

# 發明專利說明書

※申請案號：091124882

※IPC 分類：C12M 3/00, 1/38, C12Q 1/00

## 一、發明名稱：

生物反應動力參數測定設備及方法

Apparatus and Method for Determining Biological Reaction Kinetic Parameters

## 二、中文發明摘要：

一種生物反應動力參數測定設備及方法，係包含一反應瓶供馴化後好氧性菌種植入，使該菌種進行期望之生物反應；一溫度控制單元可控制菌種之生物反應於一設定溫度值；一供氧系統可提供及量測菌種反應所需的攝氧量，該供氧系統所輸出的數據係一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；同時藉由一攝氧率計算單元，依上述攝氧數據計算出反應瓶內的攝氧率( $dO_u/dt$ )，該攝氧率計算單元所輸出的數據為一即時攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )，最後由一生物反應動力參數計算單元依上述攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出生物反應動力參數：一最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )與一衰減係數( $k_d$ )，以及一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始微生物濃度值( $X_0$ )，藉以評估好氧性生物處理系統之反應動力特性。

## 三、英文發明摘要：

This invention is relating to a novel apparatus and method for determining kinetic parameters for biological systems. The aerobic seed culture is first acclimated in a master reactor. The acclimated culture is then transferred to reaction vessels for kinetic tests. The novel unit consists of a temperature control unit and an oxygen supply system to determine oxygen uptake data and the corresponding times ( $O_u$  vs.  $t$ ). By using a computation unit, on-line uptake rate data are calculated ( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ ), which are then used to estimate the four kinetic parameters: maximum growth rate ( $Y_g$ ), maximum specific growth rate ( $\mu_m$ ), half-velocity constant ( $K_s$ ), and decay constant ( $k_d$ ). This allows for evaluating the kinetic characteristics of aerobic treatment systems.

## 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第一圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 10 . . . 馴化槽
- 11 . . . 反應瓶
- 12 . . . 供氧系統
- 13 . . . 溫度控制單元
- 14 . . . 攝氧率計算單元
- 15 . . . 生物動力參數計算單元

## 五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明係關於一種生物反應動力參數測定設備及方法，尤指一種透過生物好氧性處理系統所構成的生物反應動力參數測定之方法者。

#### 【先前技術】

[0002] 傳統之生物反應動力研究多仰賴操作連續馴化槽(chemostat)，在不同污泥齡(solids retention time簡稱SRT)之穩態下，量測其出流水基質濃度( $S$ )與菌量( $X$ )，以求取生物反應動力參數。

[0003] 然而，連續馴化槽常因水分蒸發或壁面形成生物膜，造成污泥齡不易控制精確；因習用的連續馴化槽係採空氣曝氣方式，可能因傳氧速率小於基質降解需氧速率造成質傳限制，若改以純氧曝氣則因屬開放系統而有氧氣易爆性之安全顧慮；又因採一般磁石攪拌，效果有限，亦容易造成氧傳或質傳限制。而且，基質濃度與菌量之量測多倚賴化學需氧量(chemical oxygen demand簡稱COD)與揮發性懸浮固體量(volatile suspended solid簡稱VSS)分析，分析耗時、費工、誤差大。

[0004] 呼吸儀(respirometer)可以獲得大量即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )，具有省時、省力、高精確度、自動連續監測等特性，適符合生物反應動力研究之實驗需求。惟目前最廣泛使用之Monod動力模式為基質濃度( $S$ )與菌量( $X$ )所構成之函數，無法逕行利用呼吸儀所得大量即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )。

[0005] 因此Grady等人曾於1989年提出一利用單一批次呼吸儀攝氧數據，求取動力參數之演算法。此法採用數值方法聯立解基質( $S$ )、菌量( $X$ )、產物( $P$ )與攝氧量( $O_u$ )等四微分方程式，同時進行反應動力參數最佳化之求取。由於此法以格點搜尋(grid-searching)之方式，求取能獲得以累積攝氧量之實驗值與預測值差值最小平方和為目標函數(objective function)之動力參數，故稱為格點搜尋演算法。格點搜尋演算法確實能有效應用呼吸儀可取得大量攝氧數據之優點，但是有時僅能求得目標函數之局部最小值(local minimum)，甚至有時會有發散(diverge)而無解之情形發生，而且尚須進行部分之基質( $S$ )、菌量( $X$ )、產物( $P$ )等濃度分析，以求取演算法所需初值。

[0006] 由此可知習用之呼吸儀在操作求取動力參數之演算法使用上仍有須要改進之缺點，有鑑於此，發明人經過長期之研究開發，研製出一種生物反應動力參數測定設備及方法，以期解決或改善習用呼吸儀於求取動力參數使用上之缺點。

#### 【發明內容】

[0007] 本發明主要目的在提供一種生物反應動力參數測定設備及方法，其包括可以用來測量反應動力試驗的即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )，同時使用線性與複線性迴歸法從質量平衡(mass balance)模式可以測定出生物反應動力試驗的生物反應動力參數如：一最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )與一衰減係數( $k_d$ )，以及一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始微生物濃度值( $X_0$ )等，以構成一種具有準確性的生物反應動力研究工具。

[0008] 為達到上述目的，本發明主要係一種生物反應動力參數測定方法，包括下列步驟：培養好氧性菌種，使菌種進行生物反應；控制及加熱菌種至一設定溫度值；提供及量測該菌種所需的攝氧量，並輸出一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；利用該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )計算出一攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )；利用該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出一生物最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )與一衰減係數( $k_d$ )，以及一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始菌量濃度值( $X_0$ )，藉以評估好氧性生物處理系統的反應動力特性。

