

《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法（征求意见稿）》

编制说明

《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》标准编制组

二〇二五年四月

项目名称：固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法

项目统一编号：2020-30

项目承担单位：中国环境监测总站、中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）、生态环境部华南环境科学研究所

编制组主要成员：于海斌、郑晓燕、吴静、张静星、梁宵、尹文华、
郑森、徐鹏军、谢丹平、刘通浩

环境标准研究所技术管理负责人：雷晶、张虞

生态环境监测司质管处项目负责人：仇鹏、滕曼

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	标准制修订的必要性分析	2
2.1	二噁英类对环境的影响	2
2.2	相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要	4
3	国内外相关分析方法研究	6
3.1	主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究	6
3.2	国内相关分析方法研究	9
3.3	仪器现状调研	12
4	标准制订的基本原则和技术路线	15
4.1	标准制订的基本原则	15
4.2	标准制订的技术路线	15
4.3	与手工采样方法差异性说明	15
5	方法研究报告	16
5.1	方法研究的目标	16
5.2	规范性引用文件	16
5.3	术语和定义	17
5.4	二噁英类自动采样系统组成和原理	17
5.5	技术要求	18
5.6	性能指标	21
5.7	检测方法	22
5.8	质量保证	28
6	方法验证	29
6.1	方法验证方案	29
6.2	方法验证过程及结论	31
7	与开题报告的差异说明	39
8	标准征求意见稿技术审查情况	39
8.1	标准征求意见稿技术审查情况	39
8.2	标准征求意见稿技术审查修改情况	40
9	参考文献	40
	附件一：	43

《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

2020年3月，生态环境部办公厅发布了《关于开展2020年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2020〕320号），下达了《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求》标准制订的任务，项目统一编号为2020-30。

由中国环境监测总站承担该标准的制订工作，中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）和生态环境部华南环境科学研究所作为协作单位参加标准的制订工作。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组

2020年3月，中国环境监测总站接到制订《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求》的任务以后，立即组织合作单位中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）和生态环境部华南环境科学研究所成立了标准编制组，标准编制组成员中包括有多年固定污染源二噁英类研究经验和从事固定污染源采样设备检定工作的人员。

1.2.2 查询国内外相关标准和资料调研

2020年4月～5月，标准编制组成员根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）的相关规定，检索和收集了国内外相关标准和文献资料，并确认了本标准与国内外相关标准之间的相互关系。

1.2.3 编制开题论证报告和标准文本（草案）

2020年12月，编制组完成了《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求》开题论证报告和标准文本（草案）的编写，2021年1月生态环境部生态环境监测司组织召开标准开题论证会，会议通过了标准的开题报告，提出了具体修改意见和建议：

- （1）建议标准名称修改为《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》；
- （2）建议完善二噁英自动采样设备与手动采样设备比对验证相关内容，完善各仪器厂商现场验证实验内容；
- （3）建议根据HJ 565-2010完善开题论证报告及标准草案。

1.2.4 开题论证会意见落实情况

（1）将标准名称由《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求》修改为《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》。

(2) 组织各仪器厂商开展二噁英自动采样设备与手动采样设备的现场比对验证工作和实验室参数验证工作。2021 年 3 月~2023 年 3 月, 编制组组织北京雪迪龙科技股份有限公司、浙江天澜能源环保科技有限公司、北京博赛德科技有限公司、常州磐诺仪器有限公司、恩威雅环境技术(北京)有限公司、南京路林诗环保科技有限公司和杭州微智兆智能科技有限公司等 7 家仪器厂家开展并完成了现场比对验证工作。2023 年 3 月~2023 年 5 月, 编制组组织上述 7 家仪器厂家开展并完成了实验室参数验证工作。

(3) 按照 HJ 565-2010 修改完善开题论证报告及标准草案。

1.2.5 标准征求意见稿技术审查会情况

2023 年 7 月, 编制组完成了《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》标准文本(征求意见稿)和编制说明的编写。2024 年 8 月, 生态环境部生态环境监测司组织征求意见稿技术审查会, 会议通过了标准征求意见稿的技术审查, 建议修改完善后, 提请公开征求意见。意见包括:

(1) 鉴于目前的技术水平, 比对验证的评价要求建议采用欧盟 EN 1948-5 的要求;

(2) 按照《环境监测分析方法标准制订技术导则》(HJ 168-2020) 和《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。

1.2.6 标准征求意见稿技术审查会意见落实情况

2024 年 8 月, 编制组按照专家意见进一步完善了标准征求意见稿:

(1) 根据比对实验内容和欧盟 EN 1948-5 的相关要求对标准文本中表 1 和编制说明 6.2.1.3 中有关比对评价结论修改为: 手工采样结果 $\leq 0.1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ (标准状态干烟气体积, 下同) 且 $> 0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 时, 系统和手工采样的相对偏差不超过 $\pm 39\%$; 手工采样结果 $\leq 0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 时, 二者相对偏差不超过 $\pm 60\%$;

(2) 按照 HJ 168 和 HJ 565 要求对标准文本和编制说明进行了编辑性修改。

2 标准制修订的必要性分析

2.1 二噁英类对环境的影响

2.1.1 二噁英类的基本理化性质

二噁英类(PCDD/Fs)是多氯代二苯并-对-二噁英(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs)和多氯代二苯并呋喃(polychlorinated dibenzofurans, PCDFs)两类近似平面状芳香族杂环化合物的统称^[1-2], 包括 75 种 PCDDs 同系物和 135 种 PCDFs 同系物, 分子结构式见图 1。二噁英类化合物在室温下呈无色结晶固体, 是亲脂性化合物, 易于在生物体内积累; 熔点较高, 分解温度大于 700 °C, 极难溶于水, 可溶于大部分有机溶剂; 在阳光的照射下会极缓慢的分解并产生有害物质, 在酸性和碱性条件下比较稳定。

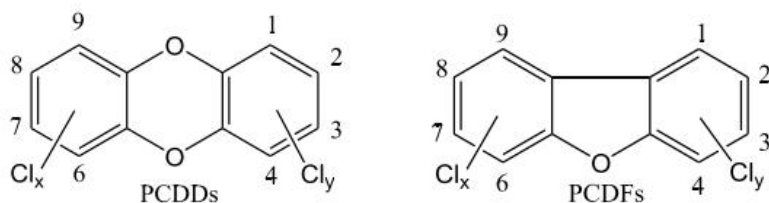


图 1 PCDDs 和 PCDFs 分子结构式（其中 $0 \leq x \leq 4$, $0 \leq y \leq 4$, $x+y \geq 1$ ）

2.1.2 二噁英类的环境危害

二噁英类作为一种典型的持久性有机物污染物，具有持久性、脂溶性和生物蓄积性的特点，能导致皮肤疾病，产生免疫毒性、内分泌毒性、生殖毒性、发育毒性，具有很强的致畸致癌性，广泛存在于大气、水体、土壤等环境介质中^[3-4]。

二噁英类同系物中 2、3、7、8 位置上均有氯原子取代时具有显著毒性，世界卫生组织于 1997 年将其列为一类致癌物^[5]。2、3、7、8 位取代的二噁英类共有 17 种同系物，其中 2,3,7,8- T_4 CDD 的毒性最强，为迄今为止已知毒性最强的化合物，随着取代的氯原子增多，二噁英类的毒性也逐渐减弱。由于环境中的二噁英类主要以混合物的形式存在，在对二噁英类的毒性进行评价时，要把各同系物折算成相当于 2,3,7,8- T_4 CDD 的毒性来表示，称为毒性当量（Toxic Equivalent Quantity，简称 TEQ）。TEQ 的计算方法为：某二噁英类同系物的质量浓度与其对应的毒性当量因子（Toxic Equivalency Factor，简称 TEF）的乘积。样品中二噁英类的 TEQ 是 17 种二噁英类同系物 TEQ 的加和。17 种二噁英类同系物及其 TEF 见表 1。

表 1 17 种二噁英类同系物及其毒性当量因子

序号	异构体	名称	毒性当量因子 (I-TEF)
1	2,3,7,8- T_4 CDD	2,3,7,8-四氯代二苯并-对-二噁英类	1
2	1,2,3,7,8- P_5 CDD	1,2,3,7,8-五氯代二苯并-对-二噁英类	0.5
3	1,2,3,4,7,8- H_6 CDD	1,2,3,4,7,8-六氯代二苯并-对-二噁英类	0.1
4	1,2,3,6,7,8- H_6 CDD	1,2,3,6,7,8-六氯代二苯并-对-二噁英类	0.1
5	1,2,3,7,8,9- H_6 CDD	1,2,3,7,8,9-六氯代二苯并-对-二噁英类	0.1
6	1,2,3,4,6,7,8- H_7 CDD	1,2,3,4,6,7,8-七氯代二苯并-对-二噁英类	0.01
7	OCDD	八氯代二苯并-对-二噁英类	0.001
8	2,3,7,8- T_4 CDF	2,3,7,8-四氯代二苯并呋喃	0.1
9	1,2,3,7,8- P_5 CDF	1,2,3,7,8-五氯代二苯并呋喃	0.05
10	2,3,4,7,8- P_5 CDF	2,3,4,7,8-五氯代二苯并呋喃	0.5
11	1,2,3,4,7,8- H_6 CDF	1,2,3,4,7,8-六氯代二苯并呋喃	0.1
12	1,2,3,6,7,8- H_6 CDF	1,2,3,6,7,8-六氯代二苯并呋喃	0.1
13	1,2,3,7,8,9- H_6 CDF	1,2,3,7,8,9-六氯代二苯并呋喃	0.1
14	2,3,4,6,7,8- H_6 CDF	2,3,4,6,7,8-六氯代二苯并呋喃	0.1
15	1,2,3,4,6,7,8- H_7 CDF	1,2,3,4,6,7,8-七氯代二苯并呋喃	0.01
16	1,2,3,4, 7,8,9- H_7 CDF	1,2,3,4, 7,8,9-七氯代二苯并呋喃	0.01
17	OCDF	八氯代二苯并呋喃	0.001

注：I-TEF 为目前我国二噁英类排放标准中普遍采用的毒性当量因子。

二噁英类污染物是人类生产生活中无意产生的副产物，主要来源于废物焚烧、钢铁和其他金属生产、发电和供热、矿物产品生产、交通、非受控燃烧过程、生产和使用化学品以及消耗品、废物处理过程等，不能通过禁止生产或改变使用方式来消除。其污染防治工作受到世界高度关注^[6]。2004 年，我国学者以联合国环境规划署（UNEP）发布的《鉴别及量化二噁英类排放标准工具包》（以下简称《清单工具包》）为指导，兼顾文献数据和部分排放源的实际监测数据，汇总并计算了中国各行业二噁英类排放总量为 10.2 kg TEQ/a，主要排放源为金属生产、发电和供热、废物焚烧，这三类排放源的贡献量合计占到了二噁英类总排放量的 81%^[7]。

二噁英类污染物具有很强的亲脂性和难生物降解性，在土壤中降解的半衰期为 12 年，气态二噁英类在空气中光化学分解的半衰期为 8.3 天^[8]。它们能在环境中长时间积累，通过大气和水体长距离迁移，并沉积和分散在整个环境介质中，如大气、水体、土壤、沉积物、固体废物以及植物体中，因此二噁英类几乎存在于全球生态系统所有的环境介质中，并能够在脂肪组织中进行生物积累和生物放大^[9]。二噁英类污染物对人体的暴露途径主要有摄入被污染的食物和水、吸入被污染的空气以及直接皮肤接触三种。其中通过食品摄入二噁英类的比例占 90%~95%，鱼、家禽及其蛋、乳、肉是最容易被污染的食品。人体暴露在很低浓度的二噁英类环境中，会引起皮肤痤疮、头痛、失眠、忧郁、失聪、内分泌紊乱、生殖及免疫机能失调等症状。1991 年~1994 年，美国环保局曾进行了一项全面的调查评估以确定二噁英类的不良影响，研究表明，二噁英类不仅具有致癌、致畸、致突变的“三致”毒性，而且还具有神经、生殖、内分泌和免疫毒性，能够显著降低人体免疫能力，导致对感染和癌症的抵抗力下降，增加癌症死亡率，并且还会影响正常荷尔蒙分泌^[10-11]。

全球著名的二噁英类污染事件也多次发生^[12]：1961 年~1971 年越战时期，美国在越南北部的森林中喷洒了大量的含有高浓度二噁英类的除草剂，造成大批人员中毒且导致该地区畸形及残疾儿童增多；1976 年 6 月意大利萨浮索的一家工厂发生二噁英类污染物泄露，致使约 4 万人暴露于污染环境中，急性中毒约 450 人；1998 年德国发现从巴西进口的饲料柑橘浆中含有二噁英类，由于该柑橘浆主要用于乳牛饲料，造成德国部分乳产品含有二噁英类污染物；1999 年 5 月，比利时公布了鸡肉和鸡蛋含超量二噁英类物质，主要起因是鸡饲料受到了污染。

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 相关生态环境管理工作的需要

根据 UNEP 提供的《清单工具包》，二噁英类排放源有 10 大类 62 个小类，我国基本涵盖了《清单工具包》中所列的 10 大类排放源。根据美国等发达国家的治理经验，控制二噁英类的排放，应首先实现重点源的减排，并动态更新重点源目录，逐步实现持续减排。根据生态环境部开展的持久性有机污染物全国行业分布情况调查显示，我国 17 个主要行业二噁英类排放企业有万余家，涉及钢铁、再生有色金属和垃圾焚烧等多个领域。以 2004 年为基准年的我国二噁英类排放清单表明，钢铁和其他金属生产、发电和供热、废物焚烧是目前我国二噁英类的主要排放源。2010 年 11 月，国家九部委联合发布《关于加强二噁英类污染防治的指导意见》，提出了二噁英类污染防治的路线图和时间表，要在京津冀、长三角、珠三

角等重点区开展二噁英类排放总量控制试点工作；到 2015 年，我国建立比较完善的二噁英类污染防治体系和长效监管机制，重点行业二噁英类排放强度降 10%，基本控制二噁英类排放增长趋势；今后在审批建设项目环境影响评价文件时要充分考虑二噁英类削减和控制要求，将二噁英类作为主要特征污染物逐步纳入有关行业的环境影响评价中；加强新建、改建、扩建项目竣工环境保护验收中二噁英类排放监测，确保按要求达标排放，从源头控制二噁英类产生；排放二噁英类的企业应至少每年开展一次二噁英类排放监测，并将数据上报地方环保部门备案，所在地环保部门对二噁英类的监督性监测应至少每年开展一次。

按照上述文件要求，对于全国大多二噁英类排放企业，每年应开展 2 次二噁英类监测。以生活垃圾焚烧企业为例，按照监测规范，每次二噁英类监测的采样时间约为 6 h，2 次监测时长约为 12 h，占一个生活垃圾焚烧厂全年 8000 h 运行总时长的 0.15%，即使个别发达地区每 2 个月开展一次监测，其监测时长也仅占总运行时长的 0.45%，并且实际焚烧过程中受入炉垃圾数量和成分、燃烧工况、环保处理设施运行情况等的影响，二噁英类排放水平往往存在较大波动，监测时采集的样品有时并不能很好的反应实际排放情况。此外，二噁英类样品采集过程中，还存在个别企业非常规调节生产工况，或提前做好二噁英类产生量少的焚烧物，采样前入炉焚烧的现象。

目前我国现行有效的涉及固定污染源废气二噁英类污染物排放标准 12 项，见表 2。因此制订固定污染源废气二噁英类自动采样标准，对二噁英类排放管理具有重要意义。

表 2 我国现行二噁英类排放标准

序号	标准名称	基准含氧量 (%)	限值 ng TEQ/m ³
1	生活垃圾焚烧污染控制标准 (GB 18485-2014)	11	0.1
2	危险废物焚烧污染控制标准 (GB 18484-2001)	11	0.5
3	石油化学工业污染物排放标准 (GB 31571-2015)	3	0.1
4	再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准 (GB 31574-2015)	以基准排气量换算	0.5
5	火葬场大气污染物排放标准 (GB 13801-2015)	11	0.5; 1.0
6	钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准 (GB 28662-2012)	16	0.5
7	炼钢工业大气污染物排放标准 (GB 28664-2012)	未规定	0.5
8	水泥窑协同处置固体废物污染控制标准 (GB 30485-2013)	未规定	0.1
9	涂料、油墨及胶粘剂工业大气污染物排放标准 (GB 37824-2019)	3	0.1
10	制药工业大气污染物排放标准 (GB 37823-2019)	3	0.1
11	烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准 (GB 15581-2016)	固体燃料 6 液体和气体 3	0.1
12	合成树脂工业污染物排放标准 (GB 31572-2015)	3	0.1

我国有 17 个主要行业涉及二噁英类排放的企业万余家，涵盖钢铁、再生有色金属和废弃物焚烧等多个领域，无法全行业、长期开展全覆盖监测，并且二噁英类样品采样过程复杂、实验室分析时间长、成本高昂，无法像常规监测那样大批量、高频次采样分析。因此，急需一种采样时不受被测企业影响，样品代表性强，监测、分析成本又不会显著增加的二噁英类

监测技术。二噁英类自动采样技术能够实现远程自动、长期采样，对于同一个样品，它可以连续采样几周时间，几十倍于手工样品采集的时长，在不大幅增加样品分析成本的同时，样品代表性能显著增加。本标准的制订填补了我国固定污染源废气二噁英类自动采样系统技术要求及检测方法方面标准的空白，有利于对排放企业更加有效、科学的监管。

2.2.2 国际履约的需要

2001年5月23日，包括中国在内的90多个国家在瑞典斯德哥尔摩签署了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（以下简称公约），呼吁各国政府采取控制措施并最终完全消除POPs的人为排放，二噁英类被列入公约第一批受控污染物清单。2004年11月11日，公约在中国正式生效。2005年5月，成立了原国家环境保护总局牵头，外交部、发展改革委等共14个部委组成的国家履行公约工作协调组，形成各司其职、齐抓共管的履约协调机制。中国的POPs履约工作从政策法规制订、示范项目带动、公众意识提升和国际合作交流等各方面全面展开，投入了超过30亿美元资金，取得了积极进展和成效：一是严格落实淘汰限控要求，全面淘汰了艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、毒杀芬、氯丹、灭蚁灵、六氯代苯、多氯联苯、滴滴涕、十氯酮、 α -六氯环己烷、 β -六氯环己烷、五氯苯、六溴联苯、四溴二苯醚和五溴二苯醚（商用五溴二苯醚）、六溴二苯醚和七溴二苯醚（商用八溴二苯醚）、林丹和硫丹等19种类有意生产POPs，严格限制了六溴环十二烷、全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟的生产、使用和进出口；二是加强无意产生POPs减排控制，将二噁英类纳入14个行业的污染物排放标准，实施排污许可管理，“十二五”期间（2011年~2015年），实现全国主要行业二噁英类排放强度下降15%；三是有力推动POPs废物无害化处置，积极探索含二噁英类废物依法处置技术，清理处置了历史遗留的10万余吨POPs废物，逐步推进POPs污染地块风险评估和管控工作；四是积极落实公约报告义务，实施POPs统计调查制度和成效评估POPs监测，动态掌握POPs生产、使用和排放基础信息，按公约要求向联合国提交数据，为公约成效评估提供数据基础^[13]。联合国环境规划署2006年12月提出的《针对斯德哥尔摩公约第五条和附件C的最佳可行技术》建议对废弃物焚烧行业废气中的二噁英类开展自动连续采样。因此，开展固定污染源废气二噁英类自动采样，也是我国履行公约的工作之一。

3 国内外相关分析方法研究

3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

3.1.1 二噁英类标准方法

目前，ISO、EPA、日本和欧盟等国家和地区均有涉及二噁英类样品采集的标准方法，涵盖了固定污染源废气、空气、水、废水、土壤、沉积物、污泥和组织等。见表3。

表3 国外主要二噁英类分析标准

序号	标准名称	适用范围
1	ISO 18073: 2004 Water quality Determination of tetra- to octa-chlorinated dioxins and furans Method using isotope dilution HRGC/HRMS（水质 4~8 氯代二噁英和呋喃的测定 同位素稀释 HRGC /HRMS 法）	水、废水

2	EPA 23- 2017 Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Municipal Waste Combustors (城市废弃物焚烧多氯代二苯并对二噁英和多氯代二苯并呋喃的检测方法)	固定污染源废气
3	EPA 1613B-1994 Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS (同位素稀释高分辨气质联机检测 4~8 氯代二噁英及呋喃)	水、土壤、沉积物、污泥、组织等
4	EPA TO 9A-1999 Determination of Polychlorinated, Polybrominated and Brominated/Chlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Ambient Air (环境空气中多氯代、多溴代及溴氯代苯并二噁英及苯并呋喃检测方法)	环境空气
5	EPA 4025-2002 Screening for Polychlorinated Dibenzodioxins and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDD/Fs) by Immunoassay (多氯联苯和二噁英的筛查 酶免疫法)	土壤
6	EPA 4425-2007 Screening Extracts of Environmental Samples for Planar Organic Compounds (PAHs, PCBs, PCDDs/PCDFs) by a Reporter Gene on a Human Cell Line (环境样品提取液中共平面化合物(多环芳烃、多氯联苯、二噁英)的筛查 基于人体细胞的报告基因法)	土壤、沉积物、组织、水
7	EPA 4435-2014 Screening for Dioxin-like Chemical Activity in Soils and Sediments Using the Calux® Bioassay and Teq Determinations (土壤和沉积物类二噁英化学活性筛查 荧光素酶报告基因法)	土壤、沉积物
8	EPA 8290-1994 Polychlorinated Dibenzodioxins (PCDDs) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDFs) by High-resolution Gas Chromatography/high-resolution Mass Spectrometry (HRGC/HRMS) (高分辨气相色谱/高分辨质谱法测定二噁英)	水、土壤、沉积物、飞灰、鱼组织、人组织、污泥等
9	JIS K 0311-2008 Method for Determination of Tetra- through Octachlorodibenzo-p-dioxins, Tetra-through Octachlorodibenzofurans and Dioxin-like Polychlorinatedbiphenyls in Stationary Source Emissions (废气中二噁英和类二噁英多氯联苯的检测方法)	固定污染源废气
10	JIS K 0312-2008 Method for Determination of Tetra- through Octachlorodibenzo-p-dioxins, Tetra-through Octachlorodibenzofurans and Dioxin-like Polychlorinatedbiphenyls in Industrial Water and Waste Water (工业水和废水 4~8 氯代二噁英和类二噁英多氯联苯的测定方法)	工业用水和废水
11	JIS K 0463-2009 Guidelines for Reporter Gene Assay Binding on Arylhydrocarbon Receptor-assay of Dioxins in an Ah Receptor (基于芳烃受体的报告基因法技术指南)	土壤、废水、废气、炉渣
12	EN 1948-1 2006 Stationary Source Emission Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs and Dioxin-like PCBs Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs (固定污染源排放 二噁英和类二噁英 PCBs 的测定 二噁英的采样)	固定污染源废气
13	EN 1948-2 2006 Stationary Source Emissions Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs and Dioxin-like PCBs Part 2: Extraction and Clean-up of PCDDs/PCDFs (固定污染源排放 二噁英和类二噁英二噁英类 PCBs 的测定 的提取和净化)	固定污染源废气
14	EN 1948-3 2006 Stationary Source Emissions Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs and Dioxin-like PCBs Part 3: Identification and	固定污染源废气

