

《道路扬尘污染车载移动评价技术规范》（送审稿）

编制说明

（一）项目背景

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，2019 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 20.5%、19.8%。另外，2018—2020 年环境大气颗粒物来源解析结果显示，道路扬尘贡献呈现上升的态势。可见，道路扬尘已成为深圳市大气颗粒物的重要来源，道路扬尘污染管控对于改善深圳市环境空气质量具有重要的促进作用。

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_{10} 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區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。

（二）工作简况

1. 项目来源

本文件根据《深圳市市场监督管理局关于下达 2022 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》的要求编制。

本文件由深圳市生态环境局提出并归口。

2. 工作过程

(1) 成立标准编制组

2022 年 5 月，根据《深圳市市场监督管理局关于下达 2022 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》正式立项，深圳市环境科学研究院成立了《道路扬尘污染车载移动评价技术规范》标准编制组，召开会议就标准的适用范围、主要技术内容、初步框架结构、可行性等方面进行了研究，明确了工作目标以及任务分工。

(2) 前期调研

2022 年 5—12 月，收集发表论文、技术规定等资料，总结国内外道路扬尘监测相关的研究进展，结合深圳市道路扬尘污染评价工作现状，确定标准编制技术路线。

(3) 起草阶段

2023 年 1—12 月，为建立道路扬尘污染车载移动评价方法，研究统计了深圳全市范围开展的道路扬尘污染车载监测数据，分析了深圳市道路扬尘污染特征，确定了关键评价技术指标，制定了道路扬尘污染分级评价标准，形成了标准文本初稿和编制说明。

(4) 征求意见阶段

2024 年 1—3 月，征求有关行政主管部门以及企业事业组织、社会团体、科研机构等意见，期间共收到反馈意见 17 条，采纳 16 条，不采纳 1 条，对不采纳意见进行了相关解释说明。

2024 年 3 月 21 日—2024 年 4 月 23 日，通过深圳市生态环境局门户网站公开征求意见，期间共收到反馈意见 9 条，采纳 5 条，不采纳 4 条，对不采纳意见进行了相关解释说明。

2024 年 5—6 月，根据意见修改完善标准文本，形成标准送审稿、编制说明和征求意见汇总处理表。

(5) 送审阶段

2024 年 7—9 月，标准编制组在深圳市生态环境局的组织下开展标准送审工作，并根据审查意见修改完善标准文本。

（三）地方标准主要内容的依据以及与国内领先、国际先进标准的对标情况

1. 标准编写原则和依据

本文件的技术要求主要参考了 GB 3095《环境空气质量标准》、CJJ/T 126《城市道路清扫保洁与质量评价标准》、HJ/T 393—2007《防治城市扬尘污染技术规范》、HJ 633《环境空气质量指数（AQI）技术规定》、HJ 653《环境空气颗粒物（PM₁₀和 PM_{2.5}）连续自动监测技术要求及检测方法》、DB11/T 1926《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》、JJG（气象） 007—2024《便捷式自动气象观测仪检定规程》、JJG 846《粉尘浓度测量仪》等标准和规定，融合了国内外道路扬尘污染评价的技术要求，充分考虑了深圳市道路扬尘污染现状，形成了科学化、标准化和规范化的道路扬尘污染车载移动评价技术规范。

2. 与国内领先、国际先进标准的对标情况

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^[1]。

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^[2]。车载移动监测评价方法的原理是车轮扰动造成的起尘浓度与车速、道路积尘负荷及车重有关,且随着上述参数增加起尘浓度增大。因此,对于给定车辆,可以建立起尘浓度、车速和道路积尘负荷间的相关方程,通过测试起尘浓度估算相应路段的道路积尘负荷,以评价道路扬尘污染水平。该方法将颗粒物实时监测仪、GPS 定位系统和数据记录仪等仪器安装在监测车上构成移动监测系统,借助颗粒物实时监测仪快速监测铺装道路表面由于车轮扰动造成的颗粒物排放浓度,通过相关方程核算道路积尘负荷,从而实现道路扬尘污染水平快速、实时评价。

目前国内涉及道路污染状况评价的标准有如下:

(1)《防治城市扬尘污染技术规范》(HJ/T 393—2007)。该标准指出道路积尘负荷是衡量道路扬尘排放的重要指标,是指道路或地面单位面积上能够通过 200 目标准筛(相当于几何粒径 75 微米以下)部分积尘的质量。对于道路积尘的测定,该规范要求采用人工刷扫或

真空吸尘器吸扫路面积尘，分段多点采集混合成 1 个样品，经烘干、冷却、筛分后核算道路积尘负荷。此外，该规范还给出了快速路、主干道、次干道和支路 4 类道路优、良、中、差 4 个等级的积尘负荷限定标准参考值。

