

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 0761—2005

柴油机油性能评定法 (Mack T-9 法)

Standard test method for evaluation of diesel engine oils
in T-9 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	2
6 试验设备	2
6.1 概述	2
6.2 试验发动机	3
6.2.1 发动机	3
6.2.2 发动机冷却系统	3
6.2.3 发动机机油系统	3
6.2.4 辅助机油系统	3
6.2.5 窜气测量系统	4
6.2.6 进气系统	4
6.2.7 燃油系统	4
7 试剂与材料	4
7.1 试验油	4
7.2 燃油	4
7.3 发动机冷却液	4
7.4 清洗材料	4
7.5 EF-41I	4
8 发动机组装前准备	4
8.1 发动机零件清洗	4
8.2 气门、气门座、气门导管和气门弹簧	4
8.3 缸套、活塞和活塞环安装	4
8.4 喷油器和喷油泵	5
8.5 安装说明	5
8.5.1 概述	5
8.5.2 新零件	5
8.6 测量	5
8.6.1 标定	5
8.6.2 温度测量	5
8.6.3 压力测量	6
8.6.4 曲轴箱窜气量	6
8.6.5 燃油流量测量	6
8.6.6 湿度测量	6
8.7 系统时间响应	6

SH/T 0761—2005

9 试验步骤	7
9.1 试验油添加	7
9.2 发动机启动	7
9.3 发动机试运转	7
9.4 发动机停机	7
9.5 正式试验	7
9.6 机油定期取样和补油	8
9.7 机油消耗率计算	9
9.8 燃油取样	9
9.9 定期测量	9
9.10 窜气	10
9.11 离心式滤芯增重	10
9.12 机油滤清器压差变化 ΔP 的计算	10
10 发动机、燃油和试验油的测量和分析	10
10.1 试验前发动机的测量	10
10.2 试验后发动机的测量	10
10.3 试验油分析	11
10.4 燃油分析	11
10.5 机油消耗率	11
11 参比油标定试验及非参比油试验要求	11
11.1 参比油标定	11
11.2 试验结果	11
11.3 参比油及非参比油试验要求	12
12 试验报告	12
13 精密度和偏差	12
13.1 精密度	12
附录 A (资料性附录)柴油机油性评定试验报告(Mack T-9 法)	14
附录 B (规范性附录)传感器的安装位置和辅助系统流程	23
附录 C (规范性附录)每次试验需要的新零件	28
附录 D (规范性附录)缸套磨损测量说明	29
附录 E (规范性附录)安全防护措施	30
附录 F (规范性附录)试验操作有效性的确定	31
附录 G (规范性附录)烟炱热重分析(TGA)程序	32

前 言

本标准修改采用美国试验与材料协会标准 ASTM D6483 - 03《用 T-9 柴油机评定柴油机油的标准试验方法》。

本标准根据 ASTM D6483 - 03 重新起草。

为了更适合我国国情，本标准在采用 ASTM D6483 - 03 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 D6483 - 03 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。

——用国内推荐燃油代替美国推荐燃油。

——试验台架和发动机参比油标定试验改为非参比油试验时间累计达 5000h 标定一次。

为使用方便，本标准还做了如下编辑性修改：

——对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。

——删去了原方法中第 14 章“关键词”。

——删去了原方法中附录 A6“数据词典”、附录 A7“T-9 油样的总碱值分析程序”及附录 A8“T-9 油样的总酸值分析程序”。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 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：卢文彤、王庆新、李少玉、刘顺涛、杨本丰、魏荣田。

柴油机油性能评定法(Mack T-9 法)

1 范围

- 1.1 本标准试验方法简称 Mack T-9 法, 用来评定柴油机油的抗铅腐蚀及抗活塞环、缸套磨损性能。
- 1.2 本标准中的数值单位采用[SI]国际单位制。
- 1.3 本标准涉及某些危险性的材料、设备和操作, 但未对相关安全问题提出建议。因此, 用户在使用本标准前要建立适当的安全防护措施(见附录 E), 并建立相应的安全操作规程。

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, 其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订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 1922 溶剂油
- 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 7304 石油产品和润滑剂酸值测定方法(电位滴定法)
- 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 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 型振荡管法)
- SH/T 0606 中间馏分烃类组成测定法(质谱法)
- SH/T 0251 石油产品碱值测定法(高氯酸电位滴定法)
- ASTM E 178 试验数据界外值处理方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

窜气 blowby

从发动机燃烧室窜入曲轴箱的燃烧产物和未燃烧的燃油与空气的混合气。

3.2

油泥 sludge

主要由燃料燃烧产物、润滑油氧化产物和水形成的沉积物。这种沉积物不能在发动机零件上流动，但可用布擦掉。

3.3

漆膜 varnish

在发动机零件表面上的一种硬而干、通常有光泽的沉积物。这种沉积物不能用软布擦掉，但可用溶剂洗掉。

3.4

磨损 wear

发动机零件表面上材料的损失或位移。

3.5

参比油 reference oil

已知其性能特性的润滑油，标定试验台架时作为比较基准。

3.6

非参比油 non-reference oil

除参比油外的任何油品。

3.7

试验油 candidate oil

需要通过试验来评价其性能的发动机油。

3.8

标定 calibrate

对照相关标准，校正测量仪器的指示或输出设备的误差。

3.9

标准试验 standard test

使用试验方法要求的试验件，按照试验程序在标定过的试验台架上进行的试验。

4 方法概要

4.1 试验发动机为 Mack E7-350 V-MAC II 型电控柴油机。试运转包括发动机升温和 1h 的磨合。正式试验包括两个阶段，第 I 阶段是发动机在转速为 1800r/min、负荷保持稳定的工况下运转 75h；第 II 阶段是发动机在转速为 1250r/min、负荷保持稳定的工况下运转 425h。

4.2 试验期间定时取油样并进行粘度增长和磨损金属含量的分析。

4.3 每次试验前，严格按照规定重新组装发动机。发动机做功部分解体后，用溶剂清洗，对零件进行测量后，使用新的活塞、活塞环、缸套和连杆轴瓦组装发动机。

4.4 用溶剂清洗发动机曲轴箱，更换已磨损或有缺陷的零件。

4.5 试验台架须配备合适的辅助设备控制发动机转速、负荷及各项发动机操作条件。

5 意义和用途

5.1 本方法通过试验前后的油样分析和零件测量来评价增压中冷、四冲程柴油机润滑油的抗磨损性能。

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 试验发动机为直列六缸、增压、中冷、开式燃烧室的 Mack E7-350 V-MAC II 电控四冲程柴

油机。缸径 124mm，冲程 165mm，排量 12L，转速在 1800r/min 时额定功率为 261kW。

6.1.2 试验室应清洁无尘。另外，建议对发动机安装间进行空气过滤并控制温度和湿度，防止尘土沉积在发动机零件上，控制温度有利于发动机零件的测量和选择。

6.1.3 试验燃油为低硫柴油，推荐规格见表 1。

表 1 T-9 低硫燃油规格

检测项目	范围	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	28 ~ 35	SH/T 0606
烯烃含量	报告	
饱和烃含量	报告	
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/℃	不低于 54	GB/T 261
浊点/℃	不高于 -12	GB/T 6986
倾点/℃	不高于 -18	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	177 ~ 199	GB/T 6536
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	

