

印刷油墨耐光性及耐候性測試 技術與分析之探討

Lightfastness and Weatherability Testnology and Analysis of Printing Inks

*劉詩瑜(Liu, Shih Yu)

摘要

近年來印刷油墨的品質有了很顯著的提昇，這不外乎是對於印刷成品之耐光性和耐候性的改良，同時也耐光性及耐候性試驗方法的進步有很大的關聯。

對印刷品而言，要如何在大自然及周圍環境的光線照射下保持不褪色將是印刷品品質的重要指標之一，這其中也涉及了油墨的配方以及紙張成分方面的好壞與否。在本文中將介紹耐光性測試的各種方法以及測試光源的種類，並且舉出有關ISO、AATCC耐光（候）測試法的規格，文章的最後再介紹耐光（候）性分析之方法，讓大家對於耐光性及耐候性試驗的方法有更進一步的了解。

Abstract

In recent years, there has been substantial progress in the quality of printing inks. This is mainly due to the improvement of the tolerance to light exposure and weather exposure of the printed products. The advanced methods of lightfastness and weatherability testing is also an important factor of the enhancement.

As far as a printed product is concerned, the means of refraining its colors from fading when exposed to the lights of nature and surrounding environment shall be a factor of importance in pursuing the quality of printing, which is directly effected by the production formula of printing inks and whether the components of the paper is of high quality. In this article, we will discuss the different methods of lightfastness testing and the type of light source, and mention the testing methods and specifications of ISO, AATCC in regard to lightfastness and weatherability testing. Finally in this article, will discuss the methods for analyzing lightfastness and weatherability so that you may have a better understanding of lightfastness and weatherability testing methods.

關鍵詞：耐光性，耐候性，印刷油墨

Keywords: Lightfastness, Weatherability, Printing inks

目錄

壹、前言	272
貳、耐光性概說	272
參、測試儀器光源之種類	275
肆、耐光〈候〉試驗法之規定	276
伍、耐光〈候〉性分析之方法	279
陸、結論	279

壹、前言

為何需要測試產品的耐光性及耐候性呢？因為耐光性及耐候性是和成品品質最有相關的因素。戶外的光線和戶外的因素所造成產品的傷害使得每年的損失達到數十億。這些損失包括了印墨的衰退和顏色的改變、模糊、裂痕、剝皮、分層、光澤減退、漂白和基質的氧化作用（Julie Lucas, 2001）。在成品的表面上也有著許多關鍵的要點。若產品的表面褪色，將會讓客戶留下不好的印象，並且對你的公司失去信任。

耐光性及耐候性在戶外使用的廣告板、招牌和旗幟的印刷品中扮演著很重要的角色。但是近年來許多工廠的專業人員發現不只是在戶外的產品需要做耐光性及耐候性的測試，許多在室內使用的印刷品也是需要做耐光性及耐候性的測試。因為室內的明亮光線和從窗戶照射進來的陽光也會造成令人驚訝的損害。然而印刷產品表面的耐久性大部分是取決於印墨和材料。所以要維持產品的壽命，這兩種因素是缺一不可。（Lucian A. Lucia, Cang Li, Arthur J. Ragauskas, 1999）

室內的明亮光線、由窗戶射入的陽光和自然光都是造成這些傷害的主因。不一樣的波長對於材料所造成的影響也不同。一般來說，波長較長的紫外線和可見光對材料所造成的影響最大，因為它們會造成顏色的衰退和改變。而較短波長的UV頻率，也是通常會造成產品表面的剝蝕。（Julie Lucas, 2001）

近年來，印刷材料的品質有了很顯著的提昇。這是對耐光（候）性的追求與改良所做的努力之成果，其中，耐光（候）

試驗法的發達也是不容忽略的。因此，在本文中除了介紹這種耐光（候）的規格，也會對在耐光（候）試驗中所使用的分析方法加以介紹，讓大家能對這方面的研究有更深入的了解。

貳、耐光性概說

一、何謂耐光性

耐光性是指顏料媒質系統於日光的照耀下能保持最初顏色的存在能力。一般來說，大部份的顏料粒子當曝曬於日光下，它們都會被降解（degrade）。此外顏料粒子外圍的媒質更會影響顏料粒子的穩定性（stability）。（莊明雅，民87）

