

公路工程施工扬尘污染防治技术与管理模式探讨

严少卿

湖州市公交集团有限公司, 浙江 湖州 313000

DOI:10.61369/ERA.2025060020

摘 要 : 公路建设过程产生的扬尘污染主要来源为土方施工、道路开挖、物料输送等, 具有粒径小、易悬浮、扩散广的特性, 严重影响生态环境与人类健康。通过对高速公路施工扬尘污染的形成机理和主要污染物特征进行了分析, 并对其在高速公路建设中的应用进行了探讨。同时, 从管理制度、监测和评价以及建筑企业的内部管理等几个方面着手, 建立一套完善的扬尘控制管理模式。希望通过本研究为高速公路建设扬尘污染治理提供理论基础与实践指导。

关 键 词 : 公路工程; 施工扬尘污染; 防治技术; 管理模式

Discussion on Prevention Technology and Management Mode of Dust Pollution from Highway Construction

Yan Shaoqing

Huzhou Bus Group Co., LTD. Huzhou, Zhejiang 313000

Abstract : The main sources of dust pollution in the process of highway construction are earthwork construction, road excavation, material transportation, etc., which has the characteristics of small particle size, easy suspension and wide diffusion, seriously affecting the ecological environment and human health. This paper analyzes the formation mechanism and main pollutant characteristics of dust pollution in expressway construction, and discusses its application in expressway construction. At the same time, from the management system, monitoring and evaluation and internal management of construction enterprises, a set of perfect dust control management mode is established. It is hoped that this study can provide theoretical basis and practical guidance for the control of dust pollution in expressway construction.

Keywords : highway engineering; construction dust pollution; prevention and control technology; management mode

引言

随着我国交通基础设施建设的不断深入, 公路建设规模也在不断扩大。但是, 高速公路建设引起的扬尘污染问题却越来越突出, 给周边环境带来了不可忽视的影响。粉尘污染不仅严重影响空气质量, 而且易引发呼吸系统疾病, 对人体健康构成严重威胁。更严重的是, 扬尘污染将扰乱生态平衡, 威胁生物多样性, 给生态系统带来长期的不利影响^[1]。因此, 全面、深入地研究高速公路施工扬尘污染问题, 制定切实可行的治理对策, 对于营造和谐的高速公路建设环境, 营造良好的人居环境具有重要的现实意义。这种协调发展既符合国家环保工作的总要求, 又符合人民群众对美好生活需求的积极响应, 体现了现代社会追求人与自然是和谐共生的理念。因此, 加强该领域的研究与实践, 对促进我国公路建设和环保事业的发展具有十分重要的意义。

一、公路工程施工扬尘污染源与成因分析

(一) 公路施工过程中的扬尘污染源

公路建设过程中涉及到多种扬尘源。在土方开挖过程中, 由于机械作用, 土体颗粒受到扰动, 产生了大量的扬尘。建筑材料如砂石、水泥等在风的作用下, 会随风飘散到大气中。工地道路上, 因车辆频繁行驶, 车轮与地面的摩擦而扬起了地面灰尘, 同时, 车辆在行驶时产生的气流也会将周围的灰尘吹起。另外, 在

混凝土搅拌过程中, 由于物料的搅拌和装卸, 会产生大量的粉尘, 这也是建筑扬尘的另一个来源。

(二) 扬尘污染的形成机制

粉尘污染是多因素综合作用的结果。气象条件是影响沙尘天气的重要因子之一, 风速越大, 沙尘就越容易被扬起和扩散。风的方向决定着粉尘污染向何处传播。空气湿度对粉尘的生成有一定的抑制作用, 湿度越大, 粉尘颗粒越重, 越不容易被吹起。施工活动本身的强度和方式也很重要, 高强度大面积的土方作业、

