

《乘用车发动机润滑油节能测试 4A15J1 法》编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

《乘用车发动机润滑油节能测试 4A15J1 法》团体标准是由中国汽车工程学会批准立项。文件号中汽学函【2017】102 号，任务号为 2017-2。文件中的项目名称原为《车用润滑油节能评价方法》，后经与中国汽车工程学会燃料与润滑油分会沟通后，拆分为《乘用车发动机润滑油节能测试 4A15J1 法》和《商用车发动机润滑油节能测试 CA6DM3 法》两个子项目。本标准由天津索克汽车试验有限公司、中国石化润滑油有限公司北京研究院牵头，中国汽车技术研究中心有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、神龙汽车有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、中国重型汽车集团有限公司、中国第一汽车集团有限公司、东风商用车有限公司、雅富顿化工（苏州）有限公司、润英联（上海）添加剂有限公司、雪佛龙（中国）化工有限公司、路博润添加剂（珠海）有限公司、赢创特种化学（上海）有限公司共同起草。

1.2 编制背景与目标

2017 年 4 月 25 日，工信部、发改委、科技部联合印发《汽车产业中长期发展规划》的通知。通知指出，到 2025 年，新车平均燃料消耗量乘用车降到 4.0 升/百公里、商用车达到国际领先水平，排放达到国际先进水平，为乘用车和商用车的节能减排提出了艰巨任务。润滑油作为发动机工作时的主要介质，对机械效率、燃油经济性有明显影响，研究表明，润滑油对发动机节能贡献率最高可达 1%~3%。

目前，关于润滑油对整车或发动机节能性评价才采用的方法主要包括整车测试和发动机台架测试两类。

（1）整车测试

整车测试以车辆作为评价装置，运行油耗法规指定的测试循环，考察润滑油对整车燃油经济性影响。其优点是可反映出润滑油对整车实际应用的燃油经济性影响，然而由于试验室测试设备及环境、驾驶员操作、传动系统总机械效率、轮胎、蓄电池电压等变量因素影响，测试结果重复性误差较大，难以体现不同润滑油对整车油耗影响的差异，因此尚无关于润滑油在整车上应用的节能效果评价方法。

（2）发动机台架测试

发动机台架测试由于边界条件可控，相比整车测试结果重复性较高，已有的相关标准有 SH/T 0757-2005《内燃机油节能性能评定法(程序 VI 法)》(修改采用美国试验与材料协会 ASTM 工作组文件)、欧盟汽车标准 CEC L-054-96 Fuel Economy Effects of Engine Lubricants (M111FE) (发动机油燃油经济性影响)测试方法主要包括摩擦损失功测试和稳态工况点燃油经济性测试。摩擦损失功测试在发动机不点火状态下，获得不同润滑油在特定工况下摩擦损失功差异，进而获得润滑油对发动机燃油经济性影响；稳态工况点燃油经济性测试则是在发动机点火状态下，获得应用不同润滑油在特定工况下燃油消耗率结果差异，进而考察润滑油对发动机燃油经济性影响。然而上述方法中，摩擦损失功测试无法真实获得发动机点火状态燃油消耗测试结果；采用固定工况点测试与整车油耗法规要求的 WLTC 循环测试缺少关联性，难以推断出实际应用效果。

综上所述，本标准借鉴国内外测试经验，采用发动机台架模拟整车 WLTC 循环测试方式，进行润滑油对发动机燃油经济性的影响评价。编制目的是为汽车 OEM、润滑油公司及润滑油添加剂公司提供一种能够直接获得整车进行 WLTC 燃油消耗法规测试时，不同润滑油对整车油耗影响差异的评价方法。该方法有望对规范节能型润滑油市场，推动节能型润滑油产业发展有促进作用，同时可为我国能源节约做出贡献。

1.3 主要工作过程

1.3.1 预研阶段

2016 年至 2017 年，中国石化润滑油有限公司北京研究院与天津索克汽车试验有限公司合作，就润滑油对发动机燃油经济性影响测试方法进行了前期探索，该阶段采用 EB2 发动机作为试验样机，分别采用倒拖测试、稳态工况点测试以及 NEDC 循环测试三种方式进行试验，考察了不同测试方法的重复性和可区分性水平，初步判断三种测试方式中，循环测试方式具有较高的重复性，具备进行不同润滑油对发动机燃油经济性影响差异判断的可行性。

同时，天津索克汽车试验有限公司就乘用车润滑油对发动机燃油经济性影响评价方法与美国西南研究院进行了深入的技术交流，从中识别了对测试结果产生影响的关键变量，为评价方法开发做出了前期准备。

