

深度学习在石油管道智能远程监测 与故障诊断中的应用探索

景小强（东营市鑫景达石油机械有限责任公司，山东 东营 257500）

摘要：石油管道是我国能源体系的重要设施，不仅关系着能源市场的发展形势，对国内经济发展也有着决定性的影响，因此保证石油管道安全稳定地运行尤为重要。深度学习神经网络能够模拟人的大脑识别、思考、处理各种问题，在石油管道远程监测、故障诊断中有着无可媲美的优势。因此对深度学习在石油管道远程监测、故障诊断中的关键技术、功能模块进行系统地阐述分析，详细说明深度学习的实践案例和应用场景，为以后石油管道的远程监测和故障诊断提供了重要的方向指引。

关键词：深度学习；石油管道；故障诊断；应用探索

石油管道远程监测、故障诊断是一项非常重要的工作任务，对石油运输、社会稳定发展有着不可忽视的影响。因此将深度学习神经网络技术应用到石油管道远程监测、故障诊断中，具有重要的理论意义和实践价值。

1 问题的提出

最近几年，我国的石油管道建设快速发展，石油管道的总里程、覆盖范围不断扩大，目前已经形成“连通海外、覆盖全国”的管网布局。石油管道是运输石油的重要设施，对人民安居乐业、社会稳定发展有着不可忽视的影响。但是石油管道会受到油气腐蚀、自然灾害、人为破坏等诸多因素的影响，一旦石油管道遭到破坏，造成的财产损失是不可估量的，对人们的生命安全也造成了极大的威胁。因此利用深度学习神经网络，做好石油管道的远程监测和故障诊断尤为重要。

过去的石油管道巡检基本上都是人工顺着管线徒步巡检，具有巡检周期长、时间成本高、效率低等诸多缺陷。再加上石油管道需要经过河流、沟塘、洼地等各种复杂的地形，很多时候巡检人员难以到达，石油管道无法实现全面巡检，导致一些隐藏的故障和问题无法及时发现，影响了石油管道的安全稳定运行。将深度学习神经网络应用到石油管道远程监测、故障诊断中，能够彻底改变人工巡检的模式，全时段、不间断地监测石油管道的运行状况，及时发现石油管道中的缺陷与问题，第一时间发出预警信息，提醒相关人员及时赶赴现场，并做好相应的维修养护工作，为石油管道的正常运行提供坚实的保障。

2 深度学习的概念

深度学习是指模拟人脑进行数据处理、数据分析的神经网络，使得机器拥有类似于人的分析能力和学习能力。深度学习是机器学习的全新研究方向，主要目标是让机器模仿人的大脑识别和解释各种数据，诸如文字、图像和声音等等，最终达到人工智能技术自动化处理的目标。

深度学习能够构建多层神经网络，从大量的数据中提取有价值、有意义的数据，并进行分类、处理和预测分析。和传统的机器学习技术相比，深度学习可以处理更复杂、更细致的问题，在图像识别、语音识别、故障监测、自然语言处理中都有着明显的优势。

3 基于深度学习的石油管道远程监测与故障诊断模型设计

3.1 构建和训练深度学习模型

深度学习神经网络（Deep Learning Neural Network, DLNN）是一个拥有3个或3个以上隐含层的契机学习神经网络，能够对特征进行有效地提取和转换，进而实现机器自动学习、数据特征提取、样本分类、故障监测等多种功能。DLNN使用频率最高的方法有三种：分别是卷积神经网络（Convolutional Neural Network, CNN）、自动编码器（Auto Encoder, AE）、深度信念网络（Deep Belief Network, DBN）等等。其中卷积神经网络（CNN）通常用于图像、语音等数据识别，因此在石油管道远程监测、故障诊断中有着明显的优势。

深度学习神经网络模型在训练过程中通常需要大量的样本数据，对于石油管道远程监测、故障诊断来

说,可以使用历史数据、故障记录进行模型训练。假如有 m 个样本,每个样本含有 n 个时间点的运行数据及其对应的故障状态。给定输入 $x=[x_{1},x_{2},\dots,x_{n}]$,预测输出 y ,其中 x_{i} 是第 i 个时间点的运行数据, y 是对应的故障状态。

3.2 远程监测与故障诊断功能模块设计

3.2.1 无人机数据采集功能模块

该模块由无人机和地面站共同完成。无人机地面站控制无人机沿着石油管线飞行,无人机云台上配备了传感器、摄影设备,传感器可记录无人机的飞行姿态、位置坐标等(POS数据),摄影设备可录制石油管道沿线视频,获取石油管道周围的图像信息。无人机可以将POS数据及视频资料传回无人机地面站,为后期的数据汇总与处理奠定扎实的基础。

