

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI 0019—2026

城市机动车尾气污染排放预测预警智能监 控平台建设技术指南

Technical guide for construction of the prediction and early warning system of urban
motor vehicle exhaust pollution emissions

2026 - 01 - 26 发布

2026 - 02 - 26 实施

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。

本文件由中国科学技术大学提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学、中国科学院合肥物质科学研究院、中国环境科学研究院、合肥中科立恒智能科技有限公司。

本文件主要起草人：康宇、曹洋、张玉钧、付明亮、夏秀山、尤坤、杨新平、赵军超、李泽瑞。

城市机动车尾气污染排放预测预警智能监控平台建设技术指南

1 范围

本文件规定了城市机动车尾气污染排放预测预警智能监控平台的术语和定义、系统构成、监测网络、管理平台和配套设施、其他等内容。

本文件适用于城市机动车尾气污染排放预测预警智能监控平台的设计、建设、验收和运行，其他区域级别等可参照本指南执行。

本文件所描述的机动车为在道路上行驶的，满足GB/T 15089规定的M类、N类和O类汽车。

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 3847 柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）
- GB 11340 装用点燃式发动机重型汽车 曲轴箱污染物排放限值及测量方法
- GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
- GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)
- GB 18258 汽油车污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）
- GB 18352.6 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
- GB/T 35221 地面气象观测规范
- GB 38900 机动车安全技术检验项目和方法
- GB/T 44066 自动气象站
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50174 数据中心设计规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50348 安全防范工程技术标准
- CJJ 37 城市道路工程设计规范
- HJ 212 污染物在线监控(监测)系统数据传输标准
- HJ 653 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统技术要求及检测方法
- HJ 654 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统技术要求及检测方法
- HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）
- HJ 845 在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求(遥感检测法)
- HJ 1014 非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求
- HJ 1130 环境空气质量数值预报技术规范
- HJ 1236 移动源污染防治标准体系
- HJ 1239 重型车排放远程监控技术规范
- JB/T 12573 机动车尾气立式遥测设备 通用技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车载诊断系统 on-board diagnostics (OBD)

指排放控制用车载诊断(OBD)系统。它必须具有识别可能存在故障的区域的功能，并以故障代码的方式将该信息储存在电控单元存储器内。

4 系统构成

系统由监测网络、管理平台及配套设施三部分构成，对城市区域范围内的机动车尾气污染进行监测、分析、预测预警。

表1 城市机动车尾气污染排放预测预警系统构成

城市机动车尾气 污染排放预测预 警系统	监测网络	车辆信息
		城市路网分等级信息
		城市机动车尾气遥感监测数据
		气象数据
		空气质量数据
	管理平台	重型柴油车OBD数据
		数据库子系统
		数据分析子系统
		预测预警子系统
	配套设施	GIS子系统
/		

5 监测网络

5.1 一般要求

5.1.1 系统参考 HJ 1236 进行系统监测对象识别，明确机动车检测站、机动车尾气遥感监测站、气象站、空气站、安装有车载 OBD 的车辆等对象，确定监测道路和区域。

