

# 電子紙的迷思

**電**子紙 (Electronic Paper, 簡稱 e-Paper)

是類似紙張的顯示器，不能用油墨印刷，僅能以電子方式顯示，並需要維持紙的輕軟可攜，在可見光（陽光、燈光）下閱讀的特質。電子紙有材料與成品之分，材料可以成卷製造，但若要使用，則需在製成成品時把控制電路、記憶、電源、軟件功能加進去，成為實用的閱讀工具。電子紙顯示的圖畫與文字，經燈光或日光照射顯示，符合紙的另一個性能。正因為這一性能，部分人士把電子紙與電子閱讀器連在一起，甚至把電子紙與電子書聯繫在一起，但無論是電子閱讀器，或是電子書，都不能與電子紙畫上等號。

電子紙不是紙，僅是類似紙張的顯示器，與電視、電腦、手機的顯示器功用相同，都是用來展示電子形態的文字與圖畫。電子紙與普通紙相同之處，是靠可見光的照射才看得見，而其他電子顯示器則由內部發光對外投射；電子紙如普通紙般外形輕軟，猶如一張塑膠片，又可以折疊，只是在實際使用時需加上電子零件，與電子紙一同安裝在硬質底板上，抵消了輕軟的優點。

早期的電子紙由施樂公司開發，目前由美國麻省理工學院 (MIT) 分公司 E-Ink 公司繼續發展，在這十餘年間經歷了一些轉變，當初電子紙的技術還不足以發展成為實用的商品，也找不到合適的市場，幾乎停滯下來，直到 E-Ink 致力於技術發展而成型。2004年5月，Sony 公司推出第一台以電子紙為顯示屏幕的電子書閱讀器，取名 Libre（意大利文的「書」），轟動一時。2007年底，亞馬遜公司推出 Kindle 閱讀器，2009年5月又推出大型顯示器 Kindle DX，把這一技術炒熱到頂點。

## 電子紙的基本原理

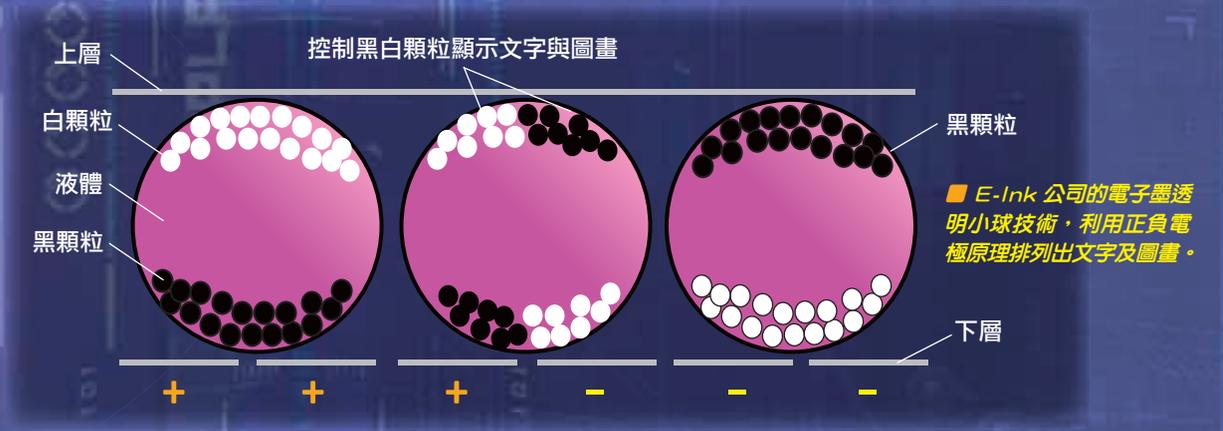
電子紙的基本原理很簡單，僅是在兩層透明膠片夾層當中，以不同顏色的小顆粒排列成文字與圖畫，借日光或燈光照射觀看，與閱讀紙質書報一樣。其技術重點在於如何排列那些小顆粒，施樂公司研究中心 PARC (Palo Alto Research Center)，最先研究電子紙，夾層內的小顆粒好像藥丸膠囊，一頭黑色，一頭白色，用白色作底，黑色就可以排列成字形或圖形，反之也可以排成黑底白字的樣式。小顆粒的黑白兩頭，帶有不同的正負極靜電，只要膠片上呈現電極，就可依同極排斥、異極相吸的原理，在預設的位置翻轉小顆粒的黑白頭，組成文字和圖畫。黑白顆粒非常細小，猶如印表機用的墨粉，緊密夾在膠片當中，不會移動。除了更換文字與圖畫的內容，不需要任何能源，這就是電子紙節省能源的原因。



