

國立臺北大學自然資源與環境管理研究所

九十七學年度第二學期

『環境災害與風險管理』課程講義（十二）

主題：Safety (Risk) Analysis Methods and Techniques

風險分析技術與工具

- INTRODUCTION (S.-Chap.3)
 - Risk Assessment Steps
 - ⇒ Identification of hazards likely to result in disasters:
What hazardous events may occur?
 - ⇒ Estimation of the risks of such events: What is the probability of each event?
 - ⇒ Evaluation of the social consequences of the derived risk:
What is the likely loss created by each event?
 - Types of Risk Analysis (Molak, 1997)
 - ⇒ Noncancer chemicals risk analysis and Carcinogen risk analysis
 - ⇒ Epidemiological risk analysis
 - ⇒ Probabilistic risk analysis associated with plant safety
 - ⇒ A posteriori risk analysis
 - ⇒ Nonquantitative risk analysis, or “common sense” risk analysis
 - Event Tree Analysis (Decision Tree Analysis)
 - Risk Analysis Techniques related to Safety or Reliability ([Handout 1](#), Dhillon, 2003)
 - ⇒ Fault Tree Analysis
 - ⇒ Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)
 - ⇒ Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)
 - ⇒ Hazard and Operability Analysis (HAZOP)
- FAULT TREE ANALYSIS (FTA)
 - Event Tree, Decision Tree, and Fault Tree
 - Safety, Reliability, Risk, and Industrial Hazards
 - Components: Result, Gates (and/or), Fault Events (input/output)
 - Examples; Advantages/Disadvantages
- FMEA, FMECA AND HAZOP
 - An Overview (<http://www.weibull.com/basics/fmea.htm>)
 - FMEA Info Centre (<http://www.fmeainfocentre.com>)
 - Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) 失效模式與效應分析
 - Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) 失效模式效應與關鍵性分析
 - Hazard and Operability Analysis (HAZOP) 危害及可操作性分析 ([Handout 2](#))

何謂「FMEA、FMECA」？

答：FMECA 是(1) FMEA（故障型式及其影響分析）；(2) CA（Criticality Analysis，嚴重度分析）兩種分析技術的總稱。

與失誤樹分析一樣，故障型式影響及嚴重度分析(failure modes, effects and criticality analysis, 簡稱 FMECA)，首先在美國國防科技中研究發展，且在國防部各機構中普遍應用(DOD, 1980)，後來漸應用於工業界。在核能、化工、石化、海上鑽油等高風險工業中，自不例外。工業界的設計工程師與可靠度(Reliability)工程師常運用 FMECA 以預測複雜的產品的可靠度，預估一件產品的零件在某特定的時間及情況下，如何失去其功能，故障的次數是多少，故障之後對其他零件或對整個系統會產生怎樣的影響等。FMECA 的功用不止於可靠度一端，其分析所得的資料，尚可作下列用途：

- (一) 協助評估所設計的裝置，如複聯系統(Redundancy)、故障偵測，以及 fail-safe 特性等。
- (二) 對測試、採購(Procurement)、檢查、改善措施等提供先後順序的參考資料。
- (三) 提供失誤隔絕(Fault isolation)及維護性(Maintainability)分析的參考資料。
- (四) 提供系統安全分析(如失誤樹分析)所需的硬體資料。

FMECA 可在系統週期的任一階段中，依計劃內容之需要，以不同深淺程度實施，但在設計階段的初期，一旦所需的設備確定之後，即應實施。FMECA 的對象是系統或子系統中的零組件，尤其對於複雜的系統中的設備零件，最能發揮其故障針砭的功效，此為其他系統安全分析技術不能望其項背之處。但因其分析對象大多限於硬體，故對於人為因素和作業環境因素較少納入分析考慮範圍。因此，如能將 FMECA 與失誤樹分析合併使用，必更能瞭解整個作業系統的危害，進而防範事故發生。

何謂「HAZOP」？

答：從某一角度看來，HAZOP 類如 What-If 分析，是一種強調腦力激盪，集眾智產生新認識、新觀念的分析方法。不同於 What-If 的是 HAZOP 跨越 What-If 分析結構鬆散的門檻，藉著引導詞與製程參數的組合明燈，登堂入室探索製程設計與操作程序內無意中擺設的隱秘陷阱。

因為是集體創造，HAZOP 必需鳩集各種不同經驗、知識，和專業訓練的人在小組會議中相互研討設計及操作上的問題。這些問題通常是與設計的預期目標生歧異之情事。分析小組設法找出偏差或偏離(deviation)的原因，以及其可能造成的後果。藉由危害之後果的評估，可進一步實施量化風險分析。但量化風險分析不是 HAZOP 小組的工作。HAZOP 僅是定性地搜尋危害生源而已，並建議改善對策。HAZOP 之成敗，常取決於：

- (一) 分析研究所依據的製程圖表或其他數據。
- (二) 小組成員的專業技術和洞察能力。
- (三) 小組成員運用此方法襄助其想偏離、原因和後果的透視能力。
- (四) 小組成員具備比例感的能力，尤其是對已指認出的危害，在評估其嚴重性時。所謂「比例感」係指小組成員對危害的嚴重性之大小，具有衡量其輕重之感知。

System	1 - Automobile	POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS Front Door L.H.		FMEA Number	1450
Subsystem	2 - Closures			Page 1 of 1	
X Component	3 - Front Door L.H.	Process Responsibility	Body Engineering	Prepared By	J. Ford - X6521 - Assy Ops
Model Year(s)/Vehicle(s)	199X/Lion 4drWagon	Key Date	3/31/2003	FMEA Date (Orig.)	3/10/2003 (Rev) 3/21/2003
Core Team	A. Tate Body Engrg, J. Smith - OC, R. James - Production, J. Jones - Maintenance				

Item	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Class	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detect	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken				
Process Function/Requirements													Actions Taken	Sev	Occ	Det	RPN
3 - Front Door L.H.																	
Manual application of wax inside door. To cover inner door, lower surfaces at minimum wax thickness to retard corrosion.	Insufficient wax coverage over specified surface.	Deteriorated life of door leading to: - Unsatisfactory appearance due to rust through paint over time. - Impaired function of interior door hardware.	7		Manually inserted spray head not inserted far enough.	8		Visual check each hour - 1/shift for film thickness (depth meter) and coverage.	5	280	Add positive depth stop to sprayer.		Stop added, sprayer checked on line.	7	2	5	70
					Spray head clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low.	5		Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventive maintenance program to clean heads.	3	105			7	1	3	21	
					Spray head deformed due to impact.	2		Preventive maintenance program to maintain heads.	2	28			7	2	2	28	
					Spray time insufficient.	8		Operator instructions and lot sampling (10 doors/shift) to check for coverage of critical areas.	7	392			7	1	7	49	

■ Risk Priority Numbers: $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$

■ Criticality Analysis

Mode Criticality = Expected Failures x Mode Ratio of Unreliability x Probability of Loss

Item Criticality = SUM of Mode Criticalities