

ICS 13.020.99

CCS Z04

团 体 标 准

T/CITSA XX-2025

基于移动传感载具的城市环境感知方法 要求

Guidelines for Urban Environmental Sensing Using Vehicle-based
Mobile Platforms
(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	11
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 感知场景聚类和感知车型选择	4
4.1 感知场景聚类和特征分析	4
4.2 基于聚类场景的感知载具选择	4
5 移动传感器的部署与调度方案制定	6
5.1 感知效用的量化评估	6
5.2 传感器部署与调度策略	7
参考文献	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由西南交通大学提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：西南交通大学、四川国蓝中天环境科技集团有限公司、北京嘀嘀无限科技发展有限公司、北京交通发展研究院

本文件主要起草人：韩科、纪文、葛乾、刘涛、代壮、丁红亮、牟华侨、丁俊强、冯骅、周瑜芳

基于移动传感载具的城市环境感知方法要求

1 范围

本文件规定了基于移动传感载具的城市环境感知方法的场景分类、车型选择、传感器部署与调度优化等内容。

本文件主要适用于城市环境中移动传感系统的规划与实施，旨在支持城市管理、交通运行与生态环境监测等领域的数据采集需求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095—2012 环境空气质量标准

HJ 663—2013 环境空气质量评价技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 移动传感载具 Vehicle-based mobile sensing platform

指搭载传感器设备并利用其移动性进行城市环境数据采集的载具，包括出租车、公交车、专用车、无人机。

3.2 泛在感知 Pervasive sensing

通过大规模部署传感网络以实现对任意时间和地点的数据采集和感知的技术体系，旨在提供面向全时空感知的样本采集。

3.3 定点监测 Targeted sensing

针对特定的感知对象集合进行的针对性和差异化监测，通常需要在感知对象周边部署固定或移动传感设备。

3.4 专用（感知）车 Dedicated (sensing) vehicle

为城市移动感知任务专门配备的车辆，通常装备有传感、计算及通信设备，能高效、精准地完成特定的感知任务，同时具有较高的购置、人力和运维等成本。

3.5 机会感知（或被动感知） Opportunity sensing (Passive sensing)

在不影响车辆正常运营（时刻表、行驶路径等）的前提下，通过车辆搭载的传感器进行被动的数据采集。

3.6 主动感知 Active sensing

主动调整车辆运营计划（如公交时刻表）和车辆行驶路径，以最优化移动传感效果的技术手段。

3.7 时空感知单元 Spatial-temporal sensing unit

将空间区域和时间范围分别进行离散化后，与传感或监测相关的最小时空颗粒度。

3.8

感知权重 Sensing weight

赋予每一个时空感知单元的传感重要性权重，通常与时空感知单元的特性和决策者的偏好相关。

3.9

感知效用 Sensing utility

衡量移动传感效果的量化评价指标，通常定义为时空感知单元内的感知效用的加权和。

3.10

感知边际效用 Marginal sensing utility

在时空感知单元内每增加一次传感记录，所获得的额外传感效用。

4 感知场景聚类和感知车型选择

4.1 感知场景聚类和特征分析

根据智慧城市环境监测的目标和需求，移动感知的典型应用场景包括空气质量监测、热岛效应监测、废弃建筑监测、绿化健康监测、道路健康监测、道路运行环境监测、排污点位监测等。依据监测频率需求、空间粒度、空间覆盖范围等特征，可将这些场景聚类为以下三类，如表1所示。

- 1) 高频动态监测：面向整个或特定区域的高频次和动态（例如每小时一次）样本采集，适用于数据随时间快速变化的场景，空间粒度要求相对较粗（1-3km的网格），如空气质量感知、城市热岛效应监测等。
- 2) 低频深度监测：面向数据变化缓慢但对空间粒度要求高的场景，需周期性（如每月或每年）全面扫描，确保覆盖局部空间（如具体到每条道路或建筑），如城市绿化健康监测、道路健康监测、废弃建筑监测等。
- 3) 定点监测：针对已知位置和分布的感知对象进行针对性和差异化监测，如道路运行环境监测、排污点位监测等。

