党春阁,郭亚静,周长波,等. 家具制造业 VOCs 全过程整治提升方案设计[J]. 环境工程技术学报,2021,11(3):530-536.
DANG C G, GUO Y J, ZHOU C B, et al. Design of VOCs whole-process improvement plan of furniture manufacturing industry [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021, 11(3): 530-536.

家具制造业 VOCs 全过程整治提升方案设计

党春阁,郭亚静*,周长波,林雨琛

国家环境保护生态工业重点实验室,中国环境科学研究院

摘要 家具制造业是我国 VOCs 污染防治的重点行业,企业污染防治水平普遍偏低,绿色升级改造需求迫切。由于缺乏行业全过程整治提升技术指导文件,如清洁生产评价指标体系、污染防治可行技术指南等,当前我国家具制造业环保整治提升呈现出很大程度的无序性,造成了人力、财力的浪费,且难以达到良好的整治提升效果。秉承清洁生产理念和依法科学精准治污原则,从源头削减(原辅材料替代)、过程控制、污染物收集、污染物治理、环境管理 5 个方面对家具制造业进行了 VOCs 过程整治提升方案设计,形成了清单式的技术指导文件,并提出促进家具制造业全过程整治提升的若干建议,以期为家具制造业的 VOCs 污染防控能力提升和环境管理部门监管执法提供技术指导。

关键词 挥发性有机物(VOCs);全过程整治提升;家具制造业;清洁生产;污染防治
中图分类号:X324 **文章编号**:1674-991X(2021)03-0530-07 **doi**:10.12153/j.issn.1674-991X.20200191

Design of VOCs whole-process improvement plan of furniture manufacturing industry

DANG Chunge, GUO Yajing*, ZHOU Changbo, LIN Yuchen

State Environmental Protection Key Laboratory of Eco-Industry, Chinese Research Academy of Environmental Sciences

Abstract Furniture manufacturing is a key industry for VOCs control in China. The industry's pollution prevention and control level is generally low, and the need for green upgrading is urgent. Due to the lack of technical guidance for the whole-process improvement, such as cleaner production evaluation index system and guidelines on available techniques of pollution prevention and control, current improvement activities of furniture manufacturing enterprises show a certain degree of disorder. This has resulted in a waste of human and financial resources and difficult to achieve good improvement effect. Adhering to the concept of cleaner production and the principle of scientific and accurate pollution control in accordance with the law, a whole-process improvement plan for furniture manufacturing industry was designed from five aspects, i. e. raw and auxiliary material substitution, process control, pollutants collection, pollutants treatment, and environmental management, the technical guidance documents in list type were formed. At last, several suggestions to promote the whole-process improvement of furniture manufacturing industry were put forward, so as to provide technical guidance for the improvement of enterprises' pollution prevention and control capacity and the supervision and enforcement of environmental management departments.

Key words VOCs; whole process improvement; furniture manufacturing; cleaner production; pollution prevention and control

家具制造业是我国重要的民生产业,在满足消费需求、充分吸纳就业、助推脱贫攻坚等方面发挥了重要作用。该行业也是典型的涉挥发性有机物(VOCs)排放行业,在《重点行业挥发性有机物综合治理方案》《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》等 VOCs 专项管理文件中均将其列为重点管控行业[1]。VOCs 对于臭氧(O_3)和二次有机气溶胶(SOA)的形成具有明显的贡献[2-3],因此,控制家具制造业的 VOCs 排放对于改善区域复合型大气污染具有重要意义。针对家具制造业的生产全过程产排

收稿日期:2020-08-03
基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0213700)
作者简介:党春阁(1984—),男,工程师,硕士,主要从事清洁生产政策与技术研究,dangcg@craes.org.cn
*通信作者:郭亚静(1988—),女,工程师,硕士,主要从事清洁生产政策与技术研究,guoyj@craes.org.cn

