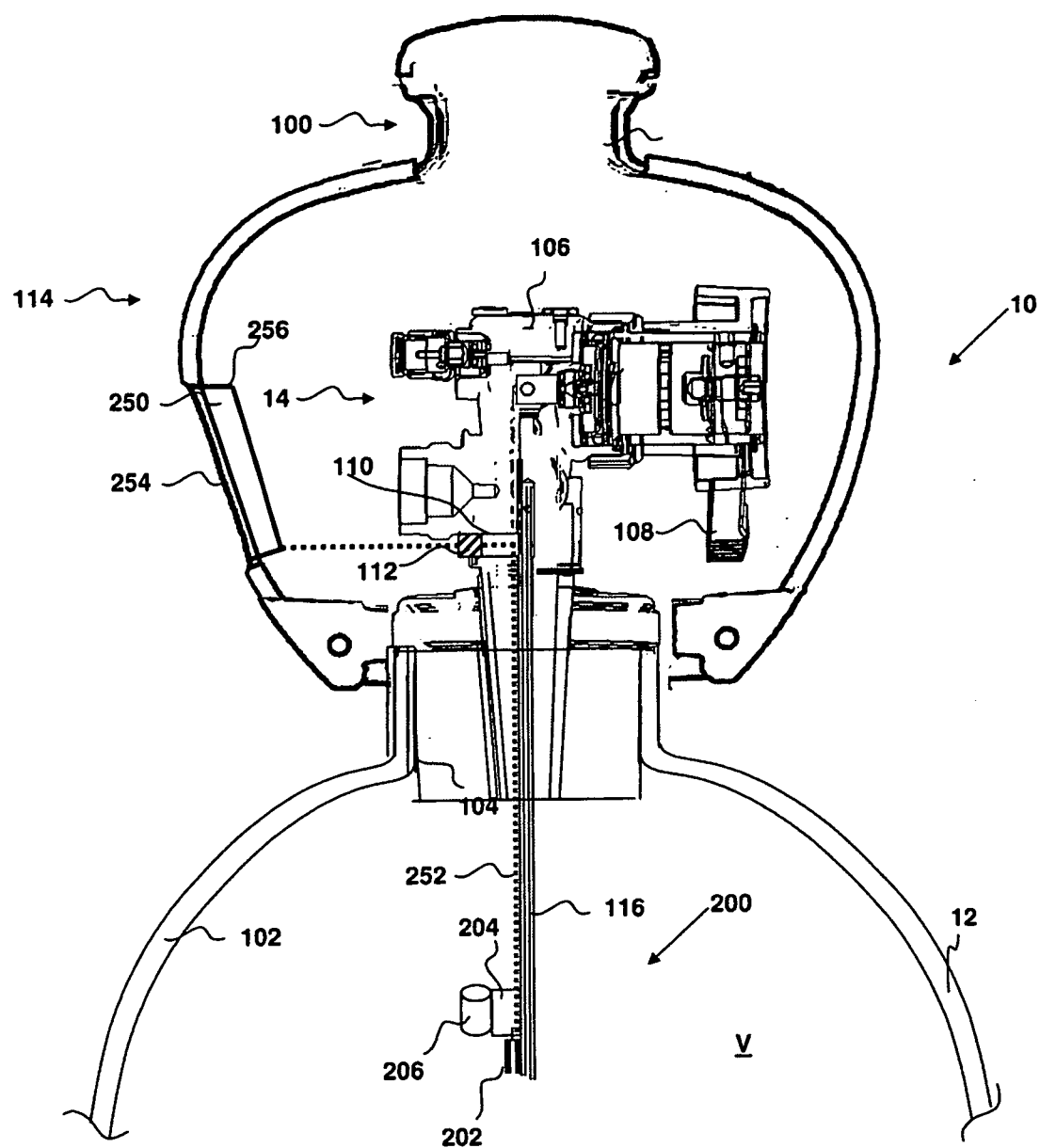
圖式



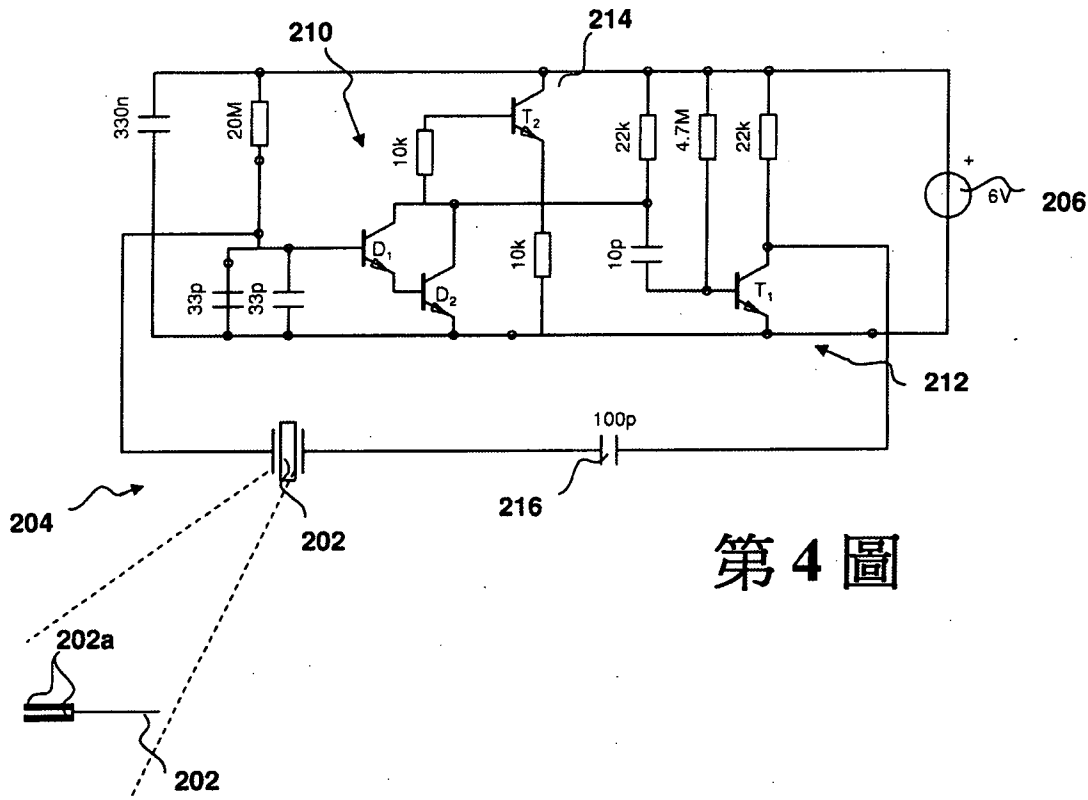
