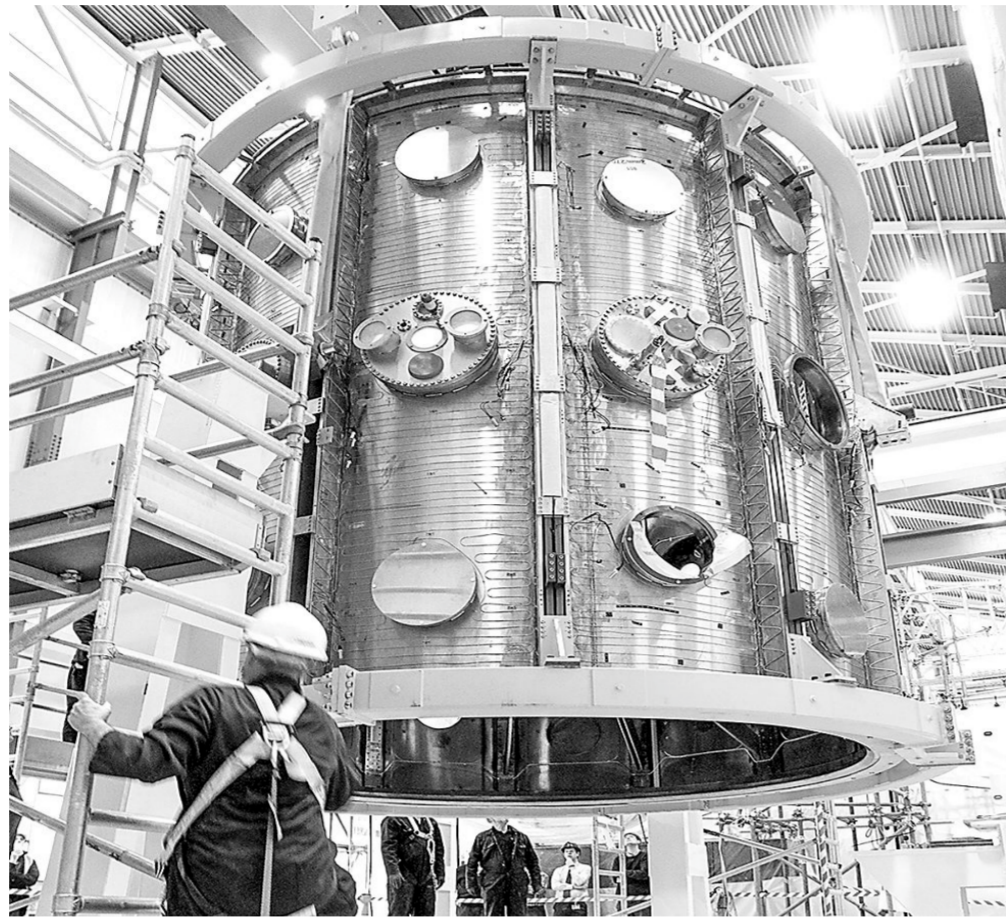


“苹果”能否重塑聚变未来

科学家尝试建造球形托卡马克获得能量增益



在一项耗资 3000 万欧元的升级改造中,工程师将用于改进的真空管抬起。 图片来源:CCFE

约束的气体膨胀、扭动并且试图逃逸。过去 60 年的大部分聚变研究都聚焦在如何控制等离子体上。

产生并且维持聚变所需的足够热量是另一项挑战。等离子体在托卡马克周围激磁时产生的摩擦会提供部分热量,但现代托卡马克还发射微波和高能粒子。在尽可能快地提供热量的过程中,热量也会被耗尽,因为湍流等离子体中最热、移动最快的粒子会从高温核心以旋涡状逃向较冷的边缘。“任何控制系统都将出现轻微的渗漏,并且失去粒子。”Wilson 表示。

