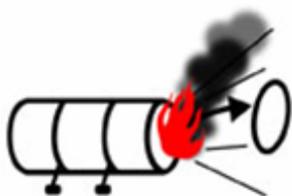


火災事故後 設備和管線之完整性評估

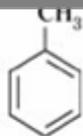
H₂



H₂S



Crude oil



LPG



蘇俊吉、陳孟宏、許峰彰
中油公司煉製研究所
林銘坤、蔣振芳
煉製事業部 高雄煉油廠

97年11月5日

煉製和石化工場製程操作

👉 平時: 預知/預防能力

首要著重於安全，預防火災、爆炸及化學物質外洩

💣* 事故當時: 應變能力

- 洩漏或火災事件是工場操作所最不樂見
- 透過種種緊急應變措施來避免事故擴大，降低二次災害

🕒 事故之後: 復原處理能力

- 降低事故後之維修以及停產所導致的經濟損失
- 相關結構、儀控、轉機、固定設備、管線和儲槽安全性
- 適用性評估是工場復工的關鍵工作



如何在一片凌亂狼籍的火場事故現場 決定汰換、修補、限制操作條件

☞ 日後操作的安全性

☞ 工場復工時效

☞ 復工審查

29.10.2007

火災損害適用性評估 (assessment of fire damage)

- 👉 美國石油協會2007年版API 579
- 👉 第十一章節:火災損害適用性評估流程和判定基準
- 👉 適用範圍為承受壓力設備、管線和儲槽
- 👉 不包括鋼結構、爬梯、平台、儀器和電纜線等
- 👉 評估的損傷劣化型態:
 - 變形、機械性質劣化、冶金微結構劣化、腐蝕性質劣化
 - 環境引起之龜裂、潛變損傷、裂紋缺陷、殘留應力
- 👉 評估結果處置措施:
 - 繼續使用
 - 限制操作條件
(例如建立新的最大容許工作壓力、最大/最小設計壓力)
 - 鐸補或汰換存在瑕疵的部位
 - 汰換整個設備。
- 👉 亦可作為工場操作異常發生過熱時堪用性評估的工具