5.1.2 系统监测对象选择应依据监控对象和范围，构建“点、线、面”相结合的监测网络。

5.1.3 各类监测数据接入，应当通过指定专用的数据接口从各类子系统传输至管理平台。传输协议应符合 HJ 212 的要求。

5.2 监测设备部署要求

5.2.1 机动车检测站的建设需符合 GB 38900 的相关要求。

5.2.2 机动车尾气遥感监测站的建设应符合 JB/T 12573 的相关要求。

5.2.3 气象站的建设应符合 GB/T 44066 的相关要求。

5.2.4 空气站的建设应符合 HJ 664 的相关要求。

5.2.5 在用车应根据 GB 18352.6、GB 17691、GB 11340 的相关要求安装车载 OBD 系统。

5.3 监测数据

系统接入的监测数据如表2所示。本指南发布实施后，新的相关监测数据经验证后也可作为本指南的监测数据来源。

表2 监测数据

序号	数据来源	数据指标	数据更新策略
1	车辆信息	包含车辆基本信息、车辆发动机信息、注册地、车牌号码、车牌颜色、后处理装置、车辆所有者等	基本信息，定期更新
2	城市路网分等级信息	包含高速公路、高架路、快速路、主干路、次干路等	基本信息，定期更新
3	城市机动车尾气遥感监测数据	CO、HC、NO _x 和林格曼黑度等	监测数据，在线更新
4	车辆年检信息	包含车辆年间站信息、检测日志、检测过程数据等	基本信息，定期更新
5	气象数据	包含风速、风向、温度、湿度、气压等	监测数据，在线更新
6	空气质量数据	包括PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 等	监测数据，在线更新

序号	数据来源	数据指标	数据更新策略
7	重型柴油车OBD数据	包括车牌号、OBD终端号、环境温度、车速、行驶里程、油门踏板开度、发动机转速、发动机输出扭矩、后处理NOx值、车辆经度、车辆纬度等	监测数据，在线更新

6 管理平台

6.1 一般要求

6.1.1 管理平台包括数据库子系统、数据分析子系统、预测预警子系统、污染物时空展示子系统、反馈与闭环管理子系统 5 个子系统，具备实时监测、数据处理、预测预警、信息展示等功能。

6.1.2 管理平台系统应能直观展示城市机动车单车、城市路网、城市网格区域等三个级别的污染物排放情况等，并具备存储、查询、统计、动态数据展示、搜索、定位、动态切换地图比例尺等功能。

6.1.3 管理平台同时支持在线和离线工作模式。

6.1.4 管理平台应具备高并发数据接入与实时处理能力，支持监测数据的持续接入，并保证数据端到端处理延迟小于 3 秒；平台核心业务查询响应时间在 95%情况下不超过 2 秒。历史数据存储能力应支持不少于 1 年全量数据的存储与快速检索，且系统可扩展以满足长期数据增长需求。GIS 地图操作时无明显延迟感。

6.1.5 管理平台数据接入应符合国家、省、市相关生态环境技术规范要求，易能与生态环境主管部门数据交换共享。

6.2 数据库子系统

6.2.1 数据库子系统包括车辆信息库、城市路网分等级信息库、城市机动车尾气遥感监测数据库、车辆年检信息库、气象数据库、空气质量数据库、重型柴油车 OBD 数据库 7 部分，具备属性定义、修改、查询、搜索、定位等功能。

6.2.2 车辆信息库：数据来源于生态环境部门的在用车环保检验信息系统，应通过政务数据共享交换平台定期同步或实时接口获取；包含车辆基本信息（VIN 码、生产厂家、排放标准、最大总重量、基准重量、燃油类型、后处理装置类型等）、车辆发动机信息（发动机型号、发动机排量、额定功率等）、注册地、车牌号码、车牌颜色、后处理装置、车辆所有者等内容。

6.2.3 城市路网分等级信息库：数据来源于自然资源主管部门或城市交通管理部门的地理信息基础数据库（如城市基础测绘数据、交通路网 GIS 数据库）；包含高速公路、高架路、快速路、主干路、次干路等组成的城市道路路网信息，道路等级划分应参考 CJJ 37 规范要求。

6.2.4 城市机动车尾气遥感监测数据库：数据来源于部署在城市主干道的固定式、移动式机动车尾气遥感监测设备，由生态环境部门建设并运维的遥感监测网络统一采集；包含安装在城市道路卡口的遥感监测站点信息、遥感监测数据信息、遥感监测机动车轨迹信息、遥感监测交通流量信息。遥感监测数据至少包括 CO、HC、NO_x 和林格曼黑度等数据，数据采集与传输应符合 HJ 845 技术规范。