1.3.2 立项阶段

本标准《乘用车发动机润滑油节能测试 4A15J1 法》与《商用车发动机润滑油节能测试 CA6DM3 法》两个项目共同进行，立项之后的工作进度情况汇总见表 1。

表 1：工作进度情况汇总

《乘用车发动机润滑油节能测试 4A15J1 法》		《商用车发动机润滑油节能测试 CA6DM3 法》	
周期	内容	周期	内容
2017 年 11 月~2018 年 5 月	确定总体方法验证实施方案	2019 年 3 月~2019 年 5 月	确定总体方法验证实施方案
2018 年 6 月~2019 年 2 月	神龙汽车 EB2 发动机试验验证	2019 年 5 月~2019 年 10 月	重汽 D10.38 发动机试验验证
2019 年 6 月~2019 年 11 月	广汽 4A15J1 发动机验证	2019 年 12 月~2020 年 6 月	一汽解放 CA6DM3-50E5 发动机验证
2020 年 7 月~2023 年 12 月	标准初稿编制及审议	2020 年 7 月~2023 年 12 月	标准初稿编制及审议
2024 年 1 月	向中国汽车工程学会提交标准征求意见稿	2024 年 1 月	向中国汽车工程学会提交标准征求意见稿

➤ 2017 年 11 月~2018 年 5 月，确定总体方法验证实施方案

2017 年 11 月 12 日，在天津召开标准启动会，会议上初步明确了标准编制工作方案计划，包括标准方法讨论及确定、方法科学性验证；确立了标准编制工作组成员，包括主机厂，润滑油公司，添加剂公司及测试机构。

2018 年 3 月 8 日，在北京召开标准工作组会议，明确试验验证方法流程，讨论决定选取神龙汽车的 EB2 发动机和广汽的 4A15J1 发动机作为本方法验证的试验样机，同时对验证过程使用的润滑油，燃油等方法细节以及相关注意事项进行了讨论。

2018 年 4 月~2018 年 5 月，编制了验证试验实施方案。

➤ 2018 年 6 月~2019 年 2 月，进行神龙汽车 EB2 发动机试验验证

➤ 2019 年 6 月至 2019 年 12 月，进行广汽 4A15J1 发动机验证

➤ 2020 年 7 月~2023 年 12 月，标准初稿编制及审议

2020 年 7 月~2020 年 11 月，进行了标准初稿编制工作。

2020 年 11 月~2020 年 12 月，征集了主要参编单位的意见，根据反馈意见对标准文本修改

后，向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交标准文本。

2021年5月，根据审查会反馈意见修改了标准文本，再次向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交，分会将标准文本向专家组成员进行了意见征集。

2021年8月，根据中国汽车工程学会燃料与润滑油分会的反馈意见对标准文本进行了修改，重新向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交。

2021年10月，中国汽车工程学会燃料与润滑油分会在银川组织召开了标准审查会（第二次审查会）。

2022年3月，根据审查会反馈意见修改了标准文本，再次向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交。分会反馈修改意见，要求在标准中指定某一试验发动机型号作为标准化的试验发动机。

2022年4月~2022年10月，经过多轮工作组内讨论，决定从经过试验验证的两台发动机神龙汽车 EB2 发动机和广汽 4A15J1 发动机中选取广汽 4A15J1 发动机选作为试验标准机。

2023年1月~3月，修改标准文本，再次向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交。

2023年10月，中国汽车工程学会燃料与润滑油分会在洛阳组织召开了标准审查会（第三次审查会）。

2023年11月，根据审查会反馈意见修改了标准文本，再次向中国汽车工程学会燃料与润滑油分会提交。

2023年12月，中国汽车工程学会燃料与润滑油分会向中国汽车工程学会总会转交该标准文本。中国汽车工程学会总会反馈了修改意见。

➤ **2024年1月，向中国汽车工程学会提交标准征求意见稿**

2024年1月，根据中国汽车工程学会总会反馈的修改意见修改了标准文本，形成了征求意见稿，向中国汽车工程学会提交标准征求意见申请。

二、标准编制原则和主要内容

2.1 标准制定原则

在充分总结和比较了国内外相关测试方法，标准的基础上，并结合工作组内部的相关经验，提出该方法标准。

2.1.1 通用性原则

本标准提出的乘用车发动机润滑油节能测试方法，适用于 0W-16、0W-20、0W-30、5W-20、5W-30 黏度级别的汽油乘用车发动机润滑油，也适用于其他与汽油乘用车发动机润滑油相关的节能技术产品，通用性高。

