

附件3

《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测

技术规范（征求意见稿）》

编制说明

《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》

标准编制组

二〇二五年十月

项目名称：环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范

项目统一编号：2020-L-27

项目承担单位：中国环境监测总站、上海市环境监测中心、北京大学

编制组主要成员：彭翔、陶秋瑾、唐桂刚、干江、陈翰琳、梁思远、王启蒙、

王超、谭丽、李跃武、曾立民、陆思华、高松、崔虎熊

环境标准研究所技术管理负责人：雷晶

生态环境监测司项目负责人：董明丽

目 次

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	4
2.1 挥发性有机物的环境危害	4
2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要	8
2.3 环境保护相关法律及政策文件需要	11
3 国内外相关研究	13
3.1 国内外相关标准研究	13
3.2 国内外监测网络研究	14
3.3 国内外挥发性有机物自动监测系统与技术调研	22
3.4 本标准和国内外标准关系	24
4 标准制订的基本原则和技术路线	30
4.1 标准制订的基本原则	30
4.2 标准制订的技术路线	31
5 制订本标准适用范围的来源依据	32
5.1 比对实验结果评级评估技术路线及实验方法	32
5.2 比对实验评级结果评估讨论	35
6 方法研究报告	66
6.1 适用范围的确定	66
6.2 规范性引用文件	66
6.3 术语和定义	66
6.4 方法原理与系统组成	67
6.5 技术性能要求	124
6.6 安装、调试、试运行与验收	214
6.7 系统日常运行维护	219
6.8 质量保证和质量控制	222
6.9 数据审核、标识与有效率	229
6.10 附录	231
7 标准征求意见稿技术审查情况	253
8 标准实施建议	253
9 参考文献	254

《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范 (征求意见稿)》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

挥发性有机物（VOCs），特别是含氧类挥发性有机物（OVOCs），在大气环境中除了通过与自由基发生氧化反应参与光化学过程外，还可以通过光解提供大量过氧自由基，增强大气氧化性，对二次污染物的形成（如臭氧和二次气溶胶）起重要作用。近年来，我国生态环境部发布了多份文件均对挥发性有机物提出了监测要求。为了有效开展大气污染防治工作，原环境保护部于 2018 年发布了针对重点地区的环境空气挥发性有机物监测方案，逐步推进国家光化学监测体系和能力建设。目前，国家光化学监测网络建设已有一定成效，但是运行效果不理想，特别是 VOCs 的在线监测，面临监测仪器运维质量较差，监测数据质量有待提升的难题。为了满足我国挥发性有机物监测工作发展需要，根据生态环境部生态监测司《关于开展<河流水生态环境质量监测与评价技术指南>等 28 项标准规范制修订工作的通知》（监测函〔2020〕4 号）工作要求，中国环境监测总站承担了《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》的编制工作，项目统一编号为 2020-L-27。

1.2 工作过程

根据生态环境部任务要求，中国环境监测总站于 2019 年 5 月承担了《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》标准编制工作，并组建了标准编制组。编制组先后开展了国内外相关标准与文献调研、国内外关于挥发性有机物监测网络建设与监测方法技术调研、研究框架内容确定、设计现场比对实验方案、征集厂家组织开展现场比对实验、比对实验结果分析讨论等工作，形成了本标准的征求意见稿。

1.2.1 成立标准编制组

中国环境监测总站于 2019 年 5 月承担了《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》标准编制工作，并同参与单位组建了标准编制组。

1.2.2 查询国内外相关标准、以及开展相关监测网络建设与监测方法、监测前沿技术调研

编制组检索、查询和收集了国内外与挥发性有机物监测相关的手工和自动监测标准；调研了国外主要国家关于挥发性有机物监测网络的建设、以及在监测网络中使用的监测指标和监测方法等内容；调研了国内挥发性有机物监测网络建设、运行维护以及数据质量现状；同时调研了国内外目前关于挥发性有机物监测的最新前沿技术和主流方法等内容。

编制组根据调研结果和我国监测网络运行情况确定了本次技术规范编制的重点方向：需针对当前监测仪器开展监测技术研究和监测因子适用研究，需先研究清楚各类方法仪器能够测好哪些具体组分，再规定其应具备的性能条件、以及运维与质控等要求。通过调研可知，美国是挥发性有机物监测体系建立最早且标准体系建立最为完善的国家，并根据挥发性有机物的环境和健康危害建立了 PAMS 和 NATTS 两大监测网络，并发布了 9 个标准，标准中所规定的主要有三个方法：气相色谱法、气相色谱质谱联用法、液相色谱法。同时美国 EPA 会根据最新的技术研究实时调整监测因子，将 PAMS 监测网络定期根据运行情况和监测

结果对监测指标进行一定调整，将浓度低的物种与测不好的物种由必测清單调整至选测清單。相比于美国，我国挥发性有机物监测网络虽然建设起步晚，但是发展迅速，截至 2024 年，共建设有 436 个自动监测站，但是尚未建立环境空气挥发性有机物自动监测运行维护与质控相关技术规范。由于挥发性有机物涉及物种多，监测难度大，我国监测网络近年的监测数据质量存在质控检查结果差、数据有效率低等诸多问题。因此，编制组根据调研结果和我国网络运行情况确定了本次技术规范编制的重点方向：亟需针对当前的监测仪器开展监测技术研究和监测因子适用研究。

1. 2. 3 编制形成实验研究方案，召开比对实验研究工作启动会

为了做好挥发性有机物的监测技术研究和监测因子适用研究工作，编制组牵头单位中国环境监测总站于 2023 年 8 月份开始筹备“环境空气挥发性有机物自动监测系统比对验证”工作。一是，制定并印发了实验方案《环境空气 VOCs 和 OVOCs 自动监测设备比对测试工作手册》，手册主要包括六大测试内容：环境样品长期比对、环境样品实时加标回收、干扰影响、参比方法比对、校准源/设备/方法比对、基础性能测试；二是，主要通过邀约的方式，围绕三大主流监测方法，邀请国内外挥发性有机物自动监测系统市场占有率大的仪器厂家、以及邀请拥有国内外最新技术的液相色谱法自动监测系统厂家参加本次比对实验，厂家基于自愿原则参与本次比对实验。本次比对工作要求参与比对的厂家提供同品牌同型号的两台完整的监测系统，以比较同型号监测系统的数据可比性、以及环境样品真实加标回收率。随后，编制组于 2023 年 11 月在北京召集相关比对厂商，召开了比对测试实验启动会。

1. 2. 4 开展实验研究工作

挥发性有机物自动监测系统比对实验研究工作于 2023 年 11 月至 2024 年 7 月，在中国环境监测总站大气综合监测实验室开展。比对实验共邀请到 6 个仪器厂商、12 台自动监测系统参与，其中 10 台为气相色谱质谱联用法自动监测系统（双检测器，含氢火焰离子化检测器（FID）与质谱检测器（MSD）），2 台为液相色谱法自动监测系统。比对实验由编制组牵头单位中国环境监测总站负责整体筹备与实施，组建 5 个工作小组承担比对期间的各项工作，包括整体统筹组、现场监督与管理组、现场实验组、数据审核组、数据统计分析组，比对实验内容具体请见表 1。

1. 2. 5 评估实验研究成果，编写标准征求意见稿初稿及编制说明

编制组对实验研究数据与结果进行了详细分析，并根据实验结果进一步制定了目标化合物综合分级评估的技术路线与关键技术指标。在此基础上，编制组进一步分析实验结果，编制了标准文本，形成了标准征求意见稿初稿及编制说明。

1. 2. 6 召开内部审查会，修改完善形成征求意见稿

2025 年 3 月，编制组完成标准征求意见稿及编制说明的初稿后，中国环境监测总站于 3 月 19 日组织召开了本标准内部审查会。会议邀请了中国科学院广州地球化学研究所、中国科学院生态环境研究中心、四川省成都生态环境监测中心站、江苏省南京环境监测中心、广东省广州生态环境监测中心等单位的相关专家，对本标准的完整性、科学性、技术可操作性等各方面进行了评审。专家组一致同意通过审查，并提出了修改完善建议。

编制组根据审查会专家意见，对征求意见稿初稿及编制说明进行了修改完善，于 2025 年 4 月形成征求意见稿，并提交至生态环境部生态环境监测司。

1.2.7 召开征求意见稿技术审查会

2025 年 7 月 7 日，由生态环境部生态环境监测司主持召开《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》（征求意见稿）技术审查会。专家组听取了标准主编单位对标准文本及编制说明的内容介绍。经质询、讨论，专家组对本标准编制工作予以高度肯定，一致同意该征求意见稿通过技术审查会，并提出修改意见。会后，编制组根据专家意见对标准征求意见稿及编制说明进行了修改完善，并提请公开征求意见。

表 1 比对实验具体内容

序号	测试项目	实验内容
1	校准系统测试	加湿动态校准仪间平行性
2		气源比对（氮气、零级空气、标准气体）
3		管线材质和温湿度影响
4		校准口与采样支管进气口等效测试
5		苏马罐和动态校准仪质控方式比对
6	基础性能测试	校准曲线
7		零点噪声
8		方法检出限
9		正确度
10		精密度
11		系统残留
12		响应时间
13		漂移
14		采样流量测试
15	环境样品测量可信度测试 （自动监测系统）	每日单浓度点核查
16		环境样品实时加标回收
17		环境样品小时浓度对比
18		液相色谱法参比方法比对
19	液相色谱法参比方法测量 醛酮条件优化研究	不同品牌 DNPH 小柱比对
20		试剂空白测试
21		洗脱方式比对
22		采样条件优化
23		标气样品比对
24		环境样品比对
25		加标回收测试
26		HPLC 分析方法优化、UPLC 验证

2 标准制订的必要性分析

2.1 挥发性有机物的环境危害

挥发性有机物（Volatile Organic Compounds, VOCs）是大气的主要污染物之一，是一类理化性质相近的有机化合物的统称。世界不同组织对挥发性有机物的定义并不完全一致。世界卫生组织（World Health Organization, WHO）将沸点范围在 50°C~260°C 的有机化合物定义为挥发性有机物。美国环境保护署（Environmental Protection Agency, EPA）将除一氧化碳、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定义为挥发性有机物。美国试验材料学会（American Society for Testing Material, ASTM）直接将挥发性有机物定义为任何能参加大气化学反应的有机化合物。我国于 2019 年发布的《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）中，将挥发性有机物定义为参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

挥发性有机物对现阶段我国大气两大主要污染（O₃ 和 PM_{2.5}）的生成具有重要作用，且世界多个国家已经针对挥发性有机物开展长期监测。挥发性有机物作为光化学污染的重要前体物，对 O₃ 污染的生成具有重要贡献。挥发性有机物在大气中与羟基自由基（·OH）发生反应产生烷氧基自由基，烷氧基自由基与 NO 反应生成 O₃，从而促进烷氧基自由基循环，并且加快 NO 向 NO₂ 转化，使得 O₃ 快速积累升高，导致空气质量变差，同时，挥发性有机物还能通过光解提供大量过氧自由基，增强大气氧化性，尤其是含氧挥发性有机物（OVOCs）。挥发性有机物对臭氧污染的贡献程度常用 MIR 表示，各物质的 MIR 值请见表 2^[1]。同时，挥发性有机物也是二次有机气溶胶（Secondary Organic Aerosols, SOA）的重要前体物，可通过一系列复杂反应转化为 SOA。气溶胶即大气颗粒物，是非常复杂的化合物，其来源广泛，分为一次来源和二次来源，一次气溶胶由排放源直接排放，一次气溶胶与大气组分经过复杂反应可转化为 SOA。SOA 的形成有 3 种反应途径^[3]。一是均相成核，挥发性有机物被·OH、NO₃·、O₃ 等氧化剂氧化，生成带官能团的半挥发性有机物或醛、酮、醇、酯等含氧有机物，此类物质氧化性更高，饱和蒸气压降低、极性与水溶性增强，容易发生凝结、吸附、水合作用形成 SOA（多为细颗粒物）。二是气一粒分配作用，空气中多余的挥发性有机物、半挥发性有机物等气态物质可通过吸收、吸附、凝结作用进入颗粒相，同样，颗粒相中的物质也可以挥发进入气相；气态物质在气相与颗粒相间相互转化，以达成两相间的平衡，该过程即为气一粒分配，该过程中 SOA 的数量与浓度通常不会增加，但颗粒大小与质量会增加。三是非均相反应，气相与颗粒相中的挥发性有机物氧化产物凝结到颗粒物表面，在氧化剂的作用下，在不同相之间发生酸催化、水合、聚合、醇-醛缩合、阳离子复合等进一步的反应，生成挥发性更低、分子量更高的聚合物等，导致气溶胶质量进一步增加，该过程也被称为气溶胶的老化。从 SOA 的形成途径来看，挥发性有机物和氧化剂是 SOA 形成的关键因素。挥发性有机物对颗粒物污染的贡献程度常用 SOAP 表示，不同物质的 SOAP 见表 3^[2]。由于挥发性有机物对大气污染生成的重要性，世界多个国家组织已经针对其开展了长期监测，如美国 EPA 自 20 世纪 90 年代，就已经开始逐步建立光化学评估自动监测站（PAMS）网络。并于 1995 年首次发布了 PAMS 网络监测指标清单。欧洲自 20 世纪 90 年代起，已经开始对空气中的挥发性有机物开展监测，其监测网络分布在欧洲各国。

除了对大气环境的影响外，部分挥发性有机物具有生物毒性，对人体健康有较大危害。世界各地多个国家与组织对挥发性有机物的毒性已经开展了一定的研究，世界癌症组织统计了具有致癌性的物质并根据致癌的可能性进行了分级。且世界主要国家已经开始建立空气毒物趋势监测网。首先，当挥发性有机物超过一定浓度时，会刺激人的眼睛和呼吸道，出现皮肤过敏、咽痛与乏力等症状，如甲醛、乙醛、丙酮等，

对皮肤粘膜、上呼吸道、眼睛具有刺激性，接触其蒸汽可能引起皮肤过敏、鼻炎、支气管炎等。其次，部分挥发性有机物很容易通过血液-大脑的障碍，损害中枢神经，导致个体出现记忆力衰退、抽搐以及昏迷等症状，如甲苯、乙苯、苯乙烯，高浓度均具有麻醉作用；乙烷，当空气中浓度大于 6%时，会出现眩晕、轻度恶心、麻醉等症状，达 40%以上时，可引起惊厥，甚至窒息死亡。另外，部分挥发性有机物会对人体肝脏、肾脏等产生影响，具有致癌、致畸和生殖系统毒性，如氯乙烯，其毒性主要影响肝脏，吸入含氯乙烯的蒸汽，会导致肝脏损伤，甚至导致癌症。世界各地多个国家与组织已经关注到挥发性有机物对人体的危害，并针对其毒性开展了一定的研究，世界癌症组织（International Agency for Research on Cancer, IARC）统计了具有致癌性的物质并根据致癌的可能性进行了分级。共分为 1（确认可致癌）、2A（致癌可能性较大）、2B（致癌可能性相对较小）、3（无法确认具体的致癌性）等 4 类，其清单中共列出了 21 种致癌挥发性有机物，具体见表 4。同时，主要国家美国 EPA 已经自 2003 年开始建立空气毒物趋势监测网（NATTS），主要用于监测空气中的长期有害污染物。而我国生态环境部也在 2018 年发布了有毒有害大气污染物名录，见表 5。

表 2 挥发性有机物对大气污染贡献（O₃）^[1]

种类	物种名称	英文	CAS 号	MIR
OVOC	甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	80-62-6	15.61
烯烃	反-2-丁烯	trans-2-Butene	624-64-6	15.16
烯烃	顺-2-丁烯	cis-2-Butene	590-18-1	14.24
烯烃	1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0	12.61
芳香烃	1,2,3-三甲苯	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	11.97
芳香烃	1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	11.76
烯烃	丙烯	Propylene	115-07-1	11.66
烯烃	异戊二烯	Isoprene	78-79-5	10.61
烯烃	反-2-戊烯	trans-2-Pentene	646-04-8	10.56
烯烃	顺-2-戊烯	cis-2-Pentene	627-20-3	10.38
烯烃	1-丁烯	1-Butene	106-98-9	9.73
OVOC	甲醛	Formaldehyde	50-00-0	9.46
OVOC	丁烯醛	Crotonaldehyde	123-73-9	9.39
烯烃	乙烯	Ethylene	74-85-1	9
芳香烃	1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	8.87
芳香烃	间/对-二甲苯	m-Xylene/p-Xylene	108-38-3/106-42-3	7.8
芳香烃	邻-二甲苯	o-Xylene	95-47-6	7.64
OVOC	丙烯醛	Acrolein	107-02-8	7.45
芳香烃	间-乙基甲苯	m-Ethyltoluene	620-14-4	7.39
烯烃	1-戊烯	1-Pentene	109-67-1	7.21
芳香烃	间-二乙苯	m-Diethylbenzene	141-93-5	7.1
OVOC	丙醛	Propionaldehyde	123-38-6	7.08
OVOC	乙醛	Acetaldehyde	75-07-0	6.54
OVOC	甲基丙烯醛	Methacrylaldehyde	78-85-3	6.01
OVOC	正丁醛	Butyraldehyde	123-72-8	5.97
芳香烃	邻-乙基甲苯	o-Ethyltoluene	611-14-3	5.59

种类	物种名称	英文	CAS号	MIR
烯烃	1-己烯	1-Hexene	592-41-6	5.49
OVOC	戊醛	Pentanal	110-62-3	5.08
卤代烃	反-1,3-二氯丙烯	trans-1,3-Dichloropropene	10061-02-6	5.03
芳香烃	对-乙基甲苯	p-Ethyltoluene	622-96-8	4.44
芳香烃	对-二乙苯	p-Diethylbenzene	105-05-5	4.43
OVOC	己醛	Hexaldehyde	66-25-1	4.35
OVOC	四氢呋喃	Tetrahydrofuran	109-99-9	4.31
芳香烃	甲苯	Toluene	108-88-3	4
OVOC	4-甲基-2-戊酮	4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	3.88
卤代烃	顺-1,3-二氯丙烯	cis-1,3-Dichloropropene	10061-01-5	3.7
芳香烃	萘	Naphthalene	91-20-3	3.34
OVOC	乙酸乙烯酯	Vinyl acetate	108-05-4	3.2
OVOC	2-己酮	2-Hexanone	591-78-6	3.14
芳香烃	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	3.04
卤代烃	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	2.83
OVOC	1,4-二氧六环	1,4-Dioxane	123-91-1	2.62
芳香烃	异丙苯	Isopropylbenzene	98-82-8	2.52
烷烃	环戊烷	Cyclopentane	287-92-3	2.39
烷烃	甲基环戊烷	Methylcyclopentane	96-37-7	2.19
芳香烃	正丙苯	n-Propylbenzene	103-65-1	2.03
烷烃	3-甲基戊烷	3-Methylpentane	96-14-0	1.8
卤代烃	1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethene	75-35-4	1.79
芳香烃	苯乙烯	Styrene	100-42-5	1.73
烷烃	甲基环己烷	Methylcyclohexane	108-87-2	1.7
卤代烃	顺-1,2-二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethylene	156-59-2	1.7
卤代烃	反-1,2-二氯乙烯	trans-1,2-Dichloroethylene	156-60-5	1.7
烷烃	3-甲基己烷	3-Methylhexane	589-34-4	1.61
烷烃	2,4-二甲基戊烷	2,4-Dimethylpentane	108-08-7	1.55
烷烃	2-甲基戊烷	2-Methylpentane	107-83-5	1.5
OVOC	2-丁酮	2-Butanone	78-93-3	1.48
烷烃	异戊烷	Isopentane	78-78-4	1.45
烷烃	2,3-二甲基戊烷	2,3-Dimethylpentane	565-59-3	1.34
烷烃	正戊烷	n-Pentane	109-66-0	1.31
烷烃	2,2,4-三甲基戊烷	2,2,4-Trimethylpentane	540-84-1	1.26
烷烃	环己烷	Cyclohexane	110-82-7	1.25
烷烃	正己烷	n-Hexane	110-54-3	1.24
烷烃	3-甲基庚烷	3-Methylheptane	589-81-1	1.24
烷烃	异丁烷	Isobutane	75-28-5	1.23
烷烃	2-甲基己烷	2-Methylhexane	591-76-4	1.19
烷烃	2,2-二甲基丁烷	2,2-Dimethylbutane	75-83-2	1.17
烷烃	正丁烷	n-Butane	106-97-8	1.15

种类	物种名称	英文	CAS号	MIR
烷烃	正庚烷	n-Heptane	142-82-5	1.07
烷烃	2-甲基庚烷	2-Methylheptane	592-27-8	1.07
烷烃	2,3,4-三甲基戊烷	2,3,4-Trimethylpentane	565-75-3	1.03

注：MIR 表示 VOCs 化合物的最大增量反应活性，单位为 gO₃/gVOCs，能够衡量 VOCs 对臭氧生成的贡献。

表 3 挥发性有机物对大气污染贡献 (PM_{2.5}) [2]

种类	物种名称	英文	CAS号	SOAP
芳香烃	苯乙烯	Styrene	100-42-5	212.3
芳香烃	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	111.6
芳香烃	正丙苯	n-Propylbenzene	103-65-1	109.7
芳香烃	间-乙基甲苯	m-Ethyltoluene	620-14-4	100.6
芳香烃	甲苯	Toluene	108-88-3	100
芳香烃	邻-二甲苯	o-Xylene	95-47-6	95.5
芳香烃	异丙苯	Isopropylbenzene	98-82-8	95.5
芳香烃	邻-乙基甲苯	o-Ethyltoluene	611-14-3	94.8
芳香烃	苯	Benzene	71-43-2	92.9
芳香烃	对-乙基甲苯	p-Ethyltoluene	622-96-8	69.7
芳香烃	1,2,3-三甲苯	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	43.9
烷烃	十二烷	n-Dodecane	112-40-3	34.5
OVOCs		/	/	27.9
芳香烃	1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	20.6
烷烃	十一烷	n-Undecane	1120-21-4	16.2
芳香烃	1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	13.5
烷烃	正癸烷	n-Decane	124-18-5	7
烯烃	反-2-丁烯	trans-2-Butene	624-64-6	4
烯烃	顺-2-丁烯	cis-2-Butene	590-18-1	3.6
烯烃	反-2-戊烯	trans-2-Pentene	646-04-8	3.1
烯烃	顺-2-戊烯	cis-2-Pentene	627-20-3	3.1
烯烃	异戊二烯	Isoprene	78-79-5	1.9
烷烃	正壬烷	n-Nonane	111-84-2	1.9
烯烃	1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0	1.8
烯烃	丙烯	Propylene	115-07-1	1.6
烯烃	乙烯	Ethylene	74-85-1	1.3
烯烃	1-丁烯	1-Butene	106-98-9	1.2

注：SOAP 表示各物种生成 SOA 的潜势。

表 4 国际癌症组织 (IARC) 给出的致癌物清单 (仅挥发性有机物)

序号	物种名称	致癌性分类
1	苯	1类（与白血病等有关）
2	甲醛	1类（对鼻腔、鼻窦、喉、肺、白血病等有致癌性）
3	甲苯	3类

序号	物种名称	致癌性分类
4	氯乙烯	1类
5	三氯乙烯	1类（对肾脏、膀胱等有致癌性）
6	四氯乙烯	2B类
7	二氯甲烷	2A类
8	1,2 - 二氯丙烷	1类
9	苯乙烯	2A类（与白血病、淋巴瘤、多发性骨髓瘤等有关）
10	丙烯腈	1类（对肺、膀胱等有致癌性）
11	环氧乙烷	1类
12	异戊二烯	2B类
13	1,3 - 丁二烯	1类（与白血病、淋巴瘤、多发性骨髓瘤等相关）
14	乙醇	1类（与上消化道、乳腺、肝、直肠等癌症相关）
15	吡啶	2B类
16	苯酚	3类
17	二氯苯	2B类
18	苯乙烯	2A类
19	丙烯酰胺	2A类
20	丙烯酸	3类
21	甲基丙烯酸甲酯	3类

表 5 有毒有害大气污染物名录（2018 年）（VOCs）（生态环境部）

序号	物种名称	英文	CAS 号
1	二氯甲烷	Methylene chloride	75-09-2
2	甲醛	Formaldehyde	50-00-0
3	三氯甲烷	Trichloromethane	67-66-3
4	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6
5	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4
6	乙醛	Acetaldehyde	75-07-0

2. 2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要

2. 2. 1 生态环境管理工作需要

现阶段我国大气污染总体呈现以 PM_{2.5} 和 O₃ 污染为主的复合型污染，并且许多区域 O₃ 已取代 PM_{2.5} 成为首要污染物，如 2.1 所述，挥发性有机物对 PM_{2.5} 和 O₃ 的生成具有重要作用，因此，对挥发性有机物的持续研究对我国大气污染成因认识具有重要意义。同时，挥发性有机物成分众多且来源复杂，监测挥发性有机物对污染物的来源具有一定指示意义，有利于开展大气污染物防治与管控工作。随着大气治理不断深入，我国在空气质量持续改善的同时面临两大难题：PM_{2.5} 减排空间进一步收窄，O₃ 污染治理进入深水区，治理难度越来越大。如前 2.1 所述，VOCs 是形成 O₃ 的重要前体物，能够和 NO_x 在光照下与 O₂ 等物质发生一系列复杂的光化学反应生成，包括 O₃、PAN、醛、酮、强氧化性自由基等。由于光化学反应的复杂性，O₃ 污染防治一直是大气污染防治的难点，而 VOCs 是重点区域 O₃ 生成的主控因子，因此，监测和研究 VOCs 的浓度变化规律与化学转化，对于评估区域光化学污染的分布以及源汇均有重要的意义，同时加强 VOCs 治理也是控制 O₃ 污染的有效途径。目前也有研究表明，VOCs 对二次有机气溶胶的生成具有重要作用。此外，挥发性有机物成分众多且来源复杂，监测挥发性有机物对污染物的来源具有一定指示意义，有利于开展大

气污染物防治与管控工作。整体来看，挥发性有机物包括了烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃、卤代烃、含氧挥发性有机物等多类易挥发物质，成分众多且较为复杂。如表6所示，环境空气中挥发性有机物的来源有汽车尾气、燃料燃烧、石油石化、油墨、涂料等工业废气排放、以及室内装修等多种途径，其中，大多数烷烃、烯烃主要来源于燃料燃烧或挥发、汽车尾气等；异戊二烯、蒎烯等烯烃主要来源于植物释放；苯系物（苯除外）主要来源于工业涂装或溶剂使用等；醛酮化合物多为二次生成，卤代烃多来源于工业过程。因此，对挥发性有机物的持续研究对我国大气污染成因认识具有重要意义，监测挥发性有机物对污染物的来源具有一定指示意义，有利于开展污染物防治工作。

我国《空气质量持续改善行动计划》对挥发性有机物的控制和综合治理提出了明确要求，因此需要进一步加强对挥发性有机物的监测和管理。自党的十八大胜利召开以来，我国秉持着对生态环境保护的高度重视以及改善大气环境质量的坚定决心，先后部署实施了《大气污染防治行动计划》与《打赢蓝天保卫战三年行动计划》。在一系列有力举措的持续推动下，我国大气污染治理工作已然取得了显著成效。2023年11月，国务院下发《空气质量持续改善行动计划》，作为我国第三个“大气十条”，该行动计划在我国大气污染治理进程中起着关键作用。它标志着我国在大气污染治理方面持续发力，以空气质量持续改善推动经济高质量发展，切实保障人民群众身体健康。在政策传承方面，行动计划传承了过去十年蓝天保卫战的有效做法。始终围绕空气质量改善这一核心目标，持续紧抓多污染物减排，深化氮氧化物和挥发性有机物协同控制，切实降低排放强度。在治理策略上，围绕推动结构调整和强化末端治理两条主线开展工作，持续深化产业、能源、交通等领域结构性转变，强化挥发性有机物综合治理与重点行业超低排放改造，为我国大气污染治理提供了明确的方向和有力的措施。

生态环境监测是生态环境保护的基础，是生态文明建设与生态环境污染防治工作的重要支撑。为获得高质量挥发性有机物的监测数据，更好地支撑国家大气污染防治，挥发性有机物在线监测技术规范的出台刻不容缓。自“十四五”以来，以习近平生态文明思想为指导，为加快实现生态环境监测现代化，生态环境部印发了《“十四五”生态环境监测规划》（以下简称“规划”），规划提出“以监测先行、监测灵敏、监测准确为导向，以更高标准保证监测数据‘真、准、全、快、新’为根基，以健全科学独立权威高效的生态环境监测体系为主线”，以及“全面推进生态环境监测从数量规模型向质量效能型跨越”等指导思想。“十三五”时期，原环境保护部于2015年提出强化监测科技创新能力，推进监测仪器国产化，于2017年提出建设挥发性有机物自动监测网络，在此背景下，各地逐渐涌现不同类型的监测仪器。截至2024年11月，全国已有213个城市开展了挥发性有机物自动监测，国家与各地方建设有436个挥发性有机物自动监测站，包括不同品牌的气相色谱、气相色谱质谱、液相色谱等不同类型监测仪器，挥发性有机物在线监测规模发展迅速。但由于挥发性有机物监测网络建设时间较短，监测目标组分多样复杂，对应的运维技术及其规范文件难以跟上实际发展需求，导致监测数据质量不高。此外，光化学监测因子活性强，传统测准标准样品的比对方法已不再适用，需要以实际应用为导向，建立以测准环境样品真实浓度为核心的质控体系，如何获取一批准确的挥发性有机物监测数据一直是国家光化学网的难点。因此，为了促进挥发性有机物监测“从数量规模型向质量效能型”跨越，提高挥发性有机物监测数据质量，亟需对国内现有的挥发性有机物监测仪器开展研究，研究各类仪器能够测好哪些 VOCs 组分、仪器应该具备的性能条件、以及如何开展运维工作以提高数据质量等。

表 6 挥发性有机物指示因子及其来源

特征因子	来源
乙烷	燃料的不完全燃烧; NG/LPG 使用 ^{[4][5]}
正己烷	柴油挥发; 石化工业 ^{[6][4]}
正/异丁烷	化石燃料挥发; 生物质燃烧; 汽车尾气; LPG 的泄漏; NG/LPG 使用 ^[5]
正/异戊烷	机动车尾气、挥发性燃料 ^[5]
丙烷	挥发性燃料; NG/LPG 使用 ^{[7][5]}
2-甲基戊烷	汽油/柴油挥发 ^[4]
3-甲基戊烷	汽油/柴油挥发 ^[4]
正庚烷	石化工业; 涂料、涂装、药物制造以及作为橡胶粘合剂溶剂和稀释剂 ^{[4][5]}
辛烷	涂料、粘合剂及液体处理打印机 ^[4]
正壬烷	柴油车尾气; 沥青(各种精炼过程中使用的原材料) ^{[4][5]}
正癸烷	柴油车尾气; 沥青(各种精炼过程中使用的原材料) ^{[4][5]}
正十一烷	柴油车尾气 ^[5]
2-甲基己烷	石化工业 ^[5]
3-甲基己烷	石化工业 ^[5]
环己烷	石化工业 ^[5]
甲基环己烷	石化工业 ^[4]
正/反-2-丁烯	挥发性燃料 ^[7]
乙烯	机动车尾气; 燃烧(煤炭、生物质); 燃料的不完全燃烧; NG/LPG 使用 ^{[4][5]}
异戊二烯	杨树、松树、橡树、角梁、冷杉和山毛榉等中释放 ^[8]
α -蒎烯	杨树、松树、角树、冷杉和无花果等中释放 ^[8]
单萜烯	生物源 ^[9]
DMS (二甲基硫)	生物源 ^[9]
乙炔	燃烧(煤炭、生物质); 燃料的不完全燃烧 ^[4]
苯	燃烧(煤炭、生物质); 燃料的不完全燃烧 ^[4]
甲苯	工业涂装; 溶剂使用; ^[8]
BTEX (二甲苯)	燃烧(煤炭、生物质); 工业涂装; 溶剂使用; 机动车尾气 ^{[7][8]}
萘	煤炭燃烧 ^[8]
乙基苯	工业涂装; 溶剂使用; ^[8]
二甲苯及异构体	工业涂装; 溶剂使用; ^[8]
苯乙烯及聚合物	工业过程(主要是塑料生产) ^[8]
1,2-二氯乙烷	煤炭燃烧; 工业溶剂; 脱漆剂、清漆及家具中的粘合剂 ^{[4][7]}
1,2-二氯丙烷	工业溶剂; 脱漆剂、清漆及家具中的粘合剂 ^[7]
1,1-二氯乙烷	溶剂使用 ^[7]
二氯乙烯	工业过程 ^[4]
三氯乙烯	溶剂使用; 工业过程 ^{[4][7]}
过氯乙烯	工业过程 ^[4]
氯苯	工业过程 ^[4]
四氯甲烷	实验室及工业溶剂使用 ^[8]
氯仿	实验室及工业溶剂使用 ^[8]
氯甲烷	生物质燃烧; ^[7]

特征因子	来源
CFCs	背景源 ^[7]
乙腈	生物质燃烧；一次生成；二次生成 ^{[7][9]}
MTBE（甲基叔丁基醚）	机动车尾气； ^[7]
丙酮	一次生成；二次生成；涂装及涂料材料 ^[9]
乙醛	一次生成；二次生成；生物质燃烧 ^[9]
丙烯醛	二次生成 ^[7]
MACR（甲基丙烯醛）	一次生成；二次生成；生物源 ^[9]
苯乙酮	实验室及工业溶剂使用 ^[8]
苯甲醛	实验室及工业溶剂使用 ^[8]
苯酚	实验室及工业溶剂使用 ^[8]
醛(癸醛、壬醛、庚醛、己醛)	松树、草及其他植物释放 ^[8]
MVK（丁烯酮）	一次生成；二次生成；生物源 ^[9]
MEK（丁酮）	一次生成；二次生成；生物源 ^[9]
羟基丙酮	一次生成；二次生成 ^[9]

2.2.2 生态环境标准需要

截至 2024 年 11 月，我国目前针对环境空气中挥发性有机物的监测共发布了 10 份标准，但是尚未建立环境空气挥发性有机物自动监测的相关技术规范，由于挥发性有机物涉及物种多，监测难度大，因此，亟需针对当前监测仪器开展监测技术研究和监测因子适用研究，亟待针对挥发性有机物自动监测系统的自身维护特点和质控要求提出针对性强、科学、可操作的规范要求。如 3.1.2 关于国内挥发性有机物监测标准研究情况中所述，目前 10 份标准中 6 份为手工监测、3 份为便携式仪器监测，仅有 1 份是针对自动监测系统的技术规范，该标准是《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 1010-2018）^[34]。但是，HJ 1010-2018 是适用于环境空气中挥发性有机物测定的气相色谱自动监测系统的设计、生产和检测，并不是一本适用于自动监测系统日常运行维护、质控等的监测标准。

为了适应管理的需要，中国环境监测总站于 2019 年 12 月发布的《国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制技术规定》（总站气函〔2019〕785 号）^[42]中，对挥发性有机物自动监测系统的运行维护作了规定，该文件针对的监测指标主要为 PAMS 57 组分，其他类型 VOCs 可参考执行。但该文件制定时间较早，发布时挥发性有机物监测网络运行时间仅 2 年左右。根据近几年挥发性有机物在线监测数据质量来看，一台仪器难以同时准确测量多个物种，实际监测过程中存在很多问题，主要表现为质控检查结果较差、运行有效率低、数据质量不高等，难以满足国家对高质量挥发性有机物监测数据的要求。因此，亟需针对当前的监测仪器开展监测技术研究和监测因子适用研究，需要设计并开展实验评估现有监测仪器能测准的具体监测因子，并探索仪器要测好挥发性有机物组分需满足什么样的运行条件与维护要求，重新制定符合实际情况、具有实际指导意义的标准规范。

2.3 环境保护相关法律及政策文件需要

近年来，我国发布了多份与环境保护密切相关的法律、行政法规及政策性文件。这些文件均对大气环境监测工作、完善相关标准规范体系提出了明确且具体的要求，具体如下：

（1）中华人民共和国环境保护法（2014 年）

该法作为环境保护领域的基础性法律，明确规定：“国家建立、健全环境监测制度。国务院环境保护主管部门制定监测规范，会同有关部门组织监测网络，统一规划国家环境质量监测站（点）的设置，建立监测数据共享机制，加强对环境监测的管理。”

（2）中华人民共和国大气污染防治法（2018年）

该法对大气环境监测作出了更为细致的规定：“国务院生态环境主管部门负责制定大气环境质量和大气污染源的监测和评价规范，组织建设与管理全国大气环境质量和大气污染源监测网，组织开展大气环境质量和大气污染源监测，统一发布全国大气环境质量状况信息。县级以上地方人民政府生态环境主管部门负责组织建设与管理本行政区域大气环境质量和大气污染源监测网，开展大气环境质量和大气污染源监测，统一发布本行政区域大气环境质量状况信息。”

（3）打赢蓝天保卫战三年行动计划（2018年）

这份国务院发布的行动计划在部署重点任务时提出：“重点区域各城市和其他臭氧污染严重的城市，开展环境空气 VOCs 监测；要求重点区域建设国家大气颗粒物组分监测网、大气光化学监测网以及大气环境天地空大型立体综合观测网。”该要求直接推动了针对 VOCs 等关键污染物的专项监测能力建设，并强调了构建综合性监测网络的重要性。

（4）“十四五”生态环境监测规划（2021年）

该专项规划将“健全监测质量管理体系”作为重要任务，要求：“指导各级各类生态环境监测运维机构质量管理体系持续完善和有效运行，研究构建环境质量自动监测运维机构质量管理体系并推动实施，保障统一的监测标准规范贯彻落实；重点补充更新自动、遥感、现场监测标准规范，推进管理迫切需求的有毒有害物质、VOCs 等监测标准出台，强化温室气体、生态、应急和污染源监测等领域标准研究储备，支撑环境质量、污染物排放和风险管控标准实施。”此规划从质量管理体系的角度，突出强调了保障统一标准规范落实的关键性，并明确将 VOCs 等监测标准的制定与更新列为重点任务，为标准规范的完善提供了具体的实施路径。

（5）深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案（2022年）

在该方案的《臭氧污染防治攻坚行动方案》部分，进一步细化了监测要求：“全国地级以上城市开展大气环境非甲烷总烃监测，臭氧超标城市开展 VOCs 组分监测；加强光化学产物和衍生物的观测能力建设。”此要求将非甲烷总烃监测范围扩展至全国地级市，并对臭氧污染严重城市提出了更高精度的 VOCs 组分监测要求，同时强调了光化学观测能力的提升。

（6）空气质量持续改善行动计划（2023年）

此最新行动计划在延续前期要求的基础上，提出：“地级以上城市开展非甲烷总烃监测，重点区域、成渝地区、长江中游城市群和其他 VOCs 排放量较高的城市开展光化学监测；完善环境标准和技术规范体系。启动环境空气质量标准及相关技术规范修订研究工作”。该计划不仅强调了非甲烷总烃和光化学监测的部署，还特别强调了完善标准规范体系的重要性，并明确提出启动环境空气质量标准及相关技术规范的修订研究，为标准体系的持续更新指明了方向。

综上所述，上述法律、法规及政策文件共同构成了对大气环境监测工作及其标准规范体系的系统性要求。其核心要点在于：建立并完善监测制度与网络、统一规范与标准、强化监测实施与数据管理、聚焦重点污染物（尤其是 VOCs）的精准监测能力建设、并持续推动标准规范体系的更新与健全。

在此背景下，针对当前大气污染防治，特别是臭氧污染防控的关键需求，开展 VOCs 自动监测已成为一项日益重要的工作。然而，要确保全国范围内 VOCs 自动监测数据的准确性、可比性和有效性，亟需建立一

套科学、统一、可操作的运行维护与质量控制标准规范。该规范应紧密围绕上述文件的要求，为 VOCs 自动监测系统的日常运行、维护保养、质量保证与质量控制（QA/QC）提供全面的技术指导和操作依据，从而有效支撑环境管理决策。

3 国内外相关研究

3.1 国内外相关标准研究

3.1.1 国外挥发性有机物监测标准

美国 EPA 于 20 世纪 80 年代开始逐步形成了针对环境空气中有毒有机物和挥发性有机物的监测方法体系，标准发布时间早，截至目前，共发布了 17 个标准（TO-1~TO-17），其中涉挥发性有机物的共 9 个标准^{[13]~[21]}。如表 7 所示，TO-1、TO-2、TO-3 与 TO-14A、TO-15、TO-17 均分析挥发性有机物，TO-5 与 TO-11A 分析醛酮类化合物，TO-12 分析非甲烷有机物（NMOC），不同方法所使用的采样方法、监测物种、监测仪器各有不同。美国 EPA 在针对 PAMS 监测网制定的 PAMS 监测网质量保证手册^[10]（以下简称“手册”）中，对挥发性有机物自动监测系统的校准与评估、人员、数据验证、质量控制等作了全面的规定，其中挥发性有机物使用带双氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱法自动监测系统进行监测，而醛酮类化合物仍然采用手工监测方法（TO-11A），手册中仅规定了醛酮类化合物手工监测方法质量控制相关内容。

表 7 美国 EPA 相关监测方法^{[13]~[21]}

编号	发布时间	检测指标	采样方法	分析方法
TO-1	1984/04	沸点在 80 至 200°C 的非极性挥发性有机物 (已评估 19 种 VOCs)	Tenax 吸附管	GC-MS
TO-2	1984/04	沸点在 -15 至 120°C 的非极性与非反应性有机物 (已评估 11 种 VOCs)	碳分子筛吸附剂	GC-MS
TO-3	1984/04	沸点在 -10 至 200°C 的高挥发性有机物 (已评估 8 种 VOCs)	低温预浓缩	GC-FID/ECD
TO-12	1984/04	非甲烷有机物（NMOC）	低温预浓缩	GC-FID
TO-14A	1999/01	40 种 VOCs	罐采样	GC-MS 或 FID、ECD 等
TO-15A	2019/09	82 种 VOCs	罐采样	GC-MS
TO-17	1999/01	与 TO-15 相同	吸附管	GC-MS
TO-5	1984/04	14 种醛酮类化合物	DNPH 溶液吸收法	HPLC
TO-11A	1999/01	15 种醛酮类化合物	DNPH 吸附管	HPLC

3.1.2 国内挥发性有机物监测标准

我国针对环境空气中挥发性有机物的监测起步相对较晚，截至目前，一共发布 10 份标准和 1 份技术规定。针对非醛酮类挥发性有机物，在 2017 年以前，发布的标准均为手工监测方法，而 2017 年以后，在线监测以及便携式监测技术迅速发展，发布的标准均为在线或者便携式监测方法。如表 8 所示，2017 年以前，发布了 4 份标准，分别为 HJ 644-2013、HJ 645-2013、HJ 759-2023 和 HJ 604-2017^{[29]~[32]}，标准规定主要采用吸附管采样、惰性化不锈钢罐采样等手工方法，监测非甲烷总烃、卤代烃、苯系物等组分。2017 年后，国家开始推行挥发性有机物自动监测站建设，挥发性有机物在线监测以及便携式监测技术迅速发展。生态环境部于 2018 年发布了《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 1010-

2018)^[34], 该标准对挥发性有机物气相色谱自动监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法作出了规定, 检测方法包括 GC-FID 法与 GC-MS 法, 检测指标以 PAMS 57 组分为主。除此之外, 2018 年还发布了两份适用于便携式仪器测量总烃、甲烷、非甲烷总烃的标准, 即 HJ 1011-2018^[35] 和 HJ 1012-2018^[36]。2021 年发布了 1 份适用于便携式仪器测量 52 种组分的标准 (HJ 1223-2021)^[39]。针对醛酮类化合物的测定, 我国的检测方法与国际标准保持一致, 均基于液相色谱法。具体测试方法为, 先使用 2,4-二硝基苯肼 (DNPH) 与醛酮类化合物反应生成 2,4-二硝基苯腙, 随后使用液相色谱仪测定 2,4-二硝基苯腙。美国 EPA 分别于 1984 年、1999 年发布了 TO-5、TO-11A; 我国自 2014 年起针对环境空气陆续发布了《环境空气醛、酮类化合物的测定高效液相色谱法》(HJ 683-2014)^[32]、《环境空气 醛、酮类化合物的测定 溶液吸收-高效液相色谱法》(HJ 1154-2020)^[41], 这些标准均使用液相色谱法。

除了上述发布的标准之外, 我国还发布了 1 份技术规定用于指导挥发性有机物的监测和管理工作。在 2018 年由生态环境部发布的《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》(环办监测函〔2017〕2024 号)^[25] 中, 直辖市、省会城市及计划单列市监测指标包含 PAMS 57 组分、13 种醛酮化合物、47 种 TO-15 等共 117 个组分, 其他地级城市监测 PAMS 57 组分、13 种醛酮化合物。为了指导挥发性有机物自动监测系统运维工作, 保证监测数据质量, 中国环境监测总站于 2019 年 12 月发布了《国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制技术规定》(总站气函〔2019〕785 号)^[42], 该文件规定的方法有 GC-FID 法、GC-MS 法、GC-FID/MS 联用法、液相色谱法, 监测指标以 PAMS 57 组分为主, 其他类型的 VOCs 可参考该文件执行。目前国内挥发性有机物自动监测系统的运行与维护主要参考 HJ 1010-2018 与《国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制技术规定》(总站气函〔2019〕785 号) 两份文件。

表 8 国内相关监测标准规范

方法编号	名称	监测组分
HJ 644-2013	环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	35 种 VOCs
HJ 645-2013	环境空气 挥发性卤代烃的测定 活性炭吸附-二硫化碳解吸气相色谱法	21 种卤代烃
HJ 759-2023	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	65 种 VOCs
HJ 604-2017	环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法	NMHC
HJ 1010-2018	环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法	PAMS 57
HJ 1011-2018	环境空气和废气 挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法	TVOC
HJ 1012-2018	环境空气和废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法	NMHC
HJ 1223-2021	环境空气 挥发性有机物的应急测定 便携式气相色谱-质谱法	52 种 VOCs
HJ 683-2014	环境空气 醛、酮类化合物的测定 高效液相色谱法	OVOCs
HJ 1154-2020	环境空气 醛、酮类化合物的测定 溶液吸收-高效液相色谱法	OVOCs
总站气函 〔2019〕785 号	国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制技术规定	PAMS 57

3.2 国内外监测网络研究

自 20 世纪 70~80 年代开始, 美国、欧洲等国家与组织相继开展了挥发性有机物监测及研究工作, 研究主要围绕挥发性有机物在大气化学过程中的作用、来源和对人体健康产生的影响等方面展开。与此同时, 挥发性有机物的监测方法与仪器不断发展, 技术不断完善。编制组主要针对美国环境保护署 (EPA,

Environmental Protection Agency）、欧盟等组织的关于环境空气中挥发性有机物的监测网络以及监测方法等相关内容开展了调研，相关介绍如下。

3.2.1 美国挥发性有机物监测网络与监测方法

20世纪90年代，美国在《清洁空气法》中的环境空气质量监测法规修改条例中规定，在原有的州和地方空气监测网（SLAMS, State and Local Air Monitoring Network）与国家空气监测网（NAMS, National Air Monitoring Stations）基础上，开展关于O₃及其前体物更广泛的监测，因此EPA在多个城市地区建立了光化学评估自动监测站（PAMS）网络。该项目以臭氧、氮氧化物、挥发性有机物、部分含氧有机物和气象参数为监测目标建立相应的监测网络，建立空气质量数据库，分析环境空气质量变化的趋势，利用PAMS的数据对光化学反应模式性能进行评估，制定臭氧控制的相关策略。针对此，美国EPA于1998年制订了技术指南^[10]，指南中对PAMS网监测站点位的选择、监测指标及其监测方法、监测频率、质量控制等给出了详细的规定，并于2023年发布了新的技术指南^[12]，更新了相关要求。截至2024年，美国PAMS监测网共建设43个监测站，具体分布见图1。

美国EPA于1995年首次发布了PAMS网络监测指标清单，此后分别于2013年、2017年，根据已有的监测结果与实际实施过程中的数据质量，对监测物种清单进行了修订。根据最新的相关文件规定，清单中的非醛酮类挥发性有机物采用气相色谱法自动监测系统开展监测，醛酮类化合物采用液相色谱法开展手工监测。1995年的PAMS监测指标清单共包含54种VOCs组分，具体见表9；2013年修订后，将PAMS监测组分为优先化合物与选测化合物，该版本在原有清单基础上，增加了α-蒎烯、1,3-丁二烯、苯甲醛、四氯化碳、乙醇、四氯乙烯等，具体见表10；2017年修订的清单在2013年版本基础上，将难测好的α-蒎烯、β-蒎烯、1,3-丁二烯、丙酮等调整至选测清单，见表11。EPA在2023年发布的PAMS监测网质量保证手册^[11]中对VOCs组分的监测方法作了规定，其中烷烃、烯烃、芳香烃、卤代烃等均使用带热解析与氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱法自动监测系统进行监测，醛酮类化合物使用EPA发布的TO-11A进行手工监测，监测仪器为高效液相色谱仪；另外，随着技术的发展，甲醛可使用甲醛自动监测仪进行监测，但是标准方法还是TO-11A。

除PAMS监测网以外，美国EPA自2003年开始建立空气毒物趋势监测网（NATTS），主要用于监测空气中的长期有害污染物，目前，在全美共设有25个站点，监测清单共包含188种有害污染物，其中约70种为挥发性有机物，均为手工监测。其中，非醛酮类挥发性有机物采用气相色谱法、气相色谱质谱联用法，醛酮类化合物采用液相色谱法开展监测。有害污染物监测清单中的70种挥发性有机物详见表12。同时，在188种有害污染物清单的基础上，美国EPA筛选出其认为对城市地区的公众和环境有重大影响的33种污染物进行重点监测，其中包括17种挥发性有机物，详见表13。目前，美国NATTS监测清单中的挥发性有机物主要采用离线分析技术，分析方法主要参考TO-11A、TO-14、TO-15A等，其中醛酮类化合物使用液相色谱法分析，其他挥发性有机物使用不锈钢罐采样、气相色谱法分析。

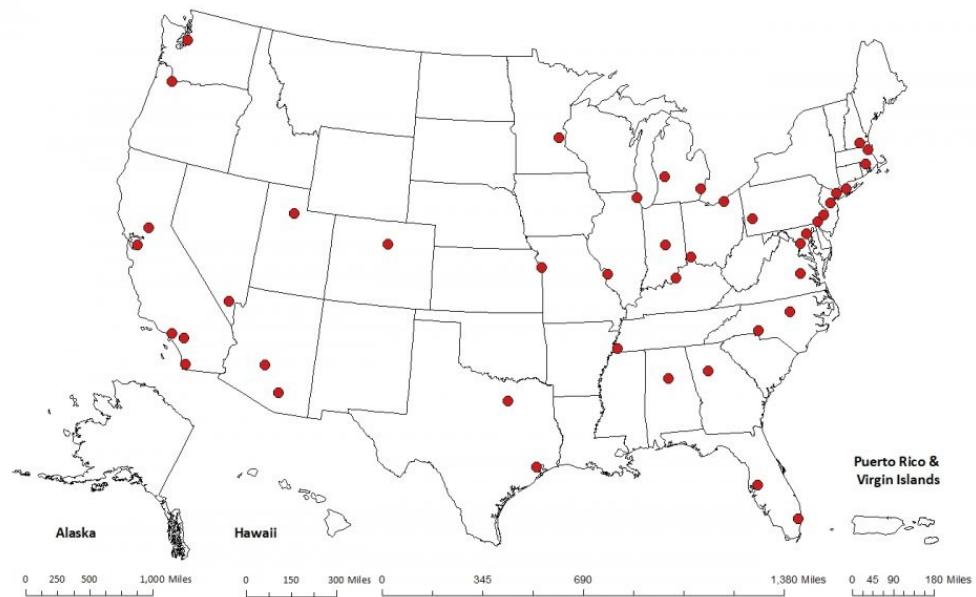


图 1 美国 PAMS 监测网络点位分布图

表 9 美国 PAMS 网挥发性有机物监测清单 (1995)

序号	名称	序号	名称
1	乙烯	28	3-甲基己烷
2	乙炔	29	2,2,4-三甲基戊烷
3	乙烷	30	正庚烷
4	丙烯	31	甲基环己烷
5	丙烷	32	2,3,4 - 三甲基戊烷
6	异丁烷	33	甲苯
7	1-丁烯	34	2-甲基庚烷
8	正丁烷	35	3-甲基庚烷
9	反-2-丁烯	36	正辛烷
10	顺-2-丁烯	37	乙苯
11	异戊烷	38	间/对-二甲苯
12	1-戊烯	39	邻-二甲苯
13	正戊烷	40	正壬烷
14	异戊二烯	41	异丙苯
15	反-2-戊烯	42	正丙苯
16	顺-2-戊烯	43	间-乙基甲苯
17	2,2-二甲基丁烷	44	对-乙基甲苯
18	环戊烷	45	1,3,5-三甲基苯
19	2,3-二甲基丁烷	46	邻-乙基甲苯
20	2-甲基戊烷	47	1,2,4-三甲基苯
21	3-甲基戊烷	48	正癸烷
22	正己烷	49	1,2,3-三甲基苯
23	2,4-二甲基戊烷	50	间-二乙苯
24	苯	51	对-二乙苯
25	环己烷	52	十一烷
26	2-甲基己烷	53	十二烷
27	2,3-二甲基戊烷	54	甲基环戊烷

表 10 美国 PAMS 网挥发性有机物监测清单（2013）

序号	优先化合物	序号	选测化合物
1	1,2,3-三甲苯	1	1,3,5-三甲苯
2	1,2,4-三甲苯	2	1-戊烯
3	1-丁烯	3	2,2-二甲基丁烷
4	2,2,4-三甲基戊烷	4	2,3,4-三甲基戊烷
5	乙醛	5	2,3-二甲基丁烷
6	丙酮	6	2,3-二甲基戊烯
7	苯	7	2,4-二甲基戊烯
8	顺-2-丁烯	8	2-甲基庚烷
9	乙烷	9	2-甲基己烷
10	乙苯	10	2-甲基戊烷
11	乙烯	11	3-甲基庚烷
12	甲醛	12	3-甲基己烷
13	异丁烷	13	3-甲基戊烷
14	异戊烷	14	乙炔
15	异戊二烯	15	顺-2-戊烯
16	间/对-二甲苯	16	环己烷
17	间-乙基甲苯	17	环戊烷
18	正丁烷	18	异丙苯
19	正己烷	19	甲基环己烷
20	正戊烷	20	甲基环戊烷
21	邻-乙基甲苯	21	正癸烷
22	邻-二甲苯	22	正庚烷
23	对-乙基甲苯	23	正壬烷
24	丙烷	24	正辛烷
25	丙烯	25	正丙苯
26	苯乙烯	26	十一烷
27	甲苯	27	对-二乙苯
28	反-2-丁烯	28	顺-2-戊烯
29	α -蒎烯		
30	1,3-丁二烯		
31	苯甲醛		
32	四氯化碳		
33	乙醇		
34	四氯乙烯		

表 11 美国 PAMS 网挥发性有机物监测清单（2017）

序号	优先化合物	序号	选测化合物
1	1,2,3-三甲苯	1	1,3-丁二烯
2	1,2,4-三甲苯	2	1,3,5-三甲苯
3	1-丁烯	3	1-戊烯
4	2,2,4-三甲基戊烷	4	2,2-二甲基丁烷
5	乙醛	5	2,3,4-三甲基戊烯
6	苯	6	2,3-二甲基丁烷
7	顺-2-丁烯	7	2,3-二甲基戊烷
8	乙烷	8	2,4-二甲基戊烷
9	乙苯	9	2-甲基庚烷
10	乙烯	10	2-甲基己烷
11	甲醛	11	2-甲基戊烷
12	异丁烷	12	3-甲基庚烷
13	异戊烷	13	3-甲基己烷
14	异戊二烯	14	3-甲基戊烷
15	间/对-二甲苯	15	丙酮
16	间-乙基甲苯	16	乙炔
17	正丁烷	17	α -蒎烯
18	正己烷	18	苯甲醛
19	正戊烷	19	β -蒎烯
20	对-乙基甲苯	20	顺-2-戊烯
21	邻-二甲苯	21	四氯化碳
22	邻-乙基甲苯	22	环己烷
23	丙烷	23	环戊烷
24	丙烯	24	乙醇
25	苯乙烯	25	异丙苯
26	甲苯	26	间-二乙苯
27	反-2-丁烯	27	甲基环己烷
		28	甲基环戊烷
		29	正癸烷
		30	正庚烷
		31	正壬烷
		32	正辛烷
		33	正丙苯
		34	十一烷
		35	对-二乙苯
		36	四氯乙烯
		37	顺-2-戊烯

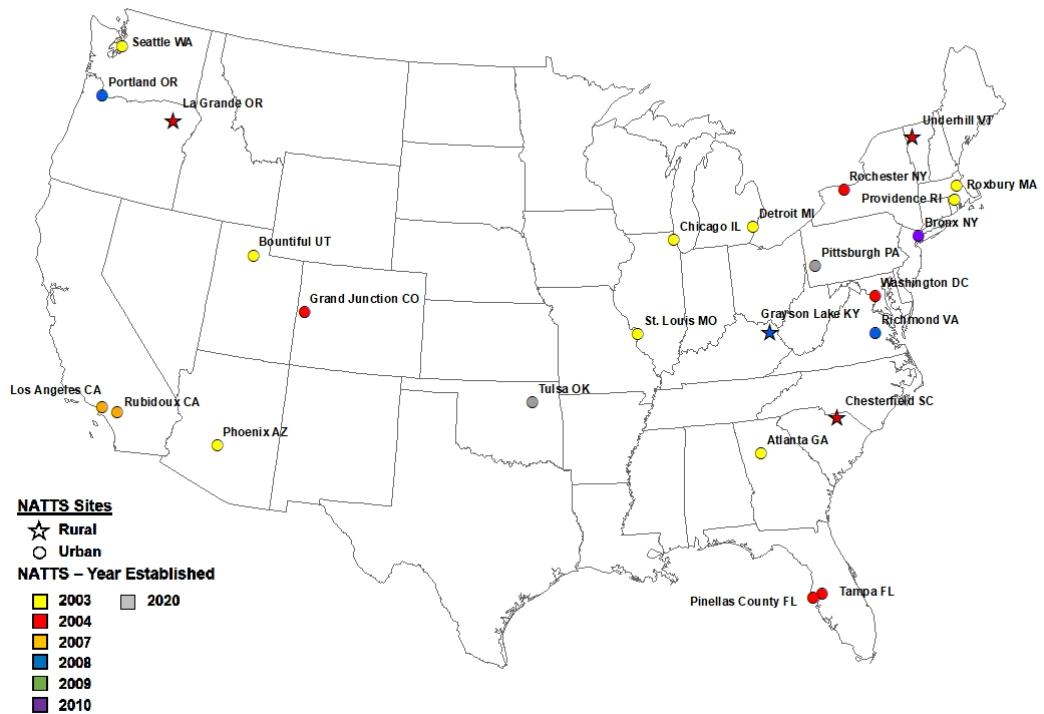


图 2 美国空气毒物趋势监测网络（NATTS）站点分布图

表 12 美国 NATTS 有害空气污染物清单（VOCs）

序号	名称	序号	名称
1	乙醛	36	甲醛
2	乙腈	37	六氯丁二烯
3	丙烯酰胺	38	正己烷
4	丙烯酸	39	甲醇
5	丙烯腈	40	甲氧滴滴涕
6	氯丙烯	41	溴甲烷
7	苯	42	氯甲烷
8	三氯甲苯	43	1,1,1-三氯乙烷
9	氯化苄	44	2-丁酮
10	溴仿	45	甲基阱
11	1-溴丙烷	46	碘甲烷
12	1,3-丁二烯	47	4-甲基-2-戊酮
13	邻-二甲苯	48	甲基异氰酸酯
14	间-二甲苯	49	甲基丙烯酸甲酯
15	对-二甲苯	50	甲基叔丁基醚
16	异丙苯	51	二氯甲烷
17	邻-甲酚	52	萘
18	间-甲酚	53	硝基苯
19	对-甲酚	54	苯酚
20	1,2-二溴-3-氯丙烷	55	光气
21	对二氯苯	56	丙醛

序号	名称	序号	名称
22	二氯乙醚	57	1,2-二氯丙烷
23	1,3-二氯丙烯	58	环氧丙烷
24	2,4-二硝基甲苯	59	苯乙烯
25	1,4-二氧六环	60	1,1,2,2-四氯乙烷
26	环氧氯丙烷	61	四氯乙烯
27	1,2-环氧丁烷	62	甲苯
28	丙烯酸乙酯	63	1,2,4-三氯苯
29	乙苯	64	1,1,2-三氯乙烷
30	氯乙烷	65	三氯乙烯
31	1,2-二溴乙烷	66	2,2,4-三甲基戊烷
32	1,2-二氯乙烷	67	乙酸乙烯酯
33	乙二醇	68	溴乙烯
34	环氧乙烷	69	氯乙烯
35	1,1-二氯乙烷	70	1,1-二氯乙烯

表 13 美国 NATTS 城市空气有毒污染物清单（VOCs）

序号	名称	序号	名称
1	乙醛	10	甲醛
2	丙烯醛	11	六氯苯
3	丙烯腈	12	二氯甲烷
4	苯	13	1,1,2,2-四氯乙烷
5	1,3-丁二烯	14	四氯乙烯
6	氯仿	15	三氯乙烯
7	1,2-二氯丙烷	16	氯乙烯
8	1,3-二氯丙烯	17	1,2-二溴乙烷
9	1,2-二氯乙烷	18	四氯化碳
10	环氧乙烷		

3.2.2 欧洲挥发性有机物监测网络与监测方法

欧洲也是较早开展环境空气挥发性有机物监测的地区之一，自 20 世纪 90 年代起，欧洲开始对空气中的挥发性有机物开展监测，其监测网络分布在欧洲各国，监测指标主要为 30 种挥发性有机物与非甲烷总烃。欧洲虽然提出了监测挥发性有机物的要求，但并未统一规定其成员国所用的监测方法。1993 年欧洲环境署（EEA）成立，1994 年初正式运行，同时成立了欧洲环境信息和观测网络（Eionet），该网络共有 33 个成员国（27 个欧盟国家 6 个合作国）建立的 586 个地面臭氧自动监测站；除了臭氧自动监测站外，欧洲 EEA 于 2002 年发布的指令 2002/3/EC^[22]，以及 2008 年发布的 2008/50/EC^[23]号指令，两份文件中均规定了每个国家应至少设置一个站点监测 30 种挥发性有机物和非甲烷总烃，且规定的挥发性有机物的物种并未变更。在加强地面臭氧污染监测的同时，欧洲 EEA 还加强了对形成臭氧前体物质排放量的统计和监测。欧盟各成员国须每年向 EEA 报告臭氧前体物质如挥发性有机物、NO_x、CO、NH₃ 等的排放量，并确保上述污染物的排放量不超过欧盟设定的目标值。另外，欧洲 EEA 在不同的地区和区域开展了 30 多项针对 O₃ 污染及其前体物挥发性有机物等的科研项目，每个项目均建立了完善的 O₃ 常规监测网，用于 O₃ 污染状况评估、污染预

警、前体物状况和区域输送分析，其中包括挥发性有机物的监测；比较大规模的项目如墨西哥城空气质量研究项目（MARI）、北美对流层 O₃研究战略计划（NARSTO）项目、南方氧化剂研究（SOS）、欧洲对流层环境相关痕量物质输送与转化（EUROTRAC）研究、地中海氧化剂强化研究（MINOS）等。欧洲EEA虽然提出了监测挥发性有机物的要求，但并未统一规定其成员国所用的监测方法。

表 14 挥发性有机物测量物种清单（2002/3/EC 以及 2008/50/CE）

序号	物种名称	序号	物种名称
1	乙烷	16	异戊二烯
2	乙烯	17	正己烷
3	乙炔	18	异己烷
4	丙烷	19	正庚烷
5	丙烯	20	正辛烷
6	正丁烷	21	异辛烷
7	异丁烷	22	苯
8	1-丁烯	23	甲苯
9	反-2-丁烯	24	乙苯
10	顺-2-丁烯	25	间/对二甲苯
11	1,3-丁二烯	26	邻二甲苯
12	正戊烷	27	1,2,4-三甲苯
13	异戊烷	28	1,2,3-三甲苯
14	1-戊烯	29	1,3,5-三甲苯
15	2-戊烯	30	甲醛

3. 2. 3 国内挥发性有机物自动监测网络建设与运行情况

3. 2. 3. 1 挥发性有机物监测网络建设

我国光化学监测网络建设起步相对较晚，但发展迅速，自 2017 年发布监测方案明确要求臭氧超标城市、直辖市、省会城市及计划单列市等重点地区开展挥发性有机物自动监测后，国家与地方逐步开始组建光化学监测网络，并且挥发性有机物监测是光化学监测网络中重要监测指标。随后于 2019 年、2020 年、2021 年我国再次发布了相关文件对挥发性有机物的监测进行要求。国家光化学网的建设取得迅猛发展。截至 2024 年，国家光化学网共建设有 436 个环境空气挥发性有机物自动监测站。

自 2013 年国务院发布《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）^[25]（简称“气十条”）以来，经过不懈努力，大气颗粒物污染防治行动取得一定成效，但各地臭氧污染形势仍然严峻。为此，原环境保护部于 2017 年发布了《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（环大气〔2017〕121 号）^[27]，在加强 VOCs 污染防治工作的同时，对重点城市挥发性有机物的监测提出了明确的要求：“加强环境质量和污染源排放 VOCs 自动监测工作，强化 VOCs 执法能力建设，全面提升 VOCs 环保监管能力。重点地区 O₃ 超标城市至少建成一套 VOCs 组分自动监测系统”。并于同年发布了《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》（环办监测函〔2017〕2024 号）^[25]，方案中再一次明确要求：“直辖市、省会城市及计划单列市须开展手工监测和自动监测，监测指标包括 PAMS 57 组分、TO-15 及 13 种醛酮类化合物，其余地级市如已具备在线 VOCs 监测设备，须开展手工监测，建议开展自动监测，监测指标包括原 PAMS 57 组分、13 种醛酮类化合物”。国家与地方逐步开始组建光化学监测网络，并且挥发性有机物监测是光化学监测网络中重要

监测指标。2019 年印发的《2019 年地级及以上城市环境空气挥发性有机物监测方案》（环办监测函〔2019〕11 号）^[28]，在《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》（环办监测函〔2017〕2024 号）要求的基础上，直辖市、省会城市及计划单列市增加了非甲烷总烃指标，其余 259 个地级及以上城市的监测项目，需要结合 2018 年臭氧污染情况确定，文件明确指出：“2018 年臭氧超标的 54 个城市，监测项目为 57 种非甲烷碳氢化合物（PAMS 物质）与 13 种醛酮类 VOCs 组分和非甲烷总烃；2018 年臭氧达标的 205 个城市，监测项目为非甲烷总烃，有条件的或出现臭氧超标的地方，要开展 PAMS 57 组分与 13 种醛酮化合物的监测”。为了进一步完善环境空气 VOCs 监测网，生态环境部于 2020 年 6 月印发了《关于加强挥发性有机物监测工作的通知》（环办监测函〔2020〕335 号）^[29]，该文件要求 149 个城市开展非甲烷烃类（PAMS）物质的自动监测。2021 年 2 月，生态环境部发布的《2021 年国家生态环境监测方案》（环办监测〔2021〕88 号）^[39]中明确要求，北京、天津、石家庄、太原、济南、郑州、雄安新区 7 个城市（国家级新区）的 7 个点位开展 57 种非甲烷烃类（PAMS 物质）、13 种醛酮类物质及 47 种 TO15 物质的自动监测。

截至 2024 年，国家光化学网共建设有 436 个环境空气挥发性有机物自动监测站，各站点均置有 NMHC 自动监测系统与 VOCs 组分自动监测系统。据已有的 253 个站点数据统计，使用 GC-FID 自动监测系统的站点占 15.8%，使用 GC-FID/MS 自动监测系统的站点占 83.4%，其他仪器占 0.8%。所涉及的仪器厂商有武汉天虹（19.8%）、杭州谱育（17.0%）、Thermo Fisher（14.2%）、鹏宇昌亚（9.1%）、上海磐合（7.1%）、法国 Chromatotec（7.1%）、广州禾信（5.9%）、博赛德（4.0%）、河北先河（4.0%）、力合科技（2.4%）、荷兰 Synspec（2.4%），德国 AMA 等其他厂商。

3.2.3.2 挥发性有机物监测网络运行情况

中国环境监测总站于 2020 年开始对国家光化学监测网中的挥发性有机物自动监测系统开展质控检查，主要针对自动监测系统运维工作完成情况、运行状态、数据处理和审核情况进行检查，并对仪器关键性能指标和测量准确性开展现场测试。从检查结果上看，①FID 测量组分准确性高于 MSD 测量组分，C2~C6 组分测量准确性高于 C6~C12 组分，PAMS 组分测量准确性高于 TO-15 和醛酮组分（该部分结果放在第四章节，具体请见图 6、图 7 与图 8）；②各地运维水平存在显著差异性，部分站点运维人员水平较低导致数据质量较差；③各地对运维的监管力度不一，部分站点监管疏松，导致部分站点数据质量较差。因此，虽然现行的挥发性有机物监测网建设数量较多，但监测的数据质量并不好。

3.3 国内外挥发性有机物自动监测系统与技术调研

3.3.1 国内外挥发性有机物自动监测系统现状

如前 3.1 和 3.2 所述，目前主要国家发布和使用的关于挥发性有机物监测的标准和方案可分为两大类：非醛酮类化合物和醛酮类化合物，国内外关于挥发性有机物监测的主流技术主要有三个：气相色谱法、气相色谱质谱联用法、液相色谱法。其中，针对非醛酮类化合物，美国 EPA 的 PAMS 监测网络采用双通道气相色谱法（GC-FID）自动监测系统开展监测，NATTS 监测网络采用离线采样+气相色谱质谱联用法（GC-MS）监测仪器开展监测；而我国自 2017 年提出对重点城市重点地区进行 VOCs 监测以来，主要推荐使用气相色谱质谱联用法（GC-FID/MS）自动监测系统开展在线监测。针对醛酮类化合物，美国 EPA 的 PAMS 和 NATTS 监测网络均采用液相色谱法开展手工监测；而我国当前发布的标准也是液相色谱法的离线手工方法，但是我国发布的监测方案中，也提出可以采用气相色谱质谱联用法自动监测系统开展醛酮类化合物在线监

测。因此，国内外主流的测量挥发性有机物的监测技术涉及三个：气相色谱法、气相色谱质谱联用法、液相色谱法。

三种技术及其市场占有率较大的主流代表厂商如表 15 所示。目前，挥发性有机物在线监测技术仍以气相色谱法、气相色谱质谱联用法为主。针对醛、酮化合物的液相色谱法，早在 2014 年德国 GERSTEL 公司就已研发出实现全自动在线前处理与分析醛酮样品的仪器，近年来，国内也已出现相同原理的自动监测系统。

表 15 挥发性有机物监测仪器技术类型及其代表厂家

技术路线	代表厂家
GC-FID	法国 Chromatotec、北京雪迪龙等
GC-FID/MS	北京鹏宇、武汉天虹、广州禾信、湖南力合、杭州谱育等
液相色谱法	德国 GERSTEL、杭州谱育

气相色谱法自动监测系统主要使用氢火焰离子化检测器（FID），在国内外均被广泛应用。为了覆盖更多挥发性有机物，此类仪器多为双通道，具备两组独立的样品捕集-分析模块，两组模块应用不同的样品捕集方法与色谱分离技术，按照挥发性有机物的分子量大小，两个模块分别捕集并测量低碳（一般为 C2~C6）与高碳（一般为 C6~C12）物质。FID 检测器相比质谱检测器（MSD）等具有结构简单、性能稳定可靠、操作方便、维护成本低等优点，但该检测器主要适用于碳氢化合物的检测，因此该方法监测物种主要为 PAMS 57 组分，不适用于挥发性卤代烃、含氧有机物等的检测。

气相色谱质谱联用法自动监测系统中，目前应用最广泛的为氢火焰离子化检测器（FID）与质谱检测器（MSD）联用技术，此类仪器目前主要在国内应用。气相色谱质谱联用法自动监测系统不同厂家所用技术有所不同，根据预浓缩通道数量可分为两类，一是单通道，二是双通道。其中单通道仪器具有一组样品捕集模块，目标物被捕集后，使用中心切割技术按照色谱分离时间将低碳物质（一般为 C4 及以下）与其他高碳、卤代烃等物质分离，分别送入 FID 与 MSD 检测；双通道仪器具备两组捕集模块，利用不同的捕集温度等方式分别捕集低碳（一般为 C5 及以下）物质与其他高碳、卤代烃等物质，各自送入 FID 与 MSD 检测。按照捕集冷阱数量可分为二级冷阱捕集、三级冷阱捕集仪器。按照其捕集模块可达到的制冷温度，可分为低温捕集与超低温捕集两类。与气相色谱法相比，气相色谱质谱联用法自动监测系统定性准确、灵敏度高，且 MSD 检测器对能离子化的有机化合物均有响应，因此监测物种也更多，除 PAMS 57 组分外，还可检测卤代烃、含氧有机物等。

液相色谱法是目前针对环境空气醛酮类化合物监测领域主流的监测方法。美国 EPA 最早于 1984 年颁布相关标准（TO-5）以来，40 年以来，国内外机构将该原理应用于环境空气领域监测主要还是以手工方式为主。但多年来手工方式在应用过程中存在诸多问题，比如①采样管空白高且一致性差；②采样管保存时间对测量结果的影响；③手工操作过程中的误差对测量结果影响；④监测的时间分辨率低等问题。随着监测技术的进步，近年来已有国内外厂商突破技术瓶颈，实现了环境空气醛酮类化合物样品全自动在线分析。

3.3.2 参与此次比对的仪器介绍

如前 2.2 所述，我国的挥发性有机物在线监测规模发展迅速，但由于挥发性有机物监测网络建设时间较短且缺乏系统的技术研究和相关标准规范，网络运行数据质量不佳，传统测准标准样品的比对方法已不再适用，需要以实际应用为导向，建立以测准环境样品真实浓度为核心的质控体系。编制组为了做好挥发性

有机物的监测技术研究工作，中国环境监测总站于 2023 年 8 月份开始筹备“环境空气挥发性有机物自动监测系统比对验证”工作，并于 2023 年 11 月-2024 年 7 月在中国环境监测总站监测实验室开展了为期 8 个月的自动监测系统比对实验研究工作。

本次比对主要通过邀约的方式，围绕三大主流监测方法，邀请了国内外自动监测系统市场占有率大的仪器厂家以及拥有国内外最新技术的液相色谱法自动监测系统的仪器厂家参加本次比对实验，如法国 Chromatotec、鹏宇昌亚、杭州谱育、博赛德、禾信、天虹、磐合、力合等，厂家基于自愿原则参与本次比对实验。在邀约之初，总站向各厂家告知，本次比对工作对各厂家极具挑战性。要求参与比对的厂家提供同品牌同型号的两台完整监测系统，以比较同型号仪器的数据可比性、以及环境样品真实加标回收率。通过本次实验，研究各类仪器能够测好哪些 VOCs 组分、仪器应该具备的性能条件、以及如何开展运维工作以提高数据质量等。

参与此次挥发性有机物自动监测系统自动监测系统比对的共涉及 5 个品牌，6 个厂家，共 12 台监测系统（每个厂家提供 2 台），具体请见表 16。本次参与比对的厂家的数据具备研究代表性，主要体现在：一是，本次比对仪器品牌为我国光化学网中使用的主流仪器品牌；二是，核心部件（预浓缩进样技术和检测单位）的品牌均为国内外主流品牌，如国内全自主产权仪器（杭州谱育、湖南力合）、半自主产权仪器（前处理自主产权，鹏宇昌亚、武汉天虹）和非自主产权仪器（上海磐合），覆盖了国内外主流品牌的预浓缩进样技术和质谱检测单元品牌：杭州谱育、湖南力合、鹏宇昌亚、武汉天虹、岛津、Agilent、Thermo Fisher。

表 16 参与比对厂家仪器技术类型

品牌型号	方法原理	捕集单元生产厂商-技术	检测单元生产厂商-技术
鹏宇昌亚 ZF-PKU-VOC1007	预浓缩-GC-FID/MS	自主研发-超低温双冷阱双通道 GC-FID/MS	岛津 GC-FID/MS
杭州谱育 EXPEC 2020		自主研发-超低温三冷阱单通道 GC-FID/MS	谱育 GC-FID/MS
武汉天虹 TH-300L		自主研发-超低温双冷阱双通道 GC-FID/MS	Agilent GC-FID/MS
上海磐合 TT24-7xr GCMS		Markes-低温双冷阱单通道 GC-FID/MS	Thermo Fisher GC-FID/MS
湖南力合 LFGCMS-100		自主研发-低温双冷阱双通道 GC-FID/MS	力合 GC-FID/MS
杭州谱育 EXPEC 2200	DNPH 衍生-UPLC	DNPH 吸附管	谱育 UPLC

3.4 本标准和国内外标准关系

3.4.1 本标准与国外标准的关系

美国 EPA 于 20 世纪 80 年代开始逐步形成了针对环境空气中有毒有机物和挥发性有机物的监测方法体系，标准发布时间早，截至目前，共发布了 17 个标准（TO-1~TO-17），其中涉挥发性有机物的共 9 个标准^{[42]~[21]}。如表 7 所示，TO-1、TO-2、TO-3 与 TO-14A、TO-15、TO-17 均分析挥发性有机物，TO-5 与 TO-11A 分析醛酮类化合物，TO-12 分析非甲烷有机物（NMOC），不同方法所使用的采样方法、监测物种、监

测仪器各有不同。美国 EPA 在针对 PAMS 监测网制定的 PAMS 监测网质量保证手册^[10]（以下简称“手册”）中，对挥发性有机物自动监测系统的校准与评估、人员、数据验证、质量控制等作了全面的规定，其中挥发性有机物使用带双氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱法自动监测系统进行监测，而醛酮类化合物仍然采用手工监测方法（TO-11A），手册中仅规定了醛酮类化合物手工监测方法质量控制相关内容。本标准基于我国光化学监测网络的运行经验，结合现有仪器实际现状，明确了挥发性有机物自动监测系统的监测方法、可准确监测的化合物、以及日常运行维护的相关技术要求，相比 EPA 的相关标准，内容更为详实，更符合我国的监测需求。

3.4.2 本标准与国内标准的关系

目前我国没有针对挥发性有机物自动监测系统运行、维护的相关标准，本标准是对该领域的有效补充，填补了相关标准的空白。同时，本标准在制订过程中所使用的数据是来源于通过召集不同厂家开展了长时间的以测准环境样品为核心的现场比对测试，具有实际指导意义。如前 2.2.2 和 3.1.2 所述，我国目前针对环境空气中挥发性有机物的监测共发布了 10 份标准，其中 6 份为手工监测、3 份为便携式仪器监测，仅有 1 份是针对在线监测的标准，即 HJ 1010-2018。编制组将 HJ 1010-2018 中所规定的主要技术内容与本标准进行了对比，详情可见表 17。本标准与 HJ 1010-2018 相比，二者的适用范围不同。HJ 1010-2018 适用于环境空气中挥发性有机物测定的气相色谱自动监测系统的设计、生产和检测，并不适用于光化学监测网络自动监测系统的日常运行维护、质控等。而本标准基于多品牌多台自动监测系统比对的实际结果，并结合挥发性有机物自动监测系统在国家光化学网络的实际运行情况，规定了环境空气中 66 种挥发性有机物自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据审核、标识与有效率等技术要求，可为挥发性有机物自动监测系统在安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据审核、标识与有效率等方面提供指导。本标准中所规定的各项技术要求，均基于比对监测实验所得数据以及光化学监测网络运行经验。根据比对实验结果以及光化学监测网络实际运行情况，本标准评估了现有监测技术所能测准的挥发性有机物，将可准确测量的 66 种挥发性有机物纳入本标准目标化合物，具体详见 5.2。此外，根据比对实验测试结果，相比 HJ 1010-2018，本标准对技术性能指标进行了适当的收严或放宽调整，具体可见表 17。

因此，本标准是对我国光化学监测体系文件的重要补充，技术内容符合我国光化学实际应用需求，具有实际指导意义。

表 17 本标准与 HJ 1010-2018 内容比较

技术内容		本标准	HJ 1010-2018	异同情况说明
适用范围		<p>规定了环境空气中 66 种挥发性有机物（41 种烃类化合物和 25 种烃类衍生物）自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据审核、标识与有效率等技术要求。</p> <p>适用于采用气相色谱法（GC-FID）、气相色谱质谱联用法（GC-FID/MSD）的环境空气挥发性有机物自动监测系统。标准分别规定了 GC-FID 对 41 种、GC-FID/MSD 对 66 种挥发性有机物的监测要求（具体方法适用目标物详见附录 A）；其他挥发性有机物若经方法验证满足本标准规定的性能指标要求的，也可适用。</p>	<p>规定了环境空气中挥发性有机物气相色谱连续监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法。</p> <p>适用于环境空气中挥发性有机物测定的气相色谱连续监测系统的设计、生产和检测。</p>	<p>本标准根据比对实验结果与光化学监测网络运行情况，规定了 66 种 VOCs，HJ 1010-2018 参考美国 EPA 规定了 57 种 VOCs。</p> <p>本标准主要用于自动监测系统的安装、验收、日常运行等方面；HJ 1010 则主要用于自动监测系统的设计、生产和检测。</p>
方法原理与系统组成	方法原理	GC-FID、GC-FID/MSD	GC-FID 或 MSD	本标准明确了 GC-FID 与 GC-FID/MSD 原理，并规定了其适用的化合物
	系统组成	采样装置、进样和分析单元、校准单元、气源单元、控制和数据处理单元、其他辅助设备等组成。	样品采集单元、质控单元、气源单元、分析单元、数据采集和传输单元以及其他辅助设备等组成。	系统组成及各单元的功能基本相同
技术性能要求	测量范围	GC-FID：41 种挥发性有机物； GC-FID/MSD：66 种挥发性有机物。	57 种挥发性有机物；各组分浓度最高量程不低于 50 nmol/mol。	本标准根据比对实验结果与光化学监测网络实际运行情况，调整了各方法适用的监测化合物，取消最高量程的规定。
	采样流量	平均流量相对误差：在±5% 范围内； 流量稳定性：连续 7 天，每天采样流量与第一天采样流量的偏差在±2% 范围内。	/	本标准根据自动监测系统实际运行需求，增加了采样流量的相关规定，以确保采样系统稳定运行。
	校准曲线	浓度点：0、0.5、2、4、6、8、10 nmol/mol，每个浓度点测量不超过 3 次； 相关性：安装调试、验收—— $R^2 \geq 0.98$ ，质量保证与质量控制——95% 以上目标化合物	浓度点：0.5、2、4、6、8、10 nmol/mol，每个浓度点至少测 3 次； 相关性：相关系数 ≥ 0.98 ； 低浓度点相对误差： $\leq 15\%$ 。	浓度点：本标准增加了 0 nmol/mol，考察监测系统本底影响程度的同时，更利于低浓度样品定量；

技术内容		本标准	HJ 1010-2018	异同情况说明
	R ² ≥0.98; 低浓度点相对误差: FID 部分——在±20%范围内, MSD 部分——在±30%范围内。			相关性: 根据比对实验结果, 本标准明确规定为 R ² ≥0.98; 低浓度点相对误差: 本标准根据比对实验测试结果, 分别针对 FID 与 MSD 适当放宽。
	方法检出限 安装调试、验收: ≤0.10 nmol/mol; 质量保证与质量控制: FID 部分——90%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol, MSD 部分——95%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol	90%组分(至少包括乙烷和乙烯)的方法检出限≤0.1 nmol/mol。		本标准与 HJ 1010-2018 所定指标相同, 均为≤0.10 nmol/mol, 但在化合物达标数量上, 本标准基于比对实验各监测系统实际达到的水平, 适当收严。
	系统空白 安装调试、验收: ≤0.10 nmol/mol; 质量保证与质量控制: FID 部分——90%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol, MSD 部分——95%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol	各组分仪器零点噪声(7 次测值的标准偏差)≤0.05 nmol/mol。		与 HJ 1010-2018 相比, 本标准根据比对实验结果直接规定空白测值应≤0.10 nmol/mol, 而非计算多次测值的标准偏差, 更适合日常质控使用, 指标更为直观。
	系统残留 安装调试、验收: ≤0.10 nmol/mol; 质量保证与质量控制: FID 部分——90%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol, MSD 部分——95%以上的目标化合物≤0.10 nmol/mol	90%组分的系统残留浓度≤0.1 nmol/mol。		本标准与 HJ 1010-2018 所定指标相同, 均为≤0.10 nmol/mol, 但在化合物达标数量上, 本标准基于比对实验各监测系统实际达到的水平, 适当收严。
	正确度 安装调试、验收: 在±15%范围内; 质量保证与质量控制: 95%以上的目标化合物在±15%范围内	各组分准确度: ±10%		与 HJ 1010-2018 相比, 本标准根据比对实验结果规定正确度应在±15%范围内, 适当放宽要求。
	精密度 安装调试、验收: ≤10%; 质量保证与质量控制: 95%以上的目标化合物≤10%	各组分精密度≤10%		根据比对实验测试结果, 本标准所定精密度指标与 HJ 1010-2018 相同, 但在日常质量控制时, 规定应有 95%以上化合物达标, 适当放宽。
	响应时间 上升时间 T ₉₀ : ≤1 h 下降时间 T ₁₀ : ≤1 h	/		为了确保实际监测结果准确, 没有滞后性, 本标准增加了响应时间的要求。
	24 小时漂移 1) 零点漂移: 在±0.10 nmol/mol 范围内; 2) 0.5 nmol/mol 漂移: 在±0.10 nmol/mol 范围内; 3) 4 nmol/mol 漂移: 在±0.60 nmol/mol 范围内;	10 nmol/mol 的 24 h 浓度漂移不超过±1 nmol/mol。		与 HJ 1010-2018 相比, 本标准增加了零点、0.5、4 nmol/mol 等较低浓度点的漂移, 兼顾了监测系统检测高、中、低不同浓度时的性能稳定性; 同

技术内容		本标准	HJ 1010-2018	异同情况说明
		4) 8 nmol/mol 漂移：在±1.20 nmol/mol 范围内； 5) 保留时间漂移：在±15 s 范围内。		时本标准根据比对实验结果，对高浓度点的漂移适当放宽要求。
	长时间浓度漂移、保留时间漂移	7天漂移： 1) 零点漂移：在±0.10 nmol/mol 范围内； 2) 0.5 nmol/mol 漂移：在±0.20 nmol/mol 范围内； 3) 4 nmol/mol 漂移：在±0.80 nmol/mol 范围内； 4) 8 nmol/mol 漂移：在±1.60 nmol/mol 范围内； 5) 保留时间漂移：在±15 s 范围内。	连续运行 30 d，氢火焰离子检测器检测组分的浓度漂移≤15%；质谱检测器检测组分的浓度漂移≤30%；保留时间漂移≤0.5 min。	与 HJ 1010-2018 相比，本标准将漂移测试时长由 30 d 缩短至 7 d，测试浓度同样设置为零点、0.4、4、8 nmol/mol，兼顾高、中、低浓度的检测；同时根据比对实验结果，收严保留时间漂移要求。
	校准单元流量曲线	1) 流量曲线的相关系数 R 应≥0.9999； 2) 流量曲线的斜率 k 应在 0.98~1.02 之间； 3) 流量曲线的截距 b 应在满量程±1% 范围内。	/	HJ 1010-2018 中无校准或质控单元的技术性能指标要求，本标准根据比对实验结果以及现有的使用经验增加了校准单元流量控制等技术性能指标要求。
	湿度可控校准单元	湿度相对误差：在±5% 范围内； 湿度相对标准偏差：≤5%	/	与 HJ 1010-2018 中未对标准气体作加湿要求，因此无相关规定；本标准在比对实验过程中，开展了标准气体加湿与不加湿、以及不同湿度的比对测试，且考虑到环境样品本身具有湿度，因此标准样品加湿对挥发性有机物监测具有重要意义。基于此，本标准推荐使用加湿动态校准仪，并对湿度的控制提出相关要求。
	湿度不可控校准单元	湿度相对标准偏差：≤5%	/	
	平行性	乙烯≤20%，异丁烷≤20%，苯≤20%	各组分的平行性≤20%。	由于本标准与 HJ 1010-2018 适用范围不同，日常使用中开展平行性测试的难度较大，因此本标准仅将平行性测试列为可选项；同时，根据比对实验结果，同品牌同型号监测系统在测量环境空气中的低浓度物种时平行性较差，考虑到环境浓度过低时测试难度过大，因此本标准挑选环境空气中浓度相对较高的乙烯、异丁烷、苯作为代表性化合物进行规定。

技术内容		本标准	HJ 1010-2018	异同情况说明
	分离度	/	环戊烷和异戊烷、2,3-二甲基戊烷和2-甲基己烷、邻-二甲苯和苯乙烯的分离度达到1.0以上。	考虑到监测技术的发展与进步，化合物的分离度可进行针对性优化，且MSD仪器可通过设置不同的定性、定量离子降低分离度影响，本标准不对化合物分离度进行规定。
	数据有效率	/	监测仪器连续运行30d，有效数据率 $\geq 80\%$ 。	由于HJ 1010-2018仅针对仪器的设计、生产与检测，仅规定了仪器调试后30d内的运行有效率；而本标准在文本第9章节对监测系统日常运行中的数据审核、无效数据的判断、有效率的计算及有效率指标要求等进行了详细规定。
	时钟误差	/	仪器正常工作状态下测试6h，时钟误差 $\pm 20\text{ s}$ 。 仪器工控机断电总计3次（各次断电的持续时间分别为20s、2min和20min，且在每次断电之间应保证不少于10min正常电力供应），测试6h，时钟误差2min以内。	本标准将时钟误差归于日常运行维护中，每周巡检时现场进行检查，要求工控机与北京时间、数采时间等均同步，无需单独进行断电测试。
安装、调试、试运行与验收		详见6.6安装、调试、试运行与验收章节	/	因标准适用范围不同，HJ 1010-2018无相关规定。
系统日常运行维护		详见6.7系统日常运行维护章节		
质量保证和质量控制		详见6.8质量保证和质量控制章节		
数据审核、标识与有效率	数据审核与有效性判断	详见6.9数据审核及有效性判断章节	/	HJ 1010-2018仅在技术性能要求部分规定了仪器调试后30d内的运行有效率，不适用于监测系统日常运行。
	数据标识			
	有效率			

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

本标准制订的基本原则如下：

(1) 严格遵照相关标准制修订要求

本标准的制订严格遵守《环境监测分析方法标准制订技术导则》(HJ 168-2020)、《生态环境标准管理办法》(部令第17号)和《国家生态环境标准制修订工作规则》(国环规法规〔2020〕4号)的相关要求。

(2) 针对挥发性有机物监测实际情况和需求建立标准规范

根据前期调研,如3.2.2所述,截至目前,我国已经建立了436个挥发性有机物自动监测站,使用的监测方法类型有气相色谱法、气相色谱质谱联用法、液相色谱法等,挥发性有机物在线监测规模发展迅速。但由于挥发性有机物监测网络建设时间较短且缺乏系统的技术研究和相关标准规范,网络运行数据质量不佳。因此,亟需针对现有的主要仪器,建立挥发性有机物自动监测系统运行和维护的技术规范,指导各地开展挥发性有机物在线监测工作,提升数据质量。

(3) 指标设置科学、合理,方法准确可靠

本标准制订前,编制组开展了大量的文献、标准、监测技术和光化学网运行等调研工作,针对标准中的适用范围和关键技术指标,设计并开展了实验研究。编制组共邀请到6家国内主流仪器品牌共12台自动监测系统在同一地点集中开展了为期8个月的比对实验研究工作。本次实验通过开展“每日单浓度点核查、环境样品实时加标回收、环境样品小时浓度比对”三大指标来进行综合分级评估,并对评级结果开展了合理性评估,最终确定了本标准的适用范围;随后通过基础性能测试确定了本标准的性能指标;最后结合比对期间各厂家的实际运行维护和数据审核工作确定本标准的运维、质控和审核内容。整个实验方案设计科学、全面,实验数据详实可靠,根据实验结果确定各项指标与测试方法,指标设置有据可依、科学、合理,方法准确可靠。

(4) 具有普遍适用性,易于推广使用

本标准制订前,开展了主流仪器的相关实验研究工作,参与实验的仪器包括不同品牌的气相色谱质谱联用法(GC-FID/MS)自动监测系统以及液相色谱法(LC-UVD)自动监测系统,所定各项指标均通过实验数据验证。此外,编制组将双通道气相色谱法(GC-FID)自动监测系统也纳入到了本标准中。美国EPA的挥发性有机物监测体系相对其他国家、组织,更为系统、全面,该组织规定的监测仪器采用双通道气相色谱法(GC-FID)自动监测系统,该类仪器在国内应用范围相对较为广泛,且按照以往应用情况来看,此类仪器运行稳定,具有一定优势。因此编制组参考本次实验结果,以及以往该类仪器的使用情况,将双通道气相色谱法(GC-FID)自动监测系统也纳入本标准。本标准已基本涵盖国内挥发性有机物在线监测所使用的绝大多数类型仪器,且经过实验验证,适用性强。

(5) 与实际操作紧密结合,方便查询使用

本标准根据各类自动监测系统的实际工作使用情况,比较不同监测系统的系统组成与工作方式,结合我国挥发性有机物在线监测工作要求,拟定标准文本的内容,对监测系统的验收、运行与维护内容、质控等关键要点进行了详细的规定,方便实际工作中查询和使用。

4.2 标准制订的技术路线

本标准制订过程中，经过了国内外相关工作情况调研、比对实验研究、编写文本及编制说明等多个过程，具体技术路线如下。

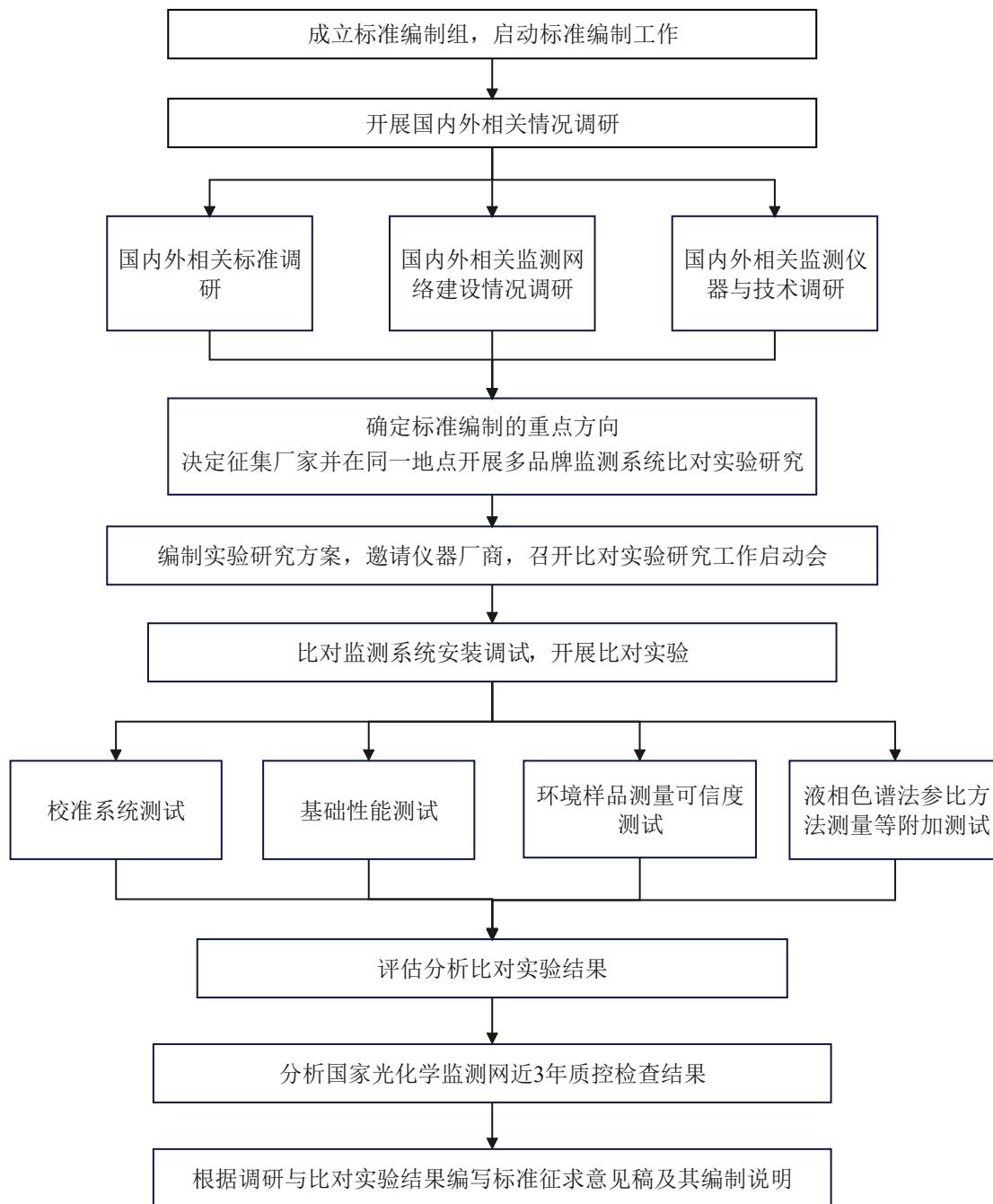


图 3 标准编制技术路线图

5 制订本标准适用范围的来源依据

如前所述，挥发性有机物种类多且活性强，因此需要先研究清楚各类方法仪器能够测好哪些具体组分，再规定其应具备的性能条件、以及运维与质控等要求。本章节主要阐述本标准规定的目标准化合物的来源。如 3.1.1 所述，美国 EPA 的 PAMS 监测网络定期会根据网络运行情况和监测结果对监测指标进行一定调整，将浓度低的物种与测不好的物种由必测清单调整至选测清单。同时，我国光学监测网近年的监测数据质量存在质控检查结果差、数据有效率低等诸多问题，因此，以现有的单一种类监测仪器，可能无法满足 117 种化合物的准确监测。

