

基于电子信息技术的轨道列车运行控制研究

谷珊

长春市轨道交通集团有限公司

摘要：轨道列车运行控制是保障列车安全、高效、准点运行的核心系统，直接关系线路运输能力和乘客出行安全。随着电子信息技术、通信技术、传感技术和智能控制技术不断发展，列车运行控制逐渐由人工调度、固定闭塞和单点监测，转向自动化、网络化和智能化管理。电子信息技术能够实现列车位置感知、速度监测、信号传输、运行调度、设备诊断和故障预警的协同联动，为提升线路通过能力、降低运行风险和优化运营组织提供支撑。研究其在轨道列车运行控制中的应用路径，具有重要现实意义。

关键词：电子信息技术；轨道列车；运行控制；通信信号；智能调度

引言

轨道交通具有运量大、速度快、连续运行和安全要求高等特点，列车运行控制系统直接关系乘客生命安全和线路运营效率。传统列控方式在信息采集、指令传输、速度防护和故障响应方面存在一定局限，难以完全适应高密度行车和复杂运营场景。电子信息技术的发展，为轨道列车运行控制提供了更精确的数据基础和自动化控制手段。通过通信网络、车载设备、地面信号系统和调度平台协同运行，列车能够实现实时定位、速度防护、自动驾驶和运行优化。探讨基于电子信息技术的轨道列车运行控制，对提升轨道交通智能化水平具有重要价值。

一、电子信息技术赋能轨道列车运行控制的内在逻辑

电子信息技术在轨道列车运行控制中的作用，主要体现在信息感知、数据传输、逻辑判断和控制执行等环节。轨道列车运行并非单纯依靠司机经验和地面信号提示，而是需要车载系统、轨旁设备、通信网络和调度中心形成连续互动。电子传感器能够采集列车速度、位置、制动状态、牵引状态和线路条件等信息，通信系统负责将车地数据及时传输，控制系统则依据运行规则和安全约束生成速度曲线、行车许可和制动指令。以城市轨道交通为例，在通信列车控制系统中，列车可通过无线通信持续向地面控制中心发送位置信息，系统再根据前后车间隔、线路占用和站台状态计算安全移动授权，使列车在保持安全距离的前提下提高运行密度。相比传统固定闭塞方式，电子信息技术支持下的运行控制更加精细，能

够减少区间资源浪费，提高线路通过能力。更重要的是，系统可以在超速、冒进信号、设备异常或通信中断等情况下自动触发防护措施，降低人为操作失误带来的风险。由此可见，电子信息技术不是列控系统的辅助工具，而是现代轨道列车实现安全、高效和智能运行的基础支撑。

二、运行感知与通信传输系统的关键应用

精准感知和可靠通信是轨道列车运行控制的前提。列车运行过程中，系统必须持续掌握列车所在位置、运行速度、线路状态和设备状态，否则自动控制与调度优化就缺乏可靠依据。电子信息技术通过应答器、轨道电路、计轴设备、测速雷达、惯性传感器、车载定位单元等装置，实现列车运行数据的多源采集。不同设备之间可以形成互补，提高定位和监测的准确性。例如，轨道电路能够判断区段占用状态，应答器可向列车提供线路参数和位置信息，车载测速设备则能实时反馈列车速度变化。通信传输方面，现代轨道交通越来越依赖无线通信、光纤网络和专用数据传输平台，实现车地之间、车车之间以及地面设备之间的信息交互。通信质量直接影响运行控制的稳定性，一旦出现延迟、丢包或干扰，就可能影响行车指令的及时性。因此，列控通信系统需要具备较强的抗干扰能力、冗余设计和故障切换能力，确保关键数据在复杂环境下仍能安全传输。在高速铁路和城市轨道交通中，通信系统还承担调度命令、列车状态、站台门联动和运行图调整等信息传递任务。只有建立稳定、连续、可信的数据链路，列车运行控制才能从静态控制转向动态控制，真正适应高速度、高密度和高安全标准的运营要求。

