

25Hz相敏轨道电路智能运维技术应用与研究

袁仙鹏

浙江金温铁道开发有限公司 浙江 温州 325000

摘要：本文针对25Hz相敏轨道电路智能运维技术进行了深入研究与探讨。文章首先介绍了轨道电路的基本原理和传统运维方式面临的挑战，随后重点阐述了智能运维的关键技术，包括物联网、大数据分析和人工智能算法在轨道电路运维中的应用。文章详细描述了智能运维系统的整体架构、功能模块设计以及数据采集与传输方案。通过实际应用案例分析，展示了智能运维技术在故障预测、健康状态评估和维修决策支持方面的显著成效。最后探讨了智能运维技术的未来发展趋势，包括技术创新方向、标准化与规范化进程，以及智能运维系统在铁路信号领域的应用前景。研究表明，25Hz相敏轨道电路智能运维技术的应用将大幅提升铁路信号系统的可靠性和维护效率，为铁路运输安全提供有力保障。

关键词：轨道电路；智能运维；故障预测；大数据分析

引言：随着铁路运输的快速发展，信号系统作为保障铁路运营安全的关键基础设施，其可靠性和稳定性日益受到重视。25Hz相敏轨道电路作为铁路信号系统的重要组成部分，其性能直接影响列车运行安全和运输效率。然而，传统的轨道电路运维方式主要依赖定期检修和故障后维修，存在维护成本高、效率低、故障预测能力不足等问题。

近年来，随着物联网、大数据和人工智能等技术的快速发展，智能运维技术在工业领域得到了广泛应用。将智能运维技术引入轨道电路的管理和维护中，可以实现对设备状态的实时监控、故障的早期预警和预测性维护，从而大幅提高系统的可靠性和维护效率。本文旨在探讨轨道电路智能运维技术的研究与应用，以为铁路信号系统的智能化升级提供参考和借鉴。

1 轨道电路基本原理与运维现状

25Hz相敏轨道电路是一种基于相位比较原理的轨道电路系统，广泛应用铁路干线、城市轨道交通等信号控制领域。其工作原理是通过发送25Hz交流信号到轨道上，利用接收端对信号相位的检测来判断轨道区段的占用情况。当轨道上无列车占用时，轨道电路处于调整状态，受电端接收的信号经过轨道继电器等设备处理，使轨道继电器吸起，表示轨道空闲；当列车占用轨道时，车轮将轨道电路短路，受电端接收的信号减弱，轨道继电器落下，表示轨道被占用。该系统具有抗干扰能力强、传输距离远等优点，在铁路信号系统中发挥着重要作用。

然而，传统的25Hz相敏轨道电路运维方式面临着诸多挑战。首先，定期检修模式存在过度维护或维护不足的

问题，导致资源浪费或潜在安全隐患。其次，故障诊断主要依赖人工经验，效率低下且容易出错。再者，缺乏有效的故障预测手段，难以及时发现和预防潜在故障。此外，随着铁路网络的扩展和设备的老化，维护工作量不断增加，传统运维方式已难以满足现代铁路运输的需求。这些挑战促使我们探索更加智能化、高效化的运维方式，以提高25Hz相敏轨道电路的可靠性和维护效率^[1]。

2 轨道电路智能运维关键技术

轨道电路智能运维的关键技术主要包括物联网传感技术、大数据分析技术和人工智能算法故障诊断技术。物联网技术在轨道电路中的应用主要体现在设备状态的实时监测和数据采集上。通过在轨道电路关键节点部署传感器，可以实时收集电压、电流、相位等运行参数，并通过无线网络将数据传输到中央处理系统。这种实时监测能力为后续的数据分析和故障诊断提供了基础。

2.1 传感器技术

传感器是智能运维系统获取轨道电路运行状态信息的关键设备。在25Hz相敏轨道电路智能运维中，常用的传感器包括电流传感器、电压传感器、温度传感器、振动传感器等。电流传感器用于检测轨道电路中的电流大小，通过监测电流的变化可以判断轨道电路是否存在短路、断路等故障；电压传感器用于测量轨道电路的电压，确保电压在正常范围内，保证轨道电路的正常工作；温度传感器实时监测轨道电路设备的温度，防止设备因过热而损坏；振动传感器则可以检测设备的振动情况，当设备出现异常振动时，可能预示着设备内部存在松动、磨损等问题。这些传感器能够实时、准确地采集轨道电路的各种运行参数，为后续的数据处理和故障诊