	Quantification of PCDDs/PCDFs (固定污染源排放 二噁英和类二噁英 PCBs 的测定 二噁英的定性和定量)	
15	EN 1948-4 2010 Stationary Source Emissions Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs and Dioxin-like PCBs Part 4: Sampling and Analysis of Dioxin-like PCBs (固定污染源排放 二噁英和类二噁英 PCBs 的测定 类二噁英 PCBs 的采样和分析)	固定污染源废气
16	EN 1948-5 2015 Stationary source emissions Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs Part 5. Long-term sampling of PCDDs/PCDFs and PCBs (固定污染源排放 二噁英和类二噁英 PCBs 的测定 二噁英和类二噁英 PCBs 的长期采样)	固定污染源废气

表 3 中, 固定污染源废气二噁英类手工采集的标准方法主要有 3 个: EPA 23、JIS K 0311 和 EN 1948-1; 固定污染源废气二噁英类自动采样的标准方法有 1 个: EN 1948-5。

(1) EPA 23 方法中采样部分是采用滤筒过滤、XAD-2 吸附的方式采样, 为手工短时采样方法^[14]。

(2) JIS K 0311 方法中采样部分是采用滤筒过滤、XAD-2 吸附、收集冷凝水的方式采样, 为手工短时采样方法^[15]。

(3) EN 1948-1 方法中采样部分采用了三种原理的采样方式: 过滤/冷凝法、稀释法和冷却烟杆法, 均为手工短时采样方法。过滤/冷凝法是采用滤筒过滤、XAD-2 吸附、收集冷凝水的方式采样。稀释法是通过稀释气体将废气稀释后, 采用滤膜过滤、PUF 吸附的方式采样。冷却烟杆法又分为二种采样方式: 一是烟气在采样杆中冷却后, 冷凝液和冷却的烟气经过 2 级吸收, 再经滤膜过滤、PUF 吸收; 二是烟气在采样杆中冷却后, 经过烟杆外的冷凝器再次冷却, 收集冷凝液, 冷却后的烟气经过一次 PUF 吸收, 再经过 2 级撞击式滤尘器过滤, 然后再经过 PUF 吸收和滤膜过滤, 为手工短时采样方法^[16]。

(4) EN 1948-5 方法是依据 EN 1948-1 手工短时采样方法发展而来的长期自动采样方法, 因此, EN 1948-5 也采用了三种原理的自动采样方式: 基于过滤/冷凝法的自动采样、基于稀释法的自动采样和基于冷却烟杆法的自动采样。基于过滤/冷凝法的自动采样: 烟气经过滤筒过滤后被冷凝器冷凝, 冷却烟气和冷凝液经 XAD-2 吸附后排出; 基于稀释法的自动采样: 通过稀释气体将废气稀释后, 采用滤膜过滤、PUF 吸附的方式采样; 基于冷却烟杆法的自动采样: 烟气在采样杆中冷却后, 湿气样品经过过滤、吸附 (吸附剂可采用 XAD-2) 后排出^[17]。

3.1.2 二噁英类自动采样系统技术要求

EN 1948-5 中二噁英类自动采样系统分为: 采样装置、自动控制器、烟气参数测量设备、测量数据存储系统等。采样装置包括: 采样嘴、探头 (冷却的或者加热的)、烟气流速度测量设备 (皮托管或者零压力传感器)、冷凝器 (如果采样方法需要)、滤膜支架、隔热吸附筒、体积测量设备、采样泵。自动控制器包括: 等速采样控制系统、检漏系统 (可进行手动选择)、断电重启系统 (重启后采样程序是完整的)、能够进行自动 (或手工) 启动或停止 (能够根据外部信号控制启停, 如根据氧测量系统控制)。烟气参数测量设备包括: 气压计、压力表、烟温、烟气氧和水分含量等测量设备。

对于采样系统的材料要求主要有：系统中所有与烟气接触的部件，如采样嘴、探头、玻璃管、滤筒支架，滤筒外壳、冷凝器、扩散器、采样单元等都应采用不吸附二噁英类的材料，如采用钛合金、石英、玻璃材质。与烟气正向接触的密封件应当由聚四氟乙烯材料制成，颗粒物过滤部分应采用石英或者玻璃纤维材质，吸附剂（XAD-2/PUF）应满足相关标准的要求。有关采样器的技术要求，EN 1948-5 是按照 EN 13284-1 2017 Stationary Source Emission-Determination of Low Range Mass Concentration of Dust- Part 1: Manual Gravimetric Method（固定污染源排气 低颗粒物浓度的测定 第一部分：手工重量法）制订的^[18]，具体参数见表 4。

表 4 采样器参数

设备		数值
采样嘴	采样嘴进口面积不确定度	≤5%
	不变内直径长度	≥10 mm
	变径角度	≤30°
	弯曲半径	≥1.5 倍弯曲处内径
	第一次弯曲前的直管长度	≥30 mm
	至采样嘴连接端距离	≥50 mm
过滤	材质	不吸附目标化合物且不发生反应
	对 0.3 μm 颗粒物吸附效率	≥99.5%
	对 0.6 μm 颗粒物吸附效率	≥99.9%
气体采样	采样体积最大不确定度	≤测定值的 5.0%
	绝对压力的最大不确定度	≤测定值的 2.0%
	绝对温度的最大不确定度	≤测定值的 2.0%
采样嘴与气流的最大角度		≤10°
等速效率		95%~115%
漏气率		≤2.0%

3.1.3 与本标准的关系

本标准主要参考了欧盟 EN 1948-5 的方法，该方法也是目前美国、日本、欧盟等主要国家或地区唯一现行有效的二噁英类自动采样标准。我国的固定污染源废气二噁英类手工采样采用的是过滤、冷凝、吸附的方式，其主要是参考了日本 JIS K 0311 的过滤、冷凝、吸附法以及欧盟 EN 1948-1 中的过滤/冷凝法，因此本标准将主要借鉴 EN 1948-5 中基于过滤/冷凝法的自动采样方法开展研究。

3.2 国内相关分析方法研究

3.2.1 国内二噁英类相关生态环境标准

目前我国现行有效的二噁英类环境质量标准 1 项、环境监测类标准 11 项，管理规范类

标准 2 项，详见表 5。环境监测类标准主要为手工采样实验室检测的方法，无专门的二噁英类采样标准。

表 5 我国现行二噁英类相关标准汇总

标准类别	标准名称
环境质量类标准	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 36600-2018）
环境监测类标准	水质 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法（HJ 77.1-2008）
	环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法（HJ 77.2-2008）
	固体废物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法（HJ 77.3-2008）
	土壤和沉积物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法（HJ 77.4-2008）
	土壤、沉积物 二噁英类的测定 同位素稀释/高分辨气相色谱-低分辨质谱法（HJ 650-2013）
	销毁日本遗弃在华化学武器空气中二噁英类的测定 同位素稀释高分辨毛细管气相色谱/高分辨质谱法（HJ/T 215-2005）
	销毁日本遗弃在华化学武器废气中二噁英类的测定 同位素稀释高分辨毛细管气相色谱/高分辨质谱法（HJ/T 124-2003）
	环境空气 半挥发性有机物采样技术导则（HJ 691-2014）
	危险废物（含医疗废物）焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范（HJ/T 365-2007）
	环境二噁英类监测技术规范（HJ 916-2017）
	生活垃圾焚烧烟气二噁英激光电离飞行时间质谱在线检测系统技术要求（T/CAEPI28-2020）
管理规范类标准	水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范（HJ 662-2013）
	废弃电器电子产品处理污染控制技术规范（HJ 527-2010）

3.2.2 固定污染源废气二噁英类采样系统及技术要求

目前，我国固定污染源废气二噁英类采样方法依据《环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法》（HJ 77.2-2008）^[19]，为手工短时采样方法，采用过滤、吸附、收集冷凝水的方式，采样系统技术要求参照《危险废物（含医疗废物）焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范》（HJ/T 365-2007）^[20]、《烟尘采样器技术条件》（HJ/T 48-1999）^[21]和《固定污染源废气监测技术规范》（HJ/T 397-2007）^[22]。采样器的组成包括采样管、滤筒（或滤膜）、气相吸附单元、冷凝装置、流量计量和控制装置等部分，相关技术指标见表 6。

表 6 我国固定污染源废气采样器技术指标

项目		标准		
		HJ/T 48-1999	HJ/T 365-2007	HJ/T 397-2007
烟气参数	温度	热电偶，偏差不得超过±3℃	——	热电偶，偏差不得超过±3℃
	含湿量（干湿球法）	上限≤150℃；精确度优于1.5%；最小分度值≤1℃	——	精确度优于1.5%；最小分度值≤1℃
		真空压力表：0~-20 kPa；精确度优于4%；最小分度值≤0.5 kPa	——	测量流量计前压力，精确度优于4%
		转子流量计：下限≤6 L/min；上限≤60 L/min；精确度优于2.5%	——	精确度优于2.5%

项目		标准		
		HJ/T 48-1999	HJ/T 365-2007	HJ/T 397-2007
	流速	S 型皮托管：外径 ≥ 8 mm；壁厚 ≤ 1 mm；修正系数在 0.84 ± 0.01 以内，正反向修正系数相差 ≤ 0.01	——	修正系数在 0.84 ± 0.01 以内，正反向修正系数相差 ≤ 0.01
	大气压力计	最小分度值 ≤ 0.1 kPa	——	最小分度值 ≤ 0.1 kPa
采样器	采样管	耐温 500 °C 以上	耐温 500 °C 以上	——
	采样嘴	入口内径 ≥ 5 mm；加工偏差不超过 ± 0.1 mm；入口边缘厚度 ≤ 0.2 mm；锥度 $\leq 45^\circ$	内径 ≥ 4 mm ± 0.1 mm	——
	累积流量计	精确度优于 2.5%	量程 10 L/min $\sim$ 40 L/min，精确度 0.1 L/min	——
	采样泵	流量：空载 ≥ 60 L/min；负载阻力 20 kPa 时 ≥ 30 L/min	负载时能达到 10 L/min $\sim$ 40 L/min，连续运行 8 h 以上	40 L/min 时可克服阻力采样
		常温、入口负载 5 kPa 真空度时，平均无故障时间 ≥ 1000 h	——	——
		13 kPa 阻力以 30 L/min 运行 30 min，流量波动 ≤ 2 L/min	——	——
整机要求	气密性	流量计在采样泵前：负压 6.7 kPa 时泄漏率 ≤ 0.6 L/min 或 30 s 内负压下降 ≤ 0.2 kPa；流量计在采样泵后：泵后气路正压 2 kPa 时，1 min 内压力不变	——	流量计在采样泵后，采样泵不漏气
	流量波动	不超过 $\pm 10\%$	-5% $\sim$ 10%	——
	绝缘性能	10 °C $\sim$ 35 °C、相对湿度 $\leq 85\%$ RH 时，绝缘电阻 ≥ 20 M Ω	——	——
	计时器	误差 $\leq 1\%$	——	——
	工作温度	-10 °C $\sim$ 45 °C、相对湿度 $\leq 85\%$ RH 正常工作	——	——
	噪声	≤ 80 dB (A)	——	——
测试系统	动压测量微压传感器	范围 0 $\sim$ 2000 Pa；分辨率 ≤ 2 Pa；精确度优于 2%；温度补偿下限 ≤ -10 °C、上限 ≥ 60 °C	——	——
	静压测量压力传感器	范围 0 $\sim$ ± 10 kPa；分辨率 ≤ 10 Pa；精确度优于 4%；温度补偿下限 ≤ -10 °C、上限 ≥ 60 °C	——	——
	流量传感器前压力传感器	范围 0 $\sim$ ± 50 kPa；分辨率 ≤ 0.1 kPa；精确度优于 2.5%；温度补偿下限 ≤ -10 °C、上限 ≥ 60 °C	——	——
	流量传感器前温度传感器	测量上限 ≤ 150 °C；分辨率 ≤ 1 °C；精确度优于 1.5%	——	——
	流量传感器	线性范围下限 ≤ 15 L/min、上限 ≥ 50 L/min；精确度优于 2.5%	——	——
	零点偏移	5 h 内不超过 ± 4 Pa	——	——
	等速跟踪吸引误差	不超过 $\pm 8\%$	——	——
	自动启停	停止抽气的动压 ≤ 5 Pa	——	——
	流量调节系统	等速跟踪响应时间 ≤ 20 s	——	——
	掉电数据保护	具有	——	——
注：——表示无此项。				

在检测环境温度为 10℃～30℃，环境湿度≤85%，大气压为 86 kPa～106 kPa，供电电压为 AC 220 V±22 V、频率为 50 Hz±1 Hz 时，依据 HJ/T 48 方法对采样系统的各项参数进行检测，需要的检测仪器和装置见表 7。

表 7 检测仪器和装置

序号	仪器和装置名称	技术要求
1	兆欧表	500 V，测量范围 0～500 MΩ
2	热电偶或热电阻温度计	-50℃～400℃，示值偏差不超过±2%
3	声级计	精确度优于 2%
4	干式或湿式累积流量计	精确度优于 1%
5	气压表	测量范围 80 kPa～106.5 kPa，最小分度值≤0.1 kPa
6	电子秒表	分辨率≤0.01 s
7	精密微压计	0～2500 Pa，精确度优于 2%
8	U 型压力计	最小分度值≤10 Pa
9	数字式压力计	测量范围 0～±50 kPa，精确度优于 2%
10	电位差计	——
11	直流多值电阻器	——
12	标准皮托管	修正系数>0.99
注：——表示无此项。		

3.2.3 与本标准的关系

本标准为使自动采样与手工采样能够有较好的延续性，根据 HJ 77.2 中有关手工采样的方法原理，拟采用过滤/冷凝的自动采样原理。采样器的外观、气密性、绝缘电阻、计时误差、烟气温度示值偏差、流量示值误差、累积体积示值误差、静压示值误差、流量计前压力示值误差、动压示值误差、零点漂移、等速跟踪响应时间、等速跟踪吸引误差、噪声等技术指标和检测方法参考了 HJ/T 48 的相关内容。采样器的系统组成中，根据二噁英类自动采样系统的特点，与 HJ/T 48 中有关烟尘采样器的要求相比，增加了反吹装置、数据传输接口等部分。在设备的维护方面，增加了溶剂清洗等内容。另外，根据二噁英类自动采样系统的技术特点，制订了相关的质量保证要求。

3.3 仪器现状调研

对目前国内、外主要的二噁英类自动采样系统生产厂家的设备进行调研，仪器的主要参数见表 8。

表 8 二噁英类自动采样系统调研表

公司名称	北京雪迪龙科技股份有限公司	青岛众瑞智能仪器股份有限公司	青岛崂应环境科技有限公司	杭州微智兆智能科技有限公司	常州磐诺仪器有限公司	深圳睿境环保科技有限公司	北京博赛德科技有限公司
仪器名称	二噁英类自动连续采样系统	废气二噁英在线采样系统	崂应 3030C 型废气二噁英远程自动采样仪	二噁英全自动采样系统	烟道气二恶英连续采样仪	二噁英自动采样仪	二噁英自动采样系统（法国 TCR 公司）
仪器型号	SCS-900DS	ZR-3722 型	LY3030C	DXS-A01	GAC-01	RJ-PCCD/F	DECS
工作温度	采样柜：15℃～45℃；控制柜：5℃～35℃	-20℃～50℃	-20℃～45℃	-10℃～45℃	-10℃～45℃	-10℃～50℃	-10℃～50℃
工作湿度	相对湿度≤85% RH	相对湿度≤95% RH	相对湿度≤85% RH	相对湿度≤95% RH，无结露	相对湿度≤85% RH	相对湿度≤85% RH	相对湿度≤85% RH
噪声	——	≤65 dB（A）	≤70 dB（A）	≤80 dB（A）	——	≤80 dB（A）	≤80 dB（A）
绝缘性能	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，绝缘电阻≥20 MΩ	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，施加 500 V 以上电压值，仪器绝缘电阻≥20 MΩ	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，绝缘电阻≥20 MΩ	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，绝缘电阻≥20 MΩ	——	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，绝缘电阻≥20 MΩ	10℃～35℃、相对湿度≤85% RH 时，绝缘电阻≥20 MΩ
气密性	流量计在采样泵前：采样泵满负荷抽气时，泄漏量≤0.9 L/min	堵住进气口，打开采样泵抽气，2 min 内示值降为 0	负压 6.7 kPa 时 30 s 内负压下降≤0.2 kPa	切断阀关闭，负压大于 10 kPa 时在 1 min 内压降≤1 kPa 为气密性合格	流量计在采样泵前：负压 6.7 kPa 时泄漏率≤0.6 L/min 或 30 s 内负压下降≤0.2 kPa；流量计在采样泵后：泵后气路正压 2 kPa 时，1 min 内压力不变	流量计在采样泵前：流量显示值≤0.1 L/min	负压 7 kPa 时泄漏率≤0.5 L/min 或泄漏流量≤采样流量的 5%
动压测量微压传感器	范围 0～1000 Pa；分辨率≤1 Pa；精确度满足±0.6%F.S.	范围 0～2000 Pa；分辨率≤1 Pa；精确度优于 2%；温度补偿下限≤-5℃、上限≥65℃	范围 0～2000 Pa；分辨率≤1 Pa；精确度优于 1%F.S.；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃	范围-100 bar～100 bar；分辨率≤2 Pa；补偿范围-18℃～65℃，零点漂移满足±0.06，量程漂移满足±0.03，工作温度-18℃～65℃	范围 0～2000 Pa；分辨率≤2 Pa；精确度优于 2%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃	范围 0～2000 Pa；分辨率≤1 Pa；精确度优于±2%	范围 0～2500 Pa；分辨率≤0.1 Pa；精确度优于 1%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃
静压测量压力传感器	范围绝对压力 0～160 kPa；精确度满足±0.5%F.S.	范围 0～±30 kPa；分辨率≤10 Pa；精确度优于 2%；温度补偿下限≤-5℃、上限≥65℃	范围 0～±30 kPa；分辨率≤10 Pa；精确度优于 1%F.S.；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃	范围-100 bar～100 bar；分辨率≤2 Pa；补偿范围-18℃～65℃，零点漂移满足±0.06，量程漂移满足±0.03，工作温度-18℃～65℃	范围 0～±10 kPa；分辨率≤10 Pa；精确度优于 4%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃	范围-4000 Pa～4000 Pa；分辨率≤10 Pa；精确度优于 4%	范围 0～105 kPa；分辨率≤0.1 KPa；精确度优于 1%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃
流量传感器前压力传感器	范围绝对压力 0～160 kPa；精确度满足±0.5%F.S.	范围-60 kPa～0 kPa；分辨率≤0.01 kPa；精确度优于 2%；温度补偿下限≤-5℃、上限≥65℃	范围 0～±30 kPa；分辨率 0.01 kPa；精确度优于 1%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃	范围-100 bar～100 bar；分辨率≤2 Pa；补偿范围-18℃～65℃，零点漂移±0.06，量程漂移满足±0.03，工作温度-18℃～65℃	范围 0～±50 kPa；分辨率≤0.1 kPa；精确度优于-10℃、上限≥60℃	——	范围 0～105 kPa；分辨率≤0.1 kPa；精确度优于 1%；温度补偿下限≤-10℃、上限≥60℃

公司名称	北京雪迪龙科技股份有限公司	青岛众瑞智能仪器股份有限公司	青岛崂应环境科技有限公司	杭州微智兆智能科技有限公司	常州磐诺仪器有限公司	深圳睿境环保科技有限公司	北京博赛德科技有限公司
流量传感器前温度传感器	测量范围-50℃~100℃；精确度满足±0.5%F.S.	范围-55℃~125℃；分辨率≤0.1℃；精确度优于1.5%	测量范围-55℃~125℃；分辨率0.1℃；精确度满足±2.5℃	测量上限≤150℃；分辨率≤1℃；精确度优于1.5%	测量上限≤300℃；分辨率≤1℃；精度≥0.75%	——	测量上限-200℃~800℃；分辨率≤0.1℃；精度≤1%
流量传感器	精确度满足±0.5%F.S.	范围10 L/min~100 L/min；分辨率≤0.1 L/min；精确度优于2.5%；	流量范围10 L/min~100 L/min，准确度在±2.5%之间	线性范围下限≤15 L/min、上限≥50 L/min；精确度优于2.5%	线性范围下限≤10 L/min、上限≥50 L/min；精确度优于2.5%	范围10 L/min~30 L/min；分辨率≤0.1L/min；精确度优于±2.5%；	线性0~25 L/min；精确度优于1%
零点偏移	——	5 h 内不超过±4 Pa	5 h 内不超过±4 Pa	5 h 内不超过±4 Pa	5 h 内不超过±4 Pa	≤2% F.S./月	——
等速跟踪吸引误差	不超过±5%	不超过±3%	不超过±8%	不超过±8%	不超过±8%	不超过±5%	不超过±5%
自动启停	系统检漏不通过或采样过程中任一传感器出现故障，暂停采样	——	停止抽气的动压≤5 Pa	停止抽气的动压≤5 Pa	停止抽气的动压≤5 Pa	具有自动启停功能，停止抽气后，管路流量为0	通过烟气流速≤2 m/s 或者烟温范围（可设定调整）进行自动启停采样
流量调节系统	等速跟踪响应时间≤10 s	等速跟踪响应时间≤10 s	等速跟踪响应时间≤20 s	等速跟踪响应时间≤5 s	等速跟踪响应时间≤10 s	时时跟踪采样，等速跟踪响应时间≤10 s	等速跟踪响应时间 500 ms
掉电数据保护	具有	具有	具有	具有	具有	具有	具有
注 1：F.S.表示满量程； 注 2：——表示无数据。							

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

以符合我国有关法律和法规为基础，满足固定污染源废气二噁英类排放的管理需求，同时充分考虑到自动采样系统的工作原理应与手工采样的原理具有延续性，采集样品的检测结果具有可比性，以 GB/T 16157、HJ/T 48、EN 1948-5 等为参考，制订本标准。

