

# WASP水質模式-操作教學

報告人：黃珮瑜

報告日期：100/02/15

# 大綱



# WASP模式介紹

# 模式介紹

## 基本介紹(1)

- **WASP**全名為Water Quality Analysis Simulation Program。
- 源自美國曼哈頓學院(Manhattan College)發展，再經美國環保署(USEPA)修改而成。
- 該模式可觀測水體受水質與自然現象的影響，並可針對水體受人為的多樣性污染後，水體變化之預測。
- **可模擬之水質項目**：BOD、DO、氮、磷、浮游生物、懸浮物、重金屬及有害物質等。

# 模式介紹

## 基本介紹(2)

依污染性質可分為8種模組，分別為

1. 優養化模組 ( Eutrophication )
2. 水生物模組 ( Periphyton )
3. 簡單毒性物模組 ( Simple Toxicant )
4. 非離子毒性物模組 ( Non-Ionizing Toxicant )
5. 有機毒性物模組 ( Organic Toxicant )
6. 汞模組 ( Mercury )
7. 熱模組 ( Heat )
8. 臨時性模組 ( Temporary )

其模擬結果可作為水污染決策管理的依據。

# 模式介紹

## 模式特性

- A. 可建立水體一維、二維及三維之問題。
- B. 可分析多種水質問題，適用水體包括池塘、溪流、湖泊、水庫、感潮與非感潮河川、河口、及海岸水域。
- C. 可連結外部水理模式，水理現象可經由水理模式模擬其結果，再匯入WASP模式中。
- D. 為免費軟體。

# 模式介紹

## 系統需求

Dos→Microsoft Windows

USEPA建議：Windows 95/98/ME/XP

## 模式限制條件

- A. 水質模擬項目：16項
- B. 網格劃分數量：4,000個
- C. 化學反應參數：210個
- D. 環境特性常數：45項
- E. 時間函數定義：23個
- F. 污染負荷輸入：50個
- G. 邊界條件設定：150個

# 模式介紹

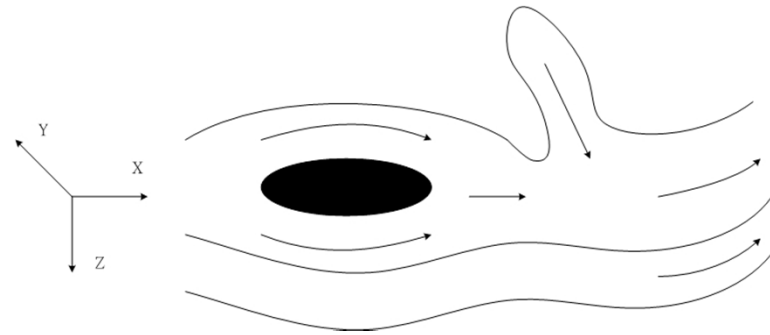
## 模式理論基礎

### - 質量守恆方程式 -

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + S_L + S_B + S_K$$

#### - 式中

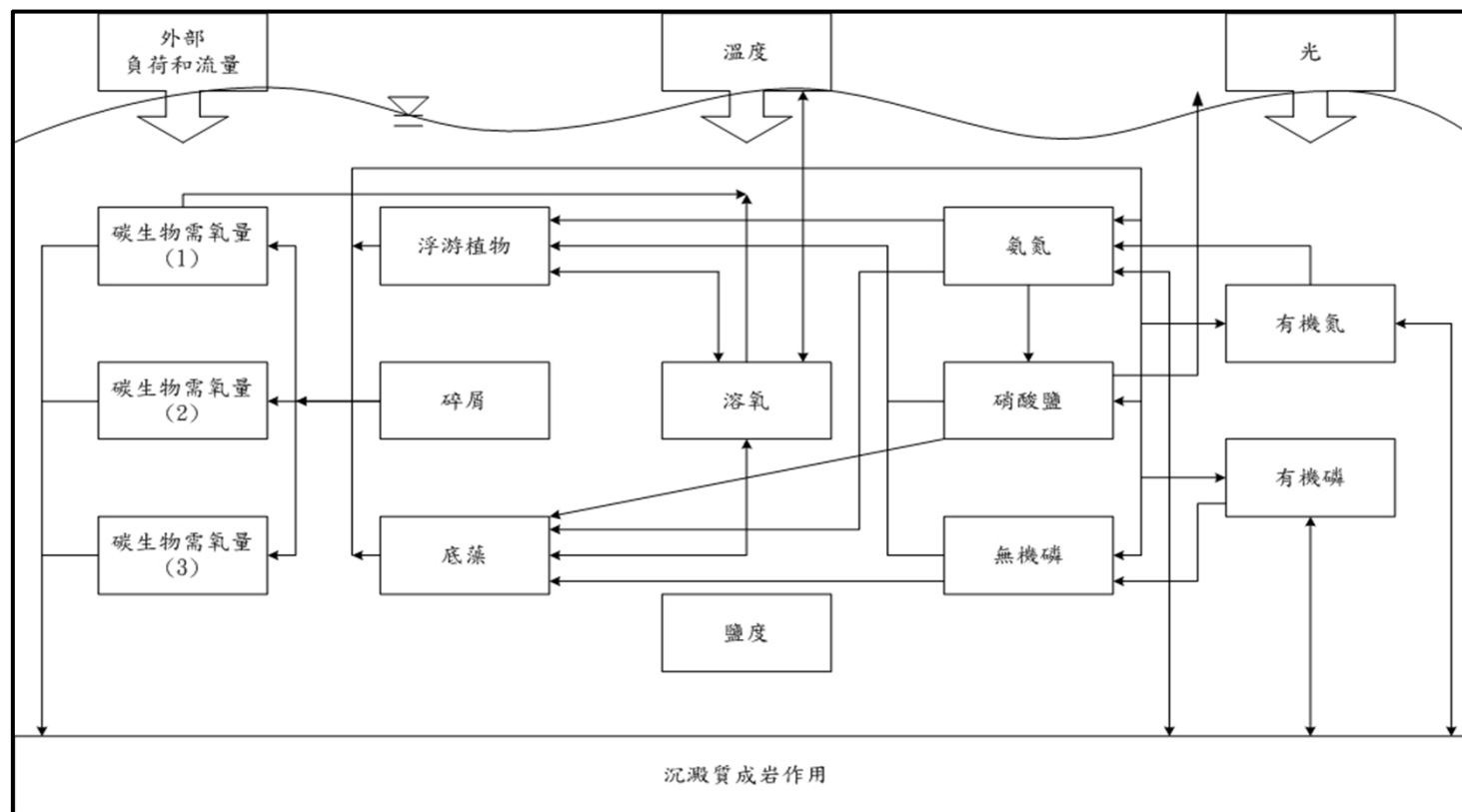
- $C$ ：水質濃度，mg/L 或  $g/m^3$ 。
- $t$ ：時間，days。
- $U_x$ 、 $U_y$ 、 $U_z$ ：縱向、橫向及垂直流速，m/day。
- $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$ ：縱向、橫向及垂直延散係數， $m^2/day$ 。
- $S_L$ ：直接與擴散負荷率， $g/m^3\text{-day}$ 。
- $S_B$ ：邊界負荷率， $g/m^3\text{-day}$ 。
- $S_K$ ：總動能轉化率，正面為來源，負面為損耗， $g/m^3\text{-day}$ 。



# 模式介紹

## 基本架構

採用Eutrophication 模組，包括磷、氮、溶氧、浮游植物等。

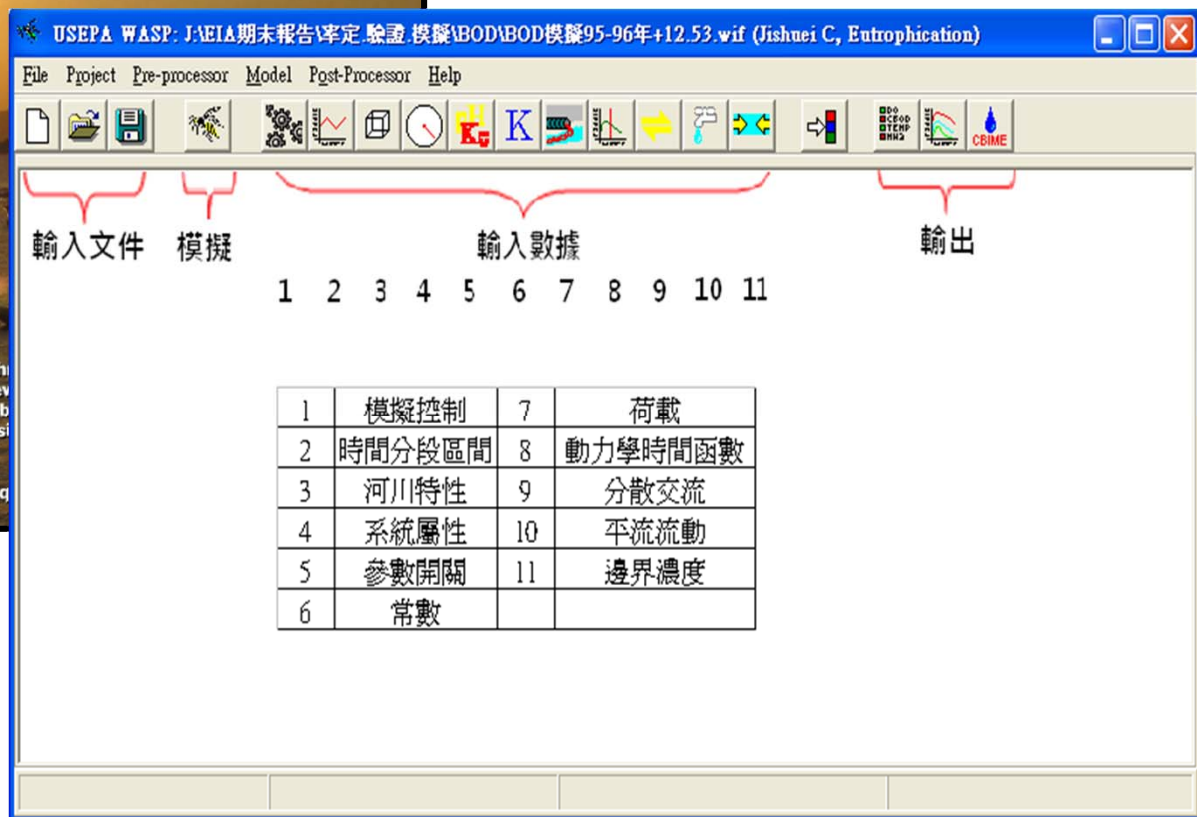


優養化模組水質變化關係圖

# 模式介紹



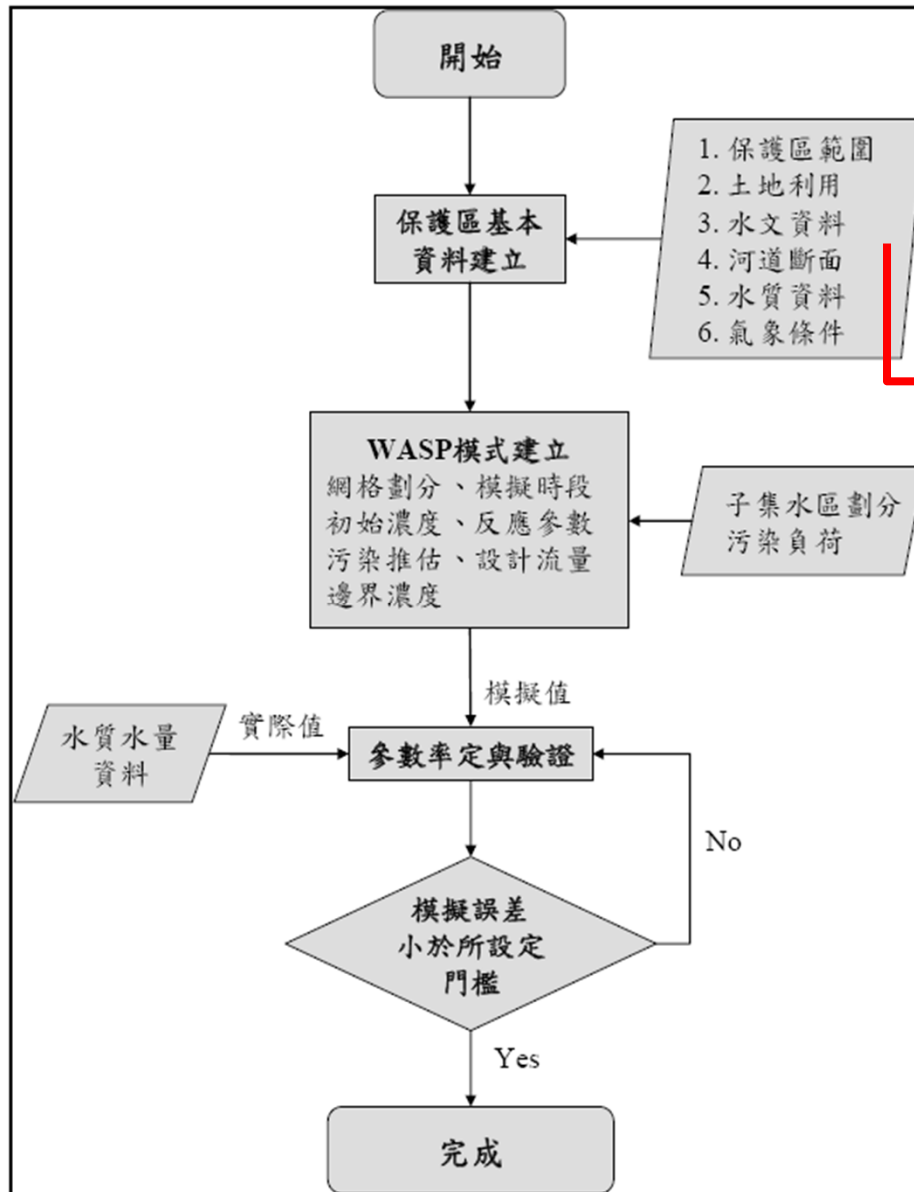
進入畫面



操作介面

# WASP模式建置

# 模式建置流程圖



| 資料項目 | 資料來源                              |
|------|-----------------------------------|
| 土地利用 | 內政部之國土利用調查成果。                     |
| 水文資料 | 1.水利署監測之水位、流量、雨量等。<br>2.過去相關研究成果。 |
| 河道斷面 | 各河川局之河川大斷面測量成果。                   |
| 水質資料 | 環保署所設之水質測站監測成果。                   |
| 氣象條件 | 中央氣象局之氣象監測成果。                     |

