

科學圖書大庫

眼用透鏡之理論與應用

譯者 黃延明

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

眼用透鏡之理論與應用

譯者 黃延明

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十九年二月廿九日初版

眼用透鏡之理論與應用

基本定價 1.80

譯者 黃延明 國科會助理研究員

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

譯 序

由於國人配戴眼鏡的日漸增加，爲了增進戴鏡者的眼睛健康，提高國內的眼鏡光學水準實爲刻不容緩之事。徐氏基金會有鑑於國內眼鏡光學文獻之缺乏，乃精選美國包西龍公司 (Bausch & Lomb Incorporated) 所出版的 “THEORY AND APPLICATION OF BAUSCH & LOMB OPHTHALMIC LENSES” 及 “OPHTHALMIC OPTICS” 二書譯成中文，合訂成本書，希望能對國內的眼鏡從業者有所助益。

本書所譯之專有名詞均儘可能採用標準譯名，唯目前國內尚缺乏一套完整的有關眼鏡光學方面之標準譯名，因此部分無從查考者乃由譯者斟酌試譯，並於譯名之後附註原文，以供參考。

本書係於公餘時間倉促譯成，疏漏之處在所難免，若蒙海外專家學者不吝指正，當不勝感激。

黃延明 謹識

民國 68 年 10 月 25 日於新竹

目 錄

譯者序

第一章	眼用玻璃：歷史與製造	1
第二章	ORTHOGON：修正周邊的廣角透鏡之基未設計	16
第三章	雙焦點透鏡：選擇與配鏡	31
第四章	ORTHOGON PANOPTIK：自然視之設計	47
第五章	三焦點透鏡之配鏡	57
第六章	Soft-Lite 吸收透鏡：理論與應用.....	62
第七章	Ray-Ban 處方吸收透鏡：理論與應用	81
第八章	白內障透鏡：處方與配鏡	91
第九章	韌化的安全透鏡.....	101

眼科光學

對眼科光學有所裨益之提示	114
in 與 mm 之焦度換算	116
用焦度表示的工具之曲率半徑	117
用焦度表示的工具之實屈光度	118
透鏡的頂點深度	119
透鏡之中心與邊緣之差	121
厚度卡鉗	121
透鏡量規	123
轉 換	123
透鏡屈光度之測定	124
透鏡屈光度與頂點折射	126
模型拷貝機	128
交叉柱面	128
柱面屈光度	131
稜 鏡	132
稜鏡處方	135
偏心度	136
有關吸收的一些資料	137
透鏡韌化	142
雙鏡架烘熱器	145
一般光學名詞	145
眼科處方之檢查與公差	150

第一章 眼用玻璃：歷史與製造

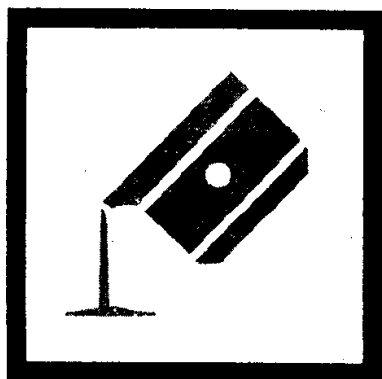


圖 1-1

屬於數千年前最早期文化的古老玻璃樣品之留存，使玻璃製造被認定為人類所知的最古老工業之一。大體上說來，玻璃的生產並非出自偶然的發明，而是得自古代陶器製造技術的幾百年上釉經驗。最古老的玻璃製造方法是鑄造（Casting）與塑造（Kneading）。由古墳和古城取出的樣品，在某些情況下，能夠頗為精確地斷定大約是西元前 5000 年代的產物，同時知道，埃及的工業在西元前 1500 年已經建立相當的基礎。從記錄上顯示，玻璃的製造技術是由亞述工人帶到埃及的，而通常又由遠征軍由這兒帶到歐洲其他地區，在耶穌紀元之始被引進到羅馬。玻璃吹製的發明大大地擴大了玻璃的用途，其產品散布於君士坦丁堡（Constantinople）〔今之伊斯坦堡（Istanbul）——譯者註〕及威尼斯，後來分布到西歐國家。有一段時期，威尼斯成為製造特質玻璃的主要都市，同時，由於其在工業上實行嚴格的管制，因此能夠稱霸好幾年。威尼斯人的獨霸權最後被德國人所破壞，同時，其技術也很快的被其他國家擄獲。

