



# 公用天然氣管網風險評估- 相對風險分數計算例及 「強化措施」有效性之檢討

工業技術研究院/材料與化工研究所

報告人：李信賢

聯絡電話：(03)591-4117

e-mail:David\_Lee@itri.org.tw

111年08月31日



# 相對風險分數計算例



# 相對風險分數計算例(1/4)

公用天然氣管線洩漏事件記錄、管網危害辨識方法表、天然氣管網危害評估配分表

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
A1群： 外部腐蝕(正常化=7.9)	A1地區及AB1地區：2020年鑄鐵管腐蝕洩漏11件(開挖發現石墨腐蝕5件)、2021年鑄鐵管腐蝕洩漏15件(開挖發現石墨腐蝕8件)。	40+4+2 =46	管壓中壓B、管徑4”、危害區集中於A1地區(商業區外)、可能造成20~299戶停氣、H1地區有甲學校及乙學校(30分鐘內可達)、AB1地區無學校醫院等(30分~1小時可達)。	1+0.1+0+0+ 0.04+0.2; 1+0.1+0+0. 025+0.04+0
A2群： 外部腐蝕(10)	A2地區：2020年管齡30年以上之鍍鋅鋼管腐蝕洩漏80件、2021年管齡30年以上之鍍鋅鋼管腐蝕洩漏100件。	90+2+5 +3=100	管壓低壓、管徑1”、危害區集中於A2地區(商業區內)、30分鐘內可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0.15+0 +0.07+0 =1.22
A3群： 外部腐蝕(7.75)	A3地區：2020年管齡30年以下之鍍鋅鋼管腐蝕洩漏8件、2021年管齡30年以下之鍍鋅鋼管腐蝕洩漏10件。	70+2+5 +0=75	管壓低壓、管徑1”、危害區集中於A3地區(商業區外)、30分~1小時可達、可能造成20~299戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0.02 5+0.04+0 =1.065
A4群： 大氣腐蝕(9.49)	A4地區：2020年鍍鋅鋼管(明管)腐蝕洩漏50件、2021年鍍鋅鋼管(明管)腐蝕洩漏70件。	30+3+0 =33	管壓低壓、管徑1”、危害區集中於A3地區(商業區外)、30分~1小時可達、可能造成20~299戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0.02 5+0.04+0 =1.065
A5群： 外部腐蝕(1.56)	AA地區：2021年PEL管陰極防蝕電位不足(-700mV)、但開挖管線檢查尚未發現腐蝕。	0+0+3+ 0+0+0+ 0+0=3	管壓高壓、管徑12”、危害區集中於AA地區(商業區外)、超過1小時可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0.2+0+0. 05+0.07+0 =1.32
A6群： 內部腐蝕(2.5)	BB地區：發現PEL管管內有水。	0+5+0= 5	管壓中壓、管徑4”、危害區集中於BB地區(商業區外)、超過1小時可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0.1+0+0. 05+0.07+0 =1.22

相對風險分數=危害機率 × 危害影響 × 洩漏歷史因子 × 事故機率因子



# 相對風險分數計算例(2/4)

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
B1群： 地震 (2.8)	位於CC區之管線有 <u>地震斷層帶</u>	10+0 =10	管壓中壓、管徑4”、CC地區(商業區外)、超過1小時可達、可能造成20~299戶停氣、無學校醫院等。	1+0.1+0+0.05+0.04+0=1.19
B2群： 滑坡 (2.8)	位於DD區之鑄鐵管有 <u>滑坡地</u>	10+0 =10	管壓中壓、管徑8”、DD地區(商業區外)、超過1小時可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0.2+0+0.05+0.07+0=1.32
B3群： 自然力	位於DD區除鑄鐵管以外之管線未發現自然力破壞現象。	---	較無自然力危害。	----

