

防爆電氣構造原理與 防爆機具之使用

國立高雄第一科技大學

環境與安全衛生工程系

許宏德

中華民國九十九年九月九日

分裝廠電氣開關引起火災



Safetech Lab.

By 許宏德

燃燒三要素



Safetech Lab.

By 許宏德

支配燃燒之其他要件

與空氣之混合比

爆炸界限—下限越小、上下限間範圍越大越危險

著火溫度

自燃溫度—越低越危險

著火能量

促發燃燒反應之能量—越小越危險

閃火點

達到爆炸下限之溫度—越低越危險

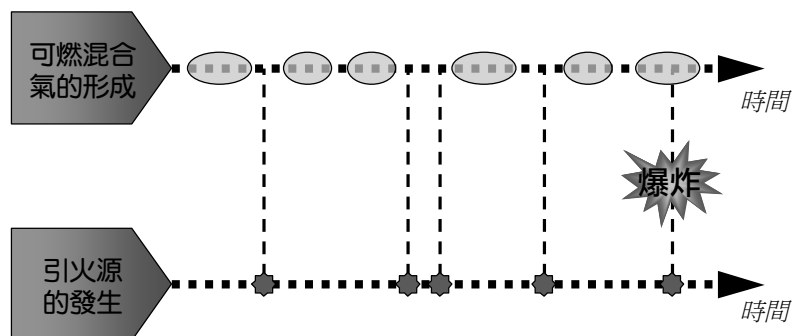
其他

物質本身的溫度、壓力等

Safetech Lab.

By 許宏德

火災爆炸的發生



Safetech Lab.

By 許宏德

常見之爆炸性氣體

名稱	化學式	著火溫度 ℃	爆炸界限 Vol. %		蒸氣 密度	沸點 ℃	MESG (mm)	MIC (mA)	電氣設備防爆構造			
									日本表示 方式		IEC表示方式	
									爆 發 等 級	發 火 度	爆 炸 等 級	溫 度 等 級
乙炔	HC≡CH	305	2.5	100	0.9	-83.6	0.37	24	3	G2	IIC	(T2)
甲烷	CH ₄	537	5.0	15.0	0.6	-161.5	1.14	85	1	G1	IIA	(T1)
丙烯	CH ₂ =CHCH ₃	455	2.0	11.1	1.5	-47.0	0.91		1	G2	IIA	(T1)
乙烯	CH ₂ =CH ₂	425	2.7	36	1.0	-103.7	0.65	45	2	G2	IIB	(T2)
氫氣	H ₂	500	4.0	75	0.1	-252.9	0.28	21	3	G1	IIC	(T1)

Safetech Lab.

By 許宏德

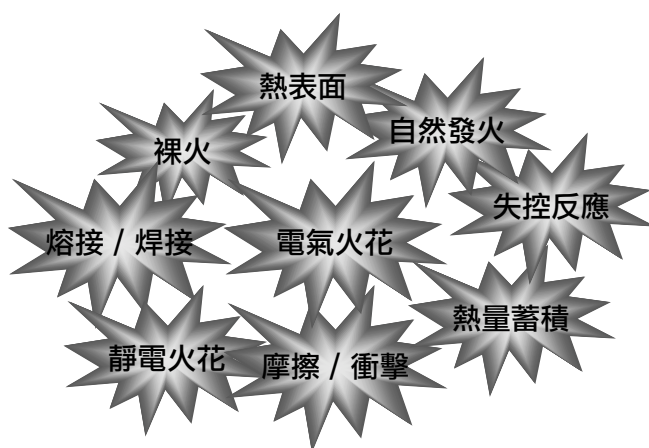
常見之可燃性液體

名稱	化學式	閃火點 °C	著火溫度 °C	爆炸界限 Vol. %		蒸氣密度	沸點 °C	MESG (mm)	MIC (mA)	電氣設備防爆構造			
										日本 表示方式		IEC 表示方式	
				下限	上限					爆發等級	發火度	爆炸等級	溫度等級
汽油	$C_5H_{12} \sim C_9H_{20}$	-43	257.2	1.4	7.6	3~4	37.8~204.4			1	G3		
甲醇	CH_3OH	11	385	6.0	36	1.1	64.7	0.92	70	1	G1	IIA	T2
丁烷	$CH_3CH_2-CH_2CH_3$	-72	365	1.6	8.5	2.0	-0.5	0.98	80	1	G2	IIA	T2
丙酮	CH_3COCH_3	-20	465	2.1	13	2.0	56.3	1.01		1	G1	IIA	T1
苯	C_6H_6	-11	498	1.3	7.1	2.8	80.1	0.99		1	G1	IIA	T1

Safetech Lab.

