

# 危害性化學品評估及分級管理 概念與執行

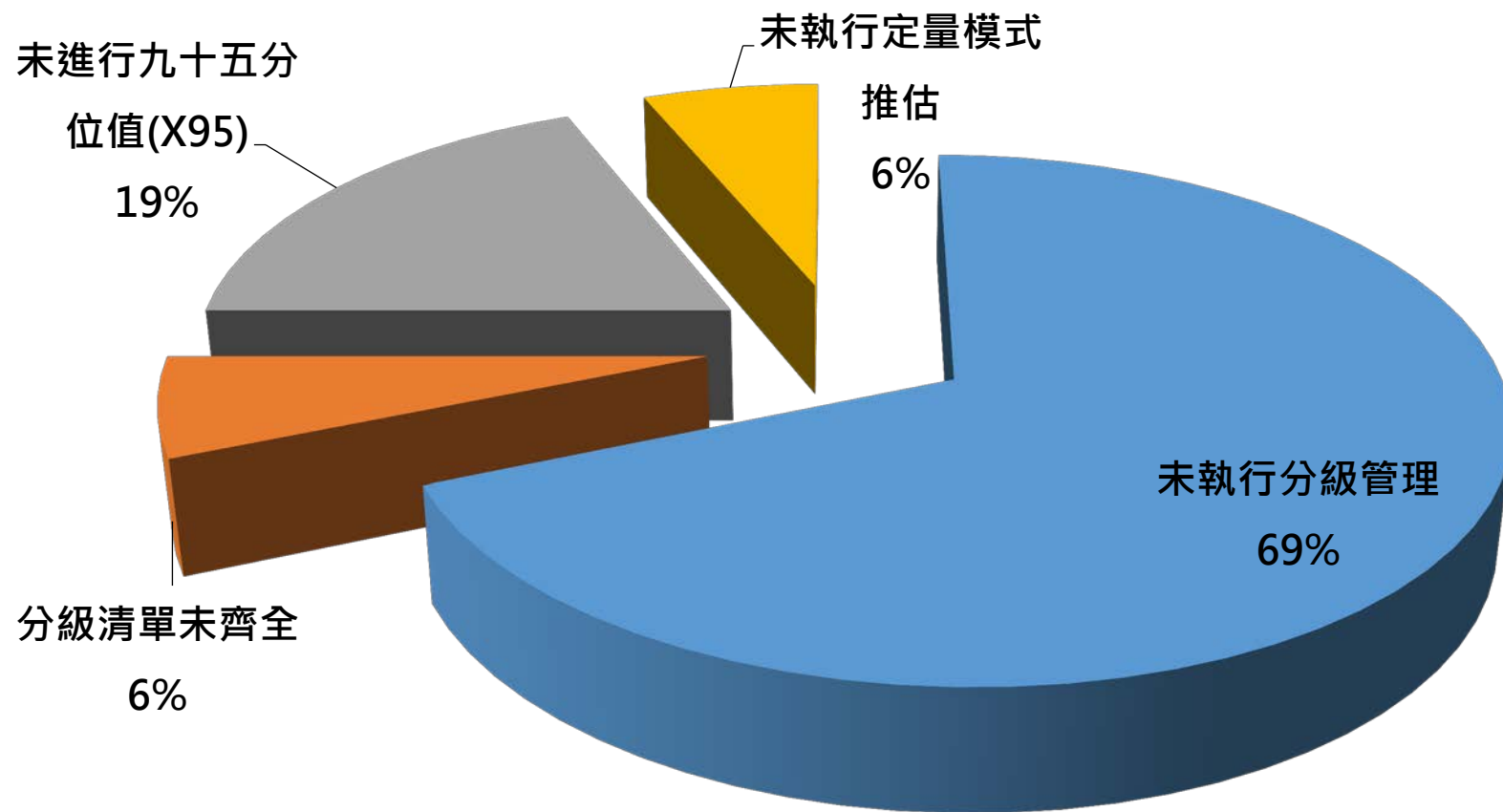
王櫻芳 助理教授

中山醫學大學 職業安全衛生學系

[yfwang@csmu.edu.tw](mailto:yfwang@csmu.edu.tw)

04-24730022 ext.12118

# 目前事業單位執行概況



重要概念！

# 職業安全衛生法

## 第11條

### 第1項

- 雇主對於**具健康危害化學品**，應依其健康危害、散布狀況及使用量等情形，**評估風險等級並採取分級管理措施**

- 危害性化學品評估及分級管理辦法
- 危害性化學品評估及分級管理技術指引

## 第12條

### 第1項

- 雇主對於中央主管機關**訂有容許暴露標準之作業場所**，應確保勞工之危害暴露低於標準值。

## 第12條

### 第3項

- **雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應訂定作業環境監測計畫**，並設置或委託由中央主管機關認可之作業環境監測機構實施監測。但中央主管機關指定免經監測機構分析之監測項目，得僱用合格監測人員辦理之。

- 勞工作業環境監測實施辦法
- 作業環境監測指引

# 化學品分級管理

- 職業安全衛生法與危害性化學品評估及分級管理辦法

職業安全衛生法

## 第11條第1項

- 雇主對於化學品，應依其健康危害、散布狀況及使用量等情形，**評估風險等級並採取分級管理措施**

危害性化學品評估及分級管理辦法

## 第4條

- 雇主使勞工製造、處置或使用之化學品，**符合國家標準CNS 15030化學品分類**，具有健康危害者，應評估其危害及暴露程度，劃分風險等級，並採取對應之**分級管理措施**

## 第7條

- 雇主辦理前條之評估級分級管理，應參照**中央主管機關公告之技術指引**，或採取其他具同等科學基礎之評估及管理方法辦理

# 以模式推估應用於暴露評估

- 職業安全衛生法與危害性化學品評估級分級管理辦法

職業安全衛生法

## 第12條第1項

- 雇主對於中央主管機關訂有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值

危害性化學品評估及分級管理辦法

## 第8條

- 事業單位從事特別危害健康作業（游離輻射作業除外）之勞工人數在一百人以上，或總勞工人數五百人以上者，雇主對於第三條之化學品，經中央主管機關訂有容許暴露標準者，應參照中央主管機關公告之採樣分析建議方法或運用定量推估模式實施暴露評估。

# 以環測應用於暴露評估

- 職業安全衛生法與危害性化學品評估級分級管理辦法

職業安全衛生法

## 第12條第3項

- 雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應訂定作業環境監測計畫，並設置或委託由中央主管機關認可之作業環境監測機構實施監測。但中央主管機關指定免經監測機構分析之監測項目，得僱用合格監測人員辦理之。

危害性化學品評估級分級管理辦法

## 第9條

- 雇主應依勞工作業環境監測實施辦法所定之監測及期程，實施前條化學品之暴露評估，必要時並得輔以其他半定量、定量之評估模式或工具實施之。

# 模式推估/環測應用於暴露評估之 分級管理

## 第10條

- 雇主對於前二條化學品之暴露評估結果，應依下列風險等級，分別採取控制或管理措施：
  - 一、第一級管理：暴露濃度低於容許暴露標準二分之一者，除應持續維持原有之控制或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
  - 二、第二級管理：暴露濃度低於容許暴露標準但高於或等於其二分之一者，應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
  - 三、第三級管理：暴露濃度高於或等於容許暴露標準者，應即採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許暴露標準。

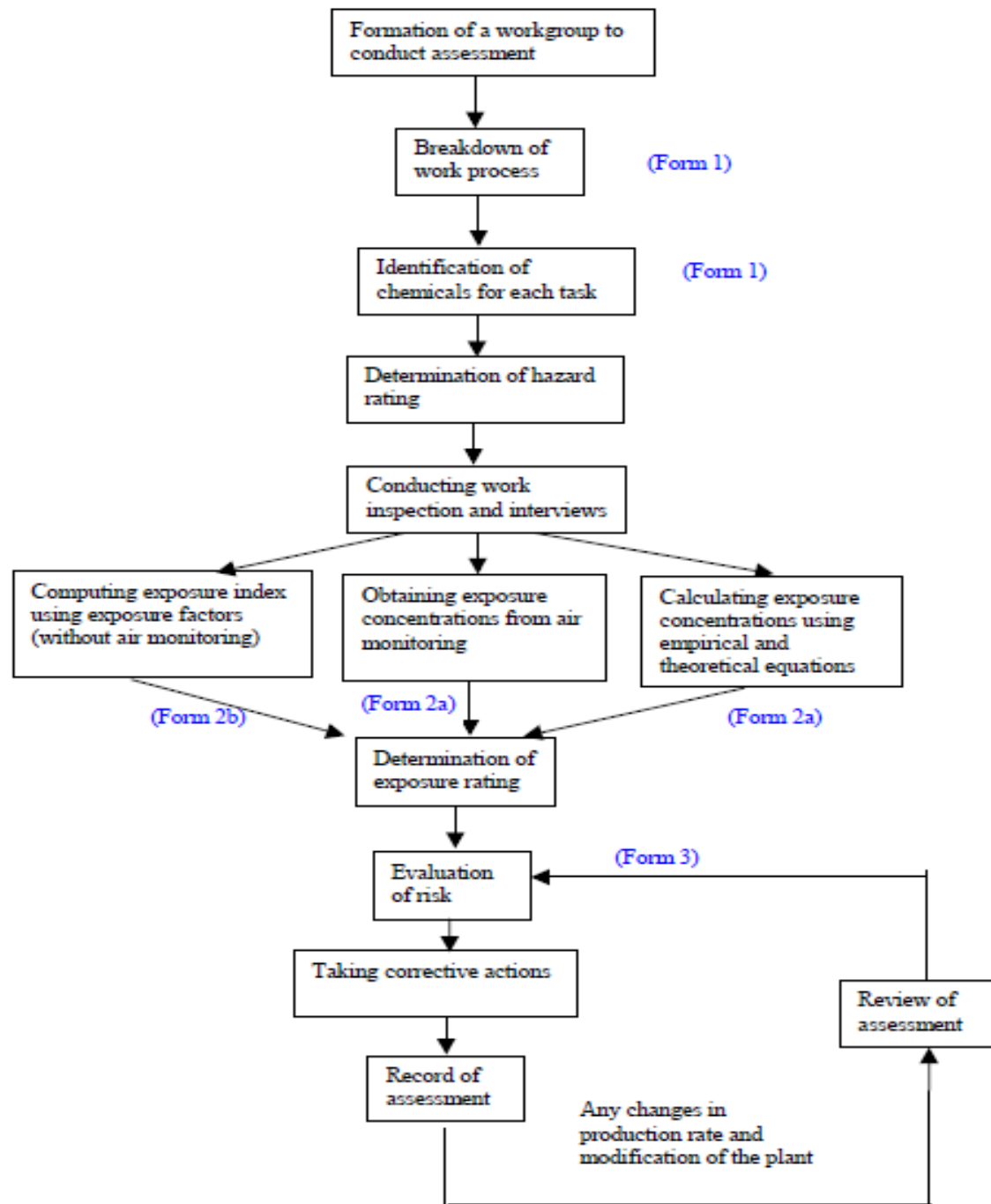


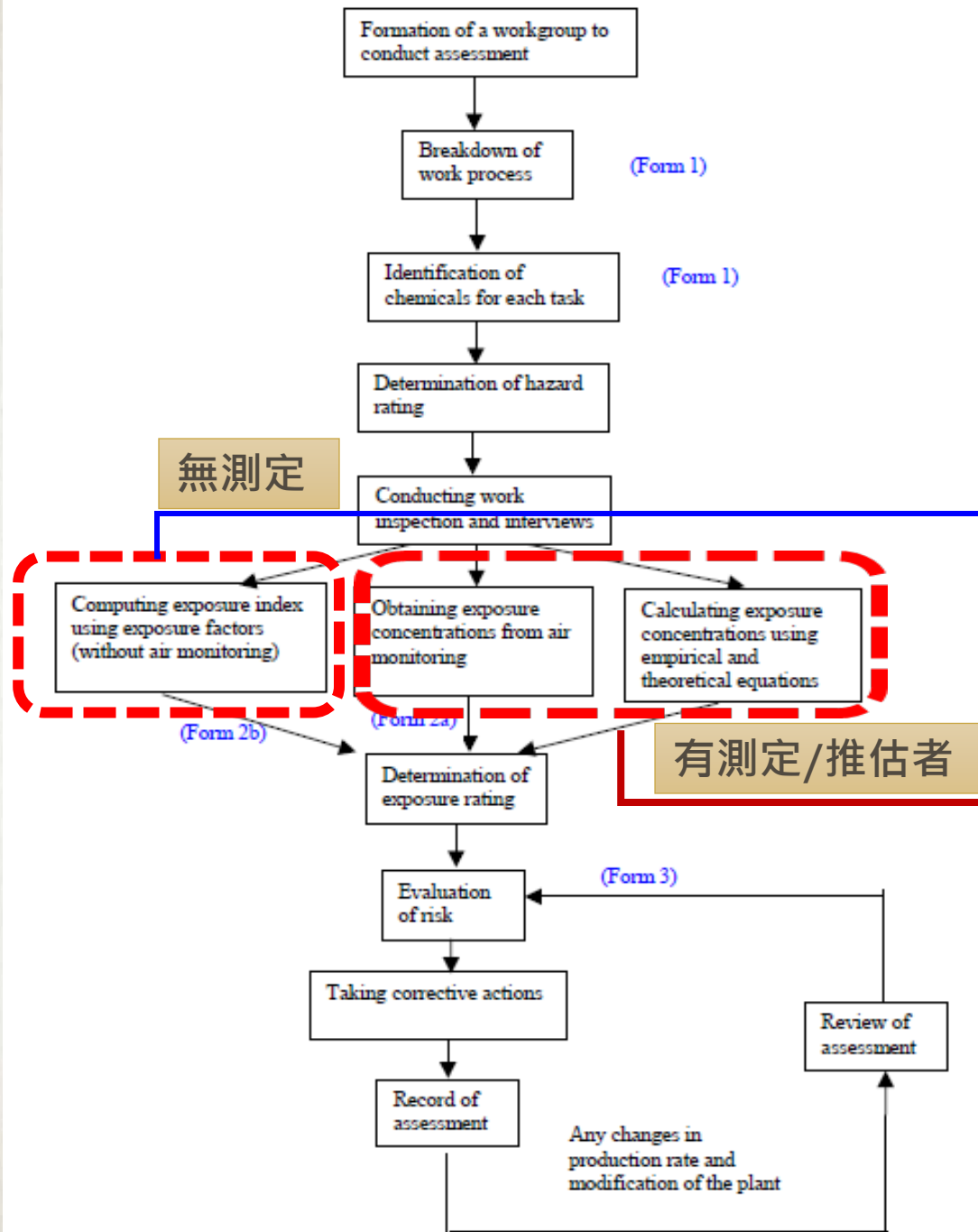
# 危害性化學品評估及分級管理辦法～整合性暴露評估

## 第2條

- 暴露評估：指以**定性、半定量或定量**之方法，評量或估算勞工暴露於化學品之健康危害情形
- 分級管理：依化學品健康危害及暴露評估結果評定風險等級，並**分級採取對應之控制或管理措施**

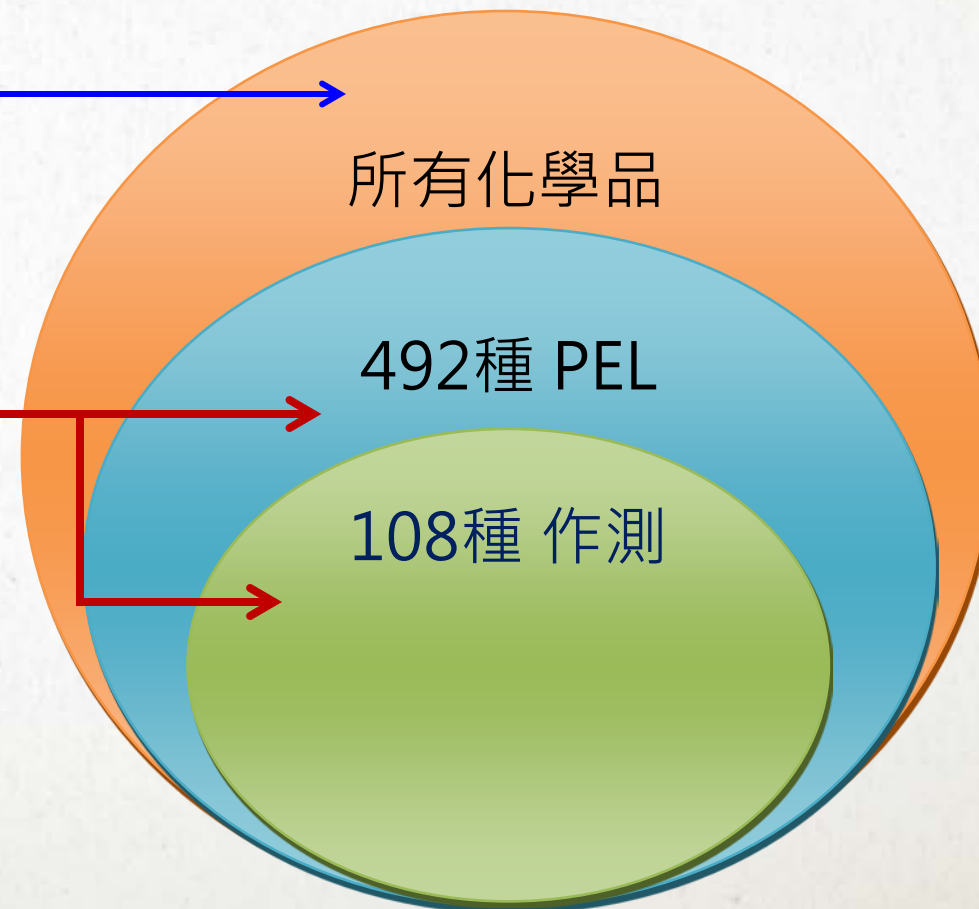
**A Semi-Quantitative Method  
to  
Assess Occupational Exposure  
to  
Harmful Chemicals**



