

物理實驗室應用技術

JOHN STRONG 著

陸學善 王守璫 譯

商務印書館

大學叢書



物理實驗室應用技術

J·史屈朗著

陸學善譯
王守瓊

商務印書館



物理實驗室應用技術——本書係根據英國 Prentice-Hall 出版公司所出版的 J. Strong 所著 Proceedings in Experimental Physics 一書的 1946 年版譯出。書中對般物理實驗室應用的基本技術如吹製玻璃、磨製光學平面及透鏡、真空的獲得、高溫的量度、照相術及儀器設計等，都有詳盡的敘述。全書分十五章，都由該部門的專家執筆，插圖共四百餘幅，可供大學理工科學生參考之用。

大學叢書
物理實驗室應用技術

陸學善 王守璣譯

★版權所有★

商務印書館出版

上海南京路二一號

新華書店總經售

北京萃斌閣印刷廠印刷

*(62138)

1954 年 2 月初版 版面字數 413,000

印數 1—3,000 定價 ¥31,500

前 言

在毛澤東思想的指導下，中國的科學正遵循着正確的道路在發展。科學再不能像過去一樣，只是藏在象牙之塔內的一種點綴品，而應該是國家建設中不可缺少的一有機部分。

物理學是一種最基本的科學，也是一種最有其廣泛應用的科學。無可諱言，過去長期在半封建半殖民地式的統治之下，中國的物理學工作者不免有些重視理論而忽視實驗的傾向，這是可以理解的。但是，現在正是我們起來大聲疾呼要發展實驗物理學和應用物理學的時代了。我們要求理論和實際的結合，從實踐中來提高理論，再用理論來指導實踐。譯者所以要翻譯這本書的目的，也就是希望在發展實驗物理學和應用物理學的工作中，對我們的年青科學工作者有些幫助。

原著是1938年出版的，到1949年已再版了十一次，有長期參考價值，每章都由該部門的專家執筆，對一般物理實驗室的基本技術，都有比較詳盡的敘述。在這裏有幾點應該向讀者說明：（一）我們學習一種技術，並不就希望停留在某一水準上的，我們的目的，是要通過這一種學習來提高這方面的技術；（二）原著中有許多地方只舉了資本主義國家的例子，讀者只宜把這些當作參考材料，正應該通過這些例子來創造我們自己的技術。

譯文所用名詞，儘量採用了中國科學院編譯局初步審定的物理學名詞。關於若干化學名詞和機械工程名詞，曾分別請教過張青蓮教授和王守融教授，特此誌感。

譯者

目 錄

第一章	吹製玻璃的基本手續	1
玻璃的幾種物理性質 割斷玻璃管和玻璃瓶 洗滌 先期加熱 作物的轉動 彎曲管子 收縮 熱煉 拉尖頭 管的封閉 火焰中“割斷”管子 接頭前的準備 接頭 環式封接 吹泡 頸縮 誤差的校正 鉗和玻璃封接 鎢和玻璃封接鎢銅和玻璃封接 銦伐和弗尼銦 瓷和玻璃封接		
第二章	實驗室光學製作	24
引言 一般步驟磨和治光的理論 治光的方法 製造直徑3至6吋以上光學面的步驟 毛坯的切製 切餅乾器 鋸玻璃 改進式德雷柏機作物的支持 作物的曲線磨製 精磨 工具用瀝青 治光 修琢切帶和過渡帶 治光和修琢工具作用的解釋 修琢切帶用的工具 修琢各種帶狀缺點和作類球形轉成面的方法 像散現象 光學檢驗 牛頓條紋 海定基條紋 目鏡檢驗 佛科刀口檢驗 帶區刀口檢驗 朗溪檢驗法 哈德曼檢驗法 鏡系的準列 磨製光學面的兩個方法 手槓桿機磨製光面 兩個光學面間的關係 窩嵌 水晶和方解石 晶體的光學製作 金屬的治光 許米特照相機		
第三章	高度真空的技術	76
理想氣體定律 平均自由路程 粘滯性和導熱性 抽氣速率 真空抽氣線路的傳導 抽空 粗抽機 玻璃和金屬的除氣 蠟的汽壓 收氣劑 靜的和動的真空系 擴散抽機 把油作為擴散抽機的液劑 油擴散抽機 水銀陷阱 虛漏 “油”陷阱 動的真空系的製造 接頭 封接 電極 氣閥 機工運動 漏氣 真空計 麥克樂計 電離計 皮拉尼計 藍膠計 克努森計		
第四章	表面塗層:蒸發和濺射	122
燒塗法 化學塗銀法 清漆 柏拉西法 羅歇鹽法 上漆 金和銅鍍射 清潔而乾的表面和呵痕 塗鋁鏡面的清漆 蒸發 鋁的蒸發技術		