频繁的装卸物料及车辆的行驶，都会使粉尘扰动的频率和强度增大，从而导致扬尘污染的发生^[2]。

（三）主要污染物的特点与影响

道路施工过程产生的粉尘主要是可吸入颗粒物（PM10）、PM2.5（空气动力学当量直径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ ）。这些颗粒具有粒径小，表面积大，能在大气中长期悬浮的特性。可吸入型可吸入呼吸道，对呼吸道黏膜造成刺激，引起咳嗽、气喘等症状^[3]。PM2.5因其粒径较小，可进入肺部，甚至进入血液循环，严重影响心肺功能，增加心血管病、肺癌等疾病的发生风险。同时，扬尘污染也会影响大气能见度、扰乱交通秩序、影响植物光合作用等生理过程，破坏生态平衡。如下表1所示：

表1 主要污染物的特点与影响

污染物	主要特性	健康影响	环境影响
PM10（可吸入颗粒物）	粒径较大，长期悬浮	刺激呼吸道黏膜，引起咳嗽、气喘等	降低能见度，影响交通
PM2.5（细颗粒物）	粒径小，可进入肺部和血液循环	损害心肺功能，增加心血管病、肺癌风险	干扰植物光合作用，破坏生态平衡
扬尘	含多种颗粒物，易扩散	刺激呼吸系统，加重呼吸道疾病	影响空气质量，扰乱交通秩序

二、公路工程施工扬尘污染防治技术

（一）防尘设施与设备的选择与应用

在公路工程建设中，合理地选用和使用防尘设施及设备是十分重要的。高效防尘网是一种常见的设备，它是由高密度聚乙烯等材料制作而成。防尘网的网孔密度、网孔大小要根据施工现场的具体情况来确定，一般情况下，网孔密度大，防尘效果好。例如，在有风和堆料的地方，可以选择2000目/100厘米网目密度的防尘网，它可以有效地阻挡大多数粉尘粒子。真空吸尘器也是一种重要的除尘设备，它利用负压原理，经过高效的过滤系统，将建筑作业产生的灰尘收集起来。在混凝土搅拌站等粉尘浓度较高的地方，安装大功率工业吸尘设备，吸尘效率大于95%，可有效降低作业区域粉尘浓度。

（二）覆盖与抑尘技术

覆盖技术是一种行之有效的控制扬尘污染的方法。在工地上堆放材料的地方，可以用土工布或篷布覆盖。土工织物具有很好的透水性、渗透性，不仅可以防止雨水冲刷，还可以抑制粉尘的产生。在砂料堆上铺设土工织物时，必须将土工织物完全盖住，并将其牢固地固定，以免被风吹走。抑尘剂的用途也越来越广。抑尘剂喷洒于物料表面后，可在物料表面形成具有一定强度及内聚力的保护膜，使粉尘颗粒紧密结合，从而降低粉尘的产生。例如，在土方开挖区，可以选择生物降解型抑尘剂，按1:50稀释后喷洒，可以在一定时间内有效地抑制扬尘，并且不会对环境造成污染。

（三）湿法作业与喷雾降尘技术的应用

湿法施工对高速公路施工扬尘控制效果明显。在挖土和清扫道路时，用洒水车定时喷洒，可以使地面的灰尘变得潮湿，减少灰尘的产生。洒水车的洒水量和次数要根据现场实际情况适当调整，通常情况下，在高温、干燥、车辆行驶频繁的路段，一天至少要喷洒5次以上，洒水量要控制在0.5–1升/平方米。喷雾降尘

技术是通过喷雾装置将水雾化成极小的颗粒，并与空气中的降尘粒子结合在一起进行沉降。常用的喷洒机有高压喷洒机、风送式喷洒机等。高压喷雾机可以安装在施工现场的主干道及堆料场周围，喷雾距离20–30m，雾化粒径50–150微米，可以有效地减少空气中的粉尘浓度^[4]。

（四）临时围挡与防尘墙的作用

临时围挡、防尘墙可以有效地阻止粉尘的扩散。临时围挡通常由彩钢板或金属围篱等材料制作而成，高度一般为1.8 ~ 2.5米。在工地周围设置临时围挡，可以形成一道物理屏障，降低扬尘向周围环境的扩散。防尘墙由水泥、砖石等材料构成，强度高，稳定性好。在环境敏感地区，如住宅区、学校等，可以设置3–5米高的防尘墙，墙面可以采用粗糙的材料，增加对粉尘粒子的吸附、阻隔作用，进一步减少灰尘对周围环境的影响^[5]。

