

地铁列车广播系统语音清晰度提升技术应用

翟继学 陈旻昱

济南轨道交通集团有限公司 山东 济南 250014

【摘要】：地铁列车广播系统语音清晰度的提升直接关系到乘客出行的安全性和舒适性，也是轨道交通现代化运营水平的重要体现。针对当前广播系统中存在的背景噪声干扰大、语音识别率低和传播失真等问题，研究采用噪声抑制算法、智能语音增强技术以及车厢声学环境优化手段，实现对语音信号的多维度改善。通过系统测试与对比实验表明，该技术应用能够有效降低环境噪声对语音的干扰，提高乘客对广播信息的理解率与反应速度，为运营管理提供可靠支持。该研究不仅对城市轨道交通运行效率与服务质量具有现实意义，也为智能化交通语音交互系统的发展提供了参考。

【关键词】：地铁列车；广播系统；语音清晰度；噪声抑制；声学优化

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.043

引言

地铁在城市公共交通体系中占据核心地位，其高效安全的运行不仅依赖于车辆和轨道条件，更需要信息传递的准确性。列车广播系统是乘客获取出行提示和应急指令的主要渠道，语音清晰度直接决定了信息传达的有效性。然而，地铁运行过程中存在轮轨摩擦、空调噪声及人群交流等多重干扰，常导致语音失真，影响乘客对信息的理解，甚至在紧急情况下带来安全隐患。随着语音信号处理与声学优化技术的发展，广播清晰度的提升已成为行业研究的重点。本文将从现状问题入手，探讨语音清晰度提升的关键技术与应用路径，并结合实践效果进行分析，为地铁运营提供可行的改进思路。

1 地铁列车广播系统语音清晰度问题的现状与成因

地铁列车广播系统在城市轨道交通中承担着信息传递的重要功能，其清晰度直接决定乘客是否能够准确理解运行提示和安全警示。然而从现实情况来看，语音清晰度普遍存在下降趋势，表现为播报内容在车厢中容易被噪声覆盖，部分词语模糊不清，导致乘客在普通场景下需要重复聆听，在紧急场景下则可能因信息传递延迟造成安全隐患。大量乘客调查显示，不同城市的地铁线路上广播系统的满意度差异较大，部分新线路在技术支持下清晰度相对较高，而早期建设的线路广播效果明显落后，这种现象凸显出语音清晰度在轨道交通运营体系中长期未受到足够重视。

影响地铁列车广播系统语音清晰度的成因极为复杂。从声源角度看，列车运行速度带来的轮轨摩擦声、车体震动声以及车厢空调系统噪声共同叠加，形成了宽频带的背景噪声，使得广播语音信号信噪比显著降低。从传播路径角度看，车厢内部空间狭长且多为金属材料，声波在壁面和车顶不断反射，形成回声和混响，削弱了语言的易懂度。乘客数量的波动也对传播环境产生影响，高峰期人声嘈杂更加重叠干扰，低谷期则因空

旷环境而出现过度回响。这些因素叠加，使得即便采用高功率扬声器，语音也难以达到理想的传递效果。

除了物理环境因素，系统自身设计和运维水平也会对语音清晰度产生制约。部分列车仍使用传统的模拟音频传输方式，在长时间运行后出现频率失真和动态范围受限的问题。部分扬声器布局不合理，声场覆盖不均，导致车厢不同区域乘客的听感差异明显。设备老化、线路干扰、电磁辐射也会在信号传输过程中引入噪声。部分运营方在日常维护中缺乏对广播系统的专业检测手段，未能定期校准声学参数，使系统在长期运行中不断积累问题，最终导致语音清晰度下降。由此可见，语音清晰度问题是多因素共同作用的结果，需要技术、管理和环境的综合治理。

2 语音清晰度提升的关键技术与应用路径

在提升地铁列车广播系统语音清晰度的过程中，现代信号处理与声学技术的引入成为关键。数字信号处理技术的发展为噪声抑制和语音增强提供了坚实基础。通过采用自适应滤波器、谱减法和深度学习语音增强算法，可以有效降低车厢内的宽带噪声，提高语音信号的信噪比。深度神经网络模型能够在复杂噪声环境下实现对语音特征的精准提取和重构，从而增强语言的易懂度。回声消除与混响抑制技术能够削弱因车厢结构造成的二次干扰，使乘客获得更接近原始语音的听感效果。