報告摘要

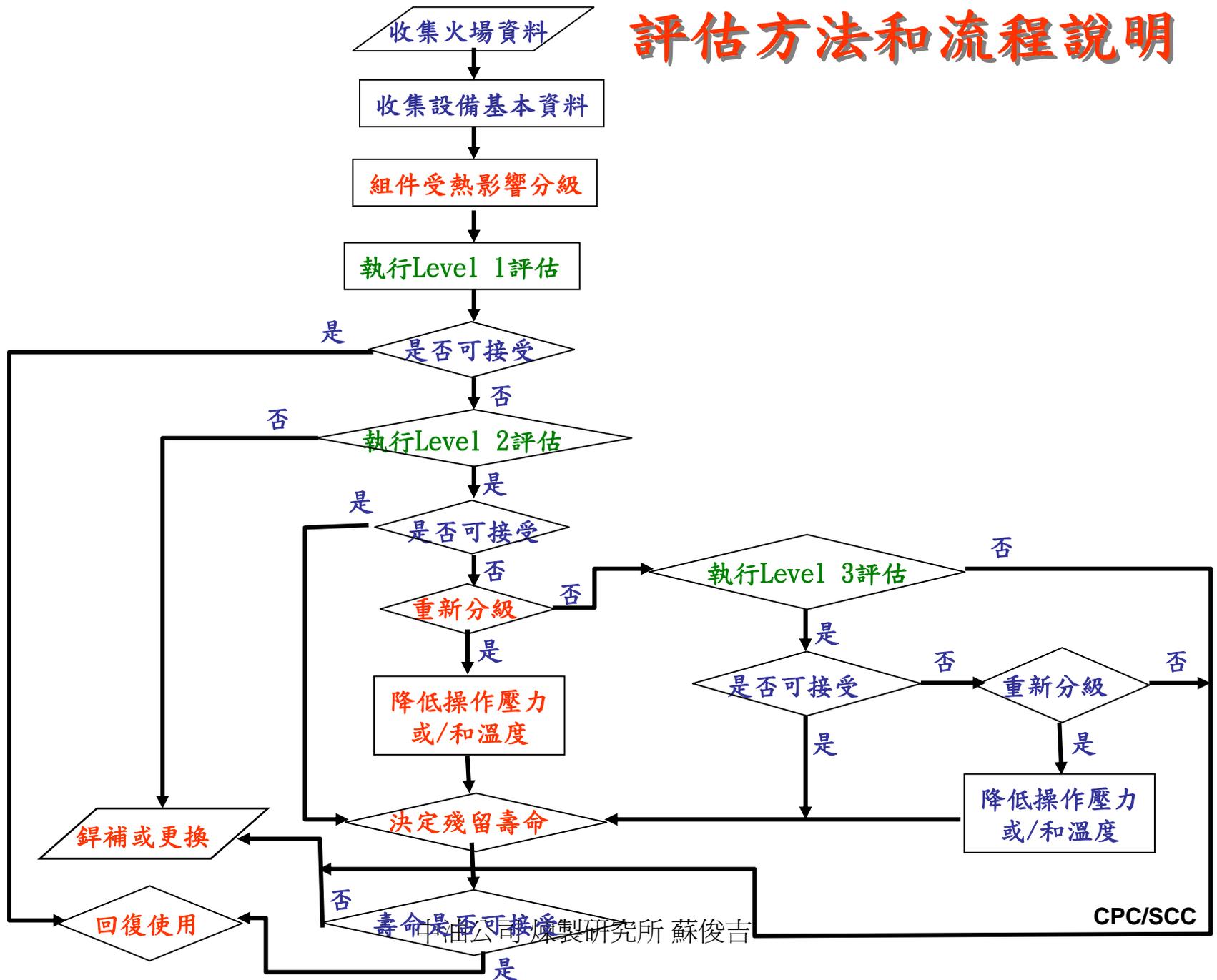
☞ 評估方法和流程說明

- 火災影響範圍界定
- 現場檢測
- 判定基準：level 1、2、3

☞ 實際案例應用

- 資料收集方法：界定火災影響範圍
- 現場檢測技術應用
- 數據分析和適用性評估
- 改善建議

評估方法和流程說明



level 1:評估程序其接受標準依據火災受熱影響區域和結構材料，**此方法是保守的**，對於設備繼續使用評估不要求任何計算

level 2:評估程序藉由評估組件受火災損傷的材料強度來決定設備組件完整性的接受標準主要應用在受熱區域高或等於第V區域或目視尺寸明顯變化者，當評估結果無法符合**level 2**評估接受標準時可採取以下措施**(1)**鉸補、更換或汰換組件、**(2)**調整未來之腐蝕裕度(FCA)、**(3)**進行額外檢驗和調整鉸接係數再重新評估和**(4)**進行**level 3**評估

level 3:當評估結果均無法符合**level 1**和**level 2**要求時，評估程序可採用現場金相複製、切取材料進行測試和進行詳細的應力分析。

組件受熱影響分級

受熱影響區	溫度範圍	受熱/溫度影響的特徵
<p>ZONE I 無受熱、火焰 或煙燻的跡象</p>	室溫	無損傷特徵
<p>ZONE II 有水或煙接觸, 但無受熱影響</p>	室溫~65°C	無損傷特徵
<p>ZONE III 輕度熱暴露</p>	>65~205°C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vinyl塗覆開始熔化、流動、起泡和燃燒 2. Alkyd塗覆變色和鬆散 3. Epoxies&polyurethanes塗覆變色、起泡、燒焦 4. 橡膠熔化、燒焦 5. 電子連接點鉛和錫熔化 6. 包覆防水膏(acrylic mastic)龜裂、燒焦
<p>ZONE IV 中度熱暴露</p>	>205~425°C	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回火鋁合金(例如T6)強度降低 2. 木材燒焦或燒毀 3. 冷抽製之銅冷凝器管軟化、下垂、晶粒粗大化 4. 管線或儲槽內襯鉛熔化 5. 鑄造鋅和鋁熔化 6. 鍍鋅鋼構上之鋅熔化 7. 加上或拋光之鋼呈藍色

