

塗布紙印刷適性之評估

蘇裕昌*

Evaluation of the Printability of Coated Papers

Yu-Chang Su*

Summary

It is probably not an overstatement to say that papers are made for printing. Along with advances in printing technology, printed objects expanded greatly, in addition to printing paper, corrugated paper, synthetic paper, plastic, metal, glass, fabric, wood and ceramics are all printable. Nevertheless, paper remains the mainstay of printable objects. In order to achieve good printability, beforehand evaluation of printing method, printing ink and suitability of the printed objects shall be made. This is particularly so for paper-based printing. Printability is influenced by a) density of the paper; b) paper formation; c) smoothness; d) oil absorbance; e) air permeability; f) stiffness; g) pliability; h) compressibility; i) surface strength; j) brightness; k) opacity; l) gloss; m) pH etc. This paper discusses pertinent factors affecting printability on coated paper.

一、緒言

若說紙張的大部份是做為印刷材料為前提製造而成也不為過，但隨著印刷技術的進步，被印刷體的範圍大幅擴大，除了印刷用紙以外，瓦楞紙、合成紙、塑膠、金屬、玻璃、布、木材、陶磁器等也都可用來印刷，但被多種印刷體中還是以紙為最大宗。為了達到好的印刷品質無論是紙或其他被印刷體在進行印刷時均會事先評估印刷方式、印刷油墨及被印刷體的適合性等。在進行紙品印刷之前時尤其會利用既成之印刷方式，及印刷油墨進行紙張印刷的最適性進行探討及評估。

二、印刷適性

所謂印刷適性就是為了達到印刷物的品質及印刷作業之要求，所採用的各種材料必須具備之特定之性質，其重點主要是在印刷用紙及印刷油墨。決定紙

張的印刷適性的種種紙張性質的重要性，依印刷的方式之不同，印刷標的物的種類及需求之印刷品質之不同，所需求之紙張特性也不同。一般與印刷品質有關之紙張性質常被認為是以下幾種如 (a) 紙張的密度；(b) 交織；(c) 平滑度；(d) 吸油度；(e) 透氣度；(f) 剛(挺)度；(g) 柔軟性；(h) 耐壓縮性；(i) 表面強度；(j) 白度；(k) 不透明度；(l) 光澤度；(m) pH 等。

另一方面，為了圓滑順暢的完成印刷作業，也必須具備必要的紙張性質，另稱之紙張作業適性如紙張的 (a) 伸縮；(b) 翹曲；(c) 皺紋；(d) 抗張強度；(e) 靜電性等。但在印刷時為了達到特殊印刷目的，印刷品質特性與作業適性並非一致，甚至有相反的狀況，兩者之間問題相當複雜，但總需考量整體之經濟性及可行性後進行。以下針對紙張的印刷作業性及印刷品質二項目討論。

(一)印刷作業性 (printing runnability)

所謂印刷作業性主要是探討機械性相關的印刷適合性，即爲了了解在遂行印刷之目的使印刷作業順暢地完成所需之紙張品質。印刷的目的就是要複製，首先必須忠於原稿，但爲了得到理想之印刷物，首先印刷作業必須順暢。無論多精美之印刷物若在製程中發生多種作業障礙，則一定無法得到好的印刷品質及經濟性。因此在作業上有障礙發生時首先確認 (a) 印刷機操作是否正確。(b) 所選擇的油墨是否正確。(c) 所用紙張的品質有否缺陷。檢討在印刷時有無下列之狀況如：

- 1.送(出)紙不良：送紙或出紙不順暢，是否由於紙張的波浪(wavy edge；端波)、緊邊(tight edge)或翹曲等所引起。
- 2.印刷物的外觀不正常：印刷皺紋，印刷後捲曲等。
- 3.印刷面外觀不佳：印刷油墨受理性不良，紙面剝起、紙粉、油墨乾燥不良、外觀不佳。

若有符合上述情形等發生各種印刷障礙，則必常停機調整或清潔、費時費力，印刷作業性極差。

(二)印刷品質

所謂印刷品質，也稱之求美、求真的印刷適性。此評估是俟印刷完了後再評估其印刷物之品質。一般針對影像的再現性及印刷光澤度進行評估。

1.影像的再現性

完成之印刷物與原稿相近，稱之顏色再現及網點再現。前者與紙張的白度及色相有關。後者除印壓不適當、油墨的流動(flow)異常等有關之印刷之技術以外，紙張的性質中如平滑度差、或紙面平滑度不均、油墨受理性差均可能等導致印刷再現性不佳。

2.印刷光澤

印刷光澤常與白紙的光澤度大略成比例，但近年表面平光(matt)及鈍光(dull)紙品的流行。此等

去光性之銅版紙、塗布紙約佔產量的25%，但若有正確選擇油墨的種類、使用量、油墨固著時間等，即使這種紙張的印刷也能得相當之印刷光澤度。

三、紙張的性質與印刷適性之關係

印刷適性評估主要主要的目的，是在印刷前評估紙張對印刷之適合性，探討紙張性質與油墨間之相互關係各種問題。一般的評估方法是利用小型印刷機或印刷適性試驗機如 IGT、RI、評估探討紙與油墨間之各種相關性之問題。如評估 (a) 油墨轉移性；(b) 印刷光澤度；(c) 刷油墨吸附性 (trapping)；(d) 油墨固著性 (inkset)；(e) 耐印性等。即評估紙張的基本性質與印刷適合性之相關，以做爲製造紙張之參考及評估。並評估其他雖不直接影響紙張性質，但被包含印後之品質評估項目如尺寸安定性、不透明度、耐久性等(圖1)。表1爲與印刷適性(印刷作業及印刷品質)有關之紙張性質。

以下就針對與印刷性質有關之紙張的特性分別就 (a) 紙張的基本性質；(b) 紙張的光學性質；(c) 紙張的表面性質及透過性；(d) 紙張的強度性質；(e) 紙張的異方性及兩面性；(f) 紙張與水之相關性質；(g) 紙張的其他性質。分項討論其在印刷時對印刷作業性及印刷品的印刷品質的影響。

(一)紙張的基本性質

1.尺寸

依客戶要求的尺寸裁紙，但需注意裁切精準度，平版紙裁斷精度(尺寸及直角性)，若不符合印刷機之容許範圍則會有印刷規位失誤或套印不準(misregister, doubling)的情形發生。

2.基重

紙的基重及厚度是紙的基本規格，通常基重是指1平方米(1m²)紙張的重量的克數(g)。紙的基重影響紙張的不透明度、剛度及紙張的一般強度性質。

在印刷應用時視應用之要求選擇適當基重的紙張，一般印刷用紙的基重為 50~160 g/m²，低於 50 g/m²則可能會有成本上升或剛度過低，不適於張頁式的印刷。高於 160 g/m² 則大部分為抄合之紙，屬於紙板的範圍。基重易受到環境影響，故測試時要在恆溫恆濕之條件下測定。造成基重變化的因素主要有：水份、漿之流量與濃度、紙漿流向不均勻、流漿閘唇板之瑕疵或抄網縱向不平產生之厚/薄條痕，頭箱之漩渦與渦流產生之相隔較小的變異，交織變異的斑狀不均點等。

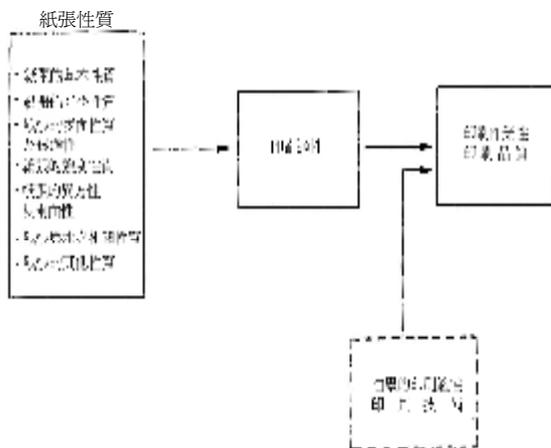


圖 1 紙張的性質與印刷適性的關係

3. 厚度

紙張之厚度有 thickness 及 caliper 二個表示方式，thickness 是指單張所測得的厚度，caliper 則為一疊紙張所測得的總厚度除以張數所得的平均值。圖 2 為不同紙張種類的紙厚與令重之關係。影響厚度的因素有：基重、紙漿種類、磨漿程度、填料用量及留存率，壓榨部濕壓程度，紙張含水分，壓光程度等等。

4. 密度

紙張的基重及厚度間有密切的關係，但兩者間並非固定的關係。密度 (g/m³) = 基重 (g/m²) / 厚

度 (mm)。紙張中主要原料的密度如纖維為 1.50、填料中的碳酸鈣 2.70、白土 2.6、滑石粉 2.7~2.8 等。實際上紙張的密度遠比上述數值低，其原因為紙張中有大量的空氣存在。表 2 為紙張密度的概略值，道林紙的密度有相當的差異，只要是由於打漿及壓光程度差異之故。紙張的密度受有無機後塗佈影響很大，非塗布紙中以格拉辛紙為高密度紙的代表其值為 1.1~1.0，紙漿經粘狀叩解以強化纖維間結合導致紙張內空隙減少，又經超壓光處理使紙張呈硬且透明。塗布紙的密度較非塗布紙為高，主要是除纖維 (密度 1.50 g/cm³) 外，紙中加有高密度 (2.6~2.7 g/cm³) 的填料如碳酸鈣等 (表 3)。影響紙張密度之主要因素有：紙漿種類及磨漿程度，填料的種類及添加率、纖維物、半纖維素含量，壓榨部濕壓程度，紙張含水分，有無表面塗佈及其壓光條件等等。表 4 為紙張製造條件與密 (緊) 度的關係。圖 3 為紙張之緊度與性質之關係。由纖維的種類、打漿程度、填料的量、壓光處理與否，塗佈的有無等條件可調整紙張的密 (緊) 度。紙張的緊度影響紙張的一般強度性質及紙張的表面性質及光學性質等 (圖 3)。

