

· 污染防治技术 ·

生活垃圾压缩车生物气溶胶的控制

郜青华¹, 王敏², 田晋跃², 殷金鉴³

(1. 江苏大学环境学院, 江苏 镇江 212013; 2. 江苏大学汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013; 3. 扬州盛达特种车有限公司, 江苏 扬州 225003)

摘要:对装有空气污染控制系统的垃圾压缩车同普通垃圾压缩车进行了实验比较, 结果表明, 前者收集垃圾时生物气溶胶的暴露减少: 总尘量减少了约 2/3 (= 3%); 内毒素减少了约 2/3 (= 10%); 总微生物减少了约 6/7 (= 9%); 活菌减少了约 3/4 (= 15%); 活真菌减少了约 4/5 (= 1%)。垃圾压缩车收集垃圾时生物气溶胶暴露可通过在覆盖于压缩车垃圾斗处塑料薄板帘后安装的排风设备减少。

关键词:垃圾压缩车; 生活垃圾; 生物气溶胶暴露; 污染控制

中图分类号: X734.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)01-0038-04

The Control of Bio-aerosol in Domestic Compactor Truck

GAO Qing-hua¹, WANG Min², TIAN Jin-yue², YIN Jin-qian³

(1. School of the Environment, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China;
2. School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China;
3. Shengda Special Truck Company of Yangzhou, Yangzhou, Jiangsu 225003, China)

Abstract: By a comparing compactor truck mounted an air pollution prevention system with an ordinary compactor truck mounted noting, the tests showed the bio-aerosol exposures of compactor truck mounted the system were reduced. The pollutants reduced distinctly: the total dust of two thirds (= 3%), endotoxin of two thirds (= 10%), total microorganisms of six sevenths (= 9%), active bacteria of three quarters (= 15%), and viable fungi of four fifths (= 1%). It was concluded that bio-aerosols exposure during waste collection could be reduced by mounting air exhaust equipment behind a plastic lamella curtain to cover the scoop of the compactor

Key words: Compactor truck; Domestic waste; Bio-aerosol exposure; Pollution control

生活垃圾腐烂,易滋生细菌及真菌。在垃圾收集和处理的過程中,这些微生物会作为生物气溶胶传播,从而引发传染病、过敏反应,其毒性会危害到收集和處理垃圾的工作人员^[1-2]。

一个普通的垃圾压缩车可通过改装空气污染控制系统,从而减少生物气溶胶污染。空气污染控制系统由一个排风系统构成,安装于压缩车垃圾斗处的塑料隔板帘后侧。为了对装有不同空气污染控制系统的两种垃圾压缩车,与一个无空气污染控制压缩垃圾车特性的比较。在试验上采用了两种方法:(1)在垃圾收集过程中就个体生物气溶胶暴露的性能特点进行了室外研究;(2)实验室研究以证实室外研究的结果,并更详尽地对控制系统性能

进行了描述。

1 试验方法

1.1 试验车辆

样车 A:无污染控制系统。普通压缩车,敞开的垃圾斗宽 2.2 m,高 1.4 m,装料高度 1.4 m。

样车 B:装有塑料帘。塑料帘片装在垃圾斗上方。帘片宽 0.1 m,与垃圾斗顶部边缘固定在一

收稿日期:2008-02-22;修订日期:2008-11-08

基金项目:江苏省“六大人才高峰”专项基金资助项目(A类 06-G-029)

作者简介:郜青华(1973—),男,江苏盐城人,硕士生,研究方向为固体废弃物资源化。

起,长 0.8 m。

样车 C: 装有塑料帘和通风机。装有帘布片,与样车 B 相似,在其顶部装有空气排气系统。空气从帘后的排气口排出,排气口位于垃圾斗顶部中心。空气经过滤并从垃圾车顶部垂直喷射出。过滤压降为 0.5 kPa,排气系统流量 2 000 m³/h。通风机自动控制可省电: 当提升装置启动,通风机工作 15 s,然后关闭。

1.2 样本采集

1.2.1 室外研究的样本采集

普通垃圾压缩车(样车 A)与装有空气污染控制系统(样车 C)的垃圾压缩车进行性能对比。

(1) 地区及垃圾收集。垃圾收集的两个地区住户投放垃圾到固定的垃圾箱里。两组工作人员分别操作两种不同的垃圾压缩车(A和 C),每组 2 个工作人员,采样时间为 3 个星期。

(2) 样品采集。气溶胶采样由每组的每个成员完成。每个工作人员携带两台现场监视器现场监测。样本分析的总尘量和内毒素被收集在硝酸纤维素过滤器上,过滤器放置在监测器里。相同的采样设备放置在垃圾斗的顶部。

