

林 堯 喜 編



天文爱好者的望远镜

天文爱好者的望远镜

林堯喜編

科学技術出版社

內 容 提 要

本書根據國內外許多天文愛好者自制望遠鏡的先進經驗，主要介紹製造牛頓式反射望遠鏡的技術。關於設備原料以及用手工推磨、拋光、鍍銀、驗光、裝置并校准的每一步驟都有詳細說明，使讀者可以有限的費用自行磨制并裝配一個15厘米口徑、放大率約50倍的望遠鏡。全書共有插圖150幅，採取文圖對照的方式，使讀者容易學習這個富有教育價值的技術。

2490/27

天文愛好者的望遠鏡

編 者 林 堯 喜

科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可証出079號

上海啓智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

統一書號：15119·628

開本 787×1092 1/32 · 印張 3 1/2 · 字數 71,000

1958年3月第1版

1958年3月第1次印刷 · 印數 1-2,300

定價：(10) 0.55元

前 言

随着科学的普及，中国的科学水平很快就要赶上一般先进国家了。在这方面，天文的研究乃是现代科学的组成部分。当我们想到苏联的科学家对星际的航行已经作了具体的打算的时候，我们不由得引起了一种追求进步的渴望来，渴望提高自己对天文和太空的知识，乃进而认识现代科学的成就和发展。

天文学的发展大有赖于一般天文爱好者在观测天象方面的合作，而观测的成绩同观测的人数成正比例。现代一些先进国家已经把天文爱好者组织起来，让他们协助各地天文台观测变星的动态，月掩星的时间，以及流星和人造卫星的轨道等（流星和人造卫星的研究同星际的航行很有关系）。

望远镜乃是天文爱好者所必备的仪器。一般折射望远镜价格高，如欲自行制造，而所需的原料、设备和技术却不是一般天文爱好者所能办到的。因此，多数人所自制的大都是一种反射望远镜。这就是本书所要介绍的类型。反射望远镜的效用并不亚于折射式的。况且现代最大的天文望远镜都属这一类型。

本书内容分为两大部分：第一部分论列制造一个最简单的望远镜的方法，目的在于帮助每个天文爱好者在最短的时间内，并用最简单的方法和最低的費用自行制造一个口径为 15 厘米，放大率约 48 倍的望远镜。第二部分有关更精巧的制造法，包括自行验光和制造较为精确的抛物面形镜面的方法，以及赤道装

置的种种类型。

本书的宗旨在于帮助国内一般天文爱好者从天象的观测中增益自己的知识,掀动学习的兴趣,从而参加一种最有教育价值的业余活动。

林堯喜

1957年2月

目 錄

前言	1
第一章 望遠鏡的簡史.....	1
第二章 望遠鏡的放大倍率.....	4
放大倍率的極限	
第三章 自制望遠鏡的原物料、設備與地點.....	6
(1)原物料	(2)設備
第四章 技術概略.....	10
(1)磨程	(2)壓力
(3)速度	(4)轉動
(5)溫度	
第五章 磨工工作程序.....	13
(1)粗磨	(2)燈光測驗法
(3)細磨	(4)檢查
(5)拋光	
第六章 望遠鏡鍍銀的物料與設備.....	26
(1)物料	(2)設備
第七章 鍍銀的工作程序.....	29
(1)圍邊鍍銀法	(2)銀膜的厚度
(3)復次鍍銀法	(4)浸鍍法
(5)吊鍍法	(6)銀膜拋光
(7)細紅粉自制法	(8)斑點
(9)塗漆	

第八章 实验镜架.....	39
(1)构造	(2)瞄准
第九章 抛物面形的镜面.....	45
(1)福卡特氏测验法	(2)各种面形的概述
(3)各种面形的影象	(4)半径焦点测量法
(5)平边测定法	(6)其他畸形的修正
(7)从球面到抛物面	(8)温变问题
(9)畸形的玻璃板	(10)瀝青抛光表面
(11)用瀝青面矯正鏡面	
第十章 放大倍率、集光力和焦比的相互关系.....	72
第十一章 望远镜的装置.....	77
(1)赤道仪的种类	(2)设计望远镜装置的注意
(3)几种简单实用的装置	事項
(4)望远镜上的寻星装置	(5)望远镜装置与度数盘的
	校准
第十二章 寻找星体的方法.....	95
第十三章 轉儀鐘的设计与构造.....	97
第十四章 天文台的设计.....	100
(1)圆顶式	(2)锥形顶
(3)方顶式	(4)防雨木箱
附 錄	102
(1)鏡板落料的技術	(2)偏極透光檢驗法
(3)平面鏡的磨平	(4)檢驗三角棱鏡的方法
(5)簡易驗光法	