传统测准标准样品的比对方法已不再适用，需要以实际应用为导向，建立以测准环境样品真实浓度为核心的质量研究和控制体系。为了研究各类方法仪器到底能测准的监测因子，中国环境监测总站于 2023 年 11 月至 2024 年 7 月期间针对 12 台挥发性有机物自动监测系统组织开展了为期 8 个月的比对实验，比对实验期间，共开展 2 阶段环境样品比对，时间分别为 2023 年 1 月 23 日-2024 年 2 月 9 日、2024 年 5 月 21 日-2024 年 7 月 9 日。通过“每日单浓度点核查、环境样品实时加标回收、环境样品小时浓度比对”三大指标来进行综合分级评估，最终确定了本标准的核心内容：采用气相色谱法（GC-FID）、气相色谱质谱联用法（GC-FID/MSD）两种方法的环境空气挥发性有机物自动监测系统，监测内容为 66 种挥发性有机物。

5.1 比对实验结果评级评估技术路线及实验方法

为了研究各类方法仪器能测准的监测因子，结合国家光化学网的运行经验，编制组研究决定采用三大指标对每一个监测因子开展综合评级。三大指标、评估意义以及实验方法分别为：

(1) 每日单浓度点核查（日核查）：评估自动监测系统能否稳定测准标气样品。实验方法：使用加湿动态校准仪和标准气体（气相色谱质谱联用法自动监测系统使用 117 组分 VOCs 标准气体，液相色谱法自动监测系统使用 13 组分 OVOCs 标准气体），每天向所有自动监测系统通入 2 笔已知浓度的标准气体，计算检测浓度与标准气体浓度值的相对误差；

(2) 环境样品实时加标回收：评估自动监测系统在采集环境样品时能否测准环境样品或者标气样品。由于受实验期间环境样品不同的小时浓度和不同的加标浓度影响，因此，当环境样品浓度长期极低时，加标回收实验时实际在测量标气样品，评估其测准标气样品的能力；而当环境样品具有一定浓度时，加标回收实验时代表在测量环境样品+标气样品，评估其测准环境样品的能力。实验方法：如图 5 所示，加标回收为同厂家的 2 台自动监测系统，其中 1 台采集分析环境样品作为参比仪器，另 1 台采集环境空气与标准气体（0.5 nmol/mol~4 nmol/mol 等不同浓度）的混合气体作为加标仪器，根据 2 台自动监测系统的测值浓度计算加标回收率；

(3) 环境样品小时浓度比对：评估各厂家两台自动监测系统间，环境样品测试结果的可比性。实验方法：统计各自动监测系统除加标回收与日核查外的环境样品数据，对各厂家的两台自动监测系统所有环境样品数据进行相关性分析，计算相关系数 R^2 与斜率 k 。

综合评级技术路线图如图 4 所示，根据测试结果，首先，分别对各厂家各自动监测系统每个物种的“每日单浓度点核查、环境样品实时加标回收、环境样品小时浓度比对”三个指标按照一定区间范围进行单一指标评分；其次，根据各指标的评级结果逐步计算自动监测系统每个物种的初步评分；最后，综合所有参与比对的自动监测系统给出每个物种的监测系统评分，再根据监测系统评分转换为评级。其中，针对气相色谱质谱联用法，由 8 台参与比对的监测系统单物种评分结果平均得到每个物种的监测系统评分（参与本次比对的 10 台自动监测系统中，由于厂家 6 两台自动监测系统结果较差，编制组认为不能代表该原理类别仪器

的应用水平，所以未纳入综合评级范围），按照评分高低将其转换为物种的监测系统评级（评分>90时评级为A，评分在70~90区间时评级为B，评分在50~70区间时评级为C，评分<50时评级为D）。针对液相色谱法，由2台参与比对的监测系统单物种评分结果平均得到每个物种的监测系统评分，并将评分转换为评级。

考虑到本次比对期间，各厂家的自动监测系统为最新仪器，且投入的运维、数据审核人力、以及关注度较实际运行时更多，所以在评级时，也统计了近三年国家光化学网质控检查结果，对盲样检查结果的25百分位数或75百分位数超出±30%范围且检查结果在±30%范围内的占比不足70%的物种进行降级，给出综合评级结果。当某物种最终评级为A和B时，表示能测准样品；当评级为C时，表示测不准样品；若评级为D，表示无法测量该物种。

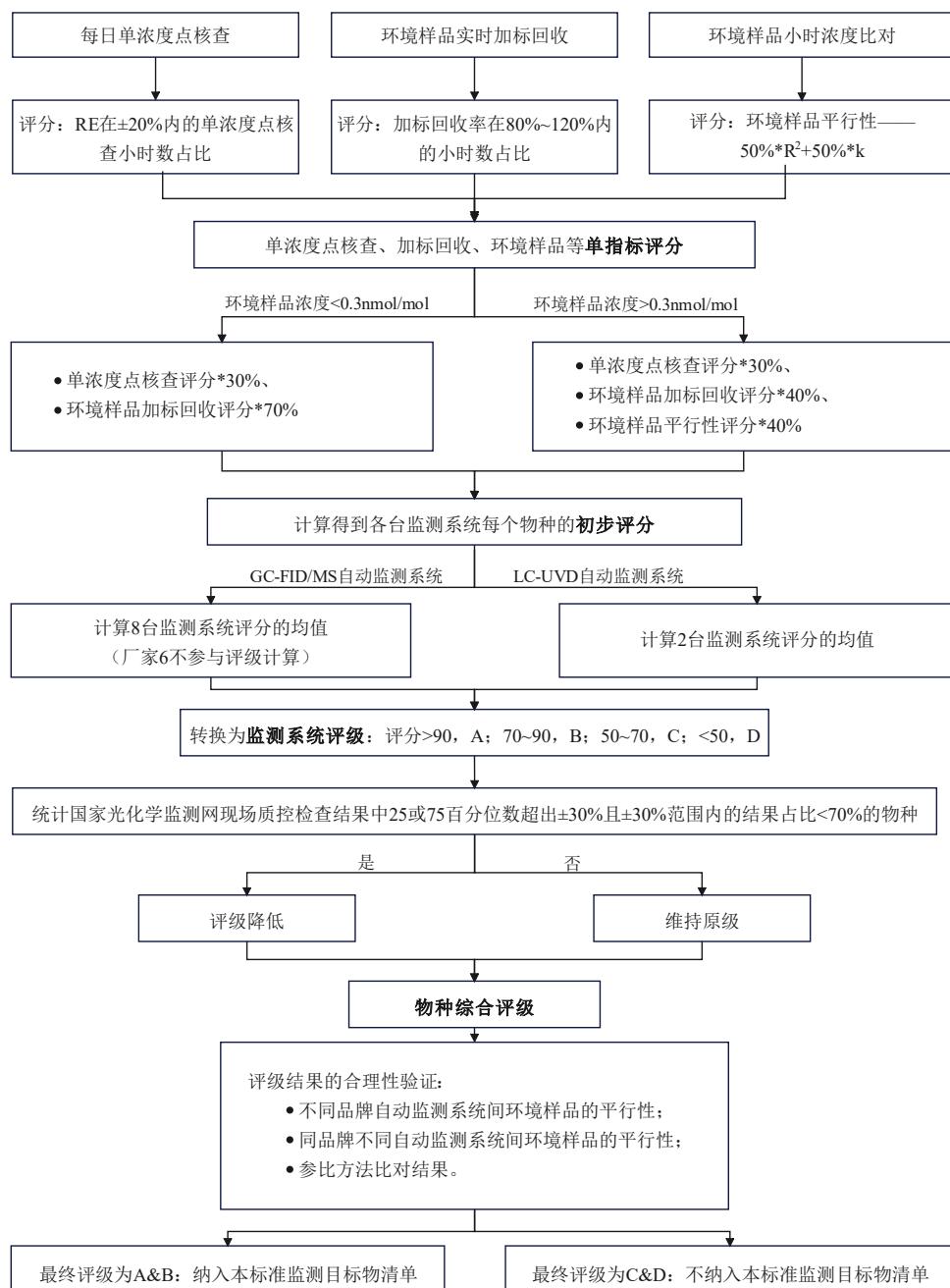


图4 评级计算方式

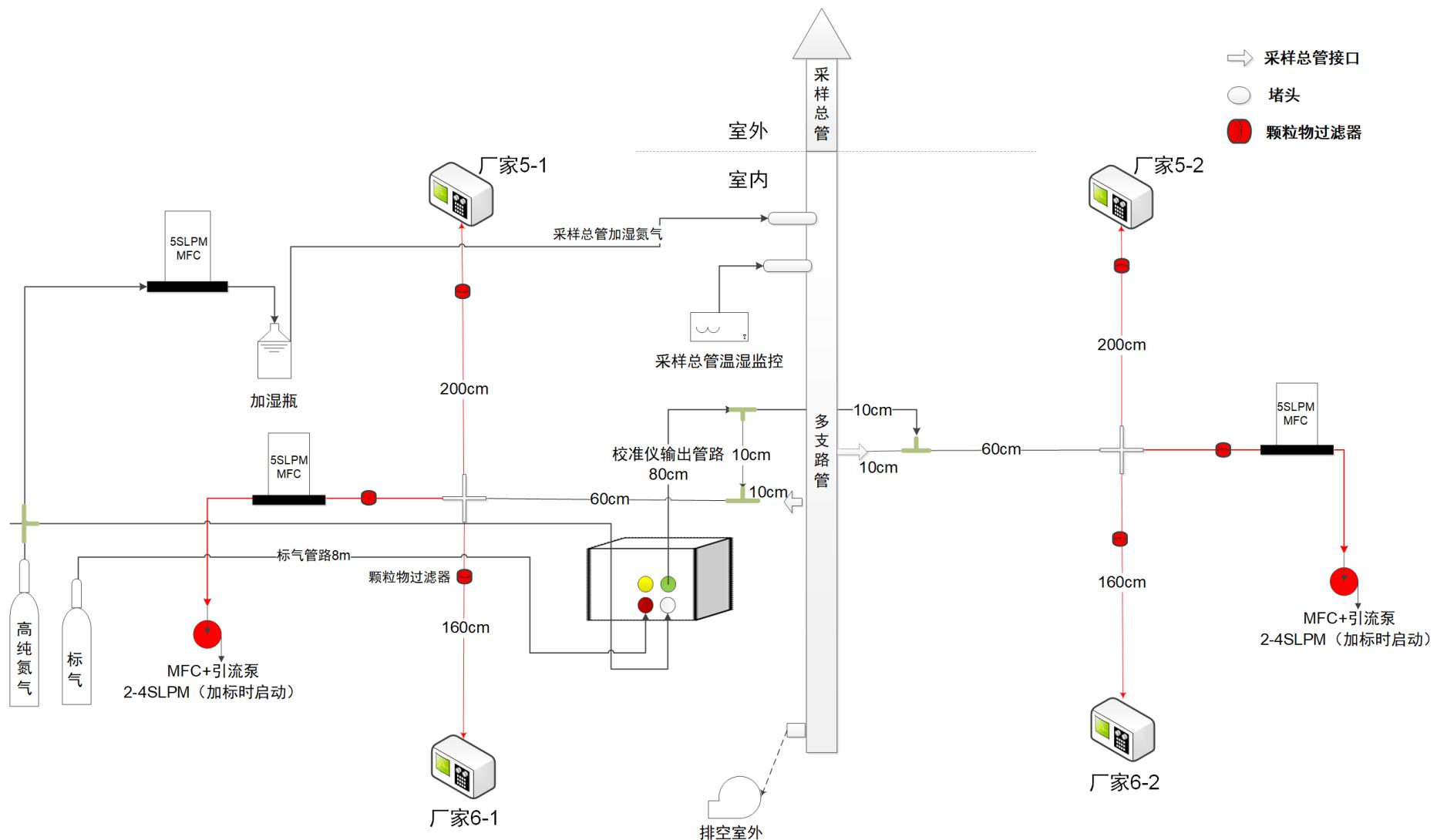


图 5 环境样品比对测试管路布设图（以厂家 5、6 为例）

5.2 比对实验评级结果评估讨论

从测试结果来看，单一方法原理的监测系统无法准确测量所有物种，实验结果整体如下：

针对气相色谱质谱联用法自动监测系统，结合本次综合评级结果与国家光化学网质控检查结果、业内专家意见等，本标准最终将 66 种挥发性有机物纳入目标化合物清单。本次比对实验通过分析“每日单浓度点核查、环境样品实时加标回收、环境样品小时浓度比对”三个指标的测试结果，按照 4.1.1 所述的方法对参与分析的所有自动监测系统结果进行等级评估，目标 116 种挥发性有机物中有 73 种能够达到 B 级别以上。考虑到目前国家光化学网实际运行状况，编制组将近三年来国家光化学网自动监测系统检查结果纳入分析，将近三年实际检查结果较差的 5 个物种筛出，最终确定 68 个物种评级结果为 B 级别以上，因此，初定本标准的目标物清单为 68 种。

在本标准征求意见稿的技术审查会上，专家一致建议将评级为 B 的氟利昂-113 与氟利昂-114 移出目标物清单。编制组经讨论采纳了该建议，主要原因在于缺乏数据证据证明二者在环境样品中的监测准确性。因此，本标准最终确定的目标物清单包含 66 种挥发性有机物。编制组特别考虑到 ODS 物质涉及《蒙特利尔议定书》履约问题，其环境样品监测数据的准确性至关重要。本次比对测试显示，氟利昂-113 与氟利昂-114 在环境样品监测中浓度普遍低于 0.1 nmol/mol。虽然二者评级为 B，但是结果仅能证明可以测准标气样品，无法有效评估其在环境样品中的准确测量能力。基于此，编制组最终决定将二者移出目标物清单。

编制组对本次最终评级结果进行合理性分析：①对于评级为 A 和 B 且环境样品浓度高的物种，各监测系统间平行性好，结果可靠；②评级为 C 且环境样品浓度较高的物种，各监测系统间浓度差异大，并且其日核查和加标回收等结果均较差，故认为现有自动监测系统无法对其准确测量；③对于除甲醛外的 12 种目标醛酮类化合物，乙醛、丙酮、丁烯醛、苯甲醛、间甲基苯甲醛、己醛等 6 个物种综合评级结果为 D 级别，其余醛酮综合评级结果为 C：a）、从环境样品浓度的角度上，各厂家的监测系统对于醛酮的检出浓度水平不一致且趋势也不一致；b）、从本次比对实验的加标回收与日核查结果上来看，各厂家监测系统的加标回收率波动范围大且远超 80%~120% 的目标范围，其日核查相对误差结果不稳定且远超 ±20% 的目标范围；c）、本次比对还引入手工参比方法，气相色谱质谱联用法自动监测系统的醛酮数据与参比方法不具备可比性。故不建议采用气相色谱质谱联用法自动监测系统监测环境空气中的醛酮类化合物。

综合以上合理性分析结果，编制组认为本次最终综合评级结果合理可靠、具有一定可信度。故本标准将 66 个物种纳入气相色谱质谱联用法自动监测系统的目标物清单内。

针对液相色谱法自动监测系统，目标 13 种醛酮类化合物综合评级结果有 11 种能够达到 B 级别以上。仅有两个目标醛酮类化合物评级结果为 C 级别，分别为丙烯醛与丁酮。此外，本次比对实验还进行了液相色谱法的自动监测系统与手工参比方法的比对，从环境样品比对、标气样品比对以及加标回收结果三个维度验证了液相色谱法自动监测系统与参比方法的可比性，其数据具有一定可信度，液相色谱法自动监测系统可以准确测量 11 种醛酮化合物，考虑到目前国内仅有一家厂商生产了液相色谱法自动监测系统，因此不将其纳入本次标准的制定范围。

5.2.1 气相色谱质谱联用法自动监测系统

5.2.1.1 评级结果

此次比对实验，将加标回收、单浓度点核查结果以及环境样品平行性的结果综合考量评级，气相色谱质谱联用法自动监测系统的评级结果具体如表 18 所示。目标 116 种挥发性有机物中有 73 种能够达到 B 级别

以上，其中，评级为 A 的有 6 个物种，包括乙烯、丙烯、丙烷、乙炔、三氯乙烯、氯苯等；评级为 B 的有 67 个物种，包括乙烷、异丁烷、异戊二烯、氟利昂-113 等；评级为 C 的有 38 个，包括 1-丁烯、环戊烷、氟利昂-11 等；评级为 D 的有 5 个物种，包括乙醛、丙酮、氟利昂-12、异丙醇、乙酸乙烯酯。本次比对结果中，气相色谱质谱联用法自动监测系统对 12 种醛酮（不含甲醛）的综合评级均为 C 级及以下。

同时，编制组统计分析了 2021 年-2023 年期间国家光化学监测网盲样质控检查结果，发现部分物种检查结果整体较差，详情见图 6、图 7、图 8。因此，编制组结合实际应用情况考虑，将检查结果较差的 5 个物种由 B 降为 C 级，因此，最终综合评级结果为 B 级及以上的为 68 种，初步纳入目标清单的为 68 种。编制组根据标准征求意见稿技术审查会的专家意见将评级为 B 的氟利昂-113 与氟利昂-114 移出目标物清单，最终纳入目标物清单的为 66 种。（注：气相色谱质谱联用法自动监测系统中，2,3-二甲基丁烷与 2-甲基戊烷共峰，比对实验所涉及的数据均为 2,3-二甲基丁烷与 2-甲基戊烷之和，物种名称以“2,3-二甲基丁烷”或“2,3-二甲基丁烷/2-甲基戊烷”报。）。

表 18 气相色谱质谱联用法自动监测系统评级结果

名称	类别	比对实验评级结果	光化网检查结果 调整后评级	是否纳入目 标物种	比对期间环境样品 平均浓度 (nmol/mol)
乙烯	PAMS	A	A	是	1.447
乙炔	PAMS	A	A	是	1.460
乙烷	PAMS	B	B	是	3.410
丙烯	PAMS	A	A	是	0.250
丙烷	PAMS	A	A	是	2.144
异丁烷	PAMS	B	B	是	0.729
1-丁烯	PAMS	C	C	否	0.173
正丁烷	PAMS	B	B	是	1.295
顺-2-丁烯	PAMS	C	C	否	0.007
反-2-丁烯	PAMS	C	C	否	0.016
异戊烷	PAMS	B	B	是	0.737
1-戊烯	PAMS	C	C	否	0.014
正戊烷	PAMS	B	B	是	0.436
反-2-戊烯	PAMS	C	C	否	0.005
异戊二烯	PAMS	B	B	是	0.187
顺-2-戊烯	PAMS	C	C	否	0.005
2,2-二甲基丁烷	PAMS	C	C	否	0.025
环戊烷	PAMS	C	C	否	0.050
2,3-二甲基丁烷	PAMS	C	C	否	0.147
3-甲基戊烷	PAMS	B	B	是	0.088
1-己烯	PAMS	C	C	否	0.011
正己烷	PAMS	B	B	是	0.195
2,4-二甲基戊烷	PAMS	B	B	是	0.022
甲基环戊烷	PAMS	B	B	是	0.062
苯	PAMS	B	B	是	0.378
环己烷	PAMS	B	B	是	0.034
2-甲基己烷	PAMS	B	B	是	0.019
2,3-二甲基戊烷	PAMS	B	B	是	0.010
3-甲基己烷	PAMS	B	B	是	0.033
2,2,4-三甲基戊烷	PAMS	B	B	是	0.021

名称	类别	比对实验评级结果	光化网检查结果 调整后评级	是否纳入目标物种	比对期间环境样品 平均浓度 (nmol/mol)
正庚烷	PAMS	B	B	是	0.053
甲基环己烷	PAMS	B	B	是	0.027
2,3,4-三甲基戊烷	PAMS	B	B	是	0.010
2-甲基庚烷	PAMS	B	B	是	0.012
甲苯	PAMS	B	B	是	0.346
3-甲基庚烷	PAMS	B	B	是	0.009
正辛烷	PAMS	B	B	是	0.034
乙苯	PAMS	B	B	是	0.077
间/对-二甲苯	PAMS	B	B	是	0.190
正壬烷	PAMS	B	B	是	0.024
苯乙烯	PAMS	C	C	否	0.026
邻-二甲苯	PAMS	B	B	是	0.078
异丙苯	PAMS	B	B	是	0.011
正丙苯	PAMS	B	B	是	0.015
邻-乙基甲苯	PAMS	B	B	是	0.017
间-乙基甲苯	PAMS	B	B	是	0.028
1,3,5-三甲苯	PAMS	B	B	是	0.016
对-乙基甲苯	PAMS	B	B	是	0.018
正癸烷	PAMS	B	B	是	0.028
1,2,4-三甲苯	PAMS	B	B	是	0.038
1,2,3-三甲苯	PAMS	B	B	是	0.019
间-二乙苯	PAMS	C	D	否	0.012
对-二乙苯	PAMS	C	D	否	0.016
十一烷	PAMS	B	C	否	0.033
十二烷	PAMS	C	D	否	0.037
乙醛	OVOC	D	D	否	2.966
丙烯醛	OVOC	C	C	否	0.177
丙酮	OVOC	D	D	否	3.620
丙醛	OVOC	C	C	否	0.280
丁烯醛	OVOC	C	D	否	0.018
甲基丙烯醛	OVOC	C	C	否	0.159
2-丁酮	OVOC	C	C	否	0.497
正丁醛	OVOC	C	C	否	0.112
苯甲醛	OVOC	C	D	否	0.106
戊醛	OVOC	C	C	否	0.080
间甲基苯甲醛	OVOC	C	D	否	0.028
己醛	OVOC	C	D	否	0.121
氟利昂-12	TO-15	D	D	否	0.559
氯甲烷	TO-15	C	C	否	1.161
氟利昂-114	TO-15	B	B	否	0.022
氯乙烯	TO-15	C	C	否	0.022
1,3-丁二烯	TO-15	C	C	否	0.034
溴甲烷	TO-15	B	B	是	0.015
氯乙烷	TO-15	C	C	否	0.044
氟利昂-11	TO-15	C	C	否	0.375

名称	类别	比对实验评级结果	光化网检查结果 调整后评级	是否纳入目标物种	比对期间环境样品 平均浓度 (nmol/mol)
1,1-二氯乙烯	TO-15	C	C	否	0.006
氟利昂-113	TO-15	B	B	否	0.078
二硫化碳	TO-15	B	B	是	0.174
二氯甲烷	TO-15	B	B	是	1.651
异丙醇	TO-15	D	D	否	0.165
顺-1,2-二氯乙烯	TO-15	B	B	是	0.005
甲基叔丁基醚	TO-15	C	C	否	0.129
1,1-二氯乙烷	TO-15	B	B	是	0.047
乙酸乙烯酯	TO-15	D	D	否	0.003
反-1,2-二氯乙烯	TO-15	B	B	是	0.009
乙酸乙酯	TO-15	B	B	是	0.239
三氯甲烷	TO-15	B	B	是	0.118
四氢呋喃	TO-15	B	C	否	0.013
1,1,1-三氯乙烷	TO-15	B	B	是	0.005
1,2-二氯乙烷	TO-15	C	C	否	0.422
四氯化碳	TO-15	B	B	是	0.128
三氯乙烯	TO-15	A	A	是	0.023
1,2-二氯丙烷	TO-15	B	B	是	0.127
甲基丙烯酸甲酯	TO-15	B	B	是	0.018
1,4-二氧六环	TO-15	B	C	否	0.004
一溴二氯甲烷	TO-15	B	B	是	0.008
顺-1,3-二氯丙烯	TO-15	C	C	否	0.006
4-甲基-2-戊酮	TO-15	C	D	否	0.029
反-1,3-二氯丙烯	TO-15	B	B	是	0.005
1,1,2-三氯乙烷	TO-15	B	B	是	0.025
2-己酮	TO-15	C	D	否	0.012
二溴一氯甲烷	TO-15	B	B	是	0.008
四氯乙烯	TO-15	B	B	是	0.044
1,2-二溴乙烷	TO-15	B	B	是	0.010
氯苯	TO-15	A	A	是	0.024
三溴甲烷	TO-15	B	B	是	0.011
四氯乙烷	TO-15	B	B	是	0.018
1,3-二氯苯	TO-15	B	B	是	0.026
氯化苄	TO-15	C	D	否	0.014
1,4-二氯苯	TO-15	B	B	是	0.044
1,2-二氯苯	TO-15	B	B	是	0.024
1,2,4-三氯苯	TO-15	B	C	否	0.045
萘	TO-15	B	C	否	0.042
六氯-1,3-丁二烯	TO-15	C	C	否	0.038

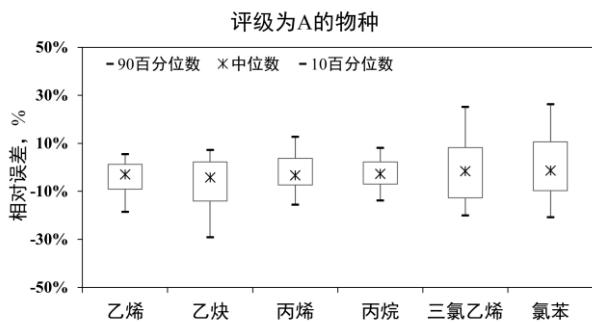


图 6 国家光化网盲样检查结果-A 物种

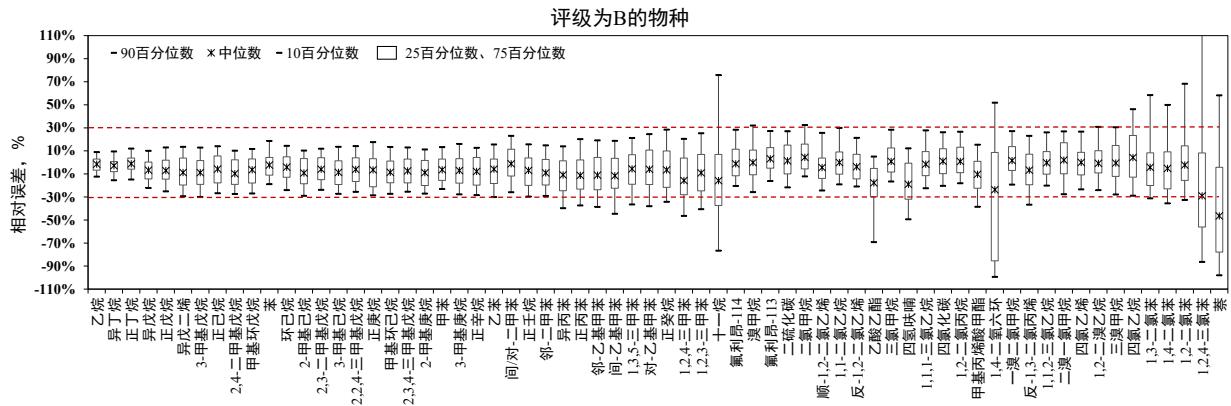


图 7 国家光化网盲样检查结果-B 物种

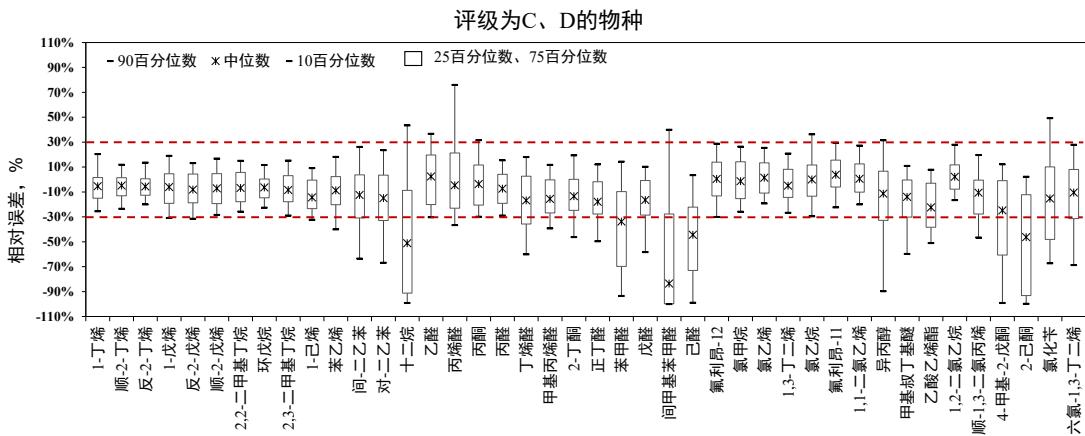


图 8 国家光化网盲样检查结果-C&D 物种

5.2.1.2 评级合理性分析

为了验证评级评估结果的合理性，编制组选取不同评级结果类别里具有一定浓度的物种从以下几个方面开展了评级结果的合理性分析（选取具有一定浓度的物种的原因为：如表 18 所示，较多物种的比对环境样品浓度长期处于极低的水平，所以加标回收时，实际等同于考验自动监测系统测量标准样品的能力；所以对于环境空气中具备一定浓度的物种来说，加标回收将考验自动监测系统测准环境样品的能力）：

(1) 评级为 A 和 B 且环境样品浓度高的物种，各监测系统间平行性好，结果可靠，印证该原理仪器能测准环境样品。从本次比对检出浓度较高的乙烯、乙炔、异丁烷、正戊烷等物种来看，各台监测系统环境样品趋势和测值均接近，平行性好，具有数据可比性，结果可靠，如图 9、图 10、图 11、图 12 所示。

(2) 评级为 C 的物种，各监测系统间浓度差异大，如苯乙烯，不同监测系统间的浓度差异可达 0.3 nmol/mol 以上。与 EPA 的 PAMS 网监测物种清单相比，EPA 必测清单中的 1-丁烯、顺-2-丁烯、反-2-丁烯、苯乙烯、乙醛，选测清单中的 1-戊烯、顺-2-戊烯、2,2-二甲基丁烷、环戊烷、2,3-二甲基丁烷、间-二乙苯、对-二乙苯、丙酮、苯甲醛、1,3-丁二烯等 11 个物种在比对实验中被评级为 C 及以下，其日核查、环境样品平行性比对、加标回收等结果均较差，故认为现有自动监测系统无法对其准确测量。以本次比对实验评级为 C 的苯乙烯为例（见图 13），各厂家之间的环境样品监测浓度虽然变化趋势一致，但浓度水平有较大差异，可靠性较差。

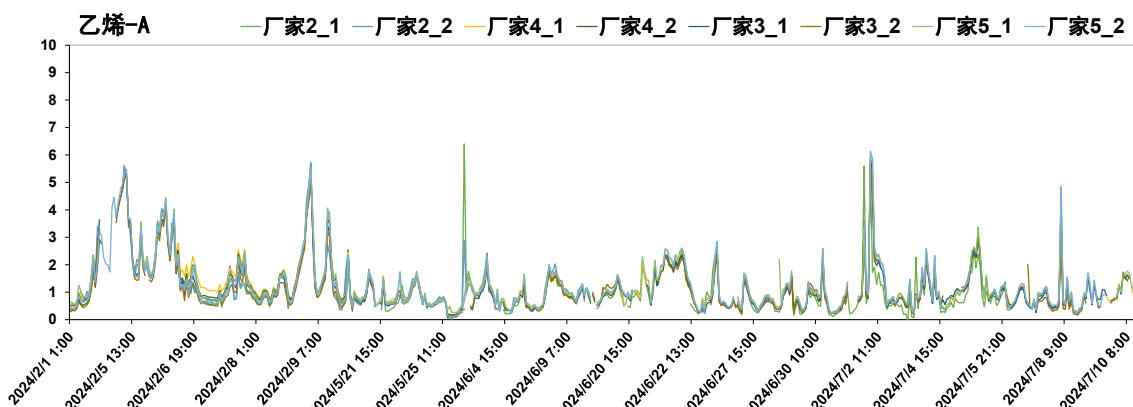


图 9 各厂家环境样品平行性比较（乙烯-A）

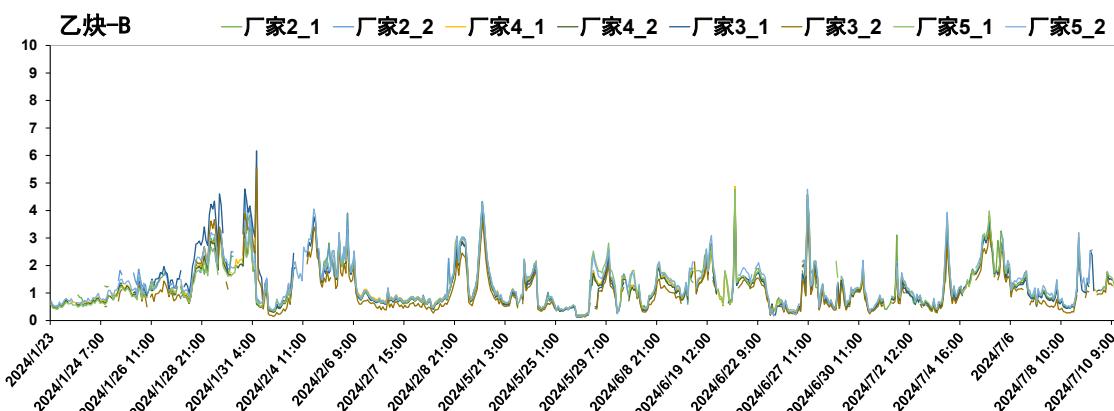


图 10 各厂家环境样品平行性比较（乙炔-B）

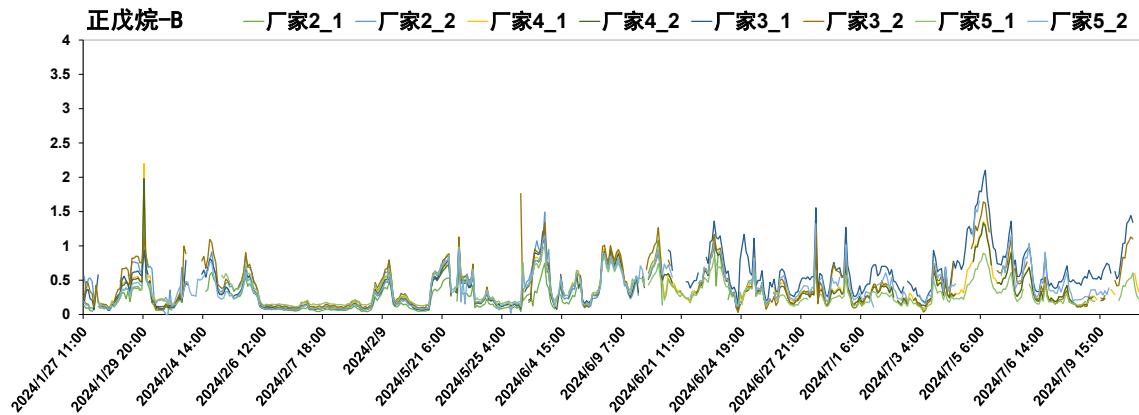


图 11 各厂家环境样品平行性比较 (正戊烷-B)

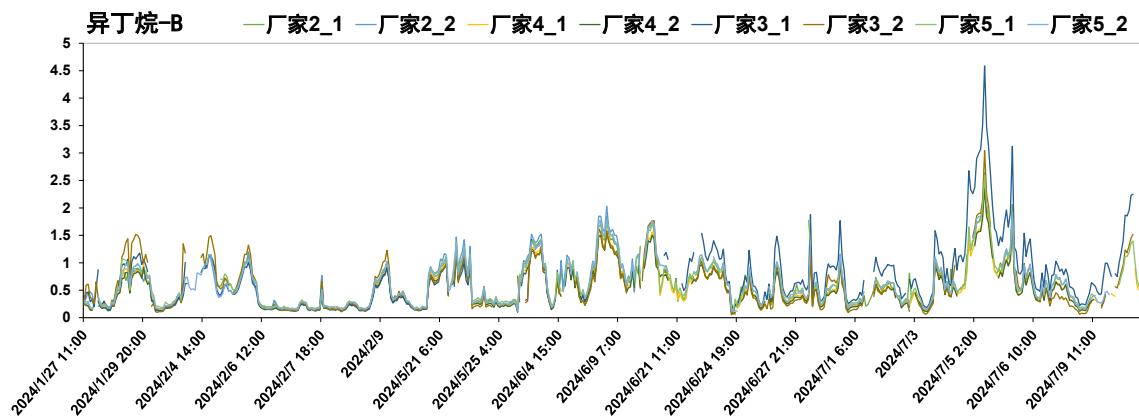


图 12 各厂家环境样品平行性比较 (异丁烷-B)

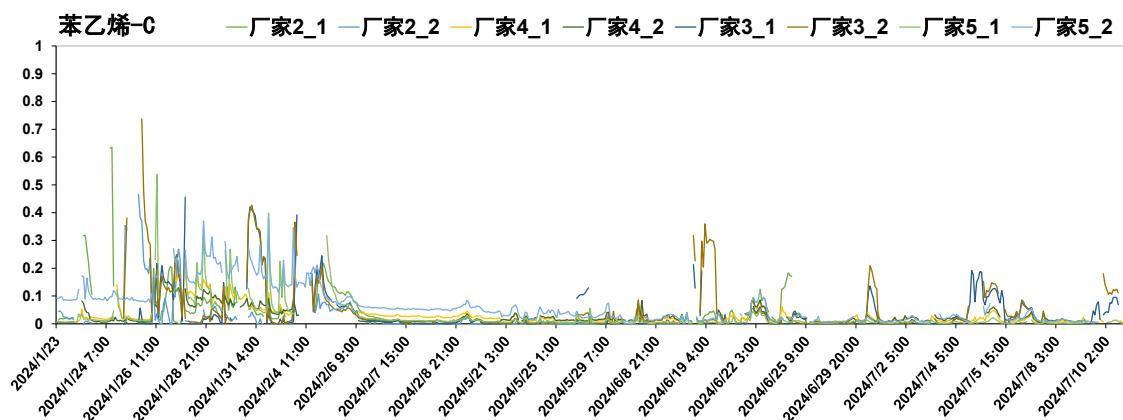


图 13 评级为 C 的物种环境样品示例 (苯乙烯-C)

5. 2. 1. 3 醛酮类化合物不纳入清单的原因

醛酮类化合物对环境和人体都有着重要的作用，因此，醛酮类化合物的监测一直备受关注。在此次征集厂家参与比对时，市面上的气相色谱质谱联用法自动监测系统反馈可以测量 116 种挥发性有机物，其中包括 12 种醛酮类化合物（不含甲醛），无厂家反馈气相色谱质谱联用法自动监测系统可以测量甲醛。因此，本次比对特别关注气相色谱质谱联用法自动监测系统是否具备准确测量 12 种醛酮类化合物的能力。

总体来看，在此次比对实验中，气相色谱质谱联用法自动监测系统对其综合评级结果极差，其中乙醛、丙酮比对评级为 D，其余 10 个物种评级为 C，结合国家光化网质控检查结果降级后，乙醛、丙酮、丁烯醛

等 6 个物种评级为 D，丙烯醛、丙酮、甲基丙烯醛等 6 个物种评级为 C。此外，本次比对还引入国际主流方法（液相色谱法）的手工参比方法。其具体结果如 5.2.2.2 中所述，气相色谱质谱联用法自动监测系统与手工参比方法数据不具有可比性。且不论是使用气相色谱质谱联用法不同厂家的各台自动监测系统，还是同一厂家下两台自动监测系统数据趋势均不同，且浓度差异非常大。故从此次比对实验结果上来看，气相色谱质谱联用法自动监测系统的醛酮类化合物数据可信度较差，环境空气中醛酮类化合物的监测不建议采用气相色谱质谱联用法，具体实验结果及分析如下：

1) 从此次比对结果来看，在本次比对实验中，12 种醛酮化合物中的乙醛、丙酮环境样品浓度较高，且从环境和健康效应上也应重点关注。实验结果显示，①从环境样品浓度的角度上，各家的自动监测系统对于这两种物质的检出浓度水平不一致且趋势也不太一致。所有气相色谱质谱联用法自动监测系统的 5 个厂家均表现不一致：即使是同一个厂家的两台相同的自动监测系统其测值差值最大可达 10 nmol/mol 以上（厂家 2 乙醛与丙酮环境样品测值差值 0 nmol/mol~40 nmol/mol；厂家 3 乙醛与丙酮环境样品测值差值 0 nmol/mol~20 nmol/mol；厂家 4 乙醛与丙酮环境样品测值差值 0 nmol/mol~10 nmol/mol；厂家 5 乙醛与丙酮环境样品测值差值 0 nmol/mol~15 nmol/mol；厂家 6 丙酮环境样品测值差值 0 nmol/mol~40 nmol/mol。注：厂家 6 监测系统乙醛无法准确定性，故数据不可参考。）；②本次与液相色谱法的手工参比方法比对中，对于这两种醛酮，发现各厂家自动监测系统与手工参比方法均不可比；③此外，从本次比对实验的加标回收与日核查结果上来看（如图 14~图 22），各厂家自动监测系统的加标回收率波动范围大且远超 80%~120% 的目标范围（各厂家乙醛和丙酮加标回收率最大可达-800%~1000%；厂家 2 乙醛与丙酮加标回收率范围-500%~1400%；厂家 3 乙醛与丙酮加标回收率范围-800%~1000%；厂家 4 乙醛与丙酮加标回收率范围-300%~380%；厂家 5 乙醛与丙酮加标回收率范围-600%~500%；厂家 6 丙酮加标回收率范围-200%~700%）；其日核查相对误差结果不稳定且远超 ±30% 的目标范围（各厂家乙醛和丙酮日质控相对误差范围可达-100%~500%；厂家 2 乙醛与丙酮日核查范围-100%~400%；厂家 3 乙醛与丙酮日核查范围 0%~500%；厂家 4 乙醛与丙酮日核查范围-5%~300%；厂家 5 乙醛与丙酮日核查范围-100%~300%；厂家 6 丙酮日核查范围-100%~500%）。故综合以上比对结果，乙醛与丙酮这两个物种综合评级为 D 的评级结果合理，气相色谱质谱联用法自动监测系统无法准确评估乙醛与丙酮的环境样品水平，无论是不同品牌还是同一品牌，数据均无可比性。对于 12 种醛酮除乙醛、丙酮外的其他醛酮物种，此次比对期间环境样品浓度极低，厂家综合评级结果均为 C 级别以下，表示气相色谱质谱联用法自动监测系统测不准标气样品，各厂家自动监测系统对醛酮化合物的测量结果不确定度很大。

2) 从近三年来国家光化网的质控检查结果来看，醛酮类化合物的检查结果整体较差（如 5.2.1.1 所述），其盲样核查的结果显示，不论是 10 百分位数和 90 百分位数、还是 25 百分位数和 75 百分位数，均偏差极大（结果相对偏差范围在-100%~130%）。

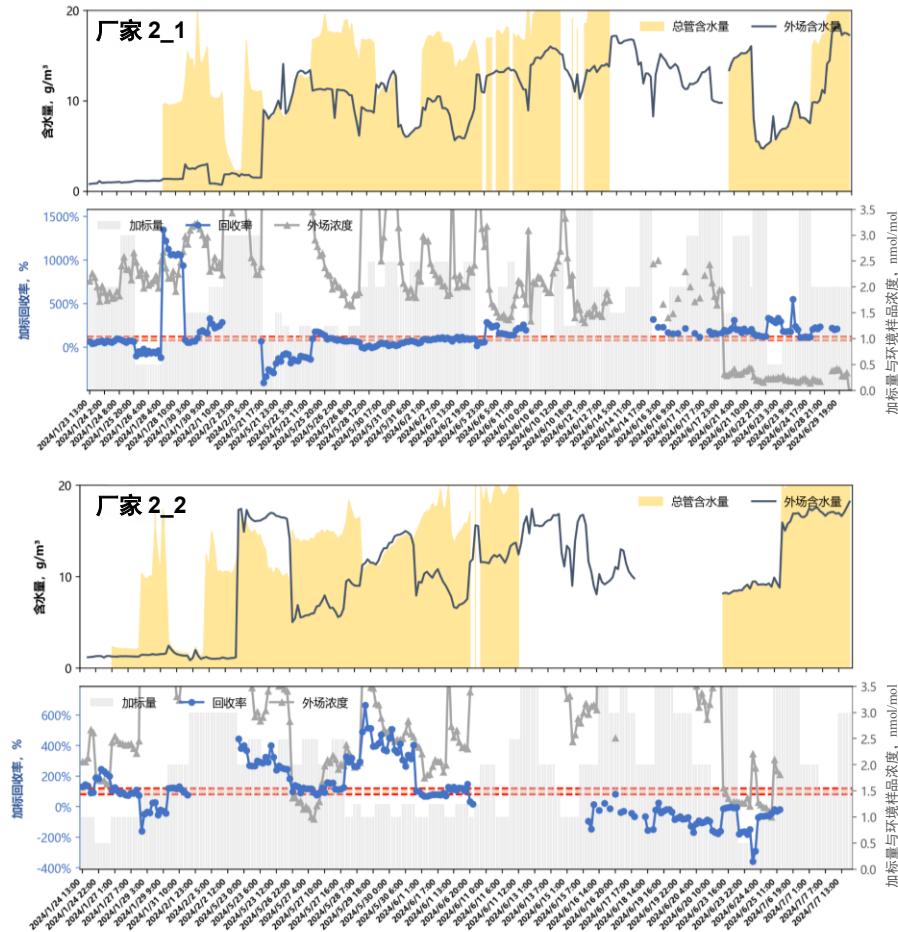
3) 从方法研究报告中采样装置相关章节（6.4.2.1 章节）和校准单元相关章节（6.4.2.3 章节）相关比对测试来看也说明醛酮类化合物的测值不稳定：①从采样装置部分相关实验来看，不同管路材质与管路伴热条件下，醛酮类化合物的测值差异很大，尤其是在低浓度的条件下。说明其测值不稳定；②从校准单元部分相关实验来看，在不同校准源以及配气的条件下，其测值与目标值的相对偏差普遍也很大。因此，气相色谱质谱联用法自动监测系统并不适用于环境空气中醛酮类化合物的监测。

综上所述，不论是本次比对实验各厂家的日核查、加标回收、环境样品等结果，还是从国家光化学网近三年的单点质控检查结果，均反映出气相色谱质谱联用法以目前的技术水平无法准确测量醛酮类化合物，特别是在此次比对过程中发现环境样品浓度较高的乙醛与丙酮，无论是不同品牌还是同一品牌，数据均无

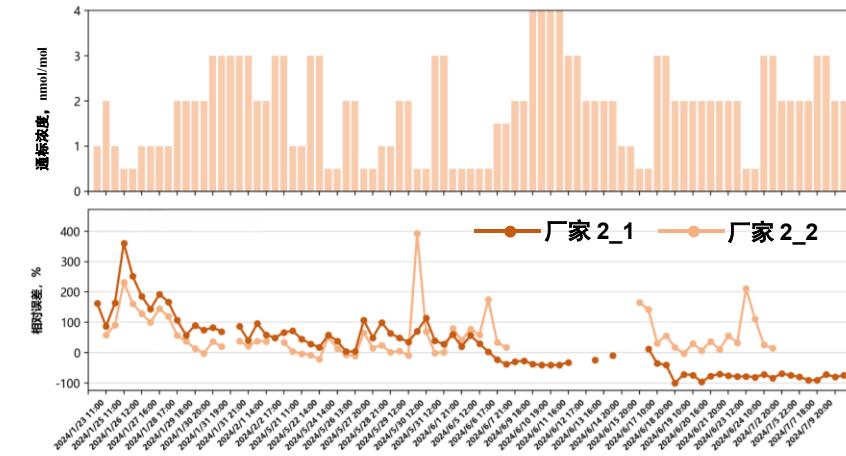
可比性。因此，对于环境空气醛酮类化合物的监测，在本标准中不推荐采用气相色谱质谱联用法自动监测系统进行监测。

乙醛

加标回收



日核查



环境样品

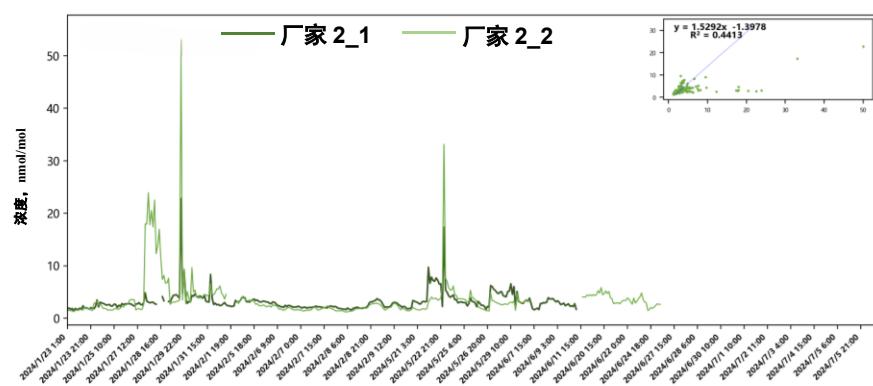
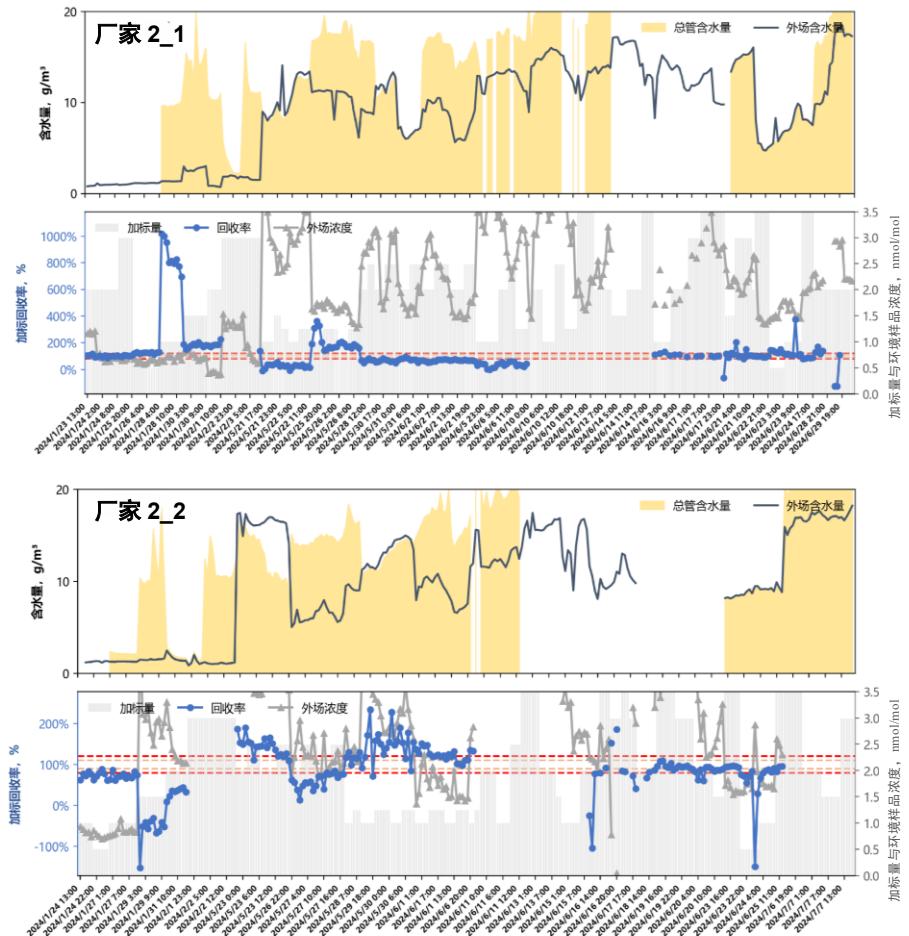


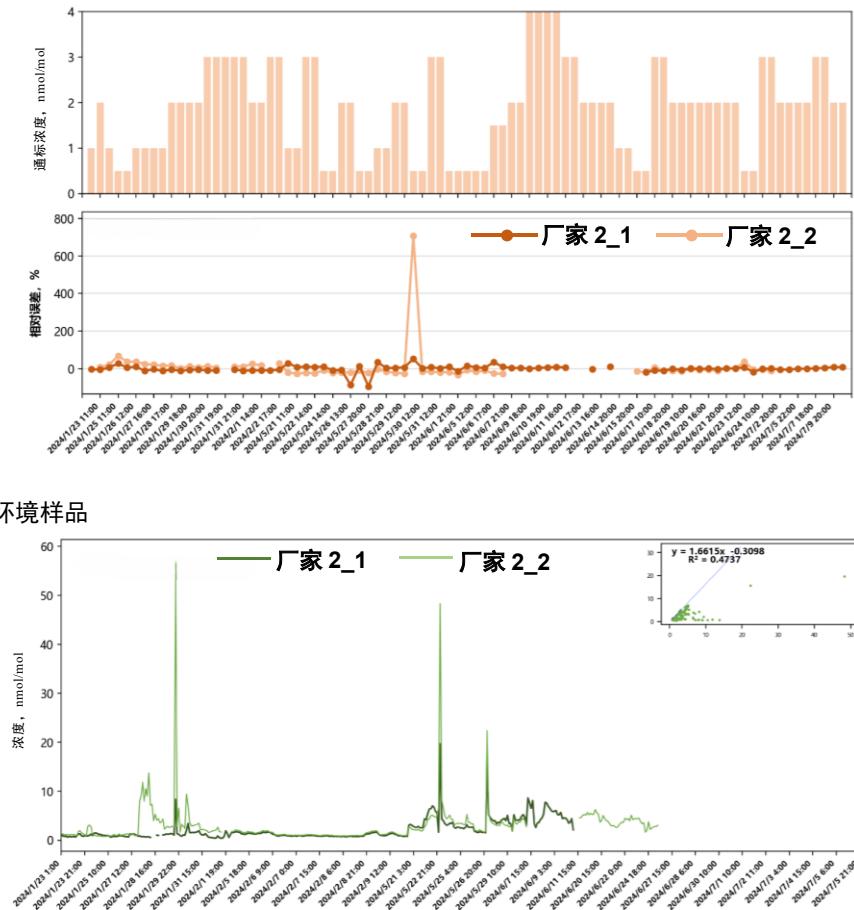
图 14 乙醛加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 2）

丙酮

加标回收



日核查



环境样品

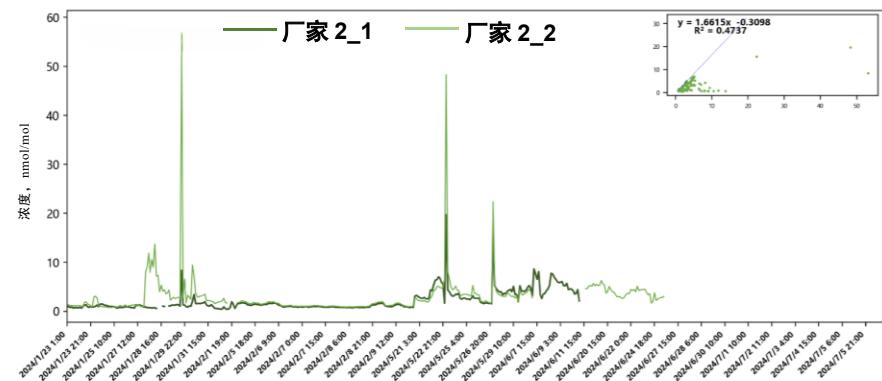


图 15 丙酮加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 2）

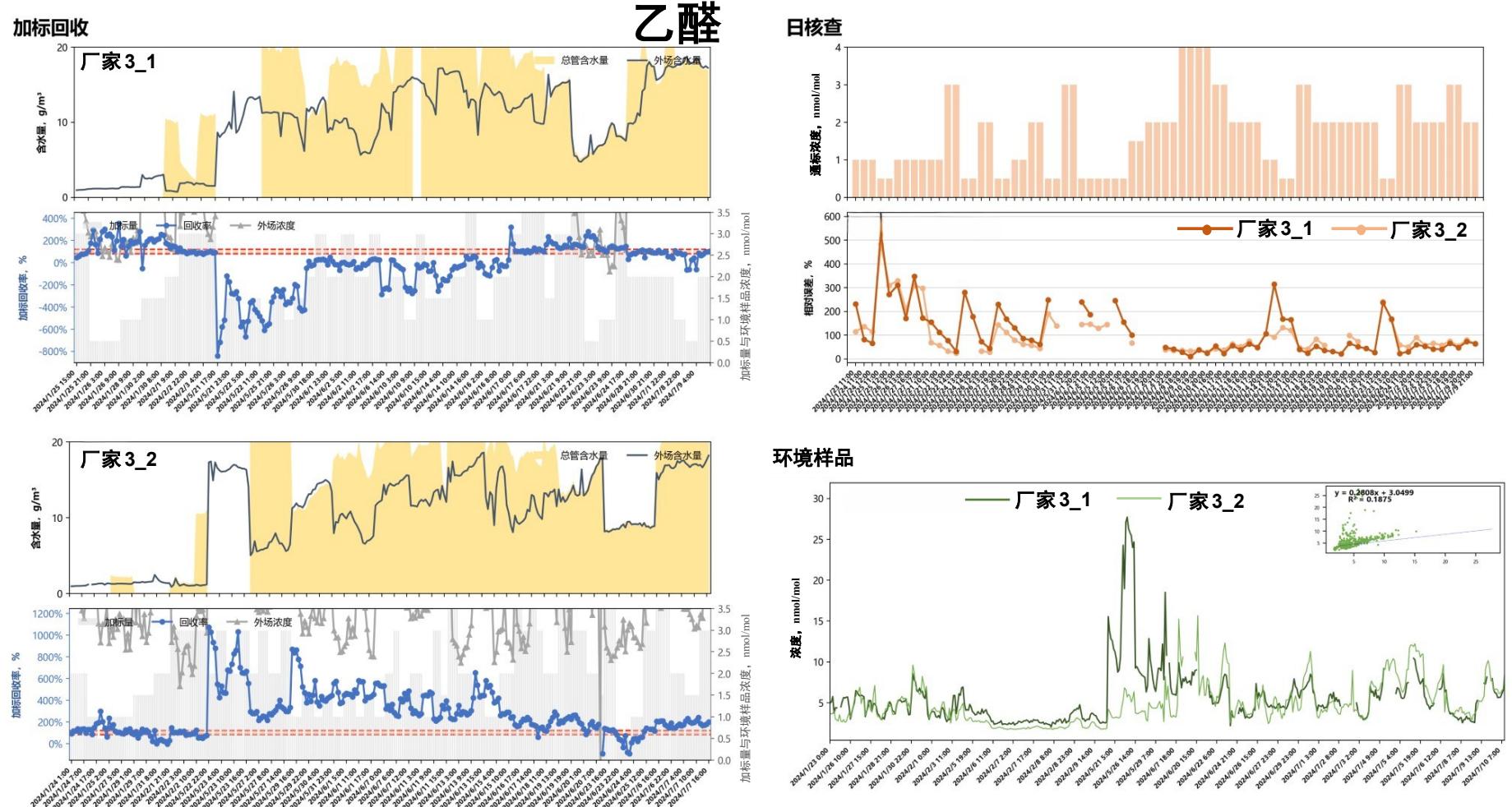
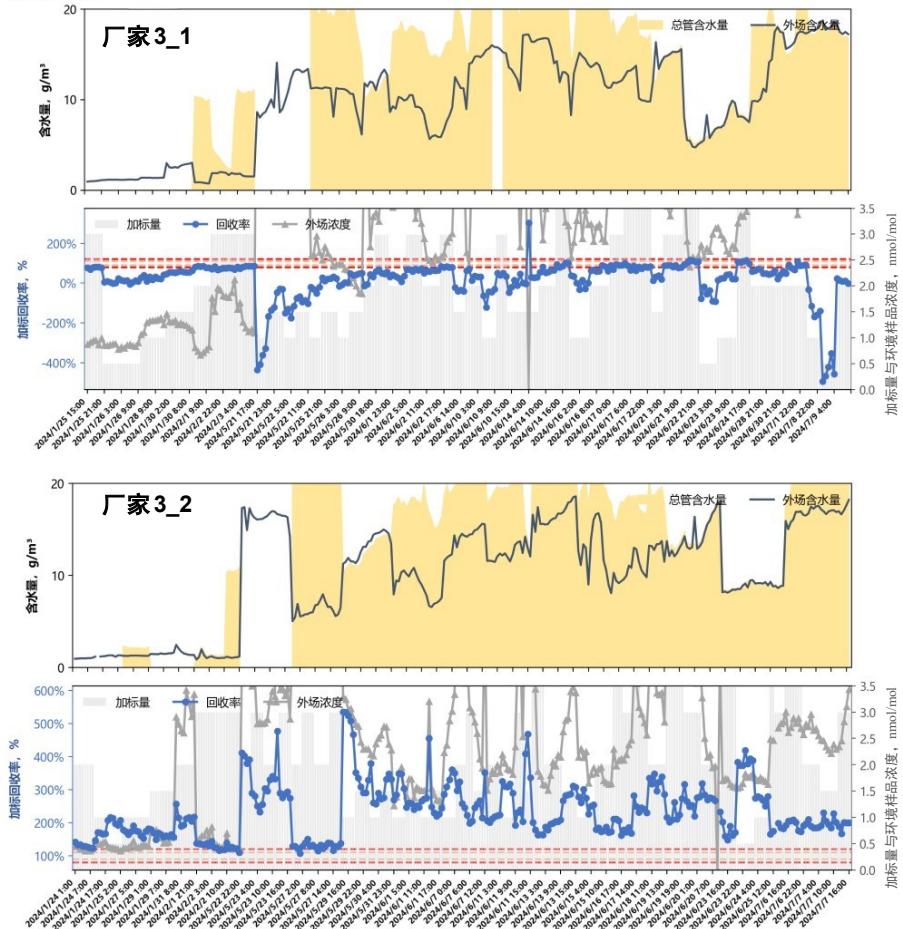


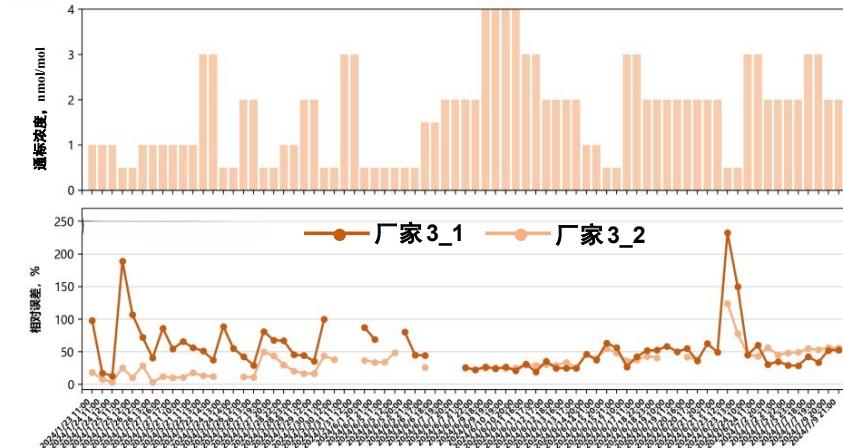
图 16 乙醛加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 3）

丙酮

加标回收



日核查



环境样品

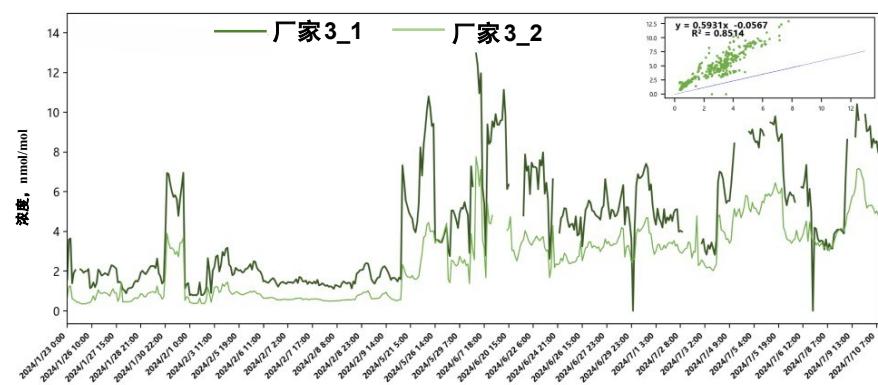


图 17 丙酮加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 3）

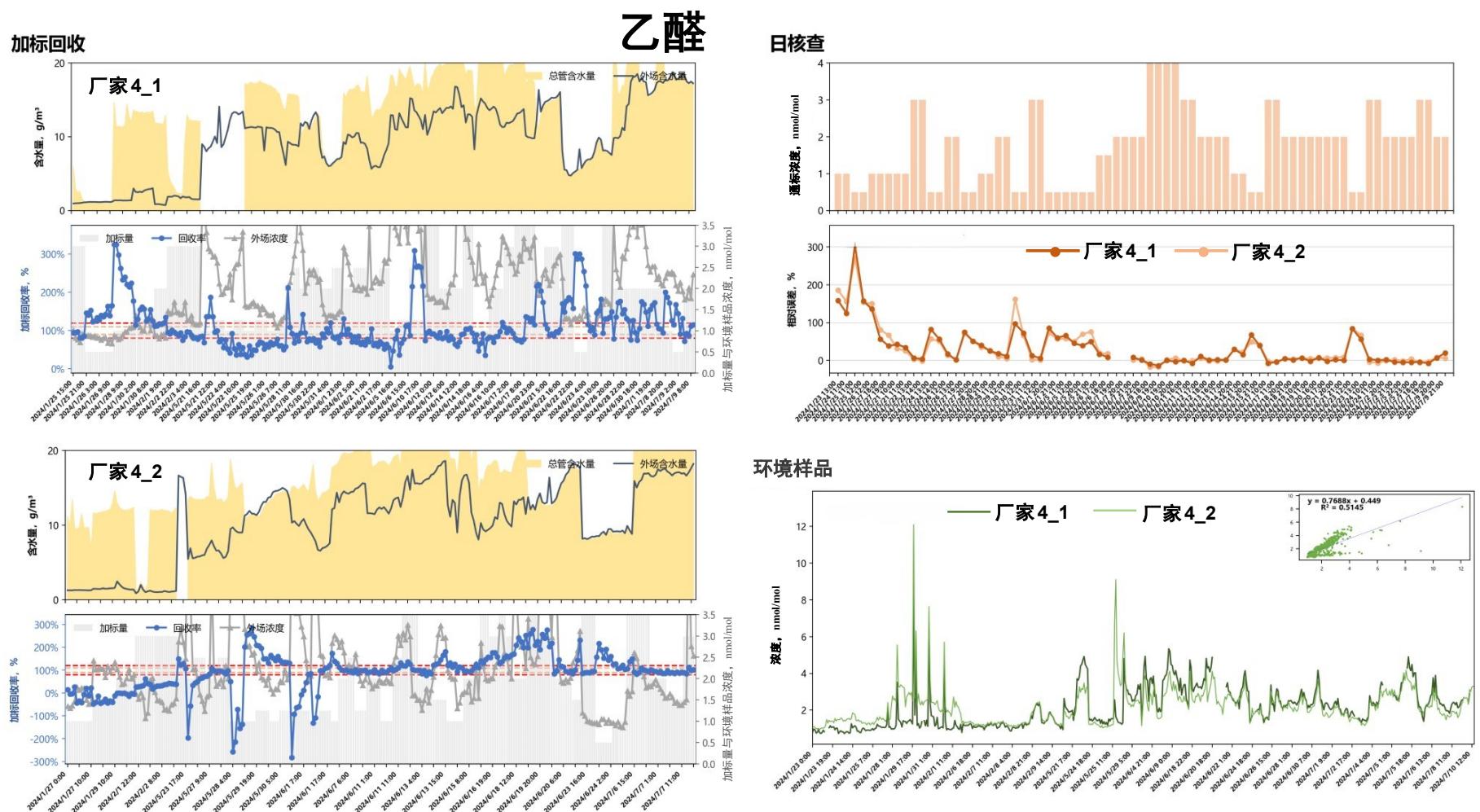
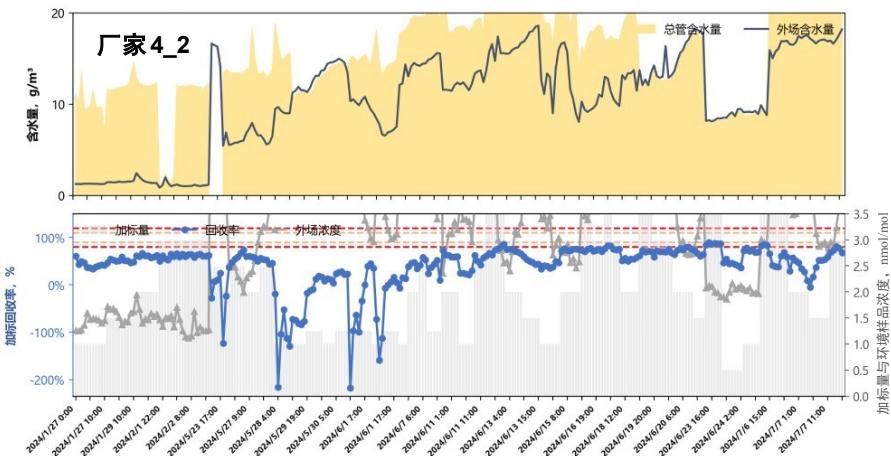
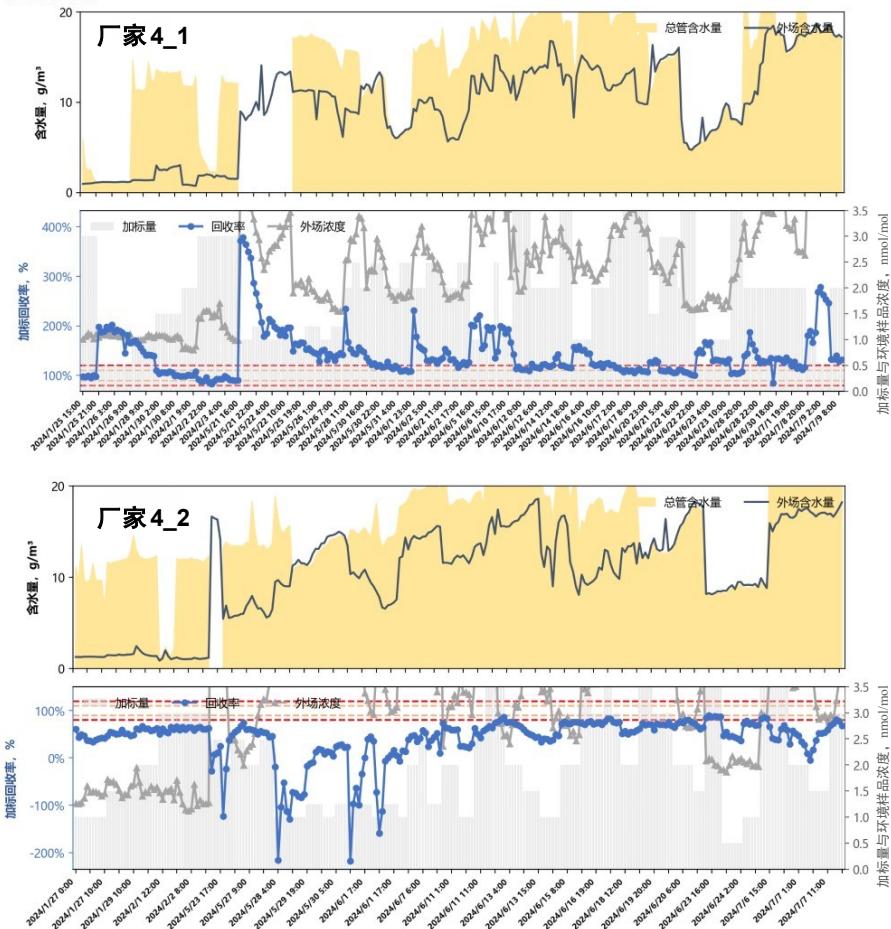


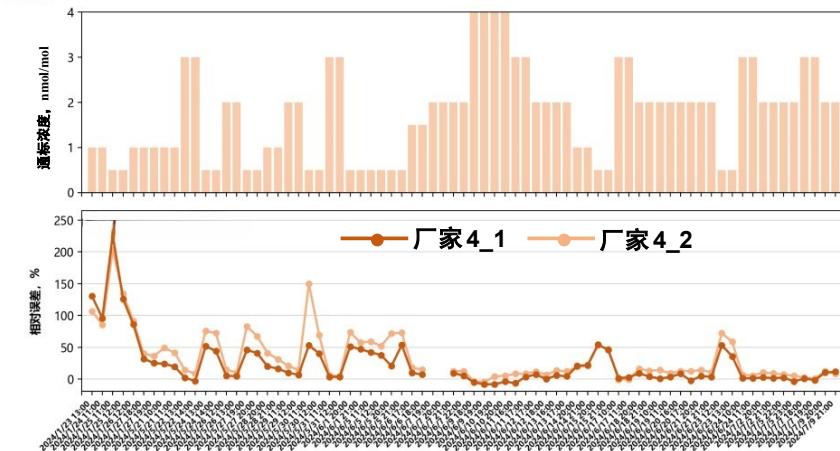
图 18 乙醛加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 4）

丙酮

加标回收



日核查



环境样品

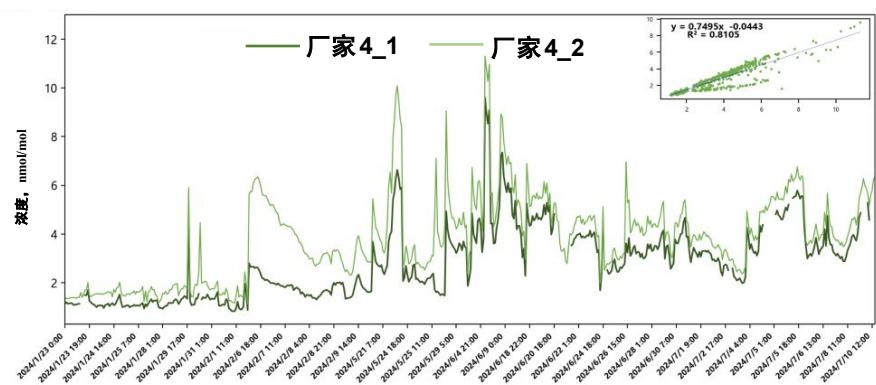
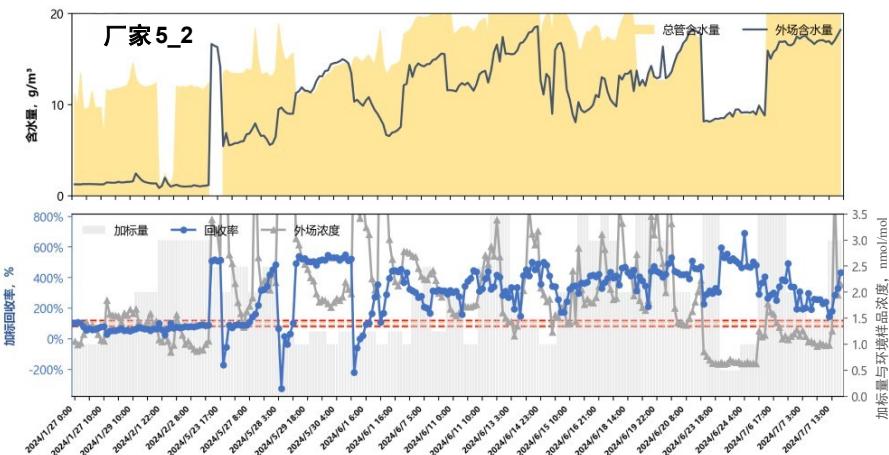
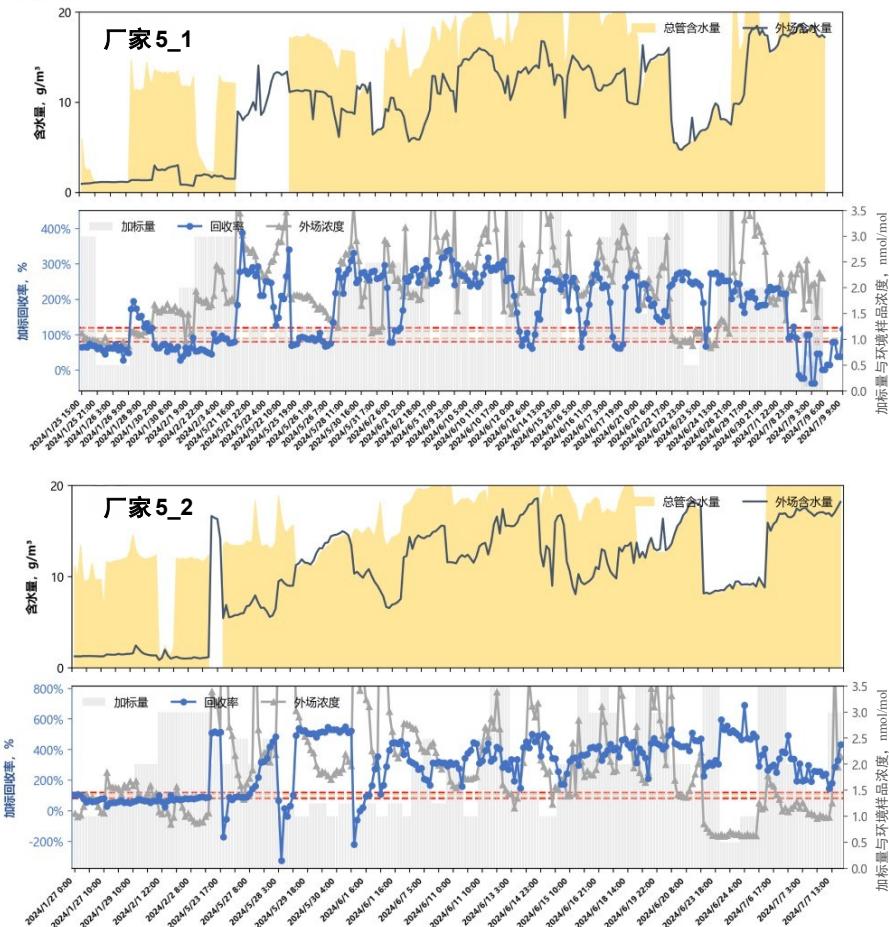


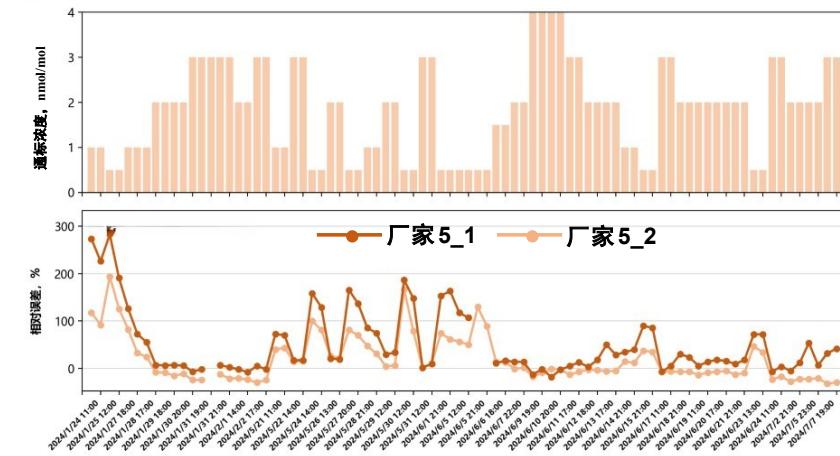
图 19 丙酮加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 4）

乙醛

加标回收



日核查



环境样品

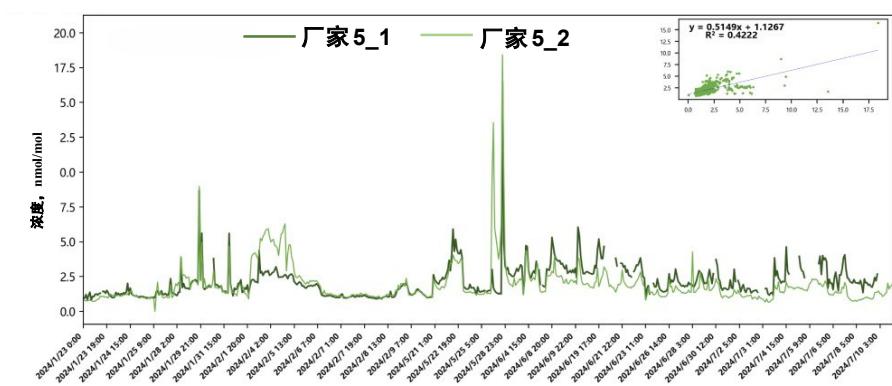
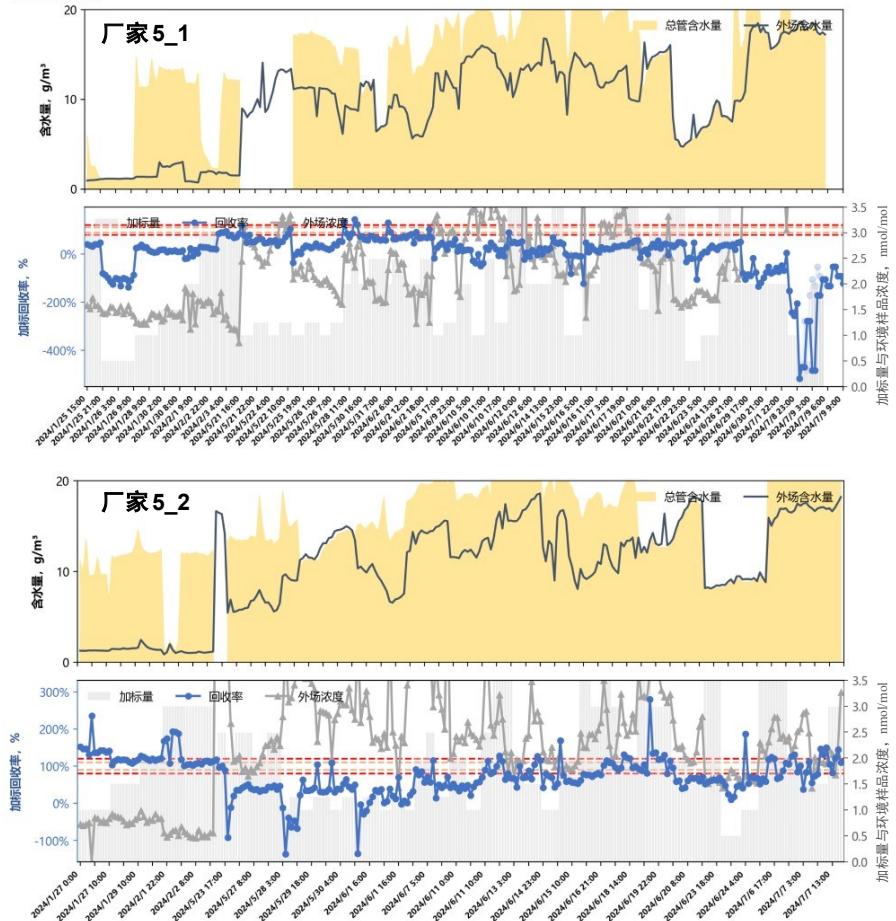


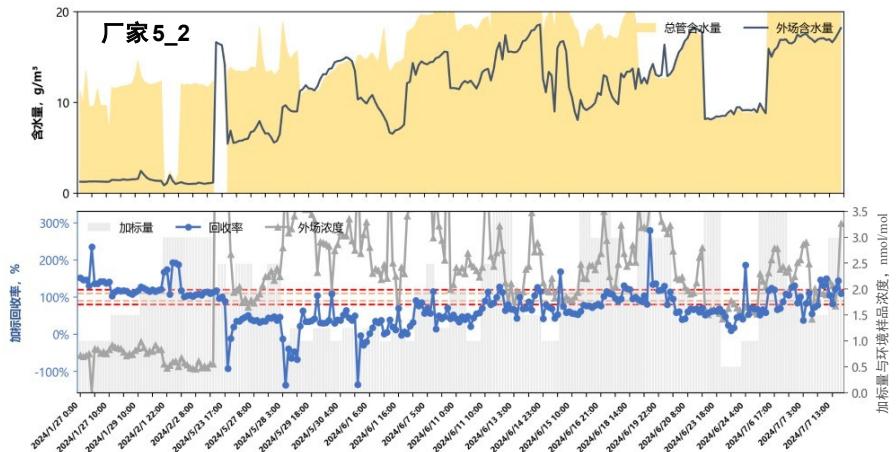
图 20 乙醛加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 5）

丙酮

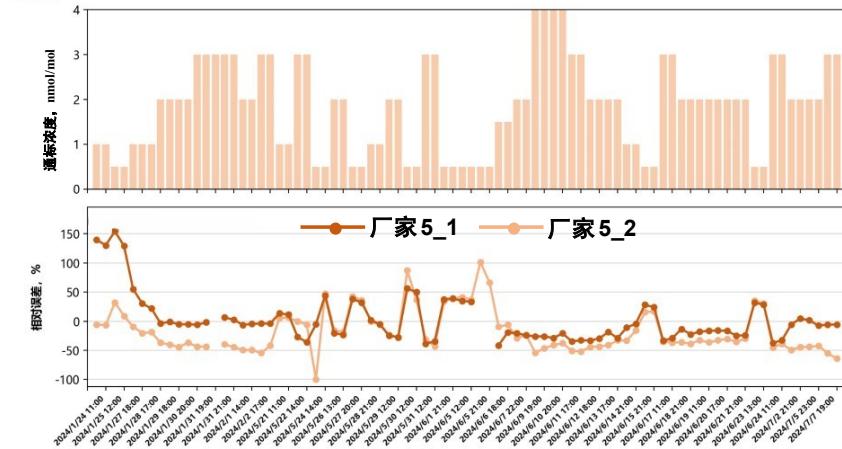
加标回收



厂家 5_2



日核查



环境样品

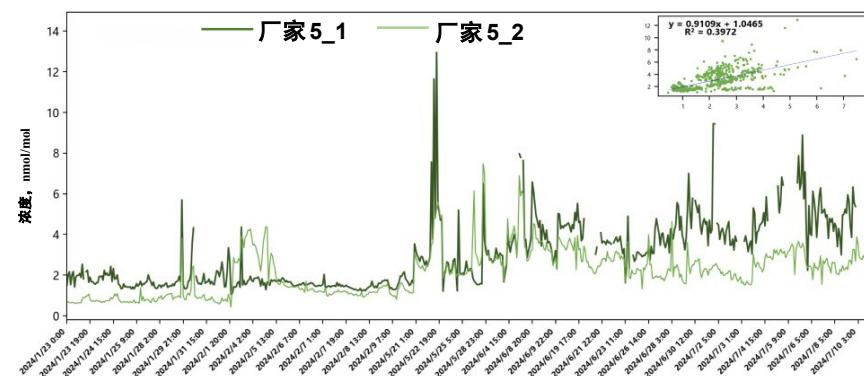


图 21 丙酮加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 5）

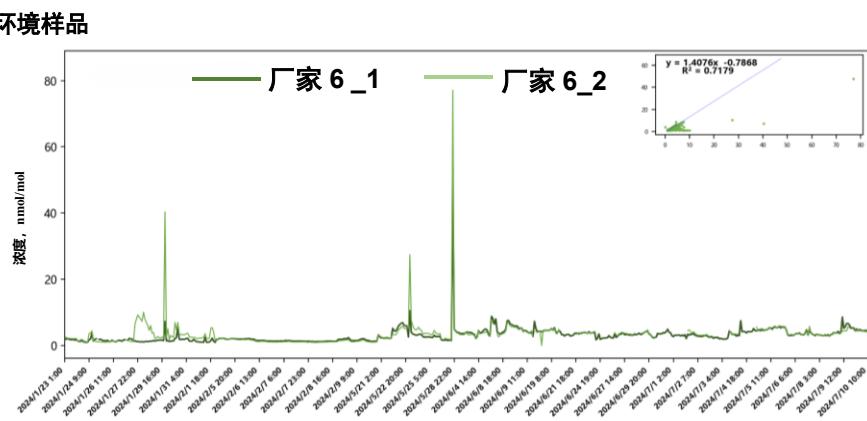
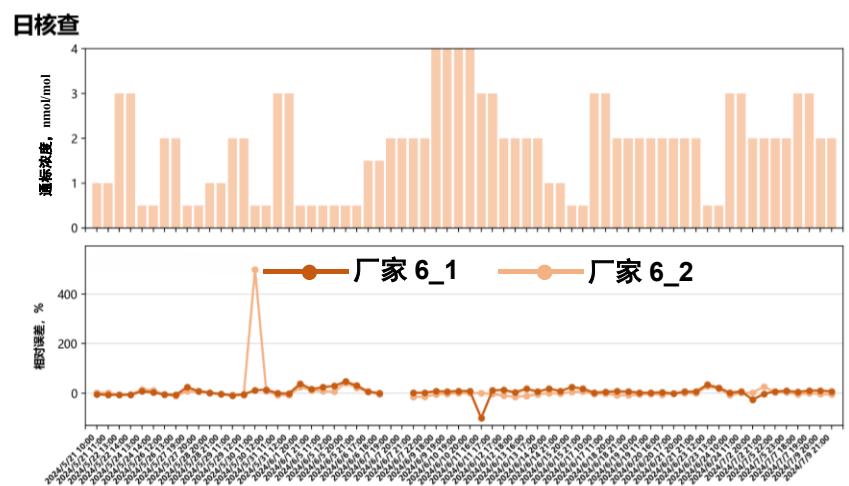
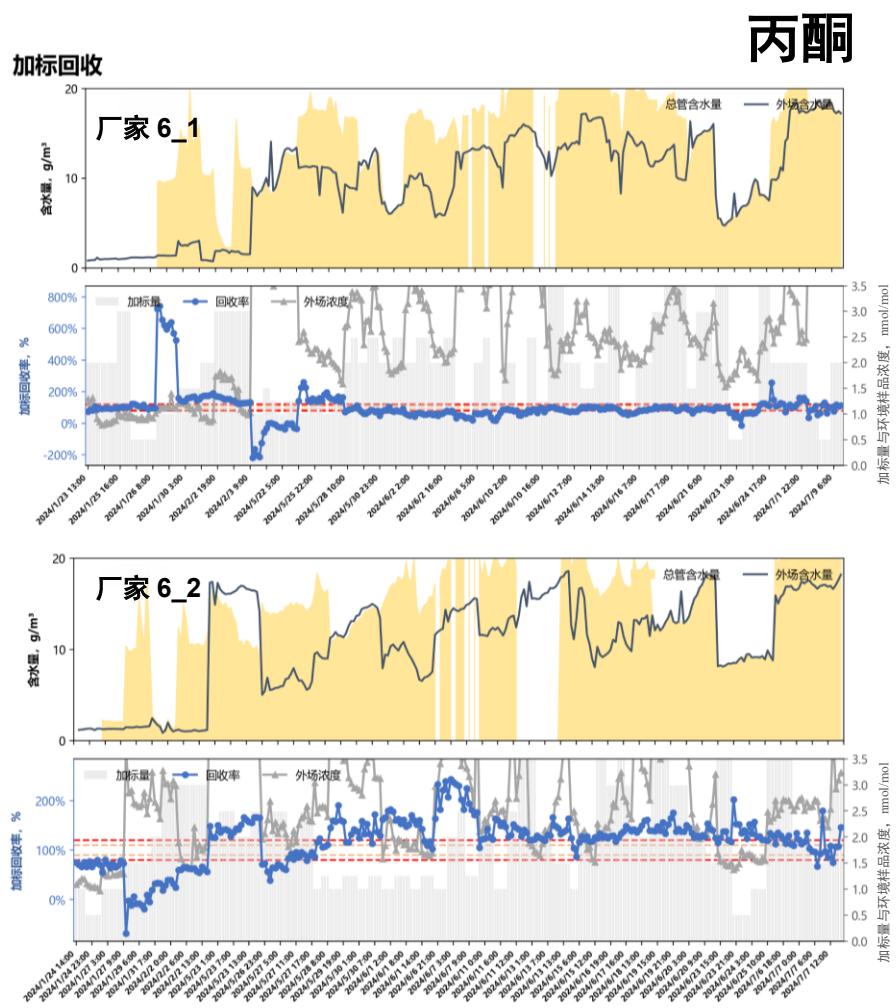


图 22 丙酮加标回收、日核查、环境样品平行性结果（厂家 6）

5.2.1.4 烯烃类化合物不纳入清单的原因

尽管顺/反-2-丁烯、1-丁烯、顺/反-2-戊烯等烯烃类化合物对 O_3 生成的贡献相对较大且关注度高，但本次比对实验评级结果显示，除了乙烯、丙烯、异戊二烯外，其余烯烃评级均为 C 及以下。经充分论证评估，编制组认为评级为 C 的物种并不具备可靠的定性和半定量监测能力，故不应纳入本标准目标化合物清单。

根据国家光化学网 2021 年~2023 年监测数据，清单外的烯烃类化合物中，除 1-丁烯与 1,3-丁二烯连续三年的环境浓度 90 百分位数大于 0.1 nmol/mol 外，其余清单外烯烃浓度长期低于 0.1 nmol/mol （接近或低于检测限）。从此次现场比对结果来看，首先，环境样品监测浓度结果与光化学网相似，1-丁烯与 1,3-丁二烯浓度较高，而其他烯烃类物种浓度低；此外，环境样品浓度较高物种（如 1-丁烯、1,3-丁二烯），同一厂家两台自动监测系统间的平行性差，且不同厂家间的浓度测量值存在显著差异，表明仪器间一致性差，浓度水平不可比；对于环境样品浓度较低物种（如顺-2-丁烯、反-2-丁烯），即使偶尔出现浓度峰值，但是同厂家不同监测系统、不同厂家不同监测系统表现差异大，无可比性，具体见图 23~图 27。其次，除了本次比对过程中发现清单外烯烃类物种加标回收率差，编制组还组织在上海针对气相色谱法自动监测系统开展了加标回收专项补充测试，结果显示：加标回收率低，加标回收结果差。因此，对于评级为 C 的烯烃类化合物，在本标准中不推荐采用气相色谱法或气相色谱质谱联用法自动监测系统进行监测。

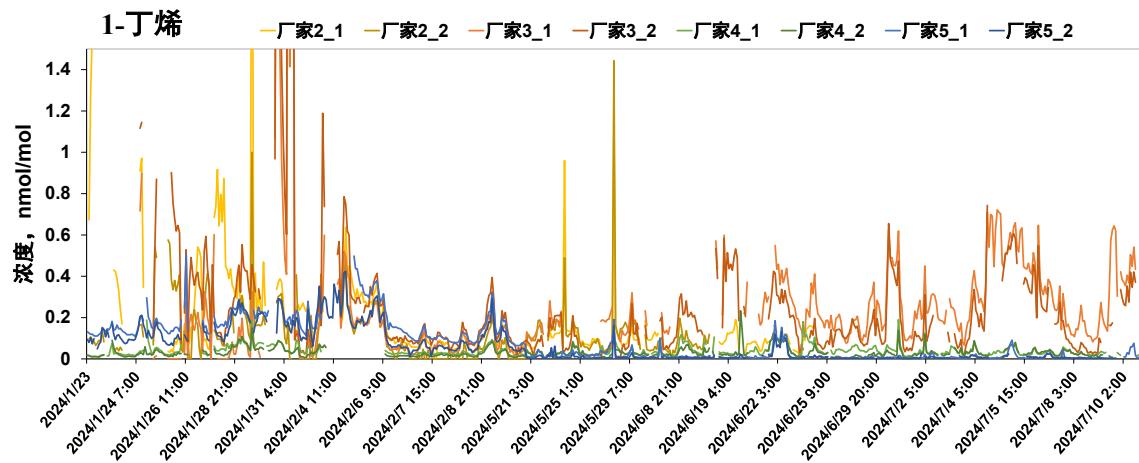


图 23 1-丁烯比对测试期间环境样品浓度趋势图

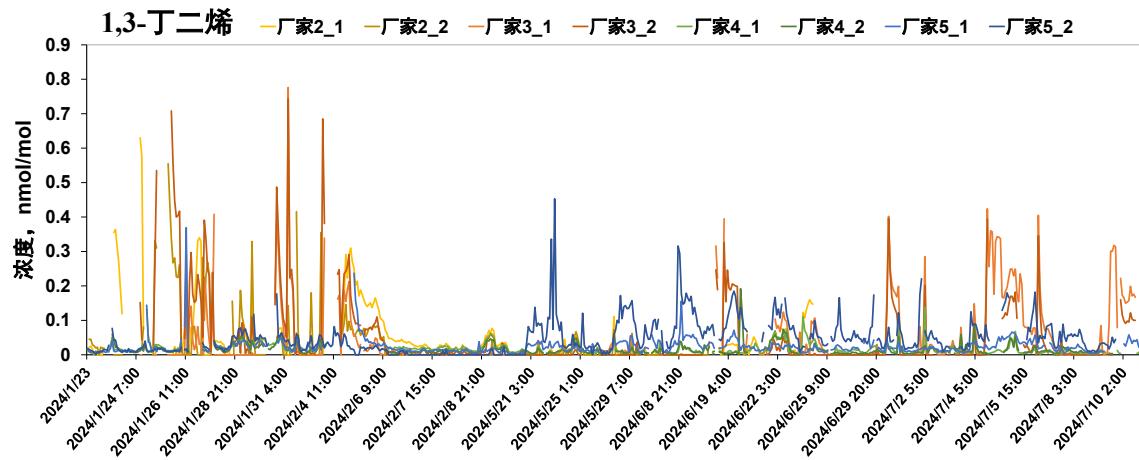


图 24 1,3-丁二烯比对测试期间环境样品浓度趋势图

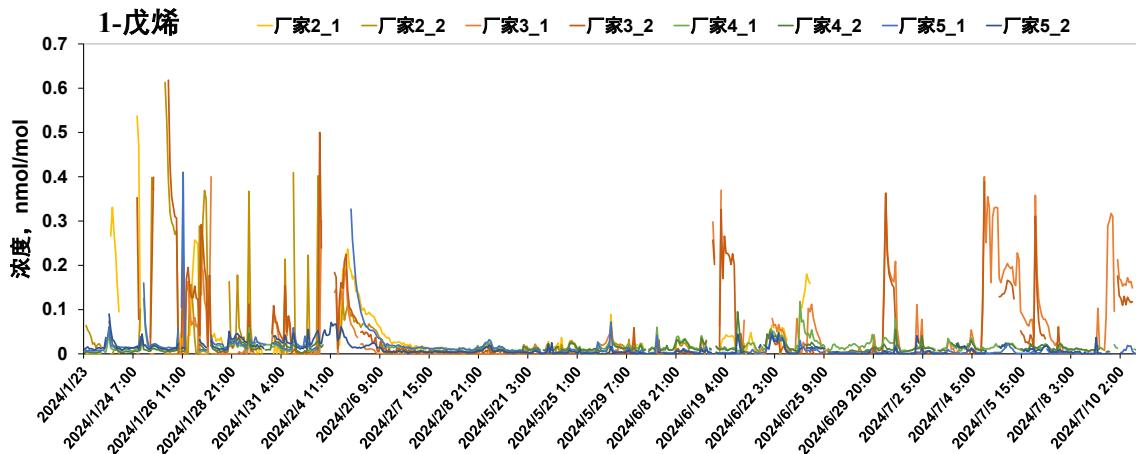


图 25 1-戊烯比对测试期间环境样品浓度趋势图

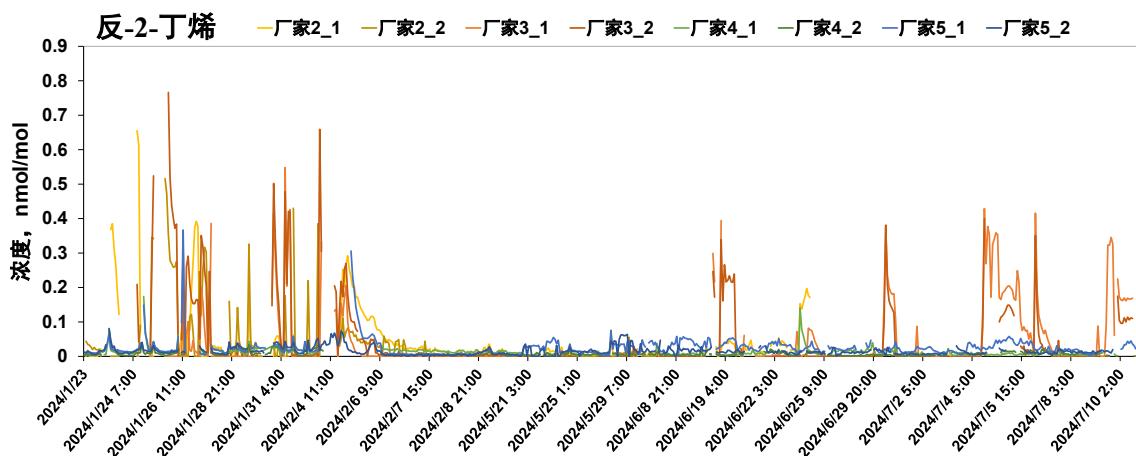


图 26 反-2-丁烯比对测试期间环境样品浓度趋势图

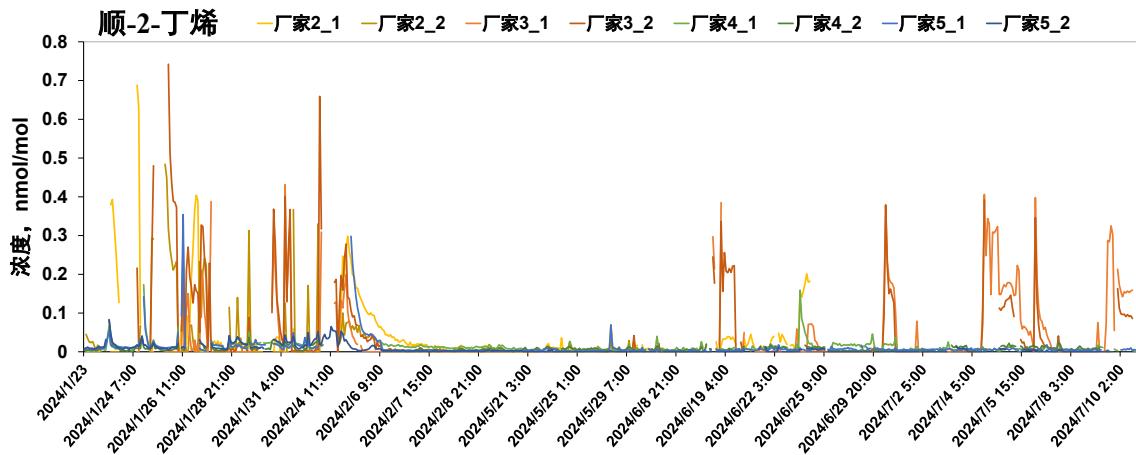


图 27 顺-2-丁烯比对测试期间环境样品浓度趋势图

5.2.2 液相色谱法自动监测系统

如 3.1 与 3.2 所述，液相色谱法自 1984 年被美国 EPA 写入 TO-5 的标准以来，国内外制定了一系列基于液相色谱法原理的相关标准（TO-11A、HJ 683-2014、HJ 1154-2020 等），这些标准现在仍在醛酮监测领域发挥监测指导作用，故液相色谱法是国内外公认的醛酮类化合物监测方法。随着监测技术的发展，市面上已经出现了基于液相色谱法的自动监测系统，因此，本次比对针对液相色谱法自动监测系统是否能测准醛酮类化合物开展了一系列实验与分析。