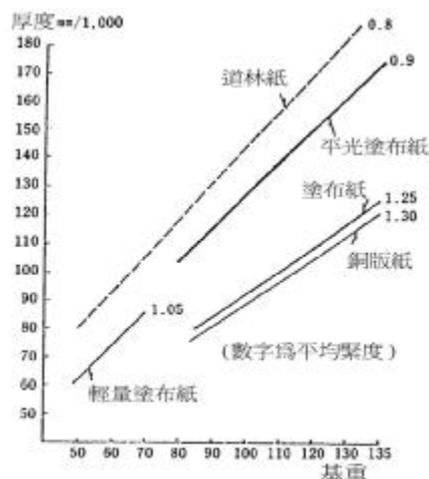


圖 2 紙厚與基重的關係

表 1 與印刷適性有關之紙張性質

項目	印刷障礙	紙張性質	
印刷適性	—印刷作業性	—送出紙不良	—靜電、紙病、挺度
		—印刷皺紋	—紙病、水分、尺寸精度
		—紙病或翹曲	—兩面性、水分、尺寸安定性
		—印刷規格失誤	—裁切精度、伸縮
		—紙剝 (picking)	—表面強度、耐水性、紙屑
		—印墨堆積 (piling)	—表面強度、耐水性、紙粉
		—脫毛	—紙粉、脫毛、油墨屑
		—轉印 (set off)	—(對油墨) 乾燥性、紙病、吸油性
印刷適性	—印刷作業性	—黏著 (blocking)	—(對油墨) 乾燥性、翹曲、吸油性
		—乾燥不良	—吸油性、pH、水分
		—版面污損	—pH、化學成分
		—折斷	—強度特性、水分、紙向
		—紙態波浪	—厚薄、水分
		—斷紙	—厚薄、紙力、水分
		—起泡	—水分、透氣度、Z 方向剝離強度
印刷適性	—印刷品質	—油墨濃度不足	—白紙光澤度、平滑度
		—油墨轉移不良	—交織、平滑度、吸油性
		—印斑 (mottling)	—塗布不均、交織、吸油性
		—網點過粗或過細	—交織、平滑度、紙厚
		—發色性不良	—白度、色相、吸油性
		—印刷光澤度不良	—白紙光澤度、油墨固著性
		—印刷不透明度不良	—白紙不透明度、基重、緊度
		—反印 (strike through)	—油墨浸透性、基重、緊度
		—透視 (show through)	—白紙不透明度、基重、緊度
		—印刷皺紋	—水份、透氣性、尺寸安定性
		—網點失誤 (misdot)	—平滑度、吸油性、壓縮性
		—其他品質缺陷	—塵粒、污損、條紋等

塗布紙印刷適性評估

表 2 不同紙張的密度及空隙率

	密度 g/cm ³	空隙率%
格拉辛紙	1.10	26
道林紙	0.60~0.85	61~45
牛皮紙	0.60	59
新聞用紙	0.57	61
含浸加工用原紙	0.40~0.60	73~60

表 3 印刷用紙張的緊度

紙的種類		緊度 (概略值)
非塗布紙	格拉辛紙	1.1
	上質紙	0.6~0.8
塗布紙	銅版紙	1.25
	塗布紙	1.20
	輕量塗布紙	1.05
	鈍光塗布紙	0.90

表 4 製造條件與緊度的關係

	緊度	低	高
		高度	高
製造條件	紙漿纖維	剛直	柔軟
	叩解	弱	強
	填料	少	多
	壓光處理	弱	強
	塗布	無	有

(二) 紙張的光學性質

1. 白度

紙張的白度有其外觀上之價值如商品價值及感官價值等，及高度紙張在印刷時有良好的發色對比，是印刷用紙提升印刷品質重要因子之一。影響紙張的白度之主要因子為 (a) 紙漿的種類；(b) 所填加填料之種類及添加量；(c) 塗布顏料的白度等。白度的

度量方法，主要有白度 (brightness) 及視白度 (whiteness)。白度是指紙張對 457nm 波長的光反射率 (ISO 白度)，或某一波長區域的 (即藍、綠、琥珀) 光反射率 (hunter 白度)。另一為視白度 (whiteness) 其受全反射率及反射均勻性影響。紙業從業人員常在紙料內加入少量的藍色及紅色的染料、稱之吊色以提昇紙張視白度。或加入螢光染料以有效提升紙張之視白度。螢光增白及添加青藍染料 (提色劑) 吊白的效果與機制均不同。螢光增白的機制為人眼對白色的感覺約在波長 450nm 左右，添加螢光增白劑後增白劑吸收此比較短波長之光，而在 450 nm 左右有增幅之效果。添加青藍 (紅色) 染料則是增加紙面對藍色光之反射，而抑制黃色 (綠色) 光反射。印刷時之顏色再現性以前者較佳。圖 4 為不同紙張的分光反射率特性，而圖 5 為添加螢光增白劑後紙張之分光反射率曲線。

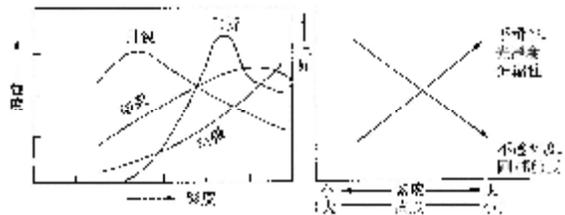


圖 3 紙張緊度對各項性質的影響

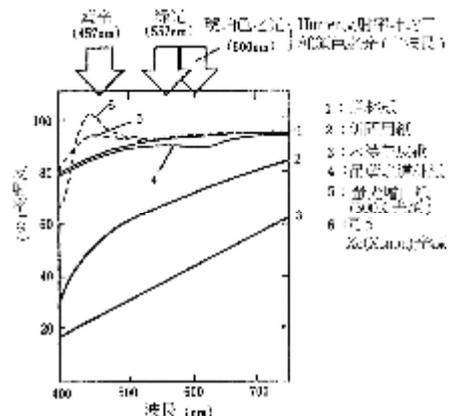


圖 4 紙張之分光反射率曲線

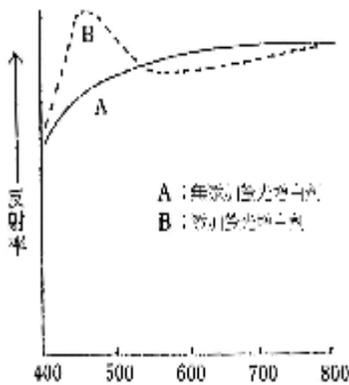


圖 5 添加螢光增白劑紙張的分光反射率曲線

2. 色相

紙張之色相或色調檢驗除抄造色紙時應加強管制外，生產高級塗佈紙更是一重要檢測項目。紙的顏色表示法以往採用主觀的色名法，目前則採用較客觀的數值管理式的 CIE 表色系統以 L, a, b 三刺激值來表示紙張的色相（圖 6）。影響色相的因素有：使用紙漿種類、染料的用量及其色調及填料的種類及用量等。

3. 不透明度

不透明度的定義為紙張對穿透紙層之入射光的阻絕程度，測試紙張不透明度依美國 TAPPI 所定 R0.89 與 Ro 所測反射率之比（ $TAPPI\ Opacity = R_o / R_{0.89}$ ），其測試方法可簡示於圖 7。

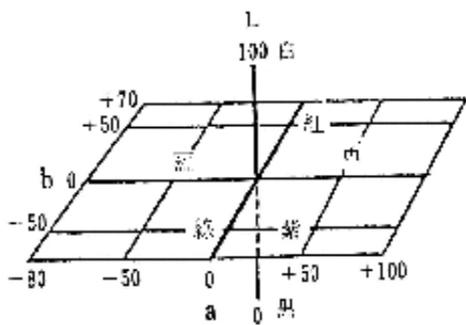


圖 6 Lab 色度座標

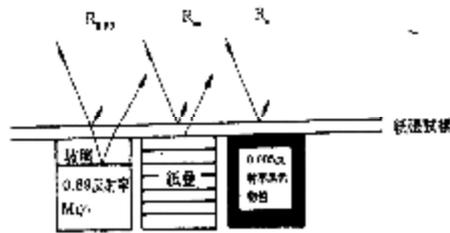


圖 7 APPI 不透明度測試原理

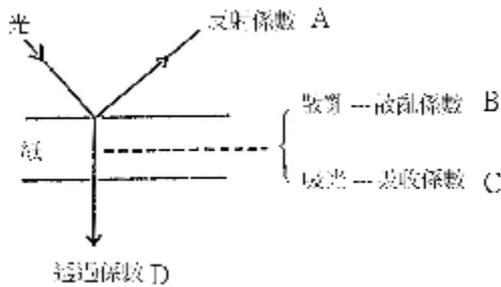
1、入射光照射紙面的舉動

光照射紙面，有一部份的光會進行反射（A）一部份進入紙層後則在紙層內產生散射（B）及一部分會被紙層吸收（C）最後有一部份光會通過紙層（D）如（圖 8）。如 D 量很少則表示紙張不透明。因而可以斷定紙層內之光的散亂及吸收特性為主要影響因子。紙層內光散亂部分愈多則透過之光量愈少，若透過光減少至很少則紙張呈不透明。光散亂及光吸收的程度的指標為光散亂係數及吸光係數，此等係數愈高則散亂或吸收愈大。如圖 9 光散亂的頻度及光吸收的量隨基重增加而增加，因而得到高不透明度。道林紙的基重若超過 100 g/m^2 時，不透明度變化則較小，基重在 80 g/m^2 以下時隨基重減小不透明度有急遽的降低，常發生不透明度問題的紙張一般在基重在 80 g/m^2 以下，圖 10 為紙張不透明度及印刷不透明度之圖示。

