

# 2017 天文学热点回眸

苟利军<sup>1,2</sup>, 辛玲<sup>3</sup>, 孙媛媛<sup>4</sup>

1. 中国科学院国家天文台, 北京 100012
2. 中国科学院大学天文学院, 北京 100049
3. 《中国科学院院刊》(英文版)编辑部, 北京 100190
4. 中国科学院国家天文台《中国国家天文》编辑部, 北京 100012

**摘要** 天文学是一门发现型的学科。2017年天文发现和研究进展目不暇接,一些新的大型观测设备开始运行。从研究进展和天文仪器2个方面遴选了9项具有代表性的天文发现和事件。盘点了引力波、系外行星、最奇特的反复爆发超新星、暗物质卫星公布首个物理结果和第一个系外天体“奥陌陌”发现等研究进展,在天文仪器方面包括了视界面望远镜、中国HXMT“慧眼”卫星的成功发射、“卡西尼号”探测器毁落及中国FAST射电望远镜基本完成功能性调试。随着这些新设备的正常运行,期待2018年得到更多更有趣的发现结果。

**关键词** 引力波; 悟空; 奥陌陌; 慧眼; 卡西尼; FAST

2000多年前,人类对于星空宇宙的探索只能凭借肉眼和想象,因此对宇宙的理解和发现在几十年甚至上百年的或许都不会有大的突破。然而在距今400多年前,意大利科学家伽利略将那个简陋的望远镜指向天空,他从来没有想到这个小小的举动引发了对宇宙探索的深刻变革。从最初的2.5 cm口径望远镜,到目前最大10 m口径的光学望远镜,观测波段从最初狭窄的可见光扩展到从射电、红外、紫外到X射线和 $\gamma$ 射线全部电磁波段,观测手段从光子扩展到粒子,尤其新近探测到的引力波,打开了一个探索宇宙的新窗口,让我们看到不曾探索过的宇宙。

天文学是一门观测的学科,天文观测设备的先进程度决定着天文学的水平程度。令人欣喜的是,中国在过去的十几年中,望远镜硬件技术和空间技术逐步提高,建成了世界最大口径的500 m射电望远镜,发射了中国第一颗X射线卫星,也有了精度很高的暗物质探测卫星,这些不同类型的望远镜或探测器都在逐步弥补中国与世界天文发现和研究的差距。

在这些天文利器的帮助下,宇宙探索向着更深更大的方向发展,天文探索也是日新月异,在此,本文遴选2017年天文学领域的5项热点研究和4个大型天文设备进行盘点,并对未来前景进行了展望。

收稿日期: 2017-12-24; 修回日期: 2018-01-04

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFA040080X); 国家自然科学基金重点项目(1133305); 中国科学院空间科学战略性先导科技专项项目(XDA15052100); 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB23040000)

作者简介: 苟利军, 研究员, 研究方向为高能天体物理, 电子信箱: lgou@nao.cas.cn

引用格式: 苟利军, 辛玲, 孙媛媛. 2017天文学热点回眸[J]. 科技导报, 2018, 36(1): 63-71; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.01.007

## 1 研究进展

### 1.1 LIGO 黑洞探测成常态并获 2017 年诺贝尔物理学奖, 开启多信使天文学时代

2017 年天文学的绝对热点必然还是属于引力波。引力波继续延续着之前的探测神话, 不仅发现了更多的黑洞天体, 使得 LIGO 团队的创始人毫无悬念地获得了 2017 年诺贝尔物理学奖。与此同时, 中子星合并引力波和电磁对应体的直接联合探测, 更是开启了引力波多信使天文学, 再次掀起了引力波的更大热潮。

2016 年 2 月, 美国国家科学基金会宣布第一例引力波事件被 LIGO 在 2015 年 9 月直接探测, 这次发现不仅确认了黑洞的存在, 看到一个前所未见的宇宙, 更重要的是打开了一扇新的观测窗口。自从其宣布被直接探测到的那一刻起, 引力波获得诺贝尔奖的呼声随之响起。尽管最早的几位创始人在 2016 年几乎拿遍了所有的大奖, 但遗憾的是, 2016 年的诺贝尔奖并没有被授予引力波。2017 年, LIGO 联合 VIRGO 有条不紊地公布了几次探测到新的黑洞合并事件<sup>[1-2]</sup>。随着 LIGO/VIRGO 探测黑洞合并事件的常态化, LIGO 的几位创建者也获得了 2017 年的诺贝尔物理学奖。

尽管引力波为探测宇宙打开了一个新的窗口, 只有引力波探测器和目前成熟的电磁波望远镜结合在一起才能发挥更大效用。不过遗憾的是, 因为双黑洞合并不会产生电磁辐射, 所以拥有着众多强大探测能力的电磁波望远镜在此发现中发挥不了作用, 因此天文学家更是期盼着探测到另外一种引力波源——双中子星合并。此类事件不仅会有引力波产生, 并且伴随很强的电磁波产生。原本这一事件预计在 2020 年可以看到, 然而就在 VIRGO 加入 LIGO 联合观测的 2017 年 8 月 17 日, 这两组望远镜就探测到了来自于这个系统的信号<sup>[3]</sup>。此后的几十天中, 吸引了全球众多的望远镜进行观测。

