

# 光学天文望远镜的足迹

卞毓麟<sup>†</sup>

(上海科技教育出版社 上海 200235)

**摘要** 文章以较为轻松的笔调概述了光学天文望远镜 400 年的发展史. 全文分 7 个部分, 内容包括望远镜的诞生、像差和消色差透镜、传统的反射望远镜和折射望远镜、施密特望远镜的作用、当代巨型望远镜的出现、空间望远镜, 以及对月基望远镜的憧憬.

**关键词** 天文望远镜, 光学望远镜, 折射望远镜, 反射望远镜, 施密特望远镜, 空间望远镜, 月基望远镜

## Footprints of the astronomical telescope

BIAN Yu-Lin<sup>†</sup>

(Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, Shanghai 200235, China)

**Abstract** A brief history of the telescope is presented in a light style. The birth of the telescope, aberration and achromatic lenses, traditional reflectors and refractors, Schmidt telescopes, modern giant telescopes, space and moon-based telescopes are successively introduced in the seven parts of this paper.

**Keywords** astronomical telescope, optical telescope, refractor, reflector, Schmidt telescope, space telescope, moon-based telescope

天文望远镜是一个庞大的家族. 按观测波段的不同, 又有光学望远镜、射电望远镜、红外望远镜、紫外望远镜、X 射线望远镜、 $\gamma$  射线望远镜之分. 光学望远镜是在可见光区(包括近紫外和近红外波段)进行天文观测的望远镜, 其历史远较其他波段的望远镜更为悠久, 迄今获得的信息总量也远较其他波段的望远镜更为丰富. 在不致引起混淆的情况下, “天文望远镜”一语通常也就是指“光学天文望远镜”.

关于光学天文望远镜的发展史, 有多种优秀读物可供参阅. 例如, 出版于 20 世纪 50 年代的文獻 [1] 是一部经典之作. 文獻 [2] 和 [3] 的作者皆系享誉世界的科普大家, 作品极具可读性. 文獻 [4]、[5]、[6] 均为 21 世纪的新作, 对当代望远镜的新技术和新进展有深入的介绍, 展望未来的发展趋势也很有见地.

## 1 望远镜的诞生

人类很早就注意到了光的折射现象. 一根笔直

的棍子斜着插进水里, 它仿佛就在空气和水的分界面上弯折了. 但事实上, 弯折的并不是棍子, 而是光.

把玻璃抛光成两面凸起的形状, 它就成了一块凸透镜. 光线通过凸透镜就会朝中心方向弯折, 向焦点或焦点附近会聚. 相反, 凹透镜则会使通过它的光线往外发散.

在欧洲, 首先系统地研究透镜的是 13 世纪的英国学者格罗西特斯特 (Robert Grosseteste) 及其学生罗杰·培根 (Roger Bacon). 培根不仅利用凸透镜的放大作用帮助自己阅读, 而且还建议戴上眼镜以改善视力.

公元 1300 年前后, 在意大利开始用凸透镜制作眼镜. 它对老年人很有用, 故俗称“老花镜”. 与此相反, 凹透镜有助于纠正近视. 公元 1450 年前后, 近视眼镜也开始使用了.

在 16 世纪, 荷兰人很善于制造透镜. 相传 1608 年的某一天, 在荷兰眼镜制造商汉斯·利帕希

2008-10-10 收到

<sup>†</sup> Email: bianyulin1943@163.com

( Hans Lippershey ) 的店铺里 , 有个学徒趁他不在 , 拿了一些透镜窥视四周自娱自乐 . 当他将两块透镜一近一远放在眼前时 , 惊讶地发现远处教堂上的风标仿佛变得又近又大了 .

利帕希立刻明白了这项发现的重要性 , 并且认识到应该把两块透镜装入一根金属管子 , 以便固定 . 他用荷兰语称其为“窥器”(looker). 后来 , 人们又曾称它为“光管”(optic tube) 或“光镜”(optic glass). 直到 1667 年 , 英国大诗人弥尔顿( John Milton ) 在其不朽名著《失乐园》中 , 依旧称这种装置为“光镜”. 另外 , 还有人建议称其为“透视镜”(perspective glass).

不过 , 早在 1612 年 , 希腊数学家狄米西亚尼( Ioannes Dimisiani ) 已经建议使用“望远镜”(telescope) 这个名称了 . 经历了大约 40 年 , 这个词儿渐渐站住了脚 . 最终 , 它战胜所有的竞争对手一直沿用到了今天 . 英语词 telescope 由 tele 和 scope 两个部分构成 , 它们分别源自希腊语中的 tele( 意为“遥远”) 和 skopein( 意为“注视”、“视野”等) .

利帕希的望远镜出名后 , 又有其他人宣称自己是这方面的首创者 . 例如 , 与利帕希同处一地的眼镜商简森( Zacharias Janssen ) 就声称早在 1604 年已经造出一架望远镜 . 但是 , 那些争夺荣誉的人除了观看取乐外 , 并未用望远镜做过任何有益的事情 . 利帕希却将它献给了荷兰政府 , 用来作为战争装备 . 那时 , 荷兰为了赢得独立 , 已经与西班牙苦战 40 年 . 荷兰主要是靠海军抵抗西班牙的优势兵力 , 望远镜使荷兰舰队早在敌人发现他们之前 , 就先看清了敌人的船只 , 从而使自己处于有利地位 . 而且 , 利帕希还正式为发明望远镜申请了专利 . 应该说 , 他享有望远镜发明者的荣誉乃是当之无愧的( 见图 1 ) .

