

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

082928

「鉛啟永恆」~ 自製環保永恆鉛筆

學校名稱：桃園市蘆竹區大竹國民小學

作者： 小六 郭聿軒 小六 張辰宇 小六 洪丞佑 小六 洪捷揚	指導老師： 許瑞雪 謝志忠
---	-----------------------------

關鍵詞：環保鉛筆、永恆鉛筆、免削永恆鉛筆

「鉛啟永恆」~ 自製環保永恆鉛筆

摘要

在網路、手機興盛的情況下，一般傳統鉛筆被使用的機會逐漸降低，但鉛筆對小學生而言還是最常用的書寫工具。而近來有號稱「環保永恆鉛筆」，強調免削、免買筆芯還可持久書寫，甚至還被當作精品高價販售。讓身為小學生的我們會想要了解這種新產品的書寫效果、售價、使用的評價等。經過深入了解發現市售環保永恆鉛筆筆芯成分標示不清且書寫字跡顏色較淡；加上為了減少書寫時的施力讓書寫更省力，所以一般傳統鉛筆使用者在選購筆芯時日漸傾向選用筆芯較軟但顏色較深的 1B、2B 筆芯。因此我們試著用五金行或市面上就能買到的材料，利用簡易工具與方法自製金屬筆芯，希望能找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。

壹、研究動機

雖然「筆」在網路、手機世代使用的頻率較低，但鉛筆對小學生而言還是最常用的書寫工具。在小學課堂中常用的一般傳統鉛筆(繁削鉛筆)、免削鉛筆或是自動鉛筆，往往因為筆尖容易磨損而需要頻繁削鉛筆或是因徒手更換筆芯而分心，不但會沾到手也耗費時間；甚至上課中經常發現同學邊徒手更換筆芯還得邊處理筆芯卡住的問題，導致學習分心。而且自動鉛筆的售價不低，還需要另外購買更換的筆芯。而一般傳統鉛筆(繁削鉛筆)、免削鉛筆也都需要不斷購買更換。如果有一種不用削、不用更換也不用購買筆芯卻可以持久書寫、不會沾手的鉛筆，甚至只要一枝就夠用不需要一直重複購買或丟棄的鉛筆，那便可真正稱得上「環保永恆鉛筆」了。也希望透過上述實用性強的環保永恆鉛筆，可以強化小學生願意多用或持續用鉛筆手寫作為溝通的工具，提高對中文字形音義的識別能力，有助避免使用手機等工具溝通時會有大量錯別字的情況；同時有益於傳統文化的傳承及凸顯個人涵養。

貳、研究目的

一、了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用後的評價，以及書寫效果分析。

三、嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何；以及應用的書寫原理是什麼。

三、研究如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯。

參、研究設備及器材

一、實驗器材:A4 印表紙、焊錫筆、市售焊錫絲、市售銅線、市售鉛線、市售一般鉛筆(HB)、市售一般鉛筆(1B)、市售一般鉛筆(2B)、市售環保永恆鉛筆(非 2B)、市售環保永恆鉛筆(標明 2B)、自製 4 種複合焊錫絲筆芯、鉍(高純度金屬塊)、自製 4 種複合金筆芯、手機、Microsoft office365 EXCEL 軟體、Adobe color 顏色分析網頁。

二、材料及成分說明:

名稱	成分、來源或操作說明
1.福星牌焊錫筆	焊錫筆(「60w 280°C 110v」 適用烙鐵、各種電子材料焊接)
2.市售無鉛焊錫絲 (3 種)(黃瓶、綠瓶、藍瓶)	錫 (60%)及其他金屬成分 40%
3.市售銅線	銅
4.市售鉛線	鉛
5.市售一般鉛筆(HB)	石墨、黏土(但黏土含量較 1B、2B 高)
6.市售一般鉛筆(1B)	石墨、黏土(但黏土含量較 2B 高)
7.市售一般鉛筆(2B)	石墨、黏土(但黏土含量較 HB、1B 低)
8.市售環保永恆鉛筆 (非 2B)	自行購入測試用之環保永恆鉛筆(非 2B)包裝盒上無筆 芯成分說明
9.市售環保永恆鉛筆 (標明 2B)	自行購入測試用之克萊斯特永恆筆包裝盒上無筆芯成 分說明
10.自製 4 種複合焊錫絲筆芯	以市售 3 種無鉛焊錫絲均勻混絞後再以焊錫筆熔化製 成
11.鉍(高純度金屬塊)	化學符號為 Bi、原子序數為 83、硬度 2、熔點 271.4°C
12.自製 4 種複合金金屬筆芯	鉍金屬及市售 3 種無鉛焊錫絲以焊錫筆熔化均勻混合 製成。
13.Adobe color 顏色分析網頁	網站軟體

肆、研究過程或方法

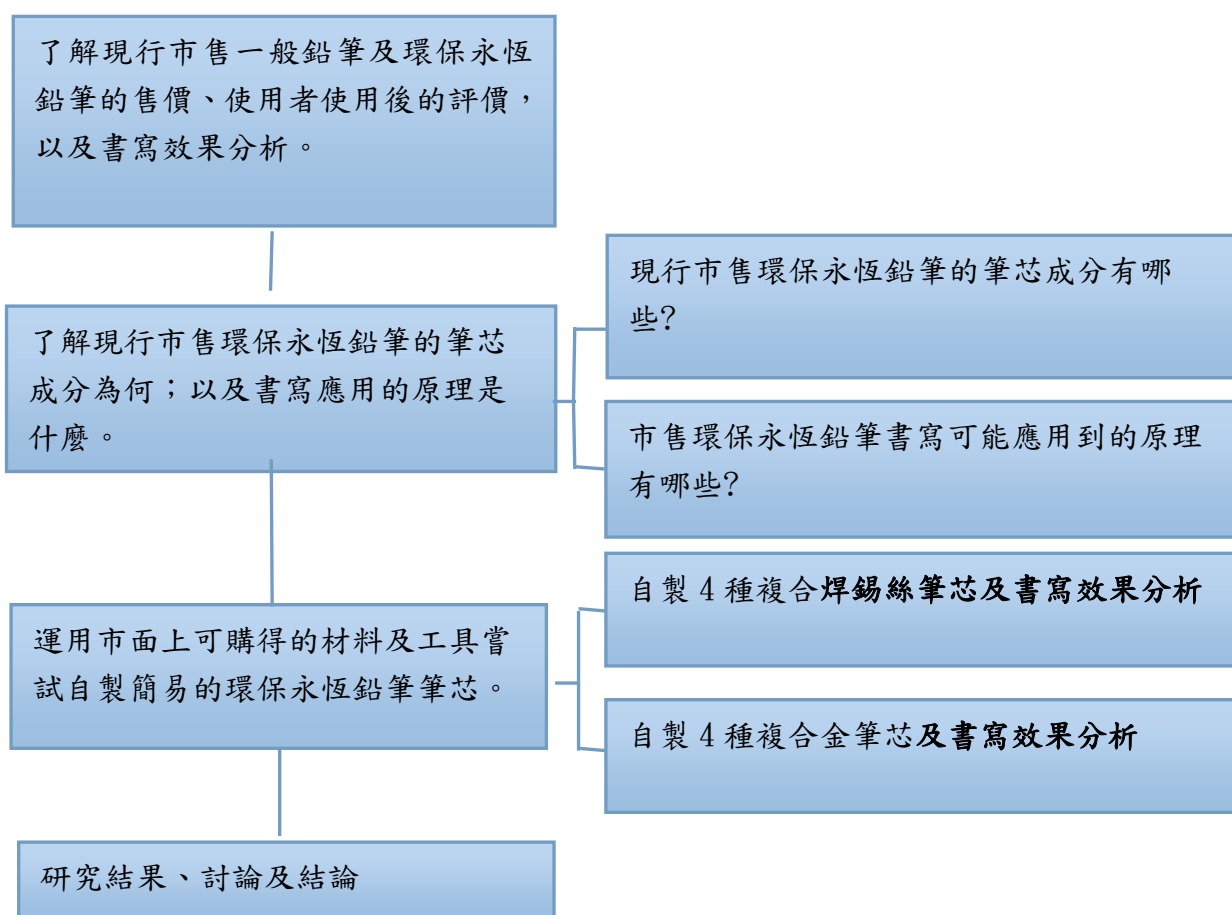
一、了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用後的評價，以及書寫效果分析。

二、其次嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何；以及書寫應用的原理是什麼。

三、最後是研究如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯。

四、研究流程如下(圖一):

圖一: 研究流程圖



(一)研究一：了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用後的評價，以及書寫效果分析。

1.了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價:

(1)針對傳統文具行或連鎖書局如金玉堂、日星、九大文具、九乘九、光南、101

文具天堂等採用電話或現場詢問；另外針對淘寶、蝦皮、PChome、亞馬遜等大

型購物網站搭配利用搜尋關鍵字: 環保鉛筆/永恆筆/免削永恆鉛筆/黑科技永恆筆/創意永恆金屬鉛筆/ HB 2B，網路搜尋現有市售環保永恆 HB、2B 鉛筆之購買資訊、售價，準備陸續購入使用及測試。經了解查詢後現有市售環保永恆 HB、2B 鉛筆之購買資訊、售價如表一:現有市售環保永恆 HB、2B 鉛筆之購買資訊、售價一覽表所示。

