

# 人类向自持核聚变迈出的关键一步

## ——科学家创下“燃烧”氢等离子体融合纪录

1月26日,《Nature》最新封面论文报道,科学家在实验室中首次展示“燃烧的等离子体”,使核聚变梦想距离现实更近一步。这一里程碑标志着“向自我维持的核聚变能量迈出的关键一步”。

来自美国加州劳伦斯利弗莫尔国家实验室的研究人员,使用了耗资35亿美元建造和运行的全球最大的激光器——美国国家点火设施(National Ignition Facility Project, 下称NIF),该装置能以脉冲形式提供高达1.9兆焦耳的能量,峰值功率高达500太瓦,该系统每次发射时消耗大约400兆焦耳的能量。

实验中,该团队首次将聚变燃料加热至超过它们注入的温度,实现了一种被称为燃烧等离子体的现象。据悉,该等离子体主要由两种氢同位素氘和氚之间的聚变反应产生,这为实验提供了热核燃料。

有专家表示:“氘-氚(D-T)核聚变可以说是最简单的核聚变之一,也是难度最低、释放能量最小的核聚变反应。根据质量亏损和质能方程我们可以计算,同等质量的氘-氚(D-T)核聚变所能释放出来的能量,大约是汽油的2500万倍。和平利用核聚变,对于每个能源消耗大国来说,都是一项重大战略项目。”

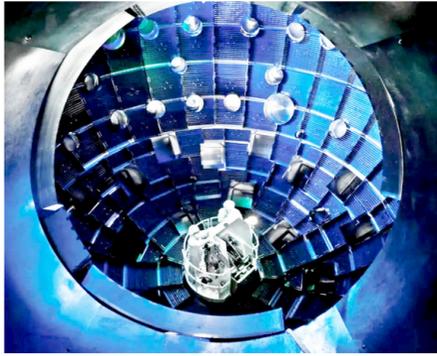
在本次实验中,NIF的实验员通过精心微调的192道激光器,同步运作,在极短时间内将激光同步射向一个受激装置,装置内有一枚直径仅有2毫米的胶囊。而这一枚胶囊,内含着由两种氢的同位素——氘、氚组成的热核材料,胶囊外侧则涂有易于激发的涂料。

极短时间内的大量激光激发使外层涂料同内部第二层的氘迅速汽化,它们的反向作用力对内部热核材料产生了难以想象的惯性压力,促使氘氚聚合成氦原子并放出大量能量——这正是惯性约束名称的由来。简单来说,即是这种协调的激光爆炸导致燃料加压并内爆,促使内部氘氚聚合成等离子体燃烧——也就是我们通常说的“微型核聚变”。

可以说,凭借这192束激光和比太阳中心高三倍以上的反应温度,科学家们在通往近乎无污染的聚变能源的漫长道路上,又完成了一个关键的

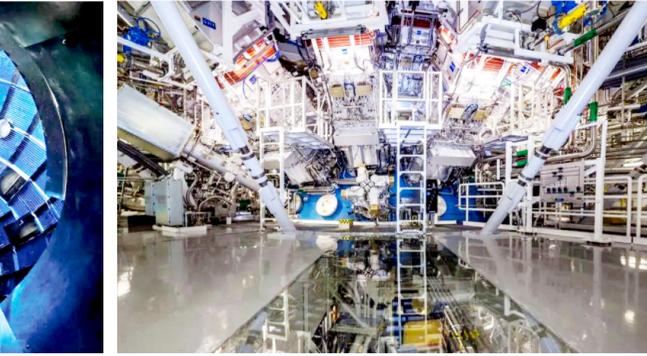
里程碑。

尽管现在所产生的能量还比较有限,大约相当于9个9伏电池,但是如果考虑到仅有两毫米大小的反应装置和如此短的反应时间,这仍然可以说得上是里程碑式的进步。更重要的是,NIF的突破将使科学家们对远期目标更加充满信心,这将使他们更接近于设计出一个能量输出高于输入人的聚变反应堆的目标。



此外,该团队还描述了一系列似乎已跨越静态自加热边界的实验现象,其中最值得提及的一项结果便是聚变加热所产生的能量超过了辐射和传导的能量损失。这些结果为在实验室中研究以α粒子为主的等离子体和燃烧等离子体物理提供了新思路。

