



《污染地块土壤异味影响评价技术指南
(征求意见稿)》编制说明

《污染地块土壤异味影响评价技术指南》
编制组

二〇二三年一月

目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	标准制订的必要性分析.....	2
2.1	我国土壤污染防治政策的要求.....	2
2.2	异味污染地块引起公众重视.....	2
2.3	弥补现有地块异味污染影响评价的空白.....	2
3	国内外相关分析方法研究.....	3
3.1	国内外异味污染地块相关概况.....	3
3.2	国内外污染场地标准规范制定概况.....	4
4	标准制订的技术路线.....	5
4.1	标准制订的目的.....	5
4.2	标准制订的原则.....	5
4.3	标准制订的技术路线.....	6
5	主要技术内容及说明.....	7
5.1	标准结构框架.....	7
5.2	适用范围.....	7
5.3	规范性引用文件.....	7
5.4	术语和定义.....	7
5.5	工作程序说明.....	8
5.6	污染地块异味物质检测方法.....	9
5.7	异味污染释放评价方法.....	12
5.8	异味污染扩散模型选择与计算方法.....	15
5.9	异味物质嗅阈值确定.....	19

《污染地块土壤异味影响评价技术指南 (征求意见稿)》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

2022年1月，清华大学向中华环保联合会提交了《污染场地土壤恶臭污染风险评估技术指南》立项申请表，经专家评审，2022年3月此项团体标准获得批准立项，项目信息在全国团体标准信息平台网站 (<http://www.ttbz.org.cn>) 予以公示。

《污染地块土壤异味污染影响评价技术指南》的编制依据是根据科技部国家重点研发计划项目“场地土壤环境风险评估方法和基准”(2018YFC1801101)的要求。标准编制组成员单位是在此重点研发专项相关课题研究参加单位共同参与支持的基础上，同时面向社会广泛征集、严格筛选部分其他参编单位后确定的。清华大学是本指南的技术负责单位，并承担总体编写任务，生态环境部南京环境科学研究所、天津市生态环境科学研究院、中华环保联合会VOCs污染防治专业委员会负责标准的过程管理，其他参编单位有上海启菲特环保生物技术有限公司、江苏博闻环保科技有限公司等企事业单位。

1.2 工作过程

2018年12月，科技部下达国家重点研发计划项目“场地土壤环境风险评估方法和基准”各课题任务书，其中课题1“场地土壤层次化风险评估技术与方法体系及阈值”的任务之一为编写针对场地恶臭污染物的评估技术指南1套。

2019年1月-4月，研究设计课题实施方案，并开始文献资料调研。

2020年6月-2021年12月，对江阴、南通、淄博等地的典型农药污染场地开展现场调研和污染特征分析，期间展开模型选择与释放验证实验，并进行总结分析。

2022年1月，向中华环保联合会提交了《污染场地土壤恶臭污染风险评估技术指南》团标立项申请表。

2022年3月10日，中华环保联合会VOCs污染防治专业委员会组织召开了《污染场地土壤恶臭污染风险评估技术指南》立项审查会，据专家意见，对标准文本进行修改并将标准名称进行修改。

2022年3月14日，《污染场地土壤恶臭污染风险评估技术指南》获得批准立项，并在全国团体标准信息平台网站公示。

2022年4-6月，确定指南技术路线和主要内容。

2022 年 7-10 月，完成指南文本初稿和编制说明。

2022 年 10 月 21 日，中华环保联合会 VOCs 污染防治专业委员会组织召开了《污染场地土壤恶臭污染风险评估技术指南（初稿）》专家讨论会。根据专家意见，进一步完善标准技术要求和编制说明的相关内容并将标准名称修改为《污染地块土壤异味影响评价技术指南》。

2023 年 1 月，完成《污染地块土壤异味影响评价技术指南（征求意见稿）》，并面向社会公开征求意见。

2 标准制订的必要性分析

2.1 我国土壤污染防治政策的要求

党和国家高度重视土壤污染防治工作。为加强污染场地开发利用过程中的土壤环境管理，保护人体健康和生态环境，规范污染场地的风险评估技术要求，原国家环保总局于 2006 年下达了《污染场地风险评估技术导则》制订项目，并于 2014 年正式发布。2016 年 5 月，国务院印发《土壤污染防治行动计划》（简称“土十条”），明确要求对土壤污染坚持风险管控，实施建设用地准入管理，防范人居环境风险。2018 年 6 月，我国《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准》正式发布，开创性地提出了“筛选值”、“管制值”两条线的管理体系，并要求通过《污染场地风险评估技术导则》规定的风险评估等方法，确定污染土壤的修复目标和风险管控目标。此外，我国上海、北京、重庆、浙江及珠三角地区也探索制定了地方风险评估方法与筛选值。

2.2 异味污染地块引起公众重视

随着城市化进程的加快，在产业结构和城市布局调整中，越来越多的工业企业搬迁出主城区，遗留了大量的有机污染场地。其中，农药化工类企业由于在原先工业生产过程中管理不当，对场地的土壤和周围环境造成了不同程度的污染。随后，在退役场地的修复和开发利用过程中，对土壤中的苯系物、氯代烃等挥发性有机物产生扰动，由于此类污染物的高挥发性和高生物毒性，使其变得不稳定并逸散到大气环境中，从而对人体健康和自然环境造成影响，并可能引发一系列社会问题。近年来，社会上一些影响较大的土地污染事件均暴露出较为严重的土壤异味污染问题。因此，针对污染土壤中异味物质释放的研究十分必要，而释放通量则是有效评价污染地块土壤中异味物质释放的一个关键参数。

2.3 弥补现有地块异味污染影响评价的空白

目前，我国对大气环境质量要求的日趋加严，环保压力日益剧增，日常管控措施难以满足环保减排要求，VOCs 精细化治理受到广泛关注及研究，提升 VOCs 治理的科学性、针对性和有效性迫在眉

睫，近期生态环境部颁布的《重点行业挥发性有机物综合治理方案》中明确提出深入实施 VOCs 精细化管控，亟需客观评估 VOCs 治理装备的综合效果。“工业企业挥发性有机物治理效果综合评价指南”可作为工业企业 VOCs 精细化管控的重要抓手，为国家及地方环境管理部门的政策落地提供关键技术支持。

