



中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX.1—XXXX

航空活塞发动机润滑油性能测试方法 第1部分：耐久性能 发动机测试法

Test method for performance of aviation piston engine lubricating oil—Part 1:
endurance performance—engine test method

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试剂与耗材 1

 4.1 磨合油 1

 4.2 航空汽油 1

 4.3 清洗剂 1

5 仪器设备 1

 5.1 发动机试车试验台 2

 5.2 试验发动机 2

 5.3 温度传感器 2

 5.4 压力传感器 2

 5.5 量筒 2

6 测试准备 2

 6.1 发动机准备 2

 6.2 试验前准备 3

7 测试步骤 3

 7.1 试验参数控制和记录 3

 7.2 磨合试车程序 3

 7.3 润滑油消耗率监测试车程序 4

 7.4 前校准试验程序 4

 7.5 150 小时耐久性试验程序 4

 7.6 后校准试验程序 5

 7.7 取样程序 5

8 检查与数据处理 6

 8.1 润滑油监测 6

 8.2 发动机拆解检查 6

9 报告 6

附录 A（规范性） 发动机试车试验台 8

附录 B（规范性） 航空活塞发动机试车试验台传感器及管路 9

附录 C（规范性） 150 小时耐久试验试车谱 11

 C.1 第一阶段试验试车谱 11

 C.2 第二阶段试验试车谱 11

 C.3 第三阶段试验试车谱 12

C.4 第四阶段试验试车谱 12

C.5 第五阶段试验试车谱 13

C.6 第六阶段试验试车谱 13

C.7 第七阶段试验试车谱 14

附录 D（规范性） 沉积物检查评分细则 15

参考文献 19

前 言

本文件按照GB/T 1.1—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》的规定起草。

本文件是MH/T XXXX《航空活塞发动机润滑油性能测试方法》的第1部分。MH/T XXXX已经发布了以下部分：

——第1部分：耐久性能 发动机测试法。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所。

本文件主要起草人：曾萍、汪必耀、杜澜、雷庆柯等。

引 言

航空活塞发动机润滑油性能测试是评价航空活塞发动机润滑油性能的科学方法，MH/T XXXX旨在为评估航空活塞发动机润滑油相关性能提供统一的测试方法，拟由3个部分构成。

——第1部分：耐久性能 发动机测试法。目的在于规定使用活塞发动机来评估航空活塞发动机润滑油耐久性能的测试方法。

——第2部分：储存稳定性。目的在于规定活塞润滑油在低温/常温环境中状态稳定性的测试方法。

——第3部分：痕量沉积物。目的在于规定活塞润滑油中痕量不溶物含量的测试方法。

本次对MH/T XXXX. 1的制定，聚焦于航空活塞发动机润滑油耐久性能的发动机测试方法，使开展航空活塞发动机润滑油发动机测试评价有据可依。

航空活塞发动机润滑油性能测试方法

第 1 部分：耐久性能 发动机测试法

1 范围

本文件描述了在特定功率、转速、压力、温度和燃油流量等条件下，使用试验发动机开展无灰分散剂型航空活塞发动机润滑油的耐久性能测试的方法，包括试剂与耗材、仪器设备、测试准备、测试步骤、检查与数据处理和试验报告。

本文件适用于CTSO-2C704中的无灰分散剂型航空活塞发动机润滑油耐久性能的发动机测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 1787 航空活塞式发动机燃料
- GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
- GB/T 7304 石油产品酸值的测定电位滴定法
- GB/T 17476 润滑油和基础油中多种元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无灰分散剂型航空活塞发动机润滑油 ashless dispersant type aviation piston engine lubricating oil
主要以矿物油、合成油或半合成油为基础油，添加抗磨剂、无灰分散剂、抗氧化剂等多种添加剂调和而成的专用于航空往复式活塞发动机的润滑油。

3.2

排气温度 exhaust gas temperature
废气离开涡轮增压器后从排气总管排出时的平均温度。

3.3

全富油 full rich
混合比控制杆处于全富油位置，且燃油流量在制造商推荐设置范围内的状态。

4 试剂与耗材

4.1 磨合油

满足试验发动机磨合使用的润滑油。

4.2 航空汽油

100LL航空汽油，应满足GB 1787的要求。

4.3 清洗剂

分析纯石油醚，沸程应为（60～90）℃。

5 仪器设备

5.1 发动机试车试验台

由功率吸收装置、润滑油冷却系统、风冷系统、供气系统、航汽供应系统和数据采集与控制系统等组成，应符合附录A的要求。

5.2 试验发动机

应为莱康明TI0-540-J2BD型风冷涡轮增压活塞发动机。

5.3 温度传感器

应准备以下2种温度传感器：

- 温度传感器1型，测量范围应至少为（0~300）℃，最大允许误差为±3℃；
- 温度传感器2型，测量范围应至少为（400~900）℃，最大允许误差为±5℃。

5.4 压力传感器

应准备以下2种压力传感器：

- 压力传感器1型，测量范围应至少为（0~1 034）kPa，最大允许误差为±10 kPa；
- 压力传感器2型，测量范围应至少为（0~400）kPa，最大允许误差为±2 kPa。

