

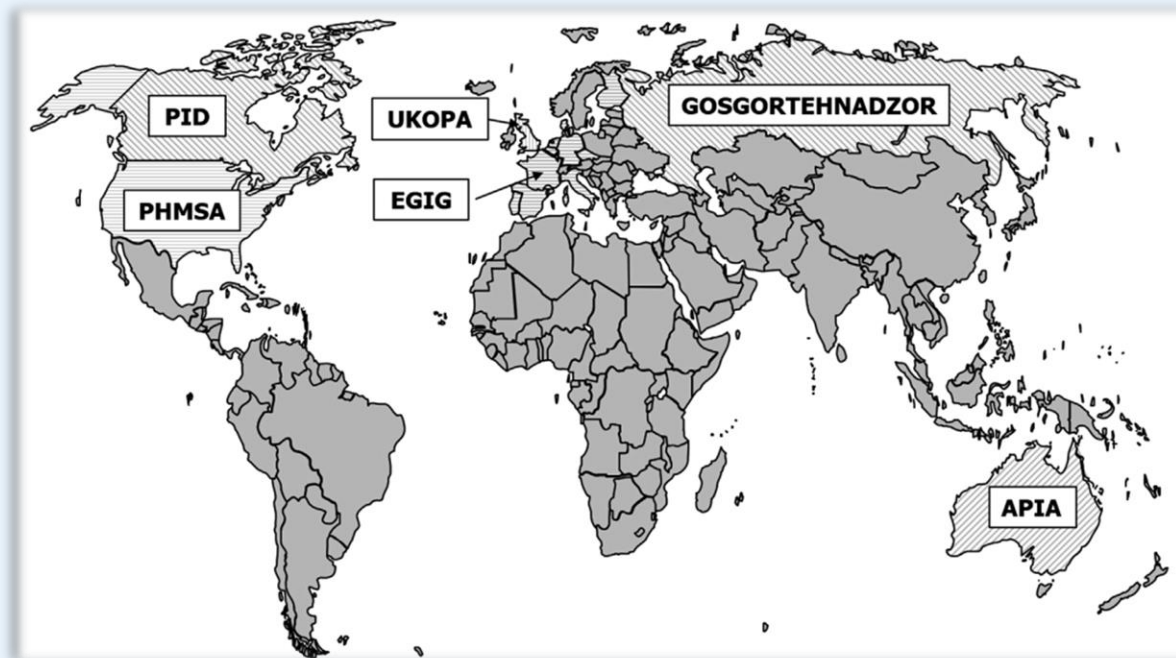
# 各種天然災害對於油氣管線之災損案例 －氣象型災害



## 前言

石油和天然氣管道 (Oil & Gas Pipeline, **OGP**) 的故障始終是一個不幸的事件，因為它會帶來可怕的後果，可能是人員、經濟、環境損失。

事故發生之前是未知的，因此在事故發生之前無法進行調查。全球石油和天然氣行業存在各種收集有關管道故障數據的數據庫，如右圖所示。



世界各地針對OGP之事故資料庫分布  
圖(Biezza et al, 2020)



## 前言

### OGP故障數據庫

美國

The U.S. Department of Transportation's Pipeline and Hazardous Material Safety Administration, PHMSA