# 模式建置

模式輸入資料整理表

| 模式定義及模擬控制 |                     |
|-----------|---------------------|
| 水體之格點數    | 1、2、3...            |
| 模擬系統      | -                   |
| 時間間隔      | day                 |
| 輸出檔間隔     | day                 |
| 交換係數      |                     |
| 延散資料      | -                   |
| 段落平均段數    | 1、2、3...            |
| 段落長度      | m                   |
| 體積        |                     |
| 初始水體體積    | m <sup>3</sup>      |
| 初始水理參數    |                     |
| 初始水體平均水深  | l                   |
| 初始水體流速    | m/sec               |
| 水流        |                     |
| 流量        | m <sup>3</sup> /sec |

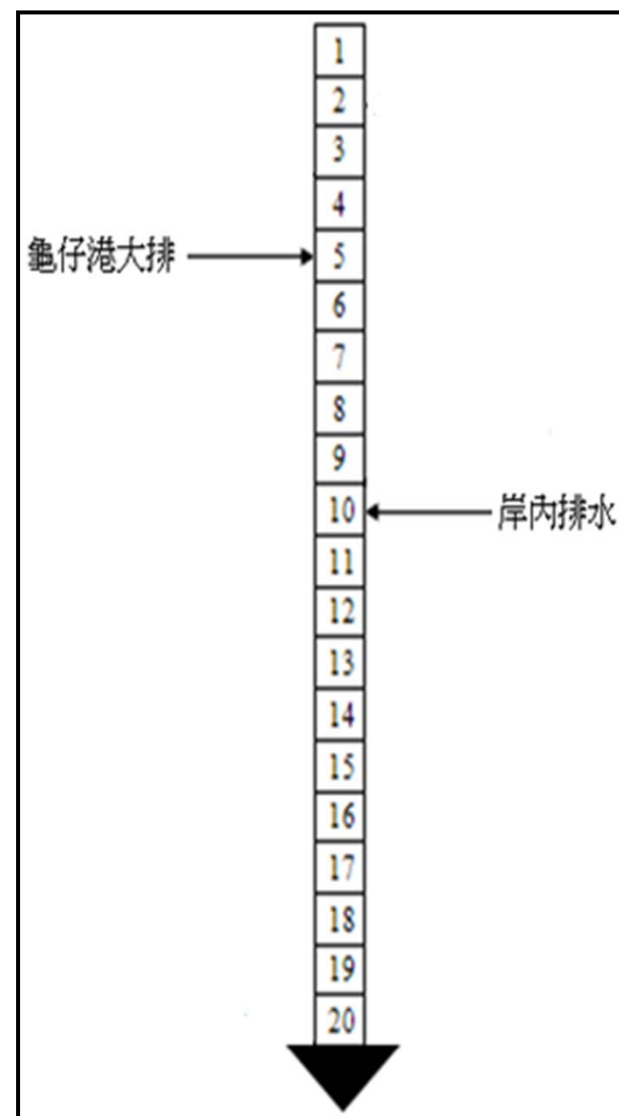
| 邊界濃度                                                                     |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| NH <sub>3</sub> 、NO <sub>3</sub> 、PO <sub>4</sub> 、葉綠素a、<br>BOD、DO、ON、OP | mg/L                |
| 廢污水輸入                                                                    |                     |
| 點源污染進入格點位置                                                               | -                   |
| 非點源污染進入格點位置                                                              | -                   |
| 點源污染量                                                                    | kg/day              |
| 非點源污染量                                                                   | kg/day              |
| 環境參數                                                                     |                     |
| 溫度                                                                       | °C                  |
| 化學函數                                                                     |                     |
| 不隨時及空間變化而變之水質常數                                                          |                     |
| 起始條件                                                                     |                     |
| 初始各段落濃度                                                                  | m <sup>3</sup> /sec |

# 模式建置

## 基本設定

### 1. 水體網格劃分

- ( a ) 點源污染注入或支流匯入點。
- ( b ) 水理條件發生顯著變化處。
- ( c ) 大量取水河段。
- ( d ) 感潮河段界線。
- ( e ) 平直河段每隔數百公尺分段，  
水理變化不明顯處可整合。
- ( f ) 已有河川斷面實測資料處。



# 模式建置

## 以Hec-Ras模擬之水理資料

| Segment Number | 斷面樁號       | Length (m) | Width (m) | Surface Area (m2) | Depth (m) | Volume (m3) | Velocity | Slope (m/m) | Roughness |
|----------------|------------|------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|----------|-------------|-----------|
| 急水溪            |            |            |           |                   |           |             |          |             |           |
| 1              | 159000_055 | 500        | 15.11     | 13.42             | 1.16      | 8763.8      | 0.21     | 0.00005     | 0.03      |
| 2              | 159000_054 | 500        | 24.23     | 8.81              | 0.68      | 8238.2      | 0.32     | 0.00035     | 0.03      |
| 3              | 159000_053 | 500        | 29.49     | 7.99              | 0.44      | 6487.8      | 0.35     | 0.00063     | 0.03      |
| 4              | 159000_052 | 500        | 10.63     | 2.04              | 0.35      | 1860.25     | 1.37     | 0.01542     | 0.03      |
| 5              | 159000_051 | 500        | 23.04     | 34.05             | 2.72      | 31334.4     | 0.08     | 4E-06       | 0.03      |
| 6              | 159000_050 | 500        | 33.05     | 59.61             | 3.24      | 53541       | 0.05     | 1E-06       | 0.03      |
| 7              | 159000_049 | 500        | 17.82     | 12.92             | 1.34      | 11939.4     | 0.22     | 6.9E-05     | 0.03      |
| 8              | 159000_048 | 500        | 14.04     | 7.19              | 0.95      | 6669        | 0.39     | 0.00034     | 0.03      |
| 9              | 159000_047 | 500        | 19.23     | 5.39              | 0.52      | 4999.8      | 0.52     | 0.00133     | 0.03      |
| 10             | 159000_046 | 500        | 9.06      | 1.94              | 0.37      | 1676.1      | 1.44     | 0.0147      | 0.03      |
| 11             | 159000_045 | 500        | 17.14     | 10.28             | 1.03      | 8827.1      | 0.27     | 0.00013     | 0.03      |
| 12             | 159000_044 | 500        | 16.09     | 11.76             | 1.26      | 10136.7     | 0.24     | 7.9E-05     | 0.03      |
| 13             | 159000_043 | 500        | 7.13      | 1.78              | 0.39      | 1390.35     | 1.57     | 0.01438     | 0.03      |
| 14             | 159000_042 | 500        | 34.3      | 34.22             | 1.45      | 24867.5     | 0.08     | 6E-06       | 0.03      |
| 15             | 159000_041 | 500        | 10.1      | 5.65              | 0.73      | 3686.5      | 0.5      | 0.0005      | 0.03      |
| 16             | 159000_040 | 500        | 10.18     | 2.02              | 0.3       | 1527        | 1.39     | 0.01519     | 0.03      |
| 17             | 159000_039 | 500        | 27.47     | 21.84             | 1.08      | 14833.8     | 0.13     | 0.00002     | 0.03      |
| 18             | 159000_038 | 500        | 7.73      | 1.82              | 0.4       | 1546        | 1.54     | 0.01483     | 0.03      |
| 19             | 159000_037 | 500        | 17.54     | 7.67              | 0.93      | 8156.1      | 0.37     | 0.00037     | 0.03      |
| 20             | 159000_036 | 500        | 10.51     | 2.43              | 0.46      | 2417.3      | 1.15     | 0.0085      | 0.03      |

# 模式建置

## 2. 模擬時段選定

依各項基本資料完整度，並考量枯水期水質濃度上升，選定模擬時段。

## 3. 初始濃度

採模擬時段第一次水質監測成果為初始濃度(每年11月或第4季)。

## 4. 反應參數設定

參考相關研究成果設定初始值。

## 5. 設計流量

- (a) 模擬時段內流量監測結果之中位數。
- (b) 模擬水體歷年流量之 $Q_{75}$ 。

## 6. 邊界濃度

將採上述枯水季時段水質監測結果之中位數。

# 模式建置

## 7.污染量推估

### 點源污染

家庭污水：依村里界圖及居民及商業區分布推估人口數。

工業廢水：依工廠總數統計及污水排放總量資訊推估。

畜牧廢水：依畜牧業位置圖推估家禽家畜頭數。

→ 加總

### 非點源污染

水、旱田佔各集污區之面積大小。

### 氣候資料

氣象測站之雨量、蒸散量及風速等。

### 水文資料

河川大斷面資料、流量、流速、曼寧係數等。

### 水質資料

河川監測站之水質、污染物濃度及衰減係數等。

# 模式建置

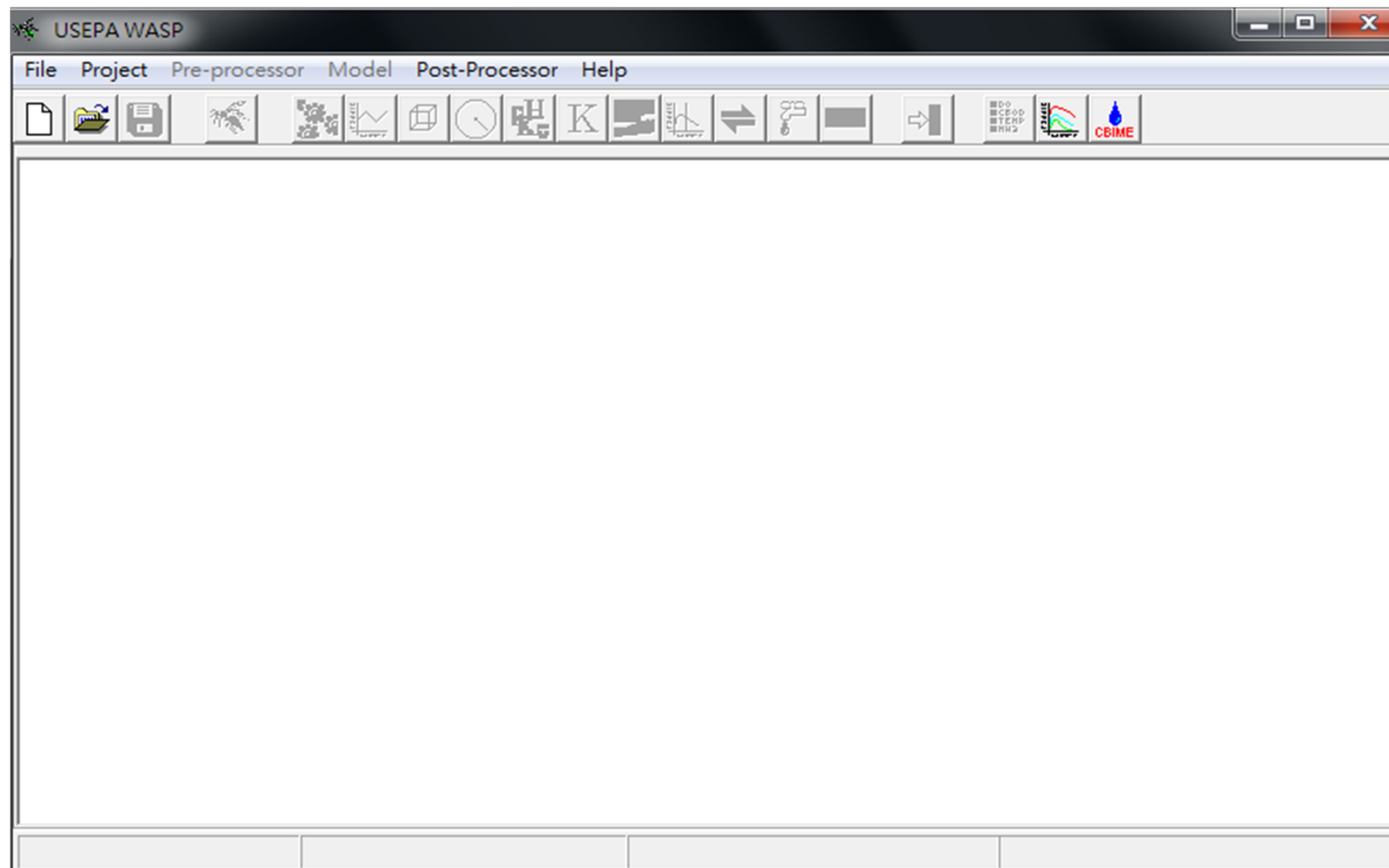
率定(calibration)驗證(verification)是指藉由調整水質的參數與係數，使實測值與模擬值比較，兩者差異小而模擬結果可以被接受之過程。

