



火災爆炸原理與防災說明

何三平

長榮大學職業安全與衛生技術(所)助理教授

職業安全衛生與職業醫學研究中心主任

消防署消防技術審議委員會委員

台南縣、雲林縣火災鑑定委員會委員

台南市災害防救專家諮詢委員會諮詢委員

WPI 消防工程博士

工業安全技師 (P.E.)

spfo@mail.cjcu.edu.tw

(06) 2785123 ext 3123





最好之學習方式 (The best way to learn is by DOING)

- 聽到, 忘掉 (I hear, I forget)
- 看到, 記得 (I see, I remember)
- 做到, 了解 (I do, I understand)



耐燃材料

- 建築材料乃泛指建築中所有可能使用之材料，一般而言可分為兩大類—防火材料及一般材料。
- 防火材料其熱特性（如TRP、CHF）較一般材料佳，亦使得防火材料較不容易點燃，進而控制火勢的蔓延。故研究建築材料的燃燒特性與耐火性能亦是消防工作不可或缺的一環



Material properties



物質	臨界熱通量 Critical Heat Flux (CHF, kW / m^2)	熱反應參數 Thermal Response Parameter (TRP, $\Delta T(\sqrt{\kappa\rho C})$ $kW \cdot s^{1/2} / m^2$)
Fluorinated ethylene propylene (FEP), Teflon	38	682
PVC	15-20	343-640
Polypropylene	8-15	108-417
Wood (Douglas fir)	10	138
Wood (Douglas fir/ fire retardant, FR)	10	251





樣本-歐式消防衣





高壓

- 爆風或爆裂物





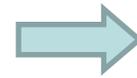
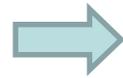
- 過負載 →
- 積汗導電 →
- 電線纏繞 →
- 靜電 →
- 短路 →
- 雷擊 →
- 半斷線 →
- 高壓電 →
- 其他 →





燃爆範圍

- 燃爆下限 (LFL): 可燃性蒸氣和空氣混合氣體可被點燃之最低濃度
- 燃爆上限 (UFL): 可燃性蒸氣和空氣混合氣體可被點燃之最高濃度





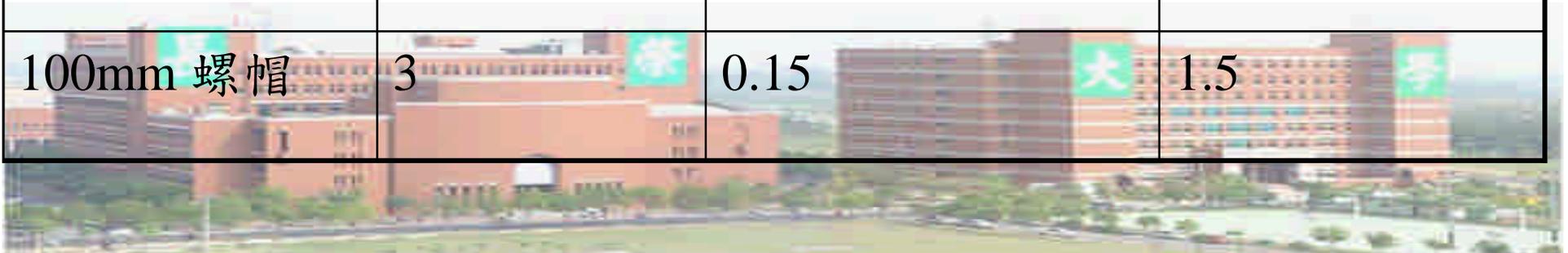
最小著火能量

- 使引火性液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵著火需要最低著火能量。通常係用電容器放出不同能量的火花來試驗。能量以毫焦耳為單位。





物件	電容(pF)	於10kV 累積之能量(mJ)	於30kV 累積之能量(mJ)
槽車	5000	250	2250
人員	200	10	90
桶槽	20	1	9
100mm 法蘭	10	0.5	4.5
100mm 螺帽	3	0.15	1.5



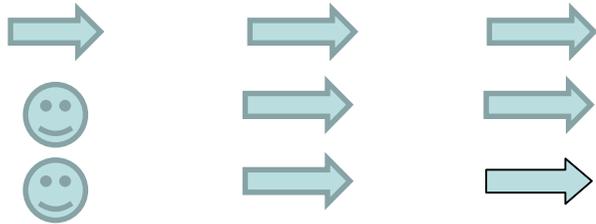


物質	MIE(mJ)
丙烷(propane)	0.25
氫氣(hydrogen)	0.011
PVC	1500
麵粉	50

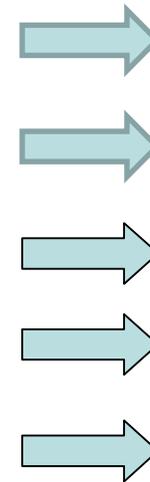




閃火點 (flash point): 
當液體表面之蒸氣濃度達到燃爆
下限，於火源靠近其表面時，會
使其產生閃火 之最低液體溫度



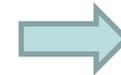
火焰點, 著火點 (fire point):
當液體表面之蒸氣濃度超過到
燃爆下限，於火源靠近其表面
時，會使其產生持續燃燒之最
低液體溫度   





