

电气自动化技术在城市轨道交通中的应用

胡源文 任 家

深圳达实智能股份有限公司 广东 深圳 518000

摘要：文章探讨电气自动化技术在城市轨道交通中的多方面应用及其效果分析。通过提高运行效率、增强安全性和降低运营成本三大方面，电气自动化技术显著优化轨道交通系统的整体性能。自动化控制系统、智能调度与监控技术，以及先进的通信与传感技术共同作用于列车运行、安全管理及运营维护，实现轨道交通的智能化、高效化与可持续化发展。这些技术的应用不仅提升乘客的出行体验，也促进城市轨道交通行业的现代化转型。

关键词：自动化；轨道交通；控制技术

1 电气自动化技术的应用特点

电气自动化技术，作为现代工业发展的核心驱动力之一，其应用特点广泛而深远，不仅深刻改变了生产模式，还极大地提升了生产效率、可靠性和智能化水平。第一、随着微处理器、PLC（可编程逻辑控制器）、DCS（分布式控制系统）等核心技术的发展，电气自动化系统实现了高度的集成化设计。各功能模块如控制、监测、保护、通信等被有效整合，形成了结构紧凑、功能强大的控制系统。这种模块化设计不仅便于系统的扩展与升级，还提高了系统的灵活性和可维护性。

第二、智能算法、专家系统、神经网络等人工智能技术的融入，使得电气自动化系统能够自我学习、自我优化，并根据实时数据调整控制策略，实现更加精准的控制和预测。这种智能化特性提高系统的适应性和响应速度，有效应对复杂多变的生产环境。第三、通过工业互联网、物联网等技术，电气自动化系统实现对生产过程的远程监控和集中管理。企业可以实时获取生产数据，进行数据分析与决策支持，同时远程操控设备，减少对现场人员的依赖，提高管理效率和安全性。第四、电气自动化技术通过精确控制生产过程中的能耗，如优化电机调速、调整照明亮度等，实现能源的合理利用和节能减排。在环保领域，自动化技术也被广泛应用于废水处理、废气排放监测等环保设施中，助力企业实现绿色生产^[1]。第五、电气自动化系统采用冗余设计、故障诊断与预警机制等先进技术，确保系统的稳定运行和高可靠性。通过严格的权限管理和数据加密措施，保障生产数据的安全性和系统的网络安全，防止非法入侵和信息泄露。第六、电气自动化技术不再局限于单一领域，而是与机械制造、材料科学、信息技术等多个领域深度融合，推动了智能制造、智慧城市、新能源汽车等新兴产业的快速发展。这种跨领域融合不仅拓宽了电气自动化

技术的应用范围，也为技术创新提供了无限可能。

2 城市轨道交通中电气自动化技术的需求

在城市轨道交通领域，电气自动化技术的需求日益增长，成为推动轨道交通系统安全、高效、智能化运行的关键因素。首先，列车自动控制系统（ATC）是城市轨道交通中电气自动化技术的核心需求之一。ATC系统集成了列车自动防护（ATP）、列车自动驾驶（ATO）和列车自动监控（ATS）三大子系统，通过高精度的传感器、先进的控制算法和实时的通信网络，实现对列车运行状态的全面监控和精确控制。这不仅确保了列车运行的安全性和准时性，还提高了轨道交通系统的整体运营效率。其次，电力监控系统（SCADA）对于城市轨道交通的电气自动化同样至关重要。SCADA系统能够实时监测和记录供电系统的各项参数，如电压、电流、功率因数等，并通过图形界面展示给运营管理人员。一旦检测到异常情况，系统能够迅速发出警报并采取相应的保护措施，有效防止电力故障对轨道交通运营的影响。SCADA系统还能实现电力设备的远程操控和故障诊断，提高运维效率和响应速度。环境控制与乘客信息系统也是城市轨道交通中电气自动化技术的重要应用领域，环境控制系统通过自动调节车站和列车内的温度、湿度、空气质量等参数，为乘客提供舒适的乘车环境。而乘客信息系统则利用显示屏、广播等多种方式，实时发布列车到站信息、安全提示等内容，提升了乘客的出行体验和满意度。这些系统的智能化和自动化水平直接关系到轨道交通服务的质量和形象。随着城市轨道交通网络的不断扩展和复杂化，综合监控系统（ISCS）的需求也日益凸显，ISCS系统能够整合轨道交通各个子系统的信息，实现跨系统的信息共享和协同工作。

