

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030213

「粉」可怕

學校名稱：桃園市立文昌國民中學

作者： 國二 林子傑 國二 譚瑋城 國二 戴琦森	指導老師： 李清平
---	------------------

關鍵詞：粉塵、燃燒

摘要

粉塵爆炸（英語：Dust explosion），是指粉塵在一定的密度內同時瞬間燃燒的狀態。八仙樂園的那場意外造成了許多傷亡，經專家分析後，確定是因為濃度極高的玉米粉引發了粉塵爆炸。此次研究想探討出何種條件下，最容易引起粉塵爆炸。

當桶內粉末濃度達到一定的質量時，就容易引起粉末的瞬間燃燒，造成氣體急速的膨脹。但我們在過程中，燃燒中的甲醇在桶子內部溢出，導致桶子變形，於是我們在桶子內部貼上鋁箔紙；粉末噴出後無法點燃，所以我們在桶子內裝甲醇的蒸發皿加裝三角架固定並加高。

實驗後，我們觀察到以下結果：我們發現粉塵濃度越大，爆炸威力越強；烘烤時間越久（越乾燥），爆炸威力越強；在相同條件下塵爆威力，玉米粉>太白粉>低筋麵粉。

壹、研究動機

6/27日，八仙樂園一聲巨響，驚天動地，原來當天晚上大量的玉米粉發生了塵爆意外。在生活中有很多種粉末，我們想探討哪些粉末在遇到火源後會發生塵爆，那些因素會影響塵暴的威力。

貳、研究目的

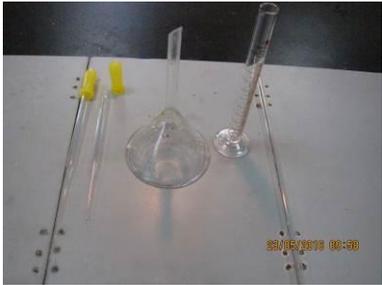
- 一、探討粉塵濃度對塵爆威力的影響。
- 二、探討濕度對塵爆威力的影響。
- 三、探討各種粉末塵爆的差異。

參、設備與器材

- 一、 粉末(玉米粉、低筋麵粉、太白粉)
- 二、 兩公升糖果罐(塑膠罐)、塑膠管、紙管(保鮮膜裡面的)，漆包線(固定用)，空壓機，保麗龍塊與砝碼(氣壓塊)、鋁箔紙，橡皮塞，橡皮管(送氣管)，塑膠片(保特瓶)。
- 三、 三腳架，蒸發皿，陶瓷纖維網，甲醇，碼錶，酒精燈，鑷子，刮杓，坩堝夾，長管打火機，上皿天平與砝碼，秤量紙
- 四、 滴管，玻璃管，漏斗，量筒，試管架
- 五、 原子筆，筆記本，手機(相機+計算機)，尺，鑽孔器，膠帶，熱熔膠，老虎鉗，奇異筆、甲醇、剪刀、保鮮膜、顯微鏡

設備與器材

		
<p>低筋麵粉(小麥)</p>	<p>玉米粉(玉米)</p>	<p>太白粉(樹薯)</p>
		
<p>酒精燈、三腳架、石棉心網</p>	<p>蒸發皿</p>	<p>打火機</p>
		
<p>鑷子、刮杓、篩子、坩堝夾</p>	<p>碼表</p>	<p>上皿天平與砝碼</p>

		
<p>滴管、漏斗、量筒、玻璃管</p>	<p>甲醇</p>	<p>熱熔膠</p>
		
<p>剪刀</p>	<p>尺、奇異筆、原子筆</p>	<p>鋁箔紙、保鮮膜</p>
		
<p>橡皮管(送氣管)、橡皮塞</p>	<p>漆包線</p>	<p>鑽孔器、試管架</p>
		
<p>膠帶</p>	<p>保麗龍塊與砝碼(氣壓塊)</p>	<p>空壓機</p>
		
<p>顯微鏡</p>	<p>實驗用塑膠桶</p>	<p>塑膠管</p>



二、質量實驗

(一) 準備設備與器材

1. 玉米粉。
2. 三腳架，蒸發皿，陶瓷纖維網，甲醇，長管打火機，漆包線(固定用)，鋁箔紙，橡皮塞，橡皮管(送氣管)。
3. 滴管，玻璃管，漏斗，量筒，碼錶，酒精燈，鑷子，刮杓，坩堝夾，上皿天平與砝碼，秤量紙，保麗龍塊與鋼珠(氣壓塊)，塑膠片(保特瓶)，試管架。