平板玻璃是於 1688 年最先在法國的聖哥貝恩（Saint-Gobain）滾壓出來的，但到 1807 年，光學玻璃的製造方法才被發現。大約在

1814年，吉南（Guinand）提出了用黏土攪棒攪拌玻璃的知識，那時，他生產的玻璃品質優異得足於供佛勞恩和菲（Fraunhofer）用於天文望遠鏡的製造。

早期製造的光學玻璃只有兩種，即冕牌（Crown）與火石（flint）玻璃，為道爾蘭（Dolland）在1757年所發明，係供製造消色差透鏡（Achromatic lenses）用的。佛勞恩和菲（Fraunhofer）的試驗引導他去研究各種的玻璃，並發展對其光學特性的精確測定方法。但這項工作的進展，在他死後很快的就停頓了。幸虧法拉第（Faraday）繼續做實驗，直到1880年，蕭特（Schott）開始着手做一系列廣泛的研究，為獲得新型玻璃的工作才稍有成就。這些實驗導致許多新型玻璃的產生，而其中大多數很快的就進入商業規模的生產階段。

在美國，我們發現玻璃工業始於1607年，為海軍上校約翰史密斯（John Smith）在詹姆斯敦（Jamestown）附近的維吉尼亞（Virginia）殖民地所建立。最先試圖製造光學玻璃的美國人大約是在1889年，當時，麥克貝斯伊凡公司（Macbeth-Exans Co.）麥克貝斯（Macbeth）先生在印第安那的厄爾伍德（Elwood）建立了一家工廠。但工作很快的就被中止，而下一個企圖製造光學玻璃的是1912年紐約州羅查斯特（Rochester）的包西龍光學公司（Bausch & Lomb Optical Co.）。在威廉包西（William Bausch）的指揮下，於1912年已生產了一些頗具品質的玻璃，但到了1915年，優良品質的玻璃才被大量地製造出來。

1917年春天，美國參與戰事，聯邦政府請求華盛頓地球物理實驗室協助光學玻璃的製造，這個研究實驗室擁有一群在矽酸塩化學研究上經過高級訓練的人材，他們選派了一批科學家到包西龍（Bausch & Lomb）工廠來。

該實驗室的萊特（F. E. Wright）博士在他的“光學玻璃製造與光學系統”一書中提到：在1917年11月，在包西龍工廠的製造程序已經發展成熟，而且奠定了一個生產基礎，大量優良品質的光學玻璃已經開始生產了。在第一次世界大戰期間，由於威廉包西（William Bausch）的先鋒工作之擴展，使生產量達到該國所使用的光學玻璃的

百分之六十五以上。

戰爭結束後，包西龍公司決定不但繼續製造光學玻璃，而且還要發展具有光學品質的眼用鏡片的完整生產線。一系列的鏡片發展出來了；而且，已經有好幾年的時間，所有的包西龍透鏡均由自己玻璃工廠生產的玻璃所製造。

眼用玻璃的種類

包西龍公司所製造的眼用鏡片，可依其用途與光學特性分成下列幾種：(1)眼用冕牌鏡片，(2)火石或鉛鏡片，(3)鋇及氧化鋇火石鏡片，(4)有色鏡片，包括彩色鏡片及特殊吸收鏡片。

第 15 頁的圖表顯示了主要的包西龍眼用鏡片的種類與光學特性。

透明冕牌玻璃大多用於眼用透鏡，本質上是一種碳酸鈉 - 石灰 - 矽玻璃，在成分上有點類似較高級的平板玻璃，需加以精煉以獲致光學品質。一般而言，它含有大約 70 % 的砂，11 到 13 % 的氧化鈣或石灰，14 至 16 % 的氧化鈉或碳酸鈉，並帶有微量的鉀、硼、銻和碲，用以幫助改進品質。從室溫到軟化點，必須具有正確的總膨脹，以便在製造雙焦點透鏡 (Bifocal lenses) 融合時，不至於在兩塊鏡片之間造成應變 (Strain)。必須很小心地控制成分，使在每次熔化時保持相同的折射率，或在很小的限度內變化，以防止在融合過程中造成雲霧狀。它必須具有足夠高的軟化點，以防止在雙焦點透鏡融合過程中鏡盤 (Disc) 下面的曲率變形。