2017 年 8 月 17 日, 分布在全球各地的天文学家获得一个消息, LIGO 和 VIRGO 探测器探测到了一个持续 100 s 左右的新引力波信号, 其形式与 2 个中子星的并合相一致。GW170817 引力波信号到达之后大约 1.7 s, 美国国家航空航天局(NASA)的费米卫星搭载的伽玛暴监测器(GBM 和欧洲 INTEGRAL 望远镜搭载的 SPI-ACS 探测器均探测到一个暗弱的短时标伽马射线暴, 并将其命名为 GRB170817A)<sup>[3-4]</sup>(图 1)。因为时间和空间的一致性, 被认为是跟引力波事件成协。在得知这一

令人振奋的消息几分钟内, 世界各地的望远镜就开始了忙碌的观测。智利的 Swope 望远镜是第一个在星系 NGC4993(位于南半球的长蛇座)中报道观测到明亮的光学源, 被初定认为是其光学对应体, 编号为 AT2017gfo/SSS17a。其他几个团队在接下来的几分钟到几小时内独立地探测到了这个源, 从而加以确认。之后的几周内, 天文学家在光谱不同波段上(X 射线、光学和射电等)都投入了可能的观测设备, 对那一区域进行观测。这些观测对这一灾变性事件提供了从并合前约 100 s 到并合后数周的全面描述。尽管此源发生在南天区, 中国的 HXMT“慧眼”卫星和南极巡天望远镜 AST3 还是有幸参加了这次科学发现的盛事, 其中 AST3 对其光学对应体进行了 10 多天的追踪观测, 得到了重要的光学数据观测。

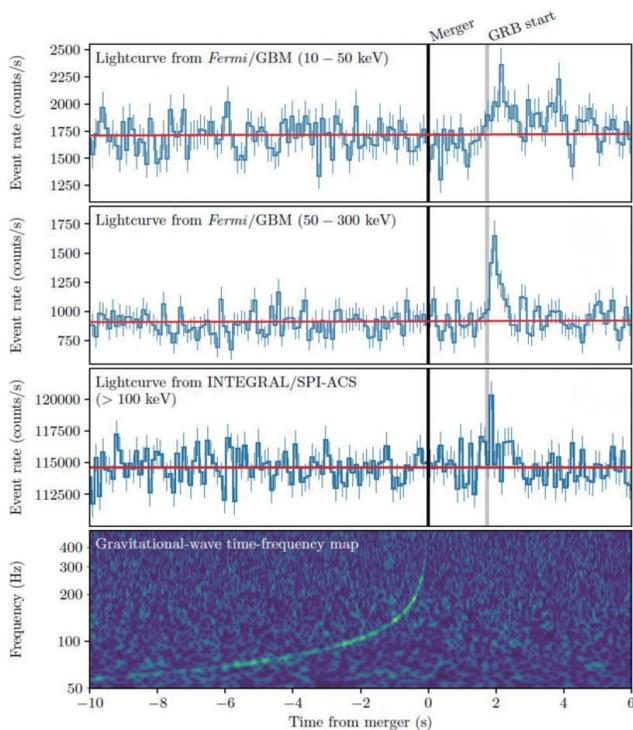


图 1 LIGO 引力波信号结束的时间和伽玛暴的开始时间相差大约 2 s  
(图片来源: LIGO-VIRGO)

引力波和电磁波的联合观测不仅促使 100 余篇文章发表(包括 1 篇由全球 953 家科研机构的 3674 名研究人员联合撰写的发现性论文), 也产生了许多重要的科学结果。这次观测确认了短伽玛暴的起源问题<sup>[5]</sup>(图 2): 产生于 2 个中子星并合, 确认了理论预言的千新星, 同时也帮助确认了双中子星合并是重金属来源的一个主要方式, 还独立测量了宇宙膨胀速度。因此引力波

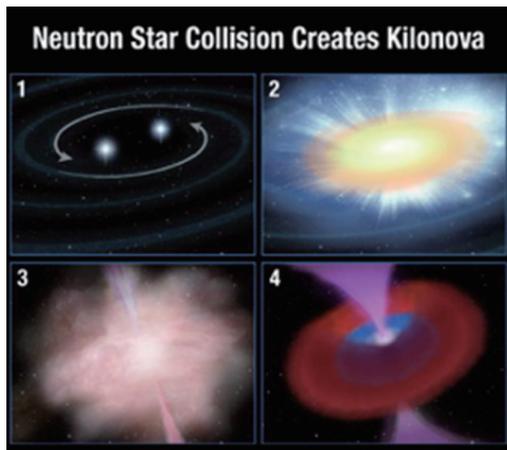


图2 双中子星旋近,最终合并产生千新星的过程  
(图片来源:LIGO-VIRGO)

和电磁波联合必将对于宇宙学研究产生深远影响。400年前伽利略将望远镜指向天空,从而改变了人们认识宇宙的方式。而引力波结合目前成熟的电磁波探测方式,也必将开启一个新的观测时代。

## 1.2 发现7颗类地行星,3颗处于宜居区

2017年2月23日NASA公布了一项令人既吃惊又兴奋的新发现<sup>[4]</sup>:科学家通过斯皮策红外太空望远镜,利用凌星法,在距离地球39光年的区域,首次在恒星TRAPPIST-1周围发现7个地球大小的行星,更重要的是,其中3颗行星位于宜居带内<sup>[6]</sup>(图3)。

