

巨型望远镜发布了它的第一幅图像*

(中国科学院国家天文台 施建荣、张君波 编译自 Robert Austin. *Physics Today*, 2016, (12): 42)

建设之初,小行星带天文望远镜已经拍摄了一幅无比清晰的系外行星图片。

位于火星和木星之间的小行星带正热闹非凡。太阳系的内、外边界处如火如荼的活动,是在建设小行星带天文望远镜(ABAT),这是人类历史上最具雄心的科学项目。从地球上看上去像是烟火的高强度激光脉冲,正将数十亿颗大小为1—10 m级的小行星打成一个直径为5个天文单位的巨型天文望远镜的子镜(天文单位AU是距离单位,相当于地球绕太阳的轨道半径)。上个月该望远镜刚完成了1%的进度,为了庆祝这个里程碑,它发布了观测到的第一幅图像。

镜子,岩石上的镜子

小行星带望远镜的原型是 Andy Pillmaier 设计的(图1),事情的缘由可以追溯到将近一个世纪以前。在一个小额基金的资助下, Pillmaier 使用一束激光将一颗人造行星的一面定形和抛光成具有高光学质量的平面镜(这颗人造小行星实际上是一个利用电磁场悬浮在真空中的直径为1 cm的热解碳球)。他不仅制造了一个光学平面镜,而且把碳球的背面做成具有高反射率的球形凸起。利用与制造镜面相同的激光束, Pillmaier 可以通过操控光束指向背面凸起的特定方向,调整镜面的位置。

直到2090年,在全球空间财团的资助下, Vera Kurasova 和她在哈尔科夫物理和技术研究所的团队重

现了 Pillmaier 的研究,但是却采用了一颗真实的小行星。他们使用了一对核聚变供能的激光将一颗直径2 m的小行星打成一个大本版的 Pillmaier 抛光碳球,并精准地控制它,使其达到一个天文单位级望远镜子镜的功能。这项工作的成功激起了整个天文界的兴趣,他们向公众及私人筹集了充足的资金,开始实施小行星带望远镜的建造项目。

第一幅图像

小行星带望远镜的主要观测目标是系外行星。在小行星带望远镜仅完成1%进度时,发布了它拍摄的第一幅有关 Gliese 832 c 的图像(图2)。小行星带望远镜是如此巨大,以致于它所观测的系外行星在望远镜焦面上的原始图像覆盖了 640000 m^2 。望远镜还在继续了解已经存在的子镜的位置和如何操纵它们到需要的方位。无论如何,它第一次令人瞩目的发布,标志着人类已经进入到一个观测天文新纪元。

“魔鬼”细节

目前用来打造小行星带望远镜子镜的激光器可以将数以千万计的光学子镜(最终可以达到数十亿

之多)排成阵列,从而将来自天体的光精确地汇聚到成像阵列上,这些阵列分布在太阳系平面的上下两侧。望远镜通过旋转小行星子镜,并控制成像阵列调整到新的焦点位置以便观测新的天体。最终,小行星带望远镜就像布置棋局一样操控着数百万个成像阵列扫过天空,以探索早期宇宙的奥秘,并标记适合或不适合人类居住的星球。

根据 Pillmaier 的初始模型,构成小行星带望远镜的每一个子镜都

小行星带天文望远镜 成像参数		
直径		5 AU
焦距		40 AU
总镜面尺寸	目前	$4 \times 10^9 \text{ m}^2$
	最终	$4 \times 10^{11} \text{ m}^2$
角分辨率	目前	$3 \times 10^{-7} \text{ arcsec}$
	最终	$4 \times 10^{-11} \text{ arcsec}$

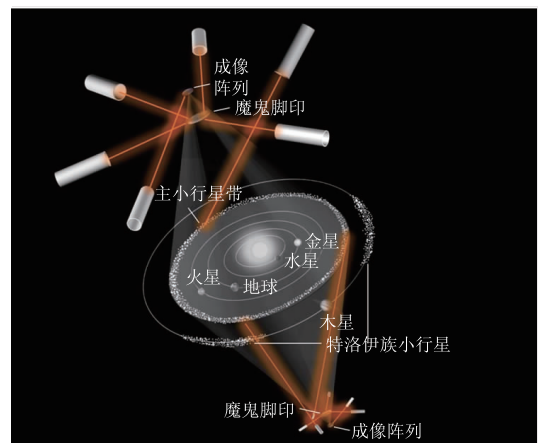


图1 小行星带天文望远镜(ABAT)