2.1.2 指导性原则

本方法采用发动机台架测试方式模拟整车循环测试，既充分利用发动机台架测试边界条件可控的优势，又与整车测试结果具有较强的相关性，可直接服务于 OEM，经过近两年的发动机台架验证，累积了充分验证经验，进而形成测试方法。

2.1.3 协调性原则

本标准提出的方法与目前乘用车发动机润滑油产品相关的国家标准中的方法协调统一、互不交叉。当前国内在该方面标准属于空白，本标准仅作为一种新方法对目前使用的方法进行补充。

2.1.4 兼容性原则

本标准提出的测试方法充分考虑了当前和未来预期的乘用车润滑油技术水平以及国内测试实验室能力，具有普遍适用性。

2.1.5 规范性原则

本文件严格按照 GB1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则进行编制。

2.2 标准主要技术内容

本标准共分为 6 章，规定了乘用车发动机润滑油节能评价方法的术语和定义、试验条件、试验程序和方法，并结合标准编制过程中的验证情况，形成规范性附录，对测试预备阶段的操作规程，以及循环测试中发动机测功机及边界条件的设定规范做了规定。

(1) 术语和定义：规定了参比油、样品油、清洗油的定义。其中参比油和样品油的定义分别参考了 NB/SH/T 6062-2022《柴油机油综合性能的评定 CA6DM3 法》中对参比油和试验油的定义；由于未见其他标准中涉及与清洗油相关的产品的使用，本标准中对清洗油作了原创定义。

(2) 方法概要：参考了众多标准，其中均有对方法概要的描述，为便于对本标准的试验方法作快速的理解，在本标准中也对方法作了概要性描述。

(3) 试验条件：

1) 试验室环境：对环境温度、湿度、气压作了规定。

2) 试验发动机：规定了 4A15J1 发动机满足本试验要求，用表格的形式对试验发动机主要参数进行了展示。规定了试验发动机不含排气后处理系统，发动机排气背压状态确认是通过调节台架排气背压阀将发动机额定点的排气背压调节到规定值。同时规定对于全新试验发动机，在试验前应完成磨合程序，标准中给出的磨合工况是由主机厂提供。

3) 对温度和压力测量部位的要求：按照 GB/T 18297 规定的测量部位对试验发动机的冷却液温度、机油温度、排气温度、燃油温度、排气背压、机油压力、曲轴箱压力进行监测。另外，为监测发动机机体温度（发动机起始状态的边界条件之一），在试验发动机进、排气侧机体表面还需分别安装贴片温度传感器。

4) 发动机控制及测试设备：对发动机边界条件的关键参数，进气温度、进气湿度、进气压力的控制设备和控制精度作了规定。对交流电力测功机及控制系统的测试精度和功能进行了规定。同时对用于监测的试验发动机的冷却液温度、机油温度、排气温度、燃油温度、排气背压、机油压力、曲轴箱压力的测试设备的测试精度作了规定。

5) 试验用燃油：规定了试验中用的燃油为同一批次生产的符合 GB 18352.6-2016 附录 K 要求的常温试验用基准汽油。由于试验结果计算中会用到燃油密度，故要求按照 GB/T 1884 的规定测定试验用燃油的密度。

6) 参比油：规定了参比油的质量等级和黏度等级，并对关键的黏温性能及理化性能指标作了规定。

7) 清洗油：同参比油一样，规定了质量等级和黏度等级，并对关键的黏温性能及理化性能指标作了规定。清洗油涉及的关键黏温性能及理化性能指标与参比油一致，差别仅在要求上。

(4) 试验程序和方法

1) 发动机台架试验程序：参比油和样品油在发动机台架上轮流进行相同的测试，其中参比油在样品油测试前后各测一次。

2) 发动机台架试验方法：分四个阶段：第一阶段为测试预备：每进行一轮台架测试，需要先进行发动机的预热、润滑油路清洗和发动机状态判断，发动机状态判断符合要求后测试预备完成，进入第二阶段正式循环测试。正式循环测试需连续测试至少八次，每一次测试均为冷车启动，启动时需满足规定的循环测试起点边界条件，在每一次循环测试中，油底壳润滑油温度、冷却液出口温度的实时结果与目标设定值应满足规定要求。第三阶段为循环测试结果重复性判定阶段，以后五次循环的油耗累积值结果做循环测试结果重复性判定。第四阶段为润滑油燃油消耗量结果计算阶段，以后五次循环的油耗累积值结果作为被测润滑油本次测试获得的油耗累积值的有效值，并以该结果计算被测润滑油燃油消耗量。

