

# 轨道交通信号系统安全技术的发展与现状探究

李泉森

交控科技股份有限公司 天津 300171

**摘要:** 在当今城市化进程加速的时代背景下,轨道交通以其高效、便捷、环保的特点,日益成为城市公共交通的骨干力量。而轨道交通信号系统,作为确保列车运行安全、提高运输效率的关键所在,其安全技术的发展与现状备受瞩目。本文全面梳理了轨道交通信号系统安全技术的发展脉络,深入分析了其技术原理、应用现状及未来趋势。通过详细阐述信号系统在轨道交通中的核心作用,揭示了安全技术对保障行车安全、提升运输效率的重要性。同时,本文探讨了当前轨道交通信号系统安全技术的最新进展,并展望了其未来的发展方向,为轨道交通行业的安全发展提供了理论支持和技术参考。

**关键词:** 轨道交通; 信号系统; 安全技术; 发展历程; 现状分析; 发展路径

## 引言

随着科技的日新月异,轨道交通信号系统已从传统的机械、电气控制逐步向数字化、智能化方向发展。这一转变不仅极大地提升了信号系统的可靠性和灵活性,更为乘客带来了更为安全、舒适的出行体验。然而,与此同时,信号系统所面临的安全威胁也日益复杂多变,如何确保系统在各种极端环境下的稳定运行,成为轨道交通领域亟待解决的重要课题。深入探究轨道交通信号系统安全技术的发展与现状,不仅对于提升轨道交通的整体安全水平具有重要意义,更对于推动城市交通的可持续发展具有深远影响。轨道交通作为现代城市公共交通的骨干力量,其运行安全至关重要。信号系统作为轨道交通的“大脑”,负责指挥列车运行、保障行车安全。随着科技的飞速发展,轨道交通信号系统安全技术也在不断更新迭代。本文将对轨道交通信号系统安全技术的发展历程、现状及未来路径进行深入探究,旨在为轨道交通的安全运行提供有力的技术支撑。

## 1 轨道交通信号系统概述

轨道交通信号系统是一个由多种高精度设备和技术紧密集成的复杂体系,肩负着列车自动监控、自动控制 and 自动保护的重要使命。该系统主要由信号设备、控制设备和传输设备三大核心部分构成。信号设备,如信号机、轨道电路、应答器等,精准提供列车运行的位置和状态信息;控制设备,以列车自动控制系统(ATC)为主,依据信号设备的信息对列车进行精准调控;传输设备则确保信息在信号设备与控制设备间实时、准确传递。工作原理上,系统实时采集列车状态信息,结合预设规则进行监控和控制。一旦列车异常,系统能迅速响应,采取保护措施。随着科技进步,它正迈向智能化、

自动化,为轨道交通的未来发展增添新动力<sup>[1]</sup>。

## 2 轨道交通信号系统安全技术的发展历程

### 2.1 初步发展阶段

(1) 轨道交通信号系统的安全技术起源于早期的铁路运输时代。在初步发展阶段,信号系统主要以机械式为主,如手动信号旗、信号灯以及机械式的转辙机等。这些设备虽然简单,但在当时已经能够基本满足列车运行的安全需求。(2) 机械式信号系统的特点在于其直观性和可靠性。信号旗和信号灯通过不同的颜色和形状来传递列车运行的信息,而机械式转辙机则通过手动或机械方式控制道岔的转换,确保列车能够按照预定的路线行驶。然而,机械式信号系统也存在明显的局限性,如操作繁琐、响应速度慢、易受环境因素影响等。(3) 随着电子技术的兴起,电子式信号系统逐渐开始取代机械式信号系统。电子式信号系统通过电子设备来传递和处理信号,提高了信号传输的速度和准确性。同时,电子式信号系统还具备更强的抗干扰能力,能够在恶劣的环境下保持稳定的运行。这一阶段的信号系统已经开始向自动化方向迈进,为后续的列车自动控制系统(ATC)的发展奠定了基础。

### 2.2 技术成熟阶段

随着电子技术和计算机技术的快速发展,轨道交通信号系统安全技术逐渐走向成熟;列车自动控制系统(ATC)的广泛应用和不断完善是这一阶段的重要标志。(1) ATC系统通过计算机技术和传感器技术,实现了对列车的实时监控和控制。它能够根据列车的运行速度和位置信息,自动调整列车的运行状态,确保列车在安全的速度和距离内行驶。同时,ATC系统还具备故障检测和诊断功能,能够及时发现并处理系统中的故障,确保列

