

AI技术在地铁供电运维管理与决策支持中的应用

洪迪海

宁波轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 宁波 315200

摘要：随着城市轨道交通系统的快速发展，地铁供电系统的运维管理与决策支持面临着前所未有的挑战。传统的运维方式不仅效率低下，而且难以应对日益复杂的供电系统。本文探讨了AI技术在地铁供电运维管理与决策支持中的应用，分析了其优势、实施策略及实际案例，旨在为地铁供电系统的智能化管理提供理论参考和实践指导。

关键词：AI技术；地铁供电；运维管理；决策支持；智能化

引言

近年来，随着城市化进程的加速和交通需求的不断增长，城市轨道交通以其快速、便捷的特点成为城市居民日常出行的首选方式。然而，地铁供电系统的运维管理与决策支持却面临着诸多挑战，如设备老化、故障频发、运维效率低下等。AI技术的快速发展为地铁供电系统的智能化管理提供了新的解决方案。

1 AI技术在地铁供电运维管理中的应用

随着城市化进程的加快，地铁作为现代城市的重要交通工具，其供电系统的稳定性和可靠性显得尤为重要。地铁供电系统不仅关乎地铁的正常运营，还直接影响到乘客的出行安全和舒适度。然而，地铁供电系统结构复杂，设备众多，运维管理难度较大。传统的人工巡检、故障诊断、负荷预测和运维管理方式已难以满足现代地铁供电系统的需求。随着人工智能（AI）技术的快速发展，其在地铁供电运维管理中的应用日益广泛，为地铁供电系统的智能化、高效化管理提供了有力支持。

1.1 智能巡检

传统的人工巡检方式存在诸多弊端，如效率低下、难以发现隐蔽故障等。巡检人员需要逐一检查设备，不仅耗时耗力，而且容易受主观因素影响，漏检或误检的情况时有发生。AI技术的应用为地铁供电系统的智能巡检提供了全新解决方案。通过部署无人机、机器人等设备，并搭载先进的AI算法，可以实现对地铁供电线路、变电站等设备的自动巡检。无人机具有机动性强、覆盖面广的优势，能够快速穿越复杂地形，对地铁供电线路进行全方位、立体式的巡查。机器人则可以在变电站等封闭环境内自主导航，对设备进行精细检查。这些智能设备能够实时采集设备运行参数，如温度、湿度、电压、电流等，并通过AI算法进行分析处理。AI算法能够识别设备正常运行状态下的参数范围，一旦检测到异常数据，即可立即发出警报，提醒运维人员及时处理。例

如，天津地铁采用的AI高点视频监控技术，通过独特的AI识别与防破坏模型，实现了对地铁外线电缆的实时、全方位监控。该技术能够准确识别电缆外皮破损、接头过热等潜在故障，告警识别准确率高达98%以上，大大提高了巡检的准确性和效率。

1.2 故障诊断

地铁供电系统结构复杂，故障类型多样，包括电缆故障、变压器故障、开关设备故障等。传统的故障诊断方式往往依赖于人工经验和专家知识，但这种方式效率低下且准确性不高。特别是在故障初期，症状不明显时，很难准确判断故障类型和位置。AI技术通过分析历史数据和实时数据，能够快速识别设备故障类型和位置。人工神经网络（ANN）是其中一种常用的AI技术，它通过模仿人的神经系统，能够快速对电力系统进行监控和评估。ANN能够学习并记忆设备在正常和故障状态下的运行特征，一旦检测到异常运行特征，即可迅速判断故障类型，并探测故障距离和情况^[1]。此外，遗传算法（GA）在解决故障诊断问题时也表现出色。GA是一种基于自然选择和遗传机制的优化算法，它能够从全局优化的角度出发，搜索问题的最优解。在故障诊断中，GA可以通过对故障特征进行编码，利用遗传操作（如选择、交叉、变异）不断优化故障特征组合，直到找到最优的诊断结果。这种方法不仅准确性高，而且具有很强的鲁棒性，能够适应不同故障类型和复杂环境。

1.3 负荷预测

准确的负荷预测对于地铁供电系统的优化调度和能源管理至关重要。传统负荷预测方法主要基于历史用电数据和统计模型，但难以准确反映未来用电负荷的动态变化。AI技术通过分析历史用电数据、天气数据、节假日信息等多种因素，能够更准确地预测未来用电负荷。深度学习（DL）是AI技术中的一种重要方法，它在负荷预测中表现出色。DL通过构建深层神经网络，能够自动

