

传感器如何赋能市政设施？

九三学社中央科技委副主任、中国传感器与物联网产业联盟常务副理事长 郭源生

在数字中国建设纵深推进、新型城镇化迈向高质量发展的战略机遇期，城市作为人口集聚与经济活动的核心载体，其治理现代化水平已成为衡量区域发展质量的关键标尺。作为智慧市政建设的“神经末梢”与“数据原点”，传感器技术的全域渗透与深度应用，不仅是破解传统治理难题的关键抓手，更是构建“全域感知、智能研判、协同处置”的现代化城市治理体系的核心支撑。

基础保障类设施：水电气暖与公共服务的感知层构建

水务系统智能化。传感器技术的应用，可实现从水源到排水的全流程动态监测，提升水务运维效率与应急响应能力。

自来水供应：水质传感器采用电化学原理，实时监测自来水浊度、余氯、pH值等核心指标；电磁流量传感器通过监测管道内水流速度变化，定位漏损区域。未来将引入光谱水质传感器，通过紫外-可见吸收光谱技术，实现浊度、余氯、COD等多参数同步监测；结合AI算法分析水质历史数据，预判管道老化导致的水质下降风险，提前触发管网维护。

污水处理与中水回用：超声波液位传感器通过发射高频声波测量池体水位，联动进水泵实现自动调流；COD/BOD传感器基于生物电化学原理，实时监测污水中有机物浓度。未来将应用生物传感器，通过固定化微生物的呼吸作用或代谢电流变化，实时反馈污水中可降解有机物含量；结合膜生物反应器技术，在中水回用环节部署电导率传感器与浊度传感器，确保再生水质满足绿化、冲刷等回用标准。

城市排水防涝：投入式液位传感器实时监测水位变化；翻斗式雨量传感器通过翻斗翻转次数计量降雨量，提前启动排水泵站；井盖位移/倾角传感器采用MEMS技术，预警下水道堵塞。未来，井

盖集成压力变送器与LoRa通信模块将实现地下水位与井盖状态的同步监测；在易涝点部署雷达水位传感器，相比传统投入式传感器，可避免泥沙淤积影响，适应恶劣水质环境，提升监测稳定性。

电力与能源系统智能化。传感器技术可实现能源输送、分配、使用全链条监测，提升能源利用效率与供应安全性。

城市配电网：采用电磁感应原理的罗氏线圈电流传感器、非接触式测量电网电流，实时监测线路负荷变化；光纤温度传感器沿电缆敷设，通过光纤光强变化监测电缆接头温度。未来，将采用基于印刷电子技术制成可弯曲的柔性电流感应元件，适应分布式光伏、风电接入后的电网双向潮流监测；结合边缘计算网关，在传感器端实现负荷数据预处理，提升电网调度响应速度。

市政集中供暖：PT100温度传感器实时监测供水温度与回水温度；扩散硅压力传感器监测管网压力；NTC室温传感器测量室内温度，通过ZigBee无线通信上传至热力公司平台，实现“按需供暖”。未来，室温传感器集成人体红外感应模块，当检测到室内持续2小时以上无人时，自动将室温调低至16℃，降低供暖能耗；在热力管道保温层内部署光纤分布式温度传感器，实现管道全长温度监

测，减少热能浪费。

燃气输送：催化燃烧式燃气泄漏传感器安装于居民厨房与工商业用气场所，避免燃气爆炸；超声波流量传感器用于燃气计量，计算燃气流量。未来，在城市燃气管网沿线部署激光甲烷遥测传感器，通过发射1653nm波长的激光，检测空气中甲烷的吸收光谱，实现千米级远距离泄漏检测；居民端燃气泄漏传感器集成NB-IoT通信模块，当检测到燃气泄漏时，向用户手机、物业平台与燃气公司平台发送报警信息，缩短应急处置时间。

