

大气污染控制技术
与策略丛书

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

工业挥发性有机物的排放 与控制

Emission and Control of Industrial Volatile
Organic Compounds

叶代启 等 著



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
大气污染控制技术与策略丛书

工业挥发性有机物的 排放与控制

叶代启 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对近几年我国频发的以 O_3 和 $PM_{2.5}$ 为代表的区域大气复合污染事件,系统阐述挥发性有机物(VOCs)作为 O_3 和 $PM_{2.5}$ 的关键前体物之一,其排放特征与控制对策等的研究,对国内 VOCs 领域空白的填充、国家和区域 VOCs 污染控制政策及空气质量管理策略的制定起关键性的指导作用。围绕我国工业 VOCs 带来的污染问题,着重阐述工业源 VOCs 排放清单的建立及其排放特征、典型行业 VOCs 排放特征及控制、典型化工园区 VOCs 排放特征、工业源 VOCs 减排潜力及其空气质量减排效益模拟、我国工业源 VOCs 总量控制研究、基于反应性的工业源 VOCs 排放与控制研究等几方面内容,并针对我国工业源 VOCs 的控制路线提出建议。

本书可供挥发性有机物污染控制研究相关专业的研究生及科研人员阅读,也可供政府环境保护等有关部门及企事业单位相关科研及技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工业挥发性有机物的排放与控制 / 叶代启等著. —北京: 科学出版社, 2017.9

(大气污染控制技术与策略丛书)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-03-054481-0

I. ①工… II. ①叶… III. ①挥发性有机物-工业污染防治-中国
IV. ①X322.2②X513

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第223238号

责任编辑: 杨 震 刘 冉 李丽娇 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年9月第一版 开本: 720×1000 1/16

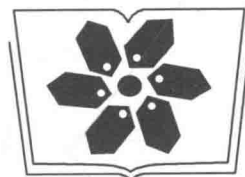
2017年9月第一次印刷 印张: 17 1/2

字数: 350 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)





中国科学院科学出版基金资助出版

丛书编委会

主 编：郝吉明

副主编(按姓氏汉语拼音排序)：

柴发合 陈运法 贺克斌 李 锋

刘文清 朱 彤

编 委(按姓氏汉语拼音排序)：

白志鹏 鲍晓峰 曹军骥 冯银厂

高 翔 葛茂发 郝郑平 贺 泓

宁 平 王春霞 王金南 王书肖

王新明 王自发 吴忠标 谢绍东

杨 新 杨 震 姚 强 叶代启

张朝林 张小曳 张寅平 朱天乐

丛 书 序

当前,我国大气污染形势严峻,灰霾天气频繁发生。以可吸入颗粒物(PM_{10})、细颗粒物($\text{PM}_{2.5}$)为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出,大气污染已呈现出多污染源多污染物叠加、城市与区域污染复合、污染与气候变化交叉等显著特征。

发达国家在近百年不同发展阶段出现的大气环境问题,我国却在近 20 年间集中爆发,使问题的严重性和复杂性不仅在于排污总量的增加和生态破坏范围的扩大,还表现为生态与环境问题的耦合交互影响,其威胁和风险也更加巨大。可以说,我国大气环境保护的复杂性和严峻性是历史上任何国家工业化过程中所不曾遇到过的。

为改善空气质量和保护公众健康,2013 年 9 月,国务院正式发布了《大气污染防治行动计划》,简称为“大气十条”。该计划由国务院牵头,环境保护部、国家发展和改革委员会等多部委参与,被誉为我国有史以来力度最大的空气清洁行动。“大气十条”明确提出了 2017 年全国与重点区域空气质量改善目标,以及配套的十条 35 项具体措施。从国家层面上对城市与区域大气污染防治进行了全方位、分层次的战略布局。

中国大气污染控制技术与对策研究始于 20 世纪 80 年代。2000 年以后科技部首先启动“北京市大气污染控制对策研究”,之后在 863 计划和科技支撑计划中加大了投入,研究范围也从“两控区”(酸雨区和二氧化硫控制区)扩展至京津冀、珠江三角洲、长江三角洲等重点地区;各级政府不断加大大气污染控制的力度,从达标战略研究到区域污染联防联控研究;国家自然科学基金委员会近年来从面上项目、重点项目到重大项目、重大研究计划各个层次上给予立项支持。这些研究取得丰硕成果,使我国的大气污染成因与控制研究取得了长足进步,有力支撑了我国大气污染防治。