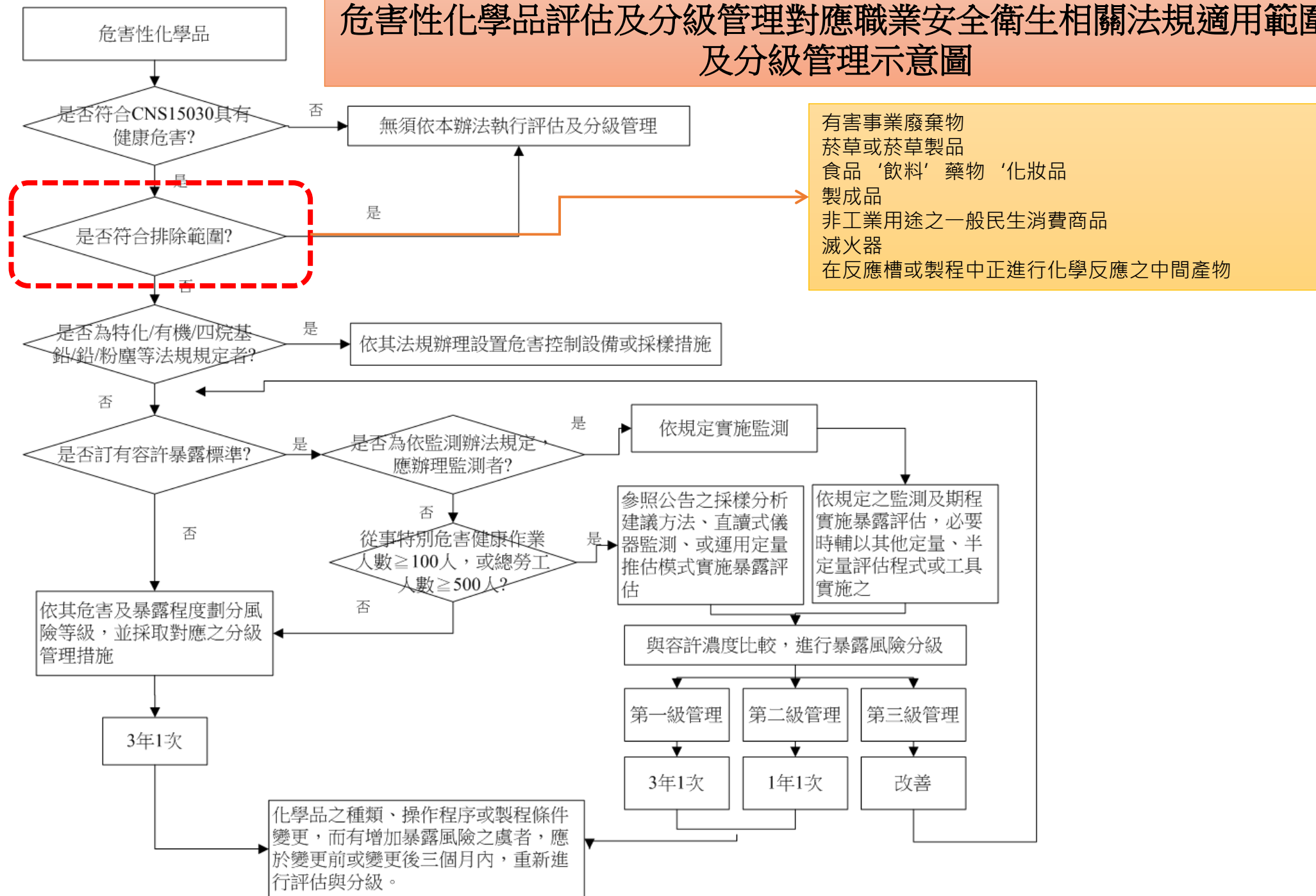


第2條

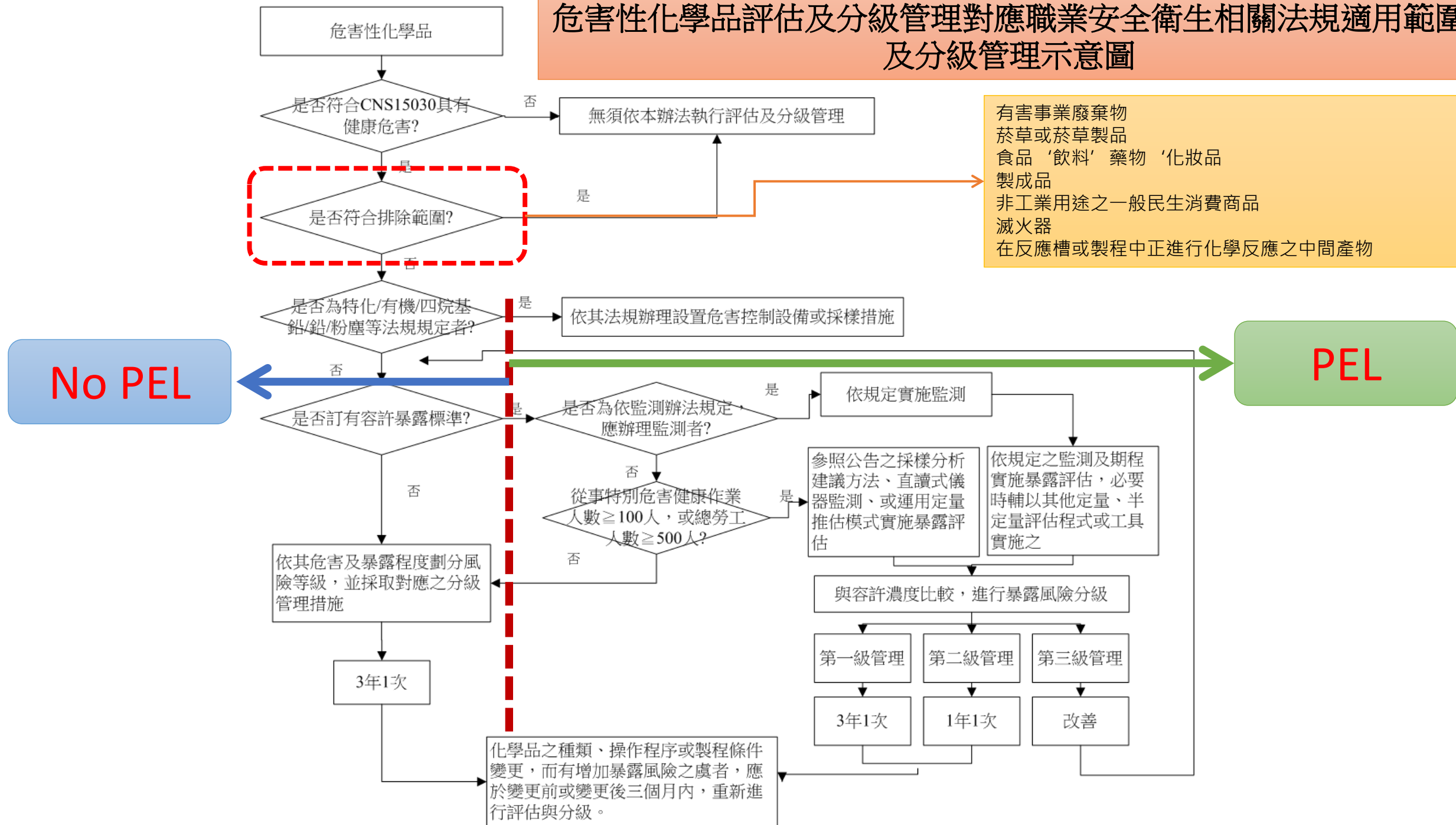
- 暴露評估：指以**定性、半定量或定量**之方法，評量或估算勞工暴露於化學品之健康危害情形
- 分級管理：依化學品健康危害及暴露評估結果評定風險等級，並**分級採取對應之控制或管理措施**