3) 发动机台架稳定性判定：在参比油和样品油按照规定顺序完成全部发动机台架测试后，以参比油前后两次测试获得的燃油消耗量结果一致性判定发动机台架稳定性。发动机台架稳定性满足要求，才可保证样品油与参比油结果对比差异的可靠性。

4) 样品油对发动机的节能率计算：将样品油在发动机台架的燃油消耗量测试值与参比油两次在发动机台架的燃油消耗量测试值的平均值作对比，获得的相对偏差值即为样品油相当于参

比油对发动机的节能率。

(5) 试验报告：展示了试验记录和数据计算的基本样式。

2.3 关键技术问题说明

本标准方法涉及的关键技术问题如下：

发动机台架测试循环获得方式。本标准方法采用采集整车循环测试时 ECU 输出参数的方式获得发动机台架测试循环，区别于其他模拟仿真计算方式获取，所获得的循环与实车测试工况更加接近，与整车测试结果有着更好的关联性。本标准对整车循环的描述参数包括发动机转速，计算扭矩，油底壳润滑油温度及冷却液温度。

润滑油测试准备内容。本标准润滑油测试前准备工作包括发动机预热、润滑油路清洗和发动机状态确认，其中发动机状态确认采用总功率和负荷特性方式进行，对试验样机提出了稳定性要求；同时规定了润滑油路清洗的流程及次数，根据工作组验证结果，为充分进行润滑油路清洗，降低残留润滑油对测试结果影响，需至少进行 4 次冲洗，本标准为进一步完善冲洗工作，规定了 5 次润滑油路冲洗；对于待测润滑油加注量进行了明确的规定。

2.4 标准主要内容的论据

车用润滑油对发动机燃油经济性影响一般不超过 1%~3%，需要较高的测试精度来区分不同润滑油对燃油经济性的影响。

整车测试因试验室测试设备及环境、驾驶员操作、传动系统总机械效率、轮胎、蓄电池电压等变量因素影响，测试结果重复性误差较大，按照国家标准采用碳平衡测试方法进行油耗测试精度要求为 5%，目前试验室测试重复性误差基本在 1%~2%，并不适用于润滑油对燃油经济性影响评价；发动机台架测试因排除掉驾驶员操作，传动系统，轮胎压力等变量因素影响，同时发动机工况及边界条件可控，对于稳态测试和瞬态测试有较高的测试精度，适用于润滑油对燃油经济性影响评价，本标准采用发动机台架测试方式进行评价。

同时为了获得更加接近实车运行状态下润滑油对燃油经济性贡献，本标准与国家燃油消耗测试法规相结合，采用发动机台架模拟整车 WLTC 循环方式进行测试。

在进行验证测试过程中，工作组发现发动机台架测试结果主要影响因素包括试验样机稳定性状态，润滑油路清洗情况，循环测试边界条件控制水平等，因此结合验证结果，本标准对上述因素进行了规范，尽量做到只有测试润滑油单一变量的原则，来评估其对燃油经济性的影响。

2.5 标准工作基础

工作组主要成员单位中，天津索克汽车试验有限公司具备完备的发动机及整车软硬件测试能力，且积累了丰富的关于燃油经济性测试经验；工作组成员中，乘用车主机厂单位提供能够具有普遍代表性的试验样机，同时对发动机状态及测试结果可靠性确认能够严格把控；润滑油公司及添加剂公司提供了工作经费和测试润滑油支持，同时贡献了以往燃油经济性相关测试经验，其技术及数据处理团队对方法建立及验证过程提供大力支持。基于上述基础，可确保本标准方法具有较好的先进性、通用性、科学性和可操作性。

三、主要试验（或验证）情况分析

3.1 试验验证情况概述

- a) 验证试验选取了两台试验样机，分别为 EB2 和 4A15J1，代表合资企业和自主品牌，具有一定的市场普遍代表性。
- b) 验证试验选取了 5W-30 和 0W-20 两种不同黏度级别共三种润滑油作为试验样品，代表了当前乘用车润滑油主流黏度级别。其中 5W-30 润滑油包括两种样品，分别为参比油，和节能型样品油。对于每一台试验样机验证，均进行了前期的标定测试，识别对测试结果存在影响的变量，规范试验流程，前期标定阶段测试结果重复性误差可控制在 $\pm 0.15\%$ 区间范围内。

- c) 对于每一台试验样机，均进行了同一润滑油测试重复性评价，不同黏度级别润滑油测试结果可区分性评价，相同黏度级别不同配方润滑油测试结果可区分性评价，发动机台架测试 results 与整车测试结果关联性评价。
- d) 综合两台试验样机测试结果，判定测试方法科学可靠。

