

## 公用天然氣管線風險評估架構

美國運輸部 DOT(Department of Transportation)對於公用天然氣輸氣管線的完整性管理已在美國聯邦法規 49 CFR PART 192 的 Subpart P 中規範其法令要求，但其對於管網完整性管理與風險評估的作法並未提供可參考的國際技術規範，僅於美國聯邦法規要求業者建立「天然氣輸配完整性管理計畫」(Distribution Integrity Management Program, 簡稱 DIMP)來執行此類管線之完整性管理。本工作項目參考美國「氣體管線技術委員會」GPTC(Gas Piping Technology Committee)的 Guide for Gas Transmission and Distribution Piping Systems 中附錄 G-192-8 的 DIMP 建議指引，來發展適用於國內公用天然氣業者之管網風險評估方法。

本計畫採用美國公用天然氣業者使用近 10 年之 DIMP 建議之公用天然氣管網風險評估方法：主題專家法，並加入美國氣體協會 AGA(American Gas Association)發展之 Simple, Handy, Risk-based Integrity Management Plan (SHRIMP)中管網風險評估方法建構本計畫之公用天然氣管線風險評估架構。

與適用於長途管線風險評估之 Kent 法不同，DIMP 及 SHRIMP 皆以天然氣管線之 8 大危害為中心建構一套不同於 Kent 法之公用天然氣管網之風險評估方法，完成之公用天然氣管線風險評估架構如下：

- (1)管網資料收集與瞭解：收集管網使用之管材資料、建造資料、維修保養汰換紀錄、洩漏歷史等。
- (2)管網危害辨識：利用公用天然氣管網系統本身特性與過去洩漏歷史進行管網區塊劃分與其危害辨識，對管網 8 大危害因子之辨識方法如下表：

「管網危害辨識方法表」

8 大危害	次分類危害	危害辨識方法	普遍	局部	未知
a. 腐蝕	(1)外部腐蝕：裸鋼管	1. 本區是否有裸鋼管？ 2. 此類管線是否有陰極保護？ 3. 是否有(外部)腐蝕洩漏？ 4. 管線開挖檢查是否發現外部腐蝕？ 5. 定期檢查之管線陰極防蝕電位是否一直都足夠？ 6. 本區是否有雜散電流之來源？			
	(2)外部腐蝕：鑄鐵管(石墨腐蝕)	1. 本區是否有鑄鐵管或延性鑄鐵管？ 2. 此類管線是否有非開挖損傷			

8 大危害	次分類危害	危害辨識方法	普遍	局部	未知
		<p>造成之破裂(fracture)發生?</p> <p>3. 此類管線破裂是否只發生於某些特定之管徑?</p> <p>4. 本區是否有雜散電流之來源?</p> <p>5. 管線開挖檢查是否發現外部腐蝕?</p>			
	(3)外部腐蝕：有包覆之鋼管	<p>1. 本區是否有有包覆之鋼管?</p> <p>2. 此類管線是否有陰極保護?</p> <p>3. 是否有(外部)腐蝕洩漏?</p> <p>4. 本區是否有雜散電流之來源?</p> <p>5. 定期檢查之管線陰極防蝕電位是否一直都足夠?</p> <p>6. 管線開挖檢查是否發現外部腐蝕?</p> <p>6. 管線開挖檢查是否發現包覆劣化?</p>			
	(4)大氣腐蝕	<p>1. 是否有(大氣)腐蝕洩漏?</p> <p>2. 目視檢查是否發現外部腐蝕孔坑(pitting)?</p> <p>3. 目視檢查是否發現包覆劣化?</p>			
	(5)其它金屬材料	<p>1. 本區是否有其它金屬材料?</p> <p>2. 此類管線是否有陰極保護?</p> <p>3. 是否有腐蝕洩漏?</p>			
	(6)內部腐蝕	<p>1. 本區是否有金屬管?</p> <p>2. 管線檢查是否發現內部腐蝕?</p> <p>3. 是否有內部腐蝕洩漏?</p> <p>4. 系統內是否發現有液體?</p>			
b. 自然力	(1)外力/氣候：鋼管	1. 系統某些部份是否位於已知之地層下陷、滑坡、地震斷層帶或沖刷地區?			
	(2)外力/氣候：塑膠管	<p>1. 塑膠管是否曾因外力造成破壞(fail)?</p> <p>2. 系統某些部份是否位於已知</p>			