三、公路工程施工扬尘污染管理模式

（一）施工现场扬尘污染的管理体系与责任分工

在这一制度中，建设单位作为工程建设的核心和主导力量，担负着不可推卸的责任。它需要根据项目所在地的环境条件、相关的环保法规和项目建设的特点，精确地制定出扬尘污染防治的总体目标和具体要求。施工单位应在施工全过程中对施工单位进行监督，以保证各项防治措施的落实。一旦因扬尘污染而引发相关问题，建设单位需要承担相应的法律责任，因此对扬尘污染防治给予了高度的关注。作为直接实施者，施工企业必须建立严格的扬尘控制管理体系，并配备有专业、有经验的管理人员。这些管理人员对防尘设施的选择、安装和日常维护等各个方面负责，以确保它们一直在良好的状态下工作；科学规划和严格管理物料堆放，避免因乱堆而引起的扬尘；同时，不断优化施工工艺，降低扬尘污染的源头。监理单位是这个系统的重要组成部分，它需要对施工单位的扬尘污染进行全过程和细致的监督。定期深入工地各部位，对扬尘污染状况进行检查，对不符合防治要求的情况，及时提出有针对性、可操作性强的整改意见，并及时上报建设单位，使施工单位能够及时采取措施，保证扬尘污染防治工作的顺利进行。

（二）扬尘污染防治的监测与评估管理模式

在监测环节，采取了在线监测装置和人工监测相结合的方法。依托先进的传感技术，在线监测设备可以对施工现场的可吸入颗粒物、PM2.5等主要污染物进行实时监测。这些设备被合理地部署在容易产生扬尘污染或者受到扬尘影响较大的区域，如材料堆放区、施工道路、生活区等，并利用无线传输技术将采集到的数据快速准确地传送到监控中心，让管理人员可以随时、直观地掌握扬尘污染的动态。人工监测作为在线监测的重要补充，利用专业空气采样设备，定期在施工现场不同位置采集空气样品，并使用高精度的专业仪器准确分析样品中污染物的浓度，对在线监测数据进行验证与补充，保证监测结果的全面性和准确性。在评价管理模式上，制定了一系列定量、细致的评价指标，如扬尘污染达标天数比例等，可以直观地反映建筑工地一段时期内的空气质量是否达到了环保标准；此外，还包括污染物浓度下降幅度，它清楚地反映了控制措施执行后污染物浓度的变化趋势。根据这些指标，定期评价施工现场扬尘污染防治效果，可以及时发

现在防治工作中存在的问题和缺陷，从而有针对性地调整防治措施，提高防治工作的准确性和有效性。

（三）施工企业内部扬尘污染防治管理模式

从企业整体战略的角度来看，要把扬尘污染防治纳入公司的长期发展目标和总体规划中，把它作为公司发展战略的一部分。制定了扬尘污染防治战略规划，确定了各个阶段企业扬尘污染防治的目标和任务，为具体工作指明了方向。同时，公司也十分重视员工的培训，定期组织员工进行粉尘污染防治技术和管理方面的专业培训。培训内容涵盖了扬尘污染对环境及人类健康造成的严重危害，以此来增强员工的环保意识和责任感，同时也包含了各种先进的防治技术和科学的管理方式，让员工们切实地了解到正确的作业流程和有效的预防措施，并能在实际工作中正确地应用。在项目管理层次上，全面推行项目经理负责制，把扬尘污染防治工作纳入项目绩效评价体系。对在防治扬尘污染方面成绩突出的项目团队或个人，给予物质及精神上的奖励，以激励他们继续保持积极向上的工作态度；对于达不到防治要求的团队或个人，将按照有关规定给予严厉的惩罚，从而形成一种有效的激励和约束机制，促使项目组全力以赴地实施扬尘污染控制措施，从而有效地控制项目建设过程中的扬尘污染。

四、案例分析

（一）项目概况

某高速公路项目全长35km，路基宽度24.5米，设计为双向4车道。该工程涉及的地区包括一些农田和村庄，还有一些山区。该地区气候干旱，年均降雨量少，多风，平均风速每秒3.5米。根据现场环境特点和施工技术，对该工程进行了扬尘污染风险评价，确定为中。施工期间，土方开挖约200万立方米，大量的材料堆放在工地上，车辆频繁行驶，产生了较大的扬尘污染隐患。