（2）城市道路清扫保洁与质量评价标准（CJJ/T 126—2022）。该标准适用于城市道路清扫保洁作业和质量评价，采用道路清洁度评分制评价各等级道路的清洁程度。道路清洁度分值由道路感官质量评价分值、道路可见垃圾及污渍密度评价分值、路面尘土量评价分值 3 项加权得到，其中路面尘土量使用路面尘土量采集设备基于干式吸尘法顺序采集各采样点的路面尘土，称重后除以采样面积得到。

（3）《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》（DB11/T 1926—2021）。该标准是北京市的地方标准，是国内首个基于车载移动监测技术对道路尘负荷（ $PM_{2.5}$ ）进行评价的技术标准，规定了道路尘负荷车载移动监测系统的技术要求，明确了道路尘负荷分级与评价，有助于规范道路尘负荷车载移动监测技术方法，助推了北京市道路扬尘精细化管控。

研究比较了国内相关标准在评价指标、扬尘粒径、技术方法间的差异，总结如下：

现行道路扬尘评价方法不适用于道路扬尘的日常监管。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，而且难以理解尘负荷与 $PM_{2.5}$ 或 PM_{10} 浓度指标间的联系，不足以直观体现道路扬尘监测评价对推动环境空气质量改善的作用。

不同标准对于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（ $PM_{2.5}$ ），然而机动车源也是 $PM_{2.5}$ 的重要来源，以 $PM_{2.5}$ 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车载移动评价方法。借鉴国内外城市的经验，拟以可吸入颗粒物（ PM_{10} ）为关键监测指标，编制《道路扬尘污染车载移动评价技术规范》。

表 1 国内相关标准技术要求比较

序号	相关标准	评价指标	粒径	主要内容
1	《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393）	尘负荷	通过200目标准筛（相当于几何粒径75微米以下）	要求采用人工刷扫或真空吸尘器吸扫路面积尘，分段多点采集混合成1个样品，经烘干、冷却、筛分后核算道路积尘负荷
2	《城市道路清扫保洁与质量评价标准》（CJJ/T 126—2022）	道路清洁度	—	道路清洁度分值由道路感官质量评价分值、道路可见垃圾及污渍密度评价分值、路面尘土量评价分值3项加权得到。
3	《道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范》（DB11/T 1926—2021）	尘负荷	PM _{2.5}	通过车载采样和监测对道路扬尘进行自动监测并用相关影响因素计算道路尘负荷
4	道路扬尘污染车载移动评价技术规范	扬尘浓度	PM ₁₀	根据采样点和对照点PM ₁₀ 浓度差值计算道路扬尘浓度，评价铺装道路的道路扬尘污染水平。

（四）主要条款的说明以及主要技术指标、参数、试验验证的论述

本文件除了前言，正文共分为以下 8 章内容：

1. 范围

本文件规定了道路扬尘污染车载移动评价的系统组成、技术要求、操作要求、数据有效性判断、分级评价标准以及质量保证与质量控制等要求。

本文件适用于深圳市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. 道路扬尘污染车载移动监测系统组成与技术要求

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的系统原理、系统组成与技术要求。

(1) 系统原理

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的系统原理。

(2) 系统组成与技术要求

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的系统组成与技术要求。

监测系统应搭载在纯电动小型载客车上，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，考虑到常见的新能源车型，监测系统和车辆的最大总质量应控制在 1.5 t~2.0 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±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 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，Chan 等人在中国香港的研究比较了不同高度下的 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， PM_{10} 浓度呈现指数式下降， PM_{10} 垂直扩散受到街道风向、布局特别是高宽比的影响^[3]，因此设置对照点距离地面高度约 2.5 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，采样点和对照点使用的采样管长度约为 25 cm，采样管内半径约 0.3 cm，泵流量调节为 1.6 L/min，估算颗粒物在采样管中的滞留时间约 0.3 s，远小于颗粒物测量单元监测周期（3 s），保证了测量道路扬尘数据时间和空间的一致性。

颗粒物监测仪对采集的颗粒物样品进行测量，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。光散射法颗粒物测量仪广泛用于 PM_{10} 测量，并且可实现秒级响应，设置的采样监测周期为 3 s。根据深圳市实际道路扬尘监测， PM_{10} 浓度最大值约 $5000 \mu g/m^3$ ，因此要求颗粒物监测仪的浓度范围为 $0 \mu g/m^3 \sim 10000 \mu g/m^3$ 或以上。然而在高湿度情况下，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，因此建议比较使用在高湿度条件下偏差较小的设备进行监测，颗粒物监测仪在湿度 0%RH~70%RH 下的测量误差应不大于 $\pm 20\%$ 。