尽管场地修复异味污染控制非常重要，目前国内外的相关控制标准还较为缺乏，相关研究基础十分薄弱。目前大多数场地修复标准和规范，没有专门考虑异味污染问题，只有少数标准予以考虑。美国加州在制定石油污染场地修复标准（ORDER NO. R5-2003-0044）时，专门考虑了有机污染物嗅阈值的的影响，某些指标（如甲苯、乙苯）的修复限值并非由毒性确定，而是从控制异味污染角度确定的。我国制订发布的《中小学合成材料面层运动场地》（GB36246-2018）中，专门规定了运动场地合成材料面层的气味评定方法与标准。除了标准缺乏外，相关的基础研究也十分薄弱。《农药污染地块土壤异味物质识别技术指南》（T/ACEF027-2021）中，规定了农药污染地块土壤异味物质识别的原则、内容、程序和技术要求，但并未设计通量测定与污染扩散模拟。2022 年 12 月，江苏省生态环境厅组织起草了地方环境保护标准《恶臭污染物现场嗅辨技术规范（征求意见稿）》，规定了恶臭污染物的现场嗅辨方法原理、人员及仪器要求、工作程序、结果判定与应用、质量控制和质量保证等内容，适用于环境空气和无组织废气的臭气强度辨别与判定，是从规范嗅辨技术的角度出发，并不涉及污染地块异味物质影响评价内容。目前，对于场地土壤和地下水修复过程中，引起嗅味的典型异味物质及其浓度水平缺乏系统研究，导致污染问题发生后难以采取有效的监控。另外，由于缺乏场地修复异味污染风险评估方法和相关基准研究，导致修复过程中和修复后的控制目标不明确。因此，亟待开展污染场地修复异味污染控制基准的系统研究。

当前针对“污染地块土壤异味污染影响评价技术”尚未有相关的国家、行业、地方及团体标准出台。本标准的制定可为污染地块的异味污染程度及其对周边环境的影响评价，为污染地块管控和修复提供支撑。

3 国内外相关分析方法研究

3.1 国内外异味污染地块相关概况

随着我国城乡居民生活水平的提高和生活质量的提高以及人们环保意识的增强，人们对生活环境质量的要求越来越高，越来越不能容忍各种异味气味的污染。有关异味污染的投诉事件也不断增加，异味污染的处理和修复已经成为日益严重的社会和环境问题。目前，我国土壤污染十分严重，2014 年，《全国土壤污染状况调查公报》显示，在调查的 81 块工业荒地的 775 个土壤点位中，超标点位

占 34.9%，主要污染物为锌、汞、铅、铬、砷和多环芳烃，主要涉及化学工业、采矿和冶金等行业。2016 年 5 月 28 日，国务院《土壤污染防治行动计划》发布后对污染场地的监督提出以下指标：到 2020 年，污染农田的安全利用率达到 90%左右，污染土地的安全利用率达到 90%以上；到 2030 年，被污染的农田安全利用率达到 95%以上，被污染土地安全利用率达到 95%以上，随着土十条计划的实施，将会在全国范围内进行污染场地土壤的治理和修复。

在欧洲、美洲和一些发达国家，人们对环境投诉问题中的异味污染事件所占的比例越来越大。在美国，恶臭气味类投诉事件占有所有空气污染的 50%以上。在澳大利亚其投诉所占比例已经达到了 91.3%几乎全部都是恶臭污染投诉事件。在日本，成为仅次于噪声的第二大类污染投诉。恶臭气味污染已经成为典型的世界七大环境污染公害之一。根据我国天津市的统计自 2006 年以来恶臭污染类投诉事件逐年增加，目前恶臭污染类问题年投诉事件量将近 3000 次，占有所有环境投诉问题事件中的 20%；国家环保局在天津市进行的一项调查显示，在恶臭气味污染来源的分布中，来自工厂的恶臭气味源约占 34.1%，在各种污染源行业中排第一位，主要来自化工制药、石油炼制、食品加工、造纸印刷等工业企业，化工制药企业所在地对周围居民环境的恶臭污染是环境恶臭污染的主要问题来源之一。

场地恶臭污染的问题近几年愈发严重，并且由于场地恶臭污染而引起的环境投诉事件大有逐年增多的趋势，场地恶臭污染的修复与治理目前已成为周围居民环境污染问题关注的焦点之一，例如在社会上影响较大的江苏省常州毒地事件、苏州苏化厂毒地、武汉毒地等都受到农药化学物质的污染，暴露出较为严重的恶臭污染问题。已经不仅仅是环境公益诉讼案件，而是这类污染场地的修复和建设用地的再利用是亟待解决的环境问题。另外，在场地修复过程中，也常常因恶臭污染物逸散引起周边居民投诉。在污染场地被修复后，恶臭物质含量和影响也不容忽视，其浓度高低会直接影响公众对修复效果的判断。

3.2 国内外污染场地标准规范制定概况

在对污染场地的污染情况进行客观评价时，都需要参考相对应的标准规范，但我国在标准规范制定方面的研究起步比较晚，没有得到相应的重视，研究成果较少，制定标准主要借鉴国外的研究成果。我国近年分别颁布了《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《废弃危险化学品污染环境防治办法》、《土壤污染防治法》、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》等相关法律法规和技术导则为废弃工业场地污染修复以及风险管控提供了依据和参考。2014 年我国相继发布了《场地环境调查技术导则》、《污染场地土壤修复技术导则》等多项环境标准，是我国污染场地修复事业的里程碑，反应了我国在针对现场调查和场地修复治理工作方面的决心，为各地方进行污染现场调查的原则、内容、技术要求等奠定了坚实的基础，加强了污染场地环境监督管理、规范受污染场地等土壤

修复技术计划的编制等，提供了依据和技术支撑。但我国在污染场地修复方面如果直接套用国外的筛选目标、暴露途径、模型参数很可能不符合我国实际的情况，不利于工作的推进，因此我国一些大城市开始尝试建立更严格的地方标准，例如经过多年的实践和探索，北京已经发布了本地标准《场地土壤环境风险评估筛选值》（DB 11 / T 811 - 2011）、2016 年原上海市环境保护局先后制定了《上海市场地环境调查技术规范》等四项技术规范、重庆市 2016 年发布了《场地土壤环境风险评估筛选值》。我国香港和台湾地区也分别制定了适用于当地的法规和标准分别是《香港受污染土地勘察及整治实务指南》和 2011 年台湾修订的《土壤污染监测标准》。