此次比对实验，按照 5.1 的综合分级评估结果：液相色谱法自动监测系统有 11 种能够达到 B 级别以上，仅有两个目标醛酮类化合物评级结果为 C 级别，分别为丙烯醛与丁酮。此外，本次比对实验还进行了液相色谱法自动监测系统与手工参比方法的比对，从环境样品比对、标气样品比对以及加标回收结果三个维度验证了液相色谱法自动监测系统与参比方法的可比性，其数据具有一定可信度，液相色谱法自动监测系统可以准确测量 11 种醛酮化合物，考虑到目前国内仅有一家厂商生产了液相色谱法自动监测系统，因此不纳入本次标准的制定范围。

5.2.2.1 评级结果

此次比对实验，将加标回收、单浓度点核查结果以及环境样品平行性的结果综合考量评级，液相色谱法自动监测系统综合评级结果具体如表 19 所示。目标 13 种醛酮类化合物上有 11 种能够达到 B 级别以上，其中 8 个物种达到 A 级别，分别为甲醛、乙醛、丙醛、甲基丙烯醛、苯甲醛、戊醛、间甲基苯甲醛和己醛；3 个物种达到 B 级别，分别为丙酮、丁烯醛、正丁醛。仅有两个目标醛酮类化合物评级结果为 C 级别，分别为丙烯醛与丁酮。

在此次比对实验期间，环境样品醛酮类化合物明显存在检出的物种有甲醛、乙醛和丙酮。期间厂家 1_1 和厂家 1_2 的环境样品趋势图如图 28 所示，可以发现比对实验期间两台自动监测系统的环境样品浓度以及趋势十分一致，且两台自动监测系统环境样品浓度相关性图判定系数 R^2 均大于 0.95，说明两台自动监测系统平行性好，具有一定的可靠性。

表 19 液相色谱法自动监测系统评级结果

名称	类别	比对实验评级	是否纳入目标物种	比对期间环境样品平均浓度 (nmol/mol)
甲醛	OVOC	A	是	3.686
乙醛	OVOC	A	是	1.960
丙烯醛	OVOC	C	否	0.366
丙酮	OVOC	B	是	2.762
丙醛	OVOC	A	是	0.280
丁烯醛	OVOC	B	是	0.009
甲基丙烯醛	OVOC	A	是	0.286
2-丁酮	OVOC	C	否	0.565
正丁醛	OVOC	B	是	0.340
苯甲醛	OVOC	A	是	0.159
戊醛	OVOC	A	是	0.090
间甲基苯甲醛	OVOC	A	是	0.473
己醛	OVOC	A	是	0.132

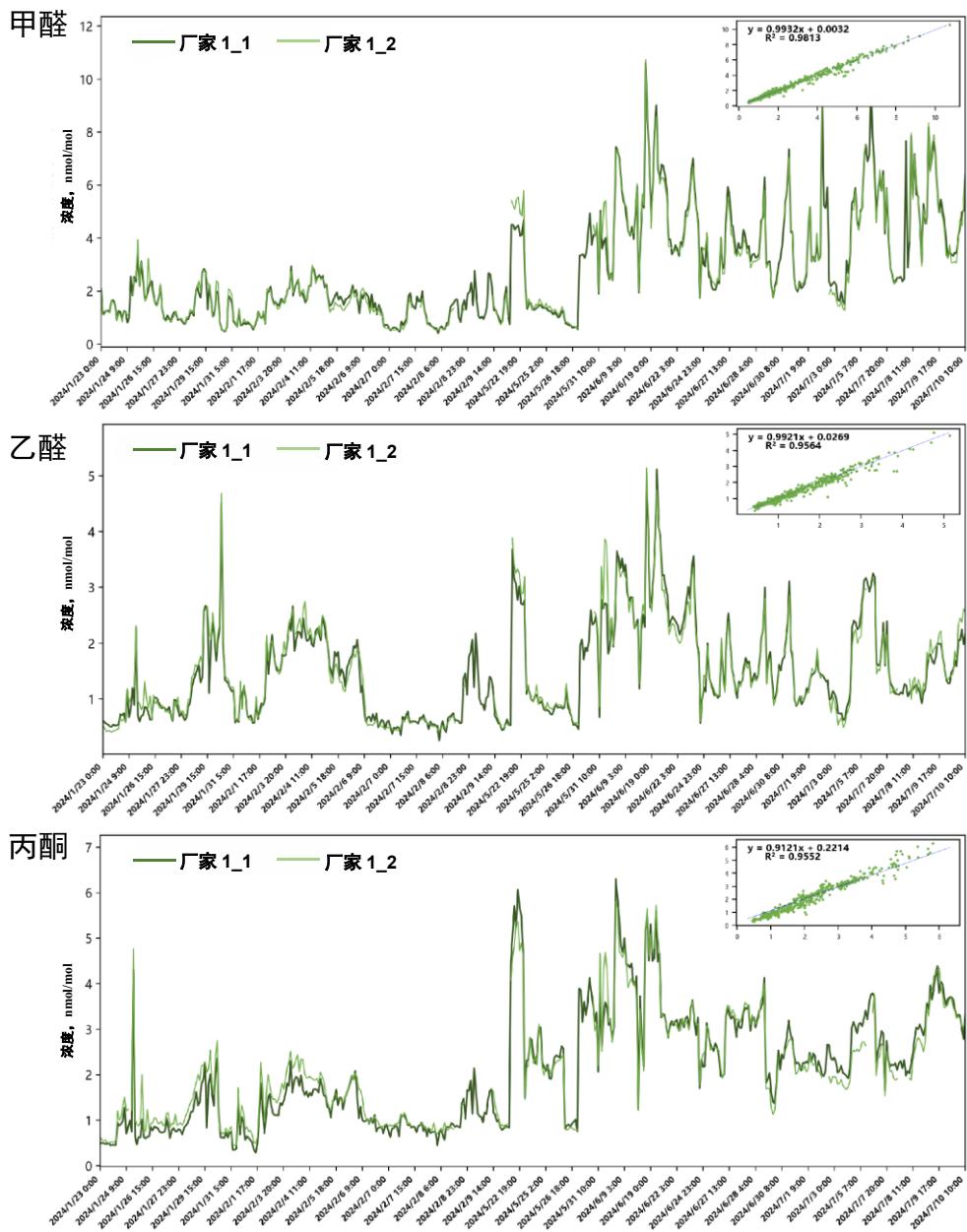


图 28 比对实验期间甲醛（上）、乙醛（中）、丙酮（下）厂家 1_1 与厂家 1_2 环境样品趋势图

5. 2. 2. 2 自动监测系统与手工方法比对

为研究液相色谱法自动监测系统测量环境空气醛酮类化合物的准确性，本次比对引入与自动监测系统原理相同的 HJ 683-2014 手工方法作为参比方法进行比对。本次比对实验从环境样品比对、标气样品比对以及加标回收结果三个维度进行比对考察，实验结果验证了液相色谱法自动监测系统与参比方法的可比性，其数据具有一定可信度。

具体参比方法比对实验方法如下：

手工方法样品分析实验室分两地进行：实验室 1 使用高效液相色谱（HPLC）进行分析，实验室 2 使用超高效液相色谱（UPLC）进行分析。在开展比对测试前，首先在相同测试管路条件下，使用标准气体分别在自动监测系统与手工方法对应实验室仪器上建立校准曲线。

（1）标气样品比对测试

实验开展了自动监测系统与手工方法的标气样品比对，其管路铺设图如下图 29 所示。测试方法：如管路布设图所示，两台自动监测系统与两台手工采样器部署在同一采样总管的支管上，同时以相同的采样流量采集相同时长 3 nmol/mol 的标气样品。自动监测系统采集的样品由相应仪器自动分析，手工样品统一封装好分别送入对应实验室进行分析；

测试结果如表 20 所示，从测试结果可知，在标气样品比对测试中两台自动监测系统（厂家 1_1 和厂家 1_2）和手工采样器（采样器 1 和采样器 2）表现出良好的准确性，其标气样品测量相对偏差均在 $\pm 20\%$ 以内（最大为 15%），说明自动监测系统与手工采样器可比。

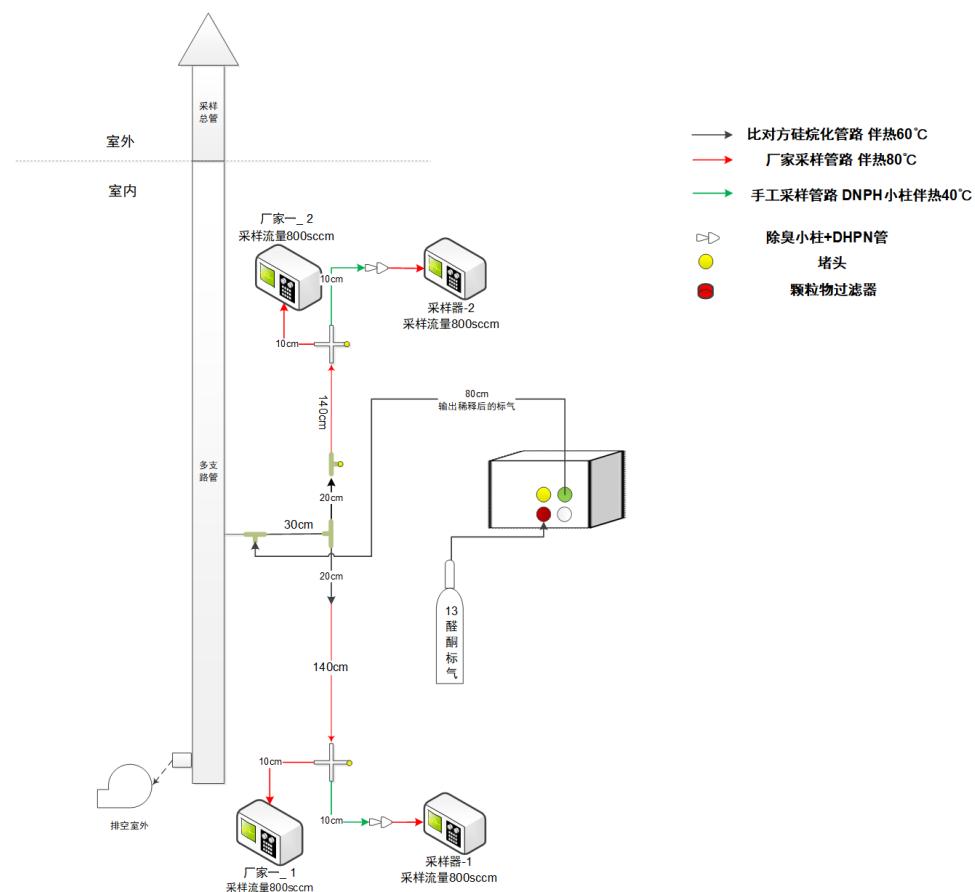


图 29 自动监测系统与手工方法标气样品比对管路布设图

表 20 自动监测系统与参比方法标气样品比对结果

采样时间	2024/6/17 10:00		2024/6/17 10:00		2024/6/17 10:00		2024/6/17 10:00	
样品编号	厂家 1_1		厂家 1_2		采样器 1		采样器 2	
3 nmol/mol	测值	相对偏差	测值	相对偏差	测值	相对偏差	测值	相对偏差
甲醛	3.054	1.80%	3.285	9.50%	3.184	6.13%	3.250	8.33%
乙醛	2.885	-3.83%	3.129	4.30%	3.286	9.55%	3.333	11.11%
丙烯醛	3.047	1.57%	3.454	15.13%	2.664	-11.19%	3.242	8.07%
丙酮	2.76	-8.00%	2.778	-7.40%	3.278	9.28%	3.213	7.10%
丙醛	2.943	-1.90%	3.341	11.37%	3.377	12.56%	3.147	4.92%
丁烯醛	3.093	3.10%	3.03	1.00%	3.311	10.38%	3.247	8.24%
甲基丙烯醛	2.696	-10.13%	3.256	8.53%	2.923	-2.58%	3.441	14.70%
丁酮	2.623	-12.57%	2.931	-2.30%	3.030	0.99%	2.931	-2.30%
丁醛	3.076	2.53%	3.072	2.40%	3.131	4.36%	2.961	-1.31%
苯甲醛	2.88	-4.00%	3.152	5.07%	3.059	1.98%	2.845	-5.17%
戊醛	2.908	-3.07%	3.093	3.10%	3.176	5.86%	2.974	-0.87%
间甲基苯甲醛	2.845	-5.17%	2.846	-5.13%	3.058	1.95%	2.777	-7.44%
己醛	2.891	-3.63%	3.021	0.70%	3.261	8.71%	3.386	12.88%

(2) 环境样品比对测试

在开展加标回收实验之前，首先需要验证环境样品平行性是否能达到要求。故比对实验开展了自动监测系统与手工参比方法的环境样品比对，其管路铺设图如下图 30 所示。测试方法：如管路布设图所示，两台自动监测系统与两台手工采样器部署在同一采样总管的支管上，同时以相同的采样流量采集相同时长的环境样品。自动监测系统采集的样品由相应仪器自动分析，手工样品统一封装好送入实验室 1 进行分析；同时本次还加入气相色谱质谱联用法自动监测系统参与环境样品的比对当中。

测试结果如表 21 所示，再根据测值结果分别计算了两台自动监测系统与两台手工采样设备（厂家 1_1、厂家 1_2、采样器 1 和采样器 2）、两台自动监测系统（厂家 1_1 和厂家 1_2）、两台手工采样设备（采样器 1 和采样器 2）以及同一支管处的自动监测系统与手工采样设备（如厂家 1_1 和采样器 1，厂家 1_2 和采样器 2）同时段监测结果的平行性，在环境样品比对测试中两台自动监测系统（厂家 1_1 和厂家 1_2）和手工采样器（采样器 1 和采样器 2）表现出较好的平行性，具体为：a) 从测值水平上看，自动监测系统与手工采样设备测值水平整体在一个水平线上，但也发现 18 时的手工样品与自动监测系统存在较大偏离，尤其是采样器 2 的样品。这也说明手工方法存在人为操作、柱空白、运输保存条件等影响，其不确定度相比自动监测系统要大；b) 从平行性上看，对于甲醛、乙醛、丙酮、丁酮等明显有检出的物种，甲醛、乙醛自动监测系统与手工采样设备整体平行性尚可，丙酮、丁酮稍差；对自动监测系统来说其平行性明显要优于手工方法，这也验证了自动监测系统的平行性要远好于手工方法；对于管路差异来说（自动监测系统与一号机管路平行性进行对比），管路差异并不明显，更多的还是自动监测系统与手工方法带来的差异；c) 对于其他低检出或者未检出的物质，由于其浓度过低并不具备可比性。（注：实验室 1 仪器甲基丙烯醛出峰受干扰，不具备可比性，如图 31 所示。）

参比方法与气相色谱质谱联用法自动监测系统比对的结果（仅展示了乙醛与丙酮的结果，其余醛酮浓度过低认为不具有可比性），如图 32 和图 33 所示。

1) 对于乙醛，液相色谱法自动监测系统（厂家 1_1 与厂家 1_2）与参比方法（采样器 1 与采样器 2）测值十分接近且趋势一致，平行性好。但对于气相色谱质谱联用法自动监测系统，其测值水平与液相色谱法

完全不在一个水平线上，不具备可比性；且不论是不同厂家还是同一厂家下的自动监测系统，测值均差异很大、数据趋势不一致；

2) 对于丙酮，液相色谱法自动监测系统（厂家 1_1 与厂家 1_2）与参比方法（采样器 1 与采样器 2）测值十分接近且趋势一致，平行性好。但气相色谱质谱联用法自动监测系统测值水平与液相色谱法完全不在一个水平线上，不具备可比性，且不论是不同厂家还是同一厂家的自动监测系统，其测值数据差异很大。

综上所述，自动监测系统与手工方法环境样品的比对结果：

- ① 液相色谱法自动监测系统与手工参比方法整体平行性良好具有可比性，具备进行加标回收参比方法验证的条件；
- ② 气相色谱质谱联用法自动监测系统和液相色谱法自动监测系统、手工参比方法不具有可比性。且不论是不同厂家还是同一厂家的自动监测系统数据趋势均不同，浓度差异大；
- ③ 手工方法由于在采样分析过程中受人为因素、柱空白、运输保存等影响，其不确定度更大。

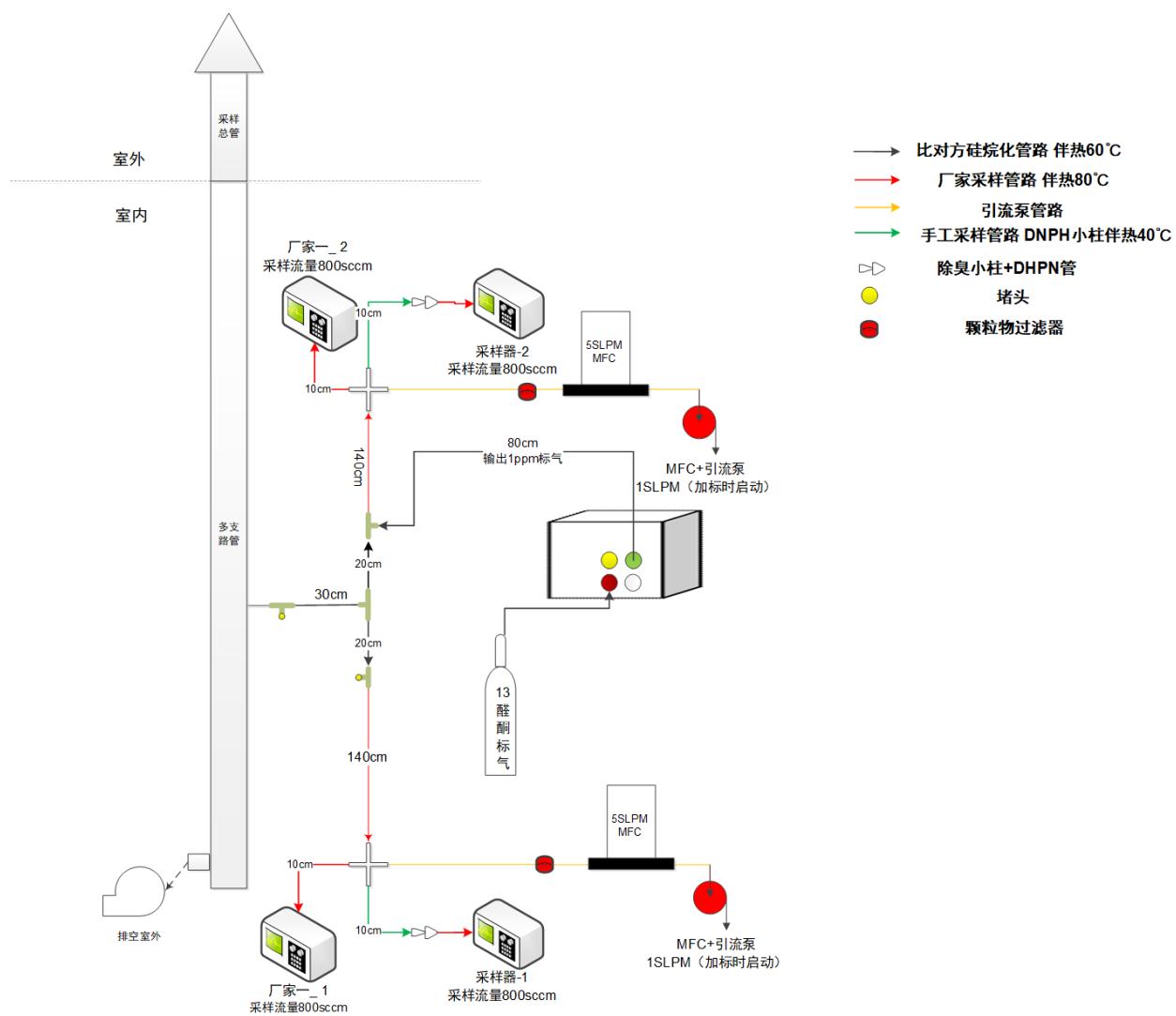


图 30 自动监测系统与手工方法环境样品比对与加标回收管路布设图

表 21 液相色谱法自动监测系统与参比方法环境样品比对结果（测值）

采样时间	名称	甲醛	乙醛	丙烯醛	丙酮	丙醛	丁烯醛	甲基丙烯醛	丁酮	丁醛	苯甲醛	戊醛	间甲基苯甲醛	己醛
2024/4/24 12:00	厂家 1_1	2.587	1.881	0.269	2.324	0.225	0.011	0.062	0.444	0.207	0.188	0.029	0.249	0.062
	厂家 1_2	2.815	2.038	0.275	2.584	0.252	0.001	0.021	0.585	0.026	0.114	0.090	0.289	0.069
	采样器 1	2.694	2.162	0.460	2.988	N.A.	0.000	1.938	0.198	0.250	0.068	N.A.	0.124	0.288
	采样器 2	2.538	2.050	0.505	2.884	N.A.	0.000	1.070	0.181	0.187	0.067	N.A.	0.115	0.232
2024/4/24 13:00	厂家 1_1	3.202	2.130	0.248	2.795	0.244	0.012	0.167	0.491	0.411	0.106	0.031	0.238	0.075
	厂家 1_2	3.256	2.176	0.258	2.852	0.273	0.001	0.023	0.582	0.276	0.091	0.101	0.323	0.067
	采样器 1	2.943	2.663	0.471	3.382	N.A.	0.000	2.320	0.170	0.404	N.A.	N.A.	0.230	0.238
	采样器 2	2.848	2.277	0.526	3.339	N.A.	0.095	1.794	0.149	0.236	0.062	N.A.	0.070	0.217
2024/4/24 14:00	厂家 1_1	3.209	2.037	0.274	2.791	0.211	0.013	0.246	0.502	0.498	0.138	0.041	0.275	0.065
	厂家 1_2	3.330	2.080	0.266	2.940	0.264	0.001	0.045	0.623	0.181	0.099	0.092	0.336	0.060
	采样器 1	2.590	2.208	0.469	3.338	N.A.	0.000	2.545	0.242	0.416	0.131	N.A.	0.188	0.203
	采样器 2	2.678	1.909	0.492	3.399	N.A.	0.017	2.038	0.205	0.182	0.086	N.A.	0.174	0.165
2024/4/24 15:00	厂家 1_1	3.087	1.777	0.251	2.974	0.213	0.013	0.237	0.523	0.478	0.180	0.008	0.248	0.020
	厂家 1_2	3.082	1.946	0.258	3.138	0.269	0.002	0.075	0.690	0.334	0.091	0.075	0.319	0.044
	采样器 1	2.460	2.039	0.483	3.614	N.A.	0.000	3.142	0.272	0.263	0.102	N.A.	0.316	0.193
	采样器 2	2.762	2.047	0.532	3.605	N.A.	0.064	2.336	0.338	0.263	0.045	N.A.	0.309	0.120
2024/4/24 16:00	厂家 1_1	3.197	1.806	0.226	3.453	0.226	0.130	0.307	1.569	0.604	0.177	0.020	0.266	0.037
	厂家 1_2	3.304	1.958	0.263	3.692	0.256	0.023	0.043	1.708	0.322	0.165	0.063	0.334	0.027
	采样器 1	2.437	2.119	0.480	4.262	N.A.	0.000	3.107	0.938	0.384	0.066	N.A.	0.171	0.152
	采样器 2	2.598	1.908	0.485	4.040	N.A.	0.067	2.980	1.288	0.185	N.A.	N.A.	0.121	0.100
2024/4/24 17:00	厂家 1_1	2.849	1.490	0.242	3.210	0.194	0.020	0.208	1.195	0.659	0.162	0.009	0.238	0.055
	厂家 1_2	2.945	1.646	0.251	3.327	0.269	0.006	0.085	1.564	0.270	0.040	0.058	0.311	0.032
	采样器 1	2.684	1.732	0.437	3.759	N.A.	0.002	2.696	0.739	0.264	0.103	N.A.	0.208	0.666
	采样器 2	2.339	1.981	0.477	3.849	N.A.	0.220	2.752	1.181	0.135	0.058	N.A.	0.159	0.114
2024/4/24 18:00	厂家 1_1	2.587	1.245	0.253	3.013	0.134	0.018	0.243	0.765	0.542	0.023	0.008	0.190	0.051
	厂家 1_2	2.665	1.384	0.246	2.852	0.201	0.002	0.026	0.991	0.367	0.041	0.060	0.254	0.039
	采样器 1	1.974	1.702	0.512	3.809	N.A.	0.094	3.097	0.453	0.200	0.100	N.A.	0.201	0.273
	采样器 2	7.655	4.240	0.580	17.126	0.118	0.036	0.793	2.205	0.007	0.169	0.073	N.A.	0.827

注：N.A.表示无检出。

表 22 液相色谱法自动监测系统与参比方法环境样品比对结果（平行性）

平行性比对		甲醛	乙醛	丙酮
所有设备		24.70%	22.55%	34.92%
手工采样	采样器 1&采样器 2	22.63%	16.98%	24.08%
自动监测系统	厂家 1_1&厂家 1_2	1.93%	3.68%	2.93%
1 号机管路	厂家 1_1&采样器 1	9.53%	9.23%	10.20%
2 号机管路	厂家 1_2&采样器 2	3.54%	3.38%	6.79%

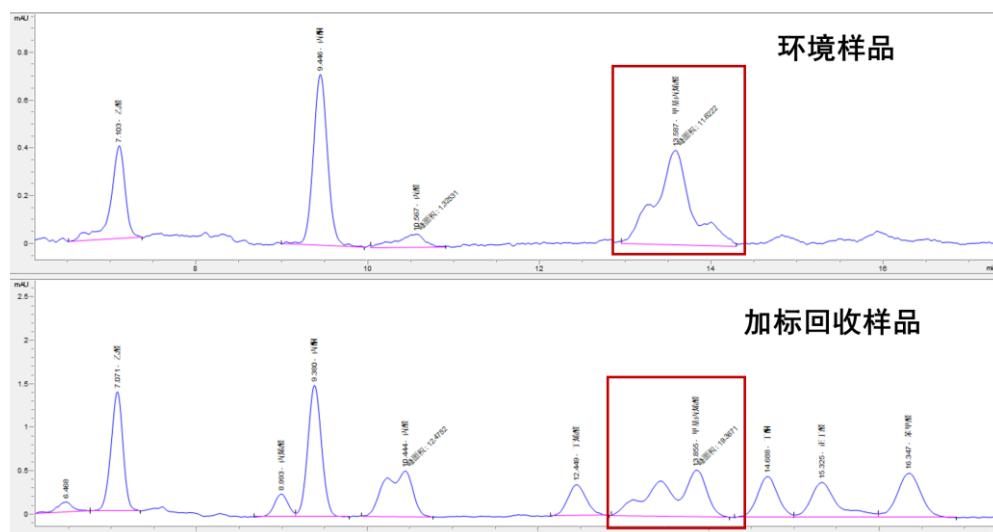


图 31 实验室 1 仪器甲基丙烯醛出峰受干扰图

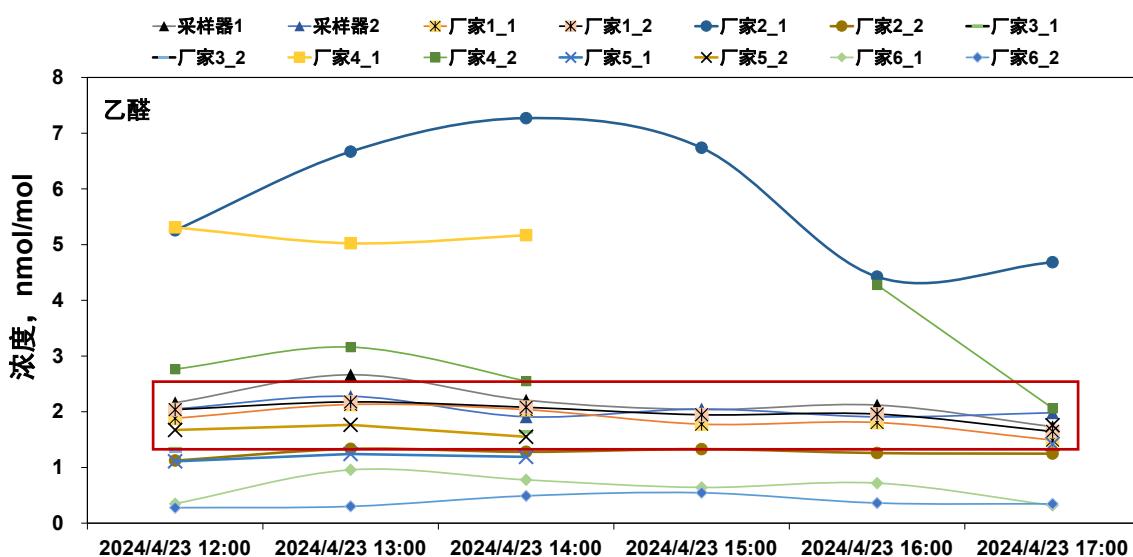


图 32 参比方法比对测值比对图（乙醛）

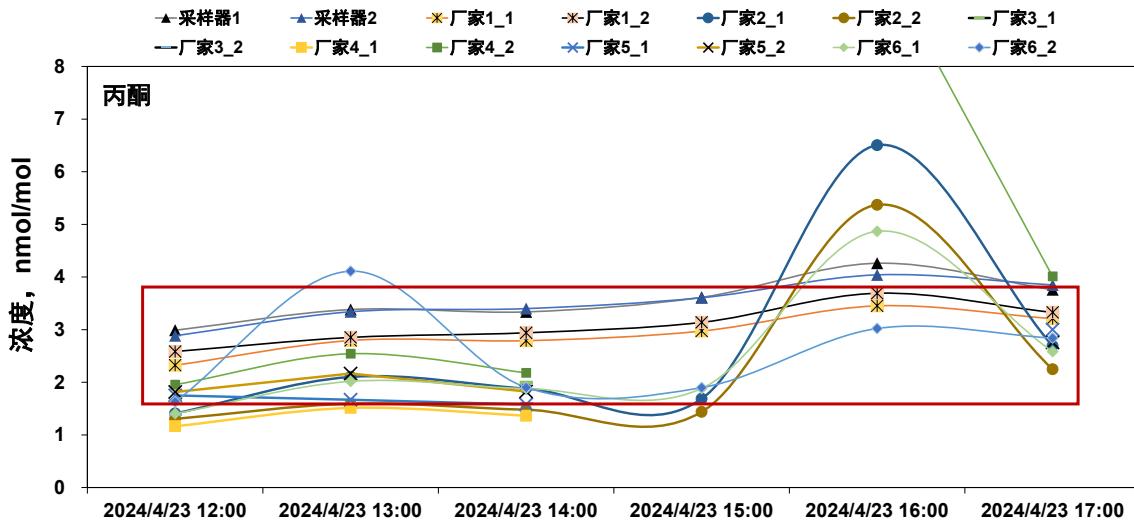


图 33 参比方法比对测值比对图（丙酮）

（3）加标回收样比对测试

在验证环境样品平行性结果无问题后，实验开展了自动监测系统与手工方法的加标回收测试，其管路铺设图与验证环境样品一致（如图 30 所示）。测试方法：如管路布设图所示，两台自动监测系统与两台手工采样器部署在同一采样总管的支管上，同时以相同的采样流量采集相同时长的样品。在采集环境样品时，通过“一边支管自动监测系统与手工采样器只采集环境样品，另一边支管自动监测系统与手工采样器采集混合气体（环境样品+标准气体）”的方式，开展加标回收测试。自动监测系统采集的样品由相应仪器自动分析，手工样品统一封装好分别送入实验室 1、实验室 2 进行分析。其中两台采样器同一时段所采集的同一组样品（环境样品平行样，环境样品/加标回收样品）将会送入同一台仪器进行分析。

测试结果如表 23 所示，比对实验验证了对环境样品加标的可行性，两台自动监测系统与两地实验室整体加标回收率在 80%~120% 内，证明了液相色谱法自动监测系统与手工方法测量醛酮类化合物的准确性与可信度。（其中实验室 1 的 HPLC 仪器由于甲基丙烯醛出峰受到干扰导致其加标回收率不可信故删除，如图 31 所示。）对于自动监测系统，甲醛、乙醛、丙烯醛、丙酮、丙醛、甲基丙烯醛、丁醛、苯甲醛、戊醛、己醛整体加标回收率结果较好，整体回收率在 86%~130%，丁烯醛加标回收率偏高在 104%~137%，丁酮和间甲基苯甲醛加标回收率偏低，在 72%~99% 之间；对于实验室 1，甲醛、乙醛、丙烯醛、丁烯醛、丁酮、丁醛、苯甲醛与间甲基苯甲醛整体回收率结果较好，回收率在 78%~130% 之间；丙酮加标回收率偏高，在 114%~138% 之间；丙醛、戊醛、己醛加标回收率偏低，在 79%~100% 之间；对于实验室 2：甲醛、乙醛、丙烯醛、丁烯醛、丁酮、正丁醛、苯甲醛与间甲基苯甲醛整体回收率结果较好，回收率在 84%~121%；丙醛、甲基丙烯醛、戊醛、己醛回收率偏低，在 76%~103%；丙酮波动较大，回收率在 68%~142%。

综上所述，本次比对实验引入与液相色谱法自动监测系统原理相同的手工方法作为参比方法，液相色谱法自动监测系统与手工方法分别在标气样品比对实验、环境样品比对实验、加标回收实验中表现出了良好的可比性，故认为其测量环境空气中的醛酮类化合物具有一定可信度。其中在环境样品比对过程中，还将气相色谱质谱联用法自动监测系统一起纳入参与比对。气相色谱质谱联用法自动监测系统和液相色谱法自动监测系统、手工参比方法数据不具有可比性，且数据趋势不同，浓度差异大。此外，在比对实验过程中也发现了手工方法在采样分析过程中受人为因素、管路材质是否惰性化、保温条件、柱空白、运输保存等方面影响，其不确定度会更大。

参比方法比对实验也验证了此次比对评级制度的合理性，此次比对结合单浓度点核查、环境样品加标

回收、环境样品平行性综合考量认为，使用液相色谱法自动监测系统监测甲醛、乙醛、丙酮、丙醛、丁烯醛、甲基丙烯醛、丁醛、苯甲醛、戊醛、间甲基苯甲醛和己醛等 11 种醛酮类化合物具有一定可靠性。丙烯醛与丁酮加标回收结果整体较差，单浓度点核查相对偏差波动较大，故认为这两种物质在当前技术下的液相色谱法自动监测系统上的测值可信度较差。

表 23 液相色谱法自动监测系统与参比方法加标回收结果

测试时间	分析地点	加标设备	加标量 (nmol/mol)	甲醛	乙醛	丙烯醛	丙酮	丙醛	丁烯醛	甲基丙 烯醛	丁酮	丁醛	苯甲醛	戊醛	间甲基 苯甲醛	己醛
2024/6/24 13:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.83	102%	109%	105%	116%	116%	114%	94%	94%	89%	103%	103%	90%	98%
	实验室 2	采样器 1	3.83	98%	116%	93%	124%	80%	100%	89%	93%	95%	99%	83%	104%	82%
2024/6/24 14:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.83	96%	104%	116%	103%	105%	108%	90%	90%	89%	99%	100%	88%	95%
	实验室 1	采样器 1	3.83	102%	120%	91%	129%	79%	110%	N.A.	103%	100%	110%	83%	118%	83%
2024/6/24 15:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.83	99%	107%	119%	108%	102%	113%	91%	91%	89%	101%	100%	90%	95%
	实验室 1	采样器 1	3.83	105%	113%	96%	126%	87%	103%	N.A.	107%	104%	113%	85%	113%	84%
2024/6/24 16:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.83	100%	106%	105%	107%	106%	111%	86%	90%	97%	103%	99%	92%	96%
	实验室 1	采样器 1	3.83	109%	115%	107%	116%	89%	105%	N.A.	98%	99%	109%	88%	114%	90%
2024/6/24 17:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.83	98%	107%	104%	106%	107%	104%	87%	83%	97%	102%	99%	92%	93%
	实验室 2	采样器 1	3.83	100%	113%	97%	133%	82%	99%	89%	94%	96%	106%	84%	114%	84%
2024/6/24 18:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.07	96%	103%	98%	101%	102%	110%	89%	80%	90%	101%	98%	90%	93%
	实验室 2	采样器 1	3.07	101%	119%	98%	142%	76%	96%	86%	88%	105%	103%	81%	115%	82%
2024/6/24 19:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.07	103%	110%	94%	111%	110%	118%	94%	95%	89%	106%	102%	95%	97%
	实验室 1	采样器 1	3.07	104%	106%	93%	132%	85%	107%	N.A.	107%	100%	109%	81%	105%	87%
2024/6/24 20:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.07	112%	109%	98%	115%	110%	118%	99%	94%	93%	107%	103%	95%	99%
	实验室 2	采样器 1	3.07	93%	114%	92%	135%	87%	106%	93%	94%	102%	102%	90%	104%	92%
2024/6/24 21:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.07	109%	108%	98%	112%	107%	117%	88%	96%	89%	106%	103%	92%	97%
	实验室 1	采样器 1	3.07	103%	126%	99%	136%	95%	108%	N.A.	112%	112%	110%	86%	106%	93%
2024/6/24 22:00	厂家 1_1	厂家 1_1	3.07	109%	108%	103%	109%	107%	118%	95%	82%	89%	105%	103%	93%	98%
	实验室 1	采样器 1	3.07	105%	128%	90%	138%	82%	95%	N.A.	113%	95%	110%	81%	114%	86%
2024/6/25 9:00	厂家 1_2	厂家 1_2	3.83	115%	116%	90%	112%	115%	131%	119%	78%	101%	114%	109%	99%	104%
	实验室 2	采样器 2	3.83	104%	116%	84%	127%	90%	99%	95%	91%	121%	104%	100%	109%	103%
2024/6/25 10:00	厂家 1_2	厂家 1_2	3.83	107%	115%	92%	106%	111%	133%	115%	76%	107%	115%	106%	96%	101%
	实验室 2	采样器 2	3.83	100%	101%	107%	68%	88%	99%	78%	89%	101%	102%	94%	97%	96%
2024/6/25 11:00	厂家 1_2	厂家 1_2	3.83	97%	102%	86%	88%	106%	115%	107%	76%	99%	103%	98%	85%	91%
	实验室 1	采样器 2	3.83	99%	104%	85%	118%	90%	94%	N.A.	112%	130%	117%	93%	104%	100%
	厂家 1_2	厂家 1_2	3.83	122%	115%	90%	111%	113%	130%	115%	79%	100%	113%	105%	98%	100%

测试时间	分析地点	加标设备	加标量 (nmol/mol)	甲醛	乙醛	丙烯醛	丙酮	丙醛	丁烯醛	甲基丙 烯醛	丁酮	丁醛	苯甲醛	戊醛	间甲基 苯甲醛	己醛
2024/6/25 12:00	实验室 1	采样器 2	3.83	103%	93%	92%	114%	87%	99%	N.A.	100%	124%	116%	94%	103%	96%
2024/6/25 13:00	厂家 1_2	厂家 1_2	1.54	130%	116%	89%	110%	113%	137%	103%	72%	114%	116%	100%	97%	101%
	实验室 1	采样器 2	1.54	106%	87%	78%	119%	90%	112%	N.A.	96%	99%	112%	79%	97%	94%

注：N.A.表示未检出。

6 方法研究报告

6.1 适用范围的确定

本标准规定了环境空气中 66 种挥发性有机物（41 种烃类化合物和 25 种烃类衍生物）自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据审核、标识与有效率等技术要求。

本标准适用于采用气相色谱法（GC-FID）或气相色谱质谱联用法（GC-FID/MSD）的环境空气挥发性有机物自动监测系统。标准分别规定了 GC-FID 对 41 种、GC-FID/MSD 对 66 种挥发性有机物的监测要求（具体方法适用目标物详见附录 A）；其他挥发性有机物若经方法验证满足本标准规定的技木性能指标要求的，也可适用。

6.2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 30431 实验室气相色谱仪

GB/T 33864 质谱仪通用规范

HJ 168 环境监测分析方法标准制订技术导则

HJ 193 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统安装验收技术规范

HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

HJ 654 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法

HJ 759 环境空气 65 种挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法

HJ 818 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范

6.3 术语和定义

本标准术语和定义规定如下：

6.3.1 挥发性有机物 Volatile Organic Compounds (VOCs)

本标准参考了美国EPA发布的标准方法TO-15A中对挥发性有机物的定义，在TO-15A的基础上结合本标准的目标物种将挥发性有机物定义为在25℃、101.325 kPa下，环境空气中蒸气压>13.3 Pa (0.1 mmHg) 且碳 (C) 原子数≤12的有机物。根据目标物种的环境和人体危害进一步拓展其定义：包括发生光化学反应生成臭氧的前体物及对人体健康危害较大的有毒有机物等。

6.3.2 挥发性有机物自动监测系统 VOCs Automated Monitoring System

指通过采样装置采集并测定环境空气中VOCs的自动监测系统。本标准特指采用配备氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱仪（GC）或同时配备FID与质谱检测器（MSD）的气相色谱仪的自动监测系统。

6.3.3 系统空白 System Blank

指考察采样至测试全流程本底值的过程。将高纯氮气或零级空气通入采样支管进气口前端（含颗粒物过滤器）进行测量，以第二次测量值作为系统空白值。

6.3.4 系统残留 System Residues

指考察采样至检测分析全流程残留水平的过程。将校准曲线最高浓度点标准气体通入采样支管进气口前端（包含颗粒物过滤器）后，连续两次通入高纯氮气或零级空气进行测量，以第二次测量值作为系统残留值。

6.3.5 加湿动态校准仪 Humidification Dynamic Calibrator

指用于校准挥发性有机物自动监测系统，能稳定输出含一定湿度的不同浓度VOCs标准气体的仪器。

6.4 方法原理与系统组成

6.4.1 方法原理

如3.3.1所述，目前国内挥发性有机物自动监测仪器主要还是以带有双FID检测器的气相色谱仪以及FID与MSD联用的气相色谱质谱联用仪为主。故本标准主要规定方法原理为气相色谱法、气相色谱质谱联用法的自动监测系统。

6.4.1.1 气相色谱法

待测样品经进样模块低温除水、捕集后，通过色谱柱分离各化合物，分离后进入FID检测。经FID检测的化合物，依据出峰时间与顺序进行定性分析，采用外标法进行定量分析。

6.4.1.2 气相色谱质谱联用法

待测样品经进样模块低温除水、捕集后，通过色谱柱分离各化合物，分离后分别进入FID和MSD检测。经FID检测的化合物，依据出峰时间与顺序进行定性分析，采用外标法进行定量分析；经MSD检测的化合物，依据特征离子质荷比(m/z)及其丰度比进行定性分析，采用内标法进行定量分析。

6.4.2 系统组成

本标准综合市面主流仪器的系统组成特点，对采用气相色谱法、气相色谱质谱联用法的挥发性有机物自动监测系统的系统组成与功能要求如下：监测系统由采样装置、进样和分析单元、校准单元、气源单元、控制和数据处理单元以及其他辅助设备等组成，系统构成示意图见图34。

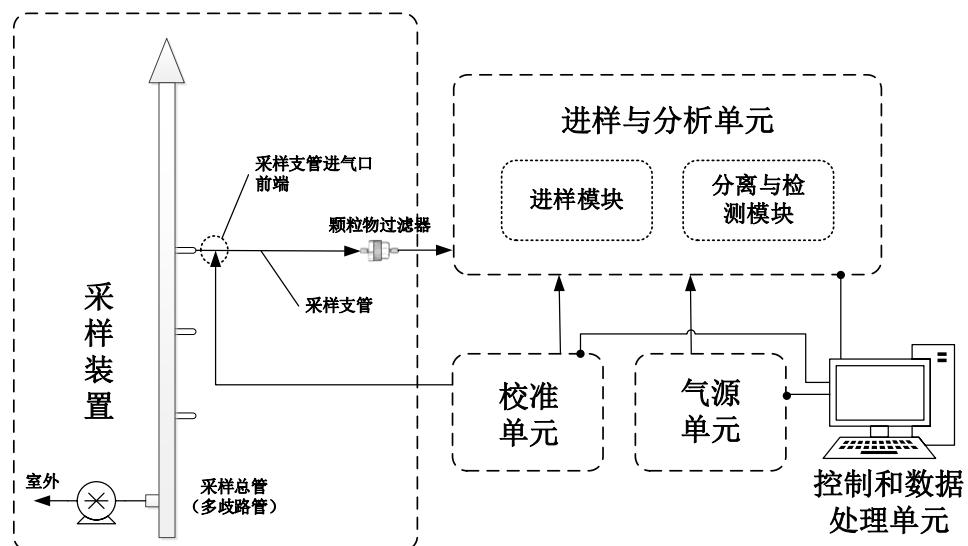


图 34 挥发性有机物自动监测系统构成示意图

6.4.2.1 采样装置

采样装置用于采集并传输环境样品至进样与分析单元，包含采样总管、采样支管及连接部件等气路环节。根据近几年国家光化学网运行以及前期文献调研的结果，由于 VOCs 物种反应活性强，极易发生管路吸附现象，因此采样管路材质的选取以及管路温度的设置对于 VOCs 准确监测特别重要。

为了探究适合 VOCs 自动监测系统的管路条件，本次重点围绕两个方面开展了比对实验：市面上两种常用的管线材质（Teflon 和硅烷化表面处理的不锈钢）以及管线伴热条件（不伴热和 60°C 伴热）。通过设置不同的管路材质和管路伴热温度，对比同一仪器对同一浓度标准气体在不同条件下的响应结果。针对气相色谱质谱联用法自动监测系统，本次还对清单内和清单外各个物种均做了结果分析，清单内物种是指：本次标准规定的认为监测系统能测准的 66 个目标物种；清单外物种是指：厂家提供的可测量物种清单（116 个）减去规定的目物种清单（66 个）后剩余的 50 个物种。

从测试结果来看，管路材质、伴热条件等均对 VOCs 监测结果产生影响，实验结果整体如下：

1、Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质对比实验中发现，在管路不伴热条件下，Teflon 材质的测值偏低、存在吸附；而在管路伴热 60°C 条件下，Teflon 材质测值偏高、存在解吸附现象。说明 Teflon 材质容易吸附 VOCs 物种，推荐管路材质使用硅烷化不锈钢材质；

2、管路不伴热和管路伴热 60°C 对比实验中发现，采用硅烷化不锈钢管路材质时，管路伴热 60°C 条件下测值偏高存在解吸附现象；同时发现，采用 Teflon 管路材质时，管路伴热 60°C 条件下测值偏高存在吸附现象。说明管路伴热能够减少管路对 VOCs 物种的吸附，故推荐管路伴热。

3、测试发现，相比于清单内物种（66 个目标物种），清单外物种（50 个物种）整体差异波动显著要大于清单内物种，也侧面验证了监测系统测量清单外物种表现不稳定。

因此，根据本次实验结果，需要对采样装置进行详细的规定，具体如下：

1、管路材质要求：所有的管路材质推荐选择硅烷化不锈钢材质的管路，并进行伴热处理（40°C~60°C）同时注意避免管路冷凝；

2、采样总管应避光保温伴热，推荐使用不锈钢与 Teflon 套管。

以下是本次管路条件比对实验的实验方法、以及具体结果结论：

(一) 管路条件比对的实验方法

管路条件比对实验通过设置不同的管路材质（Teflon 和硅烷化不锈钢）和管路伴热温度（不伴热和60°C伴热）进行正交实验。其中管路材质设置更换的是标准气体与校准仪之间和校准仪与监测仪器之间的管路；其中管路伴热设置是通过加缠加热带的方式实现。本次实验设置了 a、b、c、d 四组管路测试条件，具体如表 24 所示。在不同管路条件下，分别通入 0.5 nmol/mol 和 10 nmol/mol 标准气体，分别比较在不同管线条件下，清单内和清单外各个物种的测量结果。

表 24 管路材质实验条件

测试条件	管路材质	管路温度
a	Teflon	不伴热
b	Teflon	60°C
c	硅烷化不锈钢	不伴热
d	硅烷化不锈钢	60°C

(二) 在管路不伴热条件下，Teflon 材质和硅烷化不锈钢材质（a 与 c 条件）比对结果

通过比较管路不伴热的条件下，Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质在相同标准气体浓度下测值的百分比差异（条件 a 与条件 c），来比较管路材质的差异。按照公式（1）计算百分比差异。

$$S = \frac{C_a - C_c}{C_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中：S——不同实验条件下测试结果百分比差异，%；

C_a ——a 条件下 2 笔测试均值，nmol/mol；

C_c ——c 条件下 2 笔测试均值，nmol/mol。

测试结果表明：① 当通标浓度为 0.5 nmol/mol 时，且管路不伴热的条件下，清单内物种与清单外物种的百分比差异均整体偏负，且清单外物种整体差异波动要显著大于清单内物种。清单内物种与清单外物种百分比差异结果见表 25、表 26，对于清单内物种，管路不伴热时其百分比差异整体偏负，说明在硅烷化不锈钢材质下监测仪器测值偏高，推测管路不伴热时 Teflon 材质存在吸附现象；类似地，对于清单外物种，在管路不伴热时其百分比差异也整体偏负，硅烷化不锈钢材质下监测仪器测值偏高，与清单内物种表现一致，但清单外物种整体差异波动要显著大于清单内物种，也侧面验证了监测系统在测量清单外物种时测值不稳定；② 当通标浓度为 10 nmol/mol 时，且管路不伴热的条件下，清单内、外物种的百分比差异仍整体偏负。清单内物种与清单外物种百分比差异结果见表 27、表 28，当通标浓度变高后，清单内、外物种不伴热时其百分比差异仍整体偏负，说明硅烷化不锈钢材质测值偏高，这一现象与 0.5 nmol/mol 通标浓度时表现一致，说明 Teflon 材质存在吸附现象。并且可以发现低浓度下该差异更为显著，说明管路材质对低浓度测值影响大。

测试小结：在管路不伴热的条件下，Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质对比，清单内物种与清单外物种均表现一致，Teflon 材质的测值偏低其存在吸附，且低浓度受该影响显著；清单外物种整体差异波动要显著大于清单内物种，侧面验证了监测系统在测量清单外物种时测值不稳定。

表 25 0.5 nmol/mol 时 a 与 c 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	5%	5%	2%	5%	2%	2%	1%	2%	0%	21%
乙炔	11%	-1%	4%	-11%	-15%	-9%	-7%	-1%	-18%	-2%
乙烷	-5%	0%	3%	4%	2%	0%	-2%	2%	42%	7%
丙烯	-10%	2%	17%	20%	1%	0%	2%	1%	6%	11%
丙烷	5%	5%	6%	6%	1%	3%	1%	3%	14%	3%
异丁烷	5%	4%	-6%	-7%	2%	2%	3%	-1%	9%	-1%
正丁烷	4%	0%	-4%	-16%	1%	1%	4%	3%	-8%	-6%
异戊烷	13%	7%	-5%	-10%	1%	1%	-9%	-3%	11%	-4%
正戊烷	9%	4%	-8%	-9%	0%	0%	-13%	-10%	2%	-22%
异戊二烯	7%	-1%	-15%	-6%	-3%	-5%	-8%	-10%	-17%	-25%
3-甲基戊烷	11%	6%	-7%	-7%	-12%	-4%	-8%	-10%	-15%	-7%
正己烷	1%	-6%	-13%	-12%	-14%	-7%	-15%	-17%	-17%	-29%
2,4-二甲基戊烷	12%	4%	-8%	-7%	-13%	-3%	-14%	-22%	-12%	-10%
甲基环戊烷	11%	-1%	-10%	-4%	-11%	-4%	-12%	-14%	-20%	-21%
苯	-15%	-15%	-7%	-7%	-10%	-5%	-16%	-14%	-17%	-5%
环己烷	11%	5%	-7%	-8%	-6%	0%	-8%	-12%	-12%	-22%
2-甲基己烷	6%	-11%	-14%	-9%	-1%	-4%	-18%	-22%	-16%	-31%
2,3-二甲基戊烷	10%	1%	-9%	-9%	4%	-2%	-10%	-10%	-15%	-6%
3-甲基己烷	3%	-4%	-5%	-8%	-1%	-4%	-15%	-16%	8%	-6%
2,2,4-三甲基戊烷	12%	14%	-8%	-13%	-13%	-7%	-11%	-14%	5%	2%
正庚烷	-19%	-7%	-8%	-15%	-4%	-7%	-21%	-21%	-26%	-27%
甲基环己烷	6%	6%	-5%	-11%	-10%	-4%	-11%	-12%	-10%	-8%
2,3,4-三甲基戊烷	7%	10%	-14%	-16%	-1%	-4%	-12%	-10%	3%	-3%
2-甲基庚烷	-13%	-4%	-12%	-17%	-3%	-6%	-22%	-17%	-20%	-21%
甲苯	-39%	-45%	-12%	-15%	-20%	-19%	-28%	-24%	-80%	-72%
3-甲基庚烷	-7%	-3%	-12%	-21%	-2%	-4%	-17%	-13%	-28%	-25%
正辛烷	-34%	-24%	-10%	-18%	-5%	-10%	-37%	-27%	-39%	-49%
乙苯	-52%	-56%	-6%	-14%	-19%	-18%	-51%	-30%	-83%	-83%
间/对-二甲苯	-85%	-88%	-14%	-13%	-20%	-21%	-65%	-29%	-120%	-132%
正壬烷	-48%	-37%	-7%	-20%	-17%	-13%	-89%	-44%	-65%	-85%
邻-二甲苯	-53%	-58%	-12%	-12%	-21%	-20%	-67%	-37%	-85%	-89%
异丙苯	-20%	-28%	-13%	-10%	-13%	-11%	-54%	-28%	-39%	-49%
正丙苯	-59%	-63%	-13%	-3%	-27%	-18%	-77%	-47%	-63%	-80%
邻-乙基甲苯	-28%	-38%	-12%	-7%	-17%	-14%	-62%	-36%	-37%	-51%
间-乙基甲苯	-54%	-68%	-16%	-4%	-19%	-18%	-76%	-47%	-62%	-78%
1,3,5-三甲苯	-44%	-55%	-10%	-5%	-18%	-16%	-69%	-31%	-71%	-81%
对-乙基甲苯	-84%	-100%	-9%	-18%	-25%	-22%	-94%	-53%	-112%	-118%
正癸烷	-67%	-62%	-14%	-7%	-25%	-15%	-163%	-97%	-118%	-113%
1,2,4-三甲苯	-74%	-85%	-19%	-9%	-34%	-22%	-119%	-64%	-89%	-112%
1,2,3-三甲苯	-55%	-65%	-14%	-7%	-24%	-19%	-107%	-49%	-70%	-75%
溴甲烷	-25%	-59%	-3%	-8%	-1%	-5%	-7%	3%	-1%	2%
二硫化碳	-16%	-18%	-2%	-11%	-8%	-4%	2%	-23%	-21%	-18%
二氯甲烷	2%	-6%	-1%	-7%	-7%	1%	19%	-3%	-7%	-4%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
顺-1,2-二氯乙烯	-17%	-29%	-6%	-4%	-10%	-10%	-15%	-16%	-48%	-45%
1,1-二氯乙烷	6%	-3%	-1%	-13%	-3%	-5%	-5%	-3%	-4%	-2%
反-1,2-二氯乙烯	-29%	-42%	-6%	-6%	-15%	-14%	-16%	-17%	-59%	-58%
乙酸乙酯	-5%	-51%	-8%	-12%	-17%	-27%	-28%	-29%	-42%	-42%
三氯甲烷	-6%	-14%	0%	-11%	-6%	-2%	-4%	-3%	-14%	-10%
1,1,1-三氯乙烷	9%	-6%	2%	-10%	1%	-3%	2%	-3%	12%	16%
四氯化碳	4%	-10%	-1%	-15%	0%	-2%	6%	-3%	11%	12%
三氯乙烯	-53%	-62%	-14%	-21%	-18%	-18%	-24%	-19%	-67%	-54%
1,2-二氯丙烷	-4%	-2%	-6%	-16%	-6%	-9%	-9%	0%	-8%	6%
甲基丙烯酸甲酯	-73%	-327%	-10%	-21%	-18%	-24%	-33%	-34%	-76%	-40%
一溴二氯甲烷	-14%	-5%	-4%	-19%	-9%	-5%	0%	-2%	-4%	3%
反-1,3-二氯丙烯	-42%	-39%	-10%	-22%	-12%	-12%	-16%	-16%	-53%	-47%
1,1,2-三氯乙烷	-20%	-20%	-5%	-10%	-6%	-11%	-13%	-3%	-12%	-11%
二溴一氯甲烷	-18%	-14%	-7%	-13%	-6%	-9%	1%	-6%	-16%	-13%
四氯乙烷	-124%	-157%	-12%	-17%	-20%	-25%	-48%	-29%	-140%	-122%
1,2-二溴乙烷	-44%	-44%	-11%	-13%	-10%	-15%	-25%	-16%	-48%	-42%
氯苯	-107%	-116%	-8%	-18%	-20%	-22%	-54%	-28%	-139%	-108%
三溴甲烷	-17%	-20%	-4%	-13%	0%	-5%	-1%	-9%	-8%	-4%
四氯乙烷	-6%	-1%	1%	1%	-10%	-2%	-15%	-1%	-5%	6%
1,3-二氯苯	-175%	-219%	-29%	-29%	-55%	-48%	-253%	-106%	-177%	-197%
1,4-二氯苯	-182%	-230%	-30%	-34%	-65%	-56%	-299%	-144%	-193%	-227%
1,2-二氯苯	-130%	-158%	-20%	-19%	-36%	-34%	-153%	-68%	-123%	-148%

表 26 0.5 nmol/mol 时 a 与 c 条件测值百分比差异（清单外物种）

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	30%	6%	0%	-5%	0%	1%	-9%	0%	22%	-1%
顺-2-丁烯	16%	3%	-2%	-9%	-1%	1%	-14%	1%	-11%	-17%
反-2-丁烯	0%	4%	5%	-5%	-3%	-3%	-14%	-2%	-11%	-22%
1-戊烯	9%	3%	-15%	-10%	-14%	-5%	-9%	-10%		-30%
反-2-戊烯	4%	-5%	-10%	-12%	-15%	-6%	-8%	-13%	-14%	-30%
顺-2-戊烯	6%	-2%	-15%	-12%	-15%	-6%	-9%	-11%	-20%	-25%
2,2-二甲基丁烷	15%	11%	-8%	-8%	2%	-2%	-5%	-12%	-2%	-13%
环戊烷	10%	5%	-8%	-9%	-1%	2%	14%	-15%	-6%	-12%
2,3-二甲基丁烷	14%	11%	-8%	-10%	1%	-2%	13%	-16%	0%	-17%
1-己烯	4%	-7%	-16%	-11%	-15%	-7%	-16%	-22%	-33%	-34%
苯乙烯	-110%	-134%	-20%	-16%	-22%	-26%	-91%	-45%	-150%	-155%
间-二乙苯	-53%	-72%	-14%	-11%	-22%	-13%	-137%	-56%	-171%	-83%
对-二乙苯	-84%	-113%	-15%	-15%	-30%	-21%	-191%	-83%	-129%	-107%
十一烷	-24%	-32%	-19%	-14%	-30%	-18%	-419%	-277%	-4%	-66%
十二烷	-11%	-26%	92%	-21%	-21%	-6%	-947%	-1135%	31%	-44%
乙醛	14%	-19%	14%	23%	0%	0%	-4%	3%	4%	-12%
丙烯醛	-16%	-42%	-10%	-12%	-21%	-16%	-41%	-13%	-52%	-67%
丙酮	-4%	-29%	3%	2%	-8%	-10%	-3%	-2%	-13%	0%
丙醛	11%	-7%	3%	5%	-17%	-9%	-11%	-11%	-9%	-21%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
丁烯醛	-33%		-16%	-13%	-30%	60%	-46%	-70%	3%	
甲基丙烯醛	1%	-13%	-7%	-24%	-10%	-11%	-26%	-30%	-111%	-10%
2-丁酮	2%	-153%	-8%	-6%	-9%	-18%	-24%	-25%	50%	-21%
正丁醛	0%	-8%	-13%	4%	-7%	-11%	-17%	-25%	-21%	-5%
苯甲醛	-6%	-40%	-37%	-29%	-41%	-38%	-149%	-111%	-117%	-88%
戊醛	16%	9%	-17%	-9%	-22%	-22%	-16%	-21%	-93%	16%
间甲基苯甲醛	25%	68%		-31%	-	1567%	1250%	-994%	1708%	
己醛	86%	86%	-20%	-7%	-20%	-92%	-7%	-18%		
氟利昂-12	9%	5%	-2%	-2%	-2%	1%	-7%	6%	-11%	-31%
氯甲烷	24%	6%	0%	-3%	-4%	4%	-13%	7%	-2%	2%
氯乙烯	7%	-5%	-5%	-10%	-8%	-4%	-10%	3%	-1%	-6%
1,3-丁二烯	11%	-7%	2%	-7%	-7%	0%	-14%	-4%	-9%	-21%
氯乙烷	9%	-4%	-3%	-5%	-2%	-6%	-8%	-1%	8%	2%
氟利昂-11	6%	-3%	-2%	-9%	2%	-4%	2%	-3%	-44%	2%
氟利昂-114	9%	7%	1%	-6%	-1%	-1%	-6%	6%	10%	11%
氟利昂-113	7%	-10%	0%	-7%	0%	-3%	-4%	-5%	4%	4%
1,1-二氯乙烯	-5%	-8%	-10%	-10%	-8%	-8%	-4%	-9%	-23%	-29%
异丙醇	96%	95%	-1%	0%	10%	-288%	21%	20%		88%
甲基叔丁基醚	25%	-95%	-17%	-10%	-3%	-6%	-14%	-17%	-48%	-4%
乙酸乙烯酯	-48%	-75%	-21%	-22%	-17%	-19%	-33%	-44%	-131%	-61%
四氢呋喃	-29%	-253%	-14%	-23%	-18%	-69%	-33%	-41%		-267%
1,2-二氯乙烷	-20%	-12%	-5%	-13%	-8%	-11%	-5%	-9%	-13%	-6%
1,4-二氧六环			-16%	-12%	5%	-100%	-1%	-2%		
顺-1,3-二氯丙烯	-63%	-59%	-9%	-25%	-18%	-17%	-19%	-29%	-79%	-80%
4-甲基-2-戊酮	96%	95%	-11%	-19%	1%	0%	-9%	-11%		30%
2-己酮	90%	86%	-22%	-26%	3%		-27%	-32%		
氯化苄	-71%	-66%	-22%	-30%	-18%	-22%	-85%	-70%	-64%	-81%
1,2,4-三氯苯	-75%	-112%	-74%	-49%	-60%	-69%	-589%	-363%	-41%	-118%
萘	-25%	-45%	-40%	-24%	-27%	-47%	-520%	-309%	15%	-57%
六氯-1,3-丁二烯	-51%	-77%	-8%	-6%	-13%	-11%	-183%	-74%	-40%	-49%

表 27 10 nmol/mol 时 a 与 c 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	-1%
乙炔	0%	0%	0%	-1%	0%	0%	1%	0%	2%	1%
乙烷	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	-1%	-1%
丙烯	1%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	0%
丙烷	0%	0%	-1%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
异丁烷	-1%	0%	0%	-8%	0%	0%	0%	0%	-2%	-3%
正丁烷	-1%	-1%	0%	-7%	0%	0%	0%	1%	-4%	-1%
异戊烷	-1%	-2%	0%	-6%	0%	1%	-5%	-1%	0%	-3%
正戊烷	0%	-2%	2%	-5%	0%	0%	-4%	-1%	-1%	-2%
异戊二烯	-2%	-5%	1%	-5%	-2%	-3%	-3%	-3%	-3%	-4%
3-甲基戊烷	1%	-1%	0%	-4%	-6%	-1%	-2%	-2%	-6%	0%
正己烷	1%	-3%	0%	-7%	-6%	-3%	-3%	-3%	-1%	-2%
2,4-二甲基戊烷	1%	-3%	1%	-6%	-6%	-2%	-3%	-4%	0%	-1%
甲基环戊烷	1%	-5%	1%	-1%	-5%	-2%	-3%	-2%	-2%	-4%
苯	-3%	3%	-1%	-3%	-4%	-3%	-2%	0%	-3%	3%
环己烷	1%	-3%	5%	-4%	-2%	0%	-2%	-1%	-2%	-2%
2-甲基己烷	1%	-6%	-1%	-3%	0%	-2%	-3%	-1%	-2%	-3%
2,3-二甲基戊烷	2%	-4%	-7%	-5%	0%	-2%	-2%	-1%	-4%	3%
3-甲基己烷	0%	-4%	-1%	-4%	-4%	-5%	-3%	-1%	-2%	3%
2,2,4-三甲基戊烷	-2%	5%	-1%	-7%	-9%	-6%	-3%	0%	-2%	1%
正庚烷	-4%	4%	0%	-7%	-4%	-5%	-3%	0%	-2%	0%
甲基环己烷	-2%	2%	1%	-6%	-6%	-2%	-2%	-1%	-3%	0%
2,3,4-三甲基戊烷	-3%	3%	-2%	-11%	-4%	-5%	-2%	0%	-2%	0%
2-甲基庚烷	-3%	4%	-1%	-9%	-4%	-5%	-2%	1%	-3%	1%
甲苯	-2%	-1%	-1%	-5%	-10%	-8%	-1%	2%	-4%	-5%
3-甲基庚烷	-2%	4%	-2%	-12%	-5%	-5%	-1%	0%	-1%	2%
正辛烷	-4%	3%	-1%	-8%	-7%	-8%	-2%	2%	-4%	2%
乙苯	-2%	0%	0%	-5%	-10%	-8%	-4%	-3%	-1%	3%
间/对-二甲苯	-3%	0%	-1%	-6%	-10%	-8%	-4%	-4%	0%	4%
正壬烷	-7%	4%	0%	-7%	-12%	-9%	-6%	-5%	1%	1%
邻-二甲苯	-3%	1%	0%	-6%	-10%	-8%	-4%	-4%	-1%	1%
异丙苯	-3%	-4%	0%	-6%	-8%	-9%	-4%	-3%	-2%	1%
正丙苯	-5%	-3%	-4%	-1%	-12%	-10%	-7%	-6%	-1%	1%
邻-乙基甲苯	-5%	-4%	-4%	-6%	-9%	-10%	-7%	-5%	-5%	1%
间-乙基甲苯	-5%	-4%	-4%	-8%	-10%	-10%	-7%	-7%	-4%	3%
1,3,5-三甲苯	-6%	-4%	-4%	-5%	-9%	-10%	-7%	-6%	-5%	3%
对-乙基甲苯	-6%	-6%	-3%	-5%	-8%	-10%	-7%	-6%	-4%	4%
正癸烷	-11%	-1%	-4%	-7%	-14%	-11%	-7%	-6%	-1%	3%
1,2,4-三甲苯	-8%	-7%	-4%	-3%	-9%	-9%	-7%	-7%	-3%	-3%
1,2,3-三甲苯	-9%	-4%	-3%	-4%	-10%	-11%	-6%	-6%	-5%	0%
溴甲烷	-7%	-12%	-1%	-1%	-2%	-3%	-3%	2%	-4%	1%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
二硫化碳	0%	-1%	2%	-4%	0%	-1%	-1%	9%	-3%	0%
二氯甲烷	2%	-1%	1%	-6%	-1%	1%	-2%	1%	-1%	2%
顺-1,2-二氯乙烯	2%	-3%	0%	-2%	-3%	-3%	-2%	-1%	-7%	0%
1,1-二氯乙烷	0%	-4%	1%	-4%	-4%	-4%	-1%	-1%	-2%	0%
反-1,2-二氯乙烯	2%	-3%	1%	-3%	-5%	-5%	-2%	-1%	-2%	-1%
乙酸乙酯	1%	-4%	-1%	-6%	0%	-3%	-2%	-3%	-3%	-1%
三氯甲烷	-1%	-5%	-2%	-2%	-3%	-1%	0%	1%	-2%	2%
1,1,1-三氯乙烷	0%	-7%	-1%	-8%	-2%	-3%	2%	0%	-2%	2%
四氯化碳	1%	-7%	-1%	-3%	-3%	-4%	4%	1%	-2%	4%
三氯乙烯	-1%	1%	-1%	-8%	-8%	-6%	0%	0%	-7%	0%
1,2-二氯丙烷	-3%	4%	1%	-10%	-8%	-7%	-1%	1%	-2%	5%
甲基丙烯酸甲酯	-2%	2%	1%	-9%	-5%	-7%	0%	-1%	-8%	1%
一溴二氯甲烷	-3%	4%	-3%	-10%	-7%	-4%	2%	2%	-4%	4%
反-1,3-二氯丙烯	-5%	2%	-2%	-11%	-7%	-7%	1%	2%	-3%	2%
1,1,2-三氯乙烷	-1%	0%	0%	-9%	-10%	-9%	0%	4%	-2%	5%
二溴一氯甲烷	-2%	0%	-1%	-6%	-9%	-8%	4%	4%	0%	4%
四氯乙烯	-3%	-4%	0%	-6%	-8%	-9%	0%	2%	-3%	2%
1,2-二溴乙烷	-3%	0%	-1%	-7%	-8%	-9%	0%	5%	-1%	5%
氯苯	-3%	-2%	-1%	-4%	-7%	-8%	-4%	-3%	-2%	3%
三溴甲烷	-4%	-3%	-1%	-7%	-9%	-10%	3%	-4%	-5%	6%
四氯乙烷	-5%	0%	-4%	-6%	-12%	-8%	-6%	-4%	0%	5%
1,3-二氯苯	-13%	-13%	-4%	-7%	-10%	-11%	-9%	-7%	-13%	-5%
1,4-二氯苯	-16%	-15%	-4%	-6%	-11%	-12%	-10%	-8%	-15%	-4%
1,2-二氯苯	-11%	-10%	-4%	-10%	-10%	-12%	-8%	-7%	-10%	0%

表 28 10 nmol/mol 时 a 与 c 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	-4%	2%	0%	-9%	1%	1%	-6%	-1%	17%	-5%
顺-2-丁烯	-4%	2%	-2%	-6%	0%	1%	-6%	-1%	-3%	-4%
反-2-丁烯	-2%	-3%	1%	7%	-4%	-4%	-3%	-2%	-3%	-3%
1-戊烯	-2%	-4%	-1%	-4%	-5%	-4%	-2%	-2%		-8%
反-2-戊烯	-1%	-4%	1%	-4%	-5%	-2%	-3%	-2%	-3%	-6%
顺-2-戊烯	0%	-4%	-1%	-4%	-4%	-2%	-2%	-2%	-1%	-3%
2,2-二甲基丁烷	1%	-1%	-1%	-4%	1%	-2%	20%	-4%	-1%	-1%
环戊烷	1%	-2%	2%	-6%	3%	3%	-3%	-3%	0%	-2%
2,3-二甲基丁烷	0%	-4%	3%	-5%	1%	-2%	-3%	-3%	-2%	-3%
1-己烯	1%	-4%	1%	-4%	-6%	-3%	-3%	-4%	-3%	-6%
苯乙烯	-4%	-2%	0%	-6%	-8%	-9%	-4%	-5%	-2%	2%
间-二乙苯	-9%	-5%	-4%	-6%	-10%	-10%	-3%	-9%	-5%	2%
对-二乙苯	-11%	-5%	-4%	-6%	-11%	-11%	-4%	-10%	-6%	-1%
十一烷	-11%	-2%	-4%	-10%	-16%	-12%	-11%	-8%	-6%	-1%
十二烷	-12%	-6%	23%	-4%	-13%	-10%	-17%	-10%	-11%	-14%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙醛	43%	-1%	1%	-5%	6%	0%	-4%	1%	-5%	-3%
丙烯醛	2%	-1%	-1%	-7%	-6%	-4%	11%	-2%	0%	-5%
丙酮	-1%	-2%	0%	-7%	-3%	-6%	24%	0%	-1%	0%
丙醛	-6%	-1%	3%	4%	-5%	-4%	21%	-2%	0%	-1%
丁烯醛	-5%	0%	0%	-6%	-2%	-10%	3%	-4%	-5%	-7%
甲基丙烯醛	-1%	-4%	1%	-11%	0%	-4%	-2%	-3%	-3%	-2%
2-丁酮	0%	-4%	0%	-6%	0%	-3%	-2%	-2%	-5%	-3%
正丁醛	-5%	-6%	1%	-1%	0%	-3%	-3%	-3%	-3%	-4%
苯甲醛	-13%	-9%	-6%	-9%	-10%	-12%	-8%	-9%	-14%	-14%
戊醛	-9%	2%	0%	-11%	-11%	-8%	0%	-1%	-2%	1%
间甲基苯甲醛	0%	-20%	16%	-32%	6%	-200%	-119%	-903%	2%	-51%
己醛	-4%	0%	-2%	-9%	-14%	-8%	0%	2%	-2%	-2%
氟利昂-12	-1%	-2%	-2%	7%	-2%	0%	-7%	0%	-22%	-31%
氯甲烷	18%	-1%	1%	-8%	0%	2%	-4%	0%	-2%	0%
氯乙烯	1%	-4%	-1%	-6%	-3%	-4%	-5%	-1%	-3%	0%
1,3-丁二烯	-4%	-11%	2%	7%	-2%	1%	-4%	-1%	-3%	-4%
氯乙烷	5%	-4%	1%	-5%	-3%	-5%	-4%	1%	-4%	-1%
氟利昂-11	0%	-5%	0%	-3%	1%	-3%	1%	1%	-94%	2%
氟利昂-114	0%	-2%	0%	-6%	-1%	-2%	-5%	0%	-3%	1%
氟利昂-113	2%	-8%	0%	0%	-2%	-3%	17%	-1%	-2%	2%
1,1-二氯乙烯	0%	-2%	-1%	-4%	-4%	-5%	18%	-1%	-2%	-2%
异丙醇	4%	-7%	2%	-5%	0%	-3%	-1%	77%	-7%	-7%
甲基叔丁基醚	0%	-11%	0%	-3%	-1%	-4%	-4%	-5%	-47%	-7%
乙酸乙烯酯	1%	-4%	1%	-7%	-1%	-4%	-3%	-4%	-68%	-8%
四氢呋喃	-1%	-6%	0%	-4%	-1%	-4%	-2%	-3%	-3%	-7%
1,2-二氯乙烷	-3%	5%	-3%	-8%	-5%	-7%	1%	1%	-1%	4%
1,4-二氧六环	2%	1%	-1%	-5%	-7%	-1%	-1%	-2%	-2%	-1%
顺-1,3-二氯丙烯	-6%	2%	-1%	-9%	-7%	-8%	3%	3%	-1%	2%
4-甲基-2-戊酮	2%	4%	-3%	-12%	-7%	-10%	-1%	1%	-5%	0%
2-己酮	0%	2%	-1%	-9%	-8%	-11%	-1%	1%	3%	-2%
氯化苄	-13%	-4%	-6%	-11%	-12%	-11%	0%	-8%	-5%	0%
1,2,4-三氯苯	-59%	-56%	-6%	-9%	-15%	-15%	-18%	-20%	-63%	-65%
萘	-25%	-23%	-4%	-12%	-11%	-11%	-13%	-17%	-30%	-33%
六氯-1,3-丁二烯	-5%	-3%	-4%	-8%	-10%	-9%	-4%	-6%	-4%	4%

(三) 在管路伴热 60°C条件下, Teflon 材质和硅烷化不锈钢材质 (b 与 d 条件) 比对结果

通过比较在管路伴热 60°C的条件下, Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质在相同标准气体浓度下测值的百分比差异 (条件 b 与条件 d), 来比较管路材质的差异。按照公式 (2) 计算百分比差异。

$$S = \frac{C_{\bar{b}} - C_{\bar{d}}}{C_{\bar{b}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: S ——不同实验条件下测试结果百分比差异, %;

$C_{\bar{b}}$ ——b 条件下 2 笔测试均值, nmol/mol;

$C_{\bar{d}}$ ——d 条件下 2 笔测试均值, nmol/mol。

测试结果: ①通标浓度为 0.5 nmol/mol 时, 且管路伴热 60°C 的条件下, Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质比较, 清单内物种与清单外物种百分比差异结果见表 29、表 30。对于清单内物种, 管路伴热 60°C 时其百分比差异整体偏正, 说明在 Teflon 材质下监测仪器测值偏高, 推测为伴热时 Teflon 材质吸附 VOCs 物种解吸附导致, 综合来看, 硅烷化不锈钢材质结果表现更优; 类似地, 清单外物种, 管路伴热 60°C 时其百分比差异整体偏正, 说明 Teflon 材质测值偏高, 与清单内物种表现一致, 但清单外物种整体差异大于清单内物种; ②在通标浓度为 10 nmol/mol 时, 且管路伴热 60°C 条件下, Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质比较, 清单内物种、与清单外物种、百分比差异结果见表 31、表 32。当通标浓度变高后, 清单内、外物种在管路伴热 60°C 时其百分比差异整体偏正, Teflon 材质测量值偏高, 与 0.5 nmol/mol 时表现一致, 说明 Teflon 材质存在解吸附现象。并且可以发现低浓度下该差异更为显著, 说明管路材质对低浓度测值影响大。

测试小结: 在管路伴热 60°C 条件下, Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质对比, 清单内物种与清单外物种均表现一致, Teflon 材质测值偏高存在解吸附现象, 且低浓度受该影响显著。

表 29 0.5 nmol/mol 时 b 与 d 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	1%	6%	1%	5%	1%	2%	4%	-4%	-6%	9%
乙炔	6%	1%	1%	2%	-9%	-16%	1%	-6%	-16%	26%
乙烷	4%	6%	1%	-1%	2%	2%	0%	3%	-15%	1%
丙烯	0%	2%	-2%	-1%	4%	1%	0%	-1%	7%	8%
丙烷	-2%	3%	3%	3%	0%	2%	3%	1%	9%	8%
异丁烷	3%	1%	-3%	2%	-1%	1%	3%	0%	19%	1%
正丁烷	3%	3%	-4%	5%	0%	1%	0%	1%	12%	6%
异戊烷	8%	20%	-2%	-3%	1%	1%	1%	-2%	6%	6%
正戊烷	5%	13%	-2%	6%	1%	2%	3%	1%	17%	1%
异戊二烯	8%	12%	-2%	5%	4%	5%	2%	1%	24%	3%
3-甲基戊烷	5%	13%	-1%	4%	2%	4%	13%	2%	15%	0%
正己烷	11%	13%	2%	6%	5%	5%	-3%	3%	20%	6%
2,4-二甲基戊烷	10%	17%	0%	5%	4%	6%	4%	1%	16%	5%
甲基环戊烷	8%	13%	-1%	6%	4%	3%	4%	2%	17%	1%
苯	15%	19%	7%	9%	8%	7%	6%	5%	21%	15%
环己烷	6%	10%	8%	5%	3%	4%	3%	0%	17%	-1%
2-甲基己烷	10%	11%	4%	5%	6%	5%	5%	3%	24%	-4%
2,3-二甲基戊烷	7%	10%	-5%	4%	5%	5%	3%	1%	19%	7%
3-甲基己烷	5%	11%	1%	7%	5%	4%	4%	2%	37%	5%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
2,2,4-三甲基戊烷	11%	20%	2%	12%	3%	1%	3%	0%	22%	3%
正庚烷	14%	21%	8%	10%	8%	7%	11%	7%	22%	7%
甲基环己烷	10%	15%	9%	7%	5%	3%	4%	2%	20%	3%
2,3,4-三甲基戊烷	13%	16%	6%	5%	4%	3%	4%	3%	20%	4%
2-甲基庚烷	21%	19%	11%	9%	9%	7%	8%	7%	27%	8%
甲苯	22%	21%	14%	13%	13%	13%	10%	10%	24%	7%
3-甲基庚烷	18%	19%	10%	7%	8%	7%	6%	6%	26%	8%
正辛烷	21%	24%	15%	16%	13%	14%	17%	14%	21%	10%
乙苯	24%	22%	17%	16%	16%	16%	12%	14%	29%	15%
间/对-二甲苯	26%	25%	20%	19%	19%	20%	13%	16%	36%	22%
正壬烷	22%	27%	20%	19%	18%	19%	19%	17%	36%	19%
邻-二甲苯	23%	22%	17%	16%	18%	17%	13%	15%	33%	16%
异丙苯	23%	18%	16%	16%	15%	14%	16%	11%	31%	14%
正丙苯	26%	24%	24%	21%	20%	20%	14%	14%	35%	20%
邻-乙基甲苯	23%	20%	23%	22%	19%	19%	8%	13%	33%	20%
间-乙基甲苯	26%	24%	22%	12%	22%	21%	9%	14%	34%	24%
1,3,5-三甲苯	23%	22%	24%	28%	21%	22%	6%	14%	37%	24%
对-乙基甲苯	27%	25%	29%	20%	23%	23%	9%	15%	36%	26%
正癸烷	25%	27%	26%	26%	24%	24%	4%	12%	42%	24%
1,2,4-三甲苯	23%	14%	28%	28%	25%	25%	8%	19%	35%	17%
1,2,3-三甲苯	17%	16%	25%	25%	22%	22%	5%	19%	28%	14%
溴甲烷	-10%	21%	-2%	7%	5%	4%	4%	2%	16%	8%
二硫化碳	5%	11%	3%	6%	5%	6%	4%	2%	11%	2%
二氯甲烷	7%	12%	0%	4%	4%	4%	4%	3%	19%	7%
顺-1,2-二氯乙烯	14%	14%	3%	10%	7%	7%	6%	6%	21%	8%
1,1-二氯乙烷	14%	9%	0%	4%	4%	3%	3%	3%	18%	5%
反-1,2-二氯乙烯	14%	16%	6%	4%	7%	8%	15%	6%	22%	9%
乙酸乙酯	13%	20%	5%	10%	19%	20%	16%	24%	26%	11%
三氯甲烷	10%	10%	5%	7%	5%	5%	2%	4%	19%	9%
1,1,1-三氯乙烷	9%	11%	2%	3%	5%	5%	3%	2%	15%	9%
四氯化碳	8%	9%	4%	8%	6%	5%	7%	4%	18%	8%
三氯乙烯	23%	25%	16%	17%	14%	12%	10%	11%	28%	18%
1,2-二氯丙烷	16%	18%	9%	7%	5%	4%	4%	4%	21%	11%
甲基丙烯酸甲酯	22%	29%	15%	21%	19%	19%	19%	27%	40%	16%
一溴二氯甲烷	15%	19%	9%	9%	6%	6%	7%	6%	19%	12%
反-1,3-二氯丙烯	20%	26%	12%	12%	11%	11%	13%	10%	28%	15%
1,1,2-三氯乙烷	18%	20%	11%	10%	8%	10%	6%	7%	26%	14%
二溴一氯甲烷	17%	20%	12%	12%	9%	9%	12%	7%	26%	13%
四氯乙烯	29%	24%	22%	23%	20%	21%	13%	17%	33%	23%
1,2-二溴乙烷	21%	22%	14%	15%	10%	11%	8%	9%	30%	18%
氯苯	24%	23%	21%	22%	18%	19%	11%	15%	32%	20%
三溴甲烷	20%	19%	13%	11%	10%	10%	14%	7%	22%	14%
四氯乙烷	14%	15%	16%	15%	10%	11%	4%	9%	22%	11%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,3-二氯苯	29%	24%	33%	35%	29%	29%	8%	18%	33%	25%
1,4-二氯苯	29%	25%	34%	35%	29%	30%	6%	16%	37%	24%
1,2-二氯苯	23%	19%	31%	33%	25%	26%	6%	16%	30%	20%

表 30 0.5 nmol/mol 时 b 与 d 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	8%	19%	1%	7%	1%	2%	4%	-1%	16%	14%
顺-2-丁烯	5%	23%	-2%	7%	2%	2%	4%	2%	19%	1%
反-2-丁烯	7%	15%	-3%	3%	2%	-1%	5%	1%	16%	-5%
1-戊烯	6%	12%	-3%	3%	4%	4%	6%	1%	0%	2%
反-2-戊烯	8%	15%	-1%	5%	4%	4%	4%	1%	22%	5%
顺-2-戊烯	7%	16%	-1%	9%	3%	3%	4%	1%	21%	5%
2,2-二甲基丁烷	8%	14%	-3%	6%	4%	4%	2%	-1%	16%	6%
环戊烷	9%	16%	-1%	3%	1%	2%	3%	0%	18%	2%
2,3-二甲基丁烷	1%	12%	-4%	1%	4%	3%	4%	0%	23%	0%
1-己烯	9%	16%	-1%	4%	5%	4%	-3%	1%	25%	2%
苯乙烯	27%	27%	22%	21%	21%	21%	15%	12%	39%	21%
间-二乙苯	19%	18%	26%	27%	24%	23%	4%	19%	28%	17%
对-二乙苯	19%	18%	30%	31%	26%	26%	3%	19%	31%	16%
十一烷	15%	15%	32%	35%	30%	30%	-6%	3%	28%	7%
十二烷	-4%	-6%	50%	31%	34%	33%	-20%	-16%	3%	-35%
乙醛	-39%	19%	-238%	33%	14%	14%	21%	9%	19%	6%
丙烯醛	13%	32%	11%	18%	9%	11%	18%	10%	31%	20%
丙酮	23%	33%	6%	23%	3%	5%	24%	10%	22%	14%
丙醛	-108%	-36%	-4%	13%	6%	5%	18%	7%	-20%	-40%
丁烯醛	11%	45%	12%	15%	22%	30%	37%	33%	27%	-5%
甲基丙烯醛	7%	21%	15%	31%	11%	11%	20%	6%	32%	8%
2-丁酮	7%	13%	15%	21%	15%	16%	12%	17%	21%	9%
正丁醛	8%	8%	9%	13%	10%	9%	18%	3%	36%	7%
苯甲醛	-2%	2%	38%	37%	23%	27%	18%	25%	0%	-16%
戊醛	5%	14%	18%	17%	12%	11%	18%	21%	20%	4%
间甲基苯甲醛	-47%	-53%	69%	41%	29%	34%	13%	31%	-129%	-163%
己醛	-17%	-6%	20%	19%	19%	22%	30%	26%	11%	-26%
氟利昂-12	6%	8%	-3%	-9%	2%	4%	2%	-1%	2%	-89%
氯甲烷	-13%	19%	-2%	0%	2%	3%	5%	-3%	18%	11%
氯乙烯	9%	13%	-1%	1%	4%	3%	3%	3%	14%	6%
1,3-丁二烯	-2%	27%	-2%	2%	3%	6%	0%	3%	12%	8%
氯乙烷	16%	29%	-1%	-2%	5%	4%	2%	2%	10%	7%
氟利昂-11	9%	9%	-1%	4%	6%	5%	1%	2%	18%	6%
氟利昂-114	5%	8%	1%	8%	3%	4%	1%	1%	17%	3%
氟利昂-113	10%	11%	1%	7%	5%	5%	2%	2%	17%	6%
1,1-二氯乙烯	10%	13%	0%	8%	5%	5%	4%	3%	16%	6%
异丙醇	-47%	-37%	10%	16%	6%	2%	4%	-37%	-15%	-41%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
甲基叔丁基醚	-3%	1%	-2%	5%	5%	5%	2%	13%	2%	-9%
乙酸乙烯酯	15%	26%	13%	17%	14%	15%	20%	12%	25%	18%
四氢呋喃	8%	15%	16%	14%	16%	16%	17%	23%	15%	5%
1,2-二氯乙烷	16%	23%	6%	8%	5%	5%	4%	4%	21%	14%
1,4-二氧六环	-64%	-56%	20%	22%	14%	14%	10%	15%	-77%	-155%
顺-1,3-二氯丙烯	24%	32%	13%	14%	12%	14%	16%	12%	35%	19%
4-甲基-2-戊酮	-46%	-34%	13%	16%	12%	13%	11%	11%	-35%	-55%
2-己酮	-50%	-40%	25%	25%	26%	26%	27%	27%	-56%	-78%
氯化苄	24%	29%	24%	23%	22%	25%	16%	23%	29%	19%
1,2,4-三氯苯	26%	20%	39%	40%	28%	29%	-15%	8%	30%	15%
萘	12%	8%	35%	33%	20%	21%	-11%	6%	20%	1%
六氯-1,3-丁二烯	7%	-3%	26%	27%	17%	17%	-8%	9%	10%	-1%

表 31 10 nmol/mol 时 b 与 d 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	1%	0%	-1%	1%	0%	0%	1%	0%	-1%	-16%
乙炔	1%	0%	0%	1%	1%	-1%	1%	0%	-3%	-20%
乙烷	1%	0%	-1%	2%	0%	0%	1%	1%	5%	-11%
丙烯	-3%	-3%	-1%	1%	1%	1%	1%	1%	4%	4%
丙烷	-1%	-2%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	4%	4%
异丁烷	-2%	-10%	-1%	0%	0%	0%	1%	0%	13%	-1%
正丁烷	-3%	-12%	-1%	0%	0%	1%	1%	1%	35%	10%
异戊烷	-2%	-2%	-1%	2%	1%	1%	16%	-1%	11%	1%
正戊烷	0%	-4%	0%	3%	1%	1%	21%	-1%	9%	-1%
异戊二烯	4%	-4%	-1%	-1%	1%	3%	22%	-2%	11%	0%
3-甲基戊烷	2%	0%	-3%	0%	0%	2%	7%	-2%	10%	-2%
正己烷	0%	-3%	-1%	0%	0%	2%	7%	-3%	11%	-1%
2,4-二甲基戊烷	1%	1%	-1%	1%	0%	2%	5%	-4%	10%	-2%
甲基环戊烷	-1%	-3%	-1%	1%	0%	2%	6%	-2%	10%	-2%
苯	0%	4%	-1%	-3%	2%	3%	4%	-2%	8%	0%
环己烷	1%	-2%	2%	-8%	1%	2%	5%	-3%	13%	-2%
2-甲基己烷	-7%	-4%	-3%	-2%	1%	2%	6%	-2%	10%	-3%
2,3-二甲基戊烷	-7%	-2%	-6%	-8%	2%	3%	5%	-3%	10%	1%
3-甲基己烷	-4%	-3%	-2%	-6%	2%	2%	6%	-2%	8%	-1%
2,2,4-三甲基戊烷	-2%	7%	-3%	-5%	0%	2%	6%	-2%	10%	0%
正庚烷	-2%	4%	-1%	-4%	2%	3%	6%	-2%	8%	0%
甲基环己烷	-2%	3%	-1%	-4%	1%	3%	3%	-2%	10%	-2%
2,3,4-三甲基戊烷	-3%	6%	-2%	-3%	2%	3%	3%	-2%	9%	0%
2-甲基庚烷	0%	5%	-2%	-1%	2%	3%	4%	-1%	10%	-1%
甲苯	1%	2%	-1%	-1%	2%	3%	1%	-1%	13%	-2%
3-甲基庚烷	2%	5%	-1%	-1%	2%	3%	3%	-2%	11%	0%
正辛烷	1%	4%	-1%	-1%	2%	3%	4%	-1%	12%	-1%
乙苯	2%	3%	-1%	-3%	2%	3%	0%	0%	13%	4%
间/对-二甲苯	4%	3%	-1%	-1%	2%	3%	0%	0%	13%	5%
正壬烷	3%	5%	0%	-2%	1%	2%	4%	0%	13%	4%
邻-二甲苯	4%	4%	-1%	-1%	2%	3%	0%	0%	14%	3%
异丙苯	2%	2%	-1%	0%	2%	3%	0%	-1%	14%	4%
正丙苯	5%	3%	-3%	6%	1%	3%	-1%	-2%	15%	5%
邻-乙基甲苯	5%	3%	-3%	5%	2%	3%	-1%	-2%	15%	9%
间-乙基甲苯	5%	2%	-6%	0%	1%	3%	-2%	1%	16%	10%
1,3,5-三甲苯	4%	3%	-1%	2%	1%	3%	0%	-2%	15%	9%
对-乙基甲苯	6%	2%	-10%	6%	2%	3%	0%	-5%	15%	10%
正癸烷	-23%	5%	-2%	4%	0%	2%	7%	-2%	13%	4%
1,2,4-三甲苯	4%	6%	-2%	4%	1%	3%	0%	-3%	13%	4%
1,2,3-三甲苯	3%	4%	-3%	2%	1%	3%	1%	-2%	14%	8%
溴甲烷	36%	-16%	1%	4%	1%	1%	9%	-1%	9%	5%
二硫化碳	-1%	-2%	-2%	1%	1%	2%	22%	-1%	9%	0%
二氯甲烷	1%	-1%	-2%	-1%	1%	2%	-19%	0%	11%	2%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
顺-1,2-二氯乙烯	1%	-4%	-1%	3%	1%	2%	2%	-1%	10%	2%
1,1-二氯乙烷	0%	-4%	-2%	-1%	0%	2%	5%	-1%	9%	1%
反-1,2-二氯乙烯	0%	-3%	-2%	1%	0%	2%	4%	-1%	9%	1%
乙酸乙酯	-5%	-5%	-1%	0%	1%	1%	5%	-4%	9%	1%
三氯甲烷	-2%	-4%	-2%	-5%	1%	2%	2%	0%	10%	2%
1,1,1-三氯乙烷	3%	-4%	-3%	-7%	1%	3%	3%	0%	11%	-1%
四氯化碳	2%	-5%	-2%	-9%	2%	3%	4%	0%	8%	0%
三氯乙烯	-3%	2%	-1%	-3%	1%	3%	0%	-1%	8%	-1%
1,2-二氯丙烷	-1%	3%	-1%	-1%	1%	2%	3%	0%	9%	2%
甲基丙烯酸甲酯	0%	3%	-1%	0%	2%	2%	3%	-4%	6%	3%
一溴二氯甲烷	-2%	4%	-1%	-4%	1%	3%	2%	0%	9%	2%
反-1,3-二氯丙烯	3%	4%	-1%	0%	3%	3%	3%	0%	10%	2%
1,1,2-三氯乙烷	-1%	3%	-1%	-1%	2%	3%	0%	0%	12%	6%
二溴一氯甲烷	1%	2%	-1%	-3%	3%	4%	1%	0%	12%	6%
四氯乙烯	-2%	-3%	0%	-3%	3%	3%	-2%	0%	10%	4%
1,2-二溴乙烷	1%	3%	-1%	-3%	2%	3%	-1%	0%	13%	7%
氯苯	0%	2%	-1%	-3%	3%	3%	-1%	0%	11%	4%
三溴甲烷	-1%	-1%	-2%	-2%	3%	4%	2%	1%	13%	9%
四氯乙烷	-5%	5%	-2%	4%	0%	2%	2%	-1%	14%	7%
1,3-二氯苯	3%	2%	-2%	4%	2%	3%	-4%	-2%	15%	9%
1,4-二氯苯	4%	2%	-2%	4%	2%	3%	-4%	-2%	14%	8%
1,2-二氯苯	3%	3%	-2%	4%	2%	3%	-3%	-2%	13%	9%

