

ICS XX.XXX
CCS X XX

CPCIF

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF 00XX—20XX

原油性质快速测定法
近红外光谱法

Rapid determination of crude oil properties

by near infrared spectrometry

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国石油和化学工业联合会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：XXXXXXXXXXXXXXXXXX。

本文件主要起草人：XXXXXXXXXXXXXXXXXX。

原油性质快速测定法 近红外光谱法

1 范围

本文件规定了采用近红外光谱法快速测定原油密度、硫含量、酸值、实沸点收率的方法。本文件适用于原油密度、硫含量、酸值、实沸点收率的近红外光谱快速测定。本文件中所指的原油应符合GB/T 36170-2018原油标准的要求，水含量应在0.5%以下。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1884-2000	原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)
GB/T 1885-1998	石油计量表
GB/T 4756-2015	石油液体手工取样法
GB/T 6683-1997	石油产品试验方法精密度数据确定法
GB/T 8929-2006	原油水含量的测定 蒸馏法
GB/T 9168-1997	石油产品减压蒸馏测定法
GB/T 17040-2019	石油和石油产品硫含量的测定 能量色散X射线荧光光谱法
GB/T 17280-2017	原油蒸馏标准试验方法 15-理论塔板蒸馏柱
GB/T 17475-2020	重烃类混合物蒸馏试验 真空釜式蒸馏法
GB/T 18609-2011	原油酸值的测定 电位滴定法
GB/T 20001.4-2015	标准编写规则第4 部分：试验方法标准
GB/T 27867 -2011	石油液体管线自动取样法
GB/T 29858-2013	分子光谱多元校正定量分析通则
GB/T 36170-2018	原油

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 稠油 heavy oil

粘度大于50mPa·S，并且20℃密度大于900kg/m³的原油。

3.2 非稠油 non heavy oil

粘度小于50mPa·S，或20℃密度小于900kg/m³的原油。

3.3 原油光谱数据库 crude oil spectrum database

原油光谱数据库指市场上已有的商业原油光谱数据库，包含原油近红外光谱及原油性质数据。数据库中的原油样品种类应包含石蜡基、中间基、环烷基等品种，原油性质均采用国标或相应等效的标准理

化分析方法准确测定。

4 原理

利用原油含氢基团 XH(X=C、N、O 等)化学键的振动或转动对近红外光的吸收特性,用主成分回归、偏最小二乘法、拓扑、机器学习等化学计量学的手段,建立原油光谱与原油性质间的线性或非线性模型,通过模型测定原油样品的原油密度、硫含量、酸值、实沸点收率。

5 试剂与材料

5.1 清洗溶剂

用于清洗原油的甲苯(分析纯)或溶剂油

用于清洗样品池的丙酮(分析纯)或石油醚(90-120℃)(分析纯)。

5.2 吹扫气体

氮气:纯度 99.99%。

6 仪器设备

6.1 近红外光谱仪

近红外光谱仪采用傅立叶变换近红外光谱仪。近红外光谱仪的有效波数区间应包括 $12500\text{cm}^{-1}\sim 4000\text{cm}^{-1}$,光谱分辨率优于 4cm^{-1} 。光谱系统配备干涉仪,能够满足相应光谱技术指标的其他仪器也可采用。

6.2 样品池及配件

近红外光谱仪应配置透射模块、固定光程的样品池及温控系统。温控系统用于控制样品池的温度,精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

7 样品

7.1 取样

按照GB/T 4756-2015或GB/T 27867-2011 规定的程序取样。

7.2 样品制备

7.2.1 混合均化

如在不同位置取得的样品需要将样品混合均化,混合均化的过程中注意保持样品的完整性,尽可能地代表整个样品,应按照GB/T 1884-2000中7.1条的要求进行。

7.2.2 脱水

样品应按GB/T 8929-2006试验方法测定试样的水含量。如果试样水含量大于0.5%(质量分数),在测样前应进行脱水处理。

8 试验步骤

8.1 样品预处理

8.1.1 装样

在开始实验前,应把样品加热到能充分地流动,加热温度应尽量低,以免引起样品轻组分损失或样品中的蜡析出。将密闭样品罐进行抽真空至-0.6KPa以下,将样品装入样品罐。

8.1.2 恒温

将已装入原油样品的密闭样品罐在40°C恒温箱内恒温15分钟,然后取出。

8.1.3 过滤

在氮气驱动下(压力设置:20±1bar),将样品罐内的样品经过滤器过滤后,充满样品池。

8.2 光谱采集

按照仪器操作手册设定仪器参数。

扫描波数范围:11000 cm⁻¹~4000cm⁻¹,按选择的波数范围进行设定。

分辨率:4cm⁻¹

扫描平均次数:不少于32次。

温度设置:40°C±1°C。

压力设置:20 bar±1bar。

在确定温度和压力下,采集样品光谱,每个样品取3次扫描光谱,要求样品吸光度重复性指标不大于0.0004AU,否则记录为异常测量,增加测定次数直至满足要求。

8.3 标准理化分析方法测定

按照表1规定的标准理化分析方法,测定校正样品集的各项质量指标。

表 1 标准理化分析方法

项 目	标准理化方法
密度	GB/T 1884-2000, GB/T 1885-1998
硫含量	GB/T 17040-2019
酸值	GB/T 18609-2011
实沸点收率	GB/T 17280-2017, GB/T 9168-1997

8.4 校正模型的建立

8.4.1 校正样品集

校正样品应具有代表性,覆盖待测样品的所有油种和油种性质的变动范围。样品的代表性可通过比较样品光谱相互之间的差异来判断。

可以采用原油光谱数据库建立校正样品集。若原油光谱数据库不能完全覆盖待测样品的所有油种和油种性质的变动范围,应添加待测原油样品的光谱和相应性质数据。

可以自建校正样品集。通过收集样品建立校正样品集,其原油样品应具有代表性,应覆盖待测样品的所有油种和油种性质的变动范围,建立原油性质模型的样品数不少于200个。

8.4.2 模型建立

选择合适的预处理方法对近红外光谱数据进行预处理，选择合适的波长或频率以及变量数，利用化学计量学软件，按照GB/T 29858-2013要求，建立各项性质数据与光谱数据关系的校正模型。

8.5 校正模型的验证

使用校正样品集外的样品验证校正模型的准确性，验证集样品数量应不少于 20 个（实沸点收率 5 个），应用 8.4 建立的校正模型进行检测，采用 8.3 所示的标准理化分析方法测定其参考值，本方法的测定值与标准方法的参考值之差应满足表 4 的准确性要求。

9 样品测量及数据处理

按照8.2的方法采集样品的近红外光谱，仪器和采集条件应与建模过程一致。应用8.4建立的校正模型测定其原油密度、硫含量、酸值、实沸点收率，记录测量结果。测量结果有效数字与相应标准理化分析方法保持一致。

9.1 测量结果

每个样品平行测定两次，两次测量结果绝对差值不得大于表 3 规定的重复性要求，计算平均值作为最终测量结果，否则记录为异常测量结果。

测量结果有效数字与相应标准理化分析方法保持一致。

9.2 结果处理

9.2.1 异常测量结果的确认和处理

9.2.1.1 异常测量结果的来源

异常测量结果的来源包括但不限于：

- 样品品种或性质不在校正样品的范围之内；
- 仪器故障；
- 样品光谱测量条件与校正模型要求不一致；
- 样品光谱测量参数与建立模型时的模型参数不一致；
- 样品密度、硫含量、酸值、实沸点收率超过校正模型范围；
- 样品的马氏距离（ H ）大于马氏距离阈值（ H_L ），超出校正模型的分析能力。

9.2.1.2 异常测量结果的确认

异常测量结果，包括但不限于：

- 测量结果超出校正模型覆盖的密度、硫含量、酸值、实沸点收率范围；
- 该样品的结构和性质与校正样品不一致，校正模型不适用测定该样品；
- 两次测量结果的绝对差不符合标准 9.1 的要求；
- 仪器或化学计量学软件出现预警情况下的测量结果。

9.2.1.3 异常测量结果的处理

- 发生仪器预警和故障，则需检查和维修仪器；
- 测量结果超出校正模型覆盖的密度、硫含量、酸值、实沸点收率范围，则需将此样品按标准8.3进行标准理化方法分析，并且将样品数据添加到模型当中。

10 精密度

10.1 重复性

同一操作者，在同一实验室，使用同一仪器，按照相同的方法，对同一试样重复两次测定结果的差值不应超过表3中所列重复性数值。

10.2 再现性

不同操作者，在不同实验室，使用不同的仪器，按照相同的方法，对同一试样分别进行测定得到的两个单一、独立的试验结果之差不应超过表3中所列再现性数值。

表3 重复性和再现性指标

项目	单位	重复性	再现性
密度	kg/m ³	1.3	4.8
硫含量	wt%	$0.020*m^{0.700}$	$0.131*m^{1.118}$
酸值	mgKOH/g	$0.022*m+0.006$	$0.308*m+0.011$
IBP-45°C收率	wt%	0.09	0.32
45-60°C收率	wt%		
60-75°C收率	wt%		
75-90°C收率	wt%		
90-105°C收率	wt%		
105-120°C收率	wt%		
120-135°C收率	wt%		
135-165°C收率	wt%		
165-200°C收率	wt%	0.13	0.49
200-250°C收率	wt%		
250-300°C收率	wt%	0.17	0.78
300-350°C收率	wt%		
350-400°C收率	wt%		
400-450°C收率	wt%		
450-500°C收率	wt%		
500-550°C收率	wt%	0.14	0.73

11 准确性

本方法的测定值与标准方法参考值之间的偏差。本方法原油密度、硫含量、酸值、实沸点收率采用近红外光谱法测定结果与标准方法的测定结果之差应满足表4所列准确性要求。

表4 准确性指标

项 目	单 位	准 确 性
密度	kg/m ³	5
硫含量	wt%	0.1781*(X+0.05555)
酸值	mgKOH/g	0.44*X
IBP-45°C	wt%	1.3
45-60°C	wt%	1.3
60-75°C	wt%	1.3
75-90°C	wt%	1.3
90-105°C	wt%	1.3
105-120°C	wt%	1.3
120-135°C	wt%	1.3
135-165°C	wt%	1.3
165-200°C	wt%	1.3
200-250°C	wt%	1.5
250-300°C	wt%	1.5
300-350°C	wt%	2.0
350-400°C	wt%	2.7
400-450°C	wt%	2.4
450-500°C	wt%	2.0
500-550°C	wt%	2.0

