

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：民生與環保

組 別：國中組

作品名稱：冬天裡的一把火-探討煤氣爐的燃燒情形

關 鍵 詞：煤氣爐、DIY



編號：

摘要

利用五個孔數不同的奶粉罐做出煤氣爐，放入 50 公克的廢木料，點火燃燒，加熱上方燒杯內 100 公克的水，比較各個煤氣爐的實驗數據，以找出燃燒效果最好的煤氣爐，並分析其原因。

我們發現：

- 一、以編號 3(小型內桶，底部鑽 15 個孔洞，外桶鑽 8 個孔洞)燃燒時間最長。
- 二、以編號 2(大型內桶，底部鑽 24 個孔洞，外桶鑽 4 個孔洞)加熱上方燒杯水，溫度達到 84.5°C 最高。
- 三、以編號 2 加熱上方燒杯水，最大溫度變化達到 64.8°C 最高。
- 四、以編號 1(大型內桶，底部鑽 47 個孔洞，外桶鑽 8 個孔洞)燃燒時，外桶溫度最高，達到 213.4°C。
- 五、以編號 1 的外桶溫度變化最大，達到 189.3°C。

綜上所述，我們知道編號 2，加熱效果最好；編號 1，爐外溫度變化最大；編號 3，燃燒時間最長。

壹、研究動機

去年中秋節時，我們一起出去露營前，因為大家提議要烤肉，決定要買烤肉設備，但是發現烤肉設備攜帶既不方便且價格昂貴，因此決定打消烤肉的念頭。

後來我們上網搜尋發現煤氣爐不但製作簡單，攜帶方便，而且燃燒效果絕佳。於是，我們自己動手 DIY，做出了五個不同規格的煤氣爐，為了找尋最佳燃燒效果的煤氣爐，進行以下的研究。

我們在二年級國中理化課本中，反應速率、氧化還原及溫度這三個單元，學習到了這些有關煤氣爐的概念；我們的實驗中包含了燃燒時間、溫度變化這兩個要素，所以我們從課本中延伸，利用實驗來探討影響煤氣爐燃燒的因素。

貳、研究目的

為了研究燃燒效果最佳的煤氣爐，我們進行了以下的研究：

- 一、各個煤氣爐燃燒時間之比較；
- 二、各個煤氣爐加熱燒杯水達到最高溫度之比較；
- 三、各個煤氣爐加熱燒杯水達到最大溫差之比較；
- 四、各個煤氣爐外最高溫度之比較；
- 五、各個煤氣爐外最大溫差之比較。

參、研究設備及器材

一、設備：

- (一)紅外線溫度計
- (二)電子天平
- (三)電動鑽孔機及支架
- (四)錐形鑽頭
- (五)柱形鑽頭

(六)直尺(30cm)

(七)鐵剪刀

(八)打火機

二、器材：

(一)奶粉罐

(二)飲料罐

(三)陶瓷纖維網

(四)燒杯(250mL)

(五)量筒(50mL)

(六)自製鐵絲三腳架

(七)雷雕剩餘之廢木料

(八)逆滲透水

(九)計時器

肆、研究過程與方法

一、製作煤氣爐

按照網路影片的作法，收集奶粉罐與飲料罐，製作五個簡易版煤氣爐的內外桶。

(一) 分別將奶粉罐與飲料罐固定在支架上，並以電動鑽孔機在奶粉罐罐身下方及飲料罐罐身上方、罐底鑽取數量不等的孔洞(數量如表六所示)。

(二) 以鐵剪刀將奶粉罐底部剪開如飲料罐大小，將飲料罐固定於奶粉罐底部。(如圖一~五所示)

(三) 將鐵絲依照奶粉罐底部大小彎折成三腳架，置於煤氣爐上方，並將陶瓷纖維網放置在三腳架上方，完成煤氣爐的設置。

二、煤氣爐加熱：

(一)取一個煤氣爐，將 50g 雷雕廢木料放置於其內桶。

(二)取一燒杯，將 100 公克的逆滲透水置入燒杯內。

(三)以紅外線溫度計量取水溫及外桶桶身溫度。

(四)點燃裝置於內桶的廢木料，待燃燒穩定後，將三腳架與陶瓷纖維網及燒杯在放置外桶上方，按壓計時器開關，開始計時。

(五)直到木料火焰熄滅前，每隔一分鐘量取水溫及外桶桶身溫度，當溫度開始下降後，即停止測量。

(六)紀錄時間、水溫及外桶桶身溫度之數據，並加以分析，比較差異。

伍、研究結果

一、編號 1 的煤氣爐(如圖一)燃燒時間與爐內、外溫度變化關係(如表一)，我們發現此爐第 2 至第 6 分鐘的溫度變化，是以每分鐘 3~4℃左右為單位持續增加，到了第 7 分鐘溫度便開始下降。最大水溫變化為第 6 分鐘的 48.6℃，最大爐外溫度變化為第 3 分鐘的 189.3℃。