真空裝置 均勻的膜 用鉛使球面鏡拋物化 部分反射膜

第五章	熔凝砂土的用途	152
	熔凝水晶總論 化學性質 物理性質 微絲狀水晶的用途 製造和使用 用水晶絲的設備 製造微絲 細的微絲的照料和保存 微絲工作中幾 種有用的技術 水晶的其他用途	
第六章	靜電計和驗電器	175
	定義 一般理論 對驗電器的應用 對靜電計的應用 驗電器的幾種 類型 靜電計的幾種類型 靜電計和驗電器實際用途的討論 定偏轉 量度法 各式儀器的限制 各類型儀器的比較 驗電器和靜電計工作 中的有用技術 靜電計和驗電器中所用的絕緣體	
第七章	蓋革計數器	208
	尖端式計數器 正比計數器 蓋穆二氏計數器 計數器對於起電離質 點的靈敏度 特種蓋穆二氏計數器 測量計數的方法 符合電路 高 壓電源 電壓調節器 蓋革計數器工作中的幾率和誤差的討論	
第八章	真空溫差電堆和輻射能的量度	246
	靈敏的溫差電堆之構造與抽空 溫差電偶接頭所用鎳 合金鎳的製造 接頭的構造 製造溫差電堆的各種方法 靈敏溫差電堆的應用 補償 溫差電堆 輔助儀器 替續器 用蒸發和澱射法製造溫差接頭 設計 溫差電堆的考慮 靈敏度和可測的最低能量 溫差電堆設計工作的一 般總結	
第九章	光學：光源、濾波器和光學儀器	274
	光譜分區 光源 紫外光 紫外光用稜鏡、透鏡及鏡 紫外光用濾波 器 紫外光的偏振 紅外光 紅外光用稜鏡、窗、透鏡和鏡 晶體的反 射 剩餘射線 近紅外光的特殊吸收體 可見光譜 克利斯欽遜濾波 器 金屬的反射 單色器 偏振 偏振光在工業上的應用 四分一、 半和全波晶片 雲母的剖開 雲母量規 透鏡的放大率 透鏡的其他 性質 鏡面的性質 稜鏡的性質 光學記錄裝置	
第十章	光電管和放大器	320
	導論 探測限度的比較 光電管的類型 發射式光電管的特性 光電 管的製造 真空式和充氣式光電管 光生伏打電池 光電流的放大	

直梳放大器 實驗方面的詳述 其他低柵極電流管 高增益直流放大器
 器 交流放大器 真空管電路內的起伏噪聲 光電管的應用 光電光度學通論 分光光度學 密度計 電流計小偏轉的放大 閘流管

第十一章 實驗室中的照相術 362

人目和照相乳膠的靈敏度比較 赫德和局利斐特曲線 倒易定律 分辨率 光源 濾波器 調焦 敏化 凍膠移動 露光 顯影 時間和溫度顯影法 盆顯影法 退敏化 定影 沖洗和使乾 印照相紙和放大 增強和減弱 照相術的應用 照相光度學

