

《高科技启蒙文库》(第二辑)

打开宝库的激光技术

雷仕湛 陆瑞征 编著

知 识 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

高科技启蒙文库 (第二辑)/王洪主编. —北京:知识出版社,1998.8
ISBN 7-5015-1664-2

I. 高… II. 王… III. 科学知识-普及读物 N. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 05983 号

丛书责编:侯澄之

责任编辑:侯澄之

责任印制:徐继康

封面设计:天 鸣

责任校对:马 跃

高科技启蒙文库 (第二辑)

打开宝库的激光技术

知识出版社出版发行

(100037 北京阜成门北大街 17 号 电话:68318302)

北京宏伟胶印厂印刷 新华书店经销

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

开本:787 毫米×1092 毫米 1/32 印张:65

字数:1380 千字 印数:1—15000 册

全套定价:70.00 元

本书如有印装质量问题,请与出版社联系调换。

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了激光技术在武器、能源、通信、农业、医学、工业和科学研究等领域中的应用和取得的成就,以及激光器的主要特性和发明简史,向广大青少年展示了激光技术在国民经济建设、国防建设和科学技术发展中的广阔应用前景,以及科学技术发明中的求实精神和艰苦奋斗精神。本书可供广大青少年课外阅读。

目 录

一、珊瑚岛上的死光武器.....	(1)
公元前的设想.....	(1)
向导弹挑战.....	(4)
软打击.....	(9)
百发百中	(11)
炮打害虫	(14)
二、激光的产生	(17)
特殊的光源	(17)
不同的发光过程	(20)
汤斯的贡献	(22)
梅曼制成功世界第一台激光器	(24)
我国紧紧跟上	(26)
意义重大	(30)
激光器大家族	(31)
三、寻找用之不竭的能源	(35)
汽车、轮船为什么会跑	(35)
原子能	(37)
激光生产廉价核燃料	(40)
从太阳发光谈起	(43)
核聚变	(44)

困难所在	(47)
用激光加热	(49)
点火条件	(51)
四、降伏病魔的新办法	(54)
光学和医学早结缘	(54)
激光刀	(56)
在心脏上打孔	(59)
焊接和疏通血管	(61)
降服病魔	(64)
光针	(68)
矫正近视眼	(70)
爷爷不再迷路了	(72)
五、明天吃的更丰富	(74)
科学技术使农业增产	(74)
一条新路子	(76)
培育优质水果	(80)
牛妈妈又怀孕了	(83)
给小猪治病	(84)
鱼儿长得又肥又大	(86)
明天，工厂生产农产品	(88)
六、天涯海角不再遥远	(91)
落后的古代通信	(91)
用电和电磁波传送信息	(93)
光波通信	(95)
突出的优点	(99)
大气光通信	(101)

地球在“变小”	(103)
七、唱片王国里的新鲜事	(106)
会说话的机器	(106)
用光束唱针的唱机	(108)
能唱会演的激光唱片	(110)
海量信息存储器	(111)
光盘如何记录信息	(114)
关键的技术	(115)
不仅是为了娱乐	(118)
明天还有更好的光存储器	(120)

一、珊瑚岛上的死光武器

20 世纪 80 年代初，我国的银幕上放映了一部电影“珊瑚岛上的死光”，描绘了在珊瑚岛上展开的激烈战斗中，一种新型的死光武器显示的威力。这是科学幻想，还是真有其事？！

公元前的设想

大约在 25 万年前的更新世中期，人类就学会了用木棒或者石块做武器，与野兽或者他人搏斗。在原始社会又学会了把石头或者骨头磨尖后装在一根长木把上，制成长矛（图 1）。大约在距今 5000 年前出现了青铜器，于是便马上有了用青铜制成的矛，它比石头矛和骨头矛更锋利，也更坚固耐用。为



图 1 古时用的石矛和骨矛

了对付不在近旁的敌人，又发明了弓箭。

矛也好，弓箭也好，它们的威力并不大。能不能制造出威力更大的武器？有人想到了光。光的传播速度极快，光源一打开，光束几乎同时也就射到了远方。如果用光束做成武器，就会极快地打击对方，以致对方还没弄清射来的是什么东西时就被击倒。拥有了这种光武器，在战斗中就准能消灭对方，夺取胜利。所以，这种武器又叫死光武器。