12 试验报告

报告至少应包括以下内容：

- 试验日期、环境温度、大气压；
- 有关样品的全部信息，包括样品名称、样品编号、采样地点、采样日期和时间等；
- 试验的操作参数；
- 试验结果；
- 在试验中观察到的异常现象及说明；
- 分析员姓名和审核员姓名等。

附录 A
(规范性附录)
马氏距离及其阈值

A.1 马氏距离 mahalanobis distance (H)

数据间的协方差距离，计算两个未知样本集的相似度，按式 (2) 进行计算。

$$H_i = \sqrt{(t_i - \bar{T}) \times M^{-1} \times (t_i - \bar{T})'} \quad (2)$$

式中：

H_i ——校正样品 i 的马氏距离；

t_i ——校正样品 i 的光谱得分；

\bar{T} ——校正样品光谱的平均得分矩阵， $\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ ；

M ——校正样品的马氏矩阵， $M = \frac{(T - \bar{T})(T - \bar{T})'}{n-1}$ ；

T ——校正样品光谱的得分矩阵。

A.2 马氏距离阈值 limitation value of mahalanobis distance (H_L)

数据间的协方差距离阈值，判定样品是否超出校正模型能力，按式 (3) 进行计算。

$$H_L = \bar{H} + 3 \times SD_{MD} \quad (3)$$

式中：

\bar{H} ——校正样品马氏距离的平均值；

SD_{MD} ——校正样品马氏距离的标准差。

附录 B

(资料性附录)

傅立叶变换近红外透射光谱测定原油硫含量的建模与验证实施例

B.1 样品收集

根据校正集应能涵盖待测样品化学组成变换范围原则,从我国相关炼厂收集了单油样品、典型配方混油样品作为校正集原油样品,共 238 个;收集炼厂日常分析的其他样品作为验证集原油样品,共 92 个。按照 GB/T 4756-2015 规定的程序取样,并将样品置于 30L 铁桶中,低温避光存储,以避免轻组分挥发,防止油品变质。

B.3 近红外光谱采集

B.3.1 样品的准备

对密闭150mL样品罐进行抽真空至-0.6KPa以下,将原油样品装入样品罐。将已装入原油样品的密闭样品罐在40°C恒温箱内恒温15分钟。

B.3.2 仪器的准备

采用傅立叶变换(FT-NIR)近红外光谱仪采集原油谱图。按照仪器使用说明书,启动仪器,预热完成后,检查仪器的性能是否正常。

B.3.3 采集参数设置

光谱范围: $11000\text{ cm}^{-1}\sim 4000\text{ cm}^{-1}$; 分辨率: 4 cm^{-1} ; 扫描次数: 32次。

B.3.4 样品池的清洗准备

使用原油样品自动预处理系统对样品池进行清洗,以99.99%纯度氮气作为动力,在20bar压力下将溶剂罐内甲苯充满样品池,再排放至废液桶。重复清洗2次后,改用丙酮清洗1次,废液排至废液桶,用氮气吹扫样品池180s,使样品池内丙酮完全挥发。

B.3.5 背景光谱的采集

清洗后的样品池用氮气持续吹扫,同时采集背景光谱并保存,采集完成后停氮气并将样品池内压力降至0。

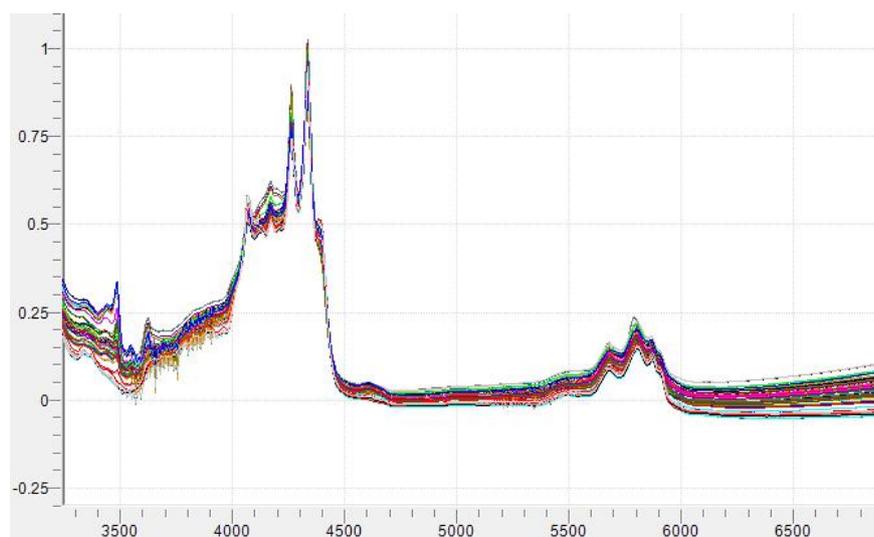
B.3.6 原油样品光谱的采集

a)确认在预处理系统压力为0状态下,将装好原油样品的样品罐装入预处理系统,打开氮气,在氮气作用下将样品罐内的样品排出,观察排液口有样品排出,确认样品充满样品池,立即关闭阀门停止排放。

b)在静止状态下扫描原油的吸收光谱并保存。

c)当样品扫描完成后清洗样品池,重复B.3.4操作。

图B.1为样品集的FT-NIR吸收光谱叠加图。



图B.1 原油样品FT-NIR吸收光谱图

B.2 参考值测定

按GB/T 17040-2019规定的标准方法作测定原油样品硫含量性质，该性质最终测定结果，即为参考值。

B.4 模型的建立与验证

B.4.1 模型的建立

对样品集光谱进行归一化处理，选择 $4000\text{cm}^{-1}\sim 4800\text{cm}^{-1}$ 的吸光度数据进行建模。将校正集的近红外数据和硫含量参考值导入化学计量学软件中，采用拓扑学方法建立模型。然后用模型预测验证集的硫含量，并与参考值进行比较。

表B.1 列出了硫含量的建模参数和建模结果。

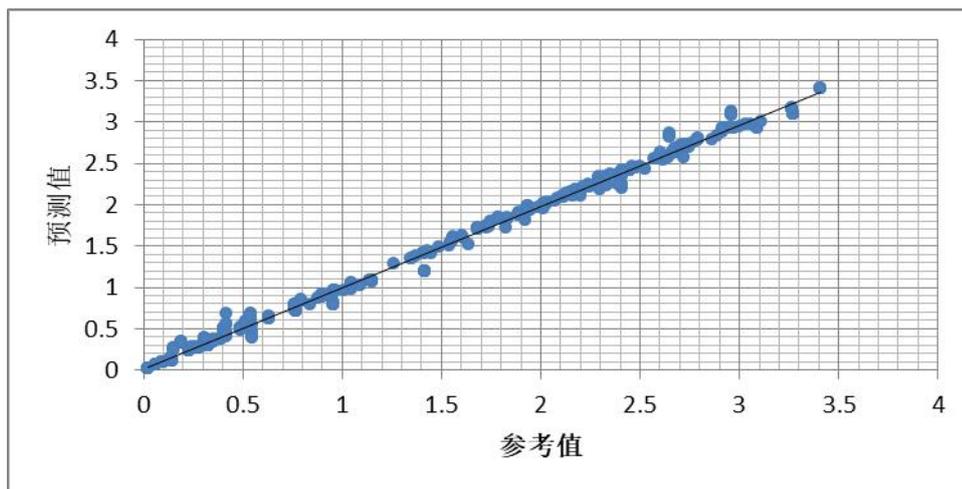
图B.2 为校正集硫含量预测值和参考值关系图。

图B.3 为校正集硫含量参考值和偏差关系图。

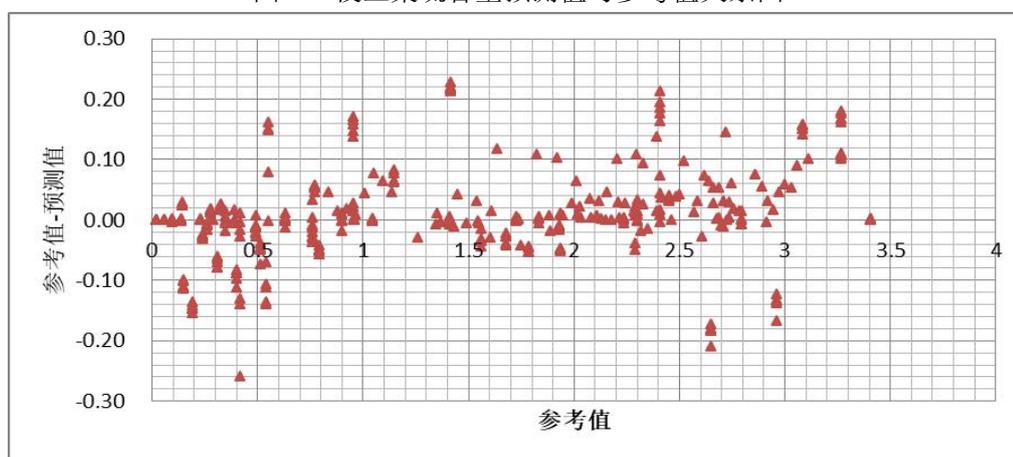
从图B.2来看，该模型预测值与GB/T 17040方法测定的参考值一致性好。

表B.1 硫含量的建模参数和建模结果

预处理	波数范围	校正集样品数量	范围
归一化	$4000\text{cm}^{-1}\sim 4800\text{cm}^{-1}$	238	0.02%~3.41%



图B.2 校正集硫含量预测值与参考值关系图



图B.3 校正集硫含量参考值和偏差关系图

B.4.2 校正模型的验证

利用建立的模型对验证集的硫含量，并与参考值进行比较，见表C.3。对表C.3进行统计分析，计算模型的测定值与标准方法的参考值的偏差，是否满足本方法的准确性，结果见表B.4