爆燃(deflagration):
爆炸時之燃燒速度小於音速

爆轟(detonation):
爆炸時之燃燒速度大於音速



From WPI Professor Zalosh Lecture



熱釋放率 (heat release rate): 單位時間內燃燒所放出之熱量或能量 (kJ/s, kW)

- 油池火災: 穩態火災 ($\dot{q} = \text{constan } t$) 1m² 汽油燃燒之熱釋放率為2.1MW
- 傢俱火災: t²火災 ($\dot{q} = 0.1736t^2$) 三人沙發燃燒之熱釋放率最大約為3.5MW
- 倉庫火災: tⁿ火災 →





火羽(fire plume):當火災發生時會形成一倒三角椎之煙層
屋頂噴流(ceiling jet): 當火羽的煙層碰到屋頂無處可去
只好往四周噴流出去所形成的煙層

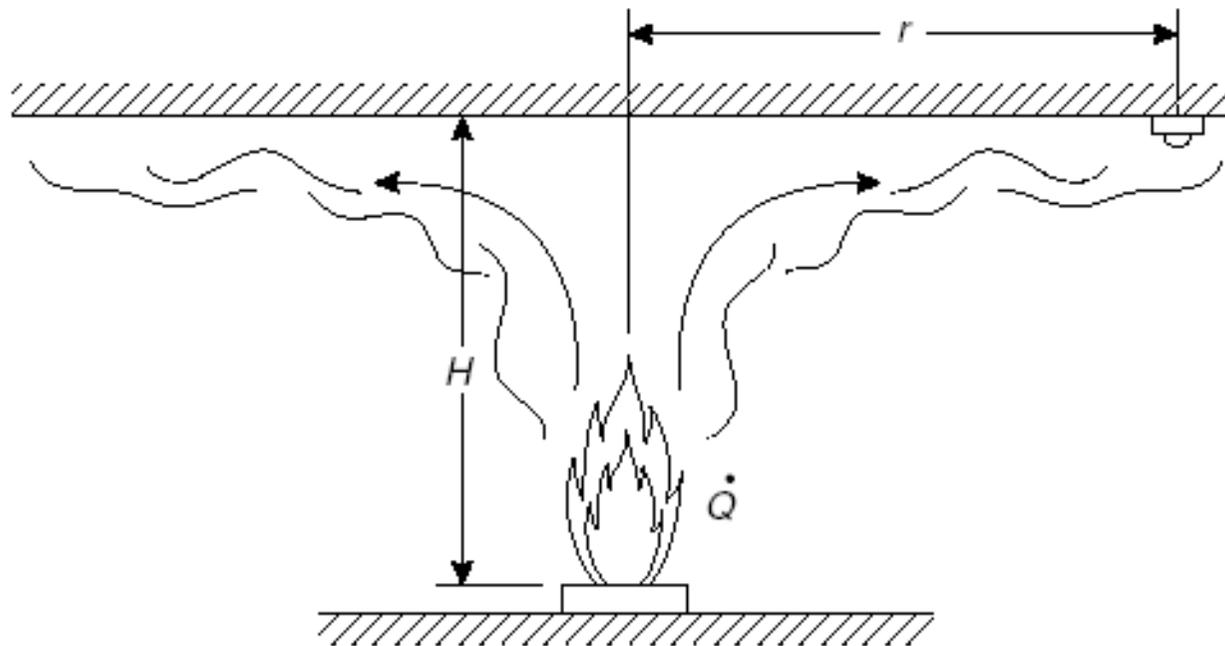


Figure 2-2.1. Ceiling jet flow beneath an unconfined ceiling.

