

轨道交通网络互联互通的实现与问题

张静¹ 田苏明²

1. 南京睿行数智地铁有限公司; 2. 江苏省苏计投资咨询有限公司

摘要: 随着城市轨道交通的快速发展, 轨道交通网络互联互通已成为一个备受关注的话题。本文旨在探讨轨道交通网络互联互通的实现与问题, 以及为实现互联互通提供策略与建议。通过深入研究现有城市轨道交通系统的发展和国内外互联互通案例, 本文旨在阐明互联互通的重要性, 并提出解决互联互通面临的问题和挑战的建议。

关键词: 轨道交通; 互联互通; 技术标准; 安全性; 数据管理; 经济模式

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.107

一、研究背景及意义

城市轨道交通系统在城市交通中扮演着至关重要的角色, 为居民提供高效、便捷、环保的出行方式。然而, 随着城市轨道交通系统的快速扩张, 不同线路和系统之间的互联互通问题逐渐浮出水面。实现轨道交通网络的互联互通具有极大的意义, 有望提高系统运行的效率、乘客出行的便利性, 降低成本, 并增强城市交通的可持续性。

二、轨道交通网络互联互通的重要性

(一) 城市轨道交通的发展

城市轨道交通系统的快速发展在当今城市化进程中占据着举足轻重的地位。随着城市人口的不断增长, 传统的交通方式已经无法满足快速、高效的出行需求, 城市轨道交通成了解决这一问题的有效手段。这一领域的快速发展为城市带来了数以千计的就业机会, 从轨道建设到车站管理、列车维护等各个领域都涉及大量的工作机会, 推动了城市经济的增长。

城市轨道交通的发展不仅仅是经济增长的动力, 还显著改善了城市居民的出行条件。传统的交通方式通常伴随着交通拥堵、排放污染和时间浪费, 而城市轨道交通以其高效的特点, 有效缓解了这些问题。它提供了便捷、可靠的出行方式, 使城市居民更容易抵达工作地点、学校和其他目的地, 同时减少了个体汽车使用, 降低了环境污染和交通拥堵。

然而, 城市轨道交通的不同线路和系统通常是相互独立的, 这导致了一系列互联互通问题。乘客在换乘不同线路时可能面临不便, 车站之间的联系不畅, 列车的协同运行效率有限。因此, 互联互通成了实现更高效、便捷城市轨道交通系统的必要步骤。

(二) 互联互通对城市交通的影响

互联互通可以提高列车的运行效率。当不同线路的列车能够更加灵活地运行和协同运作时, 交通拥堵和列车延误的可能性会显著降低。这意味着乘客不再需要长

时间等待列车, 出行时间更加可控, 大大提高了出行的便捷性。

其次, 互联互通有助于优化城市轨道交通的资源利用。不同线路之间的协同运作可以减少系统中的浪费, 例如空载列车的运行, 从而降低了系统的运营成本。这使得城市轨道交通系统更加经济高效, 为城市带来更大的收益。

最重要的是, 互联互通有助于减轻城市的交通拥堵和减少尾气排放。当城市居民更多地选择轨道交通作为主要出行方式时, 道路上的车辆数量会减少, 交通拥堵问题得到改善, 同时环境污染也得以减轻, 有益于城市的可持续发展。

(三) 国内外互联互通实践案例

国内外已经出现了一些成功的城市轨道交通网络互联互通实践案例, 这些案例为其他城市提供了宝贵的经验。以中国香港的地铁系统为例, 其互联互通的成功实践使不同线路之间的列车运行更加协调, 大大提高了乘客的出行体验。香港地铁系统通过一体化的运营管理, 实现了线路的互通互联, 乘客可以在不同线路之间无缝换乘, 减少了换乘的等待时间, 提高了整体出行效率。

在国际范围内, 法国的巴黎地铁系统也是一项成功的互联互通案例。通过采用统一的技术标准和规范, 不同线路的列车能够共享信息和资源, 实现了更高效的列车运行。这一系统的成功经验可以为其他城市提供参考, 以解决互联互通问题。

三、轨道交通网络互联互通的问题与挑战

(一) 技术标准与规范的不一致

城市轨道交通系统的互联互通问题首先在技术标准与规范的不一致方面表现出来。不同城市和国家的轨道交通系统通常采用不同的技术标准和规范, 包括通信协议、车辆控制系统、数据格式等。这种异构性使得不同系统之间的互操作性变得异常复杂。列车和设备之间的互联需要一致的通信协议和标准, 以确保数据传输的正

