

嗅觉测定技术的进展与恶臭污染管理政策的改进

李湘中

(香港理工大学土木与结构工程系, 香港)

摘要 介绍了 3 种有关恶臭的测定方法及其发展趋向, 即色谱质谱法(GC/MC)、电子鼻法(electronic nose)和嗅觉测定法(olfactometry)。目前世界上广泛采用以臭味浓度作为恶臭污染的控制指标。嗅觉测定法是广泛接受的臭味测定方法。本文就嗅觉测定法的定义, 设备及其质量控制的方法作了详细的介绍, 并比较了欧洲、美国、澳大利亚以及香港等地区当前对于恶臭污染的政策和将嗅觉测定法进行标准化的进程。

关键词 恶臭污染, 嗅觉测定法, 恶臭浓度, 恶臭强度, 嗅觉检测员。

Development of Odour Measurement Techniques and Improvement of Odour Pollution Control Policies

Xiangzhong Li

(Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)

Abstract Odour control regulations in Europe, USA, Australia and Hong Kong were improved recently, but those policies highly rely on odour measurement techniques and their standardization. This paper reviewed the significant development of odour measurement technologies and the current progress of method standardization. It was indicated that recent advances in olfactometry ensure that results have a sufficient level of accuracy, repeatability and reproducibility to be used by environmental authorities for the prediction of community odour impacts.

Keywords odour pollution, dynamic olfactometry, odour concentration, odour intensity, panellist.

空气中的臭味可以来自诸多臭源, 例如污水处理厂、垃圾转运站、养猪场, 甚至食品加工厂等等^[1], 影响到公众居住环境的质量^[2]。在香港, 恶臭污染已经成为众多环境污染问题之一^[3]。为了定量地评估某个地区的恶臭污染状况, 很多因素的相互作用及其复杂性必须加以考虑。包括恶臭的生成与释放, 扩散与迁移, 对人体的作用与感觉。然而, 其中一个最重要的条件就是要有一个准确而可靠的臭味测定方法^[4]。

1 嗅觉测定技术的进展

大多数发臭化合物呈挥发性物质, 可用色谱技术进行分离。例如新西兰的 Luo 与 van Oostrom 于 1996 年应用色谱质谱方法对于处理动物炼油厂臭气的生物滤池的效率进行了评价。其中鉴别了大约 50 种不同的发臭化合物^[5,6]。该类方法最大的缺点是从所鉴别的化学浓度中无法给出可被人感觉到的臭味强度, 而且无法与环境管理标准直接挂钩。

称之为电子鼻或人造鼻的技术(electronic nose or artificial nose)近来也已应用于臭味的研究工作中。该

技术最早应用于食品工业, 用以鉴别食品的质量。其主要原理为将有味道的氣體通过一组固体传感器, 然后将传感器所产生的信号由计算机进行处理^[7]。

由于传感器具有很强的选择性, 因而用电子鼻测定臭味气体时往往是用一组传感器。该方法的技术关键是传感器的灵敏度与重现性。目前常用的传感器包括有石英晶体微平衡传感器(QCM), 金属氧化物传感器, 导电聚合物传感器, 表面声波传感器以及光纤传感器。其中以导电聚合物传感器的应用最为普遍。应用电子鼻方法分析来自某污水处理厂不同臭源气体样品的结果表明, 电子鼻技术可以辨别臭味的种类, 如来自沉淀池, 曝气池与污泥脱水房的臭气, 并能将来自不同臭源的恶臭气体进行分类^[7], 这些功能无疑具有很好的研究价值。在实际应用中, 可以利用该技术来鉴别恶臭污染投诉事件中污染气体的真正来源。然而, 目前电子鼻技术的精确度并不高, 只适合于半定量的分析要求。此外, 该方法的缺点是其测定结果无法直接给出恶臭

李湘中: 男, 47 岁, 博士, 副教授
收稿日期: 1998-05-17

对人类的影响程度^[8,9]。

至今为止,嗅觉测定方法(olfactometry)是唯一一种臭味测定技术,它可直接给出恶臭污染对于人类环境的影响^[10,11]。该技术是以人的鼻子为检测器,其测定结果则依赖于检测人员对恶臭气体样品的反映。嗅觉测定方法可以用来测定臭味浓度和臭味强度。其原理是,使用洁净气体将含有恶臭的气体样品进行不同倍数的稀释然后由嗅觉检测员对稀释后的气体进行鉴别。通常嗅觉测定的过程往往是为了寻找某一稀释倍数,在此倍数下50%的嗅觉检测员可以闻到臭味而另外50%的嗅觉检测员则闻不到臭味。此邻近状态称为臭味的阈值(odour threshold)并定义为 10 U/m^3 ,其值等价于 $123\mu\text{g}$ 正丁烷(*n-butanol*)在 1 m^3 洁净气体中的臭味浓度。任何气体样品在嗅觉检测中被稀释至其阈值的稀释倍数则定义为该样品的臭味浓度(OU/m^3)^[12,13]。