影響不透明度的因子有（a）基重；（b）紙漿的白度及打漿的程度；（c）密度；（d）填料的種類及添加量等。

紙張不透明度的改善的方法有（a）增加紙張的光散亂性質而提高不透明度，有效的方法是使用填料。一般道林紙內添填料的添加在 10 % 左右，若過分增加可能影響紙張的挺度（剛度）及強度。填料中的二氧化鈦具高屈折率，較碳酸鈣及白土有較佳對不透明度改善效果。相反的，紙漿經打漿後隨纖維的帶

化程度的增加，纖維間的結合也隨之增加，可抄製緻密且高紙力的紙張。但紙層內空隙的體積減小，發光散亂的可能性減低，而減低其不透明度。(b) 增加紙張的吸光效果而提高不透明度，一般模造紙或 B 級塗布紙較同基重的道林紙或 A 級塗布紙有較高的不透明度。前者是因為白度低而有較高的吸光係數之故。另外，模造紙或 B 級塗布紙中除化學漿外有 30% 的機械漿，一般機械漿有較高的吸光係數及光散亂係數，表 5 為抄紙纖維及填料之光散亂係數。(c) 塗布紙是在紙面塗布顏料，一般較非塗布紙有較高的不透明度。其中若添加二氧化鈦則更能提升。



反射光 B.散亂光 C.吸收光 D.透過光

圖 8 光照射紙面之舉動

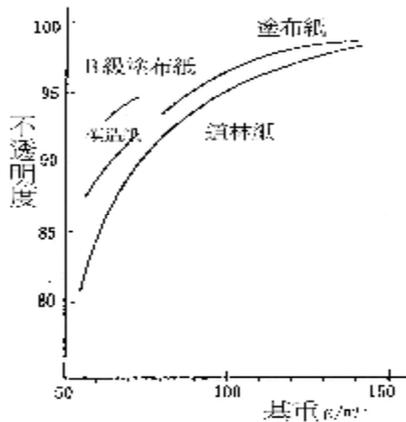


圖 9 紙張之基重及不透明度之相關

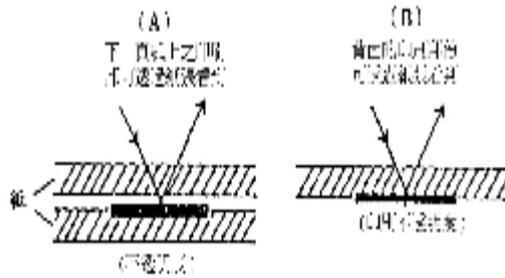


圖 10 紙張的不透明度及印刷不透明度

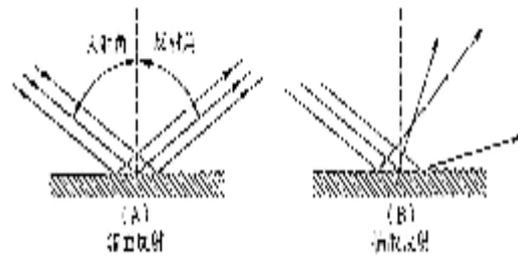


圖 11 光澤度發現的原理

(四) 光澤度

紙張的光澤度是印刷用紙重要的性質之一，光澤度分白紙的光澤度及印刷光澤度，兩者呈相關關係，但不呈比率關係。印刷用紙視需求及喜好，分高光澤 (gloss) 及鈍光 (dull)、平光 (matt)，而目前仍以高光澤為主流。印刷紙張的光澤度的大小依序為：未塗布紙 < 輕量塗布紙 < 塗布紙 < 銅版紙 < 鏡面銅版紙。紙張的光澤可定義為在紙面上某一角度入射光照射下，對定向光的反射及無定向光的散射程度。印刷用紙最常用的入射角度為 75°，但對紙面愈平或測定印刷後光澤則宜以較低入射角度 (如用 60°，甚至用 20°) 來測定，所測出值較易比較出光澤度的差異。光澤是光的強反射，因而其測定原理與白度類似，唯相異之點為沒有使用濾光片 (filter) 和使用特定的入射角 (紙張測定上採用 75°)，並在同一角度的反射角所反射的光測定之。其目的主要是為了測得

高反射光量，在各方向擴散的光下測定則無法感覺到光澤感。因此，光澤度的測定時測試儀器之光源穿過透鏡聚集成有規則的光束，使其在一定入射光角度射在紙面上，在與入射光同之反射角度上所測得的反射光量，與相同條件下照射在標準鏡面所測之反射光量的比值，稱之鏡面光澤度(%)。一般印刷用紙採用75°入射光角(與紙面呈15°角)，蠟紙或經鏡面塗布之紙採用20°入射光角(與紙面呈70°角)。影響紙張光澤度的因子為有(a)紙面粗糙及平滑程度情形(如表6)；紙張表面平滑則有高光澤度，表面的凹凸導致光在紙面呈擴散反射而有較低之光澤度(圖11)；(b)紙張的白度及色調；(c)有無表面塗佈及壓光處理(圖12)；(d)紙張的緊度；(e)填料種類及含量；(f)磨漿程度；(g)紙漿種類等等。表6為印刷用紙的表面物性比較即平滑度或表面凹凸之大小與光澤及印刷光澤之比較。

表5 抄紙用原料光散亂係數

	游離度 (CSF)	光散亂係數 (cm^2/g)
	mL	
針葉樹亞硫酸	未打漿	310
法紙漿(SP)	400	235
	100	205
針葉樹硫酸鹽	未打漿	350
	400	275
法紙漿(KP)	100	250
	100	640
針葉樹磨木漿	未打漿	442
	400	355
(GP)	100	328
	闊葉樹硫酸鹽	100
法紙漿(KP)		
	闊葉樹磨木漿	
(GP)		

內添用白土	1100
N01 塗布用白土	1578
N02 塗布用白土	2100
二氧化鈦 (anatase)	4200
二氧化鈦 (rutile)	5500~7500
黑色顏料	9500

(三)紙張的表面性及透過性

1.紙張的平滑度

紙張平滑度表現紙的觸感或風味，影響紙張的(a)密度；(b)光的反射性(影響光澤度)；(c)油墨的受理性等。平滑度的高低取決於使用目的，印刷用紙大都需較平滑的紙張，以獲得較佳的印刷及書寫效果，但如生產需經自動機械處理的紙張或統計用紙(卡)應用時平滑度則不宜過高，否反會因滑動不易輸送，而導致不易操控。影響平滑度的因素有(a)打漿程度；(b)紙漿種類與纖維之粗細；(c)抄網與毛布之粗細；(d)有無表面塗佈及壓光處理；(e)壓榨部濕壓程度；(f)填料種類及含量等。

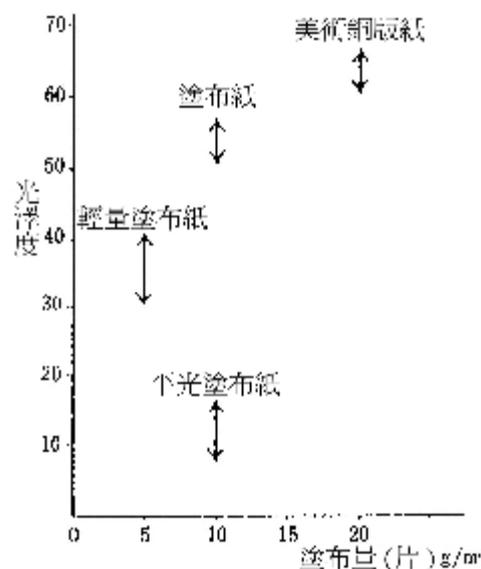


圖 12 塗布量與光澤度的相關

塗布紙印刷適性評估

表 6 印刷用紙表面物性比較
(平滑度與光澤度之相關)

	平滑度 (秒)	最大 凹凸 (μm)	光澤度*	
			白紙 光澤	印刷 光澤
道林紙	20	12	5	10
塗布紙	40	13	13	30
塗布紙	1000	4	67	72
銅版紙	1300	3	77	78
鏡面塗 布紙	2100	2	92	85