油墨褪色原因主要包括下面幾項因素：（財團法人印刷工業技術研究中心，民88）

- （一）印墨成分中顏料耐久性不足所造成。
- （二）色料混合時，相互間顏料的成分不適合所造成的。
- （三）調墨用稀釋溶劑中所含的鹼性物質，對油墨結構造成影響。
- （四）製墨中的乾燥劑發生作用所造成。
- （五）版面濕潤用水的酸性影響所造成。
- （六）日光對墨膜的直射所造成的褪色。

總括來說，顏料媒質系統的耐光性是與媒質、顏料成分、顏料濃度、添加劑、潤版溶液和日光照射等等因素混合而成。若當中有任何一個起了變化，印刷成品的耐光性亦會受到一定程度的影響。

一般而言，油墨的耐光性對印刷品的影響如下：（財團法人印刷工業技術研究中心，民88）

(一) 圖文的保存與耐久性問題

對印刷品而言，油墨即為表現圖文效果的要素，同時圖文的效果亦受到存放場所環境的大氣、光線、溫度所影響，印刷品的傳播與保存，必須具有相當的耐久性，若因油墨經印刷後的變化、褪色，以致圖文表現效果降低，顯然的將失去流傳的功效。再者，耐光性的強弱相對應於該印刷品的使用目的，所處之特有環境等狀況，而決定其程度。若為標點、海報等印刷品必須長期曝曬於日光下時，油墨的耐光性對圖文的保存，就更顯見其重要程度了。

(二) 色彩的正確表達或彩色印刷 油墨混合後的交互影響

高品質的印刷，常須藉助於科學儀器的鑑定，正確的色彩表達又常是客戶要求鑑定的要項，若無一定的耐光性，色彩將易被人比較發現瑕疵而詬病。更加彩色印刷所含幾種不同的耐光性油墨疊色或混合後的效果，也將因色墨彼此的褪色程度不同，而呈現整體色再現的誤差，且失去色彩平衡，對彩色複製品的品質影響甚鉅。

二、耐光性的測試

事實上，耐光性屬於耐候現象中之一種特性。在檢驗時通常採加速型的耐候性檢驗儀來測試，以便模擬自然天候下的衰退效應。它包括了陽光、水、氧氣、風及溫度等條件。加速型耐候性檢驗資料僅能提供色料在室外衰褪的估計結果。在耐候性檢驗的測試箱中，使用的光源有許多種，能設定光源亮與暗的時間，同時也有一個噴水裝置，可以模擬日夜的差別情況(柯保富、陳碧玲，民84)。

有哪些技術是現今可以提供測試的選擇呢？其測試方法有很多，但是沒有一個測試的技術是可以完美的適用於各種材料與應用。所以要選擇的方法必須仰賴於要完成所需的時間架構和預算。而每一個技術都有其先天的優勢和劣勢。以下將介紹現今所用的耐光性測試方法：(Julie Lucas, 2001)

(一) 自然曝光測試(Natural Exposure Testing)

通常測試產品的耐光性最精確的方法就是將它們曝露在自然光下。而測試的材料可以被曝露在各種情形之下，像是放在玻璃下來模擬在室內的明亮環境。

以美國來說，戶外的測試通常在佛羅里達州(Florida)和阿瑞隆納州(Arizona)進行。因為這二個地區可以提供完全相反的氣候來計算材料的損壞程度。以佛羅里達州來說，它的溫度高、溼度高而且有充足的雨量；而阿瑞隆納州則是有著高溫、集中的高紫外線和異常的乾燥特性。實際上，這兩個地方被認為是進行耐候性測試的“水準基點”區域。由於有著最廣泛的測試控制，業者們都會將樣本送到佛羅里達州和阿瑞隆納州來做戶外的耐光性和耐候性測試，在表一與表二中分別列出佛羅里達州和阿瑞隆納州地區之氣候一覽表(見下頁)。

但是使用自然光進行測試的缺點就是所花費的時間太多了。因為測試一項新的產品總不能等上好幾年才有其測試的結果。但是如果在時間充足的情況之下，戶外的氣候測試將是最實際且不昂貴的。