6.2 试验发动机

6.2.1 发动机

发动机零件为成套提供成套使用，见附录 C。

6.2.2 发动机冷却系统

6.2.2.1 为防止冷却系统结垢，每次试验使用一个新的 Mack 冷却液滤清器。

6.2.2.2 外部发动机冷却系统为加压式封闭系统，由热交换器(非铁质交换器芯)、冷却液罐和出口水温控制阀等部件组成。试验时冷却系统压力为 103kPa。发动机和冷却液罐之间安装一个观察窗，用于检查是否有空气进入或冷却液流量是否稳定。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.1。图中回油管和抽油管径分别为 10mm 和 13mm，直接连通油底壳和称量罐的管线内径尺寸不小于 13mm。

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，设置一个容积 9.5L 封闭式称量罐，用辅助机油泵以 5.7L/min ± 1.9L/min 的流量使机油在油底壳和称量罐之间循环。系统示意图见附录 B 中图 B.2。

6.2.5 窜气测量系统

使用排气型窜气测量仪或功能相当的设备测量窜气量。为防止窜气冷凝物回流到发动机，曲轴箱窜气管应下斜至冷凝物收集桶内。收集桶最小体积为 18.9L，窜气测量仪安装在收集桶之后，收集桶后窜气管线的斜度不做要求。

6.2.6 进气系统

6.2.6.1 本试验使用 Mack 空气滤清器，当滤清器前后压差达到 2.5kPa 时，需要更换滤清器滤芯。在距进气温度、压力和湿度测量装置至少相当 2 个进气管直径的距离前，安装一个调节阀，用于保持进气压力在规定的范围内。

6.2.6.2 用一个 Modine 中冷器来控制进气歧管温度，中冷器布置示意图见附录 B 中图 B.3。

6.2.7 燃油系统

燃油需要加热和冷却控制，推荐的系统示意图见附录 B 中图 B.4。

7 试剂与材料

7.1 试验油

每次试验约需 151L 试验油。

7.2 燃油

试验燃油为低硫柴油，推荐规格见表 1。

7.3 发动机冷却液

使用含盐量小于 0.03g/L 的去离子水或蒸馏水，允许在其中按生产厂推荐比例加入 Pencool 3000 添加剂。

7.4 清洗材料

用满足 GB 1922—80 标准的 190 号溶剂油清洗发动机零件。

7.5 EF-411

Mobile 石油公司生产的一种润滑油。

8 发动机组装前准备

8.1 发动机零件清洗

8.1.1 发动机缸体

用溶剂油喷洗发动机缸体，然后用压缩空气吹干。

8.1.2 摇臂罩和油底壳

用溶剂油洗净后，用压缩空气吹干。

8.1.3 辅助机油系统

用溶剂油冲洗机油管线和机油称量罐，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，然后用压缩空气吹干。

8.1.5 发动机缸盖

先用钢丝刷清理缸盖沉积物，然后用溶剂油洗去油泥等污物，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

更换有缺陷或有严重磨损的气门、气门座和气门弹簧，推荐每次试验使用新的气门、气门座、气门导管和气门弹簧。新气门导管要求扩孔至 $9.525\text{mm} \pm 0.013\text{mm}$ 。

8.3 缸套、活塞和活塞环安装

缸套、活塞和活塞环为成套提供并应成套使用。按照 Mack 维修手册中相关程序安装缸套，确保良好的传热性。

8.4 喷油器和喷油泵

每 500h 检修一次喷油器。建议不要随便拆卸喷油泵，当喷油泵出现问题时，推荐更换一台新喷油泵。

8.5 安装说明

8.5.1 概述

使用本方法规定的试验件并按规定更换新零件，不允许对材料或尺寸进行修改。如无特别说明，按照 Mack 维修手册组装发动机，安装时用 EF-411 或试验油做润滑剂。

8.5.1.1 节温器

节温器处于全开状态。

8.5.1.2 连杆轴瓦

每次试验安装新的连杆轴瓦。

8.5.1.3 主轴瓦

每次试验安装新的主轴瓦。

8.5.1.4 活塞内腔冷却喷嘴

仔细安装冷却喷嘴，确保活塞冷却良好。

8.5.2 新零件

试验零件为成套提供并成套使用，每次试验安装下列新零件，见附录 C。

8.5.2.1 缸套

8.5.2.2 活塞

8.5.2.3 活塞环

8.5.2.4 垫片组

8.5.2.5 机油滤清器

8.5.2.6 发动机冷却液滤清器

8.5.2.7 一级燃油滤清器

8.5.2.8 二级燃油滤清器

8.5.2.9 气门导管密封

8.5.2.10 连杆轴瓦

8.5.2.11 主轴瓦

8.6 测量

8.6.1 标定

每次参考油标机试验前或必要时，要标定热电偶、压力表、转速和燃油流量等测量设备。

8.6.2 温度测量

用热电偶和数字转换仪表或功能相当的设备测量温度。0℃~150℃范围内，在 100℃±1℃时，标定测量系统误差在±0.5℃内；在 0℃±1℃时，标定测量系统误差在±0.5℃内。热电偶头部置于被测流体的中心。

8.6.2.1 环境温度

在距离发动机等发热部件 2m~3m 且通风良好的位置安装热电偶测量环境温度。

8.6.2.2 冷却液温度

冷却液出口温度热电偶安装在节温器外壳前部的冷却液歧管处，热电偶头部安装在水流中心，见附录 B 中图 B.5。冷却液进口温度热电偶安装在机油冷却器弯头前 305mm 范围内，见附录 B 中图 B.6。

8.6.2.3 主油道机油温度

热电偶安装在发动机辅助驱动轴外壳顶部，见附录 B 中图 B.9。

8.6.2.4 进气温度

传感器安装在涡轮增压器进口处气流的中心，见附录 B 中图 B.7。建议测量进气湿度。

8.6.2.5 燃油进口温度

热电偶安装在喷油泵燃油进口处，见附录 B 中图 B.8。

8.6.2.6 排气歧管温度

热电偶安装在每个排气歧管的“T”型部位，与排气歧管压力传感器在同一个接头上，见附录 B 中图 B.7。

8.6.2.7 排气尾管温度

热电偶安装在排气尾管处，见附录 B 中图 B.7。

8.6.2.8 进气歧管温度

热电偶安装在进气歧管上，见附录 B 中图 B.10。

8.6.2.9 其他温度

监测其他与试验有关温度，有助于试验工况保持稳定。

8.6.3 压力测量

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处，见附录 B 中图 B.6。

8.6.3.2 主油道机油压力

压力传感器安装在机油滤清器支架上部，见附录 B 中图 B.6。

8.6.3.3 排气歧管压力

压力传感器安装在每侧排气歧管的“T”型部位，与排气歧管温度热电偶在同一个接头上，见附录 B 中图 B.7。

8.6.3.4 进气歧管压力

压力传感器安装在进气歧管处，见附录 B 中图 B.10。

8.6.3.5 进气压力

压力传感器安装在涡轮增压器前的进气管处，见附录 B 中图 B.7。

8.6.3.6 排气背压

压力传感器安装在涡轮增压器后 30.5mm~40.6mm 间的排气直管处，压力传感器头部置于被测流体中心，见附录 B 中图 B.7。

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或其他曲轴箱的开口处。

8.6.3.8 大气压力

压力传感器安装在实验室内距地面高约 1.2m 的合适位置。

8.6.4 曲轴箱窜气量

将窜气测量仪连接到摇臂罩跨接管测量发动机窜气。

8.6.5 燃油流量测量

测量设备安装在一级燃油滤清器前面的燃油管线处。在燃油系统中，一级燃油滤清器安装在输油泵前，二级燃油滤清器安装在喷油泵前。精确测量燃油流量需要合适的回油量。

注：试验时必须保证燃油回油畅通。

8.6.6 湿度测量

湿度传感器安装在进气滤清器和涡轮增压器之间，不能影响进气温度和压力的测量。每 8h 测量一次湿度并记录。

8.7 系统时间响应

仪表控制和测量系统最大允许的系统时间响应见表 2。

表 2 最大允许的系统时间响应

测量项目	时间响应/s
转速	2.0
温度	3.0
压力	3.0
流量	待定

9 试验步骤

9.1 试验油添加

发动机初始加油量为 39.2kg, 其中油底壳中约 22.9kg, 机油滤清器中约 3.3kg, 机油冷却器中约 1.6kg, 机油称量罐和管线约 11.4kg。加油时先向机油滤清器(每个滤清器加一半)中加 3.3kg, 然后打开辅助机油泵, 另外的 35.9kg 试验油通过发动机加油管直接加入。

