

建筑施工扬尘污染防治措施研究

刘超杰

河南大有能源股份有限公司河南豫西煤炭储备基地项目筹建处

DOI:10.32629/btr.v8i12.5175

[摘要] 建筑施工扬尘是城市大气颗粒物污染的重要来源,对区域空气质量及公众健康构成持续威胁。本文系统分析了建筑施工扬尘的产排特征与扩散规律,从源头产生、过程扩散到末端影响构建了完整的污染链条认知框架。在梳理当前扬尘管控现状与突出问题的基础上,从技术和管理两个维度提出了系统化防治策略:技术层面构建“源头减量—过程阻断—末端捕集”三级防控体系,管理层面从组织责任、过程制度、信息化监管及应急响应四方面完善保障机制。研究表明,扬尘污染防治须坚持技术与管理的协同发力,将被动应对转变为主动防控,方能在保障施工进度同时实现绿色施工目标。

[关键词] 建筑施工; 扬尘污染; 防治措施

中图分类号: X513 文献标识码: A

Research on Dust Pollution Prevention and Control Measures in Construction

Chaojie Liu

Project Preparation Office of Henan Yuxi Coal Reserve Base, Henan Dayou Energy Co., Ltd.

[Abstract] Dust generated during construction is an important source of particulate matter pollution in urban areas, posing a persistent threat to regional air quality and public health. This paper systematically analyzes the emission characteristics and dispersion patterns of construction dust and establishes a comprehensive pollution-chain framework covering source generation, process dispersion, and end impacts. Based on an examination of the current status and major problems of dust control, systematic prevention and control strategies are proposed from both technical and management perspectives. At the technical level, a three-level prevention and control system of “source reduction—process interception—end-of-pipe collection” is established. At the management level, supporting mechanisms are improved in four aspects: organizational responsibilities, process management systems, information-based supervision, and emergency response. The study shows that dust pollution prevention and control requires coordinated efforts in both technology and management, shifting from passive response to proactive prevention and control, so as to achieve green construction while ensuring construction progress.

[Key words] construction; dust pollution; prevention and control measures

引言

随着我国城市化进程持续加速,在建工程规模长期保持高位运行,建筑施工扬尘已成为城市大气颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5})的重要贡献源。在“双碳”目标与生态文明建设纵深推进的背景下,施工扬尘的系统化治理已成为建筑行业必须直面的课题。当前,虽然各地已出台一系列扬尘管控政策与技术标准,但施工现场“治理—反弹—再治理”的现象仍普遍存在。本文从技术和管理的双重视角出发,系统研究施工扬尘的产生机理、扩散特征与防控路径,以期对施工扬尘的精准治理提供参考。

1 建筑施工扬尘的产排特征与环境影响

1.1 扬尘的来源与发生环节

建筑施工扬尘的产生贯穿于工程建设全过程。按施工阶段划分,土方开挖与场地平整阶段是最主要的扬尘产生期,大面积裸土暴露于地表,在风力作用下产生风蚀扬尘,渣土装卸和运输过程中的散落与颠簸形成道路扬尘。主体结构施工阶段,物料堆放(水泥、砂石、石灰等)在风力扰动下产生堆场扬尘,混凝土搅拌和材料切割加工工艺扬尘,施工车辆在未硬化道路上行驶产生反复碾压扬尘。装饰装修阶段,墙面打磨、石材切割及垃圾清理等作业产生大量细微颗粒物。按产生机制可分为三类:风力扬尘、机械扬尘和交通扬尘。