5.5 量筒

量程应为1 000 mL，分度值应为10 mL。

6 测试准备

6.1 发动机准备

6.1.1 按照发动机手册要求测量并记录关键零部件尺寸，记录单位为毫米（mm），需测量的项目应至少包括：

- a) 曲轴主轴颈和连杆轴颈外径；
- b) 曲轴主轴承和连杆轴承内径；
- c) 挺杆体内径；
- d) 挺杆体外径；
- e) 柱塞组件和挺杆体配合间隙；
- f) 凸轮轴轴颈外径和凸轮轴孔内径；
- g) 连杆小端衬套内径；
- h) 活塞销孔内径；
- i) 活塞销外径；
- j) 活塞环与活塞的配合间隙；
- k) 活塞环开口间隙；
- l) 活塞顶部和裙部外径；
- m) 气缸筒内径；
- n) 气门杆外径、长度；
- o) 气门导套内径；
- p) 气门摇臂轴外径；
- q) 气门摇臂衬套内径；
- r) 滑油泵齿轮杆直径；
- s) 滑油泵叶轮直径及侧隙；
- t) 附件传动齿轮衬套内径；
- u) 附件传动齿轮轴颈外径。

6.1.2 按照发动机手册规定程序装配发动机。若发动机大修，除发动机手册规定更换的零部件外，还应更换活塞、气门及气门导套、活塞销堵头、凸轮轴、挺杆体、火花塞、气缸、曲轴主轴承、连杆轴承、曲轴齿轮、曲轴惰轮、摇臂轴、摇臂衬套及涡轮增压器。

6.1.3 按照发动机手册要求完成出厂试车，出厂试车参数应满足表 1 要求。

表1 出厂试车参数

转速 rpm	功率 kW	时间 h	主滑油压力 kPa	润滑油温度 ℃	气缸头最高温度 ℃	润滑油消耗率 L/h
1 200	26.8	0.17	482~552	74~118	≤260	≤0.95
1 500	52.2	0.17				
1 800	88.0	0.17				
2 000	119.3	0.17				
2 200	156.6	0.17				
2 400	204.3	0.17				
2 575	261.0	0.25				
2 575	261.0	1				
注：转速允差（rpm）：当前阶段规定转速的±1%； 功率允差（kW）：当前阶段规定功率的±8%，最高不超过261 kW； 时间允差（h）：±10 s。						

6.2 试验前准备

- 6.2.1 使用清洗剂清洗油箱、管路、接头等组件，不应有残留清洗剂和痕迹。按照附录 A 图 A.1 安装发动机试车试验台，连接各系统。
- 6.2.2 按照附录 B 图 B.1 安装传感器及各管路。
- 6.2.3 按照发动机手册要求完成地面检查、预润滑，润滑油液位应位于量油尺满刻度线。
- 6.2.4 按照发动机手册要求在 1 200 rpm 转速下暖车，润滑油温度应为（65±5）℃，前端滑油压力应为（413~621）kPa。

7 测试步骤

7.1 试验参数控制和记录

实时采集各测试程序运行参数，包括：发动机转速、功率、润滑油温度、进气管温度、排气温度、气缸头温度、主滑油压力、前端滑油压力、进气管压力、燃油流量、节气门开度、混合比开度，应满足表 2 要求。

所有试验程序中，转速允差应为规定转速的±1%，排气温度允差应为规定排气温度的±3%，进气管压力允差应为规定进气管压力的±5%，功率允差应为规定功率的±8%，运行时间允差应为±10 s。

表2 运行参数

项目	参数
润滑油温度/℃	≤118
进气管温度/℃	≤204
排气温度/℃	≤899
气缸头温度/℃	≤265
主滑油压力/kPa	379~655
前端滑油压力/kPa	379~655
进气管压力/kPa	≤206
燃油流量/（kg/h）	≤113
发动机转速/rpm	≤2 575
功率/kW	≤261
节气门开度/%	记录值
混合比开度/%	记录值

7.2 磨合试车程序

- 7.2.1 使用磨合油，在全富油条件下进行 3 h 磨合试验，磨合试车程序参数应满足表 3 要求。
- 7.2.2 磨合试车程序结束后检查每个气缸的气密性，记录气缸压力，各气缸压力应不低于 60 psi，最

高最低气缸压力之差应不大于 5 psi。

7.2.3 排净磨合油，更换主滑油滤。

表3 磨合试车程序参数

转速 rpm	时间 h	进气管压力 kPa
1 200	0.25	记录值
1 500	0.25	记录值
1 720	0.25	记录值
1 900	0.25	记录值
2 050	0.25	记录值
2 170	0.33	108
2 290	0.33	122
2 390	0.33	129
2 490	0.33	139
2 575	0.33	145

7.3 润滑油消耗率监测试车程序

7.3.1 加入试验用润滑油，在 2 575 rpm 转速和 145 kPa 进气管压力下运行 2 h，润滑油温度应为（93 ±6）℃。

7.3.2 试验结束后，待润滑油冷却至室温，再次加入试验用润滑油至液位位于量油尺满刻度线，计算润滑油消耗率，润滑油消耗率不大于 0.95 L/h 时开展后续试验。

7.4 前校准试验程序

7.4.1 排净润滑油，更换主滑油滤，重新加入新的试验用润滑油至液位位于量油尺满刻度线。

7.4.2 进行前校准试验，前校准试验程序参数应满足表 4 要求。

表4 前校准试验程序参数

转速 rpm	功率 kW	时间 h	进气管压力 kPa
2 575	261	0.25	记录值
2 400	206	0.25	记录值
2 200	157	0.25	记录值

