

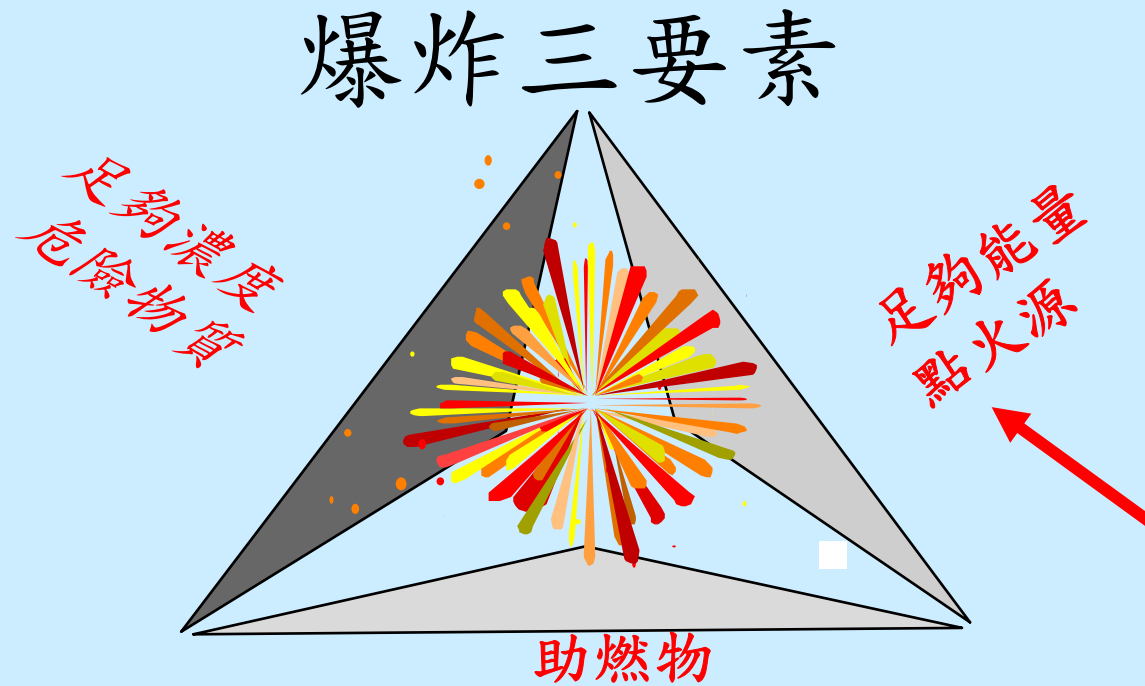
危險場劃分及現場控制盤 防爆探討



董良明
2012. 10. 29



一、危險場所現場控制盤氣爆原因探討

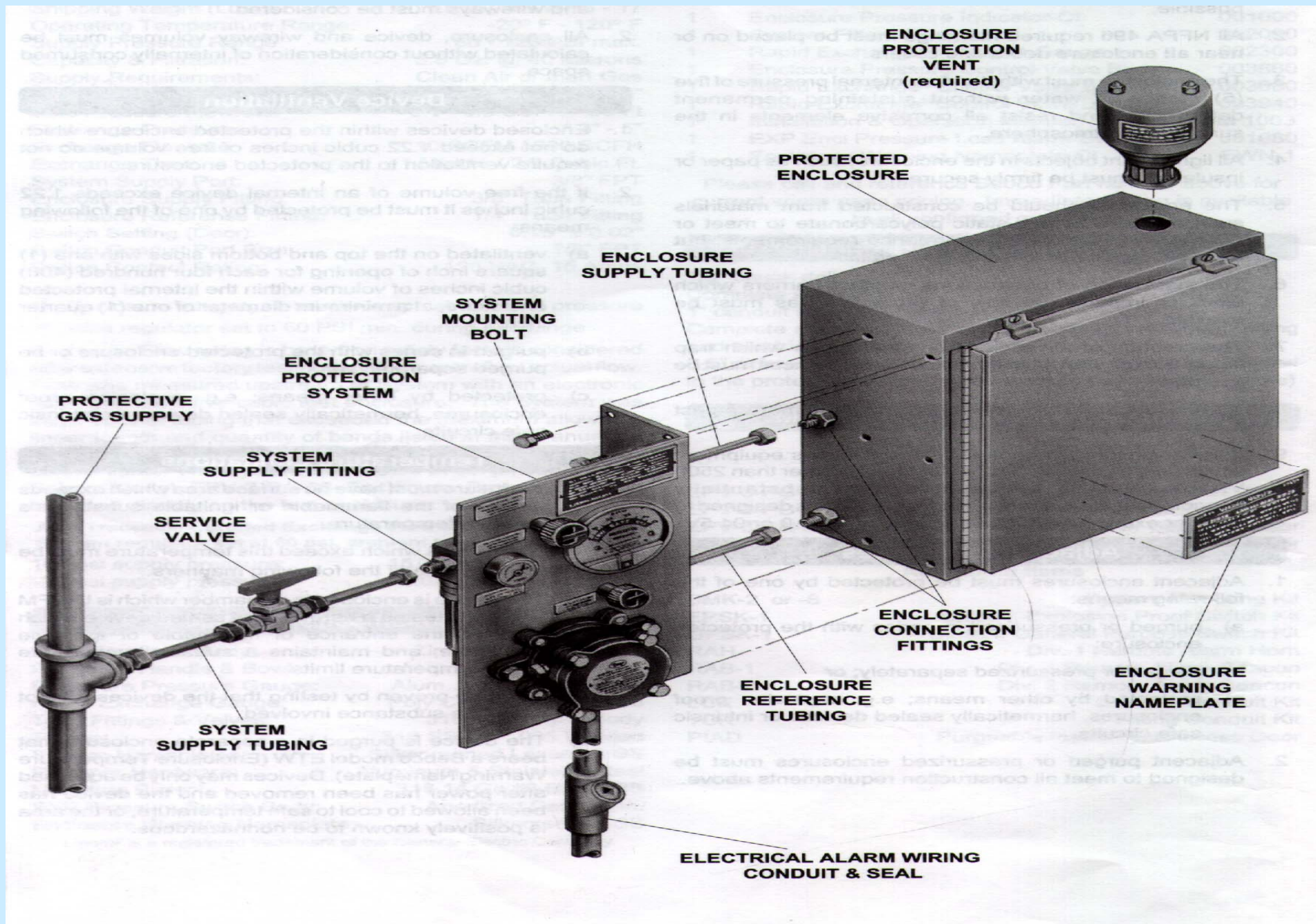


在潛存易燃或易爆氣體之危險場所，為防止電氣設備操作時產生之火花及表面高溫，造成火災爆炸事故。

避免同時發生如下之狀況

- 足夠濃度之危險物質（危險氣體，蒸氣，粉塵）
- 助燃物（氧氣）
