

和中国天眼一起 追星



星空下的中国天眼 FAST。 张永坤/摄

中青报 中青网记者 张 渺

90后小伙儿牛晨辉被星空震撼过。当时他在新疆,因为对天文仪器感兴趣,主动请缨加入中国科学院国家天文台暗能量射电探测关键技术实验项目。那是由3组抛物柱面射电望远镜和16面碟形射电望远镜组成的天籁实验阵列,始建于2014年。

观测站所在地海拔高,空气干燥,银河系的厚盘悬于天穹,又仿佛近在咫尺。牛晨辉拿着星图,和同伴们一起寻找熟悉或不熟悉的星座。他告诉中青报·中青网记者:那个地方看到的星星,真的是太美了。也是从那时候开始,我对星空的感觉不一样了,我对天文也开始产生了兴趣。

那次看星星的震撼,促使这组90后年轻人来到西南大山深处的中国天眼(FAST)继续追星。2019年博士毕业后,牛晨辉选择加入中国科学院国家天文台射电天文研究所,进入中国天眼首席科学家李菂研究员为学科学带头人的星际介质演化及恒星形成团队,研究起了快速射电暴。

团队里大部分人都是牛晨辉的前辈和老师,和他年龄差不多的,有比他稍大几岁的助理研究员王培,以及当时在读的两个博士生冯毅、张永坤。

2020年1月11日,中国天眼正式开放运行,按照李菂之前演讲时的形容,中国在无线电波段拥有了世界上最先进的设备。从天文研究的角度来说,牛晨辉、张永坤等天眼背后的年轻人,赶上了一个好时代。

中国天眼是建给下一代的,给更年轻的科学家和后来者

张永坤是整个团队里年龄最小的。2019年,他从中国科学院大学本科学毕业后直读博士,李菂是他的导师。张永坤本科学的是物理,经常去国家天文台听讲座。

零距离

首张银河系中心黑洞照片背后 科学家耗费数十年研究

中青报 中青网记者 王烨捷

中国科学院上海天文台研究员袁峰算是和甜甜圈结下一生的缘分了。5月16日,由他参与的事件视界望远镜项目(EHT)拍摄到了首张银河系中心超大质量黑洞人马座A*的第一张写真照片——一个巨大的宇宙甜甜圈。

这张写真,来自2.7万光年之外的银河系中心,中国大陆有16位研究人员参与了这项工作,袁峰是其中之一。

从1994年攻读天体物理学博士至今,



袁峰在科普讲座上向公众解说宇宙甜甜圈。 受访者供图

他写毕业论文的时候,刚好赶上中国天眼即将建设完成。

咱们国家这么一个大望远镜项目,我很感兴趣,想参与一下。张永坤说。

于是他给李菂发了一封自荐的电子邮件。去国家天文台面试,张永坤特地把自己的成绩单都打印了出来,想给李老师看。

李菂却说不,然后跟他讨论毕业论文选题,给他讲中国天眼可以做什么。也是从那时起,张永坤开始接触快速射电暴(Fast Radio Burst,简称FRB),这是我们年轻人大有可为的一个领域。

快速射电暴是宇宙中一种神秘的爆发现象,是指在毫秒的时间内,大约太阳一年才能辐射出的能量猛烈爆发出来。2007年,首例被发现的快速射电暴公布。但这种神秘现象的起源和物理机制,至今是未知的。

由于观测设备更新及新技术应用,此后10余年,快速射电暴的个数,从早期的个位数增长到了目前近500例。早期被发现的快速射电暴,都只探测到一次爆发,被认为具有不可重复性。直到2016年,一类可以多次爆发的快速射电暴被重复探测到,固有认知才被打破。作为世界上最大的单口径射电望远镜,FAST在几年前就已经开展了快速射电暴的搜寻工作。

前不久,李菂团队通过FAST的多科学目标同时巡天,优先重大项目,发现了迄今为止唯一一例持续活跃的重复快速射电暴FRB20190520B。北京时间2022年6月9日,该成果发表于国际学术期刊《自然》杂志,牛晨辉正是这篇论文的第一作者。

