

基于激光雷达技术的智能近电跟踪预警防护技术

李浩 陈大庆 张民 张振华 卢光宇

国网山东省电力公司超高压公司 山东济南 250000

摘要: 随着社会经济的发展和人们对能源需求的不断增长,电力系统的运行安全问题日益突出。目前近电作业场景的防护措施,作业时仅依赖于地面上的安全围栏及现场安全督导人员监管,多数情况无法及时、准确判断是否越界,特别是距离带电区域比较近时,容易出现监管不严或失去监管而造成人员伤亡和设备故障等事故,因此准确预警高压近电作业事件变得尤为重要。本文综合运用激光探测、近电感应数据采集和处理技术实现近电探测和预警,同时联动视频进行作业现场过程留存,研究并实现了一种基于激光探测和近电感应相结合的立体近电感知防护技术,该技术可以有效监测高压近电状态,并及时发出预警信号,以便及时采取措施避免事故发生。

关键词: 近电感应; 预警; 激光雷达; AI 视频跟踪

1 近电预警技术概述

1.1 预警技术

预警技术围绕数据采集、数据分析和预警信号发出三个环节进行。首先,数据采集环节使用各种传感器、监测仪器等设备,实时监测相关参数和指标,采集大量的相关数据。通过数据处理环节对上一环节中采集到的大量原始数据进行筛选、转换、统计和分析等一系列操作,提取出有用的信息。通过合适的算法和模型,将处理后的数据翻译成具有预测能力的预警信号的发出,向相关人员发送预警信号。预警技术算法是基于存储结构下,对数据的有效处理操作,高质量的数据对于预警技术而言尤为重要,高质量数据是指数据在的可靠性、完整性、和可查询性等综合维度的性能,这就对数据的存储和管理出了极高的要求,合理的数据存储和管理方案能够提高数据的利用价值,支持后续的数据分析和模型训练。模型训练和优化是指使用大量的数据和算法对建立的预警模型进行参数调整和优化的过程,不断提升数据预测和分类的准确,使预警模型的准确度和稳定性达到最优的状态。模型的选择和优化是成功预测和决策的关键前提,模型的选择和优化是一个复杂且关键的过程,可以通过借助机器学习、深度学习等技术来对数据进行训练和建模,提升模型的性能,从而提高预警的准确性和预测能力。并根据预警模型和实时数据进行预警决策支持,为优化问题提供高效且可靠的决策支持,在应对复杂性与不确定性方面具有更高的灵活性与适应性,更好地应对风险,减少损失和影响。

1.2 AI 识别跟踪技术

在传统的视频监控中,大量的视频数据需要人工逐一查看,不仅耗时耗力,而且容易错过关键信息。而目标 AI 检测算法的引入,能够使得监控系统自动识别、分类获取视频中的关键目标,如人脸、车辆、异常行为等,从而大大减轻了人工监控的负担。通过对视频数据的实时分析,算法能够及时发现安全风险与异常事件,如人员入侵、周界安防、消防火灾等,并立即发出警报,使安保人员能够迅速作出反应,有效防止或减少损失。目前,深度学习算法已成为目标检测的主流方法,卷积神经网络(CNN)是最常用的模型之一。通过训练大量的标注数据,CNN 能够学习到目标物体的特征表示,从而实现高精度的目标检测。在智能监控领域,该模型能够对监控视频中的目标进行自动识别和追踪,大大提高监控技术的智能化和智慧化。

1.3 激光探测技术

激光探测原理主要基于激光测距技术,通过计算激光从发射到反射回来的时间间隔来测量目标物体到激光发射器的距离。这一过程涉及几个关键步骤:发射激光束:激光雷达向被测对象发射一束激光;接收反弹光:设备记录光束发射到成功反弹回来所花费的时间。

1.3.1 激光测距技术,通过两种主要方法实现

时间差测量法(TOF):测量激光从发射器出发到目标物体表面反射回来,并被光电传感器接收的总时间 t 。利用光在真空中的传播速度 c ,计算距离 $R = t \times c / 2$ 。

$c/2R=t \times c/2$ 。TOF 法具有实时性和测量精度高的优势，但成本较高，且在反射面和遮挡物较多时容易产生误差。

1.3.2 相位测量法 (PM)

将激光分成两个光束，一个作为基准，另一个照射在物体上。通过测量两个光束之间的相位差获得目标物体上点的距离信息。PM 法准确度高，可以测量表面细节的形状，但系统成本和复杂度较高，测量速度慢，不能同时采集颜色信息。

激光探测技术应用非常广泛，包括基础测绘、林业调查、无人驾驶、室内建模、数字城市、电力巡检等多个领域。例如，在电力巡检中，基于三维点云可以精确探测电力线、电力塔的空间位置及其与周围物体的空间距离，进行安全距离分析，保障电力设施的安全运行。