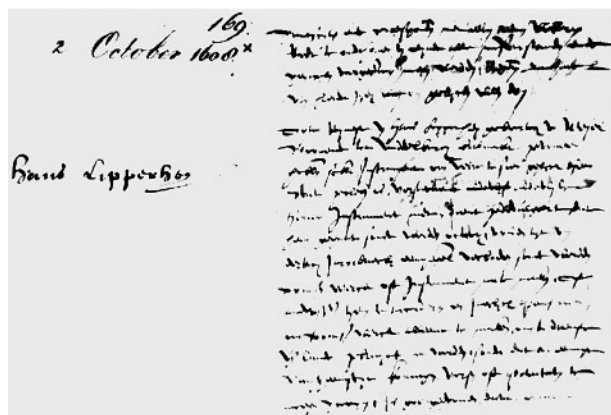


图 1 荷兰政府 1608 年 10 月 2 日讨论的利帕希望远镜专利申请  
1609 年春夏之交 , 意大利科学家伽利略( Galileo Galilei )

在威尼斯听说有个荷兰人把两块透镜放进一根管子从而发明了望远镜 . 凭着设计制作科学仪器的高超本领 , 伽利略很快就独立地造出了自己的望远镜 . 他是用望远镜观察天体的第一人 , 他的那些望远镜便是人类历史上的首批天文望远镜 .

关于望远镜的诞生 , 除前述参考文献外 , 还可参阅文献 [ 7 ] .

## 2 消色差透镜的故事

伽利略制造的天文望远镜都是折射望远镜 , 其物镜是凸透镜 , 目镜是凹透镜 . 玻璃对不同颜色的光具有不同的折射能力 , 这叫做色散 . 红光的折射最少 , 它通过凸透镜后 , 聚焦在离透镜比较远的地方 ; 橙、黄、绿、蓝、靛、紫光则依次聚焦在离透镜越来越远的地方 . 如果望远镜调节得使红光的聚焦最好 , 那么在红光的焦点处 , 其他颜色的光已经越过了各自的焦点 , 物像周围就会出现一道稍带蓝色的环边 . 如果望远镜对紫光聚焦良好 , 那么在到达紫光的焦点时 , 其余颜色的光尚未到达各自的焦点 , 于是物像四周就形成一个稍带橙色的环 . 这种色环使观测目标显得模糊了 . 伽利略不明白这种“色差”的起因 , 当时也无法消除它 .

任何光学系统的实际成像和理想成像状态都会有或大或小的差异 . 这种差异称为像差 . 像差有两大类 : “色差”和“单色像差” . 单色像差是对单色光而言的像差 , 它又可区分为球差、彗差、畸变、场曲和像散 . 例如 , 球差使理想像平面中各像点都成为同样大小的圆斑 , 彗差使物点的像成为形状宛如彗星的弥散斑 , 如此等等 . 实际光学系统所成的物像 , 是综合各种像差的结果 . 天文学家 and 望远镜制造家们为提高望远镜的成像质量而不懈努力的历程 , 在某种意义上正是一部为克服各种像差而艰苦奋斗的历史 .

色差并非不可战胜 . 设想用两种不同类型的玻璃来制造透镜 : 先用一块凸透镜使光线会聚 , 再用一块凹透镜使光线微微发散 . 光通过这两块透镜后聚集到焦点 . 当然 , 由于凹透镜的发散作用 , 这时的光线就不如仅仅通过头一块凸透镜时会聚得那么厉害 . 如果用来制造凹透镜的这种玻璃的色散本领比制造凸透镜的那种玻璃大 , 那么虽然这块凹透镜发散光线的能力不足以抵消光线穿过凸透镜后的会聚 , 但是正由于它的色散大 , 却可以抵消凸透镜造成的各种颜色的分离 . 换句话说 , 用两种不同玻璃制成的复合透镜有可能消除色差( 见图 2 ) .

18 世纪的英国律师兼数学家霍尔( Chester

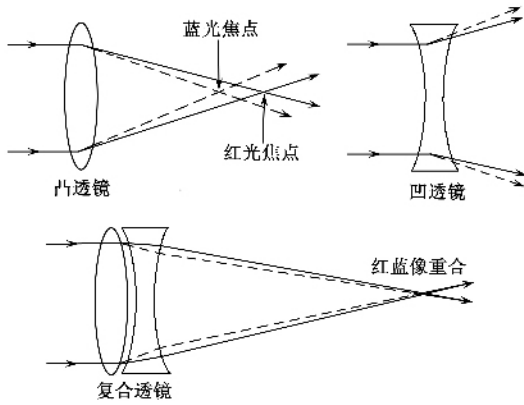


图 2 消色差透镜原理示意图

Moor Hall)首先想到了这一点。他发现火石玻璃的色散显著地超过冕牌玻璃,便用冕牌玻璃做凸透镜,用火石玻璃做凹透镜,并且把两块透镜设计得正好能够密合在一起。这种复合透镜能够像一个凸透镜那样使光线聚焦,同时又在很大程度上消除了色差。

霍尔在 1733 年作了这样的精心安排:让一家光学厂商磨制他的凸透镜,同时让另外一家厂商磨制他的凹透镜。他以为这样一来别人就不会知道他的秘密了。孰料这两家厂商却不约而同地将霍尔的任务转包给了第三位商家——乔治·巴斯(George Bass)。巴斯注意到这两块透镜的主人都是霍尔,而且它们恰能紧紧地密合在一起。很自然地,巴斯就将磨好的透镜拼合起来仔细察看一番,并且惊奇地发现,物像四周的彩环消失了!