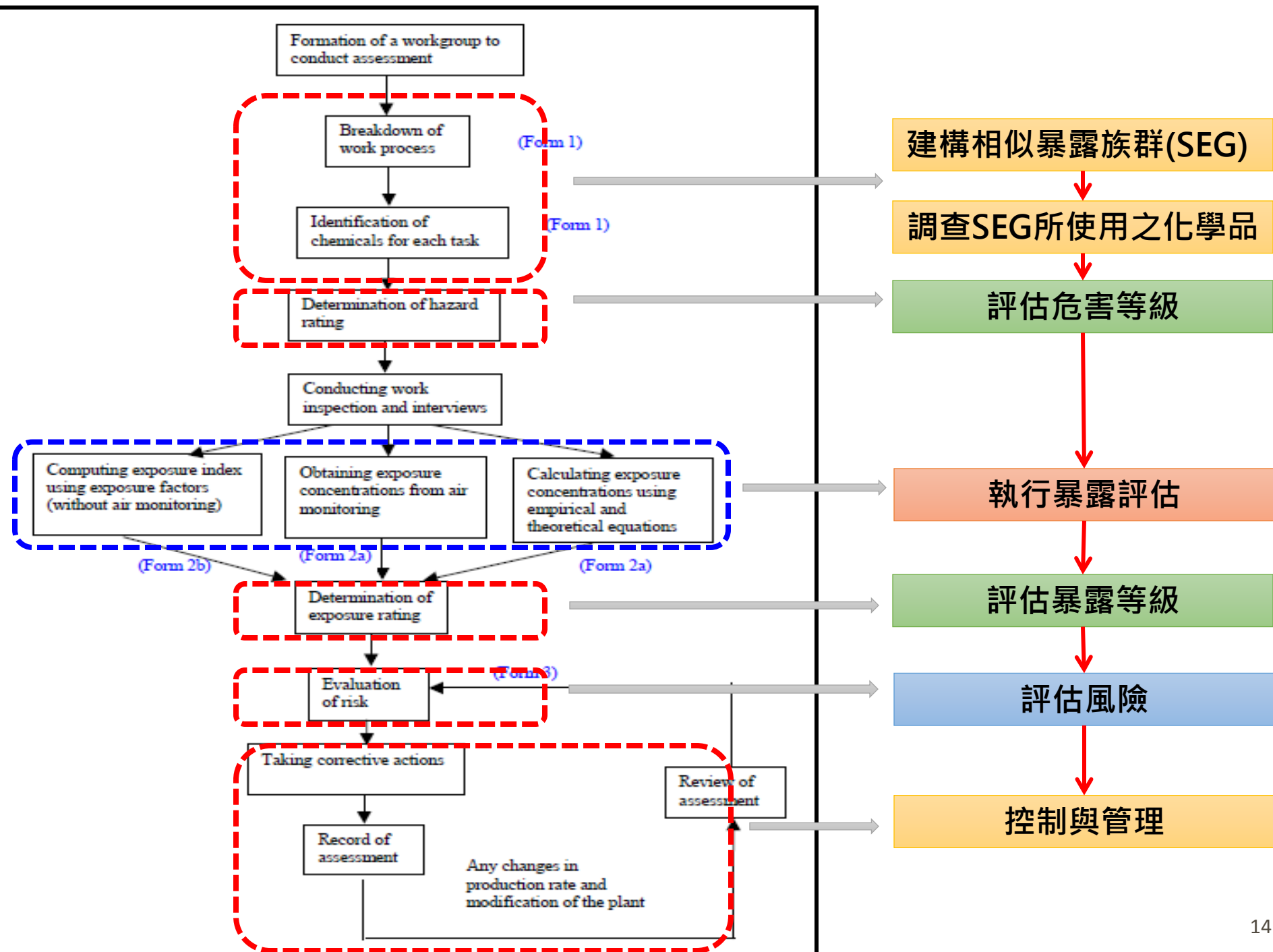


# 危害性化學品評估及分級管理對應職業安全衛生相關法規適用範圍及分級管理示意圖



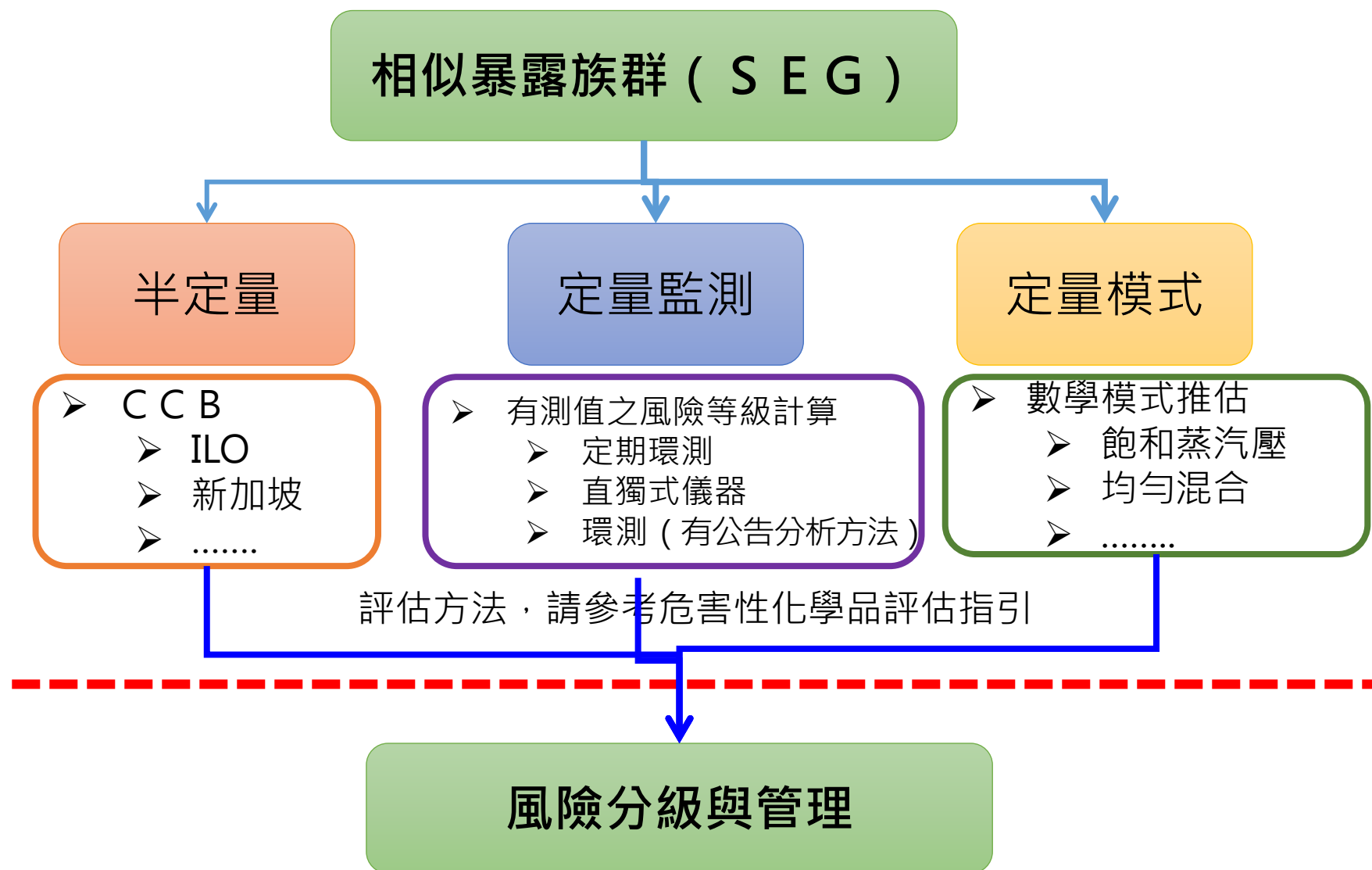
# 危害性化學品評估及分級管理對應職業安全衛生相關法規適用範圍及分級管理示意圖



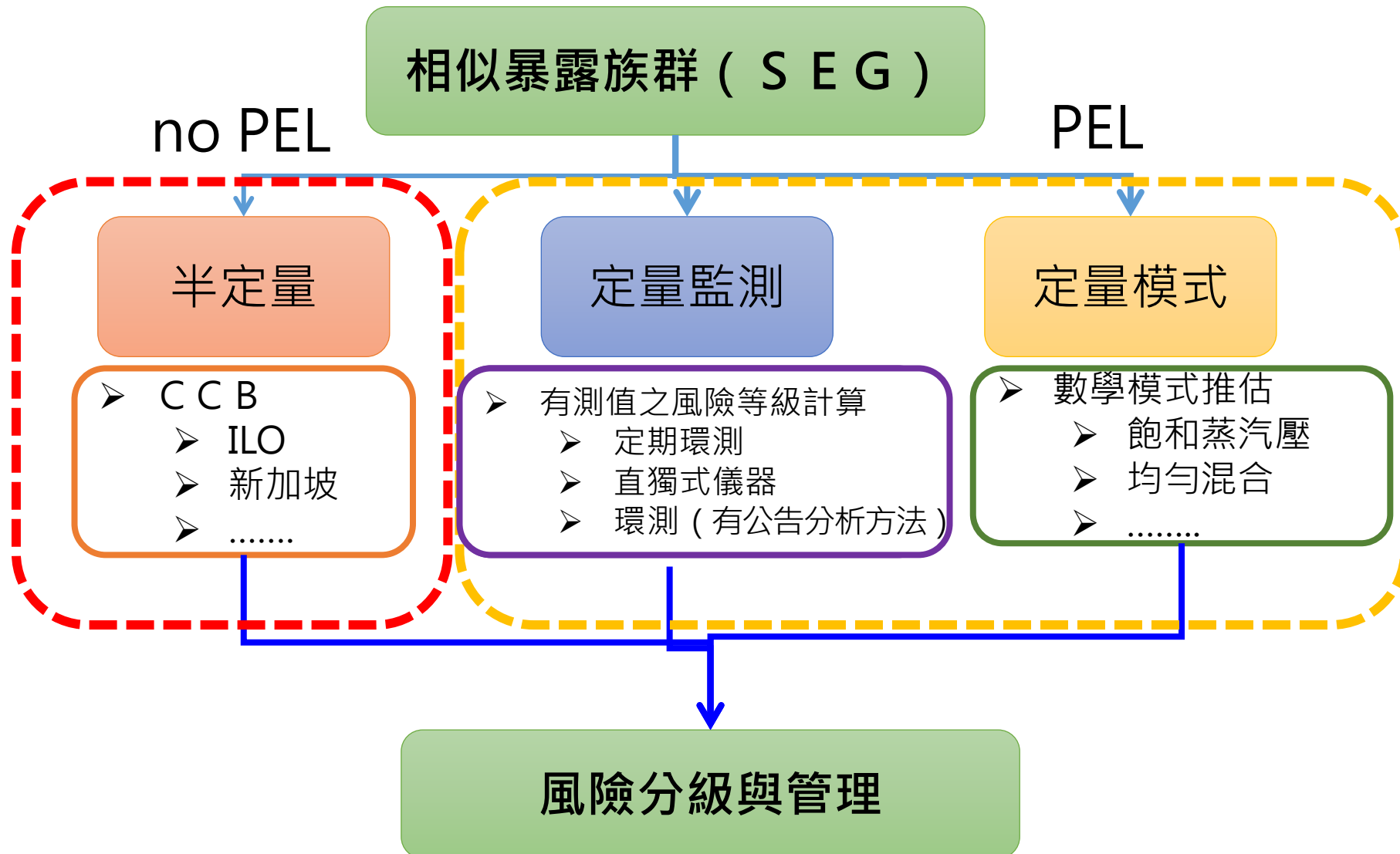




# 概念1~整合性暴露評估

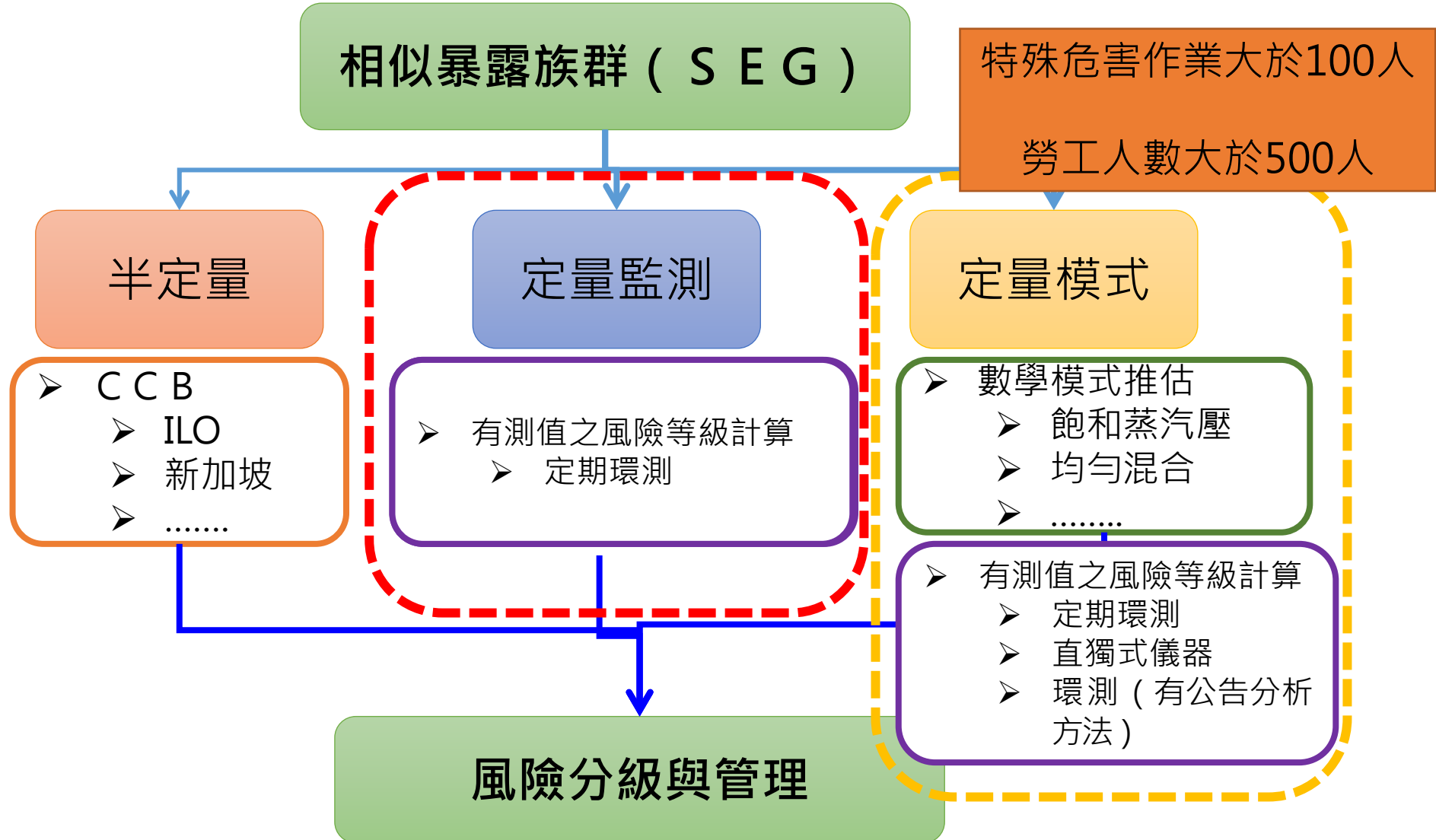


# 概念1~整合性暴露評估





# 概念1~整合性暴露評估



# 該做哪些？ V.S 怎麼做？

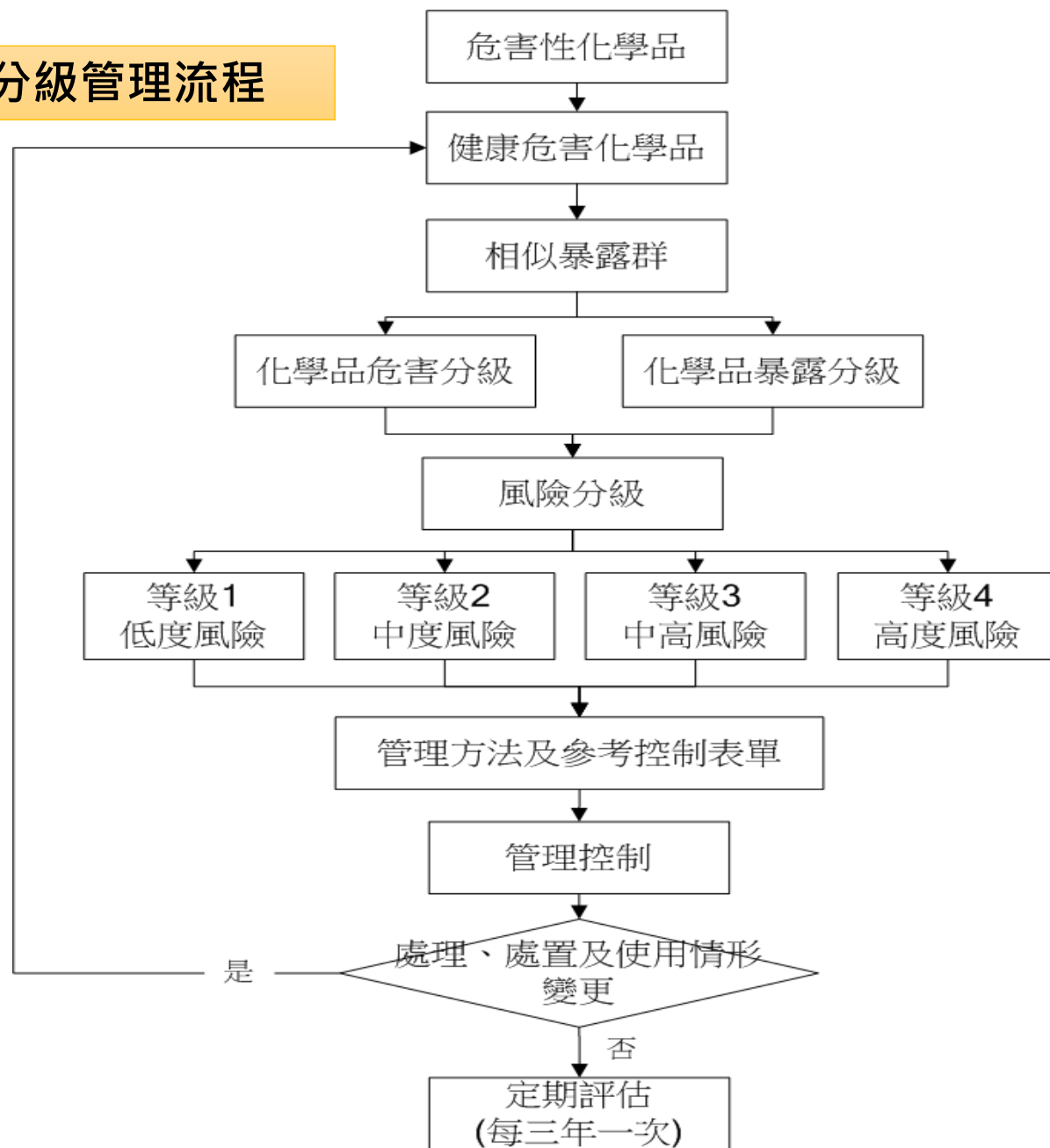
- 依公司人數規模
- 特殊危害作業小於100人或總人數小於500人
  - 半定量風險分級
    - 無容許濃度者
    - 有容許濃度者，但不須依監測辦法辦理監測者
  - 定量監測結果分級
    - 有容許濃度者，需定期監測者
- 特殊危害作業大於100人或總人數大於500 人
  - 半定量風險分級
    - 無容許濃度者
  - 定量監測結果分級
    - 有容許濃度者，需定期監測者
  - 定量模式推估/參考公告分析方法/直讀式儀器 分級
    - 有容許濃度者，但不須依監測辦法辦理監測者，無公告分析方法者，無直讀式儀器測值者 by 模式推估

# 該做哪些？ V.S 怎麼做？

- 依公司人數規模
  - 特殊危害作業小於100人或總人數小於500人
    - 半定量風險分級
      - 無容許濃度者
      - 有容許濃度者，但不須依監測辦法辦理監測者
    - 定量監測結果分級
      - 有容許濃度者，需定期監
  - 特殊危害作業大於100人或總人數大於500人
    - 半定量風險分級
      - 無容許濃度者
    - 定量監測結果分級
      - 有容許濃度者，需定期監測者
    - 定量模式推估/參考公告分析方法/直讀式儀器 分級
      - 有容許濃度者，但不須依監測辦法辦理監測者，無公告分析方法者，無直讀式儀器測值者 by 模式推估
- 第12條第1項
- 雇主對於中央主管機關訂有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值