确性和可靠性。解决这一问题需要国际或国家层面的标准化组织制定统一的技术标准和规范，以便不同城市的轨道交通系统能够更好地实现互联互通。

(二) 安全性和隐私问题

实现城市轨道交通网络互联互通可能引发安全性和隐私问题。随着不同系统之间的数据共享增多，存在数据泄漏和网络攻击的风险。这对乘客的隐私和个人信息构成潜在威胁，同时也可能影响城市轨道交通系统的正常运行。只有实现了网络安全，才能保证功能的安全。如图1所示。解决这一问题需要采取一系列安全措施，包括数据加密、网络防火墙、访问控制等，以确保信息的安全性，同时也需要制定法规和政策来保护乘客的隐私权。维护数据和网络的安全性是实现互联互通的前提，城市轨道交通系统需要制定详细的安全策略和应急计划来处理潜在的安全问题。



图1 网络安全和功能安全的关系

(三) 数据管理和集成挑战

不同城市轨道交通系统生成的数据通常是异构的，这包括数据的格式、存储方式以及数据内容。在实现互联互通时，需要有效的数据管理和集成策略。这涉及数据的标准化，以确保不同系统生成的数据可以互相理解 and 共享。此外，数据的存储和处理也需要考虑，因为大规模数据的传输和管理需要相应的技术支持。为了解决数据管理和集成的挑战，轨道交通系统需要投入大量资源来建立数据交换和管理平台，以实现数据的有效收集、存储、共享和分析。

(四) 经济与管理难题

实现城市轨道交通网络互联互通需要大量资金的投入，包括硬件设施、软件开发、技术升级等。此外，涉及不同城市的交通管理机构，需要进行跨部门和跨城市的合作。这可能导致经济和管理难题。资金的投入需要精细规划和筹措，以确保互联互通项目的顺利实施。同时，各个管理机构需要建立有效的合作机制，协调资源、数据和人力，以实现互联互通的目标。

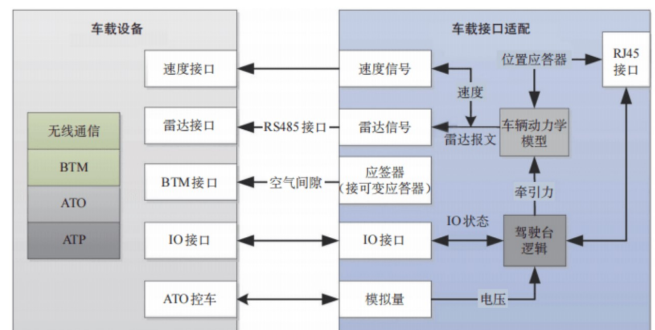
四、实现互联互通的策略与建议

(一) 技术整合与标准化

制定统一的国际或国家标准是至关重要的。为确保不同城市轨道交通系统的互联互通，国际或国家层面的标准化组织可以发挥关键作用。这些组织可以召集各城市和国家交通管理机构、技术专家和利益相关者，制定普适的技术标准和规范。这些标准不仅包括硬件和软件方面的规范，还应涵盖通信协议、数据格式、安全标准等多个方面。这将确保不同城市轨道交通系统采用的技术是兼容的，能够实现顺畅的互联互通。

其次，制定开放式标准和协议也是一项关键举措。这意味着城市轨道交通系统应采用可以公开访问和使用的技术标准和通信协议。这样，不同系统之间可以更容易地实现互联互通，而无需过多的自定义解决方案。这有助于降低成本、减少集成困难，同时鼓励技术创新和竞争。

另外，应鼓励城市轨道交通系统采用现代化的中央控制系统。这些系统能够统一管理和监控不同线路和城市的交通网络，确保实时信息传递和协调调度。统一的通信协议也应被采用，以确保不同城市轨道交通系统之间的平稳互联。图2为轨道交通互联互通CBTC平台。



注：ATO为列车自动驾驶系统；ATP为列车自动防护系统；BTM为应答器收发单元；IO为输入输出单元；RJ45为网口。

图2 轨道交通互联互通CBTC平台

(二) 安全性与隐私保护策略

在解决安全性和隐私问题时，城市轨道交通系统必须采取综合性的措施以确保数据和信息的安全，同时保

护乘客的隐私。首先，数据加密是确保数据的安全性的关键措施。城市轨道交通系统应采用强大的加密技术，将敏感数据加密存储和传输。这可以有效地防止未经授权的访问和数据泄漏。不仅应对数据通信进行加密，还应应对存储在系统内的数据进行加密，以保护数据的完整性和机密性。

