《石化行业高架火炬气排放连续监测技术规范》(报批稿)

编制说明

编制组

二〇二四年一月

目录

一、目的和意义 1

1.1 制定本标准的背景 1

1.1.1 火炬燃烧系统 1

1.1.2 南京市石化企业高架火炬监管现状 2

1.2 制定标准的目的和意义 2

1.2.1 全面落实政策要求，完善污染源监控网络 2

1.2.2 协助打好污染防治攻坚战，改善区域空气质量 3

1.2.3 提升环境管理水平，加强非现场监管 3

1.2.4 提升企业自身管控意识，促进石化企业低碳化绿色发展 3

二、任务来源 4

三、编制过程 4

四、主要内容技术指标确立编制过程 9

4.1 实地调研 9

4.2 国内外火炬监管相关要求或标准 9

4.2.1 国内现行要求 9

4.2.2 国（境）外标准 10

4.3 标准主要技术内容及确定依据 12

4.3.1 标准结构框架 12

4.3.2 范围 12

4.3.3 术语和定义 12

4.3.4 系统组成和功能 12

4.3.5 技术要求 12

4.3.6 监测站房要求 18

4.3.7 安装要求 18

4.3.8 技术指标调试检测 18

4.3.9 技术验收 19

4.3.10 日常运行维护要求 19

4.3.11 质量保证和质量控制要求 19

4.3.12 数据审核和处理.....21
4.3.13 附录.....21
五、与相关法律法规和国家标准的关系 21
六、实施推广建议 22

《石化行业高架火炬气排放连续监测技术规范》(报批稿)编制说明

一、目的和意义

1.1 制定本标准的背景

1.1.1 火炬燃烧系统

火炬燃烧系统（简称“火炬”）是石化企业或者化工生产装置中重要的安全和环保设施，火炬燃烧系统用于处理有害有毒的、不平衡的气体，减少排空危害。排入火炬系统的气体一般都是多种复杂气体的混合物，在紧急排放状态下无法通过现有的回收系统直接回收；只能通过火炬燃烧后排放，否则，就会造成生产装置超压，发生严重的生产安全事故。

火炬主要分为两种类型，分别为地面火炬和高架火炬。其中，地面火炬主要是指燃烧器设置在地面、周围实施封闭的封闭式排放气燃烧装置，其处理能力小，且不能燃烧有毒气体。高架火炬则是指火炬头底端位置高于 15 米的火炬，有的可高达 200m，废气处理能力大。

地面火炬已有规定不能燃烧有毒气体，扩散影响范围较小，且对企业厂界无组织排放影响明显，可以借助厂界无组织排放的监管实现对地面火炬的间接监管。但是，长期以来，对高架火炬不燃烧及通过火炬直排废气等违规行为，缺乏有效监管手段。

对高架火炬而言，其在使用过程中存在潜在危害：

（1）火炬系统在燃烧过程中不可避免会产生低毒物质如 NOx、SO_2、SO_3 等，对环境带来危害；

（2）现行火炬工况使用情况及紧急排放情况下, 由于废气流量大, 燃烧停留时间不够, 往往无法达到精确充分燃烧的条件, 导致部分有毒有害气体，尤其是高活性挥发性有机物（HR VOCs）不能通过燃烧完全分解，若直接排入大气中将严重影响大气环境质量及臭氧指标。

（3）目前火炬系统通常依赖流量计及热值分析仪数据补充燃料, 补充燃料过分使用会造成过量燃烧，既不经济，又以过量碳排放作为代价, 不符合国家碳减排政策要求。已有文献研究表明，在温室气体排放方面，石化行业排放源主

要包括燃料燃烧、火炬燃烧以及工艺生产过程排放等。其中，燃料燃烧和火炬燃烧是主要贡献源。

1.1.2 南京市石化企业高架火炬监管现状

南京市自 2019 年以来开始推进对火炬的监管。2019 年 1 月，南京市人民代表大会通过《南京市大气污染防治条例》，明确火炬燃烧装置应当用于应急处置，不得作为日常大气污染处理设施；2019 年 4 月，南京市生态环境局发布了《南京市高架火炬环境管理办法》，除要求高架火炬应当用于应急处置外，还要求明确火炬气成分、收集范围；2021 年 12 月，南京市生态环境局印发了《关于推动火炬安装在线连续监测系统的通知》，要求对现有高空火炬进行改造并安装火炬在线连续监测系统；2022 年 9 月，出台的《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》，进一步明确了火炬气监测系统的相关要求，对火炬气参数、组分浓度如何测定均做了相关的规定。

2021 年，我市对两家重点化工企业——中石化扬子石化分公司、中石化金陵石化分公司中的两支火炬进行试点，利用火炬废气在线连续监测系统，对试点火炬的进气进行在线监测，在 12 分钟内成功测定了火炬废气的温度、压力、流量、热值等参数，以及多种气体组分的含量。

希望通过制定标准，进一步推广火炬气在线监测设备的安装，以加强对高架火炬的监管。

1.2 制定标准的目的和意义

1.2.1 全面落实政策要求，完善污染源监控网络

随着我国对环保事业的重视，先后对水、土壤、大气污染进行强有力的监管，就连家具喷漆、秸秆燃烧等固定污染源都纳入监管范围。但是，受监测技术制约，作为石化企业中的重要排放口之一，火炬系统一直未被强制监管。

制定石化行业火炬气排放连续监测技术规范，全面推进全市石化企业高架火炬监管，是进一步落实《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》、《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标纲要》、《“十四五”生态环境监测规划》、《江苏省“十四五”生态环境监测监控体系与能力现代

