

交通信号施工中的智能化技术应用

姚成林

南京江工智能科技有限公司，江苏省南京市，210000；

摘要：随着城市化进程的加速和交通需求的持续增长，传统交通信号施工模式已难以满足现代交通管理需求。智能化技术借助物联网、大数据、人工智能等手段，实现了交通信号施工的精准化、动态化和高效化。本文系统剖析了交通信号施工中智能化技术的应用场景、技术架构及实施路径，探讨了智能化技术对提升交通效率、降低事故率及促进可持续发展的重要作用。研究表明，智能化技术可使主干道通行效率提升20% - 30%，事故发生率降低约10%，为城市交通管理提供了创新解决方案。

关键词：交通信号施工；智能化技术；物联网；大数据；人工智能

DOI：10.69979/3060-8767.26.03.067

引言

交通信号系统作为城市交通管理的核心基础设施，其施工质量直接关乎道路通行效率和交通安全。传统交通信号施工过度依赖人工经验与固定配时方案，难以适应实时交通流的动态变化，进而导致交通拥堵频发、资源浪费严重等问题。据统计，我国大城市交通拥堵成本占GDP的2% - 5%，其中信号配时不合理是引发拥堵的关键因素之一。随着物联网、大数据、人工智能等技术的日益成熟，智能化施工模式逐渐成为交通信号系统升级的关键方向。通过实时数据采集、动态配时优化和智能决策支持，智能化技术能够显著提升交通信号系统的适应性与管理效率，为缓解城市交通压力提供有力的技术支撑。

1 交通信号施工中智能化技术的应用场景

1.1 实时交通数据采集与感知

智能化施工的核心在于构建覆盖全路网的感知网络。借助部署地磁传感器、雷达、激光雷达(LiDAR)、AI摄像头等设备，可实时采集车流量、车速、排队长度、车道占有率等关键交通数据。这些多源数据为后续的交通信号优化提供了丰富且精准的信息基础。例如，通过高精度的地磁传感器能够准确感知车辆的通过情况，而AI摄像头则可对车辆类型、行驶状态等进行细致分析，多种设备协同工作，确保数据采集的全面性和准确性。

1.2 动态信号配时优化

基于实时交通数据，智能化系统可实现信号灯配时

方案的动态调整。传统固定配时模式下，路口通行效率受限于预设周期，难以根据实际交通需求灵活变化。而自适应信号控制技术能够依据当前交通状况，灵活分配绿灯时间，提高路口的通行能力。相关研究表明，引入自适应信号控制技术后，部分城市主干道通行能力可提升20%以上，平均延误时间减少15%。此外，基于深度学习的预测模型可提前10 - 15分钟预判交通流变化，为信号配时提供前瞻性决策支持，进一步优化交通信号的控制效果。

1.3 智能交叉口控制

在复杂交叉口场景中，智能化技术通过多目标优化算法协调各方向车流。将交叉口信号灯视为独立智能体，通过通信协议实现全局协同控制，能够根据车辆方向、类型及速度差异划分车道，并动态调整信号相位顺序。这种智能控制方式可使交叉口通行效率得到显著提升，相关实践显示，部分区域交叉口通行效率可提升25%。同时，通过对历史数据与实时路况的分析，动态调整相邻路口信号灯相位差，实现主干道连续绿灯通行，减少车辆平均停车次数，提高整体交通流畅度。

1.4 交通事件快速响应与处置

智能化系统具备实时监测交通事故、道路施工等异常事件的能力，并可自动触发应急信号控制策略。通过部署AI视频分析设备等先进技术手段，交通事故识别准确率可超90%。一旦检测到异常事件，系统能够在短时间内(如30秒内)调整周边路口信号灯，引导车流绕行，有效减少二次事故风险。此外，集成多部门数据

的“交通大脑”平台，在极端天气或突发事件中可实现跨区域信号联动，将应急响应时间大幅缩短至5分钟以内，提高城市交通的应急保障能力。

2 交通信号施工智能化技术架构

2.1 感知层：多源数据融合

感知层是智能化施工的基础，需要构建覆盖路侧、车载与云端的立体化感知网络。路侧设备包括地磁传感器、雷达、摄像头等，负责采集基础交通数据；车载设备（如 OBU）通过 V2X 通信补充车辆行驶意图数据；云端平台则整合气象、事件、地图等外部数据，形成多源异构数据池。例如，某些城市的“城市大脑”交通项目接入大量视频数据与地磁传感器数据，数据更新频率高达1秒/次，为信号优化提供了实时、全面的数据支撑，确保交通信号系统能够基于准确的信息做出科学决策。

2.2 网络层：低时延通信保障

网络层需满足海量数据实时传输的需求。5G、LTE-V2X 等通信技术能够实现路侧与云端、车辆与路侧的亚秒级通信，为交通信号的实时控制提供保障。例如，部分地区部署的 5G+MEC（边缘计算）网络，将信号控制指令下发时延从 200ms 压缩至 50ms 以内，显著提升了动态配时响应速度，使交通信号能够更及时地适应交通流的变化。此外，区块链技术可用于保障数据传输安全性，防止隐私泄露与恶意攻击，确保交通数据的安全可靠传输。

2.3 平台层：智能决策与优化

平台层通过大数据分析 with AI 算法实现信号配时优化，核心算法包括强化学习算法、数字孪生技术和多目标优化算法等。强化学习算法通过模拟交通流变化，训练信号配时模型，实现长期收益最大化。例如，某些区域采用 Q-learning 算法优化信号周期，使区域通行效率提升 12%。数字孪生技术构建虚拟交通环境，模拟不同配时方案效果，降低试错成本。部分新区通过数字孪生平台预演信号优化策略，项目实施周期缩短 30%。多目标优化算法则平衡通行效率、尾气排放、能源消耗等多维度目标。例如，某些区域采用 NSGA-II 算法优化信号配时，在提升通行效率的同时降低 NOx 排放 15%，实现交通发展的可持续性。