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
C1群：工 程活動(地 區)(6.8)	信義路都市重劃區商辦大樓興建區道路 <u>開挖件數2020年15件、2021年25件。有淺埋</u>	30+10+0 +3+15 =58	管壓低壓、管徑4~1”、信義路(商業區內)、30分鐘內可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0.15+0+0.07+0=1.22
C2群：第1 方~第3方 損傷(施工 單位) (7.075)	2021年新國宅中心增設自來水管線( <u>台水公司</u> )道路 <u>開挖50件</u> 。	7+20+0 =27	管壓低壓、管徑4~1”、新國宅中心(商業區外)、可能造成300~499戶停氣、H2地區有丙醫院(30分鐘內可達)、CA2地區無學校醫院等(30分鐘內可達)。	1+0+0+0+0.07+0.2; 1+0+0+0+0.07+0=1.07
C3群：開 挖損傷	除C1及C2兩群以外之區域)未發現開挖損傷現象	----	較無開挖損傷危害	----



# 相對風險分數計算例(3/4)

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
D1群：蓄意破壞 (1.78)	HH地區有與瓦斯公司衝突之不良人士(可能破壞整壓站)	0+0+5+ 0=5	管壓低壓、管徑2”、HH地區(商業區外)、30分鐘內可達、可能造成20~299戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0 +0.04+0 =1.04
D2群：交通工具損傷(3.02)	II地區繁忙交通且狹窄路旁整壓箱無防護	0+0+10 +0=10	管壓低壓、管徑1~2”、II地區(商業區外)、30分鐘內可達、可能造成500戶以上停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0 +0.1+0 =1.1

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
E1群：連接故障(7)	鑄鐵管接頭洩漏件數2020年3件、2021年5件。	30+10 =40	管壓低壓、管徑2~4”、E1地區(商業區外)、30分鐘內可達、可能造成1~19戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0 +0.01+0 =1.01
E2群：材料故障(3.4)	2021年接連發現XX廠牌國產PE管材出現劣化問題。	16=16	管壓低壓、管徑4”、E2地區(商業區外)、30分鐘內可達、可能造成20~299戶停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0 +0.04+0 =1.04

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
F1群：設備故障(4.46)	2021年發現1座YY閥門無法關閉，出現故障狀況	20+0+0 0+5=25	管壓中壓、管徑8”、F1地區(商業區外)、約30分鐘~1小時內可達、可能造成300~499戶停氣、無學校醫院等。	1+0.2+0 +0.025+ 0.07+0 =1.295 <sub>5</sub>



# 相對風險分數計算例(4/4)

危害別	管網危害狀況資料收集結果	機率分	危害影響	影響分
G1群：不當操作(6)	因管線操作程序書不完備，至臨時無法應變異常操作，造成供氣壓力不足。	10+5+5+5 =25	管壓低壓、管徑1~4”、G1地區(商業區外)、30分鐘內可達、可能造成500戶以上停氣、無學校醫院等。	1+0+0+0+0.1+0=1.1

相對風險分數 = 危害機率 × 危害影響 × 洩漏歷史因子 × 事故機率因子

危害群	相對風險分數
A1群：鑄鐵管(A1有學校)	$7.9 \times 1.34 \times 1.26 \times 1.25 = 16.7$
A1群：鑄鐵管(AB1)	$7.9 \times 1.165 \times 1.26 \times 1.25 = 14.5$
A2群：管齡30年以上之鍍鋅鋼管	$10 \times 1.22 \times 1.26 \times 1.25 = 19.2$
A3群：管齡30年以下之鍍鋅鋼管	$7.75 \times 1.065 \times 1.26 \times 1.25 = 13.0$
A4群：鍍鋅鋼管(明管)	$9.49 \times 1.065 \times 1.26 \times 1.25 = 15.9$
A5群：位於AA區之PEL管	$1.56 \times 1.32 \times 1.26 \times 1.25 = 3.24$
A6群：位於BB區之PEL管	$2.5 \times 1.22 \times 1.26 \times 1.25 = 4.80$
B1群：位於CC區之管線	$2.8 \times 1.19 \times 1.05 \times 1.0 = 3.50$
B2群：位於DD區之鑄鐵管	$2.8 \times 1.32 \times 1.05 \times 1.0 = 3.88$
B3群：DD區除鑄鐵管以外之管線	不列入風險評估

