

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2018121003

杨伟华, 李伟芳, 韩萌, 等. 基于现场监测的异味污染暴露-效应评价[J]. 环境化学, 2019, 38(7): 1628-1635.

YANG Weihua, LI Weifang, HAN Meng, et al. Odour exposure-response relationship evaluation based on field measurement[J]. Environmental Chemistry, 2019, 38(7): 1628-1635.

基于现场监测的异味污染暴露-效应评价*

杨伟华^{1,2} 李伟芳^{1**} 韩萌¹ 张妍^{1,2} 李佳音^{1,2} 翟增秀^{1,2}

(1. 天津市环境保护科学研究院, 国家环境保护恶臭污染控制重点实验室, 天津, 300191;

2. 天津迪兰奥特环保科技有限公司, 天津, 300191)

摘要 为研究异味源排放的气味暴露在对居民产生的影响, 以某卷烟厂为研究对象, 采用现场监测的方法测定异味暴露的频率、强度、愉悦度等暴露因子, 并结合社会学问卷调查法, 量化评价异味源对周边居民产生的烦恼程度, 建立能够反映居民真实感受的气味影响评价模型, 同时利用流行病学的研究思想及方法研究了异味愉悦度(愉快-不愉快)和强度对人群烦恼度的影响。结果表明, 在监测周期, 通过“气味小时数”得到该卷烟厂排气筒排放异味扩散到周边居民区的频率在2%—37%的范围内, 采用六级强度法得到该烟厂排放异味的强度在2—2.8之间, 同时根据愉悦度九级度量法, 监测得到该烟厂排放异味的愉悦度为-1(稍感不快)—2.1(中度不快)。在居民区异味发生的频率与居民高度烦恼率之间的关系符合二次多项式模型, 人群产生的烦恼程度随该卷烟厂异味暴露频率的增大而增加。将该卷烟厂的异味频率控制在不会引起10%的居民产生高度烦恼, 则异味频率不能超过7%。暴露-效应关系受到气味强度及愉悦度的影响, 愉悦度的影响更为严重(OR=3.3, 95%-CI=1.8—6.2), 异味源排放的气味越不愉悦, 居民产生的烦恼就越严重。研究显示, 掌握异味暴露与居民烦恼度之间的剂量-效应关系, 可以确定合理的气味可接受水平, 为异味污染环境影响评价标准的制订提供科学依据。

关键词 现场监测, 气味小时数, 社会学问卷调查, 暴露-效应。

Odour exposure-response relationship evaluation based on field measurement

YANG Weihua^{1,2} LI Weifang^{1**} HAN Meng¹ ZHANG Yan^{1,2} LI Jiayin^{1,2} ZHAI Zengxiu^{1,2}

(1. State Environmental Protection Key Laboratory of Odor Pollution Control, Tianjin Academy of Environmental Sciences, Tianjin, 300191, China; 2. Tianjin Sinodour Environmental Technology Co., Ltd., Tianjin, 300191, China)

Abstract: In order to study the exposure-response relationship between community annoyance and odour exposure, cigarette factory was selected as the research object, using field measurement to assess odour exposure factor such as frequency, intensity and hedonic tone with trained observers. Additionally, the degree of annoyance, and the frequency of general health complaints were collected from the exposed residents through sociological questionnaire. Multiple logistic regression analysis was used to establish exposure-response associations with odour frequency as independent variables and annoyance as the dependent variable. The epidemiological research method was used to study the effects of odor hedonic tone (offensiveness of the odour perception) and odour intensity on population interference. The results showed that during the monitoring period, the frequency of odour

2018年12月10日收稿(Received: December 10, 2018).

* 国家自然科学基金(21577096)和国家重点研发计划(2016YFC0700603-003)资助。

Supported by National Natural Science Foundation of China (21577096) and the National Key Research and Development of China (2016YFC0700603-003).

