

军用光电系统光纤调试技术与维护研究

季 勇 薛 飞 黄美丽
西安应用光学研究所 陕西 西安 710000

摘 要：信息时代背景下，军用光电系统的研发和应用，对于国家军事实力的提升具有积极的作用。因此，如何做好军用光电系统光纤调试与维护工作，使其作用和价值得以充分发挥是军事发展过程中备受关注的问题。鉴于此，本文先简要阐述了军用光电系统的概念，然后对军用光电系统光纤调试技术的应用状况及其实际应用进行总结分析，在此基础上对军用光电系统光纤调试技术的维护方案进行探讨，旨在促进我国军用光电系统光纤调试与维护技术水平的提升。

关键词：军用光电系统；光纤；调试；维护

作为一门高速发展中的高新技术，军用光电系统的研发应用在军事的信息化、智能化、科技化发展中发挥着至关重要的作用^[1]。鉴于此，相关科研机构和技术人员有必要对军用光电系统光纤调试技术与维护要点展开积极的探究工作，这对于我国军用光电系统应用水平的提升及军事现代化发展具有积极的实践意义。

1 军用光电系统的概念

光电子技术是一门以光频段（即由波长在 $10\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ 之间的电磁波构成的波段）为研究基础的电子技术，其涉及红外、激光、紫外、可见光、光纤、光储存、光电子集成、光显示器、集成光路等多个技术领域，涵盖信息获取、处理、传输、储存、显示等诸多环节。总装光电子专业组对光电子技术的定义为：基于光子与束缚态电子相互作用而引起的一系列技术的总称（包含技术形成过程中所需的支撑技术）。基于此，“军用光电子系统”可理解为：以光电子技术为核心，依托高新技术（包括精密机械、自动控制、信息通信、光学工程等）的集成运用和光频辐射的双重属性（信息载体和能量载体），通过光频辐射产生、处理、传输、运用过程的科学控制，形成的具备一定战术功能的军用装备和系统。

根据功能用途，军用光电系统可细分为具备信息感知和空间景物成像功能的侦查监视系统，如机载侦查吊舱、岸基红外监视系统等；具备三维运动参数实时探测和高精度火控解算功能的跟踪火控系统，如红外制导系统、机载光电火控系统；具备来袭目标航速和威胁程度评估判断功能的警戒告警系统，如激光告警器、天基红外预警系统等；具备数据信息高速传输功能的光电通信系统，如光纤通信系统、潜激光通信系统等；具备敌方光电系统具备干扰、防护、压制、欺骗功能的光电对抗系统，如激光武器系统、有源对抗系统等；具备载体

定位功能的光电导航系统，如射电导航系统、天文导航系统等。

2 军用光电系统光纤调试技术的应用状况

2.1 光纤的优选应用

现阶段，技术人员在构建光纤通信系统时，通常会通过以下两种调试技术的整合运用，来提升光纤通信的可靠性：（1）优先选用单模光纤。多模光纤的芯径远大于光波波长，此时光纤中存在多种光信号传播模式，不同模式下光信号的传播速度和相位也有所不同。若采用多模光纤进行长距离通信传输，会产生延时、光脉冲变宽等现象（即模间色散），从而导致带宽变窄、传输容量下降，影响通信质量。而单模光纤的芯径与光波长相近，光信号在光纤中只能采用基模（HE₁₁模）这一种模式传播，从而有效避免了模间色散现象的发生。因此，更适用于传输容量大、质量要求高的军用光电系统中；（2）科学选用设备接口安装件。以往，在构建光纤通信系统的过程中，通常选用卡接式SC标准方形接头进行光纤与光端机的连接。此种安装件虽具有重量轻、防腐蚀、抗氧化等优点，但受材料性质、连接方式等因素的影响，普遍存在连接紧密度不足的问题，难以最大限度保证光纤通信的可靠性。对此，现阶段会利用FC金属螺纹接头替代SC标准方形接头，以此保证光纤与光端机的连接性，保障通信质量。

2.2 可编程逻辑芯片应用

现阶段，技术人员在构建军用光电系统时，普遍会将可编程逻辑芯片嵌入应用到光纤通信系统中，借助可编程逻辑芯片的技术特征和功能优势，来提升光纤调试与维护保养工作的便利性^[3]。例如，可编程逻辑芯片的运用能够大幅度提升光纤的数据传输效率，此时技术人员仅需使用两部普通电话或手机，便可完成对调工作，从

