

2020年天文学热点回眸

赵雪杉^{1,2}, 黄京一¹, 苟利军^{1,2*}

1. 中国科学院国家天文台, 北京 100012

2. 中国科学院大学天文和空间科学学院, 北京 100049

摘要 从天文设备和科学研究两大方面,回顾了2020年天文学热点事件和研究进展。在这一年,火星正值大冲之年,火星探测迎来新高潮,“嫦娥五号”成功实现月球挖土,“老将”阿雷西博望远镜宣告“退役”,“中国天眼”FAST接过接力棒,在揭秘快速射电暴产生机制方面做出贡献,LIGO/Virgo引力波探测器硕果累累,明亮的新智慧星划过北半球的天空,金星生命信号引起学界争议,eROSITA和盖亚卫星分别绘制了新的银河系精细地图等一系列天文事件精彩纷呈,重大发现层出不穷。

关键词 嫦娥五号;引力波;黑洞;快速射电暴;FAST;小行星

天文是一门基于观测的学科,天文设备的改进和发展带动天文理论研究、理论上的进步和突破又反过来指导观测。回眸2020年,尽管新型冠状病毒肺炎疫情的阴云笼罩着全球,天文学仍然在稳步发展,人类并没有停下探索宇宙的脚步,基础研究、空间探测等各领域都取得了重大突破。2020年恰逢火星探测的窗口期,包括中国在内多国的探测器竞相奔赴火星。“嫦娥五号”成功完成月球采样,带回1731 g月球样品,为中国的探月三期工程画下圆满的句号。在这一年,小行星探测领域热点频频:科学家再次发现“迷你月球”;“隼鸟2号”(Hayabusa 2)成功运回龙宫样本;“奥西里斯王号”(OSIRIS-

Rex)登陆贝努小行星,目前顺利取得地面样本;青海火球事件的“罪魁祸首”原来是一颗近地小行星。“服役”57年的阿雷西博望远镜因坍塌而宣告退役,但中国天眼FAST正值“当打之年”,在快速射电暴(fast radio burst, FRB)领域取得令人瞩目的成绩。eROSITA望远镜发布了X射线银河系全景图,盖亚(Gaia)卫星绘制了高清的银河系3D地图。LIGO/Virgo引力波探测团队的成果稳步增加,中等质量黑洞、挑战对不稳定性预言的黑洞等特殊天体陆续被发现,填补了人类知识的空白,也敦促我们审视现有的恒星演化理论,推进人类的认知边界。金星大气中探测到的生命信号磷化氢激起了热烈的

收稿日期:2020-12-11;修回日期:2020-12-31

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFA0400804);国家自然科学基金项目(U1838114);中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB23040100)

作者简介:赵雪杉,博士研究生,研究方向为恒星级黑洞的基本性质,电子信箱:xszhao@nao.cas.cn;黄京一(共同第一作者),六级职员,研究方向为国际传播、科学传播,电子信箱:jyhuang@nao.cas.cn;苟利军(通信作者),研究员,研究方向为恒星级黑洞的基本性质,电子信箱:lgou@nao.cas.cn

引用格式:赵雪杉,黄京一,苟利军. 2020年天文学热点回眸[J]. 科技导报, 2021, 39(1): 44-53; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.01.003

讨论。在这个多信使天文学的时代,除了电磁波之外,中微子也是观测宇宙的信使之一。太阳碳-氮-氧(CNO)循环产生的中微子对探索太阳内部性质、推断金属丰度有所助益。本文从天文设备和科学研究两方面入手,对2020年天文学发展的重大事件进行回顾和盘点。

1 天文设备

1.1 再启火星探测新高潮

火星和地球比邻,曾经被认为是太阳系中和地球环境很相似的行星,同处于太阳系宜居带,一向是天文学家的研究重点。由于地球公转周期为365天,而火星公转周期为687天,每隔约26个月两行星之间的距离达到最小值,在两个行星距离最近之前的某段时间内发射火箭,将大大缩短发射距离,节省发射燃料,压缩发射成本,提高成功率。2020年7—8月恰逢火星探测的窗口期,多国的火星探测器相继奔赴火星,开启了火星探测的新高潮。2020年7月20日,阿联酋“希望号”火星探测器首先搭乘三菱重工H-IIA火箭于日本种子岛宇宙中心发射升空^[1]。这是阿联酋乃至阿拉伯国家的首个火星探测器,旨在采用环绕火星的方式研究火星的大气环境、气候变化,可谓是火星的气象卫星。7月30日,美国的“毅力号”火星探测器于佛罗里达州卡纳维拉尔角空军基地成功发射,它的研究重点是火星上是否存在生命^[2]。值得一提的是,美国的火星车上还搭载了一个无人直升机。在火星车最终降落之后,在合适的时间,无人机将尝试在火星上飞行,这将是人类第一次在地球之外的另一个星球进行的飞行尝试。由于疫情原因,原定于今年发射的欧洲-俄罗斯联合项目ExoMars 2020则被推迟到2022年8—10月发射,它将从火星地下2 m深处进行取样,搜寻或许存在的远古生物信息。