表1 移动感知的典型应用场景及其聚类结果

感知场景		监测频率需求	空间粒度	空间覆盖范围
高频动态 监测	空气质量	小时	网格（1km）	整个区域
	热岛效应	小时	网格（1-3km）	整个区域
低频深度 监测	废弃建筑	月/年	路段	整个区域
	绿化健康	月/年	路段	整个区域
	道路健康	月/年	车道/路段	整个区域
定点监测	道路运行环境监测	小时/日	点位/路段	部分点位
	排污点位监测	小时/日	点位	部分点位

4.2 基于聚类场景的感知载具选择

4.2.1 传感载具的特征

城市中常见的传感载具包含出租车、公交车、专用车和无人机，其感知特征可从以下六个方面进行定性评估：

- 1) 空间范围：可频繁扫描的区域大小。
- 2) 时长：可持续扫描的最长时间范围。
- 3) 可靠性：特定时间区间内任一子区域被扫描至少一次的可能性。
- 4) 空间粒度：至少可以扫描一次的最小空间单元。
- 5) 可控性：按需调整感知时空分布的能力。

6) 经济性：单位数据的设备购买、运营和维护成本。

各类载具的特征如下：

- 1) 公交车：在空间覆盖、可靠性、时间持续性和成本效益方面具备显著优势，其线路常延伸至偏远地区，且固定的时刻表保障了持续稳定的感知可靠性。然而，在部署传感器时需谨慎选择线路，以避免数据冗余；此外，还可通过优化装有传感器车辆的区域调度，进一步提升整体感知效果。
- 2) 出租车：运营时间长，路线灵活，能够覆盖大部分城市街道。然而，出租车常集中分布于热门区域，导致时空分布不均，可通过优化订单匹配或引入感知车辆路线规划等方法予以改善。
- 3) 专用车：可按给定的路径行驶，在感知的可控性、可靠性和空间粒度等方面具备显著优势。然而，其成本较高，且需依赖额外的人工操作。
- 4) 无人机：运动灵活、不受道路网络限制，可通过飞行路径规划高效采集数据，适用于道路阻隔、区域地形复杂等数据采集场景。然而，受电池容量制约，无人机空间覆盖范围有限，时间持续性较低。

4.2.2 不同感知场景下的载具选择

为实现不同场景的感知需求，应根据感知目标、监测成本、可用资源等因素，综合选择合适的感知载具组合。表2列出了三类场景的感知需求及建议载具。

表2 三类常见场景的感知需求（√越多表示需求越高）

感知场景		空间范 围	可控性	可靠性	空间粒 度	经济性	时长	建议载具
高频动态 监测	空气质量	√√√	√			√√√	√√√	出租车、公交车、 专用车
	热岛效应							
低频深度 监测	废弃建筑	√√√	√√√		√√√			专用车、无人机
	绿化健康							
	道路健康							
定点监测	道路运行环 境监测	√√	√√√	√√√	√√√	√	√	专用车、无人机
	排污点位监 测							

4.2.2.1 高频动态监测

高频动态监测对时空覆盖范围的要求较高，所能投入的监测资源有限。因此，对于这类场景，应以机会感知为主，充分利用出租车和公交车等运营车辆的高机动性（空间范围及时长）、低成本等优势；可视情况配备少量专用车来弥补机会感知的覆盖盲区。主要包括空气质量监测、城市热岛效应等。

- 1) 本文件规定，空气质量监测需构建网格化监测网络（网格单元≤2km×2km，依据[HJ 663—2013 环境空气质量评价技术规范]），确保全域覆盖。每个网格单元内需设置污染监控点与空气质量评价点，形成多层次监测体系。空气污染物浓度数据宜采用1小时级采样频率（依据[GB3095—2012 环境空气质量标准]），通过感知车辆实现广域基础数据采集，并针对重点监控区域（如工业区、交通枢纽）通过专用车开展周期性高精度感知，完成数据校验与补全。
- 2) 本文件明确，城市热岛效应监测需融合遥感数据（宏观尺度）与移动监测数据（中微观尺度）。移动监测系统主要承担中微观尺度数据补全功能，重点获取地表温差、热岛边

