



世界最大激光器、被称为“人造太阳”的美国国家点火装置(NIF)正距离其目标越来越近,显示了一个可持续核聚变反应装置正在由梦想逐步成为现实。但由于基础物理研究和工程技术的问题,要使核聚变达到能够稳定输出能量的水平,仍有显著障碍需要克服。

太阳内部不断进行着核聚变反应

## “人造太阳”现曙光

美国国家点火装置获里程碑式突破

■本报记者 胡琰琦

中东的石油、南非的黄金……能源危机已经成为困扰人类发展的重要难题之一。据研究,地球数十万年积聚下来的石油、煤炭、天然气等化石能源总体上还可供人类使用100年左右。而当前使用的核能又因其巨大的安全风险,可持续性并不被人看好。因此,核聚变成为了人类畅想获取“取之不尽,用之不竭”的能源的最佳途径。

依据激光核聚变原理制造的、被称为“人造太阳”的美国国家点火装置(NIF)近日传来消息,在全世界聚变装置中获里程碑式突破。

### 可控核聚变条件苛刻

上个世纪40年代,德国核物理学家奥多·哈恩和莉泽·迈特纳发现了核裂变,但无论是利用该反应制造的核武器或是核电站,都因燃料本身以及反应产物产生的巨大辐射,令科学家不得不一直异常谨慎地对待它。

与之相反,太阳释放出的巨大能量,由两个氢原子核合为一个氦原子核的聚变反应而产生。相较于裂变,每个核子释放的能量,也就是每千克聚变燃料释放的能量更多,而且地球上聚变燃料的储量更丰富,更重要的是,燃料以及聚变产生的辐射要远远小于裂变。

只是,所有原子核都带正电,它们之间越接近,静电斥力也就越强,完成聚变最重要的条件就是克服这种力量。太阳因其高达2000万摄氏度的中心温度,以及在自身强大重力的吸引下形成的超高的压力状态,才使得核聚变得以发生并持续。要在地球上完成这一过程,因为引力太小,压力不够,核聚变需要在更高的温度下(这样的温度下物质处于等离子体状态)才能进行。这也是可控核聚变如此艰难的原因。

显然,为满足可控核聚变苛刻的条件,首先要输入大量的能量。当核聚变反应释放的能量大于输入的能量,这一临界条件称之为点火,才有能源应用的价值。实际上,由于创造聚变条件消耗的电能,一般要3倍于它的热能才能生产出来,所以要使能量增益因子等于3时,才能真正地实现得失相当。

中国科技大学物理学院教授王晓方告诉《中国科学报》记者,如同日常生活中点燃柴火一样,点火后不再需要外界供热助燃,柴火燃烧释放的热能足以燃烧新的柴火,并使这样的燃烧释放能够持续,这才是真正实现了点火。柴火相当于核聚变中的等离子体状态物质。

1957年,英国科学家劳逊提出了达到点火的一般性条件,也称为得失相当条件,即劳逊判据。对于氘氘聚变,为了较容易实现,要求等离子体的温度达到1亿摄氏度。

### 美国点火计划在麻烦中前行

在地球上,核聚变最先是在氢弹中大量产生的。在氢弹中,引爆用的原子弹产生的高温高压,使氢弹中的聚变燃料挤压在一起,由于物质的惯性,在飞散之前产生大量聚变(也叫惯性约束核聚变)。只不过,氢弹爆炸威力巨大,人类无法控制它。

## 速行机器

## 塞斯纳 172: 飞行员的摇篮

1911年6月,美国堪萨斯农民克莱德·塞斯纳用木头和布制作了一架飞机,成为美国密西西比河以西,洛基山以东的中部地区第一个制造飞机并飞行的人。之后,他创建的塞斯纳公司生产的塞斯纳轻型飞机进入众多飞行学校,成为许多飞行员驾驶过的第一种飞机。

同时,塞斯纳172系列飞机也因为“红场事件”而闻名世界。1987年,一名19岁的前联邦德国汉堡航空俱乐部的业余飞行爱好者马蒂亚斯·鲁斯特租了一架塞斯纳172,在没有许可的情况下由芬兰赫尔辛基飞至前苏联首都莫斯科上空并降落于红场附近,此人仅有约40小时飞行记录却能突破当时世界上超级大国的防空网,举世震惊。而前苏联方面因此事件导致国防部长等多名高官下台。这便是著名的“红场事件”。