这一观测发现,对于理解FRB的周围环境和物理起源具有非常重要的科学意义。快速射电暴从2007年被发现以来,一直是天文学领域中最前沿的研究方向之一,特别是其物理起源、辐射机制和周围环境,是其中三个亟待解决的关键科学问题。中国科学院大学天体物理教授戴子高在该成果的发布会上说。

中国天眼正式运行两年多,其获取的

数据催生了超过100篇学术论文。

1996年,国家天文台老一辈的射电天文学家南仁东先生和邱育海先生,前往位于波多黎各岛的阿雷西博望远镜,考察这一巨大射电望远镜。根据当时可预期的现代技术发展前景,结合我国在工程方面的长处和短处,中国天眼的概念,在这两位老天文学家的心中越来越立体。

2007年底,国家发展改革委批复500米口径球面射电望远镜立项建议书。李菂曾在演讲中回忆自己当年参与中国天眼建设时的经历,和他之前见到的天文观测学者的工作,非常不同。

这些天眼建设者们,在贵州山区里搬砖、种树、熔接光纤,主要的工程团队,在6年多的时间里都住板房,室内没有热水和卫生间。哪怕是如此艰苦,所有人仍然保持着非常好的精神状态。

最苦的路,已经被前辈们蹬平了。牛晨辉感慨。

南仁东经常说的一句话是,FAST是建给下一代的,给更年轻的科学家和后来者。在李菂看来,中国天眼代表了射电天文学从追赶超越的一次尝试。

能够站在巨人的肩膀上,我深感幸运。牛晨辉说。

从将近1000个小时的数据里,找到4次眨眼

迄今为止,中国天眼发现6个快速射电暴,其中4个是牛晨辉发现的。听到别人提起这件事,他会低头微笑,解释自己只是幸运,正好赶上了中国天眼开始出成果的阶段。

这份所谓的幸运,与辛勤和严谨是分不开的。

来自宇宙的电磁波信号,被500米口径的球面大锅,接收到用数字矩阵的方式呈现到科学家面前。按照张永坤的描述,中国天眼可以同时观测天上的19个点,运行之后,每个点位每小时收到的数据,大约有2TB。

我们主要的工作,就是处理FAST观测到的数据。张永坤对中青报·中青网记者说,FAST一年大约有5000个小时的运行时间,估算下来,一年可能有几十个PB这种量级的数据。我们团队的项目,一年大概有上千个小时的数据要处理。

大部分数据,实际上都是嘈杂的噪声,来自宇宙中弥散的分子气体、各种各样天体发出的射电信号,还有来自地面的电磁波。而研究者们要找的快速射电暴,是叠在这些噪声背景下,只存在几毫秒的一个眨眼。

牛晨辉从将近1000个小时的数据里,找到了4次眨眼。

在系统处理中国天眼数据的过程中,牛晨辉发现,2019年5月20日的数据存在重复的高色散脉冲。在排除脉冲星和射电干扰后,研究人员确定,该脉冲来自一个新的快速射电暴,并将其命名为FRB20190520B。

基于这一发现,李菂团队通过与美国甚大阵列望远镜合作,在2020年7月完成精确定位,探测到了一颗致密的持续射电源。此后,通过美国帕洛玛200英寸望远镜和凯克望远镜,加拿大-法国-夏威夷望远镜和日本斯巴鲁近红外光学望远镜,研究者们确定了FRB20190520B的宿主星系和红移。在进一步结合散射特征之后,研究团队发现,FRB20190520B并不像其他快速射电暴一样具有窗口期,而是持续活跃。

该成果报告了一个新的快速射电暴,挑战了我们对这些神秘现象宿主星系的认知。FRB20190520B是中国FAST望远镜首次发现的,随后显示,其平均每10-15分钟重复一次。美国西弗吉尼亚大学教授、快速射电暴发现人邓晋洛里默对这一成果作出了评价。