公共服务设施智能化。依托传感器技术打通各个服务感知链路，实现资源高效调配与服务精准供给，提升群众生活便捷度与幸福感。

智慧照明与通信：智慧路灯搭载光照传感器，根据环境亮度自动调节灯光亮度；集成PM2.5传感器与噪声传感器实时监测城市微环境质量。未来，智慧路灯集成北斗短报文模块，在极端天气中作为应急通信节点，为周边居民手机发送灾害预警信息；新增臭氧传感器实现对光化学烟雾的实时监测，辅助环保部门制定挥发性有机物减排方案。

民生场景服务：公共厕所安装红外对射坑位传感器，通过遮挡红外光束判断坑位占用状态；当异味浓度超过设定

阈值时，搭载VOC异味传感器自动启动排风系统。农贸市场部署智能溯源秤，商户录入商品产地、供应商等信息后，生成溯源二维码；冷链摊位安装温湿度传感器，实时监测冷柜内温度。公园绿地安装土壤湿度传感器与气象站传感器，避免水资源浪费。未来，公共厕所异味传感器升级为多气体检测模块，实现一器多用；智能溯源秤支持区块链存证，将食品溯源数据上传至区块链平台，防止商户篡改信息；公园土壤湿度传感器集成盐分传感器，针对盐碱地公园优化灌溉策略，避免土壤盐渍化加重。

在小型公共设施方面，当井盖发生位移超过5cm或倾角超过15°时，智能井盖安装位移传感器与倾角传感器可立即通过NB-IoT网络发送报警信息至市政平台；当地下水位上涨至井盖底部时，部分井盖集成地下水位传感器预警下水道堵塞，辅助市政人员及时疏通。自动贩卖机/快递柜安装红外货物检测传感器，实时监测货道内商品剩余数量，推送补货提醒至运营人员手机；快递柜搭载温湿度传感器，为生鲜、药品等特殊物品提供环境温湿度监测。未来，智能井盖集成压力传感器可监测过往车辆重量；快递柜新增活体检测传感器，若检测到活体则拒绝关门并发出声光报警，避免安全事故发生。

公共交通类设施：出行与物流的智慧化感知

公共交通载体智能化。通过部署多类型传感器，实现公共交通载体的状态监测、客流分析与故障预警，提升出行效率与安全性。

公交与地铁：客流统计传感器采用双目视觉+AI算法，通过识别乘客头部轮廓与肩部特征，精准统计上下车人数。地铁车厢内安装二氧化碳传感器与温湿度传感器，改善车内环境。GNSS双模定位传感器和车载OBU设备，实现公交地铁车辆实时位置追踪，乘客可通过手机APP查看车辆到站倒计时。未来，公交客流传感器升级为3D结构光传感器，不仅能统计人数，还能识别乘客携带的大件行李、婴儿车等；地铁车门安装压力分布传感器，当检测到关门时存在人体遮挡，自动触发车门二次开启。

电梯与扶梯：电梯搭载应变式称重传感器，当载重超过额定重量的110%时，触发超载报警并禁止关门；位移传感器采用光电脉冲原理，实现楼层精准定

位。扶梯安装梳齿板异物检测传感器，当衣物、鞋带等卷入梳齿板时，立即停止扶梯运行并报警；振动传感器实时监测扶梯驱动链、梯级的振动状态，预警轴承磨损、链条松动等故障。未来，电梯集成AI视觉传感器可通过轿厢内摄像头识别乘客异常行为，实时发出语音提醒；扶梯振动传感器结合边缘计算模块，在本地完成振动数据预处理，上传异常数据，降低云端传输压力。

静态交通与物流智能化。利用传感器技术实现静态交通资源的高效利用与物流环节的精准管控。

公共停车场：地磁传感器采用磁阻效应原理，引导车主快速找到空车位；超声波车辆检测器通过发射40kHz超声波测量车辆高度，自动区分车型，辅助管理平台进行车型分类收费。未来，地磁传感器将升级为“地磁+毫米波雷达”双模传感器，即使车辆底部金属较少（如新能源车）或车位表面有落叶、积雪覆盖，仍