3.2.2 无人机数据接入模块

POS数据接入的主要媒介是阿里云打造的物联网平台,无人机地面站利用网络向虚拟设备上发布POS数据,利用服务器端订阅,把数据推送到NodeJS服务器上。NodeJS服务器收到POS数据后,传输到客户端,在网页上实时显示,然后将数据存储到数据库中进行集中管理。无人机地面站通过网络将视频资料发送到视频云直播服务器,进而发送到客户端,客户端输入直播地址就能实现视频动态播放。与此同时,视频直播云服务器可以把直播视频录制下来,传输到OSS中。

3.2.3 深度学习目标监测识别模块

基于深度学习的石油管道远程监测、故障诊断系统使用的是YOLOv4算法,能够对人员、车辆、房屋、地面洼陷进行精准有效地识别。关于YOLOv4算法的改进主要有两点:一个是使用Kmeans聚类算法重新计算先验框的大小,使其能够适合远程监测所用数据集;另一个是将CSPDarknet53特征提取网络中 $104*104$ 层输出层进行下采样,使其大小变成 $52*52$,与PANet层的 $52*52$ 层进行张量拼接,然后实施5次卷积,再进行下采样并输出到YOLO Head。这样一来就可以把 $104*104$ 层的特征和 $52*52$ 、 $26*26$ 、 $13*13$ 的特征融合到一起并实施动态监测,大大提升了石油管道细小目标的检测精度。

3.2.4 云平台模块

基于深度学习的石油管道远程监测、故障诊断系统使用阿里云的物联网平台,该平台为每一个无人机配备一个虚拟设备,生成三元组信息,创设一个拥有

发布权限的Topic。为了进一步提升无人机的集中管理水平,提高石油管道的故障诊断效率,物联网平台创建了一个集中数据的虚拟设备,并配备一个拥有订阅功能的Topic,所有和无人机有关的虚拟设备都需要把数据传输到这个虚拟设备当中,并统一传输到服务器当中。服务器通过订阅虚拟设备上的Topic,获取虚拟设备上的全部POS数据。

3.2.5 服务器模块

基于深度学习的石油管道远程监测和故障诊断系统使用Tomcat服务器作为Web服务器,使用Spring框架,SpringBoot内嵌Tomcat服务器,为后期部署提供方便。服务器通过配置文件和MySQL数据库连接,整合MyBatis Plus作为数据持久层框架,由于该系统已经封装部分crud方法,因此不需要设计SQL语句,简单调用以上程序就能完成数据库操作。该系统使用插件Mybatis Generator参考数据库中的数据智能化形成持久层代码,进而和数据库建立良好的数据交互通道。

4 基于深度学习的石油管道远程监测与故障诊断系统功能实现

4.1 基于深度学习的石油管道目标识别与监测

基于深度学习神经网络、卷积神经网络的石油管道远程监测和故障诊断系统,主要通过无人机沿着石油管线开展巡检工作,能够对管道周围异常情况进行实时识别、报警取证,通过移动网络实时传回云平台,利用大数据、人工智能进行数据分析,最终出具完善的检测报告。

无人机可以利用卷积神经网络、深度学习算法对石油管道进行目标识别检测,采用语义分割技术设立管道高风险区域电子围栏,精准识别目标物,动态显示目标物的种类和数量,一旦发现异常问题及时报警。

4.2 基于深度学习的石油管道故障诊断功能实现

①航线自主规划;基于深度学习的无人机巡检系统,可自主规划巡检路线,提升故障易发点巡检频率和精度,工作人员还可以对无人机巡检航线进行自由编辑,根据实际巡检需求增加或删除拍照点位。在移动网络覆盖下,工作人员可通过物联网对无人机实时操控,进而实现全地形覆盖。该系统还可以参考石油管道故障发生规律,实现多任务协同巡检,提升故障诊断的效率和精度。

②自动更换电池及吊舱。基于深度学习的无人机智能巡检系统拥有自动更换电池功能,一旦无人机检测到电池电量不足,能够自动拆卸电池,从换电到起

飞只需要三分钟,这一功能彻底解决了无人机飞行和远程监控中的能源问题,是无人机自动巡检工作中的重中之重。该系统能够根据远程监控、自动巡检作业要求,自主更换吊舱,有效避免由于工具故障而影响远程监控、故障诊断的效率。该系统配备了可见光吊舱和红外线热成像吊舱,拥有良好的昼夜监控能力,能够对石油管道及周边 5m 内异物占压、违章施工、重车碾压、管道渗油、非法偷油行为进行智能识别和实时报警,有效维护了石油管道的正常稳定运行。