二、試述浮升火柱(Fire Plume)之結構及特性。(25分)



閃燃(flashover)

- 火燄由板壁垂直向上竄，當到達天花板後，即改為水平方向急速擴展。不久不但天花板全面引燃，而且整個室內亦瞬時陷入火海。
- 係指室內起火後，火勢逐漸擴大過程中，因燃燒所生之可燃性氣體蓄積於天花板附近，此種氣體與空氣混合正好進入燃爆範圍之際，一舉引火形成巨大之火苗
- 當上層煙氣濃度達到燃爆範圍瞬間產生燃爆之現象
- 任何能燒的東西都燒起來了

請就有 定義及發生原因比較閃燃(Flashover)與
複燃(backdraft)之主要差異性 (25分)





火勢翻滾(Rollover)

- 當上層煙氣被點燃而導致火勢延燒到房屋之天花板時稱之
- Rollover occurs when ignition of the upper layer results in fire extending across the room at the ceiling level





複燃 (Backdraft)

- 一個侷限空間的火災會因為缺氧而熄滅當搶救人員打開如門之開口時會導入空氣與原來之燃料混合後遇空間內之熱點時而產生之爆炸稱之
- An explosion resulting from the sudden introduction of air into a confined space containing oxygen-deficient superheated products incomplete combustion



From NFPA 68



自然發火 (Spontaneous Ignition)

- 自然發火 (Spontaneous Ignition): 一個經由化學或生物反應所產生的熱來引燃物質之燃燒現象
(Initiation of combustion of a material by an internal chemical or biological reaction that has produced sufficient heat to ignite the material)





突沸 (Boilover)

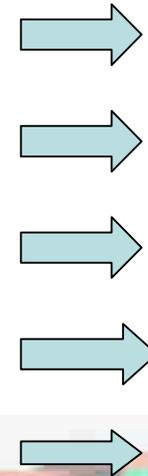
- Video
- Definition
- 當一含不同沸點的混合物儲存於儲槽內且發生火災時,較輕的物質燃燒後較重的物質因受熱而成為熱餅且因比原來之混合物重而向下沉,當其碰到槽底之水時因水之瞬間膨脹而將油帶至槽上而形成一大火球稱之沸溢





可燃物性質之不同火災可分為

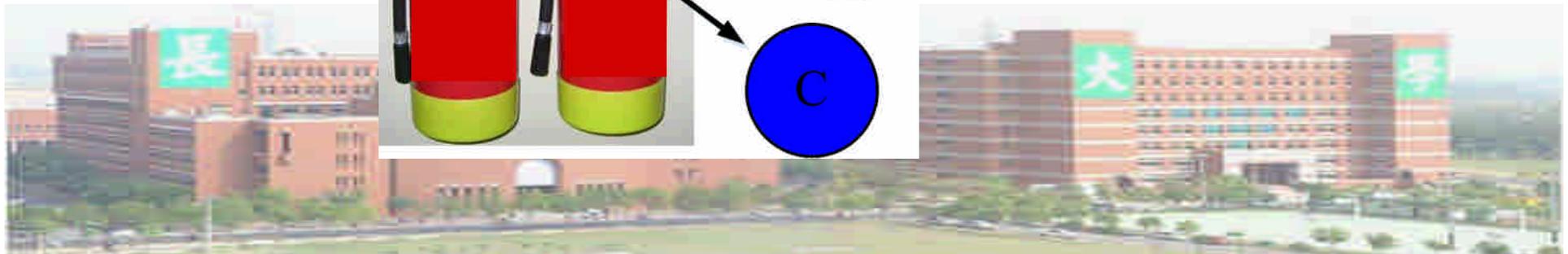
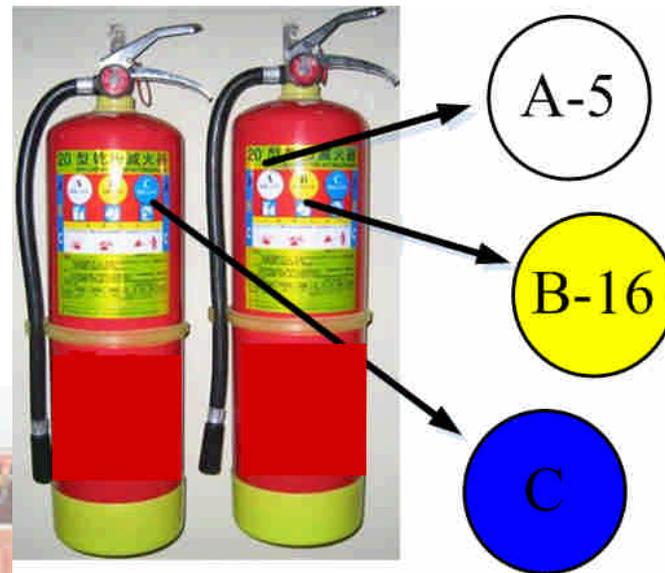
- A 類火災：指木材等之固體可燃物質火災
- B 類火災：指石油類之可燃液體或可燃性氣體火災
- C 類火災：指電壓配線之電器設備火災 
- D 類火災：指可燃性金屬物質之火災