火石鏡片或鉛鏡片通常含有 45 到 65 % 的氧化鉛，其折射率隨鉛的比例增加而增加，其他成分一般為 7 到 10 % 的碳酸鈉和碳酸鉀，其餘為砂。這些鏡片主要用於製造與眼用冕牌玻璃融合的 Kryptok 系列的雙焦點透鏡，這些鏡片具有明亮的光澤，高比重，高折射率，高色散及低軟化溫度等特性。它特別適用於製造雙焦點透鏡，只是在閱讀部分或弓形火石玻璃片部分的色像差 (Color aberration) 特別多。

鋇鏡片通常含有 25 到 40 % 的氧化鋇，它和鉛一樣具有增高折射率之效用，但對色散則沒有增高得那麼多。其他一般原料是砂和少量的

氧化鋅、鋁、硼、石灰、銻和鋇。這些鏡片在眼鏡製造上的用途，主要是用於製造一系列的低色散弓形鏡片。Panoptik 及其他的 Orthogon 雙焦點透鏡具有 Kryptok 系列的所有優點而無其缺點，例如它不會有彩色的干涉花紋之憂。

有色鏡片和選擇吸收鏡片 (Selective absorption glasses)，通常係在熔融過程中，以金屬氧化物為原料，添加於一般的冕牌玻璃配料中而製造之。加氧化鈷產生藍色，氧化鉻產生綠色，氧化鐵產生綠色，錳產生紫色，鈾產生黃色；而這些和其他氧化物結合可以用以製造彩色鏡片。其他原料，如氧化銻，將用於製造具有吸收紫外光之玻璃，而尚有其他的，則在可見光譜區產生強烈的吸收帶。在熔融狀況的適當控制下，氧化鐵將對紅外線產生吸收。

眼用玻璃之要求

專用於戴眼鏡 (Spectacles) [架於耳上的眼鏡——譯者註] 和鼻眼鏡 (Eye glasses) [架於鼻上的眼鏡——譯者註] 的 B & L 眼用玻璃一般稱為光學玻璃，因為其要求很精密，而且在整個製造過程上必須保持精確的控制。這些要求，雖然大體上與那些用於稜鏡和顯微鏡及其他光學儀器上的透鏡之光學玻璃完全不同，但畢竟是非常確切而嚴格的，我們將分別予以簡短的討論。

脈理 (STRIAE) 脈理是玻璃本身內部的不同成分所產生的細條紋或紋理，通常是由於配料成分的混雜，或在熔化時，罐中的微量黏土溶解到玻璃中所造成的。光學玻璃必須絕對避免所有嚴重的脈理，而對於能以光學工具偵察出任何微細脈理的拋光透鏡，亦應予以捨棄。若欲防止脈理而使玻璃組成均勻，必須在熔融時加以攪拌。

氣泡 (BUBBLES) 光學玻璃不得有任何大小氣泡的存在。氣泡是因為在熔融那段時間，由原料分解放出大量的氣體以及陷於配料中的空氣之釋放所造成的。要去除氣泡，必須在玻璃精熔 (Fining) 那段時間

，保持玻璃足夠的流動狀態，讓這些氣泡能自由通過而逐漸上昇到達表面，然後逃逸出去。去除氣泡，或精熔，通常是藉助添加部分原料，如石灰或碳酸鈉，以碳酸鹽及硝酸鹽的形式促進氣體的形成而造成大氣泡，大氣泡跑出來得比較快而將小氣泡也一併帶出來。再者，玻璃在熔融後，往往要很迅速地完成一短時間的攪拌，以助長激烈的沸騰，使大氣泡跑出來。存在於玻璃的氣泡通常是充滿着氧、氮、二氧化碳、一氧化碳及水蒸氣等氣體。