图B.4 为验证集硫含量预测值和参考值关系图。

图B.5 为验证集硫含量参考值和偏差关系图。

模型验证结果表明，该模型的测定值与标准方法的参考值一致性好，各性质偏差值满足准确性指标。

随机选择一个试验样本，采用模型重复测定10次硫含量，测定结果见表B.5。结果表明，该模型重复性好，重复测定10次的硫含量的最大偏差为0.03，符合本方法重复性要求。

验证结果表明所建模型可以用于快速测定原油硫含量。

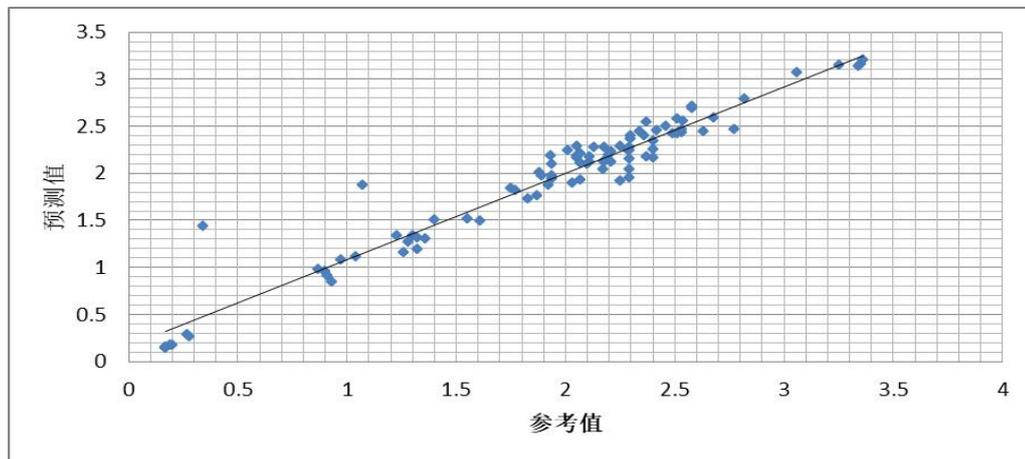
表C.3 验证集硫含量参考值、预测值、偏差与准确性

样品	参考值	预测值	偏差	准确性	样品	参考值	预测值	偏差	准确性
验-1	1.55	1.52	0.03	0.29	验-47	2.07	1.93	0.14	0.38
验-2	1.61	1.49	0.12	0.30	验-48	1.94	2.1	-0.16	0.36
验-3	2.4	2.34	0.06	0.44	验-49	2.2	2.2	0	0.40
验-4	2.63	2.45	0.18	0.48	验-50	2.51	2.42	0.09	0.46
验-5	2.17	2.04	0.13	0.40	验-51	2.1	2.1	0	0.38
验-6	2.03	1.9	0.13	0.37	验-52	2.07	2.21	-0.14	0.38
验-7	1.88	2.01	-0.13	0.34	验-53	2.11	2.18	-0.07	0.39
验-8	3.06	3.07	-0.01	0.55	验-54	2.3	2.37	-0.07	0.42
验-9	1.07	1.87	0.8	0.20	验-55	2.18	2.28	-0.1	0.40
验-10	1.94	1.94	0	0.36	验-56	1.3	1.34	-0.04	0.24
验-11	2.37	2.18	0.19	0.43	验-57	2.05	2.29	-0.24	0.37
验-12	2.29	2.04	0.25	0.42	验-58	0.2	0.18	0.02	0.05
验-13	2.3	2.4	-0.1	0.42	验-59	0.97	1.08	-0.1	0.18
验-14	2.29	2.28	0.01	0.42	验-60	2.82	2.79	0.03	0.51
验-15	2.29	1.95	0.34	0.42	验-61	0.19	0.18	0.01	0.04
验-16	2.25	1.92	0.33	0.41	验-62	2.58	2.69	-0.11	0.47
验-17	1.77	1.82	-0.05	0.33	验-63	2.58	2.71	-0.13	0.47
验-18	1.75	1.84	-0.09	0.32	验-64	0.17	0.15	0.02	0.04
验-19	1.92	1.88	0.04	0.35	验-65	0.17	0.15	0.02	0.04
验-20	1.89	1.98	-0.09	0.35	验-66	0.17	0.14	0.03	0.04
验-21	2.53	2.43	0.1	0.46	验-67	3.36	3.2	0.16	0.61
验-22	1.87	1.76	0.11	0.34	验-68	0.9	0.96	-0.06	0.17
验-23	2.05	2.16	-0.11	0.37	验-69	0.9	0.96	-0.06	0.17
验-24	2.13	2.28	-0.15	0.39	验-70	2.46	2.5	-0.04	0.45
验-25	1.83	1.73	0.1	0.34	验-71	2.36	2.4	-0.04	0.43
验-26	0.34	1.44	1.1	0.07	验-72	0.87	0.98	-0.11	0.16
验-27	2.29	2.24	0.05	0.42	验-73	2.25	2.29	-0.04	0.41
验-28	1.94	1.97	-0.03	0.36	验-74	0.91	0.91	0.01	0.17
验-29	2.53	2.47	0.06	0.46	验-75	0.93	0.85	0.08	0.18
验-30	2.51	2.58	-0.07	0.46	验-76	2.4	2.17	0.23	0.44
验-31	1.93	2.19	-0.26	0.35	验-77	2.4	2.25	0.15	0.44
验-32	2.18	2.12	0.06	0.40	验-78	2.42	2.46	-0.04	0.44
验-33	2.21	2.12	0.09	0.40	验-79	0.27	0.29	-0.02	0.06
验-34	2.68	2.59	0.09	0.49	验-80	1.23	1.34	-0.11	0.23
验-35	1.26	1.16	0.1	0.23	验-81	2.37	2.54	-0.17	0.43
验-36	2.77	2.47	0.3	0.50	验-82	0.28	0.26	0.02	0.06
验-37	3.35	3.16	0.19	0.61	验-83	1.4	1.5	-0.1	0.26
验-38	2.49	2.42	0.07	0.45	验-84	1.32	1.32	0	0.24
验-39	3.25	3.15	0.1	0.59	验-85	2.01	2.24	-0.23	0.37

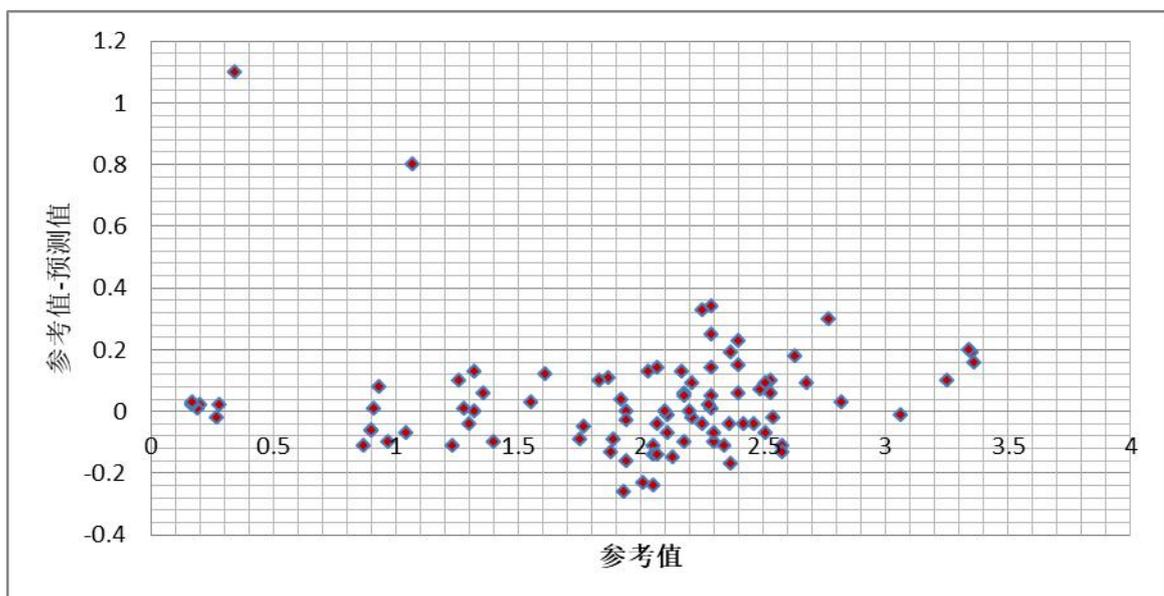
样品	参考值	预测值	偏差	准确性	样品	参考值	预测值	偏差	准确性
验-40	1.04	1.11	-0.07	0.20	验-86	1.32	1.19	0.13	0.24
验-41	3.34	3.14	0.2	0.60	验-87	1.28	1.27	0.01	0.24
验-42	2.21	2.23	-0.02	0.40	验-88	2.07	2.11	-0.04	0.38
验-43	2.05	2.19	-0.14	0.37	验-89	1.36	1.3	0.06	0.25
验-44	2.29	2.15	0.14	0.42	验-90	2.34	2.45	-0.11	0.43
验-45	2.18	2.13	0.05	0.40	验-91	2.28	2.26	0.02	0.42
验-46	2.11	2.12	-0.01	0.39	验-92	2.54	2.56	-0.02	0.46

表B.4 验证集硫含量的范围及准确性

范围	验证集样品数量	准确性指标	准确性
0.17%~3.36%	92	$0.1781*(X+0.05555)$	100%



图B.4 验证集硫含量预测值与参考值关系图



图B.5 验证集硫含量参考值和偏差关系图

表B.5 硫含量重复性测定10次结果

次数	硫含量
第1次	2.39
第2次	2.41
第3次	2.39
第4次	2.39
第5次	2.40
第6次	2.42
第7次	2.42
第8次	2.41
第9次	2.42
第10次	2.41
最大值-最小值	0.03
重复性要求	0.037

《原油性质快速测定法—近红外光谱法》

征求意见稿编制说明

编制组

二〇二一年四月

1. 工作简况

1.1 任务来源

本标准根据中国石油和化学工业联合会下达《关于印发 2019 年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》（中石化联质函（2019）133 号）的要求，制定《原油性质快速测定法-近红外法》团体标准。本标准由中国石油和化学工业联合会提出，归口于中国石油和化学工业联合会，由南京富岛信息工程有限公司起草完成。