化建设规划》等国家、地方的相关政策规定，完善污染源在线监控网络的重要举措。

1.2.2 协助打好污染防治攻坚战，改善区域空气质量

近年来 O_3 污染已经成为影响南京市空气质量的重要因素，据南京市生态环境局统计， 2022 年南京市空气未达优良的共 74 天，其中，O_3 超标污染的天数为 54 天。火炬燃烧系统被视为挥发性有机物（VOCs）的重要排放口，所排放的 VOCs 中还含有多种可加速 O_3 形成的高反应活性挥发性有机物（HR VOCs）。

通过制定本标准，加强对高架火炬气排放的 VOCs 等组分在线监测和监控，可有助于南京市推进 VOCs 治理工作，打好污染防治攻坚战，改善区域空气质量。

1.2.3 提升环境管理水平，加强非现场监管

《关于优化生态环境保护执法方式提高执法效能的指导意见》、《江苏省生态环境监测条例》等政策文件均要求大力拓展非现场监管的手段及应用。

2023 年 1 月，根据《江苏省生态环境非现场监管对象名录动态管理办法（试行）》文件，南京市建立第一批非现场监管对象名录，多家石化企业名列其中。火炬燃烧系统作为石化企业重要的排污口之一，通过本标准，促进企业安装火炬气排放连续监测系统，可有效加强污染源非现场监管，大力拓展非现场监管的手段及应用，及早发现问题并高效处置，加强对辖区内火炬的监管，提升精准执法能力，同时还能为我市进行环境决策提供技术支持。

1.2.4 提升企业自身管控意识，促进石化企业低碳化绿色发展

随着本标准的制定，构建政企双向监管机制，改变传统的环境部门单项监管模式，开展火炬使用企业开展自巡查，推动企业自我管理、做好安全生产工作，自证守法、有效落实企业主体责任，提升企业守法意识。

石化企业还可以通过高架火炬气排放连续监控系统，可实时获取火炬排放的数据，从中及时发现生产过程中的问题，加快工艺优化；及时调节火炬燃烧工况，提高燃烧效率，降低燃料的支出，节能降碳；促进企业提升 VOC 减排和末端治理水平，通过对废气进行资源化回收利用，精准实施节能减排，获得大量经济效益，有效促进行业的高端化、低碳化绿色发展。

二、任务来源

为深入贯彻落实习近平生态文明思想，加强火炬监管，健全生态环境监测体系，打好污染防治攻坚战，促进行业减污降碳协同增效，2022 年，南京市生态环境局提出制定南京市地方标准《石化行业火炬气排放连续监测技术规范》，主要起草单位是南京分析仪器厂有限公司、南京市生态环境保护科学研究院、南京市产品质量监督检验院（南京市质量发展与先进技术应用研究院）、江苏省南京环境监测中心和南京市生态环境监测监控中心，主要起草人员有薛逸才、王艳、杨德维、谢馨、方东、马少玲、窦焘焘、郭梦伊、韩宏伟、谢轶嵩、霍洪强和张雷。

经项目申报、专家论证、立项公示，2022 年 12 月，南京市市场监督管理局下发了《关于下达南京市地方标准〈石化行业火炬气排放连续监测技术规范〉制修订计划的通知》（宁市监标〔2022〕219 号）文件。

三、编制过程

（1）成立编制组

2023 年 1 月 10 日，根据南京市市场监督管理局下发的标准编制任务要求，南京分析仪器厂有限公司、南京市生态环境保护科学研究院、南京市产品质量监督检验院（南京市质量发展与先进技术应用研究院）、江苏省南京环境监测中心、南京市生态环境监测监控中心成立标准编制组，同时明确编制组主要成员和分工，讨论并制定具体实施方案。

主要分工如下：

序号	起草单位	参与人员	具体分工
1	南京分析仪器厂有限公司	薛逸才、马少玲、韩宏伟、张雷	标准编写、修改意见征询和整理、送审稿报送
2	南京市生态环境保护科学研究院	王艳、窦焘焘、谢轶嵩	最新引用文件和试验方法审查、国内外同类产品技术资料收集和整理
3	南京市产品质量监督检验院（南京市质量发展与先进技	杨德维、郭梦伊、	标准化审查、试验方法

	术应用研究院）	霍洪强	
4	江苏省南京环境监测中心	谢馨	功能和性能要求、现场数据收集和反馈
5	南京市生态环境监测监控中心	方东	要求的审查、试验方法审查

（2）制定研究思路和技术路径

2023 年 2 月 9 日，召开第一次编制组成员会议。编制组通过文献调研、技术交流、现场调研等方式，收集石化企业火炬燃烧系统（简称火炬）的竣工环境保护验收、自行监测等数据以及环境影响评价、排污许可等管理资料，掌握设备运行、污染防治以及主要污染物排放现状，评估相关连续监测技术可行性，研究标准实施的经济技术可达性及预期环境效益，确定科学合理的标准研制技术路线。

