 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i5.10545

Beidou Empowers Smart Supervision of Construction Waste: The Technical Architecture and Practical Outcomes of the Shenzhen Model

Ma Kunrong Wang Xingxiu

Shenzhen Construction Science and Technology Promotion Center; Shenzhen City, Guangdong Province; 518100

Abstract

With the accelerated urbanization process in China, the volume of construction waste continues to rise significantly, with issues such as illegal dumping and inadequate cross-regional supervision becoming prominent challenges in urban governance. The BeiDou Satellite Navigation System, leveraging its advantages of high-precision positioning, round-the-clock coverage, and robust reliability, provides essential technological support for intelligent monitoring throughout the entire lifecycle of construction waste. Shenzhen has pioneered the development of China's first city-wide intelligent supervision system for construction waste based on the BeiDou system, establishing a technical framework comprising "BeiDou core technology + IoT sensing + point-to-point tracking + electronic manifests, " thereby achieving comprehensive closed-loop monitoring across the entire chain from generation to transportation to disposal. This paper systematically examines the overall design, four-tier technical architecture, and core operational mechanisms of the Shenzhen model, analyzes its practical achievements in enhancing regulatory efficiency, optimizing resource allocation, and fostering interdepartmental collaboration, identifies current limitations in system performance, and proposes improvement directions, offering a replicable blueprint for the nationwide adoption of the BeiDou system in construction waste management.

Keywords

BeiDou System; construction waste; smart supervision; Shenzhen Model; Full-chain closed-loop

北斗赋能建筑废弃物智慧监管：深圳模式的技术架构与实践成效

马坤荣 王兴秀

深圳市建设科技促进中心，广东省深圳市，518100

摘要

随着我国城镇化进程加速,建筑废弃物产生量持续攀升,非法倾倒,跨区域监管缺失等问题成为城市治理的突出痛点。北斗卫星导航系统凭借高精度定位,全天候覆盖,可靠性强等优势,为建筑废弃物全过程智慧监管提供了核心技术支撑。深圳市率先建成国内首个基于北斗系统的城市级建筑废弃物智慧监管系统,构建了“北斗核心+物联感知+两点一线+电子联单”的技术路径,实现了建筑废弃物“产-运-消”全链条闭环监管。本文系统梳理深圳模式的总体设计、四层技术架构与核心运行机制,分析其在监管效能提升,资源优化配置,跨部门协同等方面的实践成效,剖析当前系统运行存在的短板并提出优化方向，为北斗系统在全国建筑废弃物治理领域的规模化推广提供可复制的实践样板。

关键词

北斗系统；建筑废弃物；智慧监管；深圳模式；全链条闭环

1 引言

近年来，我国城市更新，轨道交通建设等项目大规模推进，建筑废弃物产生量持续攀升。广东省2023年建筑垃圾总产生量已达2.74亿立方米[1]，但运输不规范，非法倾倒，跨区域监管缺失等问题日益突出，已成为城市治理的重点难点[2]。2023−2025年，中央及广东省生态环境保护督察连续通报多起建筑垃圾违规处置典型案例，明确指出“管理粗放”“全链条监管薄弱”等顽疾。传统“人工巡查，事后处罚”的监管模式已难以应对产生源分散，运输链条长、跨区域流动频繁的现实挑战。

【基金项目】广东省住房城乡建设厅软科学研究项目“基于‘北斗’系统的深圳市建筑废弃物智慧监管系统应用研究”（项目编号：20250228J0003）

【作者简介】马坤荣(1988–)，男，广东梅州人，汉族，本科学历，学士学位，高级工程师，主要从事生态环境，绿色建筑、建筑废弃物相关研究。

北斗卫星导航系统的高精度定位,短报文通信与国产自主可控特性，为破解监管困局提供了关键的技术密钥。为此，深圳市立足“无废城市”建设要求，于2018—2019年建成国内首个基于北斗系统的深圳市建筑废弃物智慧监管系统(以下简称“系统”)。该系统充分发挥北斗系统高精度定位、全天候覆盖、短报文通信等优势[3]，融合物联网，大数据，人工智能等技术，构建了“两点一线”的全过程闭环监管模式，实现了监管从“人工”向“智能”，从“事后”向“事中”的根本转变[4]。本文系统解构深圳模式的技术架构与运行机制，剖析其运行短板，并提出优化方向，以期为全国建筑废弃物智慧监管提供可复制的实践样板。