嗅觉测定方法所需的设备与条件包括下列内容:

①嗅觉测定实验室(必须清洁无味且空气流通);②用于稀释的无味压缩空气气源;③嗅觉测定仪(该设备用于将含有臭味的气体与洁净无味气体进行不同倍数的稀释);④一组合格的嗅觉检测员;⑤含有已知浓度的标准臭味气体;⑥配有嗅觉测定程序的计算机;⑦数据的收集系统与数据处理软件。

嗅觉测定技术作为一项环境监测的工具则始于70年代。嗅觉测定技术可分为静态测定法与动态测定法2种。该方法曾被作为澳大利亚维多利亚省的嗅觉测定标准方法,称为B2方法,直至1998年才被废除,并拟建立一个以目前欧洲共同体所采用的方法为基础的新的国家标准方法^[8]。

动态嗅觉测定仪的一个很重要的改进则是由美国Illionis Institute of Technology Research Institute设计的IITRI型动态嗅觉测定仪。它设有6个检测口,分别表示6种不同的稀释倍数。其中每2个邻近检测口的稀释比为3:1。在测试过程中,每个嗅觉检测员需要依次在6个检测口分别进行鉴定并区别出稀释的气体与洁净的气体。即使在无法进行区别时也必须作出判定故称为强迫性选择式测定法^[2]。然而IITRI型嗅觉测定仪存在一些设计上的缺点。例如其稀释范围较小,对于具有较强浓度的样品(如来自污水处理厂的样品)则需要预稀释,由此产生了一些不必要的误差与操作上的不便。另外,由于IITRI型具有6个检测口,其气体流速的设定过低,只有 0.5 L/min 。

自80年代起,以荷兰人为代表的欧洲研究人员一直在尽力改进强迫性选择式动态嗅觉测定仪(forced-

choice olfactometer)。其结构参见文献[2]。由于嗅觉测定仪是采用人的鼻子为检测器,其稳定性远远不如大多数检测仪器。为了尽量减少测定结果的偏差,该方法的质量控制措施则极为重要。对于单个臭味实验室,目前的荷兰国家标准方法(NVN2820)与即将执行的欧洲试行标准方法(CEN264)均要求执行下列质量控制措施。

2 嗅觉测定方法的质量控制

(1)嗅觉测定仪的校准 嗅觉测定仪必须定期用CO标准气体进行校准,其标准为仪器稀释倍数的重现性应小于5%及与设计稀释倍数的偏差应小于20%。

(2)嗅觉检测员的选择与管理^[12] 嗅觉测定法的近期发展主要侧重于如何进一步改进方法的灵敏度及实验室内与实验室间的重现性。一名合格的嗅觉检测员首先要通过筛选测试。正丁烷是嗅觉测定法中最常用的标准气体,筛选测试的2项要求为每位嗅觉检测员对于正丁烷气体的体积分数阈值应在 20×10^{-9} — 80×10^{-9} 的范围内以及不少于12次测试的重现性 $r < 0.477$ 或者 $10^{\circ} < 2.33$ 。该项标准已广泛应用于欧洲,澳大利亚,新西兰以及香港,台湾,新加坡等多个地区。嗅觉测定法一般使用6至8个嗅觉检测员。不仅每个嗅觉检测员的嗅觉灵敏度不同,即使同一嗅觉检测员其每天的嗅觉灵敏度也是变化的。因而,在每天进行恶臭气体样品测定之前需加入一次对正丁烷标准气体的测试,以便于监测每个嗅觉检测员当天的状态。

(3)嗅觉测定法的质量要求^[12] 根据荷兰标准方法(NVN2820),对于每个实验室测定结果的质量要进行水平测试来加以确认。合格的质量要求为该方法的重现性 $r < 0.477$ 且准确度 $A_{\text{rel}} < 0.217$ 。

3 嗅觉测定法的标准化

各国关于嗅觉测定的标准方法一直在不断地进行改进。例如美国自1962年由材料试验协会(ASTM)采用注射器静态测定法后,于70年代末改为动态测定法。然而美国到目前为止仍无国家统一标准方法,现最为流行的是由美国材料试验协会在1991年推荐的选择式动态测定法(ASTM E679-91)。其与目前欧洲的选择式动态测定法的主要不同之处在于该方法较多地依赖于嗅觉测定设备的选择。相对而言,欧洲各国在嗅觉测定标准化的进程上则较为成熟。德国目前的标准方法为“是与否(Yes/No)动态测定法(VDI 3881)”并且将与荷兰等国所采用的“多项选择式动态测定标准方法(NVN2820)”统一为新的欧洲标准方法

(CEN 264)^[13]. 其主要特点是只对测定程序进行标准化而对于测定设备并无严格的限制. 因而, 目前澳大利亚、新西兰、台湾、新加坡以及香港等地区都倾向于采用新的欧洲标准方法.