**WASP模式主要參數**

| 參數名稱      | 化學反應機制                        | 相關因子         | 建議值<br>(大漢溪為例)                    |
|-----------|-------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 祛氧係數(K1)  | 氧化還原作用、底泥耗氧及藻類呼吸作用造成氧氣消耗      | 河床之坡度、流速、水深  | 0.10~0.60 day <sup>-1</sup>       |
| 再曝氣係數(K2) | 大氣中之氧氣藉由液面擴散作用進入水中使溶氧濃度增加     | 流速、水深、風速及水溫  | 0.1~2.5 day <sup>-1</sup>         |
| 底泥需氧量(P)  | 有機物沉澱形成底泥，底泥因微生物分解有機物會消耗水中的溶氧 | 平均水深         | 0.5~15.5<br>g/m <sup>2</sup> -day |
| 硝化係數      | 硝化作用過程將非含碳有機物氧化並消耗溶氧          | pH值、溶氧量      | 0.01~0.86 day <sup>-1</sup>       |
| 延散係數(E)   | 污染物梯度與方向性平均造成之分子擴散及紊流擴散現象     | 流速、上游流量與河口距離 | 1.0~15.7<br>km <sup>2</sup> /day  |

# WASP模式操作流程

# 操作流程



# 操作流程

## Parameters

The screenshot shows the 'Parameters' dialog box for the 'NEW.wif (Jishuei C, Eutrophication)' project. The dialog is divided into several sections:

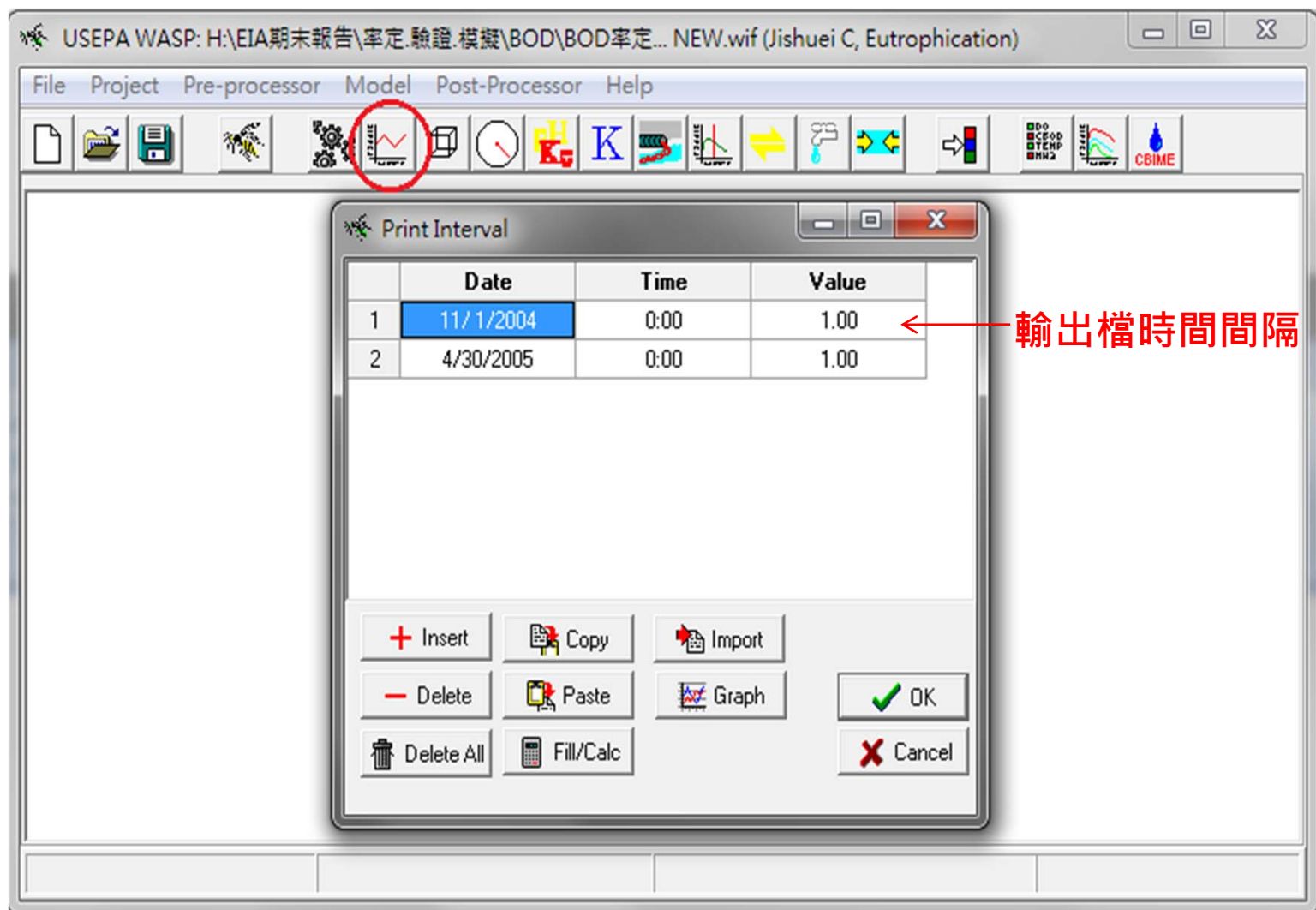
- Description:** Jishuei River
- Model Type:** A dropdown menu with 'Eutrophication' selected. Other options include Advanced Eutrophication, Simple Toxicant, Non-Ionizing Toxicant, Organic Toxicants, Mercury, Heat, and Meta4.
- Restart Option:** Radio buttons for 'No Restart File' (selected) and 'Create Restart File'. A button 'Load restart file now' is also present.
- Time Range:** Fields for 'Start Date' (11/1/2004), 'Start Time' (0:00), 'End Date' (4/30/2005), 'End Time' (0:00), 'Skip Ahead to Date' (11/1/2004), and 'Skip Ahead Time' (0:00).
- Non Point Source File:** A checkbox 'Use NPS file' and a 'Browse' button for 'NPS File Name'.
- Hydrodynamics:** Radio buttons for 'Net Flows' (selected), 'Gross Flows', '1-D Network Kinematic wave', and 'Hydrodynamic Linkage'. A 'Browse' button is for 'Hydrodynamic Linkage File'.
- Solution Technique:** A dropdown menu with 'EULER' selected.
- Bed Volumes:** Radio buttons for 'Static' (selected) and 'Dynamic'. A 'Bed Compaction Time Step' field is set to 0.00.
- Time Step:** Fields for 'Fraction of max time step' (0.90), 'Max time step' (1.0000), and 'Min time step' (0.0001).
- Solution Options:** A checkbox 'Negative Solution Allowed'.
- Buttons:** 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

Red annotations with arrows point to specific fields:

- '模擬河段名稱' (Simulation reach name) points to the 'Description' field.
- '模擬類型' (Simulation type) points to the 'Model Type' dropdown.
- '模擬時段起點' (Simulation period start) points to the 'Start Date' field.
- '模擬時段終點' (Simulation period end) points to the 'End Date' field.