## 具有健康危害之化學品分級管理流程

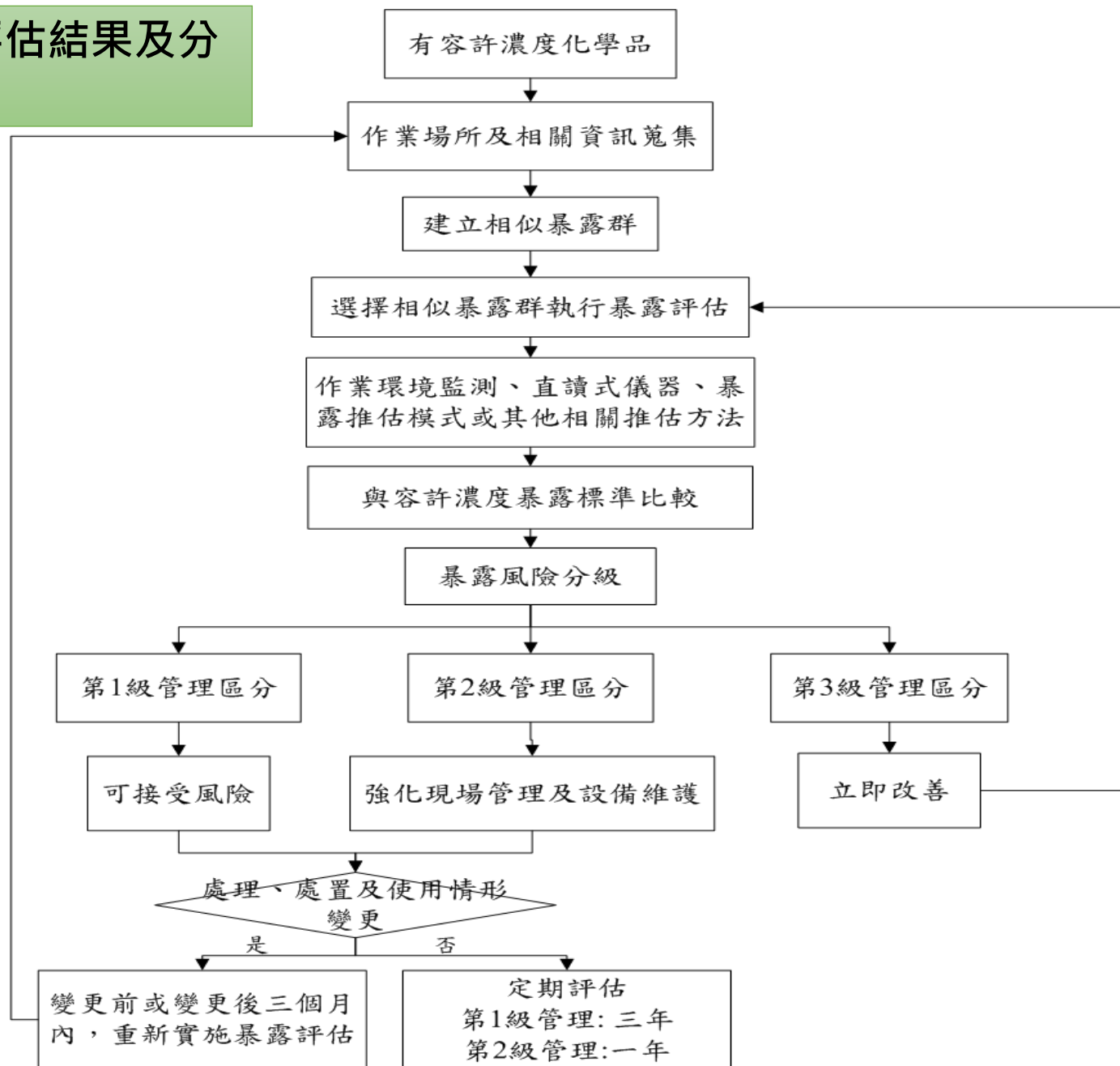
半定量



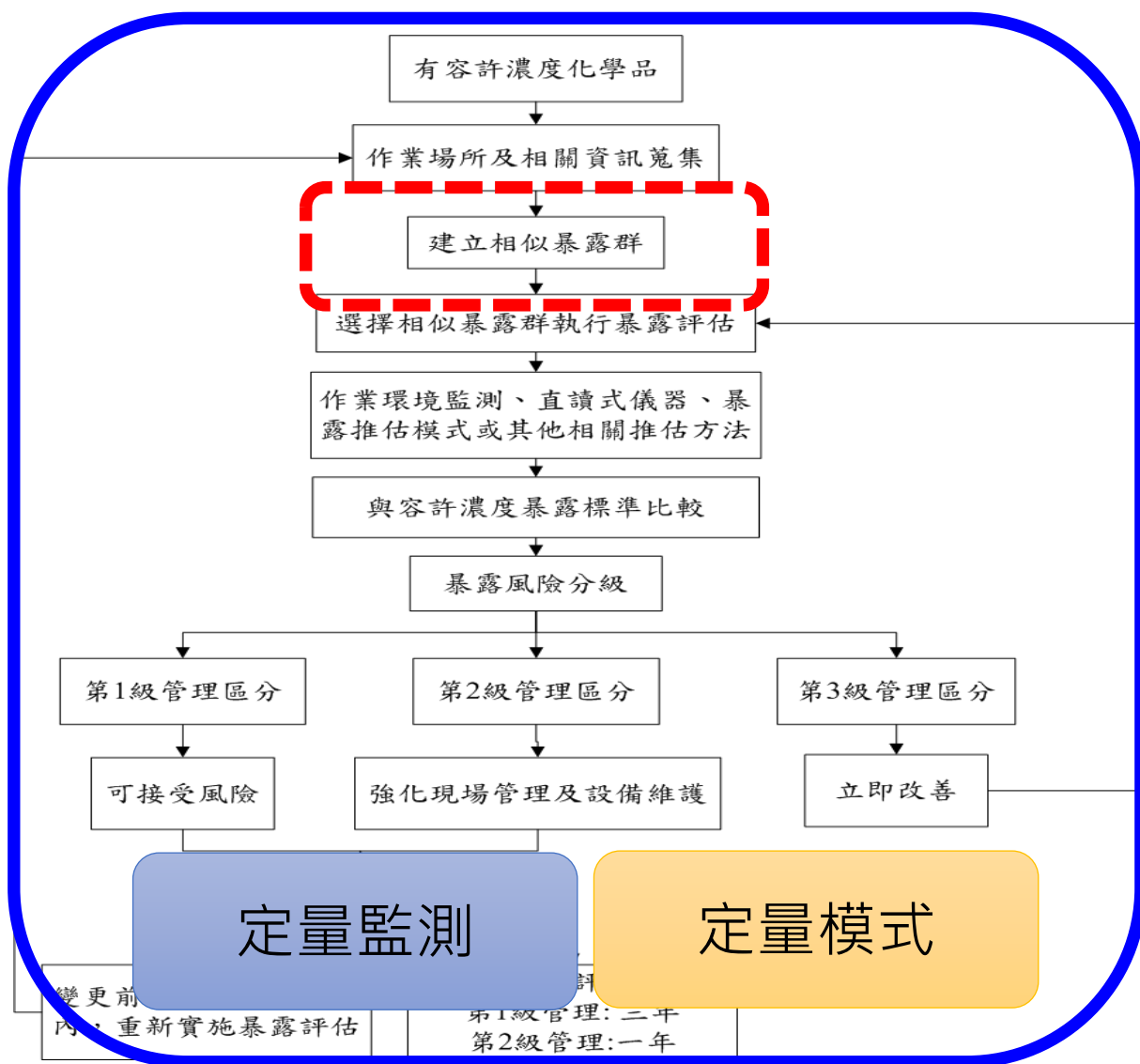
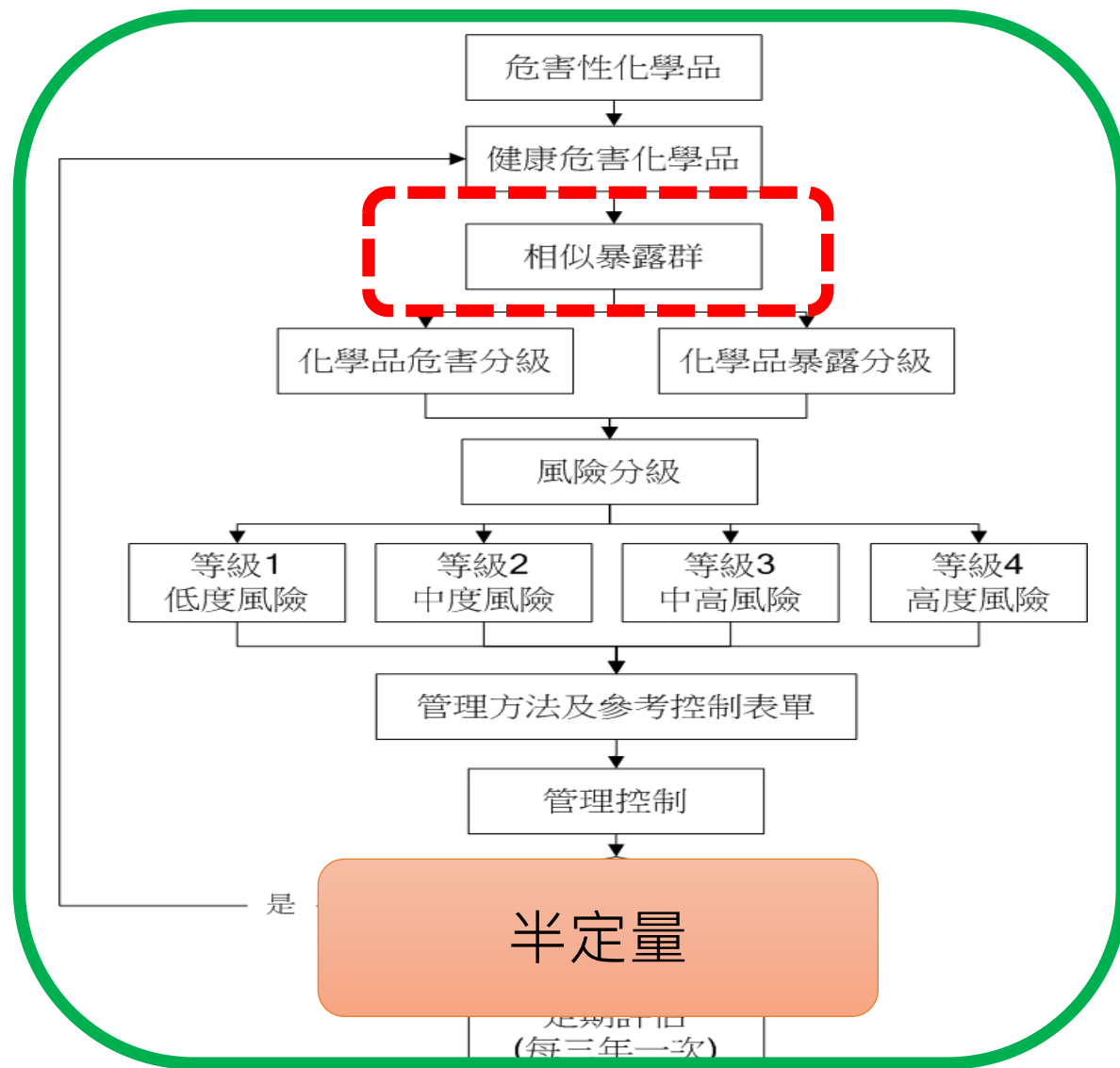
# 定有容許暴露標準之化學品評估結果及分級管理流程

定量監測

定量模式



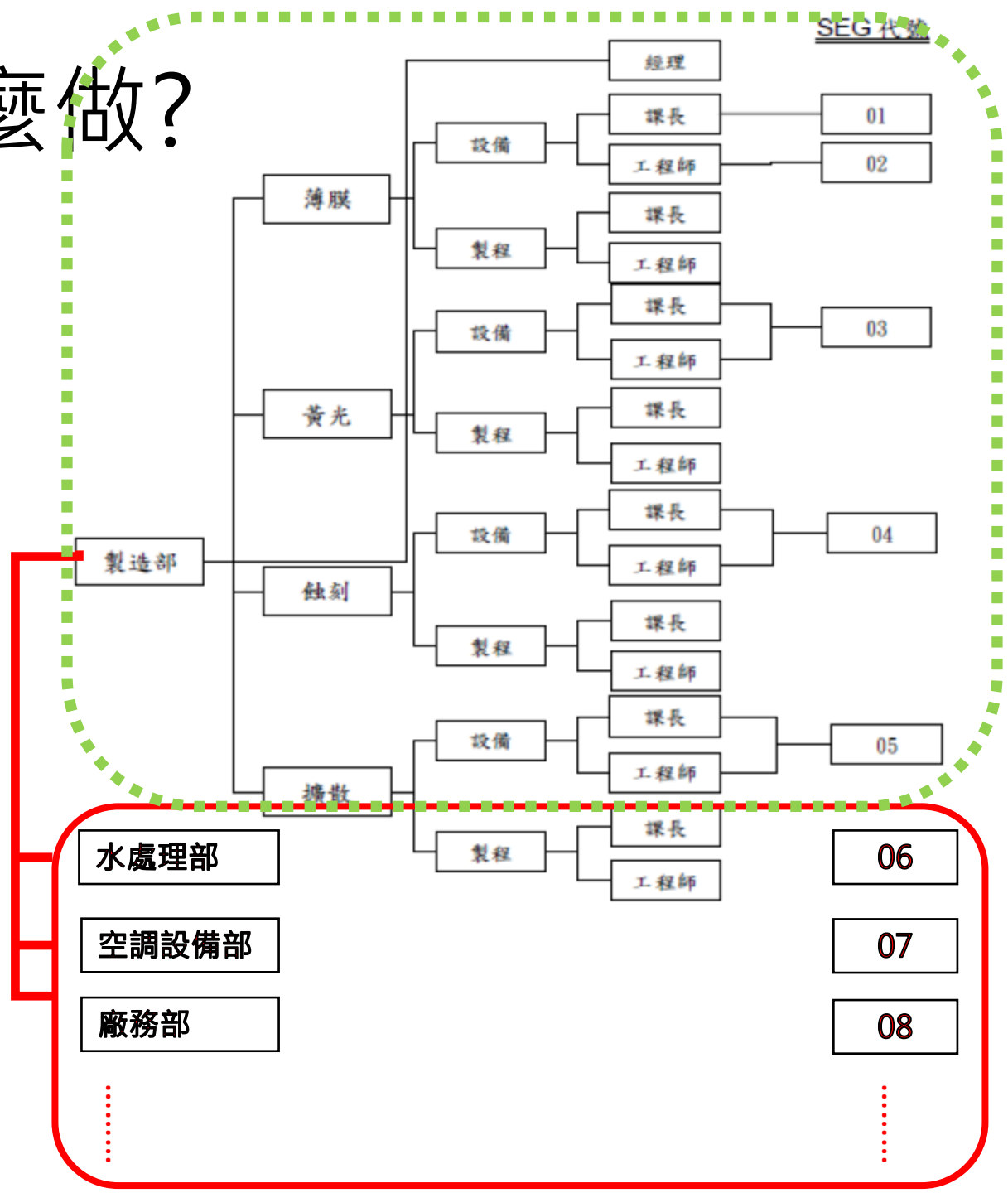
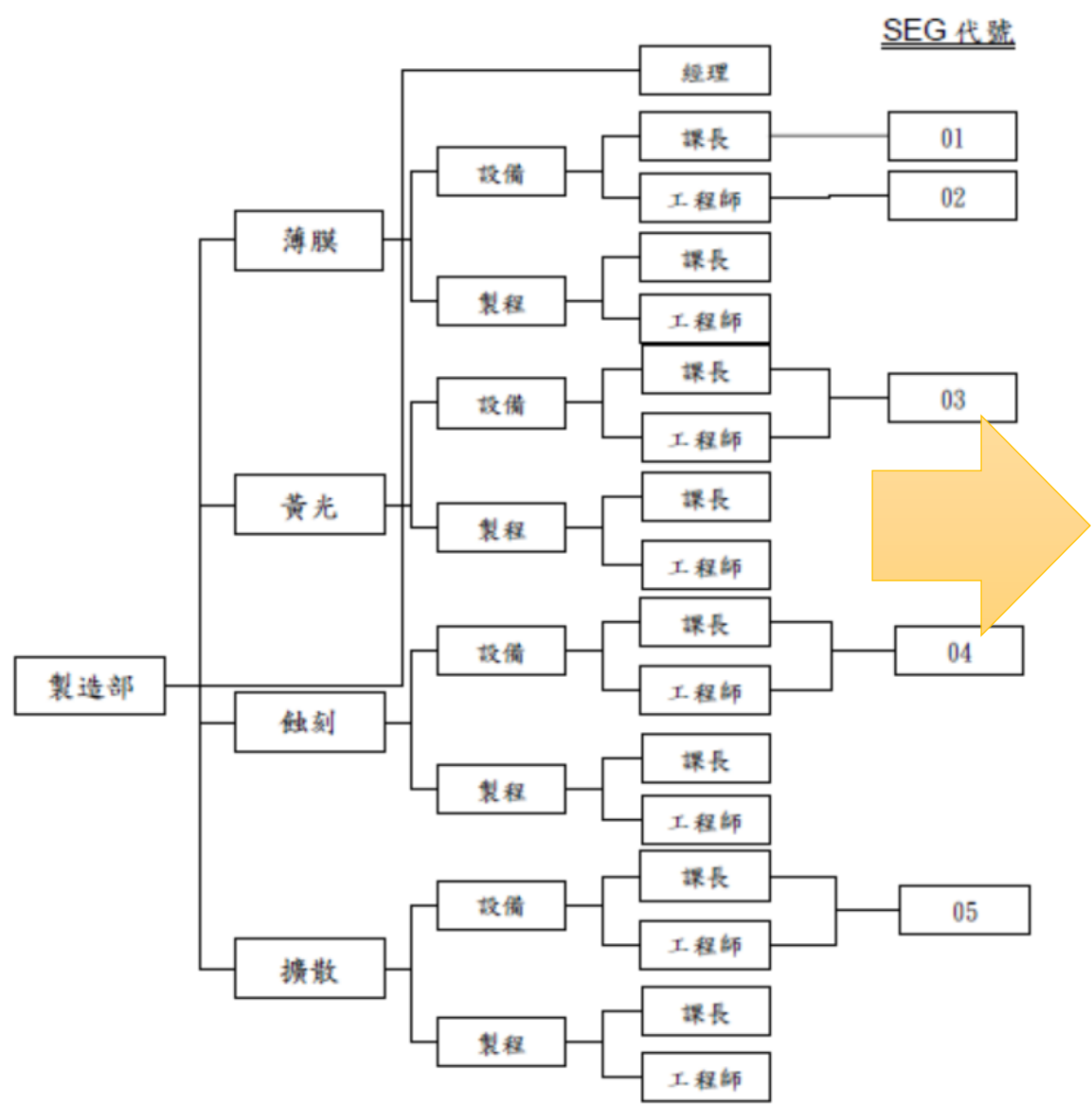
# 概念2~相似暴露群(SEG)