本标准主要适用于固定污染源排放废气中二噁英类污染物的采集。

4.2 标准制订的技术路线

通过查阅国内外关于固定污染源废气采样系统和固定污染源废气二噁英类自动采样系统的标准、文献资料，确定研究内容、技术路线及关键环节，本标准的技术路线见图 2。

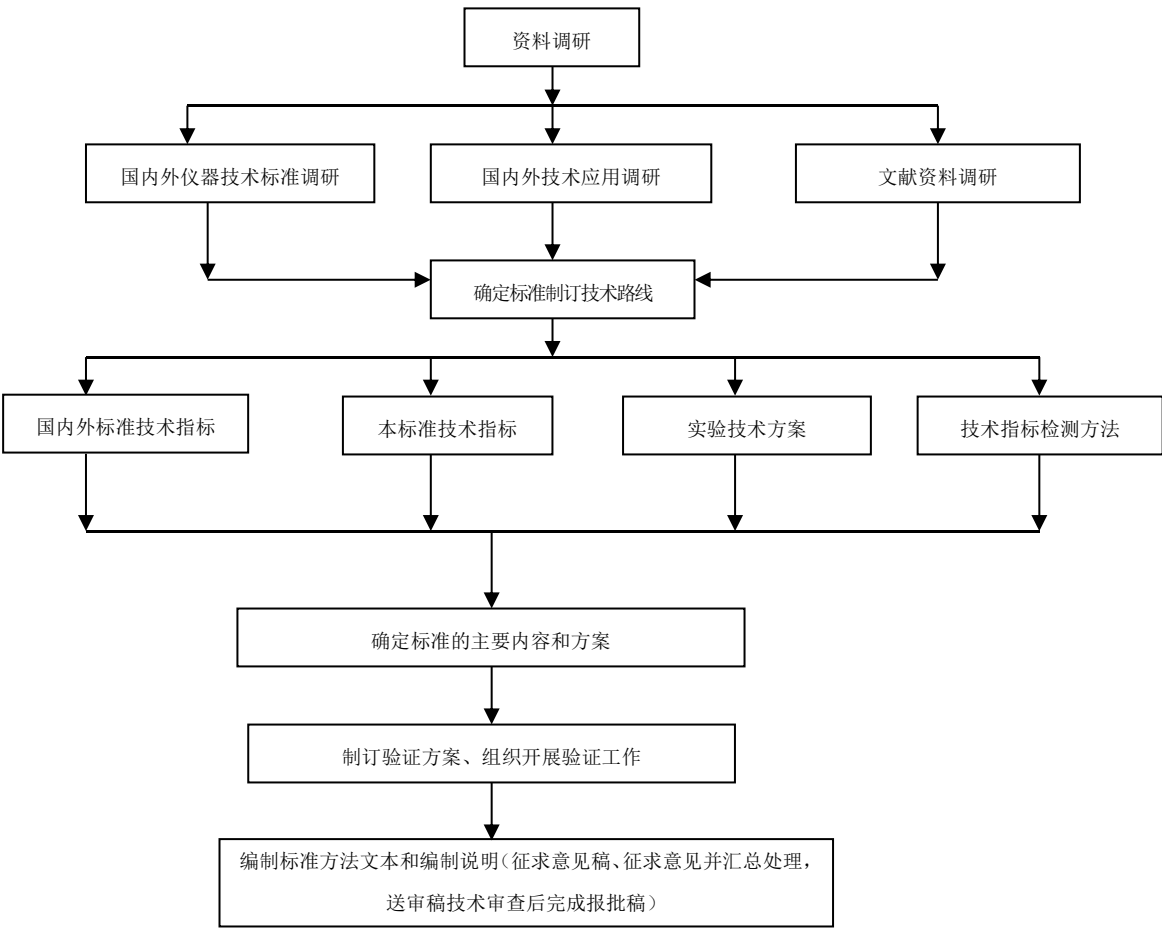


图 2 标准制订技术路线图

4.3 与手工采样方法差异性说明

固定污染源废气二噁英类手工采样采用过滤/冷凝的采样原理，参照 HJ 77.2，主要采样过程为：包含气相和颗粒物相的烟气经采样嘴进入带有加热功能（防止烟气中的水分冷凝）的采样管和过滤装置，过滤装置中安装有滤筒，烟气经滤筒过滤将颗粒物相截留；不含颗

颗粒物相的烟气进入冷凝器冷凝，冷凝器的温度足够低，一般要求出口烟气温度（日本 JIS K 0311 规定的是树脂桶温度）在 30℃ 以下，冷凝后的冷凝水通过收集装置收集，干烟气进入吸附装置；吸附装置中装有吸附剂（一般为 XAD），吸附剂将干烟气中的目标物进行充分吸附；烟气经过吸附装置后经过计量系统、采样泵等排出，完成采样过程。样品包括滤筒、冷凝水和吸附剂，单个的采样时间一般为 2 h 左右。

本标准拟采用的二噁英类自动采样系统采用了过滤/冷凝的采样原理，主要采样过程为：包含气相和颗粒物相的烟气经采样嘴进入带有加热功能（防止烟气中的水分冷凝）的采样管和过滤装置，过滤装置中安装有滤筒，烟气经滤筒过滤将颗粒物相截留；不含颗粒物相的烟气进入冷凝器冷凝，冷凝器的温度足够低以保证出口烟气温度在 20℃ 以下，冷凝后的干烟气和冷凝水一起进入吸附装置；吸附装置中装有吸附剂（一般为 XAD），吸附剂将干烟气和冷凝水中的目标物进行充分吸附；烟气经吸附装置后再经过计量系统、采样泵等排出，完成采样过程。样品包括滤筒和吸附剂，单个样品的采样时间一般为 24 h~672 h（28 d）左右。

手工采样与二噁英类自动采样系统的主要区别有：手工采样器一般包含采样管、冷却系统、采样主机等，通常在采样平台进行采集，而二噁英类自动采样系统一般分为 2 部分，采样单元和控制单元，采样单元安装在采样口，控制单元安装在设备机房，二者之间由线缆和管路连接；手工采样系统一般由人工现场操作启停采样，而二噁英类自动采样系统除可现场操作外，还具有远程操作启停、系统定时自动启停等功能；手工采样在采样开始前测量烟气的烟温、流速、氧含量和水分含量等主要参数，采样过程中无明确规定是否全程测量，而二噁英类自动采样系统不仅要求采样前进行上述烟气参数测量，在采样过程中也要求进行实时测量；手工采样要求烟气中的冷凝水单独收集，并作为样品的一部分，而二噁英类自动采样系统的样品不包含冷凝水，样品仅为滤筒和吸附剂；为保证长期采样不穿透，并保证吸附剂对冷凝水和烟气同时高效吸附，二噁英类自动采样系统的采样流速相比手工采样要低，对冷凝后的烟气温度相比手工采样也更低；二噁英类自动采样系统由于长时间安装在烟道中，因此要设置反吹系统确保管路的清洁，并且要求定期拆解采样单元进行溶剂清洗等维护。

5 方法研究报告

5.1 方法研究的目标

本标准规定了二噁英自动采样系统的系统组成、技术要求、性能指标、检测方法、质量保证和质量控制。

本标准适用于固定污染源废气二噁英自动采样系统的设计、生产和检测。

5.2 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 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试

验方案

GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ/T 48 烟尘采样器技术条件

HJ 76 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

5.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

5.3.1 二噁英自动采样系统 automatic sampling system for PCDDs/PCDFs

能够连续采集 24 h~28 d，并且可远程控制启停、设置程序样品采集的固定污染源废气二噁英类样品自动采集系统。

二噁英类自动采样系统的工作原理同 HJ 77.2 中二噁英类手工采样器的原理类似，均是将烟气中的颗粒物分离后进行富集、吸附。区别在于：二噁英类自动采样系统冷凝后的干烟气和冷凝水一起进入吸附装置，被吸附剂（一般为 XAD）充分吸附后排放，样品不包含冷凝水，便于长时间采样后样品预处理的可操作性；二噁英类自动采样系统采样过程中，采样位置固定而不进行移位换点，虽然排气筒中颗粒物的分布并不均匀，但在较长采样时间的情况下，单一点位颗粒物的浓度能够接近采样断面颗粒物的平均浓度，根据 EN 1948-5，采样时间一般不少于 24 h；鉴于二噁英类自动采样系统的工作特点，采样开始后无需进行人工操作，因此可进行远程控制采样器的启停，并可根据需求进行程序采样。

5.4 二噁英类自动采样系统组成和原理

5.4.1 方法原理

本标准采用的固定污染源废气二噁英类自动采样系统满足 HJ/T 48 中有关烟尘采样器的技术条件，采用过滤/冷凝的采样原理，主要采样过程为：包含气相和颗粒物相的烟气经采样嘴进入带有加热功能（防止烟气中的水分冷凝）的采样管和过滤装置，过滤装置中安装有滤筒，烟气经滤筒过滤将颗粒物相截留；不含颗粒物相的烟气进行入冷凝器冷凝，冷凝器的温度足够低以保证出口烟气温度在 20℃ 以下，冷凝后的干烟气和冷凝水一起进入吸附装置；吸附装置中装有吸附剂（一般为 XAD），吸附剂将干烟气和冷凝水中的目标物进行充分吸附；烟气经过吸附装置后经过计量系统、采样泵等排出，完成采样过程。样品包括滤筒和吸附剂，单个样品的采样时间一般为 24 h~672 h（28 d）左右。

5.4.2 二噁英类自动采样系统组成

固定污染源废气二噁英类自动采样系统是通过采样管、S 型皮托管、热电偶等预先测得或获取排气静压、动压、水分含量、烟气温度等参数，计算烟气流速，选择合适的采样嘴直

径,采样过程中由采样器自动计算烟气流速跟踪采样流量,控制电路调整采样泵的抽气能力,使实际流量与计算的采样流量相等,采样器进行自动等速采样。在保证目标污染物不会穿透吸附剂的情况下,能够长时间进行样品采集,并可实现远程控制采样的启停。

二噁英类自动采样系统主要由烟气参数测量单元、样品采集单元、流量控制单元、数据采集和处理单元及其他辅助设备组成,见图3。冷凝吸附装置及其前端(采样嘴端)与烟气直接接触的部分应设计成方便拆卸的结构,便于定期进行清洗、更换等维护操作。

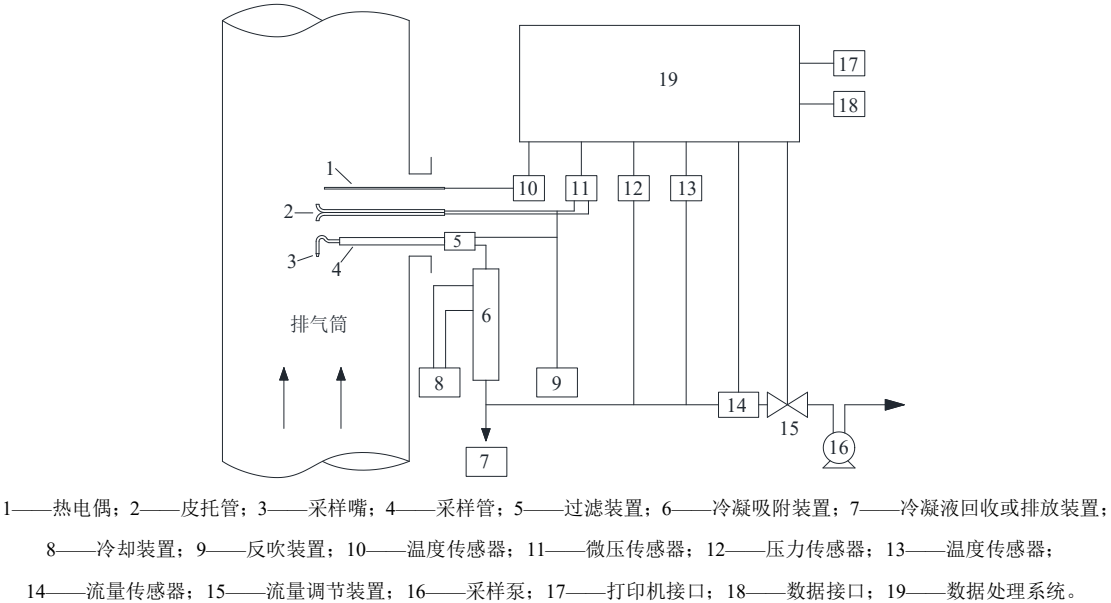


图3 固定污染源废气二噁英类自动采样系统示意图

5.4.3 烟气参数测量单元

主要由采样管、皮托管、温度计、氧气测量单元、湿度测量单元等部分组成。

5.4.4 样品采集单元

主要包括采样嘴、采样管、过滤装置、冷凝器、冷凝吸附装置、样品传输管线和采样泵等。

5.4.5 流量控制单元

主要由温度计、真空压力表、瞬时流量计和累积流量计等部分组成。

5.4.6 数据采集和处理单元

主要包括数据采集、存储和处理模块以及相关控制软件等。

5.4.7 辅助设备

主要包括反吹装置、冷却装置、冷凝液回收或排放装置等。

5.5 技术要求

5.5.1 外观要求

本标准规定二噁英类自动采样系统在明显位置应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器的名称、型号、生产单位、出厂编号、生产日期等信息。外观应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。

外观要求引用了 HJ/T 48 标准的相关内容。

5.5.2 工作条件

本标准的工作条件满足 HJ/T 48 的要求，同时参考 HJ 76 的相关内容，二噁英类自动采样系统在以下环境条件下应能正常工作，对于高海拔、高湿度、低温等特殊环境条件下的安装和使用，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

- (1) 室内环境温度：15℃～35℃；室外环境温度：-20℃～50℃。
- (2) 相对湿度：≤85% RH。
- (3) 大气压：80 kPa～106 kPa。
- (4) 供电电压：AC 220 V±22 V，50 Hz±1 Hz。

5.5.3 安全要求

(1) 绝缘电阻。在环境温度为 15℃～35℃，相对湿度≤85% RH 条件下，二噁英类自动采样系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻≥20 MΩ。

(2) 绝缘强度。在环境温度为 15℃～35℃，相对湿度≤85% RH 条件下，系统在 1500 V（有效值）、50 Hz 正弦波试验电压下持续 1 min，不应出现击穿或飞弧现象。绝缘电阻与绝缘强度是一般要求，内容参考《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分：通用要求》（GB 4793.1-2007）。

(3) 二噁英类自动采样系统应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止雷击等对系统造成损坏。

5.5.4 功能要求

5.5.4.1 烟气参数测量单元要求

烟气参数可由系统直接测量，也可通过同一采样点位的烟气排放连续监测系统（CEMS）获得。测量原理、装置等应满足 GB/T 16157 或 HJ 76 相关要求，由 CEMS 系统获得时，数据传输应满足 HJ 212 的相关要求。

5.5.4.2 样品采集单元要求

(1) 材料。样品采集单元的材质应选用耐高温、防腐蚀、不吸附和与目标化合物发生反应的材料。此外，样品采集单元的材料还应便于维护、清洗和更换。

(2) 采样嘴。为适应不同的烟气流速，应备有多种口径的采样嘴，采样嘴要便于更换。采样嘴应满足 GB/T 16157 和 HJ/T 48 相关要求。

(3) 采样管。应具有加热、保温功能，整体控温为 105℃～125℃，确保采样管温度高于烟气露点，加热电源电压一般应取 36 V 安全电压，采用高压做加热电源时，应设有保安

措施，防止人身触电，绝缘电阻应不小于20 MΩ。有关采样管的技术要求见HJ/T 48。

(4) 过滤装置。在采样管和冷凝器间设置过滤装置，过滤装置应留有足够空间容纳过滤材料，使得过滤材料满足长期采样时烟尘的过滤需求。采样管和过滤装置及其连接部分，应具备加热和保温功能。过滤装置加热温度参考HJ 77.2，一般在105℃～125℃范围内，确保过滤装置部分温度高于烟气露点，其实际温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询。

(5) 冷凝吸附装置。包括冷凝装置和吸附装置两个部分，冷凝装置通入冷却液用于冷却烟气，吸附装置用于装载吸附剂。冷凝装置一般采用玻璃材质，可通入由冷却装置提供的冷却液，能将过滤装置过滤后的烟气在冷凝装置出口冷却至20℃以下，并使冷凝水流入吸附装置的吸附剂中。冷凝装置出口烟气冷却至20℃以下，是为了保证吸附剂对烟气中的吸附效率，数据参考了EN 1948-5中5.2节的内容。吸附装置装载的吸附剂（一般为XAD-2树脂）能够满足不同采样时间下样品采集需求，为防止烟气和冷凝液流经吸附剂时产生通道现象，冷凝吸附装置应采用垂直安装方式，使冷却后的烟气和冷凝液由上至下流经吸附剂。此外，冷凝吸附装置应便于拆卸和更换。

(6) 采样泵。应具备克服烟道负压的足够抽气能力，并且保障采样流量准确可靠、相对稳定。采样泵的空载抽气流量应 ≥ 40 L/min；当二噁英类自动采样系统负载阻力为20 kPa时，流量应 ≥ 20 L/min；在常温下，入口负载阻力为5 kPa真空度下运行，其平均无故障时间应 ≥ 1000 h；采样泵在13 kPa恒阻力下以20 L/min的流量连续运行30 min，流量波动 ≤ 2 L/min。

(7) 清洗溶剂。使用分析纯的丙酮、甲苯等有机溶剂对系统的冷凝吸附装置及其前端（采样嘴端）与烟气直接接触的部分进行清洗。

5.5.4.3 流量控制单元要求

(1) 温度计。用于测量进入流量计前（瞬时流量计或累积流量计）的气体温度，参考HJ/T 48，精确度优于1.5%，测量上限应 ≤ 60 ℃，最小分度值应 ≤ 1 ℃。

(2) 真空压力表。用于测量进入流量计前的气体压力，参考HJ/T 48，精确度应 $\geq 2.5\%$ ，最小分度值应 ≤ 0.5 kPa。

(3) 流量计。用于测量采样时的瞬时流量，精确度应 $\geq 2.5\%$ ，最小分度值应 ≤ 1 L/min。

(4) 累积流量计。针对烟气参数变化频繁、密度不均匀的特点，为了准确测量采样体积，本标准采用容积式流量计测量采样时段的累积体积。其优点为测量烟气采样体积时，测量烟气的温度、压力就能进行标准状态体积计算，无需烟气密度等其他估算的参数，采样体积更加准确、可靠。采用容积式流量计进行采样体积计算时，参考HJ/T 48的要求，精确度应 $\geq 2.5\%$ 。

(5) 二噁英类自动采样系统应具有采样时间控制及计时功能，并可进行时钟、采样时间、间隔时间设置。

(6) 二噁英类自动采样系统需具备自动跟踪烟气流速变化调节采样流量的等速跟踪采样功能，一般采用等速跟踪的采样方式，等速跟踪吸引误差参考HJ/T 48，应不超过 $\pm 8\%$ 。

(7) 当二噁英类自动采样系统采样的流速与采样点流速的偏差超过 $\pm 10\%$ ，且持续时间超过了60 s时，系统应停止采样并给出报警记录和累计采样时间记录，用于判断该采集样

品的有效性。

(8) 当二噁英类自动采样系统采用间歇式采样方式时, 应记录每次采样的时长及累积流量, 同时应记录烟气温度、氧气含量、湿度等其他烟气工况参数。

(9) 当二噁英类自动采样系统在工作过程中出现了断电情况时, 系统应停止采样时间累积并记录断电时间。重新供电后系统应能自动恢复采样功能, 并继续累积采样时间, 同时记录来电时间。采样结束后应能显示、打印和输出采样过程中的断电、来电时间及本次采样的总采样时间。

5.5.4.4 数据采集和处理单元要求

(1) 根据二噁英类自动采样系统测量烟气参数的原理和工作方式, 系统应能至少5 s自动测量并显示一组瞬时流量、流量计前温度、流量计前压力等参数。

(2) 二噁英类自动采样系统应能至少每1 min自动计算一次累积工况采样体积和累积标准状态干烟气体积(273.15 K, 101.325 kPa条件下干烟气体积)。

(3) 二噁英类自动采样系统应能至少每5 min记录并存储一组瞬时采样流量、流量计前温度、流量计前压力和累积标准状态体积等数据, 数据为该时段的平均值, 该存储记录可供查询、打印和输出。

(4) 二噁英类自动采样系统应能至少存储一年的采样数据。

(5) 二噁英类自动采样系统应具有远程控制功能。能够远程控制采样系统的启停及数据的传输。

(6) 二噁英类自动采样系统应具有USB等通讯接口。

5.5.4.5 辅助设备要求

(1) 冷却装置。能够提供稳定的循环冷却液(水或其他冷却液), 冷却液温度应足够低, 确保冷凝吸附装置出口烟气温度能够 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。冷却液可选择对设备无腐蚀的专用制冷剂以提高制冷效果, 并对循环冷却系统进行封闭运行, 减少冷却液的挥发的同时增加二噁英类自动采样系统长时间运行的可靠性。

(2) 反吹装置。采为避免颗粒物等在管路中累积, 采用压力空气与采样时气流相反的方向吹扫采样管路/其他测量部件。为便于二噁英类自动采样系统远程启停, 采样器前端的采样杆、采样嘴端、皮托管等需长期置于烟道中, 由于烟道中烟气的流动势必会造成上述置留组件内的烟尘积累, 影响监测结果。采用无油空气压缩机产生的洁净压力气体对二噁英类自动采样系统的烟道置留组件进行反吹, 能够有效减少烟尘的积累。可在采样间隔期间, 采用微流量气体进行持续反吹, 在每次采样前、后再采用高压气体反吹清洁。此外, 无油空气压缩机进气口应设置空气过滤装置并定期维护。

(3) 冷凝液回收或排放装置。如安装冷凝液回收装置, 应保证装置有足够的容积, 选择防腐蚀、不吸附和与目标化合物发生反应的材料; 如安装冷凝液排放装置, 应确保冷凝液及时、顺畅排出。

5.6 性能指标

二噁英类自动采样系统的性能指标气密性、记时误差、流量示值误差、累积体积示值误

差、静压示值误差、流量计前压力示值误差、动压示值误差、零点漂移、等速跟踪响应时间、等速跟踪吸引误差、噪声、比对验证和平均无故障时间等。其中主要技术指标参照 HJ/T 48 的相关要求确定，比对验证指标通过验证实验和参照 EN 1948-5 确定。