ZONE I

無受熱、火焰或煙燻的跡象



ZONE II

有水或煙接觸,但無受熱影響



ZONE III

輕度熱暴露
Epoxies 塗覆變色、起泡、燒焦

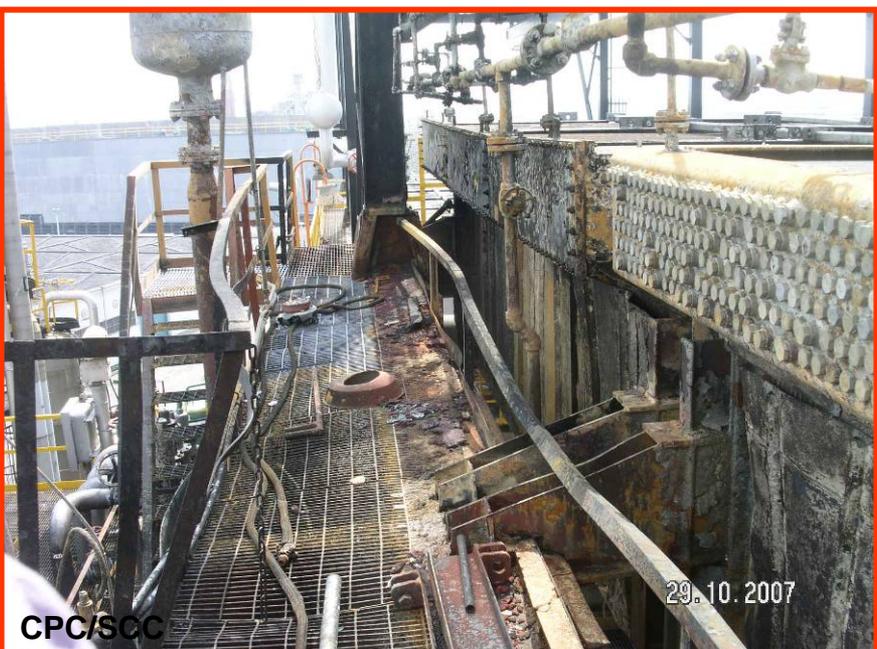
組件受熱影響分級(續)

<p>ZONE V 高度熱暴露 ，受輻射 熱影響， 但無直接 焰擊</p>	<p>>425~730°C</p>	<ol style="list-style-type: none">1. 淬火回火鋼(彈簧、4140)強度降低2. 照明燈玻璃變形和熔化3. 18-8不鏽鋼敏化4. 鋼變形、潛變和形成厚的氧化層5. 析出硬化型不銹鋼強度降低6. 鋁合金熔解7. 銅合金氧化變黑8. 銀接點熔化
<p>ZONE VI 重度熱暴露 ，臨近火 源附近或 直接焰擊</p>	<p>>730°C</p>	<ol style="list-style-type: none">1. 鋼碳化球化、沃斯田鐵化，冷卻慢相當於回火，快速冷卻變成硬脆2. 鍍鋅鋼材上之鋅氧化呈白色顆粒或蒸發3. cellular glass 熔化4. 銅合金、C-276、316SS、鋼材和Ti熔化