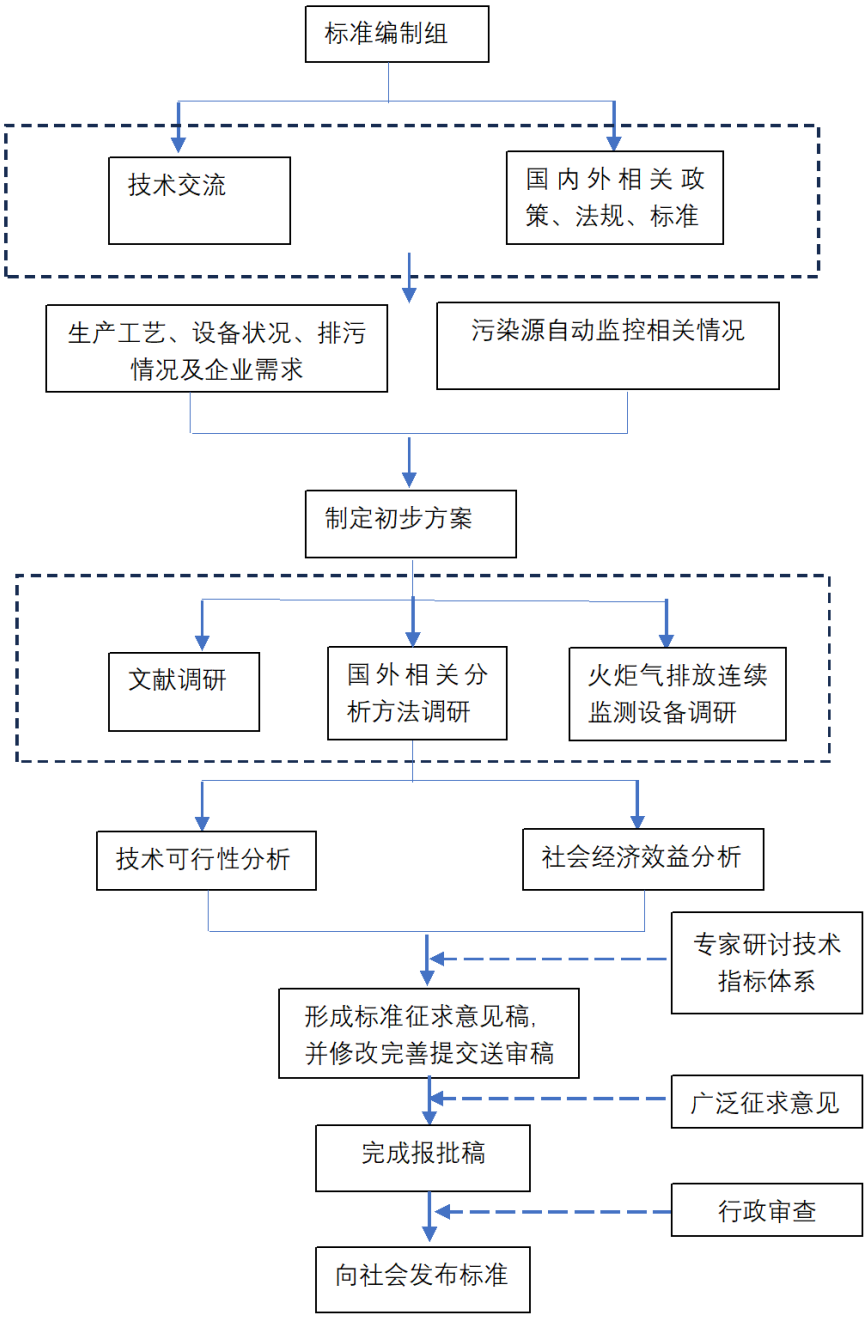

图 2 本标准研制技术路线图

按照生态环境保护相关法规政策要求，吸收借鉴国内外相关标准制修订经验，结合行业发展现状与国家、江苏省、南京市环境管理政策要求，本着技术经济可行原则，确定废气中主要污染物特征和废气参数条件，在此基础上形成《石化行业火炬气排放连续监测技术规范》撰写指导思想。

（3）制定编制原则

本标准按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》（GB/T 1.1—2020）相关规定进行编写。

本标准制定工作的总原则是：落实政策要求，健全环境监测体系，在技术、经济可行的基础上规定石化企业火炬气排放连续监测系统的技术要求，促进大气污染防治，推动相关行业高端化、绿色化、低碳化发展。

（4）调研、收集分析

2023 年 1 月起，编制组针对南京市石化企业火炬系统使用情况、进气中主要污染物排放情况进行现场调研，同时，对国内外对火炬系统的监管现状、检测技术等方面开展文献调研、资料收集分析工作。

2023 年 5 月，编制组完成标准初稿起草工作，并下发各参与单位进行内部讨论。

（5）编制征求意见稿

2023 年 6 月 30 日，编制组召开第二次工作会议。在广泛调研和技术交流的基础上，综合分析收集的资料，编制组对火炬气排放的连续监测技术要求、运行管理要求、环境经济效益分析等主要技术内容进行充分论证，形成了标准文本（征求意见稿）及其编制说明。

（6）征集意见

2023 年 8 月 15 日，编制组对标准的征求意见稿进行了征求意见。以文件函审的形式广泛征求了行业内 15 家单位的意见，主要有行政主管部门南京市生态环境局 1 家、科研院所 1 家、南京市各区大气监测中心 6 家、直接客户 2 家、同行 2 家、相关方 3 家。

截至 10 月 11 日共收到 15 家单位的书面意见，并对回复事项进行二次确认。经与编制组成员交流讨论，共整理出《南京市地方标准意见汇总表》中 15 条意见。对意见内容逐一进行分析和论证，采纳意见有 10 条，部分采纳意见有 0 条，未采纳意见有 5 条。对部分采纳和未采纳意见给出了相应的理由和说明。

a) 针对 1 范围 提出：“本文件规定了石化行业火炬气排放连续监测系统的组成和功能、技术性能、监测站房、安装、技术指标、调试检测、技术验收、日常运行管理、日常运行质量保证以及数据审核和处理等有关要求。”缺监测的技术要求

未采纳。该监测系统有完整的监测技术要求，针对仪表、站房、检测、验

收等情况分别在不同的章节中体现。

b) 针对 5.2.2.1 测量气体组分范围 提出 ："测定气体组分应至少包括常规监测目标准气体体、烷烃监测目标准气体体、高活性挥发性有机物监测目标准气体体……."改为"测定气体组分应至少包括工艺中需要监测目标准气体体 3 种以上（含……）"。

未采纳。行政主管部门南京市生态环境局要求，具体依据文件为：《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》（宁环办〔2022〕126 号）。

c) 针对 5.2.6 组分分析精密度 提出 ："废气组分分析结果，各组分精密度≤5 %"改为"废气组分分析结果，各组分测量结果的重复性≤5 %"。

未采纳。本条款描述组分分析精密度，比重复性更适合本标准。

d) 针对 9.3.1.5 条款 提出 ："验收时，…，量程标准气体应当包含…."改为"验收时，…，量程标准气体可包含…."