2 深圳模式的技术架构与运行机制

2.1 总体设计

系统的核心定位为“以北斗系统为核心，融合物联网，大数据，人工智能等新一代信息技术，构建建筑废弃物‘产生-运输-消纳’全过程，全链条，智能化监管平台”，重点解决传统监管模式下“看不见，管不住，溯不到，罚不准”的突出痛点，实现监管模式从“人工巡查，事后处罚”向“智能预警，事中干预，全程溯源”的根本性转变。

2.2 核心技术架构

系统严格遵循“技术先进，架构合理，安全可靠，可扩展，易维护”的原则，采用“感知层−网络层−平台层−应用层”四层架构，各层之间相互衔接，协同联动，形成完整的技术体系，该架构经住建部验收专家审核，被认定为“符合智慧监管领域技术发展趋势，架构设计科学合理，可满足长期运行与功能扩展需求”。

（1）感知层：源头数据采集

感知层是整个系统的数据采集前端，依靠北斗定位设备、物联网传感器、视频识别设备搭建全方位信息采集网络。全市所有建筑废弃物运输车辆统一装配北斗+GPS 双模定位终端，可实现高精度定位，精准捕捉车辆实时位置、行驶状态等信息，满足城市精细化管控使用要求[5]。

运输车辆同步搭载载重、车厢举升、箱体密闭三类物联网传感器，采集数据与北斗定位信息同步传输，可实时判断车辆是否超载、车厢是否违规开启、运输箱体是否密闭，精准识别各类运输违规行为。工地、消纳场等关键区域布设视频监控设备，结合智能图像识别技术，自动抓拍进出车辆及人员信息，为违规行为取证留存影像资料。

（2）网络层：数据传输通道

网络层承担全链路数据传输，采用5G、物联网、有线网络相结合的混合传输模式，兼顾实时性、稳定性与安全性。物联网承载终端、传感器常规数据，支撑大规模终端设备同时在线传输；5G网络传输高清视频等大容量数据，保障画面流畅清晰；光纤有线网络用于平台主机、监管办公终端接入，实现系统与深圳市政务云及各职能部门业务系统的数据互通。

网络体系配套防火墙、数据加密、访问权限管控等安全措施，整体符合信息安全等级保护相关标准，有效抵御网络攻击、数据篡改、信息泄露等风险。

（3）平台层：数据处理与支撑

平台层是系统核心中枢，集成大数据、地理信息、算法模型、数据接口四大功能板块，承担数据存储、运算分析、业务对接等工作。大数据板块采用分布式存储架构，可容纳海量监管数据，并配套数据清洗、校验、整合机制，保障数据真实有效。地理信息模块整合全市道路、工地、消纳场等空间信息，支持电子围栏绘制、运输路线规划、区域数据统计，实现监管内容可视化展示。系统搭载多数据源策略评分算法模型，结合车辆轨迹、载重、箱体状态、电子联单等多维度数据综合研判，监测到异常状态时自动推送预警信息。数据接口板块打通住建、交通、生态环境、海事等多个部门系统，打破信息壁垒，实现数据共享与业务协同。

（4）应用层：用户服务入口

应用层面向不同使用群体划分功能端口，分为监管工作台、企业工作台、公众服务平台三大板块，覆盖管理部门、市场主体、社会公众三类用户。监管工作台面向各级管理人员，集成办公待办、数据统计、异常处置、执法联动、决策分析等功能；企业工作台服务建设、运输、消纳等市场主体，支持业务申报、数据查询、信用查询等操作；公众服务平台提供场地查询、违规举报等服务，构建政府监管、企业自律、群众监督的多元治理格局。