** 通讯联系人, Tel: 022-87671952, E-mail: lwf1919@163.com

Corresponding author, Tel: 022-87671952, E-mail: lwf1919@163.com

emitted from the cigarette factory spreading to the surrounding residential areas was 2%—37% calculated by “odour hour”, the odour intensity was in range of 2—2.8 using 6-level intensity scale, and the hedonic tone level was -1 (slightly unpleasant) to -2.1 (moderately unpleasant) according to 9-point hedonic scale. The percentage of highly annoyed population (HA, %) was found to have a quadratic polynomial relationship with the odour exposure frequency (frequency, %). If the HA is less than 10%, the odour frequency cannot exceed 7%. The exposure-response association was affected by odour intensity and hedonic tone, but the impact of hedonic tone is more significant (OR = 3.3, 95%-CI = 1.8—6.2). The HA is found to be higher when the odour is less pleasant. The results showed that the establishment of exposure-response association can determine a reasonable acceptable level of odour exposure and provide scientific basis for the development of odour impact assessment standards.

Keywords: field measurement, odour hour, sociological questionnaire, exposure-response.

异味(恶臭)污染的存在一定程度上破坏了社会的和谐与稳定,直接影响居民的生活质量和身体健康^[1-2],且异味污染是以对人的心理影响为主要特征的环境污染^[3-4],居民长期暴露于异味源持续性或间歇性排放的异味环境中,会产生负面评价,且多次感受到异味会产生烦恼,进而引发投诉^[5-7].在很多城市,异味污染投诉在环境投诉中所占的比例接近 30%^[8-10],面对异味投诉居高不下的严峻形势,我国的异味影响评估起步较晚,迄今尚未建立规范的异味环境影响评价标准.控制异味源对周边居民的影响并降低投诉率是异味环境管理的主要目标,实现此目标需要掌握评估异味源与受体之间的暴露效应关系,确定异味暴露的可接受水平.

异味污染具有以人的嗅觉感知为判断标准的特殊性^[11-12],可将受害者的主观感觉作为评价污染程度的依据,如何获取并量化表征异味暴露与居民烦恼度之间的关系是异味污染评估的难点之一.20 世纪 80 年代末,荷兰^[13]对 11 个不同工业源进行了系统调查,使用扩散模型预测周边环境中小时平均臭气浓度超过某极限值的出现频率,并通过问卷调查或电话采访的方式对 6276 位居民烦恼度进行调查,结果发现,在 98%的小时平均臭气浓度为 $5 \text{ OU}_\text{E} \cdot \text{m}^{-3}$ 的暴露情况下,会有 10%的民众受到“严重干扰”, $C_{98,1\text{-hour}} < 5 \text{ OU}_\text{E} \cdot \text{m}^{-3}$ 这一暴露水平已经成为了法律意义上的可接受标准.德国^[14]在 1999—2001 年间选择了 6 个气味特征完全不同的工业源,研究发现,异味暴露与居民效应之间的关系不仅与气味产生的频率有关,还极大的受气味特征的影响.新西兰^[15]环境空气质量指南中把引起 20%民众“轻度烦恼”作为评价异味源是否符合标准的依据.

目前我国只有恶臭污染物排放标准,尚未出台异味环境影响标准,质量管理目标的缺失造成无法科学评价异味污染的影响程度和影响范围,从而无法确定合理的安全防护距离.本文以某卷烟厂为研究对象,考虑气味暴露特征与居民烦恼程度之间的关系,建立能够反映居民真实感受的气味影响评价模型,为完善我国异味污染评估体系,异味源影响标准的制定提供科学依据.

1 材料与方法 (Materials and methods)

1.1 现场监测评价方法

异味暴露频率、强度等的测量采取现场监测的方法,参考德国 VDI 3940 part1 现场监测—网格测量法^[16],以某卷烟厂为研究对象,周围有较为敏感的学校、医院、住宅小区,经过前期现场调查后,将该卷烟厂周边 1 km 范围内的居民区作为评估区域,细化为边长为 250 m 的正方形网格,每个网格的四个角作为异味现场监测敏感点位,并根据实际情况优化测量点的位置,网格分布如图 1 所示.