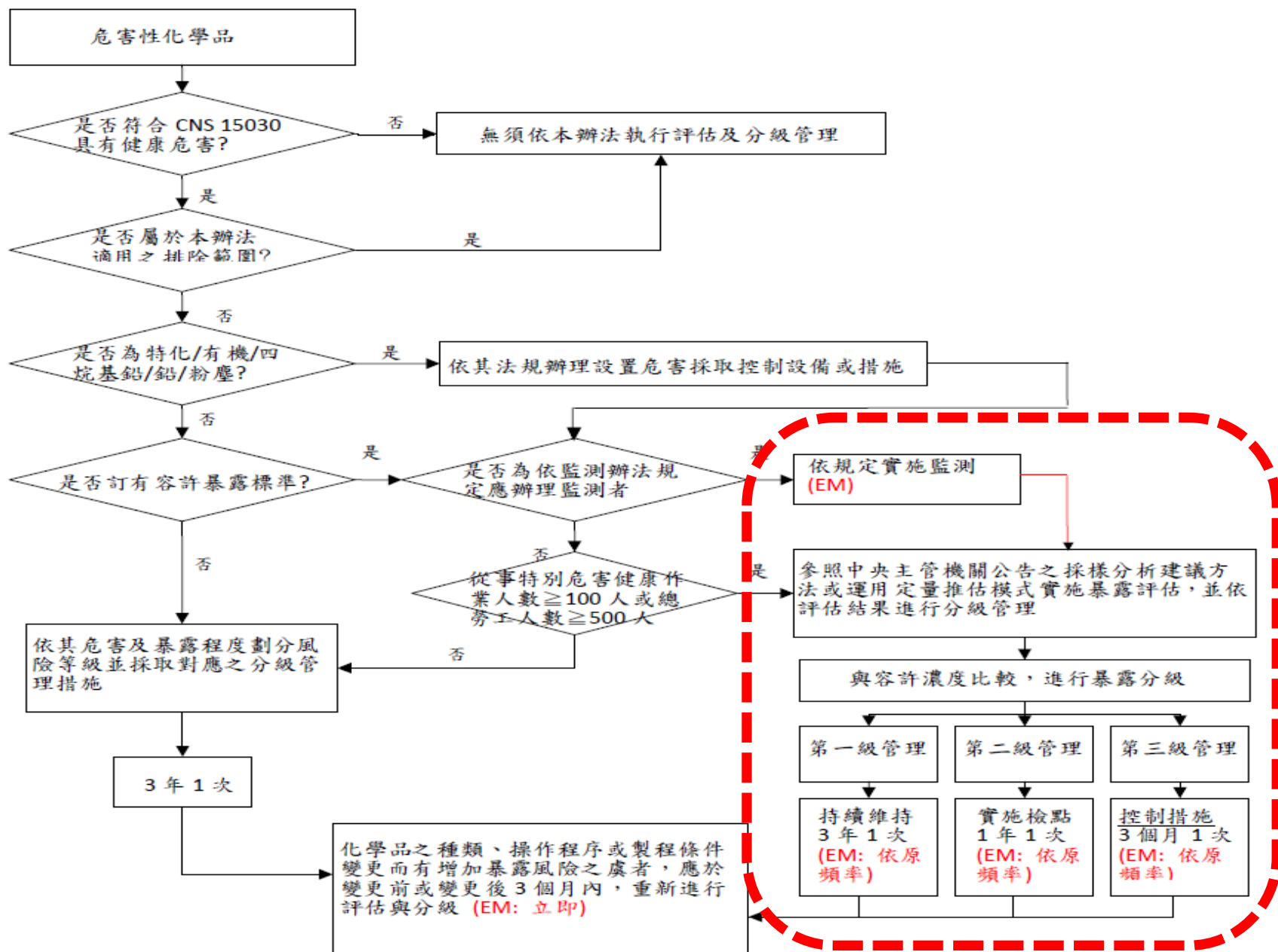
# 相似暴露群(SEG)~怎麼做？

- 大家都知道SEG
- 我需要為了危害性化學品評估及分級管理辦法，再重新畫公司的SEG嗎？
- 可利用現有作業環境監測既有SEG的架構，再行延伸~

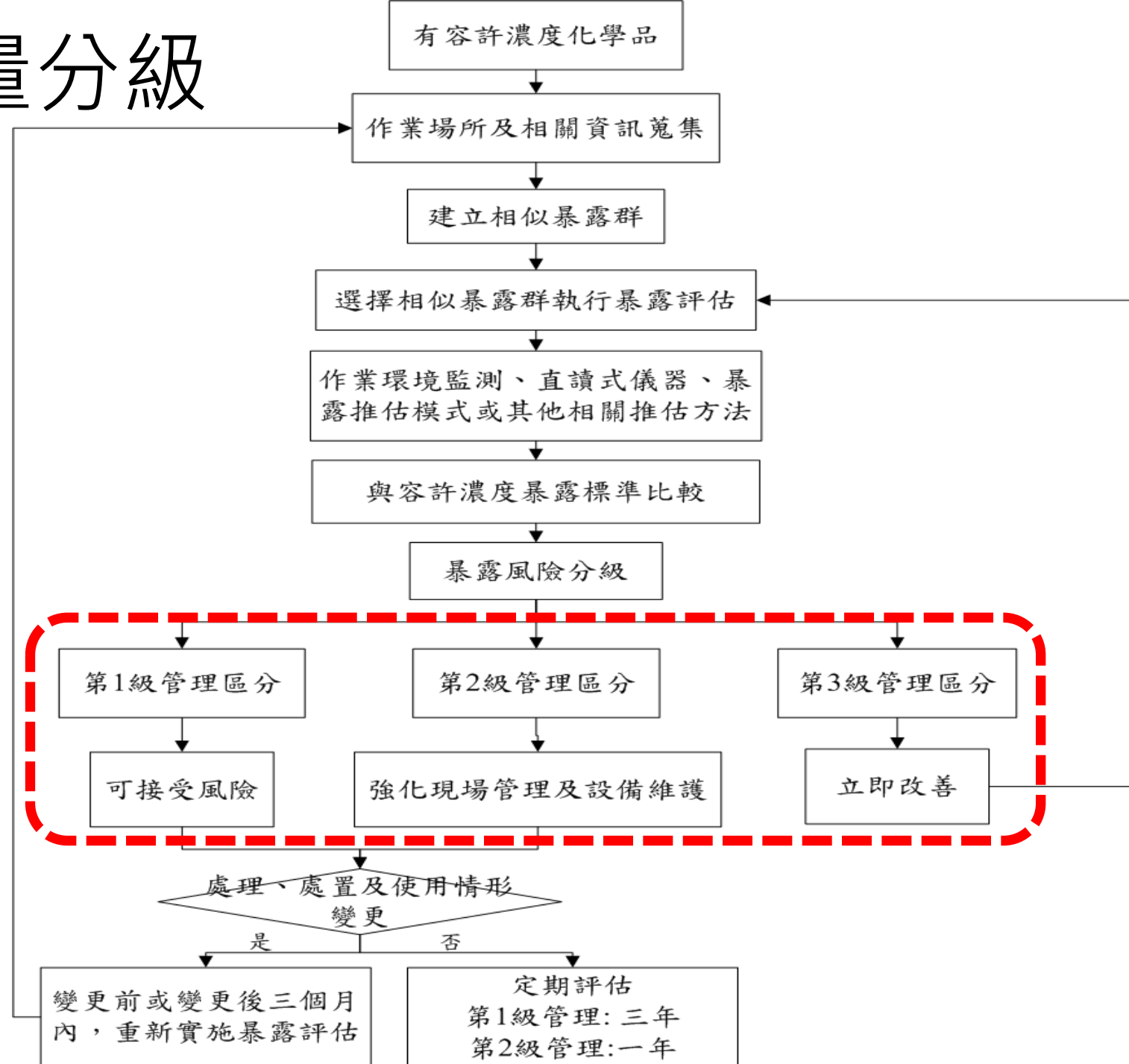
# 相似暴露群(SEG)~怎麼做？







# 概念3~定量分級

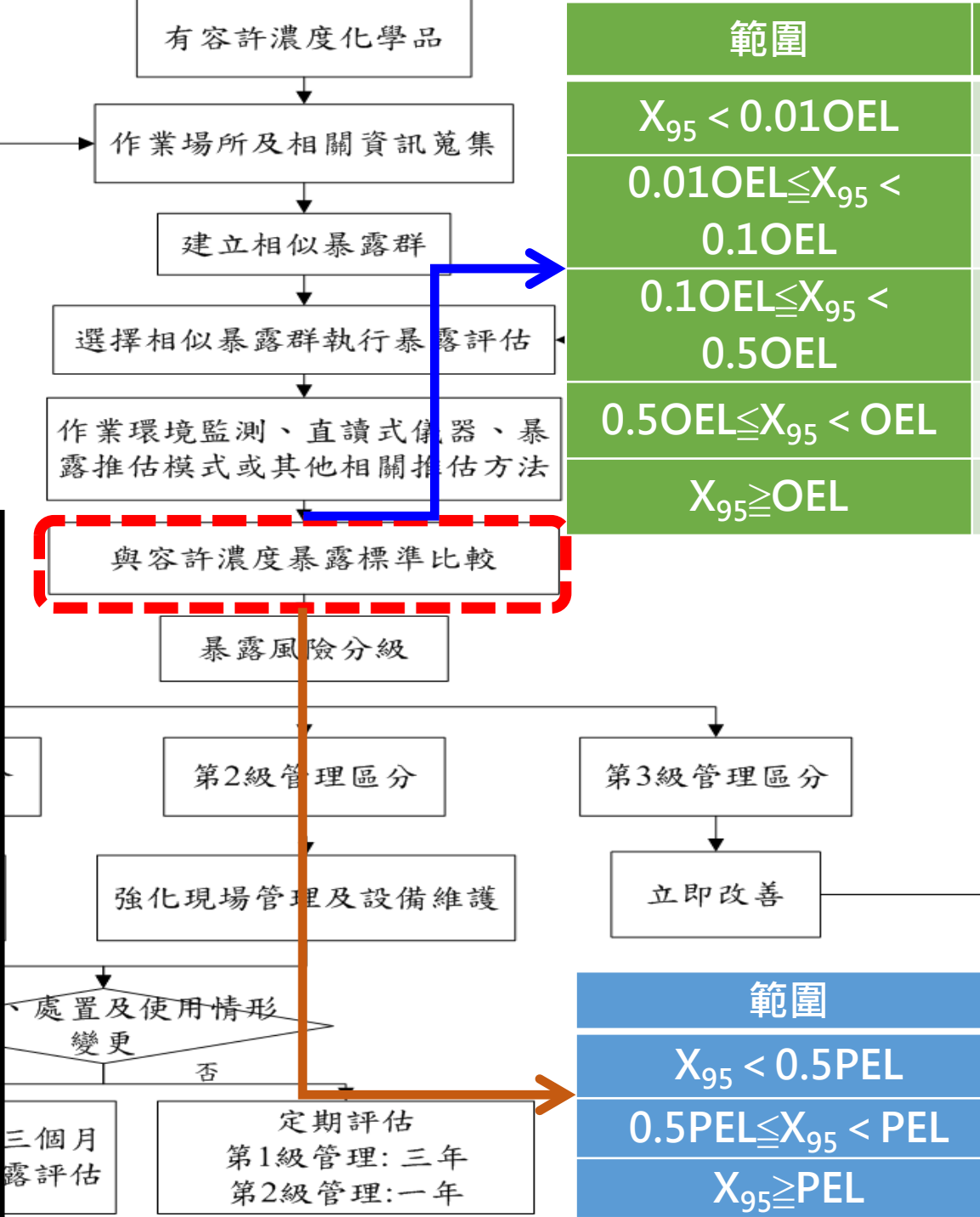


# AIHA exposure control category

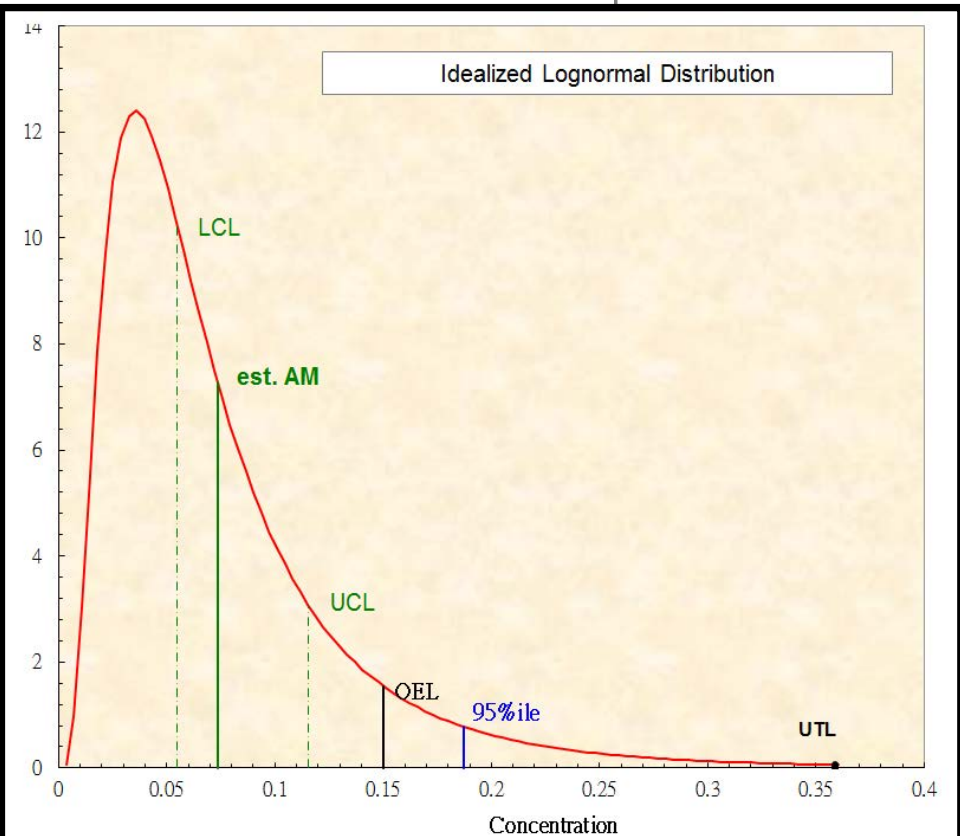
	Exposure Control Category*	Recommended Control	Uncertainty rating
	0 (<1% of OEL)	No action	High Medium Low
	1 (<10% of OEL)	General HazCom	
	2 (10-50% of OEL)	+ chemical specific HazCom	
	3 (50-100% of OEL)	+ exposure surveillance, medical surveillance, work practices	
	4 (> 100% of OEL)	+ respirators & engineering controls, work practice controls	
	5 (Multiples of OEL; e.g., based on respirator APFs)	+ immediate engineering controls or process shutdown, validate respirator selection	

\* - Decision statistic = 95<sup>th</sup> percentile

# 概念4~X<sub>95</sub>



範圍	AIHA評估結果分級
$X_{95} < 0.01\text{OEL}$	0
$0.01\text{OEL} \leq X_{95} < 0.1\text{OEL}$	1
$0.1\text{OEL} \leq X_{95} < 0.5\text{OEL}$	2
$0.5\text{OEL} \leq X_{95} < \text{OEL}$	3
$X_{95} \geq \text{OEL}$	4



範圍	評估結果分級
$X_{95} < 0.5\text{PEL}$	第一級
$0.5\text{PEL} \leq X_{95} < \text{PEL}$	第二級
$X_{95} \geq \text{PEL}$	第三級

如何執行？

# 步驟1~化學品基本資料建置與評估方法決策

## 基本資料

化學品資料庫

- 中文名稱
- 英文名稱
- CAS No.
- 容許濃度
- 分子量
- 飽和蒸汽壓
- PEL
- .....
- .....
- .....