第1圖



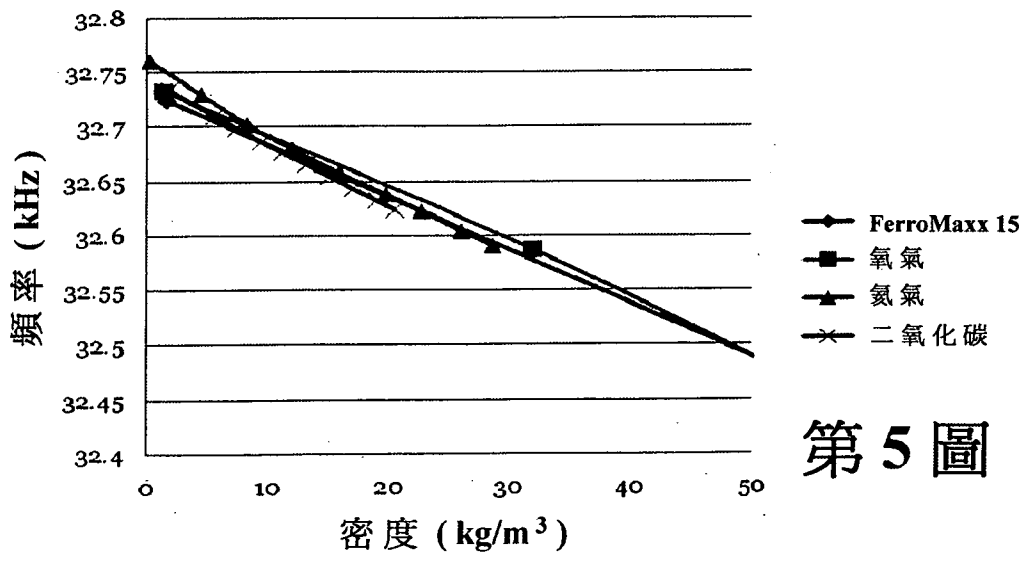
第2圖



