

方知库
Eco-Environmental
Knowledge Web

环境科学

ENVIRONMENTAL SCIENCE

ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

HUANJING KEXUE

■ 主办 中国科学院生态环境研究中心

■ 出版 科学出版社



2019

Vol.40 No.8

第40卷 第8期

目次

2016年京津冀地区红色预警时段PM _{2.5} 污染特征与浓度控制效果	张冲, 郎建奎, 程水源, 王晓琦 (3397)
北京地区秋冬季大气污染特征及成因分析	徐冉, 张恒德, 杨孝文, 程水源, 张天航, 江琪 (3405)
合肥市PM _{2.5} 和PM ₁₀ 中元素组成特征及重污染成因分析	刘可可, 张红, 刘桂建 (3415)
濮阳市秋冬季大气细颗粒物污染特征及来源解析	陈楚, 王体健, 李源昊, 马红磊, 陈璞琰, 王德羿, 张元勋, 乔琦, 李光明, 王文红 (3421)
关中地区细颗粒物碳组分特征及来源解析	康宝荣, 刘立忠, 刘煥武, 李养养, 艾双双, 曹宁, 雷颖 (3431)
长春季细颗粒物中有机气溶胶组成特征及来源	吴瑕, 曹芳, 翟晓瑶, 范美益, 张世春, 章炎麟 (3438)
中国城市扩张及空间特征变化对PM _{2.5} 污染的影响	王桂林, 张炜 (3447)
不同湿法脱硫工艺对燃煤电厂PM _{2.5} 排放的影响	邓建国, 马子珍, 李振, 段雷, 蒋靖坤 (3457)
浙江省合成革行业挥发性有机物污染特征及排放系数	徐佳琦, 王浙明, 宋爽, 徐志荣, 姚轶 (3463)
生活垃圾填埋场细菌气溶胶粒径分布及种群特征	马嘉伟, 杨凯雄, 柴风光, 王莹, 郭雪松, 李琳 (3470)
青岛近海生物气溶胶中总微生物的分布特征	官静, 祁建华, 李鸿涛 (3477)
广州饮用水水源地多环芳烃分布、来源及人体健康风险评价	宋玉梅, 王畅, 刘爽, 潘佳钊, 郭鹏然 (3489)
截污调水后滇池表层沉积物中16种PAHs的分布特征	胡昕怡, 高冰丽, 陈坦, 王洪涛, 金军, 饶竹, 朱雪芹, 王雪郡, 魏抱楷, 战楠, 刘彦廷, 戚敏 (3501)
黄河三角洲石油开采区盐渍化农田土壤多环芳烃的分布特征与源解析	邱慧, 刘月仙, 解小凡, 张萌, 王伟 (3509)
风场对太湖梅梁湾水华及营养盐空间分布的影响	余茂蕾, 洪国喜, 朱广伟, 权秋梅, 许海, 朱梦圆, 丁文浩, 李未, 吴挺峰 (3519)
向家坝水库营养盐时空分布特征及滞留效应	王耀耀, 吕林鹏, 纪道斌, 方海涛, 朱晓声, 张庆文, 霍静, 何金艳 (3530)
外源输入对底泥疏浚新生表层磷恢复及迁移的影响	李鑫, 耿雪, 王洪伟, 龚琬晴, 文帅龙, 钟继承, 李大鹏 (3539)
新疆喀什三角洲地下水SO ₄ ²⁻ 化学特征及来源	魏兴, 周金龙, 乃尉华, 曾妍妍, 范薇, 李斌 (3550)
黄土区洛川塬地下水化学特征及影响因素分析	李洲, 李晨曦, 华琨, 李志 (3559)
北京市河流秋季浮游动物群落特征分析	王海邻, 刘玉飞, 任玉芬, 贺玉晓, 王思琪, 张红星, 王效科, 李紫鑫 (3568)
三峡水库干流底栖硅藻群落组成及其与环境因子的关系	刘黎, 贺新宇, 付君珂, 杨燕君, 米文梅, 施军琼, 吴忠兴 (3577)
渭河流域水体细菌群落的环境响应及生态功能预测	万甜, 何梦夏, 任杰辉, 闫幸幸, 程文 (3588)
汾河下游水体nirS型反硝化细菌群落组成与无机氮关系	汪银龙, 冯民权, 董向前 (3596)
饮用水快速砂滤池优势微生物群落的代谢功能解析	胡万超, 赵琛, 王巧娟, 刘锐平, 柏耀辉 (3604)
基于污水厂污泥资源化利用的粗放型绿色屋顶水质控制效果	彭航宇, 李田, 齐悦, 何云鹏, 黄楚玉, 张卓然 (3612)
植被对绿色屋顶径流量和水质影响	章孙逊, 张守红, 张英, 吴思婷 (3618)
光催化/活性炭/纳滤组合工艺处理二级出水及对膜污染的控制	范科文, 李星, 杨艳玲, 周志伟 (3626)
多种材料对水中氨氮的吸附特性	焦巨龙, 杨苏文, 谢宇, 金位栋, 闫玉红, 徐彬 (3633)
不同氨氮浓度对4株常见藻株生长及酶活性的影响	常婷, 许智慧, 程鹏飞, 徐继林, 周成旭 (3642)
3种基质材料对高浓度养殖废水处理效果及降解过程	刘铭羽, 夏梦华, 李远航, 陈坤, 赵聪芳, 李希, 李裕元, 吴金水 (3650)
铝污泥酸化提取液改性沸石的除磷特性及机制	韩芸, 胡玉洁, 连洁, 杨思哲, 齐泽宁 (3660)
缺氧MBBR耦合部分厌氧氨氧化强化城市生活污水深度脱氮	杨岚, 彭永臻, 李健伟, 高锐涛, 王茗, 李夕耀 (3668)
连续流系统中好氧段及沉淀段对污泥及其缺氧段脱氮能力的影响	薛欢婷, 袁林江, 刘小博, 孙恒锐 (3675)
FeS自养反硝化与厌氧氨氧化的耦合脱氮机制	马景德, 潘建新, 李泽敏, 王一显, 吴海珍, 韦朝海 (3683)
ANAMMOX体系中氨与硫酸盐的同步转化条件	董石语, 毕贞, 张文静, 黄勇 (3691)
全国城市污水处理厂中微生物群落的溯源分析	张冰, 吴林蔚, 文湘华 (3699)
不同溶解氧浓度下硝化工艺中微生物种群结构对比	刘文如, 顾广发, 宋小康, 杨殿海 (3706)
异养硝化细菌Acinetobacter junii NP1的同步脱氮除磷特性及动力学分析	杨奎, 陈宁, 任勇翔, 崔坤, 汪旭晖, 肖倩, 郭淋凯 (3713)
Type 0092丝状菌污泥微膨胀在短程硝化中的实现	高春娣, 安冉, 韩徽, 张娜, 任浩, 赵楠, 焦二龙, 彭永臻 (3722)
高盐高碱环境下硝化反硝化过程及N ₂ O产生特征	代伟, 赵剑强, 丁家志, 刘双 (3730)
生物炭对盐碱土壤氨挥发的影响	王一字, 王圣森, 戴九兰 (3738)
两种土壤增效剂对稻田氨挥发排放的影响	周玉玲, 侯朋福, 李刚华, 王绍华, 杨林章, 薛利红, 丁艳锋 (3746)
承德市滦河流域土壤重金属地球化学基线厘定及其累积特征	孙厚云, 卫晓峰, 甘凤伟, 王恒, 何泽新, 贾凤超, 张竞 (3753)
厦门某旱地土壤垂直剖面中重金属迁移规律及来源解析	张炜华, 于瑞莲, 杨玉杰, 胡恭任, 崔建勇, 颜妍, 黄华斌 (3764)
宝鸡市区土壤重金属污染影响因子探测及其源解析	张军, 董洁, 梁青芳, 杨宁宁, 耿雅妮 (3774)
铁铈氧化物对土壤As(V)和P的稳定化效果	林龙勇, 阎秀兰, 杨硕 (3785)
铁锰氧化物在不同水分条件下对土壤As的稳定化作用	周海燕, 邓一荣, 林龙勇, 曹梦华, 钟立荣 (3792)
生物质炭对双季稻水稻土微生物生物量碳、氮及可溶性有机碳氮的影响	刘杰云, 邱虎森, 汤宏, 沈健林, 吴金水 (3799)
有机物料对紫色土微生物量碳、氮及氮素供应的影响	汪月, 张名豪, 赵秀兰 (3808)
土地利用方式对土壤团聚体稳定性和有机碳含量的影响	罗晓虹, 王子芳, 陆畅, 黄容, 王富华, 高明 (3816)
宁南山区退耕还林还草对土壤氮素组成及其转化酶活的影响	高涵, 肖礼, 牛丹, 倪银霞, 黄懿梅 (3825)
不同浸提剂条件下生物炭吸附性有机物的浸出规律	何品晶, 张昊昊, 仇俊杰, 邵立明, 吕凡 (3833)
基于成组生物毒性测试的PM _{2.5} 毒性	江晓栋, 薛银刚, 魏永, 许霞, 刘菲, 薛柯, 施昕澜, 顾铭 (3840)
《环境科学》征订启事 (3587)	
《环境科学》征稿简则 (3595)	
信息 (3611, 3705, 3745)	