霍尔的秘密逐渐传开了。1757 年,光学仪器商多朗德(John Dollond)造出了自己的消色差透镜,并获得了专利。1758 年,多朗德当选为英国皇家学会会员,并被任命为国王乔治三世(George III)的眼镜制造商。但是,他完全没有提及 20 年前霍尔已经做过几乎相同的事情。

人们通常将消色差的功劳归于多朗德。也有人认为这似乎委屈了霍尔。不过,平心而论,多朗德的实际贡献要比霍尔大得多。毕竟,使一项新发明尽早地付诸实用,岂不比无谓的“保密”强得多?

早期使用折射望远镜的人还意识到,为了尽量减小球差,就应该采用表面弯曲程度非常小的透镜。但此时光线会聚到焦点就必须经过很长很长的距离,望远镜的镜身也就会很长很长。例如,17 世纪中叶,法国巴黎天文台的创始人卡西尼(Giovanni Domenico Cassini)就建造了一架长逾 40m 的折射望远镜;在荷兰,惠更斯(Christiaan Huygens)造了一架长达 37m 的。甚至到 1722 年,英国天文学家布拉德雷

(James Bradley)还在使用一架长达 65m 的折射望远镜。

这种长镜身望远镜笨拙而累赘,使用极不方便。幸好,借助于用不同玻璃制造的两块透镜的巧妙配合,不仅可以消除色差,同时还能消除球差。因此,在消色差透镜发明之后,长镜身的折射望远镜便寿终正寝了。

大科学家牛顿(Isaac Newton)曾以为透镜的色差永远无法避免,多朗德则指出牛顿的观点肯定错了。消色差透镜的成功表明,即使像牛顿那样伟大的人物也有可能出错,能够认识到这一点实在是件大好事。

### 3 赫歇尔的辉煌

从古代起人们就知道,光线从一个凹面镜上反射,也会发生会聚。反射镜以完全相同的方式反射所有各种颜色的光,因此不会产生色差。

1668 年 26 岁的牛顿制成人类历史上第一架真正实用的反射望远镜。其反射镜直径约 2.5cm,焦距约 16cm,放大倍率超过 30 倍,看起来却像个小玩具。1672 年 1 月,他把口径 5cm 的第二架反射望远镜送到英国皇家学会。该镜一直保留到了今天。

牛顿的望远镜中有两面镜子:光线从一端进入望远镜筒,首先射到另一端的球面主镜上,经它反射的光在会聚到焦点之前,投射到小小的平面副镜上。副镜的方向与主镜方向成  $45^\circ$  角,它使会聚的光线转过  $90^\circ$ ,反射到装在望远镜筒边上的目镜里。这样,观察者本人就不会挡住光线了。副镜虽然会挡掉一小部分入射光线,但损失并不大。

那时的反射镜都是用金属做的,反射率不高。而且,金属反射镜会逐渐失去光泽,因而经常需要抛光。不过,铸造大块的金属要比制造大块优质的玻璃更容易,因此反射望远镜可以比折射望远镜做得更大,况且,玻璃透镜必须整个儿都完好无瑕,金属反射镜却只要镜面形状恰当就可以了。

反射望远镜和折射望远镜各有优劣。它们都在努力克服自身的缺陷,哪一方取得突破性的进展,这一方就会受到更多天文学家的青睐。到了 18 世纪末叶,由于威廉·赫歇尔(Frederick William Herschel)杰出的工作,竞争的优势渐渐倒向了反射望远镜。

1738 年 11 月 15 日,赫歇尔出生于德国北部的汉诺威城。他 15 岁就在军队中当小提琴手和吹奏双簧管,志向是当一名作曲家。但是,他兴趣很广泛,又把大量时间用来研究语言和数学,后来还加上了光

学,并产生了用望远镜亲眼观看各种天体的强烈愿望。

1757 年,赫歇尔来到英国。他在游览胜地巴斯成了当地著名的风琴手兼音乐教师,每周指导的学生多达 35 名。1773 年,赫歇尔 35 岁的时候,自制了一架 9m 多长的折射望远镜,并且租了一架反射望远镜来进行对比,结果对后者极为满意。从此,他就潜心于制造反射望远镜了。

赫歇尔一生制造的反射望远镜不下 400 架,并在天文学的许多领域取得了大量开创性的研究成果。1781 年,他在人类历史上破天荒地发现了一颗新的行星——天王星,同年 12 月,他成为英国皇家学会会员。不久,国王乔治三世任命赫歇尔为御前天文学家,从此他就不必再靠音乐谋生,而专心致力于天文研究了。

1786 年 4 月,赫歇尔移居到离英国王室的温莎城堡不远的白金汉郡斯劳。1789 年,他在那里实现了自己多年来的梦想,造出一架口径达 1.22m、焦距达 12.2m 的大型反射望远镜(见图 3)。这架当时世界上最大的天文望远镜,一时间成了备受推崇的珍奇,国王乔治三世和外国天文学家都是前往那里参观的常客。

