《气体分析　微型热导气相色谱法》

国家标准编制说明

（征求意见稿）

2022 年 1 月 14 日

（一）工作简况

1.1 任务来源

根据国标委发[2021]12 号文件，“国家标准化管理委员会关于下达 2021 年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知”的要求，由中国测试技术研究院化学研究所等单位负责起草《气体分析 微型热导气相色谱法》（20211089-T-606）标准制定工作。完成年限 2021～2022 年，由中国石油和化学工业联合会提出，全国气体标准化技术委员会归口。

1.2 标准起草单位

中国测试技术研究院化学研究所、西南化工研究设计院有限公司、国家管网集团西气东输公司南京计量研究中心、中国计量科学研究院、中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、国家煤层气产品质量监督检验中心（山西）、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司天然气研究院、四川恒宸科技发展有限责任公司、安捷伦科技（中国）有限公司、英福康有限公司、成都思创睿智科技有限公司、四川晟睿恒科学仪器有限公司、中国石化集团重庆川维化工有限公司、中国空气动力研究与发展中心空天技术研究所。

1.3 标准制定的目的和意义

三部门印发的《装备制造业标准化和质量提升规划》中提到应“促进装备制造业领域节能、节水、环保、技术、安全等标准的实施”。热导气相色谱法已广泛应用于工业气体、天然气、液化天然气、生物质气、食品级氮气等气体的组分分析，然而传统热导气相色谱仪器体积大，能耗高，耗气量大，难以满足现阶段对装备节能环保的要求。微型热导气相色谱法继承了传统气相色谱法的所有优点，同时还具有分析速度快，灵敏度高，能耗低，耗气量小，体积小可随身携带等诸多优势，制定该方法标准，将有利于节能环保装备的推广使用，也满足了国务院印发的《中国制造 2025》中对“绿色制造工程”的要求。

热导气相色谱法是目前国内常见气体组成分析的方法，但目前的相关标准仅涉及传统的热导气相色谱，如天然气国标《GB/T 13610-2014 天然气的组成分析 气相色谱法》，《GB 29202-2012 食品安全国家标准 食品添加剂 氮气》和《GB/T8984-2008 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法》等。目前利用微型热导气相色谱替代传统气相色谱进行常见气体的快速分析在欧

美发达国家已经成熟并得到广泛应用，而且近年来该方法在我国的应用领域也在稳步扩展，急需建立对应的标准以便于该方法的使用。

1.4　主要工作过程

2021年国家标准化管理委员会下达了“国家标准化管理委员会关于下达2021年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知”，《气体分析 微型热导气相色谱法》正式立项，标准由全国气体标准化技术委员会气体分析分技术委员会（以下简称分析分会）归口。任务下达之后，为保证项目顺利实施，分析分会秘书处于2021年5月公开征集起草单位，成功组建由中国测试技术研究院化学研究所、西南化工研究设计院有限公司等单位共同组成的标准起草小组。2020年8月4日，分析分会秘书处组织标准起草单位代表召开标准启动线上会议，讨论了标准草案稿及验证试验方案和制定工作分工。具体分工如下：

表1 起草小组各单位分工

序号	单位名称	主要工作
1	中国测试技术研究院化学研究所	负责完成工作组草案稿和编制说明，整理和修改各阶段征求意见，配合秘书处完成标准每个阶段具体工作
2	西南化工研究设计院有限公司	协助牵头单位讨论和修改标准工作组草案，修改标准征求意见稿、送审稿。
3	国家管网集团西气东输公司南京计量研究中心	协助牵头单位整理征求意见稿及送审稿征求意见汇总表，承担验证试验工作。
4	中国计量科学研究院、中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、国家煤层气产品质量监督检验中心（山西）、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司天然气研究院、中国石化集团重庆川维化工有限公司、中国空气动力研究与发展中心空天技术研究所	承担验证试验工作

5	四川恒宸科技发展有限责任公司、安捷伦科技（中国）有限公司、英福康有限公司、成都思创睿智科技有限公司、四川晟睿恒科学仪器有限公司	提供分析仪器性能提升，并承担验证试验工作

标准起草小组经过大量和系统的调研，搜集整理了相关国内外标准文献，与《气体分析 微型热导气相色谱法》相关的标准见表 2：

表 2 相关标准

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 3723-1999	工业用化学产品采样安全通则
2	GB/T 4844-2011	纯氦、高纯氦和超纯氦
3	GB/T 4946-2008	气相色谱法 术语
4	GB/T 5274.1-2018	气体分析 校准用混合气体的制备 第 1 部分：称量法制备一级混合气体
5	GB/T 6379.1-2004	测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第 1 部分：总则与定义
6	GB/T 14850-2020-2020 (ISO 7504:2015, IDT)	气体分析 词汇
7	GB/T 27411-2012	检测实验室常用不确定度评定方法与表示
8	GB/T 27417-2017	合格评定 化学分析方法确认和验证指南
9	GB/T 27418-2017	测量不确定度评定与表示
10	GB/T 32467-2015	化学分析方法确认和内部质量控制术语及定义
11	ISO/IEC Guide 99:2007	国际法制计量术语—基础通用概念及相关术语（International vocabulary of metrology-Basic and general concepts and associated terms）
12	JJF 1001-2011	通用计量术语及定义
13	JJF1059.1-2012	测量不确定度评定与表示

14	GB/T 32467-2015	化学分析方法验证确认和内部质量控制术语及定义
15	GB/T 10628-2008	气体分析 校准混合气组成的测定和校验 比较法
16	GB/T 13609-2017	天然气取样导则
17	GB/T 33318-2016	气体分析 硫化物的测定 硫化学发光气相色谱法

2022年1月，由牵头起草单位中国测试技术研究院化学研究所负责将草案稿按照GB/T 1.1-2020的要求修改格式，形成标准征求意见稿，并编写完成征求意见稿编制说明。2022年1月，将标准的征求意见稿及编制说明提交至国标委制修订系统，并进行公示，向行业从业人员、相关专家、有关部门和社会广泛征求意见。

（二）国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

2.1 国家标准编制原则

本文件按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则及我国气体组分含量测量过程及结果相关的校准技术的实际情况起草。

2.2 范围

本部分给出了标准文件规定的内容，具体包括用配备微型热导检测器的气相色谱仪测定气体组分含量的方法。说明了本文件适用于工业气体、天然气、液化天然气、液化石油气、焦炉煤气、生物质气、食品级氮气、空气、汽车尾气、煤质合成天然气、氢气、煤层气、页岩气、致密气、城镇燃气、掺氢天然气等气体中氢气、氧气、氮气、氦气、一氧化碳、二氧化碳、碳氢化合物，硫化氢，四氢噻吩等组分含量的测定。规定了组分含量的测定范围：5×10^{-6}~100% (体积分数)。

2.3 关于微型热导气相色谱法的说明

2.3.1 微型热导检测器原理

热导检测器（TCD）是气相色谱法最常用的一种检测器，其原理如图 1 所示，基于不同组分与载气有不同的热导率的原理而工作的热传导检测器。当被测组分与载气一起进入热导池时，由于混合气的热导率与纯载气不同，引起混合气体的热导系数变化被转化成惠斯通电桥中热敏电阻阻值的变化，再将热敏电阻阻值的变化转化成输出电压的变化，从而实现对待测气体成分和浓度检测。配备有传统的热导检测器的仪器质量重、体积大、功耗高，存在分析速度慢、温度漂移大、

检测精度差、灵敏度低等缺陷。相对于传统的热导检测器，微型热导检测器（μTCD）的原理与传统的热导检测器是一样的，但是由于其采用先进的微机电加工技术（MEMS）制作而成，具有体积小，质量小，功耗低、灵敏度高、分析快速等优点。

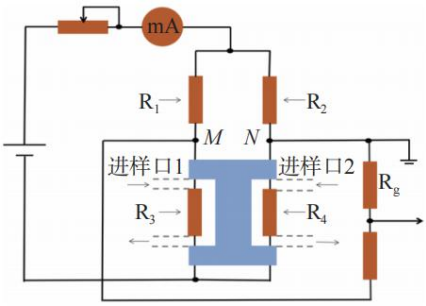


图 1. 热导检测器原理示意图

2.3.2 载气

微型热导检测器（μTCD）由其原理可知：只要载气与目标组分的热导率存在差异就会产生相应的信号响应；但在实际选择载气的过程中，考虑到组分含量、仪器灵敏度等因素的影响，应尽量选择与目标组分热导率相差较大的载气，表 3 列出了常见气体组分的热导率。

