

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 0760—2005

柴油机油性能评定法 (Mack T-8 法)

Standard test method for evaluation of diesel engine oils
in T-8 diesel engine

2005-04-11 发布

2005-09-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概要	2
5 意义和用途	3
6 试验设备	3
6.1 概述	3
6.2 试验发动机	4
7 试剂与材料	4
7.1 试剂	4
7.1.1 试验油	4
7.1.2 燃油	4
7.1.3 发动机冷却液	4
7.2 清洗材料	4
8 发动机组装前的准备	4
8.1 零件的清洗	4
8.2 气门、气门座、气门导管和气门弹簧	5
8.3 罐套、活塞和活塞环的安装	5
8.4 喷油器和喷油泵	5
8.5 组装说明	5
8.6 测量	5
9 试验台架的标定	7
9.1 试验台架的标定周期	7
10 试验程序	7
10.1 试验前的准备	7
10.2 发动机启动程序	8
10.3 发动机停机程序	8
10.4 试验循环	8
10.5 发动机机油量调整	9
10.6 取分析油样	9
10.7 机油耗量的计算	9
10.8 燃油取样	9
10.9 试验参数测量	10
10.10 窜气量测量	10
10.11 离心式机油滤清器增重	10
10.12 离心式机油滤清器压差 ΔP 的计算	10
10.13 试验结束	10

11 试验过程中试验油样和燃油检查	11
11.1 试验油样分析	11
11.2 燃油样分析	11
11.3 总机油耗量	11
12 试验结果报告	11
13 精密度	11
附录 A (资料性附录)试验结果报告	12
附录 B (规范性附录)传感器的安装位置和辅助系统流程	16
附录 C (规范性附录)烟炱(TGA)分析程序	20
附录 D (规范性附录)安全措施	21
附录 E (规范性附录)T-8A 试验要求	22
附录 F (规范性附录)T-8E 试验要求	22

前 言

本标准修改采用美国试验与材料协会标准 ASTM D5967 - 99a《用 T-8 柴油机评定柴油机油的标准试验方法》。

本标准根据 ASTM D5967 - 99a 重新起草。

为了更适合我国国情，本标准在采用 ASTM D5967 - 99a 时进行了修改。这些技术性差异用垂直单线标识在它们所涉及的条款的页边空白处。本标准与 ASTM D5967 - 99a 的主要技术差异如下：

——本标准的引用标准采用我国现行标准，无相应标准的引入其实质性内容。

——用国产推荐燃料代替美国推荐燃料。

——标定试验采用非参比油试验时间累计达 3000h 或非参比油试验十次后标定一次。

为使用方便，本标准还做了如下编辑性修改：

——删去了附录 A3(油样在 100℃时的运动粘度分析方法)、附录 A4(热重分析程序 A)和附录 A5(试验材料采购)的内容。

——重复性和再现性的文字表述按我国的习惯表述进行了修改。

——删去了方法中第 14 章“关键词”。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 均为规范性附录，附录 A 为资料性附录。

本标准由中国石油化工集团公司提出。

本标准由中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院归口。

本标准起草单位：中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院。

本标准主要起草人：杨本丰、魏荣田、刘顺涛、李少玉、卢文彤、颜卫平。

柴油机油性能评定法 (Mack T-8 法)

1 范围

1.1 本标准试验方法简称 Mack T-8 法, 适用于评定柴油机油在定量烟炱含量下的粘度增长性能。

1.2 本标准也提供了 T-8A 和 T-8E 试验方法, 除附录 E、附录 F 外与 T-8 试验方法完全相同。

1.3 本标准中的数值单位采用(SI)国际单位制。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改(不包括勘误的内容)或修改版均不适用于本标准, 然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 261 石油产品闪点测定法(闭口杯法)(GB/T 261—83(91), eqv ISO 2719:1973)

GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法

GB/T 268 石油产品残炭测定法(康氏法)(GB/T 268—1987, eqv ISO 6615:1983)

GB/T 386 柴油着火性质测定法(十六烷值法)

GB/T 508 石油产品灰分测定法(GB/T 508—1985(1991), eqv ISO 6245:1982)

GB/T 3535 石油倾点测定法(GB/T 3535—83(91), eqv ISO 3016:1974)

GB/T 5096 石油产品铜片腐蚀试验法

GB/T 6536 石油产品蒸馏测定法

GB/T 6986 石油浊点测定法(GB/T 6986—86(91), eqv ISO 3015:1974)

GB/T 11137 深色石油产品运动粘度测定法(逆流法)和动力粘度计算法

GB/T 11139 馏分燃料十六烷指数计算法

GB/T 11140 石油产品硫含量测定法(X 射线光谱法)

GB/T 17476 使用过的润滑油中添加剂元素、磨损金属和污染物以及基础油中某些元素测定法(电感耦合等离子体发射光谱法)

SH/T 0064 馏分燃料游离水和颗粒污染物试验法

SH/T 0604 原油和石油产品密度测定法(U 型振动管法)

SH/T 0606 中间馏分烃类组成测定法(质谱法)

3 术语和定义

下列术语和定义应用于本标准。

3.1

盲号参比油 blind reference oil

由台架试验管理部门提供的、实验室不知油品标识的参比油。

3.2

窜气 blowby

由发动机燃烧室窜入曲轴箱的燃烧产物和未燃烧的空气与燃油的混合气。

3.3

标定 calibrate

对照相关标准，校正测量仪器的指示或输出系统设备的误差。

3.4

重负荷 heavy-duty

发动机在平均转速、功率输出及机体内温度均接近最大值时的操作状态。

3.5

重负荷发动机 heavy-duty engine

允许在最大功率输出或接近最大功率输出状态下连续运转的发动机。

3.6

非参比油 non-reference oil

除参比油外的任何油品，例如配方研究的油样、成品油或检测油样。

3.7

非标准试验 non-standard test

不符合标准试验方法要求的试验。

3.8

氧化 oxidation

在高温条件下由于化学或机械的作用，润滑油变稠、生成油泥和漆膜等沉积物的现象。

3.9

参比油 reference oil

已知其性能特性的润滑油，用于标定试验台架时作为比较的基础。

3.10

油泥 sludge

主要由燃料燃烧产物、润滑油氧化产物和水所形成的沉积物，这种沉积物不能从发动机零件上流下来，但可以用软布擦掉。

3.11

标准试验 standard test

使用试验方法要求的试验件，依据试验程序在标定过的试验台架上进行的试验。

3.12

漆膜 varnish

一种又干又硬的不溶于油的沉积物。这种沉积物一般有光泽，用软布擦不掉，但可用某些溶剂洗掉。

3.13

磨损 wear

相对运动零件表面上材料的位移或损失。

4 方法概要

4.1 本试验发动机为 Mack E7-350 型柴油机。试验时，发动机先进行预热和 2h 发动机冲洗，然后发动机在转速、负荷保持稳定的工况下连续运转。参比油试验时间为 300h，非参比油试验时间为 250h。