浙江省合成革行业挥发性有机物污染特征及排放系数

徐佳琦¹, 王浙明², 宋爽¹, 徐志荣^{2*}, 姚轶²

(1. 浙江工业大学环境学院, 杭州 310014; 2. 浙江省环境保护科学设计研究院, 杭州 310007)

摘要:以2015年浙江省175家合成革企业调研数据为基础,分析当前浙江省合成革行业挥发性有机物(VOCs)污染治理情况,通过研究筛选出161家重点企业,分析合成革行业污染基本排放特征并计算其VOCs排放系数。结果表明,绝大部分企业对废气采取治理措施,但聚氨酯(PU)后处理工艺没有废气收集和处理设施;绝大部分企业使用的是溶剂型原辅材料,废气中VOCs的主要污染因子为二甲基甲酰胺(DMF)、甲苯、乙酸甲酯、丙酮、乙酸乙酯和丁酮等物质;全省合成革行业的VOCs排放系数均值为 $0.168 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。其中聚氨酯平均排放系数 $0.170 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,聚氯乙烯(PVC)排放系数为 $0.142 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$;聚氨酯湿法工艺排放系数均值为 $0.191 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,聚氨酯干法工艺VOCs排放系数均值为 $0.179 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,聚氨酯后处理工艺VOCs排放系数均值为 $0.120 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

关键词:合成革;挥发性有机物(VOCs);排放系数;排放特征;物料衡算

中图分类号:X511 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2019)08-3463-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.201812214

Pollution Characteristics and Emission Coefficients for Volatile Organic Compounds from the Synthetic Leather Industry in Zhejiang Province

XU Jia-qi¹, WANG Zhe-ming², SONG Shuang¹, XU Zhi-rong^{2*}, YAO Yi²

(1. College of Environment, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China; 2. Zhejiang Province Academy of Environmental Science, Hangzhou 310007, China)

Abstract: Based on the survey of 175 synthetic leather enterprises in Zhejiang Province, China, in 2014, this paper analyzes the control of volatile organic compounds (VOCs) and, ultimately, screened 161 key enterprises for further research. The results showed that most enterprises take measures to control waste gas; however, there is a distinct problem with the efficiency of exhaust gas collection. The industry used Solvent-based materials. The main VOC pollutants were DMF, toluene, methyl acetate, acetone, ethylacetate, and butanone. The VOC emission coefficient of the synthetic leather industry in Zhejiang was $0.168 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. The industry includes polyurethane and polyvinyl chloride processes, for which VOC emission coefficients were $0.170 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ and $0.142 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, respectively. In addition, the emission coefficient of polyurethane wet processes was $0.191 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ and that of dry processes was $0.179 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. The emission coefficient for VOCs in post-treatment processes was $0.120 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Key words: synthetic leather; volatile organic compounds (VOCs); emission coefficient; emission characteristics; material balance

合成革行业是浙江省东南沿海地区主导行业之一^[1],其最早起源于温州,之后,部分企业转移至丽水经济开发区,并迅速发展成国内产业链最完整、产业聚集度最高的合成革产业园区之一。浙江省合成革企业规模较小但数量庞大,是浙江省13个重点VOCs排放行业之一^[2],其VOCs的排放总量不可忽视^[3]。

合成革在涂布、烘干等生产工序中挥发的VOCs以DMF为主,它是需要优先控制的4种化合物之一^[4],DMF会对人体产生健康危害^[5~8],如肝中毒和生殖系统癌症等。VOCs在生产过程中会大量挥发至空气中,在合成革工业集中的部分地区,如温州、丽水等地造成了周围空气质量下降,严重影响了当地人群的身体健康^[9,10]。

浙江省虽已开展合成革行业VOCs污染整治,但对合成革行业VOCs排放系数的研究仍然缺乏。本文研究了浙江省合成革行业VOCs排放特征并计算了相关排放系数,以期对浙江省合成革相关工作

提供依据。

1 合成革行业概况

聚氨酯合成革生产工艺主要流程一般包含3个部分^[11,12]:①用湿法工艺将PU树脂浆料生产成半成品(称为“贝斯”);②干法工艺,一般是离型纸法,将基布/半成品与制成的涂粘接层贴合的过程;③为后处理,通过表面涂饰、印刷、磨皮、压花、揉纹、喷涂等过程改变产品的外观和物理性质。相关生产工艺流程如图1~3所示。

湿法生产工艺主要污染物包括:配料桶重复使用时的清洗废水,蒸馏回收时产生的废水,凝固槽、水洗槽的生产废水和清洗水,冷却系统外排

收稿日期:2018-12-28;修订日期:2019-03-14

基金项目:浙江省化纤行业大气污染物排放标准前期研究(2016A020);2018年度标准实施绩效评估项目(ZJ-187659)

