

《如何預防粉塵爆炸》

一、教案說明

| 教案內容 | 說明 |
|------|---|
| 教學時間 | 1 節 (合計 45 分鐘) |
| 三面九向 | A2.系統思考與問題解決 B1.符號運用與溝通表達 B2.科技資訊與媒體素養 C2.人際關係與團隊合作 |
| 先備知識 | 1. 燃燒的條件 2. 氧化還原的定義 3. 碰撞學說 |
| 學習目標 | 1. 學習從文章中找出重點並寫出摘要 2. 學習了解文章內的重點並能形成心智圖 3. 學習上網檢索相關主題並做歸納整理成文字報告 4. 學習進行分組口頭報告 |
| 評量方式 | 1. 文章重點摘要 (個人) 10% 2. 師生問答 (個人) 10% 3. 課中學習單 (分組) 40% 4. 口頭報告 (分組) 20% 5. 課後評量 (個人) 20% |

二、教學流程

| 教學活動 | 教學時間 | 教學資源 |
|-----------------------------------|-------|------|
| 1. 本週閱讀主題說明 | 5 分鐘 | 一般教室 |
| 2. 分組工作分配 (一組 4 人：組長、文書、發言人、資訊) | 5 分鐘 | 註 1* |
| 3. 文章閱讀 | 10 分鐘 | 一般教室 |
| 4. 課中學習單 (每組 1 份，需立即作答) | 5 分鐘 | 一般教室 |
| 5. 分組訂正跟解說 (正確率需達 60% 以上) | 10 分鐘 | 一般教室 |
| 6. 教師重新導讀與觀念補正 | 10 分鐘 | 註 2* |
| 7. 課後評量 (列出探究問題，教師引導說明，下次繳交) | 5 分鐘 | 一般教室 |
| 8. 彈性時間 | 5 分鐘 | 註 3* |

註 1*：組長－工作分配與資料統整、發言人－分組報告與課堂回應、
文書－撰寫報告與圖形繪製、資訊－網路搜尋與數據處理。

註 2*：「分組訂正」與「教師重新導讀」可同時進行，不超過 20 分鐘為限。

註 3*：「彈性時間」為「課後評量」說明之延伸，教師仔細說明各項探究問題後，可舉一例或讓學生提問，可依學習狀況做調整。

如何預防粉塵爆炸？



閱讀主題影片

<https://www.youtube.com/watch?v=oh0xWopGC4Q>



掃描 QR CODE

八仙樂園彩色趴 塵爆千人陷火海

發佈日期：2015 年 6 月 27 日

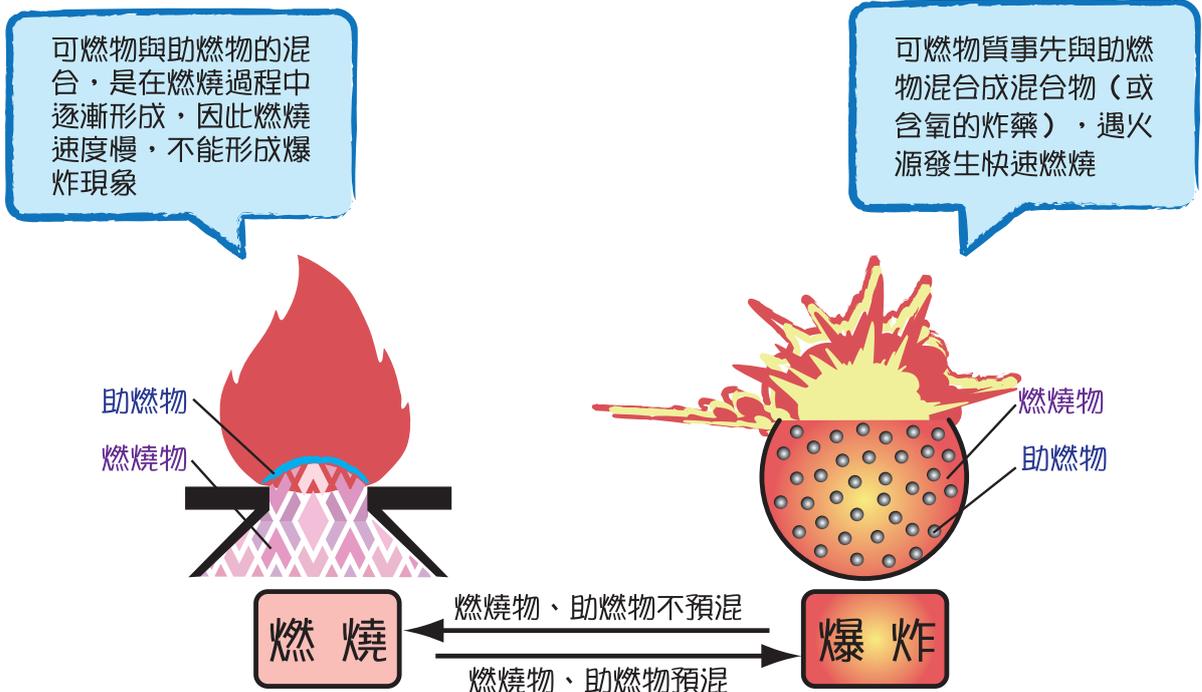
【民視即時新聞】八仙樂園 6 月 27 日晚間，發生有史以來最大的粉塵爆炸事件。當時在舞台區正在舉辦彩色派對，向狂歡的民眾噴灑大量彩色玉米粉，沒想到突然發生爆炸，民眾在烈焰中逃跑，還不斷傳出爆炸聲，許多人穿著泳衣，四肢燒傷嚴重，現場宛如人間煉獄，400、500 多名傷者，新北市救護車根本不夠用，緊急請求鄰近縣市以及國軍支援。