表 9 固定污染源废气二噁英类自动采样系统性能指标要求

序号	检测项目		性能要求	检测方法
1	外观		合格	5.7.4.1
2	气密性		负压 6.7 kPa 时泄漏率≤0.6 L/min 或 30 s 内负压下降≤0.2 kPa	5.7.4.2
3	绝缘电阻		≥20 MΩ	5.7.4.3
4	计时误差		≤0.1%	5.7.4.4
5	仪器噪声		≤80 dB（A）	5.7.4.5
6	采样 管 泵	空载流量	≥40 L/min	5.7.4.5.1
7		负载流量	系统负压 20 kPa，流量≥20 L/min	5.7.4.5.2
8		抽气稳定性	流量波动最大值≤2 L/min	5.7.4.5.3
9		平均无故障时间	≥1000 h	5.7.4.11
10		停止抽气动压值	≤5 Pa	5.7.4.5.4
11	采样管	烟气温度示值偏差	不超过±3℃	5.7.4.7
12	流量 计 量 装 置	零点漂移（5 h）	不超过±4 Pa	5.7.4.8.1
13		静压测量压力传感器示值误差	不超过±4%	5.7.4.8.2
14		累积流量传感器前压力传感器示值误差	不超过±2.5%	5.7.4.8.2
15		动压测量微压传感器示值误差	不超过±2%	5.7.4.8.2
16		累积体积示值误差	不超过±2.5%	5.7.4.8.3
17	等速跟踪响应时间		≤20 s	5.7.4.9
18	等速跟踪吸引误差		不超过±8%	5.7.4.10
19	比对验证		手工采样结果≤0.1 ng I-TEQ/m ³ （标准状态干烟气体积，下同）且>0.03 ng I-TEQ/m ³ 时，系统和手工采样的相对偏差不超过±39%；手工采样结果≤0.03 ng I-TEQ/m ³ 时，二者相对偏差不超过±60%。	5.7.4.12

5.7 检测方法

5.7.1 一般要求

为保证检测数据的代表性，需至少抽取2套同型号仪器在指定的场地同时进行检测。检测期间除进行校准外，不允许对仪器进行计划外的维护、检修和调节。如果因供电问题造成测中断，在供电恢复正常后，继续进行检测，已经完成的测试指标和数据有效。如果因仪器故障造成测试中断，在仪器恢复正常后，重新开始检测，已经完成的测试指标和数据作废；检测期间，每台（套）仪器故障次数不应超过2次。各技术指标检测数据均采用仪器数据采集与处理单元存储记录的最终结果。

5.7.2 环境条件

环境条件的相关要求按照HJ/T 48的规定，环境温度：15℃～35℃；相对湿度：≤85% RH；供电电源：AC 220 V±22 V，50 Hz±1 Hz。

5.7.3 检测设备

检测仪器和装置见表10。

表 10 检测仪器和装置

序号	仪器和装置名称	技术要求
1	兆欧表	500 V，测量范围 0～500 MΩ，准确度等级 10 级
2	热电偶温度计	-50℃～400℃，示值偏差不超过±2%
3	烘箱	50℃～250℃
4	标准流量计（器）	最大允许误差不超过±1%
5	电子秒表	分辨率≤0.01 s
6	数字式压力计	测量范围-60 kPa～60 kPa，准确度等级 0.05 级
7	数字式压力表	测量范围-30 kPa～0，准确度等级 0.2 级
8	压力发生器	加压范围-60 kPa～60 kPa
9	补偿式微压计	测量范围 0～2500 Pa，准确度等级 2 等
10	标准皮托管	修正系数≤0.99
11	气压表	测量范围 80 kPa～106.5 kPa，最小分度值≤0.1 kPa
12	声级计	精确度应优于 2%

5.7.4 检测项目和检测方法

5.7.4.1 外观

用目视检查二噁英类自动采样系统的外观，应符合5.5.1中各项要求。

5.7.4.2 气密性

具有自动和手动气密性检查功能，流量计量装置位于采样泵前时，当二噁英类自动采样系统负压为6.7 kPa时，小量程瞬时流量计的流量泄漏率≤0.6 L/min或在30 s内二噁英类自动采样系统负压下降≤0.2 kPa。流量计量装置位于采样泵后时，采样泵前气路的气密性要求同前，当对采样泵后气路施加2 kPa正压时，1 min内压力不变。检测时，关闭采样管与过滤装置之间的阀门，打开采样泵，调节泵进口的调节阀，使二噁英类自动采样系统中的真空压力表或压力传感器负压指示为6.7 kPa，关闭采样泵进口阀门，记录30 s内真空压力表或压力传感器的负压读数下降值。测试结果应符合表9要求。

5.7.4.3 绝缘电阻

在符合检测要求的环境条件下，仪器不通电，用兆欧表测量系统电源接线端子对地或对机壳的绝缘电阻，其结果应符合表9要求。

5.7.4.4 记时误差

用分辨率为0.01 s的电子秒表作为记时标准，二噁英类自动采样系统设定采样时间为1 h，启动采样并启动电子秒表，待采样结束时，同时停止电子秒表，按照公式（1）计算记时误差。其结果应符合表9要求。

$$\Delta t = \frac{t - t_s}{t_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中： Δt ——记时误差，%；

t ——二噁英类自动采样系统设定的采样时间，3600 s；

t_s ——电子秒表测量时间，s。

5.7.4.5 仪器噪声

二噁英类自动采样系统安装滤筒、吸附剂等采样材料，设置采样流量 20 L/min，待流量稳定后，按照 GB/T 3768 中相关内容进行检测。其结果应符合表 9 要求。

5.7.4.6 采样泵

5.7.4.6.1 空载流量

连接好二噁英类自动采样系统，不安装滤筒、吸附剂等采样材料，按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后，将标准流量计一端连接采样器，一端连接三通，三通端接压力发生器和数字式压力表，设置压力发生器为全通状态时，启动采样，待流量稳定后读取流量计显示流量值，其结果应符合表9要求。

5.7.4.6.2 负载流量

连接好二噁英类自动采样系统，安装滤筒、吸附剂等采样材料，按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后，将标准流量计一端连接采样泵，一端连接三通，三通端接压力发生器和数字式压力表，调节压力发生器，使二噁英类自动采样系统负载阻力为20 kPa，启动采样，待流量稳定后读取显示流量波动最大值，其结果应符合表9要求。

5.7.4.6.3 抽气稳定性

连接好二噁英类自动采样系统，安装滤筒、吸附剂等采样材料，按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后，将标准流量计一端连接采样泵，一端连接三通，三通端接压力发生器和数字式压力表，调节压力发生器，使二噁英类自动采样系统负载阻力为13 kPa，启动采样，以20 L/min的流量连续运行30 min，待流量稳定后读取显示流量值，其结果应符合表9要求。

5.7.4.6.4 停止抽气动压值

连接好二噁英类自动采样系统，安装滤筒、吸附剂等采样材料，按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后，按照HJ/T 48的方法，将压力发生器与二噁英类自动采样系统

的动压测量接口相连，调节压力发生器使采样器动压示值为零，然后增加压力并启动采样，待仪器运行稳定后，缓慢降低施加的压力，记录采样泵停止抽气时采样器显示的动压读数，连续重复测定3次，取平均值作为检测结果，检测结果应符合表9要求。

5.7.4.7 烟气温度示值误差

5.7.4.7.1 热电偶（K型）温度计

按照HJ/T 48中的相关方法，采用标准温度计或电位差计检测热电偶（K型）温度计。在温度计的测量范围内均匀选择5个检测点，调节温度或电位差计输出的毫伏值至温度检测点对应的温度或毫伏值，待示值稳定后，记录读数，按照公式（2）计算温度示值误差。每个检测点的示值误差均应满足表9要求。

$$\Delta T = T_i - T_s \quad (2)$$

式中： ΔT ——温度示值误差，℃；

T_i ——第*i*个检测点二噁英类自动采样系统显示的温度，℃；

T_s ——标准温度计显示温度，℃。

5.7.4.7.2 热电阻（Pt100）温度计

按照HJ/T 48中的相关方法，采用标准温度计或直流多值电阻器检测热电阻（Pt100）温度计。在温度计的测量范围内均匀选择5个检测点，调节温度或电阻器输出的电阻值至温度检测点对应的温度或电阻值，待示值稳定后，记录读数，按照公式（2）计算烟气温度示值误差。每个检测点的示值误差均应满足表9要求。

5.7.4.8 流量计量装置

5.7.4.8.1 零点漂移

二噁英类自动采样系统通电预热15 min，稳定后调节动压示值为零，显示稳定后记录系统初始示值 Z_0 ，以后每隔1 h读取零点示值 Z_i ，历时5 h。按照公式（3）计算零点漂移，取其最大值作为检测结果，检测结果应符合表9要求。

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_0 \quad (3)$$

式中： ΔZ ——第*i*次检测的零点漂移，Pa；

Z_i ——第*i*次检测的零点示值，Pa；

Z_0 ——零点初始示值，Pa。

5.7.4.8.2 压力传感器

（1）静压测量压力传感器示值误差

按照HJ/T 48中的相关方法，在压力发生器的压力输出端接一个三通，其一端接数字式压力计，另一端接二噁英类自动采样系统的静压测量接口。在静压传感器测量范围内均匀选择1 kPa、3 kPa、5 kPa、7 kPa和9 kPa 5个检测点，每点调节范围为±0.2 kPa，调节压力发生

器输出压力至检测点压力值,分别记录数字式压力计和二噁英类自动采样系统显示的静压示值,按照公式(4)计算静压测量压力传感器示值误差。每个检测点的示值误差均应满足表9要求。

$$\delta_{pi} = \frac{P_i - P_{si}}{P_{si}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: δ_{pi} ——第*i*个检测点压力示值误差, %;

P_i ——第*i*个检测点二噁英类自动采样系统显示的压力示值, Pa;

P_{si} ——第*i*个检测点数字式压力计显示的压力示值, Pa。

(2) 累积流量传感器前压力传感器示值误差

在压力发生器的压力输出端接一个三通,其一端接数字式压力计,另一端接二噁英类自动采样系统的流量传感器前压力传感器测量接口。在流量传感器前压力传感器测量范围内均匀选择5个检测点,每点调节范围为 ± 1 kPa,调节压力发生器输出压力至检测点压力值,分别记录数字式压力计和系统显示的流量传感器前压力示值,按照公式(4)计算流量传感器前压力传感器示值误差。每个检测点的示值误差均应满足表9要求。

(3) 动压测量微压传感器示值误差

在压力发生器的压力输出端接一个三通,其一端接补偿式微压计,另一端接二噁英类自动采样系统的动压测量微压传感器测量口。在微压传感器0~1000 Pa测量范围内均匀选择100 Pa、300 Pa、500 Pa、700 Pa和900 Pa 5个检测点,每点调节范围为 ± 20 Pa,调节压力发生器输出压力至检测点压力值,分别记录补偿式微压计和系统显示的动压示值,按照公式(4)计算动压测量微压传感器示值误差。每个检测点的示值误差均应满足表9要求。

5.7.4.8.3 累积体积示值误差

二噁英类自动采样系统安装滤筒、吸附剂等采样材料,按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后,将标准累积流量计与二噁英类自动采样系统进气口相连(不包括采样嘴),均匀设定5 L/min、10 L/min、15 L/min、20 L/min、25 L/min和30 L/min 6个检测点,每个检测点调节范围为 ± 2 L/min,启动采样,待二噁英类自动采样系统采样流量稳定后,采样60 min,记录二噁英类自动采样系统的累积标准状态干烟气体积,同时记录标准累积流量计指示的气体体积、相应的气温和压力,按照HJ/T 48的计算方法换算成累积标准状态干烟气体积。每个检测点重复测量3次,按照公式(5)计算累积流量示值误差,取平均值,每个检测点的累积流量示值误差均应满足要求。

$$\delta_{ei} = \frac{Q_i - Q_{si}}{Q_{si}} \times 100\% \quad (5)$$

式中: δ_{ei} ——第*i*个检测点累积流量示值误差, %;

Q_i ——第*i*个检测点二噁英类自动采样系统换算成标准状态干烟气条件下的累积体积, L;

Q_{si} ——第*i*个检测点标准累积流量计换算成标准状态干烟气条件下的累积体积, L。

5.7.4.9 等速跟踪响应时间

二噁英类自动采样系统安装滤筒、吸附剂等采样材料，按照5.7.4.2的方法检查气密性。气密性检查通过后，将微压计与采样器动压测量接口连接，调节微压发生器使二噁英类自动采样系统流量在17 L/min~23 L/min范围内。设置二噁英类自动采样系统工作参数，调节动压至采样嘴内径为6 mm对应的流量检测点上，待系统运行稳定后，迅速调节补偿式微压计使流量高于检定点6 L/min~9 L/min，记录从调节补偿式微压计起到实际跟踪流量值达到调高值的90%的时间；待实际跟踪值稳定后，迅速调节补偿式微压计，使流量回到6 mm采样嘴对应的检测点，记录从调节补偿式微压计时起到实际跟踪流量值变化到检测点值的110%的时间。重复测量3次，取调高和调回2个过程中，6个测量结果的平均值作为等速跟踪响应时间。

5.7.4.10 等速跟踪吸引误差

按照HJ/T 48中关于等速跟踪吸引误差的测定方法进行检测。

5.7.4.11 平均无故障时间

5.7.4.1~5.7.4.10 检测合格后，二噁英类自动采样系统才能进行平均无故障时间的检查。平均无故障时间检查只适用于新生产、研制的二噁英类自动采样系统。将二噁英类自动采样系统整机置于符合要求的检测现场，按正常采样要求安装滤筒、吸附剂等耗材，按照 5.7.4.2 的方法检查气密性。气密性检查通过后，在负载阻力为 5 kPa，流量为 20 L/min 条件下，按照 GB 5080 的相关方法进行检测，记录累计运行时间。在检测过程中，允许对二噁英类自动采样系统进行正常维护（如定期更换滤筒或吸附剂），但不能更换二噁英类自动采样系统零部件。若二噁英类自动采样系统出现故障，无法正常采样，立即停止检测，并以此时刻作为平均无故障时间终点。

5.7.4.12 比对验证

按照 EN 1948-5 的 7.1 节中有关二噁英类自动采样系统和手工采样比对的实验方法进行比对实验。二噁英类自动采样系统和手工采样应至少进行 40 h 的比对验证。系统安装滤筒、吸附剂等采样材料并添加二噁英类采样标，按照 5.7.4.2 的方法检查气密性。气密性检查通过后，按照 HJ 77.2 的方法安装手工采样器并添加二噁英类采样标，系统采样嘴应尽量靠近手工采样嘴。安装完成后，同时启动采样，每天采集不少于 8 h 的样品，共采集 5 d。手工采样每天至少更换一次采样耗材，系统不更换，在手工采样更换耗材时系统暂停采样，更换完成后再同时启动采样。采样结束后，系统和手工采样的样品均按照 HJ 77.2 的方法进行实验室检测，系统是一个样品的测定结果，手工采样的结果是多个样品的平均值。按照公式（6）计算系统与手工采样比对验证的相对偏差。

$$RD = \frac{C_A - C_M}{C_A + C_M} \times 100\% \quad (6)$$

式中：RD——二噁英类自动采样系统与手工采样比对验证的相对偏差，%；

C_A ——二噁英类自动采样系统的检测结果，ng I-TEQ/m³；

C_M ——手工采样检测结果的平均值，ng I-TEQ/m³。

5.8 质量保证

5.8.1 二噁英类自动采样系统直接测量烟气参数时，应注意各传感器的使用寿命，如测氧仪的电化学传感器寿命一般为1年~2年，若发现传感器性能明显下降或已失效，必须及时更换传感器，经计量部门重新检定或校准合格后方可使用。

5.8.2 二噁英类手工采样的采样、提取、净化和上机检测等各环节的质控要求，都应满足 HJ 77.2等相关标准的质控要求。

5.8.3 二噁英类自动采样系统在最长采样时间采样时，二噁英类穿透率应小于 10%。二噁英类采样穿透率的测量方法是，上、下串联安装两支装填相同质量吸附剂的吸附装置，采样一定时间后，分别对上、下两支吸附装置进行检测，按照公式（7）计算该采样时间的二噁英类穿透率。

$$C_T = \frac{C_{\text{下}}}{C_{\text{上}} + C_{\text{下}}} \times 100\% \tag{7}$$

式中： C_T ——二噁英类穿透率，%；
 $C_{\text{上}}$ ——上面吸附装置二噁英类的检测结果，ng I-TEQ/m³；
 $C_{\text{下}}$ ——下面吸附装置二噁英类的检测结果，ng I-TEQ/m³。

编制组为了验证二噁英类自动采样系统在采样 4 周时是否有穿透情况，设计了穿透实验：将同样规格的吸附装置上下串联安装，上、下吸附柱中分别装填 100 g 的吸附剂，在生活垃圾焚烧企业连续采样 700 h（不少于 4 周）后，分别测定上、下吸附柱中的目标物含量，结果见表 11。可见，对于 17 种二噁英类单体，下吸附柱占比总吸附量在 0.4%~6.1%之间；17 种二噁英类的总量，下吸附柱占比总吸附量为 4.9%，符合 EN 1948-5 中采样 4 周二噁英类穿透率应小于 10%的要求。

表 11 穿透实验数据

序号	化合物名称	下吸附柱吸附量(μg)	上吸附柱吸附量 (μg)	下吸附柱占总吸附比 (%)
1	2378-TCDF	1.50	300	0.5
2	12378-PeCDF	3.38	256	1.3
3	23478-PeCDF	1.98	189	1.0
4	123478-HxCDF	2.44	374	0.6
5	123678-HxCDF	11.7	417	2.7
6	234678-HxCDF	16.9	506	3.2
7	123789-HxCDF	2.64	116	2.2
8	1234678-HpCDF	24.9	420	5.6
9	1234789-HpCDF	2.63	108	2.4
10	OCDF	1.01	98.2	1.0
11	2378-TCDD	1.80	183	1.0

12	12378-PeCDD	3.1	852	0.4
13	123478-HxCDD	61.6	1486	4.0
14	123678-HxCDD	194	4928	3.8
15	123789-HxCDD	149	3264	4.4
16	1234678-HpCDD	1106	24800	4.3
17	OCDD	1864	28764	6.1
ΣPCDD/Fs		3448	67060	4.9

5.8.3 每次样品采集前、后应进行试剂清洗。将冷凝吸附装置及其前端（采样嘴端）与烟气直接接触的部分进行必要的拆解后，采用水、丙酮等试剂（试剂须满足 HJ 77.2 的要求）依次进行清洗。其中，样品采集后进行的试剂清洗，清洗液应保存在棕色试剂瓶中，作为系统采集样品的一部分。

编制组根据二噁英类自动采样系统与手工采样比对的研究中发现，采样开始前进行溶剂清洗再进行比对测试的，基本能够满足比对验证要求，而只进行反吹而不进行溶剂清洗的，二噁英类自动采样系统的测试结果一般都要高于手工采样，可见废气中的烟尘对样品中二噁英类的测定结果影响很大，特别是在二噁英类浓度较低的废气中尤为明显。因此建议每次样品采集前、后均应对二噁英类自动采样系统进行一次溶剂清洗。每次采样后，采样管、冷凝吸附装置中都可能吸附一定量的烟尘，为保证样品的代表性，同时也参考 HJ 77.2 的相关要求，采样后对采样管、冷凝吸附装置等吸附剂前与烟气接触部分，进行溶剂清洗，清洗液应单独收集并作为样品的一部分。

5.8.4 无油空气压缩机进气口的空气过滤装置应定期维护。

6 方法验证

6.1 方法验证方案

6.1.1 验证单位及参加情况

本标准主要用于指导二噁英类自动采样系统设备研发、生产以及检验等工作，方法验证主要包括两部分：一是在生活垃圾焚烧企业开展的现场比对验证；二是在采样器检测实验室对参加比对验证的二噁英类自动采样系统开展实验室参数验证。

现场比对验证部分，选择中国环境监测总站、中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）、生态环境部华南环境科学研究所、浙江省生态环境监测中心、天津市生态环境监测中心和中国科学院大连化学物理研究所等 6 家具有二噁英类检测资质的实验室分别在北京、天津、广州、邯郸、杭州等地的 7 家生活垃圾焚烧企业开展比对验证。

参加验证的二噁英类自动采样系统设备厂家有北京雪迪龙科技股份有限公司、浙江天澜光电股份有限公司、北京博赛德科技有限公司、常州磐诺仪器有限公司、恩威雅环境技术（北京）有限公司、南京路林诗环保科技有限公司和杭州微智兆智能科技有限公司等 7 家单位，涵盖了国内外主要的仪器生产厂家。

6.1.2 方法验证方案

6.1.2.1 现场比对验证

6.1.2.1.1 仪器和设备

各验证厂家在采样现场至少安装 1 台套二噁英类自动采样系统用于与手工采样的比对测试。在吸附单元后，设置可以单独收集冷凝水的装置，冷凝水盛装容器应至少满足 8 h 冷凝水的容积，管路及盛装容器的材质应避免对二噁英类产生吸附。

6.1.2.1.2 试剂和材料

(1) 除非另有说明，采样时均使用符合《环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法》(HJ 77.2-2008) 中的实验耗材。XAD、滤筒等采样耗材为避免本底干扰，应提前在实验室进行预处理。

(2) 二噁英类自动采样系统根据 XAD 吸附筒的尺寸、排放浓度等预估 XAD 的装填量。2 h、40 h 比对实验 XAD 装填量应相同。

(3) 手工采样系统应根据排放浓度、单个样品的采样时长等因素预估 XAD 的装填量的比例估算。

(4) 内标物质。采用 EPA 23 系列同位素稀释内标。其中，采样内标的添加量可根据样品溶液的分割比例适当增减，使上机样品中的采样内标与制作相对响应因子时采样内标的质量浓度相同。提取内标的添加量与采样内标相同。手工采样：编制组在采样时间为 2 h~4 h 时，定容体积 10 ml，取 5 ml 进行净化，上机样品体积为 20 μ l，添加了 1 ng EPA 23 SS 采样内标、1 ng EPA 23 IS 提取内标。二噁英类自动采样系统：推荐采样时间 40 h 时，定容体积 10 ml，取 2.5 ml 进行净化，上机样品体积为 20 μ l，添加 3 ng EPA 23 SS 采样内标、3 ng EPA 23 IS 提取内标。

6.1.2.1.3 比对方案

(1) 二噁英类自动采样系统的安装

将二噁英类自动采样系统安装在符合 GB/T 16157 等相关标准的采样点上，采样嘴位置安装在采样点位置的排气筒几何中心点。吸附筒中提前装填 XAD，在采样现场向 XAD 中添加采样内标，然后将吸附筒安装到二噁英类自动采样系统上，检查设备的气密性并确保符合要求。

(2) 手工采样设备的安装

使用符合 HJ 77.2 要求的手工采样设备，采样点的布设应尽量靠近二噁英类自动采样系统的采样点，采样嘴位置安装在采样点位置的排气筒几何中心点。在采样现场向 XAD 中添加采样标，按照 HJ 77.2 的技术要求进行设备的组装、检漏等操作步骤。

(3) 2 h 比对实验

采样时长设为 2 h，同时启动手工采样设备和二噁英类自动采样系统。采样过程注意收集全部自动采样系统的冷凝水。采样结束后，将自动采样系统吸附筒中的 XAD 作为 2 h 比对实验中二噁英类自动采样系统的样品，二噁英类自动采样系统的冷凝水作为单独的样品进