2 方案设计

2.1 整体框架

近电预警防护工作站集成八大核心模块，构建全方位防护体系：激光扫描测量模块精准划定安全边界；磁吸式近电感应预警模块顶部布防，灵敏捕捉电场变化；声光报警模块即时警示，确保人员安全；高清视频监控模块实现现场实时监控；AI 目标检测与跟踪模块智能识别风险；数据传输模块确保信息高效传递；工作站控制模块集中管理，协调各模块运作；供电模块稳定供电，保障系统持续运行；后台指挥中心远程监控，应急响应迅速。此方案整体框架为近电作业提供了一体化、智能化的安全防护解决方案。

2.2 功能设计概述

该工作站集成了激光扫描测量模块、磁吸式近电感应预警模块、声光报警模块、高清视频监控模块、AI 目标检测与跟踪模块、数据传输模块、工作站控制模块、供电模块以及后台指挥中心等八大核心部分。激光扫描测量模块负责周围边界的精准布防，通过激光扫描技术实时监测并预警潜在的危险区域。磁吸式近电感应预警模块则安装在顶部，灵敏感知高压电场变化，一旦检测到异常立即触发报警。声光报警模块提供直观的警示信号，确保作业人员能迅速注意到危险情况。高清视频监控模块和 AI 目标检测与跟踪模块则进一步提升了工作站的智能化水平，实现对作业现场的全方位监控和智能分析。

2.2.1 激光探测设计

高精度监测：利用激光束的直线传播特性，实现对高压

电场周边区域的高精度监测，确保预警的准确性和及时性。

实时预警：一旦检测到有物体或人员接近预设的安全边界，立即触发声光报警，提醒作业人员注意，并可通过数据传输模块将警情上报至后台指挥中心。

智能识别：结合 AI 技术，对进入监测区域的物体进行智能识别，区分不同物体类型，提高预警的针对性和有效性。

抗干扰能力强：激光探测模块设计有抗干扰机制，能够有效抵御环境光线、天气变化等外部因素的干扰，确保稳定可靠的监测效果。

2.2.2 近电感应设计

(1) 高精度近电感应：近电预警防护工作站采用先进的磁吸式近电感应预警模块，该模块能够高度灵敏地感知高压电场及其变化。通过精确的电磁场检测技术，实现对电场强度的实时监测和精确测量。这种高精度感应能力确保了即使在微弱的电场变化下，也能及时发出预警信号，有效防止了因电场强度变化而引发的安全事故。

(2) 实时预警机制：当近电感应模块检测到电场强度达到或超过预设的安全阈值时，将立即触发预警机制。这一机制包括声光报警功能，通过发出响亮的警报声和明显的闪光信号，迅速吸引作业人员的注意。同时，预警信息还将通过数据传输模块实时传输至工作站控制模块和后台指挥中心，以便相关人员能够及时了解情况并采取相应的安全措施。

(3) 智能分析与判断：近电预警防护工作站还集成了 AI 目标检测与跟踪模块，该模块能够对近电感应模块采集到的电场数据进行智能分析。通过先进的算法和模型，系统能够判断潜在的危险源和危险程度，为作业人员提供更加精准、全面的预警信息。这种智能分析能力不仅提高了预警的准确性，还增强了系统对复杂环境的适应能力。

(4) 可靠性与稳定性：为了确保近电预警防护工作站的长期稳定运行，近电感应功能在设计时充分考虑了可靠性和稳定性因素。采用高品质的感应元件和先进的电路设计，确保模块在恶劣条件下仍能维持正常工作。同时，系统还具备了自检和故障报警的功能，对于潜在的问题能够及时发现和处理，保障了预警系统的可靠性和稳定性。

2.2.3 AI 目标检测与跟踪设计

AI 目标检测与跟踪的功能设计可以分为以下三个主要部分进行阐述：

(1) 目标检测阶段：目标检测是 AI 目标跟踪的前提

和基础,其主要任务是在视频或图像序列中自动、准确地识别出特定目标对象的位置、大小和类别。这一功能设计依赖于先进的计算机视觉算法,特别是深度学习技术,如卷积神经网络(CNN)。通过大规模数据集的训练,这些算法能够学习到目标对象的特征表示,从而实现高精度的目标检测。在具体实现上,常用的目标检测算法包括YOLO(You Only Look Once)、Faster R-CNN和SSD(Single Shot Multi Box Detector)等。这些算法能够在复杂背景下有效区分目标和背景,为后续的跟踪提供准确的初始位置信息。

