

# 拨开星际磁场迷雾 “中国天眼”新成果扩展恒星形成认知

◎ 实习记者 孙瑜

在星际介质和恒星的形成过程中，磁场是必不可少的，但由于人类对宇宙的了解有限，星际磁场始终是一个“迷雾缭绕”的话题。

1月6日，《自然》以封面文章的形式发表了被誉为“中国天眼”的中国500米口径球面射电

望远镜(FAST)利用中性氢谱线测量星际磁场的研究成果。

该研究由中国科学院国家天文台研究员、FAST首席科学家李菂领导的国际合作团队完成。“这篇文章的重要性体现在方法的创新以及不同于经典理论预期的观测结果。”李菂告诉科技日报记者。此次研究成果为解决恒星形成三大经典问题之一的“磁通量问题”提供了重要的观测证据。



此次利用FAST获得的观测值，说明分子云及原恒星核存在磁力耗散的其他机制，分子云可能比经典理论想象的更早达成磁超临界状态，也就是恒星形成的过程可能比想象中更早更快。新的发现将推动解决磁通量问题。

李菂

中国科学院国家天文台研究员、FAST首席科学家

把介质“压在一块”，在中心形成极高的密度和温度，实现核聚变。

然而，重力塌缩面临着一系列能量上的阻碍。湍流问题、角动量问题、磁通量问题就是其中的3个经典问题。

李菂解释道，这三大经典问题有一个核心共同点，即它们都涉及“对抗”重力塌缩的力量。在星际介质收缩、密度增加的同时，也会产生对抗重力的、向外的、阻碍进一步塌缩的压力。

磁通量问题就涉及阻碍重力塌缩的压力来源之一。

“描述一个磁场，中学教科书里会画一个磁铁，有南极北极，还有象征附近能量场的、不会交叉的磁力线。”李菂表示，星际介质也有磁场，当其进一步收缩时，表面积减小，单位面积里穿出来的磁力线(磁通量)大幅提高，从而产生向外顶的磁阻力。

星际介质要想形成恒星，就要克服磁通量问题。李菂说：“研究磁通量问题，即探索这些普通情况下不会相互交叉的磁力线，是如何被耗散掉，从而使恒星形成过程得以继续的。”

## 恒星的起源与“磁通量问题”

什么是“磁通量问题”？

李菂以太阳这颗大家最熟悉的恒星为例解释道，作为太阳系的中心，太阳是一座高热的“核聚变反应堆”，和其他恒星一样，随时都在喷发着巨大的能量。不过，恒星并非宇宙物质的主要构成，人类肉眼能够看到的那些闪闪发亮的恒星，其质量总和要远远小于星际介质的质量总和。

太阳这颗恒星诞生之前，就是一团由星际介质组成的分子云。

李菂说：“研究恒星的形成，就是研究星际物质的演化。其中非常重要的一环，就是研究星际介质如何聚合在一起，形成核聚变反应。核聚变反应能‘点亮’恒星，从而点亮宇宙。”

星际介质聚合在一起，并非易事。由于其分布较广、密度较低，想要塌缩并形成恒星，需要跨越数以亿计的空间尺度。而且只有在足够的密度和压强下，才能产生足够的温度，促成核聚变“点火”。

在20世纪60年代基本形成的相关理论框架中，星际介质聚合并塌缩为恒星的过程被称为“重力塌缩”。通俗地说，作为向心力，重力能

## FAST观测到微弱但重要的磁场信号

在本次研究中，李菂和研究团队发现在原恒星核包层中，存在一个非常微弱的磁场。这个磁场的强度仅相当于地球磁场的十万分之一。

这是一个高置信度的重要发现。

“结合其他观测证据，我们发现星际介质形成的分子云从外围到核心的磁场没有发生剧烈变化，这和经典理论的期待值是完全不一样的。”李菂表示，它意味着分子云可能克服了磁通量问题。

# 太阳的发热功率密度竟然比人还低

## 身边的天文学

◎ 王昱

最近，我国东方超环实现了7000万摄氏度的长脉冲高参数等离子体运行1056秒。

东方超环这类装置，有着一个更响亮的名称——托卡马克。这是由苏联科学家在上世纪50年代发明的一种环形容器。它是一个环形真空室，其中遍布强大磁场。在托卡马克中，强大的磁场对带电等离子体来说本身就是一个容器，没有任何实物直接和等离子体接触，所以等离子体可以被加热到很高的温度。当等离子体的温度足够高，高到其中氘原子核的热运动可以克服彼此之间的库仑势垒(两个原子核要接近至可以进行核聚变时所需要克服的静电能量壁垒)时，它们就会撞到一起，形成氦原子核，释放出一个中子和大量能量，这就是核聚变。

核聚变同样是太阳的能量来源，这也是这类装置被称为“人造太阳”的原因。不过其中还隐藏着有趣的事实——其实，太阳的温度没有

“人造太阳”高，发热功率密度甚至还不如人。

“纯天然”不如“人工仿”