作者简介:徐佳琦(1993~),女,硕士研究生,主要研究方向为环境政策与标准, E-mail:2532580121@qq.com

* 通信作者, E-mail:zhirong.x@gmail.com

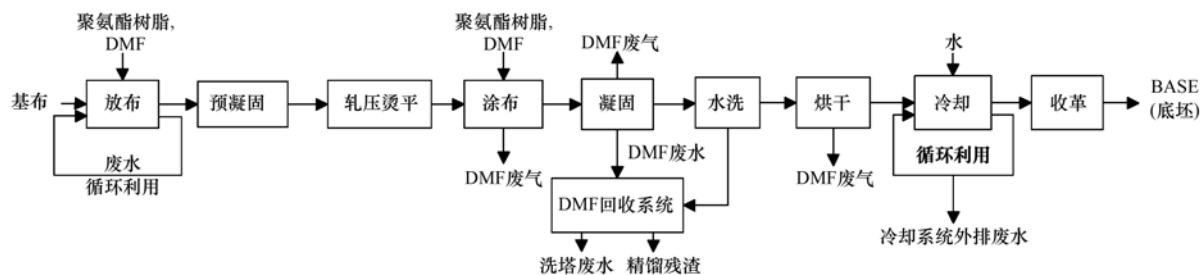


图1 湿法生产工艺及产污环节

Fig. 1 Process of wet part and pollution production

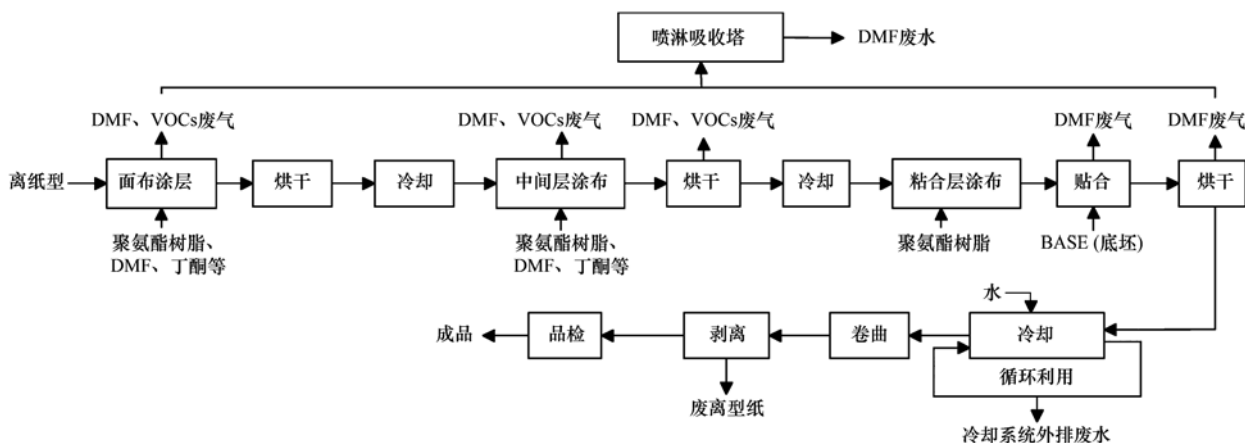


图2 干法生产工艺及产污环节

Fig. 2 Process of dry part and pollution production

水;湿法配料、涂布、凝固、烘干等过程产生的 VOCs 废气,以 DMF 为主;生产过程中产生的原辅材料外包装和原料桶等固体废物。

干法过程主要污染物包括配料桶重复使用时的清洗废水,喷淋吸收塔产生的废水,冷却系统外排废水;干法配料、涂布、烘干和贴合过程中产生的废气;生产过程中产生的原辅材料外包装和废弃离型纸等固体废物。

后处理生产工艺如图 3 所示:后处理工序中包括印刷、喷涂、烫平等工序,采用的 PU 树脂含有 DMF 等有机物易挥发,但根据现场调查,企业一般不对这些工序挥发的有机溶剂做收集处理,造成 VOCs 废气无组织排放。

PVC 人造革分为顶层、中层和底层 3 层,其中顶层和底层为 PU 革,其生产工艺同干湿法生产工艺,如图 4 所示,中层为 PVC 革。PVC 革生产工艺首先在配料间将 PVC 树脂、DOP 树脂增塑剂(油状)、碳酸钙粉、发泡剂及一些其他助剂通过一定的比例搅拌均匀,以离型纸为载体,将已配置好的 PVC 树脂均匀涂刮在离型纸上(一般涂刮两次),随后进入烘箱,经发泡、蒸发、塑化得到 PVC 皮膜,然后将与已通过预处理的基布进行复合,再通过烘箱进一步塑化,与离型纸分离,形成人造革制品。最终经过压花、印刷等后处理工艺,得到成品

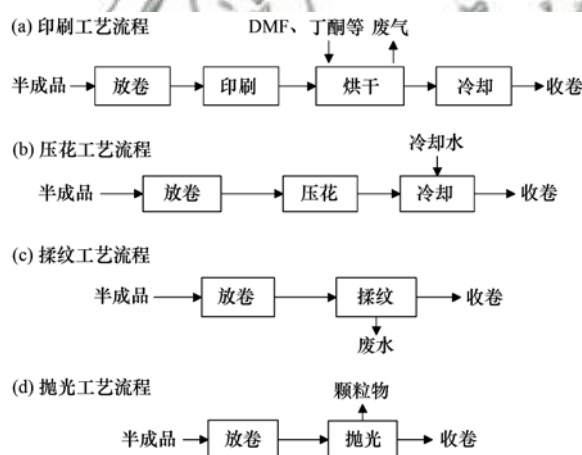


图3 后处理生产工艺及产污环节

Fig. 3 Post processing and pollution production

PVC 革。

2 研究对象与数据来源

根据浙江省 2015 年重点行业 VOCs 企业调查结果,本文对 175 家合成革企业 2014 年的生产情况、原辅材料用量及溶剂组分、废气治理情况进行统计分析。其中超细纤维合成革企业数量少,不具备统计意义,故共筛选出 161 家重点企业,其中聚氨酯企业 145 家,聚氯乙烯企业 16 家,以此分析浙江省合成革行业 VOCs 污染特征,并初步核算浙江省合成革行业中聚氨酯和聚氯乙烯生产的 VOCs

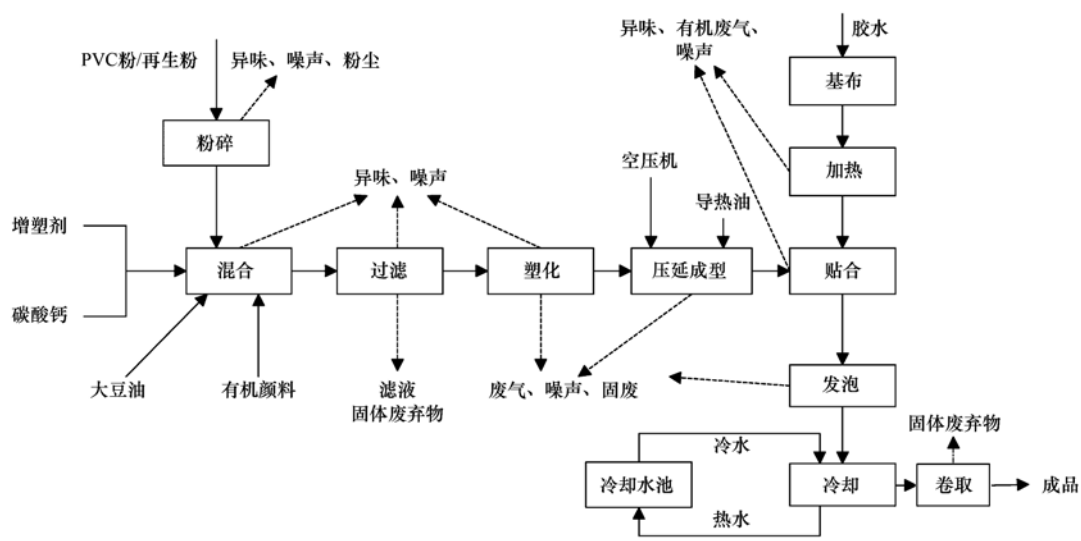


图 4 PVC 生产工艺及产污环节
Fig. 4 Process and pollution production of PVC

排放系数.

3 结果与讨论

3.1 浙江省合成革行业 VOCs 治理现状

浙江省合成革行业 161 家重点企业 VOCs 治理情况如图 5 所示. 企业的治理措施主要是以水喷淋洗涤-吸收法为主^[13], 占 53.42%, 因 DMF 易与水互溶, 该法可以很好吸收 DMF, 处理形成的 DMF 液体可浓缩后作原料回用, 但是甲苯几乎不溶于水, 去除率很低, 需要采用其他方法治理. 使用静电回收和活性炭吸附企业数量相近, 分别为 5.59% 和 4.97%, 其中活性炭虽然初期投入较低, 但后期更换和处理废活性炭的成本很高, 且企业存在监管不到位等情况, 使得活性炭吸附性能降低^[14, 15]. 有 4.34% 企业采取了燃烧 + 光催化、光催化、精馏回收等处理技术. 9.32% 的企业无任何收集治理设施, VOCs 废气直接排放到环境中, 造成无组织排放. 此外还存在收集不到位产生的无组织排放的现象.