[0009] 本發明之次要目的在提供一種生物反應動力參數測定所須之設備，其設備具有可程式即時線上監控大量瞬間攝氧數據之功能，可用於進行生物反應動力參數演算法分析，以瞭解生物反應動力學特性。

[0010] 為達上述之次要目的，本發明生物反應動力參數測定設備主要包含有：一可供馴化後之好氧性菌種植入並進行生物反應的反應瓶；一控制該反應瓶至一設定溫度值之溫度控制單元；一提供及紀錄該反應瓶所需攝氧量之供氧系統，其可輸出一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；一攝氧率計算單元，其藉由該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )計算出一攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )；與一生物反應動力參數計算單元，該生物反應動力參數計算單元係可藉由該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出一最大生長係數( $Y_g$ )，一最大比生長速率( $\mu_m$ )，

一半飽和常數( $K_s$ )和一衰減係數( $k_d$ )，以及一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始微生物濃度值( $X_0$ )者。

### 【實施方式】

- [0011] 為使 貴審查委員進一步了解前述發明目的及特徵，茲詳細說明如后：請參考第一圖，本發明所提供之生物反應動力參數測定設備及方法，主要係使用一馴化槽(10)培養好氧性菌種，並將菌種植入一反應瓶(11)中，藉以實現期望的生物反應；使用一溫度控制單元(13)可控制該反應瓶(11)至一設定溫度值；藉由一供氧系統(12)提供及紀錄該反應瓶(11)所需的攝氧量，該供氧系統(12)所輸出的數據為一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；同時藉由一攝氧率計算單元(14)依上述即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )計算出反應瓶(11)內的攝氧率，該攝氧率計算單元(14)所輸出的數據為一 即時攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )，最後由一生物反應動力參數計算單元(15)依上述攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出生物反應動力參數如：一最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )與一衰減係數( $k_d$ )，以及一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始微生物濃度值( $X_0$ )，藉以評估好氧性生物處理系統的反應動力特性。
- [0012] 以下係針對上述之生物反應動力參數演算進行推導：對一半連續操作之呼吸儀系統，基於底下假設：1. 系統植種來源為已馴化菌種；2. 系統設定為具恆溫控制、強力攪拌(避免質傳或氧傳限制)與密閉式純氧供氣(避免水分蒸發造成反應體積擾動)之呼吸儀系統；3. 系統以半連續操作獲取具再現性之批次攝氧數據；4. 基質含有足量營養物質與緩衝溶液，但不含任何抑制或毒性物質。
- [0013] 其反應動力相關之主導方程式(governing equations)與初始條件(initial conditions)如下所列：微生物之質量平衡式： $dX/dt = \mu_g X - k_d X$  (1) 基質之質量平衡式： $dS/dt = -\mu_g X/Y_g$  (2) Monod動力式： $\mu_g = \mu_m S/(K_s + S)$  (3) BOD平衡式： $dO_u/dt = -dS/dt - dX/dt$  (4) 初始條件：當  $t=0$ ,  $O_u=0$ ,  $S=S_0$ ,  $X=X_0$  (5)
- [0014] 其中  $\mu_g$  為比生長速率， $k_d$  為衰減係數， $Y_g$  為最大生長係數， $\mu_m$  為最大比生長速率， $K_s$  為半飽和常數， $S_0$  與  $X_0$  分別為基值與微生物之初始濃度值。而且所有濃度之單位均採用生化需氧量(biochemical oxygen demand, BOD)之單位，如 mg/L BOD。
- [0015] 對於一批次  $dO_u/dt$  vs.  $O_u$  攝氧率圖，可依基質是否耗盡而分為：基質耗盡前之外呼吸期(exogenous phase)與基質耗盡後之內呼吸期(endogenous phase)。上述所列方程式經序列推導後，可分別對外、內呼吸期求得其不含基質濃度( $S$ )與菌量( $X$ )之攝氧率( $dO_u/dt$ )與累積攝氧量( $O_u$ )關係式：在外呼吸期可表示成  $dO_u/dt = (\alpha_1 O_u^2 + \alpha_2 O_u + \alpha_3) / (O_u + \alpha_4)$  (6) 其中  $\alpha_1 = \lambda_1 \lambda_3$  (6a)  $\alpha_2 = \lambda_1 X_0 + \lambda_2 \lambda_3$  (6b)  $\alpha_3 = \lambda_2 X_0$  (6c)  $\alpha_4 = \lambda_4$  (6d)  $\lambda_1 = (1/Y_g - 1)\mu_m + k_d$  (6e)  $\lambda_2 = [(1/Y_g - 1)\mu_m S_0 + k_d(K_s + S_0)][Y_g/(1 + k_d \theta_c^0) - 1]$  (6f)  $\lambda_3 = 1/[(1 + k_d \theta_c^0)/Y_g - 1]$  (6g)  $\lambda_4 = (K_s + S_0)[Y_g/(1 + k_d \theta_c^0) - 1]$  (6h)  $\theta_c^0 = 1/[\mu_m S_0/(K_s + S_0) - k_d]$  (6i) 在內呼吸期可表示成  $dO_u/dt = \beta_1 O_u + \beta_2$  (7) 其中  $\beta_1 = -k_d$  (7a)  $\beta_2 = k_d(X_0 + S_0)$  (7b)
- [0016] 上述內呼吸期之關係式為一線性迴歸(simple linear regression, SLR)公式；外呼吸期之關係式則可改寫為複迴歸(multiple linear regression, MLR)公式：  
 $[O_u \times dO_u/dt] = \alpha_1 [O_u^2] + \alpha_2 [O_u] + \alpha_3 - \alpha_4 [dO_u/dt]$
- [0017] 因此，對於一批次  $dO_u/dt$  vs.  $O_u$  攝氧圖之外、內呼吸期，分別進行複迴歸與線性迴歸，即可求得四個外呼吸參數( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ )與兩個內呼吸參數( $\beta_1, \beta_2$ )。這六個參數經上述代數式聯立求解，可求得四個動力參數( $\mu_m, Y_g, K_s, k_d$ )與兩個初始濃度值( $S_0, X_0$ )，其詳細演算過程如下所列步驟：
- [0018] 步驟1：選取數據處理時距(data handling interval,  $t_r$ )： $t_r = (10 \sim 100) \times \Delta t$ ，其中  $\Delta t$  為數據擷取時距(data acquisition interval)。