石子 (STONES) 玻璃不能有石子、雜質或其他外來的微粒，這些都可能出現於透鏡成品上。這些缺陷可能是由很多原因造成的，但通常係由於熔化過程中部分配料未被熔化，或由黏土熔化罐中掉落的碎片漂進玻璃裏頭所造成的。

乳色狀與霧狀 (MILKINESS AND FOG) 玻璃體內不得有任何雲狀或乳色狀出現，表面不得有霧狀。這些現象通常是由於工作方法造成的，模鑄時或其他再加熱工作，如雙焦點透鏡之融合時也可能發生。霧狀可能是由於表面的微細結晶所形成的。

應變 (STRAIN) 用於製造透鏡的玻璃不得有應變的存在，這應變是由於不當的冷卻或退火所形成的。藉以去除玻璃應變的過程稱為退火 (Annealing)，這是由加熱至某一溫度使玻璃軟化到足於解除應變而不致改變其外形，然後將此溫度保持一段時間，使足於將應變完全去除。玻璃的應變去除後，必須徐徐冷卻，以防止再有應變形成。欲製造適當的韌化透鏡，必須對每一類型或每一組成的玻璃，依經驗小心地去決定解除應變的溫度，該溫度應保持的時間長短以及冷卻的速率。

顏色 (COLOR) 玻璃應具有高度的潔白與透明，這些性質是得自於對其純度的化學選擇、熔化過程中抵抗玻璃侵蝕作用的容器之使用，以及玻璃製造過程中各個步驟的小心控制。

顏色的穩定性 (COLOR STABILITY) 玻璃曝露於一般陽光下，應仍舊保持潔白而不變色。在大部分的情況下，這些特性可以藉適當的化學選擇以及配料成分的適當調和來控制。

耐久性 (DURABILITY) 玻璃要能夠持久，因此，應當要有適當的組成以抗氣候的反應，使其曝露於通常的狀態下不易晦暗。

硬度 (HARDNESS) 玻璃應具有適當的硬度與韌性 (Toughness) 以利於使用，且在一般情況下應不易刮傷或損壞。

膨脹 (EXPANSION) 每一次熔化時，由熔點到室溫應很小地控制，使玻璃在很小的極限內膨脹或收縮。玻璃的膨脹是由化學成分來控制，且必須控制到使製造融合雙焦點透鏡用的不同鏡片能融合在一起，而在二者之間的融合線上不產生應變。對於雙焦點透鏡，這一條件的管制比用於儀器上的某些最佳光學鏡片還要嚴格。

畸變 (DISTORTION) 必須控制鏡片的軟化點，使鏡片能夠被加熱到足於將其融合於另一鏡片上的溫度，仍不致於軟到使曲率有所改變或變形。

折射率 (INDEX OF REFRACTION) 光在不同的介質中以不同的速度傳播，光在空氣中與在玻璃中的速度比，稱為玻璃的折射率。斯涅爾定律 (Snell's law) 敘述該速度比 (即折射率) 等於光線的入射角與折射角的正弦比，因此折射率為：

$$\frac{\text{光通過空氣的速率}}{\text{光通過玻璃的速率}} = \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

色散 (DISPERSION) 僅僅對光的某一波長而言，某一物質的折射率 (n) 始為常數。在非真空的折射介質中，光速不但減小而且不同波長的光以不同的速度傳播。在玻璃中或其他折射介質中，長波長的光

傳播得比短波長的光快，因此折射物質對短波長的光具有較高的折射率。對不同波長的折射率差，稱為色散。

任何介質對佛勞恩和菲 (Fraunhofer) “D” 鈉線、太陽光譜中呈紅色的 “C” 線及呈藍綠色的 “F” 線之折射率間有一特殊的關係，對某一玻璃而言，稱為其相對色散 (Relative dispersion)。

$$\delta = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

折射物質的色散特性將白色光被分離成其組成顏色的程度，藉一個數字表示出來，而 (δ) 通常是一個分數。由於 (δ) 通常是一個分數，在設計上為了對色散率 (Dispersion factor) 便於掌握，使用其倒數 (ν)，該值在所有的玻璃表中均可查得到，稱為 ν (讀為 Nu) 值：

