

SEOUL BEIJING

北京-首尔气候环境政策联合研究

2025



北京-首尔气候环境政策联合研究 2025

首席作者 | 袁圆

贡献作者 | 李灵珉

编辑 | 袁斯乔

贡献者 | 周筱芊、韓禮真

致谢

本研究由宜可城-地方可持续发展协会东亚秘书处实施完成。本报告所表达的观点仅代表作者个人意见,并不一定反映相关政府的官方立场。



目 录

执行摘要	04	北京篇	20
首尔篇	06	1. 背景	21
1. 背景	07	2. 政策分析	23
2. 政策分析	09	2.1 VOCs治理政策及监管体系的发展历程	23
2.1 VOCs治理政策及监管体系的发展历程	09	2.2 治理举措	23
2.2 治理举措	09	3. 案例研究：	
3. 案例研究：		汽车维修园区VOCs移动监测	30
推动无管控排放源VOCs减排	13	3.1 项目背景与目标	30
3.1 项目背景与目标	13	3.2 项目实施	30
3.2 项目实施	14	3.3 项目成效	31
3.3 项目成效	14	4. 反思与建议	32
4. 反思与建议	16	参考文献	34
参考文献	18		

执行摘要

北京-首尔气候环境政策联合研究

2013年,首尔特别市政府与北京市政府成立了“北京首尔混合委员会”,旨在推动两座首都城市开展系统性、务实性合作。2015年,该双边合作延伸至环境领域,混合委员会下增设环境组,强化了

在空气质量管理与气候治理方面的合作。

为推进该机制下的政策交流,宜可城东亚秘书处分别于2019-2021年、2021-2022年开展了两轮北京-首尔气候环境政策联合研究项目。首轮研究对两座城市的整体空气质量管理展开对比分析,重点呈现了双方在锅炉改造、机动车管控、扬尘治理以及季节性大气污染防治等方面的举措;第二轮研究范围拓展至能源、建筑、交通领域的气候变化与碳中和相关政策,凸显了协同管理空气质量与温室气体排放的重要意义。这两份报告系统梳理了首尔和北京在空气质量改善与低碳转型领域的举措和成效,为后续的合作奠定了坚实基础。

过去数十年间,通过“蓝天保卫战”“清洁首尔2010”“更清洁首尔2030”等强有力的政策和坚决行动,北京和首尔在空气质量管理方面均成效显著,细颗粒物(PM_{2.5})、氮氧化物(NO_x)以及二氧化硫(SO₂)浓度均大幅下降。基于这些成效与前期研究,本次研究聚焦两座首都城市挥发性有机物(VOCs)的治理工作。当前,VOCs治理已成为两市大气污染防治中日益重要的核心任务。

VOCs 及其危害

VOCs是一类蒸气压高、水溶性低的有机化合物总称,在常温下极易挥发至大气中。这类物质的人为排放源占比极高。石油炼制、化工生产、喷涂等工业生产过程是其主要排放源,使用含挥发性溶剂的原材料或作为生产过程中的副产物,都会释放VOCs。由于机动车燃油不完全燃烧以及汽油挥发,车辆排放也被认为是VOCs的重要来源。此外,溶剂在家庭及商业产品中的广泛使用,造成了大量VOCs排放。这类日常所用的溶剂包括清洁剂、胶粘剂、清漆,以及美甲产品、美发产品等个人护理用品。

VOCs一旦排放至空气中,便会在氮氧化物存在的条件下发生复杂的光化学反应,进而生成近地面臭氧与二次有机气溶胶。此类反应是导致城市及工业化区域空气质量恶化的核心因素,同时还会间接加剧全球变暖。不仅如此,VOCs对人体健康存在负面影响,会产生诸多有害后果。具体而言,吸入VOCs及其反应产物,会增加致癌风险,并加重哮喘、支气管炎等呼吸系统疾病,对儿童与老年人等最脆弱群体的危害尤为严重。

鉴于问题的严重性,制定科学、综合、创新的VOCs减排治理政策并全面施策至关重要。具体措施包括推动排放监测技术升级、优化工业生产流程与产业结构和建立严格的监管体系。作为东亚地区深受空气污染及其衍生问题困扰的两座超大城市,北京与首尔在过去数十年间,始终致力于采取有力举措治理空气污染、改善空气质量。

本报告旨在系统梳理北京与首尔两市VOCs治理相关的最新政策与实践,包括监管情况、VOCs治理政策举措的实施成效与成果,以及可供面临同类挑战的国际城市借鉴的宝贵经验。本报告的研究结论还有望为未来深化城市间合作提供有益思路,并为其他超大城市制定相关政策提供参考。

首尔篇

首席作者 | 袁圆

初稿作者 | 李灵珉

编辑 | 袁斯乔

特别感谢首尔市政府气候环境本部针对本章节提供的背景资料和最新数据,并就内容提出专业审阅意见。



1. 背景

首尔作为韩国首都,是一座人口高度密集的大都市,在仅605.2平方公里的区域内居住着960万人口。这座城市致力于成为文化、环境、民生福利和经济等各领域均达世界一流水平的城市,其发展愿景是打造充满温度的人本城市、师法自然的绿色城市、活力迸发的繁荣城市以及兼具历史底蕴与文化魅力的首都。为实现这一愿景,首尔推行了一系列重大战略项目。

为应对高度城市化和快速工业化带来的空气质量难题,过去二十年来,首尔实施了多项举措以治理和防控大气污染,其空气质量改善政策朝着更系统整合的方向不断完善,助力城市实现长期可持续发展。这一转型的关键节点出现在2003年《首都圈大气环境改善特别法》的颁布,该法案推动首尔、仁川和京畿道形成协同治理大气的合作模式。

在随后的几年里,首尔持续推进大气污染治理工作,以实现不同阶段的首要目标。2007年,首尔启动“清洁首尔2010”计划,重点整治移动污染源,将柴油公交车替换为压缩天然气公交车,实现公交系统无柴油化运营,同时积极推动老旧柴油车加装减排装置。

2019年,首尔实施细颗粒物应急减排措施,通过集中管控,短期内降低细颗粒物浓度;设立绿色交通低排放区,永久限制5级柴油车通行;在细颗粒物浓度峰值时段,通过细颗粒物紧急减排措施限制老旧车辆上路。首尔充分考虑到大气污染的季节性特征,于2020年起推行季节性细颗粒物管控体系,每年12月至次年3月开展专项治理,包括对建筑工地实施专项检查、进一步收紧老旧车辆通行限制等措施。2022年起,首尔推进“更清洁首尔2030路线图”,制定了至2030年将PM_{2.5}年均浓度降至13μg/m³的目标。

这些治理举措成效显著。2008-2024年间,首尔PM_{2.5}年均浓度从26μg/m³降至17.6μg/m³,创下有监测记录以来的最低值。与此同时,NO_x、硫氧化物(SO_x)等其他污染物浓度也持续下降,表明固定污染源和移动污染源的排放均得到了有效治理。

随着PM_{2.5}、NO_x、SO_x等主要污染物浓度稳步下降,臭氧和VOCs逐渐成为首尔大气污染的核心问题。尤其在夏季,充足的日照会加速光化学反应,使得这类污染问题更为突出。

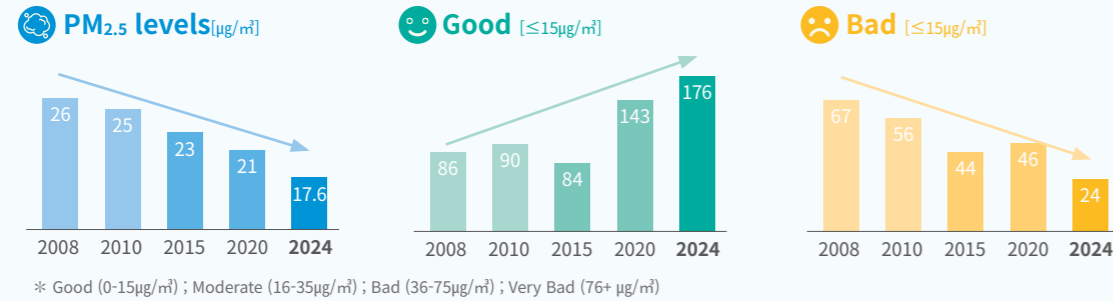


首尔的晴空



细颗粒物高浓度应急减排措施 资料来源:首尔市政府

首尔市 PM_{2.5} 浓度变化情况 2008-2024 资料来源:首尔市政府



首尔市 VOCs 排放源 构成 资料来源:首尔研究院



2024年首尔官方数据显示,溶剂使用是当地VOCs的首要来源,占首尔VOCs排放总量的近85%,这一比例远高于釜山(77.8%)、仁川(51.9%)等韩国其他主要城市。

除工业生产中大规模使用溶剂外,洗衣、印刷、喷涂等小规模溶剂使用场景的VOCs排放量也占据不小份额。这些排放源主要集中在中区、乙支路、西小门等老城区,这些区域聚集了大量从事印刷、金属加工、表面处理和干洗业务

的中小企业,且多数企业紧邻居民区。

为应对季节性高排放以及分散且监管薄弱的污染源,首尔主动采取针对性的季节性治理措施,例如在高排放区域开展专项检查、助力中小企业更换低排放设备与环保溶剂、推动各行业采用低VOCs产品等。因此,2018-2022年间,首尔成功将VOCs减排25%,从73118吨降至54677吨。



乙支路印刷一条街 资料来源:visitseoul.net

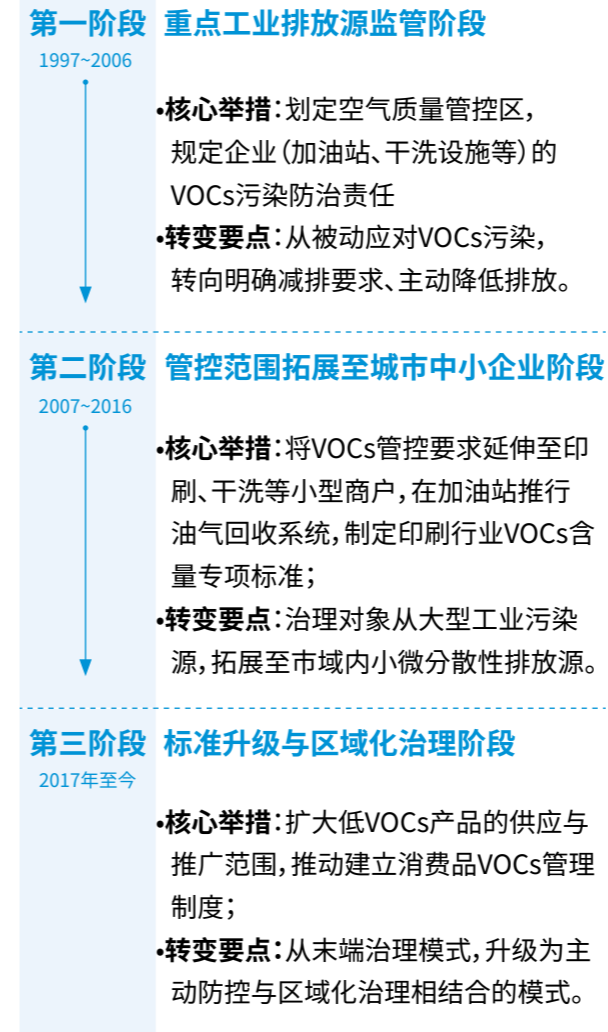
2. 政策分析

2.1 VOCs治理政策及监管体系的发展历程

首尔的VOCs治理,已从面向全行业的广泛性监管,逐步转变为分区域、分行业的精细化治理模式。这一转变,反映出首尔对VOCs在臭氧生成中的作用、对人口密集城区居民健康的危害有了更深刻的认知,同时也反映出对分散性排放源愈发迫切的治理需求,为构建更灵活的治理体系、精准治理局部污染热点和季节性污染峰值问题奠定了基础。

首尔不再单纯依赖末端治理手段,转而采用源头预防策略,如推广低VOCs替代材料、开展季节性专项检查、实施区域化执法等。

• VOCs 治理政策发展阶段



2.2 治理举措

在不断完善的政策框架基础上,首尔制定了一套全面的实施策略,确保监管目标落地见效。这些策略主要围绕三大核心展开,分别是夏季季节性管控措施、常态化治理举措以及能力建设项目。夏季是臭氧污染的高发期,相关举措的针对性尤为突出。

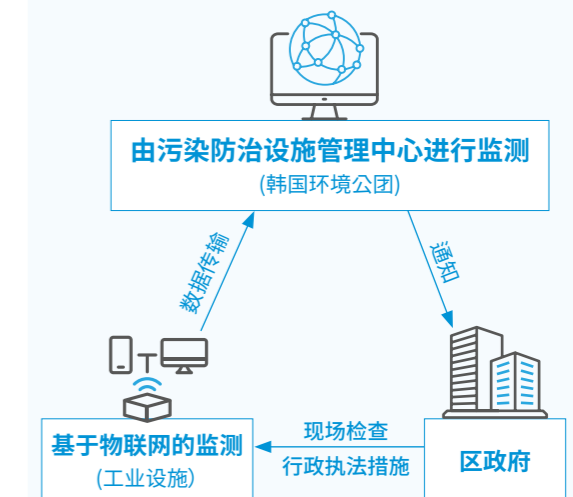
1)季节性管控措施(5-8月):工业、交通、建筑领域专项政策

夏季首尔气温升高,会加速各类污染源中VOCs的挥发,同时加快光化学反应速率,导致VOCs和臭氧污染加剧。因此,每年5-8月,首尔针对工业、交通、建筑三大重点领域,开展VOCs减排和臭氧污染防控专项行动。在严格执法的同时,首尔还为相关领域提供技术和资金支持,重点聚焦高污染风险区域。

工业领域:通过技术与资金支持,管控正规与非正规渠道污染源

中区、江西区等区域的干洗店、印刷厂、汽车维修店等小型污染源,是VOCs的重要排放主体。由于多数中小企业无力自行配备先进减排设备,首尔采取监管与精准扶持相结合的方式,治理正规与非正规渠道污染源的排放问题。

• 物联网实时监测系统 资料来源:首尔市政府

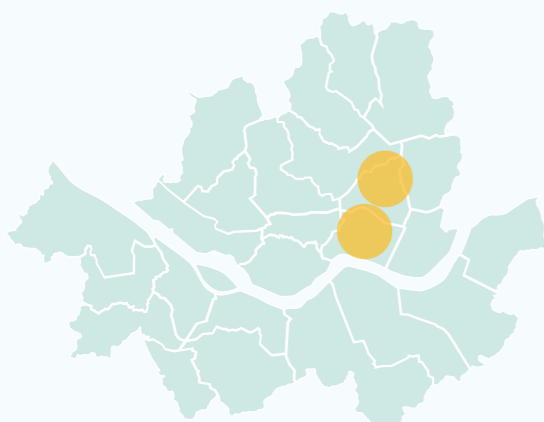




无证涂装作业场所 资料来源:首尔市政府

■ 无证涂装作业场所污染物浓度分布

资料来源:首尔市政府



对于年排放量低于10吨的小型污染源,首尔推动其安装物联网实时监测系统,实时追踪VOCs排放数据,并为设备安装提供最高90%的费用补贴,计划到2026年12月实现首尔所有小型污染源全覆盖安装。

同时,首尔积极打击无证喷涂作坊等非正规经营活动,这类作坊的无组织排放问题突出。此类整治行动通常依据市民举报线索开展,有效管控了游离于正规监管体系外的污染源。

此外,首尔市正积极治理受监管设施的污染物排放问题,重点针对加油站——这类设施在VOCs排放源设施中占比高达94%。首尔市联合韩国环境公社(K-eco),为运营不达标的加油站提供技术帮扶,帮扶内容包括泄漏检测、压力测试及人员培训。



加油站油气回收系统(VRS)技术支持



油气回收效率检测



减压与泄漏检测

资料来源:首尔市政府

交通领域:强化检查,减少移动污染源排放

为确保移动污染源排放管控落实到位,首尔针对私营机动车检测机构开展联合检查,以确保设备校准精度与检测人员资质。在人口密集区域,检测数据失真可能导致超标排放车辆上路,因此这类核查工作尤为重要。



道路扬尘监测与车辆怠速管控 资料来源:首尔市政府

■ 老旧施工机械使用限制清单(共5类) 资料来源:首尔市政府

道路设备(3类)			非道路设备(2类)	
自卸卡车	混凝土搅拌车	混凝土泵车	挖掘机	叉车

建筑领域:强制要求与自愿行动相结合

建筑施工中的外墙喷涂、路面铺设等环节,是城市VOCs排放的重要来源之一。对此,首尔规定,建筑面积超10万平方米的大型建筑工地必须使用低VOCs环保认证材料,并计划将这一要求推广至所有政府投资建设项目。这一举措有助于减少VOCs排放,降低臭氧污染风险,对首尔多个城市更新改造区域的污染治理效果显著。在5-8月臭氧高发期,首尔会对政府投资的建筑工地开展现场检查,督促其使用低VOCs材料,限制老旧施工机械使用,并推行错时作业,避开中午臭氧易生成的时段。

上表所列的5类设备,均被纳入老旧施工机械使用限制范畴。

2) 常态化治理举措:生活源污染治理政策

首尔市在通过季节性治理措施重点应对夏季污染问题的同时,目标对日常生活中零散的各类挥发性有机物排放源采取具有针对性的应对措施,其中餐饮和汽车维修等领域是治理重点。

首尔的小型干洗店多位于商住混合区域,是VOCs持续存在且监管薄弱的排放源,但当前仅有0.5%的干洗店被纳入VOCs监管体系,大部分排放处于无管控状态。为解决这一问题,首尔大力推广高效溶剂回收设备,包括溶剂回收烘干机和集成式洗涤干燥一体机,覆盖率已

超90%。

这一举措不仅减少了VOCs排放、降低了商户运营成本,还减少了异味投诉,实现了环境效益与社会效益、经济效益的共赢。



环保清洗机

溶剂回收干燥机 资料来源:首尔市政府

资料来源:首尔市政府

除治理干洗行业溶剂使用产生的污染外,首尔强制要求政府部门出版物全部使用低VOCs油墨,并通过半年一次的合规检查,持续管控相关排放。

除工业和公共部门的相关举措外,首尔还关注喷雾、空气清新剂等消费品及其他家用产品产生的VOCs排放。尽管这类消费品的VOCs含量相对较低,但由于其在居民区和商业区的广泛使用,累计排放量相当可观。然而,尽管属于主要排放源之一,对该类别却长期缺乏有效监管。

随着公众对产品使用安全的需求日益提升,且

市场亟需填补相关监管空白,首尔正积极推动公私部门合作,与“消费品化学安全责任委员会”建立伙伴关系。该委员会是一个多边机构,成员包括韩国气候能源环境部、韩国环境产业技术院(KEITI)、民营企业及民间团体。首尔计划通过签署谅解备忘录(MOU)的方式,明晰固化各方在低VOCs产品生产与推广方面的合作,从而提升低VOCs替代产品在整个消费品市场的可见度与可及性。

其中一项举措是推出支持项目,帮助市民在日常生活中选择和使用低VOCs含量的消费品,培育实际应用的社会氛围,鼓励公众自愿参与VOCs减排行动。

此外,首尔正推进内燃机汽车(ICE)的长期淘汰转型,2026年起将限制5级柴油车通行,最终目标是到2050年全面淘汰内燃机汽车。核心举措包括扩大低排放区(LEZ)范围、为电动汽车(EV)购置提供财政激励、老旧车辆提前报废扶持政策等。为进一步加速向清洁交通转型,首尔加大了对电动汽车的支持力度,重点

覆盖物流配送、出租车及公共车队,具体支持措施包括扩建电动汽车充电设施和氢能加注设施,以及在低排放区内为零排放车辆提供通行优惠。

3) 能力建设

为确保VOCs治理策略的长期有效性,首尔致力于加强科学制度化能力及国内外合作能力建设。这些举措旨在夯实政策制定的科学基础、强化区域间合作,并推动构建全球伙伴关系,以应对臭氧和VOCs污染带来的复杂挑战。

首尔通过完善区域监测体系和开展排放模拟研究,不断深化对臭氧及其前体物(VOCs和氮氧化物)生成与扩散规律的理解。根据《高浓度臭氧管理特别对策》,首尔将启动全市臭氧污染源解析工作,进一步完善排放清单,为近期制定更具针对性的管控措施提供支撑。

首尔认识到大气污染具有跨行政区域的特性,因此正深化与京畿道、仁川市的协作。三地政府韩首都圈跨部门空气质量合作机制定期开

展政策对话,联合实施夏季臭氧季节性管控措施,共同应对区域性空气质量挑战。

同时,首尔正扩大全球合作范围,与北京等同类城市建立伙伴关系,通过联合研究、国际论坛经验交流等形式分享最佳实践。这些合作助力首尔始终走在城市空气质量治理创新与政策制定的前沿。

通过上述能力建设举措,首尔为空气质量的持续改善和规模化提升奠定了基础。通过提高数据准确性、强化区域协调、促进国际合作,首尔不仅增强了应对新型大气污染挑战的能力,也逐步确立了其在全球清洁空气治理领域的领先地位。

3. 案例研究: 推动无管控排放源VOCs减排

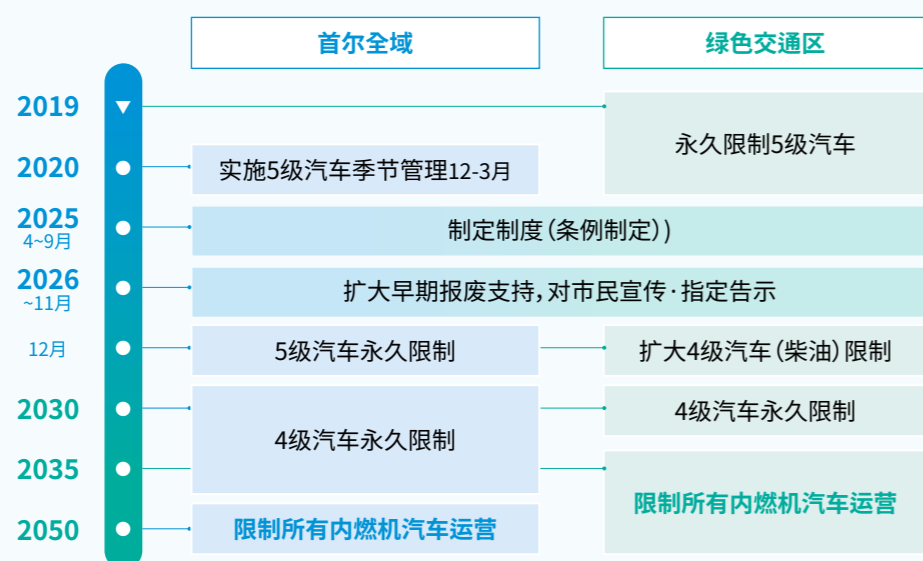
3.1 项目背景与目标

首尔目前共有2389家大气排污单位,其中1-3级排污单位50家,4-5级排污单位2339家。4-5级排污单位是指年大气污染物排放量低于10吨的单位,在排污单位中占绝大多数。

排放管控单位依据《大气环境保全法》确定名单并纳入管理,环境部会确定VOCs重点排污单位名单并予以公示。具体而言,受监管的经营单位需通过合规检查(以确保溶剂、油气回收系统、污染物预防设施正常运行)及老旧设施更新补贴项目接受管理。

然而,首尔在VOCs排放管控中面临的一项挑战是,市内存在大量未达到监管门槛的排污单位。具体而言,喷涂、印刷、干洗等小型有机溶剂使用场所大多未被纳入正式监管体系,这给有效管理和排查带来了极大困难。因此,亟需采取主动措施,针对性治理这类未纳入管控的单位。

首尔市内燃机汽车淘汰路线图(草案)



首尔市大气排污设施分级统计

设施总数	1级 (≥80吨)	2级 (20-80吨)	3级 (10-20吨)	4级 (2-10吨)	5级 (<2吨)
2,389	17	12	21	786	1,553

未纳入管控的VOCs排污单位情况统计

分类	总计	干洗店	印刷店	涂装设施	加油站
监测点位总数	14,564	6,286	6,801	1,013	464
纳入监管的点位数量	1,069 (7.34%)	27 (0.43%)	1 (0.01%)	591 (58.34%)	450 (97%)
监管阈值	-	处理能力 ≥ 30 kg/day	总体积 ≥ 1 m ³	腔室容积 ≥ 5 m ³	储存容积 ≥ 20 m ³

资料来源:首尔开放数据平台,2024年,大气污染物排放企业名录(截至2024年12月)

3.2. 项目实施

鉴于对未纳入管控的排放源治理的复杂性和重要性，首尔采取了补充性、针对性的治理方法，尤其在夏季加大治理力度。2022-2024年，首尔制定并实施了“VOCs污染源集中治理计划”，治理汽车喷涂、建筑喷涂、印刷和干洗店等核心排放源。

除提供技术支持以改进设备、提升减排能力外，政府还积极推广低挥发性有机物涂料及油墨、环保认证产品的应用，提升市民对这类产品的使用意识。针对上述各排放源的具体举措如下：

汽车维修行业：配备水性喷涂设备

为推动水性汽车维修涂料的转型与普及，2023年，首尔向建筑面积 1000m²及以上的大型汽车维修厂和400m²及以下的小型汽车维修店，提供水性涂料专用设备（喷枪、电子秤和烘干机）。



喷枪（印刷专用喷枪）

电子秤



干燥机

清洗机（喷枪专用）

资料来源：首尔市政府

建筑行业：推动政府投资建筑工地使用环保认证涂料

自2022年起，首尔持续推动市属及下属机构的

建筑工地在涂装工程中使用环保认证涂料，旨在让公共部门成为低VOCs产品使用的标杆。此类涂料的认证标准如下：

· 环保认证涂料标准

类别	通用涂装标准 (g/L)	生态标签认证标准 (g/L)
混凝土 (油性外墙用)	≤ 400-450	≤ 200
钢材 (不含清漆)	≤ 440-470	≤ 300
木材 (不含油性漆/清漆)	≤ 450	≤ 300

印刷行业：公共印刷使用低VOCs油墨

在低VOCs油墨方面，首尔正推行公共部门宣传物审查的出版物强制使用环保油墨，以引领公共部门对低VOCs产品的应用。环保油墨类型包括大豆油墨、环保认证油墨和无溶剂油墨。

干洗行业：提供VOCs减排设备置换补贴

在清洗烘干领域，首尔积极实施干洗店VOCs减排设施安装支持项目。2023年起，首尔为日处理量30kg以下的小型干洗店提供环保洗衣机和溶剂回收烘干机安装补贴。其中，环保洗衣机为集成式洗涤干燥一体机，对干洗溶剂的回收率不低于90%；对于由于店铺面积太小，无法安装环保洗衣机的店铺机的微型店铺，则安装了回收烘干机支持鼓励安装溶剂回收烘干机。

3.3. 项目成效

2025年，为评估政策措施的有效性，并为进一步优化政策提供依据，针对未纳入管控设施的VOCs减排项目，首尔特别市政府开展了定量分析，以评估减排效果。该分析按支持类型评估了VOCs排放量的变化及减排成效，形成具体政策成果，详情如下：

VOCs 排放量减少

官方分析显示，2023年为89家维修店提供水性喷涂设备支持后，油性涂料的年VOCs排放量从12503千克降至5557千克，基于VOCs含量、转化率及设备供应情况计算，减排率约为56%。

在建筑涂装领域，首尔市自2022年起强制要求政府投资建设项目使用环保认证涂料后，取得了显著成效。环保认证涂料的使用率从2022年的81.3%提升至2024年的87.4%，VOCs年排放量从128437千克降至98450千克，基于建筑面积、涂料使用量及环保认证涂料占比计算，减排率约为23%。

在市政运营方面，印刷行业使用环保油墨的比例从2022年的12.6%提升至2024年的31.9%，后续随着相关制度改革，使用率还有进一步提升。年VOCs排放量从4040千克降至3873千克。

2023-2024年间，36家干洗店安装了环保干洗机、溶剂回收烘干机等VOCs减排设备，基于溶剂采购量减少情况及单位排放系数计算，年VOCs排放量从21793千克降至9192千克，减排率达58%。

危害性降低

此外，为评估关键产品改用低VOCs产品后的减排效果及危害性变化，首尔依据每种产品的材料安全数据表（MSDS）开展了补充分析，包括检测VOCs成分、危害性信息及相关法律法规要求。

首先，在VOCs成分方面，传统油性产品的VOCs含量较高，大多在58%-120%之间；而通过该支持项目推广的水性产品，VOCs含量仅为21%-43%，表明置换产品可显著降低VOCs的单位排放量。

在有害物质方面，油性产品含有大量与口服、皮肤接触及吸入毒性相关的有害物质，建筑涂料中此类物质多达9种，印刷油墨中达4种；相比之下，水性产品在相同标准下检测出的危害性物质数量显著更少。

此外，大多数油性产品需遵守《职业安全与健康法》《化学物质控制法》《大气环境保全法》等多项法规，而水性产品通常不受这些法规约束，或所含受监管化学物质更少。

综上，分析表明，通过上述支持项目将现有油性产品替换为水性替代产品，有望产生非常积极的环境和健康效益，不仅减少了有害有毒物质及受法规监管物质的数量，还显著降低了VOCs总排放量。

4. 反思与建议

1) 涂料行业的监管与激励政策

根据现行《大气环境保全法》，VOCs含量标准主要针对涂料生产商、销售商等供应端进行监管，但首尔尚未对油性涂料的使用端（消费者）制定直接的法律处罚措施，这限制了现场检查与执法的有效性。

为提高行政效率、强化合规性，建议进行制度改革，对涂料使用端也增加VOCs使用限制，要求涂装场所操作人员接受强制性培训，并简化现场检查的抽样流程；同时，修订相关法规，增设暂停营业等针对违规行为的行政惩戒措施。