用什么光来做武器？首先人们想到的是太阳光。太阳光是够厉害的，它能把东西烤得滚烫，用透镜会聚起来的太阳光能够把纸片点着。如果把太阳光聚集到对方，不就可以使对方燃烧，最后消灭他们吗！相传在公元前3世纪，古希腊学者阿基米德就这么想过，也这么做了：他用一面巨大的凹面镜会聚太阳光，做成一架太阳光“光炮”。在一次战斗中，他用这门“光炮”重创敌人的舰队，把舰队烧毁了。又相传18世纪一位法国人设计了一架太阳光“光炮”，他用168块反射镜制造这门炮，总的反射镜面积达5平方米。据说这门“光炮”可以在几分钟之内让50米开外的木制目标起火燃烧。我国也有这类“光炮”的传说。一些书上介绍说，在唐代一位武器专家设计制造了一种“神镜武器”，只要让它对着太阳光一照，对方不论是什么东西，瞬间都会化为灰烬。

这些都是真的吗？历史学家没有做过详细考证。不过，科学家们说，这些传说只是小说家们的创作，不可相信真有其事。会聚起来的太阳光可以照亮远方的目标，但不大可能把它烧毁。我们可以来算算账。太阳平均每秒洒向地面的能量密度是：每平方米面积上约1350焦耳，法国人造的那台“光炮”的反射光面积是5平方米，它每秒集中到目标上的能量

是 6750 焦耳。这份能量大约相当于 0.54 克干木柴燃烧产生的能量。这么一点能量要摧毁敌方目标谈何容易！尽管如此，光武器的魅力始终还是吸引着我们，如果真的找到一种强有力的光源制成武器，它的射击命中率确实十分高，十拿九稳可以击中目标。因为“光炮弹”飞得极快，每秒 30 万千米，射击目标时根本就不需要“提前量”。我们知道，射箭或者打枪，射击运动目标和射击静止目标的做法大不一样。射击静止目标是瞄准目标射击的；对于运动目标就不能这么做了，如果也是瞄准目标射击就射不中它。因为目标是在运动着，而射出去的箭或打出的子弹要花一些时间才能飞抵目标，在这段飞行时间里目标早就离开了它原来的位置。所以，如果瞄准目标开火，准要打空。正确的做法是要瞄准目标前方某个位置开火。离开目标向前的这段距离叫做提前量（图 2）。提前量选择得是否准确，关系到能否击中目标。然而，提前量是比较难估计准确的。因为目标的运动速度我们不知道，它的运动方向也在变动；再则，大气条件也在变化着，它影响着箭或子弹的飞行方向和速度。用“光炮”射击就没有这些问题，因为“光炮弹”跑得极快，从炮口射出来到达目标花的时间极短。比如射击 1 千米远的目标，“光炮弹”到达目标花的时间仅三十万分之一秒，在这么短的时间内，目标几乎还没有挪动位置。所以，用“光炮”来射击运动目标就不需要提前量。同时，“光炮弹”没有质量，射击时不出现反冲力。我们平时打枪都有体会，每打出一颗子弹枪托就向后一冲。反冲力或多或少要使原来的瞄准方向产生变动，因而每次射击都需要重新瞄准，这也就妨碍了高速连射的准确性。“光炮”射击时没有反冲力，它可以灵活地高速连射。

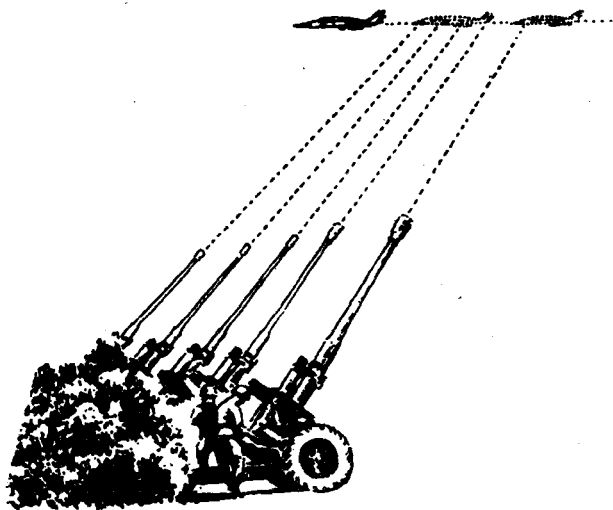


图 2 射击运动目标需要提前量

因为光武器有这么一些优越性，所以，人们一直想方设法制造这类武器。到 20 世纪 60 年代，激光器发明了，人们终于有了制造光武器的条件。

向导弹挑战

在第二次世界大战后期出现了许多新式武器，其中导弹的出现至今令人难忘。1942 年，德国法西斯从 300 千米以外的荷兰海岸发射了一个“怪物”，它在几分钟内就越过波涛滚滚的英吉利海峡，直扑伦敦而来。因为事先没有一点空袭的