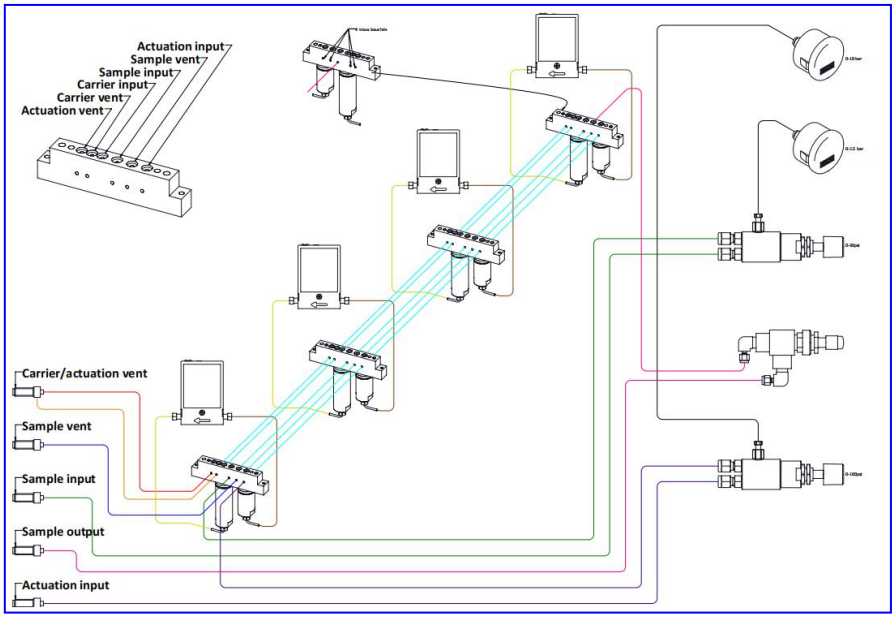
表 3. 常见气体组分的热导率常数（0℃，10^{-5}W/(m・K)）

组分	热导率	组分	热导率
氢气	1.75	甲烷	0.30
氦气	1.46	乙烷	0.18
氮气	0.24	丙烷	0.15
氧气	0.25	正丁烷	0.13
氩气	0.17	异丁烷	0.14
一氧化碳	0.24	正戊烷	0.13
二氧化碳	0.15	异戊烷	0.13
乙烯	0.18	正己烷	0.13

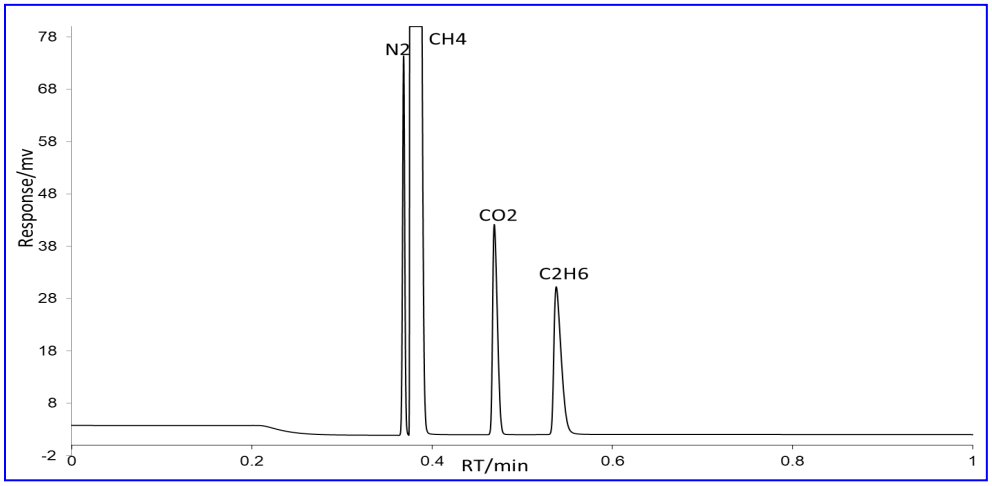
2.3.3 气路设计

微型热导检测器（μTCD）是一种普适性的分析传感器，在实际使用过程中，用户可根据待分析气体的组分种类和含量选择合适的色谱柱、流路配置（前置放

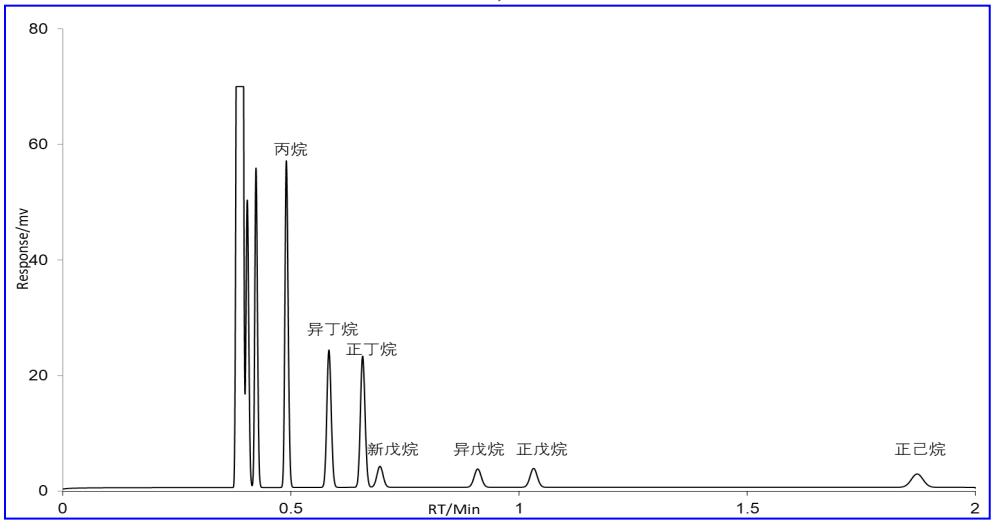
空、中心切割、后置放空或反吹气路等）。



2.3.4 典型色谱图



模块 1：10m PPU 模块带反吹，分析 N2，甲烷，二氧化碳和乙烷



模块 2：8m 5cb 分析丙烷，异丁烷，正丁烷，新戊烷，异戊烷，正戊烷和正己烷

2.3.5 部分应用检测数据及分析

表 4 为典型的天然气组分的分析数据。

表 4 典型天然气组分分析数据

瓶号：		220302022								
	%	1	2	3	4	5	6	7	AVR	RSD
1 丙烷	0.507	2012.9	2015.2	2018.0	2011.6	2005.6	2001.4	1979.6	2005.2	0.70%
2 异丁烷	0.101	464.2	467.1	457.8	458.7	449.2	456.4	453.2	457.1	1.31%
3 正丁烷	0.0974	435.9	438.0	434.4	426.5	421.5	422.1	420.0	427.1	1.75%
4 新戊烷	0.0491	210.2	214.4	198.5	199.6	198.8	199.6	211.0	203.7	3.48%
5 异戊烷	0.049	273.7	272.9	293.7	289.4	285.3	283.4	257.8	280.4	4.68%
6 正戊烷	0.0502	326.0	296.5	316.0	312.2	308.4	305.5	285.4	304.0	3.71%
7 正己烷	0.01	140.6	143.5	142.0	138.8	132.8	143.3	134.9	139.2	3.27%
8 氮气	3.05	1053.0	1056.3	1056.7	1059.4	1058.3	1058.1	1058.8	1058.0	0.11%
9 甲烷	余量	29512.3	29521.5	29488.6	29514.4	29521.7	29518.3	29526.6	29515.2	0.05%
10 二氧化碳	3.11	1271.3	1276.7	1274.6	1275.0	1275.7	1278.1	1277.0	1276.2	0.10%
11 乙烷	1.04	453.2	450.8	452.0	455.8	456.5	455.0	455.7	454.3	0.52%
瓶号：		211717045								
	%	1	2	3	4	5	6	7	AVR	RSD
1 丙烷	1.01	3837.0	3840.9	3832.0	3849.6	3837.2	3829.0	3824.5	3835.6	0.23%
2 异丁烷	0.297	1294.3	1297.2	1302.8	1305.0	1312.2	1307.2	1297.3	1303.6	0.45%
3 正丁烷	0.302	1231.5	1238.6	1242.6	1245.6	1255.2	1260.1	1248.5	1248.4	0.64%
4 新戊烷	0.0993	392.0	383.4	396.5	382.9	391.6	402.7	385.0	390.4	2.07%
5 异戊烷	0.1	475.1	496.9	477.9	483.2	501.3	490.3	502.2	492.0	2.02%
6 正戊烷	0.0996	484.6	490.4	496.8	497.2	478.7	481.3	505.6	491.7	2.09%
7 正己烷	0.0514	250.9	269.2	264.8	252.0	277.6	261.1	257.5	263.7	3.42%
8 氮气	1.01	354.6	352.6	352.9	352.9	355.3	353.2	353.8	353.4	0.28%
9 甲烷	余量	30789.3	30630.6	30789.8	30785.8	30781.7	30792.7	30786.2	30761.1	0.21%
10 二氧化碳	1.03	430.6	432.9	428.5	426.4	432.5	432.4	433.3	431.0	0.66%
11 乙烷	2.01	894.2	892.6	897.1	906.5	898.0	894.5	905.6	899.0	0.64%
瓶号：		211717146								
	%	1	2	3	4	5	6	7	AVR	RSD
1 丙烷	1.58	5845.0	5878.9	5886.7	5902.2	5903.9	5907.9	5903.2	5897.1	0.20%
2 异丁烷	0.304	1295.1	1304.9	1296.1	1305.8	1301.6	1310.3	1303.5	1303.7	0.36%
3 正丁烷	0.311	1278.9	1295.9	1289.6	1293.8	1293.2	1302.3	1288.3	1293.9	0.39%
4 新戊烷	0.0993	388.8	397.8	383.0	387.5	384.8	386.7	391.1	388.5	1.37%
5 异戊烷	0.201	899.1	925.3	945.9	947.0	964.3	970.9	954.1	951.2	1.68%
6 正戊烷	0.204	907.0	914.3	949.9	963.7	972.4	964.1	978.2	957.1	2.41%
7 正己烷	0.1	427.4	452.9	483.9	476.9	484.0	488.2	491.8	479.6	2.92%
8 氮气	1.55	553.8	553.8	551.7	552.8	555.5	554.4	554.9	553.9	0.25%
9 甲烷	余量	29771.9	29770.5	29750.1	29745.1	29747.3	29682.7	29760.6	29742.7	0.10%