1.3.1 滅火器之滅火效能值

- 20型乾粉滅火器上所標示之A-5、B-16、C：
 1. 英文字母即代表可使用於ABC類型之火災
 2. 字母旁之阿拉伯數字則說明滅火器的滅火效能值





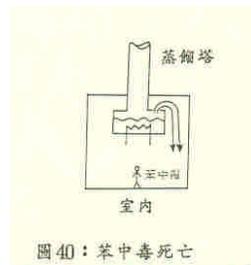
■乾粉滅火器規格(CNS1387號)

型號	乾粉充填量		滅火效能值	噴射距離 M	噴射時間 秒	蓄壓壓力 kgf/cm ² (PSI)	加壓式		軟管內徑 (mm) 及長度(M)
	種類	kg					CO ₂ g	N ₂ L	
10	ABC	3.5	A-3 , B-10 , C	5以上	10以上	13.7±0.7 (195±10)	60	能有效噴射	
20	ABC	6.5	A-5 , B-20 , C		12以上		155		
50	ABC	10	A-8 , B-30 , C	6以上	30以上	450			
100	ABC	36	A-10 , B-30 , C	8以上	40以上	16.5±0.7 (195±10)	1500	19φ×10	
150	ABC	54	A-10 , B-30 , C		50以上		2500	19φ×15	



工業火災之火源及其防範方法

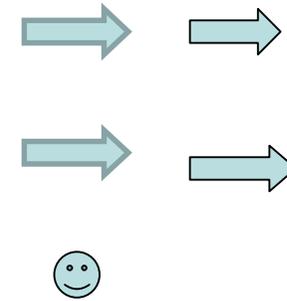
- 電氣(23%) 😊
- 吸煙(18%)
- 摩擦(10%, 軸承發熱)
- 過熱物料(8%)
- 熱表面(7%, 電燈) 😊
- 明火(7%, 手提式火炬, 鍋爐)
- 燃燒火花(車輛火花) 😊
- 切割與焊接(4%) 😊
- 自然發火(4%) 😊
- 暴露鄰近火災 😊
- 縱火(3%) 😊 😊
- 機械火花(2%, 機械撞擊)
- 熔融物質(2%, 熱金屬)
- 化學變化(1%, 化學反應)
- 靜電 😊
- 閃電 😊
- 其他(工作場所之整潔, 可燃物之管理, 廢棄物之處理)

