

# 從危害控制分析談重大危害事件管理

游輝祥 博士/核可功能安全專家(CFSE)

英能科技(股)公司

電話: +886+3+3565317

傳真: +886+3+3562482

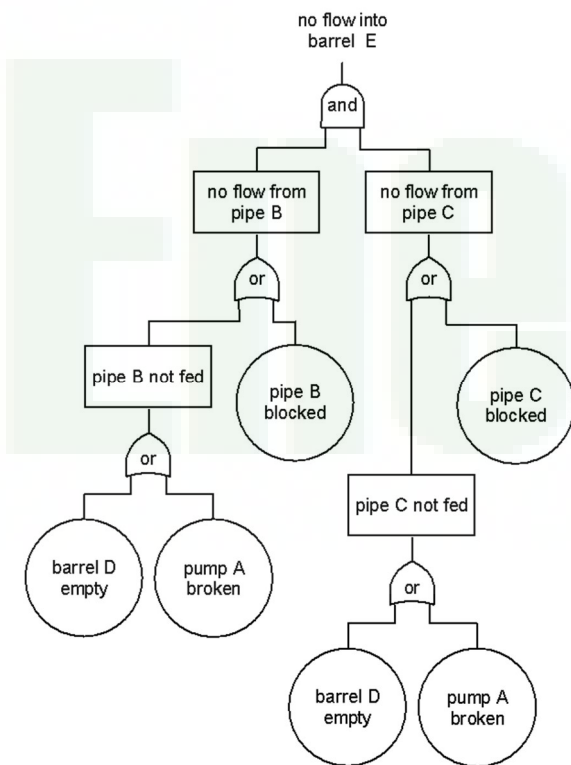
網址: <http://www.energywell.com.tw>

## 講題四

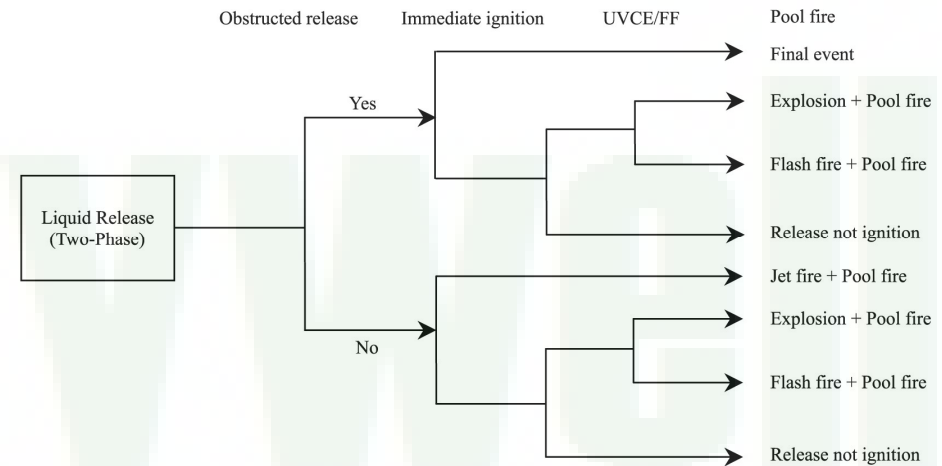
# 領結(蝴蝶結)方法在製程安全風險管理的P-D-C-A應用簡介

# Bowtie's ancestors (領結分析前身)

- Fault tree (失誤樹)



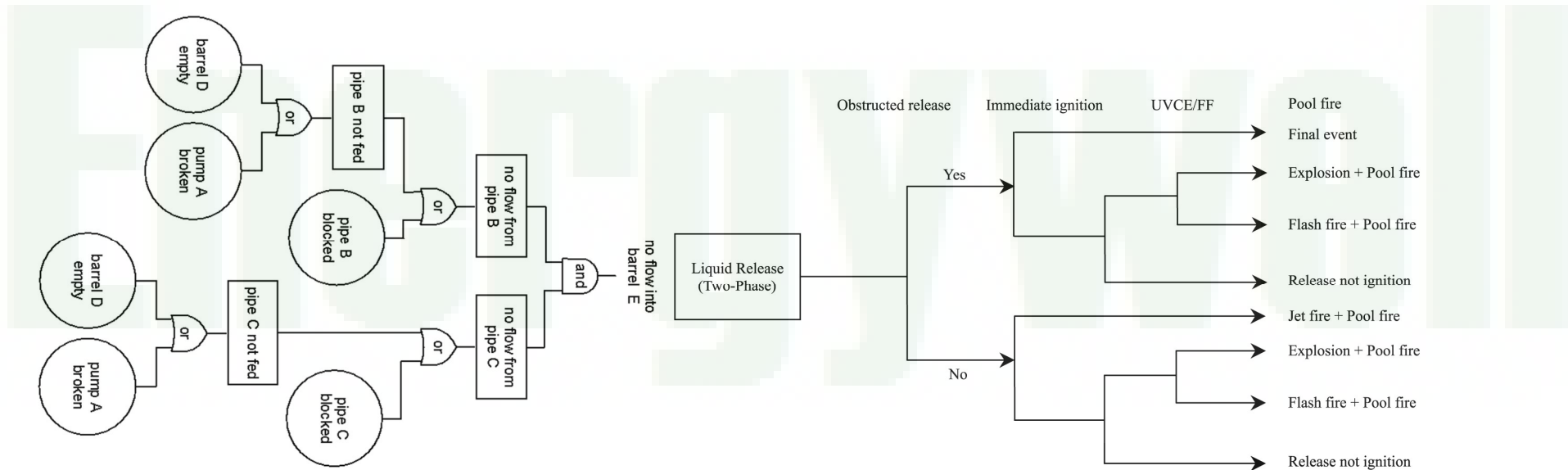
- Event tree (事件樹)



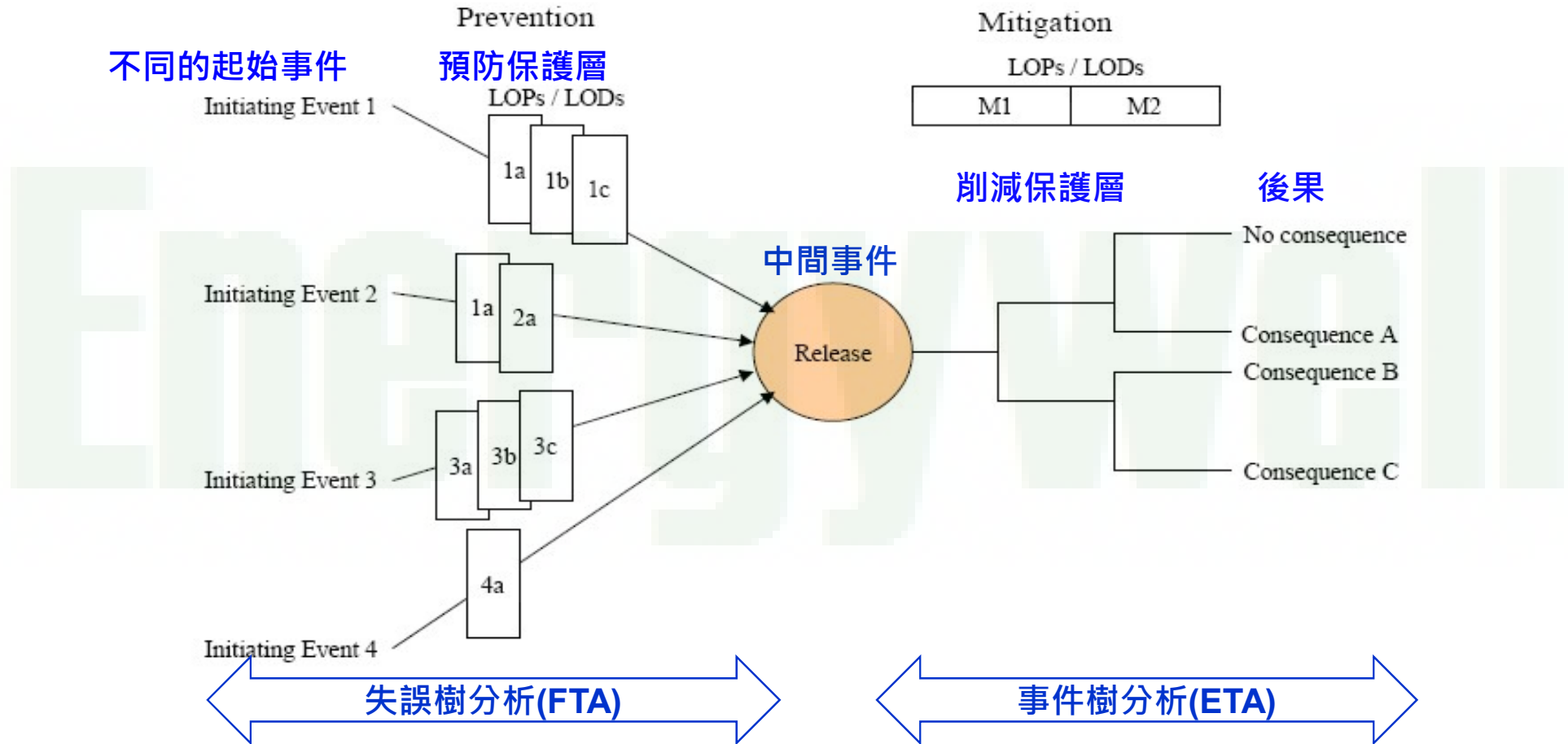
# Connect them in the middle (將失誤樹順時鐘轉90度和事件樹相連)

- Fault tree (失誤樹)