(二) 在蒸發皿中裝入 5g 玉米粉。

(三) 準備 2ml 甲醇於量筒內。

(四) 將 5g 玉米粉過篩後放在蒸發皿中，置於三腳架和陶瓷纖維網上，並使用酒精燈加熱烘乾一分鐘，以坩堝夾固定蒸發皿並以鑷子持續攪拌粉末。

(五) 一分鐘時間到，從蒸發皿中取出玉米粉，過篩後量取指定質量(0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.0g)玉米粉，至於秤量紙上。

(六) 架設手機於試管架上，並開始錄影。

(七) 步驟四完成後一分鐘，藉由玻璃管將 2ml 甲醇加入塑膠桶內的蒸發皿，並同時按下碼錶。

(八) 將長管打火機插入塑膠桶，於碼錶 20 秒點燃蒸發皿內的甲醇。點燃後，拔除長管打火機，插入送氣管(一)開始以空壓機送氣。

(九) 以漏斗將玉米粉置入紙管並蓋上塑膠片，以橡皮塞於碼錶 30 秒蓋上頂部換氣口，完成後全員撤離並帶走周邊所有危險物品，於紙管末端塞入送氣管(二)。

(十) 於碼錶 45 秒開啟送氣管(二)之氣閥，將粉末噴入塑膠桶內燃燒。

(十一) 拔除送氣管(一)和頂部橡皮塞，以送氣管(二)開始換氣至常溫。

(十二) 停止錄影並觀察氣壓塊飛起高度並記錄於筆記本上。

三、濕度實驗

(一) 準備設備與器材

1. 玉米粉。
2. 三腳架，蒸發皿，陶瓷纖維網，甲醇，長管打火機，漆包線(固定用)，鋁箔紙，橡皮塞，橡皮管(送氣管)。
3. 滴管，玻璃管，漏斗，量筒，碼錶，酒精燈，鑷子，刮杓，坩堝夾，上皿天平與砝碼，秤量紙，保麗龍塊與鋼珠(氣壓塊)，塑膠片(保特瓶)，試管架。

(二) 在蒸發皿中裝入 5g 玉米粉。

(三) 準備 2ml 甲醇於量筒內。

(四) 將 5g 玉米粉過篩後放在蒸發皿中，置於三腳架和陶瓷纖維網上，並使用酒精燈加熱烘乾指定時間(20、40、60、80、100 秒)，以坩堝夾固定蒸發皿並以鑷子持續攪拌玉米粉。

(五) 一分鐘時間到，從蒸發皿中取出玉米粉，過篩後量取 0.5g 玉米粉置於秤量紙上。

(六) 架設手機於試管架上，並開始錄影。

(七) 步驟四完成後一分鐘，藉由玻璃管將 2ml 甲醇加入塑膠桶內的蒸發皿，並同時按下碼錶。

(八) 將長管打火機插入塑膠桶，於碼錶 20 秒點燃蒸發皿內的甲醇。點燃後，拔除長管打火機，插入送氣管(一)開始以空壓機送氣。

(九) 以漏斗將玉米粉置入紙管並蓋上塑膠片，以橡皮塞於碼錶 30 秒蓋上頂部換氣口，完成後全員撤離並帶走周邊所有危險物品，於紙管末端塞入送氣管(二)。

(十) 於碼錶 45 秒開啟送氣管(二)之氣閥，將粉末噴入塑膠桶內燃燒。

(十一) 拔除送氣管(一)和頂部橡皮塞，以送氣管(二)開始換氣至常溫。

(十二) 停止錄影並觀察氣壓塊飛起高度並記錄於筆記本上。

四、種類實驗

(一) 準備設備與器材

1. 粉末(玉米粉、低筋麵粉、太白粉)
2. 三腳架，蒸發皿，陶瓷纖維網，甲醇，長管打火機，漆包線(固定用)，鋁箔紙，橡皮塞，橡皮管(送氣管)。
3. 滴管，玻璃管，漏斗，量筒，碼錶，酒精燈，鑷子，刮杓，坩堝夾，上皿天平與砝碼，秤量紙，保麗龍塊與鋼珠(氣壓塊)，塑膠片(保特瓶)，試管架。