相对我国，欧美等发达国家在城市化和工业化的过程中较早的关注到场地污染土壤的治理和修复问题，二次工业革命后，欧美环境污染事件频繁发生，例如美国—“拉夫运河事件”；意大利—“塞维索化学污染事故”；德国—“莱茵河污染事件”等唤醒了公众的环保意识，促进了相关的技术要求和指南的发布。其中，美国和荷兰在污染土壤再利用的方面是走的比较靠前的。美国政府发布了“超级基金”法案，唤醒了世界各国对环境污染的认识；美国纽约州颁布的《固体废弃物处置要求》指出了污染土壤的再利用的要求以及可利用的判断方法。荷兰于 1987 年制定的《土壤保护法》中对历史性污染和新污染做出了明确的区分；1995 年荷兰颁布了《建筑材料指令》旨在保护土壤和地下水。德国发布的《土壤区域规划法案》和《建设条例》中就污染土壤再利用问题制定了相关细则。加拿大设立环境部长理事会，要求各地区根据环保部制定的技术指南制定各自地区的污染场地修复指南。

4 标准制订的技术路线

4.1 标准制订的目的

编制本指南，为指导污染地块土壤异味影响评价提供评价技术要求、评价方法，以指导污染地块的异味污染程度及其对周边环境的影响评价，为污染场地中挥发性恶臭污染物的监测、控制与影响评价提供技术支撑和指导。

4.2 标准制订的原则

针对性原则。针对污染地块的特征和异味物质特性，进行通量测定和评价因子识别，为污染地块的异味管控和修复提供依据。

规范性原则。采用程序化和系统化的方式规范污染地块异味污染影响评价过程，保证评价过程的科学性和客观性。

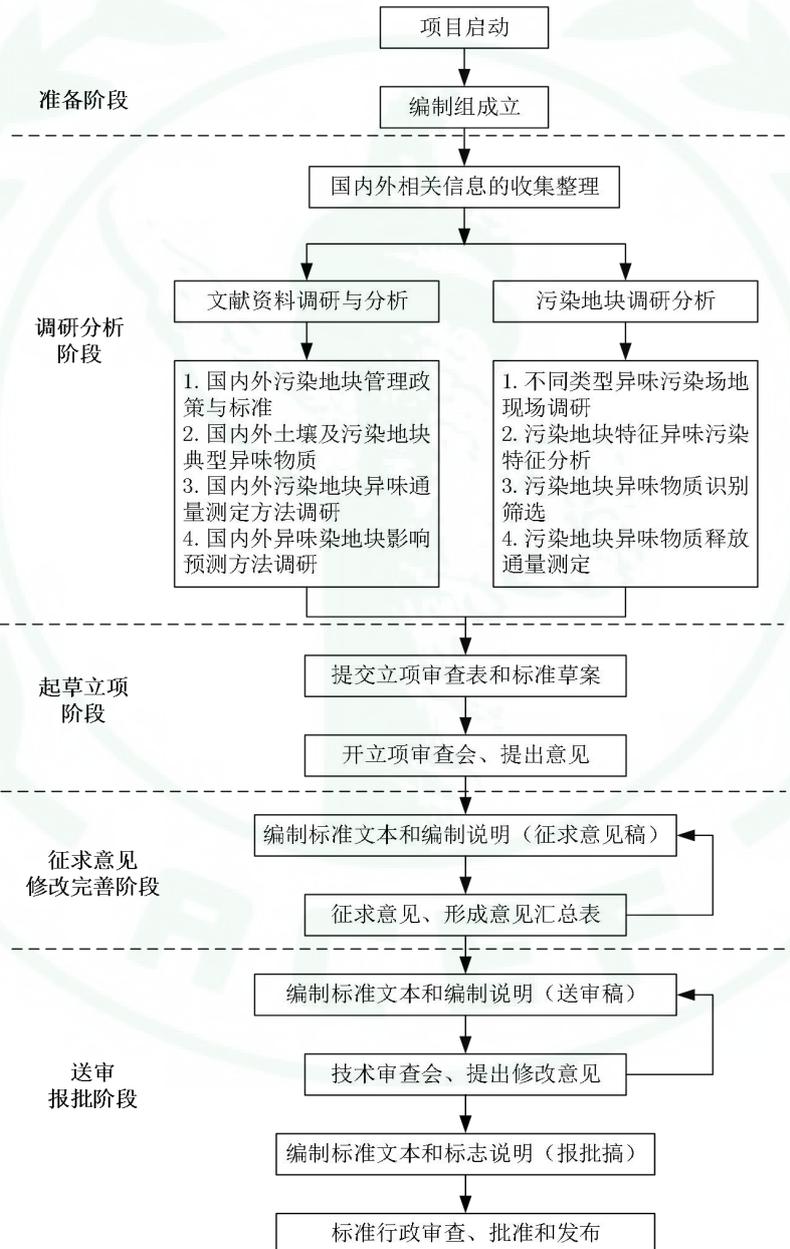
协调性原则。本标准中规定的资料收集、现场踏勘、监测布点、感官评价方法与现有的相关国家

标准、行业标准、团体标准中规定的内容相协调。

可操作性原则。综合考虑识别方法、时间、经费等因素，结合当前专业技术水平，提高污染地块异味影响评价的效率和质量，使评价过程切实可行。

4.3 标准制订的技术路线

本指南将在对国内外相关标准调查和分析的基础上，研究制定相应的技术要求，进而制定出本土化的污染地块土壤异味影响评价技术指南，为污染地块土壤异味污染管理提供技术支持，技术路线如图 4.1 所示。



5 主要技术内容及说明

5.1 标准结构框架

本标准主要包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、工作原则、任务与程序、异味污染初步评价、异味污染影响常规评价、异味污染影响高级评价等 7 部分内容。

- (1) 适用范围：概述了本标准的编制内容和适用范围。
- (2) 规范性引用文件：介绍了本标准中引用的相关标准文件。
- (3) 术语和定义：规定了规范中的相关术语。
- (4) 工作原则、任务与程序：规定了本标准评价的前提、评价机制和评价要求。
- (5) 异味污染初步影响评价：规定了异味污染初步影响评价的方法与步骤。
- (6) 异味污染影响常规评价：规定了异味污染影响常规评价的评价方法。
- (7) 异味污染影响补充评价：规定了异味污染影响补充评价的评价方法。