By 許宏德

常見的引火源



Safetech Lab.

By 許宏德

電氣設備之點火源 (第1類)

在正常情況下會發生電氣火花或有高溫部位之電氣設備



具顯在點火源之電氣設備

- 例如：
1. 發生電氣火花—直流電動機（整流子）、繼電器(接點)等
 2. 發生高溫之部位—電熱氣(Heater)、燈具（燈泡等較高溫的光源）

Safetech Lab.

By 許宏德

電氣設備之點火源 (第2類)

只有在異常狀態下才可能發生電氣火花或高溫部位之電氣設備



具潛在點火源之電氣設備

- 例如：
- 乾式變壓器、照明器具（燈管溫變較低的光源）

Safetech Lab.

By 許宏德

電氣設備之點火源 (第3類)

不只在正常狀態，即使是異常狀態，也可以將發生電氣火花或高溫部之能量加以抑制，使其不致或成為點火源之電氣設備

例如：測溫阻抗器、信號/警報裝置、攜帶用無線電等

Safetech Lab.

By 許宏德

電氣設備之點火源 (第4類)

無論是正常狀態或異常狀態，發生的電氣火花或高溫部都不會成為引火源之電氣設備

例如：熱電偶等

Safetech Lab.

By 許宏德

不需防爆之額定電氣最大值

項 目	最 大 值
額 定 電 壓	1.2 V
額 定 電 流	0.1 A
額 定 電 力	25 mW
(或 電 能)	(或 20 μ J)

Safetech Lab.

By 許宏德

要求防爆電氣的法規

勞工安全衛生法

勞工安全衛生法施行細則

- 勞工安全衛生設施規則
- 高壓氣體勞工安全規則

- 屋內線路裝置規則
- 公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法
- 建築技術規則建築設備編

Safetech Lab.

By 許宏德

勞工安全衛生法（摘要）

第1條 為防止職業災害，保障勞工安全與健康，特制定本法；本法未規定者，適用其他有關法律之規定。

第5條 雇主對左列事項應有符合標準之必要安全衛生設備：

- 一、防止機械、器具、設備等引起之危害。
- 二、防止爆炸性、發火性等物質引起之危害。
- 三、防止電、熱及其他之能引起之危害。
- 四、(以下略) ...。

Safetech Lab.

By 許宏德

勞工安全衛生設施規則

■ 第109條

雇主對於高壓可燃性氣體之貯存，電氣設備應採用防爆型，不得帶用防爆型攜帶式電筒以外之其他燈火，並應有適當之滅火機具。

■ 第171條

雇主對於易引起火災及爆炸危險之場所，應依左列規定：

- 一、不得設置有火花、電弧或用高溫成為發火源之虞之機械、器具或設備等。
- 二、標示嚴禁煙火及禁止無關人員進入，並規定勞工不得使用明火。

Safetech Lab.

By 許宏德

勞工安全衛生設施規則

■ 第177條

對於作業場所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依左列規定辦理：

- 一、指定專人對於蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。
- 二、蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之30%以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。
- 三、使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。
前項第三款所稱電氣機械、器具或設備，係指包括電動機、變壓器、連接裝置、開關、分電盤、配電盤等電流通過之機械、器具或設備及非屬配線或移動電線之其他類似設備。

Safetech Lab.

By 許宏德

勞工安全衛生設施規則

■ 第177條之一

雇主對於有爆燃性粉塵存在，而有爆炸、火災之虞之場所，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。

■ 第177條之二

雇主對於前二條所定應有防爆性能構造之電氣機械、器具、設備，於中央主管機關公告後新安裝或更換者，應使用符合中央主管機關指定之國家標準、國際標準或團體標準規定之合格品。

前項合格品，指經中央主管機關認可公告之機構實施型式認證合格，並張貼認證合格標識者。

Safetech Lab.

By 許宏德

勞工安全衛生設施規則

■ 第188條

雇主對於存有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵，致有引起爆炸、火災之虞之工作場所，應有通風、換氣、除塵、去除靜電等必要設施。

雇主依前項規定所採設施，不得裝置或使用有發生明火、電弧、火花及其他可能引起爆炸、火災危險之機械、器具或設備。

Safetech Lab.

By 許宏德

高壓氣體勞工安全規則

第54條 可燃性氣體（氨及溴甲烷以外）之高壓氣體設備或冷媒設備使用之電氣設備，應具有適應其設置場所及該氣體種類之防爆性能構造。

Safetech Lab.

