

科學圖書大庫

光學訓練教材及 光學玻璃加工技術人員訓練

譯者 黃延明

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

光學玻璃加工技術人員訓練

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

中華民國六十八年二月二十八日再版

光學訓練教材及 光學玻璃加工技術人員訓練

基本定價 1.60

譯者 黃延明 國科會精密儀器發展中心助理工程師

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
7815250 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

光學玻璃加工技工與技術人員工會

下列人員曾在訓練局籌劃這些建議時提供了意見：

主 席	C.W. ROBSON	科學儀器製造者公會教育訓練顧問
會 員	R.H. BANKS	Vickers 儀器公司工廠經理
	J. CARNALL	City & Guilds of London Institute 行政官
	M. FAILES	Rank Taylor Hobson 分公司光學總教官
	A.A. MOORE	U.K. Bausch & Lomb 公司技術主任
	C.B. RHODES	Hilger & Watts 公司光學品管工程師
	L. WRAY	倫敦市立深造教育學院科學與應用光學系主任
訓練局 職 員	J.A. MOON	總訓練官
	R.L. CARLING	高級訓練官
	K. J. MURRAY	高級訓練官

第一章 光學玻璃加工技工與技術人基礎訓練

緒 言

1. 本章發表了工程工業訓練局 (Engineering Industry Training Board) 對有關光學玻璃加工技工與技術人員所需的基礎訓練之建議。我們將可以看出，這與那些已經出版的有關技工與技術人員在工程工業上的一般訓練有所不同。因為這個建議包含了一個為期 36 週的基礎訓練。

2. 在這前九個月當中，有系統的基礎訓練，應當在一個能使學員在充實技能上加速進步，並獲得較大適應性的地方實施。

3. 離開工作的基礎訓練可以適當的安排在下列三個地方實施：

(a) 在公司的各別訓練工場或其屋翼。

或(b) 在技術學院 (Technical College)

或(c) 在集團訓練工場 (Group Training Workshop)

4. 下面所規定的課程，注意到了許多各種技能間的一般基礎，因此該訓練仍然很廣泛。如此，廣泛的學識與技能基礎，將是往後建立高標準之根基。其所需之體驗，比目前為止許多基礎訓練方案中慣例所要求的更廣泛，若工作有系統的編制的話，這並不妨碍良好標準的達成。

5. 深造教育 (further education) 被視為所有基礎訓練方案的重點，訓練的理論與實際的觀念，應儘可能密切地連貫在一起。訓練的場所不是在技術學院，但在技術學院的學期期間，學員每週至少必須有一天的歇息（或一段期間交錯的歇息）以便到技術學院去上課。

6. 訓練必須要有人來輔導，而指派一個訓練官員來擔當此項職務，對一個成功的訓練方案是非常重要的。公司太小而無法委任自己的訓練官員時，他們應考慮組成一個集團訓練方案，以共同分擔訓練官員的服務。（參見第 37 段）

7. “安全”這個字在下列訓練方案的細節中出現許多次，這表示訓練局很關心這件極重要的問題，且認為一旦訓練開始，就應當教導其良好的安全標準，並強調在其後的工作生涯中均要堅守。

統合學習

8. 學員的基礎訓練應當經歷三個部份：實作訓練 (practical training)，技術教育 (technical education) 及一般教育 (general education)。這些部份應當被統合起來；意思是說，應當將該課程視為整個，且各部份間要有計劃的相互關係。該相互間的關係，應在工場和講堂的教材中反映出來。

很顯然的，僅當所有三部份的課程在同一個房子下實施，才有可能完全統合。除了一些正增加中的完全統合課程是在某些技術學院實施外，大部份的課程，可能被編排成部份工作在公司的訓練工場實施，部份在技術學院實施。如此安排，使公司的訓練官員與學院教師間的自動合作變為很重要。因此，工作有了適當的分野，也避免了不必要的重疊或“空隙”。我們相信，這個摘要的發行將對此有所幫助。因為每一個人將知道什麼東西必須被包含進去，並能對每一工會的職責予以適當的安排。