原理說明影片

<https://www.youtube.com/watch?v=oh0xWopGC4Q>



掃描 QR CODE





解密任務

粉塵爆炸是非常危險的，假設你是廠長或安全顧問，你如何設計一些措施或裝置以預防粉塵爆炸呢？請同學分組討論，閱讀下列文章後，回答相關問題，並找出合宜的預防措施。

1. 粉塵爆炸

可燃性粉塵顆粒在空氣中的濃度升高時，遇到火源，極有可能產生劇烈燃燒。其原理為粉末狀之固體可燃物，以懸浮狀態存在時，與氧氣相互混合後，供給足夠熱能時則引起爆炸。以鎂粉為例，粒子愈小表面積則大而對單位質量之燃燒速度則增大。

因此，粉末狀固體與氧氣混合之爆炸稱為粉塵爆炸。木材、澱粉、鋁粉等粉塵以適當比例，使懸浮於空中時則呈易爆炸狀態。不易揮發之液體如重油，若以霧狀懸浮於空氣中時，則具有與固體粉塵相同之易爆狀態。通常粉塵之爆炸與一般氣體之爆炸相比，粉塵爆炸壓力之上升速度較緩，但最大壓力則兩者大約相等，但爆炸壓力之持續時間以粉塵較長。且粉塵爆炸力之破壞力相當大，倘含有活性金屬或合金粒子時，由於本身熱含量大，爆炸後飛散，倘若附著於周圍之可燃物，更可能引起另一場火災。

2. 粉塵的定義與分類

粉塵定義：來自岩石或礦物等無機物，或是木材、穀物等有機物質，經粉碎、剪斷、鑽孔、研磨、衝擊、裝袋或爆炸等產生，進而懸浮於空氣中之固體粒子（一般粒徑大致為 $100\mu\text{m}$ 以下， $\mu\text{m}=1$ 微米 $=10^{-6}\text{m}$ ），其化學成分與原本物質大致相同。

將奈米尺寸和極細小的東西比較：一奈米相當於一微米(μm)的千分之一；一個病毒大約是一微米的十分之一；一個細菌大約是一微米；人類頭髮直徑，一般在 20 微米至 50 微米之間。一般來說，凡是呈細粉狀態的固體物質均稱為粉塵。能燃燒和爆炸的粉塵叫做可燃粉塵；浮在空氣中的粉塵叫懸浮粉塵；沉降在固體壁面上的粉塵叫沉積粉塵。某些礦廠生產過程中產生的粉塵，特別是一些有機物加工中產生的粉塵，在某些特定條件下會發生爆炸燃燒事故。

3. 粉塵粒子之大小與懸浮濃度

粉塵以顆粒大小不同之狀態存在，但需要能懸浮於空氣中。通常粒徑在 $100\mu\text{m}$ 以下，則有爆炸之可能。雖然不像氣體有明確之爆炸界限，但於單位體積中需存有一定量以上之粉塵時始能爆炸。造成粉塵懸浮之因素有本身的靜電性質及對空氣中蘊含水分（濕度）的吸附。各種粉塵爆炸，比一般氣體、各式火藥類困難。粉塵之爆炸界限不易測定，濃度範圍通常在 $25\text{-}45\text{mg/L}\sim 80\text{mg/L}$ 之間。

