

GONGYEYUAN HUIFAXING YOUJIWU
(VOCs) PAIFANG TEZHENG YU KONGZHI JISHU



工业源挥发性有机物 (VOCs) 排放特征与控制技术

席劲瑛 王 灿 武俊良 著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

工业源挥发性有机物 (VOCs) 排放特征与控制技术

席劲瑛 王 灿 武俊良 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

工业源挥发性有机物 (VOCs) 排放特征与控制技术/席劲瑛, 王灿, 武俊良著. —北京: 中国环境出版社, 2014.12
ISBN 978-7-5111-2040-3

I. ①工… II. ①席…②王…③武… III. ①工业气体—挥发性有机物—空气污染控制—研究—中国 IV. ①X513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 175950 号

出版人 王新程
策划编辑 丁莞歆
责任编辑 黄颖
责任校对 尹芳
封面设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 7.25
字 数 164 千字
定 价 22.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境

科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长



2011 年 10 月

前 言

近年来,雾霾等大气污染问题已经成为政府和公众关注的热点和焦点。2010年,国务院办公厅印发的《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》(国办发[2010]33号),成为大气污染防治的里程碑。2013年9月,国务院发布了《大气污染防治行动计划》(简称“大气十条”),将大气污染防治工作进一步深入实处。有关研究表明,雾霾的形成机制非常复杂,其中挥发性有机物(VOCs)的贡献不容忽视。排放到大气中的VOCs会和氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO_2)等污染物在一定条件下发生光化学反应,产生细颗粒物、臭氧等二次污染物,加重雾霾污染。由于VOCs排放控制对雾霾治理的成败具有重要影响,VOCs已成为 SO_2 、 NO_x 以外又一个重要的大气污染控制指标。

尽管VOCs污染控制越来越受到重视,但还面临许多具体的困难和问题:第一,VOCs的种类多、来源复杂、性质各异;第二,我国长期以来缺乏关于人为源VOCs污染排放和控制的基础资料,科学研究滞后;第三,VOCs控制技术众多,但不同技术的应用状况和适用性不明确;第四,VOCs控制的相关标准、技术政策和规范缺乏等。为了改变这一状况,国家在各种科技计划中加强了对VOCs污染和控制相关研究的立项,力图通过这些项目的研究成果支撑和引领国家开展VOCs控制和管理的工作。2008年,环境保护部在环保公益性项目中设立了“石化典型行业VOCs排放特征及控制技术途径研究”项目,本书的主要内容为该项目的研究成果。

为解决上述难题,在调研了不同行业700多个VOCs排放源及控制工程案例的基础上,本书分析了典型行业VOCs气体排放特征和不同VOCs控制技术的应用状况,建立了VOCs控制技术评价方法,并以合成材料行业为例,分析了行业VOCs排放特征和最佳可行控制技术。本书的研究成果已应用于《“十二五”重点行业挥发性有机物排放清单》《“十二五”工业挥发性有机污染物减排

方案》《“十二五”重点区域大气污染联防联控规划》等材料的编写，同时也在环境保护部组织的各种 VOCs 污染防治会议上进行了交流和讨论。本书可为有关工业行业、地方政府或企业开展 VOCs 污染调研和控制提供借鉴和支撑，也可作为科研工作者和有关专业学生的参考资料。

全书主要编写人员：席劲瑛、王灿、武俊良。另外，姜成红、刘丽丽、王广春、闫威卓等参与了书稿的修订和审校。在书稿撰写过程中，得到了原中国环境科学研究院院长陈复研究员，中国环保产业协会废气净化委员会副秘书长、中国人民解放军防化研究院栾志强研究员和清华大学环境学院胡洪营教授的指导和帮助，在此表示感谢。同时，感谢国家环保公益性项目的资助以及环境保护部科技标准司对本书出版的支持。由于编者水平有限，书中难免存在一些错误和不足，欢迎读者批评指正。