而在短时间内快速定位系统故障点，提高光纤系统调试和运维的工作效率。

3 军用光电系统光纤调试技术的应用分析

3.1 光纤技术的陆上军事实践

在陆上军事方面，光纤技术的应用主要集中在以下两个领域：（1）军事通信领域。在该领域，光纤技术的主要应用形式有卫星地球站、雷达等军事设施间的链路；军事基地之间的通信局域网；支撑战略、战术通信的远程系统等。例如，美国于1992年便基于光纤技术构建了名为“信息球”的全球通信网。该通信网以国防信息系统网（DISN）作为基础网，能够利用光纤技术将各类传感器、士兵及指挥所紧密连接形成反应灵敏的指挥网。在海湾战争中，该系统的运用对于战争胜利具有重要的作用；（2）雷达和微波系统的运用。因具有频带宽、传输能耗低等特点，光纤技术在军事雷达和微波系统中得到广泛的应用。例如：相较于同轴电缆，利用光纤连接雷达控制中心和雷达天线，可在不影响通信质量的情况下，使二者之间的距离由300m扩大至2km~5km。又如：光纤传输频带宽、损耗低，能够更好地满足高分辨率雷达的信号传输和处理需求，保证雷达军事功能的有效发挥。

3.2 光纤技术的海上军事实践

现阶段，光纤技术在海上军事领域中的实践应用主要有以下几种形式：（1）舰载高速光纤。现代化舰艇中装备有导航系统、雷达系统、通信系统、武器指挥系统、传感器系统等多套电子设备，以至于舰艇行动过程中会产生明显的射频干扰和电磁干扰问题。为解决上述问题，科研人员依托光纤技术开发出舰艇用光纤区域网，这样既能够避免电磁干扰对舰艇运行状态的影响，又能够进一步提升数据信息的传输、处理效率。如“海狼”SSN-21级攻击型潜艇上装备的AN/BSY-2综合光纤作战控制声学系统；（2）光纤水听器系统。随着潜艇静噪技术的不断提高，为满足更高的反潜战略要求，科研人员基于光纤技术研发出了光纤水听器系统。相较于传统的压电水听器系统，其具有动态范围大、灵敏度高、抗电磁干扰能力强、“湿端”质量轻等诸多应用优势。目前，发达国家依托光纤水听器，构建了全光纤水听器拖曳阵列、全光纤海底声监视系统、全光纤水面舰船和轻型潜艇共形水听器阵列等军事系统，以此进一步提升海上军事防御能力。

3.3 光纤技术航空航天的实践

光纤技术在航空航天军事领域中的运用主要集中在以下两个方面：（1）点对点数据传输网络。随着飞行器

中电子设备的不断丰富，对光电系统的数据传输效率和抗电磁干扰能力提出了更高的要求。对此，科研人员在构建点对点数据传输网络的过程中，将传统的铜制导线替换为光纤，依托光纤的特征和优势，来提升飞行器行动期间的数据传输效率和抗电磁干扰能力；（2）光控飞行。采用电控系统的飞行器，其飞行安全性会受到高强度无线电频率、电磁脉冲、电磁干扰等因素的严重影响。针对上述问题，现阶段发达国家逐渐将飞行器中的电控系统替换为基于光纤技术研发的光控系统，此举既能够减轻飞行器的重量，又能够进一步提升飞行器的飞行安全性。

3.4 光纤技术在导弹飞行器的应用

目前，光纤技术在导弹飞行器领域中的应用形式主要体现在“光纤制导导弹”，即依托以光纤技术为核心技术支撑的侦查监视系统、光纤通信系统和光纤导航系统，使导弹飞行器实时获取攻击目标的位置坐标，以此引导导弹精准打击攻击目标。如：Polypheme-60、Polypheme-20、Polypheme-SM、FOD-M等均为光纤制导导弹。

4 军用光电系统光纤调试技术的维护方案

4.1 维护前的准备工作

在对军用光电系统展开调试维护工作前，技术人员应做好以下几项准备工作，以便后续维护工作能够有序、高效、高质量地开展。首先，技术人员应在综合分析光电系统特征、使用情况、规范标准、维护目标等因素的基础上，编制科学、系统的维护计划，并在维护计划中清晰地描述出维护周期、维护范围、维护时间、维护人员等关键性信息，以此为相关工作的开展提供科学指导。其次，应根据维护计划和工作经验，准备必要的维护工具和仪器设备，如：连接器清洁剂、端面清洁棒、光纤噪声仪、OTDR光时域反射仪、光功率计等。同时，按照相关规范标准的要求做好工具设备的质量检验、功能测试以及校验工作，确保维护工具和设备，功能正常、示数准确，保证维护工作的实施质量。最后，应查看光电系统维护记录，了解系统最近一次的维护情况，掌握关键性的检测数据，为本次维护中故障排查、工况评估等工作的开展获取信息支持。

