

科學圖書大庫

精密光學玻璃器材製造

譯者 郭鴻賓

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

精密光學玻璃器材製造

譯者 郭鴻賓

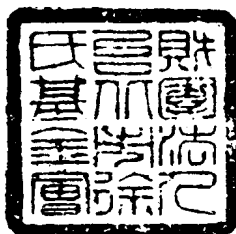
徐氏基金會出版

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

中華民國六十八年三月七日再版

精密光學玻璃器材製造

基本定價 1.60

譯者 郭鴻寶

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 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 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

前 言

戰後重建期間，在威次拉城，曾舉行過光學玻璃器材製造演講，用影片介紹美國光學玻璃器材之製造。本書係按照原演講內容編寫而成。

精密光學玻璃器材製造一書，原為職業學校教材而編，本書主要講述光學玻璃器材製造加工——由手工藝製造法至現代化的製造，對上進之光學工及從事光學工作之年青工程師們而言，當為唯一獨具實用價值的參考書籍，因為許多此類其他書籍之內容總是脫離不了理論光學及金屬加工範疇。

本書內所講述之光學玻璃器材製造基本原理，可用作一門初級工藝學課程。本書在光學玻璃器材製造現代化及合理化方面，也提供工程師們很多知識。光學玻璃器材加工過程與機械加工不同，不易被人觀察到。比例上僅有很少數之工程師精通光學玻璃器材之製造加工。製造光學玻璃器材所需之基本知識，一般多從光學玻璃工之手藝中求得；故用作工程師們自修教材為本書之另一目的。詳細研討光學玻璃器材製造，請看德國實業規範 DIN 3140，內含許多關於檢驗的實用指南，光學製件製造公差及現代繪圖規範。

一九六三年六月於威次拉城
作者

7001 11/16

目 錄

前言

引言 光學玻璃器材製品

1

A. 相機透鏡之製造 (利用黏劑座加工撐體)

(表一、二十道工作程序)	3
1-7 預備工作	5
8. 透鏡圓坯與加工撐體之黏結	12
加工撐體及模碗半徑之計算	13
9. 透鏡之粗磨及細磨 (利用黏劑座加工撐體)	19
研磨過程	20
磨碗之校正	22
研磨機之工作方式	23
研磨機在各種不同情況下之研磨效果	25
磨碗之車製	27
透鏡之銑製 (用金剛石工具)	29
10. 透鏡之拋光 (利用黏劑座加工撐體)	29
拋光過程	31
11. 透鏡與加工撐體分離	34
12. 透鏡之清洗	34
光學製件之自動清洗 (利用超音波設備)	34
13. 透鏡定中心	35
利用反射成像法定中心	36
利用透光成像法定中心	36
利用自動平光管定中心	37
透鏡外圓之銑製	38
光學法定中心之精確度	38
利用機械夾持法定中心	39

IV

13. 機械夾持法定中心之精確度	41
14. 透鏡邊緣之磨平	43
15. 透鏡之檢驗	44
16. 透鏡之拋光修正	46
17. 透鏡減反射層之鍍製	48
18. 透鏡之精密黏合	49
冷黏合法	51
19及20 最後檢驗及配組	51
B. 相機透鏡之製造 (固定加工撐體法)	53
(表四、二十八道工作程序)	54
1-9 預備工作(壓坯)	56
10. 標準點銑製	60
11. 透鏡第一面與加工撐體之黏結	61
固定加工撐體之構造	62
黏劑片之製造	63
12. 透鏡之銑製(利用固定加工撐體)	64
個別銑製及利用固定加工撐體大量銑製	66
13. 透鏡之研磨(利用固定加工撐體)	66
透鏡之細磨(利用固定加工撐體)	66
自動研磨	67
14. 透鏡之拋光	68
合理而經濟之拋光	69
15. 塗防護膠;分離	70
16. 透鏡中央厚度尺寸之銑製及研磨	70
17. 透鏡自固定加工撐體分離及再黏結	71
18-28 第二面加工及最後處理	71
C. 單管及雙管望遠透鏡之製造	72
望遠鏡物鏡分解力之檢驗	72
顯微透鏡之製造	73
1. 定中心後即作最後拋光之顯微透鏡	75