“人造太阳”的温度比真正的太阳还高，说的当然不是太阳表面的区区5500摄氏度，虽然人类仍然没有能承受这么高温度的材料，但想要达到这个温度还是轻轻松松的，电弧焊的电弧温度往往就能高达6000—8000摄氏度。我们真正需要对比的，是发生核聚变的太阳核心，那里的温度在1500万摄氏度左右。

乍一看，1500万摄氏度是一个非常高的温度。但只要将“纯天然”的太阳和“人造太阳”对比一下，就会发现竟然是“人造太阳”的温度更高，而且几乎比太阳的温度高了一个数量级。1500万摄氏度的温度甚至不足以让氢原子核越过库仑势垒，发生聚变。只有依靠量子隧穿效应，我们才能解释为何太阳核心温度这么低也能发生核聚变。

也正是因为太阳核心温度太低，其聚变功率密度大约只有276.5瓦/立方米。人体发热功率大约在100瓦量级，体重在100千克量级，按水的密度估计人体的体积，人体的发热功率密

度就已经到了1000瓦/立方米。考虑到人在阅读时大脑的运转会消耗更多能量，并且大多数人的体重也不会达到100千克，因此人的发热功率密度甚至能比太阳核心高一个量级。

当然，这并不代表人类就可以“飞上太阳和太阳肩并肩”了。人体会发热，也会散热，冬天我们需要穿的厚一点，正是为了减少散热、维持体温。而太阳核心为了维持它核聚变的“体温”，用整个太阳来保暖，这可比我们穿的羽绒服厚多了。更何况在太阳之外就是真空，太阳的大部分能量只能通过黑体辐射的形式散发出去，散热效率就更低了。所以太阳核心的温度要比人体温度高得多。

发热功率低反而是好事

既然太阳发热功率密度这么低，它又如何给地球生态圈提供能量呢？原因很简单，太阳很大，也很“长寿”。

太阳的总质量占整个太阳系总质量的99.86%，半径在70万千米左右，是地球的110倍。其核心半径约占整体半径的1/5—1/4，就算发热功率密度较低，它仍能靠庞大的身体产

生极大的能量。在太阳核心中，每秒大约有 $3.6 \times 10^{38}$ 个氢核聚变，将430万吨的质量转化成能量。这样的能量在太阳表面以可见光的形式向外界辐射出去，就算远在8光分(光一分钟行走的距离)外的地球轨道上，经过大气层的衰减，太阳辐射仍能在地表达到每平方米1千瓦左右的水平。

太阳核心较低的发热功率密度，也给我们带来了个好处——它很“长寿”，能燃烧很久。虽然人体发热功率密度更高，但如果人从不外界摄取能量，大概一周就会“凉凉”，发热功率降低到0。太阳从50亿年前点燃核聚变的那一刻起，就没从外界摄取过任何能量，而它大约还能再燃烧50亿年。

持久稳定的能量供应，是地球生命诞生的重要条件之一。宇宙中第一批出现的恒星比太阳大得多，核心温度也比太阳更高，核聚变速率也比太阳高得多，但正是因为燃烧得太过剧烈，第一代恒星往往在几百万年内就燃尽了自己，这么短的时间是远不足以支持复杂生命诞生的。正是因为太阳核心不够“热”，我们人类才得以诞生。

(据《环球科学》)

## 天闻频道

## 亮星众多，辨识度极高 “星座之王”猎户座迎来观测季

新华社讯(记者周润健)当下，每天21时左右，面向东南方看去，人们会看到几颗明亮的星星挂在夜空之中，即使在灯火辉煌的城市里，也能轻松地找到它们。这几颗星星所在的星座就是素有“星座之王”美誉的猎户座，它是冬季星空的“霸主”。

中国天文学会会员、天津市天文学会理事史志成介绍说，猎户座赫赫有名，是冬季星空最显眼、最华丽的星座，即使不认识该星座的人，只要略加指点，也会很容易在冬季的夜空中找到它。猎户座内部亮星众多、结构明显，辨识度极高。

曾多次拍摄过冬季星空的北京市资深天文爱好者王俊峰说，猎户座的整个形象就像一个手持盾牌和武器的雄赳赳的猎人，昂首挺胸，自古以来就为人所瞩目。在我国古代文化中，猎户座是二十八宿之一的“参宿”。“参”是从“三”的大写“叁”演变而来，指的是参宿一、参宿二和参宿三，这三颗星亮度差不多，几乎等距离且呈一条直线排列，如同系在猎人腰上的腰带，民间寓意它们为“福禄寿”三星，在这3颗星下面，又有3颗小星，它们则是挂在腰带上的“剑”。

猎户座内部“明星荟萃”。除了腰带上的3颗“宝石”外，另外4颗星——参宿四、参宿五、参宿六和参宿七也毫不逊色。其中，参宿四为猎户座 $\alpha$ 星，是颗红超巨星，是迄今人类发现的体积最大的恒星之一。

