

恶臭环境管理 与污染控制

包景岭
邹克华 主编
王连生



E' CHOU HUANJING GUANLI
YU WURAN KONGZHI

中国环境科学出版社

恶臭环境管理 与污染控制

E' CHOU HUANJING GUANLI YU WURAN KONGZHI

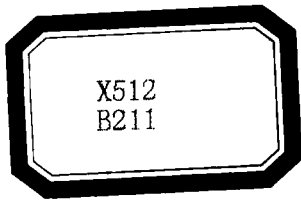
本书由国家环境保护恶臭污染控制重点实验室主要成员编著，编写组的成员都长期从事恶臭污染测试、评价、管理及控制技术方面的研究工作，有着丰硕的研究成果和丰富的工作经验。本书对恶臭污染的研究、管理和监测工作，具有较高实用价值，是一部不可多得的参考书。

ISBN 978-7-5111-0118-1



9 787511 101181 >

定价：40.00元



恶臭环境管理与污染控制

包景岭 邹克华 王连生 主编

中国环境科学出版社·北京

X512
B211

图书在版编目 (CIP) 数据

恶臭环境管理与污染控制/包景岭, 邹克华, 王连生
主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2009.12

ISBN 978-7-5111-0118-1

I. 恶… II. ①包…②邹…③王… III. 臭气—
空气污染控制 IV. X512

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 197878 号

责任编辑 刘璐 肖卫
责任校对 尹芳
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 12 月第 1 版
印 次 2009 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 16.25
字 数 295 千字
定 价 40.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 委 会

主 编 包景岭 邹克华 王连生

编 委（按姓氏笔画排列）

王元刚 王 亘 卢志强 宁晓宇

李昌建 刘 咏 刘 博 徐金凤

耿 静 韩 萌

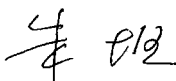
序

恶臭污染广泛存在于工业、农业及市政建设等部门的生产中。化工、制药等企业排放的各类工艺气臭味，畜禽养殖、农药化肥的恶臭气味，城市污水处理厂散发的恶臭气味以及城市垃圾场排放的臭气等，不但污染着生态环境，而且影响民众生产生活环境的质量、身体的健康以至社会的和谐稳定，恶臭问题越来越引起各级政府部门的重视，恶臭污染防治工作任重而道远。

恶臭学是近年来发展起来的一门环境学、心理学、医学等多学科交叉、渗透的边缘科学。自 20 世纪 80 年代以来，我国各级环保部门逐步重视恶臭污染的防治工作，一些环保科研单位、大专院校积极开展恶臭污染管理和防治技术的研究，并在恶臭测试、仪器与设备、治理技术等方面都有了长足的进展。国家环境保护恶臭污染控制重点实验室是我国最早也是唯一一个专门从事恶臭污染研究的科研机构，多年来，该实验室始终关注着恶臭方面的前沿研究，立足于国内恶臭控制的实际需求，取得了一系列重要研究成果，为我国恶臭污染防治事业作出了持续不懈的努力。

本书由国家环境保护恶臭污染控制重点实验室主要成员编著，编写组的成员都长期从事恶臭污染测试、评价、管理及控制技术方面的研究工作，有着丰硕的研究成果和丰富的工作经验。本书对恶臭污染的研究、管理和监测工作具有较高实用价值，是一部不可多得的参考书。

南开大学教授、博士生导师
国家环境咨询委员会委员



前 言

恶臭污染是一种扰民污染，它影响着人民的工作生活质量、社会稳定和环境安全。随着我国经济的飞速发展，城市化进程的加快以及人民生活水平的提高和环保意识的增强，近些年恶臭污染问题越来越成为政府和民众关心的重要环境问题之一。