1.2 标准主要起草单位、协作单位、主要起草人

本标准由南京富岛信息工程有限公司起草，中国石油化工股份有限公司金陵分公司、中国石化扬子石油化工有限公司、中国石化上海石油化工有限公司、中国石油化工股份有限公司广州分公司、中科（广东）炼化有限公司、中国检验认证集团山东有限公司参与完成。

本标准主要起草人：×××、×××、×××。

1.3 制定标准目的和意义

2020 年我国原油进口量达到 5.4 亿吨，原油对外依存度已升至 72% 以上。总体来说，我国原油进口品种多，性质变化大，给生产的稳定性、资源的有效利用等带来挑战。

对于炼化企业而言，市场交易和原料的变化使炼厂常采用多种原油及混合原油作为原料，及时了解原油性质，指导原油采购，使原油选择面更宽，为“机会”原油和低成本原油采购决策提供参考。在原油管道输送和调合过程中，了解组分原油和调合原油性质，有助于获得装置所需要的原油，使炼油装置平稳、安全生产。在原油加工过程中，及时掌握原油性质，可以优化原油加工方案，对装置进行前馈控制，同时优化下游单元操作，使得企业原油生产过程效益最大化。因此，在原油管输和调度、原油加工生产和过程中及时获得原油性质，并根据进料性质及时调整操作参数，可以最大限度地发挥装置的加工能力，将带来可观的经济效益。

原油密度是原油最重要指标，轻质原油收率较高，蒸馏和加工比较容易，密度大的原油性质刚好相反。原油中的硫主要引起加工装置的腐蚀，原油硫含量高将增加加工的难度和成本，是原油加工装置的重要设防指标。在原油的国际贸易市场上，原油密度和硫含量一起成为原油定价最重要的两个性质指标。原油酸值也是原油加工的设防指标，酸值越大，对加工装置的腐蚀越大，同时还会影响侧线产品的性质。原油实沸点性质则详细表征原油汽煤柴蜡等侧线产品的收率，直接影响装置的生产负荷和装置加工的稳定性的。

在我国现行标准中，对原油中密度、实沸点收率、硫、酸值等都制订了国家标准，这些标准通常耗时费力，不能满足对原油的快速检测要求。本标准的编制是为了规范各企业在应用近红外快速检测技术建立原油光谱数据库和开展快速检测中的方法和操作，便于各企业工作人员按统一标准规范的检测原油密度、硫、酸值、实沸点收率，提高检测结果准确性。与其它方法相比，红外光谱技术的最大特点是快速、简便，对于原油管输和调度、原油加工生产和过程优化控制等需要及时获得原油性质的应用场景尤为重要，有利于原油近红外快速检测技术的进一步推广。

1.4 工作过程的简要说明

2019 年 7 月通过石化联合会标准化工作委员会立项。

2019 年 8 月收到中石化联质函（2019）133 号文件《关于印发 2019 年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》。

2019 年 9 月~12 月，开始成立标准编制工作小组，编制工作小组开展查阅有关文献、

资料和调研，编写具体工作方案。

2020年1月~2021年2月，根据工作方案，完成了本标准相关各项实验工作，确定标准方法，开展了精密度和准确性试验。

2021年3~4月，编写标准征求意见稿及编制说明。

2. 标准编制原则和确定标准的依据

2.1 相关参考标准

GB/T 1884-2000	原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
GB/T 1885-1998	石油计量表
GB/T 4756-2015	石油液体手工取样法
GB/T 6683-1997	石油产品试验方法精密度数据确定法
GB/T 8929-2006	原油水含量的测定 蒸馏法
GB/T 9168-1997	石油产品减压蒸馏测定法
GB/T 17040-2019	石油和石油产品硫含量的测定 能量色散X射线荧光光谱法
GB/T 17280-2017	原油蒸馏标准试验方法 15-理论塔板蒸馏柱
GB/T 17475-2020	重烃类混合物蒸馏试验 真空釜式蒸馏法
GB/T 18609-2011	原油酸值的测定 电位滴定法
GB/T 20001.4-2015	标准编写规则第4部分：试验方法标准
GB/T 29858-2013	分子光谱多元校正定量分析通则
GB/T 36170-2018	原油

2.2 标准编制原则

标准制定本着“先进性、科学性和适用性”原则，制定过程做到统一、协调、优化，同时确保方法的准确性、实用性、可行性，既符合国内外发展的需要，也满足国内目前的实际需求情况。

2.3 标准制定的依据

查询国内外相关标准资料，参考现有标准，按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》和GB/T 20001.4-2015《标准编写规则第4部分：试验方法标准》的规定和要求起草标准草案。

3. 标准制定的主要内容

3.1 调研及综合分析

经过国内外文献检索，尚未检索到快速检测原油性质的方法。结合生产和实际需要，开展本标准的研究工作具有一定先进性、科学性。因此快速测定原油中密度、硫等性质是及时了解原油性质组成，提高原油快速检测技术，保证服务生产、服务科研的有效手段。

在我国现行的国际及行业标准中，关于原油性质的标准已有发布。如GB/T 1884-2000《原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)》规定了使用玻璃石油密度计在实验室测定通常为液体的原油/石油产品混合物的20℃密度的方法；GB/T 17040-2019《石油和石油产品硫含量的测定能量色散X射线荧光光谱法》则规定采用能量色散X射线荧光光谱法测定石油和石油产品中的硫含量的试验方法；GB/T 18609-2011《原油酸值的测定 电位滴定法》

在使用玻璃电极和甘汞电极的电位滴定仪上，用氢氧化钾异丙醇标准溶液滴定，以测定原油酸值的方法。GB/T 17280-2017《原油蒸馏标准试验方法 15-理论塔板蒸馏柱》和GB/T 17475-2020《重烃类混合物蒸馏试验 真空釜式蒸馏法》则规定了原油蒸馏的标准方法，从而获得原油实沸点（TBP）蒸馏曲线。

上述这些方法准确性高，精度好，广泛用于原油的实验室检验，但标准方法在生产过程尤其是中控或在线检测中存在时效性不足的问题，如原油实沸点蒸馏通常要用2-3天。因此，快速获得原油性质以指导生产是制约原油生产加工的瓶颈，也是原油快速检测长期追求的目标。

近红外光（NIR）是介于紫外—可见光（UV—Vis）和中红外光（MIR）之间的电磁波，其波长范围为700~2500nm（14286~4000cm⁻¹）。近红外光谱主要是由于分子振动的非谐性使分子振动从基态向高能级跃迁时产生的，主要反映的是含氢基团，如C—H、N—H、O—H化学键振动的倍频和合频吸收。不同基团（如甲基、亚甲基、苯环等）或同一基团在不同化学环境中的近红外吸收波长与强度都有明显差别，近红外光谱具有丰富的结构和组成信息，非常适合用于含氢有机物质如农产品、石化产品和药品等的物化参数测量。

原油是各种烃类物质的混合物，这些化合物中含氢基团的振动吸收光谱的倍频及组合频正好位于近红外光谱范围（700~2500nm）内，因此，原油近红外光谱中含有丰富的化学结构信息，利用化学计量学方法可以快速测定原油的化学组成，以及与组成密切相关的一些物理特性。

从上世纪90年代以来，国外多家机构开展了应用近红外光谱快速检测原油性质的研究，2010年前后此项技术开始进入我国。近10年来，近红外原油快速检测技术已经在中石化、中石油、中化等十多家炼化企业成功应用，但尚无国家或行业的原油性质快速检测标准和规范。由于预处理等过程的不规范、不统一对数据质量的不良影响，限制了该技术的进一步提高和检测结果的规范化。

3.2 标准范围的确定

本标准规定了近红外法测定原油密度、硫、酸值、实沸点收率的方法。本标准适用于水含量应在0.5%以下且符合GB/T 36170 标准的原油中密度、硫、酸值、实沸点收率的近红外快速测定。

3.3 标准测定方法的确定

3.3.1 试样制备

本标准要求样品的取样应按照 GB/T 4756-2015 规定的程序取样。由于原油样品或取自于油轮、油罐或者管线，经常同时会取多个样本，本标准要求如有不同位置取得的样品需要按照《GB/T 1884-2000 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）》中的要求将样品混合均化，混合均化的过程中应注意保持样品的完整性，尽可能地代表整个样品。因水分对光谱采集有很大影响，样品应按 GB/T 8929-2006 试验方法测定试样的水含量。如果试样水含量大于 0.5%（质量分数），在测样前应进行除水处理。

3.3.2 分析测定

3.3.2.1 光谱采集

书籍《现代近红外光谱分析技术》第四章吸光度重复性中规定了“一般要求吸光度重复性优于 0.0004AU”，保证了样品测定光谱的平行性和重复性，据此提出本标准重复采集规定为“每个样品取 3 次扫描光谱，计算样品吸光度重复性指标，该指标应不大于 0.0004AU，否

则记录为异常测量，增加测定次数直至满足要求”。

3.3.2.2 标准理化分析方法测定

为保证采集光谱信息与理化分析测定的同源性，确保建立测量模型的真实性和准确性，本标准规定按照 GB/T 1884、GB/T1885 规定的方法测定每个样品的密度，GB/T17040 规定的方法测定每个样品的硫含量，GB/T 18609 规定的方法测定每个样品的酸值，GB/T 17280、GB/T9168 规定的方法测定每个样品的实沸点收率。

3.3.2.3 校正模型的建立及验证

a) 校正模型的建立

根据《GB/T 29858-2013 分子光谱多元校正定量分析通则》9.3 条，对于复杂体系的混合物，如石油化工产品等，不可能配制标样，应采集实际样品建立校正模型。为此，样本集的建立有两种来源，可以直接选用商品化的原油数据库，也可以自建校正样品集。

选用商品化的原油数据库时，若原油光谱数据库不能完全覆盖待测样品的所有油种和油种性质的变动范围，应添加待测原油样品的光谱和相应性质数据。在自建校正样品集时，可以通过收集样品建立校正样品集，其原油样品应具有代表性，应覆盖待测样品的所有油种和油种性质的变动范围。根据现场工程经验，在建立原油性质模型时，不同样品数量应不少于 200 个。