■ 施樂公司早期研發的電子紙。

■ 電子紙是類似紙張的顯示器，現已發展至彩色的電子紙。





目前應用較廣的電子紙採用了 E-Ink 公司的技術，這項技術雖然稱為電子墨，實際上卻是電子紙的結構。膠片夾層由整齊排列的固定透明小球組成，小球內含液體，球內有許多微小的黑白顆粒，黑顆粒與白顆粒各帶正負不同的電極，膠片底層與上層各加電級，依同極排斥、異極相吸的原理，即可對各小球作正負電荷控制，使小球內的黑白顆粒上升或下沉，排列出文字與圖畫。

因為小球內含液體，所以稱為「墨」，多年的發展頗具成效，成為電子閱讀器顯示幕的材料，日本 Sony 公司和美國 Plastic Logic、亞馬遜公司等都採用此技術來開發電子紙閱讀器。台灣的元太科技公司把 TFT (Thin Film Transistor) 薄膜電晶體與電子墨結合，強化了電子紙的功能，成為全球電子紙的供應商。

這類電子紙僅算是第一階段，因為小顆粒僅有黑白兩色，一為底色、一為字體與圖畫顏色，僅能單色顯示。另外電子紙材料雖然輕薄柔軟，但在製成閱讀器後，因為控制顯示的電路需要支持，因此仍製作在硬質背板上。到目前為止，還未有軟質閱讀器在市面出售，僅有幾家廠商正在研究。用可見光照明，是電子紙的最大優勢，能大幅節省用電量，除了更換顯示內容時需要用電外，電子紙上的畫面顯示無需電源。目前唯一的缺陷是黑白對比不足，看上去不似黑白，更似深灰與淺灰。

彩色的電子紙是進一步的必然發展，日本富士通 (Fujitsu) 公司於 2009 年 3 月 18 日搶先發佈彩色電子紙 FLEPia，直接瞄準仍在研發的 E-Ink 彩色電子紙。FLEPia 採用特殊的 LCD 顯示技術，但與一般的 LCD 電腦顯示器不同，不單有以上提及的優點，更重要的是能夠產生鮮艷的彩色。FLEPia 是富士通公司借用 Kent 公司電子紙的技術，兩層透明導電膠片以液晶夾心，液晶特別分層排列，反射紅、綠、藍光，或者完全透明，不像一般的液晶顯示器把紅綠藍緊鄰排列組成一個圖元，也不需要背面光源透視。Kent 的色彩同樣是靠外界照明，大幅減少耗電開支，閱讀器的電池足以應付 40 小時連續翻頁顯示，目前僅在一家日本餐廳作為功能表使用，主要因為售價較為昂貴 (1,000 美元)，只有價格下降才能夠普及應用。

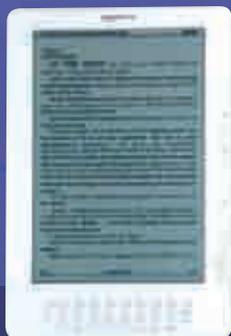


富士通彩色電子紙 FLEPia 於今年面世，其顯示彩色的功能為電子紙帶來突破。

■ Plastic Logic 期望製作軟質電子紙閱讀器。

## 電子紙閱讀器

電子紙是膠片，其柔軟性可以彎曲甚至折疊，但要更換內容，就必須加入控制系統，也就是讓電子紙上的小顆粒能夠靈活反轉、變黑變白。做法是在電子紙表面加一層透明電極網，網上每一點都由電路控制帶正電或負電，電子紙裡的帶電顆粒相對作黑白反轉。電子紙閱讀器所用的透明電極，也就是目前觸摸式螢幕用的 ITO(氧化錫銻)透明導電膜，但 ITO 在彎曲時容易破裂，所以需要另加支持底板作防範。觸摸式螢幕電腦和手機都有硬底盤，同樣的技術應用在閱讀器上，也不能例外。



■ 電子紙雖是軟質的，但電子紙閱讀器如 Kindle DX 卻是硬質的。

因此，電子紙雖然是軟質的，但製作成閱讀器仍然是硬質的，這才能維持電子紙的內容機動更換，而不只是作為樣張。市面上出售的閱讀器大多屬於這一類，亞馬遜公司的 Kindle DX 大螢幕閱讀器就是代表。