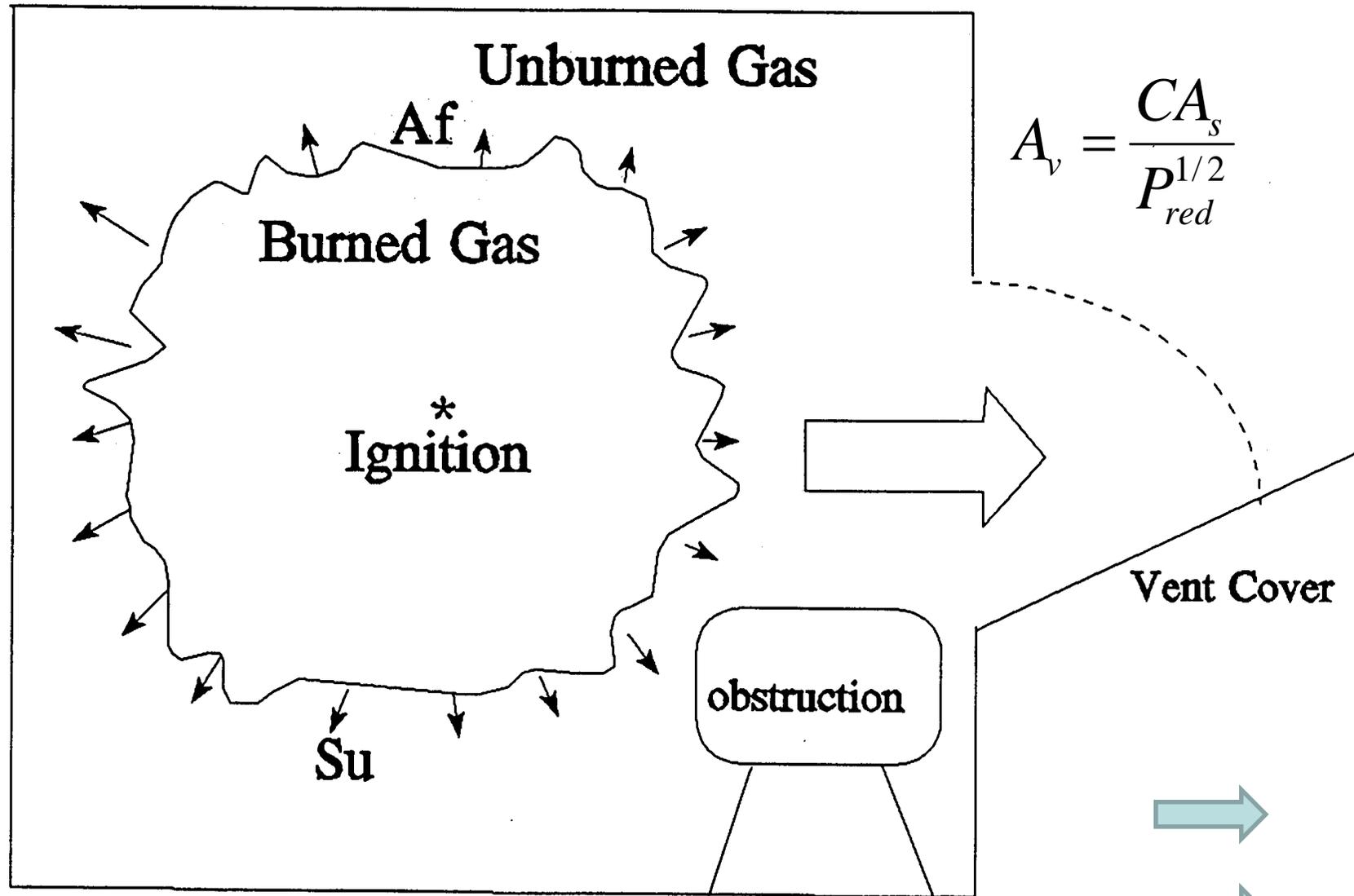




沸騰液體氣化膨脹爆炸(BLEVE)

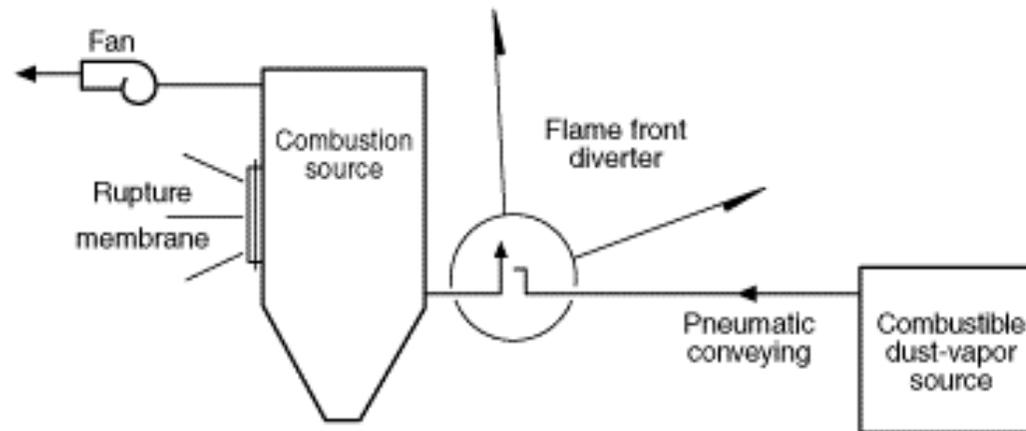
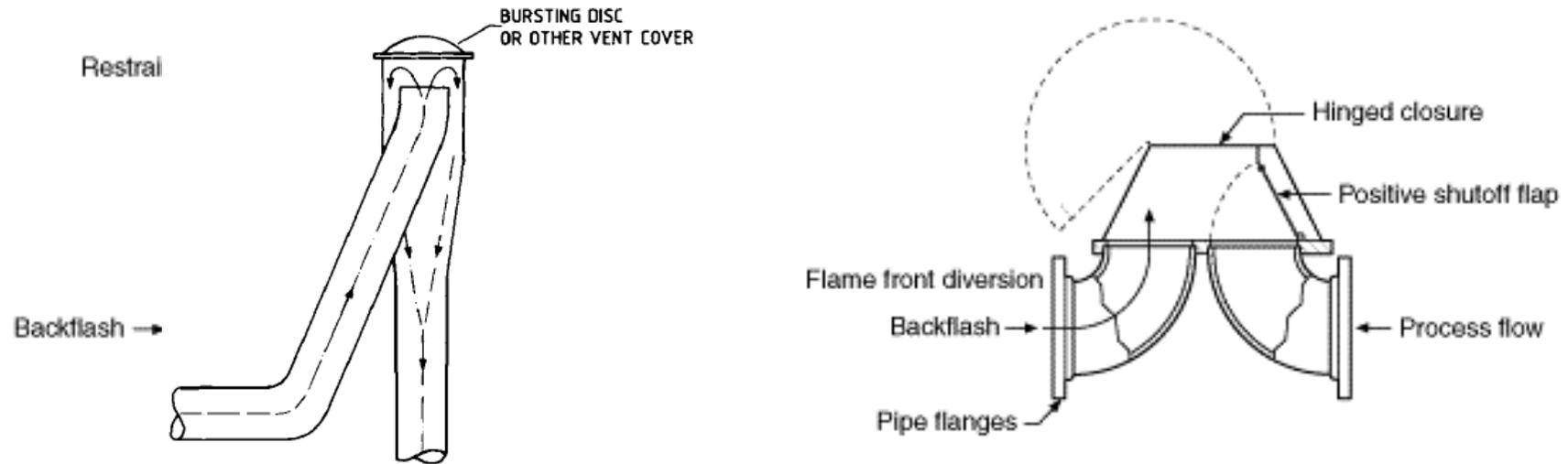
- 發生於盛裝壓縮液化之氣體的高壓儲槽或設備之中，當設備或儲槽管壁破裂或因周圍地區失火且儲槽的氣體部份因吸熱不及而脆裂，壓縮液化的液體會瞬時氣化並將儲槽漲破之現象稱之。若為可燃氣體則被引燃而形成一個大火球。