3 电气自动化在城市轨道交通中的具体应用

3.1 自动驾驶技术

电气自动化技术在城市轨道交通中的具体应用之一，便是自动驾驶技术，这一技术的引入极大地推动了轨道交通的智能化与高效化进程。自动驾驶系统首先通过轨道旁的信号设备、无线通信网络以及列车上的传感器，实时获取线路状态、前方障碍物、相邻列车位置等关键信息。这些信息随后被传输至列车中央控制单元（CCU），经过复杂的算法处理，生成最优的驾驶策略。接着，控制单元将指令发送给列车牵引系统、制动系统等执行机构，实现列车的自动加减速和精确停车。在自动驾驶模式下，列车能够自动调整与前方列车的间距，保持安全距离，避免追尾等事故的发生。通过精确的停车控制，减少车门与站台屏蔽门之间的对齐误差，提高乘客上下车的便利性和安全性^[2]。

3.2 交通调度运用

电气自动化技术在城市轨道交通中的具体应用之一，便是交通调度运用，这一领域的应用极大地提升了轨道交通系统的运营效率、安全性和响应速度。第一、信号系统的自动化控制；信号系统是城市轨道交通交通调度的核心组成部分，电气自动化技术通过先进的控制算法和通信技术，实现了信号系统的自动化控制。这包括：ATS系统负责实时监控列车运行状态，包括列车位置、速度、方向等关键信息。通过自动化控制，ATS系统能够自动调整列车运行间隔，优化列车运行图，确保列车按照预定时刻表准点运行。同时，ATS系统还能在发生异常情况时，迅速启动应急预案，确保列车运行安全。ATP系统通过检测列车间的距离和速度，自动计算并下达制动指令，防止列车追尾或超速运行。电气自动化技术的应用，使得ATP系统能够实现高精度的距离测量和速度控制，确保列车运行的安全性和可靠性。第二、列车运行的自动化调度；电气自动化技术还应用于列车运行的自动化调度中，通过集成化的调度系统，实现对列车运行的全面管理和优化。智能调度系统能够根据实时客流数据、列车运行状态和线路状况，自动调整列车运行计划。通过优化列车发车间隔、停靠站点和行驶速度，智能调度系统能够提升轨道交通系统的整体运营效率和服务水平。调度中心通过电气自动化技术，可以实时向列车发送调度指令，包括发车、停车、变更行驶路线等。列车接收到指令后，能够自动执行相应操作，无需人工干预，从而提高了调度效率和准确性。第三、故障检测与应急处理；电气自动化技术在交通调度中的运用，还体现在故障检测与应急处理方面。通过集成化的监控系统 and 智能诊断技术，系统能够实时监测轨道交通设备的运行状态，及时发现并处理潜在故障。一旦出现故障，

系统能够迅速启动应急预案，包括调整列车运行计划、启动备用设备等措施，确保轨道交通系统的正常运行和乘客安全。

3.3 通信技术应用

通过高速、可靠的通信网络，电气自动化系统能够实时收集列车运行状态、乘客流量、环境参数等关键数据，并将这些信息迅速传输至控制中心。控制中心则利用先进的处理技术和算法，对这些数据进行深度分析，从而实现对轨道交通系统的全面监控与精准调度。具体来说，通信技术的应用使得列车与地面控制系统之间能够实现无缝对接。列车通过车载通信设备，将实时位置、速度、故障状态等信息上传至控制中心，控制中心则根据这些信息，向列车发送控制指令，如调整速度、变更行驶路线等。这种双向的实时通信，确保了列车运行的安全性和准点率。通信技术还促进了轨道交通系统内部各子系统之间的信息共享与协同工作。例如，电力监控系统、环境控制系统、乘客信息系统等子系统，通过统一的通信协议和接口，实现了数据的互联互通。

3.4 监控隧道与城市轨道交通站的通风系统

在隧道中，电气自动化技术能够监测空气质量、温度、湿度等关键参数，并根据预设的标准或实时数据变化，自动调整通风设备的运行状态。系统还能根据季节变化或特定时间段的需求，自动调整通风模式，实现节能减排。在城市轨道交通站内，电气自动化技术同样发挥着重要作用。通过部署在站内的传感器网络，系统能够实时监测站内的空气质量、温度分布和人员流动情况^[3]。基于这些数据，系统可以智能地控制空调、新风机组等通风设备的运行，确保站内环境舒适、空气流通。

3.5 地铁车站智能化与智慧车站建设

3.5.1 车站智能化管理系统

智慧车站通过部署先进的电气自动化系统，建立车站智能化管理系统。该系统集成了多种功能，包括车站环境监控、设备状态监测、客流统计分析、安全监控等。通过实时监控车站内外的环境参数，如温度、湿度、空气质量等，系统能够自动调节车站内的空调、通风等设备，为乘客提供舒适的候车环境。同时，系统还能够实时收集车站客流数据，对客流进行动态分析和预测，为车站运营管理提供科学依据。