评估人员在规定的点位,从异味频率、强度、愉悦度等方面对异味影响特征进行记录描述,单次测量的现场记录表如表 1 所示.在开始测量之前,需要对评估人员进行指导,并通过采集该卷烟厂排气筒样品让其熟悉现场监测期间要寻找的气味品质.评估人员在指定点位测量 10 min,每 10 s 记录 1 次感知到异味的情况,如果非常明确有气味存在且是来自于该卷烟厂的气味品质,则记录为“√”,如没有气味或

可准确判断气味非评价对象所排放则记为“x”,共计 60 个结果.如果测试频率显示有 10%及以上感知到了该气味,则该测量点位被计为一个“气味小时数”.评估一个季度的异味暴露频率,每个点位需要在不同的日子里监测共计 13 次,以便获得在季度中、一周中和一天中都具有代表性的数据.每个评估网格频率的计算是测得的气味小时数除以该网格的总测量数,计算公式如下.



图 1 卷烟厂周边现场监测网格及点位分布图

Fig.1 Assessment squares and measurement points in the vicinity of the cigarette factory

表 1 单次测量的现场监测记录表

Table 1 Data record form for single measurement

人员名称: Assessor's name	日期: Date	风向: wind direction	风速: wind speed
测量点: Measurement point No.	测量开始时间: State time	测量结束时间: End time	

臭气频率 Frequency	1 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>							2 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						
	3 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>							4 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						
	5 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>							6 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						
	7 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>							8 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						
	9 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>							10 min <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						

10分钟结束后填写
Record after the end

强度最大__级
Maximum intensity__level

愉悦度最大__级
The most unpleasant__level

能接受 Acceptable	不能接受 Unacceptable
-------------------	----------------------

$$P_{od} = \frac{L_{+}}{R} \times 100\%$$

(1)

式中, P_{od} 表示评估网格气味识别百分比,即气味暴露频率; L_{+} 表示在测量周期内每个评估网格异味发生

的气味小时数; R 表示每个评估网格四个角的总测量数,一季度为 $13\times4=52$.

在每个监测点位,10 min 结束后,填写期间强度的最大值及最不愉悦程度.强度的评价参照我国六级强度表示法(表 2),愉悦度的评价根据 VDI 3882^[17],采用愉悦度 9 级度量法(表 3).本次实验主要考察夏季某卷烟厂排放异味在周边环境中的存在状况(即暴露状况).

表 2 六级强度表示法
Table 2 6-level intensity scale

强度 Intensity	描述内容 Description	强度 Intensity	描述内容 Description
0	无臭	3	明显的臭气
1	刚好能感觉到臭气,不能确定	4	强烈的臭气
2	微弱的臭气,能确定	5	非常强烈的臭气

表 3 愉悦度 9 级度量法
Table 3 9-point hedonic scale

愉悦度 Hedonic tone	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
感受	非常不快	不快	中度不快	稍感不快	既不愉悦 也不讨厌	稍感愉快	中度愉快	愉快	非常愉快

1.2 社会学问卷调查法

异味污染社会学调查是指与异味烦恼度评价有关的社会调查,判断由异味频率变化引起的烦恼^[18-19].本研究采用与受到长期异味暴露的居民进行“一对一”入户问卷调查方式,通过询问一些指定的问题来获得居民对其所受暴露的异味源的评价.调查对象为该卷烟厂周边 1 km 范围内的居民区.在每一个调查区域通过系统抽样挑选大约 50 户,经过培训和指导的采访人员到居民家里进行面对面访谈.调查对象的年龄要大于等于 18 周岁,并且在该卷烟厂周边小区居住 1 年及以上.受调查住户从社区内随机选取.问卷调查的内容包括以下方面:

居住区情况:居住区的质量;附近环境(如噪声、异味、垃圾).

社会人口统计因素:年龄、性别、居住地址、居住时间的长短.

居民对异味的感知及所受影响:感知到卷烟厂异味味的强度、愉悦度,产生的烦恼程度,一天中卷烟厂异味经常在哪个时间段发生,卷烟厂异味发生频率最高的季节.

1.3 数据处理

本研究的数据处理主要采用 SPSS21.0、VISIO2007 和 EXCEL2016 完成.

