

建筑消防设备运行数据的智能分析与故障预警机制研究

程 刚

胜利油田应急救援中心（消防支队），山东 东营 257000

[摘要]随着城市化速度不断加快，建筑消防设备在运行时的安全性已然成为保障城市安全的关键环节。就建筑消防设备运行数据展开智能分析以及构建故障预警机制这两方面来讲，全面且细致地分析了设备运行数据所具有的特点，还设计出了依托物联网以及大数据技术而形成的智慧消防系统架构，还提出了运用深度学习和机器学习算法来开展智能分析的具体方法，同时构建起了具备多维度特性的故障预警模型以及相应的响应机制。借助数据清洗、特征提取还有异常检测等一系列技术手段，切实提升了对设备运行状态予以精准识别的能力。再结合动态阈值以及分级预警的相关策略，成功达成了对故障进行早期预警以及应急响应的目标，这对于推动传统消防设备管理朝着智能化的方向去转型有着重要作用，可有效提升建筑消防系统的整体安全保障程度，进而为智慧城市的建设给予技术层面的有力支撑。

[关键词]消防设备；运行数据；智能分析；故障预警

DOI: 10.33142/sca.v8i6.16834

中图分类号: TU976.5

文献标识码: A

Research on Intelligent Analysis and Fault Warning Mechanism of Operating Data of Building Fire Protection Equipment

CHENG Gang

Shengli Oilfield Emergency Rescue Center (Fire Brigade), Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization, the safety of building fire-fighting equipment during operation has become a key link in ensuring urban safety. In terms of intelligent analysis of operational data of building fire protection equipment and the construction of fault warning mechanisms, a comprehensive and detailed analysis of the characteristics of equipment operational data was conducted. A smart fire protection system architecture based on the Internet of Things and big data technology was also designed, and specific methods for intelligent analysis using deep learning and machine learning algorithms were proposed. At the same time, a multi-dimensional fault warning model and corresponding response mechanism were constructed. By utilizing a series of technical methods such as data cleaning, feature extraction, and anomaly detection, the ability to accurately identify the operating status of equipment has been effectively improved. By combining dynamic threshold and graded warning strategies, the goal of early warning and emergency response for faults has been successfully achieved. This plays an important role in promoting the transformation of traditional fire equipment management towards intelligence, effectively improving the overall safety guarantee of building fire protection systems, and providing strong technical support for the construction of smart cities.

Keywords: fire fighting equipment; operational data; intelligent analysis; fault warning

引言

建筑消防设备是火灾防控的基础，其稳定运行关系到人员生命财产安全，传统依靠人工巡检和定期维护，存在信息滞后、响应慢等问题，难以满足现代消防管理需求，随着物联网、大数据、人工智能技术发展，基于实时数据的智能分析和故障预警成为提高消防安全管理效率的关键，围绕智慧消防系统，结合消防设备数据特性，运用深度学习和机器学习方法，研究数据清洗、特征提取、异常检测和状态预测，构建一个能感知、分析、预警和响应的智能消防保障平台，有理论价值也有实际应用意义。

1 建筑消防设备与运行数据特性分析

建筑消防设备包含像火灾报警系统、自动喷水灭火系统、消防水泵以及排烟系统等诸多类型的设备。这些设备在运行过程中所产生的数据呈现出多样性、实时性以及复

杂性的特点。设备运行数据具体来讲包含了温度、压力、电流、电压以及故障报警信号等等内容，而且数据来源十分广泛，格式也各不相同。鉴于设备所处的运行环境较为复杂，所以数据当中存在着噪声、缺失的情况以及异常值，数据的时序特性是比较突出的，并且设备之间还存在着一定程度的关联性和依赖性。针对消防设备运行数据展开分析的时候，得充分去考量其多源异构、动态变化以及受到环境影响等诸多特点，精准地捕捉到设备的实际运行状态以及潜在存在的故障风险。与此消防设备运行数据有着较强的时效性，实时性分析以及快速响应已然成为了保障消防安全极为关键的因素。只有对设备运行数据的特性有了深入的理解，才能够为后续的数据处理工作、智能分析以及预警模型的构建筑牢坚实的基础，达成对设备状态的科学判断以及风险预测的目的。

2 智慧消防系统架构设计

2.1 智慧消防系统设计原则与目标

智慧消防系统的设计应当遵循系统化、智能化、实时性以及安全性等原则。该系统得有高度集成的感知能力,能全面采集各类消防设备的运行状态数据,达成对设备状态的实时监控与管理。并且,在系统设计时要着重于数据处理的智能化,运用先进的算法来实现数据的深度分析以及故障预测,以此提高预警的准确率以及响应的速度。从架构设计方面来讲,需要确保系统的稳定性和安全性,避免出现数据泄露以及系统遭受攻击等情况。最终的目标是要构建起一个高效、可靠且可扩展的智慧消防管理平台,实现对消防设备运行全生命周期的智能管理,推动消防安全防控水平获得较为明显的提升,进而为建筑安全给予稳固的保障。