$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

因為 “ ν ” 是相對色散的倒數，因此具有高 “ ν ” 值的玻璃，其他折射介質將具有低色散，而反之亦然。

眼用玻璃之製造



圖 1-2 B & L 的技術人員調配新型的玻璃配方，並以小批配料試熔精製。

所有的眼用玻璃主要是由砂或矽土混合其他化學藥品組成，在相當高溫下將原料熔融合成而成。

鏡片可以單獨由矽土融合製成，在玻璃製造上，以碳酸鈉或碳酸鉀或二者的混合物充當熔劑，與砂融合以加速熔化過程，並添加一種或多種鹼土物質，如氧化物或石灰、鉛、鋇或鋅。這些物質不僅有助於玻璃的持久性，並能造成所要求的各種光學及物理特性的組合。

石灰石必須取自於純的礦牀，大部分的其他成分為純的化學工業之產品。依玻璃成品的特性要求，照正確的配方將原料精確地稱出，這些材料稱為“批料”(Batch)，以機械混合機徹底混合，該混合機類似一般所熟悉的水泥混合機——但必須襯裏以防止金屬部件的污染。通常，將一小量稱之為選出料(Cullet)的同種類之廢棄玻璃加於該混合物中，因為選出料已經熔過一次，比批料混合物軟化得快，有助於熔化與精熔工作之進行。

供眼鏡用的玻璃，目前有兩種主要的製造方法：製造大量需求之玻璃種類的連續生產法與製造特殊品質鏡片的傳統的分批生產法。

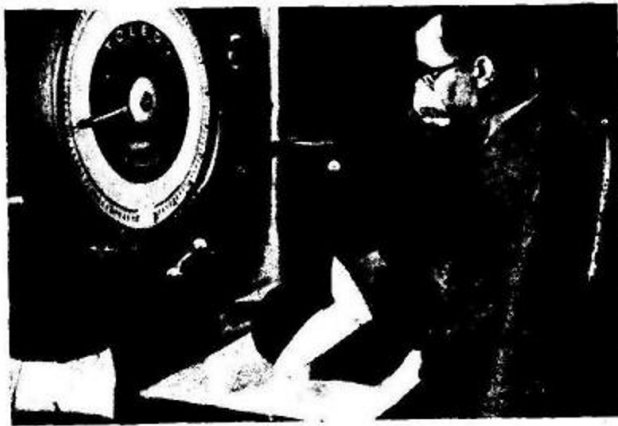


圖 1-3 稱配料用的各種大小天平——有些成分為幾百磅，有些只有幾分之一

分批生產法 該製法的第一步，也是最重要的步驟，是製造一個適當的罐或坩堝，以便熔化玻璃。坩堝必須能夠經得起熔爐的強熱，能抵抗熔融玻璃的侵蝕作用，並且當由熔爐中取出時，要能經得起溫度的急遽變

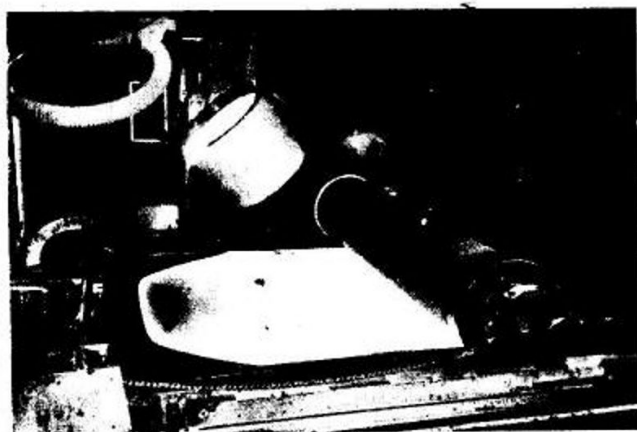


圖 1-4 分批生產法中，熔融玻璃被澆注於鑄鐵平檯上，然後滾軋成玻璃板移至退火爐中。

化。爲了達到這些物理特性及純度，要仔細的選用特殊的黏土。

最後坩堝要放在一個稱爲“拱罐”(Pot arch)的爐中，小心加熱到 2000°F ，四、五天後拿到瓦斯熔爐中加熱到玻璃熔化的溫度，此時它就可以用來準備裝填玻璃批料及選出料。

