

新智慧  
xinzhizhi

# 我国将迈入“多信使天文学新时代”

张双虎

日前,上海交通大学李政道研究所发布了南海中微子望远镜“海铃计划”蓝图。“海铃计划”由上海交通大学李政道研究所发起并牵头,旨在探索建设中国首个深海中微子望远镜,通过捕捉高能天体中微子来探索宇宙,加速构建多信使天文网,推动粒子物理、天体物理、地球物理、海洋地理、海洋生物等前沿交叉研究。该项目由中国科学院院士景益鹏担任负责人、李政道研究所副教授徐东莲担任首席科学家。



## 1 探索宇宙的理想信使

1609年伽利略发明了望远镜,极大推动了天文学的发展。此后400多年,许多天文观测主要基于捕捉宇宙中传来的光子实现,如著名的哈勃空间望远镜、詹姆斯·韦布空间望远镜等,但光子只是宇宙发送的众多信使之一。

为进一步揭开宇宙起源与演化的奥秘,人类不断尝试探寻其他信使的踪影。

2013年,南极冰立方(IceCube)首次“看”到来自宇宙的高能中微子。2015年,激光干涉引力波天文台(LIGO)通过引力波“听”到了两个黑洞合并的壮观场景。这两大发现标志着结合光子、引力波和中微子携带的信息,揭开宇宙奥秘的“多信使天文学时代”即将来临。

科学家对中微子性质的研究已多次刷新基本物理认知,并4次荣获诺贝尔奖。但中微子仍有诸多未解之谜,如中微子的绝对质量是多少、它们是否为自身的反粒子等,有必要对中微子进行更深入的探究。

由于如幽灵般有极强的穿透力,中微子可轻松逃脱极端、致密的宇宙和天体环境而不改变方向,是研究极端宇宙的理想信使。宇宙大爆炸、超新星爆发、双中子星合并、黑洞爆发均伴随大量中微子的产生,探测这些中微子将帮助人们理解这些剧烈过程背后的机制。

中微子天文学起源于1960年苏联物理学家马可夫提出的在深海或湖里建造切伦科夫光探测阵列的构想。目前世界最大、最灵敏的中微子望远镜IceCube选择将探测器阵列建在2500米深的南极冰层中。此外,在地中海的KM3NeT和在贝加尔湖的Baikal-GVD中微子望远镜项目中,均有部分深海中微子望远镜阵列在运行。

“倘若探测到宇宙射线源伴生的中微子,就能直接溯源,确切解答宇宙射线起源的百年谜题。”徐东莲说。

## 2 建立多信使观测网

深海工程技术的飞速发展,使我国建设深海中微子望远镜成为可能。我国在多波段望远镜、空间引力波和低能中微子观测站方面均有布局,海铃中微子望远镜将填补我国多信使天文观测网中空缺的重要一环。

2021年9月,由上海交通大学牵头的“海铃探路者”项目完成首次海试任务。来自上海交通大学、北京大学、清华大学、中国科学技术大学、自然资源部第二海洋研究所等机构近80位专家参与其中。

## 3 站在重大突破的门槛上

“中微子望远镜以整个地球为屏蔽体,接收从地球对面穿透而来的中微子。”该论文共同第一作者、上海交通大学李政道研究所博士后叶子平说,“由于位于赤道附近,海铃中微子望远镜可以通过地球的自转探测360度全天域的中微子,与南极的IceCube以及北半球的其他中微子望远镜完美互补。”

“海铃计划”的预选台址位于南海北部一个海底平原。那里深约3.5公里,海床平整,流速平缓,且海水放射性与普通海水的公开数据一致。

预选台址海水的光学属性也能满足建设大型望远镜阵列的要求。“海铃探路者”项目团队在预选台址约3420米水深处原位测量了海水的光学性质,结果显示其平均吸收和散射长度分别约为27米和63米。清澈的海水可更清晰“录制”中微子与海水反应的

线索,更有利于重建中微子的种类、来源的方向和携带的能量。同时,该团队在候选台址成功布放探测球舱,部分验证了耐高压玻璃球舱、光电探测器、数据采集系统、数据分析与模拟、深海潜标布放等核心技术。