By 許宏德

我國屋內線路裝置規則

第297條 危險場所之分類如下：

- 危險場所之分類：爆發性氣體場所，依其危險之程度，以第一種場所及第二種場所分類之。
 1. 第一種場所包括下列各種場所：
爆發性氣體於通常之使用狀態下聚集，而恐有發生危險之場所。
 2. 第二種場所包括下列各種場所：
僅於因事故發生破壞或操作錯誤時，才有上述氣體或液體漏出而發生危險之場所。

Safetech Lab.

By 許宏德

防爆化的各種方法

將爆炸侷限於內部

耐壓防爆(Type d) Ex d

抑制點火能力

本安防爆(Type i) Ex ia, Ex ib

隔離點火源

內壓防爆(Type p) Ex px, Ex py, Ex pz
油入防爆(Type p) Ex o
模鑄防爆(Type p) Ex ma, Ex mb

增加安全度

安全增防爆(Type e) Ex e
簡易防爆(Type n) Ex nA, Ex nL, Ex nR, Ex nC, Ex nP

Safetech Lab.

By 許宏德

國家標準CNS 3376 (對應IEC 60079)

- CNS 3376-0 爆炸性氣體環境用電機設備-一般要求
 CNS 3376-1 爆炸性氣體環境用電機設備-耐壓防爆“d”
 CNS 3376-2 爆炸性氣體環境用電機設備-正壓外殼“p”
 CNS 3376-5 爆炸性氣體環境用電機設備-填粉防爆構造“q”
 CNS 3376-6 爆炸性氣體環境用電機設備-浸油型“o”
 CNS 3376-7 爆炸性氣體環境用電機設備-增加安全“e”
 CNS 3376-10 爆炸性氣體環境用電機設備-危險區域劃分
 CNS 3376-11 爆炸性氣體環境用電機設備-本質安全“i”
 CNS 3376-15 爆炸性氣體環境用電機設備-保護型式“n”
 CNS 3376-18 爆炸性氣體環境用電機設備-模鑄防爆構造“m”

 CNS 3376-20 爆炸性氣體環境用電機設備-與使用電機設備有關之可燃性氣體與蒸氣之資料

Safetech Lab.

By 許宏德

各類防爆構造的適用場所

防爆構造	符號	適用危險場所等級		
		0 區	1 區	2 區
本質安全防爆	Ex ia	○	○	○
	Ex ib	x	○	○
	Ex ic	x	x	○
耐壓防爆	Ex d	x	○	○
內壓防爆	Ex px, py	x	○	○
	Ex pz	x	x	○
安全增防爆	Ex e	x	○	○
油入防爆	Ex o	x	○	○
模鑄防爆	Ex ma	○	○	○
	Ex mb	x	○	○
	Ex mc	x	x	○
n型(簡易)防爆	Ex n*	x	x	○

Ex n*: Ex nA, Ex nL, Ex nR, Ex nC, Ex nP

Safetech Lab.

By 許宏德

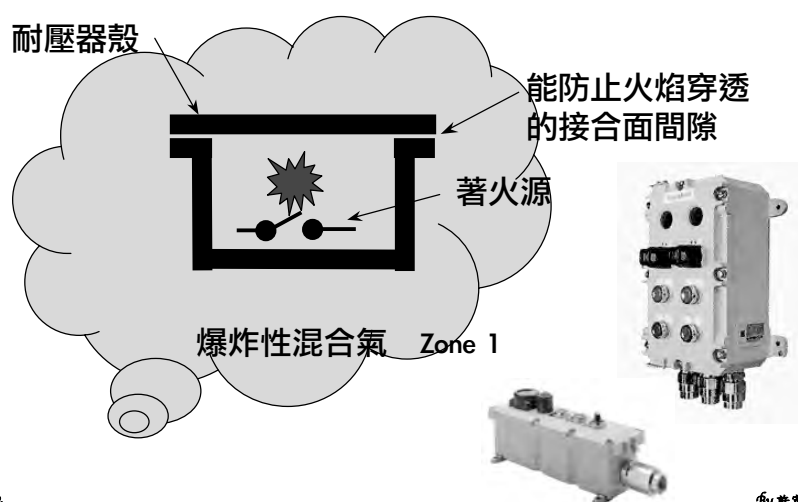
防爆構造對溫度的規定

發火溫度 (°C)	日本構造規格			美國(NEC)				歐洲(IEC)	
	發火度	機器的溫度上升限度 (°C)	機器的溫度上升值 (°C)	溫度等級		表面最高溫度		溫度等級	表面最高溫度(°C)
超過 450	G1	360	320	T1		450°C		T1	450以下
300~450	G2	240	200	T2		300°C		T2	300以下
				T2A	280°C	T2C	230°C		
				T2B	260°C	T2D	215°C		
200~300	G3	160	120	T3	200°C	T3B	165°C	T3	200以下
				T3A	180°C	T3C	160°C		
135~200	G4	110	70	T4	135°C	T4A	120°C	T4	135以下
100~135	G5	80	40	T5 100°C				T5	100以下
85~100	-	-	-	T6 85°C				T6	85以下

Safetech Lab.