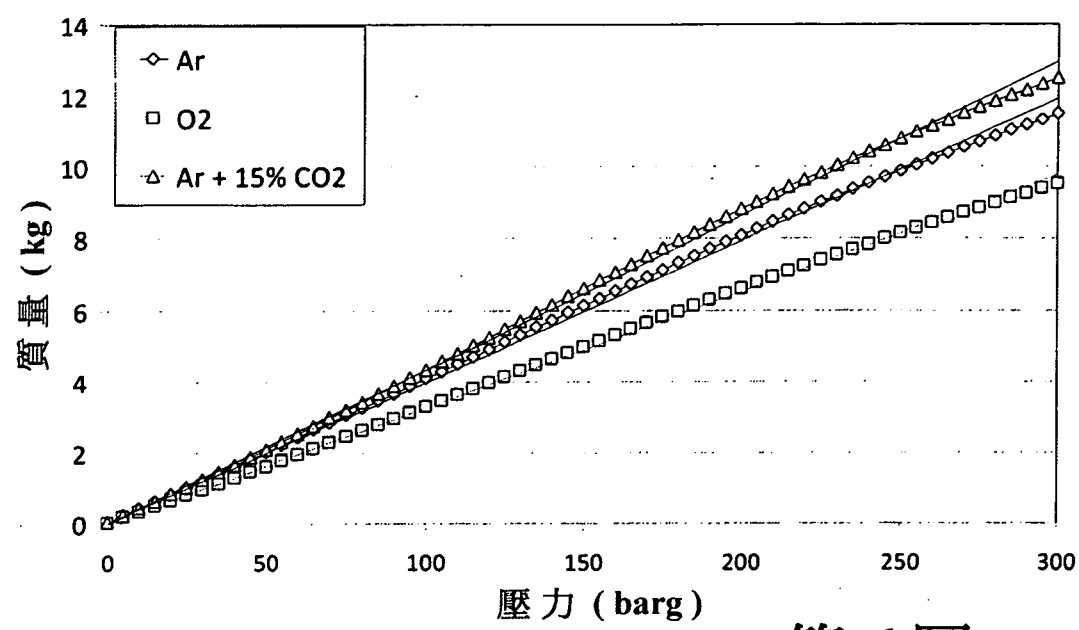
第3圖



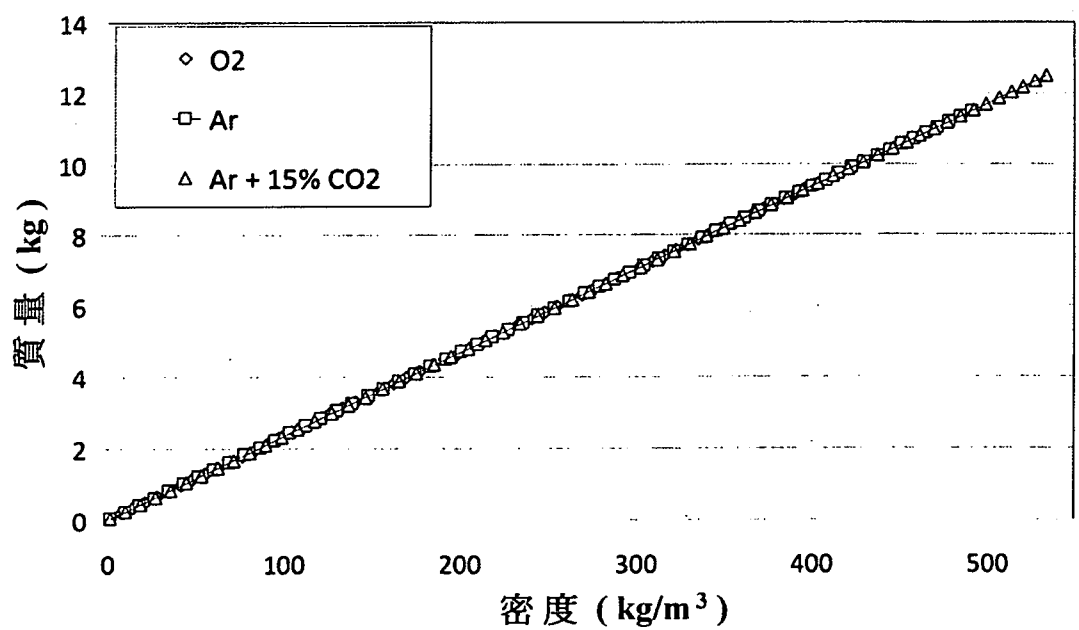
第 4 圖