*白紙部是入射角·反射角 75° ，印刷部是入射角·反射角 60° 時以光澤度計的測定值

平滑度的測試方法有很多種，所用原理類似，對印刷用紙常用的儀器是貝克平滑度試驗儀 (bekk smooth tester)、有謝浮 (sheffield) 及格雷 (gurley) 等。主要的 Bekk 平滑度測試法是將紙張夾在中空的測試口中，內部已經由真空幫浦減壓，測試自測試口流入的空氣的難易判斷紙張的平滑度 (圖 13)。平滑的紙張表面凹凸愈小則其間隔愈狹小因此空氣的流入困難。當然流入一定量的體積的空氣所用的時間愈長，或一定時間後內部的壓力差的變化愈小。此時所流入之空氣一般設定為 10 ml。但上述之空氣透過法無法探知紙張表面的凹凸的實際狀況，且測試高平滑之紙張需費時很久。以觸針式表面粗糙度 (平滑度) 測試法常做為評估高平滑度紙張的平滑度的方法，由觸針上下移動直接接觸紙面將實際測出紙面之凹凸後放大後記錄之。圖 14 為各種不同印刷紙張之表面粗糙度比較，明顯顯示紙面凹凸之狀態。

紙張的平滑度對印刷適性之影響很大，無論印刷作業性及印刷品質。愈平滑之紙張所印刷之網點再現性愈佳，尤其是凹版印刷，因其版具彈性、易受平滑性影響。網點的尺寸隨平滑度增加變小，增加其印刷

精度，如銅版紙網點的尺寸 175 條，而非塗布紙網點的尺寸僅在 100 條以下。

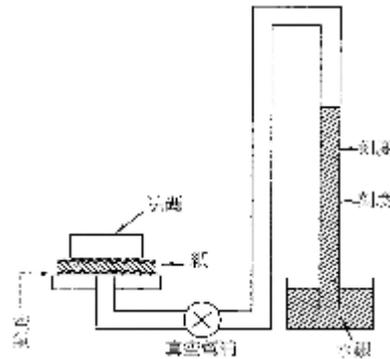


圖 13 紙張平滑度的測定常用的 Bekk smoothness tester 之測試原理

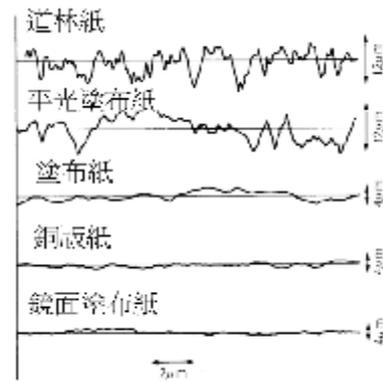


圖 14 印刷用紙表面粗糙度之比較

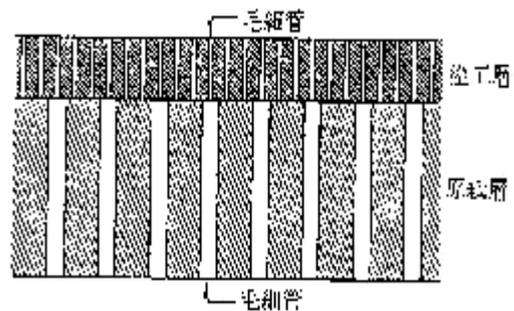


圖 15 塗布紙的毛細管模式圖

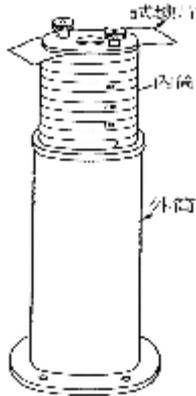


圖 16 紙張的透氣度的測定

2. 透氣度

紙張是為多孔狀的結構，在整個組織中具有很多孔隙，孔隙分管狀及非管狀兩類。非管狀孔隙為氣泡狀，管狀孔隙即為毛細管狀。塗布紙之毛細管孔隙較道林紙為細，塗布層毛細管管徑 $0.1 \mu\text{m}$ ，約為非塗布紙的 $1/10$ (圖 15)。毛細管的數目、大小會影響透氣的快慢及印刷油墨的吸附 (trapping) 及固著 (inkset)，尤其對非塗布紙影響大，對塗布紙則以對平版輪轉之印刷影響較大。印刷後常以高溫乾燥之乾燥方式乾燥油墨，透氣度是重要之影響因子。透氣性低的紙張在乾燥時容易形成起皮的缺陷。另外，紙張透氣度的高低亦會影響飛達送紙是否順暢，紙張透氣度太高，吸紙時常因一次會吸兩張以上造成作業障礙。透氣度的測定方法為測定 100 mL 空氣通過一定面積紙層所花費之時間以秒計算之 (圖 16)。

3. 吸油度

吸油度的高低與油墨的吸附、固化、乾燥、及印刷後光澤度均有關係。吸油度如同透氣度一樣，受到紙張中毛細管大小、數量及分佈的影響。紙張的吸油性太高，印刷時易產生粉化現象。紙張吸油性太

低，印刷後油墨不易乾燥，因此要獲得吸墨性佳的紙張，紙的毛細孔一定要多、細且均勻。影響吸油度的因子為紙張表面有無表面塗佈及壓光處理、磨漿程度、紙漿種類、壓榨程度等。

4. 上膠度

吸油度是紙張對油的滲透性質，上膠度則是紙張對水的滲透性質。構成紙張的纖維為親水性，上膠作業賦予紙張對水的滲透有相當程度的抵抗性。主要的上膠劑為松香上膠劑、反應性上膠劑等。適度的上膠使紙張的得到相當的抗水性，但抗水性的高低決定於上膠劑被保留的量有多少、與分佈是否均勻。紙張抗水度不足時，印刷時則易產生紙張尺寸伸縮、套色不準現象。評估紙張上膠度方法有 (a) . 史托克上膠度試驗法；(b) . Cobb 抗水度；(c) . 赫克力士上膠試驗 (HST)；(d) . 鋼筆書寫上膠度等。

(四) 紙張的強度品質

1. 紙張的一般強度

紙張的一般強度主要是指紙張的抗張力、撕力、破裂力及耐折力等。影響紙張一般強度的因子是 (a) 紙漿種類；(b) 打漿之程度；(c) 蒸解及漂白的程度；(d) 紙張的交織等。針葉樹漿含量愈高或磨漿程度愈高紙張的一般強度會較高。抗張強度為最常用的測量紙張強度方法，其測定的方法為在紙的兩端加入一定荷重以一定的速度運動，在一定的點紙張會斷裂，此時為荷重下的抗張力，也可計算其斷裂長度。抗張強度低則可能在印刷作業下有斷紙之現象。在測紙張紙的破壞荷重的同時，也可測紙張的伸長率 (圖 17)。擺錘式抗張強度試驗機：本法使用擺錘式試驗機，其工作原理如圖所示，圖中 G 為擺錘之重量， P 為試樣之斷裂力， h 為擺錘與軸之距離， r 為扇形之半徑，試驗時得下列關係式：

$$P \times r = G \times h \sin \theta$$

$$\therefore P = G \times h \sin \theta / r = \text{常數} \times \sin \theta = \text{試片斷裂時}$$

所施加之負載紙機方向 (MD) 的抗張強度大於橫向的 (CD) 的抗張強度。這種縱橫差是由於在抄紙時纖維的流向及排列，及乾燥時在紙機方向有張力之牽引所導致。伸長率值為荷重前後紙張長度前之增加率，紙張的縱/橫比愈小的紙性愈佳。一般紙張的橫向伸長率大於縱向伸長率，吸濕伸長率也有同樣的趨勢 (圖 18)。採用伸長率大之紙張應用於平版印刷時，容易因油墨之黏著性而拉起紙面，導致套印不準、出紙翹曲、浸印等問題。

紙張的破裂強度則是指紙或紙板之一面，受到均勻穩定及恆速的靜壓，所能承受的最大壓力。對印刷用紙而言，不是重要直接影響因子。

紙張的撕力的種類可分為內部撕力 (internal tearing resistance)、端部撕力 (edge tearing resistance) 與面內撕裂 (in-plane tearing resistance)，其中之內部撕力即我們一般所稱的撕力。撕力是指測定撕裂紙張所需之功，常用 mN 表示。一般橫向撕裂強度大於縱向撕裂強度。端部撕裂強度對印刷時斷紙有大的影響。耐折力是指在一定張力下，紙張能承受往重覆摺疊之次數。因不同試驗儀器如 Shopper、MIT、瑞典之 Kohler- Mohlin 與歐洲之 Lhamargy 等。其測試原理不盡相同，儀器構造及所測數字亦不同，相互間亦不能換算，但各值均與紙張的柔軟性、韌性及抗張力有很密切的關係。