球形托卡马克兴起

上世纪 80 年代,一个来自田纳西州橡树岭国家实验室的团队研究了简单的形状改变如何影响托卡马克的表现。他们关注的是环径比,即把整个托卡马克的半径和真空管的直径相比。他们的计算表明,使环径比变得很低从而托卡马克基本上变成中间有个狭小通道的球体,能有很多优势。

橡树岭的研究人员预测,在一个球形托卡马克的中心洞附近,粒子会“享受”到异乎寻常的稳定性。磁场线在中心附近紧紧缠绕在一起,使粒子在回到外表面之前能在那里保持更长的时间,而不是像传统托卡马克装置中磁场线在管子附近懒洋洋地作螺旋式移动。等离子体的 D 形横截面还有助于抑制湍流,从而改善能量控制力度。不过,这种设计有一个现实问题。球形托卡马克狭窄的中心洞并未给需要安装在那里的仪器留出足够空间。1984 年,来自橡树岭的 Martin Peng 提出一个完美的、节省空间的解决方法:将众多垂直环形磁体用沿着反应堆中心共享单一导体的 C 型线圈替代。

当时,美国聚变研究资助非常缺乏,因此橡树岭无法建造球形托卡马克测试 Peng 的设计。有些国外实验室则将一些设计用于其他目的的小型设备转变成球形托卡马克,而首个真正的样机于 1990 年在卡拉姆实验室建造。这个被称为小型低环径比托卡马克 (START) 的设备很快实现 40% 的环向比压,这是任何传统托卡马克所能达到的 3 倍。它的稳定性也超过传统托卡马克。其他实验室竞相建造小型球形托卡马克,一些甚至位于在聚变研究领域并不出名的国家,比如澳大利亚、巴西、埃及、哈萨克斯坦、巴基斯坦和土耳其。

Chapman 表示,下一个问题是“我们能否建造一台更大的机器并获得相似的性能”。位于普林斯顿和卡拉姆两地的机器正是为回答这个问题而建造。NSTX 和 MAST 都在 1999 年建成,两者均能约束 3 米左右的等离子体,这约是 START 的 3 倍但只有 JET 的三分之一。两者的表现证明,START 取得的成绩并非是一次

性的:它们再一次实现约 40% 的环向比压,同时不稳定性减小,约束力更好。

目前,两台机器正迈向下一个阶段:实现更高的加热功率,使等离子体温度更高、磁体更强有力,从而更好地约束等离子体。现在,MAST 还未被完整组装起来。空的真空管看上去像一个巨大的锡罐,上面装饰着舷窗。价值 3000 万欧元的新磁体、泵、电源和加热系统正在准备中。在普林斯顿大学,技术人员正在对耗资 9400 万美元的 NSTX 磁体和中性束加热系统的类似升级进行收尾工作。像大多数实验室托卡马克一样,这两台机器并不是为了产生大量能量,只是学习如何在像聚变一样的条件下控制并约束等离子体。

5 年内获得聚变能增益

在未来的发电厂中,一种吸收中子的材料将捕获高能中子,将其能量转化为热量,从而驱动蒸汽涡轮发电机发电。不过,20% 的反应能量会直接为等离子体加热。现代托卡马克通过将磁场变成排气管去除热量。这种偏滤器能吸收一些最外层的等离子体,并将其抽走。升级后的 MAST 拥有灵活的磁体系统,研究人员可以试试不同的偏滤器设计,从而寻找能解决热量问题的最好方案。

同时,聚变研究者们很快将不得不建造反应堆测试未来发电厂的组件能否承受高能中子多年的“轰炸”。这正是在欧洲被称为部件实验装置 (CTF) 的目标之一。Chapman 表示,建造 CTF “是绝对有必要的”。不过,CTF 的设计还没有确定,但球形托卡马克的支持者认为,他们的设计为这种测试平台提供了有效路径,因为其建造和运行都相对紧凑和廉价。