英國

The United Kingdom Onshore Pipeline Operators' Association, UKOPA

歐洲

European Gas Pipeline Incident Data Group, EGIG

加拿大

Pipeline Incident Database, PID

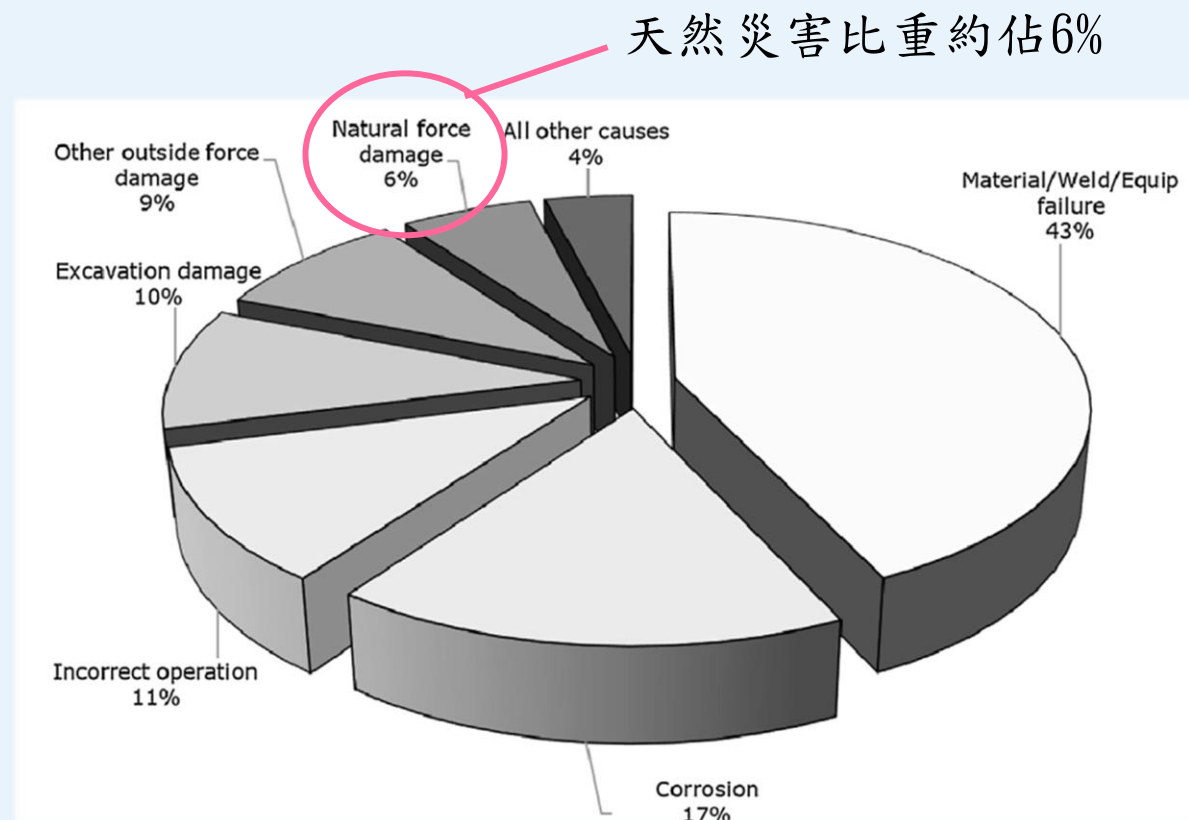


## 前言

### 美國 PHMSA

建立8種管道故障原因

1. 腐蝕
2. 開挖破壞
3. 自然力破壞
4. 其他外力損害
5. 材料/焊接失效
6. 設備故障
7. 不正確的操作
8. 所有其他原因



西元2009年到2018年之PHMSA數據管線事件分佈比例圖  
(Biezma et al, 2020)