表一:現有市售環保永恆 HB、2B 鉛筆之購買資訊、售價一覽表

	販售的通路 名稱或店家 名稱	商品完整名稱	HB /1 支 (新台幣:元)	1B /1 支 (新台幣:元)	2 B /1 支 (新台幣:元)
(一) 傳統文具行 或連鎖書局 等 實體通路	1.金玉堂	NAPKIN FOREVER	1400 至 4500	無販售	無販售
	2.文聖	永恆鉛筆	39	無販售	無販售
	3.玖拾文具 所	Sun-Star metacil	400	無販售	無販售
	4.九乘九	Sun-Star metacil 金屬免削可擦 永恆鉛筆	300	無販售	無販售
	5.來電書局	Sun-Star metacil 金屬免削可擦 永恆鉛筆	445	無販售	無販售
(二)----- 淘寶、蝦皮、 PChome、亞 馬遜等大型 購物 網站	1.蝦皮： 小哥購物	黑科技永恆筆	15	無販售	無販售
	2.蝦皮： 小超人居家	2B 永恆筆	無販售	無販售	108
	3.蝦皮： 克萊斯特工 筆	克萊斯特永恆 筆	無販售	無販售	179

	作室				
	4.淘寶： 尚品彙創意 館	德國 Modern 創意永恆筆	66 元	無販售	無販售
	5.淘寶： 泰迪能德國 購	德國凌美 LAMY 永恆世 紀筆	1448	無販售	無販售
	6.PChome	黑科技免削鉛 筆	28	無販售	無販售
	7.亞馬遜	無墨魔法鉛筆	22.5	無販售	無販售

2.調查市售環保永恆鉛筆使用者使用後的評價:

經作者從對傳統文具行或連鎖書局、及從蝦皮、亞馬遜等大型購物網站實際購入使用及測試。並採用表二「OO國小環保永恆鉛筆消費者滿意調查表」詢問本校有使用市售環保永恆鉛筆的6年級國小學生的使用體驗而得。

表二：OO國小環保永恆鉛筆消費者滿意調查表

■■■國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表

(一)性別: 1. 男 2. 女

(二)目前就讀: ■■■國小

6年1班 6年2班 6年3班 6年4班

6年5班 6年6班 6年7班

(三)環保永恆鉛筆使用評價:

在使用環保永恆鉛筆寫字時，你覺得:

01 字跡顏色比一般鉛筆顏色淡一些

02 字跡顏色比一般鉛筆顏色深(濃)一些

03 在寫字的時候不會沾手

04 在寫字的時候會沾手

05 不用削鉛筆，很方便。

06 常常需要削鉛筆或是更換筆芯、比較麻煩

07 用橡皮擦可以擦掉字跡

08 用橡皮擦無法擦掉字跡

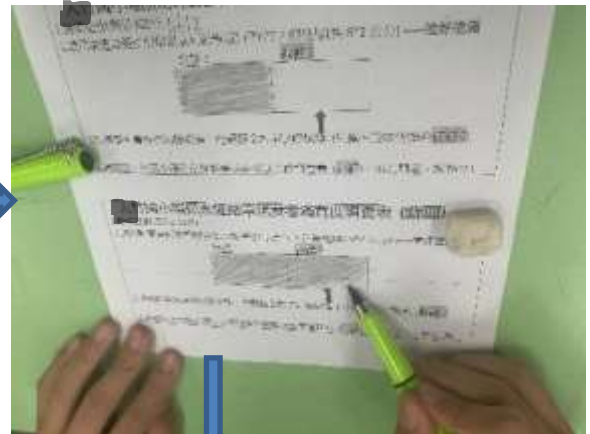
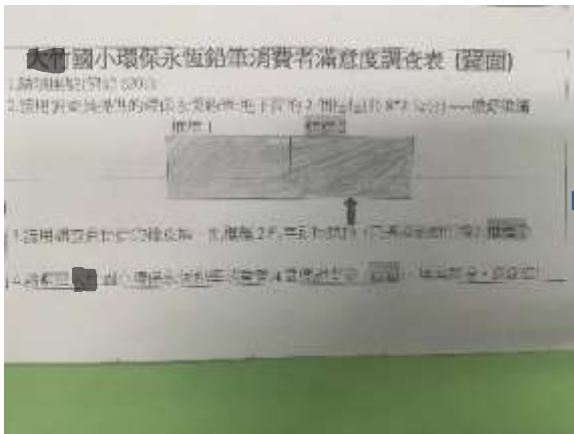
問卷結束，非常謝謝你的幫忙!

■ ■ 國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表 (背面)

- 1.請填座號(例如 6201):
- 2.請用調查員提供的環保永恆鉛筆:把下面的 2 個框框(共 8*2 公分) ~~~塗好塗滿



- 3.請用調查員提供的橡皮擦，把框框 2 的字跡擦拭掉 (只擦掉箭頭所指的框框 2)
- 4.請翻回■ ■ 國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表 (正面)，填寫問卷。謝謝您!



3.了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果:

- (1)為了模擬一般使用者在使用鉛筆手寫(書寫)的運筆習慣(一筆一畫並不會來回重複劃)，通常只有在使用鉛筆進行畫畫等用途時，較常採用來回重複刻劃。所以僅針對一般手寫(書寫)的部分初步先以肉眼觀察顏色濃淡。但為了避免肉眼觀察所產生的顏色差異(避免色差)，所以將一般手寫(書寫)實驗照片另外使用 Adobe color 顏色


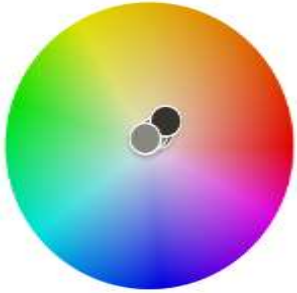
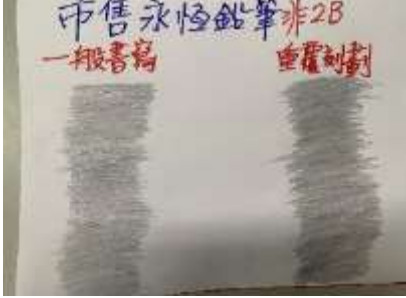
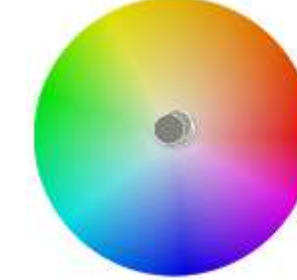

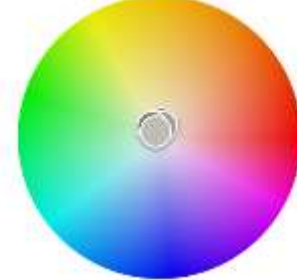
分析網頁所提供 Adobe Color 色輪分析工具，以利較為客觀來解讀各種鉛筆書寫時的效果及數據分析。數據分析流程如圖二；初步分析結果如表三。

圖二:現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果分析流程圖



表三: 現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果分析表

鉛筆筆芯來源	一般手寫(書寫)及重複刻劃使用 實驗照片	一般手寫(書寫)實驗照片 的 Adobe Color 色輪分析圖	一般手寫(書寫) 實驗照片的 Adobe Color 色輪 分析結果彙整		
			紅:	綠:	藍:
市售一般鉛筆 HB			174	173	163
市售一般鉛筆 1B			105	103	95

市售一般鉛筆 2B			紅: 133	綠: 131	藍: 124
市售環保永恆 筆 非 2B			紅: 156	綠: 153	藍: 145
市售環保永恆 筆 標明 2B			紅: 156	綠: 154	藍: 144

(二)研究二:嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何；以及書寫應用的原理。

1.購了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分:

由我們從對傳統文具行或連鎖書局實際購入包裝盒上的說明可以得知筆芯成分。另外針對網路搜尋關鍵字: 環保永恆筆材質、永恆筆成分、永恆筆筆芯成分而得。現將以上資訊彙整在現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分表一覽中(如表四)。

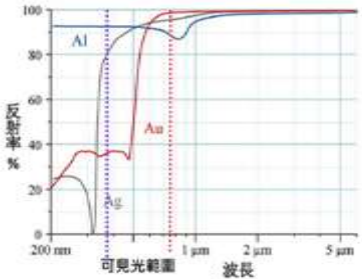
表四: 現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分一覽表

商品完整名稱	鉛筆的筆芯成分	資料來源
1. Sun-Star metacil 金屬 免削可擦永恆鉛筆	鋁、合金、銅	包裝盒上的筆芯成分說明
2. Damastylus	鉛、錫、鈹、鈦	2015 年 Damastylus 集資案在 Damastylus: Damascus steel & Titanium stylus + inkless pen 文案
3. ForeverPen™ 集資頁 面	純銀複合材質	該品牌網頁說明
4. 克萊斯特永恆筆 2B	商品未標示	自行購入測試, 但包裝盒上無筆芯成 分說明。
5. 創意無需墨水環保 永恆筆	合金	該品牌網頁說明
6. 老 4 不死筆金屬筆	鋁合金	該品牌網頁說明
7. 永恆筆	合金鉛芯	該品牌網頁說明
8. 黑科技永恆免削鉛筆	鎢合金	該品牌網頁說明
9. 綠檀永恆筆	鋁	該品牌網頁說明
10. Napkin Forever 永恆筆	銀尖筆頭	該品牌網頁說明

2. 嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆書寫應用的原理:

