

分布式光纤测温系统在电缆消防预警中的工程应用

李广哲

沈阳同泽安消防工程有限公司 辽宁沈阳

【摘要】 分布式光纤测温系统通过对电缆线路的实时温度监测，实现了对火灾隐患的早期预警，显著提升了电力系统的安全性。随着电力设备日益复杂和电力需求的增加，传统的火灾预警手段已无法满足现代电缆消防预警的需求。基于光纤传感技术的测温系统能够在大范围内精确检测温度变化，及时发现温度异常，提前预警潜在的火灾风险。本文探讨了分布式光纤测温系统在电缆消防预警中的应用，分析了其技术优势、工程实施难点及实际应用效果，为电力系统的火灾防控提供了一种创新的解决方案。

【关键词】 分布式光纤测温；电缆消防预警；火灾预警；光纤传感技术；电力安全

【收稿日期】 2025 年 4 月 15 日 **【出刊日期】** 2025 年 5 月 18 日 **【DOI】** 10.12208/j.jeea.20250168

Engineering application of distributed optical fiber temperature measurement system in cable fire prevention and early warning

Guangzhe Li

Shenyang Tongze'an Fire Protection Engineering Co., Ltd., Shenyang, Liaoning

【Abstract】 The distributed optical fiber temperature measurement system realizes the early warning of fire hazards through the real-time temperature monitoring of cable lines, and significantly improves the security of power system. With the increasing complexity of power equipment and the increase of power demand, the traditional means of fire early warning can not meet the needs of modern cable fire early warning. The temperature measurement system based on optical fiber sensing technology can accurately detect temperature changes in a large range, timely detect temperature anomalies, and early warn potential fire risks. This paper discusses the application of distributed optical fiber temperature measurement system in cable fire early warning, analyzes its technical advantages, engineering implementation difficulties and practical application effect, and provides an innovative solution for fire prevention and control of power system.

【Keywords】 Distributed optical fiber temperature measurement; Cable fire prevention and early warning; Fire early warning; Optical fiber sensing technology; Power safety

引言

电力行业中，电缆作为电力传输的关键组成部分，其安全运行直接关系到供电的稳定性。由于电缆一旦发生火灾，往往难以及时发现并采取有效应对措施，导致严重的设备损毁和人员伤亡。传统的火灾监测方法，如红外热像仪或温度传感器，受限于测量范围和安装复杂性，往往难以满足大规模电缆线路的火灾预警需求。近年来，分布式光纤测温技术的出现为电缆火灾预警提供了一种新的解决方案。该技术通过在光纤上安装温度传感器，能够实时获取全程、全范围的温度数据，极大地提高了预警的准确性与及时性。本研究将重点分析分布式光纤测温系统在电缆消防预警中的应用，探讨其技术优势与实际应用中的挑战，为电力行业火

灾防控提供有力支持。

1 分布式光纤测温系统的原理与技术优势

分布式光纤测温系统利用光纤本身的分布式传感特性，通过对光纤线路进行温度检测，实时监控沿途的温度变化。该系统基于拉曼散射原理，通过向光纤中传输激光信号，在信号与光纤内物质的相互作用下，产生与温度变化相关的散射效应。通过对光纤端口的信号强度分析，可以获得沿光纤全程的温度分布。这一技术能够实现长距离、高精度、连续监测，不受空间局限，因此非常适合用于大规模电缆线路的温度监测。不同于传统的局部温度传感器，分布式光纤测温能够提供全覆盖的温度数据，这使得系统能够在电缆发生局部温度异常时，及时预警，从而有效防止火灾发生。

该技术的一个重要优势是其高灵敏度。光纤本身的物理特性决定了其能够对微小的温度变化做出敏感反应,这对于早期火灾预警具有重要意义。在电力系统中,电缆常常因为负荷过大、外部环境的变化或者线路老化等原因产生局部温度升高,而这一变化往往是火灾的前兆。通过分布式光纤测温系统的实时监测,能够精确捕捉这些温度波动,为消防预警提供可靠的数据支持。其次,光纤传感器具有抗电磁干扰的能力,能够在复杂电力环境下稳定工作,这对于高电压和强电磁环境下的电力设备尤为重要。

