

近五年城市 PM2.5 浓度变化趋势与分析

王丽梅

内蒙古乌海市生态环境监控监测中心, 内蒙古乌海, 016040;

摘要: PM2.5 作为影响城市空气质量与人类健康的核心污染物, 其浓度变化直接反映城市大气污染治理成效与环境质量动态。本文梳理近五年城市 PM2.5 浓度的整体变化态势与结构性特征, 剖析驱动浓度变化的核心因素, 进而提出巩固治理成效、推动浓度持续下降的优化方向, 为城市空气质量精准改善提供支撑。

关键词: 城市 PM2.5; 浓度变化; 污染治理; 趋势分析; 协同控制

DOI: 10.64216/3080-1508.26.01.100

1 近五年城市 PM2.5 浓度变化趋势

1.1 整体变化态势

从五年的长期来看, 城市 PM2.5 浓度一直在下降, 污染治理取得了明显效果。全国所有地级及以上城市, PM2.5 年均浓度连续达到国家标准, 达标的城市数量超过了七成, 重污染天气比以前少了很多。这说明污染治理措施起到了系统性的作用。背后原因是, 各地一直在推进能源结构调整、工厂升级改造、控制汽车尾气等治理工作, 从源头减少了 PM2.5 和它的前体物的排放总量, 让城市空气质量有了历史性的改善。

1.2 结构性波动特征

在整体下降的大趋势下, PM2.5 浓度的波动不是随机的, 主要集中在季节和区域两个方面, 不同方面的波动规律不一样。季节方面, PM2.5 浓度呈现“秋冬高、夏春低”的规律。秋冬季节, 空气流动慢, 污染物不容易扩散, 加上有些地方焚烧秸秆, 会在短期内产生大量 PM2.5, 导致浓度快速上升。夏春季节, 降水多, 雨水能把空气中的 PM2.5 冲到地面, 空气流动也强, 污染物容易扩散, 浓度大多是全年最低。不过, 部分南方城市在夏春的某些时候, 浓度也会反弹。区域方面, 不同地方的 PM2.5 浓度波动差别很大。长三角等重点治理区域, 因为治理力度大、各地配合好, PM2.5 浓度下降幅度比全国平均水平高, 波动也小, 整体下降稳定。西北地区的城市, 容易受到沙尘天气影响, 沙尘会带来大量颗粒, 让 PM2.5 浓度突然升高, 污染阶段性加重。西南地区的城市, 在夏秋季没下雨的间隙, 有些地方焚烧秸秆, 加上当地多山、多盆地, 空气不容易流通, 秸秆焚烧产生的 PM2.5 散不出去, 局部时段污染风险会升高。

2 城市 PM2.5 浓度变化的核心驱动因素

2.1 政策调控与治理措施的主导作用

政策推动的全面治理, 是 PM2.5 浓度整体下降的主要力量, 作用长期、稳定, 也是近五年治理见效的关键原因。这些治理措施覆盖了四个主要领域, 每个领域都有针对性的办法控制污染。工厂生产方面, 一方面, 淘汰污染重、效率低的落后产能, 从数量上减少污染排放; 另一方面, 对焦化、钢铁等污染多的重点行业, 推进超低排放改造, 要求工厂装高效的除尘、脱硫、脱硝设备, 把工业粉尘和废气的排放控制在很低的标准。能源使用方面, 减少煤、石油、天然气等化石能源的使用, 加大风电、光伏、水电等清洁能源的推广, 从能源供给端减少 PM2.5 的产生。交通出行方面, 不断提高汽车尾气排放标准, 严查超标排放的汽车, 同时加快推广新能源汽车, 逐步替换传统燃油车, 减少汽车尾气中的 PM2.5。城市管理方面, 加强施工扬尘控制, 要求施工单位盖防尘网、洒水降尘、装扬尘监测设备; 推进餐饮油烟治理, 要求餐馆装油烟净化器, 定期检查, 确保油烟达标排放。另外, 针对 PM2.5 会跨区域扩散的特点, 各地建立了跨区域协同治理机制, 互相共享污染监测信息, 一起实施减排措施, 减少了区域间污染叠加的情况。

2.2 自然条件的阶段性影响

和政策的长期影响不同, 自然条件对 PM2.5 浓度的影响是阶段性、突发性的, 它不直接减少或增加污染物排放, 而是影响污染物的扩散, 导致浓度短期波动, 这也是近五年局部波动的重要原因, 主要体现在气象和地形两个方面。气象方面, 风速、风向、温度、湿度、降水直接影响污染物扩散速度。空气不流动或上层空气温