以广州石化为例，2019 年 10 月-2020 年 7 月校正模型的样本集共计 998 个（基础模型样品 941 个，加入样品 57 个）。样本集性质范围的上下限，覆盖了企业待测原油可能遇到的浓度范围。校正模型建立的具体过程主要参考标准《GB/T 29858-2013 分子光谱多元校正定量分析通则》中“12.校正模型的建立”来执行。依本方法建立实验室校正模型，对样品集光谱进行归一化处理，选择 $4000\text{cm}^{-1}\sim 4800\text{cm}^{-1}$ 的吸光度数据进行建模。将校正集的近红外数据和检测性质参考值导入化学计量学软件中，采用拓扑学方法完成校正模型的建立。

b) 校正模型的验证

项目组在按照本标准方法建立模型后，再收集验证集样本。根据现场实施的实际情况，本方法确定校正模型的验证样品数量应不少于 20 个，其中具有实沸点收率的样品数量不少于 5 个。

2019 年 6 月至 2020 年 8 月，项目组在广州石化收集了密度样品 32 个，硫含量和酸值样品 31 个，实沸点样品 20 个建立验证样品集。

原油密度性质验证样品集

序号	原油样品种类或名称	原油样品个数
1	罐混合样	32
2	单油（巴林沙中）	1
3	单油（内姆巴）	2
4	单油（巴士拉）	1
5	单油（纳波）	1
6	单油（马希拉）	1
7	调合混合样	17
	合计	55

原油硫含量、酸值性质验证样品集

序号	原油样品种类或名称	原油样品个数
1	罐混合样	31
2	单油（巴林沙中）	1
3	单油（巴士拉）	1
4	单油（马希拉）	1
5	调合混合样	6
合计		40

原油实沸点性质验证样品集

序号	原油样品种类或名称	原油样品个数
1	单油（纳波）	1
2	单油（帕兹弗罗）	1
3	单油（科勒）	1
4	单油（巴士拉）	2
5	单油（沙重）	2
6	单油（沙中）	3
7	单油（沙轻）	1
8	单油（瓦斯科尼亚）	1
9	单油（沙巴瓦）	1
10	单油（萨西）	2
11	单油（桑格斯）	1
12	单油（阿曼）	1
13	单油（阿布扎库姆）	1
14	单油（埃斯科拉沃斯）	1
15	单油（马希拉）	1
合计		20

将验证集样品的测量值与标准方法的参照值进行比较,以验证校正模型参照值与测量值的一致程度,是否符合标准的准确性指标。

广石化验证集准确性指标的置信度水平

项目	准确性指标	置信度
密度	≤ 5	100
硫含量	$\leq 0.1781*(X+0.05555)$	97.7
酸值	$\leq 0.44*X$	100.0
IBP-45°C收率	≤ 1.3	100
45-60°C收率	≤ 1.3	100.0
60-75°C收率	≤ 1.3	100.0
75-90°C收率	≤ 1.3	100.0
90-105°C收率	≤ 1.3	95.0
105-120°C收率	≤ 1.3	100.0
120-135°C收率	≤ 1.3	100.0

135-165°C收率	≤1.3	90.0
165-200°C收率	≤1.3	100.0
200-250°C收率	≤1.5	100.0
250-300°C收率	≤1.5	95.0
300-350°C收率	≤2.0	95.0
350-400°C收率	≤2.7	95.0
400-450°C收率	≤2.4	95.0
450-500°C收率	≤2.0	90.0
500-550°C收率	≤2.0	100.0

3.3.2.4 样品测量和结果

a) 样品测量

先按照本方法“8.2 光谱采集”中规定的步骤，测量待测样品的近红外光谱，再用建立的校正模型，分析待测样品的近红外光谱，记录待测样品各质量指标的测定数据。测量结果有效数字与相应标准理化分析方法保持一致。见附录

b) 测量结果

测量结果根据标准《GB/T 29858-2013 分子光谱多元校正定量分析通则》中关于测量值精密度的要求，提出本标准中测量结果为“每个样品平行测定两次，两次测量结果绝对差值不得大于规定的重复性要求，计算平均值作为最终测量结果，否则记录为异常测量结果”。

c) 异常测量结果的确认和处理

本标准参照标准《GB/T 29858-2013 分子光谱多元校正定量分析通则》中“18 校正和预测误差的主要来源”确定了异常测量结果的确认和处理。

3.3.3 试样选取

经过与国内部分炼油生产企业沟通，收集到了国内常炼的进口原油样品二十余种，逐一进行了密度、酸枝、硫含量和实沸点分析，覆盖轻、中、重，高硫、含硫等不同类型的原油，筛选出具有代表性的不同水平的试样共 11 个，进一步开展实验研究。

3.3.4 方法精密度和准确性

本标准的精密度指标是依据《GB/T 6683-1997 石油产品试验方案精密度数据》标准要求统计多个实验室的测试结果给出。项目组共邀请8家企业实验室参与实验，采集11个原油样本，覆盖轻、中、重，高硫、含硫等不同类型的原油，按照《原油性质快速测定法-近红外光谱法》的方法建立校正模型，通过对原油密度、硫、酸值和实沸点收率等性质测量值的计算，确定本标准的精密度（具体数据详见本文附录1）。

在精密度实验的基础上，项目组再通过测量值与参考值的计算确定本标准的准确性（具体数据详见本文附录1）。

4. 标准的技术水平评价

目前，我国现行的国标及行业标准中，还没有相应的利用近红外光谱快速测定原油性质

的方法，有必要建立近红外快速测定原油性质的标准，规范实验室现有分析手段。本标准制定及实施后，能够填补同行业原油性质快速测定分析方法的空白。本标准方法适应目前生产和科研的要求，分析方法准确、适用，总体水平达到国内先进水平。

5. 标准的经济效果评价

在原油加工过程中，及时掌握原油性质，可以优化原油加工方案，对装置进行前馈控制，同时优化下游单元操作，使得企业原油生产过程效益最大化。因此，在原油管输和调度、原油加工生产和过程中及时获得原油性质，并根据进料性质及时调整操作参数，可以最大限度地发挥装置的加工能力，将带来可观的经济效益。

6. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

至标准编制之日，尚未发现与计划编制标准相冲突的现行法律、法规和强制性国家标准。

7. 重大分歧意见的处理经过和依据

待征求。

8. 标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

根据中国石油和化学工业联合会《关于印发 2018 年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》（中石化联质标函[2018]108 号）的要求，本标准作为推荐性行业标准。

9. 贯彻团体标准的要求和措施建议

无。

10. 其他应予说明的事项

无

附录 1 方法精密度和准确性的确定

1 实验设计思路

本标准的精密度指标是依据《GB/T 6683-1997 石油产品试验方案精密度数据》标准要求统计多个实验室的测试结果给出。项目组共邀请8家企业实验室参与实验，采集11个原油样本，覆盖轻、中、重，高硫、含硫等不同类型的原油，按照《原油性质快速测定法-近红外光谱法》的方法建立校正模型，通过对原油密度、硫、酸值和实沸点收率等性质测量值的计算，确定本标准的精密度。

在精密度实验的基础上，项目组再通过测量值与参考值的计算确定本标准的准确性。

2 样品准备和验证实验室选择情况

2.1 样品准备

精密度实验样品的选择主要依据国内各大炼厂加工的常炼原油，对该方法的适应性范围进行设计，精密度实验样品的性质值见表4：

表 1 精密度实验样品的性质值

序号	样品名称	原油名称	密度	硫含量	酸值
1	Oil-1	CPC原油	796.0	0.63	0.1
2	Oil-2	卡斯蒂利亚原油	937.7	1.98	0.63
3	Oil-3	达联原油	911.1	0.56	1.65
4	Oil-4	鹰滩原油	732.8	0.03	<0.1
5	Oil-5	福蒂斯原油	834.7	0.97	0.17
6	Oil-6	阿曼原油	861.8	1.48	0.50
7	Oil-7	拉比原油	855.3	0.12	0.2
8	Oil-8	沙中原油	865.8	2.64	0.2
9	Oil-9	萨图诺原油	896.2	0.83	1.31
10	Oil-10	上扎库姆原油	852.8	1.90	0.1
11	Oil-11	丹佛原油	788.7	0.12	<0.1

2.2 验证实验室选择

在样品选择完毕后，按照预定计划将本标准、实验方案和样品发送给各实验室，参加的实验室单位代码如下：

表 2 验证单位及实验室代码

序号	单位	实验室代码
1	扬子石化	A
2	金陵石化	B
3	广州石化	C
4	上海石化	D
5	茂名石化	E
6	北海石化	F
7	东兴石化	G
8	天津石化	H

表 3 近红外光谱法分析项目

序号	项目	单位
1	密度	kg/m ³
2	硫含量	wt%
3	酸值	mgKOH/g
4	IBP-45°C收率	wt%
5	45-60°C收率	wt%
6	60-75°C收率	wt%
7	75-90°C收率	wt%
8	90-105°C收率	wt%
9	105-120°C收率	wt%
10	120-135°C收率	wt%
11	135-165°C收率	wt%
12	165-200°C收率	wt%
13	200-250°C收率	wt%
14	250-300°C收率	wt%
15	300-350°C收率	wt%
16	350-400°C收率	wt%
17	400-450°C收率	wt%
18	450-500°C收率	wt%
19	500-550°C收率	wt%