断提供数据支持。

2.2 数据传输与处理技术

采集到的传感器数据需要通过可靠的数据传输网络传输到数据处理中心。目前,常用的数据传输方式包括有线传输和无线传输。有线传输主要采用光纤、电缆等,具有传输速度快、稳定性高的优点,但铺设成本较高;无线传输则利用 Wi-Fi、4G/5G 等无线通信技术,具有安装方便、灵活性强的特点,适用于一些布线困难的场合。在数据处理方面,采用大数据分析技术对海量的传感器数据进行处理和分析。通过建立数据模型,对轨道电路的运行状态进行实时监测和评估,可以识别设备的运行规律,发现异常模式,挖掘数据背后隐藏的规律和趋势,为故障预测和诊断提供依据。例如,利用机器学习算法对历史数据进行训练,建立故障预测模型,当实时监测的数据与模型预测结果出现偏差时,及时发出预警信号,通过分析轨道电路的历史故障数据,可以建立故障特征库,为后续的故障诊断提供参考。

2.3 故障诊断技术

人工智能算法在故障预测和诊断中的应用是智能运维的核心。机器学习算法,如支持向量机、随机森林和深度学习等,可以用于建立故障预测模型。这些模型能够根据实时监测数据,预测设备可能发生的故障类型和时间,从而实现预测性维护。故障诊断是智能运维技术的核心环节。轨道电路的故障类型繁多,包括电源故障、轨道电路短路、断路、绝缘不良等。智能运维系统采用多种故障诊断方法相结合的方式,提高故障诊断的准确性和效率。常见的故障诊断方法有基于规则的诊断方法、基于模型的诊断方法和基于人工智能的诊断方法。基于规则的诊断方法是根据专家经验和故障特征建立故障诊断规则库,当监测到的数据符合某个规则时,判断轨道电路发生相应的故障;基于模型的诊断方法则是建立轨道电路的数学模型,通过对模型的分析 and 计算来判断故障的发生和位置;基于人工智能的诊断方法,如神经网络、深度学习等,通过对大量故障样本数据的学习,自动提取故障特征,实现对故障的准确诊断。这些故障诊断方法相互补充,能够有效地提高故障诊断的可靠性和准确性。

3 轨道电路智能运维系统架构与实现

3.1 轨道电路智能运维系统的整体架构

25Hz相敏轨道电路智能运维系统的整体架构通常包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用层。

数据采集层又为感知层,是智能运维系统的基础,主要由各种传感器组成,负责采集轨道电路的运行状态

信息。由部署在轨道电路关键节点的各种传感器组成,负责实时采集设备运行数据。如轨道变压器、送受电端、轨道继电器等,实时监测电流、电压、温度、振动等参数,并将采集到的数据通过数据传输模块发送到网络层。

数据传输层采用有线或无线网络,负责将感知层采集到的数据传输到数据处理中心。它包括有线网络和无线网络,有线网络主要采用光纤以太网,用于连接距离较近的传感器节点和数据汇聚点;无线网络则利用 4G/5G 等移动通信技术,实现远距离的数据传输。网络层还包括数据传输协议和数据安全保障措施,确保数据在传输过程中的准确性、及时性和安全性。

数据处理层是智能运维系统的核心,主要负责对采集到的数据进行存储、处理和分析。它包括数据库管理系统、大数据处理平台和故障诊断模块。数据库管理系统用于存储传感器采集的原始数据和处理后的历史数据,为数据分析和故障诊断提供数据支持;大数据处理平台采用分布式计算技术,对海量的数据进行实时处理和分析,挖掘数据中的潜在信息和规律;故障诊断模块则利用前面提到的故障诊断技术,对轨道电路的运行状态进行实时监测和故障诊断,当发现故障时,及时发出预警信号,并提供故障处理建议。

应用层是智能运维系统与用户交互的界面,主要包括运维管理平台和移动客户端。运维管理平台为铁路运维人员提供一个集中管理和监控的平台,通过该平台,运维人员可以实时查看轨道电路的运行状态、故障信息、历史数据等,并进行远程控制和操作。移动客户端则方便运维人员在现场进行设备巡检和故障处理,通过手机或平板电脑等移动设备,运维人员可以随时随地接收故障预警信息,查看设备运行参数,进行故障诊断和处理。

3.2 轨道电路智能运维系统的实现

系统功能模块设计是智能运维系统实现的关键。主要功能模块包括数据采集模块、数据存储与管理模块、数据分析模块、故障预测与诊断模块、维修决策支持模块等。数据采集模块负责从传感器获取实时数据;数据存储与管理模块用于存储和管理海量数据;数据分析模块利用大数据技术对数据进行分析;故障预测与诊断模块基于人工智能算法实现故障预测和诊断;维修决策支持模块则为维护人员提供维修建议和决策支持。

