

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《发动机润滑油运动黏度、倾点的快速测定 近红外光谱法》（立项编号：SITA2025016），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：马慧、……。

(三) 起草过程

1.成立标准起草工作组（2025 年 3 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 3 月-2025 年 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-2025 年 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 2 月）

2025 年 9 月至 2026 年 1 月，标准起草工作组围绕标准核心要求，开展了大量方法研究与验证试验，优化检测流程、明确技术参数，为标准起草奠定坚实的数据基础。

2026 年 2 月形成汇总研究结果，撰写了标准文本草案、编制说明草案。

5.形成征求意见稿（2026 年 2 月-2026 年 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全面审核、修改完善，重点梳理容逻辑、核查数据准确性、规范表述格式，充分吸纳各方合理意见建议，经过多轮修改优化后，形成了征求意见稿。

二、标准制定背景、目的和意义

发动机润滑油运动黏度和倾点是保障设备安全运行的核心指标，精准检测是生产质控、运维及监管关键。当前我国主要采用毛细管法等传统检测手段，存在操作繁琐、周期

长、污染环境等问题，难以满足高效检测需求。近红外光谱法快速、环保、非破坏性，应用前景良好，但国内尚无统一团体标准，检测结果缺乏可比性，制约技术规模化应用，制定本标准十分必要。

本标准旨在建立统一可操作的近红外光谱快速测定方法，填补行业空白，规范检测流程、统一结果判定；推广近红外光谱技术，提升检测效率、降低成本；衔接相关标准，为行业提供统一技术依据。

标准实施可统一检测规范、完善润滑油检测标准体系，推动行业规范化；赋能产业提质增效，助力企业降本增效；践行绿色低碳理念，减少污染排放；为监管提供权威依据，规范市场秩序，保障工业生产安全。

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。

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。

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。

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

本标准主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、原理、仪器与试剂、定标模型建立与验证、样品测定、结果判定、重复性与准确性、资料性附录，适用于发动机润滑油运动黏度、倾点快速检测。

标准明确光谱仪器参数、定标样品集数量、模型构建要求、样品恒温条件、平行测定规则、重复性与准确性指标等核心内容。

（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，重点研读 GB/T 265、GB/T 3535、GB/T 29858 等国家相关标准，借鉴国内外近红外光谱技术在润滑油检测领域的应用研究成果，结合本实验室的设备条件（傅立叶变换近红外光谱仪等）和本实验方法的技术特点，对发动机润滑油运动黏度、倾点的近红外光谱测定法进行系统探索。在考察了方法的相关系数、重复性、准确性及应用范围的前提下，通过反复研究和分析，建立了发动机润滑油运动黏度、倾点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。同时，结合发动机润滑油行业生产现状，覆盖不同质量等级、黏度等级的汽油机油、柴油机油，确保标准的适用性和覆盖面，最终确定本标准的各项技术内容、技术指标及操作流程。

（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)。

本标准以近红外光谱结合化学计量学建立定标模型为核心，自 2025 年 3 月起，采集上百批次不同品牌、等级润

滑油样品，进行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度试验研究。

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，运动黏度（100℃）、倾点指标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产品标准中规定的各方法标准的再现性。综合考虑，认为本标准能够满足发动机润滑油运动黏度（100℃）、倾点快速检测的需要，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

（一）经济效益

本标准实施后能够显著降低发动机润滑油检测成本，提升检测效率，将传统方法数小时的检测时间缩短至 5 分钟，大幅减少人力投入，每批次样品检测成本可降低 30%以上，助力生产企业优化质控流程，减少不合格产品产出，降低损耗，为设备运维单位提供快速检测手段，延长设备使用寿命，节约运维成本，同时推动近红外光谱检测技术规模化应用，带动相关检测设备产业发展，形成良性产业联动。

（二）社会效益

本标准能够统一快速检测技术规范与操作流程，解决不同机构检测结果不一致问题，提升检测数据公信力，为市场监管、企业贸易提供权威技术支撑，可覆盖生产、运维、监

管全链条，及时排查质量隐患，保障工业生产稳定运行，推动行业从业人员技术水平提升，助力发动机润滑油行业向高效化、精准化转型，为市场监管部门提供高效便捷的现场检测手段，营造公平竞争的行业环境。

（三）生态效益

本标准采用的近红外光谱检测法为绿色环保检测技术，检测过程无需使用化学试剂，不产生化学废液、废气等污染物，从源头减少环境污染，检测为非破坏性检测，可减少样品损耗，提高样品利用率，降低资源浪费，引导行业树立绿色低碳发展理念，助力我国双碳目标实现，推动润滑油检测行业绿色转型。