行检测。

(4) 40 h 比对实验

进行 5 天连续采样比对，每天采样 8 h。二噁英类自动采样系统采样 5 天，不更换 XAD；手工采样每天（8 h）应至少采集 2 个样品。每天采样时，要同时启动手工采样设备和二噁英类自动采样系统，手工采样更换采样耗材时，二噁英类自动采样系统不更换，但二噁英类自动采样系统可更换冷凝水收集装置，确保收集到全部的冷凝水。40 h 采样完成后，将所有二噁英类自动采样系统收集的冷凝水作为一个样品。在中断采样时，二噁英类自动采样系统进行反吹并封闭系统避免污染。分别记录每个手工样品的采样体积和二噁英类自动采样系统一共的累积采样体积。

(5) 样品分析

采样结束后应包括以下样品：2 h 二噁英类自动采样系统样品、2 h 二噁英类自动采样系统冷凝水样品、40 h 二噁英类自动采样系统样品、40 h 二噁英类自动采样系统冷凝水样品以及 40 h 时间里不少于 10 个手工采集的样品。将上述样品按照 HJ 77.1 和 HJ 77.2 的方法进行提取、净化和分析。

(6) 数据处理

按照 HJ 77.2 的要求进行数据处理，低于检出限的计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算，检测结果不进行氧含量折算。

6.1.2.2 实验室参数验证

参加验证的二噁英类自动采样系统厂家随机提供 2 套二噁英类自动采样系统，按照 5.7.4 的方法，在中国环境监测总站兴寿仪器检测基地对分别开展主要参数的实验室检测，包括系统的气密性、记时误差、采样泵、烟气温度示值误差、流量计量装置、等速跟踪响应时间和等速跟踪吸引误差等。

6.2 方法验证过程及结论

6.2.1 现场比对验证

6.2.1.1 2 h 比对结果

按照 5.7.4.12 的实验方法，对各厂家的二噁英类自动采样系统与手工采样开展 2 h 比对验证，手工采样和二噁英类自动采样系统分别采集 1 个样品，同时收集二噁英类自动采样系统的冷凝水并进行实验室检测，各验证厂家按照 A~G 随机编号，结果见表 12。

表 12 2 h 比对实验结果 (ng I-TEQ/m³)

厂家	二噁英类自动采样系统	手工采样	相对偏差 (%)	二噁英类自动采样系统冷凝水
A	0.01	0.006	29.8	0.005
B	0.012	0.0095	11.6	0.0069
C	0.014	0.0032	62.8	0.0016

D	0.042	0.056	-14.3	0.00042
E	0.01	0.011	-4.8	0.0045
F	0.027	0.017	22.7	0.0037
G	0.023	0.041	-28.1	0.0012

可见,各厂家的二噁英类自动采样系统在手工采样结果为 0.0032 ng I-TEQ/m³~0.017 ng I-TEQ/m³ 时,相对偏差的绝对值为 4.8%~62.8%,满足 EN 1948-5 中手工采样结果<0.02 ng I-TEQ/m³ 时的评价要求;在手工采样结果为 0.041 ng I-TEQ/m³ 和 0.056 ng I-TEQ/m³ 时,相对偏差的绝对值为 28.1%和 14.3%。

6.2.1.2 40 h 比对结果

按照 5.7.4.16 的实验方法,对各厂家的二噁英类自动采样系统与手工采样开展 40 h 比对验证,结果见表 13。

表 13 40 h 比对实验结果 (ng I-TEQ/m³)

厂家	二噁英类自动采样系统	手工采样	相对偏差 (%)	二噁英类自动采样系统冷凝水
A	0.004	0.009	-38.5	0.0001
B	0.0092	0.019	-34.8	0.0003
C	0.0021	0.0024	-6.7	0.00038
D	0.0035	0.0064	-29.3	0.000026
E	0.0039	0.0033	8.3	0.00024
F	0.0027	0.0012	38.5	0.00025
G	0.0043	0.0068	-22.5	0.00012

可见,40 h 比对时,各厂家的二噁英类自动采样系统在手工采样结果为 0.0012 ng I-TEQ/m³~0.019 ng I-TEQ/m³ 时,相对偏差的绝对值为 6.7%~38.5%。

6.2.1.3 比对结论

EN 1948-5 中关于二噁英类自动采样系统和手工采样 40 h 比对实验的评价标准见图 4。

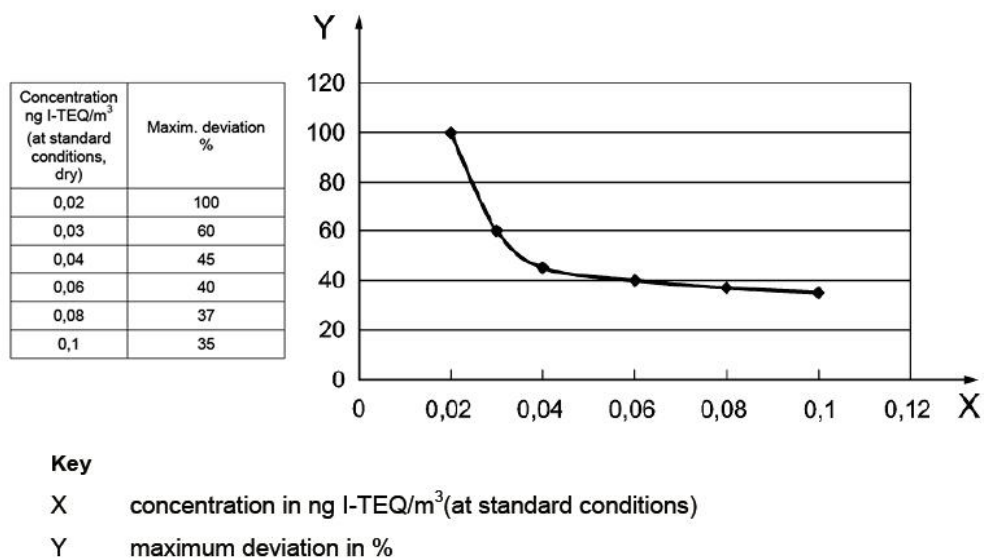


图 4 最大偏差与浓度关系图

图 4 中，X 坐标为手工采样的浓度结果，单位为 ng I-TEQ/m³，Y 坐标为相对偏差的绝对值。手工采样测定结果为 0.1 ng I-TEQ/m³ 时，二者相对偏差绝对值在 35% 时认定合格，而手工采样测定结果为 0.02 ng I-TEQ/m³ 时，二者相对偏差绝对值在 100% 时也可认定合格。手工采样浓度越高其比对的相对偏差绝对值要求越低。

本标准也采用相同的数据处理方式对二噁英类自动采样系统和手工采样的结果进行评价。首先将 40 h 比对验证实验中二噁英类自动采样系统的检测结果按照由低至高的顺序进行排序，然后将相对偏差取绝对值后按照由高至低的顺序进行排序，再将 2 组数据进行拟合绘图，结果见图 5。

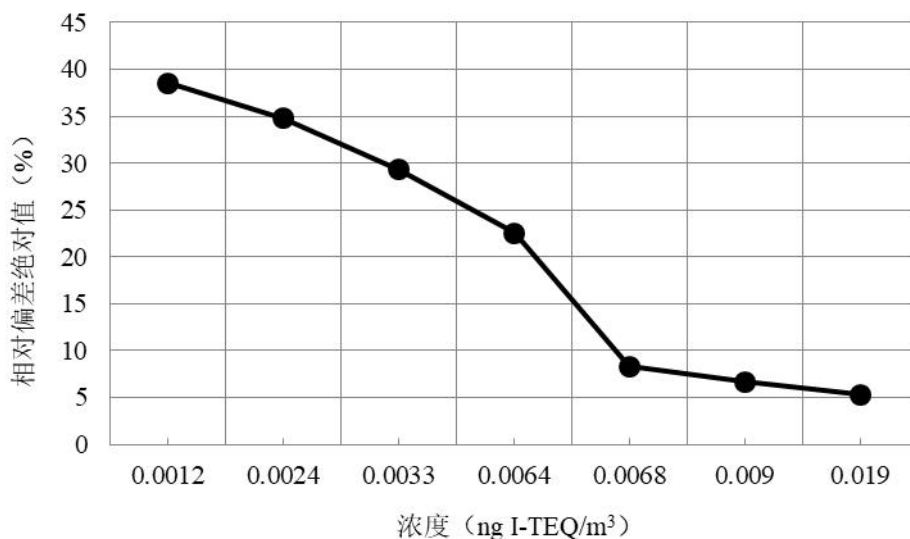


图 5 40 h 比对实验最大偏差与浓度关系图

由图 5 可见，X 坐标为手工采样的浓度结果，单位为 ng I-TEQ/m³，Y 坐标为相对偏差

的绝对值。手工采样测定结果为 0.0012 ng I-TEQ/m³~0.019 ng I-TEQ/m³ 时，二者相对偏差绝对值在 5%~39%之间，符合 EN 1948-5 的标准要求。本标准验证实验的结果虽然优于 EN 1948-5，考虑到二噁英类检测结果通常为 ng/L、pg/L 或更低的浓度水平，所以在低浓度水平应适当放宽相对偏差范围来进行评价，因此采用 EN 1948-5 的评价方法。但 EN 1948-5 没有手工采样结果 >0.1 ng I-TEQ/m³ 和 <0.02 ng I-TEQ/m³ 的数据，结合实际中较难在手工采样 >0.1 ng I-TEQ/m³ 的条件下开展比对工作，因此本标准不考虑 >0.1 ng I-TEQ/m³ 的比对条件；此外，相对偏差 100%时需要一个检测结果为 0 才能获得，这在实际比对中也很难获得，因此本标准也不采用 EN 1948-5 中 0.02 ng I-TEQ/m³ 的数据。

综上，根据 EN 1948-5 的评价结果，结合实验数据，本标准规定，0.03 ng I-TEQ/m³ < 手工采样 ≤ 0.1 ng I-TEQ/m³，取 EN 1948-5 中手工采样结果为 0.1 ng I-TEQ/m³、0.08 ng I-TEQ/m³、0.06 ng I-TEQ/m³、0.04 ng I-TEQ/m³ 的相对偏差的平均值 39%；手工采样 ≤ 0.03 ng I-TEQ/m³ 时，取 EN 1948-5 中手工采样结果为 0.03 ng I-TEQ/m³ 的相对偏差的结果 60%。

6.2.1.4 二噁英类自动采样系统的冷凝水

将表 12 和表 13 中二噁英类自动采样系统的检测结果同对应的二噁英类自动采样系统冷凝水、生活垃圾焚烧排放限值进行占比计算，结果见表 14 和表 15。

表 14 2 h 冷凝水中二噁英类的数据分析 (ng I-TEQ/m³)

厂家	二噁英类自动采样系统	二噁英类自动采样系统冷凝水	生活垃圾焚烧排放限值	冷凝水在二噁英类自动采样系统样品中占比 (%)	冷凝水在生活垃圾焚烧排放限值中占比 (%)
A	0.01	0.005	0.1	33.3	5.0
B	0.012	0.0069	0.1	36.5	6.9
C	0.014	0.0016	0.1	10.3	1.6
D	0.042	0.00042	0.1	1.0	0.42
E	0.01	0.0045	0.1	31.0	4.5
F	0.027	0.0037	0.1	12.1	3.7
G	0.023	0.0012	0.1	5.0	1.2

由表 14 可见，2 h 比对实验中，二噁英类自动采样系统的冷凝水浓度水平极低，为 0.000026 ng I-TEQ/m³~0.00038 ng I-TEQ/m³，在对应的二噁英类自动采样系统的样品中占比为 1.0%~36.5%，在生活垃圾焚烧排放限值中的占比为 0.1%~6.9%。虽然在二噁英类自动采样系统中的占比最高有 36.5%，但由于其浓度水平很低，仅为 0.0003 ng I-TEQ/m³，对样品和超标排放的影响很小。

表 15 40 h 冷凝水中二噁英类的数据分析 (ng I-TEQ/m³)

厂家	二噁英类自	二噁英类自动	生活垃圾焚烧	冷凝水在二噁英类自动采	冷凝水在生活垃圾焚烧
----	-------	--------	--------	-------------	------------

	动采样系统	采样系统冷凝水	排放限值	样系统样品中占比（%）	排放限值中占比（%）
A	0.004	0.0001	0.1	2.4	0.1
B	0.0092	0.0003	0.1	3.2	0.3
C	0.0021	0.00038	0.1	15.3	0.38
D	0.0035	0.000026	0.1	0.7	0.026
E	0.0039	0.00024	0.1	5.8	0.24
F	0.0027	0.00025	0.1	8.5	0.25
G	0.0043	0.00012	0.1	2.7	0.12

由表 15 可见，40 h 比对实验中，二噁英类自动采样系统的冷凝水浓度水平极低，为 $0.000026 \text{ ng I-TEQ/m}^3 \sim 0.00038 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ ，在对应的二噁英类自动采样系统的样品中占比为 $0.7\% \sim 15.3\%$ ，在生活垃圾焚烧排放限值中的占比为 $0.026\% \sim 0.38\%$ 。虽然在二噁英类自动采样系统中的占比最高有 15.3% ，但由于其浓度水平很低，仅为 $0.00038 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ ，对样品和超标排放的影响很小。

综上，二噁英类自动采样系统冷凝水中的二噁英类物质浓度水平很低，对二噁英类自动采样系统的样品影响很小，对生活垃圾焚烧企业的超标排放的贡献极低，结合 EN 1948-5 中过滤冷/凝法原理的设备也不需要单独收集冷凝水，因此，本标准无需对二噁英类自动采样系统的冷凝水进行单独收集和测试。

6.2.2 实验室参数验证

按照 5.7 的方法，对各厂家的 2 台套设备开展实验室检测，结果见表 16～表 19。

表 16 实验室检测结果

项目		气密性 (kPa)	计时 误差 (%)	采样泵				烟气温度示值误差（℃）				
				空载流量 (L/min)	负载流量 (L/min)	抽气稳定性 (L/min)	停止抽气 动压值 (Pa)	0	100	200	300	400
指标要求		≤0.2	≤1	≥40	≥20	≤2	≤5	-3~+3				
A	设备 1	0	0.3	24.8	18.0	0.4	0.2	0	0	2.0	2.7	2.8
	设备 2	0	0.3	23.5	17.3	0	0	0	0	2.0	3.0	2.0
B	设备 1	0.19	0.3	40.0	32.0	0.1	0.1	0.1	0.9	0.2	1.5	1.7
	设备 2	0.19	0.3	41.6	31.9	0	0.8	-0.1	-1.1	-0.4	0.4	1.2
C	设备 1	0.01	0.3	27.3	21.4	2.5	0.1	-0.2	-0.5	1.0	1.0	2.9
	设备 2	0	0.3	20.0	20.0	2.9	0.1	0.2	-1.0	1.0	1.0	1.0

D	设备 1	0.16	0.3	37.7	29.3	0.6	0.1	0	0.2	2.1	1.8	1.9
	设备 2	0.15	0.3	39.0	30.5	0.4	0.6	0	0.5	2.5	2.2	2.9
E	设备 1	0.12	0.3	16.8	12.3	0.1	0.1	1.1	1.1	0.9	1.0	1.1
	设备 2	0.14	0.3	20.9	14.6	0	0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6
F	设备 1	0	0.3	20.5	20.5	0.1	0	1.8	1.6	1.7	1.8	1.6
	设备 2	0	0.3	18.1	17.9	0.2	0	1.9	1.8	2.0	2.2	2.1
G	设备 1	0	0.3	17.5	16.0	0.1	3.1	1.8	1.8	1.8	2.1	2.0
	设备 2	0	0.3	11.4	6.56	0.5	1.5	1.8	1.8	1.9	2.1	2.0

表 17 实验室检测结果

项目		流量计量装置															
		零点漂移 (Pa)	静压测量压力传感器示值误差 (%)					累积流量传感器前压力传感器示值误差 (%)					动压测量微压传感器示值误差 (%)				
			1 kPa	3 kPa	5 kPa	7 kPa	9 kPa	3 kPa	6 kPa	9 kPa	12 kPa	15 kPa	100 Pa	300 Pa	500 Pa	700 Pa	900 Pa
指标要求		-4~+4	-4~+4					-2.5~+2.5					-2~+2				
A	设备 1	0	3.9	2.6	-2.0	-0.9	-5.3	1.4	-0.7	-1.5	-2.0	-1.7	-1.0	-2.3	-1.8	-2.0	-2.0
	设备 2	0	-2.7	3.3	2.9	2.3	1.4	-1.3	0	-1.8	-0.6	-0.1	-3.7	-1.7	-1.6	-1.7	-1.4
B	设备 1	-1.3	3.8	1.0	1.8	0.4	0.2	1.7	3.9	2.4	1.5	3.9	1.2	0.6	0.4	0.5	0.2
	设备 2	-0.4	0	0.3	2.2	2.8	2.8	1.2	0.3	1.6	0.5	0.7	0.8	0.1	1.0	0.3	0.3
C	设备 1	0	-10.6	-3.6	-2.7	-3.7	-2.1	0.3	-0.5	-0.8	1.9	-0.4	-2.2	-1.6	-1.0	-1.0	-1.3
	设备 2	0	-1.0	-2.3	-3.6	-2.3	-1.0	1.4	0.2	1.7	0.2	0.9	-1.0	-2.0	-1.6	-1.4	-1.8
D	设备 1	0	2.2	2.9	2.7	1.7	2.7	1.0	1.4	1.5	0.3	0.5	1.6	2.2	1.0	1.8	1.9
	设备 2	0.2	2.9	1.7	0.8	0.3	1.1	0.6	0.9	0.7	0.6	1.5	1.5	0.6	0.9	1.1	1.6
E	设备 1	0.9	0	0	-0.1	-0.2	-0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	-1.0	0.7	0.8	1.1	1.0
	设备 2	0.4	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0	0.1	-0.4	1.7	0.6	0.4	0.5
F	设备 1	1.2	0	0.1	0.1	0.2	0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-2.9	-3.0	-2.7	-2.6	-2.4
	设备 2	-1.6	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0	0	0	0	0.98	-1.0	0	-0.5	-0.6
G	设备 1	1.0	1.0	-0.7	0.4	1.6	0.1	0	2.0	0	0.9	1.0	-0.41	-0.7	-1.5	-1.1	-1.5
	设备 2	0.2	-1.8	2.0	-0.4	0	2.3	-2.0	-3.7	-3.8	-2.0	-2.4	1.59	0.4	2.2	1.8	1.4

表 18 实验室检测结果

项目		流量计量装置						等速跟踪响应时间（s）	
		累积体积示值误差（%）							
指标要求		-2.5~+2.5						≤20	
A	设备 1	-7.6	-7.4	-6.9	-6.7	-6.5	-6.7	9.2	14.5
	设备 2	-6.4	-6.3	-6.5	-6.2	-6.1	-5.6	10.2	13.4
B	设备 1	-2.6	-2.4	-4.1	-5.0	-4.5	-6.4	16.6	15.0
	设备 2	-4.3	-4.4	-3.5	-2.6	-1.6	-0.6	10.2	8.7
C	设备 1	-5.2	-6.8	-6.5	-6.7	-7.2	-7.2	10.9	15.6
	设备 2	-7.6	-4.6	2.8	-4.9	-4.9	-9.7	7.9	15.0
D	设备 1	-1.6	-0.8	-1.1	-0.9	-0.1	-0.2	9.0	8.0
	设备 2	-1.8	-1.3	-0.7	-0.5	-0.1	-0.2	9.0	7.0
E	设备 1	0.1	0.1	-1.4	-0.7	-3.8	-2.9	5.9	5.5
	设备 2	-2.3	-3.0	-0.2	0.6	1.0	1.8	4.3	4.9
F	设备 1	-2.5	-2.3	-2.2	-2.2	-1.8	-2.1	10.4	17.7
	设备 2	-0.5	-1.3	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4	8.7	13.9
G	设备 1	-2.7	-2.4	-2.1	-2.0	-0.8	0.8	2.2	1.0
	设备 2	-1.6	-1.1	-0.9	-0.4	1.0	2.4	1.9	1.0

表 19 实验室检测结果

项目		等速跟踪吸引误差 (%)				
		5 m/s	10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
指标要求		-8~+8				
A	设备 1	-1.9	-2.6	-2.8	-2.8	-2.2
	设备 2	-1.0	-1.9	-1.6	-1.8	-1.8
B	设备 1	1.1	-1.7	1.8	-2.6	-1.9
	设备 2	-1.1	-1.0	-0.9	-2.0	-2.3
C	设备 1	-3.9	-0.3	-1.3	-1.2	-1.5
	设备 2	0.9	0	3.5	3.4	1.6
D	设备 1	-0.8	-2.9	-4.7	-5.7	-6.6
	设备 2	-3.1	-4.7	-2.6	-6.6	-6.1

E	设备 1	-3.2	-3.2	-1.5	-2.5	-2.3
	设备 2	-2.2	-2.8	-4.8	-6.8	-7.0
F	设备 1	0.9	-0.9	0.7	-1.0	-0.4
	设备 2	1.6	0.3	0	-1.0	-0.4
G	设备 1	-0.4	-2.6	-0.6	-0.5	0.4
	设备 2	-1.5	-1.5	-1.2	-1.1	-0.4

由表 16～表 19 可见，各验证单位的验证设备在气密性、记时误差、停止抽气动压值、烟气温度的示值误差、零点漂移、等速跟踪响应时间和等速跟踪吸引误差等性能指标均满足本标准的预期要求；在抽气稳定性、静压测量压力传感器示值误差、累积流量传感器前压力传感器示值误差和动压测量微压传感器示值误差等性能指标存在个别数据达不到预期要求的情况，但数据极少；空载流量和负载流量的验证数据与本标准的预期要求存在较多差距，在 6.2.1 的现场比对情况来看，各验证单位的采样流量均能满足长期采样要求、但考虑到应适当留有采样泵的功率冗余，便于适应不同的现场工况条件，因此对采样泵的空载流量和负载流量进行了适当的增加；累积体积示值误差的验证数据与本标准的预期要求存在较多差距，但考虑到累积体积对于采样器的重要作用，因此累积体积示值误差仍然采用 HJ/T 48 中不超过±2.5%的要求。

7 与开题报告的差异说明

（1）按照开题论证的修改意见和建议，标准名称由《固定污染源废气 二噁英自动采样系统技术要求》修改为《固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及检测方法》。

（2）二噁英类自动采样系统由于为固定点位采样，在整个采样过程中不进行布点和换点操作，短时间采样时，由于排气筒的颗粒物分布不均匀，会造成采集的颗粒物代表性不足。EN 1948-5 中有关采样时间的要求为：在较长采样时间的情况下，定点采样采集与布点采样采集的颗粒物趋于相同，因此最短采样时间为 24 h。参考 EN 1948-5，本标准采样时间由 2 h～4 周，调整为 24 h～672 h（28 d）。