表 32 10 nmol/mol 时 b 与 d 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	-51%	-31%	0%	0%	0%	0%	8%	-3%	40%	16%
顺-2-丁烯	-26%	-38%	-1%	6%	1%	1%	12%	-1%	12%	10%
反-2-丁烯	28%	-40%	1%	2%	-2%	-4%	10%	-3%	32%	20%
1-戊烯	10%	-4%	-3%	3%	0%	2%	20%	-1%	0%	1%
反-2-戊烯	3%	-4%	0%	3%	0%	1%	22%	-1%	9%	-1%
顺-2-戊烯	1%	-4%	-1%	1%	0%	1%	22%	-2%	11%	-1%
2,2-二甲基丁烷	0%	-1%	0%	4%	2%	2%	21%	-3%	10%	-5%
环戊烷	-1%	-2%	-1%	2%	3%	3%	-22%	-3%	11%	0%
2,3-二甲基丁烷	6%	1%	-2%	2%	2%	2%	-18%	-3%	11%	-4%
1-己烯	2%	-3%	-1%	1%	0%	1%	5%	-3%	8%	-3%
苯乙烯	7%	4%	-1%	-2%	2%	3%	0%	-1%	14%	5%
间-二乙苯	4%	4%	-1%	3%	1%	3%	12%	-3%	14%	10%
对-二乙苯	3%	5%	-2%	3%	2%	3%	13%	-3%	14%	9%
十一烷	-52%	8%	-3%	3%	1%	3%	14%	0%	15%	10%
十二烷	-22%	12%	4%	-1%	3%	5%	9%	-3%	24%	16%
乙醛	19%	-13%	0%	13%	4%	4%	13%	-1%	13%	0%
丙烯醛	-1%	2%	-1%	2%	-1%	1%	25%	0%	12%	3%
丙酮	-18%	0%	0%	-1%	0%	1%	23%	-2%	8%	3%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
丙醛	13%	-3%	-1%	2%	0%	1%	28%	-3%	12%	4%
丁烯醛	12%	11%	-3%	-10%	1%	11%	12%	-4%	10%	7%
甲基丙烯醛	0%	-2%	-1%	0%	1%	3%	5%	-3%	7%	-2%
2-丁酮	5%	-5%	0%	0%	1%	2%	6%	-3%	6%	1%
正丁醛	0%	-4%	0%	1%	1%	3%	5%	-3%	10%	0%
苯甲醛	11%	13%	-3%	4%	0%	0%	9%	-6%	15%	14%
戊醛	-3%	3%	-2%	-2%	0%	1%	9%	-4%	6%	2%
间甲基苯甲醛	42%	32%	-3%	0%	4%	4%	-2%	-3%	70%	56%
己醛	3%	6%	0%	-3%	1%	3%	24%	0%	6%	10%
氟利昂-12	0%	0%	3%	-4%	1%	2%	5%	-4%	-8%	-100%
氯甲烷	2%	3%	-1%	-1%	0%	1%	8%	-1%	16%	-5%
氯乙烯	0%	-39%	0%	1%	-1%	2%	7%	-2%	36%	11%
1,3-丁二烯	-21%	-41%	0%	1%	-1%	1%	6%	-1%	41%	23%
氯乙烷	24%	-2%	-1%	3%	0%	1%	15%	0%	8%	4%
氟利昂-11	0%	-6%	-2%	2%	0%	2%	8%	1%	-21%	1%
氟利昂-114	-4%	3%	-1%	1%	1%	3%	3%	-3%	11%	-1%
氟利昂-113	0%	-7%	-1%	3%	1%	2%	16%	-1%	12%	-1%
1,1-二氯乙烯	-6%	-2%	-1%	3%	1%	2%	17%	0%	8%	0%
异丙醇	-33%	-61%	-2%	0%	1%	2%	48%	41%	-3%	-6%
甲基叔丁基醚	57%	1%	-3%	-1%	1%	2%	4%	-5%	9%	1%
乙酸乙烯酯	34%	0%	-1%	-1%	1%	1%	7%	-2%	12%	2%
四氢呋喃	4%	-5%	-2%	-5%	1%	2%	8%	-4%	6%	0%
1,2-二氯乙烷	0%	6%	-1%	-5%	1%	2%	3%	0%	8%	1%
1,4-二氧六环	-33%	-36%	-5%	0%	1%	3%	23%	0%	10%	21%
顺-1,3-二氯丙烯	14%	6%	-1%	-4%	2%	3%	3%	0%	15%	8%
4-甲基-2-戊酮	-2%	3%	-3%	-2%	2%	2%	24%	-1%	9%	9%
2-己酮	1%	5%	-2%	-3%	1%	3%	18%	-1%	23%	23%
氯化苄	39%	9%	-2%	2%	1%	4%	5%	-2%	16%	13%
1,2,4-三氯苯	2%	8%	-1%	2%	3%	5%	7%	-2%	16%	8%
萘	11%	13%	-3%	0%	3%	5%	7%	-1%	15%	6%
六氯-1,3-丁二烯	-2%	0%	-3%	1%	5%	7%	10%	1%	13%	9%

(四) 在选用硅烷化不锈钢管路材质下，管路不伴热和伴热 60°C (c 与 d 条件) 比对结果

通过比较硅烷化不锈钢管路材质下，管路不伴热与伴热 60°C 下在相同标准气体浓度下测值的百分比差异（条件 c 与条件 d），来比较管路伴热条件的差异。按照公式（3）计算百分比差异。

$$S = \frac{C_c - C_d}{C_c} \times 100\% \quad (3)$$

式中：S——不同实验条件下测试结果百分比差异，%；

C_c ——c 条件下 2 笔测试均值，nmol/mol；

C_d ——d 条件下 2 笔测试均值，nmol/mol。

测试结果：①在通标浓度为 0.5 nmol/mol 时，且硅烷化不锈钢管路材质下，管路不伴热与伴热 60°C 比较，清单内物种与清单外物种百分比差异结果见表 33、表 34。对于清单内物种，采用硅烷化不锈钢管路材质其百分比差异整体结果偏负。表明在伴热时测值偏高，推测伴热时存在解吸附，故伴热可以减少物质吸附、避免冷凝，从而保持稳定的气流环境；类似地，清单外物种，采用硅烷化不锈钢管路材质时其百分比差异整体结果偏负，表明伴热时测量值偏高，与清单内物种表现一致，但清单外物种整体差异大于清单内物种；②在通标浓度为 10 nmol/mol 时，且硅烷化不锈钢管路材质下，管路不伴热与伴热 60°C 比较，清单内物种与清单外物种比对结果见表 35、表 36。当通标浓度变高后，清单内、外物种采用硅烷化不锈钢材质时其百分比差异整体结果正负偏差不明显，管路不伴热与伴热 60°C 条件下测值差异不明显。说明在高浓度下，对于硅烷化不锈钢管路材质，管路的吸附与解吸附现象并不明显。与 0.5 nmol/mol 浓度下对比情况差异显著，说明伴热条件对低浓度测值影响大。

测试小结：在硅烷化不锈钢管路材质下，管路不伴热与伴热 60°C 条件对比，清单内物种与清单外物种均表现一致，伴热时测值偏高存在解吸附现象，该现象对低浓度测试影响大。故伴热可以减少物质吸附、避免冷凝，从而保持稳定的气流环境且低浓度受该影响显著。

表 33 0.5 nmol/mol 时 c 与 d 条件测值百分比差异（清单内物种）

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-5%	-1%	-1%	1%	-4%	-6%	-5%	-6%	-18%	-5%
乙炔	1%	-3%	-2%	2%	2%	-16%	-1%	-8%	2%	24%
乙烷	7%	0%	-2%	1%	-1%	0%	0%	0%	-82%	3%
丙烯	-7%	-3%	-5%	-2%	0%	-2%	-3%	-2%	-6%	-14%
丙烷	-11%	-4%	-6%	-2%	0%	-3%	-1%	-1%	-16%	-5%
异丁烷	-5%	4%	-6%	-1%	-3%	-2%	-1%	1%	0%	-1%
正丁烷	-7%	6%	0%	8%	-2%	-2%	-5%	-1%	-91%	-65%
异戊烷	-12%	0%	-5%	0%	-2%	-2%	-6%	-6%	-14%	-18%
正戊烷	-15%	-8%	-7%	3%	-2%	-2%	-6%	-6%	-7%	-22%
异戊二烯	-12%	-14%	-7%	2%	-1%	0%	-8%	-4%	-6%	-19%
3-甲基戊烷	-12%	-11%	-8%	-3%	-1%	1%	17%	-4%	-6%	-24%
正己烷	-4%	-12%	-6%	2%	-1%	0%	-6%	-6%	-3%	-12%
2,4-二甲基戊烷	-7%	-6%	-8%	-1%	-3%	-3%	-6%	-6%	1%	-11%
甲基环戊烷	-8%	-7%	-8%	-4%	-1%	-1%	-6%	-5%	3%	-13%
苯	-10%	-10%	0%	-2%	2%	-1%	-5%	-6%	0%	0%
环己烷	-8%	-10%	6%	0%	-1%	0%	-6%	-5%	-5%	-13%
2-甲基己烷	-4%	-13%	0%	-2%	-1%	-3%	-7%	-7%	-1%	-16%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
2,3-二甲基戊烷	-8%	-9%	-8%	-1%	0%	0%	-6%	-6%	13%	-2%
3-甲基己烷	-17%	-11%	-4%	-2%	1%	-1%	-7%	-7%	3%	-11%
2,2,4-三甲基戊烷	-11%	-3%	-2%	1%	-1%	-2%	-7%	-8%	3%	-11%
正庚烷	-16%	-11%	-2%	-1%	-1%	-3%	-11%	-11%	0%	-11%
甲基环己烷	-10%	-8%	3%	1%	-3%	-3%	-7%	-9%	3%	-11%
2,3,4-三甲基戊烷	-7%	-10%	1%	0%	-2%	-4%	-9%	-12%	-2%	-13%
2-甲基庚烷	-11%	-13%	1%	-2%	-2%	-4%	-10%	-11%	-3%	-10%
甲苯	-11%	-14%	1%	-2%	-1%	0%	-9%	-10%	-10%	-24%
3-甲基庚烷	-14%	-12%	2%	-1%	-2%	-4%	-10%	-10%	3%	-9%
正辛烷	-18%	-13%	-2%	-3%	-3%	-3%	-21%	-20%	-19%	-20%
乙苯	-22%	-27%	-6%	-6%	-10%	-8%	-16%	-17%	-12%	-29%
间/对-二甲苯	-33%	-32%	-5%	-8%	-8%	-8%	-16%	-16%	-16%	-40%
正壬烷	-34%	-42%	-9%	-9%	-16%	-11%	-29%	-27%	-24%	-48%
邻-二甲苯	-39%	-36%	-9%	-10%	-13%	-11%	-21%	-23%	-10%	-42%
异丙苯	-40%	-49%	-9%	-13%	-13%	-16%	-34%	-29%	-23%	-57%
正丙苯	-66%	-65%	-8%	-15%	-18%	-20%	-17%	-30%	-40%	-75%
邻-乙基甲苯	-87%	-93%	-12%	-12%	-21%	-23%	-9%	-28%	-70%	-111%
间-乙基甲苯	-79%	-82%	-9%	-9%	-19%	-21%	-6%	-26%	-67%	-95%
1,3,5-三甲苯	-81%	-97%	-11%	-13%	-14%	-21%	-5%	-19%	-98%	-142%
对-乙基甲苯	-84%	-83%	-6%	-6%	-13%	-20%	-6%	-23%	-65%	-122%
正癸烷	-41%	-94%	-18%	-23%	-24%	-28%	-12%	-18%	-75%	-147%
1,2,4-三甲苯	-91%	-207%	-16%	-17%	-27%	-28%	-10%	-22%	-88%	-151%
1,2,3-三甲苯	-97%	-115%	-22%	-19%	-33%	-33%	-17%	-21%	-104%	-163%
溴甲烷	-159%	-13%	-4%	3%	8%	-1%	-2%	-4%	-10%	-16%
二硫化碳	-17%	-14%	-4%	1%	2%	2%	-6%	-4%	-3%	-10%
二氯甲烷	-9%	-9%	-6%	-3%	1%	0%	-2%	-5%	-3%	-11%
顺-1,2-二氯乙烯	-15%	-17%	-5%	-1%	-2%	0%	-5%	-6%	-3%	-18%
1,1-二氯乙烷	-10%	-16%	-6%	0%	1%	0%	-4%	-5%	2%	-12%
反-1,2-二氯乙烯	-12%	-15%	-4%	0%	-2%	0%	14%	-4%	-2%	-13%
乙酸乙酯	-172%	-124%	-8%	-2%	-3%	-31%	-2%	11%	-19%	-37%
三氯甲烷	-15%	-17%	-1%	-1%	1%	0%	-5%	-5%	-1%	-10%
1,1,1-三氯乙烷	-18%	-13%	-1%	-5%	1%	0%	-5%	-4%	-4%	-5%
四氯化碳	-14%	-15%	-1%	3%	3%	0%	-3%	-5%	0%	-7%
三氯乙烯	-1%	-12%	3%	2%	-1%	-3%	-6%	-7%	1%	-9%
1,2-二氯丙烷	-7%	-13%	5%	1%	0%	-2%	-6%	-6%	-1%	-13%
甲基丙烯酸甲酯	-75%	16%	-1%	-3%	-8%	-11%	-1%	11%	-136%	-76%
一溴二氯甲烷	-13%	-15%	1%	1%	-1%	-1%	-5%	-6%	-4%	-12%
反-1,3-二氯丙烯	-15%	-24%	0%	0%	-4%	-2%	-9%	-10%	-5%	-20%
1,1,2-三氯乙烷	-2%	-15%	1%	-6%	-2%	-1%	-9%	-11%	-1%	-16%
二溴一氯甲烷	-6%	-18%	0%	-5%	-2%	-3%	-7%	-11%	3%	-16%
四氯乙烯	-4%	-14%	-1%	-4%	-4%	-3%	-11%	-13%	5%	-13%
1,2-二溴乙烷	-9%	-27%	-1%	-7%	-8%	-7%	-11%	-15%	-2%	-21%
氯苯	-18%	-22%	-3%	-1%	-8%	-7%	-12%	-13%	-1%	-22%
三溴甲烷	-7%	-28%	-9%	-11%	-14%	-12%	-12%	-17%	-13%	-27%
四氯乙烷	-46%	-69%	-14%	-15%	-23%	-19%	-8%	-15%	-38%	-72%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,3-二氯苯	-76%	-85%	-22%	-20%	-37%	-36%	-30%	-35%	-59%	-73%
1,4-二氯苯	-81%	-86%	-22%	-19%	-43%	-38%	-27%	-35%	-55%	-82%
1,2-二氯苯	-99%	-104%	-26%	-27%	-45%	-39%	-20%	-32%	-99%	-114%

表 34 0.5 nmol/mol 时 c 与 d 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	-50%	30%	1%	3%	-3%	-3%	-10%	-3%	-79%	-63%
顺-2-丁烯	-17%	28%	-6%	7%	0%	-2%	-5%	-4%	-14%	-50%
反-2-丁烯	-18%	19%	-13%	-6%	-4%	-2%	-6%	-3%	-87%	-96%
1-戊烯	-17%	-12%	-7%	-1%	-4%	0%	-4%	-4%	0%	-19%
反-2-戊烯	-13%	-9%	-5%	0%	-3%	-2%	-5%	-3%	-4%	-26%
顺-2-戊烯	-13%	-8%	-6%	4%	-1%	-1%	-5%	-3%	-4%	-18%
2,2-二甲基丁烷	-7%	-7%	-5%	2%	2%	1%	-6%	-4%	0%	-11%
环戊烷	-10%	-4%	-6%	0%	1%	-3%	-5%	-4%	0%	-12%
2,3-二甲基丁烷	-16%	-19%	-8%	-3%	1%	0%	-4%	-4%	7%	-11%
1-己烯	-10%	-12%	-9%	-1%	-3%	-1%	-6%	-5%	2%	-14%
苯乙烯	-52%	-48%	-10%	-12%	-20%	-14%	-19%	-22%	-13%	-44%
间-二乙苯	-115%	-132%	-24%	-22%	-44%	-38%	-31%	-35%	-167%	-226%
对-二乙苯	-123%	-131%	-24%	-24%	-46%	-40%	-30%	-35%	-191%	-252%
十一烷	-301%	-245%	-42%	-32%	-57%	-56%	-36%	-37%	-645%	-422%
十二烷	-1677%	-322%	8933%	-57%	-213%	-142%	-89%	-63%	6109%	1152%
乙醛	-212%	-8%	22%	20%	-20%	-40%	-56%	-47%	-1%	3%
丙烯醛	-75%	-74%	-15%	9%	-21%	-14%	-22%	-22%	-56%	-69%
丙酮	-104%	-64%	-11%	-4%	-27%	-32%	-48%	-51%	-38%	-73%
丙醛	-344%	-157%	-30%	-7%	-14%	-17%	-40%	-35%	-161%	-149%
丁烯醛	-1689%	1350%	-3%	-10%	-96%	48400%	-26%	-27%	-637%	0%
甲基丙烯醛	-86%	-73%	-12%	-20%	-6%	-5%	-28%	-13%	37%	-81%
2-丁酮	-176%	-32%	-8%	-3%	-14%	-23%	-10%	4%	-859%	-227%
正丁醛	-61%	-82%	-10%	-3%	-8%	-9%	-22%	-17%	-28%	-89%
苯甲醛	-891%	-834%	-49%	-45%	-360%	-394%	-92%	-72%	-996%	2173%
戊醛	-155%	-152%	-1%	-8%	-15%	-9%	-7%	3%	-221%	-254%
间甲基苯甲醛	-9459%	23254%	0%	-131%	-2830%	4844%	-672%	-485%	0%	3173%
己醛	-3056%	3430%	-20%	-12%	-41%	-4044%	-45%	-35%	0%	0%
氟利昂-12	-16%	-13%	-5%	-2%	3%	2%	-4%	1%	-12%	-74%
氯甲烷	-107%	-6%	-2%	-5%	13%	6%	-7%	-6%	-9%	11%
氯乙烯	-21%	28%	0%	-1%	3%	1%	-4%	-1%	-71%	-48%
1,3-丁二烯	-31%	24%	-7%	-3%	5%	5%	-12%	-4%	-124%	-106%
氯乙烷	-40%	10%	-4%	-2%	11%	1%	-5%	-2%	-20%	-30%
氟利昂-11	-14%	-11%	-3%	3%	11%	2%	-5%	-3%	30%	-12%
氟利昂-114	-13%	-15%	-3%	3%	4%	-1%	-4%	-1%	-9%	-11%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
氟利昂-113	-10%	-10%	-4%	0%	2%	1%	-5%	-4%	-6%	-9%
1,1-二氯乙烯	-8%	-12%	-6%	1%	1%	0%	-4%	-3%	-4%	-13%
异丙醇	- 4368%	- 3322%	2%	-24%	-31%	- 3213%	12%	41%	0%	- 2738%
甲基叔丁基醚	-120%	18%	-10%	0%	-2%	-4%	4%	11%	-121%	-159%
乙酸乙烯酯	-254%	-32%	-10%	-4%	-9%	-8%	-13%	-14%	-68%	-84%
四氢呋喃	-111%	0%	-6%	-11%	-10%	- 1733%	-3%	8%	0%	-62%
1,2-二氯乙烷	-16%	-10%	-3%	0%	-2%	-2%	-7%	-6%	0%	-11%
1,4-二氧六环	0%	0%	16%	-20%	-51%	- 26650%	18%	1%	0%	0%
顺-1,3-二氯丙烯	-25%	-26%	-4%	-5%	-11%	-7%	-12%	-14%	-6%	-33%
4-甲基-2-戊酮	- 7309%	- 7511%	-7%	-7%	-16%	- 17217%	-34%	-26%	0%	- 3221%
2-己酮	- 11024%	- 8928%	-16%	-15%	-89%	- 35033%	-95%	-53%	0%	- 4277%
氯化苄	-360%	-178%	-34%	-28%	-112%	-44%	-21%	-22%	-157%	-210%
1,2,4-三氯苯	-192%	-209%	-58%	-52%	-275%	-90%	-45%	-66%	-258%	-164%
萘	-463%	-357%	-75%	-59%	-934%	-114%	-71%	-92%	-778%	-319%
六氯-1,3-丁二烯	-103%	-144%	-44%	-47%	-77%	-68%	-35%	-49%	-87%	-124%

表 35 10 nmol/mol 时 c 与 d 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	4%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	-1%	1%	4%
乙炔	-1%	-1%	0%	2%	0%	-2%	0%	-2%	2%	13%
乙烷	4%	0%	0%	1%	0%	-1%	0%	0%	5%	3%
丙烯	4%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
丙烷	-2%	-2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	-1%
异丁烷	-2%	-2%	-2%	4%	0%	0%	0%	0%	14%	2%
正丁烷	-1%	-1%	0%	6%	0%	0%	0%	-1%	15%	-3%
异戊烷	1%	4%	-2%	3%	0%	0%	14%	-5%	15%	1%
正戊烷	-2%	3%	-3%	3%	0%	0%	19%	-6%	14%	2%
异戊二烯	4%	2%	-3%	0%	1%	4%	19%	-5%	15%	2%
3-甲基戊烷	-2%	4%	-3%	0%	5%	5%	6%	-6%	14%	1%
正己烷	2%	2%	-2%	1%	5%	5%	5%	-6%	15%	3%
2,4-二甲基戊烷	0%	4%	-2%	3%	5%	5%	3%	-6%	14%	1%
甲基环戊烷	2%	2%	-2%	0%	4%	5%	5%	-5%	14%	2%
苯	7%	5%	1%	3%	5%	6%	2%	-5%	11%	-2%
环己烷	0%	3%	-2%	2%	2%	3%	3%	-6%	15%	2%
2-甲基己烷	0%	2%	-2%	7%	-1%	5%	5%	-6%	15%	1%
2,3-二甲基戊烷	-1%	3%	5%	3%	0%	4%	4%	-6%	15%	-1%
3-甲基己烷	-1%	2%	0%	4%	4%	7%	5%	-5%	13%	-1%
2,2,4-三甲基戊烷	6%	7%	-1%	3%	9%	7%	4%	-6%	14%	0%
正庚烷	4%	4%	-2%	3%	4%	7%	4%	-6%	12%	0%
甲基环己烷	7%	4%	1%	0%	6%	6%	0%	-6%	13%	-2%
2,3,4-三甲基戊烷	7%	6%	0%	5%	4%	7%	0%	-6%	13%	-1%
2-甲基庚烷	6%	5%	0%	3%	4%	7%	1%	-6%	14%	-1%
甲苯	10%	7%	1%	3%	9%	9%	-2%	-5%	13%	0%
3-甲基庚烷	8%	4%	2%	6%	4%	7%	0%	-6%	13%	-1%
正辛烷	7%	8%	-1%	4%	6%	10%	1%	-6%	14%	-2%
乙苯	9%	8%	1%	2%	9%	9%	1%	0%	19%	1%
间/对-二甲苯	10%	7%	2%	4%	8%	9%	1%	0%	19%	1%
正壬烷	5%	8%	1%	4%	10%	10%	3%	-2%	21%	2%
邻-二甲苯	9%	8%	1%	3%	9%	9%	1%	0%	20%	0%
异丙苯	14%	11%	2%	4%	4%	9%	0%	-1%	20%	2%
正丙苯	13%	11%	4%	7%	6%	9%	2%	0%	20%	2%
邻-乙基甲苯	13%	11%	4%	10%	4%	9%	2%	0%	23%	5%
间-乙基甲苯	13%	10%	3%	10%	5%	9%	3%	1%	23%	5%
1,3,5-三甲苯	12%	10%	5%	9%	4%	9%	3%	0%	23%	4%
对-乙基甲苯	13%	10%	2%	8%	3%	9%	2%	0%	22%	4%
正癸烷	18%	11%	3%	10%	7%	10%	9%	-4%	21%	2%
1,2,4-三甲苯	12%	11%	4%	7%	4%	8%	3%	-1%	18%	3%
1,2,3-三甲苯	13%	10%	4%	6%	4%	9%	4%	0%	22%	4%
溴甲烷	-3%	9%	1%	3%	11%	1%	7%	-6%	13%	-2%
二硫化碳	0%	1%	-4%	2%	-1%	3%	37%	-5%	14%	0%
二氯甲烷	0%	1%	-5%	-1%	-1%	3%	6%	-3%	13%	1%
顺-1,2-二氯乙烯	1%	0%	-1%	3%	2%	4%	1%	-5%	14%	1%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	2%	0%	-4%	1%	3%	5%	3%	-5%	13%	1%
反-1,2-二氯乙烯	1%	1%	-2%	1%	3%	5%	3%	-5%	14%	1%
乙酸乙酯	-8%	-1%	-1%	2%	-1%	4%	0%	-10%	15%	1%
三氯甲烷	0%	0%	0%	4%	2%	4%	0%	-5%	12%	1%
1,1,1-三氯乙烷	1%	1%	-2%	4%	3%	5%	1%	-4%	9%	-1%
四氯化碳	2%	0%	-1%	1%	6%	7%	1%	-4%	10%	-3%
三氯乙烯	7%	4%	1%	2%	7%	6%	-3%	-5%	11%	-2%
1,2-二氯丙烷	7%	3%	1%	3%	7%	7%	0%	-5%	12%	-1%
甲基丙烯酸甲酯	7%	4%	-1%	4%	4%	6%	-1%	-10%	16%	0%
一溴二氯甲烷	6%	2%	2%	4%	7%	6%	-1%	-5%	11%	-2%
反-1,3-二氯丙烯	6%	4%	1%	5%	6%	9%	-1%	-5%	13%	-1%
1,1,2-三氯乙烷	10%	8%	1%	6%	9%	10%	-3%	-5%	20%	2%
二溴一氯甲烷	11%	7%	1%	3%	9%	9%	-2%	-4%	19%	1%
四氯乙烯	11%	4%	1%	4%	10%	10%	-5%	-5%	20%	-1%
1,2-二溴乙烷	10%	6%	2%	4%	6%	8%	-3%	-5%	19%	2%
氯苯	10%	7%	2%	1%	7%	9%	0%	0%	18%	0%
三溴甲烷	17%	7%	2%	2%	11%	11%	1%	1%	22%	1%
四氯乙烷	14%	10%	3%	8%	6%	9%	5%	-1%	20%	2%
1,3-二氯苯	14%	10%	4%	8%	4%	9%	0%	0%	23%	2%
1,4-二氯苯	14%	10%	4%	9%	4%	9%	-1%	0%	22%	2%
1,2-二氯苯	14%	10%	5%	11%	4%	9%	0%	0%	22%	3%

表 36 10 nmol/mol 时 c 与 d 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	-6%	-2%	17%	-7%	1%	5%	0%	0%	5%	-7%
顺-2-丁烯	-5%	-2%	15%	0%	0%	8%	0%	0%	12%	-4%
反-2-丁烯	-35%	3%	15%	0%	-5%	18%	0%	0%	9%	-5%
1-戊烯	1%	3%	40%	2%	-3%	2%	5%	5%	18%	-5%
反-2-戊烯	1%	2%	15%	3%	-3%	2%	4%	4%	19%	-5%
顺-2-戊烯	0%	3%	14%	2%	-2%	0%	3%	4%	17%	-4%
2,2-二甲基丁烷	2%	3%	14%	2%	0%	3%	0%	4%	19%	-5%
环戊烷	1%	3%	15%	2%	-4%	2%	0%	-1%	6%	-5%
2,3-二甲基丁烷	-5%	2%	16%	2%	-6%	2%	0%	5%	8%	-4%
1-己烯	-1%	2%	15%	3%	-4%	1%	4%	5%	4%	-5%
苯乙烯	9%	8%	20%	0%	1%	3%	6%	9%	0%	0%
间-二乙苯	13%	10%	22%	4%	4%	7%	4%	8%	19%	-1%
对-二乙苯	13%	10%	22%	2%	4%	6%	4%	8%	19%	-1%
十一烷	18%	10%	22%	3%	2%	5%	6%	10%	14%	3%
十二烷	3%	-1%	6%	-17%	-96%	-16%	0%	4%	-7%	-20%
乙醛	-144%	13%	15%	1%	-7%	18%	0%	1%	9%	-9%
丙烯醛	-7%	2%	14%	5%	-1%	4%	1%	2%	21%	-5%
丙酮	-1%	4%	12%	3%	-1%	2%	4%	3%	24%	-12%
丙醛	-119%	1%	14%	0%	-6%	-4%	4%	3%	20%	-8%
丁烯醛	6%	8%	19%	6%	-4%	1%	-4%	7%	9%	-15%
甲基丙烯醛	-10%	2%	14%	2%	-3%	4%	-1%	4%	3%	-6%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
2-丁酮	-9%	0%	17%	3%	-1%	3%	-1%	4%	0%	-10%
正丁醛	1%	1%	16%	3%	-1%	-1%	0%	5%	3%	-7%
苯甲醛	17%	14%	24%	6%	3%	8%	-8%	5%	2%	-4%
戊醛	8%	5%	14%	0%	1%	2%	8%	6%	4%	-12%
间甲基苯甲醛	-7%	-2%	-36%	-17%	-76%	-11%	-86%		-217%	-81%
己醛	8%	8%	24%	2%	0%	5%	10%	8%	21%	3%
氟利昂-12	0%	0%	14%	-48%	2%	-25%	2%	5%	2%	-6%
氯甲烷	-34%	14%	9%	2%	-2%	2%	9%	7%	6%	-6%
氯乙烯	-3%	4%	14%	-3%	1%	5%	4%	5%	4%	-6%
1,3-丁二烯	-7%	1%	14%	-4%	-5%	17%	2%	4%	6%	-5%
氯乙烷	8%	7%	13%	0%	-1%	4%	12%	5%	13%	-5%
氟利昂-11	2%	0%	43%	1%	-1%	1%	10%	4%	6%	-4%
氟利昂-114	0%	4%	0%	3%	5%	2%	3%	-6%	13%	0%
氟利昂-113	1%	1%	0%	0%	2%	4%	13%	-6%	12%	0%
1,1-二氯乙烯	1%	1%	16%	2%	-1%	3%	4%	5%	15%	-4%
异丙醇	-11%	-4%	10%	1%	14%	14%	0%	1%	85%	-177%
甲基叔丁基醚	-14%	1%	8%	1%	-3%	-1%	0%	5%	-2%	-13%
乙酸乙烯酯	-4%	3%	9%	1%	-4%	-1%	-2%	4%	5%	-6%
四氢呋喃	3%	3%	16%	3%	-3%	6%	-1%	5%	4%	-9%
1,2-二氯乙烷	5%	4%	11%	-1%	0%	5%	7%	7%	1%	-5%
1,4-二氧六环	4%	5%	10%	-1%	19%	16%	8%	-200%	55%	33%
顺-1,3-二氯丙烯	10%	8%	22%	2%	0%	2%	6%	9%	-1%	-5%
4-甲基-2-戊酮	-6%	2%	14%	-1%	-1%	6%	6%	9%	20%	-5%
2-己酮	0%	7%	19%	2%	-1%	2%	5%	-24%	10%	-7%
氯化苄	15%	12%	22%	5%	4%	6%	5%	9%	4%	-3%
1,2,4-三氯苯	10%	1%	16%	-4%	2%	-1%	-2%	4%	5%	-5%
萘	10%	4%	17%	-2%	0%	0%	-7%	2%	0%	-10%
六氯-1,3-丁二烯	7%	-12%	13%	-6%	2%	-3%	4%	7%	10%	1%

(五) 在 Teflon 管路材质下, 管路不伴热和伴热 60°C (a 与 b 条件) 比对结果

通过比较 Teflon 管路材质下, 管路不伴热与伴热 60°C 在相同标准气体浓度下测值的百分比差异, 来比较管路伴热条件的差异。按照公式 (4) 计算百分比差异。

$$S = \frac{c_a - c_b}{c_a} \times 100\% \quad (4)$$

式中: S ——不同实验条件下测试结果百分比差异, %;

c_a ——a 条件下 2 笔测试均值, nmol/mol;

c_b ——b 条件下 2 笔测试均值, nmol/mol。

测试结果: ①在通标浓度为 0.5 nmol/mol 时, 且 Teflon 管路材质下, 管路不伴热与伴热 60°C 比较, 清单内物种与清单外物种百分比差异见表 37、表 38。对于清单内物种, 采用 Teflon 管路材质时其百分比差异整体偏负, 表明伴热时测值偏高, 与采用硅烷化不锈钢管路材质表现一致, 但其差异负偏离程度更大, 故说明 Teflon 材质的吸附程度较硅烷化不锈钢材质更为严重, 故推荐硅烷化不锈钢材质; 类似地, 清单外物种, 采用 Teflon 管路材质时整体差异偏负, 表明伴热时测量值偏高, 与清单内物种表现一致, 但清单外物种整体差异大于清单内物种; ②在通标浓度为 10 nmol/mol 时, 且 Teflon 管路材质下, 管路不伴热与伴热 60°C 比较, 清单内物种与清单外物种百分比差异结果见表 39、表 40。当通标浓度变高后, 清单内、外物种采用 Teflon 管路材质时, 其百分比差异整体偏负, 伴热时测量值偏高, 与 0.5 nmol/mol 表现一致, 且低浓度时测值百分比差异更明显。

测试小结: 在 Teflon 管路材质下, 管路不伴热与伴热 60°C 条件对比下, 清单内物种与清单外物种均表现一致, 管路伴热条件下测值偏高存在解吸附现象, 说明伴热可以减少物质吸附、避免冷凝, 从而保持稳定的气流环境且低浓度受该影响显著。并且发现在 Teflon 管路材质下其差异负偏离程度更大, 故推荐硅烷化不锈钢管路材质。

表 37 0.5 nmol/mol 时 a 与 b 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-1%	-3%	-1%	2%	-3%	-6%	-8%	1%	-11%	9%
乙炔	7%	-5%	1%	-11%	-3%	-9%	-10%	-3%	1%	-5%
乙烷	-1%	-6%	1%	6%	-1%	-1%	-2%	-2%	8%	8%
丙烯	-19%	-3%	15%	20%	-4%	-3%	-1%	0%	-7%	-10%
丙烷	-3%	-2%	-3%	2%	1%	-2%	-2%	1%	-10%	-11%
异丁烷	-3%	6%	-9%	-11%	0%	-1%	-1%	0%	-11%	-3%
正丁烷	-5%	4%	-1%	-11%	-1%	-2%	-1%	1%	-136%	-85%
异戊烷	-5%	-16%	-8%	-7%	-2%	-2%	-17%	-7%	-8%	-29%
正戊烷	-10%	-19%	-13%	-12%	-3%	-5%	-23%	-17%	-26%	-51%
异戊二烯	-13%	-30%	-21%	-11%	-8%	-11%	-19%	-16%	-62%	-53%
3-甲基戊烷	-4%	-19%	-14%	-15%	-16%	-7%	-3%	-18%	-43%	-33%
正己烷	-16%	-36%	-21%	-17%	-21%	-13%	-19%	-27%	-51%	-54%
2,4-二甲基戊烷	-4%	-23%	-15%	-13%	-21%	-12%	-26%	-31%	-31%	-29%
甲基环戊烷	-5%	-25%	-18%	-15%	-17%	-9%	-23%	-23%	-41%	-38%
苯	-49%	-55%	-14%	-19%	-17%	-13%	-30%	-27%	-48%	-24%
环己烷	-2%	-17%	-10%	-14%	-11%	-4%	-18%	-19%	-40%	-36%
2-甲基己烷	-9%	-42%	-19%	-18%	-8%	-13%	-33%	-35%	-54%	-46%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
2,3-二甲基戊烷	-4%	-20%	-12%	-15%	-2%	-7%	-19%	-17%	-23%	-17%
3-甲基己烷	-20%	-30%	-11%	-18%	-5%	-9%	-28%	-26%	-41%	-24%
2,2,4-三甲基戊烷	-10%	-11%	-13%	-27%	-18%	-11%	-22%	-23%	-17%	-12%
正庚烷	-61%	-50%	-20%	-30%	-15%	-19%	-51%	-43%	-62%	-53%
甲基环己烷	-14%	-19%	-11%	-17%	-20%	-10%	-24%	-25%	-33%	-24%
2,3,4-三甲基戊烷	-15%	-18%	-19%	-22%	-7%	-11%	-27%	-26%	-23%	-21%
2-甲基庚烷	-57%	-45%	-24%	-31%	-15%	-18%	-45%	-39%	-69%	-45%
甲苯	-99%	-108%	-28%	-35%	-39%	-38%	-55%	-52%	-161%	-129%
3-甲基庚烷	-48%	-42%	-22%	-32%	-12%	-16%	-37%	-32%	-66%	-48%
正辛烷	-102%	-85%	-31%	-45%	-25%	-32%	-98%	-76%	-109%	-97%
乙苯	-146%	-155%	-36%	-45%	-57%	-53%	-99%	-76%	-190%	-177%
间/对-二甲苯	-234%	-229%	-49%	-52%	-61%	-63%	-118%	-77%	-298%	-317%
正壬烷	-155%	-164%	-46%	-62%	-66%	-56%	-202%	-121%	-217%	-239%
邻-二甲苯	-176%	-175%	-46%	-48%	-67%	-60%	-132%	-98%	-204%	-218%
异丙苯	-118%	-132%	-48%	-48%	-51%	-51%	-146%	-86%	-148%	-172%
正丙苯	-256%	-256%	-60%	-51%	-87%	-77%	-141%	-122%	-254%	-292%
邻-乙基甲苯	-209%	-233%	-63%	-53%	-75%	-73%	-91%	-101%	-245%	-298%
间-乙基甲苯	-276%	-304%	-62%	-29%	-82%	-81%	-107%	-115%	-310%	-356%
1,3,5-三甲苯	-238%	-291%	-60%	-65%	-70%	-78%	-88%	-81%	-433%	-478%
对-乙基甲苯	-362%	-386%	-63%	-55%	-83%	-92%	-124%	-120%	-450%	-553%
正癸烷	-215%	-332%	-81%	-77%	-105%	-95%	-207%	-164%	-553%	-591%
1,2,4-三甲苯	-334%	-562%	-92%	-78%	-127%	-107%	-162%	-145%	-445%	-540%
1,2,3-三甲苯	-267%	-326%	-85%	-72%	-110%	-102%	-155%	-122%	-382%	-433%
溴甲烷	-193%	-126%	-4%	-12%	2%	-9%	-14%	-2%	-32%	-24%
二硫化碳	-43%	-51%	-10%	-17%	-12%	-9%	-7%	-31%	-40%	-32%
二氯甲烷	-16%	-32%	-7%	-14%	-11%	-3%	14%	-10%	-37%	-24%
顺-1,2-二氯乙烯	-56%	-76%	-15%	-18%	-21%	-19%	-28%	-30%	-95%	-87%
1,1-二氯乙烷	-20%	-31%	-7%	-19%	-6%	-9%	-13%	-10%	-25%	-21%
反-1,2-二氯乙烯	-68%	-94%	-17%	-11%	-26%	-25%	-17%	-30%	-106%	-97%
乙酸乙酯	-228%	-325%	-22%	-27%	-50%	-108%	-54%	-50%	-130%	-120%
三氯甲烷	-34%	-48%	-7%	-20%	-11%	-8%	-12%	-12%	-41%	-34%
1,1,1-三氯乙烷	-17%	-34%	-2%	-20%	-3%	-8%	-6%	-10%	-7%	3%
四氯化碳	-19%	-40%	-6%	-21%	-3%	-7%	-5%	-12%	-9%	-3%
三氯乙烯	-101%	-142%	-31%	-43%	-37%	-37%	-47%	-43%	-129%	-104%
1,2-二氯丙烷	-32%	-39%	-11%	-25%	-12%	-16%	-20%	-11%	-38%	-20%
甲基丙烯酸甲酯	-287%	-406%	-30%	-58%	-58%	-69%	-67%	-63%	-590%	-193%
一溴二氯甲烷	-51%	-49%	-13%	-28%	-17%	-13%	-13%	-15%	-35%	-23%
反-1,3-二氯丙烯	-104%	-131%	-25%	-39%	-30%	-29%	-44%	-42%	-124%	-108%
1,1,2-三氯乙烷	-49%	-74%	-17%	-30%	-18%	-23%	-32%	-23%	-53%	-50%
二溴一氯甲烷	-51%	-69%	-21%	-35%	-20%	-24%	-20%	-26%	-53%	-50%
四氯乙烯	-229%	-286%	-45%	-58%	-56%	-62%	-89%	-76%	-241%	-226%
1,2-二溴乙烷	-100%	-135%	-31%	-42%	-32%	-38%	-51%	-47%	-115%	-110%
氯苯	-220%	-244%	-41%	-52%	-59%	-60%	-92%	-71%	-257%	-217%
三溴甲烷	-58%	-90%	-30%	-41%	-27%	-31%	-32%	-37%	-56%	-53%
四氯乙烷	-79%	-102%	-33%	-33%	-51%	-36%	-30%	-27%	-86%	-83%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,3-二氯苯	-581%	-679%	-133%	-139%	-198%	-184%	-397%	-241%	-560%	-582%
1,4-二氯苯	-622%	-718%	-142%	-149%	-234%	-208%	-442%	-296%	-615%	-678%
1,2-二氯苯	-498%	-552%	-120%	-125%	-165%	-153%	-222%	-165%	-535%	-563%

表 38 0.5 nmol/mol 时 a 与 b 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	-14%	20%	0%	-10%	-3%	-3%	-25%	-3%	-66%	-90%
顺-2-丁烯	-3%	8%	-7%	-8%	-3%	-3%	-25%	-5%	-56%	-77%
反-2-丁烯	-26%	8%	-5%	-14%	-9%	-4%	-27%	-6%	-148%	-126%
1-戊烯	-13%	-23%	-20%	-15%	-23%	-10%	-20%	-16%		-57%
反-2-戊烯	-17%	-35%	-15%	-18%	-23%	-12%	-18%	-18%	-52%	-73%
顺-2-戊烯	-15%	-30%	-20%	-18%	-19%	-10%	-20%	-16%	-57%	-55%
2,2-二甲基丁烷	1%	-10%	-10%	-14%	0%	-5%	-12%	-15%	-22%	-32%
环戊烷	-8%	-18%	-13%	-12%	0%	-3%	6%	-19%	-28%	-29%
2,3-二甲基丁烷	0%	-19%	-11%	-14%	-3%	-6%	6%	-21%	-21%	-30%
1-己烯	-15%	-42%	-26%	-16%	-24%	-13%	-20%	-29%	-74%	-56%
苯乙烯	-333%	-372%	-69%	-64%	-85%	-81%	-169%	-101%	-357%	-368%
间-二乙苯	-306%	-387%	-91%	-84%	-131%	-104%	-226%	-160%	-904%	-619%
对-二乙苯	-404%	-503%	-103%	-105%	-157%	-130%	-288%	-203%	-867%	-774%
十一烷	-487%	-440%	-148%	-131%	-191%	-164%	-565%	-430%	-972%	-837%
十二烷	- 1800%	-405%	- 1378%	-173%	-475%	-283%	- 1554%	- 1633%	-4294%	- 1240%
乙醛	-93%	-58%	80%	8%	-40%	-63%	-103%	-56%	-19%	-16%
丙烯醛	-134%	-262%	-42%	-24%	-61%	-49%	-107%	-54%	-242%	-255%
丙酮	-177%	-216%	-13%	-31%	-43%	-52%	-101%	-71%	-99%	-101%
丙醛	-91%	-102%	-22%	-18%	-43%	-34%	-90%	-61%	-138%	-116%
丁烯醛	- 2581%		-36%	-45%	-227%	- 27520 %	-191%	-222%	-871%	
甲基丙烯醛	-97%	-148%	-40%	-115%	-30%	-31%	-101%	-57%	-93%	-117%
2-丁酮	-191%	-283%	-38%	-39%	-46%	-73%	-55%	-45%	-504%	-339%
正丁醛	-74%	-113%	-37%	-14%	-28%	-33%	-74%	-51%	-142%	-114%
苯甲醛	-937%	- 1231%	-227%	-198%	-744%	-841%	-485%	-384%	- 2272%	- 3585%
戊醛	-126%	-168%	-45%	-41%	-60%	-50%	-50%	-48%	-677%	-210%
间甲基苯甲醛	- 4785%	- 4860%		-410%	- 68767 %	- 10125 0%	- 9597%	- 15215 %		
己醛	-270%	-358%	-81%	-47%	-106%	- 10077 %	-122%	-117%		
氟利昂-12	-12%	-17%	-3%	5%	-1%	-1%	-14%	8%	-28%	-21%
氯甲烷	-39%	-23%	0%	-9%	8%	6%	-27%	4%	-36%	2%
氯乙烯	-23%	12%	-3%	-12%	-9%	-6%	-18%	-1%	-99%	-68%
1,3-丁二烯	-14%	-12%	-3%	-11%	-6%	-2%	-28%	-12%	-179%	-168%
氯乙烷	-51%	-32%	-7%	-5%	5%	-8%	-16%	-6%	-23%	-37%
氟利昂-11	-18%	-26%	-4%	-9%	8%	-7%	-4%	-8%	-24%	-16%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
氟利昂-114	-7%	-16%	-2%	-11%	-1%	-7%	-11%	4%	-17%	-2%
氟利昂-113	-13%	-35%	-5%	-14%	-3%	-8%	-11%	-12%	-22%	-12%
1,1-二氯乙烯	-26%	-38%	-17%	-18%	-13%	-14%	-13%	-16%	-53%	-55%
异丙醇	-10%	-35%	-10%	-48%	-25%	- 12975 %	28%	65%	-624%	-152%
甲基叔丁基醚	-60%	-61%	-26%	-16%	-11%	-15%	-12%	-20%	-233%	-145%
乙酸乙烯酯	-513%	-214%	-54%	-52%	-48%	-51%	-87%	-86%	-419%	-261%
四氢呋喃	-196%	-317%	-43%	-58%	-54%	- 3581%	-66%	-68%		-529%
1,2-二氯乙烷	-65%	-59%	-16%	-22%	-15%	-20%	-17%	-22%	-44%	-37%
1,4-二氧六环	-91%	-144%	-23%	-72%	-66%	- 61800 %	8%	-19%		
顺-1,3-二氯丙烯	-168%	-192%	-31%	-52%	-49%	-46%	-59%	-67%	-190%	-193%
4-甲基-2-戊酮	-127%	-163%	-37%	-51%	-32%	- 19917 %	-65%	-57%		- 1404%
2-己酮	-618%	-801%	-88%	-93%	-147%		-237%	-176%		
氯化苄	-935%	-544%	-114%	-114%	-223%	-133%	-168%	-170%	-490%	-591%
1,2,4-三氯苯	-591%	-716%	-354%	-278%	-734%	-355%	-773%	-731%	-618%	-577%
萘	-703%	-622%	-277%	-195%	- 1544%	-295%	-849%	-738%	-838%	-565%
六氯-1,3-丁二烯	-228%	-319%	-111%	-114%	-141%	-124%	-253%	-184%	-193%	-230%

表 39 10 nmol/mol 时 a 与 b 条件测值百分比差异 (清单内物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	4%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	-1%	2%	16%
乙炔	-2%	-1%	0%	0%	-1%	-1%	-1%	-2%	6%	28%
乙烷	3%	0%	0%	1%	0%	0%	-1%	-1%	-2%	12%
丙烯	7%	4%	0%	1%	-1%	0%	0%	0%	-2%	-4%
丙烷	-1%	1%	0%	4%	-1%	0%	0%	0%	-3%	-5%
异丁烷	-1%	7%	0%	-4%	-1%	0%	0%	-1%	-1%	0%
正丁烷	1%	9%	1%	0%	-1%	0%	-1%	-1%	-37%	-17%
异戊烷	2%	5%	-1%	-5%	-1%	-1%	-7%	-5%	5%	-3%
正戊烷	-2%	5%	-1%	-6%	-1%	-1%	-6%	-6%	4%	0%
异戊二烯	-3%	2%	-1%	-4%	-2%	-2%	-8%	-6%	1%	-2%
3-甲基戊烷	-3%	3%	0%	-4%	-1%	2%	-3%	-6%	-2%	2%
正己烷	3%	2%	-1%	-6%	-1%	0%	-5%	-6%	4%	2%
2,4-二甲基戊烷	0%	1%	0%	-4%	-1%	0%	-4%	-6%	5%	2%
甲基环戊烷	4%	1%	-1%	-2%	-1%	1%	-5%	-5%	3%	0%
苯	4%	4%	1%	3%	-1%	0%	-4%	-3%	1%	1%
环己烷	1%	2%	1%	6%	-1%	1%	-4%	-4%	0%	2%
2-甲基己烷	8%	0%	1%	6%	-2%	0%	-5%	-5%	3%	1%
2,3-二甲基戊烷	7%	1%	4%	6%	-2%	-1%	-4%	-4%	2%	1%
3-甲基己烷	3%	1%	1%	5%	-1%	0%	-5%	-4%	3%	3%
2,2,4-三甲基戊烷	6%	4%	0%	1%	0%	0%	-4%	-4%	3%	1%
正庚烷	2%	4%	-1%	0%	-1%	0%	-5%	-4%	2%	1%
甲基环己烷	6%	3%	2%	-2%	0%	1%	-4%	-4%	0%	0%
2,3,4-三甲基戊烷	7%	3%	1%	-2%	-1%	0%	-5%	-4%	2%	0%
2-甲基庚烷	3%	4%	1%	-5%	-2%	0%	-5%	-3%	0%	1%
甲苯	8%	5%	1%	-1%	-2%	-1%	-4%	-2%	-3%	-3%
3-甲基庚烷	4%	4%	0%	-5%	-2%	0%	-4%	-3%	1%	1%
正辛烷	3%	7%	0%	-2%	-3%	-1%	-6%	-3%	-1%	1%
乙苯	6%	5%	2%	1%	-2%	-2%	-3%	-3%	6%	0%
间/对-二甲苯	2%	4%	2%	0%	-2%	-2%	-3%	-4%	7%	0%
正壬烷	-4%	6%	1%	-1%	-3%	-1%	-7%	-6%	10%	-1%
邻-二甲苯	2%	5%	2%	-2%	-2%	-2%	-3%	-4%	6%	-2%
异丙苯	9%	6%	3%	-1%	-5%	-2%	-3%	-3%	6%	-2%
正丙苯	4%	5%	4%	0%	-6%	-2%	-4%	-3%	6%	-1%
邻-乙基甲苯	3%	4%	3%	0%	-6%	-4%	-3%	-4%	4%	-4%
间-乙基甲苯	3%	4%	5%	3%	-6%	-3%	-2%	-7%	5%	-2%
1,3,5-三甲苯	3%	4%	1%	1%	-6%	-3%	-3%	-4%	5%	-3%
对-乙基甲苯	2%	4%	8%	-2%	-6%	-3%	-5%	-1%	5%	-2%
正癸烷	26%	6%	1%	0%	-7%	-2%	-4%	-7%	9%	0%
1,2,4-三甲苯	1%	-1%	2%	1%	-6%	-3%	-4%	-5%	4%	-4%
1,2,3-三甲苯	1%	3%	3%	-1%	-7%	-4%	-3%	-5%	4%	-4%
溴甲烷	-73%	12%	-1%	-1%	8%	-3%	-4%	-3%	1%	-6%
二硫化碳	1%	2%	-1%	-3%	-2%	0%	18%	5%	3%	0%
二氯甲烷	1%	2%	-2%	-6%	-2%	3%	20%	-2%	1%	1%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
顺-1,2-二氯乙烯	1%	2%	0%	-2%	-1%	-1%	-3%	-4%	-2%	-1%
1,1-二氯乙烷	2%	0%	-1%	-2%	-1%	-1%	-4%	-5%	2%	0%
反-1,2-二氯乙烯	3%	1%	1%	-2%	-2%	-1%	-2%	-5%	3%	0%
乙酸乙酯	-2%	0%	-1%	-3%	-3%	-1%	-6%	-9%	4%	-1%
三氯甲烷	1%	0%	0%	7%	-1%	0%	-2%	-4%	1%	1%
1,1,1-三氯乙烷	-1%	-2%	0%	4%	0%	-1%	0%	-4%	-5%	1%
四氯化碳	1%	-2%	0%	7%	2%	0%	2%	-3%	0%	2%
三氯乙烯	9%	3%	2%	-2%	-1%	-2%	-3%	-4%	-3%	-1%
1,2-二氯丙烷	5%	4%	2%	-5%	-1%	-2%	-4%	-3%	2%	2%
甲基丙烯酸甲酯	5%	3%	1%	-6%	-2%	-2%	-4%	-7%	4%	-2%
一溴二氯甲烷	4%	3%	1%	-2%	0%	0%	-1%	-3%	-2%	1%
反-1,3-二氯丙烯	-1%	2%	0%	-5%	-3%	-1%	-2%	-2%	0%	-1%
1,1,2-三氯乙烷	10%	5%	1%	-1%	-2%	-2%	-3%	0%	8%	0%
二溴一氯甲烷	9%	4%	1%	-1%	-1%	-2%	1%	-1%	8%	-1%
四氯乙烯	10%	2%	2%	1%	0%	-2%	-2%	-2%	9%	-3%
1,2-二溴乙烷	7%	3%	2%	0%	-3%	-2%	-2%	0%	6%	0%
氯苯	7%	3%	2%	0%	-2%	-1%	-3%	-2%	5%	-2%
三溴甲烷	14%	5%	3%	-3%	-1%	-2%	2%	-3%	5%	-3%
四氯乙烷	14%	6%	2%	-1%	-6%	-1%	-2%	-3%	7%	0%
1,3-二氯苯	0%	-4%	2%	-1%	-7%	-5%	-6%	-5%	-3%	-13%
1,4-二氯苯	-4%	-6%	3%	-1%	-8%	-6%	-6%	-6%	-4%	-11%
1,2-二氯苯	2%	-2%	2%	-3%	-8%	-6%	-4%	-5%	2%	-7%

表 40 10 nmol/mol 时 a 与 b 条件测值百分比差异 (清单外物种)

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1-丁烯	27%	24%	1%	-3%	0%	0%	-9%	-5%	-15%	-33%
顺-2-丁烯	13%	27%	-1%	-4%	-1%	0%	-6%	-4%	1%	-15%
反-2-丁烯	-92%	29%	-5%	22%	-2%	-1%	-4%	-4%	-29%	-28%
1-戊烯	-12%	3%	-1%	-5%	0%	0%	-5%	-5%		-6%
反-2-戊烯	-3%	2%	-2%	-5%	-1%	0%	-6%	-6%	4%	-2%
顺-2-戊烯	-1%	3%	-2%	-5%	-1%	1%	-7%	-5%	3%	1%
2,2-二甲基丁烷	3%	2%	-1%	-4%	-1%	0%	18%	-7%	4%	6%
环戊烷	3%	3%	-1%	-6%	-1%	0%	21%	-5%	5%	0%
2,3-二甲基丁烷	-12%	-3%	-1%	-6%	-1%	1%	20%	-4%	4%	3%
1-己烯	-2%	1%	-1%	-4%	-2%	0%	-4%	-6%	4%	-1%
苯乙烯	-2%	2%	2%	-1%	-3%	-3%	-4%	-4%	5%	-2%
间-二乙苯	0%	2%	2%	-1%	-7%	-4%	5%	-6%	5%	-4%
对-二乙苯	0%	1%	2%	-2%	-8%	-5%	3%	-7%	4%	-7%
十一烷	40%	0%	1%	-8%	-9%	-5%	-11%	-5%	3%	-9%
十二烷	10%	-22%	-57%	-19%	-17%	-11%	-37%	-29%	-36%	-59%
乙醛	-71%	23%	-5%	1%	2%	-3%	-9%	-7%	-2%	-2%
丙烯醛	-3%	-1%	-1%	-4%	-5%	-3%	7%	-7%	2%	-3%
丙酮	14%	3%	-1%	-3%	1%	-3%	26%	-10%	3%	0%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
丙醛	-168%	3%	-1%	-2%	-1%	-2%	12%	-6%	3%	-6%
丁烯醛	-12%	-3%	-1%	5%	-8%	-14%	0%	-15%	6%	-9%
甲基丙烯醛	-10%	-1%	-1%	-6%	-2%	-2%	-5%	-7%	5%	1%
2-丁酮	-15%	0%	0%	-3%	-2%	-1%	-9%	-9%	7%	-1%
正丁醛	-4%	-1%	0%	-3%	-2%	-1%	-6%	-7%	5%	0%
苯甲醛	-5%	-7%	0%	-4%	-19%	-7%	-17%	-7%	-1%	-24%
戊醛	3%	4%	2%	-6%	-2%	-2%	-5%	-10%	7%	-1%
间甲基苯甲醛	-84%	-78%	-43%	-47%	-82%	30521 4%	-580%	- 1658%	-342%	-305%
己醛	1%	2%	-1%	-1%	-4%	-2%	-4%	5%	17%	-11%
氟利昂-12	-1%	-2%	-4%	-11%	0%	2%	-9%	-2%	3%	3%
氯甲烷	-13%	11%	0%	-5%	9%	8%	-6%	-5%	-11%	7%
氯乙烯	-2%	28%	0%	-3%	1%	0%	-8%	-6%	-39%	-16%
1,3-丁二烯	8%	22%	-3%	22%	1%	4%	-4%	-5%	-50%	-41%
氯乙烷	-14%	5%	1%	-3%	10%	0%	-7%	-3%	1%	-5%
氟利昂-11	2%	2%	0%	-4%	10%	-1%	-2%	-4%	9%	1%
氟利昂-114	3%	0%	1%	-3%	3%	-2%	-5%	-3%	-1%	2%
氟利昂-113	3%	0%	0%	-4%	-1%	-1%	14%	-6%	-2%	3%
1,1-二氯乙烯	7%	2%	-1%	-4%	-1%	-1%	16%	-5%	7%	0%
异丙醇	20%	32%	18%	9%	-1%	-4%	71%	-6%	7%	0%
甲基叔丁基醚	-166%	-10%	0%	-4%	-2%	-1%	-10%	-14%	-50%	-7%
乙酸乙烯酯	-57%	-1%	-2%	-7%	-4%	-2%	-6%	-7%	-73%	-9%
四氢呋喃	-2%	3%	-1%	7%	-3%	0%	-6%	-8%	8%	-5%
1,2-二氯乙烷	3%	4%	-2%	2%	1%	-2%	-2%	-3%	2%	1%
1,4-二氧六环	29%	31%	22%	12%	1%	-211%	41%	31%	-1%	-28%
顺-1,3-二氯丙烯	-11%	4%	0%	-3%	-3%	-2%	-1%	-2%	7%	-4%
4-甲基-2-戊酮	-1%	3%	-1%	-3%	-3%	-2%	-6%	-3%	1%	-10%
2-己酮	-1%	3%	-1%	-4%	-5%	-42%	-10%	-5%	-3%	-29%
氯化苄	-58%	0%	1%	-6%	-8%	-5%	-1%	-9%	2%	-9%
1,2,4-三氯苯	-46%	-68%	-3%	-13%	-22%	-16%	-19%	-24%	-64%	-85%
萘	-28%	-35%	-2%	-12%	-22%	-15%	-21%	-28%	-27%	-44%
六氯-1,3-丁二烯	4%	-16%	1%	-12%	-11%	-9%	-4%	-5%	-4%	-12%

综合上述管路条件比对实验结果：

- ① 在管路不伴热时，Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质对比，测试结果百分比差异整体偏负，说明硅烷化不锈钢材质测值偏高；在管路伴热 60°C 条件下，Teflon 材质与硅烷化不锈钢材质对比，测试结果百分比差异整体偏正，说明 Teflon 材质测值偏高。综合两次比对结果，推测 Teflon 容易吸附 VOCs 物种，且在伴热时存在解吸附现象，故推荐硅烷化不锈钢材质；
- ② 在采用硅烷化不锈钢管路材质时，管路不伴热与管路伴热 60°C，测试结果百分比差异整体偏负，说明伴热时测值偏高；在采用 Teflon 管路材质时，管路不伴热与管路伴热 60°C，测试结果百分比差异整体偏负，且偏离程度较硅烷化不锈钢材质更大（Teflon 材质“吸附现象”更明显）。说明管路伴热能够减少管路对 VOCs 物种的吸附。

综合以上比对结果，建议使用“硅烷化不锈钢材质+管路伴热”条件。

根据比对实验测试结果，同时结合 HJ 654 的相关要求，本标准对采样装置规定如下。

采样装置用于采集并传输环境样品至进样与分析单元，包含采样总管、采样支管及连接部件等气路环节。无采样总管时，可直接用管线采样。采样装置应符合 HJ 654 的相关要求，同时应满足以下要求：

- 1) 材质要求。所有管路部件（总管、支管、连接件）应选用不吸附待测化合物、不与待测化合物发生化学反应、不释放干扰物质影响测量的材质。总管材质可采用聚四氟乙烯、硼硅酸盐玻璃或经硅烷化表面处理的不锈钢；支管及连接件材质宜采用经硅烷化表面处理的不锈钢；
- 2) 采样总管要求。宜部署于仪器附近，避光且避免空调直吹。应采取措施避免总管内壁结露，如采用保温套或加热器等。使用加热器时，加热器应具备漏电保护和过热保护功能，并根据所在地气候或季节变化调整加热温度，加热温度可参照 HJ 654 的要求，一般控制在 30°C~50°C；
- 3) 采样支管要求。宜连接到采样总管多歧路管的最前端，长度≤3 m，避光且避免空调直吹。应采取措施避免支管内壁结露，如采用保温套或加热器等。使用加热器时，加热器应具备漏电保护和过热保护功能，加热温度一般控制在 40°C~60°C；
- 4) 颗粒物过滤要求。应使用孔径≤5 μm 的颗粒物过滤器，可采用烧结过滤器或带有聚四氟乙烯滤膜的颗粒物过滤器；
- 5) 气流要求。采样总管和采样支管内的气流应保持层流状态，且气体停留时间应满足：总管≤5 s，支管≤15 s。无采样总管时，管内气流应保持层流状态，且停留时间≤20 s。

6.4.2.2 进样与分析单元

用于 VOCs 自动进样与分析，由进样模块、分离模块及检测模块组成。

6.4.2.2.1 进样模块

负责定量采集样品并将其输送至分离模块。主要功能包括：环境空气、标准气体的采集与切换；去除样品中的水、CO₂等干扰物；对样品进行低温或超低温富集；实现样品快速热解析；吹扫进样管路等。

该模块应以稳定流速采样，确保每个运行周期内累计采样时间≥30 min。对进样管路进行吹扫时，严禁将吹扫尾气通过采样口反吹至采样支管，以免影响多歧路采样总管上连接的其他仪器。

6.4.2.2.2 分离模块

负责实现样品中待测化合物的有效分离，并将其输送至检测模块。该模块主要由柱温箱、色谱柱等组成。

6.4.2.3 检测模块

负责检测样品并转换输出信号，其核心部件包括检测器、信号放大器等。检测器应对待测化合物响应良好且稳定，并符合 GB/T 30431 和 GB/T 33864 标准要求。针对特定检测器：如配备 FID，应具备工作状态判断能力及熄火自动点火功能；如配备 MSD，应具备自动和手动调谐功能。

6.4.2.3 校准单元

如 6.4.2.1 所述，对于 VOCs 物种涉及的所有采样部分的管路材质，包括采样总管、采样支管、校准单元部分管路等，都建议使用“硅烷化不锈钢材质+管路伴热”条件。

编制组在征集厂家比对时对市面上厂家使用的校准方式做了调研，根据前期调研结果，目前各地用于校准通标的方式有所不同，主要分为两大类：①使用动态校准仪实时配制所需浓度标准气体通给监测仪器，②使用按照目标浓度配制好的装有标准气体的惰性化不锈钢罐通给监测仪器。其中，第二类使用惰性化不锈钢罐的校准方式是目前市面上最为普遍和广泛的方式。

这两类校准方式各有优劣。对于动态校准仪来说，其优势在于：①标准气体输出的稳定性，动态校准仪的标准气体流量控制稳定故其标准气体输出浓度稳定、可重复性好；②运维频率低，动态校准仪一般可联动监测仪器进行自动通标，无需额外频繁维护校准源；但其劣势在于：①其灵活性较惰性化不锈钢罐要差，往往固定于站点内不便于挪动；②相较于惰性化不锈钢罐，标准气体的使用量较多。而对于惰性化不锈钢罐而言，其优势在于：其灵活强，可携带至多个站点进行质控；但其劣势在于：①配气不稳定、可重复性差，一般均使用静态稀释仪配气，其配气精度要差于动态校准仪；②运维频率高，由于其标准气体储量有限，惰性化不锈钢罐需要经常性更换；③频繁运输可能会影响罐体内部的惰性化涂层脱落，从而导致惰性化不锈钢罐输出标准气体浓度不稳定。

随着技术的进步，编制组在本次调研过程中了解到除了普通的动态校准仪，市面上已经出现了加湿动态校准仪，并且有湿度可控和湿度不可控两类加湿动态校准仪。考虑到加湿状态下校准更能体现真实环境样品情况，如 5.1 所述，本次比对各厂家均采用加湿动态校准仪进行校准。在整个比对期间每天使用加湿动态校准仪向监测仪器通已知浓度的标准气体，进行日核查测试。其整体结果较好，清单内各个物种 VOCs 组分整体相对误差在±20% 以内。但考虑到市面上的应用情况，目前市面上的气相色谱质谱联用法自动监测系统普遍使用惰性化不锈钢罐进行校准与质控。故针对校准单元本次比对实验重点围绕校准方式开展了有关①惰性化不锈钢罐配气是否加湿（不加湿与加湿）；②不同配气方式（惰性化不锈钢罐加湿与加湿动态校准仪）；③加湿动态校准仪的加湿范围；④惰性化不锈钢罐配气方式（117 组分标气直接配气与混标配气）一系列比对实验。通过设置不同的配气方式，对比同一监测仪器对同一浓度标准气在不同条件下的响应结果。针对气相色谱质谱联用法自动监测系统，对清单内和清单外各个物种均做了结果分析，清单内物种是指：本次标准规定的认为监测系统能测准的 66 个目标物种；清单外物质是指：厂家提供的可测量物种清单（116 个）减去规定的目物种清单（66 个）后所剩余的 50 个物种。

从测试结果来看，惰性化不锈钢罐配气是否加湿、校准方式、加湿动态校准仪的加湿范围和惰性化不锈钢罐的配气方式等均对 VOCs 监测结果产生影响，实验结果整体如下：

1、在惰性化不锈钢罐加湿实验中，惰性化不锈钢罐加湿配气时相比不加湿配气，测值与目标浓度更接近。故推荐惰性化不锈钢罐加湿配气的方式；

2、在不同的配气方式实验中，使用加湿动态校准仪配气的方式结果更稳定、相对偏差更小，故有条件的推荐使用加湿动态校准仪配气；

3、在加湿动态校准仪加湿实验中，整体上湿度对低碳烷烃、烯烃和卤代烃的响应变化不大；对于醛酮、C7 以上的烷烃、芳香烃以及高碳卤代烃等物种，湿度对其响应变化明显，响应在湿度 40%RH~60%RH 下相对稳定、偏差更小。故若有条件使用加湿动态校准仪进行配气的，建议优先选择湿度可控的加湿动态校准仪，其次选择湿度不可控的加湿动态校准仪，使用时推荐加湿条件控制在 25°C 下，40%RH~60%RH 范围内；

4、在惰性化不锈钢罐配气方式实验中，测试结果数据波动与偏离程度为加湿动态校准仪 < 惰性化不锈钢罐 117 组分 < 惰性化不锈钢罐混标。故在使用惰性化不锈钢罐配气时，推荐使用目标化合物标准气体配气，不推荐使用混标的方式配气；

5、此次发现，对于气相色谱质谱联用法自动监测系统，相比于清单内物种（66 个目标物种），清单外物种（50 个物种）整体差异波动显著大于清单内物种，也侧面验证了监测系统测量清单外物种表现不稳定。

因此，根据本次实验结果，需要对校准单元进行详细的规定，具体如下：

- ① 使用加湿动态校准仪时，建议优先选择湿度可控的加湿动态校准仪，其次选择湿度不可控的加湿动态校准仪，使用时其加湿湿度建议控制在 25°C 下，40%RH~60%RH 范围内；
- ② 使用惰性化不锈钢罐配气进行校准时，推荐加湿并使用已配置好的目标化合物气体配气。

以下是本次管路条件比对实验的实验方法、以及具体结果结论：

(一) 惰性化不锈钢罐加湿实验

实验方案：通过设置不同的惰性化不锈钢罐加湿配气条件（不加湿和加湿），分别配制了相同标准气体浓度（4 nmol/mol）不同加湿条件的惰性化不锈钢罐。其中惰性化不锈钢罐加湿方式，参考 HJ 759-2023 的相关要求，对惰性化不锈钢罐进行加湿。随机抽取几台监测仪器，对不同加湿条件相同浓度的惰性化不锈钢罐标准气体进行测量，分别比较清单内和清单外各个物种测值与目标浓度的相对偏差。

实验结果：①惰性化不锈钢罐加湿实验清单内物种与清单外物种不同加湿条件测值与目标值相对偏差见表 41、表 42。对于清单内物种，厂家 3_1、厂家 4_1 和厂家 5_1 表现一致即在加湿条件下其测值与目标值相对偏差较不加湿条件更小，整体数据波动较小；②类似地，清单外物种，厂家 3_1、厂家 4_1 和厂家 5_1 表现一致即在加湿条件下其测值与目标值相对偏差较不加湿条件更小，整体数据波动较小，与清单内物种表现一致。但清单外物种，其实验结果偏差幅度更大、更不稳定，与 6.4.2.1 中管路材质相关实验表现一致。

实验小结：在惰性化不锈钢罐加湿实验中，比较了惰性化不锈钢罐配气时不加湿与加湿条件对监测仪器测值的影响。清单内物种与清单外物种表现一致，惰性化不锈钢罐加湿配气时测值与目标值偏差较不加湿配气时更小，与目标浓度更接近。故推荐惰性化不锈钢罐加湿配气的方式。并且发现清单外物种整体测值波动要显著大于清单内物种，侧面验证了监测系统在测量清单外物种时测值不稳定。

表 41 惰性化不锈钢罐加湿实验结果（清单内物种）

名称	厂家 3_1		厂家 4_1		厂家 5_1	
	不加湿	加湿	不加湿	加湿	不加湿	加湿
乙烯	-5.3%	-5.0%	-2.5%	-4.2%	3.4%	1.2%
乙炔	-5.2%	-6.2%	-2.5%	-5.5%	5.5%	6.6%
乙烷	-6.0%	-5.4%	-3.2%	-4.6%	4.1%	2.7%
丙烯	-8.2%	-8.6%	-3.4%	-4.7%	3.4%	2.1%
丙烷	-7.8%	-7.1%	-3.7%	-4.8%	2.8%	1.1%
异丁烷	-2.5%	-4.4%	-3.9%	-5.2%	2.4%	1.4%
正丁烷	-0.7%	-0.1%	-3.9%	-5.2%	2.3%	0.9%
异戊烷	-10.0%	-1.5%	-4.1%	-5.2%	44.5%	14.8%
正戊烷	-17.3%	-2.2%	-4.2%	-5.5%	65.9%	17.3%
异戊二烯	-16.7%	-9.5%	5.9%	8.7%	47.9%	11.4%
3-甲基戊烷	-5.4%	-5.6%	5.2%	6.8%	8.4%	3.2%
正己烷	-2.8%	-1.2%	3.1%	6.7%	4.9%	2.9%
2,4-二甲基戊烷	-3.9%	-1.4%	3.8%	6.6%	-0.6%	-2.7%
甲基环戊烷	-0.4%	-1.4%	3.6%	7.5%	4.3%	2.4%
苯	-4.0%	4.0%	4.5%	6.4%	4.0%	2.1%
环己烷	-6.0%	-0.5%	7.1%	8.4%	0.6%	-1.8%
2-甲基己烷	-4.0%	-1.4%	11.5%	7.5%	7.7%	5.5%
2,3-二甲基戊烷	-4.4%	1.7%	8.1%	8.0%	0.6%	-1.4%
3-甲基己烷	-2.4%	0.2%	6.7%	5.4%	9.6%	7.1%
2,2,4-三甲基戊烷	-4.0%	0.7%	-1.3%	5.6%	5.3%	3.2%
正庚烷	-5.2%	-1.9%	6.2%	4.6%	4.7%	2.3%
甲基环己烷	-0.6%	2.2%	3.2%	5.8%	-1.6%	-1.5%
2,3,4-三甲基戊烷	-0.9%	2.3%	6.4%	5.0%	0.7%	0.7%
2-甲基庚烷	-1.5%	2.4%	6.6%	5.0%	3.6%	4.0%
甲苯	0.8%	3.1%	1.4%	8.7%	3.9%	4.2%
3-甲基庚烷	-3.8%	1.3%	6.7%	5.1%	1.0%	0.9%
正辛烷	-0.6%	1.8%	3.5%	5.5%	9.1%	8.8%
乙苯	-2.1%	0.5%	0.2%	7.5%	8.0%	7.7%
间/对-二甲苯	0.8%	-0.3%	0.9%	8.7%	11.3%	11.6%
正壬烷	-0.9%	3.6%	-2.7%	7.0%	22.7%	21.6%
邻-二甲苯	1.1%	2.2%	0.6%	7.1%	9.6%	9.2%
异丙苯	0.8%	0.9%	-0.5%	2.7%	7.2%	9.0%
正丙苯	-1.4%	0.1%	-3.1%	2.7%	13.1%	15.9%
邻-乙基甲苯	3.4%	2.0%	-1.1%	2.9%	10.9%	15.6%
间-乙基甲苯	0.2%	3.9%	-2.9%	2.7%	11.2%	21.2%
1,3,5-三甲苯	-1.9%	-0.6%	-1.7%	3.4%	7.9%	14.5%
对-乙基甲苯	11.8%	10.7%	0.4%	4.7%	10.1%	9.5%
正癸烷	-1.2%	5.0%	-5.9%	1.9%	32.6%	29.2%
1,2,4-三甲苯	1.2%	3.2%	0.5%	4.2%	6.0%	10.2%
1,2,3-三甲苯	0.9%	0.6%	-1.7%	3.1%	16.2%	13.4%
溴甲烷	-10.2%	0.2%	13.4%	8.7%	10.0%	10.2%
二硫化碳	-7.6%	-3.6%	8.9%	8.8%	57.3%	12.4%
二氯甲烷	-9.4%	-3.7%	7.9%	8.9%	15.3%	12.3%
顺-1,2-二氯乙烯	-3.3%	-3.8%	4.6%	9.0%	0.6%	0.4%
1,1-二氯乙烷	-5.2%	-1.9%	3.3%	6.7%	4.0%	3.3%
反-1,2-二氯乙烯	-8.5%	-5.8%	3.1%	8.5%	8.9%	8.6%
乙酸乙酯	-3.7%	-0.4%	9.4%	5.9%	28.7%	-18.3%
三氯甲烷	-4.4%	-0.4%	7.7%	7.9%	4.1%	5.4%

名称	厂家 3_1		厂家 4_1		厂家 5_1	
	不加湿	加湿	不加湿	加湿	不加湿	加湿
1,1,1-三氯乙烷	-4.5%	-1.2%	6.0%	6.3%	-0.2%	-1.1%
四氯化碳	-4.4%	-2.9%	2.1%	4.4%	1.0%	-1.9%
三氯乙烯	2.2%	-0.1%	1.4%	5.9%	-1.1%	-1.9%
1,2-二氯丙烷	-1.1%	3.4%	-0.1%	5.0%	-0.1%	1.7%
甲基丙烯酸甲酯	-0.1%	-1.2%	-1.0%	3.9%	28.3%	-13.6%
一溴二氯甲烷	-1.7%	1.5%	3.3%	5.0%	1.4%	0.7%
反-1,3-二氯丙烯	-4.2%	1.2%	2.2%	4.2%	-9.7%	-10.2%
1,1,2-三氯乙烷	-0.8%	2.4%	-1.2%	7.2%	0.3%	1.8%
二溴一氯甲烷	0.1%	0.4%	-0.9%	6.1%	2.2%	-2.7%
四氯乙烯	1.3%	1.8%	-0.1%	6.7%	-3.7%	-2.9%
1,2-二溴乙烷	-0.6%	-0.1%	0.7%	7.0%	-2.7%	-1.2%
氯苯	-0.7%	0.2%	2.7%	8.0%	6.6%	6.7%
三溴甲烷	-0.2%	-2.3%	-4.2%	2.6%	1.0%	-7.1%
四氯乙烷	-2.8%	3.8%	-3.0%	2.4%	13.9%	16.4%
1,3-二氯苯	1.3%	1.4%	-5.4%	2.8%	13.5%	15.3%
1,4-二氯苯	0.6%	1.8%	-6.1%	3.0%	13.8%	16.4%
1,2-二氯苯	-0.1%	3.0%	-5.6%	3.6%	15.1%	17.2%

表 42 惰性化不锈钢罐加湿实验结果（清单外物种）

名称	厂家 3_1		厂家 4_1		厂家 5_1	
	不加湿	加湿	不加湿	加湿	不加湿	加湿
1-丁烯	2.4%	2.3%	-4.2%	-5.2%	22.7%	14.6%
顺-2-丁烯	-10.3%	-0.8%	1.8%	-2.7%	20.5%	10.6%
反-2-丁烯	-10.1%	-1.4%	-4.1%	-5.6%	23.0%	17.4%
1-戊烯	-15.7%	-4.0%	3.4%	2.8%	53.0%	17.6%
反-2-戊烯	-15.7%	-6.2%	2.9%	8.0%	53.4%	15.2%
顺-2-戊烯	-16.6%	-4.2%	0.4%	7.3%	48.9%	10.5%
2,2-二甲基丁烷	-7.7%	-4.0%	9.3%	7.6%	44.2%	8.4%
环戊烷	-5.4%	-3.7%	-9.0%	-5.5%	6.7%	2.3%
2,3-二甲基丁烷	-9.3%	-5.7%	8.9%	6.9%	11.0%	6.3%
1-己烯	-4.4%	-5.4%	4.1%	6.1%	-0.1%	-2.7%
苯乙烯	0.6%	0.2%	-0.2%	7.9%	4.3%	5.0%
间-二乙苯	0.9%	1.5%	-0.9%	3.4%	27.8%	6.8%
对-二乙苯	0.9%	2.6%	-1.2%	3.7%	25.3%	8.4%
十一烷	2.3%	6.7%	-6.5%	2.1%	29.2%	26.2%
十二烷	10.1%	10.5%	-8.3%	3.5%	-22.3%	39.7%
乙醛	-9.8%	0.5%	16.5%	20.2%	25.4%	19.0%
丙烯醛	-17.6%	-6.4%	-2.8%	9.1%	45.5%	15.8%
丙酮	-13.3%	-4.3%	0.6%	0.9%	46.4%	13.5%
丙醛	-18.1%	-10.0%	0.6%	6.7%	37.0%	5.2%
丁烯醛	-7.7%	-2.9%	-10.5%	4.9%	-17.7%	3.6%
甲基丙烯醛	-6.9%	-3.7%	6.6%	7.3%	-26.5%	-0.3%
2-丁酮	-3.4%	-2.4%	5.5%	6.3%	21.2%	-17.1%
正丁醛	-6.1%	-4.0%	7.5%	7.7%	-24.6%	1.7%
苯甲醛	-9.3%	-2.0%	-19.3%	-1.4%	-86.5%	2.8%
戊醛	-2.9%	0.2%	-5.6%	3.9%	34.9%	5.7%
间甲基苯甲醛	-55.5%	-9.6%	-76.3%	-9.0%	-99.3%	-18.7%
己醛	-9.4%	0.0%	-7.9%	4.3%	-35.6%	7.6%
氟利昂-12	2.7%	9.4%	6.6%	7.8%	15.3%	10.7%

名称	厂家 3_1		厂家 4_1		厂家 5_1	
	不加湿	加湿	不加湿	加湿	不加湿	加湿
氯甲烷	-5.3%	-2.9%	14.4%	10.2%	14.7%	5.8%
氯乙烯	-0.9%	-0.7%	14.4%	10.2%	10.9%	5.2%
1,3-丁二烯	-7.3%	-2.6%	15.7%	9.4%	10.2%	12.1%
氯乙烷	-14.9%	-1.7%	23.8%	6.4%	40.0%	14.7%
氟利昂-11	-2.2%	-1.3%	14.0%	4.0%	31.0%	14.5%
氟利昂-114	-0.7%	-2.2%	7.1%	11.6%	7.3%	4.3%
氟利昂-113	-6.8%	-3.6%	6.1%	9.4%	41.4%	10.7%
1,1-二氯乙烯	-8.5%	-4.4%	2.3%	7.2%	51.9%	14.0%
异丙醇	-5.0%	-2.7%	7.9%	1.9%	231.2%	-98.0%
甲基叔丁基醚	-6.0%	-9.9%	11.6%	6.6%	52.4%	1.4%
乙酸乙烯酯	-6.7%	-5.5%	10.0%	5.4%	-7.2%	10.0%
四氢呋喃	-6.5%	-3.7%	11.7%	6.8%	25.3%	-16.4%
1,2-二氯乙烷	-5.1%	-0.6%	-2.5%	5.9%	4.1%	3.9%
1,4-二氧六环	2.0%	0.1%	-6.4%	4.2%	-78.8%	77.2%
顺-1,3-二氯丙烯	-1.9%	0.8%	1.1%	3.4%	-2.9%	-3.4%
4-甲基-2-戊酮	-5.0%	-0.9%	2.4%	2.9%	-54.4%	3.2%
2-己酮	-6.4%	-2.8%	-1.9%	1.9%	-98.0%	0.6%
氯化苄	-1.5%	-1.4%	-11.1%	-4.4%	11.0%	1.2%
1,2,4-三氯苯	1.4%	3.2%	-12.6%	2.0%	17.9%	18.2%
萘	-2.1%	1.8%	-17.1%	3.6%	-4.5%	31.7%
六氯-1,3-丁二烯	5.1%	2.9%	-7.6%	1.2%	19.1%	9.3%

(二) 不同配气方式比对实验

实验方案：本次实验通过设置不同的配气方式（惰性化不锈钢罐不加湿、惰性化不锈钢罐加湿和动态校准仪加湿），分别设置惰性化不锈钢罐不加湿、惰性化不锈钢罐加湿以及动态校准仪加湿配制了相同标准气体浓度（4 nmol/mol）。其中惰性化不锈钢罐加湿方式，参考 HJ 759-2023 的相关要求，对惰性化不锈钢罐进行加湿。加湿动态校准仪设置 25°C 下 50%RH 相对湿度的标准气体。随机抽取几台监测仪器，对不同配气方式相同浓度标准气体进行测量，分别比较清单内和清单外各个物种测值与目标浓度的相对偏差。

实验结果：不同配气方式实验，实验清单内物种与清单外物种不同配气方式比对结果与目标值相对偏差见表 43、表 44。

对于清单内物种：①厂家 3_1、厂家 4_1 和厂家 5_1 在上一小节基础上引入加湿动态校准仪的结果进行对比。可以发现三台监测仪器表现一致，不论不加湿还是加湿，其相对偏差结果均大于使用加湿动态校准仪配气的结果。且使用惰性化不锈钢罐配气的结果各台监测仪器表现趋势略有不同，说明其存在不稳定性。整体结果为加湿动态校准仪>惰性化不锈钢罐加湿>惰性化不锈钢罐不加湿，且发现加湿动态校准仪配气的方式要更稳定、偏差更小；②此外，本次实验再引入厂家 3_2、厂家 4_2 和厂家 5_2，就惰性化不锈钢罐加湿与加湿动态校准仪两种配气方式进行对比，三台监测仪器测值趋势一致，即动态校准仪加湿优于惰性化不锈钢罐加湿，与上述结论一致；

对于清单外物种：③类似地，对于清单外物种与清单内物种表现趋势一致。厂家 3_1、厂家 4_1 和厂家 5_1 表现一致，不论不加湿还是加湿，其相对偏差结果均大于使用加湿动态校准仪配气的结果。整体趋势也为加湿动态校准仪>惰性化不锈钢罐加湿>惰性化不锈钢罐不加湿，加湿动态校准仪配气的方式要更稳定、偏差更小。此外，还发现即便是使用加湿动态校准仪，清单外物种的测试与目标值比仍较大，说明清单外物种测值不稳定、不确定度大；④对于厂家 3_2、厂家 4_2 和厂家 5_2，就惰性化不锈钢罐加湿与加湿动态校准仪两种配气方式进行对比，三台监测仪器测值趋势一致，即动态校准仪加湿优于惰性化不锈钢罐加湿，与上述结论一致。

实验小结：在不同的配气方式实验中，比较了在相同标准气体浓度下，惰性化不锈钢罐不加湿、惰性化不锈钢罐加湿以及动态校准仪加湿三种配气方式对监测仪器测值的差异。清单内与清单外物种表现一致，加湿动态校准仪的结果要优于惰性化不锈钢罐加湿、优于惰性化不锈钢罐不加湿。使用加湿动态校准仪配气的方式结果更稳定、相对偏差更小，故有条件的推荐使用加湿动态校准仪配气。并且发现清单外物种整体测值波动要显著大于清单内物种，侧面验证了监测系统在测量清单外物种时测值不稳定。

表 43 惰性化不锈钢罐与加湿动态校准仪比对实验结果（清单内物种）

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
乙烯	-5.3%	-6.8%	-5.0%	2.2%	-2.5%	0.5%	-4.2%	0.2%	3.4%	6.6%	1.2%	4.0%	-4.9%	-1.3%	-4.3%	0.3%	12.3%	8.9%
乙炔	-5.2%	-6.6%	-6.2%	2.2%	-2.5%	-0.3%	-5.5%	-0.8%	5.5%	6.7%	6.6%	14.8%	-16.0%	-14.6%	-4.1%	1.6%	12.5%	12.5%
乙烷	-6.0%	-7.6%	-5.4%	3.1%	-3.2%	-1.4%	-4.6%	0.8%	4.1%	6.3%	2.7%	3.9%	-5.8%	-4.8%	-6.0%	-2.0%	14.4%	14.1%
丙烯	-8.2%	-11.2%	-8.6%	1.8%	-3.4%	-1.1%	-4.7%	1.1%	3.4%	6.2%	2.1%	4.4%	-2.4%	-0.6%	-7.3%	-2.5%	15.1%	14.6%
丙烷	-7.8%	-8.7%	-7.1%	2.7%	-3.7%	-1.4%	-4.8%	0.9%	2.8%	5.0%	1.1%	2.8%	-4.9%	-3.2%	-6.5%	-3.3%	14.7%	11.6%
异丁烷	-2.5%	-1.3%	-4.4%	-0.7%	-3.9%	-1.8%	-5.2%	1.1%	2.4%	3.4%	1.4%	3.2%	-5.9%	-5.2%	-8.3%	-4.7%	14.6%	12.2%
正丁烷	-0.7%	2.5%	-0.1%	3.3%	-3.9%	-2.0%	-5.2%	1.1%	2.3%	3.8%	0.9%	1.6%	6.9%	7.0%	-8.2%	-4.3%	12.2%	11.6%
异戊烷	-10.0%	2.5%	-1.5%	1.4%	-4.1%	-2.3%	-5.2%	1.0%	44.5%	23.2%	14.8%	8.9%	8.9%	3.6%	-8.5%	-3.8%	24.6%	5.6%
正戊烷	-17.3%	1.9%	-2.2%	2.1%	-4.2%	-2.3%	-5.5%	1.0%	65.9%	27.2%	17.3%	8.1%	7.7%	0.4%	-9.1%	-4.7%	18.7%	6.1%
异戊二烯	-16.7%	0.9%	-9.5%	3.3%	5.9%	-2.5%	8.7%	-2.1%	47.9%	19.1%	11.4%	8.0%	7.9%	4.5%	5.3%	-0.1%	8.7%	5.8%
3-甲基戊烷	-5.4%	-0.2%	-5.6%	2.8%	5.2%	-1.3%	6.8%	-1.9%	8.4%	13.5%	3.2%	-2.3%	-1.1%	15.3%	5.7%	0.9%	-0.4%	-1.9%
正己烷	-2.8%	-1.1%	-1.2%	2.3%	3.1%	-2.4%	6.7%	-2.1%	4.9%	9.4%	2.9%	-1.2%	-0.5%	-4.5%	5.0%	0.2%	-8.0%	-9.7%
2,4-二甲基戊烷	-3.9%	-0.7%	-1.4%	2.3%	3.8%	-3.0%	6.6%	-1.7%	-0.6%	3.1%	-2.7%	-1.0%	1.6%	-2.4%	0.3%	-4.0%	-8.1%	-10.7%
甲基环戊烷	-0.4%	-0.2%	-1.4%	1.8%	3.6%	-1.5%	7.5%	-1.2%	4.3%	9.1%	2.4%	-1.9%	-9.2%	-11.4%	4.9%	-0.2%	-7.9%	-9.5%
苯	-4.0%	-0.4%	4.0%	2.8%	4.5%	-2.8%	6.4%	-2.8%	4.0%	10.5%	2.1%	1.8%	8.5%	1.9%	2.3%	-2.4%	0.5%	-2.7%
环己烷	-6.0%	-1.4%	-0.5%	0.7%	7.1%	-1.5%	8.4%	-0.3%	0.6%	5.1%	-1.8%	-0.4%	-12.7%	-11.5%	3.7%	-1.3%	-4.1%	-5.8%
2-甲基己烷	-4.0%	-3.2%	-1.4%	2.8%	11.5%	-2.4%	7.5%	-1.4%	7.7%	12.3%	5.5%	-2.8%	-8.8%	-7.0%	0.4%	-4.3%	-5.4%	-8.1%
2,3-二甲基戊烷	-4.4%	-0.8%	1.7%	3.3%	8.1%	-1.7%	8.0%	-0.6%	0.6%	5.7%	-1.4%	-2.3%	0.7%	3.4%	4.6%	-0.6%	-5.2%	-7.9%
3-甲基己烷	-2.4%	2.4%	0.2%	3.5%	6.7%	-3.6%	5.4%	-2.5%	9.6%	13.8%	7.1%	-1.1%	-1.4%	1.8%	1.0%	-3.3%	-2.2%	-5.2%
2,2,4-三甲基戊烷	-4.0%	-0.8%	0.7%	1.5%	-1.3%	-3.1%	5.6%	-3.3%	5.3%	9.8%	3.2%	-0.6%	2.1%	-0.4%	5.4%	0.7%	-5.3%	-7.2%
正庚烷	-5.2%	-2.1%	-1.9%	-0.7%	6.2%	-3.9%	4.6%	-3.3%	4.7%	7.2%	2.3%	-0.3%	-5.1%	-4.3%	0.6%	-3.9%	-9.5%	-12.0%

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
甲基环己烷	-0.6%	0.7%	2.2%	3.9%	3.2%	-3.6%	5.8%	-2.2%	-1.6%	6.2%	-1.5%	3.7%	3.6%	-0.4%	1.7%	-2.6%	0.0%	-2.7%
2,3,4-三甲基 戊烷	-0.9%	-2.0%	2.3%	4.7%	6.4%	-3.7%	5.0%	-3.1%	0.7%	9.5%	0.7%	2.7%	3.7%	2.6%	0.3%	-4.1%	-0.7%	-1.7%
2-甲基庚烷	-1.5%	-0.9%	2.4%	2.5%	6.6%	-3.6%	5.0%	-3.1%	3.6%	10.7%	4.0%	1.3%	-0.1%	0.2%	0.6%	-4.0%	-0.8%	-1.6%
甲苯	0.8%	-0.4%	3.1%	3.3%	1.4%	-0.3%	8.7%	-1.1%	3.9%	11.5%	4.2%	4.1%	10.9%	8.2%	12.5%	7.0%	10.5%	8.8%
3-甲基庚烷	-3.8%	-1.7%	1.3%	3.8%	6.7%	-2.8%	5.1%	-3.4%	1.0%	9.6%	0.9%	3.2%	-1.6%	-3.1%	1.8%	-3.4%	5.6%	4.8%
正辛烷	-0.6%	-1.1%	1.8%	4.6%	3.5%	-1.0%	5.5%	-2.5%	9.1%	17.0%	8.8%	1.5%	-4.5%	-8.0%	7.9%	3.1%	0.8%	0.6%
乙苯	-2.1%	-1.2%	0.5%	2.2%	0.2%	-0.2%	7.5%	-1.1%	8.0%	13.9%	7.7%	4.0%	4.4%	5.7%	12.3%	7.3%	-0.5%	10.7%
间/对-二甲苯	0.8%	-1.5%	-0.3%	1.3%	0.9%	2.0%	8.7%	-2.1%	11.3%	18.8%	11.6%	1.4%	7.7%	9.1%	14.5%	9.5%	4.3%	21.8%
正壬烷	-0.9%	1.5%	3.6%	-1.0%	-2.7%	1.7%	7.0%	-3.7%	22.7%	26.6%	21.6%	-2.9%	1.1%	6.6%	14.7%	9.5%	-10.1%	11.1%
邻-二甲苯	1.1%	0.0%	2.2%	2.4%	0.6%	-0.7%	7.1%	-1.1%	9.6%	12.8%	9.2%	3.2%	0.2%	0.1%	11.7%	6.1%	-12.1%	9.2%
异丙苯	0.8%	-2.8%	0.9%	2.3%	-0.5%	-4.5%	2.7%	-0.5%	7.2%	4.5%	9.0%	4.0%	-4.8%	-1.2%	10.7%	5.9%	-20.1%	-5.9%
正丙苯	-1.4%	-2.8%	0.1%	3.3%	-3.1%	-4.1%	2.7%	-1.2%	13.1%	3.9%	15.9%	9.9%	1.4%	1.2%	11.2%	6.7%	-5.6%	-16.7%
邻-乙基甲苯	3.4%	0.3%	2.0%	2.7%	-1.1%	-4.3%	2.9%	-0.3%	10.9%	-7.3%	15.6%	9.7%	-1.4%	-1.8%	10.3%	5.5%	12.0%	-6.9%
间-乙基甲苯	0.2%	6.5%	3.9%	3.7%	-2.9%	-3.9%	2.7%	0.6%	11.2%	-3.7%	21.2%	9.6%	-10.2%	5.5%	11.4%	6.8%	9.9%	-7.5%
1,3,5-三甲苯	-1.9%	-2.0%	-0.6%	1.6%	-1.7%	-3.4%	3.4%	-0.7%	7.9%	-10.0%	14.5%	6.5%	5.0%	6.2%	12.5%	7.7%	21.1%	5.5%
对-乙基甲苯	11.8%	4.4%	10.7%	15.6%	0.4%	-3.0%	4.7%	-2.3%	10.1%	-6.9%	9.5%	8.0%	6.3%	12.4%	11.8%	7.5%	10.8%	-8.1%
正癸烷	-1.2%	0.1%	5.0%	3.6%	-5.9%	-4.5%	1.9%	-2.3%	32.6%	19.3%	29.2%	-2.6%	-6.0%	4.4%	13.2%	8.1%	28.1%	17.6%
1,2,4-三甲苯	1.2%	-0.9%	3.2%	1.8%	0.5%	-3.6%	4.2%	1.2%	6.0%	-13.7%	10.2%	5.5%	-2.3%	0.6%	9.9%	5.6%	16.2%	4.7%
1,2,3-三甲苯	0.9%	-0.7%	0.6%	3.7%	-1.7%	-3.7%	3.1%	-0.9%	16.2%	-1.1%	13.4%	5.9%	-6.3%	1.7%	11.1%	6.5%	32.9%	24.0%
溴甲烷	-10.2%	1.6%	0.2%	2.7%	13.4%	0.4%	8.7%	-2.6%	10.0%	19.6%	10.2%	11.1%	12.1%	14.1%	5.1%	0.2%	11.6%	10.1%
二硫化碳	-7.6%	2.7%	-3.6%	6.4%	8.9%	-1.6%	8.8%	-0.7%	57.3%	22.1%	12.4%	11.7%	15.0%	14.2%	-1.4%	-5.4%	17.1%	13.0%
二氯甲烷	-9.4%	1.2%	-3.7%	1.5%	7.9%	0.9%	8.9%	-1.9%	15.3%	25.0%	12.3%	10.1%	8.7%	14.7%	1.6%	-0.8%	10.7%	14.1%
顺-1,2-二氯乙 烯	-3.3%	0.8%	-3.8%	0.1%	4.6%	-1.1%	9.0%	-1.1%	0.6%	7.5%	0.4%	3.1%	-9.2%	-7.1%	6.3%	0.6%	0.8%	-2.1%
1,1-二氯乙烷	-5.2%	1.2%	-1.9%	0.4%	3.3%	-2.2%	6.7%	-2.0%	4.0%	11.5%	3.3%	-0.9%	2.5%	1.8%	4.9%	-0.1%	4.4%	1.1%

