

# 导弹克星——粒子束武器

储德林 江海燕 张强华



自从原子弹发明以后,经过半个多世纪的发展,迄今先后出现了4代原理不同的核武器。第一代是原子弹;第二代是氢弹;第三代是单项功能强化的核弹,典型代表有:中子弹、冲击波弹、钻地弹、电磁脉冲弹等;第四代则基于原子弹技术,关键研究设施是惯性约束聚变装置,因其发展不受《全面禁止核试验条约》的限制,一些国家正在加紧第四代核武器的研制。目前,在研的第四代核武器主要有:当量可调弹头、“合二为一”弹头、干净的聚变弹、反物质弹、激光引爆炸弹以及粒子束武器等。其中粒子束武器是把电子、质子、中子或其他粒子加速到光速后,发射到大气层内或外层空间,用来摧毁卫星和洲际弹道导弹。

## 一、粒子束武器基本原理

粒子束武器是把高能粒子,比如原子核、 $\alpha$ 、 $\beta$ 一类的中性粒子或者电子、质子、各种重离子一类的带电粒子,加速到相对论速度(接近光速),将这样的高能粒子束发射到远距离的目标上,粒子束所携带的巨大能量在不到1秒钟的短时间内传递给目标,同时利用这些高能粒子与目标物质发生的强相互作用,达到摧毁和破坏目标的目的。粒子束武器一般由粒子加速器、高能脉冲电源、目标识别与跟踪系统、粒子束精确瞄准定位系统和指挥控制系统等组成。加速器是粒子束武器的核心,用来产生高能粒

子)与初始条件无关。

混沌是在确定性的非线性系统中,貌似无序、实则有序的、不需附加任何随机因素亦可出现类似随机的行为。混沌系统的本质在于各物理量间的非线性关系,最大特点是系统对初始条件的极度敏感,故而有“蝴蝶效应”的惊人论断,即“在巴西一只蝴蝶翅膀的拍打能够在美国德克萨斯州产生一个陆地龙卷风”。虽然在受迫阻尼运动中,单摆不具有这种“小能量控制大能量”的神奇,但它也是一种混沌现象。

混沌理论的重大意义在于对我们所处世界复杂

子,并聚集成密集的束流。目标识别与跟踪系统主要由搜索跟踪雷达、红外探测装置及微波摄像机组成。探测系统发现目标后,目标信号经超高速计算机处理,进入指挥控制系统,根据指令,定位系统跟踪并瞄准目标,同时修正地磁误差等影响,启动加速器,将粒子束发射出去。根据粒子束性质

的不同,粒子加速可采用带电粒子束加速器和中性粒子束加速器。

**带电粒子束加速器** 目前研究较多的带电粒子束加速器为质子加速器,其基本原理是:利用线性铁氧体磁场感应加速器产生高能电子束,用来包围进入离子发生装置的质子,使质子在离子加速装置中得到加速。在接近出口时,将电子剥离,并利用磁场的箍缩效应使质子束变成高能定向束流,然后通过武器发射系统把质子束发射出去。

**中性粒子束加速器** 中性粒子束宏观不呈电性,通常的电磁场加速技术不能对其直接加速。为获得高能中性粒子束流,需进行相关技术处理。具体方案是:将负离子束(例如 $H^-$ )在加速器中加速、聚焦并准直,在出口处的剥离室内通过原子碰撞或光致分离过程进行中性化处理,以去掉多余的电子,还原成中性原子束,然后聚集成高能定向束流,以接近光速的速度沿直线轨道发射出去,摧毁目标或使其失效。

带电粒子束在大气中传输时,虽有衰减,但可以

性的发现,许多物理学家因而将其与相对论、量子力学并列为20世纪物理学的三大发现。混沌被普遍应用于激光物理和超导物理等领域,但它并非为高科技领域所特有,而是普遍存在于我们的日常生活中。混沌现象是普遍的,它反映在受迫阻尼运动中的单摆、点燃香烟袅袅升起的涡卷、水龙头缓慢滴水的花样等。确定性的深入往往导出不确定性,而哪里有不确定性,哪里就会有混沌,因此,经典物理与现代物理之间的距离并没有我们想像中的那样远。

(金华浙江师范大学数理学院 321004)