主要針對網路搜尋關鍵字: 環保永恆筆原理、免削金屬筆原理而得。現將以上資訊彙整在表五: 現行市售環保永恆鉛筆的書寫原理一覽表中。

表五: 現行市售環保永恆鉛筆的書寫原理一覽表

鉛筆的書寫原理	商品完整名稱	資料來源
<p>1.筆芯在書寫時與紙張或其他表面之間摩擦後，在書寫表面所留下的痕跡氧化後就是書寫字跡的顏色。而且痕跡筆跡能夠長時間留於紙張表面。使用橡皮擦便可擦除筆跡。</p>	<p>Transcy 永恆筆</p>	<p>來自商品販售網路通路說明</p>
<p>2.金屬筆芯使用混入石墨的特殊合金製成，透過摩擦讓石墨與合金的粒子附著在紙上。用市售的橡皮擦就能正常擦去筆跡。</p>	<p>日本文具公司 Sun-Star metacil 金屬免削可擦 永恆鉛筆</p>	<p>來自商品販售網路通路說明</p>
<p>3.認為黑色畫痕的機制，是因為被刮除下來的細微金屬粉的表面是凹凸不平，入射的光線會在其表面發生多次的漫反射。基於金屬的反射率並非 100%，每反射一次，光量就會衰減一些，反覆反射就導致進入眼中的光量減少甚多，從而形成暗黑色澤。</p> 	<p>Napkin Forever</p>	<p>作者鄭永銘對 Napkin Forever 永恆筆筆芯成分的相關研究。</p>

(三)研究三:如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯

- 1.身為小學生的我們在蒐集市面上所販售永恆鉛筆的書寫效果、售價、使用的評價時，發現普遍存在筆芯成分標示不清或未標示；因為要增加筆芯的耐磨擦程度使

筆芯能持久書寫而不易磨損，因此筆芯材質多採用複合金屬材料；而一旦商品標明筆芯成分，商品便容易被模仿而影響到商品的價值。

2. 另外由本文前述研究中可知環保永恆鉛筆的使用者也反應使用時書寫字跡顏色較淡。
3. 加上為了減少書寫時的施力讓書寫更省力，所以小學生在選購一般傳統鉛筆筆芯時日漸傾向選用筆芯較軟但顏色較深 1B、2B 筆芯。
4. 在 2015 年 Damastylus 集資案宣稱其筆尖成分含有鉛、錫、鈹和鋼。且顯示筆尖藉由將數種金屬粉末燒結達到適當的硬度來製作合金筆芯。
5. 綜合上述原因，我們決定試著由五金行或市面上就能買到的 3 種焊錫絲材料、銅線、鉛線和鈹塊入手，嘗試利用焊錫筆這樣的簡易工具，採用單一使用測試，或是同時混合 2~3 種無鉛焊錫絲加以均勻混絞後，再用焊錫筆熔化的方法自製複合金屬筆芯，希望能找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。
◦ 自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯流程如圖三；初步分析結果如表六。

圖三： 自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯流程图



- 1.購入市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別在A4印表紙表面模擬一般手寫(書寫)狀況。



- 2.購入市售銅線(以市售漆包線磨掉漆)、鉛線、鈇(高純度金屬塊)分別在A4印表紙表面模擬一般手寫(書寫)狀況。



- 3.將步驟1市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別兩兩混合及3種同時混合。



- 4.將步驟3市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別兩兩或3種同時**均勻混絞**。



- 5. 將步驟4均勻混絞後的焊錫絲由通電加熱後的鐸錫筆加以熔化，即可得到自製4種複合金鉛筆筆芯。



- 6. 將步驟2鈇(高純度金屬塊)先由通電加熱後的鐸錫筆加以熔化後呈現直條狀鈇絲線，加上市售3種無鉛焊絲均勻混絞後，再次以由通電加熱後的鐸錫筆加以熔化，即可得到自製4種複合金鉛筆筆芯。

圖四： 自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯圖













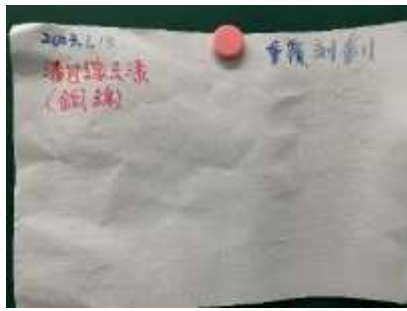





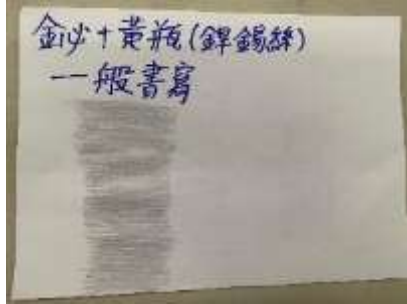

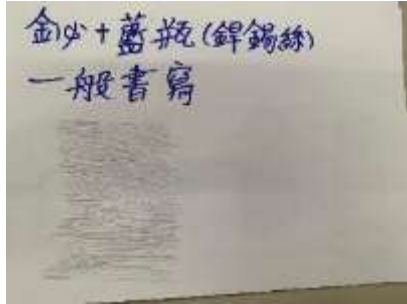

圖五：自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯書寫效果分析流程圖

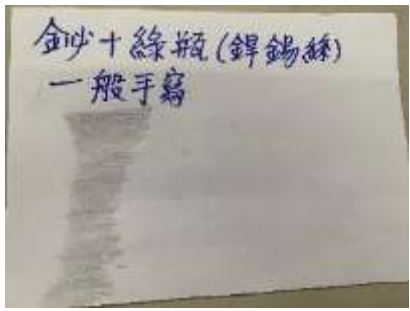
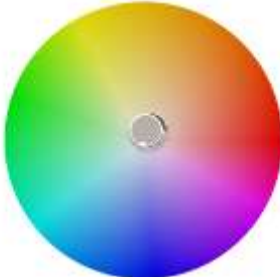
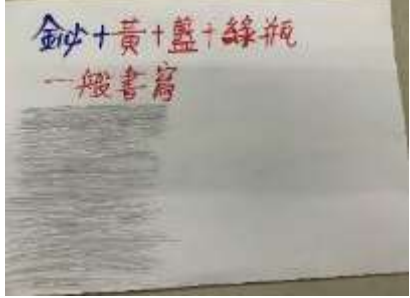



表六：自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯書寫效果分析表

材 質	一般手寫(書寫)及重複刻劃使用實驗照片	一般手寫(書寫)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析圖	一般手寫(書寫)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析結果彙整		
			紅:	綠:	藍:
焊錫絲 黃瓶			紅: 159	綠: 157	藍: 153
焊錫絲 綠瓶			紅: 152	綠: 123	藍: 142

<p>焊錫絲 藍瓶</p>			<p>紅: 196</p>	<p>綠: 192</p>	<p>藍: 163</p>
<p>焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合</p>			<p>紅: 147</p>	<p>綠: 145</p>	<p>藍: 135</p>
<p>焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合</p>			<p>紅: 152</p>	<p>綠: 152</p>	<p>藍: 146</p>
<p>焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合</p>			<p>紅: 102</p>	<p>綠: 102</p>	<p>藍: 119</p>
<p>焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合</p>			<p>紅: 125</p>	<p>綠: 125</p>	<p>藍: 117</p>

<p>市售 銅線 (以市售漆包線 磨掉漆)</p>			<p>紅: 176</p>	<p>綠: 173</p>	<p>藍: 166</p>
<p>市售 鉛線</p>			<p>紅: 134</p>	<p>綠: 160</p>	<p>藍: 151</p>
<p>鈹</p>			<p>紅: 160</p>	<p>綠: 161</p>	<p>藍: 153</p>
<p>鈹+黃瓶</p>			<p>紅: 161</p>	<p>綠: 157</p>	<p>藍: 149</p>
<p>鈹+藍瓶</p>			<p>紅: 159</p>	<p>綠: 135</p>	<p>藍: 146</p>