7月23日12时41分,中国自主发射的首个火星探测器“天问一号”搭乘长征五号遥四运载火箭于文昌航天发射场发射升空^[3]。在经历2000多秒的飞行后,探测器和火箭分离,成功进入地火转移轨道(图1^[4])。截至12月14日,“天问一号”已在轨

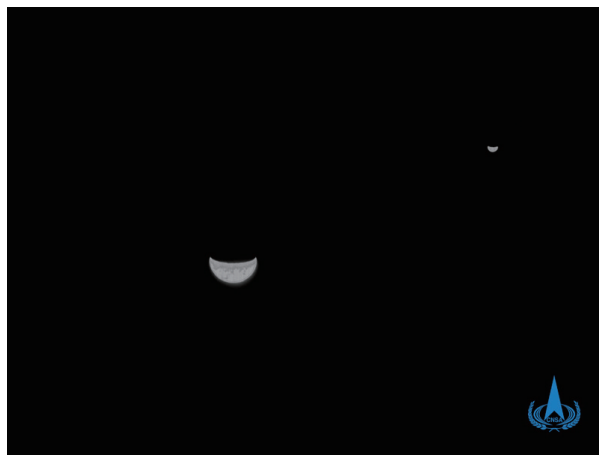


图1 2020年7月27日“天问一号”拍摄的地月合影

飞行约3.6亿km里程,目前距火星约1200万km,完成了3次轨道中途修正及1次深空机动、载荷开机自检等工作,飞行状态良好,预期将于2021年2月10日入轨火星,5月中旬着陆火星^[5]。此次探测任务将一次性实现“环绕、着陆、巡视”3项目标,是之前所有火星任务中未曾有过的。“天问一号”火星车(即巡视器)上搭载了地形相机、表面磁场探测仪、表面成份探测仪、次表层探测雷达、多光谱相机、气象测量仪等13台科学仪器,当它登陆火星后,将从多个角度全方位探测火星表层地貌、地质结构、物质组份、磁场环境、火星大气环境、电离层等信息,搜寻水和生命迹象,并对重点区域进行精细探测,帮助我们综合、深入地认知这颗红色星球^[6]。

1.2 “嫦娥五号”带回月球样品

2020年11月24日4:30,长征五号运载火箭搭载着“嫦娥五号”月球探测器于海南文昌航天发射场成功发射。“嫦娥五号”完成了“绕、落、回”三步走中的最后一步,实现了中国首次对月球表面无人采样并返回,是中国探月工程三期的收官之作。

12月1日23:00,“嫦娥五号”成功在月球正面预选着陆区实现软着陆,开始进行月面工作。“嫦娥五号”选择了全新的采样点,位于纬度43°的风暴洋东北角的玄武岩区域(此前美国、苏联的采样点都选择了纬度30°附近)^[7]。12月2日22:00,探测器通过机械臂表取和钻具钻取两种方式完成月球表面自动采样,并对样本进行封装^[8]。12月3日23:00,“嫦娥五号”的上升器实现月面点火,携带着月球样

品进入环月轨道,踏上返家之路。12月17日,轨道器与返回器分离,后者顺利着陆于内蒙古四子王旗着陆场(图2^[9]),并于当日上午8时左右被吊运至朱日和机场,之后被转运至北京。12月19日上午,“嫦娥五号”采集到的共计1731 g月球样品被移交位于中国科学院国家天文台的国内首个月球样品实验室,用于后续的科学研究工作^[10]。



图2 “嫦娥五号”返回器成功着陆

“嫦娥五号”任务已经圆满完成,中国成为继美国、苏联之后,第3个实现月面采样的国家。嫦娥工程后续规划的项目还有“嫦娥六号”“嫦娥七号”“嫦娥八号”等,预期将承担月球南极采样返回、月球南极综合探测、探索建设月球科研基地可能性等任务^[11]。

1.3 巨人阿雷西博射电望远镜正式“退役”

2020年12月1日,位于美国波多黎各的阿雷西博射电望远镜(Arecibo Radio Telescope)因馈源平台的突然坠落而被迫宣布“退役”(图3^[12])。这台望远镜的衰落似乎有迹可循,自建成以来,它数次经历了飓风、地震等自然灾害。2006年之后,由于经费不足等原因,许多日常维护工作无法正常开展。自2020年1月起,阿雷西博射电望远镜先是经历了地震,在8月和11月又先后经历了2次缆线故障,12月1日,3个支撑塔全部断裂,重约900 t的馈源平台直接坠落到下方的反射面上,导致望远镜彻底损坏^[13-14]。

阿雷西博望远镜于1963年建成运行,口径为305 m,建设在喀斯特地貌天然形成的洼地中,底部的反射面不能移动,通过移动馈源平台对天空中的带状区域进行扫描^[15]。直至2016年9月被称为



图3 坍塌的阿雷西博望远镜

中国天眼的500 m口径球面射电望远镜(FAST)建成之前,阿雷西博望远镜一直都是世界上最大的单口径射电望远镜。在阿雷西博望远镜“服役”的57年里,它凭借强大的灵敏度,为天文学、物理学领域做出了杰出的贡献,取得了许多举世瞩目的成果,功勋卓著:1965年它确定出水星的自转周期约为58.6天^[16];1974年发现了第一个脉冲星中子星双星系统^[17];1982年发现了第一颗毫秒脉冲星^[18];不同于FAST,阿雷西博还可以作为一个雷达向外发射信号,1974年科学家通过它向25000光年之外的球状星团M13发射了包含人类信息的二进制代码(即阿雷西博信息),搜寻潜在的地外文明;1992年还帮助发现了第一颗系外行星等。