1.2.2 实验室研究的样本采集

对 3 种样车分析对比,试验在室内,每个试验模型的空气污染通过一个 0.6 m³ 的垃圾箱产生,包括将 0.15 m³ 的木质砂光粉尘装入垃圾斗里,每个试验都作 3 次。

总尘量测定的样本收集于硝化纤维素过滤器,硝化纤维素过滤器放置在进气口直径 5.6 mm,气流为 1.91 L/min 的监测器里。样本设备放置在车顶边缘及垃圾斗中心处。样本收集开始于卸载垃圾箱 1 min 前,终止于卸载垃圾箱后 5 min,总采样时间为 6 min。

为了得到气体颗粒浓度与时间的比值,将光学粒子计数器放置于垃圾车旁地上 1.6 m 高处,且距垃圾车斗边缘 0.05 m,房间通风良好。

1.3 分析方法

(1) 总尘量测定。室外及实验室研究中由硝化纤维素过滤器采样前后的重量差测定收集的总尘量,检测限为 0.05 mg。

(2) 内毒素。每个硝化纤维素过滤器,在 15 min 内以 250 r/min 的转数提取 10 mL、无菌、室温下产生的水。内毒素分析是在 37℃ 下,通过动力学的试验方法,使用一台连接于装有数据分析软

件电脑上的自动微孔板阅读机分析数据,内毒素反应曲线通过一小时内每 30 s 记录的吸光度绘出,以大肠杆菌 055: B5 作为提及的内毒素的标准。浓度由空气中内毒素单元(EU/m³)给出,1 ng = 15.5 EU。检测限低于 0.5 EU/m³。

(3) 微生物总数。微生物的量化通过一种修改的 CAMNEA 方法,这种方法包括通过显微镜和通过上述培养存活数测定空气微生物(总数)。

在 20℃,聚碳酸酯过滤器 15 min 内提取 5.0 mL 的 0.05% 无菌非离子活性剂溶液。使用显微镜将微生物细胞总数放大 1 250 倍后计数,提取 1.0 mL 的样本液,样品沾满了 0.01% 的 0.3 mL 吡啶橙醋酸缓冲液,在 30 s 通过一个 0.4 μm 的深色聚碳酸酯过滤器过滤。空气中微生物的浓度由 m⁻³ 的总数给出。采用这种方法,每个样本最低可计数的微生物浓度是 3 000,它取决于空气采样量。

(4) 存活数。列举 4 类微生物,微生物是通过聚碳酸酯过滤器提取稀释 10 倍后的培养基提取液得到。中温菌: 带有放线酮(50 mg/L)的营养琼脂,在 25℃ 下培养 7 d,放线酮用于防止真菌生长; 高温放线菌: 带有放线酮(50 mg/L)的营养琼脂,在 55℃ 下培养 7 d; 中温真菌: 二氯喃甘油琼脂,在 25℃ 下培养 7 d; 霉菌: 二氯喃甘油琼脂,在 45℃ 下培养 3 d。

空气样本中细菌及真菌菌落单位为 m⁻³。所有的培养基微生物每次过滤最低检出浓度约为 50 m⁻³,它决定于空气采集量,大约 250 m⁻³ ~ 500 m⁻³。

(5) 气象条件测量。使用室内气候分析仪记录风速及温度,测量空气湿度。

2 研究结果

2.1 室外研究数据

表 1 提供的数据是对垃圾箱的数量及两辆垃圾压缩车(样车 A 和 C)在两个地区垃圾收集数量的研究。

在垃圾收集组内装载人和司机之间观测的生物气溶胶暴露在统计学上无显著差别($\alpha = 5\%$)。表 2 描述了两工作组生物气溶胶暴露参数测量中最重要的平均值和标准误差。表 2 的统计检验结果还包括对垃圾收集重量和垃圾箱数量。每天记录的气溶胶暴露和垃圾收集的重量数据是相对应的。

表 1 垃圾收集及气候条件描述

垃圾压缩车类型	样车 A	样车 C
垃圾箱的数量及大小	66, 0. 11 m ³	6, 0. 11 m ³
	5, 0. 3 m ³	8, 0. 15 m ³
	2, 0. 33 m ³	2, 0. 24 m ³
	1, 0. 4 m ³	30, 0. 3 m ³
	96, 0. 6 m ³	28, 0. 4 m ³
	67, 0. 6 m ³	
垃圾箱合计	总计 170	总计 141
垃圾收集的平均值及范围 $Q / (\text{kg} \cdot \text{d}^{-1})$	5 300 (4 800 ~ 6 200)	4 300 (4 200 ~ 4 460)
温度 $T /$	17. 8	17. 8
湿度 $/\%$	75	75
风速 $v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	0. 7	0. 7

