



总顾问 费孝通 总主编 季羨林 副总主编 柳斌

中华万有文库

科普卷

中小学生天文知识

怎样自制天文望远镜

ZHONG XIAO XUE SHENG TIAN WEN ZHI SHI



北京科学技术出版社
中国社会科学出版社

PDG

责任编辑 曾庆宇
封面设计 钟 嵘

科普卷·

中小天文知识

12

怎样自制天文望远镜

北京科学技术出版社

ZHONG XIAO XUE SHENG TIAN WEN ZHI SHI

千里眼与顺风耳——天文观测的方法
太阳大家族——太阳系
无处不在的朋友——时间
太阳的兄弟们——恒星
人类历史的时间表——历法
难解千古之谜——宇宙的一生
茫茫宇宙觅知音——寻找外星人
老树新枝——天文学的起源与发展
星空航海图——天文与航海
星空的联想——神话与传说
太阳系的侏儒——小行星
怎样自制天文望远镜
地球近邻的故事——月球与日月食
生命的源泉——太阳
太阳系里的游荡者——彗星
星空显微镜——天文台与天文馆
星星也有宿舍——星座
人类的家园——地球
不可思议的天体——黑洞
地球的兄弟姐妹们——行星

ISBN 7-5304-1873-4



9 787530 418734 >

ISBN 7-5304-1873-4/Z · 922

定价：120.00元（全套20册）单册定价：6.00元

PDG

中华万有文库

总 顾 问 费孝通
总 主 编 季羨林
副总主编 柳 斌

科普卷·中小学生天文知识

怎样自制天文望远镜

《中小学生天文知识》编委会

主 编	王波波	曹振国		
副主编	魏富忠	胡向阳	向 英	
编 委	王波波	曹振国	魏富忠	胡向阳
	赵文博	谭业武	齐小平	齐旭强
	岑 锋	张 敏	葛智刚	项 华
	王辅忠	吴先映	向 英	

北京科学技术出版社
中国 社 会 出 版 社

中 华 万 有 文 库

图书在版编目 (CIP) 数据

中小學生天文知識/季羨林總主編.-北京:北京科學技術出版社,1997.10(中華萬有文庫·科普卷)

ISBN 7-5304-1873-4

I. 中… II. 季… III. 天文學-基本知識-
青少年讀物 IV. P1-49

中國版本圖書館 CIP 數據核字(97)第 23749 號

科普卷·中小學生天文知識 怎樣自制天文望遠鏡

主編 王波波 曹振國

北京科學技術出版社 出版
中國社會出版社
北京牛山世興印刷廠印刷 新華書店經銷

787×1092 1/32 5.25 印張 97 千字
1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷
印數: 1—10000 冊

ISBN 7-5304-1873-4/Z·922

定價: 120.00 元(全套 20 冊)單冊定價: 6.00 元

中华万有文库

总 顾 问 费孝通

总 主 编 季羡林

副总主编 柳 斌

《中华万有文库》编辑委员会

主 任： 刘国林

秘书长： 魏庆余 和 龚

委 员：（按姓氏笔画为序）

王 斌	王寿彭	王晓东	白建新
任德山	刘国林	刘福源	刘振华
杨学军	李桂福	吴修书	宋士忠
张 丽	张进发	张其友	张荣华
张彦民	张晓秦	张敬德	罗林平
封兆才	和 龚	金瑞英	郑春江
单 瑛	侯 玲	胡建华	袁 钟
贾 斌	章宏伟	常汝吉	彭松建
韩永言	葛 君	鞠建泰	魏庆余

目 录

天文望远镜	(1)
望远镜的简史	(1)
望远镜的放大倍率	(4)
天文望远镜放大倍率的极限	(6)
自制望远镜的基本光学知识	(7)
光的传播、反射、折射定律	(7)
光学元件的成像原理	(9)
透镜及球面反射镜的各种像差	(18)
望远镜镜片磨制的准备工作	(23)
磨制镜片的原材料	(23)
镜板落料的技术	(26)
偏极透光检验法	(26)
平面镜的磨平	(28)
磨制镜片的设备	(28)
磨制镜片的工作地点选择	(34)
凹面镜的磨制技术	(34)
折射望远镜透镜加工的技术程序	(39)
透镜抛光后的检验	(46)
凹面镜(反射望远镜物镜)的加工程序	(49)
物镜镜面的刀口检验	(60)