随着 ITER 建设耗掉全球大多数聚变研究预算,上述前景并不会很快得到测试。不过,一家公司希望从零开始,在 10 年内建造一个小型发电球形托卡马克。2009 年,一群来自卡拉姆的研究人员创建了一家名为托卡马克解决方案的公司,旨在建造作为中子源的小型球形托卡马克用于研究。随后,该公司的一家供应商向其展示了一种由高温超导体钇钡铜氧制成的多层超导带材,有望实现性能的极大提升。

超导体没有电阻,因此由其制成的电磁铁能产生比传统铜磁体更强有力的磁场。ITER 将采用低温超导体,但这在大规模冷却上花费颇高。高温材料用起来成本较低,但被认为在承受托卡马克附近强大的磁场时不够稳定,直至新的超导带材出现。为此,公司改变了方向,被重新命名为“托克马克能量”,并且正在测试不超过一人高的第一代超导球形托卡马克。

明年,公司将组装一台稍大一些的机器,其产生的磁场将是 NSTX 升级后的两倍。如果获得投资者的许可,下一步将建造一台比 NSTX 稍小但产生的磁场是后者 3 倍的机器。公司 CEO David Kingham 表示:“我们想在 5 年内获得聚变能增益。这就是我们面临的挑战。”

Wilson 认为,这是一种高风险的方法。“他们就像在买彩票。如果赢了,那很了不起。如果输了,公司有可能会消失。不过,即使没有成功,我们也将从中吸取教训。它将加速聚变项目的进行。”

而这种精神,对于试图重塑聚变未来的每个人来说,都再熟悉不过了。(宗华)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

日本欲扩大美国犹他宇宙射线观测阵列



物理学家将使 TA 的粒子探测器数量增加近一倍。 图片来源:John Matthews

每隔一段时间,来自外太空的亚原子粒子——宇宙射线便会撞击大气层,而其携带的能量是人造粒子加速器迄今所实现能量的 1000 万倍。物理学家并不知晓这种令人难以置信的高能粒子来自何方,但得益于其中一项全球最大宇宙射线实验的拓展,他们正在接近答案。

日本欲耗资 370 万美元,将目前包括 507 个粒子探测器、分布在 700 平方公里美国犹他州沙漠的望远镜阵列 (TA) 面积扩大至现在的近 4 倍。这些探测器能感知大批粒子的突然来袭,即物理学家所谓的射线撞击大气层时触发的“广延空气簇射”。

东京工业大学物理学家、TA 组成员 Yoshiki Tsunesada 介绍说,物理学家将部署 400 个间隔更为松散的探测器,从而将 TA 的面积扩展到约 2500 平方公里,相当于纽约市的两倍。依据空气簇射的大小和方向,物理学家将能推断出初始射线的能量和方向。研究人员希望在 2017 年完成拓展工作。日本为耗资 2500 万美元的现有阵列支付了三分之二的花费。

此次拓展工作将帮助研究人员确定最高能量射线的起源。同时,还将使 TA 同其竞争者——位于阿根廷的皮耶奥格观测站在面积上相仿。后者拥有 1600 个粒子探测器,分布在 3000 平方公里的范围内。2007 年,奥格协作组报告称,最高能量的宇宙射线似乎来自某些星系炽热的核心处。不过,随着奥格继续收集更多数据,这种关联并未站住脚。奥格从 2005 年开始采集数据,而 TA 始于 2008 年。

多年来,两个团队在一些关键结果上一直持不同意见。例如,TA 物理学家认为,就像大多数物理学家所预测的,最高能量的射线是质子,而奥格的物理学家表示,它们可能包括更重的原子核。(徐徐)

阿贝尔奖颁奖典礼 成纳什最后一次公开露面



5 月 18 日,约翰·纳什参加了在奥斯陆举行的尼尔斯·阿贝尔追思会。 图片来源:Peter Brown

近日,美国普林斯顿大学数学家约翰·纳什和他的妻子在新泽西州收费高速公路上的次车祸中丧生。不过,他的人生从不缺乏戏剧性事件。就在车祸发生的头几天,在挪威首都奥斯陆,纳什还站在一群祝福者的面前,接受挪威国王哈罗德五世为其颁发阿贝尔奖。

