

危害性化學品評估及分級管理

常見缺失、暴露評估概念、技術運用實務

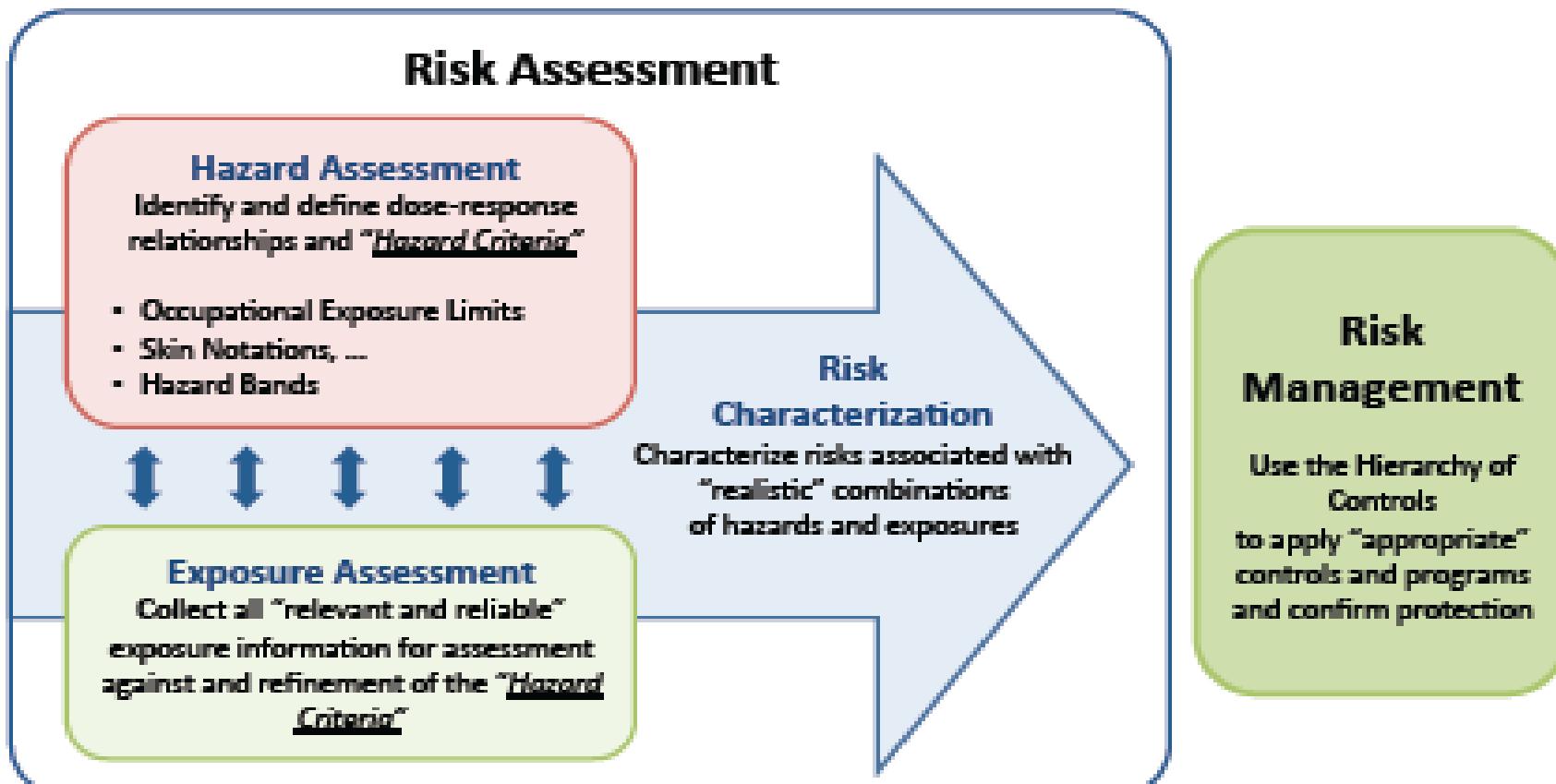
王櫻芳

中山醫學大學 職業安全衛生學系

04-24730022*12118

yfwang@csmu.edu.tw

The IH Decision-making Framework and Process



Exposure Assessment vs. Risk Assessment

For the industrial hygienist, exposure assessment and risk assessment are inextricably mixed such that they cannot be reasonably separated. Consider the following relationship between health risk and exposure:

$$\text{Health Risk} = (\text{Exposure})(\text{Toxicity})$$

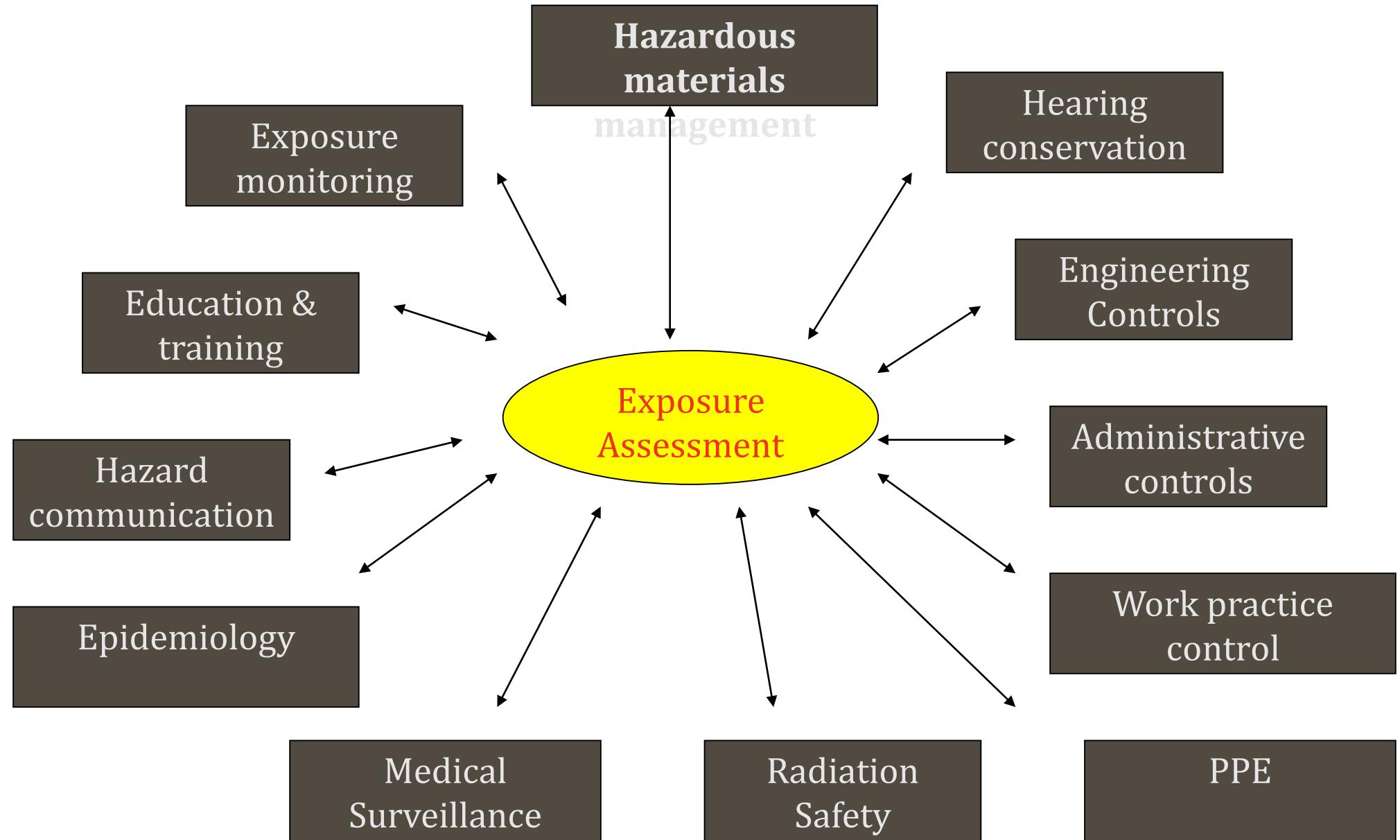
In the world of industrial hygiene, evaluation of exposure is fully half the assessment of health risk. The other half is evaluation of the health effects per unit exposure, or the toxicity of the agent to which the worker is exposed. Thus, any exposure in an industrial hygiene sense is only meaningful in its relationship to the health effects the exposure might cause.

This book will not go into detail on the evaluation of agent toxicity. It is mentioned here, however, to highlight the important connection and interaction between the toxicity and the exposure in eventually determining the health risk.

The industrial hygienist's ultimate goal is to provide reasonable assurance of worker health. In this regard, what one does about risk is called risk management. Control of health hazards can be considered a risk management function. Here again, there is interaction with risk assessment in that good risk management is almost always predicated on good risk assessment, which in turn is driven by the quality of the industrial hygienist's exposure assessments.⁽⁴⁻⁶⁾

Health Risk = (Exposure)(Toxicity)

A Strategy for
Assessing and Managing
Occupational Exposures



健康與暴露危害風險評估

(HEALTH AND EXPOSURE RISK ASSESSMENT)

- 健康危害風險評估 (Health risk assessment)
- 暴露危害風險評估 (Exposure risk Assessment)

健康危害風險評估

- Health risk assessment
 - Critical work of industrial hygienists (i.e., IHst)
 - The essence of health risk assessment:
 - Exposure
 - Health effect
- Health Risk = f (exposure, **health effect/exposure**)
- Stock-in-trade
 - Toxicologist and Epidemiologist: **health effect/exposure**
 - IHst: exposure

暴露危害風險評估

- Exposure risk assessment
 - Exposure
 - Exposure limit
- Exposure risk = f (Exposure/Exposure limit)

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

具健康危害化學品

- CNS15030化學品分類及標示

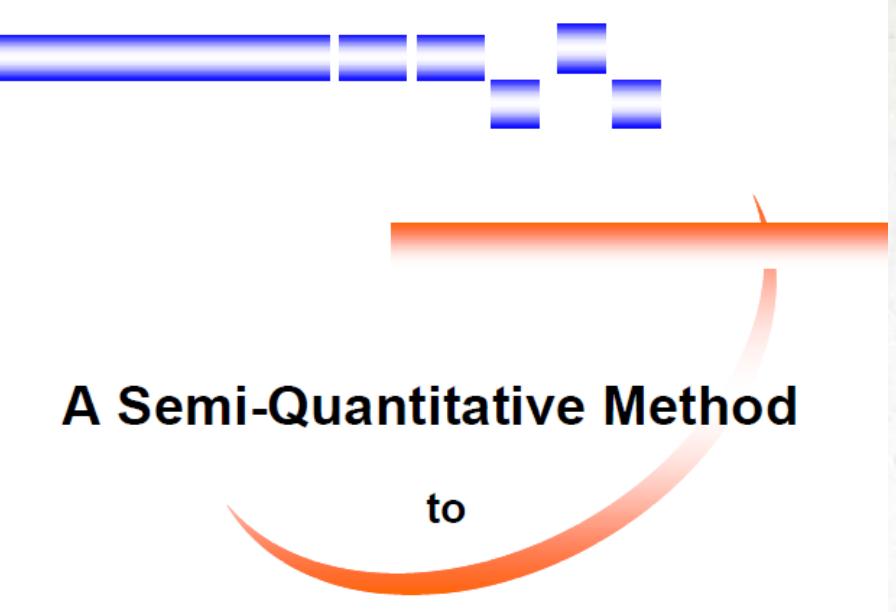
健康危害	17	急毒性物質 (Acute toxicity)	CNS 15030-17
	18	腐蝕/刺激皮膚物質 (Skin corrosion/irritation)	CNS 15030-18
	19	嚴重損傷/刺激眼睛物質 (Serious eye damage/eye irritation)	CNS 15030-19
	20	呼吸道或皮膚過敏物質 (Respiratory or skin sensitization)	CNS 15030-20
	21	生殖細胞致突變性物質 (Germ cell mutagenicity)	CNS 15030-21
	22	致癌物質 (Carcinogenicity)	CNS 15030-22
	23	生殖毒性物質 (Reproductive toxicity)	CNS 15030-23
	24	特定標的器官系統毒性物質～單一暴露 (Specific target organ systemic toxicity - Single exposure)	CNS 15030-24
	25	特定標的器官系統毒性物質～重複暴露 (Specific target organ systemic toxicity - Repeated exposure)	CNS 15030-25
	26	吸入性危害物質 (Aspiration hazard)	CNS 15030-26



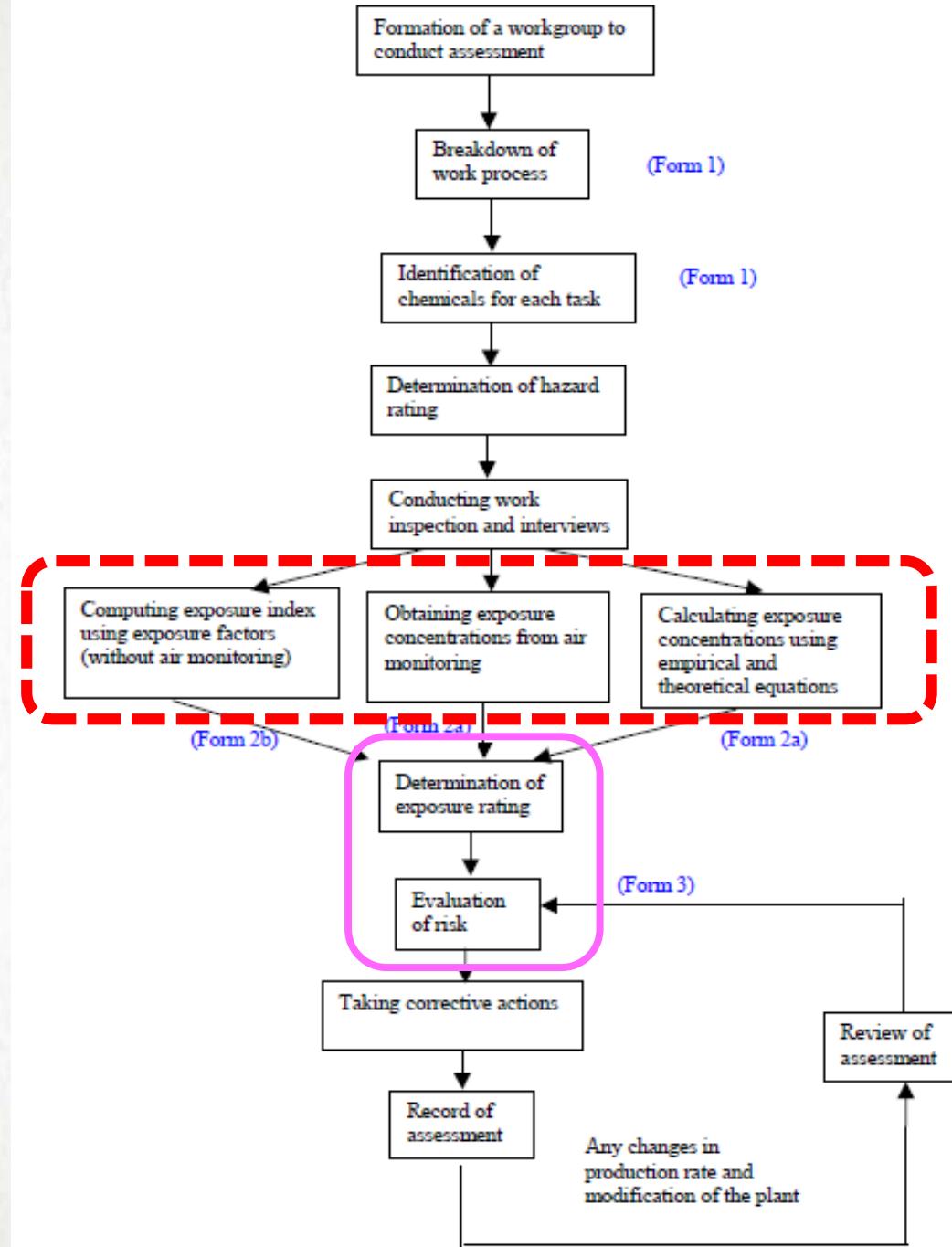
危害性化學品評估及分級管理辦法

第2條

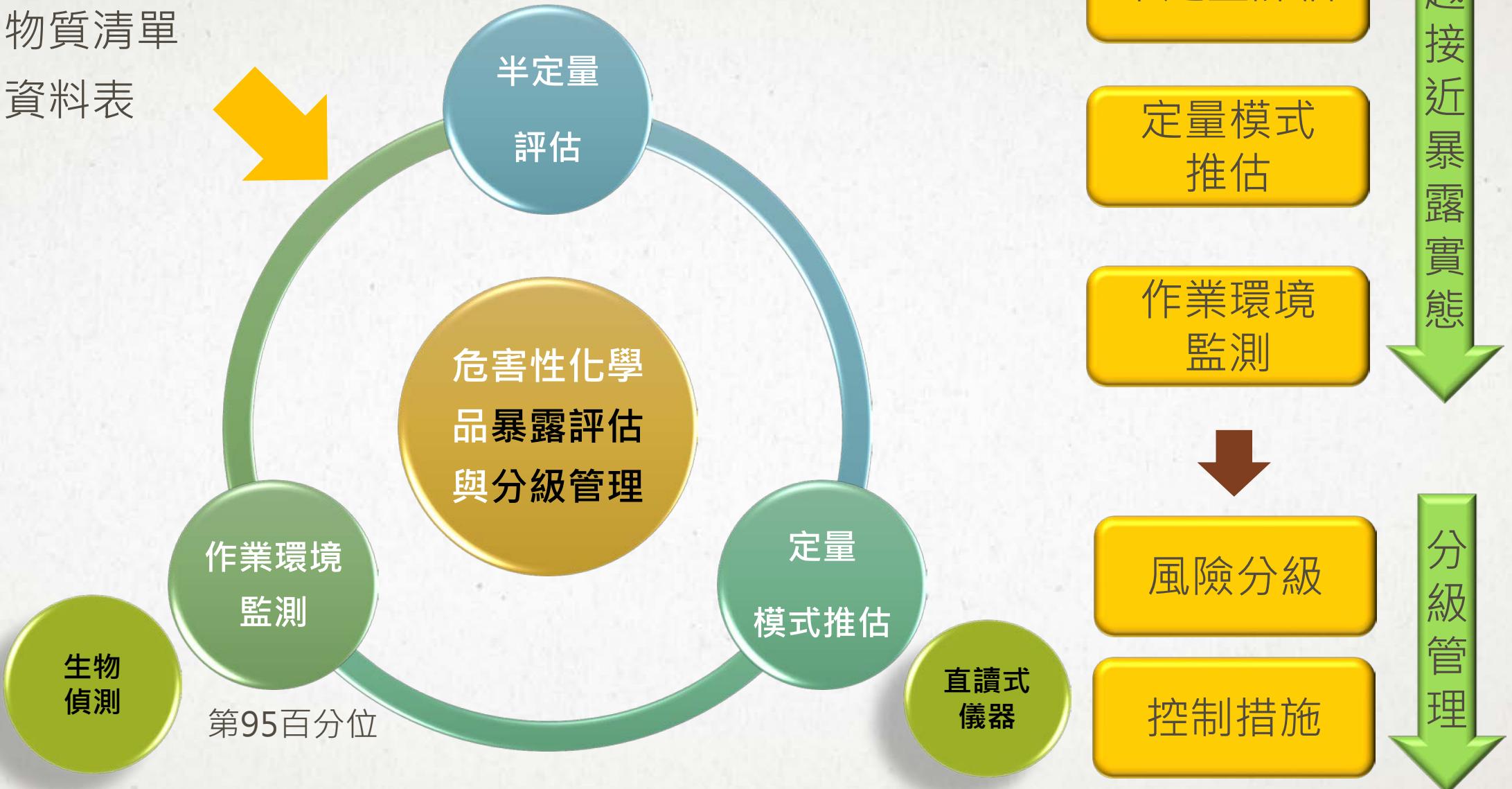
- 暴露評估：指以**定性、半定量或定量**之方法，評量或估算勞工暴露於化學品之健康危害情形
- 分級管理：依化學品健康危害及**暴露評估結果**評定風險等級，並**分級採取對應之控制或管理措施**