- [0019] 步驟2：做攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )：以選取之數據處理時距( $t_r$ )，對攝氧圖( $O_u$  vs.  $t$ )取線性迴歸求得斜率轉換成攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )。
- [0020] 步驟3：選取區分點(separation point,  $i_{sp}$ )：從 $i_{sp}=5\sim n-3$ ，其中 $n$ 為攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )上之總點數。
- [0021] 步驟4：計算 $\beta_1$ 和 $\beta_2$ ：針對攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )上之 $i_{sp}\sim n$ 數據點，以 $\sum_i (OUR_i^e - OUR_i)^2$ 為目標函數作線性迴歸計算出 $\beta_1$ 和 $\beta_2$ 。
- [0022] 步驟5：計算 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 和 $\alpha_4$ ：針對攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )上之 $1\sim i_{sp}$ 數據點，以 $\sum_i (O_{ui}^e - O_{ui})^2$ 為目標函數作複線性迴歸計算出 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 和 $\alpha_4$ 。
- [0023] 步驟6：計算 $k_d$ 和 $X_o+S_o$ ：以步驟4所得之 $\beta_1$ 和 $\beta_2$ 計算出 $k_d$ 和 $X_o+S_o$ 。
- [0024] 步驟7：計算 $\mu_m$ 、 $Y_g$ 、 $K_s$ 、 $S_o$ 和 $X_o$ ：以步驟5所得之 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 和 $\alpha_4$ 計算出 $\mu_m$ 、 $Y_g$ 、 $K_s$ 、 $S_o$ 和 $X_o$ 。
- [0025] 步驟8：計算 $O_u$ 和OUR之估測值( $O_u^e$ 和 $OUR^e$ )：以步驟6和7所得之 $k_d$ 、 $\mu_m$ 、 $Y_g$ 、 $K_s$ 、 $S_o$ 和 $X_o$ ，利用IMSL之FORTRAN副程式(subroutine)依原列之質量平衡方程組計算出 $O_u^e$  vs.  $t$ 。再以中間差分法(central difference)求斜率計算出 $OUR^e$  vs.  $O_u^e$ 。
- [0026] 步驟9：選取最佳區分點( $i_{sp}$ )：移動攝氧率圖( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )上之區分點( $i_{sp}$ )，重複步驟3~8，並以 $RE_{av} = \{ \sum_i \sqrt{[(OUR_i^e - OUR_i)^2 + (O_{ui}^e - O_{ui})^2]} / \sqrt{(OUR_i^2 + O_{ui}^2)} \} / n \times 100\%$ 為最小值目標函數，求取最佳區分點( $i_{sp}$ )。
- [0027] 步驟10：選取最佳數據處理時距( $t_r$ )：改變攝氧圖( $O_u$  vs.  $t$ )上之數據處理時距( $t_r$ )，重複步驟1~9，並以 $RE_{av} = \{ \sum_i \sqrt{[(OUR_i^e - OUR_i)^2 + (O_{ui}^e - O_{ui})^2]} / \sqrt{(OUR_i^2 + O_{ui}^2)} \} / n \times 100\%$ 為最小值目標函數，求取最佳數據處理時距( $t_r$ )。
- [0028] 接著針對本發明中所需之好氣性菌種進行馴化培養說明。
- [0029] 本發明採用一馴化槽培養好氣性菌種，其裝置如第二圖所示，特點包括：在10升反應瓶(11)中，靠空氣泵(16)打入空氣，經瓶底之曝氣石(17)曝氣以維持溶氧1~2毫克/升；依溫度測棒(18)測值可以比例積分微分(PID)補溫溫度控制器(13)連動加熱棒(19)以維持高溫55°C，精確度0.1°C；反應瓶(11)底置一加重型稀土磁石(20)以磁力攪拌器(21)強力攪拌以維持反應瓶(11)內容氧與溫度均勻分布；為避免大量水分蒸發，反應瓶(11)頂部連接一冷凝回流管(22)；基質與營養鹽為避免酸敗分置兩個4升玻璃瓶(23)、(24)中，利用蠕動泵(25)依設定流速同時連續進流到反應瓶(11)中，並靠反應瓶(11)出流口維持液面高度以控制污泥齡(SRT)。
- [0030] 以下以一實施例具體說明本發明之操作實施方法：
- [0031] 馴化培養
- [0032] 馴化培養操作，先自北部某食品油脂自發性高溫好氧廢水(ATAT)實廠之好氧曝氣池，取回10公升菌種，植入反應瓶中，再以10 g/L COD葡萄糖人工水樣控制SRT=10天進流，定期由出流水取樣分析COD、pH與MLSS，並觀察污泥沉降性、顏色、泡沫與顯微鏡菌相，以監控馴化情形。
- [0033] 本發明須以馴化培養，經由穩態性操作，以提供所有反應動力試驗植種來源，操作至所有反應動力試驗完成為止。
- [0034] 反應動力試驗
- [0035] 反應動力試驗為本發明之核心實驗，所使用設備，如第三圖所示，乃由一反應瓶(30)、一供氧系統(33)、一溫度控制單元、一磁力攪拌單元，與一訊號數據監控處理單元等五大部分所組成，具有可程式即時線上監控大量累積攝氧之功能，可用於進行生物反應動力參數演算法分析，以瞭解生物反應動力特性。

