



中华人民共和国工业和信息化部
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）××××-202×

中/近红外油品分析仪校准规范

Calibration Specification of
Mid/Near Infrared Oil Analyzers
(报批稿)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

中/近红外油品分析仪

校准规范

Calibration Specification of

Mid/Near Infrared Oil Analyzers

JJF（石化）XXXX-
202X

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：中国计量科学研究院

北京易兴元石化科技有限公司

辽宁省计量科学研究院

参加起草单位：山东省计量科学研究院

江苏大学

江苏省计量科学研究院

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李 轲（中国计量科学研究院）

张正东（中国计量科学研究院）

杜 彪（北京易兴元石化科技有限公司）

肖 哲（辽宁省计量科学研究院）

参加起草人：

刘 帆（中国计量科学研究院）

郭 波（山东省计量科学研究院）

陈 斌（江苏大学）

郝 璐（北京易兴元石化科技有限公司）

郭小岩（辽宁省计量科学研究院）

张 森（山东省计量科学研究院）

宋 健（江苏省计量科学研究院）

目录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和单位	1
4 概述	1
5 计量特性	2
6 校准条件	6
6.1 环境条件	6
6.2 校准用计量器具	6
7 校准项目和校准方法	7
7.1 校准前检查	7
7.2 校准项目	7
8.校准结果表达	8
8.1 校准记录	8
8.2 校准证书	8
8.3 不确定度	8
9 复校时间间隔	8
附录 A 校准原始记录	10
附录 B 校准证书内页格式	14
附录 C 分析仪油品参数示值误差测量不确定度评定示例	18
附录 D 波长示值误差测量不确定度评定示例	20

引言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范进行编制。

本规范主要参考 GB/T 21186-2007《傅立叶变换红外光谱仪》、GB/T 29858-2013《分子光谱多元校正定量分析通则》、T/CPCIF 0184-2022《车用汽油快速检测方法 近红外光谱法》和 T/CPCIF 0185-2022《车用柴油快速检测方法 近红外光谱法》制定。

本规范为首次发布。

中/近红外油品分析仪校准规范

1 范围

本规范适用于波长范围 $2.5\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$ (中红外) 或波长范围 $0.8\ \mu\text{m}\sim 2.5\ \mu\text{m}$ (近红外), 且包含汽油、柴油或乙醇汽油等成品油快检模型的中/近红外油品分析仪 (以下简称分析仪) 的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本规范; 凡是不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 快检模型 rapid detection model

表达样品的成分浓度或性质与其光谱之间关联关系的数学表达式。

3.2 化学计量学模型 chemometrics model

利用偏最小二乘法等化学计量学方法建立的样品红外光谱与对应浓度或性质指标之间关系的快检模型。

4 概述

分析仪是利用中红外或近红外光谱技术和化学计量学模型实现汽油、柴油或乙醇汽油等多项理化性质快速检测的分析设备。中/近红外光源照射样品, 油品中各组分吸收特定波长的电磁波能量, 经光谱仪传感器转换成光谱信号, 进一步通过数据分析单元处理, 获得油品中多项理化性质的测试值。分析仪主要由光源、样品池、探测器和数据分析单元组成, 装置示意图如图 1 所示。