3.2 试验验证过程及结果

神龙汽车 EB2 发动机试验验证

(一) 第一阶段

整车循环获取

2018 年 6 月~9 月，神龙汽车完成 EB2 发动机所配套整车的 WLTC 循环测试，获得了发动机转速、输出扭矩、冷却液温度、油底壳润滑油温度的边界条件数据（如图 1 所示），以及整车循环燃油消耗量的全循环数据。

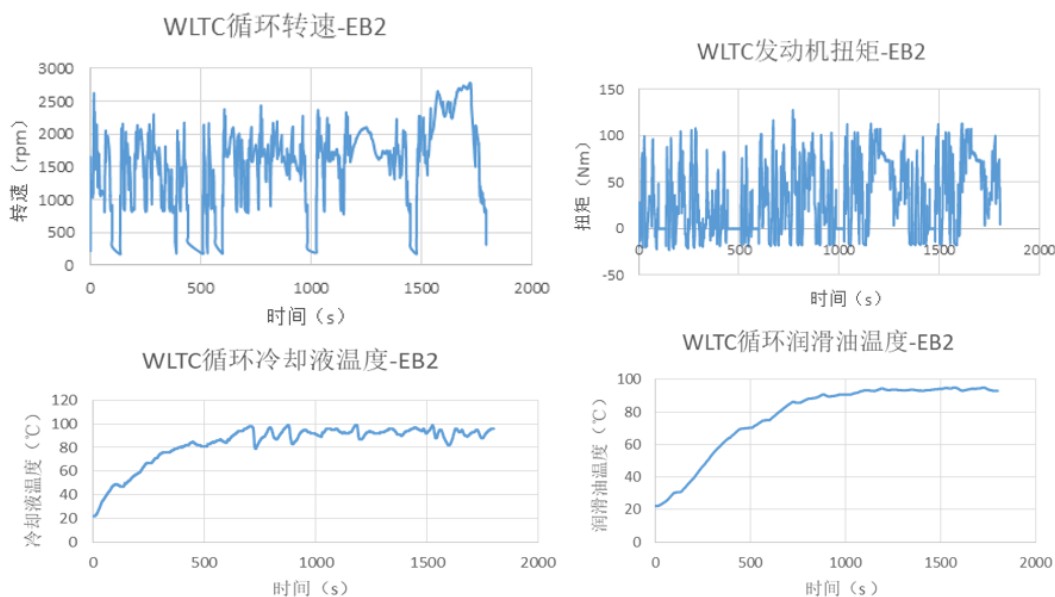


图 1.整车 WLTC 循环相关参数获取

整车循环转化成台架循环翻译

结合神龙提供的整车测试相关数据，索克进行了发动机台架循环翻译，其中发动机扭矩与整车采集数据一致，对发动机转速做了调整，具体情况如图 2。发动机冷却液温度起始点设定为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ （整车采集起始点为 22°C ，本标准规定为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ），为最大限度还原测试润滑油在整车工作时状态，起点温度未作调整（ 22°C ）。图 2 中蓝色曲线为整车采集转速，红色曲线为发动机台架循环曲线，两者区别为整车测试中存在发动机停机情况，而台架测试循环将该部分数据全部调整为怠速。这是因为该试验车辆具备启停技术（STT），神龙在进行试验时启动了启停技术，导致在车速为 0 时，发动机停机。而实际上在进行法规油耗测试时，是不允许停机的，车速为 0 时需要怠速，所以将这些工况调整为发动机怠速状态。