- 足夠能量之點火源（**電能**、火花、熱能）

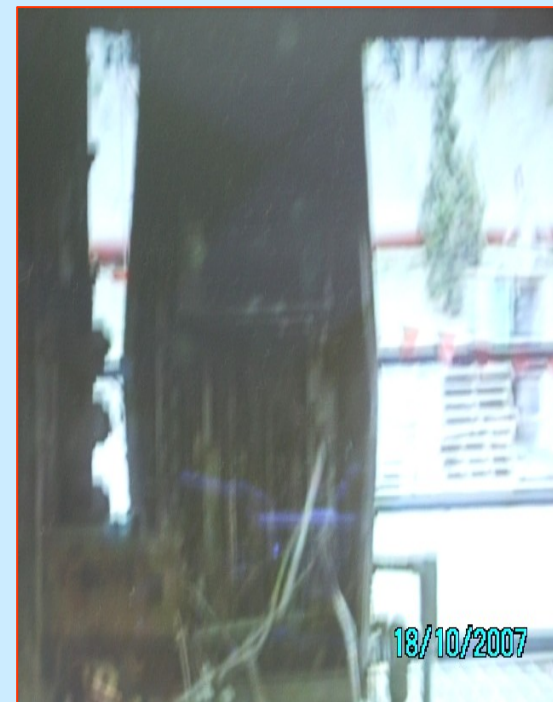
(一) 控制盤正壓不足造成臨近大氣中可燃氣體進入盤內



1996年11月18日航空燃油HDS
補充氫氣往復壓縮機換台操作
運轉時，當啟動備控制盤電源
開關而作動該盤內繼電器
(Relay)時，引起控制盤內閃燃
氣爆並發生火警，儀器控制盤
面彈開打到該員君頭部死亡。



模擬圖片



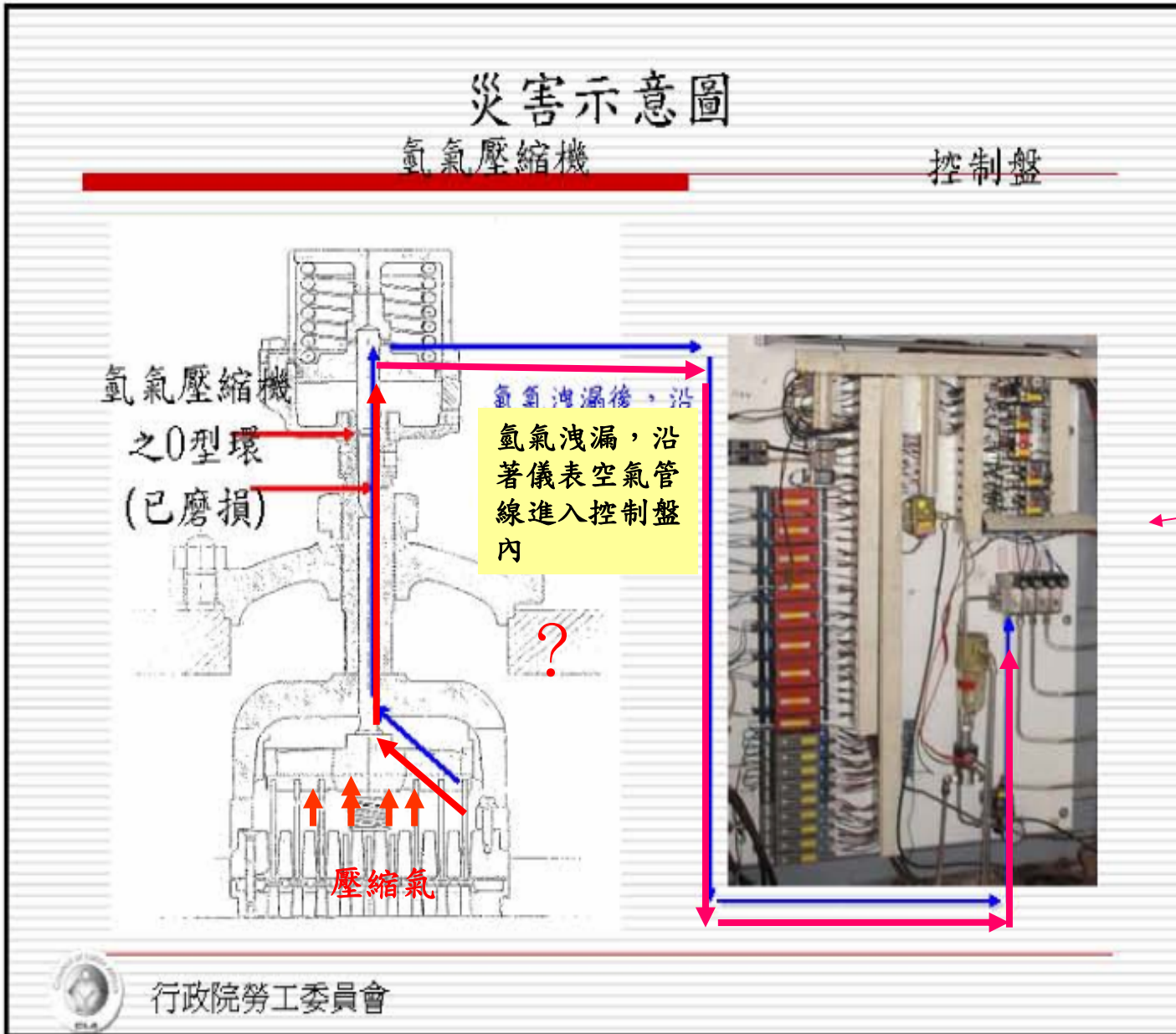
控制盤燒毀(真)