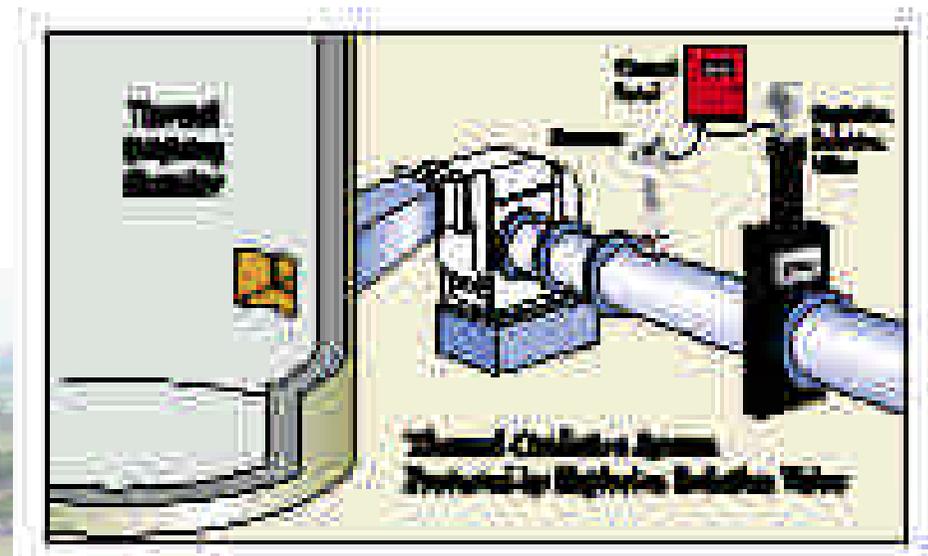
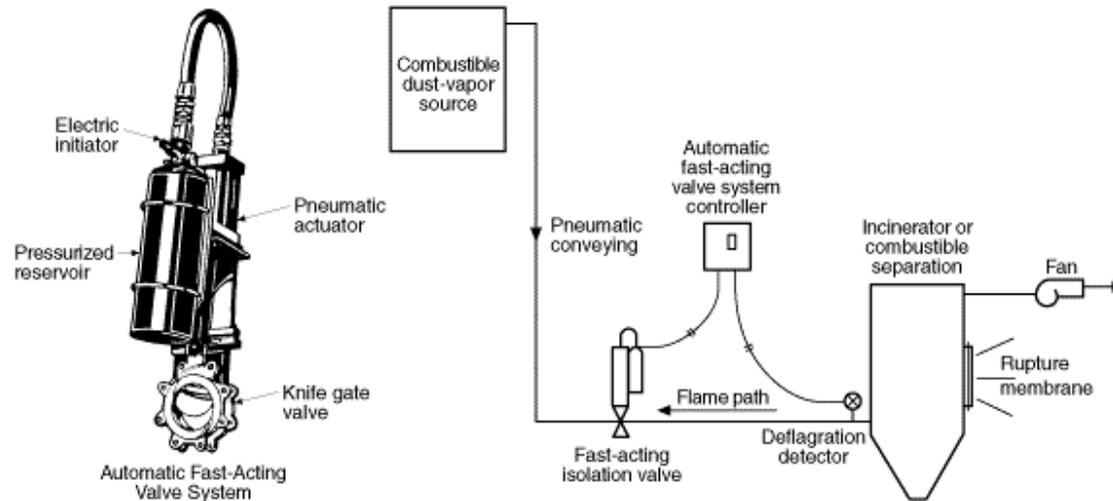