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

无。

附件：实验验证报告等

《发动机润滑油运动黏度、倾点的快速测定 近红外光谱法》

起草工作组

2026 年 3 月 20 日

发动机润滑油运动黏度、倾点的快速测定 近红外光谱法

实验验证报告

1. 定标模型建立

发动机润滑油以矿物或合成基础油为核心，复配功能添加剂制成，分子富含 C-H 基团，可在近红外区产生特征倍频与合频吸收，这是近红外光谱法快速检测其理化指标的核心原理。本次实验采用透射式采集模式，扫描波数锁定 $5500\text{ cm}^{-1}\sim 6800\text{ cm}^{-1}$ ，检测前剔除水分、杂散光干扰，可精准捕捉油品分子结构与添加剂含量带来的吸光度变化，为定量建模筑牢基础。

100℃运动黏度、倾点是发动机润滑油核心质量指标，分别决定高温润滑性能与低温流动性，二者数值与近红外光谱吸收强度关联性显著，具备建模条件。本次实验采用偏最小二乘法（PLS），将预处理光谱数据与国标理化基准值拟合，建立专属定标模型，可实现两项指标快速定量检测，替代传统繁琐流程，适配油品现场快检与入库抽检场景。

1.1 定标样品集的确定

样品涵盖汽油机油、柴油机油两大品类，包含 5W-30、10W-40、15W-40 等常用黏度等级。定标样品的指标范围完全贴合 GB/T 11121《汽油机油》、GB/T 11122《柴油机油》标准要求，其中 100℃运动黏度覆盖 $8.0\text{ mm}^2/\text{s}\sim 18.0\text{ mm}^2/\text{s}$ ，

倾点覆盖-45℃~-10℃，全面覆盖车用发动机润滑油的常规指标区间，保证定标模型后续实际应用的适用性与准确性。

1.2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见表 1。从表 1 中可以看到运动黏度、倾点指标的交叉验证标准误差较小，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 0.80，表明线性关系也较好。

表1 发动机润滑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 | 相关系数 (R^2) | SECV |
|--------------------------------|----------|----------------|-------|
| 100℃运动黏度/ (mm ² /s) | 8.0~18.0 | 0.856 | 0.062 |
| 倾点/℃ | -45~-10 | 0.816 | 0.85 |

2.定标模型验证

近红外定量分析模型的可靠性与适用范围，核心依赖定标样品的代表性与标准理化数据的准确性，为确认本次建立的发动机润滑油运动黏度、倾点模型能否满足实际样品精准检测需求，需开展独立样品验证实验。本次实验严格规避定标样品重复使用，选取 30 批次完全独立的代表性发动机润滑油样品作为验证集，与定标样品集无重叠，对建立的定标模型进行验证。

表 3 列出了发动机润滑油样品的近红外光谱测定值、标

准测定值及其偏差。标准测定值是按照产品标准中规定的方法标准进行测定得出，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了再现性，即认为定标模型测定准确定好。

表 2 为 100℃运动黏度、倾点等项目的检测方法标准、重复性和再现性。

表2发动机润滑油各项质量指标重复性和再现性

| 项目 | 参考标准 | 重复性 | 再现性 |
|-------------------------------|-----------|----------------|----------------|
| 100℃运动黏度/（mm ² /s） | GB/T 265 | 不大于算数平均值的 1.0% | 不大于算数平均值的 2.2% |
| 倾点/℃ | GB/T 3535 | 不大于 3 | 不大于 6 |

从表 3 数据可以看出：近红外光谱法与参考标准方法两种方法检测 100℃运动黏度、倾点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，拟选择近红外光谱法的准确性：100℃运动黏度的测定偏差不大于算数平均值的 2.2%，倾点的测定偏差不大于 6℃。

表3-1发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品1 | 样品2 | 样品3 | 样品4 | 样品5 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/（mm ² /s） | 近红外测定值 | 10.20 | 14.60 | 8.811 | 12.25 | 16.88 |
| | 标准测定值 | 10.31 | 14.48 | 8.941 | 12.42 | 16.79 |
| | 相对偏差 | 1.07 | 0.83 | 1.46 | 1.38 | 0.53 |

| | | | | | | |
|------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | /% | | | | | |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -38 | -27 | -42 | -18 | -32 |
| | 标准测定值 | -36 | -25 | -41 | -19 | -30 |
| | 偏差 | -2 | -2 | -1 | +1 | -2 |

表3-2 发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品6 | 样品7 | 样品8 | 样品9 | 样品10 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 近红外测定值 | 9.100 | 12.86 | 11.35 | 15.28 | 8.501 |
| | 标准测定值 | 9.170 | 12.70 | 11.40 | 15.20 | 8.611 |
| | 相对偏差/% | 0.77 | 1.25 | 0.44 | 0.52 | 1.29 |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -33 | -30 | -35 | -28 | -40 |
| | 标准测定值 | -30 | -28 | -33 | -26 | -39 |
| | 偏差 | -3 | -2 | -2 | -2 | -1 |