10 二氧化碳	1.55	641.5	645.8	647.0	649.6	641.9	646.9	645.8	646.2	0.39%
11　乙烷	3.07	1375.4	1380.1	1382.1	1377.9	1381.5	1379.0	1375.3	1379.3	0.18%
瓶号：		62904176								
	%	1	2	3	4	5	6	7	AVR	RSD
1　丙烷	1.99	11119.4	11144.5	11124.1	11161.9	11168.9	11182.1	11233.8	11169.2	0.34%
2 异丁烷	0.502	3215.0	3218.7	3208.5	3220.1	3228.6	3226.4	3235.8	3223.0	0.29%
3 正丁烷	0.496	2883.1	2890.3	2912.3	2894.3	2892.0	2923.4	3009.3	2920.3	1.56%
4 新戊烷	0.101	456.2	455.9	462.0	456.4	456.8	463.6	456.4	458.5	0.74%
5 异戊烷	0.197	1569.2	1581.5	1613.6	1581.2	1591.4	1624.3	1588.2	1596.7	1.13%
6 正戊烷	0.199	1442.7	1442.3	1449.2	1443.3	1442.5	1451.9	1448.7	1446.3	0.29%
7 正己烷	0.195	1424.1	1382.3	1422.2	1380.0	1412.2	1413.7	1370.9	1396.9	1.55%
8　氮气	0.5	400.0	402.3	401.9	402.2	404.1	407.3	406.5	404.1	0.58%
9　甲烷	余量	68519.6	68628.3	68728.3	68562.2	69044.1	69125.3	69329.1	68902.9	0.45%
10 二氧化碳	0.1	65.6	68.8	68.1	70.0	69.7	70.3	70.4	69.5	1.33%
11　乙烷	5.01	5177.3	5190.7	5219.8	5239.6	5237.4	5287.1	5304.5	5246.5	0.81%

（三）主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果及其它支撑材料

3.1 验证内容

选定气体种类工业气体、天然气、液化天然气、液化石油气、焦炉煤气、生物质气、食品级氮气、空气、汽车尾气、煤质合成天然气、氢气、煤层气、页岩气、致密气、城镇燃气、掺氢天然气等气体中氢气、氧气、氮气、氦气、一氧化碳、二氧化碳、碳氢化合物，硫化氢，四氢噻吩等，在 5×10^{-6}~100% (体积分数)的范围浓度进行验证。

3.1.1 精密度

3.1.1.1 验证内容

验证该方法的精密度。

3.1.1.2 验证方案

精密度验证具体试验方案如下：使用气体标准物质 G1~G3(具体浓度见表 5)使用 G2 作为参考标准，，对微型热导气相色谱仪进行单点校准，以 G1， G2*，G3 作为待测样品，经过校准后的仪器测量上述 3 种气体，给出 10 次的实际测量结果、平均值、标准偏差（SD）。

表 5. 典型天然气气体标准物质的组分及含量（标气编号 G1~G3，共计 4 瓶）

组分	浓度/(摩尔分数)
	气体标准物质

	G1	G2	G2*	G3
氮	0.05%	0.30%	0.30%	2.00%
二氧化碳	0.05%	0.7%	0.7%	2.00%
乙烷	0.05%	0.70%	0.70%	2.00%
丙烷	0.02%	0.50%	0.50%	2.00%
异丁烷	0.01%	0.20%	0.20%	1.00%
正丁烷	0.01%	0.20%	0.20%	1.00%
新戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
异戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
正戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
己烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
甲烷	平衡气			

3.1.2 检出限

3.1.2.1 验证内容

验证该方法的检出限。

3.1.2.2 验证方案

具体试验方案如下：

使用气体标准物质 G1,检出限的计算方法如公式（1）所示，IDL_L 为仪器检测限，色谱峰高平均值 H，N_0 为基线噪音峰高；x 为目标物浓度；

$$IDL_L = 3 \times N_O \times \frac{\mathrm{x}}{\mathrm{H}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（1）$$

3.2　验证结果

部分验证结果详见附件 1。

（四）采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准国内首次发布，具有国内领先水平。

（五）与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

《气体分析　微型热导气相色谱法》是对现行法律、法规和强制性国家标准的细化与补充，是现行法律、法规和强制性国家标准顺利实施的强力支撑。

（六）重大分歧意见的处理经过和依据

本标准的技术方法均参考了相应国际先进标准并结合我国目前气体分析水

平现状，满足国内当前和今后一段时间内的需要，没有重大分歧意见。

（七）国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

热导气相色谱法已广泛应用于工业气体、天然气、液化天然气、生物质气、食品级氮气等气体的组分分析，然而传统热导气相色谱仪器体积大，能耗高，耗气量大，难以满足现阶段对装备节能环保的要求。目前利用微型热导气相色谱替代传统气相色谱进行常见气体的快速分析在欧美发达国家已经成熟并得到广泛应用，而且近年来该方法在我国的应用领域也在稳步扩展，急需建立对应的标准以便于该方法的使用。当前，气体分析朝着在线、快速的方向发展。微型热导气相色谱法在现场快速分析方面优势明显，如快速、所需样品量小、便携等，可替代传统热导气相色谱法，有力推动现场快速气体分析领域的发展。国外已有成熟的商业产品，也是国内重点支持研发的仪器设备。因而该方法作为推荐性国家标准，具有深远的意义。

（八）贯彻国家标准的要求和措施建议

应在实施前保证文本的充足供应，让相关行业的使用者及时得到文本。这是保证新标准贯彻实施的基础。要对标准的使用对象重点地进行培训和宣传。

（九）废止现行有关标准的建议

该标准是首次制定，无废止现行有关标准。

（十）其他应予说明的事项

无其他应予说明的事项。

附件 1：验证试验部分数据

数据 1：单位 A 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	样品瓶号	测量结果(摩尔分数）										平均值 $\bar{x}_i$ (摩尔分数）	标准偏差 s_i (摩尔分数）	标准不确定度(摩尔分数）
氮气	L213305134	0.001282	0.001286	0.001279	0.001275	0.001275	0.001271	0.001267	0.001260	0.001260	0.001260	0.001271	0.00000918	1%(k=2)
二氧化碳		0.000507	0.000507	0.000507	0.000507	0.000507	0.000506	0.000507	0.000506	0.000506	0.000506	0.000507	0.00000067	
乙烷		0.000226	0.000224	0.000224	0.000224	0.000226	0.000224	0.000224	0.000226	0.000224	0.000225	0.000225	0.00000055	
丙烷		0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.000204	0.00000033	
异丁烷		0.000102	0.000103	0.000102	0.000103	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.00000025	
正丁烷		0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000101	0.000102	0.000102	0.000102	0.00000027	
新戊烷		0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.000098	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.000099	0.00000030	
异戊烷		0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000101	0.000103	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.00000043	
正戊烷		0.000102	0.000101	0.000102	0.000102	0.000103	0.000101	0.000101	0.000101	0.000102	0.000101	0.000102	0.00000043	
正己烷		0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000102	0.000103	0.000101	0.000102	0.000101	0.000102	0.00000060	
氮气	L213305048	0.045221	0.045263	0.045202	0.045271	0.045149	0.045165	0.045149	0.045199	0.045225	0.045172	0.045202	0.00004363	1%(k=2)
二氧化碳		0.020365	0.020366	0.020364	0.020369	0.020369	0.020369	0.020373	0.020375	0.020371	0.020372	0.020369	0.00000351	
乙烷		0.008735	0.008733	0.008733	0.008734	0.008733	0.008737	0.008736	0.008737	0.008735	0.008736	0.008735	0.00000177	
丙烷		0.020162	0.020158	0.020158	0.020158	0.020158	0.020154	0.020163	0.020156	0.020157	0.020162	0.020158	0.00000286	
异丁烷		0.010034	0.010039	0.010038	0.010042	0.010038	0.010039	0.010038	0.010037	0.010040	0.010042	0.010039	0.00000235	
正丁烷		0.009972	0.009975	0.009974	0.009973	0.009975	0.009976	0.009977	0.009975	0.009973	0.009978	0.009975	0.00000187	
新戊烷		0.001967	0.001968	0.001968	0.001967	0.001968	0.001969	0.001968	0.001968	0.001968	0.001970	0.001968	0.00000082	
异戊烷		0.001929	0.001930	0.001930	0.001931	0.001931	0.001931	0.001930	0.001930	0.001931	0.001931	0.001931	0.00000063	
正戊烷		0.001985	0.001982	0.001991	0.001978	0.001982	0.001982	0.001987	0.001984	0.001979	0.001992	0.001984	0.00000451	
正己烷		0.002050	0.002051	0.002052	0.002053	0.002054	0.002053	0.002055	0.002054	0.002054	0.002056	0.002053	0.00000191	
样机序号			Agilent 990 Micro GC, 序列号：CN18049010											
环境条件			温度： 25 度 ；相对湿度： 67% ；大气压：101kpa											