案例
1



控制盤蓋彈出(真)

(二) Loading Valve 之 Seal 漏造成系統可燃氣體沿儀器空氣進入盤內



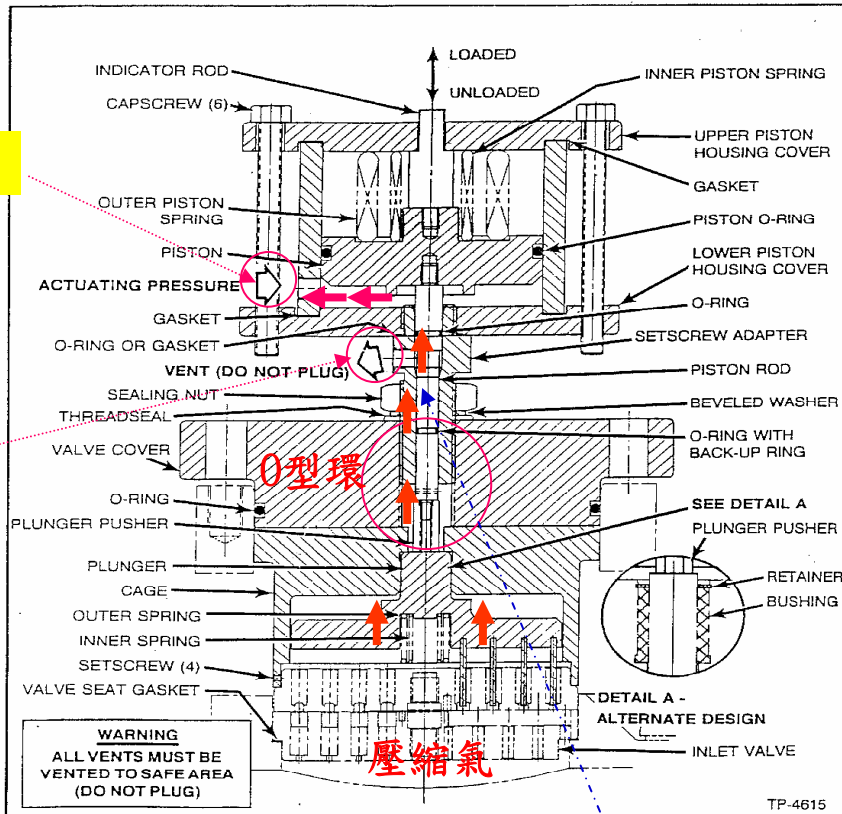
控制Loading Valve之壓縮空氣電磁閥移至控制盤外

DRESSER-RAND Regulation Instructions

UL-91 INLET VALVE UNLOADER

GENERAL

An unloader is used on a compressor cylinder inlet valve to render the valve inoperative as a way of unloading the cylinder for starting, or to control capacity of the compressor during operation. An illustration typical of the unloader design described in these instructions is shown below.



