

# 《道路扬尘污染车载移动评价技术规范》解读

## （一）制定背景

道路扬尘是深圳市大气颗粒物的重要来源。源排放清单显示，2022年道路扬尘 $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ 排放量占全市 $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ 排放量的比例分别为33.3%、20.5%，道路扬尘污染管控对于促进深圳市环境空气质量改善具有重要意义。

目前国外涉及道路污染状况评价的标准主要包括美国标准文件《Compilation of Air Pollutant Emissions Factors (AP—42)》，指出道路的颗粒物排放量与道路积尘负荷有关，故将道路积尘负荷作为核算道路扬尘排放量、衡量道路扬尘排放强度的参数。道路积尘负荷测试采用手工方法，AP—42文件给出具体测试方法为：通过扫帚或真空吸尘器采集道路表面尘，经筛分、称重后核算道路积尘负荷，以评价道路扬尘污染水平，然而，该方法存在耗时长、效率低的缺点，并且存在安全隐患。为了快速获取道路积尘负荷，美国沙漠研究所研发了一种车载移动监测评价方法，作为传统手工采样评价法的替代方法，用于快速测定道路积尘负荷，评价道路扬尘污染水平。

国内涉及道路污染状况评价的标准包括：《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393—2007）、《城市道路清扫保洁与质量评价标准》（CJJ/T 126—2022）、《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》（DB11/T 1926—2021）。然而，国内外相关标准在评价指标、扬尘粒径、技术方法间存在差异。目前相关标准主要使用“尘负荷”作为评价指标，通常采用人工刷扫或真空吸尘器吸扫路面积尘然后送至实验

室称重方法，如《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393）和《城市道路清扫保洁与质量评价标准》（CJJ/T 126—2022）将道路积尘负荷作为衡量道路扬尘排放的指标，方法存在测试耗时长且误差大等问题，难以用于日常道路扬尘大规模快速评估；不同标准对于监测扬尘粒径要求不一致，如《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393）是指通过 200 目标准筛（相当于几何粒径 75 微米以下）的尘土，《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》（DB11/T 1926—2021）主要针对细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>），然而机动车源也是 PM<sub>2.5</sub> 的重要来源，以 PM<sub>2.5</sub> 为监测指标可能导致道路扬尘污染被高估。

为了准确评价道路扬尘污染水平，有必要建立一种规范的、快速的、可操作性强的道路扬尘污染评价方法。

## （二）目的及意义

制定本文件是加强道路扬尘环境管理的需要。深圳市人民政府在《深圳市大气环境质量提升计划（2017—2020 年）》中提出：“2017 年起开展城市道路动态保洁，采购扬尘移动监测车对重点道路进行巡查和实时监测”。《深圳市生态环境保护“十四五”规划》指出“提高城市道路保洁标准和机扫比例，扩大城市道路扬尘动态保洁范围，逐步推广至非主干道”。《“深圳蓝”可持续行动计划（2022—2025 年）》提出“2022 年起，以街道为单位，完善扬尘污染测评体系，对全市扬尘污染开展量化测评，开展 PM<sub>10</sub> 排名通报”，以及“推动道路扬尘移动监测平台的建设。推进构建一体化指挥调度网格化生态环境监管、污染源全流程精准管控的应用体系，提升环境智慧化监管水平”。《深圳市 2023 年度生态文明建设考核实施方案》首次将道路扬尘污染管

控纳入深圳市生态文明考核，提出“市生态环境局每月委托第三方技术单位利用移动监测设备对各区道路扬尘污染情况进行日常巡测，并按月通报排名”。为促进环境质量改善，推动道路扬尘污染评价科学化、标准化和规范化，制定本文件。

### **（三）主要内容**

#### **1. 范围**

本文件规定了道路扬尘污染车载移动评价的监测系统组成与技术要求、操作要求、数据有效性判断、浓度限值与分级以及质量保证与质量控制等要求。

本文件适用于深圳市行政区域内铺装道路扬尘污染车载移动评价，其他类型道路可参照执行。

#### **2. 规范性引用文件**

本章节给出了规范性引用的文件清单。

#### **3. 术语与定义**

本章节给出了道路扬尘、铺装道路、道路扬尘车载移动监测系统等适用于本文件的术语和定义。

#### **4. 车载移动监测系统**

本章节给出了道路扬尘车载移动监测系统的系统原理、系统组成与技术要求。

监测系统应搭载在纯电动汽车上，如纯电动小型载客汽车、公交车等，混动车除外，以减少车辆自身尾气排放对监测的干扰。车辆可为监测设备供电，持续供电能力不小于 8 h。根据生态环境部发布的《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南》，车重是影响道路扬尘排放