6.2.5 车辆年检信息库：数据来源于具备资质的机动车排放检验机构（I/M 站）的检测过程数据系统，通过省级或市级生态环境部门的机动车排污监控平台进行集中汇聚与管理；包含车辆年间站信息、检测日志、检测过程数据等要素，数据内容和传输协议应符合 HJ 1237、HJ 870 规范要求。

6.2.6 气象数据库：数据来源于气象主管部门设立的城市区域自动气象站或生态环境部门自建的环境气象观测站点，并通过专线或政务云平台实现实时数据接入；包含风速、风向、温度、湿度、气压等要素，数据采集与传输应符合 GB/T 35221 规范要求。

6.2.7 空气质量数据库：数据来源于国家或省级生态环境主管部门管理的城市环境空气质量监测网，包括国控、省控空气质量监测站点，应通过生态环境部或省级生态环境数据平台的标准接口获取；包括 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃ 等要素，数据采集与传输应符合 HJ 818 和 HJ 654 规范要求。

6.2.8 重型柴油车 OBD 数据库：数据来源于安装符合国家标准的车载 OBD 远程在线监控终端的重型柴油车，车辆运行和排放数据通过 4G/5G 网络上传至市级或省级生态环境部门的 OBD 监控平台，经数据清洗与校验后接入本管理平台。包含安装有车载 OBD 设备的柴油车的车牌号、OBD 终端号、环境温度、车速、行驶里程、油门踏板开度、发动机转速、发动机输出扭矩、后处理 NO_x 值、后处理氧气百分比、发动机累计油耗、车辆经度、车辆纬度等信息，数据采集质量应符合 GB 17691 规范要求。

6.3 数据分析子系统

6.3.1 高排放车辆筛查

- 6.3.1.1 基于遥感监测数据的高排放车辆筛查参照 HJ 845 规范要求的排放限值执行。
- 6.3.1.2 基于年检的高排放车辆筛查参照 GB 3847、GB 18258 规范要求的排放限值执行。
- 6.3.1.3 基于 OBD 的柴油车高排放车辆筛查参照 GB 17691 规范要求的排放限值执行。

6.3.2 高排放车辆信息统计

联合高排放车辆数据和车辆信息库，分析高排放车辆的所有者、排放标准、注册地、使用年限等统计信息。

6.3.3 智能诊断与归因分析

数据分析子系统应基于机器学习或深度学习算法，对高排放车辆、污染热点区域进行成因智能诊断，识别主要影响因素（如车龄结构、排放标准分布、道路拥堵程度、气象条件等），并生成归因分析报告。

6.3.4 排放特征聚类分析

应支持对车辆运行轨迹与排放数据进行聚类分析，自动识别典型车辆高排放行为，并生成分析报告。

6.4 预测预警子系统

6.4.1 单车排放估算

建立机动车典型工况特征表示，构建不同行驶工况下的本地化机动车尾气污染排放模型，通过模型联合典型工况序列与轨迹数据，实现车辆在线排放状况估算。

6.4.2 城市道路大气污染排放趋势预测

6.4.2.1 多源异构数据融合与时空图构建。为实现精准建模，首要任务是构建一个统一的时空数据基础。系统需整合四大类数据：城市路网数据（拓扑结构、道路等级）、实时气象数据（风速、风向、温度、湿度）、动态交通数据（关键路段车流量）以及空气质量监测数据（历史与实时浓度）。所有数据需经过严格的时空对齐、插补与标准化预处理。核心步骤是将城市抽象为一个动态时空图。图中，节点代表关键道路路段或监测点位，其属性特征融合该位置的多元状态数据；边代表道路连接或空间关联，其权重必须根据实时风向（编码污染物扩散方向）与车流相关性（编码排放源影响）进行动态计算，从而将关键的物理规律显式嵌入模型结构。