作動空氣

排氣孔

O型環

壓縮氣



排氣孔



Loading Valve中間有空隙自然排氣

對壓縮機進口板閥以壓縮空氣拉開被壓住之彈簧使有單向作用，致壓縮製程氣不會回到進口是謂 Loading

氫氣壓縮機控制盤閃燃



案例
2



2009年3月2日輕油裂解廠氫氣壓縮機切換作業控制盤發生爆裂一人死亡

氫氣壓縮機控制盤閃燃

案例
3



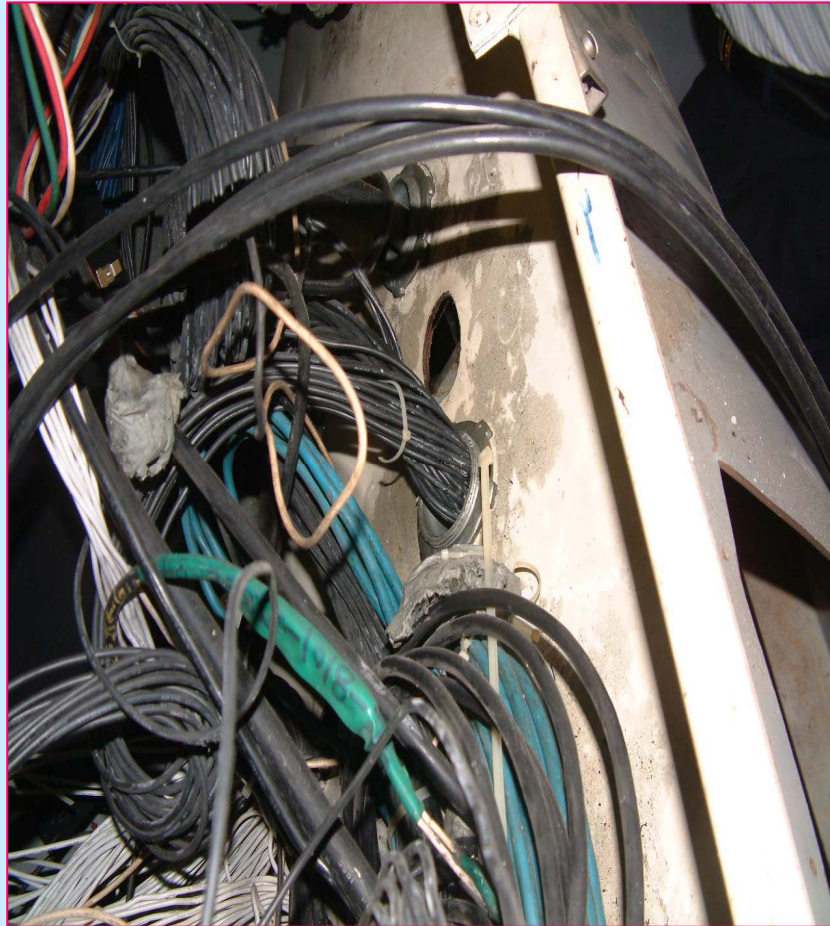
2010年2月11日9時氫氣壓縮機切換作業氫氣壓縮機控制盤發生爆裂一人死亡

(三) Seal Fitting 未密封造成系統可燃氣體因Sensor diagram破沿電管線(Conduit)進入盤內。

案例
4



現場控制室



95年5月4日現場控制室氣爆



Seal Fitting



正壓型



耐壓型

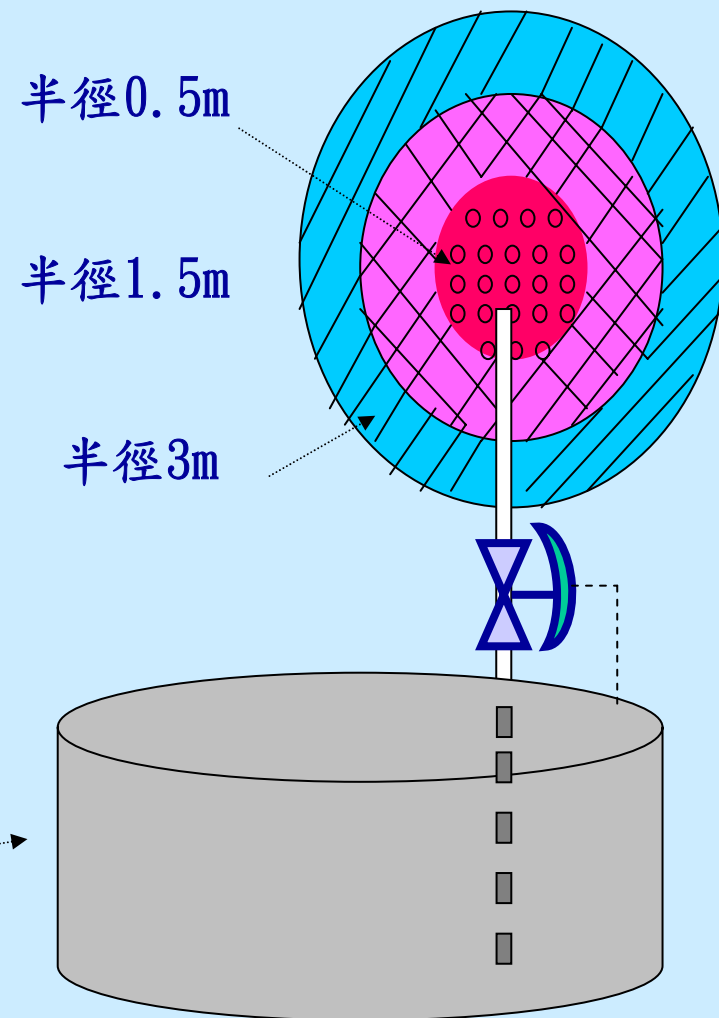
二、世界各國有關危險區域之分類比較表

系統	中華民國CNS	日本JIS	歐洲IEC	美國NEC	
代表方式				Article 500	Article 505
級別					
0	0區 (Zone 0)	0級	ZONE 0	Class I Division 1	Class I Zone 0
1	1區 (Zone 1)	1級	ZONE 1		Class I Zone 1
2	2區 (Zone 2)	2級	ZONE 2	Class I Division 2	Class I Zone 2

CLASS I	含有可燃性氣體或蒸氣存在之場所
CLASS II	含有可燃性粉塵埃存在之場所
CLASS III	含有易點燃纖維存在之場所

量化之分類(參照API-505)