- ☐ 急毒性物質
- ☐ 腐蝕/刺激皮膚物質
- ☐ 嚴重損傷/刺激眼睛物質
- ☐ 呼吸道/皮膚過敏物質
- ☐ 生殖細胞致突變性物質
- ☐ 致癌物質
- ☐ 生殖毒性物質
- ☐ 特定標的器官系統毒性物質~單一暴露
- ☐ 特定標的器官系統毒性物質~重複暴露
- ☐ 吸入性危害物質

評分	職業暴露標準 (TLV-TWA,ppm)	急毒性指標		致癌分類	
		LD50(mg/kg)	LC50(mg/kg)	(IARC)	(ACGIH)
5	<1	≤25	≤0.25	1A1	
4	≥ 1 to ≤10	≥ 25 to ≤200	≥ 0.25 to ≤1	2A	A2
3	≥ 10 to ≤ 100	≥ 200 to ≤2,000	≥ 1 to ≤ 5	2B	A3
2	≥ 100 to ≤ 1000	≥ 2000 to ≤5,000	>5 to ≤25	3A4	
1	≥ 1000 to ≤5000	≥ 2000 to ≤5000	>25	3A5	
0	無資訊	無資訊	無資訊	無資訊	無資訊

危害等級決策

○ A ○ B ○ C ○ D ○ E

- No PEL
- PEL

評估方法決策

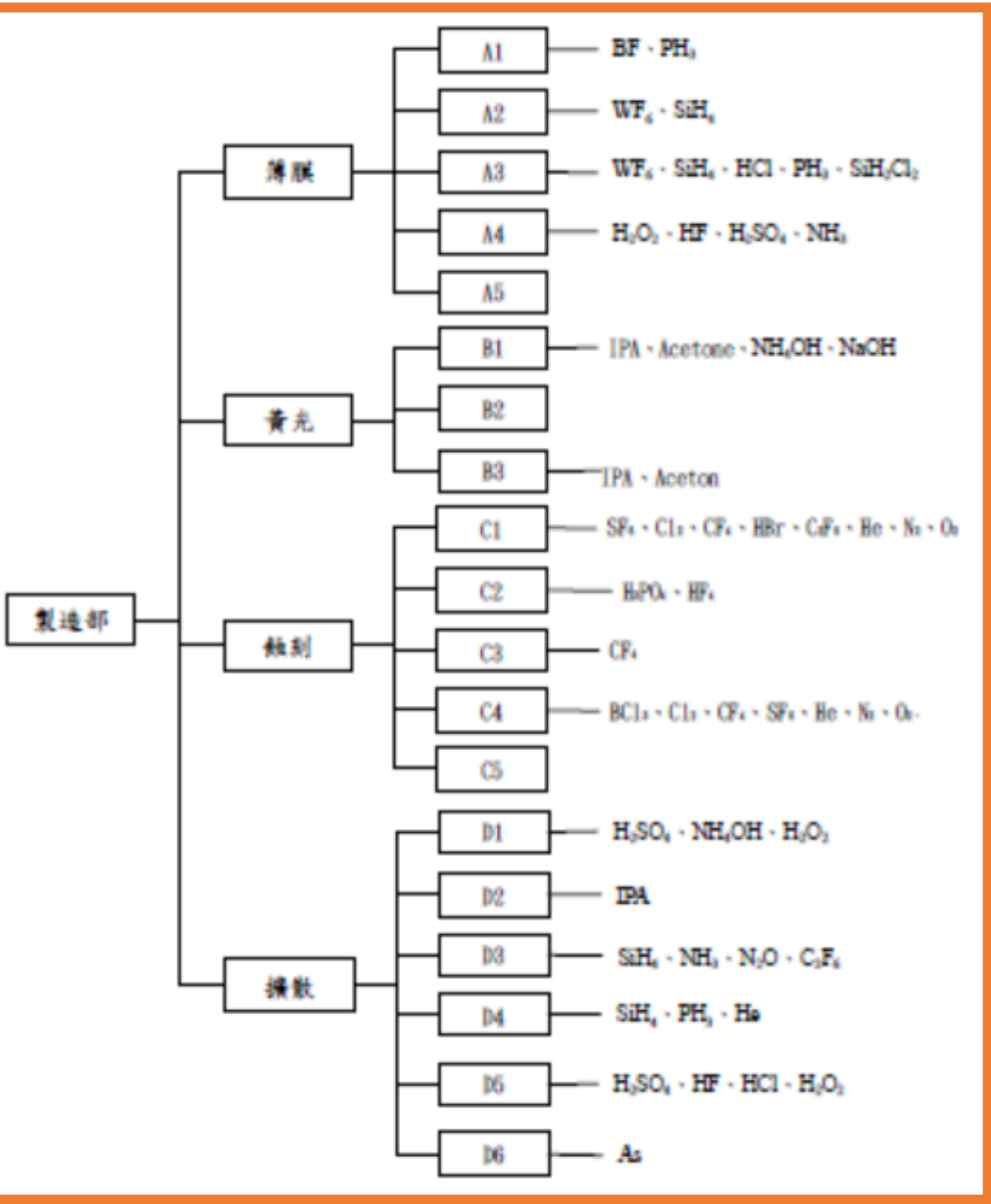
○ 半定量 ○ 定量監測 ○ 定量模式

# 步驟1~化學品基本資料建置

CAS_NO	中文名稱	英文名稱	分子式	分子量	蒸汽壓 @25℃ (mmHg)	物理狀 態	容許濃度 ppm			LD50 (mg/kg)	致癌性 IARC	致癌性 ACGI H
							TWA	STEL	Ceiling			
7664-38-2	磷酸	Phosphoric Acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98	0.03	液體	1 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>	-	1530	-	-
7664-39-3	氫氟酸	Hydrogen Fluoride	HF	20.01	31.17	液體	編號	化學品			容許濃度	
7664-41-7	氨	Ammonia	NH <sub>3</sub>	17.03	5975.8	氣體	1	甲醇			200 ppm	
							2	二氯甲烷			50 ppm	
							3	二氧化矽				
7664-93-9	硫酸	Sulfuric Acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98.078	<0.3	液體	5	硫酸			1 mg/m3	
7722-84-1	過氧化氫	Hydrogen Peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	34.01	0.37	液體	6	氫氧化鈉			2 mg/m3	
							7	氨			50 ppm	
							8	乙二醇			10 ppm	
1336-21-6	氨水	Ammonia solution	NH <sub>4</sub> OH	35.05	116.96	液體						
67-64-1	丙酮	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58.08	183.07	液體						
1310-73-2	氫氧化鈉	Sodium hydroxide	NaOH	40	0	固體						
10024-97- 2	一氧化二 氮	Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	44.01	2664.47	氣體	13	異丙醇			400 ppm	
							14	正己烷			50 ppm	
							15	丙酮			750 ppm	
							16	醋酸			10 ppm	

編號	化學品	容許濃度	SDS	危害分級	評估方法	需測定	有分析方法
1	甲醇	200 ppm	v	A	定量	第二種有機溶劑	
2	二氯甲烷	50 ppm		B	定量	第二種有機溶劑	
3	二氧化矽				半定量		
5	硫酸	1 mg/m3	v	B	定量	丁類特定化學物質	
6	氫氧化鈉	2 mg/m3	v	A	定量/半定量		
7	氨	50 ppm		B	定量	丁類特定化學物質	
8	乙二醇	10 ppm		B	定量/半定量		CLA5006
13	異丙醇	400 ppm	v	A	定量	第二種有機溶劑	
14	正己烷	50 ppm	v	B	定量	第二種有機溶劑	
15	丙酮	750 ppm	v	A	定量	第二種有機溶劑	
16	醋酸	10 ppm		B	定量/半定量		CLA5010
17	鹽酸	5 ppm(Celing)	v	C	定量	丁類特定化學物質	
18	丙酸	10 ppm		B	定量/半定量		RM007A
19	乙酸乙酯	400 ppm		A	定量	第二種有機溶劑	
20	甲苯	100 ppm	v	A	定量	第二種有機溶劑	
21	二甲基甲醯胺	10 ppm	v	B	定量	第二種有機溶劑	
22	四氫呋喃	200 ppm		A	定量	第二種有機溶劑	
23	乙酸酐	5 ppm		C	定量/半定量		CLA5014
24	吡啶	5 ppm	v	C	定量/半定量		
25	甲已酮(丁酮)	200 ppm		A	定量	第二種有機溶劑	
26	硝酸	2 ppm		C	定量/半定量		2406
27	乙炔			A	半定量		

# 步驟2~SEG架構建置與填入所使用之化學品



SEG/部門	作業區域	作業類型/內容	人數	使用化學品
範例:SEG1(製造A處)	Fab-8F-photo	生產製程	6	光阻劑
				乙二醇
				丙酮

說明:

- 使用之化學品的調查
  - 原作業環境監測計畫，很多公司或許僅列91種須定期採樣分析之化學品。
  - 利用原有架構，將各SEG所有之化學品皆補充填入，不再侷限於91種化學品。



# 步驟3~進行各SEG使用化學品之暴露危害調查

## 基本資料 ( 以SEG為單位輸入 )

暴露  
調查

- 部門/製程/工作區名稱
- 製程/工作區人數
- 製程/工作內容
- 化學品使用情形
  - 化學品1
    - 運作量
    - 運作方式
  - 化學品2
    - 運作量
    - 運作方式
  - 化學品3
    - 運作量
    - 運作方式
  - .....
- 現場危害控制方式
  - PPE
  - 通風
  - .....

SEG/部門	作業區域	作業類型/內容	人數	使用化學品	使用量 (量/週) (L/週)(Kg/週)	作業頻率 (小時/週)	控制保護措施
範例:SEG1(製造A處)	Fab-8F-photo	生產製程	6	光阻劑			
				乙二醇			
				丙酮	223.125	35	整體換氣 &個人防護具

製程名稱	作業人員職務	作業區域	作業人數	作業名稱	作業屬性	使用化學品	化學品用量 <kg/週>	作業頻率 <小時/週>	控制措施
黃光	設備課課長及工程師	黃光作業區	15	機台巡視、機台維修及保養	例行性	IPA	1100	32	局部排氣裝置 與個人防護具
						NH <sub>4</sub> OH	500		
						NaOH	300		
						H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	800		
						NH <sub>4</sub> OH	650		
						H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	300		
						IPA	700		
黃光	設備課課長及工程師	化學品室	15	更換回收廢酸桶	非例行性	SiH <sub>4</sub>	100	7	局部排氣裝置 與個人防護具
						H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	700		
						H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	800	12	局部排氣裝置 與個人防護具
						H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	900		
						IPA	600		
						NH <sub>4</sub> OH	1000		
						HF	900		
蝕刻	設備課課長及工程師	蝕刻作業區	12	機台巡視、機台維修及保養	例行性	HCl	850	15	局部排氣裝置 與個人防護具
						SF <sub>6</sub>	800		
						Cl <sub>2</sub>	200		
						CF <sub>4</sub>	800		
						HBr	500		
						C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	600		
蝕刻	設備課課長及工程師	蝕刻作業區	12	機台巡視、機台維修及保養	例行性	BCl <sub>3</sub>	700	15	局部排氣裝置 與個人防護具

# 步驟4~進行各SEG之風險評估

進行風險  
評估

➤ 半定量

➤ 數學模式推估

➤ 有測值之風險等級計算

## □ 說明

依**化學品資料庫**中之健康危害等級與**暴露資料庫**中之基本資料(如使用量等)，進行計算風險等級。

SEG 代號	部門	作業人員職務	作業區域	作業 人數	作業名稱	作業 屬性	使用化學 品	HHR	蒸氣壓 @25℃	蒸氣壓 等級	化學品用量 <kg/週>	使用量 等級	作業頻率 <小時/週>	作業頻 率等級	控制措施	控制措 施等級	ER	不確 定度	EHR
05	擴散	設備課課長及工程師	擴散作業區	10	機台巡視、機台維修及保養	例行性	PH <sub>3</sub>	5	29000	5	600	3	25	4	局部排氣裝置與個人防護具	3	3.66	3	54.94
03	黃光	設備課課長及工程師	化學品室	15	更換化學品	非例行性	HCl	4	32882.34	5	850	4	12	2	局部排氣裝置與個人防護具	3	3.31	4	52.96
03	黃光	設備課課長及工程師	黃光作業區	15	機台巡視、機台維修及保養	例行性	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4	0.37	1	300	4	25	4	局部排氣裝置與個人防護具	3	2.63	5	52.64
03	黃光	設備課課長及工程師	黃光作業區	15	機台巡視、機台維修及保養	例行性	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	<0.3	1	800	4	25	4	局部排氣裝置與個人防護具	3	2.63	4	52.64
04	蝕刻	設備課課長及工程師	蝕刻作業區	12	機台巡視、機台維修及保養	例行性	Cl <sub>2</sub>	5	5132.52	4	200	2	15	2	局部排氣裝置與個人防護具	3	2.63	4	52.64
02	薄膜	設備課工程師	薄膜作業區	25	機台維修及保養	例行性	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	<0.3	1	1500	5	20	3	局部排氣裝置與個人防護具	3	2.59	4	51.80
05	擴散	設備課課長及工程師	擴散作業區	10	機台巡視、機台維修及保養	例行性	HCl	4	32882.34	5	900	4	25	4	局部排氣裝置與個人防護具	3	3.94	3	47.23
02	薄膜	設備課工程師	薄膜作業區	25	機台維修及保養	例行性	HCl	4	32882.34	5	1200	5	20	3	局部排氣裝置與個人防護具	3	3.87	3	46.48
03	黃光	設備課課長及工程師	化學品室	15	更換化學品	非例行性	HF	4	31.17	2	900	4	12	2	局部排氣裝置與個人防護具	3	2.63	4	42.11
04	蝕刻	設備課課長及工程師	蝕刻作業區	12	機台巡視、機台維修及保養	例行性	HCl	4	32882.34	5	900	4	15	2	局部排氣裝置與個人防護具	3	3.31	3	39.72

# 步驟4~進行各SEG之風險評估

➤ 半定量

➤ 數學模式推估

➤ 有測值之風險等級計算

➤ 環測

➤ 直獨式儀器

➤ .....

## □ 說明

依歷年監測值，計算出 $X_{95}$ ，再與各化學品之容許濃度值進行計算，取得風險分級。

### 歷年測定資料

SEG1

105年上

甲苯:0.8313

二甲苯:0.7323

乙酸乙酯:0.9046

乙酸丁酯:0.3290

異丙醇:1.281

105年下

甲苯:1.850

二甲苯:1.629

乙酸乙酯:2.012

乙酸丁酯:0.732

異丙醇:2.645

104年上

甲苯:1.842

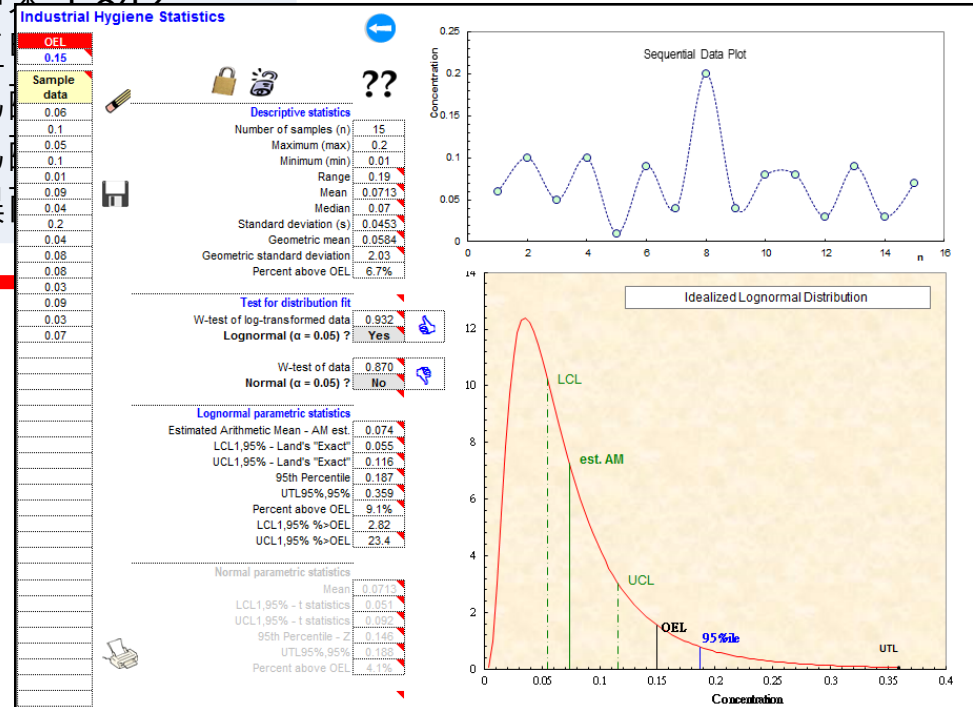
二

乙

乙

異

統計分析



# 以環測應用於暴露評估

- 職業安全衛生法與危害性化學品評估級分級管理辦法

職業安全衛生法

## 第12條第3項

- 雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應訂定作業環境監測計畫，並設置或委託由中央主管機關認可之作業環境監測機構實施監測。但中央主管機關指定免經監測機構分析之監測項目，得僱用合格監測人員辦理之。

危害性化學品評估級分級管理辦法

## 第9條

- 雇主應依勞工作業環境監測實施辦法所定之監測及期程，實施前條化學品之暴露評估，必要時並得輔以其他半定量、定量之評估模式或工具實施之。

# Industrial Hygiene Statistics

OEL  
0.15

Sample  
data

0.06

0.1

0.05

0.1

0.01

0.09

0.04

0.2

0.04

0.08

0.08

0.03

0.09

0.03

0.07



??

