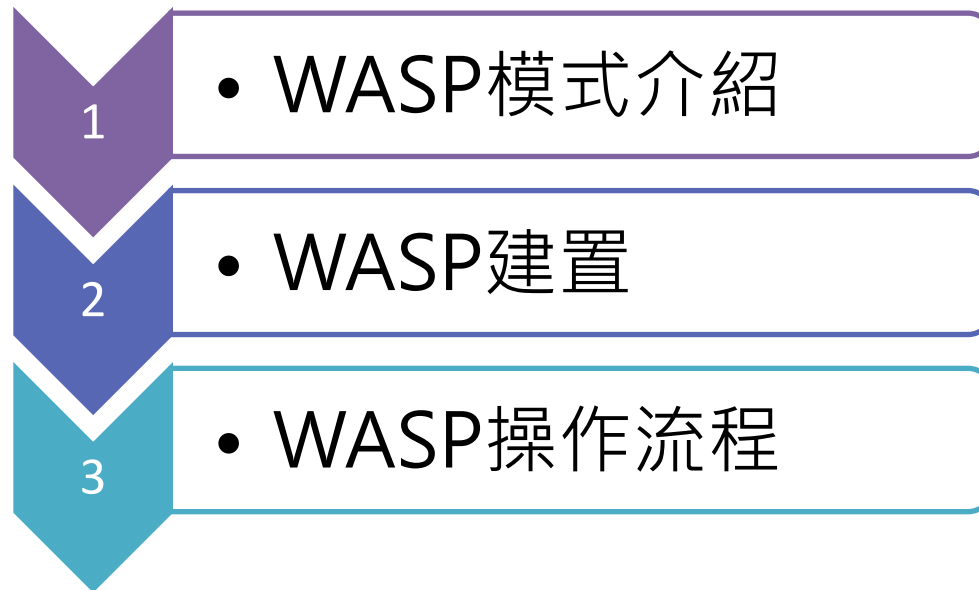


WASP水質模式-操作教學

報告人：黃珮瑜

報告日期：100/07/29

大綱



WASP模式介紹

模式介紹

模式發展

- **WASP 7.3 (Water Quality Analysis Simulation Program , WASP)** 之原始之版本由美國曼哈頓學院 (Manhattan College) 於1983年發佈，再經美國環保署修 (U.S.EPA) 改而成 (Ambrose Jr et al., 1988) 。
- WASP5及其以前之版本之操作系統皆為DOS。
- WASP6之操作系統發展為Windows。
- WASP7於2005年發佈。
(WASP6及WASP7皆有視窗操作介面)
- WASP可用於不同環境污染決策系統中分析和預測由於自然和人為污染造成水體水質之污染狀況，

模式介紹

模式簡介

WASP 模式	
當前版本	7.3
操作系統	Windows 95/98/ME/2000/XP
關鍵字	水生生物、評估、執行、排放、環境影響、水文、金屬、國家污染排放去除系統 (NPDES)、非點源、點源、地表水、測試/分析、總量管制相關。
媒介	地表水
污染物類型	傳統污染物 (氮、磷、溶氧、底泥需氧量、藻類)、有機化合物、金屬、汞、致病菌、溫度。

資料來源：U.S.EPA (2010)

模式介紹

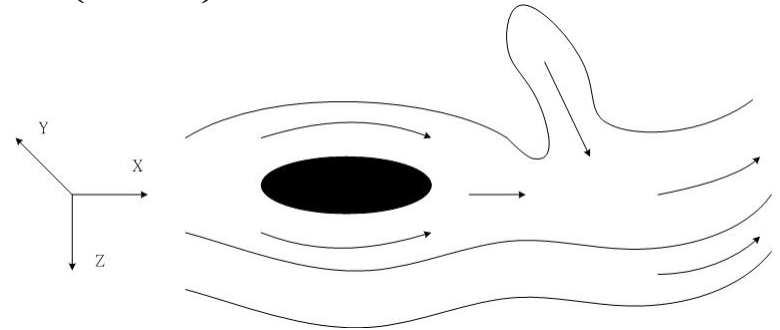
模式原理

主要是依質量守恆原理，在控制體積的水質濃度，藉由延散（dispersion）、對流（advection）和生化反應式中的生成或消失作質量平衡，質量守恆方程式如下：

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

— 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

模式特性

- ① 可分析多種水質問題，適用水體包括池塘、溪流、湖泊、水庫、河川、河口、及海岸水域。
- ② 可建立水體模擬為一維、二維及三維之問題。
- ③ 考慮時變或非時變、線性與非線性及點源與非點源污染。
- ④ 操作界面視窗化，簡單操作。
- ⑤ 模式為免費軟體，可由美國環保署網站下載。WASP5版本之DOS原始程式碼也免費釋出，使能彈性的修改。
- ⑥ 模式可外接外部水理模式如EFDC、DYNHYD、RIVMOD、SED3D、EPD-R1VI及SWMM等。

模式介紹

模式特性（續）

- ⑦ 可以模擬水體中絕大多數之污染物。
- ⑧ 輸出結果多樣化，如Txt、Excel及圖形等。
- ⑨ 模式運用之限制條件：
 - 水質模擬項目：16項
 - 網格劃分數量：4,000個
 - 化學反應參數：210個
 - 環境特性常數：45項
 - 時間函數定義：23個
 - 污染負荷輸入：50個
 - 邊界條件設定：150個

模式介紹

模式模組

依污染性質可分為8種模組，分別為

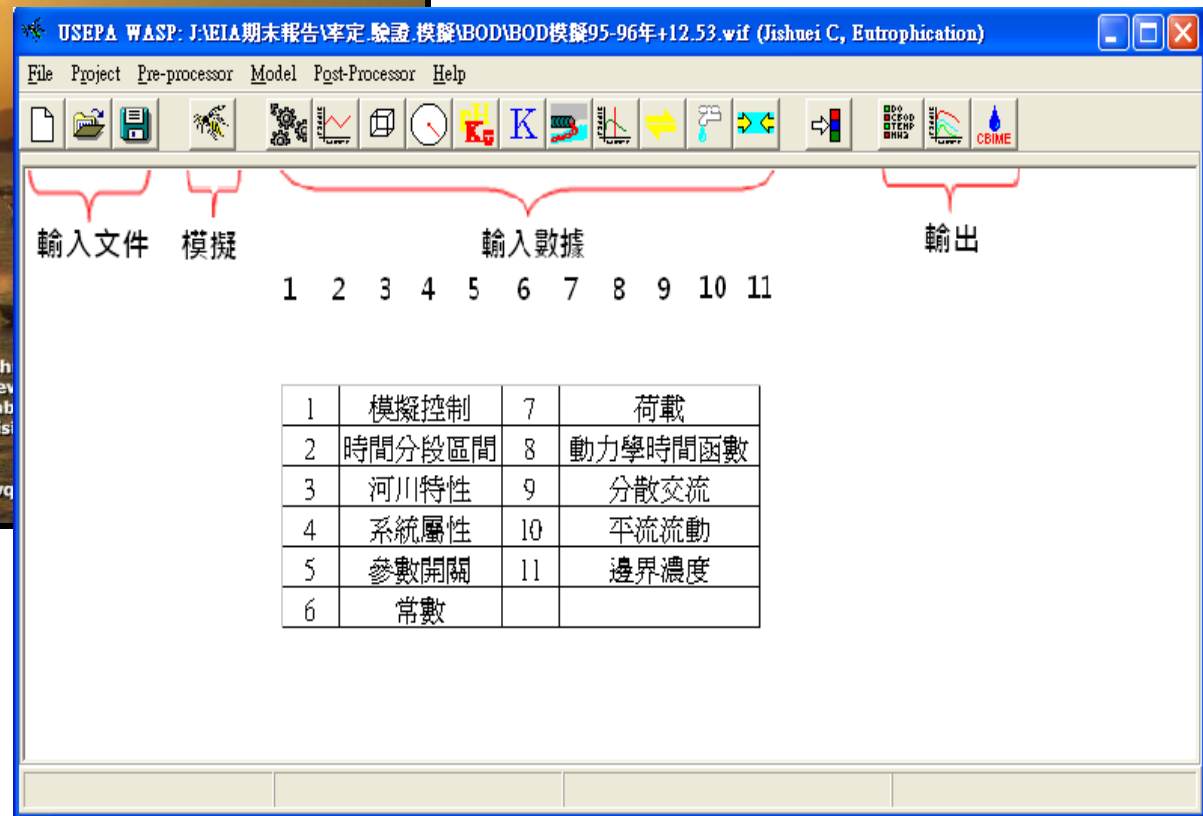
- ① 優養化模組 (Eutrophication)
- ② 水生物模組 (Periphyton)
- ③ 簡單毒性物模組 (Simple Toxicant)
- ④ 非離子毒性物模組 (Non-Ionizing Toxicant)
- ⑤ 有機毒性物模組 (Organic Toxicant)
- ⑥ 汞模組 (Mercury)
- ⑦ 熱模組 (Heat)
- ⑧ 臨時性模組 (Temporary)

模式介紹

Water Quality Analysis Simulation Program (WASP 7.3)

Watershed and Water Quality Modeling Tech
US EPA Office of Research and Dev
National Exposure Research Lab
Ecosystems Research Divisi
Athens, Georgia
www.epa.gov/athens/www