污特征,运用清洁生产理念,从源头削减(原辅材料替代)、过程控制、污染物收集、污染物治理、环境管理 5 个方面研究行业 VOCs 全过程整治提升方案设计,指导企业开展全过程整治提升,改变当前管理粗放、污染防治水平低的局面,对实现家具制造业的绿色化和清洁化发展将起到至关重要的作用。

1　我国家具制造业发展现状

家具制造业具有劳动力密集、入行门槛低的特点,且我国尚未出台关于该行业的产业准入和落后产能调整政策,造成了当前企业数量多、以小微型企业为主、行业集中度低的局面。2018 年,我国家具制造业企业约有 5 万家,其中规模以下约 4.37 万家,占比高达 87.4%,也不乏家庭经营式的小企业。

行业发展规模方面,2018 年我国家具制造业产量为 75 778.6 万件,主营业务收入达 7 081.7 亿元,同比增长 4.5%;行业利润总额达到 425.9 亿元,同比增长 4.3%;出口额达 537 亿美元,同比增长 7.6%。企业数量方面,2015—2018 年,我国规模以上家具制造企业数量呈逐年增加的态势,行业发展规模总体向好(表 1)。

表 1　2015—2018 年规模以上各类型家具制造企业数量

Table 1　Number of various types of furniture enterprises above designated size in 2015-2018　　家

企业类型	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
木质家具制造企业	3 431	3 606	3 931	4 156
金属家具制造企业	931	951	998	1 025
塑料家具制造企业	92	94	91	94
竹、藤家具制造企业	88	104	114	113
其他家具制造企业	748	806	866	912
总计	5 290	5 561	6 000	6 300

2　家具制造业污染防治存在的主要问题

2.1　VOCs 排放量大,二次污染物生成潜势高

研究表明,2016 年木器涂装的 VOCs 排放量占工业涂装总 VOCs 排放量的 12%,高于钢结构生产和汽车整车制造等,是占比最高的行业[4]。溶剂型木器涂料中,苯、甲苯、二甲苯等芳香烃类化合物及丙酮等含氧 VOCs 占比较高[5-9],光化学反应活性较强,O_3生成潜势(OFP)和二次有机气溶胶生成潜势(SOAFP)高[10-13]。除排放气态污染物之外,部分人工喷漆房采用的水帘吸收装置定期产生废水,该废水中含有的大量漆物颗粒经沉淀后形成含 VOCs 的漆渣。生产过程和末端治理过程还会产生废胶水桶/罐、油漆桶/罐、废活性炭、废过滤棉等危险废物,这些物质中含有半挥发性有机物(SVOCs)或 VOCs,也会造成潜在的 VOCs 排放。

2.2　国家行业排放标准缺失,地方标准初步建立

我国尚未出台国家层面的家具制造业大气污染物排放标准。GB 37822—2019《挥发性有机物无组织排放控制标准》的发布为家具制造业 VOCs 无组织排放和管控提供了依据,但目前该行业 VOCs 有组织排放和粉尘排放仍鲜有兼具时效性和针对性的国家标准。广东、北京等 10 个省(市)已出台了该行业相关地方排放标准(表 2),其余省份企业废气排放目前执行的是 GB 16297—1996《大气污染物排放标准》,而该标准已发布 20 余年,与当前污染治理水平及国家环境管理和环境空气质量改善需求有较大的差距,且缺乏行业针对性。

表 2　我国已出台的家具制造业大气污染物排放标准汇总

Table 2　Summary of air pollutant emission standards for furniture manufacturing industry in China