在学科内容上,由硫氧化物、氮氧化物、挥发性有机物及氨等气态污染物的污染特征扩展到气溶胶科学,从酸沉降控制延伸至区域性复合大气污染的联防联控,由固定污染源治理技术推广到机动车污染物的控制技术研究,逐步深化和开拓了研究的领域,使大气污染控制技术与策略研究的层次不断攀升。

鉴于我国大气环境污染的复杂性和严峻性，我国大气污染控制技术与策略领域研究的成果无疑也应该是世界独特的，总结和凝聚我国大气污染控制方面已有的研究成果，形成共识，已成为当前最迫切的任务。

我们希望本丛书的出版，能够大大促进大气污染控制科学技术成果、科研理论体系、研究方法手段、基础数据的系统化归纳和总结，通过系统化的知识促进我国大气污染控制科学技术的新发展、新突破，从而推动大气污染控制科学研究进程和技术产业化的进程，为我国大气污染控制相关基础学科和技术领域的科技工作者和广大师生等，提供一套重要的参考文献。



2015年1月

前 言

近年来,由于我国城市化和工业化进程的加快,高浓度近地面臭氧和二次有机气溶胶污染等极端大气污染事件在我国城市群频发。在大气污染的倒逼及人民健康和社会持续发展的呼吁下,国家出台了一系列应对措施,并取得了一定的效果。2013年以来,PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂和NO₂等污染物年均浓度均呈现下降趋势,然而,O₃最大8小时年均值整体呈稳定增长的趋势,区域(如珠江三角洲)O₃污染形势更为严峻,给我国挥发性有机物(VOCs)污染控制带来更大的挑战。

华南理工大学是国内最早开展 VOCs 污染控制政策与技术研究的院校之一,“中国环境科学学会挥发性有机物污染防治专业委员会”挂靠单位。经过三十多年的发展,承担了 VOCs 治理方面的国家重点科研项目 12 项(如国家环保公益项目,“863”项目),在 VOCs 控制政策与标准研究,行业全过程排放特征,VOCs 净化材料、技术与成套设备方面的基础研究、应用研究和工程开发等领域具备了自身特色和竞争优势,形成了一支技术力量强、规模较大的研发和工程化研究团队。在这支团队的努力下,于 2016 年成功获得国家发展和改革委员会批复,成立了“挥发性有机物污染治理技术与装备国家工程实验室”。本书研究内容正是这支研究团队近年对我国工业挥发性有机物控制政策与技术研究成果的总结。

本书围绕我国工业 VOCs 带来的污染问题,分别从工业源 VOCs 排放清单的建立及其排放特征、典型行业 VOCs 排放特征及控制、典型化工园区 VOCs 排放特征、工业源 VOCs 减排潜力及空气质量减排效益模拟、我国工业源 VOCs 总量控制研究、基于反应性的工业源 VOCs 排放与控制研究和工业源 VOCs 控制建议等内容分别进行较为深入的分析。本书由叶代启负责书稿总体设计、撰写、审核与最终定稿工作,作者研究团队其他老师、博士和硕士研究生全过程参与了书稿的资料准备、撰写和审核工作。其中,第 1 章由叶代启和梁小明执笔撰写,第 2 章由邱凯琼和陈小方执笔撰写,第 3 章由范丽雅、陈小方、张嘉妮和张伟霞执笔撰写,第 4 章由叶代启、范丽雅、何梦林执笔撰写,第 5 章由肖景方和梁小明执笔撰写,第 6 章由叶代启、肖景方和张嘉妮执笔撰写,第 7 章由叶代启和梁小明执笔撰写,第 8 章由叶代启和陈柄旭执笔撰写。此外,研究生石田立、庄立跃、柯云婷、邹思贝、李淑君、肖海麟、孙西勃、王旻和陈建东参与了部分章节的资料准备、书稿讨论和校稿等工作。相信本书的出版不仅对环境科学与工程领域的管理人员、研究人员、技术人员等有所借鉴,也可以为相关领域人员提供有价值的参考。

本书涉及的工业行业范围广泛，尽管我们试图尽量详尽准确地分析整个工业源或各行业排放特征与控制对策，但作者深知由于自己专业水平有限，认识高度和深度不够，加之时间仓促，书中难免存在不完全成熟或者疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

在此书付梓之际，谨向为本书付出辛勤劳动的全体撰写人员以及科学出版社表示诚挚的感谢，并致以崇高的敬意。感谢他们的辛勤劳作和无私分享，为广大读者贡献了一本全面的工业挥发性有机物排放和控制的著作。

