

城市智能交通系统 (UITS) 核心理论与超大城市实践研究

——以北京、上海、深圳为例

赵珂卿 王兵*

新疆大学 交通运输工程学院 新疆 乌鲁木齐 830046

【摘要】：城市智能交通系统 (UITS) 是破解超大城市交通拥堵、提升治理效能的核心支撑。本文以系统工程理论、多技术融合理论、系统最优理论、信息流理论为核心框架，系统阐释 UITS 的内涵特征、体系构成与运行逻辑。结合北京奥运会期间交通保障、上海 的智慧地铁、深圳智能交通一体化三大实践，开展多案例实证分析，提炼超大城市 UITS 建设的共性经验与差异化路径。研究表明，四大理论协同驱动 UITS 从“碎片化管控”向“一体化协同 转型；北京侧重大型活动交通组织、上海聚焦 AI 动态调控、深圳深耕全域一体化底座，均实现通行效率、安全水平与服务品质的显著提升。最后针对数据孤岛、算法泛化、跨区域协同等挑战提出优化对策，为我国超大城市智能交通高质量发展提供理论参考与实践借鉴。

【关键词】：城市智能交通系统 (UITS)；系统工程；多技术融合；系统最优；信息流；超大城市；北京；上海；深圳

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.055

1 引言

在城市化与机动化双重驱动下，我国超大城市面临路网密度高、流量波动大、供需矛盾突出、安全与环保压力加剧等多重治理难题。传统进行大量的交通基础设施建设的措施，可以用于解决大城市的交通阻塞问题。但是，道路城市的扩张又会反向诱发小汽车的快速发展，刺激交通需求增长，又进一步加剧交通拥挤状况^[4]。城市智能交通系统 (UITS) 在较完善的道路基础设施、交通设施和交通流组织的基础上，将先进的信息技术、通信技术、控制技术、传感器、计算机技术和系统综合技术有效的集成，并应用于地面运输系统，从而建立起大范围内发挥作用的、实时的、准确、高效的运输系统。UITS 通过构建“感知—传输—决策—执行—反馈”闭环，成为交通高质量发展与智慧城市建设的的关键抓手。

卫亚欣^[4]主要对城市弹性交通系统的评估方法进行分析，构建以鲁棒性为核心的系统分析框架，赵焱飞、李仲明、任新惠^[5]对城市场景无人机物流航线规划方法进行系统分析和研究；李海舰等人^[6]对城市无人配送车的运行管理、仿真与评价进行研究，推动无人配送车的高质量落地运营现有研究多聚焦单一技术应用，缺乏四大核心理论整合框架下的跨城市对比与系统总结。基于此，本文以系统工程、多技术融合、系统最优、信息流理论为核心，界定 UITS 特征，对比北京、上海、深圳三大超大城市实践模式，提炼可复制、可推广的建设路径，完善我国超大城市 UITS 理论体系与实施方案。

2 城市智能交通系统 (UITS) 核心理论与内涵构成

2.1 UITS 概述

2.1.1 UITS 四大核心理论

(1) 系统工程理论概述

系统工程理论的核心特征在于其系统观与整体性思维。它强调将研究对象视为一个由多个相互关联、相互作用的元素组成的整体系统，通过深入分析这些元素之间的内在联系与外在影响，揭示系统的内在规律与运行机制。在此基础上，通过设计、制造、控制等一系列技术手段，对系统进行优化与调整，以实现系统功能的最大化与整体效益的最优化^[7]。

在城市交通领域，系统工程理论将城市交通视为“人—车—路—网—环境—管理”有机整体，强调整体最优而非局部优化，统筹基础设施、运输服务、安全应急、执法监管全链条，实现跨部门、跨层级、跨区域协同治理。

(2) 多技术融合理论概述

多技术融合理论以物联网、大数据、云计算、人工智能、数字孪生、BIM、5G、车路协同等多种先进技术为支撑，打破技术壁垒，实现感知、计算、决策、控制、服务一体化赋能，推动交通管理从信息化向智能化、自主化升级。

(3) 系统最优理论概述

系统最优理论是在给定约束下，寻找一组决策变量，使系统整体目标函数达到极值^[8]，在交通领域，系统最优理论以路网通行效率最大化、延误最小化、能耗最低化、安全水平最高化为目标，建立多目标优化模型，动态分配时空资源，实现全局最优而非个体最优。