总之,他们在实验室中产生了一种燃烧等离子体状态,在这种状态下,等离子体主要是自加热的,从而节约



了大量燃料成本。如前所示,此次实验是通过NIF的惯性聚变内爆完成,由于之前的实验条件往往难以达到燃烧等离子体的阈值,那么本次实验的意义也就不言而喻。

相比此前工作,研究人员增加了反应腔的尺寸,提高了从激光能量到反应腔的耦合效率,并使用新的策略

研究人员在论文中写道,获得燃烧的等离子体是实现自我维持的核聚变能量的关键一步。在燃烧的等离子体中,聚变反应本身是等离子体中的主要热源,也是维持和传播燃烧所必需的,只有这样才能实现能量增益。

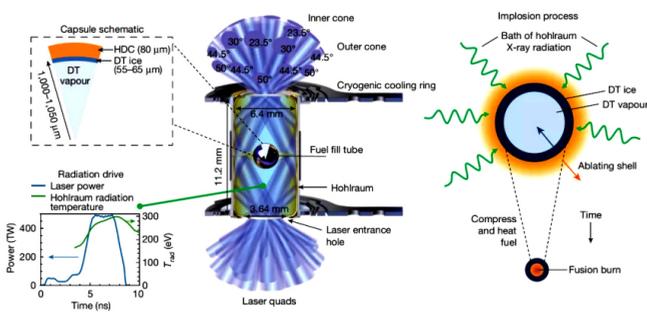
经过几十年的核聚变研究,该团队在实验室中实现了燃烧等离子体状态。他们利用激光在辐射腔中产生X射线,通过X射线烧蚀壳层并产生压力间接驱动含燃料胶囊,这会导致内爆就像汽车内燃机一样,爆炸产生的压力通过机械工作压缩和加热燃料。

而等离子体燃烧状态,是通过两种不同的内爆概念,来增加反应腔的空间尺度的策略来维持的。这些实验表明,聚变自加热超过了注入内爆的机械功,满足了燃烧等离子体的几项关键指标。

中,原子核融合时所释放的巨大能量,将成为该等离子体的主要加热源。

在论文中描述的四个不同的实验中,结果最好的一个实验,研究人员从一个毫米大小的球体中获得了170千焦耳的能量,球体则含有不到一毫克的同位素。

研究人员表示,尽管燃料舱的直



径只有大约一毫米(0.04英寸),聚变反应只持续了很短的时间,但它的输出相当于反应持续时间内撞击地球的所有阳光能量的10%。

这些实验通过核聚变,产生了等离子体状态下物质的燃烧,这是一次真正正的核聚变。换句话说,研究人员展示了一个未来核聚变反应堆处于热主导地位。这样一种新的机制,被称之为燃烧等离子体机制。

要知道,实现核聚变是一项极其复杂的技术挑战,必须有十分谨慎的投资和耐心,才能实现它的实用性和经济性。亚历克斯认为核聚变这一挑战的攻击需要数十年的时间,直到最终它将成为一种可行的能源来源。

“好像在郊外制作一个篝火”

核聚变是为像太阳一样的恒星提供动力的过程。它与核裂变不同,核

裂变是地球上的发电厂使用的,通过将类似钚的重原子核分裂成更小的原子核来产生能量。

当原子核“聚变”,也就是说,结合成更大的原子核时,会释放出大量的能量。

最简单的核聚变是以氘为燃料,研究人员希望核聚变有一天能利用地球海洋中丰富的氢发展成一种相对“清洁”的能源。

据介绍,核聚变可将水分子中的两种氢压在一起。当它们融合时,少量哪怕是毫克的燃料会产生大量的能量,而且它也非常“干净”,不会产生放射性废物它基本上是无限的清洁能源,可以部署在任何地方。

因为恒星非常大,它们的强引力意味着核聚变反应发生在非常高的压力下。但在地球上,这样的压力是几乎难以获得的,所以核聚变反应必须在非常高的温度下发生。

根据盖-吕萨克定律,在一个给定的体积中,随着气体温度的增加,压力也会增加,反之亦然。

与燃烧化石燃料或现有核电站的裂变过程不同,核聚变提供了无污染、无放射性废物亦无温室气体的丰富能源前景。

尽管在惯性约束聚变被用作电源之前,还需要实现更多科学“里程碑”,但实现“燃烧”等离子体这一步,将使科学家能更多了解这一过程。同时,该工作还提供了一种进入等离子体物理学的新途径,这将为整个核聚变界提供丰富的理解。

通讯作者亚历克斯说,就好像在郊外制作一个篝火时,你会希望让篝火生出来的火足够热,这样木头就可以一直保持燃烧。

这也是一个很好的关于核聚变的类比,为了让核聚变的原料保持不断地燃烧,就需要让燃料的温度非常高,这样核聚变才可以一直进行下去——就如同平时的火焰一样。

但是核聚变需要大约1亿华氏度(5千万摄氏度)的高温,近十年来该团队一直都是通过将燃料加热到非常高的温度,从而在实验中引发核聚变反应的,但仅仅这样还不足以通过核聚变来产生净能量。