（3）溶剂清洗次数由每次样品采集之后应进行一次溶剂清洗，修改为每次样品采集前、后应进行一次溶剂清洗，每年至少进行一次溶剂清洗。由于二噁英类自动采样系统在不采样时依然放置在排气筒中，根据比对验证实验及调研中的实际情形，每次样品采集前、后均应对二噁英类自动采样系统进行一次溶剂清洗，每年至少进行一次溶剂清洗。为便于进行溶剂清洗操作，采样器应设计成便于拆解的结构，方便拆解吸附装置及其前端（采样嘴端）与烟气直接接触部分。

8 标准征求意见稿技术审查情况

8.1 标准征求意见稿技术审查情况

2024 年 8 月，生态环境部监测司组织征求意见稿技术审查会，专家组听取了标准主编

单位所作的标准文本和编制说明的内容介绍，经质询、讨论，形成以下审查意见：标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；标准主编单位对国内外方法标准及文献进行了充分调研；标准定位准确，技术路线合理可行，方法验证内容完善。专家组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：鉴于目前的技术水平，比对验证的评价要求建议采用欧盟 EN 1948-5 的要求；按照《环境监测分析方法标准制订技术导则》（HJ 168-2020）和《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。

8.2 标准征求意见稿技术审查修改情况

2024 年 8 月，编制组按照专家意见进一步完善了标准征求意见稿。对标准文本中表 1 比对验证的内容修改为：手工采样结果 $\leq 0.1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ （标准状态干烟气体积，下同）且 $> 0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 时，系统和手工采样的相对偏差不超过 $\pm 39\%$ ；手工采样结果 $\leq 0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 时，二者相对偏差不超过 $\pm 60\%$ ；对编制说明中 6.2.1.3 中的比对评价结论修改为： $0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3 < \text{手工采样} \leq 0.1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ ，取 EN 1948-5 中手工采样结果为 0.1 ng I-TEQ/m^3 、 $0.08 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 、 $0.06 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 、 $0.04 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 的相对偏差的平均值 39%；手工采样 $\leq 0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 时，取 EN 1948-5 中手工采样结果为 $0.03 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ 的相对偏差的结果 60%；按照 HJ 168 和 HJ 565 要求对标准文本和编制说明进行了编辑性修改。

9 参考文献

- [1] 赵毅，张玉海，闫蓓.二噁英的生成及污染控制[J].环境污染治理技术与设备，2006，7（11）：1-7.
- [2] 奚红霞，李忠，张海兵.环境中剧毒物二噁英的成因、危害及治理技术[J].化学工程，2002，30（6）：44-48.
- [3] TAYLOR P H, DELLINGER B. Pyrolysis and molecular growth of chlorinated hydrocarbons[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 1999(49): 9-29.
- [4] ABAD E, CAIXACH J, RIVERA J, et al. Surveillance programme on dioxin level in ambient air sites in Catalonia(Spain) [J]. Chemosphere, 2002, 49: 697-702.
- [5] 马文鹏，张秦铭，张会强等.我国环境二噁英监测现状分析[J].安徽农业科学，2014，42（1）：191-192.
- [6] 武亚凤，陈建华，张国宁等.二噁英的污染现状及健康效应[J].环境工程技术学报，2016，6（3）：229-238.
- [7] 吕亚辉，黄俊，余刚等.中国二噁英排放清单的国际比较研究[J].环境污染与防治，2008,30（6）：71-74.
- [8] 吉贵详，顾杰，郭敏等.生活垃圾焚烧二噁英排放对人群健康影响研究进展[J].环境监控与预警，2020，12（5）：75-80.
- [9] 余莉萍.广州大气中二噁英的浓度分布和几种典型二噁英排放源的初步研究[D].广州：中国科学院广州地球化学研究所，2017.
- [10] Chih-Ming Lin, Chung-Yi Li, I-Fang Mao. Birth outcomes of infants born in areas with

- elevated ambient exposure to incinerator generated PCDD/Fs[J]. *Environment International*, 2006, 32: 624-629.
- [11] C. Micheletti, A. Critto, A. Marcomini. Assessment of ecological risk from bioaccumulation of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in a coastal lagoon[J]. *Environment International*, 2007, 33: 45-55.
- [12] 张兵.二噁英的研究进展及影响[J].*职业与健康*, 2001, 17 (1): 46-47.
- [13] 倪余文, 綦懿, 宋道等.焚烧源二噁英连续采样技术与运行评价[J].*环境监测管理与技术*, 2015, 27 (5): 38-40.
- [14] EPA 23-2017, Determination of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Municipal Waste Combustors[S].
- [15] JIS K 0311-2018, Method for determination of tetra-through octachlorodibenzo-*p* -dioxins, tetra-through octachlorodibenzofurans and dioxins- like polychlorinatedbiphenyls in stationary source emissions (Amendment 1) [S].
- [16] EN 1948-5 2015, Stationary source emissions Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs Part 5. Long-term sampling of PCDDs/PCDFs and PCBs [S].
- [17] EN 1948-1 2006, Stationary source emission-Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs-Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs [S].
- [18] EN 13284-1 2017, Stationary source emission- Determination of low range mass concentration of dust- Part 1: Manual gravimetric method [S].
- [19] 环境保护部.环境空气和废气二噁英类的测定同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法: HJ 77.2-2008[S].北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [20] 国家环境保护总局.危险废物(含医疗废物)焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范: HJ/T 365-2007[S].北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [21] 国家环境保护总局.烟尘采样器技术条件: HJ/T 48-1999[S].北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [22] 国家环境保护总局.固定污染源废气监测技术规范: HJ/T 397-2007[S].北京: 中国环境科学出版社, 2007.

附件一：

方法验证报告

方法名称：固定污染源废气二噁英自动采样系统技术要求及
检测方法

项目主编单位：中国环境监测总站

设备验证单位：北京雪迪龙科技股份有限公司、浙江天澜能源环保科技有限公司、北京博赛德科技有限公司、常州磐诺仪器有限公司、恩威雅环境技术（北京）有限公司、南京路林诗环保科技有限公司和杭州微智兆智能科技有限公司

实验室检测单位：中国环境监测总站、中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）、生态环境部华南环境科学研究所、浙江省生态环境监测中心、天津市生态环境监测中心和中国科学院大连化学物理研究所

项目负责人及职称：于海斌 正高级工程师

通讯地址：北京市朝阳区安外大羊坊 8 号院乙 电话：010-84943260

报告编写人及职称：于海斌 正高级工程师

报告日期：2023 年 6 月 1 日

1 实验室基本情况

本标准主要用于指导二噁英类自动采样系统设备研发、生产以及检验等工作，方法验证主要包括两部分：一是在生活垃圾焚烧企业开展的现场比对验证；二是在采样器检测实验室对参加比对验证的二噁英类自动采样系统开展实验室参数验证。

现场比对验证部分，选择中国环境监测总站、中日友好环境保护中心（生态环境部环境发展中心）、生态环境部华南环境科学研究所、浙江省生态环境监测中心、天津市生态环境监测中心和中国科学院大连化学物理研究所等 6 家具有二噁英类检测资质的实验室分别在北京、天津、广州、邯郸、杭州等地的 7 家生活垃圾焚烧企业开展比对验证。参加现场比对验证的实验室、验证人员的基本情况，见附表 1。

附表 1 参与手工验证的实验室、人员情况表

单位	姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析工作年限
中国环境监测总站	于海斌	男	43	正高工	环境工程	12
	郑晓燕	女	45	正高工	环境科学	12
	吴静	女	34	高工	环境科学	4
	张静星	女	31	工程师	应用化学	5
	梁宵	男	44	高工	环境工程	16
	刘通浩	男	35	高工	环境工程	10
中日友好环境保护中心 （生态环境部环境发展中心）	郑森	男	36	工程师	环境工程	13
	刘浩然	男	28	工程师	环境工程	5
	王琰	男	28	工程师	环境工程	5
生态环境部华南环境科学研究所	尹文华	男	36	工程师	环境工程	11
	青宪	男	41	副研究员	分析化学	14
	李旭东	男	30	工程师	环境工程	7
	龙世康	男	28	助工	分析化学	3
	杨艳艳	女	35	工程师	环境科学	10
天津市生态环境监测中心	张肇元	男	33	工程师	化学工程与工艺	12
	张静	女	34	高工	环境工程	5
	王效国	男	31	工程师	环境工程	8
	刘殿甲	男	36	工程师	有机化学	5
	王洪乾	男	36	助工	信息技术应用与管理	4
浙江省生态环境监测中心	巩宏平	男	43	高工	光学	16
	王玲	女	37	高工	环境工程	14
	傅清云	男	29	助工	环境科学与工程	3
	潘初红	女	27	助工	化学工程与工艺	4
中国科学院大连化学物理研究所	倪余文	男	56	正高工	土壤生态学	20
	张亦弛	女	38	副研究员	环境科学	12
	杜平	女	64	实验师	化学	20

	赵亮	男	41	工程师	环境科学	15
	杜杰	女	42	工程师	化学	14
	史振国	男	40	工程师	化学	10

参加验证的二噁英类自动采样系统设备厂家有北京雪迪龙科技股份有限公司、浙江天澜光电股份有限公司、北京博赛德科技有限公司、常州磐诺仪器有限公司、恩威雅环境技术（北京）有限公司、南京路林诗环保科技有限公司和杭州微智兆智能科技有限公司等 7 家单位，见附表 2，涵盖了国内外主要的仪器生产厂家。

附表 2 标准验证单位及设备

验证单位	设备名称及型号	验证地点
北京雪迪龙科技股份有限公司	二噁英类自动连续采样系统 SCS-900DS	北京高安屯垃圾焚烧有限公司
浙江天澜光电股份有限公司	二噁英在线连续取样系统 TL-DOCS-01	广州环投增城环保能源有限公司
北京博赛德科技有限公司	二噁英长期采样器 DECS	魏县德尚环保有限公司
常州磐诺仪器有限公司	烟道气二恶英连续采样仪 GAC-01	天津泰达环保有限公司
恩威雅环境技术（北京）有限公司	二噁英连续在线取样设备 AMESA-D	北京南宫生物质能源有限公司
南京路林诗环保科技有限公司	二噁英类自动连续采样系统 LLS-DMS 800A	光大环保能源（天津）有限公司
杭州微智兆智能科技有限公司	二噁英全自动采样系统 DXS-A01	杭州萧山城市绿色能源有限公司

实验室参数验证部分，由中国环境监测总站组织附表 2 的二噁英类自动采样系统设备厂家在中国环境监测总站兴寿仪器检测基地开展。参加实验室参数验证的单位、验证人员的基本情况，见附表 3。

附表 3 参与实验室参数验证的单位、人员情况表

单位	姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析工作年限
北京雪迪龙科技股份有限公司	付斌	男	41	高级工程师	机械设计及其自动化	18
	关旭春	男	39	高级工程师	电子信息工程	16
	闫军	男	40	高级工程师	机械设计及其自动化	14
浙江天澜光电股份有限公司	倪建伟	男	48	总经理	测控技术	28
	曹震	男	40	工程师	仪器仪表	14
	金尚武	男	31	工程师	机械设计制造及其自动化	7
北京博赛德科技有限公司	孔救南	男	42	技术总工	机电工程	17
	刘峰	男	39	技术工程师	食品加工	6

常州磐诺仪器有限公司	王涵文	男	50	总经理	分析化学	20
	王振兴	男	41	工程师	机械工程	15
	里东	男	44	工程师	电子信息工程	15
恩威雅环境技术（北京）有限公司	贾爱国	男	40	技术部经理	自动化	15
	黄宾	男	41	技术主管	自动化	18
南京路林诗环保科技有限公司	宋文兵	男	38	技术总监	自动化	11
	宋昊	男	31	技术工程师	网络工程	9
	邱文丁	男	24	技术工程师	自动化	2
杭州微智兆智能科技有限公司	柳世波	男	36	技术总监	控制工程	14
	谢金明	男	34	电气工程师	电气自动化	11
	余飞	男	29	结构工程师	材料成型及控制工程	6

2 现场比对验证

各厂家提供 1 套二噁英类自动采样系统与手工采样开展 2 h 和 40 h 现场比对验证。2 h 验证中，手工采样和二噁英类自动采样系统分别采集 1 个样品，同时收集二噁英类自动采样系统的冷凝水并进行实验室检测，各验证厂家按照 A~G 随机编号。

2.1 验证单位 A 数据

附表 4 2 h 比对实验测试数据表 (ng I-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.000045L	0.000025L	0.00050
2	12378-PeCDF	0.00015L	0.000075L	0.00015L
3	23478-PeCDF	0.0050L	0.0023L	0.0050L
4	123478-HxCDF	0.0010L	0.00045L	0.0010L
5	123678-HxCDF	0.00025L	0.00010L	0.00025L
6	234678-HxCDF	0.00025L	0.00010L	0.00025L
7	123789-HxCDF	0.00025L	0.00010L	0.00070
8	1234678-HpCDF	0.00010	0.000010L	0.00011
9	1234789-HpCDF	0.000030L	0.000015L	0.000030L
10	OCDF	0.000020L	0.000010L	0.000020L
11	2378-TCDD	0.00045L	0.00025L	0.00050L
12	12378-PeCDD	0.0013L	0.00050L	0.0013L
13	123478-HxCDD	0.00040L	0.00020L	0.00040L

14	123678-HxCDD	0.00045L	0.00025L	0.00050L
15	123789-HxCDD	0.00035L	0.00015L	0.00035L
16	1234678-HpCDD	0.00028	0.000020L	0.00017
17	OCDD	0.000048	0.0000025L	0.000030
18	Σ PCDD/Fs	0.010	0.0045	0.011

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

附表 5 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.0014	0.0000010L	0.00014
2	12378-PeCDF	0.000075	0.0000025L	0.000080
3	23478-PeCDF	0.0015	0.00013L	0.0015
4	123478-HxCDF	0.000050L	0.000025L	0.00020
5	123678-HxCDF	0.000090	0.0000050L	0.00020
6	234678-HxCDF	0.00013	0.0000050L	0.00032
7	123789-HxCDF	0.000010L	0.0000050L	0.000040
8	1234678-HpCDF	0.000029	0.00000050L	0.000051
9	1234789-HpCDF	0.0000050	0.00000050L	0.000013
10	OCDF	0.0000010L	0.00000050L	0.0000040
11	2378-TCDD	0.000025L	0.000010L	0.000060
12	12378-PeCDD	0.00015	0.000025L	0.00030
13	123478-HxCDD	0.000050	0.000010L	0.000060
14	123678-HxCDD	0.00017	0.000010L	0.00016
15	123789-HxCDD	0.00010	0.000010L	0.000090
16	1234678-HpCDD	0.00011	0.0000010L	0.00010
17	OCDD	0.000019	0.00000020	0.000020
18	Σ PCDD/Fs	0.0039	0.00024	0.0033

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

2.2 验证单位 B 数据

附表 6 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.00047	0.000040L	0.00017
2	12378-PeCDF	0.00035	0.000050L	0.00010
3	23478-PeCDF	0.0060	0.00050L	0.0015
4	123478-HxCDF	0.00090	0.000050L	0.00020
5	123678-HxCDF	0.0011	0.00010L	0.00020
6	234678-HxCDF	0.0015	0.000050L	0.00020
7	123789-HxCDF	0.00010L	0.00010L	0.000050L
8	1234678-HpCDF	0.00029	0.000010L	0.000050
9	1234789-HpCDF	0.000040	0.000010L	0.000010
10	OCDF	0.0000060	0.0000020L	0.0000030
11	2378-TCDD	0.00025L	0.00025L	0.00020L
12	12378-PeCDD	0.0010	0.00025L	0.00025L
13	123478-HxCDD	0.00030	0.00010L	0.000050L
14	123678-HxCDD	0.00060	0.000050L	0.00010
15	123789-HxCDD	0.00030	0.000050L	0.000050L
16	1234678-HpCDD	0.00040	0.000010L	0.000080
17	OCDD	0.000052	0.0000025L	0.000014
18	∑PCDD/Fs	0.014	0.0016	0.0032
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

附表 7 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.000090	0.000010L	0.000080
2	12378-PeCDF	0.000050	0.000010L	0.000065
3	23478-PeCDF	0.00065	0.00010L	0.00075
4	123478-HxCDF	0.00011	0.000020L	0.00013

5	123678-HxCDF	0.00011	0.000020L	0.00012
6	234678-HxCDF	0.00014	0.000020L	0.00011
7	123789-HxCDF	0.000020L	0.000020L	0.000015L
8	1234678-HpCDF	0.000036	0.0000025L	0.000034
9	1234789-HpCDF	0.0000025L	0.0000025L	0.0000070
10	OCDF	0.00000050L	0.00000050L	0.0000029
11	2378-TCDD	0.000050L	0.000050L	0.000045L
12	12378-PeCDD	0.00050	0.000075L	0.00065
13	123478-HxCDD	0.000070	0.000020L	0.00010
14	123678-HxCDD	0.00012	0.000015L	0.00016
15	123789-HxCDD	0.000080	0.000015L	0.000080
16	1234678-HpCDD	0.000053	0.0000020L	0.000067
17	OCDD	0.0000070	0.00000050L	0.000018
18	$\sum$ PCDD/Fs	0.0021	0.00038	0.0024
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

2.3 验证单位 C 数据

附表 8 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.0019	0.00002L	0.00041
2	12378-PeCDF	0.0004	0.00003L	0.0003
3	23478-PeCDF	0.015	0.001L	0.0060
4	123478-HxCDF	0.0017	0.0002L	0.0023
5	123678-HxCDF	0.0017	0.0001L	0.0016
6	234678-HxCDF	0.0007	0.0002L	0.0006
7	123789-HxCDF	0.0027	0.0004L	0.0022
8	1234678-HpCDF	0.00051	0.00002L	0.00075
9	1234789-HpCDF	0.00008	0.00002L	0.0001
10	OCDF	0.00004	0.00001L	0.00009
11	2378-TCDD	0.0004L	0.0004L	0.0005L

12	12378-PeCDD	0.0008L	0.0008L	0.0013L
13	123478-HxCDD	0.00005L	0.00005L	0.0001L
14	123678-HxCDD	0.0002L	0.0002L	0.0003L
15	123789-HxCDD	0.0006	0.0002L	0.0003L
16	1234678-HpCDD	0.00045	0.00002L	0.00035
17	OCDD	0.000083	0.000004L	0.000089
18	Σ PCDD/Fs	0.027	0.0037	0.017

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

附表 9 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.00023	0.0000015L	0.000075
2	12378-PeCDF	0.00013	0.0000023L	0.000040
3	23478-PeCDF	0.0013	0.000075L	0.00056
4	123478-HxCDF	0.00013	0.00001L	0.000078
5	123678-HxCDF	0.00012	0.000005L	0.000086
6	234678-HxCDF	0.00013	0.000015L	0.00012
7	123789-HxCDF	0.000045	0.00003L	0.000045
8	1234678-HpCDF	0.000018	0.000001L	0.000040
9	1234789-HpCDF	0.0000027	0.0000015L	0.0000063
10	OCDF	0.0000013	0.00000045L	0.0000086
11	2378-TCDD	0.00016	0.00003L	0.000031
12	12378-PeCDD	0.00027	0.00005L	0.000015
13	123478-HxCDD	0.000023	0.000005L	0.0000056
14	123678-HxCDD	0.000042	0.00001L	0.000032
15	123789-HxCDD	0.000033	0.00001L	0.0000081
16	1234678-HpCDD	0.000018	0.000001L	0.000016
17	OCDD	0.0000033	0.0000003L	0.0000034
18	Σ PCDD/Fs	0.0027	0.00025	0.0012

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

2.4 验证单位 D 数据

附表 10 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.0011	0.000005L	0.0042
2	12378-PeCDF	0.00086	0.000015	0.00020
3	23478-PeCDF	0.015	0.000025L	0.010
4	123478-HxCDF	0.0038	0.00011	0.0042
5	123678-HxCDF	0.0036	0.000005L	0.0041
6	234678-HxCDF	0.0043	0.00001L	0.0083
7	123789-HxCDF	0.0014	0.00001L	0.0026
8	1234678-HpCDF	0.0010	0.000021	0.0035
9	1234789-HpCDF	0.00014	0.0000015L	0.00062
10	OCDF	0.000025	0.0000024	0.00026
11	2378-TCDD	0.0018	0.00005L	0.0021
12	12378-PeCDD	0.0036	0.00005L	0.0028
13	123478-HxCDD	0.00086	0.00002L	0.0018
14	123678-HxCDD	0.0016	0.000015L	0.0037
15	123789-HxCDD	0.0013	0.00002L	0.0024
16	1234678-HpCDD	0.0010	0.000046	0.0045
17	OCDD	0.00014	0.000014	0.0010
18	∑PCDD/Fs	0.042	0.00042	0.056
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

附表 11 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.00012	0.0000005L	0.00018
2	12378-PeCDF	0.000075	0.00000025L	0.000075
3	23478-PeCDF	0.0011	0.0000025L	0.00105

4	123478-HxCDF	0.00034	0.0000005L	0.00041
5	123678-HxCDF	0.00025	0.0000005L	0.00028
6	234678-HxCDF	0.00024	0.0000005L	0.00036
7	123789-HxCDF	0.00012	0.000001L	0.00015
8	1234678-HpCDF	0.000074	0.00000005L	0.00016
9	1234789-HpCDF	0.000012	0.0000001L	0.000032
10	OCDF	0.0000035	0.00000002L	0.000013
11	2378-TCDD	0.0002	0.000005L	0.0004
12	12378-PeCDD	0.00045	0.000005L	0.00065
13	123478-HxCDD	0.00013	0.000001L	0.00021
14	123678-HxCDD	0.00017	0.000004	0.00083
15	123789-HxCDD	0.00012	0.0000015L	0.00059
16	1234678-HpCDD	0.000082	0.000003	0.00091
17	OCDD	0.000014	0.00000053	0.00013
18	Σ PCDD/Fs	0.0035	0.000026	0.0064
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

2.5 验证单位 E 数据

附表 12 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.00024	0.000016	0.0018
2	12378-PeCDF	0.00036	0.000044	0.00087
3	23478-PeCDF	0.0088	0.00072	0.022
4	123478-HxCDF	0.0016	0.000077	0.0023
5	123678-HxCDF	0.0021	0.000085	0.0022
6	234678-HxCDF	0.0032	0.00011	0.00069
7	123789-HxCDF	0.0016	0.000036	0.0036
8	1234678-HpCDF	0.00050	0.0000081	0.00040
9	1234789-HpCDF	0.00016	0.0000039	0.00020
10	OCDF	0.000016	0.00000022	0.000027