王兵为通讯作者和指导教师。

(4) 信息流理论概述

此处的“信息流”指的是“数据信息流”，数据信息流理论以数据为核心生产要素，打通“采集—汇聚—治理—共享—应用—反馈”全链路，消除信息孤岛，实现交通状态实时透明、决策科学精准、服务主动触达。

2.1.2 UITS 核心特征

(1) 系统性：立足全局视角，构建覆盖城市全路网、全出行方式的完整体系，打破各交通子系统孤岛，实现信号控制、交通监控、停车管理等多系统协同联动，同时对交通规划、建设、运营、养护全生命周期进行一体化统筹，保障整体运行高效有序。

(2) 科学性：以数据驱动为核心，依托全域感知设备获取实时交通数据，通过智能算法进行量化分析与精准研判，彻底替代传统人工经验决策模式，确保交通管控、路径调度、信号配时等各项举措科学合理、贴合实际需求。

(3) 阶段性：根据交通运行的动态变化，分时段、分场景适配管控策略，高峰时段侧重拥堵疏导，平峰时段注重效率提升，夜间及特殊时段强化安全管控，同时能根据突发事件、环境变化灵活调整，实现不同阶段的最优运行状态。

(4) 目的性：以保障交通安全、提升通行效率为核心目标，兼顾低碳减排与可持续发展需求，通过优化管控模式、引导绿色出行，减少交通拥堵与能源消耗，最终实现交通系统综合效益最大化，服务城市发展与市民出行。

(5) 思想性：秉持全局最优与协同共治的核心思想，打破跨交通方式、跨管理部门、跨行政区域的壁垒，推动各方力量联动配合，将系统最优理论融入交通治理全过程，体现现代化、精细化的交通治理思维。

2.1.3 UITS 基本构成

城市 ITS 的基本功能表现在减少居民出行时间、保障交通安全、缓解交通拥挤、减少交通污染等方面，其最终目标是建立一个实时、准确、高效的交通运输管理系统。基于以上功能，城市 ITS 系统包括城市交通信息管理系统、交通管理系统、紧急救援管理系统、收费管理系统、公共交通管理系统、客货运管理系统、交通信息服务系统及安全驾驶支持系统等发展重点及服务领域。

3 超大城市 UITS 实践：北京、上海、深圳案例分析

3.1 北京市：大型活动导向型 UITS

北京是我国最早建成规模化智能交通体系的超大城市，以重大事件保障、多模式协同、信息发布、绿色优先为特色。张弘^[2]从交通组织规划与交通运行模式两个角度分析北京奥运会的大型活动导向型 UITS。北京奥运会从举办开始，侧重于智能交通系统的建设。北京构建了全域覆盖的智能交通管理平

台，进一步优化公交线路，完善交通标志标线整合视频监控、流量检测、公交调度等 22 类数据，形成“人—车—路”全要素数据底座，实现交通状态实时感知与风险自动预警。服务层面，依托导航软件、交通广播、电子诱导屏等多渠道，提供路况、换乘、管制信息的精准推送，保障信息可达性与时效性。同时，刘小明还指出，北京奥运会动态调配公交车辆与专线资源^[9]，推行持票免费乘车等惠民措施，将智能技术转化为出行便利，最终实现交通治理效率与公众服务体验的双重提升。

3.2 上海市：AI 动态调控导向型 UITS

上海以超大规模路网与轨道交通网为基础，聚焦 AI 信号控制、智慧地铁、全域协同，形成国内领先的数据驱动治堵模式。刘纯洁^[1]从智慧建设、智慧运营、智慧维保三个方面阐述智慧地铁在上海轨道交通中的应用。智慧建设用 BIM 技术做好地铁建设，管控施工风险；智慧运营聚焦乘客出行和行车调度，实现扫码过闸、灵活调车等便捷功能；智慧维保靠在线监控、车载巡检，提前发现并处理设施故障。这三方面结合物联网、大数据技术，解决了地铁运营中的效率和安全问题，让上海地铁更智能、更贴心。

3.3 深圳市：一体化底座导向型 UITS

深圳以“综合交通智慧化、智慧交通综合化、跨域融合产业化”为方向，打造全国首个交通一体化数字底座，实现业务、中枢、生态三位一体。提出以综合交通智慧化、智慧交通综合化、跨域融合产业化为核心的智能交通一体化发展思路，孙超、韩广广等人^[3]结合深圳市智能交通建设实践，提出包括 6 类业务流程数字化转型闭环升级、4 个核心能力底座建设和 3 项新质产业培育发展的实施路径，形成业务治理一体化、中枢赋能一体化、生态建设一体化的智能交通发展模式。