恶臭污染属于大气污染的范畴，研究内容涉及分析测试、来源解析、环境影响、污染控制等各个方面。由于恶臭往往是多组分、低浓度、低沸点各种气体物质的混合物，恶臭物质具有阈值低、感觉强度与污染物浓度对数相关的特点，因而测试方法、扩散规律乃至控制技术选择方面将不同于常规大气污染。作为一种感官污染，恶臭污染的测定方法是建立在人的感觉基础之上的，其灵敏度远高于分析仪器，但测试所需基准物、测试人员、测试过程必须满足结果的精度要求。由于不同行业臭气的组成不同、阈值不同、排放条件不同，单一的脱臭技术难以达到排放标准要求，必须有针对性地研究臭气组成、单元脱臭技术及合理地组合脱臭工艺，才能实现对恶臭污染的有效控制。

目前，我国正在建立环境技术管理体系，包括技术政策、技术导则和技术规范。为了规范恶臭采集与测试过程，评估不同行业臭气控制技术，国家环境保护恶臭污染控制重点实验室根据多年的嗅辨员培训与控制技术研究和工程经验，吸收了国内外有关著作的精髓，编著了《恶臭环境管理与污染控制》一书，以便为全国环境监测系统恶臭嗅辨员和判定师、环境保护领域的工程技术人员及环境管理人员提供参考。本书也可作为大学专科生、本科生的教学参考书。

本书系统介绍了恶臭样品采集、测试、控制及管理的理论基础和实践，重点论述了我国现行的三点比较式臭袋法及恶臭污染控制的常用技术和装置。本书力求做到层次分明、重点突出、概念清晰，并充分注意必要的系统性、完整性和实用性，使环境监测人员、工程技术人员和环境管理人员在学习过程中能理论联系实际，并逐步提高分析问题和解决问题的能力。附录部分列出了我国现行恶臭污染排放标准和三点比较式臭袋法测试标准、各种恶臭物质的阈值和部分恶臭物质的物化特性。

本书由包景岭、邹克华组织编写并最终定稿，王连生同志参加了前期的组织编写工作。各章编写分工如下：第1章由耿静、卢志强编写，第2章由李昌建、徐金凤编写，第3章由王亘、韩萌编写，第4章由王元刚、刘咏编写，第5章由宁晓宇、刘博编写。

恶臭污染控制是我国环境学科中的一个新的研究领域，由于编纂时间紧，编者水平有限，本书必然存在着一些缺点和不足，敬请广大学者及同行多提宝贵意见。

编 者

2009年9月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 恶臭污染的产生及发展	1
1.2 恶臭的基本概念	3
1.2.1 恶臭、恶臭物质与恶臭污染	3
1.2.2 嗅觉与嗅觉特征	4
1.2.3 恶臭的嗅阈值	5
1.2.4 臭气浓度与臭气强度	6
1.2.5 阈稀释倍数	6
1.3 恶臭物质的来源与种类	7
1.3.1 恶臭物质的来源	7
1.3.2 恶臭物质的种类	8
1.4 恶臭的影响	9
1.4.1 恶臭对人体健康的影响	9
1.4.2 恶臭对社会和经济的影响	11
参考文献	12
第 2 章 恶臭样品的采集	13
2.1 采样方法	13
2.1.1 直接采样法	13
2.1.2 浓缩采样法	15
2.2 采样器材	18
2.2.1 收集器	19
2.2.2 专用采样器	23
2.3 无组织排放及环境恶臭气体样品的采集	25
2.3.1 无组织排放采样一般要求	25
2.3.2 测定前准备	27
2.3.3 现场气象条件的简易测定和判定	28
2.3.4 气象因子与无组织排放测定适宜程度分类	31

2.3.5 无组织排放监控点的布设方法	33
2.3.6 样品的采集	42
2.4 有组织排放污染源恶臭气体样品的采集	45
2.4.1 测定方案的制订	45
2.4.2 测定条件的准备	46
2.4.3 工况的要求	46
2.4.4 采样位置和采样点	47
2.4.5 排气参数	51
2.4.6 样品的采集	55
2.5 现场采样的安全管理	58
2.5.1 安全对策的装备	58
2.5.2 采样前调查	59
2.5.3 现场采样前的安全确认	60
参考文献	61
第3章 恶臭的测定	63
3.1 国内外使用的恶臭测定方法介绍	63
3.1.1 成分浓度分析法	63
3.1.2 嗅觉测试法	69
3.2 三点比较式臭袋法	80
3.2.1 三点比较式臭袋法实验人员的筛选	81
3.2.2 三点比较式臭袋法实验	86
3.2.3 样品测试及计算	88
3.2.4 三点比较式臭袋法的质量控制	94
3.3 特定恶臭物质的测定	97
3.3.1 硫化物	97
3.3.2 低级脂肪醛	100
3.3.3 低级脂肪酸	104
参考文献	106
第4章 恶臭环境管理与评价	109
4.1 国内外恶臭管理概况	109
4.1.1 日本	109
4.1.2 韩国	112
4.1.3 欧盟	117

