



王宏亮 何连生 卢佳新 / 编

臭氧及挥发性有机物 综合治理知识问答

Chouyang ji Huifaxing Youjiwu
Zonghe Zhili
Zhishi Wenda

中国环境出版集团

王宏亮 何连生 卢佳新 / 编

臭氧及挥发性有机物 综合治理知识问答

Chouyang ji Huifaxing Youjiwu
Zonghe Zhili
Zhishi Wenda

中国环境出版集团·北京

图书在版编目(CIP)数据

臭氧及挥发性有机物综合治理知识问答 / 王宏亮, 何连生, 卢佳新编. -- 北京: 中国环境出版集团, 2020.6
ISBN 978-7-5111-4352-5

I. ①臭… II. ①王… ②何… ③卢… III. ①臭氧—挥发性有机物—环境综合整治—问题解答 IV. ①X51-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第097925号

出 版 人 武德凯
责任编辑 曲 婷
责任校对 任 丽
装帧设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版集团
(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)
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 2020年6月第1版
印 次 2020年6月第1次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 12.25
字 数 145千字
定 价 65.00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

中国环境出版集团郑重承诺:

中国环境出版集团合作的印刷单位、材料单位均具有中国环境标志产品认证;
中国环境出版集团所有图书“禁塑”。

编委会

组织单位：

生态环境部科技与财务司

编制单位：

中国环境科学研究院

中国环境科学学会

顾问：（以姓氏笔画为序）

马永亮 刘媛 许丹宇 羌宁 郝郑平
都基峻 聂磊

主编：

王宏亮 何连生 卢佳新

编委：

张亚辉 陈永梅 陈丽红 刘媛 丁文文 赵昊
赵航晨 刘颖 刘勇华 岳子明 吴丰成 曹莹
张瑜 董淮晋 杨霓云 王一喆 胡春明 杜士林
丁婷婷 冯学良 魏占亮 刘亚峰 孟甜 刘晓雪



前言

2018 年 7 月，国务院正式印发了《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（以下简称“三年行动计划”）。根据“三年行动计划”的安排，到 2020 年，细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）未达标地级及以上城市浓度比 2015 年下降 18% 以上，地级及以上城市空气质量优良天数比率达到 80%，重度及以上污染天数比率比 2015 年下降 25% 以上。

2020 年是打赢蓝天保卫战的收官之年，当前阶段，我国面临细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）和臭氧（ O_3 ）污染的双重压力。特别是在 6—9 月的夏季，京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等重点区域及苏皖鲁豫交界地区， O_3 超标天数占全国 70% 左右， O_3 甚至已成为此区域内部分城市空气质量超标的首要因子。 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 的浓度超标对完成“三年行动计划”中的任务指标构成了较大的压力。

$\text{PM}_{2.5}$ 的重要前体物为挥发性有机物（VOCs）、 O_3 、氮氧化物（ NO_x ）等， O_3 的重要前体物为 VOCs 和 NO_x 。由于 VOCs 是 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 的共同前体物，因此对工业企业源、油品挥发源、城镇生活源等源头 VOCs 的防控和治理，事关 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 的污染控制，事关蓝天保卫战的最终战果，事关高质量发展和美丽中国建设的大局。

为了更好地开展 2020 年夏季 O₃ 和 VOCs 的综合治理工作，按照生态环境部“送技术、送方案、送服务”理念的要求，在生态环境部科技与财务司的工作安排下，中国环境科学研究院会同中国环境科学学会组织专家团队编写此书。本书的定位为 O₃ 和 VOCs 综合治理的科普图书。

本书分上下两篇，上篇定位为科学普及。主要阐述 O₃ 和 VOCs 自身的三个基本问题，即它们从何处来？往何处去？在其存续期间，可能产生哪些危害？具体说来则包括：O₃ 的基础知识、VOCs 的基础知识、VOCs 的自然源与生活源、VOCs 对人体的危害、VOCs 对生存环境的破坏、VOCs 的防护。上篇主要面向对 O₃ 和 VOCs 话题感兴趣的公众、企业安环人员、环境领域从业人员等非专业人士。

下篇定位为工具应用。首先，叙述了工业源 VOCs 科学治污的共性知识；其次，阐述了石化、化工、包装印刷、工业涂装、油品储运销五大领域 VOCs 综合治理涉及的源头替代、过程控制、末端治理、精细管控的四类技术；最后，整理了工业企业和油品储运销检查的豁免条件与检查要点，以及国家 VOCs 综合治理的法规依据。下篇主要面向对 O₃ 和 VOCs 综合治理感兴趣的企业安环工作者、环境领域从业者、督查巡查工作者等专业人士。

本书的出版得到了生态环境部各司局的悉心指导，得到了中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、天津市环境保护科学研究院等兄弟单位的热心帮助，在此一并表示感谢。

本书涉及的内容多、专业广，尽管我们试图详细准确地阐述 VOCs 和 O₃ 形成及治理相关的原理、法规、政策、技术、工程规范等，但编者深知自己专业水平有限，认知高度和深度不够，加之时间仓促，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2020 年 5 月

目录

上篇

科学普及篇

第一章 臭氧的基础知识 /03

1. 为什么夏季晴空万里时，还会显示有空气污染？ /04
2. 臭氧（ O_3 ）是什么呢？ /05
3. 近地面的 O_3 是如何形成的呢？ /06
4. O_3 对人体有危害吗？ /07
5. O_3 的危害浓度是多少？ /08
6. O_3 在全年什么时段浓度最高？ /09
7. 夏季 O_3 浓度高的原因是什么？ /10
8. 个人如何进行 O_3 的防护？ /11
9. O_3 会到处流窜吗？ /12
10. O_3 和 VOCs、 $PM_{2.5}$ 、雾霾有关系吗？ /13

第二章 VOCs 的基础知识 /15

11. 什么是 VOCs？ /16
12. VOC、TVOC、VOCs、SVOC、NVOC 是什么关系呢？ /17
13. VOCs 主要包含哪些物质？ /18

- 14. VOCs 全都有气味吗？ /19
- 15. 日常生活中常见的 VOCs 有哪些？ /20
- 16. 如何降低环境空气中 VOCs 的含量呢？ /21
- 17. 不同地方的 VOCs 种类有什么不同？ /22
- 18. 我国城市 VOCs 的主要来源有哪些？ /23
- 19. VOCs 的排放量随时间有变化吗？ /24
- 20. VOCs 中有哪些是恶臭气体？ /25