提取用电数据中的高层特征,并学习这些特征与未来用电负荷之间的复杂关系。通过训练大量历史用电数据,DL模型能够准确预测未来一段时间内的用电负荷变化,为电力公司的发电计划和电网调度提供有力支持。通过负荷预测,电力公司可以优化发电计划,合理安排机组出力,提高电网运行效率。同时,还可以根据负荷预测结果制定节能减排措施,降低运营成本,实现绿色可持续发展。

1.4 运维优化

AI技术还可以对地铁供电系统的运维过程进行优化。通过对设备运行数据的实时监测与分析,AI技术能够精准预测设备故障,提前制定维护计划,减少设备故障对运营的影响。例如,基于AI的预测性维护技术能够通过设备运行数据的深度学习,建立设备故障预测模型。一旦模型检测到设备运行状态异常,即可提前发出维护通知,提醒运维人员进行检查和维修^[2]。此外,AI技术还可以对运维资源进行合理分配。地铁供电系统设备众多,运维任务繁重,如何合理分配运维资源是一个重要问题。AI技术可以通过分析设备运行数据、故障历史记录等信息,评估设备的重要性和故障风险,从而制定合理的运维计划。对于重要且故障风险较高的设备,可以安排更多的运维资源和人员进行检查和维护;对于次要且故障风险较低的设备,则可以适当减少运维资源和人员的投入。

2 AI技术在地铁供电决策支持中的应用

随着地铁系统的快速发展和复杂化,供电系统的决策支持变得尤为重要。地铁供电系统不仅关乎地铁的正常运营,还直接影响到城市的交通流畅度和乘客的出行体验。为了应对这一挑战,AI技术被广泛应用于地铁供电决策支持系统中,为决策者提供了全面、准确、及时的信息支持,极大地提高了决策的科学性和效率。

2.1 数据整合与分析

地铁供电系统涉及的数据种类繁多,包括设备运行数据(如电压、电流、温度等实时监测数据)、环境数据(如天气状况、温度湿度等)、历史故障数据(如故障类型、发生时间、处理过程等)。这些数据量大且复杂,传统的人工处理方法难以高效准确地提取有价值的信息。AI技术通过数据挖掘和机器学习算法,能够对这些海量数据进行整合和分析。数据挖掘技术可以从大量数据中提取出隐藏的、未知的、但潜在有用的信息和知识,如设备运行的异常模式、故障发生的先兆等。机器学习算法则可以通过对历史数据的学习,建立预测模型,对未来的设备运行状态、故障发生概率等进行预

测。例如,通过AI技术对设备运行数据的分析,可以发现设备在运行过程中的异常波动,及时预警潜在的故障,为设备的维护和维修提供科学依据。同时,通过对环境数据的分析,可以预测天气变化对地铁供电系统的影响,如高温天气可能导致设备过热,从而提前采取降温措施,确保系统的稳定运行。

2.2 决策模型构建

基于AI技术的决策支持系统可以构建各种决策模型,为决策者提供科学的决策依据。这些模型包括但不限于风险评估模型、成本效益分析模型、优化调度模型等。风险评估模型可以对地铁供电系统的运行风险进行评估,包括设备故障风险、供电中断风险等。通过输入相关的设备运行数据、历史故障数据等信息,模型可以输出风险的大小和可能的影响范围,为决策者提供风险预警和应对建议。成本效益分析模型在地铁供电系统的更新改造过程中发挥着重要作用。通过对不同改造方案的成本和效益进行分析和比较,模型可以帮助决策者选择经济效益和社会效益最优的方案。例如,在决定是否对某个地铁站的供电设备进行更新时,成本效益分析模型可以考虑设备更新后的节能效果、维护成本的降低、乘客满意度的提升等多方面因素,为决策者提供全面的决策支持^[3]。优化调度模型则可以根据地铁供电系统的实时运行状态和负荷需求,对供电资源进行优化调度。通过输入实时的设备运行数据、负荷预测数据等信息,模型可以输出最优的调度方案,确保供电系统的稳定运行和满足乘客的出行需求。

2.3 人机交互界面

AI技术还可以提供直观的人机交互界面,使决策者能够方便地获取信息和操作系统。人机交互界面是决策者与决策支持系统之间的桥梁,其设计的好坏直接影响到决策者的使用体验和决策效率。通过图形化展示技术,AI技术可以将复杂的决策信息和结果以图表、曲线等形式直观地展示出来。决策者可以通过观察这些图形化信息,快速了解系统的运行状态和决策结果,提高决策的效率。同时,人机交互界面还支持交互式操作。决策者可以通过输入相关的参数和条件,对决策模型进行调整和优化,以满足实际的决策需求。这种交互式操作方式使得决策者能够更加灵活地运用决策支持系统,提高决策的准确性和科学性。

