

轨道交通的数字化转型：行业中的改革

文 / 曾淑仪，国际公共交通联合会（UITP）亚太区执行总监
Jaspal Singh，国际公共交通联合会（UITP）信息技术与发展高级专家

公共交通在过去十年中经历了许多变革，其中，城市交通发生了巨变。数字化和创新为我们的生活和出行方式带来了许多令人兴奋的改变。数字化发展迅速，信息技术的每一项进展，每一次进步，每一段旅程，都使我们的工作方法更加以人为本，这也是信息技术行业需要保持的方向。

数字化是全球商业和人们日常生活中不断发展的趋势，是指组织、行业或国家采用或更多地应用数字和计算机技术。换言之，数字化代表运用数字技术来提高处理效率，降低总成本，提高生产率（如运营和维护），建立新的商业模式，以及带来新的收入和增值机会。数字化是一个逐步进入数字商业模式的过程。

改变科技格局

技术不断加速进步，显而易见，公共交通已经从新的数字发展中获益匪浅。新兴技术也开始影响公共交通行业。国际公共交通联合会（UITP）认为公共交通是由人创造的，这些变化是由人主导的。因此，为确保我们能够发挥数字化的潜力，更好地满足乘客需求，我们必须引领潮流。

智能手机加快了人们对技术的采纳应用，5G 网络也将为此过程带来飞速发展。乘客期望的是无缝的旅行体验和实时信息。运用互联传感器和诊断工具、大数据分析、物联网（IoT）、机器学习和人工智能（AI）等先进技术，公共交通行业可以智能快速地从数据中解读出有用的信息。这将使在业务活动（规划、运营和维护）中提高资产可用性和成本效益的方式发生根本转变。

数字轨道

轨道交通行业的技术应用非常迅速。过去二十年

中，全球的运输公司应用新技术为乘客带来更舒适的出行体验。地铁和其他主要公共交通系统已从简单的公共交通服务发展成为综合性的公共交通提供商。这些公共交通系统不仅能将乘客送往目的地，还将继续拥抱数字化发展，提供保安、客户服务、运营支持等服务。

对真实信息的需求不断增长，出行数据也变得更加个性化、可识别和可预测，从而带动出现了一批以自动化、人工智能解决方案为支撑的新技术，进而推动以下领域的发展：智能车站、智能出行、智能运营、智能维护。

本文讨论轨道交通行业数字化的 5 大趋势：轨道运营数字化、资产维护数字化、基础设施维护数字化、控制与信号系统数字化、客户体验数字化，具体内容如下：

1. 轨道运营数字化

轨道运营数字化不仅能够提高车站工作人员、司机、中层管理人员和运营人员的效率和生产率，还可以为运营人员提供屏幕滚动警告、中央化交通管制、轨道图等实时信息。

马德里地铁已经开始对公司运营进行数字化。该公司开展了一个范围广泛的大型跨部门项目。项目由线路运营管理部门负责协调，同时还考虑了客户意见和内部员工的愿景。2018 年至今，项目一直保持全面运转，经历了几个不同的阶段，涵盖以下领域：供车站人员使用的平板电脑、检查车站设施的数字化流程、供运输人员使用的平板电脑、前端信息数字化显示器、操作人员数字化时间记录、数字化运行文档资源库。

马德里地铁运营数字化的大型项目已经使内外部

客户直接获益。

- **外部客户：**减少纸张消耗，降低环境影响；改进设施内事故定位和监控等管理流程；提供实时路线信息，包括故障、事件、旅游点以及地铁沿线其他交通形式的换乘信息；改进客户沟通。

- **内部客户：**改进内部程序和咨询工作的响应性和可靠性；更好地整合不同系统的信息，更有效地执行任务；提供各种内部通信渠道；使最新信息和文件易于获取；降低工作场所的社会心理风险；减少手动数据处理相关错误。

2. 资产维护数字化

除了系统的设计、获取、运行和停运外，有效的维护也是整体资产管理策略和指导方针的关键部分。数字化颠覆了轨道交通行业中所有的传统资产维护活动，旨在维护资产的全面数字化部署最终将为构建安全可靠的系统铺平道路。