2.3 核心运行机制

系统以北斗数据为技术底座，搭配“两点一线”管控框架与电子联单体系，三大模块深度融合、协同运转，构建建筑废弃物"产−运−消"全流程闭环监管机制。

（1）“两点一线”管控框架

该框架将建筑废弃物处置流程拆解为排放端、运输线、消纳端三大核心节点。排放端，施工单位开展废弃物排放前，须在系统内提交核准申请，明确废弃物体量、合作运输企业、指定消纳场地等信息，审核通过后方可清运，车辆出场时同步生成电子联单。运输线，系统依托北斗实时追踪车辆行驶轨迹，轨迹数据与电子联单绑定，作为后续核查、取证的核心依据。消纳端，车辆抵达指定场地后，工作人员通过系统核验联单信息，完成到场确认。全流程数据实时留存，一旦出现违规问题可快速溯源定责，并将违规记录纳入企业及车辆信用档案。

（2）电子联单运行体系

电子联单是贯穿全流程的数字化凭证，也是信息流转、责任界定的重要载体。联单由排放端监管员通过移动端生成，完整记录排放主体、排放类型、运输车辆、消纳场所等关键信息。系统对联单信息进行多维度交叉核验，排查车辆/船舶、消纳场所资质等问题。联单生成后在排放、运输、消纳各方之间自动流转，签认操作全程留痕、不可篡改。管理人员可凭联单号、车牌号、单位名称等条件随时调取流转记录，实现每一批废弃物来源可查、去向可追。

（3）北斗数据：两者的技术底座

北斗数据贯穿联单生成、运输流转、场地核验全流程。联单生成阶段，北斗定位信息确定排放点位真实性；运输阶段，实时轨迹数据用于比对核准路线，及时发现偏离线路、

中途卸料等违规行为；车辆抵达消纳场后，定位数据核验到场位置，保障联单顺利闭环。整套运行机制依托北斗技术实现时空精准管控，筑牢全链条监管根基。

3 深圳模式的实践成效

3.1 监管效能大幅提升，违规行为显著减少

系统投运前，深圳市建筑废弃物监管主要依赖人工巡查，存在监管盲区多，取证难，效率低，成本高的问题，非法倾倒，超载运输，未密闭运输等违规行为屡禁不止。系统投运后，实现了“智能化预警，精准化执法”，监管模式从“人工巡查、事后处罚”向“智能预警，事中干预”转变，监管效能大幅提升，各类违规行为得到有效遏制。

3.2 全过程溯源体系建成，责任追究更加精准

通过电子联单与北斗轨迹数据的深度融合，系统实现了建筑废弃物“产生-运输-消纳”全链条可溯可查，每一批建筑废弃物的来源，运输路线，消纳去向都清晰可查。一旦发生违规行为，可快速追溯产生单位，运输企业，驾驶员，消纳企业等责任主体，有效强化了各方主体责任落实，企业自律意识大幅提升。

3.3 消纳资源优化配置，处置效率显著提升

系统通过大数据分析实时掌握深圳市建筑废弃物排放量，消纳量，消纳场容量等数据，合理匹配排放与消纳资源，引导排放单位选择容量充足的消纳场所，实现消纳资源的统筹调度和优化配置，有效缓解了消纳资源供需失衡问题，提升处置效率。

3.4 跨部门协同加强，监管合力形成

系统实现了与市交通运输局，水务局，生态环境局，交通警察局，深圳海事局，各区政府等多部门系统的数据互通与业务协同，打破了部门数据壁垒。各部门可共享工程项目信息，运输车辆信息，电子联单信息，违规行为信息等，系统发现违规行为后，可自动将预警信息，违规证据推送至相关部门，联动开展执法行动，形成了“住建牵头、多部门协同”的执法格局。