## Descriptive statistics

Number of samples (n)	15
Maximum (max)	0.2
Minimum (min)	0.01
Range	0.19
Mean	0.0713
Median	0.07
Standard deviation (s)	0.0453
Geometric mean	0.0584
Geometric standard deviation	2.03
Percent above OEL	6.7%

## Test for distribution fit

W-test of log-transformed data 0.932

Lognormal ( $\alpha = 0.05$ ) ? Yes

W-test of data 0.870

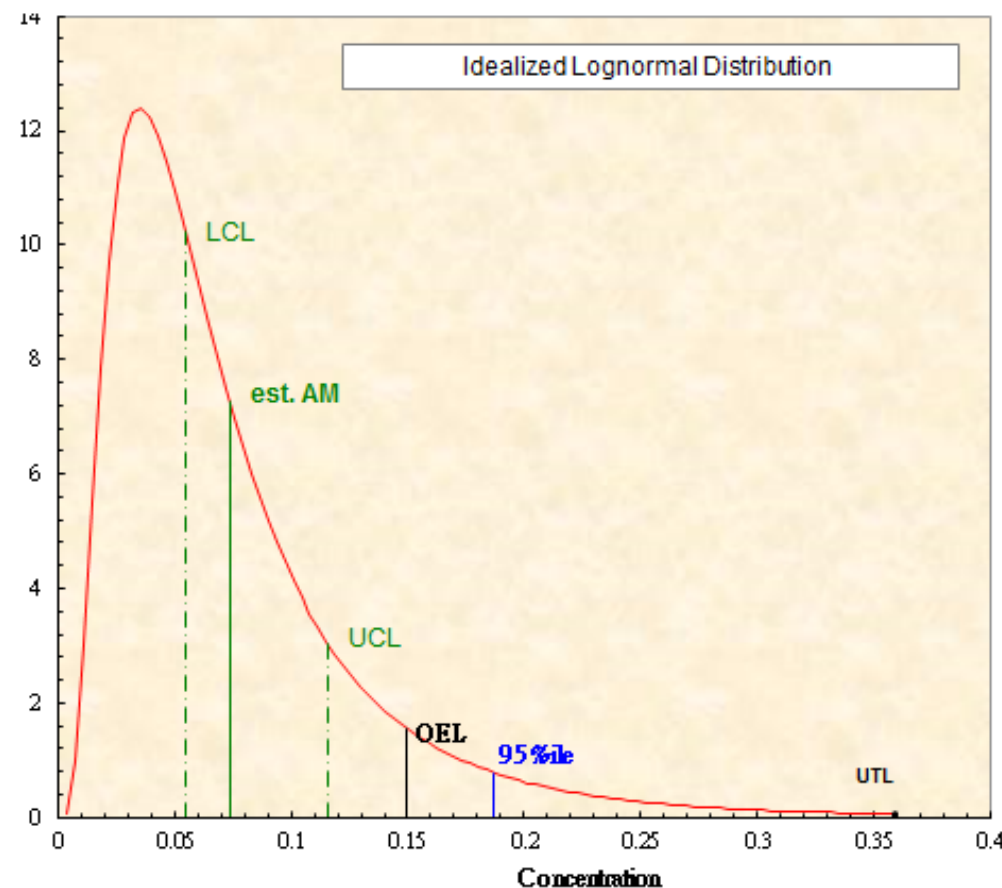
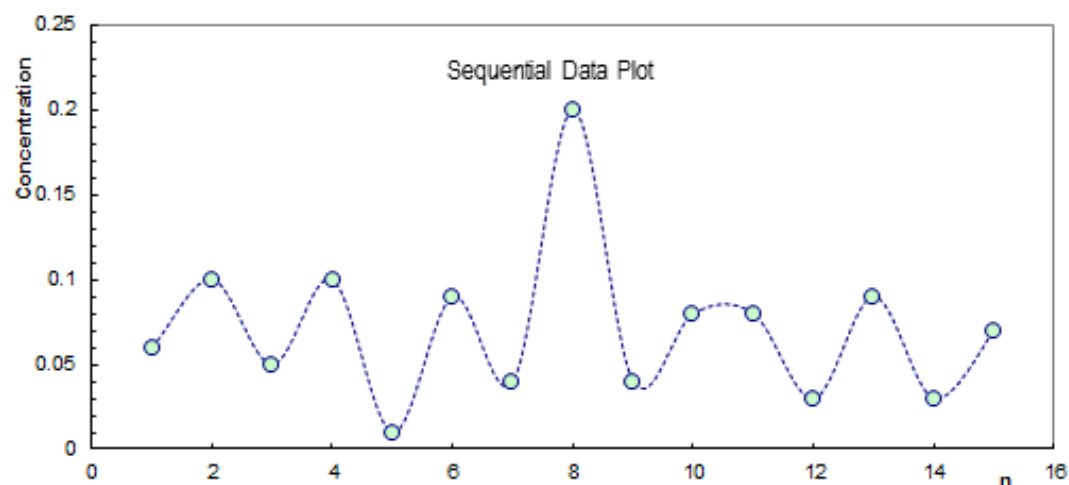
Normal ( $\alpha = 0.05$ ) ? No

## Lognormal parametric statistics

Estimated Arithmetic Mean - AM est.	0.074
LCL1,95% - Land's "Exact"	0.055
UCL1,95% - Land's "Exact"	0.116
95th Percentile	0.187
UTL95%,95%	0.335
Percent above OEL	9.1%
LCL1,95% %>OEL	2.82
UCL1,95% %>OEL	23.4

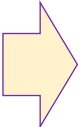
## Normal parametric statistics

Mean	0.0713
LCL1,95% - t statistics	0.051
UCL1,95% - t statistics	0.092
95th Percentile - Z	0.146
UTL95%,95%	0.188
Percent above OEL	4.1%



# 步驟4~進行各SEG之風險評估

- 半定量
- 數學模式推估
- 有測值之風險等級計算
  - 環測
  - 直獨式儀器
  - .....



## □ 說明

利用合適之數學模式，配合現場相關資料之量測，進行計算X95暴露量，再與容許濃度值進行計算，取得風險分級。

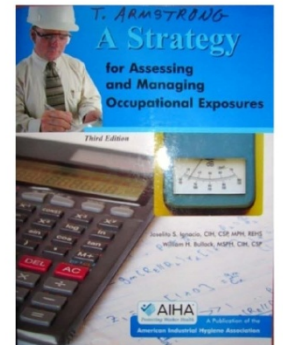
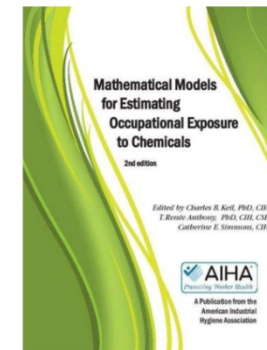
暴露評估技術		內容大綱與特色
定量模式評估	飽和蒸汽壓模式	「最糟狀況」(worst case)假設指某化學品在空氣中的分壓等於其蒸氣壓值，這個模式說明了化學品的空氣中濃度和其在空氣中的飽和濃度相同
	均勻混合模式Well-mixed Model	此模式最基本的假設為空氣中有害物在室內完全均勻分佈，有害物濃度不因位置的不同而有所差異。
	兩區模式Two-zone Model	勞工作業空間被處理成二個接鄰的區帶（即近場/遠場; Near Field/Far Field），近場區帶（簡稱NF）為環繞化合物發生源和欲估計暴露者呼吸區帶的空間，遠場區帶（簡稱遠場, Far Field）為除近場以外的空間。
	Turbulent Eddy Diffusion without Advection	運用此散佈類型的暴露模式需要指定暴露者到發生源的距離，沒有對流的氣流下，在一個距離點發生源固定半徑距離的表面濃度均相等，由於這個對稱關係，暴露者的位置可以以距離發生源多少個半徑長度來表示(單位為m)。另一個對暴露者位置的替代表示為使用笛卡兒座標制(Cartesian coordinate position)，以發生源為原點(0,0,0)，將暴露者的位置表示為(x,y,z)。
	Turbulent Eddy Diffusion with Advection	此散佈類型的暴露模式是在沿著空間的一個方向軸上有對流氣流，如此化合物在氣流方向的移動加疊在擴散作用上，暴露者的位置以對應於以發生源為原點(0,0,0)的座標 (x,y,z)表示。



# 常用數學模式說明

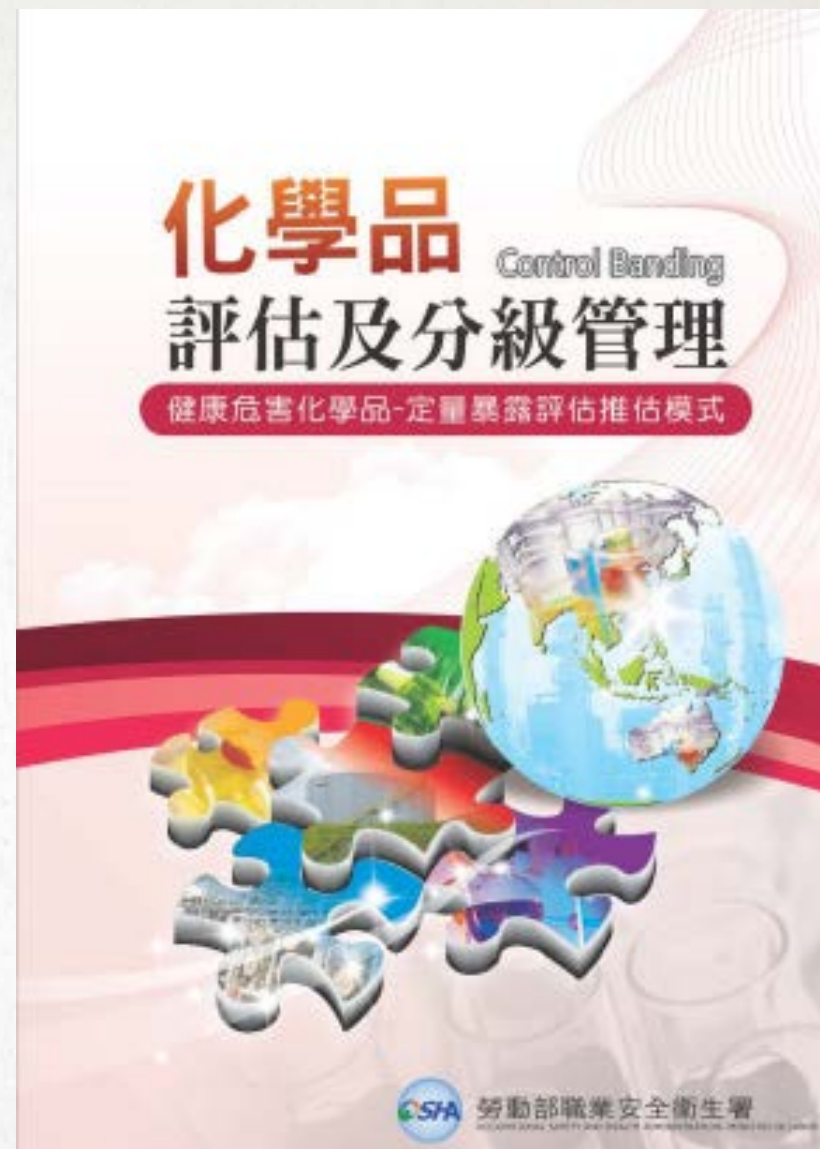
- 作業場所無通風推估模式(Zero ventilation model)
- 飽和蒸氣壓模式 ( Saturation Vapor Pressure Model )
- 完全混合模式 ( Well-mixed Room Model )
- 二暴露區模式(Two-Zone model)
- 擾流渦漩擴散模式(Turbulent Eddy diffusion Model )
- 近場煙流模式 ( Near-field plume Model )

You Should Review Both of These EASC Publications (AIHA Press) to START (or Continue) a Successful Career in Modeling



# 定量模式推估方法

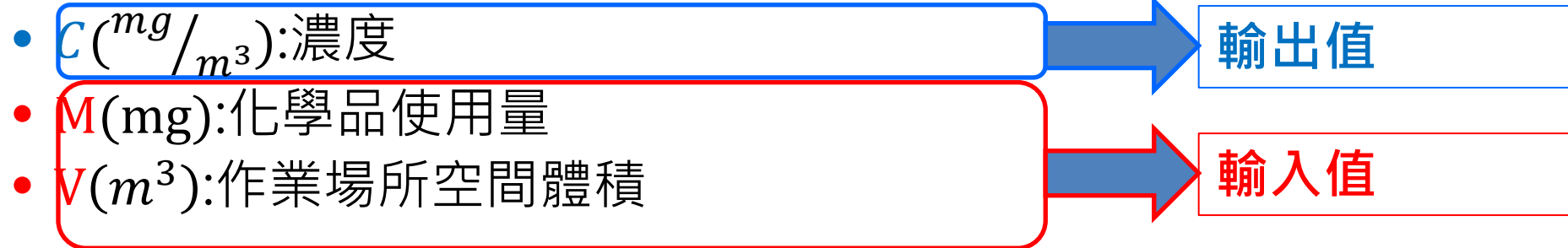
- 可至職安署CCB網站  
(<http://ccb.osha.gov.tw/>)之「下載專區」  
->「訓練教材」頁面下載
- 【專刊】健康危害化學品-定量暴露評估  
推估模式





# 作業場所無通風推估模式(Zero ventilation model)

- 目的
  - 在無通風的作業空間中，推估汙染物逸散至作業場所空氣中之平均濃度值。
- 公式
  - $C(mg/m^3) = M(mg)/V(m^3)$



# 飽和蒸氣壓模式 ( Saturation Vapor Pressure Model )

- 公式

$$-\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 = C \text{ (ppm)}$$

$$-\frac{VP_A}{P_{atm}} \cdot 10^6 \cdot \frac{MW}{24.45} = C \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

- $VP_A$ :化學物質蒸氣壓(mmHg)

- $P_{atm}$ :大氣壓(760mmHg)

- $MW$ :分子量

- $C$ :濃度(ppm)或(mg/m<sup>3</sup>)

輸入值

輸出值

# 飽和蒸氣壓模式

- 補充說明

- 由於飽和蒸氣壓模式，係假設現場為一封閉且無通風換氣之作業環境，廠商應考量廠房實際作業環境及通風條件，將公式計算而來之飽和蒸氣濃度，乘以暴露濃度推估因子(如下表)，使暴露濃度推估值，可更貼近實際現場暴露程度，以評估是否低於法定容許暴露標準。

# 飽和蒸氣壓模式

飽和蒸汽壓模式下，不同環境及通風條件之暴露濃度推估因子

環境及通風條件	暴露濃度推估
局限空間或無通風	飽和蒸氣濃度 $\times 1/10$
通風不良	飽和蒸氣濃度 $\times 1/100$
整體換氣(假設每小時換氣率6次)	飽和蒸氣濃度 $\times 1/1000$
局部排氣	飽和蒸氣濃度 $\times 1/10000$
密閉作業	飽和蒸氣濃度 $\times 1/100000$

# 模式使用時機建議~以印染作業場所為例

定量評估模式	使用建議時機
飽和蒸汽壓模式	無法取得作業現場風速、與化學品逸散速率等參數時，可利用此模式進行概略推估，然需進行作業場所環境及通風條件之調查，以10分法則(rule of ten)之概念，進行現場作業勞工暴露濃度之推估。
均勻混合模式 Well-mixed Model	此模式最基本的假設為空氣中有害物在室內完全均勻分佈，因此建議於通風條件屬於整體換氣之作業空間使用，如印染作業場所中之磅藥區。
兩區模式 Two-zone Model	將空氣濃度之空間變異性納入考量，將空間模擬成兩個接鄰的區帶，可評估接近化學品發生源之個體暴露量。此模式可應用於秤藥作業、漂染加藥作業、檢驗化驗室等皆適合。
擾流渦流擴散模式 Turbulent Eddy Diffusion Model	通常是使用在接近釋放源之處(約2m之內)的暴露程度，這個區域內沒有局部排氣裝置等是被作用，如此才不違反質量守恆關係。如染整作業、染紗作業等。
近場煙流模式 Near-field plume Model	適用於戶外作業環境，如廢水處理區。

作業名稱	作業概述	照片	污染特性
灌裝作業	本作業為苯乙烯成品槽車之灌裝作業，一天約有 70-80 輛槽車		槽車灌裝完畢，管線升起時，會有苯乙烯液體滴漏，而造成苯乙烯的暴露。
QC 取樣作業	本作業為儲槽溶劑之 QC 取樣作業，待品管室分析合格後才可使用。執行人員為公用區工作人員，取樣時間為每日早上 7 點及晚上 7 點，取樣儲槽為 303A~C 共四個。		取樣時為非密閉系統，易造成溶劑之揮發、逸散。
空 Pump 檢修排	本作業為 Pump 檢修前，將內部殘留的物質排出之作業。		Pump 內排出之物質，只有以桶子盛接，易造成溶劑揮發。

## Transfer Operation

- This equation is suitable for any transfer operations like tank car loading and drumming.