第一章 望遠鏡的簡史

望遠鏡的發明、製造和發展大多依賴歷代天文愛好者的不斷貢獻。早在 1608 年，荷蘭有一個磨眼鏡玻璃的技師發現，當他將兩個透鏡置於一定的距離時，就可將遠的物體放大，使它顯得更近。當時著名的天文愛好者，意大利人伽利略立即採用了這個發明，向一個製造眼鏡玻璃的人買了兩片透鏡，為自己造了一個小的望遠鏡。他的儀器是很簡單的——只有一個小圓筒，在一端裝一個凸鏡作為物鏡，在另一端裝一個凹鏡作為目鏡（見圖 1）。起初他只得得到三倍的放大率，後來造了一個八倍的望遠鏡，最後竟達到了約 32 倍的放大率；那也是當時的技術水平的最大成就。伽利略用望遠鏡發現了木星的四個衛星，月球上的山脈，金星的盈虧，太陽的黑子等。他所用的兩個望遠鏡現今還陳列在意大利福勞來斯的物理博物館里。

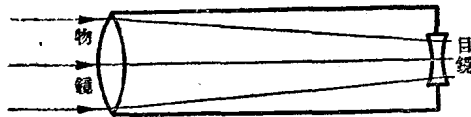


圖 1 伽利略式折射望遠鏡的主要構成部分

伽利略的望遠鏡的主要缺點在於它的視場小，所以後來德國天文家克普勒建議用凸鏡為目鏡（見圖 2）。這種望遠鏡的視場較伽利略式的望遠鏡為大，但它的主要缺點就是色象差（使所看見的東西有象虹一般的顏色）。

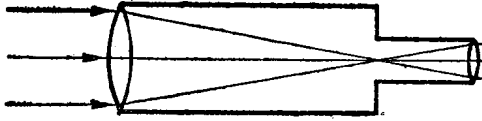


圖 2 克普勒式折射望遠鏡的主要構成部分

1758年，英國光學專家多蘭德（Dolland）用兩片質地不同——冕牌玻璃和火石玻璃——的透鏡合在一起，大大消除了色象差。這個方法到現在仍然應用於一般折射望遠鏡的構造上（見圖3）。

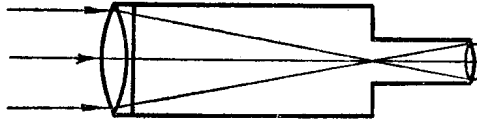


圖 3 用雙層玻片矯正色象差的方法

1666年，當英國科學家牛頓（Newton）對折射望遠鏡的種種缺點感到無法克服時，他便發明了反射望遠鏡。他自制的頭一個反射望遠鏡乃是用一片金屬磨成的，直徑只有2.5厘米，但他竟能得出39倍的放大率。牛頓式反射望遠鏡的原理見圖4。

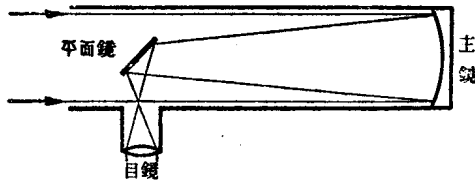


圖 4 牛頓式反射望遠鏡的主要構成部分

不熟悉這種原理的人或許會想，那置於望遠鏡筒內的平面鏡和它的支架難免有礙於觀測，但事實上它只遮蔽了平行光綫

的一部分，故此只減少了反光鏡聚光的實效面積，却不會影響所觀測物體的形像。人從目鏡觀看時，不能看見平面鏡本身，只見它所反射的光綫。

第一個認真發展反射望遠鏡的人當屬天文愛好者赫式爾 (Herschel)。他是一個職業音樂家，但用業餘時間研究天文，並製造望遠鏡。他當時沒有經濟能力購買所需要的望遠鏡，所以決心自行製造。當時還沒有發明用玻璃鍍銀的方法，所以他採用一種金屬作為鏡板。赫式爾試制了二百多個反射鏡之後，才作成一個合用的鏡面。他是一個不屈不撓的天文愛好者，有時一連工作 16 小時，而不肯片刻放下他所磨制的鏡面。當時還沒有現代化的許多驗光的先進技術，但他從自己的經驗中學得了精巧的技藝，實在不愧為天文愛好者的先導。他所制成的最大的鏡面直徑是 160 厘米。他對天文學的最大貢獻在於觀測星云。到 1802 年為止，他已經發現並記錄了 2,500 個星云。

