

今年年初,英国原子能研究所发布消息称,在最近一次核聚变发电实验中,欧洲联合核聚变实验装置(JET)在5秒内产生了59兆焦耳的持续能量,打破了该装置在1997年创造的4秒内产生约22兆焦耳这一纪录,创造了可控核聚变能量新的世界纪录。

所谓可控核聚变,是指在一定条件下控制核聚变的速度和规模,能实现安全、持续、平稳能量输出的核聚变反应。

在能源需求量日益增加、能源短缺日趋严重的今天,可

控核聚变凭借原料充足、安全可靠、无污染等优势,被科学家视为解决人类能源问题的“光明大道”。

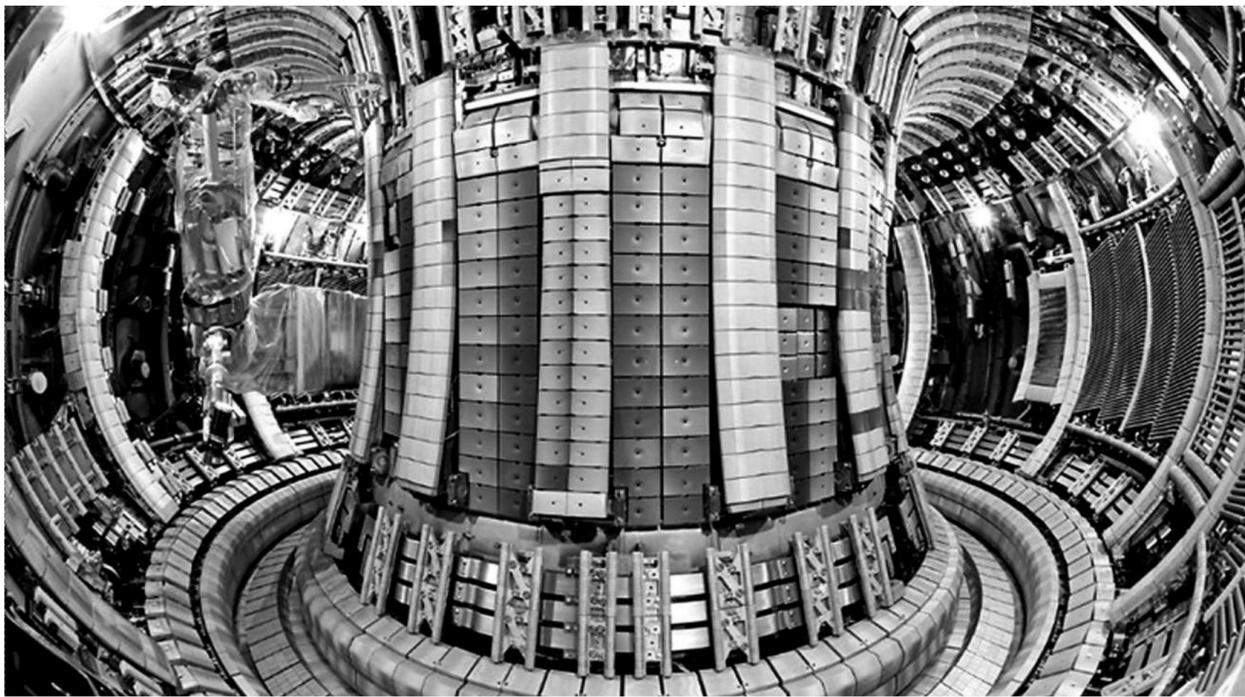
59兆焦耳,可以满足一个普通家庭一天的电力需求。此次JET创造的世界纪录,让很多科学家确信,人类获得这一“无限的能源”是可能的、可行的。

当然,将核聚变作为能源获取的技术还有很长的路要走。目前,世界各国科学家都在为实现这个“21世纪人类最狂野的能源梦想”而努力。

国防科技大学副研究员杨晓虎为您讲述——

可控核聚变：“无限的能源”梦想

■本报记者 王握文 通讯员 任永存 李杭橙



欧洲联合核聚变实验装置(JET)。

资料图片

如何测量地球与月球的距离

■李会超

对于天文学家来说,测量地球与月球之间的距离并不是一件特别困难的事情。早在公元前2世纪,希腊的天文学家们已经使用有效的测量方法初步测定了地月之间的距离。进入20世纪后,不断发展的无线电、光学和航天技术,又为地月距离的测量带来更为精确的手段。现在,我们已经可以将测量误差控制到厘米量级。