- [0036] 其中，該供氧系統可設定反應瓶(30)瓶頂空間氧含量，根據氧氣監測器(31)測量值，以電腦程式依開/關控制方式連動控制閥(32)由供氧源(33)供氧，控制閥(32)每開一次可定量供氧，電腦程式紀錄累積開放次數可換算成攝氧量，氧化產生二氧化碳由一吸收瓶(34)中強鹼溶液所吸收，另外尚裝有一氣體循環泵(35)以利反應瓶(30)頂部空間與供氧系統連通管線中氣體之均勻分布；反應瓶(30)底置入一加重型稀土磁石(41)，可以磁力攪拌器(42)強力驅動攪拌，不易脫速，且轉速可調整；訊號數據監控處理單元(43)是利用界面控制商業軟體撰寫之程式，可以線上即時監控攪拌轉速、溫度、累積攝氧量等數據，並可繪製成線上即時動態圖；溫控系統依反應瓶(30)內所置溫度測棒(18)測值，並連動一加熱棒(19)，可控制反應瓶(30)之溫度。
- [0037] 進行反應動力試驗時，先自馴化槽植種至反應瓶(30)中，採半連續進流操作，每日以針筒依所控制之SRT換算抽取定量污泥廢棄，隨即添加等體積葡萄糖人工水樣，待每日累積攝氧趨勢達穩定再現，即可終止該批試驗。
- [0038] 第四圖所示為利用本發明生物反應動力參數測定設備，以葡萄糖人工水樣半連續操作在 $55^{\circ}\text{C}$ ，每日進流基質濃度( $S_f$ )=10,000 mg/L COD，污泥齡(SRT)=10 d之連續八天攝氧曲線( $O_u$  vs.  $t$ )，其數據擷取時距( $\Delta t$ )為1分鐘。由於本發明是以OUR vs.  $O_u$ 圖配合所開發移動演算法(sweeping algorithm)進行動力參數估算，因此須將第四圖之 $O_u$  vs.  $t$ 圖取斜率轉換成OUR vs.  $O_u$ 圖。為避免取斜率造成誤差，本發明首先分別設定以每10, 20, ..., 100 min為數據處理時距( $t_r$ )，對 $O_u$  vs.  $t$ 圖取線性迴歸求得斜率，再以所開發演算法進行動力參數估算，其估算結果之好壞可由目標函數 $RE_{av} = \{ \sum_i \sqrt{[(OUR_i^e - OUR_i)^2 + (O_{ui}^e - O_{ui})^2]} / \sqrt{(OUR_i^2 + O_{ui}^2)} \} / n \times 100\%$ 之八天平均值比較而得。第五圖所示為以不同數據處理時距之目標函數八天平均值，由圖中同時顯示之二次趨勢線可知以67 min為數據處理時距，對 $O_u$  vs.  $t$ 圖取斜率最佳。這是因為當數據處理時距太小時，斜率OUR之擾動誤差大；而當數據處理時距太大時，斜率OUR之瞬時曲線特性又會被線性迴歸之直線特性所遮蔽。
- [0039] 表1為以67 min為數據處理時距，對 $O_u$  vs.  $t$ 圖取線性迴歸得斜率，再以本發明所開發演算法進行動力參數估算所得之結果。其結果顯示每日之動力參數變異性大，此結果亦可由第四圖之每日之攝氧變異性大觀察得知，顯示本發明所開發之動力參數移動演算法敏感度高。由於這八天攝氧數據複現性不高，取其全部平均值意義不大，所以僅以較具複現性之第二天(圖6a)與第五天(圖6b)動力參數平均值得：最大生長速率常數( $\mu_m$ )為6.37 1/d，生長係數( $Y_g$ )為0.84 mg BOD of biomass/mg BOD of substrate，半飽和濃度( $K_s$ )為82.3 mg/L BOD，衰減係數( $k_d$ )為0.44 1/d。

Day	$\mu_m^b$	$Y_g^c$	$K_s^a$	$k_d^b$	RE <sub>av</sub>
1	2.72	0.98	4.92	0.12	16.1 %
2	6.36	0.85	60.2	0.50	2.11 %
3	25.8	0.94	138.	0.63	4.89 %
4	6.18	0.89	127.	0.19	5.06 %
5	6.39	0.82	104.	0.38	2.47 %
6	10.8	0.91	1.40	2.19	3.33 %
7	0.59	0.43	3.04	0.31	1.39 %
8	1.12	0.52	11.5	0.67	2.01 %
Avg.*	6.37	0.84	82.3	0.44	

Notes:

<sup>a</sup>  $K_s$ 之單位為 mg BOD/L

<sup>b</sup>  $\mu_m$ 和  $k_d$ 之單位為 1/d

<sup>c</sup>  $Y_g$ 之單位為 mg BOD of biomass/mg BOD of substrate

\* 僅計算第 2 和第 5 天

[0041] 由上述實驗結果證實本發明為一種有用的生物反應動力研究工具。其中，當系統以10,000 mg/L COD進流葡萄糖和操作在10天的污泥齡(SRT)時，測定出最大生長速率( $\mu_m$ )為6.37 1/d，最大生長係數( $Y_g$ )為0.84 mg BOD of biomass/mg BOD of substrate，半飽和常數( $K_s$ )為82.3 mg/L BOD，衰減係數( $k_d$ )為0.44 1/d。