度比下层高时,会形成“空气墙”,挡住PM_{2.5}向上扩散,导致浓度快速升高。沙尘天气会把大量沙尘颗粒带到空气中,直接增加PM_{2.5}浓度,对西北地区城市影响最大。下雨时,雨水能吸附PM_{2.5},让浓度下降;天气干燥、风小时,浓度容易保持在高位。地形方面,盆地、山谷等封闭地形的城市,空气不容易流通,PM_{2.5}排出去后散不出去,就算长期治理,浓度下降也慢,波动也大。平原、沿海城市,地形平坦,空气流动顺畅,PM_{2.5}容易扩散,浓度下降快,波动也平缓,治理效果更明显。

2.3 污染特性的新型挑战

近五年污染治理推进后,PM_{2.5}污染的特点变了,从单一污染变成复合污染,生成过程也更复杂,这给浓度管控带来了新难题,也是部分城市浓度波动、治理见效变慢的原因,主要有两个方面。一方面,PM_{2.5}和臭氧污染一起增长,相互影响。夏季气温高、光照足,臭氧容易增多,而臭氧会加快大气中某些物质的化学反应,让这些物质变成新的PM_{2.5}(二次PM_{2.5}),导致浓度反弹,打破了“夏春浓度低”的规律,增加了管控难度。另一方面,PM_{2.5}前体物的管控变难了。PM_{2.5}的来源有两个:一个是污染源直接排放(一次排放),比如施工扬尘、汽车尾气直接排出的颗粒;另一个是前体物通过化学反应生成(二次转化)。现在一次排放的PM_{2.5}得到了控制,但二次转化的PM_{2.5}占比越来越高。这些前体物包括二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物,来自工厂生产、交通出行、居民生活等很多领域,不同领域排放特点不一样,很难精准管控,只要一个领域没管好,就会让二次PM_{2.5}增多,影响整体浓度下降。

3 推动城市PM_{2.5}浓度持续改善的优化方向

3.1 升级标准体系,强化引领作用

现在的环境空气质量标准,对已经达标的城市,引导作用越来越弱。要以科学为依据,逐步修改标准,用更严的要求,推动PM_{2.5}浓度继续下降。修改标准时,要参考PM_{2.5}对人体健康影响的研究结果,合理设定更严的PM_{2.5}浓度上限。还要制定分阶段、分区域的达标计划,形成“先进地区先做、重点区域集中攻坚、全国按步骤推进”的格局。先进地区已经达标,要先按新标准要求自己;重点区域污染重,要集中力量减排;其他城市跟着节奏走,一步步实现目标。修改标准要兼顾科学和可行,不能两个极端。一方面,不盲目追求国际上

最严的标准,要考虑我国不同地区发展不一样、治理能力有差别,标准太高,很多城市做不到,最后就成了空要求。另一方面,也不能把标准定得太松,不然城市就没动力再去治理,没法推动浓度继续下降。要定一个“跳一跳就能够到”的目标,让城市知道,多努力一点就能达标,这样才能引导城市不断加大治理力度,让标准真正起到引领作用。

3.2 聚焦精准防控,深化协同治理

现在PM_{2.5}污染有两个难题:一是和其他污染(比如臭氧)叠加,二是前体物不好管控。以前“到处都治、平均用力”的办法不管用了,要建“精准找问题、精准想办法”的防控体系,还要一起管控多种污染、多个区域,用“精准+协同”的办法解决难题。一方面,不同区域要按自己的污染特点来管控,不搞“全国一个方案”。每个区域要先弄清楚,自己的PM_{2.5}主要来自哪里、什么时候污染最重、是什么原因导致的,再制定专门的治理方案。比如京津冀、长三角地区,秋冬季节空气流动慢,污染物散不出去,而且工厂多,工业污染是主要来源。这些地方就要在空气不好的时段,重点管控工厂,定好减排比例,明确哪些工厂要停产,精准减少工业污染。西南地区,夏秋季没下雨的时候,很多人烧秸秆,加上当地多山、多盆地,烧秸秆产生的PM_{2.5}散不出去。这些地方就要盯着没下雨的时段,多宣传、多巡查,还用卫星盯着看,不让人随便烧秸秆,减少短期污染。另一方面,要一起管控PM_{2.5}和臭氧,不能分开治。PM_{2.5}和臭氧会互相影响,一起变多,它们有共同的“源头”——挥发性有机物、氮氧化物这些前体物。所以要同时管控这些前体物,一方面继续减少施工扬尘、工业粉尘这些直接排放的PM_{2.5},另一方面重点管前体物的排放,从源头减少二次PM_{2.5}和臭氧的产生,一次解决两个污染问题。另外,还要完善跨区域一起治理的办法,解决PM_{2.5}跨区域飘导致浓度反弹的问题。一是各地要实时共享污染信息,建一个大的信息平台,把每个地方的PM_{2.5}浓度、前体物排放、天气预测、污染飘向等数据都放上去,让大家随时知道污染从哪来、要飘到哪去,清楚本地污染里,自己排的和外面飘来的各占多少。二是要建跨区域预警联动机制,看到污染要飘过来了,提前告诉下游城市,上下游一起做减排措施。比如上游城市提前让工厂少排一点,下游城市提前加强扬尘管控,提前挡住污染,不让浓度反弹。