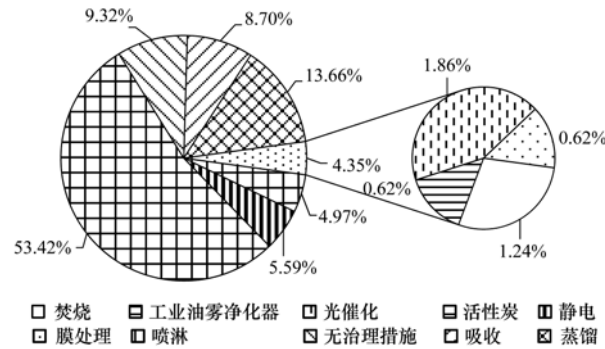


图 5 浙江省合成革行业 VOCs 治理情况
Fig. 5 Status of VOCs treatment in the synthetic leather industry in Zhejiang Province

3.2 浙江省合成革行业 VOCs 排放特征

合成革生产过程中用到的各类不同的树脂、稀释剂和处理剂会产生 VOCs 污染. 企业和工艺的不同使得 VOCs 的含量差别很大. 原辅材料中不同的 VOCs 含量所占质量分数情况如图 6 所示.

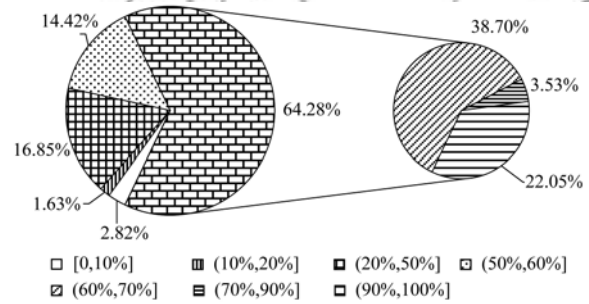


图 6 浙江省合成革行业原辅材料 VOCs 所占质量分数
Fig. 6 Raw materials VOCs in the synthetic leather industry in Zhejiang Province

VOCs 含量低于 10% 的原辅材料用量占有 VOCs 总量的 2.82%, 主要原因一是部分原辅材料使用了水性树脂. 二是部分企业生产的是 PVC 产品, 其原辅材料中 VOCs 含量较低; VOCs 含量在 10% ~ 60% 之间的原辅材料质量分数约为 30%, 这部分原辅料主要是助剂和处理剂; VOCs 含量在 60% ~ 70% 之间的原辅料质量分数近 65%, 主要是树脂; 有 22% 的原辅材料 VOCs 含量高于 90%, 这部分以稀释剂为主, 稀释剂的挥发性有机物含量几乎为 100%.

另外, 除了各种木质粉、轻钙、重钙、树脂等无机化合物和不挥发或难挥发的有机物外, 原辅材料中仍包含了酰胺类、烯烃类、醛类、酮类、醇类和苯系物等为主的 23 种 VOCs, 详见表 1.

表 1 合成革企业原辅材料中所含 VOCs 成分统计

Table 1 Statistics for VOCs contained in the raw materials used by synthetic leather enterprises

类型	物质名称
烯烃类	1, 3-丁二烯
醛类	甲缩醛
酸类	丙烯酸、乙酸
酮类	丁酮 (MEK)
酯类	乙酸甲酯、脂肪酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丁酯 (BAC)、碳酸二甲酯 (DMC)、甲酸甲酯
醇类	辛醇、异丙醇、异辛醇、乙二醇、丁醇、乙醇、甲醇、丙二醇
苯系物	甲苯、二甲苯、苯乙烯
酰胺类	二甲基甲酰胺 (DMF)

图 7 为上述 VOCs 在生产过程中使用量的占比,依次为 DMF、甲苯、乙酸甲酯、丙酮、乙酸乙

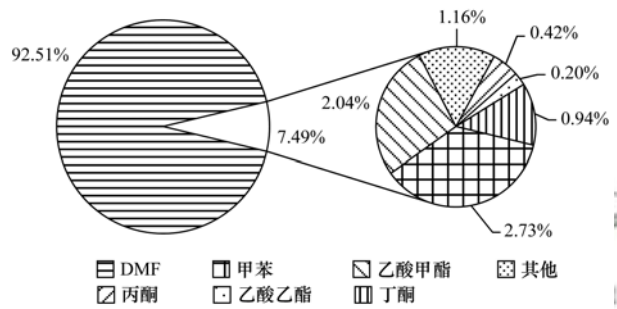


图 7 浙江省合成革行业原辅料占比

Fig. 7 Raw materials used by the synthetic leather industry in Zhejiang Province

表 2 主要 VOCs 基本性质¹⁾

Table 2 Basic properties of major VOCs

序号	名称	CAS	基本性质	IARC	MIR	POCP	毒性级别
1	DMF	68-12-2	透明液体, 易燃, 易溶于水	2A 类	/	易挥发	低毒性
2	甲苯	108-88-3	无色透明液体, 有苯样气味, 易燃, 不溶于水	3 类	4.00	易挥发	低毒性
3	乙酸甲酯	79-20-9	无色透明液体, 具有香味, 易燃, 微溶于水	/	0.072	易挥发	低毒性
4	丙酮	67-64-1	无色透明液体, 有芳香气味, 易燃, 易溶于水	/	0.36	易挥发	低毒性
5	乙酸乙酯	141-78-6	无色澄清粘稠状液体, 易燃, 溶于水	/	0.072	易挥发	低毒性
6	丁酮	78-93-3	无色液体, 易燃, 溶于水	/	/	易挥发	低毒性

1) IARC:国际癌症研究中心; 2A 类:很可能对人体致癌; 3 类:对人类致癌性尚未归类的物质或混合物; MIR:各种 VOCs 物种的最大反应增量 (maximum incremental reactivity), 用于表达单位质量每种 VOCs 生成 O₃ 的潜力

3.3 合成革行业 VOCs 排放系数

根据 VOCs 排放量与总输入量、处理削减量和产品残留量之间的质量守恒关系, 建立物料平衡关系式^[16~20], 计算如公式(1)和(2)所示:

$$D = G - R - C \quad (1)$$

$$G = \sum m_i \times \omega_i \quad (2)$$

式中, D 为 VOCs 的排放量 (kg); G 为 VOCs 的总输入量 (kg); m_i 为合成革生产原辅材料 (树脂、稀释剂、处理剂等) 的总用量 (kg); ω_i 为树脂、稀释剂、处理剂中的 VOCs 质量分数 (%); R 为 VOCs 的处

酯和丁酮. 其中 DMF 的使用量高达 92.51%.

统计各类物质在原辅材料中出现频次的占比得到图 8, 在这 23 种 VOCs 中, 主要是以 DMF、乙酸甲酯、丁酮、甲苯、丙酮、乙酸丁酯和乙酸乙酯这 7 种物质为主, 出现频次占总数 ($N = 573$) 的 90.75%; 其中 DMF 的出现频次要远高于其他几种物质, 为 53.93%, 乙酸甲酯、丁酮、甲苯和丙酮分别占 10.99%、9.08%、6.98% 和 5.06%, 乙酸丁酯和乙酸乙酯占比约为 2.62% 和 2.09%.