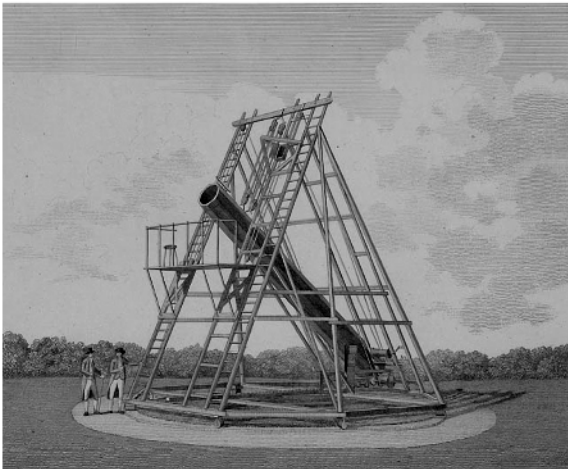


图 3 1789 年威廉·赫歇尔建成的口径 1.22m 望远镜,其反射镜是用金属做的

赫歇尔把国王给他的津贴,全部用于维护保养望远镜和支付工人的工资。他的经济状况依然窘迫,直到 1788 年他 50 岁时娶了一位有钱的寡妇,情况方始彻底改观。

1801 年,赫歇尔在拿破仑战争的一个短暂的间歇期访问了巴黎,会见了拿破仑本人。他发觉拿破仑有时会不懂装懂,故对其印象不佳。1816 年,赫歇尔

被英王授予爵位。1819 年他 81 岁时还在进行天文观测。1821 年,他被选为英国天文学会(皇家天文学会的前身)第一任主席。1822 年 8 月 25 日,赫歇尔在斯劳与世长辞。他没有上过大学,却是历史上少数最伟大而全能的天文学家之一。

英国皇家天文学会的会章图案,就是威廉·赫歇尔那架巨炮似的大望远镜。1839 年,这架劳苦功高的仪器终于变得摇摇晃晃,危在旦夕了。人们只好把它拆卸、放倒,威廉的独生子约翰·赫歇尔(John Frederick William Herschel)率领家人进入镜筒唱起了安魂曲。

赫歇尔的辉煌时代已成过去,更大更好的望远镜还在不断地涌现。

## 4 海尔的杰作

正当反射望远镜不断取得胜利的时候,折射望远镜也在昂首阔步地前进。

19 世纪初,德国光学家夫琅和费(Joseph von Fraunhofer)造出了当时世界上最大最好的消色差折射望远镜,其口径为 24cm。望远镜被装在一根轴上,使之可以俯仰,轴又装在一个轮子上,使之可沿水平方向转动。它的平衡装置非常精妙,以至于用一个手指就可以推动这架镜身长 4.3m 的折射镜。

美国天文学家邦德(William Cranch Bond)是天体照相技术的先驱。1849 年,他用一架口径为 38cm 的折射望远镜拍摄了月球照片。在曝光 20min 期间,望远镜靠钟表机构带动,始终对准月球。1851 年,在伦敦举办的第一届世界博览会上,这幅照片引起了巨大的轰动。

1870 年,美国人阿尔万·克拉克(Alvan Clark)和阿尔万·格雷厄姆·克拉克(Alvan Graham Clark)父子俩接下美国海军天文台建造 66cm 折射望远镜的定单。其透镜重达 45kg,镜身长 13m,性能极佳。

再说,美国金融家利克(James Lick)在 1849 年加利福尼亚黄金热期间赚了不少钱。他渴望为自己树碑立传,便于 1874 年宣称将用 70 万美元(这在当时远比现在值钱得多)来建造一架堪称当时最大最好的望远镜。工作主要由小克拉克承担,14 年后,这架“利克望远镜”正式启用,其透镜口径达 91cm,镜筒长 18.3m。利克本人已于几年前去世,根据他的遗嘱,其遗体被埋在安装望远镜的基墩里。

南加利福尼亚大学想要拥有一架比利克望远镜更好的折射望远镜,遂向克拉克订购一块直径达

102cm 的透镜. 克拉克为此投入 2 万美元之后, 这所大学却无法筹齐所需的资金. 幸好, 天文学家海尔 (George Ellery Hale) 这时前来解围了.

海尔生于 1868 年, 当时才 20 多岁, 是芝加哥大学天体物理学助理教授. 他知道金融家叶凯士 (Charles Tyson Yerkes) 控制了整个芝加哥的交通, 用不太正当的手段赚得了巨额钱财. 于是, 他从 1892 年起就盯上了叶凯士, 想方设法把这种不义之财用来发展科学. 海尔意志坚强, 善于辞令, 在他的不断游说下, 叶凯士不由得把钱一点一点地掏出了腰包.

1895 年, 年逾花甲的小克拉克为海尔磨制好直径 102cm 的透镜, 它重达 230kg, 装在一架长逾 18m 的望远镜里. 整个望远镜重达 18 吨, 但是平衡极佳, 用很小的推力就可以让它转动并瞄准天空的任何部分. 1897 年, 这架“叶凯士望远镜”首次启用(见图 4). 今天, 它和利克望远镜依然在世界上保持着折射望远镜的冠军和亚军称号.



图 4 1897 年在叶凯士天文台落成的口径 1.02m 的折射望远镜

折射望远镜达到了它的巅峰, 它的路也走到了尽头. 首先, 极难得到可用于制造巨型透镜的完美无暇的大块光学玻璃. 其次, 因为光线必须透过整块玻璃, 所以透镜只能在边缘上支承. 巨型透镜重量很重, 得不到支撑的透镜中央部分就会往下凹陷, 整块透镜就会变形. 透镜的尺寸越大, 问题也就越严重.

另一方面, 也是在海尔的不懈努力下, 反射望远镜取得了更加辉煌的新胜利.

先前人们已经发现, 在玻璃上镀银可以高效率地反射光线. 20 世纪初叶, 镀铝取代了镀银, 因为铝膜反射光线的的能力比银更强. 1908 年, 海尔建成一

架口径 1.53m 的反射望远镜, 其镜面就是玻璃的. 它安装在加利福尼亚州的威尔逊山天文台上, 台长就是海尔本人.