作者

2014年5月于清华园

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 VOCs 污染控制概述 | 1 |
| 1.1 VOCs 定义、分类与危害 | 1 |
| 1.2 VOCs 排放源及排放状况 | 3 |
| 1.3 VOCs 控制的相关标准和技术规范 | 6 |
| 1.4 工业源 VOCs 控制的重要性与科技需求 | 12 |
| 第 2 章 工业源 VOCs 调查方法 | 14 |
| 2.1 工业源 VOCs 调查的目的与流程 | 14 |
| 2.2 工业源 VOCs 资料收集 | 15 |
| 2.3 工业源 VOCs 监测 | 15 |
| 2.4 管线 VOCs 泄漏检测 | 19 |
| 2.5 工业 VOCs 排放量估算方法 | 20 |
| 第 3 章 工业源 VOCs 气体排放特征 | 22 |
| 3.1 案例调查与数据处理 | 22 |
| 3.2 案例的行业分布与典型产生过程 | 22 |
| 3.3 不同行业 VOCs 源产生气体的排放特征 | 27 |
| 3.4 化工行业 VOCs 源产生气体的排放特征 | 31 |
| 3.5 不同类型 VOCs 源产生气体的排放特征 | 34 |
| 第 4 章 工业源 VOCs 控制技术应用状况 | 38 |
| 4.1 VOCs 控制技术介绍 | 38 |
| 4.2 工业源 VOCs 控制工程案例调研 | 45 |
| 4.3 工业源 VOCs 控制技术应用状况 | 46 |
| 4.4 工业源 VOCs 控制技术适用性汇总 | 53 |
| 第 5 章 典型 VOCs 控制工程案例与数据库 | 55 |
| 5.1 典型 VOCs 控制工程案例概述 | 55 |
| 5.2 催化氧化技术典型工程案例 | 55 |
| 5.3 吸附技术典型工程案例 | 60 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 5.4 | 生物处理技术典型工程案例 | 66 |
| 5.5 | VOCs 联合工艺工程案例 | 68 |
| 5.6 | 工业 VOCs 控制工程案例数据库 | 72 |
| 第 6 章 | VOCs 气体控制技术评价体系 | 76 |
| 6.1 | 技术评估概述 | 76 |
| 6.2 | 工业 VOCs 控制技术的评价原则与评价步骤 | 78 |
| 6.3 | 影响工业 VOCs 控制技术评价的因素分析 | 79 |
| 6.4 | 评价指标体系的构建 | 80 |
| 6.5 | 评价指标的量化 | 80 |
| 6.6 | 工业 VOCs 控制技术的综合评价 | 81 |
| 第 7 章 | 典型行业 VOCs 气体排放特征与最佳可行控制技术 | 83 |
| 7.1 | 合成材料行业概况 | 83 |
| 7.2 | 合成材料行业的典型生产工艺 | 84 |
| 7.3 | 合成材料行业 VOCs 产生环节 | 87 |
| 7.4 | 合成材料行业产生 VOCs 气体的排放特征 | 89 |
| 7.5 | 合成材料行业 VOCs 排放系数与排放量估算 | 93 |
| 7.6 | 合成材料行业 VOCs 最佳可行控制技术评价与筛选 | 96 |
| 参考文献 | | 100 |

第 1 章 VOCs 污染控制概述

1.1 VOCs 定义、分类与危害

VOCs 是挥发性有机物 (Volatile Organic Compounds) 的英文缩写, 是对此类物质的统称。近年来, VOCs 气体污染越来越受到人们的重视。

在文献中可以找到多种对 VOCs 的定义。学者 Noel de Nevers 对 VOCs 的具体描述是: “在常温 (20℃) 下饱和蒸气压大于 70 Pa, 常压下沸点小于 260℃ 的有机化合物为挥发性有机物”。澳大利亚国家环境保护局对 VOCs 的定义是: “25℃ 下饱和蒸气压大于 2 mmHg (0.27 kPa) 除甲烷以外的有机化合物。”由此可见, “挥发性”表明此类有机物的物理特性, 表征它的饱和蒸气压或沸点是一个大致范围。

表 1-1 列出了一些典型的 VOCs 物质。从表中可以看出, VOCs 包括脂肪族和芳香族的各种烷烃、烯烃、含氧烃和卤代烃等。

表 1-1 典型 VOCs 物质

| 类别 | 典型物质 |
|----------|---|
| 脂肪族 VOCs | 二氯甲烷、四氯化碳、正己烷、乙烯、三氯乙烯、乙醇、甲基硫醇、甲硫醚、甲醛、丙酮、乙酸、乙酸乙酯、三甲胺 |
| 芳香族 VOCs | 苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯酚、苯乙烯、氯苯、萘 |