与传统的温度监测方式相比,分布式光纤测温系统的优势在于显著降低了安装的复杂度和维护难度。传统的温度监测系统通常需要在电缆的不同位置安装多个温度传感器,每个传感器都需要独立布线和电源供给,这不仅增加了布线的难度,还提高了系统的管理和维护成本。尤其在大规模电力设施中,传感器数量庞大,系统的维护变得尤为繁琐^[1]。而分布式光纤测温系统通过一根光纤即可覆盖广泛区域,从而有效减少了传感器的数量,简化了布线和安装过程,显著降低了设备投入和后期维护的难度。光纤材料具有耐高温、耐腐蚀等优异性能,使得其能够在复杂且恶劣的电力环境中长期稳定运行,减少了由于设备老化或外部环境引起的故障风险。

2 分布式光纤测温系统在电缆消防预警中的工程实施

电力系统中的电缆线路温度监控对于保障系统的安全运行至关重要。采用分布式光纤测温系统,能够实时获取全程温度数据,对电缆线路温度的异常变化进行精准监测。这一系统的核心优势在于其分布式传感能力,能够实时、全面地监控电缆全线路的温度分布,极大提升了对火灾风险的预警能力。为了确保系统的稳定运行,光纤的安装设计需要兼顾电缆的现有架构和设计要求,避免过度干扰电缆设备的正常运行。光纤的布设方式选择往往依赖于电力设施的特点,既可将光纤与电缆并行铺设,也可选择在电缆内外部进行直接集成,以满足不同的电力环境需求。

在光纤的安装过程中,确保光纤的稳定性和长期可靠性是至关重要的。电力环境常常伴随着较强的电磁干扰及外部环境变化,这对光纤的信号传输构成了潜在威胁。光纤的材质选择与安装方法必须经过严格筛选和测试,以确保其在复杂电力环境中能够稳定运行。在施工过程中,除了保障光纤的固定,还需要避免外力干扰和损坏对光纤造成影响。光纤安装的路径规

划应精确、合理,确保不会因为施工中的变动而影响后期的监测效果。只有在合适的安装位置和环境下,光纤传感器才能长期有效地发挥作用,为电力设施的安全提供保障。

系统的调试与应用阶段是保证分布式光纤测温系统能够稳定运行的关键环节。在这一阶段,工程人员需要对整个系统进行详细的测试与验证,确保光纤传感器能够提供准确的温度数据。在电缆消防预警系统中,光纤测温不仅要针对单一电缆的温度变化进行监测,还需在电力网络层面进行协同工作,及时识别系统中各电缆区域的异常温度变化^[2-5]。数据的整合与融合处理是提升系统效能的重要环节。通过高效的数据融合技术,可以实现对电缆全程的温度实时监控与分析,一旦出现温度异常,系统能够及时发出预警信号,保证电力设施的安全运营。

3 电缆消防预警中的技术难点与解决方案

分布式光纤测温系统尽管具有显著的技术优势,但在电缆消防预警的实际应用中,仍然面临一些挑战。一个主要的难题是如何在电力系统中复杂的环境条件下,保持系统的高精度和稳定性。电力设施中,电缆常常处于高温、潮湿和强电磁干扰的环境中,这对光纤传感器的信号传输造成了较大的影响,容易导致测量误差。为了解决这一问题,通常采用多重屏蔽技术来提高系统的抗干扰能力,从而确保信号不受外部电磁场的干扰。光纤传感器在安装过程中也需要考虑环境适应性,确保设备能够在不同的环境条件下稳定工作,避免因外界环境变化导致系统故障。

光纤传感器的安装与维护也是一个关键的技术挑战。由于电力系统中的电缆线路通常具有大规模和复杂的结构,如何合理地布设光纤以保证稳定的测温效果成为工程实施中的一项技术难题。光纤需要覆盖电缆的每个部分,保证在整个电缆线路上都能实现实时监测,这对安装技术和布线方法提出了高要求^[6]。为了克服这一挑战,许多工程团队采用了灵活的光纤布局方案,并使用不同类型的接头和连接技术,确保光纤与电缆的紧密连接。通过优化光纤布设路径,减少光纤损耗,确保数据传输的稳定性和准确性,从而提升光纤测温系统的整体性能和应用效果。