表一 佛羅里達州之氣候一覽表

緯度 25° 33'	經度 80° 24'	海拔 12英呎
典型每年太陽能量直射	TUV total	% sun
25° 南緯	280MJ/m ² 6588MJ/m ²	69%
溫度(空氣)	°C	°F
夏季平均最高	32°C	90°F
每年平均最高	28°C	82°F
每年平均最低	21°C	70°F
平均	24°C	76°F
平均溼度	降雨量 mm	Inches
夏季最高：93%RH	每月最高：23	79.5
最高：93%RH	每月最低：46	1.8
最低：61%RH	每月平均：152	6.1
每年：70%RH	總合/每年：1420	56.8
雨天/年：111天		

註：洪長春（民87）

表二 阿瑞隆納州地區之氣候一覽表

緯度 33° 33' 北	經度 112° 35' 西	海拔 1055英呎
典型每年太陽能量直射	TUV total	% sun
33° 南緯	334MJ/m ² 8004MJ/m ²	85%
溫度(空氣)	°C	°F
夏季平均最高	40°C	105°F
每年平均最高	30°C	86°F
每年平均最低	13°C	56°F
平均	21°C	70°F
平均溼度	降雨量 mm	Inches
夏季最高：28%RH	每月最高：28	1.1
最高：49%RH	每月最低：2	0.1
最低：21%RH	每月平均：16	0.6
每年：35%RH	總合/每年：186	7.4
雨天/年：32天		

註：洪長春（民87）

(二) 在實驗室的加速測試

許多工廠已經成功的加速實驗室中耐光性的測試。這些測試可以快速的進行且得到重複的結果。而且，藉由各種不同的曝露情況，實驗室的測試可以得到與在各種不同地區的戶外曝光有相互關係。隨著近代新科技的增加，對耐光性測試的速度有成比例的增加。

用來測試耐光性的儀器有許多種。每種儀器測試光線和溼度對成品的損壞影響的方式也各有不同。故在進行測試之前必須先做評估，再決定要以何種儀器來進行實驗。

參、測試儀器光源之種類

進行耐光（候）性測試的儀器是根據光源種類的不同而加以分類。目前有三項光源受到國際的承認。（謝光裕，民85）

1. 日光碳弧燈 (Sun Shine Carbon Arc Lamp)
2. 紫外線碳弧燈 (UV Carbon Arcs)
3. 氙弧燈 (Xenon test Alphan)

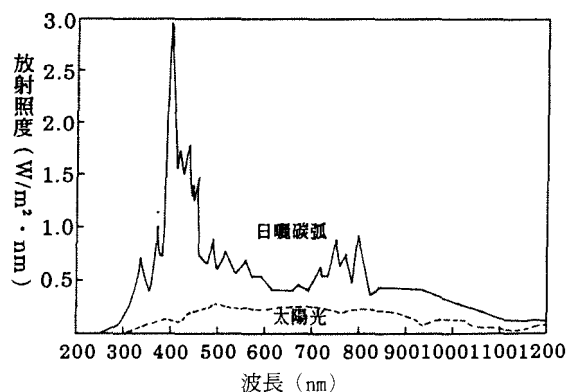
除了紫外線螢光燈以塗裝品作為對象參考使用之外，還有水銀燈、金屬燈，但是這些與太陽光之分光分布完全不同，由於沒有與屋外暴露試驗有相關性，所以沒有得到承認。

一、日光碳弧燈 (Sun Shine Carbon Arc Lamp)

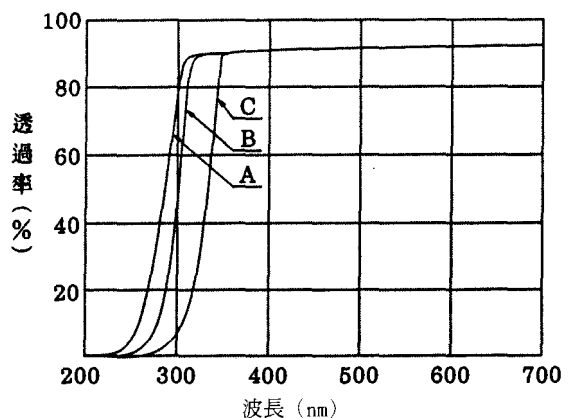
日光碳弧光測試儀在1930年被引進，是密封型碳弧光測試儀的改良版，其主要的不同在於它們的光源。日光型碳弧光測試儀可以放出極短波的UV光，這種方式的曝露呈現了相當劇烈且不自然的曝露情況。（Julie Lucas，2001）