[0042] 由上述之說明及具體實施例可知，本發明之生物反應動力參數測定設備及方法，其測量反應動力試驗的線上即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )，將之轉換為攝氧率數據(OUR vs.  $O_u$ )，再根據從質量平衡(mass balance)模式所推導之兩不含基質濃度( $S$ )與菌量( $X$ )之攝氧率(OUR)與攝氧量( $O_u$ )關係式，同時使用線性與複線性迴歸法測定出生物反應動力試驗的生物反應動力參數如最大生長係數( $Y_g$ )、最大比生長速率( $\mu_m$ )、半飽和常數( $K_s$ )與衰減係數( $k_d$ )等，以及兩個初始濃度值( $S_o$ ,  $X_o$ )。其特點在不須進行基質( $S$ )、菌量( $X$ )、產物( $P$ )等濃度分析實驗(如COD或VSS實驗)，且不會有發散(diverge)而無解之情形發生，仍可藉以構成一種準確的生物反應動力研究工具。

[0043] 上列詳細說明係針對本發明之一可行實施例之具體說明，惟該實施例並非用以限制本發明之專利範圍，凡未脫離本發明技術精神所為之等效實施或變更，均應包含於本案之專利範圍中。

[0044] 本發明確可獲致如前揭所述的各項優點，不但在技術思想上確屬創新，並能較習用物品增進上述多項功效，遂已兼具實用性與進步性，同時未被使用於相關學術界或產業界，同時具有新穎性，符合發明專利要件，爰依法提出申請。

#### 【圖式簡單說明】

[0070] 第一圖：係本發明生物反應動力參數測定設備之系統配置示意圖；第二圖：係本發明中培養所有反應動力試驗所需好氧性菌種，其植種來源之馴化槽示意圖；第三圖：係本發明生物反應動力參數測定設備所使用呼吸儀設備示意圖；第四圖：使用呼吸儀設備，以葡萄糖人工水樣測得之攝氧曲線圖；第五圖：使用本發明生物反應動力參數測定方法，以葡萄糖人工水樣測得攝氧曲線圖，在不同數據處理時距之攝氧率計算效果比較圖；以及第六圖：使用本發明生物反應動力參數測定方法，以葡萄糖人工水樣測得之攝氧率曲線圖。

#### 【主要元件符號說明】

- [0045] 10 . . . 馴化槽
- [0046] 11 . . . 反應瓶
- [0047] 12 . . . 供氧系統
- [0048] 13 . . . 溫度控制單元
- [0049] 14 . . . 攝氧率計算單元
- [0050] 15 . . . 生物動力參數計算單元
- [0051] 16 . . . 空氣泵
- [0052] 17 . . . 曝氣石
- [0053] 18 . . . 溫度測棒
- [0054] 19 . . . 加熱棒
- [0055] 20 . . . 加重型稀土磁石
- [0056] 21 . . . 磁力攪拌器
- [0057] 22 . . . 冷凝回流管
- [0058] 23 . . . 基質玻璃瓶
- [0059] 24 . . . 營養鹽玻璃瓶
- [0060] 25 . . . 蠕動泵
- [0061] 30 . . . 反應瓶
- [0062] 31 . . . 氧氣監測器
- [0063] 32 . . . 控制閥
- [0064] 33 . . . 供氧源
- [0065] 34 . . . 二氧化碳吸收瓶
- [0066] 35 . . . 氣體循環泵
- [0067] 41 . . . 稀土磁石
- [0068] 42 . . . 磁力攪拌器
- [0069] 43 . . . 訊號數據監控處理單元

