

智能化技术变革对地下电缆探测技术发展的影响

贾晓刚

浙江图维科技股份有限公司, 浙江杭州, 311121;

摘要: 随着城市现代化建设的不断推进, 地下电缆作为电力传输的重要载体, 其规模和复杂性日益增加。传统的地下电缆探测技术在面对复杂的地下环境和多样化的电缆故障时, 逐渐暴露出诸多局限性。智能化技术的飞速发展对地下电缆探测技术的革新带来了新的机遇与挑战。文章深入探讨智能化技术变革对地下电缆探测技术发展的多方面影响。

关键词: 智能化技术; 地下电缆探测; 故障定位; 状态监测

DOI: 10.69979/3041-0673.25.06.001

引言

地下电缆承担着电力、通信等重要传输任务, 是城市基础设施的关键组成部分。然而, 地下电缆长期埋设于地下, 受到复杂地质条件、环境因素以及人为活动的影响, 容易出现故障, 且故障排查难度较大。随着人工智能、物联网、大数据等智能化技术的蓬勃发展, 地下电缆探测技术迎来了全新的发展契机。智能化技术能够有效提升电缆探测的准确性、及时性和智能化水平, 为保障地下电缆的安全稳定运行提供有力支持。

1 传统地下电缆探测技术存在的局限性

在复杂的城市环境中, 传统技术的信号易受干扰。城市中存在着大量的电磁干扰源, 如各类通信基站、变电站、高压线等, 这些都会对电磁感应法和地质雷达法的探测信号产生干扰。在电磁感应法中, 周围环境的杂散磁场可能会掩盖电缆产生的磁场信号, 导致探测结果出现偏差, 甚至无法准确探测到电缆的位置。地质雷达法也会受到周围金属物体、地下水等因素的影响, 使得反射信号变得复杂, 难以准确识别电缆的反射信号, 从而影响探测精度。在一些老旧城区, 地下管道、线缆错综复杂, 金属构件众多, 这些都会对地质雷达的探测造成严重干扰, 使得探测结果的可靠性大打折扣。

传统技术在探测精度方面也存在不足。直流电压降法虽然原理简单, 但在实际测量中, 由于电缆本身的电阻不均匀、接触电阻以及测量误差等因素的影响, 很难精确地确定电缆的位置和长度, 其测量误差往往较大。电磁感应法虽然能够快速定位电缆, 但对于电缆的精确深度和细微走向变化的探测能力有限, 在一些对精度要求较高的工程中, 如地铁建设、城市地下综合管廊施工

等, 难以满足需求。地质雷达法虽然具有较高的精度, 但在复杂地质条件下, 如地下介质的介电常数差异不明显时, 也会出现探测误差, 导致对电缆位置的判断不准确。

传统探测技术在电缆探测领域效率相对低下, 尤其是在进行大面积探测时, 耗费大量人力与时间。以声学测井法为例, 针对长距离地下电缆的探测, 需在不同位置注入气体或液体, 并逐点测量声波信号, 过程繁琐冗长。此外, 传统技术多依赖人工进行数据采集与分析, 数据处理速度迟缓, 难以为工程施工提供及时准确的信息支持。在紧急情况下, 更难以迅速响应, 有效解决电缆探测与故障排查问题, 从而影响了整体工程效率与安全性。

2 智能化技术中地下电缆探测技术的革新

2.1 智能算法优化探测精度

在地下电缆探测领域, 机器学习和深度学习算法正逐渐崭露头角, 为提高探测精度带来了新的突破。机器学习算法通过对大量历史探测数据的学习, 能够自动提取数据中的特征和模式, 从而对新的探测数据进行准确的分析和预测。以支持向量机(SVM)算法为例, 它可以 将电缆探测数据映射到高维空间中, 寻找一个最优的分类超平面, 将正常电缆状态和故障状态的数据进行准确分类。在实际应用中, 通过收集不同类型电缆故障的特征数据, 如电阻、电容、电磁信号等参数, 使用SVM算法进行训练, 构建故障分类模型。当新的探测数据输入时, 模型能够快速判断电缆是否存在故障, 并初步确定故障类型, 大大提高了故障诊断的准确性和效率(见图1)。

