



(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 201039087 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：098145074

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 25 日

(51)Int. Cl.：

G05D21/02 (2006.01)

G01N17/00 (2006.01)

G01N33/18 (2006.01)

C02F1/00 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/26

美國

12/344,324

(71)申請人：奇異電器公司(美國) GENERAL ELECTRIC COMPANY (US)

美國

(72)發明人：萬朝陽 WAN, ZHAOYANG (CN)；葛吉爾 葛瑞 愛德恩 GEIGER, GARY EDWIN (US)；強納森 葛蘭 艾弗德 JOHNSON, GLENN ALFRED (US)；萊斯克 布萊恩 華特 LASIUK, BRIAN WALTER (CA)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：4 共 35 頁

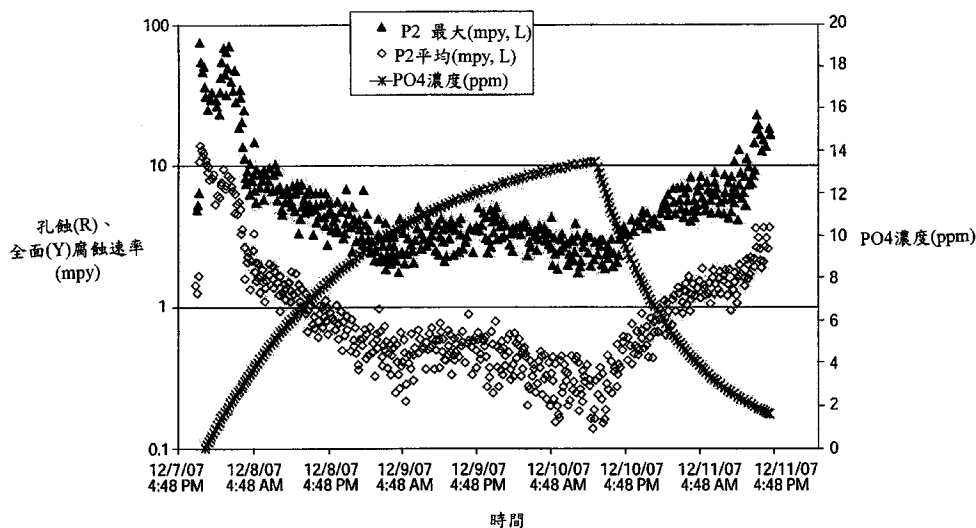
(54)名稱

用於監測工業水系統中之局部腐蝕的控制系統

CONTROL SYSTEM FOR MONITORING LOCALIZED CORROSION IN AN INDUSTRIAL WATER SYSTEM

(57)摘要

本發明揭示一種用於監測及控制一工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：量測定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；建立該可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；界定自該局部腐蝕速率之當前值及未來值導出之一指數，及自該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值導出之一指數；利用一處理器以使該局部腐蝕速率之該指數及該至少一化學品處理饋料之該指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值；及僅在該水系統內執行該至少一化學品處理饋料之一當前值。





(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 201039087 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：098145074

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 25 日

(51)Int. Cl.：

G05D21/02 (2006.01)

G01N17/00 (2006.01)

G01N33/18 (2006.01)

C02F1/00 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/26

美國

12/344,324

(71)申請人：奇異電器公司(美國) GENERAL ELECTRIC COMPANY (US)

美國

(72)發明人：萬朝陽 WAN, ZHAOYANG (CN)；葛吉爾 葛瑞 愛德恩 GEIGER, GARY EDWIN (US)；強納森 葛蘭 艾弗德 JOHNSON, GLENN ALFRED (US)；萊斯克 布萊恩 華特 LASIUK, BRIAN WALTER (CA)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：4 共 35 頁

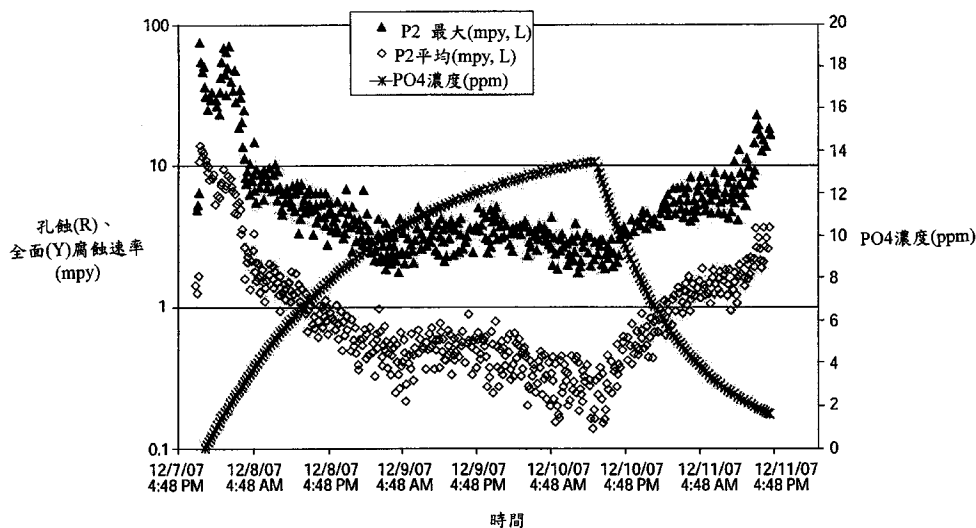
(54)名稱

用於監測工業水系統中之局部腐蝕的控制系統

CONTROL SYSTEM FOR MONITORING LOCALIZED CORROSION IN AN INDUSTRIAL WATER SYSTEM

(57)摘要

本發明揭示一種用於監測及控制一工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：量測定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；建立該可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；界定自該局部腐蝕速率之當前值及未來值導出之一指數，及自該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值導出之一指數；利用一處理器以使該局部腐蝕速率之該指數及該至少一化學品處理饋料之該指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值；及僅在該水系統內執行該至少一化學品處理饋料之一當前值。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之領域係關於即時資料之累積及分析，及主動性地使局部腐蝕抑制最大化，同時使水及處理化學品成本最小化，以獲得更具效果及效率之工業水系統。特定言之，本發明係關於用於監測及控制工業水系統中之局部腐蝕的系統，該等工業水系統諸如(但不限於)冷卻水系統、鍋爐系統、水循環系統及水淨化系統。

【先前技術】

淡水之充足供應係工業發展所必須。產品及設備之冷卻、製程需求、鍋爐饋料及衛生及飲用水供應都需要大量水。日益明顯的是淡水係必須經由恰當管理、保存及使用而予以保護之珍貴資源。為確保充分供應高品質之工業用水，必須實施以下方式：(1)在消費者(飲用)或工業用途之前淨化及調節；(2)保存(及可能時重複利用)；及/或(3)廢水處理。

水之溶解能力可對工業設備造成重大威脅。腐蝕反應引起金屬緩慢溶解於水中及最終引起製程設備之結構故障。沈積反應在傳熱表面上產生積垢且可引起能效損耗及生產損耗，其表示水之溶解能力隨溫度改變而變化。控制腐蝕及積垢係水處理技術之主要關注點。

典型之工業水系統經受大量變動。水組合物之特性可隨時間改變。改變之急緩度及程度取決於水之來源。循環系統之水損耗、生產速率之改變及化學品饋料速率均給系統

帶來變動，且藉此影響維持系統之恰當控制的能力。

全面腐蝕普遍存在，且發生於相對較大之規模或相對較大之區域上。在目標系統之導管或容器表面上或在感測器上，全面腐蝕相對均勻。全面腐蝕破壞及移除金屬塊，其會改變幾何形態(例如，表面厚度)且引起原始材料降級與耗竭。全面腐蝕危及導管或容器之結構剛性及完整性。例示性全面腐蝕可包含(但不限於)例如形成金屬氧化物之大規模表面氧化。另一方面，局部腐蝕可普遍存在或限於目標系統之僅一些區域，但相對不均勻且以相對較小規模發生。例示性局部氧化可包含(但不限於)孔蝕、環境應力斷裂(ESC)、(氫)脆化等及其等之組合。