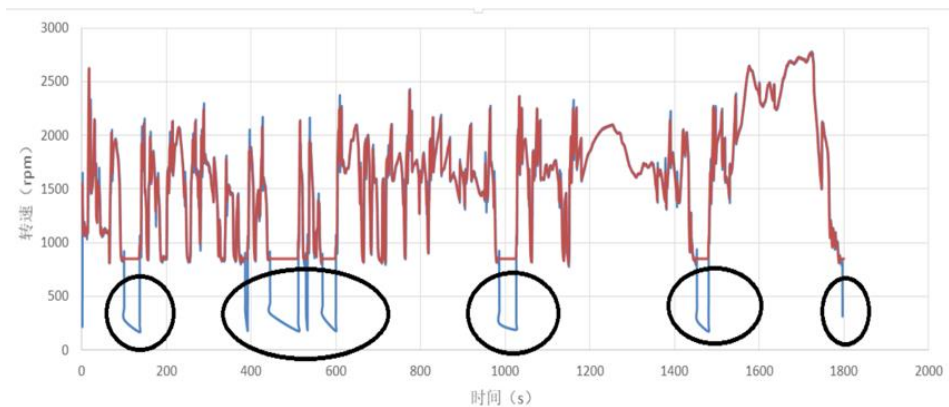


图 2.台架循环转速调整

边界条件跟随性情况及影响因素分析

2018 年 11 月，索克公司采用同一润滑油进行了边界条件跟随性及重复性测试，测试结果如图 3-6 所示。由图可知，除发动机冷却液温度跟随性不是很好以外（PID 响应问题），其他边界条件基本与整车一致，发动机台架控制能力能够满足模拟整车条件需求。

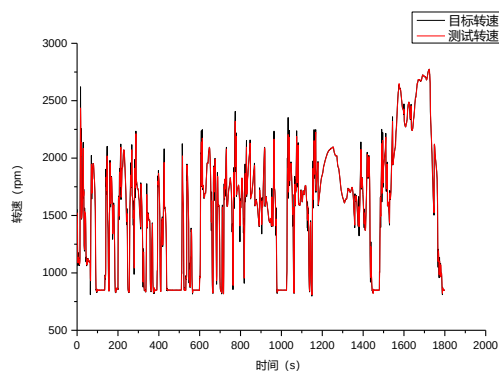


图 3.转速跟随性

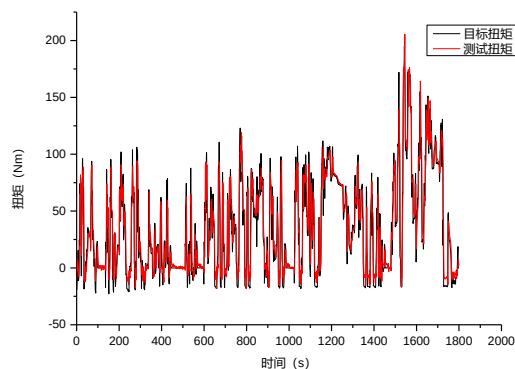


图 4.扭矩跟随性

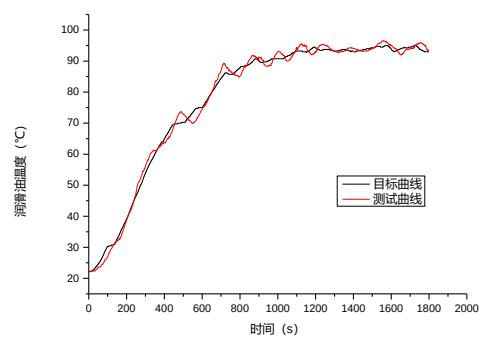


图 5.润滑油温度跟随性

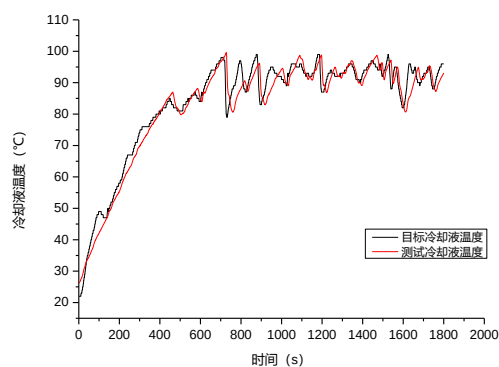


图 6.冷却液温度跟随性

索克公司同时进行了边界条件及油耗结果的重复性测试，如图 7-12。为尽可能保证测试结果的一致性，重复性测试对发动机进气温度进行规范，为保证测试过程中发动机热效率尽可能一致，对发动机机体表面起始温度进行规范（ $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）。