通过采用适当的数字化转型策略，公共交通运营商可以在减少部分成本，提高服务质量和可靠性，并最大化利用实物资产。

通过能够学习、诊断现有问题，并基于历史数据分析预测未来可能故障的维护系统，轨道交通行业可望实现更智能的资产管理。这类维护系统还应能够制定相应的维护补救措施。

视情维护策略和问题预测指导方针是优化：有效的资产管理决策，及时识别未来的可能故障，提高资产可用性，以及提高可维护性的关键和必要工具。为实现上述目标，应达到以下4条主要要求，即准确识别维护故障、精确校准传感器、准确评估故障原因和趋势、制定有效的减损措施和预防策略。

西门子与 ST Engineering Electronics 公司合作开发并应用轨道交通企业资产管理系统 (REAMS)，这是一套数字化资产管理解决方案，具备充分的数据分析能力和专业知识。新加坡市区线（共 92 辆列车，34 站）已经引进了 REAMS 系统，新加坡其他地铁线路也考虑未来加入这一项目。

轨道车辆状态自动监测系统。智能监测和监控系统正在改变公共交通运营商管理各类风险、入侵、轨道交叉口和驾驶员行为的方式。得益于安全、性能和可靠性方面的不断改进，公共交通行业已经规划、安装越来越多的监测和监控系统。许多地铁运营商或是将收集的数字数据存储在本地铁服务器上，或是将其集成到主要公司的信息技术 (IT) 系统中。为满足自身的特殊要求，许多地铁公司都有定制的轨道车辆状态监测软件。

UITP 轨道车辆分委会进行的一项研究 表明，大多数地铁运营商并不使用原始设备制造商 (OEM) / 供应商，而是自行维护设备。尽管认为监测系统相当可靠，在系统无法正常工作时，地铁运营商仍然倾向于进行手动检查。要使地铁运营商完全采用监测系统，还需要大大提高地铁运营商对这项技术及其可靠性的信心。

轨道车辆状态监测系统的主要优缺点如下：

- **维护：**优化、自动化、劳动力减少、危机预测。
- **服务可用性：**最大限度地减少服务故障，减少事故和停运时间。
- **质量信息：**进一步了解轨道车辆的状况，提供调查数据、问题指标预测。

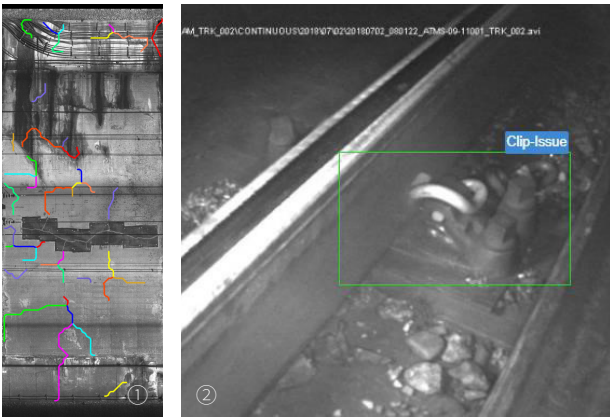
不利因素及初步减损建议：

- **供应商：**地铁运营商通常面临缺乏原始设备制造商的支持，复杂的验证以及维护培训等问题。在最终决定安装自动监测系统之前，最好与所有利益相关方共同商讨，使其充分了解要求和可能的限制条件。同时，监测系统的供应商只能是具有可靠成绩的企业。
- **设备：**有些监测系统很难集成到主要 IT 系统中，还有可能有操作条件方面的限制，需要由技术高超的人员来维修和维护。系统硬软件最好能支持个性化设置。采购合同应明确指出系统可用性、测量精度、使用条件和维护责任方面的系统要求。
- **服务质量：**有些系统并不可靠，会出现检测错误等问题。公共交通企业还需要一些时间才能对监测系统的可靠性更有信心。集成监测系统与主

要 IT 系统可能有助于公共交通企业找到最佳的检测和数据访问位置。数据规模、使用方法、数据安全和数据访问等数据管理问题以及数据转换的特殊技能也是重要的考虑因素。

3. 基础设施维护数字化

在轨道基础设施维护方面，物联网、传感器和设备的应用为问题 / 损坏检测、预防性维护和协调其他系统、政府机构、物流供应商和运输模式引入了新方式。最近，公共交通运营商和顶尖系统供应商共同发起了许多数字化应用，以期提高系统安全性，降低维护成本，优化资产可用性、问题检测和减损策略。