通常，假定水中之特定鈣離子含量，使用由無機正磷酸鹽連同水溶性聚合物組成之處理劑，以在與水系統(尤其是冷卻水系統)接觸之金屬表面上形成一保護膜，以藉此保護該等表面免受腐蝕。水溶性聚合物對控制磷酸鈣結晶至關重要，使得在系統中可維持相對較高之正磷酸鹽量，以達成所要之保護而不會導致通常由磷酸鈣沈積所引起之污垢或傳熱功能受阻。水溶性聚合物亦用於控制硫酸鈣及碳酸鈣之形成，且另外分散顆粒以保護水系統之總效率。

美國專利第5,171,450號建立一種簡化之識別：可藉由選擇適當之聚合物或若干聚合物之組合作為處理劑，而抑制冷卻塔之積垢或腐蝕現象。此係基於如下事實：活性聚合物之損耗係由於在設備上形成保護膜時之磨耗所致，或藉由吸附至固體雜質上而避免沈積物，以防止可沈積於設備

上之顆粒的凝聚或晶體生長。在此專利中，活性聚合物係定義為由其螢光標籤量測之聚合物，且活性聚合物損耗係藉由使用惰性化學指示劑(量測總產品濃度)及減去由添標籤之聚合物量所示之活性聚合物濃度而定義。因此，藉由將活性聚合物的量控制在不過度損耗活性組份，而實現腐蝕及積垢之控制。

本發明者已注意到美國專利第5,171,450號中之受控變量與位點特定關鍵效能參數(諸如腐蝕與積垢)並無直接聯繫。每種工業水系統係獨一無二的。在作業系統中，恰當之處理經常需要恆定之化學調整以符合快速改變之系統條件的需求。在一既定時間對於一系統之聚合物損耗或聚合物抑制效率百分比的適當目標可能不適合於在不同時間之同一系統或不適合於另一系統。未直接量測效能，則聚合物濃度監測不能確保位點特定效能。

美國專利第6,510,368號及第6,068,012號藉由直接量測效能參數，諸如在模擬偵測表面上之腐蝕、積垢及污垢，而提出基於效能之控制系統。雖然所提出之方法產生化學處理回饋控制之一些缺點，諸如監測惰性化學指示劑導致活性化學品之控制下降，且監測活性化學品導致總化學品饋料之控制上升，兩種化學品監測方法均不能確保位點特定效能。在第6,510,368號及第6,068,012號中，開發一決策樹狀圖以從效能量測中識別效能降級原因，且相應地採取校正動作。

首先，美國專利第6,510,368號及第6,068,012號使用一線

性極化阻抗(LPR)腐蝕探針，由於其腐蝕量測之不穩定性，該探針僅定性地偵測孔蝕。此等探針既不可指定用於孔蝕控制目標之數值，亦不可量化當前量測與目標之偏差。其次，孔蝕之定性量測係僅在邏輯上與一控制動作聯繫，亦即增加腐蝕抑制劑饋料；而實際上，有許多可用於減緩腐蝕之可控水化學變量。第三，由於感測器量測及用於腐蝕控制之邏輯均為定性的，因此無法判定控制動作是否適當。腐蝕、積垢及污垢係高度相互關聯。一旦開始孔蝕，其將完全強化腐蝕、積垢及污垢。化學處理之慢且低的劑量增加可能無法使系統從其降級中恢復。延遲之化學處理增加可能需要三倍或四倍多之化學品，以使系統回到其效能基線，導致化學品之不經濟消費。

業界需要一種使局部腐蝕抑制最大化且使水及處理化學品之成本最小化的控制系統，以形成更有效及更經濟之製程。

【發明內容】

本發明揭示一種控制系統，該控制系統利用多個資訊量測及用以決策最佳控制動作之模型，以使局部腐蝕抑制最大化且使水及處理化學品之成本最小化。該系統可自動操作廣泛範圍之製程條件，確保多個效能目標，在各種不可量測之干擾因素下達成穩固之操作，及達成最低成本之溶液輸送。

在本發明之一實施例中，揭示一種用於監測及控制工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：量測

定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；建立該至少一可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；界定從該局部腐蝕速率之當前值及未來值中導出之一指數，及從該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值中導出之一指數；在每次取樣時間，利用一處理器以使該局部腐蝕速率之指數及該至少一化學品處理饋料之指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值；及在每次取樣時間，在該水系統內僅執行該至少一化學品處理饋料之一當前值。

本發明之各種新穎特徵係利用附屬且形成本揭示內容之一部分的申請專利範圍中之特性來指出。為更好地理解本發明、其操作優點及藉由其用途所獲得之效益，參照附圖及描述性物質。附圖意欲顯示本發明之許多形式的實例。圖式並非意欲顯示可實現及使用本發明之所有方法的限制。當然可改變及替代本發明之各種組份。本發明亦存在於所揭示之要素的子組合及子系統以及使用其等之方法中。

【實施方式】

如本文之整個說明書及申請專利範圍中所使用，近似語言可用於修飾在未導致與其相關之基礎功能變動下可容許地改變之任何定量表示。因此，由一術語或若干術語諸如「約」修飾之值並不限於所指定之精確值。在至少一些實例中，近似語言可對應於用於量測該值之儀器的精確性。

範圍限制可經組合及/或互換，且此等範圍經識別及包含本文中 包含之所有子範圍，除非內容或語言指示其他內容。除在操作實例或其他指示中以外，本說明書及申請專利範圍中所使用之指稱成份數量、反應條件及類似物的所有數字或表達應理解為藉由術語「約」而在所有實例中修飾。

如本文中所使用，術語「包括」、「包含」、「具有」或其等之任何其他變動意欲涵蓋非排他性包含。例如，包括一系列元件之製程、方法、物品或裝置未必僅限於該等元件，但可包含未明確列出或此製程、方法、物品或裝置固有之其他元件。

本發明揭示一種控制系統，該控制系統利用多個資訊量測及用以決策最佳控制動作之模型，以使局部腐蝕抑制最大化且使水及處理化學品之成本最小化。該系統可自動操作廣泛範圍製程條件，確保多個效能目標，在各種不可量測之干擾因素下達成穩固之操作，及達成最低成本之溶液輸送。

腐蝕可定義為藉由金屬與環境之化學或電化學反應而毀損金屬。產生腐蝕所必須之陽極與陰極位點的形成可由於諸多原因而發生，該等原因包含(但不限於)：金屬中之雜質、局部應力、金屬晶粒大小或組成差異、表面上之不連續性及局部環境之差異(例如，溫度、氧氣或鹽濃度)。當此等局部差異不大，且陽極與陰極位點可在金屬表面上在位置與位置之間偏移時，腐蝕係均勻的。當陽極位點保持

靜止時所發生之局部腐蝕係較嚴重之工業問題。局部腐蝕之形式包含孔蝕、選擇性瀝濾(例如，脫鋅)、電化腐蝕、裂隙腐蝕或沈積物下腐蝕、粒間腐蝕、應力腐蝕、斷裂及受微生物影響之腐蝕。

諸如低氧氣濃度或高物種(諸如陰離子形式競爭之氯離子)濃度之特定條件可干擾既定合金重新形成鈍化膜之能力。在最壞情況下，幾乎所有之表面將受到保護，但微小之局部變動將使氧化物膜在一些關鍵點中降級。在此等點中之腐蝕將被大幅放大，且取決於各種條件可引起一些類型之蝕坑。雖然蝕坑僅在相當極端之情況下成核，但即使條件回歸正常，其等仍可繼續生長，此係因為坑內部基本上無氧氣且局部之pH降低至非常低的值，且腐蝕速率由於自動催化製程而增加。在極端情況下，局部腐蝕可引起應力集中至堅硬金屬原本可粉碎之點，或由不可見之小孔刺穿之薄膜可使拇指大小之坑不可見。由於在部件或結構故障之前難以偵測此等問題，因此特別危險。