三、自动控制与智能调度中的技术融合路径

电子信息技术推动轨道列车运行控制从单一安全防护向自动驾驶和智能调度延伸。列车自动防护系统能够根据线路限速、列车位置、前方目标距离和制动性能，对列车速度进行实时监控，当列车接近安全边界时自动报警或实施制动。列车自动运行系统则可依据预设运行曲线完成牵引、惰行、制动和精准停车，减少司机操作差异对运行平稳性和能耗的影响。列车自动监控系统能够从全线角度掌握车辆位置、站台状态、运行间隔和客流变化，辅助调度人员进行运行调整。三者协同后，轨道列车运行控制不再只是防止事故发生，也能够服务于准点率提升、能耗控制和运输组织优化。例如，在早晚高峰客流集中时，调度系统可根据列车间隔和站台拥挤情况调整发车频率；在列车出现晚点时，系统可通过压缩停站时间、优化区间运行速度和调整折返组织减少连锁延误。电子信息技术还可以

与大数据分析、人工智能算法相结合，对历史运行数据进行挖掘，识别晚点高发区段、设备故障规律和客流波动特点，为运行图优化提供参考。需要注意的是，智能调度不能脱离安全原则，所有算法决策都必须服从列控系统的安全约束。只有在安全边界清晰、数据基础可靠和人工监督有效的条件下，自动控制与智能调度才能发挥更大价值。

四、运行安全保障与系统优化发展方向

轨道列车运行控制对安全性和可靠性要求极高，电子信息技术应用越深入，系统安全保障越需要同步加强。现代列控系统由大量电子设备、软件程序、通信链路和控制平台构成，任何环节出现故障都可能影响运行秩序。因此，系统设计应坚持冗余配置、故障导向安全和分级防护原则。关键设备可采用双机热备、多通道通信和独立电源保障，一旦主系统异常，备用系统能够及时接管，避免控制中断。运行维护方面，应通过状态监测和故障诊断技术，对信号设备、车载控制单元、通信基站、供电接口和轨旁设备进行持续跟踪，提前发现设备老化、参数漂移和通信异常等隐患。随着列控系统网络化程度提高，网络安全问题也不容忽视。列车运行数据、调度指令和控制信号具有高度敏感性，系统应建立身份认证、访问控制、数据加密和安全审计机制，防止非法入侵、数据篡改和恶意干扰。未来，轨道列车运行控制将进一步向智能化、协同化和绿色化方向发展。一方面，数字孪生、边缘计算和智能算法可用于模拟运行场景、优化控制策略和提升应急响应能力；另一方面，节能运行控制也将成为重要方向，通过优化牵引制动曲线、利用再生制动能量和协同调度，降低列车运行能耗。技术进步必须与安全管理、标准规范和人员能力建设同步推进，才能保障轨道交通系统持续稳定运行。

五、结语

基于电子信息技术的轨道列车运行控制，是轨道交通智能化发展的重要基础。电子信息技术通过精准感知、可靠通信、自动控制和智能调度，提高了列车运行安全性、线路通过能力和运营管理效率。面对高密度行车、复杂客流和安全风险叠加的现实需求，轨道交通系统应持续完善车地通信、列车定位、速度防护、故障诊断和网络安全机制。未来，随着人工智能、大数据和数字孪生等技术深入应用，列车运行控制将更加精细、协同和节能，但其发展始终应以安全可靠为底线。只有实现技术创新与运营管理深度融合，轨道列车才能在更高水平上实现安全、高效、绿色运行。

参考文献

- [1] 乔亚琼. 轨道交通地面电子单元信息传输关键技术研究[D]. 中国铁道科学研究院, 2022.
- [2] 赵冬霞. 列车运行数据无线传输系统的研究与设计[D]. 兰州交通大学, 2014.
- [3] 王雨琪. 基于 GPS/INS 的虚拟轨道列车首车循迹控制研究[D]. 西南交通大学, 2020.