

高能激光武器的研究转向外层空间

中国科学院力学研究所 傅裕寿

激光武器的研究经历了廿年的努力,现在已经进展到一个新的阶段。这个新的阶段是探讨在何种领域中应用更为经济更为有效的问题。研究资料表明,作为战略武器的高能激光武器将首先在空间使用,因此,研究的重点也应向空间转移。本文简要地叙述了高能激光武器研究的进展过程,分析了研究向空间转移的必然性,对激光武器体系的进一步探索作了简要的论述。

一、激光武器研制的历史概况

高能激光武器通常指激光战略反导武器,这一领域的研究从六十年代初开始,直到现在,发展的势头并未稍减。其主要的竞争对手是苏联和美国。

苏联的激光武器主要由诺贝尔奖金获得者巴索夫和普罗霍洛夫(Прохолов)领导,据美刊估计,苏联反导高能激光武器的科研投资每年达10亿美元,大规模地发展,同时还进行粒子束武器的研制^[1]。美刊报导,苏联进行过18次杀伤卫星的试验,其中有11次获得成功,这些成功虽不能完全确定是激光武器或粒子束武器,但引起了美国军界极大的关注^{[2][3]}。

美国基本是由四个部门承担研究任务。它们是空军、陆军、海军和国防部高级研究计划局。

美最早投入力量的是阿符科·埃符雷特实验室,该公司生产过输出15万瓦的气动激光器^[6]。1973年空军利用这种器件在凯特兰桑迪亚地区进行了地面射击试验,击落一架“红衣主教”飞行靶机^[4]。空军还计划利用联合技术公司在早些时候制造的新型高功率气动激光器进行机载激光试验,在1980年底进行了对付BQM-34靶机试验。1981年进行机载激光对海军的北极星导弹的打靶试验,81年6月1日第一次打靶未获成功^[4]。空军准备继续进行试验。

因为气动激光效率低,体积庞大,消耗燃料太多,所以一般认为,它不是有竞争力的候选器件。多数已被封存^[5]。

美国陆军在激光武器的发展中走着自己的路。它们将电激励CO₂激光器安装在一个改装的水陆两用履带车上,1976年用它摧毁了两架时速为482公里的遥控飞机和两架无人驾驶直升飞机^[4]。

重要的在于选择发展方向。当六十年代化学激光器面临重重困难时,TRW公司就认准了化学激光器的发展前途,他们倾全公司之优势进行研究试制,这导致了1978年初成功地用化学激光摧毁了一枚高速飞行的陶式反坦克导弹及无人驾驶飞机等。这次试验用的是DF化

收稿日期:1982年4月21日。

学激光器，输出约40万瓦^[6]。

至此，激光武器的发展进入了一个新的阶段，连续波输出激光的性能及在大气层中试验所暴露出的问题也都是明朗的。激光武器的出路何在？这成为人们关注的中心。

基于苏美军事竞争的加剧，美国国防部对激光武器发展的投资也相当大，而且逐年增加。1970年投资仅0.36亿元而到1981年增至1.98亿美元。据报导参院1982年预算拨款可望再增加5千万美元^[7]。

二、重点向空间应用转移

激光武器研究虽然取得了重大进展，但是以地基为基础的激光武器遇到了很大的困难。首先它在大气层中传输时损耗很大。例如，连续波CO₂激光在近海平面处，能量衰减的实验数据为39%/公里，这就意味着当传输5公里距离，则功率衰减按下列规律进行即 $W = (1 - 0.39)^5 = 0.088$ 。这就是说，衰减余下的能量不到原来的十分之一。早期预计的氟化氘(DF)化学激光器能量衰减只有2%/公里，但经过一系列的实验表明，化学激光被悬浮微粒的吸收相当严重，在大气传输中能量衰减大于10%/公里^[8]。

大气中分子吸收、悬浮微粒的散射和吸收、大气湍流、热晕、悬浮微粒击穿等五种大气效应阻碍了现有的激光发挥更大的作用。其中热晕效应限制了被传递的最大平均功率，它使空气加热，降低了空气密度并引起激光束散焦的折射效应。悬浮微粒在强光下引起的击穿，限制高密度激光的传输。

激光武器在地面应用的造价也很大。总而言之，到现在为止，激光武器应用于稠密大气层，还没有发现它比普通反导武器具有大得多的优势^[6]。

基于上述理由及其他原因，美国国防部1980年初写信给三军部长，命令对高能激光武器重新计划评价。按照国防部的要求，现阶段应减少稠密大气层的研究经费，将重点放在发展空间激光武器上面。空间研究计划主要由DARPA负责。空军在81年度经费被削减1/4，其他军种也相应地有所降低。从表1中可以清楚地看出削减情况。

表1 美各部门激光武器研究经费分配

部 门	79年度投资	80年度	81年度
	百 万	百 万	百 万
空军 USAF	101	91.3	72.0
海军 Nay	33.8	35.9	32.5
陆军 Army	17.8	20.5	20.0
高级研究计划局 DARPA	30.8	48.8	73.7