车的运行安全。(2)在这一阶段,轨道交通信号系统的安全技术已经形成了较为完善的体系。从信号传输、信号处理到信号执行,各个环节都采用了先进的技术和设备,提高了整个系统的可靠性和安全性。此外,随着通信技术的不断发展,轨道交通信号系统开始与其他系统进行信息交互和共享,实现了更加高效和精准的列车调度和运行控制<sup>[2]</sup>。

### 2.3 智能化发展阶段

近年来,轨道交通信号系统安全技术向智能化方向发展的趋势日益明显;基于通信的列车控制系统(CBTC)的兴起和应用是这一阶段的重要特征。(1)CBTC系统通过无线通信技术实现了列车与地面设备之间的实时信息交互。这使得列车能够更加准确地获取前方路况和信号状态信息,从而做出更加精准的运行决策。同时,CBTC系统还具备更高的灵活性和可扩展性,能够适应不同线路和运营需求的变化。(2)人工智能、大数据等新技术也开始在轨道交通信号系统中得到应用。大数据技术则能够为系统提供更加丰富和准确的数据支持,帮助系统更好地进行决策和控制。

## 3 轨道交通信号系统安全技术的现状

### 3.1 CBTC系统的广泛应用

(1)基于通信的列车控制系统(CBTC)是当前轨道交通信号系统中最先进的技术之一。其技术原理主要包括列车自主定位、连续车地通信、移动授权生成和先进的子系统构成。(2)CBTC系统的特点在于其高精度、高可靠性和高灵活性。通过列车自主定位技术,CBTC系统能够实时追踪列车的精确位置,为列车运行控制提供准确的数据支持。此外,CBTC系统还支持多列车同时运行,提高了线路的运输能力。(3)在轨道交通中,CBTC系统的应用极大地提高了行车安全和运输效率。CBTC系统还支持多种运营模式,如自动驾驶、人工驾驶等,满足了不同运营需求。

### 3.2 信号系统的集成化与智能化

(1)随着轨道交通信号系统的发展,信号系统正朝着集成化和智能化的方向迈进。集成化主要体现在信号设备与其他系统的融合上,如信号系统与列车控制系统、通信系统、供电系统等的深度融合。这种融合使得系统间的信息共享更加便捷,提高了系统的整体性能和效率。(2)智能化则主要体现在智能算法在信号控制中的应用上。例如,利用机器学习算法对列车运行数据进行分析,可以预测列车的运行状态,提前调整列车的运行策略,从而避免潜在的安全隐患。此外,智能算法还可以优化列车的运行轨迹,减少能耗,提高运输效率<sup>[3]</sup>。

### 3.3 网络安全与防护

(1)随着轨道交通信号系统的数字化和智能化发展,网络安全问题日益凸显。轨道交通信号系统作为轨道交通的“神经中枢”,其安全性直接关系到列车的运行安全和乘客的生命财产安全。因此,加强轨道交通信号系统的网络安全防护至关重要。(2)当前,轨道交通信号系统面临的网络安全威胁主要包括外部攻击、内部泄露和系统故障等。外部攻击主要来自于黑客的恶意攻击,如DDoS攻击、木马病毒等,它们可能通过破坏系统的正常运行来干扰列车的运行。内部泄露则可能由于系统内部人员的失误或恶意行为导致敏感信息泄露。系统故障则可能由于硬件故障、软件漏洞等原因导致系统崩溃或运行异常。(3)为了应对这些网络安全威胁,轨道交通信号系统采取了多种防护措施和技术手段。例如,通过加密技术保护敏感信息的传输和存储安全;通过防火墙、入侵检测系统等手段防止外部攻击;通过定期的安全审计和漏洞扫描及时发现并修复系统漏洞。此外,加强人员的网络安全意识和技能培训也是提高系统安全性的重要手段。

