

## 现代战争的利刃

赵小青

(北方工业大学理学院 100144)

一架样式奇特的隐形飞机趁着夜色悄然入侵 S 国，由于飞机的隐形效果，好像进入无人之境，S 国的对空雷达监视系统似乎“失明”了。飞行员驾驶着隐形飞机在 S 国的领空自由飞行，如入无人之境。正当飞行员顺利地按计划完成作战任务，准备返航之时，突然，飞机仿佛进入了火炉，顷刻间化为一缕青烟……

这并不是科幻影片中的镜头，而是未来战场使用微波束武器作战将呈现的情景，这就是定向能武器家族三剑客中的最后一位出场者——高功率微波武器。

微波是什么？微波就是波长在  $1\text{ mm} \sim 1\text{ m}$ ，频率在  $300\text{ MHz} \sim 300\text{ GHz}$  ( $3 \times 10^8 \sim 3 \times 10^{11}\text{ Hz}$ ) 范围之间的无线电波。因为微波的波长与无线电波中的长波、中波和短波相比要小得多，所以得名“微波”。但微波的频率在无线电波中却居于最高端，因为电磁波的能量与频率的平方成正比，所以微波携带的能量巨大，可以成为制造杀伤的武器。

在第二次世界大战初期，因防空能力有限，人们对于飞机的攻击几乎是束手无策。于是找到一种高效、快速的防空武器，是武器专家的当务之急。当时，有人提出了

可以用无线电波击毁飞机，因为无线电能够传递能量。但是由于理论和技術尚未成熟，该项研究最终只能以失败告终。20 世纪 60 年代，在核研究的带动下，脉冲功率技术出现在电子应用领域，科学家们可以产生具有 10 千安、1 兆瓦以上功率且电子能量在 50 keV 以上的电子束，使用这种电子束，就可以产生出高功率微波，这就从理论和技術上证明了微波作为武器的可行性。高功率微波武器从此正式列入了武器家族之中。

高功率 ( $10^3 \sim 10^9\text{ W}$ ) 微波武器是一种将高能量微波束汇聚在窄波束内，以强大的能量破坏敌方电子设备和杀伤敌方作战人员的定向能武器。所以高功率微波武器具有与激光武器和粒子束武器相同的特点，即光速打击、反应灵活和射束不受重力影响等。但更重要的是高功率微波武器具有与众不同的特点。微波射束不必像激光束和粒子束那样必须汇聚非常集中才能产生威力，其波束可以较宽，因此打击范围较大，从而对波束瞄准没有太高的要求，这既有利于对近距离快速目标实施攻击，同时也可以降低武器跟踪瞄准系统的技术难度。微波在传播过程中，能量衰减较慢，所以作用距离比激光武器和粒子束

武器更远。微波束抗干扰能力强，可以在各种不良气象条件下实施攻击。因为微波武器类似于雷达系统，只不过具有更高的功率，因此有可能设计一种系统，首先探测和跟踪目标，然后用高功率微波杀伤目标。由于武器采用电源供电，所以作战成本低。

在现代战场上，电子设备是各种现代武器装备的“心脏”，未来的战争将是以电子战为先导的战争。电子设备在增强了作战指挥能力、提高了武器装备的战术性能的同时，也将成为战场上军事打击的首选目标，故高功率微波对其攻击被称之为“掏心”。当前进行电子战的手段一是电子干扰和电子压制，二是实体摧毁。高功率微波武器正好顺应了这样的需求，灵敏度越高的无线电电子系统越容易被高功率微波破坏。当使用  $0.01 \sim 1\text{ W/cm}^2$  功率密度的较弱微波束照射目标时，能干扰在相应频段工作的雷达、通信设备和导航系统，使其无法正常工作。当使用功率密度为  $10 \sim 100\text{ W/cm}^2$  的强微波束照射目标时，其辐射形成的电磁场，可在金属目标的表面产生感应电流，它将通过天线、导线、金属开口或缝隙进入目标的电子设备的电路中，使电路功能产生混乱、出现误