日光碳弧燈之分光分布如圖一所示，目前是耐候試驗用光源的主流。AATCC 111A法、111C法設定了4種模型地區而對應於其地區之氣象環境設定試驗條件，而其設定的耐候（光）試驗機就是使用日光碳弧燈來進行試驗。

最近，ISO/DIS 4892、JIS B 7753（改正文）、ASTM D 822係考慮了與屋外暴露試驗的近似性，而將使用於光源之濾光器規定為三種種類（如圖二所示）。A係以往一般所使用之濾光器，此種濾光器在約255nm的時候激起，而日光試驗高之促進性是依據此短波長之能量為其一因素。在275-295nm附近具有激起之B、C濾光器，是爲了使光源更接近於太陽光之分光分布之目的所使用的。（謝光裕，民85）



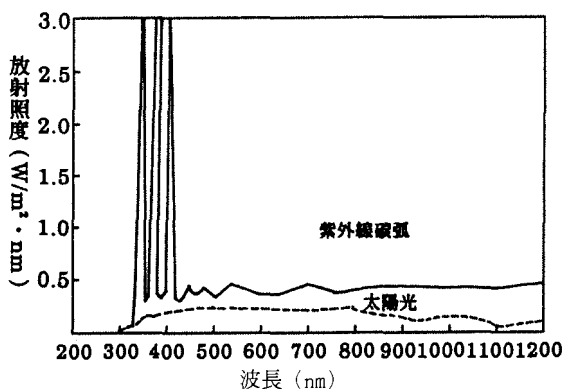
圖一 日光碳弧燈之分光分布
資料來源：謝光裕（民85）



圖二 濾光器之分光透過率
資料來源：謝光裕（民85）

二、紫外線碳弧燈(UV Carbon Arcs)

紫外線碳弧燈的主力光源分布在380nm附近為最高峰(如圖三所示)。紫外線碳弧燈在耐光試驗的歷史上也是最早被使用來進行耐光測試的,是由西元1918年開始使用的。測試的樣本會被垂直的放置在旋轉器上,並且繞著一對碳棒旋轉,此碳棒會被“燃燒”而製造光線。因為此測試儀的缺點在於只發出短波長的紫外線,而且對現今產品的耐用度而言是太過柔和的測試。(Julie Lucas, 2001)雖然近幾年來氙弧燈的使用較為普遍,但是紫外線碳弧燈在JIS、AATCC的試驗方法中也被廣泛使用。

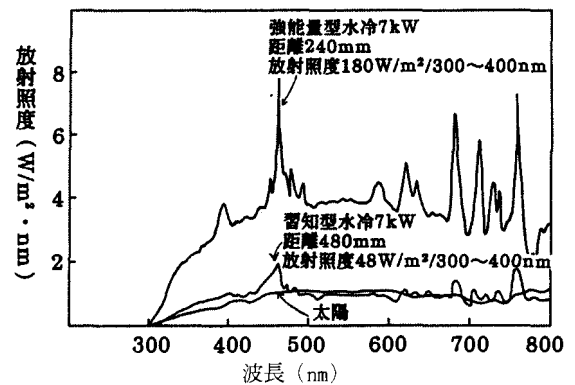


圖三 紫外線碳弧燈之分光分布
資料來源：謝光裕(民85)

三、氙弧燈(Xenon test Alphan)

氙弧光測試儀可以複製出更精確的太陽光譜,氙氣燈以和太陽相同的方式發散出UV、可見光和紅外線,所以它可以提供更精確的數據。氙弧光測試儀也可以準備一種噴水的結構來模擬潮濕的狀況。氙弧光測試儀在評估對顏色改變和褪色的抵抗力方面相當的好,因為許多的產品都是曝露在長波的UV和可見光之下。故其測試的結果之可信度是相當高的。氙弧燈的種類很多,其種類有:7.0KW、4.5KW、2.5KW、1.5KW等等、而其冷卻的方式有水冷式與空