在本發明之一實施例中，揭示一種用於監測及控制工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：量測定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；建立該至少一可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；界定自該局部腐蝕速率之當前值及未來值導出之一指數，及自該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值導出之一指數。在每次取樣時間，該控制系

統接著利用一處理器使該局部腐蝕速率之該指數及該至少一化學品處理饋料之該指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值，及在該水系統內僅執行該至少一化學品處理饋料之一當前值。雖然計算該至少一化學品處理饋料之當前及未來值，但該控制器僅執行該至少一化學品處理饋料之第一計算值，且在下次取樣時間重複此等計算。

該控制系統可用於各種不同的工業水系統，包含(但不限於)循環系統、冷卻水系統及鍋爐系統。

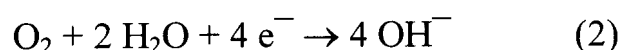
本發明所主張之控制系統的一實施例係基於全面瞭解工業水系統及其控制結構。圖3顯示根據本發明之一實施例的一控制系統結構。一工業水處理製程10係連接至一控制器20。在製程10內，G1係自化學品處理饋料30至水化學品40之傳送功能，而G2係自水化學品40至局部腐蝕50之傳送功能。在控制器20內，G1~係自化學品饋料30至水化學品40之感知傳送功能，而G2~係自水化學品40至局部腐蝕50之感知傳送功能。控制器20中之G1~與G2~越接近製程10中之G1與G2越接近，可達成最小化局部腐蝕50及化學品饋送30之控制目標越佳。

如圖3所示，水處理製程10之輸入係化學品饋量30、水化學品干擾60及設備操作干擾70。水處理製程10之輸出及因此控制器20之輸入係化學品饋料30、水化學品40、效能50及水化學品干擾60及設備操作干擾70之量測。控制器20之輸出係化學品處理饋料30。控制器提供用於水化學品干

擾60及設備操作干擾70之回饋補償及前饋補償，因該等補償可最大化資產保護且最小化化學品使用。氣態或電子控制信號80表示從感測器發送至控制器之信號，及從控制器發送至饋送泵之信號。

在本發明之一實施例中，由多電極陣列(MEA)孔蝕感測器量測局部腐蝕速率。多電極陣列(MEA)係一被動式偵測器，類似於同時量測局部腐蝕速率及全面腐蝕速率之絲束電極(WBE)。多電極陣列(MEA)孔蝕感測器之一實例係 nanoCorr 孔蝕感測器，其係一種來自 Corr Instruments, LLC之商業 MEA 裝置。

nanoCorr MEA係一種電子裝置，其量測陽極與陰極區域在一經分段之金屬電極結構上的時間及空間分佈。該分段可在腐蝕製程中同時量測兩個一半電池之反應。



電流在各個電極中流動之量值可用於計算局部腐蝕速率與全面腐蝕速率兩者。電流係經由如下通式與腐蝕速率(CR)相關：

$$CR = \frac{W_e I^c}{\varepsilon \rho A F} \quad (3)$$

其中， W_e 係電極材料之有效分子量， I^c 係從電極中量測之特性陽極電流， ε 係電流分佈因子， ρ 係電極材料密度， A 係電極之暴露表面積，而 F 係法拉第(Faraday)常數。全面

腐蝕速率可藉由對 I^c 使用平均陽極電流而估計，而局部腐蝕速率對 I^c 使用最大陽極電流。

對特定時間間隔內之腐蝕速率進行積分可估計由於特定腐蝕製程而產生之滲透深度。例如，最大孔蝕深度可藉由下式來估計：

$$d_{\text{pitting}} = \frac{W_e}{\epsilon \rho A F} \int I_{\text{max}} dt \quad (4)$$

相反，等式(4)中之平均陽極電流給出由於全面腐蝕而產生之滲透深度。

多電極陣列(MEA)孔蝕感測器給出定量之局部腐蝕速率量測，使得可在定量局部腐蝕速率與各種水化學變量之間建立定量數學模型，基於該定量模型致能控制演算法，以在合適的時間採取適量的校正動作。

在本發明之一實施例中，該至少一可控水化學變量由如下變量組成，諸如pH、濃度循環、鈣、鎂、無機磷酸、磷酸鹽、有機磷酸酯及多價金屬鹽、銅腐蝕抑制劑、磷酸琥珀酸低聚物、水溶性聚合物之濃度及其等之組合。

此等無機磷酸之實例包含縮合磷酸及其水溶性鹽。磷酸包含正磷酸、一元磷酸及二元磷酸。無機縮合磷酸包含：聚磷酸，諸如焦磷酸、三聚磷酸及類似物；偏磷酸，諸如三偏磷酸及四偏磷酸。

至於除本發明之聚合物外的待添加之其他磷酸鹽衍生物，可提及：胺基聚磷酸，諸如胺基三亞甲基磷酸、乙二胺四亞甲基磷酸及類似物；亞甲基二磷酸；羥基亞乙基二

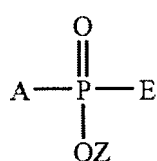
膦酸；2-膦酸丁烷-1,2,4-三羧酸等。

可與本發明之聚合物組合之例示性有機磷酸酯包含：烷醇磷酸酯，諸如甲基磷酸酯、乙基磷酸酯等；甲基溶纖劑與乙基溶纖劑之磷酸酯；及藉由添加環氧乙烷至諸如丙三醇、甘露醇、山梨醇等多羥基化合物而獲得之聚氧化烷基多羥基化合物的磷酸酯。其他適合之有機磷酸酯係諸如單醇胺、二醇胺及三醇胺之胺基醇的磷酸酯。

無機磷酸、膦酸及有機磷酸酯可為鹽，較佳地為鹼金屬鹽、銨鹽、胺鹽等。

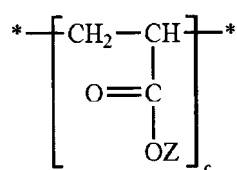
可與本發明之水溶性聚合物組合之例示性多價金屬鹽包含能夠在水中解離出諸如 Zn^{++} 、 Ni^{++} 等多價金屬陽離子的多價金屬鹽，其包含氯化鋅、硫酸鋅、硫酸鎳、氯化鎳等。

水溶性聚合物可為藉由丙烯酸與烯丙氧基單體之聚合作用而形成之丙烯酸共聚物。其目的係一種用於製備具有下述通式 I 所描繪之通式的水溶性或水分散性聚合物之水溶液聚合製程：



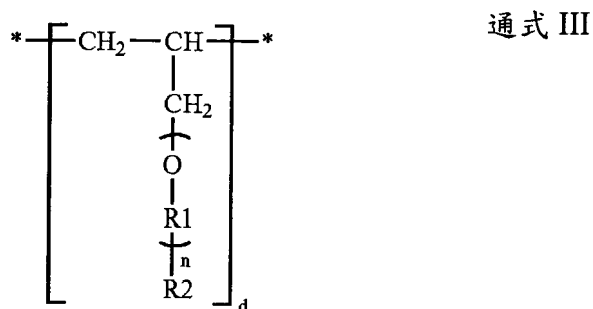
通式 I

其中，A 係隨機聚合殘基，其包括下述通式 II 之至少一單元：



通式 II

及下述通式 III 之至少一單元：



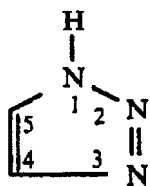
而 E 為 氫、OZ、殘基 A 或其等之混合物；其中片段 R1 為 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 、 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$ 、 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-$ 、 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$ 或其等之混合物；R2 為 OH、 SO_3Z 、 OSO_3Z 、 PO_3Z_2 、 OPO_3Z_2 、 CO_2Z 或其等之混合物；n 在 1 至 100 之範圍；Z 為 氫或諸如 Na、K、Ca 或 NH_4 之水溶性陽離子；莫耳比 c:d 在 30:1 至 1:20 之範圍；其條件為合成該共聚物時使用之次磷酸大於 75 莫耳% 併入聚合物基質中。