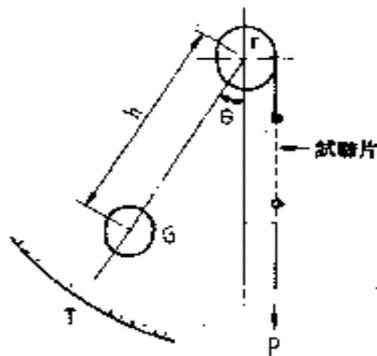


圖 17 擺錘式試驗機之工作原理

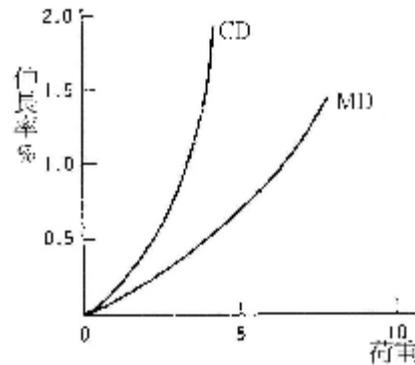


圖 18 紙張抗張強度與伸長率

2. 紙張的表面強度

紙張表面強度是指紙張表面抵抗剝起的能力。印刷適性中之耐印性之影響重要之品質項目。紙張表面強度過低，易引起表面剝起、印刷面有白色斑點發生。表面剝起的原因如下：(a). 油墨乾燥過快；(b). 油墨粘度過高；(c). 紙張表面強度過低；(d). 多色印刷時最初的油墨未乾時即將次色印上時也會引起表面剝起。一般紙張的表面強度的試驗，常採用拔蠟強度試驗 (Wax Test)，市售非塗布印刷紙表面強度 8-10 Å，但拔蠟強度試驗屬於靜態的條件下測量紙面剝離的難易，不符合印刷之現況。因而在評估印刷用紙的表面強度時常用可以測試紙張動態測量之 IGT 或 RI 試驗機進行。IGT 試驗機可調整印刷速度及加速度、印刷壓力、不同液媒的條件下進行。RI 試驗機則可在同一速度下形進行抗乾剝 (dry pick) 及抗濕剝 (wet pick) 的測定。乾抗剝性為紙張未經過水份的潤濕時對油墨的耐剝離強度，濕抗剝性則為紙張經前一個水濕潤後紙張的耐剝離強度。影響紙張表面強度的因素有：(a) 紙漿種類；(b) 打漿程度；(c) 交織；(d) 纖維長度與纖維間鍵結；(e) 表面塗佈及壓光處理；(f) 填料種類及用量；(g) 密度等。利用表面上膠或表面塗布可改善非塗布紙張表面之強度。

3. 層間剝離強度

紙張的剝離強度即為層間之強度，內部結合強

度，即紙張厚度方向、對外力抵抗性的大小。層間結合強度雖屬內部結合強度，但其主要用來測試多層紙層間的結合力的大小。可以用簡單的內部結合強度試驗（internal bond test）的方式測試。但較上述之拔蠟強度試驗能較精確比較出纖維間纏絡的內聚力。剝離強度低則在平面輪轉印刷時可能有起泡現象之發生，可用打漿、或紙力劑配合改善。

4.剛（挺）度

紙張剛（挺）度表示對紙張對彎曲力的抵抗性之指標。剛度為的高低為紙張性質或應用優劣的一個重要考量指標，此尤其是印刷用薄紙或二次加工過程。基重大之紙張有較高的剛度。紙機方向的剛度大於橫向剛度約為兩倍。剛度隨使用的纖維而異。影響剛挺度的因素有：(a) 紙漿種類；(b) 纖維長度；(c) 打漿的程度；(d) 半纖維素含量；(e) 壓榨的程度（紙厚及密度）。

(五)紙張的異方性及兩面性

1.異方性

在抄製紙張時尤其長網紙機，細長之纖維在長紙網機之網部高速成形所產之纖維配向，或因纖維排列會受抄紙機中機械性方向水中剪力影響，或受其它機械因素的影響如壓榨及乾燥時縱向張力控制，如在壓榨部及乾燥部由於紙匹牽引所產生的張力，以致所抄出紙張因而有方向性。紙張縱向（MD）及橫向（CD）的性質差異很大。尤其是縱橫得差異很大（表 7）。紙張的異方向性影響紙張的挺度、收縮、延伸性、摺疊性及強度等。尤其是異方性愈大的紙張其尺寸安定性愈差，愈容易伸縮，印刷時也較容易發生套色不準瑕疵。紙張異方性可由 (a) 零跨距試驗法；(b) 超音波試驗法；(c) 光學方法；(d) 其他方法—(1) 觀察法；(2) 浮水法；(3) 撕紙法判斷之。影響紙張方向性的因子有：(a) 紙漿種類；(b) 磨漿程度；(c) 抄紙機の種類；(d) 抄造條件；(e) 壓榨部

濕壓時縱向張力過大；(f) 乾燥時縮所引起之應變（主要為橫向）；(g) 緊度；(h) 填料種類及用量；(i) 上膠程度及 (j) 表面塗佈的有無等。

2.兩面性

紙張的表（正面）及裡（反面），紙張有正反面之分，正面亦稱毯面，通常指抄紙時紙張與毛毯接觸的那一面。反面亦稱網面，指抄紙時紙張與抄網接觸的那一面。一般正面的質地比較緊密，紙面的平滑度較佳。反面稍為粗糙些、紙面平滑度較差，這種紙張的性質稱為“兩面性”。進行抄紙作業時，脫水步驟中水份從抄網排出時，紙匹中些較細小的填料和纖維會離開抄網（圖 19 為示意圖），俟紙匹成相當厚度則細小的填料和纖維會依序留在紙匹上，造成紙張正反兩面如平滑度、表面強度等都產生差異，為了克服紙張的兩面性，抄紙設備改採用立式雙網抄紙機，兩面都是網部同時脫水，以消除紙張的兩面性差異。兩面性差異大的紙張會影響印刷適性，通常正面的平滑度高，而反面的平滑度低，印刷品的墨色會出現兩面不均勻的現象。如圖 20 顯示紙層內白土的分布，反面上填料及維細纖維配合率較少，灰分 10~15 % 的紙張，反面只有 5~8 %，正面則有約 20 %，且網面白土的粒徑較毯面為大。目前常用的抄紙機為長網抄紙機抄製之紙張的正反面的辨識，可由網紋及毯紋區別之，但目前用具的進步的改善已漸無法用目視區別。但可由紙層內填料分布觀察區別之或可由抗張強度及正反面比的光反射率差區別之（圖 21）。

表 7 道林紙強度（縱 / 橫）比

紙種	縱橫比	
	抗張強度	挺度
A	1.8	2.0
B	2.1	2.3
C	1.5	1.9
D	2.2	2.3

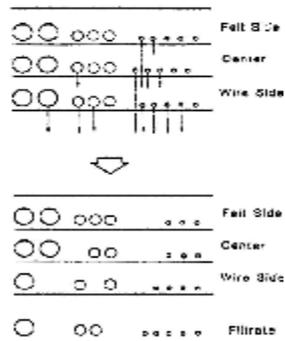


圖 19 脫水作業時填料和纖維的舉動

(六)紙張與水相關之性質

1.紙張的平衡含水率

不同紙張有不同之吸濕速率(如圖 22)，急速的吸放濕後，因紙張內部含水率的變化則有翹曲之可能。紙張的含水量太高時紙張會因放濕，而在紙邊產生緊邊(tight edge)之現象，反之紙張的含水量太低時，紙張會因吸濕而在紙邊產生紙態波浪(wave edge)之紙病。所抄造紙張的含水率，要儘可能與所處環境的相對濕度平衡，以減少吸濕、放濕現象的發生。紙張平衡含水率是在外界環境下紙張中的含水率會隨之變化，達一定值時紙張之含水率。達一定值時所需之時間，常說為一晝夜，但幾乎在 20~30 分鐘內幾乎已達定值。紙張的平衡含水率隨紙漿種類、基重、內添藥品、填料、紙種(塗布紙、非塗布紙)塗布紙之基重，塗布量而異(圖 23)。

2.水分對紙張強度的影響

影響紙張強度之主要因子為：(a) 纖維本身的強度；及 (b) 纖維間的結合強度。紙張之強度由於纖維間水分的進入導致結合之鬆弛及氫鍵結合的開裂。影響最大之強度為抗張強度及破裂強度。單纖維強度也會隨水分的增加而減小，但水分的增加使纖維變得柔軟，而有較高的韌性，可由撕裂強度及耐摺強

度因水分增高而變大的事實得到確認。圖 24 為紙張之各種強度因環境中水分的變化而產生變化的百分率。在高緯度國家紙張在冬季因空氣乾燥常有紙張易折斷。在夏季時因濕度產生印刷用紙之卡紙這是因為其抗張伸長度變化之故。由此可了解使用之條件嚴重影響紙張之性質。

3.纖維的伸縮與紙張的伸縮

纖維與水分作用使紙張產生收縮，因而導致印刷時之規格失誤、翹曲、印刷皺紋等印刷障礙。因此在應用前必須檢討纖維對濕度所產生之伸縮特性。圖 25 為纖維長及直徑方向，因吸濕所產生之收縮引起之吸濕伸長率之變化。兩者之差高達 20 倍。假設紙張皆由平行之纖維所構成則紙張之縱橫收縮為同樣之比例。紙張在抄製時雖說縱向(MD)有拉力在牽引，MD 與 CD 方向之伸縮比約為 1:2，手抄試驗紙則纖維隨機之分布而無縱橫差。

由於水分的影響纖維的收縮，要控制纖維的伸縮的作業是極難完成，但如能減少纖維之收縮也就能將紙張的收縮減到最小，因此在乾燥時以儘量減少濕紙的收縮的乾燥方式如緊張乾燥，或用單層烘缸方式所得紙張有較佳之尺寸安定性。除乾操作業外也可採用減少纖維間結合如降低打漿程度、增加填料、減少壓榨程度以減少紙張因濕度引起之收縮，同時也可增加紙張之不透明度。另外，填用機械漿，調整紙張密度等也可降低紙張之伸縮，改善紙張之尺寸安定性(圖 26)。