叶代启

华南理工大学

2017年5月

目 录

丛书序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 挥发性有机物(VOCs)定义	1
1.1.1 国外 VOCs 定义特点	2
1.1.2 我国 VOCs 定义特点及其建议	4
1.2 挥发性有机物控制指标与监测方法	9
1.2.1 挥发性有机物控制指标	9
1.2.2 国外典型 VOCs 监测方法特点	11
1.2.3 我国 VOCs 监测方法特点及其建议	12
1.3 我国 VOCs 管控历程与特点	15
参考文献	19
第 2 章 工业源 VOCs 排放清单的建立及其排放特征	20
2.1 工业源排放清单的建立	20
2.1.1 工业源排放清单建立思路——源头追踪思路	20
2.1.2 工业排放源分类	21
2.1.3 污染源排放清单定量表征方法	25
2.2 工业源 VOCs 排放特征(1980~2014 年)	34
2.2.1 我国工业源 VOCs 历史排放特征	34
2.2.2 排放总量的行业分布	35
2.2.3 2014 年我国工业源 VOCs 排放特征	35
2.2.4 重点行业 VOCs 排放特征	41
参考文献	78
第 3 章 典型行业 VOCs 排放特征及控制	79
3.1 电子设备制造业	79
3.1.1 行业简介	79
3.1.2 VOCs 产污环节	79
3.1.3 VOCs 成分谱排放特征	81
3.1.4 行业 VOCs 控制对策	86
3.2 汽车制造业	89
3.2.1 行业简介	89

3.2.2	VOCs 产污环节	90
3.2.3	VOCs 成分谱排放特征	90
3.2.4	行业 VOCs 控制对策	93
3.3	印刷行业	98
3.3.1	行业简介	98
3.3.2	VOCs 产污环节	99
3.3.3	VOCs 成分谱排放特征	99
3.3.4	行业 VOCs 控制对策	103
3.4	漆包线制造行业	106
3.4.1	行业简介	106
3.4.2	VOCs 产污环节	107
3.4.3	VOCs 成分谱排放特征	108
3.4.4	行业 VOCs 控制对策	112
3.5	集装箱制造行业	115
3.5.1	行业简介	115
3.5.2	VOCs 产污环节	121
3.5.3	VOCs 成分谱排放特征	123
3.5.4	行业 VOCs 控制对策	126
	参考文献	135
第 4 章	典型化工园区 VOCs 排放特征	137
4.1	基于排放环节的 VOCs 排放特征分析	139
4.1.1	生产工艺及 VOCs 排放环节识别	139
4.1.2	VOCs 排放浓度水平及成分谱特征	144
4.2	基于排放环节的 VOCs 排放清单建立	154
4.2.1	排放源分类	154
4.2.2	排放量计算方法	154
4.2.3	排放量及排放因子计算	157
4.2.4	园区高分辨率排放清单	162
4.2.5	清单不确定性分析	163
4.3	园区企业特征物种筛选	168
4.3.1	特征污染物筛选方法比选	168
4.3.2	层次分析法构建	171
4.3.3	案例分析及讨论	174
4.4	园区 VOCs 排放环境影响评估	177
4.4.1	基本参数设置	177
4.4.2	模型验证	180

4.4.3 模拟结果分析	181
参考文献	184
第 5 章 工业源 VOCs 减排潜力及空气质量减排效益模拟	187
5.1 未来排放量的预测	188
5.1.1 情景分析与设置	188
5.1.2 未来排放量估算方法	191
5.1.3 未来活动水平的预测	192
5.2 未来排放量及减排潜力分析	194
5.2.1 基准情景 VOCs 排放	194
5.2.2 控制情景 VOCs 排放	196
5.2.3 工业源 VOCs 减排潜力分析	198
5.3 空气质量减排效益模拟	199
5.3.1 空气质量模型的选择	199
5.3.2 基准年模拟结果及验证	201
5.3.3 未来空气质量模拟评估	203
5.4 重点地区臭氧浓度削减情况分析	208
参考文献	209
第 6 章 我国工业源 VOCs 总量控制研究	212
6.1 总量控制与分配的进展	213
6.1.1 总量控制的国际进展	213
6.1.2 总量分配的研究进展	216
6.2 总量控制研究思路和方法	218
6.2.1 总量控制研究思路	218
6.2.2 研究方法与技术路线	219
6.3 总量控制目标的确定	222
6.4 总量控制总量的分配	225
6.4.1 总量分配因子的选择	225
6.4.2 总量分配结果分析	227
6.5 我国工业源 VOCs 总量控制的建议与展望	233
参考文献	234
第 7 章 基于反应性的工业源 VOCs 排放与控制研究	237
7.1 物种与反应性排放清单的建立	237
7.1.1 物种清单与成分谱研究现状	237
7.1.2 总量排放清单与成分谱库的建立	239
7.1.3 物种与反应性排放清单的建立	242
7.2 基于反应性与总量的工业源 VOCs 排放特征	243