虽然阿雷西博望远镜的时代已落幕,但阿雷西博信息还在星际穿行,我们探索宇宙的征程也还远未结束,FAST等新一代设备正接过接力棒,在发现脉冲星、解开快速射电暴谜团方面做出了不少成绩。

1.4 小行星研究新进展

小行星(Asteroid)是围绕太阳运行、比行星和矮行星小的一类天体,目前天文学界普遍认为它们是太阳系形成过程中没有形成行星的那些残留物质。按照光谱类型划分,小行星可被划分为3个主类:C型小行星(碳质,主要由有机物和水分构成)、S型小行星(硅质,即石质为主的小行星,主要由硅酸盐及少量铁镍合金构成)以及X型小行星(金属小行星,铁镍合金构成)^[19-20]。

在地球围绕太阳运行的过程中,途中偶遇的一些小行星可能会被地球的引力所捕获,在地球引力影响下暂时围绕地球运动,成为地球的临时卫星。

2006年,天文学家就曾探测到这样一颗“迷你月球”2006 RH₁₂₀,于2007年6月返回原轨道^[21]。2020年2月15日,天文学家报告通过亚利桑那大学月球与行星实验室(Lunar and Planetary Laboratory)的卡特琳娜巡天项目发现了第二颗“迷你月球”,它被命名为2020 CD3,直径只有约0.9~1.5 m^[22]。在被发现之前,2020 CD3已经围绕地球运行了约3年,它已于2020年5月回归太阳轨道。

有一类小行星的轨道和地球轨道相交,它们被称为近地小行星(Near Earth Asteroids, NEAs),对地球构成潜在的威胁。北京时间2020年12月23日7:23,青海省玉树州囊谦县上空划过一个明亮的火球,将夜光照得形如白昼,整个过程持续时间数十秒。1天后美国国家航天局(NASA)发布了此次事件的探测数据,经判断这颗火球的真面目正是一颗直径约6.5 m的S型近地小行星^[23]。

因为小行星是太阳系形成过程中没有形成行星的残留物质,而在之后也并未经历过剧烈的变化,内部演化程度较低,保留着太阳系形成和演化的特征,因此也被认为是太阳系的“活化石”。探测小行星,有助于研究小行星的化学组分、地面矿物分布、地质特性以及形成过程,搜寻水资源,推测太阳系早期的面貌,揭秘太阳系的形成历史,探索生命起源等^[20]。近年来,随着探测能力的逐步增强,小行星也日益成为一些航天大国探测的热点。日本的“隼鸟2号”(Hayabusa 2)和美国的“奥西里斯王号”探测器(Origins Spectral Interpretation Resource Identification Security Regolith Explorer, OSIRIS-Rex,有时也被译为“冥王号”)就是探测NEAs任务的两个代表。

“隼鸟2号”是“隼鸟号”(Hayabusa)的升级版。“隼鸟号”曾远赴硅质小行星丝川(Itokawa),是世界上第一个完成小行星采样返回的探测器。早在2014年12月3日,“隼鸟2号”就开始了它的征程。它的目标是一颗直径约900 m的碳质小行星龙宫(Ryugu),2019年“隼鸟2号”采用了弹射子弹的方法采集样本,成功完成多次“即停即走”式的着陆采样^[24]。2020年12月6日,携带至少5.4 g龙宫样本的回收舱在澳大利亚南部成功着陆,而探测器则继

续它的小行星探测之旅,预期将于2031年抵达小行星19998KY26。

“奥西里斯王号”探测器于2016年9月由NASA发射升空,是继“新地平线号”探测器(New Horizons,2006年1月发射)、“朱诺号”探测器(Juno,2011年8月发射)之后美国的第3个新疆界计划项目(New Frontiers Program,一项中等规模的太阳系探测计划)^[25]。它的目标贝努(Bennu)同样是一颗近地碳质小行星(C型小行星),直径仅500 m(图4^[26])。北京时间2020年10月21日,“奥西里斯王号”探测器成功抵达小行星贝努,在“夜莺”采样区短暂停留5 s,抽吸少量地面样本后,迅速飞离小行星表面,预期将于2023年9月抵达地球^[27]。



图4 贝努近照

1.5 窥探银河系全貌

得益于高分辨率全天巡天项目的开展,我们得以在多个波段一睹银河系的模样。在2020年欧洲的扩展伦琴巡天成像望远镜阵列(Extended Roentgen Survey Imaging Telescope Array, eROSITA)和Gaia卫星的银河系巡天图,让我们看到了更加精细的银河系全景。

eROSITA是搭载在俄罗斯-德国Spektrum-Roentgen-Gamma(SRG)空间项目上的一台X射线望远镜,工作能量范围在0.2~8 keV,它于2019年7月13日发射升空,主要设计目标是利用星系团研究暗物质和暗能量。2020年4月4日,《Nature Astronomy》发布了eROSITA X射线巡天的最新成果^[28]。6月19日,eROSITA公布了使用累计182天

