



黑洞磁囚禁盘形成之谜破解

■本报记者 李思辉 实习生 谢午阳

浩瀚的宇宙空间里有不计其数的天体，黑洞是其中非常特殊的存在。

正值开学季，武汉大学一个师生团队收获了一份与黑洞有关的“开学礼包”。

9月1日，武汉大学物理科学与技术学院天文学系副教授游贝领衔的国际团队，在《科学》上发表了关于黑洞的最新研究成果。

“我们发现了黑洞周围磁囚禁盘形成过程的直接观测证据，揭示了黑洞周围‘看不见’的神秘磁场，破解了磁囚禁盘的形成之谜。”游贝告诉《中国科学报》。

“不可思议”的天体

黑洞捕获物质的物理过程被称为吸积，被捕获的物质则被称为吸积流。

资料显示，作为一种极为致密和强大的天体，黑洞的引力大到光线都无法逃脱。而黑洞不仅在“吃”（吸积），同时也在“吐”（外流）。

“通过对物质的吸积，黑洞间接彰显了自身的存在。”游贝说。天文学家已在多个致密双星系统中探测到恒星级黑洞的存在，这类黑洞吸积时产生明亮的 X 射线辐射和射电辐射。

相比于“明亮”的辐射，黑洞周围还存在着“看不见”的磁场。黑洞吸积物质的同时，会顺着把磁场“拽”进来。力是相对的，随着吸积物质将外部弱磁场持续带入，磁场及其对物质的向外磁力会逐渐增强。

“当磁场的向外磁力与黑洞的向内引力相当时，吸积流就会被磁场囚禁，无法自由地‘掉’入黑洞，形成磁囚禁盘。”游贝介绍，磁囚禁盘理论模型可广泛应用于各类天体，并且成功解释了黑洞产生的相对论性喷流。

然而，此前一直没有磁囚禁盘存在的直接观测证据，磁囚禁盘是如何形成的更是一个未解之谜。

黑洞这个“不可思议的天体”，吸引着各国科学家前赴后继。

黑洞也有“吃撑”的时候

时针拨回到 2021 年。那年开春，游贝团队一项关于黑洞吸积的研究成果发表于《自然—



游贝（中）与团队成员合影。受访者供图

通讯》，他们利用“慧眼”卫星发现逃离黑洞的高速等离子体。

在之后的一次会议上，同行一句不经意的话引起了游贝的注意。“当时，我就有了一个新想法。”游贝回忆说，“那天晚上，我让学生用现有的数据试着画一画图。”

“画一画”用到的数据，来源于 2018 年我国第一颗空间 X 射线天文卫星“慧眼”和其他国际观测设备，对一次黑洞吸积事件进行的详尽观测。

那时的游贝并不知道，又一项重要的突破正在萌芽。

“利用这批观测数据，我们首次观测到喷流射电辐射的长时标延迟现象。这是前所未有的。”游贝说。

“这说明，黑洞并不像饕餮一样来者不拒，也会有‘吃撑’的时候。”游贝说，“磁场会阻碍物质‘掉’进黑洞。”

这项研究第一次揭示了吸积流中的磁场运输过程，以及黑洞附近热吸积流中形成磁囚禁盘的完整过程，提供了迄今为止磁囚禁盘存在的最直接观测证据。

本科生参与研究

回顾这一最新发现，游贝直言：“整个过程还挺顺利！”

但是，这对团队中的吴岳和夏天宇来说，却是不小的挑战。

吴岳和夏天宇是论文署名列表中两名有些特别的作者。因为在这项研究开始时，他们还是武汉大学的本科生。

“和游老师的相识，有些巧合。”吴岳说。2018 年夏天，他参加暑期社会实践时，旁听了一场核天体物理学学术会议。会上，对天文学很感兴趣的吴岳与游贝相识。就这样，两人一拍即合，吴岳成为游贝指导的第一名学生，开始学习与吸积相关的知识。

一年后，与吴岳同年级的夏天宇也加入了团队，进行科研实践训练。“我主要进行‘慧眼’卫星数据能谱拟合相关的工作。”夏天宇说。刚加入团队时，夏天宇直言自己“懂得不多”。面对此前没怎么接触过的工作，他一时有些找不准方向。