界原位观测数据及日内动态演变特征。在此场景下，优先采用出租车、公交车等运营车辆进行机会感知，并辅以专用车对关键区域（如城市绿地、密集建筑区）进行定点数据补充。

4.2.2.2 低频深度监测

低频深度监测对采样频次的要求较低，但是对空间覆盖范围和空间粒度要求很高。因此，对于这类场景，应以主动感知为主，利用专用车或者无人机定期（每月/年）对监测区域进行全面扫描。主要包括废弃建筑、绿化健康、道路健康等建成环境监测。

4.2.2.3 定点监测

定点监测任务对车辆的灵活性和可靠性的要求较高，通常采用政府采购或企业配置的专用巡检车或无人机来执行特定区域或对象的监测感知。

- 1) 以土石方工地、排污工厂为代表的排污点位监测（如针对工地的颗粒物走航监测和针对工业企业的 VOCs 走航监测），其对象分布广且较为零散，监测的针对性强（对可控性、可靠性、空间粒度要求较高），应采用专用车或无人机进行巡检。
- 2) 道路运行环境监测应通过车载图像/视频采集和 AI 终端对城市各类管理执法问题（如占道停车、占道经营等）进行监测，其要求与排污点位类似，应采用专用车或无人机对关键区域/路段进行巡检。

5 移动传感器的部署与调度方案制定

本章基于第4章确定的感知场景聚类结果及推荐的感知车型选配方案，针对不同类别的场景，提供相应的传感器部署与车队调度优化方法。

5.1 感知效用的量化评估

感知效用的量化是调度优化决策的基础。通过建立数学评估模型，可将“覆盖好坏”这一定性概念转化为可计算的优化目标，从而为求解最优调度方案提供依据。针对4.1节中不同的感知场景，其感知效用的量化方法如下：

5.1.1 高频动态监测

在高频动态监测的场景中，将监测区域划分为空间单元（如正方形/六边形网格，路段或子路网），记为 $g \in G$ ；监测时间范围被离散化为时间单元，记为 $t \in T$ ，形成一组时空感知单元 $(g, t) \in G \times T$ 。感知效用根据传感载具在每个时空感知单元中采集的样本量来进行量化，每个时空感知单元的感知效用函数可用公式（1）表达：

$$\xi(N_{g,t}) = (N_{g,t})^\beta \quad N_{g,t} \in \mathbb{Z}_+ \quad (1)$$

式中，

$\xi(\cdot)$ 传感效用函数

：

g : 空间单元的索引

t : 时间单元的索引

$N_{g,t}$ 传感车队在时空感知单元 (g, t) 采集的样本量，取值为非负整数

：

β : 效用函数参数，取值为0到1之间； β 越小，多次采样的边际效用越小

基于单个时空单元的效用函数，全时空感知总效用如公式（2）所示：

$$\phi = \sum_{t \in T} \mu_t \sum_{g \in G} w_g \xi(N_{g,t}) = \sum_{t \in T} \mu_t \sum_{g \in G} w_g (N_{g,t})^\beta \quad (2)$$

式中：

ϕ : 加权时空感知总效用

μ_t	时间单元 t 所对应的时间感知权重，且满足 $\sum_{t \in T} \mu_t = 1$
w_g	空间单元 g 所对应的空间感知权重，且满足 $\sum_{g \in G} w_g = 1$

5.1.2 低频深度监测

在低频深度监测的场景中，感知效用根据传感车队在给定时间周期内覆盖到的路段数量来进行量化。以此为依据，感知效用函数可用公式（3）表达：

$$\phi = \sum_{g \in G} w_g y_g \quad (3)$$

式中：

ϕ : 加权时空感知总效用

w_g : 空间单元 g 所对应的空间感知权重，且满足 $\sum_{g \in G} w_g = 1$

y_g : 0-1辅助变量，网格/路段 g 被传感车队覆盖则取1，反之，则为0

5.1.3 定点监测

定点监测通常针对给定的一组路段或者点位开展周期性巡查。其中，对路段进行的感知要求车辆轨迹必须与目标路段重叠；对点位进行的感知则要求车辆轨迹进入其邻域（邻域大小根据具体场景而定）。感知总效用如公式（4）所示：