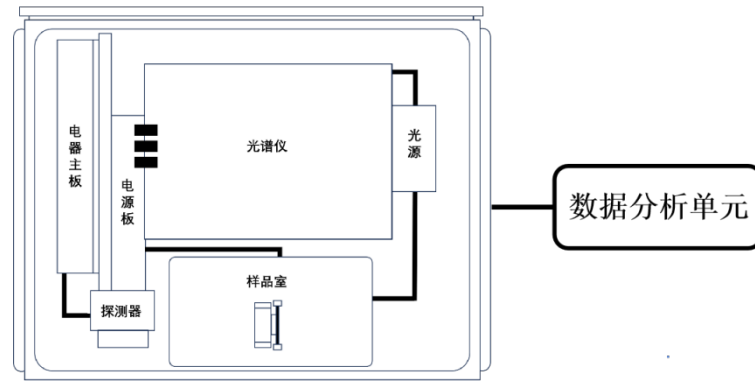


图 1 中/近红外油品分析仪示意图

5 计量特性

计量特性的技术指标见表 1-1 至 1-4。

表 1-1 分析仪波长计量特性技术指标

序号	校准项目		技术要求
1	波长最大示值误差 /nm	1068.3	± 4
		1362.9	± 4
		1464.6	± 4
		1524.0	± 4
		1939.0	± 4
		3304.5	± 6
		3508.9	± 6
		6244.9	± 8
		9723.6	± 10
		11027.3	± 10
2	波长重复性/ nm	1068.3	≤ 2.0
		1362.9	≤ 2.0
		1464.6	≤ 2.0
		1524.0	≤ 2.0
		1939.0	≤ 2.0
		3304.5	≤ 5.6
		3508.9	≤ 5.6
		6244.9	≤ 8.2
		9723.6	≤ 10.1
		11027.3	≤ 10.1

注：以上各项指标不是用于合格性判别，仅作参考。

表 1-2 分析仪示值计量特性技术指标 (汽油参数)

序号	项目	示值重复性 ^a	示值误差 ^a
1	氧含量 % (质量分数)	$\leq 0.02 (X^{1.26})$	$\pm 0.09 (X^{1.27})$
2	苯含量 % (体积分数)	$\leq (0.03X + 0.01)$	$\pm 0.28 X$
3	甲苯含量 % (体积分数)	≤ 0.62	± 1.15
4	MTBE 含量 % (质量分数)	$\leq 0.05 (X^{0.56})$	$\pm 0.12 (X^{0.67})$
5	烯烃含量 % (体积分数)	$\leq 0.12 (X^{0.54})$	$\pm 0.30 (X^{0.58})$
6	芳烃含量 % (体积分数)	$\leq 0.16 (X^{0.48})$	$\pm 0.33 (X^{0.54})$
7	研究法辛烷值	≤ 0.2	± 0.7
8	抗爆指数	≤ 0.2	± 0.7
9	蒸气压 kPa	≤ 3.65	± 5.52
10	10%蒸发温度 ℃	≤ 2.37	± 5.30
11	50%蒸发温度 ℃	≤ 1.77	± 4.60
12	90%蒸发温度 ℃	≤ 1.77	± 2.70
13	终馏点 ℃	≤ 4.40	± 8.90
14	密度 (20℃) kg/m ³	≤ 0.6	± 1.5
15	硫含量 mg/kg	$\leq 0.1867X^{0.63}$	$\pm 0.2217X^{0.92}$
16	未洗胶质含量 mg/100mL	$\leq 0.997X^{0.4}$	$\pm 1.928X^{0.4}$
17	溶剂洗胶质含量 mg/100mL	$\leq 1.298X^{0.3}$	$\pm 2.494X^{0.3}$

注a: X是标准物质的标准值。以上各项指标不是用于合格性判别, 仅作参考。

表 1-3 分析仪示值计量特性技术指标 (乙醇汽油参数)

序号	项目	示值重复性 ^b	示值误差 ^b
1	氧含量 % (质量分数)	$\leq 0.02 (X^{1.26})$	$\pm 0.09 (X^{1.27})$
2	苯含量 % (体积分数)	$\leq 0.0265 (X^{0.65})$	$\pm 0.1229 (X^{0.65})$;
3	甲苯含量 % (体积分数)	$\leq 0.0301 (X^{0.5})$	$\pm 0.0926 (X^{0.5})$
4	乙醇含量 % (质量分数)	$\leq 0.06 (X^{0.61})$	$\pm 0.23 (X^{0.57})$
5	烯烃含量 % (体积分数)	$\leq 0.12 (X^{0.54})$	$\pm 0.30 (X^{0.58})$
6	芳烃含量 % (体积分数)	$\leq 0.16 (X^{0.48})$	$\pm 0.33 (X^{0.54})$
7	研究法辛烷值	≤ 0.2	± 0.7
8	抗爆指数	≤ 0.2	± 0.7
9	蒸气压 kPa	≤ 3.65	± 5.52
10	10%蒸发温度 ℃	≤ 2.37	± 5.30
11	50%蒸发温度 ℃	≤ 1.77	± 4.60
12	90%蒸发温度 ℃	≤ 1.77	± 2.70
13	终馏点 ℃	≤ 4.40	± 8.90
14	密度 (20℃) kg/m ³	≤ 0.6	± 1.5
15	硫含量 mg/kg	$\leq 0.1867X^{0.63}$	$\pm 0.2217X^{0.92}$
16	未洗胶质含量 mg/100mL	$\leq 0.997X^{0.4}$	$\pm 1.928X^{0.4}$
17	溶剂洗胶质含量 mg/100mL	$\leq 1.298X^{0.3}$	$\pm 2.494X^{0.3}$