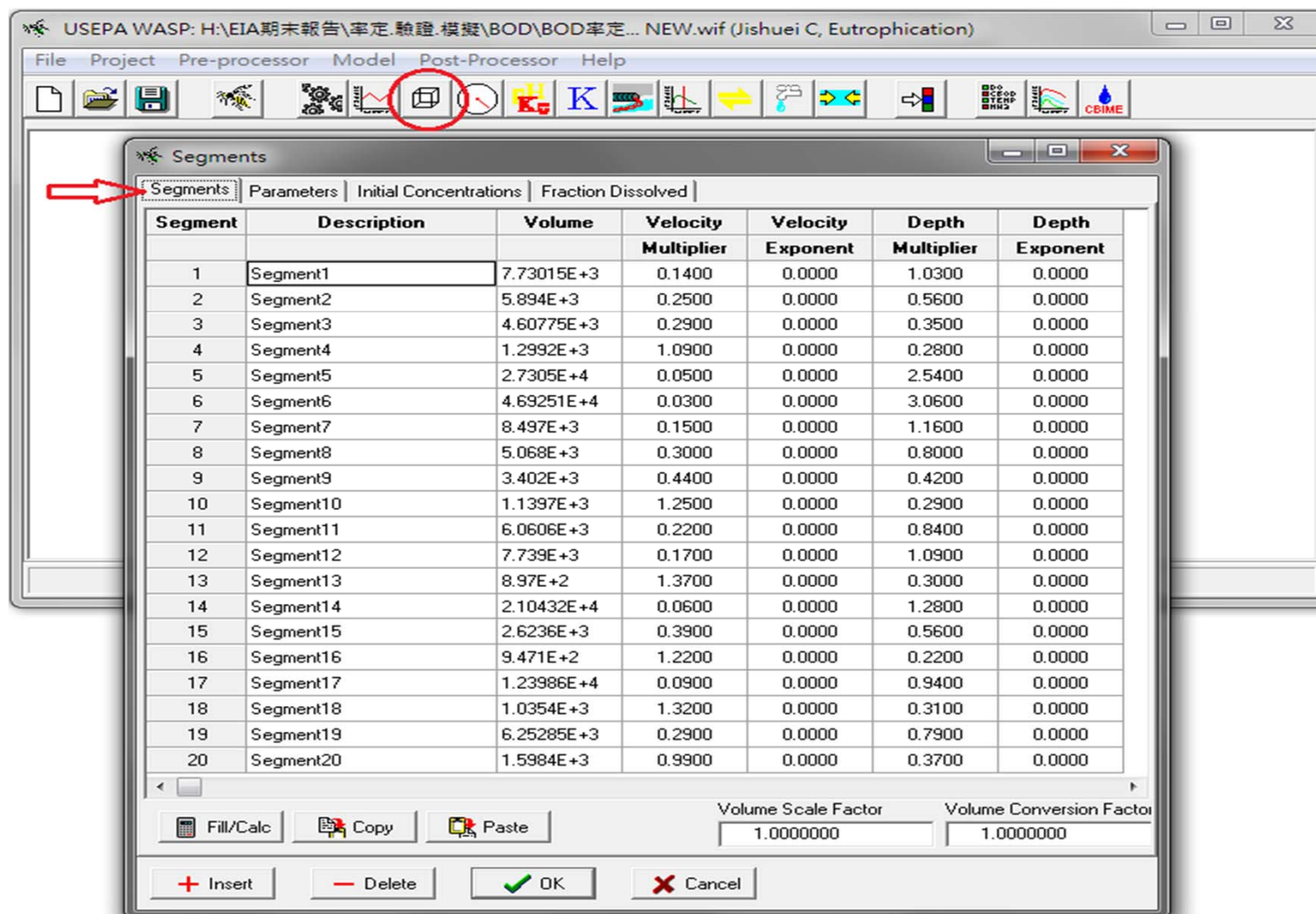
# 操作流程

## Print Interval



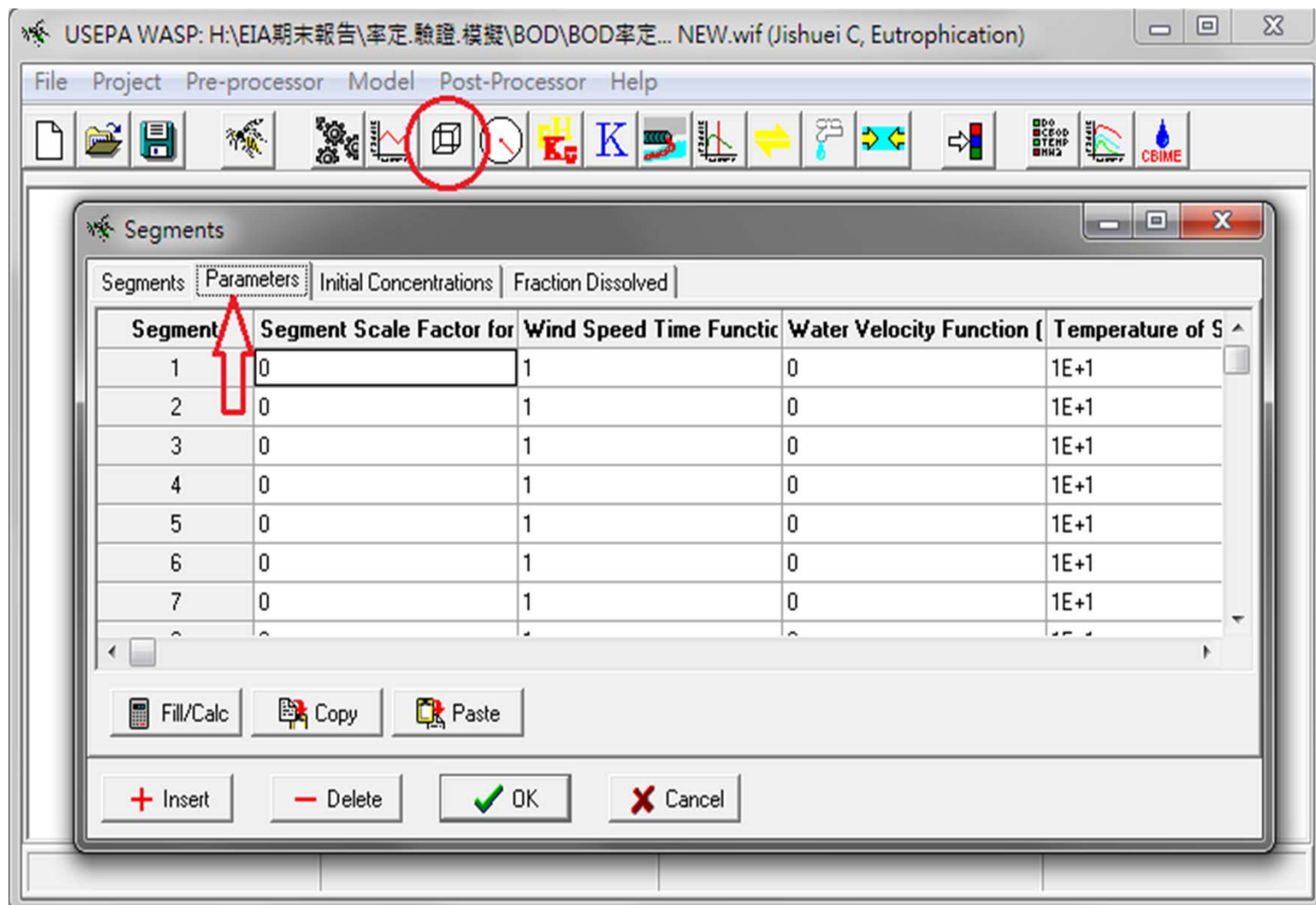
# 操作流程

Segments → Segments



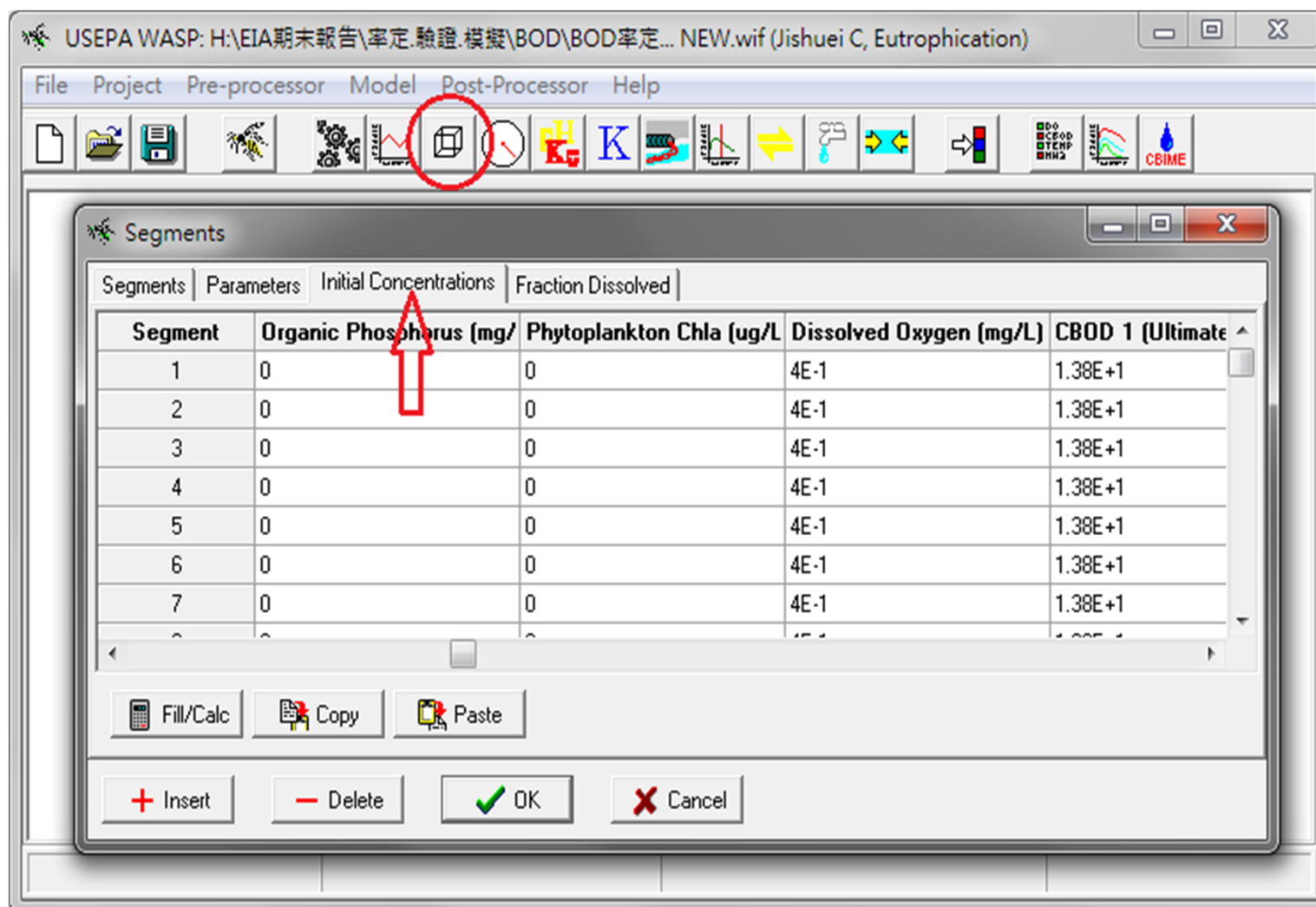
# 操作流程

Segments → Parameters



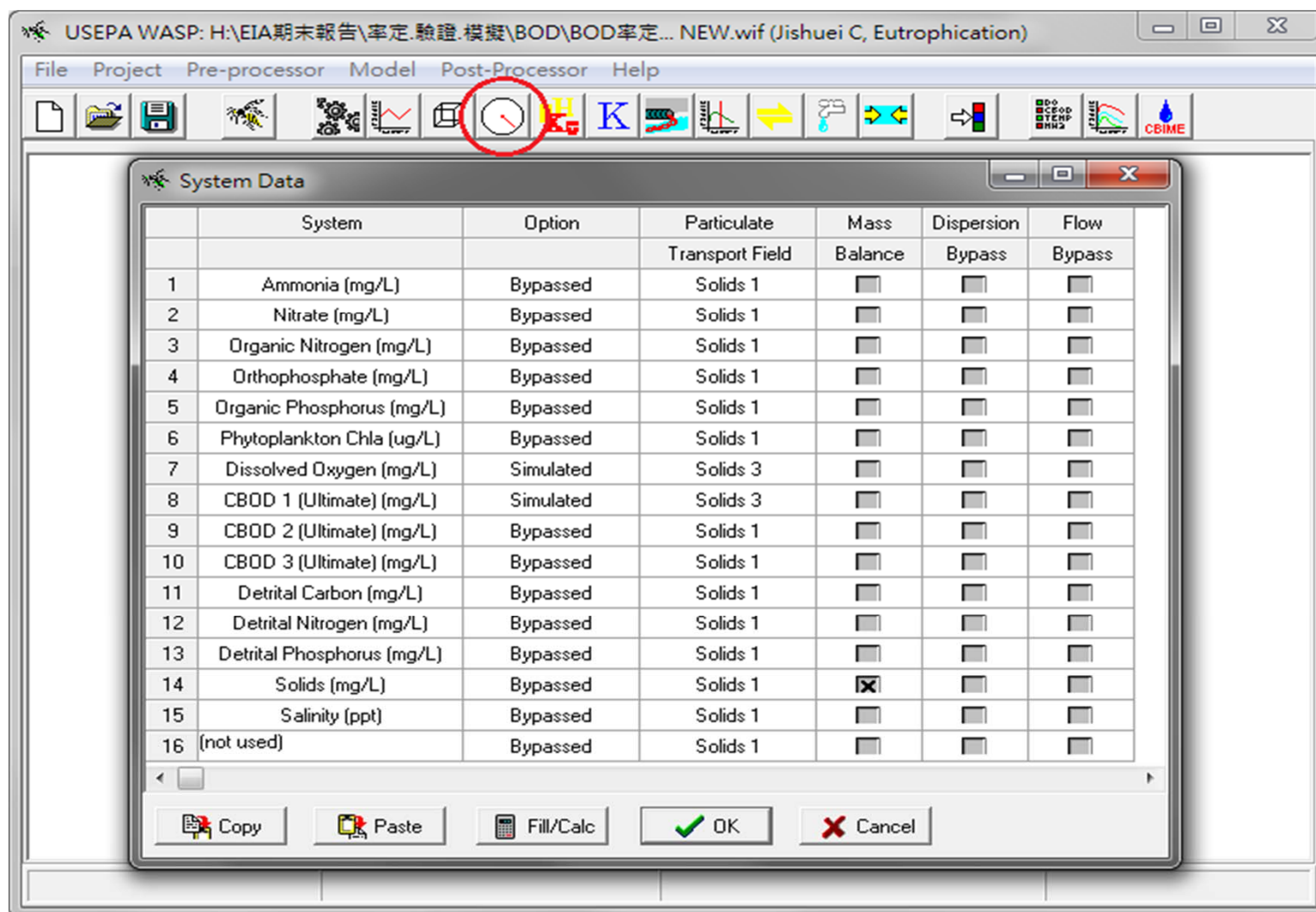
# 操作流程

Segments → Initial Concentration



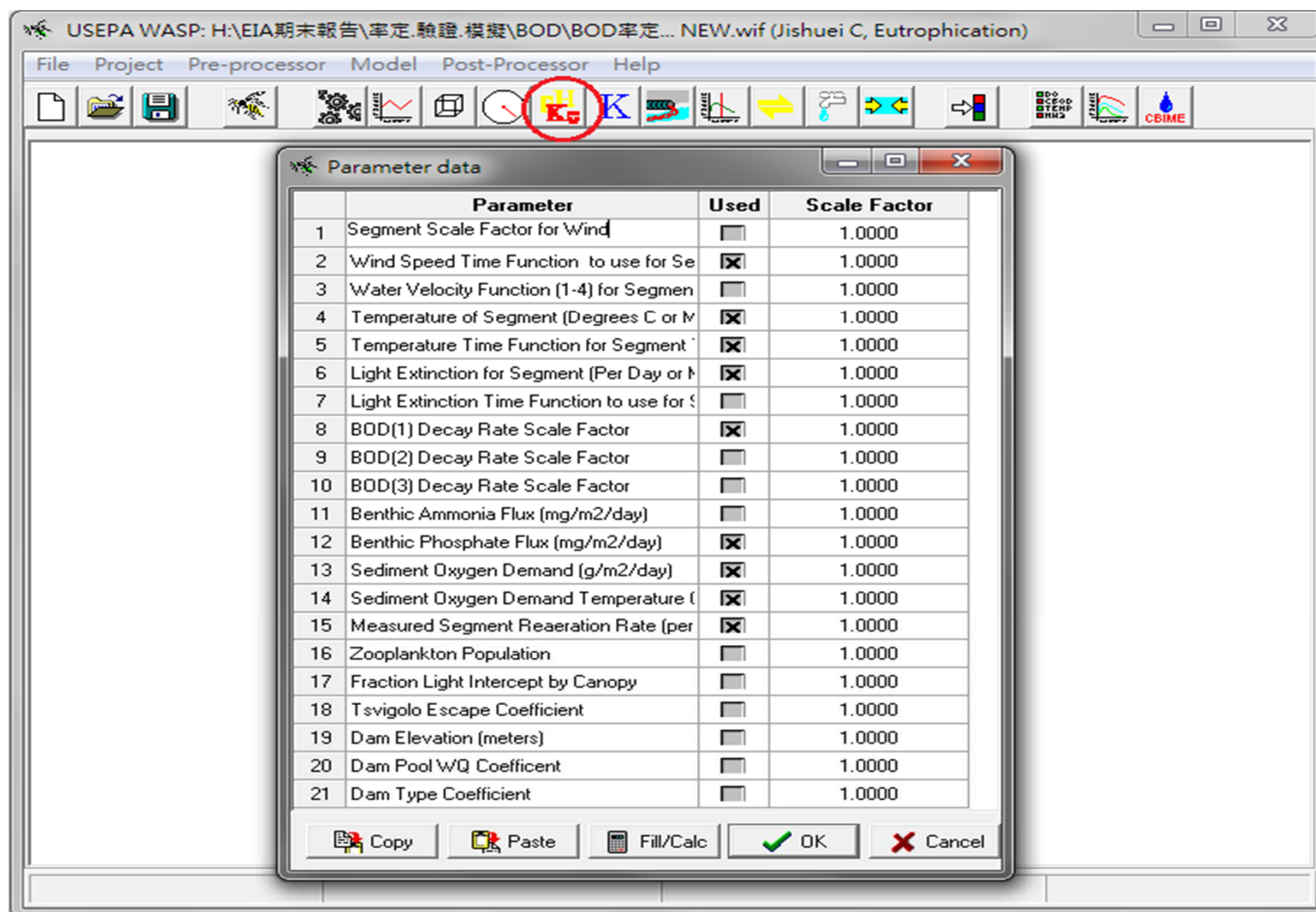
# 操作流程

## System Data



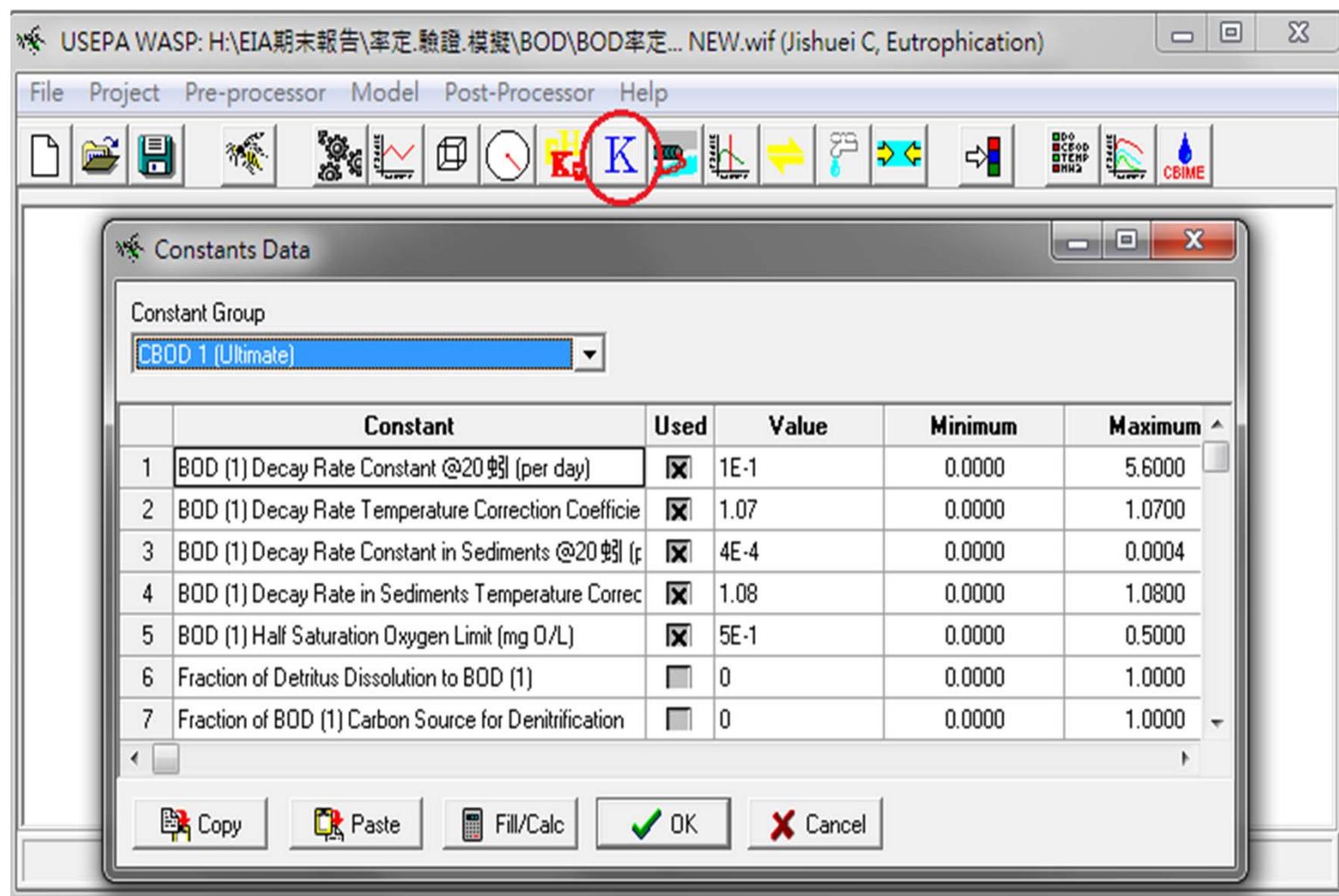
# 操作流程

## Parameters data



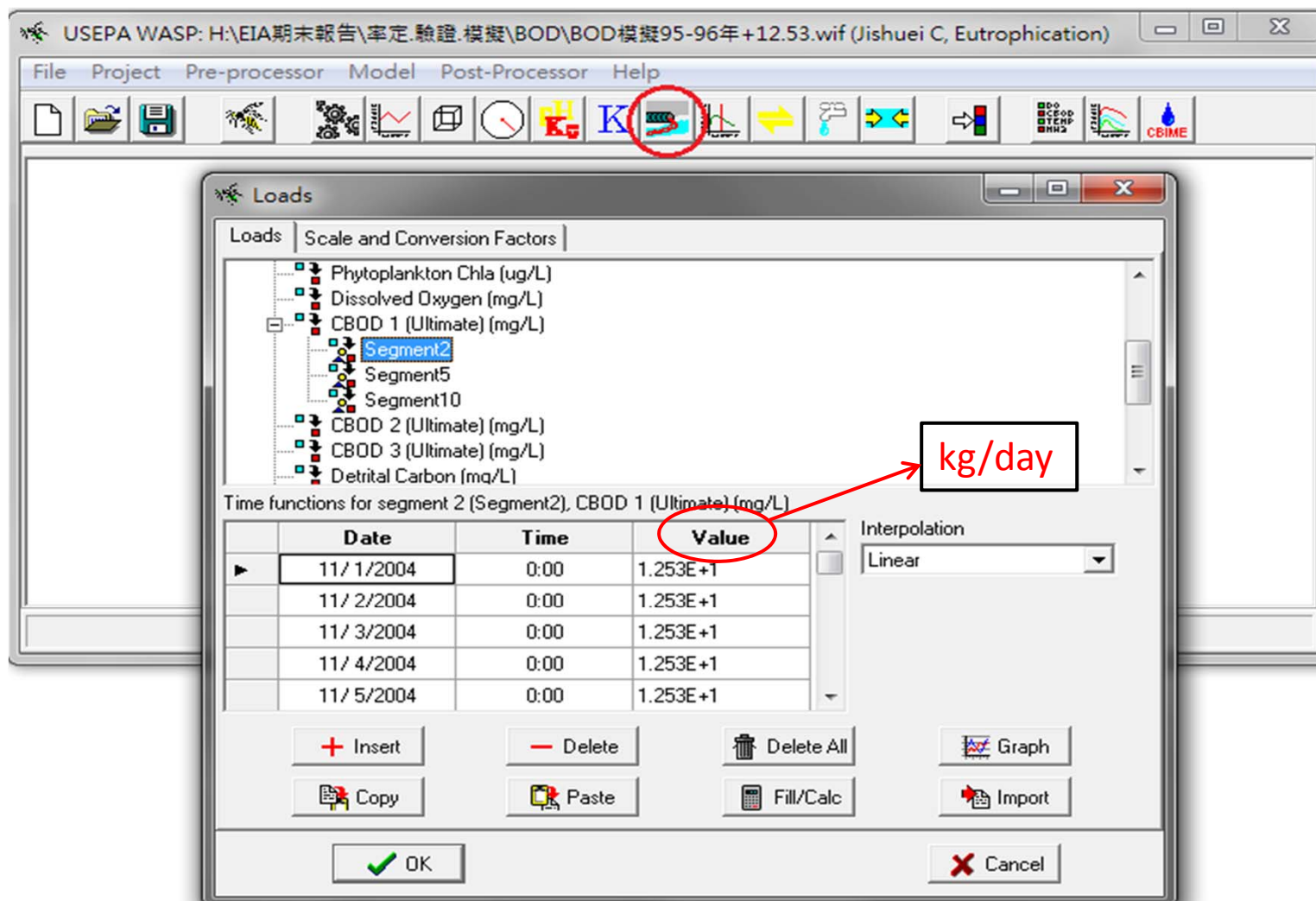
# 操作流程

## Constant data



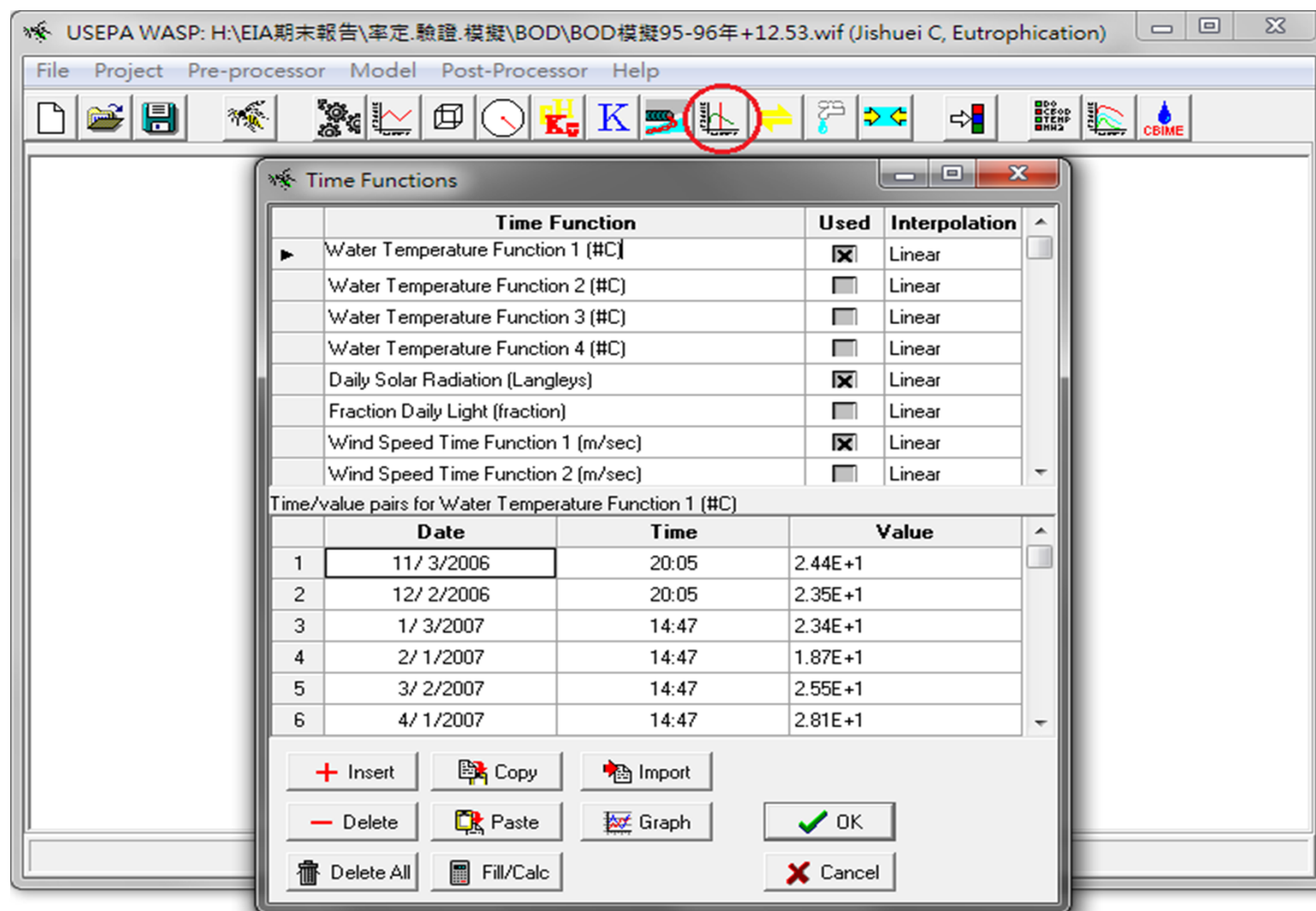
# 操作流程

## Loads



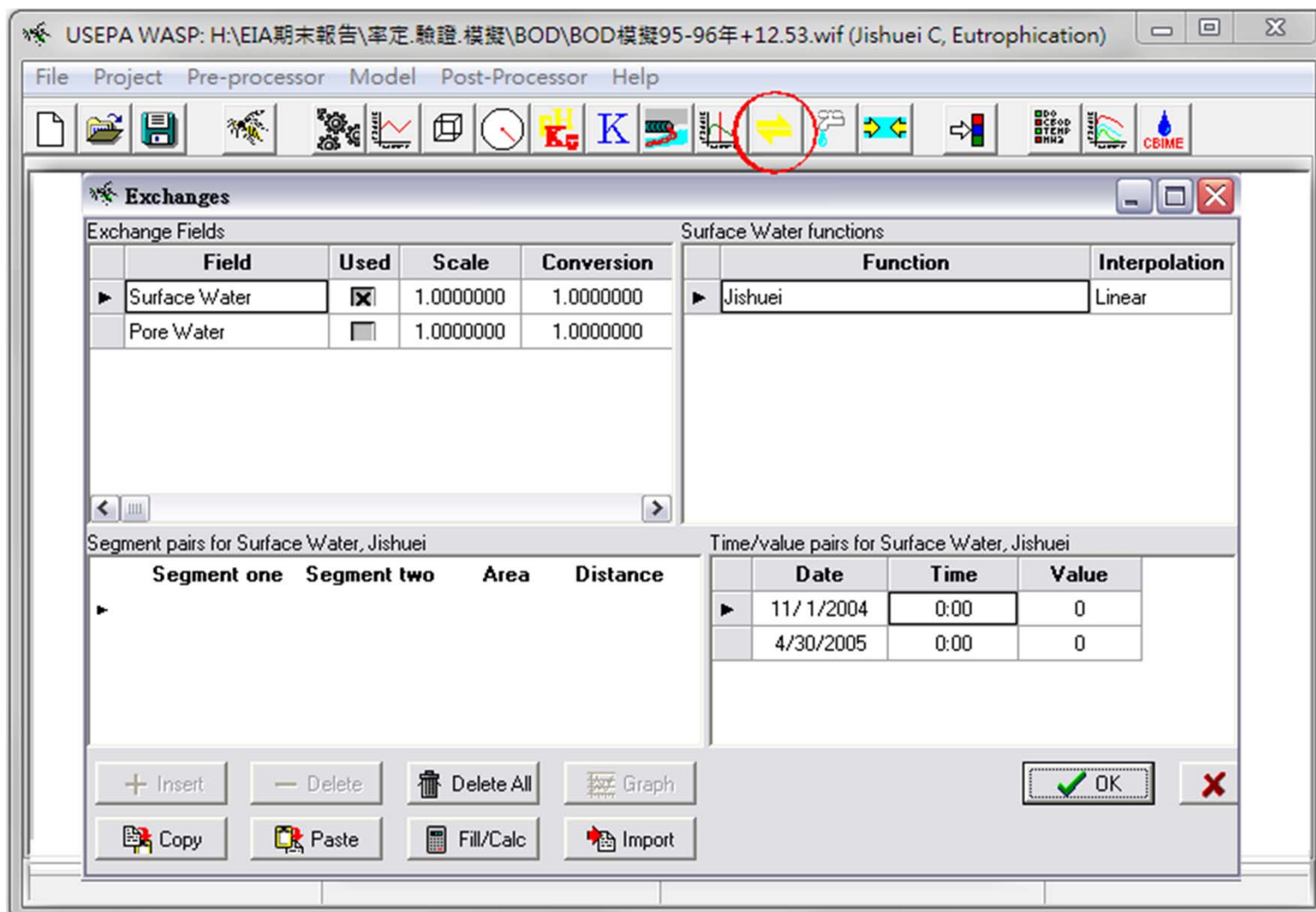
# 操作流程

## Time Functions



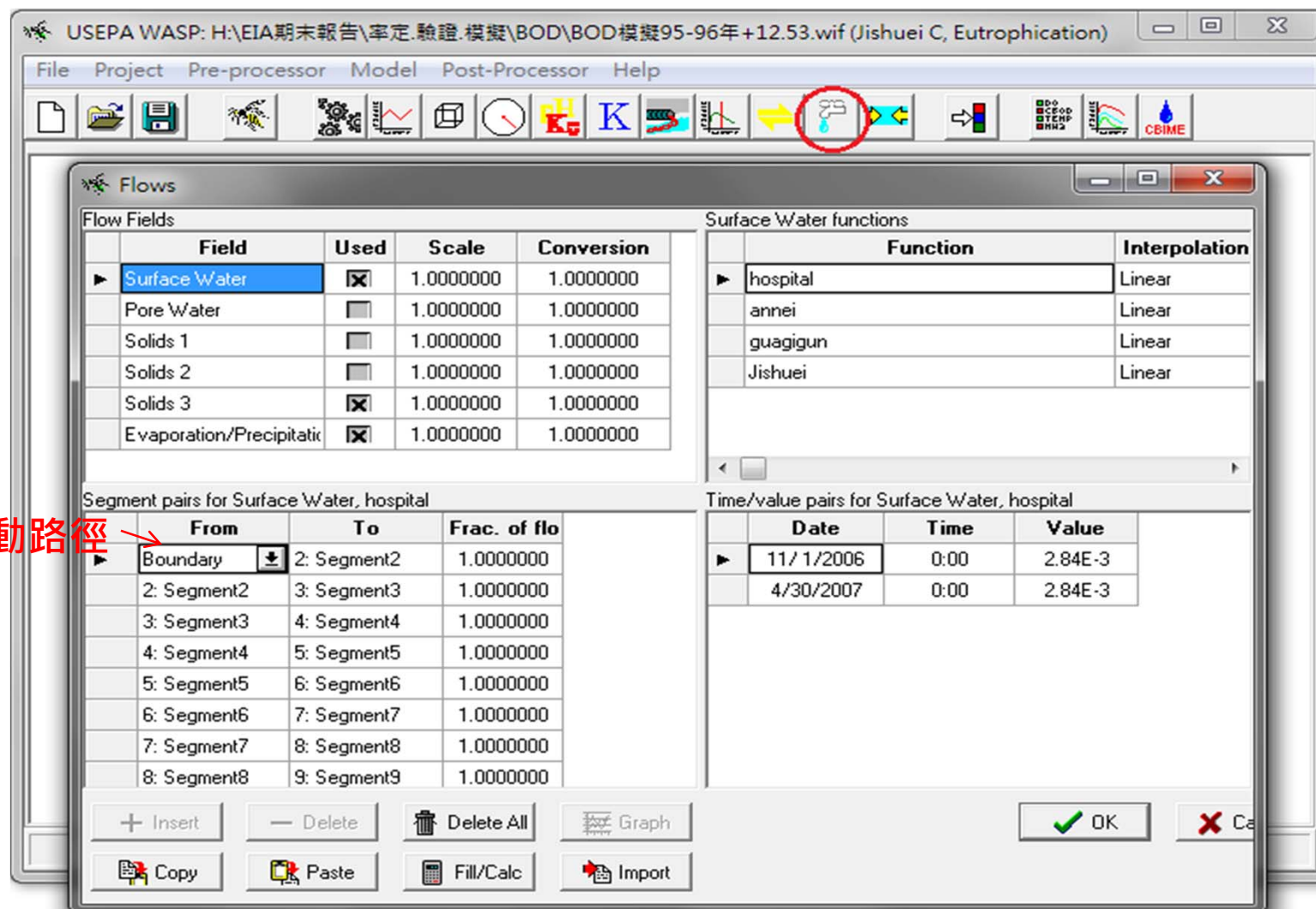
# 操作流程

## Exchanges



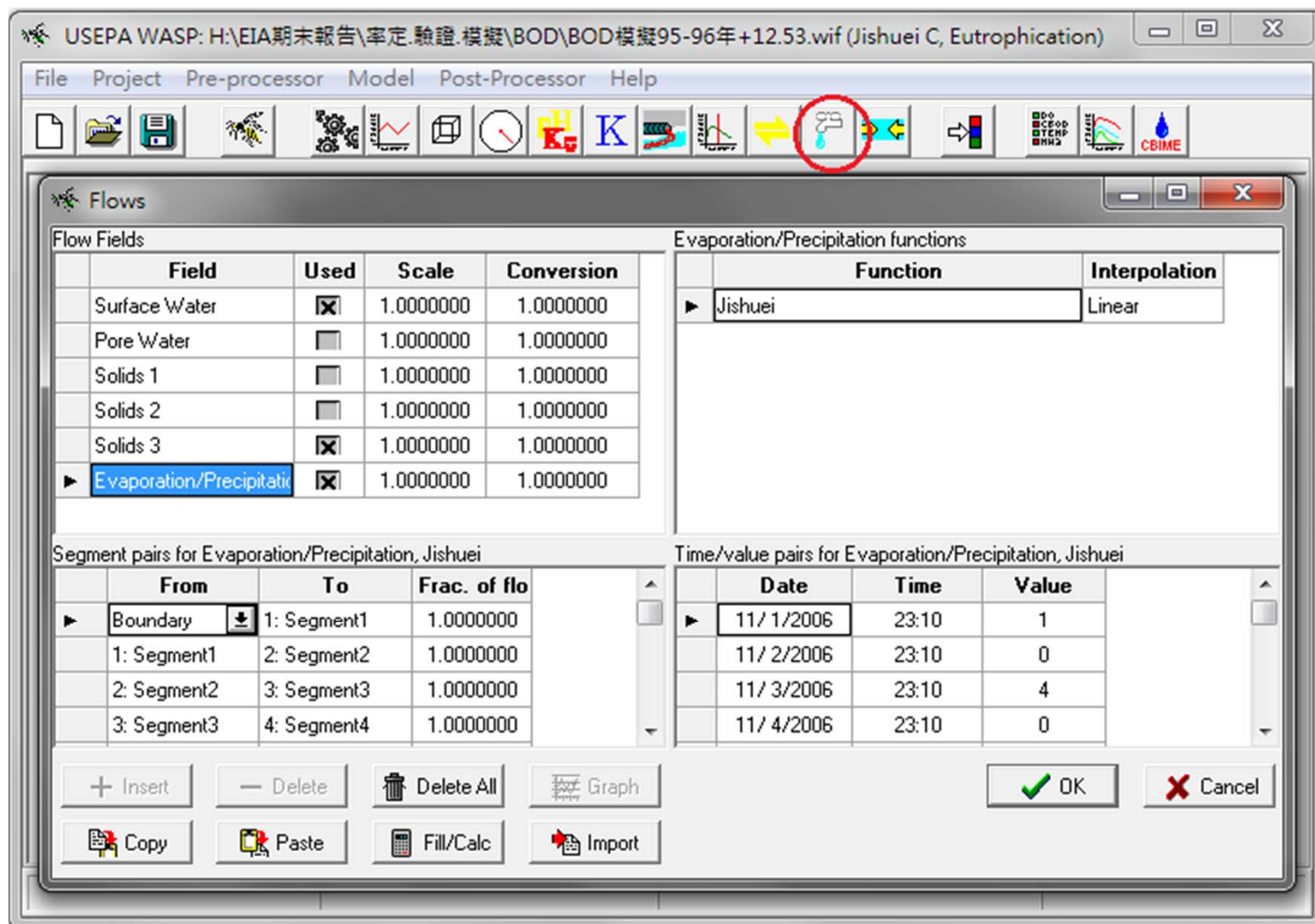
# 操作流程

## Flows→Surface Water



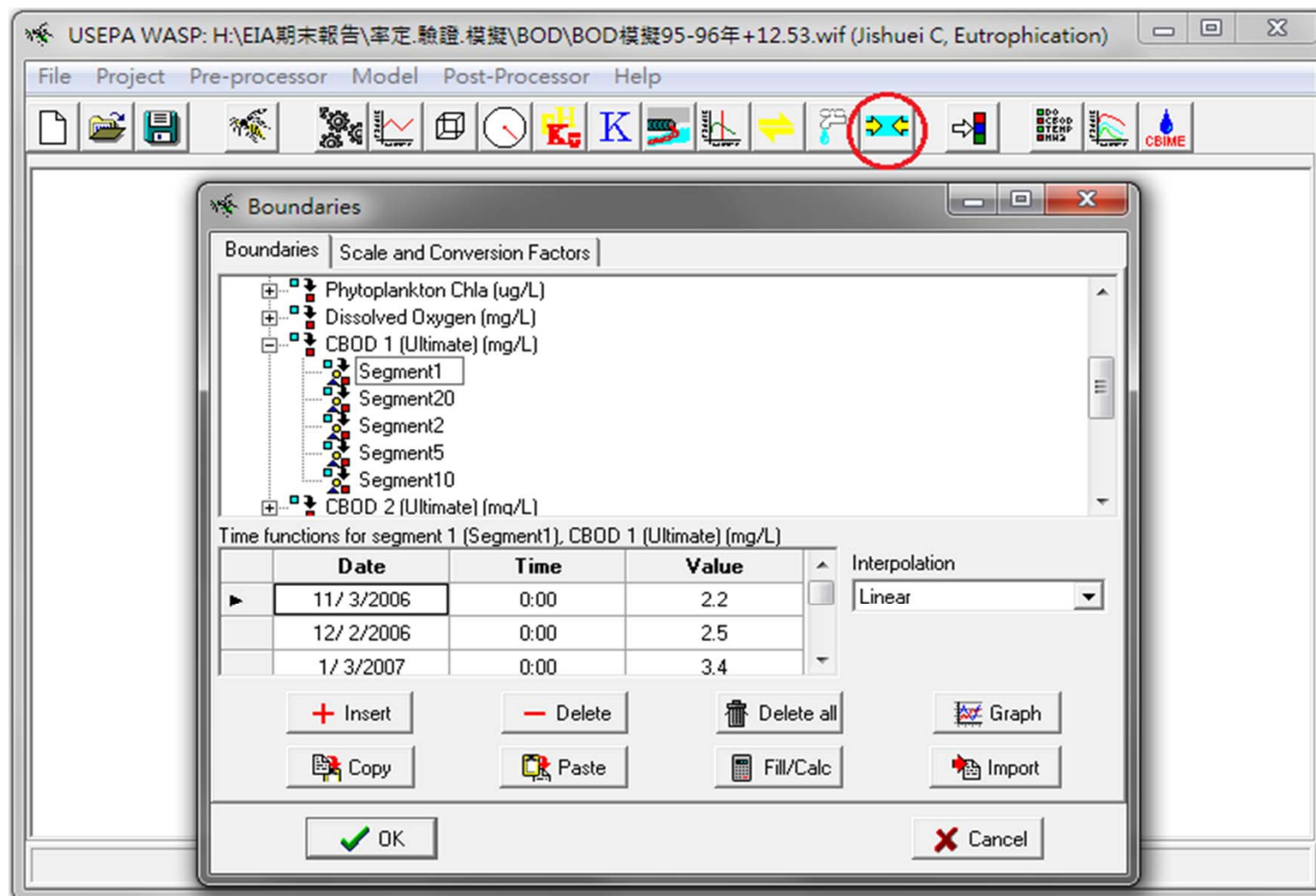
# 操作流程

Flows → Eva/Pre



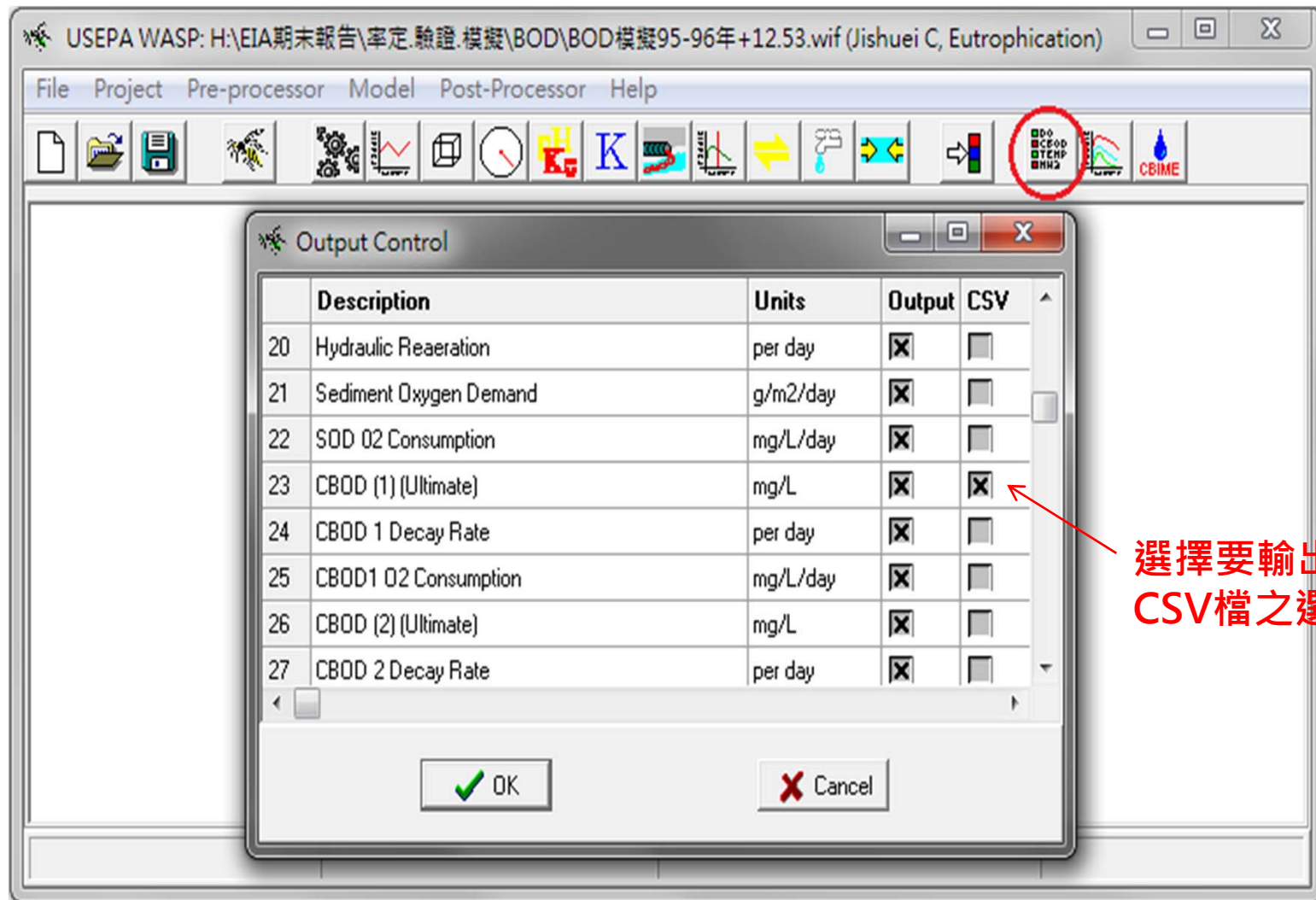
# 操作流程

## Boundaries



# 操作流程

## Output Control

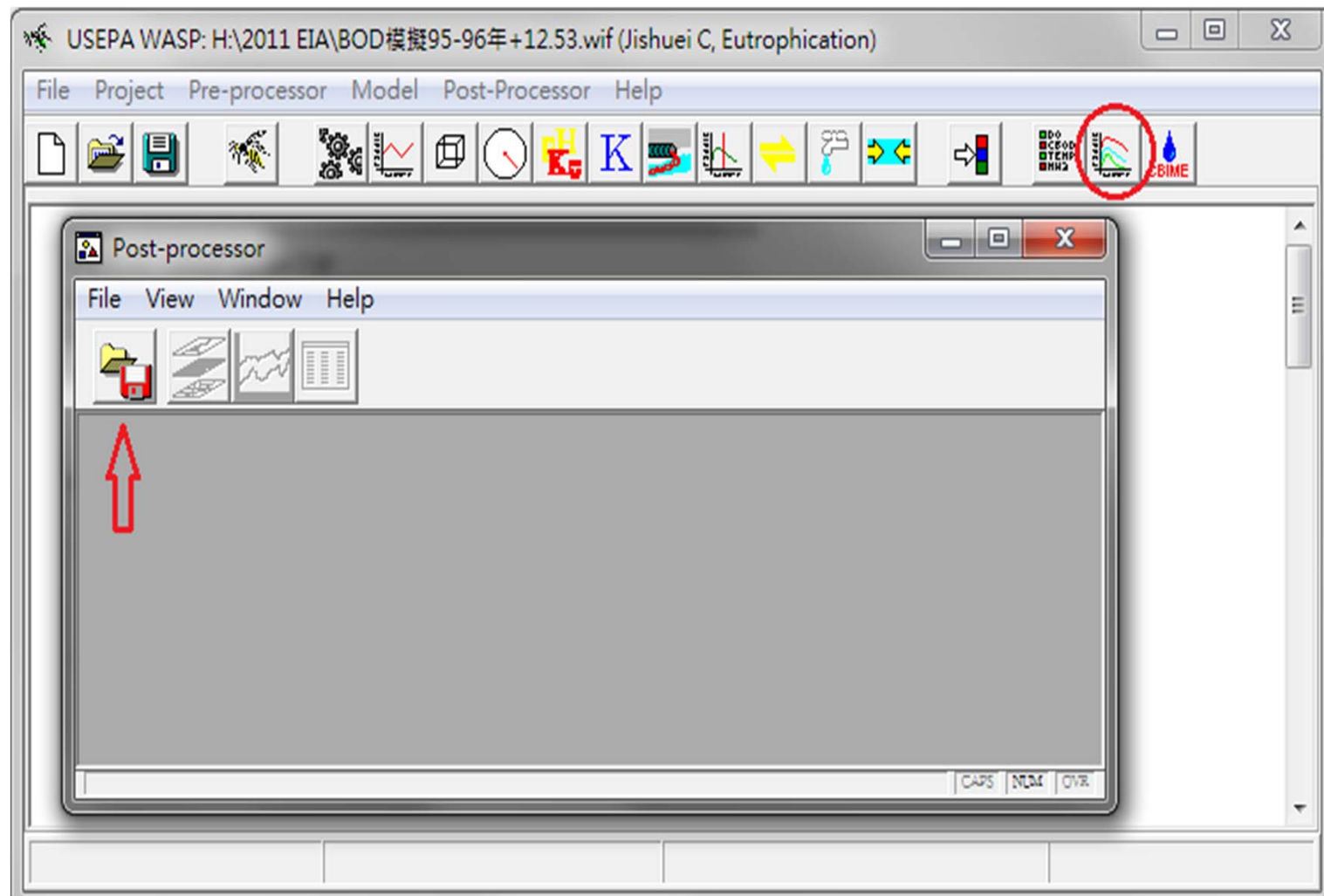


## Execute Model



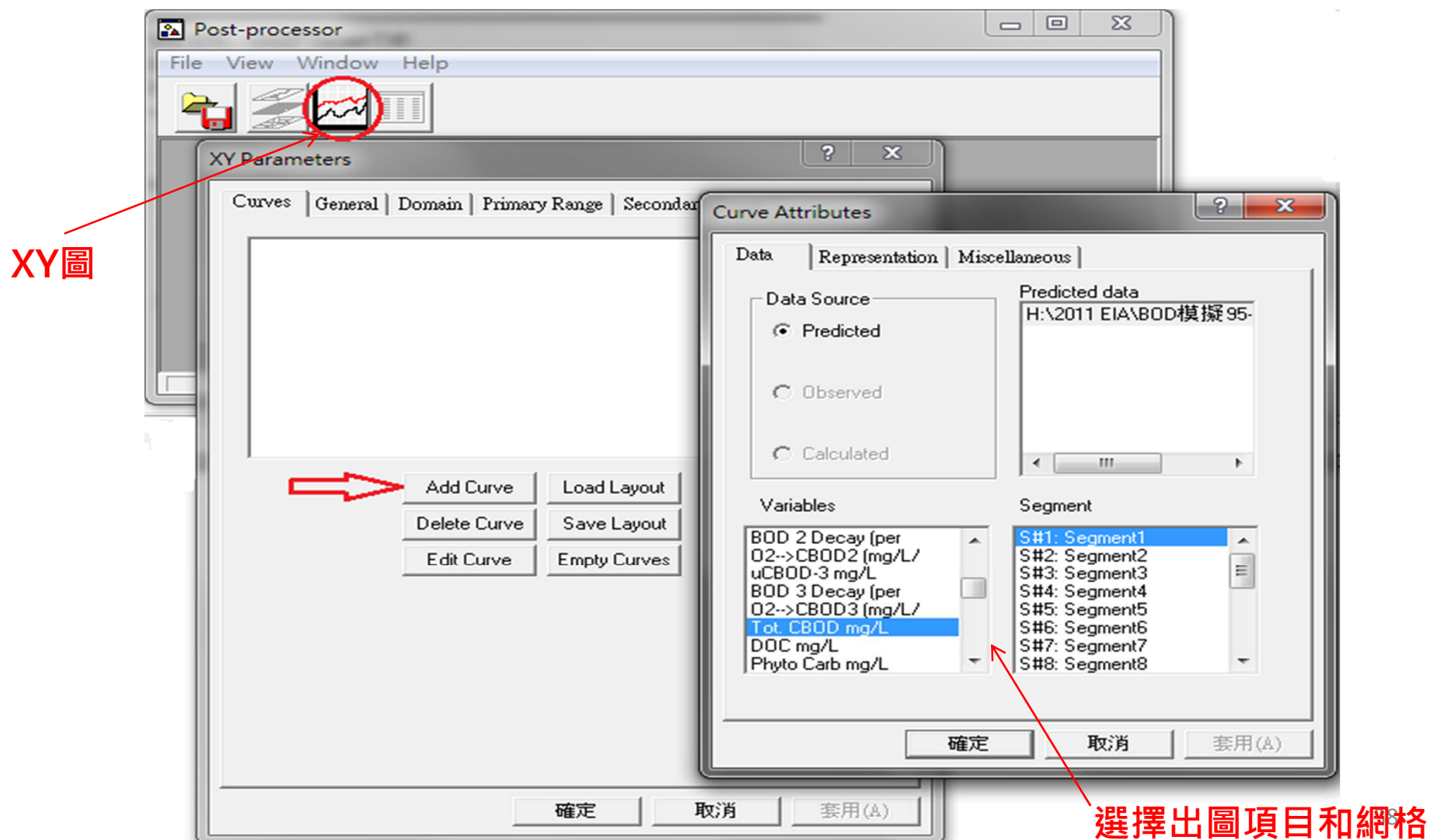
# 操作流程

## Post-Processor



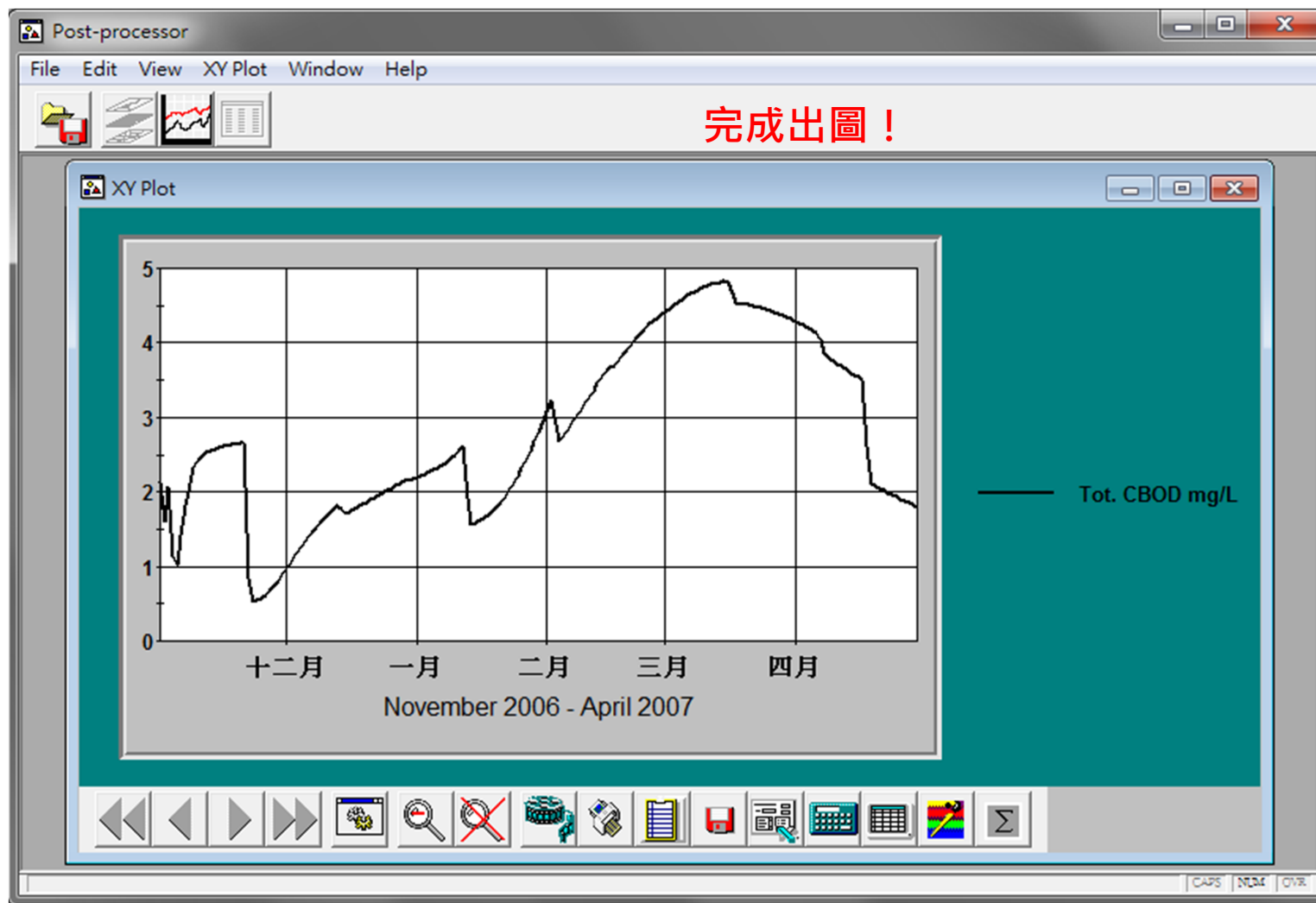
# 操作流程

XY Parameters → Add Curve



# 操作流程

## XY Plot



## 範例模擬

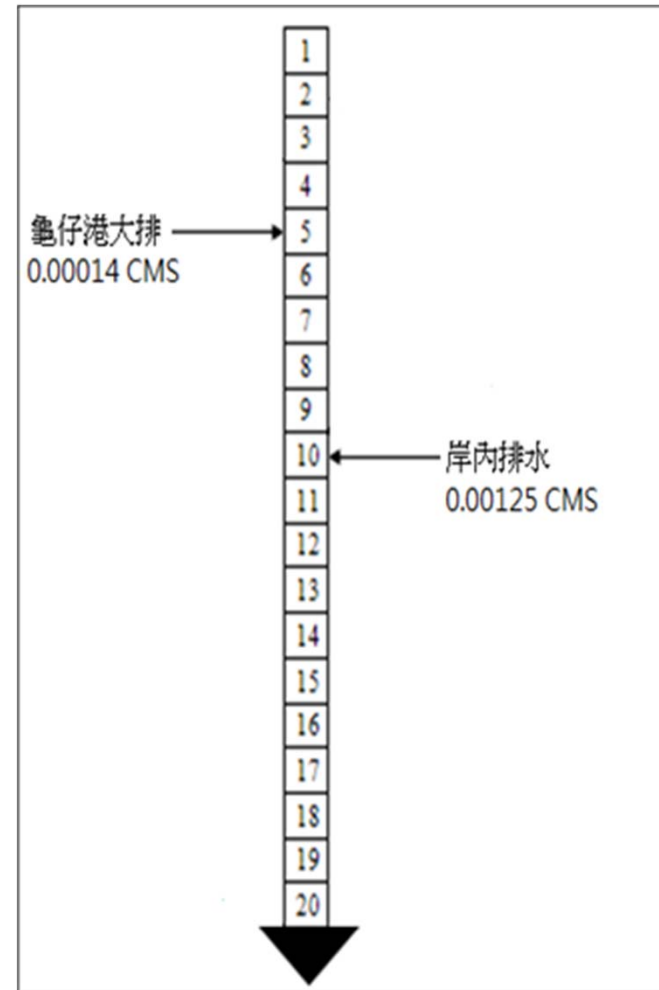