(二) 在蒸發皿中裝入 5g 玉米粉。

(三) 準備 2ml 甲醇於量筒內。

(四) 將 5g 玉米粉過篩後放在蒸發皿中，置於三腳架和陶瓷纖維網上，並使用酒精燈加熱烘乾一分鐘，以坩堝夾固定蒸發皿並以鑷子持續攪拌粉末。

(五) 一分鐘時間到，從蒸發皿中取出粉末，量取 0.5g 粉末置於秤量紙上。

(六) 架設手機於試管架上，並開始錄影。

(七) 步驟四完成後一分鐘，藉由玻璃管將 2ml 甲醇加入塑膠桶內的蒸發皿，並同時按下碼錶。

(八) 將長管打火機插入塑膠桶，於碼錶 20 秒點燃蒸發皿內的甲醇。點燃後，拔除長管打火機，插入送氣管(一)開始以空壓機送氣。

(九) 以漏斗將玉米粉置入紙管並蓋上塑膠片，以橡皮塞於碼錶 30 秒蓋上頂部換氣口，完成後全員撤離並帶走周邊所有危險物品，於紙管末端塞入送氣管(二)。

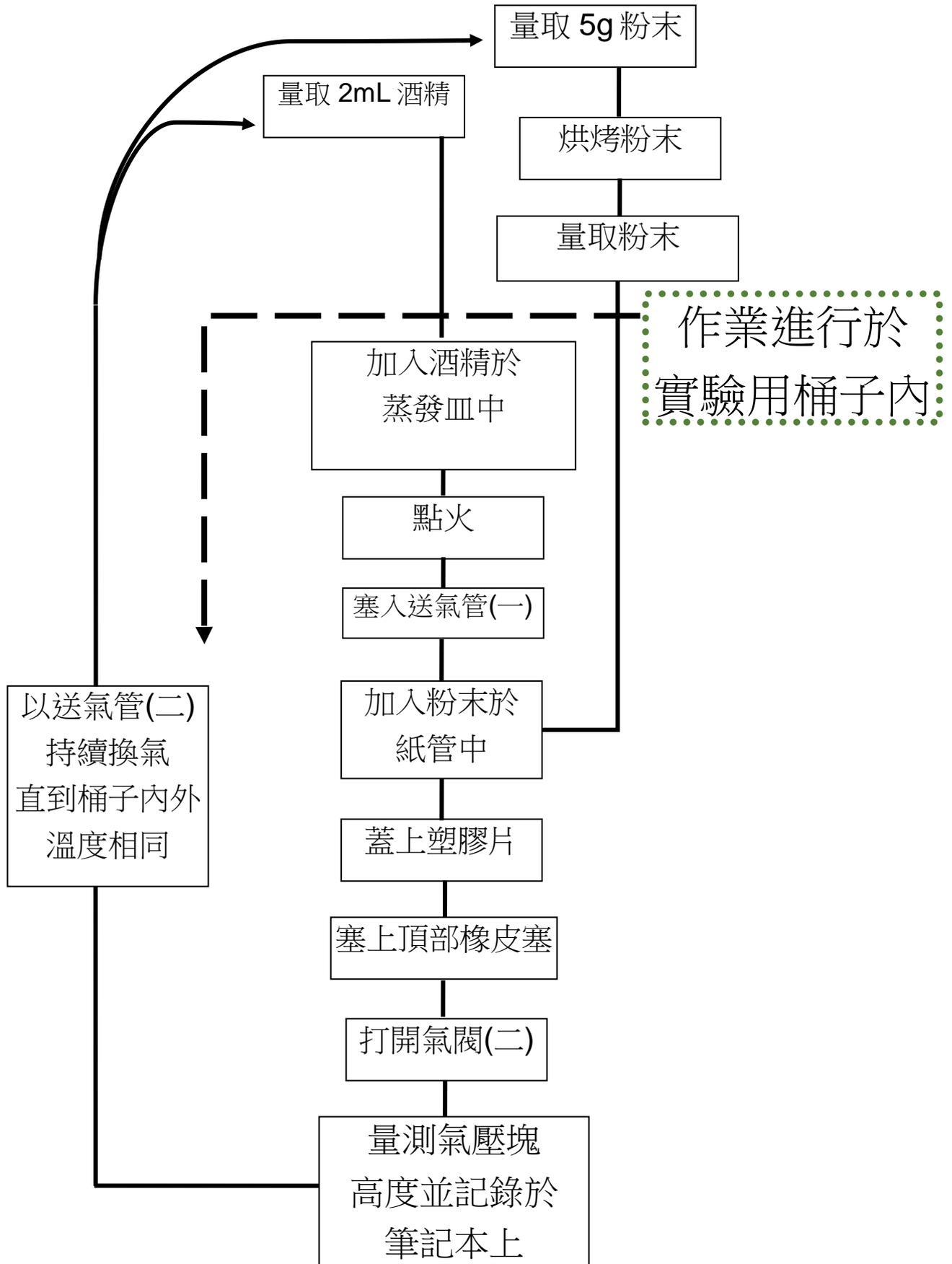
(十) 於碼錶 45 秒開啟送氣管(二)之氣閥，將粉末噴入塑膠桶內燃燒。

(十一) 拔除送氣管(一)和頂部橡皮塞，以送氣管(二)開始換氣至常溫。

(十二) 停止錄影並觀察氣壓塊飛起高度並記錄於筆記本上。

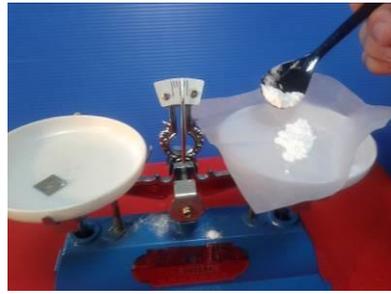
(十三) 重複低筋麵粉及太白粉。

↓ 實驗流程圖





↑ 烤粉器具



↑ 測量粉末



↑ 在塑膠桶內加入甲醇



↑ 點燃甲醇



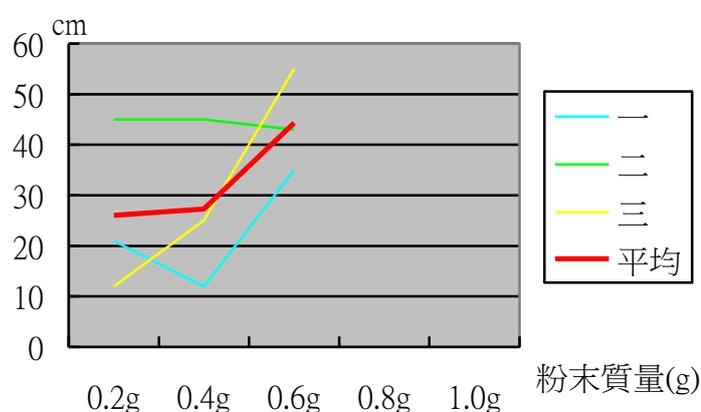
↑ 加入粉末

伍、研究結果

一、粉塵濃度對塵爆威力的影響

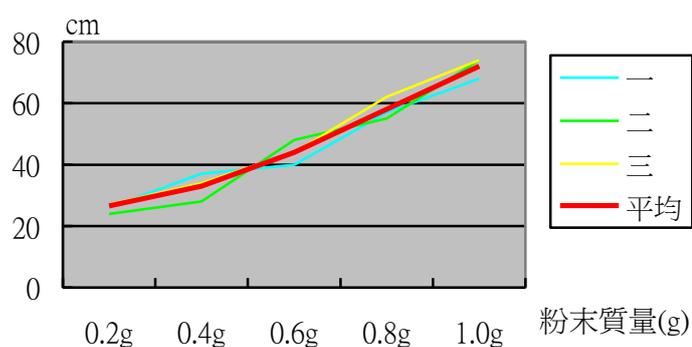
(一)濃度實驗(塑膠管沒有挖洞)