9.2 发动机启动

每次启动发动机时, 先使发动机在转速为 1000r/min ~ 1400r/min、20% ~ 30% 负荷工况下运转, 使油底壳机油温度达到 66℃ ~ 77℃, 启动时间不计入试验时间。

注: 发动机启动前, 人为转动发动机, 使发动机油道充满机油, 可显著提高发动机的耐久性。

9.3 发动机试运转

9.3.1 发动机启动后, 按表 3 所列条件进行试运转。

9.3.2 试运转后, 放净试验油, 更换所有机油滤清器, 按 9.1 条重新添加试验油, 按 9.5 条进行正式试验。

表 3 试运转试验条件

参 数	试运转试验条件	
时间/min	30	30
发动机转速/(r/min)	1250	1800
发动机扭矩/(N·m) ^a (±1%) ^b	1731	1384
^a 在 98.2kPa、29.5℃条件下的干燥空气中;		
^b 当参数超出范围时, 应采取适当的调整措施。		

9.4 发动机停机

9.4.1 每次停机前, 先使发动机转速在 1000r/min ~ 1400r/min 和无负荷的工况下运转 10min, 然后切断燃油。停机时间不计入试验时间。

9.4.2 每次停机次数超过 15 次或停机时间超过 200h 的试验为无效试验。

9.5 正式试验

9.5.1 正式试验包括两个阶段: 第 I 阶段, 发动机在转速为 1800r/min、最大功率的工况下运转 75h; 第 II 阶段, 发动机在转速为 1250r/min、最大扭矩的工况下稳定运转 425h。正式试验条件见表 4。

9.5.1.1 在 I 阶段, 通过对油样进行烟炱含量分析调整喷嘴提前角, 使第 75h 时的机油烟炱含量在 1.5% ~ 2.0% 之间。

9.5.1.2 如有必要, 可以在试验的 125h ± 8h、250h ± 8h 和 375h ± 8h(II 阶段的 50h ± 8h、175h ± 8h 和 300h ± 8h)调整气门间隙。

9.5.2 参照附录 F 确定试验的操作有效性。

表 4 正式试验条件

参 数	范 围	
	I 阶段	II 阶段
试验时间/h	75	425
喷油提前角/(°)(BTDC)	可调整	24
控 制 参 数 ^a		
发动机转速/(r/min)	1800 ± 5	1250 ± 5
燃油流量/(kg/h)	63.3 ± 0.6	55.0 ± 0.5
进气歧管温度/℃	43 ± 3 ^b	43 ± 3 ^b
冷却液出口温度/℃	85 ± 3	85 ± 3
燃油进口温度/℃	40 ± 1	40 ± 1
进气温度/℃	25 ± 3	25 ± 3
进气压力/kPa	2.50 ± 0.25	2.50 ± 0.25
排气背压/kPa	3.1 ± 0.4	3.1 ± 0.4
冷却液系统压力/kPa	103 ± 6	103 ± 6
非 控 制 参 数		
发动机扭矩/(N·m)	1361 ~ 1457 ^c	2118 ~ 2208 ^c
排气歧管温度/℃	605 ~ 674	605 ~ 674
排气尾管温度/℃	428 ~ 474	514 ~ 559
进气歧管压力/kPa	185 ~ 201 ^c	149 ~ 164 ^c
曲轴箱压力/kPa	0.27 ~ 0.60	0.27 ~ 0.60
主油道机油温度/℃	101 ~ 109	101 ~ 109
主油道机油压力/kPa	365 ~ 436 ^d	227 ~ 284 ^d
中冷器压差 ΔP /kPa	≤ 13.6	≤ 13.6
机油滤清器压差变化 ΔP /kPa	≤ 138 ^e	≤ 138 ^e
^a 所有控制参数都应控制在中值附近； ^b 在 98.2kPa、29.5℃条件下的干燥空气中； ^c 当参数超出控制范围时，应采取适当的纠正措施； ^d 为 15W/40 油的压力值，其他等级的机油可能有不同的结果； ^e 如果机油滤清器压差变化 ΔP 超过 138kPa，应更换二个全流式机油滤清器。		

9.6 机油定期取样和补油

9.6.1 在 I 阶段运转 1h 后，按机油称量罐中机油质量确定机油初始满刻度。

9.6.2 在 II 阶段运转 1h 后，按机油称量罐中机油质量重新确定机油初始满刻度。

9.6.3 在试验第 25h、75h、425h 和 475h，只取样不补油，其中在 25h 和 75h 取 118mL，425h 和 475h 取 30mL。每次取样前，先放出 473mL 死区油，取样后，再将所取死区油加回发动机。

9.6.4 在试验第 50h、100h、150h、200h、250h、300h、350h、400h、450h 和 500h，既取样又补油。每次取样前，先放出 473mL 死区油，取 118mL 油样后，再将所取死区油加回发动机。然后，先放油至各阶段机油初始满刻度下 2.27kg，再补加 2.27kg 新油。

9.7 机油消耗率计算

9.7.1 每 1h 记录一次机油质量，试验后计算机油消耗率。

9.7.2 在第一个 50h，机油称量系统还没有最后稳定，所以以第 51h 到第 500h 间 9 个 50h 试验周期机油消耗率的平均值作为整个试验的机油消耗率。

9.7.3 由式(1)计算每一个 50h 试验周期的机油消耗率：

$$\text{机油消耗率}(\text{g/kW}\cdot\text{h}) = (FW - W) / (P \times 50) \quad \text{..... (1)}$$

式中：

FW ——上一个 50h 试验周期取样、加油后机油称量系统记录值，g；

W ——本试验周期取样、加油前机油称量系统记录值，g；

P ——发动机功率，kW。

9.8 燃油取样

试验开始和结束后，各取 0.95L 燃油作为分析油样。

9.9 定期测量

9.9.1 按 9.9.2 条每隔 6min 测量记录各试验参数，控制系统必须能够自动采集试验数据，参数测量的最小精度见表 5。

表 5 参数测量最小精度

参 数	最小精度	参 数	最小精度
发动机转速	1 r/min	曲轴箱窜气量	1 L/min
燃油流量	0.1 kg/h	冷却液进口温度	0.1℃
冷却液出口温度	0.1℃	主油道机油温度	0.1℃
燃油进口温度	0.1℃	排气歧管温度	1℃
进气温度	0.1℃	排气尾管温度	1℃
进气歧管温度	0.1℃	主油道机油压力	1 kPa
排气背压	0.1 kPa	曲轴箱压力	0.1 kPa
进气压力	0.1 kPa	进气歧管压力	1 kPa
发动机扭矩	1 N·m	中冷器前进气压力	1 kPa
发动机功率	1 kW	中冷器压差	0.1 kPa
湿 度	0.1 g/kg		