2. 外邊緣尖銳之顯微透鏡（不在機器上定中心）...	78
3. 兩面必須個別加工之顯微透鏡.....	82
4. 第一面利用固定加工撐體，第二面個別加工之顯微透鏡.....	83
5. 第一面個別加工，第二面利用固定加工撐體加工之顯微透鏡.....	84
6. 顯微鏡前置透鏡之製造.....	86
E. 天文物鏡及天文反射鏡之製造	90
F. 檢驗樣板之製造	90
檢驗樣板半徑之量度.....	91
G. 弓形反射鏡之製造	92
1. 沉陷成形法.....	92
2. 油印成形法.....	96
3. 磨帶成形法.....	98
反射鏡之檢驗.....	100
H. 非球面透鏡之製造	
J. 稜鏡之製造	
1. 第一種波羅稜鏡（表五、二十二道工作程序）...	107
稜鏡之手工拋光修正.....	112
稜鏡在槓桿研磨機上修正.....	113
用壓坯製造波羅稜鏡.....	113
波羅稜鏡用角模板製造.....	115
2. 達夫稜鏡.....	116
3. 第二種波羅稜鏡（表六，二十七道工作程序）...	117
4. 五角稜鏡.....	122
正常標準精度之五角稜鏡.....	122
高精度之五角稜鏡（表七、十四道工作程序）...	123
最高精度之五角稜鏡（表八、十三道工作程序）...	124

5. 屋頂形稜鏡.....	12
屋頂形稜鏡之手磨製造(表九、十六道工作程序、	12
高精度屋頂形稜鏡之製造(表十、十一道工作程	
序).....	131
各種形式稜鏡之大量製造.....	133
光學器材生產線.....	134

K. 作業材料

研磨劑.....	135
利用表面光亮作表面光度之度量.....	137
按功率了解光學玻璃器材加工過程.....	137
研磨劑之劃傷作用.....	138
研磨劑之選擇.....	138
拋光劑.....	138
金剛石銑刀.....	139
金剛石銑切冷卻劑.....	140
拋光瀝青.....	140
黏結劑.....	142

引言

光學玻璃器材製品

光學玻璃器材形式很多，可分成透鏡，反射鏡及稜鏡三種。透鏡按其用途分爲下列四種：

- 相機透鏡
- 望遠鏡透鏡
- 顯微鏡透鏡
- 天文透鏡

基於加工製造理由，需要按用途分類，因爲在某些地方，如選料及最後檢驗工作，不同用途的透鏡需作不同之處理。如非球面透鏡及顯微鏡前置透鏡，係用玻璃球料製造的。

光學反射鏡主要有下列三種：

- 顯微鏡照明反射鏡
- 探照燈反射鏡
- 天文反射鏡

後兩種反射鏡爲非球面反射鏡。

光學儀器中所用之稜鏡有很多種形狀，常見的有：

- 第一種波羅稜鏡
- 第二種波羅稜鏡
- 達夫稜鏡
- 五角稜鏡
- 屋頂稜鏡

以及以上五稜鏡之複合稜鏡。

光學製造人員所用之主要量具爲檢驗樣板，利用光干涉原理檢驗量度加工表面，光干涉檢驗及光學計算結果是否正確，端視樣板之製造精度，故檢驗樣板之製造精度要求很高。

茲將各種光學器材之製造，按上述先後次序，逐一分道講述於下。

2 指密光學玻璃器材製造

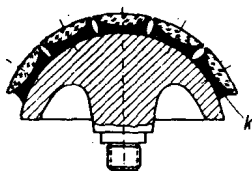
A. 相機透鏡之製造 (利用黏劑座加工撐體)

製造相機物鏡要考慮兩種不同之物鏡。相機物鏡按現今之品質要求可分兩種，製造方法也有兩種。

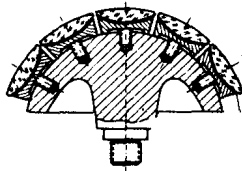
1. 由三個及四個透鏡組成之物鏡 其光強度為 $1:6.3$, $1:4.5$ 及 $1:3.5$ 者，可用有正常折射率偏差之玻璃片料或壓坯直接製造，不需特別計算及配組，但對此種物鏡之焦距公差不能要求過嚴。