但是这一次,核聚变反应首次实现主要通过燃料,而非通过加热而引发。也就是说,相比起加热,核聚变占主导地位。这样一种新的机制,被称之为燃烧等离子体机制。

要知道,实现核聚变是一项极其复杂的技术挑战,必须有十分谨慎的投资和耐心,才能实现它的实用性和经济性。亚历克斯认为核聚变这一挑战的攻击需要数十年的时间,直到最终它将成为一种可行的能源来源。

(麻省)

核聚变是为像太阳一样的恒星提供动力的过程。它与核裂变不同,核

裂变是地球上的发电厂使用的,通过将类似钚的重原子核分裂成更小的原子核来产生能量。

当原子核“聚变”,也就是说,结合成更大的原子核时,会释放出大量的能量。

最简单的核聚变是以氘为燃料,研究人员希望核聚变有一天能利用地球海洋中丰富的氢发展成一种相对“清洁”的能源。

据介绍,核聚变可将水分子中的两种氢压在一起。当它们融合时,少量哪怕是毫克的燃料会产生大量的能量,而且它也非常“干净”,不会产生放射性废物它基本上是无限的清洁能源,可以部署在任何地方。

因为恒星非常大,它们的强引力意味着核聚变反应发生在非常高的压力下。但在地球上,这样的压力是几乎难以获得的,所以核聚变反应必须在非常高的温度下发生。

根据盖-吕萨克定律,在一个给定的体积中,随着气体温度的增加,压力也会增加,反之亦然。

与燃烧化石燃料或现有核电站的裂变过程不同,核聚变提供了无污染、无放射性废物亦无温室气体的丰富能源前景。

尽管在惯性约束聚变被用作电源之前,还需要实现更多科学“里程碑”,但实现“燃烧”等离子体这一步,将使科学家能更多了解这一过程。同时,该工作还提供了一种进入等离子体物理学的新途径,这将为整个核聚变界提供丰富的理解。

通讯作者亚历克斯说,就好像在郊外制作一个篝火时,你会希望让篝火生出来的火足够热,这样木头就可以一直保持燃烧。

这也是一个很好的关于核聚变的类比,为了让核聚变的原料保持不断地燃烧,就需要让燃料的温度非常高,这样核聚变才可以一直进行下去——就如同平时的火焰一样。

但是核聚变需要大约1亿华氏度(5千万摄氏度)的高温,近十年来该团队一直都是通过将燃料加热到非常高的温度,从而在实验中引发核聚变反应的,但仅仅这样还不足以通过核聚变来产生净能量。

但是这一次,核聚变反应首次实现主要通过燃料,而非通过加热而引发。也就是说,相比起加热,核聚变占主导地位。这样一种新的机制,被称之为燃烧等离子体机制。

要知道,实现核聚变是一项极其复杂的技术挑战,必须有十分谨慎的投资和耐心,才能实现它的实用性和经济性。亚历克斯认为核聚变这一挑战的攻击需要数十年的时间,直到最终它将成为一种可行的能源来源。

(麻省)

核聚变是为像太阳一样的恒星提供动力的过程。它与核裂变不同,核

# 用香蕉皮制造氢气和生物炭的新方法



近日,由瑞士洛桑联邦理工学院(EPFL)基础科学学院教授Hubert Girault领导的研究团队开发了一种新的生物质光热解方法,该方法不仅可以产生有价值的合成气,还可以产生能被重新利用的固体碳(生物炭)。这项工作发表在《化学科学》(Chemical Science)上。

该方法使用通常用来固化电子产品印刷用的金属油墨的氘灯进行闪光热解。Girault的团队在过去几年中也该该系统用于其他目的,例如合成纳米颗粒。

氘灯的白色闪光灯提供高功率能源,以及促进光热化学反应的短脉冲。该方法目的是产生强大的闪光,使其被生物质吸收,并立即触发生物质光热转化为合成气和生物炭。

该闪光热解技术可用于不同来源的生物质:香蕉皮、玉米芯、橙皮、咖啡豆和椰子壳,以上物质首先在105℃下干燥24小时,然后研磨并过筛成细粉。然后将粉末置于带有标准玻璃窗的不锈钢反应器中,在环境压力和惰性气氛下,打开氘气灯,整个转换过程在几毫秒内就能结束。

“每千克干生物质可以产生大约100升氢气和330克生物炭,这达到了原始的干香蕉皮质量的33%。”参与这项研究的Bhawna Nagar表示。每千克干生物质还可以净输出4.09兆焦耳(MJ)的能量。