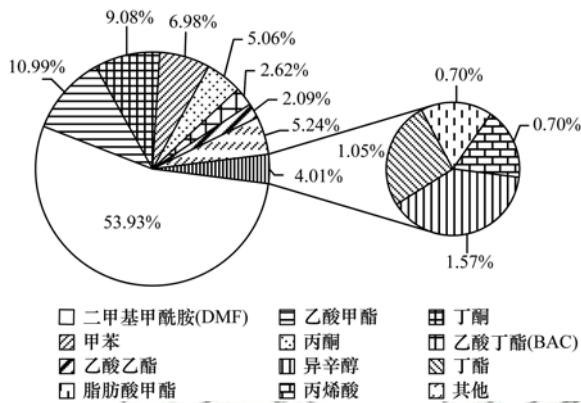


图 8 浙江省合成革行业原辅料出现频次

Fig. 8 Main pollutants of the synthetic leather industry in Zhejiang Province

整理归纳上述毒害性较大或者使用频次高、用量大的 VOCs 的基本性质, 按毒性级别由高到低列于表 2.

理量 (kg), 即: $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$, 其中 R_1 是合成革聚氨酯湿法工艺处理量, R_2 是合成革聚氨酯干法工艺处理量, R_3 是合成革聚氨酯后处理工艺处理量, R_4 是合成革聚氯乙烯工艺处理量; C 是产品中 VOCs 的残留量 (kg), 根据文献 [21] 中的规定, 合成革产品中 $VOCs \leq 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (大部分残留在产品中的 VOCs 慢慢挥发至大气中, 因此 $C = 0$).

一般企业对废气都会采取治理措施, 故计算 VOCs 处理量时需考虑废气的收集效率及处理设施的去除效率, 如公式(3)所示.

$$R = G \times \theta \varphi \quad (3)$$

式中, θ 为废气收集效率(%), φ 为废气治理设施对废气的去除效率(%). 根据合成革行业整治规范, 结合实际企业收集装置, 将收集率 θ 设为 50%^[22]. 企业治理设施以喷淋-吸收, 蒸馏回收利用为主, 一般设治理设施对 VOCs 的处理效率 φ 为 80%^[23].

但是甲苯和 DMF 的去除率相差较大, 所以对处理量 R 单独计算: ①甲苯溶解度大约为 $0.048 \text{ g} \cdot (100 \text{ mL})^{-1}$, 极微溶于水, 故甲苯可看作完全排放, $\varphi = 0\%$. ②DMF 易溶于水, DMF 吸收率比较高, 一般超过 95%, 废气 DMF 作全部吸收处理, $\varphi = 100\%$.

根据现场调研, 合成革企业聚氨酯后处理工艺的废气收集和治理设施无效, 故在计算后处理的 VOCs 排放系数时作 $\theta\varphi = 0$.

考虑合成革企业调查数据中用合成革长度 L 代表产量, 合成革产品幅宽主要为 1.4 m 和 1.6 m, 均一性较好, 目前浙江企业生产成品宽幅主要为 1.4 m, 故统一幅宽 1.4 m, 以面积 S 表示企业生产水平, 用单位面积的 VOCs 排放量计算排放系数 f ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 计算公式如下.

$$S = 1.4 \times L \quad (4)$$

$$f = G/S \quad (5)$$

根据公式, 结合相关调查数据, 可初步获得浙江合成革与人造革行业 VOCs 排放系数以及主要产品聚氨酯和聚氯乙烯的 VOCs 排放系数如图 9 所示. 同时, 在对不同生产工艺分析的基础上, 分别初步确定了聚氨酯湿法生产工艺、干法生产工艺和后处理工艺的 VOCs 排放系数如图 10 所示.

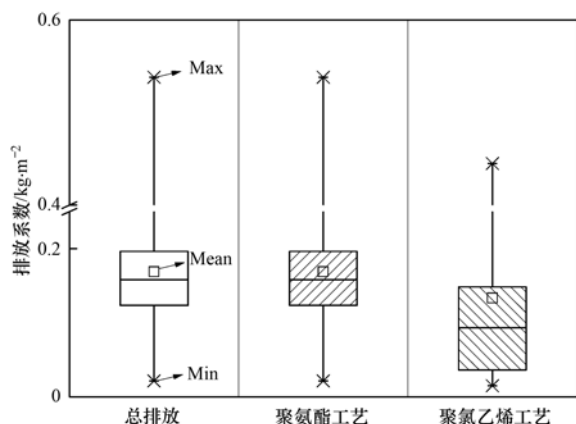


图 9 浙江省合成革与人造革行业排放系数

Fig. 9 Emission factors for the synthetic leather industry in Zhejiang Province

由图 9 可知, 161 家浙江省合成革企业 VOCs 排放系数在 $0.0149 \sim 0.538 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 均值为 $0.168 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. 生产聚氨酯 PU 的企业平均排放系数为 $0.170 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 生产 PVC 的企业排放系数相比较

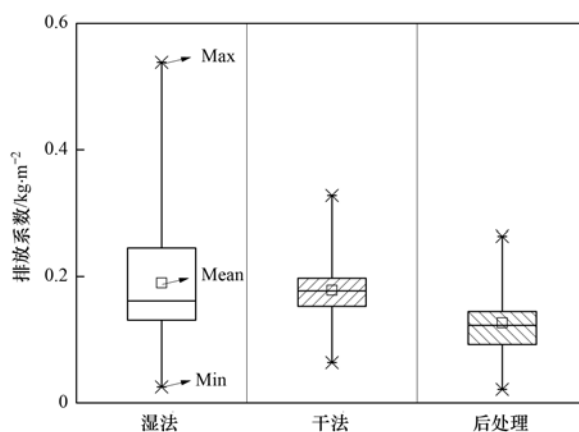


图 10 聚氨酯各生产工艺排放系数

Fig. 10 Emission factors for the polyurethane production process

低, 为 $0.142 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. 这是因为大部分 PVC 企业在胶化、混炼、压延成型和发泡全过程中对废气进行很好地收集, 并且后续采用有效的静电处理, 使其 VOCs 排放量减少.

由图 10 可知, 聚氨酯湿法工艺 VOCs 排放系数均值为 $0.191 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最高为 $0.327 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最低为 $0.0253 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. 干法工艺 VOCs 排放系数均值为 $0.179 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最高为 $0.328 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最低为 $0.0619 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. 后处理工艺 VOCs 排放系数均值为 $0.120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最高为 $0.263 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 最低为 $0.0214 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. 由图 9、图 10 可知, 聚氨酯干法和湿法工艺排放系数相差不大, 这是因为两者的收集设施和处理设施效果类似, 虽然后处理工艺无收集处理设施, 基本以无组织形式排放, 但是后处理所用的原辅料中 VOCs 总量不大, 所以总体后处理的排放系数小于干法和湿法工艺.

合成革与人造革 VOCs 排放系数推荐值^[24] 为 $0.182 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 与根据实际调查数据所计算得到的 VOCs 排放系数 $0.168 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 基本符合.