第三章 VOCs 的自然源和生活源 /27

- 21. 为什么植物会排放 VOCs？ /28
- 22. 植物排放的 VOCs 对大气环境有什么影响？ /29
- 23. 为什么要关注植物排放的 VOCs？ /30
- 24. 不同种类植物排放的 VOCs 是一样的吗？ /31
- 25. 哪些地方植物排放的 VOCs 浓度比较高？ /32
- 26. 不同季节植物排放的 VOCs 有什么不同？ /33
- 27. 家里的盆栽会排放 VOCs 吗？ /34
- 28. 海洋会释放 VOCs 吗？ /35
- 29. 人体也能释放 VOCs 吗？ /36
- 30. 农村燃烧秸秆会产生 VOCs 吗？ /37
- 31. 生活垃圾会不会产生 VOCs？ /38
- 32. 室内环境中 VOCs 污染物有哪些来源？ /39
- 33. 室内装修排放哪些 VOCs？ /40
- 34. 干洗店是否会产生 VOCs 污染？如何控制？ /41
- 35. 餐饮油烟含有哪些 VOCs，危害大吗？ /42
- 36. 影响餐饮油烟产生的因素包括什么？ /43
- 37. 浴室中的 VOCs 来自哪里？ /44
- 38. 居室中的 VOCs 来自哪里？ /45
- 39. 下水道和污水井中的 VOCs 有哪些？ /46
- 40. 医院中的 VOCs 来自哪里？ /47

- 41. 学校、图书馆中的 VOCs 来自哪里？ /48
- 42. 理发店中的 VOCs 来自哪里？ /49
- 43. 还有哪些场所会存在 VOCs ？ /50
- 44. 汽车内的 VOCs 来自哪里？ /51
- 45. 抽烟也会排放 VOCs 吗？ /52
- 46. 装修为何会产生 VOCs ？ /53

第四章 VOCs 对人体的危害 /55

- 47. VOCs 对生物有毒害作用吗？ /56
- 48. 美国 EPA 优先控制的 VOCs 有哪些？ /57
- 49. VOCs 的人体健康效应有哪些？ /58
- 50. VOCs 进入人体的途径有哪些？ /59
- 51. 吸入 VOCs 会导致癌症吗？ /60
- 52. 甲醛对人体健康有什么影响？ /61
- 53. 苯系物对人体健康有什么影响？ /62
- 54. PX 对人体健康有什么影响？ /63
- 55. 卤代烃对人体健康有什么影响？ /64

第五章 VOCs 对生存环境的破坏 /65

- 56. VOCs 会形成光化学烟雾吗？ /66
- 57. VOCs 如何影响大气氧化性？ /67
- 58. VOCs 会破坏臭氧层吗？ /68
- 59. VOCs 是温室气体吗？ /69
- 60. VOCs 会出现在洁净的地区吗？ /70
- 61. VOCs 能被雨水去除吗？ /71
- 62. VOCs 与酸雨有联系吗？ /72
- 63. VOCs 与气候变化有什么关系？ /73
- 64. VOCs 会影响气候变化吗？ /74

第六章 VOCs 在生活中的防护 /75

- 65. 如何降低车内 VOCs 的危害？ /76
- 66. 良好的驾驶习惯可以减少 VOCs 排放吗？ /78
- 67. 改善室内 VOCs 污染的主要方法有哪些？ /80
- 68. 如何减少装修产生的 VOCs？ /82
- 69. 空气净化器对 VOCs 有净化效果吗？ /83
- 70. 什么是油烟净化器？餐饮业是否有必要安装净化器？ /85
- 71. 植物对室内空气净化有没有作用？ /86
- 72. 居民的哪些生活活动会造成 VOCs 的排放？ /87
- 73. 使用空气清新剂可以改善环境空气吗？ /88
- 74. 只靠绿色植物就可以改善装修后的室内空气吗？ /89
- 75. 采用互联网上的“偏方”就可以去除甲醛等 VOCs 污染吗？ /90
- 76. 公众如何参与 VOCs 污染减排与防治？ /91

下篇

工具应用篇

第一章 基础知识 /95

- 1. VOCs 污染防治的技术体系由几部分构成？ /96
- 2. VOCs 原辅材料的源头替代材料有哪些？ /96
- 3. 低挥发性 VOCs 材料有哪些产品技术标准？ /97
- 4. 什么是辐射固化？ /97
- 5. 什么是高固体分涂料？ /98
- 6. VOCs 无组织排放的排放源有哪些？该如何管理？ /99
- 7. 含 VOCs 的物料在密闭场所该如何管理？ /99
- 8. VOCs 减量排放的先进生产技术有哪些？ /100

- 9. 如何提高 VOCs 的废气收集率？ /100
- 10. VOCs 的末端治理技术有哪些？ /101
- 11. VOCs 常用末端治理的装置有相应的技术规范吗？ /102
- 12. 吸附法装置运维的安全注意事项有哪些？ /102
- 13. 催化燃烧装置运维的安全注意事项有哪些？ /103
- 14. 蓄热燃烧装置运维的安全注意事项有哪些？ /103
- 15. 什么是蓄热催化燃烧（RCO）、催化燃烧（CO）、蓄热燃烧（RTO）？
它们有什么区别？ /104
- 16. VOCs 综合治理的精细管控措施有哪些？ /105
- 17. 国家标准、地方排放、综合排放、行业排放标准之间的关系？ /106
- 18. 我国 VOCs 相关的国家排放标准有哪些？ /106
- 19. 我国 VOCs 相关的地方排放标准有哪些？ /107
- 20. 苯、甲苯和二甲苯可能比非甲烷总烃大吗？ /108

第二章 石化行业 VOCs 防控 /109

- 21. 现阶段重点管控的石化行业包含哪些？ /110
- 22. 石化行业 VOCs 的排放环节通常有哪些？ /110
- 23. 石油炼制行业 VOCs 排放环节、特征污染物及其浓度是什么？ /111
- 24. 石油炼制行业的源头控制要求有哪些？ /113
- 25. 石油炼制行业 VOCs 治理技术如何选择？ /113
- 26. 石化行业中 VOCs 相关排放标准有哪些？ /114

第三章 化工行业 VOCs 防控 /115

- 27. 现阶段重点管控的化工行业包含哪些？ /116
- 28. 涂料工业的原辅材料有哪些？ /116
- 29. 涂料工业的生产过程（工艺）有哪些？ /116
- 30. 油墨工业的原辅材料有哪些？ /117
- 31. 油墨工业的生产过程（工艺）有哪些？ /117
- 32. 涂料油墨工业的 VOCs 在哪里产生？ /118

- 33. 油墨涂料工业的 VOCs 包含哪些工艺排放段？ /118
- 34. 涂料油墨行业各工序 VOCs 产生的浓度是多少？ /119
- 35. 涂料油墨行业 VOCs 控制技术有哪些？ /120
- 36. 制鞋行业 VOCs 源头替代和过程控制技术有哪些？ /123
- 37. 制鞋行业 VOCs 末端治理技术有哪些？ /123
- 38. 塑料制品行业 VOCs 的源头替代和过程控制技术有哪些？ /124
- 39. 塑料制品行业可选择的末端治理技术有哪些？ /125
- 40. 化工行业 VOCs 相关排放标准有哪些？ /125