光谱仪采谱参数按照仪器操作手册统一设定。

扫描波长范围：11000 cm⁻¹~4000cm⁻¹，按选择的波长范围进行设定。

扫描平均次数：64 次。

压力设置：20bar。

温度设置：40℃。

原油预处理方法一致：富岛原油自动预处理。

将不同仪器采集的谱图按照如下表命名规则，标准化命名。

表4 采集谱图编号

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	Oil-1_A_1	Oil-2_A_1	Oil-3_A_1	Oil-4_A_1	Oil-5_A_1	Oil-6_A_1	Oil-7_A_1	Oil-8_A_1	Oil-9_A_1	Oil-10_A_1	Oil-11_A_1
	2	Oil-1_A_2	Oil-2_A_2	Oil-3_A_2	Oil-4_A_2	Oil-5_A_2	Oil-6_A_2	Oil-7_A_2	Oil-8_A_2	Oil-9_A_2	Oil-10_A_2	Oil-11_A_2
B	1	Oil-1_B_1	Oil-2_B_1	Oil-3_B_1	Oil-4_B_1	Oil-5_B_1	Oil-6_B_1	Oil-7_B_1	Oil-8_B_1	Oil-9_B_1	Oil-10_B_1	Oil-11_B_1
	2	Oil-1_B_2	Oil-2_B_2	Oil-3_B_2	Oil-4_B_2	Oil-5_B_2	Oil-6_B_2	Oil-7_B_2	Oil-8_B_2	Oil-9_B_2	Oil-10_B_2	Oil-11_B_2
C	1	Oil-1_C_1	Oil-2_C_1	Oil-3_C_1	Oil-4_C_1	Oil-5_C_1	Oil-6_C_1	Oil-7_C_1	Oil-8_C_1	Oil-9_C_1	Oil-10_C_1	Oil-11_C_1
	2	Oil-1_C_2	Oil-2_C_2	Oil-3_C_2	Oil-4_C_2	Oil-5_C_2	Oil-6_C_2	Oil-7_C_2	Oil-8_C_2	Oil-9_C_2	Oil-10_C_2	Oil-11_C_2
D	1	Oil-1_D_1	Oil-2_D_1	Oil-3_D_1	Oil-4_D_1	Oil-5_D_1	Oil-6_D_1	Oil-7_D_1	Oil-8_D_1	Oil-9_D_1	Oil-10_D_1	Oil-11_D_1
	2	Oil-1_D_2	Oil-2_D_2	Oil-3_D_2	Oil-4_D_2	Oil-5_D_2	Oil-6_D_2	Oil-7_D_2	Oil-8_D_2	Oil-9_D_2	Oil-10_D_2	Oil-11_D_2
E	1	Oil-1_E_1	Oil-2_E_1	Oil-3_E_1	Oil-4_E_1	Oil-5_E_1	Oil-6_E_1	Oil-7_E_1	Oil-8_E_1	Oil-9_E_1	Oil-10_E_1	Oil-11_E_1
	2	Oil-1_E_2	Oil-2_E_2	Oil-3_E_2	Oil-4_E_2	Oil-5_E_2	Oil-6_E_2	Oil-7_E_2	Oil-8_E_2	Oil-9_E_2	Oil-10_E_2	Oil-11_E_2
F	1	Oil-1_F_1	Oil-2_F_1	Oil-3_F_1	Oil-4_F_1	Oil-5_F_1	Oil-6_F_1	Oil-7_F_1	Oil-8_F_1	Oil-9_F_1	Oil-10_F_1	Oil-11_F_1
	2	Oil-1_F_2	Oil-2_F_2	Oil-3_F_2	Oil-4_F_2	Oil-5_F_2	Oil-6_F_2	Oil-7_F_2	Oil-8_F_2	Oil-9_F_2	Oil-10_F_2	Oil-11_F_2
G	1	Oil-1_G_1	Oil-2_G_1	Oil-3_G_1	Oil-4_G_1	Oil-5_G_1	Oil-6_G_1	Oil-7_G_1	Oil-8_G_1	Oil-9_G_1	Oil-10_G_1	Oil-11_G_1
	2	Oil-1_G_2	Oil-2_G_2	Oil-3_G_2	Oil-4_G_2	Oil-5_G_2	Oil-6_G_2	Oil-7_G_2	Oil-8_G_2	Oil-9_G_2	Oil-10_G_2	Oil-11_G_2
H	1	Oil-1_H_1	Oil-2_H_1	Oil-3_H_1	Oil-4_H_1	Oil-5_H_1	Oil-6_H_1	Oil-7_H_1	Oil-8_H_1	Oil-9_H_1	Oil-10_H_1	Oil-11_H_1
	2	Oil-1_H_2	Oil-2_H_2	Oil-3_H_2	Oil-4_H_2	Oil-5_H_2	Oil-6_H_2	Oil-7_H_2	Oil-8_H_2	Oil-9_H_2	Oil-10_H_2	Oil-11_H_2

3 各实验室数据汇总

表 5 密度测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	795.88	935.69	909.97	734.67	837.77	856.62	849.94	863.07	894.71	850.13	787.56
	2	795.87	935.70	910.00	733.11	837.91	858.08	850.52	862.98	894.51	850.37	787.60
B	1	795.49	936.94	910.09	732.80	837.46	866.57	850.85	867.05	894.18	850.73	786.26
	2	795.46	936.92	910.20	733.89	840.25	866.10	850.84	866.96	895.28	850.85	786.19
C	1	795.26	936.20	907.91	734.10	838.77	865.24	852.87	865.29	897.36	851.33	786.79
	2	795.26	936.30	908.98	733.22	840.19	864.67	849.41	865.63	897.45	851.45	786.32
D	1	796.56	936.40	912.10	732.84	837.67	858.48	853.89	866.73	894.51	853.35	793.48
	2	796.53	936.30	912.50	732.77	836.83	855.03	857.95	866.83	894.42	853.51	793.78
E	1	795.77	935.56	908.96	734.23	840.18	859.87	848.06	860.63	894.45	848.57	785.04
	2	795.76	935.63	909.16	733.07	840.85	860.74	849.84	861.61	894.36	848.57	786.86
F	1	795.38	936.71	908.78	733.32	833.41	859.40	852.91	861.05	896.51	849.21	789.74
	2	795.42	936.64	906.66	731.49	833.49	859.41	852.63	861.02	896.37	849.09	789.44
G	1	795.72	936.55	908.91	733.87	837.04	859.60	849.50	860.51	895.26	849.61	787.47
	2	795.72	936.41	909.14	733.54	837.09	858.09	850.17	860.39	894.88	849.61	788.00
H	1	795.43	937.38	908.88	733.76	835.47	862.15	857.44	863.62	894.39	849.76	786.05
	2	795.44	937.39	908.83	734.27	835.70	862.86	857.53	864.66	894.50	849.54	786.31

表 6 硫含量测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	0.63	1.73	0.50	0.02	0.94	1.20	0.12	2.22	0.79	1.83	0.14
	2	0.63	1.73	0.50	0.02	0.94	1.19	0.12	2.24	0.78	1.84	0.14
B	1	0.60	1.69	0.52	0.02	0.97	1.49	0.14	2.38	0.98	1.90	0.07
	2	0.60	1.69	0.51	0.02	0.99	1.44	0.14	2.37	0.97	1.87	0.05
C	1	0.60	1.70	0.49	0.02	0.99	1.49	0.14	2.31	0.94	1.89	0.11
	2	0.60	1.71	0.50	0.02	0.97	1.42	0.15	2.33	0.91	1.86	0.10
D	1	0.64	1.80	0.53	0.02	0.84	1.31	0.12	2.26	0.82	1.87	0.19
	2	0.64	1.79	0.52	0.02	0.84	1.32	0.11	2.25	0.79	1.89	0.19
E	1	0.72	1.71	0.55	0.02	0.95	1.27	0.16	2.22	0.84	1.78	0.09
	2	0.71	1.71	0.54	0.02	0.94	1.26	0.14	2.21	0.85	1.80	0.11
F	1	0.63	1.73	0.49	0.02	0.91	1.32	0.10	2.15	0.74	1.83	0.16
	2	0.57	1.73	0.48	0.02	0.92	1.31	0.10	2.14	0.69	1.83	0.14
G	1	0.66	1.72	0.51	0.02	0.95	1.19	0.13	2.22	0.86	1.78	0.13
	2	0.66	1.72	0.51	0.02	0.94	1.21	0.13	2.22	0.82	1.78	0.14
H	1	0.60	1.73	0.50	0.02	0.94	1.39	0.13	2.25	0.85	1.79	0.12
	2	0.59	1.73	0.52	0.02	0.94	1.35	0.13	2.23	0.83	1.80	0.12

表 7 酸值测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	0.10	0.67	1.61	0.09	0.11	0.38	0.17	0.14	0.92	0.11	0.02
	2	0.10	0.67	1.60	0.09	0.11	0.39	0.17	0.14	0.92	0.11	0.02
B	1	0.09	0.67	1.66	0.09	0.11	0.51	0.12	0.16	0.80	0.10	0.02
	2	0.09	0.67	1.61	0.09	0.11	0.50	0.11	0.15	0.81	0.10	0.03
C	1	0.09	0.69	1.35	0.09	0.11	0.53	0.16	0.13	0.64	0.11	0.01
	2	0.09	0.69	1.36	0.09	0.11	0.53	0.11	0.14	0.60	0.11	0.02
D	1	0.08	0.60	1.76	0.09	0.09	0.35	0.16	0.15	1.00	0.09	0.08
	2	0.09	0.60	1.66	0.09	0.09	0.34	0.15	0.14	1.00	0.10	0.08
E	1	0.09	0.69	1.96	0.09	0.11	0.35	0.13	0.12	0.83	0.12	0.01
	2	0.09	0.69	1.90	0.09	0.11	0.35	0.13	0.12	0.85	0.11	0.01
F	1	0.09	0.65	2.13	0.09	0.11	0.31	0.13	0.11	0.81	0.09	0.05
	2	0.09	0.66	2.20	0.09	0.12	0.31	0.14	0.11	0.82	0.09	0.05
G	1	0.10	0.66	1.73	0.09	0.12	0.33	0.16	0.14	0.88	0.11	0.03
	2	0.10	0.67	1.78	0.09	0.12	0.34	0.15	0.15	0.90	0.11	0.03
H	1	0.09	0.66	1.51	0.09	0.11	0.47	0.13	0.13	0.92	0.11	0.01
	2	0.09	0.66	1.50	0.09	0.11	0.46	0.14	0.13	0.93	0.12	0.01