4.2 试验过程中定时取出分析油样进行粘度和烟臭含量分析并计算粘度增长，用线性内插法确定并计算烟臭含量在 3.8% 时的粘度增长值。

4.3 根据试验发动机工况状态，决定是否对发动机重新组装。组装时，解体发动机的做功部件，用

溶剂油清洗、测量。活塞、活塞环、缸套和气门导管都要使用新的标准零件(见表2)。

4.4 用溶剂油清洗发动机曲轴箱,更换已经磨损或损坏的零件。

4.5 试验台架配备适宜的辅助设备以控制发动机转速、负荷及各种试验参数。

5 意义和用途

5.1 本方法用涡轮增压、中冷四冲程柴油发动机评定发动机油的粘度变化性能。

5.2 本方法可用于发动机油的规格认证。

6 试验设备

6.1 概述

6.1.1 试验发动机(Mack E7-350)为直列六缸、增压、中冷、直喷压燃式四冲程柴油机。缸径为124mm,冲程为165mm,排量为12L。发动机转速为1800r/min时的额定功率为261kW。

6.1.2 试验室应清洁无尘。发动机安装间的空气建议进行过滤并控制温度和湿度,防止灰尘沉积在发动机零件上。温度控制有助于对发动机组装时零件的测量和选择。

6.1.3 试验燃油为低硫柴油,推荐的燃油质量指标见表1。

表1 T-8 试验燃油技术要求

检测项目	质量指标	试验方法
硫含量/(% (质量分数))	0.03 ~ 0.05	GB/T 11140
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.8406 ~ 0.8617	SH/T 0604
组成/(% (体积分数)) 芳烃含量 烯烃含量 饱和烃含量	28 ~ 35 报告 报告	SH/T 0606
十六烷指数	报告	GB/T 11139
十六烷值	42 ~ 48	GB/T 386
铜片腐蚀(50℃,3h)/级, 不大于	3	GB/T 5096
闪点/℃ 不小于	54	GB/T 261
浊点/℃ 不大于	-12	GB/T 6986
倾点/℃ 不大于	-17	GB/T 3535
10% 蒸余物残炭/(% (质量分数)) 不大于	0.35	GB/T 268
水和沉积物/(% (体积分数)) 不大于	0.05	SH/T 0064
灰分/(% (质量分数)) 不大于	0.01	GB/T 508
运动粘度(40℃)/(mm ² /s)	2.0 ~ 3.2	GB/T 265
馏程/℃ 初馏点 10% 回收温度 50% 回收温度 90% 回收温度 终馏点	177 ~ 199 210 ~ 232 249 ~ 277 299 ~ 327 327 ~ 360	GB/T 6536

6.2 试验发动机

6.2.1 Mack 试验发动机

试验发动机可从 Mack Trucks 公司购买,试验所需零件见表2。

6.2.2 发动机冷却系统

6.2.2.1 为保证发动机冷却系统良好的换热率，每次试验必须对系统进行除垢。试验时，在冷却罐上加压至系统压力为 103kPa。

6.2.2.2 外接发动机冷却系统为加压式封闭系统，由一个热交换器、冷却液储存罐和出水口温控阀等部件组成。严禁空气进入该系统，夹套冷却液温度要严格控制在规定范围内。在发动机和冷却液储存罐之间安装一个玻璃观察窗，用于检查是否有空气进入或冷却液流量是否稳定，以防止冷却液局部过热沸腾。节温器处于全开状态。

6.2.3 发动机机油系统

发动机机油系统示意图见附录 B 中图 B.7、B.8。

6.2.4 辅助机油系统

为保持油底壳中恒定的机油液面高度，设置一个 9.5L 封闭式称量罐，用辅助机油泵以 $5.7\text{L}/\text{min} \pm 1.9\text{L}/\text{min}$ 的流量使机油在油底壳和称量罐中循环。机油系统装置结构图见附录 B 中图 B.7、B.8。图中抽油管 1 和回油管 2 的管线内径分别为 13mm 和 10mm 的耐油橡胶管。连通管 3 的管线内径尺寸要求不小于抽油管 1。

6.2.5 曲轴箱抽气系统

用一鼠笼式抽风机将曲轴箱内的压力控制在要求的范围内。

6.2.6 窜气测量仪

用排气型气体流量计或功能相当的仪器测量窜气流量。

6.2.7 进气供给和过滤系统

使用初始效率为 99.2% 进气滤清器，当滤清器前后压差达到 2.5kPa 时，更换滤清器滤芯。在进气系统中的温度、压力和湿度的任何一个测量点前至少 2 倍管径的距离处安装一个调节阀，用该阀将进气流量控制在规定的范围内。

6.2.8 燃油供给系统

燃油供给系统具有加热和冷却功能，以精确地控制温度。推荐的燃油系统见附录 B 中图 B.9。

6.2.9 进气歧管温度控制

用一个中冷器控制进气歧管温度（参见附录 B 中图 B.10）。

7 试剂与材料

7.1 试剂

7.1.1 试验油

每次试验需用试验油约 151L。

7.1.2 燃油

推荐的燃油质量指标见表 1。

7.1.3 发动机冷却液

发动机冷却液用含盐量小于 $0.03\text{g}/\text{L}$ 的软化水或蒸馏水（不加任何添加剂）。

7.2 清洗材料

用溶剂油作为发动机零件清洗材料。

8 发动机装前的准备

8.1 零件的清洗

8.1.1 发动机缸体

用溶剂油彻底喷洗发动机缸体，清除上次试验残留的机油，然后用压缩空气吹干。

8.1.2 摇臂罩和油底壳

用溶剂油清洗摇臂罩和油底壳，去除油泥、漆膜等沉积物，然后用压缩空气吹干。

8.1.3 辅助机油系统

用溶剂油冲洗所有的机油管线、油道和外部机油称量罐，然后用压缩空气吹干。

8.1.4 机油冷却器和机油滤清器

用溶剂油冲洗机油冷却器和机油滤清器管线，清除上次试验所残留的机油，然后用压缩空气吹干。

8.1.5 发动机缸盖

使用毛刷刷掉缸盖上的沉积物，然后用溶剂油清洗，最后用压缩空气吹干。

8.2 气门、气门座、气门导管和气门弹簧

检查气门、气门座、气门导管和气门弹簧是否有缺陷或严重磨损。若有需更换。更换新气门导管时应将导管内径加工到 $9.525\text{mm} \pm 0.013\text{mm}$ 。