省(市)	标准名称	编号	实施时间
广东省	家具制造行业挥发性有机化合物排放标准	DB 44/814—2010	2010-11-01
天津市	工业企业挥发性有机物排放控制标准	DB 12/524—2014	2014-08-01
北京市	木质家具制造业大气污染物排放标准	DB 11/1202—2015	2015-07-01
河北省	工业企业挥发性有机物排放控制标准	DB 13/2322—2016	2016-02-24
江苏省	表面涂装(家具制造工业)挥发性有机物排放标准	DB 32/3152—2016	2017-02-01
陕西省	陕西省挥发性有机物排放控制标准	DB 61/T 1061—2017	2017-02-10
重庆市	家具制造业大气污染物排放标准	DB 50/757—2017	2017-06-01
上海市	家具制造业大气污染物排放标准	DB 31/1059—2017	2017-07-01
四川省	固定污染源大气挥发性有机物排放标准	DB 51/2377—2017	2017-08-01
山东省	挥发性有机物排放标准 第 3 部分:家具制造业	DB 37/2801.3—2017	2017-09-03

2.3 污染防治水平低,面临整治提升的迫切需求

我国家具制造业以小微企业为主,工艺相对落后,污染防控水平普遍偏低,主要表现为:1)溶剂型涂料和溶剂型胶黏剂的替代使用率低,其中低 VOCs 含量涂料的使用率不足 20%,低于欧美发达国家 40%~60%的水平;2)广泛存在含 VOCs 原辅材料贮存使用操作不当、集气(尘)罩和管道的布局或风速设计不合理等问题,致使废气收集率低,VOCs 无组织排放问题突出;3)广泛使用低温等离子、光催化、光氧化等低效技术,且部分企业存在治理设施规模与生产规模不匹配、污染治理设施运行管理不够规范等问题,导致污染治理效能普遍偏低。在打赢污染防治攻坚战的紧迫形势下,开展环保整治提升,实现绿色升级,是家具制造业的迫切需求。

2.4 技术指导不足,整治提升效果欠佳

家具制造企业 VOCs 排放点位分散,涉及涂料、稀释剂、固化剂、胶黏剂等多种原辅材料及调漆、供漆、喷涂、施胶、干燥等多个工序。因此,家具制造业 VOCs 污染防治需要全面加强过程管控,实施精细化管理。但当前家具制造业缺乏具有操作性的全过程整治提升技术指导文件,如清洁生产评价指标体系、污染防治可行技术指南等,加之家具制造小微企业的环保专业能力有限,致使企业整治提升改造呈现无序状态,效果欠佳。

3 家具制造业全过程整治提升方案设计

3.1 研究方法与方案设计思路

家具制造业全过程整治提升方案的研究和设计秉承清洁生产理念,通过资料收集调研、现场排查诊断、关键点位检测等,厘清家具制造业主要 VOCs 产排环节(图 1);通过对标分析和专家研讨等,针对 VOCs 产排环节,提出具有行业特色的清单式全过程整治提升要求,以期为企业编制切实可行的深度治理方案("一厂一策")和管理部门科学施策提供参考。

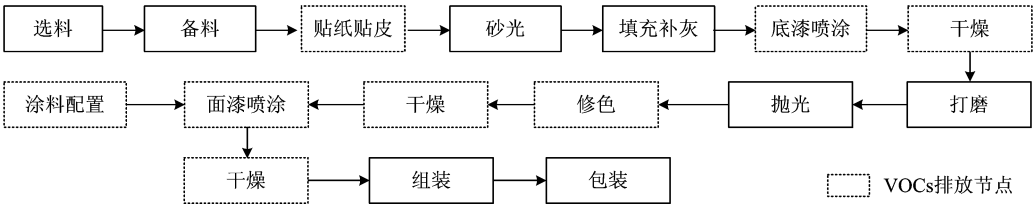


图 1 典型木质家具制造工艺流程及 VOCs 排放节点

Fig. 1 Typical wooden furniture manufacturing process flow chart and VOCs emission nodes

3.2 方案设计具体内容

3.2.1 源头削减

溶剂型涂料排放的总 VOCs 平均浓度为 7.6 mg/m^3,远高于水性涂料的 2.6 mg/m^3[13]。溶剂型涂料中芳香烃类物质排放浓度也高于水性涂料,导致溶剂型涂料排放 VOCs 的 OFP 是水性涂料的 3 倍多,SOAFP 则为 4 倍[14-15]。水性胶黏剂固体含量高,不含或极少含 VOCs。因此,推广使用水性涂料、高固体含量涂料、粉末涂料、紫外光固化涂料、水性胶黏剂、无溶剂型胶黏剂等低 VOCs含量涂料原辅材料,从工艺的源头减少 VOCs 输入,对减少家具制造业 VOCs 排放和降低二次污染具有重要意义。家具制造业源头污染控制关键要求如表 3 所示。