4.1.4 美国	120
4.1.5 我国的恶臭管理概况	124
4.2 恶臭的评价	128
4.2.1 恶臭评价标准	128
4.2.2 恶臭评价目的与程序	128
4.2.3 恶臭污染调查	130
4.2.4 恶臭预测评价	135
参考文献	144
第 5 章 恶臭污染控制技术	146
5.1 恶臭污染控制技术简介	146
5.1.1 吸附法	146
5.1.2 吸收法	157
5.1.3 燃烧法	164
5.1.4 生物脱臭法	173
5.1.5 光催化氧化法	183
5.1.6 等离子体法	188
5.2 恶臭污染控制技术的评价和选择	193
5.2.1 评价目的	193
5.2.2 评价原则的制定	194
参考文献	196
附 录	199
附录 1 大气稳定度的判定方法	199
附录 2 太阳倾角 δ (四年平均值)	200
附录 3 云量观测规则	201
附录 4 各种稳定度条件下的风廓线幂指数值	202
附录 5 b 、 q 数值表	202
附录 6 $2y$ 数值表	203
附录 7 GB/T 14679—93 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法	204
附录 8 GB/T 14676—93 空气质量 三甲胺的测定 气相色谱法	208
附录 9 GB/T 14678—93 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	215
附录 10 GB/T 14680—93 空气质量 二硫化碳的测定 二乙胺分光光度法	225

附录 11	GB/T 14670—93	空气质量 苯乙烯的测定	气相色谱法	229
附录 12	GB/T 14675—93	空气质量 恶臭的测定	三点比较式臭袋法	236
附录 13		各种恶臭物质的嗅阈值表（三点比较式臭袋法测试结果）		244

第 1 章 绪 论

1.1 恶臭污染的产生及发展

恶臭污染由来已久。自然界的新陈代谢会产生一些天然的恶臭源，例如沼泽地的腐败气息、活火山产生的含硫气体、山林瘴气等；人类在自然界的繁衍生活增加了恶臭污染源，例如腐败的食物、生活垃圾、人类排泄物及其家禽家畜的代谢产物。但是在生产力不发达的时期，恶臭问题并没有受到人们的关注。这是由于人口相对稀少，一方面，人们会远离恶臭源来修建自己的居住场所；另一方面，人们居住较分散，生活过程中产生的恶臭会迅速地扩散稀释；此外，当时大多数人都为了解决温饱问题辛苦劳作，无暇顾及环境中轻微或一般强度的恶臭污染。

随着生产力的发展，人口迅速增加，大量的人口聚集在城镇，人们的生活环境开始变得狭小拥挤。例如，1600 年伦敦人口仅为 10 万，到 1811 年伦敦人口已突破百万。当时，下水道等公共卫生设施并不完善，大量的生活废弃物和代谢产物随处丢弃，使得城市中臭气熏天，霍乱等传染性疾病经常性暴发，危及生命安全。直到 19 世纪，伦敦的斯诺博士和巴黎的路易斯·巴斯德发现了环境与疾病之间的联系，并认识到河流的恶臭污染和挥发性物质是导致疾病的重要因素^[1]。1848 年，欧洲首次出现了有关恶臭阈值的报道。

同时，在生产的发展过程中，出现了一些恶臭污染严重的企业，例如屠宰场、制革厂等。这些企业的兴起使城市环境更加恶化，迫使政府不得不出台一系列法规进行干预。因此，欧洲最早有文字记录的法规中就有关于恶臭污染的记述。这些早期的法规具有地方性质，主要针对屠宰场和制革厂等产生难闻气味的行业，要求这些行业搬迁到城镇以外或者河流下游进行生产。