熔爐中的強熱，完成一次玻璃熔化大約需要 22 小時，這段時間分爲熔融過程 7 至 8 小時，精熔過程 7 至 8 小時；熔融玻璃之徐冷，由熔融溫度至滾軋玻璃板的適當溫度 6 至 7 小時。在連續生產方法中產生於空間的五個階段，在此處發生於時間上。熔爐的所有狀況，如溫度、通風設備、燃燒情況、瓦斯壓力及爐內氣壓，在熔化週期必須一直小心控制；這些狀況稍有偏差可能會使玻璃品質低落。

熔爐的操作，尤其是溫度，若能精確地控制，使“沸騰”或大氣泡的形成能完全達到，且一旦開始就不中斷；則氣泡通常是可以完全除去的。在熔化期終了之後，立即作一兩次短時間的迅速攪拌，可助長大氣泡的形成，促進融解。

當氣泡幾乎全部跑出時，玻璃的溫度最高，此時在整個精熔期都要迅速地攪拌，以確保完全混合。當冷卻期開始而玻璃變凝時，攪拌要漸漸緩慢，直到坩堝被移出熔爐爲止。

在達到適當的溫度後，自熔爐移出，此時熔爐的玻璃成爲類似濃蜜

一樣的黏團，將其澆注於一個加過熱的大鑄鐵平臺上，並用重滾子滾軋成所希望之厚度的大平板，通常厚度為 $\frac{3}{8}$ 吋。則玻璃幾乎馬上變硬，被移到退火爐去，慢慢地冷卻至室溫，大約需 8 個小時，將玻璃板成品切成小塊，並小心檢查高級眼用玻璃應具有的所有各種特性。然後滿足於這些要求的玻璃就被模鑄成所希望之透鏡的大概形狀，並在研磨與拋光之前給予最後的完全退火。

連續生產法 由於在高溫下熔融玻璃流程之加溫與控制的新方法之發展，加上像白金等特殊襯墊材料的幫助，使該製造方法在最近幾年內已達到了實用階段。

將化學原料變成透鏡毛坯，有五個基本作業上的要求，每一階段的溫度都要藉精密自動裝置的鍵盤來控制與記錄。

第一階段或熔化階段，批料完全熔化為熔液。第二階段，熔融玻璃被精熔以除去各種大小氣泡。第三階段為調理階段 (Conditioning stage)，再精熔以使玻璃變為均質 (Homogeneous)。第四階段，將預定量的玻璃擠出並壓成透鏡毛坯。最後一階段，將熱毛坯送進退火爐，在小心的控制下，由一端送到另一端，逐漸地冷卻至室溫。

在連續生產過程中，用電與瓦斯一齊加熱，電力裝置可以由調節電流將熱的測定與控制很方便地結合成一次操作。如此，可以連續生產遵守折射與融合特性規格並確保高品質的玻璃，這些規格與品質在雙焦點或三焦點透鏡尤為重要。折射率的偏差僅容許到小數點第四位，而實際上的偏差是比這個還要小得多。

使製造過程更切實際的另一項發展，是在溫度最高的精熔與調理的地方使用白金襯墊。因為白金不為熔融玻璃所熔，它使熔液不受污染，而儘可能地保持玻璃成品的純潔。

當透鏡毛坯送進退火爐時，整批透鏡要作有系統的抽樣品質管制，檢查這些透鏡樣品的光學特性與物理特性，特別是折射率與應變 (strain)。若發現有任何偏差時，批料混合物或控制的設定必須予以修正。

連續生產熔爐只有在某一特殊類型的玻璃之需求量極大時，方才實用。將玻璃成分放在坩堝裏加熱，然後將玻璃澆注於平台上滾軋，這種