第四章 包装印刷行业 VOCs 防控 /127

- 41. 包装印刷行业的工序有哪些？ /128
- 42. 包装印刷行业含 VOCs 的原辅材料有哪些？ /128
- 43. 包装印刷行业 VOCs 排放工艺段有哪些？ /129
- 44. 包装印刷行业各生产工艺 VOCs 的产生浓度是多少？ /130
- 45. 包装印刷行业各生产工序 VOCs 排放的特征污染物有哪些？ /131
- 46. 包装印刷行业 VOCs 控制技术有哪些？ /132
- 47. 包装印刷行业 VOCs 相关排放标准有哪些？ /135

第五章 工业涂装行业 VOCs 防控 /137

- 48. 家具制造行业产生 VOCs 排放的工序有哪些？ /138
- 49. 家具制造行业各工序 VOCs 排放的特征污染物有哪些？ /138
- 50. 家具制造行业各工序 VOCs 产生浓度有多少？ /139
- 51. 家具制造行业 VOCs 控制技术有哪些？ /140
- 52. 机械制造行业 VOCs 产排污节点有哪些？ /141
- 53. 机械制造行业 VOCs 排放特征污染物有哪些？ /142
- 54. 机械制造行业源头替代和过程控制技术有哪些？ /143
- 55. 机械制造行业气体捕集技术有哪些？ /143
- 56. 机械制造行业电焊烟尘和漆雾末端控制技术有哪些？ /145
- 57. 机械制造行业 VOCs 末端控制技术有哪些？ /146

58. 工业涂装行业 VOCs 相关排放标准有哪些？ /148

第六章 油品储运销过程 VOCs 防控 /151

59. 哪些加油站需要安装自动监控设备？ /152

60. 油气回收设施应自查什么？多久自查一次？ /152

61. 储油库的油罐该如何选择？ /152

62. 油罐车油气回收系统应检查什么？多久检查一次？ /153

63. 油品储运销行业 VOCs 排放标准有哪些？ /153

第七章 检查要点 /155

64. 排放 VOCs 的企业豁免安装收集及末端治理设施的情况有哪些？ /156

65. 哪些企业应进行泄漏控制检测？ /157

66. 企业 VOCs 排气筒设置高度有什么要求？ /157

67. 污染治理设施的运营维护台账需要记录什么？ /157

68. 工业企业 VOCs 物料储存的检查要点有哪些？ /158

69. 工业企业 VOCs 物料转移和输送的检查要点有哪些？ /159

70. 工业企业工艺过程 VOCs 无组织排放的检查要点有哪些？ /159

71. 工业企业设备与管线组件泄漏的检查要点有哪些？ /161

72. 工业企业敞开液面 VOCs 逸散的检查要点有哪些？ /161

73. 工业企业有组织 VOCs 排放的检查要点有哪些？ /162

74. 工业企业废气治理设施的检查要点有哪些？ /163

75. 工业企业 VOCs 相关文件检查要点有哪些？ /164

76. 储油库 VOCs 排放的检查要点有哪些？ /164

77. 工业企业有组织 VOCs 排放的检查要点有哪些？ /165

第八章 政策法规 /167

78. 我国 VOCs 污染防治政策法规的历史演变过程是怎样的？ /168

79. 我国对 VOCs 综合防治的法律依据是什么？ /169

- 80. 我国工业企业需安装 VOCs 治理设施的法律依据是什么 ?/170
- 81. 我国工业涂装企业建立 VOCs 台账的要求是什么? /170
- 82. 我国石化、化工及油品储运销企业应对 VOCs 污染防治的措施有哪些? /171
- 83. 对生产、销售挥发性有机物含量不符合质量标准或者要求的原材料和产品的单位, 应由何级部门做何种处罚? /171
- 84. 对进口挥发性有机物含量不符合质量标准或者要求的原材料和产品的单位, 应由何级部门做何种处罚? /172
- 85. 对违反《大气污染防治法》中与 VOCs 污染防治相关的法律行为, 其处罚方式有哪些? /172

附件 /174

参考文献 /178

上
篇

科学普及篇

第一章

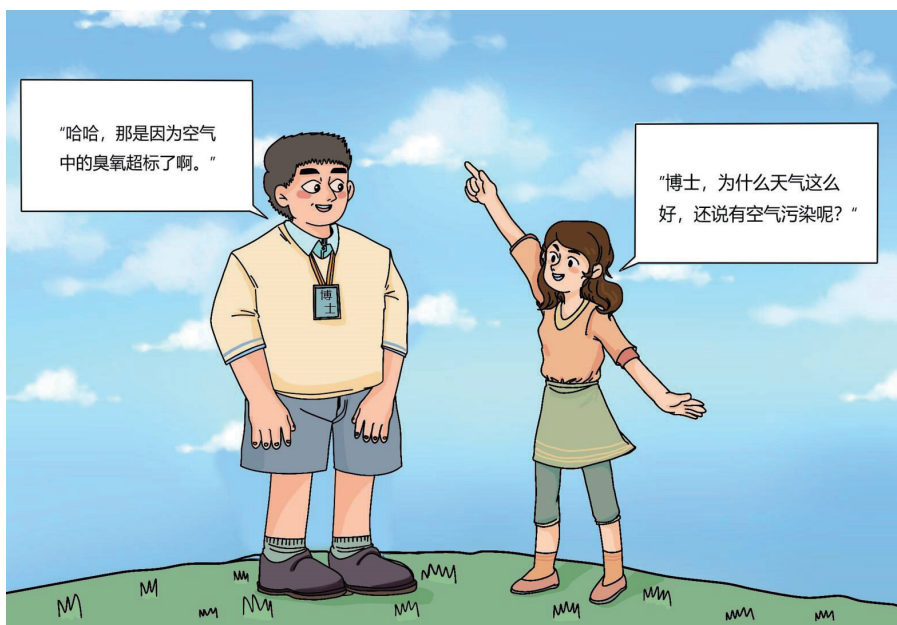
臭氧的基础知识

1.

为什么夏季晴空万里时，还会显示有空气污染？

我国的空气质量指数（AQI）是由细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）、颗粒物（ PM_{10} ）、臭氧（ O_3 ）、二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、一氧化碳（ CO ）六项指标构成。

经过多年努力，除臭氧外，其他五项指标均逐年下降。夏季是臭氧污染的高发时节，晴空万里说明 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 等较少，若此时仍显示空气污染，极可能是因为空气中的 O_3 超标了。



2.

臭氧(O_3)是什么呢?