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



- ★ 相似暴露群
 - ★ 危害物質清單
 - ★ 安全資料表



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41

Exposure toxicity

an exposure health risk assessment

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

級管理辦法
危害性化學品評估及分

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。

級管理辦法
危害性化學品評估級分

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。

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

級管理辦法
危害性化學品評估及分

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

$$\text{Exposure risk} = f(\text{Exposure}/\text{Exposure limit})$$

第8條

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

級管理辦法
危害性化學品評估級分

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。

$$\text{Exposure risk} = f(\text{Exposure}/\text{Exposure limit})$$

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。

職安法

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

Exposure toxicity

Health Risk

危評法

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

Exposure toxicity

危評法

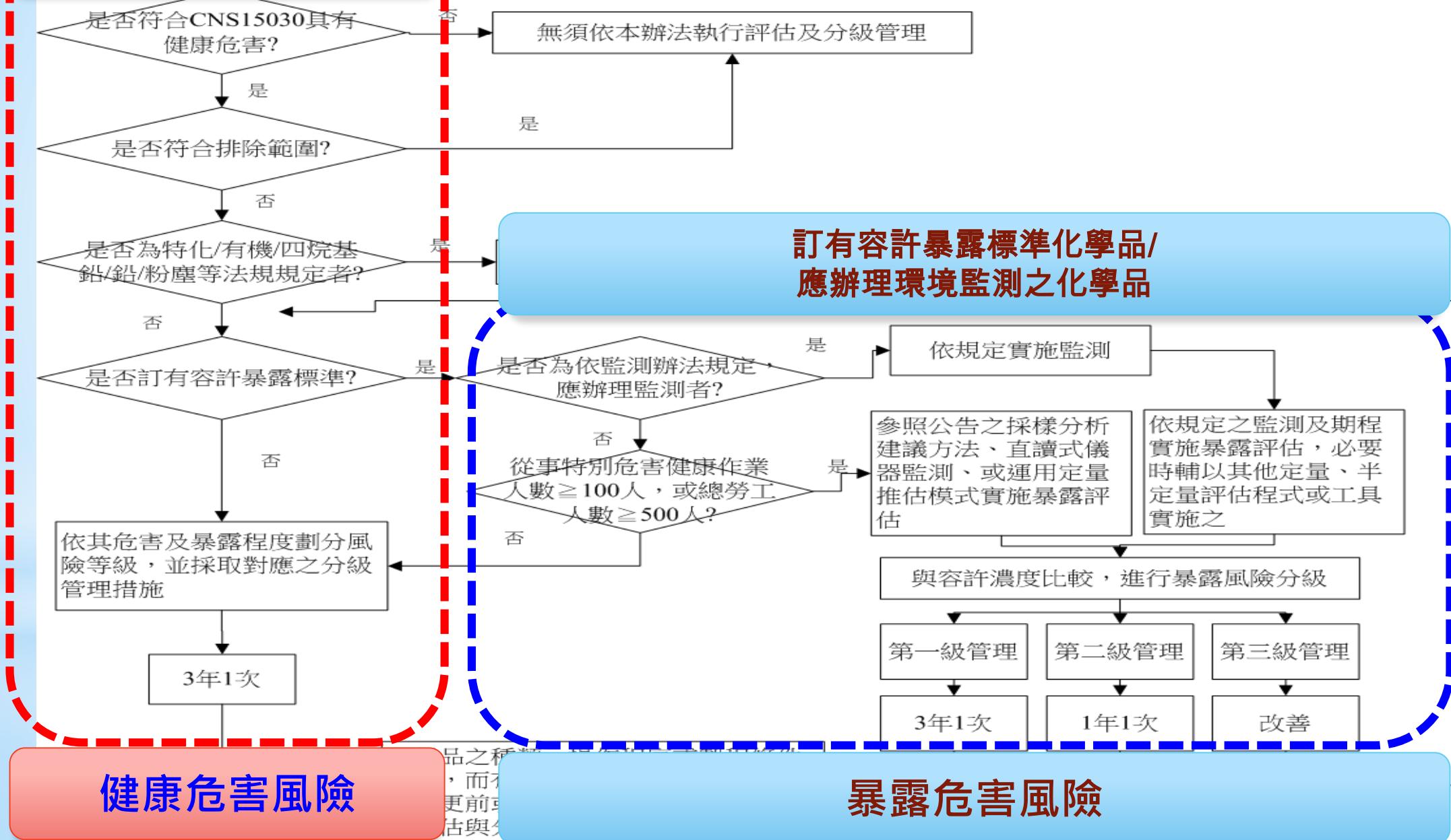
第8條

- 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。

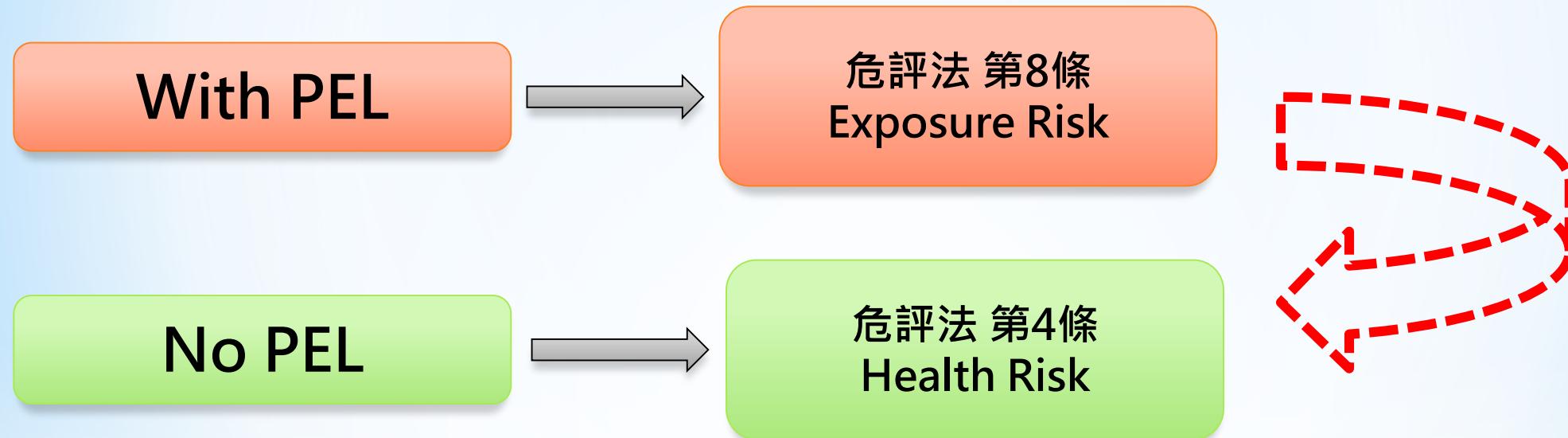
- 雇主應就前項暴露評估結果，依下列規定，定期實施評估：
 - 一、暴露濃度低於容許暴露標準二分之一之者，至少每三年評估一次。
 - 二、暴露濃度低於容許暴露標準但高於或等於其二分之一者，至少每年評估一次。
 - 三、暴露濃度高於或等於容許暴露標準者，至少每三個月評估一次。

Exposure Risk

CNS 15030具有健康危害化學品



Question :

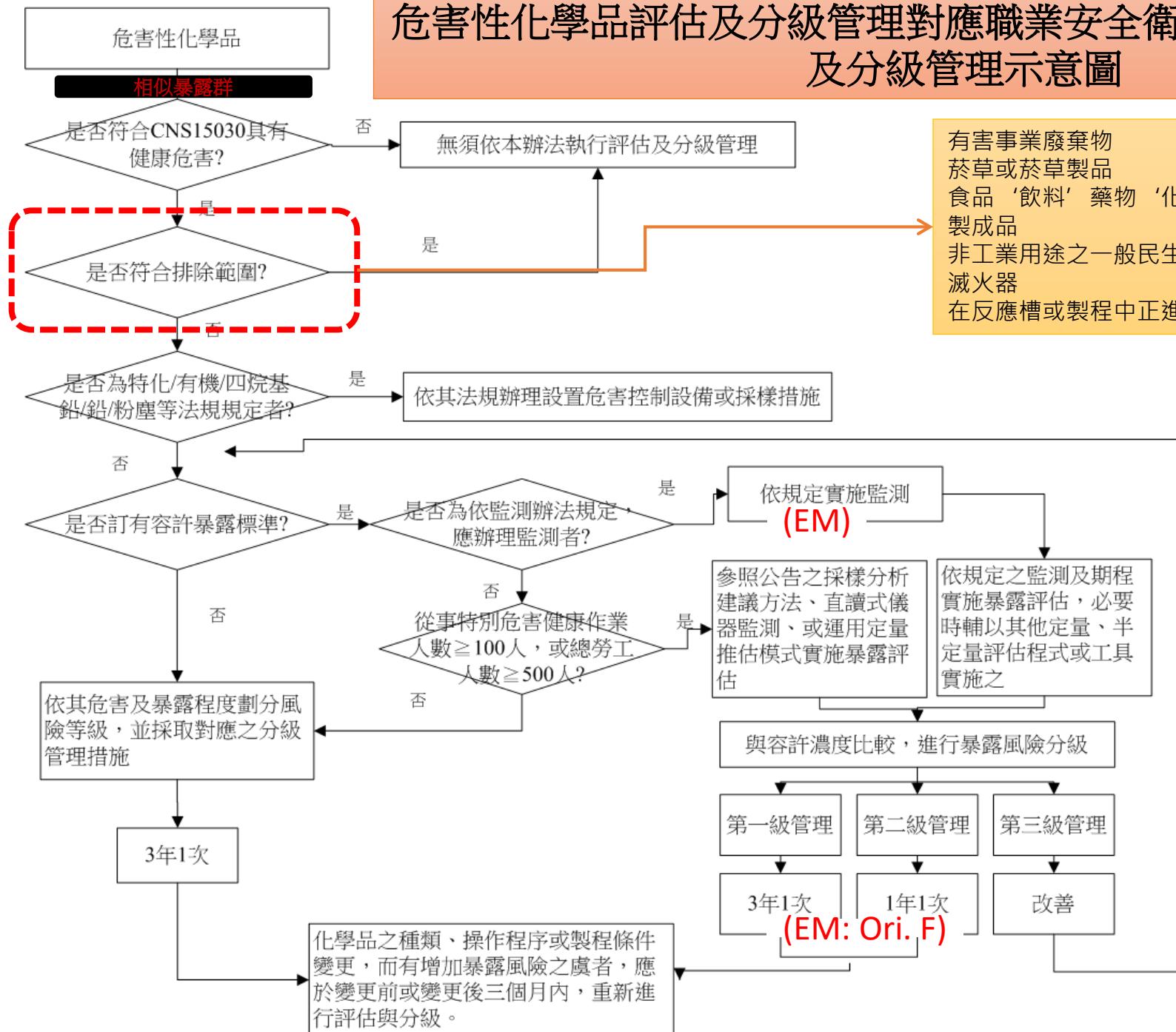


有PEL之化學品，在目前的法規設計下，完成第8條 Exposure Risk後，是否仍須符合第4條之規範 Health Risk?

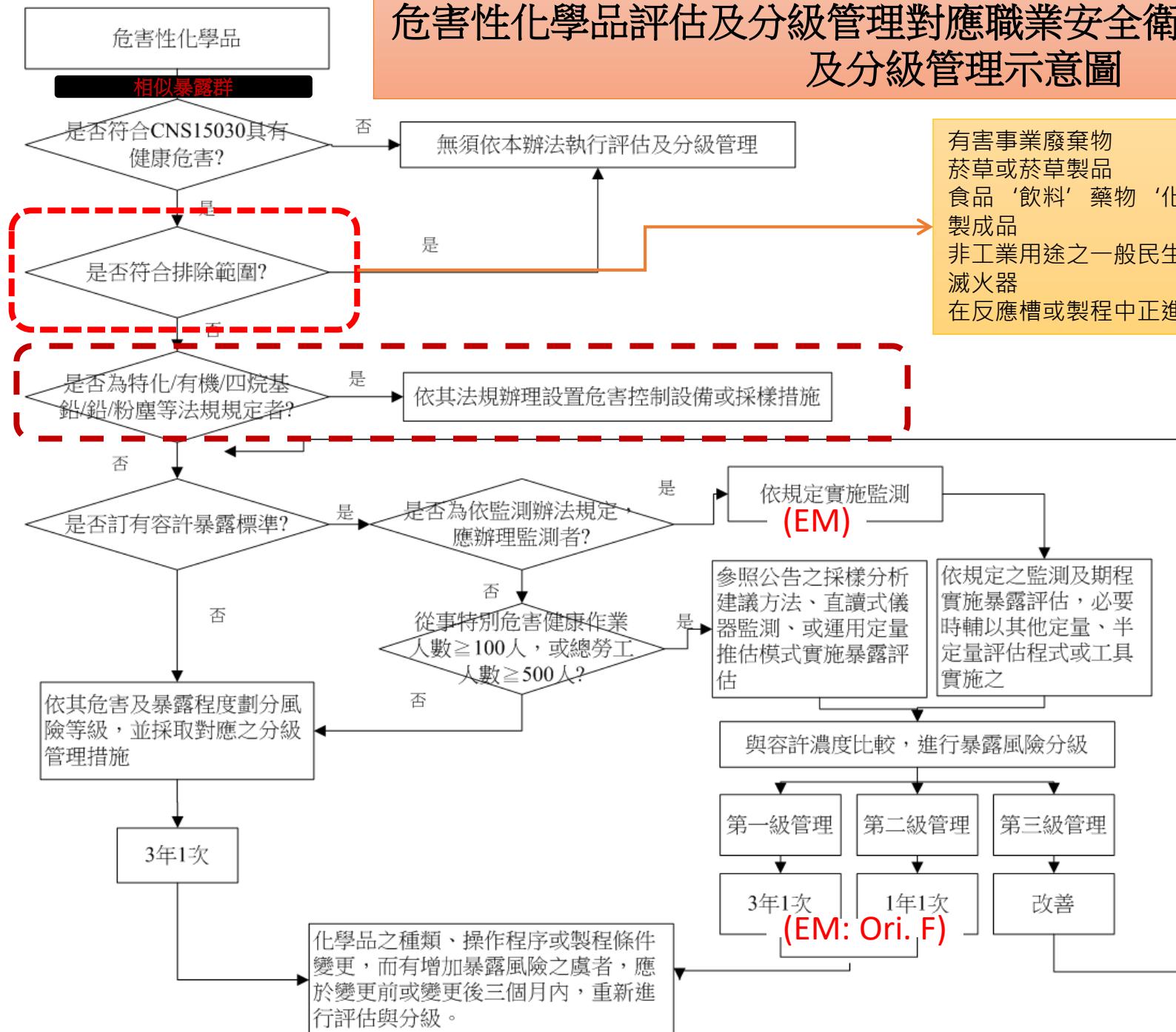
化學品

- CNS 15030具有健康危害化學品 (CCB chemicals)
- 訂有容許暴露標準化學品 (Modeling chemicals)
- 應辦理環境監測之化學品 (EM chemicals)

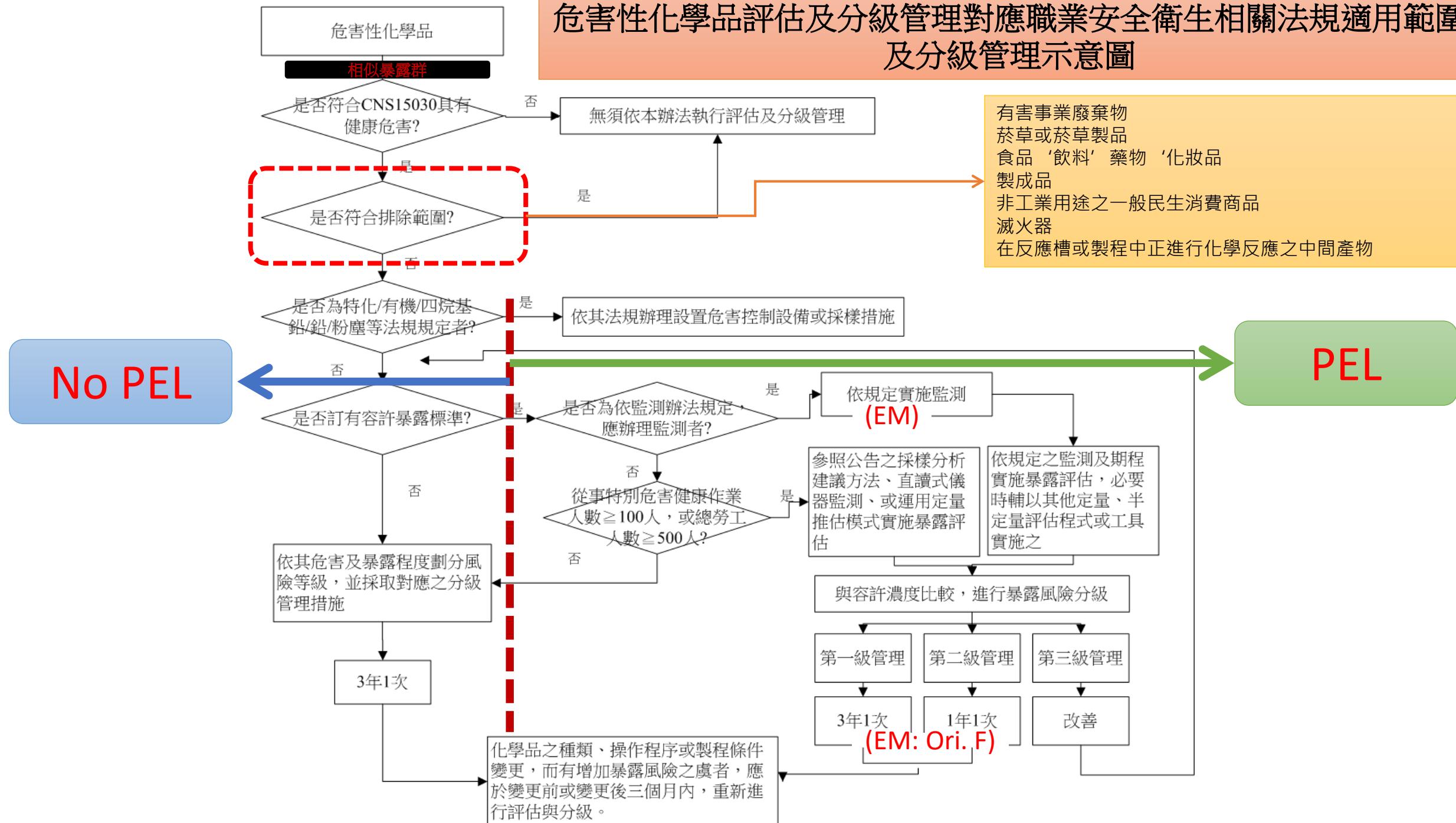
危害性化學品評估及分級管理對應職業安全衛生相關法規適用範圍及分級管理示意圖



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



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



目前執行現況

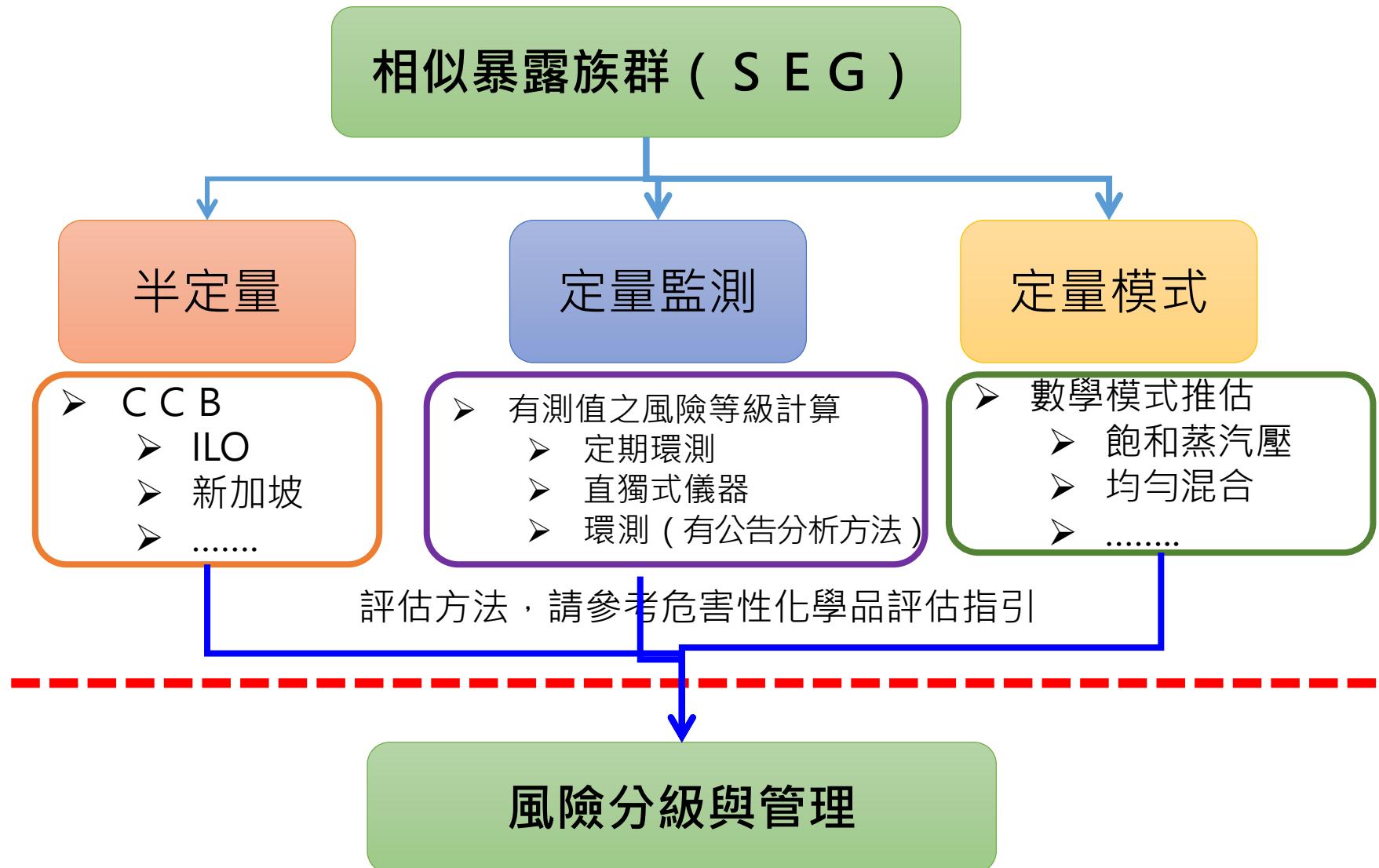
- CCB
 - 未分級管理
 - 分級 (No SEG)未管理
 - 分級 (SEG based)未管理
 - 分級 (SEG based)管理
- Modeling
 - 未定量分級管理
 - 定量分級(No SEG)未管理
 - 定量分級(SEG based)未管理
 - 定量分級(SEG based)管理
- EM
 - 未定量分級管理
 - 定量分級(No SEG)未管理
 - 定量分級(SEG based)管理
 - 定量分級(SEG based, No 輔助工具)未管理
 - 定量分級(SEG based, No 輔助工具)管理
 - 定量分級(SEG based, 輔助工具)未管理
 - 定量分級(SEG based, 輔助工具)未管理