鈹+綠瓶			紅: 163	綠: 159	藍: 150
鈹+黃+藍+綠瓶			紅: 160	綠: 159	藍: 151

伍、研究結果

一、研究一：了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用的評價，以及書寫效果分析。

1.購入市售環保永恆鉛筆時由表一:現有市售環保永恆 HB、2B 鉛筆之購買資訊、售價一覽表，我們發現市售環保永恆鉛筆號稱筆芯顏色為 2B 的商品非常少。

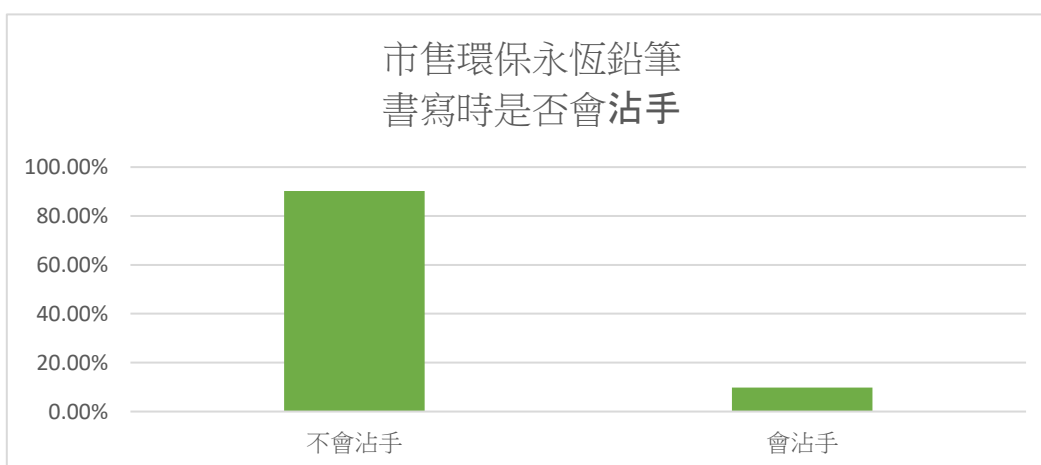
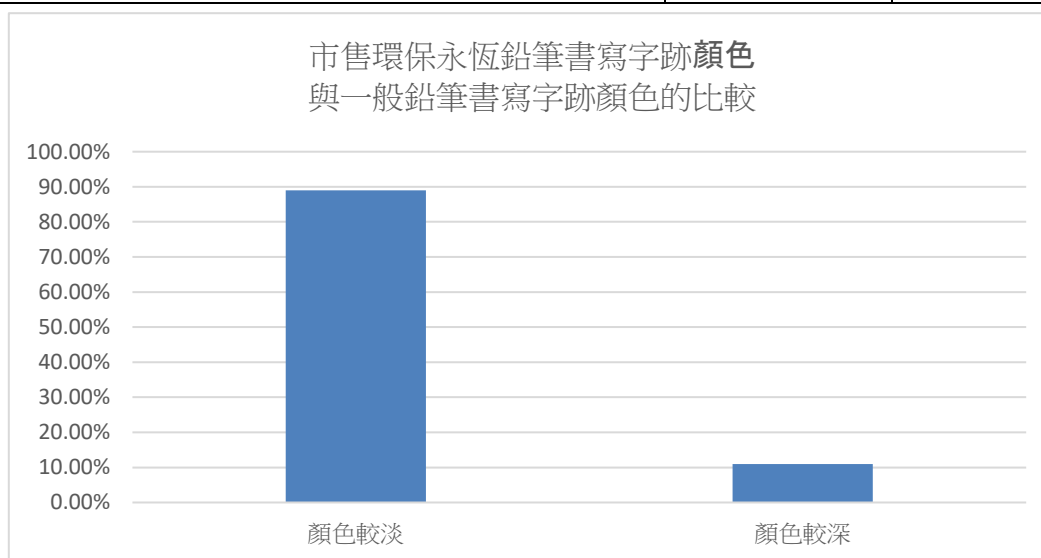
2.調查市售環保永恆鉛筆使用者使用後的評價: 以本校有使用市售環保永恆鉛筆的 6 年級國小學生的使用評價如表七: 環保永恆鉛筆使用評價結果分析彙整表所示

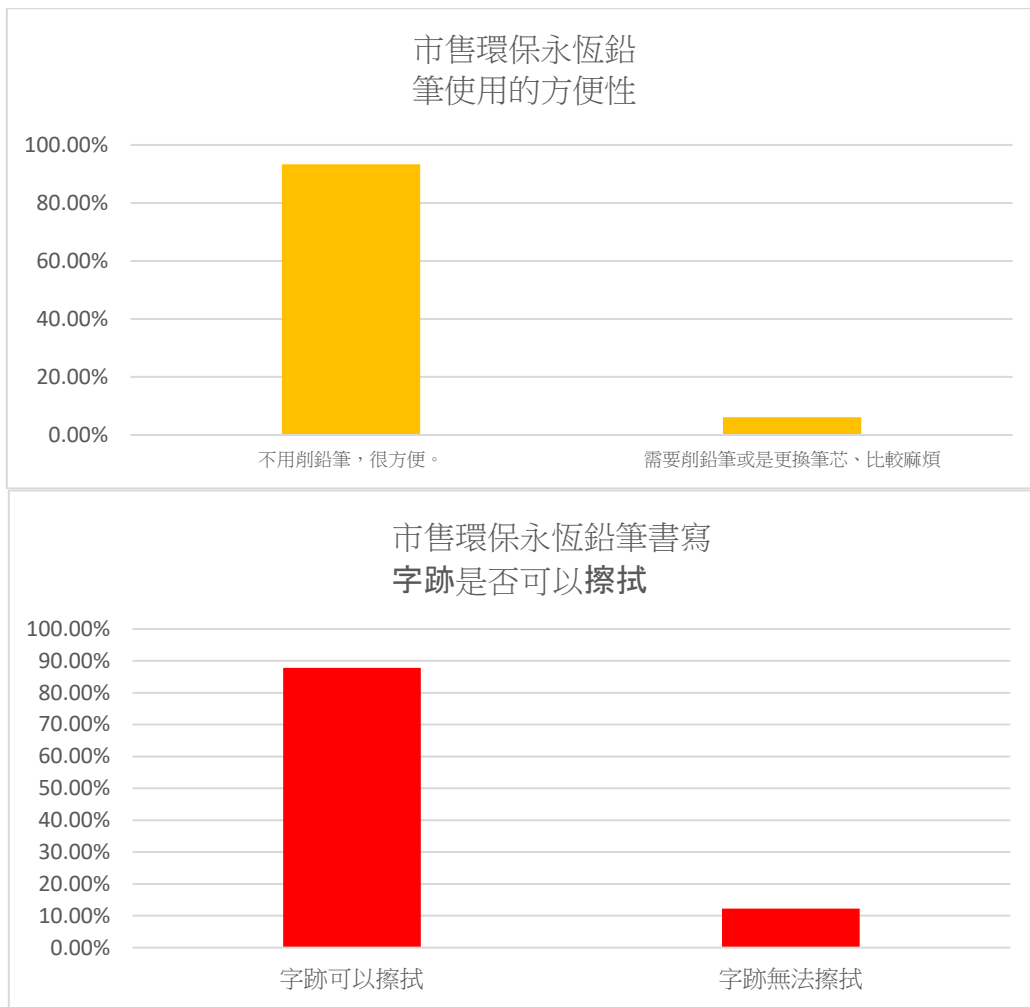
。我們發現本校有使用市售環保永恆鉛筆的 6 年級國小學生大多數勾選

- (1) 在寫字的時候不會沾手。
- (2) 不用削鉛筆，很方便。
- (3) 用橡皮擦即可擦掉字跡等較使用一般鉛筆書寫為優的選項。
- (4) 字跡顏色比使用一般鉛筆書寫顏色淡一些的選項。

表七:環保永恆鉛筆使用評價結果分析彙整表

環保永恆鉛筆使用評價結果分析彙整表		
選項編號、內容	選填人數	人數佔比 (單位:%)
01 字跡顏色比一般鉛筆顏色淡一些	73	89.02
02 字跡顏色比一般鉛筆顏色深(濃)一些	9	10.98
03 在寫字的時候不會沾手	74	90.24
04 在寫字的時候會沾手	8	9.76
05 不用削鉛筆，很方便。	77	93.90
06 常常需要削鉛筆或是更換筆芯、比較麻煩。	5	6.10
07 用橡皮擦可以擦掉字跡。。	72	87.80
08 用橡皮擦無法擦掉字跡	10	12.20





3.了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果:

將一般手寫(書寫)實驗照片使用 Adobe color 色輪分析來解讀現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果及數據分析。我們發現:

- (1)使用 Adobe color 色輪分析工具所產生的 R 紅色 G 綠色 B 藍色數據都不同。但僅用肉眼觀察會覺得字跡深淺都差不多，但是實際測試數據卻有落差。說明使用 Adobe color 色輪分析工具軟體確實可以協助我們了解肉眼觀察所無法發現的差異。
- (2)市售永恆筆標明 2B(即為自行購入測試用之克萊斯特永恆筆 2B)與市售永恆筆非 2B 的 R 紅色 G 綠色 B 藍色的數據相當接近，也證實市售環保永恆鉛筆商品成分標示不清楚(或標示錯誤)的情形確實存在。但也可能是代表市面並無真正 2B 環保永恆鉛筆的商品。這讓我們更加想要透過自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯，找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。

二、研究二：嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何、以及書寫應用的原理。

(一)了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分:我們發現:

- 1.市售環保永恆鉛筆的筆芯成分，出現未標示或者將筆芯成分標示得過於簡化，這些都不利於購買者做出選擇；也不利我們尋找適合用來自製環保永恆鉛筆的相關成分。
- 2.市售環保永恆鉛筆的筆芯成分各個品牌都有差異，但大多是以金屬或合金為主，而且應用到的金屬種類不少。所以我們在自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯時，就把由五金行或市面上所能買到的金屬(含 3 種焊錫絲材料、銅線、鉛線和鈹)全部購入作為自製的材料。

(二)嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的書寫應用的原理:我們目前查詢到現行市售環保永恆鉛筆鉛筆的書寫原理有下列 3 種可能。

- 1.筆芯先與書寫表面摩擦，在書寫表面所留下的痕跡氧化後就是書寫字跡的顏色。例如前述表四中所列 Transcy 永恆筆。
- 2.筆芯與書寫表面摩擦，透過摩擦讓石墨與合金的粒子附著在紙上就是書寫字跡的顏色。例如前述表四中所列日本文具公司 Sun-Star metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆。
- 3.筆芯與書寫表面摩擦，被刮除下來的細微金屬粉的表面是凹凸不平，入射的光線會在細微金屬粉的表面表面發生多次的漫反射。由於金屬的反射率並非 100%，每反射一次，光量就會衰減一些，反覆反射就導致進入眼中的光量減少甚多，從而形成暗黑色澤的黑色畫痕就是書寫字跡的顏色。例如前述表四中所列對 Napkin Forever 永恆筆筆芯成分的相關研究。
- 4.而不論上述書寫原理 1.2.3.都是筆芯必須先與書寫表面摩擦，因此用市售的橡皮擦也能擦除筆跡(不論是否能快速擦除或徹底擦除)。

三、研究三：如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯:

(一)我們先將表三(現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果分析表)和表六(自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯書寫效果分析表)中，一般手寫(書寫)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析結果彙整成表八：市售鉛筆與自製金屬筆芯 Adobe Color 色輪分析