O_3 是地球大气中一种微量气体,它是由于大气中氧分子受太阳辐射分解成氧原子后,氧原子又与周围的氧分子结合而形成的,含有3个氧原子,化学式是 O_3 。大气中90%以上的 O_3 存在于平流层,离地面10~50 km,它可以有效阻挡太阳光的紫外辐射,起到保护人类和环境的作用。但如果 O_3 在近地面浓度较高,则会对人体健康和生态环境产生有害影响,如较高浓度的 O_3 对眼睛和呼吸道有刺激作用,对肺功能也有影响,较高浓度的 O_3 对植物也是有害的。

简而言之:在天是佛、入地成魔。

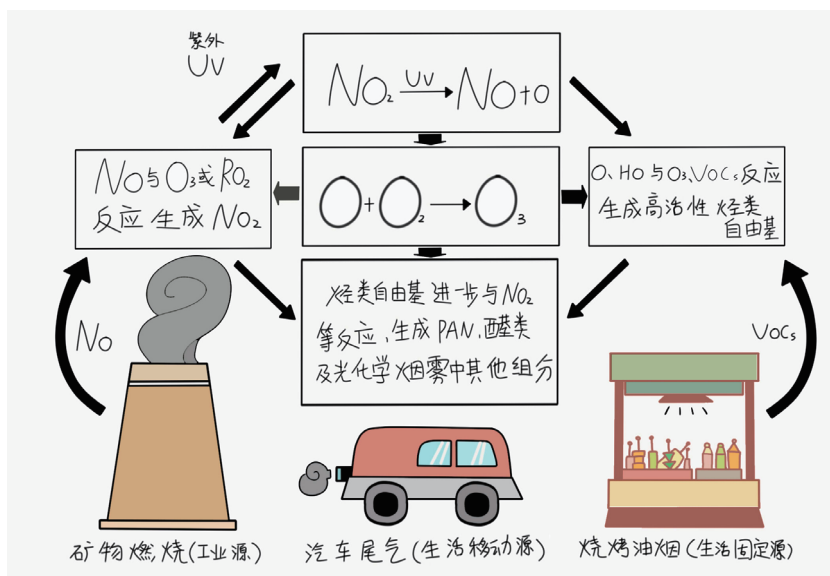


3.

近地面的 O_3 是如何形成的呢？

近地面（对流层）大气中的 O_3 主要由光化学反应过程产生，即 O_3 属于“二次污染物”。工业企业排放的氮氧化物（ NO_x ）与挥发性有机物（VOCs）等前体物，在太阳光（紫外线）照射下，经过一系列复杂的光化学反应，产生 O_3 污染物。

NO_x 的来源较广，但基本是人为排放，主要来自机动车尾气、化石燃料燃烧、工业生产过程；VOCs 的来源更为广泛，有石化、医药、化工、家具、汽修、印刷等行业及工业企业的废气排放，也有机动车、加油站等油气挥发，还有餐饮油烟、干洗店和美发店等有机物挥发等，因此 O_3 污染也呈现出覆盖面积广、影响范围大等特征。



4.

O_3 对人体有危害吗?

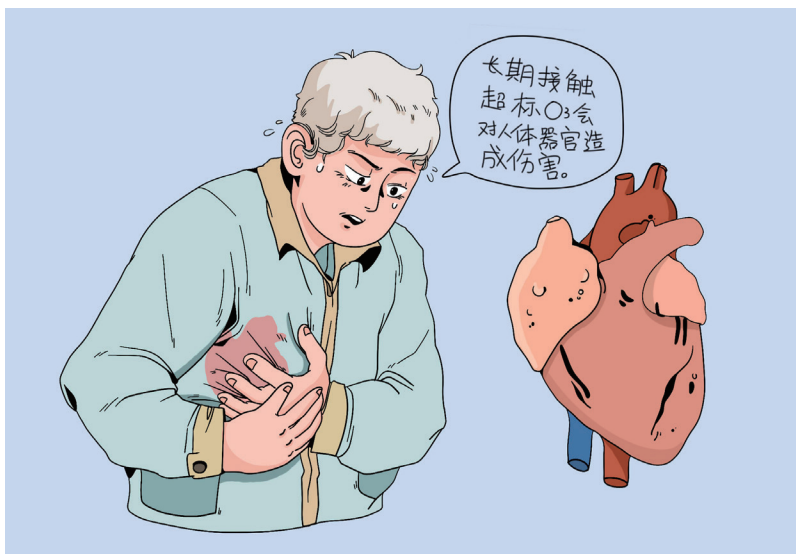
低浓度的 O_3 可消毒, 但超标的 O_3 则是个无形杀手。它的危害包括:

(1) 刺激人的呼吸道, 造成咽喉肿痛、胸闷咳嗽、引发支气管炎和肺气肿;

(2) 造成人的神经中毒, 头晕头痛、视力下降、记忆力衰退;

(3) 对人体皮肤中的维生素 E 起到破坏作用, 致使人的皮肤起皱、出现黑斑;

(4) 还会破坏人体的免疫机能, 诱发淋巴细胞染色体病变, 加速衰老, 致使孕妇生畸形儿。



5.

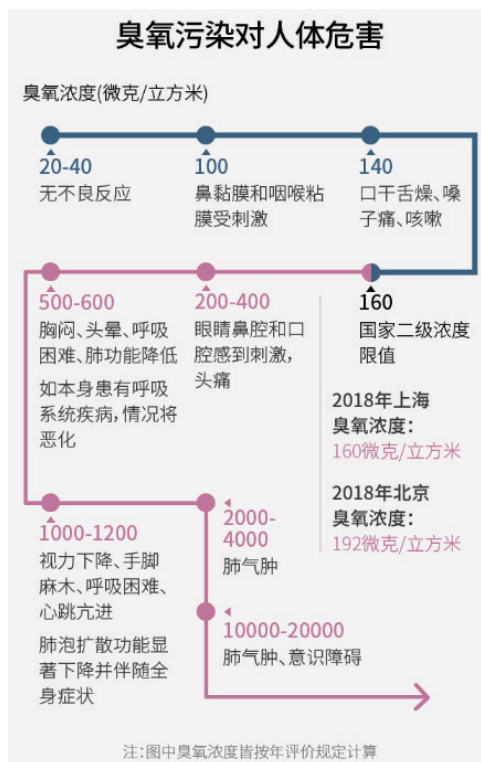
O_3 的危害浓度是多少?