2021 年，在会议上有了新想法的游贝让夏天宇利用现有数据画图。当草图摆在游贝面前时，他的第一反应却是“画错了”。经过反复检查，他们才证实草图是正确的。

在这样逐步摸索的过程中，夏天宇感受到了“游老师的厉害”。“在游老师的指导下，我发现数据处理也需要很强的思维敏捷度。同样的数据，分析角度不同，所能解释的现象便不同。”

对此，吴岳也有相同感受：“他的思路非常活跃，遇到一个问题，一边讨论一边就能想到巧妙的解决方案，甚至提出新的课题方向。”

2021 年夏天，本科毕业后，吴岳依然积极参与游贝团队的讨论交流。这项研究顺利发表于《科学》，对于还在武汉大学继续仰望星空的游贝，以及已经分别前往中国科学技术大学和南京大学攻读研究生的夏天宇和吴岳而言，无疑都是一份难得的“开学礼物”。

“坦率地说，我们不知道的远比知道的多得多。这项研究只是向前走了一小步，未来还有很多科学问题等着我们去探索。”接下来的科学探索让游贝满怀憧憬。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.abo4504>

我国取得深海大功率人工源电磁探测技术新突破



国内首条跨洋中脊海洋电磁法联合探测剖面。姜峰、朱筱曦 / 绘制

本报讯（记者朱汉斌）记者从中国科学院南海海洋研究所获悉，在国家自然科学基金委共享航次的支持下，该所研究员孙珍团队与中国地质大学（北京）的科研人员合作，于今年 7 月至 8 月在南海中央海盆水深约 4000 米处，使用我国自主研发的电磁发射和接收装置，进行了我国第一条跨洋中脊深海人工源电磁与大地电磁联合探测剖面的实验。

“这次实验标志着我国在复杂的深海地形条件下，大功率人工源电磁探测技术取得进一步突

破。”项目负责人孙珍对《中国科学报》表示，为进行本次实验，项目组筹备了 4 年时间。此次实验整个剖面长度近 100 公里，共有 16 个接收测点，取得了质量较好的电磁数据。

海洋电磁法是一种重要的探测海底地质结构的方法。此前，只有少数几家美国和欧洲的机构拥有在深海中开展人工源电磁与大地电磁法联合探测的成熟技术和装备。长期以来，这些机构对我国实行了严格的技术封锁。

近 20 年来，经过国内多家单位研究人员的不懈努力，我国在海底电磁场观测、大功率人工源发射、电磁法海上作业技术、数据分析与处理等领域取得了重要进展。

中国地质大学（北京）副教授王猛表示，本次联合探测实现了深海海底多分量天然源电磁场长时间观测，以及近海底拖曳式大功率人工源电磁发射作业，有效补充了高频天然源电磁场信号。

“这次探测实现了一条地球物理剖面同时探测浅部地壳和深部地幔电阻率结构的目标，将显著提升我国利用海洋电磁法探测海底地质结构和资源的实力。”电磁联合探测航次负责人姜峰说。

此次联合探测作业由中国科学院南海海洋研究所综合地球物理科考船“实验 6”执行。

第三届可持续发展大数据国际论坛在京开幕

本报讯（记者高雅丽）9 月 6 日，第三届可持续发展大数据国际论坛在京开幕。大会旨在深化大数据在可持续发展目标中的功能和作用，加强数据创新、挖掘数据价值、深化数字合作、完善数字治理，为加快落实 2030 年可持续发展目标和全球发展倡议贡献科技力量。

中国科学院副院长常进出席论坛开幕式并致辞。他指出，以大数据为代表的数字技术在分析与地球系统和人类活动有关的可持续发展问题、为政策制定者提供科学决策等方面具有重要作用。中国科学院高度重视国际双边、多领域合作。可持续发展大数据国际研究中心（SDG 中心）成立以来，在发布全球大数据支撑可持续发展目标系列报告、向联合国赠送全球水资源数据产品等方面取得了优异成绩，SDG 中心研制的卫星测绘成套数据产品成为中国支持非洲增强自主发展能力的有力工具之一。