Zone		達到危險爆炸程度之時間/年
Zone 0		>1000小時/年(10%以上)
Zone 1		10~1000小時/年(0.1%~10%)
Zone 2		<10小時/年(0.01% ~0.1%)
未分類		<1小時/年(0.01%以下)



※一般防爆電氣依構造可分為下列各項

型式	耐壓 防爆	安全 增防爆	本質安 全防爆	正壓 防爆	油入 防爆	充填 防爆	模注 防爆	特殊 防爆
代號	d	e	i	p	o	q	m	12s

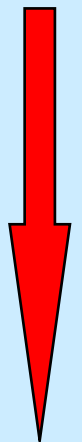
三、爆炸等級分類危險物群別(依日本「工場電氣設備防爆指針」)

爆發等級	對於長度25mm 火焰逸出之最小間隙值
1	超過 0.6mm 者
2	超過 0.4mm 者但在 0.6mm 以下者
3	0.4mm 以下者

四、國際各系統相對於爆炸等級之代號及比較

日本	歐洲	美國 (API 505)	美國 (API 500)	代表性氣體
1	II A	II A	Group D	丙烷
2	II B	II B	Group C	乙烯
3 3a 3b 3c 3n	II C	II B+H ₂	Group B	氫氣
		II C	Group A	乙炔

爆炸等級
小



大

五、爆炸性氣體之爆炸等級與著火溫度(日本)

爆炸等級	著火度	G1	G2	G3	G4	G5
	著火溫度	>450°C	450-300°C	300-200°C	200-135°C	135-100°C
1	間隙>0.6mm	甲烷 乙烷 丙烷 <u>丙烯</u> 甲醇 氨，醋酸 苯，甲苯	<u>丁烷</u> 乙醇 丁醇-(1) 無水醋酸 <u>二氯乙烯</u> <u>異丁烷</u> <u>異辛烷</u>	<u>戊烷</u> <u>己烷</u> <u>辛烷</u> <u>環己烷</u> <u>硫化氫</u> <u>二甲醚</u> 汽油	乙醛 乙醚 <u>二丁醚</u>	
2	間隙0.6-0.4mm	煤氣	<u>乙烯</u> <u>丁二烯</u> <u>環氧乙烯</u>	<u>丙烯醛</u> <u>異戊二烯</u>	<u>二乙醚</u>	
3	間隙<0.4mm	水煤氣 氫氣	乙炔			二硫化碳

國際各系統相對點燃溫度之代號及比較

等級	溫度範圍	日本代號	歐洲代號	美國代號			
1	450°C 以上	G1	T1 或 G1	T1 540°C			
2	300~450°C	G2	T2 或 G2	T2	300°C	T2C	230°C
				T2A	280°C	T2D	215°C
				T2B	260°C		
3	200~300°C	G3	T3 或 G3	T3	200°C	T3B	165°C
				T3A	180°C	T3C	160°C
4	135~200°C	G4	T4 或 G4	T4	135°C	T4A	120°C
5	100~135°C 以上	G5	T5 或 G5	T5 100°C			
6	85~100°C 以上	G6	T6 或 G6	T6 85°C			

六、各國防爆系統及符號對等關係

	系統代號	第一位 防爆構造 代號	第二位 爆炸等級 代號	第三位 點燃溫度等級	對等關係		
					安全增 防爆	耐壓防爆	
歐	IEC (EEX)	d/p/e/ i/ q/s	IIA, IIB, IIC	T1~T6 G1~G6	EExe T3	EExde IIB T4	EExed q IIC T6
美	NEC (Article 500)	CLASS I DIV. I DIV. II	CROUP A, B, C, D	T1~T6 T1~T6	CLASS I DIV.2 T3	CLASS I DIV. I GROUP C & D T4	CLASS I DIV. I GROUP A.B.C.D. T6
美	NEC (Article 505)	CLASS I Zone 0 Zone 1 Zone 2	CROUP IIA, IIB, IIC	T1~T6 T1~T6	CLASS I zone1 T3	CLASS I Zone 1 IIA, IIB T4	CLASS I Zone 1 IIA, IIB, IIC T6
日 中 韓	NEC (JIS) (CKS) (CNS)	d/p/e/ i/ q/s	1, 2, 3 3a 3b 3c 3n	G1~G6	e G3	d2 G4	d3n G6

七、通風良好區域等級劃分參考方法

(一)釋放點源(Point source)

由個別潛在可能洩漏源組合成“**釋放點源**”來擴充區界，在通風開放場所，洩漏源**量小**則其擴充區**界也小**，其他因素尚有試釋放物質的揮發度、天氣、釋放特性、**釋放速率**等亦會影響區界劃分。危害半徑有兩個參數：物質釋放**揮發度**及**釋放速率**；如**較低小揮發度**及**較小釋放速率**則危害半徑是小的，較高揮發度及較小釋放速率則危害半徑是中的，較高揮發度及較大釋放速率則危害半徑**是大的**。釋放速率對危害半徑有相當影響，高速度正常被認為釋放速度大於**15公尺/秒**，若有霧狀，霧狀加上中等風速能造成相對大危害半徑；**低速度**正常被認為釋放速度小於**3.3公尺/秒**，正常不受天氣狀況之影響且危害相對小

，但霧狀衝擊變很大：便如汽油從細噴嘴以18.75公升/分釋放在風速3公尺/時將造成相當大蒸氣雲，但汽油以18.75公升/分慢慢從容器倒出產生蒸氣雲非常有限，另重油當加熱爐燃料須蒸汽噴成霧狀才容易燒。