4.紙張的翹曲

紙張的捲曲與尺寸安定性有很密切關係，依捲曲情形翹曲可分為：毯面縱向、網面橫向、網面縱向、毯面橫向及對角型等。若依捲曲發生的原因則可分為：(a) 機械性；(b) 紙層的構造；及 (c) 紙張的含水率變化。機械性翹曲可能是因紙張經過一小角度邊緣，或捲筒紙久存後靠近芯棒處甚至全部由於卷筒紙張外側應變比內側大而形成橫向翹曲，或因紙張

水分兩面不均勻，經壓光機後水分高的一面長度略增加，因而形成橫向翹曲等。

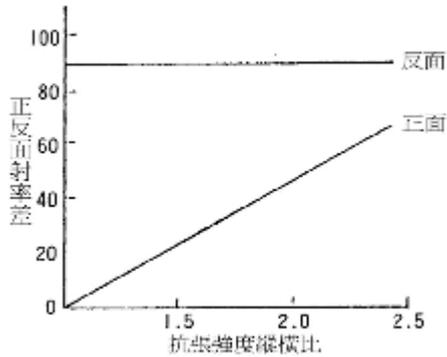


圖 21 抗張強度縱橫比與正反面射率差之相關

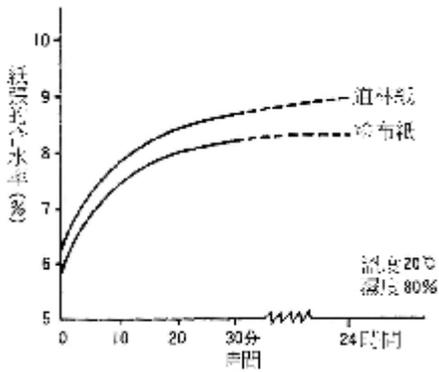


圖 22 紙張的吸濕速度

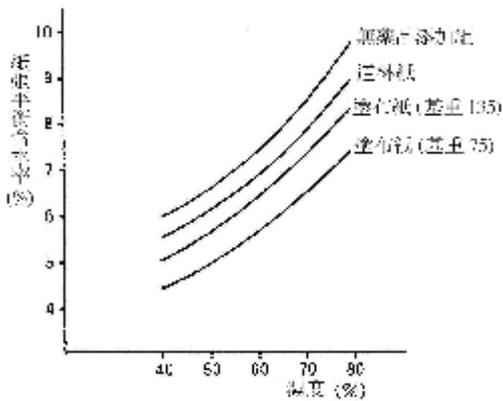


圖 23 各種紙張的平衡含水率

因紙層的構造形成的翹曲，主要是乾燥時紙面的含水率不平均，導致一面先達臨界水分，纖維間不再滑動，在有張力情形下積蓄應變，結果離開紙機時兩面殘留之應變不同，因而發生翹曲(圖 27)。另一原因則為纖維交叉的程度，如紙張一面的纖維交叉比另一面多，達到臨界水份時，兩面所積蓄之應變不同結果造成翹曲。此外，若進行表面上膠時，紙張兩面水分不同，較濕的一面會吸取較多膠料或因兩面供液量不同，造成吸膠量不同亦會形成構造型翹曲。水份翹曲之現象為在某一水分時紙張平坦，但水份改變時，原先的平衡相被破壞而生成翹曲。影響翹曲的因素除上述各原因外，尚有：(a) 表被差；(b) 紙漿種類；(c) 纖維配向性；(d) 乾燥方法；(e) 紙漿打漿程度；(f) 內部填料的有無；(g) 紙張種類；及 (h) 磨漿程度；(i) 填料添加量；(j) 乾燥時縱向張力大小；(k) 上膠程度是否單面塗佈(圖 28)等。

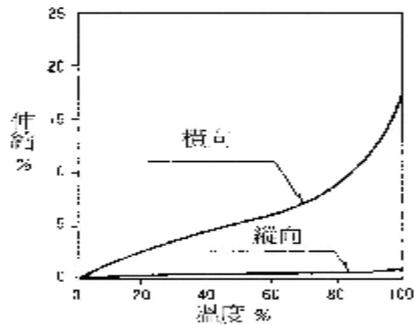


圖 25 吸濕引起之單纖維之伸長率

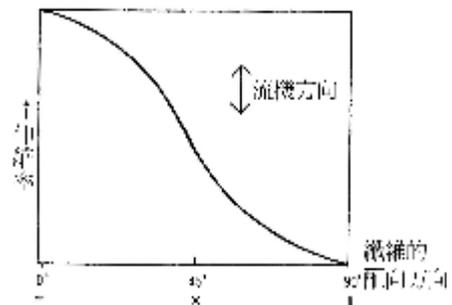


圖 26 纖維的配向與伸縮

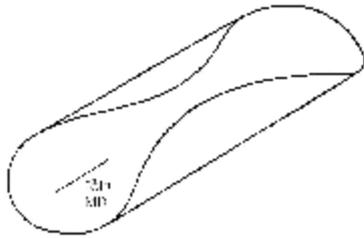


圖 27 紙向與紙張翹曲



圖 28 單面塗布紙的翹曲

紙張翹曲的測法有很多，但基本上為：(a) 測定紙張單面吸濕，而使相反的一面產生翹曲的程度；(b) 或使紙張兩面變化濕度，對在一定的濕度的變化下測定紙張的翹曲的程度的兩者之一。單面吸濕時以水塗布紙之一面，由紙張之滲透程度而變化紙張翹曲之程度。兩面吸濕時則在控制一濕度之空間內，測定翹曲的程度如圖 29 及圖 30。

圖 31 為三種單面塗布紙對因濕度產生之翹曲之程度比較。A 與 B 對某一濕度並不會產生翹曲。但由於濕度的增加，B 有較大程度的翹曲。C 則較 A，B 不易產生翹曲。使用紙張的用紙者必須了解所用每種紙之翹曲特性，甚至必須了解至微小的濕度變化對紙張翹曲之影響。

5. 靜電性

紙張表面在濕潤時不會產生靜電。若紙張乾時容易紙面粗糙或有不當的表面處理時，常因表面滑動、磨擦而使產生靜電。產生靜電，靜電會使紙張緊貼在一起，或貼於印刷機的機件上，影響紙張輸送或使紙張在咬紙夾及導規的位置發生不準，終造成停機。靜電問題在印刷後亦會造成除了(a)容易聚集紙粉；(b)

紙屑會夾入紙內；(c) 紙張理紙不易整齊；(d) 印墨模糊或緊貼於前印出的紙張，嚴重影響裝訂加工作業。因此印刷機大都設有靜電消除裝置，以減少靜電產生的印刷故障，塗布紙表面較不易產生靜電之問題。

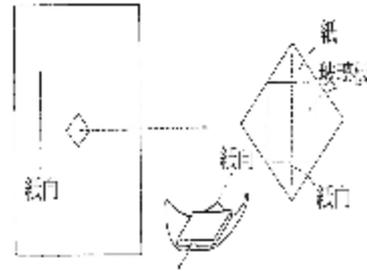


圖 29 單面濕潤引起之紙張的翹曲試驗

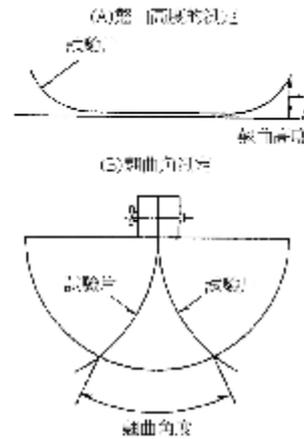


圖 30 用溼度變化測試紙張的翹曲

(七) 紙張的其他性質

1. pH

未塗布紙張 pH 值的差異，主要是源於填料種類及上膠劑的不同，亦即是用酸性或中性上膠。塗佈紙的 pH 值會較未塗佈紙稍高，此因塗料中常加鹼調整 pH，及顏料 pH 值一般也較白紙高很多。pH 較低的紙張其耐久性及油墨乾燥性會較差，另對印製金色或銀色內含有金屬的油墨，低 pH 易使金屬變色，對印

刷用紙改善 pH 常用方法是將酸性上膠改為中性上膠或改為近中性上膠。

2. 灰分

紙張中灰分的主要來源為 (a) 纖維原料；(b) 填料；(c) 濕端化學藥品；(d) 水中礦物質，及 (e) 塗佈用顏料。其中以填料的用量及塗佈損紙中回收的顏料為主要來源。過高的灰分會降低紙張的高度、強度、及伸縮性，但會適度提高紙張的不透明度及磨耗性 (表 8)。