表 8 IBP-45°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	5.80	1.03	0.31	9.59	4.02	2.48	2.61	2.82	1.65	3.59	9.17
	2	5.80	1.03	0.30	9.68	3.68	2.51	2.57	2.78	1.63	3.59	9.14
B	1	5.63	1.03	0.33	9.68	3.69	2.31	2.61	2.94	1.51	3.40	10.04
	2	5.64	1.03	0.32	9.65	3.63	2.29	2.59	2.86	1.53	3.38	9.86
C	1	5.41	1.03	0.39	9.63	3.74	2.44	2.32	2.87	1.42	3.20	9.56
	2	5.45	1.03	0.39	9.65	3.49	2.41	2.09	2.93	1.43	3.29	9.59
D	1	5.72	1.03	0.15	9.65	3.81	2.51	2.07	2.56	1.65	3.26	7.43
	2	5.81	1.03	0.13	9.66	3.80	2.55	1.99	2.71	1.62	3.19	7.53
E	1	5.82	1.03	0.41	9.61	3.73	2.83	2.90	2.88	1.80	3.59	9.43
	2	5.82	1.03	0.38	9.68	3.68	2.90	2.87	2.90	1.78	3.59	8.42
F	1	6.21	1.03	0.27	9.68	4.25	2.70	2.34	3.03	1.73	3.72	8.61
	2	6.20	1.03	0.28	9.72	4.21	2.69	2.12	2.94	1.75	3.77	8.57
G	1	5.94	1.03	0.29	9.61	4.23	3.04	2.16	2.74	1.85	3.54	9.49
	2	6.00	1.03	0.30	9.68	4.31	2.94	2.04	2.67	1.80	3.53	9.42
H	1	5.42	1.03	0.34	9.65	4.00	2.46	2.01	2.78	1.54	3.48	9.28
	2	5.44	1.03	0.33	9.66	4.02	2.42	1.93	2.91	1.58	3.45	9.28

表 9 45-60°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	2.03	0.20	0.11	1.84	0.98	0.87	0.45	0.96	0.27	1.01	3.00
	2	2.03	0.20	0.12	1.85	0.74	0.87	0.44	0.96	0.26	1.03	3.00
B	1	2.33	0.20	0.11	1.85	0.74	0.81	0.44	0.93	0.24	0.99	3.23
	2	2.32	0.20	0.10	1.85	0.66	0.81	0.44	0.90	0.25	0.98	3.15
C	1	2.52	0.20	0.15	1.86	0.70	0.89	0.42	0.88	0.32	0.97	3.08
	2	2.49	0.20	0.13	1.86	0.59	0.86	0.40	0.94	0.32	1.00	3.09
D	1	2.36	0.20	0.07	1.86	1.14	0.98	0.38	0.83	0.24	0.94	2.49
	2	2.34	0.20	0.05	1.84	1.12	1.00	0.38	0.85	0.22	0.93	2.57
E	1	2.01	0.20	0.15	1.85	0.90	1.01	0.47	0.97	0.30	1.07	3.13
	2	2.01	0.20	0.14	1.84	0.85	1.01	0.47	0.99	0.29	1.05	2.94
F	1	2.27	0.20	0.12	1.85	1.19	1.07	0.45	1.05	0.31	0.97	3.33
	2	2.26	0.20	0.11	1.86	1.14	1.08	0.45	1.01	0.31	1.01	3.41
G	1	2.12	0.20	0.11	1.85	1.17	1.13	0.40	0.95	0.32	1.06	3.08
	2	2.12	0.20	0.10	1.85	1.21	1.10	0.39	0.92	0.30	1.06	3.07
H	1	2.46	0.20	0.12	1.85	0.91	0.90	0.38	0.94	0.24	1.00	3.05
	2	2.44	0.20	0.13	1.85	0.92	0.89	0.38	1.00	0.26	0.96	3.05

表 10 60-75°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	2.50	0.70	0.24	4.34	1.75	1.33	0.97	1.66	0.50	1.77	3.45
	2	2.50	0.70	0.25	4.40	1.49	1.33	0.95	1.77	0.50	1.79	3.45
B	1	2.62	0.70	0.23	4.36	1.60	1.36	0.96	1.57	0.52	1.82	3.74
	2	2.63	0.70	0.24	4.36	1.47	1.44	0.95	1.64	0.52	1.79	3.71
C	1	2.67	0.70	0.27	4.36	1.47	1.43	0.87	1.63	0.62	1.86	3.62
	2	2.65	0.70	0.25	4.36	1.40	1.41	0.78	1.61	0.62	1.88	3.63
D	1	2.63	0.70	0.21	4.37	1.77	1.26	0.74	1.62	0.49	1.65	3.03
	2	2.61	0.70	0.20	4.35	1.77	1.25	0.72	1.47	0.45	1.59	3.06
E	1	2.51	0.70	0.28	4.36	1.69	1.34	1.06	1.82	0.49	1.92	3.42
	2	2.51	0.70	0.27	4.37	1.66	1.34	1.04	1.81	0.48	1.84	3.34
F	1	2.66	0.70	0.30	4.39	1.94	1.42	0.87	1.67	0.55	1.98	3.41
	2	2.66	0.70	0.31	4.41	1.90	1.44	0.82	1.67	0.55	1.94	3.43
G	1	2.52	0.70	0.25	4.37	1.85	1.36	0.79	1.78	0.50	1.86	3.46
	2	2.51	0.70	0.26	4.37	1.87	1.33	0.75	1.78	0.49	1.87	3.48
H	1	2.67	0.70	0.25	4.35	1.73	1.33	0.74	1.78	0.51	1.98	3.55
	2	2.67	0.70	0.25	4.36	1.75	1.33	0.72	1.78	0.52	2.01	3.55

表 11 75-90℃收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	3.11	1.32	0.42	7.55	2.67	1.44	1.34	1.76	1.23	1.83	3.80
	2	3.11	1.32	0.40	7.63	2.54	1.43	1.32	1.77	1.24	1.81	3.80
B	1	3.16	1.32	0.41	7.60	2.62	1.84	1.30	1.54	1.25	1.91	4.09
	2	3.17	1.32	0.40	7.56	2.50	1.66	1.30	1.56	1.23	1.95	4.11
C	1	3.19	1.32	0.46	7.63	2.46	1.72	1.20	1.56	1.08	1.87	3.97
	2	3.18	1.32	0.46	7.60	2.45	1.74	1.08	1.53	1.08	1.83	3.97
D	1	3.09	1.32	0.30	7.57	2.57	1.38	1.07	1.58	1.20	1.79	3.67
	2	3.07	1.32	0.29	7.61	2.57	1.35	1.04	1.60	1.26	1.81	3.67
E	1	3.06	1.32	0.45	7.61	2.68	1.51	1.48	1.84	1.22	1.90	3.65
	2	3.07	1.32	0.44	7.60	2.68	1.49	1.46	1.83	1.23	1.91	3.73
F	1	3.12	1.32	0.38	7.59	2.64	1.51	1.21	1.90	1.06	1.97	3.85
	2	3.12	1.32	0.43	7.66	2.63	1.53	1.13	1.95	1.06	1.95	3.93
G	1	2.98	1.32	0.36	7.57	2.67	1.44	1.10	1.87	1.19	1.90	3.78
	2	2.96	1.32	0.44	7.57	2.68	1.44	1.05	1.90	1.21	1.89	3.79
H	1	3.19	1.32	0.40	7.63	2.68	1.63	1.05	1.68	1.23	1.93	3.88
	2	3.19	1.32	0.39	7.57	2.68	1.63	1.03	1.67	1.23	1.96	3.90

表 12 90-105℃收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	4.56	1.36	0.62	9.05	2.95	1.77	1.61	1.93	1.43	2.00	4.23
	2	4.56	1.36	0.60	9.13	2.81	1.77	1.59	1.88	1.44	2.01	4.24
B	1	4.52	1.36	0.61	9.10	2.85	1.92	1.56	1.93	1.42	2.06	4.25
	2	4.49	1.36	0.61	9.11	2.82	1.77	1.57	1.92	1.39	2.07	4.22
C	1	4.47	1.36	0.65	9.11	2.83	1.86	1.45	1.92	1.35	2.07	4.26
	2	4.49	1.36	0.66	9.11	2.80	1.86	1.31	1.88	1.35	2.10	4.25
D	1	4.24	1.36	0.49	9.13	2.99	1.60	1.30	1.82	1.24	2.01	4.16
	2	4.27	1.36	0.47	9.11	2.99	1.59	1.24	1.82	1.33	1.99	4.14
E	1	4.61	1.36	0.67	9.13	2.80	1.71	1.78	1.84	1.47	1.95	4.11
	2	4.60	1.36	0.66	9.12	2.81	1.69	1.76	1.84	1.47	1.94	4.14
F	1	4.39	1.36	0.50	9.11	3.24	1.74	1.48	2.02	1.27	2.06	3.96
	2	4.40	1.36	0.54	9.08	3.17	1.77	1.38	2.02	1.28	2.04	3.92
G	1	4.61	1.36	0.54	9.06	3.09	1.62	1.34	1.87	1.43	1.94	4.20
	2	4.62	1.36	0.62	9.06	3.12	1.59	1.28	1.85	1.43	1.99	4.25
H	1	4.42	1.36	0.63	9.12	2.94	1.71	1.28	1.88	1.42	1.97	4.24
	2	4.43	1.36	0.61	9.11	2.94	1.72	1.24	1.84	1.42	1.95	4.23

表 13 105-120°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	4.17	1.41	0.73	7.97	3.44	1.82	1.84	1.95	1.49	2.03	4.22
	2	4.17	1.41	0.68	8.10	3.40	1.79	1.82	1.91	1.49	2.03	4.22
B	1	4.20	1.41	0.77	7.99	3.43	2.04	1.79	1.90	1.51	2.06	4.50
	2	4.19	1.41	0.78	7.98	3.47	1.91	1.80	1.88	1.48	2.06	4.46
C	1	4.24	1.41	0.77	8.05	3.43	1.98	1.68	1.93	1.44	2.10	4.35
	2	4.24	1.41	0.79	7.98	3.48	1.97	1.48	1.92	1.45	2.07	4.35
D	1	3.91	1.41	0.62	7.98	3.17	1.77	1.46	1.90	1.33	2.01	3.88
	2	3.90	1.41	0.65	7.98	3.19	1.76	1.40	1.93	1.44	2.03	3.90
E	1	4.19	1.41	0.80	8.02	3.43	1.82	2.03	1.94	1.50	1.99	4.19
	2	4.19	1.41	0.82	8.00	3.46	1.77	2.00	1.94	1.51	1.99	4.20
F	1	4.13	1.41	0.67	7.98	3.35	1.84	1.66	2.00	1.29	2.02	4.18
	2	4.13	1.41	0.74	8.04	3.35	1.87	1.54	2.01	1.29	2.01	4.18
G	1	4.10	1.41	0.74	7.97	3.36	1.67	1.52	1.95	1.46	2.01	4.22
	2	4.10	1.41	0.81	8.05	3.38	1.71	1.45	1.96	1.47	2.03	4.21
H	1	4.19	1.41	0.82	8.03	3.40	1.91	1.47	1.91	1.49	1.99	4.31
	2	4.19	1.41	0.78	8.00	3.41	1.93	1.42	1.88	1.49	1.99	4.32