冷式。氙弧燈之分光分布與太陽光很相似(如圖四所示)。但是雖然氙弧燈具有可長時間連續點燈之特長,但是也具有在使用時能量會衰退的缺點。為了彌補這方面的缺點,而採用長壽機構與能量自動調節系統。尤其在能量調節方面可以控制300~400nm的紫外線區域,這種控制的方式在對於試驗的再現性有很大的助益。(謝光裕,民84)



圖四 氙弧燈之分光分布
資料來源：謝光裕(民85)

氙弧燈雖然具有近似於太陽光之分光分布的特徵,但是以此作為光源的耐光(候)測試和使用紫外線耐曬堅牢度試驗機所做的試驗來比較,此種方法的促進性較低,所以以氙弧燈來作測試是需要花費較長的時間。不過近年來有發展強能量的氙弧燈試驗機,大大的改善了這方面的問題。

肆、耐光(候)試驗法之規定

以下列舉出有關ISO、AATCC耐光(候)測試法的規格。

一、放射照度之規定

光源之能量要依照試料面上的放射照度來加以規定。

光源之光量的校正雖然可以使用標準物來評量的方法來間接性的判斷,但是光

源在300-400nm的紫外線範圍或300-700nm之可見光範圍的能量可以用試料面放射照度來直接測定。依照能量測定的光源來進行測試會讓測試的再現性和可靠度上更加明確，所以ISO在這方面有加以規定。

二、ISO規格

ISO 105之試驗法規定有6種規格：

- (一)B 01：依陽光之耐光試驗
- (二)B 02：依氙弧燈之耐光試驗
- (三)B 03：依屋外暴露之耐候試驗
- (四)B 04：依氙弧燈之耐候試驗
- (五)B 05：光導致變色現象之檢測與評估
- (六)B 06：依高溫人工光·氙弧燈之耐光試驗

B 02為一般的測試。其溫度和溼度的測試條件為在使用氣冷式時黑板溫度為45℃，在使用水冷式時為 $63 \pm 1^\circ\text{C} \sim 30 \pm 5\% \text{RH}$ 。

B 04為結合光與下雨及乾燥條件的測試法，並且以氙弧燈以30分鐘為週期來進行連續照射與反覆進行試料之濕潤與乾燥。光照時的黑板溫度為60℃（試驗室內溫度為40℃）以下。

B 06為高溫試驗法，而且其規定有5個條件，尤其是條件5常常被使用來作為汽車裝潢材料的耐光試驗法。其方法為將光照

射（Light on）3.8小時、暗黑（Light off）1小時作為一週期，再反覆以表三的條件進行測試。

三、AATCC規格

AATCC係規定了依紫外線碳弧燈，日曬碳弧燈，氙弧燈三種光源之試驗法。

Test Method 16是使用紫外線與氙之耐光試驗法，而有依溫度、溼度、明暗週期等七種條件。Test Method 111A、111C是依日曬的試驗法，而169是依氙的試驗法，而以代表性的四個地區作為模型加以設定，而依適合各個氣象環境之試驗條件連同溼度依據光照射與下雨或明暗之週期來加以決定，以選擇實用之試驗法（見下頁表四、表五）。

四、強能量試驗法

要求於耐光(候)試驗機之性能係對於屋外暴露之近似性與促進性極為重要。

以目前所知的氙耐光耐候試驗機，即在近似性方面可以令人滿意，但是在促進性方面就顯得不夠充分，可能要花上一個半月的時間來進行實驗。所以要改善此缺點就是使用強能量的氙耐光耐候試驗機，這樣子就可以在短短一個星期的時間讓實驗的結果呈現出來，大大的縮短了進行實驗的時間。