传导,故带电粒子束武器主要在大气层内使用,而大气层外的真空状态,由于带电粒子之间的斥力,带电粒子束会在短时间内散发殆尽,因此中性粒子束武器更适合在外层空间使用。

## 二、粒子束武器作用特点

作为反导防御拦截武器,粒子束武器具有两个显著的特点:零飞行时间和穿透能力强。当前发展的洲际导弹不仅飞行时间短,而且弹道可以机动。如果导弹采用速燃助推器,助推段飞行时间可缩短为50秒。在这么短的时间里进行拦截,采用常规的非核拦截导弹是非常困难的,即使采用速度超过10千米/秒的超高速动能拦截弹也难以对付速燃助推器和可以机动飞行的再入弹头。而粒子束武器发射的粒子束以接近光速的相对论速度运行,飞行时间几乎等于零,任何导弹都逃避不了粒子束武器的拦截。另外,不同于激光武器的能量主要沉积在目标表层,粒子束武器发射的粒子束,无论是高能中性粒子束,还是高能带电粒子束都将与目标物质发生强相互作用,因而具有很强的穿透能力,可以极深地穿入目标体内以摧毁目标。

## 三、粒子束武器杀伤机理

粒子束武器的破坏机理是动能杀伤和X、 $\gamma$ 射线破坏。粒子束不受云、雾、烟等自然环境和目标反射的影响,也不会因目标被遮蔽或受到干扰而失效,其全天候和抗干扰性能较好。粒子束直接穿入目标深处,不需要维持一定时间,有利于攻击多目标。如果粒子束没有直接命中目标,则会在目标周围产生X、 $\gamma$ 射线,造成第二种伤害和破坏。粒子束的毁伤作用主要表现在两方面:一是它对目标的直接杀伤性,即通过高能粒子束把能量传递给目标以及粒子束与目标物质的强相互作用来使目标的结构破坏、电子系统失灵、推进剂点火、高效炸药爆炸等途径杀伤助推器、弹头母舱或再入弹头。二是它可以用于中段识别再入弹头和诱饵、假目标。这是利用所有物质受到高能粒子照射时必将发射X射线、 $\gamma$ 射线和中子的性质,监测这些次级粒子的发射情况就能把再入弹头从假目标和诱饵中鉴别出来。

## 四、粒子束武器发展困境

高能带电粒子束在大气中传输时,存在两个极为严重的问题:空间电荷效应和地球磁场影响。对粒子束武器来说,除了要求束动能达几百兆电子伏特以外,对束的散度和直线传播的要求十分苛刻。

散度过大,射束不可能把杀伤目标所必须的能量沉积到目标上去;偏离直线轨道的传播将使射束无法命中。而空间电荷效应恰恰使粒子束散度增大,地球磁场影响使粒子束的传播偏离直线轨道,因此,对射束的聚焦和准直是发展粒子束武器的两项关键性技术。显然,提高粒子束的动量,是很有效的解决途径。当然,从现代物理的发展水平来看,提高粒子束的动量应当不成问题。然而,人们无法使用现代物理实验室庞大的加速器作高能粒子束武器,更没有办法把那么庞大的加速器搬到天基平台,这一度严重制约了高能带电粒子束武器的发展。激光导引技术的出现及其试验的成功,重新激起了人们发展高能带电粒子束武器的信心。

激光导引技术的基本原理就是利用激光在低压气体本底中光致电离出一个通道,把高能电子束脉冲射进这个通道,使其在通道内传播。由于高能电子脉冲射进激光电离产生的等离子体通道时,会立即引起急剧的空间电荷排斥作用,将松散地附着在等离子体上的电子驱逐出通道,从而形成一个离子芯体,利用离子芯体的静电吸引力来导引相对论带电粒子束。激光导引技术既解决了空间电荷效应的束发散,同时也解决了地球磁场导致的束偏离问题。

中性粒子束同高能带电粒子束相比,最有吸引力的一点是不受地球磁场的影响,它可以直线传播,只要具有足够高的能量就能很深地穿透目标,因此,如能保证所需的束流强度和低发散度,中性粒子束极有可能首先发展成为粒子束武器。当然,它同样面临一系列相当复杂的技术问题,包括离子束产生、离子束加速、离子束的扩展与控制、离子束的中性化等等。

在现代战争的高技术背景下,作为第四代核武器的佼佼者,粒子束武器是一种发展前景广阔的战略防御武器,其潜在的巨大威力以及对未来战争的影响将在新军事变革中占有重要地位。从原理上实现这种武器已经不成问题,因为高能物理学的发展为它奠定了基础,现在的主要问题是技术上还难以满足作为武器使用的实战性能要求。此外,作为武器系统,与作战指挥、控制有关的许多协同问题也还需要进行深入系统的研究。

(储德林、张强华,安徽合肥解放军炮兵学院基础部物理教研室 2300312;江海燕,安徽合肥工业大学理学院 230009)