视差法是天体距离测量中最原始也是最简洁的方法。两个观测者在不同位置对同一物体进行测量,通过两个观测者之间的距离,以及天体在天空平面中的位置差异,就能推算出地球与天体的距离。在古代,天文学家手中没有足够准确的钟表,难以确保测量能够准确地、在相同时间进行。因此,当时的测量一般是借助月食等自然现象来实现同步测量。近代后,随着测绘和授时技术的发展,天文学家们可以在同一经度上布设观测点,或者在约定的时间测量月球与特定恒星之间的角距离,由此推算地月距离。时至今日,一些天文爱好者仍然在通过这种方式,进行业余的地月距离测量活动。

第二次世界大战期间,雷达技术取得了突飞猛进的发展。20世纪五六十年代,相继有科学家将雷达瞄准了月球这个庞大的目标,尝试使用雷达测定地月距离。遗憾的是,由于雷达接收的无线电信号中噪声太强,这种方式并没有取得十分理想的效果,进行了几次概念性的试验后就不再使用。

激光测距是现代距离测量的常用手段。20世纪60年代初,一些天文学家利用月球表面反射激光,初步验证了这种方式测定地月距离的可行性。为了进一步提高测量的准确程度,执行阿波罗登月任务的宇航员们将3台角反射器安装在月球表面。科学家们利用激光测距仪器,瞄准月球上角反射器所在的位置发射一道激光后,通过捕捉角反射器反射回来的激光光子,计算激光在一去一回的过程中所花费的时间并与光速相乘,就能得到地球和月球间的距离。要用激光准确地照射到表面积并不大的角反射器,其难度与用枪击中3公里之外正在移动的硬币一样困难。由于光束不可避免的散光效应,即使使用直径长达3米的大型望远镜接收反射回的激光,也只能在激光发射1017个光子后才平均接收到一个光子。同时,在确定传播延迟时间时,要考虑激光穿过地球大气层时所发生的一些扰动和变化,进行相当复杂的计算后才能得到高精度的地月距离数据。

除了阿波罗登月安装的3台角发射

器外,苏联的无人月球探测器也在月球表面布置了2台角发射器。世界各国的天文研究机构都可以利用这些角反射器开展地月距离测量工作。

目前,人们公认的地月距离为384399公里。如果你有机会查阅到地月距离测量的原始数据,就会发现地球和月球的距离有时高于或低于这一数值。这是因为月球围绕地球公转的轨道是一个椭圆。天文界使用的地月距离实际是这一椭圆轨道半长轴的长度。在月球绕地球公转的过程中,与地球实际的最近距离约为356500公里,最远距离约为406700公里。

科技大讲堂

利用核聚变,难就难在“可控”二字

提起工业社会你会想到什么?

滚滚蒸汽,堆积如山的煤炭,还有喷涌而出的石油……自进入工业社会以来,以化石燃料为核心的能源不断应用于人们的生产生活,助推着工业文明发展和科学技术进步。即使在技术高度发达的今天,人们依然对煤炭、石油、天然气等传统能源保持着相当大的依赖。

然而,随着人类需求的不断扩大,传统能源的储量正在不可逆转地减少,其造成的污染更是对人类健康与生存造成严重影响。

寻找无限的清洁能源一直是科学家努力探索与追求的目标。

1942年12月,以美籍意大利著名物理学家恩利克·费米为首的一批科学家,根据核裂变原理,在美国建成了世界上第一座人工核反应堆,为人类打开了原子世界的大门。研究表明,1克铀-235充分裂变后,释放出来的能量相当于2.8吨标准煤燃烧释放的能量。这掀起了世界各国利用核裂变发电的热潮。

然而,这种方式存在很大局限。一方面,核裂变反应所需的裂变燃料在地球上储量有限;另一方面,核裂变产生的核废料具有长期放射性,一旦处理不当,会给人类及环境造成长久而巨大的影响。切尔诺贝利核电站反应堆爆炸、日本福岛核泄漏等事故的发生,更让人们对于核能产生了恐惧。

而利用核能发电并非只有这一条路可走。

将一个大的原子核分裂成两个比较小的原子核的核裂变过程可以释放巨大的能量。反过来,将两个质量小的原子核合成一个比较大的原子核的核聚变过程可以释放更大的能量。

1939年,美国物理学家贝特通过实验证实,如果把1个氘原子核经过加速器加速后与另1个氘原子核碰撞,会形成1个氦原子核并释放1个自由中子。核聚变释放的能量,是核裂变释放能量的4倍。