11	2378-TCDD	0.0000025L	0.0000025L	0.002
12	12378-PeCDD	0.0014	0.0000013L	0.0018
13	123478-HxCDD	0.00056	0.000034	0.00054
14	123678-HxCDD	0.0010	0.000019	0.0010
15	123789-HxCDD	0.00073	0.000022	0.00083
16	1234678-HpCDD	0.00072	0.000015	0.00067
17	OCDD	0.000055	0.00000083	0.000087
18	Σ PCDD/Fs	0.023	0.0012	0.041

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

附表 13 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.00011	0.000003	0.0001
2	12378-PeCDF	0.000087	0.000003	0.00015
3	23478-PeCDF	0.0019	0.000065	0.003
4	123478-HxCDF	0.0002	0.000004	0.0004
5	123678-HxCDF	0.0003	0.000003	0.0005
6	234678-HxCDF	0.0004	0.00001	0.00071
7	123789-HxCDF	0.0003	0.000002	0.0004
8	1234678-HpCDF	0.00006	0.0000003	0.00013
9	1234789-HpCDF	0.00002	0.00000005L	0.00003
10	OCDF	0.000002	0.00003	0.000005
11	2378-TCDD	0.00034	0.0000002L	0.00039
12	12378-PeCDD	0.0003	0.0000050	0.00043
13	123478-HxCDD	0.000067	0.000001	0.00011
14	123678-HxCDD	0.0001	0.00000002L	0.0002
15	123789-HxCDD	0.00010	0.000001	0.00013
16	1234678-HpCDD	0.00009	0.000001	0.00013
17	OCDD	0.000006	0.00000004	0.000011
18	Σ PCDD/Fs	0.0043	0.00012	0.0068

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

2.6 验证单位 F 数据

附表 14 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.000059L	0.00011	0.000033L
2	12378-PeCDF	0.000030L	0.00011	0.00007
3	23478-PeCDF	0.00071	0.0011	0.00191
4	123478-HxCDF	0.00015	0.000059L	0.00026L
5	123678-HxCDF	0.00019	0.00018	0.00031
6	234678-HxCDF	0.00030	0.00018	0.00039
7	123789-HxCDF	0.000059	0.00018	0.00015
8	1234678-HpCDF	0.000027	0.000034	0.00006
9	1234789-HpCDF	0.0000059	0.0000059L	0.00001L
10	OCDF	0.00000076	0.0000024	0.00000
11	2378-TCDD	0.00059L	0.0011	0.00033
12	12378-PeCDD	0.0026	0.0011	0.00090
13	123478-HxCDD	0.00094L	0.000030L	0.00030L
14	123678-HxCDD	0.0029	0.00018	0.00073
15	123789-HxCDD	0.0015L	0.00018	0.00034L
16	1234678-HpCDD	0.0011	0.000026	0.00023
17	OCDD	0.000094	0.0000023	0.00002
18	ΣPCDD/Fs	0.01	0.005	0.006

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

附表 15 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.0000019L	0.0000023	0.00014
2	12378-PeCDF	0.000024	0.0000022	0.00016

3	23478-PeCDF	0.00029	0.000045	0.0032
4	123478-HxCDF	0.000058	0.0000055	0.00047
5	123678-HxCDF	0.000053	0.0000055	0.00045
6	234678-HxCDF	0.000085	0.0000076	0.00067
7	123789-HxCDF	0.000020	0.0000031	0.00029
8	1234678-HpCDF	0.0000068	0.00000081	0.000076
9	1234789-HpCDF	0.000002	0.00000013L	0.000016
10	OCDF	0.00000035	0.000000023	0.0000031
11	2378-TCDD	0.00043	0.000012L	0.00045
12	12378-PeCDD	0.00075	0.000013L	0.0012
13	123478-HxCDD	0.00030	0.0000026	0.00033
14	123678-HxCDD	0.00075	0.0000034	0.00059
15	123789-HxCDD	0.00055	0.0000030	0.00048
16	1234678-HpCDD	0.00038	0.0000020	0.00030
17	OCDD	0.000033	0.00000021	0.000031
18	$\sum$ PCDD/Fs	0.004	0.0001	0.009
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

2.7 验证单位 G 数据

附表 16 2 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.0004	0.00015L	0.00003L
2	12378-PeCDF	0.00013L	0.00013L	0.00010
3	23478-PeCDF	0.0013L	0.0013L	0.0020
4	123478-HxCDF	0.00025L	0.00025L	0.0004
5	123678-HxCDF	0.00056	0.00011	0.00055
6	234678-HxCDF	0.0009	0.00025L	0.00093
7	123789-HxCDF	0.00015L	0.00015L	0.00007
8	1234678-HpCDF	0.00015	0.000025L	0.00012
9	1234789-HpCDF	0.00002	0.000015L	0.000029

10	OCDF	0.000012	0.000005L	0.000007
11	2378-TCDD	0.0025L	0.0025L	0.0004L
12	12378-PeCDD	0.0013L	0.0013L	0.0002L
13	123478-HxCDD	0.00025L	0.00025L	0.0004
14	123678-HxCDD	0.0019	0.00025L	0.0021
15	123789-HxCDD	0.00097	0.00025L	0.00095
16	1234678-HpCDD	0.0010	0.00005L	0.0011
17	OCDD	0.00012	0.000025L	0.00012
18	Σ PCDD/Fs	0.012	0.0069	0.0095

注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。

附表 17 40 h 比对实验测试数据表 (ng l-TEQ/m³)

序号	化合物名称	自动采样烟气样品	自动采样冷凝水样品	手工采样样品
1	2378-TCDF	0.000052	0.000005L	0.00015
2	12378-PeCDF	0.000085	0.000005L	0.00028
3	23478-PeCDF	0.0016	0.00005L	0.0060
4	123478-HxCDF	0.00028	0.00001L	0.0017
5	123678-HxCDF	0.00045	0.000005L	0.0013
6	234678-HxCDF	0.0010	0.00001L	0.0024
7	123789-HxCDF	0.000041	0.000005L	0.00020
8	1234678-HpCDF	0.00011	0.000001L	0.00068
9	1234789-HpCDF	0.000027	0.0000005L	0.00012
10	OCDF	0.0000042	0.0000003L	0.000097
11	2378-TCDD	0.00010L	0.0001L	0.0001L
12	12378-PeCDD	0.00095	0.00005L	0.0018
13	123478-HxCDD	0.00034	0.00001L	0.00059
14	123678-HxCDD	0.0022	0.00001L	0.0018
15	123789-HxCDD	0.00075	0.00001L	0.0010
16	1234678-HpCDD	0.0011	0.000003L	0.0011
17	OCDD	0.00010	0.000001L	0.00014

18	$\sum PCDD/Fs$	0.0092	0.0003	0.019
注：检测结果低于检出限的以方法检出限+L 表示，计算毒性当量浓度时以 1/2 检出限计算。				

3 实验室参数验证

二噁英类自动采样系统厂家随机提供 2 套二噁英类自动采样系统，在中国环境监测总站兴寿仪器检测基地对分别开展主要参数的实验室检测，包括系统的气密性、记时误差、采样泵、烟气温度示值误差、流量计量装置、等速跟踪响应时间和等速跟踪吸引误差等。各验证厂家按照 A~G 随机编号。

3.1 验证单位 A 数据

附表 18 验证单位 A 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			24.8	
	负载流量 (L/min)			18.0	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	18.01	0.4	
		流量最大值	18.37		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.2	
		1	0.66		
		2	0		
		3	0		
	平均无故障时间 (h)			≥ 1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0	0	0
		100	100.0	100	0
		200	202.0	200	2.0
		300	302.7	300	2.7
		400	402.8	400	2.8
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0		
		2h	0		
		3h	0		
		4h	0		
		5h	0		
	静压测量压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.07	1.03	3.9

	差	3	3.9			3.8		2.6	
		5	4.9			5		-2.0	
		7	6.76			6.82		-0.9	
		9	8.4			8.87		-5.3	
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点(kPa)	采样器压力示值(kPa)			标准压力计示值(kPa)		示值误差(%)	
		3	-2.91			-2.87		1.4	
		6	-6.01			-6.05		-0.7	
		9	-9.52			-9.66		-1.5	
		12	-12.50			-12.75		-2.0	
		15	-15.6			-15.87		-1.7	
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点(Pa)	采样器压力示值(Pa)			标准压力计示值(Pa)		示值误差(%)	
		100	102			103		-1.0	
		300	300			307		-2.3	
		500	491			500		-1.8	
		700	688			702		-2.0	
		900	880			898		-2.0	
累积体积 示值误差	采样器流量(L/min)	9.72	11.91	14.08	16.28	20.12	23.92		
	采样器累积体积(L)	569	753	989	1217	1360	1478		
	标准流量计累积体积(L)	616	813	1062	1304	1454	1584		
	示值误差(%)	-7.6	-7.4	-6.9	-6.7	-6.5	-6.7		
等速跟 踪响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间(s)	1	9.3			均值			
		2	9.1			9.2			
		3	9.2						
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间(s)	1	14.5			均值			
		2	14.3			14.5			
		3	14.8						
等速跟 踪吸引 误差	检测点(m/s)			5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度(m/s)		1	6.8	11.2	15.4	20.1	25.3	
	实际风速值(m/s)			6.9	11.5	15.8	20.6	25.8	
	采样嘴入口处吸引速度(m/s)		2	6.8	11.2	15.5	20.2	25.3	
	实际风速值(m/s)			6.9	11.5	15.9	20.8	25.9	
	采样嘴入口处吸引速度(m/s)		3	6.7	11.1	15.4	20.1	25.3	
	实际风速值(m/s)			6.9	11.4	15.9	20.7	25.9	
	3次测量采样嘴吸引速度平均值(m/s)			6.77	11.17	15.43	20.13	25.30	
	3次测量实际风速平均值(m/s)			6.90	11.47	15.87	20.70	25.87	
	等速跟踪吸引误差均值(%)			-1.9	-2.6	-2.8	-2.8	-2.2	

附表 19 验证单位 A 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			23.5	
	负载流量 (L/min)			17.3	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	21.96	0	
		流量最大值	21.98		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0	
		1	0.00		
		2	0.00		
		3	0.02		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度 计示值 偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0	0	0.0
		100	100	100	0.0
		200	202	200	2.0
		300	303	300	3.0
		400	402	400	2.0
流量计 量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0	0	
		2h	0		
		3h	0		
		4h	0		
		5h	0		
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.1	1.1	-2.7
		3	2.8	2.7	3.3
		5	4.9	4.8	2.9
		7	7.1	6.9	2.3
		9	9.2	9.1	1.4
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		3	-3.7	-3.8	-1.3
		6	-6.6	-6.6	0
		9	-8.6	-8.8	-1.8
		12	-12.6	-12.7	-0.6
		15	-15.5	-15.5	-0.1
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)	标准压力计示值 (Pa)	示值误差 (%)
		100	103	107	-3.7
		300	298	303	-1.7
		500	490	498	-1.6

		700	688			700		-1.7	
		900	887			900		-1.4	
	累积体积示值误差	采样器流量（L/min）		9.75	11.9	14.1	16.2	20.1	23.53
		采样器累积体积（L）		587	714	841	979	1191	1396
		标准流量计累积体积（L）		627	762	899	1044	1268	1479
示值误差（%）		-6.4	-6.3	-6.5	-6.2	-6.1	-5.6		
等速跟踪响应时间	实际跟踪值上升达到计算值90%的时间（s）	1	9.5			均值			
		2	10.7			10.2			
		3	10.3						
	实际跟踪值下降达到计算值110%的时间（s）	1	12.6			均值			
		2	13.8			13.4			
		3	13.9						
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）				5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			1	6.2	10.3	14.8	19.3	24.2
	实际风速值（m/s）				6.3	10.5	15.0	19.7	24.6
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			2	6.4	10.6	14.7	19.2	24.0
	实际风速值（m/s）				6.5	10.9	14.9	19.5	24.4
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			3	5.3	10.2	14.7	19.3	23.9
	实际风速值（m/s）				5.3	10.3	15.0	19.7	24.4
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）				5.97	10.37	14.73	19.27	24.03
	3次测量实际风速平均值（m/s）				6.03	10.57	14.97	19.63	24.47
	等速跟踪吸引误差均值（%）				-1.0	-1.9	-1.6	-1.8	-1.8

3.2 验证单位 B 数据

附表 20 验证单位 B 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0.19			
计时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			40.0	
	负载流量 (L/min)			32.0	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	33.87	0.1	
		流量最大值	34.0		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.1	
		1	0.12		
		2	0		
		3	0.10		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差

	度计示值 偏差 (℃)	0	0.1		0.00		0.1		
		100	99.09		100.0		0.91		
		200	200.7		200.9		0.2		
		300	298.5		300.0		1.5		
		400	398.3		400.0		1.7		
流量计 量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	-0.531		检测结果 (Pa)				
		1h	-1.091		-1.3				
		2h	-1.613						
		3h	-2.130						
		4h	-1.613						
		5h	-1.091						
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		1	1.0			1.1		3.8	
		3	3.0			3.0		1.0	
		5	4.9			5.0		1.8	
		7	7.1			7.1		0.4	
		9	9.1			9.1		0.2	
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		3	1.0			1.1		1.7	
		6	3.0			3.1		3.9	
		9	4.9			5.1		2.4	
		12	7.0			7.1		1.5	
		15	9.0			9.3		3.9	
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)			标准压力计示值 (Pa)		示值误差 (%)	
		100	100.2			101.4		1.2	
		300	305.1			303.2		0.6	
		500	512.0			509.8		0.4	
		700	702.2			698.4		0.5	
		900	904.1			902.0		0.2	
	累积体积 示值误差	采样器流量 (L/min)	10.1	15	20	25	30	35	
		采样器累积体积 (L)	646	948	1228	1510	1810	1995	
		标准流量计累积体积 (L)	663	971	1281	1589	1896	2132	
		示值误差 (%)	-2.6	-2.4	-4.1	-5.0	-4.5	-6.4	
等速跟 踪响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时 间 (s)	1	18.9			均值			
		2	13.0			16.6			
		3	18.0						
	实际跟踪 值下降达 到计算值	1	14.0			均值			
		2	15.0			15.0			

	110%的时间（s）	3	16.0					
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）			5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		1	6.6	10.9	14.9	19.2	24.1
	实际风速值（m/s）			6.7	11.2	15.1	19.1	24.6
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		2	6.5	10.7	15.0	19.3	24.0
	实际风速值（m/s）			6.6	10.9	15.3	19.8	24.4
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		3	6.5	10.6	14.8	19.2	24.1
	实际风速值（m/s）			6.6	10.6	15.1	19.7	24.6
	3 次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）			6.51	10.71	14.90	19.22	24.07
	3 次测量实际风速平均值（m/s）			6.43	20.90	15.17	19.73	24.53
	等速跟踪吸引误差均值（%）			1.1	-1.7	1.8	-2.6	-1.9

附表 21 验证单位 B 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0.19			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			41.6	
	负载流量 (L/min)			31.9	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	32.40	0	
		流量最大值	32.44		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.8	
		1	0.1		
		2	0.3		
		3	0.4		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0.00	0.1	-0.1
		100	98.90	100.0	-1.1
		200	199.60	200.0	-0.4
		300	300.39	300.0	0.4
		400	401.20	400.0	1.2
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0.046	检测结果 (Pa)	
		1h	-0.0052		
		2h	-0.0052		
		3h	-0.0052		
		4h	-0.309		
		5h	-0.155		
	静压测量压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.3	1.3	0

	差	3	3.0			3.0		0.3	
		5	5.0			5.1		2.2	
		7	6.7			6.9		2.8	
		9	8.7			8.9		2.8	
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）	采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值 （kPa）		示值误差（%）	
		3	1.0			1.0		1.2	
		6	3.0			3.0		0.3	
		9	4.9			5.0		1.6	
		12	7.0			7.0		0.5	
		15	9.0			9.0		0.7	
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点（Pa）	采样器压力示值（Pa）			标准压力计示值 （Pa）		示值误差（%）	
		100	98.1			97.3		0.8	
		300	300.1			299.9		0.1	
		500	506.7			501.7		1.0	
		700	686.0			688.0		0.3	
		900	822.0			819.2		0.3	
	累积体积 示值误差	采样器流量（L/min）	10.6	12.9	16.0	19.5	22.1	25.6	
采样器累积体积（L）		651	768	1005	1229	1392	1609		
标准流量计累积体积（L）		680	803	1041	1262	1415	1618		
示值误差（%）		-4.3	-4.4	-3.5	-2.6	-1.6	-0.6		
等速跟 踪响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间（s）	1	9.0			均值			
		2	12.6			10.2			
		3	9.0						
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间（s）	1	9.0			均值			
		2	8.1			8.7			
		3	9.0						
等速跟 踪吸引 误差	检测点（m/s）			5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		1	6.3	10.6	14.8	19.2	24.2	
	实际风速值（m/s）			6.2	10.4	14.6	19.6	24.8	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		2	6.4	10.6	14.8	19.2	24.0	
	实际风速值（m/s）			6.5	10.9	15.1	19.6	24.6	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		3	6.4	10.4	14.8	19.1	24.1	
	实际风速值（m/s）			6.6	10.6	15.1	19.5	24.6	
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）			6.36	10.53	14.80	19.17	24.10	
	3次测量实际风速平均值（m/s）			6.43	10.63	14.93	19.57	24.67	
	等速跟踪吸引误差均值（%）			-1.1	-1.0	-0.9	-2.0	-2.3	

3.3 验证单位 C 数据

附表 22 验证单位 C 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			27.3	
	负载流量 (L/min)			21.4	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	23.9	2.5	
		流量最大值	21.4		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.1	
		1	0.08		
		2	0.08		
		3	0		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度 计示值 偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	-0.2	0.0	-0.2
		100	99.5	100.0	-0.5
		200	201.0	200.0	1.0
		300	301.0	300.0	1.0
		400	402.9	400.0	2.9
流量计 量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0		
		2h	0		
		3h	0		
		4h	0		
		5h	0		
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.6	1.8	-10.6
		3	3.0	3.1	-3.6
		5	5.0	5.1	-2.7
		7	7.5	7.8	-3.7
		9	8.5	8.7	-2.1
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		3	-3.5	-3.4	0.3
		6	-6.4	-6.4	-0.5
		9	-9.6	-9.7	-0.8
		12	-12.5	-12.3	1.9
		15	-15.4	-15.5	-0.4
	动压测量 微压传感	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)	标准压力计示值 (Pa)	示值误差 (%)

	器示值误差	100	100			103		-2.9	
		300	300			305		-1.6	
		500	498			503		-1.0	
		700	692			699		-1.0	
		900	891			903		-1.3	
	累积体积示值误差	采样器流量（L/min）		10	12	14.9	17	19.13	21.18
		采样器累积体积（L）		659	884	1128	1253	1357	1491
		标准流量计累积体积（L）		695	948	1206	1343.2	1462	1606
示值误差（%）		-5.2	-6.8	-6.5	-6.7	-7.2	-7.2		
等速跟踪响应时间	实际跟踪值上升达到计算值90%的时间（s）	1	10.2			均值			
		2	10.8			10.9			
		3	11.6						
	实际跟踪值下降达到计算值110%的时间（s）	1	15.2			均值			
		2	15.6			15.6			
		3	15.8						
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）				5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			1	7.1	11.9	16.6	21.5	24.2
	实际风速值（m/s）				7.3	12.1	16.9	21.9	24.9
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			2	6.4	11.0	15.0	19.4	24.2
	实际风速值（m/s）				6.7	10.6	15.2	19.9	24.8
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			3	6.3	10.6	14.9	19.5	24.4
	实际风速值（m/s）				6.6	10.9	15.1	19.3	24.2
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）				6.60	11.17	15.50	20.13	24.27
	3次测量实际风速平均值（m/s）				6.87	11.20	15.70	20.37	24.63
	等速跟踪吸引误差均值（%）				-3.9	-0.3	-1.3	-1.2	-1.5

附表 23 验证单位 C 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0		
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)
	1	3600.12	3600	0.333
	2	3600.12	3600	0.333
	3	3600.12	3600	0.333
采样泵	空载流量 (L/min)			20.0
	负载流量 (L/min)			20.0
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	17.9	2.9
		流量最大值	15.0	
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.1
		1	0.1	
		2	0.1	
		3	0.2	

	平均无故障时间（h）					≥1000									
采样管	采样管温度 计示值 偏差（℃）	检定点	被测温度计示值			标准温度示值		示值偏差							
		0	0.2			0.0		0.2							
		100	99.0			100.0		-1.0							
		200	201.0			200.0		1.0							
		300	301.0			300.0		1.0							
		400	401.0			400.0		1.0							
流量计 量装置	零点漂移 （5h）	动压初始示值		0		检测结果（Pa）									
		1h		0		0									
		2h		0											
		3h		0											
		4h		0											
		5h		0											
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）		采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值 （kPa）		示值误差（%）						
		1		2			2.0		-1.0						
		3		3.0			3.0		-2.3						
		5		4.8			5.0		-3.6						
		7		7.1			7.3		-2.3						
		9		9.4			9.5		-1.0						
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）		采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值 （kPa）		示值误差（%）						
		3		-3.0			-2.9		1.4						
		6		-6.1			-6.1		0.2						
		9		-8.8			-8.7		1.7						
		12		-11.8			-11.8		0.2						
		15		-15.1			-15.0		0.9						
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点（Pa）		采样器压力示值（Pa）			标准压力计示值 （Pa）		示值误差（%）						
		100		103			104		-1.0						
		300		302			308		-2.0						
		500		498			506		-1.6						
		700		690			700		-1.4						
		900		887			903		-1.8						
	累积体积 示值误差	采样器流量（L/min）		9		11		13		15		18		20	
		采样器累积体积（L）		291		391		475		580		677		744	
		标准流量计累积体积（L）		315		410		462		610		712		824	
		示值误差（%）		-7.6		-4.6		2.8		-4.9		-4.9		-9.7	
等速跟 踪响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时 间（s）	1	8.3			均值									
		2	7.9			7.9									
		3	7.4												
	实际跟踪	1	15.2			均值									

	值下降到计算值 110%的时间（s）	2	14.9	15.0				
		3	14.9					
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）		5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	1	6.5	11.0	15.8	20.4	25.2	
	实际风速值（m/s）		6.5	10.8	15.0	19.5	24.6	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	2	6.7	11.2	15.7	20.5	24.9	
	实际风速值（m/s）		6.6	11.1	15.0	19.6	24.6	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	3	6.7	10.5	15.1	19.8	25.0	
	实际风速值（m/s）		6.6	10.8	15.0	19.6	24.7	
	3 次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）		6.63	10.90	15.53	20.23	25.03	
	3 次测量实际风速平均值（m/s）		6.57	10.90	15.0	19.57	24.63	
	等速跟踪吸引误差均值（%）		0.9	0	3.5	3.4	1.6	