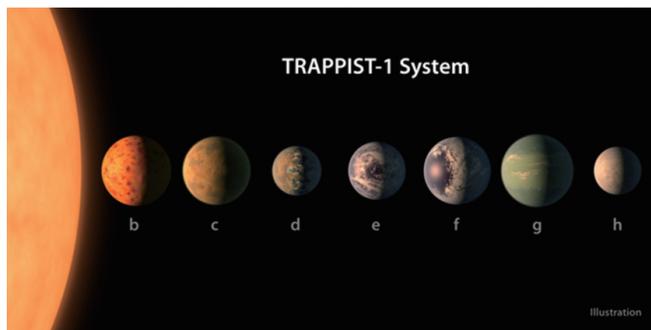


图3 TRAPPIST-1系统图  
(图片来源:NASA)

如果能够找到地外生命,这将是人类历史上最为伟大的一项发现。自20世纪50年代的费米悖论开始,科学家就通过科学方式追寻着这个目标。随着探测技术的进步,第一颗系外行星在20世纪90年代初被发现。而在过去的几年中探测技术日臻成熟,在太空卫星的帮助下,发现系外行星的数目激增,天文学家已经发现了3724颗系外行星(截至2017年12月24日)。作为寻找地外生命的第一步,首先是寻找可能支撑生命存在的行星,也就是宜居区内的行星。截至目前,仅发

现了10多颗宜居区内的系外行星。而这10多颗中的有3颗是2017年在恒星TRAPPIST-1周围发现的。

确认行星本身的存在和数量比较容易,而确定行星的构成则相对比较困难,需要对行星的质量和半径进行测量后,才有可能做出估计。对于目前探测到的绝大多数系外行星而言,因为质量和半径不易测量,因此很难最终确定行星的构成。

在此次新发现的七星系统中,7颗行星距离恒星TRAPPIST-1都非常近,行星运行的轨道平面又非常适于观测,天文学家才有机会确定这些行星的性质。这7颗行星与它们母星的距离如果以太阳系做类比的话,这7颗地球大小的行星都被压缩在水星的轨道之内。最近的一颗行星TRAPPIST-1b,差不多只有地球到太阳距离的1/100,水星到太阳距离的1/30;最远的行星TRAPPIST-1h,也只有水星到太阳距离的1/6。正是因为距离甚近,7颗行星的公转周期很短——最短的1.5 d,最长的也只有20 d。天文学家在利用美国斯皮策红外望远镜对这一系统进行了持续20 d的观测后,就很好地了解了所有这些行星的基本性质。当然,因为老七最远,观测时长和它的转动周期差不多,因此天文学家在这20 d里对它的了解是最少的。

无论如何,这一发现刷新了太阳系外围绕一颗恒星运行的宜居行星数量。在此前发现的10多个宜居类地系统中,每个系统中都只有1颗宜居行星。而这一次,在一个系统中找到3颗宜居行星,是前所未有的。这是目前宜居行星最多的系统,即使在太阳系,包括可能的火星,也只有2个宜居行星。麻省理工学院教授Sarah Seager说,“从无到有(指此次在一个恒星周围存在多个类地系统的发现)通常困难重重,但从1到更多会相对更容易。”此次多个类地行星系统的发现,或许会为地外生命的探寻开辟一个新的方向,让我们期待来年更多的发现<sup>[7]</sup>。

## 1.3 找到首颗奇特超新星,最近至少爆发5次

超新星是恒星死亡时所产生的剧烈爆发,在宇宙中极为普遍。目前探测到的所有超新星都是只有一次爆发,然而在2017年11月《Nature》发表的一篇文章<sup>[8]</sup>,观测到了一个非常奇特的超新星,这颗超新星至少爆发了多达5次,这是前所未有的。

这颗超新星最早由美国的iPTF团队所发现,根据发现时间被命名为iPTF14hls。然而这个超新星被探测到之时,已经处于亮度下降的阶段,所以当时并没有引

起该团队的重视,也没有公开数据。之后这个超新星也分别被其他2个不同的团队在巡天项目中独立发现,其中一个清华大学教授王晓峰的超新星巡天团队,他们利用中国科学院国家天文台兴隆观测站80 cm的TNT望远镜在2014年11月14日发现了此超新星。然而在探测到之后不久,他们注意到此超新星亮度开始上升,这是前所未有的(图4)。



图4 超新星 iPTF14hls 爆发想象图  
(图片来源:NASA)

2015年1月,王晓峰团队进一步利用中国科学院国家天文台兴隆观测站的2.16 m光学望远镜对此超新星进行了一系列光谱观测,得到了此超新星最早的几条光谱,并且发表在《国际天文学通报》杂志上。此超新星的光谱表现出很强的P Cygni线,这是一个由运动气体的吸收和发射共同导致的谱线。根据此特征,这个超新星被分类为IIP型,也就是富氢的大质量恒星核塌缩超新星。IIP型的超新星很普遍,并不是特别有趣。对于这个超新星最为异常的是,通常的超新星只爆发一次,在光变曲线上只有一个峰值,而对于这颗超新星结果发现了多个峰值,达5个,这是目前发现的唯一一例。

通过对此超新星抛射物质速度的监测,从而推断出抛射物质的质量至少是大于45个太阳质量。对于此超新星的多次爆发并没有一个很好的解释,目前有科学家倾向于 pulsational pair-instability supernova,但是并没有定论,对于它的理解肯定会改变我们对于超新星的认识。

更有意思的是,天文学家在之前的Palomar的巡天数据中看到,这颗超新星早在1953年时就有过一次爆发,在1993年的另外一次巡天项目中就消失了,因此这颗超新星很早之前就有过类似的爆发。目前不知此超新星之后还会不会爆发,或许还有更大型的爆发在等着我们。