能保持99%以上的检测准确率；停车场部署反向寻车传感器，通过车主手机蓝牙信号与车位上方的蓝牙信标匹配，为车主提供步行寻车导航路线。

环卫与物流车辆：垃圾车配备红外满溢传感器与载重传感器，当垃圾桶内垃圾高度超过传感器安装位置或垃圾车总载重超过8t时，向环卫调度平台发送满溢/超载报警。快递配送车安装激光避障传感器与电池SOC传感器，激光避障传感器实时检测前方行人、车辆、障碍物；电池SOC传感器实时上传剩余电量至配送平台，避免中途断电。未来，垃圾车满溢传感器集成气味传感器，不仅能判断垃圾是否装满，还能检测垃圾腐烂程度，优先清运易产生异味的厨余垃圾；快递配送车搭载UWB超宽带定位传感器，在小区、写字楼等复杂环境中实现厘米级定位，辅助骑手精准找到收件地址。

共享出行工具智能化。通过传感器技术实现共享出行工具的状态监测，规

范管理与安全保障。

共享单车：车身安装GPS+北斗双模定位传感器与蓝牙智能锁，用户通过手机APP触发蓝牙信号解锁车辆；倾角传感器实时检测车辆是否倾斜，提醒及时扶正车辆；霍尔转速传感器通过检测车轮转动圈数计算骑行里程，结合定位数据生成骑行轨迹，供用户查看。未来，共享单车集成胎压传感器，当胎压低于25psi时，向用户APP推送提示；智能锁新增NFC功能，支持无网络环境下通过手机NFC触碰解锁，提升使用便捷性。

共享电动车：除配备共享单车的核心传感器外，还搭载电池健康传感器与电机控制器传感器。电池健康传感器实时监测电池温度，避免电池起火；电机控制器传感器检测电机转速与扭矩，保护电机免受损坏。未来，共享电动车将安装电子围栏传感器，实现“定点取还”功能；电池健康传感器结合AI算法，预测电池剩余使用寿命，避免用户骑行中途断电。

安全应急类设施：风险预警与应急响应的智能感知

消防安全监测。通过部署多类型火灾探测智能传感器系统，构建全场景火灾监测网络，实现早期火灾预警与快速响应，最大程度降低火灾损失与人员伤亡风险。

楼宇建筑室内场所：光电感烟报警器利用光散射原理捕捉火灾初期烟雾颗粒，实现早期火灾预警；差定温火灾探测器兼具定温探测与差温探测功能，适配厨房、机房等高温环境的火灾监测；消防栓压力传感器采用扩散硅压力传感原理，实时监测消防供水系统压力状态。未来，感烟报警器集成CO传感器，通过多参数融合识别技术，精准区分火灾烟雾与厨房油烟、蒸汽等干扰源，将家庭场景误报率降低60%以上；依托NB-IoT网络实现传感器数据云端汇聚，联动消防应急平台，实现报警信息与建筑平面图、疏散路线的精准匹配推送。

室外公共区域场所：重点配置智能灭火器与消防通道红外光栅传感器。智能灭火器集成压力传感器与RFID身份识别模块，压力传感器实时监测灭火器内部压力；RFID模块可实现灭火器位置溯源与使用记录追踪，避免丢失或过期

未更换问题。消防通道红外光栅传感器通过多组红外对射光束形成防护网，当检测到车辆、障碍物占用消防通道时，立即触发声光报警并推送信息至市政管理平台。未来，消防通道监测升级采用毫米波雷达传感器，凭借其穿透烟雾、雨雪、植被遮挡的特性，实现24小时无死角监测；结合视频监控联动，当监测到占用行为时，自动抓拍取证并识别车牌信息，提升执法处置效率。