基礎訓練課程

9. 訓練局爲了光學玻璃加工業和從事於該業的技術人員著想，認為在基礎訓練中應打好一個廣博的基礎。此目的是在於製造技術與學識人才，以足於應變自如的來處理平日的問題，且能以其成就而自豪。這提示我們去規定了一個對所有有潛力的光學技工與技術人員極為普通的基礎訓練。特殊技能的發展，特別是技工與技術人員的選定，將在訓練的第二年及其後幾年中施實。同時由於其入學時學歷資格的不同，學員在技術學院將適合不同的深造教育課程。很重要的是不要牽制任何一個人，因為學員應當選修一個適合於他自己能力的研習課程才是對的；但必須特別注意，以確保在往後那些更學理上的課程中能接受有關實作訓練的技術理論所需之講授。

學員的初選

10. 雇主對自己公司的潛力，及其將來所用的員工之條件，應當心中有数。爲使來年員工產生適當的平衡，雇主應瞭解其對技工與技術人員之需求，而招募不同基本能力的學員。若值得的話，可以在相同的時間機會下調換工作部門。

11. 應當謹慎地甄選學員，以確保其能夠完成整個課程。在甄選的過程中，要特別強調的是下列人員應當密切合作：

- (a) 受訓候選人。
- (b) 父母或監護人。
- (c) 校長
- (d) 青年就業輔導員。
- (e) 雇主。
- (f) 技術學院的職員。

那些受過試題使用訓練者手中的性向與能力測驗試題之使用，亦被推介作爲甄選時的附加憑據。

12. 和學員及其父母作最後錄用前之面談，乃是給雇主一個好的機會，以利用父母影響學員的重要性，並得其贊助，在受訓過程中給學員予以鼓勵。

13. 學員在受訓之前，必須經過健康檢查，以確保其體力與健康情形適合於工作。此健康檢查應合乎1961年工廠法（Factories Act 1961）所規定的青年健康檢查之要求。必須特別注意評定學員之視力（eyesight），尤其是關於色盲（colour-blindness）。

試用

14. 職前訓練的價值是不可否認的，不管該訓練是在技術學院實施抑或依適當編製的課程在公司的廠房中進行。當學員在等待正式訓練開始的時候，無論如何，是不該受雇於工廠做低賤的工作，因爲在這種環境下會限制了他的熱誠。

15. 雖然必須考慮公司的大小與其活動的範圍，但一般說來，學員是沒有必要在接受一個特殊教育課程的條件下而被雇用。初期的訓練將是未來分類的重要指南，而我們就把它當作指南，也許從它可以很明顯的看出候選人並不適於玻璃加工訓練，而在其他職業上却有較高的能力傾向。

16. 初期的訓練算是見習時期，因此應視為初選程序的延續。最好在前三個月之內，若學員、其父母或監護人與雇主間的條件一旦認為合理，就應當達成圓滿的協議。

深造教育

17. 學習過程是一個統一的行動，但為了方便起見，許多關於實作部份的“訓練”是由製造業來講授，而理論部份的“教育”則在技術學院來討論。若因為這樣分開而使各方面的學習觀點無法統合的話，將是最大的不幸。學院的教師與公司的訓練官員間必須密切的合作，以確使課程盡量地完全統合，不致於因為不必要的重複而浪費時間，也同時使學員一開始就瞭解理論與實作知識的重要價值。

18. 在技術學院的整個學期間，所有受訓的技工與技術人員，每週至少有一天的歇息（或一段期間交錯的歇息）以便到技術學院去研習下列其中一門課程：

(a) 適當的技藝課程。

(b) 光學技術人員課程。

(c) 一般國家核定的應用物理課程。

每位學員所修的課程，依其入學時的學歷標準而定，同時亦依各人的興趣，使每個學員都被訓練到他自己的能力水準。

19. 當實作訓練在訓練工場有適當的籌辦時，學院的技藝課程就不必再包含實作訓練了，必須提供配合下面訓練計劃的新技藝課程，這些課程將包含相關的研習與一般的研習。相關的研習是指計算、學術、繪圖與圖面的瞭解、及技藝理論，這些都是彼此相關，並與技藝的實作有密切的關連。為了技藝理論的正確瞭解起見，學院的工場當成實驗室來使用是最好不過的。