3. 耐久性

紙張耐久性主要是指紙張老化後，紙張白度及強度有無劣化，或化學性質是否有改變。

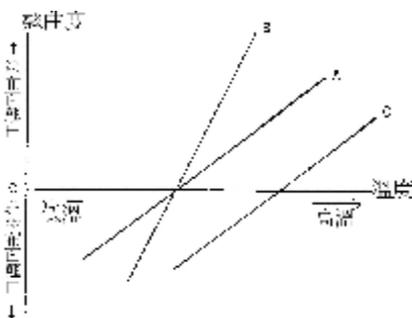


圖 31 單面塗布紙的翹曲

表 8 灰分與非塗布紙紙張其他性質的相關

灰分	增	減
緊度	高	低
不透明度	高	低
各種強度	弱	強
伸縮	小	大
磨耗性	大	小

四、印刷油墨與印刷適性之關係

(一) 印刷油墨

1. 油墨的組成

為了解紙的印刷適性，首先必須了解紙張及油墨的基本特性。不一樣的印版所採用之油墨的構造有不同之構造及特性，特別是凹版印刷的油墨與平版印刷及凸版印刷的油墨有完全不同之性質。至於平版印刷油墨與凸版印刷油墨之差異，主要為水的作用的有無，平版印刷在印刷時紙面有濕潤水之故，所採用油墨對水必須具安定性方可。因此平版印刷油墨應該較凸版印刷油墨複雜。油墨主要的組成成分為顏料、樹脂、溶劑及補助劑等，其中流動成分為液媒 (vehicle) (圖 32)。此組成與塗布顏料的組成非常相似，唯塗布顏料為白色，而油墨為著色之顏料，塗布顏料以黏著劑 (binder) 使塗料在紙面上固著。而油墨則以樹脂將油墨貼著。上述二種材料以水或有機溶劑將其分散，塗布紙所採用之塗布顏料為水性，塗布顏料及黏著劑在水中分散製成。印刷油墨為油性以著色顏料及樹脂在溶劑中分散而得。兩者皆將顏料與黏著劑 (或樹脂) 塗布 (或轉移) 到紙面上。另外，顏料、油墨中也添加補助劑以改善機能性及作業性。

2. 油墨的分類

上節對塗布顏料及油墨的組成稍作說明，但油墨的乾燥過程較塗料複雜，僅依油墨的乾燥方式可將其分類為 (a) 蒸發型；(b) 滲透型；(c) 氧化聚合型；(d) 紫外線硬化型等四種。

(a) 蒸發型油墨：

是將溶劑蒸發而將油墨乾燥的類型，其代表性的為凹版印刷油墨，油墨充滿印版之凹部後，為了使油墨能充分被紙張吸收，因而配有大量之溶劑於其中，此等溶劑會與其他顏料同時被紙吸收，然後隨著溶劑的蒸發油墨得以固著及乾燥，溶劑則回收再使用。同樣屬於此類的有彈性凸版印刷 (flexo) 油墨，另外，

平版輪轉印刷所採用之熱固著型油墨 (thermal set ink) 也屬此類。

圖 32 印刷油墨的組成

顏料 (20~30%)	—有機顏料
	—無機顏料
	—顏料色素
油 媒質 (凡立水) (78~68%)	—乾性油(或合成乾性油)
	—天然樹脂(或合成樹脂)
	—溶劑(稀釋劑)
助劑 (2%)	—作業適性調整劑
	—印刷適性調整劑
	—調配適性調整劑

(b)滲透型油墨：

滲透型油墨中的低黏度成分如溶劑、植物油等滲透至被印刷物上，乾燥後紙張表面殘留有高熔點樹脂及著色劑等形成被膜。此類油墨應用於較易吸收油墨的紙張的印刷上，其乾燥速度視溶劑的滲透而定，此類型之代表性油墨為印刷報紙用之油墨。

(c)氧化聚合型油墨：

氧化聚合型油墨為常應用在凸版印刷或平版印刷之黏稠之油墨。其油墨乾燥機制為油墨中之樹脂成分與空氣中之氧氣反應，致油墨進行氧化聚合反應，而固著在紙面上。

(d)紫外線硬化型油墨：

此類油墨也常應用在凸版印刷及平版印刷上，其乾燥機制為油墨中所含之單體，藉由紫外線之照射而產生之聚合反應形成高分子化合物，而達到油墨的乾燥。此類油墨因乾燥反應在瞬間即可完成作業性佳，亦有不需使用易造成污染之溶劑之優點。

以上說明各種油墨的乾燥方式，但實際印刷應用時，並非一次僅採用一種乾燥方式來乾燥油墨。例如

氧化聚合型之平版印刷油墨是在採用滲透乾燥後，再進行氧化聚合乾燥。平版輪轉印刷油墨則更複雜，可分為快速固著型 (quick set) 及熱固著型 (thermal set)，快速固著型是先進行滲透及氧化聚合乾燥，而以前者為主體。熱固著型則依序採用液媒滲透、溶劑的蒸發最後再進行樹脂的氧化聚合反應而達到油墨的乾燥。於其中以熱將溶劑蒸發的乾燥方式為最重要之步驟，因而將之歸屬蒸發乾燥型。

張頁平版印刷之狀況則油墨初期乾燥與印刷光澤之間呈相反之關係，即油墨之固化愈快則印刷光澤愈低。為提升印刷光澤度則固化有趨遲緩的現象。

表 9 分為以重視印刷光澤及重視快速固著型之二群油墨，其各有不同之油墨成分組成，但由二種油墨品質的提升之持續努力，目前所用之快速固著型油墨之乾燥作業也可達到既可達到快速乾燥，也可高印刷光澤。

3.無水平版印刷油墨

不需濕潤水的無水平版之鋁質基版上分成有感光性樹脂層與矽膠層，經紫外線照光後，利用顯像處理將印刷部 (圖文部分) 之矽膠層去除。去除的部份即為具印刷受理性之印刷圖文部份。反之殘留之矽膠層不會具油墨之抵抗性即非印刷圖文部份。無水平版之版印刷圖文部微凹於平面，具平版及凹版兩方之性質，印刷時不需使用濕潤水之故，各部之滾轆、版面、圓筒之溫度均會隨作業升高，因此油墨的黏著性下降，為了防止污染版面，因此常用之油墨較一般平版印刷之油墨的黏著性高出 30~40%。但油墨較硬導致在紙上之著墨性下降，而且轉移至紙面後之平坦化性質 (leveling) 較差，為了達到與同等光澤之印刷常用增加供給油墨量。此種油墨仍持續發展中。

表 9 張頁平版印刷油墨的組成

藥品		組成%	
種類	成分	高光澤型	快速硬化型
顏料	無機顏料 或有機顏料	15~25	15~25
媒質 (Vehicle)	合成樹脂 乾性油 溶劑	松香	20~25 10~15 25~30
		變性	
		酚	
		亞麻	
助劑	乾燥劑、 皮膜強化 劑 轉印防止 劑、補色 樹脂及其 他助劑	仁油	1~10
		石蜡	
		類溶劑	

4. 高精密印刷用油墨

高精密印刷是指為了增加單位面積網點的數目而增加全網點周圍長，如此一來，網點濃度(dot gain)增大之油墨與濕潤水界面因而增大，而導致油墨乳化現象的發生之可能性變高。對此問題之處置之方法為提升顏料之濃度，以薄膜維持印刷濃度，提高影響油墨黏度增加到不會影響油墨移轉之範圍。另外也可選擇乳化適性佳之顏料種類及樹脂等。

5. 油墨的流動(flow)及黏度(tack)

隨印刷的方式，油墨的品質特性有明顯之差異，以下就針對目前採用最廣泛及印刷障礙最多的平版印刷用油墨為例進行概略性的討論。平版印刷用油墨的品質特性有很多項目有關顏色之各項性質，對水之安定性及流動性及黏著性等。以下則針對紙張之印刷適性最有關連之流動性進行概略說明。表示油墨之流動性值有：(a) 流動(flow)；及(b) 黏著性(tack)。

(a) 流動(flow)：

流動是油墨的流動性質，其測定的方法非常簡單，在平行版黏度計上壓碎一定量油墨，在一定時間後(例如60秒)，所量取油墨擴張後直徑的值(mm)(圖33)。

(b) 黏著性(tack)：

黏著性即為油墨分裂時的抵抗又稱抗分裂力，是在一特定溫度下測量在一定速下油墨墨層內部抗分離之力。也可稱是油墨的黏著性。表10~12為油墨之黏著性之相關數值。

表 10 平版印刷用紙所用油墨黏著性的概略值

	張頁式	平版輪轉式
塗布紙	10~11	5~6
道林紙、模造紙	6~8	4~5
模造紙、再生紙	5~6	3~4

表 11 印刷機上油墨黏著性之影響因子

油墨的黏著性	低↔高
印速	低↔高
溫度	高↔低
滾輪上溶劑的蒸發	小↔大
機上油墨黏著性	低↔高

(二) 油墨的移轉到乾燥

1. 油墨的轉移

印刷的第一階段，是將油墨由印版或橡皮布的劃線部分轉移到紙上。多色印刷時油墨紙轉移到白紙面，與轉移到已印有多色油墨印刷之紙上兩種狀況。後者可分在前印刷之油墨完全乾燥與非完全乾燥等狀況，油墨之轉移機制亦有所不同。油墨轉移至白紙面時稱之油墨的吸附 (trapping)。圖 34 為橡皮布上的油墨轉移至壓在其上之紙面，此時油墨之轉移並非 100% 轉移。油墨薄膜在轉移時分裂成兩層，殘留在橡皮布上的油墨可再循環的應用。轉移至紙面的油墨量的比率稱之油墨轉移率，愈靠近橡皮部油墨薄膜處分裂時油墨之轉移率愈高。此轉移率與 (a) 油墨的性質供給量；(b) 紙張的平滑性；(c) 油墨的受理性及 (d) 印壓等條件而決定。塗布紙較非塗布紙有較高的平滑度，有較高的油墨受理性，雖油墨的供給量紙但油墨的轉移量高 (如圖 35)。油墨轉移量達到最高時，增加油墨供給量也不增加油墨轉移量。塗布紙較非塗布紙表面平滑性佳，只要供給少量之油墨即可。而非塗布紙供給量少時無法充分填滿凹凸紙面。除了油墨轉移量外，為了達到所期待之印刷效果，必須有適當的油墨量，此量也可稱之油墨消耗率。表 13 為依印刷物之印刷版樣形式及不同用紙之油墨消耗量指數，道林紙所需油墨較塗布紙約略多 50%。

