

架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术：现状、挑战与展望

一、引言

1.1 研究背景与意义

在现代社会中，电力作为一种不可或缺的能源，支撑着各个领域的运转，其供应的稳定性和可靠性至关重要。架空输电线路作为电力传输的关键通道，承担着将电能从发电站输送到各个用户的重要任务。然而，架空输电线路通常分布广泛，很多线路穿越山区、森林等复杂地形，这些区域山火频发，给输电线路的安全运行带来了巨大威胁。

山火一旦发生，其产生的高温可能会使输电线路的杆塔、导线等部件变形甚至损坏。杆塔作为支撑输电线路的重要结构，在高温作用下，其金属材料的力学性能会发生变化，导致强度降低，从而可能引发杆塔倾斜、倒塌等严重事故。而导线在高温下也可能出现熔断、拉伸变形等问题，直接影响电力的传输。山火产生的火焰和浓烟会导致空气密度下降，绝缘强度降低，进而引发导线之间的空气间隙被击穿，或者使绝缘子的绝缘性能下降，最终造成输电线路跳闸，中断电力供应。例如，在 [具体年份]，[具体地区] 发生的山火导致多条输电线路跳闸，造成了大面积停电，给当地居民的生活和工业生产带来了极大的不便，经济损失高达 [X] 元。

此外，山火的蔓延速度极快，且难以预测，在短时间内就可能对输电线路造成严重破坏。当山火发生在输电线路附近时，由于火势的不确定性，抢修人员往往难以在第一时间靠近受损线路进行修复，这进一步延长了停电时间，加剧了电力供应的紧张局面。而且，随着电力需求的不断增长，输电线路的重要性日益凸显，一旦因山火导致输电线路故障，其对整个电力系统的连锁反应可能会引发更大范围的停电事故，严重影响社会的正常运转。

因此，研究架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术具有极其重要的意义。准确的山火预报能够提前预测山火发生的可能性和地点，为电力部门采取预防措施提供依据，如提前清理输电线路周边的易燃物、加强线路巡检等，从而降低山火对输电线路的威胁。有效的监测告警技术可以实时监测输电线路走廊的情况，一旦发现山火迹象，能够及时发出警报，使电力部门迅速做出响应，采取相应的灭火和抢修措施，最大限度地减少山火对输电线路的损害，保障电力系统的稳定运行。这不仅有助于维护社会的正常生产生活秩序，还能为经济的持续发展提供可靠的电力保障。

1.2 国内外研究现状

在架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术领域，国内外学者和研究机构开展了大量研究，取得了一系列成果，同时也面临着一些挑战。

在山火预报方面，国外起步相对较早，美国、澳大利亚等山火频发国家在早期就利用气象数据，如温度、湿度、风速等，结合植被类型和地形信息，构建火险天气指数模型，像美国的国家火险等级系统（**NFDRS**），通过综合分析多种气象和环境因素，计算出火险等级，为山火预防提供了一定的参考依据。随着技术的发展，机器学习和深度学习算法逐渐被应用于山火预报。例如，澳大利亚的研究人员利用神经网络算法，对大量历史山火数据以及相关的气象、地理数据进行学习和训练，建立山火预测模型，能够更准确地预测山火发生的概率和可能的蔓延路径。

国内在山火预报研究方面近年来也取得了显著进展。科研人员在借鉴国外先进模型的基础上，结合我国的实际情况，对模型进行优化和改进。例如，考虑到我国山区地形复杂多样，一些研究将高分辨率的地形数据与气象数据、植被数据进行融合，利用地理信息系统（**GIS**）技术，建立更符合我国国情的山火预报模型，提高了预报的准确性和针对性。同时，国内也在积极探索利用大数据技术，整合多源数据，如卫星遥感数据、地面监测数据等，挖掘数据背后的潜在规律，进一步提升山火预报的精度和可靠性。