2. 製造四個透鏡及七個透鏡之物鏡，因光剪度高 ($1:2.8$, $1:1.7$ 及 $1:1.5$)，需一直按照計算值作修正。因畫面清晰度高，故折射率偏差只准在 0.005 mm 內，玻璃工廠很難製造如此精確折射率之玻璃，通常都用折射率偏差較大的玻璃料加工製造，但是計算人員要一直用變更半徑之方法控制折射率偏差。此種物鏡很難製造。

兩種不同製造方法：一為黏劑座加工撐體法，一為固定加工撐體法。兩種製造方法之主要不同點，在於透鏡圓坯與加工撐體之固結方式（如圖一及圖二）。

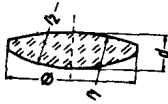


圖一 黏劑座加工撐體 k 為黏劑座。



圖二 固定加工撐體，b 為黏劑片。

首先按表一工作程序單，講述黏劑座加工撐體製造法。

製品種類	略圖	圖 號
雙凸透鏡		

道次	道次名稱	加工部門	實施規範
1	發料	料庫	玻璃種類： 製件尺寸： 折射率公差： 製件厚度： 氣泡公差：
2	下料	銑工部	將玻璃塊切鋸成片 玻璃片厚度：
3	預磨或銑	磨工或銑工部	將玻璃片磨成或銑成坯料尺寸。 厚度：
4	裁毛坯料	下坯料部	先在玻璃片上劃線，斷裂為規定尺寸的毛坯。 厚度：
5	檢驗玻璃毛坯	下坯料部	檢驗內部是否有氣泡及非均質條痕， 氣泡允差： 條痕允差：
6	黏結成棒	黏結部	黏結方式： 黏結棒長度：
7	黏結棒銑圓	銑工部	直徑：
8	將圓坯黏在加工撐體上	黏結部	黏結用模碗半徑 第一面： 第二面： 加工撐體半徑 第一面： 第二面： 每一加工撐體上黏結之片數 第一面： 第二面： 黏結方式 第一面： 第二面：
9	粗磨	磨工部	半徑 第一面： 第二面： 厚度： 研磨劑種類：
10	拋光	拋光部	半徑 第一面： 第二面： 清潔 第一面： 第二面： 光干涉環 第一面： 第二面 瀝青種類 第一面： 第二面
11	自加工撐體分離	黏結部	在水箱內冷卻
12	清洗	黏結部	用溶劑或用超音波設備 溶解劑：

13	定中心	定中心部	機器種類： 軸偏置距： 直徑： 邊稜：
14	磨透鏡邊稜	定中心部	機器種類： 稜面尺寸：
15	檢驗	檢驗部	半徑： 清潔： 干涉環數： 厚度： 直徑： 稜面： 中心：
16	修正	拋光部	按照檢驗時所作之記號
17	塗反射減弱塗料	真空部	用真空物理法
18	精密黏合	精黏部	黏結方式： 軸偏置距：
19	最後檢驗	成品檢驗部	按照圖樣檢驗
20	配組	成品檢驗部	按照圖樣或檢驗規範

表一・黏劑座加工撐體法製造透鏡工作程序單

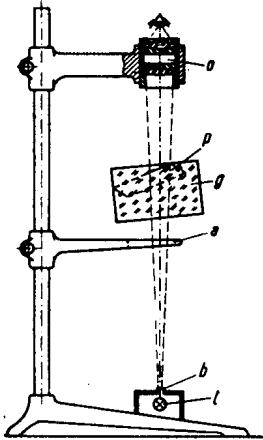
第一道工作程序：發料

料庫內玻璃要按照種類分別儲放；同類玻璃復又按折射率值分儲。玻璃出廠時編有型號，用以表示玻璃之種類及折射率值。發料時，隨料附發玻璃熔煉資料單，上面註明玻璃之各數據資料。除此之外，玻璃出廠時還需編以出廠序號，印在每塊玻璃上。玻璃熔煉資料單要交給計算人員，以便據此作各項光學計算及材料檢驗。

發料時，為確保玻璃料不致混淆，宜用折射儀抽樣檢驗其折射率，並按照圖樣規定檢驗玻璃料內氣泡及非均質條痕，看其大小是否在規定範圍內；檢驗完畢，用脂筆勾劃出不合用的地方，不合用的玻璃不必切鋸浪費時間。注意：玻璃內非均質條痕，如其方向與光線射入方向相同，不會影響影像。因此，大型透鏡及稜鏡宜用條痕檢驗儀（圖三）確定其中非均質條痕之方向，並將其標劃出來，俾在按照模板切割坯料時，能躲開非均質條痕。