2.2 系统总体架构(感知层、网络层、平台层、应用层)

智慧消防系统的总体架构涵盖了感知层、网络层、平台层以及应用层这四个不同的层次。感知层主要承担着采集各类消防设备运行数据的任务,其中所涉及的设备包含了温湿度传感器、烟感装置以及压力传感器等多种类型的传感器设备。网络层肩负着数据传输的重要职责,其会采用高速且稳定的无线或者有线网络技术,以此来保证数据可以及时地进行传递,并且确保通信具备较高的可靠性。平台层在系统当中属于核心部分,它负责对数据展开存储、处理以及智能分析等一系列操作,借助大数据技术以及云计算资源,能够实现对海量数据的高效管理以及智能挖掘的目的。应用层是面向用户的,它可提供数据可视化展示、报警信息推送以及设备运维管理等多种功能,进而达成智能化的消防管理服务效果。凭借这样层层递进的架构设计,该系统能够实现从数据采集一直到智能决策的完整闭环,从而有效提升整体消防管理的效能。

3 消防设备运行数据的智能分析方法

3.1 数据清洗与特征提取技术

建筑消防设备在运行过程中所产生的数据,往往会存在着诸多问题,像是数据出现缺失的情况、存在异常值以及有噪声等等,这些问题的存在,会直接对分析模型的准确性以及鲁棒性产生影响。所以,数据清洗便成为了智能分析工作开展的第一步,在这个环节当中,需要运用多种多样的技术来对数据展开预处理操作,具体而言,要涉及到缺失值的填补、针对异常值进行检测并将其剔除掉以及对噪声进行过滤等工作。通过数据清洗这一系列的操作,一方面能够提升数据的质量,另一方面也能够确保后续所开展的各项分析工作的有效性。特征提取这项工作是通过原始数据实施相应的转换与处理,从而从中提炼出能够体现出设备运行状态的那些关键特征参数。在这个过程中,会把时序特征、统计特征以及频域特征的提取相互结合起来,以此来深入地去挖掘数据当中所蕴含的内在规律。

合理的特征设计在整个智能分析效果的提升方面起着极为关键的作用,它能够为异常检测以及状态识别算法给予更具代表性的输入信息,如此一来,便能够让故障预警的准确性以及及时性都得以提升。

3.2 异常检测与状态识别算法研究

消防设备的异常检测以及状态识别构成了实现故障预警的根基所在。就设备在运行进程中有可能会出现异常状态而言,本文引入了多种多样的机器学习算法,并且把统计分析同模型训练相互结合起来,进而达成对异常行为予以精准识别的目标。借助历史运行数据所开展的建模工作,算法可以自动去发掘数据当中存在的异常模式,进而识别出潜在的故障征兆。与此设备状态识别算法凭借对传感器数据展开的实时分析操作,可对设备的运行健康状态做出判断,实现对多种不同状态的分类以及分级处理。这种方法一方面提升了故障检测所具备的敏感性,另一方面还使得误报率得以降低,从而为预警系统给予了可靠的数据方面的有力支撑。结合对实时数据流所进行的分析情况来讲,异常检测以及状态识别技术能够为设备维护事宜提供科学层面的依据,以此来确保消防设备能够安全且稳定地持续运行下去。

3.3 基于深度学习的运行状态预测模型

深度学习技术具有自动逐层学习数据深度特征,摆脱了传统学习技术对特征提取过程的依赖,能够更清晰地表达对象的深度特征。从本质来看,深度学习技术属于机器学习领域,在数据处理、数据挖掘和语言处理等各个领域中存在较为广泛的应用。深度学习技术包括多个典型模型,根据建筑消防电气设备故障智能预警需求,以模糊神经网络算法作为研究的应用算法,其是模糊理论同神经网络相结合的产物,它汇集了神经网络与模糊理论的优点,希望有助于缩短电气设备故障智能预警时间。模糊神经网络对于消防设备运行数据里所存在的噪声以及不确定性方面的问题,是能够予以有效处理的,如此一来便可以让模型的鲁棒性以及泛化能力得以提升。经过持续不断地开展训练以及实施优化操作,该模型可适应不同种类的设备以及处于复杂工况之下的故障特征情况,进而达成更为精准且能够实现实时性的运行状态预测效果,从而给智慧消防系统给予可靠的数据支撑以及预警方面的依据。

4 故障预警机制与响应体系设计

4.1 消防设备故障类型分类与预警需求分析

建筑消防设备存在多种故障类型,像传感器故障、控制系统出现异常、电源故障还有机械部件损坏等等。不同故障类型对应着不一样的安全风险以及处理需求,所以科学地对故障加以分类,能够助力构建具有针对性的预警策略。在分析预警需求的时候,要充分考量故障的发生频次、严重程度以及设备的重要程度,同时结合消防安全管理的目标,明确预警所需要的时效性与准确性要求。通过针对