物镜的修改	(68)
自制折射天文望远镜	(75)
伽利略式折射望远镜	(76)
开普勒天文望远镜	(78)
如何选择老花眼镜片作望远镜物镜	(79)
简易折射天文望远镜的结构说明	(81)
小型折射望远镜的支架	(87)
自制反射天文望远镜	(89)
牛顿反射望远镜	(89)
牛顿式反射望远镜物镜和目镜设计	(90)
反射望远镜物镜和目镜玻璃选择	(92)
反射望远镜的结构说明	(94)
平面镜的加工	(95)
目镜的设计	(96)
镜筒的材料选择	(98)
反射望远镜镜筒的加工和安装	(99)
寻星镜的制作、安装和调整	(105)
小型反射望远镜的组装	(108)
自制望远镜的使用与维护	(112)
自制望远镜的使用方法	(112)
自制望远镜的维护	(113)
业余天文台的设计	(115)
光学望远镜与圆顶室	(115)
天文台的选址	(116)

圆顶式天文台	(118)
锥形顶天文台	(118)
方顶式天文台	(118)
防雨木箱式天文台	(120)
其他天文仪器制作简介	(122)
赤道式日晷的制作	(122)
地平式日晷的制作	(124)
简易经纬仪的制作	(127)
天文爱好者的星空观测	(129)
星空观测的一般事项	(129)
月球的长期目视和照相观测	(131)
行星的观测	(138)
专业望远镜简介	(143)
中国的 2.16 米光学天文望远镜	(143)
红外望远镜	(144)
射电望远镜	(146)
射电望远镜的综合孔径技术	(149)
射电望远镜的技术	(150)
空间望远镜的优势	(152)
哈勃空间望远镜	(154)
下一代望远镜	(156)

天文望远镜

望远镜的简史

望远镜的发明、制造和发展大多依赖历代天文爱好者的不断贡献。早在 1608 年，荷兰有一个磨眼镜玻璃的技师发现，当他将两个透镜置于一定的距离时，就可将远处的物体放大，使它显得更近。当时著名的天文爱好者，意大利人伽利略立即采用了这个发明，向一个制造眼镜的人买了两片透镜，为自己造了一个小的望远镜。他的仪器是很简单的——只有一个小圆筒，在一端装一个凸镜作为物镜，在另一端装有一个凹镜作为目镜（见图 1）。起初他只得到 3 倍的放大率，后来造了一个 8 倍的望远镜，最后竟达到了约 32 倍的放大率；那也是当时的技术水平的最大成就。伽利略用望远镜发现了木星的 4 个卫星，月球上的山脉，金星的盈亏，太阳的黑子等。他所用的两个望远镜现今还陈列在意大利佛罗伦斯的物理博物馆里。

伽利略的望远镜的主要缺点在于它的视场小，所以后来德国天文家开普勒建议用凸镜为目镜（见图 2）。这种望远镜的视场较伽利略式的望远镜为大，但它的主要缺点就

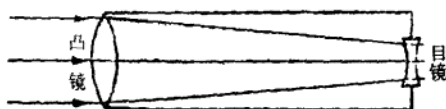


图1 伽利略式折射望远镜的主要构成部分

是色像差（使所看见的东西有像虹一般的颜色）。



图2 开普勒式折射望远镜的主要构成部分

1758年，英国光学专家多兰德（Dhlland）用两片质地不同——冕牌玻璃和火石玻璃——的透镜合在一起，大大消除了色像差。这个方法到现在仍然应用于一般折射望远镜的构造上（见图3）。