8.3 缸套、活塞和活塞环的安装

8.3.1 缸套安装

按照 Mack 发动机维修手册中的相关程序安装缸套。

8.3.2 活塞和活塞环

缸套、活塞和活塞环为成套提供并成套使用。安装前仔细检查活塞、活塞环是否有损伤，若有，进行修复或更换。测量并记录活塞环的开口间隙。

8.4 喷油器和喷油泵

8.4.1 喷油器

建议每 1000h 维修一次喷油器。如果发现喷油压力低于规定值，应及时进行调整或更换。

8.4.2 喷油泵

除非在试验中出现問題，本方法不建议拆卸喷油泵。若出现问题更换了新的喷油泵，则试验台架的标定无效，需重新对试验台架进行标定。高压流量标定设备(如 Bacharach # 72 - 7010 标准喷油泵试验台)可从 Mack 授权销售商处购置。用 Kent-Moore 工具(其中包括上止点指示器，零件号为 J29539，位置传感器，零件号为 J37077)调整喷油定时。

8.5 组装说明

8.5.1 概述

试验只能使用本方法规定的试验件，不允许对材料或尺寸进行修改。除本方法规定外，要按照 Mack 发动机维修手册组装所有零件，组装时用试验油做润滑剂。

8.5.1.1 节温器

用全螺纹螺杆使节温器处于全开状态。

8.5.1.2 连杆轴瓦

检查连杆轴瓦的状况，根据实验室的经验判断是否更换连杆轴瓦。

8.5.1.3 主轴瓦

检查主轴瓦的状况，根据实验室的经验判断是否更换主轴瓦。

8.5.1.4 活塞内腔冷却喷嘴

仔细检查冷却喷嘴位置，确保活塞能得到良好地冷却。

8.5.2 新零件

每次试验发动机组装所用新零件见表 2。

8.6 测量

8.6.1 标定

每次参考油试验前或必要时都要对热电偶、压力表、发动机转速和燃油流量测量设备进行标定。

至少标定正常操作范围内的两点并记录。标定时,按标准将热电偶浸在标定槽内,正确连接导线、软管和读数系统。

表2 发动机组装所用新零件

序 号	零件名称	数 量	零件编号
1	气缸套	6	509GC470
2	活 塞		240GC2255M
	冠部	6	240GC5113
	裙部	6	240GC5119M
3	活塞环		353GC2141
	一环	6	349GC3107
	二环	6	349GC3108
	油环	6	350GC343
4	密封垫	2	57GC2115A
		1	57GC2118A
		1	57GC2119
5	全流式机油滤清器	2	485GB3191B
	滤清器离心式滤芯	1	236GB244A
6	发动机冷却液调节器	1	25MF435B
7	初级燃油滤清器	1	483GB444
8	二级燃油滤清器	1	483GB440
9	气门导管	24	714GB222
10	气门导管密封	24	446GC296

8.6.2 温度测量位置

8.6.2.1 概述

用热电偶和数字显示仪表或功能相当的设备测量温度。对量程为 $0^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 的热电偶,标定温度在 $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 时,误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 温度在 $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 时,误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。热电偶头部置于所测流体流束的中心处。

8.6.2.2 环境温度

环境温度测量点置于距发动机和发热部件 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 处。

8.6.2.3 冷却液温度

冷却液出口温度测量热电偶安装在节温器盖前部的冷却歧管处,见附录 B 中图 B.1。

8.6.2.4 机油温度

机油温度测量热电偶安装在发动机右侧的辅助机油泵顶端,见附录 B 中图 B.5。

8.6.2.5 进气温度

进气的干泡温度和湿度传感器安装在增压器进口气流流束中心处,见附录 B 中图 B.3。进气湿度不需控制,但建议测量。

8.6.2.6 燃油温度

燃油温度测量热电偶安装在二级滤清器和喷油泵间燃油管线上,参见附录 B 中图 B.4。

8.6.2.7 增压涡轮前端排气温度

在每侧排气歧管“T”型三通上安装热电偶。热电偶和压力传感器安装在同一个“T”型三通上,见附录 B 中图 B.3。

8.6.2.8 排气尾管排气温度

热电偶置于增压涡轮出口排气管上,见附录 B 中图 B.3。

8.6.2.9 进气歧管温度

热电偶置于进气歧管接头处,见附录 B 中图 B.6。

8.6.3 压力测量位置

8.6.3.1 滤清器前机油压力

压力传感器安装在机油冷却器接头上, 见附录 B 中图 B.2。

8.6.3.2 滤清器后主油道机油压力

压力传感器安装在机油滤清器底座上部, 见附录 B 中图 B.2。

注: E7 发动机只有一个油道, 同时兼顾主油道和活塞冷却油道。

8.6.3.3 增压涡轮前端排气压力

在排气歧管“T”型三通的每一侧各安装一个压力传感器, 同涡轮前排气温度热电偶在同一个接头上, 见附录 B 中图 B.3。

8.6.3.4 进气增压

压力传感器安装在进气歧管上, 见附录 B 中图 B.6。

8.6.3.5 总进气压力

压力传感器安装在增压涡轮前端进气管上, 见附录 B 中图 B.3。

8.6.3.6 排气背压

压力传感器安装在增压涡轮后 30.5mm~40.6mm 处的排气直管上, 见附录 B 中图 B.3。

8.6.3.7 曲轴箱压力

压力传感器安装在油标尺套管接头处。

8.6.3.8 环境大气压力

压力传感器安装在试验室距地面高约 1.2m 的合适位置。

8.6.4 发动机窜气

窜气测量仪安装在摇臂罩跨接管的窜气出口处。

8.6.5 燃油耗测量

测量设备安装在初级滤清器前的燃油管线上。在燃油系统中, 初级滤清器安装在燃油泵前, 二级滤清器安装在喷油泵前。测量燃油耗时应考虑回流油量。

8.6.6 湿度

测量设备安装在进气滤清器和增压涡轮之间, 不影响温度和压力的测量。每 8h 测量一次湿度并记录。

9 试验台架的标定

9.1 试验台架的标定周期

为保证试验一致性和精确性, 在如下情况下必须对试验台架进行标定:

9.1.1 新建立的试验台架, 必须进行标定。

9.1.2 喷油泵从发动机上拆下; 更换气缸头; 更换活塞、活塞环组件和气缸套都要对试验台架进行标定。

9.1.3 非参比油试验时间累计达 3000h 或非参比油试验 10 次后要对试验台架进行标定。

9.2 用 1004-1 号或 1004-2 号参比油标定。1004-1 号参比油在 250h 时的烟炱含量为 4.0%~4.6%; 1004-2 号参比油在 250h 时的烟炱含量为 4.0%~4.8%。