码、中断数据或信息传输，甚至烧毁电路中的元器件，使电子装备和武器系统失效。例如，用高功率微波束照射卫星，微波束可沿着卫星上的天线进入卫星内部的敏感电子线路，使其过载或毁坏。如果使用功率密度为  $1000 \sim 10000 \text{ W/cm}^2$  的强微波束照射目标，能在瞬间摧毁目标，引爆炸弹、导弹、核弹等武器。

高功率微波武器对电子设备的破坏效果奇佳，且它的独门绝技是对隐身武器的攻击。隐身武器之所以能够隐身，除了它们的外形设计奇特，很重要的一点是其结构大都采用了能吸收雷达波的吸波材料，武器的表面也都涂有一层吸波涂料，因此隐身武器能够依靠大量地吸收雷达波来隐匿行踪，从而实现对雷达的隐身。而恰恰是隐身武器的这一特性，使它成为了高功率微波武器的“刀下鬼”。雷达波虽然也是微波，但因其强度较低，隐身武器吸收的能量不足以对其自身产生危害。当隐身武器遭到高功率微波武器的攻击时，靠拼命吸收电磁波来隐藏身形的武器将自招“杀身之祸”。隐身武器由于过量吸收能量而产生高温，轻则因瞬间加热而失去控制，重则会被烧毁、熔化。由于高功率微波武器以较宽的波束进行“面”攻击，所以只要在一个区域罩住目标，隐身武器都难逃这“天罗地网”。因此，高功率微波武器是隐身武器的“克星”。

高功率微波武器对人员的杀伤如同杀人不见血的“刀”。根据微波对生物体的热效应原理，低能

量的微波能穿透人体治疗内脏疾病，也能烤鸭烧鸡。但如果微波能量过高或照射时间过长，或者照射了某些容易被损坏的部位，则会对被照射者产生伤害。高功率微波武器产生的毁伤效应分为“非热效应”和“热效应”。当人员受到较弱微波束照射时，会产生头痛、神经混乱、行为错误、烦躁不安和记忆力减退等现象，这被称为“非热效应”。微波的衍射效应使其可以穿过大于自身波长的所有缝隙，以及玻璃等绝缘体，进入目标内部，杀伤里面的人员，甚至连封闭工事和装甲车辆内的战斗人员也难逃脱它的“魔网”。如果这种效应出现在炮手、飞行员或其他武器装备操作人员身上，虽不能消灭这些战斗人员，但能使他们迅速丧失作战能力，其对战争的作用也是不容忽视的。“热效应”是指在强微波的照射下，导致人员皮肤灼伤、眼睛失明、内部组织严重烧伤以及死亡。试验证明，

当功率密度达到  $20 \text{ MW/cm}^2$  时，只需照射 2 秒钟，即可造成人体 3 度皮肤烧伤；如果功率密度达到  $80 \text{ MW/cm}^2$  时，仅仅 1 秒钟就能使人丧命。苏联的研究人员曾把山羊当作活“靶子”，进行强微波的照射试验，结果 1000 m 以外的山羊瞬间“饮波身亡”。因此，用高功率微波武器对人员进行杀伤的能力是毋庸置疑的。

高功率微波武器的攻击目标从太空中遨游的军事卫星到跨州越洋的洲际弹道导弹；从巡航导弹、飞机到坦克、军舰；从雷达、计算机到通信设备。高功率微波武器既可以摧毁电子武器装备，也可令敌方参战人员丧失意志和作战能力。因此高功率微波武器既可以用于战争或冲突中，也可以用于维和行动或平息暴乱的行动中。

高功率微波武器是一种武器系统，它主要由能源系统、高功率微波系统和天线系统三部分组成。



美军高功率微波武器

因为要把普通的电能转化为高能微波束并发射出去杀伤目标，必须经过一个十分复杂的过程，这使得微波武器的结构十分复杂。自20世纪70年代以来，美国、苏联及英、法、德、日等国都竞相开展了高功率微波武器的研究工作。目前为止，美国和俄罗斯在这一领域保持着世界领先的地位，技术水平大致相当。苏联曾经制造了一种防空型高功率微波武器样机，这种微波武器能辐射1 GW ( $10^9$  W) 的微波，杀伤距离为1~10 km，总重量为13 t，分别装载在3辆普通的越野卡车上，第一辆为电源车，第二辆装载微波系统，第三辆装载空中监视雷达。这种武器主要用于保护重要的指挥中心，它能使敌方攻击机的航