美五角大楼计划在空间建立激光试验站，首先可能实现的应用是保护美国的预警卫星，也拟用化学激光器摧毁敌方发射中的洲际导弹。

美参院小组委员会委员马·沃洛普在一次讲话中说“最近美国进行的一些试验表明，用激光破坏飞行中的洲际导弹的助推器要比以前设想的要容易。这些试验是用激光

照射模拟的助推器（其所处环境及受力情况为导弹刚飞离大气层时的情况类似），试验结果令人鼓舞，对这些模拟助推器照射约一秒钟后，发现了变形或破裂。”^[4]

美国防部的官员认为，功率五兆瓦的高能激光器配上四米直径的发射望远镜，在空间有

可能摧毁相距一千八百五十公里，处于助推阶段的苏制SS-18洲际弹道导弹[9]。

沃洛普还说：“几十颗装有高能激光器的卫星可有效地防御洲际导弹。在低轨道上部署大约36个带有化学激光（40千瓦）的卫星，就能覆盖全球，从而影响战略平衡。”[10]

Being（波音）宇航公司计划于1985年将2.2兆瓦的HF激光器用航天飞机运送到轨道上组成作战站。据81年美航空周刊报导美海军和空军已经研制成2.2兆瓦DF激光器并点火成功[7]。

近来，美国一些研究单位和工业界一致认为：只要有足够的经费，他们在3~5年内就能研制出星载高能激光武器。

美国国防部计划1985年完成激光武器的杀伤性试验，86年可把一台装有四米直径发射望远镜，功率5兆瓦的氟化氢化学激光器送入轨道。这种器件要求光束发散角为 0.2×10^{-6} 弧度。目前联合技术公司研制的光路系统，其光束发散角比要求的还要高。现在已研制出了一种比玻璃轻4倍的新材料，联合技术公司预定五年内制成一个拚起来的直径为10米的发射镜[9]。

美国国防部的空间激光发展包括一个庞大的“Alpha”计划。计划中论述了轨道作战站，包括一台10兆瓦的激光器。1981年7月9日A. Godevilla博士在华盛顿举办的激光系统与技术会议上宣布，远景研究计划局已能产生10兆瓦的激光[11]。

空间高能激光武器的发展大致分为三个部份：（1）激光器件；（2）跟踪寻的系统；（3）大的光学系统试验。美国统一在白沙导弹基地建立激光武器试验场，供三军试验。

激光武器在外层空间应用的优越性是明显的。它首先不存在大气传输损耗问题，因为那里是高真空状态；还可以方便地利用太阳能。激光在真空下也容易运转，设备可以简化，空间确是激光武器的“用武之地”。

关于在空间几种应用对激光提出的几项主要条件列表于下[10]，

表2 激光应用参数表

应用类型	反卫星	卫星防卫	弹道导弹防卫与粒子束武器联合使用	反弹道导弹
功率输出（兆瓦）	0.2	2~5	5	10~60
光束发射孔径（米）	2.8	4~8	4	12~30
光束质量（发散角微弧）	<1	0.2	0.1	0.05
在轨道上所需建立激光战斗站数	5	5~10	18~30	20

三、激光武器新体系的探索

科学工作者不满足现已取得的进展，希望研制出更短波长的激光体系，以便减小激光武器的体积，更有效地对目标进行破坏。因此，相继提出了准分子激光器，自由电子激光器，脉冲化学激光器等。

（1）准分子激光器

准分子是一种由两个原子组成的分子。当这种分子处于高能级时，它们可以形成相当稳

定的分子，而一经跃迁到基态，就会迅速分解成独立的快速运动的自由原子。准分子激光系统中，跃迁发生在束缚的激发态到自由的基态，属于束缚-自由跃迁，因此无低能态吸收和能量亏损。准分子激光频带较宽，跨于可见光和紫外波段，它比氟化氙化学激光的波长短一个数量级左右。

最新的金属卤化物准分子激光器引起研究者的兴趣，这包括氯化汞和溴化汞反应体系，它们输出兰绿光，有很好的大气传输。

准分子激光器通常用高能电子束泵浦，但最近，美国利弗莫尔实验室对核爆炸驱动激光方案进行了尝试，这个方法是利用一个小的核装置产生大的能量，它可以泵浦许多激光。激光器分装在一环形位置上，中心安装一核装置。据报导，每个核装置可泵浦50个激光装置^[12]。

(2) 自由电子激光器

自由电子激光一个主要的优点是可以自由调节输出波长，这是它的主要特点，另一特点是具有40%的潜在效率。美斯坦福大学在空军资助下对自由电子激光器进行了系统的研究，目前，在红外波段3.4微米处已获得了几千瓦的输出^[13]。

(3) 氧-碘化学激光

1979年，在苏联召开了高能电子和离子束技术会议。会议认为氧-碘化学激光器是最有前途的一种器件。高能氧被应用去激励碘，激射近似为1.3微米的近红外激光。

据美国麦克唐纳-道格拉斯实验室C. E. Wiswall 1981年称，氧-碘激光器已取得了令人鼓舞的进展，激光输出已有180瓦，时间连续长达30分钟，效率为30%，如果采用流动技术，可很容易得到一千瓦的功率^[14]。