第十二章 熱和高溫 399

熱的傳導 守恆狀態 形狀因數 熱的傳導 非守恆狀態 自由運流的熱傳遞 輻射的熱傳遞 低溫 獲得高溫的方法 固定溫度 恆溫裝置 溫度的量度

第十三章 研究用材料 432

碱金屬 碱土金屬 水銀 鉑系金屬 耐火金屬:鎢、鉬、鉭等等 合金 木材 蠟和膠 潤滑 滑石

第十四章 儀器的構造和設計 463

金屬的切削 車床 軟鉗 硬鉗 點熔接 儀器設計 無振動支座

第十五章 模鑄 482

失蠟法 沙鑄用模型 沙鑄 烏賊骨澆鑄

物理實驗室應用技術

第一章 吹製玻璃的基本手續

在物理實驗室內，吹製玻璃的基本手續，不外割斷、轉動、彎曲、吹和銲接這幾種。把這幾種手續聯合起來運用，我們可以用玻璃管和玻璃棒製成各式各樣的玻璃儀器。本章所敘述的就是這幾種基本手續的方法。製造儀器的玻璃，現在用得最多的要算硬質玻璃了，像派勒克斯 (Pyrex) 之類。在吹製時，硬質玻璃要比軟質玻璃難以處理，因為硬質玻璃所需要的溫度較高，一離火焰就會凝固。但在另一方面，硬質玻璃的熱膨脹率小，而且比較堅固，在熟煉時不致爆裂。所以雖然處理較難，本章所敘述的還是以硬質玻璃為主。

從圖 1 我們可以知道吹製玻璃時工桌上應有的佈置情形。把玻璃燒軟，用的是一只交射式噴燈，這是美國人所習用的，德國人通常用的是單射式噴燈。以功用論，這兩種噴燈對於大部分的吹製手續都適用，交射式噴燈火力較強，而且分佈均勻，可是在需用尖狀火焰時，那單射式噴燈就比較合用得多了。

用交射式噴燈，在需要尖狀火焰時，另外還須有一架手噴燈，圖 1 中的虛線圖形就顯示手噴燈的位置。所有噴燈，用的燃料是自然或人造煤氣，吹製軟質玻璃時加受壓空氣，吹製硬質玻璃時所需溫度較高，得加氧或氧和空氣的混合體。在普通的單射式噴燈中，還可以把乙炔用作燃料，再加上受壓空氣。

其他所需用的裝備，應有各種大小的軟木塞，有的配着封閉的玻璃管，備在轉動作物時用作把柄；有的配着不封閉的玻璃管，備在吹的時

候應用。還有各種粗細的橡皮管，配着封閉的玻璃管，是封閉細玻璃管

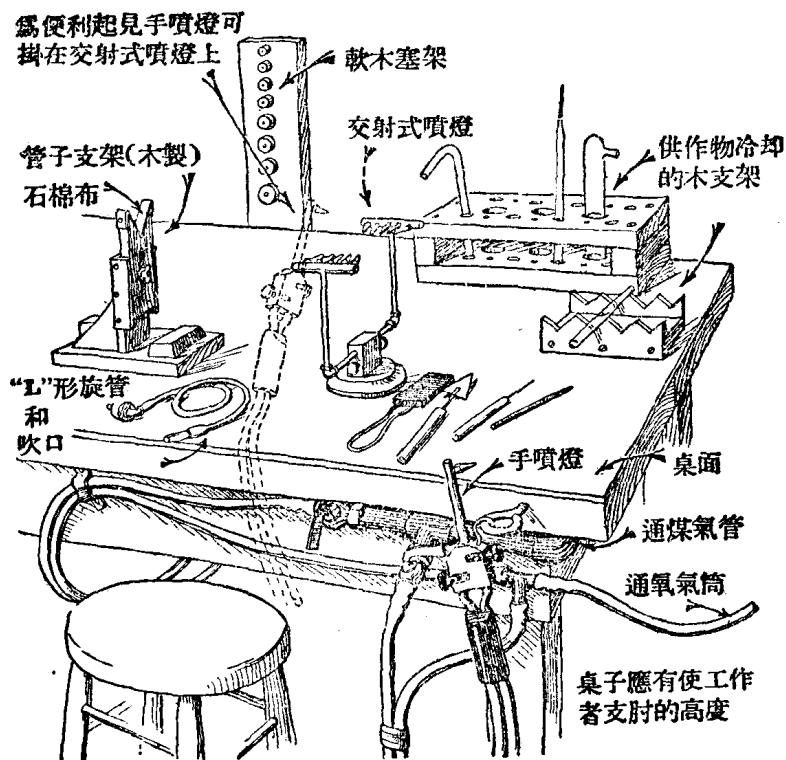


圖 1

時用的。還有一個裝有吹口的旋管，連着橡皮管，如圖 1，是吹製大件作物時便於轉動用的。圖 2 是一套旋製玻璃用的鉗子和一套整形工具。圖 3 是一把割斷細管用的銼刀，和一具割粗管用的熱鎔工具。要使銼刀邊緣銳利，可把狹的兩面在金剛砂輪上磨過。銼刀回火的方法是加熱至暗紅色時浸入冷的水銀裏面去。