被测组分	峰高/μV							基线噪音 *No*/μV		峰高平均值 *H*/μV	目标物浓度（摩尔分数）	检出限 *IDL*（摩尔分数）
氮气	1690	1681	1674	1664	1660	1648	1666	0.81	0.81	1669	$501*10^{-6}$	$0.49*10^{-6}$
二氧化碳	965	965	966	965	966	967	966	0.81	0.81	966	$505*10^{-6}$	$0.85*10^{-6}$
乙烷	746	745	745	745	745	745	745	0.81	0.81	745	$502*10^{-6}$	$1.09*10^{-6}$
丙烷	565	565	565	565	565	565	565	0.35	0.35	565	$201*10^{-6}$	$0.25*10^{-6}$
异丁烷	239	239	239	239	239	239	239	0.35	0.35	239	$101*10^{-6}$	$0.30*10^{-6}$
正丁烷	229	229	229	229	229	230	230	0.35	0.35	229	$101*10^{-6}$	$0.31*10^{-6}$
新戊烷	184	184	184	183	184	184	184	0.35	0.35	184	$99.5*10^{-6}$	$0.38*10^{-6}$
异戊烷	166	167	166	167	167	167	167	0.35	0.35	167	$101*10^{-6}$	$0.42*10^{-6}$
正戊烷	166	166	166	166	166	167	167	0.35	0.35	166	$101*10^{-6}$	$0.43*10^{-6}$
正己烷	113	114	113	114	113	114	114	0.35	0.35	114	$100*10^{-6}$	$0.61*10^{-6}$
样机型号	Agilent 990 Micro GC，序列号：CN18049010											
环境条件	温度： 25 度 ；相对湿度： 67% ；大气压：101kpa											

数据 2：单位 B 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	样品瓶号	测量结果(摩尔分数）									平均值 $\bar{x}_i$ (摩尔分数）	标准偏差 s_i (摩尔分数）	标准不确定度(摩尔分数）
乙烷	PR26015	0.04062	0.04064	0.04066	0.04028	0.04022	0.04058	0.04047	0.0404	0.04029	0.040462	0.000162	3% (k=2)
丙烷		0.01827	0.01705	0.01696	0.01776	0.01615	0.01695	0.0181	0.01717	0.01692	0.017259	0.000629	
异丁烷		0.00784	0.00787	0.00789	0.00789	0.00787	0.00787	0.00786	0.00791	0.00791	0.007879	0.000022	
正丁烷		0.00808	0.00812	0.00806	0.0081	0.00811	0.00812	0.00807	0.00808	0.00815	0.008099	0.000027	
新戊烷		0.00955	0.00957	0.0095	0.00961	0.00958	0.00958	0.00952	0.00958	0.00963	0.009569	0.000038	
异戊烷		0.00985	0.00988	0.00978	0.00982	0.00976	0.00985	0.00987	0.00985	0.00987	0.009837	0.000039	
正戊烷		0.00976	0.0098	0.00984	0.00974	0.00977	0.00974	0.00977	0.00984	0.00981	0.009786	0.000037	
正己烷		0.00981	0.00988	0.00989	0.00989	0.00981	0.00979	0.00977	0.00988	0.00985	0.009841	0.000044	
氮		0.13116	0.12521	0.124	0.12166	0.11977	0.11824	0.11706	0.1162	0.11096	0.120473	0.005542	
二氧化碳		0.03924	0.03949	0.03942	0.03885	0.0394	0.03908	0.03887	0.03899	0.03896	0.039144	0.000234	
乙烷	L216716200	2.00005	2.00864	2.00459	2.01251	2.01052	2.00982	2.0096	2.00291	2.00384	2.006942	0.004197	3% (k=2)
丙烷		1.97078	1.9658	1.97131	1.97159	1.97078	1.97092	1.96729	1.97192	1.97223	1.970291	0.002213	

异丁烷		0.98059	0.97915	0.97929	0.98013	0.97903	0.98026	0.98018	0.97768	0.97969	0.979556	0.00089	
正丁烷		1.27081	1.26868	1.27018	1.27136	1.26906	1.27095	1.26923	1.26911	1.27032	1.269967	0.000971	
新戊烷		0.19434	0.19401	0.19367	0.19453	0.19406	0.19423	0.19402	0.19388	0.19413	0.194097	0.000252	
异戊烷		0.19227	0.19241	0.19227	0.19252	0.19224	0.19231	0.1919	0.19207	0.19191	0.192211	0.000212	
正戊烷		0.19297	0.19317	0.19335	0.19292	0.19314	0.19307	0.19252	0.19275	0.19267	0.192951	0.000265	
正己烷		0.19543	0.19516	0.19537	0.19575	0.19525	0.19542	0.1954	0.19506	0.19512	0.195329	0.00021	
氮		2.08499	2.08549	2.08491	2.08178	2.07239	2.07525	2.07735	2.06808	2.06975	2.077777	0.006823	
二氧化碳		1.98318	1.99449	1.99467	1.99917	1.99475	1.99734	1.99436	1.98624	1.98703	1.992359	0.005487	
样机序号	ChromPix												
环境条件	温度： 21 ；相对湿度： 58 ；大气压：96.2												

被测组分	**峰高/μV**							**基线噪音 *No*/μV**		**峰高平均值 *H*/μV**	**目标物浓度（摩尔分数）**	**检出限 *IDL*（摩尔分数）**
乙烷	0.782	0.775	0.763	0.752	0.744	0.744	0.741	0.00728	0.00728	0.757	0.0497	1.43*10-5
丙烷	0.107	0.103	0.100	0.103	0.096	0.097	0.101	0.00728	0.00728	0.101	0.0199	4.3*10-5
异丁烷	0.609	0.605	0.598	0.594	0.591	0.589	0.588	0.00434	0.00434	0.596	0.0100	2.2*10-6
正丁烷	0.609	0.606	0.596	0.593	0.59	0.588	0.584	0.00434	0.00434	0.595	0.0100	2.2*10-6
新戊烷	0.58	0.576	0.567	0.564	0.56	0.558	0.555	0.00434	0.00434	0.565	0.0099	2.27*10-6
异戊烷	0.537	0.532	0.523	0.518	0.514	0.513	0.513	0.00434	0.00434	0.521	0.0100	2.50*10-6
正戊烷	0.528	0.522	0.517	0.509	0.507	0.505	0.504	0.00434	0.00434	0.513	0.0100	2.54*10-6
正己烷	0.398	0.395	0.389	0.385	0.381	0.38	0.378	0.00434	0.00434	0.386	0.00999	3.36*10-6
氮	1.268	1.184	1.153	1.117	1.096	1.073	1.058	0.00876	0.00876	1.135571429	0.0495	1.15*10-5

二氧化碳	0.846	0.841	0.83	0.816	0.814	0.807	0.805	0.00728	0.00728	0.822	0.0499	1.32*10-5
样机型号	ChromPix											
环境条件	温度： 20℃ ；相对湿度：64 ；大气压：96.4											