7.2.1 基于 OFP 与总量的物种排放特征·····	243
7.2.2 基于 OFP 与总量的污染源排放特征·····	246
7.2.3 基于 OFP 与总量的分省市和空间排放特征·····	248
7.3 基于 VOCs 反应性的 O ₃ 控制对策·····	249
参考文献·····	254
第 8 章 工业源 VOCs 控制建议 ·····	257
8.1 政策方面·····	257
8.2 技术方面·····	259
8.3 经济方面·····	262
8.4 科研方面·····	262
8.5 其他方面·····	263
参考文献·····	264
索引 ·····	265

第1章 绪 论

1.1 挥发性有机物(VOCs)定义

挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs)作为一个群体,包含了大量的个体挥发性物种,这一特点使得 VOCs 在日常监管中的定义五花八门,难以将国家、地方及行业定义有效统一,存在很大争议。定义不同,涵盖的物质不同,管控的方向也不同,这给 VOCs 污染源统计、监测、管控等都带来了困难,严重制约了我国 VOCs 的环境管理。挥发性有机物定义作为管理部门监管最基本的指标依据,对于明确 VOCs 治理方向、具体 VOCs 物质范围具有指导和规范的作用。因此,从国家层面确定挥发性有机物定义的主导方向,对于指导地方和行业定义的建立和统一以及污染物监管和减排具有重要意义。

挥发性有机物定义整体而言呈现出多而混乱的局面,但综合可归纳为基于物理特性、基于化学反应性和基于监测方法的三类定义。基于物理特性定义主要从反映有机物挥发性的“沸点”和“蒸气压”两个参数来确定,如从沸点定义,在 101.325 kPa 标准压力下,任何初沸点低于或等于 250℃的有机化合物;从蒸气压定义,在 293.15 K 条件下蒸气压大于或等于 10 Pa,或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物(不包括甲烷)。基于化学反应性定义主要从基于有机物反应性,参与不同光化学反应而带来的臭氧和雾霾污染来确定,如除 CO、CO₂、H₂CO₂、金属碳化物或碳酸盐、碳酸铵外,任何参与大气光化学反应的碳化合物(美国);人类活动排放的、能在日照作用下与 NO_x 反应生成光化学氧化剂的全部有机化合物,甲烷除外(欧盟);基于监测方法定义主要考虑到实际监测方法多能识别的目标污染物范围来确定,如我国《室内空气质量标准》将挥发性有机物定义为“利用 Tenax GC 或 Tenax TA 采样,非极性色谱柱(极性指数小于 10)进行分析,保留时间在正己烷和正十六烷之间的挥发性有机化合物”。

各国或国际组织对挥发性有机物定义的出发点有所区别。国际组织对 VOCs 定义偏重 VOCs 可挥发性的物理特性。美国、欧盟和日本则从国家(地区)层面更偏重 VOCs 参与大气光化学活性等的化学反应性,其中,美国对微反应性物质进行豁免,截至 2014 年 12 月 30 日,美国环境保护局(EPA)总共豁免了 60 种(类)微反应性物质。我国挥发性有机物的定义五花八门,处于较为混乱和矛盾的局面,尚未从国家层面进行定义。在实际监测中,考虑到监测方法的限制,挥发性有机物的定义考虑更多的是适合监测方法的 VOCs 定义,通常情况下, VOCs 定义所涵盖

的范围因所考虑的因素(物理特性、化学反应性以及监测方法)不同而有所区别。

1.1.1 国外 VOCs 定义特点

国外各组织或国家对 VOCs 的定义因其应用方向的不同而形成了各自的体系,但部分国家在 VOCs 定义的出发点上也存在一定的共同点。国外典型挥发性有机物定义及特点如表 1.1 所示。