各種粗細的派勒克斯玻璃管、毛細管和棒都須大量地預備着。其他各種玻璃，像鹼質玻璃、鉛玻璃和儂納克斯（Nonex），也須兼備。各種玻璃一定要分別標明其名稱，並不得混在一起。

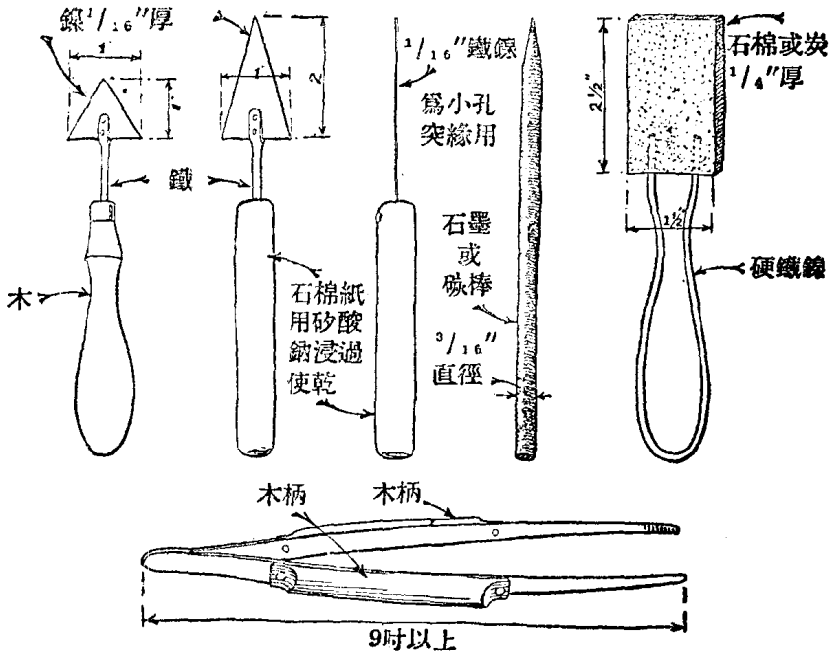


圖 2

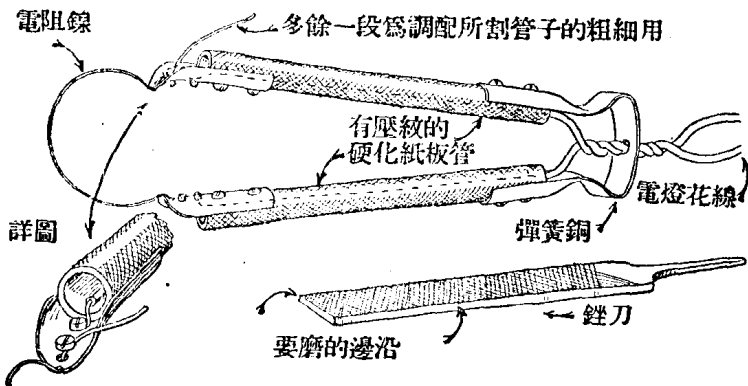


圖 3

玻璃的幾種物理性質 圖 4 和表 I 表示各種玻璃和金屬的熱膨脹係數。玻璃和水晶的各種特性溫度見表 II。圖 5 是一種典型玻璃的溫度

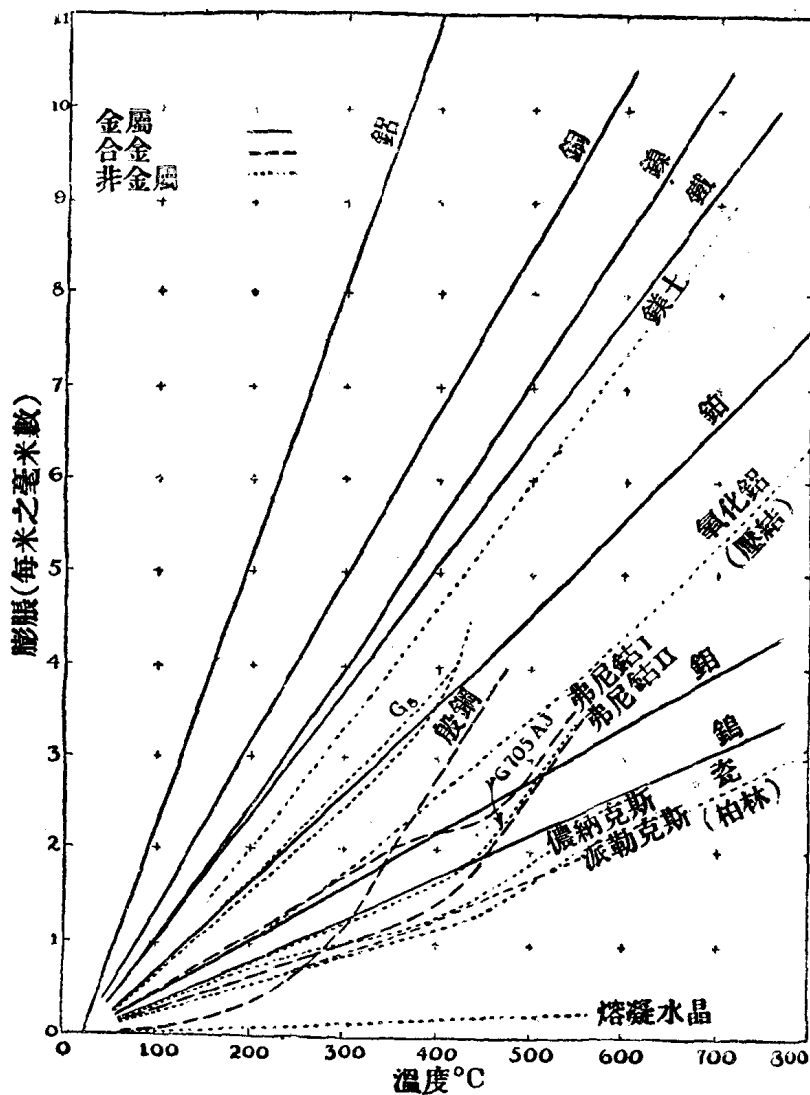


圖 4

對粘滯度變化的關係。曲線所表示的就是粘滯度和重要特性溫度——屈服溫度、熟煉溫度、工作溫度和熔化溫度間的相當關係。前兩種溫度

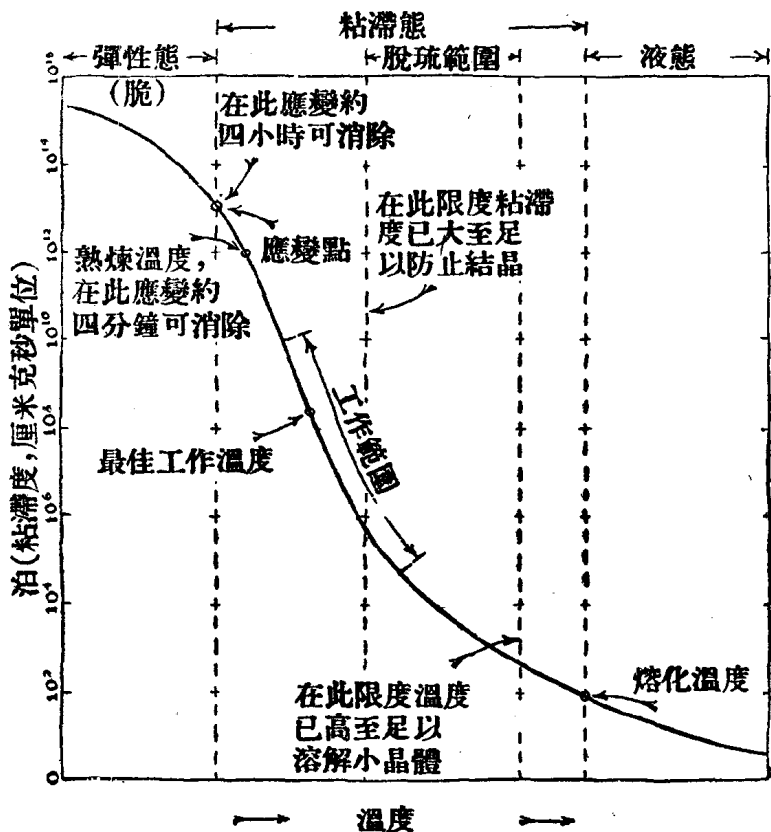


圖 5

的主要意義是：當玻璃加熱到屈服點時，應變要四小時才消除，但是在熟煉溫度時祇要四分鐘就够了。在屈服點時，粘滯度約為 10^{13} 泊。在熟煉溫度時約為 10^{12} 泊。在工作溫度範圍內，粘滯度在 10^5 泊與 10^{10} 泊之間，最適宜工作的粘滯度約為 $10^{8.6}$ 泊。當粘滯度比 10^2 泊還小時，玻璃大致作為已經熔化的了。