10 试验程序

10.1 试验前的准备

10.1.1 发动机加冲洗试验油

向发动机中加 45.4L 试验油 (此次加注的试验油只为冲洗发动机), 其中油底壳中 26.5L、机油滤清器中 3.8L (两个机油滤清器各 1.9L)、机油冷却器中 1.9L、辅助机油称量罐和管线中 13.2L。加试验

油时先向机油滤清器中加 3.8L(两个滤清器各 1.9L), 然后打开外部循环机油泵, 从发动机加油管直接加 41.6L 冲洗试验油到发动机中。

10.1.2 试验前的发动机机油冲洗和磨合

10.1.2.1 按 10.2 条的步骤启动发动机。对于新的或重新组装的发动机, 机油冲洗前必须按表 3 条件先进行磨合。对于非参比油试验, 不进行磨合, 只需进行试验前机油冲洗。

表 3 机油冲洗和磨合操作条件

参 数	磨合(新的或重新组装的发动机)		试验前机油冲洗
时间/min	30	30	120
转速/(r/min)	1250	1800	1800
扭矩/(N·m ^a)($\pm 1\%$ ^b)	1731	1384	1384
^a 在 98.3kPa 和 29.5℃ 的条件下的干空气中;			
^b 当参数超出控制范围时, 应采取适当的调整措施。			

10.1.2.2 按 10.3 条程序停机, 从油底壳、辅助机油称量罐放出冲洗的试验油, 更换所有机油滤清器。

10.1.2.3 向机油滤清器中加 3.8L 新试验油(每个滤清器加 1.9L), 然后打开外部循环机油泵, 从发动机加油管直接加 41.6L 试验油到发动机中。

10.2 发动机启动程序

启动发动机, 在转速为 1000r/min ~ 1400r/min、满负荷的 20% ~ 30% 工况下运转, 使油底壳温度达到 66℃ ~ 77℃(对于冷发动机来说, 时间约为 10min), 然后进入正式试验条件。其中启动时间不记入正式试验时间内。当试验条件进入要求范围时开始计时。试验条件见表 4。

10.3 发动机停机程序

在试验期间发动机可以停机。每次停机前使发动机在 1000r/min ~ 1400r/min 和零负荷的工况下运转 10min, 然后切断供给的燃油。停机时间不记入试验时间。记录每次停机时间和原因。

10.4 试验循环

试验循环包括机油冲洗和正式试验阶段, 机油冲洗操作条件见表 3, 正式试验操作条件见表 4。

表 4 试验操作条件

参 数 名 称	操 作 条 件
时间/h	250(参比油试验为 300)
控 制 参 数 ^a	
转速/(r/min)	1800 $\pm$ 5
燃油流量/(kg/h)	63.3% $\pm$ 1.0%
进气歧管温度/℃	43 $\pm$ 3
夹套冷却液出口温度/℃	85 $\pm$ 3
燃油进口温度/℃	40 $\pm$ 1
进气温度/℃	25 $\pm$ 3
曲轴箱压力/kPa	0.50 $\pm$ 0.25
进气压力/kPa	2.50 $\pm$ 0.25
排气背压/kPa	3.1 $\pm$ 0.4

表 4(续)

参数名称		操作条件
非控制参数		
扭矩/(N·m)		1369 ~ 1398 ^b
排气温度/℃	涡轮前	602 ~ 632
	排气尾管	455 ~ 474
进气歧管压力/kPa		186 ~ 199
机油温度/℃		100 ~ 107
主油道压力/kPa		372 ~ 441 ^c
中冷器压差 ΔP /kPa		不超过 13.6
机油滤清器压差 ΔP /kPa		不超过 138 ^d
^a 操作条件超过规定范围时应及时调整; ^b 在 98.2kPa、29.5℃条件下的干燥空气中; ^c 是对 SAE 15W/40 机油的压力范围,其他粘度级别的机油会有不同的结果; ^d 若滤清器前、后机油压差 ΔP 超出 138kPa 时,更换两个全流式滤清器。		

10.5 发动机机油量调整

试验进行 1h 后,按机油称量罐中机油重量确定满刻度,试验期间的每 25h 末,放出一定量机油,使机油耗量比满刻度时少 1.59kg,此时机油消耗率达到 0.243g/kW·h,再向发动机中加入 1.59kg 新油。如果需要取分析油样,按 10.6 条操作。

10.6 取分析油样

10.6.1 做参比油试验时,每间隔 25h 取一次 118mL 分析油样,做非参比油试验时,25h、75h 和 125h 可以选择。油样从油底壳与机油循环泵间的放油阀取出。

10.6.2 试验过程中每 25h,油耗小于或等于 1.02kg 时,先放出 473mL 死区油,然后取出 118mL 分析油样,再放出定量机油,使机油耗量比满刻度时少 1.59kg(1.59kg 中包括 473mL 死区油)。如果油耗大于 1.02kg,先放出 473mL 死区油,然后取出 118mL 分析油样,再将 473mL 死区油倒回发动机中,而后再放出适量机油,使机油耗量比满刻度时少 1.59kg,再补加 1.59kg 新油。

10.7 机油耗量的计算

每小时记录一次机油质量,通过记录值计算机油耗量。计算从 26h 至试验结束的平均机油耗量值。因为第一个 25h 阶段油量称量系统正处于稳定过程,所以不计算油耗。用式(1)计算每 25h 试验周期的平均机油耗量:

$$\text{机油耗量(g/kW·h)} = (FW - W_n) / (25P) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

FW ——机油满刻度时的质量, g;

W_n ——在每次加油、取样、放油前 n 小时称量系统显示的机油质量, g;

P ——发动机制动输出功率, kW。

报告的机油耗量是以 25h 为周期的油耗平均值。如果 25h 周期油耗大于 0.225g/kW·h,则需要重新确定机油满刻度值,满刻度值为该 25h 循环周期以前重量减去油样的重量,再加上 1.59kg 新油重量。

10.8 燃油取样

试验开始前和试验结束后,各取两个 0.95L 燃油分析油样。

10.9 试验参数测量

每个小时末最少对下列参数进行一次测量并记录。将各参数进行调整,尽量把参数控制在方法要求的中间值,并在调整前记录数据。本方法允许在一小时内进行多次测量,计算每小时平均值。