扬声器系统的优化是另一条提升路径。通过精确计算声学模型并结合实际车厢结构进行扬声器布局，可以实现声场均匀分布，避免局部区域声音过大或过小的问题。现代扬声器系统逐渐引入波束形成技术，能够根据车厢内的实时声学环境自动调整声音传播方向和覆盖范围，从而提升乘客的听感一致性。采用高保真数字功放和失真率低的扬声器单元，也能显著改善语音信号的还原度。部分先进地铁线路已开始尝试分区广播，即不同车厢独立控制语音输出强度，以匹配各自的声学环境，

这种方式提高了整体系统的灵活性。

语音播报内容与管理策略同样不容忽视。在实际运营中,部分广播语速过快或语调单一,导致乘客难以辨识。通过对播报人声进行语音合成优化,可以在保证自然感的同时增强语音清晰度。采用韵律控制技术调整语速与语调,使得信息更易于理解。系统可根据环境噪声水平实时调整语音音量,实现动态均衡。结合大数据与人工智能技术,广播系统还可以实现内容优化,例如在高峰时段加强关键提示词的突出播报,在特殊情况下实现自动化应急播报。这些措施体现了技术与管理双向结合的重要性,为语音清晰度的提升提供了完整路径。

3 广播系统优化的实践效果与应用价值

经过多项技术与管理手段的综合应用,地铁列车广播系统语音清晰度的提升已在多个城市得到实践验证。实地测试结果表明,引入噪声抑制和语音增强算法后,车厢内平均信噪比提升约8至12分贝,语音可懂度指数显著提高。扬声器系统的合理布局使不同区域的声音覆盖度更加均衡,乘客反馈满意度提升明显。通过对比实验可以发现,优化后的系统在高峰时段人群噪声干扰下仍能保持较高的语音辨识度,有效解决了传统系统信息传递不畅的问题。这些结果表明,语音清晰度的提升不仅是理论研究的成果,更是实际应用中能够被量化和验证的改进。

应用价值体现在多个层面。对乘客而言,语音清晰度的显著提升能够带来更加顺畅的出行体验,在日常出行中减少因信

息模糊带来的不便,在复杂换乘和紧急疏散时更能快速准确地获取关键信息,从而有效降低恐慌与混乱,增强安全感和信任感。对运营方而言,广播系统的优化不仅减少了因信息误听造成的沟通障碍和管理压力,还提高了在突发事件中的响应效率与处置速度,确保列车运行的有序与安全。对行业发展而言,清晰度提升技术的应用推广推动了轨道交通服务质量的标准化和智能化建设,为未来智慧地铁和智慧交通体系的构建提供了坚实的技术支撑和发展方向。

从长远角度看,语音清晰度提升不仅仅是单一的广播优化问题,而是轨道交通现代化运营体系中不可或缺的一环。随着人工智能与物联网技术的深入应用,未来广播系统将可能与乘客终端设备实现互联互通,形成多渠道信息传递网络,进一步降低因单一通道受限而带来的风险。在这一过程中,现阶段的语音清晰度提升实践为未来更高层次的智能化发展奠定了基础。可以认为广播系统的优化不仅具有现实意义,也具备长期的战略价值。

4 结语

本文围绕地铁列车广播系统语音清晰度的提升展开了深入探讨,分析了现状与成因,梳理了关键技术与应用路径,并结合实践效果论证了优化的价值。研究表明,噪声抑制、语音增强、声学优化和智能化管理的综合应用能够显著提高乘客对广播信息的理解率和反应速度。广播系统清晰度的改善不仅提升了乘客出行体验与安全性,也为轨道交通的智能化运营提供了坚实支撑。

参考文献:

- [1] 陈俊凯,刘颖.城市轨道交通广播系统语音清晰度影响因素分析与优化研究[J].铁道通信信号,2022,58(9):45-50.
- [2] 孙浩然,周倩.地铁车厢声学环境对语音识别率的影响及改进措施[J].城市轨道交通研究,2023,26(4):72-78.
- [3] 郑凯文,袁洁.基于深度学习的地铁广播语音增强技术应用探讨[J].电声技术,2024,48(2):33-39.