6.4.2.2 时空图深度学习模型设计与训练。推荐采用图神经网络与时序深度学习融合的架构作为核心预测引擎。该模型由交替堆叠的时空模块构成：空间模块采用图卷积网络或图注意力网络，用于聚合邻居信息，捕捉污染物的空间扩散；时间模块采用时间卷积网络或门控循环单元，用于挖掘各节点自身的历史演化模式。通过端到端训练，模型能自动学习复杂的时空依赖关系，实现对未来时段路网尺度污染物浓度的细粒度预测。

6.4.2.3 模型验证与评估标准。为确证模型的有效性与可靠性，需遵循以下评估方案：

- a) 数据要求：需收集连续不少于 2 年的、时空匹配的路网、逐小时交通流、气象及空气质量监测数据，构成建模数据集；
- b) 实验设置：数据应按时间顺序划分为训练集（约 70%）、验证集（约 15%）和测试集（约 15%），严禁随机打乱以保持时序公正性；
- c) 训练流程：模型在训练集上优化，依据验证集性能进行超参数调优与早停，最终选择最佳模型；
- d) 精度目标：模型在独立测试集上的预测性能应力争达到行业先进水平。例如，主要污染物（如 PM_{2.5}）预测的归一化平均绝对误差（NMAE）低于 20%，且确定系数（R²）不低于 0.70。实际验收时，可结合具体城市的历史浓度水平和预测任务，协商设定合理的误差阈值；
- e) 输出能力：合格模型应能输出未来 24 小时内，逐小时的城市道路污染物浓度空间分布图。

6.4.2.4 系统实施与情景分析应用。在工程部署中，需建立涵盖数据、训练、推理的自动化流水线，并定期利用新数据更新模型。基于验证成熟的模型，构建污染分布演化分析系统。该系统核心是“虚拟情景模拟”功能，允许通过修改输入图的特征（如局部车流量、风速风向），定量推演不同交通管制或

气象条件下污染分布的变化，从而识别污染热点迁移路径、关键传播通道，并量化评估管控措施成效，为污染溯源与精准治理提供动态、可解释的决策支持。

6.4.3 城市网格区域化大气污染排放趋势预测

6.4.3.1 多源数据融合与网格化表征。为实现城市网格区域尺度的污染趋势分析，需构建以地理网格为基础的统一数据体系。系统应整合覆盖城市区域的多元数据，包括基础地理信息、区域气象场数据（风速、风向、温度、湿度）、汇总交通数据（网格内的车流总量或密度）以及空气质量监测数据。所有数据需统一空间参考，并插值或聚合至预先定义的规则地理网格（如 $1\text{km}\times 1\text{km}$ ），形成时空对齐的网格化数据集。

6.4.3.2 面向城市网格区域的时空深度学习模型。推荐采用适用于规则网格结构的时空深度学习模型作为核心预测引擎。该模型通常以每个地理网格为基本单元，通过卷积神经网络或视觉 Transformer 等架构捕捉污染浓度的空间异质性与区域关联模式；同时，结合时间卷积网络或长短期记忆网络等时序模块，学习各网格自身的历史演变规律。模型通过端到端训练，自动挖掘气象条件、汇总交通活动等多维因子与区域污染物浓度间的复杂时空关系，实现对未来时段城市区域污染分布趋势的预测。

6.4.3.3 模型验证与区域评估标准。为验证模型在区域尺度上的有效性与可靠性，需遵循以下评估方案：

- a) 数据要求：需收集连续不少于 2 年的、覆盖目标城市区域的网格化气象数据、空间聚合交通数据、土地利用数据及空气质量监测数据，构成建模数据集；
- b) 实验设置：数据应按时间顺序划分为训练集（约 70%）、验证集（约 15%）和测试集（约 15%），保持时序连续性以确保评估公正；
- c) 训练流程：模型在训练集上优化，依据验证集性能进行超参数调优与早停，最终选择最佳模型；
- d) 精度目标：模型在独立测试集上的区域预测性能应力争达到行业先进水平。例如，主要污染物（如 $\text{PM}_{2.5}$ ）预测的归一化平均绝对误差（NMAE）低于 20%，且确定系数（ R^2 ）不低于 0.70。实际验收时，可结合区域背景浓度及预测用途，协商设定合理阈值；
- e) 输出能力：合格模型应能输出未来 24 小时内，逐小时的城市区域污染物浓度网格分布图。