数据 3：单位 C 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	测量结果（摩尔分数）										平均值（摩尔分数）	标准偏差（摩尔分数）
氮气	528×10^{-6}	528×10^{-6}	519×10^{-6}	507×10^{-6}	510×10^{-6}	552×10^{-6}	515×10^{-6}	542×10^{-6}	535×10^{-6}	527×10^{-6}	526×10^{-6}	1.4×10^{-5}
甲烷	99.9×10^{-2}	99.7×10^{-6}	0.100	99.8×10^{-2}	0.100	99.8×10^{-2}	99.9×10^{-2}	99.9×10^{-2}	99.9×10^{-2}	99.9×10^{-2}	99.9×10^{-2}	1.1×10^{-3}
二氧化碳	517×10^{-6}	517×10^{-6}	517×10^{-6}	517×10^{-6}	517×10^{-6}	517×10^{-6}	517×10^{-6}	518×10^{-6}	518×10^{-6}	518×10^{-6}	517×10^{-6}	4.8×10^{-7}
乙烷	511×10^{-6}	512×10^{-6}	513×10^{-6}	510×10^{-6}	512×10^{-6}	513×10^{-6}	511×10^{-6}	512×10^{-6}	513×10^{-6}	511×10^{-6}	512×10^{-6}	1.0×10^{-6}
丙烷	226×10^{-6}	225×10^{-6}	224×10^{-6}	226×10^{-6}	225×10^{-6}	225×10^{-6}	227×10^{-6}	226×10^{-6}	227×10^{-6}	226×10^{-6}	226×10^{-6}	9.5×10^{-7}
异丁烷	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	0
正丁烷	100×10^{-6}	101×10^{-6}	100×10^{-6}	101×10^{-6}	100×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	4.8×10^{-7}
新戊烷	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	103×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	104×10^{-6}	3.2×10^{-7}
异戊烷	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	101×10^{-6}	0
正戊烷	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	101×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	100×10^{-6}	3.2×10^{-7}
正己烷	99.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	99.0×10^{-6}	99.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	99.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	98.0×10^{-6}	5.2×10^{-7}
样机序号	L4											
环境条件	温度：22℃；相对湿度：66%RH；大气压：93.52kPa											

被测组分	测量结果（摩尔分数）										平均值（摩尔分数）	标准偏差（摩尔分数）
氮气	3.00×10-3	3.03×10-3	2.99×10-3	3.02×10-3	3.09×10-3	3.02×10-3	3.11×10-3	3.05×10-3	3.03×10-3	3.01×10-3	3.03×10-3	3.8×10-5

甲烷	97.4×10-2	97.3×10-2	97.2×10-2	97.2×10-2	97.1×10-2	97.2×10-2	96.9×10-2	97.1×10-2	97.1×10-2	97.3×10-2	97.2×10-2	1.4×10-3
二氧化碳	7.16×10-3	7.16×10-3	7.16×10-3	7.17×10-3	7.16×10-3	7.16×10-3	7.16×10-3	7.16×10-3	7.16×10-3	7.17×10-3	7.16×10-3	2.8×10-6
乙烷	6.87×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	6.88×10-3	2.3×10-6
丙烷	4.85×10-3	4.86×10-3	4.85×10-3	4.85×10-3	4.85×10-3	4.86×10-3	4.85×10-3	4.86×10-3	4.87×10-3	4.86×10-3	4.86×10-3	6.2×10-6
异丁烷	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.03×10-3	2.0×10-6
正丁烷	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	2.00×10-3	1.99×10-3	2.00×10-3	2.6×10-6
新戊烷	757×10^{-6}	759×10^{-6}	757×10^{-6}	759×10^{-6}	758×10^{-6}	759×10^{-6}	757×10^{-6}	760×10^{-6}	762×10^{-6}	761×10^{-6}	759×10^{-6}	1.7×10^{-6}
异戊烷	786×10^{-6}	786×10^{-6}	786×10^{-6}	787×10^{-6}	785×10^{-6}	785×10^{-6}	785×10^{-6}	786×10^{-6}	786×10^{-6}	784×10^{-6}	786×10^{-6}	8.4×10^{-7}
正戊烷	770×10^{-6}	770×10^{-6}	770×10^{-6}	770×10^{-6}	769×10^{-6}	769×10^{-6}	769×10^{-6}	770×10^{-6}	770×10^{-6}	768×10^{-6}	770×10^{-6}	7.1×10^{-7}
正己烷	769×10^{-6}	770×10^{-6}	769×10^{-6}	770×10^{-6}	768×10^{-6}	769×10^{-6}	768×10^{-6}	768×10^{-6}	769×10^{-6}	767×10^{-6}	769×10^{-6}	9.5×10^{-7}
样机序号	L4											
环境条件	温度：22℃；相对湿度：66%RH；大气压：93.52kPa											

被测组分	峰高/μV							基线噪音 N_0/μV	峰高平均值 H/μV	目标物浓度（摩尔分数）	检出限 IDL（摩尔分数）
氮气	76.48	75.54	75.44	73.97	74.63	77.80	77.29	19	75.88	513×10^{-6}	3.9×10^{-4}
甲烷	14680.331	14649.677	14694.228	14685.531	14681.234	14685.720	14687.083		14680.543	99.8×10^{-2}	3.9×10^{-6}
二氧化碳	782.17	782.74	782.48	782.57	782.53	782.71	782.71	0.5	782.56	518×10^{-6}	9.9×10^{-7}
乙烷	636.95	637.18	637.52	636.00	637.52	637.22	636.16		636.94	515×10^{-6}	1.2×10^{-6}
丙烷	856.08	855.28	853.21	856.65	854.75	854.64	857.60	0.1	855.46	204×10^{-6}	7.1×10^{-8}
异丁烷	327.77	327.95	328.02	328.04	328.09	328.27	327.98		328.02	101×10^{-6}	9.2×10^{-8}
正丁烷	323.49	323.75	323.34	323.41	323.43	323.69	323.82		323.56	101×10^{-6}	9.4×10^{-8}

新戊烷	261.23	261.64	261.26	261.07	261.09	261.45	261.42		261.31	99.7×10^{-6}	1.1×10^{-7}
异戊烷	235.86	236.11	235.91	235.85	235.86	236.09	236.15		235.98	101×10^{-6}	1.3×10^{-7}
正戊烷	238.91	239.06	239.10	238.97	238.97	239.21	239.01		239.03	101×10^{-6}	1.3×10^{-7}
正己烷	168.26	168.32	168.02	168.49	168.58	168.26	168.36		168.33	101×10^{-6}	1.8×10^{-7}
样机序号		L4									
环境条件		温度：22℃；相对湿度：66%RH；大气压：93.52kPa									

数据 4：单位 D 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	瓶号	测量结果(摩尔分数）									平均值 $\bar{x}_i$（摩尔分数）	标准偏差 s_i(摩尔分数）	标准不确定度(摩尔分数）
乙烷	PR26015	0.04969	0.04968	0.04968	0.04967	0.04971	0.04968	0.04964	0.04966	0.04965	0.04967	0.0000189	3%(k=2)
丙烷		0.02062	0.02073	0.02057	0.02070	0.02060	0.02068	0.02053	0.02061	0.02057	0.02062	0.0000612	
异丁烷		0.01005	0.01005	0.01005	0.01003	0.01004	0.01005	0.01005	0.01005	0.01005	0.01005	0.0000075	
正丁烷		0.01017	0.01021	0.01021	0.01016	0.01016	0.01017	0.01018	0.01018	0.01018	0.01018	0.0000164	
新戊烷		0.00986	0.00994	0.00990	0.00987	0.00989	0.00985	0.00993	0.00989	0.00991	0.00990	0.0000284	
异戊烷		0.00991	0.00990	0.00988	0.00991	0.00988	0.00991	0.00991	0.00991	0.00991	0.00990	0.0000119	
正戊烷		0.00974	0.00972	0.00974	0.00970	0.00972	0.00967	0.00972	0.00969	0.00971	0.00971	0.0000208	
正己烷		0.01005	0.01006	0.01007	0.01011	0.01006	0.00987	0.01015	0.01001	0.01008	0.01005	0.0000710	
氮		0.06312	0.06305	0.06343	0.06328	0.06338	0.06358	0.06308	0.06333	0.06320	0.06327	0.0001567	