數值一覽表，彙整結果如下。

表八:市售鉛筆與自製金屬筆芯 Adobe Color 色輪分析數值一覽表

測試筆芯來源	Adobe Color 色輪分析數值		
	R(紅)(X 軸)	G(綠)(Y 軸)	B(藍)(Z 軸)
1.市售一般鉛筆 HB	174	173	163
2.市售一般鉛筆 1B	105	103	95
3.市售一般鉛筆 2B	133	131	124
4.市售環保永恆鉛筆 非 2B	156	153	145
5.市售環保永恆鉛筆 標明 2B	156	154	144
6.焊錫絲 黃瓶	159	157	153
7.焊錫絲 綠瓶	152	123	142
8.焊錫絲 藍瓶	196	192	163
9.焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合	147	145	135
10.焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合	152	152	146
11.焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合	102	102	119
12.焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合	125	125	117
13.市售銅線(以市售漆包線磨掉漆)	176	173	166
14.市售鉛線	134	160	151
15.鈹 金屬塊	160	161	153
16.鈹+黃瓶焊錫絲	161	157	149
17.鈹+藍瓶焊錫絲	159	135	146
18.鈹+綠瓶焊錫絲	163	159	150
19.鈹+黃+藍+綠瓶焊錫絲	160	159	151

(二)從上述表八(市售鉛筆與自製金屬筆芯 Adobe Color 色輪分析數值一覽表)，可知市售永恆鉛筆(非 2B)和市售永恆筆(標明 2B)的測試數據相當接近。表示這兩種環保永恆筆書寫的字跡顏色並無明顯差異。

(三)為了能較精確從表八所列的 19 種測試筆芯來源中，找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。並參考一般傳統鉛筆筆芯使用者有日漸趨向選擇 2B 筆芯的狀況。因此決定以表八中市售一般鉛筆 2B Adobe Color 色輪分析中的 R 值(紅)、G 值(綠)、B 值(藍)，分別代表三維垂直座標在 X 軸、Y 軸、Z 軸的相對位置(x; y; z)。也就是將任 1 種測試筆芯的(R 值；G 值；B 值)視作三維垂直座標中的點(x; y; z)。

(四)再利用以下三維垂直座標中任二點 (x₁; y₁; z₁) 與 (x₂; y₂; z₂)之間的距離數學公式:

$$\text{二點 } (x_1, y_1, z_1) \text{ 與 } (x_2, y_2, z_2) \text{ 之間的距離}$$
$$d \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

作為衡量市售一般 2B 鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異的依據。

(五)也就是說下列不同測試筆芯來源和市售一般 2B 鉛筆書寫效果的差異，可以用下列公式計算出來數值的大小來表示。而且不同測試筆芯來源和市售一般 2B 鉛筆書寫效果差異值越小，代表該種筆芯在實際書寫在 A4 印表紙表面上的書寫效果與市售一般 2B 鉛筆越接近。

實際計算公式如下:

不同測試筆芯來源與市售一般 2B 鉛筆書寫效果差異值

=所測試筆芯來源 Adobe Color 色輪分析數值的 R 值(紅)、G 值(綠)、B 值(藍)數值與市售一般 2B 鉛筆 Adobe Color 色輪分析數值的 R 值(紅)、G 值(綠)、B 值(藍)數值的**差值平方總和再開平方根**。

利用 Microsoft office365 EXCEL 軟體指令: 例如

=SQRT((133-B3)^2+(131-C3)^2+(124-D3)^2)

即可計算。

(六)實際計算結果如表九:不同測試筆芯來源與市售一般 2B 鉛筆書寫效果差異分析表所示。

表九：不同測試筆芯來源與市售一般 2B 鉛筆書寫效果差異分析表

測試筆芯來源	市售一般 2B 鉛筆與不同 測試筆芯來源書寫效果差 異值	書寫效果差異值 由小到大排序
1.市售一般鉛筆 HB	70.46985171	16
2.市售一般鉛筆 1B	49.08156477	14
3.市售一般鉛筆 2B	0	為測試的基準
4.市售環保永恆鉛筆 非 2B	38.13135193	6
5.市售環保永恆鉛筆 標明 2B	38.18376618	7
6.焊錫絲 黃瓶	46.8294779	11
7.焊錫絲 綠瓶	27.36786437	3
8.焊錫絲 藍瓶	95.9739548	18
9.焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合	22.64950331	2
10.焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合	35.86084215	5
11.焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合	42.74342055	9
12.焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合	12.20655562	1
13.市售銅線 (以市售漆包線磨掉漆)	73.32803011	17
14.市售鉛線	39.63584237	8
15.鈹 金屬塊	49.69909456	15
16.鈹+黃瓶	45.66180023	10
17.鈹+藍瓶	34.2928564	4
18.鈹+綠瓶	48.57983121	13
19.鈹+黃+藍+綠瓶	47.34976241	12

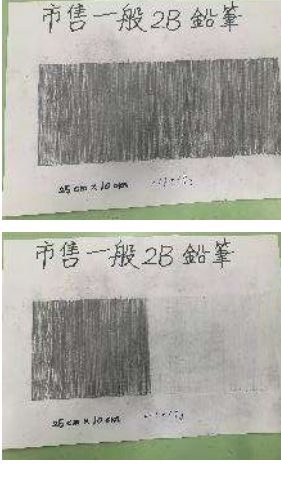
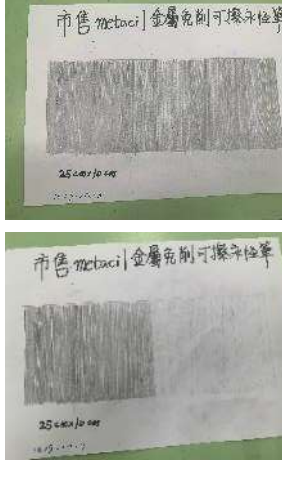
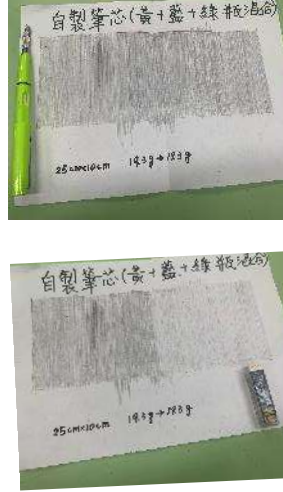
(七)由表九中書寫效果差異值由小到大排序，可知實際書寫效果最接近市售一般 2B 鉛筆書寫效果的是第 12 種以無鉛焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯；

而且最接近市售一般 2 B 鉛筆書寫效果的 5 種筆芯都是我們自製的金屬筆芯。
同時這 5 種自製金屬筆芯實際書寫效果都優於市售環保永恆鉛筆(非 2B)或市售環保永恆鉛筆(標明 2B)。

(八) 為進一步確認我們將焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯與市售一般 2B 鉛筆、以精品販售的市售環保永恆鉛筆(metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆)的書寫、擦拭效果、書寫磨損做一分析比較，如表十:自製金屬筆芯(焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合)書寫書寫、擦拭效果、書寫磨損分析比較表所示。

表十:自製金屬筆芯(焊錫絲 黃+綠+藍瓶三瓶混合)書寫、擦拭效果、書寫磨損分析比較表

測試筆芯來源 測試項目	1.市售一般 2B 鉛筆	2.市售環保永恆鉛筆(metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆 日本 SUN-STAR 公司) 零售價:270 至 445 元	3.焊錫絲 黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯
(1) A4 印表紙手寫(刻劃)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析結果	紅:133.2 綠:132.8 藍:130.0	紅:153.0 綠:151.0 藍:149.2	紅:148.25 綠:148.0 藍:147.0 (和 1.市售一般 2B 鉛筆書寫效果較接近)
A4 印表紙手寫(刻劃)後，以相同橡皮擦擦拭後實驗照片的 Adobe Color 色輪分析結果	紅:179 綠:178 藍:176	紅:167.2 綠:167.2 藍:166.4 (和 1.市售一般 2B 鉛筆擦拭效果較接近)	紅:199.0 綠:160.8 藍:195.6

<p>(3) 以相同操作者在 A4 印表紙刻劃 25 x 10 公分面積後筆芯磨損(減少)的重量</p>	<p>0.3 公克</p>	<p>0.1 公克</p>	<p>0.0 公克 (書寫磨損最小、較市售一般 2B 鉛筆、市售環保永恆鉛筆 metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆 為優)</p>
<p>(4) 刻劃實驗照片</p>			

陸、討論

- 一、以我們的研究主題「鉛啟永恆」~ 自製環保永恆鉛筆而言，不論研究目的是要了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果或是想了解現行市售環保永恆鉛筆書寫應用的原理是什麼，都須要對摩氏硬度表以及礦物間的相對刻劃的概念有清楚的認知。這部分剛好藉由 6 年級上學期自然課本中「岩石與礦物」單元所學習的內容加以實際應用在本次研究主題實際的測試實驗設計中。
- 二、在研究一 3. 了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果，一開始用肉眼觀察卻發現 5 種市售鉛筆字跡深淺都差不多；所以我們決定嘗試使用 Adobe color 顏色分析網頁的色輪分析工具來解讀市售 5 種市售鉛筆書寫時的效果及數據。根據研究一 3. 的研究結果可知使用 Adobe color 顏色分析工具軟體確實可以獲取我們肉眼觀察所無法發現的差異，讓市售 5 種市售鉛筆書寫效果的數據成為可以作為後續分析的客觀數據。