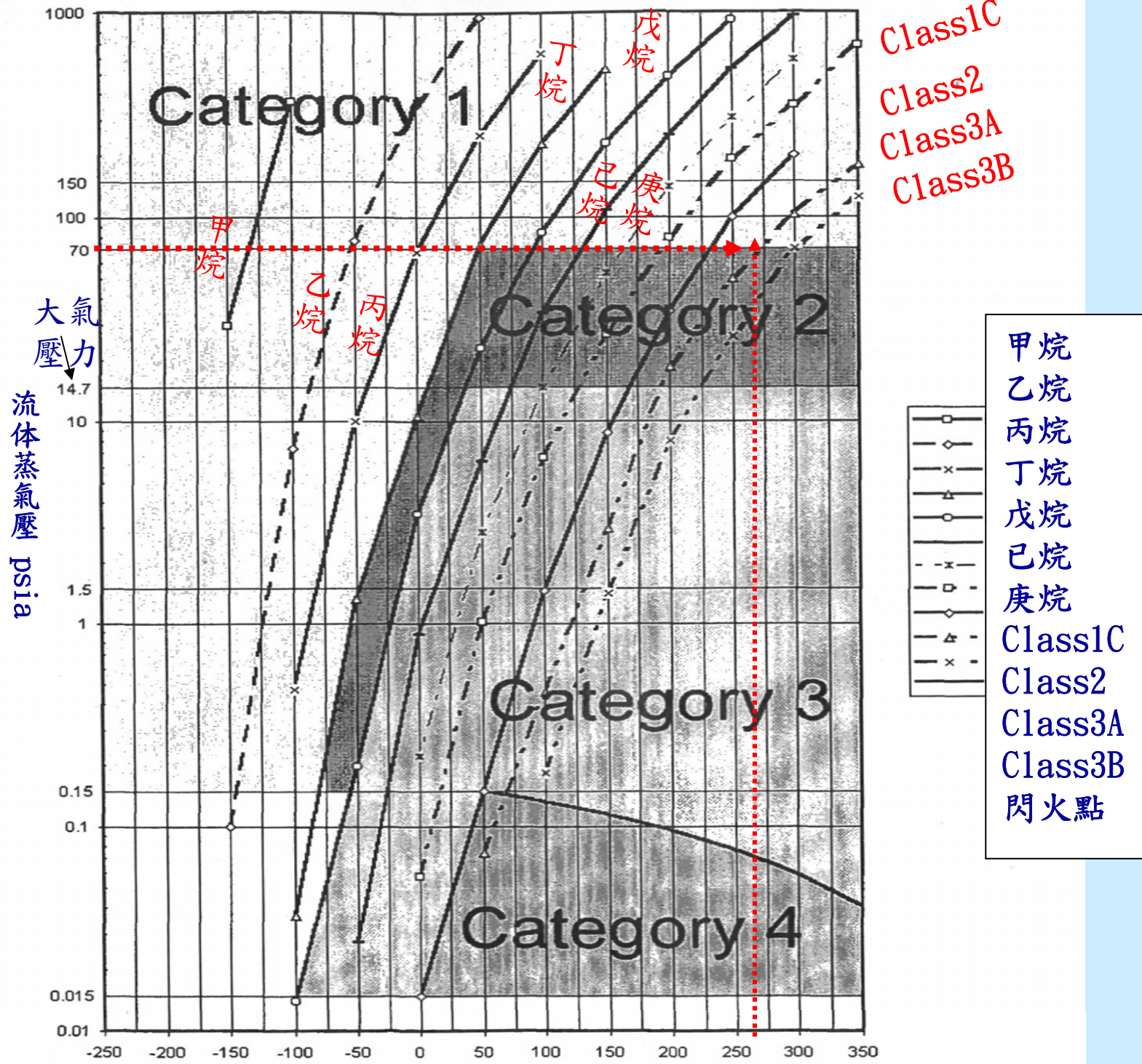
(二)區域界限須考慮重要因素。

1. 風速
2. 霧狀
3. 蒸氣釋放速率
4. 揮發度。

(三)揮發度分類：

1. 如下圖是依流体製程溫度與蒸氣壓來決定物質的揮發度
2. 將製程易燃性液体、蒸氣、氣體物質分為五類





正常時，煤油在室溫低壓列為 **Category 4**，但煤油在操作溫度 **260°C** 時蒸氣壓將達 **70psia**，所以熱煤油應列為 **Category 1**

蒸氣壓—溫度揮發度圖

製程或儲槽溫度°C

- (1) Category G: 包括操作**易燃性液体或經製程處理後成為氣體或蒸氣**(Category G相當於Category 2)
- (2) Category 1: 包括**LPG及輕碳氫化合物**(丁烷及較輕者)、較重易燃及可燃性液体於操作溫度時其蒸氣壓大於**70psia**。該類物質釋放時幾乎在短時間完全蒸發，甚至在製程為液態，釋放出時幾乎Flash為蒸氣。如液態丙烷釋放將立即Flash為蒸氣，在32°C及150psia將有1/3丙烷立即Flash為蒸氣，而且冷卻液体至-44°C，當吸收地面熱量將繼續沸騰及蒸發；如熱煤油，正常時，**煤油在室溫低壓列為Category 4**，但煤油在操作溫度260°C時蒸氣壓將達70psia，所以**熱煤油應列為Category 1**，其釋放至大氣，有45% Flash為蒸氣，冷卻成液体大約在210°C，剩餘液体成池且以降低速率蒸發直到溫度冷卻到常溫₂₀。