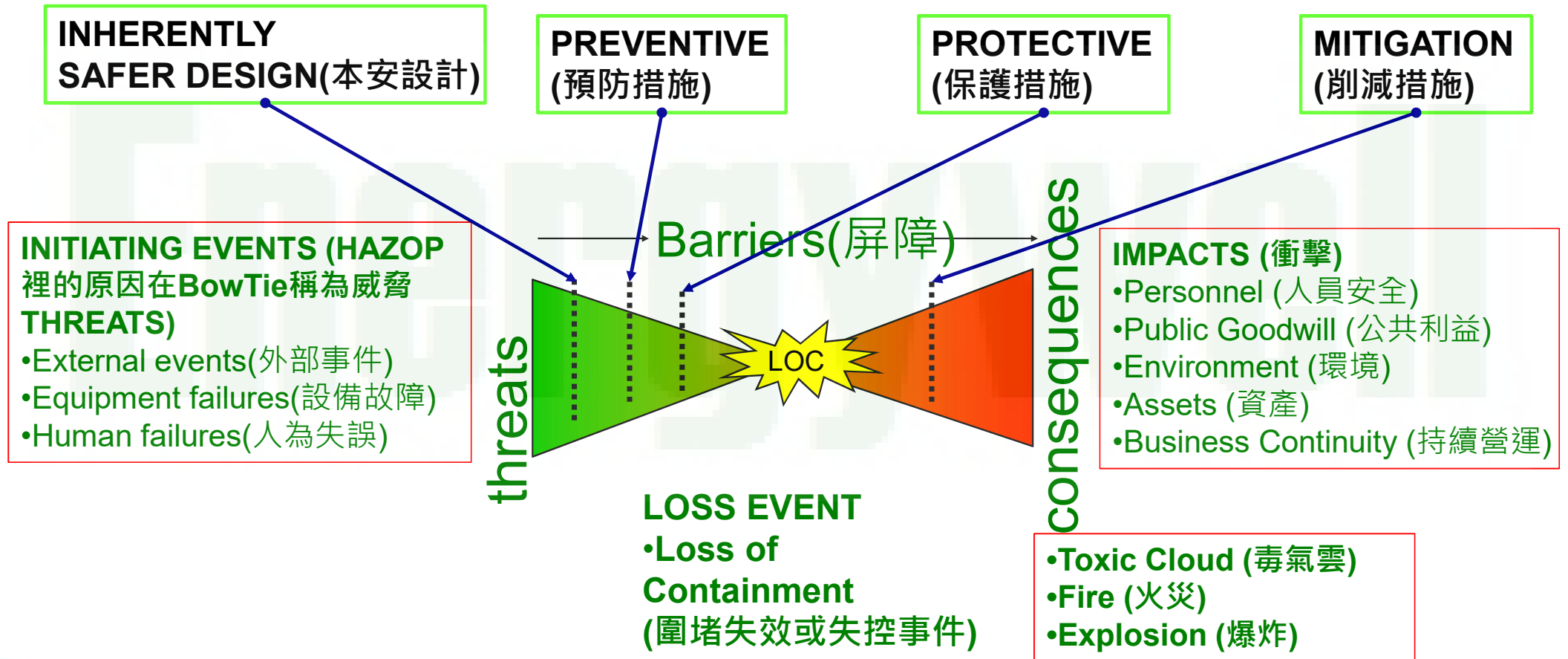
- Event tree (事件樹)



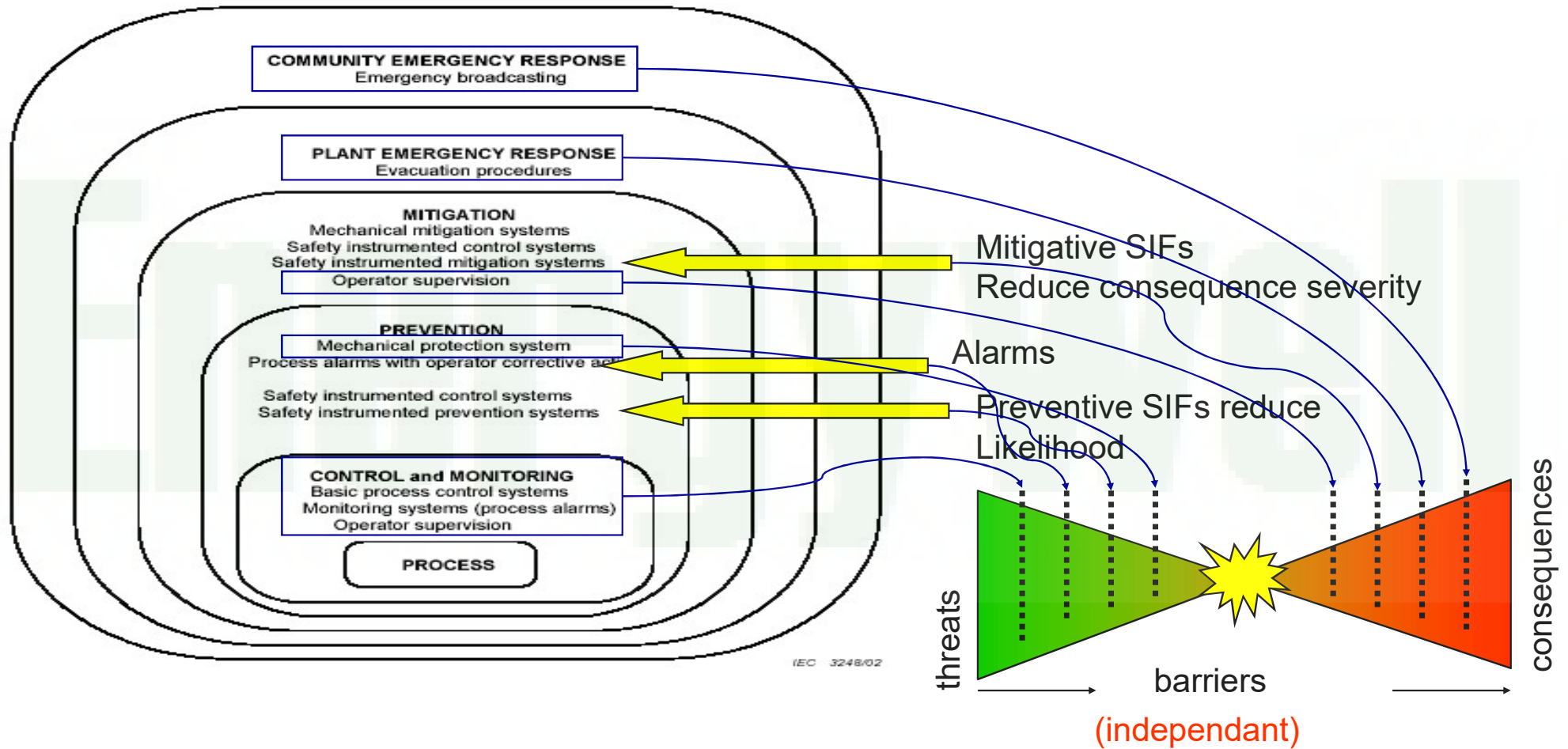
# 事件演變的領結(bow tie)圖



# 領結分析清楚地看到圍堵失效時 從「原因/屏障/事件演變到後果」的全貌



# Onion Model v.s. Bowtie



# 領結(bow tie)圖 v.s. LOPA

起始原因	PL1(BPCS)	PL2(Alarm)	IPL3	Outcome
Pump Fail	TIC-04 (無效)	PAH-011	Relief Valve	Explosion
1/40yrs	1	0.1	0.05	1/8,000yrs

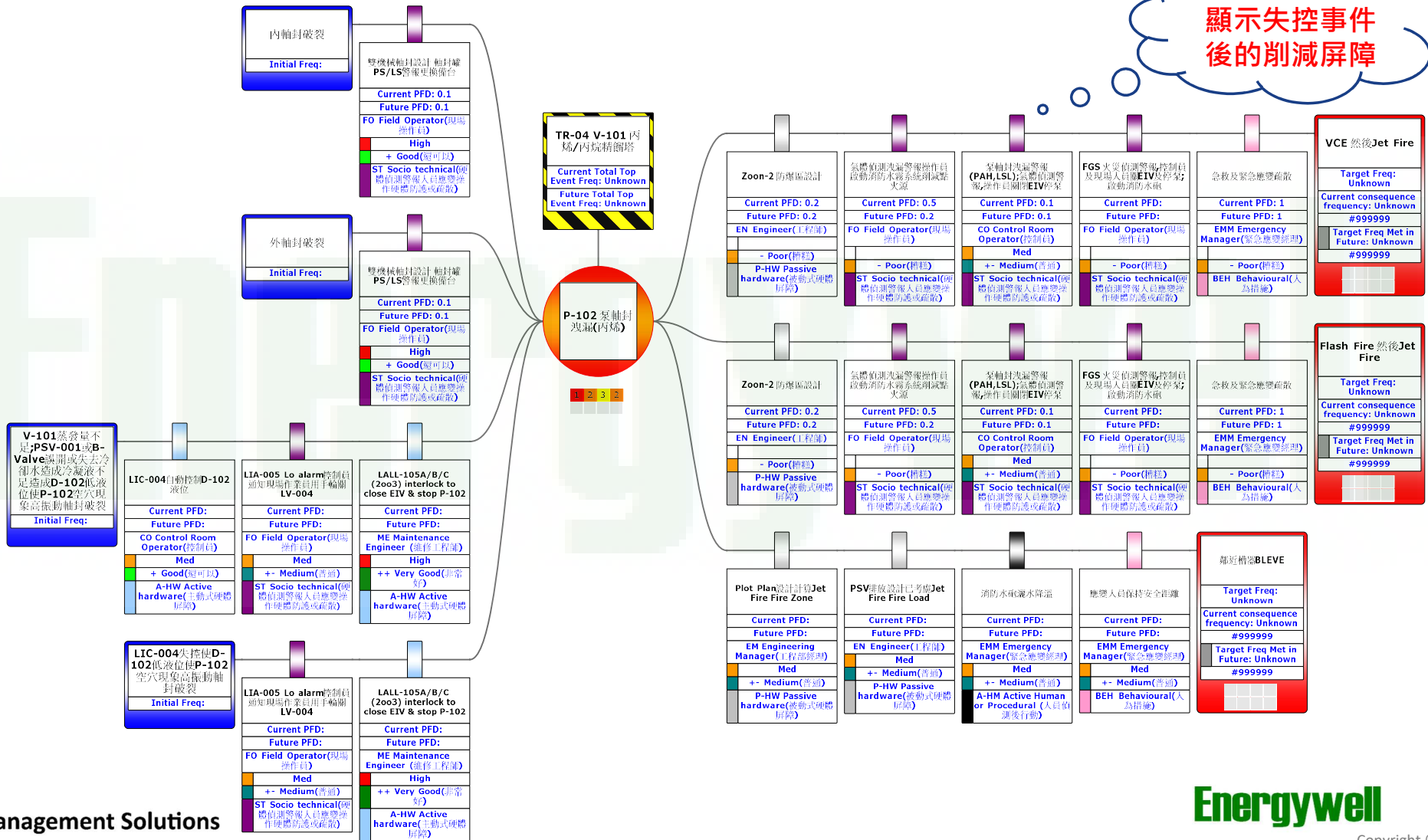
起始原因	PL1(BPCS)	PL2(Alarm)	IPL3	Outcome
TIC-04 Fail	None	PAH-011	Relief Valve	Explosion
1/20yrs	1	0.1	0.05	1/4,000yrs