其实,核聚变原理的提出还要早于核裂变。然而,将核聚变作为新的清洁能源却“道阻且长”。

武侠小说中,判断一个人武功高低不在于他的招数威力有多大,而在于他能否收放自如。利用核聚变的难点也在于“可控”二字。

随着现代科技的进步,科学家通过不懈探索和大量实验,在可控核聚变技术研究方面逐渐取得了长足进展。虽然离实际应用还有很长的路要走,但新型能源的曙光已初见端倪。

一旦可控,优势惊人,潜能无限

在可控核聚变领域,有个著名的“50年悖论”,即在科技界的预言中,距离实现可控核聚变永远只有50年。这很形象地说明了实现可控、持续的核聚变“难于上青天”。

科学家们研究的可控核聚变装置,原理类似太阳利用核聚变发光发热的过程,只是约束的方式不同。因此,可控核聚变装置也被称为“人造太阳”。可以想象,在地球上造出一个“太阳”是何等艰难——不仅要耐得住上亿摄氏度的高温,还要求等离子体密度足够大、在有限空间里被约束足够长时间。困难从不是科学家停止探索的理由。

20世纪中叶,苏联科学家研制出了一种利用磁约束来实现可控核聚变的环形容器。这种名为托卡马克的装置,为可控核聚变技术的突破打开了一扇大门。

同一时期,物理学家将爱因斯坦的“受激辐射”理论变成现实,激光出现了。这一重大发明有力推动了相关技术的发展,也使可控核聚变研究有了一种新手段——惯性约束核聚变。用高功率激光束均匀照射氘氚等热核燃料组成的微型靶丸,通过烧蚀等离子体产生的压力在极短时间内把氘氚等离子体压缩到极高的密度和温度,从而引起核聚变反应。美国国家点火装置(NIF)就是基于惯性约束核聚变原理。

目前,磁约束核聚变与惯性约束核聚变被认为是实现可控核聚变的两种重要方式。从20世纪70年代末开始,一些国家纷纷兴建大型托卡马克装置,推动着核聚变研究不断深入。

尽管还有许多核心技术需要突破,可控核聚变在彻底解决能源问题上的独特优势已经显现出来。

首先,核聚变原料充足。在自然界中,氢的同位素氘和氚是最容易实现聚变反应的核素。作为核聚变原料,氘在地球上的含量相当丰富,仅海水中的含氘总量就多达40万亿吨。如果把海水中的氘全部用于核聚变反应,其释放出的能量足够人类使用上百亿年。氚可由中子和锂反应制造,海水中含有大量的锂。

其次,核聚变反应安全可靠。由于核聚变堆的聚变反应需高达上亿摄氏度的超高温条件,如果温度达不到反应条件或某一环节出现问题,反应就会自动终止,而不会产生其他破坏性的影响。聚变反应只能在极端条件下发生,因此不可能出现“失控”链式反应。此外,核聚变反应依赖燃料的连续输入,一旦终止,核聚变反应几秒内就停止了,因此该过程本质上是安全的。

最后,核聚变生产应用无污染。在氘氚核聚变过程中主要产生氦,氦没有放射性,不会产生任何有毒气体或者温室气体。因此,通过核聚变产生的能源,不仅是一种无限的能源,还是一种清洁的能源。

颠覆性技术重构未来世界

作为一项颠覆性的能源获取技术,可控核聚变被认为是新一轮工业革命的突破口。可以想象,一旦可控核聚变技术成熟,它将会和蒸汽、电力、信息技术一样,为世界带来翻天覆地的变化。

2021年5月28日,中国科学院合肥物质科学研究院有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置(EAST),成功实现可重复的1.2亿摄氏度101秒和1.6亿摄氏度20秒等离子体运行,创造新的世界纪录。

消息一出,引起无数人对未来的遐想。

可控核聚变技术实现商业化后,最直接的就是对人们社会生活的影响。

随着技术的发展,电的价格会越来越低廉。核聚变电站会大量建起,足以满足人类社会生产生活的用电需求,工业也会因此加速发展。有了更加清洁的能源,化石燃料会被替代,环境将