注b: X是标准物质的标准值。以上各项指标不是用于合格性判别, 仅作参考。

表 1-4 分析仪示值计量特性技术指标 (柴油参数)

序号	项目	示值重复性 ^c	示值误差 ^c
1	密度 (20℃) kg/m ³	≤ 0.6	± 1.5
2	脂肪酸甲酯含量 % (体积分数)	$\leq 0.1505 (X+14.905)$	$\pm 0.04770 (X+14.905)$
3	凝点 ℃	≤ 1.0	± 2.4
4	冷滤点 ℃	$\leq (1.2-0.027X)$	$\pm (3.0-0.060X)$
5	闭口闪点 ℃	$\leq 8.4^{\circ}\text{C}$	$\pm 14.7^{\circ}\text{C}$
6	硫含量 mg/kg	$\leq 0.1867X^{0.63}$	$\pm 0.2217X^{0.92}$
7	十六烷值	≤ 1.0	± 4.8
8	十六烷指数	≤ 1.0	± 4.8
9	50%回收温度 ℃	≤ 1.77	± 4.60
10	90%回收温度 ℃	≤ 1.77	± 2.70
11	95%回收温度 ℃	≤ 3.17	± 4.60
12	氧化安定性 mg/100mL	$\leq 0.54\sqrt[4]{X}$	$\pm 1.06\sqrt[4]{X}$
13	灰分 % (质量分数)	≤ 0.010	± 0.024
14	多环芳烃含量 % (质量分数)	$\leq 0.13 (X+2.5)$	$\pm 0.29 (X+2.5)$
15	润滑性磨痕直径 μm	≤ 70	± 90
16	酸度 (以 KOH 计) mg/100mL	≤ 0.20	± 0.25
17	运动黏度 (20℃) mm ² /s	≤ 0.08	± 0.15

注c: X是标准物质的标准值。以上各项指标不是用于合格性判别, 仅作参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度条件

环境温度：（15~40）℃。

6.1.2 湿度条件

相对湿度：≤85%。

6.1.3 其他条件

分析仪应放置在工作台上，附近无强电磁场干扰源，电源接地良好。

工作环境清洁，无有毒有害气体。

供电电源：电压 220V±10%、50 Hz±1 Hz 单相交流电。

6.2 测量标准及其他设备

测量设备及其他设备见表 2。

表 2 校准项目和校准设备

序号	校准项目	设备名称及计量特性
1	波长示值误差	有证标准物质， $U_{\text{rel}} \leq 0.1\%$ ， $k=2$
2	波长示值重复性	
3	分析仪示值误差 (汽油参数)	有证标准物质（扩展不确定度 $U \leq 0.76$ ， $k=2$ ，以研究 法辛烷值指标为例）
4	分析仪示值重复性 (汽油参数)	
5	分析仪示值误差 (乙醇汽油参数)	有证标准物质（扩展不确定度 $U \leq 0.72$ ， $k=2$ ，以研究 法辛烷值指标为例）
6	分析仪示值重复性 (乙醇汽油参数)	
7	分析仪示值误差 (柴油参数)	有证标准物质（扩展不确定度 $U \leq 2.6$ ， $k=2$ ，以十六烷 值指标为例）
8	分析仪示值重复性 (柴油参数)	

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

7.1.1 外观检查

分析仪应具有名称、型号、制造厂、出厂编号、出厂日期等标识。

分析仪各紧固件齐全且连接良好，各旋钮及按键均能正常工作，电缆线的接地插件均能紧密配合且接地良好，无其他影响使用性能的缺陷。

分析仪应能平稳置于工作台上。

7.1.2 开机检查

检查环境温度和湿度是否符合要求。电压是否稳定。

分析仪接通电源后，检查光源能否正常开启，软件是否正常运行。

7.2 校准项目

7.2.1 波长示值误差与示值重复性

分析仪预热稳定后，采集空气本底，扫描中红外波长标准物质（GBW(E) 130414）或近红外波长标准物质（GBW(E) 130551），中红外测量3304.5 nm, 3508.9 nm, 6244.9 nm, 9723.6 nm, 11027.3 nm五个主要吸收峰，近红外测量1068.3 nm, 1362.9 nm, 1464.6 nm, 1524.0 nm, 1939.0 nm五个主要吸收峰，重复测量3次。按公式（1）计算，取 $\Delta_{\lambda 2}$ 绝对值最大值为波长示值误差。按公式（2）计算，取 $\delta_{\lambda 2}$ 绝对值最大值为波长重复性。