一起打球唱歌,一起坐在冷板凳上搞科研

总会有让人意外的新发现,永远不知

道还有什么颠覆的现象在前面等着。李菂的另一名学生冯毅说。

今年3月,冯毅作为第一作者的论文在国际学术期刊《科学》上发表,指出牛晨辉发现的重复快速射电暴,处于一个类似超新星遗迹的复杂环境中。

不断有新发现,对冯毅来说是一种美妙的体验。他从小就对物理学着迷,在外行人眼里枯燥至极的数据筛选工作,对这个90后来说,只是一个等待的过程。

最早发现FRB的时候,天文学家一度以为,快速射电暴都在银河系外,结果突然跳出来一个新发现的FRB,竟然来源于银河系内一颗磁星。大家才知道,哦,原来银河系里也有。每每谈及于此,冯毅的声音里总有按捺不住的兴奋。

牛晨辉关于快速射电暴的最新成果在《自然》上发表后,冯毅在社交平台上转发祝福:一串黄豆表情,搭配由衷地赞扬牛巨星时代来临!

牛晨辉回复他:还得冯天师多出点力。

巨星和天师,这是团队里4名青年研究者相互开玩笑的昵称。王培、冯毅、张永坤是天师,天是天眼的天,也是彼此对未来的期许。

牛晨辉的巨星称号,来源于中科院建院70周年的时候。院庆活动上,国家天文台出了个节目,牛晨辉那时刚刚加入团队,站在第二排中间的C位,从此成了小伙伴口中的巨星。

这些年轻人在科研的间隙,一起打球唱歌。他们都是听着周杰伦和五月天的歌长大,也都向往科学热爱科学,愿意坐在冷板凳上搞基础研究。

牛晨辉经常听到的一个问题是,研究天文、研究30亿光年之外的快速射电暴到底有什么用?他不知道该怎么回答这些问题。

他始终觉得自己的研究很有意思,探索本身,就是意义。

这就需要原子钟隆重登场了。每颗卫星及地面站里都配备了一组原子钟,时间信号随星历一同发送,在解算卫星位置的过程中,也能够同时得到时间信息以及距离。这样,我们的位置便可以被计算出来。

日常生活中的手机等电子产品,通常内置了导航模块,能够实时接收卫星发射的信号并依据一定的算法进行解算。于是,便有了我们对自身位置的实时掌控。如果原子钟提供的时间误差在1微秒,那么定位误差将高达300米。如果误差达到米量级的导航,在不考虑其他误差因素的情况下,原子钟提供的时间误差需保持在3纳秒。也就是说,时间的精密测量决定了导航定位的精度。如果没有原子钟,就无法实现准确导航了。

原子钟究竟有多准呢?让我们来跟常见的机械手表、石英钟对比一下。当我们带着机械手表开着车,绕着北京四环跑1圈,大概1个小时吧,机械手表就偏差了1秒,对于石英钟来说,偏差1秒差不多需要270年,也就是说,假如我们带着一块石英钟回到清朝,在乾隆下江南偶遇夏雨荷时送给她,那么,到2022年的今天,这块表只偏差了1秒,原子钟偏差1秒需要多久呢,3000万年!假如我们送给地球上最后一只霸王龙一枚原子钟,那么到今天,这台原子钟只偏差了2秒。

放眼元素周期表上100多种元素,适合研制原子钟的只有10余种,而这些原子,又有着不同的脾气与秉性,需要被小心翼翼地区别对待。因此,抓住原子之后呢,科学家还要保证它们不被外界磁场、电场、温度变化等干扰。一台原子钟的复杂程度也许会超出人们的想象,可能会用到数十颗螺丝钉,数百个电子元器件,经过上千次测试验证,凝结着无数科研工作者的决心。

浩瀚宇宙中藏着未知的秘密,我们渴望知道黑洞里面是什么样子,我们渴望看到引力波,我们也渴望与地球外的生物对话,这些对未知的向往,使人类从未停止对时间频率测量精度的追求,原子钟精度的纪录还在被不断刷新。

一台台服务生活的原子钟,是航天事业工作者不懈努力的结果,是继续前进的动力,更是航天精神的映照。

他希望通过这篇漂亮的甜甜圈照片,能成为青少年朋友们遵循兴趣、保持好奇心的诱因,希望我们的孩子们未来选择学习、工作方向时,都能遵循自己原本的兴趣,保持对大自然的好奇。