空电子设备和瞄准系统失灵，或使空射巡航导弹和其他各种弹药失去作战能力。据外刊报道，俄罗斯正在发展一种能使西方所有现代化防御系统瘫痪的高功率微波武器，它所释放的能量能够摧毁整个北约边界的雷达和C<sup>3</sup>I系统。美国发展高功率武器的主要目的是用于飞机自卫、反舰导弹防御和压制敌防空系统。美国通用动力公司已经研制出舰载防空高功率微波武器样机，用于对付敌方的反舰导弹。海军水面中心也在研究能取代舰载“密集阵”舰炮系统的高功率微波武器。不过目前，能够应用于战场的高功率微波武器还未问世。

高功率微波武器虽然有其独特的攻击特性，但是，仍然存在有

效的防护措施，那就是屏蔽。用没有任何孔、缝的金属板或其他屏蔽材料，将要保护的系统包围起来，即可构成一个屏蔽体。这样，微波就没有任何途径进入系统内部。

高功率微波武器也有致命的软肋，实施杀伤任务的高能量微波束，同时也扮演了“引狼入室”的角色，使自己成了专门“顺波摸瓜”的反辐射导弹的靶子。

可以断言，随着新军事革命的深入发展，军队中的信息化武器将日益增多，高功率武器势必对相对脆弱的军事电子系统造成巨大的威胁，作为电子设备的“克星”，高功率微波不愧为是定向能武器家中的“超级明星”。

## 科苑快讯

### 二维层状拓扑绝缘体材料的螺旋生长机理

最近，中国科学技术大学微尺度物质科学国家实验室和化学与材料科学学院教授曾杰研究组在拓扑绝缘体二维层状纳米材料Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>的结构设计、合成与生长机理研究方面取得新进展。研究人员对Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>晶体的成核及生长进行了动力学调控，通过引入螺旋位错首次实现了二维层状材料的螺旋生长，将材料由分立的层状转变成连续性的螺旋条带，从而获得了一种既不同于单层又有别于传统块体的新型纳米材料。相关研究成果发表在《德国应用化学》杂志上，

论文的第一作者是硕士研究生庄阿伟。

类石墨烯层状结构的Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>因其简单的能带结构、远大于室温的能量涨落体带隙，被认为是最有前景的拓扑绝缘体材料之一。拓扑绝缘体是一种近几年被发现的新型量子物质态，在能量无耗传输、自旋电子学以及量子计算机等方面有着很大的应用前景。拓扑绝缘体除了奇异的受缺陷和非磁性杂质散射的拓扑表面态外，若在其中引入一个螺旋位错的线缺陷，还可能产生一对拓扑保护的一维螺旋态，从而创造一条完美的导电通道。

该课题组基于特色的可控制备手段，从晶体生长的动力学理论出发，通过将反应体系维持在极低的过饱和条件下，使Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>在成

核过程中产生螺旋位错的缺陷，从而诱导层状材料进行双向的螺旋生长，打破Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>本征的晶体生长模式。研究人员还通过对螺旋生长速度的控制，合成出不同发展程度的螺旋结构，从中阐明了二维层状材料的螺旋生长机理。

这项研究为实现一维拓扑螺旋态提供了材料基础，有助于促进Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>在拓扑绝缘体、热电以及催化等方面的新发展。此外，探索螺旋生长的方式对于合成其他二维层状材料的螺旋结构，从而调制材料的物理性能也有重要的指导意义。

(摘编自中国科学院网站：[http://www.cas.cn/ky/kyjz/201405/t20140516\\_4121477.shtml](http://www.cas.cn/ky/kyjz/201405/t20140516_4121477.shtml)，2014年5月16日)