因子的重要因素，因此，监测系统和车辆的最大总质量应不小于 1.5 t。

分别设置采样点和对照点，采样点和对照点使用的颗粒物监测仪应一致。对于采样点，参照 DB11/T1926 “采样口与胎面距离（ $50 \pm 10$ ）mm，采样口指向胎面方向”，然而从实际经验来看，距离过近容易导致采样口堵塞，因此提出“采样点安装在靠近后侧轮胎的后方，指向胎面，距离胎面约  $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ ”。对照点高度同样是影响道路扬尘浓度的重要因素，考虑到对照点用于反映环境空气的背景浓度，针对道路交通的污染监控点，其采样口离地面的高度应在 2 m~5 m 范围内；此外，中国香港一项研究比较了不同高度下的  $\text{PM}_{10}$  垂直分布并建立了参数化方程，指出随着距离地面高度的增加， $\text{PM}_{10}$  浓度呈现指数式下降， $\text{PM}_{10}$  垂直扩散受到街道风向、布局特别是高宽比的影响，因此设置对照点距离地面高度约  $2.5 \text{ m} \pm 0.5 \text{ m}$ ，此外为了减轻前车排放尾气的影响，对照点采样口方向垂直地面向上。

采样管线应选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料，一般以聚四氟乙烯或硼硅酸盐玻璃等作为制作材料；总管内径选择在 1.5 cm~15 cm 之间；采样总管内的气流应保持层流状态；采样气体在总管内的滞留时间应小于 20 s；为防止颗粒物沉积于采样管管壁，采样管应垂直，并尽量缩短采样管长度。据此，采样点和对照点采样管长度约 25 cm，采样管半径约 0.3 cm，采样泵流量为 1.6 L/min，估算采样颗粒物在采样管中滞留时间约 0.3 s，远小于颗粒物监测仪监测频次（3 s），保证了数据时间和空间的一致性。

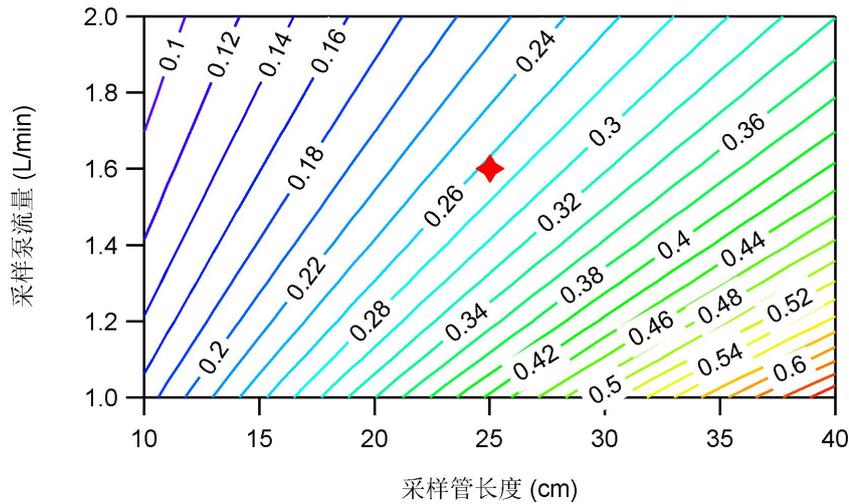


图 1 采样管路、采样泵流量与滞留时间关系

颗粒物监测仪对采集的颗粒物样品的  $PM_{10}$  进行测量，原理为光散射法，采样点和对照点使用的颗粒物监测仪应一致。

对 2022 年在深圳全市范围获取的道路扬尘污染车载移动监测数据（共 3685644 条数据）进行统计分析，采样点和对照点的  $PM_{10}$  浓度范围约为  $0 \mu g/m^3 \sim 5000 \mu g/m^3$ ，其中大多处于  $2000 \mu g/m^3$  以下，颗粒物监测仪量程将影响监测结果的可靠性，因此要求颗粒物监测仪监测的浓度范围为  $0 \mu g/m^3 \sim 2000 \mu g/m^3$  或以上。