20. 第 18 段所列的課程，有一些並沒有包含技藝理論所要求的所有項目，必須將其安排進去。

再者，爲使在工場有適當的進步，工場的教師或訓練官員必須負一些理論解說的责任。在理論與實作連貫的情形下，學院的職員與訓練官員間的密切合作與會商是非常重要的，必須給予他們時間，讓他們共同安排工作計劃，以達成一致。

21. 訓練局樂意採納在所有這些課程中包含一般的研習與自由的研習，並願意支持它。對第一年的工程技工與技術人員，在適當的一般教育上，教育服務機構並不提供意見。因爲他們認爲這最好是由教師依地方上的基準而非國家基準來處理。

訓練計劃

22. 技藝理論與相關的研習之講授，是技術學院的主要責任，無論如何，必須特別講述技藝理論的論題。確使每位學員對實作過程的充分瞭解，是工場教師的責任。若他在這方面做得很奏效的話，他也許必須去增援技藝理論的講授。不必要的重複應避免，但工場教師在使理論與實作相互連繫上所能做的貢獻，則不可疏漏。技藝理論的論題曾在實作教導計劃表上重複並列，因此他可以曉得在教育學院所要講授的理論摘要內容是什麼。

他必須確使學員瞭解每一實作訓練發展的“原因”與“方法”。

工場的教師有一很重要的任務，就是確保每一學員在使用任何一新工具、機器或設備之前，充分瞭解安全的工作方法。

訓練計劃

23. 誘導訓練 (induction training) 必須和實作訓練與相關的研習完全統合，同時必須在 36 週訓練課程的前三個月中實施。下列的訓練要目是指示在整個誘導期間所須包含的題材，不必依特定的順序來教導。

24. 熟悉認識

(a) 簡介與安全

在儘早的階段就應當給予工場安全、簡單急救、工業保健及良好家庭經濟的基本要素等一般教導。這些應當包括工場法的有關細節、火的防範與警報的處理、如何工作、如何著裝、如何安全搬運工具、如何正確抬舉物件、工場區域的乾淨與整潔、壓縮空氣、電力、毒氣及高壓液體的危險性、機器防護具之使用、工作空間與通道暢通之必要。

應適當地為學員介紹工場附近的其他設施，例如盥洗室、衣帽間、急救室，並指導其對意外事故的處理。

(b) 工場術語

在訓練工場應當實行廣泛的學習，教導學員有關工具、原料、玻璃種類、機器與設備之名稱，以及這些材料設備應置於何處，如何放置。

(c) 依照圖面工作

使學員明白藉簡單的光學與工程圖面來教授的方法。

教導學員正確地說明這些圖面，並懂得如何使用簡單的草圖。

藉適當的光學圖面將基礎訓練的工作範圍介紹出來，如此，學生在閱讀圖面時，將漸漸地獲得體驗，同時亦可瞭解依照數據資料而工作的重要性。

(d) 對公司及其所從事之工業的一般知識

以簡單的方式使學員知悉其所贊助的公司之一般動態、其組織以及與那些相關的工業和其所從事的工業間之關係。

在 1963 年雇用契約法 (Contracts of Employment Act, 1963) 的要求下，有關雇用與服務條件的基本資料，應於開始雇用的 30 週之內具明。關於公司的組織、動態、歷史、特徵、工會會員及所有的福利措施與任何娛樂活動或聯誼會等之增補資料，亦應當儘早訂定——最好弄成手冊的方式。

(e) 工場管理

教以生產組織的真諦與良好的工作方法，參考庫存而採購、檢查、工作卡、及計劃的簡單說明與成本控制的計劃。同時必須提醒這些活動與個人及團體工作的關係。

訓練計劃

25. 訓練計劃

在基礎訓練中所製造的透鏡，若可能的話，應由學員或其雇主裝置於適當的光學儀器，例如望遠鏡 (telescope)、顯微鏡 (microscope)、消球差放大鏡 (aplanatic magnifier) 等，以為將來使用。有鑒於此，計劃中所提到的尺寸只是一個大概而已。

技 能

26. 鑄造成型 (Moulding)