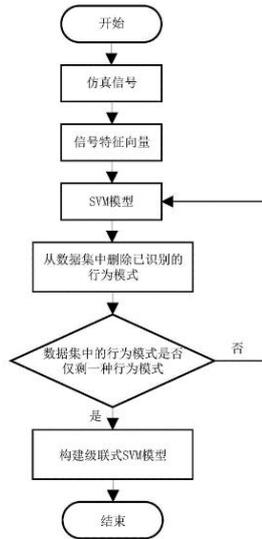


图 1 持向量机 (SVM) 算法

深度学习算法则具有更强的特征学习和表达能力，能够自动从海量数据中学习复杂的模式和特征。在电缆故障定位中，卷积神经网络 (CNN) 被广泛应用。CNN 通过卷积层、池化层和全连接层等结构，对电缆探测图像或信号数据进行逐层特征提取和抽象，从而实现故障位置的精准定位。在利用地质雷达获取地下电缆的探测图像后，将图像输入到预先训练好的 CNN 模型中，模型可以自动识别图像中的电缆位置、形状以及可能存在的故障区域，定位精度相比传统方法有了显著提升。

一些新兴的智能算法也在不断涌现，为地下电缆探测精度的提升提供了更多的可能性。如强化学习算法，它通过让智能体在与环境的交互中不断学习和优化策略，以达到最优的探测效果。在复杂的地下环境中，强化学习算法可以根据实时的探测数据和环境反馈，动态调整探测策略，提高对电缆位置和状态的判断准确性。

2.2 物联网实现实时监测与远程管理

物联网技术的兴起，为地下电缆的实时监测与远程管理开辟了新的途径。通过将各类传感器与物联网相结合，可以实现对地下电缆运行数据的实时采集、传输和分析，从而及时发现电缆的潜在故障，实现远程监控和故障预警。在地下电缆的关键位置，如电缆接头、分支点及变电站连接点等，我们安装了多种传感器以实时监测电缆的运行状态。具体而言，温度传感器用于监控电缆的温度变化，一旦温度超出正常范围，可能意味着电缆存在过载或接触不良等故障。湿度传感器则负责检测电缆周围环境的湿度，因为过高的湿度可能削弱电缆的绝缘性能，进而引发故障。局放传感器能够捕捉到电

缆内部的局部放电现象，这是电缆绝缘老化和故障的重要预示。同时，振动传感器能够感知电缆因外力或自身故障而产生的振动，从而及时发现并处理可能的异常情况，确保电缆的安全稳定运行。

这些传感器采集到的数据，通过物联网技术，以无线或有线的方式传输到数据中心或监控平台。在监控平台上，工作人员可以实时查看电缆的运行数据，直观地了解电缆的工作状态。同时，利用数据分析算法对采集到的数据进行实时分析，一旦发现数据异常，系统会立即发出警报，通知相关人员进行处理。当温度传感器检测到电缆温度持续上升并超过设定的阈值时，监控平台会自动发出高温预警，提示运维人员及时排查故障原因，采取相应的降温措施，避免电缆因过热而损坏。

物联网技术还实现了对地下电缆的远程管理。运维人员可以通过监控平台远程对电缆相关设备进行控制和操作，如远程开关控制、参数调整等。在一些偏远地区或难以到达的区域，远程管理功能可以大大提高运维效率，减少人力成本。通过远程控制，可以实现对电缆线路的远程切换，在不影响用户用电的情况下，对故障电缆进行隔离和维修，提高了电力供应的可靠性和稳定性。物联网技术的应用，使地下电缆的监测和管理更加智能化、高效化，为保障地下电缆的安全运行提供了有力的支持。

2.3 大数据挖掘潜在价值

大数据技术在地下电缆探测领域的应用，为挖掘电缆运行数据的潜在价值提供了强大的工具和手段。通过对海量的电缆历史数据进行深入分析，能够发现其中隐藏的规律和趋势，为电缆的故障预测、寿命评估等提供科学依据。在电缆故障预测方面，大数据技术可以整合电缆的运行数据、环境数据、维护记录等多源信息，运用数据挖掘和机器学习算法，建立故障预测模型。通过对历史故障数据的分析，找出与故障发生相关的关键因素，如温度、湿度、负载电流、运行时间等，构建这些因素与故障发生概率之间的关系模型。当实时监测数据与模型中的故障特征相匹配时，系统可以预测电缆可能发生故障的时间和类型，提前发出预警，为运维人员安排检修和维护工作提供充足的时间，避免故障的发生和扩大。