抛开计量谈毒性就是伪科学。

O_3 浓度为 $20 \sim 40 \mu\text{g/L}$ 时, 人体无不良反应; 浓度为 $100 \sim 140 \mu\text{g/L}$, 对眼、鼻、喉黏膜有刺激的感觉; 浓度为 $140 \sim 160 \mu\text{g/L}$ 时, 出现口干舌燥、嗓子痛、咳嗽等症状; O_3 浓度超过 $10\,000 \mu\text{g/L}$ 时, 则对人体有较大危害。

根据我国《环境空气质量标准》(GB3095—2012), 居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区, O_3 8 小时浓度限值应 $\leq 160 \mu\text{g/L}$, O_3 1 小时浓度限值应 $\leq 200 \mu\text{g/L}$ 。当超过此浓度时, 环境部门则会迅速行动起来, 寻找并削减污染源, 保卫人民的身体健康。

由于 O_3 的臭味很浓, 浓度超过 $200 \mu\text{g/L}$ 时, 人们就能感觉到, 因此, 世界上使用 O_3 已有一百多年的历史, 尚未发现一例因 O_3 中毒而导致死亡的报道。



6.

O_3 在全年什么时段浓度最高？

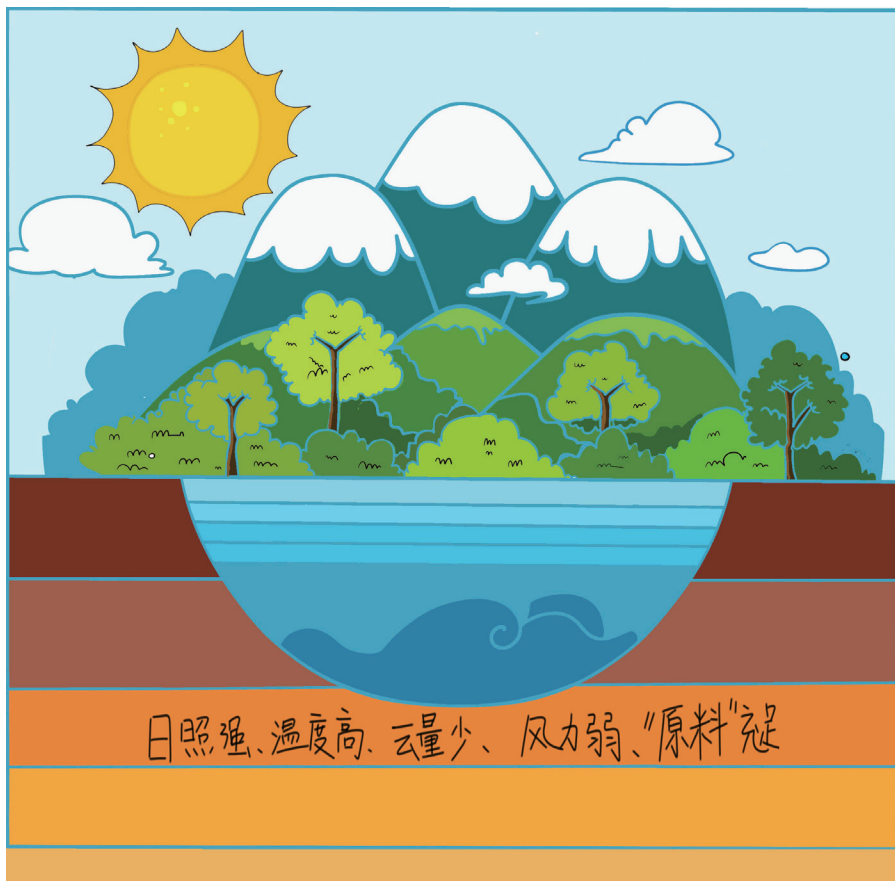
从全年来看， O_3 污染的出现，一般从每年的4月份开始，一直持续到10月，其中6—8月份浓度比较高。从一天来看，早上开始随着气温升高，紫外线辐射增强， O_3 浓度不断增加，下午1~3点持续高值，到傍晚5点左右随着辐射减弱， O_3 浓度逐渐降低。因此，一般而言，夏季午后3点前后， O_3 浓度最高。



7.

夏季 O_3 浓度高的原因是什么？

O_3 污染有其生成的特殊条件。在高温、日照充足、空气干燥的条件下，空气中的 VOCs 和 NO_x “见面”，产生光化学反应，才易生成 O_3 污染。夏季对 O_3 的形成可谓是“天时地利人和”：日照强、温度高、云量少、风力弱、“原料”充足。



8.

个人如何进行 O_3 的防护?

O_3 与 $PM_{2.5}$ 不同, O_3 的分子较小, 无法用口罩、防毒面具等方式拦截。因此, 个人在夏季高温时节, 要做到“一查、二减”。一查, 是指夏季高温的日子里, 多查查当日 O_3 浓度播报。二减, 当出现 O_3 浓度超标时, 应减少室外运动时间, 防止人体直接接触高浓度 O_3 ; 减少室内外的通风换气次数, 防止 O_3 污染进入室内。



9.

O_3 会到处流窜吗?

O_3 污染可防可控,但也难防难控。根据科学研究和专家研判, O_3 污染具有一定的区域性传输特性,它会到处流浪,也会到处流窜,单一城市的 VOCs 和 NO_x 排放,到生成 O_3 污染时,不一定就出现在某个特定排放区域和城市。

因此,遇有高温、干燥天气时,要实施社会联动、区域联控,打好 O_3 污染治理攻坚战。



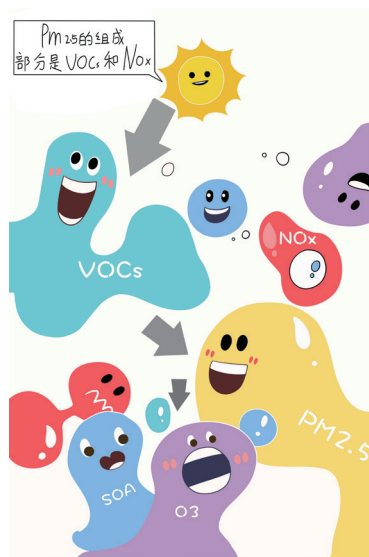
10.

O_3 和 $VOCs$ 、 $PM_{2.5}$ 、雾霾有关系吗？

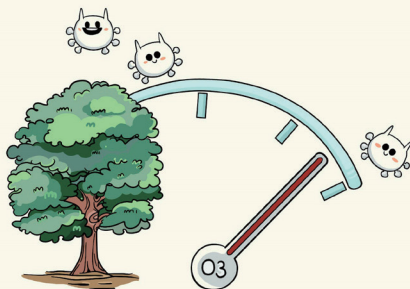
雾霾是雾和霾的组合词。雾是由大量悬浮在空气中的小水滴或冰晶组成的气溶胶系统，是近地面空气中水汽凝结（或凝华）的产物。霾是指空气中的大量极细微的尘粒子均匀地浮游在空中，使空气浑浊，视野模糊并导致水平能见度小于 10 km 的自然天气现象。霾污染主要源于人为污染，罪魁祸首是 $PM_{2.5}$ 。

$VOCs$ 与 NO_x 在太阳光（紫外线）的照射下，通过光化学反应形成了 O_3 和二次有机气溶胶（简称 SOA）；这些二次有机气溶胶和硫酸盐、硝酸盐、铵盐、黑碳、有机化合物等共同组成了 $PM_{2.5}$ 。

也就是说， $VOCs$ 一方面会导致细粒子的产生，形成 $PM_{2.5}$ ；另一方面， $VOCs$ 也会导致近地面 O_3 浓度增高，使得光化学烟雾污染更加严重。所以控制 $VOCs$ ，对控制 O_3 和 $PM_{2.5}$ 的形成，格外重要。



$VOCs$ 也会导致光化学烟雾污染更严重



第二章

VOCs 的基础知识

11.