重要概念！

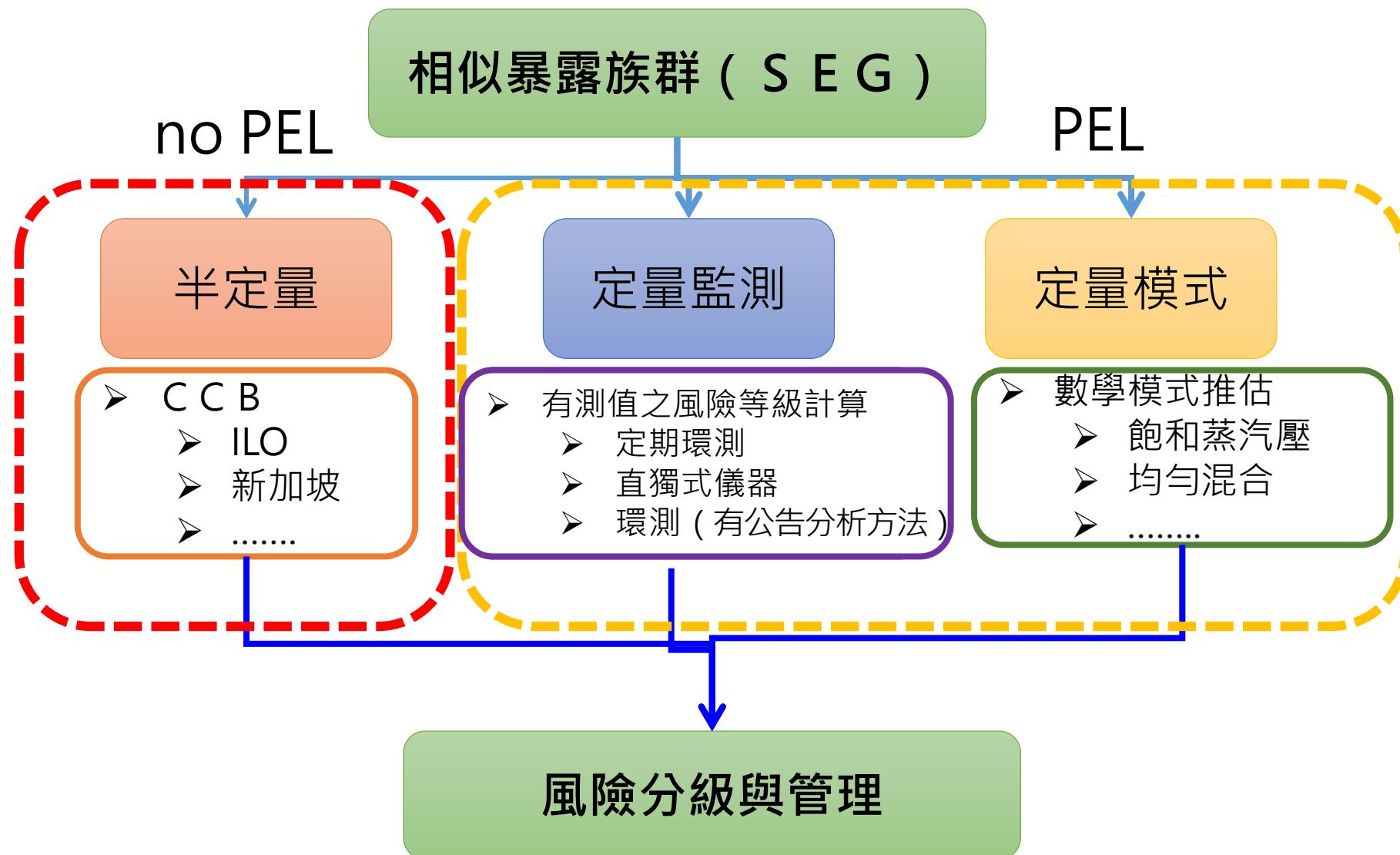
化學品

- CNS 15030具有健康危害化學品 (CCB chemicals)
- 訂有容許暴露標準化學品 (Modeling chemicals)
- 應辦理環境監測之化學品 (EM chemicals)

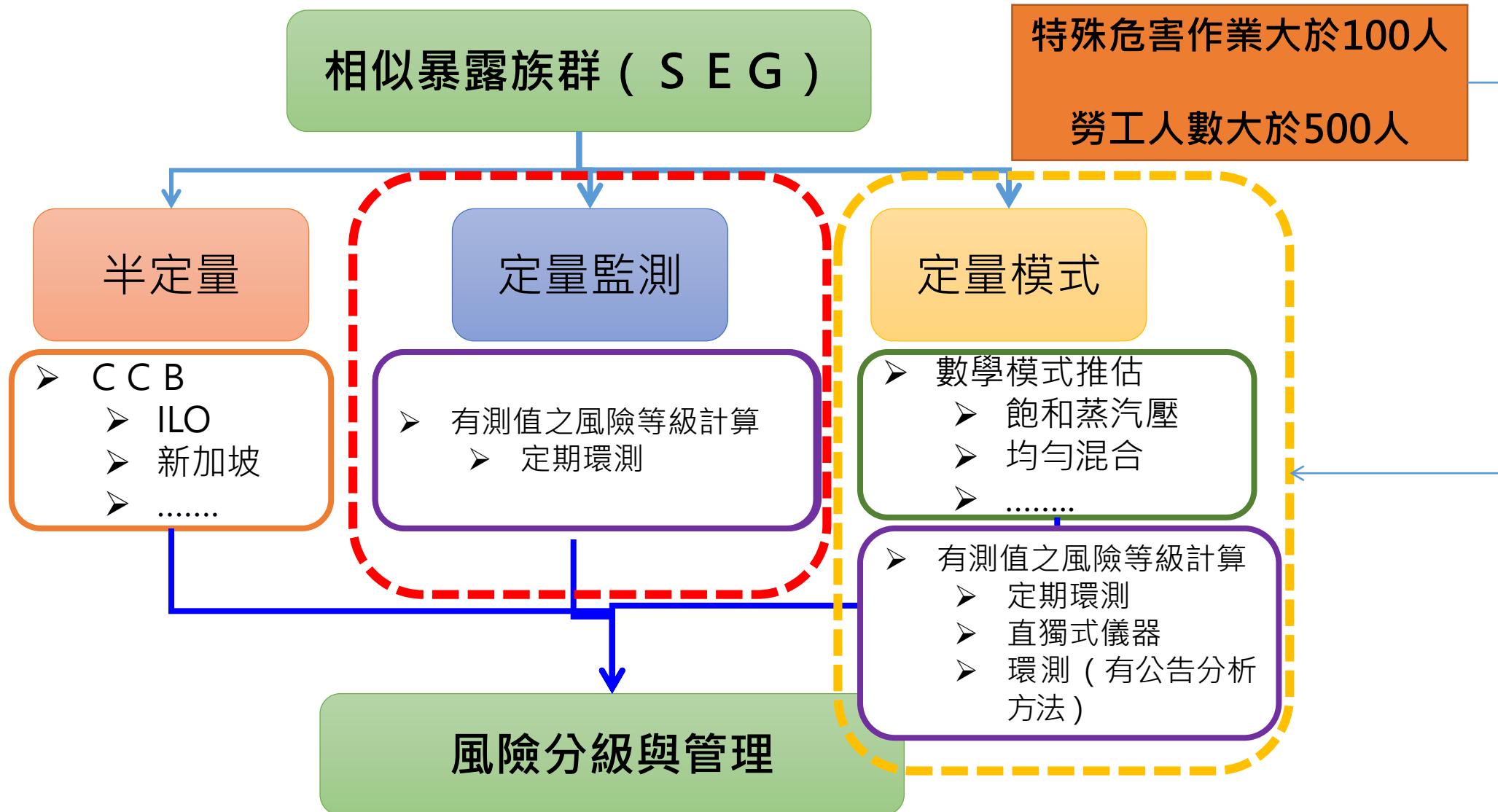
概念1~整合性暴露評估



概念1~整合性暴露評估



概念1~整合性暴露評估

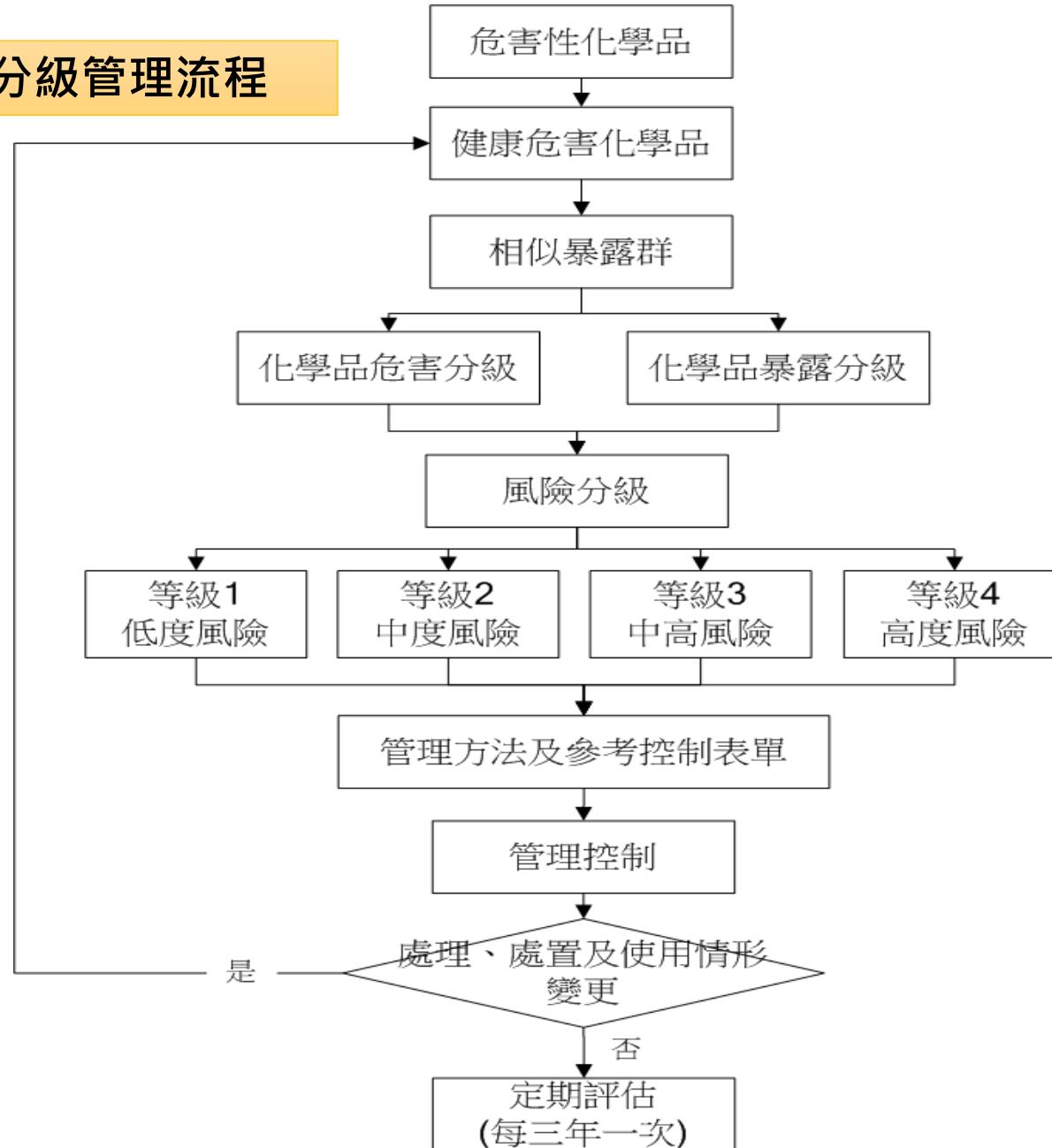


該做哪些？怎麼做？

- 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

具有健康危害之化學品分級管理流程

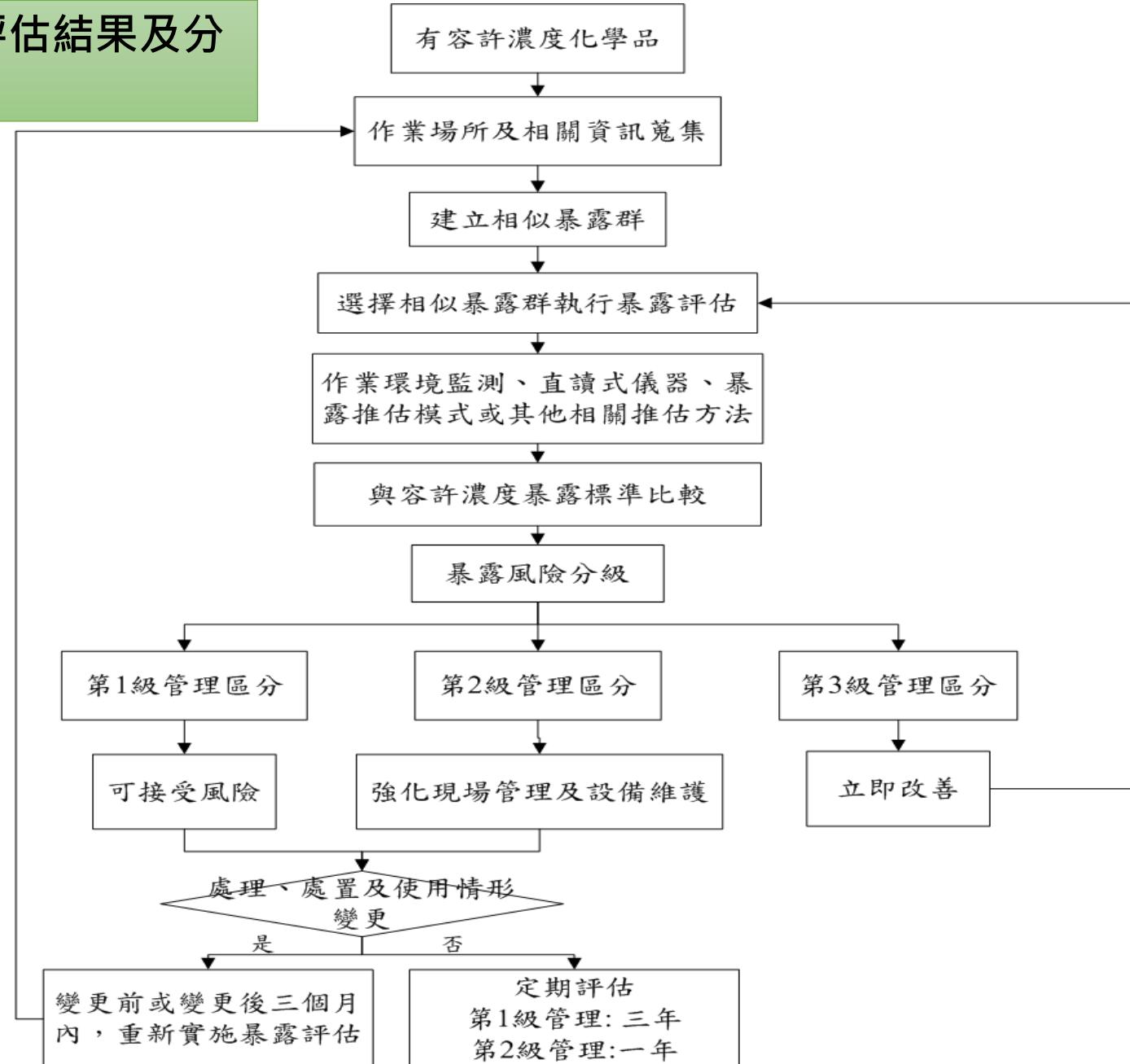
半定量



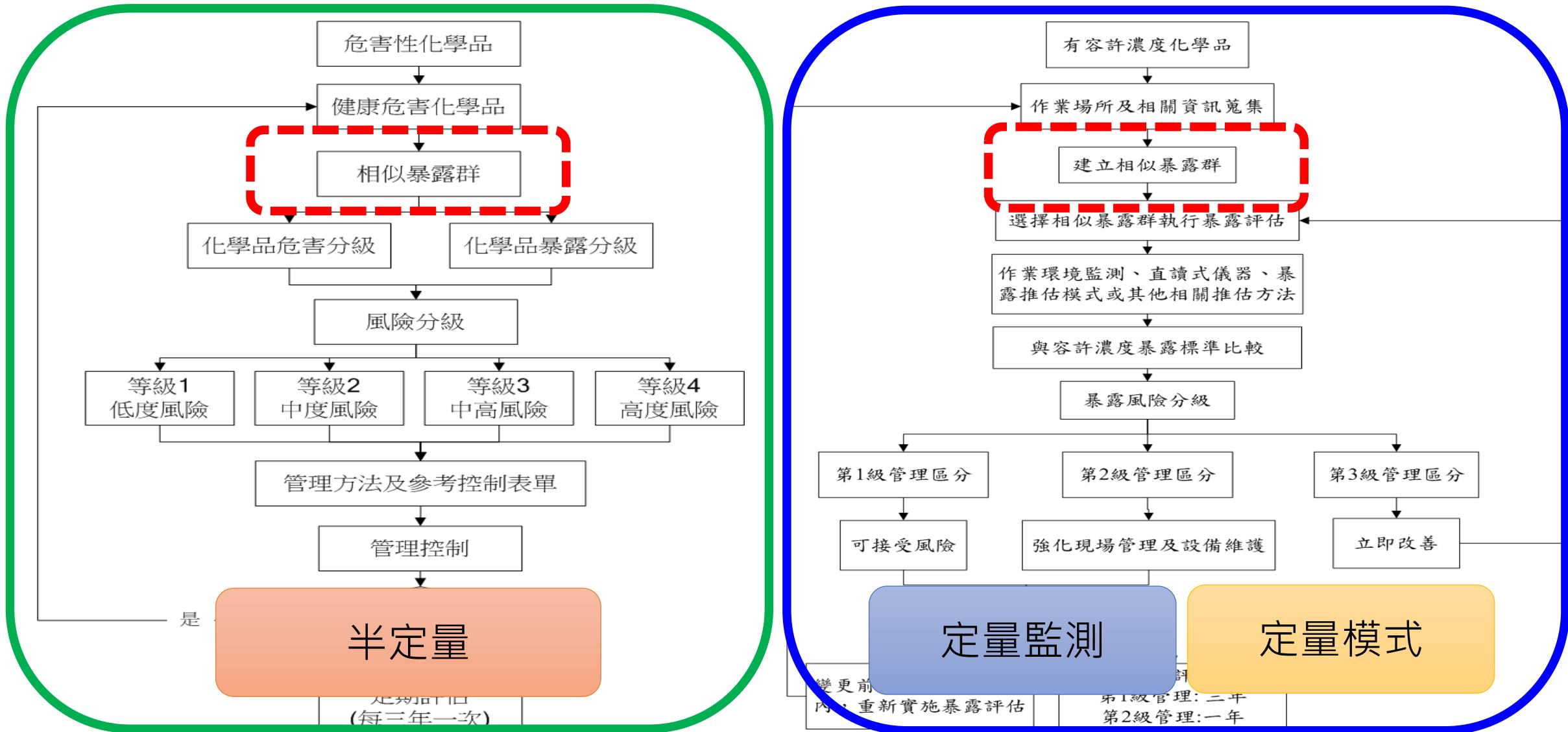
定有容許暴露標準之化學品評估結果及分級管理流程

定量監測

定量模式



概念2~相似暴露群(SEG)