故障类型及其特点展开系统分析,去设计契合实际应用需求的预警指标以及响应流程,以此为实现故障的提早发现与精准处置给予理论方面的支持,确保消防设备可以高效且可靠地运行。

4.2 故障预警模型构建与优化(LSTM、RF等)

故障预警模型乃是依靠对运行数据展开智能分析而形成的重中之重所在。在本文当中,运用了像长短期记忆网络也就是LSTM,还有随机森林即RF这类较为先进的算法来针对消防设备可能出现的故障加以预测。LSTM自身有着处理时间序列数据方面的优势,它可以很好地去捕捉设备运行数据里所存在的时序依赖关系,进而能够有效地对未来的状态变化做出预测。而随机森林则是凭借集成起多棵决策树这种方式,使得模型的稳定性以及抗噪声的能力都得到了提高,它比较适合用来处理那种多维特征的数据^[1]。在模型的训练过程当中,把数据增强以及交叉验证技术相结合起来,以此来对参数配置加以优化,从而进一步提升预测的准确程度。通过将多个模型进行融合并且相互之间作对比的方式,去构建起一个具有较强鲁棒性的故障预警系统,进而达成对复杂故障模式进行精准识别以及预测的目的,以此能有效地将故障响应的时间缩短,提升预警的工作效率。

4.3 多维预警指标体系设计与动态阈值设定

多维预警指标体系会整合设备运行过程中的多种关键参数,以此来构建起一个综合评价模型,进而全面且细致地反映出设备的实际健康状况。这套指标体系包含了温度、压力、电流波动以及报警频率等诸多方面的内容。通过对各个指标之间的权重加以合理分配,便能够实现针对设备运行风险的量化评估操作。动态阈值设定这项技术会结合设备所处的运行环境以及历史数据呈现出的变化趋势,来实时地对预警阈值做出调整,如此一来就能够有效避免因静态阈值而出现的误判以及漏判等问题^[2]。动态阈值具备较强的适应能力,它能够适应设备在不同季节、面临不同环境变化以及处于不同维护情况时的情形,从而使得预警的灵敏度以及准确度都得以提升。这种方法切实增强了预警机制的适应性与智能化水平,进而保证了预警信息具备科学性与及时性,为后续的故障响应给予了强有力的支撑。

4.4 预警分级响应机制与应急联动策略

该系统依据多维预警指标以及动态阈值来设计预警分级响应机制,把故障风险划分成不同等级,并且清楚界定各个等级的处理优先级以及响应举措。在低级预警方面,其主要注重监控与提示;而中级预警会触发维护方面的提

醒,高级预警则会启动应急处理的相关流程,以此确保风险能够得到及时有效的控制。预警机制同应急联动策略紧密结合起来,达成多部门、多系统之间的信息共享以及协同响应的目标。通过构建完善的联动流程以及责任分配机制,可提高突发故障处理的效率与效果,尽可能地降低消防安全事故发生的概率以及可能造成的损失。分级响应机制使得预警体系具备科学性与实用性,构建起消防安全管理的有力保障网络。

4.5 故障预警结果验证与模型评估

要使故障预警模型具备实用性并发挥有效作用,就必须对其预测结果展开系统的验证以及评估工作。具体而言,可以运用多种方式来达成这一目的,比如借助历史故障案例进行回溯分析,开展现场试验以及实施仿真测试等。通过对模型的各项性能指标加以剖析,包括其准确率、召回率、误报率还有响应时效等方面,从而实现全面且细致的了解。在对模型进行评估的时候,会采用多指标综合评价的方式,以此来保证模型能够在不同的应用场景里都保持稳定的性能,并且具备较强的泛化能力^[3]。与此还要充分参考实际应用过程中的反馈情况,持续地去调整模型的相关参数以及算法结构,进而对预警效果予以优化。经过不断地开展验证与评估活动,能够促使模型的可靠性得以提升,使其实战价值也得到增强,进而有力地保障智慧消防系统能够实现长期且稳定的运行状态,为建筑消防设备的安管理工作给予稳固的技术支撑。

5 结语

围绕建筑消防设备运行数据的智能分析与故障预警机制展开,基于物联网、大数据与人工智能技术,构建了智慧消防系统架构,提出了高效数据处理与智能分析方法,构建了多维动态故障预警模型及分级响应机制,显著提升了设备运行监测精度和预警及时性,有效增强了消防安全保障。未来,随着技术进步与应用推广,智慧消防将在城市安全管理中发挥更大作用,推动消防管理向智能化和科学化转型。

[参考文献]

- [1]潘伟伟.基于深度学习的建筑消防电气设备故障智能预警系统研究[J].中国新技术新产品,2023(10):143-145.
- [2]王建民.石油化工企业消防设备运行状态异常主动报警研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(22):113-115.
- [3]刘珠峰.云服务模式下建筑消防设施故障诊断系统研究[J].今日消防,2020,5(9):10-11.

作者简介:程刚(1981.9—),单位名称:胜利油田应急救援中心(消防支队),毕业学校:中国石油大学(华东)。