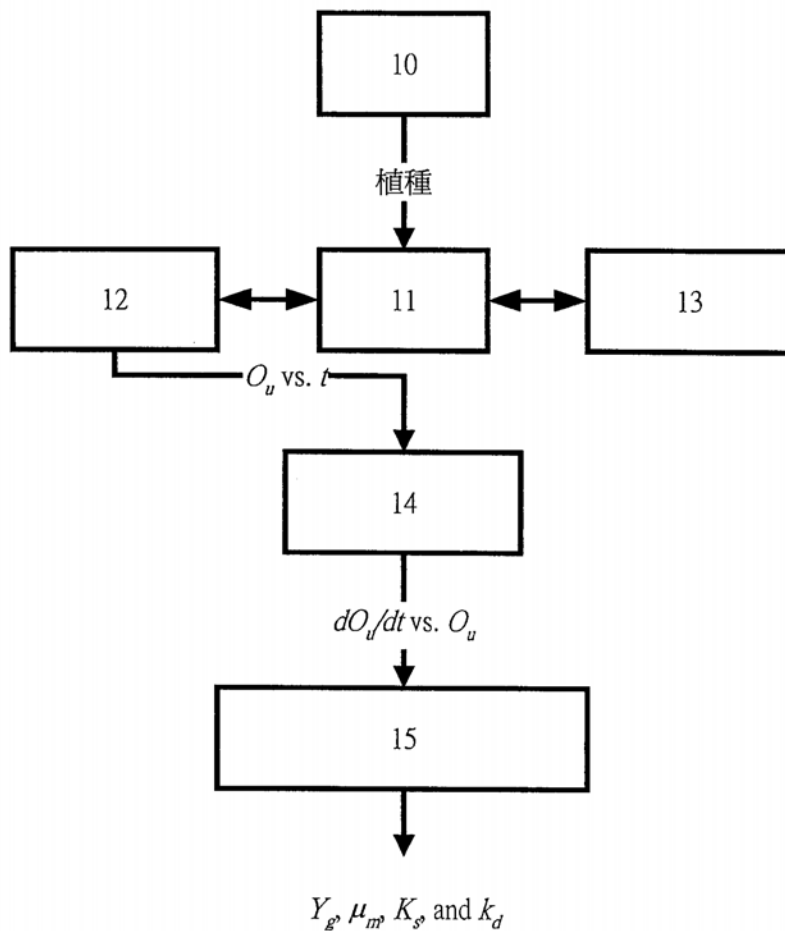
## 七、申請專利範圍：

1. 一種生物反應動力參數測定方法，包括下列步驟：培養好氧性菌種，使菌種進行生物反應；控制及加熱菌種至一設定溫度值；提供及量測該菌種所需的攝氧量，並輸出一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；利用該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )計算出一攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )；利用該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )及該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出一最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )、一衰減係數( $k_d$ )、一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始菌量濃度值( $X_0$ )。
2. 如申請專利範圍第1項所述之生物反應動力參數測定方法，其中該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )係由一提供及量測菌種所需攝氧量的供氧系統所輸出測定者。
3. 如申請專利範圍第1項所述之生物反應動力參數測定方法，其中該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )係由該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )經由選取一最佳數據處理時距之線性迴歸後，所求得之斜率者。
4. 如申請專利範圍第1項所述之生物反應動力參數測定方法，其中該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )，可依基質是否耗盡而分為：基質耗盡前之外呼吸期(exogenous phase)與基質耗盡後之內呼吸期(endogenous phase)，經由質量平衡分析與方程式推導後，在外呼吸期可表示成 $dO_u/dt = (\alpha_1 O_u^2 + \alpha_2 O_u + \alpha_3) / (O_u + \alpha_4)$ 其中 $\alpha_1 = \lambda_1 \lambda_3$   $\alpha_2 = \lambda_1 X_0 + \lambda_2 \lambda_3$   $\alpha_3 = \lambda_2 X_0$   $\alpha_4 = \lambda_4$   $\lambda_1 = (1/Y_g - 1) \mu_m + k_d$   $\lambda_2 = [(1/Y_g - 1) \mu_m S_0 + k_d (K_s + S_0)] [Y_g / (1 + k_d \theta_c^0) - 1]$   $\lambda_3 = 1 / [(1 + k_d \theta_c^0) / Y_g - 1]$   $\lambda_4 = (K_s + S_0) [Y_g / (1 + k_d \theta_c^0) - 1]$   $\theta_c^0 = 1 / [\mu_m S_0 / (K_s + S_0) - k_d]$ ；在內呼吸期可表示成 $dO_u/dt = \beta_1 O_u + \beta_2$ 其中 $\beta_1 = -k_d$   $\beta_2 = k_d (X_0 + S_0)$ 。
5. 如申請專利範圍第1項所述之生物反應動力參數測定方法，其中該最大生長係數( $Y_g$ )、

該最大比生長速率( $\mu_m$ )、該半飽和常數( $K_s$ )、該衰減係數( $k_d$ )、該初始基質濃度值( $S_0$ )與該初始菌量濃度值( $X_0$ )，係由如申請專利範圍第3項所述之攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )，經由如申請專利範圍第4項所述之攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )表示式迴歸所得者。

6. 一種生物反應動力參數測定設備，包括有：一可供於馴化後之好氧性菌種植入並進行生物反應的反應瓶；一控制該反應瓶至一設定溫度值之溫度控制單元；一提供及記錄該反應瓶所需攝氧量之供氧系統，其可輸出一即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )；一攝氧率計算單元，其藉由該即時累積攝氧數據( $O_u$  vs.  $t$ )計算出一攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )；與一生物反應動力參數計算單元，該生物反應動力參數計算單元係可藉由該攝氧率數據( $dO_u/dt$  vs.  $O_u$ )計算出一最大生長係數( $Y_g$ )、一最大比生長速率( $\mu_m$ )、一半飽和常數( $K_s$ )、一衰減係數( $k_d$ )、一初始基質濃度值( $S_0$ )與一初始菌量濃度值( $X_0$ )者。