观测数据绘制出的X射线天空全景图(图5)^[29]。这张地图上包含超过100万个源,大约是过去60年发现的X射线源数目的2倍,囊括了活动星系核、双星、超新星遗迹、恒星等多种X射线源,高能宇宙以前所未有的清晰度展现在人类面前。并且发现了一个位于银盘两侧更大尺度的软X射线气体泡,这一发现为气体泡起源于中心黑洞活动的理论提供了支持,这一结果发表在12月9日的《Nature》杂志上^[30]。目前SRG天文台已经开始了第二次巡天,计划在接下来的3.5年里再拍摄7幅这样的全景图。

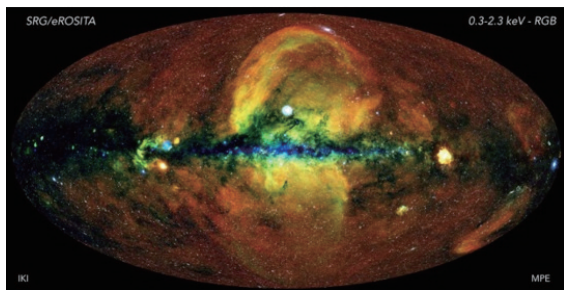


图5 eROSITA发布X射线天空全景图

Gaia卫星于2013年由欧洲空间局(ESA)发射升空,它在光学波段不断对天空进行扫描,旨在观测尽可能多的银河系恒星,并对它们的位置、距离、颜色、亮度、自行、速度、化学组分、变星信息等特征进行精确测量,从而对银河系的三维结构进行探测,帮助天文学家理解和探究银河系的形成、演化图景。2020年12月3日,Gaia进行了第三次早期数据发布(early third data release, EDR3),完整的DR3数据预计于2022年上半年发布。EDR3/DR3包含自2014年7月25日至2017年5月28日期间的观测数据。利用这些数据,天文学家绘制出迄今为止最清晰的银河系3D照片,这张照片里包含了超过18亿个源(图6)^[31]。

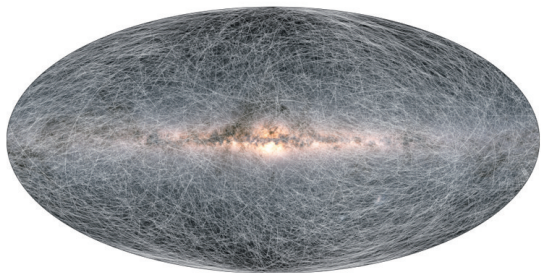


图6 Gaia发布的银河系3D照片

值得一提的是,这两个卫星都围绕日地拉格朗日L2点运转。拉格朗日L2点在背向太阳,距离地球约150万km处,在此位置卫星能在太阳和地球的引力作用下保持相对静止。

2 科学进展

2.1 黑洞探测新进展

2020年5月,Rivinius等宣布探测到了离地球最近的黑洞,它位于望远镜座的HR 6819系统,距地球仅约1120光年^[32]。此前天文学家认为HR 6819是一个双恒星系统,而在分析了大量来自欧洲南方天文台(ESO)的光谱后,Rivinius等提出它是一个“等级三星系统”:在这个系统中,一颗B3 III星和一颗质量大于 $4.2M_{\odot}$ 的黑洞组成一个双星系统,一颗Be星在外围宽轨道上环绕着双星系统缓慢运动。这颗黑洞并未发生吸积,这意味着天文学家很难通过电磁波的手段对它进行观测。但随后在7月和9月,也有团队对“等级三星系统”的说法提出了异议^[33-34]。

自2015年9月14日探测到双黑洞并合产生的引力波以来,引力波“猎手”激光干涉引力波天文台(LIGO)和欧洲的处女座干涉仪(Virgo)(图7^[35])捕获到了众多来自不同天体系统的引力波事件,为我们打开了探测宇宙的新窗口。2020年6月LIGO/Virgo团队宣布于2019年8月14日探测到来自双致密星并合的引力波信号GW190814^[36]。此次事件涉及一颗质量为 $22.2\sim 24.3 M_{\odot}$ 的黑洞和一颗质量为 $2.50\sim 2.67 M_{\odot}$ 的致密天体(均为90%的置信水平)。后者的质量恰好位于中子星和黑洞的质量间隙



图7 激光干涉引力波天文台LIGO

(mass gap)内,因此难以判定它的物理本质,它可能是一颗重的中子星,也有可能是一颗轻的黑洞。

2020年9月LIGO/Virgo团队报道了一起特殊的引力波事件GW190521^[37-38]。它于2019年5月21日由LIGO和Virgo共同探测到。据分析,GW190521来源于双黑洞并合事件,参与并合的两个黑洞质量在90%的置信水平上分别被限定在 $85_{-14}^{+21} M_{\odot}$ 和 $66_{-18}^{+17} M_{\odot}$ 。理论预言,由于对不稳定性(pair instability),如果恒星演化末期核心质量在 $65\sim 135 M_{\odot}$,原本用于产生辐射压的伽马射线将被转化为正负电子对,无法抵抗引力,恒星将向内坍缩,导致恒星整个爆发,中心不会形成任何致密天体,这样就无法形成黑洞。质量为 $85_{-14}^{+21} M_{\odot}$ 黑洞的存在挑战了传统的恒星演化理论,我们或许需要重新审视黑洞形成的过程。除此之外,并合后黑洞的质量约为 $142_{-16}^{+28} M_{\odot}$,落在了中等质量黑洞的质量区间内(通常为 $100\sim 10000 M_{\odot}$),这也是迄今为止首个具有明确观测证据的中等质量黑洞。

