

山东省检验检测协会团体标准编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

(一) 任务来源

按照《山东省检验检测协会关于下达 2025 年第三批团体标准制修订计划的通知》安排，制定团体标准《近红外光谱法测定润滑油基础油的化学族组成》（立项编号：SITA2025017），该标准由山东省检验检测协会归口管理，山东省产品质量检验研究院负责牵头制订。

(二) 起草单位、起草人

标准起草单位：山东省产品质量检验研究院、山东源根石油化工有限公司。

标准起草人：张爱、……。

(三) 起草过程

1.成立标准起草工作组（2025 年 5 月）

为了推动标准制定，山东省产品质量检验研究院作为牵头单位成立了标准起草工作组，筹备标准研究工作。工作组在查阅国内外相关政策法规、检测方法和标准以及安全风险评估情况，并收集了相关标准信息后，确定了整体工作方案。

2.标准预研（2025 年 6 月-7 月）

标准起草工作组开展了标准调研和草案编制工作,通过查阅文献资料、企业调研、专家咨询等方式，开展标准需求调研，形成标准起草工作组讨论稿和团体标准项目建议书。

3.标准立项（2025 年 7 月-8 月）

2025 年 7 月 25 日，山东省检验检测协会组织专家对该团体标准进行了立项论证，专家听取了项目汇报，审阅了申报材料，一致同意该标准作为山东省检验检测协会团体标准予以立项。

2025 年 8 月 11 日，山东省检验检测协会印发了《关于下达 2025 年第三批团体标准制修订计划的通知》，标准正式获得立项。

4.形成标准草案（2025 年 9 月-2026 年 1 月）

2025 年 9 月至 2026 年 1 月，标准起草工作组进行资料调研与收集，包括国家及行业有关政策法规、润滑油基础油产业现状调研及现有国家标准、行业标准等，形成标准草案。

5.形成征求意见稿（2026 年 1 月-3 月）

多次召开工作组讨论会，对标准文本草案和编制说明进行编写，形成了征求意见稿。

二、标准制定背景、目的和意义

当前润滑油基础油化学族组成检测多采用传统方法，存在耗时久、试剂消耗大等问题，而近红外光谱法具有快速、环保的优势已在石油化工领域应用。同时，高端装备国产化推进使基础油组分精准表征成为产业链安全的关键部分，现有标准难以满足市场高效检测需求，为规范近红外光谱法在润滑油基础油化学族组成检测中的应用，提升检测结果的准确性和一致性，降低检测过程中的时间与试剂成本，实现基础油化学族组成的快速、精准测定，适配产业高效检测需求，

同时完善润滑油基础油检测标准体系，为企业质量管控提供可操作的技术依据，助力行业检测技术的规范化应用与稳步提升，制定本标准。

三、标准主要技术内容

（一）标准编制原则

1.合规性：严格遵循国家相关法律法规、行业规范、以及强制性标准要求，确保标准内容合法合规，保证标准的实施不会引发法律风险。

2.科学性：以科学理论和实践经验为基础，通过广泛的调研和深入的分析，确保标准中的技术指标、方法和流程具有科学依据。结合润滑油基础油生产实践、实验室检测实操经验及本次研究实测数据成果，通过广泛行业调研、多组平行验证试验及数理统计分析，确保所有条款均具备坚实的科学依据和实践支撑，符合润滑油基础油质量检测的客观规律。

3.先进性：积极借鉴国内外先进的标准和技术成果，结合行业发展趋势和市场需求，使标准具有一定的前瞻性和先进性，能够引导行业检测技术向高效、精准、智能化方向发展，具备较强的技术先进性和未来适用性。

4.实用性：充分考虑标准的可操作性和实用性，使标准内容易于理解和执行，同时兼顾检测精度与实操效率，适用于实验室检测、企业现场质量控制等多场景应用。

5.协调性：标准起草过程中注重与相关标准的协调统一，避免标准之间的冲突和矛盾。

6.规范性：根据山东省检验检测协会团体标准管理办法

规定的程序制定，按照 GB/T 1“标准化工作导则”系列标准、GB/T 20001“标准编写规则”系列标准、GB/T 20002“标准中特定内容的起草”系列标准、GB/T 20003.1《标准制定的特殊程序 第1部分：涉及专利的标准》、GB/T 20004.1《团体标准化 第1部分：良好行为指南》相关规定规范起草。

7.开放性：标准的编制过程应保持开放透明，广泛征求各方面的意见和建议。

（二）主要内容

本标准主要包括规定了近红外光谱法测定润滑油基础油的饱和烃、芳烃、极性化合物（胶质+沥青质）的方法，适用于润滑油基础油中饱和烃、芳烃、极性化合物（胶质+沥青质）含量的快速检测，明确了润滑油基础油中饱和烃、芳烃、极性化合物（胶质+沥青质）含量的质量指标范围及绝对差值。

（三）确定依据

本项目组在充分收集、认真研究相关标准及资料的基础上，结合本实验室的条件和本实验方法的技术特点，对润滑油基础油的近红外光谱测定法进行探索，在考察了方法的相关系数、重复性、准确度及应用范围的前提下，通过反复研究和分析，建立了润滑油基础油的近红外光谱快速检测方法，对本标准进行准确性和重复性实验，均符合要求。