- (a) 使用玻璃切輪 (glass cutting wheel)。將玻璃劃線，以切輪截痕之後，使用槌子、直線和指壓將玻璃斷裂。

- (b) 使用磅稱 (weighing machine)

- (c) 鑄造最大直徑 $1\frac{1}{2}$ " 及中心最小厚度 $\frac{1}{4}$ " 的火石玻璃。軟化後用類似製造奶油團的工具 ("butter pat" tools) 成形，然後移到鑄模中鑄造成型。

- (d) 退火 (annealing) —— 用包裝成堆然後一堆堆層疊的方法。

27. 粗 磨 (Course Grinding)

- (a) 從 $\frac{1}{4}$ " 厚的平板玻璃鋸出 1" 四方的玻璃板。
- (b) 將厚玻璃板鋸成 27(i) 中使用的稜鏡毛坯 (prism blanks)。
- (c) 在平坦工具上，用手將 3" 長的玻璃板疊柱 (由 1" 四方的玻璃板用蜜蠟黏結在一起)，磨至四邊的大小變成 $\frac{15}{16}$ " $\times$ $\frac{15}{16}$ "。

理 論

簡單的平面幾何。十進位制 (decimal system)。溫度變化對玻璃的影響。應變 (strain) —— 應變觀測器 (strain viewer)。安全防備。劃線的方法。

安全防備，包括煤氣爐的爆炸預防。保護眼鏡的使用。操作熔爐與調整溫度的方法。模子的安裝，包括柱塞 (plunger) 與射出機 (ejector) 的調整方法。熱玻璃放置於模子中的情況之瞭解。

安全防備，包括煤氣爐的爆炸預防。操作退火爐與調整溫度的方法，包括程式控制 (programme control) 的設定。

介紹玻璃及晶體 (crystals) 的種類。磨料的種類與選擇。測微計 (micrometer)，氣力量規 (pneumatic gauges)，針盤量規 (clock gauge) 及簡單的球徑計 (spherometer) 之原理與使用。角度之測量。分角器 (angle protractor) 的使用。安全防備。

切割機 (slitting machine) 的裝置與操作，包括各部件的稱呼。鑽石切盤 (diamond cutting discs) 的選擇。

(d)將 75 mm 長的玻璃板疊柱 (由 30mm×30mm 的四方玻璃板黏結在一起)，重複 27(c)的步驟，磨至四邊大小變成 27mm×27mm。

(e)大約 2" 直徑， $\frac{1}{2}$ " 厚度及 4" 曲率半徑之雙凸 (biconvex) 與雙凹 (biconcave) 透鏡之球面成形 (spherical generation)。建議該透鏡之成形應包含 7 個雙凸與 7 個雙凹透鏡。但不管成形的透鏡數目是決定多少，在整個訓練計劃中應保持一定數量。

(f)重複 27(e) 的程序，做大約 45 mm 直徑，7.5 mm 厚度及 100 mm 曲率半徑的雙凸與雙凹透之球面成形。

(g)用圓盤切割機 (圓鋸 (trepan)) 切割 1" 直徑的平面玻璃圓板。

(h)用手粗磨 27(g) 所製造的玻璃圓板，使成 10" 半徑的雙凸及平凹 (plano concave) 淺曲率透鏡 (shallow lenses)。

(i)平面研磨，以製造 90°，45° 45° 的稜鏡。

(j)用機器研磨 3" 長的玻璃板疊柱 (由 27 (c) 所製造的 $\frac{15}{16}$ "× $\frac{15}{16}$ "

安全防備。

透鏡成形機 (lens generating machine) 的裝置與操作，包括各部件的稱呼，速率 (speeds) 與進刀 (feeds)、切削液 (cutting fluids) 與切削工具的種類與使用。

安全防備。

圓鋸機 (trepaning machine) 的裝置與操作，包括各部件的稱呼，速率與進刀。切削刀 (cutter) 的保管，選擇與修整方法。

安全防備。

粗磨工具的使用與保管。手粗磨機 (hand roughing machine) 的裝置。

安全防備。

平面研磨機 (surface grinding machine) 的裝置與操作，包括各部件的稱呼、速率與進刀，電磁夾頭 (magnetic chuck) 的原理與使用。修整磨輪 (dressing wheels) 的原理。切削液的選擇。磨輪 (grinding wheels) 的選擇與保管。