5.2 适用范围

本标准规定了污染地块土壤异味影响评价工作的原则、内容、程序和技术要求。

本标准适用于评价污染地块的异味污染程度及其对周边环境的影响，包括对污染地块异味影响的初步评价、常规评价和补充评价，为污染地块管控和修复提供支撑。

本标准不适用于含放射性污染的地块。

5.3 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB/T 14675 空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 905 恶臭污染环境监测技术规范

HJ 1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则

T/ACEF 027 农药污染地块土壤异味物质识别技术指南

5.4 术语和定义

本部分为执行本标准制定的专门术语和对容易引起歧义的名词进行的定义。参考生态环境部发布的建设用地土壤污染、环境影响技术评价导则、恶臭污染监测技术指南等等已发布的标准、规范及政策文件，对相应术语进行解释。

(1) 污染地块 contaminated land

指从事过有色金属冶炼、石油加工、化工、农药、石油加工、焦化、电镀、制革、有色金属冶炼等行业生产经营活动，以及从事过危险废物贮存、利用、处置活动的用地。

(2) 异味 odor

一切刺激嗅觉器官引起人们不愉快感觉及损害生活环境的异味气体。

(3) 异味物质 odorous substances

具有异味的化学物质被称为异味物质。

(4) 异味污染源 odor substances sources

指造成异味污染的异味物质发生源，通常指向环境排放异味物质或对环境产生有害影响的场所、设备或装置等。

(5) 臭气浓度 odor concentration

用无臭的清洁空气对臭气样品连续稀释至嗅辨员阈值时的稀释倍数。

(6) 周界 boundary

恶臭污染源责任主体的法定边界。若无法定边界，则指实际占地边界。

(7) 敏感点 sensitive point

指人群集聚区，包括人群居住地、活动场所等。

(8) 排放速率 emission rate

一定高度的排气管单位时间内排放污染物的质量，单位为 kg/h。

(9) 排放通量 emission flux

指单位时间内通过单位面积无组织排放源排放的恶臭污染物的量，单位为 g/m²/s 或 OU/m/s。

(10) 评价因子 evaluation factors

指进行恶臭影响评价时所采用的表征恶臭污染有代表性的主要污染因子。

5.5 工作程序说明

污染地块土壤异味影响评价可分为三步。

5.5.1 异味污染影响初步评价

本阶段是在收集资料的基础上，开展现场踏勘、人员访谈、敏感点识别，确定评价范围并开展异

味分布状况调查。周围敏感点的识别主要为确定敏感点与周界的距离，相对位置等信息。

异味污染分布状况是通过现场采样和感官评定确定，评定采样点位土壤样品的异味强度等级，确定异味点位，根据异味点位分布，判断地块内的异味污染分布区域。

5.5.2 异味污染影响常规评价

本阶段主要包括常规评价因子识别、排放通量/速率测定和周界浓度测定。有组织点源测定排放浓度与排放速率，无组织面源使用静态箱测定异味排放通量；设定标准情景，使用扩散模型计算周界常规评价因子浓度。

臭气浓度、评价因子测定是通过现场采样与实验室分析确定，确定主要异味物质的组成、浓度（程度）和分布。

5.5.3 异味污染影响补充评价

本阶段通过选择特征评价因子，设置个性化情景，通过扩散模型计算敏感点的特征评价因子浓度，同时开展问卷调查，进行异味影响补充评价，依据评价结果判断该地块对周围敏感点存在异味影响的程度，并提出相应控制策略。臭气浓度、评价因子测定是通过现场采样与实验室分析确定。

异味影响补充评价适用于存在周界臭气浓度超标或者居民异味投诉的污染地块的特殊评价需求的情况。

5.6 污染地块异味物质检测方法

异味物质是一种主要作用于人类心理上的环境污染，存在的形势是多种多样的，通常以混合物的形式存在，具有强烈的刺激性气味，相对单一物质更难识别，并且较多种类的恶臭物质的嗅阈值也较低，如氨、三甲胺、硫化氢等物质的嗅阈值都普遍较低，即使是在浓度较低的情况下，人体的嗅觉依然可以感受到，并且低于大多数的分析检测仪器的限值。异味污染的产生普遍是比较迅速的，通常受到多种外界环境因素的影响，例如温度、湿度、风速等，让人猝不及防。长期处于异味环境中会对人体造成巨大的伤害，甚至造成永久无法逆转的损害，除了能够对人体造成损伤外，对社会经济也存在相当严重的影响。异味物质的大量释放会对环境形成巨大的威胁，影响自然资源的利用和二次开发。异味污染不仅给人类社会带来危害，而且更严重的破坏了生态环境。由于异味物质的种类繁多，且嗅阈值和浓度普遍偏低，往往难以检测，为了对低浓度、低嗅阈值、种类多的异味物质进行检测，就需要对不同的检测方法进行综合考虑，选择行之有效检测方法对异味物质进行快速的实时分析。目前按照检测方式不同，主要分为仪器分析法、感官评定法等。

5.6.1 仪器分析法

(1) 实验室方法

一般情况下，异味物质的气味阈值通常较低，有的甚至低于 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 级，因此，在仪器测定之前，样品需要进行预处理（富集和浓缩），低温捕获，常温富集和反应捕集等是常用的方法。

仪器分析法主要用于测定单一的异味物质并对其进行定性和定量分析，或对复杂的混合污染物通常测定一种或者几种具有代表性的污染物进行分析方法。分析检测主要使用仪器气相色谱仪（GC）、气相色谱质谱仪（GC+MS）、高效液相色谱仪（HPLC）、离子色谱仪（HPIC）、分光光度计等精密仪器进行分析，所以一般分析费用高、耗时长。因此，本技术指南在异味污染影响初步评价时不开展组分检测，对于初步评价确定的存在异味污染影响的地块，在常规影响评价阶段，依据表 5.1 中方法进行异味物质组分分析，表中包含了含硫、含氮和苯系物中主要的异味物质的仪器分析方法。对于存在异味污染且可能对周围环境产生异味污染影响的地块，则开展补充评价，根据 T/ACEF 027 中规定的异味物质组成方法识别和筛选地块主要异味物质。