光纤测温系统在大规模电缆监控中的数据处理同样面临技术挑战。电力系统中,温度数据往往是庞大且复杂的,如何有效地处理这些数据并提供精确的预警信息是系统设计中的一个难点。为了高效地分析与处理海量数据,许多企业和研究机构引入了先进的算法

与数据分析技术,如大数据分析和云计算技术^[7]。通过云计算平台,系统可以实时处理来自多个光纤传感器的温度数据,进行数据挖掘和模式识别,提前发现潜在的火灾风险。结合智能化控制系统,光纤测温系统能够实现自动化监控和智能报警,大大提高了响应速度和安全性,为电力系统的安全运行提供强有力的支持。

4 分布式光纤测温系统应用效果与未来发展趋势

分布式光纤测温系统在电缆消防预警中的应用,已逐步显示出显著的效果。在实际工程中,许多电力公司和企业已开始应用这一技术来增强电力设施的安全性。在电缆线路的温度监测中,光纤测温系统能够在早期发现电缆温度异常,及时进行报警处理,避免了许多潜在的火灾风险。与传统的火灾预警方法相比,分布式光纤测温系统具有更高的精度和实时性,可以实时监测电缆各个位置的温度变化,极大提升了系统的安全性。通过在电力系统中广泛部署这一技术,电力企业能够实现更加精准的火灾防控,确保电力供应的稳定与安全。

未来,分布式光纤测温系统的技术将朝着更加智能化、网络化和集成化的方向不断发展。随着5G、物联网等新兴技术的广泛应用,分布式光纤测温系统将进一步提升其智能化水平,不仅可以实现温度变化的实时监控,还能够结合人工智能和大数据分析,对采集的温度数据进行深度学习与预测,提前识别潜在的火灾隐患,提供精准的预警^[8]。这些技术的融合将使光纤传感器与电力设备的集成更加紧密,构建全方位、多层次的安全监控体系。随着成本的逐步降低以及技术的不断进步,分布式光纤测温系统有望在更多行业和领域得到广泛应用,全面提升设施的消防安全管理水平,保障各类设施的稳定运行与人员安全。

5 结语

分布式光纤测温系统在电力行业中为火灾预警提供了一种创新且高效的解决方案。通过其高精度、广覆盖和抗干扰能力,能够实时监测电缆线路的温度变化,提前识别潜在火灾隐患,极大提升了电力设施的安全性。与传统的温度监测方法相比,它不仅简化了安装和维护,还降低了系统故障的风险,保障了系统的长期稳

定运行。随着技术的不断进步和应用领域的拓展,分布式光纤测温系统将在电力安全管理中发挥越来越重要的作用,成为未来智能电力系统不可或缺的一部分。

参考文献

- [1] 邵亚南.电缆隧道分布式光纤测温装置安装预算定额研究[J].建筑经济,2024,45(S1):270-275.
- [2] 林静怀,尚雯珂,陈珂,等.基于卷积神经网络的电力电缆分布式光纤温度传感系统降噪方法的研究[J].电工电能新技术,2024,43(05):104-112.
- [3] 徐明磊,闫建成,丛林.分布式光纤在高压电缆测温中的应用[J].电子元件与信息技术,2024,8(03):40-42+47.
- [4] 张勇,曹泰山.重庆地区分布式测温光纤应用情况分析[J].重庆电力高等专科学校学报,2023,28(06):13-16+52.
- [5] 陈斌,胡冉,马楠.基于通信光缆的电缆沟分布式光纤应变测温系统消防安全技术研究[C]//中国消防协会.2023中国消防协会科学技术年会论文集——二等奖.广东省深圳市消防救援支队;广东省深圳供电有限公司,;2023:83-88.
- [6] 王昊,韩旭,刘宇,等.分布式光纤测温系统在火力发电厂开发和创新应用分析[C]//中国电力技术市场协会.2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册).内蒙古大唐国际锡林浩特发电有限责任公司,;2023:784-795.
- [7] 岳毅.分布式光纤测温技术在长距离高温超导电缆中的工程化应用研究[D].华中科技大学,2022.
- [8] 刘佳鑫,韦德福,唐红,等.高压电缆分布式光纤测温装置性能评估方法研究[J].电气应用,2021,40(09):22-29.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS