

未来武器的物理学基础

陈心中 徐润君

海湾战争的事实表明,现代战场已成为高科技武器的竞技场。展望未来,将会有更多的高科技武器投入战场。目前世界各国正在研制、试验的高科技未来武器的名目不少,其中进展较快、有希望投入实用的主要是激光武器、微波波束武器、粒子束武器、电磁炮和次声武器等。听其名称,这些未来武器似乎很玄奥,但它们都是以基本的物理学理论作依托的。

一、神奇绝妙的激光武器

由于激光具有相干性好、单色性好、方向性好、能量高度集中等优异的物理特性,从它诞生之日起就倍受军界青睐。目前,激光已为提高部队的战斗力、促进常规武器的革新作出了巨大贡献。从当前的发展趋势看,利用激光能量直接摧毁对方目标或使对方部队丧失战斗能力的激光武器,将为世人所瞩目。

激光武器按其用途可分为战术型和战略型两类。

(1) 战术激光武器

战术激光武器的打击距离一般在 20 公里以内,主要用于对付战术导弹、飞机、坦克等目标。

与常规武器相比,高能激光武器的弹道是一条笔直的光路,射击时无需根据距离、高度、风向、风速及弹丸初速等因素进行弹道计算;它所发射的“光弹”以光速飞行,比导弹的飞行速度快 10 万倍,射击运动目标时无需提前量;此外,激光武器射击时,没有普通武器射击时出现的巨大后座力和声音,既提高了射击的命中率,又便于隐蔽。总之,激光武器发射灵活、机动、射击精度高。

激光武器发出高能激光束照射目标,使其发生特殊的物理效应,产生极为有效的杀伤破坏力。激光照射目标后,部分能量被目标吸收转化为热能,引起烧蚀效应。与此同时,由于目标的表面材料急剧汽化,蒸汽高速向外膨胀,在极短的时间内给目标以强大的反冲作用,在目标中形成激波,其激波又引起目标材料的断裂或损坏,此即激波效应。而且,由于目标表面材料汽化,还会形成等离子体云,因而造成辐射效应,这比激光直接照射引起的破坏可能更厉害。

激光武器产生的独特的烧蚀效应、激波效应和辐射效应已被用于光电对抗、防空、反坦克、轰炸机自卫等方面。例如,用激光束干扰或破坏对方的各种光电侦测、导航、火控和制导装置;用激光拦截飞机和制导

武器,将其关键部件破坏或摧毁,以保护大型船舰、重要设施等;用激光破坏对方坦克的观瞄器材或火控系统,以阻遏其进攻等。

发射功率较小的激光轻武器和单兵激光武器称为低能激光武器。国外有一种红宝石袖珍式激光枪,外形和大小与美国制造的派克钢笔相当,它能在距人几米之外烧毁衣料、烧穿皮肉,而且无声响,在不知不觉之中致人以死命;能在十几米远处,打瞎人眼;在近距离内,可使火药爆炸,使对方夜视仪、红外或激光测距仪等光电设备失效,并能直接破坏太阳能电池、高精度光学电子仪器仪表。

战术激光武器的“挖眼术”不但会造成飞机失控、机毁人亡,或使炮手丧失战斗力,而且会使参战士兵承受沉重的心理压力。因此,激光武器具有常规武器所不具备的威慑力量。

此外,激光武器的出现还会造成目前难以估量的潜在影响。例如,激光武器的应用将迫使对方投入大量的资金和人力,研究用以保护士兵的有效对抗器材。

海湾战争促使美国把战区防御激光武器放在优先发展地位。

(2) 战略激光武器

战略激光武器可以攻击几千公里以外的洲际导弹,可以攻击太空中的侦察卫星、通信卫星。因此,高基高能激光武器是夺取宇宙空间优势的理想武器,这也是美国和前苏联不惜耗费巨额投资进行激烈争夺的根本原因。

自由电子激光器是高能物理与激光技术相结合的产物,它首先由电子加速器产生高能电子束,高能电子束进入摆动器后,由于受交变磁场的作用而左右摇摆,并在摇摆过程中损失一部分能量,损失的这部分能量就转变成激光辐射,通过光学系统发射出去。

自由电子激光器具有输出功率大(甚至可达数亿瓦)、光束质量好、转换效率高、可调范围宽(从远红外一直到紫外波长均可连续调节)的特点,特别适于在武器上使用。但是自由电子激光器体积庞大,只适宜安置在地面上,供地基激光武器使用。作战时,强激光束

作者单位:(安徽省蚌埠市)解放军汽车管理学院,
邮编:233011。

首先射到处于空间高轨道上的中继反射镜上。中继反射镜将激光束反射到处于低轨道上的作战反射镜上。作战反射镜使激光束瞄准目标，实施攻击。通过这样的两次反射，设置在地面上的自由电子激光武器，就可以攻击从世界上任何地方发射的战略导弹。

高基高能激光武器是高能激光武器与航天器相结合的装置，由于它布置在宇宙空间，居高临下，视野广阔，更是如虎添翼。可以用它对敌方的空中目标或地面目标实施闪电般的攻击，把对方的侦察卫星、预警卫星、通信卫星、气象卫星摧毁，把对方的洲际导弹摧毁在助推上升阶段。

适宜在空间使用的氟化氢激光器是利用氟和氢之间的分支链锁反应产生的热量将反应生成的氟化氢分子激励到高能级，从而产生激光。这种激光器排出腐蚀性很强的有毒氟化氢气体，不宜在地面上工作，但在外层空间的真空环境中则可直接排除废气。当这种化学激光器沿着空间轨道游弋时，一旦发现对方目标，即刻投入战斗，将目标摧毁。美国“阿尔法”氟化氢天基化学激光器的输出功率在1992年7月的试验中已达到兆瓦级，光束质量也达到武器标准。

由于外层空间有利于激光束的传播，所以激光武器很可能首先被用于外层空间的太空战。

二、超越形声的微波波束武器

微波是指波长为1毫米到1米的电磁波。微波的传播速度接近或等于光速，具有直线传播、穿透能力强、能被某些物质反射或吸收和抗干扰性强等优异特性。物理学的研究表明，当电子束以光速或接近光速的速度通过等离子体时，将产生定向微波能量，这种微波能量比雷达用的微波功率源强几个数量级。如果将这种微波束的能量加以会聚，有可能成为一种杀伤武器。就是基于这种设想，军事科学家们研制了微波波束武器。

微波波束武器是利用高功率微波束毁伤敌方人员和电子设备的武器，又称为射频武器。

微波波束武器通常由能源系统、超高功率微波源（即微波振荡器）、高增益定向天线和瞄准、跟踪、控制系统构成，其核心是超高功率微波源，起着把电子束动能转变为电磁能的作用。发射时，高增益定向天线把超高功率微波源输出的微波会聚在窄波束内，以极高的强度照射目标。

微波波束武器具有独特的杀伤效能：

(1) 杀伤作战人员

专家们初步认为，微波对人员的影响可分为“非热效应”和“热效应”两类。

“非热效应”由较弱的微波能量引起。微波到达人体表面后，可产生反射、散射、穿透和吸收。不同波长的微波在不同肌体组织内穿透的深度不同，主要取决于组织的介电常数和电导率。一般认为，微波对肌体

引起的生物学效应大部分与其在组织中被吸收而转化为热能有关。大强度微波全身性辐射所致的急性损害，主要引起暂时性的头痛、眩晕、情绪不安、睡眠障碍、脉搏和血压不稳定或阵发性心动过速，也可有皮疹及晶状体水肿等症状。微波辐射对肌体的慢性作用，主要表现为神经衰弱综合症和心血管系统功能紊乱，常出现心悸、胸闷等症状，临床检查可见动脉痉挛、血压升高、心动过速或过缓等，还会造成人员的心理损伤和肌体功能的微妙变化（如神经混乱、记忆力减退、内分泌失调、免疫力降低等）。

“热效应”是由强微波能量对人体的照射引起的。强微波能量辐照，会烧伤人的皮肤及内部组织，使人眼因白内障而失明，甚至会导致死亡。美国所做的生物试验表明，用能量密度为20瓦/厘米²的微波照射2秒钟，即会造成三度皮肤烧伤；用能量密度为30~80瓦/厘米²的微波照射1秒钟，就可能造成人员伤亡。