進入畫面

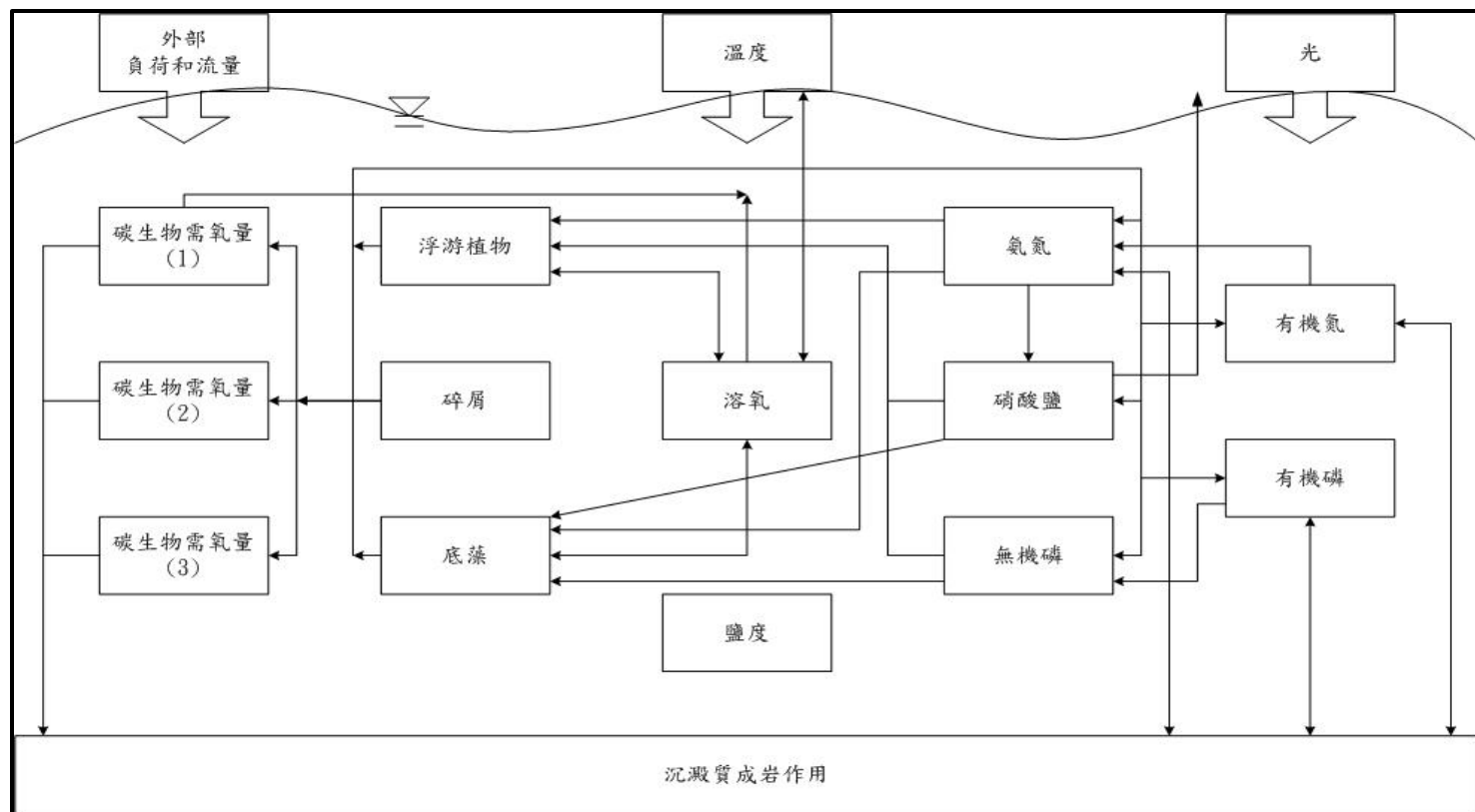


操作介面

Eutrophication模組介紹

模組基本架構

Eutrophication 模組有4個相互作用之子系統，包括氮循環、磷循環、溶氧平衡、浮游植物動態變化等，水質變化關係如下圖。



Eutrophication模組介紹

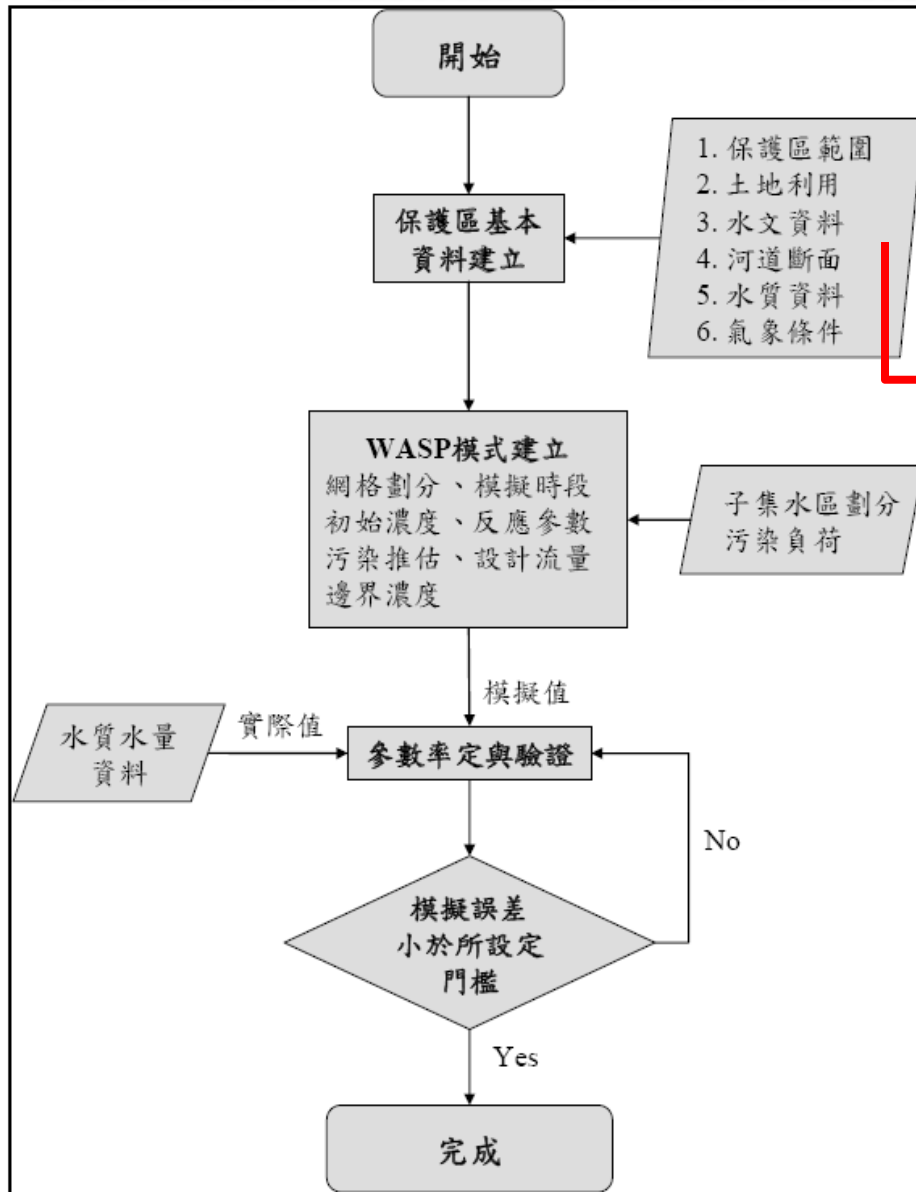
模組複雜程度

“×” 表有模擬。

項目	名稱	複雜程度					
		1	2	3	4	5	6
1	氨氮		×	×	×	×	×
2	硝酸鹽			×	×	×	×
3	無機磷				×	×	×
4	浮游植物				×	×	×
5	水生物						×
6	碳生化需氧量	×	×	×	×	×	×
7	溶氧	×	×	×	×	×	×
8	有機氮			×	×	×	×
9	有機磷				×	×	×
10	底泥					×	×
複雜程度		敘述					
1		Streeter-Phelps DO/BOD and Descriptive SOD					
2		Modified Streeter-Phelps with NBOD					
3		Linear DO Balance with Nitrification					
4		Simple Eutrophication with Descriptive SOD					
5		Intermediate Eutrophication with Sediment Diagenesis					
6		Advanced Eutrophication with Sediment Diagenesis					

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。 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---計算單元之資料輸入

① 模擬控制 (Simulation Control)

說明模擬區域、起始時間設定、水理模式設置。

② 時間間隔 (Time Step)

設定所需模擬時間，單位以天為計。

③ 段落屬性 (Segment Properties)

為水體資料輸入，有水體資料、環境參數及初始條件。

④ 系統屬性 (System Properties)

選擇欲模擬之水質項目（共16項），設定最大濃度限值。

⑤ 參數設置 (Parameter Switches)

為水體環境控制設定，選取所需水體環境的參數。

⑥ 常數 (Constants)

考慮模擬過程中，不隨時間及空間改變之水質化學常數。

模式建置---計算單元之資料輸入

⑦ 負荷 (Loadings)

定義污染源進入之網格位置及污染量大小，包含16種污染物之水質污染濃度資料。

⑧ 時間函數 (Time Functions)

為模式之水體環境參數資料，如水溫、風速、日照等。

⑨ 延散 (Dispersive Exchanges)

須考慮模擬水體是否為感潮河段，進而考慮延散係數。輸入延散資料、網格的平均斷面積及長度，用以計算各網格的延散情形，延散係數可以是線性的時間函數。

⑩ 邊界濃度 (Boundary Concentrations)

提供16項水質邊界濃度，以線性時間函數輸入。

模式建置---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 ³
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 ³ /sec

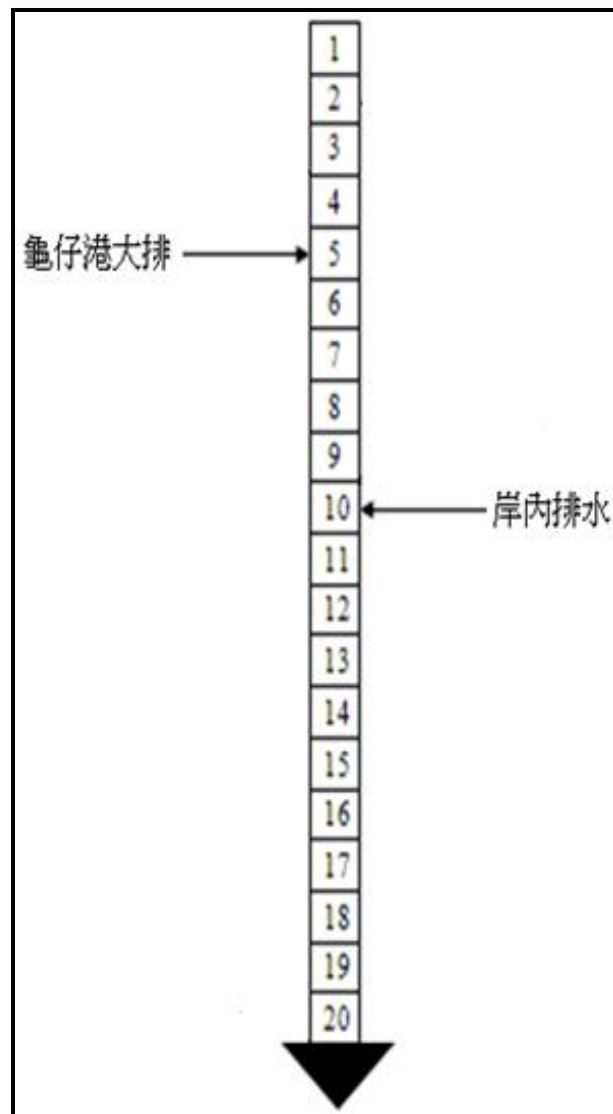
邊界濃度	
NH ₃ 、NO ₃ 、PO ₄ 、葉綠素a、 BOD、DO、ON、OP	mg/L
廢污水輸入	
點源污染進入格點位置	-
非點源污染進入格點位置	-
點源污染量	kg/day
非點源污染量	kg/day
環境參數	
溫度	°C
化學函數	
不隨時及空間變化而變之水質常數	
起始條件	
初始各段落濃度	m ³ /sec

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)及驗證(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

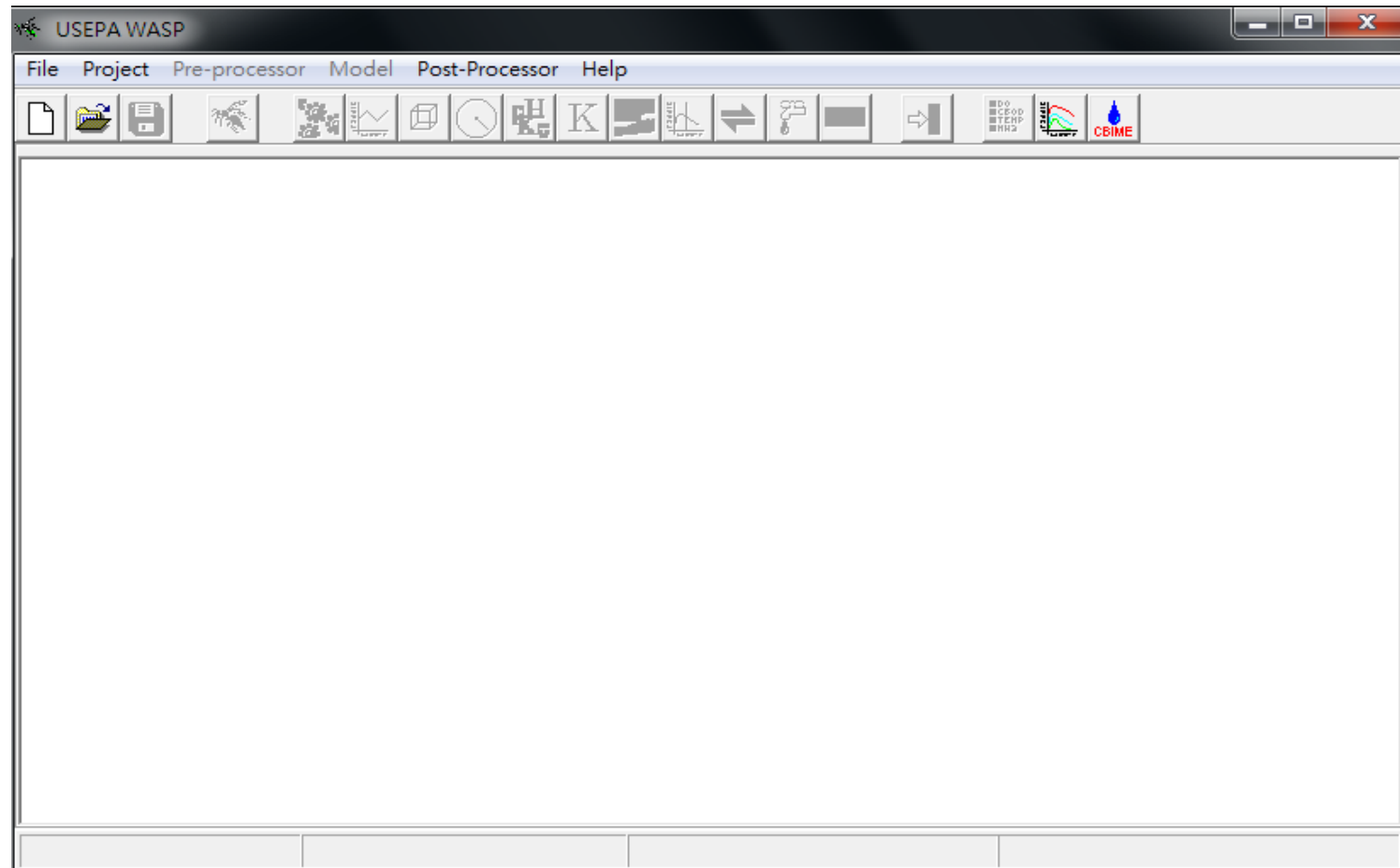
參數名稱	化學反應機制	相關因子	建議值 (大漢溪為例)
祛氧係數(K1)	氧化還原作用、底泥耗氧及藻類呼吸作用造成氧氣消耗	河床之坡度、流速、水深	0.10~0.60 day ⁻¹
再曝氣係數(K2)	大氣中之氧氣藉由液面擴散作用進入水中使溶氧濃度增加	流速、水深、風速及水溫	0.1~2.5 day ⁻¹
底泥需氧量(P)	有機物沉澱形成底泥，底泥因微生物分解有機物會消耗水中的溶氧	平均水深	0.5~15.5 g/m ² -day
硝化係數	硝化作用過程將非含碳有機物氧化並消耗溶氧	pH值、溶氧量	0.01~0.86 day ⁻¹
延散係數(E)	污染物梯度與方向性平均造成之分子擴散及紊流擴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