## 4 轨道交通信号系统安全技术的发展路径

### 4.1 技术创新与融合

技术创新是推动轨道交通信号系统安全技术发展的核心驱动力。(1)量子通信作为一种新兴的通信技术,以其超高速、超安全的信息传输特性而备受瞩目。在轨道交通信号系统中,量子通信可以应用于车地通信、信号传输加密等领域。通过量子密钥分发技术,可以确保信号系统通信过程中的信息不被窃取或篡改,从而大大提高系统的安全性。此外,量子通信还可以实现信号的实时、准确传输,提高列车运行的精准度和效率。(2)区块链技术则以其去中心化、不可篡改的特性,在轨道交通信号系统的数据管理和安全防护方面展现出巨大潜力。区块链技术可以应用于信号系统的数据记录、存储和验证环节,确保数据的真实性和完整性。通过区块链技术,可以实现对信号系统数据的全程追踪和溯源,有效防止数据被恶意篡改或删除。同时,区块链技术还可以提高信号系统的透明度和可信度,为轨道交通运营提供有力的数据支撑和决策依据。(3)除了量子通信和区块链技术外,轨道交通信号系统还将与其他系统进行更深入的融合。例如,与智能交通系统(ITS)的融合可以实现更精准的列车运行控制和更高效的运输资源管理。通过共享交通流量、路况等信息,信号系统可以实时调整列车的运行速度和停站时间,优化列车运行计划,提高运输效率。此外,与城市轨道交通管理系统的融合也

可以实现更全面的运营监控和管理,提高轨道交通系统的整体性能和安全性。(4)在未来,轨道交通信号系统还将继续探索与新技术、新系统的融合方式,不断拓展其应用范围和场景。例如,与人工智能、大数据等技术的融合可以实现更智能化的信号控制和决策支持;与物联网技术的融合可以实现更广泛的设备互联和信息共享。这些融合将为轨道交通信号系统带来更多的创新和发展机遇<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 标准化与规范化

(1) 标准化和规范化是轨道交通信号系统安全技术发展的基石。随着轨道交通系统的不断扩展和升级,信号系统的互操作性和兼容性问题日益凸显。为了解决这些问题,未来应加强标准制定和推广,确保不同厂商、不同系统的信号设备能够相互兼容、协同工作。(2) 标准化和规范化有助于统一信号系统的技术要求和性能指标,提高系统的可靠性和安全性。通过制定统一的技术标准和规范,可以确保信号系统的设计和实施过程遵循相同的安全原则和规范,从而降低系统故障和安全事故的风险。标准化和规范化还可以促进信号系统的技术创新和产业升级,推动轨道交通行业的持续发展。(3) 在未来,应加强对轨道交通信号系统安全技术标准和规范的研究和制定工作。结合国内外先进的技术和管理经验,制定符合我国轨道交通实际情况的标准和规范体系;还应加强对标准和规范的宣传和推广工作,提高行业对标准和规范的认知度和执行力。

#### 4.3 人才培养与队伍建设

在探讨轨道交通信号系统安全技术的发展路径时,人才培养与队伍建设无疑是不可或缺的一环。随着城市轨道交通的快速发展,信号系统的安全性、可靠性要求日益提升,这对从业人员的专业技能和综合素质提出了更高要求。强化人才队伍建设是实现信号系统安全技术持续进步的基础。企业需注重引进和培养具备信号系

统设计与维护、数据分析与故障诊断等专业技能的高素质人才。通过设立专业技能鉴定考试、开展定期培训和技能竞赛,不断提升从业人员的专业技能水平和安全意识,确保他们能够适应信号系统安全技术的快速发展。还需注重人才的持续教育和职业发展。随着科技的不断进步,轨道交通信号系统安全技术也在不断更新迭代。企业应为从业人员提供持续的学习机会和职业发展通道,鼓励他们不断学习和探索新技术,保持与时俱进的专业素养。人才培养与队伍建设是轨道交通信号系统安全技术发展的核心支撑。通过强化专业技能培训、加强团队协作和注重持续教育,可以不断提升从业人员的专业素养和综合能力,为轨道交通信号系统的安全、高效运行提供有力保障。

#### 结语

轨道交通信号系统安全技术是保障行车安全、提升运输效率的关键。通过回顾安全技术的发展历程、分析现状及展望未来路径,我们可以看到,安全技术在不断创新和完善中。未来,随着科技的进步和轨道交通的快速发展,信号系统安全技术将继续迎来新的挑战 and 机遇。我们需要不断加强技术研发、标准化建设和人才培养,为轨道交通的安全发展提供更加有力的支撑。

#### 参考文献

- [1]王颖,李新,冯前进,曾祥进.城市轨道交通信号UPS电源系统优化配置方案[J].铁路通信信号工程技术,2022,19(08):62-67+96.
- [2]张愷.城市轨道交通信号系统大修改造工程设计重点分析[J].铁道通信信号,2022,58(08):79-83.
- [3]邹定锋.信号智能化维护系统在城市轨道交通的应用[J].交通世界,2022(18):64-67.
- [4]何晶,龙讯.基于工作过程的城市轨道交通控制专业(信号方向)的课程研究[J].教育教学论坛,2020(19):233-234.