2 结果与讨论(Results and discussion)

2.1 异味暴露结果分析

该卷烟厂周边评估网格测得的气味小时数如图 2(a) 所示,带入公式(1)计算得到的各评估网格的频率如图 2(b) 所示.该卷烟厂正东方向没有居民区,所以不在考虑范围内.其他方位的居民区受到不同程度的影响,暴露发生频率在 2%—30% 的范围内,在监测周期内,该卷烟厂排气筒排放的烟草味扩散到周边居民区的频率比较高.影响比较大的区域在该卷烟厂正西及西北方向,一定程度上受到该地区夏季主导风向即东南风的影响.该结果与马彩霞等^[20]以无量纲的臭气浓度作为污染物进行气体浓度扩散,得到烟厂异味气体的影响范围在下风向 650 m 以内比较接近.该卷烟厂排气筒高度为 15 m,周边居民区的高度为 18 m,随着距离的增加,监测到的频率有降低的趋势,这主要是由于受到地物的影响,建筑物使得地面粗糙度变大,阻碍了异味的流动,使风速减小,不利于异味在大气中的扩散.

在监测期间,各监测网格的平均臭气强度如图 3(a) 所示,臭气强度在 2—2.8 之间,最大强度在离污染源 250 m 的范围内.随着距离的增加,臭气强度有逐渐降低的趋势.卷烟厂异味在不同暴露程度下愉悦度均为负值,各监测网格的平均愉悦度在 -1—-2.1 之间,如图 3(b) 所示,给人的感受描述是稍感不

窗关闭,减少了受烟厂气味的暴露.这也是本研究选择夏季作为调查周期的最主要原因.

一般情况下,烦恼是指个体或群体的不愉快、不顺心的感受^[21].调查问卷要求受调查者回答的主要问题为“闻到的来自烟厂的异味是否会对您造成烦恼?”,要求采用描述性等级量表(没有、轻微、一般、严重、非常严重)作答.将受到烟厂味而引起人群的高度烦恼率作为异味烦恼度评价依据.异味高度烦恼程度为描述性等级量表中的“严重”和“非常严重”,这部分人群定义为高度烦恼人群^[22].根据每位受调查者对居住地受到来自卷烟厂异味引起的主观烦恼评价,计算每个评估网格高度烦恼人群的比例,即居民高度烦恼率(highly annoyed, HA(%)),调查结果如图 5 所示.

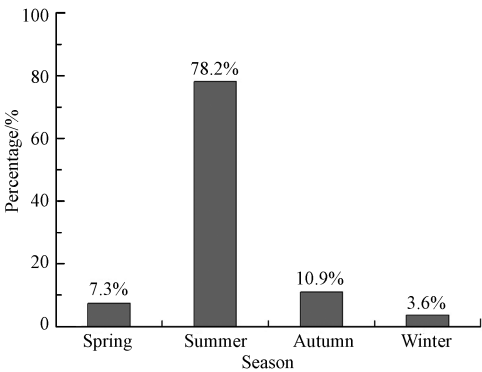


图 4 在不同季节闻到烟草味的居民所占比例
Fig.4 Proportion of residents who feel tobacco smell in different seasons

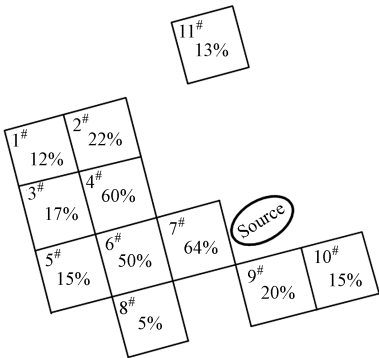


图 5 被调查居民受烟草味的高度烦恼率
Fig.5 The highly annoyed rate of respondents disturbed by tobacco smell

其中 7#小区居住地相对烟厂比较近,HA 达到了 64%,居民表示经常会闻到来自烟厂的味道,十分浓烈,非常呛人;其次是 6#小区和 4#小区,距离烟厂的距离在 500 m 以内,并且受当地主导风向的影响,居民受烟草味产生的烦恼比较大,1#、11#小区距离该卷烟厂距离接近 1 km,HA 相对较低.整体可以看出,随着距离的增加,居民受到的高度烦恼程度呈现降低的趋势,这与现场监测得到的结果也比较一致.综上,该卷烟厂散发到居民区的烟味对居民的影响是显著的.