Flame Front Diverters



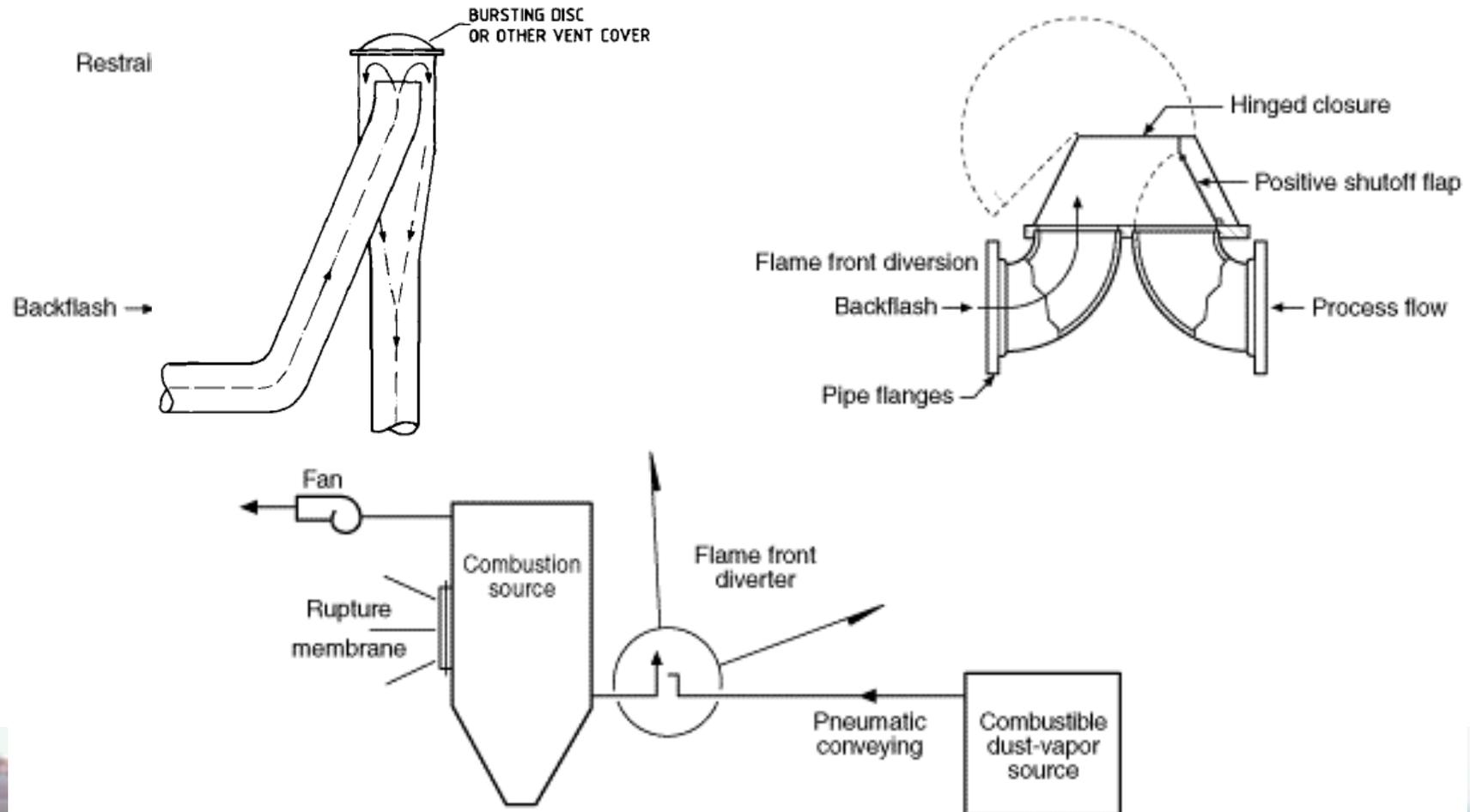


Explosion Isolation





Flame Front Diverters



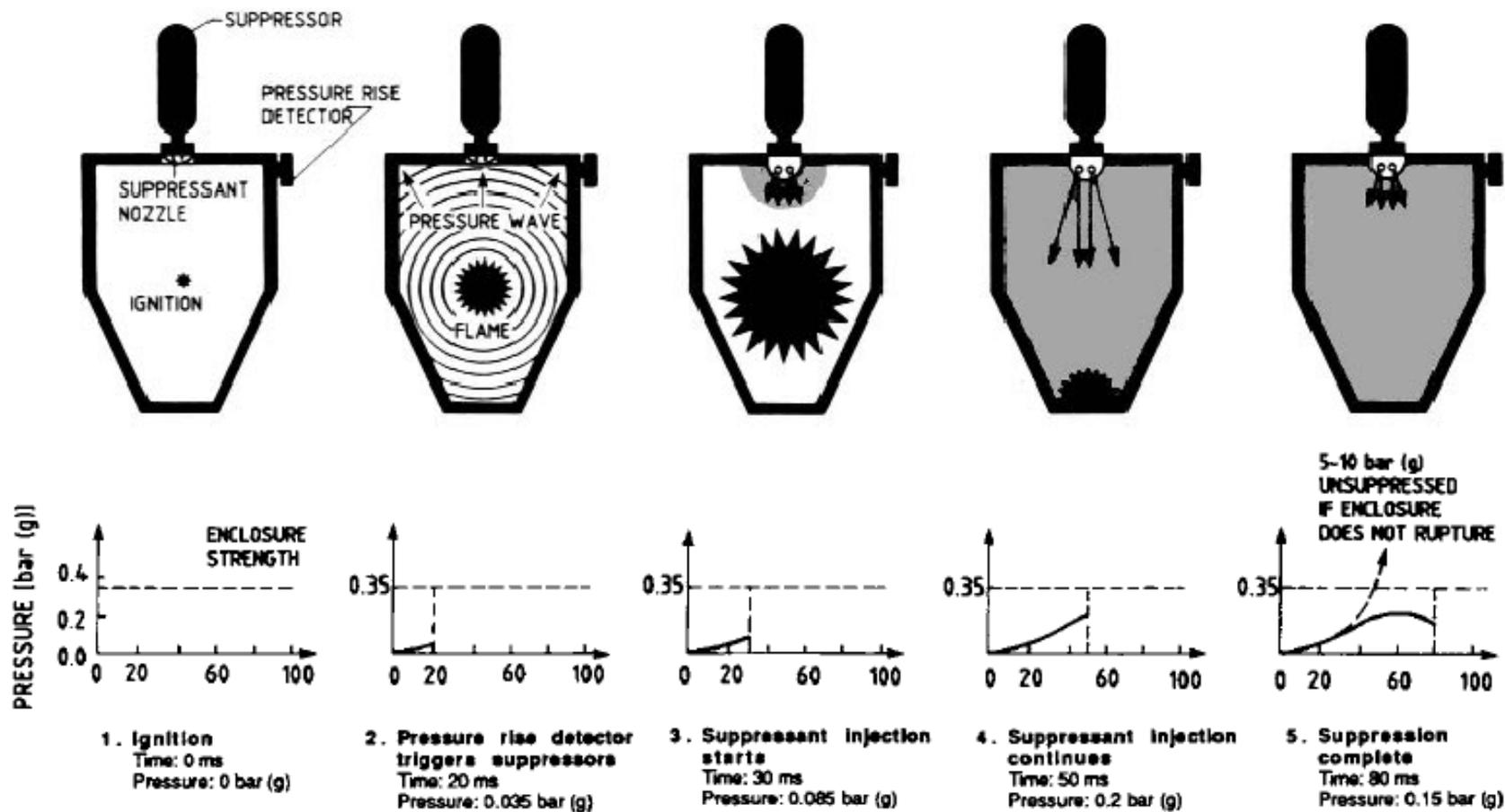


Figure 1.117 Illustration of sequence of events and typical time scale of automatic suppression of dust explosions in process equipment. Actual figures apply to a starch explosion in a 1 m³ vessel (Courtesy of Gravier Ltd., UK)

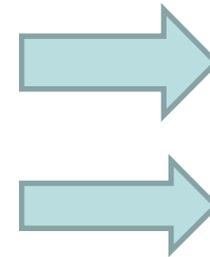




非侷限空間之氣雲爆炸的條件

- 總洩漏量大於100kg
- 要有足夠之能量來點燃
- 要有部分侷限空間來加速火焰之燃燒

反應性
燃燒結構
結構物之密度





二次粉塵爆炸：當工廠發生第一次爆炸時
其壓力波會將全廠之粉塵揚起繼而再被
引起之爆炸





如何改善反應器操作安全

- 粉塵內禁止含有易燃性氣體
- 裝料前以氮氣吹除反應器內
- 安裝局部除塵裝置
- 確定人員接地良好 (an operator resistance to earth of less than $10^8 \Omega$)
- 反應器使用導電性內襯
- 裝料時以氮封之方式避免產生爆炸條件





2.3 探測器種類