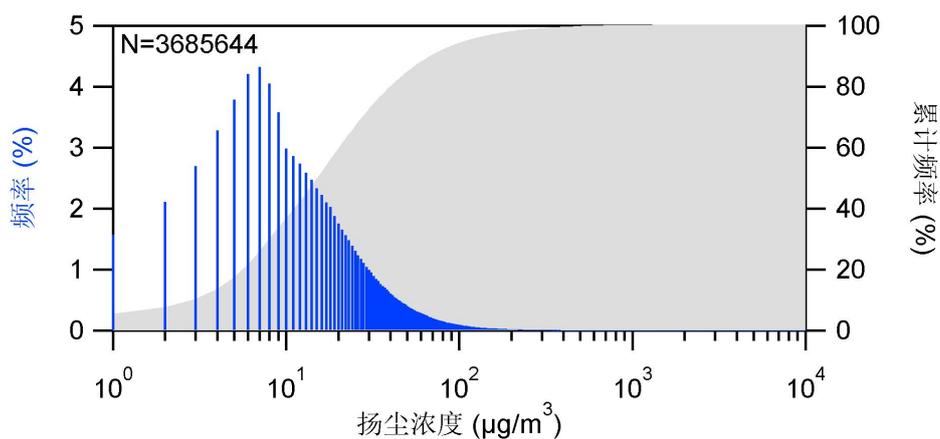


图 2 深圳市道路扬尘浓度分布

## 5. 操作要求

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价操作方面的技术要求。

由于道路扬尘浓度显著受到行驶速度的影响，因此应避免急启加速，尽量匀速行驶，根据 2022 年在深圳市开展的道路扬尘移动监测获取的行驶速度分布，发现行驶速度为 10 km/h~60 km/h 的数据占比为 59.22%，行驶速度为 20 km/h~60 km/h 的占比为 47.58%，为防止车辆行驶速度过慢导致交通拥堵，以及兼顾道路扬尘监测工作效率，车辆行驶速度宜为 20 km/h~60 km/h，此外，应根据实际情况确定颗粒物监测仪监测频次，行驶速度及监测频次应保证每行驶 50 m 至少获取一条监测数据，例如，按照监测频次不大于 3 s 和行驶速度为 20 km/h~60 km/h，计算得到每行驶 17 m~50 m 获取一条监测数据，保证了数据空间分布连续性。

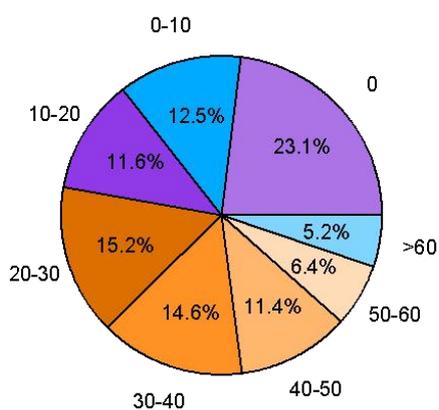


图 3 道路扬尘车载移动监测系统行驶速度 (km/h) 分布

## 6. 数据有效性判断

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的数据有效性判断方面的技术要求。

多项研究指出，在高湿度情况下，由于颗粒物的吸湿增长，光散射监测设备测量结果存在较大的误差，例如有研究分析了光散射系数与湿度之间的关系，发现湿度大于 60%RH 时光散射系数变化明显；另

一研究指出当湿度为 60%RH、70%RH、80%RH 时，使用光散射技术的传感器将高估颗粒物浓度约 20%、40%和 70%。另一方面，2022 年深圳市道路环境湿度分布显示，湿度大于 60%RH 的数据占比高达 56.37%，若把这些数据作为无效数据将导致道路扬尘监测效率低下，而湿度大于 70%RH 和 80%RH 的数据占比分别为 30.92%和 14.02%，综合考虑测量误差及道路扬尘监测效率，将湿度高于 70%RH 时的数据判定为无效数据。