2.4 应用层：场景化服务输出

应用层面向交通管理部门与公众提供差异化服务。对管理部门，系统支持信号配时方案生成、拥堵溯源分析、应急指挥调度等功能，帮助管理部门更科学、高效地管理城市交通。对公众，通过手机 APP、诱导屏等渠道发布实时路况、停车信息与个性化出行建议。例如，某些城市的“城市大脑”APP 用户众多，日均提供导航服务次数可观，有效减少市民出行时间约 15%，提升市民出行体验。

3 实施路径与保障措施

3.1 分阶段推进策略

智能化施工需遵循“试点先行、逐步推广”的原则。短期（1-2年）选择交通枢纽、商业区等重点区域开展试点，验证技术可行性，积累实践经验。中期（3-5年）扩大覆盖范围，形成区域级信号优化网络，进一步提升区域交通的整体运行效率。长期（5年以上）实现全网智能化升级，构建城市级交通大脑，实现城市交通的全面智能化管理。例如，部分城市制定了明确的智能化改造计划，逐步推进交通信号系统的智能化升级，为其他城市提供了可借鉴的经验。

3.2 跨部门协同机制

智能化施工涉及交通、公安、城管、通信等多部门，需建立联合工作组统筹推进。通过成立专门的领导小组或建立联席会议制度等方式，整合各部门数据资源，打破信息孤岛，协调解决施工过程中出现的各种问题。例如，某些城市成立由市长牵头的“城市大脑”建设领导小组，整合 20 余个部门数据资源，有效推动了智能化施工的顺利进行；部分城市通过“交通综合治理联席会议”制度，协调地铁施工、道路养护等对信号系统的影响，保障施工期间交通平稳运行。

3.3 标准规范与安全保障

制定统一的数据接口、通信协议与安全标准是智能化施工的前提。我国已发布一系列智能交通系统相关国家标准，涵盖术语定义、数字地图、专用通信等领域，但部分标准需更新以适应新技术发展。例如，针对 V2X 通信，需完善相关管理规定，明确频段分配与干扰规避规则，确保通信的稳定性和可靠性。此外，需建立数据安全防护体系，采用加密传输、匿名化处理等技术保障用户隐私，防止数据泄露和滥用。

3.4 资金与人才支持

智能化施工需大量资金投入。政府可通过专项补贴、PPP模式等引导社会资本参与，降低财政压力。例如，某些智能交通示范项目采用“政府出资建设 + 企业运营维护”模式，充分发挥政府和企业的优势，推动项目的顺利实施。同时，需加强复合型人才培养，高校增设“智能交通工程”专业，企业与科研机构联合开展技术培训，储备既懂交通业务又懂信息技术的专业人才，为智能化施工提供人才保障。

4 挑战与未来展望

4.1 技术挑战

当前智能化施工仍面临诸多技术挑战，如数据质量、算法泛化能力与系统稳定性等问题。在恶劣天气条件下，摄像头识别准确率会大幅下降，影响数据采集的准确性，因此需要融合雷达等其他数据源提升系统的鲁棒性。深度学习模型在跨区域迁移时效果衰减，需要开发通用性更强的算法框架，以提高算法的适应性和泛化能力。此外，确保系统的长期稳定运行也是智能化施工需要解决的重要问题。

4.2 管理挑战

部门协同困难、标准不统一与公众接受度低是智能化施工面临的主要管理挑战。在公交优先信号与消防、急救等特种车辆信号冲突时，需要建立优先级动态调整机制，以确保各类车辆的通行需求得到合理满足。同时，部分市民对智能化设备存在隐私担忧，需要加强科普宣传与透明化运营，提高公众对智能化交通系统的认知和接受度，促进智能化施工的顺利推广。

4.3 未来趋势

随着5G、车路协同与自动驾驶技术的成熟，交通

信号施工将向“全要素感知、全场景智能、全周期协同”方向发展。未来系统将能够主动感知行人过街意图、非机动车行驶轨迹，甚至与自动驾驶车辆实时交互，实现更加精准、高效的交通信号控制，朝着“零拥堵、零事故”的终极目标迈进。据预测，2030年全球智能交通市场规模将突破5000亿美元，其中中国占比超40%，成为全球最大的智能化交通市场，展现出智能化交通发展的巨大潜力。

5 结论

交通信号施工智能化是缓解城市交通压力、提升管理效率的必由之路。通过实时数据采集、动态配时优化与智能决策支持，智能化技术能够显著提升通行效率、降低事故率并促进可持续发展。分阶段推进、跨部门协同与标准规范建设是成功实施智能化施工的关键要素。未来，随着技术迭代与政策完善，智能化施工将成为城市交通现代化的核心驱动力，为构建智慧城市奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 冯颖. 城市轨道交通信号智能运维系统的应用研究[J]. 运输经理世界, 2025, (34): 1-3.
- [2] 本刊讯. 创新轨道交通信号技术推动行业智能化发展[J]. 中国科技产业, 2025, (07): 76.
- [3] 何泽灵. 城市轨道交通信号系统故障成因分析与智能化运维对策研究[J]. 人民公交, 2025, (22): 149-151.
- [4] 王思甜, 赵禹平, 刘云飞. 基于图像处理的城市智能化交通系统设计[J]. 科技与创新, 2019, (09): 42-44.
- [5] 王秀玲. 基于图像处理技术的智能交通信号灯控制系统[J]. 数码世界, 2018, (10): 52.