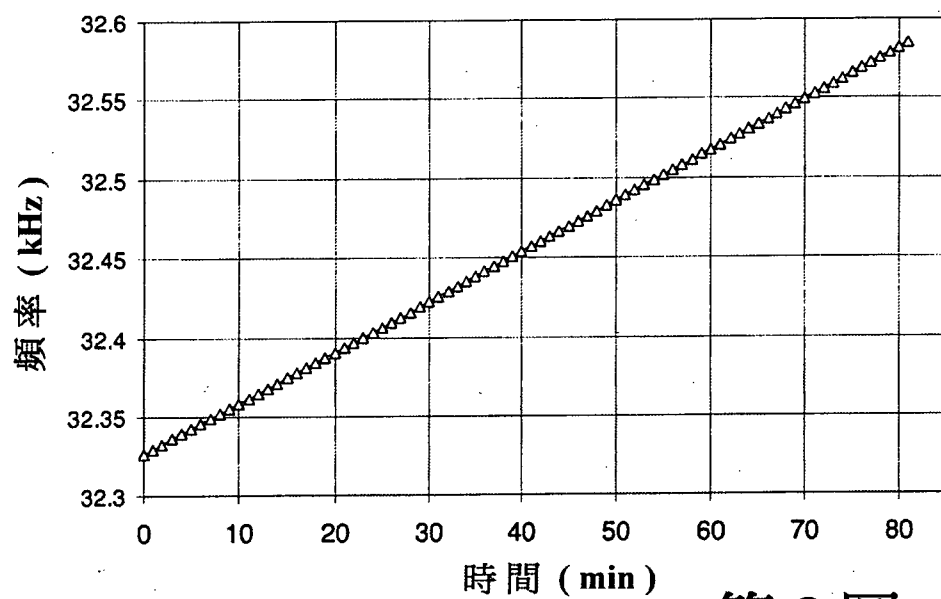
第 5 圖



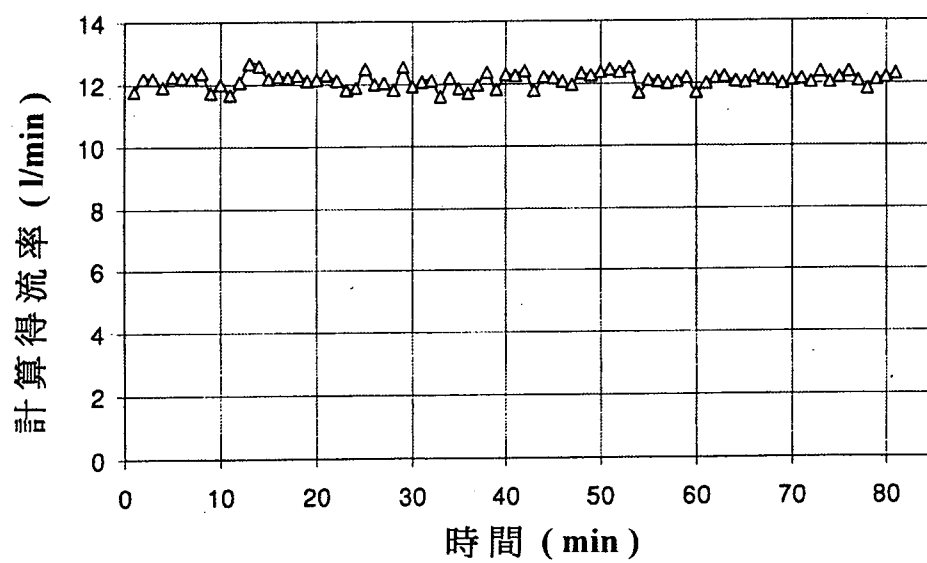