傳統的LOPA針對會造成相同事故的五個原因用五張表來表示

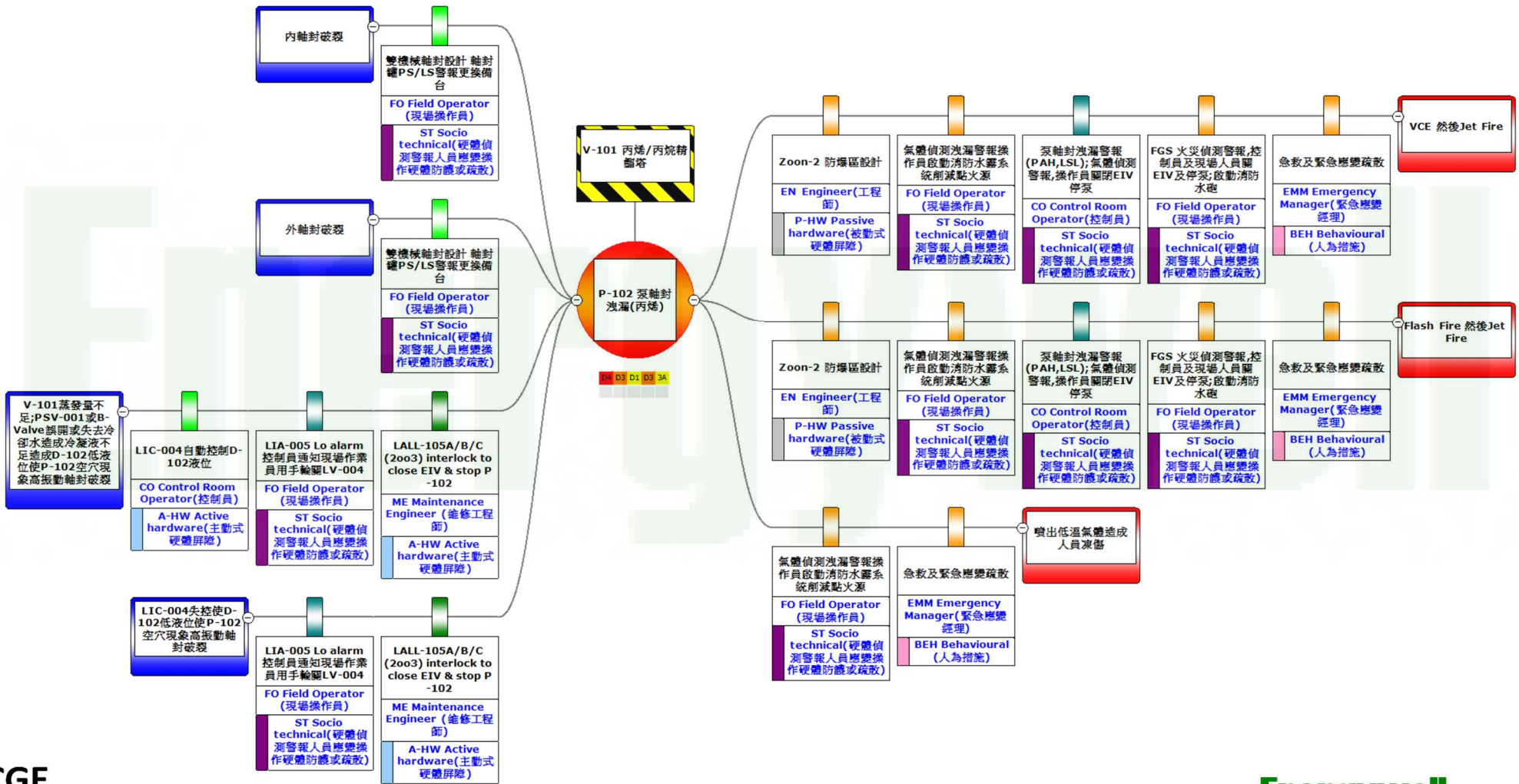


# 領結(bow tie)圖 v.s. LOPA

傳統LOPA沒有顯示失控事件後的削減屏障



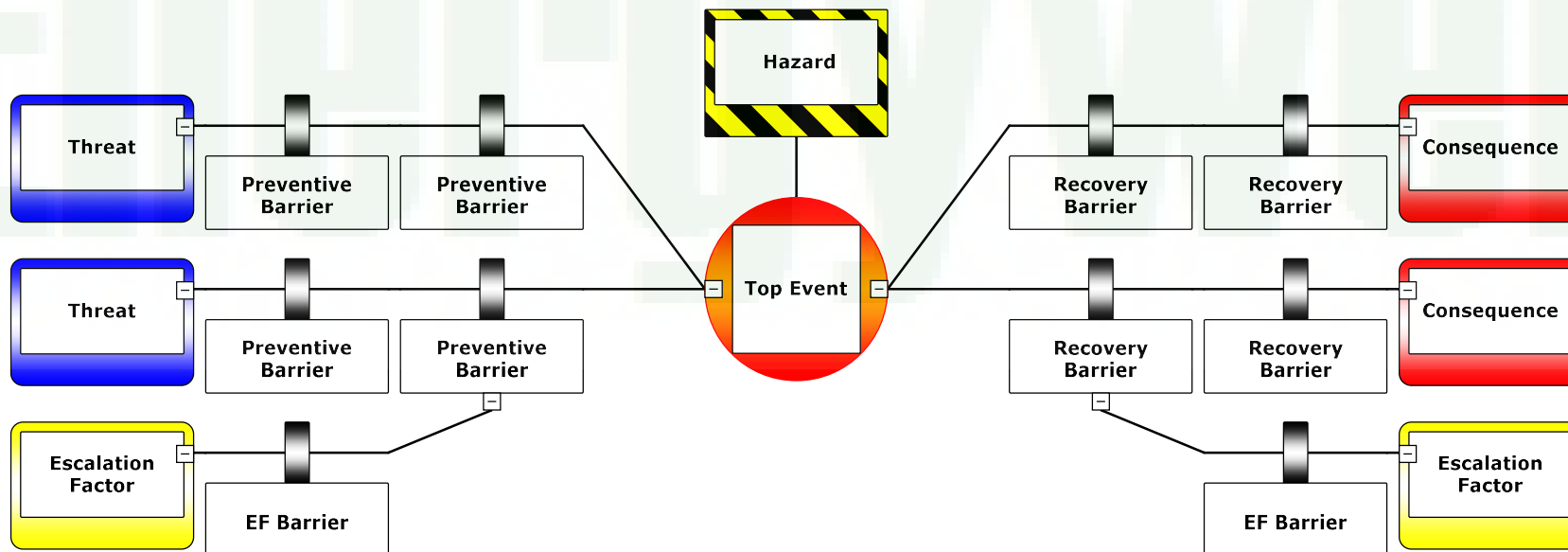
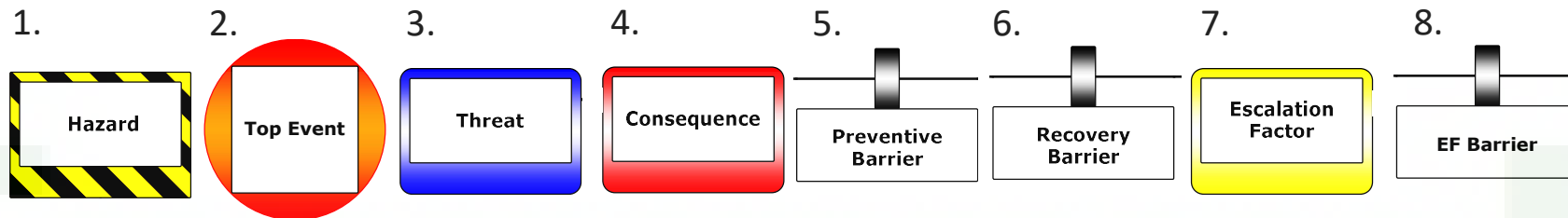
# BowTie 清楚地顯示失控事件前後的屏障及效度



# Bowtie uses (領結分析的特色)

- ▶ Visual risk assessment (圖像化的風險評估)
- ▶ We use it to **Structure thinking** (結構化的思維)
- ▶ We use it for **Risk based decision making** (以風險為基礎的決策)
- ▶ We use it for **Communication & Training** (溝通和訓練的工具)
- ▶ We use it for **Monitoring barriers** (用來管理監控屏障/防護措施)