7.5 150 小时耐久性试验程序

7.5.1 排净润滑油，更换主滑油滤，重新加入新的试验用润滑油至液位位于量油尺满刻度线。

7.5.2 按照附录 C 进行 150 小时耐久性试验，150 小时耐久性试验程序参数应满足表 5 要求。

7.5.3 第 1、2 阶段结束及第 4 阶段第 3 循环结束后更换主滑油滤，第 4 阶段第 3 循环结束后排净润滑油，收集并记录润滑油量，重新加入新的试验用润滑油至液位位于量油尺满刻度线。

7.5.4 每个循环应按照图 1 所示发动机的转速和功率控制排气温度。

7.5.5 每日试验前应进行润滑油消耗率计算并判断是否超出发动机手册规定。

表5 150 小时耐久性试验程序参数

试验阶段	时间 h	循环数	单个循环时间 h	功率 kW	转速 rpm	进气管压力 kPa	润滑油温度 ℃	气缸头温度 ℃
1	0~30	10	0.08	261	2 575	145	60~118	177~250
			0.08	157	2 200	记录值	60~118	177~250
2	30~50	4	2.5	261	2 575	145	102~107	177~250
			2.5	157	2 200	记录值	102~107	177~250

表5 150小时耐久性试验程序参数（续）

试验阶段	时间 h	循环数	单个循环时间 h	功率 kW	转速 rpm	进气管压力 kPa	润滑油温度 ℃	气缸头温度 ℃
3	50~70	10	1.5	261	2 575	145	102~107	177~250
			0.5	196	2 340	记录值	60~118	177~250
4	70~82	6	1.5	261	2 575	145	102~107	177~250
			0.5	183	2 290	记录值	60~118	177~250
	82~90	4	1.5*	261	2 575	145	110~116	252~258
			0.5	183	2 290	记录值	60~118	177~250
5	90~110	10	1.5*	261	2 575	145	110~116	252~258
			0.5	170	2 240	记录值	60~118	177~250
6	110~130	10	1.5*	261	2 575	145	110~116	252~258
			0.5	157	2 180	记录值	60~118	177~250
7	130~150	10	1.5*	261	2 575	145	110~116	252~258
			0.5	130	2 050	记录值	60~118	177~250
注1：试验期间任意两次循环至少间隔0.5 h，调节转速、混合比和关机所产生的时间不计入耐久性试验时间，总计不得超过20 h。								
注2：标注“*”的循环，至少保证一个气缸头温度为（252~258）℃，其他气缸头与最高温气缸头的温度差应不大于28 ℃，润滑油温度应为（113±3）℃。								

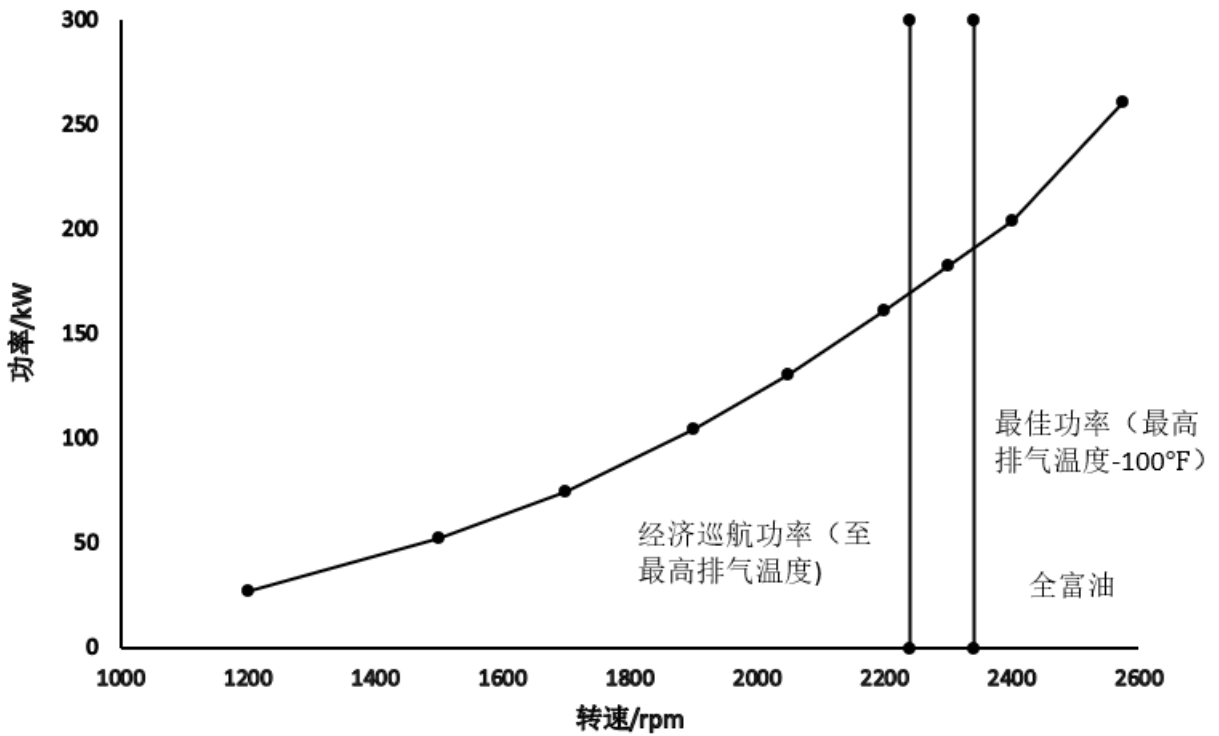


图1 发动机功率与转速关系图

7.6 后校准试验程序

7.6.1 参照 7.4 节开展后校准试验程序。试验完成后，应检查每个气缸的气密性，记录气缸压力，各气缸压力应不低于 60 psi，最高最低气缸压力之差应不大于 5 psi。