遗憾的是,由于新冠肺炎疫情暴发,LIGO/Virgo引力波探测器于3月份被暂时关闭。但在此期间,科学家也在计划对这两个探测器进行升级改造,进一步提升它们的灵敏度,以期听到更多的来自宇宙的声音。

2020年可谓是黑洞研究的丰年。北京时间2020年10月6日18时,诺贝尔物理学奖颁给黑洞领域的3位科学家:英国牛津大学的罗杰·彭罗斯(Roger Penrose)、德国马克斯·普朗克地外物理研究所和美国加利福尼亚大学伯克利分校的赖因哈德·根策尔(Reinhard Genzel)以及美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的安德烈娅·盖兹(Andrea Ghez)。彭罗斯因为发现黑洞的形成是广义相对论的有力预测而获奖,而后两位则因为发现银河系中心的超大质量致密天体而获此殊荣(图8)^[39]。

2.2 彗星寻踪

2020年也迎来了彗星观测的良机。首颗备受期待的彗星是阿特拉斯彗星(Atlas,编号C/2019 Y4),它是由NASA的小行星地面撞击最后警报系统(Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System, ATLAS)于2019年12月28日发现的^[40]。被发现时



图8 2020年诺贝尔物理学奖获得者

该彗星位于大熊座附近,亮度仅为19.6等,在被发现之后,彗星亮度逐渐上升,天文学家本来预测在2020年5月该彗星亮度能达到肉眼可见的程度。但令人遗憾的是,4月份起,阿特拉斯彗星开始逐渐变暗,哈勃太空望远镜在4月后半月的观测中分辨出了30个左右的碎片,证实了阿特拉斯彗星已经解体。

在阿特拉斯彗星解体的同时,NASA的太阳和日球层探测器(Solar and Heliospheric Observatory, SOHO)上搭载的太阳风各向异性摄像机(Solar Wind Anisotropies, SWAN)偶然捕捉到了另一颗天鹅彗星(Swan,编号C/2020 F8)的辉光^[41]。在4月底,天鹅彗星达到肉眼可见的亮度,但这颗彗星仍然没有坚持到最后,它的亮度随后逐渐下降。

新智慧星(NEOWISE,编号C/2020 F3)于2020年3月底首次被广域红外巡天探测卫星(NEOWISE)发现,在随后3个月中,这颗彗星越来越靠近地球,亮度也由最初发现的17等增加到接近0等,成为北半球肉眼可见的明亮彗星^[42]。在逐渐靠近太阳的过程中,因为一些行星扰动的缘故,这颗彗星的周期也发生了变化,从靠近太阳时的4400年,增加到了离开太阳后的预期6700年。

2.3 金星生命信号引争议

2020年9月,Greaves等宣布在金星大气中明显存在磷化氢(PH_3)气体,推测大气 PH_3 的丰度约为20 ppb(part per billion,十亿分比浓度)^[43]。他们探讨了多种 PH_3 的可能来源,认为火山爆发、陨石撞击、闪电等非生物活动无法稳定提供观测得到的 PH_3 丰度,因此 PH_3 最可能来源于某些未知的化光

学或地球化学,或者来源于生命的存在(厌氧生物的生命活动产生)。他们的研究主要基于麦克斯韦望远镜(James Clerk Maxwell Telescope, JCMT)和阿塔卡马大型毫米/亚毫米波阵(Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array, ALMA)望远镜得到的金星光谱,研究成果发表于《Nature Astronomy》杂志。值得一提的是,文章并没有排除非生物机制产生 PH_3 的可能,发现可能的生命信号也并不等同于金星存在生命。

Greaves 等的发现激起了天文学界的广泛讨论,也有部分团组对他们的工作提出了质疑,例如,处理噪声的过程中,使用高阶多项式(Greaves 等用 8 阶多项式拟合 JCMT 数据,用 12 阶多项式拟合 ALMA 数据)拟合光谱可能会得到虚假的结果(高阶多项式曲线会出现偏离实际的明显震荡),可能是不具有统计可靠性的^[44-46]。