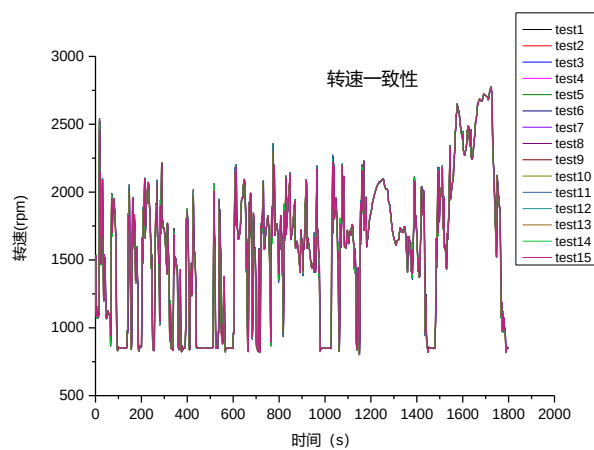


图 7. 转速重复性结果

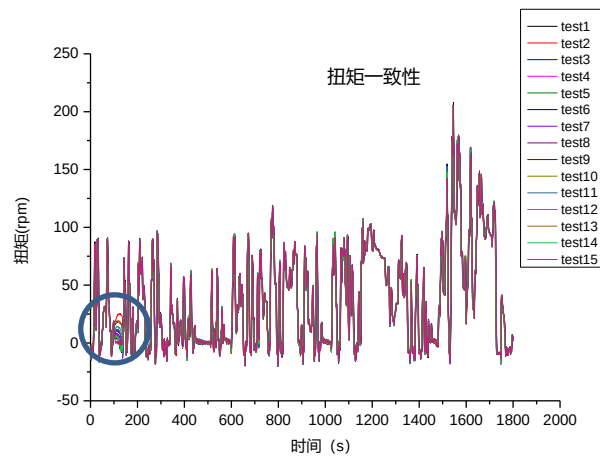


图 8. 扭矩重复性结果

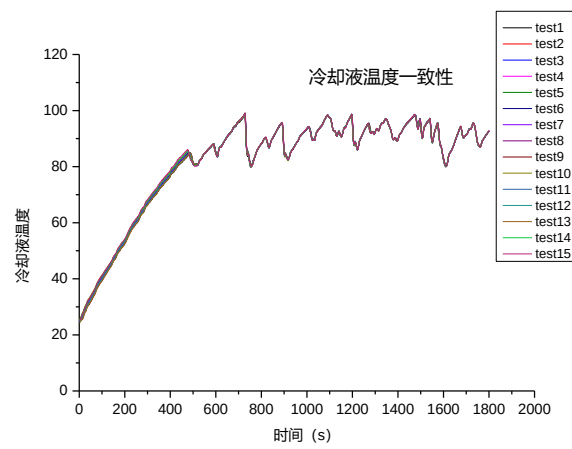


图 9. 冷却液温度重复性结果

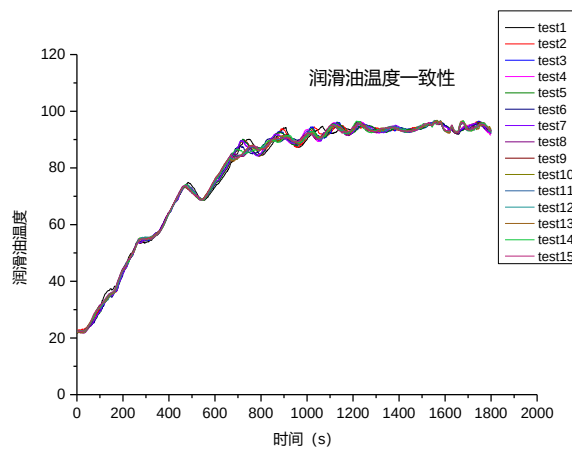


图 10. 润滑油温度重复性结果

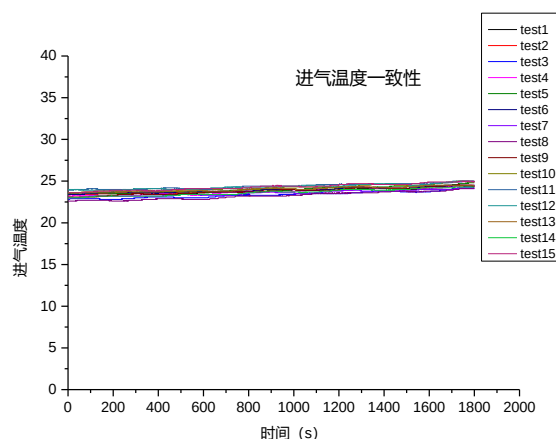


图 11. 进气温度重复性结果

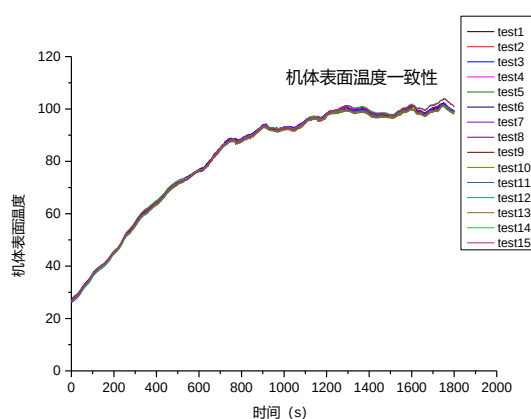


图 12. 机体表面温度重复性结果

为解决冷却液温度跟随性较差问题，进行了冷却液温度曲线变化对发动机燃油经济性影响测试。测试条件为，在其他因素不变的情况下，对比两种冷却液温度条件下（如图 13），循环燃油消耗量测试结果。其中两者最大区别在 800s-1800s 区间，交变值为实车采集数据，恒定值采用的是平均温度。