割斷玻璃管和玻璃瓶 吹製玻璃時要割斷細的玻璃管(直徑 $\frac{1}{2}$ 吋以下的)，先在應割斷的部位，用銼刀銳邊刻上一條幾毫米長的細痕，當心這細痕是一定要 and 玻璃管準確地垂直的。然後照圖 6 所示，把兩手使

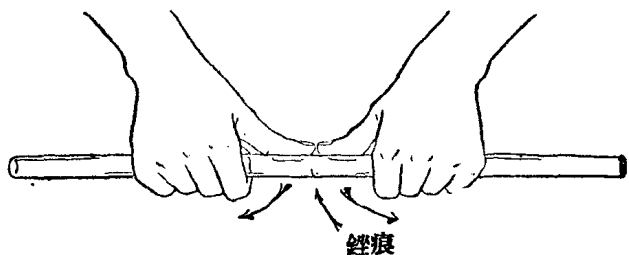


圖 6

表 I 熱膨脹係數

物 品	膨脹係數($\times 10^{-7}$)
石灰玻璃(G8)	92
鉛玻璃(G5)	90
德納克斯(G702P)	38
瓷(20° 至 290°C)	41
派勒克斯	32
水晶玻璃 (16° 至 1000°C)	5.8
銅	162
鉑	91
度曼特(Dumet):	
沿徑	80至100
沿軸	61至65
弗尼鈷(Fornico)和鈷伐(Kovar):	
25° 至 450°C	47
25° 至 500°C	56
鉬	56
鎢	47

表 II 玻璃和水晶的特性溫度

物 品	應 變 點	熱 煉 溫 度	工 作 溫 度