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
反-1,2-二氯乙 烯	-8.5%	0.9%	-5.8%	3.1%	3.1%	-1.1%	8.5%	-2.6%	8.9%	16.8%	8.6%	2.8%	-5.3%	7.9%	6.5%	0.4%	12.7%	9.6%
乙酸乙酯	-3.7%	0.5%	-0.4%	2.1%	9.4%	-3.8%	5.9%	-1.1%	28.7%	13.8%	-18.3%	-0.1%	-9.2%	-3.2%	-5.4%	-8.8%	10.6%	11.4%
三氯甲烷	-4.4%	-0.6%	-0.4%	-1.1%	7.7%	-1.6%	7.9%	-1.4%	4.1%	13.0%	5.4%	5.0%	-1.3%	0.8%	1.2%	-3.3%	16.5%	15.5%
1,1,1-三氯乙 烷	-4.5%	-1.6%	-1.2%	0.7%	6.0%	-2.3%	6.3%	-1.6%	-0.2%	4.9%	-1.1%	2.6%	-4.0%	-5.9%	3.5%	-1.7%	19.7%	16.8%
四氯化碳	-4.4%	-2.3%	-2.9%	0.5%	2.1%	-3.7%	4.4%	-3.1%	1.0%	5.0%	-1.9%	6.7%	-3.4%	-4.5%	1.0%	-3.4%	19.9%	18.3%
三氯乙烯	2.2%	0.5%	-0.1%	2.4%	1.4%	-3.9%	5.9%	-2.2%	-1.1%	6.2%	-1.9%	9.9%	-2.1%	-9.1%	5.6%	-1.3%	11.4%	7.7%
1,2-二氯丙烷	-1.1%	0.7%	3.4%	4.0%	-0.1%	-2.6%	5.0%	-3.6%	-0.1%	11.5%	1.7%	0.6%	8.6%	3.7%	5.7%	0.4%	-1.8%	-2.5%
甲基丙烯酸甲 酯	-0.1%	-2.8%	-1.2%	3.6%	-1.0%	-4.0%	3.9%	-4.0%	28.3%	15.4%	-13.6%	0.1%	-3.0%	-1.1%	-0.1%	-3.2%	20.5%	20.1%
一溴二氯甲烷	-1.7%	-0.9%	1.5%	2.2%	3.3%	-3.8%	5.0%	-2.7%	1.4%	10.1%	0.7%	6.6%	-8.8%	-12.4%	-1.4%	-5.8%	13.5%	14.0%
反-1,3-二氯丙 烯	-4.2%	-0.9%	1.2%	3.4%	2.2%	-3.8%	4.2%	-0.5%	-9.7%	-6.0%	-10.2%	-3.7%	-11.1%	-10.8%	3.9%	-3.1%	-1.1%	-1.5%
1,1,2-三氯乙 烷	-0.8%	0.1%	2.4%	3.0%	-1.2%	0.3%	7.2%	-1.3%	0.3%	9.8%	1.8%	7.5%	-2.7%	-4.4%	12.1%	7.6%	5.7%	8.1%
二溴一氯甲烷	0.1%	-2.8%	0.4%	2.9%	-0.9%	-0.4%	6.1%	-0.4%	2.2%	5.5%	-2.7%	10.4%	-3.2%	-7.0%	10.2%	4.5%	11.8%	12.8%
四氯乙烯	1.3%	0.2%	1.8%	2.2%	-0.1%	-0.7%	6.7%	-0.6%	-3.7%	5.6%	-2.9%	6.3%	3.5%	3.3%	12.3%	7.1%	18.0%	15.1%
1,2-二溴乙烷	-0.6%	-1.4%	-0.1%	3.9%	0.7%	-0.4%	7.0%	-0.7%	-2.7%	6.9%	-1.2%	4.3%	-3.8%	-5.3%	9.0%	3.2%	8.3%	8.2%
氯苯	-0.7%	0.1%	0.2%	1.9%	2.7%	0.5%	8.0%	-0.5%	6.6%	14.6%	6.7%	5.6%	8.3%	13.6%	10.9%	7.1%	14.3%	16.5%
三溴甲烷	-0.2%	-5.3%	-2.3%	2.4%	-4.2%	-4.7%	2.6%	-1.6%	1.0%	-3.1%	-7.1%	9.3%	-11.8%	-8.3%	5.1%	0.8%	-1.5%	6.7%
四氯乙烷	-2.8%	1.5%	3.8%	4.9%	-3.0%	-3.7%	2.4%	-0.9%	13.9%	-3.1%	16.4%	8.7%	-1.3%	1.3%	7.7%	4.2%	22.7%	10.2%
1,3-二氯苯	1.3%	1.0%	1.4%	2.3%	-5.4%	-3.4%	2.8%	-0.5%	13.5%	11.0%	15.3%	7.3%	-10.9%	-7.3%	10.2%	5.6%	7.6%	11.4%
1,4-二氯苯	0.6%	1.3%	1.8%	3.3%	-6.1%	-3.7%	3.0%	-0.5%	13.8%	13.5%	16.4%	7.7%	-7.4%	1.9%	9.8%	5.2%	6.3%	13.7%
1,2-二氯苯	-0.1%	0.7%	3.0%	1.6%	-5.6%	-3.4%	3.6%	-0.4%	15.1%	5.4%	17.2%	7.5%	-11.9%	-3.6%	11.4%	6.4%	25.7%	8.5%

表 44 惰性化不锈钢罐与加湿动态校准仪比对实验结果 (清单外物种)

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
1-丁烯	2.4%	0.8%	2.3%	1.0%	-4.2%	-2.0%	-5.2%	1.1%	22.7%	26.7%	14.6%	9.9%	19.3%	14.6%	-7.8%	-4.7%	-2.0%	-1.8%
顺-2-丁烯	-10.3%	3.0%	-0.8%	3.2%	1.8%	-0.5%	-2.7%	-17.3%	20.5%	22.7%	10.6%	6.0%	17.9%	13.3%	-7.0%	-3.1%	0.8%	-0.9%
反-2-丁烯	-10.1%	1.6%	-1.4%	2.0%	-4.1%	-2.2%	-5.6%	0.8%	23.0%	26.2%	17.4%	10.3%	16.0%	18.1%	-8.8%	-4.6%	4.3%	1.7%
1-戊烯	-15.7%	0.6%	-4.0%	2.5%	3.4%	-2.3%	2.8%	-2.5%	53.0%	24.7%	17.6%	10.5%	6.2%	-0.5%	-0.5%	-2.3%	8.5%	6.7%
反-2-戊烯	-15.7%	1.0%	-6.2%	2.9%	2.9%	-1.8%	8.0%	-2.2%	53.4%	21.6%	15.2%	8.8%	10.8%	7.5%	1.7%	-3.2%	9.9%	7.5%
顺-2-戊烯	-16.6%	0.1%	-4.2%	2.3%	0.4%	-1.8%	7.3%	-4.0%	48.9%	18.3%	10.5%	1.5%	6.7%	-1.4%	2.8%	-2.9%	6.8%	4.9%
2,2-二甲基丁烷	-7.7%	2.0%	-4.0%	3.5%	9.3%	0.2%	7.6%	-1.5%	44.2%	16.4%	8.4%	4.0%	14.5%	11.7%	4.2%	-0.3%	17.1%	14.8%
环戊烷	-5.4%	-0.2%	-3.7%	1.2%	-9.0%	-4.3%	-5.5%	12.2%	6.7%	9.8%	2.3%	1.6%	-0.9%	0.6%	-9.0%	-0.8%	-8.5%	-9.9%
2,3-二甲基丁烷	-9.3%	-0.6%	-5.7%	0.3%	8.9%	-2.0%	6.9%	-1.1%	11.0%	-33.1%	6.3%	4.1%	11.8%	12.5%	1.3%	-3.7%	-5.7%	-8.0%
1-己烯	-4.4%	-1.0%	-5.4%	2.7%	4.1%	-2.7%	6.1%	-1.4%	-0.1%	3.0%	-2.7%	0.0%	-2.9%	-5.1%	1.6%	-2.6%	-11.1%	-13.0%
苯乙烯	0.6%	-2.9%	0.2%	3.1%	-0.2%	0.4%	7.9%	-0.4%	4.3%	9.5%	5.0%	0.3%	-1.8%	-1.1%	11.2%	6.7%	-10.2%	9.3%
间-二乙苯	0.9%	-0.6%	1.5%	2.8%	-0.9%	-3.9%	3.4%	0.2%	27.8%	28.1%	6.8%	2.9%	-8.9%	-1.1%	8.7%	4.4%	30.8%	30.3%
对-二乙苯	0.9%	-0.1%	2.6%	1.6%	-1.2%	-3.8%	3.7%	0.1%	25.3%	26.7%	8.4%	1.2%	-8.3%	0.3%	8.5%	4.3%	28.4%	27.7%
十一烷	2.3%	1.9%	6.7%	2.5%	-6.5%	-5.2%	2.1%	-2.3%	29.2%	29.6%	26.2%	0.0%	-18.3%	-5.4%	10.8%	6.1%	20.5%	12.6%
十二烷	10.1%	-2.7%	10.5%	2.4%	-8.3%	-5.8%	3.5%	-3.2%	-22.3%	31.0%	39.7%	-3.9%	-23.0%	-19.1%	11.0%	5.3%	26.7%	9.1%
乙醛	-9.8%	7.7%	0.5%	1.7%	16.5%	6.0%	20.2%	-4.6%	25.4%	33.7%	19.0%	8.7%	47.5%	50.7%	11.1%	-2.1%	7.9%	22.7%
丙烯醛	-17.6%	-0.8%	-6.4%	3.0%	-2.8%	-1.7%	9.1%	-1.7%	45.5%	23.6%	15.8%	14.6%	8.1%	16.8%	0.8%	-3.8%	-5.9%	6.1%
丙酮	-13.3%	1.9%	-4.3%	1.6%	0.6%	4.1%	0.9%	-5.7%	46.4%	-6.7%	13.5%	13.7%	40.9%	35.8%	10.8%	-2.3%	-0.5%	-12.5%
丙醛	-18.1%	-0.2%	-10.0%	4.6%	0.6%	-1.9%	6.7%	-2.0%	37.0%	5.2%	5.2%	9.6%	0.9%	17.7%	3.5%	-0.8%	-20.3%	-3.8%
丁烯醛	-7.7%	-2.8%	-2.9%	-1.5%	-10.5%	-5.6%	4.9%	-1.5%	-17.7%	25.6%	3.6%	-7.0%	-26.1%	-18.9%	-16.9%	-14.8%	15.9%	25.4%

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
甲基丙烯醛	-6.9%	-4.1%	-3.7%	2.8%	6.6%	-3.0%	7.3%	-1.6%	-26.5%	-6.0%	-0.3%	4.4%	-14.2%	-15.7%	-0.5%	-5.9%	-50.0%	-28.5%
2-丁酮	-3.4%	0.4%	-2.4%	3.8%	5.5%	-1.2%	6.3%	-2.2%	21.2%	16.4%	-17.1%	5.9%	-5.2%	0.0%	-2.8%	-2.3%	6.3%	8.5%
正丁醛	-6.1%	-3.3%	-4.0%	4.2%	7.5%	-1.3%	7.7%	-1.2%	-24.6%	-15.4%	1.7%	6.4%	-15.7%	-15.4%	-0.6%	-4.2%	-33.0%	-37.0%
苯甲醛	-9.3%	-2.8%	-2.0%	-0.8%	-19.3%	-5.3%	-1.4%	-1.1%	-86.5%	5.6%	2.8%	4.1%	-16.8%	-4.8%	-6.6%	-1.1%	-12.9%	9.2%
戊醛	-2.9%	-2.4%	0.2%	5.1%	-5.6%	-5.0%	3.9%	-2.1%	34.9%	39.7%	5.7%	5.9%	-2.2%	-2.3%	-1.2%	-3.1%	18.8%	20.5%
间甲基苯甲醛	-55.5%	-5.9%	-9.6%	4.0%	-76.3%	-9.5%	-9.0%	-0.5%	-99.3%	25.1%	-18.7%	-2.9%	-54.3%	-15.6%	-32.8%	-7.0%	-38.1%	-11.9%
己醛	-9.4%	-3.0%	0.0%	4.3%	-7.9%	-0.3%	4.3%	-1.8%	-35.6%	15.9%	7.6%	12.4%	-10.8%	-10.3%	-3.2%	-0.2%	-2.2%	4.5%
氟利昂-12	2.7%	6.8%	9.4%	11.8%	6.6%	0.2%	7.8%	-2.3%	15.3%	16.1%	10.7%	9.8%	24.1%	17.4%	-0.6%	-1.5%	27.5%	26.2%
氯甲烷	-5.3%	3.8%	-2.9%	1.6%	14.4%	2.0%	10.2%	-6.2%	14.7%	13.8%	5.8%	0.3%	-4.7%	-8.6%	-2.3%	-4.6%	2.3%	0.4%
氯乙烯	-0.9%	0.8%	-0.7%	3.9%	14.4%	1.6%	10.2%	-0.7%	10.9%	14.9%	5.2%	-0.9%	16.9%	16.1%	4.6%	0.2%	5.6%	4.3%
1,3-丁二烯	-7.3%	-1.7%	-2.6%	2.6%	15.7%	0.7%	9.4%	-1.8%	10.2%	18.6%	12.1%	2.2%	11.3%	12.9%	-1.5%	-4.9%	11.6%	12.1%
氯乙烷	-14.9%	1.5%	-1.7%	2.4%	23.8%	-0.8%	6.4%	-2.8%	40.0%	23.1%	14.7%	8.8%	13.8%	11.4%	4.8%	-1.4%	3.9%	1.6%
氟利昂-11	-2.2%	1.3%	-1.3%	2.1%	14.0%	-1.0%	4.0%	-2.9%	31.0%	25.1%	14.5%	17.0%	27.2%	21.8%	4.1%	0.8%	43.1%	44.0%
氟利昂-114	-0.7%	1.1%	-2.2%	1.7%	7.1%	1.7%	11.6%	-0.3%	7.3%	15.0%	4.3%	9.6%	3.2%	0.1%	4.8%	0.7%	28.0%	27.4%
氟利昂-113	-6.8%	1.4%	-3.6%	1.6%	6.1%	0.6%	9.4%	-1.3%	41.4%	20.2%	10.7%	11.0%	14.2%	16.3%	6.2%	0.8%	27.9%	25.3%
1,1-二氯乙烷	-8.5%	1.3%	-4.4%	3.2%	2.3%	-0.6%	7.2%	-2.3%	51.9%	23.5%	14.0%	8.0%	22.2%	24.0%	5.0%	0.8%	28.2%	26.0%
异丙醇	-5.0%	-2.4%	-2.7%	-0.2%	7.9%	-5.3%	1.9%	-0.6%	231.2%	-36.5%	-98.0%	-31.7%	9.7%	12.0%	1.3%	-11.5%	-94.5%	-95.6%
甲基叔丁基醚	-6.0%	-2.3%	-9.9%	4.3%	11.6%	-3.2%	6.6%	-0.3%	52.4%	42.1%	1.4%	-5.6%	-10.9%	3.9%	0.6%	-3.5%	54.7%	55.5%
乙酸乙烯酯	-6.7%	-2.7%	-5.5%	-0.5%	10.0%	-4.2%	5.4%	-0.4%	-7.2%	8.5%	10.0%	6.4%	-9.2%	-13.2%	-4.5%	-8.2%	-39.1%	-17.5%
四氢呋喃	-6.5%	-3.4%	-3.7%	-2.7%	11.7%	-4.6%	6.8%	-0.8%	25.3%	12.8%	-16.4%	-6.6%	-18.4%	-10.9%	-3.7%	-6.9%	-3.0%	-2.6%
1,2-二氯乙烷	-5.1%	0.6%	-0.6%	0.0%	-2.5%	-1.2%	5.9%	-4.1%	4.1%	13.2%	3.9%	2.1%	4.2%	1.3%	6.3%	-0.3%	24.3%	21.8%
1,4-二氧六环	2.0%	-3.6%	0.1%	2.5%	-6.4%	-3.0%	4.2%	-2.6%	-78.8%	10.5%	77.2%	15.9%	-38.8%	-10.3%	-20.1%	-0.3%	-27.7%	0.0%
顺-1,3-二氯丙烯	-1.9%	-4.4%	0.8%	5.6%	1.1%	-4.5%	3.4%	-0.4%	-2.9%	-2.2%	-3.4%	7.8%	-10.3%	-18.8%	-1.7%	-5.8%	-1.9%	0.7%
4-甲基-2-戊酮	-5.0%	-2.7%	-0.9%	4.4%	2.4%	-2.2%	2.9%	-0.9%	-54.4%	9.6%	3.2%	-0.3%	-24.2%	-9.0%	-4.4%	-0.7%	-16.5%	-5.6%
2-己酮	-6.4%	-2.8%	-2.8%	6.8%	-1.9%	-2.0%	1.9%	-0.6%	-98.0%	6.3%	0.6%	0.6%	-27.2%	-11.2%	-14.3%	-4.0%	-22.6%	-6.3%

名称	厂家 3_1				厂家 4_1				厂家 5_1				厂家 3_2		厂家 4_2		厂家 5_2	
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二		测试二		测试二		测试二	
	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐不加 湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿	惰性化 不锈钢 罐加湿	校准仪 加湿
氯化苄	-1.5%	-7.8%	-1.4%	9.6%	-11.1%	-12.4%	-4.4%	0.3%	11.0%	-19.0%	1.2%	15.3%	-29.9%	-36.6%	0.0%	-3.1%	31.5%	23.2%
1,2,4-三氯苯	1.4%	-3.8%	3.2%	1.1%	-12.6%	-6.1%	2.0%	-1.4%	17.9%	26.3%	18.2%	9.3%	-28.6%	-10.0%	6.5%	3.7%	33.2%	30.7%
萘	-2.1%	-6.3%	1.8%	3.5%	-17.1%	-4.1%	3.6%	-1.0%	-4.5%	35.6%	31.7%	15.4%	-22.6%	-14.9%	4.9%	3.6%	26.7%	28.6%
六氯-1,3-丁二烯	5.1%	-3.4%	2.9%	0.8%	-7.6%	-7.2%	1.2%	-4.2%	19.1%	19.9%	9.3%	11.3%	-23.5%	-4.2%	8.2%	2.3%	44.1%	41.6%

(三) 加湿动态校准仪不同湿度对比实验

实验方案：本次测试使用加湿动态校准仪进行了相同通标浓度（2 nmol/mol）不同湿度下的测量值对比实验。使用湿度可控的加湿动态校准仪，选择一台监测仪器，依次通入 25°C当量下相对湿度为 0%、20%、40%、50%、60%和 80%的 2 nmol/mol 标准气体。如前述，由于监测仪器在标定时其使用的标准气体湿度是 25°C当量下 50%RH。故以此作为基准值，计算各湿度所测浓度与 25°C当量下 50%RH 测值的相对偏差，以此评估不同湿度下监测仪器响应的变化情况。

实验结果：不同湿度下监测仪器响应实验，清单内物种与清单外物种不同湿度下监测仪器测试与 25°C 下 50%RH 测值的相对偏差见表 45、表 46。

对于清单内物种：①湿度对低碳烯烃、烷烃和卤代烃（C6 及以下）的响应变化并不明显。湿度变化由 0%RH 递增至 80%RH，其整体响应变化在 10%以内。②对于 C7 以上的烷烃、芳香烃以及高碳卤代烃，湿度变化对其响应变化显著。当湿度由 0%RH 递增至 80%RH 时，其测值相对偏差变化趋势呈现先减后增的趋势。即在低湿的情况下（40%RH 以下）其测值相对偏差超过 20%，随着湿度的上升（在 40%RH~60%RH）左右其测值相对偏差降低至 10%以内；随着湿度再次升高（60%RH 以上），部分物种其测试相对偏差上升至 15%以上。考虑到高湿度存在冷凝的风险，故建议将加湿动态校准仪湿度控制在 25°C下 40%RH~60%RH；

对于清单外物种：③类似地，湿度对低碳烯烃、卤代烃（C6 及以下）的响应变化并不明显。湿度变化由 0%RH 递增至 80%RH，其整体响应变化在 10%以内。④对于醛酮、C7 以上的烷烃、芳香烃以及高碳卤代烃等物种，湿度变化对其响应变化显著。当湿度由 0%RH 递增至 80%RH 时，其测值相对偏差变化趋势由高降低。即在低湿的情况下（20%RH 以下）其测值相对偏差超过 20%，随着湿度的上升（在 20%RH~80%RH）左右其测值相对偏差降低至 20%以内。

实验小结：在加湿动态校准仪加湿不同湿度实验中，比较了在相同标准气体浓度下，不同湿度下监测仪器测值的差异。清单内物种与清单外物种表现略有不同，整体上湿度对低碳烷烃、烯烃和卤代烃的响应变化不大；对于醛酮、C7 以上的烷烃、芳香烃以及高碳卤代烃等物种，湿度对其响应变化明显，其响应在湿度 40%RH~60%RH 下相对稳定、偏差更小。故对于监测系统的校准，有条件的建议优先选择湿度可控的加湿动态校准仪，其次选择湿度不可控的加湿动态校准仪，使用时其加湿湿度建议控制在 25°C下 40%RH~60%RH 范围内。

表 45 加湿动态校准仪湿度测试结果（清单内物种）

序号	分类	相对湿度 (25°C)	0%	20%	40%	60%	80%
		含水量 (g/m³)	0	4.6	9.2	13.8	18.4
1	烯烃	乙烯	-1.9%	-0.2%	-0.4%	1.6%	1.7%
2	炔烃	乙炔	-2.3%	-1.5%	-2.9%	-0.4%	0.1%
3	烷烃	乙烷	-1.1%	-2.4%	-1.8%	0.8%	-0.4%
4	烯烃	丙烯	0.4%	0.0%	-0.9%	1.5%	1.4%
5	烷烃	丙烷	0.0%	0.5%	-0.4%	2.5%	1.8%
6	烷烃	异丁烷	18.4%	8.4%	-1.2%	-0.1%	4.8%
7	烷烃	正丁烷	2.9%	2.6%	0.1%	-0.8%	2.4%
8	烷烃	异戊烷	6.5%	4.0%	-2.6%	-3.1%	2.5%
9	烷烃	正戊烷	8.5%	4.2%	-5.9%	-5.2%	2.5%
10	烯烃	异戊二烯	5.9%	3.3%	-5.7%	-7.1%	-0.1%
11	烷烃	3-甲基戊烷	7.7%	-0.6%	-7.4%	-5.6%	0.1%
12	烷烃	正己烷	9.6%	3.6%	-5.9%	-5.1%	-0.5%

序号	分类	相对湿度 (25°C)	0%	20%	40%	60%	80%
		含水量 (g/m³)	0	4.6	9.2	13.8	18.4
13	烷烃	2,4-二甲基戊烷	14.0%	4.9%	-5.1%	-0.9%	3.7%
14	烷烃	甲基环戊烷	8.5%	3.9%	-3.7%	-2.4%	5.6%
15	芳香烃	苯	8.0%	12.0%	3.6%	14.7%	14.6%
16	烷烃	环己烷	6.1%	11.2%	3.2%	3.6%	5.1%
17	烷烃	2-甲基己烷	8.8%	5.6%	3.9%	7.8%	7.7%
18	烷烃	2,3-二甲基戊烷	8.0%	9.3%	3.7%	6.8%	6.8%
19	烷烃	3-甲基己烷	13.3%	3.6%	5.4%	5.7%	7.6%
20	烷烃	2,2,4-三甲基戊烷	4.9%	-1.7%	6.1%	2.8%	1.7%
21	烷烃	正庚烷	19.0%	12.5%	3.7%	16.0%	15.4%
22	烷烃	甲基环己烷	3.1%	0.0%	1.6%	5.8%	9.9%
23	烷烃	2,3,4-三甲基戊烷	17.6%	8.3%	14.6%	8.4%	16.6%
24	烷烃	2-甲基庚烷	16.8%	12.0%	2.7%	10.5%	9.3%
25	芳香烃	甲苯	14.2%	2.8%	10.9%	9.1%	6.6%
26	烷烃	3-甲基庚烷	15.4%	24.2%	7.5%	15.7%	23.8%
27	烷烃	正辛烷	21.8%	7.7%	14.0%	18.1%	17.2%
28	芳香烃	乙苯	24.6%	16.9%	24.9%	7.2%	10.0%
29	芳香烃	间/对-二甲苯	23.1%	23.5%	20.4%	2.8%	11.7%
30	烷烃	正壬烷	15.2%	24.1%	20.3%	11.8%	10.5%
31	芳香烃	邻-二甲苯	13.2%	22.7%	21.1%	9.1%	5.8%
32	芳香烃	异丙苯	23.0%	21.7%	25.4%	6.1%	13.0%
33	芳香烃	正丙苯	41.4%	16.3%	8.3%	2.4%	-0.7%
34	芳香烃	邻-乙基甲苯	17.6%	2.5%	0.2%	-3.7%	-2.5%
35	芳香烃	间-乙基甲苯	1.4%	-2.1%	-8.6%	-12.3%	-10.4%
36	芳香烃	1,3,5-三甲苯	37.0%	9.8%	6.8%	-0.6%	-3.2%
37	芳香烃	对-乙基甲苯	54.3%	23.8%	17.0%	18.3%	-1.8%
38	烷烃	正癸烷	40.7%	19.8%	10.5%	4.0%	0.8%
39	芳香烃	1,2,4-三甲苯	29.0%	16.2%	10.8%	1.5%	-6.5%
40	芳香烃	1,2,3-三甲苯	38.7%	12.1%	13.2%	1.8%	-0.4%
41	卤代烃	溴甲烷	2.6%	3.0%	-1.1%	-4.4%	-2.6%
42	有机硫	二硫化碳	12.2%	8.8%	3.0%	-2.7%	5.3%
43	卤代烃	二氯甲烷	15.1%	4.1%	-4.6%	-5.5%	2.3%
44	卤代烃	顺-1,2-二氯乙烯	7.6%	0.3%	-7.1%	-7.1%	0.1%
45	卤代烃	1,1-二氯乙烷	14.8%	2.1%	1.1%	-4.8%	5.4%
46	卤代烃	反-1,2-二氯乙烯	5.4%	-2.7%	-8.0%	-7.0%	-0.8%
47	O VOCs-非 13 醛酮	乙酸乙酯	10.0%	7.0%	-2.9%	-6.4%	0.1%
48	卤代烃	三氯甲烷	7.2%	3.4%	2.6%	5.2%	9.7%
49	卤代烃	1,1,1-三氯乙烷	-1.8%	2.7%	1.9%	7.2%	7.9%
50	卤代烃	四氯化碳	-0.3%	4.1%	1.9%	9.3%	10.1%
51	卤代烃	三氯乙烯	-3.5%	3.5%	-0.7%	0.3%	4.3%
52	卤代烃	1,2-二氯丙烷	9.4%	2.3%	3.1%	6.2%	12.4%
53	O VOCs-非 13 醛酮	甲基丙烯酸甲酯	4.3%	4.5%	4.2%	7.9%	10.3%
54	卤代烃	一溴二氯甲烷	8.3%	6.7%	11.4%	11.8%	15.5%
55	卤代烃	反-1,3-二氯丙烯	0.6%	8.9%	5.3%	4.4%	12.7%
56	卤代烃	1,1,2-三氯乙烷	11.0%	15.7%	10.6%	11.6%	18.3%

序号	分类	相对湿度 (25°C)	0%	20%	40%	60%	80%
		含水量 (g/m³)	0	4.6	9.2	13.8	18.4
57	卤代烃	二溴一氯甲烷	11.0%	3.0%	14.3%	10.1%	14.4%
58	卤代烃	四氯乙烯	18.7%	10.6%	16.4%	9.2%	16.6%
59	卤代烃	1,2-二溴乙烷	5.3%	-0.1%	-2.9%	8.2%	3.6%
60	卤代烃	氯苯	20.3%	7.2%	10.5%	-5.4%	3.1%
61	卤代烃	三溴甲烷	16.3%	11.0%	17.8%	3.2%	4.4%
62	卤代烃	四氯乙烷	29.1%	7.3%	2.8%	1.8%	-8.4%
63	卤代烃	1,3-二氯苯	27.1%	13.3%	11.8%	-1.7%	-5.8%
64	卤代烃	1,4-二氯苯	40.0%	11.7%	15.6%	2.3%	0.8%
65	卤代烃	1,2-二氯苯	29.2%	11.5%	4.8%	-3.3%	-4.3%

表 46 加湿动态校准仪湿度测试结果 (清单外物种)

序号	分类	相对湿度 (25°C)	0%	20%	40%	60%	80%
		含水量 (g/m³)	0	4.6	9.2	13.8	18.4
1	烯烃	1-丁烯	4.7%	7.9%	-0.1%	-0.6%	2.3%
2	烯烃	顺-2-丁烯	1.8%	5.1%	0.2%	-4.9%	0.6%
3	烯烃	反-2-丁烯	7.1%	4.2%	-2.6%	-3.9%	0.7%
4	烯烃	1-戊烯	4.3%	4.5%	-1.1%	-5.3%	3.0%
5	烯烃	反-2-戊烯	11.5%	5.8%	-0.5%	-4.1%	2.7%
6	烯烃	顺-2-戊烯	5.6%	3.9%	-5.8%	-3.5%	1.2%
7	烷烃	2,2-二甲基丁烷	11.7%	6.2%	0.4%	-4.0%	3.3%
8	烷烃	环戊烷	17.0%	9.0%	-3.1%	-6.4%	1.7%
9	烷烃	2,3-二甲基丁烷	8.7%	4.5%	-5.6%	-0.4%	2.5%
10	烯烃	1-己烯	11.1%	6.2%	-3.2%	-3.4%	0.3%
11	芳香烃	苯乙烯	20.2%	24.4%	18.3%	2.0%	9.6%
12	芳香烃	间-二乙苯	21.6%	10.9%	3.1%	0.6%	-8.1%
13	芳香烃	对-二乙苯	22.6%	9.4%	7.0%	-2.9%	-8.0%
14	烷烃	十一烷	35.1%	14.7%	11.0%	1.4%	-1.1%
15	烷烃	十二烷	10.7%	11.0%	8.0%	10.0%	-1.0%
16	O VOCs-13 醛酮	乙醛	3.9%	-0.4%	-4.4%	-6.1%	2.1%
17	O VOCs-13 醛酮	丙烯醛	9.4%	4.6%	0.1%	-5.9%	2.9%
18	O VOCs-13 醛酮	丙酮	18.2%	9.6%	1.3%	-2.4%	5.1%
19	O VOCs-13 醛酮	丙醛	10.7%	6.5%	0.9%	-6.3%	3.1%
20	O VOCs-13 醛酮	丁烯醛	7.7%	10.2%	12.7%	8.6%	18.9%
21	O VOCs-13 醛酮	甲基丙烯醛	13.2%	6.6%	0.0%	-3.9%	4.5%
22	O VOCs-13 醛酮	2-丁酮	13.3%	3.6%	-2.9%	-1.7%	2.8%
23	O VOCs-13 醛酮	正丁醛	14.4%	5.7%	-5.9%	-1.8%	4.0%
24	O VOCs-13 醛酮	苯甲醛	25.9%	15.2%	7.4%	5.5%	3.2%
25	O VOCs-13 醛酮	戊醛	28.1%	15.7%	11.9%	12.7%	18.9%
26	O VOCs-13 醛酮	间甲基苯甲醛	-89.7%	0.5%	6.4%	3.0%	-5.4%
27	O VOCs-13 醛酮	己醛	8.9%	2.6%	5.7%	11.1%	12.7%
28	卤代烃	氟利昂-12	493.3%	408.1%	1521.5%	20.9%	-44.8%
29	卤代烃	氯甲烷	19.1%	1.1%	-2.7%	-0.3%	4.3%
30	卤代烃	氯乙烯	6.6%	5.7%	-1.3%	-1.9%	3.1%
31	烯烃	1,3-丁二烯	5.6%	5.0%	-1.5%	-2.4%	1.5%

序号	分类	相对湿度 (25°C)	0%	20%	40%	60%	80%
		含水量 (g/m³)	0	4.6	9.2	13.8	18.4
32	卤代烃	氯乙烷	9.4%	4.5%	-4.0%	-4.8%	-1.5%
33	卤代烃	氟利昂-11	0.9%	-0.8%	-3.2%	-6.9%	-0.3%
34	卤代烃	氟利昂-114	12.7%	5.1%	-2.1%	-3.3%	0.8%
35	卤代烃	氟利昂-113	8.5%	2.5%	-3.2%	-7.2%	-1.1%
36	卤代烃	1,1-二氯乙烯	7.3%	3.0%	-3.0%	-6.8%	0.8%
37	O VOCs-非 13 醛酮	异丙醇	27.2%	21.1%	7.0%	2.4%	18.6%
38	O VOCs-非 13 醛酮	甲基叔丁基醚	3.4%	-1.8%	-6.2%	-5.2%	1.9%
39	O VOCs-非 13 醛酮	乙酸乙烯酯	14.9%	4.4%	-0.2%	-3.2%	5.3%
40	O VOCs-非 13 醛酮	四氢呋喃	15.0%	10.5%	9.2%	10.3%	12.3%
41	卤代烃	1,2-二氯乙烷	7.0%	10.7%	3.4%	14.6%	17.1%
42	O VOCs-非 13 醛酮	1,4-二氧六环	24.8%	13.0%	13.0%	11.0%	16.7%
43	卤代烃	顺-1,3-二氯丙烯	11.4%	4.5%	6.6%	13.1%	20.0%
44	O VOCs-非 13 醛酮	4-甲基-2-戊酮	11.0%	16.0%	6.8%	8.6%	14.5%
45	O VOCs-非 13 醛酮	2-己酮	18.2%	6.8%	9.7%	16.4%	15.8%
46	卤代烃	氯化苯	21.8%	5.9%	7.2%	0.8%	-2.1%
47	卤代烃	1,2,4-三氯苯	13.7%	-1.7%	2.2%	-0.9%	-4.5%
48	芳香烃	萘	7.3%	1.0%	2.3%	-1.9%	-2.1%
49	卤代烃	六氯-1,3-丁二烯	20.9%	6.7%	4.4%	0.3%	-2.0%

(四) 惰性化不锈钢罐混标、惰性化不锈钢罐 117 组分标气与加湿动态校准仪不同配气方式比对实验

实验方案：本次实验通过设置不同的配气方式（惰性化不锈钢罐 PAMS 与 TO-15 标气混合配气（混标）、惰性化不锈钢罐 117 组分标气和加湿动态校准仪），分别设置惰性化不锈钢罐混标、惰性化不锈钢罐 117 组分标气以及加湿动态校准仪配制了相同标准气体浓度（4 nmol/mol）。其中惰性化不锈钢罐配气时均加湿，加湿方式参考 HJ 759-2023 的相关要求。加湿动态校准仪设置 25°C 当量下 50%RH 相对湿度的标准气体。随机抽取几台监测仪器，对不同配气方式相同浓度标准气体进行测量，分别比较清单内和清单外各个物种测值与目标浓度的相对偏差。

实验结果：在不同配气条件下，实验清单内物种和清单外物种不同配气方式测值结果与目标值相对偏差见表 47、表 48。①对于清单内物种，可以发现厂家 3_2、厂家 4_2 和厂家 5_2 其整体表现趋势一致。在三种不同的配气条件下，对于清单内物种，可以发现加湿动态校准仪的数据结果整体波动较小，其次为惰性化不锈钢罐 117 组分配气，而惰性化不锈钢罐混标配气的偏离程度相对最大。推测是混标配气时引入人工操作、稀释仪等误差，其不确定度会更大；②类似地，对于清单外物种，加湿动态校准仪的数据结果整体波动较小，其次为惰性化不锈钢罐 117 组分配气，而惰性化不锈钢罐混标配气的偏离程度相对最大，与清单内物种表现一致，但对于清单外物种其数据波动以及偏离程度更大。

测试小结：在不同配气方式实验中，比较了惰性化不锈钢罐 PAMS 与 TO-15 标气混合配气（混标）、惰性化不锈钢罐 117 组分配气和加湿动态校准仪配气对测试结果的影响。对于清单内与清单外物种，其表现趋势一致：其数据波动与偏离程度为加湿动态校准仪 < 惰性化不锈钢罐 117 组分 < 惰性化不锈钢罐混标。故在使用惰性化不锈钢罐配气时，推荐使用目标化合物标准气体配气，不推荐使用混标的方式配气。并且发现清单外物种整体测值波动要显著大于清单内物种，侧面验证了监测系统在测量清单外物种时测值不稳定。

表 47 惰性化不锈钢罐混标、惰性化不锈钢罐 117 组分标气与加湿动态校准仪配气方式比对测试结果（清单内物种）

名称	厂家 3_2				厂家 4_2				厂家 5_2			
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二	
	惰性化不锈钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈钢罐 117 组分	动态校准 仪
乙烯	-9.8%	-6.2%	-4.9%	-1.3%	-4.2%	0.0%	-4.3%	0.3%	12.0%	15.8%	12.3%	8.9%
乙炔	-17.4%	-15.6%	-16.0%	-14.6%	-2.4%	0.1%	-4.1%	1.6%	8.5%	10.4%	12.5%	12.5%
乙烷	-6.0%	-6.6%	-5.8%	-4.8%	-3.3%	-2.0%	-6.0%	-2.0%	13.1%	13.7%	14.4%	14.1%
丙烯	-7.0%	-2.8%	-2.4%	-0.6%	-4.8%	-2.8%	-7.3%	-2.5%	10.2%	14.3%	15.1%	14.6%
丙烷	-3.8%	-3.6%	-4.9%	-3.2%	-4.4%	-3.1%	-6.5%	-3.3%	13.1%	11.8%	14.7%	11.6%
异丁烷	-2.0%	-3.3%	-5.9%	-5.2%	-6.0%	-4.2%	-8.3%	-4.7%	11.8%	12.0%	14.6%	12.2%
正丁烷	2.8%	-1.1%	6.9%	7.0%	-6.5%	-4.4%	-8.2%	-4.3%	10.8%	11.8%	12.2%	11.6%
异戊烷	45.5%	0.8%	8.9%	3.6%	-5.7%	-4.7%	-8.5%	-3.8%	5.7%	7.9%	24.6%	5.6%
正戊烷	44.2%	-0.7%	7.7%	0.4%	-7.1%	-4.9%	-9.1%	-4.7%	5.3%	7.3%	18.7%	6.1%
异戊二烯	30.8%	-2.6%	7.9%	4.5%	8.1%	0.2%	5.3%	-0.1%	5.3%	7.3%	8.7%	5.8%
3-甲基戊烷	26.0%	18.6%	-1.1%	15.3%	9.5%	2.4%	5.7%	0.9%	-2.8%	-2.2%	-0.4%	-1.9%
正己烷	7.9%	1.8%	-0.5%	-4.5%	5.7%	0.6%	5.0%	0.2%	-12.1%	-11.3%	-8.0%	-9.7%
2,4-二甲基戊烷	9.9%	2.4%	1.6%	-2.4%	1.5%	-3.1%	0.3%	-4.0%	-12.6%	-11.9%	-8.1%	-10.7%
甲基环戊烷	-4.2%	-9.7%	-9.2%	-11.4%	7.8%	1.0%	4.9%	-0.2%	-11.3%	-10.2%	-7.9%	-9.5%
苯	-3.2%	3.9%	8.5%	1.9%	6.0%	-1.9%	2.3%	-2.4%	-4.8%	-2.6%	0.5%	-2.7%
环己烷	-17.7%	-15.8%	-12.7%	-11.5%	6.6%	0.3%	3.7%	-1.3%	-5.5%	-5.5%	-4.1%	-5.8%
2-甲基己烷	-6.1%	-6.8%	-8.8%	-7.0%	4.1%	-3.1%	0.4%	-4.3%	-9.6%	-8.6%	-5.4%	-8.1%
2,3-二甲基戊烷	3.2%	-0.8%	0.7%	3.4%	8.1%	0.2%	4.6%	-0.6%	-8.1%	-7.6%	-5.2%	-7.9%
3-甲基己烷	1.5%	2.4%	-1.4%	1.8%	5.7%	-3.5%	1.0%	-3.3%	-6.3%	-5.3%	-2.2%	-5.2%
2,2,4-三甲基戊烷	1.7%	1.8%	2.1%	-0.4%	10.0%	0.0%	5.4%	0.7%	-8.4%	-7.2%	-5.3%	-7.2%
正庚烷	-0.8%	-3.6%	-5.1%	-4.3%	4.9%	-3.9%	0.6%	-3.9%	-10.9%	-12.4%	-9.5%	-12.0%
甲基环己烷	-4.1%	-4.6%	3.6%	-0.4%	6.3%	-3.6%	1.7%	-2.6%	-1.6%	-1.5%	0.0%	-2.7%
2,3,4-三甲基戊烷	-2.7%	-0.2%	3.7%	2.6%	4.3%	-4.1%	0.3%	-4.1%	-2.4%	-0.1%	-0.7%	-1.7%

名称	厂家 3_2				厂家 4_2				厂家 5_2			
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二	
	惰性化不锈钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪
2-甲基庚烷	-3.5%	-3.8%	-0.1%	0.2%	4.0%	-3.9%	0.6%	-4.0%	-2.1%	-0.1%	-0.8%	-1.6%
甲苯	-1.7%	4.2%	10.9%	8.2%	10.6%	6.9%	12.5%	7.0%	8.7%	11.5%	10.5%	8.8%
3-甲基庚烷	-3.3%	-5.9%	-1.6%	-3.1%	5.0%	-2.8%	1.8%	-3.4%	5.4%	7.1%	5.6%	4.8%
正辛烷	-6.7%	-6.4%	-4.5%	-8.0%	8.8%	3.6%	7.9%	3.1%	0.4%	3.2%	0.8%	0.6%
乙苯	-2.9%	0.8%	4.4%	5.7%	10.3%	7.0%	12.3%	7.3%	7.1%	12.9%	-0.5%	10.7%
间/对-二甲苯	1.2%	6.9%	7.7%	9.1%	11.6%	9.5%	14.5%	9.5%	11.9%	25.4%	4.3%	21.8%
正壬烷	1.4%	0.8%	1.1%	6.6%	13.1%	9.7%	14.7%	9.5%	-0.9%	12.1%	-10.1%	11.1%
邻-二甲苯	-3.7%	-3.1%	0.2%	0.1%	10.6%	6.2%	11.7%	6.1%	2.6%	10.4%	-12.1%	9.2%
异丙苯	-4.5%	-6.2%	-4.8%	-1.2%	5.9%	5.8%	10.7%	5.9%	-18.0%	-13.8%	-20.1%	-5.9%
正丙苯	-4.1%	9.1%	1.4%	1.2%	5.2%	6.7%	11.2%	6.7%	-7.1%	-21.8%	-5.6%	-16.7%
邻-乙基甲苯	-3.1%	0.8%	-1.4%	-1.8%	4.6%	5.9%	10.3%	5.5%	10.7%	-6.9%	12.0%	-6.9%
间-乙基甲苯	-25.0%	-3.3%	-10.2%	5.5%	6.7%	7.3%	11.4%	6.8%	6.0%	-9.9%	9.9%	-7.5%
1,3,5-三甲苯	-3.9%	5.8%	5.0%	6.2%	5.1%	8.3%	12.5%	7.7%	17.9%	6.6%	21.1%	5.5%
对-乙基甲苯	1.6%	10.7%	6.3%	12.4%	3.7%	7.6%	11.8%	7.5%	14.2%	-6.2%	10.8%	-8.1%
正癸烷	-4.9%	6.9%	-6.0%	4.4%	8.9%	8.6%	13.2%	8.1%	29.5%	14.8%	28.1%	17.6%
1,2,4-三甲苯	-7.3%	2.9%	-2.3%	0.6%	2.4%	6.7%	9.9%	5.6%	14.7%	4.5%	16.2%	4.7%
1,2,3-三甲苯	-4.8%	7.9%	-6.3%	1.7%	4.0%	7.4%	11.1%	6.5%	30.2%	26.4%	32.9%	24.0%
溴甲烷	7.2%	6.0%	12.1%	14.1%	5.3%	1.5%	5.1%	0.2%	8.9%	14.5%	11.6%	10.1%
二硫化碳	35.8%	37.2%	15.0%	14.2%	-1.9%	-3.6%	-1.4%	-5.4%	9.3%	14.6%	17.1%	13.0%
二氯甲烷	37.5%	38.8%	8.7%	14.7%	4.3%	0.2%	1.6%	-0.8%	9.1%	13.7%	10.7%	14.1%
顺-1,2-二氯乙烯	-8.6%	-6.9%	-9.2%	-7.1%	7.3%	1.5%	6.3%	0.6%	-4.4%	-2.2%	0.8%	-2.1%
1,1-二氯乙烷	0.6%	1.6%	2.5%	1.8%	6.7%	0.4%	4.9%	-0.1%	-0.6%	2.8%	4.4%	1.1%
反-1,2-二氯乙烯	14.9%	14.3%	-5.3%	7.9%	9.0%	1.8%	6.5%	0.4%	10.1%	11.7%	12.7%	9.6%
乙酸乙酯	-18.5%	-1.0%	-9.2%	-3.2%	-25.9%	-6.1%	-5.4%	-8.8%	-2.6%	7.5%	10.6%	11.4%
三氯甲烷	-4.8%	-1.3%	-1.3%	0.8%	5.0%	-0.9%	1.2%	-3.3%	13.7%	18.5%	16.5%	15.5%

名称	厂家 3_2				厂家 4_2				厂家 5_2			
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二	
	惰性化不锈钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 混标	动态校准 仪	惰性化不锈 钢罐 117 组分	动态校准 仪
1,1,1-三氯乙烷	-12.7%	-7.1%	-4.0%	-5.9%	6.3%	-0.4%	3.5%	-1.7%	17.7%	21.2%	19.7%	16.8%
四氯化碳	-6.8%	-4.9%	-3.4%	-4.5%	5.5%	-2.2%	1.0%	-3.4%	19.2%	23.0%	19.9%	18.3%
三氯乙烯	-9.3%	-10.4%	-2.1%	-9.1%	7.9%	-1.6%	5.6%	-1.3%	8.0%	10.5%	11.4%	7.7%
1,2-二氯丙烷	-6.7%	-3.2%	8.6%	3.7%	6.5%	-0.5%	5.7%	0.4%	-2.7%	-0.3%	-1.8%	-2.5%
甲基丙烯酸甲酯	-14.4%	-8.1%	-3.0%	-1.1%	-6.9%	-3.6%	-0.1%	-3.2%	20.2%	19.1%	20.5%	20.1%
一溴二氯甲烷	-13.9%	-16.0%	-8.8%	-12.4%	0.8%	-4.6%	-1.4%	-5.8%	12.9%	19.0%	13.5%	14.0%
反-1,3-二氯丙烯	-14.2%	-14.7%	-11.1%	-10.8%	-2.0%	-0.5%	3.9%	-3.1%	-3.9%	1.8%	-1.1%	-1.5%
1,1,2-三氯乙烷	-10.0%	-8.5%	-2.7%	-4.4%	10.9%	6.8%	12.1%	7.6%	6.5%	11.5%	5.7%	8.1%
二溴一氯甲烷	-9.5%	-10.6%	-3.2%	-7.0%	8.7%	5.7%	10.2%	4.5%	12.5%	17.8%	11.8%	12.8%
四氯乙烯	-1.2%	-1.3%	3.5%	3.3%	13.5%	7.1%	12.3%	7.1%	17.5%	19.9%	18.0%	15.1%
1,2-二溴乙烷	-9.8%	-9.7%	-3.8%	-5.3%	3.8%	5.2%	9.0%	3.2%	4.9%	11.7%	8.3%	8.2%
氯苯	1.9%	6.5%	8.3%	13.6%	7.7%	6.4%	10.9%	7.1%	14.8%	19.5%	14.3%	16.5%
三溴甲烷	-15.0%	-12.7%	-11.8%	-8.3%	-0.2%	1.1%	5.1%	0.8%	0.2%	10.6%	-1.5%	6.7%
四氯乙烷	-15.3%	1.5%	-1.3%	1.3%	0.1%	4.8%	7.7%	4.2%	16.4%	13.9%	22.7%	10.2%
1,3-二氯苯	-16.4%	-1.5%	-10.9%	-7.3%	-0.6%	6.3%	10.2%	5.6%	1.1%	8.9%	7.6%	11.4%
1,4-二氯苯	-12.9%	5.2%	-7.4%	1.9%	-2.2%	6.4%	9.8%	5.2%	-0.3%	12.4%	6.3%	13.7%
1,2-二氯苯	-17.6%	-1.5%	-11.9%	-3.6%	-1.4%	8.1%	11.4%	6.4%	17.6%	12.5%	25.7%	8.5%

表 48 惰性化不锈钢罐混标、惰性化不锈钢罐 117 组分标气与加湿动态校准仪配气方式比对测试结果（清单外物种）

名称	厂家 3_2				厂家 4_2				厂家 5_2			
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二	
	惰性化不 锈钢罐混 标	动态校准 仪	惰性化不 锈钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不 锈钢罐混 标	动态校准 仪	惰性化不 锈钢罐 117 组分	动态校准 仪	惰性化不 锈钢罐混 标	动态校准 仪	惰性化不 锈钢罐 117 组分	动态校准 仪
1-丁烯	33.3%	7.3%	19.3%	14.6%	-8.1%	-4.3%	-7.8%	-4.7%	-1.6%	1.3%	-2.0%	-1.8%
顺-2-丁烯	11.8%	11.9%	17.9%	13.3%	-8.3%	-2.9%	-7.0%	-3.1%	-1.4%	2.6%	0.8%	-0.9%
反-2-丁烯	10.1%	9.0%	16.0%	18.1%	-9.6%	-4.5%	-8.8%	-4.6%	2.7%	5.3%	4.3%	1.7%
1-戊烯	21.4%	-2.9%	6.2%	-0.5%	3.6%	-5.7%	-0.5%	-2.3%	6.3%	9.1%	8.5%	6.7%
反-2-戊烯	36.0%	0.0%	10.8%	7.5%	6.4%	-2.3%	1.7%	-3.2%	7.1%	9.6%	9.9%	7.5%
顺-2-戊烯	27.6%	-2.4%	6.7%	-1.4%	7.3%	-2.4%	2.8%	-2.9%	3.8%	7.1%	6.8%	4.9%
2,2-二甲基丁烷	41.2%	19.5%	14.5%	11.7%	7.5%	0.4%	4.2%	-0.3%	14.5%	17.2%	17.1%	14.8%
环戊烷	26.9%	18.8%	-0.9%	0.6%	-6.2%	-5.0%	-9.0%	-0.8%	-11.9%	-10.8%	-8.5%	-9.9%
2,3-二甲基丁烷	45.3%	30.4%	11.8%	12.5%	4.1%	-2.5%	1.3%	-3.7%	-8.5%	-8.4%	-5.7%	-8.0%
1-己烯	5.7%	-2.4%	-2.9%	-5.1%	6.1%	-1.6%	1.6%	-2.6%	-15.5%	-14.5%	-11.1%	-13.0%
苯乙烯	-6.6%	-2.3%	-1.8%	-1.1%	6.3%	6.6%	11.2%	6.7%	-2.7%	15.0%	-10.2%	9.3%
间-二乙苯	-10.2%	2.1%	-8.9%	-1.1%	1.7%	6.0%	8.7%	4.4%	24.8%	33.3%	30.8%	30.3%
对-二乙苯	-9.3%	4.8%	-8.3%	0.3%	0.8%	6.0%	8.5%	4.3%	21.6%	29.6%	28.4%	27.7%
十一烷	-14.5%	-4.9%	-18.3%	-5.4%	3.5%	8.3%	10.8%	6.1%	11.2%	8.8%	20.5%	12.6%
十二烷	-13.7%	-14.7%	-23.0%	-19.1%	-2.1%	10.9%	11.0%	5.3%	-77.7%	1.4%	26.7%	9.1%
乙醛	27.3%	27.4%	47.5%	50.7%	1.6%	0.4%	11.1%	-2.1%	-3.8%	25.1%	7.9%	22.7%
丙烯醛	25.9%	12.6%	8.1%	16.8%	-17.4%	-2.9%	0.8%	-3.8%	-16.9%	7.9%	-5.9%	6.1%
丙酮	34.5%	49.2%	40.9%	35.8%	-18.2%	3.6%	10.8%	-2.3%	-17.7%	-20.6%	-0.5%	-12.5%
丙醛	25.3%	19.3%	0.9%	17.7%	-7.9%	-1.1%	3.5%	-0.8%	-27.9%	-4.6%	-20.3%	-3.8%
丁烯醛	-53.3%	-19.3%	-26.1%	-18.9%	-86.7%	-17.6%	-16.9%	-14.8%	-37.6%	25.5%	15.9%	25.4%
甲基丙烯醛	-13.2%	-15.1%	-14.2%	-15.7%	-7.8%	-5.1%	-0.5%	-5.9%	-51.8%	-32.5%	-50.0%	-28.5%
2-丁酮	-17.8%	1.7%	-5.2%	0.0%	-23.9%	-2.8%	-2.8%	-2.3%	-6.2%	5.8%	6.3%	8.5%
正丁醛	-15.9%	-11.2%	-15.7%	-15.4%	-11.6%	-4.3%	-0.6%	-4.2%	-35.9%	-42.1%	-33.0%	-37.0%
苯甲醛	-40.8%	-1.9%	-16.8%	-4.8%	-51.1%	0.2%	-6.6%	-1.1%	-92.9%	10.1%	-12.9%	9.2%

名称	厂家 3_2				厂家 4_2				厂家 5_2			
	测试一		测试二		测试一		测试二		测试一		测试二	
	惰性化不锈钢罐混标	动态校准仪	惰性化不锈钢罐117组分	动态校准仪	惰性化不锈钢罐混标	动态校准仪	惰性化不锈钢罐117组分	动态校准仪	惰性化不锈钢罐混标	动态校准仪	惰性化不锈钢罐117组分	动态校准仪
戊醛	-16.9%	-8.6%	-2.2%	-2.3%	-12.1%	-5.0%	-1.2%	-3.1%	9.9%	19.6%	18.8%	20.5%
间甲基苯甲醛	-66.0%	-14.7%	-54.3%	-15.6%	-100.0%	-4.9%	-32.8%	-7.0%	-98.6%	18.4%	-38.1%	-11.9%
己醛	-19.4%	-12.3%	-10.8%	-10.3%	-32.4%	-1.8%	-3.2%	-0.2%	-33.9%	6.1%	-2.2%	4.5%
氟利昂-12	12.2%	11.9%	24.1%	17.4%	-1.2%	-0.3%	-0.6%	-1.5%	27.1%	32.8%	27.5%	26.2%
氯甲烷	-8.0%	-5.1%	-4.7%	-8.6%	7.1%	-5.4%	-2.3%	-4.6%	-0.9%	4.2%	2.3%	0.4%
氯乙烯	8.9%	10.7%	16.9%	16.1%	3.9%	0.5%	4.6%	0.2%	3.1%	8.7%	5.6%	4.3%
1,3-丁二烯	6.5%	6.1%	11.3%	12.9%	1.8%	-4.8%	-1.5%	-4.9%	8.9%	18.6%	11.6%	12.1%
氯乙烷	31.2%	6.8%	13.8%	11.4%	7.5%	-0.8%	4.8%	-1.4%	0.5%	5.0%	3.9%	1.6%
氟利昂-11	43.6%	20.2%	27.2%	21.8%	10.6%	1.6%	4.1%	0.8%	42.3%	49.0%	43.1%	44.0%
氟利昂-114	-1.8%	2.4%	3.2%	0.1%	5.9%	2.4%	4.8%	0.7%	26.9%	33.5%	28.0%	27.4%
氟利昂-113	31.5%	14.3%	14.2%	16.3%	6.1%	1.6%	6.2%	0.8%	23.7%	29.8%	27.9%	25.3%
1,1-二氯乙烯	58.0%	34.3%	22.2%	24.0%	5.5%	1.2%	5.0%	0.8%	23.3%	29.7%	28.2%	26.0%
异丙醇	6.5%	25.4%	9.7%	12.0%	-42.0%	-10.7%	1.3%	-11.5%	1.5%	-96.6%	-94.5%	-95.6%
甲基叔丁基醚	-9.9%	9.8%	-10.9%	3.9%	-1.5%	-2.5%	0.6%	-3.5%	46.0%	52.0%	54.7%	55.5%
乙酸乙烯酯	-17.6%	-11.9%	-9.2%	-13.2%	-16.2%	-8.3%	-4.5%	-8.2%	-42.2%	-19.9%	-39.1%	-17.5%
四氢呋喃	-21.3%	-10.9%	-18.4%	-10.9%	-23.0%	-8.2%	-3.7%	-6.9%	-11.1%	-6.0%	-3.0%	-2.6%
1,2-二氯乙烷	-0.3%	1.1%	4.2%	1.3%	8.7%	2.3%	6.3%	-0.3%	21.5%	25.0%	24.3%	21.8%
1,4-二氧六环	-63.1%	-14.9%	-38.8%	-10.3%	-100.0%	-1.1%	-20.1%	-0.3%	-54.0%	-8.3%	-27.7%	0.0%
顺-1,3-二氯丙烯	-20.6%	-18.6%	-10.3%	-18.8%	-10.1%	-4.9%	-1.7%	-5.8%	-7.7%	2.9%	-1.9%	0.7%
4-甲基-2-戊酮	-20.3%	-15.0%	-24.2%	-9.0%	-100.0%	-0.2%	-4.4%	-0.7%	-59.6%	-4.3%	-16.5%	-5.6%
2-己酮	-35.6%	-11.5%	-27.2%	-11.2%	-100.0%	-5.0%	-14.3%	-4.0%	-96.7%	-3.5%	-22.6%	-6.3%
氯化苄	-55.6%	-34.2%	-29.9%	-36.6%	-22.5%	-2.5%	0.0%	-3.1%	6.9%	26.1%	31.5%	23.2%
1,2,4-三氯苯	-30.9%	-9.9%	-28.6%	-10.0%	-23.3%	6.5%	6.5%	3.7%	-28.3%	31.2%	33.2%	30.7%
萘	-37.7%	-10.8%	-22.6%	-14.9%	-39.1%	8.3%	4.9%	3.6%	-63.4%	30.9%	26.7%	28.6%
六氯-1,3-丁二烯	-15.0%	0.0%	-23.5%	-4.2%	-6.9%	6.3%	8.2%	2.3%	22.2%	48.2%	44.1%	41.6%

综上所述，针对校准单元本次比对实验重点围绕校准方式开展了惰性化不锈钢罐和动态校准仪配气条件相关的一系列比对实验，具体结论如下：

- ① 对于监测系统的校准，有条件的推荐使用加湿动态校准仪进行校准，故若有条件使用加湿动态校准仪进行配气的，建议优先选择湿度可控的加湿动态校准仪，其次选择湿度不可控的加湿动态校准仪，使用时推荐加湿条件控制在 25°C 下，40%RH~60%RH 范围内；
- ② 对于使用惰性化不锈钢罐进行校准的，推荐使用目标化合物标准气体加湿配气，不推荐使用混标的方式进行配气。

故本标准对校准单元作出如下要求：用于对监测系统进行定期核查和校准。校准单元可由加湿动态校准仪、标准气体及程序控制模块组成，也可由装有加湿标准气体的惰性化不锈钢罐及程序控制模块组成。宜选用加湿动态校准仪。

校准单元中涉及标准气体传输的管路及连接部件，应满足以下条件：

- 1) 避光且伴热至 40°C~60°C；
- 2) 应选用不吸附待测化合物、不与待测化合物发生化学反应、且不释放干扰物质的材质，如经硅烷化表面处理的不锈钢材料。

(一) 标准气体

一般采用浓度为 1 $\mu\text{mol/mol}$ 的瓶装有证外标标准气体和内标标准气体。其中，外标标准气体可根据目标化合物定制或选用包含目标化合物的市售标准气体；内标标准气体宜使用包含一溴一氯甲烷、1,4-二氟苯、氯苯-d5、4-溴氟苯等组分的标准气体。为确保瓶装标准气体的稳定性，其钢瓶内壁及配套的减压阀均应经惰性化处理，减压阀材质应为 316L 不锈钢，且应专阀专用，不得混用。

(二) 加湿动态校准仪

负责稳定输出含一定湿度的不同浓度 VOCs 标准气体，主要由控制外标标准气体与稀释气流量的质量流量控制器组及加湿模块构成。该仪器分为湿度可控与不可控两种类型，湿度可控型是指能输出指定湿度的标准气体；湿度不可控型是指能输出湿度在一定范围内的标准气体。宜选用湿度可控型。

加湿动态校准仪中涉及标准气体传输的管路、连接部件、腔体等，应满足以下条件：

- 1) 避光且伴热至 40°C~60°C；
- 2) 应选用不吸附待测化合物、不与待测化合物发生化学反应、且不释放干扰物质的材质，如经硅烷化表面处理的不锈钢材料。

为保护质量流量控制器免受高压损伤并防止待机时输出口微漏，应在质量流量控制器与钢瓶气之间安装惰性化材质电磁阀：质量流量控制器工作时电磁阀开启，允许气体流通；质量流量控制器关闭时电磁阀同步关闭。

(三) 惰性化不锈钢罐

采用惰性化不锈钢罐的校准单元，不锈钢罐应符合 HJ 759 的要求，且罐体内壁及阀门均应经硅烷化表面处理；该罐应配套使用经硅烷化表面处理的 316L 不锈钢减压阀，以确保标准气体输出压力稳定。向罐中配制外标标准气体时，应进行加湿处理，加湿方法可参照 HJ 759 标准执行。

(四) 程序控制模块

程序控制模块应具备现场/远程手动控制或自动设置时序输出标准气体的功能。

6.4.2.4 气源单元

气相色谱法、气相色谱质谱联用法自动监测系统校准及质控所使用的稀释气一般为高纯氮气或气体发生器所产生的零级空气，应符合待测 VOCs 总含量 $\leq 2.0 \text{ nmol/mol}$ 、单一目标 VOCs 组分含量 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ 的要求。

本次比对过程中，发现氮气气源出现被钢瓶污染的情况，具体如表 49（清单内物种）与表 50（清单外物种）所示。在更换氮气前，出现多个 VOCs 物种检出的情况；更换氮气之后基本无 VOCs 物种检出。排查发现，该批次氮气所使用的钢瓶存在不同气体混合罐装的情况，致使所使用的钢瓶被污染，导致氮气空白的测试结果不理想。故建议用于装填高纯氮气的钢瓶、球阀以及减压阀等专瓶专阀专用，不串用。

表 49 氮气更换前后氮气空白测试结果（清单内物种）

序号	分类	名称	厂家 3_2	
			问题氮气	更换氮气后
1	烯烃	乙烯	1.29	0.01
2	炔烃	乙炔	0.49	0.01
3	烷烃	乙烷	1.67	0.03
4	烯烃	丙烯	0.29	0.04
5	烷烃	丙烷	1.64	0.01
6	烷烃	异丁烷	1.47	0.00
7	烷烃	正丁烷	0.87	0.00
8	烷烃	异戊烷	0.83	0.00
9	烷烃	正戊烷	0.32	0.00
10	烯烃	异戊二烯	0.35	0.00
11	烷烃	3-甲基戊烷	0.02	0.01
12	烷烃	正己烷	0.12	0.00
13	烷烃	2,4-二甲基戊烷	0.00	0.00
14	烷烃	甲基环己烷	0.07	0.00
15	芳香烃	苯	0.34	0.01
16	烷烃	环己烷	0.10	0.00
17	烷烃	2-甲基己烷	0.03	0.00
18	烷烃	2,3-二甲基戊烷	0.00	0.00
19	烷烃	3-甲基己烷	0.03	0.00
20	烷烃	2,2,4-三甲基戊烷	0.03	0.00
21	烷烃	正庚烷	0.04	0.00
22	烷烃	甲基环己烷	0.03	0.00
23	烷烃	2,3,4-三甲基戊烷	0.01	0.00
24	烷烃	2-甲基庚烷	0.01	0.00
25	芳香烃	甲苯	0.65	0.04
26	烷烃	3-甲基庚烷	0.01	0.00
27	烷烃	正辛烷	0.04	0.00
28	芳香烃	乙苯	0.16	0.02
29	芳香烃	间/对-二甲苯	0.54	0.07
30	烷烃	正壬烷	0.05	0.01
31	芳香烃	邻-二甲苯	0.25	0.02
32	芳香烃	异丙苯	0.01	0.00

序号	分类	名称	厂家 3_2	
			问题氮气	更换氮气后
33	芳香烃	正丙苯	0.01	0.00
34	芳香烃	邻-乙基甲苯	0.01	0.00
35	芳香烃	间-乙基甲苯	0.03	0.00
36	芳香烃	1,3,5-三甲苯	0.01	0.00
37	芳香烃	对-乙基甲苯	0.02	0.00
38	烷烃	正癸烷	0.02	0.00
39	芳香烃	1,2,4-三甲苯	0.06	0.00
40	芳香烃	1,2,3-三甲苯	0.01	0.00
41	卤代烃	溴甲烷	0.00	0.00
42	有机硫	二硫化碳	0.24	0.00
43	卤代烃	二氯甲烷	0.74	0.01
44	卤代烃	顺-1,2-二氯乙烯	0.02	0.00
45	卤代烃	1,1-二氯乙烷	0.00	0.00
46	卤代烃	反-1,2-二氯乙烯	0.02	0.00
47	O VOCs-非 13 醛酮	乙酸乙酯	0.00	0.00
48	卤代烃	三氯甲烷	0.08	0.00
49	卤代烃	1,1,1-三氯乙烷	0.00	0.00
50	卤代烃	四氯化碳	0.01	0.00
51	卤代烃	三氯乙烯	0.01	0.00
52	卤代烃	1,2-二氯丙烷	0.04	0.01
53	O VOCs-非 13 醛酮	甲基丙烯酸甲酯	0.04	0.00
54	卤代烃	一溴二氯甲烷	0.00	0.00
55	卤代烃	反-1,3-二氯丙烯	0.00	0.00
56	卤代烃	1,1,2-三氯乙烷	0.01	0.00
57	卤代烃	二溴一氯甲烷	0.00	0.00
58	卤代烃	四氯乙烯	0.02	0.00
59	卤代烃	1,2-二溴乙烷	0.00	0.00
60	卤代烃	氯苯	0.03	0.02
61	卤代烃	三溴甲烷	0.00	0.00
62	卤代烃	四氯乙烷	0.00	0.00
63	卤代烃	1,3-二氯苯	0.01	0.00
64	卤代烃	1,4-二氯苯	0.02	0.00
65	卤代烃	1,2-二氯苯	0.00	0.00

表 50 氮气更换前后氮气空白测试结果（清单外物种）

序号	分类	名称	厂家 3_2	
			问题氮气	更换氮气后
1	烯烃	1-丁烯	0.29	0.03
2	烯烃	顺-2-丁烯	0.00	0.00
3	烯烃	反-2-丁烯	0.23	0.00
4	烯烃	1-戊烯	0.00	0.00
5	烯烃	反-2-戊烯	0.01	0.00
6	烯烃	顺-2-戊烯	0.01	0.00
7	烷烃	2,2-二甲基丁烷	0.00	0.00

序号	分类	名称	厂家 3_2	
			问题氮气	更换氮气后
8	烷烃	环戊烷	0.10	0.00
9	烷烃	2,3-二甲基丁烷	0.35	0.00
10	烯烃	1-己烯	0.00	0.00
11	芳香烃	苯乙烯	0.10	0.00
12	芳香烃	间-二乙苯	0.01	0.00
13	芳香烃	对-二乙苯	0.00	0.00
14	烷烃	十一烷	0.03	0.00
15	烷烃	十二烷	0.04	0.01
16	OVOCs-13 醛酮	乙醛	1.63	0.16
17	OVOCs-13 醛酮	丙烯醛	0.06	0.00
18	OVOCs-13 醛酮	丙酮	3.45	0.36
19	OVOCs-13 醛酮	丙醛	0.01	0.00
20	OVOCs-13 醛酮	丁烯醛	0.03	0.00
21	OVOCs-13 醛酮	甲基丙烯醛	0.02	0.00
22	OVOCs-13 醛酮	2-丁酮	1.12	0.00
23	OVOCs-13 醛酮	正丁醛	0.07	0.00
24	OVOCs-13 醛酮	苯甲醛	0.09	0.00
25	OVOCs-13 醛酮	戊醛	0.00	0.00
26	OVOCs-13 醛酮	间甲基苯甲醛	0.01	0.00
27	OVOCs-13 醛酮	己醛	0.24	0.05
28	卤代烃	氟利昂-12	0.13	0.00
29	卤代烃	氯甲烷	0.34	0.00
30	卤代烃	氯乙烯	0.00	0.00
31	烯烃	1,3-丁二烯	0.02	0.00
32	卤代烃	氯乙烷	0.00	0.00
33	卤代烃	氟利昂-11	0.06	0.00
34	卤代烃	氟利昂-114	0.00	0.00
35	卤代烃	氟利昂-113	0.01	0.00
36	卤代烃	1,1-二氯乙烯	0.00	0.00
37	OVOCs-非 13 醛酮	异丙醇	0.27	0.02
38	OVOCs-非 13 醛酮	甲基叔丁基醚	0.15	0.00
39	OVOCs-非 13 醛酮	乙酸乙烯酯	0.00	0.00
40	OVOCs-非 13 醛酮	四氢呋喃	0.01	0.00
41	卤代烃	1,2-二氯乙烷	0.22	0.00
42	OVOCs-非 13 醛酮	1,4-二氧六环	0.00	0.00
43	卤代烃	顺-1,3-二氯丙烯	0.00	0.00
44	OVOCs-非 13 醛酮	4-甲基-2-戊酮	0.20	0.00
45	OVOCs-非 13 醛酮	2-己酮	0.16	0.00
46	卤代烃	氯化苄	0.00	0.00
47	卤代烃	1,2,4-三氯苯	0.00	0.00
48	芳香烃	萘	0.02	0.00
49	卤代烃	六氯-1,3-丁二烯	0.00	0.00

故本标准对气源单元作出如下要求：气源单元负责为监测系统运行及校准提供所需气体（包括载气、燃烧气、助燃气、吹扫气及稀释气），主要由气源及其传输管路构成。所有管路及连接部件的气密性需满足以下测试要求：封闭管路末端，以恒定流速通入测试气体至压强达到 0.2 MPa，停止通气并保持管路密闭，30 min 内压降应≤0.01 MPa。

(一) FID 燃烧气、助燃气

- 1) 燃烧气一般为氢气 (H₂)，纯度应≥99.99%；
- 2) 助燃气一般为除烃空气；
- 3) 氢气与除烃空气可使用瓶装气体或气体发生器。为避免气体杂质干扰测量，宜配备除水和除烃的气体净化装置；
- 4) 使用瓶装氢气时，应在监测系统周边安装防爆型氢气泄漏实时监测报警装置；使用气体发生器时，宜配备过压保护装置。

(二) 载气、吹扫气

- 1) 一般为氦气 (He) 或氮气 (N₂)，纯度应≥99.999%；
- 2) 氦气或氮气宜采用瓶装气体。为避免气体不纯干扰测量结果，应配备气体净化装置（如大容量通用净化器），具备除氧、除烃、除水功能。

(三) 校准稀释气

- 1) 可采用 N₂ 或零级空气，N₂ 纯度应≥99.999%；
- 2) 为避免气体不纯干扰测量结果，稀释气中待测 VOCs 总含量应≤2.0 nmol/mol，单一目标 VOCs 组分含量应≤0.1 nmol/mol；
- 3) N₂ 钢瓶、球阀及减压阀宜专瓶专用，避免串用导致污染。

6.4.2.5 控制和数据处理单元

控制和数据处理单元用于监测系统的运行控制、状态显示、数据采集处理与存储，应具备以下功能：

- 1) 具备友好的人机交互界面，支持自动/手动控制各单元运行；
- 2) 能自动识别色谱峰、峰高以及峰面积，支持自动批量计算结果；
- 3) 如配备 MSD，应具有谱库检索功能；
- 4) 能显示/设置系统时间、自动记录谱图文件以及实时传输监测数据；
- 5) 对监测数据实时采集、存储、计算，能输出 1 h 时间分辨力的数据；输出结果单位应为 nmol/mol，最小显示分辨力为 0.001 nmol/mol；
- 6) 能实时显示仪器内部工作状态参数信息，系统状态信息记录间隔应≤5 min；
- 7) 具备 RS-232 或 RJ-45 通讯接口，支持监测数据及状态数据的传输；
- 8) 能够记录存储 1 年以上的数据，支持历史数据查询与导出。

6.5 技术性能要求

为了保证挥发性有机物自动监测系统运行状态稳定，评估监测数据是否可靠，需要在仪器安装调试、试运行与验收、系统日常运行维护期间定期开展性能指标测试。编制组在开展比对实验过程中，对参与比对的 12 台监测系统均开展了技术性能测试，并根据性能测试的结果，制订本标准各项技术性能指标要求，

具体可见表 52。本节主要围绕各项技术性能指标制定的来源依据作展开说明，包括各项技术性能指标的测试目的、测试方法、测试结果等。

编制组梳理了自动监测系统从入场安装调试、验收，以及日常运行等过程中的性能检验需求，规定了调试检测、验收、年度维护核查的检测指标，具体见表 51。

表 51 技术性能指标检测要求

序号	技术性能指标		调试检测	验收	年度维护核查
1	采样流量	平均流量相对误差	√	√	√
2		流量稳定性	√	△	√
3		气密性	√	√	√
4	校准曲线		√	△	√
5	方法检出限		√	√	√
6	系统空白		√	√	√
7	系统残留		√	√	√
8	正确度		√	√	√
9	精密度		√	√	√
10	响应时间	上升时间 T_{90}	√	△	√ (仅 8 nmol/mol)
11		下降时间 T_{10}	√	△	√ (仅 8 nmol/mol)
12	漂移	24 小时漂移	√	√	√
13		7 天漂移	√	△	△
14	校准单元	流量曲线	√	√	√
15		流量相对误差	△	△	√
16		湿度相对误差	√	√	√
17		湿度相对标准偏差	√	√	√
18	平行性		△	△	-
注 1：“√”表示必测项；“△”表示选测项；“-”表示非检测项。 注 2：若验收前一个月内存在有效校准曲线，可沿用该校准曲线，精密度与正确度测试应覆盖 3 个浓度点；若验收前一个月内无有效校准曲线，应重新测试校准曲线，精密度与正确度只需执行 1 个中间浓度点。 注 3：年度维护核查中的项目（包括采样流量、校准曲线、系统空白、系统残留、校准单元流量曲线与流量相对误差、校准单元湿度相对误差与湿度相对标准偏差等测试），可与同期开展的日常质量控制测试合并执行，避免重复。					

在比对实验期间，为了评估国内现有主流品牌监测系统的性能状况，研究现有监测系统实际运行时各项技术性能指标所能达到的水平，编制组对参与比对的 10 台气相色谱质谱联用法自动监测系统开展了基础性能指标测试，测试项目包括采样流量、校准曲线、方法检出限、系统空白、系统残留、正确度、精密度、响应时间、漂移等内容。本次测试期间，为了防止管路变动对测试结果造成影响，各台监测系统间的管路保持相同布设方式且不做任何变更，具体管路布设图见图 35，本次比对基础性能测试期间，通标管路始终与环境样品采样气路保持一致。

编制组整理分析了参与比对的 10 台气相色谱质谱联用法自动监测系统各项测试指标结果，根据各台监测系统的测试结果，评估大部分监测系统所能达到的水平，制定了气相色谱质谱联用法自动监测系统各项技术性能指标要求。各项指标具体要求见表 52。

表 52 技术性能指标及要求

序号	技术性能指标		要求
1	目标化合物	气相色谱法	目标化合物为 41 种挥发性有机物（见附录 A 表 A.1）。
		气相色谱质谱联用法	目标化合物为 66 种挥发性有机物（见附录 A 表 A.2）。
2	采样流量	平均流量相对误差	在±5%范围内
		流量稳定性	连续 7 天，每日所测采样流量与第一天偏差在±2%范围内。
4	校准曲线		1) 目标化合物的校准曲线判定系数 $R^2 \geq 0.98$ ； 2) FID 检测的目标化合物，校准曲线 0.5 nmol/mol 校准点的测量值与标准气体浓度值的相对误差应在±20%范围内。 3) MSD 检测的目标化合物，校准曲线 0.5 nmol/mol 校准点的测量值与标准气体浓度值的相对误差应在±30%范围内。
5	方法检出限		≤0.1 nmol/mol
6	系统空白		≤0.1 nmol/mol
7	系统残留		≤0.1 nmol/mol
8	正确度		在±15%范围内
9	精密度		≤10%
10	响应时间	上升时间 T_{90}	≤1 h
11		下降时间 T_{10}	≤1 h
12	漂移	24 小时漂移	1) 零点漂移：在±0.1 nmol/mol 范围内； 2) 0.5 nmol/mol 漂移：在±0.1 nmol/mol 范围内； 3) 4 nmol/mol 漂移：在±0.6 nmol/mol 范围内； 4) 8 nmol/mol 漂移：在±1.20 nmol/mol 范围内； 5) 保留时间漂移：在±15 s 范围内。
13		7 天漂移	1) 零点漂移：在±0.1 nmol/mol 范围内； 2) 0.5 nmol/mol 漂移：在±0.2 nmol/mol 范围内； 3) 4 nmol/mol 漂移：在±0.8 nmol/mol 范围内； 4) 8 nmol/mol 漂移：在±1.6 nmol/mol 范围内； 5) 保留时间漂移：在±15 s 范围内。
14	校准单元流量曲线		1) 流量曲线的相关系数 R 应≥0.9999； 2) 流量曲线的斜率 k 应在 0.98~1.02 之间； 3) 流量曲线的截距 b 应在满量程±1%范围内。
15	湿度可控校准单元	湿度相对误差	在±5%范围内
16		湿度相对标准偏差	≤5%
17	湿度不可控校准单元	湿度相对标准偏差	≤5%
18	平行性		乙烯≤20%，异丁烷≤20%，苯≤20%

注 1：本表所规定“湿度”相关指标均为“相对湿度”；

序号	技术性能指标	要求
注 2: 若需在本标准规定目标化合物基础上增测其他挥发性有机物, 应对该物质执行全项性能指标测试(含平行性)。其中, 平行性应满足如下要求: 测试方法参照 6.5.12, 测试时间应覆盖冬、夏季节, 各季节连续测试≥30 d, 且每日连续采集≥20 小时, 平行性测试结果应≤20%; 其他各项指标需满足本表中的规定。		

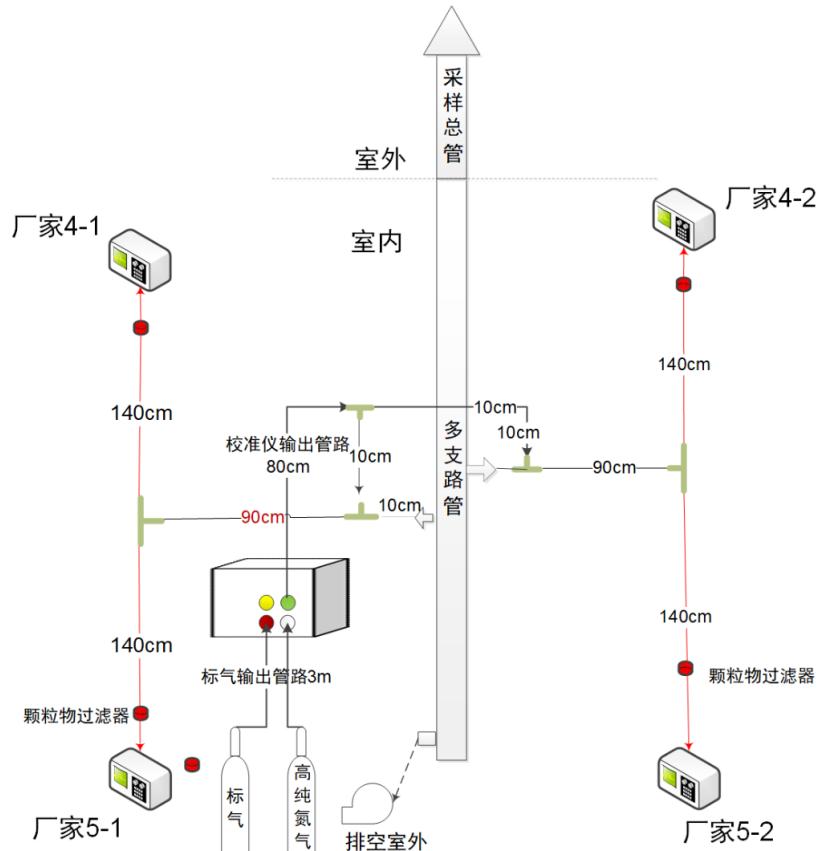


图 35 基础性能测试管路布设图

6.5.1 测量范围

如前 5.2 所述, 根据比对实验的评级结果, 将最终评级为 A、B 的 66 个挥发性有机物纳入气相色谱质谱联用法自动监测系统目标物清单。其中包含 41 种碳氢化合物, 纳入气相色谱法自动监测系统目标物清单。故本标准对气相色谱法与气相色谱质谱联用法自动监测系统的测量范围规定如下:

气相色谱法自动监测系统测定目标化合物应包括 41 种挥发性有机物(见附录 A 表 A.1);

气相色谱质谱联用法自动监测系统测定目标化合物应包括 66 种挥发性有机物(见附录 A 表 A.2)。

6.5.2 采样流量

6.5.2.1 测试目的

为了确保监测系统能够持续稳定采集样品, 应当在运行过程中, 定期对采样流量进行监测, 以判断采样系统是否稳定运行。

6.5.2.2 测试方法

(1) 平均流量相对误差

使用合适量程的1级质量流量计，设置其流量状态与监测系统流量状态一致（一般为标准状态）。将质量流量计接入采样支管进气口，确保连接气路无泄漏，待监测系统显示的流量稳定后开始测试。测试应连续至少进行2 min，并每隔30秒同步记录1次质量流量计和监测系统的瞬时流量值。测试完成后，按公式(5)、(6)、(7)分别计算质量流量计的平均流量、监测系统的平均流量、质量流量计与监测系统平均流量的相对误差。

$$\overline{Q_R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ri} \quad (5)$$

式中： $\overline{Q_R}$ ——测试期间质量流量计平均流量值，sccm；
 Q_{Ri} ——测试期间质量流量计瞬时流量值，sccm；
i——测试期间记录瞬时时间点的序号，(*i*=1~*n*)；
n——测试期间记录瞬时时间点的总个数(*n*≥4)。

$$\overline{Q_C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad (6)$$

式中： $\overline{Q_C}$ ——测试期间监测系统平均流量值，sccm；
 Q_{Ci} ——测试期间监测系统瞬时流量值，sccm；
i——测试期间记录瞬时时间点的序号，(*i*=1~*n*)；
n——测试期间记录瞬时时间点的总个数(*n*≥4)。

$$\Delta Q_R = \frac{\overline{Q_C} - \overline{Q_R}}{\overline{Q_R}} \times 100\% \quad (7)$$

式中： ΔQ_R ——平均流量相对误差，%。

(2) 流量稳定性

在完成第1天平均流量相对误差测试后，连续7天，每日于固定时间段内（固定两个小时时间段内，如每日8时~10时），按照上述方法测试每日平均流量，按公式(8)计算每日平均流量与第1天平均流量的相对偏差，即为连续7天的采样流量稳定性。

$$\Delta Q_{Rn} = \frac{\overline{Q_{Rn}} - \overline{Q_{R1}}}{\overline{Q_{R1}}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： ΔQ_{Rn} ——监测系统第*n*天的采样流量偏差，%；
 $\overline{Q_{Rn}}$ ——质量流量计测量的第*n*天平均流量值，sccm；
 $\overline{Q_{R1}}$ ——质量流量计测量的第1天初始平均流量值，sccm；
n——测量天数序号(*n*=2~8)。

(3) 气密性

由于自动监测系统以及配套的采样装置管路相对较为复杂，仅核查流量无法确保管路没有漏气等情况。因此本标准根据比对期间以及监测系统日常使用的经验，对气密性进行规定，测试方法与测试要求如下：使用堵头从采样支管进气口处封闭采样管路，验证监测系统流量显示值是否能下降至≤设定值的5%，未达标时应排查漏点并复测，直至流量显示值降至设定值的5%以下。

6.5.2.3 测试结果

根据本次比对测试所得数据，计算各台监测系统采样流量每天的平均流量相对误差，结果见表 53。从平均流量相对误差结果来看，除厂家 6_2 外，其余所有监测系统 8 天期间，平均流量相对误差均在±5%范围内，各监测系统实际采样流量与设定值误差小，采样流量准确性好。因此本标准规定，挥发性有机物自动监测系统平均采样流量相对误差应在±5%范围内。

根据比对测试所得数据，计算第 2 天至第 8 天分别与第 1 天所测流量的相对偏差，计算结果见表 54。从相对偏差结果来看，90%以上监测系统，8 天内采样流量与第 1 天相对偏差均在±2%范围内，流量稳定性整体较好。因此，本标准规定挥发性有机物自动监测系统连续 7 天的流量稳定性应在±2%范围内。

表 53 平均流量相对误差结果

相对误差	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
第一天	-0.4%	4.8%	-2.5%	0.0%	-0.8%	3.2%	-0.7%	-2.9%	-1.0%	-5.3%
第二天	-0.3%	3.7%	-3.4%	-0.9%	0.3%	1.8%	-2.1%	-4.3%	-3.7%	-6.6%
第三天	-0.3%	4.0%	-2.5%	0.0%	2.3%	1.3%	-1.1%	-3.2%	-0.4%	-5.4%
第四天	-0.2%	4.0%	-2.9%	-0.8%	0.7%	2.3%	-1.7%	-3.3%	-0.6%	-5.7%
第五天	0.1%	4.9%	-2.6%	-0.3%	1.8%	3.3%	-1.0%	-2.8%	-1.7%	-5.1%
第六天	0.0%	4.5%	-2.3%	-0.3%	0.7%	2.5%	-1.7%	-3.2%	-0.7%	-5.8%
第七天	-0.3%	4.5%	-2.1%	-0.3%	0.6%	2.4%	-1.3%	-3.5%	-0.4%	-5.1%
第八天	-1.2%	3.2%	-2.5%	1.3%	1.6%	2.7%	-1.7%	-3.7%	-1.2%	-5.1%

表 54 采样流量相对偏差结果

7 天相对偏差	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
第二天	-0.1%	0.8%	0.9%	0.9%	-1.1%	1.3%	1.5%	1.5%	2.8%	1.4%
第三天	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	-3.0%	1.8%	0.4%	0.4%	-0.6%	0.1%
第四天	0.0%	0.7%	0.4%	0.8%	-1.5%	0.8%	1.1%	0.5%	-0.4%	0.4%
第五天	-0.3%	-0.2%	0.0%	0.3%	-2.6%	-0.1%	0.4%	-0.1%	0.7%	-0.3%
第六天	-0.1%	0.2%	-0.2%	0.3%	-1.5%	0.6%	1.1%	0.4%	-0.3%	0.5%
第七天	0.2%	0.3%	-0.4%	0.3%	-1.4%	0.7%	0.7%	0.6%	-0.6%	-0.3%
第八天	1.1%	1.5%	0.0%	-1.2%	-1.8%	0.4%	1.1%	0.9%	0.1%	-0.3%

6.5.3 校准曲线

6.5.3.1 测试目的

校准曲线是监测系统准确定量的基础，由于环境样品大多数挥发性有机物浓度很低（0.5 nmol/mol 以下），为了研究校准曲线如何能在监测系统检测限内准确定量不同浓度水平的环境样品，本次比对实验针对校准曲线建立方法、通标笔数、低浓度点相对误差等开展了研究。

6.5.3.2 测试方法

使用加湿动态校准仪分别向各台监测系统通至少 2 笔 0、0.5、2、4、6、8、10 nmol/mol 共 7 个浓度点，作为曲线校准点，每个浓度点至少连续测量 2 次，0 nmol/mol 标准气体使用高纯氮气。根据各台监测系统的响应值与浓度，选择不过零点、含零点强制过零与不含零点强制过零等多种方式，用最小二乘法分别选择第 1 笔、第 2 笔、2 笔测值均值建立校准曲线，计算判定系数 R^2 、斜率等，建立线性回归方程。其中，FID 检测的目标化合物使用外标法建立曲线，MS 检测的目标化合物使用内标法建立曲线。按照公式（9）计算不同算法与不同笔数所建立校准曲线 0.5 nmol/mol 浓度点测量值与标准值的相对误差。

$$d = \frac{C_{test} - C_l}{C_l} \times 100\% \quad (9)$$

式中：d——目标化合物 0.5 nmol/mol 浓度点下测量值与标准气体浓度值的相对误差，%；

C_{test} ——目标化合物 0.5 nmol/mol 浓度点测量值，nmol/mol；

C_l ——目标化合物 0.5 nmol/mol 浓度点标准气体浓度值，nmol/mol。

6.5.3.3 测试结果

对比不过零点、含零点强制过零与不含零点强制过零三种方式，第 1 笔、第 2 笔、2 笔均值等不同建立方式下，所得校准曲线 0.5 nmol/mol 浓度点的相对误差，具体数据详见表 57~表 61。从相对误差结果来看，使用第 1 笔与第 2 笔、2 笔均值计算的结果差异很小。校准曲线实际建立操作过程中，一般会进行连续通标，再从中选取合适的点建立曲线，为了尽量避免人为针对各物种挑选数据导致的偶然性误差，同时为了尽可能减少实际运维工作量，本标准规定校准曲线每个浓度点测量次数不超过 3 次，当某浓度点测量次数>1 时，各目标化合物应取所有测量结果的均值建立校准曲线。同时，对比不过零点、含零点强制过零、不含零点强制过零等不同计算方式，不过零点时 0.5 nmol/mol 浓度点的相对误差明显大于其他算法，可见在不过零点时，对低浓度的定量不利。含零点强制过零与不含零点强制过零两种算法的 0.5 nmol/mol 相对误差非常接近，考虑到实际操作过程中，应当先通 0 nmol/mol 空白样对系统空白水平进行核查，因此将 0 nmol/mol 也纳入校准曲线浓度点，采用强制过零的方式建立曲线。浓度点为 0、0.5、2、4、6、8、10 nmol/mol，考虑到部分挥发性有机物排放量较大的地区，浓度可能高于 10 nmol/mol，本标准建议根据监测点位实际情况，在 7 个点的基础上，进一步增大曲线的最高浓度点，以确保最高浓度点浓度高于当地 VOCs 的最高浓度水平。

统计 2 笔均值、含零点强制过零算法下校准曲线的判定系数 R^2 ，具体结果见表 55，从判定系数来看，所有物种均有 80%以上监测系统能够达到 0.98 以上，校准曲线相关性整体较好，表现一致。因此，本标准规定校准曲线判定系数 R^2 需达到 0.98 以上。

根据各监测系统 2 笔均值、含零点强制过零算法下 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差结果，清单内所有物种中，使用 FID 检测的物种，70%以上的监测系统相对误差在±20%内；使用 MS 检测的物种，除了邻-二甲苯、异丙苯、正丙苯外，70%以上的监测系统相对误差在±30%内，邻-二甲苯、异丙苯、正丙苯有 60%的监测系统相对误差在±30%内。因此，本标准根据不同的检测器，对使用 FID 检测与使用 MS 检测的物种分别进行规定，其中气相色谱法自动监测系统 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差应在±20%范围内，气相色谱质谱联用法自动监测系统 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差应在±30%范围内。

表 55 校准曲线判定系数 R²

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.995	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.996	0.990
乙炔	0.999	0.999	0.997	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.996	0.997
乙烷	0.996	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998
丙烯	0.999	0.999	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
丙烷	0.999	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
异丁烷	0.998	0.999	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.999
正丁烷	0.998	0.999	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.990	0.998
异戊烷	0.995	0.998	0.999	0.997	0.999	0.999	0.998	0.999	0.991	0.998
正戊烷	0.993	0.999	0.999	0.997	0.999	0.999	0.997	0.999	0.668	0.994
异戊二烯	0.996	0.998	0.998	0.996	0.999	0.999	0.994	0.999	0.986	0.987
3-甲基戊烷	0.998	0.999	0.999	0.977	0.999	0.999	0.999	0.999	0.986	0.997
正己烷	0.997	0.998	0.998	0.988	0.999	0.999	0.998	0.998	0.983	0.984
2,4-二甲基戊烷	0.996	0.998	0.999	0.991	0.999	0.999	0.999	0.998	0.989	0.998
甲基环戊烷	0.996	0.998	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.984	0.990
苯	0.997	0.993	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.999
环己烷	0.996	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.984	0.992
2-甲基己烷	0.997	0.995	0.999	0.997	0.999	0.999	0.998	0.998	0.982	0.986
2,3-二甲基戊烷	0.998	0.997	0.999	0.996	0.999	0.999	0.999	0.999	0.997	0.997
3-甲基己烷	0.992	0.999	0.999	0.997	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	0.998
2,2,4-三甲基戊烷	0.999	0.997	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.996	0.997
正庚烷	0.995	0.997	0.999	0.997	0.999	0.999	0.998	0.998	0.995	0.993
甲基环己烷	0.998	0.998	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.991	0.993
2,3,4-三甲基戊烷	0.998	0.993	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.996	0.996
2-甲基庚烷	0.998	0.995	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.994	0.995
甲苯	0.997	0.997	0.996	0.998	0.998	0.998	0.999	0.998	0.982	0.986
3-甲基庚烷	0.999	0.993	0.998	0.996	0.999	0.999	0.999	0.998	0.953	0.995
正辛烷	0.994	0.994	0.996	0.992	0.999	0.998	0.999	0.998	0.992	0.995
乙苯	0.999	0.998	0.996	0.998	0.998	0.998	0.998	0.997	0.989	0.990
间/对-二甲苯	0.998	0.993	0.998	0.997	0.998	0.998	0.995	0.990	0.996	0.997
正壬烷	0.993	0.996	0.997	0.996	0.996	0.998	0.996	0.992	0.987	0.991
邻-二甲苯	0.998	0.972	0.998	0.997	0.998	0.998	0.998	0.997	0.989	0.983
异丙苯	0.998	0.994	0.998	0.997	0.998	0.998	0.997	0.997	0.989	0.980
正丙苯	0.997	0.991	0.996	0.996	0.998	0.997	0.996	0.998	0.939	0.985
邻-乙基甲苯	0.997	0.995	0.995	0.999	0.998	0.997	0.994	0.998	0.989	0.986
间-乙基甲苯	0.997	0.988	0.996	0.990	0.997	0.997	0.995	0.998	0.889	0.990
1,3,5-三甲苯	0.997	0.993	0.995	0.996	0.998	0.998	0.995	0.998	0.995	0.994
对-乙基甲苯	0.997	0.993	0.997	0.997	0.998	0.998	0.994	0.999	0.993	0.997
正癸烷	0.996	0.993	0.996	0.995	0.997	0.997	0.996	0.992	0.825	0.995
1,2,4-三甲苯	0.997	0.986	0.996	0.998	0.998	0.998	0.990	0.999	0.983	0.978
1,2,3-三甲苯	0.996	0.986	0.996	0.996	0.998	0.998	0.991	0.998	0.983	0.958
溴甲烷	0.995	0.992	0.999	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.991	0.999
二硫化碳	0.998	0.999	0.999	0.996	0.998	0.999	0.990	0.999	0.991	0.998
二氯甲烷	0.997	0.998	0.999	0.967	0.998	0.999	0.974	0.994	0.988	0.995
顺-1,2-二氯乙烯	0.991	0.999	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.914	0.997

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	0.997	0.998	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.989	0.999
反-1,2-二氯乙烯	0.997	0.999	0.999	0.952	0.999	0.999	0.999	0.999	0.990	0.999
乙酸乙酯	0.992	0.994	0.999	0.999	0.999	0.999	0.968	0.986	0.962	0.996
三氯甲烷	0.998	0.999	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.990	0.999
1,1,1-三氯乙烷	0.998	0.991	0.999	0.995	0.999	0.999	0.998	0.999	0.995	0.985
四氯化碳	0.999	0.999	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.997
三氯乙烯	0.998	0.992	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
1,2-二氯丙烷	0.998	0.999	0.997	0.988	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.996
甲基丙烯酸甲酯	0.997	0.996	0.998	0.997	0.999	0.999	0.977	0.993	0.981	0.988
一溴二氯甲烷	0.998	0.989	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.997
反-1,3-二氯丙烯	0.996	0.994	0.998	0.995	0.998	0.997	0.996	0.999	0.949	0.997
1,1,2-三氯乙烷	0.997	0.998	0.997	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.998	0.998
二溴一氯甲烷	0.999	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.995	0.999
四氯乙烯	0.999	0.993	0.998	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999
1,2-二溴乙烷	0.998	0.997	0.528	0.556	0.998	0.998	0.999	0.999	0.993	0.999
氯苯	0.999	0.997	0.997	0.996	0.999	0.998	0.997	0.995	0.998	0.999
三溴甲烷	0.997	0.997	0.998	0.997	0.998	0.997	0.999	0.999	0.997	0.999
四氯乙烷	0.994	0.996	0.996	0.997	0.998	0.997	0.993	0.997	0.998	0.996
1,3-二氯苯	0.997	0.996	0.995	0.996	0.998	0.998	0.996	0.997	0.997	0.999
1,4-二氯苯	0.997	0.992	0.996	0.995	0.998	0.998	0.995	0.997	0.996	0.944
1,2-二氯苯	0.997	0.983	0.995	0.996	0.998	0.998	0.997	0.996	0.998	0.999