#### 1.4 “悟空”获得精度最高的电子宇宙射线能谱

暗物质是21世纪科学研究的重要疑难问题之一。

2015年底发射升空的暗物质粒子探测卫星“悟空”(DAMPE),在正常运行近2年后,于2017年12月公布首个物理结果,宣布其观测到高能能谱。比较有趣的是,“悟空”卫星首次直接测量到了电子宇宙射线能谱在~1 TeV处的拐折,该拐折反映了宇宙中高能电子辐射源的典型加速能力,其精确的下降行为对于判定部分(能量低于1 TeV)电子宇宙射线是否来自于暗物质起着关键性作用(图5<sup>[9]</sup>)。

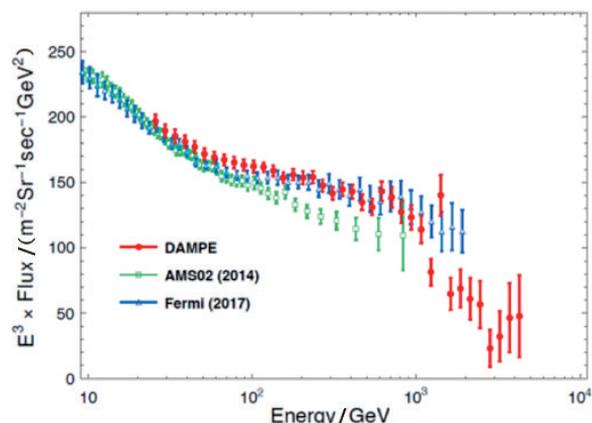


图5 “悟空”卫星得到的高精度宇宙射线电子能谱(红色)、美国费米卫星测量结果(蓝色)、丁肇中团队的阿尔法磁谱仪的测量结果(绿色)的比较  
(图片来源:中国科学院高能物理研究所)

暗物质的概念起源于20世纪30年代。加州理工学院教授弗里茨·兹威基(Fritz Zwicky)发现附近后发星系团中的星系运行速度很快,如果没有额外的物质提供引力,那么整个星系团早就应该分崩离析了。因此兹威基提出星系团中存在一种额外的物质,并将之命名为暗物质,但兹威基的这个想法当时并没有得到大家的重视。直到20世纪70年代,暗物质的概念才再次流行起来。这要归功于当时刚博士毕业的维拉·鲁宾(Vera Rubin)的工作。她发现仙女座星云中恒星的旋转速度在距离星系中心的任何距离上基本上都是相同的。此后,越来越多的其他天文证据(引力透镜、子弹星系团等)表明暗物质是存在的,目前天文学家倾向于相信暗物质在宇宙中存在。尽管如此,并且推算出暗物质的宇宙质量比例是正常物质的5倍之多,然而暗物质的组成问题却一直困扰着科学家。粒子物理学家提出多种暗物质粒子的候选体,例如WIMP、AXION等。而在这些候选粒子中,最简单的是WIMP粒子,这也是目前实验集中探索的目标。

暗物质探测的主要方式有上天、入地和对撞机。

就上天探测而言,WIMP的反粒子就是其本身,当它和其他WIMP发生碰撞时,会湮灭产生特定能量的高能光子或者电子正负对。这就是上天探测的原理。中国发射的“悟空”卫星就是用于探测高能光子和电子的能谱,从而希望发现可能的暗物质信号。

“悟空”卫星采用了中国科学院紫金山天文台自主提出的分辨粒子种类的新探测技术方法,实现了对高能(5 GeV~10 TeV)电子、伽马射线的“经济适用型”观测。“悟空”卫星的电子宇宙射线的能量测量范围比国外的空间探测设备(AMS-02,Fermi-LAT)有显著提高,拓展了观察宇宙的窗口;“悟空”卫星测量到的TeV电子的“纯净”程度最高(也就是其中混入的质子数量最少),能谱的准确性高。

“悟空”卫星的数据初步显示在~1.4 TeV处存在能谱精细结构。不过对于这个能谱精细结构,因为目前的置信度较低(低于 $3\sigma$ ),所以还有待以后的观测数据进一步确认。“悟空”卫星目前运行状态良好,正持续收集数据,一旦该精细结构得以确证,将是粒子物理或天体物理领域的开创性发现,或许到时真的有机会揭开暗物质的神秘面纱。

### 1.5 奥陌陌:首个星际访客

2017年10月19日,进行常规近地天体监测的泛星计划(Pan-STARRS)偶然发现了第一颗系外天体,极高的偏心率预示着其独特的来源<sup>[10]</sup>。

泛星计划是一台位于夏威夷毛伊岛哈雷阿卡拉天文台1.8 m口径的望远镜,希望通过全天的快速扫描,比较同一天区的不同时间图像,从而发现潜在的、新的近地天体。在发现可能的近地天体后,进一步计算运行轨道,并对可能对地球造成危害的天体提前做出反应预警。

根据现有的行星形成理论,恒星-行星系统在形成之初,会残留有大量的小行星,这些小行星在巨行星向内移动的过程中会与之相互作用,很大一部分会被散射出恒星-行星系统,在经历漫长的飞行后进入其他恒星-行星系统。理论学家已经预测太阳系中存在着很多来自于其他系统的小天体,尤其是彗星,并为之寻找了几十年。但是因为绝大多数很小,或者距离地球比较远,很难被发现。