1.2 扬尘的物理特性与扩散规律

施工扬尘的粒径分布范围较广,从数微米至数百微米不等,

不同粒径颗粒的扩散行为差异显著:粗颗粒($>100\text{ }\mu\text{m}$)受重力沉降主导,扩散距离通常在50m以内;中等颗粒($10\sim 100\text{ }\mu\text{m}$)可在风力作用下扩散至100~300m范围;细颗粒($<10\text{ }\mu\text{m}$)悬浮性强,扩散距离可达数百米乃至数公里,影响范围最广。气象条件对扬尘扩散具有决定性影响:风速增大使扬尘排放强度呈指数级上升,当风速超过4级时裸土风蚀扬尘显著加剧;相对湿度降低时地表积尘更易扬起;逆温层出现时大气垂直扩散受阻,扬尘在近地面层积聚,浓度急剧升高。施工围挡具有一定阻隔作用,但当围挡高度不足或存在缺口时,扬尘可绕流扩散至周边区域^[1]。

1. 3扬尘污染的环境与健康影响

施工扬尘污染的环境与健康影响具有广泛性和持续性。环境层面,施工扬尘直接推高城市大气颗粒物浓度,影响空气质量达标率。据监测数据,未采取有效控尘措施的施工现场周边100m范围内PM10浓度可比背景值高出数倍,多个大型工地集中施工时区域性扬尘污染叠加效应明显。健康层面,施工扬尘中的可吸入颗粒物(PM10)可进入人体上呼吸道,引发咳嗽、气喘等呼吸道刺激症状;细颗粒物(PM2.5)可深入肺泡并进入血液循环,长期暴露与呼吸系统疾病、心血管疾病发病率上升存在显著相关性。此外,扬尘中可能携带的重金属和致病微生物对施工人员和周边居民构成潜在健康风险。

2 建筑施工扬尘污染源及管控现状问题

2. 1建筑施工扬尘主要污染源

按空间分布可分为场地内源和场地外源:场地内源包括裸土区、物料堆场、施工道路、建筑垃圾暂存区及作业面等;场地外源主要是渣土运输车辆运输路线上的遗撒和道路扬尘。按作业类型划分,土方作业扬尘排放强度最大,挖掘机每作业1小时可使周边PM10浓度升高数倍;结构施工阶段模板清理、钢筋除锈及楼层清扫吹扫是常见被忽视的扬尘源;拆除作业扬尘瞬时强度大;装修阶段干作业产生大量细颗粒物。值得注意的是,大量施工扬尘并非来自施工操作本身,而是来源于已硬化施工道路表面积尘的反复扰动,形成“车轮带尘—路面扬尘—沉降—再次扬起”的循环过程,这一点在长期被忽视。

2. 2建筑施工扬尘污染管控现状

近年来国家和地方各级政府对施工扬尘治理出台了一系列法规政策和标准规范,初步形成“法规约束—标准规范—技术导则—监管执法”的制度体系。国家层面,《大气污染防治法》明确了施工扬尘防治的法定责任。各地普遍推行“六个百分百”抑尘措施,即工地周边100%围挡、物料堆放100%覆盖、出入车辆100%冲洗、施工现场地面100%硬化、土方开挖100%湿法作业、渣土车辆100%密闭运输。部分重点城市还实施了施工工地扬尘在线监测和视频监控系統联网。在重污染天气应急响应期间实行施工工地分级停限产措施。总体来看,扬尘管控政策体系已较为完整,核心问题已从制度缺失转向执行效能不足。

2. 3扬尘污染防治现存核心问题

一是治理理念上重末端轻源头,多数工地仍以“事后打扫”为主,缺乏从源头抑制扬尘产生的前瞻性措施。二是技术措施碎

片化、表面化,雾炮机、围挡喷淋等设备成了应付检查的“摆设”,未能有效发挥抑尘功能。三是经济激励与约束机制失衡,扬尘防治费用的单列提取与实际投入之间存在缺口,企业缺乏主动加大投入的内生动力^[2]。四是监管执法“宽严失度”,检查频次高、标准不统一与处罚力度偏弱并存,违法成本低难以形成有效震慑。五是信息化监管手段停留在“数据采集”层面,监测数据的分析预警和联动处置功能尚未充分发挥作用。

