

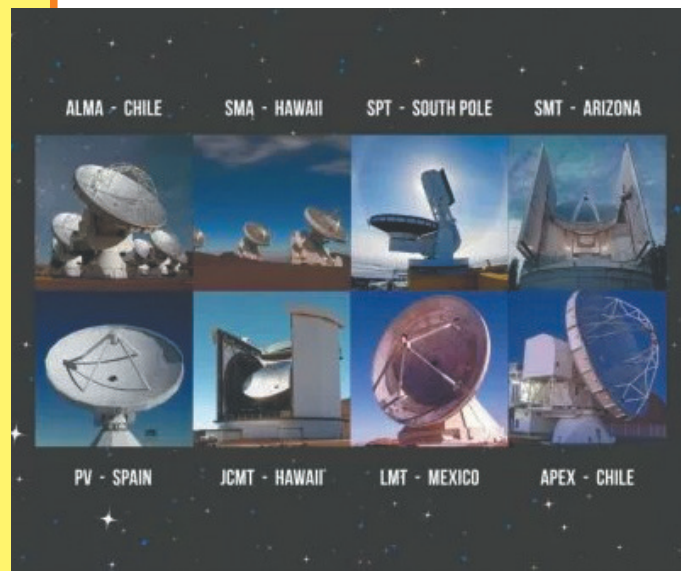
# 百年探索 终见真容

## 人类第一张黑洞“定妆照”如同爱因斯坦预言的一样

■ 本报记者 陶韬

北京时间4月10日21:00,全球天文界有一件大事发生,美国华盛顿、中国上海和台北、智利圣地亚哥、比利时布鲁塞尔、丹麦灵比和日本东京同时召开新闻发布会,天文学家们向世界揭晓黑洞的“真容”。

百余年前,爱因斯坦的广义相对论率先对黑洞作出预言,科学家们陆续通过一些间接证据证实了黑洞的存在,如今,何其幸运,我们成为首批“看见”黑洞的人类。



分布在世界各地的“事件视界望远镜”



人类史上首张黑洞照片

### 嘿,你好,黑洞!

“有生之年,我居然看到了黑洞的‘脸’。”关于黑洞,科学界普遍认为,它是宇宙中最神秘的天体。4月10日,通过协调召开全球新闻发布会,事件视界望远镜(EHT)项目宣布已经成功获得了超大黑洞的第一个直接视觉证据。

“我们捕获到了黑洞的首张照片,”哈佛大学教授、EHT项目主任谢泼德·多尔曼说,“这是一项由200多位科研人员组成的团队完成的非凡的科研成果。”此次,我们所“看到”的黑洞,是室女座超巨椭圆星系M87中心的超大质量黑洞,其质量是太阳的65亿倍,距离地球大约5500万光年。

在这张来自视界望远镜的照片里,M87中心黑洞是一个中心为黑色的红色环状结构,有不少天文爱好者表示像甜甜圈。其黑

色部分是黑洞投下的“阴影”,明亮部分是绕黑洞高速旋转的吸积盘。这个圆环的一侧亮一些,另一侧暗一些,原因在于吸积盘的运动效应。

黑洞是爱因斯坦广义相对论预言存在的一种天体,它具有的超强引力使得光也无法逃脱它的势力范围,该势力范围称作黑洞的半径或称作事件视界。天文学家根据质量将宇宙中的黑洞分成了三类:恒星级质量黑洞(几十倍至上百倍太阳质量)、超大质量黑洞(几百万倍太阳质量以上)和中等质量黑洞(介于两者之间)。

天文学家称,这种天体的存在以极端的方式影响着周围的环境,让时空弯曲,并将周围的气体吸引进来。在此过程中,气体的引力能转化成热能,因此气体的温

度变得很高,会发出强烈的辐射。“如此一来,黑洞就像沉浸在一片类似发光气体的明亮区域内,我们期望着黑洞会形成一个类似阴影的黑暗区域。这正是爱因斯坦广义相对论所预言的,可我们以前从未见过。”EHT科学委员会主席、来自荷兰奈梅亨大学的海诺·法尔克解释。“这个暗影的形成,源于光线的引力弯曲和黑洞视界对光子的捕获。暗影揭示了黑洞这类迷人天体的很多本质,也使得我们能够测量M87黑洞的巨大质量。”

“观测结果与爱因斯坦的预言非常一致,这证实了在黑洞这样的极端条件下,广义相对论仍然成立。”中国科学院上海天文台台长沈志强说,先辈科学家为我们这个世界搭建的理论模型,再次经受住了考验。

### 1张照片,8个“摄影师”,“冲洗”两年

这个黑洞很大,但是我们却很难看清。谢泼德·多尔曼博士说,就好像你在纽约,要去看远在洛杉矶高尔夫球上的凹槽。中国科学院上海天文台路如森研究员介绍,“对黑洞成像而言,最佳的波段进行观测至关重要,这个波段就在1毫米附近,成像的分辨率相当于能在黑龙江漠河阅读南沙群岛上的一张报纸。”

在参与项目的天文学家们眼里,给黑洞拍照的难点可以用三个字来形容:“小”“暗”“扰”——细节太小,信号太暗,干扰太多。

为了捕获第一张黑洞图像,2017年4月5日到14日之间,来自全球30多个研究所超过200名的科学家开展了一项雄心勃勃的庞大观测计划,利用分布于全球不同地区的8个射电望远镜阵列组成一个虚拟望远镜网络,让人类第一次看到黑洞的视界。这个