# Bowtie in 8 steps (領結分析的八個步驟)



# 建立BowTie的八個步驟: 步驟1 & 2



選取「**危害或隱患 (Hazard)**」

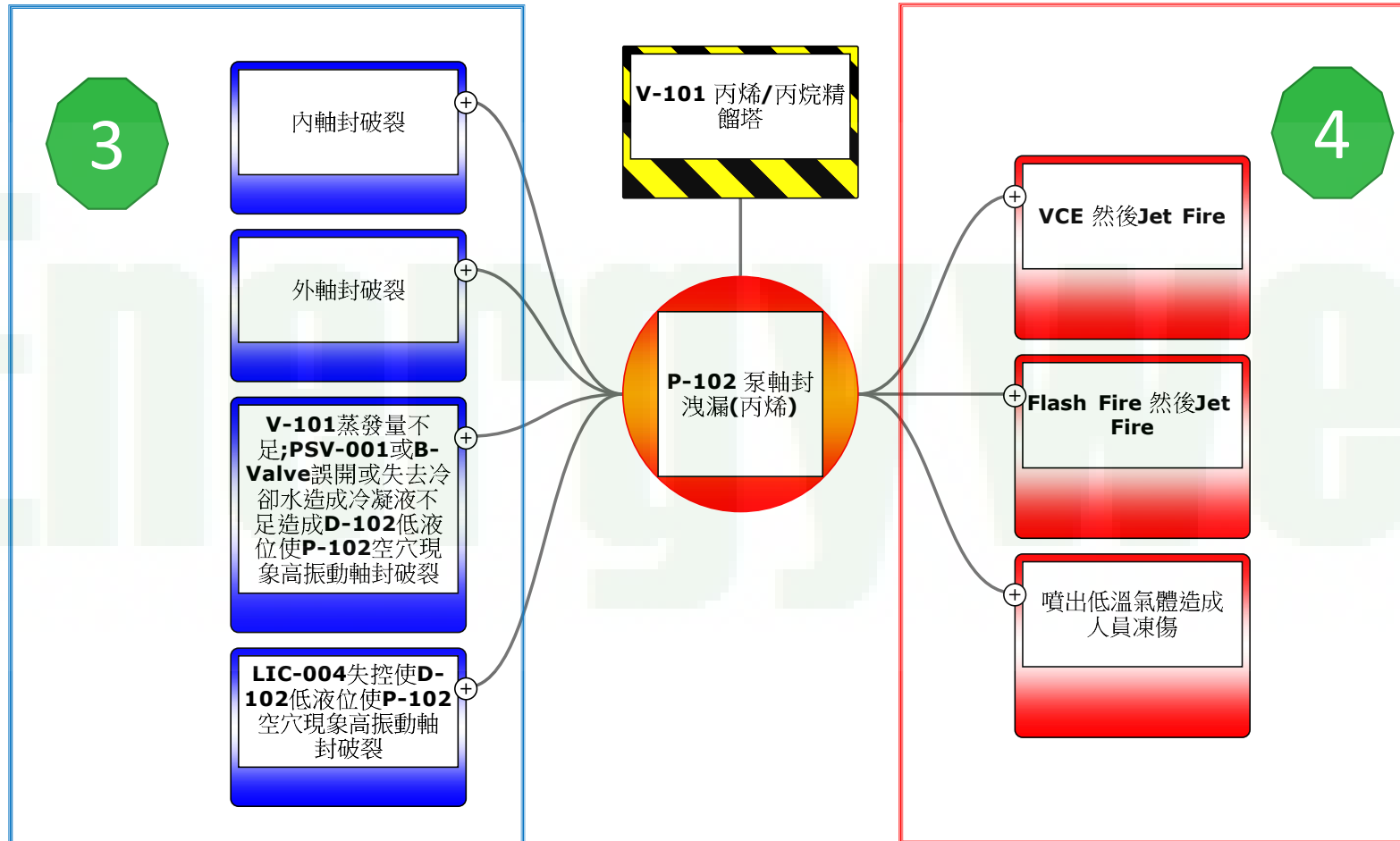
從事日常經濟活動所必須存在但具有潛在「傷害員工、損壞設備、生產中斷、環境衝擊、損害公眾利益，或導致公司或政府形象受損」的物質狀態或活動(state or activity)



選取「**頂端事件(Top event)**」

- 危害或隱患失控後的第一個事件或稱危害事件 (Hazardous Event)，是不期望發生的事件，這些事件在故障樹(Fault Tree)的頂端，事件樹(Event Tree)的開端
- 常見的頂端事件有：洩漏、失控反應、超壓、超溫、高空墜落、控制失靈、缺氧、隔離失效、車輛失控等
- 一個危害或隱患可能有多個頂端事件，不同的頂端事件需要用不同的領結圖來表示

# 建立BowTie的八個步驟: 步驟3 & 4





# 建立BowTie的八個步驟: 步驟3 & 4

3

## 找出「原因或威脅(Threat)」

- 可能導致頂端事件發生的可能原因
- 常見的原因有：腐蝕、疲勞、振動、調整不當、碰撞、侵蝕、颶風、地震、製程上的壓力/溫度/流量/液位偏差、違規操作、選材不當等，可歸類為初級設備故障(Primary Equipments Failure)、人為失誤(Human Error)及外部事件(External Events)三大項

4

## 找出「後果(Consequence)」

- 由頂端(危害)事件衍生出的結果事件，例如毒氣擴散、爆炸、火災、墜落水中、撞擊行人、感電、汙染水源等
- 後果會產生人員傷亡、財產損失、環境污染、聲譽影響等相關的衝擊，通常透過分析這些衝擊的嚴重度來評估後果的風險

# 建立BowTie的八個步驟: 步驟5 & 6

5

## 找出「預防性控制屏障(Preventive Barriers)」

- 防止頂端事件發生的預防性控制屏障
- 這類屏障主要是從本質安全設計、自動控制、警報兼人員介入、安全連鎖、緊急釋壓等方法進行設置
- 常見的預防性控制屏障有：耐壓設備、安全閥、破裂盤、自動控制補償、冗餘(容錯)設計、安全儀控功能、雙機械軸封、通風、粉塵過濾設施、標識、警報操作程序、局限空間氧氣濃度監視、防滑爬梯或平台、安全圍籬、安全扣環、ABS等

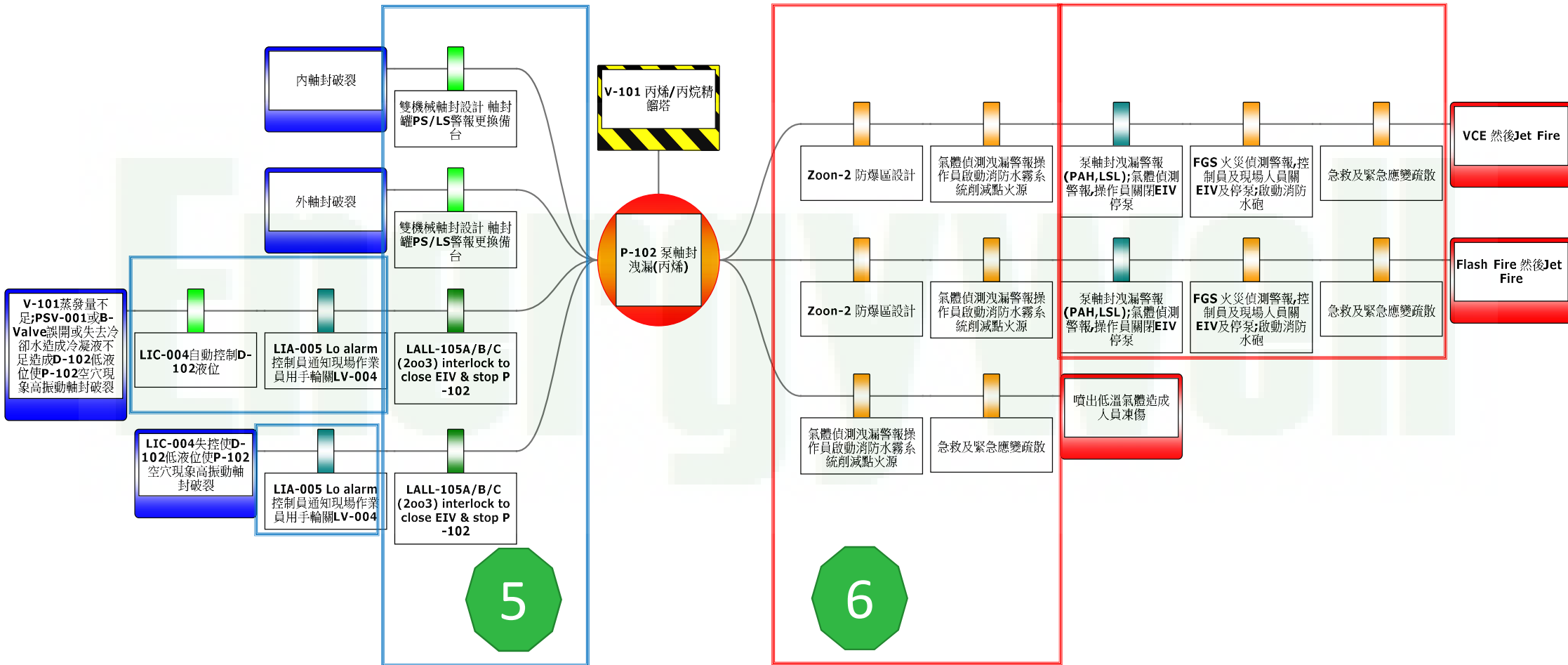
6

## 找出「削減性屏障(Mitigation Barriers)」

- 減緩事故後果嚴重度的屏障
- 削減性屏障主要是從監測、反應及減緩等方面進行設置
- 常見的減緩性屏障有：設施座落安排、防爆區域劃分、毒氣、火災與煙塵監測報警、水霧系統、(防火)緊急遮斷隔離閥、阻火器、防火支撐或管架、防火牆、防爆牆、緊急避難或淋浴設施、圍堤圍堰、排水系統、緊急燃燒塔、安全氣囊、安全帶、紐澤西護欄、保險桿、個人防護設備、廠內外消防隊、廠內及社區緊急應變疏散程序、醫療急救、住院治療等