7.7 取样程序

应在耐久性试验程序中第0 h、24 h、50 h、76 h、100 h、124 h及试验结束后从发动机收油池取样。取样时应每次放掉不少于150 mL润滑油用于冲洗管路，再使用量筒取样（200±50）mL。取样应在发动机停车后10 min内完成。

8 检查与数据处理

8.1 润滑油监测

8.1.1 运动粘度

应按照GB/T 265的方法检测新油及取样在40℃时的运动粘度，并记录为 v_{40_0} 、 v_{40_24} 、 v_{40_50} 、 v_{40_76} 、 $v_{40_{100}}$ 、 $v_{40_{124}}$ 及 $v_{40_{150}}$ 。

检测新油及取样在100℃时的运动粘度，并记录为 v_{100_0} 、 v_{100_24} 、 v_{100_50} 、 v_{100_76} 、 $v_{100_{100}}$ 、 $v_{100_{124}}$ 及 $v_{100_{150}}$ 。

8.1.2 酸值

应按照GB/T 7304的方法检测新油及取样的酸值，并记录为 TAN_0 、 TAN_{24} 、 TAN_{50} 、 TAN_{76} 、 TAN_{100} 、 TAN_{124} 及 TAN_{150} 。

8.1.3 痕量元素

应按照GB/T 17476的方法检测新油及取样的痕量元素含量，包括Fe、Ag、Al、Cr、Cu、Mg、Mo、Ni、Pb、Si、Sn、Ti、Zn及P。

8.1.4 润滑油消耗率计算

润滑油消耗率计算见公式（1）：

$$q_0 = \frac{V_{add} - V_{res} + V_{sam}}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

q_0 —— 润滑油消耗率，单位为升每小时（L/h）；

V_{add} —— 润滑油加入量，单位为升（L）；

V_{res} —— 润滑油剩余量，单位为升（L）；

V_{sam} —— 润滑油取样量，单位为升（L）；

t —— 发动机累计运转时间，单位为小时（h）。

8.2 发动机拆解检查

8.2.1 目视检查

拆解发动机，对润滑油接触区域进行拍照，记录磨损及沉积物情况。

8.2.2 沉积物检查

应按照附录D对发动机中油湿区域表面形成的沉积物进行评分。

8.2.3 零部件尺寸测量

对拆解后的发动机关键零部件进行清洗，按照6.1.1要求进行测量，计算试验前后尺寸差值并记录。

8.2.4 主滑油滤检查

对磨合试验、润滑油消耗率监测试验、前校准试验、耐久性试验30 h、50 h、74 h以及后校准试验后的主滑油滤进行检查，通过目视检查、光学显微镜检测、扫描电镜/能谱分析等检查滤芯中金属颗粒情况。

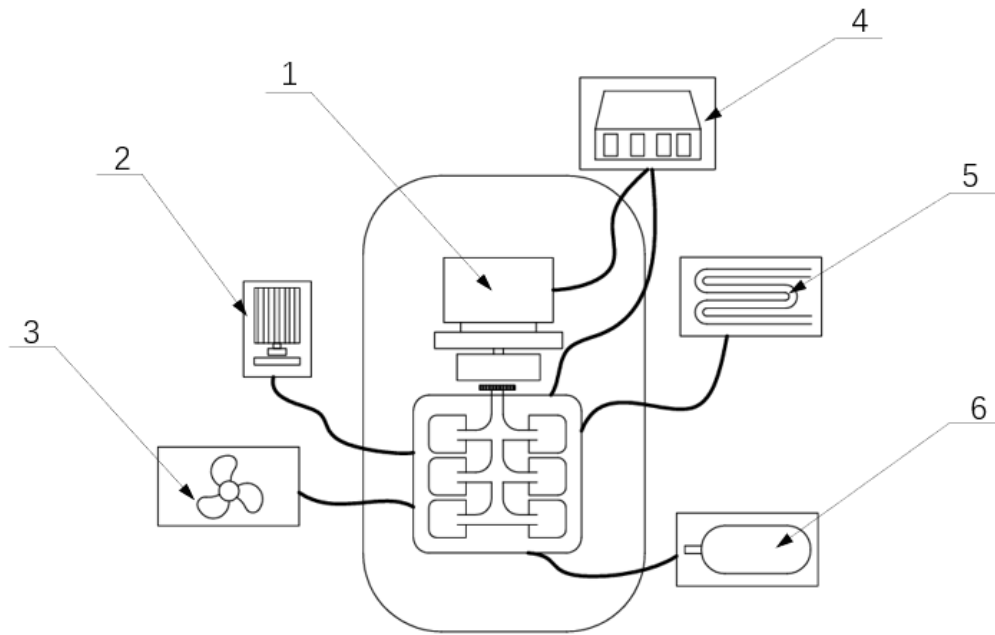
9 报告

结果报告应至少包含以下内容：

- a) 各试验阶段运行数据曲线及结果;
- b) 发动机每日试验日志及运行参数记录表;
- c) 试验后油湿部件沉积物评分情况;
- d) 试验前后关键零部件尺寸测量数据及差值;
- e) 新油及测试过程中所取样品在 40 °C 和 100 °C 时的运动粘度;
- f) 新油及测试过程中所取样品的酸值;
- g) 新油及测试过程中所取样品的痕量元素含量;
- h) 润滑油消耗率监测试车阶段润滑油消耗率;
- i) 150 h 耐久试车阶段润滑油消耗率。