## 基本設定

### 1. 水體網格劃分



#### • 背景污染：

龜仔港大排(輸入第5段)  
岸內排水(輸入至第10段)



將斷面樁號36-55之河道劃分為  
20個網格，每段長500m，  
模擬總長10km。

## 以Hec - Ras模擬之水理資料

| Segment Number | 斷面樁號       | Length (m) | Width (m) | Surface Area (m2) | Depth (m) | Volume (m3) | Velocity | Slope (m/m) | Roughness |
|----------------|------------|------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|----------|-------------|-----------|
| 急水溪            |            |            |           |                   |           |             |          |             |           |
| 1              | 159000_055 | 500        | 15.11     | 13.42             | 1.16      | 8763.8      | 0.21     | 0.00005     | 0.03      |
| 2              | 159000_054 | 500        | 24.23     | 8.81              | 0.68      | 8238.2      | 0.32     | 0.00035     | 0.03      |
| 3              | 159000_053 | 500        | 29.49     | 7.99              | 0.44      | 6487.8      | 0.35     | 0.00063     | 0.03      |
| 4              | 159000_052 | 500        | 10.63     | 2.04              | 0.35      | 1860.25     | 1.37     | 0.01542     | 0.03      |
| 5              | 159000_051 | 500        | 23.04     | 34.05             | 2.72      | 31334.4     | 0.08     | 4E-06       | 0.03      |