之所以选择天体物理,也是袁峰本人的兴趣所在。读硕士期间,他曾一度从理论物理专业换到量子化学专业,但3年读研时间里,他发现自己对广义相对论的兴趣与日俱增,我觉得广义相对论很优美,很喜欢,所以我报考了中科大学的天体物理专业博士,从此一直在研究天体物理。

一张张甜甜圈黑洞写真,看似雷同,但它们都有其不同假设环境中的重要价值。

我们拍到的照片,准确来说,不是黑洞本身,而是黑洞周围的吸积流。这些吸积流被一个强大的中心引力吸引,而这个引力就来自黑洞。袁峰说,甜甜圈外圈那个闪闪发光的金色圆环,实际上就是吸积流,吸积流气体在黑洞引力作用下向黑洞下落,下落过程中它们变热,进而发出强烈的辐射,照片中看到的明亮光环,就是这些非常热的气体发出的辐射。

天体物理学家纳拉扬等人的研究发现,宇宙中存在两种吸积流,一种是正常吸积流,另一种是疯狂吸积流,前者磁场较弱,后者磁场很强。除了磁场外,两种吸积流其他方面也存在很大不同,而且还决定了黑洞喷流的形成。

袁峰告诉记者,黑洞写真拍摄的一个重要作用在于其在强引力场环境下检验了爱因斯坦的广义相对论。广义相对论是描述物质间引力相互作用的理论,由阿尔伯特·爱因斯坦于1915年完成,1916年正式发表。这一理论首次把引力场等效成时空的弯曲。

他介绍,100年前也有科学家对广义相对论进行过检验,但当时都是在弱引力场环境下进行的检验,而在弱场下,广义相对论与牛顿力学两种理论的差别不大。只有在强引力场的环境下,两者才能出现较为明显的差别。

黑洞,正是那个用来检验广义相对论的、合适的强引力场。

广义相对论和量子力学理论是目前物理学界最牛的理论,是现代物理学最重要的基础。袁峰说,以人们日常使用的卫

星导航系统为例,它也需要依靠广义相对论,工程人员在这一理论基础上,把导航变成了现实,举个例子,用牛顿力学理论做导航的话,误差可能是1-2公里,而要精准定位,一定要依靠广义相对论。

如今科学家拍摄到的黑洞照片,与基于100多年前的广义相对论计算出来的黑洞模型照片,是相符合的,说明广义相对论通过了这次检验。

袁峰不是EHT项目中的拍照人,而是该项目中解释为什么拍照的理论研究者之一。

吸积流被吸进去的过程中,产生了很多有趣的现象。他介绍,黑洞本身不会发光,要找到黑洞,最重要的就是找到其周围的吸积流气体,根据我们的计算预测,真正的黑洞比这幅甜甜圈图片中的黑色部分要小一些。

袁峰所说的计算,是求解一个复杂的黑洞吸积流方程组。这个方程组的复杂程度,远超出一般人的想象。这个方程组从20世纪60年代开始就被科学家关注,每解出这个方程的一小步,都值得发表一篇高水平学术论文。20世纪90年代,袁峰在哈佛大学的博士后导师纳拉扬发现了该方程的一个创新性解,为人们理解宇宙中的黑洞迈出了重要一步,他本人因此当选美国科学院院士。

我当时写了一篇还算不错的论文,在一次韩国举办的国际会议上作了报告。袁峰告诉记者,导师后来告诉我,那次听到我的报告,就想好要给我留一个博士后位子了。

2002年到哈佛大学报到后,负责接待的天文系秘书在见到袁峰后说:我早就想见到你了!有几百人申请了教授的博士后位置,我想知道他把这个位置留给了一个

朱 玺(中国航天科工二院203所设计师)

时间是什么,或许有人会低头看看手表,说出当下的时刻。是的,时钟会告诉我们时间,它是我们生活不可或缺的一部分。在确定时间起点之后,用世纪、年、月、日、时、分、秒来记录时刻,就好像一把尺子。

当人类意识到时间的流逝,便开始利用周期性现象对时间进行追踪。远古时期,人类通过草木枯荣判定季节,通过观察太阳、月亮在天空中的运动来判断时间,日出而作,日落而息。后来,人们探索出了通过滴水来计时的水钟,流沙计时的沙漏等。二战后,美国国家物理实验室研制出了世界上第一台原子钟,但这个钟需要一个房间的设备,复杂度太高,实用性不强,但代表了人类一个历史性的跨越。