在电缆寿命评估方面，大数据技术同样发挥着重要作用。电缆的寿命受到多种因素的影响，如材料老化、环境因素、电气应力等。通过收集和分析大量电缆的运

行数据和相关信息,利用大数据分析方法,可以建立电缆寿命评估模型,准确评估电缆的剩余寿命。通过对不同型号、不同使用年限的电缆进行长期监测,获取其在不同运行条件下的性能参数变化数据,结合材料特性和环境因素等信息,运用数据建模技术,建立电缆寿命与各影响因素之间的定量关系模型。根据实时监测数据,代入模型中即可计算出电缆的剩余寿命,为电缆的更换和升级提供科学依据,避免因电缆超期服役而引发安全事故。大数据技术的应用,使地下电缆的管理更加科学、精准,提高了电缆的运行可靠性和使用寿命,降低了运维成本。

2.4 智能机器人的新探测模式



图2 “巡脉电龙”智能巡检机器人

智能巡检机器人具备自主导航功能,能够在复杂的地下环境中准确地规划路径,实现自主巡检。它们通常配备了激光雷达、视觉传感器、超声波传感器等多种传感器,通过这些传感器获取周围环境的信息,利用SLAM(同步定位与地图构建)技术构建环境地图,并根据地图进行实时路径规划。在遇到电缆接头、障碍物或其他复杂情况时,机器人能够自动调整姿态和路径,确保巡检工作的顺利进行。这不仅提高了检测效率,还减少了对人工操作的依赖,降低了人为因素带来的风险。

在检测能力方面,智能巡检机器人搭载了多种先进的检测设备,能够实现对电缆的多参数检测。它们可以利用红外热成像仪检测电缆的温度分布,及时发现因过载、接触不良等原因导致的局部过热问题;通过高清摄像头对电缆的外观进行拍摄,识别电缆表面的破损、老化等缺陷;还可以配备气体传感器,检测电缆周围环境中的有害气体浓度,保障运维人员的安全。而且,智能巡检机器人的检测速度快、精度高,能够在短时间内完成对大量电缆的检测工作。

3 结语

智能化技术变革为地下电缆探测技术的发展带来

智能巡检机器人的出现,为地下电缆探测开辟了一种全新的模式,有效解决了传统探测方法在一些复杂环境下的局限性。智能巡检机器人能够适应狭小空间、实现自主导航,并且具备高效检测的优势,成为地下电缆探测领域的新兴力量。在地下电缆隧道和电缆排管等狭小空间中,传统的人工检测和大型检测设备难以施展,而智能巡检机器人则能够轻松应对。如“巡脉电龙”智能巡检机器人采用了革命性的异形拓扑结构,机身宽度压缩至16厘米、高度仅7.8厘米,完美契合敷设电缆后排管内的月牙形剩余空间。这种机器人可以在狭窄的电缆通道中自由穿梭,到达人工难以到达的区域,对电缆进行全面检测,避免了检测盲区的存在(见图2)。

了革命性的影响。通过多种智能化技术的应用,有效解决了传统地下电缆探测技术面临的复杂环境干扰、故障类型多样、定位精度要求高等难题,显著提高了探测精度、实时监测能力、故障诊断效率,降低了运维成本。

参考文献

- [1]李彦阳,庞丹,田家龙,等.基于多维感知技术的电缆线路智能监测系统研究[J].科学与信息化,2021(8):3.
- [2]徐海宁.提升地下电缆信息可视化管理的研究[J].电气技术,2016(6):113-115,119.
- [3]赵法强,黄梁英,樊绍胜,等.配网电缆沟机器人巡检系统探究[J].今日自动化,2023(5):65-67.
- [4]杨彬彬,范海波,梁磊.基于大数据的地下电缆精益化管理关键技术研究与应用[J].电力大数据,2019(12):15-20.
- [5]李辉杰,刘悦春,赵紫鹤.城市电力电缆智能化运维系统研究[J].中国电力企业管理,2018(3):68-69.

作者简介:贾晓刚(1970.12—),男,汉族,浙江省杭州市人,本科,高级经济师,研究方向:电缆监测设备的设计开发。