表 1.1 国外典型 VOCs 定义及其特点

国家(地区)或国际组织	定义	出处	定义类型		
			物理特性	化学反应性	监测方法
国际组织或跨国公司	熔点低于室温而沸点在 50~260℃之间的挥发性有机化合物的总称	世界卫生组织 (WHO)	√		
	在常温常压下,任何能自然挥发的有机液体或固体,一般都视为可挥发性有机物	国际标准化组织 (ISO 4618/1-1998)	√		
	在 101325 Pa 压力下,任何初沸点低于或等于 250℃的有机化合物	巴斯夫 (BASF)	√		
美国	除 CO、CO ₂ 、H ₂ CO ₃ 、金属碳化物或碳酸盐、碳酸铵外,任何参与大气光化学反应的碳化化合物	州实施计划 (SIPs) 40 CFR 51.100 (s) ^a		√	
	任何参与大气光化学反应的有机化合物,或者依据法定方法、等效方法、替代方法测得的有机化合物,或者依据条款规定的特定程序确定的有机化合物	新固定源标准 (NSPS) 40 CFR 60.2 ^b		√	√
	人类活动排放的、能在日照作用下与 NO _x 反应生成光化学氧化剂的全部有机化合物,甲烷除外	环境空气质量指令 2008/50/EC 国家排放总量指令 2001/81/EC ^c		√	
欧盟	在 293.15 K 条件下蒸气压大于或等于 0.01 kPa,或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物	工业排放指令 2010/75/EU ^d	√		
	在标准压力 101.3 kPa 下初沸点小于或等于 250℃的全部有机化合物	涂料指令 2004/42/EC ^e	√		
日本	排放或扩散到大气中的任何气态有机化合物 (政令规定的不会导致悬浮颗粒物和氧化剂生成的物质除外)	大气污染防治法 ^f		√	

a. 美国: 40 CFR Part 51. National primary and secondary ambient air quality standards
b. 40 CFR Part 60. Standards of performance for new stationary sources (NSPS)
c. 欧盟: Directive 2001/81/EC. National emission ceilings for certain atmospheric pollutants
d. Directive 2010/75/EU. Industrial emissions directive
e. Directive 2004/42/EC. Limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending directive
f. 日本环境省. 2015. VOC の排出規制制度 (関係法令等). <http://www.env.go.jp/air/osen/voc/seido.html>

美国、欧盟是开展 VOCs 控制较早的国家(或地区),其国家层面 VOCs 的定义很早就已经开始关注化学反应性定义,VOCs 定义均考虑了有机物参与光化学反应的特性。美国在“污染源的排放与控制”方向的定义,是在其国家定义“参与大气光化学反应”的基础上,又与监测和核算方法相结合,如新固定源标准(NSPS)40 CFR 60.2 发布的 VOCs 定义,即“任何参与大气光化学反应的有机化合物,或者依据法定方法、等效方法、替代方法测得的有机化合物,或者依据条款规定的特定程序确定的有机化合物”。该定义兼顾了实际监管过程的可操作性,即通过监测或核算确定,管控范围不受 VOCs 反应活性的局限,在定义上呈现一定的优势。欧盟在其“污染源排放与控制”和“产品规范和检测”方面,未参考其国家(地区)定义,仍然选用基于“物理特性”的蒸气压或沸点来定义。例如,工业排放指令 2010/75/EU 挥发性有机物定义:在 293.15 K 条件下蒸气压大于或等于 0.01 kPa,或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物。需要强调的是该定义不仅局限于有机物的物理特性,在污染源排放与控制中根据适用条件不同所监管的 VOCs 范围也不同,避免了物理特性中因蒸气压界限不严谨而带来的争议。又如,欧盟涂料指令 2004/42/EC 挥发性有机物定义:在标准压力 101.3 kPa 下初沸点小于或等于 250℃ 的全部有机化合物。该定义从有机物物理特性的沸点来确定,适用于涂料产品中的 VOCs 含量限制。规定沸点易于产品检测,但仍然避免不了一部分沸点大于 250℃ 的挥发性有机物被豁免。

国际组织和跨国公司对 VOCs 的定义主要从其挥发性的物理特性定义,其中世界卫生组织(WHO)和巴斯夫(BASF)主要从反应挥发性的沸点进行定义。世界卫生组织挥发性有机物定义:熔点低于室温而沸点在 50~260℃ 之间的挥发性有机化合物的总称。巴斯夫挥发性有机物定义:在 101325 Pa 压力下,任何初沸点低于或等于 250℃ 的有机化合物。这两个定义考虑到了监督执法过程中概念的明确性和检测工作中的可操作性要求。国际标准化组织(ISO 4618/1-1998)直接用挥发性来定性地定义挥发性有机物:在常温常压下,任何能自然挥发的有机液体或固体,一般都视为可挥发性有机物。该定义虽然涵盖的 VOCs 范围较全面,但具体监管的范围不明确,同时也包含了大量对环境空气质量恶化贡献小的挥发性有机物。