從赫式爾以後，天文學的研究突飛猛進，天文愛好者也日見增多。現今各先進國家中有成千上萬的天文愛好者為自己製造望遠鏡。自制望遠鏡的經驗的推廣，最早是北愛爾蘭阿耳馬各天文台台長愛立生所著的“天文愛好者的望遠鏡”（1920 年前後）。近來蘇聯和美國都有同類的書刊出版，供天文愛好者參考，如蘇聯 M. C. 那瓦申著的“自制反光望遠鏡”和美國英革爾斯編的“天文愛好者望遠鏡製造法”等。

現在為要將國外天文愛好者的經驗介紹給本國的同好者起見，作者根據在上海所能採購的原物料盡量從初學者的立場向讀者說明這個最新而又是最有教育價值的業餘活動。

第二章 望远镜的放大倍率

每个天文爱好者都希望可以制造一个倍数很大的望远镜，也许巴望着一开始就作出一个 500 倍的仪器。这种愿望固然是可以理解的，但它所带来的问题不是一般天文爱好者所能解决的。

第一，放大率（即倍数）越大，则镜面必须有更高的精确度，所以制造的技术的要求越高。一个 50 倍的望远镜如欲增高到 500 倍，只需将目镜的焦距缩短。但如果镜面不是一个精确的抛物面形，其上的差错要被放大 10 倍。这就是说，所看见的天体虽然比原先放大了 10 倍，但也比原先模糊了 10 倍。天文爱好者用手工制造的反射镜面是不容易达成很精确的抛物面形的，所以如果配用一个焦距特别短的目镜，是不相宜的，与其观测一个很大而很模糊的天体，还不如观测一个较小而更清晰的天体。

第二，纵然我们可以制造一个精确率很高的抛物面形镜面，并在放大 500 倍时依然看到相当清晰的天体，但望远镜的视场必要相应地缩小到大约 4 秒角度的空间。如果想用 500 倍的望远镜在天空寻找一颗星，那就等于一个人立在地上，想从二丈高的席蓬中通过小钮扣一般大的小孔看到天上的一颗星一样难。纵然可以找到一颗星，但由于地球的自转，那星便要很快的移到别的位置上去了。可见如果想用 500 倍的望远镜观测天象，就必须有很精确的赤道和时角盘，也必须安装在固定的、准确的方位上，更须有精确的转仪钟，使望远镜跟着天体转动。这些要求

虽然是某些技術高明的天文愛好者所能達到的，但就一般愛好者而言，尤其是初學者，還不能希望很快的能達到這個水平。

故此我們在開始的時候不可為自己定立太高的目標，否則我們容易因種種困難而灰心，以致半途而廢。本書建議天文愛好者的第一次嘗試可以 15 厘米直徑，120 厘米焦距（或更小）的反射鏡為基礎。這個鏡面可以配合一個約 2.5 厘米焦距的目鏡而構成一個 45~50 倍的望遠鏡。為要幫助初學者少遇到困難的技術問題起見，我們第一次應以球面形的鏡面為滿足，因為球面是比較容易磨制的，而且在實際使用的條件下，一般初學者和普通愛好者多半看不出一個球面形和拋物面形之間有多少差別。這主要是因為放大率不高的緣故。但也應注意，50 倍的望遠鏡已經是相當有用的儀器。一般野外雙目稜鏡望遠鏡的放大率為 6~10 倍。所以一個 50 倍的望遠鏡已經是很难能可貴了，決不能看作一個玩具。我們可以用這個望遠鏡觀測木星的四個較大的衛星，土星的最大衛星，獵戶座的瀰漫星云，武仙座的球狀星團，和仙女座河外旋渦星云等。自然，月亮上的寰形山等也都能看得很清晰。此外還有許多用普通稜鏡望遠鏡看不見的恆星也可以看到眼里。