在一較佳實施例中，R1 為 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 、 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$ 或其等之混合物；R2 為 OH、 SO_3Z 、 OSO_3Z 或其等之混合物；n 在 1 至 20 之範圍；Z 為 氫或諸如 Na、K 或 NH_4 之水溶性陽離子；莫耳比 c:d 在 15:1 至 1:10 之範圍；其條件為合成該共聚物時使用之次磷酸大於 75 莫耳% 併入聚合物基質中。

在本發明之一尤其較佳的實施例中，R1 為 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ；R2 為 OSO_3Z ；n 在 5 至 20 之範圍；Z 為 氫或諸如 Na、K 或 NH_4 之水溶性陽離子；莫耳比 c:d 在 15:1 至 2:1 之範圍；其條件為合成該共聚物時使用之次磷酸大於 85 莫耳% 併入聚合物基質中。

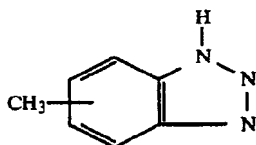
另外，水溶性唑類化合物可與水溶性聚合物組合地使

用。此類唑具有如下通式：



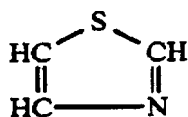
本發明之範疇包含N-烷基取代之1,2,3-三唑；或經取代之水溶性1,2,3-三唑，其中取代發生在該環之4及/或5位置。

較佳之1,2,3-三唑係如下通式之1,2,3-甲基三唑：



其他例示性1,2,3-三唑包含苯并三唑、4-苯酚-1,2,3-三唑、4-甲基-1,2,3-三唑、4-乙基-1,2,3-三唑、5-甲基-1,2,3-三唑、5-乙基-1,2,3-三唑、5-丙基-1,2,3-三唑及5-丁基-1,2,3-三唑。可使用此等化合物之鹼金屬或銨鹽。

其他唑類化合物包含如下通式之噻唑化合物：



適合之噻唑包含噻唑、2-巰基噻唑、2-巰基苯并噻唑、苯并噻唑及類似物。

銅腐蝕抑制劑包括由下列組成之群組中選出之非鹵化、經取代苯并三唑：5,6-二甲基-苯并三唑、5,6-二苯基苯并三唑、5-苯甲醯-苯并三唑、5-苯甲基-苯并三唑及5-苯基-苯并三唑。

存在對經鹵素處理之水系統係有效銅腐蝕抑制劑的非鹵

化、含氮、芳族化合物。腐蝕抑制材料係該等含氮、芳族化合物，其等在無鹵素之水系統中提供可與甲苯基三唑相比之銅腐蝕抑制作用；在存在鹵素之水系統中銅腐蝕小於約每年2.5密爾；且該等化合物未對所處理之系統的鹵素需求展現有害影響。已發現含氮、芳族化合物係存在鹵素之水系統的有效銅腐蝕抑制劑，但其等不屬於任何可容易地辨別之化學品類別。因此，滿足此標準之該等材料在下文中應歸類為「耐鹵素銅腐蝕抑制劑」(HRCCI)。以非鹵化、含氮、芳族材料為例之HRCCI材料在經鹵素處理之水系統中提供有效之耐鹵素腐蝕抑制作用。

在利用HRCCI材料處理水系統時，較佳地將HRCCI連續饋送至水中。較佳之處理濃度自約百萬分之0.2變化至百萬分之10。然而，連續饋送非必須的。HRCCI材料可以足夠形成保護膜之濃度饋送，且其後饋送可中斷一段時間。HRCCI材料可與其他習知的水處理材料組合地使用，該等其他材料包含：不同之腐蝕抑制劑、界面活性劑、積垢抑制劑、分散劑、pH調整劑及類似物。

水溶性聚合物亦可與鉬酸鹽結合地使用，諸如鉬酸鈉、鉬酸鉀、鉬酸鋰、鉬酸銨等。

聚合物亦可與其他阻化劑組合地使用，該等其他阻化劑包含：對鐵、鋼、銅、銅合金或其他金屬之腐蝕抑制劑、習知的積垢及污染抑制劑、金屬離子螯合劑及其他習知的水處理劑。其他腐蝕抑制劑包括：鎢酸鹽、亞硝酸鹽、硼酸鹽、矽酸鹽、氧基羧酸、胺基酸、兒茶酚、脂肪族胺基

表面活性劑、苯并三唑及巯基苯并三唑。其他積垢及污染抑制劑包含：木質素衍生物、丹寧酸、澱粉、聚丙烯酸鈉、聚丙烯酸鹽胺等。金屬離子捕捉劑包含：聚胺，諸如乙二胺、二乙三胺及類似物；及聚胺羧酸，諸如氮基三乙酸、乙二胺四乙酸及二乙三胺五乙酸。

在本發明之一實施例中，該至少一化學品處理饋料由如下變量組成，諸如酸、鹼、腐蝕抑制劑、沈積抑制劑、殺生物劑及其等之組合。

在另一實施例中，定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性為穩定狀態之統計相關性。圖2根據本發明之一實施例示範腐蝕速率對腐蝕抑制劑濃度之示範圖。當 PO_4 濃度等於10 ppm時，腐蝕開始增加。當 PO_4 濃度等於臨限值3 ppm時，腐蝕急劇增加。局部腐蝕速率與 PO_4 濃度之間的穩定狀態數學相關性($\log_{10}(\text{Corrosion}) = f(PO_4)$)可從圖2中導出為查找表(如以下表1所示)、圖表或分段線性方程之形式。此一分段線性方程係如下：

$$\frac{\log_{10}(\text{CorrosionRate})}{[PO_4]} = \begin{cases} 0.4, & \text{if } [PO_4] < 3 \text{ ppm} \\ 0.07, & \text{if } 3 \leq [PO_4] \leq 10 \text{ ppm} \\ 0, & \text{if } [PO_4] > 10 \text{ ppm} \end{cases}$$

表1

PO ₄ 濃度	Log10(Corrosion rate)/ppm PO ₄
<3 ppm	0.4
3-10 ppm	0.07
>10 ppm	0

在一替代實施例中，定量局部腐蝕速率與至少一可控水化學變量之間的數學相關性為隨時間變化之動態統計相關性。圖1係根據本發明之一實施例之腐蝕速率及腐蝕抑制劑濃度對時間的示範圖。圖1係根據本發明之一實施例的一多電極陣列(MEA)孔蝕感測器探針的圖解，其中「最大」表示孔蝕(或局部腐蝕)，而「平均」表示全面腐蝕。當腐蝕抑制劑 PO_4 濃度自0 ppm上升至14 ppm時，腐蝕速率被抑制。當腐蝕抑制劑 PO_4 濃度自14 ppm下降至0 ppm時，局部腐蝕速率與全面腐蝕速率兩者均增加。局部腐蝕速率增加快於全面腐蝕速率。局部腐蝕速率與 PO_4 濃度之間的動態數學相關性($\log_{10}(\text{corrosion rate}) = f(\text{PO}_4, \text{time})$)可從圖1中導出為查找表(如以下表2所示)、圖表或分段線性方程之形式。此一分段線性方程係如下：

$$\frac{d\{\log_{10}(\text{CorrosionRate})\}}{dt} = \begin{cases} 0.4 * [\text{PO}_4] - \log_{10}(\text{CorrosionRate}), & \text{if } [\text{PO}_4] < 3 \text{ ppm} \\ 0.07 * [\text{PO}_4] - \log_{10}(\text{CorrosionRate}), & \text{if } 3 \leq [\text{PO}_4] \leq 10 \text{ ppm} \\ 0 * [\text{PO}_4] - \log_{10}(\text{CorrosionRate}), & \text{if } [\text{PO}_4] > 10 \text{ ppm} \end{cases}$$