其次，网络防火墙和访问控制也是安全性的核心要素。城市轨道交通系统应配置强大的网络防火墙，以监测和阻止潜在的网络攻击。访问控制策略应该明确定义，只有经过授权的人员才能访问系统的关键部分。这有助于减少潜在的威胁和漏洞。

另外，城市轨道交通系统必须明确定义隐私政策。这包括规定数据的收集、存储和使用方式，以及明确乘客的权利和选择。隐私政策应以透明的方式向乘客传达，使他们能够了解个人信息的处理方式。这有助于建立乘客对系统的信任，同时确保合规性。

此外，培训和意识提高也是安全性的关键。城市轨道交通系统的员工需要接受安全培训，了解如何应对潜在的威胁和安全风险。同时，乘客也应该被教育，告知如何保护他们的隐私和个人信息。

（三）数据集成与管理的最佳实践

为解决数据管理和集成挑战，城市轨道交通系统需要采用最佳实践，以确保数据能够有效地共享、整合和分析。首先，数据清洗是数据集成的重要环节。由于不同轨道交通系统可能生成不同格式和结构的数据，数据清洗涉及将这些异构数据标准化为一致的格式。这包括数据字段的命名、数据单位的标准化以及数据质量的检查和修复。数据清洗的过程有助于消除潜在的数据不一致性和错误，确保数据的准确性和可靠性。

其次，数据存储是数据管理的核心。城市轨道交通系统需要建立强大的数据仓库和云计算基础设施，以应对大规模数据的存储和管理需求。数据仓库应能够处理多源数据的集成，提供高度可扩展的存储解决方案，并确保数据的安全性和可用性。云计算基础设施可以提供弹性的存储能力，以满足数据需求的变化，同时减少了数据中心的运营成本。

最后，数据分析是数据集成的关键目标。城市轨道交通系统需要采用先进的数据分析工具和算法，以从集成的数据中提取有用的信息和洞察。这包括实时数据分析、预测分析和决策支持系统的建立。数据分析有助于优化轨道交通系统的运营，提高效率和性能，减少拥堵和延误，提升乘客体验。

（四）经济与管理模式的改进

为了解决城市轨道交通网络互联互通的经济和管理难题，需要采取一系列策略和措施，以确保项目的可行性和可持续性。首先，建立有效的合作机制是解决经济和管理难题的关键。不同城市交通管理机构之间需要建立合作协议和协议，以确保资源和数据的共享。这可以包括共享轨道交通网络的基础设施、车辆、人员培训等资源，从而减少重复投资，降低运营成本。合作还有助于协调不同城市线路的运营，提高整体效率和性能。此外，城市轨道交通系统可以共同应对挑战，如灾害应急响应和维护管理，通过合作提高应对能力。

其次，城市轨道交通系统需要探索新的经济模式，以确保互联互通项目的可行性。这包括公共私营合作、融资和票价制定等方面的新途径。公共私营合作可以吸引私营部门的投资和运营参与，分担资金压力，加速项目的实施。融资方面可以考虑债务融资、基础设施投资基金等方式，为互联互通项目提供必要的资金支持。票价制定则需要根据不同城市的情况，灵活调整票价以确保收支平衡。

最后，政府和城市管理机构的积极参与和支持至关重要。政府可以提供政策支持、法规框架和财政激励，鼓励城市轨道交通系统的互联互通。政府还可以起到协调者的角色，促进不同机构之间的合作。城市管理机构需要高效管理和监督互联互通项目的实施，确保项目按计划进行并达到预期效果。

结束语：轨道交通网络互联互通是城市轨道交通系统发展的关键因素，它有助于提高效率、降低成本、改善出行体验。然而，实现互联互通并不是一项容易的任务，需要克服技术、安全、数据和经济等方面的挑战。通过采取上述策略和建议，可以更好地实现轨道交通网络的互联互通，为城市交通的未来发展提供更好的支持。

参考文献

[1] 杨成. 轨道交通无线网络接口监测系统创新与实践[J]. 都市快轨交通, 2016, 29(2): 88-91.

[2] 李佳欣. 互联互通网络化运营条件下城市轨道交通列车开行方案研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.

作者简介: 张静(1985-10-05), 女, 山西晋城, 汉, 硕士, 中级工程师, 研究方向: 轨道交通信息化。

田苏明(1983-08-15), 男, 江苏泰州, 汉, 硕士, 副高, 研究方向: 工程咨询。