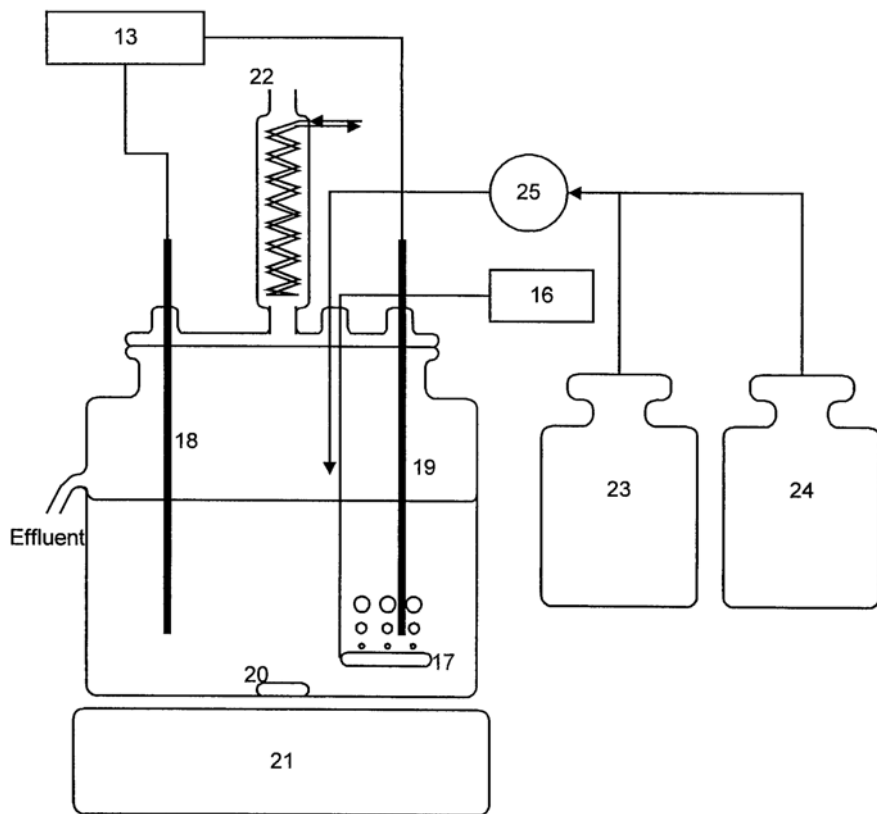
## 八、圖式：



第一圖

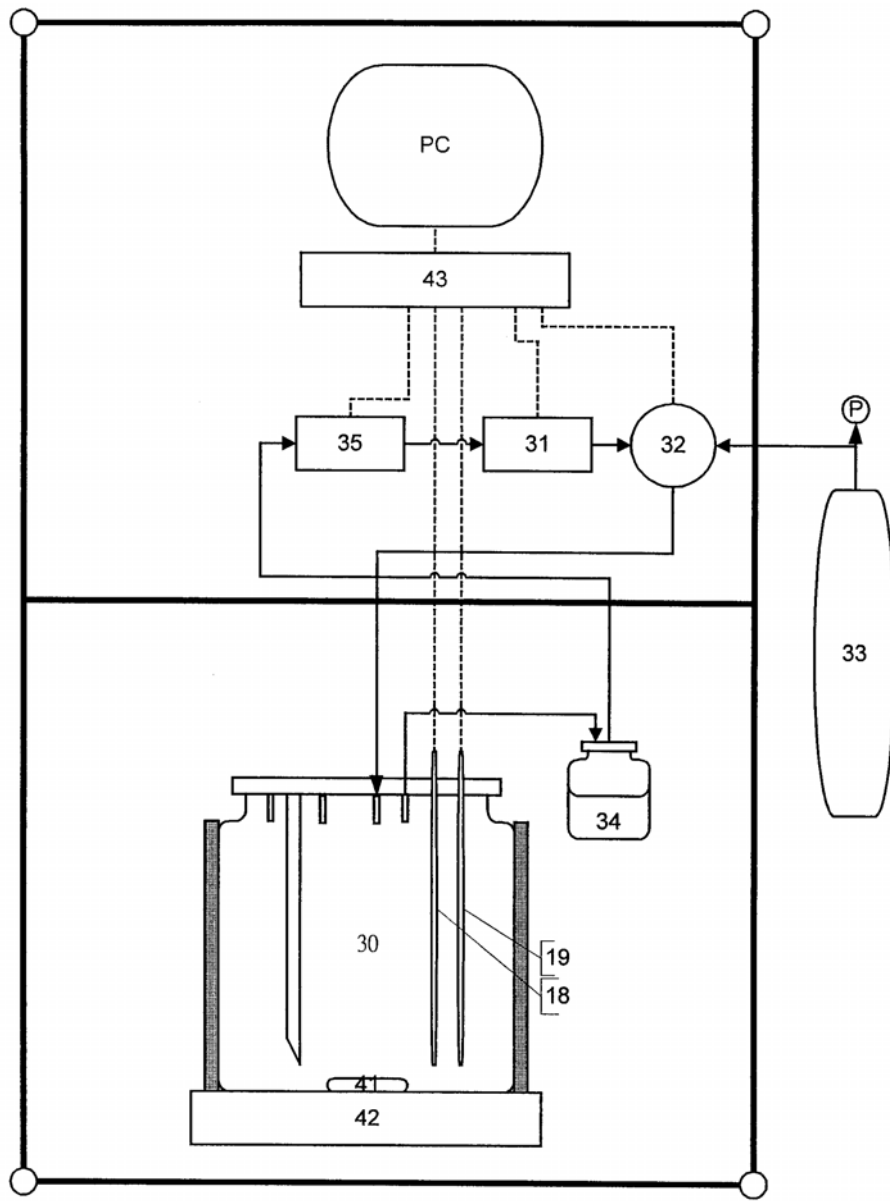
第一圖





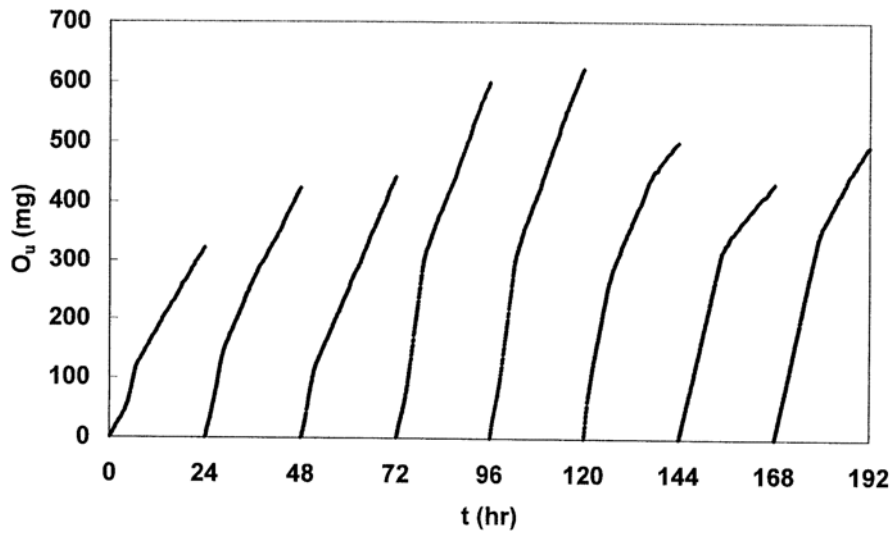
第 二 圖

第二圖