4. 易爆炸之粉塵

農產加工品在工廠磨粉，乾燥、篩選過程中易產生粉塵，其他如煤礦內之碳粉塵，加上礦坑中產生的甲烷（沼氣），便可形成爆炸條件。在世界各國中，歐美之濕度較其他地區低，且易產生靜電，粉塵爆炸之頻率則高。臺灣屬於高溫且多濕地帶，所以粉塵爆炸較少發生，濕度超過 50%時可防止塵爆。充分乾燥之可燃物只要在空氣中，以懸浮狀態存在時，適時提供適當能量，則有爆炸之可能。易爆炸之粉塵例列於表 1：

• 表 1 易爆炸之粉塵

| 類別 | 粉塵名稱 |
|-----|-------------------|
| 農產物 | 澱粉、棉花、稻穀、豆類 |
| 金屬類 | 鋁、鎂、鐵、錳、矽、鈦、鋅 |
| 塑膠系 | 醋酸纖維、硝酸纖維、木質素樹脂 |
| | 酚樹脂、聚乙烯、聚苯乙烯、合成橡皮 |
| 其他 | 煤炭、硫黃、木屑 |

引用：<http://140.122.142.231/~chem/oldWWW/antiFire/04.htm>

5. 爆炸產生條件

空氣與粉塵混合物之爆炸難易受下列因素之影響：環境溫度、活化能、足夠的爆炸濃度、升壓率(Rate of pressure rise)等等，以上因素可當作粉塵爆炸分析指標。

粉塵爆炸條件主要有三個：

- (1)可燃性粉塵以適當的濃度在空氣中懸浮，形成人們常說的粉塵雲；
- (2)有充足的空氣和氧化劑；
- (3)有火源或者強烈振動與摩擦。

6. 爆炸原理

粉塵的爆炸可視為由以下三個步驟發展形成的：



隨著每個循環的逐次進行，其反應速度逐漸加快，通過劇烈的燃燒，最後形成爆炸。這種爆炸反應以及爆炸火焰速度、爆炸波速度、爆炸壓力等將持續加快和升高，並呈跳躍式的快速發展。

課中學習單

從閱讀材料中，培養分析歸納的能力；瞭解文章的主旨、取材及結構；讀懂課文內容，瞭解文章的大意。同學們，為了提升自我閱讀素養和理解能力，請思考後回答下列問題：

1. 可燃性粉塵在空氣中的濃度達到爆炸下限時，遇到火源，極有可能產生爆炸的狀況，若以鎂粉為例，粒子愈__表面積則__而對單位質量之燃燒速度則增__。

解 粒子愈小表面積則大而對單位質量之燃燒速度則增大

2. 粉塵來自土石、岩石或礦物等之無機物或木材、穀物等有機物質，經粉碎、剪斷、鑽孔、研磨、衝擊、裝袋或爆炸後產生，而懸浮於空氣中之固體粒子（一般粒徑大致為__ μm 以下， $1\ \mu\text{m} = 1\ \text{微米} = 10^{-6}\ \text{m}$ ），其化學成分與其發生源之母體物質大致相同。
(A)10 (B)100 (C)1000 (D)1。

解 (B)。一般粒徑大致為 $100\ \mu\text{m}$ 以下， $1\ \mu\text{m} = 1\ \text{微米} = 10^{-6}\ \text{m}$

3. 各種粉塵之爆炸較氣體、火藥類為難，粉塵之爆炸界限不易測定，但通常之數字為 $25\text{-}45\ \text{mg/L} \sim 80\ \text{mg/L}$ 。請問 mg/L 單位的定義是？

解 粉塵排放濃度的概念：排放的廢氣中所含污染物的濃度，以 mg/m^3 計。換句話說就是：固體(不溶)粉塵氣體在每立方公升排放氣體中含有多少毫克。而 mg/L 應該是經過換算後的數值，與 ppm (Parts per million)，百萬分率，稀薄水溶液濃度單位，有些許差異。

4. 粉塵的爆炸可視為由以下三步發展形成的：

第 X 步：懸浮的粉塵在熱源作用下迅速地乾餾或氣化而產生出可燃氣體；

第 Y 步：可燃氣體與空氣混合而燃燒；

第 Z 步：粉塵燃燒放出的熱量，以熱傳導和火焰輻射的方式傳給附近懸浮的或被吹揚起來的粉塵，這些粉塵受熱汽化後使燃燒循環地進行下去。

請排列 X、Y、Z 的順序：

解 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$



課後評量

請同學閱讀上述文章後，使用下列兩種方式，回答相關問題：

- (1) 提問策略：設計問題，自問自答。循序漸進地引導自己去思考與理解文章與問題的涵義。
- (2) 圖像化策略：運用組織圖表或心智圖整理閱讀內容，方便理解與記憶。