19 世纪末，欧洲资本主义的发展处于繁荣上升阶段，工业化进程导致工业企业规模扩大，城镇化加快，更多的城市居民区遭受到恶臭污染。1858 年的夏季，泰晤士河发生严重的恶臭污染，为了抵制恶臭，国会大厦将窗帘用氯化钙处理，但也收效甚微。在泰晤士河恶臭暴发的高峰期，英国国会一度休会。为解决

恶臭问题，英国国会修建了伦敦市的主排污渠，使污水沿着泰晤士河岸边排入大海。其他国家也纷纷采取措施，完善公共设施，抵制恶臭污染。

通常，恶臭造成的扰民问题受相应法规的约束，要求造成难闻气味的行业要坐落在远离居民区的地方。一旦发生争执，由相关权威部门进行仲裁。同时，由于恶臭污染，居民与企业间纠纷不断，欧洲许多国家纷纷颁布了《扰民法》，将恶臭列为感官公害加以约束。

《扰民法》的基本原则直到今天仍在使用。然而，为了实现对全体公民的统一保护，社会上越来越需要更加清晰统一的法规。同样，工业企业也需要一个可预测的清晰的行为标准来进行环境管理。近年来，欧洲开始以经济发展促使环保法规的统一化，促进了建立在恶臭污染影响评价和恶臭排放标准定量化的基础上的法规制定。

世界上第一个具有国家级恶臭污染影响评价标准的行业是畜禽养殖业。1971年，荷兰针对现有和新建的养猪场颁布了一项法规，用于确定养殖场与居民区之间的最小防护距离。这项法规最初只是根据公共卫生工作人员的经验而确定的。此后进行了大量定量方法的研究。此后，荷兰实施的法规在其他的一些欧洲国家也得到普遍推广，如德国、丹麦、比利时、爱尔兰等。

为了严格执法，必须定性定量反映恶臭的污染状况，这就推动了恶臭测试技术的不断进步。早在19世纪末，学者们已经开始了嗅觉仪测试恶臭的研究工作，并不断深入、完善制定出一系列的测试标准。在亚洲地区，日本最早涉及恶臭污染领域的研究工作，并于20世纪中期研究出“三点比较式臭袋法”。20世纪末的“三点比较式臭袋法”在日本、韩国等东南亚国家广泛使用。2002年日本颁布“三点比较式臭袋法”质量控制指南和安全管理指南，使得该方法进一步成熟完善。2003年4月，作为嗅觉仪测试法的方法标准——EN13725—2003《空气质量——动态嗅觉仪测定臭气浓度》正式颁布，替代了欧盟各国的国家标准，成为欧盟恶臭测试的统一标准。

20世纪80年代，经历了改革开放，我国的工业、农业、商业等各项事业飞速发展，特别是一些食品、化工、制药等新型化工合成产品的引进，城市污水处理厂、垃圾处理场等城市基础设施的兴建等诸多原因，城市恶臭问题引起了环保部门的关注。天津市环境保护科学研究院最早开始了国内的恶臭的研究，引进了日本的“三点比较式臭袋法”，制定了我国首个地方恶臭排放标准：天津市地方标准——DB12/033—93《恶臭排放标准》，以及首个国家恶臭排放标准 GB 14554—93《恶臭污染物排放标准》。同年，国家颁布了恶臭污染的测试标准 GB/T 14675—93《空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法》。2002年，在原国家环保总局的支持下，建立了国家环境保护恶臭污染控制重点实验室。目前该实验室是我国唯一一个专门研究恶臭污染的实验室。实验室成立以来致力于恶臭污染测试、评价、

管理及控制技术方面的研究；在全国范围内宣贯恶臭标准，培训恶臭测试的专业人才，指导国内各级监测单位建立恶臭测试方法；实验室还组织召开了多次国际会议，与日本、韩国等国家和香港地区的相关恶臭研究机构及专家学者建立了友好合作关系。目前，我国在恶臭污染领域的研究正在迅速发展过程中。