4 三大城市 UITS 模式对比

结合 UITS 四大核心理论，北京、上海、深圳三座城市的智能交通模式在落地思路上差异鲜明，很好地体现了不同城市的发展重点。

在系统工程上，北京围绕奥运构建“城市交通+奥运专用”双系统，重在赛事与市民出行协同保障；上海推行点线面一体化调控，聚焦路口、干线、区域联动；深圳则打破多系统壁垒，形成规划、建设、运营全流程闭环。

在信息流方面，北京以一卡通、GPS 等基础数据搭建一体化平台；上海汇聚多源数据实现秒级快速研判；深圳建成海量统一数据资产，做到标准统一、数据同源。

系统最优上，北京侧重专用道、信号优先、错峰限行等全局安排；上海以减少延误、提升通行量为目标，实时优化信号灯；深圳实现路网、公交、能源、空域等多维度整体优化。

多技术融合上，北京偏向一卡通、清洁能源车辆等实用集

成；上海运用强化学习、数字孪生等技术优化信号；深圳则最前沿，深度应用车路协同、低空经济、交能融合等新技术。

5 其他城市发展 UITS 可复制经验

结合北京、上海、深圳实践经验，提出以下可复制、可推广的对策建议。首先，破除数据孤岛，统一数据标准，搭建一体化信息平台，实现交通数据全域共享。其次，强化顶层设计，以系统工程思维统筹规划、建设、运营全流程，避免碎片化建设。再者，技术务实落地，根据城市需求选择适配技术，优先推广信号优化、动态诱导等成熟应用。同时，聚焦系统最优，兼顾全局效率与民生保障，完善大型活动与日常交通协同机制。最后，建立长效机制，推动跨部门协同与持续迭代，提升交通治理智能化、精细化水平。

传感器技术、电子控制技术及计算机处理技术等有效地集成运用于整个交通运输管理体系，从而建立起的一种在大范围内、全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合运输和管理

系统。它的核心目标是通过加强车辆、道路和使用者之间的联系

6 结论

城市智能交通系统（UITS）以系统工程、多技术融合、系统最优、信息流四大理论为核心支柱，构成超大城市交通治理的现代化框架。北京以大型活动保障为突破，验证了系统工程与信息流在应急协同中的关键作用；上海以 AI 信号与智慧地铁为核心，彰显了系统最优与多技术融合在日常治理中的强大效能；深圳以一体化底座与跨域融合为方向，开辟了数据驱动、产业协同的未来路径。

三者共同证明：UITS 不是单一系统建设，而是理论、技术、业务、体制、产业的系统性变革。未来超大城市应立足自身定位，坚持理论引领、数据驱动、技术赋能、协同共治，持续推进智能交通一体化、智能化、绿色化、产业化发展，为交通强国与智慧城市建设提供坚实支撑。

参考文献：

- [1] 刘纯洁.上海智慧地铁的研究与实践[J].城市轨道交通系统研究,2019,22(06):1-6.
- [2] 张弘,李谦.北京奥运会交通运行组织与管理的经验分析[J].综合运输,2017,39(01):90-93.
- [3] 孙超,韩广广,黄愉文.超大城市智能交通一体化发展探索与深圳市实践[J/OL].城市交通,1-12[2026-03-17].
- [4] 卫亚欣,李堃,慕晨,等.城市弹性交通系统综述：评估方法与优化提升[J/OL].交通运输工程学报,1-34[2026-03-17].
- [5] 赵巍飞,李仲明,任新惠.城市场景无人机物流航线规划方法综述[J].南京航空航天大学学报(自然科学版),2025,57(06):1013-1025.
- [6] 李海舰,李宇轩,王威杰,等.城市无人配送车的运行管理、仿真与评价研究综述[J].华南理工大学学报(自然科学版),2025,53(11):90-100.
- [7] 刘明广,李高杨.系统工程理论与方法[M].武汉:华中科技大学出版社,2022:62-63.
- [8] 胡耀华,贾欣乐.具有约束条件的系统最优生存控制[J].大连海事大学学报,1999,(03):93-96.
- [9] 刘小明,郭继孚,孙壮志.北京奥运会交通运行及其启示[J].交通运输系统工程与信息,2008,8(06):16-24.