3 建筑施工扬尘污染防治的技术措施

3. 1源头减量——抑尘技术的应用

源头减量旨在从根本上降低扬尘的产生强度,是最经济的扬尘防治手段。施工场地硬化是基础措施,施工道路、材料加工区应采用混凝土硬化,硬化层厚度不低于200mm。对于暂不施工的裸土区可采用临时绿化技术,撒播耐旱草种形成植被覆盖。化学抑尘剂按作用机理分为吸湿型、凝聚型和成膜型三类,应用中应根据气候条件、物料性质和抑尘周期综合选择。湿法作业是土方开挖和拆除作业的标配措施,通过洒水或喷淋提高物料含水率使细小颗粒物团聚。装配式施工和工厂化预制加工从源头上大幅减少了现场切割、搅拌等产生作业量,是源头减量的结构性措施。源头减量措施实施成本相对较低、效果持续稳定,应作为扬尘治理的首选路径。

3. 2过程阻断——围挡与覆盖技术

过程阻断旨在切断扬尘从产生源向周边环境扩散的路径。施工围挡是最基本的过程阻断设施,主要路段围挡高度不低于2.5m,一般路段不低于1.8m,围挡应采用硬质材料,底部与地面间隙不大于50mm并密封处理。多风地区围挡迎风面应增设防风抑尘网(开孔率30%~40%)。裸土与物料堆放区覆盖应采用密度不低于2000目/100cm²的防尘网,覆盖应完全并压实边缘。渣土运输车辆应装配自动苫盖装置,装载高度不得高于车厢栏板高度。车辆出入施工现场必须经过自动冲洗设施,冲洗时间不少于30秒,确保轮胎和底盘不带泥上路,冲洗设施应设置在出入口内侧并配建沉淀池。过程阻断措施的防尘效率与维护管理密切相关,破损围挡和覆盖网须及时修复或更换^[3]。

3. 3末端捕集——除尘与监测技术

末端捕集是对已产生的扬尘进行收集和去除。雾炮机将水雾化至微米级颗粒与粉尘碰撞凝聚后加速沉降,选型时应根据工地面积和扬尘产生点分布确定。围挡喷淋系统沿围挡顶部布置喷头,塔吊喷淋系统利用塔吊高度优势实现大范围高空喷雾,二者形成立体防控网络。扬尘在线监测系统应配备PM2.5、PM10、TSP传感器及气象传感器,监测点布设原则为每个工地不少于2个(上风向背景点和下风向控制点),监测数据实时传输至监管平台。当扬尘浓度超过预设阈值时自动触发喷淋联动,实现自动降尘。监测数据还应用于评估各类抑尘措施的实际效果,指导后续措施的动态调整,实现从“凭经验治理”到“靠数据决策”的转变。

3. 4不同施工阶段的措施组合策略

土方阶段应以源头减量为主、过程阻断为辅;重点做好大

面积裸土覆盖、渣土运输道路硬化与车辆冲洗、土方开挖全过程湿法作业及高密度围挡喷淋。主体结构阶段应以过程阻断为主:围挡喷淋与塔吊喷淋协同运行,楼层清理采用吸尘器替代吹扫,物料垂直运输采用封闭通道。装饰装修阶段应采取局部除尘措施:密闭空间内设置移动式除尘器,切割打磨采用带除尘功能的专用工具,室内垃圾及时装袋清运。各阶段共性要求:施工道路始终硬化且每日清扫洒水不少于两次;出入口冲洗设施全时段正常运行;扬尘在线监测系统始终在线。阶段转换时应制定专项措施调整方案,确保扬尘防控无盲区、无断档。