$$\Delta_{\lambda 2} = \bar{\lambda}_{i2} - \lambda_2 \quad (1)$$

$$\delta_{\lambda 2} = \lambda_{2max} - \lambda_{2min} \quad (2)$$

式中：

$\Delta_{\lambda 2}$ ——波长示值误差；

$\delta_{\lambda 2}$ ——波长示值重复性；

$\bar{\lambda}_{i2}$ ——第*i*峰波长3次测量平均值；

λ_2 ——第*i*峰波长标准值；

λ_{2max} , λ_{2min} ——第*i*峰波长测量最大值和最小值。

7.2.2 分析仪油品参数示值误差

开机后先将分析仪稳定预热0.5小时，根据校准分析仪快检模型的种类及主

要参数的检测范围,分别选择至少一种汽油、乙醇汽油或柴油基体标准物质进行测试。检测范围主要依据所校准分析仪快检模型的测量范围确定。选择检测模型、分辨率、扫描次数以及存储路径等参数。待分析仪稳定后,采集本底背景,将待测多参数基体标准物质放入比色皿或样品池中,进行扫描,重复测量3次,计算标准物质的示值平均值。按公式(3)计算分析仪油品参数的示值误差。

$$x_v = \bar{x}_i - x_s \quad (3)$$

式中:

x_v ——分析仪示值误差;

\bar{x}_i ——重复测试3次标准物质的算术平均值;

x_s ——多参数基体标准物质的标准值。

7.2.3 分析仪油品参数示值重复性

按重复校准的步骤,重复测量三次汽油、乙醇汽油或柴油基体标准物质,按公式(4)计算示值重复性。

$$\delta_v = x_{\max} - x_{\min} \quad (4)$$

式中:

δ_v ——分析仪示值重复性;

x_{\max}, x_{\min} ——3次多参数基体标准物质测量值的最大值和最小值。

8.校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录A。

8.2 校准证书

经校准的红外光谱仪应出具校准证书。校准证书包括的信息应符合JJF 1071-2010中5.12的要求,推荐的校准证书内页格式见附录B。

8.3 不确定度

校准证书应给出相应校准项目示值误差的扩展不确定度,计算示例见附录C和附录D。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由分析仪使用情况、使用者、分析仪本身质量等

因素所决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过 12 个月。如果对分析仪的检测数据有疑义或分析仪更换主要部件及修理后，应对分析仪重新校准。

附录 A

中/近红外油品分析仪校准原始记录

送校单位				
仪器名称		型号		
制造厂		出厂编号		
客户地址		校准地点		
校准日期		环境温度/℃		
相对湿度/%		大气压/kPa		
依据技术文件				
记录编号		证书编号		
校准员		核验员		
校准使用的计量基（标）准装置（含标准物质）/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

一、校准前检查

检查项目	检查结果
外观检查	是否符合要求： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
测试方法	中红外 <input type="checkbox"/> 近红外 <input type="checkbox"/>

二、校准结果

1. 波长示值误差 (nm)

序号	波长标准值	测量值	示值误差	扩展不确定度
1				
2				
3				
4				
5				

2. 波长示值重复性 (nm)

序号	波长		校准结果
	中红外： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	近红外： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
1	3304.5 nm	1068.3 nm	
2	3508.9 nm	1362.9 nm	
3	6244.9 nm	1464.6 nm	
4	9723.6 nm	1524.0 nm	
5	11027.3 nm	1939.0 nm	

3. 分析仪校准结果 (汽油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U(k=2)$
氧含量 % (质量分数)				
苯含量 % (体积分数)				
甲苯含量 % (体积分数)				
MTBE 含量 % (体积分数)				
烯烃含量 % (体积分数)				
芳烃含量 % (体积分数)				
研究法辛烷值 RON				
抗爆指数 (RON+MON) /2				
蒸气压 kPa				
10%蒸发温度 ℃				
50%蒸发温度 ℃				
90%蒸发温度 ℃				
终馏点 ℃				
密度 (20℃) kg/m ³				
硫含量 mg/kg				
未洗胶质含量 mg/100mL				
溶剂洗胶质含量 mg/100mL				