（二）技术与管理措施应用

该项目采用组合抑尘技术。在土方开挖范围内，配置多台风送式喷雾机，按1000平方米布置1台，喷雾角度、射程可根据现场地形变化调整，保证全开挖面均可覆盖。同时，选用环境友好型抑尘剂，按1:80比例稀释，在开挖面及堆料区定期喷洒，形成稳定的抑尘保护膜。运输物料的车辆均采用全封闭运输模式，车厢顶部装有自动密封装置，以避免因运输过程中物料抛洒而引起的扬尘。

在施工现场主要部位设置8个在线监测点，对可吸入颗粒物、PM2.5等污染物进行实时监测。当污染物浓度超出设定值时，自动启动喷雾降尘装置及洒水车实施降尘作业。同时，管理者还可以通过手机APP实时查看工地扬尘污染状况，并根据数据的变化

及时调整相应的控制措施，达到对扬尘污染控制的智能化管理。

（三）防治效果评估

通过对施工期与非施工阶段PM10浓度的对比分析，发现采取一系列防治措施后，施工期内各监测点PM10平均浓度比施工前有所下降，并逐步接近未施工阶段，说明防治措施是有效的（见表2）。

表2 PM10浓度对比（施工期 vs 非施工期）

监测时间段	监测点位	PM10浓度平均值（mg/m³）
施工期（第1个月）	物料堆放区	0.35
施工期（第1个月）	施工道路	0.42
施工期（第1个月）	生活区	0.28
非施工期（相同季节）	物料堆放区	0.15
非施工期（相同季节）	施工道路	0.18
非施工期（相同季节）	生活区	0.12
施工期（第6个月）	物料堆放区	0.22
施工期（第6个月）	施工道路	0.28
施工期（第6个月）	生活区	0.16
非施工期（相同季节）	物料堆放区	0.13
非施工期（相同季节）	施工道路	0.15
非施工期（相同季节）	生活区	0.10

从成本效益分析的结果来看，尽管在扬尘污染防治中投入了一些资金，但是，由于对扬尘污染进行了有效的削减，使得由于环境违法行为而产生的罚款数额降低了（见表3）。

表3 成本效益分析（抑尘投入 vs 环境罚款减少）

项目	金额（万元）
抑尘设备采购与安装费用	56.50
抑尘剂采购费用	23.80
洒水车租赁及用水费用	35.60
人工费用（扬尘防治相关）	42.30
环境罚款减少金额（预计）	120.50
综合效益（环境罚款减少 - 抑尘投入）	12.30

五、结语

公路施工扬尘污染防治是一项复杂的系统工程，涉及到污染源解析、防治技术应用和管理模式构建。通过对扬尘来源和成因的深入研究，采取先进的防治技术，建立科学、合理的管理模式，可以有效地减少公路建设过程中产生的扬尘污染，促进公路建设和环境保护的协调发展。实例分析表明，采用组合抑尘技术及信息化管理平台，取得了较好的防治效果，取得了较好的经济效益。随着技术的不断进步与管理经验的不断积累，公路工程施工扬尘污染的治理将得到进一步的改善，为我国交通基础设施建设的可持续性发展提供强有力的保证。

参考文献

[1] 解晓亮. 现代城市建筑施工扬尘治理策略研究 [J]. 工程设计与设计, 2024, (20): 236-238.
[2] 周婷婷, 王会娟. 建筑施工扬尘污染防治措施有效性评价方法研究 [J]. 资源节约与环保, 2023, (10): 88-91.
[3] 梁华, 李桂兰, 董焕焕, 等. 公路工程施工扬尘污染防治效果分析 [J]. 能源研究与管理, 2022, 14(04): 173-177.
[4] 郑丹. 建筑施工扬尘排放特征及防治对策 [J]. 粉煤灰综合利用, 2022, 38(04): 135-139.
[5] 王鸯. 浙江省公路工程施工扬尘防治费费率标准研究 [J]. 运输经理世界, 2021, (22): 45-47.