附 录 A
(规范性)
发动机试车试验台

发动机试车试验台应由图A. 1所示各单元组成。

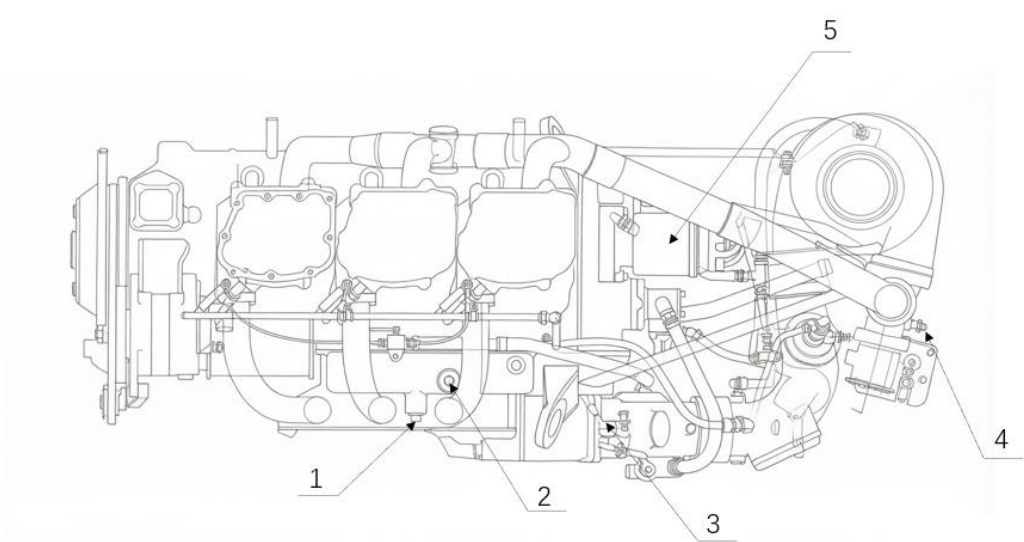


- 标引序号说明：
- 1 ——功率吸收装置；
 - 2 ——航汽供应系统；
 - 3 ——风冷系统；
 - 4 ——数据采集与控制系统；
 - 5 ——润滑油冷却系统；
 - 6 ——供气系统。