影響紙張轉移性之紙面性質除平滑度以外亦需具備好的印刷受理性，塗布紙表面因塗布有油墨受理性極佳之塗布顏料，此類顏料對油墨有較佳之親和性。評估油墨受理性常用之方法為 K/N 試驗。採用特製之一完量油墨，將其塗在紙面上，經一時間後將其擦掉，比較殘留在紙面油墨的濃度或白度的降低程度，而評估受理性之好壞。油墨受理性差的紙張上擦掉油墨後在紙面上幾乎不會形成油墨、殘留濃度低。印刷條件如印壓、印速也會影響油墨的轉移性，印壓愈高、印速愈慢、油墨黏度愈低，油墨之轉移率愈高。

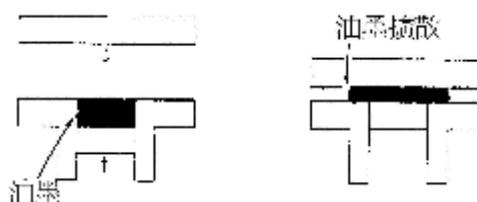


圖 33 以平板粘度計測試油墨的流動性

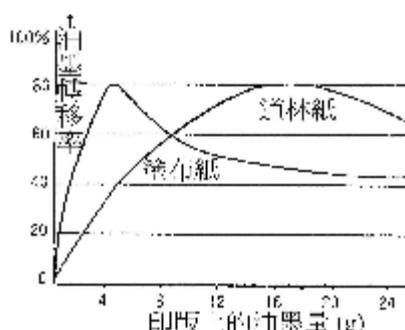


圖 34 油墨的轉移率

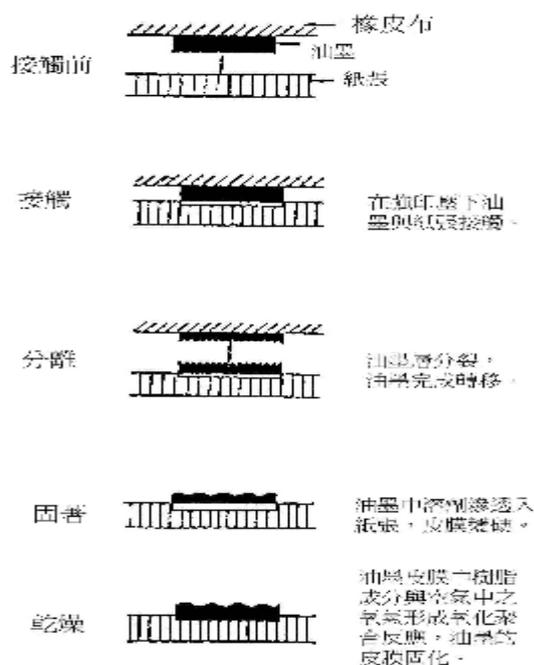


圖 35 油墨的轉移至乾燥為止之過程

(三)油墨的固著性 (inkset)

油墨轉移到紙面後，低分子的液媒滲透入紙層內，紙面上油墨膜中溶劑量變低，而增加黏度，黏度增大後油墨固著到紙面上其黏著性漸漸變低，直至用手指輕壓不至附著，至此狀態時稱之油墨已固著在紙面上。Set 是固定的意思，但並非至完全乾燥、固化。因此油墨的固著到何處為止實難定義。一般張頁式印刷機的出紙部在印刷後之紙張漸漸堆疊，最下層的紙張因此有相當的荷重。假設固著不充分則印刷面上的油墨會黏著在上一頁紙的背面，稱之轉印 (set off)。油墨的固著是由於溶劑在紙張中之微細孔隙 (毛細管) 中滲透進行，滲透之快慢影響油墨固著之難易。紙面中溶劑的滲透主要是由於毛細管現象，一定面積上與其有少數的大徑毛細管存在，不如多數小徑毛細管存在，對溶劑有較佳的滲透，固著的難易較決於滲透的快慢。此結果可由塗布紙與非塗布紙的固著速度得到印證。塗布紙的表面的微細填料中間佈滿細細的毛細管，油墨進行轉移時油墨之液媒中的溶劑會急速的滲透入紙層中。油墨中的液媒中可流動之成分僅僅低分子量且流動性佳之成分 (溶劑) 會進入紙層中此現象稱之選擇性的過濾。相反的，非塗布紙之紙層中的毛細管較塗布紙者為且，如此之表面液媒中低分子之溶劑不會進行選擇性之過濾，而液媒中除溶劑以外之成分如樹脂也會滲透入紙層中，因此滲透速度較塗布紙為慢 (圖 36)。

表 12 油墨的黏著性與印刷適性之相關

黏著性	低←→高
紙剝發生之可能性	小←→大
污損紙面之可態生	大←→小
網點過粗	大←→小

表 13 不同版樣及用紙時油墨之消耗量指數

	印刷條件	油墨消耗量指數
版 樣	整版	100
	網點影像	30~40
	文字	10~20
用 紙	塗布紙	100
	道林紙	140~160
	再生印刷紙	170~180

紙的印刷適性中油墨的固著性是一重要因子，塗布紙間常用不同塗布顏料調整油墨之固著性之速度，此時當然同時也會影響其他品質。其中最顯著的為印刷光澤度。固著性太快印刷光澤差，但隨後的油墨後黏著性 (after tack) 之提升而會得到改善。通常平版印刷之油墨的固著時間約為 15~20 分鐘，道林紙約為 30 分鐘左右。但真正在印刷時重要的不是完全固著所需之時間，而是在印刷一疊紙印刷完了所需之時間時此時不會產生轉印即可。因此油墨固著速度常依 (a) 出紙時在下一張紙的背面不會有油墨附著；(b) 印刷後出紙台上之最下之一張紙不會因荷重，一疊紙的重量而有油墨附著。之二原則調整油墨固著速度。

(四)乾燥

如主要的油墨的乾燥方式有 (a) 蒸發；(b) 滲透；(c) 氧化聚合；(d) 紫外線硬化等 4 種。一般張頁式平版印刷常合併採用氧化聚合及滲透方式進行油墨的乾燥。印刷完了時印刷物堆積成疊時油墨的固著也繼續進行 (圖 37)。此時存在於紙層之微細間隙中的氧氣也使油墨中之樹脂進行氧化聚合反應而使油墨乾燥。這種氧化聚合反應對平版印刷而言是極為普通之乾燥方式，但廣義的乾燥是包括油墨的固著過程 (一次乾燥)，而狹義的乾燥即為二次乾燥。油墨的固著受紙張表面之物理性及化學性構造所支配。但乾燥之影響因子則主要為油墨之性質及放置條件。油墨性質之要因之一為乾燥劑 (dryer) 的性質及

乾燥劑配合量等。而放置條件則為溫度、紙張間的空氣量等為主要因子。但若紙張之 pH 極低時溶出於紙面之酸或酸性成分會阻礙油墨中之乾燥劑的乾燥作用而延遲乾燥。

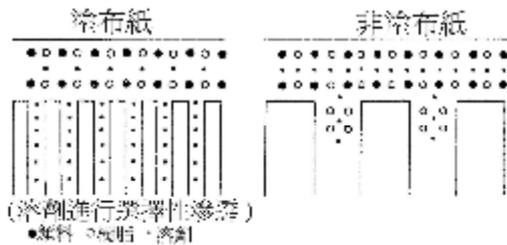


圖 36 塗布紙與非塗布紙的油墨的固著性比較

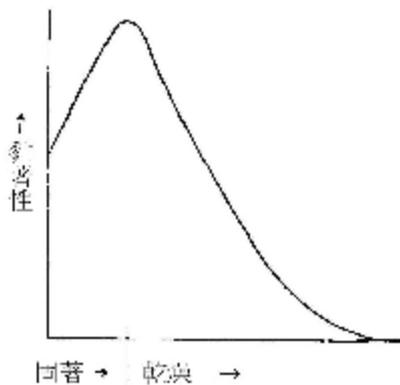


圖 37 油墨的乾燥過程中油墨粘著性的變化

五、參考文獻

- 1.王坦銘 2000 印刷用紙的品質特性與印刷特性。經濟部工業局 89 年度工業技術人材培訓計畫講義。紙張與紙板的印刷與加工培訓班 pp.29~43。
- 2.米谷稔，中西篤，太田節三 1972 印刷用紙。日本印刷學會出版部 pp.39~133。
- 3.紙パ技術協會 1993 コーティング 紙パルプ技術協會編集部發行 pp.259~268。
- 4.紙業タイムス社 1996 印刷と用紙。紙業タイムス社出版發行 pp.237~302。

- 5.黃秋華 1999 書寫印刷用紙。經濟部工業局 88 年度工業技術人材培訓計畫講義。紙張性質與品質專題班 pp.102~138。

*蘇裕昌 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組研究員

*Dr. Yu-Chang Su, Senior Scientist and Head of Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.