数据采集与传输方案的设计需要考虑实时性、可靠性和经济性。通常采用分布式数据采集方案,在轨道电路的关键节点部署智能传感器。这些传感器不仅能够采

集数据,还具备一定的数据处理能力,可以进行初步的数据过滤和压缩。数据传输方案可以采用有线与无线相结合的方式,在条件允许的区域使用光纤通信,在难以布线的区域使用无线通信技术,如LTE或5G网络。为了保证数据传输的可靠性,还需要设计冗余通信链路和故障切换机制。

4 轨道电路智能运维技术应用案例分析

4.1 案例背景

某城市轨道交通线路采用25Hz相敏轨道电路作为列车占用检测和信号传输设备。随着线路运营时间的增长,传统的人工巡检和定期维护方式逐渐暴露出问题,如故障发现不及时、维护效率低等,严重影响了线路的正常运营。为了提高轨道电路的运维水平,保障线路的安全可靠运行,该轨道交通公司引入了25Hz相敏轨道电路智能运维技术。

4.2 实施过程

首先,在轨道电路的关键部位安装了各种传感器,包括电流传感器、电压传感器、温度传感器等,实现对轨道电路运行状态的实时监测。然后,搭建了数据传输网络,将传感器采集到的数据通过有线和无线相结合的方式传输到数据处理中心。在数据处理中心,部署了大数据处理平台和故障诊断系统,对采集到的数据进行实时分析和处理。最后,开发了运维管理平台和移动客户端,为运维人员提供便捷的管理和操作界面。

4.3 应用效果

通过应用25Hz相敏轨道电路智能运维技术,该轨道交通线路取得了显著的效果。一方面,故障发现的及时性得到了极大提高,智能运维系统能够实时监测轨道电路的运行状态,当出现故障时,能够在第一时间发出预警信号,通知运维人员进行处理,有效减少了故障对运营的影响。另一方面,维护效率大幅提升,运维人员可以通过运维管理平台和移动客户端远程查看设备运行参数,进行故障诊断和处理,减少了现场巡检的工作量,提高了维护工作的针对性和效率。

5 轨道电路智能运维技术未来发展趋势

5.1 与人工智能技术的深度融合

随着人工智能技术的不断发展,未来25Hz相敏轨道电路智能运维技术将与人工智能技术进行更深度的融合。人工智能技术将能够更加准确地对轨道电路的运行

状态进行预测和诊断,实现故障的自动识别和处理。例如,利用深度学习算法对大量的故障数据进行学习,建立更加精确的故障预测模型,提前预测设备故障的发生,并自动生成最优的维修方案,实现智能化运维^[2]。

5.2 物联网技术的广泛应用

物联网技术将使25Hz相敏轨道电路的各个设备之间实现互联互通,形成一个庞大的物联网系统。通过物联网技术,不仅可以实现对轨道电路设备的实时监测和控制,还可以将轨道电路与列车运行控制系统、调度系统等其他铁路相关系统进行深度融合,实现信息共享和协同工作。

5.3 智能化运维平台的不断完善

未来,25Hz相敏轨道电路智能化运维平台将不断完善,功能将更加丰富和强大。除了现有的故障诊断、设备管理、数据分析等功能外,还将增加设备全生命周期管理、运维成本分析、风险评估等功能。通过智能化运维平台,铁路运维部门可以对轨道电路设备进行全方位、全生命周期的管理,优化运维策略,降低运维成本,提高铁路运输的经济效益和社会效益^[3]。

结束语

轨道电路智能运维技术的研究与应用为铁路信号系统的维护带来了革命性的变化。通过物联网、大数据和人工智能等技术的融合应用,实现了对轨道电路状态的实时监控、故障的早期预警和预测性维护。随着技术的不断进步和标准化进程的推进,25Hz相敏轨道电路智能运维技术将在铁路信号领域发挥更加重要的作用。它不仅能够提高单个设备的维护效率,还将推动整个铁路信号系统向智能化、自动化方向发展。然而,智能运维技术的广泛应用仍面临一些挑战,如数据安全、算法可靠性等问题,需要进一步研究和解决。总的来说,轨道电路智能运维技术的应用前景广阔,将为铁路运输的安全和效率带来显著提升。

参考文献

- [1]张明远,李华东.铁路信号智能运维系统设计与实现[J].铁道通信信号,2022,58(3):1-7.
- [2]孙文杰.人工智能在铁路信号设备维护中的应用与展望[J].铁路技术创新,2023,2(1):45-52.
- [3]陈光明.铁路信号系统智能运维技术发展趋势分析[J].铁路计算机应用,2023,32(2):1-6.