基于上述结果,研究团队利用上海交通大学“思源一号”科学计算平台进行模拟计算,正式提出海铃中微子望远镜的概念设计。

研究团队创新性地提出了新型混合探测球舱概念设计——舱内表面紧密覆盖多个能探测单光子的光电倍增管(PMT),形成类似于果蝇复眼的结构,同时利用PMT之间的空隙安装超快时间响应的硅光电倍增管,进一步优化中微子探测性能,实现无死角观测不同方向的中微子。该团队预计,阵列建成后一年内就能发现鲸鱼座中棒旋星系NGC 1068的稳定中微子源,并能发现IceCube仅收集到初步证据的TXS0506+056耀星体中微子爆发。

2022年底,在科技部、上海科学技术委员会和上海交通大学的支持下,海铃一期项目启动。海铃一期拟在选定海域建设10根望远镜阵列,并通过长距离海底连接南海某岛基地。预计2026年海铃中微子望远镜将成为世界首个近赤道的小型中微子望远镜,对银河系内外的天体源展开搜索,并完成建设大阵列的全链技术验证。预期在2030年前后,其将成为国际上最先进的中微子望远镜。

“中微子天文学正站在重大突破的门槛上。”徐东莲说,“当前,世界主要发达国家都在积极筹建二代中微子望远镜,旨在提升探测灵敏度的同时更精确地定位中微子源。海铃中微子望远镜的建成,有望实现中微子天文学和基础物理学的新突破。”

科普中国  
CHINA SCIENCE COMMUNICATION  
中国科协主办



科普中国APP

新发明  
xinfaming

## 新研究解析人脑多区域时空发育转录组图谱

中国科学院动物研究所研究员焦建伟、广州国家实验室研究员董骥、北京大学研究员杜鹏和副研究员靳蕾等科研人员合作,通过单细胞和时空转录组研究,首次解析迄今跨时间点最广(GW6-GW23)、面积最大(最大4厘米×3厘米)的人脑多区域时空发育转录组图谱,为解码人脑发育及区域特化研究提供了新见解。日前,相关成果发表于《细胞》。

为深入研究发育中的人脑神经元的区域特征,研究者对33个人类胚胎的多个发育时间点、不同脑区进行了单细胞转录组研究,鉴定出免疫细胞、神经前体细胞、谷氨酸能神经元、GABA能神经元、少突胶质细胞前体细胞、星形胶质细胞前体细胞、中胚层来源细胞等19个主要亚型,绘制了人脑发育中的动态变化图谱。由于空间组织对于理解不同类型脑细胞的生理功能以及信号相互作用至关重要,研究者进而揭示了发育中的人脑不同脑区由不同细胞类型组成的有序分布模式。

研究发现了发育中的人脑神经前体细胞时空多样性和关键转录因子,鉴定并呈现了发育早期具有特定空间分布特点的RG细胞亚型,揭示了这些RG细胞有助于不同脑区神经元的特化,同时发现了胶质细胞和神经元互作也会促进神经元的区域特化,为深入研究人脑发育、神经元区域特化和相关疾病提供了宝贵资源。温才妃

新视觉  
xinshijue

## 广西上横: 西津郁江特大桥合龙



近日,广西上横(上林县至横州市)高速公路西津郁江特大桥顺利合龙。西津郁江特大桥是上横高速公路一期工程全线唯一控制性工程,桥梁全长1190米,主桥长680米,主跨400米,为双塔双索面钢混组合梁斜拉桥。陆波岸

## 河北玉田: “光伏+电采暖”助力群众清洁温暖过冬



近年来,河北省玉田县稳妥有序推进农村地区清洁取暖,深入实施“光伏+电采暖”工程,新建及改造输电线路700余千米,推广用户30000余户,帮助农村地区群众清洁温暖过冬。牟宇