未采纳。条款已经明确描述。

（7）编制公开征求意见稿

编制组及时对上述反馈意见进行整理，并逐一进行分析和讨论，并最终形成标准《石化行业火炬气排放连续监测技术规范（公开征求意见稿）》。根据主管部门要求，并对相关文件进行整理送交。

（8）编制送审稿

南京市市场监督管理标准处于 2023 年 11 月 3 日，在其网站上对《石化行业火炬气排放连续监测技术规范（公开征求意见稿）》进行公开征求意见 1 个月，截至 2023 年 12 月 3 日，编制组未收到反馈意见。编制组根据进度，修改编制说明，形成《石化行业火炬气排放连续监测技术规范（送审稿）》。

（9）送审稿审查

2024 年 1 月 11 日，在南京分析仪器厂有限公司召开了《石化行业火炬气排放连续监测技术规范》（送审稿）审查会，会议聘请了 6 位专家和项目编制组成员 9 位，及其他人员 3 位，共计 18 人参加了会议。本标准由中特检验集团有限公司国家级检验师杨海军任评审组组长，对项目的编制说明，意见汇总处理和标准内容进行了全面审核，编制组进行了认真记录，回答了专家们的质询，专家组一致通过了本项目的送审稿审查，建议按照专家们的意见修改完善送审资

料，形成正式报批文件上报。审查会后，编制组成员进行了分别沟通，对审查会意见分析交流，形成意见汇总处理表（报批稿），编制说明（报批稿），标准文本（报批稿）以及报批书等报批文件。

四、主要内容技术指标确立编制过程

4.1 实地调研

石油化工行业是南京市的传统支柱产业，经实地调研，目前在我市的扬子、扬巴、蓝星安迪苏、塞拉尼斯等 20 余家化工、钢铁企业建有约 31 座高架火炬。 根据部分企业提供的高架火炬气成分数据，当前火炬废气的组分主要有氮气、氢气、一氧化碳、二氧化碳、烷烃和烯烃等，部分火炬会排放硫化氢，少数火炬受生产工艺影响，也会排放醋酸、甲醇等特定组分（表 1）。

表 1 南京市部分石化企业高架火炬气主要成分

企业代号	火炬气主要成分
1	N_2、H_2、CO、CO_2、H_2S、C1～C5 等
2	N_2、H_2、CO、CO_2、甲烷、乙烷、正己烷、乙烯、甲醇、醋酸、碘甲烷等
3	N_2、H_2、CO、CO_2、H_2S、甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、乙烯、丁烯、甲醇等
4	N_2、CS_2、$H_2SC_2H_4$、甲醇等
5	N_2、CO、O_2、C_6H_{12} 等
6	N_2、CO、C1～C5、H_2S

4.2 国内外火炬监管相关要求或标准

4.2.1 国内现行要求

国内目前尚无明确的关于火炬气监测的国家级环保法规/标准。2015 年 7 月实施的《石油炼制工业污染物排放标准》（GB31570-2015）和《石油化学工业污染物排放标准》（GB31571-2015），均要求应连续监测、记录引燃设施和火炬的工作状态（火炬气流量、火炬头温度、火种气流量、火种温度等）。

2015 年 11 月发布的《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》中指出，需对

火炬排放进行核查，除了 GB31570、GB31571 中的规定外，还建议对火炬气组成进行连续监测或在间歇排放事件中火炬燃烧时至少每 3h 进行一次人工采样的组成分析。

但上述的国家级标准、政策均未提及火炬气的监测方法，广东省于 2022 年 6 月出台了《高架火炬挥发性有机物排放控制技术规范》，提及了要对火炬气的热值和流量进行连续监测，热值可用热值分析仪进行测定，流量计应满足：当火炬气流速当火炬气流速≥0.03 m/s 但≤0.3 m/s 时，流量计的最大绝对误差不超过仪表量程的±20%；当火炬气流速＞0.3 m/s 时，流量计精度等级需满足 5.0 级，但未对流量计的选择、火炬气组分测定方式进行规定。本标准中关于火炬气流速测量精度的规定即参考了此标准。

2022 年 9 月南京市出台了《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》，进一步明确了火炬气监测系统的相关要求，对火炬气参数、组分浓度如何测定均做了相关的规定。

4.2.2 国（境）外标准

美国相继出台了多个环保法规，要求对进入火炬燃烧塔前的废气（简称火炬气）进行监测，如表 2 所示。

表 2 美国关于火炬气监测的环保法规

年份	法规号	级别	监测项
2004	Chapter 115	德州法 State-TCEQ	HR VOC in Flares & CT
2005	Rule 1118	加州法 State-SCAQMD	BTU, TS in Flares
2011	GHG	联邦法 Federal	Combustion sources
2011	40 CFR60 Subpart Ja	联邦法 Federal	Sulfur & BTU in Flares
2015	40 CFR63 Subpart CC	联邦法 Federal	Flare vent gas composition monitoring