表 56 含零点强制过零算法下 0.5 nmol/mol 相对误差

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	±20% 占比	±30% 占比
乙烯	-7%	1%	-9%	-6%	21%	11%	19%	8%	5%	41%	80%	90%
乙炔	3%	-9%	-13%	-18%	11%	2%	6%	3%	55%	28%	80%	90%
乙烷	-10%	-5%	-8%	-10%	4%	3%	10%	11%	9%	-9%	100%	100%
丙烯	-9%	-7%	-14%	-2%	4%	2%	10%	6%	-2%	2%	100%	100%
丙烷	-7%	-7%	-12%	-7%	3%	0%	10%	10%	8%	-6%	100%	100%
异丁烷	-10%	-6%	-14%	-13%	0%	-3%	11%	7%	4%	-9%	100%	100%
正丁烷	-7%	0%	3%	-22%	2%	-1%	18%	13%	10%	4%	90%	100%
异戊烷	-20%	-12%	10%	-13%	1%	-4%	-2%	1%	16%	-10%	90%	100%
正戊烷	-25%	-5%	2%	-11%	3%	0%	7%	7%	92%	-14%	80%	90%
异戊二烯	-18%	-14%	-12%	-10%	-6%	-3%	-4%	-1%	-20%	-25%	80%	100%
3-甲基戊烷	-14%	-8%	-7%	4%	-4%	-1%	-4%	-5%	-23%	-23%	80%	100%
正己烷	-16%	-11%	-22%	-4%	-3%	-5%	-18%	-23%	-34%	-29%	60%	90%
2,4-二甲基戊烷	-24%	-5%	-16%	-6%	-10%	-1%	-24%	-40%	-18%	-17%	70%	90%
甲基环戊烷	-16%	-15%	-19%	-5%	-1%	-4%	-20%	-23%	-33%	-29%	60%	90%
苯	-16%	-9%	-5%	-11%	2%	1%	-8%	-13%	0%	-2%	100%	100%
环己烷	-20%	-7%	-10%	-7%	-5%	1%	-14%	-18%	-36%	-30%	80%	90%
2-甲基己烷	-22%	-25%	-25%	-13%	-15%	-3%	-27%	-35%	-32%	-31%	30%	70%
2,3-二甲基戊烷	-14%	-12%	-13%	-7%	-5%	3%	-13%	-12%	-34%	-29%	80%	90%
3-甲基己烷	-29%	-12%	-14%	-7%	-6%	-4%	-24%	-24%	-23%	-22%	50%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	-5%	-5%	-18%	-9%	-3%	-10%	-23%	-28%	-27%	-25%	60%	100%
正庚烷	-24%	-13%	-17%	-20%	-9%	-5%	-29%	-36%	-26%	-30%	40%	90%
甲基环己烷	-17%	-12%	5%	-17%	-16%	-10%	-24%	-36%	-32%	-32%	60%	70%
2,3,4-三甲基戊烷	-9%	-12%	-22%	-9%	-14%	-7%	-17%	-25%	-22%	-24%	60%	100%
2-甲基庚烷	-11%	-3%	-19%	-15%	-13%	-7%	-26%	-30%	-31%	-32%	60%	80%
甲苯	-19%	-2%	-9%	-15%	-2%	-6%	-9%	-20%	-31%	-23%	80%	90%
3-甲基庚烷	-1%	1%	-21%	-17%	-7%	-4%	-14%	-16%	-32%	-34%	70%	80%
正辛烷	-30%	1%	-16%	8%	4%	0%	-24%	-24%	-38%	-36%	50%	80%
乙苯	-13%	-9%	-1%	-4%	-8%	-9%	-20%	-24%	-41%	-26%	70%	90%
间/对-二甲苯	-17%	-5%	-11%	5%	10%	-2%	-8%	16%	-46%	-34%	80%	80%
正壬烷	-24%	1%	-6%	3%	26%	0%	-16%	4%	-59%	-43%	60%	80%
邻-二甲苯	-16%	-19%	-14%	-5%	-12%	-11%	-35%	-41%	-43%	-37%	60%	60%
异丙苯	-21%	-20%	-25%	-8%	-20%	-10%	-51%	-52%	-46%	-40%	30%	60%
正丙苯	-23%	-17%	-13%	3%	-15%	-12%	-43%	-39%	-46%	-39%	50%	60%
邻-乙基甲苯	-17%	-26%	-10%	-5%	-17%	-9%	-25%	-21%	-44%	-41%	50%	80%
间-乙基甲苯	-20%	-26%	-2%	-5%	-13%	-7%	-27%	-17%	-68%	-40%	50%	80%
1,3,5-三甲苯	-9%	-26%	-7%	3%	-3%	-3%	7%	36%	-43%	-41%	60%	70%
对-乙基甲苯	-20%	-23%	2%	-1%	-4%	-4%	-14%	14%	-49%	-43%	60%	80%
正癸烷	35%	-14%	-8%	-7%	1%	-7%	16%	27%	-53%	-59%	60%	70%
1,2,4-三甲苯	-4%	-26%	-17%	-3%	-18%	-9%	-11%	-18%	-52%	-51%	70%	80%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	±20% 占比	±30% 占比
1,2,3-三甲苯	0%	-17%	-19%	-1%	-13%	-7%	7%	0%	-42%	-47%	80%	80%
溴甲烷	-19%	-31%	6%	-9%	9%	1%	5%	10%	6%	-2%	90%	90%
二硫化碳	-9%	-5%	2%	11%	-3%	4%	3%	7%	20%	22%	90%	100%
二氯甲烷	-7%	7%	-12%	21%	22%	21%	48%	50%	6%	6%	50%	80%
顺-1,2-二氯乙烯	-38%	-6%	-5%	-10%	0%	1%	-8%	-12%	-6%	-19%	90%	90%
1,1-二氯乙烷	-9%	-8%	2%	-7%	3%	-2%	-10%	-2%	-14%	-7%	100%	100%
反-1,2-二氯乙烯	-15%	-6%	-17%	19%	4%	-2%	-8%	1%	-12%	-13%	100%	100%
乙酸乙酯	-33%	-10%	-5%	-12%	-13%	-6%	39%	6%	-38%	-22%	60%	70%
三氯甲烷	-15%	-20%	3%	-9%	5%	4%	0%	9%	-4%	-4%	100%	100%
1,1,1-三氯乙烷	-14%	-23%	-1%	-32%	3%	-1%	-15%	-3%	-26%	-31%	60%	80%
四氯化碳	-4%	-17%	-3%	-15%	4%	-1%	0%	8%	-1%	0%	100%	100%
三氯乙烯	-18%	-6%	-11%	-4%	-2%	-5%	-2%	-6%	2%	-2%	100%	100%
1,2-二氯丙烷	-14%	-15%	-22%	-5%	3%	-6%	-5%	4%	-19%	-13%	90%	100%
甲基丙烯酸甲酯	-22%	-26%	-15%	2%	-9%	-11%	16%	4%	-52%	-29%	60%	90%
一溴二氯甲烷	-19%	-20%	-3%	-10%	-1%	-5%	-3%	10%	-5%	-3%	100%	100%
反-1,3-二氯丙烯	-24%	-18%	-12%	-18%	-13%	-11%	-32%	-15%	-40%	-30%	60%	80%
1,1,2-三氯乙烷	-25%	2%	-1%	-2%	6%	-2%	-1%	7%	-18%	-13%	90%	100%
二溴一氯甲烷	-19%	-9%	-9%	-7%	0%	-8%	0%	7%	-31%	-22%	80%	90%
四氯乙烷	-8%	2%	-1%	-23%	-1%	-3%	9%	3%	-11%	-15%	90%	100%
1,2-二溴乙烷	-17%	-8%	32%	44%	-1%	-2%	-5%	-1%	-33%	-21%	60%	70%
氯苯	-3%	-3%	4%	13%	2%	1%	5%	15%	-18%	-11%	100%	100%
三溴甲烷	-24%	-32%	-16%	-11%	-8%	-12%	-8%	6%	-20%	-18%	70%	90%
四氯乙烷	-27%	-12%	8%	2%	-1%	-5%	9%	45%	-18%	-13%	80%	90%
1,3-二氯苯	-23%	-16%	-9%	-2%	-4%	-4%	-22%	0%	-18%	-24%	70%	100%
1,4-二氯苯	-22%	-20%	-6%	5%	-8%	-6%	-18%	-4%	-24%	-33%	70%	90%
1,2-二氯苯	-22%	-20%	-8%	-1%	-1%	-2%	-7%	37%	-20%	-28%	60%	90%

表 57 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差（厂家 2）（清单内）

厂家	厂家 2_1									厂家 2_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔
乙烯	51%	45%	56%	-7%	-5%	-9%	-7%	-5%	-9%	-3%	0%	-6%	1%	8%	-6%	1%	8%	-6%
乙炔	8%	12%	5%	3%	12%	-6%	3%	12%	-6%	16%	15%	17%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%
乙烷	42%	39%	45%	-10%	-9%	-10%	-10%	-9%	-10%	17%	18%	16%	-5%	-3%	-7%	-5%	-3%	-7%
丙烯	6%	1%	11%	-9%	-13%	-5%	-9%	-13%	-5%	14%	14%	14%	-7%	-8%	-5%	-7%	-8%	-5%
丙烷	6%	4%	8%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	8%	7%	10%	-7%	-6%	-8%	-7%	-6%	-8%
异丁烷	18%	8%	27%	-10%	-15%	-6%	-10%	-15%	-6%	8%	4%	12%	-6%	-8%	-5%	-6%	-8%	-5%
正丁烷	21%	10%	31%	-7%	-7%	-6%	-7%	-7%	-6%	4%	3%	5%	0%	0%	-1%	0%	0%	-1%
异戊烷	45%	41%	49%	-20%	-22%	-18%	-20%	-22%	-18%	13%	7%	19%	-12%	-11%	-13%	-12%	-11%	-13%
正戊烷	48%	48%	48%	-25%	-27%	-22%	-25%	-27%	-22%	12%	10%	15%	-5%	-6%	-4%	-5%	-6%	-4%
异戊二烯	36%	36%	35%	-18%	-21%	-15%	-18%	-21%	-15%	20%	18%	22%	-14%	-15%	-14%	-14%	-15%	-14%
3-甲基戊烷	18%	14%	22%	-14%	-19%	-10%	-14%	-19%	-10%	-4%	2%	-10%	-8%	-9%	-7%	-8%	-9%	-7%
正己烷	20%	14%	26%	-16%	-21%	-12%	-16%	-21%	-12%	14%	8%	19%	-11%	-10%	-11%	-11%	-10%	-11%
2,4-二甲基戊烷	35%	32%	38%	-24%	-27%	-21%	-24%	-27%	-21%	2%	10%	-6%	-5%	-6%	-3%	-5%	-6%	-3%
甲基环戊烷	33%	30%	36%	-16%	-20%	-13%	-16%	-20%	-13%	16%	22%	10%	-15%	-17%	-14%	-15%	-17%	-14%
苯	34%	33%	35%	-16%	-20%	-12%	-16%	-20%	-12%	3%	-5%	5%	-9%	-4%	-13%	-9%	-4%	-13%
环己烷	33%	33%	34%	-20%	-22%	-17%	-20%	-22%	-17%	-3%	5%	-11%	-7%	-10%	-4%	-7%	-10%	-4%
2-甲基己烷	22%	19%	24%	-22%	-24%	-19%	-22%	-24%	-19%	15%	12%	18%	-25%	-34%	-17%	-25%	-34%	-17%
2,3-二甲基戊烷	14%	8%	20%	-14%	-18%	-10%	-14%	-18%	-10%	7%	19%	-5%	-12%	-14%	-10%	-12%	-14%	-10%
3-甲基己烷	52%	48%	56%	-29%	-32%	-26%	-29%	-32%	-26%	3%	9%	-3%	-12%	-14%	-10%	-12%	-14%	-10%
2,2,4-三甲基戊烷	9%	3%	14%	-5%	-8%	-1%	-5%	-8%	-1%	-7%	-9%	-9%	-5%	2%	-11%	-5%	2%	-11%
正庚烷	42%	37%	46%	-24%	-27%	-22%	-24%	-27%	-22%	-1%	-9%	1%	-13%	-18%	-8%	-13%	-18%	-8%
甲基环己烷	24%	24%	25%	-17%	-19%	-15%	-17%	-19%	-15%	-18%	-18%	-19%	-12%	-11%	-13%	-12%	-11%	-13%
2,3,4-三甲基戊烷	26%	18%	33%	-9%	-12%	-6%	-9%	-12%	-6%	16%	8%	22%	-12%	-9%	-15%	-12%	-9%	-15%
2-甲基庚烷	22%	15%	29%	-11%	-13%	-9%	-11%	-13%	-9%	9%	21%	-5%	-3%	3%	-8%	-3%	3%	-8%
甲苯	19%	21%	17%	-19%	-23%	-14%	-19%	-23%	-14%	5%	63%	-67%	-2%	-10%	7%	-2%	-10%	7%

厂家	厂家 2_1									厂家 2_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
3-甲基庚烷	2%	-7%	11%	-1%	-5%	2%	-1%	-5%	2%	-4%	-5%	-6%	1%	8%	-5%	1%	8%	-5%
正辛烷	42%	38%	46%	-30%	-33%	-26%	-30%	-33%	-26%	-12%	25%	-63%	1%	-7%	10%	1%	-7%	10%
乙苯	6%	3%	9%	-13%	-16%	-8%	-13%	-16%	-8%	6%	17%	-7%	-9%	-12%	-6%	-9%	-12%	-6%
间/对-二甲苯	22%	15%	29%	-17%	-21%	-12%	-17%	-21%	-12%	2%	13%	-19%	-5%	-12%	2%	-5%	-12%	2%
正壬烷	57%	55%	59%	-24%	-30%	-19%	-24%	-30%	-19%	-7%	12%	-37%	1%	-5%	7%	1%	-5%	7%
邻-二甲苯	7%	0%	13%	-16%	-21%	-11%	-16%	-21%	-11%	-29%	2%	-77%	-19%	-34%	-2%	-19%	-34%	-2%
异丙苯	9%	4%	14%	-21%	-26%	-17%	-21%	-26%	-17%	21%	25%	14%	-20%	-28%	-14%	-20%	-28%	-14%
正丙苯	10%	6%	14%	-23%	-28%	-17%	-23%	-28%	-17%	24%	50%	-6%	-17%	-16%	-19%	-17%	-16%	-19%
邻-乙基甲苯	22%	17%	27%	-17%	-23%	-12%	-17%	-23%	-12%	1%	27%	-29%	-26%	-24%	-27%	-26%	-24%	-27%
间-乙基甲苯	14%	7%	21%	-20%	-26%	-15%	-20%	-26%	-15%	-25%	-43%	-12%	-26%	-19%	-31%	-26%	-19%	-31%
1,3,5-三甲苯	19%	13%	26%	-9%	-15%	-2%	-9%	-15%	-2%	-19%	32%	-81%	-26%	-26%	-25%	-26%	-26%	-25%
对-乙基甲苯	19%	15%	24%	-20%	-25%	-15%	-20%	-25%	-15%	-1%	16%	-20%	-23%	-17%	-27%	-23%	-17%	-27%
正癸烷	24%	20%	27%	35%	27%	44%	35%	27%	44%	-1%	20%	-23%	-16%	-13%	-16%	-14%	-13%	-16%
1,2,4-三甲苯	21%	14%	28%	-4%	-10%	2%	-4%	-10%	2%	-64%	-132%	-7%	-26%	-28%	-23%	-26%	-28%	-23%
1,2,3-三甲苯	10%	2%	18%	0%	-7%	6%	0%	-7%	6%	-19%	-9%	-31%	-17%	-23%	-12%	-17%	-23%	-12%
溴甲烷	37%	39%	36%	-19%	-20%	-17%	-19%	-20%	-17%	50%	53%	47%	-31%	-33%	-28%	-31%	-33%	-28%
二硫化碳	25%	22%	28%	-9%	-12%	-5%	-9%	-12%	-5%	7%	9%	5%	-5%	-3%	-7%	-5%	-3%	-7%
二氯甲烷	30%	28%	32%	-7%	-11%	-3%	-7%	-11%	-3%	15%	11%	18%	7%	9%	6%	7%	9%	6%
顺-1,2-二氯乙烯	56%	58%	54%	-38%	-42%	-35%	-38%	-42%	-35%	2%	13%	-8%	-6%	-8%	-4%	-6%	-8%	-4%
1,1-二氯乙烷	28%	20%	36%	-9%	-11%	-6%	-9%	-11%	-6%	14%	7%	20%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%
反-1,2-二氯乙烯	28%	24%	31%	-15%	-16%	-13%	-15%	-16%	-13%	-2%	5%	-7%	-6%	-7%	-5%	-6%	-7%	-5%
乙酸乙酯	47%	49%	45%	-33%	-37%	-28%	-33%	-37%	-28%	-26%	-1%	-56%	-8%	-14%	-6%	-10%	-14%	-6%
三氯甲烷	22%	22%	22%	-15%	-18%	-12%	-15%	-18%	-12%	-1%	1%	-3%	-20%	-36%	-5%	-20%	-36%	-5%
1,1,1-三氯乙烷	20%	22%	19%	-14%	-17%	-10%	-14%	-17%	-10%	31%	46%	16%	-23%	-28%	-18%	-23%	-28%	-18%
四氯化碳	-9%	-13%	-6%	-4%	-8%	-1%	-4%	-8%	-1%	0%	6%	-5%	-17%	-16%	-18%	-17%	-16%	-18%
三氯乙烯	19%	17%	20%	-18%	-21%	-15%	-18%	-21%	-15%	1%	-26%	21%	-6%	-4%	-8%	-6%	-4%	-8%

厂家	厂家 2_1									厂家 2_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
1,2-二氯丙烷	23%	17%	30%	-14%	-17%	-11%	-14%	-17%	-11%	-4%	-2%	-9%	-15%	-14%	-15%	-15%	-14%	-15%
甲基丙烯酸甲酯	31%	26%	37%	-22%	-27%	-18%	-22%	-27%	-18%	6%	5%	5%	-26%	-25%	-26%	-26%	-25%	-26%
一溴二氯甲烷	21%	23%	19%	-19%	-22%	-16%	-19%	-22%	-16%	26%	13%	40%	-20%	-14%	-24%	-20%	-14%	-24%
反-1,3-二氯丙烯	35%	35%	35%	-24%	-28%	-20%	-24%	-28%	-20%	38%	48%	24%	-18%	-15%	-20%	-18%	-15%	-20%
1,1,2-三氯乙烷	24%	24%	24%	-25%	-29%	-21%	-25%	-29%	-21%	22%	72%	-48%	2%	-10%	15%	2%	-10%	15%
二溴一氯甲烷	7%	5%	10%	-19%	-24%	-14%	-19%	-24%	-14%	-24%	45%	-106%	-9%	-24%	7%	-9%	-24%	7%
四氯乙烯	-5%	-8%	-2%	-8%	-12%	-3%	-8%	-12%	-3%	42%	98%	-34%	2%	-10%	15%	2%	-10%	15%
1,2-二溴乙烷	13%	12%	14%	-17%	-22%	-12%	-17%	-22%	-12%	-17%	31%	-75%	-8%	-18%	4%	-8%	-18%	4%
氯苯	-9%	-13%	-4%	-3%	-7%	2%	-3%	-7%	2%	5%	21%	-9%	-3%	-8%	2%	-3%	-8%	2%
三溴甲烷	21%	19%	23%	-24%	-29%	-18%	-24%	-29%	-18%	-10%	23%	-57%	-32%	-44%	-20%	-32%	-44%	-20%
四氯乙烷	34%	32%	35%	-27%	-32%	-22%	-27%	-32%	-22%	4%	2%	3%	-12%	-17%	-8%	-12%	-17%	-8%
1,3-二氯苯	11%	8%	15%	-23%	-28%	-19%	-23%	-28%	-19%	-23%	-10%	-38%	-16%	-21%	-13%	-16%	-21%	-13%
1,4-二氯苯	13%	11%	15%	-22%	-27%	-17%	-22%	-27%	-17%	-15%	-6%	-27%	-20%	-28%	-13%	-20%	-28%	-13%
1,2-二氯苯	14%	11%	17%	-22%	-26%	-16%	-22%	-26%	-16%	-8%	-6%	-9%	-20%	-24%	-16%	-20%	-24%	-16%

表 58 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差（厂家 3）（清单内）

厂家	厂家 3_1									厂家 3_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔
乙烯	36%	39%	33%	-9%	-8%	-9%	-9%	-8%	-9%	14%	13%	15%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%
乙炔	32%	33%	31%	-13%	-12%	-13%	-13%	-12%	-13%	32%	31%	33%	-18%	-17%	-18%	-18%	-17%	-18%
乙烷	37%	39%	36%	-8%	-6%	-10%	-8%	-6%	-10%	17%	13%	20%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
丙烯	33%	35%	31%	-14%	-13%	-15%	-14%	-13%	-15%	20%	21%	20%	-2%	-3%	-1%	-2%	-3%	-1%
丙烷	34%	35%	33%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	11%	13%	8%	-7%	-7%	-8%	-7%	-7%	-8%
异丁烷	15%	28%	2%	-14%	-16%	-13%	-14%	-16%	-13%	16%	25%	6%	-13%	-15%	-11%	-13%	-15%	-11%
正丁烷	12%	23%	0%	3%	2%	5%	3%	2%	5%	11%	4%	18%	-22%	-23%	-22%	-22%	-23%	-22%
异戊烷	8%	19%	-2%	10%	9%	11%	10%	9%	11%	16%	11%	21%	-13%	-14%	-12%	-13%	-14%	-12%
正戊烷	4%	14%	-6%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	23%	21%	25%	-11%	-11%	-12%	-11%	-11%	-12%
异戊二烯	18%	26%	11%	-12%	-12%	-11%	-12%	-12%	-11%	26%	21%	29%	-10%	-7%	-12%	-10%	-7%	-12%
3-甲基戊烷	14%	23%	6%	-7%	-6%	-7%	-7%	-6%	-7%	-52%	-1%	-110%	4%	0%	8%	4%	0%	8%
正己烷	11%	18%	3%	-22%	-23%	-21%	-22%	-23%	-21%	-51%	-47%	-54%	-4%	-6%	-2%	-4%	-6%	-2%
2,4-二甲基戊烷	6%	14%	-2%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-44%	-37%	-51%	-6%	-6%	-7%	-6%	-6%	-7%
甲基环戊烷	2%	8%	-3%	-19%	-20%	-18%	-19%	-20%	-18%	-5%	-4%	-5%	-5%	-3%	-6%	-5%	-3%	-6%
苯	3%	0%	5%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%	-5%	20%	17%	24%	-11%	-11%	-12%	-11%	-11%	-12%
环己烷	4%	7%	2%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	13%	6%	20%	-7%	-6%	-8%	-7%	-6%	-8%
2-甲基己烷	6%	4%	8%	-25%	-25%	-24%	-25%	-25%	-24%	-5%	-2%	-9%	-13%	-12%	-15%	-13%	-12%	-15%
2,3-二甲基戊烷	12%	12%	11%	-13%	-13%	-14%	-13%	-13%	-14%	-20%	-31%	-10%	-7%	-5%	-10%	-7%	-5%	-10%
3-甲基己烷	2%	-2%	7%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-14%	-16%	-24%	-8%	-7%	-7%	-8%	-7%	-7%	-8%
2,2,4-三甲基戊烷	-2%	-5%	1%	-18%	-18%	-17%	-18%	-18%	-17%	-17%	-25%	-10%	-9%	-8%	-11%	-9%	-8%	-11%
正庚烷	-3%	-5%	-2%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	2%	-1%	5%	-20%	-18%	-22%	-20%	-18%	-22%
甲基环己烷	-14%	-19%	-9%	5%	7%	3%	5%	7%	3%	2%	7%	-4%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%
2,3,4-三甲基戊烷	-13%	-19%	-6%	-22%	-20%	-24%	-22%	-20%	-24%	-18%	-18%	-17%	-9%	-10%	-8%	-9%	-10%	-8%
2-甲基庚烷	-9%	-15%	-3%	-19%	-17%	-20%	-19%	-17%	-20%	-5%	0%	-11%	-15%	-16%	-14%	-15%	-16%	-14%
甲苯	-10%	-19%	-1%	-9%	-7%	-10%	-9%	-7%	-10%	-11%	-6%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%

厂家	厂家 3_1									厂家 3_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
3-甲基庚烷	-7%	-12%	-3%	-21%	-19%	-23%	-21%	-19%	-23%	-8%	-6%	-10%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%
正辛烷	-12%	-21%	-4%	-16%	-15%	-18%	-16%	-15%	-18%	-40%	-37%	-42%	8%	9%	7%	8%	9%	7%
乙苯	-26%	-26%	-26%	-1%	0%	-3%	-1%	0%	-3%	-11%	-16%	-6%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%
间/对-二甲苯	-4%	-7%	-1%	-11%	-10%	-12%	-11%	-10%	-12%	-23%	-31%	-15%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
正壬烷	-7%	-7%	-7%	-6%	-4%	-8%	-6%	-4%	-8%	-20%	-28%	-13%	3%	5%	1%	3%	5%	1%
邻-二甲苯	-12%	-20%	-6%	-14%	-11%	-17%	-14%	-11%	-17%	-17%	-25%	-9%	-5%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%
异丙苯	-3%	-6%	0%	-25%	-24%	-27%	-25%	-24%	-27%	-16%	-27%	-7%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%
正丙苯	-11%	-15%	-6%	-13%	-12%	-15%	-13%	-12%	-15%	-13%	-13%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
邻-乙基甲苯	-26%	-34%	-19%	-10%	-9%	-11%	-10%	-9%	-11%	1%	-6%	7%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%	-5%
间-乙基甲苯	-8%	-27%	11%	-2%	2%	-6%	-2%	2%	-6%	-35%	-66%	-6%	-5%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%
1,3,5-三甲苯	-7%	-10%	-5%	-7%	-6%	-9%	-7%	-6%	-9%	-20%	-16%	-25%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
对-乙基甲苯	-25%	-45%	-5%	2%	5%	0%	2%	5%	0%	-4%	-16%	7%	-1%	5%	-7%	-1%	5%	-7%
正癸烷	-18%	-24%	-13%	-8%	-6%	-9%	-8%	-6%	-9%	-16%	-15%	-17%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%
1,2,4-三甲苯	-19%	-22%	-15%	-17%	-16%	-18%	-17%	-16%	-18%	-8%	1%	-17%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
1,2,3-三甲苯	-14%	-23%	-5%	-19%	-18%	-20%	-19%	-18%	-20%	-14%	-6%	-22%	-1%	-3%	2%	-1%	-3%	2%
溴甲烷	13%	24%	2%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	11%	3%	18%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%
二硫化碳	9%	14%	4%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	31%	29%	33%	11%	13%	9%	11%	13%	9%
二氯甲烷	8%	12%	4%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-53%	-39%	-67%	21%	23%	20%	21%	23%	20%
顺-1,2-二氯乙烯	5%	14%	-4%	-5%	-7%	-2%	-5%	-7%	-2%	-1%	-1%	-1%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
1,1-二氯乙烷	0%	11%	-11%	2%	1%	2%	2%	1%	2%	-3%	0%	-6%	-7%	-6%	-8%	-7%	-6%	-8%
反-1,2-二氯乙烯	11%	20%	3%	-17%	-17%	-18%	-17%	-17%	-18%	-99%	-32%	-179%	19%	16%	22%	19%	16%	22%
乙酸乙酯	12%	14%	10%	-5%	-6%	-5%	-5%	-6%	-5%	-3%	0%	-7%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%
三氯甲烷	0%	-7%	6%	3%	3%	2%	3%	3%	2%	24%	13%	35%	-9%	-7%	-12%	-9%	-7%	-12%
1,1,1-三氯乙烷	5%	3%	7%	-1%	-1%	0%	-1%	-1%	0%	22%	21%	23%	-32%	-32%	-31%	-32%	-32%	-31%
四氯化碳	6%	7%	6%	-3%	-3%	-2%	-3%	-3%	-2%	25%	21%	28%	-15%	-16%	-15%	-15%	-16%	-15%
三氯乙烯	-7%	-9%	-5%	-11%	-9%	-13%	-11%	-9%	-13%	-5%	2%	-12%	-4%	-8%	-1%	-4%	-8%	-1%
1,2-二氯丙烷	-2%	-9%	4%	-22%	-19%	-26%	-22%	-19%	-26%	-47%	-44%	-51%	-5%	-6%	-4%	-5%	-6%	-4%

厂家	厂家 3_1									厂家 3_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
甲基丙烯酸甲酯	-3%	-4%	-2%	-15%	-14%	-16%	-15%	-14%	-16%	-19%	-15%	-22%	2%	1%	2%	2%	1%	2%
一溴二氯甲烷	-6%	-13%	0%	-3%	0%	-5%	-3%	0%	-5%	9%	5%	13%	-10%	-12%	-9%	-10%	-12%	-9%
反-1,3-二氯丙烯	-3%	-5%	-1%	-12%	-10%	-14%	-12%	-10%	-14%	-2%	-2%	-2%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%
1,1,2-三氯乙烷	-15%	-16%	-13%	-1%	1%	-2%	-1%	1%	-2%	-7%	-6%	-9%	-2%	-4%	0%	-2%	-4%	0%
二溴一氯甲烷	-6%	-9%	-2%	-9%	-7%	-11%	-9%	-7%	-11%	3%	3%	4%	-7%	-5%	-10%	-7%	-5%	-10%
四氯乙烯	-12%	-17%	-7%	-1%	2%	-4%	-1%	2%	-4%	11%	13%	8%	-23%	-24%	-23%	-23%	-24%	-23%
1,2-二溴乙烷	-8%	-8%	-7%	-9%	-8%	-11%	32%	34%	30%	-12%	-7%	-16%	-1%	-2%	0%	44%	43%	45%
氯苯	-10%	-11%	-10%	4%	5%	2%	4%	5%	2%	-25%	-31%	-18%	13%	15%	12%	13%	15%	12%
三溴甲烷	5%	2%	8%	-16%	-14%	-17%	-16%	-14%	-17%	-4%	-15%	6%	-11%	-9%	-12%	-11%	-9%	-12%
四氯乙烷	-16%	-19%	-13%	8%	11%	5%	8%	11%	5%	-8%	-4%	-12%	2%	2%	3%	2%	2%	3%
1,3-二氯苯	-10%	-22%	1%	-9%	-8%	-11%	-9%	-8%	-11%	0%	4%	-3%	-2%	-1%	-2%	-2%	-1%	-2%
1,4-二氯苯	-11%	-22%	0%	-6%	-4%	-7%	-6%	-4%	-7%	-12%	-11%	-13%	5%	4%	7%	5%	4%	7%
1,2-二氯苯	-11%	-18%	-3%	-8%	-9%	-7%	-8%	-9%	-7%	2%	6%	-3%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%

表 59 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差（厂家 4）（清单内）

厂家	厂家 4_1								厂家 4_2									
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			
笔数	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔			
乙烯	6%	5%	7%	21%	20%	21%	21%	20%	21%	10%	13%	8%	11%	14%	8%	11%	14%	8%
乙炔	3%	3%	3%	11%	10%	12%	11%	10%	12%	4%	6%	2%	2%	5%	0%	2%	5%	0%
乙烷	9%	9%	9%	4%	3%	4%	4%	3%	4%	12%	12%	12%	3%	1%	6%	3%	1%	6%
丙烯	9%	10%	8%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	13%	14%	12%	2%	1%	3%	2%	1%	3%
丙烷	9%	9%	9%	3%	2%	3%	3%	2%	3%	15%	16%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
异丁烷	10%	10%	11%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	16%	18%	15%	-3%	-2%	-4%	-3%	-2%	-4%
正丁烷	11%	11%	10%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	18%	19%	17%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
异戊烷	11%	12%	11%	1%	1%	0%	1%	1%	0%	16%	17%	16%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%
正戊烷	13%	13%	12%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	19%	20%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
异戊二烯	7%	1%	29%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	3%	5%	0%	-3%	-2%	-3%	-3%	-2%	-3%
3-甲基戊烷	-5%	-9%	13%	-4%	-3%	-5%	-4%	-3%	-5%	3%	6%	0%	-1%	0%	-2%	-1%	0%	-2%
正己烷	-7%	-7%	-1%	-3%	-2%	-4%	-3%	-2%	-4%	7%	11%	4%	-5%	-4%	-6%	-5%	-4%	-6%
2,4-二甲基戊烷	-3%	-5%	10%	-10%	-10%	-11%	-10%	-10%	-11%	3%	6%	-1%	-1%	0%	-2%	-1%	0%	-2%
甲基环戊烷	-4%	-4%	0%	-1%	0%	-2%	-1%	0%	-2%	7%	10%	4%	-4%	-3%	-5%	-4%	-3%	-5%
苯	2%	1%	5%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	6%	11%	2%	1%	2%	1%	1%	2%	1%
环己烷	0%	1%	5%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%	-5%	-2%	2%	-6%	1%	1%	0%	1%	1%	0%
2-甲基己烷	1%	4%	-4%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	1%	4%	-3%	-3%	-2%	-4%	-3%	-2%	-4%
2,3-二甲基戊烷	4%	4%	8%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-2%	2%	-6%	3%	4%	1%	3%	4%	1%
3-甲基己烷	3%	0%	12%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	8%	14%	2%	-4%	-3%	-4%	-4%	-3%	-4%
2,2,4-三甲基戊烷	-4%	-9%	13%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	13%	18%	8%	-10%	-9%	-11%	-10%	-9%	-11%
正庚烷	2%	3%	-2%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	9%	14%	5%	-5%	-4%	-6%	-5%	-4%	-6%
甲基环己烷	-2%	-2%	0%	-16%	-17%	-16%	-16%	-17%	-16%	4%	9%	-2%	-10%	-10%	-11%	-10%	-10%	-11%
2,3,4-三甲基戊烷	3%	2%	9%	-14%	-14%	-13%	-14%	-14%	-13%	7%	12%	2%	-7%	-7%	-8%	-7%	-7%	-8%
2-甲基庚烷	-1%	2%	-9%	-13%	-14%	-13%	-13%	-14%	-13%	7%	12%	2%	-7%	-6%	-7%	-7%	-6%	-7%
甲苯	3%	4%	1%	-2%	-1%	-3%	-2%	-1%	-3%	19%	24%	13%	-6%	-5%	-6%	-5%	-6%	-6%

厂家	厂家 4_1									厂家 4_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
3-甲基庚烷	-3%	-1%	-9%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	7%	12%	2%	-4%	-3%	-4%	-4%	-3%	-4%	
正辛烷	5%	8%	-2%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	16%	22%	10%	0%	1%	0%	0%	1%	0%
乙苯	-3%	0%	-9%	-8%	-8%	-7%	-8%	-8%	-7%	16%	21%	11%	-9%	-9%	-8%	-9%	-9%	-8%
间/对-二甲苯	-3%	-5%	2%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	15%	21%	9%	-2%	-3%	-2%	-2%	-3%	-2%
正壬烷	-15%	-9%	-28%	26%	26%	26%	26%	26%	26%	22%	28%	15%	0%	-1%	0%	0%	-1%	0%
邻-二甲苯	-3%	0%	-12%	-12%	-13%	-11%	-12%	-13%	-11%	17%	22%	11%	-11%	-12%	-10%	-11%	-12%	-10%
异丙苯	8%	11%	2%	-20%	-22%	-18%	-20%	-22%	-18%	15%	20%	9%	-10%	-11%	-9%	-10%	-11%	-9%
正丙苯	6%	10%	-3%	-15%	-17%	-13%	-15%	-17%	-13%	19%	25%	12%	-12%	-13%	-12%	-12%	-13%	-12%
邻-乙基甲苯	11%	14%	4%	-17%	-19%	-16%	-17%	-19%	-16%	16%	23%	9%	-9%	-10%	-8%	-9%	-10%	-8%
间-乙基甲苯	9%	10%	6%	-13%	-15%	-11%	-13%	-15%	-11%	16%	23%	9%	-7%	-8%	-6%	-7%	-8%	-6%
1,3,5-三甲苯	12%	13%	8%	-3%	-5%	-1%	-3%	-5%	-1%	16%	23%	9%	-3%	-4%	-3%	-3%	-4%	-3%
对-乙基甲苯	9%	15%	-1%	-4%	-6%	-2%	-4%	-6%	-2%	15%	23%	8%	-4%	-5%	-3%	-4%	-5%	-3%
正癸烷	5%	11%	-7%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	26%	34%	17%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%
1,2,4-三甲苯	12%	16%	2%	-18%	-20%	-16%	-18%	-20%	-16%	10%	18%	2%	-9%	-10%	-8%	-9%	-10%	-8%
1,2,3-三甲苯	8%	11%	1%	-13%	-14%	-12%	-13%	-14%	-12%	14%	22%	6%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%
溴甲烷	-7%	-22%	38%	9%	10%	8%	9%	10%	8%	6%	9%	4%	1%	2%	0%	1%	2%	0%
二硫化碳	23%	2%	84%	-3%	-2%	-3%	-3%	-2%	-3%	5%	9%	1%	4%	5%	2%	4%	5%	2%
二氯甲烷	16%	-9%	93%	22%	23%	21%	22%	23%	21%	-1%	2%	-5%	21%	24%	18%	21%	24%	18%
顺-1,2-二氯乙烯	-7%	-5%	-11%	0%	1%	-1%	0%	1%	-1%	3%	6%	0%	1%	2%	0%	1%	2%	0%
1,1-二氯乙烷	-3%	-5%	4%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	9%	12%	7%	-2%	0%	-3%	-2%	0%	-3%
反-1,2-二氯乙烯	-11%	-15%	-2%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	9%	12%	6%	-2%	-1%	-3%	-2%	-1%	-3%
乙酸乙酯	10%	11%	8%	-13%	-11%	-15%	-13%	-11%	-15%	9%	11%	6%	-6%	-5%	-7%	-6%	-5%	-7%
三氯甲烷	-6%	-3%	-12%	5%	6%	4%	5%	6%	4%	3%	6%	-1%	4%	6%	3%	4%	6%	3%
1,1,1-三氯乙烷	-5%	-5%	-2%	3%	4%	1%	3%	4%	1%	6%	8%	3%	-1%	0%	-2%	-1%	0%	-2%
四氯化碳	-2%	-6%	12%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	7%	13%	2%	-1%	0%	-2%	-1%	0%	-2%
三氯乙烯	-4%	-3%	-6%	-2%	-2%	-1%	-2%	-2%	-1%	11%	16%	7%	-5%	-4%	-6%	-5%	-4%	-6%
1,2-二氯丙烷	-7%	-7%	-4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	17%	22%	12%	-6%	-5%	-7%	-6%	-5%	-7%

厂家	厂家 4_1									厂家 4_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
甲基丙烯酸甲酯	3%	6%	-5%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	14%	18%	10%	-11%	-10%	-12%	-11%	-10%	-12%	
一溴二氯甲烷	-2%	-1%	-4%	-1%	0%	-1%	0%	-1%	13%	17%	8%	-5%	-5%	-6%	-5%	-5%	-6%	
反-1,3-二氯丙烯	21%	21%	19%	-13%	-12%	-14%	-13%	-12%	-14%	30%	37%	24%	-11%	-10%	-13%	-11%	-10%	-13%
1,1,2-三氯乙烷	2%	2%	5%	6%	7%	5%	6%	7%	5%	21%	27%	15%	-2%	-2%	-3%	-2%	-2%	-3%
二溴一氯甲烷	7%	7%	9%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	19%	26%	13%	-8%	-8%	-7%	-8%	-8%	-7%
四氯乙烯	7%	9%	7%	-1%	0%	-1%	-1%	0%	-1%	17%	23%	10%	-3%	-3%	-2%	-3%	-3%	-2%
1,2-二溴乙烷	11%	11%	12%	-1%	0%	-1%	-1%	0%	-1%	19%	25%	13%	-2%	-2%	-3%	-2%	-2%	-3%
氯苯	9%	9%	8%	2%	1%	2%	2%	1%	2%	13%	19%	7%	1%	0%	1%	1%	0%	1%
三溴甲烷	12%	14%	10%	-8%	-9%	-7%	-8%	-9%	-7%	26%	32%	20%	-12%	-13%	-11%	-12%	-13%	-11%
四氯乙烷	17%	18%	19%	-1%	-3%	1%	-1%	-3%	1%	25%	31%	19%	-5%	-6%	-4%	-5%	-6%	-4%
1,3-二氯苯	9%	12%	5%	-4%	-6%	-2%	-4%	-6%	-2%	15%	22%	8%	-4%	-5%	-4%	-4%	-5%	-4%
1,4-二氯苯	7%	11%	-3%	-8%	-10%	-5%	-8%	-10%	-5%	15%	23%	7%	-6%	-6%	-5%	-6%	-6%	-5%
1,2-二氯苯	9%	11%	6%	-1%	-3%	0%	-1%	-3%	0%	15%	22%	8%	-2%	-3%	-2%	-2%	-3%	-2%

表 60 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差（厂家 5）（清单内）

厂家	厂家 5_1								厂家 5_2									
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			
笔数	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔	2 笔 均值	第 1 笔	第 2 笔			
乙烯	0%	-2%	2%	19%	20%	18%	19%	20%	18%	-8%	-8%	-8%	8%	11%	6%	8%	10%	5%
乙炔	0%	-1%	1%	6%	7%	5%	6%	7%	5%	-6%	-3%	-9%	3%	4%	2%	3%	4%	2%
乙烷	-5%	-5%	-4%	10%	11%	9%	10%	11%	9%	-4%	-7%	-1%	11%	9%	13%	11%	9%	13%
丙烯	-3%	-4%	-2%	11%	11%	10%	10%	11%	10%	-4%	-4%	-4%	6%	6%	5%	6%	6%	5%
丙烷	-2%	-1%	-2%	10%	12%	8%	10%	12%	8%	-2%	-3%	-2%	10%	11%	10%	10%	11%	10%
异丁烷	-1%	-2%	0%	11%	11%	10%	11%	11%	10%	-4%	-4%	-3%	7%	9%	5%	7%	8%	5%
正丁烷	-1%	-2%	1%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	-1%	-3%	0%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
异戊烷	-12%	-20%	-4%	-1%	-3%	0%	-2%	-4%	0%	-4%	-6%	-3%	1%	0%	2%	1%	-1%	2%
正戊烷	-11%	-20%	-3%	6%	4%	8%	7%	5%	9%	3%	-2%	7%	7%	7%	8%	7%	6%	8%
异戊二烯	-40%	-39%	-41%	-1%	-1%	-1%	-4%	-4%	-4%	-2%	-7%	2%	-1%	-2%	0%	-1%	-2%	0%
3-甲基戊烷	-2%	-8%	5%	-4%	-5%	-2%	-4%	-6%	-2%	-18%	-19%	-17%	-4%	-5%	-4%	-5%	-6%	-4%
正己烷	3%	1%	4%	-18%	-20%	-17%	-18%	-20%	-17%	-4%	-5%	-3%	-23%	-25%	-21%	-23%	-25%	-21%
2,4-二甲基戊烷	-2%	-4%	-1%	-24%	-26%	-22%	-24%	-26%	-22%	-9%	-10%	-9%	-40%	-42%	-37%	-40%	-42%	-37%
甲基环戊烷	2%	0%	3%	-21%	-22%	-19%	-20%	-22%	-19%	-5%	-5%	-4%	-22%	-24%	-21%	-23%	-24%	-21%
苯	-8%	-10%	-6%	-8%	-10%	-7%	-8%	-10%	-7%	-15%	-16%	-14%	-13%	-15%	-11%	-13%	-16%	-12%
环己烷	-3%	-5%	-1%	-14%	-15%	-12%	-14%	-15%	-12%	-13%	-13%	-13%	-17%	-19%	-16%	-18%	-19%	-17%
2-甲基己烷	-1%	-4%	1%	-28%	-30%	-26%	-27%	-30%	-25%	-13%	-14%	-12%	-35%	-37%	-32%	-35%	-38%	-33%
2,3-二甲基戊烷	0%	-2%	2%	-13%	-14%	-12%	-13%	-14%	-12%	-7%	-8%	-7%	-12%	-12%	-11%	-12%	-13%	-11%
3-甲基己烷	1%	-2%	3%	-24%	-26%	-22%	-24%	-25%	-22%	-11%	-12%	-10%	-24%	-25%	-22%	-24%	-26%	-23%
2,2,4-三甲基戊烷	-2%	-4%	0%	-23%	-25%	-22%	-23%	-25%	-22%	-13%	-13%	-12%	-28%	-30%	-27%	-28%	-30%	-27%
正庚烷	5%	3%	8%	-29%	-31%	-27%	-29%	-31%	-27%	-4%	-5%	-3%	-36%	-38%	-34%	-36%	-38%	-34%
甲基环己烷	-8%	-10%	-6%	-24%	-25%	-22%	-24%	-25%	-22%	-22%	-23%	-21%	-35%	-37%	-34%	-36%	-38%	-34%
2,3,4-三甲基戊烷	-10%	-14%	-7%	-16%	-18%	-15%	-17%	-18%	-15%	-23%	-24%	-22%	-25%	-26%	-24%	-25%	-27%	-24%
2-甲基庚烷	-5%	-7%	-3%	-26%	-28%	-24%	-26%	-28%	-24%	-19%	-20%	-18%	-29%	-31%	-28%	-30%	-31%	-28%
甲苯	-21%	-25%	-18%	-8%	-10%	-7%	-9%	-11%	-8%	-34%	-35%	-33%	-19%	-21%	-17%	-20%	-22%	-18%

厂家	厂家 5_1									厂家 5_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
3-甲基庚烷	-17%	-19%	-14%	-13%	-15%	-12%	-14%	-15%	-12%	-31%	-32%	-30%	-15%	-16%	-14%	-16%	-17%	-15%
正辛烷	-10%	-14%	-6%	-24%	-27%	-22%	-24%	-27%	-22%	-24%	-26%	-22%	-23%	-25%	-22%	-24%	-26%	-22%
乙苯	-32%	-36%	-29%	-19%	-22%	-15%	-20%	-23%	-16%	-49%	-55%	-44%	-23%	-26%	-20%	-24%	-28%	-21%
间/对-二甲苯	-49%	-54%	-45%	-6%	-10%	-1%	-8%	-13%	-3%	-62%	-67%	-57%	20%	18%	22%	16%	14%	19%
正壬烷	-42%	-47%	-37%	-14%	-18%	-10%	-16%	-20%	-12%	-59%	-65%	-53%	8%	5%	10%	4%	1%	7%
邻-二甲苯	-32%	-35%	-29%	-34%	-38%	-29%	-35%	-39%	-30%	-45%	-50%	-41%	-40%	-43%	-37%	-41%	-44%	-38%
异丙苯	-18%	-22%	-15%	-51%	-53%	-49%	-51%	-53%	-49%	-42%	-44%	-39%	-52%	-53%	-50%	-52%	-54%	-51%
正丙苯	-2%	-5%	2%	-42%	-45%	-40%	-43%	-45%	-41%	-18%	-22%	-14%	-38%	-41%	-36%	-39%	-41%	-36%
邻-乙基甲苯	30%	23%	37%	-25%	-27%	-23%	-25%	-27%	-23%	-3%	-7%	0%	-20%	-23%	-18%	-21%	-24%	-18%
间-乙基甲苯	19%	13%	25%	-27%	-29%	-24%	-27%	-29%	-24%	-17%	-23%	-10%	-16%	-23%	-9%	-17%	-25%	-10%
1,3,5-三甲苯	45%	34%	55%	7%	5%	9%	7%	5%	9%	11%	6%	16%	37%	37%	37%	36%	34%	37%
对-乙基甲苯	34%	27%	41%	-14%	-17%	-12%	-14%	-17%	-12%	12%	8%	17%	15%	16%	13%	14%	15%	13%
正癸烷	33%	8%	55%	16%	13%	19%	16%	12%	19%	-45%	-54%	-36%	31%	28%	32%	27%	24%	29%
1,2,4-三甲苯	63%	46%	77%	-12%	-16%	-9%	-11%	-15%	-8%	0%	-4%	4%	-18%	-22%	-14%	-18%	-22%	-14%
1,2,3-三甲苯	61%	38%	82%	6%	3%	9%	7%	4%	10%	-25%	-30%	-20%	1%	-3%	4%	0%	-4%	4%
溴甲烷	-12%	-16%	-7%	5%	3%	7%	5%	3%	6%	-16%	-17%	-15%	11%	11%	11%	10%	10%	10%
二硫化碳	-51%	-55%	-47%	6%	7%	6%	3%	4%	2%	-10%	-19%	-2%	8%	8%	8%	7%	7%	8%
二氯甲烷	63%	51%	75%	43%	39%	48%	48%	43%	52%	-22%	-21%	-22%	53%	58%	48%	50%	55%	46%
顺-1,2-二氯乙烯	-2%	-4%	0%	-8%	-9%	-7%	-8%	-9%	-7%	-10%	-11%	-9%	-12%	-13%	-11%	-12%	-14%	-11%
1,1-二氯乙烷	2%	1%	4%	-10%	-11%	-9%	-10%	-11%	-9%	-6%	-7%	-5%	-2%	-2%	-2%	-2%	-3%	-2%
反-1,2-二氯乙烯	-2%	-4%	1%	-8%	-9%	-6%	-8%	-9%	-6%	-17%	-18%	-15%	2%	1%	2%	1%	0%	1%
乙酸乙酯	75%	38%	108%	29%	28%	30%	39%	38%	40%	41%	41%	41%	1%	0%	2%	6%	5%	8%
三氯甲烷	2%	1%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-13%	-15%	-12%	10%	11%	9%	9%	10%	9%
1,1,1-三氯乙烷	12%	11%	14%	-15%	-16%	-15%	-15%	-15%	-14%	0%	-2%	1%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
四氯化碳	6%	3%	8%	-1%	0%	-1%	0%	0%	0%	-6%	-7%	-5%	9%	10%	8%	8%	9%	7%
三氯乙烯	-9%	-11%	-6%	-1%	-2%	-1%	-2%	-2%	-1%	-13%	-12%	-13%	-5%	-5%	-6%	-6%	-6%	-6%
1,2-二氯丙烷	-1%	-4%	1%	-4%	-5%	-4%	-5%	-5%	-4%	-4%	-5%	-4%	5%	6%	4%	4%	5%	3%

厂家	厂家 5_1									厂家 5_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
甲基丙烯酸甲酯	51%	14%	84%	11%	11%	11%	16%	16%	16%	13%	13%	14%	0%	0%	1%	4%	3%	4%
一溴二氯甲烷	4%	1%	7%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-7%	-8%	-6%	10%	12%	8%	10%	11%	8%
反-1,3-二氯丙烯	35%	32%	38%	-33%	-34%	-32%	-32%	-33%	-31%	3%	2%	5%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%
1,1,2-三氯乙烷	-5%	-7%	-2%	-1%	-2%	0%	-1%	-2%	0%	-15%	-15%	-14%	8%	9%	6%	7%	8%	6%
二溴一氯甲烷	-5%	-9%	-2%	0%	0%	0%	-1%	0%	-9%	-10%	-9%	-9%	8%	10%	6%	7%	9%	6%
四氯乙烯	-20%	-23%	-16%	10%	9%	12%	9%	7%	11%	-24%	-25%	-23%	5%	5%	5%	3%	3%	4%
1,2-二溴乙烷	-3%	-7%	0%	-5%	-6%	-3%	-5%	-6%	-3%	-15%	-17%	-14%	0%	1%	0%	-1%	-1%	0%
氯苯	-32%	-35%	-28%	6%	3%	9%	5%	1%	8%	-41%	-45%	-36%	18%	17%	19%	15%	14%	17%
三溴甲烷	-5%	-8%	-2%	-8%	-10%	-6%	-8%	-10%	-6%	-1%	-6%	3%	7%	7%	6%	6%	6%	7%
四氯乙烷	57%	45%	68%	7%	6%	9%	9%	7%	10%	4%	-2%	9%	45%	44%	46%	45%	43%	47%
1,3-二氯苯	-39%	-44%	-34%	-20%	-24%	-17%	-22%	-26%	-19%	-33%	-40%	-26%	2%	0%	3%	0%	-3%	2%
1,4-二氯苯	-42%	-47%	-38%	-16%	-21%	-13%	-18%	-22%	-14%	-40%	-47%	-33%	-2%	-5%	0%	-4%	-8%	-1%
1,2-二氯苯	-12%	-18%	-7%	-5%	-7%	-4%	-7%	-8%	-5%	-18%	-23%	-14%	40%	40%	40%	37%	36%	38%

表 61 0.5 nmol/mol 浓度点相对误差 (厂家 6) (清单内)

厂家	厂家 6_1									厂家 6_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔	2笔 均值	第1 笔	第2 笔	2笔 均值	第1 笔	第2 笔	2笔 均值	第1 笔	第2 笔	2笔 均值	第1 笔	第2 笔	2笔 均值	第1 笔	第2 笔
乙烯	24%		36%	5%		5%	5%		5%	-33%	-66%	-3%	41%	46%	37%	41%	46%	37%
乙炔	42%		51%	55%		55%	55%		55%	-10%	-36%	17%	28%	5%	51%	28%	5%	51%
乙烷	7%		8%	9%		9%	9%		9%	-24%	-11%	-38%	-9%	-9%	-8%	-9%	-9%	-8%
丙烯	-3%	-3%	-2%	-2%	-6%	1%	-2%	-6%	1%	7%	7%	8%	2%	5%	-2%	2%	5%	-2%
丙烷	5%	3%	7%	8%	4%	12%	8%	4%	12%	8%	6%	10%	-6%	-3%	-8%	-6%	-3%	-8%
异丁烷	34%	49%	18%	4%	-2%	9%	4%	-2%	9%	-4%	-7%	-2%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%	-9%
正丁烷	25%	44%	6%	10%	4%	15%	10%	4%	15%	-14%	3%	-33%	4%	1%	8%	4%	1%	8%
异戊烷	41%	51%	31%	16%	6%	27%	16%	6%	27%	17%	12%	22%	-10%	-9%	-10%	-10%	-9%	-10%
正戊烷	-99%	13907 %	44%	92%	555%	9%	92%	555%	9%	46%	46%	45%	-14%	-17%	-10%	-14%	-17%	-10%
异戊二烯	74%	85%	64%	-20%	-25%	-16%	-20%	-25%	-16%	69%	70%	69%	-25%	-27%	-24%	-25%	-27%	-24%
3-甲基戊烷	73%	83%	62%	-23%	-27%	-19%	-23%	-27%	-19%	23%	21%	25%	-23%	-23%	-23%	-23%	-23%	-23%
正己烷	79%	80%	78%	-32%	-35%	-29%	-34%	-37%	-29%	56%	61%	51%	-27%	-27%	-27%	-29%	-29%	-30%
2,4-二甲基戊烷	57%	69%	44%	-18%	-22%	-14%	-18%	-22%	-14%	9%	15%	4%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%
甲基环戊烷	77%	87%	68%	-33%	-37%	-28%	-33%	-37%	-28%	58%	60%	57%	-29%	-29%	-28%	-29%	-29%	-28%
苯	-10%	-4%	-17%	0%	-6%	6%	0%	-6%	6%	-5%	-6%	-3%	-2%	-3%	0%	-2%	-3%	0%
环己烷	76%	85%	66%	-36%	-40%	-31%	-36%	-40%	-31%	49%	48%	50%	-30%	-31%	-29%	-30%	-31%	-29%
2-甲基己烷	87%	98%	76%	-32%	-36%	-28%	-32%	-36%	-28%	74%	76%	73%	-31%	-32%	-30%	-31%	-32%	-30%
2,3-二甲基戊烷	14%	21%	8%	-34%	-37%	-30%	-34%	-37%	-30%	19%	22%	16%	-29%	-31%	-26%	-29%	-31%	-26%
3-甲基己烷	15%	27%	3%	-23%	-27%	-19%	-23%	-27%	-19%	18%	15%	21%	-22%	-21%	-22%	-22%	-21%	-22%
2,2,4-三甲基戊烷	28%	39%	18%	-27%	-29%	-24%	-27%	-29%	-24%	17%	18%	16%	-25%	-26%	-24%	-25%	-26%	-24%
正庚烷	33%	39%	26%	-26%	-29%	-22%	-26%	-29%	-22%	49%	49%	49%	-30%	-31%	-28%	-30%	-31%	-28%
甲基环己烷	54%	64%	44%	-32%	-35%	-28%	-32%	-35%	-28%	44%	48%	41%	-32%	-33%	-30%	-32%	-33%	-30%
2,3,4-三甲基戊烷	34%	43%	26%	-22%	-24%	-20%	-22%	-24%	-20%	33%	33%	32%	-24%	-26%	-22%	-24%	-26%	-22%
2-甲基庚烷	37%	44%	31%	-31%	-35%	-26%	-31%	-35%	-26%	37%	39%	35%	-32%	-35%	-29%	-32%	-35%	-29%

厂家	厂家 6_1									厂家 6_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
甲苯	89%	99%	79%	-31%	-36%	-26%	-31%	-36%	-26%	75%	78%	72%	-23%	-24%	-22%	-23%	-24%	-22%
3-甲基庚烷	66%	73%	58%	-32%	-36%	-28%	-32%	-36%	-28%	31%	32%	30%	-34%	-34%	-35%	-34%	-34%	-35%
正辛烷	47%	56%	39%	-38%	-40%	-35%	-38%	-40%	-35%	35%	38%	33%	-36%	-39%	-32%	-36%	-39%	-32%
乙苯	57%	67%	47%	-41%	-45%	-37%	-41%	-45%	-37%	63%	69%	56%	-26%	-24%	-28%	-26%	-24%	-28%
间/对-二甲苯	11%	23%	-1%	-46%	-50%	-41%	-46%	-50%	-41%	18%	20%	17%	-34%	-34%	-35%	-34%	-34%	-35%
正壬烷	53%	69%	37%	-59%	-61%	-56%	-59%	-61%	-56%	50%	56%	43%	-43%	-39%	-47%	-43%	-39%	-47%
邻-二甲苯	57%	65%	49%	-43%	-48%	-39%	-43%	-48%	-39%	79%	80%	79%	-37%	-38%	-37%	-37%	-38%	-37%
异丙苯	57%	69%	45%	-46%	-50%	-42%	-46%	-50%	-42%	86%	90%	83%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%
正丙苯	128%	203%	45%	-46%	-48%	-43%	-46%	-48%	-43%	72%	74%	72%	-39%	-42%	-37%	-39%	-42%	-37%
邻-乙基甲苯	55%	64%	45%	-44%	-47%	-40%	-44%	-47%	-40%	71%	74%	68%	-41%	-42%	-41%	-41%	-42%	-41%
间-乙基甲苯	123%	210%	34%	-68%	-98%	-42%	-68%	-98%	-42%	54%	58%	51%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%
1,3,5-三甲苯	23%	36%	9%	-43%	-47%	-38%	-43%	-47%	-38%	33%	33%	33%	-41%	-42%	-40%	-41%	-42%	-40%
对-乙基甲苯	38%	41%	34%	-49%	-52%	-45%	-49%	-53%	-44%	8%	9%	6%	-42%	-43%	-41%	-43%	-44%	-41%
正癸烷	-12%	-34%	3%	-53%	-48%	-56%	-53%	-48%	-56%	11%	15%	8%	-59%	-61%	-56%	-59%	-61%	-56%
1,2,4-三甲苯	74%	85%	62%	-52%	-54%	-51%	-52%	-54%	-51%	89%	100%	79%	-51%	-53%	-49%	-51%	-53%	-49%
1,2,3-三甲苯	80%	99%	60%	-42%	-33%	-51%	-42%	-33%	-51%	102%	106%	99%	-47%	-48%	-46%	-47%	-48%	-46%
溴甲烷	33%	44%	22%	6%	0%	12%	6%	0%	12%	-14%	-29%	0%	-2%	0%	-5%	-2%	0%	-5%
二硫化碳	50%	58%	43%	20%	14%	25%	20%	14%	25%	-11%	-14%	-7%	22%	20%	24%	22%	20%	24%
二氯甲烷	44%	50%	38%	4%	1%	7%	6%	1%	11%	-30%	-32%	-28%	4%	4%	5%	6%	5%	7%
顺-1,2-二氯乙烯	93%	98%	89%	-6%	-40%	38%	-6%	-40%	38%	26%	24%	27%	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%
1,1-二氯乙烷	73%	76%	71%	-13%	-16%	-10%	-14%	-18%	-9%	1%	1%	1%	-7%	-10%	-4%	-7%	-10%	-5%
反-1,2-二氯乙烯	52%	60%	45%	-12%	-16%	-9%	-12%	-16%	-9%	12%	12%	13%	-13%	-14%	-12%	-13%	-14%	-12%
乙酸乙酯	52%	65%	41%	-38%	-18%	-56%	-38%	-18%	-56%	34%	33%	34%	-22%	-23%	-21%	-22%	-23%	-21%
三氯甲烷	56%	60%	52%	-6%	-9%	-3%	-4%	-8%	0%	-7%	-8%	-6%	-4%	-6%	-2%	-4%	-6%	-2%
1,1,1-三氯乙烷	34%	42%	26%	-26%	-29%	-23%	-26%	-29%	-23%	73%	73%	73%	-31%	-29%	-34%	-31%	-29%	-34%
四氯化碳	-2%	5%	-8%	-1%	-5%	3%	-1%	-5%	3%	-34%	-52%	-17%	0%	-1%	0%	0%	-1%	0%
三氯乙烯	-8%	3%	-19%	2%	-2%	7%	2%	-2%	7%	-4%	-6%	-2%	-2%	-3%	-1%	-2%	-3%	-1%

厂家	厂家 6_1									厂家 6_2								
算法	不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零			不过零点			不含零点强制过零			含零点强制过零		
笔数	2笔 均值	第1 笔	第2 笔															
1,2-二氯丙烷	14%	24%	5%	-19%	-22%	-16%	-19%	-22%	-16%	-46%	-52%	-41%	-13%	-16%	-10%	-13%	-16%	-10%
甲基丙烯酸甲酯	79%	81%	77%	-52%	-56%	-49%	-52%	-56%	-49%	70%	70%	69%	-29%	-31%	-27%	-29%	-31%	-27%
一溴二氯甲烷	-6%	4%	-16%	-5%	-9%	0%	-5%	-9%	0%	-37%	-41%	-33%	-3%	-4%	-2%	-3%	-4%	-2%
反-1,3-二氯丙烯	4%	11%	-3%	-40%	-44%	-35%	-40%	-44%	-35%	23%	22%	23%	-30%	-32%	-27%	-30%	-32%	-27%
1,1,2-三氯乙烷	4%	19%	-11%	-18%	-22%	-15%	-18%	-22%	-15%	-36%	-44%	-28%	-13%	-19%	-5%	-13%	-19%	-5%
二溴一氯甲烷	32%	48%	17%	-31%	-35%	-27%	-31%	-35%	-27%	-12%	-22%	-1%	-22%	-30%	-12%	-22%	-30%	-12%
四氯乙烯	-13%	2%	-27%	-11%	-17%	-5%	-11%	-17%	-5%	-5%	-10%	1%	-15%	-23%	-5%	-15%	-23%	-5%
1,2-二溴乙烷	40%	54%	27%	-33%	-37%	-28%	-33%	-37%	-28%	4%	-2%	11%	-21%	-27%	-13%	-21%	-27%	-13%
氯苯	11%	25%	-4%	-18%	-23%	-13%	-18%	-23%	-13%	-9%	-13%	-5%	-11%	-15%	-6%	-11%	-15%	-6%
三溴甲烷	17%	35%	-2%	-20%	-25%	-15%	-20%	-25%	-15%	-10%	-13%	-7%	-18%	-22%	-14%	-18%	-22%	-14%
四氯乙烷	0%	14%	-15%	-18%	-23%	-12%	-18%	-23%	-12%	-51%	-60%	-41%	-13%	-21%	-4%	-13%	-21%	-4%
1,3-二氯苯	21%	40%	0%	-18%	-15%	-21%	-18%	-15%	-21%	2%	1%	3%	-24%	-25%	-22%	-24%	-25%	-22%
1,4-二氯苯	29%	50%	7%	-24%	-22%	-27%	-24%	-22%	-27%	-47%	-47%	-48%	-33%	-35%	-31%	-33%	-35%	-31%
1,2-二氯苯	10%	29%	-11%	-20%	-22%	-18%	-20%	-22%	-18%	-17%	-22%	-12%	-28%	-31%	-25%	-28%	-31%	-25%

6.5.4 方法检出限

6.5.4.1 测试目的

方法检出限指用特定分析方法在给定的置信度内可从样品中定性检出待测物质的最低浓度。为了评估监测系统对低浓度挥发性有机物的检测能力，本次比对实验过程中，对参与比对的各台监测系统开展了检出限测试。

6.5.4.2 测试方法

在实验过程中，在监测系统正常工作状态下，通入 0.5 nmol/mol 标准气体连续测量 ≥ 7 次。根据各台监测系统所测浓度值 X_i ，其中 i 为测量次数 ($i=1\sim n$)，计算标准偏差 S 与方法检出限 MDL，计算方法如公式 (10) 和 (11) 所示：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

式中： S ——目标化合物测量的标准偏差，nmol/mol；

X_i ——目标化合物第 i 次测量浓度值，nmol/mol；

\bar{X} ——目标化合物 n 次测量浓度平均值，nmol/mol；

i ——记录数据的序号 ($i=1\sim n$)；

n ——记录数据的总个数 ($n \geq 7$)。

$$MDL = t_{(n-1, 0.99)} \times S \quad (11)$$

式中： MDL ——目标化合物的方法检出限，nmol/mol；

n ——记录数据的总个数，($n \geq 7$)；

S ——目标化合物测量的标准偏差，nmol/mol；

t ——自由度为 $n-1$ ，置信度为 99% 时的 t 分布（单侧）。

其中，当自由度为 $n-1$ ，置信度为 99%，当 n 为 7 时， $t_{(n-1, 0.99)}=3.143$ 。

6.5.4.3 测试结果

从检出限测试结果（见表 62）来看，本标准目标物清单内的物种，除邻-乙基甲苯、1,2,4-三甲苯外，均有 70% 以上监测系统检出限结果 ≤ 0.1 nmol/mol，测试结果一致性较好。邻-乙基甲苯与 1,2,4-三甲苯有 60% 监测系统 ≤ 0.1 nmol/mol，且除厂家 5 外，其余厂家均有 1 台监测系统能达到 0.1 nmol/mol 以下。因此，本标准根据测试结果，将方法检出限指标规定为 ≤ 0.1 nmol/mol。

表 62 检出限测试结果

单位: nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 占比
乙烯	0.047	0.048	0.044	0.022	0.019	0.036	0.024	0.069	0.232	0.033	90%
乙炔	0.017	0.017	0.037	0.013	0.008	0.027	0.024	0.026	0.433	0.082	90%
乙烷	0.031	0.026	0.028	0.019	0.022	0.039	0.026	0.037	0.162	0.061	90%
丙烯	0.017	0.024	0.026	0.015	0.019	0.028	0.022	0.020	0.090	0.108	90%
丙烷	0.031	0.044	0.026	0.016	0.011	0.019	0.048	0.018	0.091	0.084	100%
异丁烷	0.024	0.024	0.028	0.028	0.010	0.015	0.025	0.019	0.053	0.032	100%
正丁烷	0.025	0.018	0.027	0.047	0.010	0.020	0.016	0.015	0.079	0.033	100%
异戊烷	0.040	0.115	0.037	0.021	0.008	0.018	0.043	0.054	0.112	0.042	80%
正戊烷	0.037	0.100	0.012	0.021	0.011	0.017	0.026	0.040	0.080	0.063	90%
异戊二烯	0.037	0.099	0.028	0.027	0.021	0.019	0.035	0.033	0.043	0.055	100%
3-甲基戊烷	0.043	0.064	0.027	0.048	0.024	0.017	0.051	0.074	0.041	0.038	100%
正己烷	0.039	0.055	0.018	0.028	0.018	0.020	0.031	0.035	0.036	0.045	100%
2,4-二甲基戊烷	0.036	0.107	0.023	0.032	0.014	0.013	0.026	0.050	0.029	0.034	90%
甲基环戊烷	0.043	0.103	0.011	0.032	0.014	0.018	0.032	0.038	0.037	0.056	90%
苯	0.063	0.076	0.015	0.030	0.012	0.020	0.039	0.039	0.057	0.042	100%
环己烷	0.031	0.080	0.021	0.011	0.021	0.012	0.022	0.030	0.039	0.064	100%
2-甲基己烷	0.048	0.139	0.013	0.016	0.020	0.013	0.033	0.048	0.059	0.045	90%
2,3-二甲基戊烷	0.041	0.119	0.033	0.027	0.018	0.015	0.025	0.027	0.051	0.048	90%
3-甲基己烷	0.042	0.117	0.035	0.027	0.015	0.017	0.036	0.036	0.111	0.056	80%
2,2,4-三甲基戊烷	0.058	0.091	0.015	0.033	0.010	0.022	0.031	0.037	0.041	0.014	100%
正庚烷	0.051	0.105	0.014	0.018	0.009	0.022	0.030	0.039	0.058	0.016	90%
甲基环己烷	0.038	0.099	0.022	0.021	0.012	0.021	0.023	0.037	0.032	0.029	100%
2,3,4-三甲基戊烷	0.058	0.146	0.022	0.020	0.010	0.018	0.022	0.030	0.050	0.020	90%
2-甲基庚烷	0.083	0.087	0.016	0.032	0.012	0.018	0.027	0.030	0.057	0.023	100%
甲苯	0.042	0.173	0.021	0.028	0.015	0.016	0.027	0.039	0.041	0.062	90%
3-甲基庚烷	0.057	0.055	0.028	0.014	0.013	0.019	0.019	0.021	0.083	0.031	100%
正辛烷	0.042	0.190	0.026	0.027	0.020	0.009	0.032	0.027	0.017	0.029	90%
乙苯	0.036	0.129	0.019	0.020	0.017	0.012	0.024	0.037	0.032	0.028	90%
间/对-二甲苯	0.064	0.179	0.013	0.050	0.038	0.025	0.048	0.075	0.058	0.052	90%
正壬烷	0.056	0.099	0.016	0.031	0.025	0.017	0.041	0.063	0.028	0.022	100%
邻-二甲苯	0.034	0.159	0.021	0.009	0.022	0.018	0.028	0.047	0.035	0.030	90%
异丙苯	0.040	0.129	0.019	0.024	0.014	0.017	0.066	0.119	0.038	0.038	80%
正丙苯	0.041	0.078	0.013	0.034	0.018	0.019	0.114	0.199	0.031	0.040	80%
邻-乙基甲苯	0.047	0.158	0.021	0.038	0.022	0.020	0.207	0.293	0.040	0.111	60%
间-乙基甲苯	0.038	0.113	0.023	0.091	0.024	0.020	0.197	0.324	0.042	0.030	70%
1,3,5-三甲苯	0.053	0.117	0.023	0.037	0.023	0.021	0.283	0.398	0.040	0.039	70%
对-乙基甲苯	0.032	0.098	0.034	0.030	0.022	0.019	0.217	0.373	0.045	0.045	80%
正癸烷	0.114	0.098	0.028	0.031	0.027	0.029	0.317	0.425	0.027	0.030	70%
1,2,4-三甲苯	0.053	0.173	0.019	0.021	0.023	0.024	0.293	0.328	0.024	0.124	60%
1,2,3-三甲苯	0.060	0.170	0.019	0.031	0.028	0.027	0.344	0.368	0.024	0.097	70%
溴甲烷	0.030	0.085	0.029	0.016	0.023	0.023	0.027	0.023	0.031	0.044	100%
二硫化碳	0.024	0.125	0.028	0.176	0.018	0.012	0.064	0.040	0.054	0.042	80%
二氯甲烷	0.051	0.121	0.020	0.057	0.027	0.030	0.238	0.085	0.053	0.025	80%
顺-1,2-二氯乙烯	0.028	0.016	0.022	0.033	0.019	0.013	0.020	0.030	0.032	0.032	100%

单位: nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 占比
1,1-二氯乙烷	0.056	0.091	0.031	0.041	0.015	0.017	0.029	0.024	0.039	0.021	100%
反-1,2-二氯乙烯	0.024	0.083	0.023	0.036	0.015	0.016	0.029	0.028	0.042	0.032	100%
乙酸乙酯	0.037	0.042	0.024	0.029	0.035	0.047	0.439	0.393	0.039	0.037	80%
三氯甲烷	0.035	0.073	0.018	0.023	0.017	0.018	0.010	0.013	0.033	0.018	100%
1,1,1-三氯乙烷	0.031	0.061	0.024	0.072	0.018	0.016	0.021	0.022	0.046	0.012	100%
四氯化碳	0.040	0.131	0.017	0.030	0.011	0.016	0.017	0.019	0.041	0.037	90%
三氯乙烯	0.039	0.151	0.024	0.014	0.013	0.021	0.016	0.024	0.047	0.016	90%
1,2-二氯丙烷	0.047	0.096	0.033	0.018	0.016	0.022	0.028	0.020	0.040	0.024	100%
甲基丙烯酸甲酯	0.045	0.113	0.026	0.038	0.018	0.024	0.383	0.385	0.018	0.037	70%
一溴二氯甲烷	0.032	0.193	0.029	0.015	0.014	0.024	0.011	0.020	0.037	0.046	90%
反-1,3-二氯丙烯	0.033	0.038	0.033	0.034	0.019	0.016	0.016	0.019	0.036	0.011	100%
1,1,2-三氯乙烷	0.037	0.248	0.025	0.013	0.018	0.010	0.013	0.015	0.053	0.048	90%
二溴一氯甲烷	0.034	0.160	0.023	0.015	0.014	0.012	0.017	0.021	0.043	0.026	90%
四氯乙烯	0.045	0.290	0.023	0.025	0.020	0.016	0.017	0.020	0.083	0.018	90%
1,2-二溴乙烷	0.038	0.245	0.015	0.032	0.018	0.016	0.014	0.012	0.050	0.011	90%
氯苯	0.047	0.040	0.014	0.027	0.016	0.012	0.025	0.022	0.037	0.016	100%
三溴甲烷	0.047	0.220	0.016	0.021	0.018	0.014	0.023	0.038	0.067	0.052	90%
四氯乙烷	0.044	0.072	0.031	0.021	0.016	0.014	0.227	0.340	0.060	0.045	80%
1,3-二氯苯	0.033	0.153	0.015	0.016	0.021	0.025	0.072	0.171	0.049	0.091	80%
1,4-二氯苯	0.033	0.211	0.018	0.027	0.020	0.030	0.070	0.153	0.039	0.084	80%
1,2-二氯苯	0.037	0.195	0.025	0.043	0.028	0.029	0.162	0.260	0.040	0.055	70%

6. 5. 5 系统空白

6. 5. 5. 1 测试目的

本标准所述系统空白指从采样支管进气口端通入高纯氮气或零级空气，测试整个监测系统样品所经过的所有管路的空白浓度水平。为了衡量监测系统的空白水平，确保所测环境样品不受监测系统本身的影响，本次比对实验对所有监测系统开展了系统空白测试。

6. 5. 5. 2 测试方法

系统空白测试所用气体为高纯氮气（纯度≥99.999%）。从监测系统采样支管进气口前端通入高纯氮气，连续测试3次以上。取第2次测试结果作为系统空白，评估其浓度水平。

6. 5. 5. 3 测试结果

本次比对零气空白测试结果如表63所示，清单内物种均有70%以上监测系统能够达到0.1 nmol/mol以下，表现基本一致，空白浓度水平整体较低。因此，本标准将系统空白规定为≤0.1 nmol/mol。

表 63 系统空白测试结果

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 nmol/mol 占比
乙烯	0.000	0.000	0.009	0.029	0.149	0.109	0.083	0.029	0.000	0.387	70%
乙炔	0.000	0.000	0.001	0.002	0.066	0.018	0.033	0.027	0.000	0.000	100%
乙烷	0.000	0.000	0.007	0.002	0.024	0.016	0.041	0.049	0.000	0.000	100%
丙烯	0.000	0.000	0.016	0.041	0.029	0.037	0.056	0.032	0.000	0.000	100%
丙烷	0.000	0.000	0.017	0.008	0.020	0.021	0.058	0.022	0.000	0.000	100%
异丁烷	0.000	0.000	0.001	0.000	0.017	0.017	0.036	0.036	0.000	0.014	100%
正丁烷	0.000	0.000	0.009	0.000	0.023	0.023	0.094	0.047	0.000	0.029	100%
异戊烷	0.000	0.000	0.001	0.000	0.018	0.015	0.029	0.035	0.062	0.000	100%
正戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.034	0.057	0.043	0.010	0.002	100%
异戊二烯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.018	0.020	0.025	0.000	0.002	100%
3-甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.014	0.013	0.014	0.000	0.004	100%
正己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.024	0.033	0.022	0.000	0.014	100%
2,4-二甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.016	0.009	0.007	0.000	0.000	100%
甲基环戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.014	0.009	0.008	0.000	0.002	100%
苯	0.000	0.000	0.009	0.007	0.025	0.019	0.022	0.014	0.029	0.070	100%
环己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.016	0.011	0.008	0.000	0.000	100%
2-甲基己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.014	0.007	0.007	0.010	0.007	100%
2,3-二甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.013	0.008	0.006	0.000	0.000	100%
3-甲基己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.015	0.008	0.007	0.032	0.011	100%
2,2,4-三甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.007	0.006	0.001	0.000	100%
正庚烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.019	0.009	0.007	0.029	0.007	100%
甲基环己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.014	0.010	0.010	0.000	0.000	100%
2,3,4-三甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.014	0.009	0.008	0.023	0.005	100%
2-甲基庚烷	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.014	0.007	0.008	0.042	0.006	100%
甲苯	0.000	0.000	0.009	0.013	0.020	0.020	0.030	0.023	0.019	0.031	100%
3-甲基庚烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.013	0.009	0.009	0.022	0.005	100%
正辛烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.028	0.012	0.011	0.025	0.037	100%
乙苯	0.000	0.000	0.009	0.008	0.017	0.019	0.016	0.021	0.007	0.014	100%
间/对-二甲苯	0.000	0.000	0.015	0.018	0.050	0.047	0.032	0.034	0.014	0.029	100%
正壬烷	0.000	0.000	0.010	0.007	0.078	0.033	0.012	0.013	0.006	0.008	100%
邻-二甲苯	0.000	0.000	0.006	0.006	0.020	0.024	0.012	0.013	0.007	0.015	100%
异丙苯	0.000	0.000	0.002	0.003	0.012	0.015	0.010	0.032	0.001	0.006	100%
正丙苯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.017	0.015	0.015	0.004	0.010	100%
邻-乙基甲苯	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.017	0.016	0.012	0.003	0.008	100%
间-乙基甲苯	0.000	0.000	0.004	0.004	0.013	0.016	0.016	0.013	0.002	0.008	100%
1,3,5-三甲苯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.017	0.017	0.013	0.005	0.014	100%
对-乙基甲苯	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.016	0.016	0.014	0.001	0.012	100%
正癸烷	0.000	0.000	0.004	0.005	0.018	0.019	0.021	0.014	0.003	0.008	100%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 nmol/mol 占比
1,2,4-三甲苯	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.017	0.019	0.014	0.006	0.001	100%
1,2,3-三甲苯	0.002	0.000	0.000	0.000	0.013	0.017	0.020	0.013	0.005	0.009	100%
溴甲烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.015	0.015	0.017	0.000	0.000	100%
二硫化碳	0.000	0.000	0.008	0.000	0.023	0.030	0.020	0.022	0.153	0.170	80%
二氯甲烷	0.050	0.068	0.028	0.002	0.087	0.071	0.133	0.134	0.030	0.038	80%
顺-1,2-二氯乙烯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.012	0.012	0.011	0.000	0.000	100%
1,1-二氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.013	0.013	0.016	0.000	0.000	100%
反-1,2-二氯乙烯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.012	0.013	0.015	0.000	0.002	100%
乙酸乙酯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.018	0.041	0.030	0.001	0.000	100%
三氯甲烷	0.000	0.000	0.001	0.000	0.019	0.019	0.022	0.024	0.000	0.001	100%
1,1,1-三氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.014	0.011	0.015	0.000	0.000	100%
四氯化碳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.018	0.020	0.023	0.000	0.001	100%
三氯乙烯	0.000	0.000	0.001	0.001	0.021	0.019	0.020	0.022	0.000	0.000	100%
1,2-二氯丙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.018	0.016	0.020	0.000	0.000	100%
甲基丙烯酸甲酯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.017	0.015	0.000	0.052	100%
一溴二氯甲烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.015	0.017	0.024	0.000	0.002	100%
反-1,3-二氯丙烯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.012	0.009	0.011	0.000	0.002	100%
1,1,2-三氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.016	0.019	0.025	0.000	0.000	100%
二溴一氯甲烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.015	0.019	0.025	0.000	0.002	100%
四氯乙烯	0.000	0.000	0.007	0.005	0.019	0.019	0.028	0.027	0.003	0.007	100%
1,2-二溴乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.016	0.017	0.023	0.001	0.002	100%
氯苯	0.000	0.000	0.013	0.007	0.021	0.021	0.023	0.024	0.004	0.007	100%
三溴甲烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.014	0.017	0.018	0.000	0.002	100%
四氯乙烷	0.000	0.000	0.001	0.000	0.020	0.018	0.028	0.036	0.001	0.004	100%
1,3-二氯苯	0.000	0.000	0.010	0.010	0.025	0.023	0.026	0.027	0.006	0.012	100%
1,4-二氯苯	0.000	0.000	0.010	0.011	0.023	0.023	0.027	0.027	0.006	0.014	100%
1,2-二氯苯	0.000	0.000	0.007	0.008	0.021	0.021	0.033	0.027	0.006	0.011	100%

6.5.6 系统残留

6.5.6.1 测试目的

为了能准确测量环境样品，监测系统需保持内部洁净的环境，避免因高浓度样品的残留或污染影响监测系统的测量结果。为了评估测量高浓度样品对监测系统的影响程度，本次比对实验对参与比对的所有监测系统开展了系统残留测试。

6.5.6.2 测试方法

在监测系统正常工作状态下，将 10 nmol/mol 标准气体通入采样支管进气口前端（含颗粒物过滤器）后，换成高纯氮气或零级空气通入监测系统连续测量 2 次（比对测试期间使用高纯氮气），以第 2 次测量值作为各目标化合物的系统残留。

6.5.6.3 测试结果

本次比对系统残留测试结果如下表 64 所示，从测试结果可知，清单内物种均有 70%以上监测系统第 2 笔零气测量值能够达到 0.1 nmol/mol 以下。因此本标准规定，对监测系统进行系统残留测试时，可取第 2 笔零气测值对残留程度进行评估，且各物种系统残留应小于 0.1 nmol/mol。

表 64 系统残留测试结果

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 nmol/mol 占比
乙烯	0.000	0.000	0.005	0.004	0.085	0.028	0.066	0.044	0.000	0.170	90%
乙炔	0.000	0.000	0.001	0.002	0.066	0.015	0.106	0.089	0.000	0.000	90%
乙烷	0.000	0.000	0.004	0.002	0.026	0.022	0.050	0.053	0.000	0.000	100%
丙烯	0.000	0.000	0.009	0.041	0.020	0.015	0.044	0.036	0.000	0.000	100%
丙烷	0.000	0.000	0.021	0.000	0.024	0.018	0.063	0.039	0.000	0.000	100%
异丁烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.017	0.051	0.033	0.000	0.031	100%
正丁烷	0.000	0.000	0.011	0.000	0.026	0.027	0.097	0.072	0.000	0.030	100%
异戊烷	0.000	0.000	0.005	0.000	0.021	0.020	0.056	0.051	0.034	0.000	100%
正戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.023	0.091	0.060	0.037	0.003	100%
异戊二烯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.025	0.051	0.046	0.000	0.003	100%
3-甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.026	0.054	0.038	0.003	0.004	100%
正己烷	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.023	0.060	0.039	0.004	0.008	100%
2,4-二甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.023	0.039	0.022	0.007	0.009	100%
甲基环戊烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.021	0.043	0.026	0.000	0.000	100%
苯	0.000	0.000	0.011	0.010	0.040	0.031	0.088	0.051	0.037	0.087	100%
环己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.022	0.042	0.023	0.003	0.000	100%
2-甲基己烷	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.020	0.050	0.025	0.022	0.005	100%
2,3-二甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.001	0.015	0.022	0.042	0.022	0.005	0.005	100%
3-甲基己烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.021	0.051	0.026	0.035	0.016	100%
2,2,4-三甲基戊烷	0.000	0.000	0.002	0.014	0.016	0.023	0.040	0.023	0.007	0.006	100%
正庚烷	0.007	0.000	0.002	0.010	0.023	0.021	0.067	0.028	0.028	0.005	100%
甲基环己烷	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.023	0.045	0.021	0.003	0.007	100%
2,3,4-三甲基戊烷	0.000	0.000	0.000	0.009	0.016	0.022	0.049	0.023	0.019	0.008	100%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤0.1 nmol/mol 占比
2-甲基庚烷	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.018	0.075	0.031	0.014	0.007	100%
甲苯	0.015	0.000	0.010	0.023	0.035	0.032	0.145	0.065	0.017	0.027	90%
3-甲基庚烷	0.006	0.000	0.000	0.004	0.014	0.019	0.077	0.029	0.016	0.014	100%
正辛烷	0.010	0.000	0.000	0.002	0.034	0.027	0.142	0.054	0.020	0.019	90%
乙苯	0.019	0.009	0.015	0.027	0.028	0.026	0.193	0.071	0.019	0.027	90%
间/对-二甲苯	0.044	0.025	0.029	0.051	0.072	0.058	0.588	0.210	0.035	0.055	100%
正壬烷	0.030	0.011	0.025	0.024	0.057	0.025	0.404	0.165	0.019	0.033	100%
邻-二甲苯	0.018	0.010	0.011	0.019	0.028	0.030	0.194	0.054	0.017	0.029	100%
异丙苯	0.013	0.008	0.007	0.012	0.016	0.018	0.123	0.044	0.018	0.027	100%
正丙苯	0.024	0.014	0.011	0.016	0.025	0.023	0.258	0.105	0.025	0.044	100%
邻-乙基甲苯	0.026	0.015	0.014	0.006	0.021	0.020	0.328	0.103	0.027	0.042	100%
间-乙基甲苯	0.028	0.013	0.012	0.015	0.022	0.021	0.353	0.110	0.023	0.042	100%
1,3,5-三甲苯	0.036	0.015	0.017	0.017	0.023	0.021	0.536	0.224	0.025	0.046	100%
对-乙基甲苯	0.036	0.018	0.021	0.025	0.023	0.022	0.490	0.204	0.026	0.042	100%
正癸烷	0.093	0.024	0.032	0.048	0.018	0.019	1.128	0.750	0.037	0.069	100%
1,2,4-三甲苯	0.049	0.017	0.020	0.025	0.022	0.020	0.570	0.154	0.026	0.049	80%
1,2,3-三甲苯	0.048	0.022	0.013	0.017	0.024	0.021	0.664	0.183	0.032	0.054	80%
溴甲烷	0.210	0.279	0.000	0.000	0.023	0.023	0.038	0.044	0.003	0.002	80%
二硫化碳	0.012	0.000	0.013	0.001	0.043	0.042	0.087	0.099	0.140	0.138	80%
二氯甲烷	0.000	0.066	0.030	0.002	0.100	0.077	0.168	0.157	0.029	0.040	80%
顺-1,2-二氯乙烯	0.008	0.000	0.000	0.000	0.034	0.024	0.064	0.052	0.003	0.008	100%
1,1-二氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.020	0.050	0.037	0.002	0.002	100%
反-1,2-二氯乙烯	0.009	0.000	0.003	0.000	0.037	0.022	0.080	0.076	0.007	0.008	100%
乙酸乙酯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.028	0.121	0.078	0.005	0.006	90%
三氯甲烷	0.000	0.000	0.003	0.000	0.029	0.025	0.071	0.053	0.006	0.006	100%
1,1,1-三氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.024	0.048	0.032	0.007	0.006	100%
四氯化碳	0.000	0.000	0.001	0.000	0.024	0.024	0.060	0.040	0.008	0.006	100%
三氯乙烯	0.013	0.000	0.008	0.004	0.037	0.027	0.130	0.075	0.015	0.013	90%
1,2-二氯丙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.025	0.073	0.042	0.004	0.000	100%
甲基丙烯酸甲酯	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.018	0.101	0.053	0.008	0.034	90%
一溴二氯甲烷	0.000	0.000	0.001	0.001	0.031	0.024	0.076	0.051	0.010	0.008	100%
反-1,3-二氯丙烯	0.000	0.000	0.003	0.000	0.033	0.025	0.073	0.054	0.011	0.010	100%
1,1,2-三氯乙烷	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.027	0.114	0.066	0.012	0.015	90%
二溴一氯甲烷	0.007	0.000	0.005	0.001	0.034	0.025	0.098	0.065	0.011	0.014	100%
四氯乙烯	0.021	0.000	0.016	0.016	0.029	0.026	0.286	0.116	0.035	0.033	80%
1,2-二溴乙烷	0.012	0.000	0.010	0.005	0.054	0.034	0.174	0.109	0.016	0.022	80%
氯苯	0.026	0.012	0.026	0.030	0.052	0.034	0.300	0.143	0.031	0.045	80%
三溴甲烷	0.010	0.000	0.009	0.004	0.038	0.027	0.129	0.087	0.026	0.028	90%
四氯乙烷	0.018	0.010	0.025	0.008	0.037	0.028	0.226	0.120	0.033	0.043	80%
1,3-二氯苯	0.068	0.039	0.051	0.062	0.074	0.045	0.749	0.415	0.087	0.136	70%
1,4-二氯苯	0.082	0.047	0.056	0.076	0.077	0.048	0.898	0.496	0.092	0.139	70%
1,2-二氯苯	0.066	0.042	0.043	0.053	0.061	0.040	0.772	0.445	0.083	0.118	70%

6.5.7 正确度

6.5.7.1 测试目的

为了验证监测系统测量值与真值或参考值间的一致程度，需要定期对监测系统开展正确度测试。本次比对实验使用已知浓度点的标准气体，对所有参与比对的监测系统开展了正确度测试。

6.5.7.2 测试方法

在监测系统正常工作状态下，通入高纯氮气或者零级空气进行吹扫。待监测系统测值稳定后，依次通入 1、5、7 nmol/mol 3 个浓度点标准气体，每个浓度点连续测量至少 6 次。按公式（12）计算各目标化合物分别在 1、5、7 nmol/mol 浓度点下多次测量结果的平均值与其标准浓度值的相对误差，以该误差表示正确度。

$$RE = \frac{\bar{C}_n - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (12)$$

式中： RE ——目标化合物某一浓度标准气体测量均值与标准气体浓度值的相对误差，%；

\bar{C}_n ——目标化合物某一浓度标准气体 n 次测量的平均浓度值，nmol/mol；

C_s ——目标化合物某一浓度标准气体浓度值，nmol/mol；

n ——测量次数（ $n \geq 6$ ）。

6.5.7.3 测试结果

从比对实验正确度测试结果来看（具体见表 65、表 66、表 67），测试浓度为 1 nmol/mol 时，除了正壬烷、异丙苯、正丙苯、正癸烷、1,2,3-三甲苯、乙酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、反-1,3-二氯丙烯外，其余物种 70% 以上的监测系统正确度测试结果在 $\pm 15\%$ 范围内，正壬烷、异丙苯、正丙苯、正癸烷、1,2,3-三甲苯、乙酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、反-1,3-二氯丙烯有 50% 以上的监测系统能达到 $\pm 15\%$ 范围；测试浓度为 5 nmol/mol 与 7 nmol/mol 时，各物种均有 70% 以上的监测系统测试结果在 $\pm 15\%$ 范围内。因此，本标准规定挥发性有机物自动监测系统正确度应在 $\pm 15\%$ 范围内。1 nmol/mol 浓度下的正壬烷、异丙苯、正丙苯、反-1,3-二氯丙烯有 50% 以上的监测系统可以达到 $\pm 15\%$ 范围内，且大部分厂家至少有一台监测系统能达到 $\pm 15\%$ 范围，故对其进行收严，统一规定为 $\pm 15\%$ 。

表 65 1 nmol/mol 正确度测试结果

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤15% 占比
乙烯	3%	0%	-14%	-9%	7%	2%	13%	10%	3%	15%	90%
乙炔	-4%	-6%	-15%	-16%	4%	0%	7%	6%	24%	10%	70%
乙烷	-6%	-3%	-13%	-10%	0%	-1%	11%	9%	-2%	3%	100%
丙烯	-3%	-5%	-17%	-5%	0%	-2%	9%	7%	3%	-8%	90%
丙烷	-2%	-3%	-15%	-8%	-1%	-2%	9%	8%	1%	-12%	90%
异丁烷	-3%	-1%	-13%	-8%	-2%	-4%	8%	8%	10%	-2%	100%
正丁烷	-3%	1%	6%	-14%	-1%	-4%	12%	8%	19%	16%	80%
异戊烷	-11%	-3%	4%	-10%	-3%	-5%	8%	5%	19%	-10%	90%
正戊烷	-15%	0%	0%	-11%	-2%	-5%	9%	6%	12%	-20%	90%
异戊二烯	-10%	-6%	-11%	-9%	-5%	-4%	7%	5%	-16%	-33%	80%
3-甲基戊烷	-6%	0%	-12%	19%	-2%	-2%	5%	6%	-18%	-24%	70%
正己烷	-7%	-3%	-15%	1%	-1%	-5%	-5%	-7%	-27%	-35%	80%
2,4-二甲基戊烷	-14%	0%	-9%	1%	-6%	-2%	-10%	-16%	-10%	-17%	80%
甲基环戊烷	-10%	-6%	-12%	-2%	0%	-4%	-6%	-7%	-26%	-33%	80%
苯	-11%	-3%	-4%	4%	0%	-1%	3%	0%	10%	4%	100%
环己烷	-11%	-3%	-8%	-7%	-4%	0%	-3%	-3%	-29%	-35%	80%
2-甲基己烷	-10%	-12%	-17%	-8%	-9%	-2%	-9%	-11%	-25%	-35%	70%
2,3-二甲基戊烷	-5%	-1%	-11%	-4%	-5%	0%	-3%	-2%	-22%	-26%	80%
3-甲基己烷	-19%	-4%	-10%	-4%	-4%	-4%	-6%	-6%	-8%	-19%	80%
2,2,4-三甲基戊烷	-2%	0%	-10%	-4%	0%	-8%	-7%	-8%	-17%	-22%	80%
正庚烷	-16%	0%	-10%	-14%	-6%	-4%	-12%	-14%	-14%	-30%	80%
甲基环己烷	-11%	-3%	-3%	-1%	-9%	-6%	-8%	-11%	-26%	-32%	80%
2,3,4-三甲基戊烷	-6%	2%	-13%	-5%	-8%	-5%	-1%	-4%	-15%	-23%	80%
2-甲基庚烷	-6%	2%	-11%	-9%	-7%	-5%	-8%	-7%	-22%	-30%	80%
甲苯	-11%	-2%	-5%	6%	-2%	-7%	5%	1%	-27%	-34%	80%
3-甲基庚烷	2%	4%	-13%	-12%	-4%	-3%	2%	3%	-23%	-29%	80%
正辛烷	-19%	3%	-9%	-9%	1%	-3%	-4%	-2%	-30%	-33%	70%
乙苯	-4%	1%	-5%	2%	-3%	-7%	2%	6%	-31%	-33%	80%
间/对-二甲苯	-8%	4%	-6%	5%	6%	-4%	13%	29%	-27%	-31%	70%
正壬烷	-20%	7%	0%	-3%	15%	-3%	10%	24%	-46%	-44%	50%
邻-二甲苯	-5%	-6%	-7%	-3%	-5%	-9%	-6%	-6%	-33%	-41%	80%
异丙苯	-8%	-10%	-14%	-4%	-12%	-8%	-27%	-20%	-35%	-45%	60%
正丙苯	-11%	-7%	-9%	3%	-8%	-9%	-31%	-20%	-36%	-40%	60%
邻-乙基甲苯	-11%	-11%	-6%	-5%	-10%	-7%	-16%	-2%	-33%	-42%	70%
间-乙基甲苯	-11%	-6%	-7%	-2%	-8%	-6%	-18%	1%	-37%	-40%	70%
1,3,5-三甲苯	-3%	-12%	-4%	3%	-3%	-4%	6%	26%	-24%	-34%	70%
对-乙基甲苯	-11%	-11%	-6%	0%	-3%	-4%	-10%	11%	-35%	-33%	80%
正癸烷	31%	-5%	-4%	-3%	0%	-7%	28%	40%	-39%	-44%	50%
1,2,4-三甲苯	0%	-13%	-10%	-1%	-10%	-5%	0%	10%	-44%	-51%	80%
1,2,3-三甲苯	4%	-6%	-12%	0%	-6%	-5%	19%	29%	-45%	-49%	60%
溴甲烷	-10%	-18%	2%	-6%	4%	-2%	11%	11%	14%	5%	90%
二硫化碳	-3%	0%	-2%	1%	-5%	0%	15%	13%	14%	13%	100%
二氯甲烷	-4%	7%	1%	20%	7%	7%	27%	23%	14%	13%	70%
顺-1,2-二氯乙烯	-8%	-2%	-5%	-6%	-1%	-2%	0%	-2%	-15%	-19%	80%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤15% 占比
1,1-二氯乙烷	-3%	-3%	1%	-5%	1%	-4%	-1%	2%	-7%	-3%	100%
反-1,2-二氯乙烯	-7%	0%	-6%	7%	2%	-4%	3%	10%	-5%	-11%	100%
乙酸乙酯	-20%	0%	-3%	-10%	-10%	-6%	36%	16%	-17%	-21%	50%
三氯甲烷	-8%	-2%	0%	-11%	1%	1%	3%	9%	3%	3%	100%
1,1,1-三氯乙烷	-7%	-13%	-2%	-24%	0%	-3%	-9%	-1%	-1%	3%	90%
四氯化碳	1%	-8%	-4%	-13%	2%	-3%	-2%	4%	9%	8%	100%
三氯乙烯	-12%	2%	-9%	-3%	-1%	-5%	3%	0%	12%	1%	100%
1,2-二氯丙烷	-8%	-2%	2%	0%	2%	-7%	2%	3%	-7%	4%	100%
甲基丙烯酸甲酯	-14%	-7%	-12%	-7%	-7%	-9%	24%	17%	-42%	-35%	60%
一溴二氯甲烷	-12%	1%	-3%	-11%	-1%	-5%	-1%	5%	8%	11%	100%
反-1,3-二氯丙烯	-17%	-14%	-9%	-14%	-11%	-11%	-28%	-14%	-24%	-22%	60%
1,1,2-三氯乙烷	-17%	-2%	-1%	-2%	3%	-5%	5%	8%	0%	8%	90%
二溴一氯甲烷	-12%	-7%	-8%	-6%	-1%	-7%	2%	6%	-13%	-1%	100%
四氯乙烯	-4%	-4%	-1%	4%	-2%	-5%	10%	6%	9%	-3%	100%
1,2-二溴乙烷	-10%	-6%	-7%	-2%	-2%	-4%	0%	1%	-17%	-9%	90%
氯苯	2%	4%	1%	10%	-1%	-2%	16%	23%	-6%	-3%	80%
三溴甲烷	-15%	-17%	-12%	-8%	-7%	-11%	-5%	5%	-1%	-2%	80%
四氯乙烷	-18%	0%	4%	-1%	-4%	-6%	4%	35%	1%	11%	80%
1,3-二氯苯	-13%	-11%	-8%	-2%	-3%	-4%	3%	11%	-10%	-14%	100%
1,4-二氯苯	-13%	-9%	-4%	3%	-5%	-4%	8%	14%	-17%	-20%	80%
1,2-二氯苯	-13%	3%	-5%	0%	-1%	-3%	-2%	31%	-4%	-12%	90%

