

拟议中的 21 世纪光学望远镜

李 芝 萍

(北京天文馆《天文爱好者》编辑部 100044)

不论天文爱好者还是职业天文学家都渴望有一台大的反射镜或透镜,因为它能聚集更多的光,具有显示天体细节的潜能。特别是专业工作者,大仪器是研究宇宙中的暗星系和现代天文学中许多重要问题不可或缺的。可以说望远镜越大越好。

现在,大地基望远镜主要是口径 8~10 米的反射镜,它们代表了自伽利略将望远镜用于夜空研究 400 年以来光学望远镜发展的巅峰。其中有建在智利的欧洲空间局的甚大望远镜(由 4 台 8 米望远镜构成),位于夏威夷的两台 10 米凯克望远镜和 8.3 米昴星望远镜,双子望远镜(两台望远镜分别装在南半球和北半球),以及德克萨斯州麦克唐纳天文台的 9 米大型拼镶镜面望远镜。还有一些类似大小的望远镜正在建造之中。

目前,几家天文台正筹划下一步研制主反射镜为 25 米、30 米甚至 100 米的大望远镜,然而他们都面临着一个共同的问题——经费不足。

预算上的革命

望远镜的造价随着口径的增大而攀升。一般望远镜口径增大两倍,造价就要提高两倍多。类似的“比例规则”也适于大的专业望远镜。因此,人们总力求在预算的范围里把望远镜做大。

望远镜的主要费用花在光学部分。就在不久前,所有的大望远镜都是由整块玻璃或陶瓷制成的主反射镜。它们要经过铸造、研磨和抛光等诸多复杂工艺才能达到非常精密的形状,既费时又费力。然而,现在的 8 米望远镜的主镜都造得很薄,很轻,或者将许多较小的镜子拼合成一台大望远镜。欧洲空间局的甚大望远镜和双子望远镜是按第一种方式建造的,而凯克望远镜则率先采用了拼合反射镜镜面。这两种类型都需要非常复杂的支撑和控制系统来确保反射镜表面的精确形状。拼合反射镜镜面在使用期间需要不断调整以达到最佳状态。

望远镜一般都被安装在高山上,单个的大反射镜即使能被浇注或塑造,也很难把它们运到山顶。今天,拼合镜面不但被地基望远镜广泛采用,也是美国宇航局、欧洲空间局和加拿大空间局计划研制的新一代空间望远镜的首选。

当前,所有大型望远镜采用的拼合镜面都是六边形的,并且大部分的直径为 1~2 米。由于采用标准技术制造,这种反射镜价格是很低廉的,并且可以装在标准尺寸的集装箱中运送。如果需要 1000 个拼合镜面,可以建立一条生产线。人们之所以要建造大望远镜,是想获得较亮的天体图像。但是以前地基望远镜拍摄的天体图像的清晰度一直受到地球大气摆动和闪烁的影响,分辨率仅能达到大约 0.5 角秒,相当于识别 400 千米远的一辆小汽车的两只前灯。2.4 米哈勃空间望远镜的分辨率提高了 10 倍,8 米地基望远镜提高了大约 30 倍。在一个好的台址上,一台 8 米望远镜也仅能显示一个亮天体高质量 30 厘米大小的细节,虽然它能探测更远的天体。显然,需要一种能补偿这种清晰度损失的技术,这对于非常大的望远镜来说尤为重要。

自适应光学

为了克服天文图像的摆动,科学家和工程师们正在研究一种称为“自适应光学”的技术,这项技术的原理很简单,测量光穿过时大气的影响,并在光通过望远镜时把它全部扭转到正确的位置上,但实施起来却非常困难。

测量大气效应需要有一个参考天体。一颗近的亮星是理想的,但不见得能找到。另外也可以是一颗“激光引导星”,由地面上高功率激光在高层大气中产生的一个亮点。通过分析参考星的光,调整由计算机控制的反射镜,让跟踪的天体的光反射后,聚集到一个锐利的焦点上。

每秒钟要做多次校准分析。自适应光学对较长波长的红外光最奏效,目前还仅限于校正空间很小区域的图像。虽然这种方法有着广阔的前景,但并不意味着地基望远镜在各种成像上都会比哈勃空间望远镜好。此外,天文学家还在研究一种称为“多共轭自适应光学”的技术。

自适应光学对于下一代特别大的望远镜是非常重要的,这不仅仅是因为人们向往获得更清晰的图像。望远镜需要像照相机和光谱仪这样的仪器研究它所收集的光。在今天 8 米级望远镜上这些附属仪器已经很大而且花钱很多。没有自适应光学,由于

现代物理知识

受大气的限制, 望远镜越大, 在焦平面构成的图像也越大。因此需要相应更大的仪器, 在某种程度上, 这是做不到的, 或过于昂贵了。另一方面, 自适应光学能保证图像不受大气影响, 因此在焦平面成的像很小。这样, 和目前使用的类似大小的仪器在任何望远镜上都能很好地工作, 不需要因望远镜变大而把仪器做大。