初级教练机强调的是廉价、皮实、操作简单,这是为了适合初学者,需要容忍粗暴操作。同时,要求飞行性能特别温和、稳定,还要具有很高的出勤率。为了便于大量培训新飞行员,所以需要运行成本低廉、维修简单。

一位国外飞行爱好者曾经在一个沙漠航校租用了一架已经飞行了12000小时的塞斯纳172,尽管看起来破烂不堪,机身上的棕色和橙黄色油漆已经剥离破损,塑料内饰件开裂,仪



美国国家点火装置的靶室

图片来源:百度图片

上个世纪60年代,利用该原理,前苏联科学家提出并证明了激光可以使氘氘发生聚变。直到2009年,耗资35亿美元的美国国家点火装置(简称NIF)终于让科学家看到了激光核聚变实现的可能性,人类寄希望于能从该实验室中获得“取之不尽,用之不竭”的清洁核能。

这个世界上最大的激光聚变装置坐落在加利福尼亚州劳伦斯利弗莫尔国家实验室的一个特大型“仓库”里。在装置内部,激光器会产生192条激光束,射向一个含氘的氘球靶丸上使其崩溃,并产生一亿摄氏度左右的高温,从而触发氢原子聚变,释放大量能量。激光和氘靶丸的碰撞过程极其短暂,仅持续几个纳秒(1纳秒等于10亿分之一秒)。为了达至临界点或者说点火反应堆,激光器的设计能量为1.8兆焦耳。

早在去年,据《自然》杂志报道,被称为“人造太阳”的美国国家点火装置(NIF)所发射出的激光已经达到了2兆焦,也是激光向核聚变能源迈出的第一步。

近日,据BBC新闻网10月7日报道,在9月末进行的一次聚变实验中,聚变反应释放出的能量超过了氢燃料吸收的能量——在全世界聚变装置中取得了里程碑突破。不过,记者尚未在劳伦斯利弗莫尔国家实验室官方网站上看到该消息。

事实上,NIF项目并非一帆风顺,NIF研究团队点火目标的推进曾一推再推。据《科学美国人》报道,去年美国国家科学院专家小组的一份中期报告显示,NIF激光触发核聚变的方法并不被十分看好。

王晓方告诉《中国科学报》记者,激光器的发射重复率还很低,无法持续聚变产能。“这是因为,目前激光器所使用的玻璃放大介质无法满足既在单位时间内能发射更多次数,又保证激光束的质量。”

目前,NIF的激光器每天只能发射几次。只有当每秒钟发生三四次甚至更多的核聚变且连续不断地进行下去,并且每次聚变的能量增益达到



图片来源:百度图片

仪表盘上有很多空的洞,椅子中海绵也已经没有了弹性,但是飞行的感觉还是那样轻松、温和、稳定。

而塞斯纳172正是由于符合上述要求,而成为产量最多的轻型飞机。到目前为止,塞斯纳172系列飞机已经生产了超过40000架。

随着电脑技术和互联网的发展,学习飞行驾驶也变得容易起来。1997年夏,塞斯纳公布了一个基于电脑教学的飞行训练程序,深受世界各地飞行爱好者喜爱。由于它可以在个人电脑上学习

10~100倍,才能实现实用化。

“为了提高激光发射的重复率,科学家也在研发新型激光器,比如半导体激光泵浦,还有光纤激光器等。”但王晓方表示,这些激光器尚不能做成足够的规模,激光输出的能量还不足以来实现聚变点火。“目前,还没有找到提高激光发射重复率从而持续聚变产能的好办法。”

据了解,近日,NIF研究团队已经将激光对准了真正的燃料靶,实验更进一步,但点火靶球却在极端的温度和压力下屡次过早破裂。不难看出,美国国家点火装置的麻烦始终与新进展同在。

### 核聚变研究期待新突破

事实上,除惯性约束核聚变以外,最先被科学家发现,也是至今最被看好的核聚变是磁约束。为实现磁约束,需要一个能产生足够强的环形磁场的装置,上世纪50年代,这种装置就被称作“托克马克”装置。王晓方告诉《中国科学报》记者,从工作原理来说磁约束更适合持续提供聚变能。