甚至柏油/重油在製程非常高溫度，起初釋放也有相同特性。

(3) Category 2: 包括所有Class 1A易燃液体(閃火點低於 22.8°C 且沸點低於 37.8°C)操作溫度時，其蒸氣壓小於 70psia 及其他易燃可燃液体在操作溫度時，蒸氣壓介於 70psia 與 14.7psia 之間。戊烷是屬於Class 1A易燃液体被認定為 Category 2的例子，戊烷在 60°C 釋放到大氣將有接近 $1/6$ Flash為蒸氣，剩餘液体成池，最後全部戊烷蒸發。異丙醇在室溫分類為Category 2，操作溫度高於沸點 129°C 時將分類為Category 1。Category 2的物質在溫度 127°C 時釋放到大氣，有如戊烷將有接近 $1/4$ Flash為蒸氣，剩餘液体也有很高蒸發速率。

- (4) Category 3: 包括所有 Class 1B (閃火點低於 22.8°C 且沸點高於 37.8°C) 易燃性液體操作溫度時，其蒸氣壓小於 14.7psia 及其他易燃可燃液體在操作溫度高於閃火點時，蒸氣壓小於 14.7psia ，如煤油 (閃火點高於 38°C) 在溫度 66°C 洩漏時，很少 Flash 為蒸氣，剩餘液體成池也以中性速率蒸發。
- (5) Category 4: 包括所有 Class 2 (閃火點高或等於 37.8°C 但低於 60°C) 及較重可燃液體，其其操作溫度低於閃火點，如在室溫時，煤油、柴油、燃油柏油等釋放時，不會產生易燃性混合物，但提高溫度 (蒸氣壓隨溫度升高而升高)，該類提升到較危險類 Category 1 或 2 或 3。

名詞解釋(NFPA定義):

- A. 可燃性液体:閃火點高或等於 37.8°C (100°F)。→決定儲槽型式
- B. Class3A:閃火點高或等於 60°C 但低於 93°C 之可燃性液体。
- C. Class3B:閃火點高或等於 93°C 之可燃性液体。
- D. 易燃物質:是能很快被點燃、該物質與空氣混合當點燃是會傳遞火焰(燃燒)
- E. Class2:閃火點高或等於 37.8°C 但低於 60°C 之可燃性液体。
- F. 易燃性液体:閃火點低於 37.8°C (100°F) →決定儲槽型式。
- G. Class1A易燃液体(閃火點低於 22.8°C 且沸點低於 37.8°C)。
- H. Class1B易燃液体(閃火點低於 22.8°C 且沸點高或等於 37.8°C)
- I. Class1C易燃液体(閃火點高或等於 22.8°C 且低於 37.8°C)。
- J. 液体閃火點:液体發散出蒸氣足以空氣形成易點燃混合物之最低溫度。
- K. 點燃溫度:可燃性物質在未與點火源接觸條件下而能引發燃燒最低溫度(又稱自燃溫度)。

八、決定危害半徑

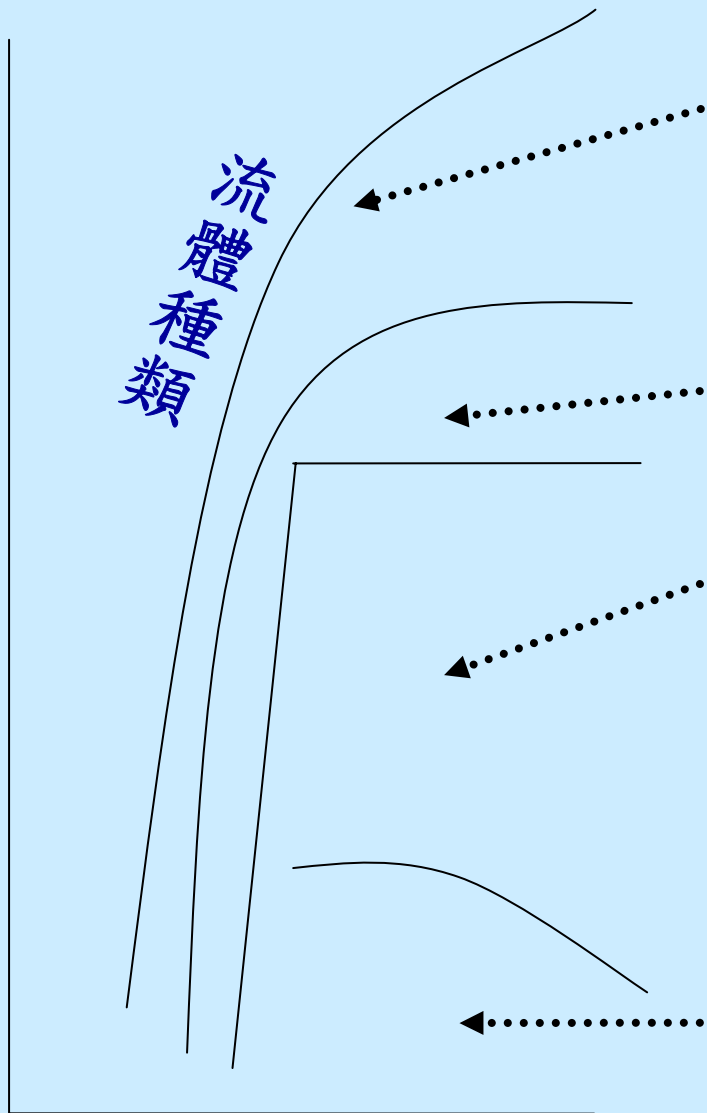
如知道(1)某物質及操作或儲存溫度，

或(2)任何易燃/可燃物質之溫度及蒸氣壓

就可決定是Category G或1或2或3或4。危害半徑是物質釋放速率與氣體/蒸氣擴散的函數。如下圖危害半徑估算法(限洩漏源比空氣重且在開放空間通風良好場所):如Category 3釋放速率小於37.5公升/分將造成危害半徑0.9m。Category 1釋放速率187~375公升/分將造成危害半徑15.2~30.2m(假設Category揮發度及釋放速率是連續性，當然也要有優秀工程師配合判定危害半徑)，若釋放速率超過375公升/分不適用。該危害半徑假設洩漏源是有些霧狀，霧狀量增加則危害半徑將增加；洩漏源構造或種類也會相當影響危害半徑。