CPC/SCC

ZONE V

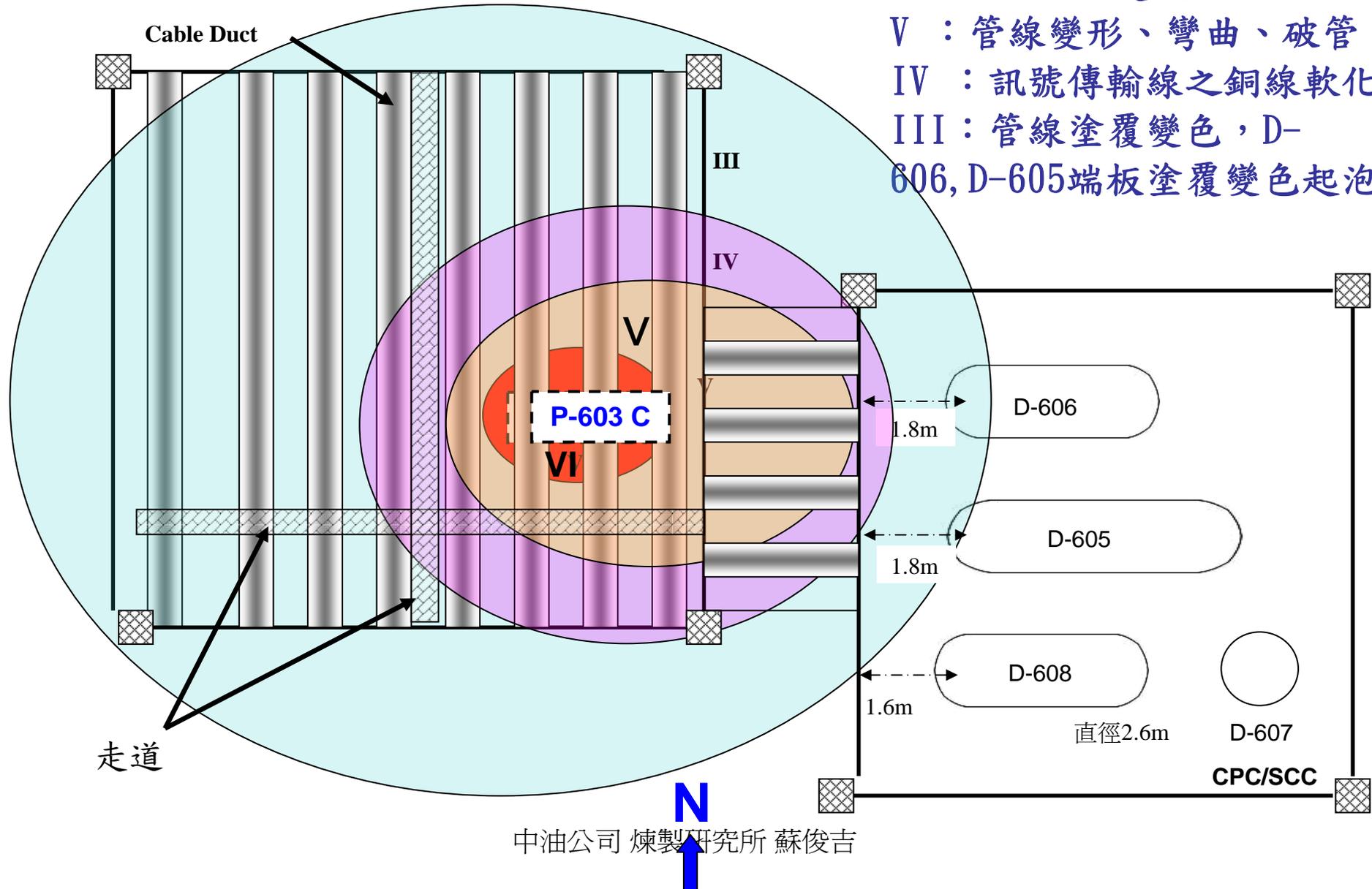
高度熱暴露，受輻射熱影響，但無直接焰擊



鋁合金熔解

鋼變形、潛變和形成厚的氧化層

組件受熱影響分級



level 1:評估程序其接受標準依據火災受熱影響區域和結構材料，**此方法是保守的**，對於設備繼續使用評估不要求任何計算

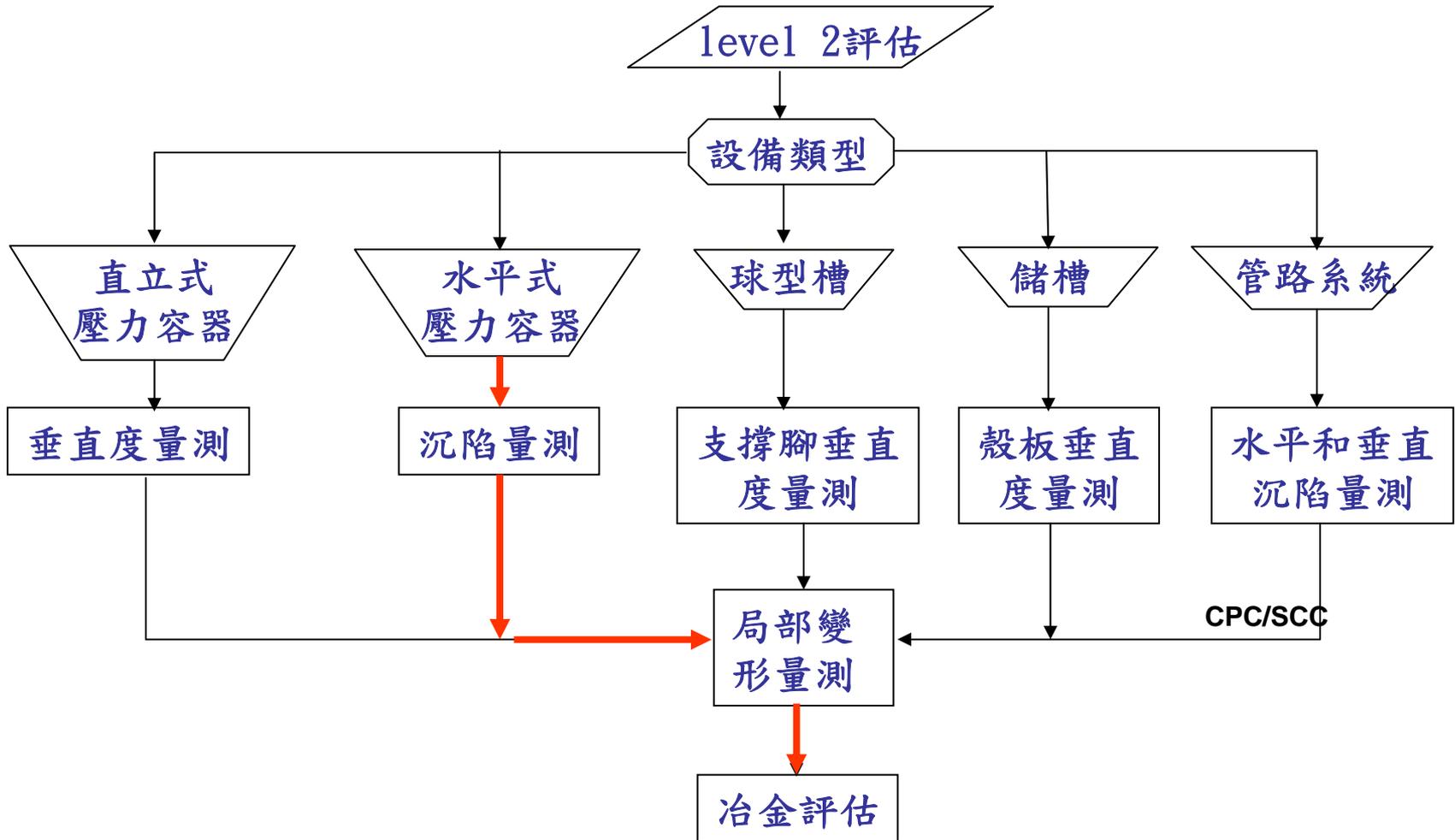
level 2:評估程序藉由評估組件受火災損傷的材料強度來決定設備組件完整性的接受標準主要應用在受熱區域高或等於第V區域或目視尺寸明顯變化者，當評估結果無法符合**level 2**評估接受標準時可採取以下措施**(1)**鉸補、更換或汰換組件、**(2)**調整未來之腐蝕裕度(FCA)、**(3)**進行額外檢驗和調整鉸接係數再重新評估和**(4)**進行**level 3**評估