倡议于1985年的国际热核聚变实验堆(ITER)计划,是目前全球最大的磁约束核聚变实验项目,由美国、欧盟、俄罗斯、日本、韩国、印度和中国共同参与。ITER装置是一个能产生大规模核聚变反应的“超导托克马克”。作为聚变能实验堆,ITER计划把上亿摄氏度、由氘氘聚变的高温等离子体约束在体积达837立方米的磁场中,产生50万千瓦的聚变功率,持续时间达500秒。不过,目前为止,该项目还一直在追加预算,在工程技术上也依然存在难题,进展缓慢。

王晓方表示,ITER还只是一个实验计划,即使ITER获得成功,还要建造新的聚变反应堆,才能进入能源实用化阶段。

而磁约束之所以比惯性约束更被看好,还有一个原因是,NIF的设计初衷是用于测试核武器可靠性,是美国“无爆炸核试验”不可或缺的部分。此外,也能被用来模拟超新星、黑洞边界、恒星和巨大行星内核的环境,进行科学试验。

惯性约束一直被认为是由涉及国家安全和武器研发的政府和联合企业所资助的,它们研究核聚变是为了武器开发,而不是用于民用电厂。但美国核武器独立专家理查德·加温曾在接受媒体采访时表示,NIF装置中的温度远远低于真正的核武器所产生的温度,他并不支持惯性约束的研发与核武器测试直接相关。

清华大学核能与新能源技术研究院一位不愿透露姓名的专家在接受《中国科学报》记者采访时表示,根据当前的材料和工程技术,核聚变远不能达到稳定输出能量的水平。他认为,核聚变实用化的关键还是来自材料领域的革命性突破。

## 先锋科技

从1863年英国伦敦建成世界上第一条地铁开始,现代城市便迈出了向地下要空间的步伐。事实上,早在古代,密洞、墓穴就已经是人类利用地下空间的成熟方式了。近日,据国外媒体报道,新加坡为了创造空间容纳新增人口,有意在地下打造相当于30层楼的科学城,供生物医疗和生命科学产业使用。

据了解,新加坡目前714平方公里的土地面积,约两成是填海造陆而来,但填海造陆的土地仍无法满足人口增长的需求。因此,新加坡政府正着力推动地下生活,建造地下交通枢纽、步行街、自行车道、公共设施、仓储和研究设施、工业应用、购物区和其他公共空间。

新加坡正动工兴建巨型地下储油槽,竣工后将腾出150英亩的土地,相当于6座化工厂的占地面积。欲打造的科学城大致面积为50英亩,可以容纳4200名科学家和研究人员。

事实上,对地下空间的利用,北美、西欧、日本早已有了诸多成功的范例,无论是综合性的地下商业设施,还是地下公共建筑。地下空间已经成为了城市区域规划非常重要的一部分。

其中,最著名的莫过于加拿大蒙特利尔的地下城。它位于加拿大第二大城市蒙特利尔威尔玛丽区地下,总面积达400万平方米,最深的区域可达五层。步行街全长30公里,连接着10个地铁站、2000个商店、200家饭店、40家银行、34家电影院、2所大学、2个火车站和一个长途车站。商业空间相当于城市商业区总面积的35%,而它的扩张还没有结束。因此,这个地下城是一个十足的“大都会”。

在北京大学城市与环境学院教授董黎明看来,利用地下空间有利于节约城市土地资源,特别是对于地上空间日益紧张的城市而言。“但是,开发地下空间首先面临的还是高成本的压力。”他表示。

据了解,地下商业街的开发成本高于地上的两到三倍,因此,董黎明认为,在一些缺少地上商业配套设施的地区,可以考虑开发



新加坡欲在地下打造相当于30层楼的科学城,供生物医疗和生命科学产业使用。

图片来源:百度图片

## 军事空间

## 鹰击-12反舰导弹 神秘的反航母利器

如果说航母舰队是流动的盾牌,那么能击沉航母的导弹就是利剑。对于军事强国而言,打造强大的航母舰队掣肘于技术与财力。而着力研发可摧毁航母舰队的导弹,有时能发挥四两拨千斤的效果,从而缩减巨大作战差距。

我国最新研发的鹰击-12重型反舰导弹(又名YJ-12),就是一把这样的利剑。在很多军事分析家眼里,鹰击-12是威力仅次于东风-21D弹道导弹的反舰利器。

鹰击-12射程约为400公里,作为一种先进的超音速反舰导弹,传说其末端速度可达4马赫(也即“双四”模式,特指400公里射程和4马赫的速度)。美国“战略之页”网站甚至刊文指出,高速度的鹰击-12可能令西方现役任何近距拦截系统均形同虚设。