表2

PO_4 濃度	$d\{\text{Log10(Corrosion rate)}\}/dt$
<3 ppm	$0.4 * [\text{ppm PO}_4] - \text{Log10}\{\text{Corrosion rate}\}$
3-10 ppm	$0.07 * [\text{ppm PO}_4] - \text{Log10}\{\text{Corrosion rate}\}$
>10 ppm	$0 * [\text{ppm PO}_4] - \text{Log10}\{\text{Corrosion rate}\}$

在本發明之一實施例中，基於實驗或經驗，以查找表或圖表形式識別定量局部腐蝕速率與至少一可控水化學變量之間的數學相關性，其等指定至少一可控水化學變量之範

圍及腐蝕與沈積趨勢。此等查找表或圖表係儲存於控制器中。如圖4所示，一模糊邏輯模型將腐蝕及沈積趨勢與不同範圍之腐蝕抑制劑及沈積抑制劑饋料關聯。腐蝕抑制劑之過度饋送與饋送不足兩者均可導致較少之腐蝕及沈積保護。沈積抑制劑之饋送不足可導致較少之腐蝕及沈積保護，但沈積抑制劑之過度饋送不會對腐蝕及沈積保護產生更不利之影響。此係由一組專家指派給不同處理條件之腐蝕及沈積趨勢的比率之視覺化效果。

在一替代實施例中，模糊邏輯模型可以查找表格式呈現。

用於化學物X之質量平衡模型可表示為系統中累積之X量等於進入系統之X量減去離開系統之X量。此模型之數學式為：

$$V \frac{dC(t)}{dt} = -B(t) \cdot C(t) + F(t)$$

其中，V為系統體積，B為排出流量，F為化學品饋料流量，C為系統中化學物X之濃度。對導數使用取樣時間 Δt 及歐拉(Euler)第一近似值，即， $\frac{dC(t)}{dt} \approx \frac{C(t+1) - C(t)}{\Delta t}$ ，則質量平衡模型可表示為 $C(t+1) = f(C(t), F(t), B(t))$ ，即，在時間t+1之化學品濃度(經量測之輸出)係在時間t之化學品濃度(經量測之輸出)、化學品饋料(經操縱之變量)及排出(經量測之干擾)的函數。若排出流量(B)恆定，則模型變成：

$$\tau \frac{dC(t)}{dt} = -C(t) + C_{ss} \cdot \% pumpOpen(t)$$

其中， $\tau(=V/B)$ 係系統時間常數，%pumpOpen係泵之開口百分比，若%pumpOpen等於100%，則 $Css(=F/B)$ 係穩定狀態濃度。

在一實施例中，控制系統定義為局部腐蝕速率之當前值與未來值之加總的一指數，及至少一化學品處理饋料之當前值與未來值之加總的一指數。在另一實施例中，在每次取樣時間，控制系統使局部腐蝕速率之該指數及至少一化學品處理饋料之該指數最小化，且判定至少一化學品處理饋料之當前值與未來值。

雖然計算該至少一化學品處理饋料之當前及未來值，但該控制器僅實施該至少一化學品處理饋料之第一計算值，且在下次取樣時間重複此等計算。此之數學式係在取樣時間 t_0 ，解出：

$$\min_{Feed(t)} \sum_{t=t_0}^{t_0+N} \{[Corr(t)] + [Feed(t)]\}$$

採用：

$$Corr(t+1) = f(WaterChem(\tau), \tau \leq t)$$

$$WaterChem(t) = g(Feed(t))$$

$$t = t_0 \dots t_0 + N$$

其中， t_0 係當前時間， t_0+N 係往後N步驟。量測局部腐蝕速率之當前值 $Corr(t)$ 與可控水化學變量之當前值 $WaterChem(t)$ ，同時基於當前及將來饋料 $Feed(t+i)$ ， $i \geq 0$ 藉由化學品饋料與可控水化學變量之間的數學相關性及可控水化學變量與局部腐蝕速率之間的數學相關性，而預測局部腐蝕速率之未來值 $Corr(t+i)$ ， $i > 0$ 及可控水化學變量之未

來值 $\text{WaterChem}(t+i)$, $i>0$ 。當前及將來饋送 $\text{Feed}(t+i)$, $i\geq 0$ 係藉由解出該最佳化而判定。

在一替代實施例中，在每次取樣時間，控制系統在水系統內執行至少一化學品處理饋料之當前值。

在一實施例中，藉由使用最小平方法而由資料產生數學相關性。

最小平方法係用於解出超判定系統。最小平方法通常用於統計背景中，尤其是回歸分析。最小平方可解釋為一種擬合資料之方法。最小平方意味下之最佳擬合係如下實例：用於平方殘餘和之模型具有其最小值，殘餘係所觀察到之值域模型給定值之間的差異。若實驗誤差具有常態分佈，則最小平方對應於最大可能性標準且亦可導出為一種瞬間估計法。最小平方法假定給定類型之最佳擬合曲線係具有給定組資料之平方偏差的最小總和(最小平方誤差)之曲線。若資料點係 (x_1, y_1) 、 $(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$ ，其中 x 係自變量， y 係因變量。擬合曲線離各個資料點具有偏差(誤差) d ，即， $d_1 = y_1 - f(x_1)$ 、 $d_2 = y_2 - f(x_2) \dots d_n = y_n - f(x_n)$ 。根據最小平方法，最佳擬合曲線具有如下性質：

$$\Pi = d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \text{a minimum}$$

在另一實施例中，藉由人工神經網路(ANN)或模糊邏輯法而由資料產生數學相關性。

人工神經網路(ANN)通常稱為「神經網路」(NN)，其係一種基於生物神經網路之數學模型或計算模型。其由一組互

連之人工神經元組成，且使用連接機制計算法來處理資訊。

模糊邏輯係一種源自模糊集合理論之多值邏輯形式，以近似而非精確形式加以處理。正如在模糊集合理論中集合成員值可在0與1之間(包含兩者)變化，在模糊邏輯中，陳述之真實程度可在0與1之間變化且並不如典型預測邏輯一般限於兩個真實值{真，假}。利用模糊邏輯，一個要素可部分屬於多個類別。對於任何兩個模糊集合(S_1 與 S_2)，可定義三個基本操作：

交集： $\mu_{S_1 \cap S_2} = \min\{\mu_{S_1}(u), \mu_{S_2}(u)\}$

合集： $\mu_{S_1 \cup S_2} = \max\{\mu_{S_1}(u), \mu_{S_2}(u)\}$

補集： $\mu_{S_1} = 1 - \mu_{S_1}$

因此，基於上述效能之控制系統的關鍵改良處在於：

(1)使用定量孔蝕量測，使得可為孔蝕控制目標指定一數值，且系統孔蝕速率與其目標之偏差可定量化；(2)定量數學模型將多個可控水化學變量與孔蝕速率關聯；(3)定量數學模型將多個可控水化學變量與多個化學品處理饋料關聯；及(4)控制演算法基於該等模型而使局部腐蝕速率及降低化學品處理饋料之成本均最小化。

雖然已參照較佳實施例描述本發明，但在不脫離本發明之技術範疇下，對本發明之相關技術一般熟練者可對此等實施例作出各種改變或替代。因此，本發明之技術範疇不僅包括前文所述之該等實施例，亦包括隨附申請專利範圍之範疇。