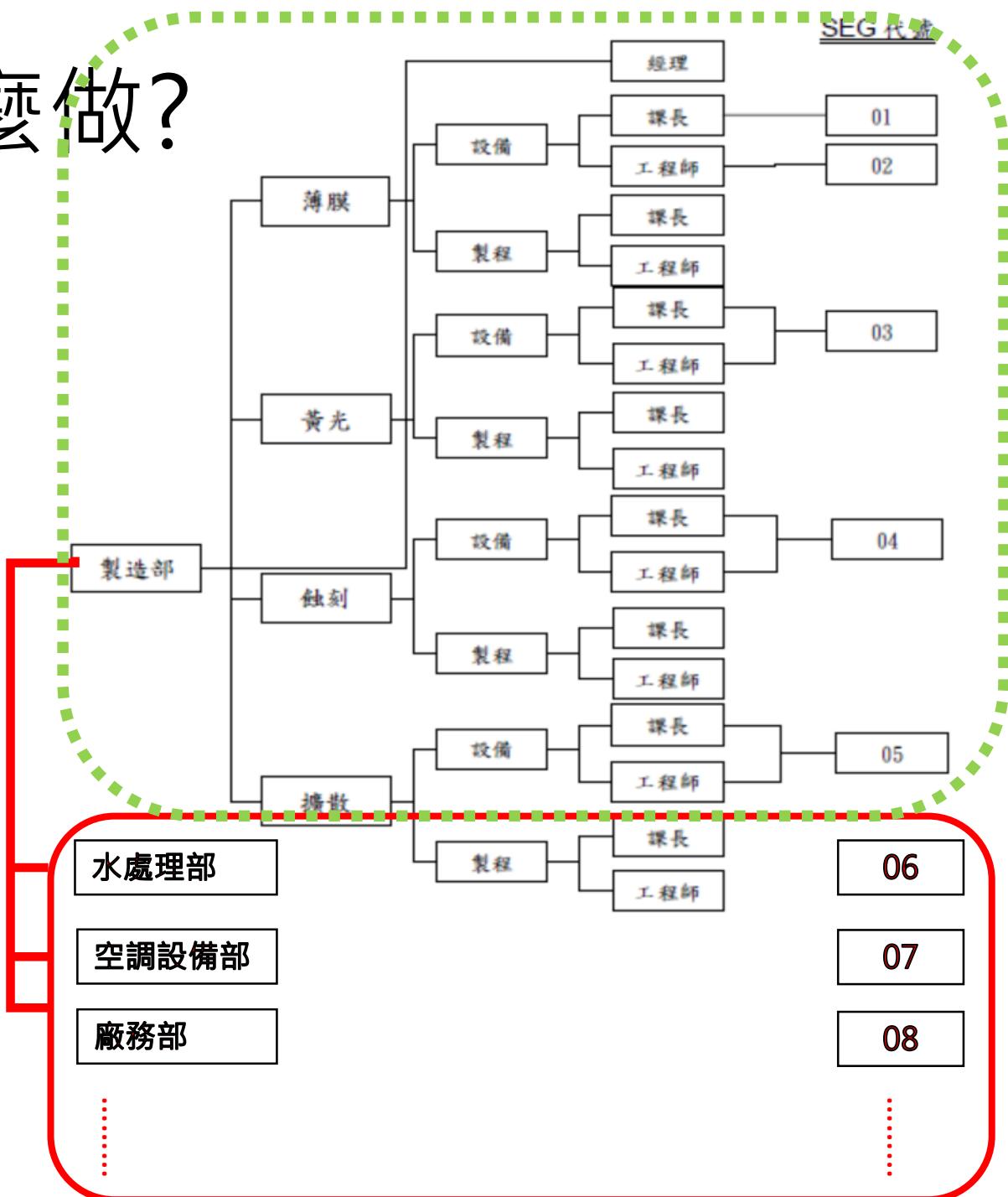
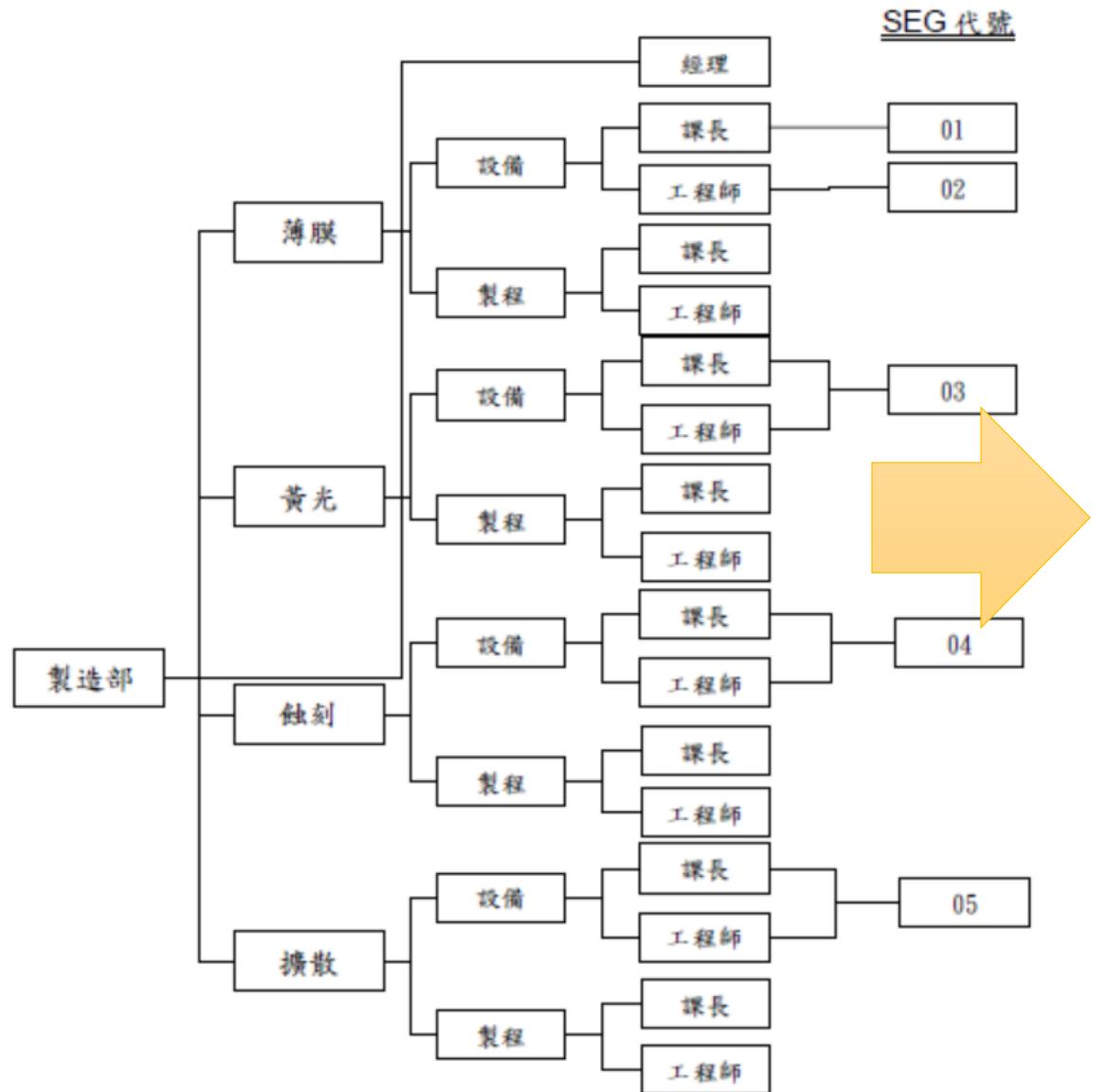


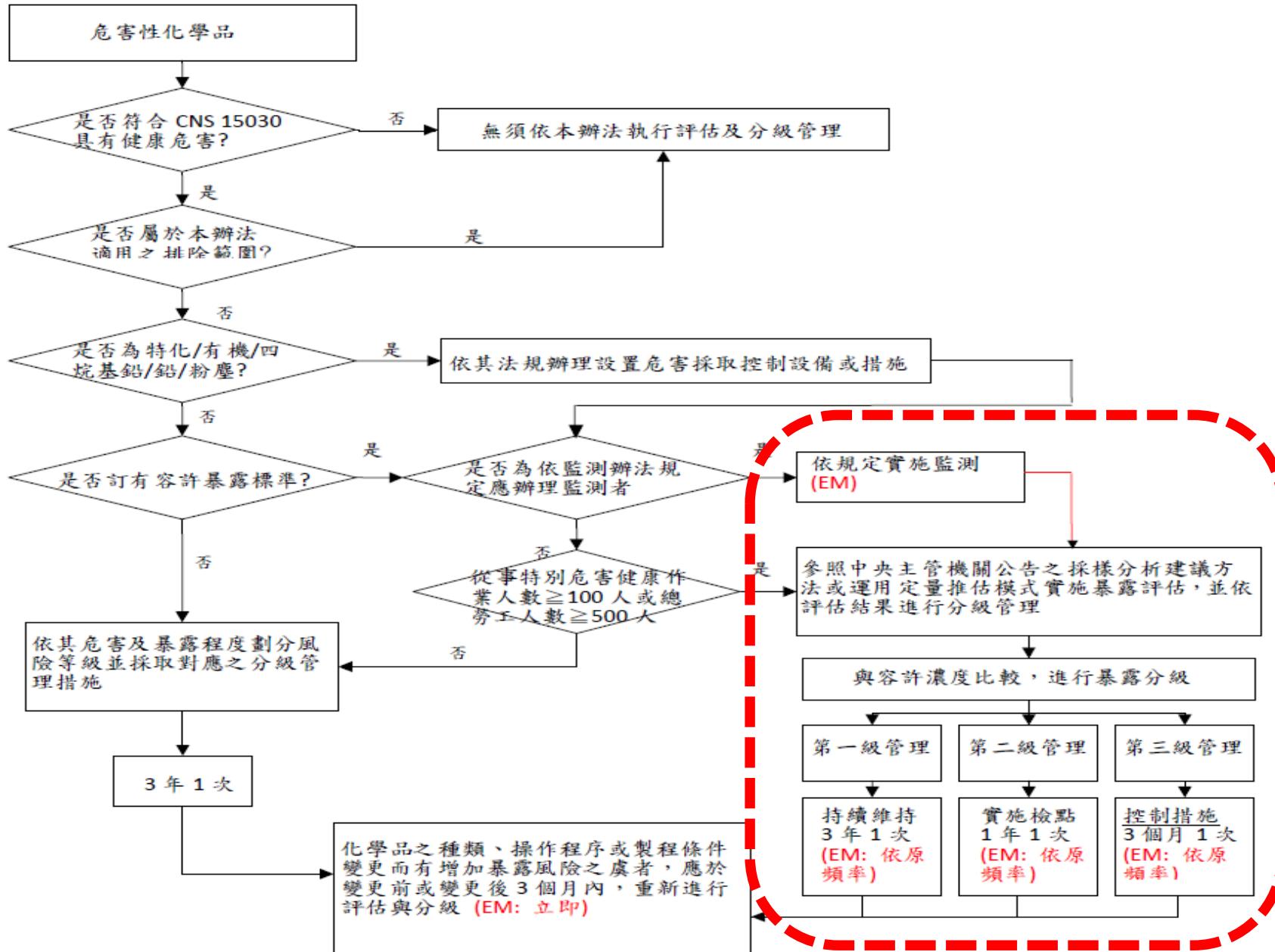
相似暴露群(SEG)～怎麼做？

- 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～

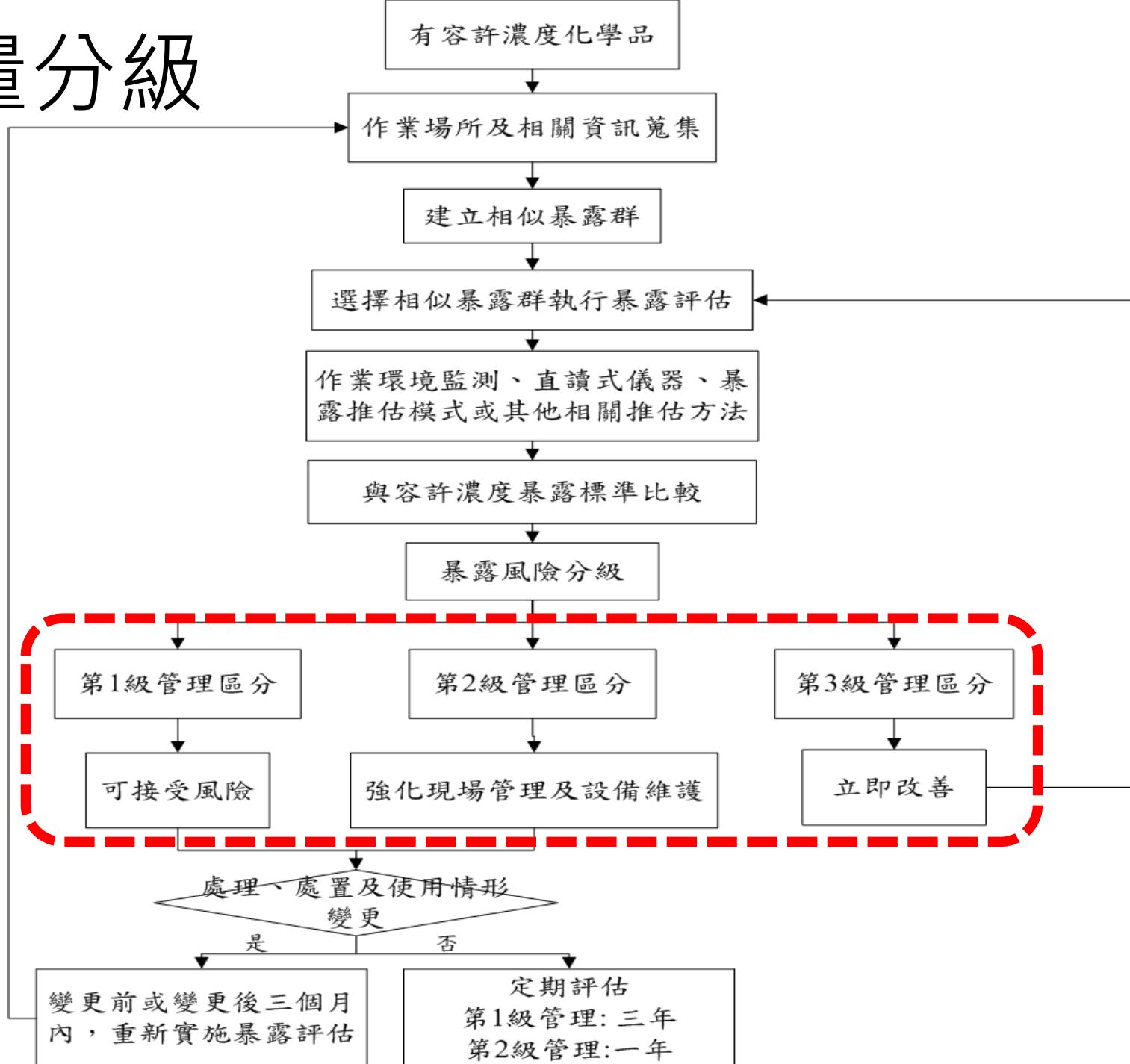
相似暴露群(SEG)～怎麼做？

SEG代





概念3~定量分級

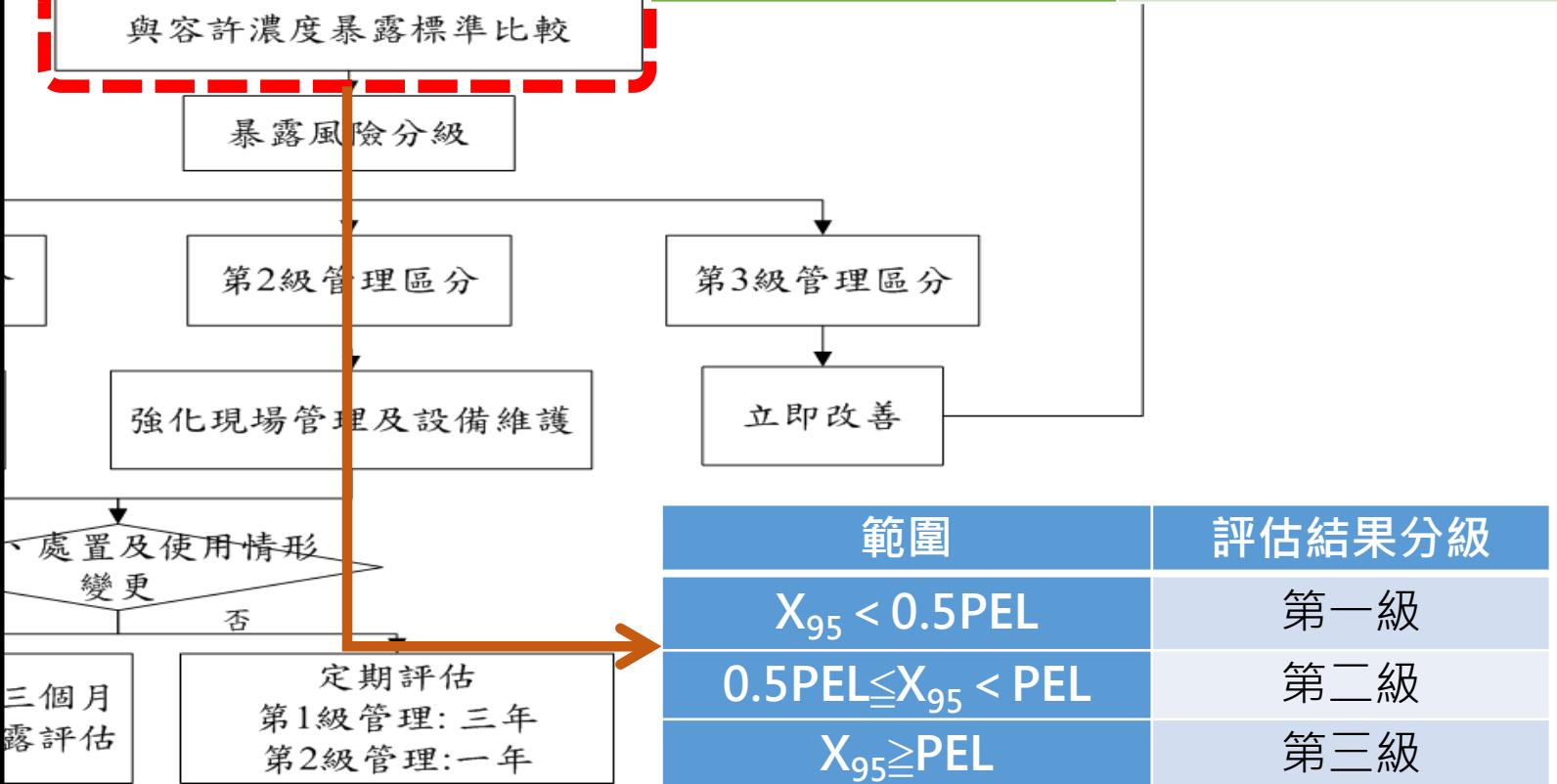
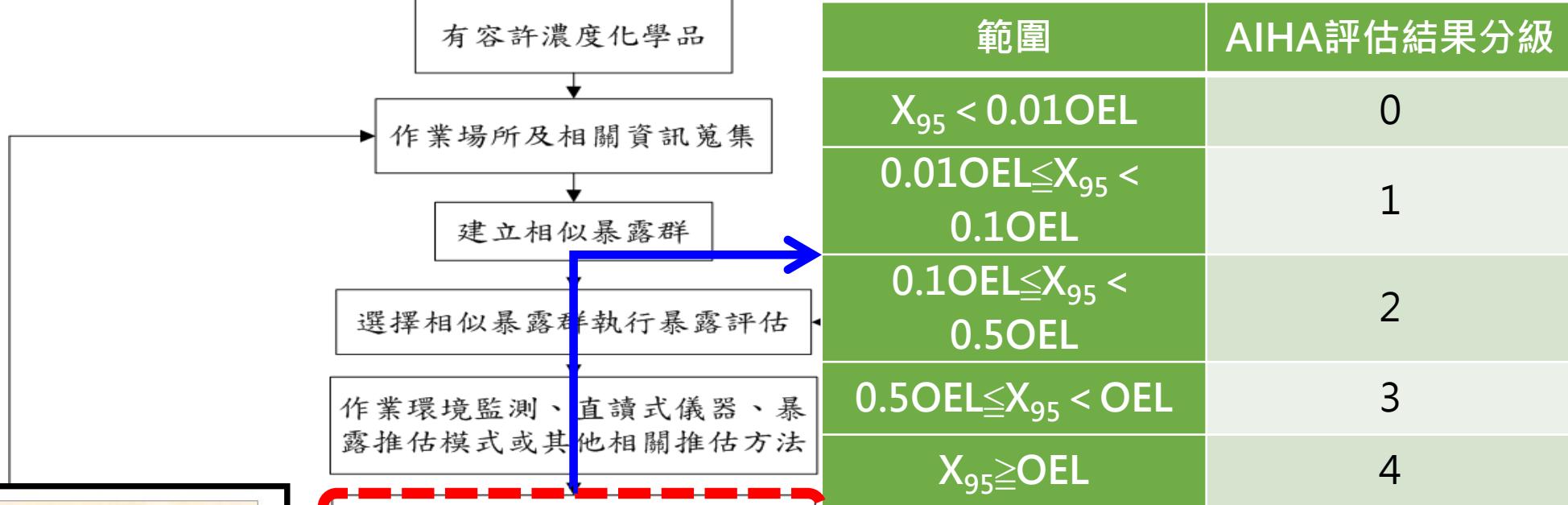
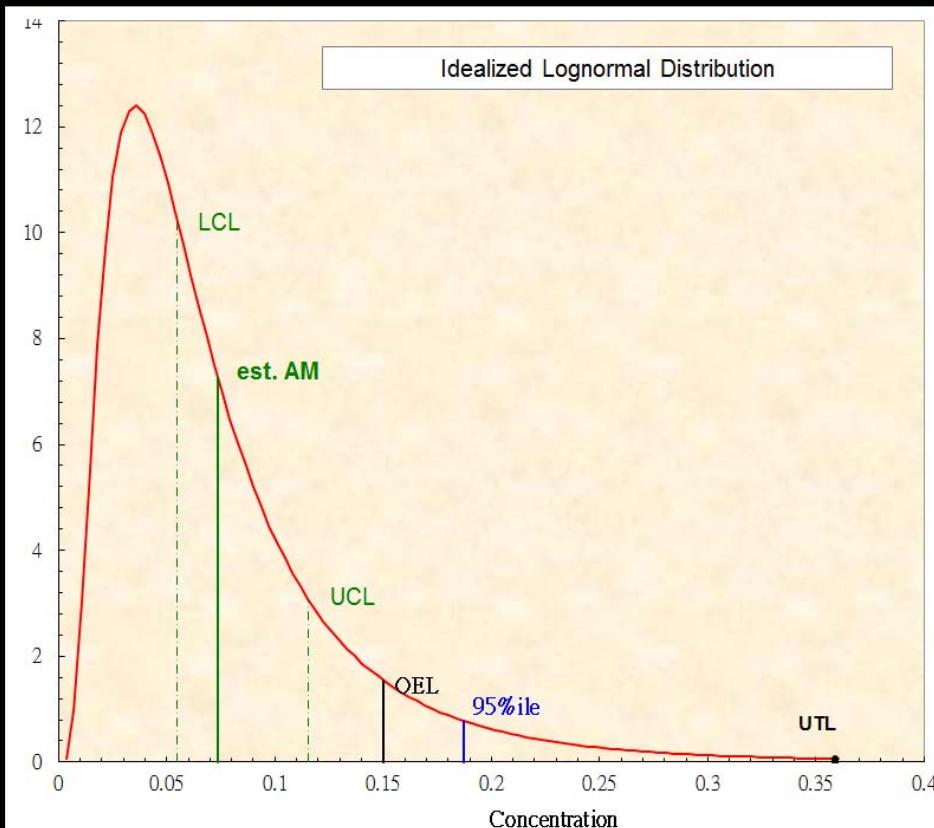