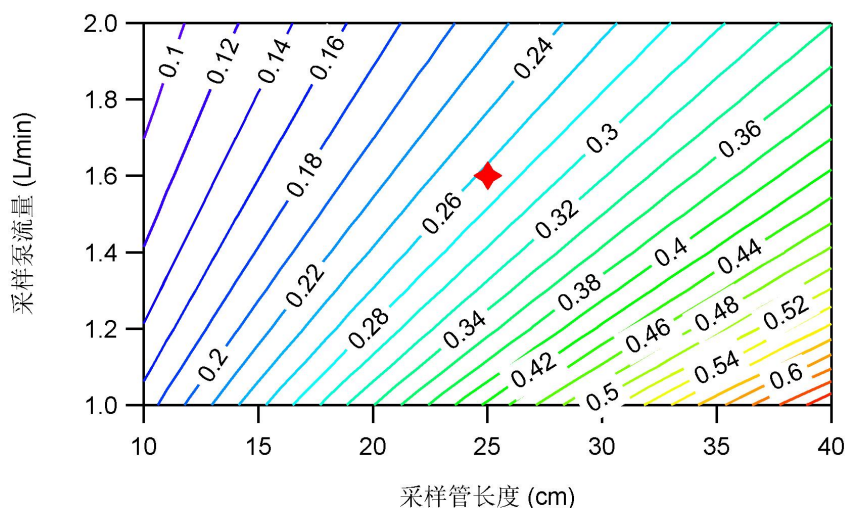


图 1 采样管路、采样泵流量与滞留时间关系

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周期，行驶速度及监测周期应保证每行驶 50 m 至少获取一条监测数据，例如，按照监测周期不大于 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。

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法、无效数据标识处理方面的技术要求。

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^[4]；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%^[5]。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。

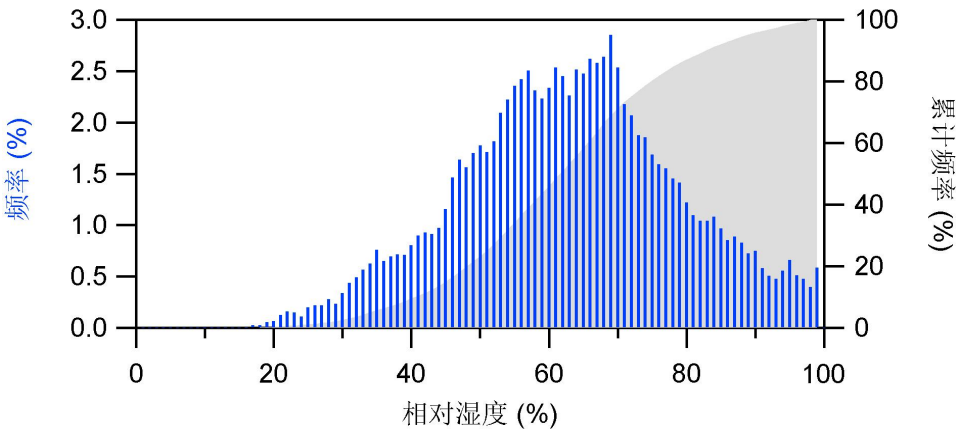


图 2 道路环境湿度分布图

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 Kuhns 等人认为行驶速度低于 5 mile/h（约 8 km/h）时为无效数据^[2]，Etyemezian 等人研究提出行驶速度应大于 5 m/s（约 18 km/h）^[6]，韩国 Han 等人认为行驶速度超过 20 km/h~70 km/h 时获取的数据准确性不足^[7]，在我国，天津市研究将行驶速度低于 5 km/h 时产生的数据认定为无效^[8]，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。

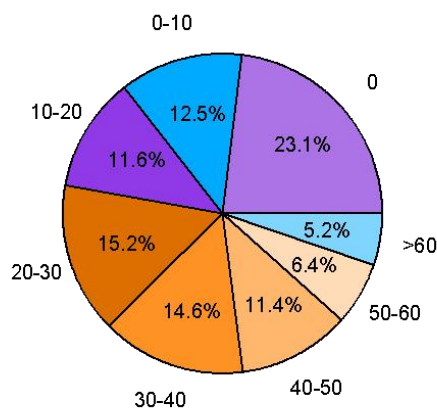


图 3 道路扬尘监测系统行驶速度 (km/h) 分布

7. 道路扬尘污染分级评价标准

本章节给出了道路扬尘污染车载移动评价的评价对象和评价标准方面的技术要求。

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，道路扬尘浓度范围约为 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中，道路扬尘浓度小于或等于 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的占比为 84.5%，小于或等于 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的占比为 94.0%，小于或等于 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的占比为 96.6%。