由表 2 可见,就身体的和固定于车顶上的样本数据而言,没有空气污染控制系统(样车 A)的垃圾压缩车在总尘量以及霉菌方面暴露明显高于装有空气污染控制系统(样车 C)的压缩垃圾车。固定于车顶上的样本数据在内毒素方面样车 A 明显高于样车 C。活菌数以及显微镜观测的总微生物数据方面身体采样显示样车 A 的暴露水平高。

司机身体及固定样本数据显示含有低浓度的烟曲霉菌和高温放线菌类,在两类压缩车上暴露水平数据显示没有差别。

2.2 实验室研究数据

空气污染物(室外参考)粉尘为 $0. 03 \text{ mg} / \text{m}^3$,活霉菌为 800 m^{-3} ,显微镜观测的活菌和总微生物

表 2 样车 A 和 C 的空气污染物值

污染物	采样位置	垃圾压缩车类型						有效的 值	
		样车 A			样车 C			w / $\%$	NUM / $\%$
		平均值	标准差	观测值数	平均值	标准差	观测值数		
(总尘量) $/ (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	司机身体上	0. 46	1. 2	6	0. 25	1. 6	6	13	9
	垃圾斗上	2. 8	1. 2	3	9	1. 4	3	4	5
内毒素 $/ \text{m}^{-3}$	司机身体上	27	1. 5	6	15	1. 9	6	29	25
	垃圾斗上	280	1. 6	3	59	1. 6	3	5	4
活菌 $/ 10^3 \text{ m}^{-3}$	司机身体上	18	3. 4	6	5. 5	3. 5	5	22	22
	垃圾斗上	64	5. 5	3	23	2. 6	3	51	51
活霉菌 $/ 10^3 \text{ m}^{-3}$	司机身体上	170	2. 5	6	37	1. 4	5	1	1
	垃圾斗上	3 700	2. 2	3	4 900	1. 6	3	3	4
总微生物 $/ 10^5 \text{ m}^{-3}$	司机身体上	12	2. 0	6	1. 8	6. 0	5	11	12
	垃圾斗上	52	3. 0	3	20	1. 4	3	34	37

采样方式同实验室样本采集; w 每天收集垃圾重量的纪录; NUM 垃圾箱数量的纪录。

均低于检测限。

表 3 给出了实验室研究时的快慢卸载时间平均值,还给出了每次试验测得的总尘量的平均值和标准偏差值。

表 3 实验室研究数据

类型	卸载速度	卸载持续时间 t / s	(总尘量) $/ (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$		
			平均值	标准偏差值	观测值数
样车 A	快	23. 0 \pm 1. 3	18. 9	1. 6	3
	慢	59. 4 \pm 1. 6	42. 7	1. 7	3
样车 B	快	19. 9 \pm 0. 7	17. 6	1. 2	3
	慢	54. 2 \pm 0. 2	112	1. 3	3
样车 C	快	21. 2 \pm 0. 5	8. 1	1. 5	3
	慢	72. 2 \pm 0. 3	3. 0	1. 9	3

快速卸载垃圾箱时,样车 C 的压缩车的总尘质量浓度比样车 A 和样车 B 明显要低,而样车 A

和 B 在总尘质量浓度方面无显著差别。

在慢速卸载垃圾箱时,装有隔板帘的垃圾压缩车(样车 B)总尘质量浓度显著高于没有空气污染控制系统的垃圾车(样车 A)和装有塑料帘和通风机的垃圾车(样车 C)。

三种类型的垃圾车在卸载垃圾箱时总尘量浓度有显著差别。慢速卸载垃圾箱时样车 A 和样车 B 增加了暴露,样车 C 在慢速卸载垃圾箱时检测为总尘质量浓度最低值。

3 结果分析

处理生活垃圾会产生生物气溶胶,强度和气溶胶的成分决定于不同的控制参数,包括微生物类型、垃圾箱类型、垃圾压缩车类型及处理程序。根据文献 [3 - 4],在使用普通垃圾压缩车收集生活

垃圾的过程中,气溶胶的暴露最高水平达 $2 \times 10^4 \text{ m}^{-3}$ 的细菌和 $5 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$ 的真菌孢子,装载人员要比司机更严重的暴露于气溶胶。在普通的压缩车上(样车 A)有类似的气溶胶暴露水平,但是在装载人员和司机之间没有发现暴露差别。日内瓦曾报道指出收集垃圾增加了慢性支气管炎的风险^[5]。丹麦曾有报道夏季频繁暴发的胃肠疾病是收集生活垃圾中的可生物降解的部分产生的生物气溶胶暴露导致的,登记的工伤事故和职业病表明从事垃圾收集而暴露在生物气溶胶中的人员会增加得肺部疾病、传染病和皮肤及黏膜刺激的风险^[6-7]。