人身安全与应急疏散通过部署人流统计、应急处置与智能警务类传感器，构建“监测-预警-响应-疏散”全链条安全保障体系，保障人员安全与有序疏散。

人员聚集活动场所：核心部署智能摄像头与高空瞭望球机。智能摄像头搭载双目视觉与AI算法，实现人脸抓拍、人员密度统计与异常行为分析；高空瞭望球机采用360°全景监控镜头与红外夜视功能，实现大范围区域实时监测。未来，摄像头集成声音事件检测传感器，通过声纹识别技术精准识别异常声响，实现“视觉+听觉”双模联动报警。

应急处置设施：部署一键报警柱与电子围栏。一键报警柱集成按压式触发

传感器与语音对讲模块，用户按压报警按钮后可立即与应急指挥中心建立双向语音通信；电子围栏采用脉冲式红外传感器，形成无形防护边界。未来，一键报警柱集成心率、体温传感器，求助者触发报警时可同步上传身体状态数据，应急指挥中心根据健康数据预判救援优先级，提升救援针对性。

基础设施结构安全与健康监测。通过部署全生命周期状态监测传感器，实现设施故障的提前预警与及时维修，避免对行人、车辆造成意外伤害，保障城市基础设施运行安全。

桥梁与建筑：部署振动加速度、应变计与倾角传感器。振动加速度传感器通过监测结构振动数据进行模态分析，识别桥梁、高层建筑的结构健康状态；应变计实时监测应力变化，避免超载、老化导致的结构损坏；倾角传感器用于监测建筑、桥梁的倾斜变形，当倾斜角度超过阈值时触发预警。未来，大跨度桥梁采用分布式光纤传感器，通过光时域反射技术实现全桥连续应变监测，实现无死角、高精度的变形预警。

道路与地下管网：部署土壤压力传

感器与管道腐蚀传感器。土壤压力传感器通过监测土壤压力变化预判道路塌陷风险；管道腐蚀传感器采用电化学腐蚀传感原理，实时监测管道腐蚀程度。未来，道路传感器集成地下空洞探测雷达，通过电磁波反射原理识别道路下方空洞，可提前3~6个月预警路面塌陷风险；地下管网传感器采用光纤传感技术，实现长距离、高精度的泄漏与腐蚀监测。

小型公共设施：智能井盖除部署位移、倾角传感器外，新增防坠传感器与压力传感器。防坠传感器采用红外对射式，当井盖缺失时，红外光束被阻断立即触发报警；井盖下方防坠网边缘安装压力传感器，若有行人不慎坠落，传感器检测到重量≥30kg后，立即发送紧急救援信号。路灯杆安装倾角传感器，当路灯倾斜角度超过10°时，向运维人员发送倾倒预警；结合振动传感器，监测路灯杆是否受到车辆撞击。未来，小型公共设施传感器集成能量收集模块，将电池使用寿命延长至5年以上，降低运维成本；构建小型公共设施智能监测网络，实现数据互通与联动预警，提升城市基础设施运维的集约化水平。

产业生态与发展战略研判

受益于新型城镇化、城市更新及智慧市政建设专项规划的持续推进，市政传感器市场进入高速增长期。据行业权威数据统计，2025年中国市政传感器市场规模达到386亿元，同比增长18.2%；预计2028年市场规模将突破650亿元，2025—2028年复合增长率维持在18.5%的高位。这一增长态势远超全球传感器市场平均增速（约12%），核心源于中国在基础设施智能化改造领域的规模化投入。

从市场细分维度看，呈现“交通主导、安全跃升、民生补位”的格局。其中，公共交通类传感器市场规模127亿元，占比32.9%，为第一大细分领域，主要驱动因素是城市静态交通智能化改造及共享出行工具智能化升级；安全应急类传感器市场规模89亿元，占比23.1%，同比增速达22.5%，成为增长最快的细分领域，得益于城市安全韧性建设政策加码及老旧设施安全排查常态化；水务类传感器市场规模76亿元，占比19.7%，受城市内涝治理专项行动推动，地下管网监测类传感器需求激增；公共服务类传感器市场规模94亿元，占比24.3%，智慧路灯作为“城市感知神经网络节点”的载体价值凸显，全国已建成智慧路灯项目超3.5万个，带动多传感器集成应用需求。