level 3:當評估結果均無法符合**level 1**和**level 2**要求時，評估程序可採用現場金相複製、切取材料進行測試和進行詳細的應力分析。

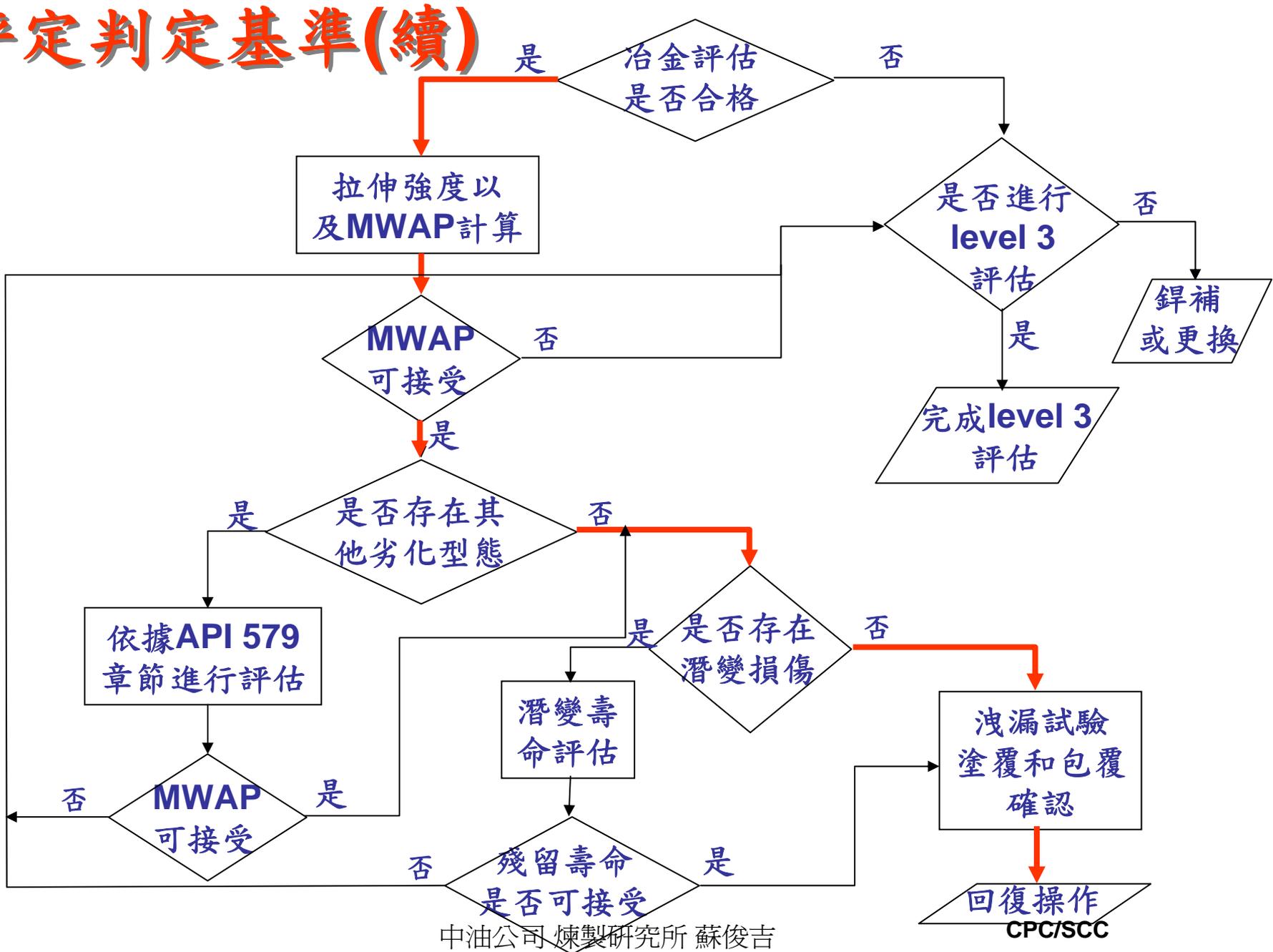
level 1之接受標準

材質	ASTM編號	滿足level 1之熱影響區
碳鋼	A36、A53、A105、A131、A139、 A181、A216、A234、A266、 A283、A285、A333、A350、 A352、A420、A515、A516、 A537、A671、A672、API 5L	I、II、III、IV
低合金鋼	A182、A217、A234、A335、A336、 A387、A691	I、II、III、IV
沃斯田鐵不 銹鋼	A312、A358、A240、A403、A351	I、II、III、IV
Alloy 20	B336、B462、B463、B464、B729、 B744	I、II、III、IV
Alloy 400	B127、B164、B165、B336、B564、 B494	I、II、III
雙向不銹鋼 2205 2507	A182、A240、A789、A790、A815	I、II
Alloy 800 Alloy 800H	B163、B366、B407、B409、B564	I、II、III、IV

評定判定基準



評定判定基準(續)



檢測技術

- 1.槽體變形量測:槽體變形輪廓量測，應利用儀器量測鼓脹和凹陷等變形量，可用方法包括傳統錘線法以及現場儀器量測方法。
- 2.硬度測試:硬度測試主要作為評估受高溫影響材料抗拉強度和延性及韌性變化
- 3.對潛在龜裂損傷模式進行磁粉探傷(MT)以及液滲染色探傷(PT)。
- 4.現場金相複製:檢測材料受熱微結構的變化以及裂紋型態，同時可檢測出早期的潛變損傷
- 5.洩漏試驗(leak test):當設備暴露在第IV區以上時，回復操作使用之前應考慮進行，測試組件包括法蘭連接、無封鐸之牙接、閥體、墊片和換熱器管板擴管處。