其中，TCEQ（德州环境质量委员会）制定的 Chapter 115 中，规定火炬监测设施需要测量典型的 HR VOCs 和净热值，同时对该系统的性能如检测时间、检测频率、量程、上线率等制定了详细的要求（表 3）。

表 3 Chapter 115 中火炬监测系统相关规定

序号	项目	要求
1	测项	HRVOC 排放量、净热值
2	分析组分	氮气、氢气、甲烷、二氧化碳、VOCs（包括 HRVOCs）
3	量程	ppm 到%
4	分析周期	15 分钟
5	校准	每周进行单点校准，每季度进行多点校准
6	上线率	> 95%

在联邦法 40 CFR63 Subpart CC 中，要求利用气相色谱分析火炬气中甲烷、乙烷、乙烯、丙烯等多种烃类的含量，同时对火炬气监测系统的性能指标也作了规定（表 4）。

表 4 40 CFR63 Subpart CC 中对火炬监测系统的性能要求

序号	项目	精确度
1	温度	±1%
2	压力	±0.5%
3	流速	当流速为 0.03~0.3m/s 时：±20% 当流速>0.3m/s 时，±5%
4	热值测定	用热值分析：±2%，亦可用利用气相色谱分析
5	组分分析	±2%，或者 0.1%（体积分数），取较大者

在中国台湾，也有多个涉及火炬气监测的法规如《挥发性有机物空气污染管制及排放标准》（2011 年）、《公私场所固定污染源废气燃烧塔监测设施性能规范参考原则》（2013 年）等，规定火炬燃烧塔仅用于应急使用，每次使用均需报告，且需要对火炬气成分进行监测。

《固定污染源空气污染物连续自动监测设施管理办法》（2020 年）中还规定了火炬燃烧塔的检测周期和对有效监测时数的要求（自 2021 年 10 月起，每季有效监测时数百分率应达 95%以上）。

4.3 标准主要技术内容及确定依据

4.3.1 标准结构框架

本标准包括前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、系统组成和功能、技术要求、监测站房要求、安装要求、技术指标调试检测、技术验收、日常运行维护要求、质量保证和质量控制要求、数据审核和和处理、附录共十四个部分。

4.3.2 范围

本文件规定了石化行业高架火炬气排放连续监测的系统组成和功能、技术性能、监测站房、安装、技术指标调试检测、技术验收、日常运行管理、日常运行质量保证以及数据审核和处理等有关要求。

本文件适用于石油炼制、石油化学、有机化工、煤化工等石化行业使用的高架火炬。

4.3.3 术语和定义

本标准规定了连续监测系统、火炬气排放连续监测系统、有效数据、分析周期、零点噪声、有效数据率、校准共 7 项术语和定义

4.3.4 系统组成和功能

系统组成和功能主要参考了 HJ 75 和 HJ 1286，同时结合南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》中的要求进行了修改，确定火炬气排放连续监测系统（Flare-CEMS）由废气条件参数监测单元、废气组分监测单元、数据采集与处理单元组成。

根据火炬气监测的需求，Flare-CEMS的功能为：应能实现连续测量进入高架火炬的废气条件参数（温度、压力、流速或流量等）、废气中主要气体组分的浓度，同时计算废气的热值、废气中主要气体组分的排放速率和排放量，显示（可支持打印）和记录各种数据和参数，形成相关图表；并具有通过数据、图文等方式传输至管理平台的功能。

4.3.5 技术要求

技术要求分为安全要求和性能要求两部分。

4.3.5.1 安全要求

由于石化行业火炬气的防爆区域划分比较严格，本标准中主要参考石化行

业火炬气排放连续监测技术规范对 Flare-CEMS 的安全要求如下：

（1）在室内环境温度为(15～35） ℃，室内相对湿度≤85 %条件下，系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于20 MΩ。

（2）在室内环境温度为（15～35) ℃，室内相对湿度≤85 %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。

（3）系统应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施。

（4）安装和使用者应建立起有效安全措施，防止易燃易爆、有毒有害气体泄漏，及防备其他安全风险；若设备安装环境有防爆要求，则应按照GB/T 3836.1中相关规定执行。

4.3.5.2 性能要求

火炬气排放连续监测设备需测量废气条件参数（温度、压力、流速或流量）和分析废气组分。

（1）废气条件参数监测的性能指标

在废气条件参数监测性能指标中，按照石化行业火炬气排放连续监测技术规范规定了温度监测宜选用热电偶传感器或热敏电阻，其量程范围根据火炬气类型不同的分别为高温高压火炬气（0～300℃）、低温高压火炬气（-200～30℃）、常温低压火炬气（0～100℃），精度均为±3℃；压力宜选用扩散硅式力敏器件的压力传感器，其量程范围应能覆盖-100Kpa～20Mpa，且应满足精度0.5%F.S ；流量监测宜选用超声波流量计，具有自标定功能，其量程范围应能覆盖0.03～80 m/s，且应满足：当火炬气流速≥0.03 m/s但≤0.3 m/s时，流量计的最大绝对误差不超过仪表量程的±20 %；当火炬气流速＞0.3 m/s时，流量计精度等级需满足5.0级。

基于火炬废气存在流量大、成分复杂且具有危险性的特点，为避免增加气体泄露风险，不建议设置比对监测孔，因此用于废气条件参数测量的仪表，建议其计量周期同火炬相关装置的大修周期，且不少于每年一次，以确保其测量的准确性。

（2）废气组分监测的性能指标

根据实地调研结果，不同企业的具体生产情况不同，因此所排放的火炬废气组分不尽相同，但总体来说，火炬废气中通常含有氮气、氢气、一氧化碳、二氧化碳、烷烃和烯烃为主，为了提高数据的可比性，同时参考国外标准，我们在确定测量气体组分范围时，规定了18种必测组分，要求如下：