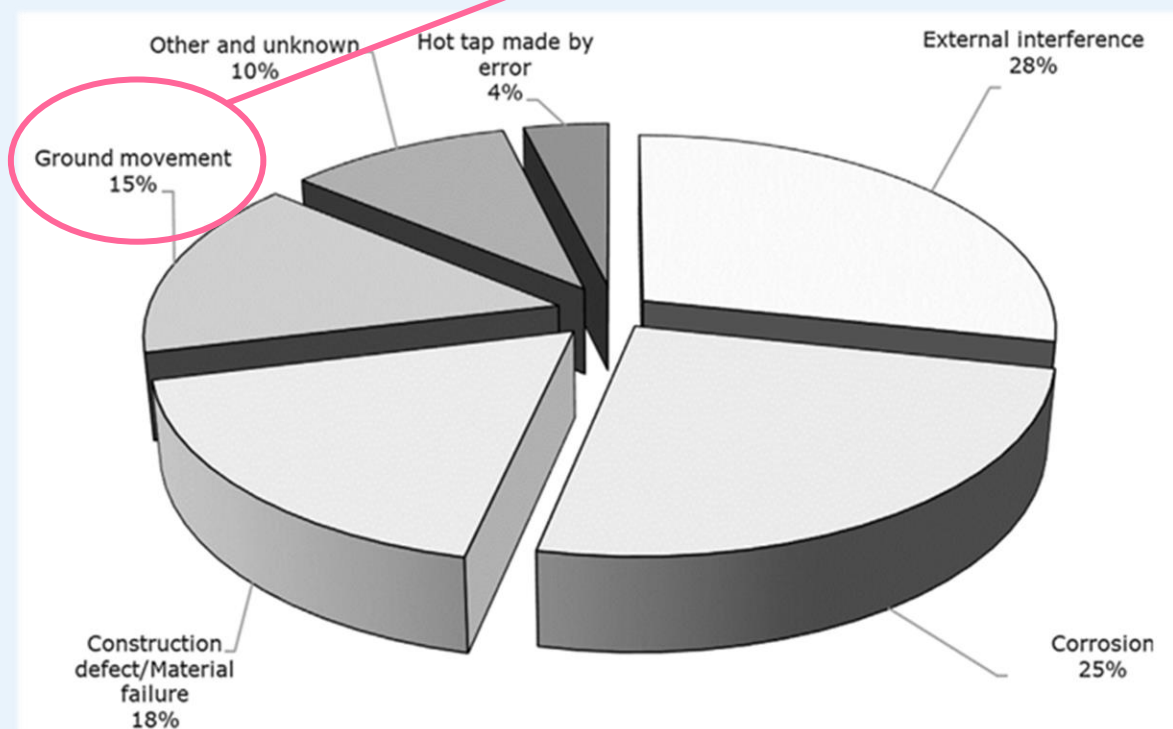
## 前言

### 歐洲 EGIG

依管道事故進行分類

1. 腐蝕
2. 外部干擾
3. 結構缺陷/材料故障
4. 地面位移
5. 其他
6. 未知原因

地面位移所引致的災損比例約占15%



西元2007年到2016年之EGIG數據管線事件分佈比例圖  
(Biezma et al, 2020)




## 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害

### 天然災害 Natural Hazards Triggering Technological Accidents

天然災害例如地震、洪水、閃電等，有可能對於石油與天然氣管線系統造成損壞，並進而對人口、環境與經濟產生重大影響。這類損壞如發生於關鍵設施，則可能對整個供應鏈帶來不容小覷的後果。例如地震、洪水、閃電等，有可能對於**石油與天然氣管線系統造成損壞**，並進而對**人口、環境與經濟產生重大影響**。

 地質型災害 (Geological Hazards)

 水文型災害 (Hydrological Hazards)

 氣象型災害 (Meteorological Hazards)

 氣候型災害 (Climatic Hazards)





## ● 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害



### 氣象型災害 (Meteorological Hazards)

Venturino et al.(2016)針對西元2012年阿根廷的埋地天然氣管線遭受閃電襲擊受損之兩個案例進行實驗研究，探討**地下管線受閃電破壞的機制**。

兩案例中之管線皆為具有**陰極保護**(cathodic protection, CP)系統之鋼管，而一管線使用犧牲陽極(sacrificial anodes)，另一管線則使用整流器(rectifiers)和參比電極(reference electrodes)。