2.3 异味暴露频率与居民效应的关系

将现场监测的气味频率为横坐标,被调查居民的高度烦恼率为纵坐标,进行回归分析,得到异味暴露频率与居民效应之间的拟合曲线和数学模型见图 6.

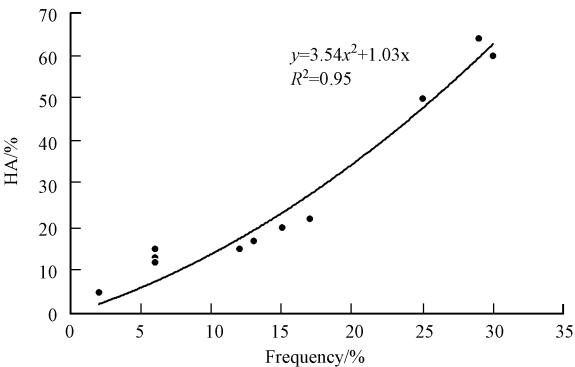


图 6 异味频率与高度烦恼居民(HA)之间的暴露效应关系
Fig.6 The relationship between odour frequency and percentage highly annoyed respondents

由图 6 可知,人群产生的高度烦恼率随该卷烟厂异味暴露的频率的增大而增加.该卷烟厂异味暴露引起居民高度烦恼率(y)和异味暴露频率(x)之间的关系符合一元二次多项式模型:

$$y=3.54x^2+1.03x \quad R^2=0.96 \quad x \in [0,0.41] \tag{2}$$

在调查范围内,当异味发生频率为 41%的时候,将会引起 100%的居民受到高度烦恼.已有研究表

明^[23-24], 气味暴露特征值与 HA 之间具有很强的相关性($r>0.9$), 并将能够引起 10% 民众严重烦恼的异味暴露特征值视为具有一定行为影响的暴露水平, 这个暴露水平可以用于设立标准限值或作为监管目标值. 异味频率作为异味暴露特征值之一, 若将该卷烟厂的异味频率控制在不会引起 10% 的居民产生高度烦恼, 则在居民区能闻到来自该卷烟厂排放的异味发生频率不能超过 7%.

为了进一步研究异味暴露的愉悦度、强度对居民烦恼的影响, 利用流行病学的研究思想和研究方法来探索分析^[25-26], 采用多因素逻辑回归模型进行分析, 计算出各因素的相对危险度的估计值比值比(odds ratio, OR) 和 95% 可信区间值(95%-CI), OR 的数值范围为 0 到正无穷, 其不同的数值范围表明了不同程度的危险性. 以异味强度、愉悦度为自变量, HA 为因变量, 逻辑回归结果见表 5. 异味强度和 HA 之间的相关性 OR = 1.7, 95%-CI 为 1.5—2.1, 异味愉悦度与和 HA 之前的相关性 OR = 3.3, 95%-CI 为 1.8—6.2, OR>1 说明 HA 的危险度因异味强度及愉悦度而增强, 可信区间的上限和下限同时大于 1, 关系显著. 异味强度的影响相比于愉悦度的影响是很小的. 研究显示^[27-29], 愉悦度是异味评价中一个非常重要的指标, 也是今后完善我国异味评价指标的一个研究方向.

表 5 异味暴露的愉悦度、强度对居民烦恼度的逻辑回归结果
Table 5 Results of logistic regression analysis of the dose-effect association between HA as dependent variable and odor intensity and hedonic tone as independent variables

因变量 Dependent variable	自变量 Independent variable	OR	Odds, 95%-CI	P 值 P value
居民 HA	异味强度	1.7	1.5—2.1	<0.001
	异味愉悦度	3.3	1.8—6.2	<0.001

暴露-效应关系是基于现场监测和问卷调查的基础上进行研究的, 但现场监测具有局限性, 只能在有限的点位、有限的时间段进行监测, 无法掌握污染物时空分布的全面信息, 该方法与模型预测等相结合的多元评估工具是进一步研究的方向.