By 許宏德

耐壓防爆之原理



Safetech Lab.

By 許宏德

最大安全間隙與爆炸等級

日本構造規格		歐 洲 (IEC)		美 國(NEC)	
火焰逸走界限值(mm)	爆炸等級	最大安全間隙(mm)	Group	MESG(mm)	Group
>0.6	1	>0.9	II A	>0.75	D
0.4<a<0.6	2	0.5<a<0.9	II B	0.45<a<0.75	C
<0.4	3 (3a,3b,3c-3n)	<0.5	II C	<0.45	B
				乙炔	A

Safetech Lab.

By 許宏德

耐壓防爆之優缺點

優點

防爆化較容易
適用小型、中型電氣積聚

缺點

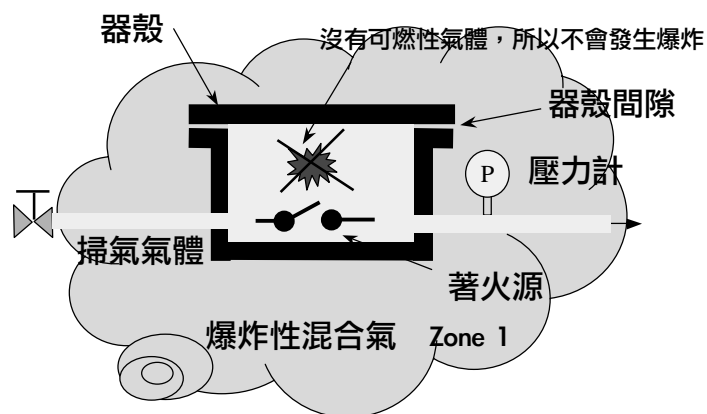
因強度需求，故重量較重
爆炸等級 II C 較不易製作
在內部爆炸時零組件容易受損



Safetech Lab.

By 許宏德

內壓防爆之原理



Safetech Lab.

By 許宏德

內壓防爆之優缺點

優點

適合控制盤等大型機器
可用於其他防爆構造難以防爆
化的分析儀器等

缺點

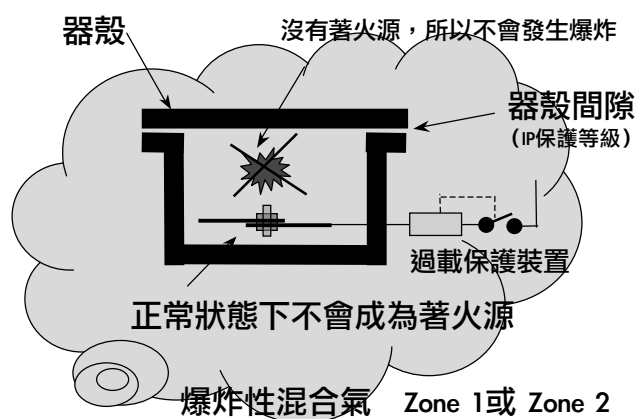
需要有空氣源
需預留掃氣時間（啟動費時）
因少量多樣而使檢定需求高
需搭配保護裝置



Safetech Lab.

By 許宏德

安全增防爆之原理



Safetech Lab.

By 許宏德

沿面距離 / 空間距離之最小值

電壓區分(V)	沿面距離之最小值(mm)				空間距離之 最小值(mm)
	絕緣材料之等級				
	a	b	c	d	
30	3	3	3	3	
60	3	4	5	6	3
250	6	8	10	12	5
380	8	10	12	15	6
500	10	12	15	18	8
660	12	16	20	25	10
1,000	20	25	30	36	14
3,000	45	60	75	90	36
6,000	85	110	135	160	60
10,000	125	150	180	240	100

Safetech Lab.