鹰击-12弹长约7米,尺寸略小于俄制3M55和3M80导弹,因此发射重量可能也要少一点。不过,超音速反舰导弹抛弃助推器时的质量与中段质量之比较大,所以它的发射重量可能仍然相对较大,业内专家估计约在2~2.5吨左右。

军事专家称,鹰击-12是GPS+“北斗”联合卫星制导+末端宽频主动雷达系统,具有极高的命中精度。这种导弹发射后先爬升到一定高度的高空,通过数据链接接收来自敌方预警雷达的第一次目标参数确认,制导系统将参数发送给飞行控制系统后,导弹开始下降飞行高度进入低空巡航状态。在低空巡航阶段,导弹在静默的卫星导航和惯性导航的引导下静默飞行,速度为1.5马赫,高度12~15米。当飞行至距离攻击目标50公里时,主动制导雷达开机并与卫星制导确认目标最新参数,再与数据链信息相对比,确认后导弹进入末端攻击状态。

有媒体报道指出,在已公布的鹰击-12的图片上没有看到助推火箭,表示它是整体式冲压发动机(助推火箭与冲压发动机融为一体)。我国在上世纪90年代成功研制整体式冲压发动机,包括液体、固体和固液等多种。业内人士根据鹰击-12的用途分析认为,其采用液体冲压发动机的可能性更大。这是因为液体燃

地下空间。

其次,地下建筑的工程相比之于地面建筑也更复杂,挖掘技术难度大,排水、通风等标准要求也更高。此外,安全隐患也超过地面建筑,遇到火灾、浓烟、高温、缺氧、通信中断等突发事件,逃生和救灾难度大大高于地面建筑。

“因此,对于地下空间的利用要讲究适用和规模的控制。”董黎明向《中国科学报》记者指出。

由于没有自然光线的照射,地下空间并不适合人们需要长时间存在的功能区域。“一般而言,交通、商业、娱乐是比较理想的选择,而与居住有关的,包括住宅、医院、学校并不合适。”董黎明认为,“科研人员更倾向于在周围环境优越的地方进行研究、创作,因此,新加坡计划打造的科学城,科学家们未必会买账。”

至于地下空间的规模,他则表示,一般不超过地下三层。“否则,通风、供氧、排水、防潮等工程的耗能,以及建筑本身的全部,将使得地下空间的利用成本有悖于倡导低碳的主流价值观。”

此外,由于选址、消费心理等因素,在我国存在不少地下商场经营失败的案例,因此,经营风险的存在更要求科学布局且限制地下空间的利用规模。

事实上,上世纪70年代,我国城市建设了大量人防工事和地下仓储,和平年代,不妨更高效地利用这些已有的地下空间。



新加坡欲在地下打造相当于30层楼的科学城,供生物医疗和生命科学产业使用。

图片来源:百度图片



鹰击-12重型反舰导弹 图片来源:百度图片

料的理论空气量大、能量高,另外推力可调节,多适用于飞行包络(高度和速度)较宽和射程较远的用途。

最早亮相的鹰击-12装载机是“飞豹”歼击轰炸机。“飞豹”载弹能力强、航程远,其充足的机体空间和较大的外挂能力非常适合改装为重型导弹载机。分析指出,作战半径达1650公里的“飞豹”加上鹰击-12导弹400公里的射程,将对中国东、南海潜在的敌人造成巨大威慑,甚至有威胁第二岛链内外的敌方海上目标。

我海空军已装备的苏-30MKK、歼-16、轰-6G/K等机型也是鹰击-12的理想载机,三者作战半径比“飞豹”更大,能在更大范围内执行反航母和反舰作战任务。

英国《简氏防务周刊》认为,鹰击-12反舰导弹不仅可从飞机上发射,还可以从军舰、潜艇、陆地发射车上发射。这种导弹与闻名已久的东风-21D配合作战,将使中国形成高低两个方向的协同打击能力,使敌方舰艇特别是航母等大型作战舰艇难以防御。

道高一尺,魔高一丈。鹰击-12反舰导弹不可拦截可能只是暂时的,只有努力研发更先进技术,时刻处于领先,才能立于不败之地。(赵鲁)

地下城不可盲目求『大』

■本报记者 胡琰琦