3 实施策略与挑战

3.1 实施策略

为了有效推动AI技术在地铁供电系统中的应用,需要采取一系列具体的实施策略。首先,加强技术研发是

核心。应加大对AI技术的研发投入,鼓励科研机构和企业进行技术创新,不断突破关键技术,推动AI技术在地铁供电系统中的深度应用和创新。通过研发更高效的算法、更智能的设备,提升系统的自动化和智能化水平。其次,完善基础设施是关键。需要加强地铁供电系统的信息化建设,升级数据采集和传输设备,提高数据采集的准确性和传输的实时性。确保海量数据能够高效、准确地被收集和分析,为AI技术的应用提供坚实的基础。再者,人才培养与引进是保障。应注重培养和引进具备AI技术知识和地铁供电系统运维经验的人才,通过培训、交流等方式提升运维团队的专业素质和技术水平。打造一支高素质、专业化的运维团队,为AI技术的应用提供人才支持。最后,政策支持与引导是动力。政府应出台相关政策,鼓励和支持AI技术在地铁供电系统中的应用和推广,提供资金、税收等方面的优惠政策,为AI技术的发展创造良好的政策环境。

3.2 挑战与应对

在实施过程中,也面临着一系列挑战。数据安全与隐私保护是首要问题。在数据采集和传输过程中,必须加强数据安全和隐私保护措施,采用加密技术、访问控制等手段,防止数据泄露和滥用,确保数据的安全性和隐私性。技术融合与集成是另一大挑战。AI技术需要与现有地铁供电系统进行深度融合和集成,需要解决技术兼容性问题,实现AI技术与现有系统的协同工作和优势互补,提升系统的整体性能和效率^[4]。此外,运维模式的转变也是一项重要任务。随着AI技术的应用和推广,地铁供电系统的运维模式将发生深刻变革。需要加强对相关人员的培训和教育,帮助他们适应新的工作模式和要求,提高运维效率和质量。

4 案例分析:重庆市轨道交通(集团)有限公司城轨供电智能运维系统

重庆市轨道交通(集团)有限公司在轨道交通供电运维管理方面,积极引入前沿技术,成功实施了城轨供电智能运维系统,为轨道交通供电运维的智能化管理树立了典范。该系统采用了物联网、大数据、BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)及人工智能等先进技术,构

建了设备层、感知层、传输层、应用层和展示层五层结构。设备层负责供电系统的实际设备运行;感知层通过各类传感器实时采集设备数据;传输层确保数据的快速、准确传输;应用层对收集到的数据进行深度分析和处理,实现智能决策支持;展示层则以直观的方式展示系统运行状态和运维信息。这一智能化系统的实施,显著提升了轨道交通供电运维的管理效率。通过实时数据采集和分析,运维人员能够迅速掌握设备运行状态,及时发现并处理潜在问题,有效减少了故障发生的可能性。同时,系统还能够对供电系统进行全面监测,及时发现安全隐患,大大降低了安全风险。在故障应急抢修方面,该系统也表现出了强大的响应速度。一旦发生故障,系统能够迅速定位故障点,并提供准确的抢修方案,大大缩短了抢修时间,确保了轨道交通的正常运营。重庆市轨道交通(集团)有限公司的城轨供电智能运维系统,为轨道交通供电运维的智能化管理提供了有力支撑。

结语

AI技术在地铁供电运维管理与决策支持中的应用具有广阔的前景和巨大的潜力。通过智能巡检、故障诊断、负荷预测和运维优化等手段,AI技术可以显著提高地铁供电系统的运维效率和质量。同时,基于AI技术的决策支持系统可以为决策者提供全面的信息支持和科学的决策依据。未来,随着技术的不断发展和应用场景的不断拓展,AI技术将在地铁供电系统中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]邵国栋,朱双宝,范志鹏.地铁供电智能运维系统实践探讨[J].交通科技与管理,2023,4(24):23-25.
- [2]卢国仪.基于RFID的地铁供电设备智能运维系统设计[J].信息与电脑(理论版),2023,35(24):187-189.
- [3]林炳城,张俊强,余跃强.基于智能化系统优化地铁供电设备运维工作的研究[J].电气技术与经济,2023,(05):25-28.
- [4]谢伟.地铁供电智能运维系统实践解析[J].现代城市轨道交通,2022,(08):84-88.