3.4 合成革行业 VOCs 排放总量

根据合成革产品厚度标准^[25]: 一类 $\geq 1.10 \text{ mm}$; 二类 $\geq 1.40 \text{ mm}$; 三类 $\geq 1.45 \text{ mm}$, 另外表观密度 $\leq 0.65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. 结合浙江省合成革企业实际情况, 将厚度 (H) 定为 1.5 mm , 表观密度为 $0.65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

2014 年浙江省塑料人造革、合成革产量 147.10 万 t ^[26], 结合调查数据, 聚氨酯湿法、聚氨酯干法、聚氨酯后处理和聚氯乙烯生产产量占比约为 35%、38%、20% 和 6%, 则各工艺对应产量分别为 51.5、55.9、29 和 8.8 万 t. 结合式 (6) 计算各工艺对应生产面积 S .

$$S = \frac{V}{H} = \frac{m}{\rho \times H} \quad (6)$$

式中, ρ 为合成革密度($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), m 为合成革产量(kg), H 为合成革厚度(m), 根据式(6)可得, 2014 年浙江省各工艺对应生产面积 S 分别为 52.82×10^7 、 57.33×10^7 、 29.74×10^7 和 $9.03 \times 10^7 \text{ m}^2$, 结合各工艺排放系数可得 PU 湿法, 干法, 后处理和 PVC 的 VOCs 排放总量分别为 10.09、10.26、3.57 和 1.28 万 t。浙江省合成革行业 VOCs 排放总量约为 25.20 万 t。

根据浙江省工业源 VOCs 排放源清单数据, 2015 年浙江省 VOCs 排放总量为 87.1 万 t, 其中合成革 VOCs 占了 13.4%, 约为 11.444 万 t, 低于实际 VOCs 排放总量 25.20 万 t。

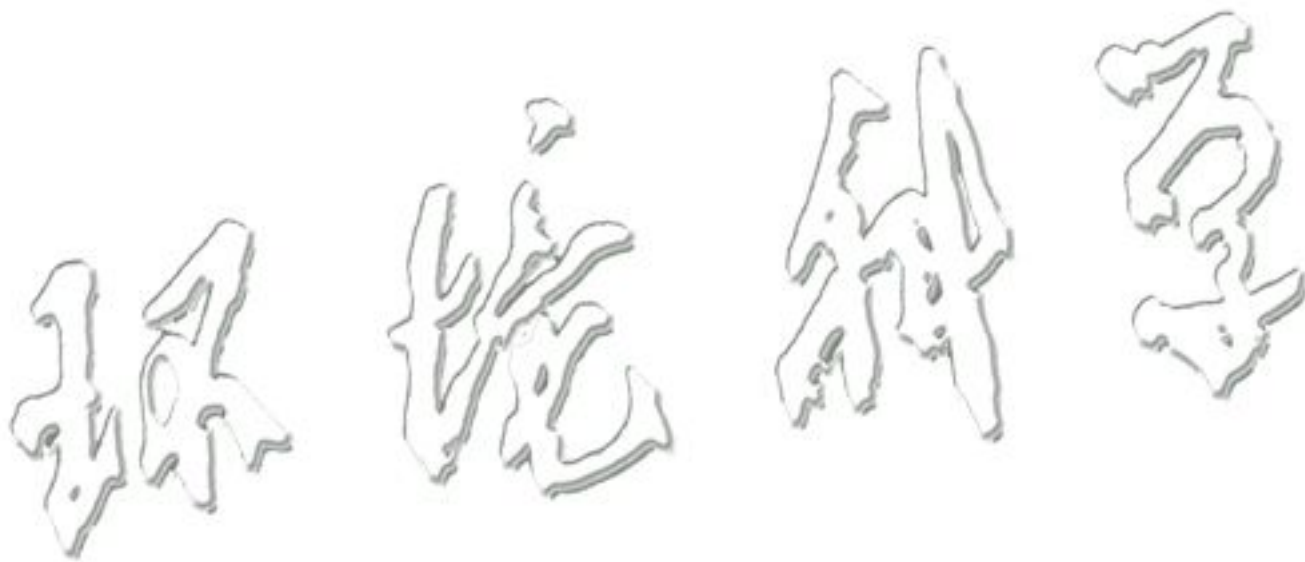
4 结论

目前浙江省合成革行业原辅材料以溶剂性为主, 建议提高水性树脂使用率; 合成革行业 VOCs 的主要污染因子为 DMF、乙酸甲酯、丁酮、甲苯、丙酮、乙酸丁酯和乙酸乙酯这 7 种物质; 浙江合成革行业的 VOCs 排放系数均值为 $0.168 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 聚氨酯 PU 的企业平均排放系数 $0.170 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 其中湿法工艺、干法工艺和后处理工艺排放系数分别为 $0.191 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $0.179 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $0.120 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 而 PVC 的企业排放系数为 $0.142 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; 合成革行业 VOCs 排放总量约为 25.20 万 t。

参考文献:

- [1] 陈金胜. RCO 工艺开发及其对合成革行业 VOCs 废气处理工程示范[D]. 杭州: 浙江大学, 2017. 5-6.
Chen J S. The development of regenerative catalytic combustion technology and its treatment of VOCs from synthetic leather industry[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017. 5-6.
- [2] 浙江省环境保护厅. 关于印发《浙江省挥发性有机物污染整治方案》的通知(浙环发〔2013〕54号)[EB/OL]. http://www.zjepb.gov.cn/hbtmhzw/sylm/zxdt/201311/t20131108_312206.html, 2013-11-04.
- [3] 周华芬. 浙江某地区合成革行业 DMF 污染监测、评估及综合整治措施的研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2011. 18-29.
Zhou H F. The study of DMF pollution monitoring and assessment and comprehensive renovation of synthetic leather industries of some region in Zhejiang[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2011. 18-29.
- [4] Moorman W J, Ahlers H W, Chapin R E, et al. Prioritization of NTP reproductive toxicants for field studies[J]. Reproductive Toxicology, 2000, 14(4): 293-301.
- [5] 李陆明, 王明龙, 孙晓楼, 等. 二甲基甲酰胺作业工人肝肾损害和尿中甲基甲酰胺含量的关系[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2004, 22(4): 270-271.
Li L M, Wang M L, Sun X L, et al. Study on the relationship between the level of urinary monomethylformamide and the injury of liver and kidney in workers exposed to dimethylformamide[J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2004, 22(4): 270-271.
- [6] 夏玉婷, 陈晓东, 王彩生, 等. 二甲基甲酰胺毒性的研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2011, 28(9): 842-845.
Xia Y T, Chen X D, Wang C S, et al. Toxicity of N, N-dimethylformamide: a review of recent studies[J]. Journal of Environment and Health, 2011, 28(9): 842-845.
- [7] Senoh H, Aiso S, Arito H, et al. Carcinogenicity and chronic toxicity after inhalation exposure of rats and mice to N, N-dimethylformamide[J]. Journal of Occupational Health, 2004, 46(6): 429-439.
- [8] 童智敏, 丁晓飞, 施健, 等. 江苏省昆山市二甲基甲酰胺职业危害现状调查[J]. 环境与职业医学, 2014, 31(8): 621-623.
Tong Z M, Ding X F, Shi J, et al. Cross-sectional survey on dimethylformamide occupational hazards in Kunshan city[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2014, 31(8): 621-623.
- [9] Boeglin M L, Wessels D, Henshel D. An investigation of the relationship between air emissions of volatile organic compounds and the incidence of cancer in Indiana counties[J]. Environmental Research, 2006, 100(2): 242-254.
- [10] Bo Y, Cai H, Xie S D. Spatial and temporal variation of historical anthropogenic NMVOCs emission inventories in China[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2008, 8(23): 7297-7316.
- [11] 江英英, 孙铭, 吴亮. 聚氨酯合成革工艺过程及环境影响分析[J]. 广东化工, 2011, 38(7): 252-253, 226.
Jiang Y Y, Sun M, Wu L. Environmental impacts of polyurethane synthetic leather production process[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(7): 252-253, 226.
- [12] GB 21902-2008, 合成革与人造革工业污染物排放标准[S].
- [13] 栾志强, 郝郑平, 王喜芹. 工业固定源 VOCs 治理技术分析评估[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3476-3486.
Luan Z Q, Hao Z P, Wang X Q. Evaluation of treatment technology of volatile organic compounds for fixed industrial resources[J]. Environmental Science, 2011, 32(12): 3476-3486.
- [14] 高宗江, 李成, 郑君瑜, 等. 工业源 VOCs 治理技术效果实测评估[J]. 环境科学研究, 2015, 28(6): 994-1000.
Gao Z J, Li C, Zheng J Y, et al. Evaluation of industrial VOCs treatment techniques by field measurement[J]. Research of Environmental Sciences, 2015, 28(6): 994-1000.
- [15] 王海林, 张国宁, 聂磊, 等. 我国工业 VOCs 减排控制与管理对策研究[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3462-3468.
Wang H L, Zhang G N, Nie L, et al. Study on control and management for industrial volatile organic compounds (VOCs) in China[J]. Environmental Science, 2011, 32(12): 3462-3468.
- [16] 徐志荣, 姚轶, 蔡卫丹, 等. 浙江省制鞋行业挥发性有机物污染特征及其排放系数[J]. 环境科学, 2016, 37(10): 3702-3707.
Xu Z R, Yao Y, Cai W D, et al. Pollution characteristics and emission coefficient of volatile organic compounds from shoe-making industry in Zhejiang Province[J]. Environmental Science, 2016, 37(10): 3702-3707.
- [17] 姚轶, 王浙明, 何志桥, 等. 浙江省木制品行业挥发性有机物排放特征及排放系数[J]. 环境科学, 2016, 37(11): 4080-4085.
Yao Y, Wang Z M, He Z Q, et al. Pollution characteristics and emission coefficient of volatile organic compounds from woodwork-making industry in Zhejiang Province[J]. Environmental Science, 2016, 37(11): 4080-4085.
- [18] 杨忠平, 王浙明, 何志桥, 等. 浙江省汽配行业挥发性有机物排放特征及排放系数[J]. 环境科学, 2018, 39(2): 551-556.