2.4 太阳 CNO 循环产生中微子

2020 年 11 月 25 日《Nature》杂志发表的一项工作宣布直接探测到太阳 CNO 循环过程产生的中微子^[47]。太阳等恒星的内部存在两种热核反应机制,分别是质子-质子链(proton-proton 链, pp 链),和 CNO 循环。在小质量恒星内部,pp 链反应是主要的能量产生方式,而在大质量恒星(大于 1.3 倍太阳质量)中,CNO 循环才是能量产生的主要过程。在核聚变过程中,恒星不仅会发射出电磁辐射,同时还会释放中微子。中微子几乎不与任何物质发生相互作用,可以从恒星内部逃逸,因此是研究恒星内部的绝佳手段。Borexino 是一项位于意大利格兰萨索国家实验室地下的太阳中微子实验装置,核心装置是一个半径 4.25 m、装有约 280 t 液体闪烁体的球形容器。自 20 世纪 70 年代起,包括 Borexino 团队在内,天文学家已经对太阳 pp 链中微子的光谱进行了大量研究,发现 pp 链提供了绝大多数的太阳能。今年, Borexino 团队首次发现了太阳 CNO 循环产生的中微子,量化了太阳中 CNO 循环供能约占比 1%,同时也对推断太阳金属丰度颇有助益。这是汉斯·贝特(Hans Bethe)在 1939 年提出此种产能机制的 81 年后,人类首次直接通过观测

对其进行确认。

2.5 FRB 研究进展

FRB 是一种明亮的射电波爆发现象,持续时间大约在毫秒量级。对于 FRB 的起源,目前天文学界还存在许多争论。2020 年 11 月 4 日,《Nature》杂志刊登了一系列关于 FRB 的文章(其中一篇文章来自中国林琳等的团队),报道了首例来源于银河系磁星 SGR 1935+2154 的快速射电暴 FRB 200428^[48-51]。这项发现证实了磁星是 FRB 可能的驱动机制之一。

这项工作可以追溯至 2020 年 4 月 27 日,Swift (Neil Gehrels Swift Observatory) 和 Fermi (Fermi Gamma-ray Space Telescope) 望远镜都探测到了来自银河系磁星 SGR 1935+2154 的 X 射线和 γ 射线发射。随后,加拿大的射电望远镜 CHIME (Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment) 和美国的 STARE2 (Survey for Transient Astronomical Radio Emission 2) 分别探测到了来自同一天空区域的 FRB。林琳团队使用 FAST 对 SGR 1935+2154 进行监测,虽然遗憾地错过了对 FRB 200428 的观测,但在对应 29 个软 γ 射线爆发的时刻,FAST 并未探测到同步发生的射电爆发,进而给出了严格的射电流量限制。他们表明,FRB 和 SGR 是弱相关的,这可能由于 FRB 具有强集束性,也可能因为 FRB 的辐射频段落在 FAST 的观测频段之外,也有可能是因为只有某些极端的条件下,才会出现 SGR-FRB 成协的现象。

2020 年是 FAST 成果丰收的一年(图 9^[52])。此前,罗睿等还使用 FAST 认证了新的重复暴,并探究了它们的可能起源,这项工作于 2020 年 10 月 28 日发表在《Nature》杂志上^[53]。重复暴是一类特殊的 FRB,它可以在同一个位置以同样的色散量(同色散量意味着同一距离)反复出现。罗睿等报告了 FRB 180301 的 15 次爆发,通过研究这些重复暴的辐射特性,他们发现其中 7 个重复暴的偏振位置角曲线有着不同的变化特性。这种位置角摇摆常见于脉冲星与磁星中,因此 FRB 180301 很可能起源于脉冲星或磁星的磁层结构的相干辐射。



图9 FAST望远镜全貌

3 结论

2020年天文学领域的研究者克服困难,收获了累累硕果,中国也为天文学的发展贡献了自己的一份力量。回顾这一年的中国,厚积薄发,科技水平获得了长足的进步,取得了令人瞩目的成绩。“嫦娥五号”成功采样返回,火星探测器成功发射,我们在空间科学领域迎头赶上、不落人后。中国的FAST射电望远镜、慧眼X射线卫星等一批科学仪器也都运行良好。在《Nature》等顶尖学术期刊发表多篇重要文章,展示着最前沿的科学探索成果。相信2021年的中国也会继续保持良好的发展势头,为天文学领域做出更多的贡献。

《Nature》杂志在12月22日发布的一篇文章中对2021年重大科学事件进行了预测^[54],其中涉及到了两大天文学事件。第一项事件是2021年火星将迎来一批访客,包括“天问一号”在内的各国探测器将陆续抵达,对这颗红色星球开展科学探测。第二项事件是备受期待的詹姆斯·韦布空间望远镜(James Webb Space Telescope, JWST)将于2021年3月30日发射升空。它将和已服役30年的哈勃空间望远镜(Hubble Space Telescope, HST)一起联手,对宇宙进行一个从光学到全红外波段的观测。它的口径达6.5 m,预期将能看见130亿年前宇宙中的第一批星系,探索星系形成的奥秘与暗物质的特性。期待2021年天文学领域能取得更多的进展,也必将更加精彩纷呈。

参考文献(References)