$$\phi = \sum_{i \in I} w_i (n_i)^\beta \quad (4)$$

式中：

ϕ : 监测对象的加权感知总效用

w_i : 监测对象的感知权重，可根据实际应用场景和监测需求确定

n_i : 感知车队对路段或者点位 i 的覆盖次数

β : 效用函数参数，取值为0到1之间； β 越小，多次采样的边际效用越小

5.2 传感器部署与调度策略

传感器部署与调度优化的本质是在感知需求、资源约束与车辆机动特性之间寻求最优解。应根据不同场景的特点，采用差异化的优化策略。

5.2.1 高频动态监测

本场景的核心策略是：以机会感知为主体，主动调度为补充，实现广域高频覆盖，即优先考虑充分利用公共交通车辆（出租车或公交车）来进行大范围的数据收集，同时配备一小部分专用车或无人机弥补公共交通车辆的监测盲区。

1) 优化目标：最大化时空感知总效用（公式2）。

2) 资源约束：可投入的传感成本。

3) 实施方法与步骤：

- 利用二项分布拟合出租车、网约车的时空覆盖规律，作为机会感知覆盖能力的预测基础。
[0' Keeffe et al., 2021]。
- 根据公交线路的发车频率、行驶路径和时刻表，利用一个分析模型来计算给定传感器数量对各时空单元的覆盖情况[Han et al., 2023]。

- 基于出租+公交预测覆盖的盲区，规划少量专用车的巡检路径，进行针对性补测。这可建模为带容量约束的车辆路径问题（CVRP）或团队定向问题（TOP）的变体，以补盲效益最大化为目标。
- 结合出租车、公交车、专用车三种单一车型在给定传感器数量情况下的时空覆盖计算方法以及优化目标，即可将这三种车型的传感器分配问题描述为一个双层规划模型。上层问题为如何把给定的传感器分配给三种车型，下层问题为出租+公交的传感器分配问题以及专用车的路线规划问题。结合实际运营确定每种车型安装传感器的成本之后，依次遍历所有可能的专用车部署方案，从而确定最佳的传感器布设方法。[Han et al., 2023]。

上述方法可根据不同路网结构和时空监测需求生成最优化的传感部署方案。

5.2.2 低频深度监测

本场景的核心策略是：全局路径规划，一次扫描，最大化覆盖效率。此类场景主要以主动感知为主，利用专用车或者无人机定期（每月/年）对监测区域进行全面扫描。这类问题可看作团队定向问题，在给定的成本下最大化感知收益。

- 1) 优化目标：在周期内最大化覆盖的道路/区域的总权重（公式 3），或是在满足全覆盖要求下最小化总成本。
- 2) 资源约束：专用车/无人机数量、单次任务最长里程/时长。
- 3) 实施方法与步骤：
 - 对于资源有限的场景，构建以最大化覆盖路段数量为优化目标的模型，并将车辆数量及每辆车的运行里程作为约束条件，设计启发式算法、近似算法或精确算法进行求解。
 - 对于资源充足的场景，构建以最小化成本为优化目标的模型，将覆盖路段情况作为约束条件，设计启发式算法、近似算法或精确算法求解。

5.2.3 定点监测

本场景的核心策略是：面向重点目标的差异化、周期性巡检。此类场景是对给定的一组点位进行巡查，在给定时间或者里程约束下实现多车辆对不同监测对象的差异化覆盖，最大化监测效用。定点监测的对象可分为路段或者点位，针对不同目标的监测优化方案不同。

- 1) 优化目标：最大化对监测点集的加权感知效用（公式 4）。
- 2) 资源约束：车辆数、单日工时、单点最低巡检频次要求。
- 3) 实施方法与步骤：
 - 当感知目标为路段时，可基于弧路径问题，建立目标函数为最小化覆盖成本模型，并设计相应算法求解[Yang et al., 2024]。
 - 监测目标为点位时，可基于开放式可重复访问的团队定向问题，针对监测权重各异的对象生成路径规划方案，在给定时间或里程约束下实现多辆车（次）对不同监测对象的差异化覆盖，最大化监测效用，并使用相应算法求解[Ji et al., 2024]。