圖一 編號 1 的煤氣爐外觀

時間	溫度	溫度變化	爐外溫度	爐外溫度變化
0	27.4		24.1	
1	32.8	5.4	77.8	53.7

2	64.2	36.8	136.9	112.8
3	68.2	40.8	213.4	189.3
4	71.0	43.6	211.2	187.1
5	73.3	46.9	190.4	166.3
6	75.0	48.6	167.9	143.8
7	74.3	47.9	100.1	76.0

表一 編號 1 的煤氣爐燃燒時間與水溫、爐外溫度變化

二、編號 2 的煤氣爐(如圖二)燃燒時間與爐內、外溫度變化關係(如表二)，我們發現此爐前 5 分鐘的溫度變化，以每分鐘 10~15°C 左右為單位持續增加，到了第 6 分鐘溫度便開始下降，但因內桶仍有餘溫，所以溫度稍降。最大水溫變化為第 5 分鐘的 64.8°C，最大爐外溫度變化為第 5 分鐘的 156.8°C。



圖二 編號 2 的煤氣爐外觀

時間	溫度	溫度變化	爐外溫度	爐外溫度變化
0	19.7		21.8	
1	33.2	13.5	85.1	63.3
2	42.0	22.3	114.6	92.8
3	54.0	34.3	120.4	98.6
4	67.1	47.4	146.4	124.6

5	84.5	64.8	178.6	156.8
6	80.0	60.3	163.5	141.7
7	77.9	58.2	167.3	145.5

表二 編號 2 的煤氣爐燃燒時間與水溫、爐外溫度變化

三、編號 3 的煤氣爐(如圖三)燃燒時間與爐內、外溫度變化關係(如表三)，我們發現此爐前 9 分鐘的溫度變化，則以每分鐘 4~5°C 左右為單位持續增加，到了第 10 分鐘溫度便開始下降。最大水溫變化為第 9 分鐘的 54.1°C，最大爐外溫度變化為第 10 分鐘的 100.9°C。



圖三 編號 3 的煤氣爐外觀

時間	溫度	溫度變化	爐外溫度	爐外溫度變化
0	24.0		23.1	
1	35.3	11.3	56.1	33.0
2	40.3	16.3	82.7	59.6
3	46.0	22.0	97.6	74.5
4	49.0	25.0	99.4	76.3
5	54.9	30.9	100.3	77.2
6	58.0	34.0	100.5	77.4
7	63.7	39.7	110.0	86.9

8	76.9	52.9	116.0	92.9
9	78.1	54.1	118.9	95.8
10	76.8	52.8	124.0	100.9

表三 編號 3 的煤氣爐燃燒時間與水溫、爐外溫度變化

四、編號 4 的煤氣爐(如圖四)燃燒時間與爐內、外溫度變化關係(如表四)，我們發現此爐在第 2 至第 5 分鐘的溫度變化，以每分鐘約 10°C 左右為單位持續增加，到了第 5、6 分鐘時，卻維持相同溫度變化(41.6°C)，之後則是以每分鐘 2°C 左右增加，到了第 9 分鐘溫度便開始下降。最大水溫變化為 44.5°C，最大爐外溫度變化為 107.0°C。



圖四 編號 4 的煤氣爐外觀

時間	溫度	溫度變化	爐外溫度	爐外溫度變化
0	25.0		24.3	
1	30.4	5.4	25.5	1.2
2	40.8	15.8	32.3	8.0
3	51.4	26.4	50.0	25.7
4	58.2	33.2	55.6	31.3
5	66.6	41.6	71.9	47.6
6	66.6	41.6	88.1	63.8

7	68.9	43.9	113.4	89.1
8	69.5	44.5	131.3	107.0
9	65.3	40.3	125.9	101.6

表四 編號 4 的煤氣爐燃燒時間與水溫、爐外溫度變化

五、編號 5 的煤氣爐(如圖五)燃燒時間與爐內、外溫度變化關係(如表五)，我們發現此爐溫度變化，在前 2 分鐘是以每分鐘 10°C 左右的幅度增加，之後便以每分鐘 5°C 左右上升至 43°C，在第 6 分鐘便燃燒完畢，溫度開始下降。最大水溫變化為 43.0°C，最大爐外溫度變化為 102.7°C。