表 66 5 nmol/mol 正确度测试结果

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	≤15% 占比
乙烯	-2%	-1%	-5%	-1%	0%	0%	5%	5%	0%	100%
乙炔	-1%	-2%	-4%	-3%	0%	0%	4%	5%	4%	100%
乙烷	-3%	-1%	-5%	-1%	-1%	-1%	5%	5%	-1%	100%
丙烯	-1%	-2%	-6%	-2%	-1%	-1%	5%	5%	0%	100%
丙烷	-1%	-1%	-5%	-1%	-1%	-2%	4%	4%	0%	100%
异丁烷	-2%	-1%	-2%	-1%	-1%	-2%	4%	4%	10%	100%
正丁烷	-2%	0%	-1%	-4%	-1%	-2%	3%	3%	12%	100%
异戊烷	4%	0%	-1%	-5%	-1%	-2%	13%	6%	11%	100%
正戊烷	4%	0%	-1%	-5%	-1%	-2%	15%	4%	7%	100%
异戊二烯	3%	-2%	0%	-3%	-2%	-3%	15%	4%	3%	100%
3-甲基戊烷	4%	1%	-2%	13%	-2%	-3%	6%	3%	3%	100%
正己烷	3%	0%	-1%	8%	-2%	-4%	6%	3%	3%	100%
2,4-二甲基戊烷	4%	3%	-2%	7%	-2%	-3%	4%	2%	8%	100%
甲基环戊烷	4%	1%	-2%	3%	-2%	-4%	5%	2%	3%	100%
苯	0%	-4%	-1%	2%	-2%	-2%	7%	5%	7%	100%
环己烷	4%	3%	-4%	-1%	-2%	-2%	5%	3%	2%	100%
2-甲基己烷	6%	2%	-3%	2%	-3%	-3%	5%	3%	1%	100%
2,3-二甲基戊烷	4%	1%	-3%	4%	-2%	-3%	4%	2%	5%	100%
3-甲基己烷	2%	0%	-1%	4%	-2%	-3%	7%	5%	4%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	1%	-3%	-1%	3%	-2%	-4%	5%	3%	3%	100%
正庚烷	1%	-4%	-2%	1%	-3%	-3%	4%	2%	3%	100%
甲基环己烷	2%	0%	1%	5%	-2%	-3%	4%	3%	-1%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	1%	-2%	0%	3%	-3%	-3%	5%	5%	2%	100%
2-甲基庚烷	1%	-2%	0%	2%	-3%	-3%	4%	4%	2%	100%
甲苯	3%	22%	0%	5%	-4%	-6%	7%	6%	0%	89%
3-甲基庚烷	1%	-3%	-1%	2%	-3%	-3%	7%	7%	3%	100%
正辛烷	1%	24%	0%	2%	-5%	-6%	7%	6%	0%	89%
乙苯	2%	17%	-1%	4%	-4%	-6%	10%	8%	3%	89%
间/对-二甲苯	0%	17%	-1%	4%	-3%	-6%	11%	9%	10%	89%
正壬烷	-3%	19%	1%	2%	-3%	-7%	13%	11%	4%	89%
邻-二甲苯	2%	23%	0%	3%	-4%	-6%	10%	7%	2%	89%
异丙苯	1%	-3%	-1%	3%	-6%	-7%	8%	6%	4%	100%
正丙苯	0%	-1%	0%	2%	-6%	-7%	11%	6%	3%	100%
邻-乙基甲苯	-1%	1%	2%	1%	-6%	-7%	10%	6%	3%	100%
间-乙基甲苯	0%	7%	-1%	4%	-6%	-7%	13%	7%	6%	100%
1,3,5-三甲苯	-1%	1%	2%	2%	-6%	-7%	8%	5%	8%	100%
对-乙基甲苯	-1%	1%	3%	-3%	-6%	-6%	9%	6%	8%	100%
正癸烷	0%	1%	1%	4%	-6%	-8%	11%	8%	10%	100%
1,2,4-三甲苯	-1%	6%	1%	2%	-6%	-6%	2%	2%	1%	100%
1,2,3-三甲苯	1%	4%	1%	2%	-6%	-7%	1%	3%	2%	100%
溴甲烷	1%	5%	0%	-4%	-1%	-4%	9%	5%	12%	100%
二硫化碳	5%	-1%	-2%	-4%	-2%	-3%	20%	8%	9%	89%
二氯甲烷	5%	0%	-1%	13%	-1%	-2%	-6%	4%	12%	100%
顺-1,2-二氯乙烯	4%	1%	-2%	1%	-1%	-3%	5%	3%	4%	100%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	≤15% 占比
1,1-二氯乙烷	4%	1%	-1%	1%	-2%	-4%	5%	3%	6%	100%
反-1,2-二氯乙烯	3%	1%	-3%	7%	-1%	-4%	9%	6%	6%	100%
乙酸乙酯	3%	2%	-2%	1%	-4%	-5%	1%	-11%	4%	100%
三氯甲烷	4%	1%	-1%	-1%	-2%	-3%	5%	5%	8%	100%
1,1,1-三氯乙烷	4%	2%	-2%	1%	-3%	-4%	1%	0%	6%	100%
四氯化碳	3%	1%	-1%	0%	-2%	-3%	2%	2%	7%	100%
三氯乙烯	0%	0%	-1%	1%	-2%	-4%	5%	4%	7%	100%
1,2-二氯丙烷	0%	0%	1%	0%	-2%	-4%	3%	2%	5%	100%
甲基丙烯酸甲酯	0%	-2%	-1%	1%	-4%	-4%	6%	-6%	-5%	100%
一溴二氯甲烷	1%	-1%	-1%	-1%	-3%	-4%	2%	3%	8%	100%
反-1,3-二氯丙烯	0%	-9%	-1%	0%	-7%	-8%	-8%	-6%	0%	100%
1,1,2-三氯乙烷	0%	27%	0%	0%	-4%	-7%	5%	6%	12%	89%
二溴一氯甲烷	-1%	26%	0%	0%	-5%	-7%	4%	5%	8%	89%
四氯乙烯	0%	24%	1%	3%	-4%	-6%	5%	4%	13%	89%
1,2-二溴乙烷	0%	26%	0%	2%	-5%	-6%	2%	2%	7%	89%
氯苯	3%	12%	0%	5%	-4%	-5%	11%	9%	10%	100%
三溴甲烷	-2%	-1%	-2%	2%	-5%	-8%	4%	2%	11%	100%
四氯乙烷	0%	4%	2%	2%	-6%	-8%	6%	3%	12%	100%
1,3-二氯苯	0%	-2%	1%	1%	-5%	-7%	14%	7%	9%	100%
1,4-二氯苯	0%	4%	2%	3%	-6%	-7%	16%	9%	10%	89%
1,2-二氯苯	0%	7%	1%	1%	-5%	-7%	14%	8%	11%	100%

注: 5 nmol/mol 正确度测试时, 厂家 6_2 故障, 以其余 9 台监测系统结果进行统计。

表 67 7 nmol/mol 正确度测试结果

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤15% 占比
乙烯	-2%	0%	-1%	-1%	0%	0%	5%	5%	-4%	-6%	100%
乙炔	0%	-1%	-1%	-3%	0%	0%	4%	5%	-4%	3%	100%
乙烷	-1%	0%	-1%	-1%	0%	0%	5%	5%	1%	2%	100%
丙烯	-1%	-1%	-2%	-1%	0%	0%	5%	5%	1%	-1%	100%
丙烷	-1%	-1%	-1%	-1%	0%	-1%	4%	4%	1%	0%	100%
异丁烷	-1%	-1%	0%	3%	-1%	-1%	4%	4%	4%	-1%	100%
正丁烷	-1%	-1%	-1%	5%	-1%	-1%	3%	3%	1%	6%	100%
异戊烷	-10%	-9%	-1%	3%	-1%	-1%	9%	6%	6%	-1%	100%
正戊烷	-9%	-6%	0%	4%	-1%	-1%	9%	4%	3%	0%	100%
异戊二烯	-5%	-7%	-1%	4%	0%	0%	7%	3%	4%	1%	100%
3-甲基戊烷	-6%	-2%	-1%	2%	0%	0%	4%	3%	2%	1%	100%
正己烷	-5%	-2%	-1%	-2%	0%	0%	7%	6%	3%	1%	100%
2,4-二甲基戊烷	-5%	0%	-1%	6%	0%	0%	4%	3%	3%	1%	100%
甲基环戊烷	-5%	-1%	0%	4%	0%	0%	5%	4%	3%	1%	100%
苯	-6%	-7%	0%	3%	0%	1%	6%	5%	2%	-1%	100%
环己烷	-5%	1%	-2%	1%	0%	0%	4%	4%	3%	1%	100%
2-甲基己烷	-5%	1%	1%	5%	0%	0%	6%	5%	3%	1%	100%
2,3-二甲基戊烷	-6%	-2%	0%	5%	0%	0%	4%	3%	0%	0%	100%
3-甲基己烷	-9%	-1%	1%	4%	0%	1%	8%	6%	1%	0%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	-6%	-4%	0%	5%	0%	1%	5%	4%	1%	1%	100%
正庚烷	-9%	-5%	0%	4%	0%	0%	5%	4%	2%	-1%	100%
甲基环己烷	-5%	-5%	-1%	5%	0%	0%	3%	4%	1%	0%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	-5%	-5%	0%	4%	0%	0%	4%	5%	1%	1%	100%
2-甲基庚烷	-5%	-5%	0%	4%	0%	0%	4%	5%	1%	0%	100%
甲苯	-5%	-7%	0%	4%	-1%	-1%	5%	5%	3%	2%	100%
3-甲基庚烷	-5%	-4%	-1%	4%	0%	0%	5%	6%	1%	-1%	100%
正辛烷	-10%	-9%	0%	3%	-1%	-1%	7%	6%	1%	0%	100%
乙苯	-4%	-4%	-1%	5%	-1%	-1%	4%	3%	2%	1%	100%
间/对-二甲苯	-6%	-4%	-1%	5%	0%	0%	4%	3%	3%	0%	100%
正壬烷	-10%	-6%	0%	5%	-1%	-1%	8%	6%	3%	1%	100%
邻-二甲苯	-3%	-8%	0%	4%	-1%	0%	5%	4%	3%	1%	100%
异丙苯	-7%	-12%	-1%	4%	0%	-1%	5%	3%	3%	0%	100%
正丙苯	-7%	-11%	-2%	5%	0%	-1%	6%	2%	3%	-1%	100%
邻-乙基甲苯	-7%	-7%	-1%	4%	0%	-1%	7%	3%	3%	2%	100%
间-乙基甲苯	-7%	-11%	-4%	3%	0%	-1%	7%	4%	3%	2%	100%
1,3,5-三甲苯	-7%	-12%	0%	7%	0%	-1%	6%	2%	3%	2%	100%
对-乙基甲苯	-7%	-13%	1%	1%	0%	-1%	7%	2%	2%	2%	100%
正癸烷	-11%	-11%	-1%	7%	0%	-1%	6%	3%	4%	0%	100%
1,2,4-三甲苯	-7%	-3%	-1%	5%	0%	-1%	5%	1%	3%	4%	100%
1,2,3-三甲苯	-7%	-11%	-1%	6%	0%	-1%	4%	0%	2%	2%	100%
溴甲烷	-3%	-6%	0%	3%	1%	0%	5%	4%	4%	-3%	100%
二硫化碳	-5%	-3%	-1%	4%	1%	0%	11%	5%	2%	-1%	100%
二氯甲烷	-5%	-2%	-1%	9%	1%	0%	3%	3%	3%	-1%	100%
顺-1,2-二氯乙烯	-4%	-4%	-1%	2%	0%	0%	4%	4%	2%	-1%	100%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤15% 占比
1,1-二氯乙烷	-5%	-1%	-1%	1%	0%	0%	5%	4%	3%	0%	100%
反-1,2-二氯乙烯	-4%	-1%	-2%	0%	0%	0%	9%	7%	1%	0%	100%
乙酸乙酯	-9%	-1%	0%	3%	0%	-1%	-9%	1%	2%	0%	100%
三氯甲烷	-5%	-3%	0%	2%	0%	0%	5%	5%	3%	0%	100%
1,1,1-三氯乙烷	-3%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	2%	1%	-1%	100%
四氯化碳	0%	1%	0%	2%	0%	0%	3%	2%	1%	-2%	100%
三氯乙烯	-3%	-2%	0%	3%	0%	0%	3%	5%	1%	-1%	100%
1,2-二氯丙烷	-5%	-5%	-1%	3%	0%	0%	2%	3%	0%	-3%	100%
甲基丙烯酸甲酯	-5%	-7%	-1%	3%	0%	0%	-5%	1%	-1%	-1%	100%
一溴二氯甲烷	-5%	-4%	-1%	-1%	0%	0%	2%	3%	2%	-1%	100%
反-1,3-二氯丙烯	-6%	-5%	-1%	2%	-1%	-1%	-5%	-5%	1%	-2%	100%
1,1,2-三氯乙烷	-5%	-4%	0%	3%	-1%	-1%	4%	6%	2%	1%	100%
二溴一氯甲烷	-3%	-4%	0%	2%	-1%	-1%	4%	5%	2%	0%	100%
四氯乙烯	-2%	-3%	-1%	4%	-1%	-1%	2%	3%	2%	2%	100%
1,2-二溴乙烷	-4%	-5%	0%	3%	-1%	-1%	1%	2%	3%	1%	100%
氯苯	-3%	-2%	0%	3%	-1%	-1%	5%	4%	4%	0%	100%
三溴甲烷	-6%	-16%	-1%	3%	-1%	-1%	1%	1%	1%	1%	90%
四氯乙烷	-10%	-8%	0%	6%	-1%	-1%	3%	1%	2%	-1%	100%
1,3-二氯苯	-7%	-8%	-1%	5%	-1%	-1%	7%	2%	2%	2%	100%
1,4-二氯苯	-7%	-13%	-1%	6%	-1%	-1%	8%	3%	2%	2%	100%
1,2-二氯苯	-7%	-8%	0%	5%	-1%	-1%	7%	2%	1%	1%	100%

6.5.8 精密度

6.5.8.1 测试目的

为了评估监测系统在相同条件下测量结果的一致性与稳定性，需要定期对监测系统开展精密度测试。本次比对实验期间，对所有参与比对的监测系统开展了精密度测试。

6.5.8.2 测试方法

在监测系统正常工作状态下，通入高纯氮气或零级空气进行吹扫。待测值稳定后，依次通入 1、5、7 nmol/mol 3 个浓度点的标准气体，每个浓度点连续测量≥6 次，按公式（13）计算各目标化合物分别在 1、5、7 nmol/mol 浓度点下测量浓度值的相对标准偏差，以该偏差表示精密度。

$$RSD = \frac{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2] / (n-1)}}{\bar{\rho}} \times 100\% \quad (13)$$

式中：RSD——目标化合物某一浓度标准气体测定结果的相对标准偏差，%；

ρ_i ——目标化合物某一浓度标准气体第 i 次测定的浓度值，nmol/mol；

$\bar{\rho}$ ——目标化合物某一浓度标准气体 n 次测定结果的平均值，nmol/mol；

n——测量次数（n≥6）。

6.5.8.3 测试结果

从比对实验精密度测试结果来看（如表 68、表 69、表 70），1、5、7 nmol/mol 三个浓度下，清单内所

有物种均有 70%以上监测系统精密度结果在 10%以内，表现一致，测值稳定一致。因此，本标准根据比对实验结果将挥发性有机物自动监测系统的精密度规定为≤10%。

表 68 1 nmol/mol 精密度测试结果

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤10% 占比
乙烯	8%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	5%	3%	100%
乙炔	0%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	11%	4%	90%
乙烷	9%	3%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	4%	3%	100%
丙烯	0%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	3%	5%	100%
丙烷	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	3%	5%	100%
异丁烷	1%	2%	2%	2%	0%	1%	1%	1%	4%	2%	100%
正丁烷	1%	1%	2%	3%	0%	1%	1%	1%	3%	3%	100%
异戊烷	3%	3%	2%	3%	0%	1%	3%	3%	8%	2%	100%
正戊烷	3%	2%	2%	2%	0%	0%	3%	3%	7%	1%	100%
异戊二烯	2%	4%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	4%	1%	100%
3-甲基戊烷	3%	4%	2%	3%	1%	1%	2%	2%	3%	2%	100%
正己烷	3%	4%	2%	2%	1%	1%	3%	3%	3%	2%	100%
2,4-二甲基戊烷	2%	5%	2%	1%	1%	1%	3%	4%	3%	1%	100%
甲基环戊烷	2%	3%	1%	1%	1%	1%	3%	3%	3%	1%	100%
苯	2%	8%	1%	2%	1%	1%	3%	3%	4%	2%	100%
环己烷	2%	3%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	3%	1%	100%
2-甲基己烷	4%	8%	2%	3%	1%	1%	3%	4%	3%	2%	100%
2,3-二甲基戊烷	3%	1%	1%	3%	1%	1%	2%	2%	5%	2%	100%
3-甲基己烷	3%	2%	2%	2%	1%	1%	3%	3%	4%	2%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	3%	7%	2%	2%	1%	1%	3%	3%	4%	1%	100%
正庚烷	3%	6%	2%	2%	1%	1%	3%	3%	6%	2%	100%
甲基环己烷	1%	9%	3%	2%	1%	1%	2%	2%	4%	1%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	2%	7%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	5%	1%	100%
2-甲基庚烷	2%	7%	2%	3%	1%	1%	3%	2%	3%	3%	100%
甲苯	2%	9%	1%	2%	1%	1%	2%	2%	2%	1%	100%
3-甲基庚烷	2%	7%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	5%	2%	100%
正辛烷	3%	8%	2%	1%	1%	1%	3%	2%	4%	2%	100%
乙苯	2%	3%	2%	2%	1%	1%	3%	2%	5%	1%	100%
间/对-二甲苯	1%	4%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	5%	1%	100%
正壬烷	4%	5%	2%	1%	2%	1%	4%	2%	4%	2%	100%
邻-二甲苯	1%	14%	2%	2%	1%	1%	4%	3%	5%	1%	90%
异丙苯	2%	4%	1%	2%	1%	1%	5%	4%	4%	1%	100%
正丙苯	2%	12%	2%	3%	1%	1%	6%	3%	4%	1%	90%
邻-乙基甲苯	1%	14%	2%	2%	1%	1%	6%	3%	5%	2%	90%
间-乙基甲苯	2%	17%	6%	4%	2%	1%	6%	3%	5%	2%	90%
1,3,5-三甲苯	2%	19%	2%	2%	1%	1%	5%	3%	5%	3%	90%
对-乙基甲苯	1%	18%	4%	5%	2%	1%	6%	4%	6%	3%	90%
正癸烷	3%	14%	1%	2%	1%	1%	8%	5%	4%	7%	90%
1,2,4-三甲苯	2%	15%	2%	2%	1%	1%	7%	4%	5%	2%	90%
1,2,3-三甲苯	2%	11%	2%	2%	2%	1%	6%	3%	4%	4%	90%
溴甲烷	2%	13%	2%	1%	1%	1%	2%	2%	4%	2%	90%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤10% 占比
二硫化碳	2%	3%	2%	9%	1%	1%	3%	2%	3%	1%	100%
二氯甲烷	2%	4%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	3%	2%	100%
顺-1,2-二氯乙烯	1%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	2%	4%	1%	100%
1,1-二氯乙烷	2%	4%	1%	2%	1%	1%	2%	2%	3%	1%	100%
反-1,2-二氯乙烯	2%	4%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	3%	1%	100%
乙酸乙酯	3%	2%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	3%	1%	100%
三氯甲烷	2%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	4%	1%	100%
1,1,1-三氯乙烷	2%	1%	1%	4%	1%	1%	2%	2%	4%	1%	100%
四氯化碳	2%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	5%	1%	100%
三氯乙烯	1%	7%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	4%	1%	100%
1,2-二氯丙烷	2%	8%	3%	2%	1%	1%	2%	1%	5%	2%	100%
甲基丙烯酸甲酯	2%	6%	2%	3%	2%	1%	3%	1%	3%	1%	100%
一溴二氯甲烷	1%	8%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	4%	2%	100%
反-1,3-二氯丙烯	1%	7%	2%	1%	1%	1%	3%	2%	3%	1%	100%
1,1,2-三氯乙烷	1%	15%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	6%	1%	90%
二溴一氯甲烷	1%	13%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	5%	2%	90%
四氯乙烯	2%	18%	2%	3%	1%	1%	2%	2%	6%	2%	90%
1,2-二溴乙烷	1%	10%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	5%	1%	100%
氯苯	2%	4%	1%	2%	1%	1%	2%	2%	4%	1%	100%
三溴甲烷	2%	6%	2%	2%	1%	1%	2%	3%	4%	3%	100%
四氯乙烷	2%	5%	2%	2%	1%	1%	4%	3%	5%	2%	100%
1,3-二氯苯	2%	17%	2%	2%	2%	1%	6%	4%	5%	3%	90%
1,4-二氯苯	2%	14%	2%	2%	2%	1%	6%	4%	5%	4%	90%
1,2-二氯苯	1%	8%	2%	2%	2%	1%	6%	3%	4%	4%	100%

表 69 5 nmol/mol 精密度测试结果

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	≤10% 占比
乙烯	3%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	3%	100%
乙炔	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	7%	100%
乙烷	3%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	100%
丙烯	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	100%
丙烷	0%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	100%
异丁烷	1%	1%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	3%	100%
正丁烷	1%	1%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	4%	100%
异戊烷	4%	3%	1%	3%	0%	0%	5%	1%	3%	100%
正戊烷	4%	2%	2%	3%	0%	0%	5%	2%	3%	100%
异戊二烯	4%	3%	1%	3%	2%	1%	6%	2%	3%	100%
3-甲基戊烷	4%	2%	1%	4%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
正己烷	3%	2%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
2,4-二甲基戊烷	3%	3%	1%	2%	2%	1%	2%	1%	3%	100%
甲基环己烷	4%	2%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
苯	4%	3%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	4%	100%
环己烷	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
2-甲基己烷	4%	2%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
2,3-二甲基戊烷	4%	2%	2%	3%	1%	1%	2%	1%	5%	100%
3-甲基己烷	5%	3%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	4%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	4%	3%	1%	1%	2%	1%	2%	1%	4%	100%
正庚烷	4%	4%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
甲基环己烷	3%	5%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	3%	3%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
2-甲基庚烷	3%	3%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
甲苯	3%	13%	1%	2%	2%	2%	1%	1%	3%	89%
3-甲基庚烷	3%	3%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
正辛烷	4%	12%	2%	3%	2%	2%	2%	1%	4%	89%
乙苯	3%	11%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	5%	89%
间/对-二甲苯	3%	11%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	89%
正壬烷	3%	9%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	5%	100%
邻-二甲苯	3%	13%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	5%	89%
异丙苯	4%	16%	1%	2%	2%	3%	1%	2%	5%	89%
正丙苯	3%	14%	2%	2%	2%	3%	3%	2%	5%	89%
邻-乙基甲苯	3%	12%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	5%	89%
间-乙基甲苯	3%	12%	7%	6%	2%	3%	3%	2%	6%	89%
1,3,5-三甲苯	3%	12%	3%	3%	2%	3%	3%	3%	5%	89%
对-乙基甲苯	3%	12%	4%	8%	3%	3%	2%	3%	5%	89%
正癸烷	3%	11%	2%	2%	3%	3%	4%	3%	6%	89%
1,2,4-三甲苯	3%	11%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	5%	89%
1,2,3-三甲苯	3%	12%	2%	1%	2%	3%	3%	3%	5%	89%
溴甲烷	2%	9%	1%	3%	1%	1%	3%	1%	3%	100%
二硫化碳	3%	3%	2%	3%	1%	1%	4%	3%	4%	100%
二氯甲烷	3%	2%	1%	9%	1%	2%	13%	1%	4%	89%
顺-1,2-二氯乙烯	2%	2%	1%	2%	2%	1%	1%	1%	4%	100%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	≤10% 占比
1,1-二氯乙烷	3%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
反-1,2-二氯乙烯	3%	2%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	3%	100%
乙酸乙酯	4%	2%	2%	1%	1%	1%	3%	3%	3%	100%
三氯甲烷	3%	2%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	3%	100%
1,1,1-三氯乙烷	3%	2%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	4%	100%
四氯化碳	2%	3%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	4%	100%
三氯乙烯	2%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	5%	100%
1,2-二氯丙烷	3%	3%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
甲基丙烯酸甲酯	3%	2%	1%	2%	1%	1%	2%	3%	3%	100%
一溴二氯甲烷	3%	2%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	4%	100%
反-1,3-二氯丙烯	3%	7%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	3%	100%
1,1,2-三氯乙烷	3%	13%	2%	3%	2%	2%	1%	1%	5%	89%
二溴一氯甲烷	3%	15%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	5%	89%
四氯乙烯	3%	16%	2%	3%	2%	2%	1%	1%	6%	89%
1,2-二溴乙烷	3%	12%	1%	2%	2%	2%	1%	1%	5%	89%
氯苯	3%	11%	1%	2%	2%	2%	1%	2%	5%	89%
三溴甲烷	4%	16%	2%	2%	3%	3%	1%	2%	5%	89%
四氯乙烷	5%	10%	2%	2%	2%	3%	2%	3%	5%	89%
1,3-二氯苯	3%	17%	2%	1%	3%	3%	3%	3%	5%	89%
1,4-二氯苯	3%	13%	3%	2%	3%	3%	3%	3%	5%	89%
1,2-二氯苯	3%	5%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	5%	100%

注: 5nmol/mol 正确度检测时, 厂家6_2 故障, 以其余9台监测系统结果进行统计。

表 70 7 nmol/mol 精密度测试结果

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤10% 占比
乙烯	2%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	3%	4%	100%
乙炔	1%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	1%	7%	2%	100%
乙烷	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	100%
丙烯	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	100%
丙烷	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	100%
异丁烷	0%	1%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	7%	2%	100%
正丁烷	1%	1%	1%	7%	0%	0%	0%	0%	7%	5%	100%
异戊烷	4%	11%	2%	7%	0%	0%	1%	2%	8%	2%	90%
正戊烷	2%	9%	2%	6%	0%	0%	4%	2%	7%	2%	100%
异戊二烯	1%	10%	2%	4%	1%	1%	4%	2%	7%	1%	100%
3-甲基戊烷	2%	1%	1%	14%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	90%
正己烷	2%	1%	2%	12%	1%	1%	1%	1%	7%	2%	90%
2,4-二甲基戊烷	1%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
甲基环戊烷	1%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	7%	2%	100%
苯	1%	5%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
环己烷	1%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	2%	100%
2-甲基己烷	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	7%	2%	100%
2,3-二甲基戊烷	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
3-甲基己烷	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	1%	5%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
正庚烷	2%	8%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
甲基环己烷	1%	8%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	1%	6%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
2-甲基庚烷	1%	7%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
甲苯	1%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	8%	2%	100%
3-甲基庚烷	1%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
正辛烷	2%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
乙苯	1%	6%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
间/对-二甲苯	1%	7%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
正壬烷	2%	5%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
邻-二甲苯	1%	10%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	100%
异丙苯	1%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
正丙苯	2%	6%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
邻-乙基甲苯	1%	9%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
间-乙基甲苯	2%	11%	4%	7%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	80%
1,3,5-三甲苯	1%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
对-乙基甲苯	2%	8%	6%	8%	2%	1%	1%	1%	11%	1%	90%
正癸烷	3%	6%	2%	3%	1%	1%	1%	2%	10%	1%	90%
1,2,4-三甲苯	1%	7%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
1,2,3-三甲苯	1%	12%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	11%	2%	80%
溴甲烷	2%	12%	1%	7%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	90%

名称	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤10% 占比
二硫化碳	1%	5%	2%	4%	1%	1%	4%	2%	8%	1%	100%
二氯甲烷	1%	2%	1%	9%	1%	1%	13%	1%	8%	1%	90%
顺-1,2-二氯乙烯	1%	5%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
1,1-二氯乙烷	1%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
反-1,2-二氯乙烯	1%	1%	1%	14%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	90%
乙酸乙酯	1%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	7%	2%	100%
三氯甲烷	1%	5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
1,1,1-三氯乙烷	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
四氯化碳	2%	2%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
三氯乙烯	1%	9%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
1,2-二氯丙烷	1%	7%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
甲基丙烯酸甲酯	1%	7%	1%	3%	1%	1%	1%	2%	7%	1%	100%
一溴二氯甲烷	1%	4%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	7%	1%	100%
反-1,3-二氯丙烯	1%	8%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	8%	1%	100%
1,1,2-三氯乙烷	1%	5%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
二溴一氯甲烷	1%	6%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
四氯乙烯	1%	11%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	80%
1,2-二溴乙烷	1%	5%	1%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	100%
氯苯	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
三溴甲烷	2%	15%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	80%
四氯乙烷	2%	3%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
1,3-二氯苯	2%	13%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	90%
1,4-二氯苯	2%	14%	2%	4%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	80%
1,2-二氯苯	2%	18%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	80%

6.5.9 响应时间

6.5.9.1 测试目的

环境空气中挥发性有机物的浓度变化速度较快，但现有监测系统单个样品的分析周期一般为1小时，为了评估监测系统检测结果的滞后性，需要定期开展响应时间测试。在本次比对实验期间，编制组对参与比对的所有监测系统均开展了响应时间测试。

6.5.9.2 测试方法

(1) 上升时间 T_{90}

在监测系统正常工作状态下，通入高纯氮气或零级空气进行吹扫。待测值稳定后，通入4 nmol/mol 标准气体并开始连续计时。记录各目标化合物测值从通入起始时刻至上升至标准气体浓度值90%的时间间隔。

(2) 下降时间 T_{10}

完成 T_{90} 测试后，立即切换通入高纯氮气或零级空气（注：切换须在标准气体进样完成后执行）。记录各目标化合物测值从切换起始时刻至下降至标准气体浓度值10%以下的时间间隔。

完成4 nmol/mol 浓度点的响应时间（ T_{90} 与 T_{10} ）测试后，继续通高纯氮气或零级空气以吹扫监测系统。随后按照上述方法，继续完成8 nmol/mol 浓度点的响应时间（ T_{90} 与 T_{10} ）测试。各目标化合物在4、8 nmol/mol 浓度点下的响应时间应符合表52的要求。

6.5.9.3 测试结果

分别统计比对实验各台监测系统4 nmol/mol、8 nmol/mol 浓度下，各物种的 T_{90} 、 T_{10} 测试结果，其中：

1) T_{90} 测试结果见表71、表72，从测试结果来看，4 nmol/mol 浓度下，除1,2,4-三甲苯、反-1,3-二氯丙烯外，其余物种测值均能在1 h内达到标称值的90%，1,2,4-三甲苯、反-1,3-二氯丙烯大部分厂家均有1台监测系统能在1 h内达到标称值的90%；8 nmol/mol 浓度下，所有物种所有监测系统均能在1 h内达到标称值的90%。因此，本标准将挥发性有机物自动监测系统的 T_{90} 统一收严，规定为≤1 h。

2) T_{10} 测试结果见表73、表74，从测试结果来看，4 nmol/mol 与8 nmol/mol 浓度标准气体通标结束后，所有物种均有70%以上的监测系统能在1 h内空白测值下降到标准气体标称值的10%。因此，本标准将气相色谱法与气相色谱质谱联用法自动监测系统的 T_{10} 规定为≤1 h。

表 71 4 nmol/mol T_{90} 测试结果

T_{90} -4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙炔	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异戊烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
正戊烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	80%
异戊二烯	2	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	80%
3-甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	90%

T ₉₀₋₄ nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
2,4-二甲基戊烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
甲基环戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	90%
苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	90%
2-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	2	>8	80%
2,3-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基己烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
2,2,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正庚烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	>8	80%
甲基环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	4	>8	80%
2,3,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	2	>8	80%
3-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正辛烷	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	80%
乙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	2	>8	80%
间/对-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正壬烷	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	70%
邻-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	4	>8	80%
异丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	2	>8	80%
正丙苯	1	2	1	1	1	1	1	1	2	>8	70%
邻-乙基甲苯	1	2	1	1	1	1	1	1	2	>8	70%
间-乙基甲苯	1	2	1	1	1	1	1	1	2	>8	70%
1,3,5-三甲苯	1	2	1	1	1	1	1	1	2	>8	70%
对-乙基甲苯	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	80%
正癸烷	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
1,2,4-三甲苯	1	2	1	1	1	1	2	1	6	>8	60%
1,2,3-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	6	>8	70%
溴甲烷	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	80%
二硫化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二氯甲烷	1	1	1	2	1	1	>8	1	1	1	80%
顺-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1-二氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙酸乙酯	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
三氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1,1-三氯乙烷	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	90%
四氯化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2-二氯丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基丙烯酸甲酯	1	1	1	1	1	1	1	1	8	>8	80%
一溴二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,3-二氯丙烯	4	8	1	1	1	1	8	2	4	1	50%
1,1,2-三氯乙烷	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
二溴一氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烯	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
1,2-二溴乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	90%
氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烷	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
1,3-二氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	90%

T ₉₀₋₄ nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
1,4-二氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	90%
1,2-二氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

表 72 8 nmol/mol T₉₀ 测试结果

T ₉₀₋₈ nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙炔	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异戊二烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基戊烷	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	90%
正己烷	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	90%
2,4-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基环戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,3-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,2,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,3,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正辛烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
间/对-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正壬烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
邻-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
邻-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
间-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,3,5-三甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
对-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正癸烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2,4-三甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2,3-三甲苯	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二硫化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
顺-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

T ₉₀₋₈ nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
1,1-二氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,2-二氯乙烯	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	90%
乙酸乙酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1,1-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2-二氯丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基丙烯酸甲酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
一溴二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,3-二氯丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1,2-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二溴一氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2-二溴乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,3-二氯苯	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
1,4-二氯苯	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
1,2-二氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

表 73 4 nmol/mol T₁₀ 测试结果

T ₁₀ -4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占 比
乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
乙炔	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
异丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
异戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
异戊二烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
3-甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2,4-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
甲基环戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2,3-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
3-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2,2,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
甲基环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2,3,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
2-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
3-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正辛烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
乙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
间/对-二甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
正壬烷	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
邻-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
异丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
正丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
邻-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
间-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,3,5-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
对-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
正癸烷	1	1	1	1	1	1	>8	2	1	2	70%
1,2,4-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
1,2,3-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	80%
溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
二硫化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
顺-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%

T ₁₀₋₄ nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
1,1-二氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
反-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
乙酸乙酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
三氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,1,1-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
四氯化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
三氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,2-二氯丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
甲基丙烯酸甲酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
一溴二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
反-1,3-二氯丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,1,2-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
二溴一氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
四氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,2-二溴乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
三溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
四氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	90%
1,3-二氯苯	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	70%
1,4-二氯苯	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	70%
1,2-二氯苯	1	1	1	1	1	1	>8	2	1	2	70%

表 74 8 nmol/mol T₁₀ 测试结果

T ₁₀ -8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占 比
乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙炔	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正丁烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异戊二烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,4-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基环戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,3-二甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,2,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基环己烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2,3,4-三甲基戊烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
2-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
3-甲基庚烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正辛烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
间/对-二甲苯	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	80%
正壬烷	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%
邻-二甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
异丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
正丙苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
邻-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
间-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,3,5-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%
对-乙基甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%
正癸烷	1	1	1	1	1	1	>8	2	1	1	80%
1,2,4-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%
1,2,3-三甲苯	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%
溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二硫化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
顺-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

T ₁₀ -8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2	≤1 h 占比
1,1-二氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,2-二氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
乙酸乙酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1,1-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯化碳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2-二氯丙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
甲基丙烯酸甲酯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
一溴二氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
反-1,3-二氯丙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,1,2-三氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
二溴一氯甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,2-二溴乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
氯苯	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
三溴甲烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
四氯乙烷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
1,3-二氯苯	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	80%
1,4-二氯苯	1	1	1	1	1	1	>8	2	1	1	80%
1,2-二氯苯	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	80%

6.5.10 漂移

6.5.10.1 测试目的

漂移是评估监测系统在一段时间内能否稳定运行的手段。为了评估监测系统运行的稳定性，本次比对实验期间，对所有参与比对的监测系统开展了 24 h 漂移与 7 天漂移测试。

6.5.10.2 测试方法

监测系统完成调试以及校准曲线测试后，即可开始连续运行 8 天开展漂移测试。测试期间禁止对监测系统进行任何调整或校准操作。每天应在固定时间段内（每日固定两个小时，如每日 8 时~10 时）开始测试，测试完成后，应恢复环境样品采样。漂移测试包括 24 小时漂移以及 7 天漂移两类测试，每类测试均包含零点漂移、浓度漂移以及保留时间漂移三项内容，具体测试方法如下。

依次通入 0、0.5、4、8 nmol/mol 标准气体，每种气体均连续测量 2 次，取第 2 次测量结果，并统计各化合物第 2 次测量结果的保留时间，按照公式（14）~（19）分别计算各目标化合物第 2~8 天期间每日的 24 小时与 7 天零点漂移、浓度漂移、保留时间漂移。

$$LZD_n = Z_n - Z_{n-1} \quad (14)$$

$$LZD = Z_8 - Z_1 \quad (15)$$

式中： LZD_n ——第 n 天目标化合物的 24 小时零点漂移，nmol/mol；

LZD ——目标化合物 7 天的零点漂移，nmol/mol；

Z_n ——第 n 天目标化合物的高纯氮气或零级空气测量浓度值，nmol/mol；

Z_1 ——第 1 天目标化合物的高纯氮气或零级空气测量浓度值，nmol/mol；

Z_8 ——第 8 天目标化合物的高纯氮气或零级空气测量浓度值，nmol/mol；

n ——测量天数序号（ $n=2\sim 8$ ）。

$$LSD_n = M_n - M_{n-1} \quad (16)$$

$$LSD = M_8 - M_1 \quad (17)$$

式中： LSD_n ——第 n 天目标化合物某一浓度标准气体的 24 小时浓度漂移，nmol/mol；

LSD ——目标化合物某一浓度标准气体的 7 天浓度漂移，nmol/mol；

M_n ——第 n 天目标化合物某一浓度标准气体的测量浓度值，nmol/mol；

M_1 ——第 1 天目标化合物某一浓度标准气体的测量浓度值，nmol/mol；

M_8 ——第 8 天目标化合物某一浓度标准气体的测量浓度值，nmol/mol；

n ——测量天数序号（ $n=2\sim 8$ ）。

$$DT_n = (RT_n - RT_{n-1}) \times 60 \quad (18)$$

$$DT = (RT_8 - RT_1) \times 60 \quad (19)$$

式中： DT_n ——第 n 天目标化合物某一浓度标准气体的 24 小时保留时间漂移，s；

DT ——目标化合物某一浓度标准气体的 7 天保留时间漂移，s；

RT_n ——第 n 天目标化合物某一浓度标准气体的保留时间，min；

RT_1 ——第 1 天目标化合物某一浓度标准气体的保留时间，min；

RT_8 ——第 8 天目标化合物某一浓度标准气体的保留时间，min；

n ——测量天数序号 ($n=2\sim 8$)。

6.5.10.3 测试结果

分别统计比对实验各台监测系统 0、0.5、4、8 nmol/mol 浓度下，各物种的 24 h 漂移与 7 天漂移测试结果，其中：

1) 24 h 漂移测试结果：

① 零点漂移测试结果见表 75、表 76。统计 7 天期间零点漂移每一天各物种的 24 h 漂移浓度，分析可知，每一天的 24 h 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 0.1 nmol/mol 以下。以第 1 天为例（表 76），所有监测系统漂移浓度均在 0.05 nmol/mol 以下，零点漂移浓度水平低，测试结果较好，且各监测系统间表现一致。

② 0.5 nmol/mol 漂移测试结果见表 77、表 78。统计 7 天期间 0.5 nmol/mol 漂移每一天各物种的 24 h 漂移浓度，分析可知，每一天的 24 h 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 0.1 nmol/mol 以下。以第 1 天为例（表 78），厂家 2_2、厂家 3_2、厂家 6_1 有部分物种漂移浓度超过 0.1 nmol/mol，其他监测系统均在 0.1 nmol/mol 以内，多数监测系统表现一致，漂移浓度相对较低。

③ 4 nmol/mol 漂移测试结果见表 79、表 80。统计 7 天期间 4 nmol/mol 漂移每一天各物种的 24 h 漂移浓度，分析可知，除了第 7 天外，每一天的 24 h 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 0.6 nmol/mol 以下，第 7 天有 50% 以上监测系统达到 0.6 nmol/mol 以下。以第 1 天为例（表 80），乙炔有 2 台监测系统漂移浓度超过 0.6 nmol/mol，其余物种均在 0.6 nmol/mol 以内或仅 1 台监测系统超过 0.6 nmol/mol，大多数监测系统表现一致。

④ 8 nmol/mol 漂移测试结果见表 81、表 82。统计 7 天期间 8 nmol/mol 漂移每一天各物种的 24 h 漂移浓度，分析可知，除了第 4 天的间/对-二甲苯外，其余物种每一天的 24 h 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 1.2 nmol/mol 以下。以第 1 天为例（表 82），除厂家 2_2、厂家 3_2 有部分物种漂移浓度超过 1.2 nmol/mol 外，其余监测系统均在 1.2 nmol/mol 以内，大多数监测系统表现一致。

⑤ 保留时间漂移测试结果见表 83、表 84。统计 7 天期间 0.5 nmol/mol 每一天各物种的 24 h 保留时间漂移，分析可知，所有物种所有监测系统每一天的 24 h 保留时间漂移均在 0.25 min 以内。以第 1 天为例（表 84），所有监测系统保留时间漂移均在 0.1 min 以内，各台监测系统出峰稳定。

因此，本标准基于以上比对实验测试结果，对 24 h 漂移的各项指标规定如下：零点漂移在 ± 0.1 nmol/mol 范围内；0.5 nmol/mol 漂移在 ± 0.1 nmol/mol 范围内；4 nmol/mol 漂移在 ± 0.6 nmol/mol 范围内；8 nmol/mol 漂移在 ± 1.2 nmol/mol 范围内；保留时间漂移在 ± 15 s（即 0.25 min）范围内。

2) 7 天漂移测试结果：

① 零点漂移测试结果见表 85。统计第 1 天至第 7 天的零点漂移浓度，从漂移结果来看，各监测系统所有物种的 7 天零点漂移浓度均在 0.1 nmol/mol 以下。零点漂移浓度水平低，测试结果较好，

且各监测系统间表现一致。

② 0.5 nmol/mol 漂移测试结果见表 86。统计第 1 天至第 7 天的 0.5 nmol/mol 漂移浓度，从结果来看，所有物种的 7 天 0.5 nmol/mol 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 0.2 nmol/mol 以下。

③ 4 nmol/mol 漂移测试结果见表 87。统计第 1 天至第 7 天的 4 nmol/mol 漂移浓度，从结果来看，所有物种的 7 天 4 nmol/mol 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 0.8 nmol/mol 以下。

④ 8 nmol/mol 漂移测试结果见表 88。统计第 1 天至第 7 天的 8 nmol/mol 漂移浓度，从结果来看，各物种的 7 天 8 nmol/mol 漂移浓度均有 70% 及以上的监测系统达到 1.6 nmol/mol 以下。

⑤ 保留时间漂移测试结果见表 89。统计第 1 天至第 7 天 0.5 nmol/mol 的保留时间漂移，从结果来看，所有物种的 7 天 0.5 nmol/mol 保留时间漂移均有 70% 及以上的监测系统在 0.25 min 以内，即 15s。

因此，本标准基于以上比对实验测试结果，对 7 天漂移的各项指标规定如下：零点漂移在 ± 0.1 nmol/mol 范围内；0.5 nmol/mol 漂移在 ± 0.2 nmol/mol 内；4 nmol/mol 漂移在 ± 0.8 nmol/mol 范围内；8 nmol/mol 漂移在 ± 1.6 nmol/mol 范围内；保留时间漂移在 ± 15 s（即 0.25min）范围内。

表 75 0 nmol/mol 浓度漂移每日结果 (± 0.1 nmol/mol 内占比)

24 h-0 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙炔	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%
乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烷	100%	100%	100%	90%	90%	100%	100%
异丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异戊二烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正己烷	100%	100%	70%	70%	100%	100%	100%
2,4-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正辛烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间/对-二甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正壬烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-二甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3,5-三甲苯	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%
对-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正癸烷	100%	90%	100%	90%	90%	100%	100%
1,2,4-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2,3-三甲苯	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%
溴甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
二硫化碳	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%
二氯甲烷	100%	100%	70%	70%	100%	100%	100%
顺-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

24 h-0 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
1,1-二氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
反-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙酸乙酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,1-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二氯丙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基丙烯酸甲酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
一溴二氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
反-1,3-二氯丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,2-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
二溴一氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二溴乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三溴甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3-二氯苯	100%	100%	100%	90%	90%	100%	100%
1,4-二氯苯	100%	100%	100%	80%	90%	100%	100%
1,2-二氯苯	100%	100%	100%	90%	90%	100%	100%

表 76 0 nmol/mol 24 h 漂移浓度（以第 1 天为例）

24 h-0 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.00
乙炔	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
乙烷	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
丙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
丙烷	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
异丁烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00
正丁烷	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	-0.01
异戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.00
正戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
异戊二烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
3-甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
正己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2,4-二甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
甲基环戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03
环己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2-甲基己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
2,3-二甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
3-甲基己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.01
2,2,4-三甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
正庚烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
甲基环己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2,3,4-三甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2-甲基庚烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
3-甲基庚烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
正辛烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
乙苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
间/对-二甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00
正壬烷	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
邻-二甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
异丙苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
正丙苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
邻-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
间-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
1,3,5-三甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00
对-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
正癸烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00
1,2,4-三甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
1,2,3-三甲苯	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
溴甲烷	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
二硫化碳	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.01
二氯甲烷	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
顺-1,2-二氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00

24 h-0 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
反-1,2-二氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
乙酸乙酯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
三氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1,1,1-三氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
四氯化碳	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
三氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
1,2-二氯丙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
甲基丙烯酸甲酯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.00
一溴二氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
反-1,3-二氯丙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
1,1,2-三氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
二溴一氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
四氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
1,2-二溴乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
氯苯	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
三溴甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
四氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.00	0.01
1,3-二氯苯	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.01
1,4-二氯苯	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
1,2-二氯苯	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.04	0.00	0.00	-0.01

表 77 0.5 nmol/mol 浓度漂移每日结果 (± 0.1 nmol/mol 内占比)

24 h-0.5 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
乙 烯	90%	90%	90%	100%	100%	100%	80%
乙 炔	100%	90%	90%	100%	88%	90%	100%
乙 烷	100%	100%	90%	100%	100%	100%	90%
丙 烯	100%	100%	100%	100%	88%	100%	100%
丙 烷	100%	100%	100%	88%	88%	100%	100%
异丁烷	100%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
正丁烷	100%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
异戊烷	70%	80%	90%	100%	100%	100%	80%
正戊烷	80%	70%	90%	100%	100%	100%	90%
异戊二烯	90%	90%	90%	100%	100%	100%	90%
3-甲基戊烷	90%	90%	90%	100%	100%	100%	90%
正己烷	90%	90%	70%	88%	100%	100%	100%
2,4-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
苯	100%	100%	90%	88%	100%	100%	90%
环己烷	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%
正庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	90%	100%	90%	88%	100%	100%	100%
2-甲基庚烷	90%	100%	90%	88%	88%	100%	80%
甲 苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基庚烷	100%	90%	90%	88%	100%	100%	90%
正辛烷	100%	100%	100%	100%	88%	100%	90%
乙 苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间/对-二甲苯	100%	80%	100%	88%	88%	100%	80%
正壬烷	100%	90%	100%	100%	88%	100%	90%
邻-二甲苯	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异丙苯	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%
正丙苯	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-乙基甲苯	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%
间-乙基甲苯	100%	90%	100%	100%	100%	100%	90%
1,3,5-三甲苯	100%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
对-乙基甲苯	90%	80%	90%	100%	100%	90%	90%
正癸烷	90%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
1,2,4-三甲苯	100%	100%	90%	100%	100%	100%	90%
1,2,3-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
溴甲烷	90%	90%	90%	88%	88%	100%	90%
二硫化碳	90%	90%	90%	100%	88%	90%	80%
二氯甲烷	90%	80%	70%	100%	100%	100%	70%
顺-1,2-二氯乙烯	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

24 h-0.5 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
1,1-二氯乙烷	90%	90%	90%	88%	88%	100%	90%
反-1,2-二氯乙烯	90%	80%	90%	100%	100%	100%	80%
乙酸乙酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,1-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二氯丙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%
甲基丙烯酸甲酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
一溴二氯甲烷	90%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
反-1,3-二氯丙烯	100%	100%	90%	88%	100%	100%	100%
1,1,2-三氯乙烷	100%	90%	90%	100%	100%	100%	100%
二溴一氯甲烷	90%	100%	90%	88%	100%	100%	100%
四氯乙烯	90%	90%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二溴乙烷	100%	100%	90%	88%	100%	100%	100%
氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三溴甲烷	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	90%	90%
1,4-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	90%	90%
1,2-二氯苯	90%	100%	90%	88%	100%	100%	100%

表 78 0.5 nmol/mol 24 h 漂移浓度 (以第 1 天为例)

24 h-0.5 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-0.04	0.03	0.01	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.15	-0.04
乙炔	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.04	0.09	0.02
乙烷	-0.02	0.04	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	-0.01	-0.04
丙烯	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.04	-0.04
丙烷	-0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	-0.04	0.02	0.01	0.04	0.00
异丁烷	-0.03	0.05	-0.02	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
正丁烷	-0.01	0.06	-0.01	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.07
异戊烷	-0.06	-0.13	-0.02	0.13	0.00	0.01	0.02	-0.01	0.13	0.01
正戊烷	-0.05	-0.12	0.00	0.13	0.02	0.01	0.07	-0.01	0.06	-0.01
异戊二烯	-0.05	-0.17	0.03	0.10	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.00	0.00
3-甲基戊烷	-0.05	-0.10	-0.01	-0.05	0.01	0.01	-0.02	0.02	0.00	0.01
正己烷	-0.06	-0.11	-0.01	-0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01
2,4-二甲基戊烷	-0.07	-0.08	-0.02	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.01
甲基环戊烷	-0.04	-0.08	-0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01
苯	-0.06	0.01	-0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
环己烷	-0.04	-0.12	-0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00
2-甲基己烷	-0.06	-0.06	-0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00
2,3-二甲基戊烷	-0.05	-0.09	-0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.02	0.02
3-甲基己烷	-0.05	-0.09	-0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.02
2,2,4-三甲基戊烷	-0.05	0.06	-0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
正庚烷	-0.05	0.05	-0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.04	0.00
甲基环己烷	-0.04	0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
2,3,4-三甲基戊烷	-0.04	0.13	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	-0.02	0.01
2-甲基庚烷	-0.06	0.12	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
甲苯	-0.04	-0.01	-0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
3-甲基庚烷	-0.03	0.02	-0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00
正辛烷	-0.04	0.00	-0.03	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.02	0.00
乙苯	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	-0.02	0.02
间/对-二甲苯	-0.05	-0.03	-0.04	-0.02	0.04	0.02	0.01	0.04	0.00	0.03
正壬烷	-0.09	0.01	-0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02
邻-二甲苯	-0.03	0.11	-0.03	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
异丙苯	-0.04	-0.02	-0.03	-0.03	0.01	0.02	0.04	0.00	-0.01	0.01
正丙苯	-0.04	0.09	-0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.00	-0.01	0.01
邻-乙基甲苯	-0.06	-0.02	-0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02	-0.01	0.03
间-乙基甲苯	-0.04	0.01	-0.08	-0.08	0.02	0.03	0.05	-0.04	-0.01	0.03
1,3,5-三甲苯	-0.06	-0.02	-0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.00	0.03
对-乙基甲苯	-0.05	-0.02	-0.02	0.14	0.03	0.03	0.05	0.05	-0.01	0.03
正癸烷	-0.12	0.00	-0.04	0.06	0.06	0.05	0.09	0.07	0.01	0.01
1,2,4-三甲苯	-0.06	-0.05	-0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01
1,2,3-三甲苯	-0.07	-0.02	-0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.06	0.00	0.03
溴甲烷	-0.05	-0.09	-0.01	0.13	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.04
二硫化碳	-0.02	-0.12	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.03	-0.02	-0.01
二氯甲烷	-0.04	-0.16	0.00	-0.09	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.02
顺-1,2-二氯乙烯	-0.03	-0.10	-0.02	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00

24 h-0.5 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.04	-0.11	-0.01	-0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
反-1,2-二氯乙烯	-0.04	-0.11	0.00	-0.10	0.03	0.00	-0.05	0.01	0.00	0.01
乙酸乙酯	-0.06	-0.10	-0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
三氯甲烷	-0.03	0.08	0.00	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00
1,1,1-三氯乙烷	-0.04	-0.05	0.00	-0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01
四氯化碳	-0.03	-0.07	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00
三氯乙烯	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
1,2-二氯丙烷	-0.05	0.00	-0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01
甲基丙烯酸甲酯	-0.04	0.06	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
一溴二氯甲烷	-0.02	0.15	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02
反-1,3-二氯丙烯	-0.04	0.05	0.00	-0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
1,1,2-三氯乙烷	-0.05	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
二溴一氯甲烷	-0.04	0.13	-0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02
四氯乙烯	-0.03	-0.17	-0.02	-0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.03
1,2-二溴乙烷	-0.04	0.04	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.02
氯苯	-0.03	-0.01	-0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	-0.01	0.00
三溴甲烷	-0.06	0.07	-0.02	-0.05	0.02	0.02	-0.01	0.02	-0.02	0.05
四氯乙烷	-0.07	0.03	-0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03
1,3-二氯苯	-0.03	-0.02	-0.04	0.02	0.04	0.04	0.01	0.02	0.01	0.05
1,4-二氯苯	-0.03	-0.02	-0.03	0.03	0.04	0.04	0.01	0.02	0.00	0.04
1,2-二氯苯	-0.03	0.20	-0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01	0.04

表 79 4 nmol/mol 浓度漂移每日结果 (± 0.6 nmol/mol 内占比)

24 h-4 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
乙烯	100%	90%	100%	100%	100%	89%	89%
乙炔	80%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烯	100%	100%	100%	88%	88%	100%	100%
丙烷	100%	100%	100%	88%	88%	100%	89%
异丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异戊烷	100%	90%	90%	100%	100%	100%	67%
正戊烷	100%	90%	90%	100%	100%	100%	89%
异戊二烯	100%	90%	90%	88%	100%	100%	78%
3-甲基戊烷	100%	100%	90%	88%	100%	100%	78%
正己烷	100%	100%	90%	88%	100%	100%	78%
2,4-二甲基戊烷	100%	90%	100%	100%	88%	100%	89%
甲基环戊烷	100%	90%	100%	88%	100%	100%	89%
苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
2,3-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
3-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
2,2,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正辛烷	90%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
乙苯	100%	100%	100%	100%	100%	89%	89%
间/对-二甲苯	90%	90%	90%	88%	100%	89%	56%
正壬烷	100%	100%	90%	100%	100%	89%	78%
邻-二甲苯	100%	90%	80%	100%	100%	100%	100%
异丙苯	90%	100%	90%	100%	100%	89%	89%
正丙苯	100%	90%	100%	100%	100%	89%	78%
邻-乙基甲苯	100%	90%	100%	88%	88%	89%	78%
间-乙基甲苯	100%	90%	100%	100%	100%	89%	78%
1,3,5-三甲苯	100%	100%	100%	88%	88%	89%	78%
对-乙基甲苯	90%	80%	100%	100%	100%	89%	78%
正癸烷	90%	100%	90%	75%	88%	89%	56%
1,2,4-三甲苯	100%	100%	80%	88%	88%	89%	89%
1,2,3-三甲苯	90%	90%	80%	100%	100%	89%	89%
溴甲烷	90%	80%	100%	100%	100%	100%	89%
二硫化碳	90%	100%	90%	88%	100%	100%	89%
二氯甲烷	90%	80%	90%	88%	100%	100%	89%
顺-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

24 h-4 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
1,1-二氯乙烷	100%	100%	90%	88%	100%	100%	89%
反-1,2-二氯乙烯	100%	100%	90%	88%	100%	100%	89%
乙酸乙酯	100%	100%	90%	100%	100%	100%	89%
三氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,1-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二氯丙烷	100%	90%	90%	88%	88%	100%	100%
甲基丙烯酸甲酯	100%	90%	80%	88%	88%	100%	100%
一溴二氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
反-1,3-二氯丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,2-三氯乙烷	90%	100%	100%	88%	100%	89%	78%
二溴一氯甲烷	100%	100%	100%	88%	88%	100%	89%
四氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
1,2-二溴乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
三溴甲烷	90%	90%	90%	100%	100%	89%	78%
四氯乙烷	90%	100%	90%	100%	100%	89%	67%
1,3-二氯苯	90%	100%	100%	100%	100%	89%	78%
1,4-二氯苯	90%	90%	90%	100%	100%	89%	78%
1,2-二氯苯	90%	100%	100%	100%	100%	89%	78%

表 80 4 nmol/mol 24 h 漂移浓度（以第 1 天为例）

24 h-4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-0.14	0.19	-0.03	0.11	0.01	0.03	-0.11	0.00	-0.35	0.15
乙炔	0.12	0.23	0.00	0.09	0.07	0.04	-0.08	0.02	-0.73	0.60
乙烷	-0.08	0.16	0.00	0.15	-0.01	0.02	-0.13	-0.05	-0.12	-0.11
丙烯	0.00	0.24	0.01	0.09	0.00	0.01	-0.10	0.03	0.02	-0.03
丙烷	0.04	0.26	0.00	0.15	0.00	0.00	-0.10	-0.01	0.02	-0.01
异丁烷	-0.19	0.30	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.09	0.02	-0.06	0.01
正丁烷	-0.29	0.23	0.06	0.30	0.02	0.03	-0.07	0.01	-0.18	-0.01
异戊烷	-0.55	0.38	0.05	0.21	0.00	0.00	-0.08	-0.06	-0.03	0.02
正戊烷	-0.51	-0.12	-0.12	0.20	-0.01	0.00	-0.17	-0.15	-0.12	-0.01
异戊二烯	-0.43	-0.17	-0.07	0.21	-0.09	-0.07	0.03	-0.12	-0.13	-0.03
3-甲基戊烷	-0.41	-0.25	-0.14	-0.34	-0.04	-0.05	-0.07	0.03	-0.05	0.13
正己烷	-0.44	-0.23	0.01	0.02	0.00	-0.08	-0.07	0.04	-0.09	-0.05
2,4-二甲基戊烷	-0.39	-0.16	-0.02	0.14	0.02	-0.03	-0.11	0.05	-0.08	-0.05
甲基环戊烷	-0.40	-0.26	-0.03	0.07	0.01	-0.05	-0.06	0.04	-0.07	-0.06
苯	-0.45	-0.13	-0.06	0.13	-0.02	-0.09	-0.08	0.07	-0.02	0.00
环己烷	-0.33	-0.13	-0.02	0.08	-0.02	-0.04	-0.10	0.06	-0.06	-0.03
2-甲基己烷	-0.39	0.19	-0.06	0.16	-0.05	-0.02	-0.05	0.05	-0.14	-0.04
2,3-二甲基戊烷	-0.49	-0.28	-0.04	0.17	-0.04	-0.02	-0.09	0.05	-0.02	0.07
3-甲基己烷	-0.55	-0.26	0.01	0.14	-0.03	-0.10	-0.05	0.04	0.01	0.15
2,2,4-三甲基戊烷	-0.49	-0.18	0.04	0.12	0.01	-0.12	-0.06	0.06	0.11	0.09
正庚烷	-0.55	-0.20	0.01	0.13	-0.03	-0.11	-0.07	0.06	0.01	0.01
甲基环己烷	-0.36	-0.14	-0.01	0.30	-0.03	-0.09	-0.09	0.09	-0.09	-0.01
2,3,4-三甲基戊烷	-0.41	-0.02	0.00	0.24	-0.05	-0.09	-0.04	0.09	0.01	0.09
2-甲基庚烷	-0.39	-0.19	-0.13	0.31	-0.06	-0.09	-0.05	0.10	0.09	-0.02
甲苯	-0.42	-0.18	0.13	0.26	-0.04	-0.04	-0.08	0.12	-0.10	-0.06
3-甲基庚烷	-0.41	-0.18	-0.01	0.24	-0.06	-0.10	-0.09	0.11	-0.04	0.04
正辛烷	-0.69	0.43	0.01	0.38	-0.06	-0.04	-0.03	0.11	0.00	0.02
乙苯	-0.30	0.42	0.03	0.27	-0.02	-0.02	-0.11	0.14	0.04	-0.03
间/对-二甲苯	-0.72	0.03	-0.30	0.31	-0.05	-0.06	-0.23	0.26	0.19	0.08
正壬烷	-0.57	-0.13	0.02	0.30	-0.02	-0.04	-0.06	0.15	0.12	0.02
邻-二甲苯	-0.29	0.03	-0.08	0.28	-0.02	-0.02	-0.10	0.12	0.00	-0.03
异丙苯	-0.50	0.70	-0.18	0.34	-0.09	-0.03	-0.16	0.14	0.01	-0.02
正丙苯	-0.48	-0.46	-0.28	0.29	-0.09	-0.04	-0.23	0.06	0.02	-0.03
邻-乙基甲苯	-0.47	-0.48	-0.24	0.08	-0.08	-0.03	-0.34	0.07	-0.12	0.03
间-乙基甲苯	-0.46	-0.35	-0.10	-0.01	-0.02	-0.03	-0.33	0.02	-0.05	0.07
1,3,5-三甲苯	-0.50	-0.14	-0.08	-0.10	-0.09	-0.03	-0.40	0.06	-0.03	0.04
对-乙基甲苯	-0.42	0.54	-0.25	0.98	-0.15	-0.03	-0.34	0.12	0.02	0.08
正癸烷	-0.82	-0.13	-0.18	0.31	-0.05	-0.04	-0.14	0.06	0.18	0.10
1,2,4-三甲苯	-0.49	-0.50	-0.13	0.22	-0.09	-0.02	-0.36	0.07	0.03	-0.04
1,2,3-三甲苯	-0.57	0.83	-0.21	0.29	-0.08	0.00	-0.18	0.07	-0.05	0.03
溴甲烷	-0.31	1.11	-0.07	0.17	-0.05	-0.06	-0.08	0.01	-0.21	0.03
二硫化碳	-0.34	-0.09	-0.02	-0.68	-0.08	-0.03	-0.09	-0.18	0.02	-0.04
二氯甲烷	-0.33	-0.19	-0.06	-1.42	-0.02	-0.04	-0.15	0.09	-0.06	-0.13
顺-1,2-二氯乙烯	-0.23	0.01	0.02	0.13	-0.01	-0.08	-0.10	0.07	-0.08	-0.01

24 h-4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.38	-0.20	-0.05	0.06	0.00	-0.06	-0.06	0.06	-0.13	-0.07
反-1,2-二氯乙烯	-0.29	-0.22	-0.07	-0.14	-0.01	-0.06	-0.06	0.07	-0.17	-0.02
乙酸乙酯	-0.47	-0.06	-0.01	0.12	-0.04	-0.03	-0.24	0.05	-0.03	-0.07
三氯甲烷	-0.33	-0.15	-0.01	0.11	-0.02	-0.01	-0.06	0.10	-0.08	-0.03
1,1,1-三氯乙烷	-0.23	-0.10	0.00	0.18	0.02	0.00	-0.08	0.08	-0.04	0.05
四氯化碳	-0.05	-0.17	-0.07	0.22	0.01	-0.07	-0.09	0.09	-0.04	-0.01
三氯乙烯	-0.24	-0.23	-0.16	0.26	0.00	-0.11	-0.14	0.10	0.05	0.04
1,2-二氯丙烷	-0.38	-0.02	-0.06	0.43	-0.04	-0.10	-0.05	0.09	0.04	0.02
甲基丙烯酸甲酯	-0.40	-0.11	-0.07	0.29	-0.06	-0.11	-0.22	0.09	0.02	-0.04
一溴二氯甲烷	-0.26	0.02	0.00	0.14	0.00	-0.09	-0.05	0.12	-0.06	-0.03
反-1,3-二氯丙烯	-0.38	-0.04	0.02	0.28	-0.06	-0.03	-0.06	0.09	-0.04	0.01
1,1,2-三氯乙烷	-0.36	0.62	-0.05	0.19	-0.05	-0.05	-0.07	0.13	0.16	0.11
二溴一氯甲烷	-0.21	-0.09	-0.12	0.26	-0.02	-0.03	-0.11	0.12	0.03	-0.04
四氯乙烯	-0.15	0.26	-0.08	0.18	-0.06	-0.04	-0.13	0.13	0.14	0.07
1,2-二溴乙烷	-0.37	-0.14	-0.03	0.22	-0.05	-0.08	-0.07	0.13	0.07	0.03
氯苯	-0.31	-0.22	-0.14	0.33	-0.05	-0.01	-0.12	0.14	0.05	0.03
三溴甲烷	-0.40	1.28	-0.09	0.24	-0.02	-0.08	-0.17	0.11	-0.16	0.01
四氯乙烷	-0.63	-0.48	-0.19	0.26	-0.10	-0.05	-0.38	0.06	0.09	-0.08
1,3-二氯苯	-0.42	1.27	-0.24	0.14	-0.05	-0.01	-0.16	0.09	-0.03	0.02
1,4-二氯苯	-0.46	1.03	-0.23	0.28	-0.05	0.00	-0.15	0.07	-0.03	0.05
1,2-二氯苯	-0.44	1.24	-0.23	0.21	-0.05	-0.01	-0.20	0.09	0.02	0.06

表 81 8 nmol/mol 浓度漂移每日结果 (± 1.2 nmol/mol 内占比)

24 h-8 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙炔	100%	100%	100%	100%	100%	89%	89%
乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烯	100%	100%	100%	100%	88%	100%	100%
丙烷	100%	100%	100%	100%	88%	100%	100%
异丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丁烷	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%
异戊烷	89%	89%	100%	100%	100%	100%	78%
正戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	78%
异戊二烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
3-甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	78%
正己烷	89%	100%	100%	100%	100%	100%	78%
2,4-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
苯	100%	100%	100%	88%	100%	100%	89%
环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
3-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
2,2,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
正庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
甲基环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
2,3,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	88%	88%	100%	89%
2-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	89%	100%
3-甲基庚烷	100%	100%	90%	88%	100%	100%	100%
正辛烷	100%	100%	100%	100%	100%	89%	100%
乙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间/对-二甲苯	100%	100%	80%	63%	75%	100%	89%
正壬烷	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%
邻-二甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	89%	89%
异丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间-乙基甲苯	89%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
1,3,5-三甲苯	100%	100%	100%	88%	88%	89%	100%
对-乙基甲苯	89%	100%	90%	100%	100%	89%	89%
正癸烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2,4-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2,3-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
溴甲烷	89%	89%	100%	100%	88%	89%	100%
二硫化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
二氯甲烷	100%	89%	100%	100%	100%	100%	89%
顺-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

24 h-8 nmol/mol	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
1,1-二氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
反-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
乙酸乙酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
三氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
1,1,1-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二氯丙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
甲基丙烯酸甲酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
一溴二氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%
反-1,3-二氯丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,2-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	89%	89%
二溴一氯甲烷	100%	100%	100%	100%	88%	89%	89%
四氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	89%	89%
1,2-二溴乙烷	100%	100%	90%	88%	100%	89%	89%
氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三溴甲烷	89%	100%	90%	100%	88%	100%	100%
四氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3-二氯苯	100%	100%	100%	100%	88%	89%	89%
1,4-二氯苯	100%	100%	100%	100%	88%	89%	100%
1,2-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

注: 厂家5_2因故障, 数据缺失。

表 82 8 nmol/mol 24 h 漂移浓度（以第 1 天为例）

24 h-8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-0.19	0.37	0.11	0.47	0.01	0.02	-0.03	-0.09	-0.26
乙炔	0.16	0.38	0.08	0.41	0.17	-0.01	0.01	0.01	0.20
乙烷	-0.34	0.40	0.00	0.48	0.00	0.03	-0.01	0.19	0.11
丙烯	-0.01	0.34	0.02	0.42	0.05	-0.03	-0.02	0.02	-0.04
丙烷	0.01	0.32	0.00	0.35	0.04	-0.03	-0.04	-0.05	-0.07
异丁烷	-0.20	0.40	0.23	0.64	0.03	0.01	-0.01	-0.10	-0.17
正丁烷	-0.25	0.23	0.24	0.54	0.04	0.00	-0.02	-0.66	-0.31
异戊烷	0.10	-2.05	0.16	-0.02	0.03	-0.01	0.20	-0.18	-0.21
正戊烷	-0.39	-0.30	0.05	0.17	0.02	0.01	-0.06	-0.02	-0.15
异戊二烯	-0.35	-0.27	0.66	0.34	-0.05	0.03	0.27	-0.26	-0.19
3-甲基戊烷	-0.30	-0.18	0.27	0.17	-0.06	-0.03	0.18	-0.17	0.03
正己烷	-0.44	-0.30	0.23	-1.96	0.03	-0.04	0.14	-0.37	-0.30
2,4-二甲基戊烷	-0.42	-0.09	0.12	-0.45	0.04	-0.02	0.05	-0.32	-0.14
甲基环戊烷	-0.40	-0.22	0.13	-0.02	-0.01	-0.03	0.15	-0.38	-0.13
苯	-0.14	-0.21	-0.15	-0.29	0.00	-0.04	0.10	-0.34	0.15
环己烷	-0.48	-0.03	-0.14	-0.16	0.02	0.00	0.06	-0.34	-0.01
2-甲基己烷	-0.33	-0.21	-0.17	0.06	-0.03	-0.01	0.20	-0.15	-0.06
2,3-二甲基戊烷	-0.41	-0.42	-0.20	0.02	-0.01	-0.01	0.08	-0.42	-0.03
3-甲基己烷	-0.39	-0.04	0.00	-0.18	-0.02	-0.05	0.18	-0.27	0.00
2,2,4-三甲基戊烷	-0.09	-0.13	-0.02	-0.10	0.03	-0.07	0.14	-0.31	-0.08
正庚烷	-0.18	-0.23	-0.03	0.14	-0.03	-0.06	0.12	-0.18	-0.02
甲基环己烷	-0.06	0.10	0.19	-0.24	-0.01	-0.07	0.06	-0.36	-0.20
2,3,4-三甲基戊烷	-0.17	-0.05	0.22	-0.28	-0.04	-0.07	0.09	-0.37	-0.16
2-甲基庚烷	-0.10	-0.10	0.24	-0.09	-0.06	-0.08	0.11	-0.25	-0.09
甲苯	-0.15	1.16	-0.04	0.13	-0.03	-0.06	0.08	-0.41	-0.19
3-甲基庚烷	-0.14	-0.06	0.11	-0.11	-0.04	-0.08	0.02	-0.31	-0.20
正辛烷	0.01	-0.38	-0.01	0.07	-0.08	-0.09	0.18	-0.31	-0.14
乙苯	-0.36	-0.14	0.13	0.08	0.00	-0.03	0.09	-0.41	0.03
间/对-二甲苯	-0.31	-0.39	0.48	-0.07	0.04	-0.08	0.14	-0.68	0.08
正壬烷	0.20	-0.19	0.12	0.29	-0.01	-0.07	0.11	-0.34	-0.01
邻-二甲苯	-0.19	0.17	0.19	0.26	0.00	-0.04	0.07	-0.24	-0.14
异丙苯	-0.02	-0.28	0.17	0.13	-0.02	-0.03	-0.01	-0.42	-0.13
正丙苯	0.03	-0.22	0.08	0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.39	-0.09
邻-乙基甲苯	0.09	-0.24	0.02	0.13	-0.07	-0.06	-0.15	-0.56	0.13
间-乙基甲苯	0.07	1.22	0.78	0.07	-0.32	0.00	-0.09	-0.44	-0.03
1,3,5-三甲苯	0.11	-1.16	0.11	-0.58	-0.05	0.01	-0.16	-0.57	0.22
对-乙基甲苯	0.03	-0.08	0.33	-1.55	0.22	-0.05	-0.23	-0.38	0.22
正癸烷	0.19	-0.25	0.23	0.24	-0.05	-0.08	-0.45	-0.39	-0.12
1,2,4-三甲苯	0.07	-0.31	0.12	-0.02	-0.04	-0.05	-0.32	-0.72	0.00
1,2,3-三甲苯	0.17	-0.29	0.14	0.11	-0.07	-0.05	-0.37	-0.48	0.23
溴甲烷	-0.29	-1.59	0.41	0.44	-0.01	-0.03	0.10	-0.57	-0.17
二硫化碳	-0.39	-0.10	0.32	0.49	-0.03	0.03	0.08	-0.30	-0.08
二氯甲烷	-0.39	-0.24	0.31	0.39	-0.05	0.00	-0.10	-0.28	-0.10
顺-1,2-二氯乙烯	-0.41	-0.29	0.04	-0.29	0.09	0.00	0.04	-0.34	-0.18

24 h-8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.31	-0.30	0.28	-0.24	0.02	-0.04	0.14	-0.23	-0.11
反-1,2-二氯乙烯	-0.46	-0.27	0.29	0.04	0.02	-0.04	0.22	-0.17	-0.22
乙酸乙酯	-0.35	-0.29	-0.01	-0.19	-0.02	0.05	-0.35	-0.36	-0.22
三氯甲烷	-0.39	-0.31	-0.18	-0.04	0.01	0.00	0.15	-0.30	-0.13
1,1,1-三氯乙烷	-0.43	-0.37	-0.06	-0.29	0.04	-0.01	0.13	-0.43	-0.31
四氯化碳	-0.32	-0.31	-0.13	0.07	0.03	-0.01	0.11	-0.57	-0.06
三氯乙烯	-0.20	-0.23	0.30	-0.22	0.03	0.02	-0.07	-0.18	-0.06
1,2-二氯丙烷	-0.17	-0.20	0.27	-0.33	-0.01	-0.08	0.13	-0.52	-0.15
甲基丙烯酸甲酯	-0.14	-0.18	0.18	-0.27	0.09	-0.11	-0.32	-0.67	-0.11
一溴二氯甲烷	-0.06	-0.14	0.24	-0.32	0.00	-0.06	0.14	-0.30	-0.11
反-1,3-二氯丙烯	-0.04	-0.12	0.14	-0.24	-0.07	-0.04	0.09	-0.40	-0.33
1,1,2-三氯乙烷	-0.20	-0.32	0.19	-0.17	-0.04	-0.04	0.05	-0.39	0.15
二溴一氯甲烷	-0.21	-0.23	0.41	-0.03	0.02	-0.02	0.03	-0.40	0.10
四氯乙烯	0.09	-0.50	0.23	-0.17	0.01	-0.02	-0.04	-0.22	0.18
1,2-二溴乙烷	-0.16	-0.27	0.43	-0.20	-0.02	-0.03	0.06	-0.28	0.08
氯苯	-0.24	-0.26	0.22	0.11	-0.02	-0.01	0.04	-0.25	-0.08
三溴甲烷	0.07	1.85	0.15	-0.17	-0.02	-0.08	0.00	-0.69	0.14
四氯乙烷	-0.05	-0.29	0.07	0.18	-0.06	-0.07	-0.32	-0.44	0.02
1,3-二氯苯	0.09	-0.31	0.24	-0.03	-0.02	-0.05	-0.14	-0.53	0.08
1,4-二氯苯	0.15	-0.35	0.15	0.38	-0.02	-0.04	-0.14	-0.43	0.05
1,2-二氯苯	0.04	-0.06	0.24	0.28	-0.02	-0.02	-0.23	-0.78	0.12

表 83 0.5 nmol/mol 保留时间漂移每日结果（±0.25 min 内占比）

保留时间漂移	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙炔	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
丙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丁烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异戊二烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,4-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基环戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3-二甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基己烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
2,2,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
正庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
甲基环己烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,3,4-三甲基戊烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
2-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3-甲基庚烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正辛烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间/对-二甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正壬烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-二甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
异丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正丙苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
邻-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
间-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3,5-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
对-乙基甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
正癸烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2,4-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2,3-三甲苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
溴甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
二硫化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
二氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
顺-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

保留时间漂移	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
1,1-二氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
反-1,2-二氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
乙酸乙酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,1,1-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
四氯化碳	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
1,2-二氯丙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
甲基丙烯酸甲酯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
一溴二氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
反-1,3-二氯丙烯	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%
1,1,2-三氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
二溴一氯甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯乙烯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二溴乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
三溴甲烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
四氯乙烷	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,3-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,4-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1,2-二氯苯	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表 84 0.5 nmol/mol 24 h 保留时间漂移（以第 1 天为例）

保留时间漂移	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02
乙炔	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.08	0.02	0.05	0.05
乙烷	0.00	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
丙烯	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.08	0.02	0.03	0.03
丙烷	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.02
异丁烷	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.09	0.01	0.01	0.02
正丁烷	0.00	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.10	0.01	0.01	0.03
异戊烷	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
正戊烷	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.04
异戊二烯	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
3-甲基戊烷	0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
正己烷	0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.00	-0.04	-0.01	-0.01	0.02	0.04
2,4-二甲基戊烷	0.01	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
甲基环戊烷	0.01	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.04
苯	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.03
环己烷	0.00	-0.02	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
2-甲基己烷	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
2,3-二甲基戊烷	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
3-甲基己烷	0.00	-0.02	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
2,2,4-三甲基戊烷	0.00	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
正庚烷	0.00	-0.02	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
甲基环己烷	0.00	-0.03	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.02
2,3,4-三甲基戊烷	0.00	-0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.02
2-甲基庚烷	0.00	-0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
甲苯	0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
3-甲基庚烷	0.00	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
正辛烷	0.01	-0.02	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
乙苯	0.00	-0.03	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
间/对-二甲苯	0.01	-0.03	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
正壬烷	0.01	-0.03	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
邻-二甲苯	0.00	-0.03	0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.03
异丙苯	0.01	-0.03	0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
正丙苯	0.01	-0.04	0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
邻-乙基甲苯	0.01	-0.03	0.04	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.02
间-乙基甲苯	0.00	-0.03	0.04	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
1,3,5-三甲苯	0.00	-0.03	0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.03	0.02
对-乙基甲苯	0.00	-0.04	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.01
正癸烷	0.01	-0.03	0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
1,2,4-三甲苯	0.01	-0.03	0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
1,2,3-三甲苯	0.01	-0.03	0.04	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
溴甲烷	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02
二硫化碳	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.01	0.03
二氯甲烷	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
顺-1,2-二氯乙烯	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

保留时间漂移	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
反-1,2-二氯乙烯	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
乙酸乙酯	0.01	-0.02	0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.03
三氯甲烷	0.00	-0.02	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
1,1,1-三氯乙烷	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
四氯化碳	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.05
三氯乙烯	0.01	-0.02	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.02
1,2-二氯丙烷	0.01	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
甲基丙烯酸甲酯	0.01	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.03
一溴二氯甲烷	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
反-1,3-二氯丙烯	0.01	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
1,1,2-三氯乙烷	0.01	-0.02	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.04
二溴一氯甲烷	0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
四氯乙烯	0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
1,2-二溴乙烷	0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
氯苯	0.01	-0.03	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.03	0.04
三溴甲烷	0.00	-0.03	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.03
四氯乙烷	0.01	-0.04	0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.03
1,3-二氯苯	0.01	-0.04	0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.04
1,4-二氯苯	0.01	-0.03	0.04	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
1,2-二氯苯	0.01	-0.03	0.04	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.05	0.02

表 85 0 nmol/mol 7 天浓度漂移结果

7天-0 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
乙炔	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
丙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00
丙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
异丁烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05
正丁烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
异戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.00
正戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	-0.01	0.00
异戊二烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3-甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
正己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2,4-二甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
甲基环戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
苯	0.00	0.09	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01
环己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2-甲基己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2,3-二甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3-甲基己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.01
2,2,4-三甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
正庚烷	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
甲基环己烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2,3,4-三甲基戊烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
2-甲基庚烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01
甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
3-甲基庚烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
正辛烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00
乙苯	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
间/对-二甲苯	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	-0.01	0.00
正壬烷	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
邻-二甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
异丙苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
正丙苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
邻-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
间-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
1,3,5-三甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
对-乙基甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
正癸烷	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
1,2,4-三甲苯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
1,2,3-三甲苯	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00
溴甲烷	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
二硫化碳	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00
二氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.07	0.03	0.00	0.00
顺-1,2-二氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

7天-0 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
反-1,2-二氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
乙酸乙酯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
三氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,1,1-三氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四氯化碳	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
三氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00
1,2-二氯丙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
甲基丙烯酸甲酯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
一溴二氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00
反-1,3-二氯丙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,1,2-三氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
二溴一氯甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
四氯乙烯	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00
1,2-二溴乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
氯苯	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
三溴甲烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
四氯乙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00
1,3-二氯苯	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01
1,4-二氯苯	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	0.01	-0.01	-0.01
1,2-二氯苯	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.01

表 86 0.5 nmol/mol 7 天浓度漂移结果

7天-0.5 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	-0.01	0.01	0.02	0.02	-0.01	0.01	0.00	0.04	-0.28	-0.19
乙炔	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.04	-0.01	-0.43	-0.04
乙烷	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	-0.01	-0.02	0.01	0.13	-0.10
丙烯	0.05	0.06	0.00	0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00
丙烷	0.03	0.07	-0.01	0.02	0.00	-0.04	0.01	0.03	0.04	-0.04
异丁烷	0.00	0.05	-0.02	-0.03	0.01	0.01	0.01	-0.02	-0.01	0.00
正丁烷	0.02	0.07	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	-0.05	-0.08
异戊烷	-0.14	-0.31	0.01	0.03	0.00	0.01	0.07	0.04	-0.07	-0.01
正戊烷	-0.12	-0.27	0.01	0.02	0.01	0.01	0.09	0.05	-0.07	-0.04
异戊二烯	-0.12	-0.29	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	-0.05	-0.02
3-甲基戊烷	-0.13	-0.26	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.02	0.07	-0.01	0.02
正己烷	-0.13	-0.13	-0.03	-0.03	0.00	0.01	0.05	0.10	-0.04	-0.03
2,4-二甲基戊烷	-0.16	-0.15	-0.02	-0.06	0.00	0.00	0.04	0.13	-0.04	-0.01
甲基环戊烷	-0.11	-0.14	-0.02	-0.06	0.00	0.01	0.05	0.10	-0.04	-0.02
苯	-0.15	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.05	0.08	0.00	-0.02
环己烷	-0.10	-0.14	-0.02	-0.02	0.00	0.01	0.04	0.08	-0.04	-0.03
2-甲基己烷	-0.12	-0.12	-0.04	-0.02	0.00	0.00	0.06	0.16	-0.05	-0.02
2,3-二甲基戊烷	-0.12	-0.12	-0.07	-0.05	0.00	0.00	0.03	0.06	-0.01	0.01
3-甲基己烷	-0.14	-0.15	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.06	0.13	0.03	0.00
2,2,4-三甲基戊烷	-0.11	-0.03	-0.02	-0.04	-0.01	0.01	0.06	0.13	0.00	0.01
正庚烷	-0.11	-0.01	-0.02	-0.06	-0.01	-0.01	0.06	0.14	-0.02	0.00
甲基环己烷	-0.08	-0.06	-0.03	-0.11	-0.01	0.01	0.05	0.14	0.00	0.00
2,3,4-三甲基戊烷	-0.11	0.05	-0.03	-0.09	-0.01	-0.01	0.04	0.10	-0.01	0.00
2-甲基庚烷	-0.16	0.06	-0.05	-0.09	-0.01	-0.01	0.06	0.12	0.00	0.02
甲苯	-0.09	-0.06	-0.05	-0.06	-0.01	0.01	0.05	0.12	-0.04	-0.02
3-甲基庚烷	-0.09	-0.03	-0.04	-0.10	-0.01	-0.02	0.03	0.07	0.02	0.02
正辛烷	-0.13	-0.06	-0.05	-0.07	-0.02	-0.02	0.07	0.12	-0.01	0.00
乙苯	-0.04	0.01	-0.03	-0.05	0.00	0.01	0.04	0.05	0.00	0.03
间/对-二甲苯	-0.19	-0.11	-0.12	-0.08	0.00	0.02	0.05	-0.27	-0.04	0.01
正壬烷	-0.17	-0.05	-0.02	-0.06	-0.02	0.01	0.06	-0.10	-0.02	0.00
邻-二甲苯	-0.09	0.07	-0.06	-0.09	0.01	0.03	0.06	0.06	-0.03	-0.01
异丙苯	-0.10	-0.05	-0.06	-0.08	0.00	0.02	0.03	0.15	-0.03	-0.01
正丙苯	-0.10	0.06	-0.07	-0.07	0.01	0.03	0.02	0.13	-0.03	-0.01
邻-乙基甲苯	-0.12	-0.05	-0.06	-0.08	0.01	0.02	0.01	0.09	-0.01	0.01
间-乙基甲苯	-0.11	-0.02	-0.06	-0.18	0.00	0.02	0.00	0.06	-0.01	0.02
1,3,5-三甲苯	-0.13	-0.06	-0.08	-0.06	0.01	0.01	-0.04	-0.11	-0.01	0.01
对-乙基甲苯	-0.12	-0.06	-0.03	0.05	0.02	0.01	-0.02	-0.06	-0.02	0.00
正癸烷	-0.23	-0.05	-0.05	-0.08	0.03	0.03	0.03	-0.02	-0.02	0.02
1,2,4-三甲苯	-0.13	-0.09	-0.07	-0.05	0.02	0.04	0.02	0.09	-0.01	0.00
1,2,3-三甲苯	-0.13	-0.05	-0.06	-0.06	0.03	0.03	0.03	0.07	-0.01	0.02
溴甲烷	-0.15	-0.36	0.00	0.04	-0.01	0.01	0.04	-0.01	0.05	-0.06
二硫化碳	-0.10	-0.33	0.03	0.08	0.00	-0.01	-0.04	0.01	-0.01	0.01
二氯甲烷	-0.15	-0.33	0.02	0.00	0.02	0.01	0.24	0.00	0.01	0.04
顺-1,2-二氯乙烯	-0.09	-0.13	-0.03	-0.04	0.00	0.01	0.02	0.05	-0.04	-0.01

7天-0.5 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.15	-0.12	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
反-1,2-二氯乙烯	-0.10	-0.28	0.01	-0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	-0.03	-0.02
乙酸乙酯	-0.13	-0.13	0.00	-0.02	-0.01	0.03	0.07	0.07	-0.03	-0.02
三氯甲烷	-0.08	0.05	0.01	-0.02	0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.03
1,1,1-三氯乙烷	-0.09	-0.12	0.00	-0.02	0.01	0.02	0.02	0.06	0.19	0.13
四氯化碳	-0.06	-0.12	0.00	-0.05	-0.01	0.00	0.02	0.03	0.19	0.11
三氯乙烯	-0.05	-0.04	-0.06	-0.09	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01
1,2-二氯丙烷	-0.11	-0.06	-0.01	-0.08	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.07	0.05
甲基丙烯酸甲酯	-0.10	0.02	-0.04	-0.07	-0.01	0.00	0.01	0.07	0.00	0.03
一溴二氯甲烷	-0.04	0.11	-0.02	-0.12	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.16	0.08
反-1,3-二氯丙烯	-0.09	0.02	-0.01	-0.09	0.00	0.00	0.02	0.07	0.04	0.01
1,1,2-三氯乙烷	-0.10	-0.07	-0.03	-0.07	0.00	-0.01	0.00	-0.03	0.08	0.10
二溴一氯甲烷	-0.06	0.09	-0.05	-0.08	0.00	0.00	-0.02	-0.03	0.08	0.06
四氯乙烯	-0.04	-0.08	-0.07	-0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.03	0.03
1,2-二溴乙烷	-0.08	-0.01	-0.04	-0.07	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
氯苯	-0.07	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	0.00	-0.02	-0.09	-0.01	0.00
三溴甲烷	-0.07	0.04	-0.05	-0.09	0.01	0.00	-0.03	-0.11	0.16	0.10
四氯乙烷	-0.11	0.01	-0.03	-0.06	0.01	0.00	-0.04	-0.13	0.09	0.07
1,3-二氯苯	-0.07	-0.04	-0.07	-0.08	0.02	0.02	0.00	-0.02	0.01	0.03
1,4-二氯苯	-0.07	-0.04	-0.07	-0.09	0.03	0.03	0.00	-0.02	-0.01	0.03
1,2-二氯苯	-0.08	0.18	-0.08	-0.06	0.04	0.03	-0.03	-0.13	0.02	0.06

表 87 4 nmol/mol 7 天浓度漂移结果

7天-4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.09	0.33	0.00	0.10	0.02	0.01	-0.06	0.05	-0.11	-0.41
乙炔	0.32	0.26	0.03	0.12	0.10	0.06	-0.02	0.06	-0.39	0.25
乙烷	0.05	0.31	-0.06	0.18	-0.01	0.02	-0.10	0.01	-0.14	-0.01
丙烯	0.23	0.40	-0.02	0.19	0.03	-0.02	-0.06	0.07	0.02	-0.31
丙烷	0.25	0.37	0.00	0.17	0.00	-0.02	-0.07	0.04	0.07	-0.26
异丁烷	0.16	0.35	0.31	-0.01	0.01	0.00	-0.05	0.06	-0.52	0.09
正丁烷	0.19	0.27	0.38	0.20	0.03	0.02	-0.03	0.04	-0.51	0.27
异戊烷	-1.31	-0.07	0.45	-0.79	0.02	0.00	0.46	0.13	-0.48	-0.10
正戊烷	-1.14	-0.26	0.27	0.29	0.00	-0.01	0.29	0.21	-0.63	-0.24
异戊二烯	-1.09	-0.27	0.26	0.34	-0.15	-0.02	0.19	0.13	-0.83	-0.23
3-甲基戊烷	-1.14	-0.28	0.12	-0.07	-0.09	-0.03	0.19	0.11	-0.37	0.40
正己烷	-1.20	-0.25	0.22	-0.04	-0.06	0.02	0.16	0.20	-0.74	-0.28
2,4-二甲基戊烷	-1.13	-0.12	0.20	-0.14	-0.04	-0.10	0.06	0.14	-0.67	-0.11
甲基环戊烷	-1.07	-0.26	0.21	-0.18	-0.05	0.02	0.17	0.21	-0.77	-0.32
苯	-0.65	0.33	0.11	-0.22	-0.16	-0.21	0.09	0.11	-0.19	0.17
环己烷	-0.99	-0.06	0.20	-0.24	-0.06	-0.03	0.04	0.04	-0.78	-0.27
2-甲基己烷	-1.10	0.24	0.06	-0.21	-0.08	-0.10	0.23	0.33	-0.77	-0.39
2,3-二甲基戊烷	-1.23	-0.23	-0.35	-0.26	-0.07	-0.04	0.06	0.06	-0.24	0.08
3-甲基己烷	-1.26	-0.16	0.27	-0.23	-0.19	-0.25	0.22	0.31	-0.37	-0.01
2,2,4-三甲基戊烷	-0.78	-0.38	0.20	-0.23	-0.15	-0.13	0.18	0.21	-0.33	0.04
正庚烷	-0.79	-0.33	0.12	-0.45	-0.18	-0.24	0.19	0.25	-0.28	0.02
甲基环己烷	-0.48	-0.26	0.07	-0.27	-0.16	-0.19	0.00	0.02	-0.49	-0.12
2,3,4-三甲基戊烷	-0.65	-0.17	0.10	-0.21	-0.19	-0.26	0.02	-0.03	-0.40	0.02
2-甲基庚烷	-0.63	-0.28	0.05	-0.19	-0.19	-0.27	0.09	0.10	-0.34	-0.05
甲苯	-0.67	-0.47	0.19	-0.43	-0.15	-0.10	-0.03	-0.04	-0.71	-0.25
3-甲基庚烷	-0.61	-0.25	-0.01	-0.50	-0.19	-0.28	-0.07	-0.12	-0.42	0.09
正辛烷	-1.02	0.15	0.08	-0.35	-0.20	-0.26	0.14	0.09	-0.40	-0.02
乙苯	-0.58	0.19	0.03	-0.53	-0.14	-0.09	-0.13	-0.49	-0.49	-0.11
间/对-二甲苯	-1.34	-0.52	-0.29	-0.76	-0.29	-0.22	-0.35	-1.30	-0.36	0.33
正壬烷	-0.79	-0.41	0.15	-0.36	-0.16	-0.11	-0.02	-0.58	-0.44	-0.18
邻-二甲苯	-0.60	-0.24	-0.03	-0.44	-0.13	-0.08	-0.09	-0.45	-0.58	-0.17
异丙苯	-0.83	0.31	-0.13	-0.31	-0.22	-0.16	-0.18	-0.71	-0.64	-0.22
正丙苯	-0.77	-0.80	-0.28	-0.33	-0.23	-0.15	-0.22	-0.89	-0.56	-0.12
邻-乙基甲苯	-0.75	-0.84	-0.23	-0.51	-0.23	-0.18	-0.33	-1.10	-0.59	-0.31
间-乙基甲苯	-0.76	-0.67	-0.48	-0.72	-0.17	-0.17	-0.30	-1.24	-0.60	-0.28
1,3,5-三甲苯	-0.82	-0.46	-0.06	-0.45	-0.23	-0.18	-0.42	-1.13	-0.27	-0.25
对-乙基甲苯	-0.71	0.15	-0.52	-0.11	-0.29	-0.20	-0.41	-1.17	-0.36	-0.04
正癸烷	-1.49	-0.53	-0.01	-0.36	-0.24	-0.19	-0.34	-0.36	-0.26	-0.04
1,2,4-三甲苯	-0.86	-0.83	-0.19	-0.33	-0.21	-0.17	-0.44	-0.63	-0.56	-0.25
1,2,3-三甲苯	-0.93	0.56	-0.24	-0.13	-0.24	-0.19	-0.39	-0.42	-0.51	-0.33
溴甲烷	-0.77	0.58	0.20	0.09	-0.09	0.01	0.31	-0.07	-0.33	-0.71
二硫化碳	-0.89	-0.15	0.20	0.57	-0.07	-0.12	-0.11	0.04	-0.24	0.23
二氯甲烷	-0.94	-0.26	0.26	-0.05	-0.03	-0.13	1.25	-0.09	-0.40	0.11
顺-1,2-二氯乙烯	-0.84	0.03	0.16	-0.12	-0.05	-0.06	0.03	0.02	-0.65	-0.03

7天-4 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.99	-0.23	0.22	-0.15	-0.06	0.00	0.12	0.14	-0.38	0.12
反-1,2-二氯乙烯	-0.85	-0.27	0.25	-0.08	-0.06	0.00	0.20	0.12	-0.51	0.15
乙酸乙酯	-1.16	0.03	0.22	-0.15	-0.07	-0.03	-0.18	0.21	-0.58	0.00
三氯甲烷	-0.77	-0.19	0.14	-0.36	-0.05	-0.04	0.10	0.10	-0.44	0.09
1,1,1-三氯乙烷	-0.73	-0.14	0.02	-0.40	-0.02	0.04	0.05	0.22	0.31	0.50
四氯化碳	-0.42	-0.16	-0.07	-0.34	-0.12	-0.18	0.07	0.09	0.20	0.46
三氯乙烯	-0.25	-0.43	-0.23	-0.33	-0.14	-0.18	-0.18	-0.10	-0.25	0.17
1,2-二氯丙烷	-0.56	-0.20	0.18	-0.17	-0.17	-0.16	0.01	-0.04	0.08	0.43
甲基丙烯酸甲酯	-0.65	-0.28	-0.05	-0.16	-0.18	-0.20	-0.34	0.06	-0.08	0.24
一溴二氯甲烷	-0.14	-0.15	0.10	-0.53	-0.16	-0.21	-0.04	-0.05	0.10	0.40
反-1,3-二氯丙烯	-0.53	-0.15	0.10	-0.38	-0.16	-0.19	0.02	0.10	-0.01	0.25
1,1,2-三氯乙烷	-0.64	0.33	-0.07	-0.51	-0.14	-0.19	-0.10	-0.18	-0.09	0.38
二溴一氯甲烷	-0.17	-0.36	-0.12	-0.53	-0.10	-0.13	-0.18	-0.28	-0.17	0.31
四氯乙烯	0.03	-0.07	-0.16	-0.49	-0.13	-0.13	-0.24	-0.22	-0.41	0.14
1,2-二溴乙烷	-0.50	-0.46	-0.14	-0.52	-0.15	-0.24	-0.11	-0.13	-0.23	0.10
氯苯	-0.55	-0.47	-0.15	-0.28	-0.14	-0.15	-0.24	-0.60	-0.43	0.02
三溴甲烷	-0.35	0.95	-0.18	-0.42	-0.11	-0.21	-0.33	-0.70	-0.07	0.06
四氯乙烷	-1.03	-0.83	-0.04	-0.38	-0.22	-0.23	-0.29	-0.41	-0.10	0.23
1,3-二氯苯	-0.55	1.02	-0.26	-0.39	-0.19	-0.17	-0.42	-0.91	-0.29	-0.19
1,4-二氯苯	-0.52	0.78	-0.30	-0.21	-0.19	-0.19	-0.43	-0.94	-0.30	-0.17
1,2-二氯苯	-0.61	1.00	-0.29	-0.36	-0.20	-0.20	-0.47	-1.04	-0.13	-0.11

表 88 8 nmol/mol 7 天浓度漂移结果

7天-8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.09	0.33	0.00	0.10	0.02	0.01	-0.06	0.05	-0.11	-0.41
乙炔	0.32	0.26	0.03	0.12	0.10	0.06	-0.02	0.06	-0.39	0.25
乙烷	0.05	0.31	-0.06	0.18	-0.01	0.02	-0.10	0.01	-0.14	-0.01
丙烯	0.23	0.40	-0.02	0.19	0.03	-0.02	-0.06	0.07	0.02	-0.31
丙烷	0.25	0.37	0.00	0.17	0.00	-0.02	-0.07	0.04	0.07	-0.26
异丁烷	0.16	0.35	0.31	-0.01	0.01	0.00	-0.05	0.06	-0.52	0.09
正丁烷	0.19	0.27	0.38	0.20	0.03	0.02	-0.03	0.04	-0.51	0.27
异戊烷	-1.31	-0.07	0.45	-0.79	0.02	0.00	0.46	0.13	-0.48	-0.10
正戊烷	-1.14	-0.26	0.27	0.29	0.00	-0.01	0.29	0.21	-0.63	-0.24
异戊二烯	-1.09	-0.27	0.26	0.34	-0.15	-0.02	0.19	0.13	-0.83	-0.23
3-甲基戊烷	-1.14	-0.28	0.12	-0.07	-0.09	-0.03	0.19	0.11	-0.37	0.40
正己烷	-1.20	-0.25	0.22	-0.04	-0.06	0.02	0.16	0.20	-0.74	-0.28
2,4-二甲基戊烷	-1.13	-0.12	0.20	-0.14	-0.04	-0.10	0.06	0.14	-0.67	-0.11
甲基环戊烷	-1.07	-0.26	0.21	-0.18	-0.05	0.02	0.17	0.21	-0.77	-0.32
苯	-0.65	0.33	0.11	-0.22	-0.16	-0.21	0.09	0.11	-0.19	0.17
环己烷	-0.99	-0.06	0.20	-0.24	-0.06	-0.03	0.04	0.04	-0.78	-0.27
2-甲基己烷	-1.10	0.24	0.06	-0.21	-0.08	-0.10	0.23	0.33	-0.77	-0.39
2,3-二甲基戊烷	-1.23	-0.23	-0.35	-0.26	-0.07	-0.04	0.06	0.06	-0.24	0.08
3-甲基己烷	-1.26	-0.16	0.27	-0.23	-0.19	-0.25	0.22	0.31	-0.37	-0.01
2,2,4-三甲基戊烷	-0.78	-0.38	0.20	-0.23	-0.15	-0.13	0.18	0.21	-0.33	0.04
正庚烷	-0.79	-0.33	0.12	-0.45	-0.18	-0.24	0.19	0.25	-0.28	0.02
甲基环己烷	-0.48	-0.26	0.07	-0.27	-0.16	-0.19	0.00	0.02	-0.49	-0.12
2,3,4-三甲基戊烷	-0.65	-0.17	0.10	-0.21	-0.19	-0.26	0.02	-0.03	-0.40	0.02
2-甲基庚烷	-0.63	-0.28	0.05	-0.19	-0.19	-0.27	0.09	0.10	-0.34	-0.05
甲苯	-0.67	-0.47	0.19	-0.43	-0.15	-0.10	-0.03	-0.04	-0.71	-0.25
3-甲基庚烷	-0.61	-0.25	-0.01	-0.50	-0.19	-0.28	-0.07	-0.12	-0.42	0.09
正辛烷	-1.02	0.15	0.08	-0.35	-0.20	-0.26	0.14	0.09	-0.40	-0.02
乙苯	-0.58	0.19	0.03	-0.53	-0.14	-0.09	-0.13	-0.49	-0.49	-0.11
间/对-二甲苯	-1.34	-0.52	-0.29	-0.76	-0.29	-0.22	-0.35	-1.30	-0.36	0.33
正壬烷	-0.79	-0.41	0.15	-0.36	-0.16	-0.11	-0.02	-0.58	-0.44	-0.18
邻-二甲苯	-0.60	-0.24	-0.03	-0.44	-0.13	-0.08	-0.09	-0.45	-0.58	-0.17
异丙苯	-0.83	0.31	-0.13	-0.31	-0.22	-0.16	-0.18	-0.71	-0.64	-0.22
正丙苯	-0.77	-0.80	-0.28	-0.33	-0.23	-0.15	-0.22	-0.89	-0.56	-0.12
邻-乙基甲苯	-0.75	-0.84	-0.23	-0.51	-0.23	-0.18	-0.33	-1.10	-0.59	-0.31
间-乙基甲苯	-0.76	-0.67	-0.48	-0.72	-0.17	-0.17	-0.30	-1.24	-0.60	-0.28
1,3,5-三甲苯	-0.82	-0.46	-0.06	-0.45	-0.23	-0.18	-0.42	-1.13	-0.27	-0.25
对-乙基甲苯	-0.71	0.15	-0.52	-0.11	-0.29	-0.20	-0.41	-1.17	-0.36	-0.04
正癸烷	-1.49	-0.53	-0.01	-0.36	-0.24	-0.19	-0.34	-0.36	-0.26	-0.04
1,2,4-三甲苯	-0.86	-0.83	-0.19	-0.33	-0.21	-0.17	-0.44	-0.63	-0.56	-0.25
1,2,3-三甲苯	-0.93	0.56	-0.24	-0.13	-0.24	-0.19	-0.39	-0.42	-0.51	-0.33
溴甲烷	-0.77	0.58	0.20	0.09	-0.09	0.01	0.31	-0.07	-0.33	-0.71
二硫化碳	-0.89	-0.15	0.20	0.57	-0.07	-0.12	-0.11	0.04	-0.24	0.23
二氯甲烷	-0.94	-0.26	0.26	-0.05	-0.03	-0.13	1.25	-0.09	-0.40	0.11
顺-1,2-二氯乙烯	-0.84	0.03	0.16	-0.12	-0.05	-0.06	0.03	0.02	-0.65	-0.03