9.9.2 试验参数

9.9.2.1 发动机转速，r/min

9.9.2.2 发动机扭矩，N·m

9.9.2.3 主油道机油温度，℃

9.9.2.4 冷却液出口温度，℃

9.9.2.5 冷却液进口温度，℃

9.9.2.6 进气温度，℃

9.9.2.7 进气歧管温度，℃

9.9.2.8 进气歧管压力，kPa

9.9.2.9 燃油流量，kg/h

9.9.2.10 燃油进口温度，℃

9.9.2.11 排气背压，kPa

- 9.9.2.12 滤清器前机油压力, kPa
- 9.9.2.13 主油道机油压力, kPa
- 9.9.2.14 曲轴箱压力, kPa
- 9.9.2.15 排气歧管前端温度, °C
- 9.9.2.16 排气歧管后端温度, °C
- 9.9.2.17 进气压力, kPa
- 9.9.2.18 排气尾管温度, °C
- 9.9.2.19 曲轴箱窜气量, L/min
- 9.9.2.20 排气歧管前端压力, kPa
- 9.9.2.21 排气歧管后端压力, kPa
- 9.9.2.22 进气湿度, g/kg

9.10 窜气

至少每 8h 测量记录一次窜气量, 测量时注意防止机油进入窜气测量管中。

9.11 离心式机油滤芯增重

试验前, 称量并记录离心式机油滤芯的质量。试验后, 拆下离心式机油滤芯倒置放油 30min 后, 称量并记录其质量, 最后计算离心式机油滤芯增重。

9.12 机油滤清器压差变化 ΔP 的计算

由式(2)计算机油滤清器压差变化 ΔP :

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

式中:

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

$\Delta p_{\text{初始}}$ ——试验开始时机油滤清器两端的压差, kPa。

试验过程中, 当滤清器压差变化 ΔP 大于 138 kPa 时, 需要更换机油滤清器, 则滤清器压差变化等于更换后所测滤清器压差与更换前所测滤清器压差之和; 如果试验中间出现停机情况, 则滤清器压差变化等于继续试验后所测滤清器压差与停机前所测滤清器压差之和。

10 发动机、燃油和试验油的测量和分析

10.1 试验前发动机的测量

10.1.1 活塞

本试验不需要对活塞进行测量。

10.1.2 活塞环称量

10.1.2.1 用溶剂油清洗活塞环, 然后用压缩空气吹干, 最后用戊烷洗净。操作时要戴上手套或使用带有塑料护套的镊子。

10.1.2.2 用精度为 1mg 的天平称量第一环、第二环和油环的质量。其中油环质量包括油环膨胀圈的质量。

10.1.3 连杆轴瓦称量

10.1.3.1 称量前, 先在连杆轴瓦定位凹槽处标记瓦号。

10.1.3.2 用溶剂油清洗所有连杆轴瓦, 然后用压缩空气吹干, 最后用戊烷洗净。操作时要戴上手套或使用带有塑料护套的镊子。

10.1.3.3 用精度为 1mg 的天平称量连杆轴瓦质量。

10.2 试验后发动机的测量

10.2.1 活塞

10.2.1.1 拆卸活塞前, 要仔细清除缸套顶部的积炭, 注意不要损伤缸套内表面。

10.2.1.2 本试验不需要对活塞进行测量。

10.2.2 缸套磨损测量

10.2.2.1 为保证测量的准确度和精密度,建议在恒温恒湿的实验室中进行测量。

10.2.2.2 试验结束后,对发动机进行解体。拆卸缸套前,在每个缸套的顶端按时钟的12个位置做12个标记,以发动机正前位置为12点钟。测量缸套内表面在活塞第一环运动范围内的磨损量,缸套磨损测量说明见附录D。

10.2.3 活塞环称量

10.2.3.1 在喷沙装置中用胡桃壳颗粒除去活塞环表面的积炭。

10.2.3.2 用2500mL水和50mL Natural Orange 溶剂(或功能相当的溶剂)在容器中混合,把活塞环放入容器中,再把容器放入超声波清洗器中清洗15min后,检查活塞环是否干净。如果还有积炭存在,再清洗5min~10min。

10.2.3.3 从清洗器中取出活塞环后,立即用热水冲洗,然后用溶剂油清洗,再用压缩空气吹干,最后用戊烷洗净。操作时要戴上手套或使用带有塑料护套的镊子。

10.2.3.4 用精度为1mg的天平称量第一环、第二环和油环,其中油环质量包括油环膨胀圈的质量。

10.2.4 连杆轴瓦称量

10.2.4.1 用溶剂油清洗所有连杆轴瓦,然后用压缩空气吹干,最后用戊烷洗净。操作时要戴上手套或使用带有塑料护套的镊子。

10.2.4.2 用精度为1mg的天平称量连杆轴瓦质量。

10.3 试验油分析

试验油分析项目参见附录A之附件3。烟炱含量分析采用热重分析方法(TGA),见附录G。运动粘度分析采用GB/T 11137标准,总碱值分析采用SH/T 0251标准,总酸值分析采用GB/T 7304标准,元素含量分析采用GB/T 17476标准。

10.4 燃油分析

燃油分析项目参见附录A之附件5,在试验开始前和结束后各取0.95L燃油进行密度和硫含量分析。

10.5 机油消耗率

机油消耗率一般不大于 $0.182\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 。对于标定试验,如果油耗超过 $0.304\text{g/kW}\cdot\text{h}$,则认定该标定试验无效,此时应从参比油和发动机两方面查找原因。

11 参比油标定试验及非参比油试验要求

11.1 参比油标定

为保证试验的一致性和苛刻度水平,在如下情况下必须对试验台架和发动机进行标定:

11.1.1 新建立的试验台架必须进行标定。

11.1.2 非参比油试验时间累计达5000h要对试验台架和发动机进行标定。

11.2 试验结果

11.2.1 本方法规定的评价项目为平均第一环失重(mg)、修正后的平均缸套磨损量(μm)和修正后的试验油铅含量变化 $\Delta\text{Pb}(\mu\text{g/g})$ 。

11.2.2 平均第一环失重计算

11.2.2.1 检查第一环是否有剥落现象,有剥落的第一环不能用于计算平均第一环失重。

11.2.2.2 使用ASTM E 178方法(95%置信水平)确定是否有失重超限环。

11.2.2.3 去掉剥落环和失重超限环,计算剩余环的平均失重。计算平均第一环失重最少需要三个环。如果剥落环超过两个,则该试验为无效试验。

11.2.3 平均缸套磨损量计算和修正

11.2.3.1 剥落第一环对应的缸套不能用来计算平均缸套磨损量。

11.2.3.2 使用 ASTM E 178 方法(95%置信水平)确定是否有磨损超限缸套。

11.2.3.3 用所有磨损值未超限且对应第一环未出现剥落的缸套来计算平均缸套磨损量。计算平均缸套磨损量最少需要四个缸套。如果由于第一环剥落,用来计算的缸套少于四个,则该试验为无效试验。如果由于第一环剥落,用来计算的缸套恰好为四个,就不再按照 11.2.3.2 条剔除磨损超限缸套,即用这四个缸套计算平均缸套磨损量。