- 10.9.1 转速, r/min;
- 10.9.2 扭矩, N·m;
- 10.9.3 机油温度, °C;
- 10.9.4 冷却液出口温度, °C;
- 10.9.5 冷却液进口温度, °C;
- 10.9.6 进气温度, °C;
- 10.9.7 进气歧管温度, °C;
- 10.9.8 进气歧管压力, kPa;
- 10.9.9 燃油流量, kg/h;
- 10.9.10 燃油进口温度, °C;
- 10.9.11 排气背压, kPa;
- 10.9.12 滤清器前机油压力, kPa;
- 10.9.13 主油道机油压力, kPa;
- 10.9.14 曲轴箱压力, kPa;
- 10.9.15 涡轮前排气温度, 前歧管, °C;
- 10.9.16 涡轮前排气温度, 后歧管, °C;
- 10.9.17 进气限压, kPa;
- 10.9.18 排气温度, °C;
- 10.9.19 曲轴箱窜气流量, L/min;
- 10.9.20 涡轮前排气背压, 前歧管, kPa;
- 10.9.21 涡轮前排气背压, 后歧管, kPa;
- 10.9.22 进气湿度, g/kg。

10.10 窜气量测量

每 8h 测量并记录一次发动机的曲轴箱窜气量。测量时断开曲轴箱的吸气装置。要注意防止机油进入窜气测量仪中。

10.11 离心式机油滤清器增重

试验前,称量离心式机油滤清器的重量。试验结束后,从发动机上拆下离心式机油滤清器并倒置放油 30min,放油后称量离心式机油滤清器的重量。计算试验前、后滤清器的增重量。

10.12 离心式机油滤清器压差 ΔP 的计算

10.12.1 以试验中出现的滤清器前后压差的最大值 ΔP 作为试验结果。按式(2)计算机油滤清器前后压差 ΔP :

$$\Delta P = \Delta P_{\text{最大}} - \Delta P_{\text{初始}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\Delta P_{\text{最大}}$ ——机油滤清器两端的最大压差, kPa;

$\Delta P_{\text{初始}}$ ——刚进入试验条件时的机油滤清器两端压差, kPa。

10.12.2 如果更换了机油滤清器,将更换前的滤清器压差 ΔP 与更换后的滤清器压差 ΔP 相加。如果出现停机,将停机后滤清器压差 ΔP 和停机前的滤清器压差 ΔP 相加。

10.13 试验结束

10.13.1 试验后冲洗

试验结束后,尽快对发动机进行冲洗。将油底壳、外部称量罐和机油滤清器中机油全部放出,按

照 10.1.1 条程序加 Bulldog Premium Oil 或功能相当的冲洗油，冲洗程序见表 3。冲洗结束后停机(参见 10.3 条)，并从油底壳、外部称量罐中放出冲洗油，拆下机油滤清器。

10.13.2 试验后溶剂油清洗

完成冲洗程序后，用溶剂油清洗气缸盖顶部、摇臂、摇臂罩等，直至干净为止，在此过程中要打开油底壳放油阀。拆下油底壳并用溶剂油清洗干净，同时将外部储油罐及管线用溶剂油清洗干净。

11 试验过程中试验油样和燃油检查

11.1 试验油样分析

分析 100℃ 时试验油样粘度(用 GB/T 11137 试验方法)。250h 时取的 2 个油样分别分析粘度和烟炱(烟炱分析按附录 C)，报告这两个粘度的平均值。对于新油、150h、250h 和 300h 若有油样要分析其由磨损而产生的金属(Fe、Pb、Cu、Cr、Al)含量和添加剂带来的元素(Si、Na)含量(用 GB/T 17476 试验方法)，取样后要尽快分析。

11.2 燃油样分析

对试验前和试验后所取的燃油油样进行密度、硫含量等指标分析。

11.3 总机油耗量

计算试验总的机油耗量($\text{g/kW}\cdot\text{h}$)，正常情况下总的机油耗量应小于或等于 $0.182\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 。对于标定试验，若出现总的机油耗量大于 $0.304\text{g/kW}\cdot\text{h}$ ，为不正常现象，则此次试验无效，要查找其原因，确定是否由试验油或发动机引起的。

12 试验结果报告

试验结果报告的内容及形式见附录 A。

13 精密度

按下述规定判断试验结果的可靠性(95%置信水平)。

13.1 重复性(r)——同一实验室对同一油品在正确和正常操作条件下所得的两个有效试验结果之差不应超过表 5 所列的数值。

13.2 再现性(R)——不同实验室对同一油品在正确和正常操作条件下由不同操作人员所作出的两个单独有效的试验结果之差不应超过表 5 所列的数值。

表 5 精密度

参 数	重 复 性	再 现 性
3.8% TGA 烟炱含量时粘度增长值/ (mm^2/s)	2.80	2.83

附 录 A
(资料性附录)
试验结果报告

柴油机油性能评定法(Mack T-8 法)

送样单位_____

油样名称_____

试验编号_____

试验日期_____

试验方法_____

试验时间_____

试验燃料_____

单位: × × × ×

A.1 T-8 试验油样分析汇总

A.1.1 试验油样烟炱含量和粘度增长

试验时间/h	烟炱含量/TGA%	粘度 100℃/(mm ² /s)	粘度增长值/(mm ² /s)
新油			
25			
50			
75			
100			
125			
150			
175			
200			
225			
250(第一次)			
250(第二次)			
250(平均)			
275			
300			

A.1.2 其他评定

100h ~ 150h 粘度增长率/(mm ² /s·h)	
烟炱(TGA)含量在 3.8%时的粘度增长/(mm ² /s)	
烟炱(TGA)含量在 4.8%时的相对运动粘度	
250h 时平均烟炱(TGA)含量/%	
300h 时烟炱(TGA)含量/%	
250h 平均机油耗量/(g/kW·h)	
250h 时机油滤清器压差/kPa	

A.1.3 机油滤清器增重

机油滤清器质量/kg	试验 前	试验 后	质量增加

A.1.4 试验油元素含量

元 素	含 量/(μg/g)			
	新 油	150 h	250 h	300h
Fe				
Pb				
Cu				
Cr				
Al				
Si				
Na				