由于 VOCs 具有挥发性, 在常温条件下很容易挥发到气体当中形成 VOCs 气体, 从而可能对人体和环境产生危害, 造成 VOCs 气体污染。

首先, 许多 VOCs 物质对生物体具有毒性, 对人类健康能够产生直接危害。部分 VOCs 的毒性效应见表 1-2。例如, 苯 (Benzene)、甲苯 (Toluene)、乙苯 (Ethylbenzene)、二甲苯 (Xylene) (以上 4 种物质合称 BTEX) 是工业上经常使用的有机溶剂, 被广泛应用于油漆、脱脂、干洗、印刷、纺织、合成橡胶等行业。BTEX 在生产、储运和使用过程中, 会挥发到大气中造成污染。经研究, BTEX 具有神经毒性 (引起神经衰弱、头痛、失眠、眩晕、下肢疲惫等症状) 和遗传毒性 (破坏 DNA), 可导致与其长期接触的人体患上贫血症和白血病, 因此 BTEX 被美国国家环境保护局列入优先控制的主要污染物名单。

表 1-2 部分 VOCs 毒性效应

| 典型 VOCs | 毒性效应 |
|---------------|-----------|
| 丙烯醛、苯、甲苯 | 黏膜刺激剂 |
| 甲醇、甲醛、乙醛 | 呼吸道刺激剂 |
| 乙醛、丙酮、苯、甲苯 | 中枢神经系统抑制剂 |
| 乙二醇、三氯乙烯、甲苯、肼 | 肾脏毒剂 |
| 乙炔、甲烷、丙烯 | 单纯窒息剂 |
| 异戊醇、苯 | 心血管系统毒剂 |
| 吡啶 | 血液毒剂 |
| 甲醇 | 末梢神经系统毒剂 |
| 苯 | 造血组织毒剂 |
| 甲苯、肼 | 肝脏毒剂 |

许多分子量较小的烃类或它们的衍生物能使人产生急性中毒。例如甲醇在 0.27×10^{-6} (v/v) 时就会使人感到不适, 甲醛在 $4.4 \times 10^{-9} \sim 14.6 \times 10^{-9}$ (v/v) 时会对人的眼睛产生伤害。世界卫生组织欧洲事务局总结了总挥发性有机物浓度 (TVOC) 对人体健康的影响, 见表 1-3。

表 1-3 TVOC 对人体健康的影响

| 总有机物浓度/ (mg/m^3) | 对人体健康的影响 |
|------------------------------------|----------------------|
| <0.2 | 未发现有影响 |
| 0.2~0.3 | 可能有影响, 但影响会很小 |
| 0.3~3 | 若有加合作用, 会产生炎症和不适应的感觉 |
| 3~5 | 异味, 居住者反应强烈 |
| 5~8 | 对生理影响明显, 致眼、鼻、喉炎症 |
| 8~25 | 头痛、头晕 |
| >28 | 头痛, 毒害神经 |

其次, 许多 VOCs 具有刺激性气味, 相当一部分物质能产生臭味, 这些物质存在于空气中能够引起人类产生不愉快的感觉, 降低人们的生活环境质量。恶臭物质 (Odorant) 是指一切刺激嗅觉器官引起人们不愉快及损坏生活环境的气体物质。多数恶臭物质也具有挥发性, VOCs 与恶臭物质在危害与控制等方面具有许多相似之处。

除了对人类健康产生直接影响外, 排入大气的 VOCs 还能够与其他污染物作用产生二次污染物, 例如臭氧和细颗粒物, 造成光化学烟雾和霾的污染, 对人类健康产生更大的危害。此外, VOCs 的污染范围不仅仅局限在一个城市或国家内, 随着它的扩散与迁移, VOCs 可以引起各种区域或全球大气环境问题, 例如酸雨、臭氧层破坏、全球变暖等, 因此 VOCs 的污染具有跨国性和全球性。