WASP模式操作流程

操作流程

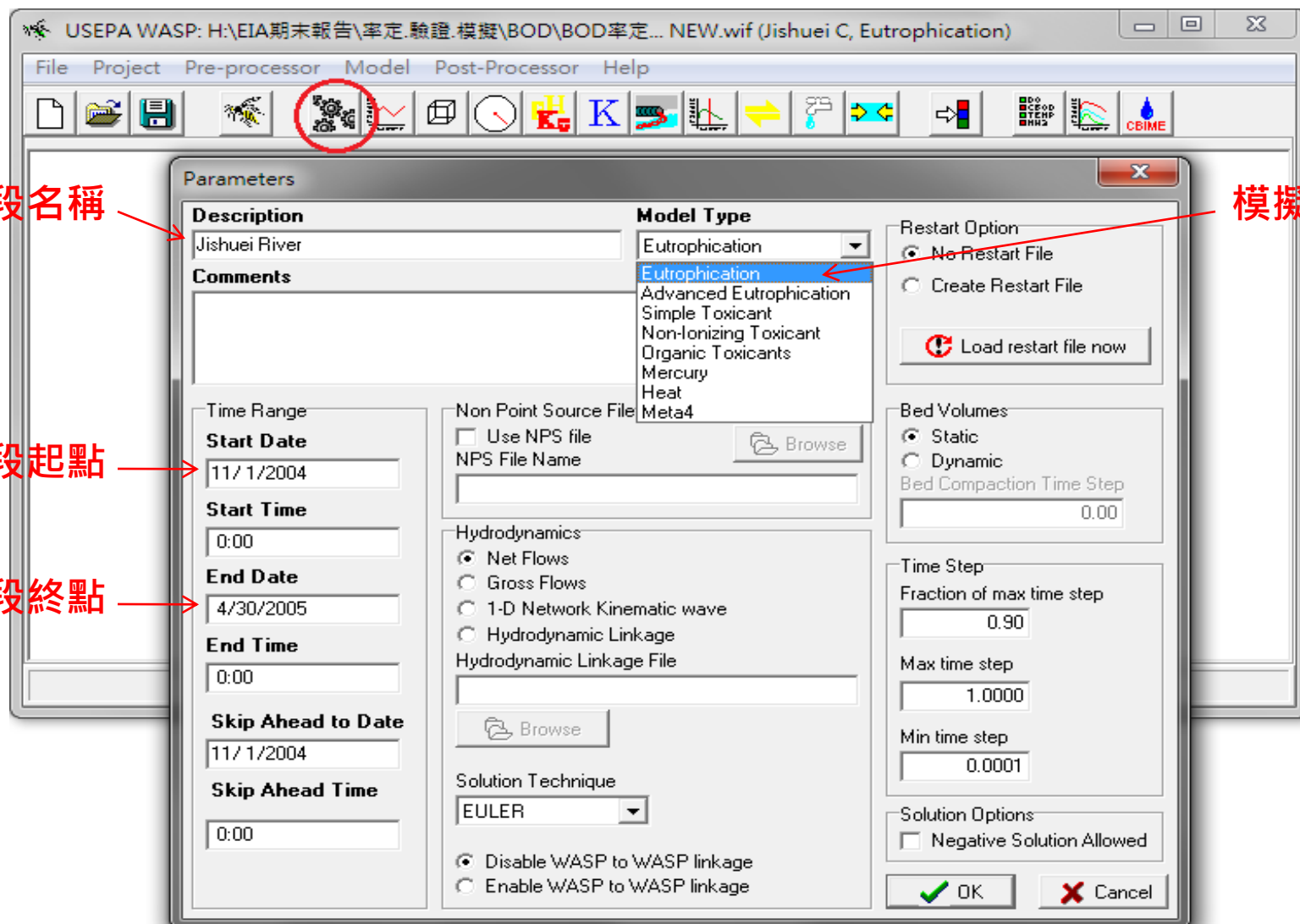


WASP 7.41



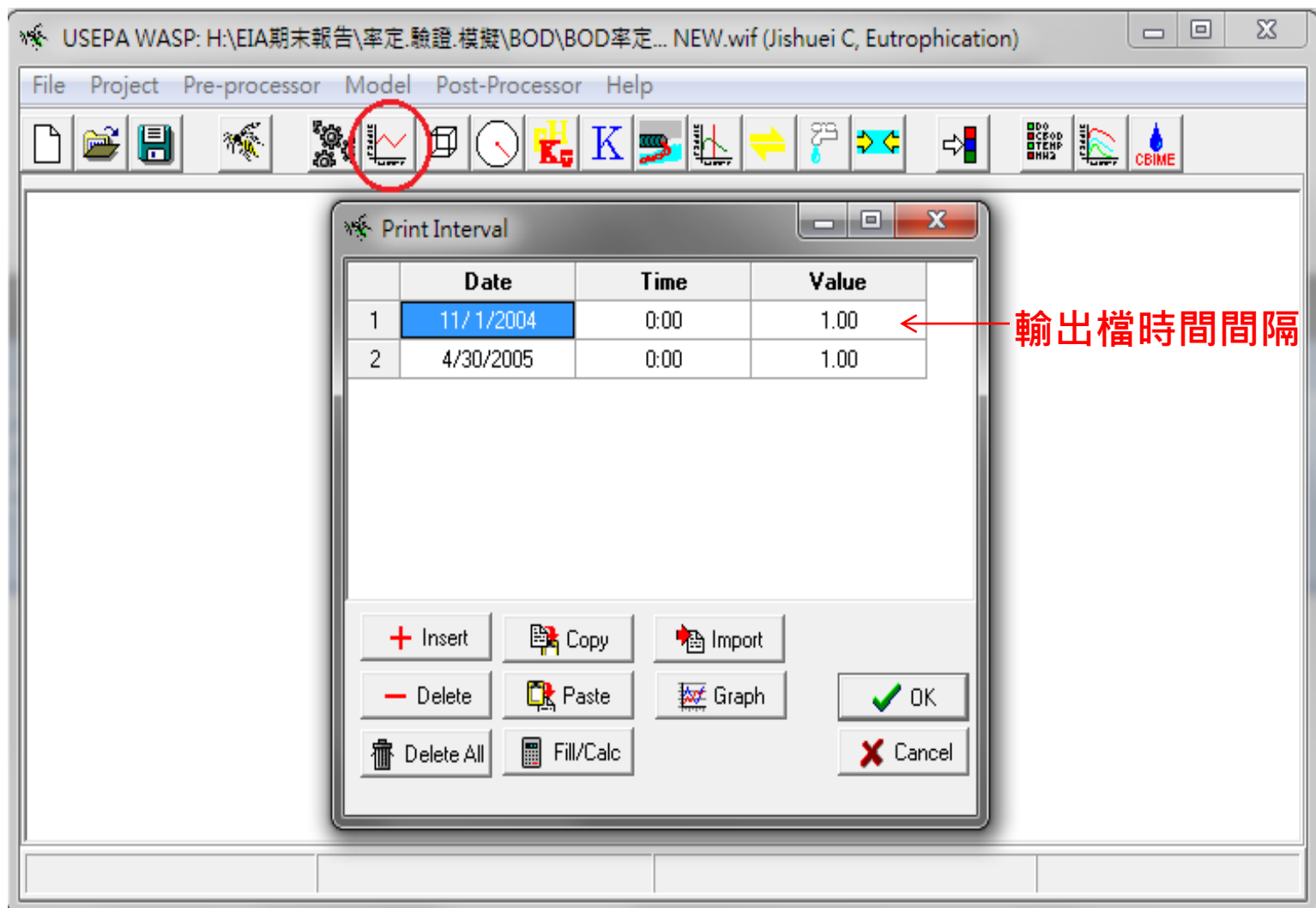
操作流程

Data set



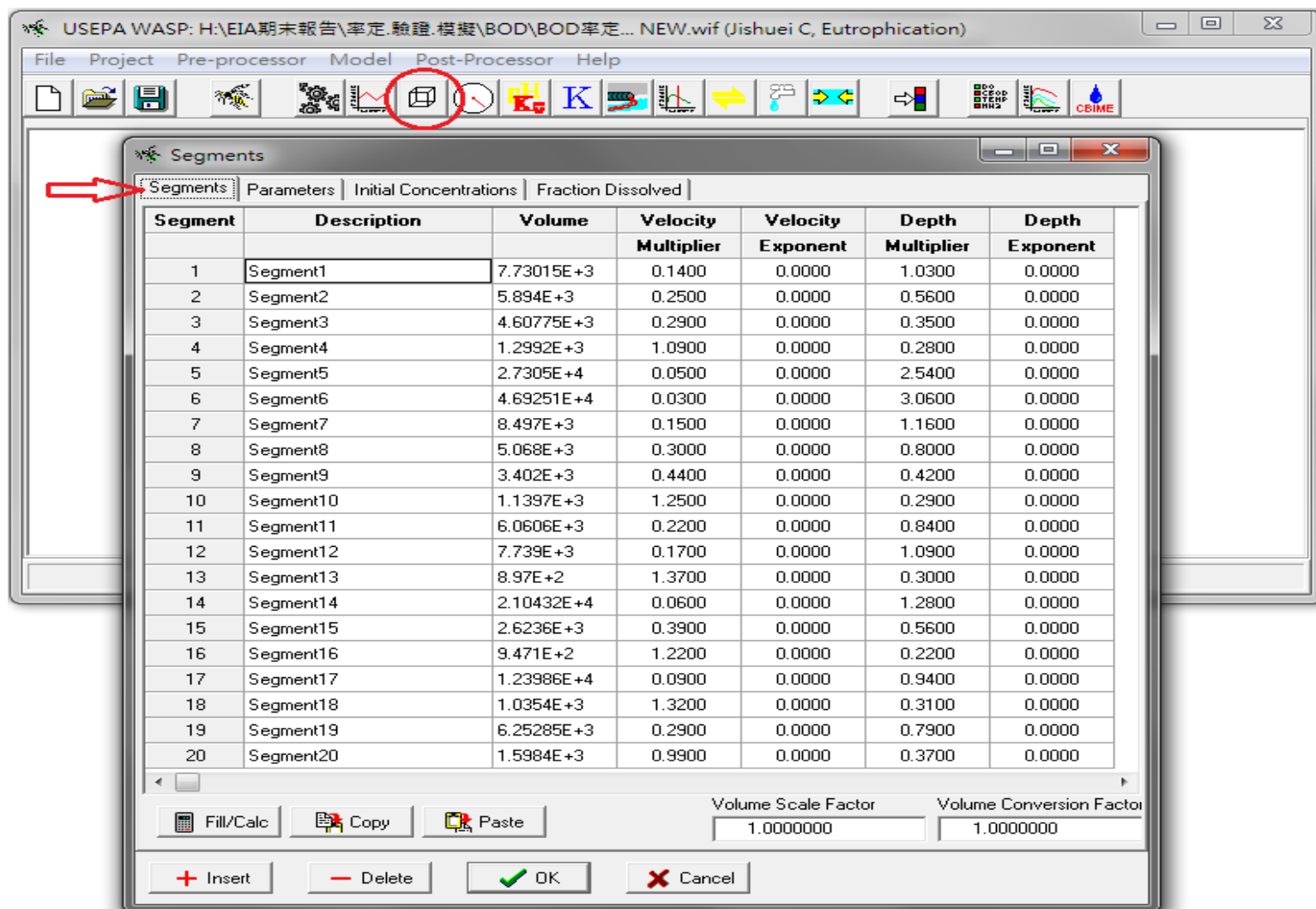
操作流程

Print Interval



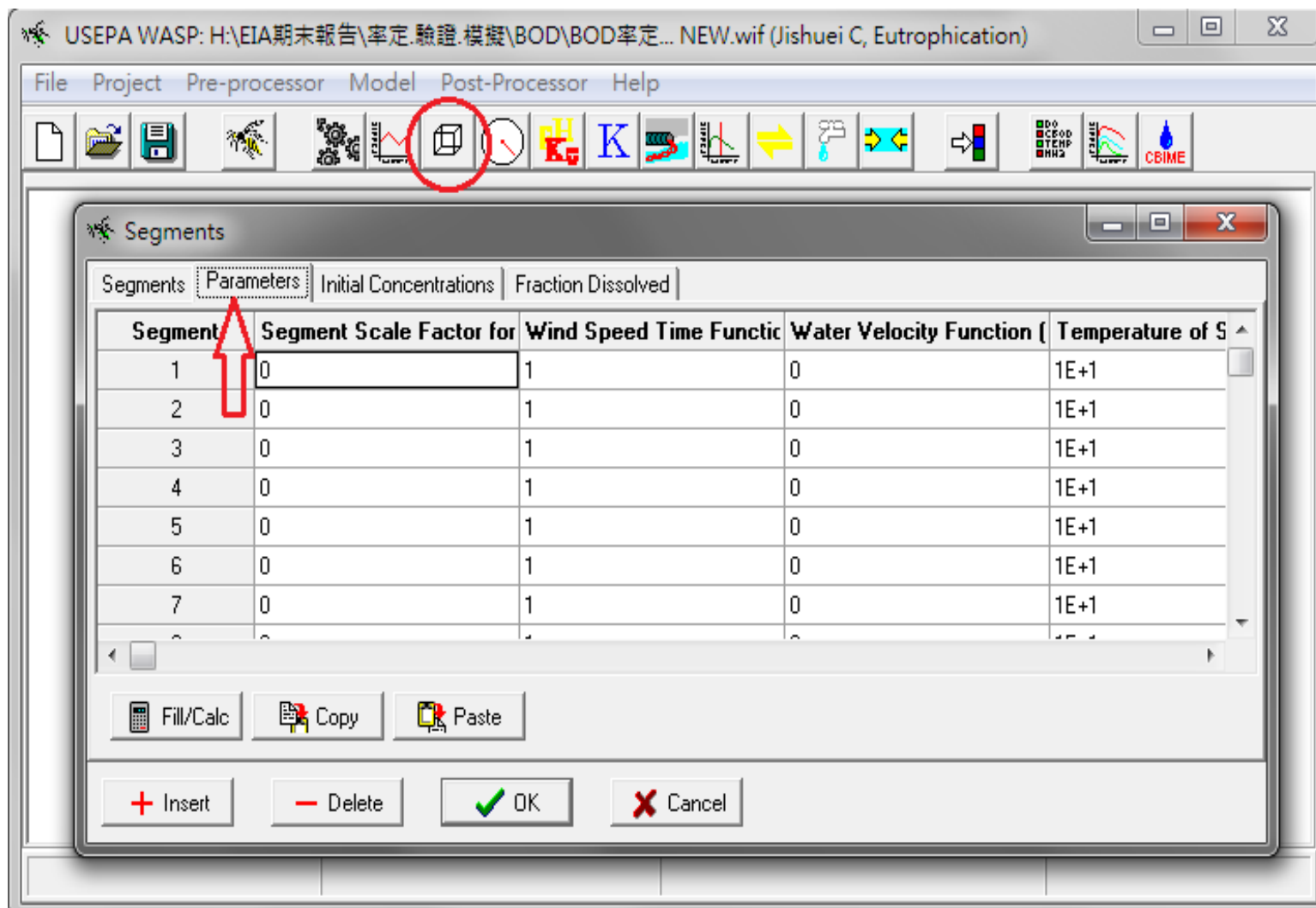
操作流程

Segments → Segments



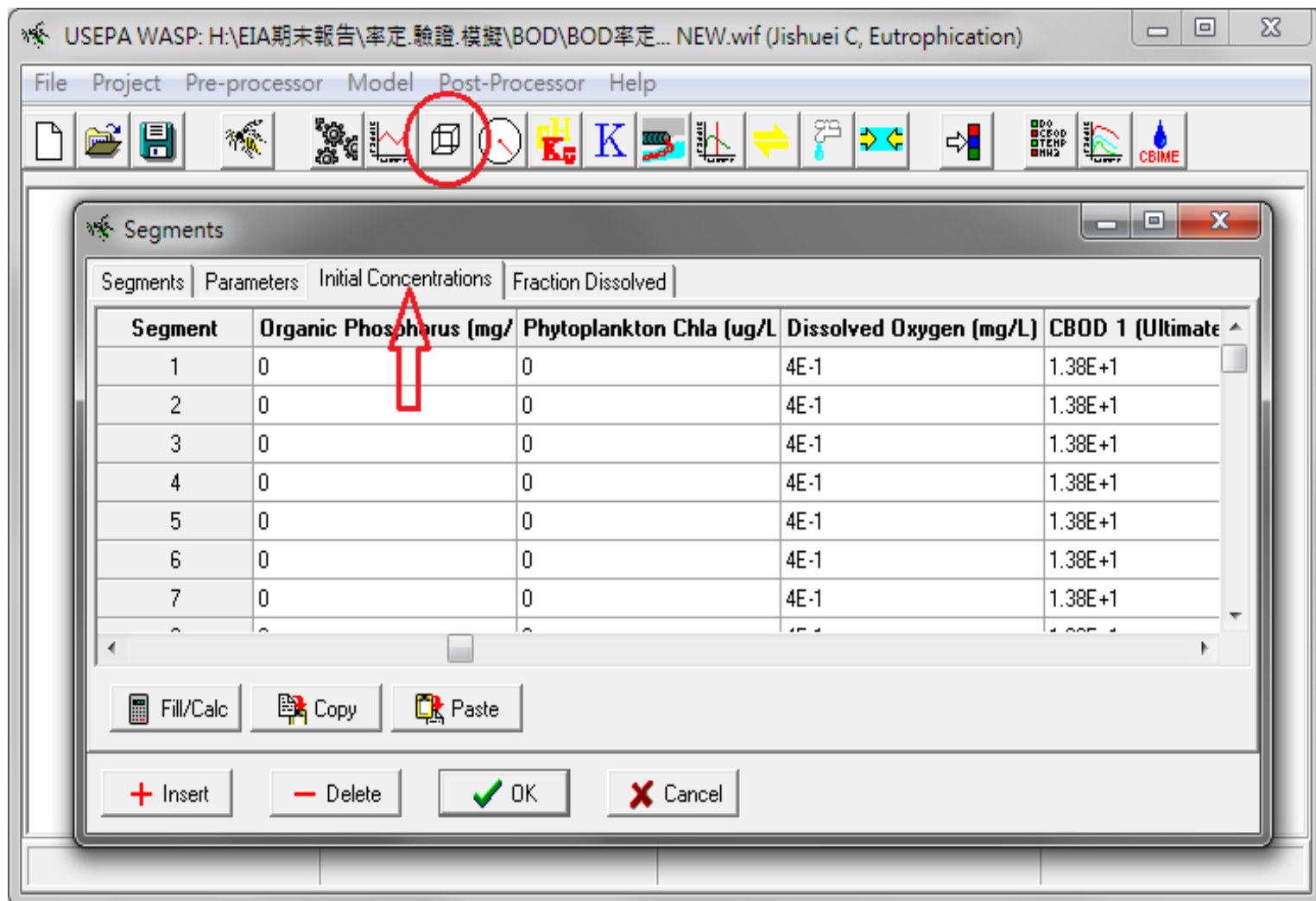
操作流程

Segments → Parameters



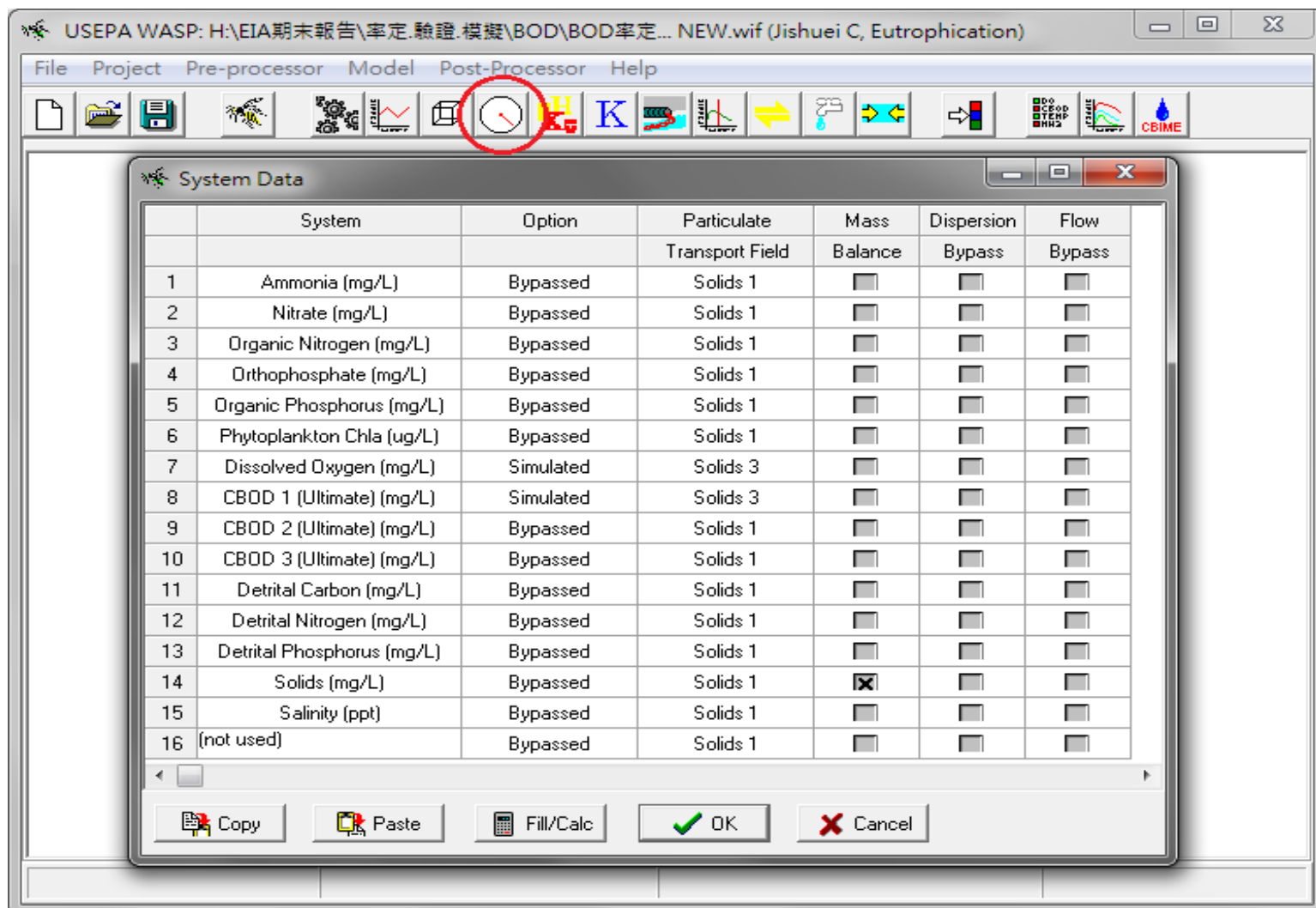
操作流程

Segments → Initial Concentration



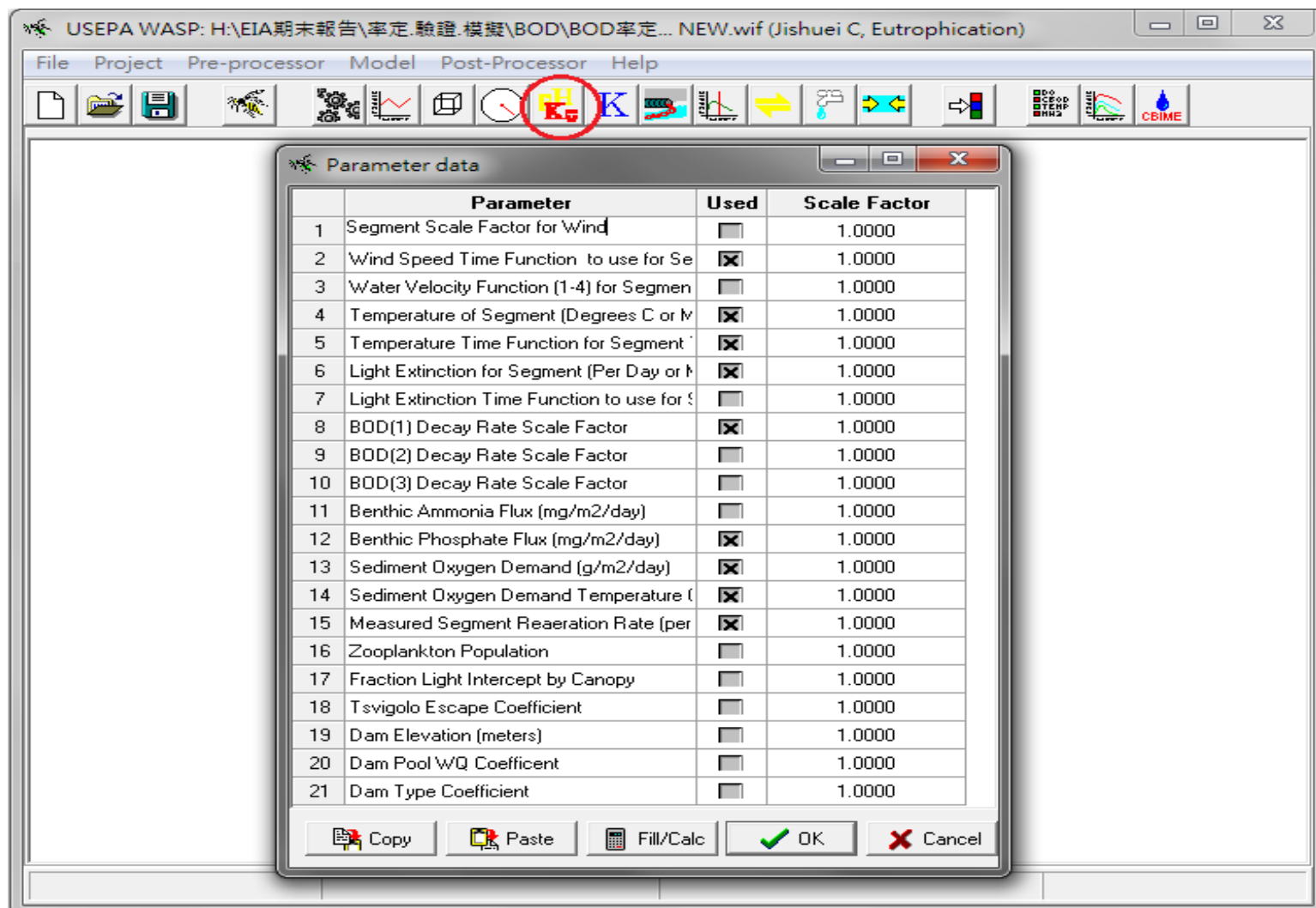
操作流程