AIHA exposure control category

	Exposure Control Category*	Recommended Control	Uncertainty rating
	0 (<1% of OEL)	No action	
	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 = 95th percentile

概念4~ X_{95}



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	≥ 2,000 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	無資訊



危害等級決策

○ A ○ B ○ C ○ D ○ E



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

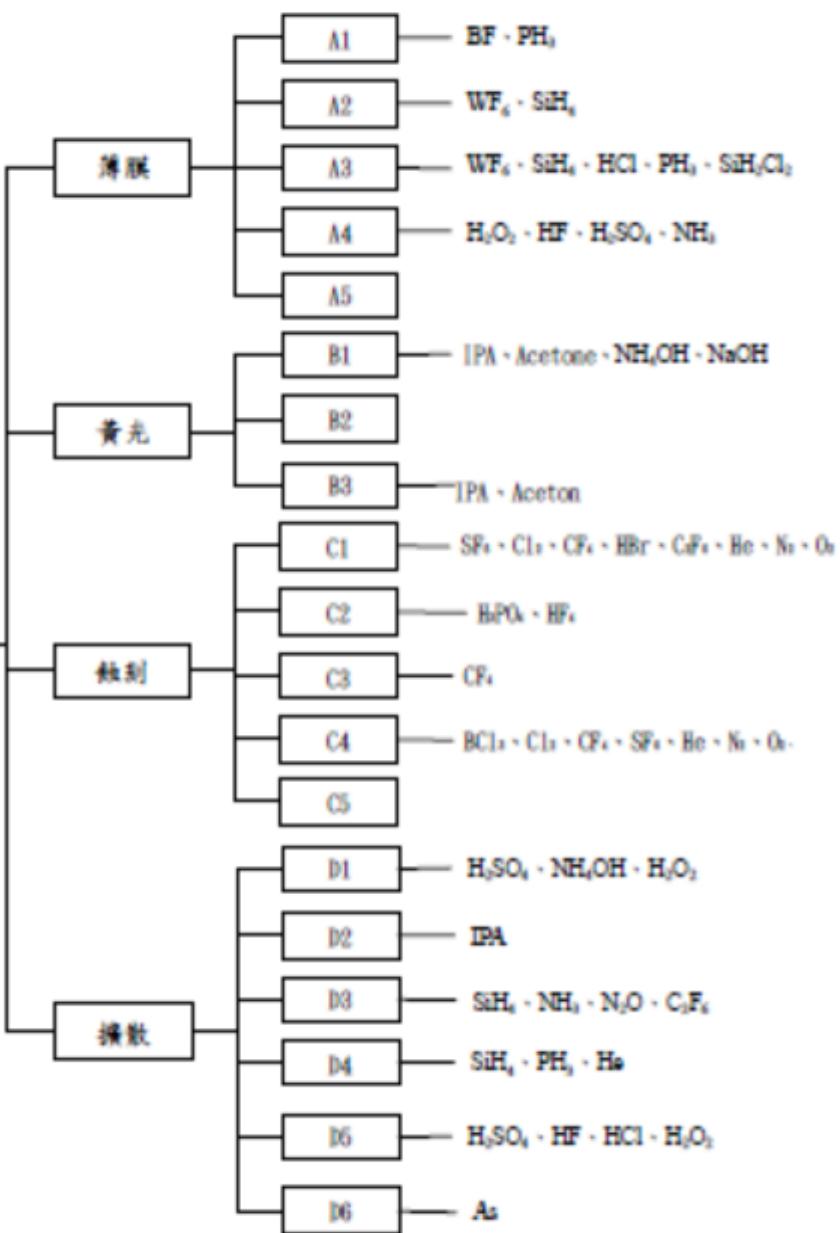
CAS_NO	中文名稱	英文名稱	分子式	分子量	蒸汽壓 @25°C (mmHg)	物理狀 態	容許濃度 ppm			LD50 (mg/kg)	致癌性 IARC	
							TWA	STEL	Ceiling			
7664-38-2	磷酸	Phosphoric Acid	H ₃ PO ₄	98	0.03	液體	1 mg/m ³	2 mg/m ³	-	1530	-	-
7664-39-3	氫氟酸	Hydrogen Fluoride	HF	20.01	31.17	液體	編號 1	化學品 甲醇	容許濃度 200 ppm	v	A	定量
7664-41-7	氨	Ammonia	NH ₃	17.03	5975.8	氣體	2	二氯甲烷	50 ppm		B	定量
							3	二氧化矽				半定量
7664-93-9	硫酸	Sulfuric Acid	H ₂ SO ₄	98.078	<0.3	液體	5	硫酸	1 mg/m ³	v	B	定量
7722-84-1	過氧化氫	Hydrogen Peroxide	H ₂ O ₂	34.01	0.37	液體	6	氫氧化鈉	2 mg/m ³	v	A	定量/半定量
1336-21-6	氨水	Ammonia solution	NH ₄ OH	35.05	116.96	液體	7	氨	50 ppm		B	定量
							8	乙二醇	10 ppm		B	定量/半定量
67-64-1	丙酮	Acetone	C ₃ H ₆ O	58.08	183.07	液體						
1310-73-2	氫氧化鈉	Sodium hydroxide	NaOH	40	0	固體	13	異丙醇	400 ppm	v	A	定量
10024-97-2	一氧化二氮	Nitrous oxide	N ₂ O	44.01	2664.47	氣體	14	正己烷	50 ppm	v	B	定量
							15	丙酮	750 ppm	v	A	定量
							16	醋酸	10 ppm		B	定量/半定量
							17	鹽酸	5 ppm(Celing)	v	C	定量
							18	丙酸	10 ppm		B	定量/半定量
							19	乙酸乙酯	400 ppm		A	定量
							20	甲苯	100 ppm	v	A	定量
							21	二甲基甲醯胺	10 ppm	v	B	定量
							22	四氫呋喃	200 ppm		A	定量
							23	乙酸酐	5 ppm		C	定量/半定量
							24	吡啶	5 ppm	v	C	定量/半定量
							25	甲己酮(丁酮)	200 ppm		A	定量
							26	硝酸	2 ppm		C	定量/半定量
							27	乙炔			A	半定量

RM007A

CLA5014

2406

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

暴露 調查

基本資料

(以SEG為單位輸入)

- 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 ₄ OH	500		
						NaOH	300		
						H ₂ SO ₄	800		
						NH ₄ OH	650		
						H ₂ O ₂	300		
						IPA	700		
						SiH ₄	100		
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	H ₃ PO ₄	700	7	局部排氣裝置 與個人防護具
						H ₃ PO ₄	800		
						H ₂ O ₂	900		
						IPA	600		
						NH ₄ OH	1000		
						HF	900		
						HCl	850		
						SF ₆	800	15	局部排氣裝置 與個人防護具
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 ₂	200		
						CF ₄	800		
						HBr	500		
						C ₂ F ₆	600		
						BCl ₃	700		

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°C	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	倒行性	PH ₃	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	非倒行性	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	倒行性	H ₂ O ₂	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	倒行性	H ₂ SO ₄	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	強制	設備課課長及 工程師	強制作業區	12	機台巡視、機台 維修及保養	倒行性	Cl ₂	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	倒行性	H ₂ SO ₄	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	倒行性	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	倒行性	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	非倒行性	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	強制	設備課工程師	強制作業區	12	機台巡視、機台 維修及保養	倒行性	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

All 半定量 定量監測 定量模式

半定量暴露評估工具

化學品分級管理 (Chemical Control Banding, CCB)

日本「有害物質之危害指針」

英國物質健康危害控制要點 (Control of Substances Hazardous to Health Essentials, COSHH Essentials)

德國工作場所危害物質管控計劃 (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe, EMKG)

新加坡人力部職業衛生局所研擬之「有害化學品風險評估規範」

化學品分級管理
(Chemical Control Banding, CCB)

化學品分級管理(CCB)

- 勞動部職業安全衛生署公告之【化學品分級管理運用手冊】進行評估。
- 適用對象
 - 中小型事業單位



CCB-五步驟

1. 劃分危害群組



2. 判定逸散程度



3. 選擇使用量



4. 決定管理方法

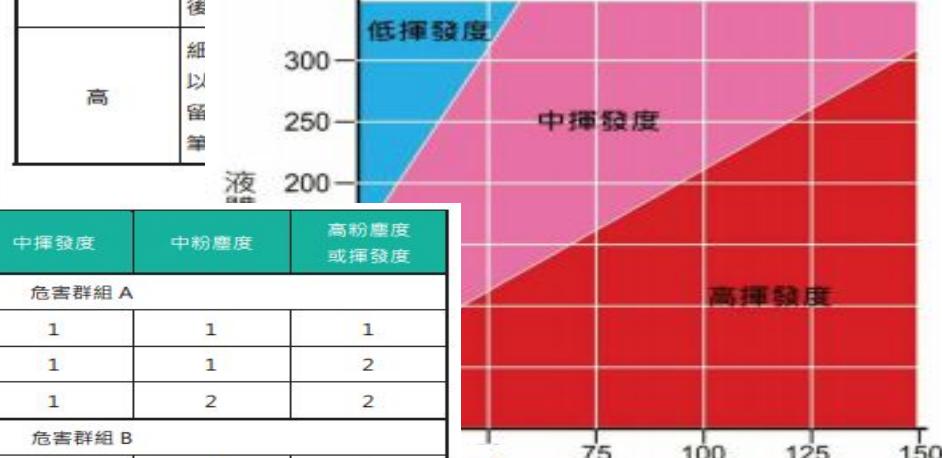


5. 參考暴露表單

1. GHS 健康危害分類	
細胞致突變性物質第 1、2 級 物質第 1 級 過敏物質第 1 級	
D	<ul style="list-style-type: none"> 急性毒性物質 - 任何暴露途徑第 1、2 級 致癌物質第 2 級 特定標的器官系統毒性物質 ~ 重複暴露第 1 級 生殖毒性物質第 1、2 級
C	<ul style="list-style-type: none"> 急性毒性物質 - 任何暴露途徑第 3 級 特定標的器官系統毒性物質 ~ 單一暴露第 1 級 特定標的器官系統毒性物質 ~ 單一暴露第 3 級 (呼吸道刺激) 腐蝕 / 刺激皮膚物質第 1 級 嚴重損傷 / 刺激眼睛物質第 1 級 皮膚過敏物質第 1 級 特定標的器官系統毒性物質 ~ 重複暴露第 2 級
B	<ul style="list-style-type: none"> 急性毒性物質 (任何暴露途徑) 第 4 級 特定標的器官系統毒性物質 ~ 單一暴露第 2 級
A	<ul style="list-style-type: none"> 急性毒性物質 (任何暴露途徑) 腐蝕 / 刺激皮膚物質第 2、3 級 嚴重損傷 / 刺激眼睛物質第 2 級 所有未被分類至其他群組的物質
S 皮膚及眼睛接觸	<ul style="list-style-type: none"> 急性毒性物質 - 皮膚接觸第 1 級 特定標的器官系統毒性物質第 1 級 腐蝕 / 刺激皮膚物質第 1、2 級 嚴重損傷 / 刺激眼睛物質第 1 級 皮膚過敏物質第 1 級 特定標的器官系統毒性物質

3.	
中量	1
大量	

2. 固體粉塵度		常溫下的液體揮發度
	為不會碎屑的固體小球。使用時可以看到細小的粉塵，如 PVC 小球。	沸點大於 150°C
中	晶體狀或粒狀固體。使用中可以看到粉塵，但很快就会下沉。例如	沸點介於 50°C 至 150°C 之間
高		



4. 危害群組 A				
	低粉塵度 或揮發度	中揮發度	中粉塵度	高粉塵度 或揮發度
小量	1	1	1	1
中量	1	1	1	2
大量	1	1	2	2

危害群組 B				
	低粉塵度 或揮發度	中揮發度	中粉塵度	高粉塵度 或揮發度
小量	1	1	1	1
中量	1	2	2	2
大量				

5. 作業型態		暴露控制表單
袋、瓶子和圓桶的儲存		100
貨物儲存		
清除空氣清淨設備的廢棄物		
危害群組 E		
所有屬於危害群組 E 的化學品皆使用管理方法 4。		

日本中央勞動災害防止協會所推行配合化學品GHS分類及標示之風險評估

1 、風險評估程序

- (1)危險性及有害性區分區分：依有害性分類及**GHS**區分如表一
- (2)有害性等級：依**GHS**區分如表二
 - 依下式計算：
 - ① 作業環境區分=作業量點數+揮發性•揮發性點數-換氣點數如表三
 - ② 作業環境等級推估如表四
 - ③ 暴露等級推估如表五
- (3)風險等級係由有害性等級及暴露等級計推估出如表六
- (4)減低風險之優先順序
- (5)實施減低風險計畫

表一 危險性及有害性區分

日本中央勞動災害防止協會

危險性	有害性
(1)爆炸物	(1)急性毒性物質
(2)易燃氣體	(2)腐蝕/刺激皮膚物質
(3)易燃氣膠	(3)對眼睛嚴重損傷/刺激眼睛物質
(4)氧化性氣體	(4)呼吸道或皮膚過敏物質
(5)加壓氣體	(5)生殖細胞致突變性物質
(6)易燃液體	(6)致癌物質
(7)易燃固體	(7)生殖毒性物質
(8)自反應性物質與混合物	(8)物定標的器官系統毒性物質/全身毒性-單回暴露
(9)發火性液體	(9)特定標的器官系統毒性物質/全身毒性-重複暴露
(10)發火性固體	(10)吸入性危害物質
(11)自熱物質與混合物	
(12)禁水性物質與混合物	
(13)氧化性液體	
(14)氧化性固體	
(15)有機過氧化物	
(16)金屬腐蝕性物質	

表二 有害性等級

日本中央勞動災害防止協會

有害性等級(HL)	有害性分類	GHS區分
A	<ul style="list-style-type: none"> •變異原性 •致癌性 •呼吸道感受性 	區分1, 2 區分1
B	<ul style="list-style-type: none"> •急性毒性 •致癌性 •全身毒性-反復暴露 •生殖毒性 	區分1, 2 區分2 區分1 區分1, 2
C	<ul style="list-style-type: none"> •急性毒性 •全身毒性-單次暴露 •皮膚腐食性 •眼刺激性 •呼吸道刺激性 •皮膚感受性 •全身毒性-反復暴露 	區分3 區分1 Subclass 1A、1B 1C 區分1
D	<ul style="list-style-type: none"> •急性毒性 •全身毒性-單次暴露 	區分4 區分2
E	<ul style="list-style-type: none"> •急性毒性 •皮膚刺激性 •眼刺激性 •其他未分類之粉體及液體 	區分5 區分2, 3 區分2

表三 作業環境區分

日本中央勞動災害防止協會

區分		點	目標
A	製造等之量	3	大量(噸、以1單位計算程度之量)
		2	中量(公斤、以1單位計算程度之量)
		1	小量(克、以1單位計算程度之量)
B	揮發性、飛散性	3	高揮發性(沸點50°C未滿)、高飛散性(微細輕粉塵發生物)
		2	中揮發性(沸點50°C-150°C)、中飛散性(結晶質、粒狀、馬上沈降之物)
		1	低揮發性(沸點150°C超過)、低飛散性(小球狀、薄片狀、小塊狀)
C	工程控制	4	遠距操作.完全密閉
		3	局部排氣裝置
		2	整體換氣.屋外作業
		1	未通風換氣
D	修正	1	勞工者衣服、手腳、防護具、調查對象及依相關化學物質等看見有污染之狀況
		0	勞工者衣服、手腳、防護具、調查對象及依相關化學物質等未看見有污染之狀況

表四 作業環境等級

日本中央労働災害防止協會

作業環境等級	A	B	C	D	E
綜合點數	6.5	4	3	2	1~2

備註：作業環境等級計算=作業量點數+揮發性點數-換氣點數。

表五 暴露等級

日本中央勞動災害防止協會

暴露等級		作業環境等級				
		A=6.5	B=4	C=3	D=2	E=1~-2
年作業時間	超過400小時	V	V	IV	IV	III
	100~400小時	V	IV	IV	III	II
	25~100小時	IV	IV	III	III	II
	10~25小時	IV	III	III	II	II
	未滿10小時	III	II	II	II	I

備註：暴露等級係以作業環境等級與作業時間與作業等級推估。

表六 風險等級

日本中央勞動災害防止協會

風險等級		暴露等級				
		V	IV	III	II	I
有害性等級	A	5	5	4	4	3
	B	5	4	4	3	2
	C	4	4	3	3	2
	D	4	3	3	2	2
	E	3	2	2	2	1

➤ 減低風險計畫

從有害性等級及暴露等級計算風險等級後決定是否進一步採取控制方法。

英國物質健康危害控制要點 (Control of Substances Hazardous to Health Essentials, COSHH Essentials)

The screenshot shows the homepage of the COSHH Essentials website. At the top, there's a navigation bar with links for 'Read It Later', 'Amazon', 'Mark As Read', 'Reading List', 'Read Later', 'Bookmark on Delicious', 'Read with RekindleIT', 'Stumble >', 'Press', and social sharing icons. Below this is the HSE logo with the tagline 'Health & Safety Executive Reducing risks, protecting people'. The main title 'COSHH ESSENTIALS' is prominently displayed. A sidebar on the left contains links for 'Home', 'About COSHH Essentials', 'Help', 'Worked Example', 'HSE', 'hsedirect', 'DTI Small Business Service', and 'Environment Agencies'. The main content area features a section titled 'Easy steps to control health risks from chemicals.' with three bullet points explaining the service. A blue button at the bottom says 'Click here to get started'.

<http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/index.htm>

COSHH Essentials



COSHH Essentials

- 1 Assign hazard group

A	B	C	D	E	S
R36	R20	R23	R26	R40 Muta cat 3	R21
R36/38	R20/21	R23/24	R26/27	R42	R24
R38	R20/21/22	R23/24/25	R26/27/28	R42/43	R27
R65	R21,	R23/25	R26/28	R45	R34
R66	R21/22	R24	R27	R46	R35
R67	R22	R24/25	R27/28	R49	R36
All dusts and vapours not allocated to another band		R25 R34 R35 R36/37 R36/37/38 R37 R37/38 R41, R43, R48/20 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/20/22 R48/21 R48/21/22 R48/22	R28 R40 Carc. Cat. 3, R48/23 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/23/25 R48/24 R48/24/25 R48/25 R60, R61, R62, R63, R64		R36/37 R36/37/38 R36/38 R38 R41 R42 R42/43 R43 R48/21 R48/21/22 R48/22 R48/23 R48/24 R48/24/25 R48/25 R66

COSHH Essentials

- 2 How much is used

	Solids	Liquids
Small	Grams	millilitres
Medium	Kilograms	litres
Large	Tonnes	Cubic metres

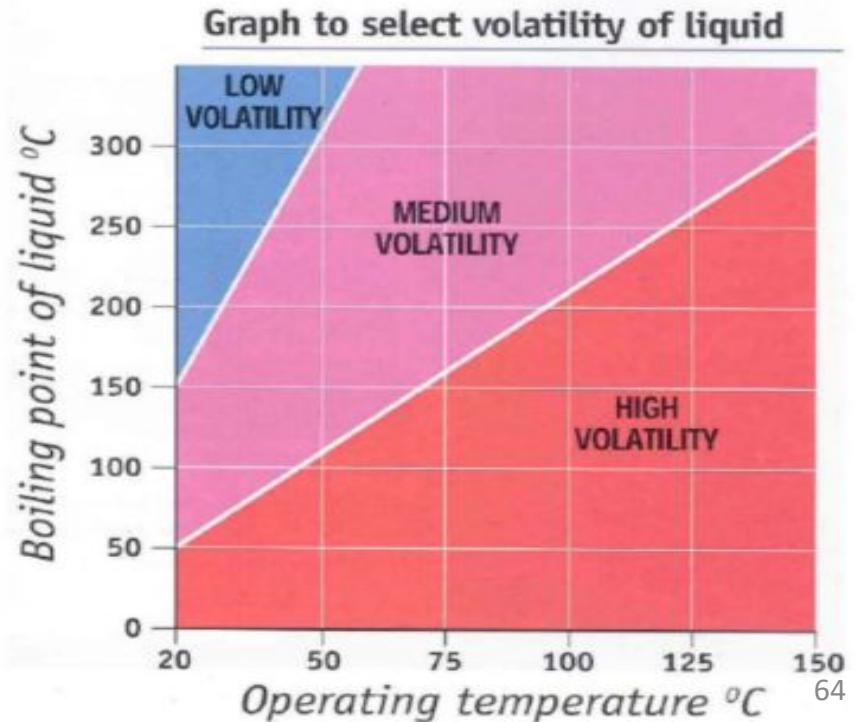
COSHH Essentials

- 3 Determine dustiness/volatility

Solids – How dusty?