11.2.3.4 按照式(3)对平均缸套磨损量进行修正

$$ALW = ALACLW + 10.46(1.75 - SOOTAVG)\mu m \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ALW——修正后的平均缸套磨损量, μm ;

ALACLW——剔除无效缸套后的平均缸套磨损量, μm ;

SOOTAVG——75h~500h 的 10 个油样烟炱含量测量值的算术平均值。

11.2.4 试验油铅含量变化 ΔPb 的计算和修正

11.2.4.1 先计算平均连杆上瓦失重。

11.2.4.2 使用 ASTM E 178 方法(95%置信水平)确定是否有失重超限的连杆上瓦。

11.2.4.3 按照式(4)对铅变化量 ΔPb 进行修正

$$\Delta Pb = (Pb_{500} - Pb_{新}) \times (OABWLU / ABWLU) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Pb_{500} ——第 500h 油样中的 Pb 含量, $\mu g/g$;

$Pb_{新}$ ——新油样中的 Pb 含量, $\mu g/g$;

OABWLU——剔除失重超限上瓦后的连杆上瓦平均失重, mg;

ABWLU——所有连杆上瓦平均失重, mg。

11.3 参比油及非参比油试验要求

11.3.1 第 75h 时的机油烟炱含量在 1.5%~2.0%之间的试验为有效试验。如果第 75h 时的机油烟炱含量不在 1.5%~2.0%之间,则认定该试验无效,应终止试验。

11.3.2 喷油提前角的调整可以在试验的前 75h 内任意时间进行。调整时,以试验最初的喷油提前角为基准,调整量不能超过 $\pm 5^\circ$ 。

11.3.3 使用 1005 或 1005-1 参比油进行标定,参比油标机指标见表 6。

表 6 参比油标机指标

评 定 项 目	参比油标机指标			
	1005 参比油		1005-1 参比油	
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
修正后平均缸套磨损量/ μm	24.4700	2.3500	24.6400	2.9064
平均第一环失重/mg	84.3400	29.2900	93.7000	16.7163
修正后试验油铅含量变化的平方根	5.7970	1.2030	7.2980	1.1251

12 试验报告

试验报告格式参见附录 A。

13 精密度和偏差

13.1 精密度

按下述规定判断试验结果的可靠性(95%置信水平)

13.1.1 重复性(r)

同一操作者用同一试验台架对同一油品连续测定的两次试验结果之差不应超过表 7 规定的数值。

13.1.2 再现性(R)

不同实验室的不同操作者,使用不同试验台架对同一油品测定的两次试验结果之差不应超过表 7 规定的数值。

表 7 精密度

试 验 结 果	重 复 性	再 现 性
修正后平均缸套磨损量/ μm	5.96	6.58
平均第一环失重/mg	80.36	80.36
修正后试验油铅含量变化的平方根	3.226	3.226

附 录 A
(资料性附录)

柴油机油性能评定试验报告 (Mack T-9 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 _____
燃 料 油 _____
试验单位 _____

一、试验结果汇总

试验主要项目	结 果
平均烟炱含量(TGA)/%(质量分数), 第 75h	
平均烟炱含量(TGA)/%(质量分数), 75h ~ 500h	
平均机油消耗/(g/kW·h)	
机油滤清器压差变化 ΔP /kPa	
离心式机油滤芯增重/g	
试验后总碱值/(mgKOH/g)	

评价项目	修正后试验油铅含量变化 ΔPb /($\mu g/g$)	修正后平均缸套磨损量/ μm	平均第一环失重/mg
试验结果			

日 期: _____

试验工程师: _____

试验负责人: _____

单位负责人: _____

二、附 件

附件 1: 连杆轴瓦失重

缸 号	位 置	试验前质量/g	试验后质量/g	失重/mg
1	上瓦			
2	上瓦			
3	上瓦			
4	上瓦			
5	上瓦			
6	上瓦			

总 结	所有测量值	剔除超限值后
上瓦平均失重/mg		
上瓦失重标准偏差/mg		
上瓦最小失重/mg		
上瓦最大失重/mg		
超限上瓦对应缸号		

缸 号	位 置	试验前质量/g	试验后质量/g	失重/mg
1	下瓦			
2	下瓦			
3	下瓦			
4	下瓦			
5	下瓦			
6	下瓦			
下瓦平均失重/mg				
下瓦失重标准偏差/mg				
下瓦最小失重/mg				
下瓦最大失重/mg				

附件 2: 活塞环失重

缸 号	第一环试验前质量/g	第一环试验后质量/g	第一环失重/mg
1			
2			
3			
4			
5			
6			

总 结	所有测量值	剔除超限值后
第一环平均失重/mg		
第一环失重标准偏差/mg		
第一环最小失重/mg		
第一环最大失重/mg		
超限第一环对应缸号		
剥落第一环对应缸号		

缸 号	第二环试验前质量/g	第二环试验后质量/g	第二环失重/mg
1			
2			
3			
4			
5			
6			
		第二环平均失重/mg	
		第二环失重标准偏差/mg	
		第二环最小失重/mg	
		第二环最大失重/mg	

缸 号	油环试验前质量/g	油环试验后质量/g	油环失重/mg
1			
2			
3			
4			
5			
6			
		油环平均失重/mg	
		油环失重标准偏差/mg	
		油环最小失重/mg	
		油环最大失重/mg	

附件 3：试验油分析结果汇总

时 间	烟炱含量(TGA)/ %(质量分数)	100℃运动 粘度/(mm²/s)	100℃运动粘度 增长/(mm²/s)	总碱值/ (mgKOH/g)	总酸值/ (mgKOH/g)
新油			—		
25h					
50h					
75h(1)					
75h(2)		—	—	—	—
75h(平均)		—	—	—	—
100h					
150h					
200h					
250h					
300h					
350h					
400h					
450h					
500h					

时 间	元素含量/(μg/g)							
	Fe	Pb	Cu	Cr	Al	Si	Sn	Na
新油								
25h								
50h								
75h(1)								
75h(2)	—	—	—	—	—	—	—	—
75h(平均)	—	—	—	—	—	—	—	—
100h								
150h								
200h								
250h								
300h								
350h								
400h								
425h	—		—	—	—	—	—	—
450h								
475h	—		—	—	—	—	—	—
500h								

总 结	测 量 值	修 正 值
试验油铅含量变化 ΔPb/(μg/g)		

附件 4: 缸套磨损量汇总

位 置	磨 损 量/ μm					
	缸 号					
	1	2	3	4	5	6
1:00						
2:00						
3:00(承压面)						
4:00						
5:00						
6:00(后)						
7:00						
8:00						
9:00(非承压面)						
10:00						
11:00						
12:00(前)						
平 均						

总 结	所有测量值	剔除超限值后	修 正 值
平均值/ μm			
标准偏差/ μm			—
最小值/ μm			—
最大值/ μm			—
剥落第一环对应缸号			—
超限缸套对应缸号			—

附件 5: 燃油分析

检 测 项 目	质量指标	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)				
芳烃含量	28 ~ 35			SH/T 0606
烯烃含量	报告			
饱和烃含量	报告			
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/℃	不低于 54			GB/T 261
浊点/℃	不高于 -12			GB/T 6986
倾点/℃	不高于 -18			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	177 ~ 199			GB/T 6536
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			