1. 粉塵懸浮於空氣中，溶液引起爆炸，就以下的推論的合理性，圈選「是」或「否」，並寫出你的理由。

| 以下推論是否合理？ | 是或否 | 你的理由(合理即可) |
|-----------------------------|-------|------------------------------|
| 物質的顆粒越小，單位質量的表面積越大，則燃燒速率越快。 | 是 / 否 | 顆粒越小，表面積越大，粒子相互碰撞機率大，反應速率越快。 |
| 物質的顆粒越小，沉降速度小，則懸浮載空氣中的時間越長。 | 是 / 否 | 物質顆粒小，沉降速度小，在空氣中漂浮的時間越長。 |
| 物質的活性越大，引爆所需能量較小，與物質顆粒大小無關。 | 是 / 否 | 物質活性越大，顆粒小，引爆能量更小，化學反應速率越快。 |

2. 請同學將下列物質的長度由大而小排序：(以代號作答)

(a)粉塵、(b)直徑 10 奈米的光觸媒、(c)10 根頭髮的直徑總和、(d)細菌、(e)邊長 1 公分骰子

解 (e) > (c) > (a) > (d) > (b)

3. 附表表示相同種類的可燃性粉塵懸浮與空氣中，你認為哪一種狀況下引發粉塵爆炸的危險性最高？你判斷的理由為何？

| 選項 | 粉塵粒徑 (微米) | 單位體積內的粉塵質量(mg/L) |
|----|-----------|------------------|
| A | 100 | 20 |
| B | 100 | 40 |
| C | 50 | 40 |
| D | 50 | 20 |

解 粒徑小，濃度大，發生粉塵爆炸的危險性最大，故選(C)。

4. 你認為下列哪些場所（可複選），較不可能引起粉塵爆炸？請提出你的理由。

(A)煤礦坑 (B)金礦坑 (C)麵粉工廠 (D)大理石研磨工廠 (E)壓克力切割工廠

解 (B)金礦坑、(E)壓克力切割工廠，皆不易產生粉塵，且物質活性小，活化能大，燃燒不易

5. 鎂粉工廠一開始發生粉塵爆炸時，工廠員工迅速使用一大桶水滅火，反而引起新的氣爆，炸傷員工，請推論原因為何？同時，另一位員工想使用乾粉滅火器，此作法合適嗎？請說明你的想法。

解 鎂粉遇水會發生反應，產生氫氣易燃。乾粉滅火器噴出的小蘇打粉顆粒小，容易粉塵爆炸

6. 燃燒三要素為何？除了燃燒三要素之外，請你以碰撞學說的觀點解釋粉塵爆炸的條件與原理。

解 燃燒三要素分別是可燃物(如燃料)、助燃物(如氧氣)、以及溫度要達到燃點。

碰撞學說：(1)位向正確、(2)能量足夠。

化學反應發生，需產生有效碰撞：粉塵爆炸，碰撞機率高（位向正確率提升），且燃燒時，能量足夠，故能產生劇烈變化。

7. 如何預防粉塵爆炸？只要控制粉塵爆炸的一些條件，便可以防止或降低工廠發生粉塵爆炸的機率。假設你是廠長或安全顧問，你如何設計一些措施或裝置以預防粉塵爆炸呢？(可以文字、示意圖、設計圖或流程圖呈現)

解 防止粉塵爆炸的對策。如下所示：

(一)、減少粉塵飛揚。

(二)、可燃物質的濃度控制。

(三)、製程中以惰性氣體吹洩，如此可以減低氧的分壓，減少爆炸的危險。

(四)、粉塵作業場所盡量遠離可能產生火源或靜電的場所。

參考資料



1. 粉塵爆炸引自：<http://blog.yuntech.edu.tw/meworksv2a/meworks/page1.aspx?no=8016>
2. 粉塵爆炸引自：<http://www.43577.com/show/559676.shtml>
3. 新聞引自：<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/headline/20141102/36183308/>
4. 親子天下：八仙爆炸案／10 個問題帶你瞭解粉塵爆炸
5. 泛科學：粉塵爆炸，老師講過有沒有在聽？
6. 高瞻自然科學教學平台：3D 化學實驗：威猛的粉塵爆炸