然而，市政传感器产业在发展中也存在技术、标准与生态的三大核心挑战。

在技术层面，一是高端传感技术突破不足，高精度MEMS芯片的噪声控制、激光传感器的稳定性校准等核心技术指标与国际先进水平存在2~3代差距，导致高端产品依赖进口；二是低功耗技术瓶颈，智能井盖、地下管网等无电场景的传感器，当前电池使用寿命普遍为1.5~2年，频繁更换导致运维成本激增，低功耗芯片与能量收集技术的集成应用尚不成熟；三是数据融合能力薄弱，单一传感器数据价值有限，而多源传感器数据的时空校准、异构融合算法开发滞后，导致“数据孤岛”问题突出，难以支撑智慧市政的协同决策。

在标准层面，一是缺乏统一的技术规范，不同厂商的传感器通信协议存在差异，导致跨品牌、跨场景的数据互通率不足40%，增加了系统集成难度；二是安装运维标准缺失，老旧小区、地下管网等复杂场景的传感器安装无明确规范，导致施工质量参差不齐，传感器故障率超15%；三是数据安全标准不完善，市政传感器数据涉及城市基础设施布局、公共安全等敏感信息，但当前数据采集、存储、传输的安全加密标准尚未统一，存在数据泄露与篡改风险。

在生态层面，一是“传感器+平台+运维”的产业生态尚未形成，多数企业仍聚焦硬件销售，缺乏对后端数据服务和运维体系的布局，产业附加值较低；二是中小企业研发能力不足，行业研发投入主要集中在头部企业，中小企业研发投入占比不足3%，难以支撑核心技术突破；三是跨领域协同不足，传感器企业与市政设计单位、施工企业、软件服务商的协同研发机制缺失，导致产品迭代与实际应用需求脱节。

为突破市政传感器产业发展中的三重问题，笔者提出技术突破与生态重构双轮驱动的发展战略。

技术升级方向：一是加大对MEMS芯片、激光发射模块、高灵敏度探测器等关键部件的研发投入，依托国家集成电路产业投资基金，推动“芯片设计-制造-封装”全链条协同攻关，目标是2030年高端MEMS芯片国产化率突破50%；二是推进低功耗与智能化融合，采用“低功耗MCU+边缘计算芯片”架构，实现传感器本地数据预处理与异常识别，降低云端传输压力，结合太阳能、振动取电等能量收集技术，将无电场景传感器使用寿命延长至5年以上；三是构建多源数据融合体系，开发基于AI的时空校准与数据融合算法，实现“传感器-边缘节点-云端平台”的分级智能处理，提升数据决策价值。

产业生态构建：一是推动标准体系建设，由行业协会牵头，联合龙头企业制定统一的市政传感器通信协议、安装运维规范及数据安全标准，重点推进NB-IoT市政传感器通用接口标准落地，实现跨厂商数据互通；二是培育“硬件+软件+服务”一体化模式，引导企业从单一硬件供应商向综合解决方案服务商转型，提供传感器部署、数据平台搭建、长期运维保障的全流程服务，提升产业附加值；三是构建协同创新生态，建立“企业-高校-科研院所-政府”的产学研用合作机制，聚焦城市内涝监测、桥梁结构健康等典型场景，开展联合攻关，推动技术成果快速转化。

场景深化应用：一是从“被动监测”向“主动预判”升级，基于传感器历史数据与实时数据，构建AI预测模型，实现电梯故障、管网泄漏、路面塌陷等风险的提前预判；二是推进跨领域系统联动，打破交通、水务、安全等领域的传感器数据壁垒，构建全域智慧市政管理平台，实现“内涝预警-交通管制-应急救援”“燃气泄漏-阀门关闭-消防联动”等全链条响应；三是拓展民生场景渗透，在老旧小区、农贸市场、社区公园等场景，部署低成本、高可靠性的传感器，解决民生痛点，同时积累场景数据，反哺技术迭代。