附件 6：非计划停机和维修记录

停机次数： 次		
停机时间/h	试验时间/h	原 因
总停机时间/h		

备 注

--

附件 7：试验操作条件汇总

控制参数	QI 限值	试验 QI	目标值		平均值	采样量	错误数据 个数	超限数据 个数
发动机转速/(r/min)	0.000		1800	1250				
燃油流量/(kg/h)	0.000		63.28	55.00				
冷却液出口温度/℃	0.000		85					
燃油进口温度/℃	0.000		40					
进气温度/℃	0.000		25					
进气歧管温度/℃	0.000		43					
排气背压/kPa	0.000		3.1					
进气压力/kPa	0.000		2.5					
非控制参数	范 围			平均值		—		
发动机扭矩/(N·m)	1361 ~ 1457	2118 ~ 2208						
发动机功率/kW	258 ~ 267	280 ~ 288						
进气湿度/(g/kg)	4.3 ~ 78.6							
曲轴箱窜气量/(L/min)	41.2 ~ 184.3	23.6 ~ 148.7						
冷却液进口温度/℃	76 ~ 82							
主油道机油温度/℃	101 ~ 109							
排气歧管前端温度/℃	605 ~ 658							
排气歧管后端温度/℃	613 ~ 674							
排气尾管温度/℃	428 ~ 474	514 ~ 559						
主油道机油压力/kPa	365 ~ 436	227 ~ 284						
曲轴箱压力/kPa	0.27 ~ 0.60							
进气歧管压力/kPa	185 ~ 201	149 ~ 164						
中冷器前进气压力/kPa	193 ~ 205	152 ~ 169						
中冷器压差/kPa	13.6							

附录 B

(规范性附录)

传感器的安装位置和辅助系统流程

合理安装传感器对试验非常重要，T-9 台架试验发动机部分传感器的位置和辅助系统流程见图 B.1、图 B.2、图 B.3、图 B.4、图 B.5、图 B.6、图 B.7、图 B.8、图 B.9 和图 B.10。

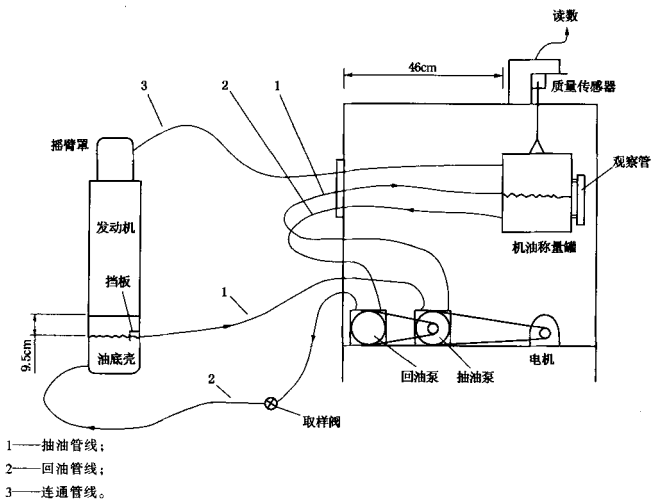


图 B.1 发动机机油系统管线示意图

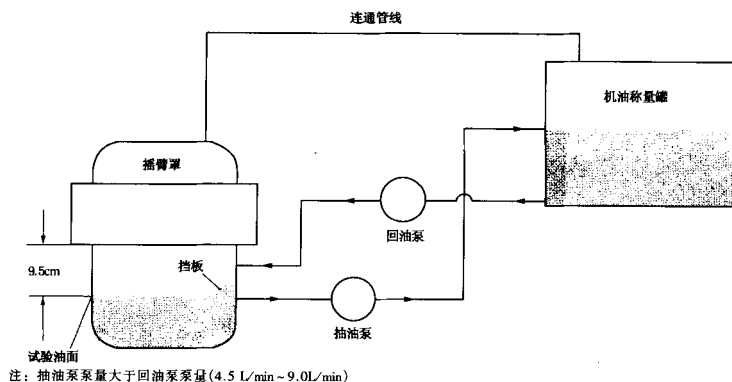


图 B.2 辅助机油系统示意图

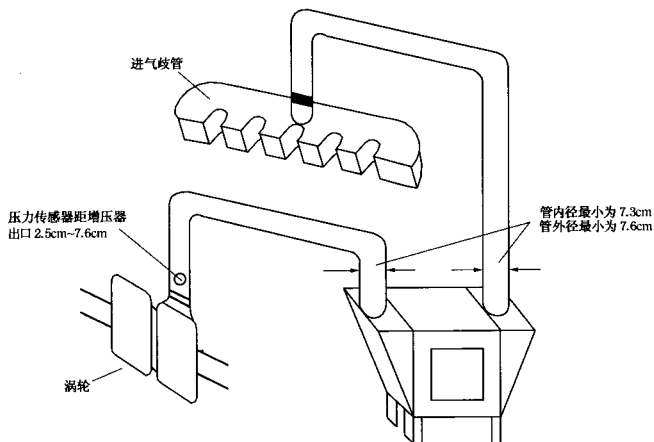
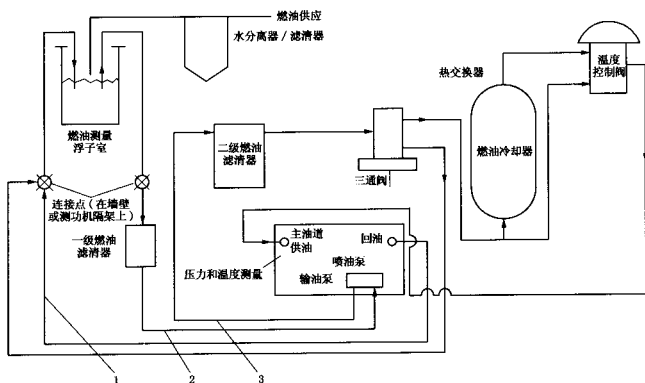


图 B.3 中冷器配置示意图



- 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.4 试验燃油系统结构示意图

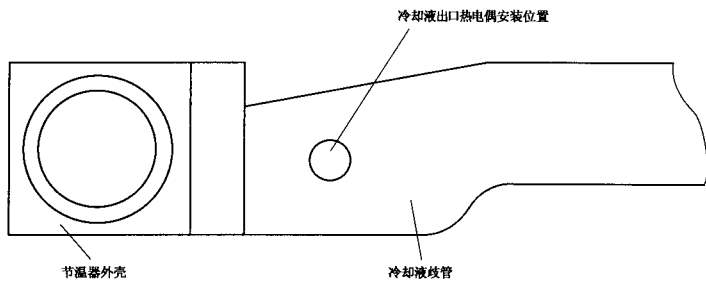


图 B.5 冷却液出口热电偶安装位置(俯视图)