表三 B06：條件5之試驗

參數	光照條件	暗黑條件
黑板溫度	$89^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
乾球溫度	$63^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
相對溼度	$(50 \pm 10)\% \text{R.H.}$	$(95 \pm 5)\% \text{R.H.}$
水循環溫度	$63^\circ\text{C} \pm 4^\circ\text{C}$	$40^\circ\text{C} \pm 4^\circ\text{C}$

註：謝光裕（民85）

表四 Test Method 16之試驗法與條件

內容	A	D	E	F	H	I	J
光源	紫外線 碳弧燈	紫外線 碳弧燈	氙弧燈	氙弧燈	氙弧燈	氙弧燈	氙弧燈
冷卻方式	空氣	空氣	水	水	空氣	空氣	空氣
黑板溫度， 光照循環	63°C±3°C (145±6°F)	63°C±3°C (145±6°F)	63°C±1°C (145±2°F)	63°C±1°C (145±2°F)	/	/	/
黑色標準溫 度，光照循 環	/	/	/	/	60°C±3°C (140±6°F)	75°C±2°C (167±4°F)	75°C±2°C (167±4°F)
乾球溫度， 光照循環	43°C±2°C (100±4°F)	43°C±2°C (100±4°F)	43°C±2°C (100±4°F)	43°C±2°C (100±4°F)	32°C±5°C (90±9°F)	30°C±5°C (86±9°F)	35°C±5°C (86±9°F)
乾球溫度， 暗黑循環	/	43°C±2°C (110±4°F)	/	43°C±2°C (110±4°F)	/	/	40°C±3°C (104±6°F)
相對溼度 (%)，光照 循環	30±5	35±5	35±5	35±5	30±5	30±5	30±5
相對溼度 (%)，暗黑 循環	/	90±5	/	90±5	/	/	90±5
光照循環— 開燈時間	連續	3.8	連續	3.8	連續	連續	3.5
光照循環— 關燈時間	/	1.0	/	1.0	/	/	1.0

註：謝光裕（民85）

表五 Test Method 111C、111A及169之試驗法與條件

測試方法	111C				111A&169			
	1	2	3	4	1	2	3	4
內容	1	2	3	4	1	2	3	4
光源	日光	日光	日光	日光	日光	日光	日光	日光
循環(分鐘)	連續	120	連續	連續	120	120	連續	120
光照(分鐘)	只有光照	60	只有光照	只有光照	90	60	只有光照	120
暗黑(分鐘)	/	60	/	/	/	60	/	/
光照和水噴霧	/	/	/	/	30	/	/	18
黑板溫度	77±3°C	77±3°C	77±3°C	63±3°C	77±3°C	77±3°C	77±3°C	63±3°C
相對溼度(%)	70±5	70±5	27±3	50±5	70±5	70±5	27±3	50±5

註：謝光裕（民85）

伍、耐光(候)性分析之方法

以下所列舉三種分析之方法為目前耐光(候)性測試中常用之測試標準：
(Lucian A. Lucia, Cang Li, Arthur J. Ragauskas, 1999)

一、明度和白度

白度為測量樣本中“白色”的數值，可以由光譜波長以457nm為中心的表面反射比來定義。此數值的範圍從0（無反射）到100（全部反射），並且以氧化鎂作為校正的標準（反射比為96）。另外一種使用來區分色彩流失的方法為測量其“明度”。明度（ L^* ，為CIE中 $L^*a^*b^*$ 的等級），為測量所有日光光譜在純白的表面上所占的百分比。測量值為100的話，表示一個完全不發光的表面反射了所有的光。（田素瑛，民85）在耐光測試中，白度和明度變化的數據可作為樣本褪色多寡的依據。故一般耐光實驗中常使用來作為耐光測試的標準。

二、 a^* 和 b^* 的數值

除了白度和明度（ L^* ）的測量值之外， a^* 和 b^* 的數值也被包含在其中。根據標準的CIE彩色規格， a^* 是測量色彩中所有的紅色或綠色的比例。例如說，其範圍是從-100（純紅色）到+100（純綠色）。因此，一個純綠色的光譜就是不摻雜其他的顏色，而一個純紅色的光譜也同樣的不受到其他顏色的污染，而且純紅色在Gaussian光譜中被分類在中心波長為600nm。若 a^* 值為0，則表示沒有任何的色彩包含在其中。另一方面， b^* 值是表示紅色到藍色的關係。同樣地，其範圍是從-100（純藍色）到+100（純黃色）。這兩種數值加上明度的測量，也就是所謂的色差值（ ΔE ）。（田素