3.5.2 车站设备智能监控

智慧车站通过电气自动化技术实现了车站设备的智能监控。通过部署在车站内的传感器网络，系统能够实时监测车站各种设备的运行状态，如电梯、自动售票机、安检设备等。一旦设备出现故障或异常情况，系统

能够立即发出警报，并自动启动应急预案，确保车站的正常运营和乘客的安全。

3.5.3 智能安防与应急管理

电气自动化技术还在智慧车站的安防与应急管理方面发挥着重要作用。系统集成视频监控、火灾探测、报警系统等功能，通过实时监测车站内外的情况，能够及时发现潜在的安全隐患和紧急情况。一旦发生紧急情况，如火灾、恐怖袭击等，系统能够迅速启动应急预案，自动切换至紧急模式，启动相应的应急设备和措施，保障乘客的安全疏散和车站的正常运行。

3.5.4 乘客服务与交互

智慧车站还通过电气自动化技术提供更加便捷和智能化的乘客服务。通过部署在车站内的自助服务设备，如自动售票机、自助查询机等，乘客可以方便地进行购票、查询等操作。车站还提供移动支付、电子票务等智能化服务，提高乘客的出行体验。智慧车站还通过电子显示屏、广播系统等设备，实时发布列车运行信息、乘客提示等，为乘客提供更加便捷的信息服务。

4 电气自动化技术在城市轨道交通中的效果分析

4.1 提高城市轨道交通运行效率

电气自动化技术在城市轨道交通中的应用显著提高了运行效率。通过自动化控制系统，列车能够按照最优化的运行图自动调整速度、停靠站点和行驶间隔，减少了人为操作的时间和误差。智能调度系统能够实时分析客流数据，动态调整列车编组和运行计划，确保在高峰时段增加运力，平峰时段优化资源配置。电气自动化技术还促进各子系统之间的信息共享与协同工作，如电力监控、环境控制等，进一步提升轨道交通系统的整体运行效率。

4.2 提升城市轨道交通安全性

电气自动化技术在城市轨道交通中对于提升安全性具有不可忽视的作用。通过集成高精度的传感器和先进的控制算法，系统能够实时监测列车的运行状态、轨道条件、信号状态等关键信息，并在发现异常情况时迅速做出反应。例如，自动列车防护系统（ATP）能够在列车超速或与前车距离过近时自动施加制动，防止碰撞事

故的发生。电气自动化技术还使得故障检测和应急处理更加迅速和准确，一旦发生故障，系统能够立即启动应急预案，确保乘客和工作人员的安全。自动化监控系统还能对隧道、车站等关键区域进行全方位、全天候的监控，及时发现并消除安全隐患，为城市轨道交通的安全运行提供了有力保障^[4]。

4.3 降低城市轨道交通运营成本

电气自动化技术在城市轨道交通中的应用还有助于降低运营成本。首先，自动化控制系统能够减少人力成本，通过自动化调度和监控，减少了对人工操作员的依赖，降低了人工成本支出。其次，电气自动化技术提高了设备的运行效率和可靠性，减少了因设备故障导致的停运时间和维修成本。通过实时监测和预警，系统能够及时发现潜在故障并采取措​​施进行修复，避免了故障扩大化造成的更大损失。智能能源管理系统还能够根据实际需求自动调节能源使用，如根据乘客流量调节照明、空调等设备的使用功率，实现节能减排，降低能耗成本。

结束语

电气自动化技术在城市轨道交通中的应用是推动行业进步的关键力量。它不仅提高运行效率，保障乘客安全，还降低运营成本，为城市轨道交通的可持续发展奠定坚实基础。随着技术的不断创新与升级，有理由相信，电气自动化技术将在未来城市轨道交通领域发挥更加重要的作用，引领行业迈向更加智能、高效、绿色的新时代。

参考文献

- [1]蒙柱业.论智能化技术在电气工程自动化控制中的运用[J].电子测试,2020,No.449(20):122-123.
- [2]方潇成.电气自动化在城市轨道交通中的应用[J].华东科技(综合),2020(3):0064-0064.
- [3]杨海涛.电气自动化在城市轨道交通中的应用[J].集成电路应用,2019,v.36;No.315(12):46-47.
- [4]季一木.柴博周.杨罗坤.朱瞳晖.李文峰.基于TD—LTE的轨道交通集群调度系统[J].计算机工程,2017,43(06):296-300.