参考文献

- [1] 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhbh/dqhbz/201203/t20120302_224165.shtml
- [2] 《环境空气质量评价技术规范》(HJ 663-2013) https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcfbz/201309/t20130925_260809.htm
- [3] Han, K., Ji, W., Nie, Y., Li, Z., Liu, S., 2023. Exploring the sensing power of mixed vehicle fleets. *Transportation Research Part B: Methodological*, 190, 103066.
- [4] Ji, W., Han, K., Ge, Q., 2024. Route planning of mobile sensing fleets for repeatable visits. *Arxiv*: 2307.02397.
- [5] O'Keeffe, K.P., Anjomshoaa, A., Strogatz, S.H., Santi, P., Ratti, C., 2019. Quantifying the sensing power of vehicle fleets. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (26), 12752–12757.
- [6] Yang, H., Liu, L., Han, K., Lei, B., 2024b. Urban Water Sprinkler Routing: A Multi-Depot Mixed Capacitated Arc Routing Problem Incorporating Real-Time Demands. *Arxiv*: 2404.10230.

中国智能交通协会团体标准
《基于移动传感载具的城市环境感知方法要求》
编制说明

标准编制组

2025年9月

目 录

一、	工作简况	1
二、	编制原则	6
三、	标准内容的起草	7
四、	标准水平分析	8
五、	采标情况	9
六、	与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系	9
七、	重大分歧意见的处理过程和依据	10
八、	标准性质的建议	10
九、	贯彻标准的要求和建议	10

一、 工作简况

1. 任务来源

2020年西南交通大学与四川国蓝中天环境科技有限公司联合成立未来交通与智慧城市创新技术产学研联合实验室，在智慧环境、智慧城市、大数据、新一代人工智能及复杂决策、行业产品谱系和服务体系等领域进行科研合作。

依托该实验室，两单位与北京嘀嘀无限科技发展有限公司、北京交通发展研究院组建了开发团队，围绕“基于移动传感载具的城市环境感知”开展了一系列联合科研攻关，并承担了包括国家自然科学基金重大研究计划、面上项目、青年项目、四川省“顶青”、面上项目、成都市“蓉漂创业创新团队”项目等十余项国家与地方科技项目。移动感知是智慧城市应用背景下发展起来的新型物联感知体系，其以成本低、流动性高、数据量大等优势，在空气质量、热岛效应、交通态势、建成环境等监测领域得到广泛应用。然而，城市中常见的感知载体（如出租车、公交车、专用车等）在城市空间中的流动呈现出复杂性、随机性、时变性、偏倚性和稀疏性，难以与监测场景需求进行匹配，往往造成时空覆盖不完整、热点排查不客观、异常报警不及时等问题，在数据采集层面留下短板，影响后续各项应用的效果。以城市车辆为载体，创新性提出适配大气监测需求和管治业务逻辑的感知和决策体系：（1）在数据采集侧，提出了基于运营车辆（出租车、公交车）及专用搭载车辆的传感器分配及车辆调度体系。在符合车队运

营特征和满足交通服务水平的前提下，实现了车队传感效用的极大提升和监测成本的显著下降，解决了现有城市车载监测体系时空覆盖不足，监测资源分配不均、监测针对性不强等问题，为车载移动监测在我国的推广提供技术支撑。（2）在数据应用侧，针对车载传感数据质量欠缺、难以支撑决策的挑战，创新性提出数据校准、趋势提取、数据融合体系，形成“网格化空气质量感知”和“大气污染AI小尺度溯源”技术，在传感器最优部署的基础之上进一步提升数据价值，指导政府相关部门进行智能化调度和决策，赋能大气管治业务场景，产生社会和环境效益。开发团队形成国家授权发明专利 17 项、软著 9 项、高水平论文27 篇，并获得中国智能交通协会科技进步二等奖。经鉴定，技术总体达到国际先进水平。相关方法和技术预期可形成面向城市环境感知的车载式传感器布局与调度优化技术体系，以编制相关关键标准。