3.2.2 过程控制

规范含 VOCs 原辅材料的储存、原料调配和转运、供料和使用及回收,同时规范人工涂装操作条件(喷枪压力、喷枪距离),推行密闭化生产。推广使用先进的生产设备和技术(如采用密闭型成套生产装置),推广自动连续化喷涂设备,提高涂料利用效率,降低废气收集和处理负荷;鼓励企业采用辊涂、静电喷涂、高压无气喷涂、空气辅助无气喷涂、热喷涂等效率较高、VOCs 排放量少的涂装工艺。家具制造业过程控制关键要求如表 4 所示。

3.2.3 大气污染物收集系统

原辅材料 VOCs 占比≥10%的生产工艺装置或区域应进行 VOCs 收集,包括涂胶黏合废气、涂料调配废气、涂装废气和干燥(含烘干、晾干、风干)等。VOCs 收集系统排风罩(集气罩)的设置应符合GB/T 16758—2008《排风罩的分类及技术条件》的规定,尽量靠近污染物排放点,合理控制风速,确保废气收集效率。基材加工等产生粉尘的工位,应在粉尘逸出部位设置吸尘罩等控制措施,合理确定系统风量、风速和其他技术参数,保证除尘系统能有效地发挥作用。家具制造业大气污染物收集关键要求如表 5 所示。

表 3　源头削减关键要求

Table 3　Key requirements for source control

项目	要求
水性涂料/UV 涂料	对标 HJ 2537—2014《环境标志产品技术要求 水性涂料》 VOCs 含量:清漆≤80 g/L,色漆≤80 g/L,腻子≤10 g/kg,紫外光固化涂料≤100 g/L
溶剂型涂料	对标 HJ 2547—2016《环境标志产品技术要求 家具》 VOCs 含量:聚氨酯类涂料面漆≤600 g/L,底漆≤570 g/L,硝基类涂料≤650 g/L,醇酸类涂料≤450 g/L
水性胶黏剂或无溶剂型胶黏剂	软体家具制造须采用水性胶黏剂或无溶剂型胶黏剂。对标 HJ 2541—2016《环境标志产品技术要求 胶黏剂》中水基胶黏剂的规定,VOCs 含量≤100 g/L
粉末涂料	金属家具涂装应采用粉末涂料(不含溶剂的 100% 固体)

表 4　过程控制关键要求

Table 4　Key requirements for process control

内容	要求
涂装操作	规范人工涂装操作条件,喷涂时喷枪压力 0.2 ~ 0.3 MPa,喷枪距离 15 ~ 20 cm
停机使用	喷漆机和喷枪在停机状态及时清洗,清理后注入稀料,维持 0.1 ~ 0.2 MPa 的泵压;清洗应有专用设施,并具备 VOCs 的回收能力
含 VOCs 原辅材料贮存	所有有机溶剂及含有机溶剂的原辅料(涂料、稀释剂、固化剂、胶黏剂和清洗剂等)应密封储存并建立完整的购买使用记录
含 VOCs 原辅材料调配转运	设置独立的密闭车间,转运过程应采用密闭盛装容器;涂料使用前后必须及时封闭容器口(包括空的容器),防止溢散
含 VOCs 原辅材料使用	不敞开式涂装作业,不露天和敞开式晾(风)干;使用集中供料系统或采用密闭的泵送供料系统
含 VOCs 原辅材料回收	设置密闭物料回收系统,淋涂作业采取有效收集滴落料措施;生产过程及生产间歇均保持盛放含 VOCs 原辅材料的罐密封
工艺技术	推荐采用辊涂、静电喷涂、高压无气喷涂、空气辅助无气喷涂、热喷涂等涂装工艺