應該指出，天文望遠鏡的主要要求除放大倍率之外，還有穿透力，或集光力。一個 5 厘米直徑的望遠鏡可能配上一個顯微鏡的目鏡而達到數百倍的放大率，但它所能使人看到的恆星不比一個 10 倍的相同口徑的望遠鏡所能看到的更多，因為二者的集光力相同。可見在觀測恆星時，主要的有利條件不是望遠鏡的放大倍率，而是它的集光力。集光力越強，則它所能收聚的光綫越多，所看到的恆星也越多。一個望遠鏡的集光力同它物鏡

的直径成正比例。对这方面理论的说明可参看后面第十章。

放大倍率的極限

就望远镜本身而言，它的放大倍率是沒有限度的。但由于空气的波动，最精制的望远镜最多只能用到1,000倍左右。有时为测量木星或土星的衛星起見，可能用到1,300倍，但在此种情况下，空气的波动势必也放大1,300倍，使星光閃爍不定，不易測量。

第三章 自制望远镜的原物料、設備与地点

原物料

除技術問題外，天文爱好者在开始自制一个望远镜之前，必須考慮到原物料問題。現在根据上海原物料的供应情况作如下的介紹：

在原料方面，主要的是两块直径15厘米，厚度約2.5厘米的玻璃板。鏡板直径与厚度应有6:1的比例，偶板可以較薄。目前此种原料最可靠的來源乃是从輪船舷窗上拆下的廢玻璃或碎块，可向上海各大玻璃店(如上海天潼路184号黃恒祥)選購。目前所能買到的多半大于15厘米直径，故必須切小(落料方法見附錄)。選購玻璃时不怕表面有小伤痕或紋道，只忌里面有“水紋絲”。水紋絲表明玻璃退火時間太短，故容易因溫度的升降而变形，不適用於制造望远镜。

所需用的磨工物料如下：

1. 金鋼砂，粗，中，細，共五、六等；
2. 紅粉(氧化鉄)半市斤；
3. 蜜蜂巢礎一張，或瀝青一市斤。

金鋼砂可向五金商店(如上海南市大境路92弄2号同宝成)購買。如通过机关团体，則可逕向國營五金公司採購。所需要的六等砂粉是“80号”、“220号”、“FFF”和“15M”、“30M”、“60M”。如果无法購得这些砂粉，其他号数亦可应用，主要的原則乃是从粗砂逐步轉到最細的粉。如果无法購得新砂，可向一般砂輪工業社購買砂末。砂末分为粗、中、細三等，但成分不純淨，故需用以下的沉淀法把它从新分类。

先將粗細砂末混合浸在一缸水中，沉淀30秒鐘后将上面一半的水用虹吸管吸入瓶內，將它标明为“30M”。再加水，將水攪混，过15秒鐘后再吸出，标为“15M”。加水再攪混一次，过8秒鐘倒出，即“8M”的砂粉。再照此方法分出4M的砂粉來。以上各等砂粉应分別裝入瓶內。將剩余的沉淀(粗砂)留作粗磨用。必須留意不讓粗砂混入細粉末中。

一般玻璃作坊所用的是紅砂，价格只有金鋼砂的20分之一，但它礱磨速度很慢。金鋼砂在半小时内所作的工，紅砂需要三小时來完成。

紅粉就是氧化鉄，一般顏料或油漆店皆有發售。紅粉有优劣之分，应当買最优等的。買來后也应用沉淀法將粗的渣滓沉淀出，并且避免砂粉混入。

蜂房巢礎是拋光鏡面用的。它是黃蜡制的，帶有六角形小窩的模型，專供蜜蜂建造蜂巢用的，可向養蜂場(如上海延安东

路 682 号公私合营上海养蜂场) 購買。如果不用巢礎磨光, 則可買一块瀝青(柏油)。一般建筑材料行皆有發售。

設 备

我們的反射鏡既是用手工制作的, 就不需要复杂的机件設備。主要的設備乃是:

1. 一个穩固的工作台面。最好这个台面不超出一、二尺直徑, 使工作者可以繞着它轉动。最理想的台面是一个石柱或沉重的鉄桶。但如果沒有合适的台面, 也可用普通台面的一角。光在台面上裝一块木板, 在木板上釘三个小木块, 然后用楔子將玻璃板楔牢, 如圖 5 所示。