1967年,秒长的定义溯源到了原子上。此后,各种原子钟相继问世,成了目前世界上最准确的计时工具,实用性也越来越高,能够满足多种场景的应用需求。

原子钟其实离人们日常生活很近。例如,原子钟在卫星导航系统中发挥着心脏般的作用。卫星导航使人们的日常生活变得非常便捷,当我们拿出手机,打开手机软件,能够看到自己的地理位置,输入目的地,导航软件能够规划路线,且实时告诉我们需要向左转还是向右转。这是如何做到的呢?

我们先来看一下卫星导航与定位的原理。在三维空间中,建立坐标系,已知3个点的坐标以及第四个未知点分别与已知点之间的距离,那么未知点的坐标就可以被确定。同理,当我们在地球上仰望天空,至少能够同时看到3颗卫星,卫星飞行在自己的轨道上,它的运行轨迹被编入星历,同时接收3颗卫星发来的星历,经过解算,可以知道卫星的位置。此外,还需要知道我们与卫星之间的距离,物理学知识告诉我们,距离等于速度乘以时间,光速传播速度是每秒30万公里,所以只需要知道信号传播时间就可以了。此时,我们发现,导航定位的关键便是时间的测量。

这就需要原子钟隆重登场了。每颗卫星及地面站里都配备了一组原子钟,时间信号随星历一同发送,在解算卫星位置的过程中,也能够同时得到时间信息以及距离。这样,我们的位置便可以被计算出来。日常生活中的手机等电子产品,通常内置了导航模块,能够实时接收卫星发射的信号并依据一定的算法进行解算。于是,便有了我们对自身位置的实时掌控。如果原子钟提供的时间误差在1微秒,那么定位误差将高达300米。如果误差达到米量级的导航,在不考虑其他误差因素的情况下,原子钟提供的时间误差需保持在3纳秒。也就是说,时间的精密测量决定了导航定位的精度。如果没有原子钟,就无法实现准确导航了。

原子钟究竟有多准呢?让我们来跟常见的机械手表、石英钟对比一下。当我们带着机械手表开着车,绕着北京四环跑1圈,大概1个小时吧,机械手表就偏差了1秒,对于石英钟来说,偏差1秒差不多需要270年,也就是说,假如我们带着一块石英钟回到清朝,在乾隆下江南偶遇夏雨荷时送给她,那么,到2022年的今天,这块表只偏差了1秒,原子钟偏差1秒需要多久呢,3000万年!假如我们送给地球上最后一只霸王龙一枚原子钟,那么到今天,这台原子钟只偏差了2秒。

放眼元素周期表上100多种元素,适合研制原子钟的只有10余种,而这些原子,又有着不同的脾气与秉性,需要被小心翼翼的地区别对待。因此,抓住原子之后呢,科学家还要保证它们不被外界磁场、电场、温度变化等干扰。一台原子钟的复杂程度也许会超出人们的想象,可能会用到数十颗螺丝钉,数百个电子元器件,经过上千次测试验证,凝结着无数科研工作者的决心。

浩瀚宇宙中藏着未知的秘密,我们渴望知道黑洞里面是什么样子,我们渴望看到引力波,我们也渴望与地球外的生物对话,这些对未知的向往,使人类从未停止对时间频率测量精度的追求,原子钟精度的纪录还在被不断刷新。

一台台服务生活的原子钟,是航天事业工作者不懈努力的结果,是继续前进的动力,更是航天精神的映照。

他希望通过这篇漂亮的甜甜圈照片,能成为青少年朋友们遵循兴趣、保持好奇心的诱因,希望我们的孩子们未来选择学习、工作方向时,都能遵循自己原本的兴趣,保持对大自然的好奇。

之所以选择天体物理,也是袁峰本人的兴趣所在。读硕士期间,他曾一度从理论物理专业换到量子化学专业,但3年读研时间里,他发现自己对广义相对论的兴趣与日俱增,我觉得广义相对论很优美,很喜欢,所以我报考了中科大学的天体物理专业博士,从此一直在研究天体物理。