紙張的兩大特性，就是依靠可見光閱讀，以及輕軟而可彎曲折疊。電子紙雖然勉強做到以上特性，但閱讀器只能做到前者，卻無法彎曲折疊，仍有待廠家積極研究。不久前，日本富士膠片 (Fujifilm) 宣佈開發出新型透明導電薄膜，可以放在 PET 薄膜上，透光率與 ITO 同為 80% 以上；如果這一材料能替代 ITO，放在電子紙的上層，那閱讀器就可變為軟質了，至少顯示幕是軟質的。

2009年6月初，Plastic Logic 電子閱讀器在美國正式登場，與 Kindle DX 直接競爭，但兩者的市場目標略有區別。Plastic Logic 主要針對商旅人士，以公務用途為主，重量不及 0.5 kg，



厚度約是 6 張信用卡，畫面呎吋是 A4，沒有硬體鍵盤，以輕觸式操作，讓使用者可以輕便地攜帶原來沉重的資料。雖然如此，在市場調查中發現，用戶反映軟性閱讀器不易操作，感覺不踏實；因此 Plastic Logic 閱讀器仍附有硬殼，回應客戶的回饋。這閱讀器預計在 2010 年上市。

即使顯示幕是軟質的，閱讀器仍有硬質部分，如電池、記憶體、處理晶片、通訊等電子零件，即使縮小了，仍是硬質的裝備。

根據 E-Ink 提供的資料顯示，E-Ink 電子紙最高有 SVGA(1200 dpi × 825 dpi) 的顯示質素，白色反射率為 40%，明暗對比為 7:1，用 4 位即共有 16 個灰階層次，換頁時間為 0.25 秒，有灰階的圖像則為 0.75 秒，分辨力最高為 200 dpi，沒有彩色功能。這樣的規格與印刷的品質相距太遠，作為活動顯示的動能又顯然不足，或許要創造另一個市場尋找出路。美國 Esquire 雜誌就踏出了第一步。

市面上有多種利用電子紙作為顯示幕的閱讀器，雖然呎吋大小不一，電子功能也有強弱之分，但大多以 E-Ink 或類似技術為基礎，所以顯示品質幾乎相同。最常見的電子紙閱讀器有三星的 Payrus、亞馬遜的 Kindle、Plastic Logic、iRex iLiad、Sony 的 Libre。

什麼是最理想的電子紙顯示器？眾多牌子及型號之中，瑞典 Propeller 公司所設計的

Newsboy 或可成為代表。Newsboy 是全彩色、軟質可折疊的，如紙張輕便可攜，輕觸式操作，使用親和自然，沒有僵硬的技術指令。這雖然仍未正式面世，暫時仍是一個概念，但已獲得許多人的肯定，亦為未來電子紙閱讀器的發展提供了方向性指引。不過，實際的技術研發還需要一段時日才能成功。

## 學習用電子閱讀器市場

以電子紙作為顯示幕的閱讀器好參半，好處是利用可見光照明可節省用電，只要不翻頁或不作其他動作就不耗電，因此一枚電池能使用很長的時間；但弊端是在沒有照明的地方就不能閱讀內容，這一點與紙張相同。顯示技術還在初期階段，文字與底色的明暗對比不足，解析度偏低，導致字體不夠清晰及銳利，同時只能顯示單色圖像，灰階層次有限，品質不高。電子功能方面，各品牌產品的記憶容量、下載方式、翻頁等基本功能都大同小異。

閱讀器適合廣泛應用，但用於哪一領域最為恰當呢？亞馬遜公司推出電子紙閱讀器 Kindle，利用其強大的網絡書店作後盾，又與 Sprint 電話公司合作，可以透過用手提電話網絡下載電子書，將其價格拉近至蘋果公司生產的 iPod，期望盡快普及發展，做到「一人一台」。這也許是電子紙閱讀器最先的市場測試。

2008年聖誕節前夕，英國顧問 Mr. Andrew Tribute 以《聖誕老人會送給我電子閱讀器嗎》為題撰文，以 Kindle 說明電子閱讀器與 iPod 的相似之處，兩者都有固定的銷售點，以專門的數據格式下載資訊，除了沒有版權的書籍外，下載電子書的價格與印刷紙質書的差不多。Kindle 與 iPod 的最大分別，在於前者不能把儲存在閱讀器的電子書傳送出去，iPod 則可以把儲存的音樂通過個人電腦傳送。