- 三、同時根據研究一 1.的研究結果，我們發現市售號稱筆芯顏色為 2B 的商品非常少。另外根據研究一之 1.和 3.研究結果可知:市售環保永恆鉛筆商品成分標示不清楚或是標示錯誤甚至可能是代表市面並無真正 2B 環保永恆鉛筆的商品。這不但造成我們想要購入測試用的市售 2B 環保永恆鉛筆時遭遇困難，也讓我們決定透過自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯，找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。
- 四、由研究二之 1.的研究結果，可知市售環保永恆鉛筆的筆芯成分，出現未標示或者將筆芯成分標示得過於簡化，這些都不利於我們尋找適合用來自製環保永恆鉛筆的相關成分。而且市售各個品牌的環保永恆鉛筆筆芯成分都有差異，不過大多以金屬或合金為主。加上 2015 年 Damastylus 在集資文案中宣稱其永恆筆尖成分含有鉛、錫、鈹和銻。而且我們發現在五金行就可以買到 3 種焊錫絲、漆包線以砂紙磨掉外層的漆作為銅線材料來源、鉛線；而鈹和銻則嘗試在網路尋找是否有販售。結果發現市面上難以買到，僅有鈹可透過蝦皮購物網站由境外購入但到貨時間相當長。
- 五、同理在 2015 年 Damastylus 在集資文案中也有提到永恆筆尖是藉由將數種金屬粉末燒結來製作合金筆芯。而將數種金屬粉末燒結需要相當專業的設備以及操作，所以我們改為採用在五金行就可以買到的焊錫筆(操作範圍:60w 280°C 110v)，在學校自然實驗室便可操作。並且採用單一材料單獨使用測試，或是同時混合 2~4 種材料加以均勻混絞後，再用焊錫筆熔化的方法自製複合金屬筆芯。即使是鈹(高純度金屬塊)它的熔點 271.4 °C，也剛好在焊錫筆可操作範圍內。
- 六、在研究三的研究結果中，需找出表八所列的 19 種測試筆芯來源中，哪一種筆芯來源實際書寫效果最接近市售一般 2B 鉛筆書寫效果。但由於 Adobe color 色輪分析數據包含 R 值、G 值、B 值 3 個變項，如何找出足以代表市售一般 2B 鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異值的呈現方式，成了本次研究主題最需克服的難題。最後採用市售一般 2B 鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異值=所測試筆芯來源 Adobe Color 色輪分析數值的 R 值、G 值、B 值與市售一般 2B 鉛筆 Adobe Color 色輪分析數值的 R 值、G 值、B 值的差值平方總和再開平方根 來計算測試數據，同

時對最終計算出來的差異值結果給予排序。

七、

(一)我們目前查詢到現行市售環保永恆鉛筆鉛筆的書寫原理有下列 3 種可能。根據目前所查詢到的資訊，我們初步認為原理 2 可能性較大。原理 2 認為筆芯與書寫表面摩擦，透過摩擦讓複合金屬材料筆尖有極少量的粒子附著在紙上或其他書寫表面上，這就成為書寫時字跡的顏色。此一說法有伍、研究結果/三、研究三/(八)的表十(自製金屬筆芯(焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合)書寫、擦拭效果、書寫磨損分析比較表)研究結果可互為驗證。也就是市售環保永恆鉛筆仍會有磨損，只是相對於一般傳統鉛筆更加耐磨損而已。但這仍然需要日後後續的研究做進一步的了解與確認。

(二)原理 1 認為筆芯先與書寫表面摩擦，在書寫表面所留下的痕跡氧化後就是書寫字跡的顏色。這個原理則因市售環保永恆鉛筆金屬筆芯本身顏色較淺，在使用時筆尖與書寫表面摩擦時間極短，所產生的熱不一定足以讓金屬筆芯在書寫表面所留下的痕跡快速氧化，而且痕跡若是正常的氧化就需要較長的時間，以上 2 點都會讓使用者無法在寫完後幾乎同步看到較黑、較深色的書寫字跡，這和我們實際使用時的情況並不相符。並且市售環保永恆鉛筆書寫出來的筆跡不怕沾到水，甚至在空氣含量極少的水中亦可書寫並順利顯示字跡，且字跡顏色不變。因此我們初步認為原理 1.可能性較小。但這同樣需要日後後續的研究做進一步的了解與確認。

(三)原理 3 認為筆芯與書寫表面摩擦，被刮除下來的細微金屬粉的表面是凹凸不平，入射的光線會在細微金屬粉的表面表面發生多次的漫反射。由於金屬的反射率並非 100%，每反射一次，光量就會衰減一些，反覆反射就導致進入眼中的光量減少甚多，從而形成暗黑色澤的黑色畫痕就是書寫字跡的顏色。本次研究無法對此一說法進行驗證，留待日後後續的研究做進一步的了解與確認。

柒、結論

- 一、關於本次的研究主題我們確實做到以五金行或市面上容易購得的材料（3種焊錫絲、銅線、鉛線、鈹）和簡易工具（焊錫筆），以自創的方式將2-4種金屬材料均勻混絞後，再用焊錫筆熔化、冷卻的方法，成功自製複合金屬筆芯。這樣的自製方式具有材料容易取得、材料成本低（3種焊錫絲、銅線、鉛線的購入單價在新台幣30-100元之間，境外購買的鈹金屬塊每100公克／不含運費約為新台幣227元）、製作所需時間短、自製方式簡單易操作的優點。
- 二、也嘗試用客觀的數據分析方式，找出最接近市售一般2B鉛筆書寫效果的自製金屬筆芯成分配方（無鉛焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合），以及其他13種複合金屬材料可提供日後後續相關研究的參考。
- 三、也希望日後能有製造廠商開發出既不沾手、書寫更加順暢滑順、更耐磨損，而且書寫效果分別與市售一般HB、1B、2B鉛筆相同的環保永恆鉛筆；甚至是具有其他顏色的環保永恆鉛筆，讓使用者有更多元的購買選擇。更希望透過上述加強環保永恆鉛筆實用性的努力，可以讓學生及普羅大眾願意多用或持續用鉛筆/手寫作為溝通的工具，有助於降低使用手機等工具溝通時出現大量錯別字的情況。
- 四、在此也對環保永恆鉛筆未來的開發方向提出建議:希望
 - 1.開發多種書寫字跡顏色和市售一般鉛筆HB、1B、2B鉛筆相同的環保永恆筆芯。
 - 2.採用可替換式筆芯設計。
 - 3.各製造廠商能開發共用相容規格之筆芯。如此使用者就可以自由更換各品牌相容規格之筆芯。也可以依照使用需求隨時、隨地更換書寫字跡顏色和一般傳統鉛筆HB、1B、2B相同的筆芯。真正做到一筆抵萬筆、一筆多用、恆久使用。那便可真正稱得上「環保永恆鉛筆」了。

捌、參考資料及其他

- 1.詹如玉 (2015 年 7 月 1 日)・書寫工具的世代交替 「2B 鉛筆」在日取代「HB」・風傳媒・取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/55525>
- 4.還沒發售就賣爆? 日本金屬芯免削鉛筆可寫長達 16 公里!・取自 <https://www.inside.com.tw/article/27910-sun-star-metacil>
- 2.Damastylus: Damascus steel & Titanium stylus + inkless pen・取自 <https://www.kickstarter.com/projects/1817932181/damastylus-damascus-steel-and-titanium-stylus-inkl/description>
- 3.鄭永銘 (2021 年 12 月 28 日)・跟鄭大師玩科學・取自 <https://www.masters.tw/292405/inkless-pen>

【評語】 082928

本研究先探討市售永恆筆的成份出發，並進一步嘗試自製低成本兼具物美價廉的環保永恆鉛筆，利用市面上可購得的錒錫絲、銅線和鈹等材料及工具依不同種類混絞後熔化製成複合金屬筆芯。研究中顯示出所自製永恆筆具備耐磨及色深等特色，並以色輪分析客觀地檢測自製筆芯刻劃的 RGB 值，且提供滿意度調查表，研究態度和方法值得肯定。建議如下：

- (1)免削鉛筆的顏色深淺對於紙張的選擇是否也有影響也可進行討論。
- (2)自製的永恆筆以無鉛焊錫組合最接近 2B 鉛筆，建議標示此三種無鉛焊錫的成份差別。
- (3)低年級同學對於自製的永恆鉛筆之手寫感也可加以調查統整。
- (4)不同種類和比例金屬混絞後熔化是否有學理依據可參考資料。

作品海報

鉛啟永恆

自製

環保永恆鉛筆



摘要

在網路、手機興盛的情況下，一般傳統鉛筆被使用的機會逐漸降低，但鉛筆對小學生而言還是最常用的書寫工具。而近來有號稱「環保永恆鉛筆」，強調免削、免買筆芯還可持久書寫，甚至還被當作精品高價販售。讓身為小學生的我們會想要了解這種新產品的書寫效果、售價、使用的評價等。經過深入了解發現市售環保永恆鉛筆筆芯成分標示不清且書寫字跡顏色較淡；加上為了減少書寫時的施力讓書寫更省力，所以一般傳統鉛筆使用者在選購筆芯時日漸傾向選用筆芯較軟但顏色較深的1B、2B筆芯。因此我們試著用五金行或市面上就能買到的材料，利用簡易工具與方法自製金屬筆芯，希望能找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。

壹、研究動機

如果有一種不用削、不用更換也不用購買筆芯卻可以持久書寫、不會沾手的鉛筆，甚至只要一枝就夠用不需要一直重複購買或丟棄的鉛筆，那便可真正稱得上「環保永恆鉛筆」了。

貳、研究目的

一、了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用後的評價，以及書寫效果分析。二、嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何；以及應用的書寫原理是什麼。三、研究如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯。