| 6              | 159000_050 | 500        | 33.05     | 59.61             | 3.24      | 53541       | 0.05     | 1E-06       | 0.03      |
| 7              | 159000_049 | 500        | 17.82     | 12.92             | 1.34      | 11939.4     | 0.22     | 6.9E-05     | 0.03      |
| 8              | 159000_048 | 500        | 14.04     | 7.19              | 0.95      | 6669        | 0.39     | 0.00034     | 0.03      |
| 9              | 159000_047 | 500        | 19.23     | 5.39              | 0.52      | 4999.8      | 0.52     | 0.00133     | 0.03      |
| 10             | 159000_046 | 500        | 9.06      | 1.94              | 0.37      | 1676.1      | 1.44     | 0.0147      | 0.03      |
| 11             | 159000_045 | 500        | 17.14     | 10.28             | 1.03      | 8827.1      | 0.27     | 0.00013     | 0.03      |
| 12             | 159000_044 | 500        | 16.09     | 11.76             | 1.26      | 10136.7     | 0.24     | 7.9E-05     | 0.03      |
| 13             | 159000_043 | 500        | 7.13      | 1.78              | 0.39      | 1390.35     | 1.57     | 0.01438     | 0.03      |
| 14             | 159000_042 | 500        | 34.3      | 34.22             | 1.45      | 24867.5     | 0.08     | 6E-06       | 0.03      |
