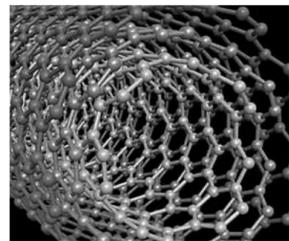


科技云

科技连着你我他

本期观察:周立文 师祥凯 朱海涛

高动态强度纤维



近期,北京大学、武汉大学等高校研究团队研发出一种高动态强度纤维。该纤维未来有望应用于汽车制造、航空航天、体育器材以及安全防护装备等领域,相关成果已刊发在《科学》杂志上。

高动态强度纤维的核心优势在于其能够在高应力、高应变率条件下保持结构的稳定性和完整性。例如,在汽车工业中,高动态强度纤维可用于制造车身结构元件,减轻重量的同时提升车辆的安全性;在航空航天领域,它们则是制造高性能飞行器的理想材料,能够承受极端飞行条件下的复杂载荷。

此外,该纤维还具有良好的加工性能和可设计性,便于根据具体应用场景进行定制化生产。

同时,该纤维由生物基原料或回收材料制备而成,这不仅降低了对自然资源的依赖,还减少了生产过程中的碳排放,在保持其他性能的同时提升了环境友好性。

智能纤维



前段时间,我国东华大学科研团队成功研发出一种无需芯片和电池就能发光发电的智能纤维。这种纤维基于“人体耦合”的能量交互机制,能够集无线能量采集、信息感知与传输等功能于一身。由这种纤维编织成的智能纺织品,无需依赖传统的芯片和电池,便能实现发光显示、触控等人机交互功能,为医疗监测提供了更为便捷和舒适的解决方案。

据悉,采用了智能纤维的医疗监测设备具有多种优势。首先,智能纤维监测设备体积小、重量轻,不会对患者的日常生活造成太大影响。其次,通过无线传输技术,这些设备可以将数据实时传输到医生或健康管理平台,便于远程监控和及时干预。

未来,随着技术的进步和应用领域的拓展,智能纤维有望在更多医疗领域发挥重要作用。

生物基纤维



近日,日本生物技术公司Spiber开发了一种微生物发酵合成蛛丝蛋白的技术,并制成了一种名叫“Spiber Brewed ProteinTM”的生物基纤维。这种纤维可分为长丝和短纤等品类,能与羊毛等天然纤维混纺,制成高端面料和包装材料。

由于其原料可再生且生产过程环保,这种生物基纤维在包装材料领域具有广阔的应用前景。首先,它们可以完全降解,不会对环境造成污染。其次,这些材料通常具有良好的力学性能和阻隔性能,能够满足包装的基本要求。此外,由生物基纤维制成的包装材料还具有较好的印刷性和可加工性,便于制成各种形状和规格的包装容器。

目前,生物基纤维已经广泛应用于食品包装、日用品包装等领域。未来,随着技术的不断进步和成本的降低,生物基纤维有望在更多场景取代传统塑料包装材料,成为环保包装的主流选择。

