



紙愛科學DIY

文／謝迺岳

唐朝詩人李嶠在詠「紙」時寫道：「妙跡蔡侯施，芳名左伯馳。雲飛錦綺落，花發縹紅披。舒捲隨幽顯，廉方合軌儀。莫驚反掌字，當取葛洪規。」感謝了東漢的蔡倫與左伯改良了紙質，也歌頌紙的屈伸合度像個正直與認真的人。紙的發明使人類文化易於傳承，更是文明發展的重要里程碑。

早期的紙用碎布製成，後來使用草木纖維使紙張更為細緻；現代工業在紙上添加一些物質，使紙耐久不黃、柔軟耐撕、易於印刷、甚至更加防水，而能做為精裝書籍、鈔票、面紙、免洗衣褲呢！

紙的本質

紙的原料是植物纖維，構樹的纖維素特別長（9mm）適合做鈔票，竹子的纖維素很短（3mm）只能做衛生紙或拜拜用的紙錢。造紙時，先把植物用鹼泡軟並除去木質素，磨成紙漿後再用紗網撈起來壓實、烘乾就成了。

1. 摺紙趣

一張紙最多能摺幾次？許多人認為可以無限次，實際上只能摺七次，除非使用特別薄、特別大張、並在摺痕處用力壓緊，才有可能多摺一兩次（圖1）。原來為了人們使用的方便，紙的厚薄都在0.1mm左右，摺七次以後變得很厚實而讓人摺不



圖 1. 一張紙最多能摺幾次？每摺一次，厚度加倍喔！

動。摺過的紙體積變小，用橡皮圈發射的紙子彈可以彈射很遠，因為紙子彈受到的空氣阻力也變小囉（圖 2）！



圖 2. 把紙摺成一小團，可以用來射紙彈

2. 撕紙趣

想把一張報紙或衛生紙撕成長條狀，會發現從某些方向撕會歪掉，無法變成均勻的條狀。原來在造紙的時候，濾網總是左右搖晃，使紙的纖維在同一方向排列整齊；沿著這個方向撕紙就能輕鬆變成一長條了。同理，攤開一張報紙，用雙手抓緊紙的兩側後用力往兩邊拉，如果容易拉破且斷口整齊，那麼斷口方向就是報紙的纖維排列方向（圖 3）。

3. 驗紙趣

用優碘藥水在報紙和紙鈔上作畫，會發現優碘在報紙上變成藍黑色的圖案。原來碘遇到普通紙上的澱粉會變色。普通紙



圖 3. 把報紙或衛生紙撕開，會發現紙纖維有特定的排列方向



圖 4. 用優碘寫字畫圖在某些紙上會變色，可以用來驗鈔

為了印刷方便與增加質感，在紙上使用澱粉作為填充與粘著劑。鈔票為了防偽不使用普通紙，而用特殊的油墨來印刷，所以優碘在鈔票上不會變色。

用優碘在衛生紙上寫字，發現圖案也不會變色。因為衛生紙必須軟軟的，也不須要印刷，所以不加澱粉。這個實驗同時告訴我們，用優碘可以檢驗有無澱粉存在，也能用澱粉檢驗有沒有碘的殘留（圖 4）。

4. 滴紙趣

用水彩筆沾廣告顏料滴在衛生紙上，墨漬會擴散成一大片；顏料滴在影印紙上，則墨漬的範圍小得多，但也會顯出漸層色彩。墨漬的最外圍是清水，愈往內則墨色愈濃；這是水分子在紙張纖維中由於毛細作用而滲透的現象，而墨的分子較大，不容易移動。藉著毛細作用，畫家可以營造渲染的效果，科學家則用來探討物質的成分（圖 5）。

紙的表面塗蠟，就能防水。在一張蒸饅頭用的烘焙紙上用彩色筆畫迷宮，然後滴一滴墨水在迷宮入口，水珠就能在紙上滾來滾去。比比看誰的迷宮最難，又誰能夠打通關（圖 6）！



圖 5. 用墨水滴在各種紙上，能作畫也可以檢驗墨水的成分

5. 開紙趣

在一張方形紙片的四角上寫字，然後把四個角往內摺。把這張紙放在水上，它就會像蓮花一樣慢慢張開，不但好看而且能傳達情意。這個活動說明紙張由纖維構成，藉由毛細作用吸水而使紙張膨脹。

進階的遊戲是讓紙的四個角依照順序張開，方法是角上的紙必須彼此壓住。另一個遊戲方法是把紙條捲成螺旋狀，它在水面上會一面旋轉一面張開，很有趣（圖 7）。



圖 6. 有蠟的紙不會吸水，在烘焙紙上玩闖迷宮遊戲吧



圖 7. 把紙摺起來放在水面上，摺角會慢慢張開，顯現滲透作用



紙的應用

一般的紙張彎曲後可以彈回原形，所以紙的彈性不錯；紙也很容易摺定型，所以有很好的塑性。紙很容易被剪開與粘合、易於書寫、成本低廉，所以是我們生活中的好幫手。把紙張組合起來，可以做成美麗的花朵；使用厚紙板或瓦楞紙可以疊合成輕量化的家具與房屋。