玻璃內部組織不均勻的地方稱為非均質條痕。光在此種地方的折射率無法計算。玻璃內非均質條痕方向如與入射光線方向垂直，此種玻璃不可用作光學器材，因對影像品質有妨害。粗大非均質條痕不需放大鏡，可用肉眼看到。纖維細條痕可在點光源前用放大鏡觀察到。非均質條痕之允許大小皆按

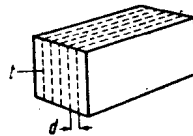
DIN 3140 規範註在圖樣上。出廠前，要在水銀燈光下作非均質條痕之預檢。



圖三 非均質條痕檢驗儀。
 o 為廣角目鏡， p 為按模板劃出之稜鏡毛坯， g 為玻璃料塊， a 為支臂， b 為直徑 0.5 之針孔光圖， l 為光源。

第二道工作程序：玻璃塊切割成片

前已提到，透鏡可由壓坯或由切割之玻璃片加工製造，用切割的玻璃片製造透鏡，因不需壓模設備，費用低廉。玻璃廠供應的玻璃料，因係不規則的四方體（如圖四），故需用金剛石鋸刀鋸成玻璃板片（厚度應等於成品厚度另加 1.5 mm 裕度）。玻璃下料鋸之構造與金屬材料圓鋸類似，鋸片直徑約為 150 mm。鋸片方法參看圖五。

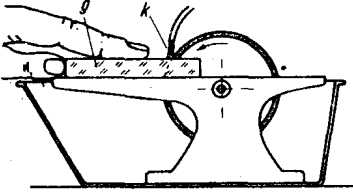


圖四 玻璃料塊， t 為下料劃線， d 為成品厚度加工裕度。

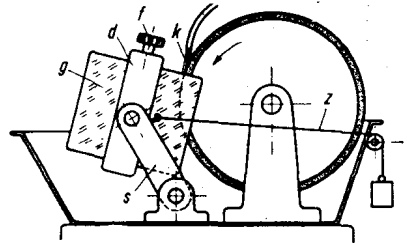
為使直徑 400 mm 之最大鋸片，能將大塊玻璃切透，需要一邊鋸一邊轉動玻璃塊（如圖六）；玻璃塊要用黏結法或用夾持法固結在擺動軸桿上，玻璃塊被張力重量拉引自動送料時，同時用手轉動玻璃塊。

鋸片轉速極高，直線速度為每秒 25 公尺。用礦物油作冷却劑。

玻璃板可由德國壽特工廠訂製，省却鋸料機之購製，如若以後改由壓坯製造時，鋸料機更屬多餘。鐵鋸片加剛石粉也能切割玻璃。



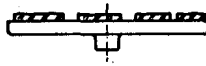
圖五 小型玻璃鋸
 k 為冷卻油管， g 為玻璃板



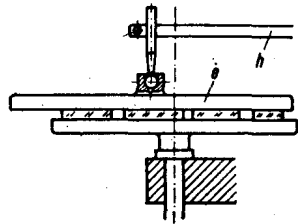
圖六 大型玻璃鋸， k 為冷卻油管， g 為玻璃塊， z 為喂料張力重量， d 為轉動支架， f 為玻璃塊夾緊螺， s 為轉動臂。

第三道工作程序：將玻璃板片預磨至規定尺寸

剛鋸下之玻璃板片，表面留有鋸痕，須先磨平，使其厚度接近透鏡成品厚度。為了以後在加工撐體加工，至少有一面要磨的很平。將玻璃片黏結在加工平托板上（如圖七所示），因平行研磨不需很高精度，同時也不像拋光加工產生大量的熱，故黏結力也不需要太大，可用蠟及石蠟黏結，然後用鑄鐵磨板加剛石粉在槓桿機上研磨，至其厚度達到規定尺寸為止（成品厚度加 0.3 mm ）。