表5.1 异味物质分析方法

序号	异味物质	方法标准名称	标准编号
1	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 533
		环境空气 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法	HJ 534
2	三甲胺	空气质量 三甲胺的测定 气相色谱法	GB/T 14676
3	硫化氢	空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法	GB/T 14678
		空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法	GB/T 14678
4	甲硫醇	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
		空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法	GB/T 14678
5	甲硫醚	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
		空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法	GB/T 14678
6	二甲二硫	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
		空气质量 二硫化碳的测定 二乙胺分光光度法	GB/T 14680
7	二硫化碳	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759

		固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 734
		环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583
8	苯乙烯	环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584
		环境空气 挥发性有机污染物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
9	臭气浓度	臭气的测定 三点比较式臭袋法	HJ 1262

(2) 现场检测方法

虽然我国在该领域的研究开展较晚，关于异味物质的仪器分析方法相关报道并不多见，但近几年的推广研究较为迅速，如表 5.2 所示便携式分析仪器。随着科学技术手段的不断完善，分离技术和仪器的灵敏度不断提高等多方面因素，仪器分析在异味物质的测定过程中也越来越普遍，其中气象色谱检测法已经成为应用最为广泛物质分析方法，根据我国环境检测和相关保护部门的规定，异味物质的检测应做到准确度高能够快速辨别出异味物质的种类和浓度，而色谱系统恰好能够不间断测定，能够可定性和定量分析恶臭污染物组分。但气象色谱仪器也有一些局限性，目前现有的色谱仪器大部分是在实验室内的，需专业人员对其操作，从进样分析得到检测结果需要时间较长，某些仪器可能还需要辅助设备。还有一些学者认为，仪器分析的最大缺点是，它不能从所确定的化学浓度中得出可闻到的恶臭强度，并且不能直接与环境管理标准联系起来。因此，本指南选择便携式仪器（PID 传感器）用于现场土壤环境异味污染筛查。

表5.2 国内外便携式分析仪器

出品商	仪器型号	检测限	传感器类型	进样模式
美国 Photovac	PetroPro	5 ppb	PID	气体
瑞士 INFICON	2020ComboPrO	100 ppb	PID	气体
美国 SRI	GC 860	1 ppm	FID	气体、液体
美国霍尼韦尔	GCRAE1020	2 ppb	PID	气体
美国 Uni Best	Magic Mini	10 ppb	PID&FID	气体
北京东西分析仪器	GC-4400	1 pg	PID	气体
上海精密仪器	GC-190	1 ppb	FID	气体、液体

5.6.2 感官评定法

感官测定法于十九世纪七十年代初期开始被当做环境监测的一种工具，是利用人们的嗅觉器官对

异味物质的反应来评价和测定恶臭污染的工作，其结果能够直接得到异味物质对于生态环境影响的测定技术，该技术的特点是操作简单方便，测定结果可靠实用。通常异味物质种类多，测定过程复杂，感官测定法因操作便捷且实效性较强具有一定的实用价值，因此，本指南在初步评价阶段选用感官评定法是对土壤样品中异味物质进行评价，和仪器分析法配套使用弥补仪器分析的不足。本指南中现场感官评定对评价人员与评定环境的要求以及评定方法参照 T/ACEF 027 中气味强度等级评定方法的相关要求进行。

5.7 异味污染释放评价方法

5.7.1 异味污染释放评价的必要性

污染地块土壤中异味物质释放的量属于微量级别的，是目前异味污染评估工作中的难题之一，尤其是无组织面源异味物质释放量的监测，不像点源污染有固定的排污点，例如烟囱，而在监测面源异味物质释放的量时可能面临样品不容易采集，异味物质的释放随时间的延长而发生变化，也可能根据外界环境因素的改变而改变例如：温度、风速、压强等，也可能会由于释放出的异味物质本身的化学性质的不稳定而改变，对污染地块土壤异味物质监测的时效性和期限性要求较高。因此，选择适宜的异味污染释放评价方法是必要的。

5.7.2 异味污染释放评价方法的确定

目前对土壤中释放气体的评价方法一般有以下几种：静态箱法、动态箱法、环境舱法和间接计算法。静态箱法是依据箱内浓度随时间的变化量和箱体体积计算释放通量，携带运输方便，易操作，虽然静态箱内环境与实际场地环境有差异，有一定程度上的缺点，但由于其可靠性以及在实际操作过程中的简便性，在研究应用中受到国内外学者的青睐。动态箱法具体可以分为密闭式动态箱法和开放式动态箱法两类，二十世纪七十年代初期已经有国外学者尝试使用动态箱法测定农业生态系统土壤温室气体的排放；动态箱的设计模拟了被测区域的自然风吹扫环境的状况，引起异味物质从被测表面向大气环境扩散和迁移的过程。但动态箱的设计和操作要求较高，在实际应用中存在较多的困难。环境舱也被成为气候舱，它是人为设计建造能真实模拟所需环境的实验设备由环境舱主体、控制系统等部分构成，通过相关技术手段在环境舱内控制其温度、相对湿度、换气次数、气体流速等环境因素。早在二十世纪八十年代，美国就已经推出了测量木材甲醛释放的环境舱法。欧美发达国家、日本、韩国等均先后在自己国家环境体系内设立了环境舱的标准。国外对环境舱的研究已经越来越成熟，我国虽然也在环境舱方面投入许多人力物力，但应用水平相对落后，环境舱法在模拟真实条件时存在许多困难，多应用于家具 VOC 的释放监测等。间接计算法在监测时需要大量的真实数据和气象参数进行验证，

受条件限值太多，应用并不广泛。

依据文献调研结果，本指南选取静态箱、动态箱以及顶空法对污染地块土壤中异味物质进行现场监测与评价发现，动态箱法的测定条件与实际情况最接近，且能反映风速对释放通量的影响，本应作为挥发性恶臭污染物释放能力评价的首选方法。然而，动态箱法设备附件多（有风机、管道等）、进口处的异味物质浓度容易受到环境中异味物质影响，浓度波动大，实际使用过程中的可操作性并不是很高。静态箱法设备易于携带、操作简单，测得的异味物质浓度变化较为稳定；但静态箱内环境与实际场地环境差异较大，不能反映风速等因素影响，但通过在箱内增设风扇可以解决风速问题。顶空法设备和测定过程最简单便捷，耗时也最短，但无法获得异味物质释放通量数值。因此，本技术指南在评价时以顶空法作为初步筛查的方法，当确定采样和测定区域后，采用静态箱法对异味物质释放通量进行测定，为地块异味污染评价提供依据。表 5.3 列出了 3 种异味污染释放能力评价方法的原理和优缺点。