4.2 维护操作指南分析

在检修维护阶段，技术人员应严格按照光纤系统维护操作指南中的规范要求，逐步开展维护检修工作。首先，开展光纤清洁工作。军事光电系统运行使用一段时间后，光纤接口、连接器等系统元件的表面会附着一些油污和灰尘，使得光纤信号传播期间能耗增加，从而影响信号传输

的质量性和稳定性。对此,在维护环节,技术人员需要利用专用的清洁剂或清洁棒彻底清除附着的灰尘和油污。其次,进行光功率检测。维护期间,技术人员需要利用光源、光功率计等工具来检测光纤的光功率。通过光功率计示数与相关参数标准及历史检测数据的对比分析,判断光纤系统是否存在异常。为获取最为精准的检测结果,需保证光源的功率稳定性及光纤的完好性。最后,进行OTDR检测。即利用OTDR光时域反射仪完成光纤长度、纤芯或折射率异常、连接器损耗、光纤断点等内容的检测,以此判断光纤系统是否存在异常。

4.3 应急处理方案探究

在进行军事光电系统光纤调试和维护工作的过程中,技术人员必须具备良好的故障应急处理能力并制定科学的应急处理方案。具体操作过程中,需要技术人员围绕以下内容对应急处理方案进行探讨:(1)常见故障部位及故障原因。熟悉光纤传输过程中常见的故障部位和原因,能够显著提升维护检修工作的效率。基于工作经验的总结和典型案例的分析,技术人员应认识到:光信号发射机容易因环境温度不适宜、供电电压不稳定、内部元器件损坏等原因而发生故障,从而导致信息传输过程中出现掉包、缺失、乱码等现象,严重影响光纤通信质量;光分路器在使用过程中容易因设备移动、端口动弄、端口接触不良等原因而出现功能异常情况,引发光纤系统传输功率降低、信息传输不通畅等问题;光接收机部位容易因所处环境不佳、纤头污染、超压等原因出现故障,影响光纤系统的运行功能;(2)常用的故障诊断方法。为快速、精准地确定故障位置,查明故障原因,维护技术人员必须熟练掌握常见的故障诊断方法。目前,军用光电系统光纤调试与维护领域中常见的故障诊断方法有以下三种类型:首先是仪器诊断法,即运用

误码仪、示波器、万用表、OTDR光时域反射仪、光功率计等仪器设备检测系统各部件的运行参数,以此判断部件的运行状态,找出存在故障或功能异常问题的部件,完成故障点的确定;其次是环路检测法,即依据电信号的传输方向将设备环路细分成内部环路和外部环路,在此基础上先梳理排除正常的环路,再逐一排查剩余环路,以此缩减工作量,提高故障排查效率;最后是替换检测法,即根据问题表现和工作经验,初步分析可能存在故障的元件,然后使用新的或功能完好的元件替换现有元件,若故障排除则说明被替换元件存在故障,若故障没有排除便依次替换可疑元件,直至故障排除。

结语

综上所述,军用光电系统在陆上军事、海上军事、航空航天等领域具有广泛的应用,其运行状态对于国防军事工作的开展质量具有决定性的影响。而通过选用单模光纤、科学选用设备接口安装件、应用可编程逻辑芯片等光纤调试技术的运用以及做好维护准备工作、分析维修操作指南、探究应急处理方案等光纤维护方案的实施,切实做好军用光电系统的光纤维护工作,可最大限度保障军用光电系统的运行稳定性,为国防军事工作高质量开展提供坚实保障和有力的支撑。

参考文献

- [1] 吴依伦,孙春生. 军用无人机载紧凑型光电吊舱发展及作战运用[J]. 激光与红外,2023,53(10):1568-1574.
- [2] 解博,王欢,曾利军,等. 现有军用光电装备快速智能化手段[J]. 国防科技,2021,42(3):77-82.
- [3] 刘洵,王国华,毛大鹏,等. 军用飞机光电平台的研发趋势与技术剖析[J]. 中国光学与应用光学,2009,2(4):269-288.