System Data



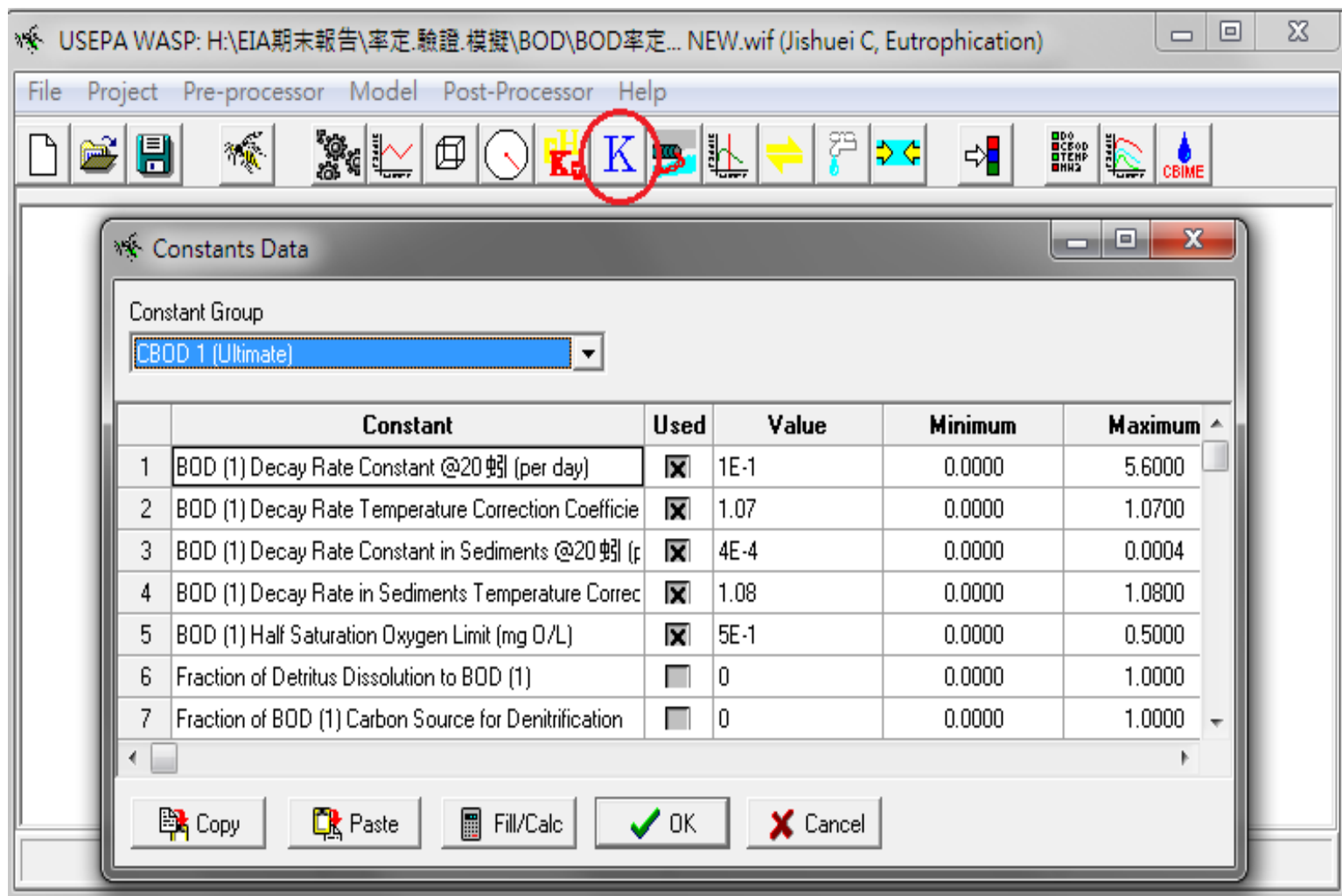
操作流程

Parameters data



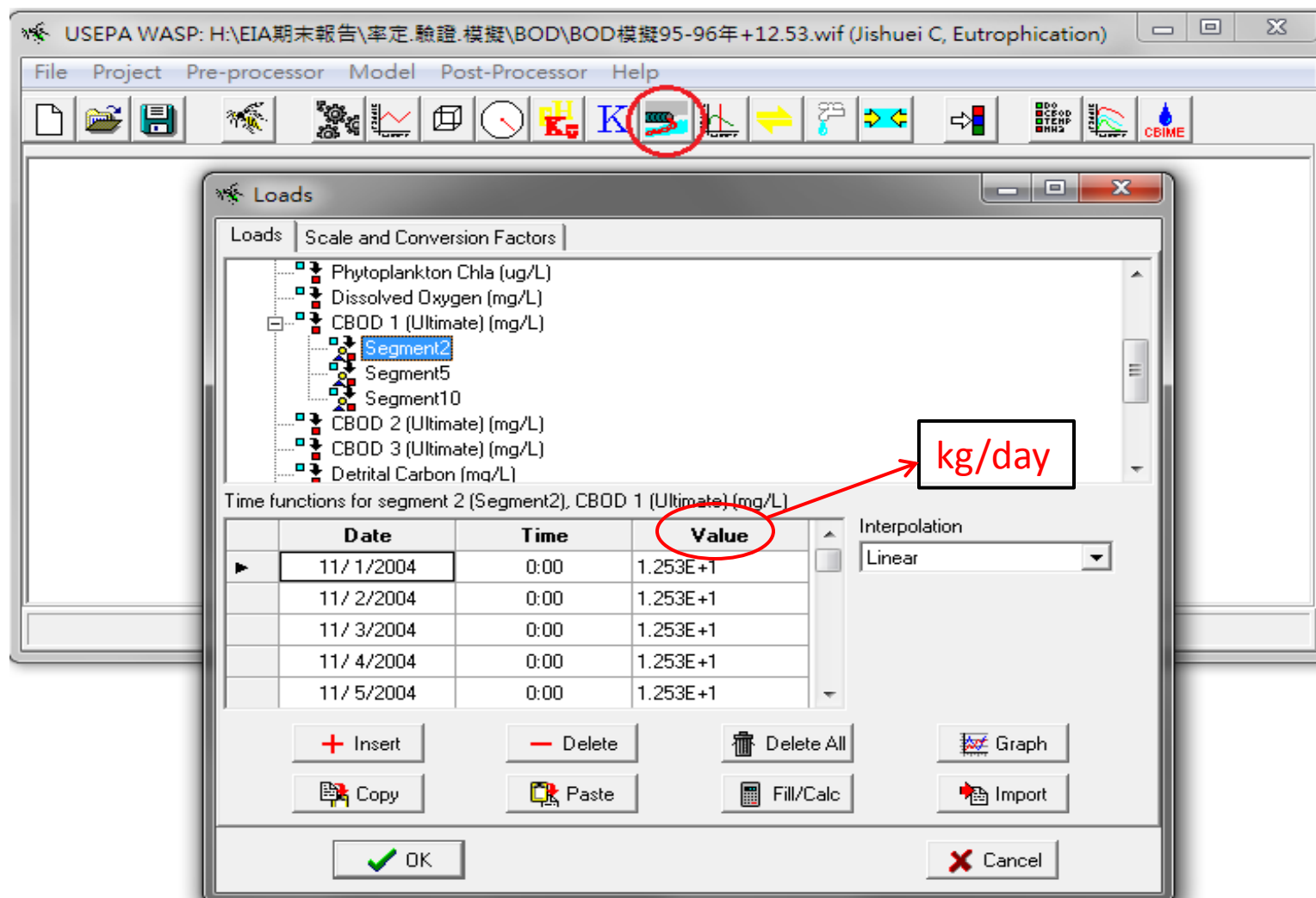
操作流程

Constant data



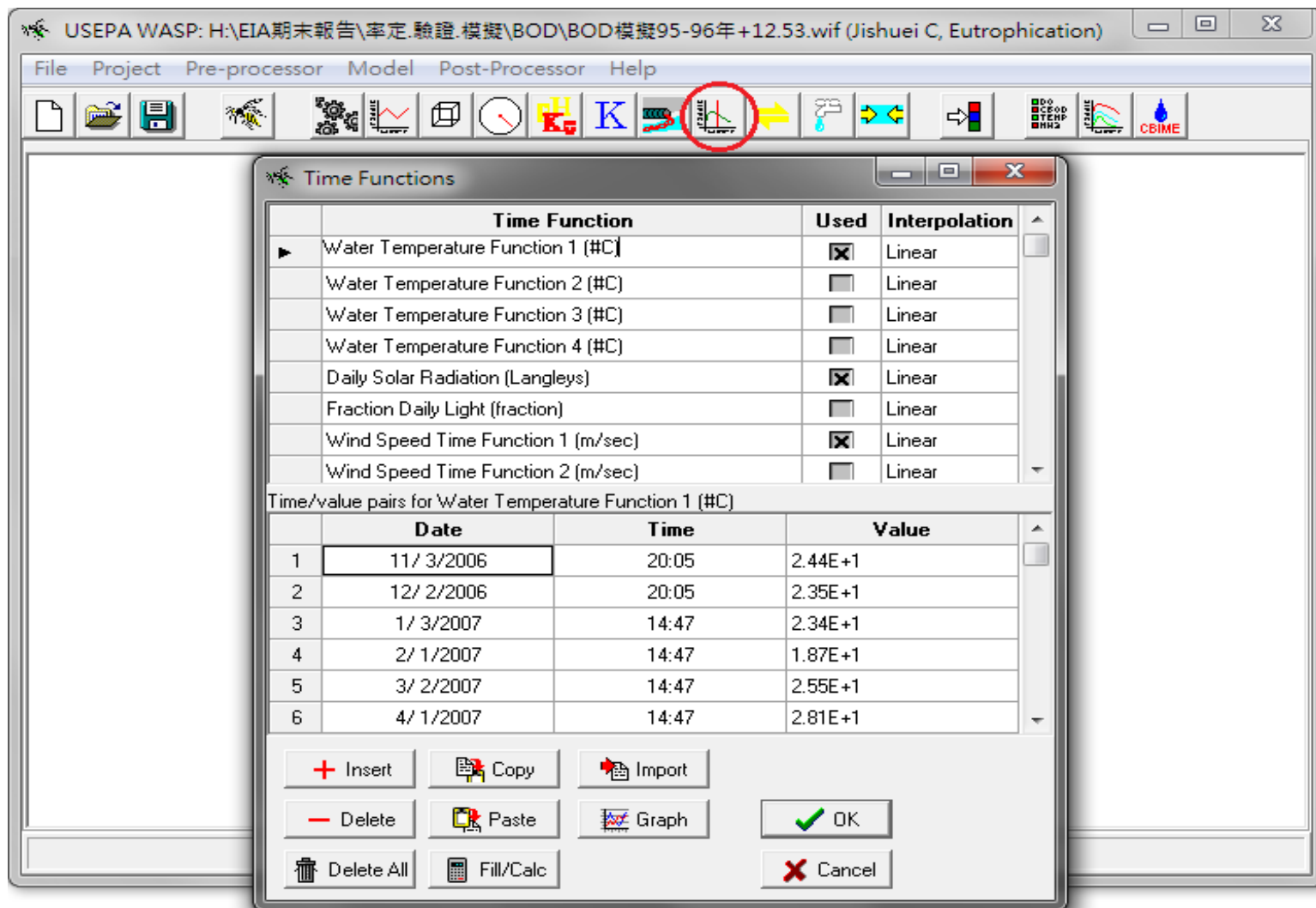
操作流程

Loads



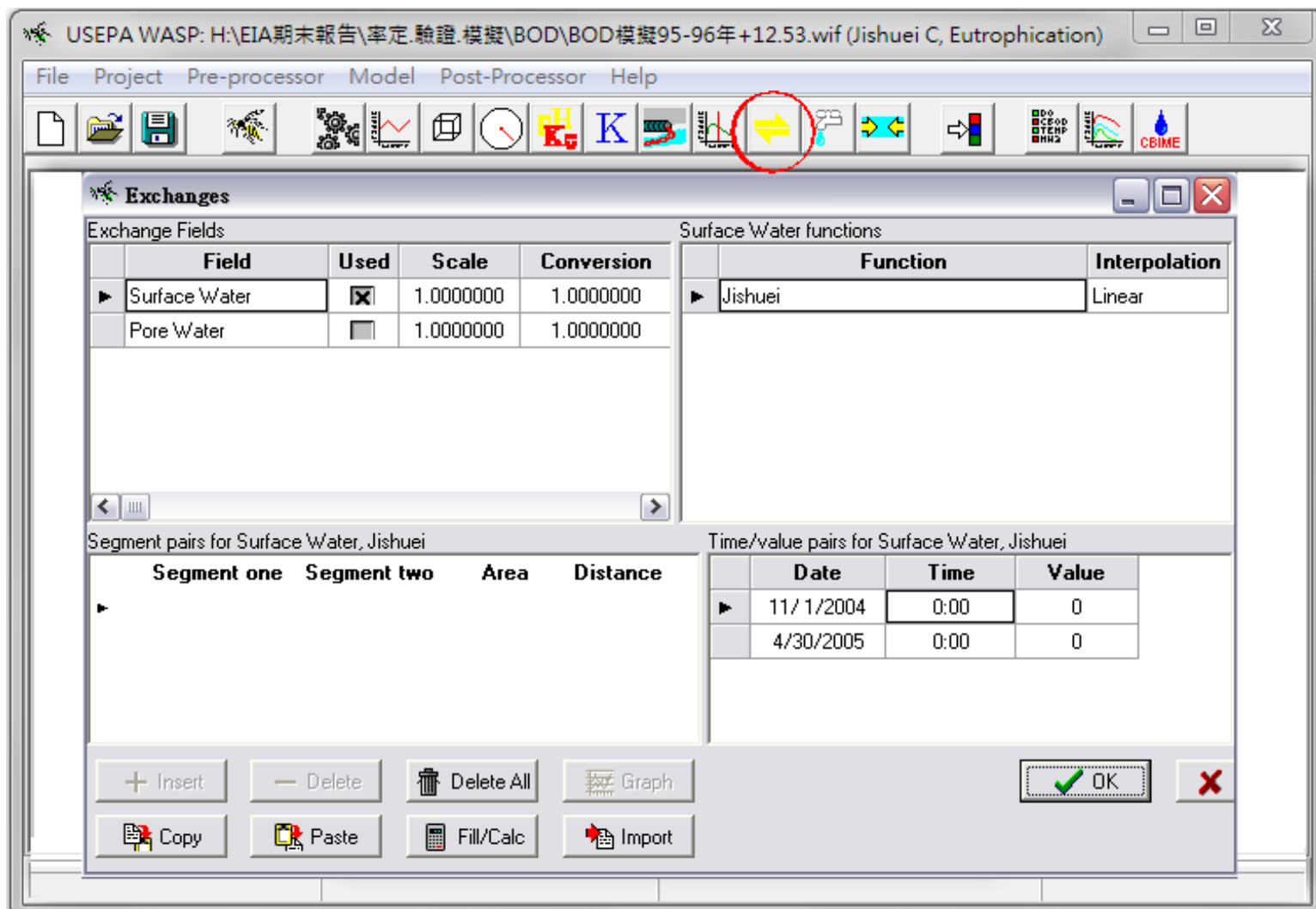
操作流程

Time Functions



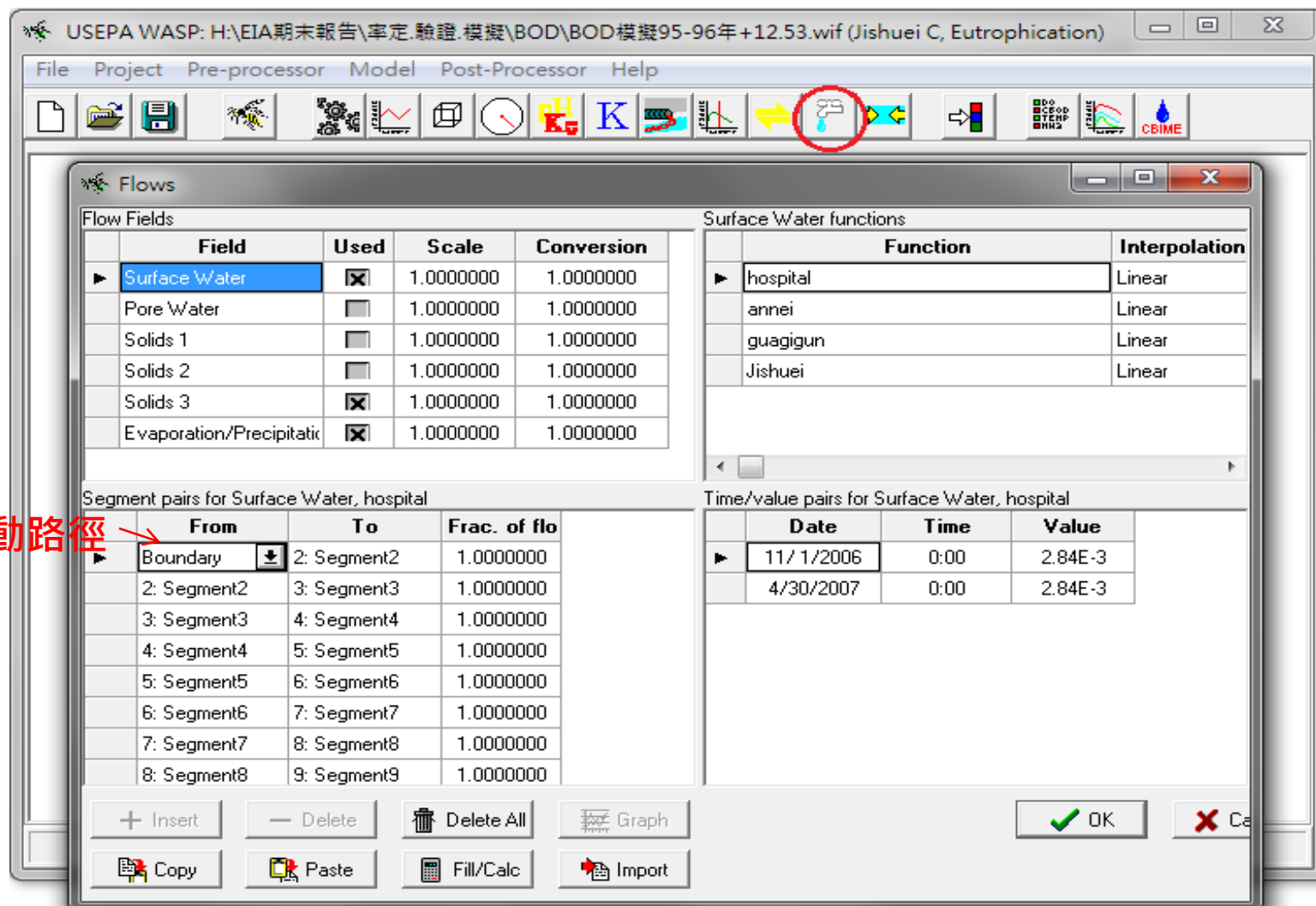
操作流程

Exchanges



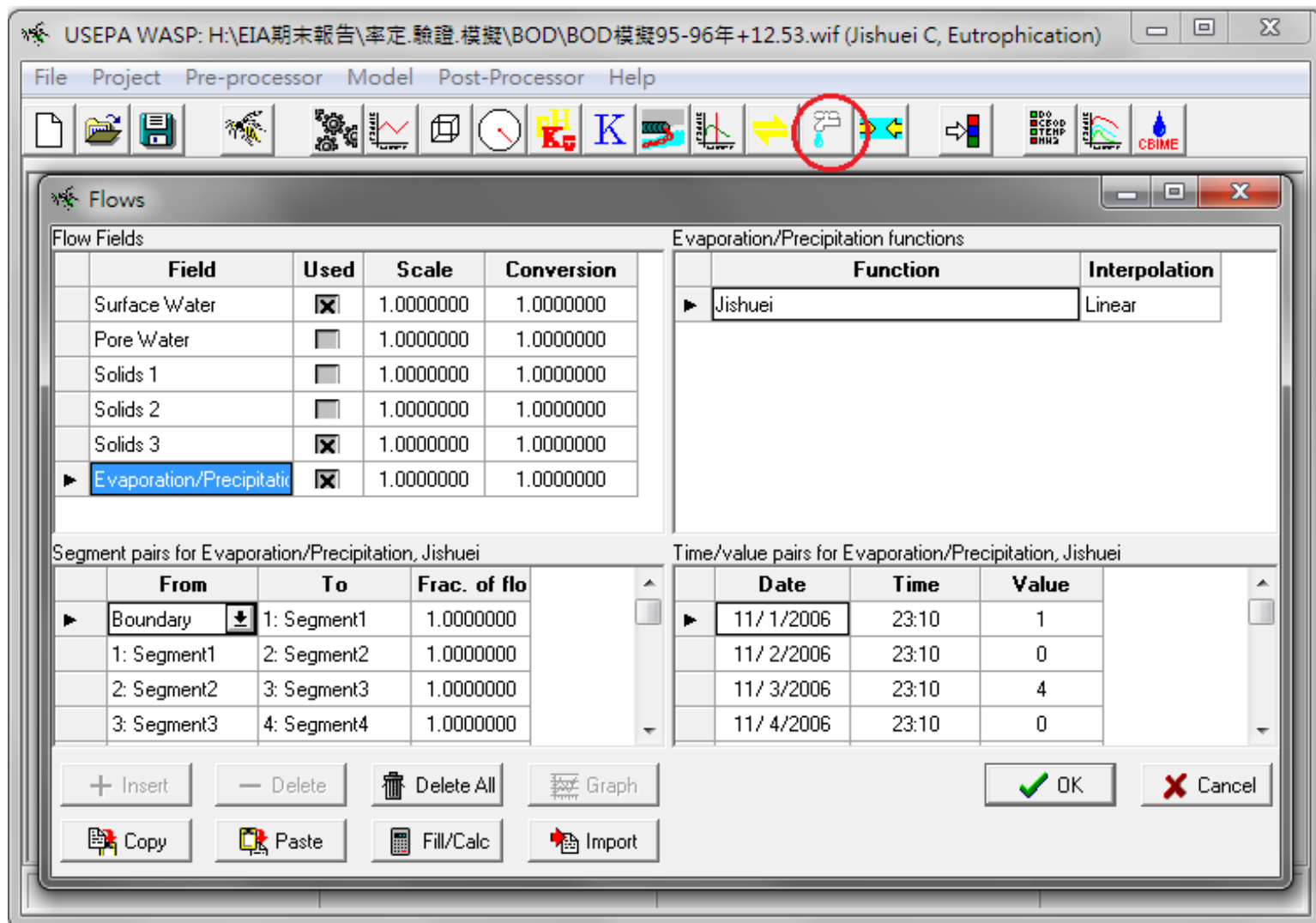
操作流程

Flows→Surface Water



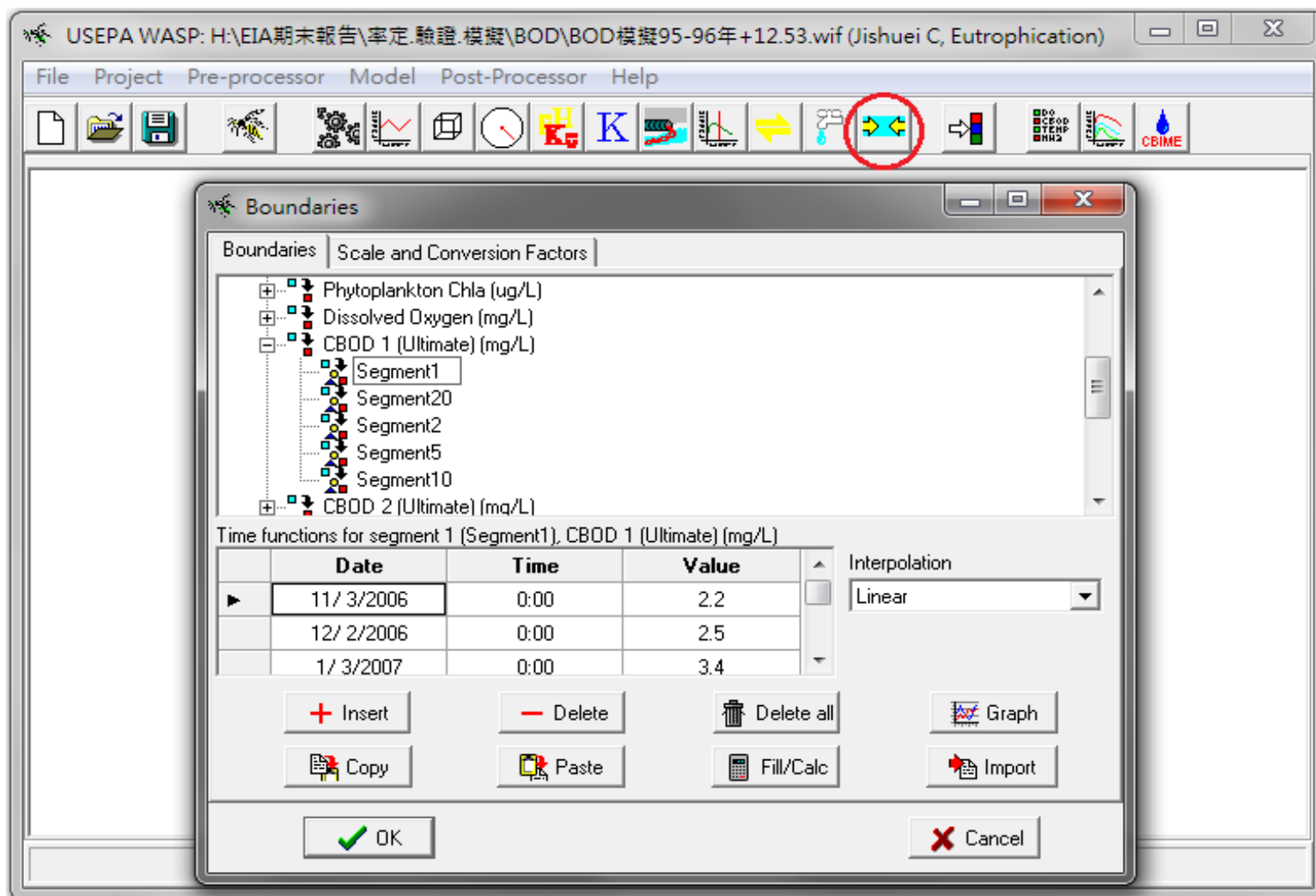
操作流程

Flows → Eva/Pre