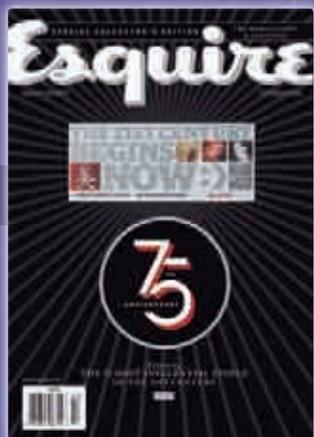
據估計，2008年 Kindle 的銷售量超過 30 萬台，2009年反應更加熱烈，甚至缺貨。但到目前為止，亞馬遜公司從未正式公佈其銷售量，僅表明了增加的百分比。Andrew 認為，這些統計數字有可能是虛張聲勢，近年電子書的銷售量的確增加了，但那是因為以前的技術不夠成熟，沒有真正的閱讀器，現在只是靠熱衷新技術的電腦玩家刺激銷售量上升。

Andrew 質疑，到底有多少人願意花 359 美元，買一台不好用的電子閱讀器，而捨棄容易使用的紙質書？又有多少人願意以 10 美元購買一本不能與人分享、又不能儲存到電腦的電子書呢？此外，紙質書常有折扣，但電子書全價出售，並不化算。

不過，他並不是完全反對電子閱讀器，反倒認為它有很大的市場潛力，Plastic Logic 電子閱讀器就是好例子。Plastic Logic 閱讀器具有標準呎吋，專為文書工作而設計，使工作更加便捷，不但可以下載任何電子檔、書籍、報紙及雜誌，在教育市場更擁有強大的發展潛力。現時校方面對的最大問題，就是教材不斷更新，如果校方與出版社能夠達成協議，更新版教材不再出版紙質新書，改為網絡出版，學生可以使用如 Plastic Logic 閱讀器下載教科書，這樣勢必改變教育出版的情況，紙質教科書也會大幅減少。

將 Kindle 比作 iPod，Andrew 認為是亞馬遜公司的錯誤決定，人們會不斷重複播放同一首歌，但極少重複閱讀同一則新聞報道、雜誌專欄或書本。書刊的營運模式與音樂截然不同，電子閱讀器不會如 iPod 般成為大眾消費品。亞馬遜繼推出 Kindle、Kindle 2 之後，又推出 Kindle DX，其顯示屏放大到對角線 25 厘米，並放棄了要成為 iPod 的路線，轉向大學教科書、報章雜誌、企業內部使用的三大市場推廣。

■ Esquire 雜誌 2008 年 10 月號。



及後，Andrew 針對 Kindle DX 再度撰文，他認為 Kindle DX 較以往的產品進步很多，也加大了閱讀面積，令閱讀更為便利。不過，他始終認為 Plastic Logic 更加容易使用，例如 Kindle DX 只可支援 PDF 文檔，所有資料必須先轉換成 PDF 格式才能閱讀，Plastic Logic 則可支援 Word、PowerPoint、Html、JPEG 等格式。

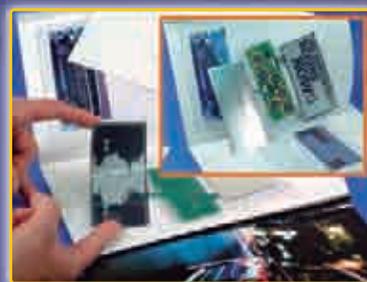
報刊市場方面，《紐約時報》與《華盛頓郵報》宣佈與亞馬遜公司合作，推出 Kindle DX 版本的報紙，同時向偏遠、不派報的地區客戶提供訂閱優惠。他認為這是報社和雜誌社的商機，透過數字傳遞，可探索新的營運模式，把更加個性化的新聞報道及廣告傳遞予讀者。教科書市場方面，現時的大學生都是「解碼專家」，預計不難出現大學教科書在網上免費流傳的情況，出版商須要加強防範。

亞馬遜公司推出不同版本的 Kindle，正好與各個應用領域互相磨合，終有一天電子紙閱讀器會找到最適合發展的市場。Plastic Logic 雖然親和，但同類產品 Kindle DX 已搶先面世，冀望大顯示屏給商務工作帶來便利。另外，有消息指亞馬遜公司正積極研發有機的電極控制層，製造軟質顯示屏，這可能會開拓另一個應用領域。