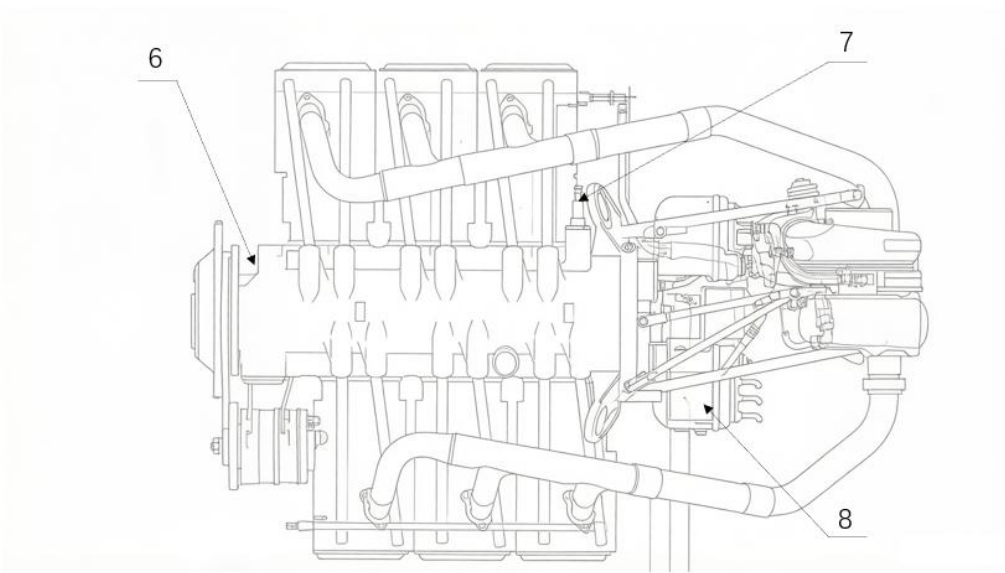
图A. 1 发动机试车试验台

附 录 B
(规范性)
航空活塞发动机试车试验台传感器及管路

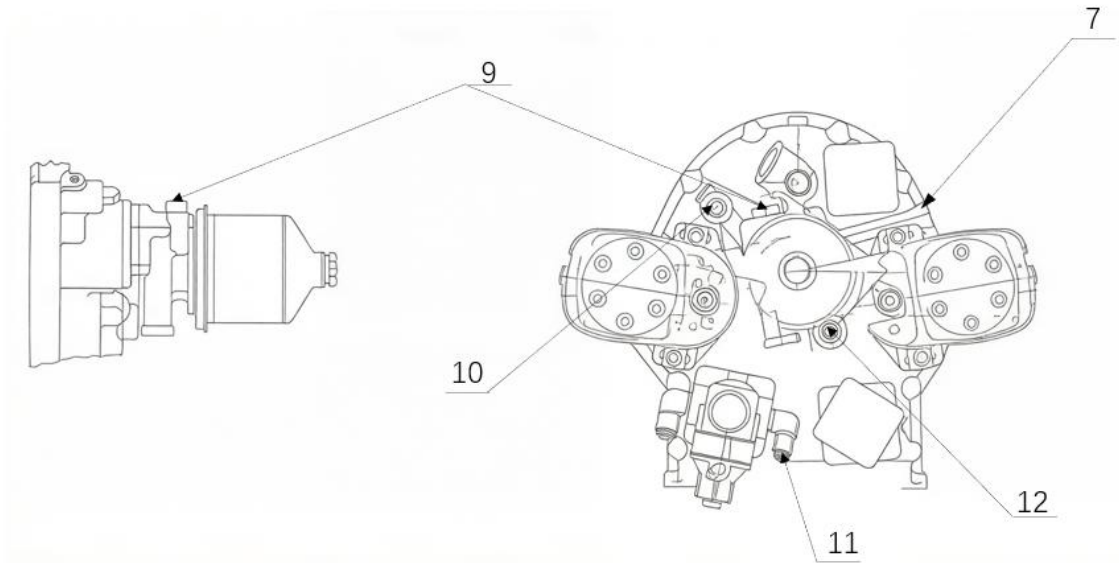
航空活塞发动机试车试验传感器及管路应按照图B. 1进行装配。



a) 发动机主视图



b) 发动机俯视图



c) 发动机侧视图

标引序号说明:

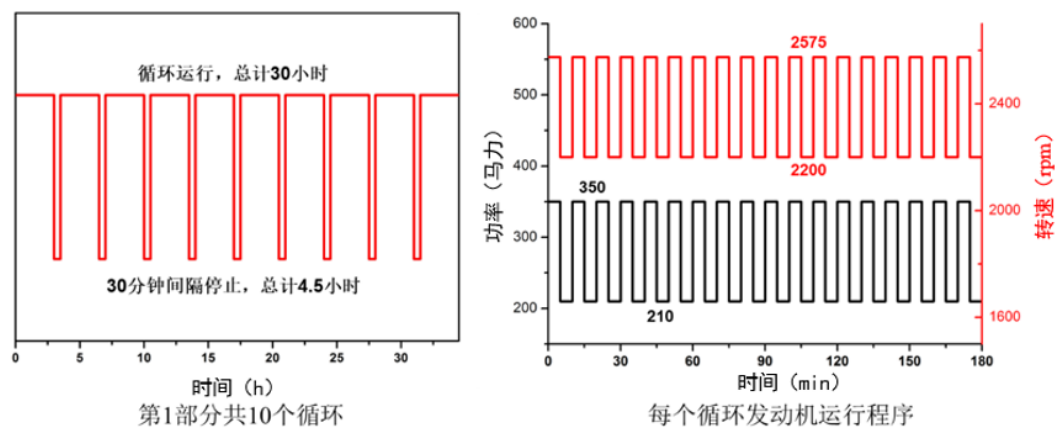
- 1 —— 取样口;
- 2 —— 进气管压力传感器 (压力传感器2型);
- 3 —— 节气门开度阀门;
- 4 —— 排气温度传感器 (温度传感器2型);
- 5 —— 主滑油滤;
- 6 —— 前端滑油压力传感器 (压力传感器1型);
- 7 —— 主滑油压力传感器 (压力传感器1型);
- 8 —— 磁电机;
- 9 —— 滑油温度传感器 (温度传感器1型);
- 10 —— 润滑油冷却器出口;
- 11 —— 燃油进油口;
- 12 —— 润滑油冷却器入口。