4. 分析仪校准结果 (乙醇汽油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U(k=2)$
氧含量 % (质量分数)				
苯含量 % (体积分数)				
甲苯含量 % (体积分数)				
乙醇含量 % (质量分数)				
烯烃含量 % (体积分数)				
芳烃含量 % (体积分数)				
研究法辛烷值 RON				
抗爆指数 (RON+MON) /2				
蒸气压 kPa				
10%蒸发温度 ℃				
50%蒸发温度 ℃				
90%蒸发温度 ℃				
终馏点 ℃				
密度 (20℃) kg/m ³				
硫含量 mg/kg				
未洗胶质含量 mg/100mL				
溶剂洗胶质含量 mg/100mL				

5. 分析仪校准结果 (柴油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U(k=2)$
密度 (20℃) kg/m ³				
脂肪酸甲酯含量 % (体积分数)				
凝点 ℃				
冷滤点 ℃				
闭口闪点 ℃				
硫含量 mg/kg				
十六烷值 CN				
十六烷指数 CN				
50%回收温度 ℃				
90%回收温度 ℃				
95%回收温度 ℃				
氧化安定性 mg/100mL				
灰分 % (质量分数)				
多环芳烃含量 % (质量分数)				
润滑性磨痕直径 μm				
酸度 (以 KOH 计) mg/100mL				
运动黏度 (20℃) mm ² /s				

附录 B

校准证书内页格式

一、校准前检查

检查项目	检查结果
外观检查	是否符合要求： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
测试方法	中红外 <input type="checkbox"/> 近红外 <input type="checkbox"/>

二、校准结果

1.波长示值误差（nm）

序号	波长标准值	测量值	示值误差	扩展不确定度
1				
2				
3				
4				
5				

2.波长示值重复性（nm）

序号	波长		校准结果
	中红外： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	近红外： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
1	3304.5 nm	1068.3 nm	
2	3508.9 nm	1362.9 nm	
3	6244.9 nm	1464.6 nm	
4	9723.6 nm	1524.0 nm	
5	11027.3 nm	1939.0 nm	

3. 分析仪校准结果 (汽油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U(k=2)$
氧含量 % (质量分数)				
苯含量 % (体积分数)				
甲苯含量 % (体积分数)				
MTBE 含量 % (体积分数)				
烯烃含量 % (体积分数)				
芳烃含量 % (体积分数)				
研究法辛烷值				
抗爆指数				
蒸气压 kPa				
10%蒸发温度 ℃				
50%蒸发温度 ℃				
90%蒸发温度 ℃				
终馏点 ℃				
密度 (20℃) kg/m ³				
硫含量 mg/kg				
未洗胶质含量 mg/100 mL				
溶剂洗胶质含量 mg/100 mL				

4. 分析仪校准结果 (乙醇汽油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U(k=2)$
氧含量 % (质量分数)				
苯含量 % (体积分数)				
甲苯含量 % (体积分数)				
乙醇含量 % (质量分数)				
烯烃含量 % (体积分数)				
芳烃含量 % (体积分数)				
研究法辛烷值				
抗爆指数				
蒸气压 kPa				
10%蒸发温度 ℃				
50%蒸发温度 ℃				
90%蒸发温度 ℃				
终馏点 ℃				
密度 (20℃) kg/m ³				
硫含量 mg/kg				
未洗胶质含量 mg/100 mL				
溶剂洗胶质含量 mg/100 mL				

5. 分析仪校准结果 (柴油参数)

参数名称	仪器示值	标准值	示值误差	$U (k=2)$
密度 (20℃) kg/m ³				
脂肪酸甲酯含量 % (体积分数)				
凝点 ℃				
冷滤点 ℃				
闭口闪点 ℃				
硫含量 mg/kg				
十六烷值				
十六烷指数				
50%回收温度 ℃				
90%回收温度 ℃				
95%回收温度 ℃				
氧化安定性 mg/100 mL				
灰分 % (质量分数)				
多环芳烃含量 % (质量分数)				
润滑性磨痕直径 μm				
酸度 (以 KOH 计) mg/100 mL				
运动黏度 (20℃) mm ² /s				