軟質玻璃	389° C	425° C	
德納克斯	486°	521°	
派勒克斯	503°	550°	750°至1100°C
水晶	1020°	1120°	1756°至1800°C

用彎和拉的合力把它割斷。如果照圖 7 那樣用銼刀敲一下子，玻璃管也會割斷。這方法適合於玻璃管還熱或者要割斷在近端的時候。

直徑在 $\frac{1}{2}$ 吋以上的玻璃管，那需要另法處理了。在用銼刀刻上細痕之後，把一根細玻璃棒的尖端燒到白熾，放在細痕的一端，它就會裂開來。但這裂縫不一定能進行到管周的全部。在這樣情形之下，我們就得把白熾的尖端，連續一次一次的領導那細痕，直到完全割斷為止。

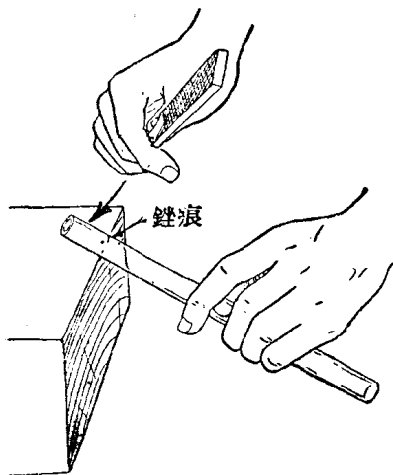


圖 7

要割斷直徑有幾吋大的玻璃管或玻璃瓶，我們先得用銼刀在上面刻上細細的一圈。刻時可用一塊硬紙或紙板當作界尺。再把圖 3 裏面的電阻線環繞在細痕上。線的兩端不可相碰。然後通過電流，等燒紅了幾秒鐘，把一塊濕棉花按上去。這方法可以得到很整齊的割裂。假如還有小部分不整齊的地方，可用碳砂放在黃銅板上磨掉，或者在火焰中燒軟，用鉗子拉掉或剪刀剪去。