危害群	相對風險分數
C1群：信義路	$6.8 \times 1.22 \times 1.11 \times 1.25 = 11.5$
C2群：新國宅中心(H2)	$7.075 \times 1.27 \times 1.11 \times 1.25 = 12.5$
C2群：新國宅中心(CA2)	$7.075 \times 1.07 \times 1.11 \times 1.25 = 10.5$
C3群：除C1及C2兩群以外之區域)	不列入風險評估
D1群：位於HH區之整壓站	$1.78 \times 1.04 \times 1.03 \times 1.0 = 1.91$
D2群：位於II區之整壓箱	$3.02 \times 1.1 \times 1.03 \times 1.0 = 3.42$
E1群：鑄鐵管接頭	$7 \times 1.01 \times 1.10 \times 1.25 = 9.72$
E2群：XX廠牌國產PE管材	$3.4 \times 1.04 \times 1.10 \times 1.25 = 4.86$
F1群：YY閥門	$4.46 \times 1.295 \times 1.21 \times 1.0 = 6.99$
G1群：管線操作程序書不完備	$6 \times 1.1 \times 1.03 \times 1.0 = 6.80$



# 天然氣管網風險評估-分群與結果(1/3)

## 公用天然氣管網腐蝕危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
腐蝕	A1群：鑄鐵管	洩漏檢出率 <b>增加</b> 、開挖曾發現石墨腐蝕。	外部腐蝕	2、4	排定年限汰換鑄鐵管
	A2群：管齡30年以上之鍍鋅鋼管	管齡30年以上之鍍鋅鋼管，去年發生洩漏共 <b>100件</b> ，且比前一年 <b>增加</b> 。	外部腐蝕	1	分批汰換管齡30年以上之鍍鋅鋼管
	A3群：管齡30年以下之鍍鋅鋼管	洩漏件數增加	外部腐蝕	5	排定年限汰換鍍鋅鋼管
	A4群：鍍鋅鋼管(明管)	洩漏檢出率增加	大氣腐蝕	3	縮短洩漏檢測週期、管線測厚。
	A5群：位於AA區之PEL管	AA區陰極防蝕電位不足、開挖管線檢查尚未發現腐蝕。	外部腐蝕	17	無
	A6群：位於BB區之PEL管	BB區發現管內有水	內部腐蝕	13	縮短洩漏檢測週期

## 公用天然氣管網自然力危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
自然力	B1群：位於CC區之管線	CC區有地震斷層帶	斷層帶自然力	15	4級地震後巡管及洩漏檢測
	B2群：位於DD區之鑄鐵管	DD區有滑坡地	滑坡自然力	14	無
	B3群：DD區除鑄鐵管以外之管線	未發現自然力破壞現象	較無自然力危害	---	無

# 天然氣管網風險評估-分群與結果(2/3)

## 公用天然氣管網開挖損傷危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
開挖損傷	C1群：信義路	都市重劃區商辦大樓興建區及道路開挖件數增加	第三方開挖損傷	7	實施巡管及施工駐守、對用戶強化公眾教育宣傳
	C2群：新國宅中心	增設自來水管線及道路開挖件數多	第三方開挖損傷	6、8	實施巡管及施工駐守、對用戶強化公眾教育宣傳
	C3群：除C1及C2兩群以外之區域)	未發現開挖損傷現象	較無開挖損傷危害	---	實施巡管及施工駐守。

## 公用天然氣管網其他外力損傷危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
其他外力損傷	D1群：位於HH區之整壓站	該地區有與瓦斯公司衝突之不良人士	蓄意破壞	18	整壓站增設CCTV監視及警告系統
	D2群：位於II區之整壓箱	位於繁忙交通且狹窄路旁無防護之設備	交通工具損傷	16	增加巡查頻率

## 公用天然氣管網設備故障危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
設備故障	F1群：YY閥門	YY閥門發現無法關緊，出現故障狀況	設備故障	10	YY閥門排程檢測



# 天然氣管網風險評估-分群與結果(3/3)

## 公用天然氣管網材料、銲接或其他連接故障危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
材料、銲接或其他連接故障	E1群：鑄鐵管 <b>接頭</b>	洩漏檢出率 <b>增加</b>	連接故障	<b>9</b>	排定年限汰換
	E2群：XX廠牌國產PE <b>管材</b>	接連發現 <b>XX廠牌</b> 國產PE管材出現劣化問題	材料問題危害	<b>12</b>	<b>持續觀察問題之變化趨勢</b>