* 本文为 *Physics Today* “2116 的物理学” 主题征文之一,作者想象自己身处2116年的科学发现。

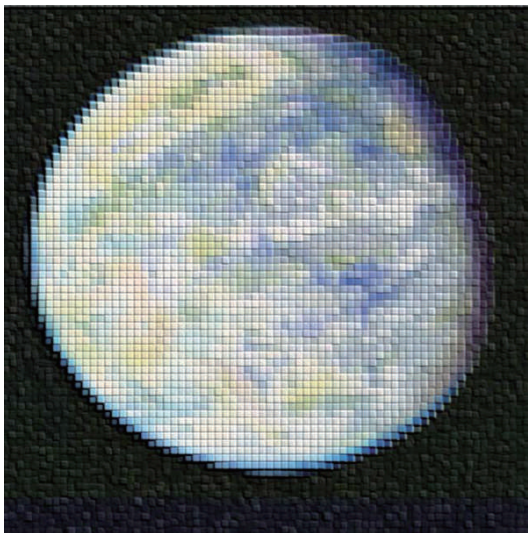


图2 Gliese 832 c 的图像(它是第一颗被小行星带望远镜拍摄的系外行星)

有高度光滑、平面反射特性的表面，同时在其背面有一个同等光滑的半球面。强大的激光束照射到这个半球面上被反弹时所产生的微小力矩作为传感器来控制相应子镜转向特定方位。

开发一个符合常规而庞大的小行星带望远镜焦面大小的传感器阵列是不现实的，因此，Kim 团队偶然发现了一种新技术，利用硅藻这种微小的生物，它有一个二氧化硅的框架。生物学家们通过基因工程使硅藻长出一些专用的结构，一些结构可以把光转化为电信号，一些可以把控制阵列的微波输入能量储存起来，另一些可以通过全球定位系统信号获得空间三维坐标，确定时间以及数字化编码数据用于传输。万亿个这样自我再生的传感器很容易大量形成。一旦它们在太空里得以布置，一个空间网状结构的激光束网络可以推动在云周围微小的光学传感器到需要的位置。

为了防止太阳光到达传感器集群，激光器把小行星消融时剩余的

碎片精准地组成一种叫做“魔鬼脚印”的结构。这个命名起源于Kim 年轻时的记忆。“慕尼黑最重要的天主教堂——华丽的圣母教堂——有一个非常有趣的现象，当你一迈进这个教堂就会遇到。在地面上有一个类似脚印形状的回陷，站在这个位置时，你看不到任何一扇窗户，”Kim 回忆道。“关于这个有趣现象的传说有很多版本，我记得是这样的”，她说：“当恶魔走进这座刚刚落成的教堂时，被透

过色彩斑斓的玻璃窗照在他身上的阳光征服。他跺了跺脚，在石头砌成的地面上留下了一个脚印并说道：‘在这个地方，没有人能看到任何一扇窗户！’如果你站在这个点上，支撑教堂天花板的很多柱子遮挡住了你看窗户的视线。”

“我们用来遮挡太阳的小行星碎片集群与‘魔鬼脚印’有异曲同工之妙，”Kim 进一步解释道，“但是它的存在源于我们对宇宙学的向往和热爱，而不是憎恶阳光。”

小行星带望远镜安全的前景

建造小行星带望远镜所需的原材料基本上都已经漂浮在周围空间，在那里它们被非常强大的量子计算机控制的大功率激光进行加工。小行星带望远镜的激光把小行星雕琢成激光分束器，从这些分束器上发出的激光束可以进一步雕琢更多的分束器。Kim 解释道，“通过这种方式，可以把小行星和陨星加工成子镜的激光束越来越多，并以指数形式增长。”

据项目负责人估计，100 亿颗

以上的小行星将被打磨成子镜面。在过去10年间，已经建造了一亿个这样的子镜。然而，这只是跨世纪小行星带望远镜规划的冰山一角。如何才能按时完成这个宏大的项目？当参与项目的科学家向小行星带望远镜的“大脑”直接提出这个问题时，他们被告知，“我自己的工作已经非常擅长。开始时我只是个小孩子，现在我是一个少年，我还有很大的学习和改进的空间。在未来的5年里，我会每天创建30万个子镜面！”这正是能够在下个世纪初完成目标的速度。

实际上，组成悬浮在小行星带上下的两个“魔鬼脚印”的材料只是小行星雕琢时余料的一小部分，大部分残余材料被激光场收集到原来采集材料时的中心。得益于这种开采方式，建造小行星带望远镜开始变为一个合算的工程。整个项目已经能自给自足，因此完成目标的道路上看起来完全没有了财政障碍。

小行星带望远镜会在2216年完成。到那时候，下一个目标又会是什么呢？在Kim 办公室正中间悬挂了一个太阳系的全息照片，Kim 指了指木星的特洛伊族小行星带，这两大小行星族与木星以同一公转轨道绕太阳旋转。当她的手扫过这两个小行星族时，是如此轻描淡写，就像轻抚一只猫。把特洛伊群小行星并入到小行星带望远镜阵列之后，相当于把其光学孔径扩大了一倍，但这看起来只是小打小闹。Kim 解释说，“再过一个世纪，我们可能在这外面打造子镜”。当Kim 的手扫过海王星，指向柯伊伯带的时候，她的嘴角俏皮地扬了扬。