洗滌 沾染雜質的玻璃很難銲接好。所以在割斷之後，第一步手續是洗滌。有時候把清水洗一下就行了，在需要時或者得用硝酸。在極端情形之下，還需用熱的鉻酸“洗滌液”。洗淨後，在玻璃管外的水，可以用清潔的布擦乾。要吸乾管內的水，可以利用一塊棉花，把線引着拉過管內，或是用空氣吹過。如果用的是蒸餾水，可以稍為加熱而同時用水抽氣機抽乾。

先期加熱 玻璃管，尤其是大件的玻璃儀器，在用交射式噴燈或手噴燈局部加熱之前，一定要小心地先期加熱。有一種先期加熱的方法是用一只美格燈，把空氣門關閉，玻璃先在溫度較低的火焰中加熱，等到玻璃溫度漸高，就把空氣門逐漸開大，火焰也逐漸強烈，直到玻璃完

全燒熱，才可以受得了交射燈或單射燈的強熱。還有一種輪流加熱的方法，是把玻璃的一部分用交射噴燈燒一秒鐘，立刻從火焰中拿出，讓它的溫度平均一下，隔了幾秒鐘之後，再把別的一部分又燒一下，這樣一直輪流的燒着，直到整個玻璃器的溫度均勻地升高了，那時在火焰中燒的時間可以慢慢地加長，而離開火焰的時間慢慢地縮短，直燒到玻璃可以發出鈉汽而使火焰變成黃色為止。鈉的試驗一般地指示出這溫度已適合於進行收縮、吹、整形和其他手續了。像管子之類，祇須在施行工作的周圍先期加熱就行了。

作物的轉動 作物的轉動是一個基本的手續。轉動應該均勻，兩手應該適當地並用。玻璃在火焰中轉動得適當，就得到均勻地軟化，並且重力的影響也是對稱的。

熱玻璃的下面部分要比上面部分冷得快些，因此在作物離開火焰之後，也必須繼續均勻地轉動。

初學的人往往很難處理在火焰中的作物，特別是當兩部分玻璃軟化而要連接起來的時候，弄得不好很容易弄成一個疙瘩。爲了避免失敗，最好先將一塊相當厚的布把兩根玻璃管連接起來，作爲練習轉動的模型。他應該依照了圖 8 所示的樣子，把那兩根玻璃管轉動，可是要不使這塊布起皺或扭絞，也不可用力壓緊或拉長。然後便可開始作使用火焰的手續了。

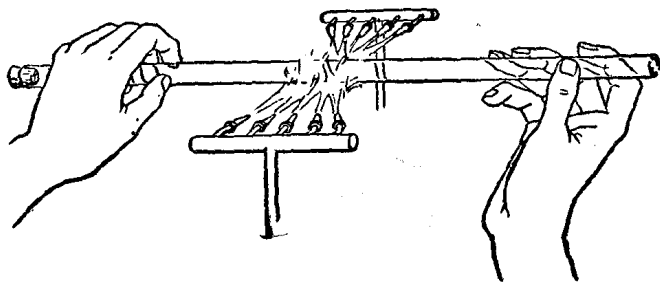


圖 8

作物是用大拇指和食指控制着轉動的，無論直徑相差多少，在火焰

中軟化區的兩邊部分總得同步轉動，這動作包括了一連串大約 45° 的角移。左手執持作物的重的部分，右手控制着軟化區以外的部分。右手所做的工作雖然輕，可是要比較精細，它得使右邊部分跟着作物的主體同相轉動，而不使其間有不必要的伸長和壓縮。兩手像圖 8 那樣的執持法，可使作物的右端很容易放到唇邊去吹。