在山火监测告警技术方面，国外的卫星遥感监测技术发展较为成熟，美国的陆地卫星（**Landsat**）系列和法国的 **SPOT** 卫星等，通过搭载多光谱和热红外传感器，能够对大面积的山区进行监测，及时发现山火的迹象，并获取火场的位置、面积等信息。无人机监测技术也得到了广泛应用，在澳大利亚的一些山区，无人机配备了高清摄像头和红外热像仪，能够在复杂地

形条件下对输电线路走廊进行快速巡查，一旦发现山火，能够及时回传图像和视频信息，为后续的应急处置提供依据。

国内在山火监测告警技术方面同样取得了丰硕成果。视频监控技术在输电线路走廊山火监测中得到了广泛应用，在山火易发区域的输电杆塔上安装高清摄像头，通过无线通信技术将实时视频图像传输到监控中心，实现对输电线路周边情况的实时监控。一些摄像头还具备智能分析功能，能够自动识别火焰和烟雾，及时发出告警信号。此外，我国自主研发的北斗卫星导航系统也在山火监测中发挥了重要作用，通过北斗卫星的短报文通信功能，能够实现监测设备与监控中心之间的双向通信，即使在偏远地区，也能确保监测数据的及时传输和告警信息的准确送达。

尽管国内外在架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术方面取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。现有技术在面对复杂多变的气象条件和地形地貌时，预报和监测的准确性仍有待提高。在山区，由于地形起伏大，气象条件复杂，局部地区的气象数据难以准确获取，这给山火预报模型的精度带来了挑战。同时，不同监测技术之间的数据融合和协同工作还存在一定问题，数据之间的兼容性和一致性有待进一步优化，以提高监测系统的整体性能。此外，目前的技术在山火早期预警方面还存在一定的延迟，无法及时发现潜在的火灾隐患，需要进一步加强早期火灾特征的研究和监测技术的创新，提高早期预警的能力。未来，随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的不断发展，将这些技术深度融合到山火预报与监测告警技术中，有望突破现有的技术瓶颈，实现更加精准、高效的山火预报与监测告警。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容

本论文主要围绕架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术展开多方面深入研究。在山火预报模型构建方面，全面收集输电线路走廊周边的气象数据，包括温度、湿度、风速、风向等，以及地形数据，如海拔高度、坡度、坡向等，和植被数据，像植被类型、植被覆盖率等。运用机器学习算法，如随机森林、支持向量机等，对这些多源数据进行深度分析和训练，建立高精度的山火预报模型。通过对历史山火数据以及相关环境数据的学习，使模型能够准确预测山火发生的可能性、时间和地点，为提前采取预防措施提供科学依据。

在山火监测技术研究中，重点研究基于多传感器融合的监测技术。将视频监控、红外热成像、烟雾传感器、温度传感器等多种传感器有机结合，实现对输电线路走廊的全方位、实时监测。视频监控可直观获取现场图像信息，红外热成像能检测到高温火源，烟雾传感器和温度传感器

则能及时感知环境中烟雾和温度的异常变化。通过对多种传感器数据的融合分析，提高山火监测的准确性和可靠性，有效减少漏报和误报情况。

对于监测数据的传输与处理，深入研究无线通信技术在复杂山区环境下的应用。由于输电线路走廊多处于偏远山区，信号传输面临诸多挑战，因此需选择合适的无线通信技术，如 **4G**、**5G**、**LoRa** 等，确保监测数据能够稳定、快速地传输到监控中心。在监控中心，利用大数据处理技术，对海量的监测数据进行实时分析和处理，提取关键信息，及时发现山火迹象并发出告警信号。

在山火监测告警系统集成与验证方面，将山火预报模型、监测技术以及数据传输与处理系统进行有机集成，构建完整的架空输电线路走廊山火监测告警系统。对该系统全面的测试和验证，在实际的输电线路走廊场景中进行部署和运行，检验系统的性能和稳定性。通过实际运行数据的反馈，对系统进行优化和改进，确保系统能够满足实际应用的需求，为架空输电线路的安全运行提供可靠保障。

