

· 新概念武器 ·

加速器里出来的“炮弹”

赵小青

(北京市北方工业大学理学院 100144)

这个标题肯定会令物理学家惊愕。用于科学研究的加速器怎么会制造出了“炮弹”？这里绝没有危言耸听，正是加速器里出来的粒子成为了新概念武器——粒子束武器的“炮弹”。

粒子束武器是与激光武器同属定向能武器系列，它是利用具有高能定向能束去摧毁目标或使之失效。不过与激光武器不同，高能射束的载体是电子、质子或中子等微观粒子。要想让这些微观粒子变成“大炮弹”，关键是使其获得高速度。于是人们让微观粒子进入一种专门加速带电粒子的装置——加速器，加速器中的电场可以对粒子多次重复进行方向一致的加速，当粒子的速度接近光速时，一个个微观粒子就变成了一颗颗“大炮弹”。但是少量粒子还不足以形成攻击能力，需要把大量的高速粒子通过磁场聚焦，形成一束极为狭窄的、穿透力极强的高能定向束流才能摧毁被攻击目标，粒子束武器也因此得名。粒子束由带电粒子组成被称为带电粒子束武器，粒子束由不带电粒子组成被称为中性粒子束武器。

粒子束武器发射出的高能粒子以接近光速的速度将破坏能量送到攻击目标，而常规武器则以比光速小得多的速度将能量传到被攻击

目标。若要拦截千米之外的目标，粒子束武器从启动到击中目标只需不足1s的时间即可完成，而用反导武器进行拦截至少需要数分钟才能完成。粒子束武器将拦截速度提高了1~10万倍，所以粒子束武器和激光武器一样被称为“零飞行时间”武器。粒子束武器几乎是操作人员扣动“扳机”的同时目标即被击中，它不仅非常适合拦截远距离飞行的洲际弹道导弹，而且还可以有较多的时间和机会估计攻击效果，并在极短的时间内重新攻击目标。粒子束武器发射的粒子束流能量是由粒子数决定的，所以粒子束流能量无上限。粒子束武器变换射击方向的快速灵活也使得常规武器相形见绌。要改变粒子束流的射击方向，只需改变粒子加速器粒子束流出口处的单向电磁透镜中的电流方向，就能在1/100s的时间内完成射出方向的改变，转移火力的时间大大缩短了，发射的频率将大幅度提高。粒子束武器的射速可达100次/s，这样就可以在极短的时间内从容对付多批目标的饱和性攻击。常规武器甚至激光武器在使用时都会不同程度地受到天气变化的影响，但粒子束能够穿透云、雨、雾、霾、霜和雪，受天气影响较小，具备了全天候作战能力。粒子束武

器比激光武器更胜一筹的功夫是对导弹的真假弹头的识别。现代导弹特别是洲际弹道导弹，一般都携带约十几个弹头和近百个诱饵，现有的反导技术难以识别真假弹头，所以有效拦截率不高。但如果用中性粒子束武器发射的中性粒子束流攻击目标，则被攻击的目标会发射中子、 γ 射线和X射线，产生的中子数目和射线的强度与目标质量成正比。真假弹头的质量差别较大，因而产生的中子数及相应射线的强度也会有较大的差异，由此能将真弹头识别出来，予以击毁。

粒子束武器对目标的毁伤，首先是粒子束中大量的高能粒子对目标产生极其强大的冲击力，并且可以穿透目标，破坏其内部结构。这就比激光武器仅能将能量沉积在目标的表面一薄层中更具破坏力。由于高能粒子与目标的剧烈碰撞，巨大的能量传递给目标，目标将瞬间升温，可产生接近10000℃的高温，从而使得目标外壳熔化或破裂。据有关试验证明，这种破裂的杀伤力很大，如果坦克被粒子束击中，热破裂可迅速杀死坦克内所有的乘员。如果粒子束是带电粒子束流，则当粒子与目标发生碰撞而减速时伴有电磁辐射，损失的能量会转化为X射线或 γ 射线。高能光

子与物质相互作用又会产生电子和反电子，同样的过程会重复发生。如此连锁反应，使原带电粒子束中的每个高能粒子，会迅速地增殖为数百万个电子和反电子。数量巨大的粒子除对目标产生冲击破坏外，同时产生的电磁辐射还会对目标产生电磁脉冲效应，使目标内部的电子设备失效。这种毁伤效果在现代信息战中非常重要。粒子束武器最独特的毁伤机理是能够使武器弹药战斗部的引爆炸药提前引爆。当粒子束击中武器的弹药部分，其冲击波会使引爆炸药内部出现电离，造成电场分布不均匀，因此可以降低引爆炸药的起爆温度，而使目标引爆炸药提前引爆。如果粒子束武器攻击的是导弹，可以使导弹在到达攻击目标之前发生爆炸，破坏其原来的进攻意图。如果粒子束武器防御的是核弹，它在破坏核弹引爆装置使其失效的同时，高能粒子还可以改变核燃料或核装药的性质和结构，使核燃料或核装药难以发生核裂变而失去固有效能。为此，有人断言，粒子束武器的问世将预示着热核武器时代的结束。

核弹头与洲际导弹这两种可怕因素组合起来的武器，构成了历史上绝无先例的军事形势。以现有的常规武器，要构筑一道有效的反导防御网，肯定是漏洞百出。什么武器能弥补常规武器的防御漏洞？什么武器能有效地阻击导弹的袭击？粒子束武器的研究，给了人们无限的想象空间。如果把粒子束武器放入导弹防御体系，则可以将其部署在不同的空间，实现分段、多

层次的拦截方式。不过，粒子束武器部署在何种空间受到粒子束流的带电性质的限制。

高能带电粒子束武器发射的粒子束流中的粒子带有同种电荷，由于电荷的排斥作用，带电粒子束在传输过程中将会发散。例如，若初始粒子束截面半径为 1 cm，则当粒子到达 1000 km 处目标时，截面半径已扩大为 1500 cm。这将导致粒子束攻击目标时，无法达到所需要的瞄准精度和束流强度。带电粒子束传输时还必然会受到地球磁场的影响而发生偏转。例如，在距地面上空 1000 km 处向下发射带电粒子束，偏转曲率半径达 110 km。因此，高能带电粒子束武器不适于部署在太空，而应在大气层中使用。当然，带电粒子束武器在大气层中使用也会存在传输的问题，如粒子和空气相互作用，造成能量损失等问题。但有人提出，可以采用激光在大气层中产生等离子体通道导引带电粒子束解决此类问题。所以带电粒子束武器可以作为陆基粒子束武器，在导弹防御网中对进入大气层的洲际弹道导弹和其他飞行器目标实施末段拦截，完成保护战略导弹基地、城市、重工业基地、首脑机关所在地等重要战略目标的任务。

中性粒子束武器又称“亚原子武器”，它使用的粒子通常是氢及其同位素氘、氚的原子。由于高能中性粒子与物质的相互作用非常强烈，所以中性粒子束无法在大气层中传输。同时地球磁场对中性粒子束流无电磁作用，所以中性粒子束

武器适合作为天基武器，部署在外太空，直接攻击敌方的地面目标或是处于发射助推段和中段的洲际弹道导弹，也可以对正在空间轨道上运行的敌方卫星、航天器进行拦截。如果将粒子束武器部署在同步轨道卫星上，仅需 2~3 个粒子束武器就足以防御来自任何方向的洲际弹道导弹，它是一种极其理想的国家导弹防御系统武器。但是，中性粒子不可能被电磁力加速，粒子如何获得高能量呢？为使氢原子获得高能量，必须先在加速器中加速氢离子，再设法将附加的电子剥离掉，变成中性氢原子。剥离后的中性氢原子几乎以原来获得的能量，继续沿直线轨迹射向目标。

粒子束武器的重要战略意义，使得谁拥有了粒子束武器，谁就拥有了强大的威慑力和战争的主动权，谁就获得了胜利的资本。所以，从 20 世纪 50 年代开始，前苏联和美国就相继展开了粒子束武器的研究工作，双方都动用了数千名一流的物理学家，投入的资金高达数十亿美元。从 70 年代末开始，前苏联在萨罗瓦和塞米巴拉金斯试验基地，成功地进行了多次利用粒子束破坏铝合金和高能炸药的试验。并且至少曾经在两艘载人飞船上和一个空间轨道站上安装有粒子束装置，在外层空间至少进行了 10 次粒子束的试验。美国重点开展的是对中性粒子束武器的研究，洛斯·阿拉莫斯的中性粒子束实验设施已达到在 7 MeV 的能量下产生 100 mA 的粒子束电流。目前来看，双方都取得了一些进展，（下转 60 页）

只有少量的水，温度是 0°C 。他采用缺乏预期效应，“没有吠叫的狗”，来说明他的看法。

布拉克指出，大自然在融冰或融雪时会产生重要的潜热效应，“假如冰或雪要完全变成水只需要再加很少量的热，整片冰雪，虽然很大片，应该也只需要几分钟或几秒钟就会融化，若果真如此，情况就会很恐怖。就目前的情况，大量的融冰或融雪都已经会引发强大的洪流，假若冰或雪会突然地融化，那么洪流将更加可怕，无法比拟。”布拉克所发现的潜热大幅地减慢了雪和冰的融化，他最先将此研究于 1762 年 4 月 23 日在格拉斯哥大学（University of Glasgow）提出。