表5.3 三种挥发性恶臭污染物释放能力评价方法比较

方法	方法原理	优点	缺点	操作难度
静态箱法	根据静态箱内 VOCs 浓度随时间的变化量和静态箱的体积计算场地表面 VOCs 的释放通量	携带运输方便,易操作	静态箱内环境与实际场地环境有差异	适中
动态箱法	通过向动态箱提供吹扫空气,由动态箱尺寸、空气流量和进出口浓度差计算 VOCs 的释放通量	可以较好模拟自然环境,反映风速的影响	运输和现场操作难度大;受现场气体浓度影响大	高
顶空法	通过与便携式 PID 的结合,快速记录不同采样区域土壤中 VOCs 的顶空平衡浓度	快速便捷、耗时短	无法获得 VOCs 释放通量数值	低

5.7.3 异味污染释放评价方法的建立

本指南针对异味污染释放选择顶空法结合静态箱法进行评价。首先，使用顶空法在初步影响评价阶段测定异味物质初步释放能力，结合感官评定，确定异味污染分布状况。然后在异味污染影响常规评价阶段，使用静态箱法测定无组织面源异味物质释放通量。

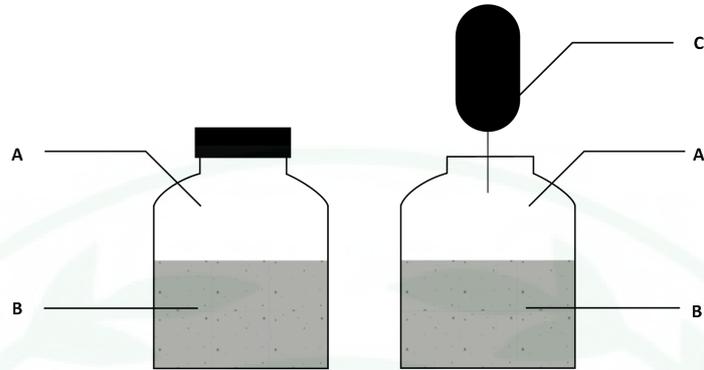
(1) 顶空法

土壤环境异味污染筛查顶空法原理为：取污染土壤置于瓶内，震荡瓶内土壤使污染物释放，静置一段时间后，使用便携式检测仪测定其释放浓度。

通过现场监测发现，如使用传统的塑封袋存储土壤样品进行初步筛查存在空白污染，因此将存储容器换为棕色玻璃瓶（含 PTFE 垫片的瓶盖），以消除塑封袋本身释放的挥发性污染物干扰。

顶空法采用 500 mL 的棕色玻璃瓶（含 PTFE 垫片的瓶盖），采集污染土壤装入玻璃瓶中约二分

之一体积，拧紧瓶盖，摇晃或振动玻璃瓶约 30 s，之后静置约 2 min；然后将便携式检测仪探头伸入玻璃瓶口处，将便携式检测仪探头伸入玻璃瓶后的数秒内，记录仪器的最高读数。



A— 棕色玻璃瓶；B—污染土壤；C—便携式仪器（电子鼻）

图5.1 土壤环境异味污染筛查顶空法示意图

(2) 静态箱法

静态箱测定异味释放通量原理为：把已知底面积和体积的特制密封箱体固定在待测土壤表面上方，在测定时间段内确保箱体与外界气体无交换，每隔一定时间测定一次静态箱内异味物质的浓度，计算静态箱所覆盖土壤表面异味物质的释放能力。

考虑到箱体材质对异味物质的吸附性，静态箱使用 1.2 mm 厚的 304 不锈钢材料制成，静态箱箱体分为两部分，静态箱为底部开口的壳体，由圆柱体和圆台组成。圆柱体直径为 400mm，高为 150mm，上表面分别设置三个一字排开内径为 5mm，高为 30mm 的检测口分别用于实时监测和平衡箱内外气压。

静态箱法是将静态通量箱固定在待测的土壤表面，固定时间间隔采集箱内气体样品，通过测定土壤中异味物质浓度随时间的变化梯度，结合采样箱的容积和底面积，推算出该时段内异味物质的释放通量。测量过程中为平衡向内外气压，箱顶设置三个直径为 5 mm 的检测口，分别用来测量箱内温度、异味气体浓度和平衡箱内外的压力。

将静态通量箱插入在待测的土壤表面深度 2-3 cm 处，第 30s 时使用无臭气袋采集箱内气体样品。每次样品采集结束后将静态箱抬起于场地其他区域倒扣静置 2min，使箱内污染气体逸散至箱体外，随后于上一次待测土壤表面附近进行下一次通量测定，共采集 3 次，取其最大测定值，气袋样品采样方法参照 HJ 905 中要求执行，通量计算见下式。

$$F = \frac{V}{A} \left(\frac{dC}{dt} \right) \quad \text{式(5.1)}$$

式中，F 是异味物质的排放通量，单位为 $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ ， $\text{OU} \cdot (\text{m} \cdot \text{s})^{-1}$ ；V 是静态箱的体积， m^3 ；A 是静态箱底面积， m^2 ；C 是静态箱中异味物质浓度，单位为 $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 或 OU；t 是测量时间间隔，s。

每个监测点位监测 2 min，每 30 s 采集一次静态箱检测口异味气体样品。

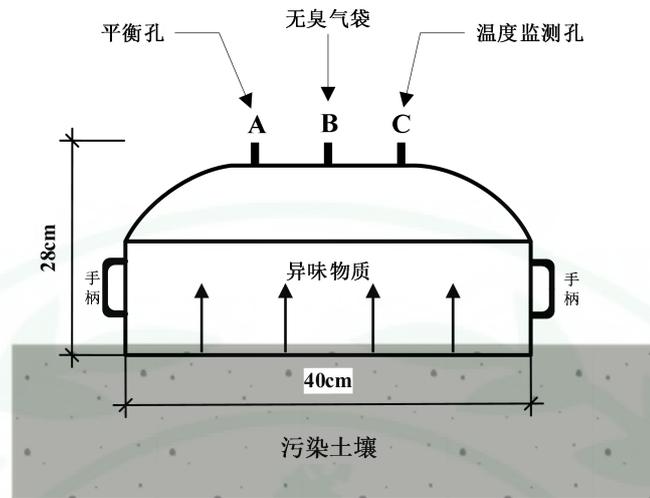


图5.2 静态箱示意图

5.8 异味污染扩散模型选择与计算方法

5.8.1 扩散模型的确定

目前普遍使用的大气扩散模式种类繁多、能够处理不同条件下大气扩散问题，例如封闭型扩散模式、熏烟扩散模式、山区扩散模式和沿海大气扩散模式等。

依据这些模式处理问题所采用的理论和数学方法，基本上可分为统计模式(包括高斯扩散模式及其变形模式)、大气扩散相似模式和 K 模式。UNAMAP 是 EPA 向全国推荐的大气质量模式汇编，其中绝大多数的模式是以高斯扩散模式为基础推导出来的。依据其应用尺度和范围的不同可分为 5 组。