表 5　大气污染物收集关键要求

Table 5　Key requirements for air pollutant collection

内容	要求
锯、刨、铣、磨床等	木工车间产生粉尘的工段在粉尘逸出部位设置吸尘罩等控制措施。除尘系统的管道风速应不低于 20 m/s
调漆、调胶、涂装、施胶、流平、干燥、注塑等	VOCs 占比≥10% 的含 VOCs 原辅材料的使用过程采用密闭设备(含往复式喷涂箱)或在密闭空间内操作;使用溶剂型涂料、胶黏剂的喷漆房和喷胶车间应进行密封,VOCs 废气的捕集效率需结合车间大小,收集设施的风量、速率进行设置,不应低于 95%;调漆车间和烘(晾)干车间应密闭后收集废气,涂装和上光工序优先选择全密闭方式收集废气,或采用半密闭方式进行收集;塑料家具注塑工序要在生产线上工艺温度最高的地方安装通风控制系统,进行 VOCs 有组织收集;粉末喷涂过程中产生的颗粒物需采用负压收集,并配以离心旋风布袋过滤;金属家具焊接工序要安装通风控制系统,对焊接烟尘和 VOCs 进行收集后有组织排放
打磨台	打磨作业设置具有通风除尘效果的打磨台;干法打磨台(室)不应采取下送上排的通风除尘方式,打磨位置不固定时应采用移动式除尘装置
集/排气罩	废气收集系统采用全密闭集气罩或密闭空间,保持微负压状态,并保证在其中作业人员的新鲜空气供应量不少于每人 30 m^3/h;废气收集系统排风罩(集气罩)的设置应符合 GB/T 16758—2008 规定;采用外部排风罩的,按 GB/T 16758—2008、AQ/T 4274—2016《局部排风设施控制风速检测与评价技术规范》测量控制风速,测量点应选取在距排风罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置,控制风速应不低于 0.3 m/s
漆雾捕集	干式漆雾捕集装置需根据涂装量和过滤器前后压差经常清理和更换过滤材料;针对湿式漆雾捕集装置废气预处理过程中产生的废水,应记录好处置方式和处置去处,漆渣统一收集交有资质处理公司处理

3.2.4 大气污染物治理系统

家具制造企业 VOCs 治理应采取分类要求的原则。企业采用符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的涂料(水性漆、紫外光固化涂料、粉末涂料)和胶黏剂(水性胶黏剂、无溶剂型胶黏剂),且收集的废气中非甲烷总烃初始排放速率低于 2 kg/h 时,在废气集中收集、除尘后,若排放浓度稳定达标且排放速率、排放绩效等满足相关规定的,相应生产工序可不要求建设 VOCs 末端治理设施,但应增加 VOCs 在线监控预警系统。

对于不满足上述要求的企业,喷漆废气治理时,应首先设置有效的漆雾预处理装置,可采用干式过滤高效除漆雾、湿式水帘 + 多级过滤除湿、静电漆雾捕集等先进除漆雾装置。预处理后的有机废气,浓度低于 200 mg/m^3 的,推荐采用活性炭吸附 + 定期脱附再生方式处理;浓度高于 200 mg/m^3 的,推荐采用吸附 + 催化燃烧处理[16]。采用吸附处理工艺的,应满足 HJ 2026—2013《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》要求;采用催化燃烧工艺的,应满足 HJ 2027—2013《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》要求。家具制造业大气污染物治理关键要求如表 6 所示。