二氧化碳		0.04799	0.04799	0.04798	0.04798	0.04798	0.04798	0.04798	0.04798	0.04798	0.04798	0.0000039	
乙烷	L216716200	2.0450	2.0455	2.0458	2.0445	2.0450	2.0456	2.0451	2.0453	2.0452	2.04523	0.0003394	3% (k=2)
丙烷		1.9465	1.9462	1.9461	1.9461	1.9471	1.9466	1.9470	1.9468	1.9469	1.94661	0.0003603	
异丁烷		0.9749	0.9766	0.9766	0.9768	0.9760	0.9768	0.9768	0.9768	0.9768	0.97650	0.0005866	
正丁烷		1.2911	1.2918	1.2922	1.2930	1.2923	1.2929	1.2930	1.2930	1.2930	1.29254	0.0006257	
新戊烷		0.1935	0.1936	0.1935	0.1936	0.1936	0.1935	0.1935	0.1935	0.1935	0.19354	0.0000308	
异戊烷		0.1896	0.1895	0.1895	0.1895	0.1895	0.1895	0.1895	0.1895	0.1895	0.18951	0.0000348	
正戊烷		0.1890	0.1888	0.1888	0.1889	0.1889	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.18886	0.0000533	
正己烷		0.1953	0.1957	0.1955	0.1956	0.1956	0.1956	0.1955	0.1956	0.1955	0.19555	0.0000926	
氮		1.8945	1.8945	1.8949	1.8945	1.8941	1.8941	1.8941	1.8941	1.8941	1.89429	0.0002814	
二氧化碳		2.0409	2.0413	2.0413	2.0413	2.0406	2.0411	2.0406	2.0409	2.0407	2.04095	0.0002713	
样机序号	Agilent 990												
环境条件	温度： 21 ；相对湿度： 58 ；大气压：96.2												

被测组分	**峰高/μV**							**基线噪音 *No*/μV**		**峰高平均值 *H*/μV**	**目标物浓度（摩尔分数）**	**检出限 *IDL*（摩尔分数）**
乙烷	1018	1017	1018	1017	1018	1017	1018	0.89	0.89	1018	0.0497	1.30*10-6
丙烷	1135	1134	1134	1135	1134	1134	1133	0.85	0.85	1134	0.0199	0.45*10-6
异丁烷	559	560	559	559	559	559	559	0.77	0.77	559	0.0100	0.41*10-6

正丁烷	551	551	551	551	551	551	551	0.36	0.36	551	0.0100	0.19*10-6
新戊烷	351	351	351	348	349	348	349	0.37	0.37	350	0.0099	0.31*10-6
异戊烷	319	319	319	319	318	318	318	3.64	3.64	319	0.0100	3.42*10-6
正戊烷	301	301	301	301	300	300	300	0.39	0.39	300	0.0100	0.39*10-6
正己烷	106	105	105	105	105	105	105	0.38	0.38	105	0.00999	1.08*10-6
氮	886	886	887	887	887	888	887	0.37	0.37	887	0.0495	0.63*10-6
二氧化碳	821	821	820	821	821	821	821	0.39	0.39	821	0.0499	0.71*10-6
样机型号	Agilent 990											
环境条件	温度： 20℃ ；相对湿度：64 ；大气压：96.4											

数据 5：单位 E 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	**样品瓶号**	**测量结果(摩尔分数)**									**平均值 $\bar{x}_i$ (摩尔分数)**	**标准偏差 s_i(摩尔分数)**	**标准不确定度(摩尔分数)**
乙烷	L216710094	2.005%	2.004%	2.005%	2.006%	2.005%	2.006%	2.005%	2.005%	2.005%	2.005%	0.001%	0.010%
丙烷	L216710094	1.944%	1.945%	1.943%	1.942%	1.943%	1.945%	1.945%	1.945%	1.944%	1.944%	0.001%	0.010%
正丁烷	L216710094	0.995%	0.995%	0.995%	0.995%	0.995%	0.996%	0.996%	0.996%	0.996%	0.996%	0.001%	0.005%
异丁烷	L216710094	1.023%	1.023%	1.022%	1.022%	1.023%	1.023%	1.023%	1.024%	1.024%	1.023%	0.001%	0.005%
正戊烷	L216710094	0.196%	0.196%	0.197%	0.196%	0.197%	0.196%	0.197%	0.197%	0.197%	0.197%	0.000%	0.001%
异戊烷	L216710094	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.000%	0.001%
新戊烷	L216710094	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.202%	0.000%	0.001%
正己烷	L216710094	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.198%	0.000%	0.001%
氮气	L216710094	2.110%	2.103%	2.095%	2.094%	2.140%	2.124%	2.122%	2.184%	2.119%	2.125%	0.030%	0.032%
二氧化碳	L216710094	2.057%	2.058%	2.059%	2.060%	2.059%	2.059%	2.059%	2.059%	2.059%	2.059%	0.000%	0.010%
乙烷*	L216710014	505.1	504.8	504.9	505.0	504.6	504.6	504.1	504.1	504.4	504.5×10^{-6}	0.36×10^{-6}	2.5×10^{-6}

丙烷*	L2167 10014	200.0	199.3	199.1	199.0	198.9	199.2	198.9	198.9	198.7	199.0×10^{-6}	0.15×10^{-6}	1.0×10^{-6}
正丁烷*	L2167 10014	100.6	100.5	100.5	100.5	99.7	100.9	99.7	99.8	99.8	100.1×10^{-6}	0.47×10^{-6}	0.7×10^{-6}
异丁烷*	L2167 10014	99.7	99.5	99.6	99.6	99.3	99.6	98.9	99.0	99.3	99.3×10^{-6}	0.29×10^{-6}	0.6×10^{-6}
正戊烷*	L2167 10014	100.3	99.7	99.6	100.1	99.9	99.4	100.1	99.7	99.8	99.8×10^{-6}	0.27×10^{-6}	0.6×10^{-6}
异戊烷*	L2167 10014	100.3	100.3	100.6	100.5	99.8	100.1	99.6	100.0	100.7	100.2×10^{-6}	0.42×10^{-6}	0.7×10^{-6}
新戊烷*	L2167 10014	99.9	100.1	100.0	99.8	99.8	99.6	100.0	99.5	100.2	99.8×10^{-6}	0.25×10^{-6}	0.6×10^{-6}
正己烷*	L2167 10014	99.3	99.2	98.4	98.8	98.2	98.8	97.8	98.5	97.8	98.3×10^{-6}	0.43×10^{-6}	0.7×10^{-6}
氮气*	L2167 10014	514.2	493.7	506.8	490.5	491.0	463.4	478.4	488.0	477.7	485.1×10^{-6}	13.62×10^{-6}	13.8×10^{-6}
二氧化碳*	L2167 10014	486.4	484.9	484.8	484.8	484.1	483.9	484.3	483.9	483.9	484.3×10^{-6}	0.40×10^{-6}	2.5×10^{-6}
样机序号	MICRO GC 490												
环境条件	温度： 24 ；相对湿度： 23% ；大气压：/												

被测组分	**峰高/μV**							**基线噪音 *No*/μV**		**峰高平均值 *H*/μV**	**目标物浓度(摩尔分数)**	**检出限 *IDL* (摩尔分数)**
乙烷	1438.72	1437.05	1436.31	1439.15	1438.46	1438.45	1437.81	0.5	0.5	1438.0	504×10^{-6}	0.53×10^{-6}
丙烷	863.58	862.95	863.67	862.65	863.07	862.89	862.68	0.5	0.5	863.1	100×10^{-6}	0.17×10^{-6}
正丁烷	341.32	341.36	340.81	341.32	341.05	339.85	340.42	0.5	0.5	340.9	100×10^{-6}	0.44×10^{-6}
异丁烷	365.86	366.17	364.15	365.28	367.45	364.82	366.63	0.5	0.5	375.8	100×10^{-6}	0.41×10^{-6}
正戊烷	260.27	260.13	259.13	260.38	259.53	259.70	260.36	1.5	1.5	259.9	99.1×10^{-6}	1.7×10^{-6}

异戊烷	258.21	258.69	257.62	258.12	260.03	257.84	257.31	1.5	1.5	258.3	100×10^{-6}	1.7×10^{-6}
新戊烷	280.60	280.29	280.28	281.06	280.84	282.67	281.58	1.5	1.5	281.0	100×10^{-6}	1.6×10^{-6}
正己烷	191.94	190.58	190.23	191.33	190.43	191.06	191.06	1.5	1.5	191.0	99.9×10^{-6}	2.4×10^{-6}
氮气	75.44	75.93	75.03	74.21	73.48	73.85	74.63	3	3	74.65	502×10^{-6}	60×10^{-6}
二氧化碳	1309.49	1311.39	1311.01	1309.46	1309.07	1308.99	1308.95	0.5	0.5	1309.8	506×10^{-6}	0.58×10^{-6}
样机型号	MICRO GC 490											
环境条件	温度： 24 ；相对湿度： 23% ；大气压：/											