在此之前, 海尔已经说服一位洛杉矶商人胡克 (J. D. Hooker), 出资建造一架世界上最大的反射望远镜, 其口径为 2.54m (恰好 100 英寸). 从 1917 年 11 月启用开始, 长达 30 年之久, 这架“胡克望远镜”一直是世界上的反射望远镜之王, 并为天文学作出了卓越的贡献.

1923 年, 海尔因身体欠佳退休了. 随着洛杉矶的迅速发展, 夜晚的城市灯光严重地威胁着威尔逊山的天文观测. “退休”的海尔又到威尔逊山东南约 145km 的帕洛马山上另选了一处台址, 并决定在那儿建一架口径为 5.08m (200 英寸) 的反射望远镜. 1929 年, 他从洛克菲勒基金会获得一笔款子, 就着手干了起来.

人们为这项浩大的工程付出了史诗般的努力. 5.08m 反射镜玻璃的背面浇铸成了蜂窝状, 这使镜子的重量减小了一半以上. 这种结构使整块反射镜内的任何一点距离这块玻璃表面都不超过 5cm, 整块玻璃中的温度变化可以比较迅速地达到均衡. 浇铸好的玻璃毛坯, 在严格的温度控制下花了 10 个月时间慢慢地冷却. 在冷却过程中, 附近河流泛滥, 镜坯死里逃生, 而且它还经受了一次轻微的地震. 镜坯是在美国东部纽约州著名的康宁玻璃厂生产的, 它必须横越整个美国, 运到加利福尼亚州的帕洛马山; 为了稳妥起见, 火车昼行夜宿, 时速从不超过 40km; 这块玻璃连同它的装箱, 宽度显著地超过 5m, 经过不少地方时, 允许通行的空间往往只剩下了区区几厘米. 接下来是长时间的研磨和抛光, 总共用掉了 31 吨磨料. 这架“海尔望远镜”最后成型时, 反射镜本身重达 14.5 吨, 镜筒重 140 吨, 整个望远镜的可动部分竟重达 530 吨! (见图 5).

海尔望远镜于 1948 年落成. 在此后将近 30 年, 它始终鹤立鸡群, 没有任何新的望远镜可以同它媲美. 材料、设计、工艺、结构等多方面的重重困难, 一度使得制造更大的反射望远镜难以成为现实. 虽然在 1976 年, 苏联人勉为其难造出一架口径 6m、长 25m 的反射望远镜, 其性能却并不尽如人意.

## 5 口径与视场得兼

天文望远镜的口径越大, 收集到的光就越多, 就能探测到越远越暗的天体. 同时, 一架望远镜的口径越大, 分辨细节的本领也就越高. 这对天文观测来



图 5 1948 年落成的口径为 5.08m 的海尔望远镜

说,同样至关重要。因此,制造更大的望远镜就成了一代又一代天文学家的永恒追求。

不过,大也有大的难处。大型反射望远镜仅仅对它直接指向的那一小块天空,才能获得极其清晰的星像。通常,望远镜的口径越大,每次能够高精度地进行观测的天空范围也就越小。例如,胡克望远镜每次只能观测像满月那么大小的一块天空,海尔望远镜的视场甚至更小。如果用大型反射望远镜拍摄星空,每次一小块一小块地拼起来,直到覆盖整个天空,那就需要拍摄几十万甚至几百万次。大望远镜的这一弱点,使它们难以胜任“巡天”观测。

那么,“巡天”究竟是什么意思呢?

天文学上最普遍的“巡天”相当于对天体进行“户口普查”,它为大量天文研究工作提供最基本的素材。正如普查人口之后,就可以根据不同的特征——不同性别、不同民族、不同年龄等,对“人”进行分门别类的统计研究那样,对天体进行“户口普查”后也可以根据不同的特征——不同亮度、不同距离、不同光谱类型等,对它们进行分门别类的统计研究。

要想在不太长的时间内完成一轮天体的“户口普查”,望远镜的视场就不能太小,因而其口径就不宜太大。另一方面,为了看清很暗的天体,望远镜的口径又必须足够地大。这两者是有矛盾的。那么,有没有可能造出一种口径既大、视场也大的新型天文望远镜呢?

早在 20 世纪 20 年代,德籍俄国光学家施密特(Bernhard Voldemar Schmidt)就开始朝这个方向迈出了第一步。施密特生于 1879 年,早年就喜欢做实

验。他把火药塞进一根钢管,然后点燃它,爆炸效果令人满意,但是却炸掉了他的右手和右前臂。后来,他不得不用一条胳膊来研磨他的透镜和反射镜。

施密特想出一种同时使用透镜和反射镜(即同时利用折射和反射)的方案。1930 年,他研制成功第一架这样的“折反射望远镜”:用球面反射镜作为主镜,并在其球心处安放一块“改正透镜”。改正透镜的形状特殊,其中间最厚,边缘较薄,最薄的地方则介于中间与边缘之间。改正透镜这样设计,可以使光线经过它的折射以后恰好能弥补反射镜引起的球差,同时又不会产生明显的色差和其他像差。这就是所谓的“施密特望远镜”,它使望远镜的有效视场增大了许多,从而在“巡天”工作中起到了无可替代的巨大作用。例如,美国的帕洛马山天文台以及位于澳大利亚的英澳赛丁泉天文台,它们各用一架改正透镜口径 1.22m 的施密特望远镜巡天,记录了全天约 10 亿个天体的位置、形状等信息(见图 6)。