次 \ 粉末質量	0.2g	0.4g	0.6g	0.8g	1.0g
一	21cm	12cm	35cm	∞	∞
二	45cm	45cm	43cm	∞	∞
三	12cm	25cm	55cm	∞	∞
平均	26cm	27.3cm	44.3cm	∞	∞



(二)質量實驗(塑膠管每隔 5 公分挖洞)

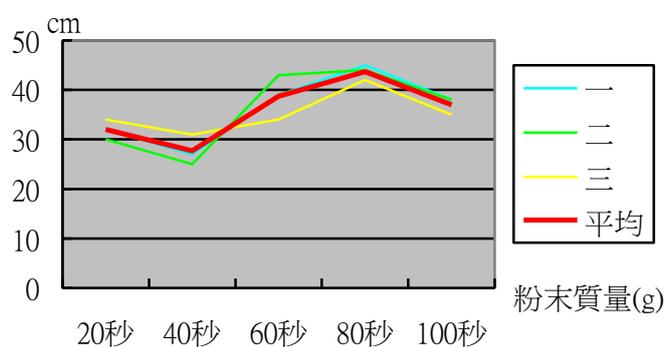
次 \ 粉末質量	0.2g	0.4g	0.6g	0.8g	1.0g
一	26cm	37cm	40cm	57cm	68cm
二	24cm	28cm	48cm	55cm	74cm
三	27cm	34cm	44cm	62cm	74cm
平均	26.6cm	33cm	44cm	58cm	72cm



二、濕度對塵爆威力的影響

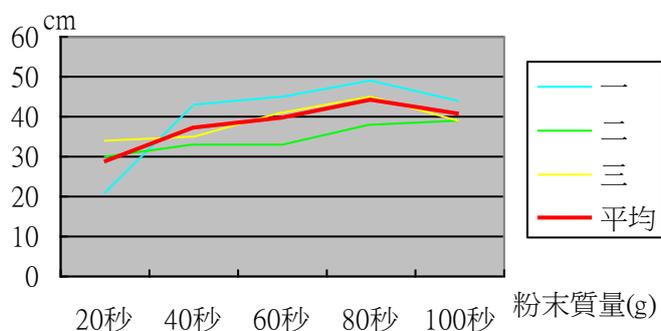
(一)濕度實驗-1 濕度

次 \ 烘乾時間	20 秒	40 秒	60 秒	80 秒	100 秒
一	32cm	27cm	39cm	45cm	38cm
二	30cm	25cm	43cm	44cm	38cm
三	34cm	31cm	34cm	42cm	35cm
平均	32cm	27.7cm	38.7cm	43.7cm	37cm



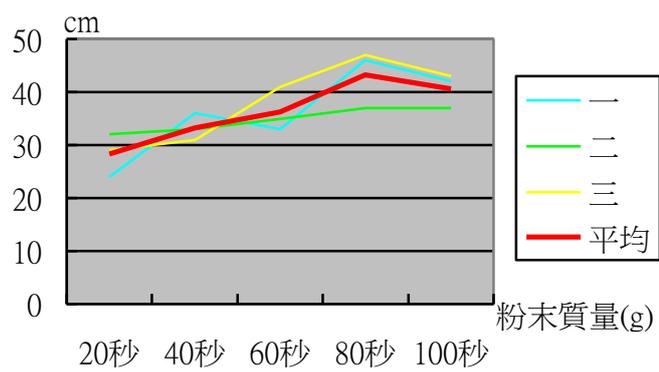
(二)濕度實驗-2 濕度

次 \ 烘乾時間	20 秒	40 秒	60 秒	80 秒	100 秒
一	21cm	43 cm	45 cm	49 cm	44 cm
二	30 cm	33 cm	33 cm	38 cm	39 cm
三	34 cm	35 cm	41 cm	45 cm	39 cm
平均	28.3 cm	37 cm	39.6 cm	44 cm	40.6 cm