硬度測試

D606				
編號	硬度 (HB)	抗拉強度 換算 (kg/cm ²)	金相	材料A285-C 抗拉強度
A	199	66.3	肥粒鐵相+波來鐵相	38~51.5 kg/cm ²
B	173	57.7	肥粒鐵相+波來鐵相	
C	166	55.3	肥粒鐵相+波來鐵相	
D	173	57.7	肥粒鐵相+波來鐵相	
E	174	58.0		
F	176	58.7		
R	178	59.3		CPC/SCC

$$\text{Kg/cm}^2 \times 9.8 = \text{MPa}$$

$$55.3 \text{kg/mm}^2 = 542 \text{MPa}$$

中油公司 煉製研究所 蘇俊吉

MWAP計算

$$S_{qdt} = \min \left[\left\{ C_{ism} S_{uts}^{ht} \left(\frac{S_{aT}}{S_{aA}} \right) \right\}, S_{aT} \right] \quad (11.1)$$

where,

- C_{ism} = In-service margin, 0.25 is recommended,
- S_{qdt} = Allowable stress for a fire damaged material (MPa:psi),
- S_{aA} = The allowable stress of the original design code or standard at the ambient temperature when the hardness tests are taken (MPa:psi),
- S_{aT} = The allowable stress of the original design code or standard at the specified design temperature (MPa:psi), and
- S_{uts}^{ht} = Ultimate tensile strength based on a hardness test from Step 1 (MPa:psi).
CPC/SCC

$S = \min(0.25 \times 542 \times 108 / 108, 108) = \min(135.5, 108) = 108 \text{ MPa}$
(原始設計之 Allowable Stress)

108MPa為原始設計之採用之Code Allowable Stress

A.3.4 *Cylindrical Shells* – The minimum thickness, *MAWP* and membrane stress equations are as follows (see ASME B&PV Code, Section VIII, Division 1, paragraph UG-27):

MWAP計算

A.3.4.1 Circumferential Stress (Longitudinal Joints):

$$t_{\min}^C = \frac{PR_c}{SE - 0.6P} \quad (A.2)$$

$$MAWP^C = \frac{SEt_c}{R_c + 0.6t_c} \quad (A.3)$$

$$\sigma_m^C = \frac{P}{E} \left(\frac{R_c}{t_c} + 0.6 \right) \quad (A.4)$$

A.3.4.2 Longitudinal Stress (circumferential Joints):

$$t_{\min}^L = \frac{PR_c}{2SE + 0.4P} + t_{sl} \quad (A.5)$$

$$MAWP^L = \frac{2SE(t_c - t_{sl})}{R_c - 0.4(t_c - t_{sl})} \quad (A.6)$$

$$\sigma_m^L = \frac{P}{2E} \left(\frac{R_c}{t_c - t_{sl}} - 0.4 \right) \quad (A.7)$$

A.3.4.3 Final Values:

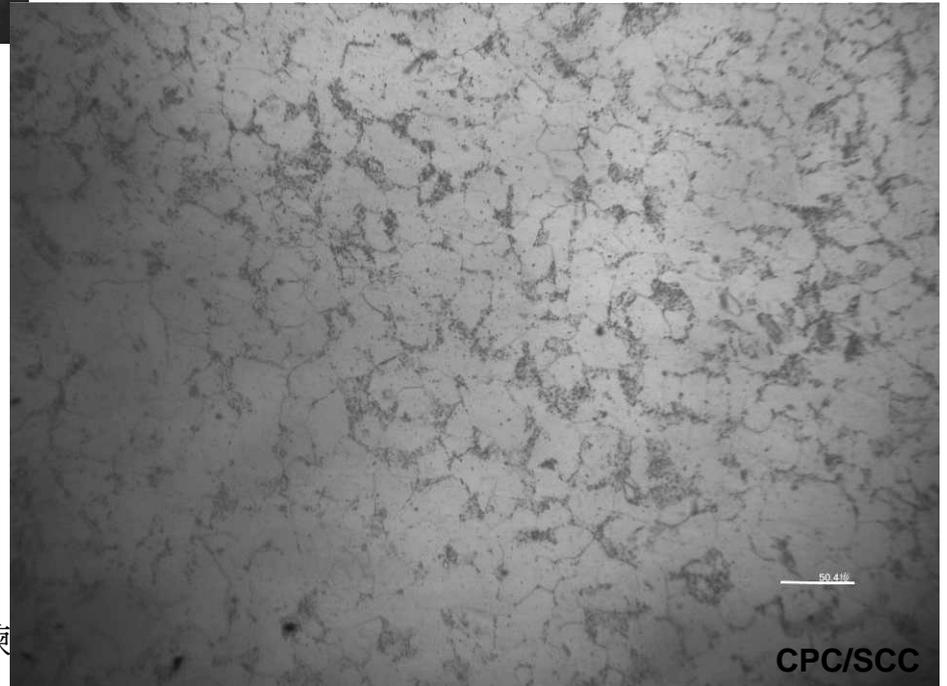
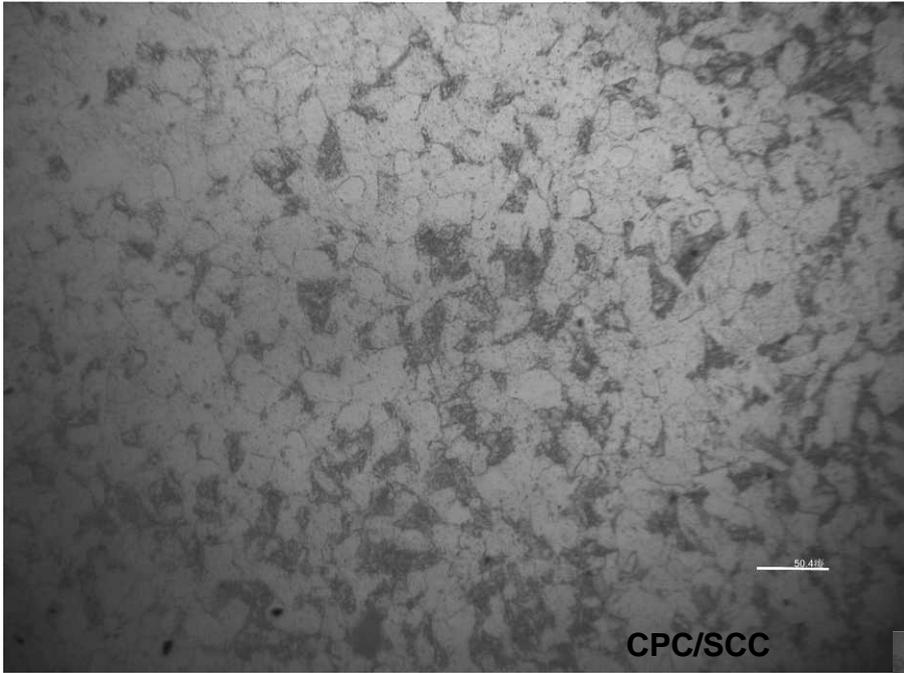
$$t_{\min} = \max(t_{\min}^C, t_{\min}^L) \quad (A.8)$$

$$MAWP = \min(MAWP^C, MAWP^L) \quad (A.9)$$

$$\sigma_{\max} = \max(\sigma_m^C, \sigma_m^L) \quad (A.10)$$

因壁厚量測無減薄現象, 且
容許強度經計算採用原始設計強度
因此強度計算符合原設計之MWAP
GPC/SCC

現場金相複製 -無發現潛變現象



中油公司 煉

結 論

API 579提供火災後適用性評估人員工作流程和判定基準的依循，根據實例應用結果，影響評估可靠度和汰換因素包括

A. 資料收集:

火災後應保留完整現場，各工種暫時勿進行施工或清除作業方有利於後續適用性評估工作的展開以及提高準確度。

B. 維修和汰換策略:

安全性、復工時程和籌料狀況，這些因素會影響適用性評估進行的必要程度，例如管線若有備料，進行至**level 1**無法接受時，即可完全汰換，無須再進行**level 2**，此對整體復工維修時程較為快速且作業方便，因此進行適用性評估前，應先了解各設備和管線備料情況、汰換所需時程、困難度及操作之風險性

結 論(續)

C. 檢測及分析技術建立:

整個適用性評估過程應用到相當多的技術，包括檢測、材料冶金和應力及分析計算，技術建立越成熟和可靠，越有利於完成整個流程的各決策點，相對有利於完成3階段的評估工作，有助於對設備安全性和降低維修汰換數量

報告完畢 敬請批評指教