1.2 恶臭的基本概念

1.2.1 恶臭、恶臭物质与恶臭污染

恶臭是各种气味（异味）的总称，可以通过人们的感知思维进行分析和判断。根据国内外有关论述，可将恶臭定义为：凡是能产生令人不愉快感觉的气体通称恶臭气体，简称为恶臭。

恶臭物质是指能够刺激人的嗅觉器官，引起人们厌恶感或不愉快的物质，即产生恶臭的物质。

当环境中的异味达到一定程度时，会使人感觉不愉快，甚至会对人产生心理影响和生理危害，称为恶臭污染。

恶臭污染是一种常见的环境污染，属于大气污染范畴，但是，恶臭污染需要通过人的嗅觉及主观感觉加以表征，同时恶臭物质具有与常规大气污染物如粉尘、二氧化硫等不同的特点，因此将恶臭污染作为“特殊环境污染”加以研究。恶臭污染的特点归纳如下：

(1) 能够产生恶臭的物质很多，而且大多以混合物的形式存在。例如，从咖啡的芳香中已分离出 307 种成分，从香烟烟气中已测定出上千种成分^[2]。

(2) 恶臭是感觉性公害，判断恶臭对人们的影响主要是以给人们带来不愉快感觉为依据进行的，是一种心理上的反应，故具有很强的主观因素。因此可将受害者的主观感觉作为评价恶臭污染程度的依据。

(3) 人的嗅觉器官对恶臭很敏感，有时在低于分析仪器检出限的浓度水平下，人仍能感知恶臭。例如，硫化氢的嗅觉阈值约为 0.4×10^{-9} （质量分数），三甲胺的嗅觉阈值约为 0.03×10^{-9} 。

(4) 恶臭各个成分之间可能具有叠加或者削减的作用。两种或两种以上单独存在气味较弱的物质混合后，可能产生较强的臭气；两种或两种以上单独存在气味较强的气体混合后，感知的气味也可能有所减弱。

(5) 一般有害气体对人体的影响大体上与有害气体浓度成正比，但是恶臭与之不同。根据大量的研究，恶臭给予人的感觉量与恶臭物质对人的嗅觉刺激量的

对数成正比，可用韦伯-费希纳公式（Weber-Fecher 公式）和史蒂文斯（Stevens）公式表征。如果人对臭气的感觉量为 I ，臭气浓度为 c ，而且 k 和 α 为常数（ $\alpha=0.5$ ），则韦伯-费希纳公式为：

$$I=k\log c$$

史蒂文斯公式为：

$$I=kc^\alpha$$

由上述公式可以看出，即使恶臭物质增加了两倍，人的嗅觉却感觉不到恶臭也增加了两倍；反之，即使把恶臭物质去除了 90% 左右，人的嗅觉也只能感觉到恶臭减少了一半左右。

(6) 有些恶臭物质的气味性质与其物质浓度有关。例如：吲哚在高浓度下有粪便的臭味；在低浓度时却有花香味。因而对恶臭进行评价时，必须把恶臭物质浓度与气味的性质同时加以考虑。

(7) 人们对恶臭的厌恶感与恶臭成分的性质、排放强度及浓度有关，并且受到环境、气象条件和个人的身体条件和精神条件等因素的影响。

(8) 恶臭污染以心理影响为主要特征，主要表现是不愉快感或厌恶感。然而，到目前为止，定量表示不愉快感或厌恶感在技术上尚有一定困难。

(9) 恶臭污染的生理影响一般是可逆的。通常，受到恶臭影响的人只要将其转移至空气清洁处，就会很快得到缓解，但恶臭污染的心理影响持续时间较长。

1.2.2 嗅觉与嗅觉特征

嗅觉是指挥发性物质作用于嗅觉器官而产生的感觉。嗅觉的感受器位于上鼻道及鼻中隔后上部的嗅上皮内，包含大约 1 000 万个嗅细胞。嗅细胞为双极细胞，它向外的突起为嗅纤毛。嗅纤毛伸入嗅上皮表面的黏液中，是嗅觉刺激的受纳器。双极细胞的轴突穿过筛板，进入嗅球，由嗅神经连接到大脑。海马回的钩部是嗅觉的主要中枢。嗅刺激物随气流刺激嗅纤毛，通过嗅神经传入大脑，从而被感知。