图 6 帕洛马山天文台的施密特望远镜,主镜口径 1.86m,改正透镜口径 1.22m

施密特望远镜既然要使用透镜,就必然会像折射望远镜那样不可能做得太大。那么,能不能用一块“改正反射镜”来代替“改正透镜”呢?研制“反射式施密特望远镜”,正是 20 世纪 90 年代以来国际天文界共同关心的问题。只有做到这一点,才能将整个望远镜的口径和视场同时做得很大。中国天文学家在这方面的研究在国际上处于比较先进的地位。预期在 21 世纪的头 10 年中,反射式施密特望远镜就会成为现实。

在一架施密特望远镜拍摄的单张底片上,所包含的星像可以多达几十万颗。如果发现了什么特别

有趣或者可疑的东西,这时就该进而利用巨型反射望远镜来更加精细地考察它们了。所以,即使有了施密特望远镜,我们也还是需要越来越大的反射望远镜。

## 6 理念革故,技术鼎新

要制造更大的天文望远镜,关键在于设计理念和关键技术两方面的革新。20 世纪 70 年代以来,人们开始设想,既然做大镜子如此困难,那么能不能做成许多小的,再把它们结合成一个大的呢?

20 世纪 70 年代,美国天文学家用 6 块口径为 1.8m 的反射镜互相配合,使它们的光束聚集到同一个焦点上。这时,其聚光能力便相当于一架口径为 4.5m 的反射望远镜,分辨细节的本领则与口径为 6m 的望远镜相当。这种设备叫做“多镜面望远镜”。

多镜面望远镜的每一块镜面本身还是彼此分开的。最好是先造许多较小的镜子,然后把它们一块一块实实在在地拼接成为一个整体。这项工作极为精细,依仗计算机技术的迅速发展,它终于成了实现。这就是今天很前沿的“拼接镜面”技术。

大型望远镜对准不同的方向时,其自身的姿态就在不断变化,镜子各部分承受的重力也随着改变,反射镜面的形状也随受力状态的改变而发生微小的变化,其最终结果是降低了成像质量。有鉴于此,人们起初总是把玻璃镜坯做得厚厚的,企图依靠玻璃自身的刚度来抵御可能造成的形变。

其实,巨大的镜面绝对不变形是不可能的。于是,人们想到,能否在反射镜的背面装上一排排的促动器,宛如布下一张天罗地网,凭借电子计算机的帮助,随时测出镜面实际形状与理想状态的偏差;同时,计算机马上据此发出指令,让镜面背后不同部位的促动器分别施加相应的推力或拉力,立刻把畸变的镜面形状纠正过来。这种新技术就叫做“主动光学”。由此,反射镜就不必造得那么厚、那么笨重了,整个望远镜的造价也随之大大降低。

在某种意义上与主动光学相仿的另一项高新技术称为“自适应光学”,其目标是尽可能消除大气扰动的影响,改善像的分辨率。其原理是:对使用超薄镜面的大型望远镜,由计算机控制实时检测被大气扰动变形的光波波前,并与理想波阵面进行对比,以发现两者之间的差异,并对它进行实时校正。

20 世纪 80 年代后期以来,人们开始利用这些新技术来建造更大的光学望远镜。例如,美国于 1993 年建成一架口径为 10m 的“凯克望远镜”,其

主镜各由 36 块直径 1.8m 的正六角形反射镜拼接而成。5 大块这样的拼接镜面几乎就可以盖满一个篮球场,而镜子的厚度却只有区区 10cm。1996 年,又建成了一模一样的第二架。它们分别称为“凯克 I”和“凯克 II”,是当今世界已投入工作的口径最大的光学望远镜。它们有如一对双胞胎,屹立在夏威夷海拔 4200m 的冒纳克亚山顶上(见图 7)。



图 7 “凯克 I”和“凯克 II”这两架同样的大型反射望远镜,口径都是 10m,坐落在夏威夷海拔 4200m 的冒纳克亚山顶上

一些西欧国家联建的欧洲南方天文台研制的“甚大望远镜”由 4 架相同的反射望远镜组成,每一架的主镜都是整块的薄镜面,口径都是 8.2m,镜筒各重 100 吨。每一架望远镜可以分头独立使用,但是 4 架望远镜也可以联合起来,这时的聚光能力就相当于一架口径 16m 的巨型反射望远镜了。

研制 8—10m 级望远镜取得的成功和经验,为进一步制造口径 30—50m 的望远镜创造了有利条件。例如,欧洲南方天文台正在预研的“欧洲超大望远镜”是一架光学/红外望远镜,口径达 42m。其镜面由 906 块六边形的小镜片组成,每块小镜片的口径为 1.45m。此镜造价预算为 12 亿美元,预计将于 2017 年“开光”(见图 8)。

## 7 从“上天”到“登月”

地球大气始终是天文观测的大敌。大气对光的吸收、折射、散射和抖动,严重地影响了天文观测的效果。倘若将天文望远镜置于地球大气层外,情况就会大为改观。

1990 年 4 月,美国用航天飞机把总重将近 12 吨的哈勃空间望远镜送入离地面约 600km 的太空轨道。研制这架口径 2.4m 的反射望远镜,耗资约达 20 亿美元。18 年来,哈勃空间望远镜的工作非常出色,它的极为丰富的观测资料对天文学有着巨大的影响。例如,它观测到了离我们 100 多亿光年远的星