(2) 干扰或破坏武器系统的电子设备

微波波束武器也可用于攻击现代武器系统中的电子设备和电子元件，使之损坏或失效。0.01~1微瓦/厘米²的弱微波能量可对相应频段的雷达和通信设备产生强电磁干扰，使之不能正常工作。0.01~1瓦/厘米²的微波能量辐照，可直接使通信、雷达、导航等系统的微波电子设备失效或烧毁。10~100瓦/厘米²的强微波辐射形成的瞬变电磁场，会在各种金属目标的表面产生感应电荷和电流，这些附加的感应电流可以通过各种入口（如天线、电源线、传输线和各种开关、隙缝等）进入被拦截目标的内部电路。当感应电流比较小时，会改变电子线路中某些元器件的工作状态，导致电路功能紊乱，出现误码、控制失灵或逻辑混乱等现象。若感应电流较大，超过元器件的额定值，就会造成元器件的永久性损伤。强微波辐射还可直接使工作于微波波段的电子设备因过载而失效或烧毁。1000~10000瓦/厘米²的超强微波能量还可在很短的照射时间内加热、毁坏目标。

据外刊报道，美国海军在海湾战争中首次使用了试验性的高功率微波弹头，它以普通炸药为能源，将炸药能量转换成微波能量，用于干扰破坏伊拉克防空系统的电子设备和指挥控制中心的非加固电路，取得了很好的效果。

微波波束武器可攻击的目标很多，从遨游太空的卫星到横跨大洋的洲际弹道导弹，从巡航导弹、飞机到通信器材、雷达、武器的计算机系统及其他光电器材，只要处于强微波的覆盖区内，都会遭到毁灭性的打击。

(3) 有效地对付隐形武器

微波波束武器对付“隐形”武器（包括隐形飞机、隐形导弹、隐形坦克、隐形舰艇等），更具有得天独厚的优势。因为这些隐形武器主要是通过外壳采用吸波材料

或涂敷吸波涂层来吸收雷达波(微波)而达到隐身目的的,这就为微波武器效能的发挥打开了方便之门。“隐形”武器的外壳一旦受到高功率微波的照射,便会吸收过多的微波能量而受损,甚至烧毁。

微波波束武器的工作时间短,作用距离较之激光武器和粒子束武器更远,受天气的影响也更小,适当地选择微波辐射频率,可使相应的对抗措施更加复杂化,令敌人防不胜防。因此,一些军事专家赋予微波波束武器以定向能武器库中“超级明星”的美誉。

据外刊报道,目前俄罗斯的微波武器研制工作处于世界领先地位,它研制的一种微波武器释放的强微波脉冲能量,能够摧毁连接整个北约的雷达和 C³I 系统的固态神经系统。

三、理想的战略防御武器——粒子束武器

在物理学中,我们把电子、质子、中子等极其微小的粒子统称为微观粒子。尽管电子、质子、中子等微观粒子的质量都很小,但是当它们获得极高的速度时,它们将具有一定的动能。如果再将许许多多高速运动的粒子汇聚成一股高速运动的密集束流,就将会具有极大的动能。把这样的粒子束流射向目标,它们能发挥比枪弹或炮弹更大的威力。这就是粒子束武器的物理学基本原理。正在研制中的粒子束武器,就是设想利用高速运动的微观粒子构成的定向能量去摧毁对方目标的武器,特别是用来摧毁对方的飞机、导弹、卫星等目标。

粒子束武器主要包括高能电源、粒子束产生装置、粒子加速器、电磁透镜等部分(如图 1 所示),当然,作为一种武器,它还包括目标探测识别与跟踪系统、粒子束瞄准定位以及指挥控制系统等,其中高能电源和粒子加速器是整个武器的核心部分。

粒子束武器产生高能粒子束的简单原理是:首先由高能电源输出巨大的电能,通过储能及转换装置变成高压脉冲,然后粒子束产生装置将高压脉冲转换为电子束,并将电子束中的粒子注入粒子加速器。粒子加速器一般分成多个加速级,每级都施加很高的电压,