（四）标准验证

近红外光谱法是通过偏最小二乘法等现代化学计量学方法，建立光谱与质量指标之间的线性或非线性关系（定标

模型），从而实现利用光谱信息对待测样品的多种质量指标的快速测定。因此，近红外分析方法的核心是建立定标模型，定标模型需要的样品数目要足够多，能统计确定光谱变量与待校正组分浓度或性质之间的关系，通常不少于 $6k$ (k 为 PLS 的主因子数)。

本项目组自 2025 年 7 月以来，开始润滑油基础油的定标模型的建立与验证工作，样品来源包括润滑油基础油生产企业及应用企业，采集样品量 110 批次。本标准采用傅立叶变换近红外光谱仪进行润滑油基础油的快速检测方法进行实验验证工作，包括快速项目的选择和定标模型的建立等内容；对建立的定标模型进行了实验验证，考察了方法的准确性；进行了方法的重复性试验研究。

通过定标模型的相关系数(R^2)和交叉验证标准误差分析以及定标模型验证试验，润滑油基础油化学族组成的定标模型准确性较好；验证样品通过定标模型检测的数据满足 SH/T 0753-2005《润滑油基础油化学族测定法（薄层色谱法）》标准中规定的再现性要求。综合考虑，认为本标准能够满足润滑油基础油化学族组成快速检测的需要，各项技术指标均符合要求，具有较好的准确性和可靠性。

四、预期的经济、社会和生态效益

社会效益：本文件规定了近红外光谱法测定润滑油基础油中饱和烃、芳烃、胶质和沥青质含量的方法，适用于其快速检测。实施后可提升检测的自动化、精细化水平，实现检测结果快速精准，助力检测人员提能增效，破解行业检测水

平与高质量发展的矛盾，为润滑油行业规范化发展及石化产业质量管控提供支撑。

经济效益：实施该检测方法可将检测效率提升 5 倍以上，无需复杂前处理，能解放科研检测人员，降低机构人力与时间成本。同时，精准检测结果可指导生产工艺优化，提升产品合格率，帮助企业降低成本、增强竞争力，提升整体经济效益。

生态效益：相较于传统方法，该方法无需大量有机试剂，不产生污染物，减少环境影响，契合绿色环保理念。同时，非接触无损伤检测可规避试剂操作安全风险，保护实验人员健康，为检测行业绿色可持续发展提供技术支撑。

五、与现行相关法律、行政法规和其他标准的关系

本标准与我国有关法律、法规、规章及相关标准无冲突。是对国家相关标准的有效补充。

六、采用国际标准的程度及水平的简要说明

本标准未采用国际国外标准。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，无重大分歧意见。

八、其它应予说明的事项（标准如涉及专利情况请说明）

无。

附件：实验验证报告等

山东省产品质量检验研究院

2026 年 3 月 27 日

近红外光谱法测定润滑油基础油的化学族组成

实验验证报告

1. 试验仪器条件

采用符合GB/T 29858要求的傅立叶变换近红外光谱仪，光谱系统配备具有平面镜电磁驱动干涉功能的动态准直干涉仪。化学计量学软件采用 PLS（偏最小二乘法）多元校正算法，采用马氏距离判断样品的异常性。

按照仪器操作手册设定仪器参数，扫描波长范围：8800 cm^{-1} ~ 4400 cm^{-1} ；扫描平均次数：32次。测定定标样品集、验证样品集和待测试样的光谱时，仪器参数应一致。

2. 定标模型建立

利用含有氢基团（X—H，X 为：C，O，N 等）化学键伸缩振动的倍频或合频，以透射或反射方式获取在近红外区的吸收光谱，观察吸光度变化，这些基团的一级倍频或合频信息变化均与润滑油基础油中的饱和烃、芳烃、胶质和沥青质含量有着线性或非线性关系，提取这些基团的吸收信息通过线性拟合的方法建立关联模型即可进行相应指标的定量检测。

2.1 定标样品集的确定

润滑油基础油是润滑油的核心组成部分（占润滑油质量的 70%-90%）。定标样品集的样品来源主要是润滑油基础油的生产企业及应用企业。

2.2定标模型的建立

利用化学计量学软件，建立各项质量指标与光谱数据关系的定标模型，定标模型的相关系数(R^2)和交叉验证标准误差分见表1。从表1中可以看到饱和烃、芳烃指标的交叉验证标准误差分较小，表明定标模型的数据大多集中在它的实际值附近；相同的相关系数均大于0.75，表明线性相关关系也较好。

表1 润滑油基础油定标模型的相关系数和交叉验证均方根误差

参数指标	质量指标范围（质量分数）/%	R^2	SECV
饱和烃	97.0~100	0.985	0.12
芳烃	0~1.5	0.890	0.08
极性化合物（胶质 + 沥青质）	0~1.5	0.780	0.15