(三)濕度實驗 3

次 \ 烘乾時間	20 秒	40 秒	60 秒	80 秒	100 秒
一	24 cm	36 cm	33 cm	46 cm	42 cm
二	32 cm	33 cm	35 cm	37 cm	37 cm
三	29 cm	31 cm	41 cm	47 cm	43 cm
平均	28.3 cm	33.3 cm	36.3 cm	43.3 cm	40.6 cm

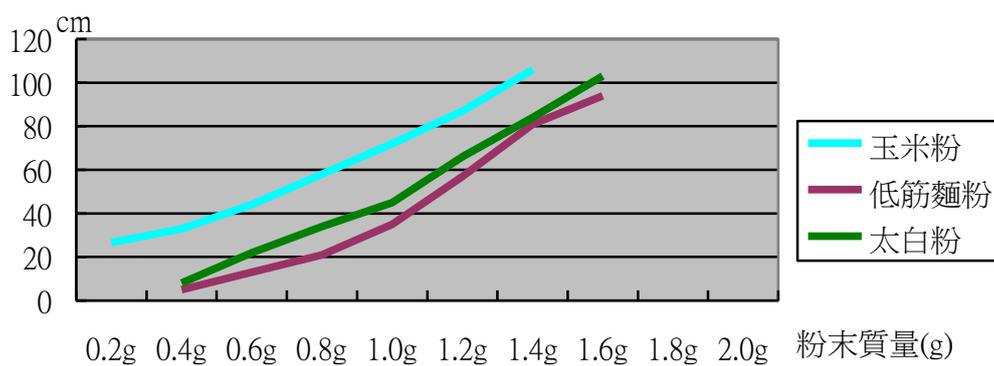


三、探討各種粉末塵爆的差異

(一) 種類實驗 1

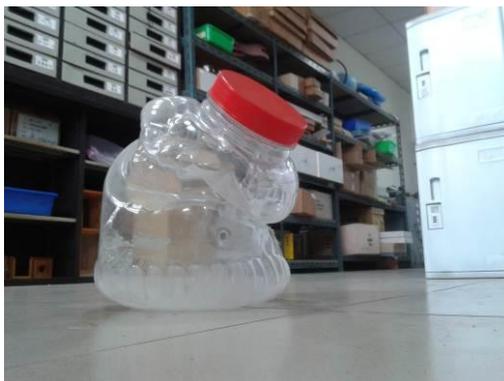
	玉米粉	低筋麵粉	太白粉
0.2g	26.6cm	—	—
0.4g	33cm	5cm	8cm
0.6g	44cm	13cm	22cm
0.8g	58cm	21cm	34cm
1.0g	72cm	35cm	45cm
1.2g	87cm	57cm	66cm
1.4g	106cm	81cm	84cm
1.6g	∞	94cm	103cm
1.8g	∞	∞	∞
2.0g	∞	∞	∞

註 1：— 代表沒反應，∞ 代表超出可測量範圍



陸、討論

- 一、實驗用粉末先烘乾然後過篩，烘乾是要讓每次實驗所用粉末濕度降低，放大數據減少人為因素影響而誤差太大，過篩的目的是為了解決烘乾後會有的結塊現象，控制粉末平均顆粒大小，會影響實驗結果。
- 二、實驗過程中燃燒中的甲醇溢出，導致桶子變形，如下圖↓