1.3.2 研究方法

本研究采用了多种研究方法，以确保研究的科学性和有效性。文献研究法是基础，通过广泛查阅国内外相关的学术文献、研究报告、专利等资料，全面了解架空输电线路走廊山火预报与监测告警技术的研究现状、发展趋势以及存在的问题。对前人的研究成果进行梳理和分析，汲取其中的有益经验和方法，为本文的研究提供理论支持和研究思路。例如，通过对国内外山火预报模型的研究文献分析，了解不同模型的优缺点，从而为本文模型的构建提供参考。

在研究过程中，技术对比法也不可或缺。对现有的山火监测技术，如卫星遥感监测、无人机监测、视频监控监测等进行详细的对比分析。从监测范围、监测精度、实时性、成本等多个方面进行评估，明确各种技术的优势和局限性。通过技术对比，为选择合适的监测技术以及多技术融合方案提供依据。比如，对比卫星遥感监测和无人机监测在不同地形和天气条件下的监测效果，确定在复杂山区环境下更适合的监测手段。

此外，本研究还采用了案例分析法。收集国内外多个因山火导致输电线路故障的实际案例，对这些案例进行深入剖析。分析山火发生的原因、发展过程、对输电线路造成的危害以及应对措施的有效性等。通过案例分析，总结经验教训，为提出针对性的山火预报与监测告警技术提供实践依据。例如，对 [具体案例地区] 的山火事故案例进行分析，找出该地区在山火监测和预警方面存在的问题，从而为改进技术和完善系统提供方向。

二、山火对架空输电线路的危害及影响因素

2.1 山火引发输电线路故障的类型及危害

山火对架空输电线路的安全运行构成严重威胁，可能引发多种类型的故障，这些故障不仅会对输电线路自身造成直接损害，还会产生一系列连锁反应，对电力供应和社会经济产生广泛而深远的影响。

2.1.1 线路跳闸

线路跳闸是山火引发的较为常见且危害较大的故障类型之一。山火发生时，火焰产生的高温会使周围空气密度急剧下降，导致空气的绝缘强度大幅降低。当绝缘强度低于输电线路的耐受水平时，导线之间的空气间隙就容易被击穿，形成导电通道，从而引发线路短路，导致线路跳闸。例如，在 [具体案例地区] 发生的山火中，由于火势迅猛，高温迅速改变了输电线路周围的空气环境，使得导线之间的空气绝缘被破坏，最终导致多条线路跳闸，造成了该地区大面积停电，给居民生活和工业生产带来了极大的不便。据统计，此次停电事故导致当地工业生产损失达 [X] 万元，居民生活受到影响的人数超过 [X] 人。

此外，山火产生的烟雾和灰烬中含有大量的导电颗粒和杂质，这些物质附着在绝缘子表面，会降低绝缘子的绝缘性能，增加绝缘子表面的泄漏电流。当泄漏电流达到一定程度时，就会引发绝缘子闪络，进而导致线路跳闸。例如，在 [另一个具体案例] 中，山火产生的大量烟尘覆盖了输电线路的绝缘子，使得绝缘子的绝缘性能下降，最终引发闪络，导致线路跳闸，此次跳闸事故使得该地区的电力供应中断了 [X] 小时，给当地的商业活动和居民生活造成了严重的困扰。

2.1.2 断线

山火的高温还可能对输电线路的导线造成直接损害，导致导线断线。在高温作用下，导线的金属材料会发生软化和变形，其机械强度显著降低。当导线承受的拉力超过其软化后的强度极限时，就会发生断裂。此外，山火产生的强大热气流和火焰的冲击作用，也可能使导线受到额外的应力，加速导线的损坏和断裂。

导线断线会直接中断电力传输，造成停电事故。而且，断线后的导线可能会掉落至地面，形成带电体，对周围的人员和设备构成严重的安全威胁。如果断线发生在交通要道或人员密集区域，还可能引发交通事故和人员触电伤亡事故。例如，在 [具体案例]

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/158027045107007036>