3.2.5 环境管理

家具制造企业的环境管理要求主要包括档案资料规范化、落实监测监控制度、VOCs 监控预警、分表计电、非正常工况申报等。家具制造业环境管理关键要求如表 7 所示。

表 6 大气污染物治理关键要求

Table 6 Key requirements for air pollutant control

内容	要求
鼓励集中建设和利用	推进家具制造业集聚发展,集中建设和利用高效生产设施和污染治理设施及区域性活性炭集中再生基地
污染防治设施运行记录	安装大气污染物污染处理设施的企业应做如下记录,并至少保持 3 年。记录包括但不限于以下内容:1)催化焚烧装置。催化剂种类、用量及更换日期,催化床出口温度,设计空速,运行维护记录等。2)水帘吸收装置。水帘水更换时间和频率,更换水的处理、水处置去向,运行维护记录。3)其他污染控制设备。主要操作参数及运行维护事项
VOCs 治理设施	生产过程产生的 VOCs 废气应根据废气产生量、污染物成分特征、风量和排放条件(温度、湿度、压力和颗粒物)等因素综合分析后合理选择适宜的处理技术及设备。实行排放浓度与去除率双重控制,治理设施去除率应不低于 80%,并不产生臭氧等二次污染
除尘器	除尘器在日常使用过程中,应 2 周进行 1 次检查和清灰,以保证除尘器的正常运转和使用,任何时候粉尘沉积厚度均不应超过 3.2 mm。对处理能力大于 8 640 m^3/h 的除尘系统,应从材料的入口端至除尘器的管路配备火花探测器、水雾灭火喷嘴和高速截止阀装置

表 7 环境管理关键要求

Table 7 Key requirements for environmental management

内容	要求
台账资料	对污染防治设施运行、维护台账及含有机溶剂原辅料的消耗台账(包括使用量、废弃量、去向以及 VOCs 含量)等进行规范化管理
监测	污染防治设施废气进口和废气排气筒应设置永久性采样口,安装符合标准要求的气体参数测量和采样的固定位装置;企业每年至少开展 1 次 VOCs 废气处理设施监测(进、出口监测和厂界无组织排放浓度监测);鼓励企业配备便携式 VOCs 监测仪器和热球风速仪等测量设备
VOCs 监控预警	对于符合规定并申请在废气集中收集、除尘后,不建设或不运行 VOCs 末端治理设施的企业,应增加 VOCs 监控预警系统
分表计电	对于使用溶剂型涂料企业和有木工车间的企业,应将喷涂工序污染治理装置和木工车间中央集尘装置与其他工序严格分开计电
非正常工况申报	出现项目停产、废气处理设施停运、突发环保事故等情况时,企业向当地生态环境部门进行报告并备案

4 促进家具制造业全过程整治提升的建议

4.1 健全家具制造业污染防治技术标准体系

一是制定发布《家具制造业大气污染物排放标准》,明确行业需控制的污染物和排放限值、VOCs 控制指标及监测方法要求等,以完善的标准倒逼行业提升;二是尽快制定发布《家具制造业清洁生产评价指标体系》《家具制造业污染防治可行技术指

南》等技术支撑文件,为企业绿色发展提供技术支撑;三是制定发布《家具制造业大气污染治理工程技术规范》,促进行业大气污染治理的精细化和规范化。建议采取团体标准起步、国家标准同时推进的方式开展上述标准和技术文件的制定工作,以实现尽快完善家具制造业污染防治技术标准体系的目标。

4.2　在产业集中地区推广行业和企业全过程环境整治提升

一是选择一批产业特色鲜明、整治提升需求迫切的地区开展家具制造业全过程整治提升试点示范,鼓励各地方结合区域产业水平和子行业特色,编制具有区域特色的家具制造业全过程整治提升方案。加强国家层面的指导和服务,指导地方政府和管理部门推进家具制造业集聚发展,集中建设和利用高效生产设施及污染治理设施[16]。二是组织开展企业专项帮扶工作,指导企业对照行业全过程整治提升方案开展"一厂一策"全过程深度治理方案制定和落实,切实提升家具制造企业,尤其是小微家具制造企业的绿色发展水平。三是在试点地区开展污染物减排绩效追踪评估,用以进一步修订完善家具制造业全过程整治提升方案,同时树立标杆企业,制定鼓励政策,在重点区域停产限产错峰生产豁免、绿色金融、环保贷、政府采购和招标等方面给予优先支持,充分发挥引领产业升级的功效。