①日本铁道技术研究所引入人工智能技术检测隧道裂

②为尽可能减少人工检查工作，伦敦交通局 (TfL) 尝试通过人工智能视频分析检查轨道紧固件

一些国家的地铁运营商已经开始利用客运列车收集轨道沿线的设备信息，并在维护中心进一步评估收集得来的设备信息。这一举措不仅提高了设备检查的频率和效率，还降低了夜间的维护和维修成本。

新加坡大众捷运系统 (SMRT) 运营商过去曾依靠耗时费力且数据密集的框架来规划和完成故障检修工作，以达到可接受的轨道条件。目前，这家公司正与 Bentley 软件公司合作开发一套高度自动化的预见性决策支持系统 (PDSS)，用于提高规划线路大修等维护活动的效率。该系统为维护团队提供了支持最佳决策的先进数据处理和可视化能力，其中包括：

- 识别需频繁采取故障检修措施的区域。
- 确定维护任务的优先次序。

- 量化评估资产健康。
- 分析资产健康数据，发现未来问题的前兆。

PDSS 系统还可实现主动维护。计划任务 (如数据收集、现场测量和任务优先级排序) 过去每天需要花费数小时，现在已完全实现自动化，大大降低人为错误的风险。如此一来，SMRT 现在得以重点关注严重的轨道缺陷和潜在的老化轨道问题。PDSS 系统同时提供了数据的完全、无限制访问权限，还支持视情钢轨更换计划，预计将减少每年需更换的钢轨总长度。

智能识别技术应用在地铁站中日渐普遍，这不仅体现在票务系统方面，也体现在提高安全性和改进维护工作方面。在车站列车维护方面，亚洲一些地铁公司已经在维修中心安装了固定图像探测器，并让机器人在进行手动维修之前快速扫描列车部件。

4. 控制与信号系统数字化

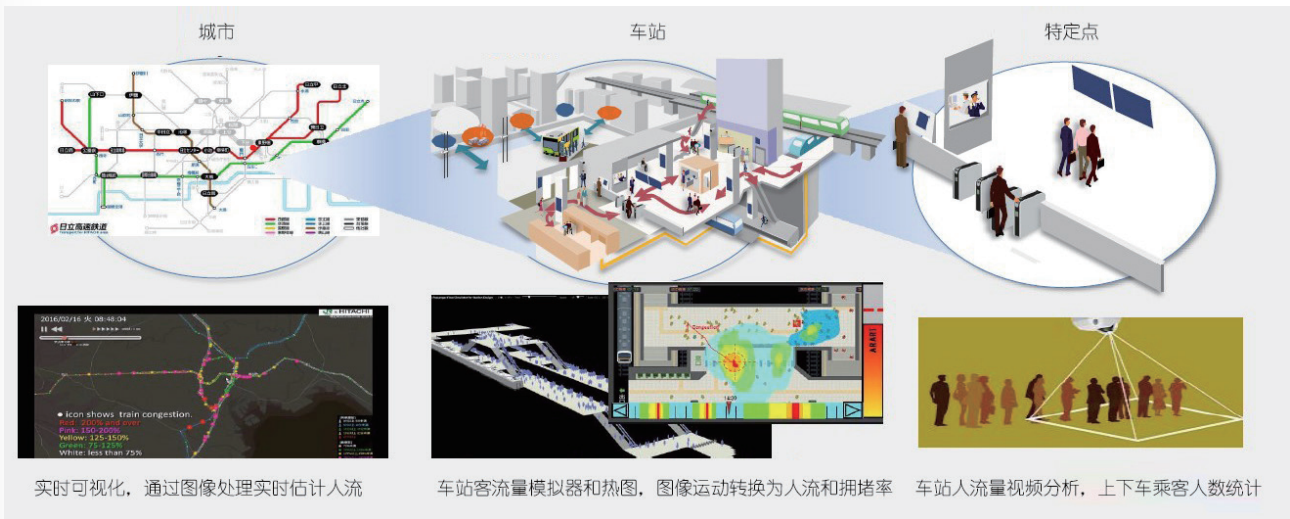
数字化控制与信号系统可以大幅提高铁路运营的可靠性和性能。从基础设施资产管理的角度来看，数字化控制与信号系统还将淘汰过时的铁路信号箱和笨重的铜线。以下是有关控制与信号系统数字化的几个例子：