鉴于法律改革需要长期推进，短期策略应聚焦在通过行业自愿参与和激励措施（如表彰模范企业），引导行业向环保涂料转型，以提高环保涂料的接受度和推广速度。

2) 为中小企业开发实操性培训材料

目前，中小企业对水性涂料转型的现场实操认知仍较为有限。现有宣传推广和设备支持项目往往偏理论化或政策导向，实际效果不佳。

为填补这一空白，建议开发实操性培训项目，涵盖大气污染防治设备的安装与操作，以及水性涂料转型的实操工作坊。

3) 扩大中小企业环保设备支持规模

当前的设备支持项目（如针对汽车维修行业）由于需求不足、支持范围有限，成效尚未达预期。为积极推动向水性涂料转型并最大化VOCs减排效果，首尔应建立全面且可扩展的支持体系，覆盖高成本设备和小型工具，让不同规模、各行业的企业都能更便捷地实现环保转型。

· 《大气环境保全法》相关监管条款

条款	违规情形	处罚措施
第44条第2款 第3-4项	· 销售或供应VOCs超标的涂料	· 责令停止销售/供应或召回涂料
第91条第3款 第2-5项	· 销售或供应VOCs超标的涂料 · 违反停止销售/供应或召回涂料的要求	· 处1年以下有期徒刑，或1000万韩元以下罚金

参考文献

- Son, M., Jeon, H., & Kim, J. (2025) 首尔VOCs排放源管理分析及改进策略:聚焦工业设施(韩国首尔研究院)
- Choi, Y., Baek, J., & Kim, J. (2023) 首尔VOCs特征及来源分析报告(第 1-121 页)(韩国首尔研究院)
- 《乙支路:首尔工业历史的窗口》-《韩国时报》(2018年9月26日)
<https://www.koreatimes.co.kr/southkorea/society/20180926/euljiro-provides-window-into-seouls-industrial-past>
- Eun, D.-M., Han, Y.-S., Nam, I., Chang, Y., Lee, S., Park, J.-H., Gong, S. Y., & Youn, J.-S. (2024). 韩国首尔都市圈环境挥发性有机物:化学反应活性、风险及来源解析-《环境研究》, 第 251 期
- 通过四大领域 16 项减排措施开展第五轮季节性细颗粒物(PM)管控(首尔特别市政府官方网站, 2023年 12月 1 日).
<https://english.seoul.go.kr/fifth-seasonal-pm-management-through-16-reduction-measures-in-4-areas/>
- Hill, A. 西小门——一座“制造之城”(首尔)-《制造之城》案例评论(2019年6月12日)
<https://citiesofmaking.com/cities-of-making-in-korea/>
- Kim, H., Won, J., Choi, Y., & Lee, H. (2024) 首尔空气管理政策对公共健康的影响分析报告(韩国首尔研究院)
- Kim, S.-J., Lee, S.-J., Lee, H.-Y., Park, H.-J., Kim, C.-H., Lim, H.-J., Lee, S.-B., Kim, J. Y., Schlink, U., & Choi, S.-D. (2021) 基于被动空气采样器的首尔市挥发性有机物时空分布特征及来源识别-《大气环境》, 第 246 期
- Kim, U., Sin, S., & Kim, J. (2018) 首尔空气质量(臭氧与PM_{2.5})综合管理体系研究报告(第 1-142 页)(韩国首尔研究院)
- Lee, J., Lee, M., Chang, L., Shin, S.-A., Kim, K., Choi, Y., Lim, H., Choi, S.-D., & Lee, G. (2024) 基于被动与在线 PAMS 时空观测的首尔VOCs排放清单评估-《大气环境》, 第 338 期
- Park, S.-Y., Jang, H., Kim, K., Ha, H., Choi, Y., Kwon, S., Choi, Y., Park, J.-S., & Lee, C.-M. (2025) 首尔市区VOCs中潜在有毒物质及健康风险评估-《水、空气与土壤污染》, 第 236 期
- 守护市民免受臭氧(O₃)危害首尔特别市政府公布《高浓度臭氧污染专项管控措施》| 首尔气候环境本部“零排放首尔”新闻稿(Naver 博客, 2025年4月2日)
https://blog.naver.com/zero_seoul_official/223819268857
- 首尔PM_{2.5}浓度连续三年创历史新低(首尔特别市政府官方网站, 2023年7月28日)
<https://english.seoul.go.kr/record-low-pm2-5-levels-in-seoul-for-3-consecutive-years/>
- 首尔实现季节性颗粒物管控启动以来最低PM_{2.5}浓度(首尔特别市政府官方网站, 2024年4月5日)
<https://english.seoul.go.kr/seoul-achieved-the-lowest-pm2-5-level-since-the-launch-of-the-seasonal-pm-management/>
- 首尔行政区划现状(韩国统计信息服务, 2024年11月4日)
https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?so=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn_path%3D12%26tblId%3DCTX_315_2009_H1009%26orgId%3D460%26
- 首尔特别市政府空气质量信息(首尔空气质量信息-空气污染物-细颗粒物PM_{2.5})
<https://cleanair.seoul.go.kr/information/info11>
- 为有效治理夏季臭氧重度污染 首尔市 VOCs 排放源重点治理政策(韩国首尔特别市政府, 2024)
- 高浓度臭氧污染专项管控措施报告(第 1-34 页)(韩国首尔特别市政府, 2025)
- 首尔市登记人口统计(首尔开放数据广场, 2025年4月24日)
<https://data.seoul.go.kr/dataList/419/S/2/dataset-View.do>
- 首尔通过持续空气质量改善项目减排 408.5 吨PM_{2.5}(首尔特别市政府官方网站, 2018年4月26日)
<https://english.seoul.go.kr/seoul-reduce-408-5-tons-pm-2-5-constant-air-quality-improvement-programs/>
- 空气质量监测系统:守护市民健康的实时空气质量监测系统(首尔政策档案库-首尔解决方案, 2016年10月31日)
<https://seoulsolution.kr/en/content/air-quality-monitoring-system-real-time-air-quality-monitoring-system-protect-citizens%E2%80%99>
- 柴油车排放控制装置(首尔政策档案库-首尔解决方案, 2018年2月1日)
<https://seoulsolution.kr/en/content/6539>
- 首尔空气质量管控政策的变化(首尔政策档案库-首尔解决方案, 2018年5月8日)
<https://seoulsolution.kr/en/content/3496>
- 西小门广场振兴项目进展 / 西小门广场振兴项目推进过程(英/西/韩)(首尔政策档案库-首尔解决方案, 2022年1月25日)
<https://seoulsolution.kr/en/content/9454>
- 首尔的产业结构(首尔研究数据服务)
<https://data.si.re.kr/node/288>
- Song, M., & Jeon, H. (2022) 首尔臭氧生成相关挥发性有机物排放设施特征及臭氧减排措施研究报告(第 1-244 页)(韩国首尔研究院)
- 2021 年《空气管控区空气质量改善特别法案》(韩国)

北京篇

作者 | 袁圆

编辑 | 袁斯乔

特别感谢北京市生态环境局对本章节提供的专业审阅意见。

1. 背景

北京是中华人民共和国的首都，是全国的政治、文化和科技创新中心。作为一座常住人口超2180万、土地面积达16410平方公里的超大城市，北京在近几十年经历了快速的城市化和经济转型。

过去数十年间，北京的经济结构发生了重大调整，从以第二产业为主导转型为以第三产业为主导。根据《2024年北京市国民经济和社会发展统计公报》，第三产业占全市地区生产总值(GDP)的比重达85.3%。如今，金融、信息技术、科技创新、文化创意及专业服务等产业已成为北京经济增长的核心驱动力。而涵盖制造业和建筑业的第二产业占比持续下降，目前不足全市经济总量的15%。具体而言，自21世纪初起，工业活动(尤其是高污染、高耗能产业)已逐步从中心城区向外疏解。

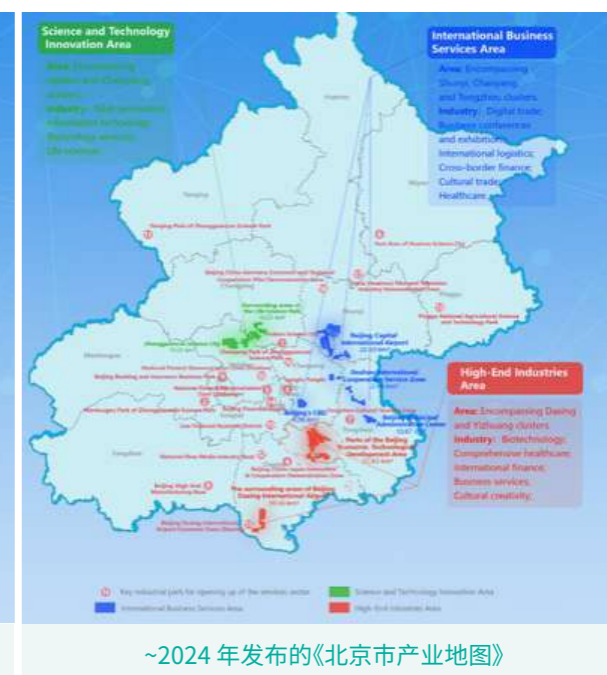
尽管实现了上述转型，但存量排放源仍对环境治理(尤其是空气质量管控)构成挑战，包括建筑施工、交通运输、城郊残留的小型工业生产

活动以及其他无组织排放等。

近年来，北京在空气质量改善方面付出了巨大努力。自2013年启动《北京市2013-2017年清洁空气行动计划》以来，每年均制定专项年度清洁空气计划。2014年，北京颁布《北京市大气污染防治条例》，这是中国首部将细颗粒物(PM_{2.5})管控列为核心目标的地方性法规。2016-2017年，北京先后出台《北京市贯彻落实〈京津冀及周边地区大气污染防治强化措施(2016-2017年)〉实施方案》和《北京市2017-2018年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》两份关键文件，明确了北京市立足于京津冀区域开展大气污染治理的策略，重点聚焦工业生产、交通运输、居民供暖等多源减排。随着城市运行和日常生活成为大气污染的主要来源，北京于2018年制定《北京市蓝天保卫战三年行动计划》，勾勒出全市大气污染治理的全面路线图。在前期工作基础上，北京的大气污染治理工作已从“1微克”行动升级为“0.1微克”攻坚行动，对治理措施的科学性