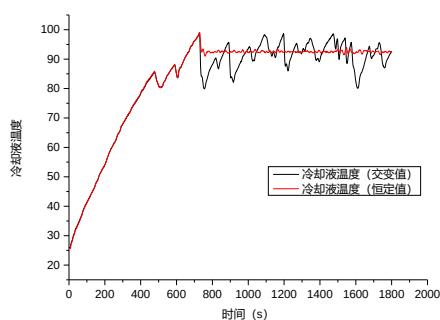


图 13. 冷却液温度对燃油经济性影响对比

根据循环油耗量测试结果发现，采用实车采集的冷却液温度曲线进行测试时，循环燃油消耗量平均值为 1102.72g，而 800s-1800s 区间内采用恒定值冷却液温度进行测试时，循环燃油消耗量平均值为 1102.17g，两者差异小于 1g（即 0.1%）。在 800s-1800s 区间内采用这两种方式进行冷却液恒温跟随，结果无明显差异，即在当前冷却液温度跟随能力条件下，是可以开展正式试验的。综上所述，根据 15 次边界条件重复性测试结果看，发动机试验台架具备进行正式

验证试验能力。

测试结果重复性分析

在进行边界条件重复性测试时，考察了 15 次测试结果的一致性情况，数据结果如表 1 及图 14 所示所示。

表 1.重复性测试结果

	低速 g	中速 g	高速 g	超高速 g	累积油耗 g	重复性误差%
test1	197.37	213.99	285.14	406.90	1103.40	0.13
test2	199.51	213.18	284.62	406.55	1103.86	0.17
test3	195.88	212.88	284.18	407.10	1100.04	-0.17
test4	196.75	213.76	285.29	406.48	1102.28	0.03
test5	195.39	213.12	284.19	406.86	1099.56	-0.22
test6	195.63	213.01	284.19	406.88	1099.71	-0.20
test7	195.91	213.15	284.11	406.61	1099.78	-0.20
test8	196.17	213.22	284.45	406.63	1100.47	-0.14
test9	198.46	213.36	284.94	407.05	1103.81	0.17
test10	196.41	213.25	284.88	406.66	1101.20	-0.07
test11	197.70	213.77	284.74	408.04	1104.25	0.21
test12	198.00	213.43	284.81	407.25	1103.49	0.14
test13	198.04	212.62	284.42	407.20	1102.28	0.03
test14	196.69	214.27	285.7	406.66	1103.32	0.12
test15	196.09	213.9	285.65	406.36	1102.00	0.00
标准差：1.65g；标准差%：0.14%						

由测试结果可知，在本次重复性测试中，最大重复性误差基本在 $\pm 0.2\%$ 以内，相对标准差为 0.14%。能够满足工作组初定的测试重复性要求。

测试结果与整车关联性初试

整车 WLTC 循环测试燃油消耗率为（6.1~6.2）L/100km。

结合本次 15 次重复性测试结果均值，燃油密度及模拟行驶里程，计算得台架上获得的燃油消耗率为 6.44L/100km。两者差异原因分析如下：

（1）整车测试时启动了启停技术，而台架测试将停车工况调整为怠速；根据经验，启停技术对燃油经济性贡献约 3-5%，结合本测试，启停技术对燃油经济性贡献约为 0.2L/100km。

（2）数据获得方式差异，整车测试是根据排放测试结果计算获得燃油消耗量，而台架测试则直接采用燃油消耗仪测量获得。

（3）燃油和润滑油差异，整车测试所使用燃油与台架测试所使用燃油和润滑油并不一致。

（二）第二阶段

使用润滑油 A(0W-20)及润滑油 B（5W-30）验证测试结果重复性

依据上述测试规范，分别进行了润滑油 A(0W-20)及润滑油 B（5W-30）测试，每润滑油各进行了 10 次重复性测试，其中润滑油 A 测试中获得 9 次有效数据，润滑油 B 测试中获得了 10 次有效数据。

图 1-6 为 A 润滑油 9 次有效测试边界条件的重复性，表 1 为 A 润滑油燃油消耗量测试结果及重复性情况。图 7-12 及表 2 为 B 润滑油测试边界条件及结果重复性情况。

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/767053020046006040>