- Yang Z P, Wang Z M, He Z Q, *et al.* Pollution characteristics and emission coefficient of volatile organic compounds from auto/motorcycle parts & accessories manufacturing in Zhejiang Province[J]. *Environmental Science*, 2018, **39**(2): 551-556.
- [19] 王家德, 吕建璋, 李文娟, 等. 浙江省包装印刷行业挥发性有机物排放特征及排放系数[J]. *环境科学*, 2018, **39**(8): 3552-3556.
- Wang J D, Lü J Z, Li W J, *et al.* Pollution characteristics and emission coefficients of volatile organic compounds from the packaging and printing industry in Zhejiang Province [J]. *Environmental Science*, 2018, **39**(8): 3552-3556.
- [20] 陈颖, 叶代启, 刘秀珍, 等. 我国工业源 VOCs 排放的源头追踪和行业特征研究[J]. *中国环境科学*, 2012, **32**(1): 48-55.
- Chen Y, Ye D Q, Liu X Z, *et al.* Source tracing and characteristics of industrial VOCs emissions in China[J]. *China Environmental Science*, 2012, **32**(1): 48-55.
- [21] HJ 507-2009, 环境标志产品技术要求 皮革和合成革[S].
- [22] 常虹. 温州市重点行业 VOCs 排放源调查及监管措施研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2017. 55-57.
- Chang H. Investigation on the VOCs emission sources of key industries in Wenzhou and Its regulatory measures [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2017. 55-57.
- [23] 苏伟健, 徐绮坤, 黎碧霞, 等. 工业源重点行业 VOCs 治理技术处理效果的研究[J]. *环境工程*, 2016, **34**(S1): 518-522, 451.
- Su W J, Xu Q K, Li B X, *et al.* Research on effects of key industrial VOCs treatment methods [J]. *Environmental Engineering*, 2016, **34**(S1): 518-522, 451.
- [24] 环境保护部科技标准司. 《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行)》(环办函[2014]66号)[EB/OL]. <http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201401/W020140124409250997771.pdf>, 2014-01-17.
- [25] QB 1646-1992, 聚氨酯合成革[S].
- [26] 中国塑料加工工业协会. 中国塑料工业年鉴[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015. 248-249.