By 許宏德

安全增防爆之優缺點

優點

輕量化
不限爆炸等級

缺點

不適用於第一類點火源

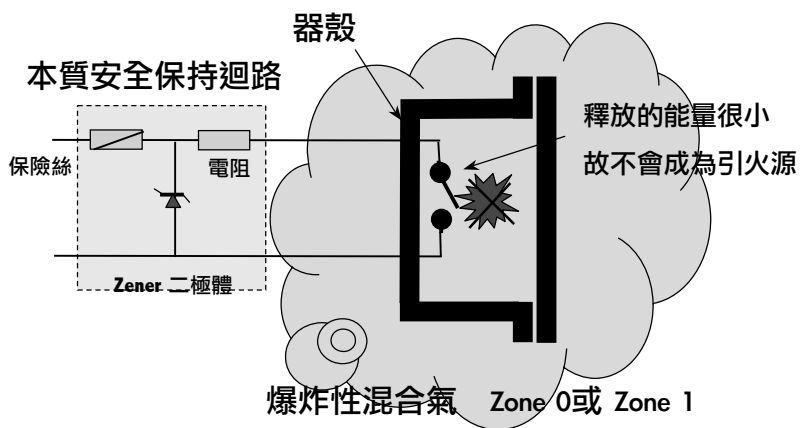


上圖為安全增防爆構造之端子台及外殼與耐壓防爆構造之零組件所構成的控制裝置。

Safetech Lab.

By 許宏德

本質安全防爆之原理



Safetech Lab.

By 許宏德

本質安全防爆之優缺點

優點

可使用於0區
小型且輕量化
開關和感測器容易防爆化

缺點

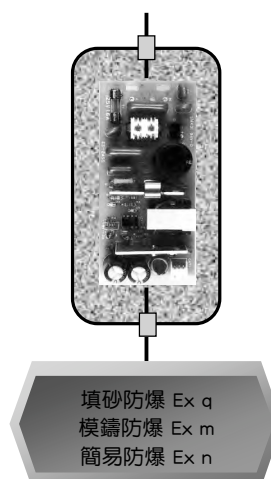
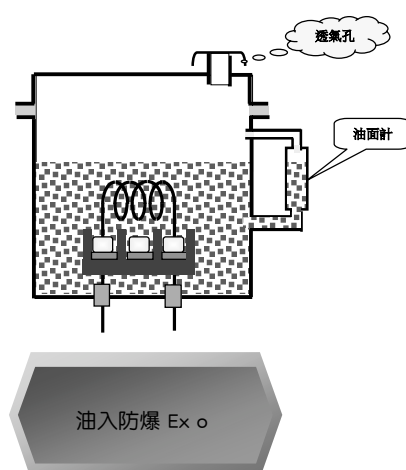
需要本安專用配線
不適用需要較大電力者
某些情況需要A種接地
除使用電池外必須有本安保持器
(Barrier)



Safetech Lab.

By 許宏德

其他的防爆構造



Safetech Lab.

By 許宏德

防爆電氣機具施工案例



By 許宏德

耐壓防爆金屬配管施工(1)



By 許宏德

耐壓防爆金屬配管施工(2)

直接引込み方式の場合



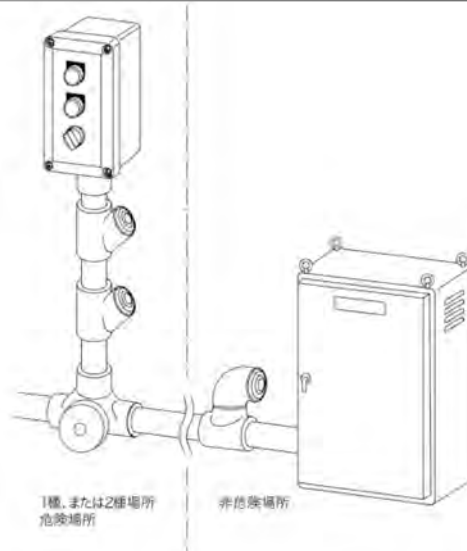
Safetech Lab.

間接引込み方式の場合



By 許宏德

耐壓防爆金屬配管施工(3)



Safetech Lab.

By 許宏德

防爆電氣工程常見缺失

1. 危險場所及其區域劃分規劃不良或未事先規劃。
2. 危險場所未使用防爆電氣設備。
3. 使用未經檢定之「防爆電氣設備」。
4. 未依物質特性選用適合之防爆電氣設備。
5. 施工標準不一致－採電纜配線(cable system)卻使用厚鋼管(conduit system)。
6. 施工缺失－
 - i) 未裝設阻止盒(sealing fitting)。
 - ii) 阻止盒內未填入防爆泥(compound)。
 - iii) 阻止盒裝設位置不良。
7. 維修保養不良。

Safetech Lab.

By 許宏德

造成防爆性能降低的原因

- 腐蝕
- 暴露藥品、溶劑的環境
- 塵埃、水分的入侵與蓄積
- 周圍溫度的急劇變化
- 機械性損傷、過度的振動
- 不被認可的改造、不適切的調整
- 不適切的維修保養作業

Safetech Lab.

By 許宏德