## 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害



案例一



案例二

兩個案例皆發生天然氣洩漏和引起火災，皆由**金屬管壁局部熔合**導致的小穿孔引起。

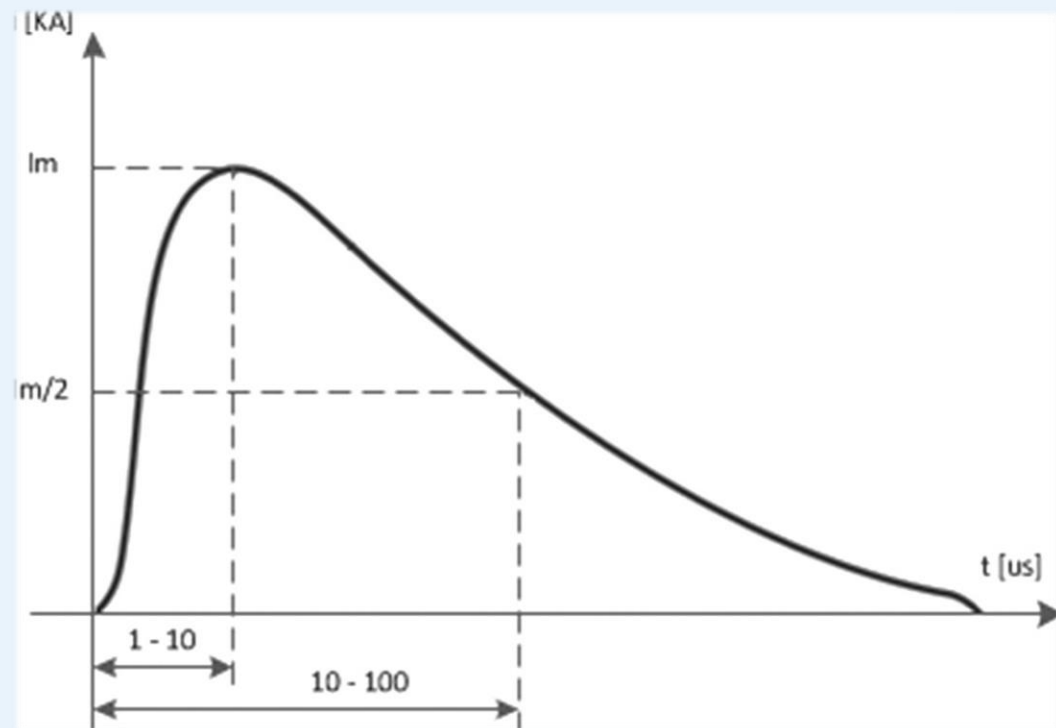
而造成小穿孔的原因為閃電電擊到與埋地管線非常接近之地面上，在大於其表土範圍之區域產生**土壤電離**(the ionization of the soil)，並在管線和電擊點之間建立電弧(arcs)而產生大電流，進而由**焦耳效應(Joule effect)**造成管線失效。





## 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害

關於閃電之特性，其通常由多次放電(每次閃電平均放電五次)組成，第一次最為重要。第一次放電時間約為1至10微秒，此時電流達到最大值( $I_m$ )，接著在10至100微秒內電流緩慢衰減至峰值之50%( $I_m/2$ )。依據該研究結果，**管線在電離範圍內**才會發生此**穿孔失效模式**，否則僅會對於聚合物塗層造成破壞，不足以使管線金屬損壞。



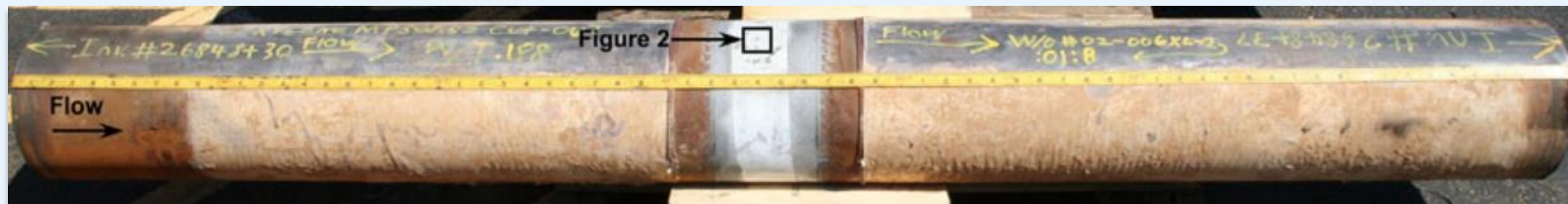
閃電於電擊區放電之電流波形  
(Venturino et al., 2016)



## 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害

Quickel and Beavers(2011)針對一段產生洩漏的管線進行分析，該管段為安裝於西元1977年之API 5L X46鋼管，直徑為21.91 cm，管壁厚度為0.478 mm，包含縱向電阻焊接(electric resistance welded, ERW)，其外部有聚乙烯塗層，具陰極保護(cathodic protection, CP)系統。

- 最大工作壓力為9370 kPa，相當於最小降伏強度之68%；
- 常時工作壓力為5170 kPa，為最小降伏強度之37%；
- 失效時壓力為2760 kPa，為最小降伏強度之20%。



失效管線之洩漏位置如標示處(Quickel and Beavers, 2011)，  
其外表面具一貫穿管壁(through wall)之半球形特徵



## ● 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害

研究結果說明**穿孔**由**高壓電弧放電能量**造成，並歸因於雷擊或高壓輸電線的接地故障等。透過**保護絕緣接頭**(insulated joints)可避免地下管線遭受高壓雷電損壞，其設備或方法為：

- 1 標準避雷器(standard lightning arresters)
- 2 帶鋅陽極的接地電池(grounding cells with zinc anodes)
- 3 電湧保護器(isolation surge protectors)