此書面說明使用實例來揭示本發明(包含最佳模式)，且

亦使熟習此項技術者可實施本發明，包含實現並使用任何裝置或系統及執行任何併入之製程。本發明之專利範疇由申請專利範圍界定，且可包含熟習此項技術者所瞭解之其他實例。該等其他實例意欲在申請專利範圍之範疇內，只要其等具有未與申請專利範圍之字面語言不同的結構元件，或只要其等包含與申請專利範圍之字面語言無實質差異的等效結構元件。

【圖式簡單說明】

圖1係根據本發明之一實施例之腐蝕速率及腐蝕抑制劑濃度對時間的示範圖；

圖2係根據本發明之一實施例之腐蝕速率對腐蝕抑制劑濃度的示範圖；

圖3係根據本發明之一實施例的一控制系統結構；及

圖4係根據本發明之一實施例的關聯腐蝕/沈積趨勢與腐蝕/沈積抑制劑之一模糊邏輯模型。

【主要元件符號說明】

- | | |
|----|-----------|
| 10 | 製程 |
| 20 | 控制器 |
| 30 | 化學品處理饋料 |
| 40 | 水化學品 |
| 50 | 局部腐蝕 |
| 60 | 水化學品干擾 |
| 70 | 設備操作干擾 |
| 80 | 氣態或電子控制信號 |

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98145074

G05D 21/02 (2006.01)

※申請日：98.12.25

※IPC 分類：

G01N 1/60 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G01N 33/18

用於監測工業水系統中之局部腐蝕的控制系統

C02F 1/60 (2006.01)

CONTROL SYSTEM FOR MONITORING LOCALIZED CORROSION
IN AN INDUSTRIAL WATER SYSTEM

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種用於監測及控制一工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：量測定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；建立該可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；界定自該局部腐蝕速率之當前值及未來值導出之一指數，及自該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值導出之一指數；利用一處理器以使該局部腐蝕速率之該指數及該至少一化學品處理饋料之該指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值；及僅在該水系統內執行該至少一化學品處理饋料之一當前值。

三、英文發明摘要：

A control system is disclosed for monitoring and controlling localized corrosion in an industrial water system, comprising: measuring quantitative localized corrosion rate and at least one controllable water chemistry variable; identifying mathematical correlations between the quantitative localized corrosion rate and the at least one controllable water chemistry variable; establishing mathematical correlations between the controllable water chemistry variable and at least one chemical treatment feed; defining an index derived from current and future values of the localized corrosion rate and an index derived from current and future values of the at least one chemical treatment feed; utilizing a processor to minimize the index of the localized corrosion rate and the index of the at least one chemical treatment feed and determine current and future values of the at least one chemical treatment feed; and implementing only a current value of the at least one chemical treatment feed within the water system.

七、申請專利範圍：

1. 一種用於監測及控制工業水系統中之局部腐蝕的控制系統，該控制系統包括：
 - a) 量測定量局部腐蝕速率及至少一可控水化學變量；
 - b) 識別該定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的數學相關性；
 - c) 建立該至少一可控水化學變量與至少一化學品處理饋料之間的數學相關性；
 - d) 界定自該局部腐蝕速率之當前值及未來值導出之一指數及自該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值導出之一指數；
 - e) 在每次取樣時間，利用一處理器以使該局部腐蝕速率之該指數及該至少一化學品處理饋料之該指數最小化，及判定該至少一化學品處理饋料之當前值及未來值；及
 - f) 在每次取樣時間，在該水系統內執行該至少一化學品處理饋料之當前值。
2. 如請求項1之控制系統，其中該工業水系統係一循環系統。
3. 如請求項2之控制系統，其中該工業水系統係一冷卻塔系統或一鍋爐系統。
4. 如請求項1之控制系統，其中該局部腐蝕速率係藉由一多電極陣列(MEA)孔蝕感測器而量測。
5. 如請求項1之控制系統，其中該至少一可控水化學變量

係由如下組成：pH、濃度循環、鈣、鎂、無機磷酸、磷酸鹽、有機磷酸酯及多價金屬鹽、銅腐蝕抑制劑、磷酸琥珀酸低聚物、水溶性聚合物之濃度及其等之組合。

6. 如請求項5之控制系統，其中該銅腐蝕抑制劑包括由下列組成之群組中選出之非鹵化、經取代苯并三唑：5,6-二甲基-苯并三唑、5,6-二苯基苯并三唑、5-苯甲醯-苯并三唑、5-苯甲基-苯并三唑及5-苯基-苯并三唑。
7. 如請求項5之控制系統，其中該水溶性聚合物係藉由丙烯酸與烯丙氧基單體之聚合作用而形成的丙烯酸共聚物。
8. 如請求項1之控制系統，其中該至少一化學品處理饋料係由如下組成：酸、鹼、腐蝕抑制劑、沈積抑制劑、殺生物劑及其等之組合。
9. 如請求項1之控制系統，其中該數學相關性為指定該至少一可控水化學變量之範圍及其等之腐蝕抑制中性與鹼性pH水處理程式之百分比的查找表。
10. 如請求項9之控制系統，其中該數學相關性為定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的穩定狀態之統計相關性。
11. 如請求項9之控制系統，其中該數學相關性為定量局部腐蝕速率與該至少一可控水化學變量之間的隨時間變化之動態統計相關性。
12. 如請求項1之控制系統，其中該數學相關性藉由使用最小平方法而由資料產生。

13. 如請求項1之控制系統，其中該數學相關性藉由人工神經網路(ANN)及/或模糊邏輯法而由資料產生。
14. 如請求項1之控制系統，其中界定出該等數學相關性並儲存於一處理器中。
15. 如請求項1之控制系統，其中界定出該等指數並儲存於一處理器中。
16. 如請求項1之控制系統，其中該減小係在一處理器中執行。