3 结论 (Conclusion)

(1) 提出了测量异味污染源暴露与居民效应之间的方法. 通过现场测量-网格布点法, 用“气味小时数”评价异味源的暴露频率, 并用社会学问卷调查法获得居民对暴露的异味源的评价.

(2) 建立卷烟厂异味源周边居民高度烦恼率与异味暴露频率之间的关系模型: $y = 3.54x^2 + 1.03x$, $R^2 = 0.96$, $x \in [0, 0.41]$. 若将引起 10% 民众严重烦恼的频率作为监管目标值, 则异味暴露频率的可接受水平为不超过 7%.

(3) 气味强度及愉悦度会对居民效应产生影响, 愉悦度的影响更为严重 (OR = 3.3, 95%-CI = 1.8—6.2), 异味源排放的气味越不愉悦, 居民的烦恼度就越严重.

参考文献 (References)

[1] INVERNIZZI M, CAPELLI L, SIRONI S. Proposal of odor nuisance index as urban planning tool[J]. Chemical Senses, 2017, 42(2): 105-110.

[2] 包景岭, 李伟芳, 邹克华. 浅议恶臭污染的健康风险研究[J]. 城市环境与城市生态, 2012, 25(4): 5-7.
BAO J L, LI W F, ZOU K H. Research status of health risk of odor pollution[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2012, 25(4): 5-7 (in Chinese).

[3] 李伟芳, 李昌建, 曹阳, 等. 天津市环境空气恶臭污染状况与典型气态污染物识别[J]. 环境科学研究, 2014, 27(6): 567-574.
LI W F, LI C J, CAO Y, et al. Odor pollution conditions and typical gaseous pollution in urban ambient air in Tianjin City[J]. Research of Environmental Sciences, 2014, 27(6): 567-574 (in Chinese).

[4] NICELL J A. Assessment and regulation of odour impacts[J]. Atmosphere Environment, 2009, 43(1): 196-206.

[5] VAN HARREVELD A P. From odorant formation to odour nuisance: New definitions for discussing a complex process[J]. Water Science & Technology, 2001, 44(9): 9-15.

[6] BUSH R. Adverse effects of environmental odours: Reviewing studies on annoyance responses and symptom reporting[J]. Water Science & Technology, 2001, 44(9): 43-51.