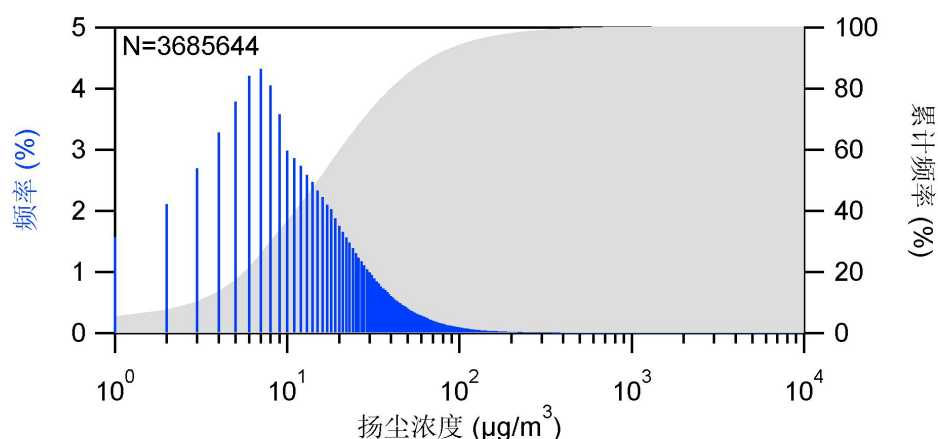


图 4 深圳市道路扬尘浓度分布

《环境空气质量标准》(GB 3095)规定了环境空气可吸入颗粒物(PM_{10})的浓度限值,24 小时平均一级标准浓度限值为 $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$,二级标准浓度限值为 $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(HJ 633)规定环境空气可吸入颗粒物(PM_{10})空气质量分指数分别为 0、50、100、150、200 对应的浓度限值分别为 $0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $350\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。为了将道路扬尘污染管控与空气质量提升相衔接,标准文件借鉴了《环境空气质量标准》(GB 3095)和《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(HJ 633)规定的优、良、轻度污染和中度污染,将道路扬尘污染等级分为达标、预警、超标和严重超标四种级别,对应的道路扬尘浓度限值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)分别设置为(0, 150]、(150, 250]、(250, 350]和(350, $+\infty$)。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,对应的道路评价结果为优、良、中、差。

按照上述方法,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进行统计,分析发现各月份优级道路数据占比范围为 92.98%~98.32%,良级道路数据占比范围为 0.87%~4.09%,中级道路数据占比范围为 0.36%~1.33%,差级道路数据占比范围为

0.45%~1.60%，表明本文件的道路扬尘污染车载移动评价标准较为合理。

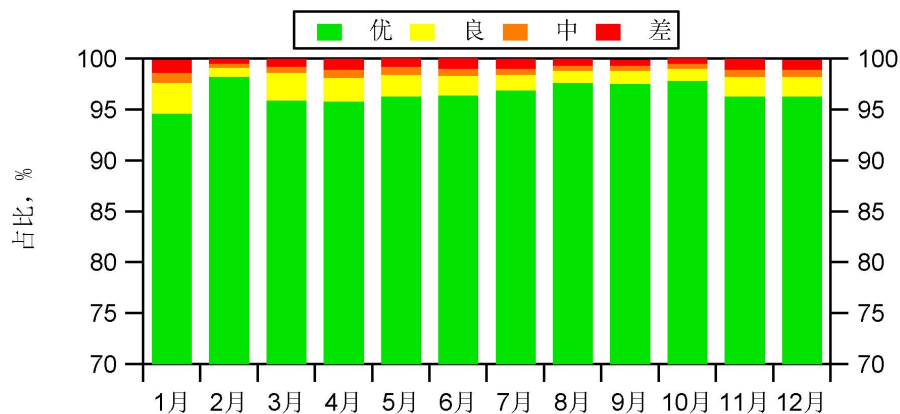


图 5 2022年度深圳市道路扬尘污染评价结果

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的颗粒物监测仪检定、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。

（五）是否涉及专利等知识产权问题

无。

（六）重大意见分歧的处理依据和结果

无。

（七）实施地方标准的措施建议

1. 推进道路扬尘监测技术交流

由相关部门组织道路扬尘监测技术交流，通过编制道路扬尘污染监测及防治指导手册、不定期组织邀请道路扬尘领域专家召开监测经

验交流会、组织到道路扬尘监测污染车载移动评价应用示范单位进行交流等手段，提高相关技术单位对技术规范的应用水平。

2. 加严道路扬尘评价标准

尽管深圳市近年来空气质量持续改善，但与国际先进城市以及世界卫生组织指导值仍然存在差距，而且颗粒物在低浓度水平仍然对人群健康产生不利的影响。道路扬尘是影响环境空气质量的重要污染源，随着日益严格的环境质量目标，建议主管部门结合深圳市的社会经济发展水平、道路扬尘污染特征和污染源管理能力，及时对道路扬尘评价标准进行修订。

（八）其他需要说明的事项

无。