此系外天体是由夏威夷大学天文系博士后Rob Weryk所发现,之后利用更大口径的望远镜追踪观测表明,此天体的轨道非常极端:双曲线轨道偏心率达到了

1.19,这是目前已知最高的。如此高的偏心率表明这是一个来自于太阳系之外的天体,是目前为止发现的第一个。

首次发现源自太阳系外的天体,不管是科学家还是大众,都非常兴奋。根据发现时间和类别,被国际天文学联合会(International Astronomical Union)给予了一个永久的科学名字1I/2017 U1,“1I”中的字母“I”表示星际天体,“1”是此类天体中的第一个。除科学名称外,还有一个昵称,作为此天体的发现者,泛星计划望远镜的科学家用夏威夷当地的土语为它命名“Oumuamua”,意思是“第一位来自远方的使者”,它的中文名也被全国科学技术名词审定委员会天文学名词审定委员会确定为“奥陌陌”<sup>[11]</sup>(图6)。



图6 “奥陌陌”外观想象图

(图片来源:ESO/M Kornmesser/PA)

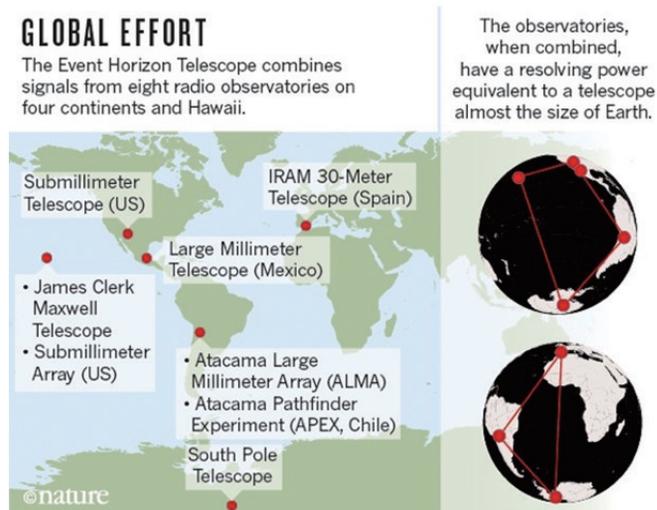
利用大型望远镜观测表明此天体并没有晕,所以排除了彗星的可能性。其他的更多观测对此天体的形状也做出了限制,发现它呈现一个雪茄状,大约长400 m,宽40 m,颜色偏红,具有固态表面,不能确定是岩石还是金属构成。对于它的形状也是让人非常困惑,因为到目前为止,没有在太阳系内发现过此类形状的小行星。按照现有的观测和计算结果,此天体在2017年9月9日达到了近日点,以约40 km/s的速度离开太阳系,并于11月1日经过了火星轨道上空。因为此天体很小很暗,对它的观测将持续到2017年12月中旬,在此之后,由于太暗的缘故,即使使用地球上最大口径的望远镜,也很难再观测到了。

## 2 天文仪器

### 2.1 视界面望远镜首次进行黑洞成像观测

对于黑洞的形象,即使对于做了几十年黑洞研究的科学家,也不是很确定。不过2017年上半年,科学家

们终于为黑洞拍下了第一张真正的照片。在4月5—14日,由麻省理工学院科学家联合全球30多个研究所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<sup>[12]</sup>(图7<sup>[13]</sup>),人类或将第一次看到黑洞的视界。这个虚拟的望远镜网络被称为“视界望远镜”(event horizon telescope, EHT),其有效口径尺寸将达到地球直径大小,它由两个相距最远的望远镜距离决定。



红点表示望远镜所在地

图7 望远镜全球分布示意

黑洞,一个连光都难以逃脱的天体,自从被广义相对论在1916年理论预言,人们就一直对它充满了好奇。20世纪60年代天鹅座黑洞X-1的偶然发现,成为黑洞的第一个候选体。到目前为止,天鹅座X-1黑洞已经被确认,并且已经发现了许多其他的黑洞。根据黑洞质量的大小,天文学家将之划分为恒星量级的黑洞和超大质量的黑洞。天鹅座X-1黑洞就是恒星量级黑洞的经典代表,而银河系中心的黑洞Sgr A\*是超大质量黑洞的代表。

黑洞自身不发光,难以直接探测,科学家通常采用“曲线救国”方式,即利用观察周围恒星的运动来测量质量,如果超过一定质量或者在狭小的空间之内质量过大,就可以判断其为黑洞,然而最为确定的方式是直接观测到黑洞。

视界望远镜此次观测目标主要有两个,一是银河系中心黑洞Sgr A\*,二是位于星系M87中的黑洞。之所以选定这两个黑洞作为观测目标,是因为它们的视界在地球上看起来是最大的。其他黑洞因为距离地球更远或质量大小有限,观测的难度更大。

要想看清楚两个黑洞视界面的细节,视界望远镜的空间分辨率要达到足够高,需比哈勃望远镜的分辨率高出1000倍以上。科学家之前可以利用单个望远镜实现黑洞周围恒星位置的测量,但是相较于恒星与黑洞之间的距离尺度(约在光年尺度以上,1光年=9.5×10<sup>12</sup> km),视界面的尺度太过微小(至少小10<sup>5</sup>倍),因此利用单个镜面很难完成。为增强空间分辨率,需采用“干涉”技术,即利用多个位于不同地方的望远镜在同一时间进行联合观测,最后将数据进行相关性分析后合并,这一技术在射电波段已相当成熟。在这种情况下,望远镜的分辨率取决于望远镜之间的距离,而非单个望远镜口径的大小,因此视界望远镜的分辨率相当于一部口径为地球直径大小的射电望远镜的分辨率。