第 6 圖



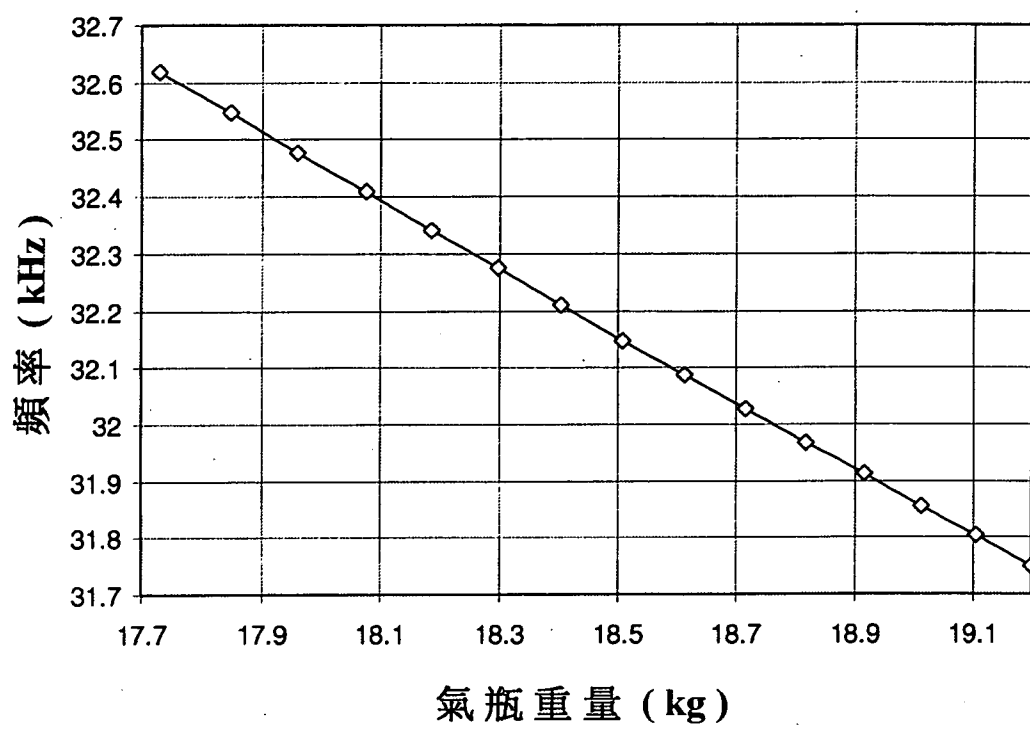
第 7 圖