什么是 VOCs?

VOCs 是挥发性有机物英文名称“Volatile Organic Compounds”的缩写，有时也称 VOC，此时专指一种 VOC，或者表示挥发性有机物这样一个集合概念。无论是中文的“挥发性有机物”还是英文的“Volatile Organic Compounds”均比较长，因此习惯上常用“VOCs”或者“VOC”来简称。

不同的机构和组织出于不同的管理、控制或研究需要，对 VOCs 的定义不尽相同，目前尚没有统一、公认的定义。美国材料与试验协会（ASTM）D3960-98 标准将 VOCs 定义为任何能参加大气光化学反应的有机化合物。美国国家环保局（EPA）对 VOCs 的定义为：挥发性有机化合物是除一氧化碳、二氧化碳、碳酸、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵外，任何参加大气光化学反应的碳化合物。世界卫生组织（WHO，1989）对总挥发性有机化合物（Total Volatile Organic Compounds，TVOC）的定义为：熔点低于室温而沸点为 50 ~ 260℃ 的挥发性有机化合物的总称。

我国标准主要基于能否参与光化学反应来定性：挥发性有机物（VOCs）是指“能参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物”。



12.

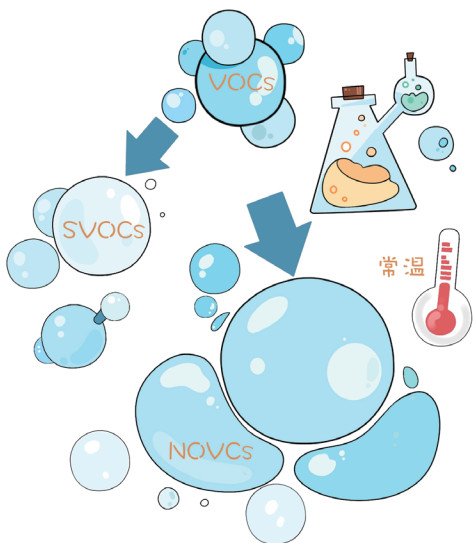
VOC、TVOC、VOCs、SVOC、NVOC 是什么关系呢？

VOC 和 VOCs 其实是同一类物质，由于挥发性有机物一般成分不止一种，使用 VOCs 更精准。在日常交流过程中，人们习惯性将 s 省去，因此，VOC 一般用于口语，VOCs 则一般用于书面语。

TVOC 是 Total Volatile Organic Compounds 的缩写，即总挥发性有机物。

我国《挥发性有机物无组织排放控制标准》中对于 TVOC 则这样表述：“采用规定的监测方法，对废气中的单项 VOCs 物质进行测量，加和得到 VOCs 物质的总量，以单项 VOCs 物质的质量浓度之和计。”实际工作中，应按预期分析结果，对占总量 90% 以上的单项 VOCs 物质进行测量加和得出。

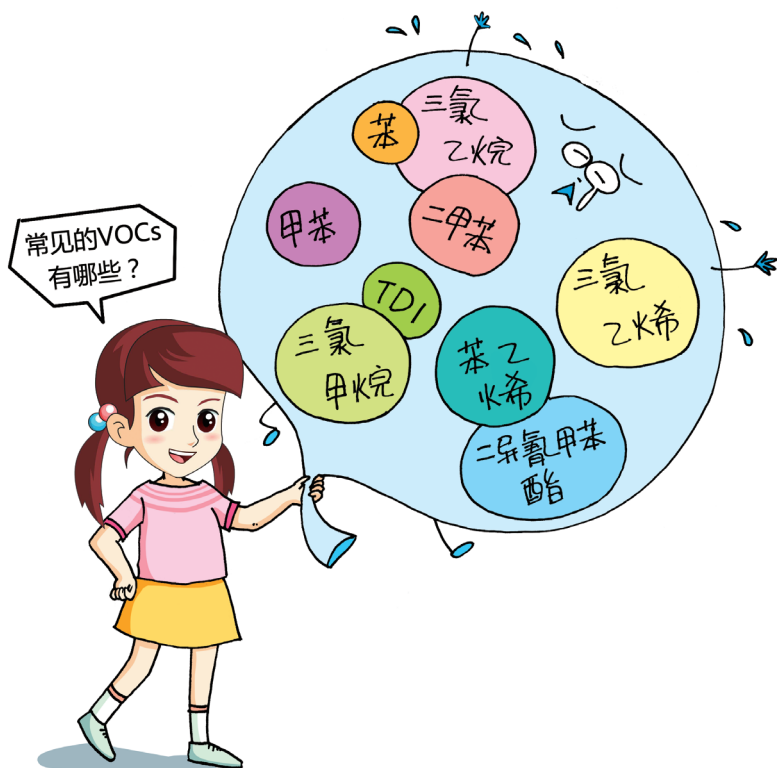
空气中存在的有机物不仅仅是 VOCs，有些有机物在常温下可以在气态和颗粒物中同时存在，而且随着温度变化在两相中的比例会发生变化，这类有机物叫作半挥发性有机物，简称 SVOC。还有些有机物在常温下只存在于颗粒物中，它们属于不挥发性有机物，简称 NVOC。无论是 VOC、SVOC 还是 NVOC，在大气中都参与大气化学和物理过程，一部分可直接危害人体健康，它们带来的环境效应包括影响空气质量、影响气候等。



13.