在职业卫生方面,暴露评价与呼吸带的身体采样样本的污染物浓度有关。因此,在这项研究中来自于身体样本的数据具有特定的价值。为了获得空气污染控制系统工作的额外信息,也在垃圾斗上固定采样。

实验室研究的一个重要目的是在可控制的条件下对结论进行验证,室外研究观测的差别实际上是由于使用了空气污染控制系统产生的,而不是地区不同或某天两工作组分别完成工作时未被认可的差别。垃圾收集过程中垃圾箱被快速卸载,实验室研究则是以同样的速度快速卸载。

比较两类压缩垃圾车结果表明普通垃圾压缩车比装有塑料帘和通风机的垃圾压缩车产生更高的生物气溶胶暴露水平。就室外研究的身体的数据而论,总尘量和活霉菌的控制是有意义的。普通垃圾车总尘量和内毒素平均值约比装有空气污染控制的垃圾车平均值高两倍。这符合实验室研究结果,表明在快速卸载垃圾箱过程中普通压缩垃圾车比装有空气污染控制的垃圾车生产约高两倍空气粉尘。通过显微镜测得的普通垃圾车比装有空气污染控制的垃圾车总微生物的平均值(身体采样)约高 6 倍,活霉菌和活细菌平均值约分别高出 4 倍和 3 倍。由于数据的范围过宽对活菌检测的意义也许不是很明显。

收集于两个垃圾车垃圾斗上的固定采样数据证实这个结论:使用空气污染控制系统可很大程度减少生物气溶胶的暴露水平。

除证实了室外研究外,实验室研究还提供了在空气污染控制系统性能上的重要信息。首先,实验室研究显示使用塑料帘如果没有同时使用排气装

置系统,在快速(约 20 s)卸载垃圾箱时是没有效果的,而在慢速(大约 60 s)卸载时同普通压缩车相比塑料帘实际会增加暴露水平。其次,如果慢速卸载垃圾箱则空气污染控制系统的有效作用可大大增加。因此,使用空气污染控制系统并且在收集过程中慢卸载垃圾箱可大大减少生物气溶胶暴露水平。

4 结论

装有空气污染控制系统的垃圾压缩车同普通垃圾压缩车相比,收集垃圾时生物气溶胶的暴露减少,总尘量减少了约 $2/3$ ($=3\%$);内毒素减少了约 $2/3$ ($=10\%$);总微生物减少了约 $6/7$ ($=9\%$);活菌减少了约 $3/4$ ($=15\%$);活真菌减少了约 $4/5$ ($=1\%$)。

研究显示,在垃圾压缩车收集垃圾时,可通过在覆盖于压缩车垃圾斗处塑料薄板帘后安装排风设备减少垃圾压缩车收集垃圾时的生物气溶胶暴露。如果收集程序转变为慢速的垃圾箱,这种系统的效率还可进一步增加。

[参考文献]

- [1] 任铁玲,胡前胜,余桂英.广州市垃圾压缩站微生物污染情况研究[J].中国卫生检疫,2000,13(1):45-46.
- [2] 丁继斌.后装压缩式垃圾车绿色设计[J].机械研究与应用,2004(3):61-62.
- [3] NEUMANN H D, BALFANZ J, BECKER G, et al Bio-aerosol exposure during refuse collection: results of field studies in the real-life situation [J]. The Science of the Total Environment, 2002 (293): 219 - 231.
- [4] NEUMANN H D, BECKER G, LOHMEYERCM, et al. Preventive measures to reduce bioaerosol exposure during refuse collection results of field studies in the real-life situation [J]. Science of the Total Environment, 2005 (341): 1 - 13.
- [5] RUFENER P C, BAHYM P. Bronchite chronique et facteurs de risque chez les employés de la voirie a genève Etudes et recherches [J]. Unity de Medicine du Travail, 5. 1975 (17): 71 - 73.
- [6] FOULSEN O M, BREUM N O, EBBEJH N, et al Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes [J]. Science of the Total Environment, 1995 (43): 137 - 139.
- [7] 段小丽,王宗爽,于云江,等.垃圾填埋场地下水污染对居民健康的风险评价[J].环境监测管理与技术,2008,20(3):20-24.

本栏目责任编辑 李文峻