| 15             | 159000_041 | 500        | 10.1      | 5.65              | 0.73      | 3686.5      | 0.5      | 0.0005      | 0.03      |
| 16             | 159000_040 | 500        | 10.18     | 2.02              | 0.3       | 1527        | 1.39     | 0.01519     | 0.03      |
| 17             | 159000_039 | 500        | 27.47     | 21.84             | 1.08      | 14833.8     | 0.13     | 0.00002     | 0.03      |
| 18             | 159000_038 | 500        | 7.73      | 1.82              | 0.4       | 1546        | 1.54     | 0.01483     | 0.03      |
| 19             | 159000_037 | 500        | 17.54     | 7.67              | 0.93      | 8156.1      | 0.37     | 0.00037     | 0.03      |
| 20             | 159000_036 | 500        | 10.51     | 2.43              | 0.46      | 2417.3      | 1.15     | 0.0085      | 0.03      |

## 2. 模擬時段

因考量枯水期水質濃度上升，選定以下時段進行

- 參數~~率~~定：民國92年11月至93年4月
- 模式~~驗~~證：民國95年11月至96年4月

## 3. 初始濃度

採上述時段第一次水質監測結果為初始濃度(每年11月)

| 採樣日期      | 時間    | 生化需氧量<br>(mg/L) |
|-----------|-------|-----------------|
| 2003/11/4 | 11:00 | 13.8            |
| 2003/12/5 | 12:00 | 3.2             |
| 2004/1/5  | 12:27 | 4.3             |