– Equation to predict Inhalation Exposure

$$C_{ppm} = \frac{(1.67 \times 10^4)(VP V f r)}{QK}$$

- $C_{ppm}$  = airborne concentration at equilibrium, ppm
- $VP$  = vapor pressure, atm
- $V$  = volume of container,  $m^3$
- $f$  = saturation factor, dimensionless
- $Q$  = ventilation rate,  $m^3/min$
- $K$  = mixing factor, dimensionless

## Open surface Operation

- This equation may be used for processes like furniture stripping in a dip or immersion tank, degreasing and cleaning of metal parts.

$$C_{eq} = \frac{(720)VP[1/MW + 1/29]^{0.25} A}{MW^{0.165} Qk \Delta x^{0.25}}$$

- $C_{eq}$  = airborne concentration at equilibrium, ppm
- $VP$  = vapor pressure, atm
- $MW$  = molecular weight, g/g-mole
- $A$  = area,  $cm^2$
- $Q$  = ventilation rate,  $m^3/min$
- $K$  = mixing factor, dimensionless
- $\Delta x$  = pool length in the direction of air flow, cm

## Estimating worker exposures to liquid pool evaporation or boiling (1)

- Released liquids are assumed to form a pool from which chemicals are released into the atmosphere.
- This equation is used to estimate the vaporization rate of volatile from an open vessel.

$$Q_m = \frac{MKAP_{sat}}{R_g T_L}$$

- $Q_m$  = evaporation rate (kg/s)
- $M$  = molecular weight of contaminant (kg/kg-mole)
- $K$  = mass transfer coefficient (m/s)
- $A$  = area of exposure or liquid pool ( $m^2$ )
- $P_{sat}$  = saturated vapour pressure of the liquid (Pa or N/ $m^2$ )
- $R_g$  = ideal gas constant (8.314 Pa  $m^3/mol$  K)
- $T_L$  = temperature of liquid (K)

### Near and mid field plume models (steady state models)

More details in this model : refer to Chapter 16

#### Aim

Estimate order of magnitude contaminant concentration downwind for a low pressure release on the plume centerline in outdoor conditions.

The near field equation was developed for distances up to 3 meters. The mid-field form is for distances between 3 and 100 meters.

#### Assumptions and limitations

- Incorporates Pasquill-Gifford dispersion coefficients for moderate atmospheric stability into the exponent on  $r$ .
- No plume rise or loss mechanism.
- Gives centerline plume concentrations at steady state.

#### Parameters

$G$  : emission rate, mg/min  
 $U$  : wind velocity, meters/second  
 $r$  : distance from source to breathing zone, meters

$$C_{near} = \frac{0.1225 \cdot G}{(r^{1.84}) \cdot U}$$

$$C_{mid} = \frac{0.0502 \cdot G}{(r^{1.81}) \cdot U}$$

# 小結

- 由保守假設之模式著手
- 當模擬結果超過OEL時，就需要較複雜的模式
  - 若模式未達預期成效之處理方式：
    - 發展更好的模式（不易達成）
    - 執行有代表性的空氣採樣。（較常為人們使用之方法）

## HOW DO WE ESTIMATE THE 95<sup>TH</sup> PERCENTILE FROM MODEL RESULTS?

- This is a GOOD question, one just recently asked.
- Research on this needs to be done.
- For now:
  - If you have estimates of the parameter distributions, it is easy to get the 95<sup>th</sup> percentile from Monte Carlo simulation results
  - Lacking that, use the “rule of thumb” 2 to 4 times the mean and assume the model results are a mean



# 模式推估範例-暴露濃度 for PM作業

- The two-zone model: Near Field Far Field constant mass emission

$$C_{NF}(t) = \frac{G}{Q} + \frac{G}{\beta} + G \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 \cdot t) - G \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 \cdot t)$$

$$C_{FF}(t) = \frac{G}{Q} + G \left( \frac{\lambda_1 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 t) - G \left( \frac{\lambda_2 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t)$$

$$\lambda_1 = 0.5 \left[ - \left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) + \sqrt{\left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left( \frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\lambda_2 = 0.5 \left[ - \left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) - \sqrt{\left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left( \frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot FSA \cdot S$$

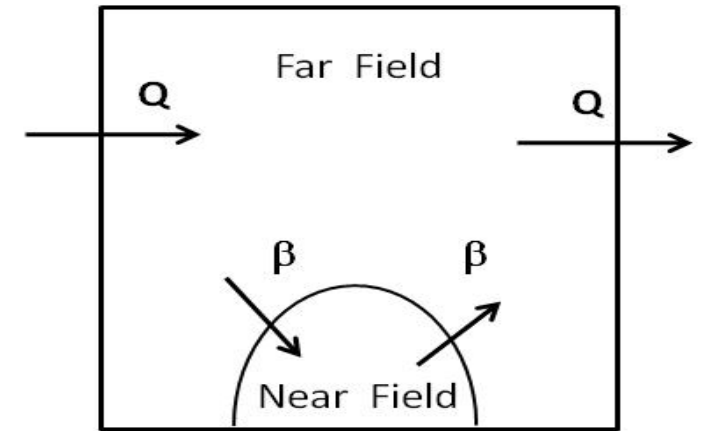
Q : ventilation rate

$\beta$  : exchange rate between zones =  $1/2 \times FSA \times S$ ,  
where FSA = free surface area of the near field geometry

G : emission rate

$V_{nf}$  : near field volume (defined by the model user)

$V_{ff}$  : far field volume = work space volume minus the near field volume



# 需收集的資料

- 化學品基本資料

- 化學品使用情形

- 化學品1

- 操作量

- 操作方式

- 化學品2

- 操作量

- 操作方式

- .....

- 所有化學品之SDS提供

- 現場暴露資料

- 使用之化學品容器之開口面積(A)(m<sup>2</sup>)

- PM作業時間(T)(mins)

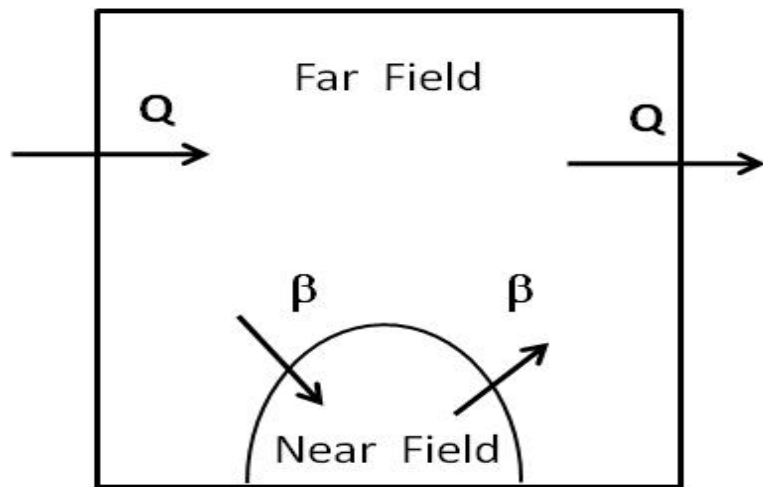
- 作業人員近場/遠場空間(V)(m<sup>3</sup>)

- 近場/遠場之間之風速(v)(m/s)

- 作業場所風速(v)(m/s)(近場)

- 作業場所換氣量(Q)(遠場)

- 作業場所風速(v)(m/s)(遠場)



$V_{NF}$	FSA	項次	區域	風速(m/s)	$\beta$
0.883125	3.5325	1	右側	0.3	0.529875
		2	上方	0.39	0.688838
		3	右下	0.36	0.63585
		4	下方	0.2	0.35325
		5	左側	0.19	0.335588
		6	左下	0.28	0.49455
		7	身體前方	0.29	0.512213
		8	身體後方	0.28	0.49455
		9	頭部前方	0.51	0.900788

$$C_{NF}(t) = \frac{G}{Q} + \frac{G}{\beta} + G \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 \cdot t) - G \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_{NF}(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NF}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 \cdot t)$$

$$C_{FF}(t) = \frac{G}{Q} + G \left( \frac{\lambda_1 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 t) - G \left( \frac{\lambda_2 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left( \frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_N(\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_N(\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t)$$

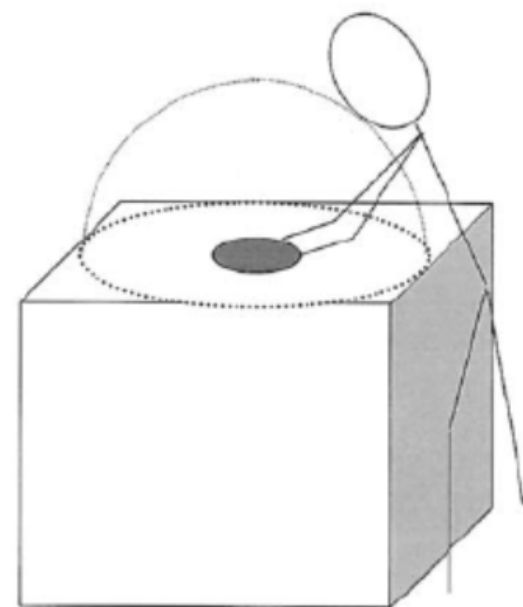
$$\lambda_1 = 0.5 \left[ - \left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) + \sqrt{\left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left( \frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\lambda_2 = 0.5 \left[ - \left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right) - \sqrt{\left( \frac{\beta \cdot V_F + V_N(\beta + Q)}{V_N \cdot V_F} \right)^2 - 4 \left( \frac{\beta \cdot Q}{V_N \cdot V_F} \right)} \right]$$

and where:

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot FSA \cdot S$$

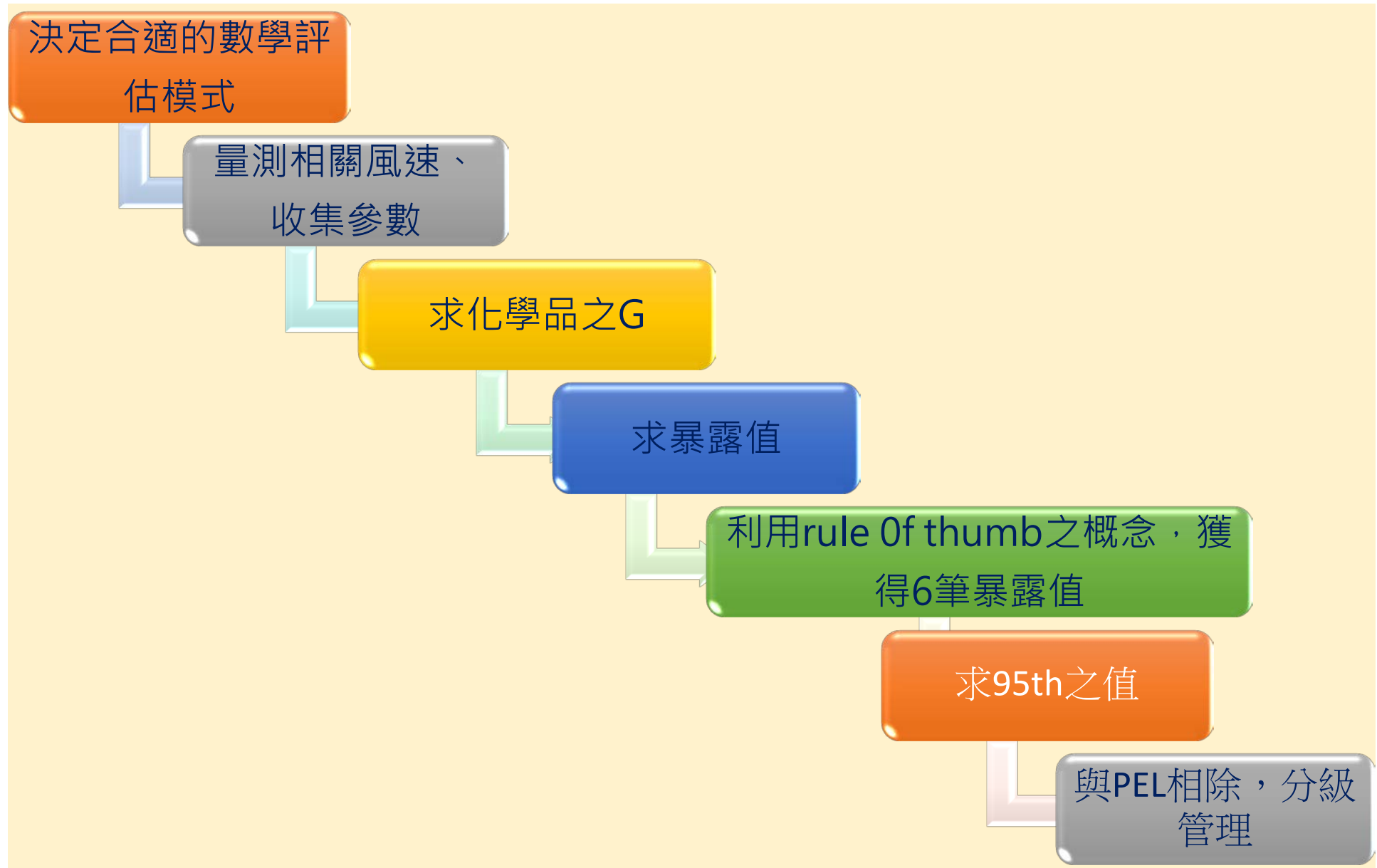


# 評估結果(實例)

級數說明	暴露風險分級
X95 < 0.001PEL	0
0.001PEL ≤ X95 < 0.01PEL	1
0.01PEL ≤ X95 < 0.05PEL	2
0.05PEL ≤ X95 < 0.1 PEL	3
X95 ≥ 0.1 PEL	4

SDSNo	SDS Name	組成	PEL ppm	評估方法	蒸氣 壓	分子量	C(mg/m3) AM est	C(mg/m3) 95th Percentile/PEL	C(ppm)	95th Percentile/PEL	級數
01-007	EBR(PGMEA)	丙二醇單甲醚(propylene glycol monomethyl ether,PGME)	100	定量模式	10.9	90	0.749	1.29	0.35045	0.0035045	1
03-071	辛烷(n-Octane)	辛烷(n-Octane)	300	定量模式	10.45	114.23	0.088	0.151	0.03232	0.00010773	0
04-001	DUV42P Family	丙二醇甲醚1-Methoxy-2-propanol PGME (Propylene glycol monomethy1 ether)	100	定量模式	10.9	90	0.074	0.128	0.034773	0.00034773	0
		丙二醇甲醚醋酸酯 2-(1-Methoxy)propy1 acetate PGMEA (Propylene glycol monomethy1 ether acetate)	100	定量模式	3.8	132.16	0.044	0.076	0.01406	0.0001406	0

# 步驟4~進行各SEG之定量風險評估~流程總整



# 步驟5~產出分級管理清單

## 作業場所具有健康危害之化學品分級管理清單

具有健康危害之化學品分級管理清單										
化學品名稱				暴露情形			是否定 有容許 暴露標 準？	是否應 實施作 業環境 監測？	風險 等級	評估 方法
中 文	英 文	CAS	危害 分類	作業場 所名稱	勞工 人數	使用 量				

# 執行範例

- 所有製程所使用化學品風險減緩或控制措施建議一覽

項次	使用區域	作業型態描述	使用化學品名稱	半定量			定量		風險減緩控制措施建議
				危害分級	暴露等級	暴露控制表單選取建議	風險等級		
							無環測	有環測	
1	1F黃光區	生產製程	丙酮(工業級)	A			1		保持例行性評估
			異丙醇(工業級)	A			1		保持例行性評估
			過硫酸銨	E	4	管理方法4			局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用、實施環境監測或利用直讀式儀器確認
			蝕刻液	C	3	管理方法3			個人防護具提供，保持例行性評估
			磷酸	C			1		保持例行性評估
			硫酸	D				1	保持例行性評估
			鹽酸	C	4	管理方法4			局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用、實施環境監測或利用直讀式儀器確認
			淨化硫酸銅	E	4	管理方法4			局部排氣使用或既有局部排氣效能檢查、個人防護具使用、實施環境監測或利用直讀式儀器確認

~The End~

Question?