(1)用于平坦或略有起伏的乡村地形、连续排放的高架点源。这些模式主要有 PT—MAX、PTDIS、PTMTP、PTPLU、MPTER、MPTDS、PAL、PALDS 和 CRSTER 等。这些模式都从稳态高斯烟流扩散方程出发，采用适合地面粗糙度较小的 Pasquill—Gifford 扩散参数。模式采用 Briggs 方法计算烟气抬升，用指数公式外推排放高度的平流风速。

(2)适用于地形较平坦或略有起伏的工业复合源和城市地区的模式。这些模式主要有 CDM、CDMQC、RAM、APRAC、APRAC3、BLP、ISCST、ISCLT 等。这些模式也都是以稳态高斯模式为基础，根据环境条件的不同，加入了一些较为复杂的物理过程模拟。

(3)适用于地形复杂地区的模式。这些模式主要有：VALLEY、COMPLEX/PFM、SHORTz、LONGz、MESOPUFF、MESOPLUME、FUMIGATION 和 CTDM 等。这些模式仍然采用高斯分布的假设，并以某种方式处理地形对烟流轨迹或烟气的水平扩散分布变化的影响，以便应用于山区、矿区和城市的不同环境状况下。

(4)适用于处理流动源污染的模式。主要模式有：HIWAY、HIWAY2、ROAD—WAY、PRADCHEM等。HIWAY(公路模式)可用来计算公路下风向非活性污染物的小时平均浓度，适用于均匀和平坦地形条件(也可用于质量较低、路面起伏的公路段)。

(5) 适合于城市大气质量模式。城市下垫面和各种生产生活活动改变了城市边界层的气象条件，污染物的扩散规律与平原和乡村明显不同。仅采用单纯的高斯模式难于模拟出城市污染状况，大城市一般尺度均在数十千米，空气污染物在这种距离的输送过程中将出现比较明显的化学转化、干沉积和湿沉积清除，因此城市大气模式应综合考虑这些因素影响。对于城市中出现的光化学污染，美国的主要研究模式有 PBM(光化学箱模式)、EK—MA(光化学实验动力模式)、OZIPM(臭氧模式)等。

在我国《环境影响评价技术导则-大气环境》中针对不同的评价需求也给出了推荐的模型，如表5.4所示。大气污染物扩散模式是模拟大气污染物的输送、扩散、迁移过程，预测在不同污染源条件、气象条件及下垫面条件下某污染物浓度时空分布的数学模型，是低层大气中污染物迁移和扩散规律的、简单化的数学描述。根据不同的建模理论体系、污染物迁移、扩散过程以及不同的描述对象，模式的形式也各不相同。

表5.4 推荐模型适用范围

模型名称	适用性	适用污染源	适用排放形式	推荐预测范围	适用污染物	输出结果	其它特性
AERSCREEN	适用于评价等级及评价范围判定	点源(含火炬源)、面源(矩形或圆形)、体源	连续源			短期浓度最大值及对应距离	可以模拟烟熏和建筑物下洗
AERMOD		点源(含火炬源)、面源、线源、体源		局地尺度(≤50km)	一次污染物、二次PM _{2.5} (系数法)		可以模拟建筑物下洗、干湿沉降
ADMS	用于进一步预测	点源、面源、线源、体源、网格源	连续源、间断源			短期和长期平均质量浓度及分布	可以模拟建筑物下洗、干湿沉降，包含街道窄谷模型
AUSTAL2000		烟塔合一源					可以模拟建筑物下洗
EDMS/AEDT		机场源					可以模拟建筑物下洗、干湿沉降
CALPUFF		点源、面		城市尺度	一次污染		可以用于特

模型名称	适用性	适用污染源	适用排放形式	推荐预测范围	适用污染物	输出结果	其它特性
		源、线源、体源		(50km到几百km)	物和二次PM _{2.5}		殊风场, 包括长期静、小风和岸边熏烟
光化学网格模型(CMAQ或类似模型)		网格源	连续源、间断源	区域尺度(几百km)	一次污染物和二次PM _{2.5} 、O ₃		网格化模型, 可以模拟复杂化学反应及气相条件对污染物浓度的影响等

注 1: 生态环境部模型管理部门推荐的其他模型, 按相应推荐模型适用情况进行选择。

注 2: 对光化学网格模型(CMAQ 或类似的模型), 在应用钱应根据应用案例提供必要的验证结果。

一般使用得最广泛、适用于小尺度、定常流场中连续高架点源污染物浓度估算的为高斯烟流模式。我国大气扩散模型在我国大气环境影响、环境规划、总量控制中, 一般均以高斯正态烟云模式为基础, 因此, 本指南以高斯模型为主要扩散模型, 相对复杂的情景则选用 Calpuff 模型。

5.8.2 扩散模拟计算方法的确定

(1) 有组织污染源高斯烟羽大气污染扩散模型

假设点源在没有任何障碍物的自由空间扩散, 不考虑下垫面的存在。大气中的扩散是具有 y 与 z 两个坐标方向的二维正态分布, 当两坐标方向的随机变量独立时, 分布密度为每个坐标方向的一维正态分布密度函数的乘积。

经过推理得出计算公式:

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad \text{式 (5.2)}$$

C — 空间点 (x, y, z) 的污染物的浓度, mg/m³ 或 OU/m³;

σ_y 、 σ_z — 分别为水平、垂直方向的标准差, 即 y、x 方向的扩散参数, 由大气扩散条件确定;

u — 为平均风速, m/s;

q — 点源源强, mg/s 或 OU/s;

x — 为风向轴上空间点到源的距离, m;

y — 为风向轴垂直方向上空间点到源的距离, m;

z — 为空间点的高度, m;