根据视界望远镜项目组成员、马普射电天文研究所所长Michael Kramer所言,“所有观测结果都很好,而且南极观测数据也已经拿到”。因为视界望远镜要处理的数据量巨大,为黑洞“洗照片”的耗时恐怕有些漫长,黑洞的面貌究竟是否真如作家、艺术家或电影导演所呈现的那般,让我们期待2018年。

## 2.2 “慧眼”卫星发射成功,开启中国X射线天文学时代

2017年6月15日上午11时,中国第一颗X射线天文卫星“慧眼”(HXMT)从酒泉卫星发射中心顺利升空(图8<sup>[14]</sup>)。



图8 HXMT卫星发射升空

由于地球大气的吸收,对天体X射线的观测只能在大气层之上进行。自1970年世界首颗天文X射线卫星Uhuru发射以来,人类至今共发射了50多台X射线天文望远镜,如NASA的Chandra和欧洲航天局的XMM-Newton。中国由于技术和经费原因,HXMT的研制过程异常艰辛。如今在科学家20多年的不懈努力之下,“慧眼”上天,中国X射线天文学时代终于到来。

“慧眼”又名硬X射线调制望远镜(hard X-ray modulation telescope, HXMT),主要载荷包括高能X射线望远镜(能区20~250 keV,面积5000 cm<sup>2</sup>)、中能X射线望远镜(5~30 keV,952 cm<sup>2</sup>)、低能X射线望远镜(1~15 keV,384 cm<sup>2</sup>)和空间环境监测器,利用简单成熟的准直型望远镜实现高灵敏度快速成像。科学目标是进行X射线银盘巡天,对可能的黑洞、中子星等X射线源进行定点研究,同时对遥远的宇宙学距离上的伽马射线暴进行监测。

“慧眼”发射后,科学家对它进行了详细全面的在轨测试工作。经过5个月的测试,HXMT卫星和有效载荷的各项功能、性能均符合研制总要求,有效载荷工作原理和科学应用系统得到验证,取得了初步科学成果。尤其是参与了轰动全球的双中子星并合产生引力波及电磁对应体事件的探测,对其伽马射线电磁对应体在百万电子伏特能区的辐射性质给出了严格的限制,为理解该引力波事件做出了积极贡献<sup>[5]</sup>。

意大利费拉拉大学教授Filippo Frontera认为,“HXMT卫星不仅能够探测很宽的能量区间,而且具有较高的灵敏度。它还可以探测伽马射线暴等神秘的天体现象。它的直接解调技术此前从未在天体物理实验中使用过。HXMT必将在中国高能天体物理学的发展中起到及其重要的推动作用。”

作为“慧眼”主要研发单位的中国科学院高能物理研究所称,2017年11月底,该卫星在轨测试工作已按计划圆满完成,将在年内完成交付。接下来将转入科学研究工作,并建立国际科学委员会,加强国际合作。

继“慧眼”之后,中国科学家已经开始着手研制其他项目的X射线卫星,包括在软X射线波段巡天的爱因斯坦探针卫星(Einstein Probe)和专门用来进行伽马射线暴监测的SVOM卫星。此外,下一代旗舰型望远镜——增强型X射线时变与偏振探测卫星(enhanced X-ray timing and polarimetry, eXTP)也在积极准备申请中,其巨大的探测面积和高精度的时间分辨率将帮助科学家看到更精细的天体结构和发现更多的天文现象。

### 2.3 别了,卡西尼!

美国东部时间9月15日上午7时45分,“卡西尼号”(Cassini)探测器最终坠落在土星的大气层中(图9),自此结束了它20年的太空征程和13年的土星探索时期。因为距离遥远,当NASA接收到最后信号时,“卡西尼号”实际已经消失83分钟<sup>[16-17]</sup>。



图9 “卡西尼号”坠落想象图  
(图片来源:NASA)

该探测器20年间22次穿越土星与土星环之间,收集重要数据并拍下珍贵照片,总共向地球传回635 GB科学数据、执行了250万条指令,围绕土星轨道近300次,发现了6个卫星,并为泰坦(土卫六)海底可能存在海洋提供了证据。

“卡西尼号”是“卡西尼-惠更斯号”探测器的一个组成部分。“卡西尼-惠更斯号”是美国国家航空航天局、欧洲航天局和意大利航天局的一个合作项目,携带了27种最先进的科学仪器设备,主要任务是对土星系进行空间探测。“卡西尼号”探测器以意大利出生的法国天文学家卡西尼的名字命名,其任务是环绕土星飞行,对土星及其大气、光环、卫星和磁场进行深入考察。而搭载的“惠更斯号”是用来探测土星最大卫星土卫六的探测器。

1997年10月15日,“卡西尼-惠更斯号”从美国的卡纳维拉角发射升空。从地球到土星,“卡西尼号”飞了7年。借助引力弹弓效应,先后两次掠经金星(1998年4月和1999年6月)、一次掠经地球(1999年8月)、一次掠经木星(2000年12月),最终抵达土星。不过,这样借力飞行,提高了探测器的飞行速度,所以最终并未更加耗时,且大大节省了燃料。