会大大改善。

可控核聚变技术的研究经历了漫长的发展历程。尽管离实际应用还有一些距离,但西方发达国家已开始超前谋划布局,以便抢占新的科技制高点。他们认为,可控核聚变作为一种新能源,在国防和军事领域同样具有无限的应用前景。

提升武器装备动力性能。未来如果可控核聚变装置能够实现长周期稳定运行,解决对聚变“点火”约束条件与材料研制的技术瓶颈,并实现小型化,则可运用在大型运输机的核能发动机上。在机身气动与结构不变的情况下,运用核能发动机将提高推力载荷,允许更大的起飞质量,缩短起飞距离,极大提高大型军用运输机的航程、载重量。

助力实现全电化作战。可控核聚变技术作为一项潜力巨大的前沿颠覆性技术,一旦成熟并实现聚变反应堆小型化,将为实现军队武器装备全电化注入强大动力。与传统武器装备相比,全电化武器装备具备更强的自持能力,尤其是在全电化无人作战装备方面,可长时间部署于战场,持续发挥效能。全电化作战是信息化条件下的一种重要作战模式。以激光、电磁炮、微波等新概念武器为代表的全电化作战力量以电能作为“弹药”,将颠覆传统作战中武器装备对弹药的依赖。聚变燃料利用率,避免了战场对油料的前送和补给压力。通过聚变反应堆对武器装备采用接触式或者直接远程充电,后勤保障质效将得到大幅提升。

如果再向更远处展望,可控核聚变技术最有可能成为人类星际航行的“第一推力”。

刘慈欣在《三体》中畅想,人类在22世纪终于实现了可控核聚变,并将其应用在太空飞船上。人类因此达到了光速的15%,从而有机会离开太阳系……

还有国外科学家提出了核聚变动力火箭的概念。以化学能为动力的火箭发动机,其推力、速度、航程都不能满足星际航行的需要。如果以目前的火箭速度计算,飞往已知距离最近的处于宜居带内的系外行星,需要6万年时间。未来如果将可控核聚变技术应用到航天领域,把小型聚变反应堆应用到火箭发动机上,为其提供持久、高效、清洁的能源,那么,航天器速度和持续飞行能力将得到极大提升。探索外太空奥秘、实现星际航行不再存在能源问题,人类开启星际探索之旅的梦想或将变为现实。



吴彦银绘

介入手术机器人将更好为人类服务

■齐 鹏

论 见

在刚刚举办的2022世界机器人大会上,介入手术机器人又一次吸引了众人的目光。

当今世界,心血管病成为全球第一大死亡原因,经皮冠状动脉介入术(PCI)也成为心血管病的重要治疗方案。我国介入手术量呈逐年增长之势,这让介入手术机器人的发展与应用需求更加得以凸显。

介入手术机器人的临床价值非常明确。它可以降低医生在介入治疗中受到辐射伤害,大幅提升手术的标准化和同质化,还可以远程完成冠脉介入手术。

在不少医生看来,很多介入手术机器人并没有为其在手术操作上进行赋能,只是改变了操作模式。以达芬奇手术机器人为例,它凭借对手术器械的灵活操作以及先进的视觉成像系统,使得手术的操作在极小的创口下变得更加方便,手术效率因此得以提高。

近年来,介入手术机器人的技术演进,主要集中在智能化方面。比如,透灵

介入手术机器人集成了智能辅助高级功能,可记录医生经常使用的器械操作手法,并让机器人加以学习、自动运行。与此同时,新的系统还在智能化辅助提高手术精确度方面做了一些改进,不仅可以提升提升机器人手术操作精度,还可智能规划手术路径和器械输送,从而提升治疗效率,降低手术风险和并发症。

随着医疗影像分析技术的发展,“虚拟支架”的概念正在走进实际应用。以前,医生在介入手术中,往往依靠主观经验来判断如何放置支架。随着数字化术前评估技术的发展,医生在做手术之前就可以进行可视化虚拟支架放置和手术规划,进而评估放置支架的效果,遴选最佳手术方案。

新技术、新发明推动着医学不断向专业化、精细化发展,医疗机器人也正向着智能化的方向不断迭代。展望未来,人们希望医疗机器人不先停留在自动化系统层面,更要逐步具备一定的自主性,可以通过调整任务规划,以应对外部的变化。这就要求系统不仅有广泛的领域知识,还要有丰富的感知、认知功能,从而更好地辅助医生完成手术。