安全防備。

磨邊機 (edge grinding machine)

的四方平板玻璃片，用蜜蠟黏結而成〕使成 $\frac{3}{4}$ "直徑之圓板。四方玻璃的厚度保持不動，而邊緣被磨成光滑。

(k)重複 27 (j)的程序，研磨 27 (d)所製造的公制單位之透鏡，使四方玻璃圓整至 23mm 直徑之圓板。

(l)用手將一毛坯粗磨成 6" 直徑、48" 曲率半徑的凹面鏡 (Concave mirror)。

(m)使用曲面或平面工具及磨料，將上述的工作件用手倒角 (chamfer)。

28. 製模塊 (Blocking)

(a)使用瀝青團將 7 個雙凸和 7 個雙凹透鏡在轉動的工具上製成模塊〔成形的正確數目在 27 (e)中決定之〕。對公制單位的透鏡重複此步驟。

(b)使用瀝青團將一些由平面玻璃圓板做成的淺曲率透鏡製成模塊。

(c)將 27 (c)及 27 (d) 所製造的四方玻璃板在平坦工具上用石蠟製成硬載式模塊 (hard-on block)。

(d)讓學員共同參與熟石膏稜鏡模塊之細磨。

29. 細磨 (Smoothing)

在整個拋光系列中應著重於小心玻璃拿持，及表面品質的檢驗。

(a)使用細磨機 (smoothing machine) 將 7 個雙凸及 7 個雙凹透鏡細磨成形。對公制單位的透鏡重複此項步驟。

(b)使用細磨機細磨一批由平面玻璃圓板製成的淺曲率透鏡〔28 (b)中製成的模塊〕。

(c)用手細磨 28 (b) 中剩餘的透鏡。

(d)用細磨機細磨硬載於平坦工具上的四方玻璃。

的裝置與操作，包括各部件的稱呼、速率與進刀。磨輪之選擇與保管。

黏貼劑 (mounting agents) 的種類與使用：瀝青 (pitches)，石蠟 (waxes)，松脂 (resins)，熟石膏 (plaster of paris)。模塊之壓製成形。工具。固化模塊準備細磨。

磨料的選擇。以手和機器控制半徑的原理。工具的維護。球徑計的進一步使用。角度的測量。厚度量計儀器，包括氣力、電子比測器 (comparators)。表面光製的認識。

安全防備。

細磨機的裝置與操作，包括磨料的使用與選擇。細磨工具的保管與使用。

- (e)讓學員共同參與稜鏡模塊的細磨。
 - (f)用手細磨直徑 6"、曲率半徑 48" 之反射鏡。
30. 拋光與修正 (Polishing and Figuring)

- (a)使用拋光機將 29 節中製造的透鏡模塊拋光與修正。
- (b)將透鏡自模塊上剝離，用手將單片細磨至一定厚度，再製成透鏡模塊，然後拋光第二面。
- (c)將兩個由平面玻璃板做成的雙凸與平凹單透鏡之兩面拋光並修正。這種情形可以作最後的手工修正。
- (d)使用刀口測試，以拋光並修正 6" 直徑的反射鏡。
- (e)拋光並修正稜鏡模塊，將稜鏡自模塊上剝離，再將下一個面製成稜鏡模塊，然後拋光並修正。稜鏡是由學員共同參與製造的。
- (f)細磨、拋光並修正由石蠟將四方玻璃板在平坦工具上製成的硬載式模塊。將鏡片自模塊上剝離，再將反面製成模塊，然後重複上述操作。當做此工作時，應實際注意調整機器的擺動，以達到最佳之修正。

31. 磨邊 (Edging)

- (a)將雙凸和雙凹透鏡各三個，確定光學中心並磨邊。

拋光化合物 (polishing compounds) 之使用與選擇。表面品質與污跡 (stain)。清潔的方法。修正的控制，檢驗樣板 (test plates) 與量規 (gauges) 之使用與保管。干涉儀 (interferometer) 與干涉分光計 (interferoscope) 之示範說明。刀口測試 (knife edge test)。自動準直儀 (autocollimator) 與量角器 (goniometer) 之稜鏡角度測量。非球面 (aspheric) 與柱面 (cylindrical) 工件之示範說明。若可能的話，作實際之應用，例如，將 6" 的反射鏡做成拋物面 (paraboloid)。

