

光纤技术在美军事领域中的应用

谭显裕

(华中精密仪器厂)

本文主要介绍美国光纤技术在军用光纤通信、光纤制导导弹(FOG-M)、制导鱼雷、发射遥控飞行器、布雷和光纤传感器方面的应用。

Applications of optical fiber technology in US military field

Tan Xianyu

(Huazhong Precise Instrument Factory)

Abstract

Applications of US optical fiber technology in military field including optical fiber communication, fiber-guided missiles, fiber-guided torpedoes, launch remote drones, mines and optical fiber sensors are described.

一、前 言

美国的光纤技术,军用先于民用,在很大程度上,民用是由军用带动起来的。近年来,美国在军用光纤技术上的投资是逐年增加的。1981年美国对光纤技术的投资(包括军用和民用)仅1.345亿美元(其中通信占34%,军事和政府部门占27%,控制占27%,其它项目占12%)^[1]。据美国KMI公司1987年报道:1986~1990年五年间用于军用光纤技术的总投资计划接近甚至超过17亿美元,其中1986年为1.964亿美元,1990年预计为5.09亿美元;五年间陆军的光纤制导导弹需6.45亿美元,军用通信需2.14亿美元;空军的光纤陀螺仪需1.62亿美元,军用通信需2.91~7.61亿美元;海军的反潜武器(ASW)需0.8亿美元,军用通信需2.56亿美元^[2]。

由于光纤本身所具有的独特优点,原材料丰富,光损耗低,安全可靠,保密性强,体积小,重量轻,不受电磁干扰,耐化学腐蚀等,很适合军事应用。因此,美军在光纤通信和非通信领域,如光纤制导导弹(FOG-M)、光纤传感器(包括光纤陀螺)、光纤制导鱼雷、发射遥控飞行器和布雷等方面都投入了巨大的人力和财力,取得了重大进展。

二、光纤技术用于军事通信

为适应恶劣的战争环境,美国防部对通信提出了苛刻的要求,要求在任何情况下确保通信指挥无误。由于光纤所具有的独特优点,可以灵活、可靠地铺设光缆,装备于军用光纤通

倍的设备中，所以美国海军于1973年在“小石城”军舰上安装了一个内部军用光纤通信系统，这是世界上最早使用的军用光纤通信系统〔29〕。

在军用光纤通信方面，美国正在兴建和已交付使用的大型军用光通信项目有：

1. 光纤长途通信系统(FOTS)

美国陆军通信电子司令部于1982年7月授与ITT公司一个设计和研制长途光纤通信系统FOTS-LH的合同，由新泽西州的Fort Monmouth（蒙茅斯州城堡）电子通信指挥部经营。计划采用10,000km光缆和接口设备更换现有的CX-11230对偶同轴电缆，完成战场与司令部所在地之间的通信联系，保证陆军内部后勤基地的全部战术通信。此系统不仅减轻了重量67%，中继站减少了80%，而且还增大了信息传输容量〔29〕。

美国陆军通信电子技术司令部和国防部从1983年开始采用长达10,000km的光缆代替同轴电缆，在南朝鲜从汉城到釜山建了一条667km的战术通信线路，以代替原有的微波线路。这条纤维光缆占空小，埋在地下管道内不易遭受攻击。该光缆中含有12根光纤，工作波长 $1.3\mu\text{m}$ ，传输45Mb/s的信息〔6〕。

美国陆军和空军采用直升机铺设光缆，以增强机动的战术突击部队（如加速部署部队）的战斗能力。图1是美国空军和陆军正在共同铺设光纤战术通信网的光缆。这是TRI-IAC（三军战术通信网）联合服务战术通信计划的一部分，还可通过卫星保持与战术机载雷达和防空雷达之间的联系〔2〕。



图1 美国空军和陆军正在用直升机铺设光缆的示意图，用户分散距离达10~20km，均可通信。1. 战术无线电通信线路；2. 战术机载雷达和防空雷达；3. 直升机快速铺设；4. 保密通信；5. 卫星通信