虚拟的望远镜网络被称为“事件视界望远镜”(EHT),其所达到的灵敏度和分辨本领都是前所未有的。观测使用了甚长基线干涉测量(VLBI)技术,观测波段是1.3毫米,世界各地的射电望远镜同步观测,同时利用地球自转,形成一个口径如地球大小的“虚拟”望远镜,达到的分辨率约20微角秒,足以在巴黎的一家路边咖啡馆阅读纽约的报纸。为了确保信号的稳定性,事件视界望远镜利用原子钟来确保望远镜收集并记录信号在时间上同步。

拍照不易,“冲洗”照片更不容易。据介绍,2017年4月份的观测中,8个台站在5天观测期间共记录约3500TB的数据。这是什么概念呢?中国科学院上海天文台副研究员左文文介绍,“1TB等于1024GB,相当于500小时的高清电影。”因为数据量庞

大得不可能靠网络传递,所以EHT用硬盘来纪录每个望远镜的原始观测数据,再把硬盘寄回数据处理中心。在那里,超级计算机需要获取相同的信号到达两个望远镜的时刻差(时延)以及时延随着时间的变化快慢(时延率),校正射电波抵达不同望远镜的时间差,最后综合两个望远镜的位置信息、信号的强度以及上述两个参数——时延、时延率,就可以对该天体的射电辐射强度和位置进行分析。

“这个过程中涉及数据量之多,处理难度之大都是前所未有的。”左文文表示,即使在人类的运算能力已经非常强大,这张照片还是花费了近两年时间“冲洗”——从2017年4月开始,科学家们用了近两年时间对这些数据进行后期处理和分析。终于,在4月10日发布了首张黑洞照片。

### 首张黑洞照片中的江苏身影

“从20世纪90年代起,我国就开启了有关黑洞的研究,能够亲历和见证这一历史性时刻,我感到无比激动和幸运。”南京大学天文学院教授李志远是中国参与该项目的十余位中国科学家之一。他表示,此次中国科学家的参与,代表着国际对于中国天文研究的认可。此次项目无论是在观测还是理论研究方面,都有中国天文的贡献。

一直以来,我国科学家长期关注高分辨率黑洞观测和黑洞物理的理论及数值模拟研究,在事件视界望远镜(EHT)国际合作形成之前就开展了多方面具有国际显示度的相关工

作。2017年,当EHT开始全球联合观测时,上海65米天马望远镜和新疆南山25米射电望远镜作为东亚VLBI网成员共同参与了密集的毫米波VLBI协同观测,为最终的M87黑洞成像提供了总流量的限制。中国科学院国家天文台、紫金山天文台和上海天文台还共同建立了中国科学院天文大科学中心参与EHT项目中,在EHT望远镜观测时间的申请、夏威夷JCMT望远镜的观测、后期的数据处理和结果理论分析等方面都做出了中国贡献。

“我们已经取得了一代人以前认为不可能做到的事情”多尔曼总结道。“技术的突破、

世界上最好的射电天文台之间的合作、创新的算法都汇聚到一起,打开了一个关于黑洞和事件视界的全新窗口。”

黑洞的第一张照片已经面世。沈志强说,“对M87中心黑洞的顺利成像绝不是EHT国际合作的终点站,我们期望也相信在不久的将来EHT会有更多令人兴奋的结果。”李志远也表示,专家组并没有停歇,已经投入到新的观测计划中,黑洞的第二张甚至更多张照片,已经“在路上”。

既然人类已经拍到第一张黑洞照片,那黑洞成像的春天还会远吗?

## 知识小黑板

**知识点1:黑洞本体看不见,周围一圈是气体**

众所周知,黑洞因聚集了大量质量,引力引发周围空间扭曲,连光子都无法逃逸出去,因此本体是无论如何看不见的。这次科学家们其实是追溯到了光子消失的边界,尽量看到了“极限”。

照片中间黑色的才是黑洞本体,直径大概1000亿公里,周围是被它吸积成一圈的气体,因湍急流动而摩擦发光。

**知识点2:黑洞的彩色照片,其实是“假的”**

拍黑洞的望远镜收集到的不是我们日常的可见光,而是一种波长更长的亚毫米波,本身是没有颜色区别的。科学家们实际上只能感受到强弱的不同,照片的红色是后期处理的效果,你也可以理解为一种“照骗”了。

**知识点3:黑洞在旋转**

从地球上,这个距离我们5500万光年的M87黑洞是在顺时针旋转的。

**知识点4:南北不对称**

因为这个黑洞的自旋方向在远离地球,由于多普勒效应(就像救护车加速靠近时声调会变高,远离时声调会变低),光圈并不均匀,呈现出南北一边较为明亮一边较为暗的效果。

**知识点5:不是直接成像的**

拍黑洞照片运用了一种叫VLBI的技术,并非直接“拍照片”,而是靠8台望远镜的数据拼凑起来的,其中还有些模糊和缺失的信息,需要科学家们边讨论边拼图。这就好像靠听几个音符来认歌一样。

**知识点6:爱因斯坦又对了**

科幻电影爱好者们可能会发现,这个照片整体上结构和《星际穿越》里的形象还是比较符合的。这就要感谢爱因斯坦了。黑洞是他在1915年发表的广义相对论的重要推论,之前《星际穿越》的科学顾问、诺奖得主基普·索恩也是根据理论计算推测出黑洞的样子。

所以,黑洞照片不出科学家们所料,只能说,爱因斯坦又一次对了。