至少包括常规监测目标气体（氮气、氢气、一氧化碳、二氧化碳和硫化氢，共5种）、烷烃监测目标气体（甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、己烷及更重组分，共8种），高活性挥发性有机物监测目标准气体体（乙烯、丙烯、所有丁烯、所有戊烯、1，3-丁二烯、，共5种）。各组分浓度最高量程不应低于0.01 mol/mol。根据火炬气实际情况，可增加需要监测目标准气体。

在分析周期、零点噪声、组分分析准确度、组分分析精密度、分离度、24h浓度漂移和有效数据率等指标的确定，主要通过现有火炬气排放连续监测设备的实验验证结果，结合南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》以及参考国外现行标准进行制定，如表5所示。

表5 部分废气组分监测性能指标

序号	指标	要求
1	分析周期	≤15 min
2	零点噪声	不超过0.01 %（mol/mol）
3	组分分析准确度	不超过±5 %标准气体标称值
4	组分分析精密度	≤5 %
5	分离度	二氧化碳/乙烯、乙烯/乙烷、正戊烷/异戊烷的分离度达到1.0以上
6	24 h浓度漂移	不超过±2.5 %满量程
7	有效数据率	不小于95%（以30d计）

各指标的验证实验结果分别如下：

① 分析周期

利用现有仪器测定了前述提及的 18 种必测组分，各组分的保留时间如表 6 所示。

表 6 必测组分的保留时间

序号	化合物名称	保留时间（s）	序号	化合物名称	保留时间（s）
1	氮气	53.20	10	正丁烷	199.50
2	一氧化碳	69.90	11	异戊烷	286.20
3	二氧化碳	64.50	12	正戊烷	330.40
4	氢气	25.50	13	己烷及更重组分	306.30
5	硫化氢	215.40	14	乙烯	85.30
6	甲烷	27.00	15	丙烯	124.00
7	乙烷	102.90	16	所有丁烯 [b]	245.90
8	丙烷	106.60	17	所有戊烯 [c]	362.20
9	异丁烷	158.30	18	1,3-丁二烯	319.90

从上表中可以看出，验证实验中所使用的 Flare-CEMS 在 12 分钟内可完成待测组分的分析。

由于部分企业可能会按照其工艺实际需要增加待测组分，导致分析周期的延长，同时参考南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》和美国的国外标准和美国 TCEQ（德州环境质量委员会）的 Chapter 115，本标准将系统分析周期指标定为不高于 15min。

②零点噪声

本系统中组分分析设备通常为气相色谱，与 CEMS 不同，气相色谱中无零点漂移的定义，为确保数据的准确性，此处参考《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）引入零点噪声的测量，通入零点气体测定噪声。

由于所用的色谱主要以氮气作为载气（除了进行氮气分析时以氢气为载气），同时氮气是火炬系统中所使用的保护气，其含量通常较高（30~99%），为了避免引入其他组分影响设备运行，因此在零点噪声的验证实验中，以高纯氮气（99.999%）作为零点气体进行。实验结果表明，己烷及更重组分（C6+）的零点噪声较高，其他组分的零点噪声极低，总体来说，待测组分的零点噪声在 0~45.70μmol/mol 之间。

由于 Flare-CEMS 分析废气组分的一个重要目的在于计算废气热值，以控制火炬燃烧工况（如助燃气添加量）。根据台湾《公私场所固定污染源废气燃烧塔监测设施性能规范参考原则》中对气体组分设置门槛浓度，由此也可以看出，过低的组分浓度的分析无实际意义。

由于本系统对组分主要进行的是常量分析，待测组分的量程不低于 0.01mol/mol，即 10000μmol/mol，因此对 零点噪声无需要求过高，同时考虑到不同厂家的组分分析设备的精度有差异，本标准中拟规定零点噪声不超过 150μmol/mol。

③组分分析准确度和精密度

现行的标准中有准确度的类似规定，例如南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》和台湾《公私场所固定污染源废气燃烧塔监测设施性能规范参考原则》中规定利用标准气体进行校准时，其相对误差（准确度）应在±10%以内。至于精密度在现行标准中没有特别说明，但是我们认为，对于分析仪器而言，精密度也是重要指标之一，例如在《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统及检测方法》（HJ 1010-2018）中，性能指标即有准确度和精密度的要求。

在验证实验中，待测组分分析的准确度在 0~3.86%之间，精密度在 0~3.02%之间，故本标准拟将准确度指标设定为不超过±5 %标准气体标称值，各组分精密度≤5 %。

④分离度

由于 Flare-CEMS 需测定多个组分，组分间的分离度是评价分析设备性能的重要指标，组分间具有良好的分离度才能有效确保分析结果是准确可靠的。根据图 1 的谱图可以看出，Flare-CEMS 采用多根色谱柱进行废气组分分析，个别组分的保留时间相对接近，例如二氧化碳和乙烯、乙烯和乙烷、异戊烷和正戊烷，因此，在验证实验中，着重测定了这三对废气组分之间的分离度，在验证实验中，三对废气组分间的分离度在 1.0~2.0 之间，表示了良好的组分分离性能。

参考《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统及检测方法》（HJ 1010-2018）中对相近组分的分离度要求为 1.0，因此，本标准中规定，二氧化