3.4 验证单位 D 数据

附表 24 验证单位 D 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0.16			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			37.7	
	负载流量 (L/min)			29.3	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	30.5	0.6	
		流量最大值	30.6		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.1	
		1	0.1		
		2	0.2		
		3	0		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0	0	0
		100	100.2	100	0.2
		200	202.1	200	2.1
		300	301.8	300	1.8
		400	401.9	400	1.9
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0		
		2h	0		
		3h	0		
		4h	0		
		5h	0		

	静压测量 压力传感器示值误差	检定点(kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		1	1.1			1.1		2.2	
		3	3.0			2.9		2.9	
		5	5.0			4.9		2.7	
		7	7.1			7.0		1.7	
		9	9.1			8.9		2.7	
	累积流量 传感器前 压力传感器示值误差	检定点(kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		3	-3.2			-3.2		1.0	
		6	-9.5			-9.4		1.4	
		9	-15.7			-15.5		1.5	
		12	-21.5			-21.5		0.3	
		15	-26.1			-26.0		0.5	
	动压测量 微压传感器示值误差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)			标准压力计示值 (Pa)		示值误差 (%)	
		100	107.3			109		1.6	
		300	306			313		2.2	
		500	486.3			491		1.0	
		700	680.3			693		1.8	
		900	889			906		1.9	
	累积体积 示值误差	采样器流量 (L/min)	10	15	20	25	30	35	
		采样器累积体积 (L)	600	900	1200	1000	1200	1400	
		标准流量计累积体积 (L)	610	907	1213	1009	1201	1403	
		示值误差 (%)	-1.6	-0.8	-1.1	-0.9	-0.1	-0.2	

等速跟踪响应时间	实际跟踪值上升达到计算值90%的时间 (s)	1	8.0		均值			
		2	10.0		9.0			
		3	10.0					
	实际跟踪值下降达到计算值110%的时间 (s)	1	9.0		均值			
		2	8.0		8.0			
		3	8.0					

等速跟踪吸引误差	检测点 (m/s)			5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		1	6.3	10.2	14.2	18.5	22.9
	实际风速值 (m/s)			6.4	10.5	14.9	19.4	24.4
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		2	6.3	10.1	14.2	18.2	22.6
	实际风速值 (m/s)			6.3	10.3	14.7	19.4	24.3
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		3	6.1	10.0	14.0	18.1	22.5
	实际风速值 (m/s)			6.2	10.2	14.7	19.3	24.3
	3 次测量采样嘴吸引速度平均值 (m/s)			6.25	10.10	14.13	18.27	22.67
	3 次测量实际风速平均值 (m/s)			6.30	10.33	14.76	19.37	24.33
	等速跟踪吸引误差均值 (%)			-0.8	-2.9	-4.7	-5.7	-6.6

附表 25 验证单位 D 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0.15			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			39.0	
	负载流量 (L/min)			30.5	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	31.9	0.7	
		流量最大值	31.8		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0.6	
		1	0.5		
		2	0.6		
		3	0.7		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0	0	0
		100	100.5	100	0.5
		200	202.5	200	2.5
		300	302.2	300	2.2
		400	402.9	400	2.9
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0		
		2h	0		
		3h	0.1		
		4h	0.1		
		5h	0.2		
	静压测量压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.0	1.0	2.9
		3	3.0	3.0	1.7
		5	5.1	5.0	0.8
		7	7.4	7.4	0.3
		9	8.9	9.0	1.1
	累积流量传感器前压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		3	-3.0	-3.0	0.6
		6	-6.5	-6.4	0.9
		9	-9.6	-9.5	0.7
		12	-12.8	-12.7	0.6
		15	-15	-14.8	1.5
	动压测量微压传感器示值误差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)	标准压力计示值 (Pa)	示值误差 (%)
		100	111.6	110	1.5

	差	300	307.1			309		0.6	
		500	500.4			505		0.9	
		700	688.1			696		1.1	
		900	883			897		1.6	
	累积体积 示值误差	采样器流量（L/min）		10	15	20	25	30	35
采样器累积体积（L）		900	900	1000	1000	1200	1050		
标准流量计累积体积（L）		916	911.5	1007	1005	1201	1048		
示值误差（%）		-1.8	-1.3	-0.7	-0.5	-0.1	-0.2		
等速跟踪 响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间（s）	1	8.0			均值			
		2	10.0			9.0			
		3	9.0						
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间（s）	1	8.0			均值			
		2	8.0			7.0			
		3	6.0						
等速跟踪 吸引 误差	检测点（m/s）				5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			1	6.2	10.1	14.8	18.5	23.0
	实际风速值（m/s）				6.3	10.5	15.2	19.8	24.6
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			2	6.3	10.2	14.8	18.6	23.1
	实际风速值（m/s）				6.6	10.6	15.2	19.8	24.6
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			3	6.3	10.2	14.7	18.5	23.1
	实际风速值（m/s）				6.6	10.8	15.1	19.8	24.6
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）				6.27	10.17	14.77	18.53	23.07
	3次测量实际风速平均值（m/s）				6.50	10.63	15.17	19.80	24.60
	等速跟踪吸引误差均值（%）				-3.1	-4.7	-2.6	-6.6	-6.1

3.5 验证单位 E 数据

附表 26 验证单位 E 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性（kPa）		0.12			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时（s）		记时误差（‰）
	1	3600.12	3600		0.333
	2	3600.12	3600		0.333
	3	3600.12	3600		0.333
采样泵	空载流量（L/min）			16.8	
	负载流量（L/min）			12.3	
	抽气稳定性（L/min）	流量最小值	12.3	0.1	
		流量最大值	12.4		
	停止抽气动压值（Pa）	检测次数	结果	0.1	
		1	0.1		
		2	0.1		
		3	0.2		

	平均无故障时间（h）					≥1000			
采样管	采样管温度计示值偏差（℃）	检定点	被测温度计示值			标准温度示值		示值偏差	
		0	1.1			0		1.1	
		100	101.1			100		1.1	
		200	200.9			200		0.9	
		300	301			300		1.0	
		400	401.1			400		1.1	
流量计量装置	零点漂移（5h）	动压初始示值		4.9		检测结果（Pa）			
		1h		4.6		0.9			
		2h		4.6					
		3h		4.5					
		4h		4.1					
		5h		4.1					
	静压测量压力传感器示值误差	检定点（kPa）		采样器压力示值（kPa）		标准压力计示值（kPa）		示值误差（%）	
		1		1.6		1.6		0	
		3		3.6		3.6		0	
		5		4.9		5.0		-0.1	
		7		7.0		7.1		-0.2	
		9		9.0		9.2		-0.2	
	累积流量传感器前压力传感器示值误差	检定点（kPa）		采样器压力示值（kPa）		标准压力计示值（kPa）		示值误差（%）	
		3		-3.4		-3.3		0.1	
		6		-9.1		-9.1		0.1	
		9		-14.8		-15.0		0.2	
		12		-21.2		-21.6		0.4	
		15		-26.5		-27.0		0.5	
	动压测量微压传感器示值误差	检定点（Pa）		采样器压力示值（Pa）		标准压力计示值（Pa）		示值误差（%）	
		100		106		105		-1.0	
		300		301		303		0.7	
		500		498		502		0.8	
		700		700		708		1.1	
		900		909		918		1.0	
	累积体积示值误差	采样器流量（L/min）		6	9	12	15	18	21
		采样器累积体积（L）		299.9	436.7	581.4	713.7	788.0	838.5
		标准流量计累积体积（L）		299.5	436.1	589.5	718.6	818.8	863.2
		示值误差（%）		0.1	0.1	-1.4	-0.7	-3.8	-2.9
等速跟踪响应时间	实际跟踪值上升达到计算值90%的时间（s）	1	5.9			均值			
		2	5.9			5.9			
		3	5.9						
	实际跟踪	1	5.2			均值			

	值下降达到计算值110%的时间（s）	2	5.9	5.5				
		3	5.4					
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）		5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		1	6.1	10.6	15.1	19.6	22.5
	实际风速值（m/s）			6.3	10.9	15.5	20.0	22.9
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		2	6.0	10.4	14.7	19.3	22.2
	实际风速值（m/s）			6.2	10.8	15.0	19.8	22.8
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		3	6.1	10.3	14.8	19.2	22.2
	实际风速值（m/s）			6.3	10.6	14.8	19.8	22.8
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）		6.07	10.43	14.87	19.37	22.30	
	3次测量实际风速平均值（m/s）		6.27	10.77	15.10	19.87	22.83	
	等速跟踪吸引误差均值（%）		-3.2	-3.2	-1.5	-2.5	-2.3	

附表 27 验证单位 E 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0.14			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			20.9	
	负载流量 (L/min)			14.6	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	17.2	0	
		流量最大值	17.2		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0	
		1	0.1		
		2	0		
		3	0		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	0.8	0	0.8
		100	100.8	100	0.8
		200	200.7	200	0.7
		300	300.7	300	0.7
		400	400.6	400	0.6
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	4.7	检测结果 (Pa)	
		1h	4.6		
		2h	4.5		
		3h	4.4		
		4h	4.4		
		5h	4.3		
	静压测量压力传感	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)

	器示值误差	1	1.9			1.9		0	
		3	3.3			3.3		0	
		5	4.9			4.8		0.1	
		7	7.2			7.2		0	
		9	9.4			9.3		0.1	
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）	采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值（kPa）		示值误差（%）	
		3	-3.4			-3.3		-0.1	
		6	-6.3			-6.3		0	
		9	-9.4			-9.5		0	
		12	-12.2			-12.3		0	
		15	-14.8			-14.9		0.1	
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点（Pa）	采样器压力示值（Pa）			标准压力计示值（Pa）		示值误差（%）	
		100	100.4			100.0		-0.4	
		300	293.0			298.0		1.7	
		500	497.0			500.0		0.6	
		700	730.0			733.0		0.4	
900		920.0			925.0		0.5		
累积体积 示值误差	采样器流量（L/min）	5	8	11	14	17	20		
	采样器累积体积（L）	260.2	523.1	696.6	870.1	1000.2	1127.9		
	标准流量计累积体积（L）	266.2	539.3	698.0	864.7	990.7	1107.6		
	示值误差（%）	-2.3	-3.0	-0.2	0.6	1.0	1.8		

等速跟踪 响应时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间（s）	1	4.3		均值			
		2	4.4		4.3			
		3	4.2					
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间（s）	1	4.9		均值			
		2	5.0		4.9			
		3	4.7					

等速跟踪 吸引误差	检测点（m/s）			5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		1	6.7	10.6	14.4	18.7	21.4
	实际风速值（m/s）			6.8	10.8	15.1	20.0	22.9
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		2	5.4	10.4	14.4	18.7	21.5
	实际风速值（m/s）			5.6	10.9	15.2	20.1	23.1
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）		3	5.5	10.4	14.6	18.6	21.3
	实际风速值（m/s）			5.6	10.6	15.3	20.0	23.0
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）			5.87	10.47	14.47	18.67	21.40
	3次测量实际风速平均值（m/s）			6.0	10.77	15.20	20.03	23.0
	等速跟踪吸引误差均值（%）			-2.2	-2.8	-4.8	-6.8	-7.0

3.6 验证单位 F 数据

附表 28 验证单位 F 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			20.5	
	负载流量 (L/min)			20.5	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	20.3	0.1	
		流量最大值	20.4		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0	
		1	0		
		2	0.1		
		3	0		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度 计示值 偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	1.8	0	1.8
		100	101.6	100	1.6
		200	196.7	195	1.7
		300	296.8	295	1.8
		400	396.6	395	1.6
流量计 量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0.2		
		2h	1.0		
		3h	1.2		
		4h	0.7		
		5h	1.1		
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	101.9	101.9	0
		3	99.9	99.9	0.1
		5	98.0	97.9	0.1
		7	96.0	95.9	0.2
		9	94.0	93.9	0.2
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		3	101.9	102.4	-0.4
		6	101.5	102.0	-0.5
		9	101.1	101.6	-0.5
		12	100.8	101.2	-0.4
		15	100.4	100.8	-0.4
	动压测量	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)	标准压力计示值	示值误差 (%)

	微压传感器示值误差				(Pa)				
		100	98.2		101.1		-2.9		
		300	197.7		203.8		-3.0		
		500	293.8		302.0		-2.7		
		700	393.2		403.8		-2.6		
		900	494.0		506.0		-2.4		
	累积体积示值误差	采样器流量 (m/s)		7	8	9	10	11	12
		采样器累积体积 (L)		571	652	728	802	876	950
		标准流量计累积体积 (L)		586	667	744	820	893	971
示值误差 (%)		-2.5	-2.3	-2.2	-2.2	-1.8	-2.1		
等速跟踪响应时间	实际跟踪值上升达到计算值90%的时间 (s)	1	10.2		均值				
		2	10.5		10.4				
		3	10.5						
	实际跟踪值下降达到计算值110%的时间 (s)	1	17.2		均值				
		2	17.9		17.7				
		3	17.9						
等速跟踪吸引误差	检测点 (m/s)			5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		1	8.6	11.0	15.2	20.0	25.4	
	实际风速值 (m/s)			8.4	11.2	15.2	19.9	25.1	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		2	7.3	10.6	15.2	20.2	25.1	
	实际风速值 (m/s)			7.2	10.7	15.3	20.7	25.5	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		3	8.6	11.1	15.6	20.4	25.5	
	实际风速值 (m/s)			8.7	11.2	15.4	20.5	25.7	
	3 次测量采样嘴吸引速度平均值 (m/s)			8.17	10.90	15.33	20.20	25.33	
	3 次测量实际风速平均值 (m/s)			8.10	11.03	15.30	20.37	25.43	
	等速跟踪吸引误差均值 (%)			0.9	-0.9	0.7	-1.0	-0.4	

附表 29 验证单位 F 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			18.1	
	负载流量 (L/min)			17.9	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	20.2	0.2	
		流量最大值	20.4		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	0	
		1	0		
		2	0		
		3	0		

	平均无故障时间（h）					≥1000			
采样管	采样管温度 计示值 偏差（℃）	检定点	被测温度计示值			标准温度示值		示值偏差	
		0	1.9			0		1.9	
		100	101.8			100		1.8	
		200	297			295		2.0	
		300	297.2			295		2.2	
		400	397.1			395		2.1	
流量计 量装置	零点漂移 （5h）	动压初始示值	0			检测结果（Pa）			
		1h	-1.6			-1.6			
		2h	-1.3						
		3h	-1.3						
		4h	-0.6						
		5h	-0.6						
	静压测量 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）	采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值 （kPa）		示值误差（%）	
		1	103.8			103.8		0	
		3	105.7			105.8		-0.1	
		5	108.0			108.0		-0.1	
		7	109.8			109.8		-0.1	
		9	111.7			111.9		-0.1	
	累积流量 传感器前 压力传感 器示值误 差	检定点（kPa）	采样器压力示值（kPa）			标准压力计示值 （kPa）		示值误差（%）	
		3	103.9			103.9		0.1	
		6	104.4			104.3		0	
		9	105.4			105.4		0	
		12	106.3			106.3		0	
		15	107.3			107.3		0	
	动压测量 微压传感 器示值误 差	检定点（Pa）	采样器压力示值（Pa）			标准压力计示值 （Pa）		示值误差（%）	
		100	103			102		1.0	
		300	203			205		-1.0	
		500	304			304		0	
		700	402			404		-0.5	
		900	500			503		-0.6	
	累积体积 示值误差	采样器流量（m/s）	7	8	9	10	11	12	
		采样器累积体积（L）	698	790	887	982	1075	1170	
		标准流量计累积体积（L）	701	800	897	994	1089	1187	
		示值误差（%）	-0.5	-1.3	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4	
等速跟 踪响应 时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时 间（s）	1	9.6			均值			
		2	8.6			8.7			
		3	7.8						
	实际跟踪	1	13.8			均值			

	值下降达到计算值110%的时间（s）	2	14.4	13.9				
		3	13.4					
等速跟踪吸引误差	检测点（m/s）		5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	1	6.4	10.7	15.1	19.5	24.4	
	实际风速值（m/s）		6.3	10.7	15.1	19.6	24.6	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	2	6.7	10.7	15.1	19.6	24.5	
	实际风速值（m/s）		6.6	10.7	15.1	19.8	24.6	
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）	3	6.6	11.1	15.1	19.5	24.5	
	实际风速值（m/s）		6.5	11.0	15.1	19.6	24.6	
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）		6.57	10.83	15.1	19.53	24.47	
	3次测量实际风速平均值（m/s）		6.47	10.80	15.1	19.67	24.60	
	等速跟踪吸引误差均值（%）		1.6	0.3	0	-1.0	-0.4	

3.7 验证单位 G 数据

附表 30 验证单位 G 设备 1 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			17.5	
	负载流量 (L/min)			16.0	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	18.4	0.1	
		流量最大值	18.5		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	3.1	
		1	3.6		
		2	5.3		
		3	0.4		
	平均无故障时间 (h)			≥1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	1.8	0	1.8
		100	101.8	100	1.8
		200	201.8	200	1.8
		300	302.1	300	2.1
		400	402	400	2.0
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	2	检测结果 (Pa)	
		1h	1		
		2h	1		
		3h	1		
		4h	0		
		5h	1		

	静压测量 压力传感器 示值误差	检定点(kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		1	1.0			1.0		1.0	
		3	3.0			3.0		-0.7	
		5	5.1			5.1		0.4	
		7	7.1			7.0		1.6	
		9	9.1			9.1		0.1	
	累积流量 传感器前 压力传感器 示值误差	检定点(kPa)	采样器压力示值 (kPa)			标准压力计示值 (kPa)		示值误差 (%)	
		3	-0.5			-0.5		0	
		6	-1.0			-1.0		2.0	
		9	-1.5			-1.5		0	
		12	-2.0			-2.0		0.9	
		15	-2.2			-2.2		1.0	
	动压测量 微压传感器 示值误差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)			标准压力计示值 (Pa)		示值误差 (%)	
		100	100.0			100.4		-0.4	
		300	197.0			198.3		-0.7	
		500	290.0			294.4		-1.5	
		700	394.0			398.5		-1.1	
		900	492.0			499.5		-1.5	
	累积体积 示值误差	采样器流量 (L/min)	15	20	25	30	35	40	
		采样器累积体积 (L)	960	1276.2	1656	2035.8	2320.8	2694	
标准流量计累积体积 (L)		987	1306.8	1690.8	2077.8	2338.8	2673		
示值误差 (%)		-2.7	-2.4	-2.1	-2.0	-0.8	0.8		
等速跟踪 响应时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间 (s)	1	2.1			均值			
		2	2.2			2.2			
		3	2.3						
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间 (s)	1	1			均值			
		2	1			1.0			
		3	1						
等速跟踪 吸引误差	检测点 (m/s)			5	10	15	20	25	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		1	6.7	11.2	16.0	20.8	26.2	
	实际风速值 (m/s)			6.8	11.5	16.1	20.8	26.2	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		2	6.8	11.2	16.0	20.8	26.2	
	实际风速值 (m/s)			6.9	11.5	16.1	20.9	26.2	
	采样嘴入口处吸引速度 (m/s)		3	6.9	11.3	16.0	20.8	26.1	
	实际风速值 (m/s)			6.8	11.6	16.1	20.9	26.3	
	3 次测量采样嘴吸引速度平均值 (m/s)			6.80	11.23	16.0	20.80	26.17	
	3 次测量实际风速平均值 (m/s)			6.83	11.53	16.10	20.87	26.23	
	等速跟踪吸引误差均值 (%)			-0.4	-2.6	-0.6	-0.5	0.4	

附表 31 验证单位 G 设备 2 实验参数测试原始记录表

气密性 (kPa)		0			
记时误差	检测次数	采样器时钟记时	秒表记时 (s)	记时误差 (‰)	
	1	3600.12	3600	0.333	
	2	3600.12	3600	0.333	
	3	3600.12	3600	0.333	
采样泵	空载流量 (L/min)			11.4	
	负载流量 (L/min)			6.6	
	抽气稳定性 (L/min)	流量最小值	6.2	0.5	
		流量最大值	6.7		
	停止抽气动压值 (Pa)	检测次数	结果	1.5	
		1	1.4		
		2	1.8		
		3	1.3		
	平均无故障时间 (h)			≥ 1000	
采样管	采样管温度计示值偏差 (°C)	检定点	被测温度计示值	标准温度示值	示值偏差
		0	1.8	0	1.8
		100	101.8	100	1.8
		200	201.7	199.8	1.9
		300	302.1	300	2.1
		400	402	400	2
流量计量装置	零点漂移 (5h)	动压初始示值	0	检测结果 (Pa)	
		1h	0		
		2h	0		
		3h	0		
		4h	1		
		5h	0		
	静压测量压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		1	1.1	1.1	-1.8
		3	3.0	3.0	2.0
		5	5.2	5.2	-0.4
		7	7.1	7.1	0
		9	8.8	8.6	2.3
	累积流量传感器前压力传感器示值误差	检定点 (kPa)	采样器压力示值 (kPa)	标准压力计示值 (kPa)	示值误差 (%)
		3	-0.5	-0.5	-2.0
		6	-1.1	-1.1	-3.7
		9	-1.5	-1.6	-3.8
		12	-2.0	-2.1	-2.0
		15	-2.4	-2.5	-2.4
	动压测量微压传感器示值误差	检定点 (Pa)	采样器压力示值 (Pa)	标准压力计示值 (Pa)	示值误差 (%)
		100	102.0	100.4	1.6

	差	300	200.0			199.2		0.4	
		500	327.0			320.0		2.2	
		700	420.0			412.7		1.8	
		900	533.0			525.5		1.4	
	累积体积 示值误差	采样器流量（L/min）		15	20	25	30	35	40
		采样器累积体积（L）		1051.8	1171.8	1429.2	1792.8	2160	2333.4
		标准流量计累积体积（L）		1069.2	1185	1441.8	1800	2139	2349
		示值误差（%）		-1.6	-1.1	-0.9	-0.4	1.0	2.4
等速跟踪 响应时间	实际跟踪 值上升达 到计算值 90%的时间（s）	1	2			均值			
		2	2			1.9			
		3	1.6						
	实际跟踪 值下降达 到计算值 110%的时间（s）	1	1			均值			
		2	1			1.0			
		3	1						
等速跟踪 吸引误差	检测点（m/s）				5	10	15	20	25
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			1	6.9	11.4	16.1	20.7	26.2
	实际风速值（m/s）				6.6	11.5	16.2	21.1	26.6
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			2	6.5	11.3	16.0	20.8	26.1
	实际风速值（m/s）				6.8	11.6	16.3	21.2	26.4
	采样嘴入口处吸引速度（m/s）			3	6.7	11.5	16.2	21.3	27.0
	实际风速值（m/s）				7.0	11.6	16.4	21.2	26.6
	3次测量采样嘴吸引速度平均值（m/s）				6.70	11.40	16.10	20.93	26.43
	3次测量实际风速平均值（m/s）				6.80	11.57	16.30	21.17	26.53
	等速跟踪吸引误差均值（%）				-1.5	-1.5	-1.2	-1.1	-0.4