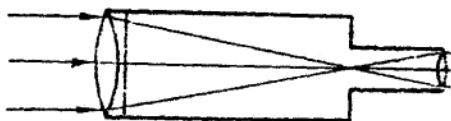


图3 用双层玻片矫正色像差的方法

1666年，当英国科学家牛顿（Newton）对折射望远镜

的种种缺点感到无法克服时，他便发明了反射望远镜。他自制的头一个反射望远镜乃是用一片金属磨成的，直径只有 2.5 厘米，但他竟能得到 39 倍的放大率。牛顿式反射望远镜的原理见图 4。

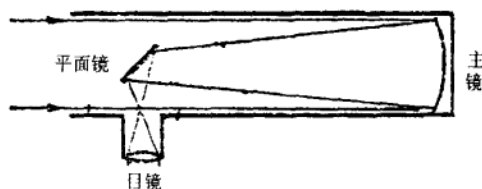


图 4 牛顿式反射望远镜的主要组成部分

不熟悉这种原理的人或许会想，那置于望远镜筒内的平面镜和它的支架难免有碍于观测，但事实上它只遮蔽了平行光线的一部分，故此只减少了反光镜聚光的实效面积，却不会影响所观测物体的形象。人从目镜观看时，不能看见平面镜本身，只见它所反射的光线。

第一个认真发展反射望远镜的人当属天文爱好者赫歇尔 (Herschel)。他是一个职业音乐家，但用业余时间研究天文，并制造望远镜。他当时没有经济能力购买所需要的望远镜，所以决心自行制造。当时还没有发明用玻璃镀银的方法，所以他采用一种金属作为镜板。赫歇尔试制了 200 多个反射镜之后，才作成一個合用的镜面。他是一个不屈不挠的天文爱好者，有时一连工作 16 小时，而不肯片刻放

下他所磨制的镜面。当时还没有现代化的许多验光的先进技术，但他从自己的经验中学得了精巧的技艺，实在不愧为天文爱好者的先导。他所制成的最大镜面直径是 160 厘米。他对天文学的最大贡献在于观测星云。到 1802 年为止，他已经发现并记录了 2500 个星云。

从赫歇尔以后，天文学的研究突飞猛进，天文爱好者也日见增多。现今各先进国家中有成千上万的天文爱好者自己制造望远镜。自制望远镜的经验推广，最早是北爱尔兰阿耳马各天文台台长爱立，他著有《天文家爱好者的望远镜》一书（1920 年前后）。

望远镜的放大倍率

每个天文爱好者都希望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，要求镜面的精确度就越高，所以对制造技术的要求也越高。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做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，但望远镜的视场必须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，想从两丈高的席棚中通过小钮扣一般大的小洞看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，那星也会很快地移到别的位置上去。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纬和时角盘，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术高明的天文爱好者所能达到的，但就一般爱好者而言，尤其是初学者，还不能希望很快的能达到这个水平。

故此我们在开始的时候不可为自己定立太高的目标，否则我们容易因种种困难而灰心，以致半途而废。建议天文爱好者的第一次尝试可以 15 厘米直径，120 厘米焦距（或更小）的反射镜为基础。这个镜面可以配合一个约 2.5 厘米焦距的目镜而构成一个 45~50 倍的望远镜。为了帮助初学者少遇到的技术难题，我们头一次应以球面形的镜面为例，因为球面是比较容易磨制的，而且在实际使用的条件下，一般初学者和普通爱好者多半看不出一个球面形和抛物面形之间有多少差别。这主要是因为放大率不高的缘故。但应注意，50 倍的望远镜已经是相当有用的仪器。一

般野外双目棱镜望远镜的放大率为 6~10 倍。所以一个 50 倍的望远镜已经是很难能可贵了,决不能看作一个玩具。我们可以用这个望远镜观测木星的 4 个较大的卫星,土星的最大卫星,猎户座的弥漫星云,武仙座的球状星团和仙女座河外旋涡星云等。自然,月亮上的环形山等也都能看得很清晰。此外还有许多用普通棱镜望远镜看不见的恒星也可以看到眼里。