A.2 特殊维修事项记录

试 验 时 间	日 期	停 机 时 间	停机原因及处理方法
停 机 次 数			
总停机时间/h			

日 期：_____

签 字：_____

附件一、试验操作条件

试验参数		要求值	最大值	最小值	平均值
转速/(r/min)		1800 ± 5			
扭矩/(N·m)		1369 ~ 1398			
燃油流量/(kg/h)		63.28 ± 0.63			
进气湿度/(g/kg 干空气)		报告			
窜气流量/(L/min)		报告			
温度 / ℃	冷却液出口	85 ± 3			
	冷却液入口	报告			
	机油	100 ~ 107			
	燃油入口	40 ± 1			
	进气	25 ± 3			
	进气歧管	43 ± 3			
	增压涡轮前端	602 ~ 632			
	增压涡轮后端	602 ~ 632			
压力 / kPa	尾管	455 ~ 474			
	机油主油道	372 ~ 441			
	曲轴箱	0.50 ± 0.25			
	排气背压	3.1 ± 0.4			
	机油滤清器压差	最大 138			
	进气	2.50 ± 0.25			
进气歧管		186 ~ 199			

附件二、试验燃油分析结果

检测项目	标准值	燃油分析		试验方法
		试验前	试验后	
硫含量/(% (质量分数))	0.03 ~ 0.05			GB/T 11140
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.8406 ~ 0.8617			SH/T 0604
组成/(% (体积分数))				SH/T 0606
芳烃含量	28 ~ 35			
烯烃含量	报告			
饱和烃含量	报告			
十六烷指数	报告			GB/T 11139
十六烷值	42 ~ 48			GB/T 386
铜片腐蚀(50℃, 3h)/级,	不大于 3			GB/T 5096
闪点/℃	不小于 54			GB/T 3536
浊点/℃	不大于 -12			GB/T 6986
倾点/℃	不大于 -17			GB/T 3535
10% 蒸余无残炭/(% (质量分数))	不大于 0.35			GB/T 268
水和沉积物/(% (体积分数))	不大于 0.05			SH/T 0064
灰分/(% (质量分数))	不大于 0.01			GB/T 508
粘度(40℃)/(mm ² /s)	2.0 ~ 3.2			GB/T 265
馏程/℃				GB/T 6536
初馏点	177 ~ 199			
10% 回收温度	210 ~ 232			
50% 回收温度	249 ~ 277			
90% 回收温度	299 ~ 327			
终馏点	327 ~ 360			