4.3　推进污染防治差别化管控政策落地

《重点行业挥发性有机物综合治理方案》和《关于加强重污染天气应对夯实应急减排措施的指导意见》中已出台相关政策,对采用低 VOCs 含量涂料的家具制造企业在 VOCs 收集、治理及重污染应急响应等方面给予差别化管控。后续,建议加快出台相关政策的操作细则,加强对地方管理部门和企业的宣贯解读,确保政策有效落地,进一步提升家具制造企业进行全过程环境整治提升的积极性。

5　结语

(1)结合家具制造业 VOCs 产排特征,基于清洁生产理念,设计提出了家具制造业全过程整治提升方案。方案覆盖了家具制造业生产全过程,在源头削减、过程控制、污染物收集与治理以及环境管理几方面分别进行了规范设计,该方案弥补了当前家具制造业环境整治提升技术指导文件不足的问题,可有效支撑家具制造企业 VOCs 污染防控能力提升和环境管理部门监管执法。

(2)为促进家具制造业全过程整治提升,从健全家具制造业污染防治技术标准体系,在产业集中地区推广行业和企业全过程环境整治提升和推进污染防治差别化管控政策落地等角度提出了若干建议。

参考文献

[1] 张嘉妮,曾春玲,刘锐源,等. 家具企业挥发性有机物排放特征及其环境影响[J]. 环境科学,2019,40(12):5240-5249.
ZHANG J N, ZENG C L, LIU R Y, et al. Volatile organic compound emission characteristics of furniture manufacturing enterprises and the influence on the atmospheric environment [J]. Environmental Science, 2019, 40(12): 5240-5249.

[2] 宁淼,孙亚梅. "十三五"挥发性有机物污染防治的思路与途径[J]. 世界环境,2016(6):27-29.
NING M, SUN Y M. Thoughts and ways to prevent VOCs pollution in the 13th Five Year Plan period [J]. World Environment, 2016(6): 27-29.

[3] 邹佳乐,林尧林,杨薇. 中国近年 $PM_{2.5}$ 污染研究进展[J]. 环境污染与防治,2019,41(3):357-361.
ZOU J L, LIN Y L, YANG W. Advances on $PM_{2.5}$ pollution research in China in recent years[J]. Environmental Pollution & Control, 2019, 41(3): 357-361.

[4] 宁淼,刘伟,刘桐珅. 工业涂装 VOCs 排放管控途径研究[J]. 环境保护,2017,45(15):54-56.
NING M, LIU W, LIU T K. Study on VOCs emission control ways of industrial coatings [J]. Environmental Protection, 2017, 45(15): 54-56.

[5] 薛鹏丽,孙晓峰,邵霞,等. 北京市家具制造业涂料应用过程挥发性有机物排放现状及未来趋势[J]. 环境污染与防治,2019,41(2):236-239.
XUE P L, SUN X F, SHAO X, et al. Estimation and forecast of volatile organic compounds emitted from paint uses in Beijing furniture industry[J]. Environmental Pollution & Control, 2019, 41(2): 236-239.

[6] 王迪,赵文娟,张玮琦,等. 溶剂使用源挥发性有机物排放特征与污染控制对策[J]. 环境科学研究,2019,32(10):1687-1695.
WANG D, ZHAO W J, ZHANG W Q, et al. Emission profile and control countermeasures of volatile organic compounds in solvent-using source[J]. Research of Environmental Sciences, 2019, 32(10): 1687-1695.

[7] 周子航,邓也,周小玲,等. 成都市工业挥发性有机物排源成分谱[J/OL]. 环境科学[2020-02-25]. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.201912203.

[8] 徐晨曦,陈军辉,韩丽,等. 四川省典型行业挥发性有机物源成分谱[J/OL]. 环境科学[2020-02-25]. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.201911118.