“卡西尼号”从2004年进入土星轨道以来,已经运行了13年,飞掠泰坦多达127次。而随“卡西尼号”一起的“惠更斯号”在2005年登陆泰坦,收集到了这颗土星卫星的第一手数据,土卫六是太阳系中的第二大卫星,因为其表面分布着大量液态烷烃,被怀疑可能存在生命。美国国家航空航天局猜测液态烷烃的海洋能够支持生命,因为在地球早期也有类似的大气成分,嗜好烷烃的生命有可能在那儿生存。

“卡西尼号”原计划在2008年就达到了它的设计寿命,2017年“卡西尼号”携带的燃料所剩无几,已经没有能力来改变它的飞行轨道。为了避免失去动力的飞船

撞向土星的卫星,破坏后续的探测任务,因此NASA选择让它坠入土星大气层自毁。“卡西尼号”以极超音速进入土星大气层,短短几分钟内便会熔化,化为灰烬。因为探测器不会有任何大的有机分子幸存,而且土星并不是一颗宜居性星球,这也是NASA决定让“卡西尼号”坠毁土星的原因。

尽管“卡西尼号”已坠毁,它的2个继任者已经在筹备当中,即将探索稍微靠近的木星系统。欧洲航天局的“果汁”(JUICE)任务将于2022年发射,探索木星和木卫三系统。同年,美国国家航空航天局将利用新型超级运载火箭SLS发射“欧罗巴快帆号”。这项任务投资20多亿美元,将45次近距离飞跃木卫二欧罗巴,研究这颗卫星的宜居性。

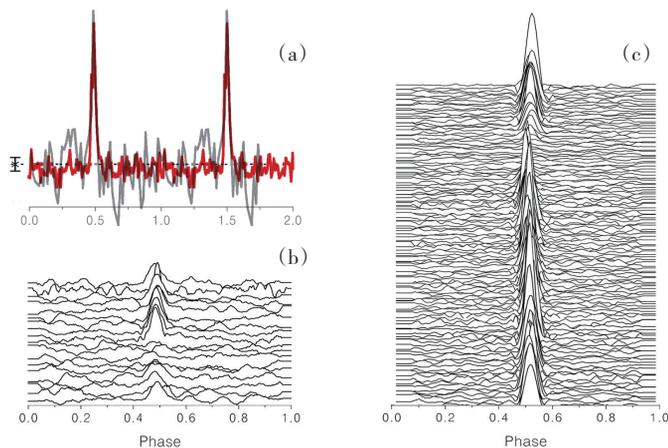
## 2.4 FAST首次探测到脉冲星

2017年10月10日,中国科学院国家天文台公布了500 m口径球面射电望远镜(five-hundred-meter aperture spherical radio telescope, FAST)在竣工后1年取得的首批成果<sup>[18]</sup>,包括探测到数颗优质脉冲星候选体,其中2颗已通过国际认证。这不仅是中国历史上首次利用自行研制的天文学设备探测到脉冲星,也表明望远镜调试进展超过预期,在1年内实现了基本观测功能。

位于中国贵州省平塘县克度镇大窝凼喀斯特洼坑的FAST又称“中国天眼”,是目前世界最大、灵敏度最高的单口径射电望远镜。由4450块反射面板单元、6670根主索、2225根下拉索和2225个促动器组成的主动反射面系统,接收面积相当于30个足球场大小,比此前最大、被誉为人类20世纪十大工程之首的美国Arecibo望远镜(300 m口径)的灵敏度还要高2倍多。基于3项全部中国知识产权的自主创新——选址方法、索网主动反射面、柔性索结合并联机器人的馈源支撑,突破了射电望远镜工程极限。

如此庞大复杂的FAST,其建设和调试难度可想而知。FAST于2016年9月26日竣工,随后进行了调试、标定望远镜性能及试观测等工作,2017年8月27日,FAST首次实现跟踪观测,并稳定地获取目标源的信号。随后,又成功地实现了换源、编织扫描、跟踪等多种观测模式。至此,FAST完成了望远镜的功能性调试。

FAST团队正在通过国际合作,进一步利用后续观测系统认证FAST的发现。如FAST发现的脉冲星J1859-0131(又名FP1-FAST pulsar #1,图10),其自转周期为1.83 s,根据色散估算距离地球1.6万光年。它



(a) FP1 脉冲星的平均脉冲轮廓;(b) 多个单脉冲轮廓;

(c) FAST 脉冲星二号(FP2)的多个单脉冲轮廓。

图10 FAST望远镜发现的脉冲星结果

(图片来源:国家天文台)

由FAST于2017年8月22日在南天银道面通过漂移扫描发现,并于9月10日由澳大利亚64 m Parkes望远镜认证。截至2017年12月中旬,FAST发现优质脉冲星候选体的总数已达37颗,其中通过国际认证的9颗(在发布会之后的2个月内,有额外7颗得到认证)。

中国科学院国家天文台将在未来2年继续对FAST进行调试,以期达到设计指标,通过国家验收,实现面向全国学者的开放。同时进一步验证、优化科学观测模式,继续催生天文发现,力争早日将FAST打造成为世界一流水平望远镜设备。

## 3 结论与展望

2017年,天文事件精彩纷呈,不过最为突出的依旧是引力波,有设备才能有大发现,这也体现了天文学是发现型学科的本质。视界面望远镜观测成功,数据处理正在进行中,期望2018年得到人类历史上第一幅黑洞图像,能看到它的真实面目,着实令人兴奋。中国的HXMT“慧眼”卫星运行超乎想象的好,正式观测开始在即,也必将做出很多意想不到的发现。FAST在2018年3月即将对收集信号的馈源做出升级,从现有的一个像素更新到19个馈源,这样会使观测效率大为提高,因此可以预计无论是从发现脉冲星或者做出其他发现的速度将会得到大大加快。另外暗物质探测卫星“悟空”运行状态也很好。可以看到中国的观测设备在迎头赶上,并且有超越之势。愿中国的天文设备能够顺利运行,发现更多的宇宙神秘现象。