1.2 VOCs 排放源及排放状况

1.2.1 VOCs 排放源分类

VOCs 排放源可以分为自然源和人为源两类。自然源是指因自然原因所造成的 VOCs 排放源,如植物释放、森林火灾、火山释放等。人为源是指人类的生活和生产活动所造成的 VOCs 排放源。人为源可进一步被分为工业源、交通源、农业源、生活源等,不同 VOCs 排放源分类和典型排放过程见表 1-4。实际上,不同研究者对人为源划分的方法也不尽相同,这里仅列出一种分类方法供参考。

表 1-4 VOCs 排放源分类与典型排放过程

| VOCs 排放源 | 类别 | 子类别 | 典型排放过程 |
|----------|-----|------|--|
| 人为源 | 工业源 | 产品生产 | 炼油、炼焦、化学品制造、合成制药、食品加工等行业的产品生产过程 |
| | | 溶剂使用 | 油漆、表面喷涂、干洗、溶剂脱脂、油墨印刷、人造革生产、胶黏剂使用、冶金铸造等 |
| | | 废物处理 | 污水处理、垃圾填埋与焚烧 |
| | | 存储输送 | 含 VOCs 原料和产品的储存、运输 |
| | | 燃料燃烧 | 煤燃烧、生物质燃烧 |
| | 交通源 | 交通运输 | 交通工具尾气排放 |
| | 农业源 | 畜禽养殖 | 养鸡、养猪、养牛 |
| | | 农田释放 | 作物和土壤释放 |
| | 生活源 | 产品使用 | 室内装修、家具释放 |
| | 自然源 | | 森林火灾、植物释放、火山喷发 |

在全球范围内, VOCs 天然源的排放量远远高于人为源,但在局部环境范围内,人为源的排放作用更为重要。在我国,天然源和人为源的排放水平比较接近,年排放量均为 10~20 Mt。而在一些更小的区域范围内,人为排放源的排放量远高于天然排放源。

1.2.2 典型国家和地区的 VOCs 排放状况

(1) 美国 VOCs 排放现状

美国对于 VOCs 污染排放的基础数据调研和数据共享公开工作非常重视。在美国国家环保局 (USEPA) 的网站上可以查到美国每个州 (state) 和每个县 (county) 的 VOCs 排放总量和来源构成。根据 USEPA 统计,自 1975 年以来美国的人为源 VOCs 年排放量变化如图 1-1 所示。

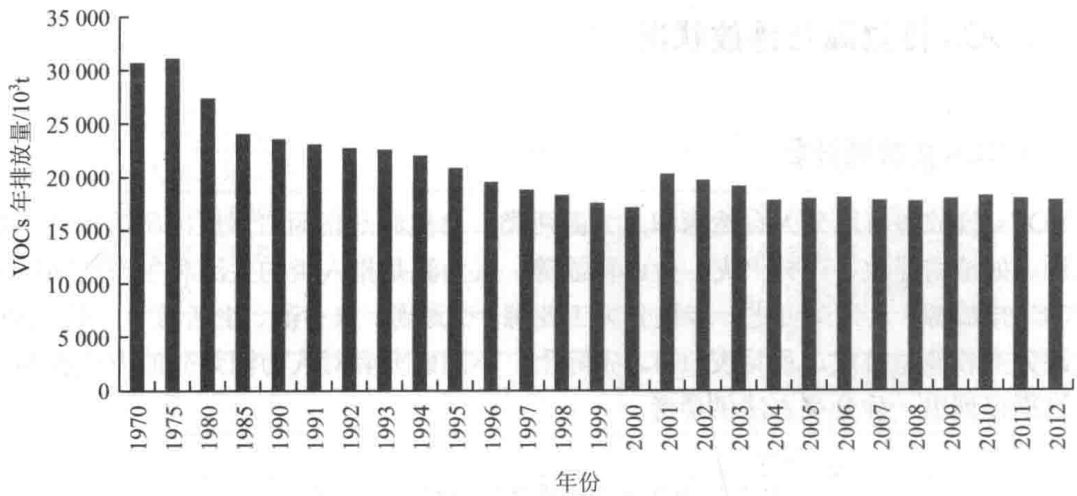


图 1-1 美国 1975 年以来人为源 VOCs 年排放量

来源: USEPA 网站。

从图中可以看出,自 1975 年以来,美国的人为源 VOCs 年排放量呈逐年下降的趋势,近年来基本维持在 18 Mt 左右。

表 1-5 是 USEPA 公布的 2009—2013 年美国不同来源的 VOCs 排放量。从表 1-5 中可以看出,USEPA 对 VOCs 排放源的分类非常详细,将其分成 13 大类。2013 年,美国工业源(表 1-5 中的前 10 项) VOCs 排放量为 7.73 Mt,占 VOCs 年排放总量的 44%。与工业相关的 VOCs 排放过程主要包括石油化工、溶剂使用、存储输送、燃料燃烧等。