- 三、要固定時間點火(20 秒)，是為了酒精會揮發，控制點火時酒精的量。
固定時間開閥(40 秒)，控制桶子內部火焰大小、氧氣濃度，縮小誤差。
- 四、剛開始做實驗時，當玉米粉量超過 0.6 克，氣壓塊就會衝出塑膠管而無法測量出數據，因此後來先在塑膠管上每 10 公分挖一個洞，但還是無法測量，後來改成每 5 公分挖一個洞才能完整測量出數據。
- 五、粉塵濃度對塵爆威力的影響。
 - (一) 質量實驗 1
 1. 問題：0.8g 和 1.0g 粉末燃燒後會使氣壓塊飛出排氣管，無法產生數據。
 2. 解決辦法：增加排氣管上的洩壓孔.每 5 公分一個洞。
 - (二) 質量實驗 2
數據與推測結果相符合，粉末濃度越大，爆炸威力越強。
- 六、濕度對塵爆威力的影響
 - (一) 濕度實驗 1
 1. 問題：20 秒爆炸結果與 100 秒爆炸結果不符合預期結果：烘乾時間與爆炸威力不成正比。
 2. 解決方式：每次實驗後確實換氣。
 - (二) 濕度實驗 2

1. 問題：在烤 100 秒以前，爆炸威力與加熱烘乾秒數成正比,則 100 秒時則減少。
2. 解決方式：加熱時間勿超過 100 秒。

(三) 濕度實驗 3

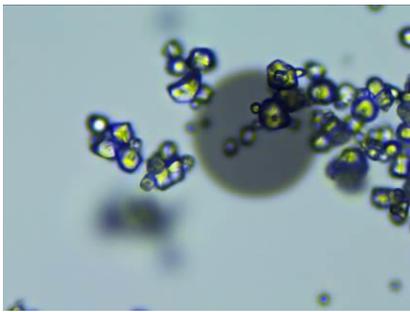
1. 第三次實驗和第二次實驗發現同樣結果，在烤 100 秒以前，爆炸威力與加熱烘乾秒數成正比,則 100 秒時則減少，至於為何加熱時間過長塵暴威力反而減弱，需再作其他研究。

七、各種粉末塵爆 - 的差異

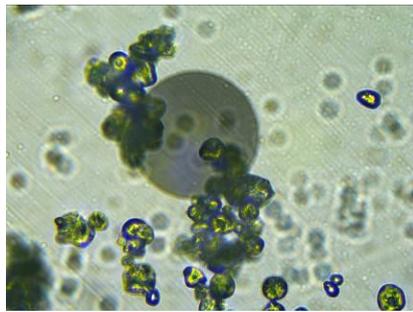
(一) 種類實驗

1. 問題：藉由顯微鏡觀察發現 3 種粉末粉塵顆粒大小無明顯區別，所以塵暴威力玉米粉>太白粉>低筋麵粉可能與粉末成分有關。

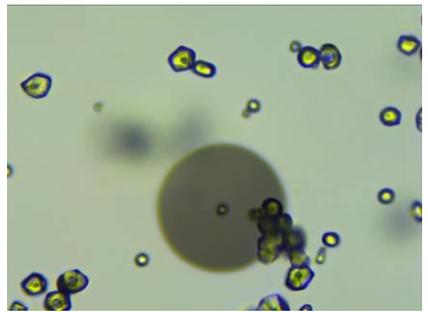
↓ 顯微鏡下的粉末



玉米粉(玉米)



低筋麵粉(小麥)



太白粉(樹薯)

柒、結論

- 一、同一種粉塵濃度越大，爆炸威力越強。
- 二、不同種粉塵爆炸威力：「玉米粉>太白粉>低筋麵粉」。
- 三、在未烤焦的前提下，加熱烘乾時間越長，爆炸威力越大。
- 四、3種粉塵顆粒平均大小差異不大，因此顆粒大響對塵暴威力影響因素可消除，塵暴威力(玉米粉>太白粉>低筋麵粉)，可能和粉末成分有關。

捌、參考資料與其他

- 一、維基百科：粉塵爆炸
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%89%E5%B0%98%E7%88%86%E7%82%B8>
- 二、維基百科：玉米澱粉
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%8E%89%E7%B1%B3%E6%BE%B1%E7%B2%89>
- 三、奇摩知識：塵爆是什麼
<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20050604000011KK11618>
- 四、Youtube:10g 粉塵大砲
<https://www.youtube.com/watch?v=lkuNPDPhVr0>

【評語】 030213

利用砵碼氣壓塊標高點去定量粉塵爆炸之威力，其設計值得讚賞，對表達之內容亦甚清楚明瞭。