图B. 1 航空活塞发动机试车试验传感器及管路图

附录 C
(规范性)
150 小时耐久试验试车谱

C.1 第一阶段试验试车谱

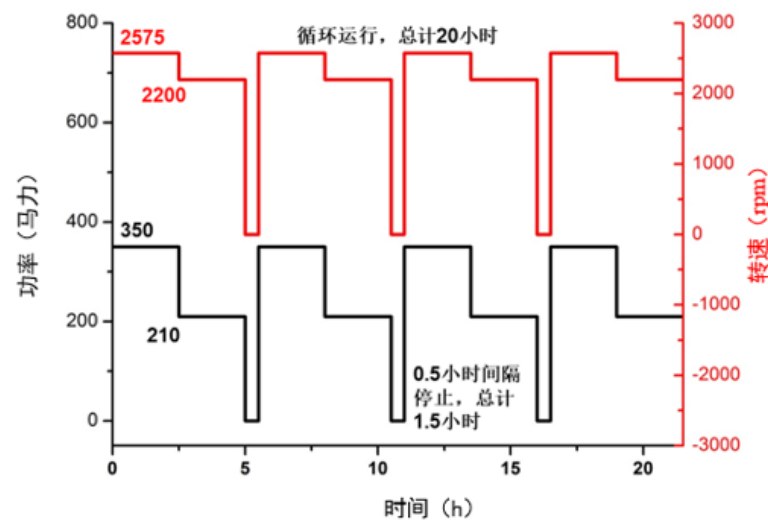
应按照图C.1进行第一阶段试车试验。



图C.1 第一阶段试验试车谱

C.2 第二阶段试验试车谱

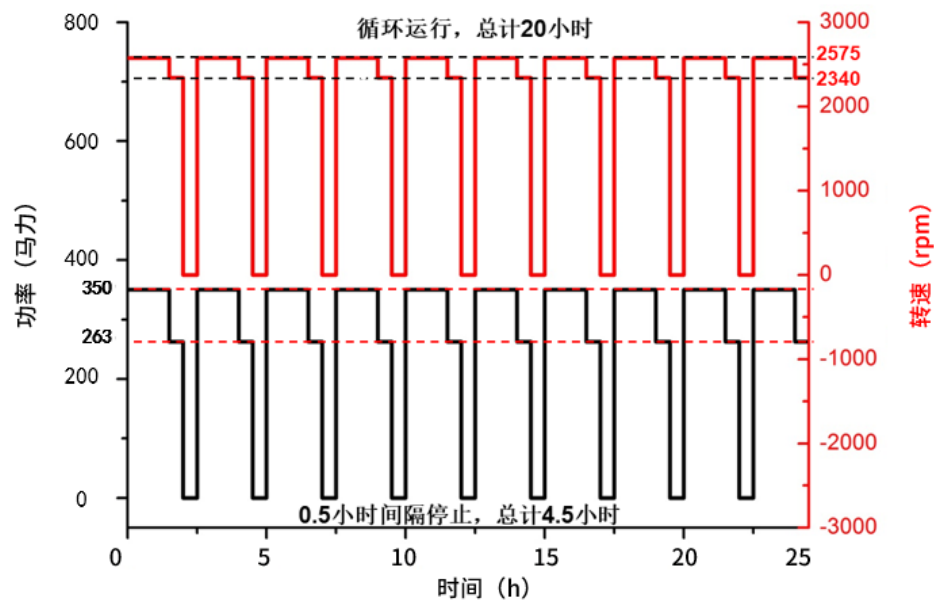
应按照图C.2进行第二阶段试车试验。



图C.2 第二阶段试验试车谱

C.3 第三阶段试验试车谱

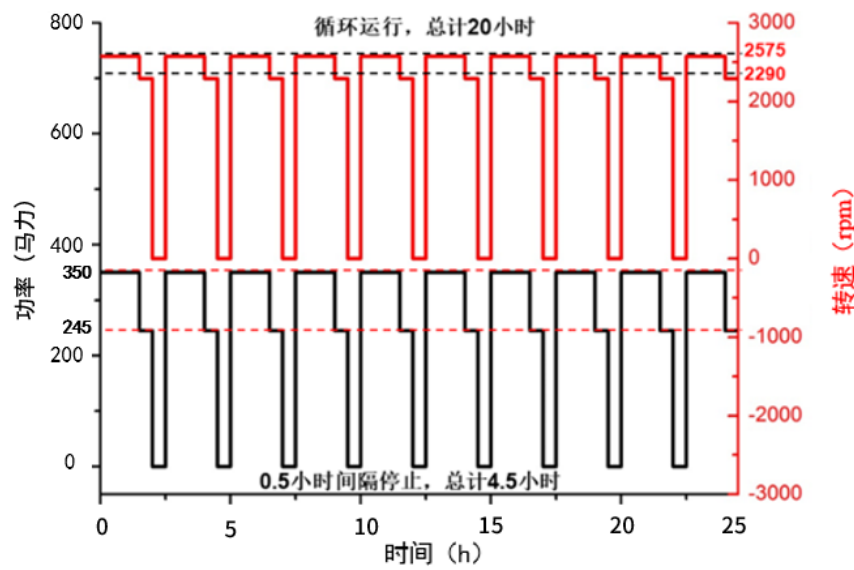
应按照图C.3进行第三阶段试车试验。



图C.3 第三阶段试验试车谱

C.4 第四阶段试验试车谱

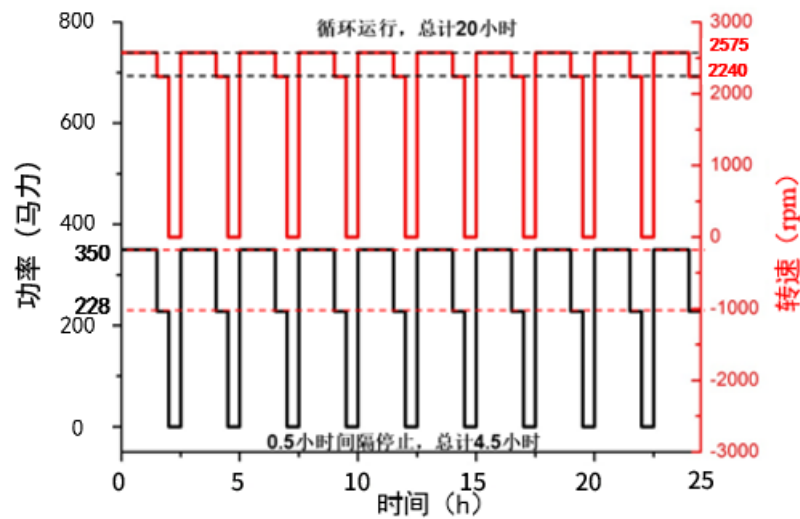
应按照图C.4进行第四阶段试车试验。



图C.4 第四阶段试验试车谱

C. 5 第五阶段试验试车谱

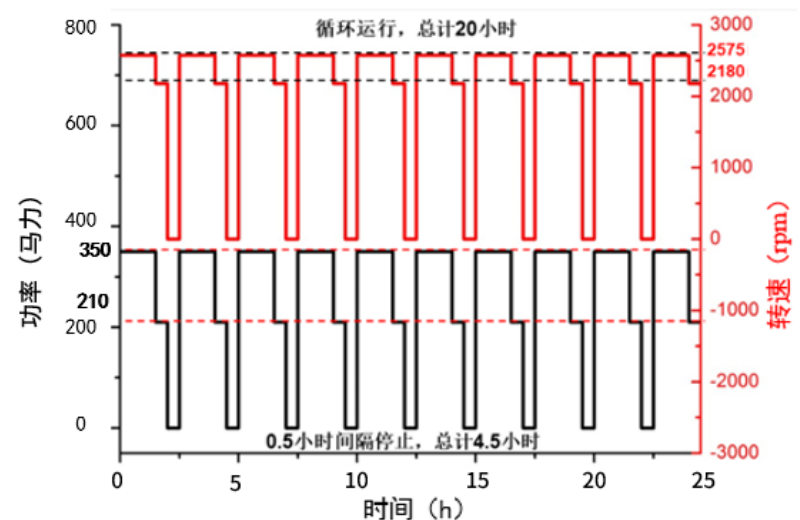
应按照图C. 5进行第五阶段试车试验。



图C. 5 第五阶段试验试车谱

C. 6 第六阶段试验试车谱

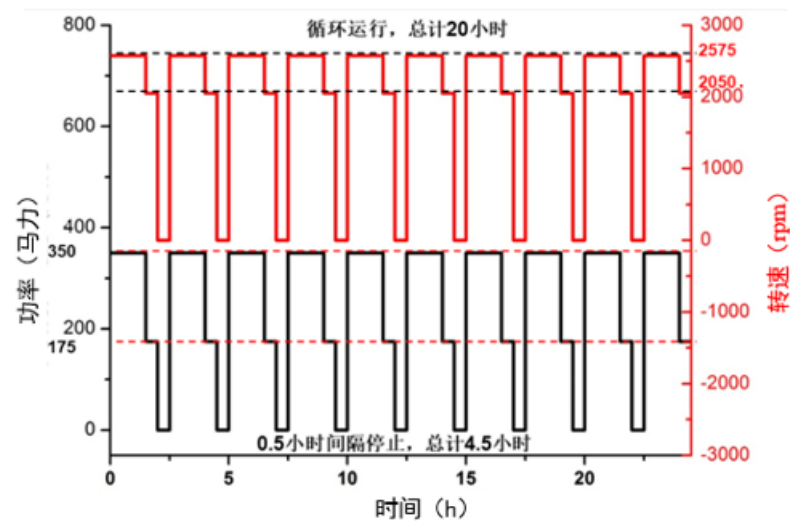
应按照图C. 6进行第六阶段试车试验。



图C. 6 第六阶段试验试车谱

C.7 第七阶段试验试车谱

应按照图C.7进行第七阶段试车试验。

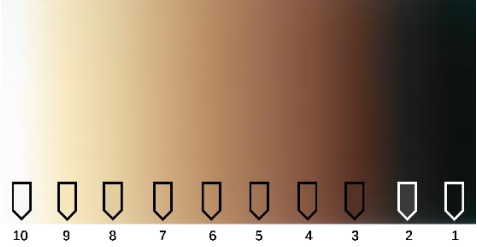
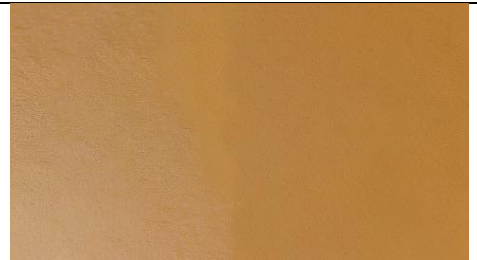


图C.7 第七阶段试验试车谱

附 录 D
(规范性)
沉积物检查评分细则

D. 1 应按照表 D. 1 的评分说明对航空活塞发动机润滑油耐久性能测试沉积物进行评分。

表D. 1 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试沉积物评分说明

沉积物种类			沉积物苛刻性系数	说明
积碳	重碳		0	厚重致密坚硬沉积，完全覆盖表面，可造成环槽堵塞与活塞环卡滞
	中碳		0.5	中等厚度连续覆盖，表面光泽基本消失，无明显凸起堆积
	轻碳		0.75	薄层可辨碳质沉积，厚度极薄，表面仍具一定光泽
漆膜	漆膜等级	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	—	
油泥	油泥等级	干净	—	
		A		
		B		

表D. 1 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试沉积物评分说明（续）

沉积物种类			沉积物苛刻性系数	说明
油泥	油泥等级	C	—	
		D		
		E		
		F		
		G		
		H		
清洁	—		—	—

D. 2 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试油泥评分记录表见表 D. 2。