VOCs 主要包含哪些物质？

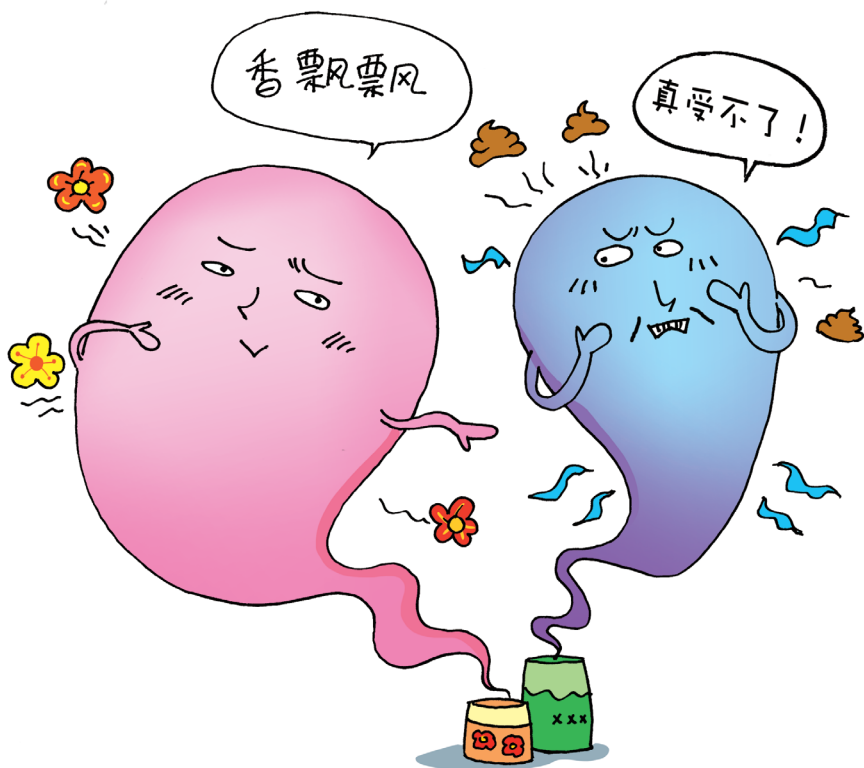
按 VOCs 的化学结构，可将其进一步分为 8 类：烷烃类、芳香烃类、烯烃类、卤代烃类、酯类、醛类、酮类和其他化合物。从环保意义上讲，主要指化学性质活泼的那一类挥发性有机物。常见的 VOCs 有苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯、三氯乙烯、三氯甲烷、三氯乙烷、二异氰酸酯（TDI）、二异氰甲苯酯等。



14.

VOCs 全都有气味吗？

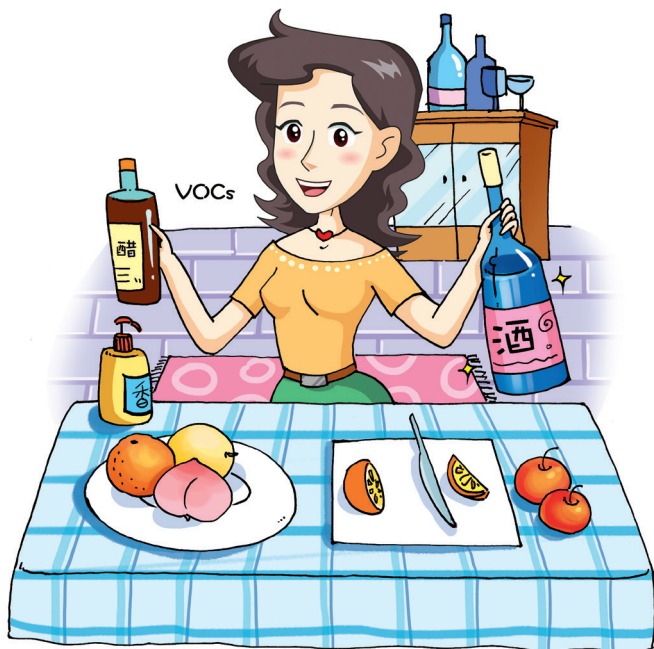
大多数 VOCs 的气味并不明显，但有一些 VOCs，如醇、醛、酮类、芳香烃类、含硫化合物等浓度达到一定程度会有较明显的令人喜欢或厌恶的气味。



15.

日常生活中常见的 VOCs 有哪些？

日常食用的食醋中含有醋酸（学名乙酸），可挥发进入空气，属于含氧的 VOCs（简称 OVOCs）。酒类饮品都含有酒精（学名乙醇），属于挥发性较强的醇类，当然也属于 VOCs，是一种 OVOC。香水含有各种各样的植物提炼或化学合成的芳香性化合物、精油类物质等，其中有许多属于 VOCs，例如芳香醛、芳香酯等。此外香水中的助溶剂通常是乙醇等 VOCs。一些水果（如柠檬、橙子等）和日用清洗剂中含有萜烯，也是具有香味的 VOCs。家庭装修和家具等释放的室内空气污染物，如甲醛、苯、甲苯等都属于 VOCs。



16.

如何降低环境空气中 VOCs 的含量呢？

VOCs 排入环境空气后，其在大气中的含量就由气象条件和大气化学转化条件所决定，不受人类控制。因此，人类要降低环境空气中 VOCs 的含量，只能通过减少其排放来实现。空气中的 VOCs 一部分来自人为排放源，另一部分来自植物等自然排放源。自然源排放难以被人类控制，因此我们所能做的就是降低人为排放 VOCs 的强度。一是对各种含 VOCs 的废气进行治理，以减少排放；二是对生产过程中的 VOCs 泄漏进行封堵或回收，以减少排放；三是减少化石燃料的使用，减少对各种含 VOCs 物质的使用量，从源头控制 VOCs 污染物的产生。



17.

不同地方的 VOCs 种类有什么不同？

空气中的 VOCs 受排放、输送、化学反应等多种因素影响。因此，不同地区可观测到的 VOCs 种类会有所不同。通常，城市地区较多地体现出机动车船排放、汽油和溶剂使用等特征，VOCs 中芳香烃等含量相对较高；温暖季节在植被覆盖较密的地区能检测到由植物类天然源排放的、浓度较高的萜烯和萜烯类化合物；在城市和污染区域的下游地区能检测到较多的烃类氧化之后的产物如醛、酮类等 VOCs；在偏远地区主要能检测到一些反应活性较弱的烷烃、炔烃类 VOCs 及一些含氧 VOCs 等。



18.

我国城市 VOCs 的主要来源有哪些？

我国城市地区 VOCs 的主要来源一般有机动车排放、油品挥发泄漏、溶剂使用排放、液化石油气（LPG）使用、工业排放等。下图给出了广州市和北京市 VOCs 来源解析结果，机动车排放、油品挥发泄漏、溶剂使用是三大重要 VOCs 来源。但由于能源结构和产业布局不同，不同城市主要排放源的贡献率存在差异，例如 LPG 在广州占 VOCs 总量的 16.32%，而在北京则只占 2.64%。



19.