5 深度学习在石油管道远程监测和故障诊断中的应用案例

5.1 深度学习在石油管道缺陷监测中的应用案例

随着深度学习神经网络的快速发展,该技术在石油管道缺陷监测中发挥着越来越重要的职能作用。该技术采用卷积神经网络(CNN)和迁移学习算法,对石油管道进行自动识别,精准快速地识别石油管道缺陷问题,具体包括擦伤、变形、开裂等等。在实际应用过程中,深度学习神经网络会使用无人机对石油管线进行巡航监测,获取全面可靠的图片、视频、声音等多种资料,并对这些数据进行去噪、增强、归一化处理,接下来使用卷积神经网络对图像进行特征提取,并与数据库中的故障特征、历史数据进行对比分析,一旦发现图像信息与故障特征相吻合,就会立即发出警报信息,提醒相关人员高度关注。

为了解决石油管道缺陷监测中数据不足的问题,还可以使用数据扩充、增强技术,对原始图像实施旋转、平移、缩放等操作,从而提升深度学习神经网络的训练数据量。据有关资料显示:基于深度学习的石油管道缺陷监测系统的准确率可达到 90.2% 以上,与传统检测方法相比提高了 10 个百分点,而且这种检测技术的效率更高,能够在短时间内对大量的石油管道完成监测工作。

5.2 深度学习在石油管道泄露诊断中的应用案例

泄露是石油管道运行中难以避免的故障问题,而过去的泄露检测方法主要依靠传感器和人工巡检,经常出现漏报、误报的现象。而基于深度学习的石油管道故障诊断系统能够有效提取石油管道的压力、温度、流量等各种数据,精准提取与管道泄露有关的特征信息,进而判断石油管道是否发生泄露。深度学习是一种机器学习的技术,可以通过卷积神经网络对数据进行抽象和学习,对石油管道图像进行模拟训练、智能检测,以此提升石油管道泄露诊断的准确性和鲁棒性。

AI 技术的引入进一步提升了石油管道远程监测、故障诊断的效率和精度,在保障石油管道正常运行、维护广大民众切身利益方面发挥着不可忽视的职能作用。

5.3 深度学习在石油管道腐蚀预测中的应用

腐蚀是导致石油管道损坏的主要因素之一,而且具有明显的隐蔽性特征。过去人们主要依靠物理化学检测的方法来判断石油管道是否发生腐蚀问题,不仅效率低下,而且很容易出现人为疏忽、漏报错报的问题。而基于深度学习的石油管道远程监测与故障诊断系统,可以分析石油管道表面的图像数据,精准预测石油管道腐蚀的程度,并给出全面可靠的石油管道腐蚀预测报告。例如中石油工程技术研究院有限公司综合使用深度学习、人工智能技术,创新设计了一套石油管道腐蚀监测系统,该系统根据 ER 电阻探针原理,配备了灵敏度超高的转换器和温度补偿电路,拥有分辨率高、诊断精准的优势特征,在多个石油管道故障诊断项目中都得到了广泛的普及与应用。该系统通过测量微电阻变化量,精准测得石油管道减薄量和腐蚀速率,为石油管道腐蚀问题修缮和预防提供了重要的数据支撑。

6 总结

将深度学习神经网络应用到石油管道远程监测、故障诊断中,能够大大提升监测效率、监测精度,为石油管道的安全运行提供强有力的技术保障。因此在以后的石油管道远程监测、故障诊断过程中,应该广泛普及深度学习技术,并与卷积神经网络、无人机技术、人工智能技术、AI 技术深度融合,打造一个科学先进的石油管道远程监测和故障诊断系统,精准提取石油管道的数据特征,有效识别石油管道中的缺陷、渗漏、腐蚀等问题,提醒相关人员高度重视,并采取合理有效的维修措施,为我国石油产业健康发展提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 仇龙. 深度学习在轧钢智能监测系统中的应用探索[J]. 冶金管理, 2023(20):57-60.
- [2] 姜海斌陈小华李霖张皓秦鹏. 基于深度学习的管线泄漏仿真与测试平台[J]. 天然气与石油, 2022, 40(5):10-16.

作者简介:

景小强(1975-),男,汉族,山东济南人,高级工程师,工程硕士,研究方向:石油检测——智能远程监测与诊断。