八、圖式：

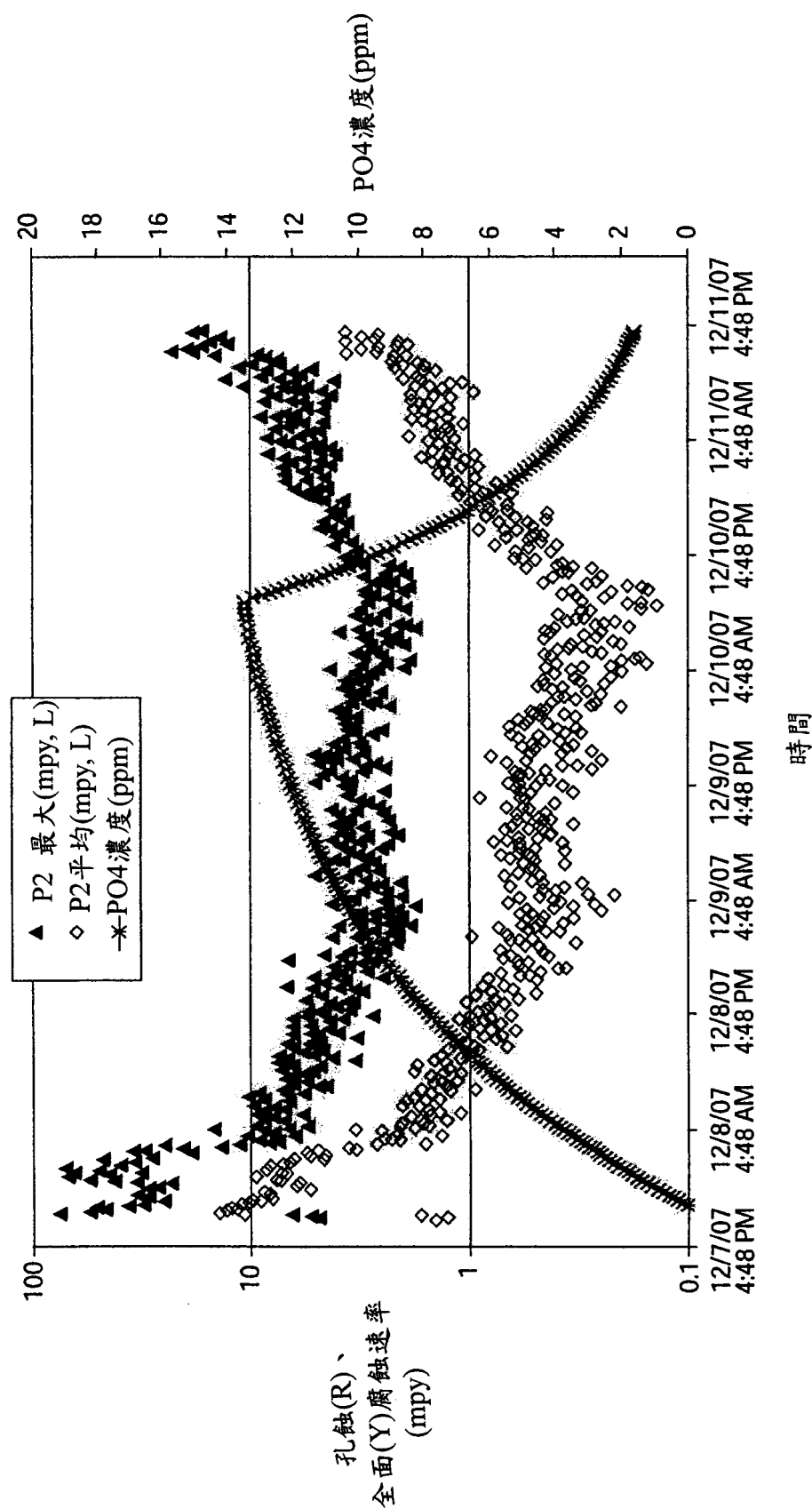


圖1

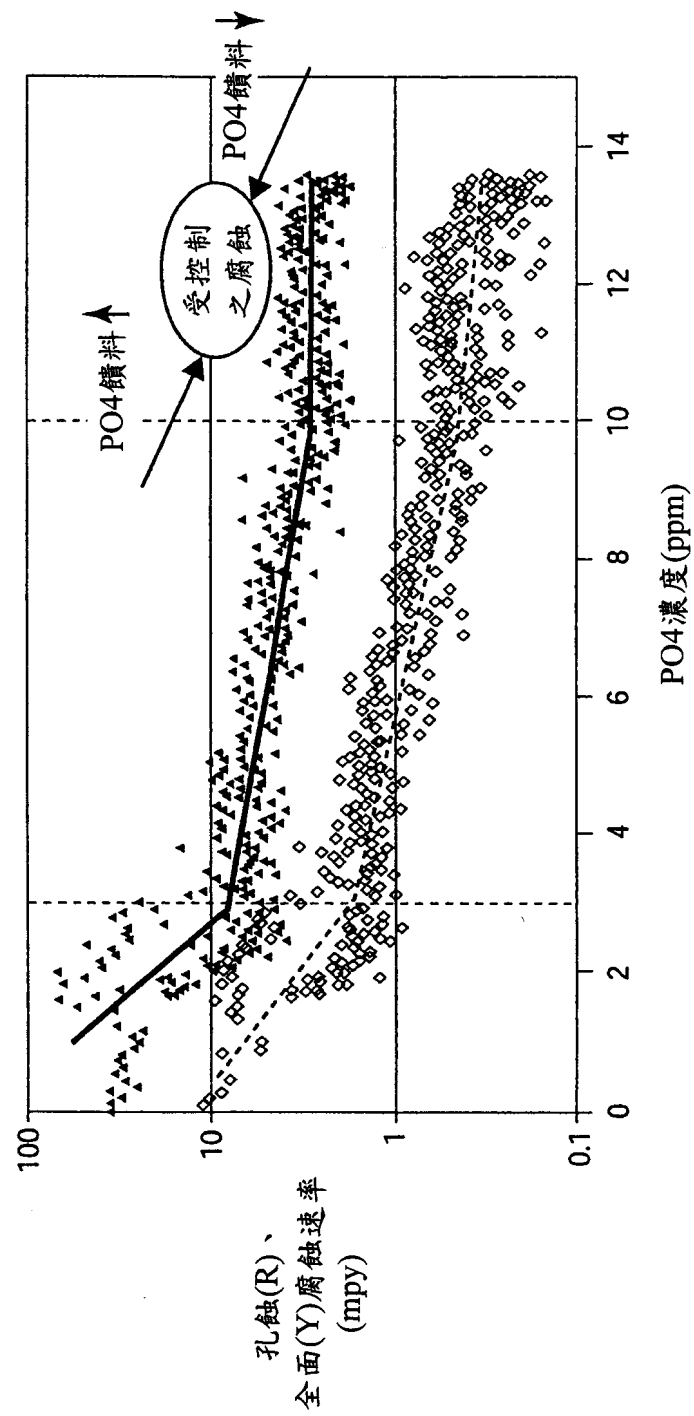


圖 2

八、圖式：

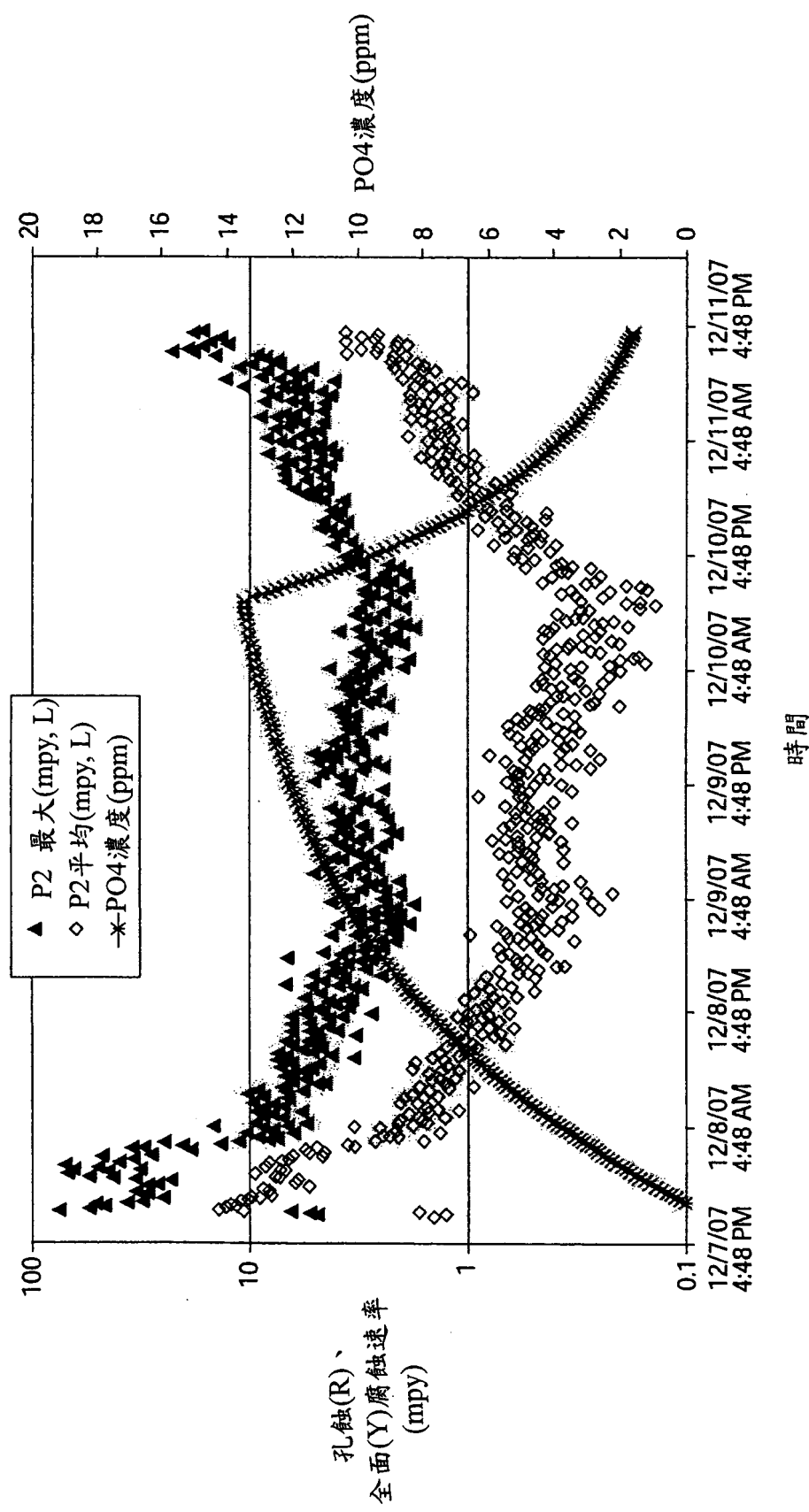


圖1

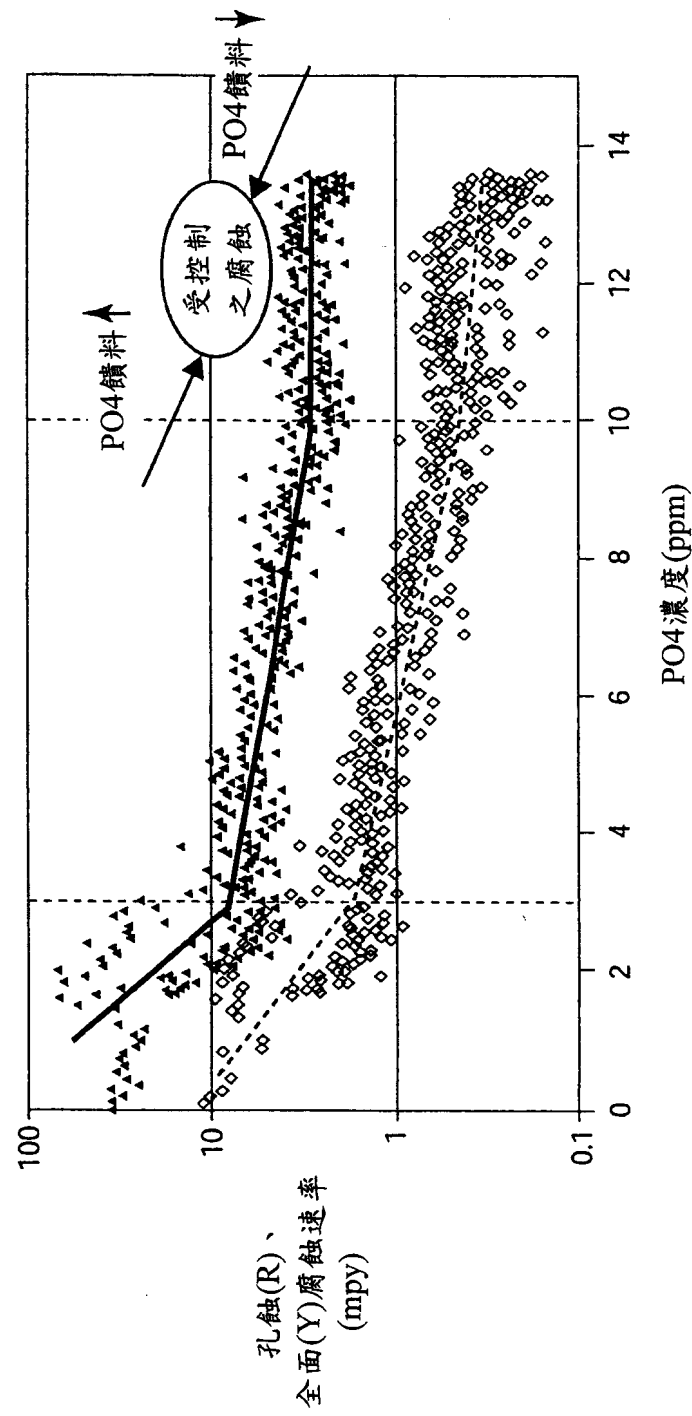