- [1] 成功! 多次推迟的阿联酋希望号火星探测器率先发射升空[EB/OL]. (2020-07-21)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1672764492256894281>.
- [2] 美国毅力号火星车发射升空[EB/OL]. (2020-08-01)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=16737968-63070657015>.
- [3] 我国首次火星探测任务“天问一号”探测器成功发射[EB/OL]. (2020-07-24)[2020-12-28]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2020-07/24/nw.D110000renmrb_20200-724_6-01.htm.
- [4] 我国首次火星探测任务天问一号探测器传回地月合影[EB/OL]. (2020-07-29)[2020-12-28]. <http://www.cnsa.gov.cn/n6759533/c6809936/content.html>.
- [5] 天问一号距离地球超1亿千米,距离火星约1200万千米[EB/OL]. (2020-12-20)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686531838763426783>.
- [6] 苏萌. 解读“天问一号”:中国人为什么要探测火星[J]. 世界科学, 2020(9): 36-39.
- [7] 嫦娥五号成功落月! [EB/OL]. (2020-12-01)[2020-12-28]. <http://scitech.people.com.cn/n1/2020/12/01/c1007-31951589.html>.
- [8] 嫦娥五号探测器完成月面自动采样封装[EB/OL]. (2020-12-03)[2020-12-28]. <http://scitech.people.com.cn/n1/2020/12/03/c1007-31953850.html>.
- [9] 嫦娥五号探测器圆满完成我国首次地外天体采样返回任务[EB/OL]. (2020-12-17)[2020-12-28]. <http://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758838/c6810872/content.html>.
- [10] 嫦娥五号任务月球样品正式交接!“土”研究开始[EB/OL]. (2020-12-19)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686470422314087522&wfr=spider&for=pc>.
- [11] 探月工程嫦娥五号任务有关情况发布会[EB/OL]. (2020-12-17)[2020-12-28]. <http://www.cnsa.gov.cn/n6758967/n6758969/n6760261/index.html>.
- [12] 呼唤异星文明的电波停下了 阿雷西博的前世今生[EB/OL]. (2020-12-22)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686742086208915840&wfr=spider&for=pc>.
- [13] 阿雷西博射电望远镜垮塌受关注[EB/OL]. (2020-12-11)[2020-12-28]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2020-12/11/nw.D110000renmrb_20201211_7-15.htm.
- [14] 阿雷西博望远镜塌了,“凝视”宇宙的故事还在继续[EB/OL]. (2020-12-14)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686013544687549142&wfr=spider&for=pc>.

- [15] Gordon W E. Arecibo ionospheric observatory[J]. *Science*, 1964, 146(3640): 26–30.
- [16] Pettengill G H, Dyce R B. A radar determination of the rotation of the planet Mercury[J]. *Nature*, 1965, 206(4990): 1240.
- [17] Hulse R A, Taylor J H. A high-sensitivity pulsar survey [J]. *The Astrophysical Journal*, 1974, 191: L59.
- [18] Backer D C, Kulkarni S R, Heiles C, et al. A millisecond pulsar[J]. *Nature*, 1982, 300(5893): 615–618.
- [19] International Astronomical Union. Minor planet center: Latest published data[EB/OL]. (2019-04-21)[2020-12-28]. <https://www.minorplanetcenter.net/mpc/summary>.
- [20] 李春来, 刘建军, 严韦, 等. 小行星探测科学目标进展与展望[J]. *深空探测学报*, 2019, 6(5): 424–436.
- [21] 天文学家发现“迷你月球”: 直径不到 3.5 米[EB/OL]. (2020-02-28)[2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1659741627264462762&wfr=spider&for=pc>.
- [22] 2月15日, 人类发现了第二颗月亮[EB/OL]. (2020-02-29) [2020-12-28]. <https://new.qq.com/omn/20200229/20200229A0JYNG00.html?pc>.
- [23] 青海火球事件——“肇事者”身份调查[EB/OL]. (2020-12-29) [2020-12-28]. <https://mp.weixin.qq.com/s/REzP-DwfZbqz-RneOZZmvUQ>.
- [24] “隼鸟 2 号”回收舱返回地球: 所携样本有助探究生命起源[EB/OL]. (2020-12-08) [2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1685435129951983453&wfr=spider&for=pc>.
- [25] New Frontiers Program[EB/OL]. (2020-08-12)[2020-12-28]. <https://www.nasa.gov/planetarymissions/newfrontiers.html#osiris>.
- [26] Overview | 101955 Bennu–NASA Solar System Exploration[EB/OL]. (2019-05-14) [2020-12-28]. <https://solar-system.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/101955-bennu/overview>.
- [27] “冥王号”探测器完成采集小行星贝努样本[EB/OL]. (2020-10-22) [2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1681259345399188028&wfr=spider&for=pc>.
- [28] Merloni A, Nandra K, Predehl P. eROSITA’s X-ray eyes on the Universe[J]. *Nature Astronomy*, 2020, 4: 634–636.
- [29] Our deepest view of the X-ray sky[EB/OL]. (2020-06-19) [2020-12-28]. <https://www.mpe.mpg.de/7461761/news20200619?c=450698>.
- [30] Predehl P, Sunyaev R A, Becker W, et al. Detection of large-scale X-ray bubbles in the Milky Way halo[J]. *Nature*, 2020, 588: 227–231.
- [31] This is the most precise 3D map of the Milky Way ever made[EB/OL]. (2020-12-03)[2020-12-28]. <https://www.technologyreview.com/2020/12/03/1013001/this-is-the-most-precise-3d-map-of-the-milky-way-ever-made>.
- [32] Rivinius T h, Baade D, Hadrava P, et al. A naked-eye triple system with a nonaccreting black hole in the inner binary[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2020, 637: L3.
- [33] Safarzadeh M, Toonen S, Loeb A. The Nearest Discovered Black Hole Is Likely Not in a Triple Configuration [J]. *The Astrophysical Journal*, 2020, 897: L29.
- [34] Bodensteiner J, Shenar T, Mahy L, et al. Is HR 6819 a triple system containing a black hole? An alternative explanation[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2020, 641: A43.
- [35] LIGO Hanford[EB/OL]. (2008-05-02) [2020-12-28]. https://www.ligo.caltech.edu/system/avm_image_sqs/binaries/32/jpg_original/ligo-hanford-aerial-04.jpg?1447108-890.
- [36] Abbott R, Abbott T D, Abraham S, et al. GW190814: Gravitational waves from the coalescence of a 23 solar mass black hole with a 2.6 solar mass compact object[J]. *The Astrophysical Journal*, 2020, 896: L44.
- [37] Abbott R, Abbott T D, Abraham S, et al. GW190521: A binary black hole merger with a total mass of 150 M_{\odot} [J]. *Physical Review Letters*, 2020, 125: 101102.
- [38] Abbott R, Abbott T D, Abraham S, et al. Properties and Astrophysical Implications of the 150 M_{\odot} Binary Black Hole Merger GW190521[J]. *The Astrophysical Journal Letter*, 2020, 900: L13.
- [39] The Nobel Prize in Physics 2020[EB/OL]. (2020-10-06) [2020-12-28]. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/press-release>.
- [40] C/2019 Y4 (ATLAS)[EB/OL]. (2020-11-07) [2020-12-28]. <http://www.aerith.net/comet/catalog/2019Y4/2019Y4.html>.
- [41] Newly discovered comet SWAN approaches Earth[EB/OL]. (2020-04-22)[2020-12-28]. <https://starwalk.space/en/news/april-2020-comet-swan-c2020-f8>.
- [42] 看彗星 C/2020 F3 (NEOWISE) 带来肉眼可见的惊喜[EB/OL]. (2020-07-22) [2020-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1672731843356281110&wfr=spider&for=pc>.
- [43] Greaves J S, Richards A M S, Bains W, et al. Phosphine gas in the cloud decks of Venus[J/OL]. (2020-09-14) [2020-12-28]. <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1174-4>.