安全防備。
拋光機 (polishing machine) 之裝置，各部件之稱呼。機器之速率。

定光學中心 (optical centring) 與測定直徑的方法。倒角與表面光製 (surface finish)。

安全防備。

磨邊機 (edging machine) 之裝置與

操作，包括各部件之稱呼，速率和進刀。磨輪的選擇、保管與修整方法。切削液之使用。

- (b)將由平面玻璃圓板做成之淺曲率透鏡重複 31(a)之步驟。
 - (c)將 6" 直徑之反射鏡定光學中心並磨邊。
 - (d)將膠合的雙透鏡 (doublets) [火石與冕牌透鏡 (flint and crown lenses)] 定光學中心並磨邊。
32. 膠合 (Cementing)

光學膠合劑 (optical cements) 之選擇與使用一膠之厚度，應變觀測器之使用。熱與紫外光 (ultra violet light) 對膠合劑之效應。鏡片清潔一程序與重要性。對心元件 (centering components) 之牛頓條紋 (Newton's fringes) 與影像章動 (nutating image)。對心用的治具 (jig)。自動準直儀之用於稜鏡膠合裝配。

- (a)深曲率 (steep curve) 的雙凸與雙凹透鏡之膠合。
- (b)淺曲率的雙凸與平凹透鏡之膠合。
- (c)使用自動準直儀膠合裝配稜鏡。
- (d)練習調膠，並將玻璃平板 (2" × 2" × 1/8") 膠合於金屬板上，而不產生光學變形 (optical deformations)。

軟性接著膠合劑之種類與選擇。

33. 對訓練時間分配之建議

這裡所指示在每一課目上所花費的時間，只是當作一般的參考規準而已。學員學習與進步的速度不等，加之性向與興趣不同，這些因素均可由變通課目表以適應之。

課目	週數
鑄造型	2
粗磨	6
製模塊	3
細磨	6
拋光與修正	12

課目	週數
磨邊	3
膠合	2
	—
	34 週
	—

有兩週沒有排定課目，以便作適當的彈性變通。

測驗與評鑑

34. 訓練局相信，適當循序漸進的能力評鑑，有激勵使達到良好標準的作用。每完成一個工作件，均須記分（最好是以 5 點等級記分）。該項評鑑是藉以變更學員的體驗，使其達到令人滿意的標準。要知道，在第一年期間，進步的情形與評鑑時所表現的標準，是一樣重要的。

在基礎訓練的終了，應當作一個正式的能力測驗。在測驗進行當中，若由經理、領班和工會代表之類的人員前來視察訪問，將有助於造成良好的氣氛，這是應該鼓勵的一件事情。對於工作不能令人滿意的學員，需要再給予增加多少哪一類的訓練，將由訓練官員和教師來作決定。

學員實際工作的全部記錄，以及由技術學院來的報告，將一併被考慮作為計劃在以後階段將其訓練為技工或技術人員時的參考。

教 師

35. 基礎訓練的水準（所有階段的訓練亦然），主要決定於教師的素質。一位好的教師，不但要熱衷於訓練工作，而且還要具有下列的條件：

- (i) 精巧技藝的操練經驗與技能。
- (ii) 曾參加適當的訓練課程，例如在 Letchworth 及 Hillington 的師資訓練學院（Instructor Training College），而獲有教學技巧之經驗。
- (iii) 專業技術的資格，例如 The City and Guilds of London Institute 最後的或完整的工藝檢定合格。

我們知道，在該訓練方案的早期工作，許多合適的教師都不具有檢定資格，這可以隨時間的過去而矯正，但在教導技巧上的訓練價值，則不能被忽視。

學員與教師在比例上的要求，是依所實施的工作性質而定。因為，例如機械操作比在工作台的工作更需要輔導員的接近。我們建議，第一年的訓練，全部比例為 1 個教師對 12 個學員。