圖五 編號 5 的煤氣爐外觀

時間	溫度	溫度變化	爐外溫度	爐外溫度變化
0	25.0		24.5	
1	37.4	12.4	55.2	30.7
2	47.9	22.9	59.9	35.4
3	52.0	27.0	74.2	49.7
4	56.6	31.6	86.5	62.0
5	65.4	40.4	112.8	88.3
6	68.0	43.0	127.2	102.7

表五 編號 5 的煤氣爐燃燒時間與水溫、爐外溫度變化

陸、討論

一、根據實驗結果，我們整理出各個煤氣爐的構造(內外桶孔洞數目)及最大溫差、燃燒時間、最高溫度、爐外最高溫度與爐外最大溫差等數據，如下表六所示。

編號	內桶大小	外桶孔數	內桶側孔數	內桶底孔數	最大溫差	燃燒時間	最高溫度	爐外最高溫度	爐外最大溫差
1	大	8	5	47	48.6	7	75.0	213.4	189.3
2	大	4	5	24	64.8	7	84.5	178.6	156.8
3	小	8	5	15	54.1	10	78.1	124.0	100.9
4	小	8	5	25	44.5	9	69.5	125.9	107.0
5	小	4	5	20	43.0	6	68.0	127.2	102.7

表六 各個煤氣爐的差異及相關數據

二、我們發現，燃燒時間以編號 3 的煤氣爐最長，達到 10 分鐘；編號 4 的煤氣爐次之，燃燒 9 分鐘；編號 1 和 2 的煤氣爐，則是 7 分鐘；編號 5 的煤氣爐，只有 6 分鐘。我們測量的時間是以火點燃開始，到火熄滅為止。燒得最久的是編號 3 的煤氣爐，我們認為是因為它的內桶底部孔數最少，木煤氣不易由底部逸出，因此燃燒得最慢；編號 4 的煤氣爐，雖然內桶底部孔數最多(以小內桶比較)，但是外桶孔數稍多，木煤氣與空氣混合條件不佳，所以次慢；編號 1 和 2 的煤氣爐，內外桶孔數比例相同，故皆為 7 分鐘；燃燒條件最佳的是編號 5 的煤氣爐，僅 6 分鐘就燃燒完畢。(內外桶孔數為 1：5)

三、各個煤氣爐所加熱的燒杯水溫，最高溫度為編號 2 的煤氣爐，達到 84.5℃；依次是編號 3 的煤氣爐，則有 78.1℃；接著是編號 1 的煤氣爐，為 75.0℃；還有編號 4 的煤氣爐，有 69.5℃；最差的是編號 5 的煤氣爐，為 68.0℃。我們發現：編號 2 的煤氣爐上方的水溫最高，表示燃燒效果最佳；編號 5 的煤氣爐，卻因為燃燒時間短，水溫上升效果不明顯。

四、各個煤氣爐所加熱的燒杯水溫變化，最大溫度變化為編號 2 的煤氣爐，達到 64.8℃；依

次是編號 3 的煤氣爐，則有 54.1°C；接著是編號 1 的煤氣爐，為 48.6°C；還有編號 4 的煤氣爐，有 44.5°C；最差的是編號 5 的煤氣爐，為 43.0°C。我們發現，編號 2 的煤氣爐，水的平均升溫幅度最大，達到 9.26°C/min；編號 5 的煤氣爐，水的升溫幅度達到 7.17°C/min 次之；接著是編號 1 的煤氣爐，水的升溫幅度為 6.94°C/min，排名第三；編號 3 的煤氣爐為 5.41°C/min，及編號 4 的煤氣爐為 4.94°C/min，兩者則是因為燃燒時間較長，所以升溫效果不佳。

五、各個煤氣爐的爐外最高溫度，則是以編號 1 的煤氣爐最高，達到 213.4°C；依次是編號 2 的煤氣爐，則有 178.6°C；接著是編號 5 的煤氣爐，為 127.2°C；還有編號 4 的煤氣爐，有 125.9°C；最差的是編號 3 的煤氣爐，為 124.0°C。我們發現，各個煤氣爐爐外達到最高溫度的時間，皆和達到最高水溫的時間相近，顯示在煤氣爐上方及外側，皆因燃料燃燒火焰熄滅前，達到最高溫度。