(2) 特征提取与匹配阶段:在目标检测完成后,需要从目标对象中提取出具有代表性和稳定性的特征,用于后续的跟踪。这些特征可以是颜色、纹理、形状等低层次特征,也可以是更高级别的语义特征。特征提取算法如SIFT、SURF、ORB等,在目标跟踪领域有着广泛应用。特征提取完成后,需要在连续的视频帧中通过特征匹配找到最匹配的目标对象。这通常涉及计算特征之间的相似度或距离,如欧氏距离、余弦相似度等。匹配算法需要高效且准确,以确保在目标发生形变、遮挡或光照变化等复杂情况下,仍能保持对目标的稳定跟踪。

(3) 跟踪与更新阶段:跟踪阶段的任务是根据特征匹配的结果,在连续的视频帧中持续、稳定地定位目标对象。为了实现这一目标,需要采用运动估计算法,如卡尔曼滤波、粒子滤波等,来预测目标在下一帧中的位置。同时,还需要对追踪过程中可能出现的各种干扰和异常情况进行处理,如遮挡、形变、光照变化等。在跟踪过程中,需要不断更新目标对象的位置和大小信息,并将更新后的目标作为下一帧跟踪的起始点。此外,为了提高跟踪的鲁棒性和准确性,还可以引入在线学习技术,使跟踪算法能够自适应地调整参数和模型,以应对目标外观的变化。

综上所述,AI目标检测与跟踪的功能设计涉及目标检测、特征提取与匹配以及跟踪与更新等多个环节。通过综合运用先进的计算机视觉算法和深度学习技术,可以实现对视频中特定目标的持续、稳定跟踪,为各种应用场景提供有力支持。

3 方案实现

3.1 产品功能介绍

近电预警防护工作站是一款专为保障电力作业及高压线附近施工安全而设计的智能设备。该工作站集成了高精度

传感器、智能分析算法与实时通信技术,能够实时监测作业环境中的电场强度,并在作业车辆或设备靠近高压线等危险区域时,通过声光报警、无线通讯等方式及时发出预警信号,提醒操作人员迅速撤离危险区域,有效预防高压触电事故的发生。近电预警防护工作站具有安装便捷、操作简单、抗干扰能力强、适用范围广等特点,广泛应用于电力施工、道路建设、桥梁架设等多种场景,为作业人员和设备提供了坚实的安全保障。

3.2 产品优势特点

近电预警防护工作站作为一款专为保障电力作业及高压线附近施工安全而设计的智能设备,其优势特点主要体现在以下几个方面:

3.2.1 高精度监测与预警

该工作站集成了高精度传感器,能够实时监测作业环境中的电场强度,确保预警信号的准确性。一旦监测到电场强度超过安全阈值,立即触发预警机制,有效避免高压触电事故的发生。

3.2.2 智能分析与快速响应

搭载智能分析算法,近电预警防护工作站能够迅速处理监测数据,判断作业环境的安全性,并在必要时通过声光报警、无线通讯等方式迅速发出预警信号,提醒操作人员及时采取措施。

3.2.3 稳定可靠的性能

该产品展现出极高的稳定性和可靠性,即使在恶劣的环境气候条件下也能保持出色的表现。其强大的抗静电和抗干扰能力,确保了预警信号的准确性和及时性。

3.2.4 广泛适用性

近电预警防护工作站可广泛应用于电力施工、道路建设、桥梁架设等多种场景,为不同领域的作业人员提供安全保障。其设计考虑了多种电压等级和作业环境的需求,具有较强的通用性和灵活性。

4 结语

基于激光探测和近电感应的预警技术是未来进行安全监测和预警的重要发展方向之一。这项技术的研究和应用为监测和预警高压近电状态提供了一种快速、准确地的新途径,对保障运维安全、系统稳定具有重要意义。激光探测和近电感应预警技术的应用和不断完善,将会推进预警技术领域的创新和技术革新、加强交叉领域的融合,进一步提升该

技术在实际应用中的成效。

参考文献:

[1] 孙明刚,杨仲吕,马雷.直流特高压带电线路近电安全感应预警监控系统设计[J].计算技术与自动化,2023,42(1):78-83.

[2] 博园罗.电力调度监控系统应用的策略及其报警系统设计[J].水电水利,2018,2(12):13-14.

[3] 陈岸,林洪栋,王乐,苏晓葵,郭栩文.大型机械临近电力设施作业智能管控装置[J],2023,42(4):60-63.

[4] 曹洁,祝菲菲.基于互相关函数的毫米波雷达测距算法研究[J].量子电子学报,2018,35(2):216-224.

[5] 闫宏伟,吴建辉,刘勋,刘伟,姬俊国.基于输电线路地理信息的车辆近电作业一体化提醒平台构建[J].自动化技术与应用,2020,39(8):56-60.

作者简介:李浩(1982—),男,汉族,山东济宁人,本科学历,职称正高级工程师,国网山东省电力公司超高压公司,研究方向为特高压直流。