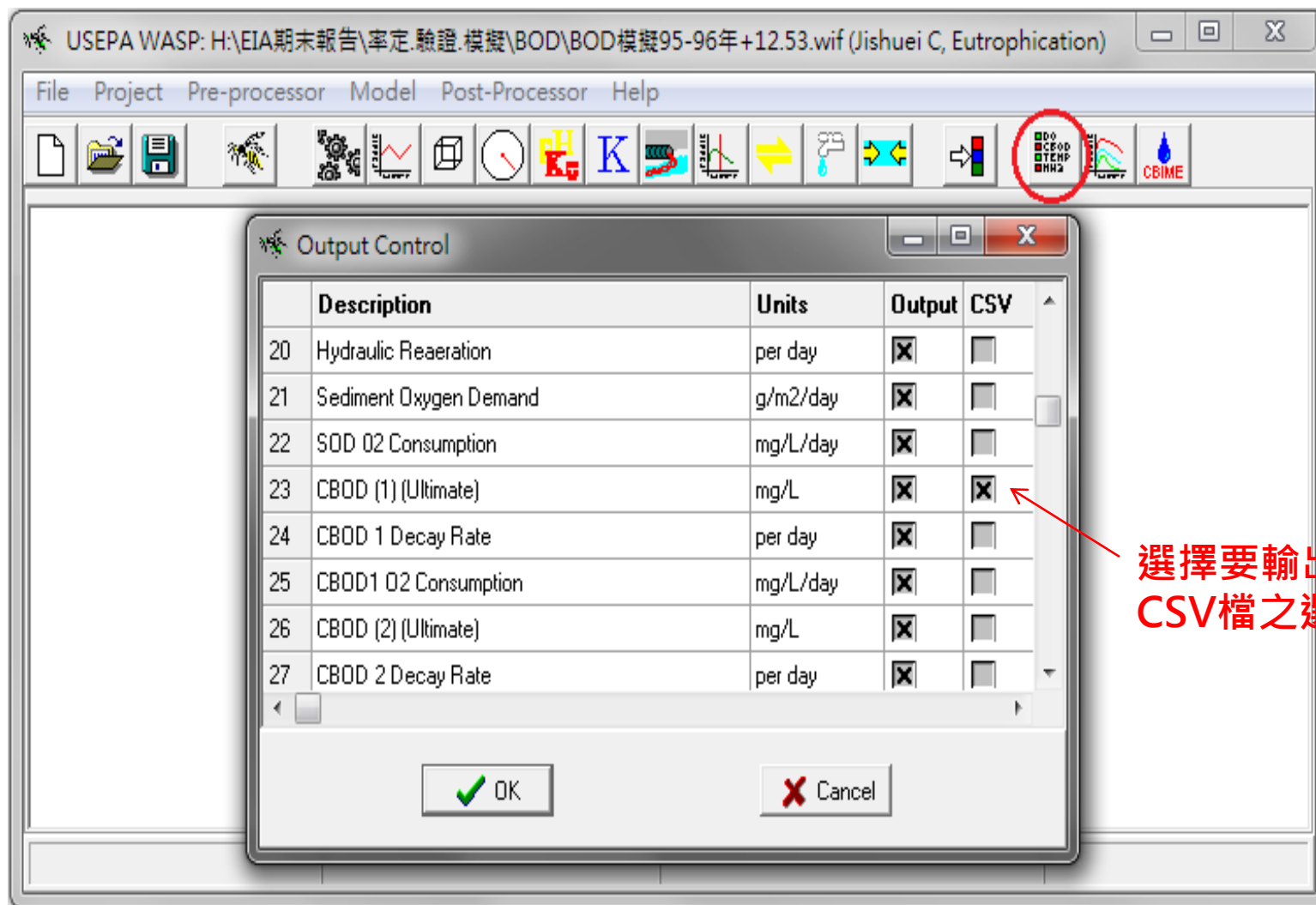
操作流程

Boundaries



操作流程

Output Control



操作流程

Execute Model

USEPA WASP: H:\EIA期末報告\率定.驗證.模擬\BOD\BOD模擬95-96年+12.53.wif (Jishuei C, Eutrophication)

File Project Pre-processor Model Post-Processor Help

開始模擬

	Ammonia	Nitrate	Ortho-P	Chl-a	BOD(1)	BOD(2)	BOD(3)	DO	Org-N	Org-P	Salinity	D ₁
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	6.178790	0.000000	0.000000	6.469119	0.000000	0.000000	0.000000	0.1