应该指出,天文望远镜的主要要求除放大倍率之外,还有穿透力,或集光力。一个 5 厘米直径的望远镜可能配上一个显微镜的目镜而达到数百倍的放大率,但它看到的恒星不比一个 10 倍的相同口径的望远镜所能看到的更多,因为二者的集光力相同。可见在观测恒星时,主要的有利条件不是望远镜的放大倍率,而是它的集光力。集光力越强,它所能收聚的光线越多,所看到的恒星也越多。一个望远镜的集光力同它物镜的直径成正比例。

天文望远镜放大倍率的极限

就望远镜本身而言,它的放大倍率是没有限度的。但由于空气的波动,最精制的望远镜最多只能达到 1000 倍左右。有时为了测量木星或土星的卫星,可能用到 1300 倍,但在此种情况下,空气的波动势必也放大 1300 倍,使星光闪烁不定,不易测量。

自制望远镜的基本光学知识

自制望远镜，首先要掌握一些基本的光学知识。具体地讲就是要掌握光的直线传播定律、反射定律、折射定律等三个基本定律，以及有关的数理基础所组成的几何光学基本原理。

光的传播、反射、折射定律

1. 光的直线传播定律

光在均匀透明的介质中是沿着直线方向传播的。

2. 光的反射定律

光线投射在两种介质分界面上时，便产生反射现象，如图 5。光线在介质表面反射时，一般遵守两条规则：

(1) 入射光线 A ，反射光线 B 和入射点法线 N 三者同在一个平面内，入射光线和反射光线分居在法线的两侧。

(2) 入射光 A 与法线 N 的夹角 α (入射角) 和反射光 B 与法线 N 的夹角 β (反射角) 相等：

$$\alpha = \beta$$

3. 光的折射定律

当光线投射到两种透明的不同介质界面上时，从一种

介质进入到另一介质内部的光，产生了改变原来投射方向的折射，如图 6。一般光的折射，也遵守两条规则：

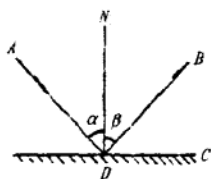


图 5

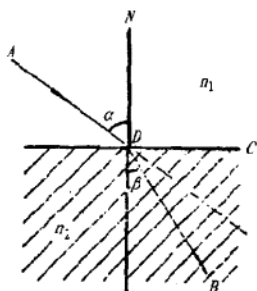


图 6

(1) 入射光线 A ，折射光线 B 和入射点 D 的法线 N 三者在同一平面内，入射光线和折射光线分居于法线 N 的两侧。

(2) 入射角 α 和折射角 β 正弦之比对于一定的两种介质来说是一个常数。即

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n}{n'},$$

其中 n 和 n' 分别为第一介质和第二介质的绝对折射率。当 $n'=1$ 时（在空气中）

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

在一般天文望远镜的设计上，主要是以几何光学中上

述定律为基础的。

光学元件的成像原理

一般天文望远镜所采用的光学元件，主要有反射镜和透镜两类。无论哪一种，为了下面讨论方便，我们首先要掌握几条定义：

顶点 镜面的中心（用字母 O 表示），叫做镜面的顶点。

曲率中心 球面法线的交点 C ，叫做镜面的曲率中心。

曲率半径 由镜面曲率中心 C 到镜面的距离，叫做曲率半径。

主光轴 通过镜面顶点 O 和曲率中心 C 的直线，叫做主光轴。

焦点 任何一种球面反射镜或折射透镜，当平行于主光轴的光线入射时，经反射镜或折射透镜反射或折射后，都能使光线发生发散或会聚现象，其光线或光线的延长线都相交于一点，这点叫做焦点。

实焦点 平行于反射镜或折射透镜主光轴的人射光线，经反射镜或折射透镜的反射或折射后，其实际光线会聚的那一点，叫实焦点。

虚焦点 平行于反射镜或折射透镜主光轴的人射光线，经反射镜或折射透镜的反射或折射后，光线不能直接会聚，只有光线的延长线会聚于一点，这点便称为虚焦点。