德国铁路路网股份公司是德国联邦铁路公司旗下一家主要子公司，德国铁路系统的大部分均归该公司所有，由该公司运营。通过“数字控制命令与信号技术”研究项目，德国铁路路网股份公司对列车控制系统进行了数字化，为未来做准备。

5. 客户体验数字化

客户体验日益成为轨道交通运营商的关键话题。乘客要求获得更好的服务和实时信息。乘客期望变化得越来越快，新的出行方式提供商进入行业，使竞争愈加激烈。为与时俱进，轨道交通企业必须采用新技术，提供数字体验。轨道交通企业应将乘客作为体验的中心，可以借助技术来改善乘客体验和um提高乘客忠诚度。

在新冠肺炎疫情期间采用客流系统管理火车站的拥挤程度就是最近的例子，上图展示的是如何利用不同技术，基于物联网传感器和人工智能进行车辆、车站客流分析。



利用人工智能应用与乘客进行数字通信。人工智能对从先进技术生成的数据中发现规律，并将规律联系起来起到至关重要的作用。人工智能在火车站客户支持中心的普及率已经显著提高。轨道交通中最常见的人工智能应用包括：客户分析、实时运营管理、智能票务系统、预见性维护、调度与时间安排、多式联运计划工具。

欧洲经验：过去七八年间，欧洲铁路在实现与车站和站点乘客的透明化通信方面取得了最为瞩目的进展。相关服务包括：信息量更大且更容易使用的网站、运行车辆相关实时信息、购票服务、车载信息娱乐服务、动态乘客及时刻表信息。许多铁路运营商已经在车上为乘客提供互联网多媒体门户网站。在奥地利，奥地利联邦铁路公司（ÖBB）通过朗朗上口的口号吸引乘客选择其铁路服务。在德国，铁路乘客可以在超过 135 个车站的德国联邦铁路公司（DB）休息室以及城际快车（ICE）上网。

机器人越来越多地在世界各地提供客户服务，有助于解决包括员工要求、语言问题和实时客户分析在内的诸多挑战。

日本经验：东日本旅客铁路公司利用自然语言处理（NLP）和模式识别技术在东京开发并部署了东日本旅客铁路公司交流机器人。这台多语种人形机器人能够回答有关公共交通系统、附近设施和观光活动的问题。机器人的输入数据含超过 200 个常见问题（FAQ）及其答案，数据通过采访旅行和商业“客户服务”人员得到。这台交流机器人可以减少车站“客户服务”人员被咨询的次数。

数字化转型过渡期间的挑战

数字化带来的挑战包括：

- **技术挑战：**传输和通信带宽、数据准确性、网络安全、标准不一致、标准过时。
- **商业挑战：**供应链碎片化、数据治理与管理、保修服务、专有软件。
- **经济 / 商业案例：**初始投资和维护成本高。
- **组织和人力资源：**对管理和企业文化的影响，对 IT 维护技能的要求。
- **法律法规：**受到安全部门 / 公共交通运营商 / 保险公司的抵制以及复杂招标要求对技术开发的阻碍。

结论

互联网和数字技术的兴起正在重塑行业观念，引领创新趋势，深刻影响城市轨道交通的方方面面。

数字发展为轨道运营带来了独特的机遇，有望成为向更环保、更可持续的公共交通模式转型不可或缺的一部分。轨道交通行业的数字化能提高铁路系统的性能、竞争力、安全和安保。数字化解决方案还可以提高轨道交通运营的效率 and 成本效益。大多数轨道交通运营商都清楚如何借助数字技术的力量来节约成本，改进服务，发展更智能的基础设施，提供更好的乘客体验。重要的是，运营商应认真考虑有关隐私、监管安全、数据和专有系统所有权、公众可接受性、就业影响以及搁浅资产投资的问题。■