8 大危害	次分類危害	危害辨識方法	普遍	局部	未知
		之地層下陷、滑坡、地震斷層帶或沖刷地區?			
	(3)外力/氣候：鑄鐵管	1. 是否因地層移動、冰凍後膨脹或地層下陷造成洩漏?			
c. 開挖損傷	(1)第 1 方及第 2 方	1. 是否有人員因未遵守道路挖掘規定(one-call law)造成損傷? 2. 損傷是否增加? 3. 是否因管線定位錯誤或人員執行管線定位不良造成損傷? 4. 設備是否皆(於地面)做標記且標記精確? 5. 是否於回填作業時因未保護管線而造成損傷?			
	(2)第 3 方	1. 工程建設活動是否在增加? 2. 道路挖掘管理系統(one-call system)是否涵蓋本區系統? 3. 最近是否因管線定位錯誤或人員執行管線定位不良造成損傷? 4. 最近是否於回填作業時因未保護管線而造成損傷? 5. 在先前已發生損傷的系統上是否經歷洩漏? 6. 是否有已知的爆破或拆除活動區域? 7. 是否有因爆破造成洩漏? 8. 系統的某些部分是否位於需要使用炸藥開挖管線的區域?			
d. 其他外力損傷	(1)交通工具造成	1. 車輛會撞擊地上設備嗎? 2. 地上設備是否位於靠近路面、道路或其它易被車輛撞壞之地點。 3. 易受損之地上設備是否有防止車輛撞壞的保護?			
	(2)蓄意破	1. 是否曾由未經授權的個人蓄			

8 大危害	次分類危害	危害辨識方法	普遍	局部	未知
	壞	意行為造成損壞或洩漏？ 2. 發生過偷盜天然氣的狀況？			
e. 材料、銲接或其他連接故障	(1)製造缺陷	1. 曾於管線或非管線元件發現製造缺陷？			
	(2)機械損傷	1. 是否經歷過由於機械損傷而導致的故障，例如地下結構物壓傷設備？			
	(3)材料問題：塑膠	1. 本區是否有以下管材？ (1)Century Utility Products 公司 PE 管產品。 (2)1973 年以前 DuPont 公司製造的低韌性內壁 PE 2306 Aldyl A 管。 (3)由 PE 3306 樹脂製成的管子。			
	(4)銲接/接頭	1. 是否發生銲接或其它接頭故障的狀況？			
f. 設備故障	(1)系統設備	1. 是否因密封件或墊圈洩漏而故障？ 2. 整壓器或控制裝置是否發生故障？			
g. 不當操作	(1)程序不完備	1. 是否因程序不完備造成失效？			
	(2)安全措施不足	1. 是否因安全措施(safety practice)不足造成失效？			
	(3)建造技術問題	1. 是否因(建造)工藝技術問題造成失效？			
	(4)未遵循 SOP 程序	1. 是否因未遵循 SOP 程序造成失效？			
h. 其它因素		1. 是否有因其它因素而造成故障？			

(3)管網風險評估：利用上述之公用天然氣管網系統危害辨識結果，與管網系統歷史數據進行管網之區塊細分(Subdivision)與風險評估，風險評估之計分採以下公式計算：

$$\text{Relative Risk Score} = \frac{\text{Probability Score}}{(\text{normalized to } 1\sim 10)} \times \frac{\text{Consequence Score}}{(1.0\sim 1.5)} \times \frac{\text{Leak History Factor}}{(1+\% \text{ of LKs})} \times \frac{\text{Incident Factor}}{(1 \text{ or } 1.25)}$$

每種危害因子各區塊的相對風險分數(Relative Risk Score)愈高，則代表風險愈大(愈危險)。

(4)管網各危害因子與區塊之風險排序：當「開挖損傷」的危害與管線的物理屬性無關時，甚至可將「開挖損傷」的危害，單獨對管網進行只有「開挖損傷」的風險排序。可各別將管網對每種危害因子分成不同「區塊」，即8種危害因子分區之管線可以不同。風險評估時不將8危害因子的風險得分相加，於管網的風險評估時將不同「區塊」之不同危害因子一起排序，此種排序可比較何種的危害因子中的那一區塊的風險較大，即管網失風險排序可能為No1=開挖損傷因子的E3區、No2=其它外力損傷因子的F1區、No3=腐蝕因子的C2區…。

(5)管網風險評估結果驗證：經管網之風險排序後，業者再以對公司管網的專業瞭解檢視此種風險排序的正確性，驗證(Validating)此風險評估是否合理。若某「區塊」的風險評估結果有不合理處，可再以公司專業角度自行調整，但需將該「區塊」風險調整理由說明紀錄於此風險評估的結論。

(6)管網強化作為：對於此種相對風險分數之排序，公用天然氣業者應自行決定那種風險等級(level of risk)以上需要有強化作為。依據管網風險評估結果及問題惡化「趨勢」(包括：以8大危害統計每公里本支管的洩漏數、每「表外管數量」的洩漏數)，評估問題的嚴重性採取適當的天然氣管線之預防、矯正、減緩、強化措施。