被注入到加速器里的带电粒子顺次通过各加速级,在电场力的作用下,连续地被加速。在加速器的出口处,带电粒子被加速到接近光的速度(约为光速的 0.99 倍),最后在大电磁透镜中的聚焦磁场把大量的高能粒子聚集成一股狭窄的束流射向目标。如果在带电粒子束从加速器射出时,用某种技术去掉每个带电粒子的多余电荷,使之变为中性粒子,这样射出的就是中性粒子束。

粒子束武器对目标的破坏机理有三种:

第一,具有很大动能的粒子束射到目标上时,能使目标的表面层迅速破碎、汽化,向外飞溅。大部分粒子还将穿透目标外层,进入目标内部,与目标材料的分子发生一系列碰撞,把能量传给后者,致使目标材料的温度急剧上升,以致被熔化烧穿或产生极大的热应力。

第二,高速粒子束能在引爆炸药中引起离子交换,使其内部电荷分布不均匀,形成附加电场;大量的能量沉积和粒子束的强烈冲击,还会在目标中产生激波。附加电场和激波都可能提前引爆炸药,或破坏目标中的热核材料。

第三,粒子束还可对目标的电子设备和元器件造成很大的影响,直至使电子设备失效。低强度的粒子束照射可引起目标电子线路元器件工作状态改变、开关时间改变、漏电。高强度的粒子束照射则会使电子元器件彻底损坏。当高速运动的带电粒子在大气层内运动,由于与空气分子、目标材料分子作用而减速时,损失的能量将转化为高能 γ 射线和 X 射线。这些射线可能破坏目标的瞄准、引信、制导和控制电路。此外,带电粒子束的大电流短脉冲,还可能激励出很强的电磁脉冲,这也会目标的电子线路造成很强的干扰和破坏。

与一般武器相比,粒子束武器具有如下几个特点:

① 拦截速度快。粒子束武器发射出的高能粒子的速度近于光速。因此,用粒子束武器拦截各种空间飞行器,可在极短的时间内命中目标,非常适合对付在远距离高速飞行的洲际弹道导弹。用粒子束武器射击一些近距离和速度比较慢的飞行器时,一般不需要考虑和计算射击提前量。

② 能量高度集中。粒子束武器可以将巨大的能量高度集中到一小块面积上,是一种杀伤点状目标的武器。而普通炸弹或核弹爆炸后,其能量从爆心向四面八方传播,只能作为一种杀伤面状目标的武器。

③ 转换射向灵活。粒子束武器能快速灵活地改变粒子束流的方向,以对付不同的目标。一般大型武器的发射装置都比较庞大,因此改变射击方向时动作比较缓慢,往往需要几十秒至几分钟时间。而粒子束武器只要改变一下粒子加速器出口处导向电磁透镜中电流的方向或强度,就能在百分之一秒的时间内迅速改变粒子束的射击方向。

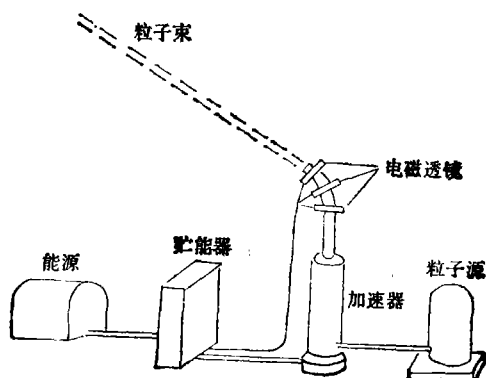
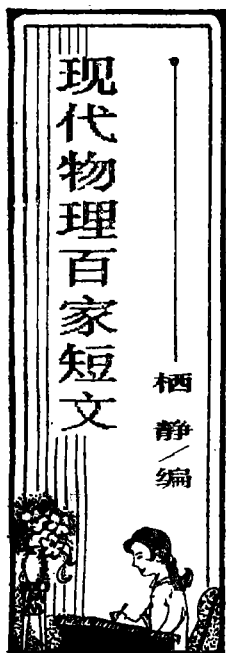


图 1



(续前)