## 参考文献(References)

- [1] Abbott B P, Abbott R, Abbott T D, et al. GW170104: Observation of a 50-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence at Redshift 0.2[J]. *Physical Review Letters*, 2017, 118(22): 221101.
- [2] Abbott B P, Abbott R, Abbott T D, et al. GW170814: A three-detector observation of gravitational waves from a binary black hole coalescence[J]. *Physical Review Letters*, 2017, 119(14): 141101.
- [3] Collaboration V. GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star inspiral[J]. *Physical Review Letters*, 2017, 119(16): 161101.
- [4] Collaboration V, Monitor G R B. Gravitational waves and gamma-rays from a binary neutron star merger: GW170817 and GRB 170817A[J]. *Astrophysical Journal*, 2017, 848(2): L13.
- [5] Kasen D, Metzger B, Barnes J, et al. Origin of the heavy elements in binary neutron-star mergers from a gravitational-wave event[J]. *Nature*, 2017, 551(7678): 80–84.
- [6] Gillon M, Triaud A H, Demory B O, et al. Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1[J]. *Nature*, 2017, 542(7642): 456–460.
- [7] 苟利军, 黄月. 人类首次发现7个类地行星含3个宜居星球[EB/OL]. [2017-12-20]. <https://mp.weixin.qq.com/s/loUoB4tOxpolPYEopLEtjw>.
- [8] Arcavi I, Howell D A, Kasen D, et al. Energetic eruptions leading to a peculiar hydrogen-rich explosion of a massive star[J]. *Nature*, 2017, 551(7679): 210–213.
- [9] Collaboration D, Ambrosi G, An Q, et al. Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons[J]. *Nature*, 2017, 552(7683): 63–66.
- [10] Meech K J, Weryk R, Micheli M, et al. A brief visit from a red and extremely elongated interstellar asteroid[J]. *Nature*, 2017, 552(7685): 378–381.
- [11] 苟利军. 来自太阳系外的神秘访客“奥陌陌”! [EB/OL]. (2017-11-24)[2017-12-25]. [https://mp.weixin.qq.com/s/3FW\\_7zd3cXYs4f6sGBmxTg](https://mp.weixin.qq.com/s/3FW_7zd3cXYs4f6sGBmxTg).
- [12] 苟利军, 黄月. 视界面望远镜: 为黑洞拍下史上第一张“照片”[EB/OL]. (2017-04-05)[2017-12-25]. <http://mp.weixin.qq.com/s/najM18MkeOQc0o16iyzXzQ>.
- [13] Castelvechi D. How to hunt for a black hole with a telescope the size of Earth[J]. *Nature*, 2017, 543(7646): 478–480.
- [14] 中科院高能所计算中心. 硬X射线调制望远镜“慧眼”从酒泉卫星发射中心发射成功[EB/OL]. [2017-12-25]. <http://www.hxmt.org/index.php/9-zxxx/203-ls>.
- [15] Li T P, Xiong S L, Zhang S N, et al. Insight-HXMT observations of the first binary neutron star merger GW170817[J]. *Science China Physics Mechanics & Astronomy*, 2018, 61(3): 031011.
- [16] Witze A. Cassini's 13 years of stunning Saturn science in pictures[J]. *Nature*, 2017, 548(7669): 513–516.
- [17] 辛玲. 别了, 卡西尼[EB/OL]. (2017-09-15)[2017-12-25]. [http://mp.weixin.qq.com/s/s55Z20m480K8ldWj\\_T8lsQ](http://mp.weixin.qq.com/s/s55Z20m480K8ldWj_T8lsQ).
- [18] 中国科学院国家天文台. 国家天文台举办FAST首批成果新闻发布会[EB/OL]. (2017-10-10)[2017-12-25]. [http://www.bao.ac.cn/xwzx/zyxw/201710/t20171010\\_4871382.html](http://www.bao.ac.cn/xwzx/zyxw/201710/t20171010_4871382.html).

## Top astronomy events in 2017

GOU Lijun<sup>1,2</sup>, XIN Ling<sup>3</sup>, SUN Yuanyuan<sup>4</sup>

1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China
2. College of Astronomy and Space Science, University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Editorial Office of the Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
4. Editorial Office of National Astronomy Magazine, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China

**Abstract** Astronomy is a field full of discoveries. The year 2017 witnessed a lot of new discoveries and achievements. In this article, we list 9 top events, in two main categories: Research progress and development of astronomy instruments. The research progress ranges from the detection of neutron star merger to the discovery of habitable exoplanets and the strangest supernova explosion, as well as the most accurate cosmic-ray spectrum measured by China's DAMPE satellite and the first interstellar object, 'Oumuamua. The development of instruments includes the observation of Sgr A\* by the event horizon telescope, successful launch of China's first X-ray satellite, HXMT, the grand finale of Cassini, and the news release from the FAST telescope. These new telescopes have been running well and we expect them to produce more interesting results in the years to come.

**Keywords** gravitational waves; DAMPE; 'Oumuamua; HXMT; Cassini; FAST ●



(责任编辑 傅雪)