脉冲模拟、闪光X射线、电磁发射等领域都具有广泛应用,可为研究数学、物理、信息、能源、生物、医学等学科基本问题和重大工程项目提供重要技术支撑。

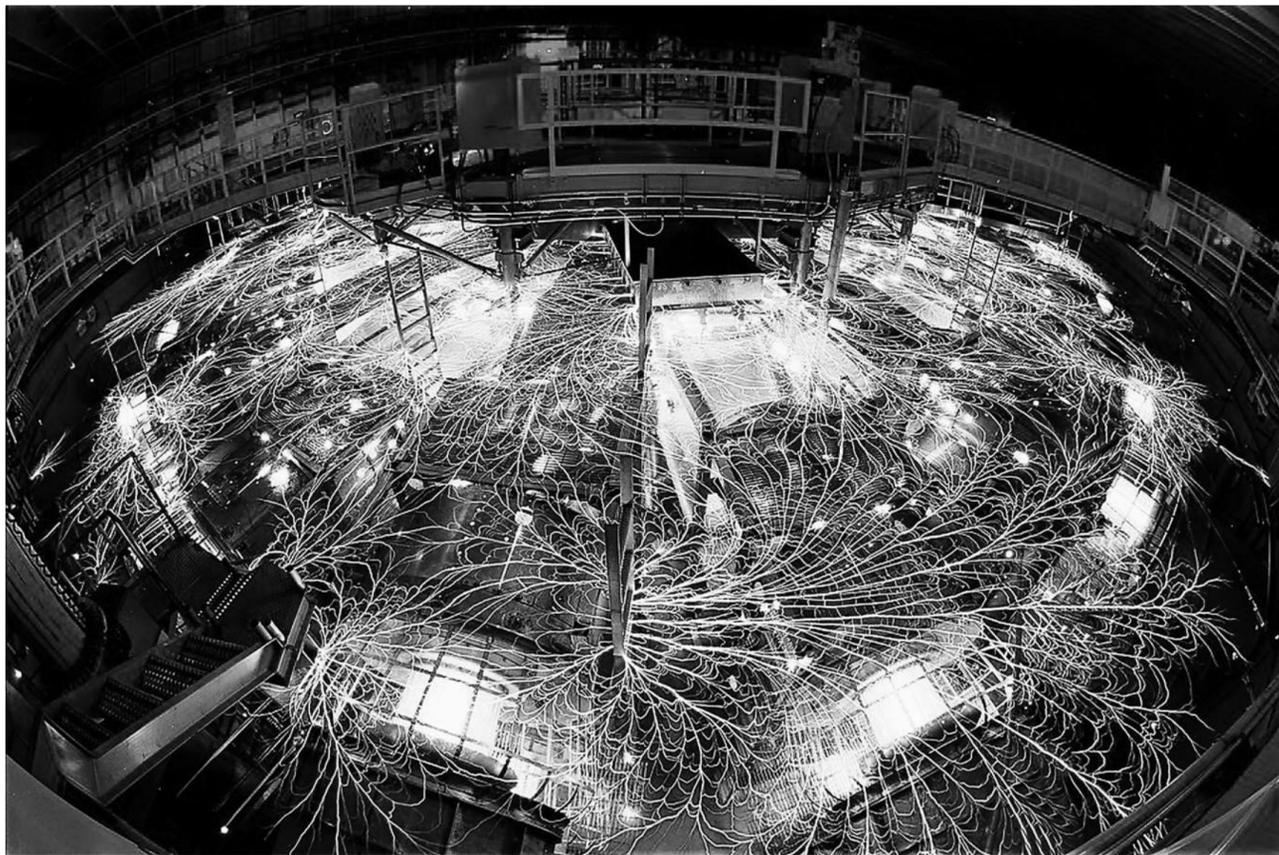
有学者这样形容:“下一代脉冲功率装置的出现,犹如一道凌厉的闪电,试图劈开阻碍人类迈向能源自由的壁垒。”

那么,脉冲功率技术究竟是一项什么技术?该技术有哪些独特的优势和功用?未来又有怎样的发展潜力和前景?请看本期关注。

脉冲功率技术——

点亮未来之光 赋能千行百业

李 嵩 方姝阳



高技术前沿

脉冲功率技术的前世今生

如果从广义上讲,脉冲功率可谓无处不在,广泛存在于人们的日常生活中。

比如,用锤子钉钉子的过程就是一个小型的脉冲功率系统。在这个过程中,人利用重力或手腕的力量使锤子加速,撞击到钉子时,锤子的速度在极短时间内降低为0,这就需要有一个非常大的力提供锤子的加速度,同时,钉子也受到同样大的反作用力被硬生生地塞进木头里。

通俗地说,将长时间储能在极短时间内释放的系统,都可以称之为脉冲功率系统。除了钉钉子,自然界和我们的生活中还有许多这样的“脉冲功率系统”,例如闪电,工业上应用的破碎锤、震动打桩机等。

理解了脉冲功率系统,就更容易理解脉冲功率技术。从专业化的角度来看,脉冲功率技术就是将缓慢存储起来的具有高密度的能量,进行快速压缩,在极短时间内释放给负载的电物理技术,是研究高功率电脉冲的产生、加载以及相关物理过程的交叉学科。

在本质上,该技术是将脉冲能量在时间尺度上进行压缩,以获得在极短时间内的高峰值功率输出。

脉冲功率技术的迅速发展,源于对原子弹内爆过程的观测。为了更加清晰地了解原子弹内爆过程,科研人员亟需获得兼具高功率和极短脉冲等物理特性的电脉冲,而脉冲功率技术就是获得这种电脉冲的重要途径。

以此为契机,这门新兴科学技术——脉冲功率技术得以迅速发展起来。20世纪60年代,英国原子武器研究中心首次研制出国际上第一台脉冲功率装置,这也被广泛认为是脉冲功率技术正式出现的标志性起点。