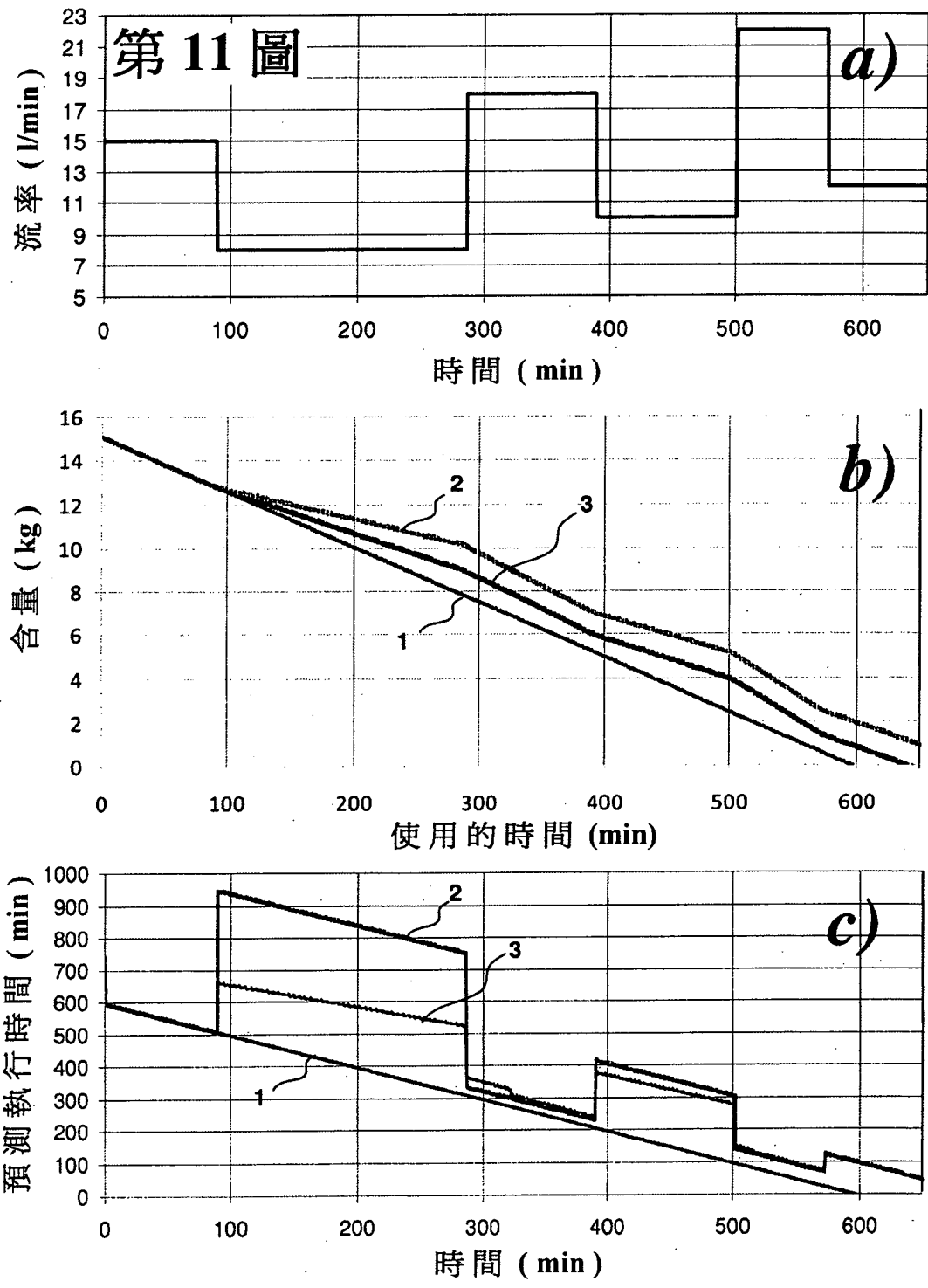
第 8 圖

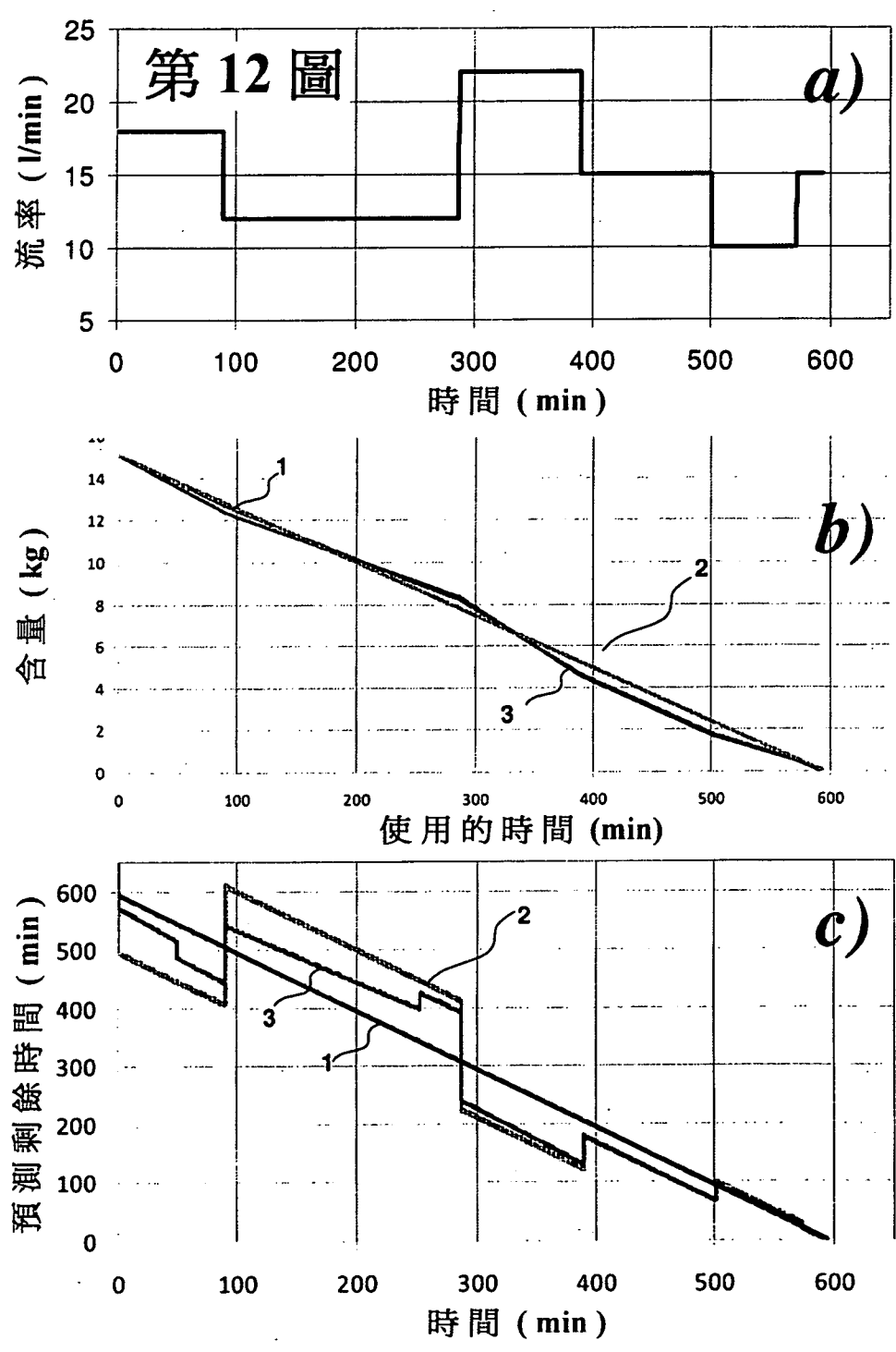