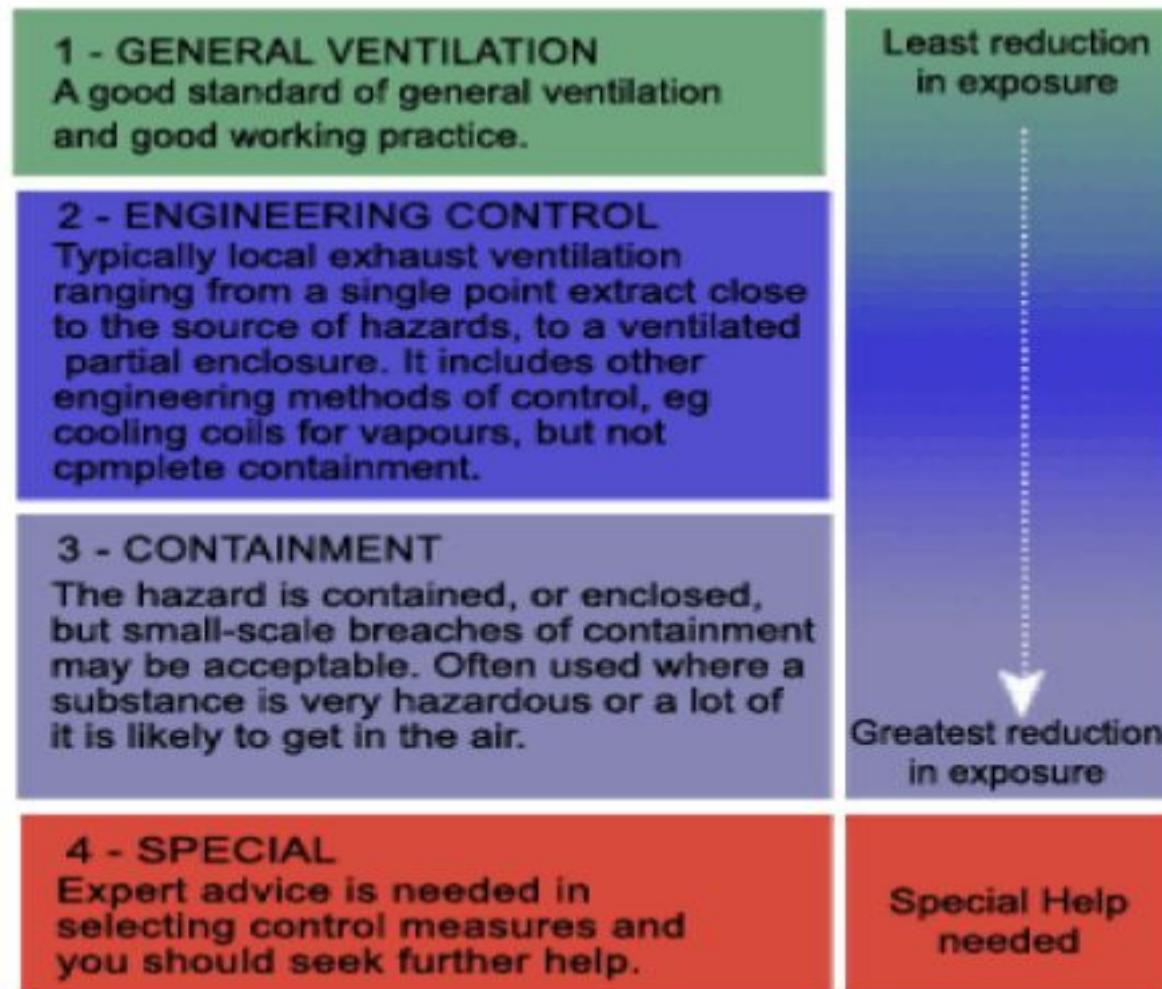
Low	Pellet-like solids that don't break up. Little dust visible during use
Medium	Crystalline, granular solids. When used, dust is seen but settles out quickly
High	Fine, light powders. When used dust clouds remain in air for some time

Liquids – How volatile?



COSHH Essentials

- 4 Identify control approach



COSHH Essentials

- 5 Find appropriate control sheets

Control Approach

Amount used	Low dustiness or volatility	Medium volatility	Medium dustiness	High dustiness or volatility
Hazard group A				
Small	1	1	1	1
Medium	1	1	1	2
Large	1	1	2	2
Hazard group B				
Small	1	1	1	1
Medium	1	2	2	2
Large	1	2	3	3
Hazard group C				
Small	1	2	1	2
Medium	2	3	3	3
Large	2	4	4	4
Hazard group D				
Small	2	3	2	3
Medium	3	4	4	4
Large	3	4	4	4
Hazard group E				
For all hazard group E substances, choose control approach 4				



Control approach 2

This guidance sheet is aimed at employers to help them comply with the requirements of the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (COSHH) by controlling exposure to chemicals and protecting workers' health.

This sheet is part of the HSE guidance pack COSHH control-to-key steps to control chemicals. It can be used where the guide recommends control approach 2 (long-term control) as the suitable approach for your chemical and task.

This sheet provides good practice advice on using local exhaust ventilation which is the commonest form of engineering control. It can be applied to a range of tasks involving small, medium and large scale use of solids or liquids. It describes the key points you need to take to help reduce exposure to an adequate level. It is important that all the points are followed.

Some chemicals can also be flammable or corrosive. Where they are, your controls must be suitable for those hazards too. Look at the safety data sheet for more information.

Depending on the scale of work, releases into the atmosphere may be regulated under other legislation, such as pressure vessel and control of major hazard. You should consult your local authority or the Environment Agency. In Scotland, consult the Scottish Environmental Protection Agency (SEPA). They will advise you if CPC legislation applies to your company and about air cleaning and discharging emissions into the air. Operators must limit emissions into the air.

Access

- ✓ Restrict access to the working area to authorised staff only.

Design and equipment

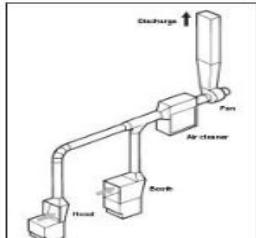
- ✓ Apply local exhaust ventilation (LEV) at the source of exposure to capture the dust or vapour.
- ✓ Enclose the source of dust or vapour as much as possible to help stop it spreading.
- ✓ Don't allow the worker to get between the source of exposure and the LEV, otherwise they'll be directly in the path of the contaminated air.
- ✓ Where possible, site the work area away from doors, windows and walkways, to stop draughts interfering with the LEV and trapping the dust or vapour.
- ✓ Have an air supply coming into the workplace to replace extracted air.
- ✓ Keep ducts short and simple and avoid unnecessary bends or flexible ducts.
- ✓ Provide an easy way of checking the LEV is working, eg manometer, pressure gauge or call-tube.
- ✓ Discharge extracted air to a safe place away from doors, windows and air intakes.
- ✓ With exposure to dust, you can re-circulate clean, filtered air into the workplace.
- ✗ With exposure to vapours, re-circulation is not recommended.

Maintenance

- ✓ Maintain the LEV as advised by the supplier in effective and efficient working order.

Local exhaust ventilation

Engineering control **200**



德國工作場所危害物質管控計劃 (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe, EMKG)

EMKG

- 適用中小企業工作場所風險評估
- 由SDS中所提供的資訊，加上基本工作場所運作情況，使用者可接著運用適當管控策略來減少吸入或皮膚接觸暴露途徑的暴露。
- 8步驟，完成評估。

EMKG-1

Step 1: Hazard Group (HG) Inhalation

Start by determining the hazard group (for substances: by means of occupational exposure limit (OEL) or classification R-phrases/ H-statements and for mixtures by means of classification R-phrases/ H-statements).

See safety data sheet for this information (SDS sections: 2, 8)

HAZARD INCREASE ↓	OEL according to TRGS 900		R-phrases, in case there is no OEL	HG	H-statements, in case there is no OEL
	Solids (mg/m ³)	Liquids (ppm)			
	1 < OEL ≤ 10	50 < OEL ≤ 500		A	No H-statement, H319, H335, H336, H304
	0.1 < OEL ≤ 1	5 < OEL ≤ 50		B	H302, H332, H318, H371
	0.01 < OEL ≤ 0.1	0.5 < OEL ≤ 5		C	H301, H331, H314, H334, H341, H351, H361f, H361d, H370, H373, EUH031
	0.001 < OEL ≤ 0.01	0.05 < OEL ≤ 0.5		D	H300, H330, H360D, H372, EUH032
OEL ≤ 0.001	OEL ≤ 0.05	R45, R46, R49, R60		E	H340, H350, H350i, H360F

EMKG-2

Step 2: Release Group

Next, select the physical state (solid or liquid) and determine boiling point/vapor pressure for liquids or dustiness for solids. See safety data sheet for this information (SDS section: 9)

	LOW	MEDIUM	HIGH
Solids (dustiness)			
Liquids (boiling point* or vapor pressure)	more than 150°C	50 to 150°C	less than 50°C
*applies to work done at room temperature	less than 0.5 kPa	0.5 to 25 kPa	more than 25 kPa

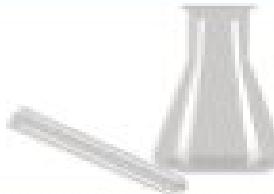
EMKG-3

Step 3: Quantity Group

Estimate the quantity used per task.

LOW

ml/g



MEDIUM

l/kg



HIGH

m³/t



EMKG-4

Step 4: Control Strategy Inhalation

By combining the three parameters hazard, release and quantity group you can derive a control strategy represented by control guidance sheets that describe measures for typical working activities. Please note that the protective measures in series 1xx have the meaning of minimum standards, which must always be implemented also for level 2 and 3.

HAZARD GROUP	QUANTITY	RELEASE GROUP		
		LOW	MEDIUM	HIGH
A	LOW			
	MEDIUM			
	HIGH		liquid solid	
B	LOW			
	MEDIUM			
	HIGH		liquid solid	
C	LOW		solid	
	MEDIUM		liquid	
	HIGH			
D	LOW		solid liquid	
	MEDIUM		Expert advise	Expert advise
	HIGH			
E		Expert advise		

Level 1
General ventilation
= Control Guidance Sheets (CGS) 1xx



Level 2
Engineering control
= Control Guidance Sheets (CGS) 2xx



Level 3
Containment
= Control Guidance Sheets (CGS) 3xx



Special expert advise

EMKG-5

Step 5: Hazard Group (HG) Skin contact

Determine the hazard group for skin contact by classification (R-phrase/H-statement).

If an employee works more than 2 hours in a moist environment or wears liquid-proof protective gloves or often cleans the hands intensively or disinfects them, please remember that this is „wet work“ and therefore the control guidance sheet 250 has to be taken into account.



R-phrases	HG	H-statements
R66	HA	EUH066
R38	HB	H315
R21, R43, R48/21, R68/R21	HC	H312, H317, H371, H373
R24, R34, R40, R39/24, R48/24, R62, R63, R68	HD	H311, H314 (Skin Corr. 1B, 1C), H341, H351, H361, H370, H372
R24 and R34, R27, R35, R39/27, R45, R46, R60, R61	HE	H310, H314 (Skin Corr. 1A), H340, H350, H360

EMKG-6

Step 6: Contaminated area of skin contact

Estimate effective area that will be usually contaminated by the performed task.

When determining the effective area of skin contact, do not take protective gloves or other personal protective equipment into account!

Effective area **SMALL** spots, splashes

Effective area **LARGE** hands, forearms

Duration of skin contact

Short-term contact



short

Long-term contact



long

EMKG-7

Step 7: Control Strategy Skin contact

The measures against skin contact as additional measures are described as low, extended or high

HC	Effective Area	Duration	Control Strategy Level
HA	SMALL	short	
		long	
	LARGE	short	
		long	
HB	SMALL	short	
		long	
	LARGE	short	
		long	
HC	SMALL	short	
		long	
	LARGE	short	
		long	
HD	SMALL	short	
		long	
	LARGE	short	
		long	
HE	SMALL	short	
		long	
	LARGE	short	
		long	

Level 1
Low need for measures:
Basic safety precautions
for skin contact, Control
Guidance Sheet 120



Level 2
Extended need for
measures:
Extended safety precautions
for skin contact,
Control Guidance
Sheet 250



Level 3
High need for measures:
substitution, closed system

EMKG-8

Step 8: Effectiveness check of protective measures

Implementation and effectiveness check of chosen control strategy:

- Control Guidance Sheets can be used as checklists
- Documentation of management and inspection results
- Functional capability of safety equipment and devices has to be checked on a regular basis

EMKG-Tool

EMKG - Exposure assessment part for solids



Definition of dustiness bands ?	
Band	Description
Low	Pellet-like, non friable solids. Little evidence of any dust observed during use. For example: PVC pellets, waxes
Medium	Crystalline, granular solids. When used, dust is seen, but it settles out quickly. Dust is seen on the surface after use. For example: soap powder.
High	Fine, light powders. When used, dust clouds can be seen to form and remain airborne for several minutes. For example: cement, titanium.

Scale of use bands ?	
Band	Description
Small	gram up to 1 kilogram for solids
Medium	kilogram (batch sizes between 1 and 1000 kilograms for solids)
Large	tonnes (batch sizes of greater than 1 tonne for solids)

Short term ?	
Activity < 15 min. during a full 8 h shift?	
Yes	No

Control strategies ?		
Control Approach	Type	Description
1	General ventilation	Good general ventilation and good work practice
2	Engineering	Local exhaust ventilation (e.g. single point extract, partial enclosure, not complete containment) and good work practice
3	Containment	Enclosed, but small breaches may be acceptable. Good work practice.

Exposure potential bands (EP)			
Solids – EP band	Use band	Dustiness band	Description
1	Small	Low or Medium	Grams of low / medium dusty solid
	Small	High	Grams of high dusty solid, Kg / Tonnes of low dusty solid
2	Medium or Large	Low	Kg of medium / high dusty solid
3	Medium	Medium or High	Tonnes of medium / high dusty solid
4	Large	Medium or High	

Predicted exposure ranges: Solids - short term exposure				
Control Approach	Predicted exposure level for dust, mg/m³			
	Solids EP Band 1	Solids EP Band 2	Solids EP Band 3	Solids EP Band 4
1	0.001 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 - 1	1 - 10
2	< 0.001	0.001 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 - 1
3	< 0.001	< 0.001	0.001 - 0.01	0.01 - 0.1

EMKG-Tool

EMKG - Exposure assessment part for liquids



Definition of volatility bands ?				Alternative input of ?	
Band	At normal temperature (~20°C)	Operating temp. / o.t. °C	Vapour pressure (kPa at	boiling point [°C] and operating	temperature [°C]
Low	boiling point above 150°C	b.p. ≥ 5 x o.t. + 50	< 0.5	input b.p.	input o.t.
Medium	boiling point between 50 and	other cases	0.5 - 25		
High	boiling point below 50°C	b.p. ≤ 2 x o.t. + 10	> 25		

Scale of use hands ?		Short term exposure ?		Applications on surfaces > 1m² ?		
Band	Description	Activity < 15 min. during a full 8 h shift?	Yes	No	Yes	No
Small	millilitres up to 1 litre for liquids					
Medium	litres (batch sizes between 1 and 1000 litres for liquids)					
Large	cubic metres (batch sizes of greater than 1 m³ for					

Control strategies ?		
Control Approach	Type	Description
1	General ventilation	Good general ventilation and good work practice
2	Engineering	Local exhaust ventilation (e.g. single point extract, partial enclosure, not complete containment) and good work practice
3	Containment	Enclosed, but small breaches may be acceptable. Good work practice.

Exposure potential bands (EP)				Predicted exposure ranges: Liquids			
Solids – EP band	Use band	Volatility band	Description	Control Approach	Predicted exposure level for vapour, ppm		
1	Small	Low	Millilitres of low volatility liquid	Solids EP Band 1	< 5	5 - 50	50 - 500
2	Small	Medium or High	Millilitres of medium / high volatility liquid,		(mL of low VP liquid)	(mL of med. / high VP liquid or L/m³ of low VP liquid)	(m³ of med. / high VP liquid)
	Medium or Large	Low	litres / cubic metres of low volatility liquid		1	5 - 50	> 500
3	Large	Medium	Cubic metres of medium volatility liquid, litres of medium / high volatility liquid	Solids EP Band 2	< 0.5	0.5 - 5	5 - 500
	Medium	Medium or High			2	0.05 - 0.5	0.5 - 5
4	Large	High	Cubic metres of high volatility liquid		3	< 0.05	0.5 - 5

新加坡危害等級及暴露等級的風險矩陣分級訂定之標準

1、危害等級：如下表

表一 危害等級HR(新加坡)

危害等級	後果/危害類別	化學物質舉例
1	<ul style="list-style-type: none"> •對健康不知有何不良影響 •ACGIH致癌物分類為A5 •不列為有毒性或有傷害性 	氯化鈉(sodium chloride), 丁烷(butane), 醋酸丁酯(butyl acetate), 碳酸鈣(calcium carbonate)
2	<ul style="list-style-type: none"> •對皮膚、眼睛、口腔黏膜的影響可修復，尚不致於對健康造成嚴重的損害 •ACGIH致癌物分類為A4 •對皮膚有過敏和刺激性 	丙酮(acetone), 丁烷(butane), 醋酸(acetic acid)濃度10%, 銀鹽(barium salts), 鋁塵(aluminum dust)
3	<ul style="list-style-type: none"> •對人或動物可能為致癌物或致變異物，但無確切資料 •ACGIH致癌物分類為A3 •IARC為2B •有腐蝕性(PH為3-5或9-11)，使呼吸器官過敏，具傷害性的化學物質 	甲苯(toluene), 二甲苯(xylene), 氨(ammonia), 丁醇(butanol), 乙醛(acetaldehyde), 乙酸酐(acetic anhydride), 苯胺(aniline), 鎮(antimony)
4	<ul style="list-style-type: none"> •據對動物的實驗，可能為致癌物、致變異物、或致畸胎物 •ACGIH致癌物分類為A2 •IARC為2A •極有腐蝕性(PH為0-2或11.5-14) •毒性的化學物質 	甲醛(formaldehyde), 鎘(cadmium), 二氯甲烷(methylene chloride), 乙烯化氧(ethylene oxide), 丙烯腈(acrylonitrile), 丁二烯(1,3-butadiene)
5	<ul style="list-style-type: none"> •知對人為致癌物、致變異物、或致畸胎物 •ACGIH致癌物分類為A1 •NTP為A •IARC為1 •較毒性的化學物質 	苯(benzene), 聯苯胺(benzidine), 鉛(lead), 砷(arsenic), 鈦(beryllium), 溴(bromine), 氯乙烯(vinyl chloride), 汞(mercury), 結晶型二氧化矽(crystalline silica)

備註：
 1.ACHIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist)美國政府工業衛生師協會
 2.IARC(International Agency for Research on Cancer)國際癌症研究中心
 3.NTP(The U.S. National Toxicology Program)美國國家毒物計畫

表二 毒性化學危害等級(新加坡)HR

危害等級	給老鼠口服半數致死劑量(LD_{50})每公斤體重毫克	給老鼠或兔子經由皮膚吸收的半數致死劑量(LD_{50})每公斤體重毫克	給老鼠吸入半數致死劑量(LD_{50})每四小時吸入氣態毫克量	給老鼠吸入半數致死劑量(LD_{50})每四小時吸入液固態毫克量
2	> 2000	> 2000	> 20	> 5
3	> 200~ \leq 2000	> 400~2000	> 2.0~ \leq 20	> 1~ \leq 5
4	> 25~ \leq 200	> 50~ \leq 400	> 0.5~ \leq 2.0	> 0.25~ \leq 1
5	\leq 25	\leq 25	\leq 0.5	\leq 0.25

備註：(LD_{50})半數致死量係指導致50%動物死亡的致死劑量。

暴露等級計算方法

- 有環測資料時：

$$E = (F \times D \times M) / W$$

E=每週暴露(ppm或 mg/m³)

F=每週暴露次數(次)

D=每次暴露平均時間(時)

M=暴露值(ppm或 mg/m³)

W=每週平均工時(40小時)

表三 有害物暴露等級表(新加坡)

E/PEL	(ER)暴露等級
< 0.1	1
0.1 < 0.5	2
0.5 < 1.0	3
1.0 < 2.0	4
> 2.0	5

註: 1.PEL為容許濃度；E為暴露濃度。

2.暴露在兩種以上有相加毒性效應的時候，其Dose值之計算如下：

$$\text{Dose}_{\text{混合}} = E_1/\text{PEL}_1 + E_2/\text{PEL}_2 + E_3/\text{PEL}_3 + E_4/\text{PEL}_4 + \dots + E_n/\text{PEL}_n$$

E=濃度，PEL=相對應之容許濃度

例如：如果暴露時間超過40小時，則PEL值應乘於f值：

$$f = 40/H(168-H)/128$$

H=每週工作時數

暴露等級計算方法

- 無環測資料時：
當環境監測測無可利用(Not available)時，暴露等級(ER)可由暴露各項因素之暴露指數EI來決定：

$$EI = (EI_1 \times EI_2 \times EI_3 \times \dots \times EI_n)^{1/n}$$

表四 有害物各項因素之暴露指數參照表

新加坡使用無環測資料時

暴露指數	1	2	3	4	5
暴露因素					
蒸氣壓或微粒大小(氣動直徑)	<0.1mmHg	>0.1~1mmHg	>1.0~10mmHg	>10~100mmHg	>100mmHg
	粗糙,大塊的物質	粗糙及乾的物質	乾及小的微粒 >100μm	乾及細的微粒 10-100μm	乾及微細的粉末 <10μm
* OT/PEL比率	<0.1	0.1~0.5	>0.5~1	>1~2	≥2
危害控制措施	適當控制且定期維護	適當控制非定期維護	適當控制但無維護；相當髒	無適當控制；相當髒	無控制；非常髒
每星期使用大小	幾乎可忽略的使用量 <1Kg	少量使用量 1~<10Kg	中等量使用 10Kg~<100Kg	大量使用 100Kg~<1000Kg	大量使用 >1000Kg
每星期停留時間	<8小時	8~16小時	16~24小時	24~32小時	32~40小時

註：OT為臭味恕限值

- 例如：微細粉狀矽塵($EI=5$)於秤量時產生，此工作每天一小時或每週七小時($EI=1$)，用視力檢查有適量的塵埃 ($EI=3$)，使用量很少 ($EI=2$) 則ER為：

- 例如：微細粉狀矽塵($EI=5$)於秤量時產生，此工作每天一小時或每週七小時($EI=1$)，用視力檢查有適量的塵埃 ($EI=3$)，使用量很少 ($EI=2$) 則ER為：