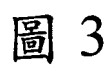


圖2



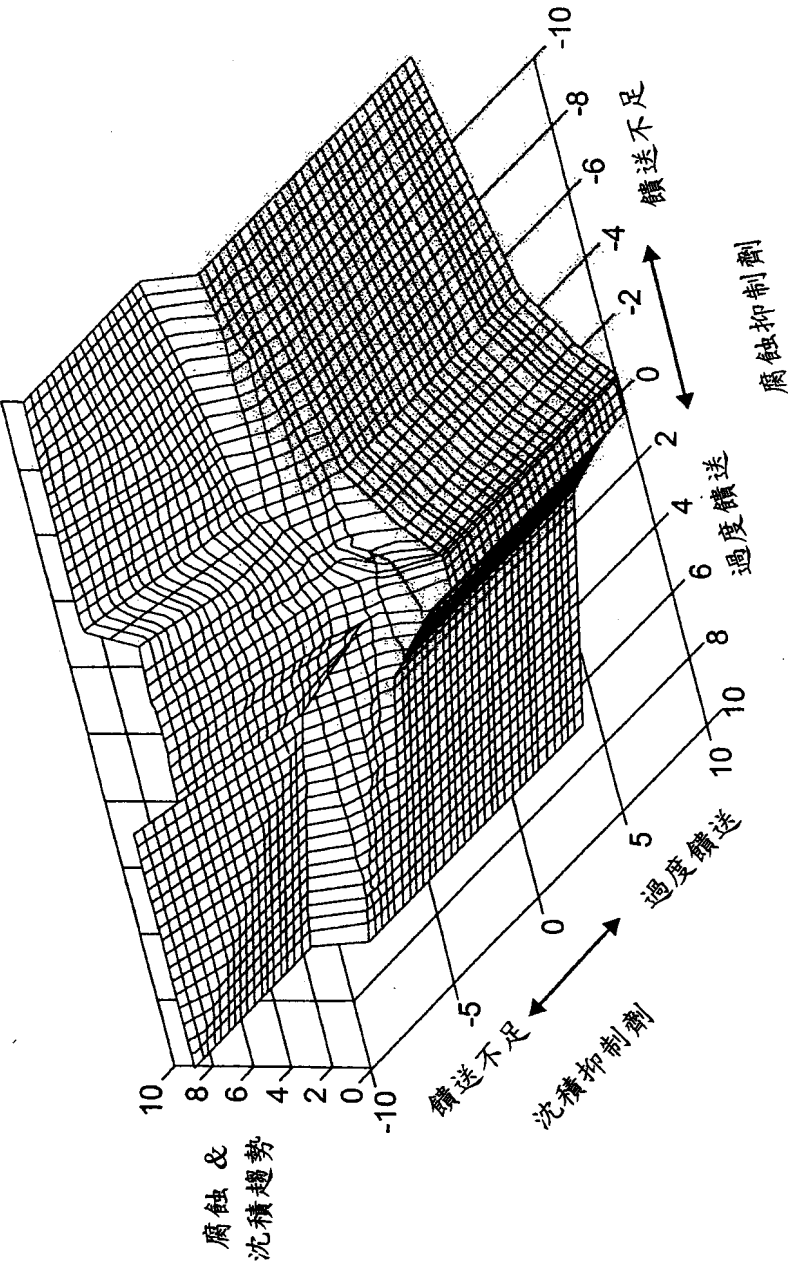


圖4

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

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)