6.4.3.4 系统实施与区域情景分析。在工程部署中，需建立覆盖网格数据处理、模型训练与在线推断的自动化流水线。基于验证成熟的模型，构建区域污染趋势分析与模拟系统。该系统核心是“区域情景模拟”功能，可通过调整输入网格的特征，定量推演不同城市规划政策、大规模减排措施或典型气象情境下，区域整体污染格局的演变趋势，从而评估跨区域传输影响、识别重点管控区域，为城市尺度的大气环境规划与宏观决策提供科学依据。

6.5 污染物时空展示子系统

6.5.1 预测污染物浓度空间数据库

使用空间数据库存储城市分等级的路网信息，以及预测预警子系统计算的分道路和区域网格化级别的结合地理信息的污染物浓度数据。

6.5.2 时空数据网页显示

利用 JavaScript 等库在网页地图中展示污染物浓度时空数据。支持集成多种标准地理服务及 GeoJSON、KML 等矢量数据格式，通过高性能渲染引擎，高效处理与动态展示时空序列数据（如污染物扩散）。提供一系列可扩展的交互控件，并使用模块化架构确保跨平台兼容性。

6.6 反馈与闭环管理子系统

6.6.1 管理平台应预留接口支持与执法、检测、监管系统的数据联动，实现高排放车辆、异常 OBD 数据、超标遥感记录等信息的自动推送。

6.6.2 对筛查出的高排放车辆，平台应支持生成电子明细单，并支持属地生态环境执法部门跟踪后续复检、维修、处罚等处理结果。

7 配套设施

- 7.1.1 系统的配套设施包括机房、数据库服务器、地理空间数据服务器、人工智能预测预警服务器、应用服务器等。
- 7.1.2 数据库服务器建议配置：CPU ≥ 2 颗高性能多核处理器，内存 $\geq 64\text{GB}$ ，存储采用 RAID5、预留3-5年数据增长空间，网络带宽 $\geq 1\text{Gbps}$ ，建议采用主从复制或集群架构实现高可用。
- 7.1.3 地理空间数据服务器建议配置：CPU ≥ 1 颗高性能多核处理器，内存 $\geq 64\text{GB}$ ，网络带宽 $\geq 1\text{Gbps}$ 。
- 7.1.4 人工智能预测预警服务器建议配置：CPU ≥ 1 颗高性能多核处理器，内存 $\geq 128\text{GB}$ ，GPU显存 $\geq 48\text{GB}$ 、算力 $\geq 100\text{TFLOPS}$ （FP32），网络带宽 $\geq 1\text{Gbps}$ 。
- 7.1.5 应用服务器建议配置：CPU ≥ 1 颗高性能多核处理器，内存 $\geq 64\text{GB}$ ，网络带宽 $\geq 1\text{Gbps}$ 。
- 7.1.6 配套机房建设应符合 GB 50174 规定的 C 级及以上相关要求，供配电系统建设应符合 GB 50052 的相关要求，空调与制冷系统建设应符合 GB 50019 的相关要求，综合布线系统建设应符合 GB 50311 的相关要求，监控与安防系统建设应符合 GB 50348 的相关要求。

8 其他

8.1 数据共享与交换

系统处理道路遥感、车载OBD及车辆年检等敏感数据，为确保数据安全与合规，所有后端服务均部署于逻辑隔离的专用网络域中，禁止从外部公网直接访问。

8.2 数据安全

为保障数据传输安全与系统完整性，通过部署于安全隔离网络环境中的专用加密通道，实时汇聚并整合来自省、市两级环保部门的多元监测数据，确保敏感信息在可信域内受控流转。