7天-8 nmol/mol	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	-0.99	-0.23	0.22	-0.15	-0.06	0.00	0.12	0.14	-0.38	0.12
反-1,2-二氯乙烯	-0.85	-0.27	0.25	-0.08	-0.06	0.00	0.20	0.12	-0.51	0.15
乙酸乙酯	-1.16	0.03	0.22	-0.15	-0.07	-0.03	-0.18	0.21	-0.58	0.00
三氯甲烷	-0.77	-0.19	0.14	-0.36	-0.05	-0.04	0.10	0.10	-0.44	0.09
1,1,1-三氯乙烷	-0.73	-0.14	0.02	-0.40	-0.02	0.04	0.05	0.22	0.31	0.50
四氯化碳	-0.42	-0.16	-0.07	-0.34	-0.12	-0.18	0.07	0.09	0.20	0.46
三氯乙烯	-0.25	-0.43	-0.23	-0.33	-0.14	-0.18	-0.18	-0.10	-0.25	0.17
1,2-二氯丙烷	-0.56	-0.20	0.18	-0.17	-0.17	-0.16	0.01	-0.04	0.08	0.43
甲基丙烯酸甲酯	-0.65	-0.28	-0.05	-0.16	-0.18	-0.20	-0.34	0.06	-0.08	0.24
一溴二氯甲烷	-0.14	-0.15	0.10	-0.53	-0.16	-0.21	-0.04	-0.05	0.10	0.40
反-1,3-二氯丙烯	-0.53	-0.15	0.10	-0.38	-0.16	-0.19	0.02	0.10	-0.01	0.25
1,1,2-三氯乙烷	-0.64	0.33	-0.07	-0.51	-0.14	-0.19	-0.10	-0.18	-0.09	0.38
二溴一氯甲烷	-0.17	-0.36	-0.12	-0.53	-0.10	-0.13	-0.18	-0.28	-0.17	0.31
四氯乙烯	0.03	-0.07	-0.16	-0.49	-0.13	-0.13	-0.24	-0.22	-0.41	0.14
1,2-二溴乙烷	-0.50	-0.46	-0.14	-0.52	-0.15	-0.24	-0.11	-0.13	-0.23	0.10
氯苯	-0.55	-0.47	-0.15	-0.28	-0.14	-0.15	-0.24	-0.60	-0.43	0.02
三溴甲烷	-0.35	0.95	-0.18	-0.42	-0.11	-0.21	-0.33	-0.70	-0.07	0.06
四氯乙烷	-1.03	-0.83	-0.04	-0.38	-0.22	-0.23	-0.29	-0.41	-0.10	0.23
1,3-二氯苯	-0.55	1.02	-0.26	-0.39	-0.19	-0.17	-0.42	-0.91	-0.29	-0.19
1,4-二氯苯	-0.52	0.78	-0.30	-0.21	-0.19	-0.19	-0.43	-0.94	-0.30	-0.17
1,2-二氯苯	-0.61	1.00	-0.29	-0.36	-0.20	-0.20	-0.47	-1.04	-0.13	-0.11

表 89 0.5 nmol/mol 7 天保留时间漂移结果

保留时间漂移	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
乙烯	0.00	0.00	-0.03	0.06	0.00	0.00	-0.05	0.01	0.00	0.00
乙炔	0.00	0.00	-0.04	-0.02	0.00	0.00	-0.14	0.01	0.04	0.02
乙烷	0.00	0.00	-0.03	0.06	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
丙烯	0.00	0.00	-0.03	0.03	0.00	0.00	-0.18	0.02	0.04	0.03
丙烷	0.00	0.00	-0.03	0.05	0.00	0.00	-0.13	0.01	0.00	0.00
异丁烷	0.00	0.00	-0.02	0.08	0.00	0.00	-0.22	0.02	-0.02	-0.01
正丁烷	0.00	0.00	-0.02	0.08	0.00	0.00	-0.21	0.01	-0.02	0.00
异戊烷	0.01	0.01	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.01
正戊烷	0.01	0.00	-0.02	0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.03	0.00
异戊二烯	0.01	0.01	-0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.01
3-甲基戊烷	0.02	0.03	-0.02	0.04	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.04	0.01
正己烷	0.02	0.03	-0.03	0.04	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	0.02
2,4-二甲基戊烷	0.02	0.03	-0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.05	0.00
甲基环戊烷	0.02	0.03	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.00
苯	0.02	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.04	0.12
环己烷	0.02	0.04	-0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	-0.01
2-甲基己烷	0.02	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.05	0.00
2,3-二甲基戊烷	0.03	0.04	-0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.24
3-甲基己烷	0.03	0.04	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.04	0.65
2,2,4-三甲基戊烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.04	0.48
正庚烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.04	0.49
甲基环己烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.05	0.04
2,3,4-三甲基戊烷	0.02	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.04	0.51
2-甲基庚烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.05	0.45
甲苯	0.02	0.04	-0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.01
3-甲基庚烷	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.01
正辛烷	0.02	0.05	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	-0.01
乙苯	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.04	-0.01
间/对-二甲苯	0.02	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
正壬烷	0.03	0.05	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00
邻-二甲苯	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
异丙苯	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	-0.02
正丙苯	0.04	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.04	-0.02
邻-乙基甲苯	0.04	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.03	-0.03
间-乙基甲苯	0.04	0.05	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
1,3,5-三甲苯	0.04	0.05	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.03	-0.01
对-乙基甲苯	0.04	0.05	-0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	-0.02
正癸烷	0.04	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.02
1,2,4-三甲苯	0.04	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.02
1,2,3-三甲苯	0.05	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.03
溴甲烷	0.01	0.01	-0.02	0.07	0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01
二硫化碳	0.01	0.01	-0.02	0.05	0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.03	0.00
二氯甲烷	0.02	0.02	-0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.01
顺-1,2-二氯乙烯	0.04	0.04	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.04	0.01

保留时间漂移	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	厂家 6_1	厂家 6_2
1,1-二氯乙烷	0.02	0.03	-0.03	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	-0.03	0.01
反-1,2-二氯乙烯	0.02	0.03	-0.02	0.04	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.04	0.02
乙酸乙酯	0.04	0.04	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	-0.04	0.01
三氯甲烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.04	0.00
1,1,1-三氯乙烷	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.28
四氯化碳	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.03
三氯乙烯	0.03	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.83
1,2-二氯丙烷	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.19
甲基丙烯酸甲酯	0.04	0.04	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.03	0.00
一溴二氯甲烷	0.03	0.04	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.36
反-1,3-二氯丙烯	0.03	0.04	-0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.37
1,1,2-三氯乙烷	0.03	0.05	-0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00
二溴一氯甲烷	0.03	0.04	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01
四氯乙烯	0.02	0.04	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00
1,2-二溴乙烷	0.03	0.04	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01
氯苯	0.03	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00
三溴甲烷	0.03	0.05	-0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01
四氯乙烷	0.04	0.05	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.03
1,3-二氯苯	0.04	0.05	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01
1,4-二氯苯	0.04	0.05	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.03	-0.01
1,2-二氯苯	0.05	0.06	-0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.02

6.5.11 校准单元

6.5.11.1 校准单元流量曲线

使用合适量程的 1 级质量流量计，设置其流量状态与校准仪质量流量控制器流量状态相对应（一般为标准状态），将质量流量计与待测校准仪串联，并确保连接气路无泄漏。待校准仪显示的流量稳定后开始测试。分别设置校准仪质量流量控制器输出满量程的 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 和 90% 流量，每个点持续测试 $\geq 2 \text{ min}$ ，每 30 s 同步记录质量流量控制器设定值与质量流量计实测值。

按照公式（20）、（21）分别计算质量流量计平均流量和校准仪质量流量控制器平均流量。通过最小二乘法计算得到质量流量计平均流量和校准仪质量流量控制器平均流量之间的流量曲线，两者之间应呈线性关系。流量测试完成后，恢复校准仪内部管路连接，并确保管路及连接部件气密性符合 6.4.2.4 要求。

$$\overline{Q_s} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{si}}{n} \quad (20)$$

式中： $\overline{Q_s}$ ——测试期间质量流量计平均流量值， sccm ；

Q_{si} ——测试期间质量流量计瞬时流量值， sccm ；

i ——测试期间记录瞬时时间点的序号，($i=1 \sim n$)；

n ——测试期间记录瞬时时间点的总个数 ($n \geq 4$)。

$$\overline{Q_c} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci}}{n} \quad (21)$$

式中： $\overline{Q_c}$ ——测试期间校准仪质量流量控制器平均流量值， sccm ；

Q_{ci} ——测试期间校准仪质量流量控制器瞬时流量值， sccm ；

i ——测试期间记录瞬时时间点的序号，($i=1 \sim n$)；

n ——测试期间记录瞬时时间点的总个数 ($n \geq 4$)。

6.5.11.2 校准单元湿度

校准单元湿度测试主要针对加湿动态校准仪，加湿动态校准仪分为湿度可控和湿度不可控两种类型。针对湿度可控的动态校准仪，应测试其输出气体的湿度相对误差与湿度相对标准偏差，评估准确性与稳定性；针对湿度不可控的动态校准仪，应测试其输出气体的湿度相对标准偏差，评估稳定性。

对于湿度可控的加湿动态校准仪，使用量程合适且经计量检定合格的温湿度计，将温湿度计探头安装在校准仪输出口或排空口处，确保连接气路无泄漏。参照校准曲线通标时的设置，确定校准仪的总流量和加湿参比温度。设置校准仪输出湿度为 0% 的高纯氮气或零级空气，待校准仪流量显示稳定后开始测试。设置校准仪输出湿度在 20%~80% 范围内的某一目标湿度的加湿高纯氮气或零级空气，待温湿度计读数稳定后，每隔 1 min 记录一次温湿度计的瞬时读数，连续测量至少 5 min（即至少记录 6 个数据点）。按公式（22）、（23）计算参比温度下的测定湿度，按照公式（24）~（26）计算湿度相对误差和湿度的相对标准偏差。其中公式（23）为 Tetens 经验公式，它基于实验数据并被广泛应用于气象学和工程领域^[24]。

对于湿度不可控的加湿动态校准仪，使用经计量检定的温湿度计，将温湿度计探头安装在校准仪输出口或排空口处，确保连接气路无泄漏。参照校准曲线通标时的设置，确定校准仪的总流量和加湿参比温度。设置校准仪输出加湿高纯氮气或零级空气，待温湿度计读数稳定后，每隔 1 min 记录一次温湿度计的瞬时读

数，连续测量至少 5 min（即至少记录 6 个数据点），按公式（22）~（24）、（26）计算多个测定湿度间的相对标准偏差。

$$RH_{T_1S_i} = \frac{RH_{T_2S_i} \times P_{T_2\text{饱和蒸汽压}}}{P_{T_1\text{饱和蒸汽压}}} \quad (22)$$

式中： $RH_{T_1S_i}$ ——参比温度下的湿度测量瞬时值，%；

$RH_{T_2S_i}$ ——湿度实测瞬时值，%；

$P_{T_2\text{饱和蒸汽压}}$ ——实测温度下的饱和蒸汽压，hPa；

$P_{T_1\text{饱和蒸汽压}}$ ——参比温度下的饱和蒸汽压，hPa。

$$P_{T_1\text{饱和蒸汽压}} = 6.11 \times 10^{237.3+T} \quad (23)$$

式中： $P_{T_1\text{饱和蒸汽压}}$ ——饱和蒸汽压，hPa；

T ——样气实际温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\overline{RH_{T_1S}} = \frac{\sum_{i=1}^n RH_{T_1S_i}}{n} \quad (24)$$

式中： $\overline{RH_{T_1S}}$ ——测定湿度平均值，%；

n ——测试期间记录瞬时时间点的总个数 ($n \geq 5$)。

$$RE = \frac{1}{n} \times \left(\sum_{i=1}^n \frac{RH_{T_1S_i} - RH_{T_1}}{RH_{T_1}} \right) \times 100\% \quad (25)$$

式中： RE ——湿度相对误差，%；

RH_{T_1} ——校准仪在参比温度下的湿度设定值，%；

i ——测试期间记录瞬时时间点的序号，($i=1 \sim n$)；

n ——测试期间记录瞬时时间点的总个数 ($n \geq 5$)。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RH_{T_1S_i} - \overline{RH_{T_1S}})^2}{n-1}} / \overline{RH_{T_1S}} \times 100\% \quad (26)$$

式中： RSD ——湿度的相对标准偏差，%；

n ——测量次数 ($n \geq 5$)。

6.5.12 平行性

6.5.12.1 测试目的

为了评估监测系统检测结果的准确性与合理性，建议在监测系统出厂或使用时，开展多台监测系统间环境样品平行性比对测试，以评估监测系统间的可比性。本次比对试验期间，对同品牌的 2 台监测系统开展了平行性测试。

6.5.12.2 测试方法

监测系统制造者或供应者，应出具仪器平行性测试报告。有条件的用户，可在监测站房部署地开展仪器平行性测试。

至少两台监测系统的采样口部署在同一高度（不同采样口间距 $\approx 1\text{m}$ 或同一采样总管）；采集环境样品期间，覆盖冬、夏季节，各季节连续测试 ≥ 30 天，且每日连续采集 ≥ 20 小时。 C_{ij} 为测量浓度值， i 为监测系统编号 ($i=1,2,\dots,n$)， j 为每个采样时间段的环境样品序号 ($j=1,2,\dots,m$)。对平均浓度高于方法检出限的目标化合物，按公式 (27) 计算各环境样品浓度的相对标准偏差。按式 (28))计算各目标化合物的平行性。

$$P_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{ij} - \bar{C}_j)^2}{n}} / \bar{C}_j \times 100\% \quad (27)$$

式中： P_j ——监测系统某个目标化合物第 j 个小时环境样品测量结果的相对标准偏差，%；

C_{ij} ——第 i 台监测系统测量第 j 个小时环境样品某个目标化合物的小时浓度值，nmol/mol；

\bar{C}_j ——参与测试的监测系统测量第 j 个小时环境样品某个目标化合物小时浓度平均值，nmol/mol；

n ——参与测试的监测系统总数量 ($n \geq 2$)。

$$P = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (P_j)^2}{m}} \quad (28)$$

式中： P ——某个目标化合物的平行性，%；

m ——所测环境样品的数量。

6.5.12.3 测试结果

本次比对从物种代表性与环境样品浓度综合考虑，选择了乙烯、异丁烷和苯作为代表物种，计算了各厂家两台监测系统的平行性结果，如表 90 所示。仅厂家 5 的苯、厂家 6 的异丁烷平行性超出 20%，分别为 25%、23%，其余厂家乙烯、异丁烷、苯均能达到 20% 以下，平行性较好。考虑到平行性测试需要 2 台仪器共同实验，日常使用中要配备 2 台监测系统开展平行性测试存在一定的困难，因此，本标准规定仪器生产或供应商需进行平行性测试并提供测试报告，用户有条件时可开展平行性测试，平行性测试指标需达到乙烯 $\leq 20\%$ 、苯 $\leq 20\%$ 、甲苯 $\leq 20\%$ 。

表 90 比对实验平行性测试结果表

物种	比对期间环境样品平均浓度 (nmol/mol)	厂家 2	厂家 3	厂家 4	厂家 5	厂家 6
乙烯	1.382	7%	9%	16%	12%	9%
异丁烷	0.598	5%	13%	19%	14%	23%
苯	0.359	6%	18%	15%	25%	17%

6.6 安装、调试、试运行与验收

6.6.1 安装要求

6.6.1.1 监测点位

监测点位应符合 HJ 193 中的相关要求。

6.6.1.2 监测站房及辅助设施

6.6.1.2.1 一般要求

监测站房及其附属设施（包括配电、辅助设施以及其他配套设施等）应符合 HJ 193 中的相关要求。对于部署了其他监测仪器（如使用正丁醇试剂的粒径谱仪等）的站房，若其运行过程中产生的挥发性有机物对监测系统造成数据干扰，应采取物理隔离（如加装集气罩、设立隔断间）措施。

6.6.1.2 其他设施安装要求

- 1) 安装位置。站房内应配备实验台或机柜，用于安装仪器及辅助设备，安装时应对各类管线进行清晰标记并规整布线；
- 2) 废气排放。应在仪器安装位置附近部署总排气管，用于收集并排出废气，保持室内空气清洁。总排气管管径 $\geq 20\text{ cm}$ ，排气口离站房内地面的距离宜为 $20\text{ cm}\sim 50\text{ cm}$ ，站房外墙开孔处应安装防风防雨罩和防蚊虫隔网；
- 3) 气瓶安全存储。站房内应设置专用的气瓶放置间（柜）并安全存放气瓶。如无条件设置专用间（柜），则必须在特定位置放置气瓶并设置固定装置；
- 4) 消防设施。站房内应配备适用于电气设备的自动灭火装置（如七氟丙烷自动灭火器）。

6.6.1.3 监测系统安装要求

监测系统安装应符合 HJ 193 中的相关要求，同时还应满足以下要求：

- 1) 操作维护空间。监测系统后方应留有 0.8 m 以上的空间，顶部应留有 0.4 m 以上的空间，以便操作维护；
- 2) 检查配件完整性。依照监测系统清单核对所有零配件，确保齐全；
- 3) 安装稳固性与防震。监测系统应水平安装于机柜内或实验台上，应采取有效防震措施，避免在运行过程中与其他设备（如空压机）产生共振；
- 4) 采样管路安装。采样总管和采样支管的安装应符合 6.4.2.1 的要求；应避免采样流量 $>2\text{ L/min}$ 的监测仪器与挥发性有机物自动监测系统共用同一根多歧路管，同时应避免其他监测仪器校准时产生的尾气通过多歧路管被挥发性有机物自动监测系统采集；
- 5) 线缆与管路标识及规范。所有电缆（电源线、信号线、网络线等）和管路（标准气体管路、零级空气管路、采样管路等）两端应带有清晰、不易脱色或脱落的标识。信号线和网络线宜使用带有屏蔽层的线缆，且屏蔽层应良好接地；
- 6) 废气收集排放。监测系统运行产生的所有废气（包括采样总管尾气、校准单元平衡口尾气、进样与分析单元测量后产生的废气等），应统一收集后经总排放管排向室外。

6.6.1.4 数据采集和传输设备及其安装要求

- 1) 安装稳固性与防震。数据采集和传输设备应安装在机柜或平台上，确保连接牢固可靠，并采取防震措施避免受其他设备（如空压机）运行共振影响；
- 2) 数据记录与存储。应能正确记录、存储、显示采集到的监测系统监测数据和状态数据（包括报警信息等），且存储空间应满足连续运行 ≥ 8 年数据存储需求；
- 3) 数据处理与输出。应能实时采集、存储、计算监测数据和状态数据（包括采样体积、内标响应值等），并能以报表或报告形式输出。应能根据报警信息、监测系统运行状态和运维质控任务对监测数据进行数据标识，具体要求见 6.9.2；
- 4) 数据单位与精度。监测数据输出单位应为 nmol/mol ，最小显示分辨力为 0.001 nmol/mol ；

- 5) 断电保护与自恢复。断电后，已采集的数据不得丢失；恢复供电后，监测系统应能自动启动并恢复到断电前运行状态，无需人工干预；
- 6) 通信要求。应具备有线或无线通信能力；数据采用后时标上传并兼容 HJ 212 通讯协议，有条件的站点宜使用 VPN 方式上传数据。

6.6.2 系统调试

6.6.2.1 调试检测的一般要求

调试检测的一般要求如下：

- 1) 监测系统在连续稳定运行 168 h 后，应对各项性能指标进行调试检测；
- 2) 如因故障/断电导致中断时，未完成指标应重新测试；
- 3) 调试检测后应编制安装调试报告，格式参见附录 B。

6.6.2.2 调试检测指标

调试检测指标按照表 51 执行，各项指标测试结果应符合表 52 的要求。

6.6.2.3 调试检测方法

调试检测时，通入监测系统的标准气体应与环境样品采样气路保持一致，即从采样支管进气口前端通入标准气体，经颗粒物过滤器进入仪器。对于校准曲线测试，应参照 6.8.1 进行校准口与采样口的等效测试；若测试结果符合要求，则可不从采样支管进气口端通标准气体，否则仍需保持一致。采样管路及采样支管进气口前端位置可参考图 36。分析标准气体时，监测系统的方法参数和条件应与分析环境样品时保持一致。调试检测前，监测系统校准单元应先预热至少 2 个小时。

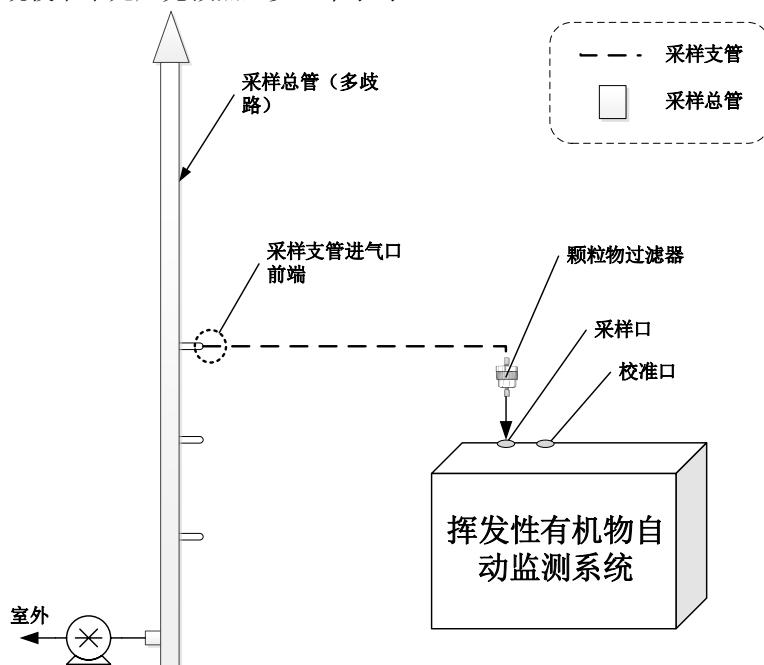


图 36 采样管路示意图

6.6.2.3.1 采样流量

测试方法及要求详见 6.5.2。

6.6.2.3.2 校准曲线

测试方法及要求详见 6.5.3。

6.6.2.3.3 方法检出限

测试方法及要求详见 6.5.4。

6.6.2.3.4 系统空白

测试方法及要求详见 6.5.5。

6.6.2.3.5 系统残留

测试方法及要求详见 6.5.6。

6.6.2.3.6 正确度

测试方法及要求详见 6.5.7。

6.6.2.3.7 精密度

测试方法及要求详见 6.5.8。

6.6.2.3.8 响应时间

测试方法及要求详见 6.5.9。

6.6.2.3.9 漂移

测试方法及要求详见 6.5.10。

6.6.2.3.10 校准单元

6.6.2.3.10.1 校准单元流量曲线

测试方法及要求详见 6.5.11.1。

6.6.2.3.10.2 校准单元湿度

测试方法及要求详见 6.5.11.2。

6.6.2.3.11 平行性

测试方法及要求详见 6.5.12。

6.6.3 试运行

监测系统试运行至少 60 天。因故障等造成运行中断，监测系统恢复正常后，重新开始试运行。试运行结束时，按公式（29）计算监测系统各目标化合物的数据获取率，各目标化合物数据获取率应 $\geq 80\%$ 。根据试运行结果，编制试运行报告。试运行报告格式参见附录 C。

$$R_a = \frac{T_t - T_f}{T_t} \times 100\% \quad (29)$$

式中： R_a ——某一目标化合物的数据获取率，%；

T_t ——试运行总小时数；

T_f ——故障小时数。

6.6.4 验收

6.6.4.1 验收条件

申请验收前，应具备以下验收条件：

- 1) 监测系统完成安装、调试及试运行，并已编制安装调试报告、试运行报告以及联网说明，提供试运行监测数据报表；
- 2) 完成质量保证和质量控制计划文档的编制；
- 3) 建立完整的监测系统技术档案，包括仪器说明书、出厂合格检测证书、仪器开箱清单、备品备件清单、交接记录、运行维护记录、质量控制记录表等。

6.6.4.2 验收内容

6.6.4.2.1 性能指标验收

监测系统验收测试的指标见表 51，相应的测试方法见 6.6.2.3，测试结果应符合表 52 的要求。

6.6.4.2.2 联网验收

联网验收分为通信及数据传输验收、现场数据比对验收和联网稳定性验收三部分。联网验收技术指标见表 91。

- 1) 通信及数据传输验收。数据采集传输设备与仪器间通讯应稳定可靠，避免频繁中断、报文丢失或不完整。为保证监测数据在公共数据网上传输的安全性，应进行加密传输；
- 2) 现场数据比对验收。对数据进行抽样检查，随机抽取试运行期间 7 天的监测数据，对比上位机接收数据和现场机存储数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ ；
- 3) 联网稳定性验收。数据采集传输设备应连续稳定运行一个月，期间不得出现除通信稳定性和数据传输正确性外的其他联网故障。

表 91 监测系统联网验收技术指标

验收检测项目	考核指标
通信稳定性	1) 现场机在线率 $\geq 90\%$ ； 2) 单台数据采集传输仪每日掉线次数 ≤ 5 次； 3) 报文传输稳定性 $\geq 99\%$ ，若发生报文错误或丢失，应自动启动纠错机制，要求数据采集传输仪重发报文。
数据传输安全性	1) 传输数据应按照 HJ 212 中规定的加密方法进行处理； 2) 服务器端应对请求连接的客户端进行身份验证。
通信协议正确性	现场机与上位机的通信协议应符合 HJ 212 中的相关规定，正确率要求 100%。

验收检测项目	考核指标
数据传输正确性	随机抽取试运行期间 7 天的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。
联网稳定性	在连续 30 天的运行周期内，监测系统不应出现除上述通信稳定性、数据传输正确性问题之外的其他联网故障。

6.6.4.2.3 相关制度、记录和档案验收

- 1) 监测系统操作和使用制度，包括使用管理说明，系统运行操作规程；
- 2) 质量保证和质量控制计划，包括日常巡检、定期维护、定期校验和校准、易损易耗品定期检查及更换等制度和相关记录；
- 3) 完整的监测系统技术档案，包括仪器说明书、出厂合格检测证书、仪器开箱清单、备品备件清单、交接记录、运行维护记录、质量控制记录表等。

6.6.4.3 验收报告

验收报告应附安装调试报告、试运行报告和联网证明，验收报告格式参见附录 D。

6.7 系统日常运行维护

6.7.1 基本要求

挥发性有机物自动监测系统应定期维护以保障连续运行，维护内容及周期见附录 E。如出现故障等情况，应采取有效措施及时恢复运行。监测系统维护、故障维修等均需详细记录。

监测系统的主要技术参数应与说明书要求以及系统安装验收时的设定值保持一致。如确需调整主要技术参数，应进行参数调整试验及性能测试，记录测试结果并编制参数调整测试报告。

6.7.2 监测站房及辅助设备日常巡检

监测站房及辅助设备日常巡检应符合 HJ 818 的相关规定。由运维人员每周至少巡检 1 次，巡检工作主要包括：

- 1) 温湿度控制检查。检查站房内温度是否维持在 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内，相对湿度不超过 80%，在冬、夏季节应注意站房内外温差，及时调整站房内温度或对采样管采取适当的温控措施，防止温差导致采样装置产生冷凝水；
- 2) 排气设施检查。检查站房排风、排气装置运行状态是否正常；
- 3) 数据采集传输检查。检查数据采集、传输与网络通信是否正常；
- 4) 气瓶固定装置检查。确认气瓶固定装置牢固可靠；
- 5) 耗材备件检查。核查各种运维工具、耗材以及备件是否完好齐全；
- 6) 辅助设备检查。检查空调、电源等辅助设备的运行状态是否正常，检查站房空调机的过滤网是否清洁，必要时进行清洗；
- 7) 消防设施检查。检查各种消防以及安全设施是否完好齐全且在有效期内；
- 8) 站房周边环境清理。及时清除站房周围的杂草和积水，检查站房内外有无积水或漏雨现象；
- 9) 避雷设施检查。检查避雷设施、引下线各焊接点（有无锈蚀或接触不良）、电涌保护器是否有效；

- 10) 时间检查。核对监测系统工控机时间是否与北京时间同步，并确认数据采集时间与平台展示时间保持一致；
- 11) 记录管理。应详细记录每周巡检内容并定期存档。

6.7.3 日常维护

6.7.3.1 每日维护

具备网络远程访问功能的监测系统可通过网络实施远程监控，内容包括：

- 1) 运行状态核查。检查监测系统采样流量、采样压力、关键部件运行温度、色谱柱柱压及柱温、基线、目标色谱峰出峰时间和峰宽等关键工作参数；判断监测系统运行状态，如环境样品谱图是否正常出峰、保留时间是否存在漂移等。发现异常应及时排查原因并恢复正常；
- 2) 质控结果核查。如监测系统具备自动质控功能，需核查当日空白测试、单浓度点核查等质控结果，发现异常应及时排查原因并恢复正常；
- 3) 重污染天气应急维护。当以 O₃ 为首要污染物的重污染天气预警发布时，可根据监测系统状况在 24 h 内完成全面检查 1 次，必要时执行校准或维护，保障监测系统稳定运行；
- 4) 记录管理。完整记录每日维护内容并定期存档。

6.7.3.2 每周维护

- 1) 采样泵检查。检查采样泵是否运转正常、是否存在异响现象；
- 2) 耗材检查与更换。检查监测系统使用的除 CO₂ 管、除水管、富集管以及其他关键耗材状态，发现异常或临近使用寿命时应及时更换；
- 3) 滤膜检查与更换。下雨天或湿度大的时段，应按实际情况增加滤膜（或烧结过滤器）检查和更换（清洁）频次，更换（清洁）频次 ≥ 2 周/次；发生颗粒物轻度及以上污染过程后，应及时检查滤膜（或烧结过滤器），并根据实际情况进行更换（清洗）；
- 4) 采样管路检查。检查采样总管、采样支管是否有冷凝水，如有冷凝水应及时进行清理；
- 5) 气密性核查。更换采样总管、支管、颗粒物过滤器等采样单元部件后，应按 6.6.2.3.1 进行气密性核查，核查结果应符合 6.6.2.3.1 的要求；同时需测试采样管路内流量，按照附录 F 计算并判断管路气流是否为层流状态；
- 6) 气体净化装置检查与更换。至少检查 1 次气体净化装置，带有指示灯的气体净化装置根据说明书指引进行更换，无指示灯的气体净化装置可根据指示剂变色情况进行更换；
- 7) 质谱状态检查。对质谱开展空气与水检查，根据各自仪器允许的阈值范围进行评估，如超出阈值范围时应及时排查解决；
- 8) 色谱柱柱效检查。至少检查 1 次色谱柱柱效，当发现色谱柱柱效下降较多，如目标化合物色谱峰出现显著拖尾或分离度变差时，应及时排查解决或更换色谱柱；
- 9) 空气发生器检查与维护。如使用空气发生器，至少检查 1 次发生器的废液瓶，超出容器容积的 4/5 时应及时清空废液；
- 10) 氢气发生器检查与维护。如使用氢气发生器，至少检查 1 次发生器水罐液位与干燥剂，水罐液位低于容器容积的 1/2 时应及时添加去离子水，干燥剂视其使用情况及时更换；
- 11) 前级泵检查与维护。使用油封机械泵作为前级泵的质谱仪，应检查一次泵油液位和泵油浊度，泵

油液位低于中间刻度线或泵油变浑浊或有悬浮物时，应及时更换新的泵油；

- 12) 校准单元设施检查与维护。检查校准单元用于加湿的纯水罐/瓶液位，液位低于容器容积的 1/2 时应及时更换纯水（适用于加湿动态校准仪）；检查零气发生器加热炉温度控制是否正常；
- 13) 散热风扇检查与维护。检查监测系统散热风扇污染情况，及时清洗；
- 14) 其他维护。执行仪器说明书或操作规程规定的其他周维护内容；
- 15) 记录管理。完整记录每周维护内容并定期存档。

6.7.3.3 每月维护

- 1) 质谱性能评估与维护。执行一次质谱检测性能的评估，若质量数为 69 和 219 的离子丰度相比最近调谐质谱参数时下降过快或基峰数过多，应清洗离子源或重新调谐质谱参数，并重新进行曲线校准（适用于 MSD）；
- 2) 其他维护。执行仪器说明书或操作规程规定的其他月维护内容；
- 3) 记录管理。完整记录每月维护内容并定期存档。

6.7.3.4 季度维护

- 1) 采样管路维护。清洗采样支管，清洗方法可采用大流量零级空气或者氮气吹扫采样支管。清洗后应检查气密性是否符合 6.5.2 要求，并在采样支管进气口处核查采样流量，确保其流量相对误差符合 6.8.2.5 要求，同时应按照附录 F 计算并判断管路气流是否为层流状态；
- 2) 检查监测系统时钟误差，其误差与标准北京时间不超过±1 min；
- 3) 存储设备检查与清理。检查工控机硬盘剩余容量，若容量不足一个季度数据量，应对数据谱图进行备份并清理硬盘；
- 4) 其他维护。执行仪器说明书或操作规程规定的其他季度维护内容；
- 5) 记录管理。完整记录每季度维护内容并定期存档。

6.7.3.5 半年维护

- 1) 采样总管维护。至少清洗一次采样总管以及多歧路管，清洗后应进行检漏测试，检漏方法可参考 HJ 818 的相关规定；完成检漏测试后，应对采样总管流量进行核查，以确保采样总管内的气流在层流状态；
- 2) 进样模块阀体维护。至少检查一次进样模块中多通阀、清洁阀内腔以及阀芯，若阀芯出现明显磨损，应及时更换；
- 3) 气相色谱仪维护。对气相色谱仪进样口和衬管（如适用）进行检查、清洗，必要时更换密封圈、隔垫和衬管；
- 4) 校准单元维护。对于配备零气发生器的校准单元，至少更换一次活性炭和氧化剂，以确保零气的洁净度；
- 5) 其他维护。执行仪器说明书或操作规程规定的其他半年维护内容；
- 6) 记录管理。完整记录每半年维护内容并定期存档。

6.7.3.6 年度维护

- 1) 预防性维护。对监测系统、辅助设备开展预防性维护；对关键器件进行拆卸、清洁和保养，如采样泵、多通阀等，并评估是否需要更换；
- 2) 其他维护。执行仪器说明书或操作规程规定的其他年度维护内容；
- 3) 年度维护核查。年度维护后应对监测系统进行全面校准和技术性能指标核查，核查指标参见表 51，核查结果应符合表 52 的要求，以确保监测系统在维护前后数据的准确性和可比性；
- 4) 记录管理。完整记录每年维护内容并定期存档。

6.8 质量保证和质量控制

6.8.1 基本要求

监测系统应定期开展质量保证和质量控制工作，各项工作内容及周期见附录 E，各站点可根据实际运行情况进行调整。质量控制记录表参见附录 G。

测试指标及其频次按照表 92 执行，各项指标检测方法参考 6.6.2.3。日常质量保证与质量控制工作不仅包含表 92 所列测试指标，还应同时关注数据一致性检查等其他配套质量控制措施。各项措施及具体实施要求详见 6.8.2。

对于配置有独立校准口和采样口（与采样支管相连，一般从采样支管进气口端通标准气体）的监测系统，若使用校准口进行日常质控，应先比较将标准气体通入采样支管进气口端和通入仪器校准口的差异性。选取与单浓度点核查相同浓度的标准气体，分别通入校准口与采样支管进气口端进行测试，计算各目标化合物在校准口与采样口的相对误差。若所有化合物相对误差在±10%范围内，可通过校准口开展日常质控；否则标准气体必须经采样支管进气口通入，保持与环境样品气路一致。

日常质量保证与质量控制工作过程中，输出标准气体相对湿度宜控制在 40%~60%（25℃下）范围内。在夏季高温高湿、冬季低温低湿等极端天气下，应根据当地环境空气湿度换算，适当增大或降低标准气体湿度。

编制组统计了比对实验期间，各台监测系统 66 个目标化合物中，符合技术性能指标要求的化合物占比，统计结果详见表 93，并根据统计结果确定了本标准日常质量控制中各项指标 66 个目标化合物需达到的比例要求，具体详见 6.8.2。

表 92 日常质量控制指标检测与频次要求

序号	日常质控指标		最低频次	是否参与数据有效率判断
1	采样流量	平均流量相对误差	每月	-
2		气密性	每周及每次更换采样总管、支管、滤膜等某个采样单元部件后	√
3	单浓度点核查		GC-FID：每周；	√
4			GC-FID/MSD：每日；	
5	内标响应检查		每日	√
6	校准曲线		每季度	-
7	方法检出限		每年	-
8	系统空白		GC-FID、GC-FID/MSD：每周；	√
	系统残留		每季度（一般在执行校准曲线后）	-

序号	日常质控指标	最低频次	是否参与数据有效率判断	
9	正确度	每半年	-	
10	精密度	每半年	-	
11	校准单元	流量曲线	每季度	
12		流量相对误差	每月（仅日常流量设置点）	
13		湿度相对误差	每月	
14		湿度相对标准偏差	每月	
注 1：“√”表示参与计算；“-”表示不参与计算。				
注 2：数据有效率的计算，应在平均流量相对误差、校准曲线与系统残留测试均符合要求的前提下进行。				

表 93 比对实验质量控制指标目标化合物合格统计结果

		厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2
校准曲线判定系数 R ²		100%	98%	98%	94%	100%	100%	95%	100%
单浓度点核查		98%	86%	94%	98%	100%	100%	100%	100%
系统空白		100%	100%	100%	100%	98%	98%	98%	98%
系统残留		98%	98%	100%	100%	100%	100%	55%	72%
精密度	1 nmol/mol	100%	77%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	5 nmol/mol	100%	65%	100%	100%	100%	100%	98%	100%
	7 nmol/mol	100%	86%	100%	95%	100%	100%	98%	100%
正确度	1 nmol/mol	85%	97%	94%	94%	98%	100%	83%	78%
	5 nmol/mol	100%	85%	100%	100%	100%	100%	97%	100%
	7 nmol/mol	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
方法检出限		98%	48%	100%	98%	100%	100%	80%	77%

6.8.2 质量保证和质量控制要求

6.8.2.1 内标物核查（适用于 MSD）

每日检查内标物响应，环境样品与每日质控的内标物要求如下，不满足时应及时排查或重新绘制校准曲线：

- 1) 保留时间与最近绘制的校准曲线中间浓度点（可使用 2 nmol/mol）内标物的保留时间偏差应≤15 s；
- 2) 定量离子峰面积变化应在最近绘制的校准曲线中间浓度点（可使用 2 nmol/mol）内标物的 50%~150%之间。

6.8.2.2 校准曲线绘制

每季度至少绘制 1 次校准曲线。校准曲线至少含 7 个校准点（0、0.5、2、4、6、8、10 nmol/mol）且强制过零，校准曲线最高浓度点浓度应高于当地 VOCs 的最高浓度水平。根据比对实验期间各监测系统校准曲线的结果，除厂家 3_2 外，各台监测系统均有 95%以上的化合物判定系数 R²达到 0.98 以上，详情见 6.8.1

章节的表 93。因此本标准规定 95%以上目标化合物的判定系数 R^2 应 ≥ 0.98 ，未达标时应检查监测系统并重新执行校准曲线。

当监测系统更换核心部件（包括富集管或捕集柱、聚焦管、色谱柱、离子源（适用于 MSD）、检测器等）、调整系统运行关键参数、调谐或调整质谱仪参数后（适用于 MSD），应重新绘制校准曲线。

6.8.2.3 单浓度点核查

单浓度点核查是检验监测系统是否能够测准标准样品，判断环境样品是否有效的重要指标。

此次比对实验期间，编制组针对所有监测系统开展了长期的单浓度点核查测试。在比对期间每日使用加湿动态校准仪配制目标浓度（0.5 nmol/mol~4 nmol/mol）的 117 组分标准气体通入各厂家监测系统，每日连续通 2 次。计算各监测系统测量值与标准气体浓度值的相对误差，统计各物种所有相对误差绝对值的均值与标准偏差，使用相对误差绝对值的均值与标准偏差之和（均值+STD）表征各台监测系统所有单浓度点核查结果的分布范围。进一步计算所有监测系统均值+STD 的 75 百分位数，表征多数监测系统单浓度点核查所能达到的水平（其中，厂家 6 两台监测系统结果较差，编制组认为不能代表该原理类别监测系统的应用水平，因此其单浓度点核查结果不参与统计）。统计结果详见表 94。

从 75 百分位数统计结果来看，乙烯、乙炔、乙烷、丙烯、丙烷等使用 FID 检测的物种均在 20%以下；其余使用 MSD 检测的物种大多数在 30%以下，2,4-二甲基戊烷、正庚烷、正壬烷、正癸烷、氟利昂-113、二氯甲烷、乙酸乙酯、反-1,3-二氯丙烯等超过 30%，但各厂家基本均有 1 台监测系统相对误差绝对值的均值与标准偏差之和在 30%以内。

此外，编制组还对各台监测系统所有单浓度点核查结果的 10 百分位数、90 百分位数、25 与 75 百分位数、中位数、均值等进行了统计。从该结果来看，各物种多数监测系统结果与前述结果相符。以乙烯、异丁烷、苯和顺-1,2-二氯乙烯为例（见图 37），对于 FID 检测目标化合物乙烯和异丁烷，其单浓度点核查结果 25 与 75 百分位数均在 $\pm 20\%$ 以内；对于 MSD 检测目标化合物苯和顺-1,2-二氯乙烯，其单浓度点核查结果 25 与 75 百分位数基本均在 $\pm 30\%$ 以内。

根据比对实验期间各台监测系统单浓度点核查的相对误差均值统计结果，除厂家 2_2 外，各台监测系统均有 90%以上的化合物能够达到上述范围，详情见 6.8.1 章节的表 93。

因此本标准对单浓度点核查要求如下：

(1) 使用 GC-FID 的监测系统，每周至少进行 1 次目标化合物单浓度点核查，核查浓度点应 ≤ 2 nmol/mol，连续测量 ≤ 2 次。要求 90%以上目标化合物的测定值与标准气体浓度值的相对误差应在 $\pm 20\%$ 范围内，若未达标应及时排查原因，必要时应评估监测系统状态，检查富集管/捕集管、聚焦管是否需要更换，并重新绘制校准曲线。

(2) 使用 GC-FID/MSD 的监测系统，每日至少进行 1 次目标化合物单浓度点核查，建议每周内分散不同时段执行，核查浓度点应 ≤ 2 nmol/mol，连续测量 ≤ 2 次。要求 90%以上的目标化合物测定值与标准气体浓度值的相对误差符合下述要求：FID 检测的目标化合物应在 $\pm 20\%$ 范围内，MSD 检测的目标化合物应在 $\pm 30\%$ 范围内，若未达标应及时排查原因，必要时应评估监测系统状态，检查是否需要更换富集管或捕集管、更换聚焦管、清洗离子源、更换或切换灯丝，重新调谐质谱参数并绘制校准曲线。

表 94 比对期间单浓度点核查结果统计 (GC-FID/MS)

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	75 百 分位数
乙烯	19%	15%	15%	9%	16%	12%	19%	12%	17%
乙炔	6%	5%	10%	34%	9%	3%	61%	14%	19%
乙烷	9%	12%	12%	9%	5%	4%	13%	13%	12%
丙烯	11%	13%	14%	5%	3%	4%	11%	11%	12%
丙烷	9%	11%	12%	7%	4%	4%	9%	11%	11%
异丁烷	5%	12%	36%	12%	3%	6%	8%	10%	12%
正丁烷	6%	12%	50%	19%	4%	6%	13%	11%	14%
异戊烷	29%	22%	48%	15%	3%	7%	28%	21%	29%
正戊烷	33%	23%	28%	17%	4%	7%	30%	22%	28%
异戊二烯	35%	14%	18%	12%	8%	7%	28%	18%	21%
3-甲基戊烷	35%	15%	27%	21%	9%	6%	16%	18%	23%
正己烷	39%	11%	27%	12%	8%	6%	27%	28%	27%
2,4-二甲基戊烷	40%	19%	32%	13%	10%	8%	25%	30%	30%
甲基环戊烷	38%	12%	29%	13%	9%	6%	25%	25%	26%
苯	27%	50%	30%	6%	4%	6%	16%	17%	28%
环己烷	35%	20%	18%	18%	8%	6%	18%	19%	20%
2-甲基己烷	37%	20%	23%	22%	14%	10%	30%	28%	29%
2,3-二甲基戊烷	35%	12%	20%	11%	9%	7%	19%	20%	20%
3-甲基己烷	39%	13%	27%	14%	6%	8%	28%	24%	27%
2,2,4-三甲基戊烷	18%	62%	25%	11%	7%	6%	26%	25%	25%
正庚烷	24%	60%	35%	19%	9%	8%	30%	30%	32%
甲基环己烷	23%	46%	27%	16%	12%	7%	18%	17%	24%
2,3,4-三甲基戊烷	24%	52%	29%	13%	10%	9%	18%	16%	26%
2-甲基庚烷	27%	63%	27%	15%	10%	9%	22%	17%	27%
甲苯	22%	32%	15%	10%	12%	10%	9%	11%	17%
3-甲基庚烷	17%	60%	21%	16%	6%	8%	11%	11%	18%
正辛烷	27%	57%	23%	19%	11%	10%	21%	15%	24%
乙苯	21%	26%	17%	7%	13%	11%	14%	15%	18%
间/对-二甲苯	25%	25%	11%	11%	24%	14%	20%	26%	25%
正壬烷	34%	61%	35%	22%	28%	19%	17%	14%	35%
邻-二甲苯	24%	27%	20%	13%	13%	12%	22%	23%	23%
异丙苯	31%	26%	23%	19%	15%	13%	38%	30%	30%
正丙苯	32%	21%	14%	10%	13%	13%	34%	29%	29%
邻-乙基甲苯	32%	27%	15%	13%	15%	15%	25%	21%	25%
间-乙基甲苯	31%	24%	19%	12%	14%	15%	26%	22%	24%
1,3,5-三甲苯	26%	30%	13%	9%	17%	17%	30%	27%	27%
对-乙基甲苯	30%	30%	19%	14%	15%	16%	21%	22%	24%
正癸烷	49%	23%	53%	10%	23%	18%	44%	29%	47%
1,2,4-三甲苯	27%	45%	18%	19%	17%	17%	24%	19%	26%
1,2,3-三甲苯	26%	29%	19%	10%	17%	18%	33%	29%	29%
溴甲烷	34%	60%	18%	19%	7%	7%	17%	20%	28%
二硫化碳	25%	23%	40%	28%	9%	9%	31%	16%	30%

	厂家 2_1	厂家 2_2	厂家 3_1	厂家 3_2	厂家 4_1	厂家 4_2	厂家 5_1	厂家 5_2	75百 分位数
二氯甲烷	26%	12%	47%	35%	20%	16%	38%	33%	37%
顺-1,2-二氯乙烯	30%	16%	16%	15%	5%	6%	11%	14%	16%
1,1-二氯乙烷	28%	22%	47%	8%	6%	6%	19%	16%	23%
反-1,2-二氯乙烯	28%	17%	37%	14%	7%	6%	15%	14%	20%
乙酸乙酯	41%	17%	46%	16%	13%	13%	34%	25%	38%
三氯甲烷	28%	29%	30%	7%	6%	8%	10%	21%	29%
1,1,1-三氯乙烷	32%	33%	20%	19%	6%	6%	11%	23%	25%
四氯化碳	25%	43%	12%	14%	6%	6%	10%	28%	26%
三氯乙烯	23%	29%	20%	16%	7%	6%	11%	12%	21%
1,2-二氯丙烷	23%	34%	46%	6%	9%	6%	12%	10%	26%
甲基丙烯酸甲酯	28%	55%	13%	14%	9%	10%	26%	22%	27%
一溴二氯甲烷	20%	28%	30%	16%	5%	7%	10%	22%	24%
反-1,3-二氯丙烯	36%	46%	31%	24%	11%	14%	24%	10%	32%
1,1,2-三氯乙烷	34%	24%	13%	8%	17%	11%	7%	13%	19%
二溴一氯甲烷	32%	26%	10%	15%	14%	11%	17%	19%	21%
四氯乙烯	21%	23%	13%	5%	11%	11%	18%	24%	21%
1,2-二溴乙烷	29%	23%	11%	13%	11%	11%	8%	15%	17%
氯苯	14%	13%	5%	13%	13%	13%	21%	19%	15%
三溴甲烷	45%	39%	20%	19%	12%	15%	27%	19%	30%
四氯乙烷	28%	22%	59%	8%	14%	12%	27%	26%	27%
1,3-二氯苯	22%	50%	12%	11%	18%	17%	23%	16%	22%
1,4-二氯苯	22%	51%	10%	9%	18%	17%	25%	16%	23%
1,2-二氯苯	23%	49%	11%	10%	22%	19%	27%	29%	27%

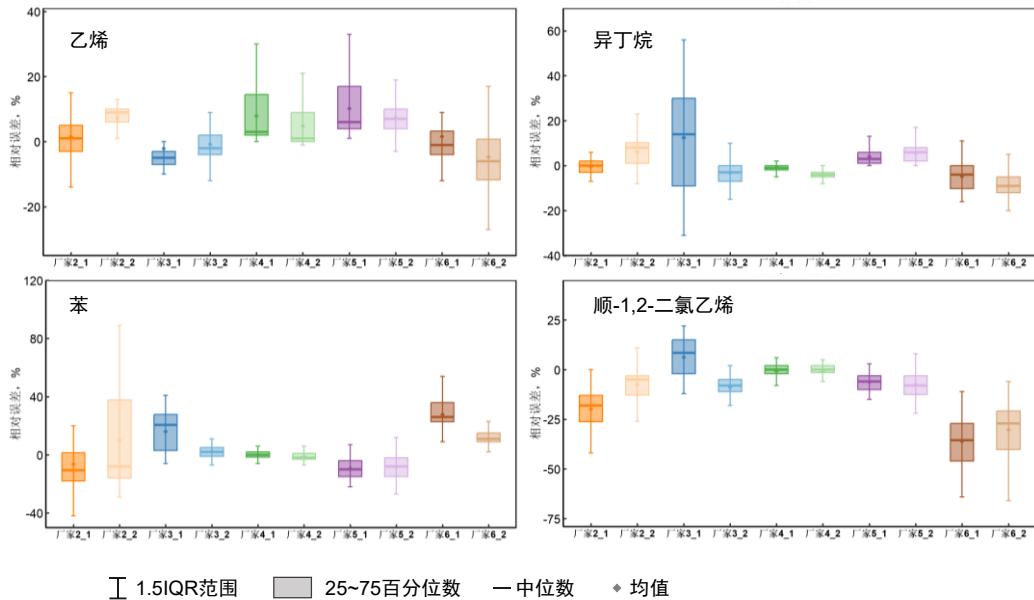


图 37 比对期间乙烯、异丁烷、苯和顺-1,2-二氯乙烯单浓度点核查统计结果

6.8.2.4 系统空白核查

每周至少核查 1 次系统空白。根据比对实验期间各监测系统的系统空白核查结果，各台监测系统均有 95%以上的化合物 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，详情见 6.8.1 章节的表 93，另外考虑到目前应用的监测系统中，使用年限较长的 GC-FID 自动监测系统空白测试较难做好。因此本标准规定，FID 检测的目标化合物应有 90%以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，MSD 检测的目标化合物应有 95%以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，否则应及时排查原因，重新测试至系统空白符合要求。

6.8.2.5 采样流量核查

每周或每次更换采样单元部件（采样总管/支管/滤膜等）后，应对监测系统进行气密性核查，核查方法与结果判断应参照 6.6.2.3.1。

每月至少核查 1 次采样流量，使用合适量程的 1 级质量流量计测试采样流量，计算实测平均流量与显示流量的相对误差，要求其结果应在 $\pm 5\%$ 范围内，否则应及时排查原因并重新测试，直至符合要求。

6.8.2.6 系统残留核查

每季度至少核查 1 次目标化合物系统残留。根据比对实验期间各监测系统的系统残留核查结果，除厂家 5 的两台监测系统外，其余监测系统均有 95%以上的化合物 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，详情见 6.8.1 章节的表 93，另外考虑到目前应用的监测系统中，使用年限较长的 GC-FID 自动监测系统较难做好。因此本标准规定，FID 检测的目标化合物应有 90%以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，MSD 检测的目标化合物应有 95%以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，否则应及时排查原因并重新测试，直至符合要求。

6.8.2.7 精密度核查

每半年至少核查 1 次精密度，参照 6.6.2.3.7，选取其中一个浓度点连续测量 ≥ 6 次，计算测量结果的相对标准偏差。根据比对实验期间各监测系统精密度测试结果，除厂家 2_2 外，其余监测系统均有 95%以上的化合物 $\leq 10\%$ ，详情见 6.8.1 章节的表 93。因此本标准规定，95%以上的目标化合物精密度应 $\leq 10\%$ ，否则应及时排查原因，重新测试至精密度符合要求。

6.8.2.8 正确度核查

每半年至少核查 1 次正确度，参照 6.6.2.3.6，选取其中一个浓度点连续测量 ≥ 6 次，计算多次测量平均值与标准气体浓度值的相对误差。根据比对实验期间各监测系统正确度测试结果，除厂家 2_2 外，5 nmol/mol 与 7 nmol/mol 测试结果均有 95%以上的化合物正确度在 $\pm 15\%$ 范围内；1 nmol/mol 测试结果中，厂家 2_1、厂家 5_1、厂家 5_2 正确度在 $\pm 15\%$ 范围内的化合物不足 90%，厂家 3 的两台监测系统均有 94%的化合物正确度在 $\pm 15\%$ 范围内，其余监测系统均有 95%以上的化合物正确度在 $\pm 15\%$ 范围内，详情见 6.8.1 章节的表 93。因此，本标准统一收严规定，要求 95%以上的目标化合物正确度应在 $\pm 15\%$ 范围内，否则应及时排查原因，重新测试至正确度符合要求。

6.8.2.9 方法检出限核查

每年至少核查 1 次方法检出限，可在年度预防性维护之后执行。根据比对实验期间各监测系统方法检出限测试结果，除厂家 2_2 与厂家 5 的两台监测系统外，其余监测系统均有 95%以上的化合物 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，

详情见 6.8.1 章节的表 93，另外考虑到目前应用的监测系统中，使用年限较长的 GC-FID 自动监测系统较难做好。因此本标准规定，FID 检测的目标化合物应有 90% 以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，MSD 检测的目标化合物应有 95% 以上 $\leq 0.1 \text{ nmol/mol}$ ，否则应及时排查原因，重新测试至方法检出限符合要求。当更换色谱柱、离子源（MSD 适用）或检测器等核心部件后，应重新测定方法检出限。

6.8.2.10 校准单元质量保证

6.8.2.10.1 采用加湿动态校准仪的校准单元质量保证

采用加湿动态校准仪的校准单元，每月至少核查 1 次质量流量控制器日常流量设置点（含控制标准气体和稀释气的质量流量控制器）。使用经计量检定的 1 级质量流量计测试质量流量控制器的流量，要求实测流量与质量流量控制器显示流量的相对误差在 $\pm 2\%$ 范围内，否则应及时排查原因并重新测试，直至符合要求。

每季度至少核查 1 次质量流量控制器流量曲线，要求线性相关系数 $R \geq 0.9999$ ； $0.98 \leq \text{斜率 } k \leq 1.02$ ；截距 b 应在满量程 $\pm 1\%$ 范围内。每次流量核查完成后，应恢复校准单元内部管路连接，并确保管路及连接部件气密性符合 4.2.4 要求。

每月至少核查 1 次加湿动态校准仪日常质控设定点。湿度可控型要求湿度相对误差应在 $\pm 5\%$ 范围内，且相对标准偏差应 $\leq 5\%$ ；湿度不可控型要求湿度相对标准偏差应 $\leq 5\%$ 。

6.8.2.10.2 采用惰性化不锈钢罐的校准单元质量保证

（一）惰性化不锈钢罐质量保证要求

采用惰性化不锈钢罐的校准单元，应进行罐稳定性测试以确定稀释后标准气体存储时间。惰性化不锈钢罐应专罐专用，外标气罐和内标气罐应分开使用，且禁止用于环境空气、无组织或有组织排放采样。

每季度应核查 1 次惰性化不锈钢罐空白，向罐中充入高纯氮气（纯度 $\geq 99.999\%$ ）后，罐中目标化合物的测定浓度应低于方法检出限，否则应查找原因。未能通过空白测试的不锈钢罐，禁止用于配制标准气体。

每年至少核查 1 次罐气密性，将惰性化不锈钢罐抽真空并静置 3 d 后，罐内压力变化应 $\leq 2.1 \text{ kPa}$ 。

每年对惰性化不锈钢罐进行一次惰性化核查，核查方法可参考 HJ 759 的相关规定。

（二）配气仪质量保证要求

针对采用质量流量控制器进行标准气体或稀释气流量配比的配气仪，每月至少核查 1 次质量流量控制器的日常质量流量点，流量偏差应在 $\pm 2\%$ 范围内。每季度至少核查 1 次质量流量控制器流量曲线，要求线性相关系数 $R \geq 0.9999$ ； $0.98 \leq \text{斜率 } k \leq 1.02$ ；截距 b 应在满量程 $\pm 1\%$ 范围内。否则应及时排查原因并重新测试，直至符合要求。

针对采用真空规进行标准气体或稀释气压力配比的配气仪，每月至少核查 1 次压力，压力偏差应在 $\pm 0.34 \text{ kPa}$ 范围内，否则应及时对真空规进行检查并重新校准。

每次流量或压力核查完成后，应恢复配气仪内部管路连接，并确保管路及连接部件气密性符合 6.4.2.4 的要求。

6.8.2.11 数据一致性检查

每半年至少检查 1 次数据一致性。数据采集和传输设备记录的数据应与仪器显示和存储的数据完全一致，否则应及时检查仪器与数据采集和传输设备的参数设置是否正常。此外，每次更换仪器或维修监测系统后，应检查数据一致性。

6.8.3 量值溯源与传递要求

所有计量器具（如质量流量计、温湿度计等）应经检定/校准合格且在有效期内；标准气体应使用在有效期内的有证标准物质配制。

6.9 数据审核、标识与有效率

6.9.1 数据审核与有效性判断

- 1) 采样时长有效性审核。每小时样品有效采样时长应 $\geq 30\text{ min}$ ，否则，该小时数据标记无效；
- 2) 关键工作参数与运行状态审核。每日确认监测系统关键工作参数，评估监测系统运行状态。工作参数异常时段的数据标记无效；
- 3) 图谱积分与基线审核。每日检查环境样品与质控样品图谱积分与基线情况，积分方式应与校准曲线保持一致。如存在异常漂移或干扰，受影响时段的数据标记无效，并备注说明详情；
- 4) 内标响应审核。检查环境样品与单浓度点核查中的内标响应值是否在最近一次校准曲线中间浓度点对应内标响应值的 50%~150%之间。若超出该范围，由该内标定量的目标化合物在当前小时内 的数据标记无效；
- 5) 气密性测试结果审核。检查气密性核查结果，若不符合 6.8.2.5 要求，应及时查找原因并处理。自首次气密性测试不合格起，至后续测试合格为止，期间所有数据标记无效；
- 6) 质控测试结果审核（系统空白与单浓度点核查）。检查系统空白与单浓度点核查结果，若不符合 6.8.2 要求，环境样品监测数据自上一次合格测试结束时间起标记无效，且数据无效状态持续至后 续测试合格为止。若质控测试结果不合格是由校准单元输出气体问题导致，当日内，在未改变监 测系统配置的情况下复测通过：数据有效；否则：数据标记无效。

6.9.2 数据标识

数据标识分为系统端标识和审核标识。系统端标识是标识数据产生时监测系统的运行状态，共分五类：质控、环境样品、维护、故障、不可抗力，具体见附录 H。审核标识是在系统端标识的基础上，针对监测系统整体及各目标化合物数据进行有效性审核与二次标识。对于缺失数据或判定为无效的数据，应注明原 因并保留原始记录。

6.9.3 有效率

为了获取足够的数据集以表征 VOCs 物种的日变化趋势，需要规定计划测量中的最小数量即数据有效 率，以确保数据的完整性。根据美国 EPA 相关文件中对数据质量规划与质量保证内容的规定，其中针对气 相色谱法原理的自动监测系统的数据有效率要求 $\geq 75\%$ ^[12]。结合国家光化网监测仪器近年来的运行状况， 本标准规定：根据监测系统的小时数据统计，并按公式（30）计算监测系统的数据有效率，结果以百分比 表示，监测系统的数据有效率应 $\geq 75\%$ 。

$$R_e = \frac{T_e}{T_a - T_c} \times 100\% \quad (30)$$

式中： R_e ——监测系统的数据有效率，%；

T_e ——监测系统有效运行时长，h；

T_a ——监测系统运行总时长，h；

T_c ——监测系统因不可抗力导致的未运行时长，h。

根据各目标化合物的小时数据统计，并按公式（31）计算各目标化合物的有效率，结果以百分比表示，单个化合物的数据有效率应 $\geq 75\%$ 。

$$R_{ei} = \frac{T_{ei}}{T_a - T_c} \times 100\% \quad (32)$$

式中： R_{ei} ——某个目标化合物的数据有效率，%；

T_{ei} ——目标化合物的环境样品有效时长，h；

T_a ——监测系统运行总时长，h；

T_c ——监测系统因不可抗力导致的未运行时长，h。

监测系统运行总时长：监测系统开机运行的总小时数。

监测系统有效运行时长：监测期间，经审核后监测系统所有有效数据的小时数。

目标化合物的环境样品有效时长：监测期间，经审核后各目标化合物所有有效数据的小时数。

因不可抗力导致的未运行时长：因不可抗力原因（如停电）导致监测系统无法运行的小时数。

6.10 附录

附录 A
(规范性附录)
目标挥发性有机物组分表

表 A.1 气相色谱法自动监测系统测量的 41 种挥发性有机物

序号	种类	物种	CAS 号	沸点 (℃)
1	烯烃	乙烯	74-85-1	-103.7
2	炔烃	乙炔	74-86-2	-84
3	烷烃	乙烷	74-84-0	-88.6
4	烯烃	丙烯	115-07-1	-47.6
5	烷烃	丙烷	74-98-6	-42.09
6	烷烃	异丁烷	75-28-5	-11.7
7	烷烃	正丁烷	106-97-8	-1
8	烷烃	异戊烷	78-78-4	27.7
9	烷烃	正戊烷	109-66-0	36.1
10	烯烃	异戊二烯	78-79-5	34
11	烷烃	3-甲基戊烷	96-14-0	63
12	烷烃	正己烷	110-54-3	69
13	烷烃	2,4-二甲基戊烷	108-08-7	80.4
14	烷烃	甲基环戊烷	96-37-7	71.8
15	芳香烃	苯	71-43-2	80.1
16	烷烃	环己烷	110-82-7	80.7
17	烷烃	2-甲基己烷	591-76-4	90
18	烷烃	2,3-二甲基戊烷	565-59-3	89.7
19	烷烃	3-甲基己烷	589-34-4	92
20	烷烃	2,2,4-三甲基戊烷	540-84-1	99.2
21	烷烃	正庚烷	142-82-5	98.4
22	烷烃	甲基环己烷	108-87-2	100.3
23	烷烃	2,3,4-三甲基戊烷	565-75-3	114
24	烷烃	2-甲基庚烷	592-27-8	117
25	芳香烃	甲苯	108-88-3	111
26	烷烃	3-甲基庚烷	589-81-1	119
27	烷烃	正辛烷	111-65-9	125.5
28	芳香烃	乙苯	100-41-4	136
29/30	芳香烃	间/对-二甲苯	108-38-3/106-42-3	139/138
31	烷烃	正壬烷	111-84-2	151
32	芳香烃	邻-二甲苯	95-47-6	144
33	芳香烃	异丙苯	98-82-8	153
34	芳香烃	正丙苯	103-65-1	160
35	芳香烃	邻-乙基甲苯	611-14-3	170
36	芳香烃	间-乙基甲苯	620-14-4	165
37	芳香烃	1,3,5-三甲苯	108-67-8	164
38	芳香烃	对-乙基甲苯	622-96-8	162
39	烷烃	正癸烷	124-18-5	174
40	芳香烃	1,2,4-三甲苯	95-63-6	170
41	芳香烃	1,2,3-三甲苯	526-73-8	176

表 A.2 气相色谱质谱联用法自动监测系统测量的 66 种挥发性有机物

序号	种类	物种	CAS 号	检测器	沸点 (°C)
1	烯烃	乙烯	74-85-1	FID	-103.7
2	炔烃	乙炔	74-86-2	FID	-84
3	烷烃	乙烷	74-84-0	FID	-88.6
4	烯烃	丙烯	115-07-1	FID	-47.6
5	烷烃	丙烷	74-98-6	FID	-42.09
6	烷烃	异丁烷	75-28-5	FID/MSD	-11.7
7	烷烃	正丁烷	106-97-8	FID/MSD	-1
8	烷烃	异戊烷	78-78-4	FID/MSD	27.7
9	烷烃	正戊烷	109-66-0	FID/MSD	36.1
10	烯烃	异戊二烯	78-79-5	MSD	34
11	烷烃	3-甲基戊烷	96-14-0	MSD	63
12	烷烃	正己烷	110-54-3	MSD	69
13	烷烃	2,4-二甲基戊烷	108-08-7	MSD	80.4
14	烷烃	甲基环戊烷	96-37-7	MSD	71.8
15	芳香烃	苯	71-43-2	MSD	80.1
16	烷烃	环己烷	110-82-7	MSD	80.7
17	烷烃	2-甲基己烷	591-76-4	MSD	90
18	烷烃	2,3-二甲基戊烷	565-59-3	MSD	89.7
19	烷烃	3-甲基己烷	589-34-4	MSD	92
20	烷烃	2,2,4-三甲基戊烷	540-84-1	MSD	99.2
21	烷烃	正庚烷	142-82-5	MSD	98.4
22	烷烃	甲基环己烷	108-87-2	MSD	100.3
23	烷烃	2,3,4-三甲基戊烷	565-75-3	MSD	114
24	烷烃	2-甲基庚烷	592-27-8	MSD	117
25	芳香烃	甲苯	108-88-3	MSD	111
26	烷烃	3-甲基庚烷	589-81-1	MSD	119
27	烷烃	正辛烷	111-65-9	MSD	125.5
28	芳香烃	乙苯	100-41-4	MSD	136
29/30	芳香烃	间/对-二甲苯	108-38-3/106-42-3	MSD	139/138
31	烷烃	正壬烷	111-84-2	MSD	151
32	芳香烃	邻-二甲苯	95-47-6	MSD	144
33	芳香烃	异丙苯	98-82-8	MSD	153
34	芳香烃	正丙苯	103-65-1	MSD	160
35	芳香烃	邻-乙基甲苯	611-14-3	MSD	170
36	芳香烃	间-乙基甲苯	620-14-4	MSD	165
37	芳香烃	1,3,5-三甲苯	108-67-8	MSD	164
38	芳香烃	对-乙基甲苯	622-96-8	MSD	162
39	烷烃	正癸烷	124-18-5	MSD	174
40	芳香烃	1,2,4-三甲苯	95-63-6	MSD	170
41	芳香烃	1,2,3-三甲苯	526-73-8	MSD	176
42	卤代烃	溴甲烷	74-83-9	MSD	3.6
43	有机硫	二硫化碳	75-15-0	MSD	46.5
44	卤代烃	二氯甲烷	75-09-2	MSD	40
45	卤代烃	顺-1,2-二氯乙烯	156-59-2	MSD	60.2
46	卤代烃	1,1-二氯乙烷	75-34-3	MSD	57

序号	种类	物种	CAS 号	检测器	沸点 (°C)
47	卤代烃	反-1,2-二氯乙烯	156-60-5	MSD	48.5
48	O VOCs-非 13 醛酮	乙酸乙酯	141-78-6	MSD	77
49	卤代烃	三氯甲烷	67-66-3	MSD	61.2
50	卤代烃	1,1,1-三氯乙烷	71-55-6	MSD	74.1
51	卤代烃	四氯化碳	56-23-5	MSD	76.7
52	卤代烃	三氯乙烯	79-01-6	MSD	87
53	卤代烃	1,2-二氯丙烷	78-87-5	MSD	97
54	O VOCs-非 13 醛酮	甲基丙烯酸甲酯	80-62-6	MSD	101
55	卤代烃	一溴二氯甲烷	75-27-4	MSD	90.8
56	卤代烃	反-1,3-二氯丙烯	10061-02-6	MSD	112
57	卤代烃	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	MSD	114
58	卤代烃	二溴一氯甲烷	124-48-1	MSD	120
59	卤代烃	四氯乙烯	127-18-4	MSD	121
60	卤代烃	1,2-二溴乙烷	106-93-4	MSD	131
61	卤代烃	氯苯	108-90-7	MSD	132
62	卤代烃	三溴甲烷	75-25-2	MSD	149
63	卤代烃	四氯乙烷	79-34-5	MSD	146
64	卤代烃	1,3-二氯苯	541-73-1	MSD	173
65	卤代烃	1,4-二氯苯	106-46-7	MSD	173
66	卤代烃	1,2-二氯苯	95-50-1	MSD	180

附录 B
(资料性附录)
挥发性有机物自动监测系统安装调试报告

环境空气挥发性有机物自动监测系统安 装调试报告

站点名称:

监测系统名称:

安装调试单位名称: (公章)

年 月 日

表 B.1 环境空气挥发性有机物自动监测系统站点基本信息

站点名称			
点位类型		站点建设性质 (新、改建)	
管理(托管)单位		主管部门	
监测项目		监测方法原理	
站房面积		站房结构	
采样入口距地面高度		采样入口距站房房顶高度	
站点周围情况简述:			
站点地理位置	省 市 县(区) 路(乡, 镇) 号(村) 东经: 北纬:		
监测系统供应商			
建设开工日期	年 月 日		
建设项目投入试运行日期	年 月 日		

表 B.2 监测点位和采样口周边情况表

站点名称			
站点地址			
项目	具体要求		是否符合
		是√	否×
点位周边情况	监测点周围没有阻碍环境空气流通的高大建筑物、树木或其他障碍物		
	从监测点到附近最高障碍物之间的水平距离，是否为该障碍物高出采样口垂直距离的两倍以上		
	监测点周围建设情况是否稳定，是否有建筑工地等		
	监测点是否能长期使用，且不会改变位置		
	监测点是否地处相对安全和防火措施有保障的地方		
	监测点附近没有强电磁干扰		
	监测点附近是否具备稳定可靠的电力供应		
	监测点的通信线路是否方便安装和检修		
	监测点周边是否有便于出入的车辆通道		
采样口位置情况	采样口距地面的高度是否在 3 m~15 m 范围内		
	在采样口周围 270°捕集空间范围内环境空气流动是否不受任何影响		
	采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离是否大于 1m		
	采样口是否高于实体围栏 0.5 m 以上		
	当设置多个采样口时，采样口之间的水平距离是否大于 1 m		
其他情况			
小结			

表 B.3 站房建设和环境空气挥发性有机物自动监测系统安装情况表

站点名称			
站点地址			
监测系统编号			安装人员
项目	具体要求		是否符合 是√ 否×
一般要求	站房建设材料为低挥发性有机物的环保材料且对待测组分无显著干扰。		
	站房面积不小于 15 m ²		
	站房房顶承重大于等于 250kg/m ²		
	站房室内地面到天花板高度不小于 2.5 m		
	站房室内地面距房顶平台高度不大于 5 m		
	站房是否有防水、防潮、隔热、保温措施		
	站房是否有符合要求的防雷和防电磁干扰设施		
	站房内环境条件：温度（25±5）℃；相对湿度≤80%		
	如有部署其他可能造成数据干扰的监测仪器，是否有设置物理隔断		
配电要求	站房供电系统是否配有电源过压、过载保护装置		
	站房内是否采用三相五线供电，分相使用		
	站房内布线是否加装线槽，是否有良好的接地线路，接地电阻<4 Ω		
辅助设施	空调	空调机出风口未正对仪器和采样管	
		空调是否具有来电自启动功能	
	其他配套设施	是否配有实验台或机柜	
		站房是否配备自动灭火装置	
		站房是否安装有带防尘百叶窗的排气风扇	
		站房是否部署废气排口，排气口距离地面是否在 20cm~50cm 之间	
		站房是否有气瓶放置柜或特定位置固定气瓶	
监测系统安装	监测系统后方空间是否≥0.8 m，顶部空间是否≥0.4 m		
	监测系统配件是否完整		
	监测系统安装是否稳固，是否采取有效的防震措施		
	采样管是否竖直安装，采样进气口离安装安装支撑物表面高度是否在 1 m 以上，是否高于支撑物表面围栏 0.5 m 以上		
	采样管材质是否为不与挥发性有机物发生化学反应或物理吸附的惰性化材料		
	采样管与屋顶法兰连接部分密封防水		
	采样支管连接到多歧路总管最前端，长度不超过 3 m		
	采样管具有避光、加热保护措施，加热器具备漏电保护、过热保护功能		
	采样管支撑部件与房顶和采样管的连接应牢固、可靠，防止采样管摇摆		
	电缆盒管路两端是否有清晰的标识，线路是否规整		
	监测系统产生的废气是否统一收集排放		
数据采集传输设备安装	监测系统后方空间是否≥0.8 m，顶部空间是否≥0.4 m		
	数据采集和传输设备是否安装牢固且能正确记录、存储与显示采集到的数据		
	数据采集和传输设备是否能实时采集、存储、计算数据，是否具备数据标识功能		
其他情况			

表 B.4 环境空气挥发性有机物自动监测系统调试检测记录表

站点名称		监测系统编号				
调试检测日期		检测人员				
项目		检测结果		是否符合要求		
1	采样流量 (%)	平均流量相对误差		是√	否×	备注/其他
		流量稳定性				
		气密性				
2	校准曲线	判定系数 R ²				
		0.5 nmol/mol 校准点相对误差相对误差 (%)				
3	方法检出限 (nmol/mol)					
4	系统空白 (nmol/mol)					
5	系统残留 (nmol/mol)					
6	响应时间 (h)	T ₉₀				
		T ₁₀				
7	正确度 (%)					
8	精密度 (%)					
9	24 h 漂移 (nmol/mol, s)	零点漂移				
		0.5 nmol/mol 漂移				
		4 nmol/mol 漂移				
		8 nmol/mol 漂移				
		保留时间漂移 (s)				
10	7 天漂移 (nmol/mol, s)	零点漂移				
		0.5 nmol/mol 漂移				
		4 nmol/mol 漂移				
		8 nmol/mol 漂移				
		保留时间漂移 (s)				
11	校准单元流量曲线	线性相关系数 R				
		斜率 k				
		截距 b				
12	校准单元湿度 (%)	湿度相对误差				
		湿度相对标准偏差				
13	平行性 (选测)					
调试检测结论						

编制人:

审核人:

批准人:

日期:

日期:

日期:

附录 C
(资料性附录)
挥发性有机物自动监测系统试运行报告

环境空气挥发性有机物自动监测系统试 运行报告

站点名称:

监测系统名称:

单位名称: (公章)
年 月 日

表 C.1 环境空气挥发性有机物自动监测系统试运行情况记录表

站点名称				
站点地址				
开始时间			结束时间	
故障次数	故障出现时间	故障现象	故障小时数	签名
1				
2				
3				
4				
5				
.....				
合计	/	/		
数据获取率 (%)				

编制人:

审核人:

批准人:

日期:

日期:

日期:

附录 D
(资料性附录)
挥发性有机物自动监测系统验收报告

环境空气挥发性有机物自动监测系统 验收报告

站点名称:

监测系统名称:

验收单位名称: (公章)
年 月 日

表 D.1 环境空气挥发性有机物自动监测系统基本情况

环境空气挥发性有机物连续自动监测系统安装单位:	
联系人:	单位地址:
邮政编码:	联系电话:
安装点位:	
监测系统名称及型号:	
监测项目:	
监测系统生产单位:	
监测系统试运行单位:	
试运行完成时间:	
生态环境部环境监测仪器质量监督检验中心出具的产品适用性检测合格报告	
监测系统的安装调试报告、试运行报告（含试运行监测数据报表）	
质量保证和质量控制计划文档	
监测系统的技术档案	
备注:	

表 D.2 环境空气挥发性有机物自动监测系统验收记录表

监测系统名称				监测系统编号			
验收监测日期				监测人员			
性能指标验收		检测结果			是否符合要求		
					是√	否×	
1	采样流量 (%)	平均流量相对误差					
		气密性					
2	校准曲线 (选测)	判定系数 R ²					
		0.5 nmol/mol 校准点相对 误差 (%)					
3	方法检出限 (nmol/mol)						
4	系统空白 (nmol/mol)						
5	系统残留 (nmol/mol)						
6	正确度 (%)						
7	精密度 (%)						
8	24 h 漂移 (nmol/mol, s)	零点漂移					
		0.5 nmol/mol 漂移					
		4 nmol/mol 漂移					
		8 nmol/mol 漂移					
		保留时间漂移 (s)					
9	校准单元流量曲 线	线性相关系数 R					
		斜率 k					
		截距 b					
10	校准单元湿度 (%)	湿度相对误差					
		湿度相对标准偏差					
联网验收		联网说明主要内容:					
相关制度、记录和档 案验收		监测系统操作和使用制度					
		质量保证和质量控制计划					
		监测系统档案					
验收结论		验收组成员 (签字) :			年 月 日		

附录 E

(规范性附录)

运行维护、质量保证和质量控制周期

表 E.1 环境空气挥发性有机物自动监测系统运行维护、质量保证和质量控制周期

周期	运行维护	质量保证和质量控制
每日	1) 运行状态检查。采样流量、采样压力、关键部件运行温度、色谱柱柱压及柱温、基线、出峰时间和峰宽等关键参数监控检查; 2) 质控结果核查。每日核查质控结果; 3) 其他维护; 4) 记录管理。每日维护记录登记。	1) 内标响应检查（适用于 GC-FID/MSD）； 2) 单浓度点核查（适用于 GC-FID/MSD）。
每周	1) 站房现场巡检维护; 2) 采样泵检查; 3) 耗材检查与更换; 4) 滤膜检查与更换; 5) 采样管路检查与气密性核查; 6) 气体净化器检查与更换; 7) 质谱状态与色谱柱柱效检查; 8) 空气发生器、氢气发生器、前级泵等辅助设备检查与维护; 9) 校准单元设施检查与维护; 10) 散热风扇检查与维护; 11) 其他维护; 12) 记录管理。每周维护记录登记。	1) 系统空白核查; 2) 单浓度点核查（适用于 GC-FID）。
每月	1) 质谱性能评估与维护（适用于 MSD）； 2) 其他维护; 3) 记录管理。每月维护记录登记。	1) 采样流量核查; 2) 校准单元流量相对误差、校准单元输出气体湿度相对误差与相对标准偏差核查（适用于采用加湿动态校准仪的校准单元）； 3) 配气仪流量相对误差、压力核查（适用于采用流量配比方式进行惰性化不锈钢罐配气的配气仪）。
每季度	1) 采样管路维护：清洗采样支管，核查气密性，并核查采样流量; 2) 检查监测系统时钟误差; 3) 存储设备检查与清理：检查硬盘剩余容量，及时备份数据图谱并清理硬盘; 4) 其他维护; 5) 记录管理。每季度维护记录登记。	1) 系统残留核查; 2) 校准曲线绘制; 3) 动态校准仪流量曲线核查; 4) 配气仪流量曲线核查（适用于采用惰性化不锈钢罐的校准单元）； 5) 惰性化不锈钢罐空白核查（适用于采用惰性化不锈钢罐的校准单元）。
每半年	1) 采样总管维护。清洗采样总管和多歧路管，核查气密性； 2) 进样模块阀体维护。检查多通阀、清洁阀内腔以及阀芯，及时更换； 3) 气相色谱仪维护。检查、清洗气相色谱仪进样口和衬管，更换密封圈、隔垫和衬管；	1) 精密度、正确度核查; 2) 数据一致性检查。

周期	运行维护	质量保证和质量控制
	<p>4) 校准单元维护。更换活性炭和氧化剂（适用于配备零气发生器的校准单元）；</p> <p>5) 其他维护；</p> <p>6) 记录管理。每半年维护记录登记。</p>	
每年	<p>1) 预防性维护；</p> <p>2) 年度维护后应对监测系统开展全面校准与技术性能指标核查；</p> <p>3) 其他维护；</p> <p>4) 记录管理。每年维护记录登记。</p>	<p>1) 年度维护核查，包括采样流量核查、校准曲线、方法检出限、系统空白、系统残留、精密度、正确度、响应时间、24 小时漂移、校准单元流量及湿度核查等；</p> <p>2) 方法检出限核查；</p> <p>3) 惰性化不锈钢罐气密性核查、惰性化核查（适用于采用惰性化不锈钢罐的校准单元）；</p> <p>4) 器具计量检定，如质量流量计、温湿度计等应检定或者校准合格。</p>

附录 F

(资料性附录)

气流在管路中流动状态判断方法

气流在管路中的流动状态可使用雷诺数进行判断，雷诺数可按公式（F.1）计算，临界雷诺数取 2300，当 $Re < 2300$ 时，为层流状态；当 $Re \geq 2300$ 时，为湍流状态。

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} = \frac{4\rho Q}{\pi \mu D} \quad (F.1)$$

式中： ρ ——空气密度， kg/m^3 ；

u ——气体在管路中的平均流速， m/s ；

D ——管路直径， m ；

μ ——空气粘度系数， $\text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ；

Q ——气体流量， L/min 。

表 F.1 不同管路条件下雷诺数

序号	采样总管				采样支管			
	总管流量 (L/min)	总管内径 (m)	管路流速 (m/s)	雷诺数	支管流量 (mL/min)	支管内径 (cm)	管路流速 (m/s)	雷诺数
1	60	0.05	0.51	1715	20	0.15	0.19	19
2	70	0.05	0.59	2000	30	0.15	0.28	29
3	80	0.05	0.67	2287	40	0.15	0.38	38

注：表中所列雷诺数均为 20℃、101.325kPa 状态下计算所得，实际应用时可根据实际工况进行换算。

附录 G
(资料性附录)
质控表单

表 G.1 校准曲线记录表

挥发性有机物自动监测系统校准曲线记录表											
站点名称				室内温湿度、大气压							
监测系统型号				监测系统编号							
加湿动态校准仪型号				加湿动态校准仪编号							
加湿动态校准仪设定湿度				加湿动态校准仪设定加湿参比温度							
标准气体 1 名称/编码				有效期							
标准气体 2 名称/编码				有效期							
校准曲线测试开始时间				校准曲线测试结束时间							
编号	校准稀释气流量显示值	标准气体流量显示值	化合物名称	_nmol/mol	_nmol/mol	_nmol/mol	_nmol/mol	_nmol/mol	_nmol/mol	_nmol/mol	判定系数 R ²
				峰面积/峰高	峰面积/峰高	峰面积/峰高	峰面积/峰高	峰面积/峰高	峰面积/峰高	峰面积/峰高	
...

运维人员: _____ 日期: _____ 审核人: _____ 日期: _____

表 G.2 单浓度点核查记录表

挥发性有机物自动监测系统单浓度点核查记录表												
站点名称				室内温湿度及气压检查								
监测系统型号				监测系统编号								
加湿动态校准仪型号				加湿动态校准仪编号								
加湿动态校准仪设定湿度				加湿动态校准仪设定加湿参比温度								
标准气体 1 名称/编码				有效期								
标准气体 2 名称/编码				有效期								
单浓度点核查执行时间												
编号	校准稀释气流 量显示值	标准气体流量 显示值	化合物名称	标准气体 浓度值	监测系统 测量浓度 值	相对误差	校准曲线内标		单浓度点核查内标		内标保留时间 偏差	内标峰面积变 化
							保留时 间	峰面积	保留时 间	峰面积		

表 G.3 系统空白核查记录表

挥发性有机物自动监测系统 系统空白核查记录表									
站点名称					室内温湿度及气压检查				
监测系统型号					监测系统编号				
加湿动态校准仪型号					加湿动态校准仪编号				
加湿动态校准仪设定湿度					加湿动态校准仪设定加湿参比温度				
标准气体 1 名称/编码					有效期				
标准气体 2 名称/编码					有效期				
系统空白核查执行时间									
编号	校准稀释气流 量显示值	标准气体流量 显示值	化合物名称	监测系统测量浓度值	校准曲线内标		单浓度点核查内标 保留时间	内标保留时间 偏差	内标峰面积变 化
					保留时间	峰面积			

表 G.4 系统残留核查记录表

挥发性有机物自动监测系统 系统残留核查记录表									
站点名称				室内温湿度及气压检查					
监测系统型号				监测系统编号					
加湿动态校准仪型号				加湿动态校准仪编号					
加湿动态校准仪设定湿度				加湿动态校准仪设定加湿参 比温度					
标准气体 1 名称/编码				有效期					
标准气体 2 名称/编码				有效期					
系统残留核查执行时间									
编号	校准稀释气流量 显示值	标准气体流量显 示值	化合物名称	监测系统测量浓度值	校准曲线内标		单浓度点核查内标	内标保 留时间偏 差	内标峰面 积变化
					保留时间	峰面积	保留时间		

附录 H
(规范性附录)
数据标识代码

表 H.1 数据标识代码（可根据需要扩充）

标识分类		标识说明	标识	监测系统有效性判断标识		
				有效		无效
				测试通过	测试不通过	
质控	校准曲线	Linear	C.L	C.L_P	C.L_F	C_I
	系统残留	System residual	C.SR	C.SR_P	C.SR_F	
	正确度	Accuracy	C.A	C.A_P	C.A_F	
	精密度	Precision	C.P	C.P_P	C.P_F	
	方法检出限	Method detection limit	C.MDL	C.MDL_P	C.MDL_F	
	响应时间	Response time	C.RT	C.RT_P	C.RT_F	
	漂移	Drift	C.D	C.D_P	C.D_F	
	系统空白	System blank	C.SB	C.SB_P	C.SB_F	
	单浓度点核查	Single point check	C.SP	C.SP_P	C.SP_F	
环境样品		Normal	N	N_V		质控不合格无效
						N.CSP_F.I
						N.CSB_F.I
						N.C_F.I
维护		Maintenance	M	/		
故障		Broken	B			
不可抗力		Force majeure	F			

- 注：1) 测试通过时，标识后缀 P，即 Passed 通过；测试不通过时，标识后缀 F，即 Failed 不通过；
 2) 环境样品数据若因质控不合格无效，因单浓度点核查及系统空白无效时分别标识 N.CSP_F.I、N.CSB_F.I，其他质控测试无效则统一标识为 N.C_F.I；
 3) 当监测系统开展维护、设备故障或发生不可抗力情形时，不作有效性判断。

表 H.2 因子标识代码（可根据需要扩充）

标识分类		标识说明	标识	目标化合物有效性判断标识		
				有效		无效
				测试通过	测试不通过	
质控	校准曲线	Linear	C.L	c.l_p	c.l_f	c_i
	系统残留	System residual	C.SR	c.sr_p	c.sr_f	
	正确度	Accuracy	C.A	c.a_p	c.a_f	
	精密度	Precision	C.P	c.p_p	c.p_f	
	方法检出限	Method detection limit	C.MDL	c.mdl_p	c.mdl_f	
	响应时间	Response time	C.RT	c.rt_p	c.rt_f	
	漂移	Drift	C.D	c.d_p	c.d_f	
	系统空白	System blank	C.SB	c.sb_p	c.sb_f	
	单浓度点核查	Single point check	C.SP	c.sp_p	c.sp_f	
环境样品		Normal	N	n_v		质控不合格无效
						n.csp_f.i
						n.csb_f.i
						n.c_f.i
维护		Maintenance	M	/		
故障		Broken	B			
不可抗力		Force majeure	F			

注：1) 目标化合物测试通过时，标识后缀 p，即 passed 通过；不通过时，标识后缀 f，即 failed 不通过；

2) 环境样品数据若因质控不合格无效，因单浓度点核查及系统空白无效时分别标识 n.csp_f.i、n.csb_f.i，其他质控测试无效则统一标识为 n.c_f.i；

3) 当监测系统开展维护、设备故障或发生不可抗力情形时，不作有效性判断。

7 标准征求意见稿技术审查情况

2025年7月7日，由生态环境部生态环境监测司主持召开《环境空气 挥发性有机物气相色谱连续自动监测技术规范》（征求意见稿）技术审查会。共9名专家参会并形成专家组，专家组听取了标准编制组所作的标准文本和编制说明的内容介绍，经质询、讨论，专家组一致通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：

1、建议从目标物种清单中删除氟利昂-113 和氟利昂-114；

2、建议进一步优化监测系统的性能指标及要求；

3、按照《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

针对专家组所提的意见，编制组已对标准文本、编制说明从以下几方面进行了修改完善：

（1）将氟利昂-113 与氟利昂-114 从目标物种清单中移除，目标物种数量由“68种”变更为“66种”；

（2）将“响应时间”指标进行优化，删除“稳定时间”要求，将“上升时间”与“下降时间”指标从“≤2 h”变更为“≤1 h”，同时删减了监测系统的验收指标要求，将“校准曲线”变更为选测项；

（3）根据《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）的相关要求，对标准文本的排版、符号、用词等进行了充分的核查与修改。

8 标准实施建议

根据挥发性有机物自动监测系统比对测试实验结果，编制组给出了气相色谱法、气相色谱质谱联用法监测系统的目标物清单。同时，比对测试结果表明当前监测系统能够准确测量的物种有限，因此，将来在本标准的实际应用过程中，使用单位可根据监测技术发展与进步水平审慎考虑，适当拓展需监测的目标化合物。

9 参考文献

- [1]. Carter W P L 2010 Updated Maximum Incremental Reactivity Scale and Hydrocarbon Bin Reactivities for Regulatory Applications.
- [2]. Wu R and Xie S 2018 Spatial Distribution of Secondary Organic Aerosol Formation Potential in China Derived from Speciated Anthropogenic Volatile Organic Compound Emissions Environ. Sci. Technol. **52** 8146–56.
- [3]. Zhang Y, Cheng M, Gao J and Li J 2023 Review of the influencing factors of secondary organic aerosol formation and aging mechanism based on photochemical smog chamber simulation methods Journal of Environmental Sciences **123** 545–59.
- [4]. Hui L, Liu X, Tan Q, Feng M, An J, Qu Y, Zhang Y, Deng Y, Zhai R and Wang Z 2020 VOC characteristics, chemical reactivity and sources in urban Wuhan, central China Atmospheric Environment **224** 117340.
- [5]. Xiong Y and Du K 2020 Source-resolved attribution of ground-level ozone formation potential from VOC emissions in Metropolitan Vancouver, BC Science of The Total Environment **721** 137698.
- [6]. Zheng H, Kong S, Xing X, Mao Y, Hu T, Ding Y, Li G, Liu D, Li S and Qi S 2018 Monitoring of volatile organic compounds (VOCs) from an oil and gas station in northwest China for 1 year Atmos. Chem. Phys. **18** 4567–95.
- [7]. Zhang F, Shang X, Chen H, Xie G, Fu Y, Wu D, Sun W, Liu P, Zhang C, Mu Y, Zeng L, Wan M, Wang Y, Xiao H, Wang G and Chen J 2020 Significant impact of coal combustion on VOCs emissions in winter in a North China rural site Science of The Total Environment **720** 137617.
- [8]. Dörter M, Odabasi M and Yenisoy-Karakas S 2020 Source apportionment of biogenic and anthropogenic VOCs in Bolu plateau Science of The Total Environment **731** 139201.
- [9]. Shrestha S, Yoon S, Erickson M H, Guo F, Mehra M, Bui A A T, Schulze B C, Kotsakis A, Daube C, Herndon S C, Yacovitch T I, Alvarez S, Flynn J H, Griffin R J, Cobb G P, Usenko S and Sheesley R J 2022 Traffic, transport, and vegetation drive VOC concentrations in a major urban area in Texas Science of The Total Environment **838** 155861.
- [10]. US EPA. 1998 Technical Assistance Document for Sampling And Analysis Of Ozone Precursors, EPA/600-R-98/161.
- [11]. US EPA. 2023 Quality Assurance Project Plan for the Photochemical Assessment Monitoring Stations (PAMS) Required Site Network for Speciated Volatile Organic Compounds, Carbonyls, and Meteorological Parameters Including Mixing Layer Height. EPA-454/R-23-003.
- [12]. US EPA. 2023 Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of Ozone Precursors for the Photochemical Assessment Monitoring Stations Program-Revision 3. EPA-454/R-23-002.
- [13]. US EPA. 1984 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Tenax Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) TO-1.
- [14]. US EPA. 1984 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air by Carbon Molecular Sieve Adsorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) TO-2.
- [15]. US EPA. 1984 Method for the Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Cryogenic Preconcentration Techniques and Gas Chromatography with Flame Ionization and Electron Capture

Detection TO-3.

- [16]. US EPA. 1984 Method for the Determination of Non-methane Organic Compounds (NMOC) in Ambient Air Using Cryogenic Preconcentration and Direct Flame Ionization Detection (PDFID) TO-12.
- [17]. US EPA. 1999 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCS) in Ambient Air Using Specially Prepared Canisters with Subsequent Analysis by Gas Chromatography TO-14A.
- [18]. US EPA. 2019 Determination of Volatile Organic Compounds (VOCS) in Air Collected in Specially Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) TO-15A.
- [19]. US EPA. 1999 Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes TO-17.
- [20]. US EPA. 1984 Method for the Determination of Aldehydes and Ketones in Ambient Air Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) TO-5.
- [21]. US EPA. 1999 Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) TO-11A.
- [22]. European Environmental Agency,EEA. 2002 Directive 2002/3/EC of The European Parliament and of The Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air.2002/3/EC.
- [23]. European Environmental Agency,EEA. 2008 Directive 2008/50/EC of The European Parliament and of The Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.2008/50/EC.
- [24]. 陈祥明,赵振维 2013 对流层折射修正中水汽压公式对比研究, 飞行器测控学报 32(6):5.
- [25]. 国务院 2013 大气污染防治行动计划 (国发〔2013〕37号) .
- [26]. 生态环境部 2017 2018年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案 (环办监测函〔2017〕2024号) .
- [27]. 生态环境部 2017 “十三五”挥发性有机物污染防治工作方案 (环大气〔2017〕121号) .
- [28]. 生态环境部 2019 2019 年地级及以上城市环境空气挥发性有机物监测方案 (环办监测函〔2019〕11号) .
- [29]. 生态环境部 2021 2021 年国家生态环境监测方案 (环办监测〔2021〕88号) .
- [30]. 环境保护部 2013 环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法 HJ 644-2013.
- [31]. 环境保护部 2013 环境空气 挥发性卤代烃的测定 活性炭吸附-二硫化碳解吸/气相色谱法 HJ 645-2013.
- [32]. 环境保护部 2014 环境空气 醛 酮类化合物的测定 高效液相色谱法 HJ 683-2014.
- [33]. 环境保护部 2017 环境空气 总烃, 甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法 HJ 604-2017.
- [34]. 生态环境部 2018 环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法 HJ 1010-2018.
- [35]. 生态环境部 2018 环境空气和废气 挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法 HJ 1011-2018.
- [36]. 生态环境部 2018 环境空气和废气 总烃, 甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法 HJ 1012-2018.
- [37]. 生态环境部 2019 挥发性有机物无组织排放控制标准 GB 37822-2019.
- [38]. 生态环境部 2020 关于加强挥发性有机物监测工作的通知 (环办监测函〔2020〕335号) .
- [39]. 生态环境部 2021 环境空气 挥发性有机物的应急测定 便携式气相色谱-质谱法 HJ 1223-2021.
- [40]. 生态环境部 2023 环境空气 65 种挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法 HJ 759-2023.

- [41]. 生态环境部 2020 环境空气 醛酮类化合物的测定 溶液吸收-高效液相色谱法 HJ 1154-2020.
- [42]. 中国环境监测总站 2019 国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制标准
(总站气函〔2019〕785号).