猎户座还有许多肉眼不太容易看到的秘密，借助相机的长时间曝光拍摄，感兴趣的公众还会发现它更美丽壮观的一面。“参宿一下边有几颗星连成一片，好像一束散发出粉红色光芒的花朵，美丽极了，这就是著名的猎户座大星云，也是全天最明亮的气体星云。围绕着猎户座，还有一个大大的红色半环，叫‘巴纳德环’，它是一个发射星云。”史志成说。

值得一提的是，大名鼎鼎的哈雷彗星所“孕育”的猎户座流星雨就得名自猎户座。其实这场流星雨中的流星与猎户座的关系并不大，只是辐射点位于猎户座而已。

感兴趣的朋友不妨约上三五好友，找一个晴朗的冬夜，带好装备，背好行囊，和“猎户”一起去狩猎吧。

## 看！ 首张黑洞照片上有“疯狂”吸积流

人类首张黑洞(M87)照片，相信大家都不陌生。这张照片的中心是一个近似圆形的黑暗区域，该区域被一个发光的亮环包围。中间黑色圆圈是由黑洞的存在而导致的，发光的亮环则来自黑洞周围的“吸积流”气体。那么，该吸积流的本质是怎样的？中国科学院上海天文台袁峰研究员课题组对这一问题进行了研究，发现该吸积流中磁场很强，属于磁主导的“疯狂”吸积流。相关成果近日发表在《天体物理学》杂志上。

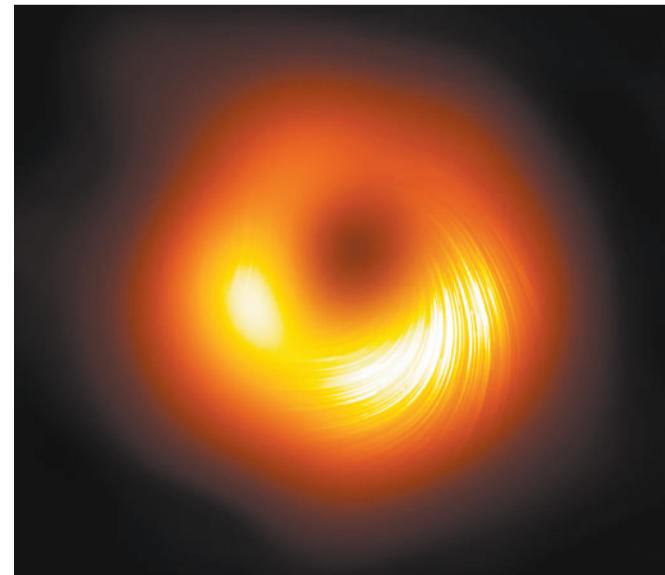
此前，科学家通过研究预言，宇宙中存在两种吸积流，一种是“正常”吸积流，另外一种“疯狂”吸积流，前者磁场较弱，后者磁场很强。除了磁场外，两种吸积流在其他方面也存在着很大的不同。

那么，首张黑洞照片中的吸积流属于哪一种呢？

这个问题也一直是事件视界望远镜国际合作组织(EHT)的研究课题之一。他们通过观测得到了偏振光下黑洞M87的照片。利用该照片，结合针对“正常”与“疯狂”吸积流的数值模拟以及复杂的偏振光辐射转移计算，他们推断该吸积流非常可能是“疯狂”吸积流。EHT于2021年3月召开新闻发布会宣布了这一成果。然而遗憾的是，EHT观测的是距离黑洞很近的吸积流的辐射，由于黑洞附近广义相对论效应很强，吸积流是强湍动的，以及难以准确确定吸积流中电子的温度和非热电子数目等原因，导致这一研究结果存在不确定性。

为此，中国科学院上海天文台袁峰研究员课题组独辟蹊径，利用天文学家2019年得到的对距离该黑洞1万至10万黑洞半径处区域的射电偏振观测数据，重新研究了这一问题。由于黑洞吸积伴随着很强的外流(风和喷流)，而且这些外流充满了从黑洞到至少100万黑洞半径的区域，不同的吸积流肯定就会在这些区域留下“痕迹”。所以，结合该偏振观测数据以及理论模拟，通过计算并比较一个叫“旋流量”的物理量，课题组就可以确定吸积流的物理本质。与EHT使用的数据不同，由于课题组观测的是距离黑洞较远处的气体，因此广义相对论效应、吸积流的湍动效应都很弱，也不需要考虑对电子温度和对非热电子的依赖。此项研究的结果令人信服地证明，该黑洞的吸积流的确是磁主导的“疯狂”吸积流。由于宇宙中绝大部分超大质量黑洞周围的吸积流都跟M87的类似，这一工作对于我们理解宇宙中黑洞吸积流的物理本质具有重要意义。

(据中国科学院上海天文台官网)



人类首次“看见”的黑洞的偏振图像

新华社发(中国科学院上海天文台供图)