由于在博弈论领域作出巨大贡献,纳什已在 1994 年获得过诺贝尔经济学奖。此次事件成为 2001 年关于纳什的传记电影——《美丽心灵》中的真实场景。不过,阿贝尔奖表彰的是纳什在几何学方面的成就。他的表现被另一位阿贝尔奖获得者 Mikhail Gromov 描述为“比他在经济学方面的贡献大出很多数量级,以至于无法相比”。

如今,发生的悲剧使不久前的典礼有了特殊意义:它是纳什最后一次在公共场合露面。

虽然阿贝尔奖设立于 2003 年,时间很短,但被誉为数学界的诺贝尔奖。阿贝尔奖能在短时间内获得很高的威望,部分原因在于伴随其而来的约 100 万美元奖金。纳什和在纽约大学库朗数学学院研究偏微分方程的数学家 Louis Nirenberg,因其对数学作出的“引人注目和开创性的贡献”共同分享了此次奖项和奖金。

因此,尽管纳什年事已高且行动受限,夫妇俩还是亲自到挪威领取了奖项。纳什还同意代表招待他的主人作一些繁杂的讲演和公开露面。颁奖典礼结束的一天后,他在奥斯陆大学座无虚席的观众就自己最近对宇宙学的迷恋作了演讲。纳什用一种熟练的轻松语气讲述着广义相对论的技术细节。不经意间,他仍然保持着年轻时那充满抱负、甚至自负的一面。然而,几天后,这对夫妇在从机场开往家中的出租车上遭遇了致命的车祸。(徐徐)

坚守最后的珊瑚伊甸园

古巴海域成珊瑚礁研究新圣地



鹿角珊瑚已经在加勒比海大部分地区绝迹。 图片来源:KIP EVANS/ALAMY

一家环境机构,致力于保护古巴 25% 的土地和水资源。这一目标已延伸到古巴的沿海地区。

古巴珊瑚礁项链上的最大明珠可能就是哈丁内斯群岛(也称女王花园群岛)了。这串由 250 个红树林和珊瑚岛组成的“珠链”蔓延古巴南部 80 公里。“潜水 40 年来,我从未见过其他类似的岛屿。”海洋科学家、华盛顿哥伦比亚特区非营利组织“海洋医生”主席 David Guggenheim 说。该组织主要帮助美国科学家拜访古巴。这些岛屿拥有健康的鹿角珊瑚,这种珊瑚已濒临灭绝,实际上很难在加勒比海地区以外的地方看到。

作为限制潜水和捕鱼的禁捕自然保护区,哈丁内斯群岛水域充满了掠食性鱼类。北卡罗来纳大学教堂山分校海洋生态学家 John Bruno 和其来自古巴的博士后 Abel Valdivia 测量了每立方米水中的 600 克鱼类,主要是鲨鱼、石斑鱼和鲷鱼。这里的鱼量比大部分加勒比海珊瑚礁水域高 6~8 倍。而大量掠食性鱼类能帮助减少伤害珊瑚礁的鱼类,以保持这里的珊瑚健康。

另一个保护因素可能是珊瑚礁中的微小成员。Apprill 与古巴海洋研究和保护项目、哈瓦那大学 Patricia González 和其他去年开始对比旅游和捕鱼压力对古巴珊瑚礁产生影响的同事展开了合作。他们发现了许多令人印象深刻的发现。Apprill 打算确定健康珊瑚礁的微生物群与美国佛罗里达州不健康珊瑚礁是否存在不同。

作为一个耗资 55.9 万美元的 5 年项目的一部分,该研究团队将在珊瑚礁上钻孔,以提取髓核,就像树木年轮一样,这些物质能够帮助他们追溯珊瑚礁生长时期的环境影响。研究人员获得的一个核心物质已将时钟回拨了 200 年。例如,与其生长相关的氮水平增长记录,可能揭示珊瑚礁在冷战时期如何应对高营养径流。当时,苏联为古巴提供了大量肥料用于甘蔗生产。