为了分析海底的信息，把光纤传感器用光缆连于海岸计算机。这项计划起初采用50km光缆，目前可达100km以上。该计划由美国防高级研究设计局（DARPA）投资，在海空和海战系统的直接指令下，于1987年已进入高级技术论证阶段，目前称战术分队62702E海战计划。图2为美国海军用驱逐舰在海上铺设光缆的示意图〔29〕。一艘现代化的驱逐舰可携带数千千米长的光缆；二艘或三艘这样的舰艇携带的光缆就足以跨越海洋铺设，提供优质带宽的通信线路。

据报道，美国海军还着重采用光纤技术来改造其内部AV-8BV/STOL（垂直和短距起落）的线路，用以传输攻击约6km左右的飞机和海军掩护约2~3km的巡洋舰的信息〔6〕。

2. TAOL-85 系统

这是由美国海军投资的海上光纤通信系统，现已进入全面研制阶段。该系统由一条总线在500~2000m的距离上用光纤传输数字信息，以完成自动跟踪交换、目标显示、鉴别、分类以及迹象判断和武器选择等功能，克服电缆传输信息极限距离短、微波设备体积大和保密性差等缺点〔3〕。

美国海军的Ariadne计划是把光缆铺于海底，以收集海底ASW（反潜武器）的信息。目前主要位于格陵兰岛、冰岛和联合王国，以监视苏联潜艇从此处海底进入公海。

为了分析海底的信息，把光纤传感器用光缆连于海岸计算机。这项计划起初采用50km光缆，目前可达100km以上。该计划由美国防高级研究设计局（DARPA）投资，在海空和海战系统的直接指令下，于1987年已进入高级技术论证阶段，目前称战术分队62702E海战计划。图2为美国海军用驱逐舰在海上铺设光缆的示意图〔29〕。一艘现代化的驱逐舰可携带数千千米长的光缆；二艘或三艘这样的舰艇携带的光缆就足以跨越海洋铺设，提供优质带宽的通信线路。

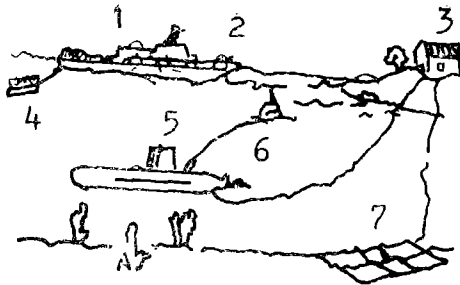


图2 美国海军用驱逐舰在海上铺设光缆的示意图。1. 电缆设备；2. 潜艇上的互连；3. 可跨越海洋的无线电通信线路；4. 探测器无线电通信线路；5. 战术无线电通信线路；6. 可隐蔽铺设；7. 无源监视网

器均装在一个 $6.1\text{mm} \times 41.9\text{mm} \times 19.8\text{mm}$ 的小型金属盒内，可减少光纤引线的变形，便于高功率耦合。其插件可以保证线路在 $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 内及机件振动和冲击下可靠工作，从而加速了光纤技术的军事应用^[2]。

为此，最近 Valtec 在加利福尼亚范登堡空军基地的导弹试验中心安装了 147km 多模光纤光缆作为 Peace Keeper (MX) ICBM (洲际弹道导弹) 飞行试验及地面试验指挥控制和监控的主要通信线。这是目前美军应用光纤设备的典型^[3]。

同时，空军还计划将光纤用于特派截击机 (SDI) 和先进的战术战斗机 (ATF)，便于躲避敌人雷达的发现和攻击^[4]。

三、光纤技术用于制导导弹

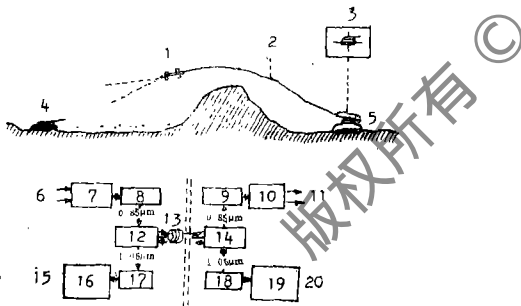


图3 光纤制导导弹的示意图和控制框图。1. 导弹；2. 光缆；3. 图象显示器；4. 目标；5. 导弹车；6. 视频输入 TM 信号；7. 信号调节与编码；8、18. 激光二极管发射机；9、17. 接收机；10. 信号处理；11. 视频输出 TM 信号；12、14. 双向耦合器；13. 光纤筒；15、20. 指令信号；16. 信号分离；19. 多路调制