# 建立BowTie的八個步驟：步驟5 & 6



# 建立BowTie的八個步驟: 步驟7 & 8

7

## 找出「事態升級或擴大因素(Escalation or Degradation Factor)」

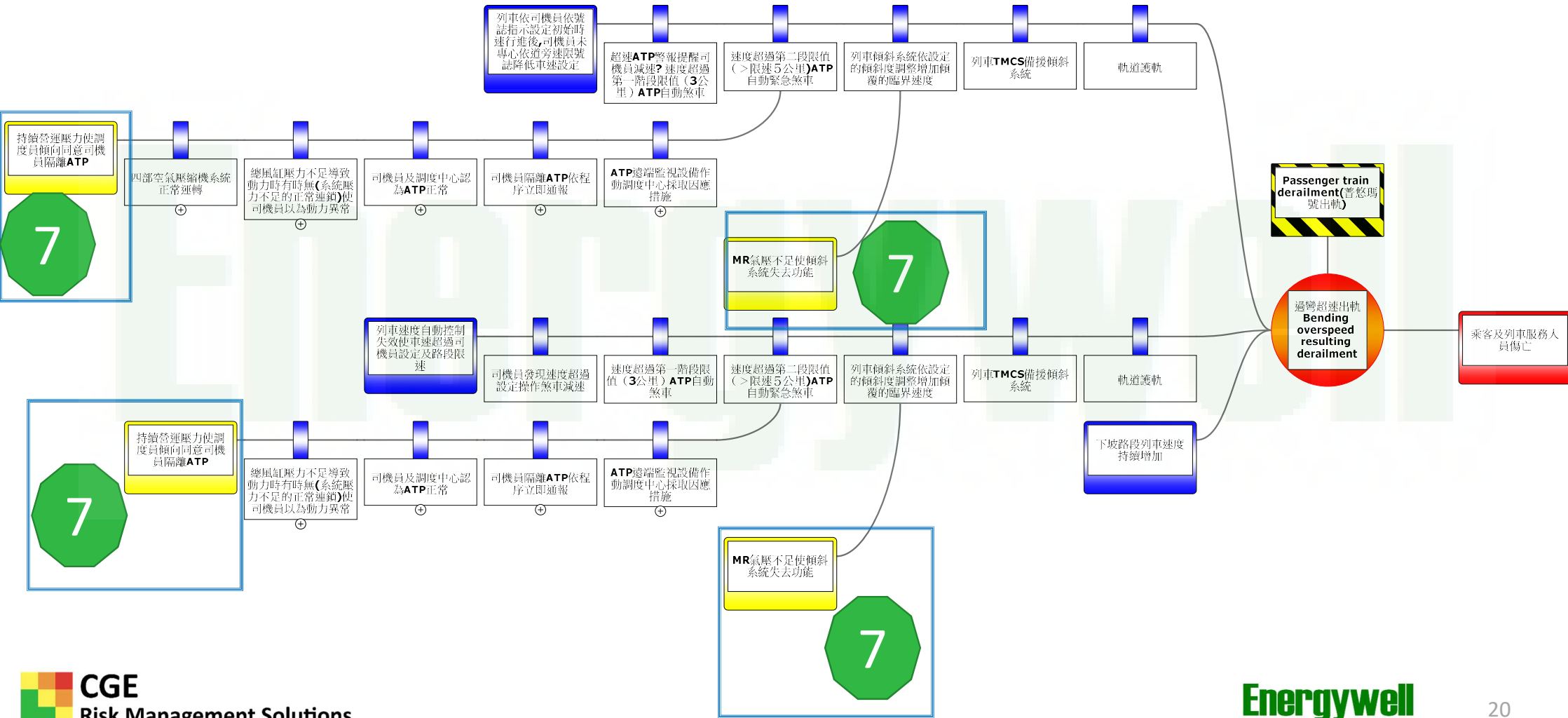
- 導致預防性控制屏障和削減性屏障失效的因素或條件
- 這些因素會使屏障失效導致頂端事件發生的頻率增加，或當頂端事件發生時，這些因素也會導致後果的嚴重度擴大(事態擴大)
- 常見的升級因素有：維護不當、屏障關鍵部件失效、人員訓練不足、不勝任人員、包商現場作業訓練不足、超出設計範圍、安全文化、非標準作業程序或設備、忽略或違反作業程序、安全連鎖被旁通、失去關鍵電源或動力、違反動火作業規定、言語溝通失敗等

8

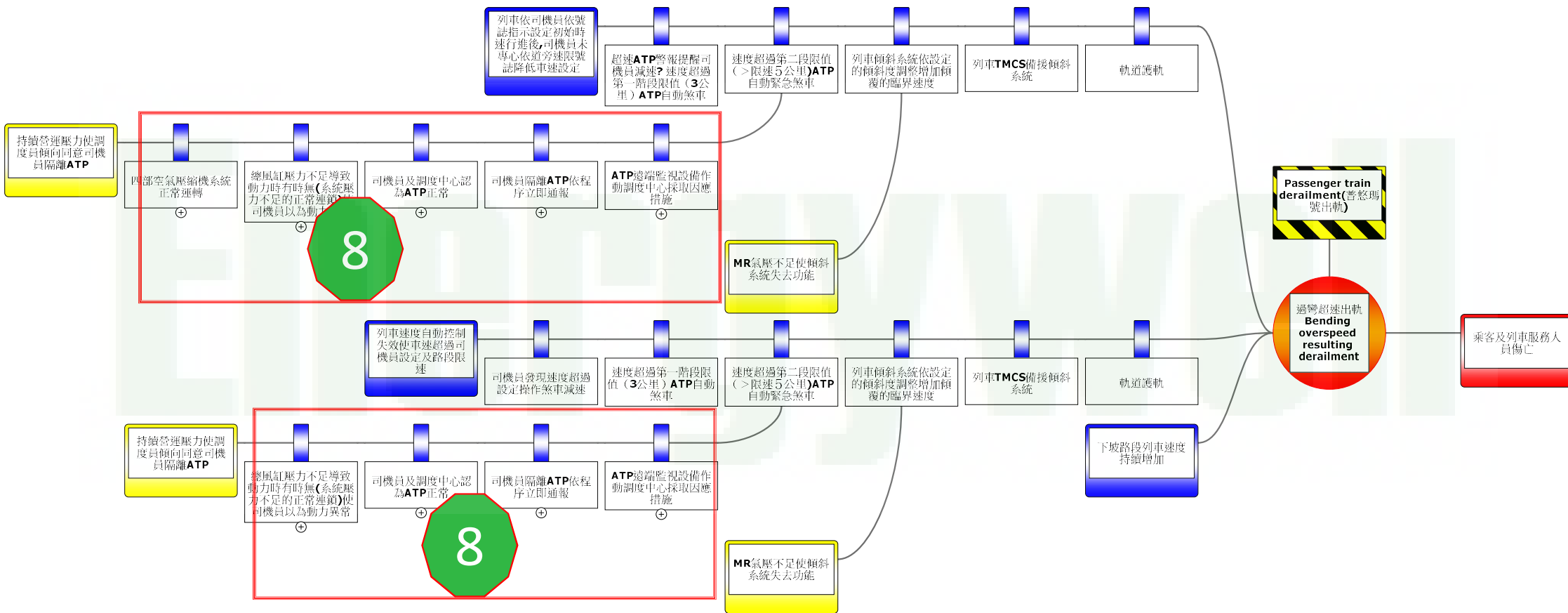
## 找出「HSE關鍵活動 (HSE Critical Activities or Escalation Factor Barrier)」

- 是指確保「預防性控制屏障或削減性屏障」持續有效的活動
- 如：有毒或可燃性氣體或火災探測器檢驗、消防灑水或泡沫系統定期檢測、壓力容器檢驗、安全閥定期校驗、安全連鎖系統的定期校驗測試、關鍵警報處理的訓練、非破壞性檢測、定期更換軸封及軸封油、定期測試緊急動力設備、緊急應變預案演練等