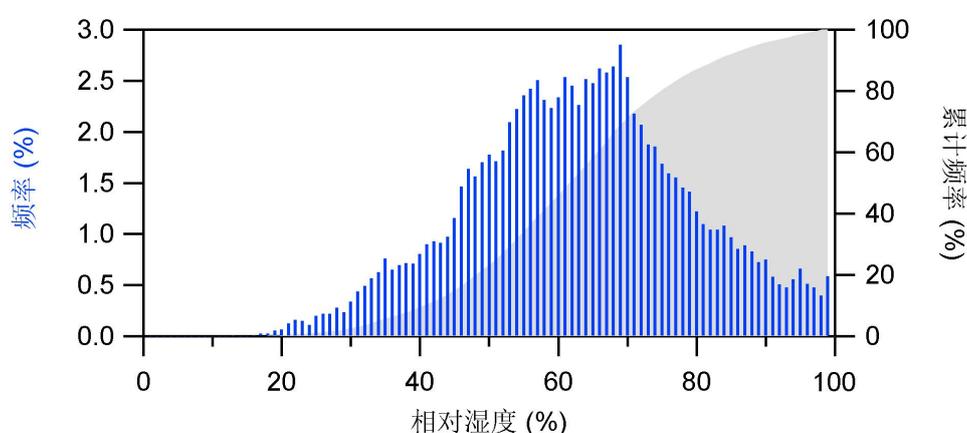


图 4 道路环境湿度分布图

此外，道路扬尘浓度显著受到行驶速度的影响，需要减轻行驶速度对评价结果的干扰。如美国一项研究提出行驶速度低于 5 mile/h（约 8 km/h）时为无效数据，另一项研究提出行驶速度应大于 5 m/s（约 18 km/h），韩国一项研究提出行驶速度超过 20 km/h~70 km/h 时获取的数据准确性不足，在我国，天津市一项研究将行驶速度低于 5 km/h 时产生的数据认定为无效，北京市《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》（DB11/T 1926—2021）提出行驶速度应控制在 20 km/h~70 km/h。综合国内外研究结果以及考虑到城市道路限速通常为 60 km/h，开展道路扬尘污染车载移动评价时的行驶速度应控制在 20 km/h~60 km/h 并且尽量匀速行驶以保证数据有效性。

## 7. 道路扬尘浓度限值与分级评价

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的浓度限值与分级评价要求。

调研典型环境（包括普通路段、拥堵路段、工地路段及其周边路段）道路扬尘浓度水平，如图 5a 所示普通路段的道路扬尘浓度较小，而在拥堵路段由于受到机动车排放干扰，道路扬尘浓度有所上升但总体上小于  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。图 5b 和图 5c 均为工地及其周边路段的道路扬尘浓度水平，可见工地周边路段的道路扬尘浓度水平有所上升，峰值可达到  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可能是由泥头车带泥上路或超载抛洒引起的污染，值得注意的是，如图 5c 所示，对于进行了洒水保洁的工地周边路段，其道路扬尘浓度峰值有所下降约为  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，对于工地路段，其道路扬尘浓度将明显超过  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

综上，为了区分不同污染成因的路段，将道路扬尘浓度分为四级级别，对应的一级、二级、三级和四级道路扬尘浓度限值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）分别为  $(0, 150]$ 、 $(150, 250]$ 、 $(250, 350]$  以及  $(350, +\infty)$ ，对应的是普通或拥堵路段、洒水保洁的工地周边路段、未洒水保洁的工地周边路段、工地路段，对应评价结果为优、良、中、差。结合定位仪提供的经纬度信息，该分级方法有利于发现保洁不到位的具体路段，助推道路扬尘污染整治工作。