## ● 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害



除了**雷擊**為主要的氣象型災害以外，**熱帶氣旋**、**颱風**等也常為石油與天然氣管線以及儲槽的損壞肇因。

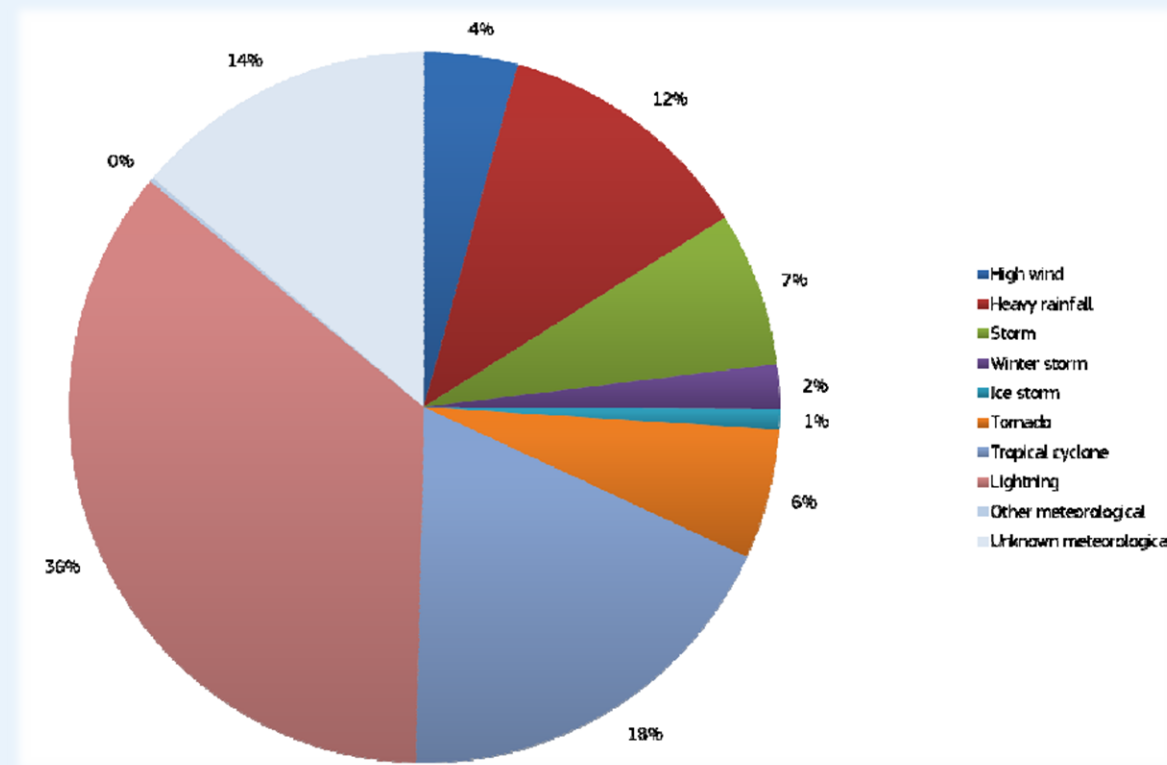
2005年的Hurricane Katrina造成儲槽損傷以及儲油溢出(Krausmann et al., 2019)





## 天然災害對於油氣管線之災損案例-氣象型災害

由美國的PHMSA以及The National Response Center (NRC)蒐集到的資料中，於西元1970-2012年間有1855件因天然災害引致陸上管線破壞的事故。其中因**氣象類型**的災害引起的**事故排名第二**佔了**29%**，**雷擊**為主要因子，其佔了該分類的**36%**



PHMSA與NRC資料庫之天然災害造成陸域管線損壞事件中氣象型災害分類與比例(Girgin and Kraussmann, 2014)





## ● 小結

依據地震曝險分析所用之流程，進行石油及天然氣管線之地理資訊與各天然災害潛勢圖資之**套疊與曝險分析**，統整各管段在不同天然災害下之曝險程度，分析成果將提供曝險管段之管線長度以及所在位置，可以定義石油與天然氣管線之管段面臨各項天然災害之曝險程度，做為**未來管線查核、規劃、維護、補強、減災以及災害預防等參考資訊**。