由西南交通大学牵头，于2024年4月向中国智能交通协会提出申请，并获得批准编制《面向城市环境感知的车载式传感器布局与调度优化》。标准主要编制单位包括西南交通大学、四川国蓝中天环境科技有限公司、北京嘀嘀无限科技发展有限公司、北京交通发展研究院。参与标准编制的主要人员包括韩科、纪文、葛乾、刘涛、代壮、丁红亮、牟华侨、丁俊强、冯骅、周瑜芳。

2. 起草单位情况

（1）西南交通大学是教育部直属全国重点大学，国家首批“双一流”“211工程”“985工程优势学科创新平台”“2011协同创新计

划”重点建设高校，设有研究生院。学校办学特色鲜明，交通学科群实力位居全国前列，交通运输工程学科位居全国第一（A+）并进入国家“双一流”建设序列，获批国家交通强国建设试点、科技人才评价试点、科技成果评价改革试点等建设名单。学校在载运工具运用工程、道路与铁道工程、交通信息工程及控制、交通运输规划与管理等方向取得了显著的研究成果，并成功地将这些成果转化成标准编制的实践。通过与国内外知名企业和研究机构的合作，西南交通大学牵头了多个国家级、行业级交通标准的编制工作，积累了丰富的标准编制经验。

（2）四川国蓝中天环境科技有限公司是一家专注于生态环境监测与智慧城市环境治理解决方案的高新技术企业，具备完善的软硬件研发、系统集成与工程实施能力。公司在大气环境监测、噪声与振动监测、水环境感知、城市微气象监测等领域积累了大量工程实践经验，广泛参与各类城市级、园区级环境感知系统的建设。国蓝中天在多源环境数据采集、物联网传感器布局优化、边缘计算节点部署等方面形成了自主核心技术，并在多个项目中开展了与地方政府、科研机构的联合创新。近年来，公司积极参与生态环境和智慧城市相关标准、规范的研究和编制，具备较强的工程应用导向与标准实践能力。

（3）北京嘀嘀无限科技发展有限公司是中国领先的智能出行与交通科技企业，致力于通过大数据、人工智能和移动互联网技术推动城市出行方式的智能化与绿色化。公司在全国范围内构建了高密度、实时更新的交通出行数据平台，具备强大的多源数据处理与分析能力。依托平台长期积累的运营数据和技术优势，北京嘀嘀无限科技发展有

限公司在城市交通运行监测、交通优化调度、出行需求预测、网约车合规监管等方面取得了重要成果，先后参与多项国家及地方智能交通政策研究、技术规范与标准体系建设，积累了扎实的工程实践经验和标准起草能力。

(4) 北京交通发展研究院是北京市交通领域的综合性研究机构，隶属于北京市交通委员会，长期承担北京市及国家层面交通发展战略、政策法规、标准规范的研究与制定工作。研究院聚焦城市综合交通、出行行为分析、交通政策评估与仿真等重点方向，具备突出的交通规划与政策研究能力。近年来，研究院在绿色出行、智慧交通、共享出行治理等领域开展了大量前沿研究，并在行业标准、技术导则、地方规范等方面发挥了重要的技术支撑作用，具备丰富的标准体系研究与编制经验。

3. 主要起草人及其所做的工作

本标准的主要起草人韩科，西南交通大学经济管理学院院长，教授、博士生导师。兼任系统科学学科带头人。入选国家级高层次人才计划，获美国交通研究委员会（TRB）“Chan Wui & Yunyin 新星学者”、全国铁路青年五四奖章、四川省“天府峨眉计划”特聘专家、成都市“蓉漂计划”特聘专家、“成都榜样·最美科技工作者”提名奖等荣誉，任成都市龙泉驿区第十九届人大常委。现任国际期刊 Networks and Spatial Economics 领域编辑，《交通运输工程与信息学报》副主编，美国交通研究委员会（TRB）“空侧和空域容量和延误分会（AV060）”特聘委员、国际华人交通协会（COTA）欧洲区

主席，管理科学与工程学会交通运输管理分会委员会委员、中国交通运输协会青年科技工作者工作委员会委员。曾任交通领域顶级期刊 Transportation Research Part B 和 Transportation Research Part C 编委。