VOCs 的排放量随时间有变化吗？

VOCs 的排放量是会变化的。在城市地区，早晚上下班高峰期，机动车尾气排放是 VOCs 的重要来源；午后由于温度升高，VOCs 主要来源是油品或溶剂的挥发泄漏；夜晚环境中的 VOCs 则主要是白天排放 VOCs 的累积。从季节变化来看，天然源植物排放和二次生成是夏季 VOCs 的重要来源，燃煤等则会在冬季的贡献率更大。从年际变化来看，随着社会经济的发展，机动车保有量、能源结构和产业布局等产生了变化，VOCs 的排放量也会相应变化。



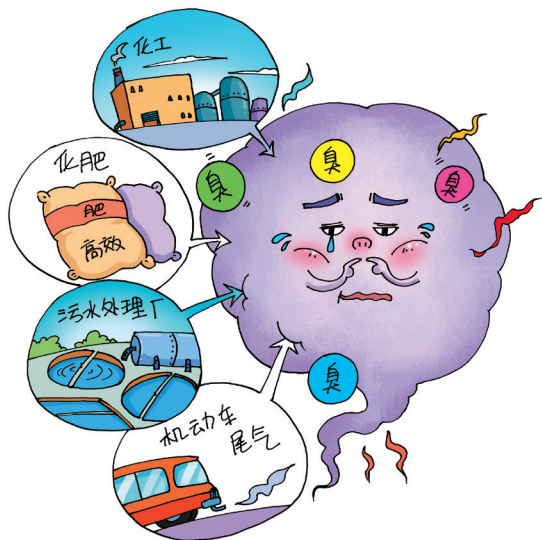
20.

VOCs 中有哪些是恶臭气体？

恶臭气体不仅包括氨、硫化氢等挥发性无机气体，还包括许多化学成分极为复杂的挥发性恶臭有机物（MVOC）。

MVOC 属于一类极为特殊的挥发性有机物。一方面，MVOC 可分为 5 类：第 1 类为含卤素化合物，如卤代烃；第 2 类为烃类，如烷烃、烯烃、芳香烃等；第 3 类为含氧化合物，如醛、酮、酯、有机酸等；第 4 类为含硫化合物，如硫醚、硫醇和噻吩类；第 5 类为含氮化合物，如酰胺等，这些都是有毒的空气污染物。另一方面，MVOC 具有较无机恶臭物质更为复杂难辨的恶臭气味。

MVOC 来源广泛，除化工、化肥、橡胶、炼油和皮革等数十种工艺过程外，现代城市的污水处理厂、垃圾填埋场甚至机动车尾气都是恶臭 VOCs 的发源地。



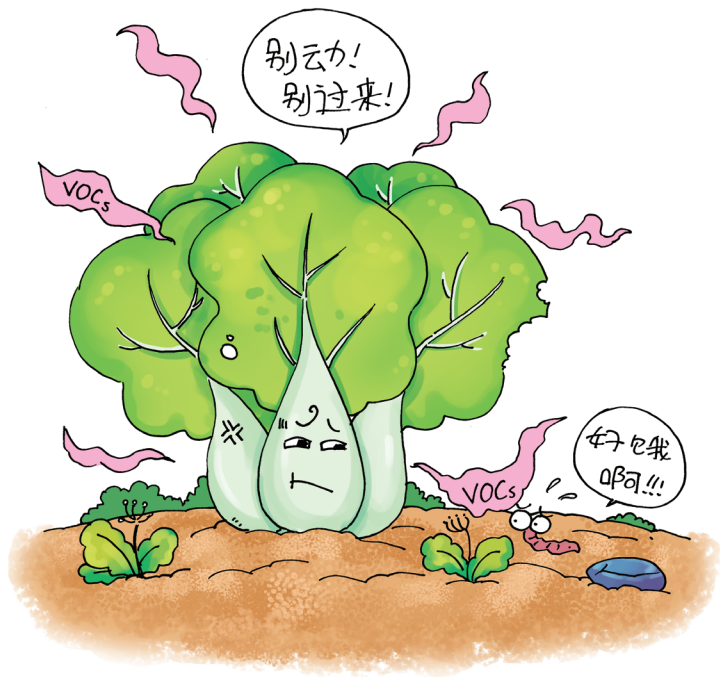
第三章

VOCs 的自然源和生活源

21.

为什么植物会排放 VOCs?

植物释放 VOCs 常被认为是一种防卫机制。植物排放的 VOCs 对有害病原体、昆虫、草食动物具有威慑作用，还有利于植物的伤口愈合。一些挥发性很强的 VOCs 能吸引动物或昆虫帮助传粉；或者吸引草食动物的天敌，从而达到防御效果。有些 VOCs 还具有与其他植物或生物体进行交流的功能。另外，一些植物排放的 VOCs 还具有化感作用，对其他植物种子萌发、幼苗生长产生抑制。



22.

植物排放的 VOCs 对大气环境有什么影响？

没有明显的证据表明植物排放的 VOCs 会对人体健康产生直接的危害。但是植物排放的 VOCs 非常活泼，可以与 NO_x 发生一系列复杂的大气化学反应，生成 O_3 和有机气溶胶。而环境空气中的 O_3 和有机气溶胶达到一定浓度后，就会对人体健康产生危害。所以，从这个角度说，植物排放的 VOCs 在一定条件下会对大气环境产生不利影响。



23.

为什么要关注植物排放的 VOCs？

正如上述所言，植物排放的 VOCs 会通过一系列复杂的大气化学反应生成 O_3 和有机气溶胶，影响大气环境。就全球而言，植物排放的 VOCs 的量比人为排放的要大得多，约占全球总 VOCs 排放量的 90%。这部分 VOCs 对大气环境、生态环境产生重要的影响。对植物排放的 VOCs 进行研究，对了解全球和区域大气环境、碳循环乃至气候变化都是必不可少的。



24.

不同种类植物排放的 VOCs 是一样的吗？

不同种类植物类型排放 VOCs 的能力是不一样的。一般来讲，森林是植物 VOCs 排放的主体，其排放的 VOCs 量要大于灌木丛、草地等其他植被类型。木麻黄、桉树、枫香树、紫树、杨树、松树、杉木和皂角等都是植物 VOCs 的排放大户。同时，不同种类的植物排放的 VOCs 种类也是不一样的。桉树、杨树等阔叶树种主要排放异戊二烯，而松树、杉木等针叶树种主要排放单萜烯。



25.

哪些地方植物排放的 VOCs 浓度比较高？

就全球范围而言，热带和亚热带地区的植被量较大，拥有大片的热带雨林和森林，而且这些区域长年温度和辐射量均较高，所以这些区域的植物排放的 VOCs 量较大。在人类居住环境当中，郊区由于开发度较低，建成区面积较小，植物数量较多，其排放的 VOCs 量一般要大于市区。



热带和亚热带地区的植被量较大，拥有大片的热带雨林和森林，而且这些区域长年温度和辐射量均较高，所以这些区域的植物排放的 VOCs 量较大。