北卡罗来纳大学教堂山分校海洋生态生理学家 Karl Castillo 表示,尽管人们认为在那段历史中珊瑚礁未受影响,但他希望能立刻前往古巴收集珊瑚礁样本。他预测这些样本将揭示“对人类没有太大影响的全球变暖对珊瑚礁产

生的影响”。Castillo 希望能在古巴海岸线吸引大量游客之前收集足够多的数据。“基本条件可能会很快丧失。”他说。

科学家还警告称,并非所有的古巴珊瑚礁都在海洋伊甸园中。“现在有大量关于古巴珊瑚礁‘原始’的宣传。”Fieseler 说,“古巴的一些地区已经对渔业开放,珊瑚礁可能正面临过度捕捞的威胁,并且这对珊瑚的健康也会产生相当大的影响。”

Bruno 表示,即便在哈丁内斯群岛,珊瑚覆盖率平均约为海床的 18%,与加勒比海地区的 16% 相比,已经“没有什么特别”。(在最好的珊瑚礁上,珊瑚能覆盖一半海床。)目前,鹿角珊瑚和一种名为 Montastraea 的珊瑚也处于困境当中,或者已经开始消失。他表示,在保护区边界区域,寄居的珊瑚虫幼虫在减少。

大量新项目希望能描绘出古巴珊瑚礁更细致入微的图景。因为美国贸易禁运政策也限制联邦经费投入在古巴进行的研究,美国正努力吸引私有经费注入。Guggenheim 是经费收集能手和发起者,他曾领导为期 11 天的潜水旅行,并在公共广播和潜水杂志中大谈古巴的珊瑚礁。“海洋医生”也计划启动一个秋季研讨会,帮助珊瑚礁学家到哈丁内斯群岛,制定珊瑚礁恢复长期监督计划。

波士顿大学海洋生物学家 Les Kaufman 急切地希望能有机会参加该活动。他表示,与加勒比海其他地区相比,“古巴有更大的机会维持珊瑚礁健康”。(张章)

上个月,Amy Apprill 经过 30 分钟飞行,从美国迈阿密到达古巴哈瓦那。她携带了 17 件行李,塞满了水过滤器、水下摄像机、海洋酸性探测仪和液态氮。为了在古巴开展工作,这位来自马萨诸塞州伍兹霍尔海洋研究所的海洋微生物学家必须自己携带所有东西。她还自带经费,以便在哈瓦那购买柴油燃料和租赁研究船只。

Apprill 希望,这些麻烦是带来一个非凡机会的少量代价。负责古巴环境保护基金项目的律师 Dan Whittle 表示,多亏了开发限制和广泛的保护措施,古巴拥有“该地区最好的珊瑚礁”。他说,许多加勒比海地区的礁石已经死去或正在死亡,但古巴的礁石仍保留着令人震惊的美丽。Apprill 希望弄清原因是什么。

不过,她不是唯一一个有这种想法的人。随着美国与古巴关系解冻,科学家渴望能在预期的经济繁荣到来之前研究这里的珊瑚礁。经济发展可能会破坏这些礁石。“这里已经出现了一点衰败的迹象。”北卡罗来纳大学教堂山分校研究生 Clare Fieseler 说。数年前,Fieseler 曾赴古巴,并希望有机会重返这里参观未被开发的珊瑚礁。同时,紧迫感正在加剧:古巴的珊瑚礁或能治愈加勒比其他地区生病的珊瑚礁。

尽管面积仅有佛罗里达州大小,但古巴拥有 4 倍大的珊瑚礁,并且大多数海岸未被开发。而科学家指出,古巴的第 81 法案是一个重要因素。在已故探险家 Jacques Cousteau 于上世纪 80 年代拜访过这里后,该法案被采用,并建立了