## 公用天然氣管網不當操作危害的細分「危害群」

危害	危害群	危害理由	危害辨識結果	風險排序	強化措施
不當操作	G1群：管線操作 <b>程序書</b> 不完備	因管線操作程序書不完備，至臨時無法應變異常操作，造成 <b>供氣壓力不足</b> 。	不當操作	<b>11</b>	修訂管線操作程序書。

## 公用天然氣管網高影響範圍再細分「危害群」

影響	危害群	高影響狀況辨識	影響區危害群再細分
高影響範圍	H1群：位於有學校地區之鑄鐵管	A1群中有 <b>甲學校</b> 及 <b>乙學校</b>	將A1群(鑄鐵管)中再分成H1群(位於有學校地區之鑄鐵管)與AB1群(位於 <b>無學校</b> 地區之鑄鐵管)
	H2群：有醫院之新國宅中心區域	C2群中有 <b>丙醫院</b>	將C2群(新國宅中心)中再分成H2群(有醫院之新國宅中心區域)與CA2群( <b>無醫院</b> 之新國宅中心區域)



---

# 「強化措施」 有效性之檢討

## 天然氣管網之預防、矯正、減緩、強化措施

### ❖ 風險增加超過可接受程度

- 依據管網相對風險分數之排序結果及危害(洩漏數)變化「趨勢」(包括：以8大危害統計每公里本支管的洩漏數、每100條「表外管」的洩漏數)。
- 若該「危害群」的洩漏數量顯示出「風險增加超過可接受程度」(increase of risk beyond an acceptable level)時，即此項危害於統計上朝向明顯較高風險變化之趨勢(Statistically significant trend toward higher risk)，應實施「強化措施」。
- 公用天然氣業者應自行決定那種風險等級以上需要有「強化措施」，並依據各「危害群」的風險因素採取適當的預防、矯正、減緩或「強化措施」。

# 天然氣管網各種措施效能度量(1/2)

- ❖ 公用天然氣業者依各「危害群」的風險因素所採取的預防、矯正、減緩或「強化措施」，應定期(例如：每2年)檢討管網各「危害群」實施措施之「效能度量」(Performance Measure)因子變化的趨勢，以評估所實施的各種措施之有效性。
- ❖ 為評估所實施的各種措施之有效性，業者應提出措施執行前的「基線」(Baseline)數據，此數據可從業者既有的相關統計數據中選出作為「效能」(performance)監視的因子，並於定期「再評估」(re-evaluating)危害和風險時考慮其「效能」因子數據的變化。
- ❖ 「效能度量」因子必須包括以下內容：
  - (1)依洩漏原因分類之每年各原因項的洩漏數量；
  - (2)開挖損傷的數量；
  - (3)開挖通知單的數量(即地下設施業者從道路挖掘管理系統收到的開挖通知)；
  - (4)依材料分類之每年各管材的洩漏數量；
- ❖ 趨勢的判斷可採用統計學之趨勢分析方法「Mann-Kendall趨勢分析」檢驗該數據是否有上升或下降的趨勢。

# 天然氣管網各種措施效能度量(2/2)

## ❖ Mann-Kendall趨勢分析

- 使用「Mann-Kendall趨勢分析」至少要有5年的統計數據。
- 「Mann-Kendall趨勢分析」之度量指標(MK Metrics)為「S值」(S-Value)，
- $S=0$ 表示數據無變化趨勢， $S \gg 0$ 表示上升趨勢， $S \ll 0$ 表示下降趨勢。
- 若分析得到Mann-Kendall的「S值」大於+10，則表示該「危害群」的數據有增加趨勢，
- 「S值」小於等於+10則表示該「危害群」的數據在統計上無明顯增加趨勢。

	Aldyl-A洩漏數/英里	Mann-Kendall 分析結果	MK參數(S-values)
In 2007	1		
In 2008	2		
In 2009	3	Increasing	13
In 2010	7	Increasing	18
In 2011	6	Increasing	20
In 2012	5	Increasing	19
In 2013	4	Increasing	15

「S值」  
降低表示改善  
中!!