- $$ER = (5 \times 3 \times 2 \times 1)^{1/4}$$
$$= 2.3$$

- 風險等級(Risk Rating)計算如下：

$$\text{風險}(\text{Risk}) = (\text{HR} \times \text{ER})^{1/2}$$

HR=危害等級

ER=暴露等級

例如： HR=4 ； ER=3 ，則

$$\begin{aligned}\text{風險等級} &= (4 \times 3)^{1/2} \\ &= 3.5 \text{ (數字採用4)}\end{aligned}$$

表五 有害物風險等級分類

新加坡使用無環測資料時

風險等級	分類
1	可忽略
2	低
3	中
4	高
5	非常高

表六 HR及ER之風險矩陣

ER	HR	1	2	3	4	5
1	1	1	1.4	1.7	2	2.2
2	1.4	2	2	2.4	2.8	3.2
3	1.7	2.4	2.4	3	3.5	3.9
4	2	2.8	2.8	3.5	4	4.5
5	2.2	3.2	3.2	3.9	4.5	5

風險等級：1.0---1.4 可忽略；1.7---2.4 低；2.8---3.2 中
3.5---4 高；4.5---5 很高

其他評估方法

- Example

- The National Toxicology Program (NTP)

毒性效應 (LOAEL)

+

暴露人數 (Exposed population)



決定化學物質生殖毒性之風險排序

Source:

Prioritization of NTP reproductive toxicants for field studies (Moorman et al.,
Reproductive Toxicology, 2000, 14:293-301)

其他評估方法

- Example
 - 毒性效應 (LOAEL)
 - Low: >500mg/kg
 - Medium: 250~500mg/kg
 - High: <250mg/kg
- 暴露人數 (Exposed population)
 - Low: <10,000
 - Medium: 10,000~100,000
 - High: >100,000

Categorical ranking	Estimated population at risk		
	Low	Medium	High
Estimated Toxicity			
Low	M-Nitrobenzoic acid	Sulfamethazine, M/P cresol	Ethylene glycol monophenyl ether
Medium	Tris(2-chloroethyl)phosphate Vinylcyclohexene	P-Nitrobenzoic acid, 2,2,bis(BM) 1,3-propanediol	2-Butoxyethanol Oxalic acid Bisphenol A Ethylene glycol
High	Di-n-Pentylphthalate Di-n-Hexylphthalate, Formamide 1,2,3-Trichloropropane Triethylene glycol dimethyl ether N,N-Methylenebis acrylamide	Acrylamide, N-Hydroxymethylacrylamide 4-Chloronitrobenzene	Dibutyl phthalate Boric acid Tricresyl phosphate N,N-Dimethylformamide

其他評估方法

- Example
- The Exposure Hazard Index (EHI)

$$EHI = (TI) \times (EI) \times (PDI)$$

TI : Toxicity index  $TI = 2^{[4.16 - \log(OEL - TWA)]}$

EI : Exposure index  $EI = 0.0023(T) - 0.0037$ (T : min)

PDI : Protection deficiency index

$$PDI = (1 - MI \times PI) \rightarrow MI = 0.21N + 0.18$$

N : number of management measures

$$PI = \text{Types of eng. control} + PPE \rightarrow 0 \sim 1$$

Source: Developing a Semi-Quantitative Occupational Risk Prediction Model for Chemical Exposures and Its Application to a National Chemical Exposure Databank (Wang et al., *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2013, 10:3157-3171)

人工化學品操作(6)

- 現有評估模式與Wang et al.之模式的半定量結果

作業區域	現有評估模式	Wang et al.模式
Photo/ scrubber/coater/顯影槽/L50	21	6.08
photo/stepper/L50	21	2.92
黃光區/L50	8	0.34
黃光區/薄膜/L50	15	0.35
Cell-PI/L30	26	7.02
蝕刻區/L50	15	0.35
TF區/L50	15	0.35
OLED區/蒸鍍chamber/L10	22	3.71
OLED區/L10	17	0.39

PM作業篩選方法評估

- 以Spearman Rank Correlation評估半定量模式

方法	Correlation Coefficient	p-value
現有評估模式	0.48	0.36
Wang et al.模式	0.96	0.03

由統計結果，可驗證所引用之 $EHI=TI \times EI$ ，此半定量之模式，適用於PM作業之篩選。

Case Study-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

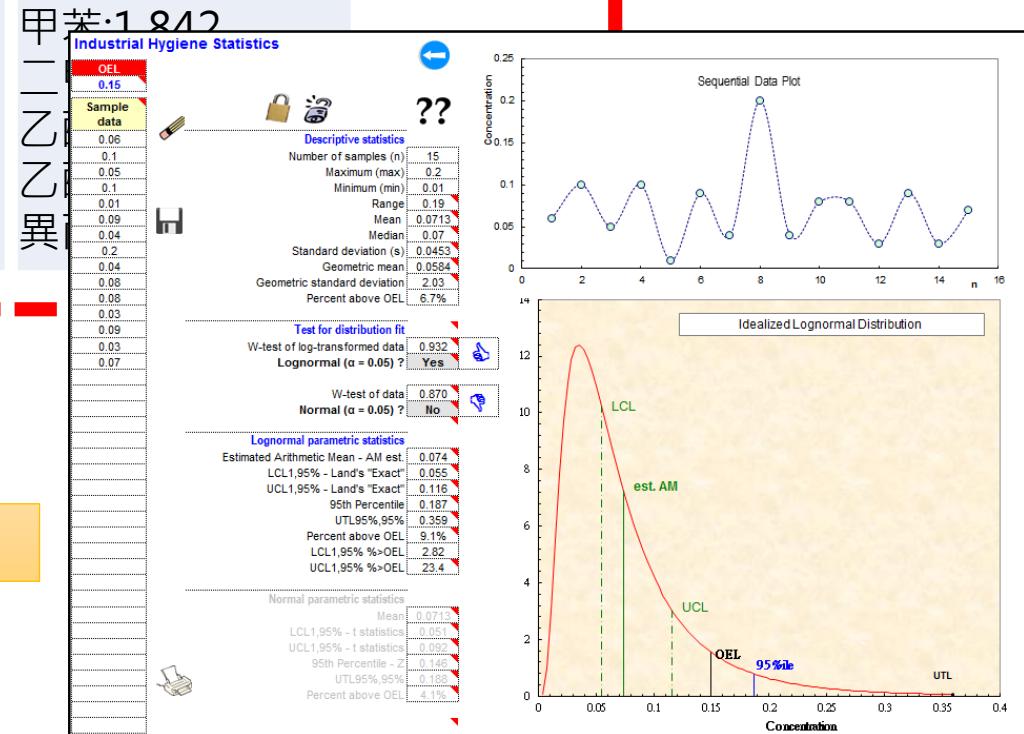
依監測值，計算出 X_{95} ，再與各化學品之容許濃度值進行計算，取得風險分級。

歷年測定資料/其他替代指標量測結果

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



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。

級管理辦法
危害性化學品評估級分

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。

Exposure Rating

Rating basis :

- **Monitoring Data**
 - personal EM data
 - screening measurement
- **Surrogate Data**
 - EM data from other agents
 - EM data from similar operation
- **Modeling**
 - based on physical and chemical properties
 - based on process information

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

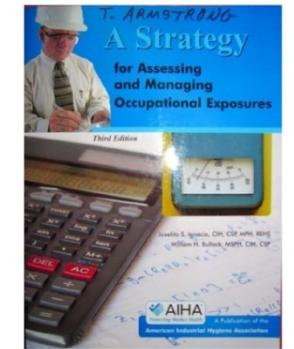
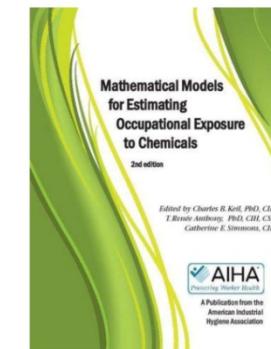
利用合適之數學模式，配合現場相關資料之量測，進行計算X95暴露量，再與容許濃度值進行計算，取得風險分級。

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。
擾流渦流擴散模式 Turbulent Eddy Diffusion	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)。
近場煙流模式 Near-field plume Model	於戶外環境，推估汙染物於低壓釋放的情形下，沿著煙流中心線之下風處的暴露濃度。適用推估距離汙染源3m內的距離。

常用數學模式說明

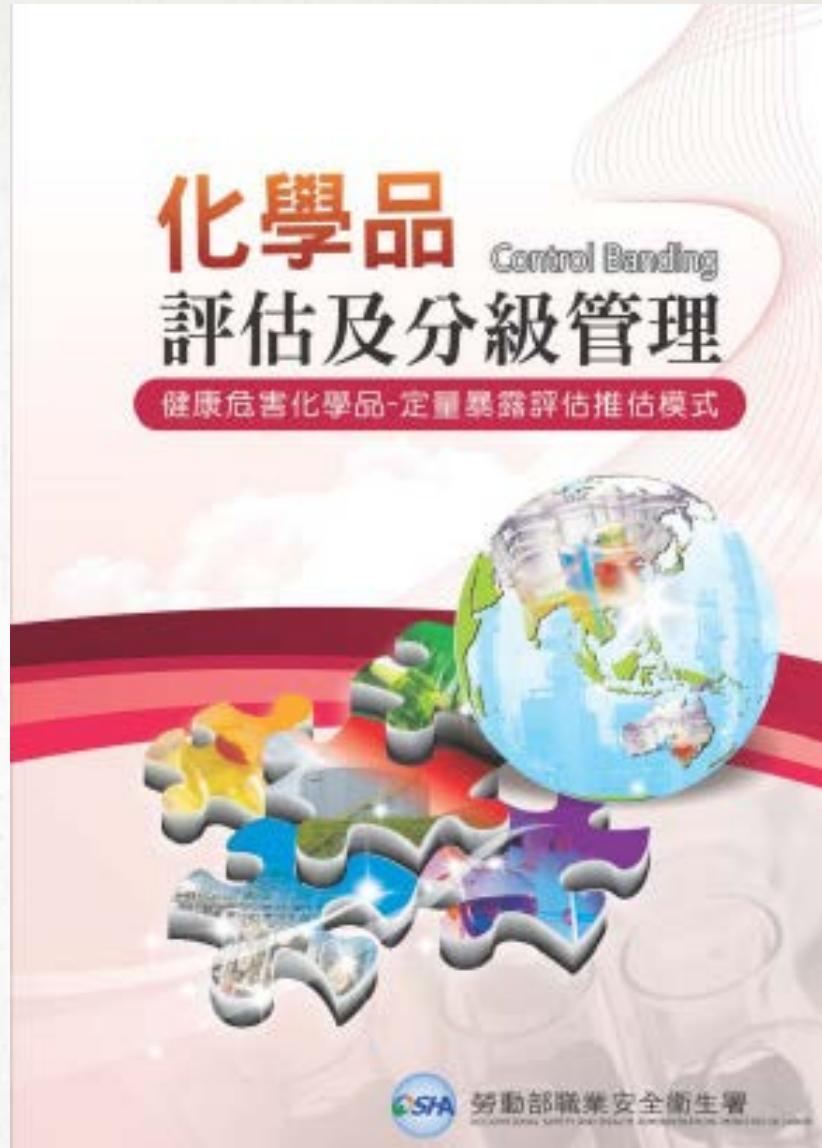
- 作業場所無通風推估模式(Zero ventilation model)
- 飽和蒸氣壓模式 (Saturation Vapor Pressure Model)
- 完全混合模式 (Well-mixed Room Model)
- 二暴露區模式(Two-Zone model)
- 摾流渦旋擴散模式(Turbulent Eddy diffusion Model)
- 近場煙流模式 (Near-field plume Model)

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



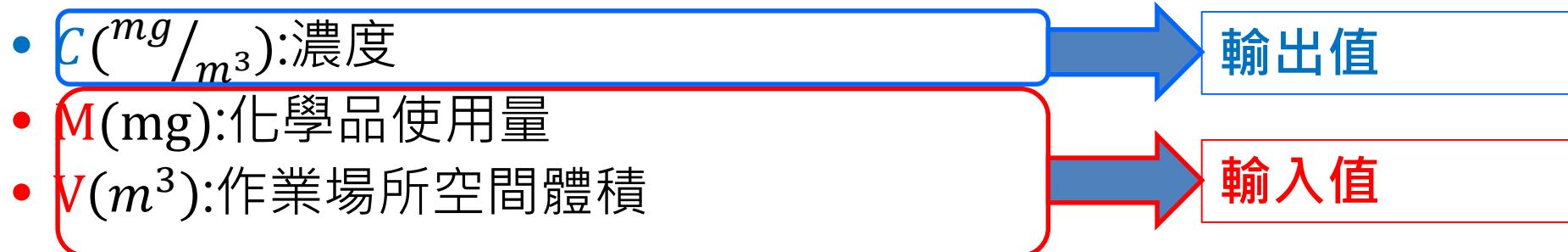
定量模式推估方法

- 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
 - $C\left(\frac{mg}{m^3}\right) = M(mg)/V(m^3)$



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

- 目的
 - 對於已知或可估計蒸汽壓的物質，可利用此模式有效推估出其逸散於空氣中之濃度限值(concentration limit)
 - 通常用來推估密封容器頂端之濃度與可以達到平衡狀態之飽和濃度
 - 此飽和濃度通常代表為最糟的情況

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/m³)

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×1/10
通風不良	飽和蒸氣濃度×1/100
整體換氣(假設每小時換氣率6次)	飽和蒸氣濃度×1/1000
局部排氣	飽和蒸氣濃度×1/10000
密閉作業	飽和蒸氣濃度×1/100000

完全混合模式 (Well-mixed Room Model)

- 目的
 - 在一個均勻混合空間中，化合物一旦進入此空間，立即和空間中的空氣完全混合；化合物在此空間中各個點的濃度完全均勻一致；暴露者相對於發生源所在位置並不重要。

模式推估公式

- 完全混合模式~公式

$$C_t = \frac{G + C_{in} \cdot Q}{Q + K_L \cdot V} \left[1 - \exp \left(-\frac{Q + K_L \cdot V}{V} \cdot t \right) \right] + C_0 \cdot \exp \left(-\frac{Q + K_L \cdot V}{V} \cdot t \right)$$

G: 逸散速率(mg/min)

V : 作業空間(m³)

K_L: 損失係數

C_{in} : 進入之濃度(mg/m³)

t:推估時間(min)

Q:通風換氣量(m³/min)

C₀:初始濃度(mg/m³)

$$C_t = \frac{G + C_{in} \cdot Q}{Q + k_L \cdot V} \left[1 - \exp \left(-\frac{Q + k_L \cdot V}{V} \cdot t \right) \right] + C_0 \cdot \exp \left(-\frac{Q + k_L \cdot V}{V} \cdot t \right)$$

有穩定釋放速率的完全均勻混合空間暴露模式

- G：逸散速率
- V：空間體積
- KL：損失係數
- Co：初始汙染物濃度
- Cin：進入此空間空氣污染物的濃度
- Q：換氣量
- t：時間

有穩定釋放速率的完全均勻混合空間暴露模式

目的：

- 推估完全均勻混合空間中氣體污染物的濃度。
- 只需要幾個參數，就能快速的推估。
- 推估工作場所中的分佈源(氣體均勻混合空間或小空間)。

有穩定釋放速率的完全均勻混合空間暴露模式

假設和限制：

- 假設污染物在進入空間時**瞬間混合**。
- 氣體濃度在空間中是**均勻的**。
- 對於鄰近發生源的工人，可能低估他在氣體中汙染物的濃度。
- 設定最大的時間進行模擬，可以選擇污染物何時產生何時停止。
- 方程式會顯示污染物的衰變。
- 可以選擇進入氣體的污染物濃度，及模擬開始時的時間(即 $T=0$)。

$$C(t) = \frac{G}{Q + \frac{G}{C_{sat}}} \left[1 - \exp\left(-\frac{G + Q \cdot C_{sat}}{V \cdot C_{sat}} \cdot t\right) \right] + C_0 \cdot \exp\left(-\frac{G + Q \cdot C_{sat}}{V \cdot C_{sat}} \cdot t\right)$$

不同背壓的完全均勻混合空間暴露模式

由於背景的壓力不一樣，因此影響到G

- V：空間體積
- Q：換氣量
- C_{sat}：飽和蒸汽壓
- G₀：初始污染物逸散速率

不同背壓的完全均勻混合空間暴露模式

目的：

- 推估在**均勻混合氣體**的空間內污染物濃度。
- 假設污染物**瞬間**在整個空間混合，即空氣中的濃度在空間中是均勻的。
- **揮發性較低**的污染物質逸散至空間中，與空氣中水分子凝結，導致污染物質在空氣中達到飽和蒸汽壓；因此污染物較不容易逸散到空氣中。

不同背壓的完全均勻混合空間暴露模式

假設和限制：

- 假設污染物在整個空間內是瞬間混合。即氣體濃度在空間是均勻的。
- 挥發性較低的污染物質逸散至空間中，與空氣中水分子凝結，導致污染物質在空氣中達到飽和蒸汽壓；因此污染物較不容易逸散到空氣中。
- 可以推估均勻混合空間中的分佈源。
- 可能低估了在發生源附近的工人空氣中的濃度。

$$C(t) = C_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q}{V} \cdot t\right)$$

衰減的完全均勻混合空間暴露模式
一旦污染物停止產生，污染物濃度隨時間在空間中衰減

- V：作業環境體積
- Q：換氣量
- C₀：初始汙染物濃度

衰減的完全均勻混合空間暴露模式

目的：

推估沒有新的污染物產生時，在一定空間中污染物濃度隨著時間遞減關係。

假設和限制：

- 通風換氣的乾淨空氣不會損失。
- 沒有新的污染物產生。
- 均勻混合於整個空間。
- 進去的空氣是乾淨的。

$$C(t) = \frac{\alpha \cdot M_0}{\alpha \cdot V - Q} \left[\exp\left(-\frac{Q}{V} \cdot t\right) - \exp(-\alpha \cdot t) \right] + C_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q}{V} \cdot t\right)$$

有指數衰減釋放速率的完全均勻混合空間 暴露模式

推估隨著時間的變化，空氣中污染物濃度呈指數下降

- C_0 ：初始汙染物濃度
- Q ：換氣量
- V ：作業環境體積
- α ：每分鐘釋放率(0~1)
- M_0 ：污染源初始濃度

指數衰減釋放速率的完全均勻混合空間暴露模式

目的：

推估一開始污染物產生後，污染物濃度在一定空間中隨著時間呈指數遞減關係。

通常適用在揮發性較高的污染物質逸散到空氣中。

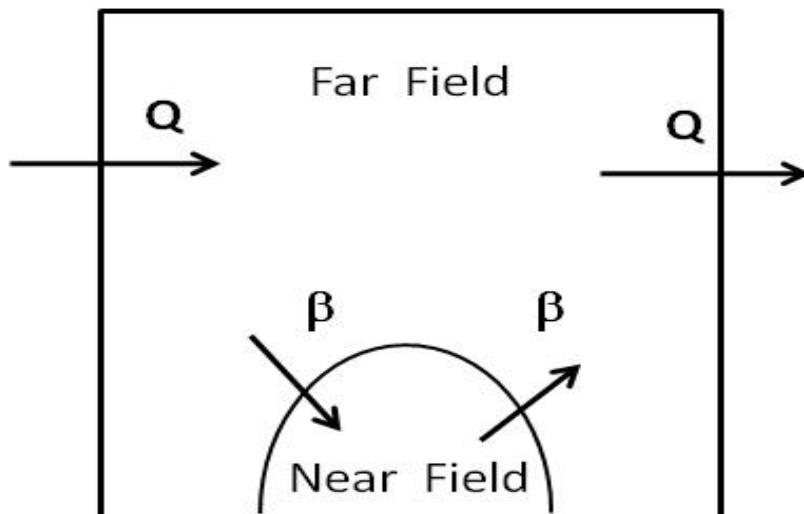
假設和限制：

- 通風換氣的乾淨空氣不會損失。
- 一開始污染物產生後，沒有新的污染物質產生。
- 均勻混合於整個空間。
- 進去的空氣是乾淨的。
- α ：每分鐘釋放率(常數) $\alpha V=Q$ ，為了避免除數 α 為 0，設置其上一個參數秒十或更小，以避免此錯誤。

二暴露區模式(Two-Zone model)

- 目的

- 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。
- 近場(near field)為環繞化學品發生源和目標暴露者呼吸帶之空間；空間中其他區域則為遠場(far field)。



二暴露區模式(Two-Zone model)

- 公式

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

→ 輸出值

C_{NF} :近場濃度(mg/m^3)
 C_{FF} :遠場濃度(mg/m^3)

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

→ 輸入值

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

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:

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

V_{NF} :近場空間之體積(m^3)
 V_{FF} :遠場空間之體積(m^3)
 G :化學品散布(蒸發)速率(mg/min)
 β :近場及遠場間空氣流通率(m^3/min)
 Q :空間換氣率(m^3/min)
 t :時間(min)
 λ_1, λ_2 :通風系統移除速率常數(min^{-1})
 FSA :近場空間表面積(m^2)
 S :近場與遠場間之風速(m/min)

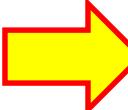
擾流渦旋擴散模式 (Turbulent Eddy diffusion Model)

- 目的
 - 考慮濃度隨釋放源距離逐漸遞減的趨勢
 - 此模式是得自於汙染物釋放源附近區域中的汙染物質量平衡關係，但不考慮包含釋放源的整個室內環境中汙染物質量平衡關係。
 - 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，如此才不違反質量平衡關係。

擾流渦旋擴散模式 (Turbulent Eddy diffusion Model)