圖七 玻璃板黏結在加工平托板上。

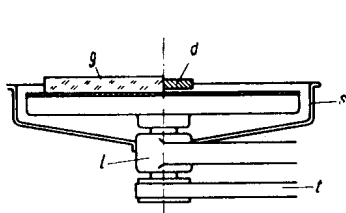


圖八 槓桿研磨機上之加工平托板。
 k 為槓桿， e 為鑄鐵磨板。

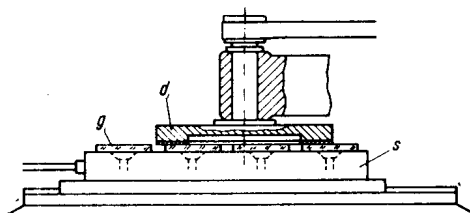
因兩面皆需研磨，故玻璃板需要翻面，兩面平行度允許公差為十角度分（ $10'$ ）。磨畢，輕敲即可使玻璃板與加工平托板分離，然後將玻璃板浸入溶劑中溶下殘餘之黏劑（如酒精，蘇打水及三氯乙烯等）。

用金剛石銑刀銑玻璃板

玻璃板也可用金剛石銑刀銑平，銑平面可省掉兩次黏結工作，同時兩面之平行，可用機械控制。玻璃板可放在鑲有金剛石之平板銑刀盤上，並用制楔夾緊，銑刀盤高速轉動，藉玻璃板自身重量或用手指輕壓向下，即可將玻璃銑平（圖九）。



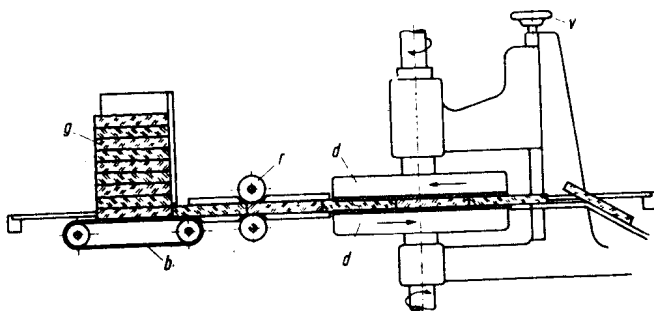
圖九 金剛石銑刀盤。 d 為制楔， g 為玻璃板， l 為銑刀盤轉動軸承， t 為轉動皮帶， s 為護罩。



圖十 立銑床。 d 為金剛石銑刀， g 為玻璃板， s 為吸力夾具。

將銑平之一面放在銑床之吸力夾具平板上，用金剛石銑刀將玻璃板銑成規定之厚度（圖十）。銑製加工時要繼續不斷加礦物油冷却劑。

自動雙面銑機為上述兩種機器之組合，同時銑玻璃板上下兩面（圖十一）。玻璃板厚度用上下銑刀間之距離控制，移動上銑刀盤可調節兩銑刀間距。



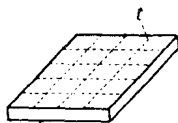
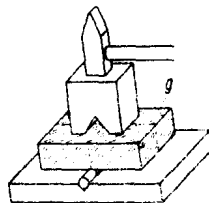
圖十一 自動雙面平銑機。 d 為金剛石銑刀盤， g 為玻璃板料， b 為傳送帶， r 為傳送輪， v 為金剛石銑刀調節手輪。

研磨與銑之觀念解釋說明表。

一般製造，如金屬材料加工		
工 作 過 程	工 具	機 器
研 磨 銑	整體砂輪 鑲有硬金屬刀 齒	圓磨及平磨床 平銑及立銑床
光學玻璃器材製造（玻璃加工）		
工 作 過 程	工 具	機 器
研磨 銑	磨盤下加研磨粉 鑲有金剛石的銑刀	槓桿研磨機 特別金剛石銑機，也可 用槓桿研磨機。

第四道工作程序：裁毛坯料

玻璃板兩面皆磨平後，放置在劃線枱上，按照透鏡尺寸劃裁料線（如圖十二）。然後將劃好線的玻璃板放在裁料枱上，玻璃板下面墊一腸弦線，上面放置一V形缺口木塊，用錘輕擊木塊，玻璃板即沿劃線痕斷開成為小塊毛坯料（如圖十三）。劃線間隔距離，視透鏡直徑及兩面之曲半徑而定；透鏡之兩曲面半徑愈長，愈不易將其光軸磨到透鏡之中心（參看第十三道工作程序：定中心），如透鏡之曲面半徑長，則其毛坯料尺寸必須酌予放大。裁厚玻璃板時，爲了預防斜劈發生宜放大裁料尺寸。

圖十二 玻璃板劃線， f 爲分割線。圖十三 錘擊裁料。 g 爲玻璃板。