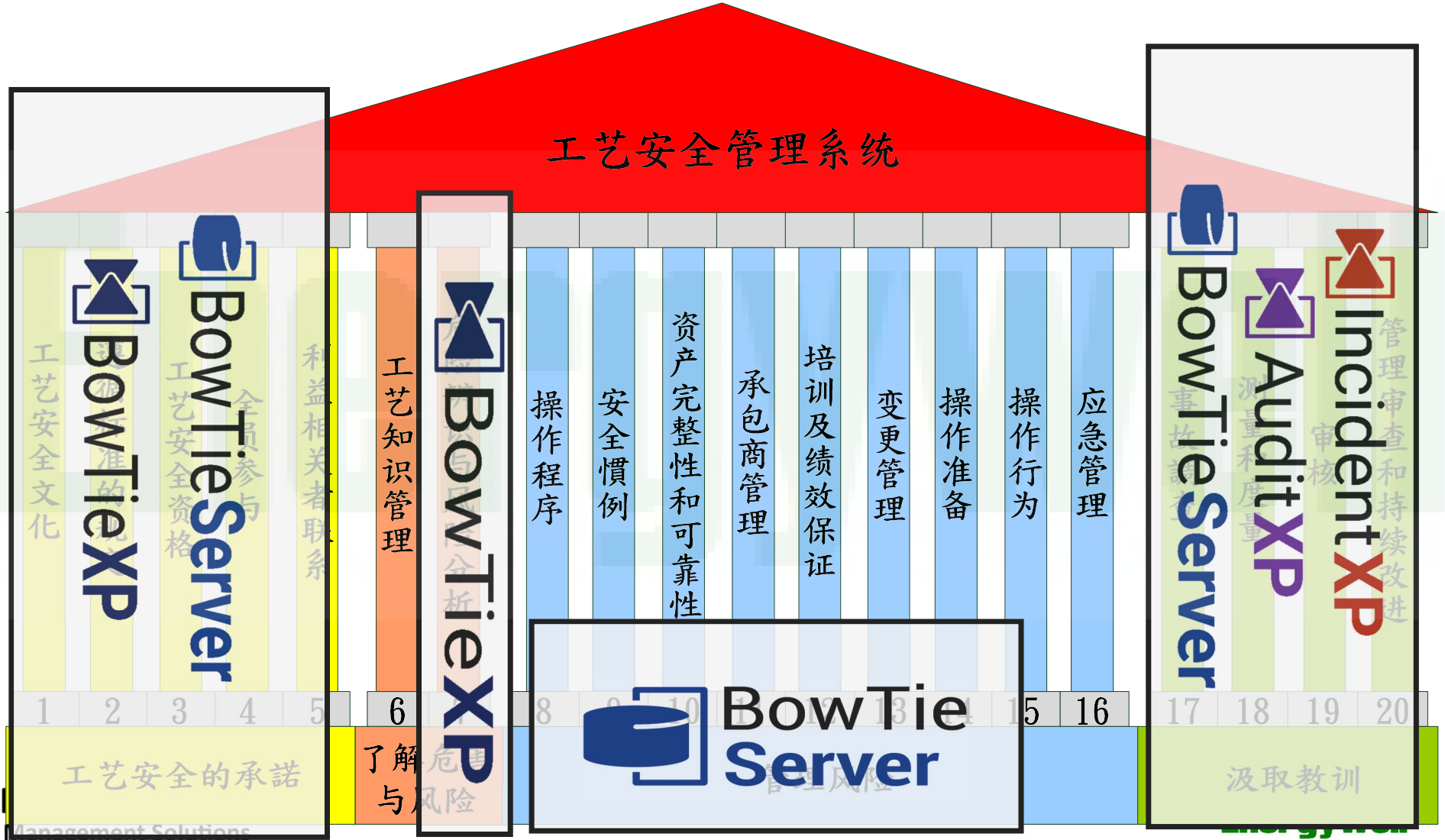
# 建立BowTie的八個步驟: 步驟7 & 8



# 建立BowTie的八個步驟：步驟7 & 8

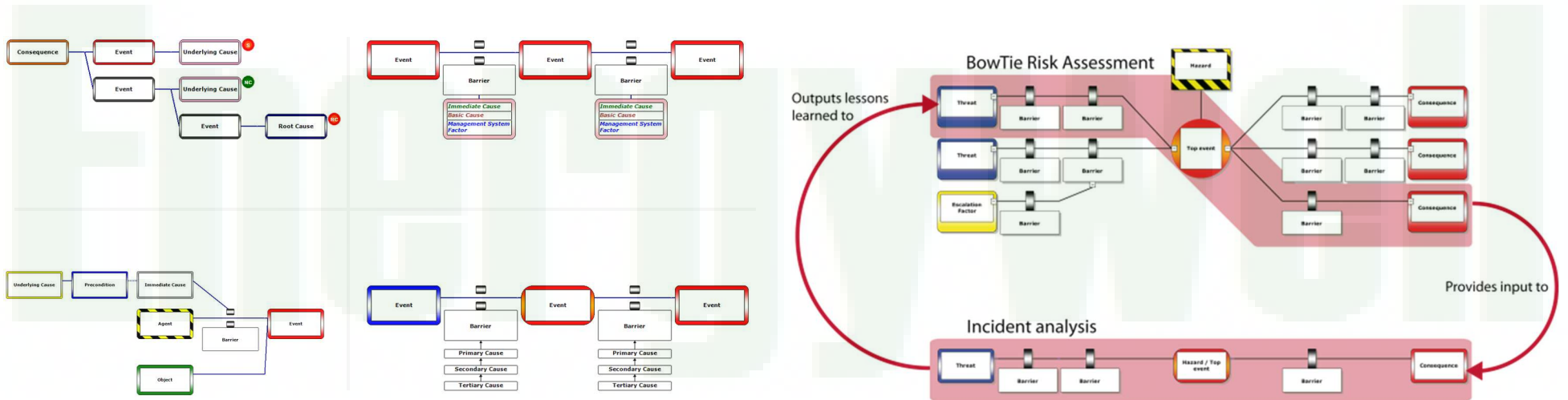


# BowTieXP v.s. Risk-Based PSM



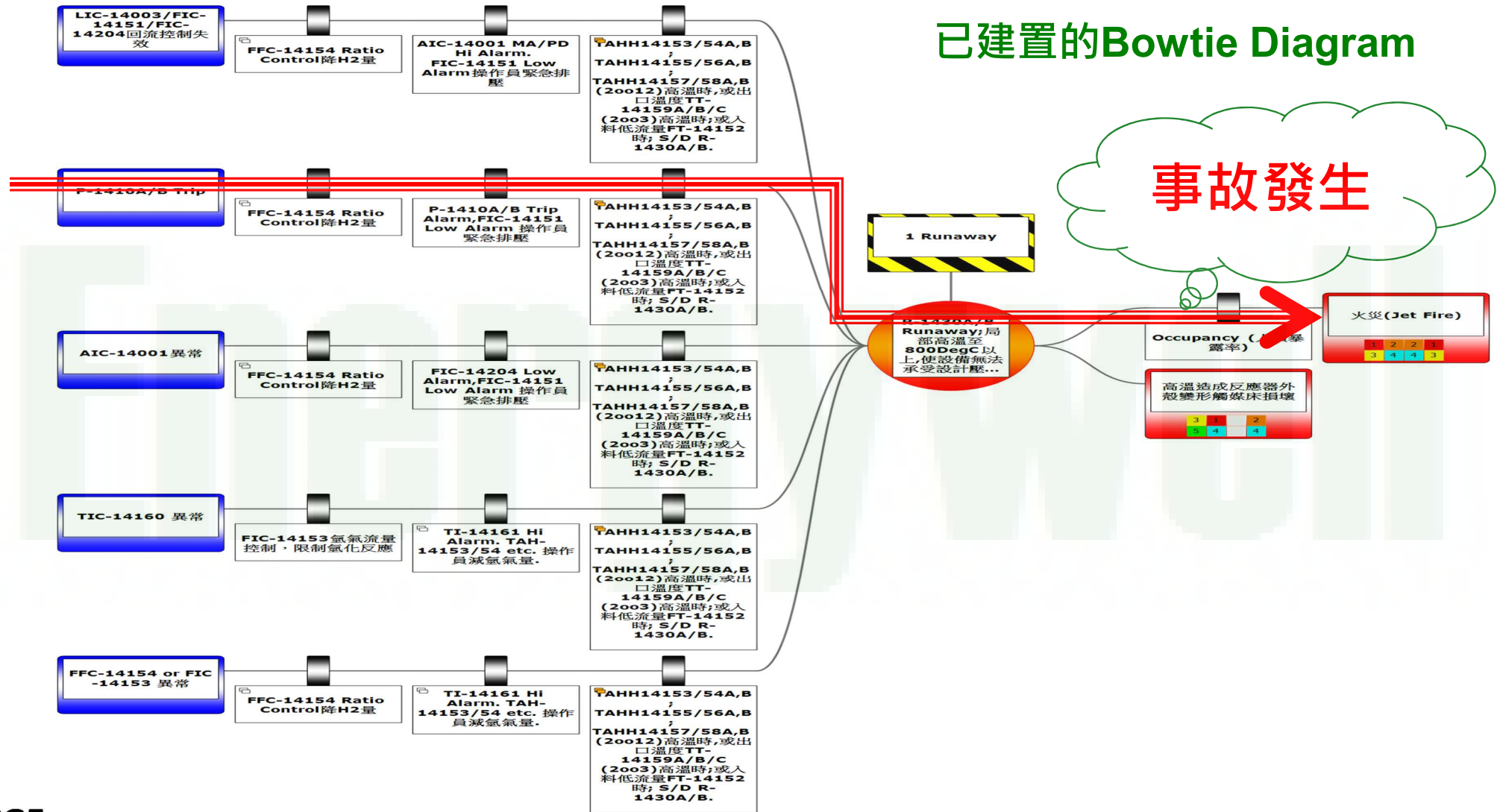
# IncidentXP: Two sections

- Incident analysis in isolation
- Learning from incidents



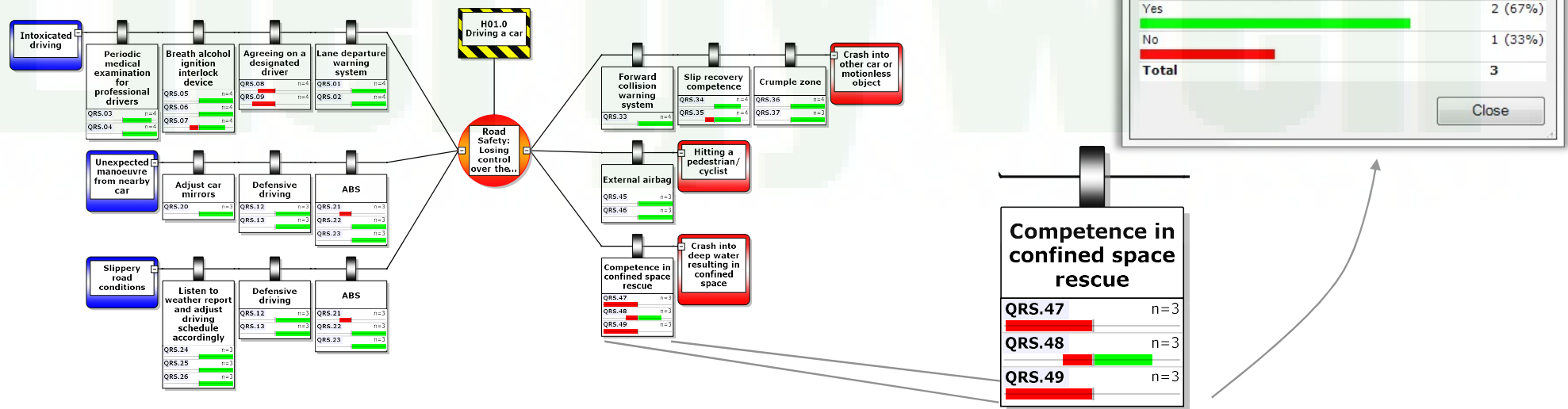