## 第一本電子紙雜誌

美國 Esquire 雜誌創刊於 1933 年，在 2008 年 10 月出版了特別慶祝版，除了回首發展史，打出了「21 世紀從現在開始」的口號外，更在雜誌封面及封面裡加上電子紙，以“THE 21ST CENTURY BEGINS NOW”的英文與圖案字樣作封面，又在封面裡利用閃爍圖文做出福特 FLEX 汽車廣告。其實 Esquire 雜誌、E-Ink 公司及福特汽車早已宣佈，這次製作了十萬本電子紙收藏本，只在美國出售，並且不包括世界各地數十萬的訂戶。當時，企業對電子紙的顯示方式仍然保密，直到 9 月中旬上架，大家才看到具創意的閃動電子紙，這十萬本雜誌很快便搶購一空。

Esquire 的電子紙展示，效果新穎又生動，但製作技術頗為單純，封面字體與底色明暗交互顯示，然後把每個字顯示的時間拉開，再加上閃爍的彩色圖畫即成。其實那幾張彩色小畫只是透明的彩色圖畫膠片，貼在以 E-Ink 作底層的紙張上面，E-Ink 明暗變更，彩色圖畫的明暗也跟著改變，產生閃動的效果。福特汽車的廣告是一張彩色透明圖片，E-Ink 底層選擇在車身不同部分作明暗的變動，使整輛汽車好像動了起來，這正是設計者的創意。



■ 透明的彩色圖畫膠片，貼在以 E-Ink 作底層的紙張上面，隨著 E-Ink 明暗變更，彩色圖畫的明暗也跟著改變，產生出閃動的效果。

為了節省開支，這本雜誌在製作時先動用了上海七家電子廠，製作出10萬組夾在紙裡面的小電池，以及10萬組讓 E-Ink 閃動的電子零件；然後空運到美國德州達拉斯，裝上冷凍卡車，防止高溫降低電池壽命；再運到墨西哥的 Negras，利用大批員工把電子零件與 E-Ink 本體（封面與廣告）組裝在一起，合共20萬片；最後以冷凍卡車把這20萬片合體版運回美國肯德基州的當納利印刷廠，以特製的專用裝訂設備，把每片 E-Ink 與印好的紙本雜誌裝訂起來，才正式完工。雖然大費周章，但這本雜誌在美國的售價只是5.99美元，比平常的零售價僅多了1美元。

繞過地球半圈才製作出來的兩小片閃動的電子紙，其象徵意義大於實質效益，至少大家看到兩種不同的「紙」如何有機地結合在一起，儘管 E-Ink 在閱讀文字的顯示方面仍不理想，但運用在 Esquire 的標題與廣告上，確實讓人眼睛一亮。隨著無線網絡與手機通訊的便捷，電子紙有接收資訊的功能，雜誌、報紙可開關電子紙視窗，隨時更換新的資訊，成為數字出版的新市場。

## 沒有書香的電子書 ■

很多人把電子紙與電子書結合在一起，有可能是因為書本的重量不宜攜帶，因此，大家都憧憬有一天，能夠把上百本書放在輕小的閱讀器內。日本 Sony 公司針對這期盼，製作出第一本稱為「書」(Libre) 的電子紙閱讀器，其設計酷似一本精裝書，內文也仿照傳統的直排，有適當的行距，除了黑白反差不足與字體不夠清晰等電子紙的先天特性外，還有幾分紙質書的風味。

Libre 是最像紙質書的閱讀器，人們的傳統觀念，對書有著特殊的情感，並超過對電子功能的期望，因此大家都會以紙質書的標準來要

### ■ Sony 公司的 Libre 電子書。



求電子書。電子閱讀已流行多年，讀者適應與否，通常以 Reading Experience 與 Reader Experience 來衡量。Reading 指閱讀工具的物理功能，Reader 則指人在閱讀時的心理感受，所以電子閱讀的適應性在於工具與感受的平衡。

讀書不同於查詢數據、觀賞圖片、瀏覽文檔，讀書是一種心靈活動，看到一本新書有隨手翻閱的衝動，隨後細心閱讀，又陷於沉思聯想，直到融會貫通，當中帶來的喜悅正是書本的核心價值。我們常說「書香」，除了指紙張與油墨的氣味，主要是指讀書這個心靈活動。由此可見，電子書即使功能再強，卻缺少了一分書香氣息，不能成為讀書心靈活動的最佳拍檔。

電子紙閱讀器的應用領域廣泛，不局限於書本閱讀。全球最大的數字出版印刷廠 Lightning Source 新任總裁 Mr. David Taylor 認為，電子書的出現，原意是要減少紙質書，卻令紙質書不減反增。■