彎曲管子 把要彎曲的管子用交射噴燈加熱，同時連續地轉動，直至有幾倍於它直徑的長度都已十分軟化，然後離開火焰，彎曲到所需要的角度，頂點向下，像圖 9 所示一樣。玻璃管很難加熱均勻，所以時常會發生缺陷。有時細玻璃管也會發生，特別是把細而薄的管子彎曲成銳角的時候。這些缺陷都可以用尖狀火焰燒熱局部的方法去校正。當玻璃管壁的一部分加熱而軟化，其彎曲形狀仍可由管軸對面的部分來支持。假如外邊有扁平傾向，如圖 9 b，在玻璃還軟的時候一吹就可以校正過來。如果內面折疊起來，如圖 9 c，那麼局部用尖狀火焰加熱，輪流着收縮和吹，直到均勻為止。這樣校正以後，須把彎曲部分全部普遍加熱熟煉。

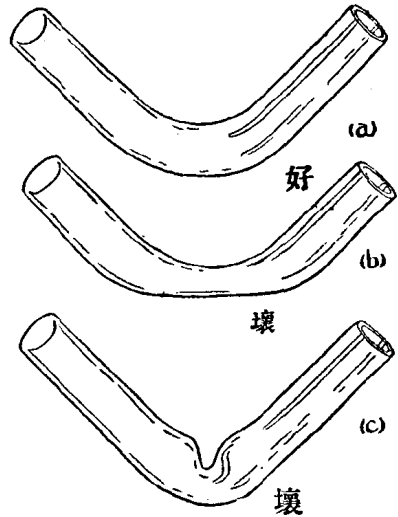


圖 9

玻璃線圈是在型軸上繞成的。型軸普通是一個鋼的或黃銅的管子，上面包着石棉紙。先把石棉紙打濕，兩端疊好而用矽酸鈉粘起來。等紙乾了，接頭的地方還要用砂紙磨光。漆上一二次爐漆或其他的碳質物，這樣可以防止玻璃粘住在石棉上。型軸管端開着凹槽以使線圈固定在軸上。圖 10 所示就是這方法。

收縮 玻璃軟化了是一種液體，表面張力的作用使它全部表面減

小，因而有形變。溫度上升後，收縮是受玻璃的粘滯性約束着的，這約束力以在工作溫度範圍內的低限時為較強。收縮現象對於作物可產生需要或不需要的變遷，這可用旋製工具或吹的方法去控制它。圖 11 表



圖 10

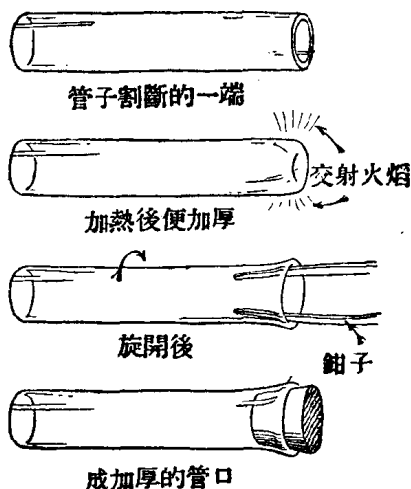


圖 11

示用鉗子把玻璃管一端因收縮而起的不需要的直徑減小的傾向抵制住，而同時完成加厚管壁的作用。

熟煉 把複雜和精細的作物熟煉是吹製玻璃工作中最難手續的一種，這也是一個很重要的手續。如果我們不把作物適當地熟煉，冷下來的時候也許就會破裂，甚至更不幸，在使用以後中途破裂。熟煉的目的是要把作物從工作溫度降到室內溫度而使它受到最少量的應變。適宜的熟煉應使作物各部時時保持着均勻溫度而漸漸冷却。大而複雜的作物應該在可以適當地調節的烘爐裏熟煉。玻璃壁厚薄均勻的小件作物可以用美格燈或交射式噴燈熟煉。

當製作全部完成以後，作物應該加熱到熟煉溫度以上，把先期加熱的方法反過來應用，使溫度逐漸降低。首要的事是使在冷却過程中，各部分溫度保持均勻。有些部分因為薄的關係，或由於輻射或運流的關