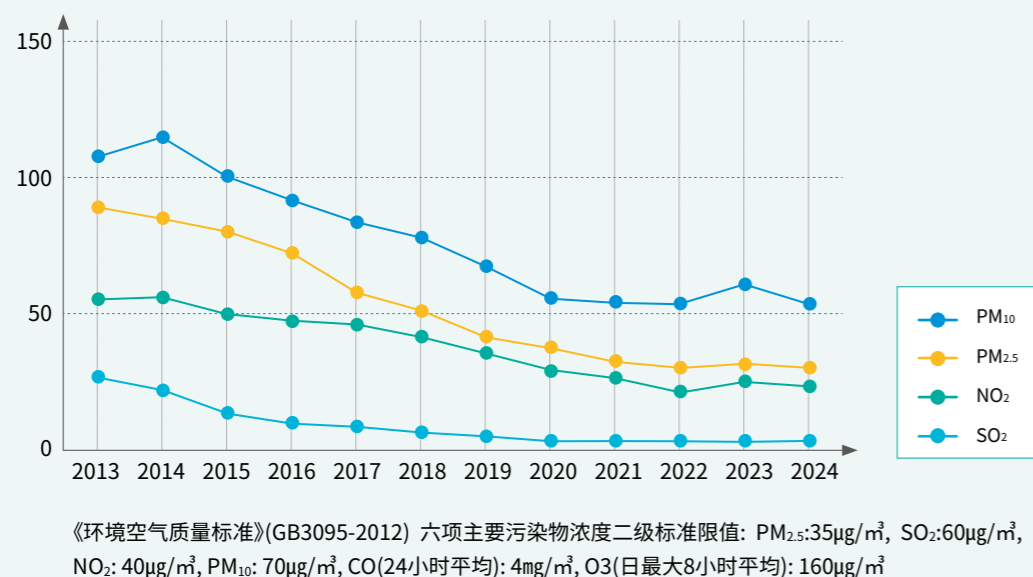
北京市工业发展规划(2016~2035)



~2024年发布的《北京市产业地图》

来源：北京市发展和改革委员会

■ 2013-2024年主要大气污染物年均浓度变化趋势 来源:2024年北京市生态环境状况公报



和精细化程度提出了更高要求。

多领域核心策略已落地并取得切实成效。工业领域方面,2013年以来,北京已关停或外迁超过2600家污染企业,重点涉及水泥、化工、冶金等行业。交通运输领域方面,北京不断加严在用车排放标准,积极推广新能源汽车并淘汰老旧高排放车辆,截至2025年4月,全市新能源汽车保有量已突破100万辆。建筑领域方面,通过实时监测和严格合规检查,有效减少了建筑工地和道路扬尘排放。同时,北京大力推进能源结构转型,截至2023年底,全市约138万户家庭完成“煤改清洁能源”改造,93%的村庄和96%的农村家庭实现了电力、天然气等清洁方式取暖。

通过实施多领域综合策略,北京空气质量显著改善,多项污染物浓度大幅下降。根据《2024年北京市生态环境状况公报》,2013-2024年,PM_{2.5}浓度下降65.9%,从2013年的近90µg/m³降至2024年的约30.5µg/m³,于2021年首次达到国家空气质量标准。其他污

染物浓度也显著降低,2013-2024年,可吸入颗粒物(PM₁₀)浓度下降50%,二氧化氮(NO₂)浓度下降57.1%,二氧化硫(SO₂)浓度下降约88.7%。

随着PM_{2.5}等主要污染物管控取得显著成效,VOCs治理近年来受到广泛关注。VOCs是臭氧生成的前体物,且对公众健康构成严重威胁。初期,北京的VOCs治理工作聚焦工业、交通运输及部分溶剂密集型行业等重点领域,积极推进产业升级重组和末端治理设施建设。随后,在有组织排放大幅减少的基础上,逐步将治理范围拓展至无组织排放管控。通过这些针对性的综合措施,北京VOCs排放量实现显著下降。根据北京市生态环境局发布的初步分析结果,2023年北京人为源VOCs排放量较2013年下降64.6%。

2. 政策分析

2.1 VOCs治理政策及法规体系的发展历程

过去十年间,响应公众对健康的日益关注及臭氧污染管控的迫切需求,北京逐步加大VOCs治理力度。《国家环境保护“十二五”(2011-2015年)规划》提出,实施多污染物协同控制,并在国家层面强化VOCs排放管控。为落实国家规划,北京在21世纪第二个十年初期制定并更新了《北京市“十二五”期间重点监控企业名单》,加强对重点污染源的监管,名单共包含418家重点监控企业,其中VOCs排放企业64家。2015-2017年,北京市生态环境局依据《北京市清洁空气行动计划》要求,组织起草了针对多个行业的地方性VOCs排放标准。这一阶段,北京的VOCs管控主要聚焦大型工业污染源,尤其是印刷、家具制造、喷涂等行业。

在初期工作基础上,随着《国民经济和社会发展第十三个五年规划(2016-2020年)》等国家规划及地方清洁空气行动计划的出台,VOCs治理政策框架愈发细化,覆盖行业范围进一步扩大。北京还明确了该时期的减排目标,计划到2020年,氮氧化物(NO_x)和VOCs排放量较2017年下降20%。为实现这一具体目标,北京在多领域实施了一系列举措,包括对VOCs排放实施分类管控、制定或修订一套更严格的污染物排放标准(如产品VOCs含量限值)及监测方法、技术规范,同时积极推动将VOCs纳入征税范围。除限制性措施外,北京还主动提供技术和资金支持,鼓励各行业主动采取VOCs减排措施。

2021年以来,北京聚焦构建更全面的VOCs管理制度,并依据《空气质量持续改善行动计划》要求,明确了减排目标:到2025年,VOCs总排放量较2020年下降10%。这一目标的实现需要强制性措施与自愿行动相结合,例如对重点

设施的实时监测、定期检查确保严格合规、在日常生活中采购低VOCs产品等。此外,在先进低VOCs技术的支撑下,各区及工业园区已增强VOCs排放管控能力,治理模式向全流程管控转变,主动解决无组织排放和逸散排放问题。

总体而言,北京的VOCs政策已从基础性的产业监管模式,升级为融合了标准制定、监测管控与技术革新的综合治理模式,以应对多样化、分散化的排放源。

下一节将分析北京在不同排放源VOCs减排方面的进展,重点聚焦严格的地方标准与主动监管、行为引导相结合的治理路径。

2.2 治理政策与管控措施

1) 工业源

北京工业领域的VOCs治理主要针对石化行业、印刷行业及其他高VOCs排放行业。

石化行业

石化行业是北京VOCs的主要排放源之一,其排放量主要来自原材料和产品的储存、运输、加工及泄漏环节。自21世纪第二个十年初期以来,北京持续强化对该行业的VOCs管控措施:一是要求企业加强各类相关设施的维护,确保有组织排放达标;二是针对储存、运输等易产生无组织排放的环节,要求企业及时更换阀门、泵、压缩机等易泄漏设备,同时实施动态泄漏检测与修复(LDAR)方案,管控所有密封点的泄漏问题。例如,《北京市“十三五”时期(2016-2020年)环境保护和生态建设规划》对无组织排放提出严格管控要求,将所有密封点的泄漏率限制在1%以下。此外,为防范异常排放,北京持续完善管理制度,管控石化生产设施在开工、停工、检修及异常运行期间的VOCs排放。2024年启动的“夏季VOCs治理攻

“坚行动”进一步强化了石化行业重点企业的无组织排放减排工作，重点聚焦储罐治理和废气深度处理。



炼油与石油化学工业大气污染物排放标准
(DB11/447-2015)



有机化学品制造业大气污染物排放标准
(DB11/1385-2017)

来源:北京市生态环境局

此外，结合自身严格的减排目标与先进治理能力，北京在国家标准基础上制定了更为严格的大气污染物排放标准。这些地方标准包括《炼油与石油化学工业大气污染物排放标准》(DB11/447-2015)和《有机化学品制造业大气污染物排放标准》(DB11/1385-2017)。其中，DB11/447-2015标准规定，炼油与石化

行业中处理VOCs气体或液体的泵、压缩机等设备，泄漏检测限值为1000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ，显著严于国家标准(GB31570-2015)规定的2000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

印刷行业

印刷行业是北京另一关键产业。2023年，北京市印刷企业产值超240亿元人民币，但该行业有机溶剂使用较多，如印刷油墨、胶粘剂、清洁剂，在生产过程中会排放大量VOCs。2013年，北京启动整治违法排污企业、保障群众健康专项环保行动，对印刷行业开展强制性执法检查。该行动强化了对印刷行业重点管控环节VOCs排放的环境监管，重点核查废气收集与处理设施的安装与运行情况，严厉查处无组织废气排放行为。2016年起，北京积极推广低VOCs原材料的使用，通过组织印刷企业开展大范围清洁生产审核，确保生产过程中使用低VOCs材料，实现多源减排；同时，推动企业安装高效溶剂回收系统和废气处理设施，通过末端治理管控VOCs排放。



印刷工业大气污染物排放标准 (DB11/1201-2023)

来源:北京市生态环境局

与此同时，北京着力构建高标准VOCs排放标准体系。2015年5月，北京发布地方标准《印

刷业挥发性有机物排放标准》(DB11/1201-2015)，首次针对印刷行业明确了原辅材料含量限值、工艺要求及VOCs排放标准，是北京首批行业专属VOCs排放标准之一。为扩大管控范围，2023年4月，北京市生态环境局与北京市市场监督管理局联合发布《印刷工业大气污染物排放标准》(DB11/1201-2023)，替代原有标准。该标准体现了对印刷行业更严格的污染管控要求，不仅覆盖VOCs，还包含其他大气污染物，管控范围从源头控制延伸至末端治理，同时涵盖有组织排放和无组织排放。

工业涂装和制造行业

北京还重点关注工业涂装等大量使用含VOCs原辅材料或高VOCs排放的行业。北京市VOCs污染源普查结果显示，在工业源中，工业涂装占溶剂使用类污染源VOCs排放量的比例较高。在北京从事涂装工艺的企业以使用溶剂型涂料为主，而高固体分涂料、水性涂料、粉末涂料等低VOCs含量涂料的应用比例不高；且涂装工艺以低效的空气喷涂、手工刷涂为主，浸涂、流涂、辊涂、静电喷涂等高效涂装技术应用占比极低，导致生产过程中VOCs排放量