数据 6：单位 F 的精密度试验数据和检出限数据

被测组分	**测量结果，y，%**											**平均值** $\bar{x}_i$，y，%	**标准偏差** s_i，y，%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
氮气	0.29484	0.29491	0.29484	0.29460	0.29452	0.29496	0.29454	0.29463	0.29464	0.29439	0.29459	0.29468	184×10^{-6}
丙烷	0.49870	0.49900	0.49852	0.49859	0.49846	0.49892	0.49851	0.49827	0.49822	0.49878	0.49837	0.49858	254×10^{-6}
异丁烷	0.19803	0.19812	0.19792	0.19794	0.19788	0.19809	0.19795	0.19785	0.19784	0.19806	0.19787	0.19796	101×10^{-6}
正丁烷	0.21467	0.21479	0.21460	0.21465	0.21453	0.21478	0.21463	0.21451	0.21452	0.21475	0.21454	0.21463	106×10^{-6}
异戊烷	0.07940	0.07946	0.07935	0.07932	0.07937	0.07943	0.07938	0.07938	0.07930	0.07938	0.07937	0.07938	44.6×10^{-6}
新戊烷	0.08043	0.08027	0.08035	0.08032	0.08031	0.08045	0.08028	0.08027	0.08027	0.08037	0.08030	0.08033	65.0×10^{-6}

正戊烷	0.08046	0.08030	0.08037	0.08045	0.08036	0.08042	0.08033	0.08030	0.08034	0.08044	0.08046	0.08039	62.9×10^{-6}

被测组分	测量结果，y，%											平均值 $\bar{x}_i$，y，%	标准偏差 s_i，y，%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
氮气	2.00128	2.00177	2.00310	2.00096	2.00257	2.00137	2.00001	1.99970	2.00047	1.99922	1.99883	2.00084	1.35×10^{-3}
丙烷	1.98868	1.98734	1.99099	1.98802	1.98788	1.98693	1.98718	1.98760	1.98828	1.98917	1.98830	1.98822	1.13×10^{-3}
异丁烷	0.99310	0.99251	1.00082	0.99281	0.99279	0.99871	0.99886	0.99231	0.99277	0.99993	0.99272	0.99521	3.51×10^{-3}
正丁烷	1.02453	1.02398	1.03107	1.02441	1.02429	1.02903	1.02923	1.02402	1.02439	1.03030	1.02436	1.02633	2.89×10^{-3}
异戊烷	0.20012	0.20009	0.20041	0.20003	0.20016	0.20000	0.20000	0.20003	0.20016	0.20022	0.20001	0.20011	1.25×10^{-4}
新戊烷	0.20005	0.19996	0.20032	0.20003	0.20009	0.19985	0.19992	0.19997	0.20001	0.20016	0.20001	0.20003	1.26×10^{-4}
正戊烷	0.19811	0.19789	0.19825	0.19797	0.19802	0.19781	0.19780	0.19796	0.19799	0.19805	0.19797	0.19798	1.28×10^{-4}
正己烷	0.18386	0.18188	0.18383	0.18189	0.18375	0.18379	0.18376	0.18182	0.18362	0.18366	0.18352	0.18322	8.75×10^{-4}

被测组分	测量结果，y，%											平均值 $\bar{x}_i$，y，%	标准偏差 s_i，y，%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
氮气	0.05364	0.05350	0.05315	0.05349	0.05369	0.05358	0.05343	0.05364	0.05376	0.05400	0.05373	0.05360	216×10^{-6}
丙烷	0.01986	0.01986	0.01987	0.01987	0.01987	0.01986	0.01987	0.01985	0.01987	0.01986	0.01984	0.01986	10.2×10^{-6}

异丁烷	0.00988	0.00986	0.00987	0.00988	0.00988	0.00987	0.00988	0.00986	0.00989	0.00987	0.00987	0.00987	7.82×10^{-6}
正丁烷	0.01005	0.01002	0.01012	0.01001	0.01002	0.01000	0.01002	0.01000	0.01003	0.01003	0.01003	0.01003	32.9×10^{-6}
异戊烷	0.00943	0.00953	0.00948	0.00932	0.00937	0.00945	0.00940	0.00947	0.00944	0.00946	0.00938	0.00943	60.0×10^{-6}
新戊烷	0.00956	0.00955	0.00952	0.00969	0.00962	0.00969	0.00969	0.00952	0.00963	0.00952	0.00951	0.00959	74.3×10^{-6}
正戊烷	0.00969	0.00958	0.00987	0.00961	0.00960	0.00963	0.00970	0.00957	0.00963	0.00969	0.00957	0.00965	87.8×10^{-6}
正己烷	0.00885	0.00886	0.00873	0.00881	0.00883	0.00862	0.00881	0.00889	0.00887	0.00888	0.00889	0.00882	82.0×10^{-6}

附件 2：验证试验报告作业指导书

国家标准验证试验作业指导书

（项目立项编号：20211089-T-606）

各标准制定参与单位验证单位：

根据国家标准申报及立项的相关规定，由全国气体标准化技术委员会气体分析分技术委员会（SAC/TC 206/SC 1）归口，中国测试技术研究院化学研究所牵头负责的推荐性国家分析方法标准研究项目：《气体分析 微型热导的气相色谱法》，现在需要进行标准方法验证，验证内容包括检出限、线性、精密度。气体标准物质由秘书处工作承担单位中国测试技术研究院化学研究所提供，验证试验用的测试样机由参与标准制定的单位自行准备。

请各参加验证实验室依据本作业指导书的要求进行相关参数的测试和验证，并将结果报送给分析分会秘书处。

一、参与验证单位

表 1. 参与标准制定单位的信息

编号	参加验证实验室单位名称	仪器型号	标气编号	试验项目
L1	中国测试技术研究院化学研究所	Agilent 490	G1~G10	E1~E4
L2	国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司南京计量研究中心	Encal3000		E1、E2
L3	中国计量科学研究院	Agilent 490		E1、E2
L4	国家煤层气产品质量监督检验中心（山	Agilent 490		E1、E2
L5	中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司天然气研究院	Agilent 490		E1、E2
L6	四川恒宸科技发展有限责任公司	APIX		E1、E2
L7	成都思创睿智科技有限公司	Agilent 990		E1、E2
L8	四川晟睿恒科学仪器有限公司	Agilent 990		E1、E2
L9	安捷伦科技（中国）有限公司	Agilent 990		E1、E2
L10	英福康公司	Micro GC Fusion		E1、E2

二、验证用样品

根据标准适用范围，选择具有代表性的炼厂气、液化石油气、天然气、氢气四种类型的气体标准物质进行标准的验证试验，其中标准所需的精密度试验采用具有浓度梯度的天然气气体标准物质进行，各气体标准物质的组成如下表 2-7 所示，每种气体标准物质准备 1 瓶。

表 2. 典型天然气气体标准物质的组分及含量（标气编号 G1~G3，共计 4 瓶）

组分	浓度/(摩尔分数)			
	气体标准物质			
	G1	G2	G2*	G3
氮	0.05%	0.30%	0.30%	2.00%
二氧化碳	0.05%	0.7%	0.7%	2.00%

乙烷	0.05%	0.70%	0.70%	2.00%
丙烷	0.02%	0.50%	0.50%	2.00%
异丁烷	0.01%	0.20%	0.20%	1.00%
正丁烷	0.01%	0.20%	0.20%	1.00%
新戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
异戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
正戊烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
己烷	0.01%	0.08%	0.08%	0.20%
甲烷	平衡气			

表 3. 典型炼厂气气体标准物质的组分及含量（标气编号 G4）

组分	浓度/(摩尔分数)	组分	浓度/(摩尔分数)
氢气	12.00%	乙炔	1.00%
正己烷	0.10%	一氧化碳	1.50%
二氧化碳	2.50%	反丁烯	0.30%
甲烷	5.50%	正丁烯	0.30%
乙烷	4.50%	异丁烯	0.30%
氧气	0.50%	顺丁烯	0.30%
乙烯	3.50%	异戊烷	0.10%
丙烷	2.00%	正戊烷	0.10%
环丙烷	0.50%	1，3-丁二烯	0.30%
丙烯	2.50%	丙炔	0.50%
甲烷	5.00%	反-2-戊烯	0.05%
异丁烷	2.50%	2-甲基-2-丁烯	0.05%
正丁烷	2.00%	正戊烯	0.10%
丙二烯	0.30%	顺-2-戊烯	0.05%
氮气	平衡气		

表 4. 典型液化石油气气体标准物质的组分及含量（标气编号 G5）

组分	浓度/(摩尔分数)	组分	浓度/(摩尔分数)
甲烷	2.00%	正丁烯	2.00%
乙烷	0.50%	异丁烯	2.00%
乙烯	1.50%	顺丁烯	2.00%
丙烯	1.50%	反丁烯	2.00%
正丁烷	2.00%	正戊烷	0.50%
异丁烷	2.00%	异戊烷	0.50%
二甲醚	5.00%	正己烷	0.50%
平衡气	丙烷		

表 5. 掺氢天然气气体标准物质的组分及含量（标气编号 G6）

组分	浓度/(摩尔分数)	组分
氮	0.05%	0.30%
二氧化碳	0.05%	0.70%
乙烷	0.05%	0.70%
丙烷	0.02%	0.50%
异丁烷	0.01%	0.20%
正丁烷	0.01%	0.20%
新戊烷	0.01%	0.08%
异戊烷	0.01%	0.08%
正戊烷	0.01%	0.08%
己烷	0.01%	0.08%
氢气	5%	10%
平衡气	甲烷	