三十八、科学与美

(法) 彭加勒

编者按：彭加勒 (Jules Henri Poincaré, 1854—1912)，法国数学家、物理学家和天文学家。他是自守函数创始人之一。他最重要的工作是关于三体问题的“天体力学的新方法”；环绕这一问题以及轨道稳定性和天体形状的研究，首创了微分方程的定性理论和组合拓扑学。在光学、电磁学、热学、流体力学等方面也有贡献。著有《科学和假说》、《科学的价值》、《科学和方法》等。

科学家研究自然，并非因为它有用处；他研究它，是因为他喜欢它；他之所以喜欢它，是因为它是美的。如

果自然不美，它就不值得了解；如果自然不值得了解，生活也就毫无意义。当然，我在这里所说的美，不是给我们感官以印象的美，也不是质地美和表现美……我的意思是说那种深奥的美，这种美在于各部分的和谐秩序，并且纯粹的理智能够把握它。

三十九、理论源于实践并指导实践 张文裕

编者按：张文裕教授是我国著名的核物理学家，是宇宙线和高能实验物理的奠基人。本文摘自张文裕教授为章乃森著的《粒子物理学》一书所写的序。题目为编者所加。

在物理学中，人们对任何一个问题的认识，都是随着实验和理论对立统一的发展过程而逐步加深的。因此，理论与实验密切结合对物理学的发展是十分重要和必需的！粒子物理学的迅速发展就是一个很好的例

证。另一方面，可以清楚地看出，理论必须来源于实践，才能反过来指导实践。实际上，实验是科学理论的源泉，是自然科学的基础。仅以我国科举时代念四书五经的方法和态度来“精读”科学书籍（需要不断发展的第二手知识）而不联系实际进行科学研究，这对科学的发展是无济于事的！自然科学的研究对象是“物”，要研究“物”必须变革“物”和观测其变革后的反映，这自然就要进行科学实验。

四十、不得不承认真理 (美)密立根

编者按：密立根 (Robert Andrews Millikan, 1868—1953)，美国物理学家。他应用带电油滴在电场和重力场中运动的方法（油滴实验），精确测定电子的电荷，从而确定了电荷的不连续性。曾验证爱因斯坦的光电效应公式，并测定普朗克常数。由于上述工作，获1923年诺贝尔物理学奖。著有《电子》和《宇宙射线》。在爱因斯坦最初提出光电效应公式时，密立根是持怀疑态度的，他花了十年时间做实验，才使他对公式的正确性心服口服。我们可以从他所写的这段话中体会出他实事求是的科学态度。题目为编者所加。

在我的一生中，我花了十年时间来检验爱因斯坦的1905年的方程，结果和我所有的预期完全相反，在1915年，我不得不宣布它的毫不含糊的实验鉴定，尽管它似乎与我所知道的光的干涉的每件事都相违而不合乎常情。

四十一、艺术与科学的共同之处 爱因斯坦

当这个世界不再能满足我们的愿望，当我们以自由人的身份对这个世界进行探索和观察的时候，我们就进入了艺术和科学的领域。如果用逻辑的语言来描绘所见所闻的身心感受，那么我们所从事的就是科学。如果传达给我们的印象所假借的方式不能为理智所接受，而只能为直觉所领悟，那么我们所从事的便是艺术。这两者有一个共同之处，那就是对于超越个人利害关系和意志的事物的热爱和献身精神。

④ “弹药”不受限制。只要电源供应充足，粒子束武器就可以在“弹药”供应方面达到“自产自销”，随耗随补，连续射击。

⑤ 能全天候作战。粒子束武器能在各种气象条件下使用，它发射出去的粒子束具有很大的动能，能够穿透云雾，受天气影响小。

⑥ 无放射性污染。粒子束武器射击后，既不会造成任何污染，也不会给己方带来什么不利的影响。所

以，用粒子束武器拦截在大气层内飞行的核导弹非常合适。

但是，要想研制出实战使用的粒子束武器，还必须解决一系列的技术难题，例如能源问题、粒子加速器问题、粒子束传输问题以及粒子束对目标的破坏机理等问题。而且，粒子束武器的使用还受到地球磁场等环境因素的影响。从目前的情况来看，要想完全解决这些问题还有一定的难度。

(待续)