随着望远镜口径越来越大, 对自适应光学的要求也变得越来越苛刻。发展有效的自适应光学可能比研制主反射镜还要困难。但是大于 30 米的望远镜没有自适应光学根本就无法工作。

眼下全世界许多科学家小组都在从事特大望远镜的概念设计。两个脱颖而出的设计分别是 30 米加利福尼亚特大望远镜(CELT) 和 OWL, 100 米 Over-Whelmingly 大望远镜。

美国加利福尼亚拥有上个世纪世界最大的一批望远镜, 从威尔逊山上的 2.5 米望远镜, 帕洛玛的 5 米海尔望远镜, 一直到 10 米凯克望远镜。加州理工大学和加州大学目前正在联手完成一台 30 米望远镜的概念设计。之所以将口径定为 30 米是基于在没有验证技术的情况下对凯克望远镜这种拼合镜面极限所做的保守估计。CELT 项目的主要领导者之一是杰里·纳尔逊——凯克望远镜的奠基人。

凯克望远镜是由 36 个 2 米直径的六角形镜面拼合的, CELT 目前计划由 1000 个 1 米直径的镜面拼合。悬在主镜之上 30.48 米的副镜直径达 3 米多, 光学设计与凯克望远镜的类似。由于主镜设计成双曲面, 反射镜边缘到中间的弧度略有变化, 制造起来有一定的难度。

CELT 拟采用两种方式解决自适应光学棘手的问题。它的某些仪器在没有自适应光学的情况下工作, 这些仪器是巨大的, 并且是高度创新的。另外的仪器则需要自适应光学才能工作。这两组仪器分别安装在望远镜管筒的两侧。负责 CELT 设计的是英国天文学家基思·泰勒。他认为该项设计中风险最大的是自适应光学, 其余部分可能不会遇到什么问题。

CELT 将被设计成多种用途的, 如果立项启动, 资金到位, 预计它将在 2010 年建成并投入试观测, 大约与下一代空间望远镜的发射同时。

OWL——挑战极限

和 CELT 不同, 欧洲南方天文台正在研制的 OWL 谨慎地向拼合镜面望远镜的极限尺度挑战, 设

计者们希望 OWL 有一个 100 米直径的主反射镜, 它将由 2000 个 2 米的六角形拼合镜面组成。如此大的反射镜汇集的光会比以往所有望远镜加在一起的还要多, 有一个 CELT10 倍, 凯克望远镜 100 倍的面积。Paranal 天文台台长罗伯特·吉尔茨认为, 从凯克望远镜到 OWL, 好比从肉眼观测到伽利略的第一架望远镜, 会导致天文学产生又一次飞跃。

OWL 的反射镜各部分是相同的, 并有球面弧度, 这种最简单的表面加工起来很容易, 能机械化生产。不过, 这种单一化、低成本选择也带来一个问题——一个球面镜难以形成一个锐像, 需要一个大的改正镜。这意味着与 CELT (包括凯克望远镜和 VLT) 不同, OWL 供给仪器光要有两个弯曲反射镜。因此 OWL 需要附加高度弯曲的改正镜。它的副镜直径为 30 米, 和 CELT 一样大。

目前 OWL 正在做进一步的细节性研究, 可能在 2004 年提出经费计划。在此之前, 要对 VLT 上的多共轭自适应光学的可行性做论证实验。预计整个工程至少需要 10 年, 耗资 9.35 亿欧元。

另一些“大”望远镜设计方案也在讨论之中。它们包括由一个瑞典天文学家小组提出的欧洲 50 米望远镜, 美国国家光学天文台设计的 30 米大拼合镜面望远镜, 以及 20/20 望远镜——将两台 20 米望远镜装在轨道上, 根据需要独立或组合使用。这些望远镜未必都能建造, 很可能一些小组会合作, 共同完成某一项设计。

作为大型望远镜, 传统的圆顶缺少防风的功能, 它最好能有一个“Runoff shed”以便在望远镜不用时起到保护作用。

夏威夷和智利是天文望远镜的两个最佳安置位置, CELT 可能会选择其中之一落户。特别大的望远镜的选址要求与现在那些大望远镜不同——没有强风、地震, 适宜的大气等对自适应光学系统来说都是非常重要的条件。有人发现具备这些优越观测条件的竟是像乌兹别克这样的一些人们意料不到的地方。

再过 15 年, 很可能一两台特大望远镜被建造或被使用。它们将起到与下一代空间望远镜互补的作用。这些庞然大物有可能会成为地基望远镜最后的辉煌。以后人们会把更大的望远镜建到空间, 在那里, 自适应光学、大气和重力等将不再是难以逾越的障碍。