參、研究設備及器材

A4印表紙、焊錫筆、市售焊錫絲、市售銅線、市售鉛線、市售一般鉛筆(HB)、市售一般鉛筆(1B)、市售一般鉛筆(2B)、市售環保永恆鉛筆(非2B)、市售環保永恆鉛筆(標明2B)、自製4種複合焊錫絲筆芯、鈹(高純度金屬塊)、自製4種複合金筆芯、手機、Microsoft office365 EXCEL軟體、Adobe color顏色分析網頁。

表一：現有市售環保永恆HB、1B、2B鉛筆之購買資訊、售價一覽表

販售的通路名稱或店家名稱	商品完整名稱	HB/1支	1B/1支	2B/1支
(一) 傳統文具行或連鎖書局等實體通路	1. 金玉堂	NAPKIN FOREVER 1400至4500元	無販售	無販售
	2. 文聖	永恆鉛筆	39	無販售
	3. 來電書局	SunStar metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆	445	無販售
(二) 淘寶、蝦皮、PChome、亞馬遜等大型購物網站	1. 蝦皮：小哥購物	黑科技永恆筆	15	無販售
	2. 蝦皮：小超人居家	2B永恆筆	無販售	無販售
	3. 蝦皮：克萊斯特克萊斯特工作室	克萊斯特永恆筆	無販售	無販售

肆、研究過程或方法

研究一：了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的售價、使用者使用後的評價，以及書寫效果分析。

2. 調查市售環保永恆鉛筆使用者使用後的評價：採用表二「○○國小環保永恆鉛筆消費者滿意調查表」詢問本校有使用市售環保永恆鉛筆的6年級國小學生的使用體驗而得。

表二、○○國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表

- (一) 性別：1. 男 2. 女
 (二) 目前就讀：○○國小
6年1班 6年2班 6年3班 6年4班 6年5班 6年6班 6年7班
 (三) 環保永恆鉛筆使用評價：在使用環保永恆鉛筆寫字時，你覺得：
字跡顏色比一般鉛筆顏色淡一些 字跡顏色比一般鉛筆顏色深(濃)一些
在寫字的時候不會沾手 在寫字的時候會沾手
不用削鉛筆，很方便。 常常需要削鉛筆或是更換筆芯，比較麻煩
用橡皮擦可以擦掉字跡 用橡皮擦無法擦掉字跡

○○國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表(背面)

1. 請填座號(例如6201)：
 2. 請用調查員提供的環保永恆鉛筆：把下面的2個框框(共8x2公分)塗好塗滿



3. 請用調查員提供的橡皮擦，把框框2的字跡擦拭掉(只擦掉箭頭所指的框框2)
 4. 請翻回○○國小環保永恆鉛筆消費者滿意度調查表(正面)，填寫問卷。謝謝您!



3. 了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果：現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果分析流程圖



- 在A4印表紙表面模擬一般手寫(書寫)狀況。
- 將測試結果拍照並存成.JPEG圖片檔。
- 將上述.JPEG圖片以網頁所提供的Adobe Color進行色輪分析。
- 將Adobe Color色輪分析的RGB值加以平均並記錄。

表三：現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果分析表

鉛筆筆芯來源	一般手寫(書寫)及重複刻劃使用實驗照片	一般手寫(書寫)實驗照片的Adobe Color色輪分析圖	一般手寫(書寫)實驗照片的Adobe Color色輪分析結果彙整	3.市售一般鉛筆 2B	市售一般鉛筆 2B 一般書寫	色輪分析圖	紅	綠	藍
1.市售一般鉛筆 HB			紅: 174 綠: 173 藍: 163	市售一般鉛筆 2B			133	131	124
2.市售一般鉛筆 1B			紅: 105 綠: 103 藍: 95	4.市售環保永恆筆 非2B			156	153	145
				5.市售環保永恆筆 標明2B			156	154	144

研究二：嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何；以及書寫應用的原理。

表四：現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分一覽表

商品完整名稱	鉛筆的筆芯成分	資料來源
1. Sun-Star metacil金屬免削可擦永恆鉛筆	鋁、合金、銅	包裝盒上的筆芯成分說明
2. Damastylus	鉛、錫、鈹、銻	Damastylus 集資案(2015年)
3. ForeverPen集資頁面	純銀複合材質	http://crowdfunder.com/post/26466/
4. 克萊斯特永恆筆2B	商品未標示	自行購入測試，但無筆芯成分說明。
5. 創意無需墨水環保永恆筆	合金	https://www.ruten.com.tw/item/show?22151511710039

2. 嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆書寫應用的原理：

主要針對網路搜尋關鍵字：環保永恆筆原理、免削金屬筆原理而得。

表五：現行市售環保永恆鉛筆的書寫原理一覽表

鉛筆的書寫原理	商品完整名稱	資料來源
1. 筆芯在書寫時與紙張或其他表面之間摩擦後，在書寫表面所留下的痕跡氧化後就是書寫字跡的顏色。	Transcy永恆筆 摩擦+氧化	來自商品販售網路通路說明(原文網址) https://www.chili-edition.com/zh-tw/products/forever-graphite-pen
2. 金屬筆芯使用混入石墨的特殊合金製成，透過摩擦讓石墨與合金的粒子附著在紙上。用市售的橡皮擦就能正常擦去筆跡。	日本文具公司 Sun-Star metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆 純摩擦	來自商品販售網路通路說明(原文網址) https://www.inside.com.tw/article/27910-sun-star-metacil
3. 認為黑色畫痕的機制，是因為被刮除下來的細微金屬粉的表面是凹凸不平，入射的光線會在其表面發生多次的漫反射。基於金屬的反射率並非 100%，每反射一次，光量就會衰減一些，反覆反射就導致進入眼中的光量減少甚多，從而形成暗黑色澤。	Napkin Forever 純摩擦+金屬反射	作者鄭永銘對 NapkinForever 永恆筆筆芯成分的相關研究。

研究三：如何運用市面上可購得的材料嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯。

圖三：自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯流程图

1. 購入市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別在A4印表紙表面模擬一般手寫(書寫)狀況。
2. 購入市售銅線(以市售漆包線磨掉漆)、鉛線、鈹(高純度金屬塊)分別在A4印表紙表面模擬一般手寫(書寫)狀況。
3. 將步驟1市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別兩兩混合及3種同時混合。
4. 將步驟3市售3種無鉛焊錫絲(黃瓶、藍瓶、綠瓶)分別兩兩或3種同時均勻混絞。
5. 將步驟4均勻混絞後的焊錫絲由通電加熱後的焊錫筆加以熔化，即可得到自製4種複合金鉛筆筆芯。
6. 將步驟2鈹(高純度金屬塊)先由通電加熱後的焊錫筆加以熔化後呈現直條狀鈹絲線，加上市售3種無鉛焊錫絲均勻混絞後，再次以由通電加熱後的焊錫筆加以熔化，即可得到自製4種複合金鉛筆筆芯。

圖四：自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯圖



表六：自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯書寫效果分析表

材質	一般手寫(書寫)及重複刻劃使用實驗照片	一般手寫(書寫)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析圖	一般手寫(書寫)實驗照片的 Adobe Color 色輪分析結果彙整
1. 焊錫絲 黃瓶			紅 159 綠 157 藍 153
2. 焊錫絲 綠瓶			紅 152 綠 123 藍 142

3. 焊錫絲 藍瓶			紅 196 綠 192 藍 163
4. 焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合			紅 147 綠 145 藍 135
5. 焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合			紅 152 綠 152 藍 146
6. 焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合			紅 102 綠 102 藍 119
7. 焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合			紅 125 綠 125 藍 117
8. 市售銅線 (以市售漆包線磨掉漆)			紅 176 綠 173 藍 166
9. 市售鉛線			紅 134 綠 160 藍 151
10. 鈹			紅 160 綠 161 藍 153
11. 鈹+黃瓶			紅 161 綠 157 藍 149
12. 鈹+藍瓶			紅 159 綠 135 藍 146
13. 鈹+綠瓶			紅 163 綠 159 藍 150
14. 鈹+黃+藍+綠瓶			紅 160 綠 159 藍 151

伍、研究結果



一、研究一：

1. 購入市售環保永恆鉛筆時，我們發現市售環保永恆鉛筆號稱筆芯顏色為2B的商品非常少。
2. 我們發現本校有使用市售環保永恆鉛筆的6年級國小學生大多數勾選(1)在寫字的時候不會沾手。(2)不用削鉛筆，很方便。(3)用橡皮擦即可擦掉字跡等較使用一般鉛筆書寫為優的選項。(4)字跡顏色比使用一般鉛筆書寫顏色淡一些的選項。

表七：永恆鉛筆使用評價結果分析彙整表



3. 了解現行市售一般鉛筆及環保永恆鉛筆的書寫效果：
 (1)使用Adobe color色輪分析工具軟體確實可以協助我們了解肉眼觀察所無法發現的差異。(2)市售永恆鉛筆標明2B與市售鉛筆非2B的R紅G綠B藍色的數據相當接近，也證實市售環保永恆鉛筆商品成分標示不清楚(或標示錯誤)的情形確實存在。但也可能是代表市面並無真正2B環保永恆鉛筆的商品這讓我們更加想要透過自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯，找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。

二、研究二：

- 嘗試了解現行市售環保永恆鉛筆的筆芯成分為何、以及書寫應用的原理。
1. 市售環保永恆鉛筆的筆芯成分，出現未標示或者將筆芯成分標示得過於簡化，這些都不利於購買者做出選擇；也不利我們尋找適合用來自製環保永恆鉛筆的相關成分。
 2. 市售環保永恆鉛筆的筆芯成分各個品牌都有差異，但大多是以金屬或合金為主，而且應用到的金屬種類不少。所以我們在自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯時，就把由五金行或市面上所能買到的金屬(含3種焊錫絲材料、銅線、鉛線和鋁)全部購入作為自製的材料。
 3. 市售環保永恆鉛筆的書寫應用的原理：我們目前查詢到現行市售環保永恆鉛筆的書寫原理有3種可能。而不論上述書寫原理1.2.3.都是筆芯必須先與書寫表面摩擦，因此用市售的橡皮擦也能擦除筆跡(不論是否能快速擦除或徹底擦除)。