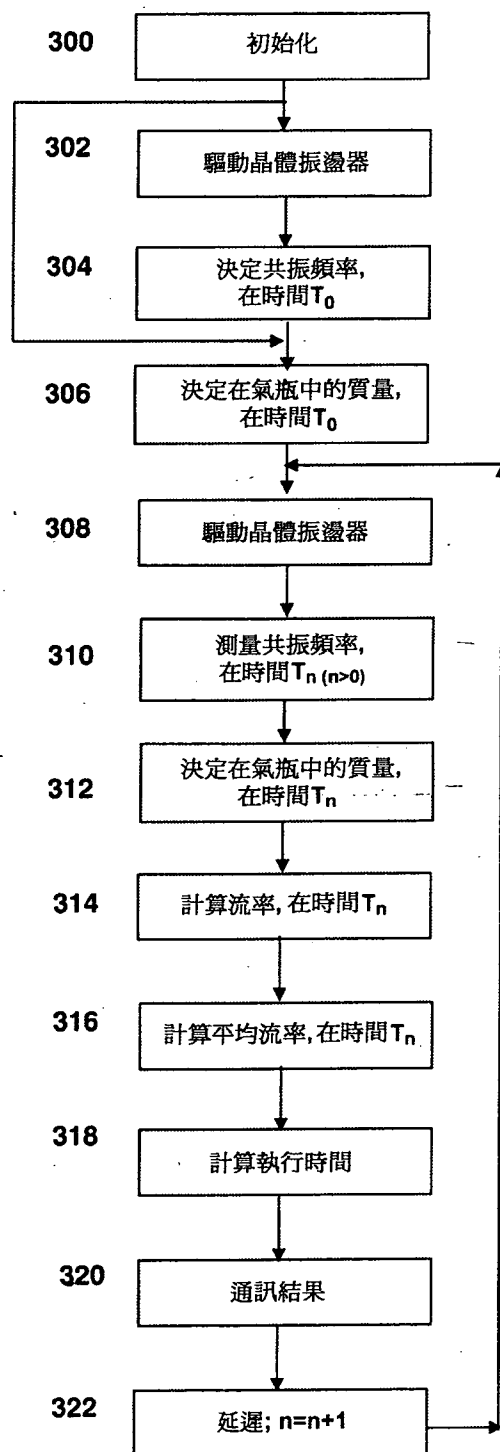
第 9 圖



第 10 圖







第 13 圖