迹象，所以，市民没有进防空洞。当看到天空中出现一个怪物时才拉响警报，市民惊恐万状地拥向防空洞。但为时已晚，随着一声巨响，伦敦发生了巨大爆炸，造成了严重伤亡。天空中出现的那只“怪物”就是今天我们熟悉的导弹。导弹与其他武器不一样，它装有火箭发动机，能够自动飞行；它还装有控制器和操纵舵，可以准确地击中目标。这些年来，防空武器有了许多改进，但制造导弹的技术改进得更快，导弹的种类也越来越多。比如，有专门用来对付军舰的反舰导弹，有用来对付坦克的反坦克导弹，还有用来对付空中目标的地对空导弹等。这些导弹配以先进的控制技术，既能飞得又快又高，又能准确击中目标，从一个洲发射的导弹，可以击中在另外一个洲的目标。比如美国制造的“大力神”导弹，可以打击15 000千米以外的目标。不用出国门，就可以攻击世界上任何地方的目标。最早出现的导弹，它的飞行速度每小时只有600多千米；现在制造的导弹，飞行速度每秒高达7千米，比声音传播的速度还高20倍。飞得这么快的导弹，要拦截它是十分困难的。更令人担忧的是，导弹还能携带核弹头，摧毁目标的杀伤力极大。如此强悍的进攻武器，我们该如何对付它？科学家想了两种办法，一种是用火炮，另一种是用导弹。火炮是传统的防空武器，它有多种式样，但由于火炮的射击反应迟钝，用它来对付飞快射来的导弹比较难以奏效。以先进的远程火炮反导弹系统来说，它们的反应时间都超过4秒，而且这4秒时间还仅仅是从发现目标到火炮转向预定发射方向所花费的时间，并不是全部的反应时间。比如发射控制系统接到发射指令到开炮这段时间就未包括在内，也没有包括炮弹飞抵导弹的时间。有关资料介绍，要有把握把导

弹拦截下来，整个反应时间不能超过某个规定时间。以对付反舰导弹来说，这个时间是 4.5 秒左右，而现有的火炮，整个反应时间都超过这个值。

导弹的火力比火炮强，飞行速度更快。但是，同样地也遇到反应时间不够短的困难，用导弹来反击导弹的把握也不是很大。就以拦截反舰导弹中被认为是最“优秀分子”的“海狼”导弹来说，它要求在发射前得到距其 15 千米有导弹来犯的警报。但这 15 千米是普通驱逐舰或者护卫舰雷达视距的极限，所以，从一开始就遇到了麻烦。其次，导弹发射的准备时间也比较长，以致不能做到一发现目标就马上发射导弹去迎击。再次，导弹都有一个盲区，导弹在盲区内是不可控制的，亦即它不能按照预定的发射数据进入追击目标的轨道。所以，用导弹拦截导弹的战绩也不佳。1982 年，在英国和阿根廷因为马尔维斯群岛争端而发生的战争（即通常所说的马岛战争）中，“海狼”导弹连一枚反舰导弹也没有拦截下来。

由于火炮也好，导弹也好，它们都没有把握拦截来犯的导弹，因此导弹成了锐不可挡的进攻武器。以海军来说，过去军舰有海上碉堡之称，时至今日，在反舰导弹的淫威下已失去了往日的威风。有几个数字可以说明。1967 年第三次中东战争时，一枚“冥河”反舰导弹击沉了以色列“埃拉特”号驱逐舰；在 1973 年的阿以战争中，以色列用“迦伯列”反舰导弹击沉了阿方 5 艘舰艇；1982 年的马岛战争中，“飞鱼”导弹击沉了英国的“谢菲尔德”号驱逐舰和“大西洋运输者”号运输舰。从 1967 年第三次中东战争到 1991 年的海湾战争为止，先后有 20 余艘舰艇被反舰导弹击沉。