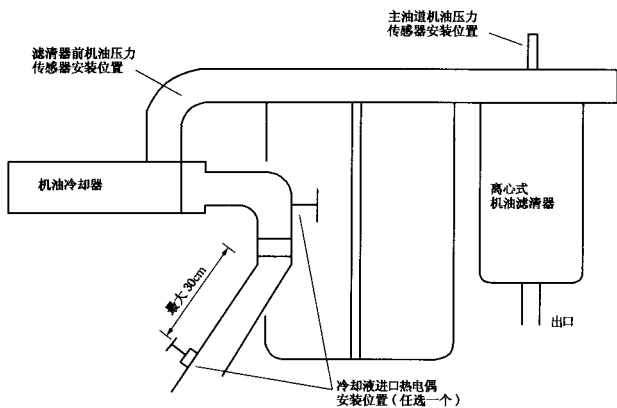


图 B.6 机油压力传感器和冷却液进口热电偶安装位置

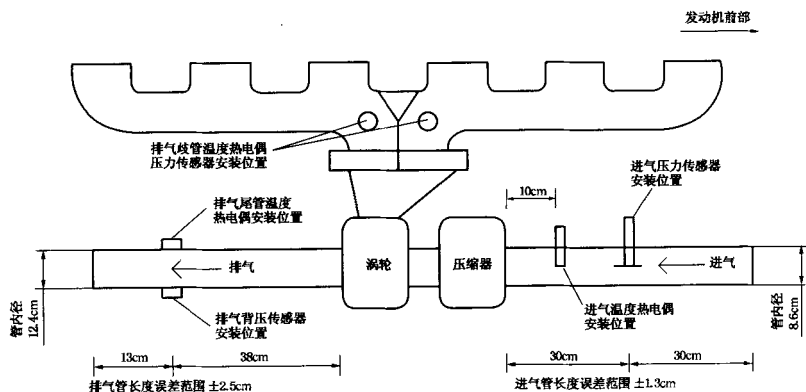


图 B.7 进气歧管、排气歧管和排气尾管温度和压力传感器安装位置

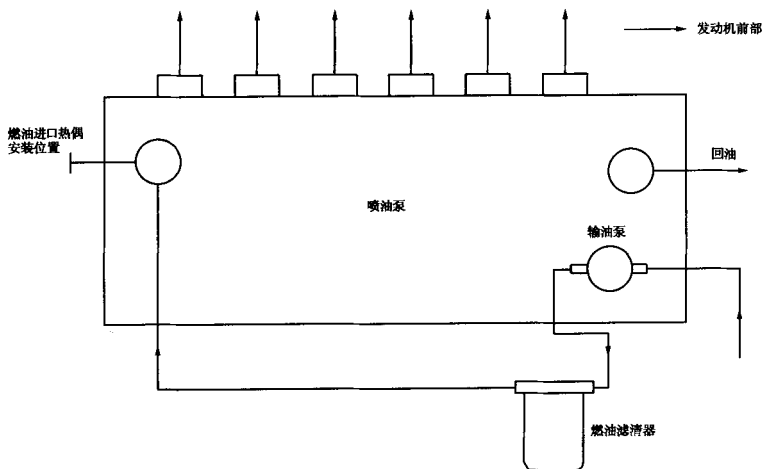


图 B.8 燃油进口热电偶安装位置

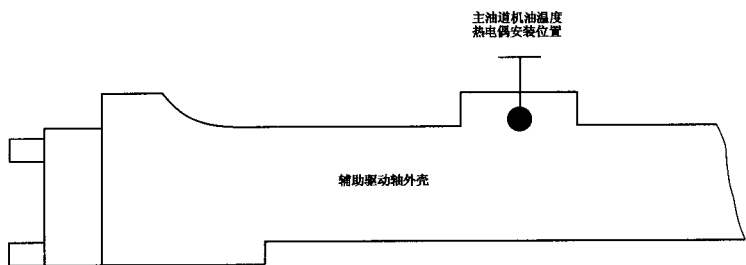


图 B.9 主油道机油温度热电偶安装位置

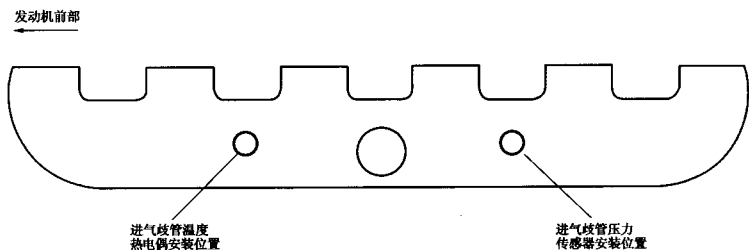


图 B.10 进气歧管温度和压力传感器安装位置

附 录 C
(规范性附录)
每次试验需要的新零件

C.1 每次试验所需新零件见表 C.1。

表 C.1 每次试验所需新零件

序号	零件名称	Mack 零件编号	数 量
1	缸套	509GC471	6
2	活塞	240GC2256	6
	活塞冠部	240GC5114M	
	活塞裙部	240GC5119M	
3	活塞环	353 GC2141	6
	第一环	349GC3107	
	第二环	349GC3108	
	油环	350GC343	
4	垫片组	57GC2115A	2
		57GC2118A	1
		57GC2119	1
5	全流式机油滤清器	485GB3191B	2
	离心式机油滤清器盘	239GB244A	1
6	发动机冷却液滤清器	25MF435B	1
7	一级燃油滤清器	483GB444	1
8	二级燃油滤清器	483GB440	1
9	气门导管密封	446GB296	24
10	连杆轴瓦	62GB327 62GB328	6
	上瓦		
	下瓦		

附 录 D
(规范性附录)
缸套磨损测量说明

- D.1** 使用美国精密仪器公司生产的 Microanalyzer 2000 形貌仪测量缸套磨损量。
- D.2** 在活塞环运动区域使用硬纤维布清理干净缸套内表面的积炭, 然后用镜头纸蘸酒精彻底擦洗残留的油迹和脏物。
- D.3** 在每个缸套的顶端按时钟的 12 个位置做 12 个标记, 以发动机正前位置为 12 点钟。
- D.4** 推荐把缸套放在两个“V”型铁块上测量缸套磨损量, 这样可以使缸套绕中心轴线作 360° 转动。调整两个“V”型铁块, 使缸套轴线与水平面夹角在 $\pm 1^\circ$ 范围内。每次测量前, 先测量一段长 50.8mm 的未磨损区域, 测量过程中微调测量仪, 使测量探头的运动方向与缸套内表面保持水平。每次调整后连续测量 6 个缸套。
- D.5** 测量探头和被测区域尺寸见图 D.1。测量的磨损区域长 50.8mm, 其中的 2.54mm 在第一环运动区域的上方。

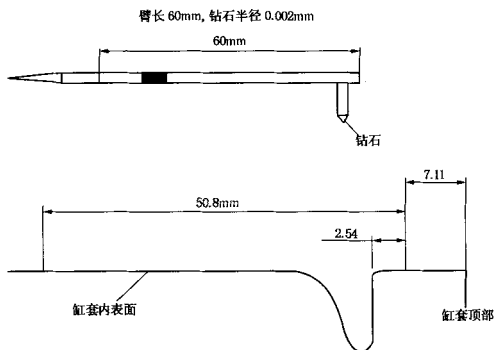


图 D.1 测量探头和被测区域尺寸

- D.6** 设定测量探头运动速度为“0.63mm/s”。把型式类型设定为“最小平方线”类型, 把粗糙度过滤类型设定为“高斯型曲线”, 截距设为“0.80mm”, 见图 D.2。
- D.7** 水平矫正线——如无异常图形出现时, 右侧定位线置于末尾测量点处, 左侧定位线置于距末尾测量点 20mm 处。
- D.8** 表面波度(Wt)测量线——右侧定位线置于末尾测量点处, 左侧定位线置于最大磨损点的左侧。
- D.9 异常图形**
- D.9.1** 右侧异常图形——当迹线的末端出现明显的翘起或垂下的尾巴时, 可视为右侧异常图形。此时, 要把右侧定位线移到异常图形的左侧, 使水平矫正线和测量线不包括这段异常图形。
- D.9.2** 左侧异常图形——在最大磨损点右侧附近出现隆起或凹陷时, 可视为左侧异常图形, 此时需要操作者确定最佳水平矫正线, 迹线水平时说明矫正效果较好。
- D.9.3** 擦伤——当在最大磨损点下部发生擦伤时, 需要测量 ΔZ 来确定磨损值, 此时需要操作者确定最佳水平矫正线(参考 D.9.2 条)。