较大。为解决上述问题，北京发布行业专属地方标准《工业涂装工序大气污染物排放标准》(DB11/1226-2015)，强化对工业涂装企业VOCs排放的管控，最大限度减少工业涂装环节的VOCs排放。该标准的实施，引导工业涂装企业采用清洁生产工艺、优化涂装流程与设备，并安装高效稳定的末端治理设施。

2022年发布的数据显示，汽车制造业贡献了北京工业VOCs排放量的约20%，是工业源VOCs管控的核心领域之一。其中，整车装配环节的VOCs排放量占该行业总排放量的三分之二以上，零部件制造、发动机生产及汽车改装环节合计占比超30%。2015年起，汽车制造业执行《汽车制造业涂装工序大气污染物排放标准》(DB11/1227-2015)，汽车改装企业和涉及涂装工艺的零部件生产企业则执行DB11/1226-2015标准。为整合此前分散的管控要求，北京结合DB11/1227-2015标准、国家标准及自身技术能力，于2023年发布《汽车制造业大气污染物排放标准》(DB11/1227-2023)，于2024年1月1日正式实施。该标准细化了含VOCs原辅材料的要求，调整了有组织



工业涂装工序大气污染物排放标准
(DB11/1226-2015)



汽车制造业大气污染物排放标准
(DB11/1227-2023)



木质家具制造业大气污染物排放标准
(DB11/1226-2015)

来源:北京市生态环境局

排放控制指标,明确了无组织排放管控要求,助力汽车制造企业推进源头替代、强化逸散排放收集管控,并规范末端治理设施的运行与维护。

除汽车制造业外,北京还着力管控木质家具制造业产生的VOCs、漆雾等大气污染物。截至2015年,北京共有木质家具制造企业超1000家。为规范木质家具制造企业的环境行为,北京制定《木质家具制造业大气污染物排放标准》(DB11/1226-2015),明确2017年后北京家具制造业全面禁止使用油性涂料。该行业专属地方标准通过限定行业原辅材料的VOCs含量,结合工艺措施与管理要求,实现VOCs源头减排。

2) 交通源

在北京人为源VOCs排放中,交通是另一大主要来源。过去十年,北京通过优化机动车结构,已实现交通领域VOCs排放量下降。同时,北京还针对交通领域其他主要排放源发力,重点聚焦油品储运和沥青相关活动。

油品储运行业

油品储运行业涉及加油站、储油库、油罐车等场所和设施,在储存、装卸、加油等过程中易发生VOCs挥发。为解决这一问题,近年来北京持续制定并更新该行业相关地方排放标准。2003年,北京在中国率先实施三项分别针对储油库、油罐车和加油站油气排放的地方标准。此后,有效推动了VOCs全流程综合管控。官方数据显示,与2003年相比,2024年油气回收效率提升超80%,实现显著减排效益。

2023年,为适配新的城市空气质量目标及技术发展水平,北京对上述三项标准进行了第三次修订,新发布《储油库油气排放控制和限值》(DB11/206-2023)、《油罐车油气排放控制和限值》(DB11/207-2023)和《加油站油气排放控制和限值》(DB11/208-2023)。新标准进一步收紧排放限值,完善泄漏检测要求,并新增在线监测相关规定。考虑到高温会加速VOCs释放,北京还制定了对应措施,要求加油站、储油库在夏季错峰进行燃油装卸作业,并鼓励夜间加油。



北京市沥青混合料绿色评价技术指南
(BJJT/0066-2022)

来源:北京市交通委员会



沥青混合料搅拌站绿色生产技术和评价方法
(DB11/T 2424-2025)

来源:北京市市场监督管理局

沥青行业

沥青在城市运营中应用广泛,且其处理需在高温条件下进行,生产、运输、摊铺等环节均会产生大量VOCs。针对这些挑战,北京制定了多项针对性的管控措施。2022年,北京发布《北京市沥青混合料绿色评价技术指南》(BJJT/0066-2022),用于指导全市沥青混合料的绿色评价与标识工作。配合新发布的地方标准《沥青混合料搅拌站绿色生产技术和评价方法》(DB11/T2424-2025),该行业专属指南明确了沥青行业各环节的VOCs减排措施,包括推动沥青搅拌设备全面升级、推广沥青混凝土绿色物流、鼓励使用低排放温拌沥青替代易产生大量VOCs的传统热拌沥青等。同时,北京在试点区域推进污染治理设施升级和先进处理技术应用,以提升VOCs处理效率。这些举措体现了北京的VOCs治理模式向“分源管控、过程导向”转变的整体趋势。

3) 生活源

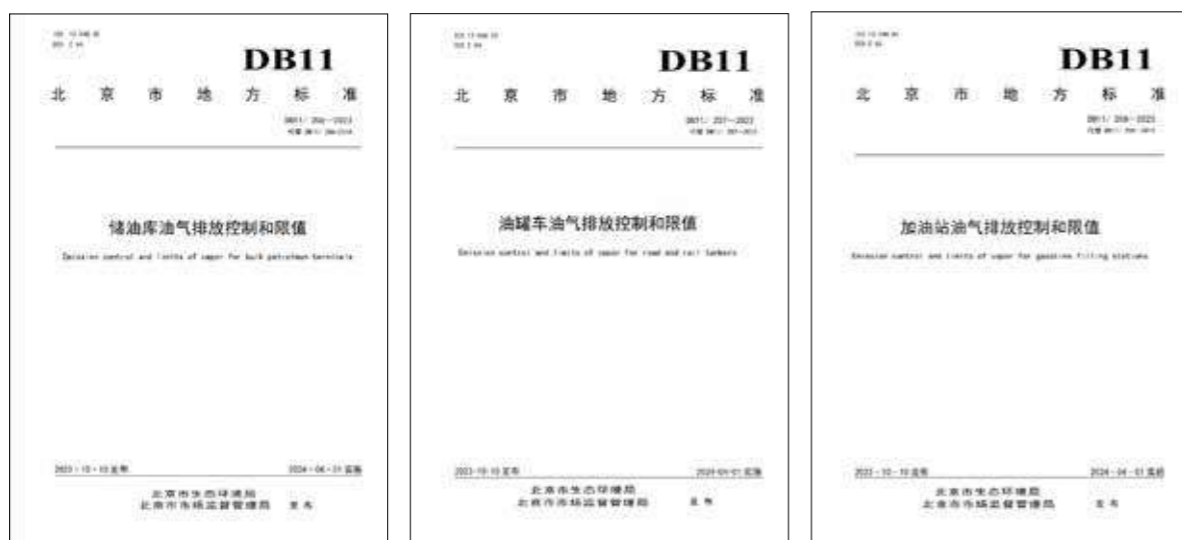
除工业源和交通源外,北京还聚焦城市日常活动产生的VOCs排放,重点关注餐饮和汽车维修行业。

餐饮行业

作为人口密集且餐饮服务发达的城市,餐馆、街头小吃摊、商业厨房产生的烹饪油烟已成为城市VOCs总排放量的重要组成部分。北京餐饮行业规模大、类型杂,且多集中在商住混合区域,许多中小餐饮企业经营空间狭小、通风设施不足,给VOCs管控带来极大挑战。在此背景下,北京于2018年发布《餐饮业大气污染物排放标准》(DB11/1488-2018)。

该标准以国家标准GB18483为基础,融入北京空气污染治理的个性化要求,将颗粒物和VOCs纳入管控清单,旨在实现两类污染物的协同去除。该标准是中国首批明确餐饮行业非甲烷VOCs排放限值的国家标准之一,为VOCs管控提供了量化指标。

为便于标准落地,该标准还明确了具体操作规范,为餐饮行业净化设施选型提供科学指导,并界定了经济合理的维护与检查要求。此外,北京在餐饮场所规划、建设、选址、租赁、注册、装修、开业等全流程主动提供指导帮扶,显著提升了餐饮行业环境管理水平。



储油库油气排放控制和限值
(DB11/206-2023)

油罐车油气排放控制和限值
(DB11/207-2023)

加油站油气排放控制和限值
(DB11/208-2023)

来源:北京市生态环境局



餐饮业大气污染物排放标准
(DB11/1488-2018)

来源:北京市生态环境局

汽修行业

在生活源VOCs排放中,北京汽车维修行业因广泛使用溶剂型涂料及辅助材料,成为另一重要排放来源。截至2023年底,北京市登记注册的汽车维修企业达4890家。过去五年的排放清单显示,北京汽车维修行业年均VOCs排放量约2000吨,占生活源排放量的3.3%,是北京生活污染防治工作中需重点关注的领域。

对此,北京制定了一系列行业专属地方标

准,包括《汽车维修业大气污染物排放标准》(DB11/1228-2025)、《建设项目环境影响评价技术指南汽车维修》(DB11/T2058-2022)、《汽车维修业污染防治技术规范》(DB11/T 1426-2017)及《清洁生产评价指标体系汽车维修及拆解业》(DB11/T 1265-2015)。

这些标准对排放限值、原材料VOCs含量、净化设备要求及台账记录等操作规范作出明确规定。政府还编制了《北京市汽车维修行业污染防治工作手册》和《现场检查技术指南》,为企业运营和执法人员现场检查提供指导。除制定规则外,北京还实施分级监管和绩效管理,出台《北京市机动车维修行业污染防治绩效评级管理实施细则(试行)》,用于识别绿色企业及重污染预警期间的应急减排企业名单。最后,北京采用创新技术保障执法精准性和数据驱动决策,通过VOCs移动监测车、红外传感器、用电量分析等手段,识别污染热点、追溯排放源头,并核实污染治理设施与实际生产活动的同步运行情况。