第 77 届联合国大会主席克勒希·乔纳、联合国副秘书长李军华、发展中国家科学院院长夸拉莎·阿卜杜勒·卡里姆等分别致辞。

论坛开幕式上，SDG 中心发布全球首部城市夜间灯光遥感图集《SDGSAT-1 卫星微光影

像图集》。图集收录了全球 105 个国家 147 个城市夜间灯光数据，填补了全球高分辨率城市夜间遥感图集的空白。

SDG 中心还与地球观测组织签订合作协议，双方将持续开展数据共享、人才互访、能力建设等多方面的跨领域合作，共同探索加速推进联合国《2030 年可持续发展议程》后半程进度的方法。

本次论坛主题为“大数据加速落实《2030 年可持续发展议程》”。SDG 中心主任郭华东在题为《行至中点：数字技术加速可持续发展目标》的主旨报告中指出，两年来，SDG 中心依托中国科学院多学科、体系化优势，在全球发展倡议框架下，利用科技创新和大数据应用手段，不断加强数据基础设施能力建设、开展可持续发展卫星星座研究、研制并分享多套可持续发展目标监测数据及信息产品。当前，落实《2030 年可持续发展议程》的时间已经过半，急需及时、公开、高质量的数据为全球、区域、国家等多层面提供决策支持，推动可持续发展目标重回正轨。

本届论坛由中国科学院主办，SDG 中心和中国科学院空间信息创新研究院承办，为期 3 天，其间将举办 6 场特别分会、24 场平行分会。

我国最深地热科学探井开钻

本报讯（记者计红梅）近日，中国石化首口地热科学探井福深热 1 井在海口开钻。该井设计井深 5000 米，是中国目前最深的地热探井，有助于探明海口及周边地区地热资源形成机理和资源潜力，引领我国中深层地热资源勘探开发技术走向世界前列。

地热能是赋存于地球内部岩体、流体和岩浆中且能被人类开发和利用的热能，是一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源。地热资源分为三类：浅层地热资源、水热型地热资源和干热岩型地热资源。我国是地热资源相对丰富的国家，但目前的地热资源开发利用以浅层和水热型地热为主，干热岩型资源的开发尚处于探索阶段。

干热岩一般指温度大于 180℃、埋在地下数

千米处、内部不含或仅含少量流体的高温岩石。中国地质调查局数据显示，中国陆区地下 3 千米至 10 千米范围内干热岩型地热资源折合标准煤总计 856 万亿吨。根据国际干热岩行业惯例，以其 2% 作为可开采资源量计算，约为 2022 年我国全年能源消费量的 3200 倍，具有广阔的开发应用前景。

据介绍，福深热 1 井设计钻遇干热岩型地热资源，由中国石化石油勘探开发研究院牵头承担。针对福深热 1 井目的层温度高、钻遇水层多等问题，攻关团队使用“双驱钻井+高压喷射”等技术，并做好相关工作保证绿色钻进。福深热 1 井实施后，研究人员将依据第一手的岩心和测录井等资料，验证深层地热探测评价关键技术等，助力干热岩型地热资源规模化开发。

科学家成功制备出可扩展多原子纠缠态

本报讯（记者王敏）中国科学技术大学潘建伟院士、苑震生教授等与清华大学马雄峰副教授、复旦大学周游副研究员合作，使用光晶格中束缚的超冷原子，通过制备二维原子阵列，产生原子比特纠缠态，并实现可扩展的量子纠缠态制备。该研究成果发表于《物理评论快报》。

量子纠缠是量子计算的核心资源，量子计算的能力将随纠缠比特数目的增长呈指数增长。因而，大规模纠缠态的制备、测量和相干操控是该研究领域的核心问题。在实现量子比特的诸多物理体系中，光晶格中的超冷原子比特具备良好的相干性、可扩展性和高精度的量子操控性，成为实现量子信息处理的理想物理体系之一。

自 2010 年开始，中国科学技术大学研究团队系统研究了光晶格中原子的多体相变、原子相互作用、端分布动力学等，并于 2020 年实现纠缠保真度为 99.3% 的 1000 对原子纠缠态。这一系列研究工作推动了原子纠缠保真度的提升和原子并行操控能力的增强，为连接扩展成更大的多原子纠缠态进而开展量子计算研究打下了基础。