表D.2 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试油泥评分记录表

测试基本信息																									
油品名称												测试时间													
评分件名称												评定人													
沉积物评定信息																									
深度等级	评分位置																				合计点数	覆盖面积	体积系数		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
干净																									
A																									
B																									
C																									
D																									
E																									
F																									
G																									
H																									
总计																									

D.3 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试活塞清净性评分表见表 D. 3。

表D.3 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试活塞清净性评分表

测试基本信息						
油品名称				测试时间		
评分件名称				评定人		
沉积物评定信息						
评分位置	评分占比 %	沉积物类型	覆盖面积占比	缺陷分数	评分值	总计
一环槽	5	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
二环槽	10	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
油环槽	20	重碳				
		轻碳				
		漆膜				

表D.3 航空活塞发动机润滑油耐久性能测试活塞清净性评分表（续）

测试基本信息						
油品名称				测试时间		
评分件名称				评定人		
沉积物评定信息						
评分位置	评分占比 %	沉积物类型	覆盖面积占比	缺陷分数	评分值	总计
二环岸	15	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
油环岸	30	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
承压面	10	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
非承压面		重碳				
		轻碳				
		漆膜				
内顶	10	重碳				
		轻碳				
		漆膜				
总评分						

参 考 文 献

- [1] CTS0-2C704 民用航空发动机润滑油
-