由于恶臭污染属于感官公害，因此需要利用人类的嗅觉对恶臭污染的程度进行相应的评价。嗅觉测试法是恶臭污染测试的重要方法。为了客观公正地利用人类的嗅觉进行恶臭测试，需要了解嗅觉的几个重要特征。

① 嗅觉灵敏性

人的嗅觉极为敏感，比味觉高 1 万倍。有训练的人能觉察和分辨达 5 000 种不同的气味。有些情况下，人类对恶臭的嗅觉比仪器灵敏，通常， 10^{-6} 级（甚至 10^{-9} 级以下）物质所显现的臭气就可被人感知，例如，人能觉察出包含 5×10^{10} 个

分子的空气中一个硫醇分子的存在。

在实际生活中，嗅觉的灵敏性常常体现在突发事故的检测和预警方面，例如，感到有烧焦的气味时，则预告有火灾发生的可能；在煤气中添加腐臭剂硫醇，通过硫醇的臭味来预警煤气管道的泄漏。

②嗅觉的个体差异性

人和人的嗅觉都有差异。通过嗅觉检查可以发现从嗅觉极为敏感（嗅觉过敏症）的人到嗅觉完全丧失（嗅觉丧失症）的人有明显的个体差异，这种差异有时可达 20~30 倍。而且即使是嗅觉敏感的人对不同恶臭的种类敏感度也不同。例如欧美人对鱼臭敏感，但日本人对动物恶臭敏感而对鱼腥臭并不敏感；又如汉族人对牛羊肉膻味敏感而对猪肉气味不敏感，有些少数民族人民则反之。

另外，嗅觉灵敏度与年龄、性别等有关。例如处于青春期的男女对嗅觉都很灵敏；随着年龄的增长，嗅觉将逐渐降低，特别是 60 岁以上的老年人嗅觉降低更加明显。国家环境保护恶臭污染控制重点实验室对 398 名嗅辨员候选人进行嗅觉能力测试，结果表明，女性的嗅觉比男性灵敏，30~39 岁年龄段女性的嗅觉最灵敏，40 岁以上女性的嗅觉灵敏性下降约 10%^[3]。

③嗅觉顺应性和疲劳性

通常，人们接触到某种恶臭物质时立即就嗅到臭味，这种现象称为嗅觉顺应性。而人们长时间接触某种物质时，会使嗅觉细胞对该物质适应，从而减弱对该物质的嗅觉感受，这种现象称为嗅觉疲劳性。成为疲劳状态之后，该物质即使消失，但对该物质的嗅觉感受仍存在，时间长的可达 20 分钟。因而，在采用嗅觉法测定某物质的臭气强度时，一定要选取不经常接触该恶臭物质的健康人员做检测员，由 6~10 人组成一个检测组，取多人平均值计量臭气强度。

④嗅觉阈值的变动性

嗅觉的灵敏性与人的心情、健康状况有很大关系。心情不好时，对周围的气味，全然没有察觉；健康状况不佳，例如感冒时就嗅不到气味；饱食后嗅觉灵敏性降低，空腹时嗅觉灵敏性最强。

多数女性嗅觉灵敏性的变动比男性大。女性在月经期由于体内激素的强烈影响，嗅觉明显敏感或钝感的约占 80%；妊娠期和更年期多出现嗅觉灵敏性的变动。此外，嗅觉的灵敏性与天气、温度、湿度也有很大关系。

1.2.3 恶臭的嗅阈值

引起嗅觉的最小物质浓度称为嗅阈值。嗅阈值分为两种，其一，能够勉强感觉到有气味而很难辨别到底是什么气味时，称为检知阈值；其二，能够准确辨别出什么气味时，称为确认阈值。通常所说的阈值是前者。