## 广西钟山: “稻菜轮作”助农增收



近年来,广西钟山县瞄准粤港澳大湾区消费市场,通过采用“稻菜轮作”模式,充分挖掘“农闲田”的潜力,让村民通过土地流转、参与务工等方式实现增收。曹伟铭

新资讯  
xinzixun

## 我国首台国产海上平台燃气轮机投用

日前,我国自主研发的“太行7”燃气轮机,在深圳东南约180公里的海上油气平台成功“点火”运行。这是我国首台具有完全自主知识产权、正式在海上油气平台上投用的燃气轮机。

燃气轮机是海上油气生产平台的动力来源,相当于“心脏”。“太行7”燃气轮机是在“太行”航空发动机基础上衍生发展的7兆瓦级轻型航空燃气轮机,突破了多项关键技术。该燃气轮机具有功率大、启动快、能耗低、维护简便等优点,1小时发电量超过5000千瓦时,可以满足1座海上油气平台的全部生产和生活需要。与同功率燃油发电机组相比,其每年可减少近8万吨二氧化碳排放。张贺



CCTV+视觉中国

新发现  
xinfaxian

## 一边睡觉一边吃饭



驯鹿 资料图

北极的夏季和冬季面临极昼与极夜,这些季节差异如何影响驯鹿的生物节律呢?

现在,科学家发现,驯鹿会通过反刍时间长短适应这种季节差异带来的压力。其反刍时间越长,非快速眼动睡眠时间就越短,这可能有助于驯鹿在夏季获得足够的睡眠。夏季食物充足,驯鹿几乎全天候进食,并为漫长而食物稀少的冬季做准备。

此前的研究表明,在冬季和夏季,北极驯鹿没有表现出昼夜节律的行为节奏,但尚不清楚季节差异是否影响驯鹿的睡眠程度和质量。

为了研究季节性暗周期对驯鹿睡眠模式的影响,研究人员在秋

分、夏至和冬至期间对挪威特罗姆瑟(北纬69°)的欧亚苔原驯鹿进行了无创脑电图测量和分析。这些驯鹿都是成年母鹿,属于挪威北极大学圈养驯鹿群。实验在室内进行,有照明控制、不限食物,并恒温。

他们发现,驯鹿在冬季、夏季和秋季的睡眠时间大致相同。这与其他物种形成鲜明对比——它们会根据环境条件改变睡眠时间。研究人员发现,在给定的24小时内,驯鹿平均有5.4小时的非快速眼动睡眠,0.9小时的快速眼动睡眠,2.9小时的反刍,而不受季节限制。

“驯鹿反刍越多,需要的额外非快速眼动睡眠时间就越少。”瑞士苏黎世大学神经科学家、论文第一作

者Melanie Furrer说,“这样一来,它们就能节省时间,同时满足睡眠和消化需求,特别是在夏季。”

研究人员发现,驯鹿在反刍过程中的脑电图读数与非快速眼动睡眠的脑电波模式相似,包括慢波活动和睡眠阶段的增加。睡眠和反刍中的驯鹿也表现出类似情况,而且驯鹿在两种活动中都倾向于安静地坐着或站着,并且对外界干扰,比如邻近的驯鹿坐下来或站起来反应较少。驯鹿对这些干扰作出直接反应(看向活动的驯鹿),醒着时的概率是45%,反刍时只有25%,非快速眼动睡眠时只有5%。

研究人员通过剥夺驯鹿两小时的睡眠,并测量它们在睡眠前后的脑电波,测试了反刍是否能降低驯鹿的睡眠欲望。睡眠被剥夺后,驯鹿的脑电图显示慢波活动增加,这反映了“睡眠压力”的积累,表明驯鹿在睡眠被剥夺后会经历更深的睡眠。

然而,当驯鹿反刍时,这种慢波活动在随后的睡眠中减弱,反刍时间越长,慢波活动减弱越多。Furrer说:“这表明反刍可以减少睡眠压力,这对驯鹿有益。”这在夏天尤其重要,因为驯鹿吃得越多,反刍时间就越长。Furrer说:“反刍增加了营养吸收,所以对驯鹿来说,在夏天充足的时间反刍至关重要,这样才能在冬天到来之前增加体重。”冯维维