表3-3 发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品11 | 样品12 | 样品13 | 样品14 | 样品15 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 近红外测定值 | 13.68 | 9.883 | 17.21 | 10.92 | 14.17 |
| | 标准测定值 | 13.60 | 9.933 | 17.10 | 10.99 | 14.10 |
| | 相对偏差/% | 0.59 | 0.50 | 0.64 | 0.64 | 0.50 |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -23 | -31 | -20 | -40 | -28 |
| | 标准测定值 | -25 | -30 | -22 | -38 | -27 |
| | 偏差 | +2 | -1 | +2 | -2 | -1 |

表3-4 发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品16 | 样品17 | 样品18 | 样品19 | 样品20 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 近红外测定值 | 9.470 | 13.11 | 15.63 | 8.192 | 11.75 |
| | 标准测定 | 9.500 | 13.01 | 15.50 | 8.292 | 11.70 |

| | | | | | | |
|------|------------|------|------|------|------|------|
| | 值 | | | | | |
| | 相对偏差 /% | 0.74 | 0.69 | 0.84 | 1.21 | 0.43 |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -29 | -34 | -22 | -45 | -36 |
| | 标准测定值 | -27 | -36 | -20 | -43 | -37 |
| | 偏差 | -2 | +2 | -2 | -2 | +1 |

表3-5 发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品21 | 样品22 | 样品23 | 样品24 | 样品25 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 近红外测定值 | 14.92 | 10.69 | 16.35 | 9.704 | 13.48 |
| | 标准测定值 | 14.82 | 10.74 | 16.20 | 9.764 | 13.42 |
| | 相对偏差/% | 0.67 | 0.47 | 0.92 | 0.62 | 0.45 |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -24 | -37 | -20 | -34 | -25 |
| | 标准测定值 | -21 | -34 | -22 | -33 | -24 |
| | 偏差 | -3 | -3 | +2 | -1 | -1 |

表3-6 发动机润滑油定标模型验证结果

| 指标项目 | 检测方式 | 样品26 | 样品27 | 样品28 | 样品29 | 样品30 |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 近红外测定值 | 8.735 | 15.90 | 11.54 | 9.296 | 17.18 |
| | 标准测定值 | 8.785 | 15.78 | 11.42 | 9.386 | 17.01 |
| | 相对偏差/% | 0.57 | 0.76 | 1.05 | 0.96 | 0.99 |
| 倾点/℃ | 近红外测定值 | -41 | -23 | -33 | -36 | -19 |
| | 标准测定值 | -39 | -20 | -35 | -35 | -20 |
| | 偏差 | -2 | -3 | +2 | -1 | +1 |

3重复性实验

为验证近红外光谱法测定发动机润滑油运动黏度、倾点

的方法重复性，本次实验选取 5 批次覆盖不同黏度等级、不同倾点区间的代表性样品，确保样品贴合实际应用场景。每批次样品均在恒温、同等光谱参数的一致条件下平行测定 6 次，全程严控环境温度、样品前处理等外界干扰因素，后续通过计算平行数据的标准偏差与相对标准偏差，客观评定该快速检测方法的重复性水平。

实验全程严控实验室温度稳定在 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，统一光谱扫描次数与采集参数，测得结果如表 4 所示。5 批次样品 100°C 运动黏度、倾点平行 6 次测定的相对标准偏差均低于 5%，满足实验室常规检测与现场快速筛查的重复性要求。

从表 4 可见，统计计算得出各技术指标的相对允差/允许差，参考表 2 中参考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使用情况，拟选择 100°C 运动黏度平行测定结果的绝对差值不大于算数平均值的 1.0%，倾点平行测定结果的绝对差值不大于 3°C 。

表4 近红外光谱法测定发动机润滑油重复性实验数据

| 样品 编号 | 检测指标 | 平均值 | 标准偏差 | 相对标准 偏差/% | 相对允差 /% | 允许差 |
|----------|--|-------|------|--------------|------------|-----|
| 1 | 100°C 运动黏度/ (mm^2/s) | 10.28 | 0.03 | 0.29 | 0.82 | / |
| | 倾点/ $^{\circ}\text{C}$ | -37.5 | 0.42 | 1.12 | / | 1.2 |
| 2 | 100°C 运动黏度/ (mm^2/s) | 14.51 | 0.05 | 0.34 | 0.96 | / |
| | 倾点/ $^{\circ}\text{C}$ | -25.6 | 0.38 | 1.48 | / | 1.1 |
| 3 | 100°C 运动黏度/ (mm^2/s) | 8.989 | 0.03 | 0.33 | 0.93 | / |
| | 倾点/ $^{\circ}\text{C}$ | -41.7 | 0.45 | 1.08 | / | 1.3 |
| 4 | 100°C 运动黏度/ (mm^2/s) | 12.39 | 0.03 | 0.24 | 0.68 | / |

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|------|------|------|-----|
| | 倾点/℃ | -18.8 | 0.29 | 1.54 | / | 0.8 |
| 5 | 100℃运动黏度/(mm ² /s) | 16.81 | 0.05 | 0.30 | 0.83 | / |
| | 倾点/℃ | -31.6 | 0.36 | 1.14 | / | 1.0 |