难道真的没有办法可以制服导弹吗？不是的。早在 20 世纪 50 年代末，美国三军就在酝酿一个秘密计划，研究用激光对付导弹的武器。美国的军界人士认定，激光器出现后，就有了光武器，足可以有能力和对付导弹了。从 60 年代后期开始，美国便积极开展激光反击导弹的研究，每年花不少钱做试验。美国重点发展的激光武器有 4 种：弹道导弹防御局的天基激光武器；空军的机载激光武器和地基激光武器；海军的反舰导弹防御激光武器。

天基激光武器是部署在太空上的激光武器。太空中大气气体极为稀薄，激光束传输受大气影响很小，传输距离长，能量损失小。天基激光武器设定的射击距离在 3000 千米左右，主要用来对付从世界各地发射来的远程导弹。这种武器系统由高能激光器、望远镜-反射镜以及天基平台等部分组成。计划使用的激光器有两种，氟化氢（或者氟化氙）激光器和氧碘激光器。这两种激光器都是化学激光器，它们是利用气体物质发生化学反应产生的化学能量转变成激光的激光器。望远镜-反射镜用来把激光束导向目标。科学家计算过，用口径 8 米的望远镜-反射镜就可以使激光束扫描 1/10 的地球表面；在地球上布置 12 架这种天基激光武器，就能对付从地球上任何角落飞来的导弹。天基平台是激光器和各种捕获、跟踪、瞄准以及发射装置的基地。美国计划在 1998 年底建成一座试验性天基激光武器，打击从 1600 千米之外发射过来的导弹；到 2003 年，部署天基激光武器作战群，拦截从世界任何地方发射来的洲际导弹。

机载激光武器是以飞机为基地的激光武器。载有高能激光器的飞机在距前线 90 千米左右的空中巡航，它能独立地探

测、捕获、跟踪、瞄准和射击来犯的导弹。美国空军计划在 2002 年建成有作战能力的机载激光武器样机，到 2008 年，建成有 8 架机载激光武器的作战机群。

地基激光武器是以地球表面为基地的激光武器。在 1983~1992 年，这是美国最重视发展的激光武器。1993 年陆军退出这项研究计划，空军继续执行这项计划，发展方向也作了相应变动，重点改为对付卫星。空军已批准利用在“星火”光学靶场那台带有自适应光学系统、口径 3.5 米的望远镜，再配上一台高能激光器，建成一座中等能力的反卫星激光武器。因为激光束从地面发射到高空上的卫星，要穿过大气层，受大气的影响比较大，这不仅会使激光束的能量衰减，也会使激光束的传输方向发生漂移。对于远在千里之外的卫星，瞄准方向差之毫厘，便会谬以千里，打不准卫星了。所以，和天基激光武器有所不同，地基激光武器需要特别注重研究激光在大气中的传输，以及对激光束传输方向的控制和消除大气对激光束传输产生的影响。

反舰导弹防御激光武器是专门对付反舰导弹的。在未来的战争中，海军必须对付离开海面不足 3 米，以超声速飞行的导弹。这种导弹难以及时发现，也难于拦截。所以，海军对激光武器寄予厚望。在 20 世纪 70 年代海军就开始研制用来对付反舰导弹的激光武器，进展还不错。在 1978 年的一次试验中，用激光武器摧毁了 4 枚飞行中的陶式导弹，4 发 4 中；1989 年用激光武器击落了 1 枚以超声速飞行的“汪达尔人”导弹。美国计划在 2000~2005 年，用激光武器代替他们原来的近程武器系统。