附录 B
(规范性附录)
传感器的安装位置和辅助系统流程

传感器的位置见图 B.1、B.2、B.3、B.4、B.5、B.6，辅助系统及流程见图 B.7、B.8、B.9、B.10。

B.1 发动机冷却液出口热电偶的安装位置

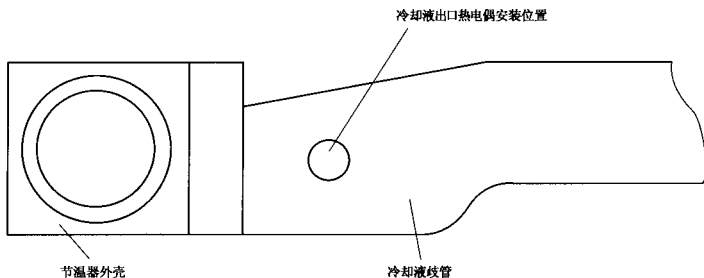


图 B.1 发动机冷却液出口热电偶的安装位置

B.2 机油压力采样管和冷却液进口热电偶的安装位置

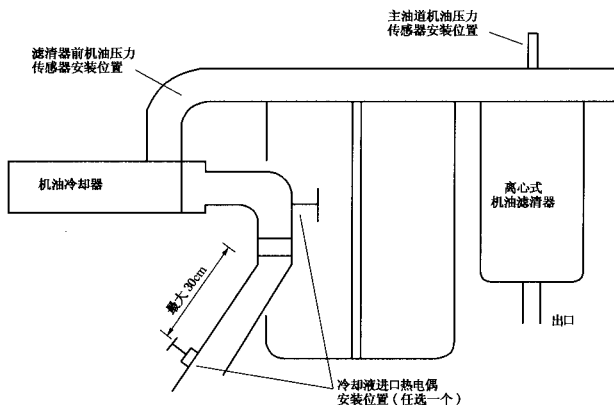


图 B.2 机油压力采样管和冷却液进口热电偶的安装位置

B.3 进气管、排气歧管和排气管的温度和压力传感器的安装位置

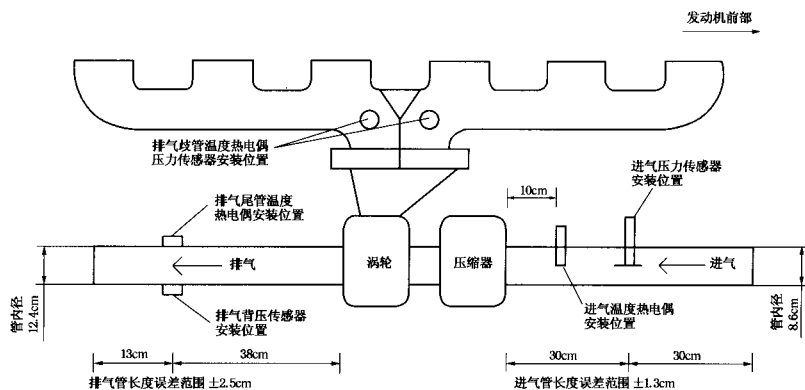


图 B.3 进气管、排气歧管和排气管的温度和压力传感器的安装位置

B.4 发动机燃油进口热电偶的安装位置

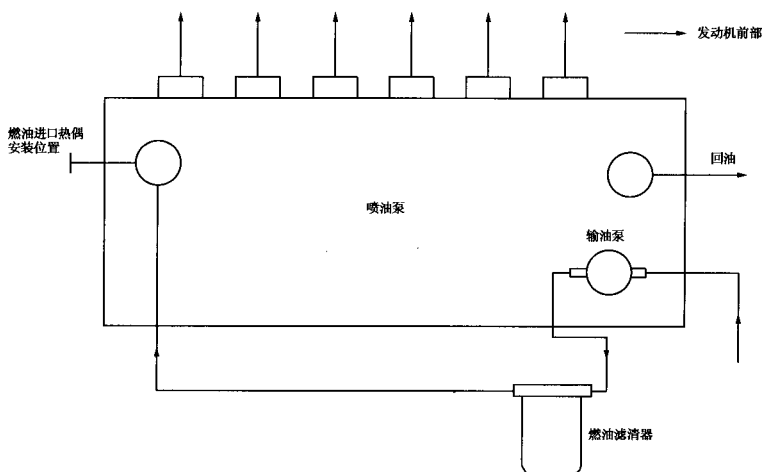


图 B.4 发动机燃油进口热电偶的安装位置

B.5 发动机机油温度热电偶的安装位置

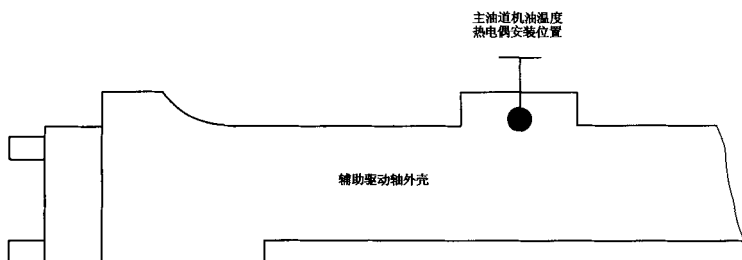


图 B.5 发动机机油温度热电偶的安装位置

B.6 进气歧管温度和压力传感器的安装位置

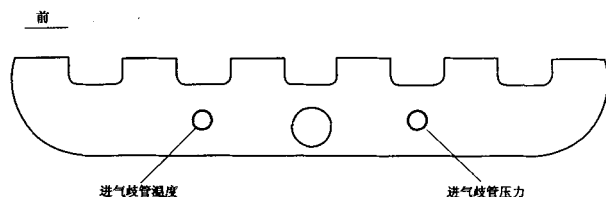


图 B.6 进气歧管温度和压力传感器的安装位置

B.7 台架机油系统流程管线

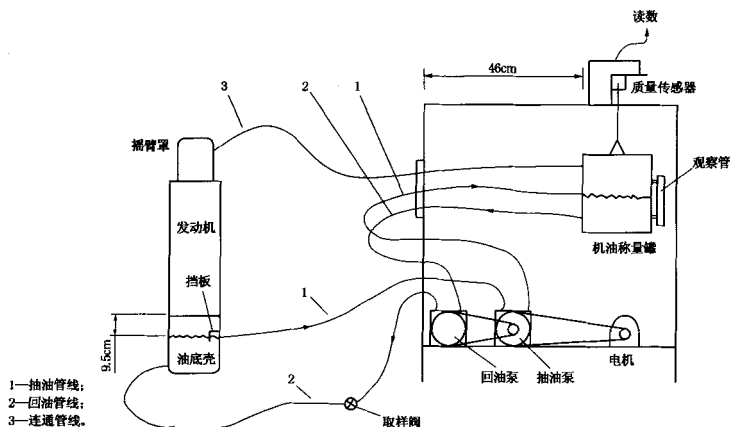
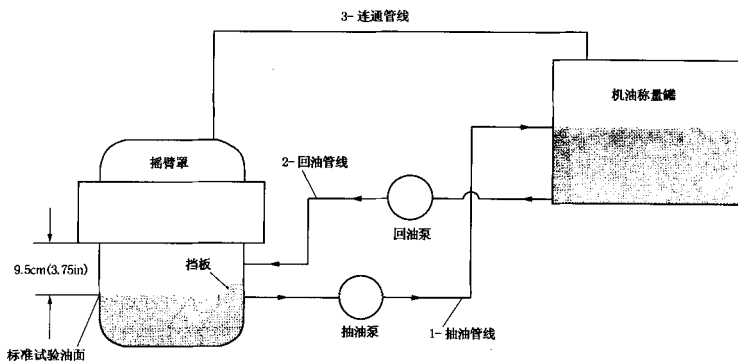


图 B.7 台架机油系统流程管线

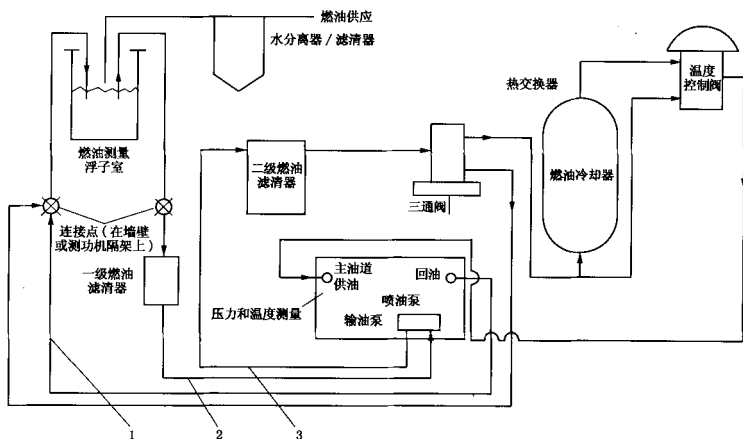
B.8 辅助的机油系统



注：抽油泵泵量大于回油泵泵量(4.5L/min~9.0L/min)。

图 B.8 辅助的机油系统

B.9 发动机试验燃料供给系统



1——燃油管线内径为 13mm 或 10mm;

2——燃油管线内径为 13mm 或 10mm;

3——燃油管线内径为 13mm 或 10mm。

图 B.9 发动机试验燃料供给系统

B.10 试验台架中冷器的配置

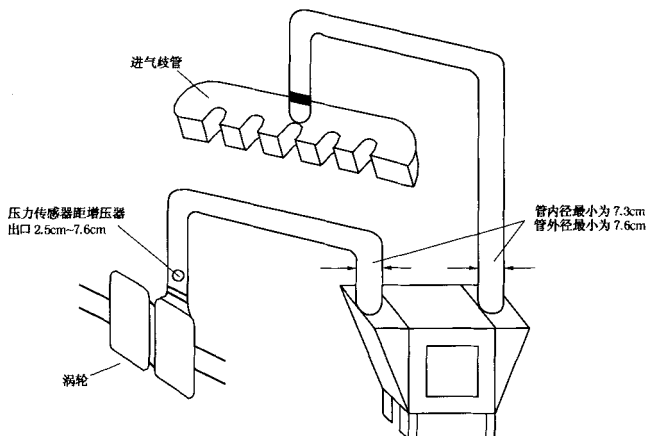


图 B.10 试验台架中冷器的配置

附录 C (规范性附录) 烟贫(TGA)分析程序

C.1 烟贫热重分析(TGA)程序

C.1.1 样品准备

- C.1.1.1 取 113g 分析油样；
- C.1.1.2 保证样品瓶盖盖紧；
- C.1.1.3 把样品瓶放在振荡器上振荡 5min；
- C.1.1.4 从振荡后的样品瓶中量取 20mg 分析油样，放在热重分析仪的样品盘上，取样时间不得超过 2min。