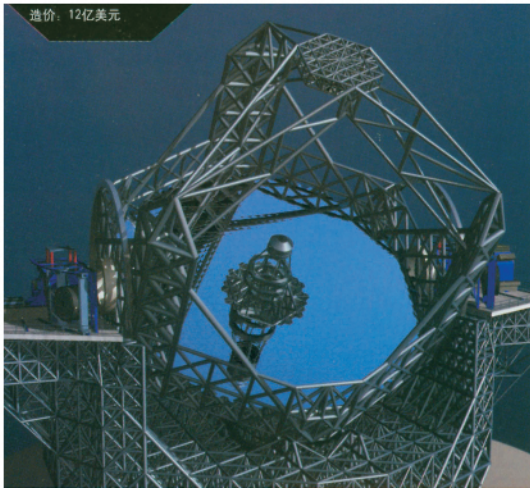


图 8 欧洲南方天文台的“欧洲超大望远镜”,口径 42m,预计将于 2017 年落成

系,证明有些星系的中央存在着超大质量的黑洞,它大大深化了人类对宇宙的认识,并使天文学家有可能更准确地追溯宇宙早期的历史。

现正在研制中的詹姆斯·韦伯望远镜比哈勃望远镜更先进,也更廉价,其主镜口径约 6m,将于 2013 年发射上天。不过,它主要将在红外波段工作,因此有些天文学家认为它基本上属于红外空间望远镜(见图 9)。

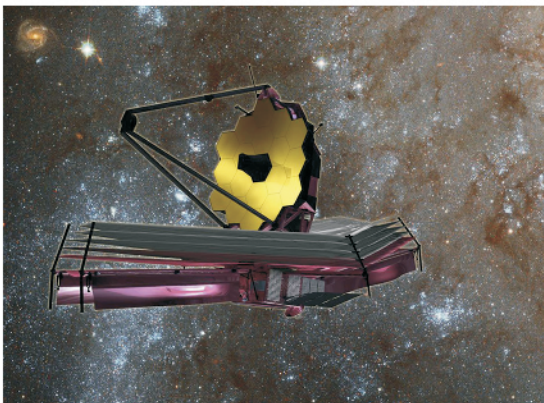


图 9 计划在 2013 年发射升空的詹姆斯·韦伯空间望远镜

空间望远镜的优点毋庸置疑,但它难免也有自身的弱点。它的造价高昂,许多技术问题也有待进一步解决。例如,地面上的天文望远镜有坚实的大地作为依托,从而保证了望远镜的稳定性,可以始终如一地指向所观测的天体。空间望远镜则不然,它在本质上是一颗环绕地球运行的人造卫星。它在太空中失去大地的依托,必须靠自身维持姿态的稳定性,为此在技术和金钱上付出的代价都非常可观。

要是空间望远镜也有一个像地球那样坚实的依

靠,那么它就不再需要复杂的姿态控制系统,也不需要安装陀螺仪了。而且,一旦发生故障还可以就地维修。那么,怎样才能为未来的天文望远镜找到一个比地球表面和空间轨道都更好的观测基地呢?

20 世纪 80 年代中期以来,科学家们为此召开了多次专题讨论会,并得出结论:在月球上建造天文台乃是非常令人向往的事情。

以月球为基地的天文台称为“月基天文台”,安装在那里的望远镜则称为“月基望远镜”。它们有许多优点,例如:

月球表面没有大气,那里处于超真空状态。在地球上进行天文观测时地球大气层造成的一切干扰,对于月基望远镜已不复存在;

月球亦如地球一般,对天文望远镜而言乃是一个巨大、稳定、而且极其坚固的“平台”,因而可以用类似于地球上的方式来解决月基望远镜的安装、指向和跟踪等问题。它面临的技术问题要比处于失重状态下的空间望远镜简单得多,造价亦远为低廉;

月球表面的重力仅为地球表面重力的 1/6,在地球上非常笨重的东西到了月球上就会显得“轻巧”得多。所以,在月球上建造任何巨型设备——包括巨型望远镜本体及其观测室,都将比在地球上建造更加方便,也更加便宜。而且月球上绝对无风,这对建造巨型设备也更加有利;

月球上没有像地壳那样的板块运动,月球的内核也已经凝结成固态。因此,月球上“月震”活动的强度仅约为地球上地震活动的亿分之一。那里对于天文观测十分安全,尤其适宜建立基线长达几十千米甚至几百千米的光学、红外和射电干涉系统;

地球每 24 小时自转一周,造成了天体东升西落的周日运动,所以通常很难长时间地跟踪观测同一个天体。月球大约每 27 天才自转一周,月球上每个白昼或黑夜差不多都有地球上的两个星期那么长,因而在那里持续跟踪观测一个目标可以长达 300 多个小时。而且,月球上没有大气,太阳光不会遭到散射,所以纵然烈日当空,照样还是繁星满天,依然可以用光学望远镜观测天体。

当然,月基望远镜的优越性还远远不止于此。如今,要把望远镜送上月球,在技术上并没有不可逾越的障碍。在未来的岁月中,随着月球资源开发利用水平的不断提高,月基实验室和月基工厂将会越来越多。迟早会有一天,人们将能在月球上就地取材,利用月球本身的资源来兴建月基望远镜和月基天文台。