| 2004/2/3  | 12:28 | 8.7             |
| 2004/3/6  | 13:33 | 2.9             |
| 2004/4/1  | 11:24 | 7               |

| 採樣日期      | 時間    | 生化需氧量<br>(mg/L) |
|-----------|-------|-----------------|
| 2006/11/3 | 11:00 | 2.2             |
| 2006/12/2 | 10:30 | 2.5             |
| 2007/1/3  | 12:23 | 3.4             |
| 2007/2/1  | 12:20 | 14.7            |
| 2007/3/2  | 12:20 | 11.7            |
| 2007/4/1  | 12:40 | 6.9             |

## 4. 反應參數設定

參考相關研究成果設定

## 5.污染量推估

| 背景污染  |             | BOD (kg/day) |         |         |        |         |
|-------|-------------|--------------|---------|---------|--------|---------|
| 集污區名稱 | 總廢水量(噸/day) | 家庭污水         | 工業廢水    | 畜牧廢水    | 非點源污染  | 總計      |
| 岸內排水  | 108392.00   | 3467.25      | 2517.03 | 1773.45 | 194.05 | 7951.78 |
| 龜仔港大排 | 11817.00    | 1383.79      | 332.87  | 713.05  | 152.90 | 2582.61 |

資料來源：「累積性環境影響評估審查基準與地理資訊系統之整合研究(二)」· 童慶斌

## 6.設計流量

採歷年流量(民國90~98年)之 $Q_{75}=2.8$  cms 作為設計流量

## 7.邊界濃度

採上述**枯水季**時段水質監測結果之中位數

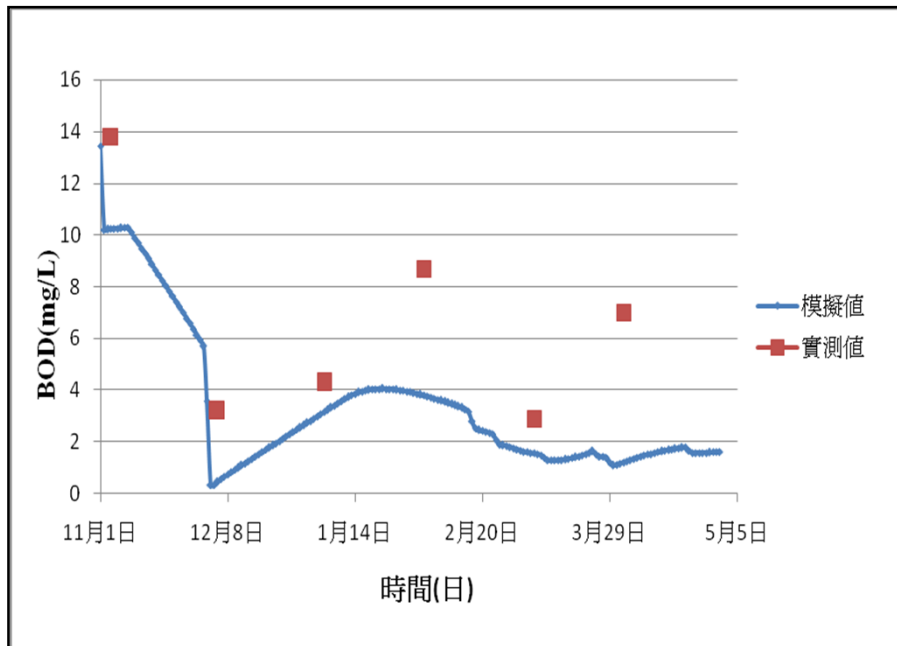
### 氣候資料

**雨量**資料來源為中央氣象局新營測站  
**氣溫及水溫**資料採自環保署水體水質資料庫

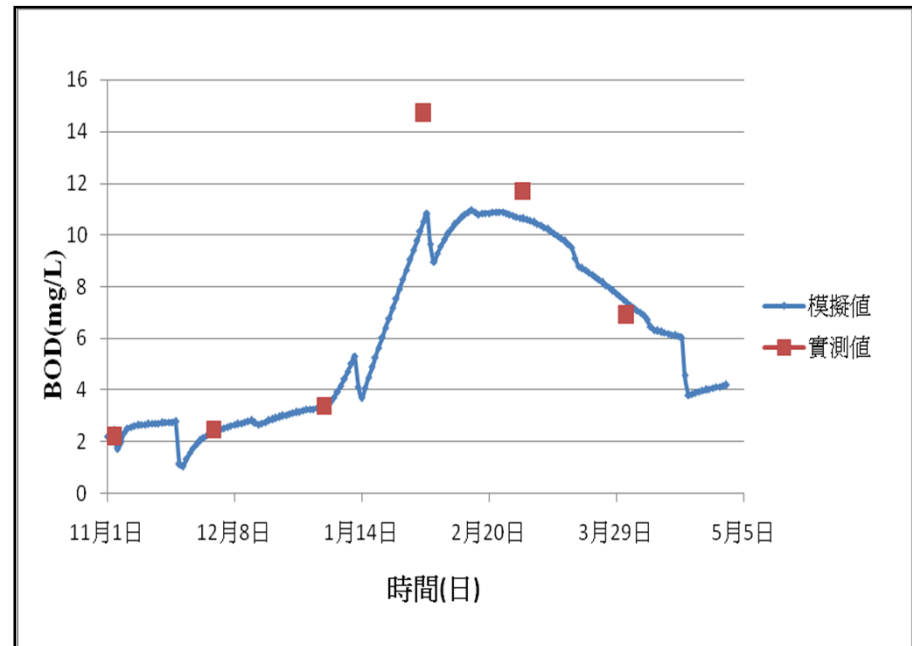
### 水質資料

資料採自環保署水體水質資料庫  
 (急水溪流域之急水溪橋1167、1302測站)

# 模式率定及驗證



BOD率定圖



BOD驗證圖

~ 謝謝聆聽 ~

敬請指教