2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4.790737	0.000000	0.000000	9.375213	0.000000	0.000000	0.000000	0.1
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	3.645133	0.000000	0.000000	10.921457	0.000000	0.000000	0.000000	0.1
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.633406	0.000000	0.000000	11.901011	0.000000	0.000000	0.000000	0.1
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	6.471292	0.000000	0.000000	11.553806	0.000000	0.000000	0.000000	0.1
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4.138766	0.000000	0.000000	11.941949	0.000000	0.000000	0.000000	0.1

=====

U.S. EPA -- WASP Version 7.41
Built on: 04/26/2010
Eutrophication Model

=====

EPA would like to acknowledge the following groups for their contribution to the enhancement of the Eutrophication Module

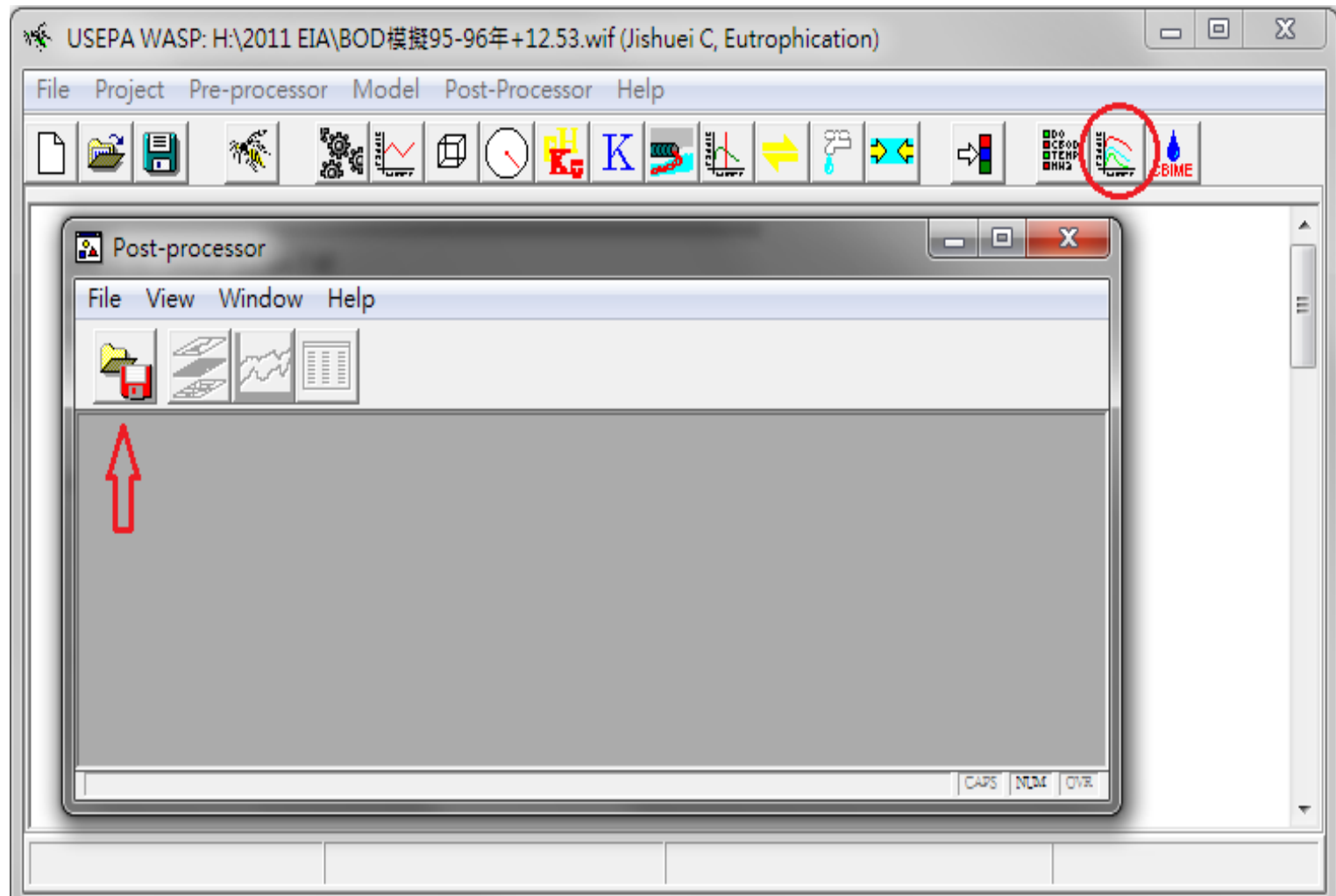
Dr. James L. Martin -- Mississippi State University
General Model Enhancements/SOD/Periphyton