表1 标准主要起草人员信息表

序号	单位名称	姓名	职称	专业	担任的职责
1	西南交通大学	韩科	正高	管理科学与工程	总体负责人
2	西南交通大学	纪文	无	系统工程	技术部分编制
3	西南交通大学	葛乾	副高级	管理科学与工程	技术部分编制
4	西南交通大学	刘涛	正高	交通运输工程	技术部分编制
5	西南交通大学	代壮	中级	交通运输工程	技术部分编制
6	西南交通大学	丁红亮	中级	交通运输工程	技术部分编制
7	四川国蓝中天环境科技有限公司	牟华侨	无	交通运输工程	资料收集分析
8	北京嘀嘀无限科技发展有限公司	丁俊强	无	交通运输工程	资料收集分析
9	北京嘀嘀无限科技发展有限公司	冯骅	无	交通运输工程	资料收集分析
10	北京交通发展研究院	周瑜芳	无	交通运输工程	资料收集分析

4. 主要工作过程

本标准的编制过程主要包括以下几个阶段：

1. 立项阶段：

2024年4月，由西南交通大学牵头向中国智能交通协会提出申请，通过专家组评议获得批准编制《基于移动传感载具的城市环境感知方法要求》。明确了本规范的编制任务，确定了本规范的总体编制目标、范围和内容。

2. 调研阶段：

2024年4月至2024年6月，陆续收集智慧城市移动传感器设计、校准等相关的法规、标准、案例等资料，了解移动传感器的现状和需求。邀请行业内外专家进行咨询，获取专业意见和建议。

3. 起草阶段：

2024年4月至2024年6月，根据调研结果，开始标准的起草工作。编制小组内部对初稿进行讨论，修改和完善相关内容。经过内部讨论后，形成标准草案。于2024年6月完成了标准初稿的撰写，并提交至中国智能交通协会。

2025年1月，6月，9月，标准草案提交到归口管理单位，相关专家多次对指南的内容提出了指导意见。依据专家的建议修改了标准题目、规范了术语部分、明确了本标准的适用感知场景等。

二、 编制原则

本标准旨在为城市、交通与生态环境的精准化数据采集提供指导，以促进智慧城市的建设。本标准的编写遵循以下编制原则：

科学性：标准应以科学理论为基础，遵循移动传感器、城市交通监测、生态环境采集等相关领域已有的国家、行业及国际标准。通过系统性研究与技术验证，确保各项指标和方法具有充分的理论依据与实践支撑，确保内容的准确性、逻辑性与可验证性。

先进性：指南应体现数字化基础设施与智慧城市建设领域的最新技术发展，融合如高精度定位、边缘计算、多源数据融合等先进技术。

注重吸收国内外最新研究成果和典型应用案例，确保所推荐的方法具有引领性与创新性。

合理性：编制过程中充分考虑不同城市监测场景的感知需求，采集方面的实际条件等。力求在技术方案、经济成本与实施效益之间实现平衡，确保标准具有可实施性和适应性。

三、 标准内容的起草

1. 主要技术内容的确定和依据

本标准以提升城市、交通与生态环境的精准化数据采集能力为目标，围绕移动监测系统在实际场景中的部署与应用，对数据采集、传输、处理的全过程进行规范。

本标准主要围绕基于移动传感载具的城市环境感知方法要求来展开，具体如下。由于不同的感知场景对时空数据采集的需求不同，故不能一概而论。在第4.1节我们根据智慧城市环境监测的具体目标和需求对常见应用场景进行聚类。在第4.2节中基于聚类场景进行感知载具的选择。第5章针对前述感知场景，提出了相应的感知效用评估方法，并结合载具选择方案，提供传感器的部署与调度方案，包括传感器数量、感知载具运行路线等。