这种系统输出短波长正是大气窗口，且比现有的氟化氢激光器小得多。

(4) 脉冲激光输出

高能激光武器的另一发展趋势是脉冲形式运转机制。美空军已决定进行重复脉冲对飞机的杀伤能力的试验，功率输出为兆瓦量级^[8]。与此同时，决定开展脉冲激光作用于光学系统的效应试验。在这之前，研制的光学系统大多适用于连续激光。

四、展 望

激光武器的发展已跨过一个新的里程碑而进入一个新阶段。这个新阶段的主要内容是向空间应用转移。

化学激光器按工程比例放大的障碍似乎已不再成为问题，原则上氟化氙化学激光可以放大到几千万瓦的功率输出。剩下的问题是如何将高能激光装备成一种新武器，这其中还有一些技术问题需要解决。

在大气层中应用时，传输损耗，庞大的结构，能源解决，经济上是否合算？这些问题都阻碍激光早日成为实战性武器。甚至于不得不使人提出这样的问题：在大气层中应用是否可行？这确是一个很不乐观的问题。因此，激光武器的空间应用将成为八十年代乃至九十年代奋斗的主要目标。

既然激光武器是一种战略武器，它的应用必然强调摧毁战略预警卫星和战略导弹。

总之，我们的看法是，激光武器的应用，首先的也最重要的应用是空间应用。

周光地教授、王春奎同志对本文提供了宝贵意见，特此致谢。（下转第21页）

据航空系统分部空军计划管理上尉沃特说, 这些要求 CO_2 同位素激光器或许可以满足。目前, 美国空军已与两个合同商做完实尺寸的研制工作, 研制计划费用已超出2000万美元。此外, Eckerhardt等人^[11]曾利用 CO_2 同位素(如 $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{16}\text{O}$, $^{18}\text{O}^{12}\text{C}^{18}\text{O}$), 使之产生9微米的激励光, 来激发 $^{12}\text{CF}_4$ 的同位素—— $^{13}\text{CF}_4$ 、 $^{14}\text{CF}_4$ ——的激光介质, 结果 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}_2$ 激发 $^{12}\text{CF}_4$ 所产生的 624.9厘米^{-1} 激光(16微米激光)的最大输出能量为61毫焦耳。众所周知, 16微米激光器是分离铀同位素的重要激光光源之一, 由此, CO_2 同位素激光器在国防军事上的价值是显而易见的。

参 考 文 献

- [1] C. Freed, IEEE J. Q. E., 1981, Vol. QE-16 (11), P. 1195.
- [2] C. Freed, et al., J. Mol. Spectrosc., 1974, Vol. 49, P. 439.
- [3] C. Freed, in proc. Frequency Standards and Metrology Seminar Univ. Laval, Quebec, P. Q., Canada, Sept. 1, 1971, P. 226~261.
- [4] C. Freed, A. P. L., 1970, Vol. 16, P. 53.
- [5] C. Freed, et al., IEEE Trans. Instrum. & Measure., 1976, Vol. IM-25, P. 431.
- [6] C. Freed, et al., Motrologia, 1977, Vol. 13, P. 151.
- [7] T. J. Bridges, et al., Phys. Rev. Lett., 1969, Vol. 22, P. 811.
- [8] 明长江, 兵器激光, 1981年, 第4期。
- [9] 明长江, 四川激光, 1982年, 第二卷, 第1期。
- [10] AW & ST, 1981, No. 20, P. 141.
- [11] 长田英纪, 大山俊之, レーザ一研究, 1980, Vol. 8, No. 3, P. 565.

(上接第13页)

参 考 文 献

- [1] Soviet Aerospace, 1977, Vol. 18, No. 10, P. 75.
- [2] AW & ST, 1981, Vol. 114, No. 6, P. 16~19.
- [3] AW & ST, 1980, Vol. 113, No. 4, P. 32~42.
- [4] AW & ST, 1980, Vol. 113, No. 5, P. 48~54.
- [5] AW & ST, 1978, Vol. 109, No. 8, P. 38~47.
- [6] AW & ST, 1978, Vol. 109, No. 6, P. 14~16.
- [7] AW & ST, 1981, Vol. 114, No. 21, P. 65~71.
- [8] AW & ST, 1978, Vol. 109, No. 9, P. 56~59.
- [9] AW & ST, 1981, Vol. 114, No. 6, P. 16~19.
- [10] AW & ST, 1980, Vol. 113, No. 4, P. 56~62.
- [11] Laser Focus, 1981, Vol. 17, No. 8, P. 4.
- [12] AW & ST, 1981, Vol. 114, No. 8, P. 25~27.
- [13] AW & ST, 1981, Vol. 115, No. 13, P. 60~65.
- [14] AW & ST, 1981, Vol. 114, No. 25, P. 111.