6. 剪紙趣

用彩色紙來做一張卡片吧，不論誰收到這張卡片都會很開心。把一張彩色紙剪成兩半，在每半張紙的一端剪成半圓，另一端剪成數條寬度相同的紙帶；然後用編織的方法把兩張紙片編在一起，就完成一張愛心卡片囉（圖 8）。

過年要送紅包，用兩個鈴鐺來增添喜氣吧！在一張彩色紙的一端剪一個愛心形狀的洞（洞口比鈴鐺小），並在洞的後方剪兩刀形成一條紙條（寬度比洞小，且不能剪到洞口）。接著，把一條細繩穿過紙條兩側，並從洞口穿出；最後在線的兩端掛上兩個鈴鐺。

把這個過年小物送給朋友，並請他把細繩與鈴鐺從紙上解出來，但是過程中不能破壞紙張。這個遊戲運用了紙的彈性，所以是個物理遊戲；這也運用了拓樸學（空間變換），所以是個數學遊戲。這個活動彎曲了紙張，就像是蟲洞能拉近星系間的距離，所以這也是個天文學的好遊戲（圖 9）。

7. 鎚紙趣

把一支竹筷放在桌子邊緣，用一張報紙壓住竹筷，然後用鎚子去敲擊竹筷的一端。慣性能使竹筷折斷，但是報紙的纖維排列方向和大氣壓力也有影響（圖 10）。任何活動安全第一，所以負責敲擊的人和觀眾都應站在筷子側邊，而且要戴護目鏡，免得筷子跳起來打到人的眼睛。



圖 8. 紙容易被剪開與彎曲，可以編成各種造型



圖 9. 利用紙的彈性，可以體驗蟲洞



圖 10. 應用紙的張力與慣性，輕鬆鎚斷一支竹筷子

8. 射紙趣

紙是由植物纖維疊加而成，泡水後就會分解變回纖維素的形態，所以用水能把紙變成紙漿，再用來塑成浮雕或捏成紙球。

找一支硬質細吸管（或原子筆筆桿）做為槍桿；在槍桿兩端各塞一團泡軟的衛生紙做為子彈。另用長竹籤刺穿一段粗吸管（並用橡皮圈固定）作為推桿。把推桿輕輕推入槍管中，然後再用力一推，槍管前端的子彈就會射到很遠的地方，而且發出「啵」的一聲，很好玩（圖 11）。

濕紙團可以被壓縮，並緊緊塞住槍管；擠出來的水具有附著力，能使槍管的密閉性更好。快速推動推桿時會壓縮管內的空氣，當推力大於摩擦力時，紙團就會被射出；快速膨脹的空氣造成爆破效果，還會看到由於「絕熱膨脹」形成的凝結霧喔！

9. 疊紙趣

紙張的力量比想像中還大。把兩支高度相同的寶特瓶用橡皮圈綁在一起，並直立在桌上當作橋墩；在橋墩上放 30 張疊在一起的便條紙當作橋，然後倒立一瓶水在

橋面上，這瓶水能夠平衡不倒。如果僅用兩張紙做同樣的實驗，能不能使這一瓶水維持不倒呢（圖 12）？

製作紙橋的方法有很多種，原理是把紙張增厚；較厚的紙張可以分攤張力，例如把紙張摺成波浪形，或把紙張兩側往下摺。有時橋梁本身的重量會把自己壓垮，所以現代的橋梁都是空心的架子。用紙張做橋梁可以欣賞古人的智慧，也可以體驗科技之美。

10. 燒紙趣

不只能吸水，紙的長纖維和油分子結構類似，所以也能吸油。市面上買得到美容用的吸油面紙，半透明的薄薄一張，當「針孔成像」實驗的屏幕很好用，還可以玩許願的遊戲喔。

把吸油面紙捲成一圈，直立在紙杯的杯底上。點火燒紙捲的上端，它就會「咻」地飛起來！吸油面紙能起飛的原因是紙灰很輕，而且熱對流旺盛（圖 13）。在廟裡的金爐燒紙錢的時候，常看到紙錢一張張自動飛入金爐中，是因為爐火很旺使熱空氣上昇，讓爐外的冷空氣形成強風而把金紙吹進爐內。吸油面紙很薄，所以燃燒的火很強，上昇的熱空氣就把紙灰帶到天空去，同時把我們的心意帶給上蒼囉！

古人燒紙錢給神鬼與祖先以表崇敬，客家庄的惜字亭更有敬天愛物的美德。唐朝詩人岑參在《逢入京使》中寫道：「馬上相逢無紙筆，憑君傳語報平安。」可見紙在古代還有通訊的重任。

從前，過期的報紙與課本常用來包裹食品，或作為煮飯燒水的火種，絕不丟棄或浪費。古時在紙上塗桐油可製傘，能擋雨又很輕便；現代在紙內摻入碳粉或金



圖 11. 簡易空氣槍，充分發揮了紙的威力



圖 12. 兩張紙幣就能撐起一瓶水，原來錢還可以這樣用！



圖 13. 用吸油面紙來許願祈福，吸過油後效果更好喔！

屬，能導電甚至作為可曲折的螢幕。把紙摺成紙鶴或星星，具有許願的神力。把紙摺成紙飛機，更能承載我們的夢想起飛。在一切電子化的今天，雖然許多紙的用途已被取代，但是仍然有許多紙的可能，等著你去發明、去發現。📄



謝迺岳
新竹市科學城社區大學專任講師、中華民國物理教育學會監事