表 14 120-135°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	4.25	1.45	0.75	7.51	2.92	2.02	1.77	2.16	1.73	2.23	3.84
	2	4.25	1.45	0.76	7.60	2.83	2.01	1.75	2.14	1.74	2.24	3.84
B	1	4.23	1.45	0.75	7.57	2.90	2.14	1.71	2.09	1.71	2.30	3.93
	2	4.21	1.45	0.75	7.57	2.85	2.02	1.72	2.07	1.70	2.31	3.90
C	1	4.23	1.45	0.83	7.56	2.83	2.07	1.62	2.14	1.54	2.30	3.90
	2	4.24	1.45	0.82	7.54	2.81	2.07	1.48	2.12	1.55	2.30	3.89
D	1	4.10	1.45	0.72	7.52	2.87	1.93	1.52	2.07	1.67	2.18	3.68
	2	4.11	1.45	0.65	7.58	2.87	1.89	1.46	2.10	1.71	2.16	3.66
E	1	4.31	1.45	0.80	7.55	2.82	1.93	1.90	2.13	1.78	2.20	3.83
	2	4.30	1.45	0.78	7.56	2.82	1.91	1.86	2.13	1.78	2.18	3.86
F	1	4.18	1.45	0.66	7.52	2.99	1.93	1.66	2.21	1.70	2.25	3.80
	2	4.18	1.45	0.68	7.54	2.96	1.97	1.59	2.19	1.71	2.22	3.81
G	1	4.30	1.45	0.68	7.56	2.99	1.93	1.53	2.11	1.77	2.20	3.83
	2	4.31	1.45	0.71	7.53	3.01	1.91	1.48	2.08	1.76	2.23	3.86
H	1	4.21	1.45	0.74	7.53	2.91	1.97	1.45	2.13	1.72	2.20	3.87
	2	4.21	1.45	0.74	7.54	2.92	2.00	1.42	2.14	1.72	2.17	3.87

表 15 135-165°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	8.19	2.68	2.00	10.85	5.68	4.14	3.82	4.62	3.45	4.98	7.69
	2	8.19	2.68	1.98	10.97	5.45	4.15	3.79	4.61	3.47	5.00	7.69
B	1	8.03	2.68	2.07	10.86	5.61	4.35	3.76	4.60	3.48	5.15	7.80
	2	8.03	2.68	2.08	10.88	5.48	4.05	3.77	4.56	3.47	5.16	7.77
C	1	7.97	2.68	2.18	10.89	5.49	4.24	3.53	4.65	3.22	5.10	7.75
	2	7.98	2.68	2.15	10.95	5.43	4.22	3.25	4.64	3.24	5.15	7.73
D	1	7.87	2.68	1.88	10.94	5.57	4.03	3.32	4.40	3.47	4.89	7.36
	2	7.89	2.68	1.80	10.94	5.59	4.01	3.21	4.43	3.46	4.81	7.36
E	1	8.27	2.68	2.09	10.93	5.64	4.01	4.04	4.55	3.43	4.89	7.62
	2	8.27	2.68	2.10	10.87	5.62	3.99	4.01	4.55	3.43	4.86	7.64
F	1	8.02	2.68	1.97	10.96	5.57	4.16	3.52	4.58	3.41	5.03	7.48
	2	8.02	2.68	2.04	10.95	5.52	4.20	3.37	4.60	3.41	4.99	7.39
G	1	8.15	2.68	2.02	10.89	5.73	4.05	3.31	4.48	3.41	4.87	7.70
	2	8.14	2.68	2.05	10.95	5.77	4.08	3.21	4.45	3.42	4.91	7.74
H	1	8.01	2.68	2.07	10.95	5.64	4.04	3.18	4.58	3.47	4.93	7.77
	2	8.01	2.68	2.04	10.90	5.67	4.04	3.12	4.60	3.47	4.88	7.76

表 16 165-200°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	8.41	2.19	3.14	9.20	6.39	4.79	4.79	5.62	4.37	5.91	7.65
	2	8.42	2.19	3.12	9.25	6.21	4.74	4.76	5.61	4.37	5.92	7.65
B	1	8.40	2.19	3.15	9.25	6.32	4.52	4.78	5.48	4.34	6.00	7.66
	2	8.40	2.19	3.13	9.26	6.25	4.19	4.77	5.48	4.29	6.00	7.58
C	1	8.42	2.18	3.17	9.20	6.31	4.43	4.51	5.63	4.07	6.12	7.61
	2	8.42	2.19	3.18	9.23	6.23	4.38	4.15	5.59	4.08	6.04	7.60
D	1	8.35	2.19	2.76	9.27	6.31	4.82	4.26	5.70	4.19	6.00	7.37
	2	8.38	2.19	2.75	9.23	6.29	4.85	4.16	5.65	4.34	6.07	7.35
E	1	8.48	2.18	3.12	9.27	6.30	4.71	5.02	5.50	4.38	5.91	8.00
	2	8.47	2.19	3.12	9.21	6.28	4.66	4.96	5.51	4.39	5.89	7.89
F	1	8.40	2.19	2.97	9.22	6.40	4.92	4.40	5.72	4.05	5.74	7.71
	2	8.40	2.19	2.92	9.28	6.39	4.96	4.22	5.71	3.98	5.75	7.64
G	1	8.47	2.18	3.07	9.27	6.42	4.47	4.22	5.54	4.39	5.91	7.80
	2	8.48	2.19	3.08	9.24	6.46	4.54	4.12	5.59	4.39	5.97	7.76
H	1	8.45	2.19	3.19	9.23	6.34	4.44	4.11	5.59	4.35	5.88	7.67
	2	8.45	2.18	3.18	9.23	6.35	4.45	4.05	5.51	4.36	5.88	7.67

表 17 200-250°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	12.05	3.83	7.97	8.80	8.08	7.38	7.00	8.09	7.00	8.49	11.09
	2	12.06	3.83	7.85	8.83	7.61	7.40	7.00	8.11	6.96	8.50	11.11
B	1	11.97	3.83	8.18	8.85	7.84	6.61	7.05	8.08	6.84	8.67	10.99
	2	11.96	3.83	8.15	8.87	7.64	6.36	7.04	8.10	6.82	8.69	10.97
C	1	12.04	3.83	7.94	8.83	7.73	6.65	7.01	8.25	6.59	8.71	11.00
	2	12.04	3.83	8.08	8.87	7.55	6.62	6.81	8.24	6.62	8.65	10.97
D	1	11.54	3.83	7.50	8.84	8.22	7.44	7.04	8.43	6.82	8.74	10.70
	2	11.53	3.83	7.59	8.88	8.24	7.46	7.03	8.48	7.02	8.76	10.66
E	1	12.15	3.83	7.89	8.84	7.71	7.23	6.94	8.09	6.93	8.52	11.32
	2	12.14	3.83	8.02	8.88	7.64	7.21	6.90	8.08	6.93	8.50	11.30
F	1	12.42	3.83	7.55	8.85	7.97	7.63	6.80	8.12	6.89	8.49	11.10
	2	12.42	3.83	7.83	8.85	7.84	7.70	6.79	8.10	6.65	8.50	10.89
G	1	11.91	3.83	8.24	8.81	8.21	7.29	6.87	8.05	7.17	8.49	11.25
	2	11.90	3.83	8.18	8.82	8.29	7.24	6.86	8.08	7.14	8.49	11.20
H	1	12.01	3.83	8.52	8.86	8.02	6.66	6.76	8.14	6.95	8.49	11.15
	2	12.01	3.83	8.43	8.81	8.07	6.69	6.77	8.05	6.98	8.47	11.16

表 18 250-300°C收率测量统计表

样品编号		Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7	Oil-8	Oil-9	Oil-10	Oil-11
A	1	10.19	6.20	9.69	6.58	9.13	8.05	8.47	8.44	7.71	8.95	9.96
	2	10.20	6.20	9.59	6.67	8.83	8.12	8.47	8.42	7.64	8.98	9.96
B	1	10.23	6.20	9.77	6.64	8.87	7.19	8.38	8.41	7.62	8.97	9.69
	2	10.21	6.20	9.74	6.60	8.74	7.07	8.41	8.44	7.56	8.96	9.67
C	1	10.25	6.19	9.56	6.62	8.80	7.33	8.45	8.52	7.91	9.03	9.72
	2	10.25	6.19	9.70	6.62	8.68	7.30	8.62	8.56	7.91	8.98	9.70
D	1	10.13	6.20	9.49	6.59	9.33	8.61	8.73	9.05	7.42	9.03	9.86
	2	10.16	6.19	9.57	6.62	9.32	8.73	8.72	8.91	7.67	9.03	9.83
E	1	10.20	6.20	9.57	6.63	8.86	8.07	8.51	8.26	7.58	9.04	9.95
	2	10.20	6.20	9.65	6.58	8.84	8.08	8.40	8.27	7.60	9.04	10.03
F	1	10.18	6.20	9.55	6.58	8.99	8.27	8.39	8.52	7.14	8.72	9.95
	2	10.18	6.20	9.54	6.67	8.94	8.30	8.39	8.45	6.80	8.71	9.85
G	1	10.21	6.19	9.74	6.64	9.12	8.13	8.73	8.58	7.82	8.90	10.03
	2	10.23	6.20	9.73	6.59	9.16	8.14	8.66	8.66	7.79	8.93	10.02
H	1	10.23	6.20	10.05	6.63	9.10	7.35	8.27	8.57	7.66	9.02	9.92
	2	10.23	6.19	9.98	6.61	9.13	7.37	8.28	8.54	7.74	9.13	9.92

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/716135003011010224>