# 已建置的Bowtie Diagram



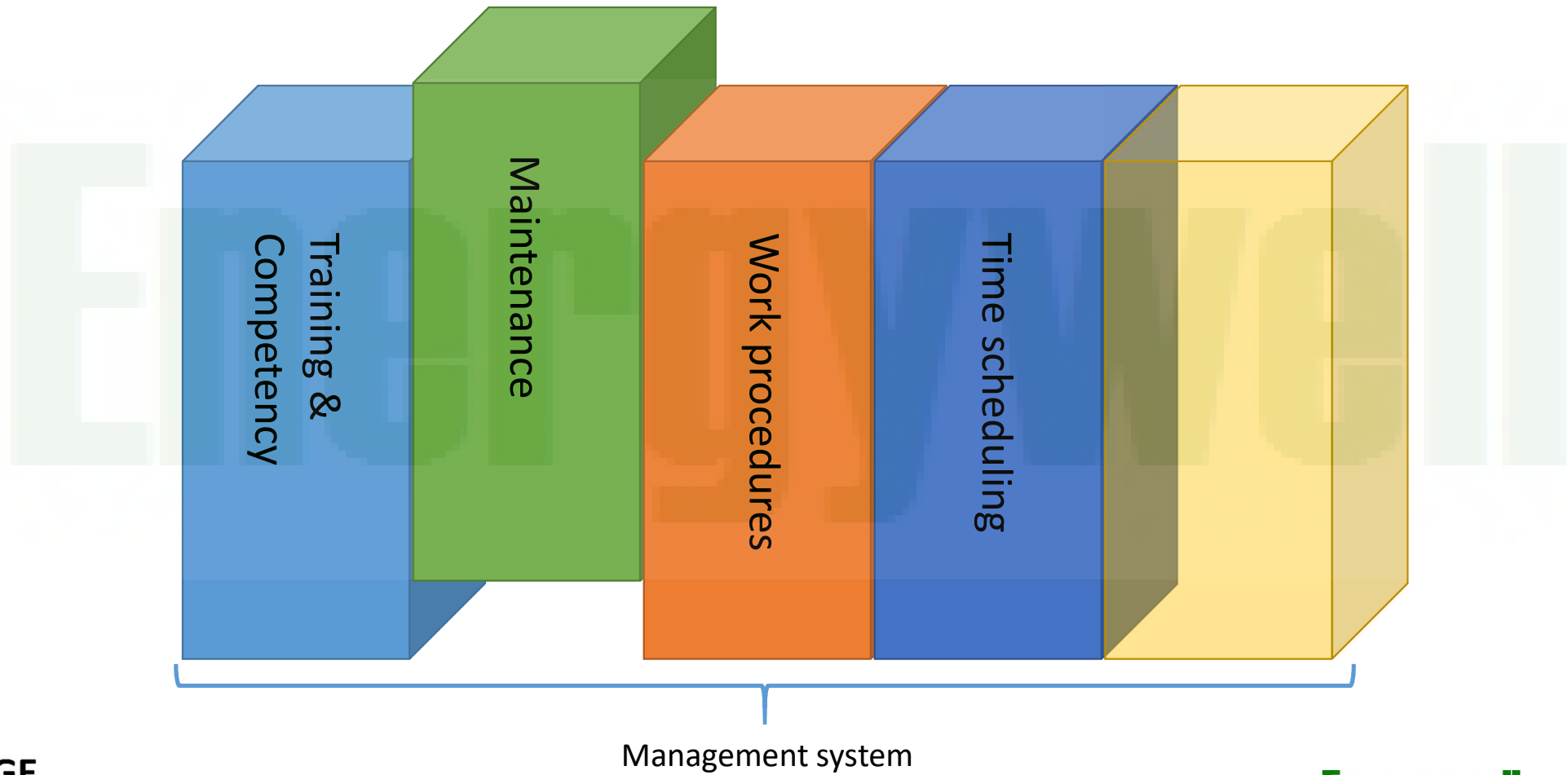
# Barrier-based auditing (以屏障為基礎的稽核)

- Easy to spot weak spots (非常容易找到弱點)
- Results focus on risks, not categories (稽核結果專注在風險而非類別)
- Manage audit recommendations & actions (管理稽核後的建議事項及作為)



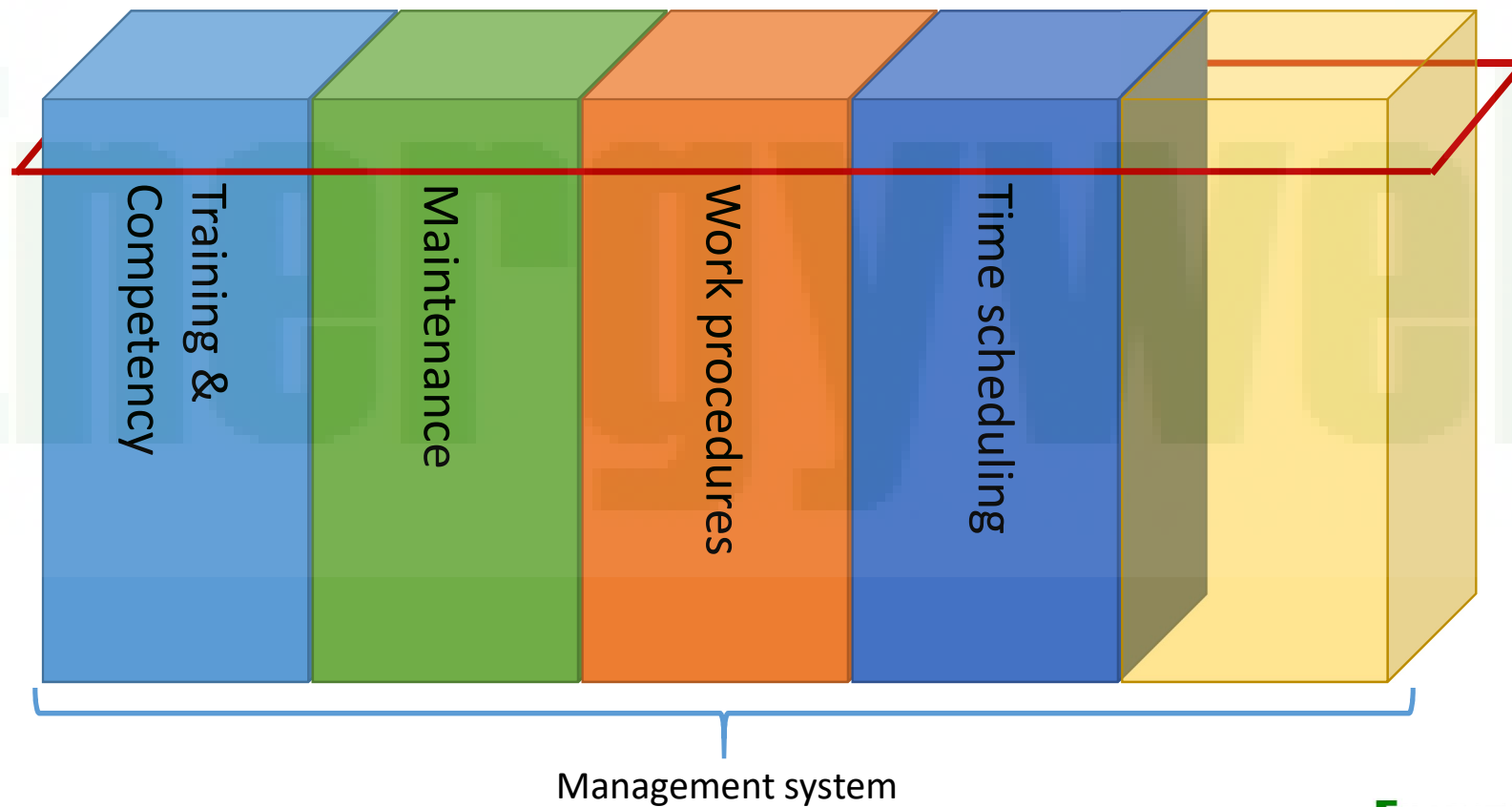


# Traditional Audits (傳統以類別來做稽核)



# Barrier-based Audits

(以屏障為基礎的稽核到相關的人事物)