4 恶臭污染管理政策的改进

当前美国、澳大利亚、新西兰以及一些发展中国家均以“有无恶臭投诉为依据”的管理政策, 优点为方法简单且运作成本低. 该方法的程序是当管理部门收到有关的恶臭投诉后即派出一名检查员至现场进行实地调查以鉴定是否确有恶臭污染问题^[2, 14]. 然而, 该方法往往屈于某些社区与公众的压力, 并未能对社区或工业区的恶臭污染给出具体的近期污染控制标准与远期欲达到的目标. 目前一些欧洲国家如荷兰, 则趋向于使用量化的管理. 其方法为限制每个臭源所产生气体的臭味浓度, 在经数学模型的扩散计算之后不得对周围邻近的社区有任何的恶臭污染. 这些定量的规定与数据对于因恶臭污染所引起的法律纠纷给出了明确的尺度. 恶臭的定量管理方式自 80 年代末在荷兰实施以来也引发了一些技术问题. 如臭味的浓度与周围居民的感觉并非一简单的关系, 它取决于很多因素包括臭味发生的频率、居民的健康状况、人们对环境的要求以及臭味本身的类型. 比如有 2 种气体分别来自面包房和养猪场, 虽然具有同样的臭味浓度却会给人非常不同的感觉. 为了建立切实可行的恶臭管理措施, 需要用大量可靠的数据来验证恶臭影响与上述因素的关系. 香港地区环境保护署目前也趋向于采用量化的恶臭管理制度.

5 结论

恶臭污染控制的管理方式由依赖有无公众投诉转为量化的管理显然需要一个可靠且有可比性的标准测定方法. 然而, 世界各国的政治与经济状况差异甚大, 目前不可能对嗅觉测定的设备给予严格的规定. 鉴于欧洲 18 个国家可在短时间内统一在欧洲标准方法 (CEN 264) 之下, 主要在于该方法可包容几种不同的嗅觉动态测定方法. 对于尚未建立其标准方法的国家, 以欧洲标准方法为基础的“多项选择式动态测定方法”不失为一个好的参考方法.

参 考 文 献

1 Li X Z, Wu J S. Odour removal from foul air by a bio-reac-

tor. Proceedings of 17th Federal Convention of AWWA, 1997, 297- 302

- 2 Schultz T J, Kaye R B. A review of developments in olfactometry. Proceedings of 16th Federal Convention of AWWA, 1995, 53- 60
- 3 香港环境保护署. 香港环境保护. 1996, 10- 20
- 4 全浩等. 恶臭环境科学词典. 北京: 北京大学出版社, 1991. 25- 30
- 5 Sweeten J M. Odour Measurement Technology and Application: A state-of-the-art review. Proceedings of the 7th International Symposium on Agriculture and Food Processing Waste. Chicago, 1995, 65- 70
- 6 Luo J, Van Oostrom A J. Biofilters for controlling animal rendering odour-A pilotscale study. Proceedings of Environmental Biotechnology '96 Conference. New Zealand. 1996, 313- 331
- 7 Bartlett P N, Gardner J W. Odour sensors for an electronic nose. Proceedings of NATO Advanced Research Workshop Sensors and Sensory Systems for an Electronic Nose. Iceland: 1991, 31- 51
- 8 Buchanan D. Odour policy in Victoria. Proceedings of National Workshop on Odour Measurement and Standardisation. Sydney: 1997, 7
- 9 Gardner J W, Bartlett P N. A brief history of electronic noses. Sensors and Actuators. 1994, **18- 19**: 211- 220
- 10 Dravnieks A, Prokop W H. Source emission odour measurement by a dynamic forcechoice triangle olfactometer. J. Air Poll. Cont. Assoc., 1975, **25**: 28- 35
- 11 Dravnieks A, Schmidtsdörff W, Meilgaard M. Odour thresholds, measurement by forced-choice dynamic triangle olfactometry: Reproducibility and method for calculation. J. A. P. C. A., 1986, **36**: 900- 905
- 12 Van Harreveld A. Main features of the final draft european standard measurement of odour concentration using dynamic olfactometry. Proceedings of the Speciality Conference: Odours Indoor and Environmental by Air Organised by Air and Waste Management Association. 1995, 45 - 50
- 13 Van Harreveld A, Heeres P. Quality control and optimisation of dynamic olfactometry using n-butanol as a standard reference odorant. ST AUB-Reinhaltung der luft, 1995, **55**: 45- 50
- 14 Schultz T J, Van Harreveld A. International moves towards standardisation of odour measurement using olfactometry. Wat. Sci. Tech., 1996, **34**(3- 4): 541- 547