表 6. 氢气中杂质气体标准物质的组分及含量（标气编号 G7）

组分	浓度/(1×10^{-6} 摩尔分数)	
CH_4	5	50
O_2	5	50
He	5	50
N_2	5	50
Ar	5	50
CO_2	5	50
CO	5	50
平衡气	氢气	

表 7. 其他应用场景需要的气体标准物质

编号	组分	浓度/(摩尔分数)	数量
G8	He 中 CH_4、N_2、CO_2、CO、O_2 气体标准物质	0.1%	1
G9	N2 中 H2S 气体标准物质	0.1%	1
G10	N_2 中 CH_4、C_2H_6、C_3H_8、nC_4H_{10}、iC_4H_{10}、nC_5H_{12}、iC_5H_{12}、neo-C_5H_{12}、nC_6H_{14} 气体标准物质	0.1%	1
配套设备	高精度气体在线稀释仪		

三、验证试验所用仪器设备的要求

试验用样机仪器需经计量检定/校准合格，满足标准制定的分析测试需求方可使用，请在方法验证报告之后附检定/校准证书复印件。

四、验证内容及要求

1、检出限（E1）

使用气体标准物质 G1,检出限的计算方法如公式（1）所示，IDL_L 为仪器检测限，色谱峰高平均值 H，N_0 为基线噪音峰高；x 为目标物浓度；

$$IDL_L = 3 \times N_O \times \frac{\mathrm{x}}{\mathrm{H}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（1）$$

要求：分别给出各组分的检出限。

2、精密度（E2）

使用气体标准物质 G1~G3，使用 G2 作为参考标准，对微型热导气相色谱仪进行单点校准，以 G1， G2*，G3 作为待测样品，经过校准后的仪器测量上述 3 种气体，给出 10 次的实际测量结果、平均值、标准偏差（SD）。

3、线性（E3，选做）

使用高精度气体稀释仪，稀释表 7 中气体标准物质（G8~G10），在预期的线性范围内形成至少 6 个不同的浓度梯度，每个浓度点分别测量 10 次，以 10 次结果的平均值（响应值）作为该点的测量结果，制作曲线。

要求：分别给出各组分不同浓度点的各次实际测量结果、平均值、线性拟合方程及相关系数。

4、典型应用实例（E4，选做）

使用微型热导气相色谱仪样机分析编号为 G4~G7 的气体标准物质，或其他实际应用场景中的气体样品，给出典型色谱图，色谱条件，出峰相关信息等。

验证试验过程中如有问题，请按下方式联系。验证报告模板详见附件。

秘书处挂靠单位：中国测试技术研究院化学研究所
通讯地址：四川省成都市玉双路 10 号
联系人：邓凡锋　　19828966735
　　王维康　　18980409695

附件

国家标准方法验证报告

标准方法名称：　　气体分析 微型热导气相色谱法

项目立项编号：　　20211089-T-606

秘书处挂靠单位：　　中国测试技术研究院化学研究所

秘书处负责人：　　潘　义

参加验证单位（盖章）：

报告编写人及职称：

联系电话（手机）：

通讯地址：

报告日期：

一、气体标准物质信息

序号	气体标准物质名称	钢瓶号	含量	标准不确定度

二、试验样机信息

序号	样机型号	仪器量程	生产厂家

三、验证数据及结果

1、检出限

被测组分	峰高/μV							基线噪音 *No*/μV		峰高平均值 *H*/μV	目标物浓度（摩尔分数）	检出限 *IDL*（摩尔分数）
样机型号												
环境条件	温度：　　；相对湿度：　　；大气压：											

2、精密度

被测组分	样品瓶号	测量结果(摩尔分数）									平均值 $\bar{x}_i$ (摩尔分数）	标准偏差 s_i(摩尔分数）	标准不确定度(摩尔分数）
样机序号													
环境条件	温度：　　；相对湿度：　　；大气压：												

3、线性

序号	样品瓶号	组分浓度(摩尔分数）	峰面积	平均值	标准偏差	相对标准不确定度

1											
2											
3											
4											
5											
6											
线性拟合方程											
相关系数											
样机序号											
环境条件	温度：　　；相对湿度：　　；大气压：										

4、典型色谱应用实例

①气体样品信息

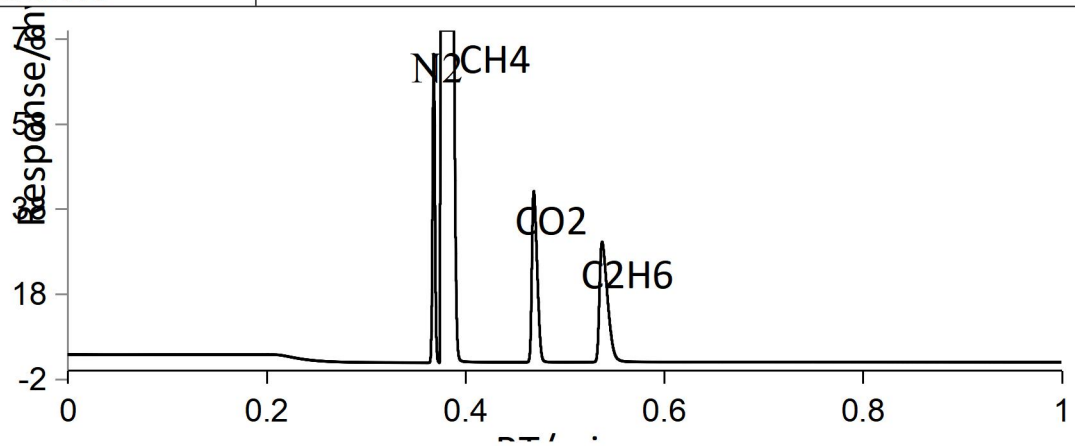
②典型色谱条件

③典型色谱图

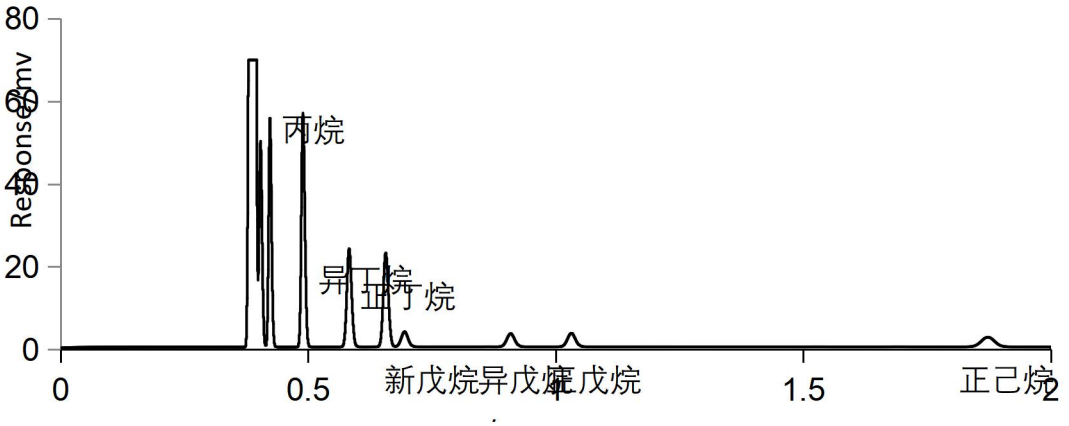
注意：典型色谱图不要直接使用仪器工作站上截图，使用色谱数据重新作图。

附：实验参考条件

色谱条件	模块 1：10m PPU 模块带反吹	模块 2：8m 5cb 模块
柱头压	150 kpa	150 kpa
色谱柱温度	60 度	60 度
进样器温度	60 度	60 度
进样时间	40ms	40ms
反吹时间	12s	--
采样时间	30s	
运行时间	120s	



模块 1：10m PPU 模块带反吹，分析 N2, 甲烷，二氧化碳和乙烷



模块 2：8m 5cb 分析丙烷，异丁烷，正丁烷，新戊烷，异戊烷，正戊烷和正己烷

典型天然气气体标准物质的组分及含量

正己烷 778 $\times 10^{-6}$（摩尔分数）
正戊烷 794$\times 10^{-6}$（摩尔分数）
异戊烷 783$\times 10^{-6}$（摩尔分数）
新戊烷 784$\times 10^{-6}$（摩尔分数）
正丁烷 0.200 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
异丁烷 0.198 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
丙烷 0.495 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
二氧化碳 0.709 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
乙烷 0.308 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
氮气 0.710 $\times 10^{-2}$（摩尔分数）
甲烷 余量