附录 C

中/近红外油品分析仪油品参数的示值误差测量不确定度评定示例

C.1 测量方法

将多参数基体油品标准物质的 3 次测量结果的算数平均值与标准物质的标准值进行比较,以两者之差作为中/近红外油品分析仪的油品参数的示值误差。

C.2 测量模型

示值误差公式:

$$x_v = \bar{x}_i - x_s \quad (C.1)$$

式中:

x_v ——分析仪示值误差;

\bar{x}_i ——3次测量标准物质的算术平均值;

x_s ——多参数基体油品标准物质的标准值。

C.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta x) = \left(\frac{\partial \Delta x}{\partial \bar{x}}\right)^2 u^2(\bar{x}) + \left(\frac{\partial \Delta x}{\partial x_s}\right)^2 u^2(x_s) \quad (C.2)$$

$$\text{灵敏系数: } \frac{\partial \Delta x}{\partial \bar{x}} = 1 \quad \frac{\partial \Delta x}{\partial x_s} = -1$$

C.4 测量不确定度来源分析

C.4.1 多参数基体标准物质引入的不确定度分量。

C.4.2 分析仪的测量重复性引入的不确定度分量。

C.5 测量不确定度计算

C.5.1 标准物质引入的不确定度分量 u_1

标准物质证书上可查到标准值的不确定度,以汽油基体标准物质一的氧含量为例 ($U=0.20\%$, $k=2$), 则

$$u_1 = \frac{U}{k} = \frac{0.20}{2} = 0.10\% \quad (C.3)$$

C.5.2 测量重复性引入的不确定度分量 u_2

由于校准时要求重复测量 3 次,测量结果分别为 1.35%、1.31%和 1.28%用极差法计算测量示值的标准偏差,以此计算示值重复性引入的不确定度,则

$$u_2 = \frac{1.35-1.28}{1.69 \times \sqrt{3}} = 0.024\% \quad (C.4)$$

C6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.11\% \quad (\text{C.5})$$

C.7 示值误差扩展不确定度

$$U = k u_c = 0.22\% \quad (k=2) \quad (\text{C.6})$$

附录 D

中/近红外油品分析仪波长示值误差的测量不确定度评定示例

D.1 测量方法

将红外波长标准物质的 3 次测量结果的算术平均值与标准物质的标准值进行比较, 以两者之差作为中/近红外油品分析仪的波长示值误差。

D.2 建立数学模型

波长示值误差公式:

$$\Delta_{\lambda 2} = \bar{\lambda}_{i2} - \lambda_2 \quad (\text{D.1})$$

式中:

$\Delta_{\lambda 2}$ ——波长示值误差;

$\bar{\lambda}_{i2}$ ——第*i*峰波长3次测量平均值;

λ ——第*i*峰波长标准值。

D.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta\lambda) = \left(\frac{\partial\Delta\lambda}{\partial\lambda}\right)^2 u^2(\lambda) + \left(\frac{\partial\Delta\lambda}{\partial\lambda_s}\right)^2 u^2(\lambda_s) \quad (\text{D.2})$$

$$\text{灵敏系数: } \frac{\partial\Delta\lambda}{\partial\lambda} = 1 \quad \frac{\partial\Delta\lambda}{\partial\lambda_s} = -1$$

D.4 测量不确定度来源分析

D.4.1 红外标准物质引入的不确定度分量。

D.4.2 波长的测量重复性引入的不确定度分量。

D.5 测量不确定度计算

D.5.1 标准物质引入的不确定度分量 u_1

标准物质证书上可查到波长的不确定度, 波长为 1464.6 nm, ($U=0.7$ nm, $k=2$), 则

$$u_1 = \frac{U}{k} = \frac{0.7}{2} = 0.35 \text{ nm} \quad (\text{D.3})$$

D.5.2 测量重复性引入的不确定度分量 u_2

由于校准时要求重复测量 3 次, 测量结果分别为 1465.1 nm, 1464.2 nm 和 1465.5 nm 用极差法计算示值的标准偏差, 以此计算重复性引入的不确定度, 则

$$u_2 = \frac{1465.5 - 1464.2}{1.69 \times \sqrt{3}} = 0.44 \text{ nm} \quad (\text{D.4})$$

D.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.56 \text{ nm} \quad (\text{D.5})$$

D.7 示值误差扩展不确定度

$$U = k u_c = 1.1 \text{ nm}, \quad (k=2) \quad (\text{D.6})$$