- [7] IAQM. Guidance on the assessment of odour for planning v1.1 [EB/OL]. [2018-12-10]. <http://www.iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
- [8] 王亘, 荆博宇. 恶臭污染防治难题怎解? [N]. 中国环境报, 2018-11-08 (003).
WANG G, JING B Y. How to solve the problem of odor pollution prevention? [N]. China Environment News, 2018-11-08 (003).
- [9] 张妍, 荆博宇, 王亘, 等. 恶臭污染精准模拟的峰均值因子研究进展 [J]. 环境科学研究, 2018, 31 (3): 428-434.
ZHANG Y, JING B Y, WANG G, et al. Research progress on peak-to-mean factor in precision simulation of odor pollution [J]. Research of Environmental Sciences, 2018, 31 (3): 428-434 (in Chinese).
- [10] 王亘, 孟洁, 商细彬, 等. 国外恶臭污染管理办法对我国管理体系构建的启示 [J]. 环境科学研究, 2018, 31 (8): 1337-1345.
WANG G, MENG J, SHANG X B, et al. The enlightenment of foreign odor management approaches for its establishment in China [J]. Research of Environmental Sciences, 2018, 31 (8): 1337-1345 (in Chinese).
- [11] LI W F, YANG W H, LI J Y. Characterization and prediction of odours from municipal sewage treatment plant [J]. Water Science & Technology, 2018, 3: 762-769.
- [12] BOTH R, SUCKER K, WINNEKE G, et al. Odour intensity and hedonic tone: important parameters to describe odour annoyance of residents [J]. Water Science and Technology, 2004, 50: 83-92.
- [13] Netherlands Environmental Protection Agency. Netherlands Emission Guidelines for Air; Chapter 3.6 [EB/OL]. [2018-12-10]. http://rwsenvironment.eu/publish/pages/55546/ner_english-version_november_2007.zip
- [14] German EPA. Detection and Assessment of Odour in Ambient Air; Guideline on Odour in Ambient Air [EB/OL]. [2018-12-10]. <https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/gerueche/pdf/GOAA10Sept08.pdf>
- [15] New Zealand Ministry of the Environment. Review of odour management in New Zealand; Technical report [EB/OL]. New Zealand; New Zealand Ministry of the Environment, 2002 [2018-12-10]. <http://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/odour-tr-aug02.pdf>.
- [16] VDI 3940 Blatt1; Measurement of odor impact by field inspection - measurement of the impact frequency of recognizable odors - Grid Measurement [S], Berlin, Germany: Berlin Press, 2006.
- [17] VDI 3882 Blatt2; olfactometry-determination of hedonic odour tone [S]. Berlin, Germany: Berlin Press, 1994.
- [18] BRANCHER M, LISBOA H D M. Odour impact assessment by community survey [J]. Chemical Engineering Transactions, 2014, 40: 139-144.
- [19] UK Environment Agency. Assessment of Community Response to Odorous Emissions [R]. Swindon: Environment Agency R&D Dissemination Centre, 2002.
- [20] 马彩霞, 张朝能, 王飞羽, 等. 卷烟企业异味对大气环境的影响分析 [J]. 昆明理工大学学报 (理工版), 2007, 32 (2): 90-94.
MA C X, ZHANG C N, WANG F Y, et al. Impact of cigarette factory odor on environment [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2007, 32 (2): 90-94 (in Chinese).
- [21] 柳小毅. 城市交通噪声主观烦恼社会调查 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
LIU X Y. Social investigation on urban traffic noise subjective annoyance [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011 (in Chinese).
- [22] MIEDEMA H, WALPOT J, VOS H, et al. Exposure-annoyance relationships for odour from industrial sources [J]. Atmosphere Environment, 2000, 34: 2927-2936.
- [23] SUCKRT K, BOTH R, BISCHOFF M, et al. Odor frequency and odor annoyance Part 2: Dose-response associations and their modifications by hedonic tone [J]. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2008, 81: 683-694.
- [24] NADDEO V, ZARRA T, GIULIANI S, et al. Odour impact assessment in industrial areas, chemical [J]. Engineering Transactions, 2012, 30, 85-90.
- [25] 赵永利, 刘正娟, 王玉川. 儿童反复肺炎危险因素的病例对照研究 [J]. 中国当代儿科杂志, 2011, 13 (12): 962-965.
ZHAO Y L, LIU Z J, WANG Y C. Risk factors for recurrent pneumonia in children: A case-control study [J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2011, 13 (12): 962-965 (in Chinese).
- [26] 黄杜钗. 重庆地区住宅室内环境与学龄前儿童肺炎患病关系的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
HUANG D C. Relationships between home environment in Chongqing and pneumonia in preschool children [D]. Chongqing: Chongqing University, 2014 (in Chinese).
- [27] 李佳音, 李伟芳, 杨伟华, 等. 三种典型异味物质的愉悦度特征 [J]. 环境化学, 2018, 37 (6): 1311-1316.
LI J Y, LI W F, YANG W H, et al. Hedonic tone of three typical odorants [J]. Environmental Chemistry, 2018, 37 (6): 1311-1316 (in Chinese).
- [28] 闫凤越, 李伟芳, 魏静东, 等. 典型异味源的感官特性及特征污染物筛选 [J]. 环境科学研究, 2018, 31 (9): 1645-1650.
YAN F Y, LI W F, WEI J D, et al. Sensory characteristics and specific pollutants for typical odour emission sources in China [J]. Research of Environmental Sciences, 2018, 31 (9): 1645-1650 (in Chinese).
- [29] 翟增秀, 李伟芳, 邹克华, 等. 愉悦度在恶臭污染感官评价中的应用 [J]. 环境工程技术学报, 2018, 8 (5): 546-550.
ZHAI Z X, LI W F, ZOU K H, et al. The application of hedonic tone in odour pollution sensory evaluation [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2018, 8 (5): 546-550 (in Chinese).