布拉克证实了融冰时有潜热的存在后，他转而研究水的蒸发。他的演讲笔记中写着：假如在沸水中加入小量的热就会将水全转变成蒸汽的话，“那么会产生水的爆炸，威力等同火药，这是无可回避的后果。”因为那不曾发生，所以他下

结论说，纵使温度没有改变，但一定需要加入大量的热，“所以我给它命名为潜热（latent heat）。”

潜热的概念很快地应用到工业上，瓦特（James Watt）是布拉克的学生，和布拉克合作研究。瓦特早期对潜热的知识让他可以操作蒸汽机的热，将简陋、效率差的机器改良成工业时代强大的驱动机。而且，了解潜热可让人设计出热绝缘的方法，可以将冰储存好几个月不会融化，甚至在最热的气候中。当时美国还出现一种产业，将冬天北方湖泊的冰切割下来，用船运至古巴、印度和其他温暖的地区。在 19 世纪初，冰是美国仅次于棉花最重要的出口品之一。作家梭罗（Henry David Thoreau）是对科技极尽无情的批评者，他于 1854 年以一个句子表达了他对冰外销以及蒸汽机的鄙视：“大家认为美国需要商业、冰外销、…以及每小时奔驰 30 英里，…假如不兴建铁路，我们要怎么及时到达天堂？”

布拉克出生于 1728 年 4 月 16 日，家中有 12 个小孩。他的父亲强迫他去念医学，于是他到格拉斯哥大学注册，于 1754 年在爱丁堡大学获得医学学位。之后，布拉克到格拉斯哥大学任职，在那里完成了大部分的发现。他很少发表他的研究结果，大家主要经由他的公开演讲，以及学生们听讲时详细做的笔记而得知。除了潜热的发现外，他是第一个阐明比热的概念，并说明它从一个物质到另一个物质如何不同。他还发现了二氧化碳，并说明它和其他气体以及碳酸盐矿物质的关系。最后，他到更有名望的爱丁堡大学任职，他的讲课技巧很著名，是精确有序的表率，上课示范实验，总是很成功，吸引各个领域的许多学生来听讲。

布拉克于 1799 年安详辞世。

（本文转载自 2014 年 4 月《物理双月刊》，网址：<http://psoc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；Email: snyang@phys.ntu.edu.tw）

（上接 52 页）但俄罗斯领先于美国。根据目前粒子束武器技术的现状和发展趋势，专家做出这样的估计，到 21 世纪 20～30 年代，粒子束武器可以进行实战化部署；40～50 年代，粒子束武器可能成为一种重要的主战兵器；21 世纪后期，使用粒子束武器作战将成为现实。

从美国和前苏联首次制定粒子束武器计划至今已过去了近 60 年，为何目前我们仍无缘见到粒子束武器的庐山真面目？粒子束武器系统由预警系统、跟踪瞄准系统、指挥控制系统、高能粒子束生成系统和电源系统组成。高能粒子加速

器是难题之一，虽然加速器技术在高能物理学研究中已经相当成熟，但是实验室中那样庞大的加速器是无法在粒子束武器中使用的，因此高能粒子加速器必须小型化。但是粒子束流的能量不能降低，所以高功率电源系统是难题之二，控制粒子束传输是难题之三。而且，在粒子束武器研制过程中取得的任何一次进展，都是以巨额金钱铺就的，经费的严重不足也成为研制粒子束武器的一大阻碍。

粒子束武器最终要走向战场，那么如何有效屏蔽它的攻击呢？一种方法是直接屏蔽，通过在目标表面涂上一定厚度的金属保护层抵御

粒子束流的攻击。一种方法是间接屏蔽，在保护目标以外的某处设置屏蔽层，从而降低粒子束的能量使其难以到达目标或将其干扰转向。直接屏蔽势必要增加被保护目标的重量，使得有效载荷降低，减弱战斗力。间接屏蔽对于中性粒子束武器而言可能是致命的。例如在大气层上部爆炸一枚小型核弹头，迫使一部分空气到达外层空间，产生气体云，以阻止中性粒子束流或使其转向。当然各种屏蔽方法，现在都只限于理论上的探讨，一切皆有待于未来实战中的检验。

粒子束武器是划时代的，然而作为科学成果，这不能不说是人类和科学技术的悲哀！