3.定标模型验证

近红外定量模型的适用范围和可靠性完全依赖于校正集样品的代表性和化学数据的准确性。为了确认所建立的模型能否对实际样品进行准确地预测分析，需要对所建立的模型进行验证。选取了具有代表性的20批次润滑油基础油样品作为验证样品集，对建立的定标模型进行验证。表3列出了部分润滑油基础油的近红外光谱测定值、标准测定值及其偏差。标准测定值是按照SH/T 0753-2005润滑油基础油化学族

测定法（薄层色谱法）标准中规定的方法测定得出，因此若近红外光谱测定值与标准测定值的偏差符合方法标准中规定的再现性，即认为定标模型测定准确确定好。

表2为SH/T 0753-2005润滑油基础油化学族测定法（薄层色谱法）标准中规定的各方法标准的重复性和再现性。

表2润滑油基础油各项质量指标重复性和再现性

项目	标准	重复性	再现性
饱和烃（质量分数）/%	SH/T 0753-2005	1.62	3.62
芳烃（质量分数）/%	SH/T 0753-2005	1.55	4.02
极性化合物（胶质+沥青质）（质量分数）/%	SH/T 0753-2005	$0.242X+0.164$	$1.37X+0.417$

从表3数据可以看出：近红外光谱法与SH/T 0753- 2005润滑油基础油化学族测定法（薄层色谱法）两种方法检测饱和烃、芳烃、极性化合物含量等质量指标的偏差均能满足表2标准方法的再现性要求，可见建立的定标模型准确性较好，能够满足快速检测。

以近红外光谱法与标准方法两种检测方法的测定结果之差，来评价近红外光谱法的准确性。参考表2中标准方法的再现性要求，并根据表3中检测结果，拟选择饱和烃的准确性不大于3.62%（质量分数），芳烃的准确性不大于4.02%（质量分数），极性化合物（胶质+沥青质）（质量分数）含量的准确性不大于（ $1.37X+0.417$ ）%（质量分数）。

表3 润滑油基础油定标模型验证结果

		1	2	3	4	5
饱和烃（质量分数）/%	近红外测定值	98.80	99.10	99.22	97.87	97.45
	标准测定值	98.52	99.34	98.93	98.24	97.93
	偏差	0.28	-0.34	-0.29	-0.37	-0.48
芳烃（质量分数）/%	近红外测定值	0.73	0.50	0.63	1.58	1.62
	标准测定值	0.85	0.57	0.99	1.19	1.41
	偏差	-0.12	-0.07	-0.36	0.39	0.21
极性化合物（胶质+沥青质）（质量分数）/%	近红外测定值	0.47	0.40	0.15	0.55	0.93
	标准测定值	0.63	0.28	0.08	0.57	0.66
	偏差	-0.14	0.12	0.07	-0.02	0.27

4.重复性实验

选取五个润滑油基础油样品，每个样品平行测定6次，进行饱和烃、芳烃、沥青质和胶质含量的重复性试验，统计计算得出各技术指标的允许差如表4所示，均能满足表2中标准方法的重复性要求。参考表2中标准方法的重复性要求，结合近红外光谱法检测原理的特殊性以及实际样品情况，拟将选择参考表2中标准方法的重复性要求作为本方法的重复性：饱和烃平行测定结果的绝对差值不大于1.62%（质量分数），芳烃平行测定结果的绝对差值不大于1.55%（质量分数），极性化合物（胶质+沥青质）（质量分数）含量平行测定结果的绝对差值不大于 $(0.242X+0.164)\%$ （质量分数）。

表4 重复性实验结果

样品		饱和烃 （质量分数）/%	芳烃 （质量分数）/%	极性化合物（胶质+沥青质） （质量分数）/%
1	近红外测定值	98.75	0.52	0.73
		99.02	0.48	0.5
		98.9	0.53	0.57

		99.04	0.51	0.45
		99.03	0.55	0.42
		98.55	0.57	0.88
	标准偏差	0.20	0.03	0.18
	重复性	0.55	0.08	0.50
2	近红外测定值	98.02	1.11	0.87
		97.59	1.23	1.18
		97.33	1.37	1.3
		98.14	1.08	0.78
		97.2	1.53	1.27
		97.55	1.44	1.01
	标准偏差	0.37	0.18	0.22
3	近红外测定值	99.54	0.39	0.07
		99.21	0.57	0.22
		99.3	0.67	0.03
		99.47	0.37	0.16
		98.96	0.85	0.19
		98.81	0.92	0.27
	标准偏差	0.29	0.23	0.09
4	近红外测定值	98.57	1.01	0.42
		98.61	1.22	0.17
		98.52	0.91	0.57
		98.02	1.12	0.86
		98.12	1.06	0.82
		98.06	1.22	0.72
	标准偏差	0.28	0.12	0.26
5	近红外测定值	99.15	0.78	0.07
		98.65	0.6	0.75
		98.59	0.8	0.61
		98.54	0.66	0.8
		98.66	0.52	0.82
		99.03	0.64	0.33
	标准偏差	0.25	0.11	0.30
	重复性	0.69	0.30	0.83