日本于 2004 年修订了《大气污染防治法》,增加了 VOCs 控制内容,并在法律上明确了 VOCs 的定义,其定义考察因素同样仅是基于 VOCs 化学反应性带来的健康和环境效应。

综合国外典型挥发性有机物定义,美国目前挥发性有机物定义通过国家层面确定定义方向,给予地方或行业一定的指导,地方行业在此基础上根据实际监管可操作性等对定义进行补充确定,在一定程度上体现了美国对 VOCs 监管范围的统一性,形成了自己的体系,其定义对许多国家挥发性有机物定义的确定有一定的参考作用。

从美国挥发性有机物定义的时间轴分析其发展历程, 美国国家 VOCs 定义是在地方定义出台后发布的, 基本经历了物理特性定义阶段和化学反应性定义阶段。20 世纪 70 年代末, EPA 发布了《污染物控制技术指南(CTG)系列》, 首次提出了 VOCs 的定义: 除 CO、CO₂、H₂CO₃、金属碳化物、金属碳酸盐、碳酸铵之外, 标准状态下蒸气压大于 0.1 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 的碳化合物。这是美国 VOCs 物理特性定义的起点。该定义后期被证明蒸气压的界限不合理, 难以界定, 与温度等所处环境条件具有很大关系, 用蒸气压定义的挥发性有机物导致了很多具备光化学活性的化合物被豁免而不管控。基于物理特性定义的不合理, EPA 后期提供了不包含蒸气压的 VOCs 定义: 任何参与光化学反应的有机化合物, 但不包含甲烷、乙烷等 11 种化合物。这是美国物理特性定义向化学反应性定义的第一次过渡。1988 年 5 月, EPA 发布了《与 VOCs 蒸气压限值不足和差异相关的问题》, 要求管理规定应与 EPA 的反应活性政策保持一致, 定义不能使用基于蒸气压的 VOCs 定义。随后各州将蒸气压定义从相应文件中删除。尽管如此, 各州在挥发性有机物管理执行上仍然处于混乱局面, 争议较大。1992 年 2 月, EPA 正式颁布了 VOCs 定义(即现用国家定义): 除 CO、CO₂、H₂CO₃、金属碳化物或碳酸盐、碳酸铵外, 任何参与大气光化学反应的碳化合物。此外, 还包括豁免名单及 6 项豁免条款。截至目前, EPA 发布的豁免名单已包括 60 种(类)物质。该定义沿用至今, 标志着美国完成了物理特性定义向基于有机物反应性的化学反应性定义的成功过渡, 后期的相关法规文件均参考了该定义。美国挥发性有机物定义的发展历程也经历了混乱的争议局面, 但最终能从国家层面很好地统一起来, 对各国挥发性有机物定义的确定和统一具有重要的参考价值。

1.1.2 我国 VOCs 定义特点及其建议

基于“物理特性”、“化学反应性”及“监测方法”这三类典型的 VOCs 定义, 分析我国 VOCs 定义特点, 总体呈现五花八门的局面, 国家层面定义缺乏, 地方和行业定义不统一。

我国已发布挥发性有机物相关国家排放标准定义的特点如表 1.2 所示。2015 年以前, 大多数标准中均未对挥发性有机物做出明确的定义, 监管指标默认为非甲烷总烃, 与国家层面定义缺失具有重要关系。《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993) 和《饮食业油烟排放标准(试行)》(GB 18483—2001) 均从标准监管对象的角度定义, 如恶臭和油烟, 并未明确挥发性有机物定义。国家相关排放标准第一次明确挥发性有机物定义是在《合成革与人造革工业污染物排放标准》(GB 21902—2008) 中, 定义为“常压下沸点低于 250℃, 或者能够以气态分子的形态排放到空气中的所有有机化合物(不包括甲烷)”, 是基于物理特性的“沸点”参数来定义的, 但该定义不局限于物理特性, 涵盖沸点范围的同时, 强调所有气态污染物。2015 年, 随着国家对 VOCs 污染的控制, 新颁布的三项相关标准对挥发性有机物有了新的定义, 定义为“参与大气光化学反应的有机化合物, 或者根