表 1-5 美国 2009—2013 年不同来源 VOCs 排放量

单位: 10³t

| 类别 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 燃烧(用于发电) | 43 | 42 | 41 | 41 | 41 |
| 燃烧(用于工业) | 108 | 108 | 109 | 109 | 109 |
| 燃烧(其他) | 431 | 456 | 480 | 480 | 480 |
| 化学品生产 | 85 | 82 | 79 | 79 | 79 |
| 金属加工 | 36 | 35 | 34 | 34 | 34 |
| 石油化工 | 1 993 | 2 241 | 2 490 | 2 490 | 2 490 |
| 其他工业 | 351 | 340 | 328 | 328 | 328 |
| 溶剂使用 | 3 153 | 2 984 | 2 815 | 2 815 | 2 815 |
| 存储和运输 | 1 204 | 1 213 | 1 222 | 1 222 | 1 222 |
| 废物处理和循环 | 168 | 150 | 132 | 132 | 132 |
| 高速机动车 | 2 773 | 2 782 | 2 413 | 2 287 | 2 161 |
| 非高速路机动车 | 2 395 | 2 321 | 2 159 | 2 073 | 1 986 |
| 其他 | 4 928 | 5 160 | 5 867 | 5 867 | 5 867 |
| 总计 | 17 667 | 17 914 | 18 169 | 17 956 | 17 744 |

来源: USEPA 网站。

(2) 欧盟 VOCs 排放现状

图 1-2 给出了 1990—2011 年欧盟 28 个成员国的人为源 VOCs 排放状况。

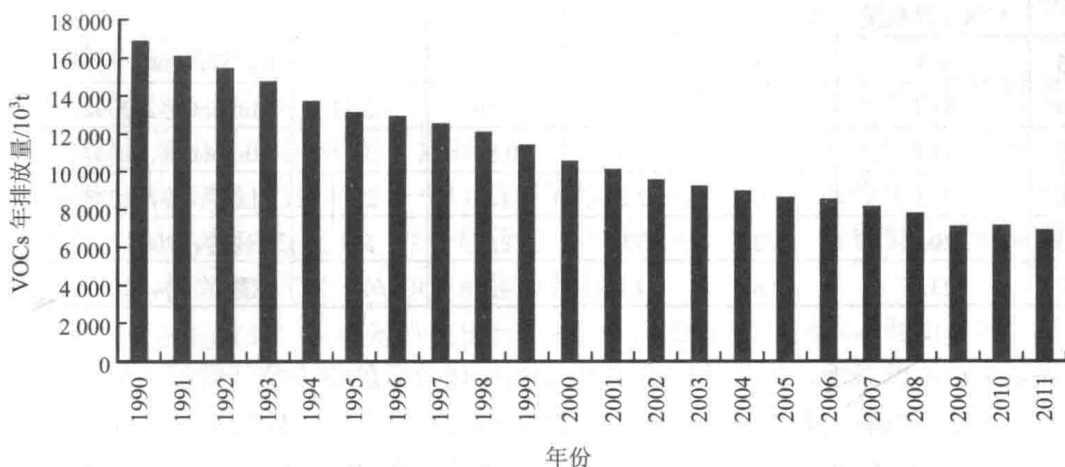


图 1-2 欧盟 28 个成员国 1990—2011 年人为源 VOCs 年排放量

来源：欧盟环境委员会网站。

从图中可以看出，欧盟的人为源 VOCs 排放量从 1990 年以来也逐年下降，近年来大约稳定在 8 Mt，显著低于美国的 VOCs 排放水平。欧盟 VOCs 排放量的下降主要是由于对交通移动源和溶剂使用过程中 VOCs 排放量的控制实现的。