3. 美军在军用光纤通信方面，还能在未知地带从空中迅速布设光缆的系统

该系统要求光缆的强度高，具有极高的耐环境特性，其传输速率为 $20 \sim 700\text{kb/s}$ ，线路长度 $0 \sim 3\text{km}$ ，工作温度 $-40^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ ，有专用小型光发射器和接收器。发射器要求向 $50\mu\text{m}$ 光纤芯线发射的光功率大于 $100\mu\text{W}$ ，工作电压为 $10\text{V} \pm 2\text{V}$ ，光输出幅度变化低于 5% 。与之相匹配的接收器在 $<10^{-5}\text{BEH}$ 和峰值光功率低于 10nW 的条件下工作，其动态范围 $>46\text{dB}$ ，典型电流泄漏 $<20\text{mA}$ 。发射器和接收器的电路和光转换

据美国康宁玻璃公司介绍，美国陆军和海军正在进行 R & D 计划，以研制一种新型的有线制导导弹，称为 FOG-M (光纤制导导弹)。图 3 为光纤制导导弹的示意图和控制框图^[3, 4]。导弹上装有图象传感器，从山的背面发射导弹，通过光纤将导弹拍摄的目标和场景图象送到发射点，射手以此识别和选择目标，对导弹发出控制指令。这是一种导弹跟踪方式。这种方式的试验系统最初由美国休斯公司和国际电报电话公司建立，电子设备由国际电报电话公司光电产品部提供，装有用于上行线路的 $1.06\mu\text{m}$ 发光二极管和用于下行线路的 $0.85\mu\text{m}$ 或 $1.3\mu\text{m}$ 激光器。系统使用了两个波分复用通道，用光纤进行相反方向的传送^[4]。因为是在发射点进行了高级图象信号处理和制导计算，故可

进行高精度的制导，不易被敌方探测和受到干扰。发射点隐蔽，能够在防卫和近战中识别敌我，选择目标。

图中的反坦克武器系统已在美国亚拉巴马州成功地进行了12次发射试验，试验中将导弹垂直发射到约200m高空，并俯仰飞行几千米。射手从弹头电视摄像机接收信对号，导弹制导。在导弹的最后飞行阶段，导弹自动跟踪并直接击中目标。这个计划是美国1986~1990年五年间最大又最实用的研制计划，将投资6.45亿美元〔3〕。这种FOG-M最适于车辆发射，如从基地发射，可降低发射车辆的成本。据介绍，采用这个计划，目前能制导1.8万枚导弹，每枚价约2.2万美元。并计划采用 $8.3\mu\text{m}$ 、包层外径为 $125\mu\text{m}$ 的单模光纤〔3〕。

美国空军还把光纤技术用于发射巡航导弹（GLCM），并采用AN/GRC-206战术无线电操纵飞机。每次发射时均配有二辆可控拖车和四组发射架，全部系统均由复杂的光缆互连〔3〕。发射架由二组六路光纤连于拖车、接收检测和点火指令。GRC-206无线电装置在1km内采用二路光缆，以便连于电视系统，供作战区前沿指挥部监视。这种由美国威斯丁豪斯公司设计的光缆系统已交付澳大利亚和埃及空军防空雷达系统分队使用。

四、光纤技术用于制导鱼雷、发射遥控飞行器和布雷

美国海军正在进行光纤制导鱼雷的研究。图4是美国光纤制导鱼雷的示意图〔2〕。这个系统打算用来引导从潜艇或其它发射台发射鱼雷。鱼雷的制导距离可达100km以上，超过了武器的射程。该系统具有自己的被动声纳电力来推动光纤制导鱼雷，不仅敌人不易探测，而且远距离特派分队的发射台也能发射这种鱼雷，在鱼雷接近目标时，选择重要目标进行攻击。