瑛，民85）藉由測量 a^* 和 b^* 的數值，可以得知樣本顏色的變化，作為耐光測試中顏色變化的標準。

三、擴散反射比

為了提供在實驗中分析觀察結果的基本原理，我們使用複雜的UV/可見光譜的反射比率來觀察發色體的變化。這種技術在研究表面光學現象方面提供了良好的制度和可令人接受的方法。這些印墨色彩的變化與 $L^*a^*b^*$ 和白度值方面有關聯。（廖元民、鄭如伶和陳鴻助，民88）每種印墨的色彩都與它們的最低主要吸收波段有相關。可用肉眼觀看的印墨只能反射一種頻率的色光。以藍色為例，吸收範圍在500-650nm之間的色光，但卻反射範圍在400-500nm之間的色光。所有的印墨傾向於受到他們主要吸收波段的微小影響，但是其中有幾種印墨的發光體則流失。例如說，藍色和紅色在光譜中低能量（高波長）部分時產生吸收方面的劇烈消耗（注意藍色光譜的改變），這是因為這些低能量吸收發色體受到破壞或是氧化作用。這種現象在黃色和綠色的變化中可以更清楚的觀察到。所以藉由測量擴散反射比的數值，來判定各色印墨顏色改變的情形。（洪長春，民86）

陸、結論

近年來，由於圖文工業材料品質的提昇，業者所重視的不只是產品印刷是否精美，產品壽命的長短也是客戶的主要要求之一，而產品的耐光性便是其中一個要素。因此，耐光性的測試也就越受重視。影響油墨褪色的原因有好幾種，但光線直接照射而引起的褪色是其中最主要的因素

之一。故測試印墨褪色情形就首重於耐光性的測試。

目前所使用的耐光性測試技術有數種，業者必須根據本身的需求來加以選擇測試的方法。除了測試的儀器之外，耐光測試法的規格也是重要的項目之一。ISO、AATCC都有對耐光性測試作統一的規定，業者可依照規定來進行測試。

在測試的分析標準上也有不同的規格，主要是以測量樣本在接受耐光性測試前後的色差情形，並根據測試時間的長短和色差的多少來判定樣本的耐光性強度。一般而言，有機顏料的耐光性會比無機顏料的耐光性來得好，這是因為顏料內分子結構不同所造成的結果。

如何在好的顏色和好的耐候性中找到一個平衡點是印刷油墨製造業者的一個目標。希望能藉由耐光性的測試來出最好的顏色以及最佳的耐光性。讓未來的印刷成品不但有好的品質，同時也是經得起時間考驗的產品。

參考文獻

- 田素瑛（民85）：平版油墨作業適性之探討。印刷科技，第十三卷第二期，1-27頁。
- 洪長春（民87）：印刷品曝曬及褪色效應之影響。印刷科技，第十五卷第二期，1-8頁。
- 洪長春（民86）：印刷油墨分析技術。印刷科技，第十四卷第一期，45-51頁。
- 柯保富、陳碧玲（民84）：印刷學。台北：正元圖書有限公司。
- 莊明雅（民87）：油墨的基本特性。印藝雜誌，第177期。
- 廖元民、鄭如伶、陳鴻助（民88）：不同光源對染色品其光褪色之研究。紡織中心期刊，第9卷第3期，238-248頁。
- 謝光裕（民84）：耐光試驗最新動向。染化雜誌，第126期，10-21頁。
- 謝光裕（民85）：耐候、耐光試驗與測色法之發展。染化雜誌，第143期，47-59頁。
- 財團法人印刷工業技術研究中心（民88）：印刷成品檢測規範與作業程序書。
- Julie Lucas (2001). Keep your true colors: lightfastness and weatherability. GATFWord, 77(3), PP. 13-16.
- Lucian A. Lucia, Cang Li, & Arthur J. Ragauskas (1999, November). Overview of lightfastness of commercial printing inks part II. American ink maker, PP. 33-39.