H — 为烟囱高度，m；

(1) 高架点源扩散模式

依据高架连续点源扩散模型，地面全部反射时的地面浓度，令 $y=0$ 则可得到沿 x 轴线上的浓度分布，计算公式如式 5.3。

$$C(x, y, 0, H) = \frac{q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{H^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad \text{式 (5.3)}$$

其中 $C(x, y, 0, H)$ 为点源下风向某点地面浓度。

(2) 地面点源扩散模式

对于地面点源，则有效源高度 $H=0$ 。当污染物到达地面后被全部反射时，可令 $H=0$ ，即得出地面连续点源的高斯扩散公式如式 5.4。

$$C(x, y, z, 0) = \frac{q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad \text{式 (5.4)}$$

(2) 无组织污染源虚拟点源扩散模型

无组织面源简化为点源计算适用于 500 m ~ 1000 m 大小的建筑物、构筑物和工厂等无组织排放源的估算，具体公式如 5.5：

$$\rho(x, y, 0, H) = \frac{q}{\pi u (\sigma_y + \sigma_{y0})(\sigma_z + \sigma_{z0})} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{y^2}{(\sigma_y + \sigma_{y0})^2} + \frac{H^2}{(\sigma_z + \sigma_{z0})^2} \right] \right\}$$
$$\sigma_{y0} = \frac{W}{4.3}, \quad \sigma_{z0} = \frac{H}{2.15} \quad \text{式 (5.5)}$$

$\rho(x, y, 0, H)$ 为面源下风向某点地面浓度， mg/m^3 或 OU/m^3 ；

q — 虚拟点源源强， mg/s 或 OU/s ；

u — 为平均风速， m/s ；

σ_y 、 σ_z — 分别为水平、垂直方向的标准差，即 y 、 x 方向的扩散参数，由大气扩散条件确定；

x — 为风向轴上空间点到源的距离， m ；

y — 为风向轴垂直方向上空间点到源的距离， m ；

W — 为面源平均宽度， m ；

H — 为面源平均高度， m ；

(3) 污染等效计算方法

围界异味物质浓度/臭气浓度简化为有组织污染源与无组织污染源扩散至下风向厂界浓度的加和。具体公式如 5.6：

$$C_{\text{等效}} = C_n + \rho_n \quad \text{式 (5.6)}$$

C_n — 为所有有组织点源下风向某点地面浓度的加和, mg/m³ 或 OU/m³ ;

ρ_n —为所有无组织面源下风向某点地面浓度的加和, mg/m³ 或 OU/m³ ;

5.9 异味物质嗅阈值确定

本导则收录的异味物质嗅阈值数据部分来源于 3M 呼吸器选择指南和日本环境卫生中心, 其对嗅阈值的分析方法分别采用了嗅觉分析仪和三点比较式臭袋法。此外, 我国国家环境保护恶臭污染控制重点实验室按照我国相应标准 GB/T 14675 中排放源臭气样品的稀释和测定方法, 针对典型异味物质进行了嗅阈值的测定, 数据也收录至本导则。由于日本环境卫生中心与我国对异味气体的稀释和测定方法相同, 均为三点比较式臭袋法, 因此在嗅阈值数据选择中, 优先推荐使用我国国家环境保护恶臭污染控制重点实验室的测定数据, 而在 3M 呼吸器选择指南和日本环境卫生中心的嗅阈值数据有差异时, 推荐使用日本环境卫生中心的嗅阈值数据。

表5.5 恶臭物质嗅阈值 (单位ppm)

序号	化合物英文名称	化合物中文名称	3M 2010 Respirator Selection Guide (2010)	日本环境卫生中心 (2018)	国家环境保护恶臭污染控制重点实验室 (2015)	建议嗅阈值
1	2-Butanone	2-丁酮	0.27	/	0.17	0.17
2	Acetaldehyde	乙醛	0.186	0.0015	0.018	0.018
3	Acetone	丙酮	4.58	42	7.2	4.58
4	Ammonia	氨	5.75	1.5	0.3	0.3
5	Benzene	苯	8.65	2.7	/	2.7
6	Carbon Disulfide	二硫化碳	0.096	0.21	0.17	0.096
7	Diethyl Sulfide	乙硫醚	/	0.000033	/	0.000033
8	Dimethyl Sulfide	甲硫醚	0.0025	0.003	0.002	0.0025
9	Dimethyl Disulfide	二甲二硫醚	/	0.0022	0.011	0.0022
10	Ethanethiol	乙硫醇	/	0.0000087	/	0.0000087
11	Ethanol	乙醇	/	0.52	0.10	0.10
12	Ethyl Acetate	乙酸乙酯	0.61	0.87	0.84	0.61
13	Ethylbenzene	乙苯	/	0.17	0.018	0.018
14	Hydrogen Sulfide	硫化氢	0.0005	0.00041	0.0012	0.00041
15	Isopentane	2-甲基丁烷 (异戊烷)	/	1.3	/	1.3
16	Methyl Mercaptan	甲硫醇	0.001	0.00007	0.000067	0.000067
17	m-Xylene	间二甲苯	/	0.041	0.091	0.041

序号	化合物英文名称	化合物中文名称	3M 2010 Respirator Selection Guide (2010)	日本环境卫生中心 (2018)	国家环境保护恶臭污染控制重点实验室 (2015)	建议嗅阈值
18	n-Heptane	正庚烷	/	0.67	/	0.67
19	o-Xylene	邻二甲苯	/	0.38	0.28	0.28
20	α -Pinene	α -蒎烯	/	0.018	0.001	0.001
21	β -Pinene	β -蒎烯	/	0.033	0.50	0.033
22	Propionaldehyde	丙醛	0.145	0.001	0.016	0.001
23	p-Xylene	对二甲苯	/	0.058	0.12	0.058
24	Styrene	苯乙烯	3.44	0.035	0.034	0.034
25	Tetrachloroethylene	四氯乙烯	6.17	0.77	/	0.77
26	Toluene	甲苯	0.16	0.33	0.098	0.098
27	1,2,4-Trimethylbenzen	1,2,4-三甲苯	/	0.12	0.30	0.12
28	3-Methylhexane	3-甲基己烷	/	0.84	/	0.84
29	Limonene	柠檬烯	/	0.038	0.016	0.016