21 世纪伊始,欧洲天文学家们就曾构想如何建



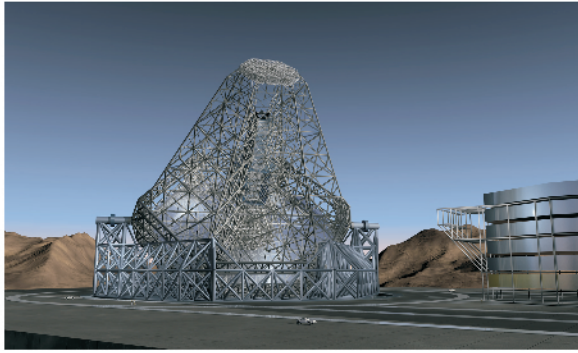


图 10 欧洲天文学家构想的巨型光学望远镜“猫头鹰”(OWL), 口径 100m

造口径大到 100m 的光学天文望远镜. 这架设想中的望远镜英文名字叫做 Overwhelmingly Large Telescope(见图 10),其缩略词为 OWL,而英语词 owl 的原意为“猫头鹰”. 将来,人类如果能在月球上就地取材,造出一大群“月基猫头鹰”来,那么它们为揭示宇宙奥秘作出的贡献,必将比自从伽利略时代以来人类业已兴建的所有望远镜都要更加宏伟,更加

辉煌!

参考文献

[ 1 ] King H C. The History of the Telescope. London :Charles Griffin & Company Limited ,1955

[ 2 ] Asimov I. Eyes on the Universe : A History of the Telescope. Boston , MA :Houghton Mifflin Company ,1975

[ 3 ] Moore P. Eyes on the Universe : The Story of the Telescope. London :Springer - Verlag London Limited ,1997

[ 4 ] McCray W P. Giant Telescopes : Astronomical Ambition and the Promise of Technology. Cambridge , MA : Harvard University Press ,2004

[ 5 ] Zirker J B. An Acre of Glass : A History and Forecast of the telescope. Baltimore ,MD :The Johns Hopkins University Press ,2005

[ 6 ] Andersen G. The Telescope : Its History , Technology , and Future. Princeton ,NJ :Princeton University Press ,2007

[ 7 ] [ 英 ]辛格等主编. 高亮华,戴吾三主译. 技术史,第三卷:文艺复兴至工业革命(约 1500 年至约 1750 年). 上海:上海科技教育出版社,2004[ Chinese translation of the work singer C et al. A History of Technology Vol. III ,From the Renaissance to the Industrial Revolution c. 1500 to c. 1750. Oxford :Oxford University Press ,1957 ]



· 书评和书讯 ·

科学出版社物理类重点书推荐

| 书名                        | 作(译)者               | 书名                   | 作(译)者   |
|---------------------------|---------------------|----------------------|---------|
| 超快和纳米光学                   | 张新平                 | 路径积分与量子物理导引          | 侯伯元 等   |
| 半导体自旋电子学                  | 夏建白 等               | 技术磁学                 | 钟文定     |
| 全息干涉计量 - 原理和方法            | 熊秉衡                 | 量子信息物理原理             | 张永德     |
| 狭义相对论(第二版)                | 刘辽 等                | 量子力学                 | 张永德     |
| 经典黑洞与量子黑洞                 | 王永久                 | 晶体振荡器                | 赵声衡     |
| 量子非阿贝尔规范场论                | 曹昌祺                 | 凝聚态物理的格林函数理论         | 王怀玉     |
| 普朗特流体力学基础(翻译)             | H. 欧特尔 等            | 惯性聚变物理               | 沈百飞     |
| 冲击相变                      | 唐志平                 | 激光的衍射及热作用计算(修订版)     | 李俊昌     |
| 液晶物理学(影印)                 | P. G. de Gennes     | 微纳米 MOS 器件失效机理与可靠性理论 | 郝跃,刘红侠  |
| 临界现象理论(影印)                | J. J. Binney        | 量子统计力学(第二版)          | 张先蔚     |
| 软凝聚态物质(影印)                | Richard A. L. Jones | 输运理论(第二版)            | 黄祖洽     |
| 量子力学原理(第四版)(影印)           | P. A. M. Dirac      | 聚变能及其应用              | 邱励俭     |
| 基本粒子物理学的规范理论(影印)          | T. P. Cheng         | 拉曼 布里渊散射(第二版)        | 程光照     |
| 介观物理导论(第二版)(影印)           | Y. Imry             | 现代物理学前沿选讲            | 黄祖洽     |
| 纳米薄膜分析基础(影印)              | T. L. Alford        | 半导体的检测与分析(第二版)       | 许振嘉     |
| 统计力学(第二版)(影印)             | F. Schwabl          | 薄膜结构 X 射线表征          | 麦振洪等    |
| 磁性量子理论 - 材料的磁学性能(第三版)(影印) | R. M. White         | d 波超导体               | 向涛      |
| 半导体物理电子学(第二版)(影印)         | Sheng S. Li         | 薄膜材料 - 应力、缺陷的形成和表面演化 | 卢磊      |
| 碳纳米管 - 从基础到应用(影印)         | A. Loiseau          | 激光光散射谱学              | 张明生     |
| 晶体物理学基础(第二版)              | 陈纲 等                | 热力学与统计物理             | 欧阳容百    |
| 引力与时空(翻译)                 | 向守平,冯珑珑             | 量子力学(卷 I,卷 II)(第四版)  | 曾谨言     |
| 亚稳金属材料                    | 胡壮麒                 | 拉曼光谱学与低维纳米半导体        | 张树霖     |
| 高等原子分子物理学(第二版)            | 徐克尊                 | 行星科学                 | 胡中为、徐伟彪 |

购书与咨询电子信箱: mlhukai@yahoo.com.cn dpyan@sina.com