3.5 示范效应显著，推广价值突出

系统作为国内首个基于北斗系统的城市级建筑废弃物全过程智慧监管平台，其建设模式和运行经验具有极高的示范价值和推广意义。截至2026年4月，已有大湾区多个城市及其他省市主管部门前来深圳考察学习，借鉴深圳智慧监管模式推动本地建筑废弃物监管信息化建设。住建部将该系统列为科技示范推广项目，向全国推广。

4 系统运行存在的不足与优化方向

尽管系统取得了一定成效，但结合近年来的实际运行情况及生态环境保护督察反馈，系统在运行层面仍存在若干不足。

4.1 系统运行存在的短板

源头管控仍存在薄弱环节。虽然深圳已出台配套管理办法并推行电子联单制度，但实际运行中仍有部分在建项目未按规定办理排放核准，个别单位违规将废弃物转交无备案资质场所处置。系统对隐蔽排放、小型零散项目的识别能力不足，源头监管约束力度有待加强。

消纳处置末端规划建设滞后。平台闭环管控稳定运行的基础是正规消纳场地供给充足，当前全市消纳处置总容量存在阶段性缺口，部分工地建筑垃圾无法进入合规消纳场处置，客观滋生违规中转、夜间非法倾倒的治理空间。

技术应用存在局限性。在部分山区、密集城区，受建筑物遮挡、信号干扰影响，北斗定位精度有所下降；部分老旧车辆终端不支持北斗三号信号，定位精度受限；在复杂工地、多车辆并行作业等边缘场景，数据融合存在延迟，难以实现毫秒级预警。

4.2 系统优化升级方向

针对上述短板，系统需从以下方面进行优化：

强化源头核准刚性约束:开发未核准项目智能识别功能，通过卫星图斑比对，无人机巡航等手段，及时发现未纳入系统监管的排放项目。

完善末端处置能力匹配预警：结合消纳场所建设进度，建立处置能力与排放需求的动态匹配模型，为消纳资源调度提供决策支持。

推进北斗终端升级与技术优化:逐步推动完成所有建筑废弃物运输车辆北斗三号终端的更换，建设北斗地基增强系统补充网络，提升信号覆盖与定位精度，降低多源数据融合延迟。

5 结论

在城市高速发展、建筑废弃物产出规模持续增长的背景下，传统人工监管模式已难以适配现代城市治理要求。深圳市打造的“北斗核心+物联感知+两点一线+电子联单”智慧监管模式，充分发挥国产导航系统技术优势，打通建筑废弃物“产–运–消”全流程监管链路，有效解决了以往监管看不见、管不住、溯不到的行业难题。经过多年运行，该系统在提升监管效率、优化资源配置、强化部门协作、规范市场秩序等方面取得显著成效，同时也暴露出源头管控、末端配套、技术适配等方面的问题。结合运行短板持续推进系统迭代、配套设施建设与管理制度完善，将进一步提升平台综合效能。

北斗技术在建筑废弃物治理领域的成功实践，充分验证了智能化监管模式的可行性与优越性。深圳形成的成熟运营体系可为全国各大城市提供参考借鉴。未来随着北斗系统、大数据、人工智能等技术持续升级，建筑废弃物智慧监管体系将不断完善，持续助力"无废城市"建设与城市治理能力现代化发展。

参考文献

[1] 广东省住房和城乡建设厅。广东省建筑垃圾污染环境防治工作规划（2024-2030年）[R]. 广州：广东省住房和城乡建设厅，2024.

[2] 国务院办公厅。无废城市建设试点工作方案[EB/OL].(2018-12-29)[2026-04-15].http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-12/29/content_5353350.htm.

[3] 中国卫星导航系统管理办公室。北斗卫星导航系统发展报告（4.0版）[R].北京:中国卫星导航系统管理办公室，2019.

[4] 张姚文钦，苟刚，母洪铖。基于北斗的城市垃圾清运系统[J]. 计算机系统应用，2021,30 (7):124−129.

[5] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会。GB/39267−2020 北斗卫星导航系统术语[S]. 北京: 中国标准出版社，2020.