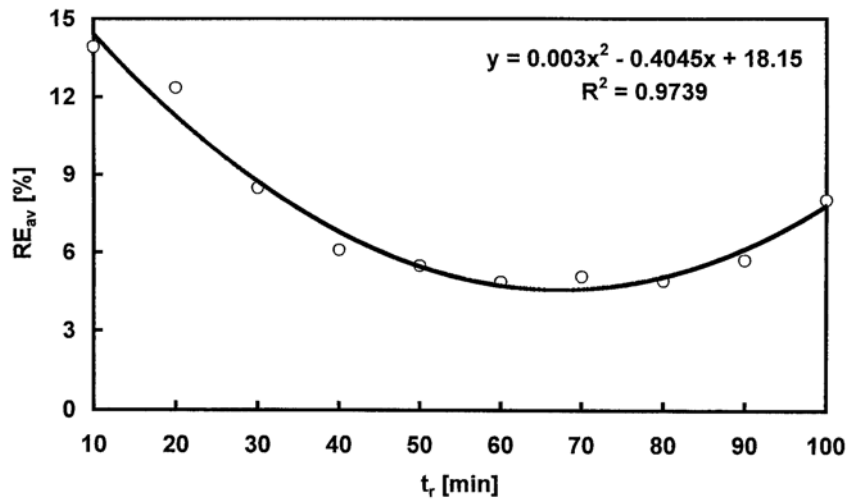
第三圖

第三圖

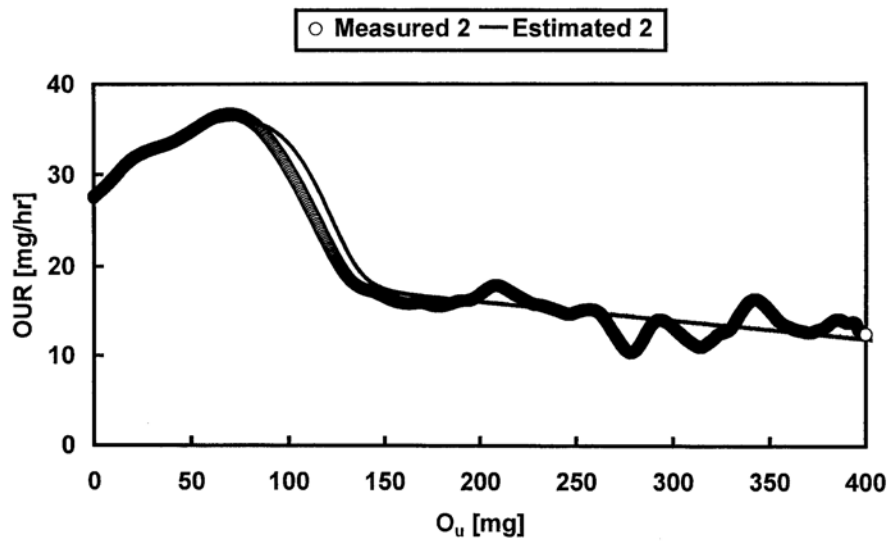


第 四 圖

第四圖

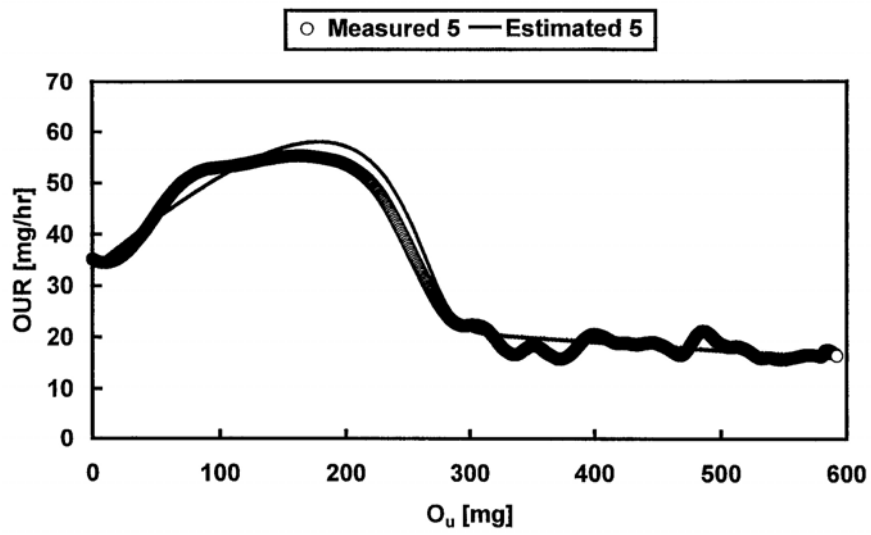


第 五 圖



第 六 a 圖

第六a圖



第 六 b 圖