碳和乙烯、乙烯和乙烷、异戊烷和正戊烷的分离度不低于 1.0。

⑤ 24h 浓度漂移

浓度漂移指标可以反映分析仪器的稳定性。在验证实验中，各组分 24h 浓度漂移在 0.00~2.02%之间，由于标准气体中各组分的浓度不相等，当组分浓度较高时，24h 浓度漂移则很低，例如甲烷的 24h 浓度漂移低至 0.00%，而若组分浓度很低，则 24 浓度漂移相对较大，例如 标准气体中 1,3 丁二烯浓度为 0.005mol/mol，此时 24h 浓度漂移为 2.02%。

由于本系统规定所有待测组分的量程不低于 0.01mol/mol，因此 用于本项指标测定的标准气体中各组分浓度不会非常低，因此规定 24h 浓度漂移不超过 5%。

⑥有效数据率

有效数据率指标的验证以南京市在扬子石化的火炬气监测试点的数据进行统计。Flare-CEMS 系统数据采集主要包括废气参数单元和废气组分分析单元两部分。废气参数单元主要测量温度、压力和流量，测量仪表安装使用后一般不会发生故障，30 天有效数据率可达 100%；废气组分分析单元所使用的仪器需要定期维护和校准，在该试点中每周维护一次，在设备维护期间数据有所缺失，30 天有效数据率为 98%。

由此可见，有效数据率的指标主要需考虑废气组分分析单元的运维情况，其运维频次、时长均对本指标有影响，此外，还需考虑突发情况，例如其他设备例如工控机断电、设备故障以及石化企业其他情况导致数据缺失。

台湾《固定污染源空气污染物连续自动监测设施管理办法》中则规定自 2021 年 10 月起，每季有效监测时数百分率应达 95%以上。南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》和美国 TCEQ（德州环境质量委员会）制定的 Chapter 115 中，均规定 Flare-CEMS 连续运行 30 天，有效数据率不小于 95%。

根据南京市相关规定，火炬系统仅能作为紧急安全装置使用，其使用时间不可预知，为了更好地对火炬进行监管，尽量不遗漏数据，Flare-CEMS 有效数据率的指标不宜过低。

综上考虑，本标准规定 Flare-CEMS 连续运行 30 天，有效数据率不小于 95%。

4.3.6 监测站房要求

4.3.6.1 监测站房内温度宜保持在15 ℃～35 ℃，相对湿度应≤85 %，空调应具有来电自动重启功能，站房内应安装排风扇或其他通风设施。

4.3.6.2 监测站房应配备零点气和标准气体，以满足日常零点校准、量程校准、定期校准的需要。

4.3.6.3 监测站房应有防水、防火、防潮、防雷、隔热、保温措施，站房内应安装可燃气体、有毒气体、低氧报警器。

4.3.6.4 安装在监测站房外部的电气设备的电气防爆等级应不低于分析小屋所处区域防爆等级的要求。

4.3.6.5 安装在监测站房内部的电气设备的电气防爆等级应不低于 GB/T 3836.1—2021 中规定的 ExIIBT3 或 Class 1,Division 2,Group B C D。若监测站房所处电气防爆环境为 1 级区域，应采用正压通风，在监测站房内所有通道关闭时，应能保持室内外压差不低于 50 Pa（5mm H2O）；当监测站房失压时，应能发出报警信号。

4.3.6.6 若分析对象或载气中有氢气、乙炔，则监测站房内靠近顶棚处的电气防爆等级为 ExIICT2 或 Class 1,Division 2,Group B（氢气）或 A（乙炔）。

4.3.6.7 监测站房宜选用分析小屋，分析小屋应带有正压通风系统或供热通风与空气调节（HVAC）系统。

4.3.6.8监测站房的其他要求按照HJ 75—2017执行。

4.3.7 安装要求

连续监测系统采样点应选择在能准确可靠地连续监测火炬气排放状况的位置上，应避开火炬管线弯头和断面急剧变化的部位，不得在火炬筒体上直接选取取样点。采样点位置的其他要求按照 HJ 75-2017 执行。

样品气传输管线应具备稳定、均匀加热和保温的功能，其加热温度应不低于120 ℃（特殊气体，如CS_2等容易自燃的气体，加热温度应高于露点温度10 ℃以上），加热温度值应能在机柜或系统软件中显示查询。

4.3.8 技术指标调试检测

为确保 Flare-CEMS 系统的稳定性和监测数据的准确性，本标准规定其在现场安装运行以后，在接受验收前，应进行技术性能指标的调试检测。由于本系

统的最重要部件为废气组分分析单元，因此调试检测的技术指标主要围绕组分分析设备（色谱）展开，包括分析周期、零点噪声、组分分析准确度和精密度、组分分离度、24h 浓度漂移和有效数据率。

其中，分析周期连续测量 3 d，每天至少测量 1 次，每日分析周期都应满足要求；在有效数据率统计中，建议连续测量 7d，计算 7d 的有效数据率。

4.3.9 技术验收

技术验收的主要参考固定污染源烟气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续监测技术规范（HJ75-2017）制定，要求 Flare-CEMS 在完成安装、调试检测后，开展系统技术指标验收。技术指标验收包括废气条件参数技术指标、废气组分监测技术指标验收。

由于火炬系统的特殊性和危险性，从安全考虑出发，未要求设置比对监测孔，因此废气条件参数监测单元验收通过文件验收形式进行，要求系统的温度、压力、流速（或流量）仪表应具有相应的计量合格证书、现场调试检测报告。

废气组分监测技术指标验收内容包括分析周期、零点噪声、组分分析准确度和精密度、分离度和 24 h 浓度漂移验收，验收指标与调试检测要求一致。

此外，目前南京市的火炬气排放数据监管平台正在建设中，建成后将进行数据接入，因此要求 Flare-CEMS 系统应当预留数据传输功能，具备数据一址多发上传功能，数据传输应满足 HJ 212 的要求，以满足监管要求。