C.1.2 分析过程

C.1.2.1 连接吹扫气体管线：

氮气——纯度不小于 99.99%；

氧气——纯度不小于 99.99%。

C.1.2.2 打开氮气阀，开始吹扫氮气；

C.1.2.3 加热油样到 50℃；

C.1.2.3.1 在 50℃时稳定 1min；

C.1.2.3.2 以 100℃/min 的速率加热油样到 550℃；

C.1.2.3.3 在 550℃时稳定 1min；

C.1.2.3.4 以 20℃/min 的速率加热油样到 650℃；

- C.1.2.3.5 在 650℃时稳定 1min 后, 记录此时油样质量;
- C.1.2.3.6 把吹扫气体从氮气切换为氧气;
- C.1.2.3.7 以 20℃/min 的速率加热油样到 750℃;
- C.1.2.3.8 在 750℃时稳定至少 5min, 待残留物质量不变时, 记录此时油样质量, 烟炱(TGA)分析程序结束。

C.2 烟炱含量的计算

在 650℃时稳定后的油样质量与在 750℃时稳定后的质量之差, 即为样品中的烟炱含量, 再除以分析油样总量即为油品中的烟炱百分含量, 精确到 0.1%(质量分数)。

附 录 D (规范性附录) 安全 措施

- D.1 发动机台架试验具有危险性, 应采取有效的安全措施, 避免造成人体伤害和设备损坏。
- D.2 安装和操作 T-8 台架试验的有关人员要进行过严格培训, 能掌握相关工具的使用和设备安装方法, 能及时发现和处理试验过程中的突发事件的方法。

D.3 防护设备

- D.3.1 在零件清洗、发动机安装、发动机试验操作和发动机零件评分处附近应配备淋浴或洗眼睛设备。
- D.3.2 给 T-8 试验操作人员提供适宜的防护面具和手套等防护用品。
- D.3.3 实验室要配备干式灭火器。
- D.3.4 试验台架所有的传动和发热部件应加防护罩。
- D.3.5 裸露的发动机传动件和连接轴周围要加防护罩。
- D.3.6 在运转的发动机旁, 操作人员必须穿紧身工作服。

D.4 安全设备 and 应用

建立和维护试验台架安全环境, 应具备以下方面。

- D.4.1 实验室的安全人员要经常对试验台架进行检查。
- D.4.2 正确安装燃油管线、机油管线和电源线并经常进行检查、维修。
- D.4.3 试验台架周围禁放障碍物、机油和燃油等物品。
- D.4.4 保持发动机外表面、辅助设备表面及地面清洁, 无燃油和机油等。
- D.4.5 在试验过程中, 操作人员要时刻注意燃油、排气、机油和冷却液可能发生的泄漏现象, 如有要及时妥善处理。
- D.4.6 试验台架应配备保护装置, 在发生如下情况时能自动停机: 发动机和测功机水温过高、测功机电源断路、发动机超速、发动机低油压、排气系统出问题和发动机震动过大等。
- D.4.7 如果是无人状态下自动化操作的试验台架, 必须配备过载振动的保险装置和定位自动防火设备。

附 录 E
(规范性附录)
T-8A 试验要求

E.1 范围

T-8A 法用于评定柴油机油试验过程中的 100h ~ 150h 粘度增长率。

E.2 试验台架标定

通过 T-8 标定的试验台架即可进行 T-8A 试验。

E.3 非参比油试验

E.3.1 试验时间 150h，试验程序参见本标准第 10 章。

E.3.2 试验结果

按下式计算 100h 到 150h 粘度增长率：

$$\text{粘度增长率}(150\text{h} \sim 100\text{h}) = (\text{VIS}_{150} - \text{VIS}_{100})/50$$

式中：

VIS_{150} ——150h 试油的(100℃)运动粘度， mm^2/s ；

VIS_{100} ——100h 试油的(100℃)运动粘度， mm^2/s 。

E.4 精密度(参见表 E.1)

表 E.1 精 密 度

参 数	重 复 性	再 现 性
100h ~ 150h 粘度增长率/ $(\text{mm}^2/\text{s} \cdot \text{h})$	0.023	0.024

附 录 F
(规范性附录)
T-8E 试验要求

F.1 范围

T-8E 法用于评定柴油机油在试验过程中生成的烟炱量在 4.8% 时的相对运动粘度。

F.2 试验台架标定

F.2.1 试验台架标定要求参见本标准第 9 章。

F.2.2 发动机连续运转 300h。用 1004 ~ 2 号参比油标机，250h 时生成的烟炱量为 4.0% ~ 4.8%，300h 时生成烟炱量为 4.8% ~ 5.8%。

F.3 非参比油试验要求

试验在 250h 时，生成烟炱量最小为 3.8%，300h 时生成烟炱量最小为 4.8%。

F.4 试验结果计算

按下式计算试油烟炱含量在 4.8% 时的相对运动粘度：

$$RV_{48} = 2(VIS_{48}) / (V_u + V_s)$$

式中：

RV_{48} ——烟炱含量在 4.8% 时的试油相对运动粘度；

VIS_{48} ——烟炱含量在 4.8% 时的试油运动粘度， mm^2/s ；

V_u ——未剪切试油 100℃ 时的运动粘度， mm^2/s ；

V_s ——剪切后试油 100℃ 时的运动粘度， mm^2/s 。

F.5 试验程序

试验时间为 300h，试验程序与 T-8 相同。

F.6 试验条件

试验条件见表 F.1。

表 F.1 试验操作条件

参数名称		操作条件
时间/h		300
控制参数 ^a		
转速/(r/min)		1800 ± 5
燃油流量/(kg/h)		63.3% ± 1.0%
进气歧管温度/℃		43 ± 3
夹套冷却液出口温度/℃		85 ± 3
燃油进口温度/℃		40 ± 1
进气温度/℃		25 ± 3
曲轴箱压力/kPa		0.50 ± 0.25
进气压力/kPa		2.50 ± 0.25
排气背压/kPa		3.1 ± 0.4
非控制参数		
扭矩/(N·m)		1369 ~ 1398 ^b
排气温度/℃	涡轮前	602 ~ 632
	排气尾管	455 ~ 474
进气歧管压力/kPa		186 ~ 199
机油温度/℃		100 ~ 107
主油道压力/kPa		372 ~ 441 ^c
中冷器压差 ΔP /kPa		不超过 13.6
机油滤清器压差 ΔP /kPa		不超过 138 ^d
^a 操作条件超过规定范围时应及时调整； ^b 在 98.2kPa、29.5℃ 条件下干燥空气中； ^c 是对 SAE 15W/40 机油的压力范围，其他粘度级别的机油会有不同的结果； ^d 若机油滤清器压差 ΔP 超出 138kPa 时，更换两个全流式滤清器。		

F.7 精密度

试验台架精密度见表 F.2。

表 F.2 精 密 度

参 数	重 复 性	再 现 性
烟炱(TGA)含量在 4.8%时的相对运动粘度	0.64	0.74