4 建筑施工扬尘污染防治的管理措施

4.1 组织管理与责任体系

建设方应将扬尘防治费用列入工程造价,按合同约定及时足额支付。施工总承包单位负总责,设立扬尘防治领导小组,项目经理为第一责任人,配备专职扬尘管理员(建筑面积5万 m^2 以上不少于2人)。分包单位须与总包签订扬尘防治责任书,明确各自责任区域和管控标准。监理单位应将扬尘防治纳入日常监理范围。扬尘防治应纳入项目部月度绩效考核^[4]。三方应建立联席会议制度,每月至少召开一次扬尘防治专题会,形成会议纪要存档备查,确保各方责任有机衔接、协同发力。

4.2 过程管理制度

扬尘防治专项方案经审批后方可实施,方案应明确各阶段扬尘源识别、技术措施、设备配置及责任人。日常巡查制度要求扬尘管理员每日不少于两次巡查,发现问题当场下达整改通知单,整改后复查确认方可销号。洒水降尘制度规定施工道路每日洒水不少于2次,高温干燥天气增加至4~6次。覆盖设施维护制度要求每周检查一次防尘网完好率,破损面积超过5%即须整体更换。扬尘污染防治台账制度应建立洒水、覆盖、设备维保、巡查整改及监测数据五大台账,各项记录由操作人员和检查人员双签字确认,台账保存至竣工验收后6个月,将各项制度嵌入日常施工管理流程。

4.3 信息化监管手段

智慧工地平台中的扬尘监管模块应整合在线监测、视频监控、设备控制与预警推送四大功能。在线监测数据实时传输至平台,系统自动计算日、周、月平均浓度。视频监控系统在出入口、土方作业区、物料堆场等关键位置安装高清球机(不少于4个),视频资料保存不少于30天。AI智能识别可自动抓拍未覆盖裸土、车辆未冲洗等违规行为并推送整改通知。监管平台可将

超标预警信息自动推送至项目部、建设单位和监督机构三方,实现闭环管理。移动终端APP使管理人员可随时查看工地扬尘数据。应着力解决“数据孤岛”问题,实现不同层级、部门监管平台的数据共享与业务协同。

4.4 应急响应机制

依据重污染天气应急预案,应急响应划分为三个级别:III级(黄色预警)要求增加洒水频次至每日不少于4次、停止土方作业;II级(橙色预警)要求停止所有产生施工作业,内部道路每2小时洒水一次;I级(红色预警)要求全面停工,所有裸土和物料全覆盖,施工车辆停止出入。应急物资储备要求常备防尘网不少于裸土面积的1.2倍,备用洒水设备随时可用。应急演练每季度至少组织一次,检验信息传达速度和措施执行效率。响应结束后应总结经验教训,形成评估报告并据此修订应急预案,不断提升应急响应的科学性和实效性^[5]。

5 结束语

建筑施工扬尘污染防治是一项系统工程。本文通过分析施工扬尘的产排特征与扩散规律,揭示了“源头产生—过程扩散—末端影响”的完整污染链条,并从技术和管理两个维度构建了防治框架。技术层面形成“源头减量—过程阻断—末端捕集”三级防控体系,管理层面建立组织责任、过程制度、信息化监管及应急响应四重保障机制。扬尘治理的根本在于将绿色发展理念融入施工全过程,技术与管理的深度融合、事前预防与过程控制的有机统一,是扬尘防治提质增效的核心路径。

[参考文献]

- [1]谷文锦,丁飞.建筑施工扬尘污染防治措施有效性评价方法研究[J].模型世界,2024(14):186-188.
- [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]崔新杰,宇振涛.城中村改造项目的污染风险点分析及污染防治措施研究[J].智能建筑与智慧城市,2023(8):79-81.
- [4]高峣.建筑工地扬尘防治措施调查及效果研究[J].城镇建设,2023(18):67-69.
- [5]陈伟,韩磊.浅析建筑工程扬尘污染防治管理[J].科海故事博览,2021(29):39-40.

作者简介:

刘超杰(1983--),男,汉族,河南人,本科,中级工程师,研究方向:土建施工。