凭借着在核电磁脉冲模拟、定向能技术、加速器物理等领域的巨大应用潜力,脉冲功率技术自问世起直到今天,始终是各国高度关注和争相发展的重要技术。

据了解,20世纪80年代,“星球大战”计划中,美国更是将脉冲功率技术列为重要支撑技术之一,斥巨资支持其圣地亚哥实验室、空军研究实验室等科研机构,以及洛克希德·马丁等高科技军工企业优先发展。随后,美国电气与电子工程协会多次组织发起国际脉冲功率会议。

我国尽管起步相对较晚,但脉冲功率技术已经步入国际先进行列,部分技术处于国际领先水平。例如,我国科学家提出的Z箍缩驱动聚变混合堆(Z-FFR)被认为是未来极具竞争力的千年能源,研究人员计划未来建成50MA级Z箍缩驱动器实验装置,以此验证聚变等技术,而脉冲功率技术,正是该实验装置的核心关键技术之一。

兼顾高功率和快脉冲

脉冲功率技术属于电学研究范

畴,能够将低功率、长时间储存的能量,在时间和空间尺度进行极致压缩,并在短时间内以高功率释放,进而实现放大电脉冲功率的效果。

与传统集成电路和电力电子中研究的电信号不同,脉冲功率技术中的电信号能够同时获得具备高功率和超短脉冲两种特性,可以满足许多新兴学科交叉领域的前沿研究需求,其所具备的研究价值和意义难以估量。

那么,脉冲功率装置的输出功率到底有多高,持续时间又有多短呢?专业的说法是,通常情况下,脉冲功率装置的峰值功率能够达到数十吉瓦(GW)量级(1GW=10^9W),而持续时间却只有数十纳秒(ns)量级(1ns=10^-9s)。

看到这串数据,大家可能还是不太理解。或许用人们熟悉的用电设备或自然界现象类比,感受会更直观——

在峰值功率方面,横跨于长江之上的三峡大坝全长超过2000米,是我国的重要基础设施之一,其单台水轮发电机的单机容量约为0.7GW。脉冲功率装置的长度通常只有三峡大坝全长的1/500左右,而工作时的峰值功率却达到三峡大坝单机容量的10倍甚至50倍以上。更加直观地说,脉冲功率装置输出电脉冲的瞬态峰值功率相当于数百万台家用空调同时工作。

在持续时间方面,人们认为宇宙中物体运动的最快速度是光速。北京到莫斯科的直线距离约为5800公里,一束光穿过两个城市大概只需0.019秒的时间,这一过程与自然界中蜂鸟扇动一次翅膀所需要的时间基本相同。

然而,就在0.019秒的过程中,常用的脉冲功率装置可能已经工作超过100万次了,足见脉冲功率技术的超短持续时间特性。

“既快又强”的特质,使得脉冲功率装置不仅能获得高电场和强磁场,用于构建极端物理环境,来诱导特殊材料产生我们日常无法实现的“隐藏技能”,还能用于判断超快物理片段的时空演化过程,可谓能量“全能王”。

“老应用”有待发掘,“新应用”争相涌现

在数十年发展历程中,从基础科学问题研究到军事科技创新,再到先进工业制造、环保、医疗等重点领域,脉冲功率技术始终活跃在交叉前沿,被誉为赋能多领域的“神兵利器”——

应用于核聚变技术,成为驱动清洁能源产生的“有力之手”。

伴随工业化进程的不断深入,人类对能源的需求量也在不断提升。在石油等石化能源减少枯竭的背景下,核能等清洁能源地位作用日益凸显。

在众多技术方案中,某核聚变装置被认为是产生清洁能源的重要路线之一。该装置使用脉冲功率技术作为基础支撑技术之一,可在瞬间产生极强的脉冲磁场,驱动等离子体高速撞击聚变靶丸,进而产生清洁能源。

应用于闪光X射线技术,成为定格超快物理过程的“拍照之手”。

更直观地研究武器内爆等物理过程的时空演化规律,需要用具有更快时间基准和更高穿透力的手段去观测。假如,人们将时间比作尺子,刻度越精细,意味着可以观测的内容就越精细;穿透力越强,即空间刻度越清晰,观测的结果也会越准确。在闪光X射线照相领域,脉冲功率技术正是这把重要的“尺子”,是验证武器理论设计、认识武器规律、校验设计程序不可或缺的重要手段,其能力直接影响国家的战略武器研制水平。

应用于高功率微波技术,成为制胜未来电磁战场的“无形之手”。

在刚刚结束的第十五届中国航展上,某陆基高功率微波样机得到了军迷们的关注,而脉冲功率技术恰恰是发展高功率微波武器的有力支撑。资料显示,美国和俄罗斯等国研制的大部分高功率微波系统主要由初级能源、脉冲功率装置、高功率微波产生器件和辐射天线构成,而脉冲功率装置的紧凑化程度、功率重量比和重复频率等参数,会直接影响甚至决定其作战效能和体系价值。