3.3 健全长效机制，巩固治理成效

有些城市还在靠“应急治理”改善空气质量，比如污染重了就临时让工厂停产、汽车限行。这种办法能短期降浓度，但应急一过，浓度容易反弹，没法保住长期治理的效果。所以要摆脱应急治理，建“平时就好好治”的长效体系，从四个方面入手，让PM_{2.5}浓度稳定下降，保住之前的治理成果。第一，完善PM_{2.5}监测和预警体系，从“污染来了再治”变成“提前预防”。要把环境监测数据和天气预报数据合起来，建一个专门的模型，用来预测污染趋势。通过这个模型，结合未来2到3天的天气（比如风大不大、刮什么风、湿不潮湿），精准判断PM_{2.5}浓度会不会升高、会不会到预警标准。要是预测到浓度要升高，不等浓度超标再启动应急，就提前做减排措施，比如让工厂提前降负荷、施工工地提前加强扬尘管控。提前干预，不让污染形成，少用应急措施，让治理变成平时的常态。第二，加强监管和考核，用“硬要求”逼着城市和企业一直做好治理。监管方面，要建一个覆盖工厂、交通、生活、建设全领域的监管网络，装在线监测设备、用卫星看、执法人员带着设备巡查，24小时盯着各领域的排放情况。不管是工厂废气超标、汽车尾气不达标，还是施工扬尘太多，都要严格处罚，不搞特殊情况、不讲人情，逼着大家规范排放，少排污染。考核方面，要把PM_{2.5}浓度改善情况，当成城市发展的核心考核指标，不能只看经济增长。给每个城市定好阶段目标，比如今年浓度要降多少、达标天数要多多少，把目标分到具体的部门和企业。完成目标的，给政策、给资金、给表扬；没完成的，就不让批新项目，还要追究负责人的责任，让治理变成城市必须做的事，不是可做可不做的事。第三，多宣传教育，提高企业和大家的环保意识，让所有人都参与治理。对企业来说，要多组织环保培训，让达标企业分享经验，还要曝光超标企业的违法案例，让企业知道，治PM_{2.5}不是额外花钱，还能帮企业长期发展、减少被罚的风险，引导企业主动花钱升级环保设备、改进生产工艺，从“别人让我治”变成“我自己要治”。对普通人来说，要在社区贴海报、

开讲座，在学校开环保课、组织环保活动，还在电视、短视频平台上发公益广告和环保小知识，告诉大家PM_{2.5}的危害，以及少开车、做好垃圾分类、不烧垃圾这些小事，对改善空气质量的意義。引导大家养成低碳、环保的习惯，主动参与治污染，形成“企业好好治、大家都参与、全社会一起管”的氛围。第四，推动产业和能源结构深度调整，从“根源”上减少PM_{2.5}排放，既保护环境，又不影响经济发展。产业方面，继续关掉污染重、耗能多、效率低的工厂，多发展高科技产业、绿色环保产业，让高污染行业在产业里占比越来越小，从产业布局上减少污染来源。能源方面，继续少用煤、石油、天然气这些化石能源，尤其是煤，多推广风电、光伏、水电、氢能这些清洁能源，让能源使用从“高碳又污染”变成“低碳又清洁”。这样既减少PM_{2.5}和前体物的排放，又能帮着减少碳排放，让治污染和发展经济、实现碳达峰碳中和目标结合起来，既保护环境，又能发展经济，为PM_{2.5}浓度稳定下降、保住治理成果打下坚实基础。

4 结语

近五年城市PM_{2.5}浓度在政策治理驱动下实现整体持续下降，达标城市范围不断扩大，重污染天气显著减少，但季节性、区域性波动特征仍较明显，复合污染与前体物管控成为新的治理挑战。政策调控的系统性、自然条件的波动性与污染特性的复杂性，共同塑造了这一时期的浓度变化态势。通过升级标准引领、深化精准防控、健全长效机制，可进一步破解治理瓶颈，推动PM_{2.5}浓度从“达标”向“优质”跨越，为城市生态环境持续改善与公众健康保障筑牢基础。

参考文献

- [1]李琰.城市大气环境中PM_{2.5}污染控制研究[J].中国资源综合利用,2024,42(01):123-125.
- [2]王晟升.杭州湾地区典型城市大气中多环芳烃和PM_{2.5}的污染特征研究[D].浙江工商大学,2017.
- [3]颜芬.综述城市大气中PM_{2.5}的污染[J].广东科技,2008,(03):212-213.