4.3.10 日常运行维护要求

对于 Flare-CEMS 的日常运行维护，要求运维单位需根据 Flare-CEMS 使用说明书和本文件的要求编制仪器运行管理规程，确定系统运行操作人员和管理维护人员的工作职责。参与运维的人员应当熟练掌握 Flare-CEMS 的原理、使用和维护方法。Flare-CEMS 日常运行维护主要包括对监测站房、废气条件参数监测单元、废气组分分析单元和数据传输单元四部分的日常巡检和维护保养。

4.3.11 质量保证和质量控制要求

日常运行中的质量保证和质量控制是保障 Flare- CEMS 正常稳定运行、持续提供具有质量保证监测数据的必要手段。主要包括：

（1）定期校准

本标准中要求对废气条件参数监测单元、废气组分分析单元进行定期校准。其中废气条件参数监测设备需每年进行一次计量合格认证；在废气组分分析设备的定期校准中，由于校准时组分分析设备需要停运，时长通常是 2-4 小时不等，此期间火炬系统如被使用，则无法进行有效监测，因此建议每 15d 至少进行一次单点标定校准测试，同时每 3 个月进行一次零点噪声和多点标定校准测试。

（2）定期维护

Flare-CEMS 系统中涉及的设备、部件众多，均需要定期进行维护。因此本标准中作出如下规定：

a） 使用氢气钢瓶时，至少每周巡检一次钢瓶的气体压力并记录，同时对减压阀、气体管路进行安全检漏并书面记录，有条件的应做到一用一备；

b） 使用氢气发生器时，至少每周检查一次氢气发生器变色硅胶，硅胶超过 2/3 变色时应予以更换；

c） 使用氢气发生器时，应按其说明书规定，定期检查氢气压力、氢气发生器电解液等，根据使用情况及时更换电解液，定期添加去离子水；对于使用氢气钢瓶的，推荐每周巡检钢瓶气的压力并记录，有条件的可做到一用一备；

d）至少每周检查一次出峰时间与标准谱图的一致性是否符合仪器使用手册要求；

e） 至少每月检查一次采样连接管路的气密性，Flare-CEMS 的过滤器、采样管路的结灰情况，若发现数据异常应及时维护；

f） 至少每半年检查一次零点气发生器中的过滤填料，根据使用情况对其进行更换；

g） 更换主要部件如色谱柱、定量环后应对 Flare-CEMS 进行准确度检测，并记录校准数据和过程，校准数据满足相关要求且稳定后方可投入运行。

（3）标准气体

本系统规定了 18 种必测组分，建议所使用的标准气体应包括所有必测组分，同时根据石化企业的具体需要，若加测其他气体，则需配制相应的标准气体。所使用的标准气体应在有效期内，其标准物质证书中不确定度应在±2%以

内。

4.3.12 数据审核和处理

数据审核、无效时间处理按照固定污染源烟气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续监测技术规范（HJ75-2017）中相关要求执行。本标准也给出了监测结果记录形式和报表模板，要求统计火炬气排放最大值、最小值、平均值、累计排放量以及参与统计的样本数。

4.3.13 附录

附录包括了规范性附录和资料性附录。其中规范性附录包括：（1）火炬气排放连续监测系统必测火炬气组分；（2）Flare-CEMS 主要技术指标调试和验收方法。资料性附录包括：（1）火炬气排放连续监测系统安装调试检测原始记录表；（2）火炬气排放连续监测系统调试检测报告；（3）火炬气排放连续监测系统技术指标验收报告；（4）火炬气排放连续监测系统日常巡检、校准和维护原始记录表。

五、与相关法律法规和国家标准的关系

国内目前尚无明确的关于火炬气监测的国家级环保法规/标准。2015 年 11 月发布的《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》中建议对火炬气组成进行连续监测或在间歇排放事件中火炬燃烧时至少每 3h 进行一次人工采样的组成分析。

本标准中规定火炬气监测设备可连续对火炬气排放情况进行监测，避免了人工采样导致的危险以及人员浪费，同时可以获得更加实时、精准的数据，协助企业进行精细化管理。

广东省《高架火炬挥发性有机物排放控制技术规范》中提及对火炬气的热值和流量进行连续监测。本标准中关于火炬气流速测量精度的规定即参考了此标准，且能实现组分分析和热值同时测定，省去了热值仪的费用。

南京市《火炬气连续监测系统技术要求（试行）》（简称《技术要求》）中规定了火炬气参数、组分浓度的测定方法，本标准在此《技术要求》基础上进行编写。

与美国 40 CFR63 Subpart CC 中相关规定相比，本标准中待测组分数量比其多了 7 种，分别时氮气、硫化氢、一氧化碳、二氧化碳、异戊烷、己烷及更重

化合物和所有戊烯。

与台湾的标准相比，本标准中除了测定了 C1~C5+非甲烷碳氢化合物外，还测定了氮气、一氧化碳和二氧化碳。在有效数据率方面，台湾标准规定每季度不低于 95%，而本标准要求以每月计不低于 95%，要求更高。

六、实施推广建议

（1）加大宣贯培训

本标准发布实施后，建议组织标准宣贯工作，使相关单位尽快掌握本标准要求，更好指导火炬气排放连续监测实践活动。

（2）加强日常监督

本标准发布实施后，建议加强对石化企业火炬系统的日常监督管理，督促排污单位自觉遵守《南京市大气污染防治条例》，减少火炬的日常使用，仅作为紧急使用装置，促进我市环境空气质量持续改善。

（3）实施激励政策

为调动排污单位积极性，建议对自觉执行本标准，如期安装火炬气排放连续监测系统的企业，可采取通报表扬、财政补贴等激励措施。