六、各個煤氣爐的最大爐外溫度變化，則是以編號 1 的煤氣爐最高，達到 189.3°C；依次是編號 2 的煤氣爐，則有 156.8°C；接著是編號 4 的煤氣爐，為 107.0°C；還有編號 5 的煤氣爐，有 102.7°C；最差的是編號 3 的煤氣爐，為 100.9°C。我們發現，各個煤氣爐外桶升溫幅度，以編號 1 的煤氣爐最高，達到 27.04°C/min；編號 2 的煤氣爐，則是 22.40°C/min 居次；接下來是編號 5 的煤氣爐，為 17.12°C/min；而編號 4 和 3 的煤氣爐，則為 11.89°C/min 與 10.09°C/min。顯示編號 1 的煤氣爐，外桶升溫幅度最明顯，編號 3 和 4 的煤氣爐，則是因為燃燒時間較長，外桶升溫幅度未如其它 3 者顯著。

七、我們發現，由於雷雕廢材為三層合板膠合，至少使用兩層黏著劑，因此燃燒時，會在上方燒杯外側，附著黑色顆粒，以至於燒杯外壁焦黑，顯示燃燒不完全的碳顆粒，隨著火焰熱氣上升至溫度較低的燒杯外壁沉積附著所導致(如圖六)。



圖六 有黑色物質附著在燒杯外側

八、我們發現，內桶火焰燃燒時，並非在燒著的廢材上方燃燒，而是在內桶上方五個孔洞處，顯示該處燃燒條件最佳，使得燃燒效果最完全。



圖七 火焰在內桶上方孔洞燃燒

九、當內桶火焰熄滅後，雖然木料餘燼仍有火星，但是燒杯水溫及爐外溫度開始下降，顯示木料餘燼已無法再提供熱量使水溫上升；將煤氣爐靜置，發現在內桶底部餘燼火星會持續一段時間後才完全熄滅。



圖八 完全燃燒後的木料

柒、結論

一、煤氣爐的構造，是由一個大桶內裝一個小桶所組成，當裝於內桶的木材燃燒後，內外桶間的夾層中的空氣被加熱，熱空氣自然地由內桶上方流出，冷空氣又從外桶下方被吸入，形成煙囪效應，此時冷空氣在夾層一直被氣流往上帶，無法進入內桶，因此，內桶的木材處在高溫缺氧的狀態，開始熱解，分解出可燃氣體—木煤氣，這些木煤氣被吸入夾層中與冷空氣結合，再從內桶上方噴出，被高溫點燃，形成木煤氣的燃燒。(如圖九所示)



圖九 在內桶上方孔洞燃燒的木煤氣

- 二、本次實驗使用的燃料，是用雷射雕刻機切割後剩餘的廢料，由一塊薄板上下各貼一片薄片組成，且膠合的黏著劑亦可燃，因此一經點火，極易燃燒，因此燃燒速度很快，讓我們的實驗，皆能控制在 10 分鐘內完成。唯一的缺點是燃燒過程會產生黑煙，其顆粒會附著於燒杯底側，以至於燒杯外側焦黑，所以燃燒時要慎選燃料，避免造成爐具汙染。
- 三、我們發現，編號二的煤氣爐燃燒效果最好，而具有相同規格內桶的編號一，卻因內、外桶孔洞為編號一的兩倍，使得爐外溫度最高，推測可能是在內、外桶間燃燒，導致外桶溫度達到 2 百多度。
- 四、燃燒時，當反應物與助燃物，達到最適當的比例，燃燒的效果會達到最佳狀態；相對的，兩者的比例不對，或者燃燒位置不在內桶上方，都會多少讓影響加熱效果。

捌、參考資料及其他

- 一、Rocket Stove (環保火箭爐) <https://www.youtube.com/watch?v=6dX7pDoa23c>
- 二、(柴燒 DIY)超簡單的行動柴燒爐 DIY：火力旺 + 幾乎無煙 + 燒完留下生物碳(可改良土壤) https://www.youtube.com/watch?v=4h_8T1CD9IU
- 三、【生活裡的科學】20150507 - 火力全開汽化爐 https://www.youtube.com/watch?v=RzBFl-4v_Sg

四、用完的奶粉罐再也不要扔了，變廢為寶做成木柴氣化爐 DIY

<https://www.youtube.com/watch?v=Z9tTL2O8SRA>

五、木汽化爐 <http://iristhomas.pixnet.net/blog/post/31199623-木汽化爐>