- [44] Snellen I A G, Guzman-Ramirez L, Hogerheijde M R. Re-analysis of the 267 GHz ALMA observations of Venus. No statistically significant detection of phosphine [J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2020, 644: L2.
- [45] Villanueva G, Cordiner M, Irwin P, et al. No phosphine in the atmosphere of Venus[J/OL]. (2020-10-26)[2020-12-28]. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020arXiv201014305V/exportcitation>.
- [46] Thompson M A. The statistical reliability of 267 GHz JCMT observations of Venus: No significant evidence for phosphine absorption[J/OL]. (2020-11-18) [2020-12-28]. <https://arxiv.org/pdf/2010.15188.pdf>.
- [47] The Borexino Collaboration. Experimental evidence of neutrinos produced in the CNO fusion cycle in the Sun [J]. *Nature*, 2020, 587: 577-582.
- [48] Zhang B. The physical mechanisms of fast radio bursts [J]. *Nature*, 2020, 587: 45-53.
- [49] The CHIME/FRB Collaboration. A bright millisecond-duration radio burst from a Galactic magnetar[J]. *Nature*, 2020, 587: 54-58.
- [50] Bochenek C D, Ravi V, Belov K V, et al. A fast radio burst associated with a Galactic magnetar[J]. *Nature*, 2020, 587: 59-62.
- [51] Lin L, Zhang C F, Wang P, et al. No pulsed radio emission during a bursting phase of a Galactic magnetar[J]. *Nature*, 2020, 587: 63-65.
- [52] 验收完成啦,“天眼”FAST接下来干点啥[EB/OL]. (2020-03-31) [2020-12-28]. <https://fast.bao.ac.cn/cms/article/74>.
- [53] Luo R, Wang B J, Men Y P, et al. Diverse polarization angle swings from a repeating fast radio burst source[J]. *Nature*, 2020, 586: 693-696.
- [54] The science events to watch for in 2021[EB/OL]. (2020-12-22) [2020-12-28]. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03651-0>.

Top astronomy events in 2020

ZHAO Xueshan^{1,2}, HUANG Jingyi¹, GOU Lijun^{1,2*}

1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China

2. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract This paper reviews the hot astronomical events in 2020 from two aspects: Astronomical equipment and scientific research. In 2020 Mars was at the favourable opposition, traveling to Mars came to a new climax. Many countries succeeded in sampling soil in space. The FAST took the relay baton from the Arecibo telescope, contributing to uncovering the mechanism of rapid radio bursts. LIGO/Virgo collaboration grew and grew. Neowise flitted across the northern sky. The life signals found in the atmosphere of Venus caused widespread controversy. One possible driven mechanism of the fast radio burst was observed. eROSITA and Gaia drew precise pictures of the Milky Way.

Keywords Chang'e 5 probe; gravitational waves; black hole; fast radio burst; FAST; asteroid ●



(责任编辑 傅雪)