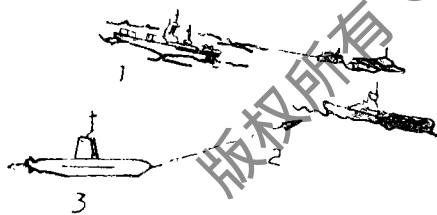


图4 美国海军采用光纤制导鱼雷的示意图。1. 发射舰船停留在敌人防御区之外，以提高生存率；2. 为了击中目标，无源探测器的输出信号返回到发射船只；3. 与发射船只取得联系又不易被探测到的介质通信线路

经光纤对地面遥控指挥引爆，容易形成布雷区。雷上装有图象传感器和电视摄像机，不仅可以识别敌友，而且可以预先标明高目标和低目标，在友军未进攻以前可以先布雷，然后友军在布雷区进攻。敌方的港口、军舰停泊点或海路，可以由光纤信息网来监视和控制。与陆地相连的海滩，操作人员可以在港口处用光纤布雷〔3〕。

据休斯公司报道：光纤用于飞机在飞行时发射遥控飞行器。这种飞行器飞于飞机的前面，先提供预警信息及确定目标的方位。如目标周围太危险，可以先对目标制导飞行器。无人驾驶战术支援飞机中配有各种武器，并在地面指挥下飞行，像是复杂的模型飞机，其中小型制导航空设备可以回收地面〔2,3〕。

五、光纤传感器

光纤传感器是一种新型光纤部件，早在研究光纤信息传输时就已有考虑。它是将被测对象作为光信号取出来，优于电传感器，能够测量高电压、电磁、水下、核反应光辐射和化学气氛等难于测量的对象，并且传输损耗低，不必考虑测量仪器与被测量对象的相对位置之间的关系。

美国对光纤传感器的研制先授与海军研究实验室（NRL），最初主要由国防高级研究计划局投资。在研究中探索到该技术可以用于水下声响传感以外的各方面，如旋转传感器、磁场传感器、航空声响传感器、压力传感器等〔6〕。

美军1983~1990年用得最多的是声响传感器和旋转传感器（光纤陀螺）。其中声响传感器用于反潜武器观察；旋转传感器可以改善战术导弹和飞机的惯性导航系统，以加强地面或空中发射的巡航导弹和F-16C/D〔7〕。

据此，麦克唐纳道格拉斯宇航公司正在研制一种每小时偏移一度且带有数字输出的光纤激光陀螺，这种光纤陀螺将与小型环型激光陀螺竞争〔2,4〕。

据美国康宁玻璃公司介绍，采用声响传感器的干涉测量技术用于数据处理很有潜力。该公司正在考虑“全光学”鱼雷。这种鱼雷不仅声响传感器和制导线采用光纤，而且数据处理电路系统和发射控制系统也用光综合系统代替〔5〕。

目前，美国空军已采用新型微波/毫米波集成电路（MIMIC）和GaAs器件构成的前端传感器来装备新一代飞机。这种传感器装在飞机的前端，处理发射-接收模件的信息，使信号不再返回到仪器舱处理。其中电子控制移相器的扫描率目前在B-1轰炸机上以毫秒级测量，如采用光纤可降为微秒级测量。多波束及相位系统容量将大大改善〔8〕。

六、结束语

本文介绍了光纤技术在美军事领域中的应用，其中应用最多的是军用光纤通信、光纤制导导弹和光纤传感器。从战术上看，光纤技术在未来战争中将起重要作用。谁先掌握光纤技术并用于装备部队，谁就会在战场上占主动。这就是美国在军用光纤技术上的投资逐年成倍增长的原因。随着光纤技术的提高和光纤工艺的发展，其应用范围还将不断扩大。

参考文献

- 〔1〕 《国外激光》，1983年，第11期，第2页。
- 〔2〕 《战略防御》，1987年，第5期，第34页。
- 〔3〕 Laser Focus, 1987, Vol. 23, No. 8, P. 94~106.
- 〔4〕 International defense review, 1984, No. 2, P. 151~154.

* * *

作者简介：谭显裕，男，1943年10月出生。工程师。

收稿日期：1988年4月2日。