相关论文信息：

但是，在之前的工作中，由于技术上对单原子比特操控能力仍然不足、光晶格相位漂移较大、缺乏多原子纠缠判定的有效方法，进一步连接纠缠态和测定的多原子纠缠态遇到了瓶颈。

为解决上述问题，潘建伟、苑震生团队研发了一种新型臂交叉束干涉、自旋依赖超晶格系统，并集成了自主研发的单格点分辨、宽波段消色差的量子气体显微镜和多套用于光斑形状编辑的数字微镜，它们兼具多原子全局并行和局域单格点测定的能力，使晶格相位长期稳定。

在此基础上，该团队进行了填充率为 99.2% 的原子二维阵列的制备及原位观测，并选择其中 49 对原子制备了纠缠贝尔态，平均保真度为 95.6%，寿命为 2.2 秒。

他们进一步使用纠缠门将相邻纠缠态连接起来，制备了 10 原子一维纠缠链和 8 原子二维纠缠块，首次突破了光晶格中原子纠缠态连接和多原子纠缠判定的瓶颈，为开展更大规模的光晶格量子计算和模拟打下了基础。

审稿专家认为，“此工作向使用光晶格体系开展基于测量的量子计算迈出了重要一步。”

仅 15 米远！祁连山保护区工作人员拍到野狼影像

本报讯（见习记者叶满山）近日，甘肃祁连山国家级自然保护区工作人员在辖区巡护时，偶遇国家二级保护野生动物——狼。

当时，这只狼正在觅食，距离工作人员仅约 15 米远。

在工作人员捕捉的影像画面中，这只狼的眼神犀利，正在巡视自己的领地，其他 4 只亚成体狼崽在不远处组团巡猎。

据了解，狼的领地意识极强，领地区域大小通常取决于猎物的丰富程度。它们每天会花费大约 35% 的时间在领地内巡视，寻找猎物，行走的距离大约为 30 千米至 50 千米。

狼广泛分布于我国的北方和西南地区。然而，在农业和城市化的快速发展过程中，人与狼的冲突逐渐增加。上世纪，狼的栖息地被破坏和非法猎捕导致其种群退化和减少。狼作为野生动物群体中的重要一员，在维护生态平衡、维持生物多样性和生态系统功能方面发挥着关键作用。

狼觅食场景。甘肃祁连山国家级自然保护区供图



意大利濒危野熊之死引热议



本报讯 8 月 31 日 23 时，一只名叫 Amarena 的野熊带着两只幼崽在意大利阿布鲁佐地区圣贝内代托的街道上闲逛，被一名男子开枪打死，该男子称其是为了保护自己的鸡舍。该事件引发了人们对人类和大型食肉动物能否和平共处的新质疑。

Amarena 是现存的大约 60 只马西干棕熊之一。马西干棕熊是欧亚棕熊的一个亚种，被世界自然保护联盟列为极度濒危物种。它主要分布在意大利阿布鲁佐国家公园，这是欧洲最荒凉的地区之一，距离罗马大约 1 小时的车程。

这是一个很高的纪录。人们经常看到马西干棕熊在阿布鲁佐的村庄里游荡，它们对游客来说有一种吸引力。但为了熊和人的安全，阿布鲁佐国家公园和其他机构曾试图阻止它们靠近村庄，然而并没有成功。

“野生动物在村庄里出现，增加了与人消极互动的风险和事故发生的概率。”致力于拯救马西干棕熊的非营利组织 Salviamo L'orso 联合创始人 Mario Cipollone 表示。

瑞士苏黎世联邦理工学院的 Paula Mayer 研究了阿布鲁佐地区熊和人类的共存状况，并使用数学模型绘制了更有可能发生人熊冲突的区域地图。她发现，人们对熊的态度差异很大，从旅游业获利的人对熊的态度更友善，而那些依赖自给农业的人对熊的态度则更敌对。研究还表明，国家的相关投入，如对熊造成的损害进行经济赔偿，对人们形成关于野生动物的积极看法至关重要。

“在 Amarena 被杀的地区，人熊共存的可能性很大，这意味着这里对熊的威胁很小，人



Amarena 和它的幼崽。图片来源：Gianluca Damiani

类的容忍度很高。然而，模型只是模型，永远无法准确预测现实中会发生什么。”Mayer 说，“我相信阿布鲁佐的一些地区存在真正的共存模式。然而，如果人类对野生动物的态度不改变，那么将永远无法在社会—生态系统中实现牢固和可持续的共存。”（辛雨）