蒸氣壓力

流體種類



流體溫度

Category 1

Category 2

Category 3

Category 4

揮發度

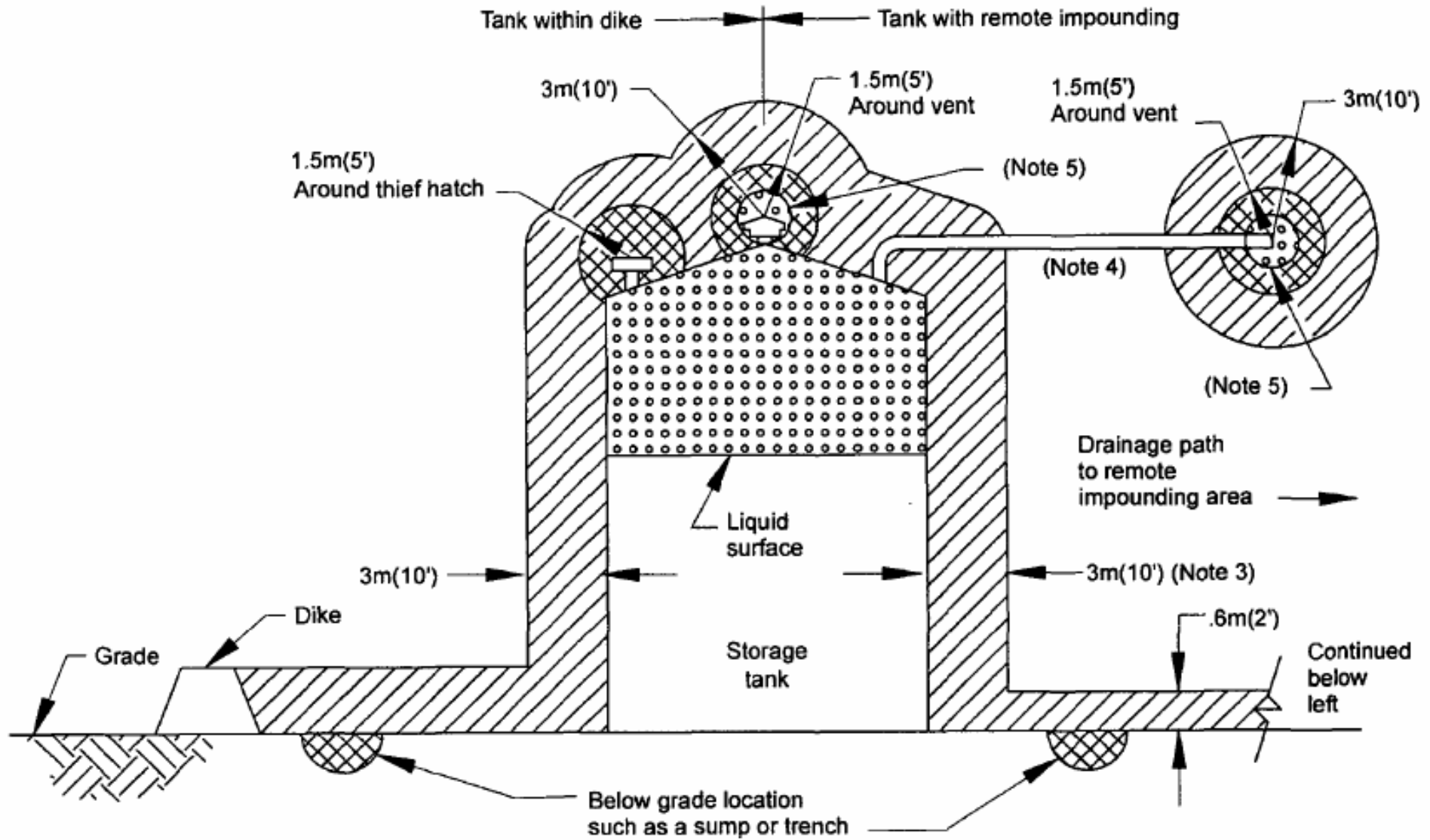
危害半徑 m

1.5 ~ 7.6	7.6 ~ 15.2	15.6 ~ 30.3
0.9 ~ 1.5	1.5 ~ 7.6	7.6 ~ 15.2
0.9	0.9 ~ 1.5	1.5 ~ 7.6
<37.5 公升/分	37.5~ 187.5 升/分	187.5~ 375(max) 升/分

釋放速率

揮發度-釋放速率→決定危害半徑

戶外具通風良好易燃性液體浮頂槽防爆區劃分參考圖



※有關區域等級劃分請詳看API-505

九、參考資料

1. **API-505 Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone O, Zone 1, and Zone 2**
2. 台灣中油公司工安事故案例彙集
3. 勞工委員會中區檢查所事故案例



簡報結束

敬請指教