建筑行业

此外,北京还通过多种措施,推动公共部门和私营部门替换使用低(或零)VOCs含量的原

辅材料。2018年,《北京市进一步深化改革扩大开放重要举措行动计划》对建筑涂料中含VOCs材料的使用作出限制,从源头管控有机溶剂污染。2018年9月更新绿色采购政策后,自2019年起,使用财政资金的新建、维修项目必须采用低VOCs含量的涂料和胶粘剂。同时,北京通过对超市、建材市场、生产企业等不同主体开展随机抽查,严格执行VOCs含量限值标准,定期在官网曝光不合格产品及其生产厂家、销售地点;对两批次及以上产品抽检不合格的,依法追溯并追究生产企业责任。此外,对于年VOCs排放量1吨及以上的工业企业,政府鼓励其开展清洁生产审核,并同步解决审核中发现的VOCs相关问题。

除上述措施外,北京还制定标准明确建筑类涂料和胶粘剂的VOCs含量限值,以减少相关排放。与传统工业源可通过末端治理设施减排不同,建筑类涂料和胶粘剂的使用多在开放空间进行,产生的无组织排放难以捕获和处理。据报道,建筑类涂料和胶粘剂(尤其是溶剂型产品)的年VOCs排放量超8000吨。

为衔接国家标准、满足北京VOCs减排要求、保护环境和保障公众健康,《北京市建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机物含量限值标准》细化了这类产品的VOCs含量限值,推动建筑类涂料和胶粘剂生产行业研发推广低VOCs产品,从而减少其使用过程中的VOCs排放。《建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机物含量限值标准》(DB11/1983-2022)在DB11/3005-2017的基础上修订而成,既衔接了国家标准,又适应了北京VOCs减排目标的动态需求,进一步细化了建筑类涂料和胶粘剂的VOCs含量限值,减少产品使用过程中的VOCs排放,同时推动生产行业低VOCs产品的研发与应用。

通过在全行业推行具有强制约束力的排放标

准,并强化监管与配套支持力度,北京正逐步推动这些行业走向规范化管理,为其他城市致力于践行低VOCs排放发展战略提供了最佳实践范例。



建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机物含量限值标准
(DB11/1983-2022)

来源:北京市生态环境局

汽车维修业大气污染物排放标准 (DB11/1228-2025)	建设项目环境影响评价技术指南 汽车维修 (DB11/T 2058-2022)	汽车维修业污染防治技术规范 (DB11/T 1426-2017)	清洁生产评价指标体系 汽车维修及拆解业 (DB11/T 1265-2015)

来源:北京市生态环境局、北京市市场监督管理局、北京市质量技术监督局

3. 案例研究： 汽车维修园区VOCs走航监测

3.1 背景与目标

在北京，汽车维修和喷涂行业是VOCs的重要排放来源，尤其是在城市及郊区的集群式汽车维修园区。该行业产生大量VOCs的三大核心环节包括车辆维修保养、喷涂作业及危险废物储存。首先，车辆维修保养过程中，使用有机溶剂清洗零部件会排放VOCs；其次，喷涂作业涵盖调漆、喷涂、烘干、清洗等步骤，是汽车维修行业VOCs的主要排放源；最后，危险废物若密封不当，在储存过程中也会产生VOCs泄漏。由于涉及多个排放点和操作环节，汽车维修行业的VOCs管理难度大、复杂性高。此外，汽车维修园区通常聚集着数十至数百家小型作坊，多数作坊环保管控能力薄弱，导致排放呈现分散化、复杂化特征，传统监管手段难以实现有效覆盖。

传统离线监测方法需通过各类外部监测仪器定期人工采样，再将样本送至实验室分析。这种方法虽具备分析结果准确性高、灵敏度强的优势，但分析过程耗时费力，对操作环境要求严苛，且无法实时监测特定区域的VOCs浓度变化。



传统离线VOCs监测人工采样

来源：北京市生态环境科学研究院

为应对这一挑战，北京在传统VOCs监测方法的基础上，积极探索并采用走航监测技术，强化对汽车维修园区VOCs排放的实时、高空间分辨率监管，旨在实现从被动、定期执法向主动、数据驱动的环境管理模式转型。VOCs移动监测主要采用质谱法。与传感器法、光学法相比，质谱法响应准确、灵敏度高、抗干扰能力强，且数据分辨率优于色谱法。其具体技术路线分为软电离和硬电离两类，但各类技术路线均存在自身局限性，亟需制定标准化指南和监管框架加以规范。

更新后的VOCs走航监测技术规范需对仪器性能参数、质量保证与控制、评价分析等多方面进行标准化界定，构建统一的移动监测体系，提升数据的可比性和适用性，为北京VOCs精准管控奠定坚实基础。

3.2 实施过程

过去五年，北京组织开展多轮市级专项执法行动，重点聚焦汽车维修行业等VOCs排放源。走航监测技术可直接获取各类VOCs的具体浓度，并将浓度划分为七个等级：浓度在0-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的最低等级以绿色在实时地图上显示，浓度超过1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的最高等级以紫色标注，从低到高依次呈现为绿色、浅黄色、黄色、橙色、红色、粉色、紫色。这种浓度颜色编码展



基于VOCs移动监测数据生成的污染分布图

来源：北京市生态环境局

示方式，便于监测机构绘制VOCs浓度分布图，快速锁定高污染区域。

以朝阳区来广营乡为例，该区域聚集了28家汽车维修企业，形成规模较大的汽车维修集群。2023年移动监测结果显示，该集群区域每2.6公里就有一个高值点，峰值浓度达数千微克/立方米，对周边居民日常生活造成显著影响，地图上多个监测点被标记为红色气泡。通过走航监测锁定VOCs高排放重点区域后，北京进一步采用微尺度大气污染物扩散模型等手段精准定位涉事汽车维修企业，随后综合运用红外遥感、用电量监测、便携式监测设备等调查工具开展全面现场核查，排查未报备作业、VOCs治理设施故障等违规行为，并根据核查结果为每家违规企业制定“一企一策”个性化整改方案，提供专业技术指导。

另一方面，随着VOCs治理对标准化移动监测的需求日益增长，北京市生态环境局于2022年3月启动《挥发性有机物车载移动监测与评

价技术规范》制定工作。该地方标准（DB11/T 2174-2023）于2024年4月1日正式实施，标志着北京在高分辨率、数据驱动的VOCs监管标准化进程中迈出了关键一步。



VOCs移动监测

来源：北京日报集团

3.3 实施成效

移动监测技术及已发布标准推动了汽修行业VOCs污染的精细化管理，汽修产业集群周边区域的空气质量得到显著改善。

• VOCs走航监测与评估技术规范编制工作主要进展

- | | | |
|------|---------------|---|
| 2022 | 03.01 - 03.31 | • 启动技术规范编制工作，组建专项工作组 |
| | 04.01 - 07.31 | • 调研国内外相关标准与文献资料，研判中国VOCs移动监测技术现状，确定规范编制技术路线与框架结构 |
| | 08.01 - 09.30 | • 开展车载VOCs监测设备生产企业实地调研，实施技术验证测试，明确核心监测参数，评估不同设备性能差异，同步制定质量保证与质量控制方案 |
| 2023 | 10.01 - 12.31 | • 完成规范初稿编制，在北京市生态环境局监测处指导下完善内容，开展数据分析与实验验证工作 |
| | 01.10 - 01.20 | • 组织召开内部专家咨询会，收集专业意见建议，结合反馈意见形成规范征求意见稿 |
| | 04.27 - 05.26 | • 发布规范征求意见稿，广泛征求社会各界意见，推进规范定稿工作 |
| | 12.25 | • 规范获正式批准 |

北京市除对采集数据本身开展监测分析外,还将获取的走航监测数据与现有排放清单、用电记录及企业生产排班表进行整合,以此锁定未纳入监管的违规作业行为。例如,若在企业报备的停产时段,VOCs浓度仍居高不下,则可能意味着存在瞒报生产或非法排污行为。

以来广营乡VOCs高值区域为例,相关部门通过走航监测技术对高值污染热点区域进行可视化识别,进而开展针对性现场核查与溯源工作。基于监测结果,该区域完成了深度排查,划定了36个热点监测网格,覆盖面积达22平方千米,并梳理出汽修行业共6大类、40余项典型污染问题,涵盖调漆、喷漆作业、污染治理设施运行及危险废物管理等多个环节。

通过对VOCs排放实施精细化管控、推动治理设施升级增效、强化危险废物规范化管理,截至2024年10月,北五环汽修产业集群VOCs高值预警点位数量大幅减少,高值现象发生频次显著下降。单次移动监测检出的高值点位数量由平均3个降至1个,峰值浓度降幅超80%。周边居民反馈,过往途经时常见的异味问题已鲜有出现。



车载走航监测

来源:北京市生态环境局

4. 反思与建议

北京市VOCs污染治理实践,为正处于相似城市转型阶段的其他超大城市提供了多项宝贵经验。

1) 立足本地治理能力,制定更严格的地方标准

在国家法规标准的基础框架之上,北京市依托自身雄厚的制度与技术实力,持续完善VOCs污染治理体系,制定更为严格的地方管控政策。此举既有效抬高了企业合规准入门槛,又确保相关管控要求具备技术可行性。

2) 实施分阶段、分源管控策略

VOCs减排治理的有效路径,在于分阶段、针对性地配置资源。北京市前期聚焦于燃料储运、印刷、工业涂装等排放影响突出的重点行业,强化监管力度;在上述重点领域治理成效显现后,再逐步将管控范围拓展至餐饮、汽修、小型制造等排放来源更复杂、更分散的行业。

3) 强化技术能力建设,支撑精准执法

借助先进技术手段开展常态化监管,能够保障更严格的地方标准得到高效、精准落地。车载VOCs移动监测技术便是典型范例,其应用显著提升了执法效能。相关部门可通过实时绘制污染排放热点分布图,精准锁定污染源头,尤其适用于小型企业集聚区域的监管。此外,将移动监测数据与能耗记录等企业运营数据相结合,能够精准识别异常排污及瞒报生产行为,提升合规检查的科学性与数据支撑力度。

4) 推动低VOCs产品跨行业应用,引导企业转变生产行为

推动低VOCs产品在公共及私营领域的全面应用,是从源头控制VOCs排放的务实有效举措。具体可通过以下措施实现:在政府投资项目中强制要求使用低VOCs产品,依托产品认证与

标识制度引导私营领域主动选用,从源头减少污染物排放。同时,定期公开曝光不合格产品、开展消费品随机抽检,可有效加大市场主体的合规压力。最后,公众参与是VOCs长效减排的关键环节,鼓励市民选购低VOCs产品,能够引导形成低碳排放的消费模式,推动企业自觉履行环保责任。