后续工作中将根据技术发展和行业反馈，不断完善和更新技术指南，确保其持续适应行业需求。

2. 标准中英文内容的汉译英情况

本标准主要对标准名称、术语与定义方面进行了英文翻译，翻译

时确保专业词汇运用准确得当、确保标准内容的国际化和标准化水平，提高标准的可读性和可用性。

四、 标准水平分析

1. 国内标准比较

我国在移动传感器方面的标准化工作主要聚焦于传感器在颗粒物方面的网格化监测管理规范、技术指南等，在传统定点网格化监测要求方面正形成固定传感器网格化点位布设、系统安装、质保质控和监测技术要求的标准技术体系，相继出台了《大气PM2.5网格化监测点位布设技术指南（试行）》、《大气PM2.5网格化监测系统安装和验收技术指南（试行）》、《大气PM2.5网格化监测技术要求和检测方法技术指南（试行）》等环境标准指南。HJ 820-2016《城市环境空气质量监测网城市站运行管理实施细则》主要关注城市环境空气质量监测网络中城市站的运行管理，虽然未直接涉及到移动传感器的点位的具体规范，单城市站的建设和管理过程中可涉及移动传感器技术，标志我国在环境监测领域已开始考虑智能传感器的应用。

2. 国际标准比较

为规范低成本传感器的使用和生产，国外发布了指南、路线和性能测试等一系列参考文件。国际标准化组织/国际电工委员会第一联合技术委员会物联网及其相关技术委员会（ISO/IEC JTC 1/SC 41）制

定的ISO37120关于可持续城市和社区指标的国际标准框架下，形成城市密集型移动传感器的点位铺设等特定标准。美国利用政府机构和社会组织等各方力量打造传感器的应用标准，以标准研制和贯标应用来推进空气传感器应用管理的规范化，形成了一系列关于传感器的标准体系。美国环保署（EPA）发布的《空气传感器指南》构建了污染物与最合适传感器的关联体系，该体系包含传感器的校准、响应精度、响应偏差和其他性能特性等。美国南海岸空气质量管理区（SSCAQMD）设立空气质量传感器性能评估中心（AQ-SPEC），建立一系列评估传感器的性能标准，对传感器部署、数据分析和生成报告的一致性等方面内容进行了约定和使用。此外，北美部分城市基于ITS（智能交通系统）制定的IEEE P2784标准，便于更好地管理城市密集型移动传感器的布局和适用。

综上所述，国内外关于智慧城市传感器方面的标准主要集中于移动传感器与标准仪器的校验、监测数据分布及其应用等方面的内容，在移动传感器自身的选型方面已有较为成熟的规范，但缺乏针对移动传感器在时空范围内最优布局的规范。

五、采标情况

本标准未采用国际标准或国外标准制修订。

六、与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系

项目内容符合相关法律法规，与《大气PM2.5网格化监测点位布

设技术指南（试行）》、《大气PM2.5网格化监测系统安装和验收技术指南（试行）》、《大气PM2.5网格化监测技术要求和检测方法技术指南（试行）》等环境标准指南具有较好的协调互补性。

本标准将涉及对以下标准的引用：

GB 3095-2012 环境空气质量标准

HJ 663-2013 环境空气质量评价技术规范

七、重大分歧意见的处理过程和依据

无重大分歧意见。

八、标准性质的建议

本标准的编制过程是基于行业内多个机构的共识而制定的，有助于确保指南能够反映行业的最佳实践和共同需求。通过制定本标准，可以统一行业内移动传感器部署和优化的技术要求和规范。因此建议本标准定位为团体标准。

本标准的归口管理单位为中国智能交通协会。

九、贯彻标准的要求和建议

为了确保《基于移动传感载具的城市环境感知方法要求》作为团体标准能够成功实施，建议采取以下措施：

广泛参与：邀请行业内的专家、学者、企业代表参与标准的制定过程，确保标准的全面性和权威性。

持续更新: 建立一个定期审查和更新标准的机制，以适应技术发展和行业变化。

宣传教育: 通过培训、研讨会等方式，提高行业内对团体标准的认识和理解，促进标准的广泛采纳。

实施监督: 设立专门的机构或委员会，负责监督标准的实施情况，确保标准的执行效果。

通过这些措施，可以确保《基于移动传感载具的城市环境感知方法要求》作为团体标准，为智慧城市建设过程中的数据收集提供有效的技术支持和指导。