这种方法的突出之处在于,最终产品氢气和固体的生物炭都是有价值的。氢气可用作绿色燃料,而生物炭既可以掩埋用作肥料,也可以用于制造导电电极。

“多年来,我们从大气中间接捕获二氧化碳储存,这一事实进一步提高了我们工作的相关性。”Nagar表示,“我们使用氘气闪光灯,可以马上将生物质转化为有用的最终产品。”

(李小明)



# 蛀牙“救星”出现! 北航团队研发出人工牙釉质材料,性能超越天然牙釉质

授郭林表示,“该研究为下一代生物力学性能匹配的牙修复材料以及综合力学性能更为优异的工程材料的设计合成提供了理论借鉴和设计基础。”相关论文以《多尺度构筑人工牙釉质》(Multiscale engineered artificial tooth enamel)为题在Science上发表。

天然牙釉质有独特的微米尺度柱状多级结构,因而具备出色的刚度和粘弹性。

此前,已有部分模仿出类牙釉质多级结构的研究,如卡托夫团队研发出的ZnO基复合材料,该类牙釉质复合材料表现出与天然牙釉质相似的粘弹性,但厚度和刚度远低于天然牙釉质。

另外,武汉理工大学傅正义课题组曾利用水热法合成出氧化钛基类牙釉质复合材料,其刚度接近于天然牙釉质,但是厚度仍然小于天然牙釉质,且微结构是纳米管的平行排列,与天然牙釉质中纳米线的排列有一定的差异。

郭林解释:“多级类牙釉质结构导致的强支撑、界面增强、结构限域和应力耗散等力学行为,是实现材料具有优异力学性能的重要因素。”

在确定了多尺度类天然牙釉质制备的目标后,研究人员首先考虑的就

是材料的物质成分以及采用何种制备策略去实现的问题。

根据牙釉质结构,他们选择牙釉质中占比较大的HA作为材料的主要成分,辅以生物力学性能优良的氧化钛陶瓷和聚乙烯醇来模仿牙釉质的无机非晶间质层和有机粘剂层,使其在物质组成上与天然牙釉质相近。

其次是合成策略的确定,研究人员先以水热法合成出在微米尺寸上与牙釉质相接近的HA纳米线,通过对材料成核与生长过程的调控,合成出天然牙釉质的无机非晶间质层。

基于冰晶的可控生长理论,以该晶体/非晶复合纳米线为基础结构单元,利用自行设计的装置,实现了非晶/晶体复合纳米线及聚乙烯醇聚合物在宏观尺度上的定向组装(directed assembly),制备出拥有类牙釉质结构的HA基复合材料。

研究人员利用多种先进的表征技术对类牙釉质复合材料性能进行了表征,反馈指导材料结构、性能优化,并揭示了机理。

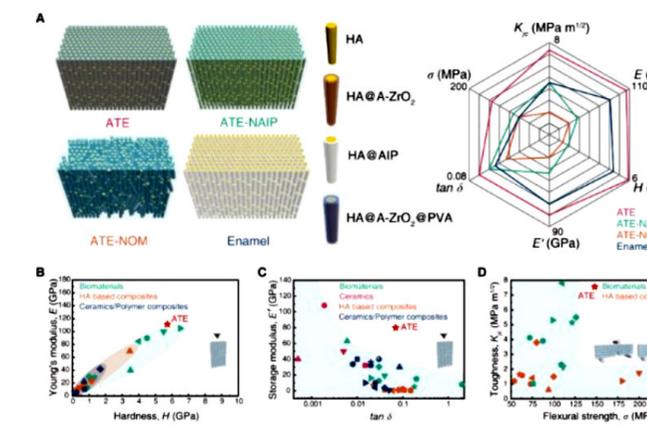
基于纳米压痕、三点弯曲测试等研究获得的材料模量、硬度、强度、粘弹性、韧性等力学信息。

研究者通过调控类牙釉质复合材料的微结构、物质组成以及比例,可以调控类牙釉质复合材料的力学性能,

使其性能与天然牙釉质匹配。匹配的性能不仅能够从硬度和强度方面支撑牙齿咀嚼功能,还可以让健康牙齿减少损耗,并具有更强的耐受力。

制备的类牙釉质复合材料具有可加工性,用不到5分钟的时间就能磨削出一颗仿生牙冠,并有潜力达到新一代牙齿材料所需的生物力学性能,为临床应用牙修复材料的迭代与性能提升提供了可能。

此外,这种类牙釉质复合材料的



类牙釉质复合材料的力学性能。

(华卫)