三、研究三：如何運用市面上可購得的材料及工具嘗試自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯：

- (一)我們將一般手寫(書寫)實驗照片的Adobe Color色輪分析結果彙整成表八。

表八：市售鉛筆與自製金屬筆芯Adobe Color色輪分析數值一覽表

測試筆芯來源	AdobeColor 色輪分析數值		
	R (紅) (X 軸)	G (綠) (Y 軸)	B (藍) (Z 軸)
1.市售一般鉛筆 HB	174	173	163
2.市售一般鉛筆 1B	105	103	95
3.市售一般鉛筆 2B	133	131	124
4.市售環保永恆鉛筆 非2B	156	153	145
5.市售環保永恆鉛筆 標明2B	156	154	144
6.焊錫絲 黃瓶	159	157	153
7.焊錫絲 綠瓶	152	123	142
8.焊錫絲 藍瓶	196	192	163
9.焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合	147	145	135
10.焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合	152	152	146
11.焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合	102	102	119
12.焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合	125	125	117
13.市售鋼線(以市售漆包線磨掉漆)	176	173	166
14.市售鉛線	134	160	151
15.鋁 金屬塊	160	161	153
16.鋁+黃瓶焊錫絲	161	157	149
17.鋁+藍瓶焊錫絲	159	135	146
18.鋁+綠瓶焊錫絲	163	159	150
19.鋁+黃+藍+綠瓶焊錫絲	160	159	151

- (二)從表八可知市售永恆鉛筆(非2B)和市售永恆鉛筆(標明2B)的測試數據相當接近。表示這兩種環保永恆鉛筆書寫的字跡顏色並無明顯差異。
- (三)決定市售一般鉛筆2B Adobe Color色輪分析中的R值(紅)、G值(綠)、B值(藍)，分別代表三維垂直座標在X軸、Y軸、Z軸的相對位置(x;y;z)。也就是將任一種測試筆芯的(R值；G值；B值)視作三維垂直座標中的點(x;y;z)。
- (四)再利用以下三維垂直座標中任二點(x1;y1;z1)與(x2;y2;z2)之間的距離數學公式：

$$d \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

- 作為衡量市售一般2B鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異的依據。(五)不同測試筆芯來源和市售一般2B鉛筆書寫效果的差異，可以用下列公式計算出來數值的大小來表示。實際計算公式如下：不同測試筆芯來源與市售一般2B鉛筆書寫效果差異值=所測試筆芯來源Adobe Color色輪分析數值的R值(紅)、G值(綠)、B值(藍)數值與市售一般2B鉛筆的R值(紅)、G值(綠)、B值(藍)數值的差值平方總和再開平方根。利用Microsoft office365 EXCEL軟體指令：
 例如=SQRT((133-B3)^2+(131-C3)^2+(124-D3)^2)即可計算

- (六)實際計算結果如表九所示。

表九：不同測試筆芯來源與市售一般2B鉛筆書寫效果差異分析表

測試筆芯來源	市售一般2B鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異值	書寫效果差異值由小到大排序
1.市售一般鉛筆 HB	70.46985171	16
2.市售一般鉛筆 1B	49.08156477	14
3.市售一般鉛筆 2B	0	為測試的基準
4.市售環保永恆鉛筆 非2B	38.13135193	6
5.市售環保永恆鉛筆 標明2B	38.18376618	7
6.焊錫絲 黃瓶	46.8294779	11
7.焊錫絲 綠瓶	27.36786437	3
8.焊錫絲 藍瓶	95.9739548	18
9.焊錫絲 黃+綠瓶 雙瓶混合	22.64950331	2
10.焊錫絲 黃+藍瓶 雙瓶混合	35.86084215	5
11.焊錫絲 綠+藍瓶 雙瓶混合	42.74342055	9
12.焊錫絲 黃+綠+藍瓶 三瓶混合	12.20655562	1
13.市售鋼線(以市售漆包線磨掉漆)	73.32803011	17
14.市售鉛線	39.63584237	8
15.鋁 金屬塊	49.69909456	15
16.鋁+黃瓶	45.66180023	10
17.鋁+藍瓶	34.2928564	4
18.鋁+綠瓶	48.57983121	13
19.鋁+黃+藍+綠瓶	47.34976241	12

- (七)由表九中書寫效果差異值由小到大排序，可知實際書寫效果最接近市售一般2B鉛筆書寫效果的是第12種以無鉛焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯；而且最接近市售一般2B鉛筆書寫效果的5種筆芯都是我們自製的金屬筆芯。同時這5種自製金屬筆芯實際書寫效果都優於市售環保永恆鉛筆(非2B)或市售環保永恆鉛筆(標明2B)。
- (八)為進一步確認我們將焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯與市售一般2B鉛筆、以精品販售的市售環保永恆鉛筆(metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆)的書寫、擦拭效果、書寫磨損做一分析比較，如表十。

表十：自製金屬筆芯(焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合)書寫、擦拭效果、書寫磨損分析比較表

測試筆芯來源	1.市售一般2B鉛筆	2.市售環保永恆鉛筆(metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆)零售價:270至445元	3.焊錫絲黃+綠+藍瓶三瓶混合的自製金屬筆芯
(1)A4印表紙手寫(刻劃)實驗照片的Adobe Color色輪分析結果	紅:133.2 綠:132.8 藍:130.0	紅:153.0 綠:151.0 藍:149.2	紅:148.25 綠:148.0 藍:147.0 (和1.市售一般2B鉛筆書寫效果較接近)
A4印表紙手寫(刻劃)後，以相同橡皮擦擦拭後實驗照片的Adobe Color色輪分析結果	紅:179 綠:178 藍:176	紅:167.2 綠:167.2 藍:166.4 (和1.市售一般2B鉛筆擦拭效果較接近)	紅:199.0 綠:160.8 藍:195.6
(3)以相同操作者在A4印表紙刻劃25x10公分面積後筆芯磨損(減少)的重量	0.3公克	0.1公克	0.0公克(書寫磨損最小、較市售一般2B鉛筆、市售環保永恆鉛筆metacil 金屬免削可擦永恆鉛筆為優)
(4)刻劃實驗照片			

陸、討論

- 一、需要對摩氏硬度表以及礦物間的相對刻劃的概念有清楚的認知。
- 二、使用Adobe color顏色分析工具軟體確實可以獲取我們肉眼觀察所無法發現的差異，讓市售5種市售鉛筆書寫效果的數據成為可以作為後續分析的客觀數據。
- 三、市售號稱筆芯顏色為2B的商品非常少，成分標示不清楚或是標示錯誤。造成購入測試用的市售2B環保永恆鉛筆時遭遇困難，也讓我們決定透過自製簡易的環保永恆鉛筆筆芯，找到書寫字跡顏色比市售環保永恆鉛筆深的金屬筆芯材料成分。
- 四、市售各個品牌的環保永恆鉛筆筆芯成分都有差異，不過大多以金屬或合金為主。
- 五、將數種金屬粉末燒結需要相當專業的設備以及操作，所以我們改為採用在五金行就可以買到的焊錫筆，在學校自然實驗室便可操作。
- 六、由於Adobe color色輪分析數據包含R值、G值、B值3個變項，最後採用市售一般2B鉛筆與不同測試筆芯來源書寫效果差異值=所測試筆芯來源Adobe Color色輪分析數值的R值、G值、B值與市售一般2B鉛筆Adobe Color色輪分析數值的R值、G值、B值的差值平方總和再開平方根來計算測試數據，同時對最終計算出來的差異值結果給予排序。
- 七、我們目前查詢到現行市售環保永恆鉛筆的書寫原理有3種可能。根據目前所查詢到的資訊，我們初步認為原理2可能性較大。此一說法有表十：自製金屬筆芯書寫、擦拭效果、書寫磨損分析比較表研究結果可互為驗證。也就是市售環保永恆鉛筆仍會有磨損，只是相對於一般傳統鉛筆更加耐磨損而已。

柒、結論

- 一、我們成功自製複合金屬筆芯。這樣的自製方式具有材料容易取得、材料成本低、製作所需時間短、自製方式簡單易操作的優點。
- 二、找出最接近市售一般2B鉛筆書寫效果的自製金屬筆芯成分配方，另外還有其他13種複合金屬材料可提供日後研究的參考
- 三、對環保永恆鉛筆未來的開發方向提出建議：希望
 - 1.開發多種書寫字跡顏色和市售一般HB、1B、2B鉛筆相同的環保永恆筆芯，甚至是開發出具有其他顏色的環保永恆鉛筆，讓使用者有更多元的購買選擇。
 - 2.採用可替換式筆芯設計。
 - 3.各製造廠商能開發共用相容規格之筆芯。如此使用者就可以自由更換各品牌相容規格之筆芯。也可以依照使用需求隨時、隨地更換書寫字跡顏色和一般傳統鉛筆HB、1B、2B相同的筆芯。真正做到一筆抵萬筆、一筆多用、恆久使用。那便可真正稱得上「環保永恆鉛筆」了。

捌、參考資料及其他

詹如玉(2015年7月1日)·書寫工具的世代交替「2B鉛筆」在日取代「HB」·風傳媒·取自<https://www.storm.mg/lifestyle/55525>