[9] 齐一谨,倪经纬,赵东旭,等. 郑州市典型工业企业 VOCs 排放特征及风险评估[J/OL]. 环境科学[2020-02-25]. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.201911106.

[10] 张新民,赵文娟,孟凡. 基于 OFP 的大气挥发性有机物污染

源分级控制解析[J]. 环境保护,2017,45(13):22-25.
ZHANG X M, ZHAO W J, MENG F. Study on classification control of atmospheric volatile organic compounds emission pollution sources based on OFP[J]. Environmental Protection, 2017,45(13):22-25.

[11] 方莉,刘文文,陈丹妮,等. 北京市典型溶剂使用行业 VOCs 成分谱[J]. 环境科学,2019,40(10):4395-4403.
FANG L,LIU W W,CHEN D N,et al. Source profiles of volatile organic compounds (VOCs) from typical solvent-based industries in Beijing [J]. Environmental Science, 2019, 40 (10): 4395-4403.

[12] 包亦姝,王斌,邓也,等. 成都市典型有机溶剂使用行业 VOCs 组成成分谱及臭氧生成潜势研究[J]. 环境科学学报,2020,40(1):76-82.
BAO Y S, WANG B, DENG Y, et al. Source profiles and ozone formation potential of VOCs emitted from typical industries using organic solvents in Chengdu[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2020,40(1):76-82.

[13] 马荣真,莫梓伟. 家具涂料的挥发性有机物排放特征及致癌风险估算[J]. 环境污染与防治,2015,37(9):71-75.
MA R Z, MO Z W. Characteristics and carcinogenic risk of volatile organic compounds emitted from furniture paints [J]. Environmental Pollution & Control,2015,37(9):71-75.

[14] 佟瑞鹏,张磊,杨校毅,等. 家具制造过程中 VOCs 的来源分析及环境健康风险评价[J]. 环境科学, 2018, 39 (2): 672-683.
TONG R P, ZHANG L, YANG X Y, et al. Source analysis and environmental health risk assessment of VOCs in furniture manufacturing[J]. Environmental Science,2018,39(2):672-683.

[15] 尹基宇. 木质家具环境影响评价中 VOCs 源强的确定与典型污染治理措施分析[J]. 环境与发展,2019,31(7):30-31.
YIN J Y. Determination of VOCs source strength and analysis of typical pollution control measures in environmental impact assessment of wood furniture[J]. Environment and Development, 2019,31(7):30-31.

[16] 赵冬利. 挥发性有机物污染治理对策研究[J]. 山西化工, 2019,39(4):141-143.
ZHAO D L. Research on control measures of volatile organic compounds pollution [J]. Shanxi Chemical Industry, 2019, 39 (4):141-143. ⊗

欢迎订阅2021年《环境工程技术学报》

《环境工程技术学报》是由中华人民共和国生态环境部主管,中国环境科学研究院主办的综合性学术期刊,2015 年起收录为“中国科技核心期刊”(中国科技论文统计源期刊)。主要刊载国内外环境工程技术领域的最新研究成果,报道环境工程及环保实用技术应用的典型案例,关注环保产业政策和行业动态,以及环境工程新技术、新成果的转化应用。本刊主要面向环境、生态、管理工程技术学领域的科研人员、技术研发人员、各级环保管理人员、环保企业经营者与生产者以及相关专业大专院校师生。

《环境工程技术学报》为双月刊,大 16 开,单月 20 日出版。每期定价 80 元,全年 480 元。欢迎国内读者到当地邮局订阅,邮发代号:2-620;中国国际图书贸易总公司承担本刊国外发行,发行代号:6338BM。如有漏订可直接与编辑部联系。

编辑部地址:北京市朝阳区安外大羊坊 8 号 中国环境科学研究院
邮 政 编 码:100012
电 话 / 传 真:010-84915126
网　　址:www. hjgcjsxb. org. cn
电 子 邮 箱:hjgcjsxb@ vip. 163. com