2011 年欧盟 VOCs 排放量的构成如图 1-3 所示。从图中可以看出，溶剂使用、能源生产与输送、工业过程等工业源在总排放量中占有比较大的比重，约占 64%。

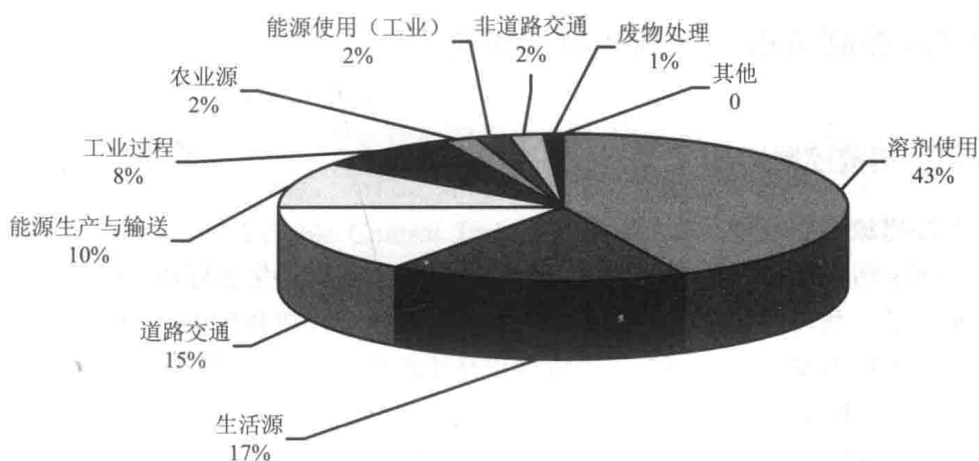


图 1-3 欧盟 2011 年不同来源的 VOCs 排放量比例

(3) 我国的 VOCs 排放现状

目前，尚未见相关部门对外公布我国的 VOCs 排放量信息，但是一些研究者通过排放因子法对我国的 VOCs 排放状况进行了估算，主要结果见表 1-6。

表 1-6 中国人源 VOCs 排放量与来源构成 单位: Mt

| 基准年 | 人为源 VOCs 排放量 | 主要来源 | | | | 参考文献 |
|------|-----------------|------|------|------|------|-----------------|
| | | 燃料燃烧 | 溶剂使用 | 石油化工 | 交通运输 | |
| 1985 | 4.5 | 1.8 | 1.4 | 0.8 | 0.4 | Bo 等, 2008 |
| 1990 | 11.1 | 5.8 | 1.2 | 0.59 | 2.3 | Klimont 等, 2002 |
| 1995 | 13.1 | 5.5 | 1.8 | 0.84 | 3.6 | Klimont 等, 2002 |
| 2000 | 8.3 | 1.6 | 2.2 | 1.7 | 2.7 | 刘金凤 等, 2008 |
| 2005 | 20.1 | 4.2 | 5.8 | 3.2 | 5.6 | Wei 等, 2008 |
| 2007 | 23.8 | 9.6 | 4.1 | 4.3 | 4.8 | 范辞冬 等, 2012 |

从表 1-6 可以看出, 虽然我国没有对 VOCs 排放量的官方统计数据, 但从各个研究者的报道还是可以看出我国人为源 VOCs 排放的基本状况。我国的 VOCs 排放总量在 20 世纪 80 年代只有不到 5 Mt, 到了 90 年代就增加到 10 Mt 量级, 而到 2005 年后就增加到 20 Mt 以上, 显著高于美国和欧盟的 VOCs 排放量。在各个来源中, 工业源 (包括溶剂使用和石油化工) 的 VOCs 排放量占人为源 VOCs 排放量的 1/3~1/2, 因此需要重点加以关注。

近年来, 针对工业 VOCs 排放的研究主要从重点行业和重点区域两个方面开展。涉及的重点行业包括石油炼化、合成材料、涂料、制药、漆包线生产、印刷电路板等, 涉及的重点区域包括珠三角地区、长三角地区和京津冀地区等。陈颖等采用排放因子法估算得到我国 2009 年的工业 VOCs 排放量约为 12.06 Mt, 合成材料生产、石油炼制和石油化工、建筑装饰、机械设备制造等行业的 VOCs 排放量达 1 Mt 以上, 需要重点加以关注。