不仅在军事科技领域,在食品处理、环境保护、能源勘探、生物医疗等诸多经济民生领域,脉冲功率技术也具有广阔的应用前景。

——食品处理。

利用食品食材中不同细胞结构、成分和尺寸大小不同的特点,脉冲功率技术可以高效地对不同细胞精准施加脉冲电场,体现3个方面优势:非热加工,保留更多对温度敏感的有益成分;

节能高效,强电场以脉冲形式加载,持续时间较短,能量消耗相对较低;环境友好,脉冲强电场不会在处理过程中产生有害化学副产品。该技术在德国、法国等国家的奶制品快速供应、食用糖生产以及葡萄酒酿造等领域,已经得到广泛应用。

——环境保护。

随着工业化进程快速推进,人类享受着高楼大厦带来活动空间不断加大的同时,对钢筋混凝土等建筑废料如何进行处理,也成为一道难题。

通过静置的办法需要漫长的处理时间,如果不能合理利用这些废料中的钢筋、砂石等原材料,新的建筑仍然需要通过开采矿石满足不断增长的使用需求,又会造成新的环境破坏。

脉冲功率技术的出现,为解决这一难题提供了崭新的思路。其所产生的强脉冲电场和脉冲电流可以精准地在不同材料表面局部放电,放电产生的等离子体会发生扩散,能迅速在不同材料界面产生巨大作用力。利用这一特点,工作人员可以将建筑废料中的钢筋、砂石、水泥等材料进行分离,变废为宝,有效减小因大规模工业化对环境造成的损害和影响。

“老应用”还未充分发掘,“新应用”正在争相涌现。相信在不远的将来,脉冲功率技术能广泛地应用到更多领域,为人类带来更多创新和改变。

上图:应用了脉冲功率技术的国外某惯性约束核聚变装置放电瞬间。

樊 峥 供图

“泼水成冰”与“姆潘巴现象”

丛世杰 李 芮

中,除了需要具备极低的室外温度外,还需要滚烫的热水。

对此,有人不禁产生疑问:“为什么要泼热水呢?凉水不更应该容易结冰吗?”

事实上,这与一个有趣的科学谜题——“姆潘巴现象”有关。

1963年,一名坦桑尼亚中学生姆潘巴惊讶地发现,将等量的一杯热牛奶和一杯冷牛奶同时放入冰箱冷冻室,热牛奶竟然先结冰。随后他把牛奶换成水,

发现热水仍然比冷水先结冰。姆潘巴与老师联名发表论文,阐述了这一发现。论文一经发表,就引发了科学界的广泛关注与讨论。

最早关于“姆潘巴现象”的记录,可以追溯到我国有关物理、化学的重要文献《淮南万毕术》中。书中记载了古人制冰的方法:“取汤置瓮中,密以新水,沈瓮三日成冰”。这句话的意思是,将烧开的沸水放到瓮里,再用布料将瓮密封起

来,放到井中三天,就可以制造出冰块。

经过研究,现代科学家们终于阐释清楚了“姆潘巴现象”背后的原理——将一瓶温度较高的水样放置在温度较低的环境中,靠近容器壁的部分会迅速冷却,而水的内部则依然保持着较高的温度。

温度梯度导致了对流传热。而当温度梯度越大,对流就越明显,水温的整体冷却速度也就越快。因此可以得

出,水的初始温度越高,诱导的对流就越强,冷却的速度也更快。

具体拿“泼水成冰”来说,“泼水成冰”的关键在于水的快速蒸发与凝华结晶过程。当热水被泼向空中,热水与空气的接触面积迅速变大,热水表面的水分子快速逸散到空气中变成水蒸气。但由于温度过低,刚成为气态的水分子,其温度马上降到0摄氏度以下。

在这一过程中,水分子迅速失去能量,运动速度减缓,与空气中其他的水分子汇聚在一起,直接由气态转为固态,凝华成众多微小的冰晶。这些冰晶聚集在一起,就形成了跟水流一同飘落的美丽冰晶。

自然界就像一本神奇的科学之书,“泼水成冰”和“姆潘巴现象”只是其中一页引人入胜的篇章,还有很多奇妙的现象等着我们不断去探索和发现。

科学的历程

一个寒冷的冬日,热水被用力泼向空中。刹那间,热水化作无数冰晶,如天女散花般飘落,形成一幅美轮美奂的冰晶画卷……

这是北方朋友们冬天常常玩的一个游戏——“泼水成冰”。在这个游戏