参考文献

- 2021年北京市空气质量首次全面达标. 2021年北京市空气质量首次全面达标_数据解读_首都之窗_北京市人民政府门户网站. (2022, January 5). https://www.beijing.gov.cn/gongkai/shuju/sjjd/202201/t20220105_2582724.html
- 7月起北京执行在用车排放标准b限值. 7月起北京执行在用车排放标准b限值_中青在线-汽车频道. (2024, June 25). https://auto.cyol.com/gb/articles/2024-06/25/content_PbGpXBcWl0.html
- The People's Government of Beijing Municipality. (2020, July 30). Heavy Air Pollution Contingency Plan of Beijing municipality. Heavy Air Pollution Contingency Plan of Beijing municipality_others_北京市人民政府外事办公室. https://wb.beijing.gov.cn/en/policy_release/others_1/202007/t20200730_1966606.html
- 中共北京市委北京市人民政府关于全面加强生态环境保护坚决打好北京市污染防治攻坚战的意见. 北京市人民政府办公厅. (2016, December 28). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/szfgfwj/325832637/index.html>
- 中共北京市委北京市人民政府关于深入打好北京市污染防治攻坚战的实施意见. 北京市生态环境局官网. (n.d.). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/szfgfwj/325751272/index.html>
- 储油库油气排放控制和限值 (DB11/ 206—2023). 北京市生态环境局官网. (2023a, October 10). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/436248928/2023110613045037639.pdf>
- 全市新能源汽车保有量超百万辆. 全市新能源汽车保有量超百万辆-报纸网络-北京市发展和改革委员会. (2025, April 2). https://fgw.beijing.gov.cn/gzdt/fgzs/mtb dx/bzwlxw/202504/t20250402_4053797.htm
- 全文实录: 2023年北京市空气质量新闻发布会. 全文实录| 2023年北京市空气质量新闻发布会. (2024, January 4). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/ywdt28/xwfb/436345237/index.html>
- 全文实录:《2024年北京市生态环境状况公报》新闻发布会. 全文实录 |《2024年北京市生态环境状况公报》新闻发布会. (2025, May 9). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/ywdt28/xwfb/743621255/index.html>
- 全文实录: 北京市2024年夏季VOCs治理攻坚战行动新闻发布会. 北京市生态环境局官网. (2024a, June 25). https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/ywdt28/xwfb/543346681/index.html?utm_source=chatgpt.com
- 关于印发《大气污染物与温室气体融合排放清单编制技术指南(试行)》的通知. (2024, January 30). https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202401/t20240130_1065242.html
- 关于开展整治违法排污企业保障群众健康环保专项行动的通知. 北京市生态环境局官网. (2013, July 11). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/hbjfw/2015zq/604928/index.html>
- 加油站油气排放控制和限值 (DB11/ 208—2023). 北京市生态环境局官网. (2023b, October 10). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/436248934/2023110613053117479.pdf>
- 北京印刷业高质量发展迈出坚实步伐. 北京印刷业高质量发展迈出坚实步伐-地方工作-国家新闻出版署. (2024, March 25). https://www.nppa.gov.cn/xxfb/dfgz/202403/t20240325_839583.html
- 北京发布3项新修订油气地方标准 明年4月1日起实施. 北京发布3项新修订油气地方标准 明年4月1日起实施--中国能源新闻网. (2023, October 26). https://www.cpnn.com.cn/news/dfny/202310/t20231026_1645368.html?utm_source=chatgpt.com
- 北京在全国率先建立VOCs监测体系 走航监测紧盯VOCs排放. 京报网. (2021, July 27). <https://news.bjd.com.cn/2021/07/27/137491t100.html>
- 关于《北京市大气污染防治条例》实施情况的报告(书面). 关于《北京市大气污染防治条例》实施情况的报告(书面)_专项工作报告_北京市人民代表大会常务委员会. 北京市人大常委会门户网站. (2015, May 8). https://www.bjrd.gov.cn/zyfb/zd gz/jdzh/jdgs/zxgzbg/202012/t20201222_2179303.html
- 北京市人民政府关于印发《北京市"十三五"时期环境保护和生态建设规划》的通知. 北京市人民政府门户网站. (2016, December 28). https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj2016/szfwj/201905/t20190522_60069.html
- 北京市人民政府办公厅关于印发《北京市新污染物治理工作方案》的通知. 北京市人民政府办公厅关于印发《北京市新污染物治理工作方案》的通知_市级_首都之窗_北京市人民政府门户网站. 北京市人民政府办公厅. (2023, May 13). https://www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/sj/202305/t20230516_3104666.html
- 北京市产业地图. 北京市发展和改革委员会. (n.d.). <https://project.fgw.beijing.gov.cn/zt/2024/cydt/>
- 北京市大气污染治理工作再升级 从"一微克"到"0.1微克". 北京市大气污染治理工作再升级 从"一微克"到"0.1微克"_地方动态_中国政府网. (2025, February 5). https://www.gov.cn/lianbo/difang/202502/content_7005604.htm
- 北京市环境保护局. (2015, May 13). 炼油与石油化学工业大气污染物排放标准 (DB11/ 447—2015). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/1712886/2022083011191571530.pdf>
- 北京市环境保护局关于印发"十二五"期间本市重点监控企业更新名单的通知. 北京市环境保护局. (2013, April 12). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/hbjfw/2015zq/604910/index.html>
- 本市印发《北京市2013-2017年清洁空气行动计划》. 北京市生态环境局. (2013, September 13). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzwg/wrygl/603133/index.html>
- 北京:技术手段实现对施工工地扬尘问题24小时监控. 北京:技术手段实现对施工工地扬尘问题24小时监控_滚动新闻_中国政府网. (2018, February 8). https://www.gov.cn/xinwen/2018-02/08/content_5265047.htm
- 印刷业挥发性有机物排放标准 (DB11/ 1201—2015). 北京市生态环境局官网. (2015a, May 13). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2018/11/2018111914535245887.pdf>
- 印刷工业大气污染物排放标准 (DB11/ 1201—2023). 北京市生态环境局官网. (2024b, April 24). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/326102048/2023050614153738651.pdf>
- 工业涂装工序大气污染物排放标准 (DB11/ 1226—2015). 北京市生态环境局官网. (2015b, August 18). https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/bjhrb_810265/511791/2019122314522344719.pdf
- 建设项目环境影响评价技术指南汽车维修 (DB11/T 2058—2022). 北京市生态环境局官网. (2022, December 17). <https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/326012321/2023010417304330548.pdf>
- 智慧监管助力北京朝阳区汽修行业VOCs污染精细化治理. 中国环境网. (2024, October 26). <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1171549>

- 有机化学品制造业大气污染物排放标准(DB11/447-2015). 北京市生态环境局官网. (2017, January 10).
- 汽车维修业大气污染物排放标准(DB11/ 1228—2025). (2025, April 21).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/743603058/2025070312055938898.pdf>
- 汽车维修业污染防治技术规范(DB11/T 1426—2017). (2017, June 29).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2017/08/2017080917475992038.pdf>
- 沥青混合料搅拌站绿色生产技术要求 and 评价方法(DB11/T 2424—2025).北京市生态环境局官网. (2025, June 24).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/743686045/2025070816293618669.pdf>
- 油罐车油气排放控制和限值(DB11/ 207—2023). 北京市生态环境局官网. (2023c, October 10).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/436248931/2023110613051216464.pdf>
- 清洁生产评价指标体系汽车零部件及配件制造业(DB11/T 2346-2024). 地方标准 - 全国标准信息公共服务平台. (2024, December 25).
<https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed-CNF?id=2ADDC47F79EEC7FAE06397BE0A0A3075>
- “煤改电”取暖设备更新可获补贴.“煤改电”取暖设备更新可获补贴_信息提示_首都之窗_北京市人民政府门户网站. (2014, November 11). https://www.beijing.gov.cn/fuwu/bmfw/sy/jrts/202411/t20241111_3937265.html
- 关于印发《京津冀及周边地区2017-2018年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》的通知.环境保护部. (2017, August 17).
https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201708/t20170824_420330.htm
- 美丽中国先锋榜(26) | 综合施策全面治理坚决打赢首都蓝天保卫战--北京2013-2018年大气污染治理历程. 生态环境部. (2019, September 24).
https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/201909/t20190924_735251_wh.html
- 餐饮业大气污染物排放标准(DB11/1488—2018). 北京市生态环境局官网. (2018, January 8).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2018/01/2018012214300944367.pdf>
- 我市修订发布地方标准《汽车制造业大气污染物排放标准》(DB11/ 1227-2023). 北京市生态环境局官网. (2023, May 6).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/326102034/index.html>
- 《汽车制造业大气污染物排放标准》(DB11/ 1227-2023). (2023, April 24).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgnr2/zcfb/dfbz87/326102034/2023050614134147748.pdf>
- 木质家具制造业大气污染物排放标准(DB11/ 1202-2015).北京市生态环境局官网. (2015, May 13).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2018/11/2018111914541740414.pdf>
- 建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机化合物含量限值标准(DB11 1983-2022). 北京市生态环境局官网. (2022, April 1).
<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/325751774/2022040808433325803.pdf>
- 北京市沥青混合料绿色评价技术指南(BJJT/0066--2022). 北京市交通委员会官网. (2022, December 6).
<https://jtw.beijing.gov.cn/xxgk/tzgg/202212/P020221228527804802309.pdf>

ICLEI Local Governments for Sustainability

在联合国支持下成立的宜可城—地方可持续发展协会 (ICLEI—Local Governments for Sustainability, 简称“宜可城”), 是由全球超过2,500个地方和区域政府共同组成的合作网络, 旨在推动城市可持续发展。宜可城的会员城市遍布125多个国家, 积极倡议制定可持续相关政策, 并在地方层级推动迈向低碳、基于自然、公平、韧性和循环的发展行动。

东亚秘书处

03188 韩国首尔市钟路38号首尔国际中心 14 层

电话: +82-2-3789-0498

传真: +82-2-3789-0497

北京代表处

100080 中国北京市海淀区海淀大街38号银科大厦810室