1.3 VOCs 控制的相关标准和技术规范

1.3.1 VOCs 排放控制标准

(1) 国外排放控制标准

由于 VOCs 污染具有很大的危害性, 为了保护人类健康和生态环境, 世界各国根据本国国情, 制定了一系列的环境法规和标准, 来控制 VOCs 排放和污染。

美国针对各种不同的行业制定非常细致和有针对性的 VOCs 排放控制标准。涉及的行业有炼油、石化、精细化工、油品储运、制药、表面涂装、出版印刷、铸造、服装干洗等。控制标准所涉及的排放过程包括工艺排气、设备泄漏、污水散发、储罐泄漏、运输泄漏等。除了规定排放限值外, 还规定了各种必要的防护措施和处理措施。对于固定源, 美国的标准一般要求总有机物削减率不低于 98%, 或者排放浓度限值为 20×10^{-6} (v/v)。

欧盟环保标准多以各种指令 (Directives) 形式颁布。针对 VOCs 排放, 欧盟颁布的指令包括“有机溶剂使用指令 1999/13/EC”“涂料指令 2004/42/CE”和“汽油贮存和配送指令 94/63/EC”“综合污染预防与控制指令 96/61/EC、2008/1/EC”等。各成员国针对单项

VOCs 物质, 还制定了各种分级控制标准。例如英国根据 VOCs 的健康风险、臭氧生成能力、臭氧破坏和全球气候影响能力等将 500 多种 VOCs 分为高毒、中等毒害、低毒害 3 类。

(2) 我国排放控制标准

在我国, VOCs 的污染控制从“十五”开始就被纳入了国家环境保护规划。在《大气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996)、《环境空气质量标准》(GB 3095—1996) 以及《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93) 等国家标准中对 VOCs 物质的排放和环境中的浓度限值都做了具体的规定。此外, 在一些行业(如合成革、炼焦、橡胶制品、油品零售)的污染排放标准中也加入了关于 VOCs 的控制指标。

除了全国性的标准外, 一些地方也出台了相应的 VOCs 控制标准。例如, 北京市出台了《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501—2007) 和《炼油与石油化学工业大气污染物排放标准》(DB 11/447—2007)。广东省则制定了《印刷行业挥发性有机化合物排放标准》(DB 44/815—2010)、《家具制造行业挥发性有机化合物排放标准》(DB 44/814—2010)、《表面涂装(汽车制造业)挥发性有机化合物排放标准》(DB 44/816—2010) 和《制鞋行业挥发性有机化合物排放标准》等。

1.3.2 VOCs 控制技术规范

为了防止“无技术可用、有技术不用、技术含量不高、污染治理设施低水平重复建设、企业排污不稳定达标”等问题出现, 需要开展环境技术管理工作, 并加以立法确认。美国从 20 世纪 70 年代开始, 开展了系统的技术管理工作; 欧盟为促进综合污染防治也提出了污染防治最佳可行技术体系。我国从 2000 年之后也着手开展污染控制技术规范的编制工作。

(1) 美国 VOCs 控制技术规范

美国国家环保局针对 VOCs 制定的控制技术导则 (Control Techniques Guidelines, CTGs) 与可选控制技术文件 (Alternative Control Techniques documents, ACTs), 见表 1-7。CTGs 和 ACTs 大多在 20 世纪 70 年代后期至 90 年代中期制订, 之后没有进行修订。两者均对 VOCs 控制技术加以规范, 不同之处在于: CTGs 现在仍被用作定义 VOCs 合理可用控制技术 (Reasonably Available Control Technology, RACT) 的依据, 而 ACTs 则用于描述 RACT 的成本效率。

表 1-7 美国的 VOCs 控制技术规范

| 编号及发布时间 | 规范名称 |
|-----------------------------|--|
| 控制技术导则 (CTGs) | |
| EPA-450/R-75-102 1975/11 | 加油站有机气体泄漏控制系统设计标准 |
| EPA-450/2-76-028 1976/11 | 现有固定源 VOCs 排放控制技术导则 卷 I: 表面喷涂过程控制方法 |
| EPA-450/2-77-008 1977/05 | 现有固定源 VOCs 排放控制技术导则 卷 II: 容器、盘管、纸、纤维、汽车和轻型卡车表面喷涂过程控制 |