软 打 击

在各种对付导弹和间谍卫星的手段中，激光被认为是最有发展潜力的。但仔细一算，就又担心激光武器的“火力”不够大，恐怕不能把来犯的导弹或间谍卫星消灭掉。要在导弹或卫星身上钻个孔，每平方厘米面积的光能量没有几千焦耳是办不到的。我们知道，激光器输出的光束虽然有非常好的方向性，但总有一点发散角，一般是 10^{-3} 弧度。假定我们让激光束通过一只光学性能优良的望远镜之后再向导弹发射过去，经过望远镜的帮助，光束的发散角可以变小，假定减小到原来的 $1/1000$ ，从望远镜出来的激光束的发散角变为 10^{-6} 弧度。这激光束传送到 1000 千米远的目标上，光束展开的直径有 1 米，假如要求在目标上产生的能量密度是每平方厘米 5000 焦耳，就需要输出能量 5000 万焦耳的激光器。这里还没有计及大气的损耗，如果把它算进去，会大大超过 5000 万焦耳。这个水平的激光器不用说今天的激光技术尚办不到，以后也难以办到。看来用“硬”的一手，即在导弹或者卫星身上打个洞，让它们毁灭的办法不大容易办到，而用“软”的一手就比较有把握了。导弹能够盯着目标飞过去，卫星能“偷看”地面的目标，都是它们身上装的各类探测器、传感器在起作用，如果把它们弄坏了，卫星也就成了“瞎子”，再也没有办法收集情报；导弹则再也无法按预定的要求跟踪目标和追击目标，或者说失去了战斗力。把光电探测器、光电传感器弄坏需要的激光能量比在导弹或卫星身上打个洞要低多

了。比如对常用的光电探测器碲镉汞 (HgCdTe)、硫化铅 (PbS) 和锑化铟 (InSb) 等,使它们失效需要的激光能量密度大约是每平方厘米 300 焦耳,而使装在探测器元件前面的玻璃窗口变毛,需要的能量密度只有每平方厘米 30 焦耳左右。这个能量密度水平,用现有的激光技术就能达到。

那末,我们能不能找到导弹、卫星上放置探测器、传感器的地方?有好些办法可以帮我们找到它们,比如所谓“猫眼”效应就能帮助我们。在夜里我们会觉得猫的眼睛很明亮,这倒不是猫的眼睛真的在发出亮光,而是因为与周围环境相比较,猫眼有比较高的反射率,它反射的星光比较多,所以在黑暗的衬底对比下,显得更明亮一些。导弹、卫星使用的光电探测器前面都有用玻璃或者其他光学透明材料做的窗口,它们表面的反射率比较高,能对作搜索的光束产生比较强的反射光,为我们找到它们提供了机会。

这么看来;用“软”的一手对付导弹或者卫星是有把握的。英国是最先使用这一手的国家。在 1982 年的马岛战争中,英国皇家海军在参战的“竞技神”号、“常胜”号、“华美”号、“大刀”号、“亚尔古水手”号等军舰上安装并使用了称为“激光眩目瞄准具”的激光致盲武器。这种激光武器类似于有矩形炮管的火炮,用人工瞄准,发射蓝色的激光,有效射程约 5 千米。这种激光武器本来是用来打击人的眼睛的,不是针对导弹的“眼睛”的。但从实战效果来看,打击导弹的探测器,使它的“眼睛”致盲,达到拦截导弹也很有效。今后,一些国家的海军打算对在危险地区执行任务的舰艇安装这类激光武器,以防御反舰导弹的袭击。

百发百中

在军队中称得上神枪手的人不多，而有百发百中本领的人就更少了。但是有了激光的帮助，人人就都有机会成为百发百中的神枪手。

先说一说打火炮吧。火炮打出去的炮弹能否击中目标，能否有效地炸掉目标，与测量目标距离的准确程度有密切关系。但在炮火连天的前沿阵地，心情紧张，要打击的目标离得又比较远，要求在很短时间内完成准确测量，采用一般的光学测距仪是很难办到的。为了弥补这个不足，打击时只好密集地向目标发射许多发炮弹，其中总有几颗炮弹落在目标上。有了激光器之后，利用激光器做光源制成测距仪，每个战士都可以快速而又准确地测出目标的距离。一般的手提式激光测距仪，重量不到 0.5 千克，拿在手里如同拿一副望远镜。就这么一架小东西，用它可以测 20 千米远的目标距离，误差仅 1 米左右。火炮炮弹的杀伤范围是半径 15 米的圆面积，误差 1 米就等于击中了目标。测量手续又非常简单，拿起测距仪，像是用望远镜看目标那样，当目标在镜中出现时，按一下上面那只发射激光的按钮，在望远镜里便会马上出现目标的距离数字。做一次这样的测量，花不上 1 秒时间。所以，只要炮团配备了这种激光测距仪，炮手们就都可以成为神炮手了！

更令人叫绝的是所谓激光炮弹，这种炮弹从火炮打出来之后，自己就会寻找目标，找到目标后又紧紧盯着目标不放，对着目标穷追不舍，直到把它炸毁为止。这种炮弹有这个本