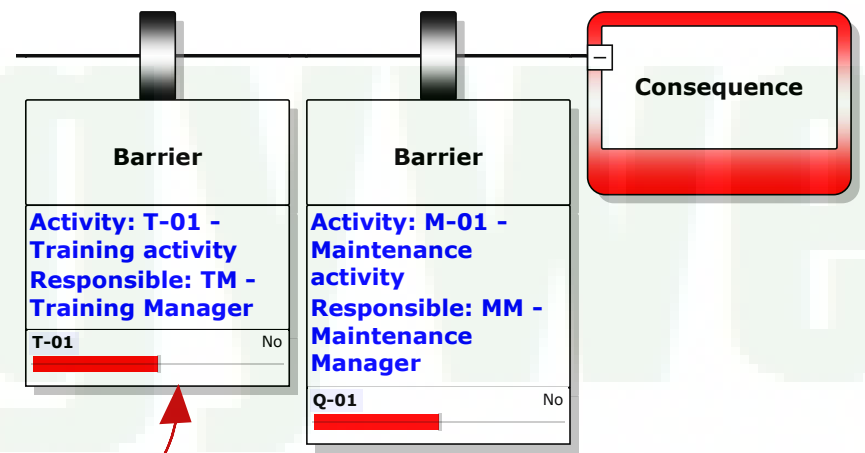


## Traditional auditing

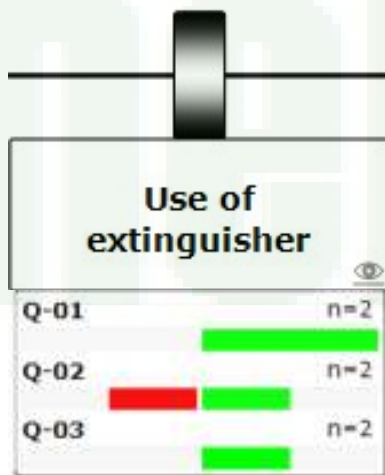
傳統稽核看起來都很好

## Barrier-based auditing

以屏障為基礎的稽核看出已經被擊穿



# Barrier-based Audits (以屏障為基礎的稽核到相關的人事物)



- Q01: (Maintenance) 維護相關

*“Are the extinguishers well maintained and filled?”*

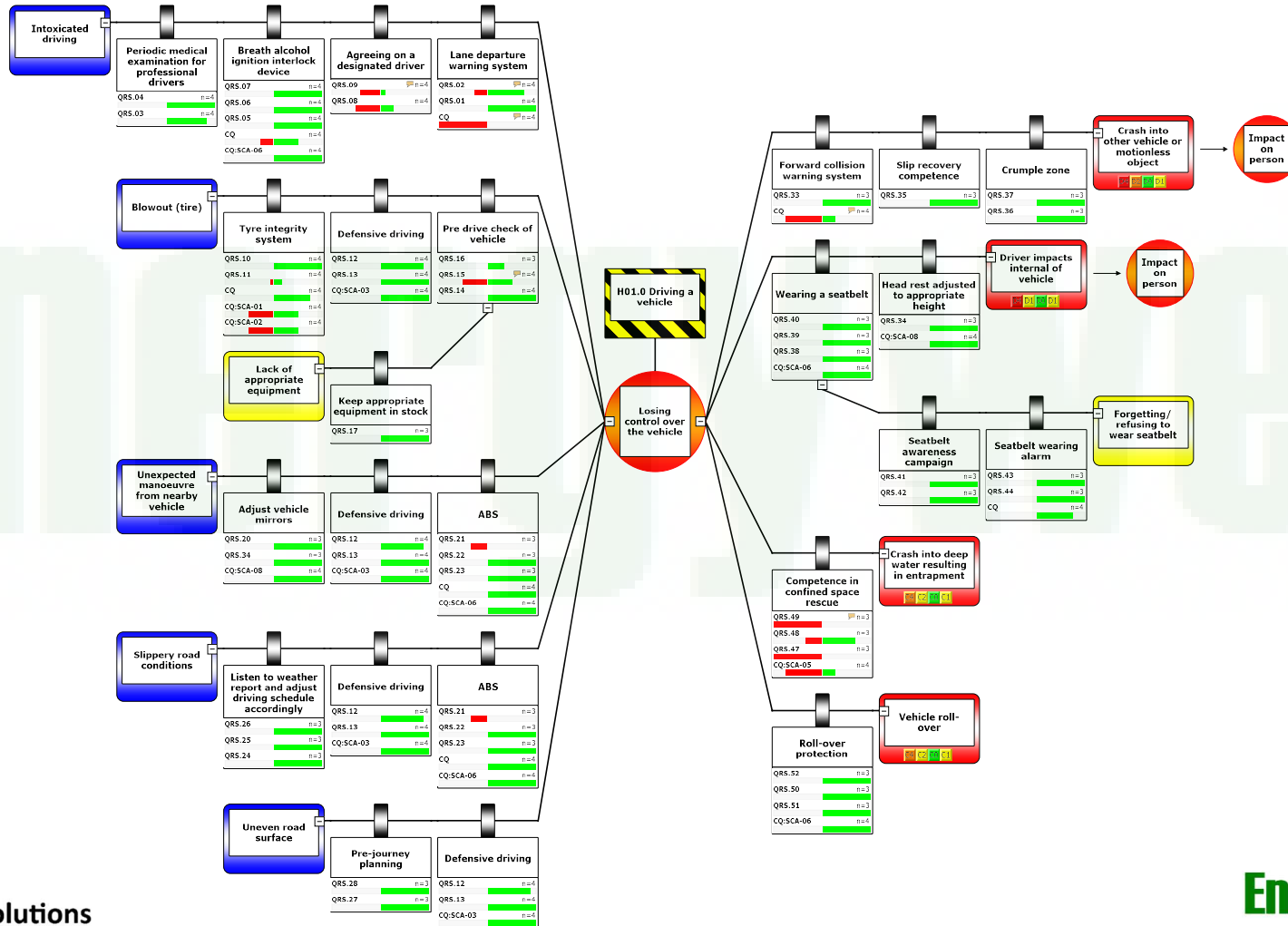
- Q02: (Training) 人員培訓相關

*“Is the personnel capable of using the equipment?”*

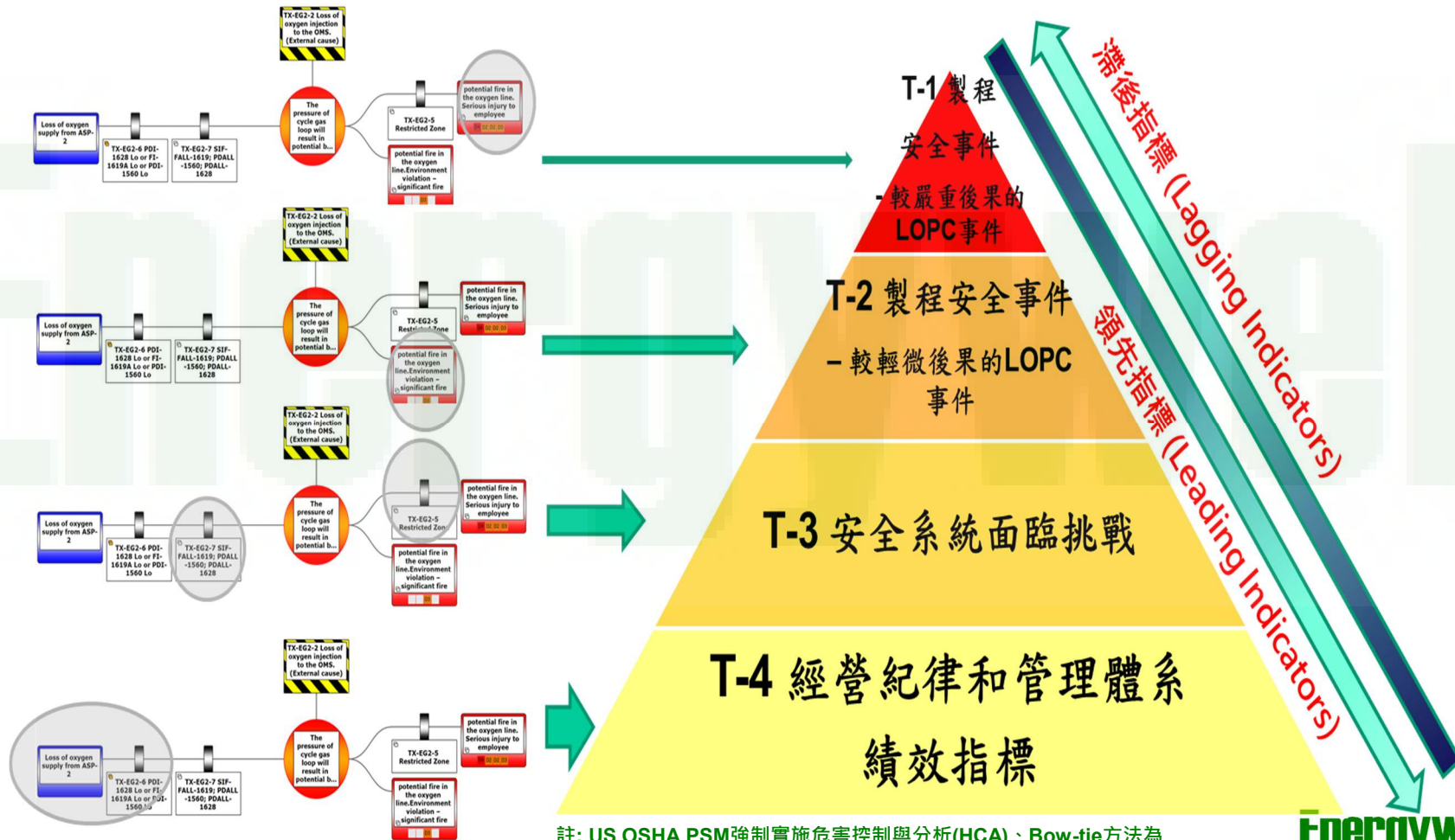
- Q03: (Procedures) 標準作業程序相關

*“Is the personnel aware of where to find the device?”*

# Visualize on bowtie(在領結圖上看到稽核結果)

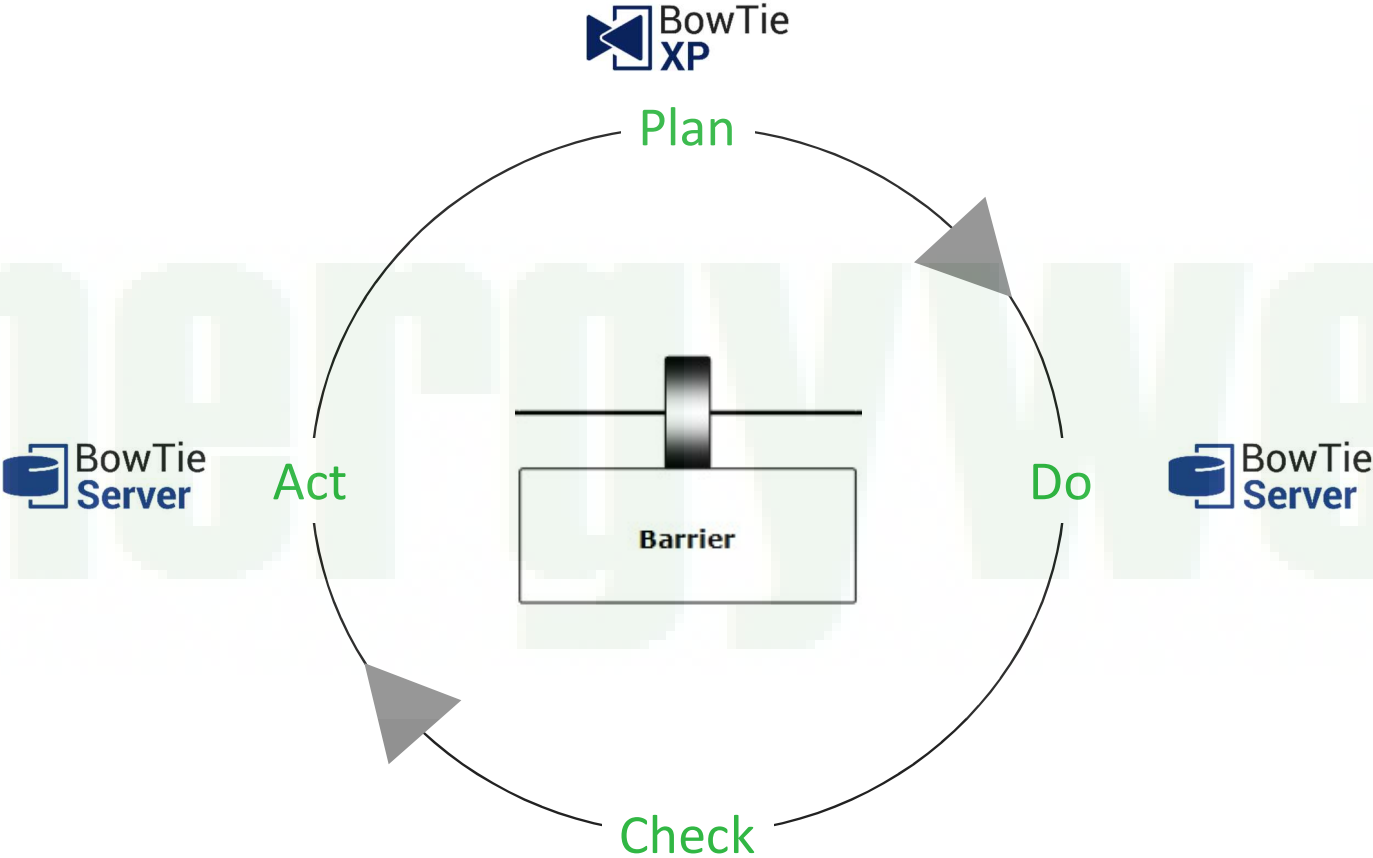


# Bowtie v.s. API RP 754 Process Safety Performance Indicators (PSPI)



註：US OSHA PSM強制實施危害控制與分析(HCA)、Bow-tie方法為AICHE/CCPS推薦的PSM HCA之RAGAGEP最佳實務

# Continuous quality improvement (持續改善)



**Thanks for  
your attention!**