- 公式-適用於連續釋放半球形擴散，伴隨氣流達最終穩態濃度

$$C(x, y, z)_{ss} \text{ mg/m}^3 = \frac{G}{2\pi D_T \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \exp \left[-\frac{U}{2D_T} \left(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - x \right) \right]$$

 **輸入值**

G:汙染物連續釋放速率(mg/min)

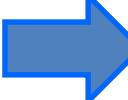
D_T:紊渦流擴散係數(m²/min)

U:平行於x軸方向的均勻伴隨氣流風速(m/min)

x,y,z:在距原點(釋放源,x=0,y=0,z=0)徑向距離位置(x,y,z) · 即暴露者與污染源之相對位置

$$D_T = 60(0.08 \times ACS \times U_{IN}^2 \times H^4)^{1/3}$$

(ACS:室內空氣每秒交換次數; U_{IN}:供氣自供氣口進入室內的風速(m/s); H:室內高度(m))

 **輸出值**

C:濃度(mg/m³)

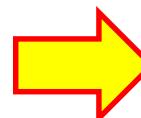
近場煙流模式 (Near-field plume Model)

- 目的:於戶外環境，推估汙染物於低壓釋放的情形下，沿著煙流中心線之下風處的暴露濃度。適用推估距離汙染源3m內的距離。

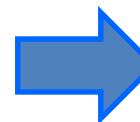
近場煙流模式 (Near-field plume Model)

- 公式

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

 輸入值

G:逸散速率(mg/min)
U:風速，m/s
r:汙染源至呼吸區域之距離，m

 輸出值

C:濃度(mg/m³)

Mid-field plume model

This approximation plume model was developed to estimate concentrations in the distance approximately 3 to 100 meters from the emission source. Further information on this model is limited.⁽¹⁶⁾

$$C = \frac{0.0502 \cdot G}{(r^{1.81}) \cdot U} \quad (16-4)$$

where

C = concentration, mg/m³

G = emission rate, mg/min

r = downwind distance of interest, meters

U = wind velocity, meters/second

所有推估模式都需要G&Q

- 有機溶劑設施預防規則
- 勞工安全設施規則

換氣量

■ 法規

- 勞工安全設施規則
 - 勞工所需新鮮空氣
- 有機溶劑中毒預防規則
 - 容許消費量
- 鉛中毒預防規則
 - $1.67 \text{ m}^2/\text{min}$
- 粉塵危害預防標準
 - 未明確規範換氣量

■ 濃度

- 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準
- 防火防爆
- 室內空氣品質

勞工安全設施規則

■ 第312條

- 雇主對於勞工作場所應使空氣充分流通，必要時，應依下列規定以機械通風設備換氣：
- 一、應足以調節新鮮空氣、溫度及降低有害物濃度。
 - 二、其換氣標準如下：

勞工所佔體積 (m^3 /人)	勞工所需新鮮空氣 (m^3/min^* 人)
<5.7	0.6
5.7-14.2	0.4
14.2-28.3	0.3
>28.3	0.14

有機溶劑中毒預防規則

- 本規則第五條第二項規定之有機溶劑或其混存物之容許消費量，依次表之規定計算。

有機溶劑或其混存物之種類	有機溶劑或其混存物之容許消費量
第一種有機溶劑或其混合物	容許消費量= $1/15 \times$ 作業場所之氣積
第二種有機溶劑或其混存物	容許消費量= $2/5 \times$ 作業場所之氣積
第三種有機溶劑或其混存物	容許消費量= $3/2 \times$ 作業場所之氣積

(1) 表中所列作業場所之氣積不會超越地面四公尺以上高度之空間。

(2) 容許消費量以公克為單位，氣積以立方公尺為單位計算。

(3) 氣積超過150立方公尺者，概以150立方公尺計算。

有機溶劑中毒預防規則

有機溶劑或其混存物之種類	換氣量 ($Q, m^3/min$)
第一種有機溶劑或其混合物	$Q = 0.3$ * 作業時間內一小時之有機溶劑或其混存物之消耗量
第二種有機溶劑或其混存物	$Q = 0.04$ * 作業時間內一小時之有機溶劑或其混存物之消耗量
第三種有機溶劑或其混存物	$Q = 0.01$ * 作業時間內一小時之有機溶劑或其混存物之消耗量

表中每分鐘換氣量之單位為立方公尺，作業時間內一小時之有機溶劑或其混存物之消費量之單位為公克。

所有推估模式都需要G，G的計算

- 穩定釋放速率(G)~Hummel方程式

$$G = \frac{0.166 \cdot MW^{0.833} \cdot Pv \cdot \left[\frac{1}{MW} + \frac{1}{29} \right]^{0.25} \cdot A}{T^{0.05}} \cdot \sqrt{\frac{V}{L \cdot P_{atm}}}$$

常見之典型環境值計算
考慮室溫及室壓在20°C及1 atm的情形下，T=293K, Patm=101325Pa

$$G = 0.393 \times MW^{0.833} \times Pv \times \left(0.0345 + \frac{1}{MW} \right)^{0.25} \times A \times \sqrt{\frac{V}{L}}$$

MW: molecular weight

Pv: vapor pressure of evaporating chemical

A: surface area of liquid pool

V: air speed

L: surface length of liquid pool

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	
均勻混合模式 Well-mixed Model	
兩區模式 Two-zone Model	
擾流渦流擴散模式 Turbulent Eddy Diffusion Model	
近場煙流模式 Near-field plume Model	

其他建議模式 依作業操作方式

Transfer Operation

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

- Equation to predict Inhalation Exposure

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

- 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.

- $C_{eq} = \frac{(720)VP \left[\frac{1}{MW} + \frac{1}{29} \right]^{0.25} A}{MW^{0.165} Q k \Delta x^{0.25}}$

- C_{eq} =airborne concentration at equilibrium, ppm
- VP=vapor pressure, atm
- MW=molecular weight, g/g-mole
- A=area, cm²
- Q=ventilation rate, m³/min
- K=mixing factor, dimensionless
- Δx =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)

Estimating worker exposures to liquid pool evaporation or boiling (2)

- $$Q_m = \frac{MKAP_{sat}}{R_g T_L}$$
- To find mass transfer coefficient of the contaminants
- $$K = K_0 \left(\frac{M_0}{M} \right)^{1/3}$$
- K_0 =mass transfer coefficient of reference substance, water (0.0083 m/s)
- M=molecular weight of contaminant (kg/kg-mole)
- M_0 =molecular weight of water (kg/kg-mole)

Dilution Ventilation (1)

- Estimating worker exposures to toxic vapours
- The average concentration C_{ppm} of any volatile liquids or substances in an enclosure given a source term Q_m and ventilation rate Q_v .
- It can be applied to workers standing near a pool of volatile liquid, an opening to a storage tank or an open container of volatile liquid.

Dilution Ventilation (2)

- $C(ppm) = \frac{Q_m R_g T}{k Q_v P M} \times 10^6$
- C_{ppm} =average concentration of volatile vapour in the enclosure (ppm)
- Q_m =evolution rate of volatile material (kg/s)
- K=non ideal mixing factor ($k=0.1\sim0.5$); for perfect mixing ($k=1$)
- R_g =ideal gas constant (8.314 Pa m³/mole K)
- T=temperature of the source (K)
- M=molecular weight of th escaping vapour (kg/kg-mole)
- Q_v =ventilation rate (m³/s)

Dilution Ventilation (3)

- $C(ppm) = \frac{Q_m R_g T}{k Q_v P M} \times 10^6$
- Assumptions
 - The vapour concentration calculated is an average concentration in the enclosure. However, the localized conditions will result in higher concentrations; e.g. workers directly above an open container will be exposed to higher vapour concentrations.
 - Steady state conditions assuming there is no accumulation of vapours.

Dilution Ventilation (4-1)

- Example

- An open toluene container in an enclosure is weighted as a function of time and it is determined that the average evaporation rate is 0.1 gm/min. The ventilation rate is 100 ft³/min. The temperature is 80°F and the pressure is 1 atm. Estimate the concentration of toluene vapor in the enclosure and compare to the PEL (Long Term) for toluene of 100 ppm.
- $Q_m = 0.1 \text{ gm/min} = 2.20 \times 10^{-4} \text{ lbm/min}$
- $R_g = 0.7302 \text{ ft}^3 \text{ atm/lb-mole } {}^\circ\text{R}$
- $T = 80^\circ\text{F} = 540^\circ\text{R}$
- $Q_v = 100 \text{ ft}^3/\text{min}$
- $M = 92 \text{ lbm/lb-mole}$
- $P = 1 \text{ atm}$

Dilution Ventilation (4-2)

- Example

- $Q_m = 0.1 \text{ gm/min} = 2.20 \times 10^{-4} \text{ lbm/min}$
- $R_g = 0.7302 \text{ ft}^3 \text{ atm/lb-mole } {}^\circ\text{R}$
- $T = 80 {}^\circ\text{F} = 540 {}^\circ\text{R}$
- $Q_v = 100 \text{ ft}^3/\text{min}$
- $M = 92 \text{ lbm/lb-mole}$
- $P = 1 \text{ atm}$
- $kC_{ppm} = \frac{(2.20 \times 10^{-4} \text{ lbm/min})(0.7302 \text{ ft}^3 \text{ atm/lb-mole } {}^\circ\text{R})(540 {}^\circ\text{R})}{100 \text{ ft}^3/\text{min}(1 \text{ atm})(92 \text{ lbm/lb-mole})} \times 10^6$
- $kC_{ppm} = 9.43 \text{ ppm}$
- Since k varies from 0.1 to 0.5, the concentration is expected to vary from 18.9 to 94.3 ppm.
- Actual vapor sampling is recommended to ensure that the PEL (Long Term) is not exceeded.

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。
Pump 檢修排空	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

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

- 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
- Δx = 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 ($kg/kg\text{-mole}$)
- 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

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

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

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 95TH 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 95th 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

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

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

and where:

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

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

and where:

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

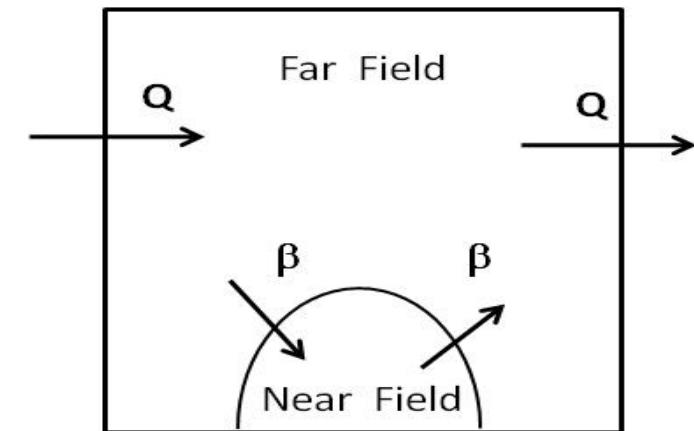
Q : ventilation rate

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

G : emission rate

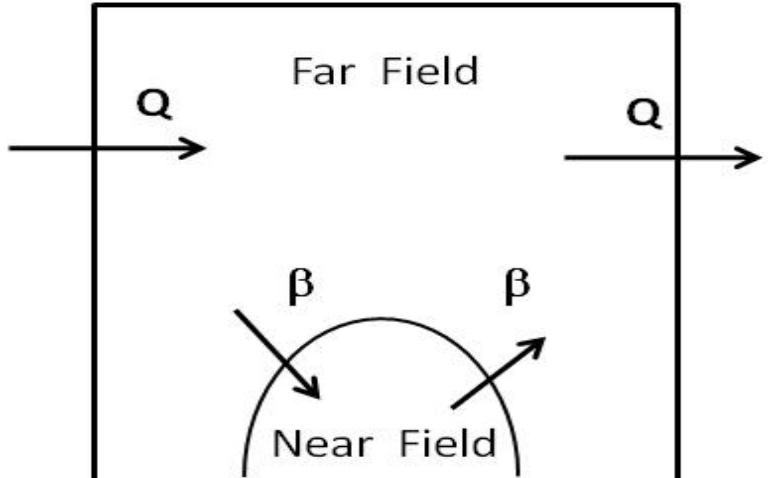
Vnf : near field volume (defined by the model user)

Vff : far field volume = work space volume minus the near field volume



需收集的資料

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 化學品基本資料• 化學品使用情形<ul style="list-style-type: none">• 化學品1<ul style="list-style-type: none">• 操作量• 操作方式• 化學品2<ul style="list-style-type: none">• 操作量• 操作方式•• 所有化學品之SDS提供 | <ul style="list-style-type: none">• 現場暴露資料<ul style="list-style-type: none">• 使用之化學品容器之開口面積(A)(m²)• PM作業時間(T)(mins)• 作業人員近場/遠場空間(V)(m³)• 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) |
|--|---|



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

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

V _{NF}	FSA	項次	區域	風速(m/s)	β
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

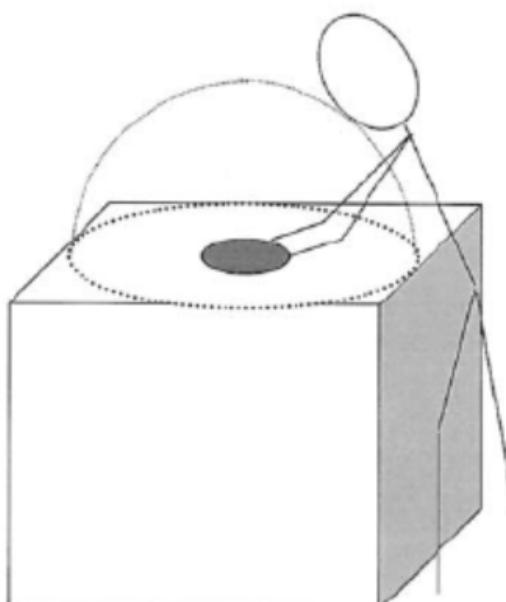
and where:

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

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

and where:

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

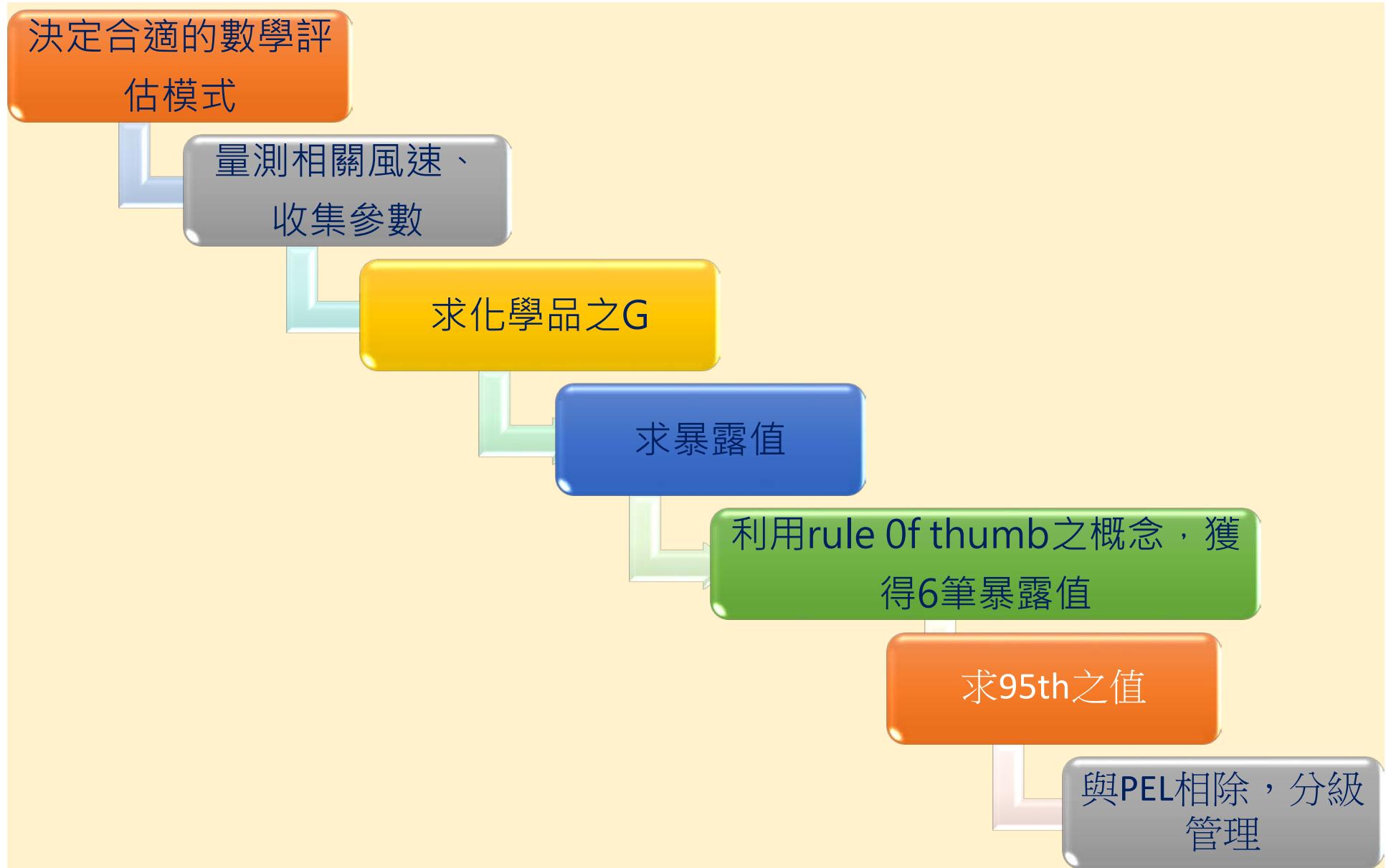


評估結果(實例)

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	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 monomethyl 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)propyl acetate PGMEA (Propylene glycol monomethyl 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



Case study-2

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 實業施環 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				

Table 7.4 – Manufacturing Plant Ranked Prioritized Action to be Taken.

SEG ID	Process	Job	Task	Agent	Quantity	Duration/ Frequency	Manual vs. Automated Operation	PPE	Engineering Controls	Exposure Rating	Basis for ER	OEL	Exposure Judgment	Health Effects Rating	Basis for HER	Health Risk Rating	Uncertainty Rating	Ranked Priority Rating	Information Needed	Actions to be Taken
R	Casting	Helper	Fluxing	Octochlorostyrene	(off-gas product)	2 hours/shift	NA	Nitrile gloves OV/ dust resp	None	3	Exposure data from other agent	Working OEL - 25 ug/m3 8 hour TWA	Uncertain	4	Reproductive hazard; carcinogen	12	2	24	Air monitoring data	Air monitoring
N	Casting	Helper	Fluxing	Heat	90°F radiant heat by furnace	2 hours/shift	Manual	Nitrile gloves, OV/ dust resp	None	4	Exposure data from other operation	Varies w/ metabolic demands	Unacceptable	2	Impairment	8	2	16	Monitor core body temperature	Engineering control
G	Coil Coating	Discharge operator	QC	MIBK	20 lb/shift	15 minutes, 8X/shift	Manual	Nitrile gloves, OV resp	None	4	Modeling	75 ppm - STEL	Unacceptable	2	URT Irritation; Dizziness	8	2	16	Air monitoring data	Engineering control/ possible airmon validation
Q	Casting	Helper	Fluxing	Hexachlorobenzene	(off-gas product)	2 hours/shift	NA	Nitrile gloves OV/ dust resp	None	3	Exposure data from other operation	25 ug/m3 - 8 hour TWA	Uncertain	4	Reproductive hazard; carcinogen	12	1	12	Air monitoring data	Air monitoring
S	Casting	Helper	Fluxing	Ergonomic	2-65 kg bags	2-65 kg bags/shift	Manual	None	None	3	Modeling	NA (NIOSH guideline of 51 lb)	Uncertain	3	back strain	9	1	9	None	Feasible engineering controls
P	Casting	Helper	Fluxing	Hydrogen chloride	(off-gas product)	2 hours/shift	NA	Nitrile gloves, OV/ dust resp	None	4	Screening measurements	5 ppm - ceiling limit	Unacceptable	1	URT Irritation	4	2	8	Air monitoring data	Engineering control
B	Coil Coating	Coil feed operator	General	2-butoxy ethanol	2500 lb/ shift	7.5 hours, 5 days/week	Manual	Nitrile gloves	Local exhaust vent	2	Modeling	25 ppm - 8 hour TWA, skin	Uncertain	2	Damage to red blood cells	4	2	8	Air and/or biological monitoring data	Air and/or biological monitoring
F	Coil Coating	Discharge operator	General	2-butoxy ethanol	2500 lb/ shift	7.5 hours, 5 days/week	Automated	Nitrile gloves	Local exhaust vent	2	Modeling	25 ppm - 8 hour TWA, skin	Uncertain	2	Damage to red blood cells	4	2	8	Air monitoring data	Air monitoring
A	Coil Coating	Coil feed operator	General	Noise	NA	7.5 hours, 5 days/week	Automated	Ear plugs	Partial enclosure	3	Screening measurements (82-85 dB)	85 dBA - 8 hour TWA	Acceptable	3	Hearing loss	9	1	9	Noise dosimetry	Noise dosimetry to validate levels
E	Coil Coating	Discharge operator	General	Noise	NA	7.5 hours, 5 days/week	NA	Ear plugs	Partial enclosure	3	Screening measurements (82-85 dB)	85 dBA - 8 hour TWA	Acceptable	3	Hearing loss	9	1	9	Noise dosimetry	Noise dosimetry to validate levels
J	Coil Coating	Helper	General	Noise	NA	7.5 hours, 5 days/week	NA	Ear plugs	Partial enclosure	3	Screening measurements (82-85 dB)	85 dBA - 8 hour TWA	Acceptable	3	Hearing loss	9	1	9	Noise dosimetry	Noise dosimetry to validate levels

~The End~

Question?