CONTENTS

Characteristics of PM _{2.5} Pollution and the Efficiency of Concentration Control During a Red Alert in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, 2016	ZHANG Chong, LANG Jian-lei, CHENG Shui-yuan, <i>et al.</i> (3397)
Concentration Characteristics of PM _{2.5} and the Causes of Heavy Air Pollution Events in Beijing During Autumn and Winter	XU Ran, ZHANG Heng-de, YANG Xiao-wen, <i>et al.</i> (3405)
Elemental Composition Characteristics of PM _{2.5} and PM ₁₀ , and Heavy Pollution Analysis in Hefei	LIU Ke-ke, ZHANG Hong, LIU Gui-jian (3415)
Pollution Characteristics and Source Apportionment of Fine Particulate Matter in Autumn and Winter in Puyang, China	CHEN Chu, WANG Ti-jian, LI Yuan-hao, <i>et al.</i> (3421)
Pollution Characteristics and Sources of Carbonaceous Components in PM _{2.5} in the Guanzhong Area	KANG Bao-rong, LIU Li-zhong, LIU Huan-wu, <i>et al.</i> (3431)
Molecular Composition and Source Apportionment of Fine Organic Aerosols in Autumn in Changchun	WU Xia, CAO Fang, ZHAI Xiao-yao, <i>et al.</i> (3438)
Effects of Urban Expansion and Changes in Urban Characteristics on PM _{2.5} Pollution in China	WANG Gui-lin, ZHANG Wei (3447)
Effect of a Wet Flue Gas Desulphurization System on the Emission of PM _{2.5} from Coal-Fired Power Plants	DENG Jian-guo, MA Zi-zhen, LI Zhen, <i>et al.</i> (3457)
Pollution Characteristics and Emission Coefficients for Volatile Organic Compounds from the Synthetic Leather Industry in Zhejiang Province	XU Jia-qí, WANG Zhe-míng, SONG Shuang, <i>et al.</i> (3463)
Particle Size Distribution and Population Characteristics of Airborne Bacteria Emitted from a Sanitary Landfill Site	MA Jia-wei, YANG Kai-xiong, CHAI Feng-guang, <i>et al.</i> (3470)
Distribution of Total Microbes in Atmospheric Bioaerosols in the Coastal Region of Qingdao	GONG Jing, QI Jian-hua, LI Hong-tao (3477)
Distribution, Sources, and Health Risk Assessment of PAHs in Water Supply Source Regions of Guangzhou	SONG Yu-mei, WANG Chang, LIU Shang, <i>et al.</i> (3489)
Distribution of 16 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Dianchi Lake Surface Sediments After the Integrated Water Environment Control Project	HU Xin-yi, GAO Bing-li, CHEN Tan, <i>et al.</i> (3501)
Distribution Characteristics and Source Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Salinized Farmland Soil from the Oil Mining Area of the Yellow River Delta	QIU Hui, LIU Yue-xian, XIE Xiao-fan, <i>et al.</i> (3509)
Wind Field Influences on the Spatial Distribution of Cyanobacterial Blooms and Nutrients in Meiliang Bay of Lake Taihu, China	YU Mao-lei, HONG Guo-xi, ZHU Guang-wei, <i>et al.</i> (3519)
Spatial and Temporal Distribution Characteristics and the Retention Effects of Nutrients in Xiangjiaba Reservoir	WANG Yao-yao, LÜ Lin-peng, JI Dao-bin, <i>et al.</i> (3530)
Effects of Exogenous Inputs on Phosphorus Recovery and Transport in Newborn Surface Layers from Sediment Dredging	LI Xin, GENG Xue, WANG Hong-wei, <i>et al.</i> (3539)
Chemical Characteristics and Sources of Groundwater Sulfate in the Kashgar Delta, Xinjiang	WEI Xing, ZHOU Jin-long, NAI Wei-hua, <i>et al.</i> (3550)
Groundwater Chemistry Characteristics and the Analysis of Influence Factors in the Luochuan Loess Tablelands	LI Zhou, LI Chen-xi, HUA Kun, <i>et al.</i> (3559)
Analysis of River Zooplankton Community Characteristics in Autumn in Beijing	WANG Hai-lin, LIU Yu-fei, REN Yu-fen, <i>et al.</i> (3568)
Benthic Diatom Communities in the Main Stream of Three Gorges Reservoir Area and Its Relationship with Environmental Factors	LIU Li, HE Xin-yu, FU Jun-ke, <i>et al.</i> (3577)
Environmental Response and Ecological Function Prediction of Aquatic Bacterial Communities in the Weihe River Basin	WAN Tian, HE Meng-xia, REN Jie-hui, <i>et al.</i> (3588)
Community Composition of <i>nirS</i> -type Denitrifying Bacteria in the Waters of the Lower Reaches of the Fenne River and Its Relationship with Inorganic Nitrogen	WANG Yin-long, FENG Min-quan, DONG Xiang-qian (3596)
Metabolic Functional Analysis of Dominant Microbial Communities in the Rapid Sand Filters for Drinking Water	HU Wan-chao, ZHAO Chen, WANG Qiao-juan, <i>et al.</i> (3604)
Control Measure Effects on the Effluent Quality from Extensive Green Roofs Based on Stabilized Sludge Recycling	PENG Hang-yu, LI Tian, QI Yue, <i>et al.</i> (3612)
Impacts of Vegetation on Quantity and Quality of Runoff from Green Roofs	ZHANG Sun-xun, ZHANG Shou-hong, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3618)
Organic Matter Removal and Membrane Fouling Control of Secondary Effluents Using a Combined Nanofiltration Process	FAN Ke-wen, LI Xing, YANG Yan-ling, <i>et al.</i> (3626)
Adsorption Properties of Ammonia Nitrogen in Aqueous Solution by Various Materials	JIAO Ju-long, YANG Su-wen, XIE Yu, <i>et al.</i> (3633)
Effects of Different Concentrations of Ammonia Nitrogen on the Growth and Enzyme Activity of Four Common Algae Strains	CHANG Ting, XU Zhi-hui, CHENG Peng-fei, <i>et al.</i> (3642)
Treatment of Highly Concentrated Swine Wastewater and Its Degradation Processes Using Three Matrix Materials	LIU Ming-yu, XIA Meng-hua, LI Yuan-hang, <i>et al.</i> (3650)
Phosphorus Removal Performance and Mechanism of Modified Zeolite Using Alum Sludge Acidified Extraction Liquid	HAN Yun, HU Yu-jie, LIAN Jie, <i>et al.</i> (3660)
Advanced Denitrification of Municipal Wastewater Achieved via Partial ANAMMOX in Anoxic MBBR	YANG Lan, PENG Yong-zhen, LI Jian-wei, <i>et al.</i> (3668)
Effect of an Aerobic Unit and a Sedimentation Unit on Sludge and Nitrogen Removal in an Anoxic Unit in a Continuous-flow System	XUE Huan-ting, YUAN Lin-jiang, LIU Xiao-bo, <i>et al.</i> (3675)
Performance and Mechanisms of Advanced Nitrogen Removal via FeS-driven Autotrophic Denitrification Coupled with ANAMMOX	MA Jing-de, PAN Jian-xin, LI Ze-min, <i>et al.</i> (3683)
Simultaneous Conversion Conditions of Ammonia and Sulfate in ANAMMOX Systems	DONG Shi-yu, BI Zhen, ZHANG Wen-jing, <i>et al.</i> (3691)
Potential Source Environments for Microbial Communities in Wastewater Treatment Plants (WWTPs) in China	ZHANG Bing, WU Lin-wei, WEN Xiang-hua (3699)
Comparison of the Microbial Community Structure in Nitrifying Processes Operating with Different Dissolved Oxygen Concentrations	LIU Wen-ru, GU Guang-fa, SONG Xiao-kang, <i>et al.</i> (3706)
Simultaneous Nitrogen and Phosphorus Removal and Kinetics by the Heterotrophic Nitrifying Bacterium <i>Acinetobacter junii</i> NP1	YANG Lei, CHEN Ning, REN Yong-xiang, <i>et al.</i> (3713)
Realization of Limited Filamentous Bulking with Type 0092 Filamentous Bacteria as the Dominant Filamentous Bacteria in Shortcut Nitrification	GAO Chun-di, AN Ran, HAN Hui, <i>et al.</i> (3722)
Nitrification, Denitrification, and N ₂ O Production Under Saline and Alkaline Conditions	DAI Wei, ZHAO Jian-qiang, DING Jia-zhi, <i>et al.</i> (3730)
Effect of Biochar on Ammonia Volatilization in Saline-Alkali Soil	WANG Yi-yu, WANG Sheng-sen, DAI Jiu-lan (3738)
Effect of Two Soil Synergists on Ammonia Volatilization in Paddy Fields	ZHOU Yu-ling, HOU Peng-fu, LI Gang-hua, <i>et al.</i> (3746)
Determination of Heavy Metal Geochemical Baseline Values and Its Accumulation in Soils of the Luanhe River Basin, Chengde	SUN Hou-yun, WEI Xiao-feng, GAN Feng-wei, <i>et al.</i> (3753)
Migration and Source Analysis of Heavy Metals in Vertical Soil Profiles of the Drylands of Xiamen City	ZHANG Wei-hua, YU Rui-lian, YANG Yu-jie, <i>et al.</i> (3764)
Heavy Metal Pollution Characteristics and Influencing Factors in Baoji Urban Soils	ZHANG Jun, DONG Jie, LIANG Qing-fang, <i>et al.</i> (3774)
Stabilizing Effects of Fe-Ce Oxide on Soil As(V) and P	LIN Long-yong, YAN Xiu-lan, YANG Shuo (3785)
Stabilization of Arsenic-Contaminated Soils Using Fe-Mn Oxide Under Different Water Conditions	ZHOU Hai-yan, DENG Yi-rong, LIN Long-yong, <i>et al.</i> (3792)
Effects of Biochar Amendment on Soil Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Dissolved Organic Carbon, Nitrogen in Paddy Soils	LIU Jie-yun, QIU Hu-sen, TANG Hong, <i>et al.</i> (3799)
Effects of Organic Amendments on Microbial Biomass Carbon and Nitrogen Uptake by Corn Seedlings Grown in Two Purple Soils	WANG Yue, ZHANG Ming-hao, ZHAO Xiu-lan (3808)
Effects of Land Use Type on the Content and Stability of Organic Carbon in Soil Aggregates	LUO Xiao-hong, WANG Zi-fang, LU Chang, <i>et al.</i> (3816)
Effects of Converting Farmland into Forest and Grassland on Soil Nitrogen Component and Conversion Enzyme Activity in the Mountainous Area of Southern Ningxia	GAO Han, XIAO Li, NIU Dan, <i>et al.</i> (3825)
Leaching Behavior of Dissolved Organic Matter in Biochar with Different Extracting Agents	HE Pin-jing, ZHANG Hao-hao, QIU Jun-jie, <i>et al.</i> (3833)
Toxicity of PM _{2.5} Based on a Battery of Bioassays	JIANG Xiao-dong, XUE Yin-gang, WEI Yong, <i>et al.</i> (3840)