2. 一个普通的水桶, 專供洗鏡面用。水桶应相当深, 使金鋼粉可以沉淀而不易再被攪动起來。不可在裝有下水管的自來水水盆里洗鏡面, 因金鋼粉重量大, 容易沉在下水管的弯子里, 將管堵塞。

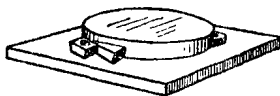


圖 5 安裝磨鏡用偶板的方法

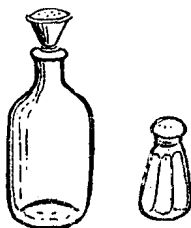


圖 6 撒砂粉用的瓶

3. 一个裝有小蓮蓬头的水瓶或撒鹽瓶, 如圖 6 所示。將一羹匙粗金鋼砂裝入瓶內, 准备工作。

4. 工作記錄紙一張, 最好釘在附近牆上, 以便随时記錄工作的進度和時間。主要記錄項目是磨鏡的時間和所用金鋼粉的等級和次數。

5. 几只适当大小的搪瓷盤和臉盆等，作为遮盖工作物之用。
6. 弧形样板。用一条長竹竿作为划弧的半徑，在相距 240

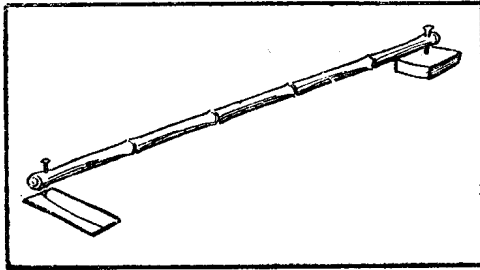


圖 7 划出适当弧度的方法

厘米处钻两个小眼：一个作圓中心，一个作划圓周用（見圖 7），在一块鉛皮上划出 240 厘米半徑的弧形样板，如圖 8 所示。



圖 8 測量鏡面凹度的弧形样板

工作地點

工作地點的條件是：

1. 溫度平穩，空氣安定。按一般情況而言，樓上不如樓下，樓下不如地下室。如果工作地點靠近工業區，則應注意空氣中的煙垢。特別是在拋光或鍍銀時，必須將門窗關閉，以免煙垢落在鏡面上。
2. 嚴防砂土、灰塵。在灰土多的地區，門窗必須經常關閉。如果因樓上有人走動而使灰塵從天花板上落下來，可用圖畫釘把大張報紙釘在天花板上。在暫停工作時，應用臉盆將工作物蓋好。

第四章 技術概略

在玻璃板上磨出球面形的凹面的方法，乃是將它在另一块相同尺寸的玻璃板上來回推拉，如圖 9 所示。板与板之間須鋪金鋼砂粉。經過一定時間的推拉，上面一块会磨成凹形，下面的則磨成凸面。上面一块是鏡板，下面的只充当一个工具，謂之偶板。鏡面的凹度和磨凹的速度全在乎加工的技术，即推拉的磨程、压力和轉动。今分別說明如下：

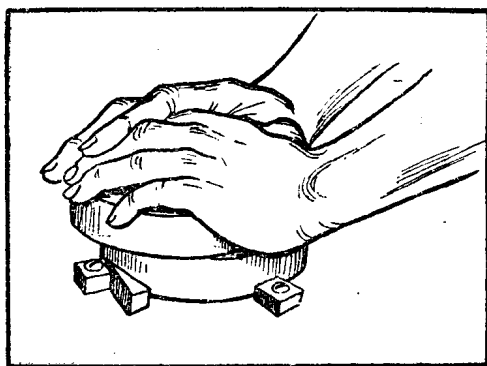


圖 9 磨制主鏡的方法

(1) **磨程** 鏡板在偶板上面推拉的距离叫作磨程。磨程如果太大，則鏡面的中部容易太深，如果磨程小了，則又不易磨出足够的凹度來。除粗磨須用長磨程外，标准的磨程是鏡面直徑的三分之一。这就是說，一个 15 厘米直徑的鏡面的磨程應該是 5 厘米。这是指鏡面每次推和拉的总距程而言，表明它每次邊緣突出最多部分为 2.5 厘米。这样，当它从左边突出 2.5 厘米的