Dr. Dominic Di Toro -- Hydro Qual/Delaware University

Stop Turbo Simulation Time: 2007/4/13 下午 01:28:17 Time remaining: 0:00:01

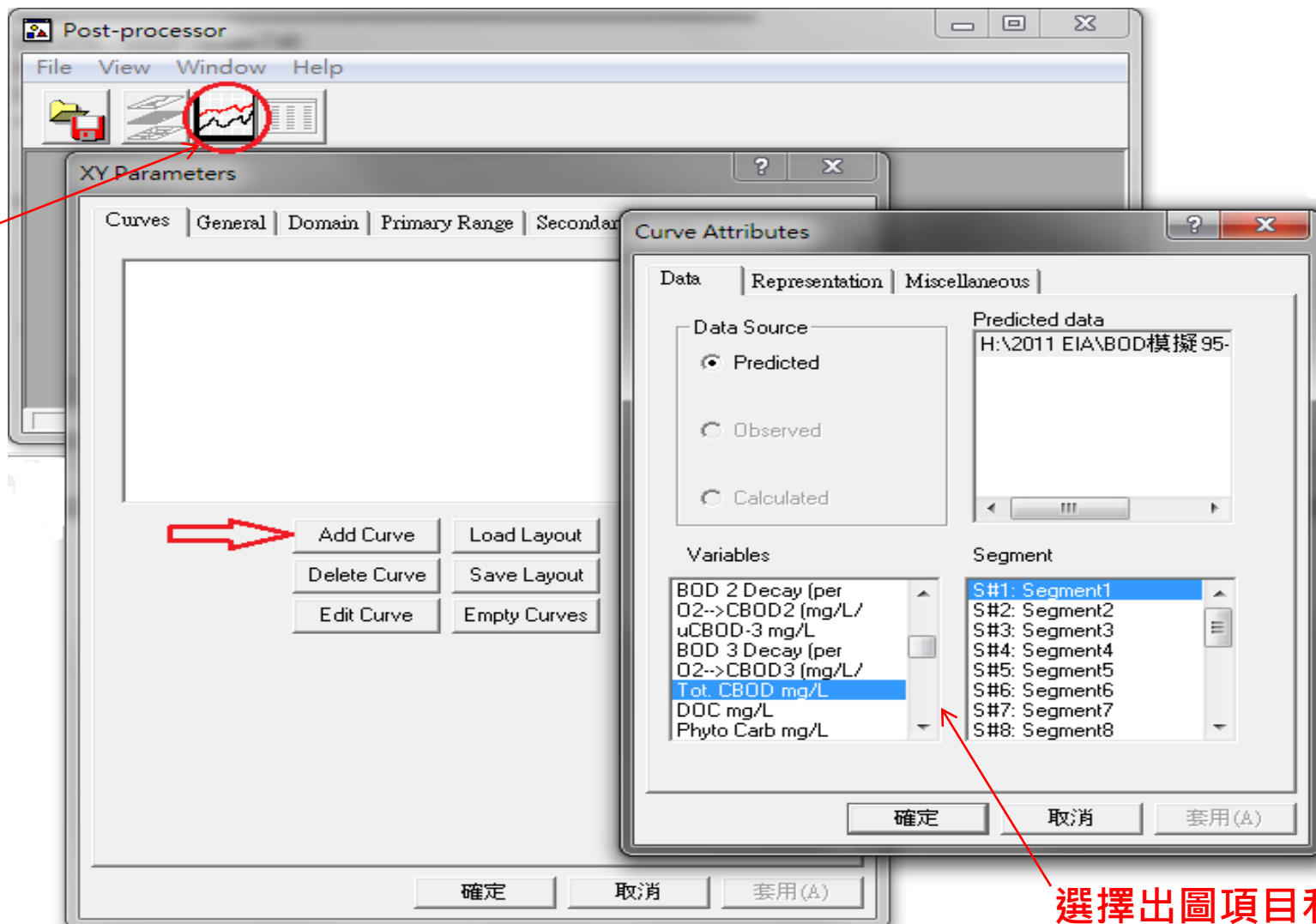
操作流程

Post-Processor



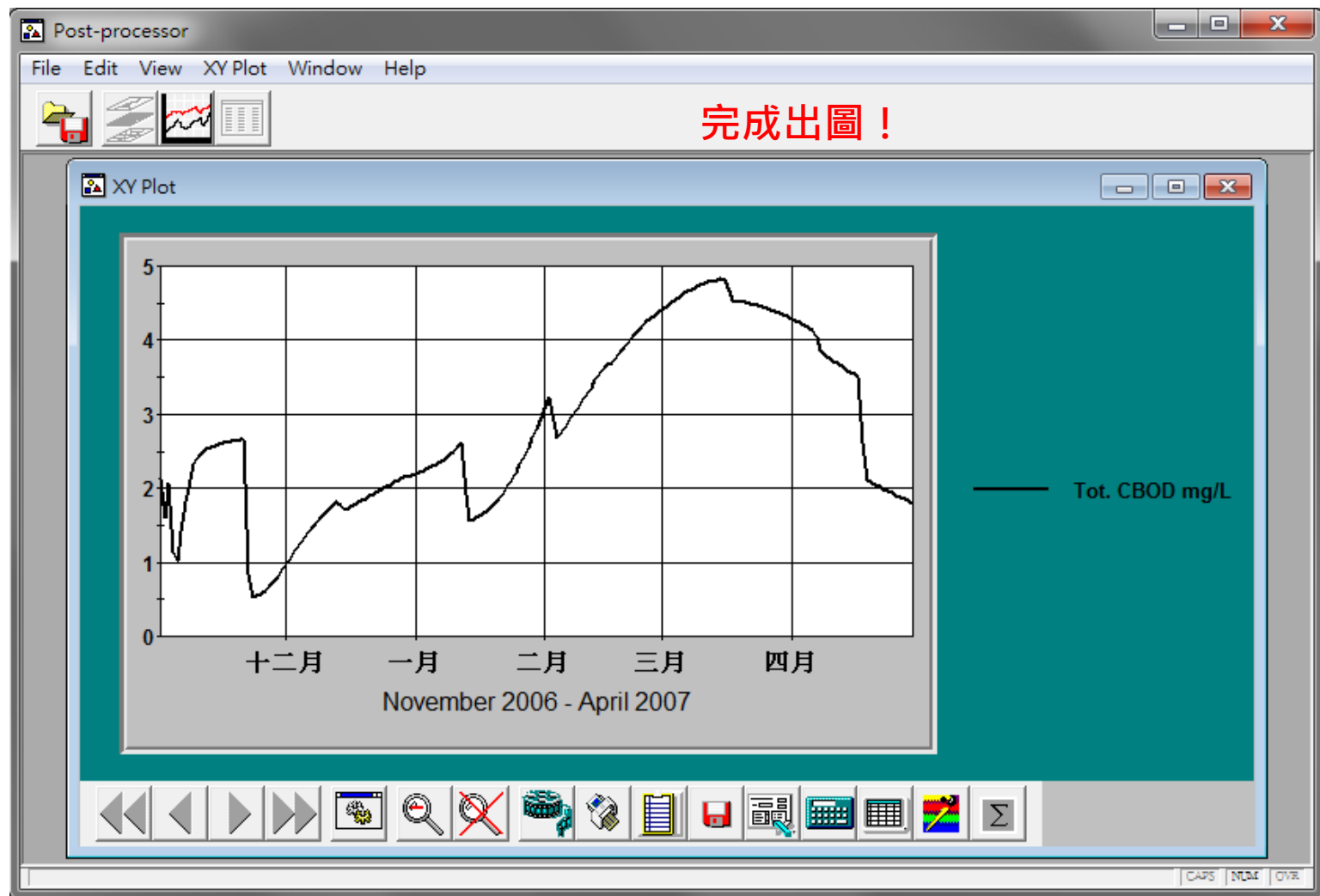
操作流程

XY Parameters → Add Curve



操作流程

XY Plot



範例模擬

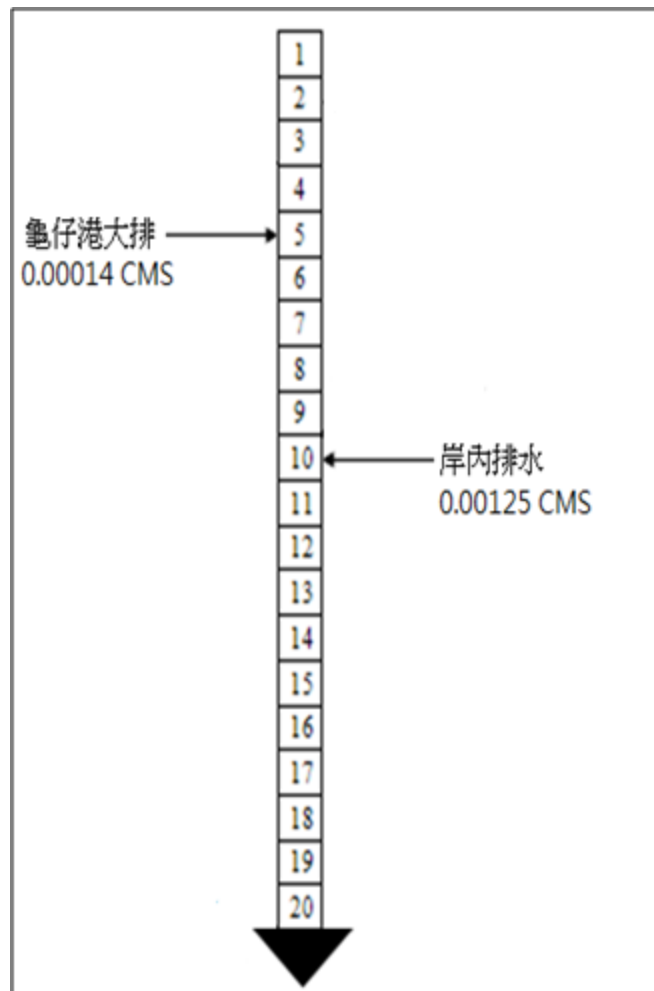
基本設定

1. 水體網格劃分



背景污染：

龜仔港大排(注入第5格)
岸內排水(注入至第10格)



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 (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 (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

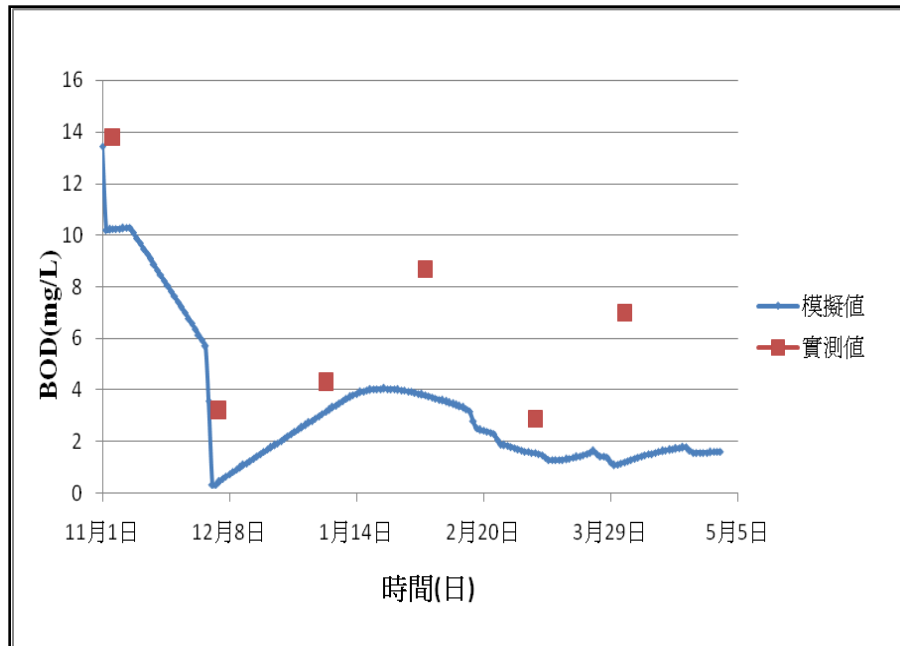
氣候資料

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

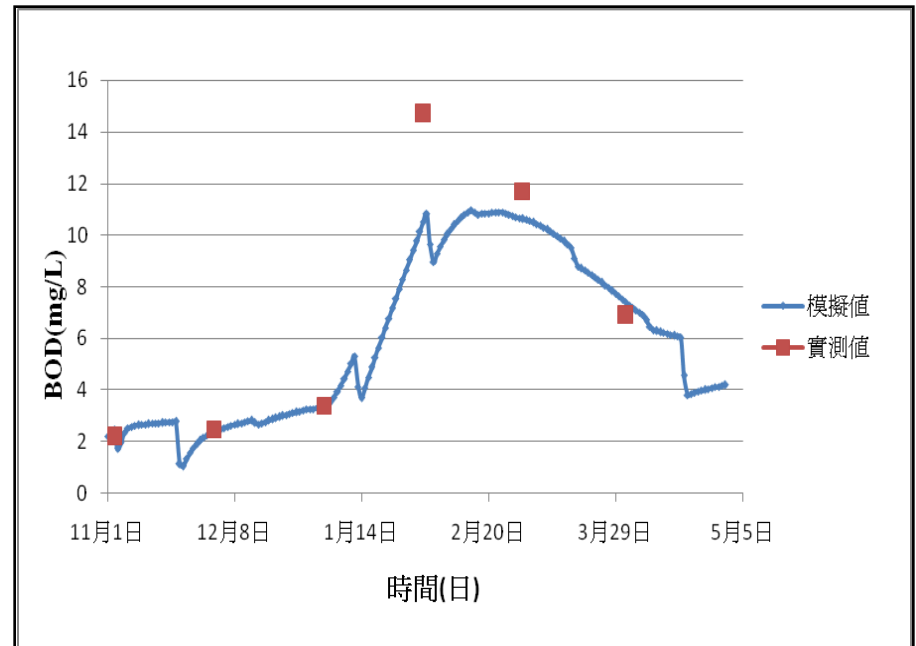
水質資料

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