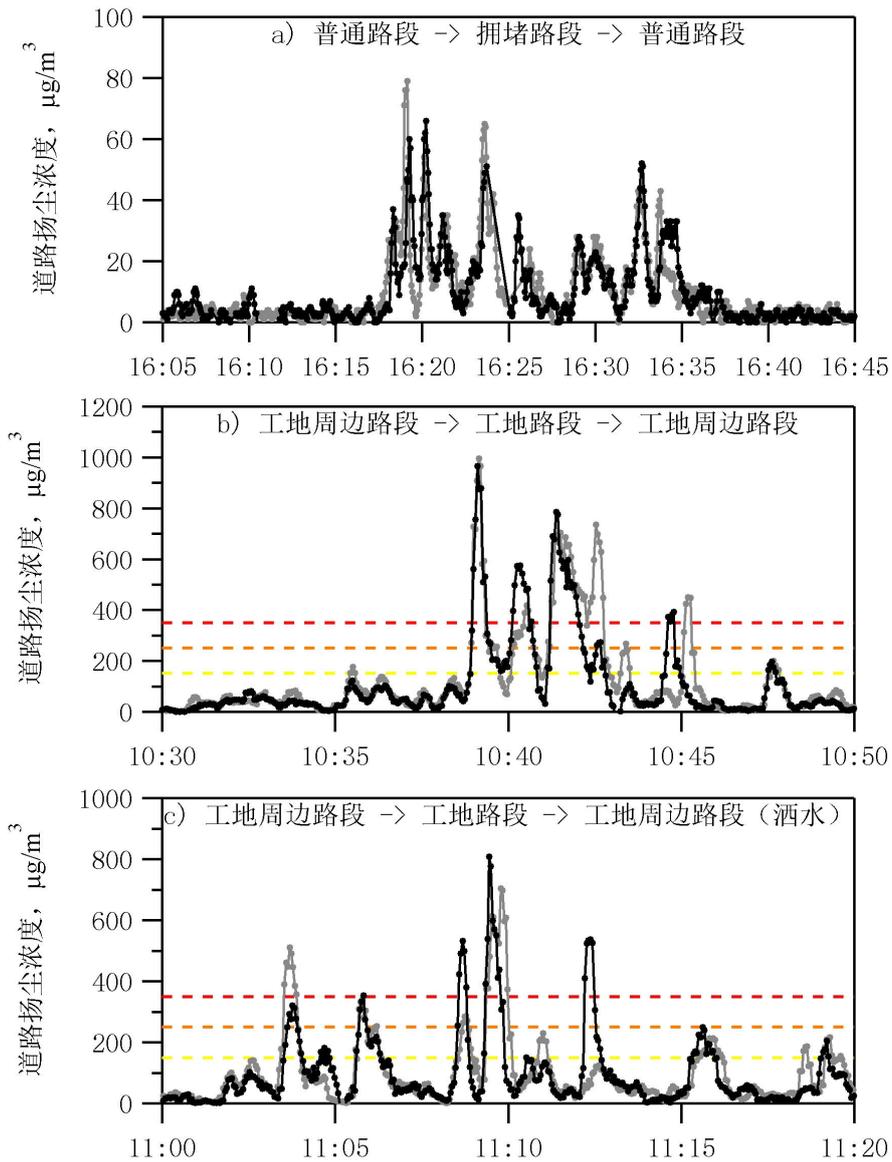


图 5 典型环境道路扬尘浓度水平

对于每一有效的道路扬尘浓度数据，对应一级、二级、三级和四级浓度限值，其监测轨迹分别以 RGB 色彩模式的绿色 (0 228 0)、黄色 (255 255 0)、橙色 (255 126 0) 和红色 (255 0 0) 表示，路段的评价结果可按照优、良、中、差占比表示。按照上述方法，对 2022 年在深圳全市范围获取的道路扬尘浓度数据进行统计，分析发现各月份优级路段数据占比范围为 92.98%~98.32%，良级路段数据占比范围为 0.87%~4.09%，中级路段数据占比范围为 0.36%~1.33%，差级路

段数据占比范围为 0.45%~1.60%。

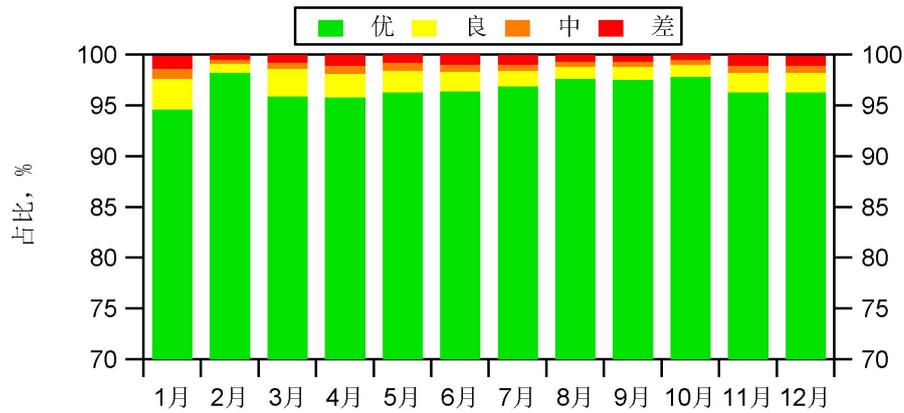


图 6 2022年度深圳市道路扬尘污染评价结果

## 8. 质量保证与质量控制

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价对颗粒物监测仪检定、气象观测仪检定、颗粒物采集单元维护的质量保证与质量控制技术要求。

## 9. 附录

本文件包含 1 个规范性附录和 1 个资料性附录。

附录 A（规范性）给出了道路扬尘监测数据储存文件模板要求。

附录 B（资料性）给出了道路扬尘车载移动监测系统检查及维护记录表的格式模板要求。

### （四）附则

本文件由深圳市生态环境局提出并归口，起草单位为深圳市环境科学研究院。