D.10 输出

D.10.1 表面波度参数 W_t 代表所测量的缸套磨损量。见图 D.2。

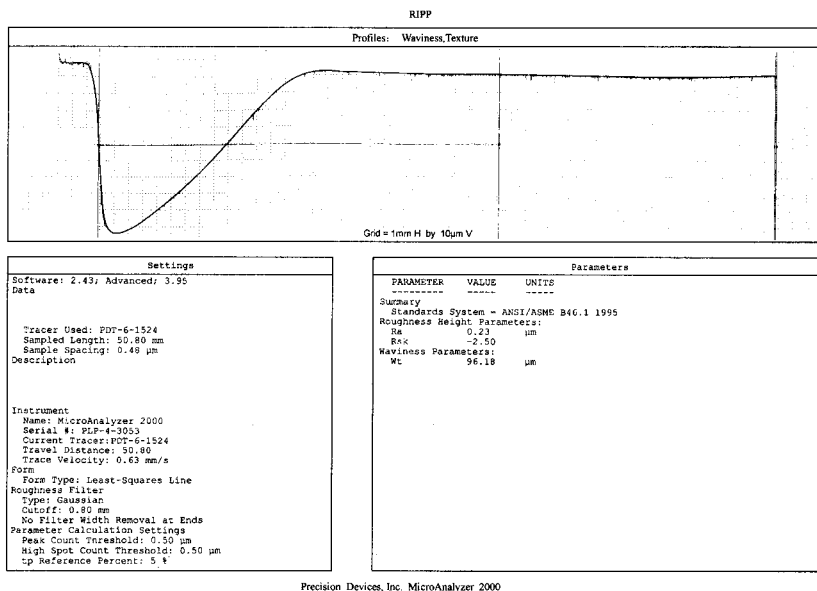


图 D.2 缸套磨损测量参数设置、矫正线和测量线

附录 E

(规范性附录)

安全防护措施

E.1 发动机台架试验具有一定的危险性，试验室应制定有关的安全操作规程，采取有效的安全措施，以避免造成人体伤害和设备损坏。

E.2 安装人员和试验操作人员要经过专门培训。安装人员要掌握有关工具的使用和设备安装方法，试验操作人员应具备及时发现和处理试验过程中突发事件的能力。

E.3 防护设备

E.3.1 在零件清洗间、发动机安装间、试验操作间和零件评分间附近配备淋浴或眼睛冲洗设备。

E.3.2 为试验操作人员提供适宜的防护面具和手套等安全设备。

E.3.3 实验室配备干式灭火设备。

E.3.4 试验台架所有外露转动和发热部件应加装防护罩。

E.4 安全措施

E.4.1 试验时，操作人员要时刻注意燃油、机油、排气和冷却液等有无泄漏，发现泄漏时要及时妥善处理。

- E.4.2 操作人员在发动机附近工作时要佩带防护面具或防护镜,穿紧身工作服、不留长发。
- E.4.3 燃油管线、机油管线和电源线的布置要井然有序,并经常进行检查和维修。
- E.4.4 试验台架周围禁放障碍物以及装有机油和燃油的容器。
- E.4.5 保持发动机外表面、辅助设备表面及地面清洁,无燃油和机油泄漏。
- E.4.6 试验台架配备保护装置,当出现发动机或测功机水温过高、发动机机油压力过低、测功机断电、发动机超速、排气系统失效等问题时,发动机能够自动停机。

附录 F (规范性附录)

试验操作有效性的确定

F.1 质量指数计算:

F.1.1 依照 ASTM 数据采集和控制自动化(DACA)II 报告计算控制参数的质量指数(QI),并对丢失或错误的试验数据进行说明。

F.1.2 按照表 F.1,使用 U 、 L 、高出范围和低于范围的数值计算 QI 值。

F.1.3 由于试验第 II 阶段的前 30min 处于不稳定状态,所以该阶段的数据不用于计算 QI 值。

F.1.4 QI 值近似到 0.001。

F.1.5 报告 QI 值,参见附录 A。

F.2 平均值——计算控制参数和非控制参数的平均值并报告,参见附录 A。虽然平均值不能直接用来确定试验操作的有效性,但平均值对工程检验是有帮助的,见 F.4。

F.3 试验操作有效性的确定——用于判断试验操作有效性的 QI 限值见表 F.1。

F.3.1 所有控制参数的 QI 值大于或等于限值的试验为操作有效性试验。

F.3.2 任何控制参数的 QI 值小于限值的试验需要工程检验确定其操作有效性。

F.4 工程检验

F.4.1 当一个控制参数 QI 值低于限值时,需要进行工程检验,典型的做法是通过对试验数据的检查来确定试验数据低于限值的原因。例如,如果燃油流量 QI 值低于限值,检查燃油流量数据时会发现许多超差数据,这时可以通过分析排气温度数据确定是试验装置出现问题还是数据采集出现问题。

F.4.2 试验操作有效性的最后确认由试验室完成。

表 F.1 质量指数计算数值

试验控制参数	单 位	QI 限值	质量指数 U 和 L 值				高于和低于范围的值	
			U		L		低	高
			I 阶段	II 阶段	I 阶段	II 阶段		
发动机转速	r/min	0.000	1802.5	1252.5	1797.5	1247.5	1073	1976
燃油流量	kg/h	0.000	64.28	56.00	62.28	54.00	0	138
冷却液出口温度	℃	0.000	86.2	86.2	83.8	83.8	0	169
燃油进口温度	℃	0.000	40.6	40.6	39.4	39.4	0	105
进气温度	℃	0.000	26.6	26.6	23.4	23.4	0	135
进气歧管温度	℃	0.000	43.6	43.6	42.4	42.4	0	81
排气背压	kPa	0.000	3.3	3.3	2.9	2.9	0	16
进气压力	kPa	0.000	2.7	2.7	2.3	2.3	0	14

附 录 G
(规范性附录)
烟炷热重分析(TGA)程序

G.1 烟炷热重分析(TGA)程序

G.1.1 油样准备

G.1.1.1 取 113g 分析油样;

G.1.1.2 确保样品瓶盖盖紧;

G.1.1.3 把样品瓶放在振荡器上振荡 5min;

G.1.1.4 从振荡后的样品瓶中取 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 2 min。

G.1.2 分析过程

G.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%;

G.1.2.2 打开氮气阀, 开始吹扫氮气;

G.1.2.3 加热油样到 50℃;

G.1.2.4 在 50℃稳定 1 min;

G.1.2.5 以 100℃/min 的速率加热油样至 550℃;

G.1.2.6 在 550℃稳定 1min;

G.1.2.7 以 20℃/min 的速率加热油样至 650℃;

G.1.2.8 在 650℃稳定 1min, 记录此时油样质量;

G.1.2.9 把吹扫气体从氮气切换为氧气;

G.1.2.10 以 20℃/min 的速率加热油样至 750℃;

G.1.2.11 在 750℃稳定 5min 或更长时间, 待残留物质量不变时, 记录此时油样质量, 分析程序结束。

G.2 烟炷的计算

650℃稳定后的质量与 750℃稳定后的质量之差, 即为样品中的烟炷含量。烟炷含量除以分析油样质量即为油品中的烟炷百分含量, 精确到 0.1%(质量分数)。
